令 03 原機（再）024
令 和 3 年 9 月 30 日

原 子 力 規 制 委 員 会　殿

住　　所　茨城県那珂郡東海村大字舟石川 765 番地 1
申 請 者 名　国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
代表者の氏名　理　事　長　　児 玉　敏 雄
（公印省略）

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所
再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書

核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第 50 条の 5 第 3 項において準用する同法第 12 条の 6 第 3 項の規定に基づき，下記のとおり核燃料サイクル工学研究所 再処理施設の廃止措置計画変更認可の申請をいたします。

記

一．氏名又は名称及び住所並びに代表者の氏名
氏名又は名称　国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
住　　所　茨城県那珂郡東海村大字舟石川 765 番地 1
代表者の氏名　理事長　児玉　敏雄

二．工場又は事業所の名称及び所在地

名　　称　国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
　　核燃料サイクル工学研究所

所　在　地　茨城県那珂郡東海村大字村松 4 番地 33

三．変更に係る事項

平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受け，別表 1 のとおり変更の認可を受け，別表 2 のとおり変更を届け出た核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画に関し，次の事項の一部を別紙のとおり変更する。

六．性能維持施設の位置，構造及び設備並びにその性能，その性能を維持すべき期間並びに技術基準規則第二章及び第三章に定めるところにより難い特別の事情がある場合はその内容

四．変更の理由

(1)ガラス固化技術開発施設ガラス固化技術開発棟の浸水防止扉の耐津波補強工事の実施

ガラス固化技術開発施設ガラス固化技術開発棟の浸水防止扉の耐津波補強工事を実施するため，設計及び工事の計画を追加する。

(2)プルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場における事故対処設備の設置

事故時に使用する燃料を保管するため，プルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場に地下式貯油槽及び接続端子盤を設置するため，設計及び工事の計画を追加する。

(3)高放射性廃液貯蔵場の火災防護対策に係る設備の設置

高放射性廃液貯蔵場に火災防護対策に係る設備を設置するため，設計及び工事の計画を追加する。

(4)ガラス固化技術開発施設の火災防護対策に係る設備の設置

ガラス固化技術開発施設に火災防護対策に係る設備を設置するため，設計及び工事の計画を追加する。

(5)高放射性廃液貯蔵場の内部溢水対策に係る設備の設置

高放射性廃液貯蔵場に溢水防護対策に係る設備を設置するため，設計及び

工事の計画を追加する。

(6) ガラス固化技術開発施設ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策に係る設備の設置

ガラス固化技術開発施設ガラス固化技術開発棟に溢水防護対策に係る設備を設置するため，設計及び工事の計画を追加する。

(7) 廃溶媒処理技術開発施設の蒸気配管の一部更新

廃溶媒処理技術開発施設の蒸気配管の一部更新を行うため，設計及び工事の計画を追加する。

以　上

別表 1

変更認可の経緯（１／３）

認可年月日	認可番号	備　考
平成 30 年 11 月 30 日	原規規発第 1811305 号	再処理施設に関する設計及び工事の方法の認可を受けている案件について廃止措置期間中に工事を行うことを明記，ガラス固化技術開発施設の工程制御装置等の更新
平成 31 年 2 月 18 日	原規規発第 19021811 号	ガラス固化技術開発施設の溶融炉制御盤の更新，ガラス固化技術開発施設の固化セルのインセルクーラの電動機ユニットの交換
平成 31 年 3 月 29 日	原規規発第 1903297 号	ガラス固化技術開発施設の溶融炉の間接加熱装置(予備品)の製作及び交換
令和元年 9 月 10 日	原規規発第 1909101 号	動力分電盤制御用電源回路の一部変更，管理区域境界に設置された窓ガラスの交換，分離精製工場プール水処理系第２系統のポンプの交換，クリプトン回収技術開発施設の浄水供給配管等の一部更新，分離精製工場，放出廃液油分除去施設等への浄水供給配管の一部更新，分離精製工場のアンバー系排風機の電動機交換

別表 1

変更認可の経緯（２／３）

認可年月日	認可番号	備　考
令和元年 9 月 10 日	原規規発第 1909102 号	ガラス固化技術開発施設における放射線管理設備の更新
令和元年 9 月 10 日	原規規発第 1909103 号	アスファルト固化処理施設の浄水配管及び蒸気凝縮水配管の一部更新，第二アスファルト固化体貯蔵施設の水噴霧消火設備の一部更新
令和 2 年 2 月 10 日	原規規発第 2002103 号	安全対策の検討に用いる基準地震動，基準津波，設計竜巻及び火山事象
令和 2 年 7 月 10 日	原規規発第 2007104 号	廃止措置中の過失，機械又は装置の故障，浸水，地震，火災等があった場合に発生すると想定される事故の種類，程度，影響等
令和 2 年 9 月 25 日	原規規発第 2009252 号	ガラス固化技術開発施設に係る津波・地震の安全対策，高放射性廃液貯蔵場及びガラス固化技術開発施設の事故対処に係る事故の抽出・有効性評価の進め方等の基本的方針，竜巻，火山，外部火災等，その他事象に係る安全対策

別表 1

変更認可の経緯（３／３）

認可年月日	認可番号	備　考
令和 3 年 1 月 14 日	原規規発第 2101142 号	高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟に係る事故対処の有効性評価の進め方，基本的考え方(有効性評価の起因事象，事故選定等)及び制御室の安全対策
令和 3 年 4 月 27 日	原規規発第 2104272 号	事故対処の有効性評価有効性の確認，代表漂流物の妥当性の検証，制御室に係る有毒ガスの影響確認
令和 3 年 6 月 30 日	原規規発第 21063018 号	新検査制度への移行に伴い，施設定期検査に係る事項の削除，品質マネジメントに係る事項の追加等を変更

別表 2

変更届出の経緯（１／１）

変更届出年月日	変更届出番号	備　考
令和 3 年 9 月 14 日	令 03 原機(再)023	再処理施設に関する設計及び工事の計画の「高放射性廃液貯蔵場の耐津波補強工事」(別冊 1-14)に係る設計条件及び仕様のうち，配管類の仕様について，材料の入手性の観点から同等の日本産業規格の規格に変更，使用材料の表記を変更

別紙

核燃料サイクル工学研究所　再処理施設　廃止措置計画変更認可申請書

変更前後比較表

核燃料サイクル工学研究所　再処理施設　廃止措置計画変更認可申請書　変更前後比較表

変更箇所を＿＿で示す。

変　更　前 令和３年６月30日付け原規規発第21063018号をもって認可を受けた廃止措置計画認可申請書	変　更　後	変更理由
一．氏名又は名称及び住所並びに代表者の氏名 （省略）	一．氏名又は名称及び住所並びに代表者の氏名 （変更なし）	
二．廃止措置に係る工場又は事業所の名称及び所在地 （省略）	二．廃止措置に係る工場又は事業所の名称及び所在地 （変更なし）	
三．廃止措置対象施設及びその敷地 （省略）	三．廃止措置対象施設及びその敷地 （変更なし）	
四．廃止措置対象施設のうち解体の対象となる施設及びその解体の方法 （省略）	四．廃止措置対象施設のうち解体の対象となる施設及びその解体の方法 （変更なし）	
五．性能維持施設 （省略）	五．性能維持施設 （変更なし）	
六．性能維持施設の位置，構造及び設備並びにその性能，その性能を維持すべき期間並びに技術基準規則第二章及び第三章に定めるところにより難い特別の事情がある場合はその内容 1 性能維持施設の位置，構造 （省略） 2 性能維持施設の設備，その性能，その性能を維持すべき期間 （省略） 3 再処理施設の技術基準に関する規則第二章及び第三章に定めるところにより難い特別の事情 （省略） 4 性能維持施設の改造又は設置 （省略） 表 6-1　（省略） 表 6-2　（省略） 表 6-3-1　（省略）	六．性能維持施設の位置，構造及び設備並びにその性能，その性能を維持すべき期間並びに技術基準規則第二章及び第三章に定めるところにより難い特別の事情がある場合はその内容 1 性能維持施設の位置，構造 （変更なし） 2 性能維持施設の設備，その性能，その性能を維持すべき期間 （変更なし） 3 再処理施設の技術基準に関する規則第二章及び第三章に定めるところにより難い特別の事情 （変更なし） 4 性能維持施設の改造又は設置 （変更なし） 表 6-1　（変更なし） 表 6-2　（変更なし） 表 6-3-1　（変更なし）	

核燃料サイクル工学研究所　再処理施設　廃止措置計画変更認可申請書　変更前後比較表

変更箇所を＿＿で示す。

変　更　前

令和３年６月30日付け原規規発第21063018号をもって認可を受けた廃止措置計画認可申請書

表 6-3-2　設計及び工事の計画の認可の申請において必要とされる事項と同様の事項に係る改造等

件　名	概　要	工事期間(予定)	設計及び工事の計画※
高放射性廃液貯蔵場(HAW)及び配管トレンチ(T21)周辺の地盤改良工事	(省略)	令和２年７月～令和４年３月(準備期間を含む。) 適宜工事 (別冊 1-12参照)	(省略)
ガラス固化技術開発施設(TVF)の溶融炉の結合装置の製作及び交換	(省略)	令和３年２月～令和３年６月 適宜工事 (別冊 1-13参照)	(省略)
高放射性廃液貯蔵場(HAW)の耐津波補強工事	(省略)	令和２年10月～令和３年３月 適宜工事 (別冊 1-14参照)	(省略)
第二付属排気筒及び排気ダクト接続架台の補強	(省略)	令和２年10月～令和４年５月 適宜工事 (別冊 1-15参照)	(省略)
ガラス固化技術開発施設(TVF)の浄水配管等の一部更新	(省略)	令和２年12月～令和３年３月 適宜工事 (別冊 1-16参照)	(省略)
ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室の安全対策	(省略)	令和３年２月～令和３年12月 適宜工事 (別冊 1-17参照)	(省略)
高放射性廃液貯蔵場(HAW)の事故対処に係る接続口の設置	(省略)	令和３年11月～令和４年２月 適宜工事 (別冊 1-18参照)	(省略)

変　更　後

表 6-3-2　設計及び工事の計画の認可の申請において必要とされる事項と同様の事項に係る改造等

件　名	概　要	工事期間(予定)	設計及び工事の計画※
高放射性廃液貯蔵場(HAW)及び配管トレンチ(T21)周辺の地盤改良工事	(変更なし)	令和２年７月～令和４年３月(準備期間を含む。) 適宜工事 (別冊 1-12参照)	(変更なし)
ガラス固化技術開発施設(TVF)の溶融炉の結合装置の製作及び交換	(変更なし)	令和３年２月～令和３年６月 適宜工事 (別冊 1-13参照)	(変更なし)
高放射性廃液貯蔵場(HAW)の耐津波補強工事	(変更なし)	令和２年10月～令和３年３月 適宜工事 (別冊 1-14参照)	(変更なし)
第二付属排気筒及び排気ダクト接続架台の補強	(変更なし)	令和２年10月～令和４年５月 適宜工事 (別冊 1-15参照)	(変更なし)
ガラス固化技術開発施設(TVF)の浄水配管等の一部更新	(変更なし)	令和２年12月～令和３年３月 適宜工事 (別冊 1-16参照)	(変更なし)
ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室の安全対策	(変更なし)	令和３年２月～令和３年12月 適宜工事 (別冊 1-17参照)	(変更なし)
高放射性廃液貯蔵場(HAW)の事故対処に係る接続口の設置	(変更なし)	令和３年11月～令和４年２月 適宜工事 (別冊 1-18参照)	(変更なし)

変更理由

核燃料サイクル工学研究所　再処理施設　廃止措置計画変更認可申請書　変更前後比較表

変更箇所を＿＿で示す。

変　更　前 令和３年６月30日付け原規規発第21063018号をもって認可を受けた廃止措置計画認可申請書				変　更　後				変更理由
高放射性廃液貯蔵場(HAW)の竜巻防護対策	(省略)	令和４年４月～令和４年８月 適宜工事 (別冊 1-19参照)	(省略)	高放射性廃液貯蔵場(HAW)の竜巻防護対策	(変更なし)	令和４年４月～令和４年８月 適宜工事 (別冊 1-19参照)	(変更なし)	
主排気筒の耐震補強工事	(省略)	令和３年１月～令和４年６月 適宜工事 (別冊 1-20参照)	(省略)	主排気筒の耐震補強工事	(変更なし)	令和３年１月～令和４年６月 適宜工事 (別冊 1-20参照)	(変更なし)	
ガラス固化技術開発施設(TVF)の事故対処に係る設備の設置	(省略)	令和３年５月～令和４年２月 適宜工事 (別冊 1-21参照)	(省略)	ガラス固化技術開発施設(TVF)の事故対処に係る設備の設置	(変更なし)	令和３年５月～令和４年２月 適宜工事 (別冊 1-21参照)	(変更なし)	
動力分電盤制御用電源回路の一部変更(その2)	(省略)	令和３年１月～令和３年３月 適宜工事 (別冊 1-22参照)	(省略)	動力分電盤制御用電源回路の一部変更(その2)	(変更なし)	令和３年１月～令和３年３月 適宜工事 (別冊 1-22参照)	(変更なし)	
安全管理棟排水モニタリング設備の更新	(省略)	令和３年３月 適宜工事 (別冊 1-23参照)	(省略)	安全管理棟排水モニタリング設備の更新	(変更なし)	令和３年３月 適宜工事 (別冊 1-23参照)	(変更なし)	
津波漂流物防護柵設置工事	(省略)	令和３年４月～令和４年６月 適宜工事 (別冊 1-24参照)	(省略)	津波漂流物防護柵設置工事	(変更なし)	令和３年４月～令和４年６月 適宜工事 (別冊 1-24参照)	(変更なし)	
ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新	(省略)	令和３年６月～令和３年９月 適宜工事 (別冊 1-25参照)	(省略)	ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新	(変更なし)	令和３年６月～令和３年９月 適宜工事 (別冊 1-25参照)	(変更なし)	
事故対処設備の保管場所の整備	(省略)	令和３年７月～令和４年３月 適宜工事 (別冊 1-26参照)	(省略)	事故対処設備の保管場所の整備	(変更なし)	令和３年７月～令和４年３月 適宜工事 (別冊 1-26参照)	(変更なし)	

核燃料サイクル工学研究所　再処理施設　廃止措置計画変更認可申請書　変更前後比較表

変更箇所を＿＿で示す。

変　更　前 令和 3 年 6 月 30 日付け原規規発第 21063018 号をもって認可を受けた廃止措置計画認可申請書				変　更　後				変更理由
津波漂流物防護柵(その 2)及び引き波による津波漂流物侵入防止のための防護柵の設置工事	(省略)	令和 3 年 11 月～ 令和 4 年 2 月 適宜工事 (別冊 1-27 参照)	(省略)	津波漂流物防護柵(その 2)及び引き波による津波漂流物侵入防止のための防護柵の設置工事	(変更なし)	令和 3 年 11 月～ 令和 4 年 2 月 適宜工事 (別冊 1-27 参照)	(変更なし)	
ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の設備耐震補強工事(冷却水配管のサポート追加)	(省略)	令和 3 年 11 月～ 令和 4 年 2 月 適宜工事 (別冊 1-28 参照)	(省略)	ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の設備耐震補強工事(冷却水配管のサポート追加)	(変更なし)	令和 3 年 11 月～ 令和 4 年 2 月 適宜工事 (別冊 1-28 参照)	(変更なし)	
ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の耐津波補強工事	(省略)	令和 3 年 10 月～ 令和 4 年 6 月 適宜工事 (別冊 1-29 参照)	(省略)	ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の耐津波補強工事	(変更なし)	令和 3 年 10 月～ 令和 4 年 6 月 適宜工事 (別冊 1-29 参照)	(変更なし)	
ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の竜巻防護対策	(省略)	令和 4 年 4 月～令和 4 年 9 月 適宜工事 (別冊 1-30 参照)	(省略)	ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の竜巻防護対策	(変更なし)	令和 4 年 4 月～令和 4 年 9 月 適宜工事 (別冊 1-30 参照)	(変更なし)	
防火帯の設置	(省略)	令和 4 年 4 月～令和 5 年 3 月 適宜工事 (別冊 1-31 参照)	(省略)	防火帯の設置	(変更なし)	令和 4 年 4 月～令和 5 年 3 月 適宜工事 (別冊 1-31 参照)	(変更なし)	
制御室パラメータ監視・屋外監視システムの設置	(省略)	令和 4 年 5 月～令和 5 年 3 月 適宜工事 (別冊 1-32 参照)	(省略)	制御室パラメータ監視・屋外監視システムの設置	(変更なし)	令和 4 年 5 月～令和 5 年 3 月 適宜工事 (別冊 1-32 参照)	(変更なし)	
ガラス固化技術開発施設(TVF)の溶融炉の更新	(省略)	令和 4 年 5 月～令和 5 年 3 月 適宜工事 (別冊 1-33 参照)	(省略)	ガラス固化技術開発施設(TVF)の溶融炉の更新	(変更なし)	令和 4 年 5 月～令和 5 年 3 月 適宜工事 (別冊 1-33 参照)	(変更なし)	

核燃料サイクル工学研究所　再処理施設　廃止措置計画変更認可申請書　変更前後比較表

変更箇所を＿＿で示す。

変　更　前 令和３年６月30日付け原規規発第21063018号をもって認可を受けた廃止措置計画認可申請書				変　更　後				変更理由
ガラス固化技術開発施設（TVF）の槽類換気系排風機の一部更新	（省略）	令和５年４月～令和７年３月 適宜工事 （別冊 1-34参照）	（省略）	ガラス固化技術開発施設（TVF）の槽類換気系排風機の一部更新	（変更なし）	令和５年４月～令和７年３月 適宜工事 （別冊 1-34参照）	（変更なし）	工事の計画の追加
				ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の浸水防止扉の耐津波補強工事	ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の浸水防止扉の津波影響評価及び耐震評価を実施した結果，一部の浸水防止扉の耐震性が不足することが確認できたことから，その浸水防止扉に対し補強工事を実施する。	令和３年12月～令和４年２月 適宜工事 （別冊 1-35参照）	設計及び工事の計画は，別冊 1-35による。	
				プルトニウム転換技術開発施設(PCDF)管理棟駐車場における事故対処設備の設置	事故時に使用する燃料を保管するため，プルトニウム転換技術開発施設(PCDF)管理棟駐車場の地下に地下式貯油槽を設置するとともに，事故時に移動式発電機から冷却設備に給電するため，同駐車場に接続端子盤を設置する。また，これらの設備を設置する場所までのアクセス性について確認した。	令和４年７月～令和６年３月 適宜工事 （別冊 1-36参照）	設計及び工事の計画は，別冊 1-36による。	
				高放射性廃液貯蔵場(HAW)の火災防護対策に係る設備の設置	高放射性廃液貯蔵場(HAW)の火災防護対策として，火災の発生防止，火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減を考慮した設備を設置する。	令和４年４月～令和６年３月 適宜工事 （別冊 1-37参照）	設計及び工事の計画は，別冊 1-37による。	
				ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の火災防護対策に係る設備の設置	ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の火災防護対策として,火災の発生防止,火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減を考慮した設備を設置する。	令和４年７月～令和６年３月 適宜工事 （別冊 1-38参照）	設計及び工事の計画は，別冊 1-38による。	

核燃料サイクル工学研究所　再処理施設　廃止措置計画変更認可申請書　変更前後比較表

変更箇所を＿＿で示す。

変　更　前 令和３年６月30日付け原規規発第21063018号をもって認可を受けた廃止措置計画認可申請書	変　更　後				変更理由
	高放射性廃液貯蔵場(HAW)の内部溢水対策に係る設備の設置	高放射性廃液貯蔵場(HAW)の溢水防護対象設備に対して，想定破損に対する溢水，消火活動の放水による溢水及び地震起因による溢水を考慮した没水影響，被水影響及び蒸気影響のそれぞれに対し溢水防護対策を行う。	令和５年１月～令和６年３月 適宜工事 (別冊 1-39参照)	設計及び工事の計画は，別冊 1-39による。	工事の計画の追加
	ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策に係る設備の設置	ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の溢水防護対象設備に対して，想定破損に対する溢水，消火活動の放水による溢水及び地震起因による溢水を考慮した没水影響，被水影響及び上記影響のそれぞれに対し溢水防護対策を行う。	令和４年10月～令和６年３月 適宜工事 (別冊 1-40参照)	設計及び工事の計画は，別冊 1-40による。	
	廃溶媒処理技術開発施設の蒸気配管の一部更新	廃溶媒処理技術開発施設の保守区域において，敷設されている蒸気配管の一部に貫通孔が生じていたため，蒸気が流出したことから，当該蒸気配管の更新を行う。	令和３年12月～令和４年３月 適宜工事 (別冊 1-41参照)	設計及び工事の計画は，別冊 1-41による。	
※　設計及び工事に係る品質管理は，「十一．廃止措置に係る品質マネジメントシステム」により行う。	※　設計及び工事に係る品質管理は，「十一．廃止措置に係る品質マネジメントシステム」により行う。				
七．使用済燃料，核燃料物質及び使用済燃料から分離された物の管理及び譲渡しの方法 （省略）	七．使用済燃料，核燃料物質及び使用済燃料から分離された物の管理及び譲渡しの方法 （変更なし）				
八．使用済燃料又は核燃料物質による汚染の除去 （省略）	八．使用済燃料又は核燃料物質による汚染の除去 （変更なし）				
九．使用済燃料，核燃料物質若しくは使用済燃料から分離された物又はこれらによって汚染された物の廃棄 （省略）	九．使用済燃料，核燃料物質若しくは使用済燃料から分離された物又はこれらによって汚染された物の廃棄 （変更なし）				
十．廃止措置の工程 （省略）	十．廃止措置の工程 （変更なし）				

核燃料サイクル工学研究所　再処理施設　廃止措置計画変更認可申請書　変更前後比較表

変更箇所を＿＿で示す。

変　更　前 令和３年６月30日付け原規規発第21063018号をもって認可を受けた廃止措置計画認可申請書	変　更　後	変更理由
十一．廃止措置に係る品質マネジメントシステム （省略）	十一．廃止措置に係る品質マネジメントシステム （変更なし）	
十二．回収可能核燃料物質を再処理設備本体から取り出す方法及び時期 （省略）	十二．回収可能核燃料物質を再処理設備本体から取り出す方法及び時期 （変更なし）	
十三．特定廃液の固定化その他の処理を行う方法及び時期 （省略）	十三．特定廃液の固定化その他の処理を行う方法及び時期 （変更なし）	
添付書類　一 （省略）	添付書類　一 （変更なし）	
添付書類　二 （省略）	添付書類　二 （変更なし）	
添付書類　三 （省略）	添付書類　三 （変更なし）	
添付書類　四 （省略）	添付書類　四 （変更なし）	
添付書類　五 （省略）	添付書類　五 （変更なし）	
添付書類　六 （省略）	添付書類　六 （変更なし）	
添付書類　七 （省略）	添付書類　七 （変更なし）	
添付書類　八 （省略）	添付書類　八 （変更なし）	
添付書類　九 （省略）	添付書類　九 （変更なし）	

核燃料サイクル工学研究所　再処理施設　廃止措置計画変更認可申請書　変更前後比較表

変更箇所を＿＿で示す。

変　更　前 令和３年６月30日付け原規規発第21063018号をもって認可を受けた廃止措置計画認可申請書	変　更　後	変更理由
添付書類　十 （省略） 添付書類　十一 （省略）	添付書類　十 （変更なし） 添付書類　十一 （変更なし）	

（別冊１－35）

再処理施設に関する設計及び工事の計画

（ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の
浸水防止扉の耐津波補強工事）

その他再処理設備の附属施設（その１８）

ガラス固化技術開発施設

目　　次

頁

１．　変更の概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

２．　準拠すべき法令、基準及び規格　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2

３．　設計の基本方針　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3

４．　設計条件及び仕様　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・4

５．　工事の方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5

６．　工事の工程　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7

別　図　一　覧

別図-1　　浸水防止設備（浸水防止扉等）の設置位置図（TVF 建家 1 階平面）

別図-2　　浸水防止設備（浸水防止扉等）の設置状態

別図-3　　浸水防止扉（TVF-10）の構造概要

別図-4　　締結金具の概要図

別図-5　　扉体止めブラケットの概要図

別図-6　　浸水防止扉（TVF-10）の更新工事フロー図

表　一　覧

表-1　　設計条件

表-2　　設計仕様

表-3　　浸水防止扉（TVF-10）の更新工事工程表

１．変更の概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項に基づき、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和 32 年法律第 166 号）第 44 条第 1 項の指定があったものとみなされた再処理施設について、平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受け、令和 3 年 6 月 30 日付け原規規発第 21063018 号をもって変更の認可を受けた核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画について、変更認可の申請を行う。

今回、廃止措置計画用設計津波（以下「設計津波」という。）に対しガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家内への浸水を防止するために設置している浸水防止設備（浸水防止扉等）の補強を行う。

２．準拠すべき法令、基準及び規格

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（昭和 32 年法律第 166 号）

「再処理施設の技術基準に関する規則」（令和 2 年原子力規制委員会規則第 9 号）

「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」

（平成 25 年 原子力規制委員会規則第 27 号）

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」

（平成 25 年 原子力規制委員会規則第 5 号）

「日本産業規格（JIS）」

「建築基準法・同施行令」

「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、2005 改定）」

「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、2010 改定）」

３．設計の基本方針

浸水防止設備（浸水防止扉等）は、地震発生後の津波による建家内への浸水を防止することを目的として、廃止措置計画用設計地震動（以下「設計地震動」という。）及び設計津波に対し損傷することがないよう設置するものである。

別図-1 及び別図-2 に示すガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の建家外壁の開口部に設置している浸水防止設備（浸水防止扉等）について、設計津波と漂流物衝突・余震の重畳を考慮した津波影響評価、設計地震動に対する耐震評価を行い、強度の要求を満たしていない部位は、強度の要求を満たすよう補強工事を実施する。

浸水防止扉である TVF-1～4、TVF-6、TVF-7 は、通常が閉状態であることから閉の状態で強度評価を行う。浸水防止扉　TVF-10 は、平日日勤時の時間帯における運転員及びその他の職員等の通行のため、開状態となっているものの、大津波警報が発令された場合は、津波襲来前に当該浸水防止扉の閉操作が可能であることを確認している。このため、浸水防止扉 TVF-10 については、閉状態での評価に加え、開状態における耐震評価を実施する。

この結果、別紙-1 の別添-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟　浸水防止設備（浸水防止扉等）の耐震性についての計算書」、別紙-2 の別添-3「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟　設計津波に対する浸水防止設備（浸水防止扉等）の強度評価」に示すとおり、TVF-1～TVF-9 については十分な強度があることを確認できたが、TVF-10 については、一部の部位（発生応力が部材耐力を超える部位 2 か所：締結金物、扉体止めブラケット（別図-3））の耐震性が不足することが確認できたため、耐震補強を行う。

本補強においては、設計地震動が作用したとしても当該浸水防止扉からの浸水が生じさせないようにする。これにより、建家内部に設置されている安全機能を担う設備が設計津波により機能を喪失するおそれが無いようにする。

４．設計条件及び仕様

(1) 設計条件

浸水防止扉（TVF-10）は、扉体本体（扉板及び芯材)、扉体部品（ヒンジ、扉支持金具及び締結金具）及びアンカーボルトから構成される。開状態の際には、扉体止めブラケットと浸水防止扉（TVF-10）の扉体止め金物を、ピンを使用し固定している。

設計地震動に対して耐力が不足する箇所は、TVF-10 の締結金物と扉体止めブラケットである。

本補強においては、既設の締結金具及び扉止めブラケットを強度の要求を満たすように更新する。

締結金具は材質と板厚を、扉体止めブラケットは支柱の形状を変更する。また、締結金具の交換に合わせ、締結金具を操作するハンドル部の板厚を変更する。

浸水防止扉（TVF-10）の設計条件を表－１に示す。

表－１　設計条件

名　　称	浸水防止扉（TVF-10）
耐震重要度分類	B クラス
構　　造	鉄構造

(2) 仕様

浸水防止扉（TVF-10）の耐震性向上のため、締結金物は、閉状態で固定するレバーであり、板厚を 16mm から 19mm、材質を SM400 から SM490 に材質を変更することにより部材自体の構造強度を上げる。

扉体止めブラケットは扉を開状態で固定するものであり、H 型鋼材から角型鋼材への材質を変更することにより揺れに対して構造強度を上げる。

設計仕様を表－２に示す。

表－２　設計仕様

名称	材料 （適用規格）	備考 （主要寸法 mm）
締結金具	溶接構造用圧延鋼材 （SM490A：JIS G 3106）	215.5×65×19 別図-4
扉体止めブラケット	一般構造用角形鋼管 （STKR400：JIS G 3466）	□100×100×6×6×478 別図-5

(3) 保守

浸水防止扉等は、その機能を維持するため、適切な保守ができるようにする。保守において交換する部品は、ヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具、締結金具、取付ボルトであり、これらの予備品を確保し、再処理施設保安規定に基づき、適宜交換する。

５．工事の方法

本申請に係る締結金具等の設置は、再処理施設の技術基準に関する規則に適合するよう工事を実施し、技術基準に適合していることを適時の試験・検査により確認する。

(1) 工事の方法及び手順

本工事に用いる締結金具等は、材料を入手後、工場にて加工を行った後、現地に搬入する。また、本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む）、判定基準を以下に示す。

本工事のフローを別図－6 に示す。

１）試験・検査項目

① 材料確認検査

方　法:締結金具及び扉体止めブラケットの材料を材料証明書等により確認する。

判　定：締結金具及び扉体止めブラケットが表－2 に示す材料であること。

② 寸法検査

方　法：結金具及び扉体止めブラケットの主要な寸法について、適切な測定機器等により確認する。

判　定：締結金具及び扉体止めブラケットの主要な寸法が別図－4、5 に示す所定の寸法であること。

③ 据付・外観検査

方　法：締結金具、扉体止めブラケット、取付ボルトの外観及び取付状態を目視により確認する。

判　定:締結金具､扉体止めブラケット､取付ボルトの外観に使用上有害な傷、変形がないこと、取付状態に緩みがないこと。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事の場所は非管理区域であり、周辺に放射性物質を内包した配管等がないことから、汚染に対する考慮は不要であるが、作業手順、装備、連絡体制等について十分に検討した上で、作業計画書を作成し、作業を実施する。

③ 本工事においては、ヘルメット、保護手袋、保護メガネ等の保護具を作業の内容に応じて着用し、災害防止に努める。

④ 本工事において溶接機やグラインダー等火気を使用する場合には、近傍の可燃物を除去した上で実施する。ただし、可燃物を除去できない場合は、不燃シートによる作業場所の養生等を行い、火災を防止する。

⑤ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

⑥ 本工事においては、令和 3 年 4 月 27 日付け原規規発第 2104272 号をもって変更の認可を受けた廃止措置計画の事故対処の有効性を確認した資機材やアクセスルートに影響を及ぼさないようにする。

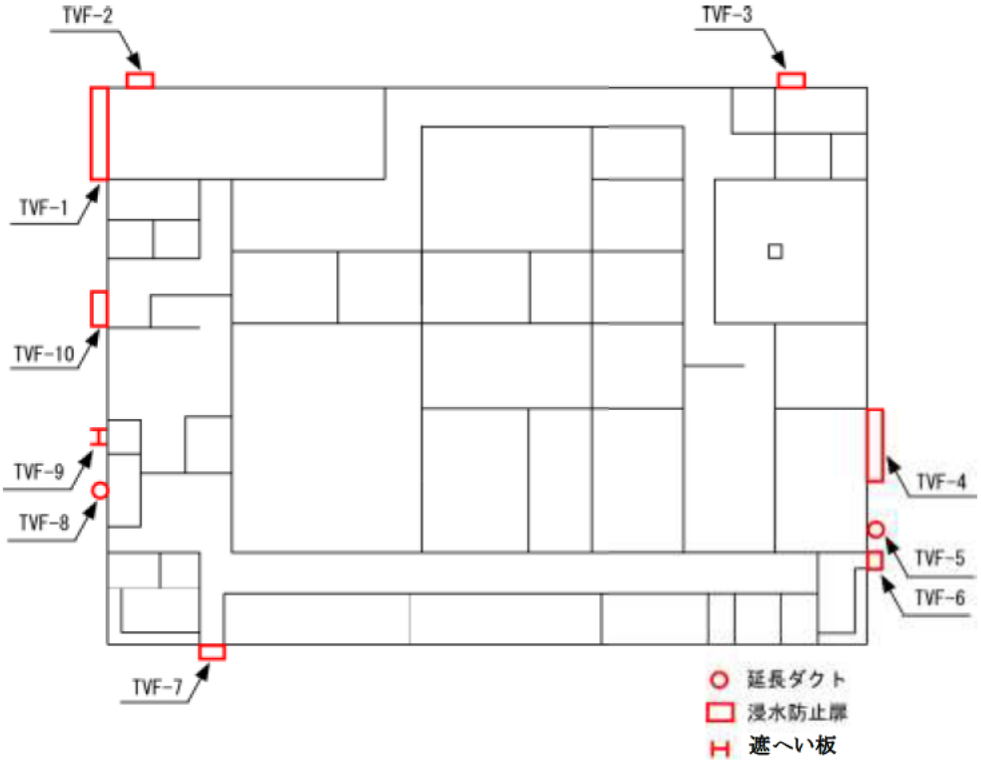
６．工事の工程

本申請に係る工事の工程を表－3 に示す。

表－3　浸水防止扉（TVF-10）の更新工事工程表

	令和3年度						備　考
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
締結金具等交換工事				工事			

（別図）



別図-1　浸水防止設備（浸水防止扉等）の設置位置図（TVF 建家 1 階平面）


TVF-1


TVF-2


TVF-3


TVF-4

TVF-5


TVF-6

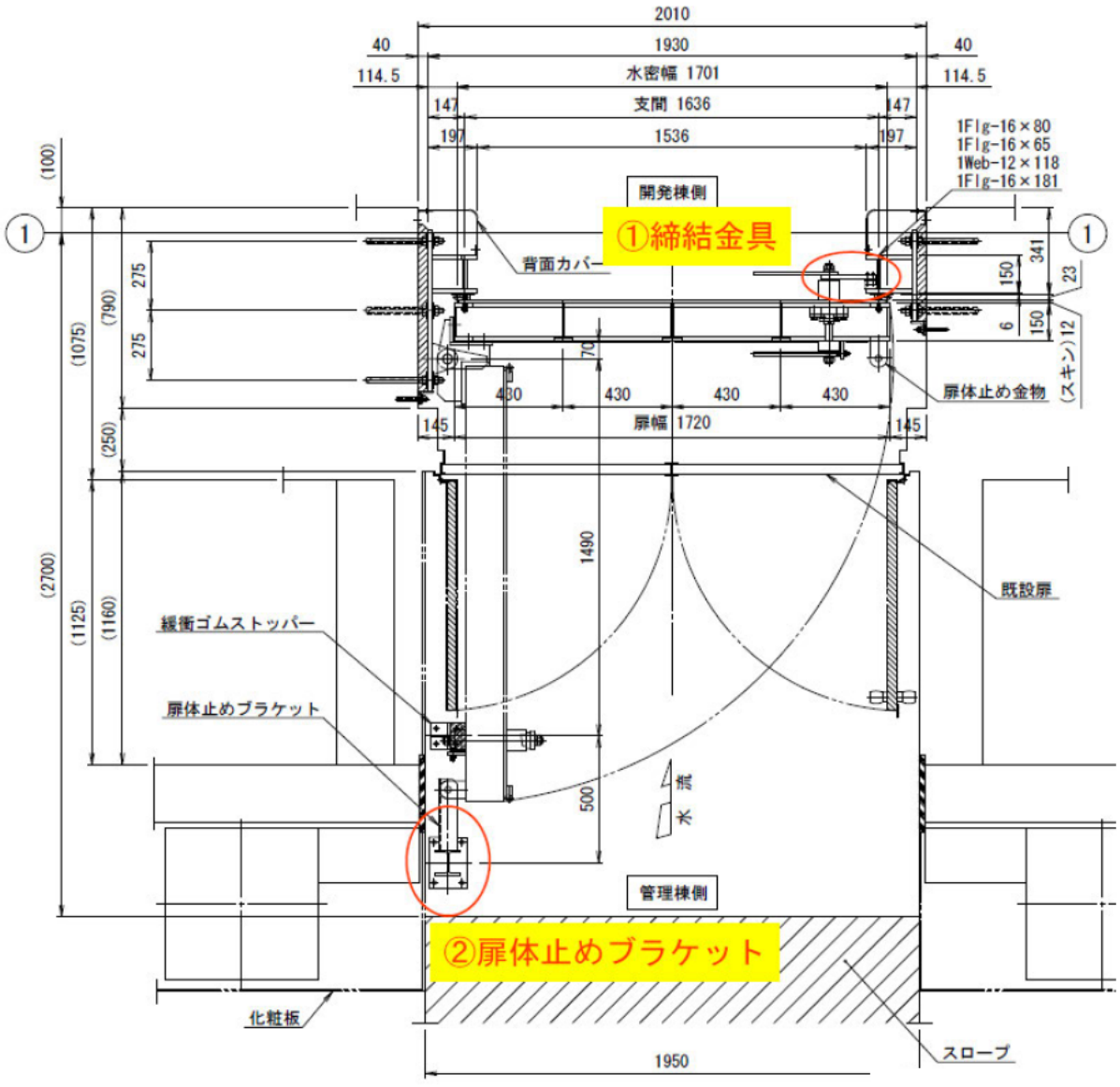

TVF-7


TVF-8


TVF-9


TVF-10

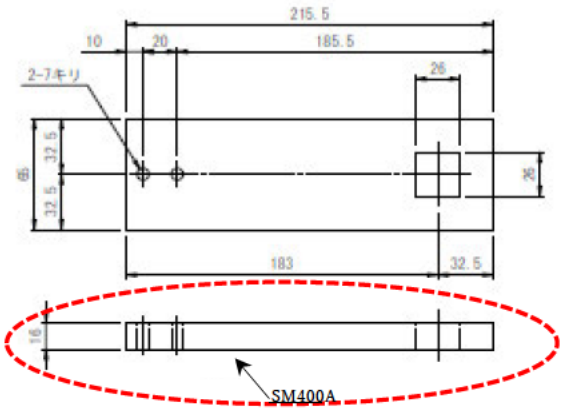
別図-2 浸水防止設備（浸水防止扉等）の設置状態



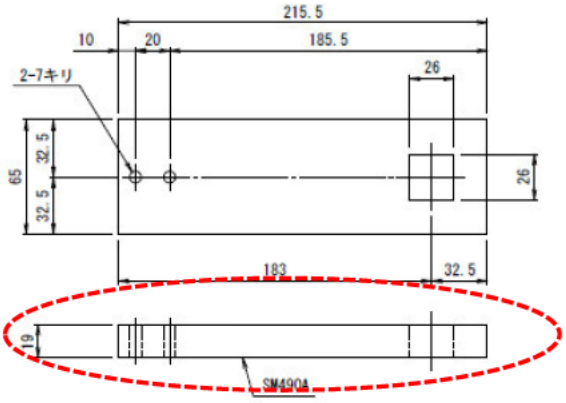
(単位:mm)

別図-3　浸水防止扉（TVF-10）の構造概要

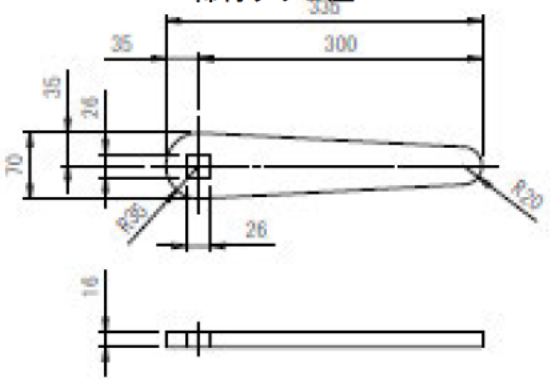
【交換前】



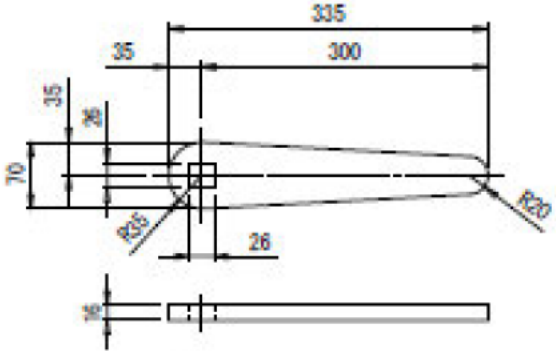
【交換後】



締付クサビ座



締付クサビ座



（単位：mm）

締付金物軸

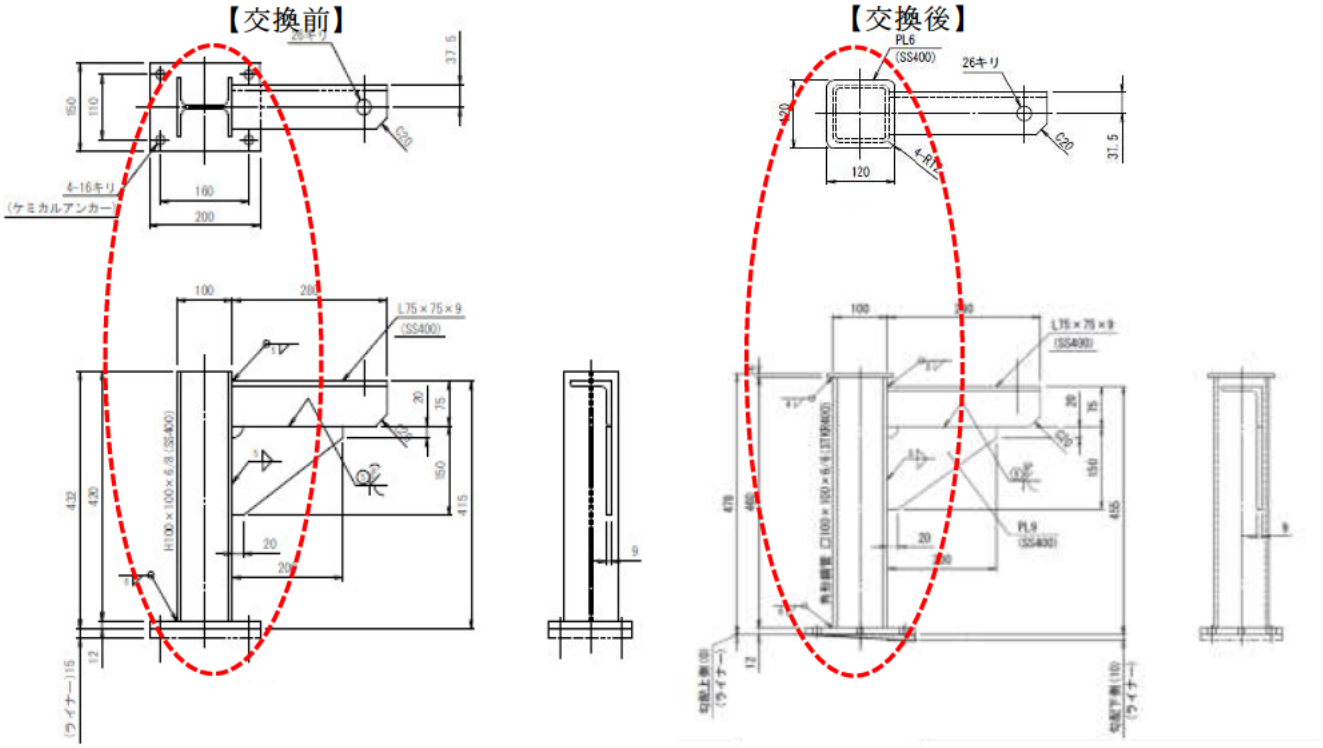
SM400A：肉厚 16mm

⇒

締付金物軸

SM490A：肉厚 19mm

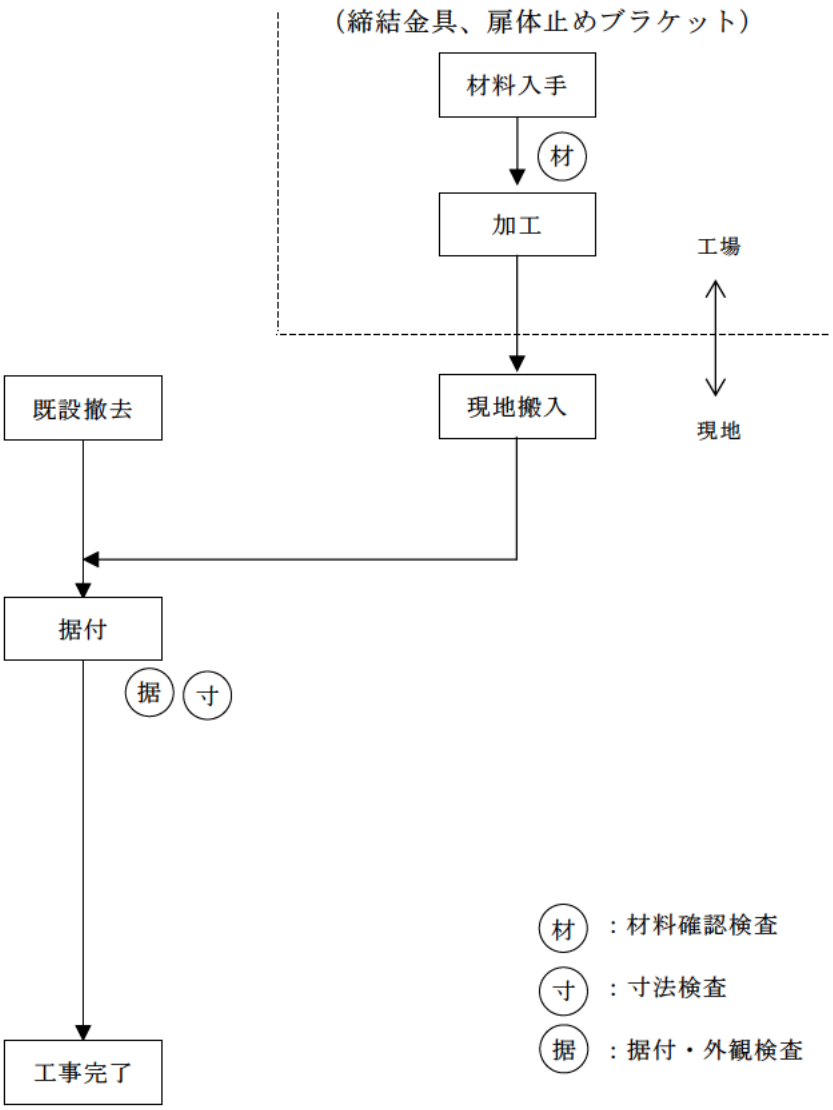
別図-4　締結金具の概要図



（単位：mm）

H 鋼材 100×100×6×8　　⇒　　角形鋼材 100×100×6×6

別図-5　扉体止めブラケットの概要図



別図－6　浸水防止扉（TVF-10）の更新工事フロー図

添　付　書　類

１．申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

２．申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定若しくは同法第 44 条の 4 第 1 項の許可を受けたところ又は同条第 2 項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

１．申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

本申請に係る「再処理施設に関する設計及び工事の計画」は以下に示すとおり「再処理施設の技術基準に関する規則」に掲げる技術上の基準に適合している。

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第一条	定義	－	－	－
第二条	特殊な設計による再処理施設	無	－	－
第三条	廃止措置中の再処理施設の維持	無	－	－
第四条	核燃料物質の臨界防止	無	－	－
第五条	安全機能を有する施設の地盤	無	－	－
第六条	地震による損傷の防止	有	第２項	別紙－１に示すとおり
第七条	津波による損傷の防止	有	－	別紙－２に示すとおり
第八条	外部からの衝撃による損傷防止	無	－	－
第九条	再処理施設への人の不法な侵入等の防止	無	－	－
第十条	閉じ込めの機能	無	－	－
第十一条	火災等による損傷の防止	無	－	－
第十二条	再処理施設内における溢水による損傷の防止	無	－	－
第十三条	再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止	無	－	－
第十四条	安全避難通路等	無	－	－
第十五条	安全上重要な施設	無	－	－
第十六条	安全機能を有する施設	無	－	－
第十七条	材料及び構造	無	－	－
第十八条	搬送設備	無	－	－
第十九条	使用済燃料の貯蔵施設等	無	－	－
第二十条	計測制御系統施設	無	－	－
第二十一条	放射線管理施設	無	－	－

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第二十二条	安全保護回路	無	－	－
第二十三条	制御室等	無	－	－
第二十四条	廃棄施設	無	－	－
第二十五条	保管廃棄施設	無	－	－
第二十六条	使用済燃料等による汚染の防止	無	－	－
第二十七条	遮蔽	無	－	－
第二十八条	換気設備	無	－	－
第二十九条	保安電源設備	無	－	－
第三十条	緊急時対策所	無	－	－
第三十一条	通信連絡設備	無	－	－
第三十二条	重大事故等対処施設の地盤	無	－	－
第三十三条	地震による損傷の防止	無	－	－
第三十四条	津波による損傷の防止	無	－	－
第三十五条	火災等による損傷の防止	無	－	－
第三十六条	重大事故等対処設備	無	－	－
第三十七条	材料及び構造	無	－	－
第三十八条	臨界事故の拡大を防止するための設備	無	－	－
第三十九条	冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備	無	－	－
第四十条	放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備	無	－	－
第四十一条	有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備	無	－	－
第四十二条	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	無	－	－
第四十三条	放射性物質の漏えいに対処するための設備	無	－	－

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第四十四条	工場等外への放射性物質等の放出を抑制するための設備	無	－	－
第四十五条	重大事故等への対処に必要となる水の供給設備	無	－	－
第四十六条	電源設備	無	－	－
第四十七条	計装設備	無	－	－
第四十八条	制御室	無	－	－
第四十九条	監視測定設備	無	－	－
第五十条	緊急時対策所	無	－	－
第五十一条	通信連絡を行うために必要な設備	無	－	－
第五十二条	電磁的記録媒体による手続	無	－	－

第六条（地震による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、これに作用する地震力（事業指定基準規則第七条第二項の規定により算定する地震力をいう。）による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。

2　耐震重要施設（事業指定基準規則第六条第一項に規定する耐震重要施設をいう。以下同じ。）は、基準地震動による地震力（事業指定基準規則第七条第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。）に対してその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

3　耐震重要施設は、事業指定基準規則第七条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

2　本申請は、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対してガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の浸水防止設備（浸水防止扉）のうち、TVF-1～TVF-9 については十分な強度があることを確認できたが、TVF-10 一部の部位（発生応力が部材耐力を超える部位 2 か所：締結金物、扉体止めブラケット）の耐震性が不足することが確認できたため、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を担う重要な安全機能が損なわれることのないよう TVF-10 の浸水防止扉の締結金具及び扉体止めブラケットの材質等を変更するものである。

その結果、締結金具及び扉体止めブラケットの材質変更等により浸水防止扉の耐震性を確保できることを確認した。耐震計算については、別添-1 に示す「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟　浸水防止設備（浸水防止扉等）の固有周期についての計算書」及び別添-2 に示す「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟　浸水防止設備（浸水防止扉等）の耐震性についての計算書」のとおりである。

したがって、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して浸水防止扉の耐震性を確保できることから、安全性が損なわれるおそれがない。

別添-1

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟
浸水防止設備（浸水防止扉等）の固有周期についての計算書

1. 概要

本資料は、令和2年9月25日付け原規規発第2009252号にて認可を受けた廃止措置計画書 別添 6-1-3-3「Ⅰガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の津波防護に関する施設の設計方針」（令02原機（再）029）に基づき、廃止措置計画用設計地震動（以下「設計地震動」という。）による地震力（以下「設計地震力」という。）に対して、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に設置している浸水防止設備が、構造強度を有することを説明するものである。

設計津波が到達する建家の開口部に設置している浸水防止設備(浸水防止扉 TVF-1、浸水防止扉 TVF-2、浸水防止扉 TVF-3、浸水防止扉 TVF-4、ガラリ延長ダクト TVF-5、浸水防止扉 TVF-6、浸水防止扉 TVF-7、ガラリ延長ダクト TVF-8、窓遮へい板 TVF-9及び浸水防止扉 TVF-10)について、構造に応じて解析モデルを設定し、それぞれの固有周期が0.05秒以下であることを確認する。

2. 浸水防止扉(TVF-1～4、6、7、10)の固有周期の計算

2.1 記号の説明

浸水防止扉(TVF-1～4、6、7、10)の固有周期の計算に用いる記号を表2-1-1に示す。

表2-1-1 浸水防止扉(TVF-1～4、6、7、10)の固有周期の計算に用いる記号

記号	定義	単位
f	1次固有振動数	Hz
L	はり長さ	mm
E	縦弾性係数	MPa
I	断面2次モーメント	mm^4
I_n	主桁の断面2次モーメント $n = 1\sim10\ (TVF-1)$、 $1\sim4\ (TVF-2\sim4、\ 6、\ 7)$、 $1\sim5\ (TVF-10)$	mm^4
G	扉体質量	t
m	質量分布	t/mm
λ	定数（板モデルの固有振動数算出）	−
T	固有周期	s

2.2 解析モデルの設定

浸水防止扉(TVF-1～4、6、7、10)は、片開型又は横引型の鋼製扉であり、扉板の背面に芯材（主桁及び縦桁）を配した構造である。扉枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

したがって、扉板及び芯材の組合せにより剛な断面を有しているとともに、ヒンジ及び締付装置により扉を扉枠に支持させる構造であることから、両端支持はりに単純化したモデルとし、最大スパン部のはり（芯材）に、当該はりが受ける扉本体（扉板及び芯材）の自重及び付属品（締結装置等）の自重を加えるものとする。はり長さは扉幅とする。浸水防止扉(TVF-1)の固有周期解析モデル図を図2-2-1、浸水防止扉(TVF-2、3、6)の固有周期解析モデル図を図2-2-2、浸水防止扉(TVF-4)の固有周期解析モデル図を図2-2-3、浸水防止扉(TVF-7)の固有周期解析モデル図を図2-2-4、浸水防止扉(TVF-10)の固有周期解析モデル図を図2-2-5に示す。

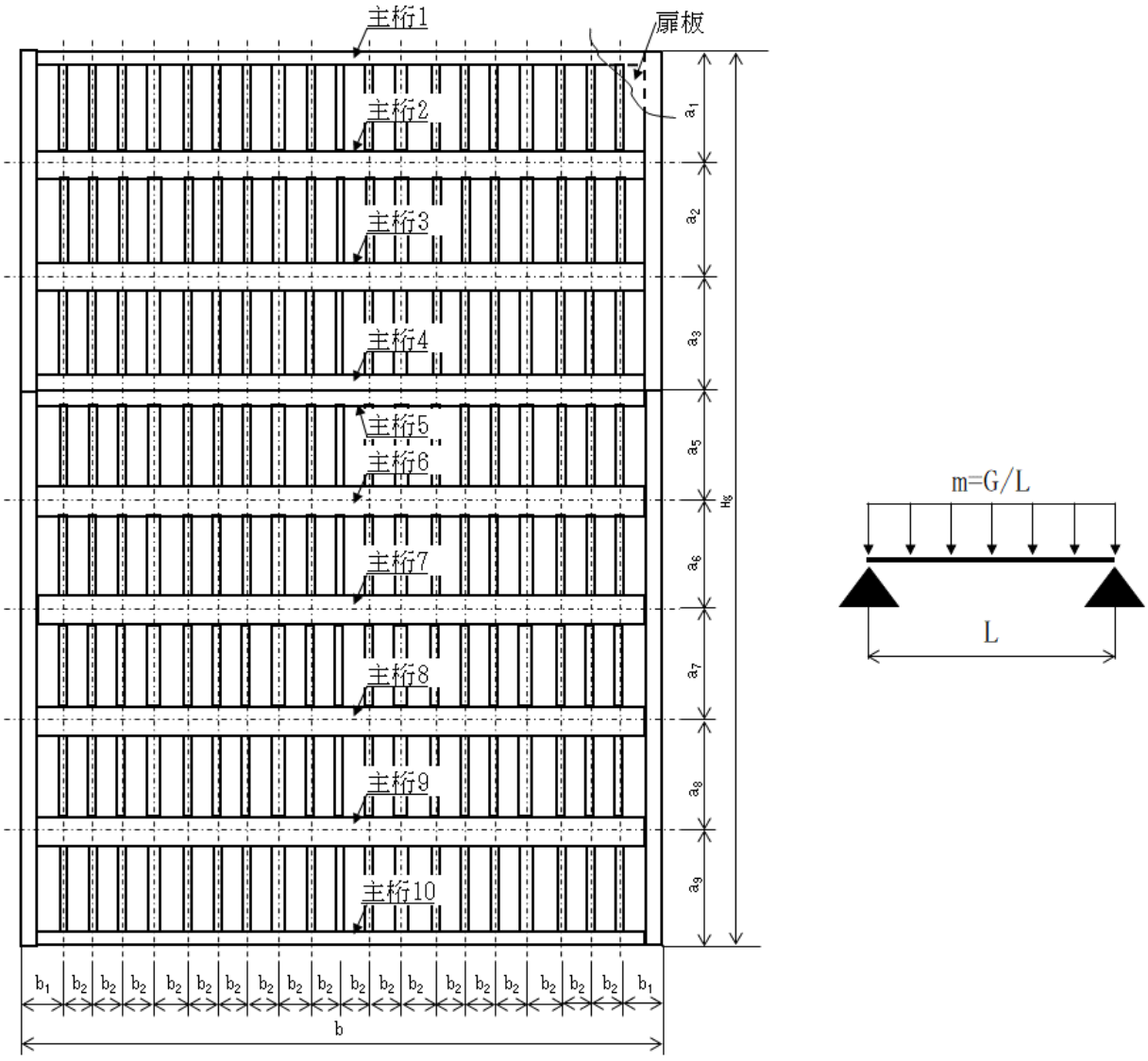


図 2-2-1 浸水防止扉(TVF-1)の固有周期解析モデル

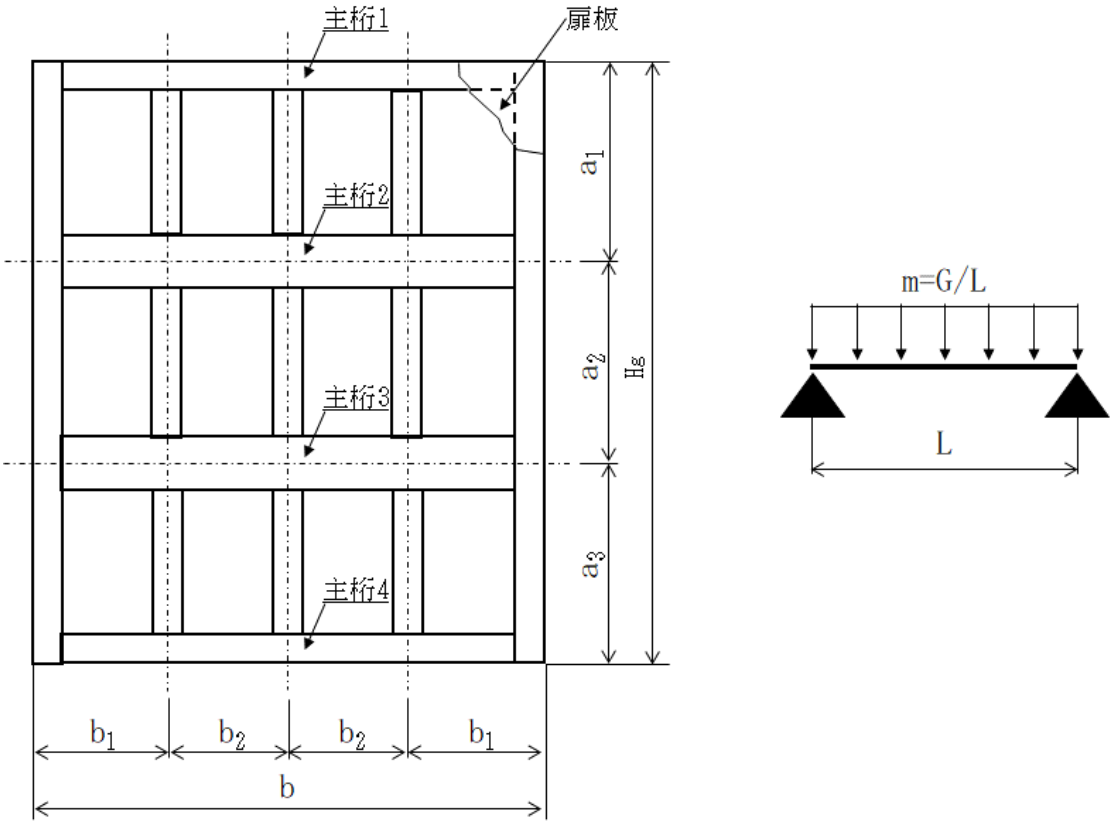


図 2-2-2 浸水防止扉(TVF-2、 3、 6)の固有周期解析モデル

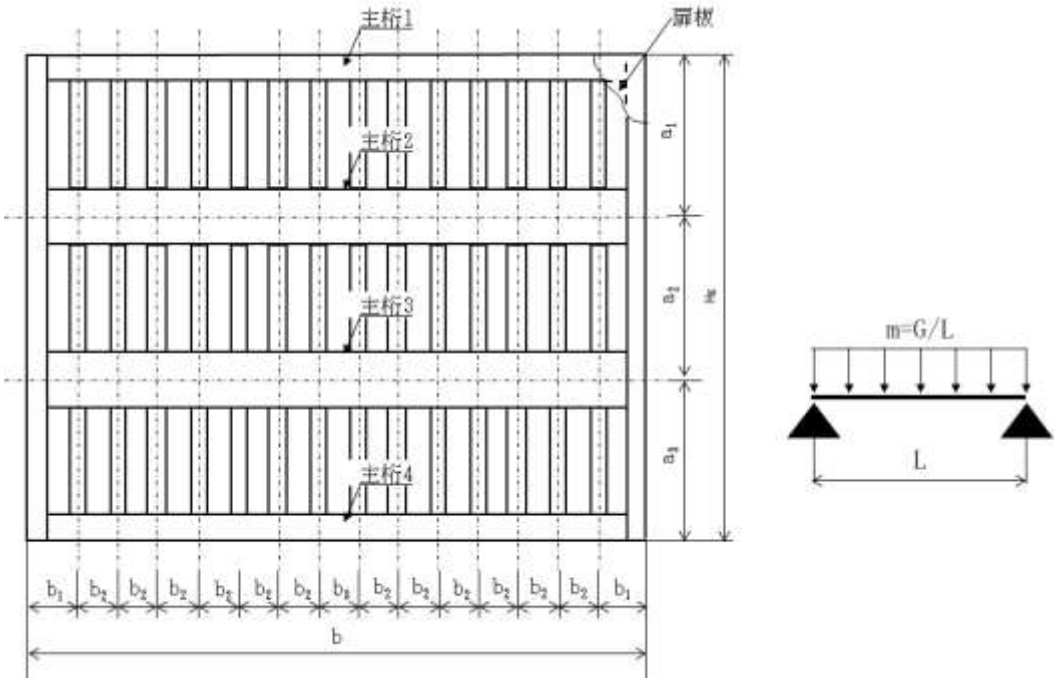


図 2-2-3 浸水防止扉(TVF-4)の固有周期解析モデル

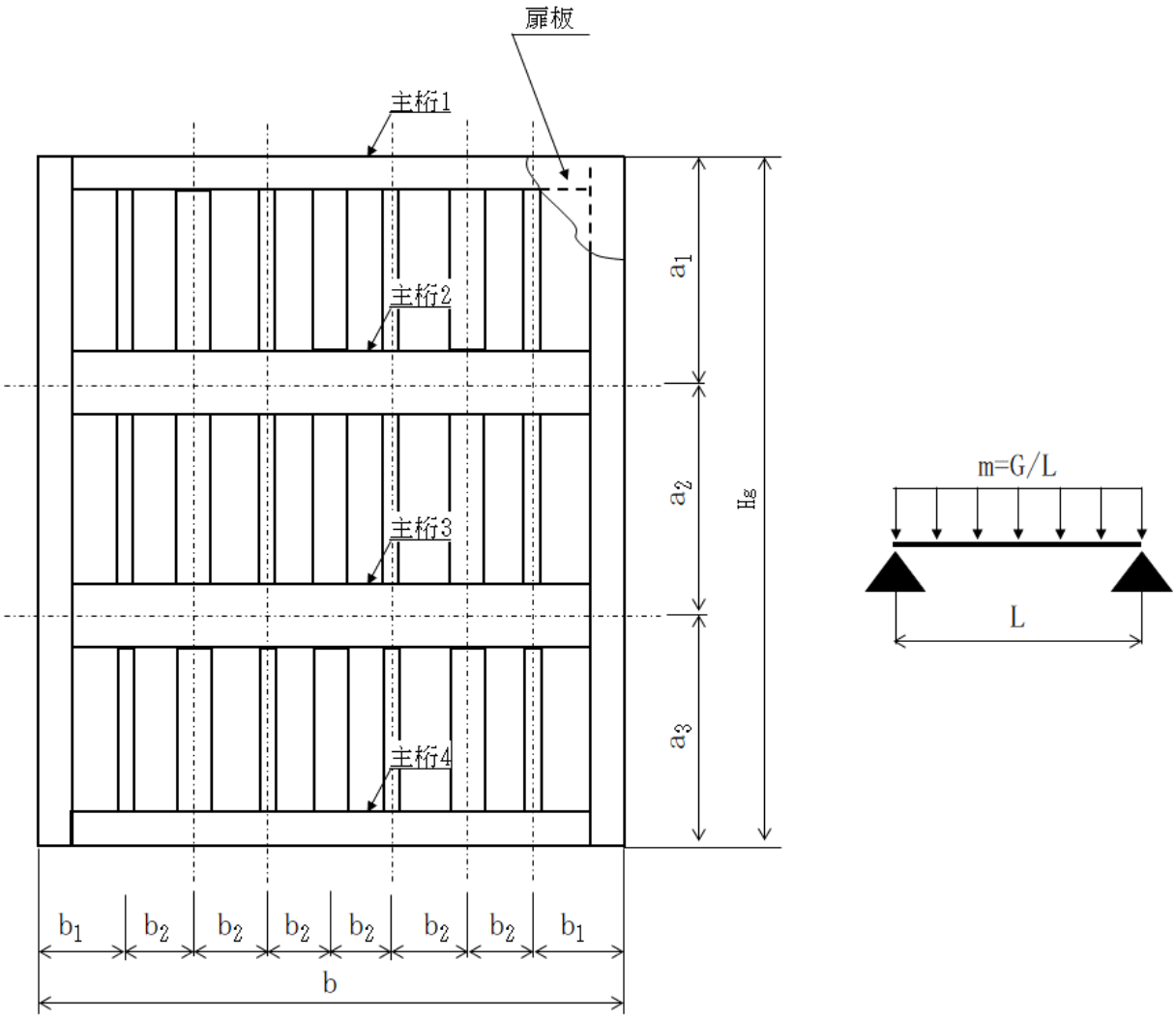


図 2-2-4 浸水防止扉(TVF-7)の固有周期解析モデル

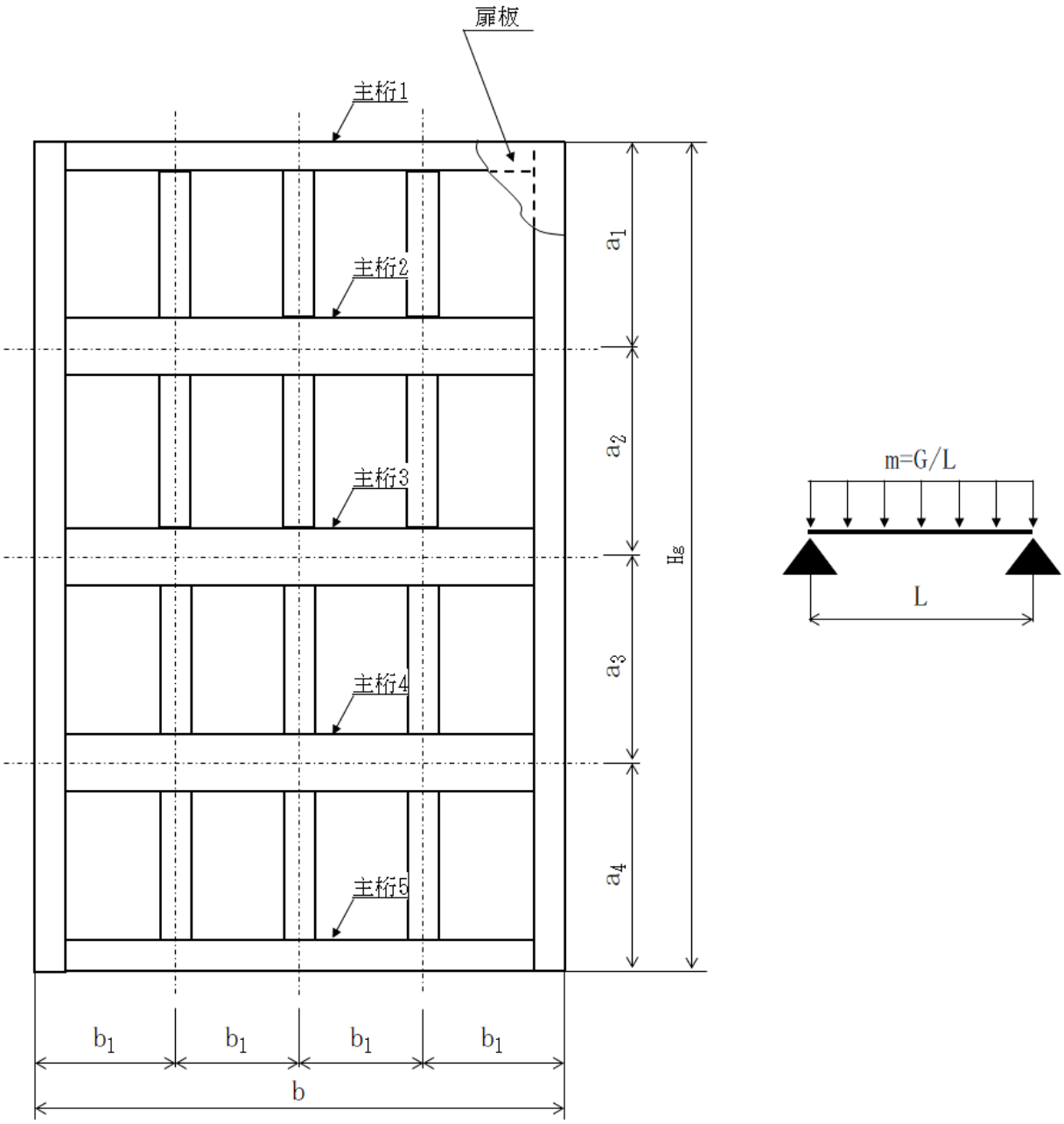


図 2-2-5 浸水防止扉(TVF-10)の固有周期解析モデル

2.3 計算方法

1 次固有振動数 f を「日本機械学会 機械工学便覧」に基づき以下の式より計算する。

(1) 断面 2 次モーメント

$$I = \sum_{n=1} I_n$$

$n = 1 \sim 10$ (TVF-1)

$n = 1 \sim 4$ (TVF-2～4、6、7)

$n = 1 \sim 5$ (TVF-10)

(2) 両端支持はりモデル

$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi L^2}\sqrt{\frac{EI}{m}} \qquad (\lambda = \pi)$$

(3) 固有周期

$$T = \frac{1}{f}$$

2.4 計算条件

浸水防止扉(TVF-1～4、6、7、10)の固有周期の計算条件を表 2-4-1 に示す。

表 2-4-1 浸水防止扉(TVF-1～4、6、7、10)の固有周期の計算条件（両端支持はりモデル）

対象設備	はり長さ L [mm]	縦弾性係数 E [MPa]	断面2次モーメント I [mm^4]	質量分布 m [t/mm]
TVF-1 上、下段扉	6170	193000 ※1	24830000000	3.760×10^{-3}
TVF-2、 3	1600	193000 ※1	269560000	7.500×10^{-4}
TVF-4	4580	193000 ※1	5742000000	1.485×10^{-3}
TVF-6	1485	193000 ※1	269560000	8.081×10^{-4}
TVF-7	2480	193000 ※1	457560000	6.855×10^{-4}
TVF-10	1720	205000 ※2	93990000	5.814×10^{-4}

※1 JIS B8265　表 D.1-材料の各温度における縦弾性係数：材料グループ G

※2 日本建築学会 鋼構造設計規準

2.5 計算結果

浸水防止扉(TVF-1～4、6、7、10)の固有周期の計算結果を表 2-5-1 に示す。各設備の固有周期はいずれも 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 2-5-1 浸水防止扉（TVF-1～4､6、7、10）の固有周期の計算結果

対象設備	固有周期 T [s]	固有振動数 f [Hz]
TVF-1 （上段扉及び下段扉）	0.022	46
TVF-2、 3	0.007	161
TVF-4	0.016	64
TVF-6	0.006	180
TVF-7	0.011	91
TVF-10	0.011	96

3. ガラリ延長ダクト(TVF-5)の固有周期の計算

3.1 記号の説明

ガラリ延長ダクト(TVF-5)の固有周期の計算に用いる記号を表 3-1-1 に示す。

表3-1-1 ガラリ延長ダクト(TVF-5)の固有周期の計算に用いる記号(1/2)

記号	定義	単位
f	1次固有振動数	Hz
L	ダクト配管サポート間距離	mm
E	縦弾性係数	MPa
I	ダクト配管の断面2次モーメント	mm^4
ρ	ダクト配管密度	t/mm^3
A	ダクト配管断面積	mm^2
λ	定数（板モデルの固有振動数算出）	−
T	固有周期	s
D_X	水平方向の分担係数	−
D_Z	鉛直方向の分担係数	−
m	排気口ボックス重量	t
I_c'	排気口ボックス主桁（側面）の断面2次モーメント	mm^4
L_{bx}	排気口ボックス正面幅	mm
h	排気口ボックス奥行	mm
I_1'	排気口ボックス主桁（正面）の断面2次モーメント	mm^4
K_{c1}'	排気口ボックス主桁（側面）の剛度	mm^3
k_{c1}'	排気口ボックス主桁（側面）の剛比	−
K_1'	排気口ボックス主桁（正面）の剛度	mm^3
k_1'	排気口ボックス主桁（正面）の剛比	−
K_0	標準剛度	mm^3
K_X	水平方向剛性	N/mm
K_Z	鉛直方向剛性	N/mm

表3-1-1 ガラリ延長ダクト(TVF-5)の固有周期の計算に用いる記号(2/2)

記号	定義	単位
I_c	排気口ボックス主桁（側面）の断面2次モーメント	mm^4
L_{bz}	排気口ボックス主桁ピッチ（側面）	mm
h_i	排気口ボックス横桁ピッチ（側面）	mm
K_{ci}	排気口ボックス主桁（側面）の剛度	mm^3
k_{ci}	排気口ボックス主桁（側面）の剛比	－
K_{abi}、K_{bci}、K_{cdi}	排気口ボックス主桁・横桁（側面）の剛度	mm^3
I_{abi}、I_{bci}、I_{cdi}	排気口ボックス主桁・横桁（側面）の断面2次モーメント	mm^4
k_{abi}、k_{bci}、k_{cdi}	排気口ボックス主桁・横桁（側面）の剛比	－

3.2 ガラリ延長ダクト(TVF-5)の解析モデルの設定

ガラリ延長ダクト(TVF-5)は、排気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。排気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材（主桁及び縦桁）を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は排気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガーダをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

したがって、ガラリ延長ダクト(TVF-5)は、板及び芯材の組合せにより剛な断面を有する排気口ボックス、配管及びリングガーダの組合せにより剛な断面を有するダクト配管及びダクトカバーから構成され、アンカーボルトで壁に固定する構造である。ダクトカバーは壁と一体であることから、ダクト配管と排気口ボックスの各々に対して固有周期を計算し、剛性を評価する。

(1) ダクト配管

ダクト配管は等分布荷重が作用する両端単純支持梁として固有振動数を算出する。図 3-2-1 にダクト配管の固有周期解析モデルを示す。

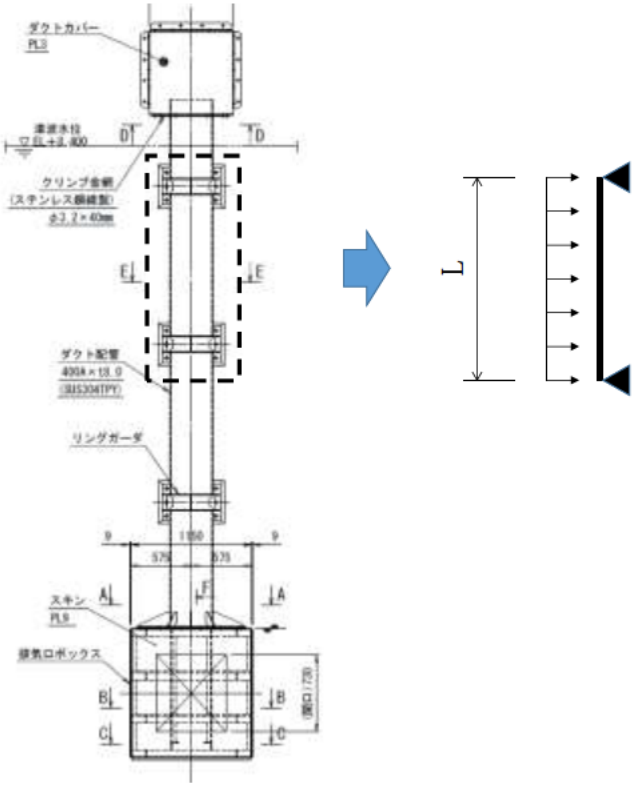


図 3-2-1 ダクト配管の固有周期解析モデル

(2) 排気口ボックス

排気口ボックスは保守側の前提として、門型ラーメン構造のみを考慮する。側壁とフレーム（芯材）との接合部の支持条件はピン支持とする。

排気口ボックスの荷重分担係数を水平方向荷重及び鉛直方向荷重それぞれに対して計算し、その数値を基に水平方向及び鉛直方向の固有周期を算出して、剛性を評価する。図 3-2-2 に水平方向の固有周期解析モデルを、図 3-2-3 に鉛直方向の固有周期解析モデルを示す。

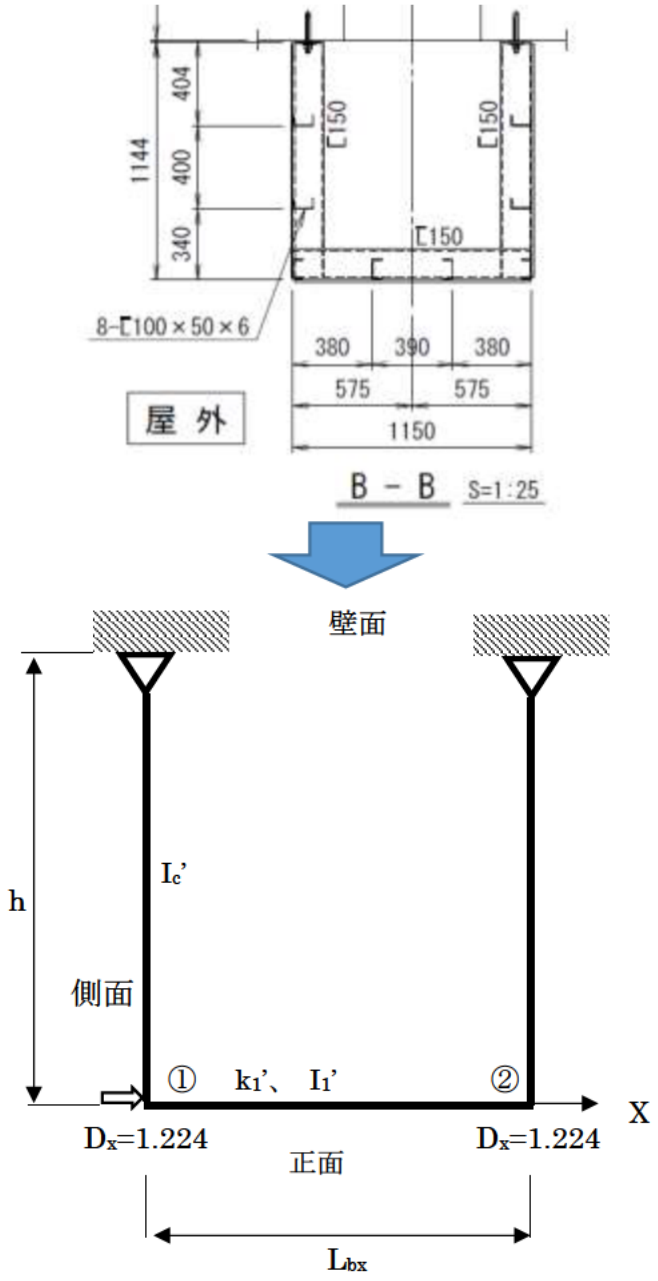
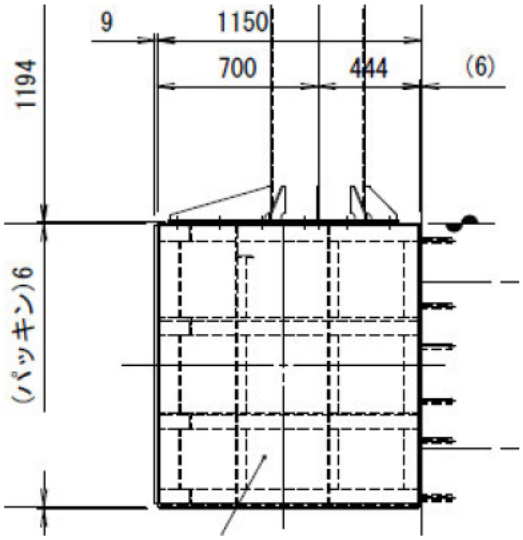


図 3-2-2 排気口ボックス（水平方向）の固有周期解析モデル



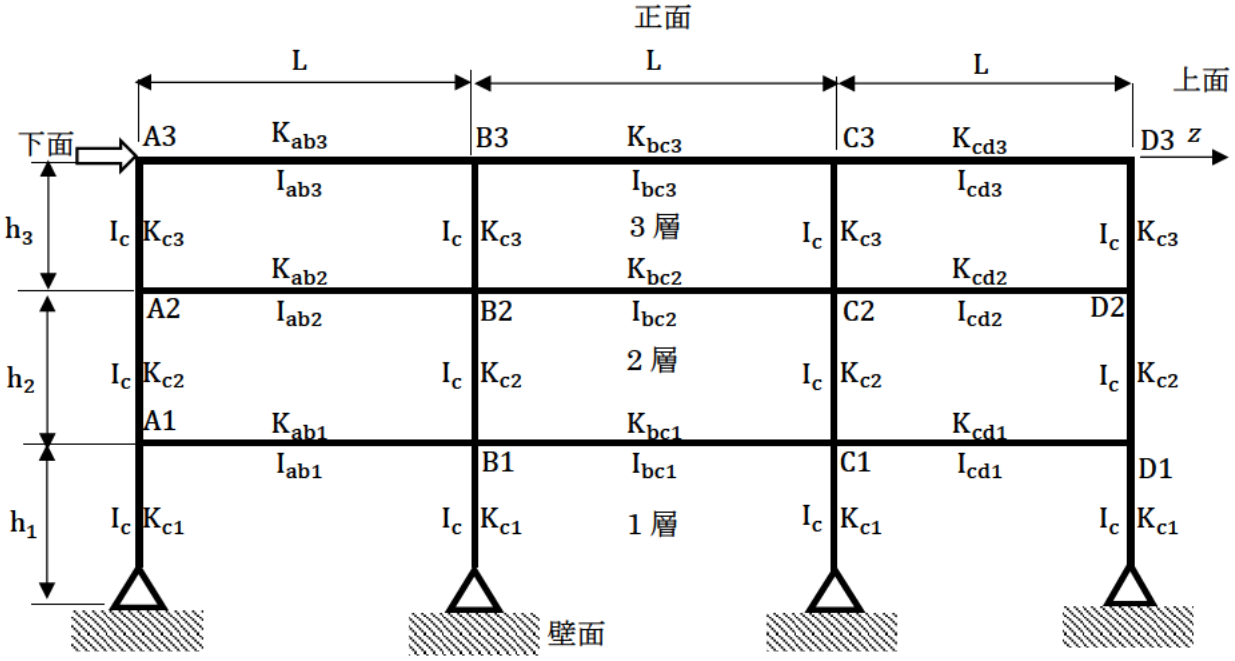


図 3-2-3 排気ロボックス（鉛直方向）の固有周期解析モデル

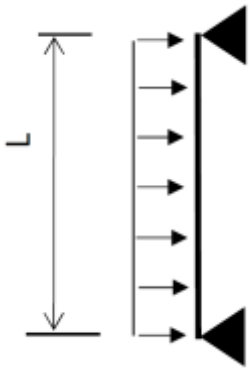
3.3 ガラリ延長ダクト(TVF-5)の固有周期の計算方法

1 次固有振動数 f を「日本機械学会　機械工学便覧」及び D 値法「耐震計算法（武藤清著）に基づき以下の式より計算する。

(1) ダクト配管

固有振動数

$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi L^2}\sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \qquad (\lambda = \pi)$$

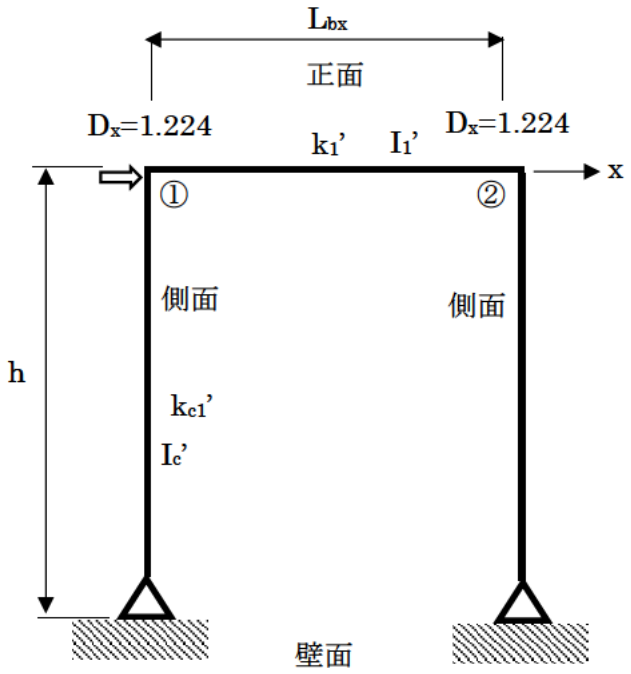


固有周期

$$T = \frac{1}{f}$$

(2) 排気口ボックス

a. 水平方向の D 値(D_X)の算出

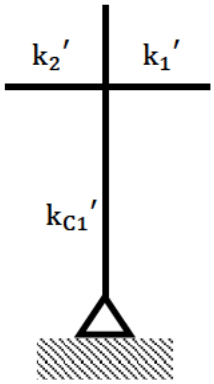


I_c	h	I_1'	L_{bx}
mm^4	mm	mm^4	mm
8444000	1150	8444000	1150

剛度

$$K_{C1}' = \frac{I_c'}{h} = 7343 \ mm^3$$

$$K_1' = \frac{I_1'}{L_{bx}} = 7343 \ mm^3$$



剛比

$K_0 = 1000 \ mm^3$　標準剛度とする。

$$k_{C1}' = \frac{K_{C1}'}{K_0} = 7.343$$

$$k_1' = \frac{K_1'}{K_0} = 7.343$$

分担係数(D_X)の算出

柱脚ピン式として算出する

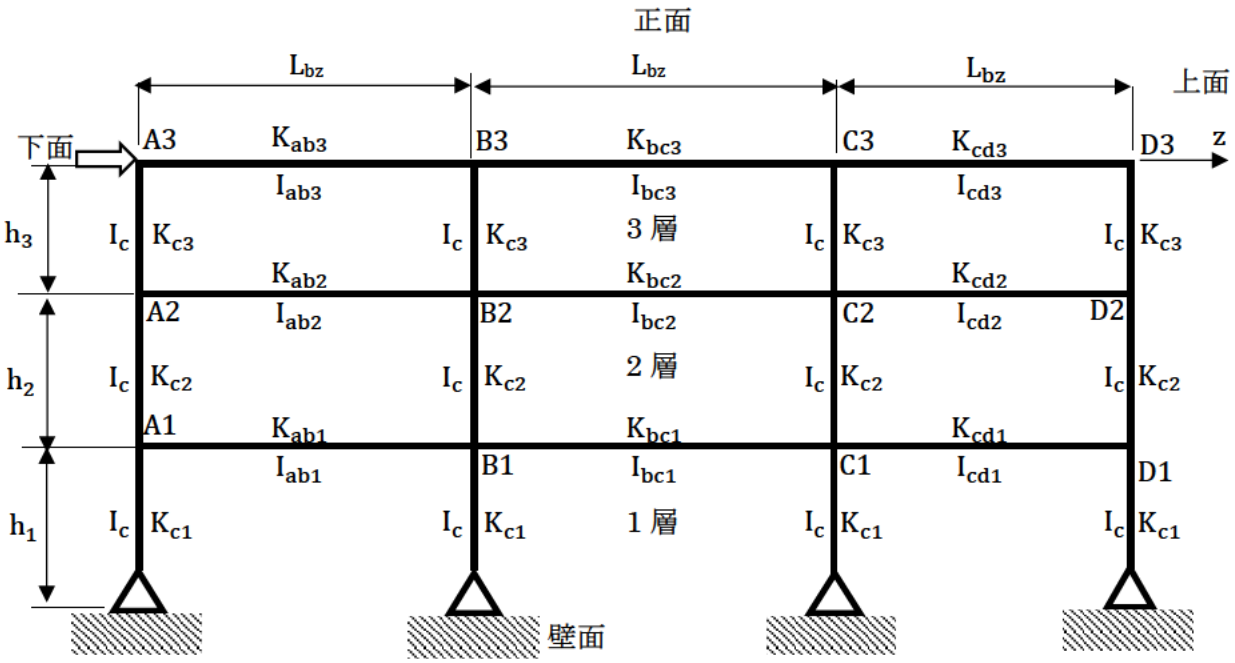
$$k^{\sim} = \frac{k_1' + k_2'}{k_{C1}'} = 1.0$$

ただし$k_2 = 0.0$

$$a = 0.5 \times \frac{k^{\sim}}{1 + 2k^{\sim}} = 0.167$$

$$D_X = a \times k_{C1} = 1.224$$

b. 排気口ボックス鉛直方向のD値(D_Z)の算出



I_c	I_{ab3}、I_{bc3}、I_{cd3}	I_{ab2}、I_{bc2}、I_{cd2}、I_{ab1}、I_{bc1}、I_{cd1}
mm^4	mm^4	mm^4
1329000	1668000	263000

h_1	h_2	h_3	L_{bz}
mm	mm	mm	mm
410	400	340	410

剛度

$$K_{c1} = \frac{I_c}{h_1} = 3241\ \ mm^3$$

$$K_{c2} = \frac{I_c}{h_2} = 3323\ \ mm^3$$

$$K_{c3} = \frac{I_c}{h_3} = 3909\ \ mm^3$$

$$K_{ab1} = K_{bc1} = K_{cd1} = \frac{I_{ab1}}{L_{bz}} = 641\ \ mm^3$$

$$K_{ab2} = K_{bc2} = K_{cd2} = \frac{I_{ab2}}{L_{bz}} = 641\ \ mm^3$$

$$K_{ab3} = K_{bc2} = K_{cd3} = \frac{I_{ab3}}{L_{bz}} = 4068\ \ mm^3$$

剛比

$K_0 = 1000\ \ mm^3$　標準剛度とする。

$$k_{c1} = \frac{K_{c1}}{K_0} = 3.241$$

$$k_{c2} = \frac{K_{c2}}{K_0} = 3.323$$

$$k_{c3} = \frac{K_{c3}}{K_0} = 3.909$$

$$k_{ab1} = k_{bc1} = k_{cd1} = \frac{K_{ab1}}{K_0} = 0.641$$

$$k_{ab2} = k_{bc2} = k_{cd2} = \frac{K_{ab2}}{K_0} = 0.641$$

$$k_{ab3} = k_{bc3} = k_{cd3} = \frac{K_{ab3}}{K_0} = 4.068$$

分担係数(D_i)の算出

柱脚ピン式として算出する

1層

＜A1、D1 点＞

$k_{m1} = k_{ab1} = k_{cd1} = 0.641$

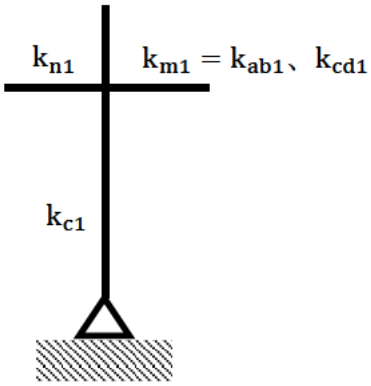
$k_{n1} = 0.0$

$$k^{\sim} = \frac{k_{n1} + k_{m1}}{k_{c1}} = 0.198$$

$$a = 0.5 * \frac{k^{\sim}}{1 + 2k^{\sim}} = 0.071$$

$k_{c1} = 3.241$

$D_Z = a \times k_{c1} = 0.230$



＜B1、C1 点＞

$k_{m1} = k_{bc1} = k_{cd1} = 0.641$

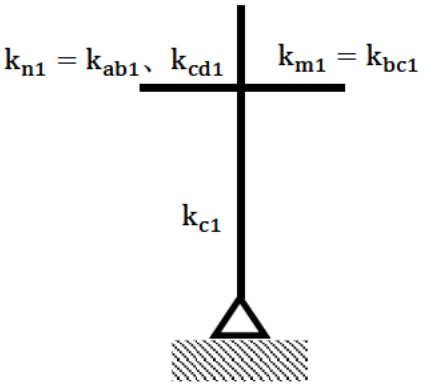
$k_{n1} = k_{ab1} = k_{bc1} = 0.641$

$$k^{\sim} = \frac{k_{n1} + k_{m1}}{k_{c1}} = 0.396$$

$$a = 0.5 \times \frac{k^{\sim}}{1 + 2k^{\sim}} = 0.110$$

$k_{c1} = 3.241$

$D_Z = a \times k_{c1} = 0.358$



2、3層

＜A1-A2、D1-D2＞

$k_{m1} = 0.641$

$k_{m2} = 0.641$

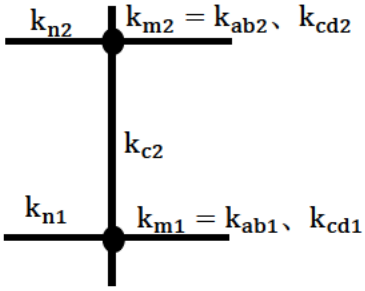
$k_{n1} = k_{n2} = 0.0$

$$k^{\sim} = \frac{k_{n1} + k_{n2} + k_{m1} + k_{m2}}{2 \times k_{c2}} = 0.193$$

$$a = \frac{k^{\sim}}{2 + k^{\sim}} = 0.088$$

$k_{c2} = 3.323$

$D_Z = a \times k_{c2} = 0.292$



＜B1-B2、C1-C2＞

$k_{m1} = 0.641$

$k_{m2} = 0.641$

$k_{n1} = 0.641$

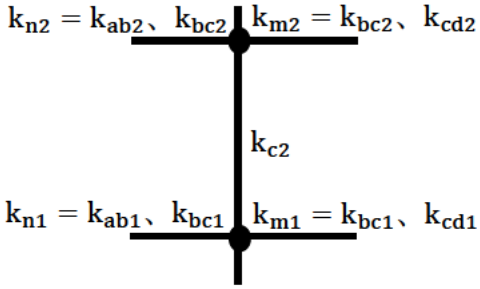
$k_{n2} = 0.641$

$$k^{\sim} = \frac{k_{n1} + k_{n2} + k_{m1} + k_{m2}}{2 \times k_{c2}} = 0.386$$

$$a = \frac{k^{\sim}}{2 + k^{\sim}} = 0.162$$

$k_{c2} = 3.323$

$D_Z = a \times k_{c2} = 0.538$



＜A2-A3、D2-D3＞

$k_{m2} = 0.641$

$k_{m3} = 4.068$

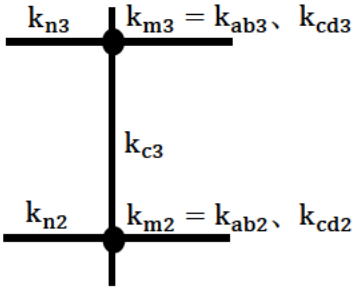
$k_{n2} = k_{n3} = 0.0$

$$k^{\sim} = \frac{k_{n2} + k_{n3} + k_{m2} + k_{m3}}{2 \times k_{c3}} = 0.602$$

$$a = \frac{k^{\sim}}{2 + k^{\sim}} = 0.231$$

$k_{c3} = 3.909$

$D_Z = a \times k_{c3} = 0.905$



＜B1-B2、C1-C2＞

$k_{m2} = 0.641$

$k_{m3} = 4.068$

$k_{n2} = 0.641$

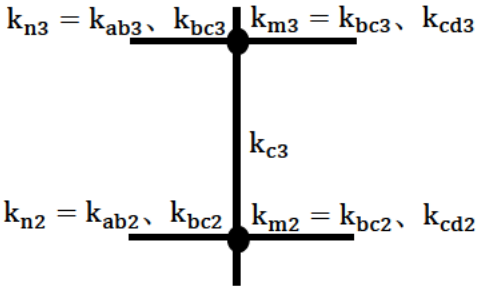
$k_{n3} = 4.068$

$$k^{\sim} = \frac{k_{n2} + k_{n3} + k_{m2} + k_{m3}}{2 \times k_{c3}} = 1.205$$

$$a = \frac{k^{\sim}}{2 + k^{\sim}} = 0.376$$

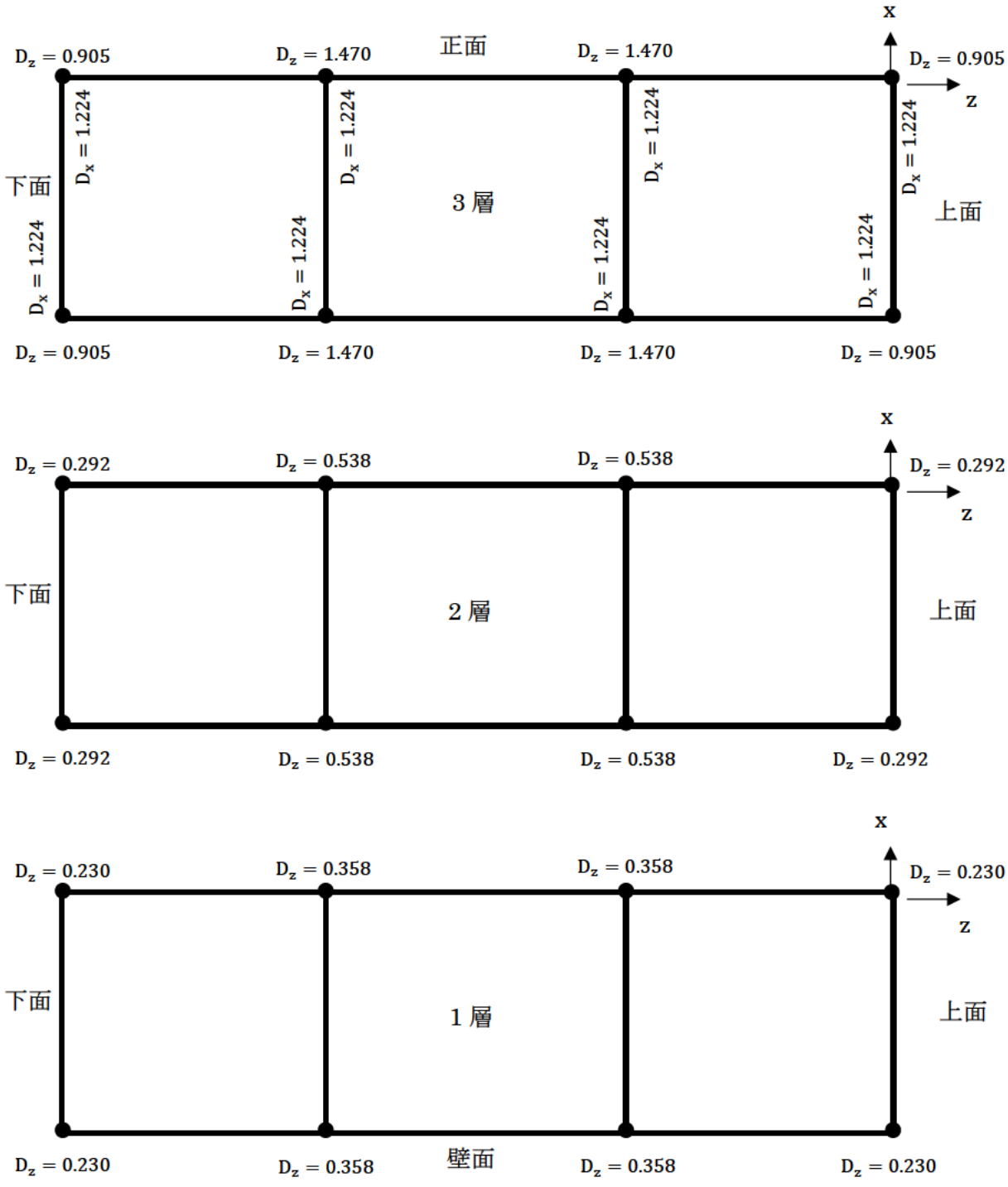
$k_{c3} = 3.909$

$D_Z = a \times k_{c3} = 1.470$



c. D 値分布

給気ロボックスの分担係数(D_X、D_Z)の分布を以下に示す。



d. 固有振動数及び固有周期

排気口ボックスの固有振動数及び固有周期は以下の方法で算出する。

水平方向

$$f_X = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K_X}{m}}$$

$$T_X = \frac{1}{f_X}$$

垂直方向

$$f_Z = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K_Z}{m}}$$

$$T_Z = \frac{1}{f_Z}$$

ただし、

K_X：水平方向の剛性

$$K_X = 12\sum D_X \times E \times \frac{K_0}{h^2}$$

K_Z：鉛直方向の剛性

1層

$$K_{Z1} = 12\sum D_{Zi} \times E \times \frac{K_0}{h_1^2}$$

2層

$$K_{Z2} = 12\sum D_{Zi} \times E \times \frac{K_0}{h_2^2}$$

3層

$$K_{Z3} = 12\sum D_{Zi} \times E \times \frac{K_0}{h_3^2}$$

$$K_Z = \frac{1}{\left(\frac{1}{K_{Z1}} + \frac{1}{K_{Z2}} + \frac{1}{K_{Z3}}\right)}$$

m：排気口ボックスの重量

3.4 ガラリ延長ダクト(TVF-5)の固有周期の計算条件

ガラリ延長ダクト(TVF-5)のダクト配管の固有周期の計算条件を表 3-4-1、ガラリ延長ダクト(TVF-5)の給気口ボックスの固有周期の計算条件を表 3-4-2 に示す。

表 3-4-1 ガラリ延長ダクト(TVF-5)のダクト配管の固有周期の計算条件
(両端支持はりモデル)

対象設備	はり長さ L [mm]	縦弾性係数 E [MPa]	断面2次 モーメントI [mm^4]	断面積 A [mm^2]	ダクト配管密度 ρ [t/mm^3]
TVF-5	1500	193000 ※3	198700000	10010	7.93×10^{-9}

表 3-4-2 ガラリ延長ダクト(TVF-5)の排気口ボックスの固有周期の計算条件(1/2)

排気口ボックス奥行 h、h_i [mm]	分担係数D_{Zi} [-]		分担係数D_{Xi} [-]
1150	-	-	1.224
410	0.230	0.358	-
400	0.292	0.538	-
340	0.905	1.470	-
標準剛度K_0 [mm^3]	水平方向剛性K_{Xi} [N/mm]	鉛直方向剛性K_{Zi} [N/mm]	縦弾性係数E [MPa]
1000	17145	-	193000 ※3
	-	32395	
	-	48066	
	-	190282	

※3 JIS B8265 表 D.1-材料の各温度における縦弾性係数：材料グループ G

表 3-4-2 ガラリ延長ダクト(TVF-5)の給気口ボックスの固有周期の計算条件(2/2)

水平方向剛性K_X[N/mm]	鉛直方向剛性K_Z[N/mm]
17145	17566

3.5 ガラリ延長ダクト(TVF-5)の固有周期の計算結果

ガラリ延長ダクト(TVF-5)の固有周期の計算結果を表 3-5-1 に示す。各設備の固有周期はいずれも 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 3-5-1 ガラリ延長ダクト(TVF-5)の固有周期の計算結果

対象設備		固有周期 T [s]	固有振動数 f [Hz]
TVF-5	ダクト配管	0.003	485
	排気口ボックス (水平方向)	0.047	21
	排気口ボックス (鉛直方向)	0.046	21

4. ガラリ延長ダクト(TVF-8)の固有周期の計算

4.1 記号の説明

ガラリ延長ダクト(TVF-8)の固有周期の計算に用いる記号を表 4-1-1 に示す。

表4-1-1 ガラリ延長ダクト(TVF-8)の固有周期の計算に用いる記号(1/2)

記号	定義	単位
f	1次固有振動数	Hz
L	ダクト配管サポート間距離	mm
E	縦弾性係数	MPa
I	ダクト配管の断面2次モーメント	mm^4
ρ	ダクト配管密度	t/mm^3
A	ダクト配管断面積	mm^2
λ	定数（板モデルの固有振動数算出）	−
T	固有周期	s
D_X	水平方向の分担係数	−
D_Z	鉛直方向の分担係数	−
m	給気口ボックス重量	t
I_c'	給気口ボックス主桁（上下面）の断面2次モーメント	mm^4
L_1	給気口ボックス高さ	mm
h	給気口ボックス奥行	mm
I_1'	給気口ボックス主桁（正面）の断面2次モーメント	mm^4
K_{c1}'	給気口ボックス主桁（上下面）の剛度	mm^3
k_{c1}'	給気口ボックス主桁（上下面）の剛比	−
K_1'	給気口ボックス主桁（正面）の剛度	mm^3
k_1'	給気口ボックス主桁（正面）の剛比	−
K_0	標準剛度	mm^3
K_X	水平方向剛性	N/mm
K_Z	鉛直方向剛性	N/mm

表4-1-1 ガラリ延長ダクト(TVF-8)の固有周期の計算に用いる記号(2/2)

記号	定義	単位
I_c	給気口ボックス主桁（上面）の断面2次モーメント	mm^4
$L_{2、3}$	給気口ボックス主桁ピッチ（正面）	mm
h_i	給気口ボックス横桁ピッチ（上面）	mm
K_{ci}	給気口ボックス主桁（上面）の剛度	mm^3
k_{ci}	給気口ボックス主桁（上面）の剛比	－
K_{abi}、K_{bci}、K_{cdi}	給気口ボックス主桁・横桁（上面）の剛度	mm^3
I_{abi}、I_{bci}、I_{cdi}	給気口ボックス主桁・横桁（上面）の断面2次モーメント	mm^4
k_{abi}、k_{bci}、k_{cdi}	給気口ボックス主桁・横桁（上面）の剛比	－

4.2 ガラリ延長ダクト(TVF-8)の固有周期の解析モデルの設定

ガラリ延長ダクト(TVF-8)は、板及び芯材の組合せにより剛な断面を有する給気口ボックス、配管及びリングガーダの組合せにより剛な断面を有するダクト配管及びダクトカバーから構成され、アンカーボルトで壁に固定する構造である。ダクトカバーは壁と一体であることから、ダクト配管と給気口ボックスの各々に対して固有周期を計算し、剛性を評価する。

(1) ダクト配管

ダクト配管は等分布荷重が作用する両端単純支持梁として固有振動数を算出する。図 4-2-1 にダクト配管の固有周期解析モデルを示す。

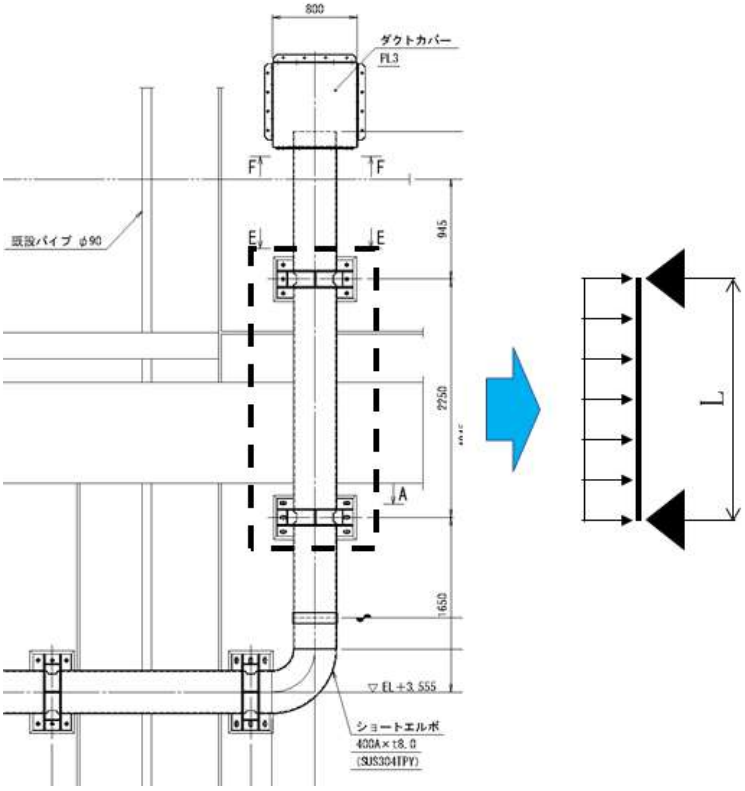
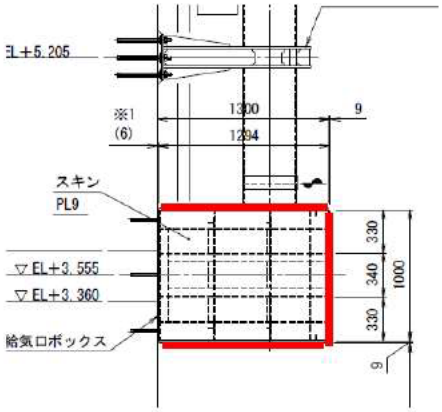


図 4-2-1 ダクト配管の固有周期解析モデル

(2) 給気口ボックス

給気口ボックスは保守側の前提として、門型ラーメン構造のみを考慮する。側壁とフレーム（芯材）との接合部の支持条件はピン支持とし、柱頂部に鉛直荷重が作用するものとする。

給気口ボックスの荷重分担係数を水平方向荷重及び鉛直方向荷重それぞれに対して計算し、その数値を基に水平方向及び鉛直方向の固有周期を算出して、剛性を評価する。図 4-2-2 に鉛直方向の固有周期解析モデルを、図 4-2-3 に水平方向の固有周期解析モデルを示す。



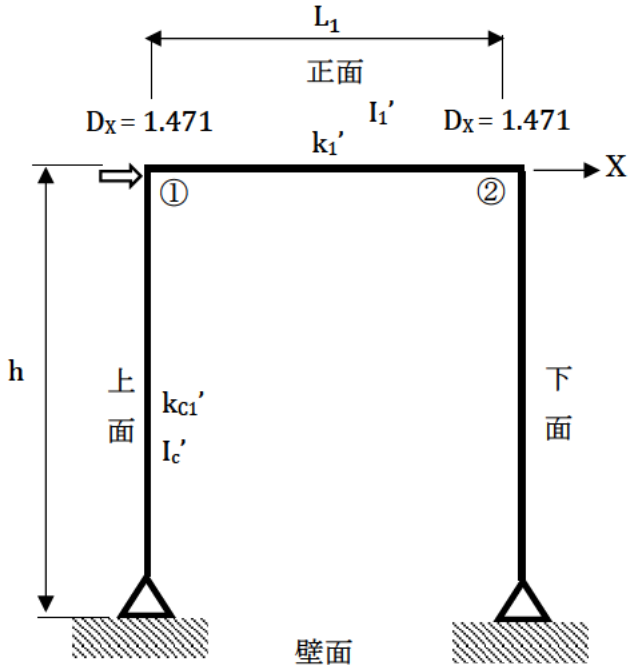
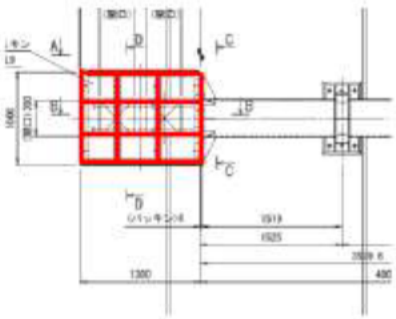


図 4-2-2 給気口ボックス（鉛直方向）の固有周期解析モデル



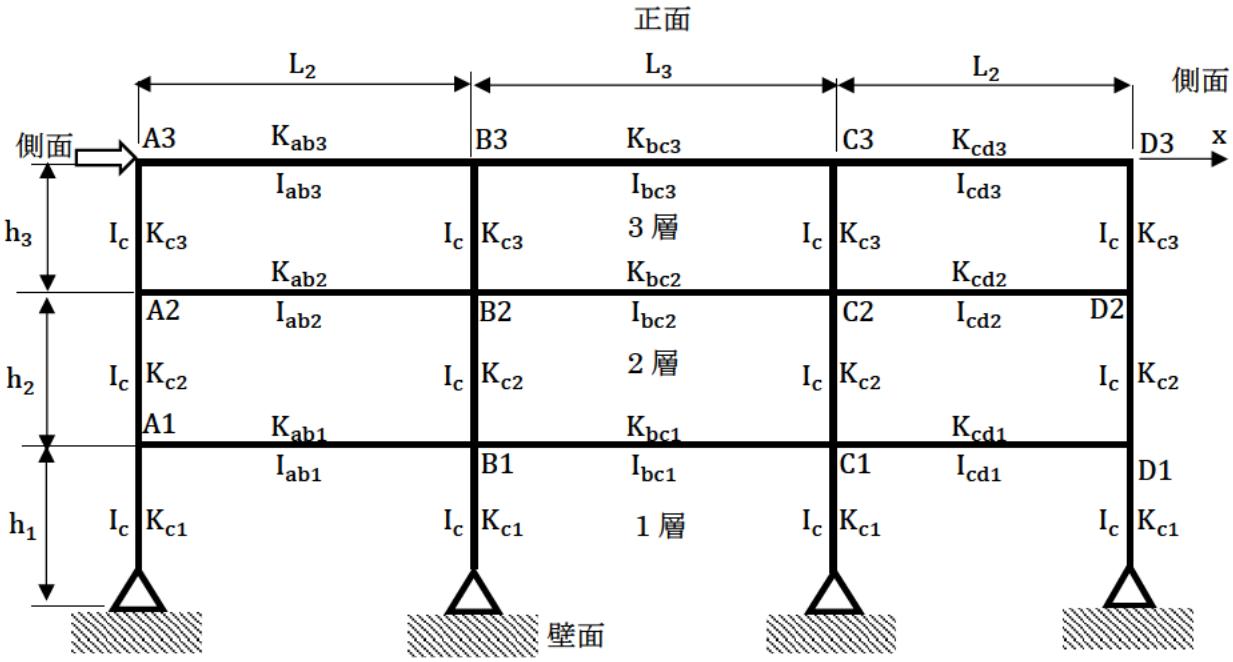


図 4-2-3 給気ロボックス（水平方向）の固有周期解析モデル

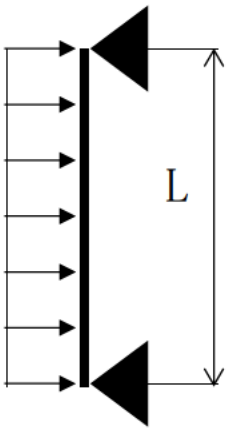
4.3 ガラリ延長ダクト(TVF-8)の固有周期の計算方法

1 次固有振動数 f を「日本機械学会 機械工学便覧」及び D 値法「耐震計算法（武藤清著）」に基づき以下の式より計算する。

(1) ダクト配管

固有振動数

$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi L^2}\sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \qquad (\lambda = \pi)$$

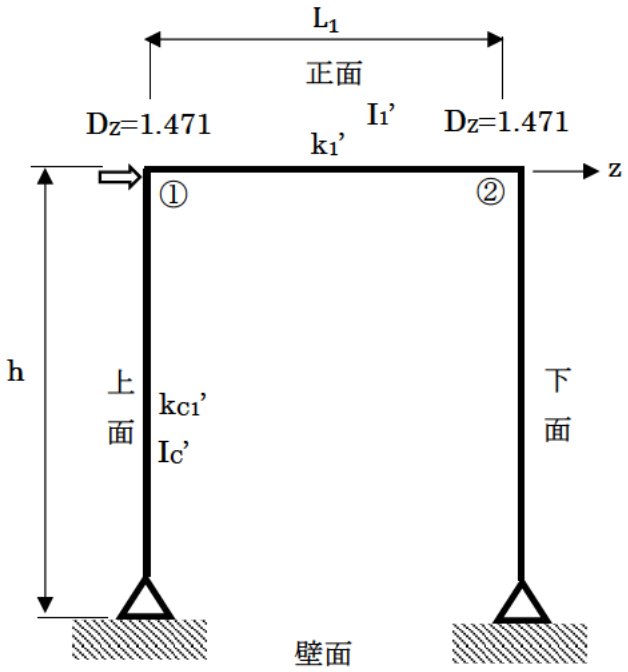


固有周期

$$T = \frac{1}{f}$$

(2) 給気口ボックス

a. 鉛直方向の D 値(D_Z)の算出



I_c'	h	I_1'	L_1
[mm⁴]	[mm]	[mm⁴]	[mm]
10590000	1300	10590000	1000

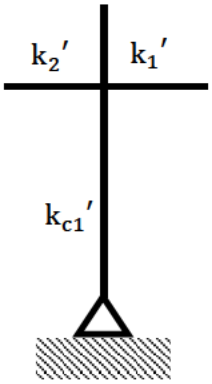
剛度

$$K_{c1}{}' = \frac{I_c{}'}{h} = 8146\ \ mm^3$$

$$K_1{}' = \frac{I_1{}'}{L_1} = 10590\ \ mm^3$$

剛比

$K_0 = 1000\ \ mm^3$　標準剛度とする。



$$k_{c1}{}' = \frac{K_{c1}{}'}{K_0} = 8.146$$

$$k_1{}' = \frac{K_1{}'}{K_0} = 10.590$$

分担係数(D_Z)の算出

柱脚ピン式として算出する

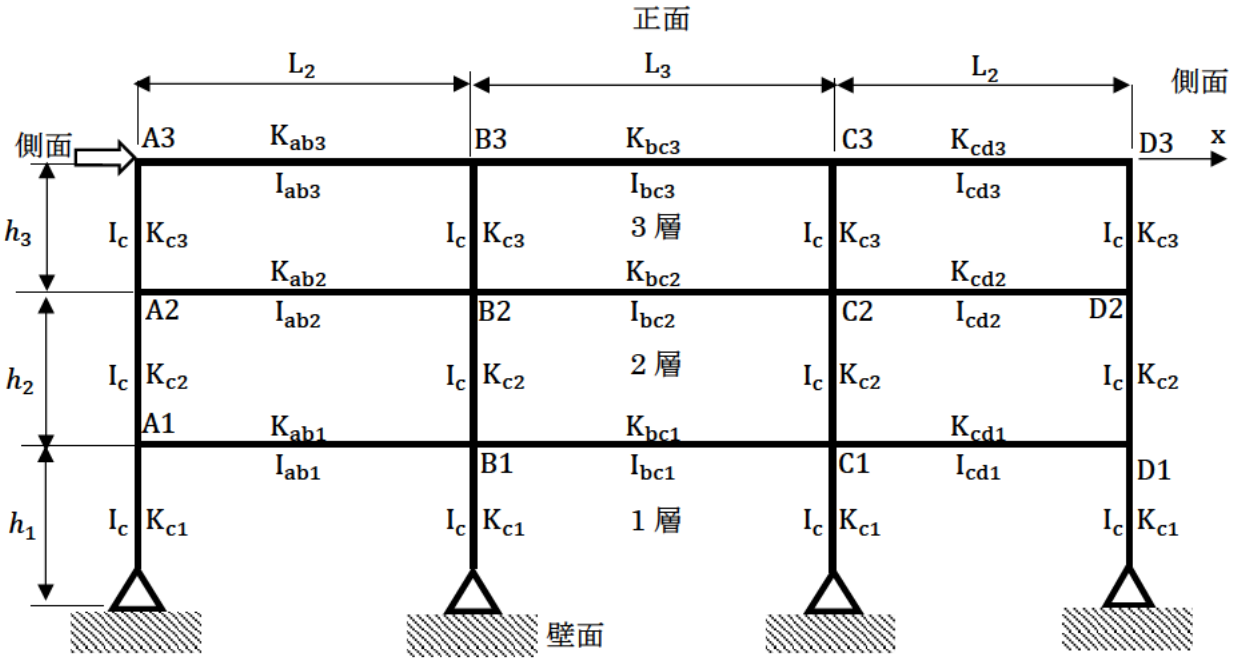
$$k^{\sim} = \frac{k_1{}' + k_2{}'}{k_{c1}{}'} = 1.300$$

ただし$k_2{}' = 0.0$

$$a = 0.5 \times \frac{k^{\sim}}{1 + 2k^{\sim}} = 0.181$$

$$D_Z = a \times k_{c1}{}' = 1.471$$

b. 水平方向の D 値(D_X)の算出



I_c	I_{ab3}、I_{bc3}、I_{cd3}	I_{ab2}、I_{bc2}、I_{cd2}、I_{ab1}、I_{bc1}、I_{cd1}
[mm^4]	[mm^4]	[mm^4]
1677000	1668000	262500

h_1	h_2	h_3	L_2	L_3
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
330	340	330	435	430

剛度

$$K_{c1} = \frac{I_c}{h_1} = 5082 \ \ mm^3$$

$$K_{c2} = \frac{I_c}{h_2} = 4932 \ \ mm^3$$

$$K_{c3} = \frac{I_c}{h_3} = 5082 \ \ mm^3$$

$$K_{ab1} = K_{cd1} = \frac{I_{ab1}}{L_2} = 603 \ \ mm^3$$

$$K_{bc1} = \frac{I_{bc1}}{L_3} = 610 \ \ mm^3$$

$$K_{ab2} = K_{cd2} = \frac{I_{ab2}}{L_2} = 603 \ \ mm^3$$

$$K_{bc2} = \frac{I_{bc2}}{L_3} = 610 \ \ mm^3$$

$$K_{ab3} = K_{cd3} = \frac{I_{ab3}}{L_2} = 3834 \ \ mm^3$$

$$K_{bc3} = \frac{I_{bc3}}{L_3} = 3879 \ \ mm^3$$

剛比

$K_0 = 1000 \ \ mm^3$　標準剛度とする。

$$k_{c1} = \frac{K_{c1}}{K_0} = 5.082$$

$$k_{c2} = \frac{K_{c2}}{K_0} = 4.932$$

$$k_{c3} = \frac{K_{c3}}{K_0} = 5.082$$

$$k_{ab1} = k_{cd1} = \frac{K_{ab1}}{K_0} = 0.603$$

$$k_{bc1} = \frac{K_{bc1}}{K_0} = 0.610$$

$$k_{ab2} = k_{cd2} = \frac{K_{ab2}}{K_0} = 0.603$$

$$k_{bc2} = \frac{K_{bc2}}{K_0} = 0.610$$

$$k_{ab3} = k_{cd3} = \frac{K_{ab3}}{K_0} = 3.834$$

$$k_{bc3} = \frac{K_{bc3}}{K_0} = 3.879$$

分担係数(D_i)の算出

柱脚ピン式として算出する

1層

＜A1、D1 点＞

$k_{m1} = k_{ab1} = k_{cd1} = 0.603$

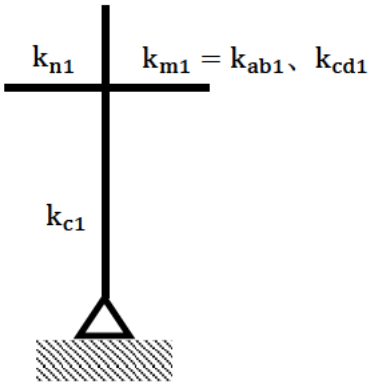
$k_{n1} = 0.0$

$$k^{\sim} = \frac{k_{n1} + k_{m1}}{k_{c1}} = 0.119$$

$$a = 0.5 * \frac{k^{\sim}}{1 + 2k^{\sim}} = 0.048$$

$k_{c1} = 5.082$

$D_X = a \times k_{c1} = 0.244$



＜B1、C1 点＞

$k_{m1} = k_{bc1} = 0.610$

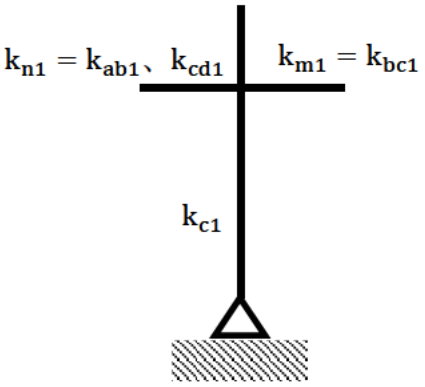
$k_{n1} = k_{ab1} = k_{bc1} = 0.603$

$$k^{\sim} = \frac{k_{n1} + k_{m1}}{k_{c1}} = 0.239$$

$$a = 0.5 \times \frac{k^{\sim}}{1 + 2k^{\sim}} = 0.081$$

$k_{c1} = 5.082$

$D_X = a \times k_{c1} = 0.411$



2、3層

＜A1-A2、D1-D2＞

$k_{m1} = k_{ab1} = k_{cd1} = 0.603$

$k_{m2} = k_{ab2} = k_{cd2} = 0.603$

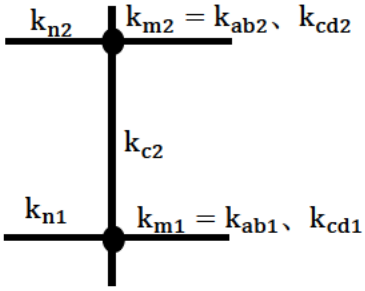
$k_{n1} = k_{n2} = 0.0$

$$k^{\sim} = \frac{k_{n1} + k_{n2} + k_{m1} + k_{m2}}{2 \times k_{c2}} = 0.122$$

$$a = \frac{k^{\sim}}{2 + k^{\sim}} = 0.058$$

$k_{c2} = 4.932$

$D_X = a \times k_{c2} = 0.284$



＜B1-B2、C1-C2＞

$k_{m1} = k_{bc1} = 0.610$

$k_{m2} = k_{bc2} = 0.610$

$k_{n1} = k_{ab1} = k_{cd1} = 0.603$

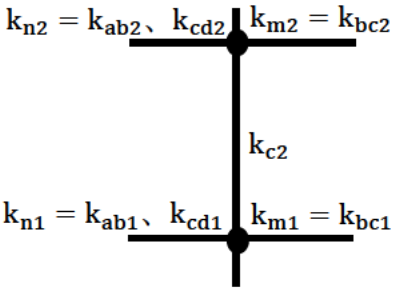
$k_{n2} = k_{ab2} = k_{cd2} = 0.603$

$$k^{\sim} = \frac{k_{n1} + k_{n2} + k_{m1} + k_{m2}}{2 \times k_{c2}} = 0.246$$

$$a = \frac{k^{\sim}}{2 + k^{\sim}} = 0.110$$

$k_{c2} = 4.932$

$D_X = a \times k_{c2} = 0.540$



＜A2-A3、D2-D3＞

$k_{m2} = k_{ab2} = k_{cd2} = 0.603$

$k_{m3} = k_{ab3} = k_{cd3} = 3.834$

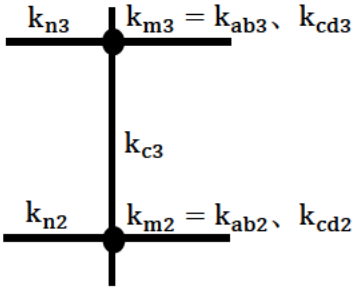
$k_{n2} = k_{n3} = 0.0$

$$k^{\sim} = \frac{k_{n2} + k_{n3} + k_{m2} + k_{m3}}{2 \times k_{c3}} = 0.437$$

$$a = \frac{k^{\sim}}{2 + k^{\sim}} = 0.179$$

$k_{c3} = 5.082$

$D_X = a \times k_{c3} = 0.911$



＜B1-B2、C1-C2＞

$k_{m2} = k_{bc2} = 0.610$

$k_{m3} = k_{bc3} = 3.879$

$k_{n2} = k_{ab2} = k_{bc2} = 0.603$

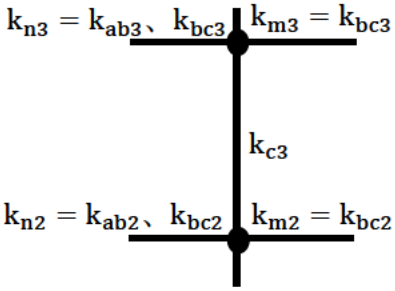
$k_{n3} = k_{ab3} = k_{bc3} = 3.834$

$$k^{\sim} = \frac{k_{n2} + k_{n3} + k_{m2} + k_{m3}}{2 \times k_{c3}} = 0.878$$

$$a = \frac{k^{\sim}}{2 + k^{\sim}} = 0.305$$

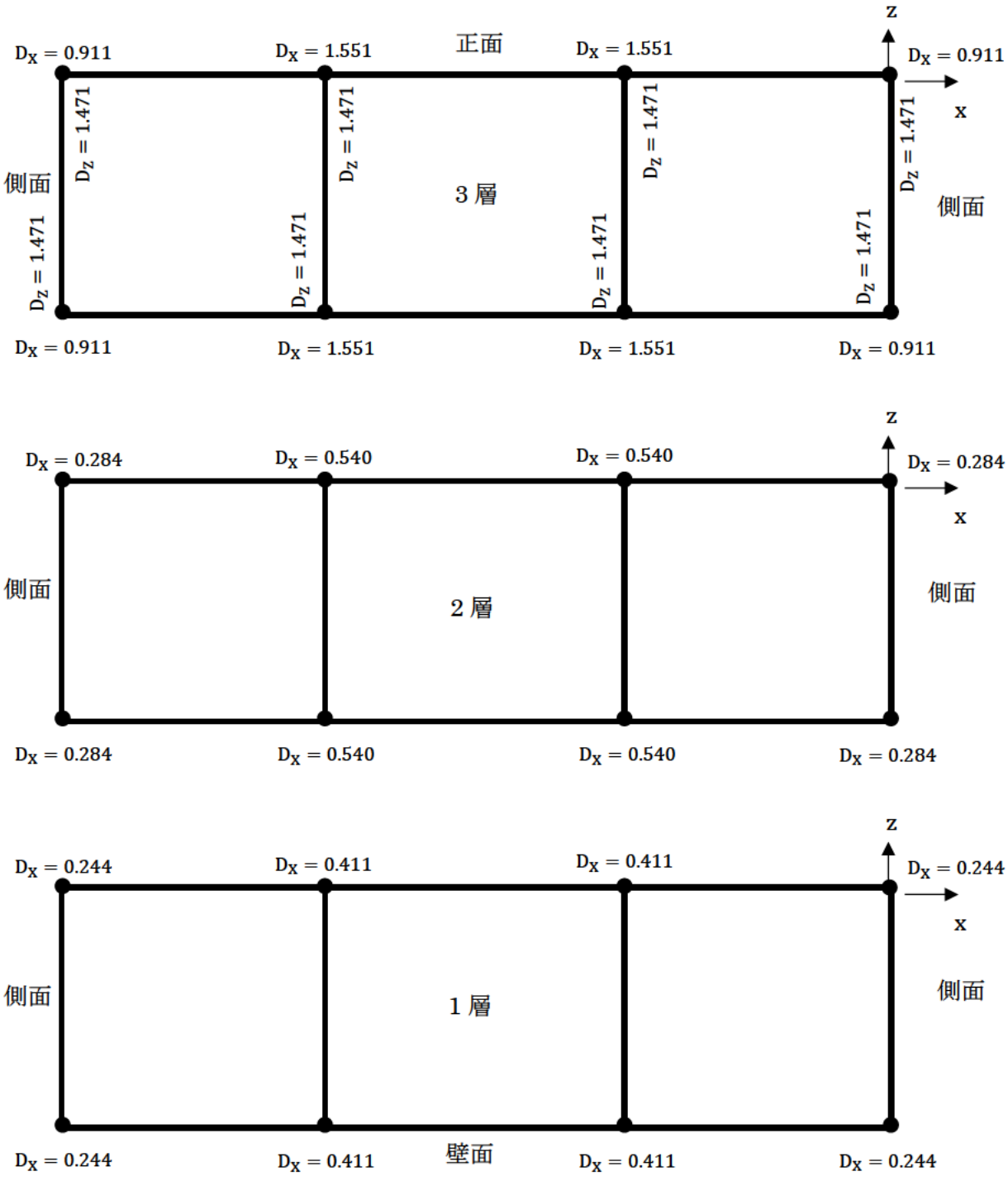
$k_{c3} = 5.082$

$D_X = a \times k_{c3} = 1.551$



c. D 値分布

給気口ボックスの分担係数(D_X、D_Z)の分布を以下に示す。



d. 固有振動数及び固有周期

給気ロボックスの固有振動数及び固有周期は以下の方法で算出する。

水平方向

$$f_X = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K_X}{m}}$$

$$T_X = \frac{1}{f_X}$$

鉛直方向

$$f_Z = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K_Z}{m}}$$

$$T_Z = \frac{1}{f_Z}$$

ただし、

K_X:水平方向の剛性

最下階

$$K_{X1} = 12\sum D_{Xi} \times E \times K_0/h_1^2$$

一般階 1

$$K_{X2} = 12\sum D_{Xi} \times E \times K_0/h_2^2$$

一般階 2

$$K_{X3} = 12\sum D_{Xi} \times E \times K_0/h_3^2$$

$$K_X = \frac{1}{(\frac{1}{K_{X1}} + \frac{1}{K_{X2}} + \frac{1}{K_{X3}})}$$

K_Z:鉛直方向の剛性

$$K_Z = 12 \sum D_Z \times E \times K_0 / h^2$$

m：給気口ボックスの重量

4.4 ガラリ延長ダクト(TVF-8)の固有周期の計算条件

ガラリ延長ダクト(TVF-8)のダクト配管の固有周期の計算条件を表 4-4-1、ガラリ延長ダクト(TVF-8)の給気口ボックスの固有周期の計算条件を表 4-4-2 に示す。

表 4-4-1 ガラリ延長ダクト(TVF-8)のダクト配管の固有周期の計算条件
(両端支持はりモデル)

対象設備	はり長さ L [mm]	縦弾性係数 E [MPa]	断面2次モーメント I [mm^4]	断面積 A [mm^2]	ダクト配管密度 ρ [t/mm^3]
TVF-8	2250	193000 ※4	198700000	10010	7.93×10^{-9}

※4 JIS B8265　表 D.1-材料の各温度における縦弾性係数：材料グループ G

表 4-4-2 ガラリ延長ダクト(TVF-8)の給気口ボックスの固有周期の計算条件(1/2)

排気口ボックス奥行 h、h_i [mm]	分担係数 D_{Xi} [-]		分担係数 D_{Zi} [-]
1000	-		1.471
330	0.244	0.411	-
340	0.284	0.540	-
330	0.911	1.551	-
標準剛度 K_0 [mm^3]	水平方向剛性 K_{Xi} [N/mm]	鉛直方向剛性 K_{Zi} [N/mm]	縦弾性係数 E [MPa]
1000	-	27255	193000 ※5
	55720	-	
	66034	-	
	209440	-	

※5 JIS B8265 表 D.1-材料の各温度における縦弾性係数：材料グループ G

表 4-4-2 ガラリ延長ダクト(TVF-8)の給気口ボックスの固有周期の計算条件(2/2)

水平方向剛性 K_X [N/mm]	鉛直方向剛性 K_Z [N/mm]
26409	27255

4.5 ガラリ延長ダクト(TVF-8)の固有周期の計算結果

ガラリ延長ダクト(TVF-8)の固有周期の計算結果を表 4-5-1 に示す。各設備の固有周期はいずれも 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-5-1 ガラリ延長ダクト(TVF-8)の固有周期の計算結果

対象設備		固有周期 T [s]	固有振動数 f [Hz]
TVF-8	ダクト配管	0.005	215
	給気口ボックス (水平方向)	0.043	23
	給気口ボックス (鉛直方向)	0.042	24

5. 窓遮へい板（TVF-9）の固有周期の計算

5.1 記号の説明

窓遮へい板（TVF-9）の固有周期の計算に用いる記号を表2-1-1に示す。

表5-1-1 窓遮へい板（TVF-9）の固有周期の計算に用いる記号

記号	定義	単位
f	1次固有振動数	Hz
L	はり長さ	mm
E	縦弾性係数	MPa
I	断面2次モーメント	mm^4
I_n	主桁の断面2次モーメント $n = 1$	mm^4
G	遮へい板質量	t
m	質量分布	t/m
λ	定数（板モデルの固有振動数算出）	−
T	固有周期	s

5.2 解析モデルの設定

窓遮へい板(TVF-9)は、板及び芯材の組合せにより剛な断面を有しているとともに、アンカーボルトにより遮へい板を枠に支持させる構造であることから、両端支持はりに単純化したモデルとし、最大スパン部のはり（芯材）に、当該はりが受ける遮へい板本体（板及び芯材）の自重が作用するものとする。はり長さは遮へい板の幅とする。固有周期解析モデル図を図5-2-1に示す。

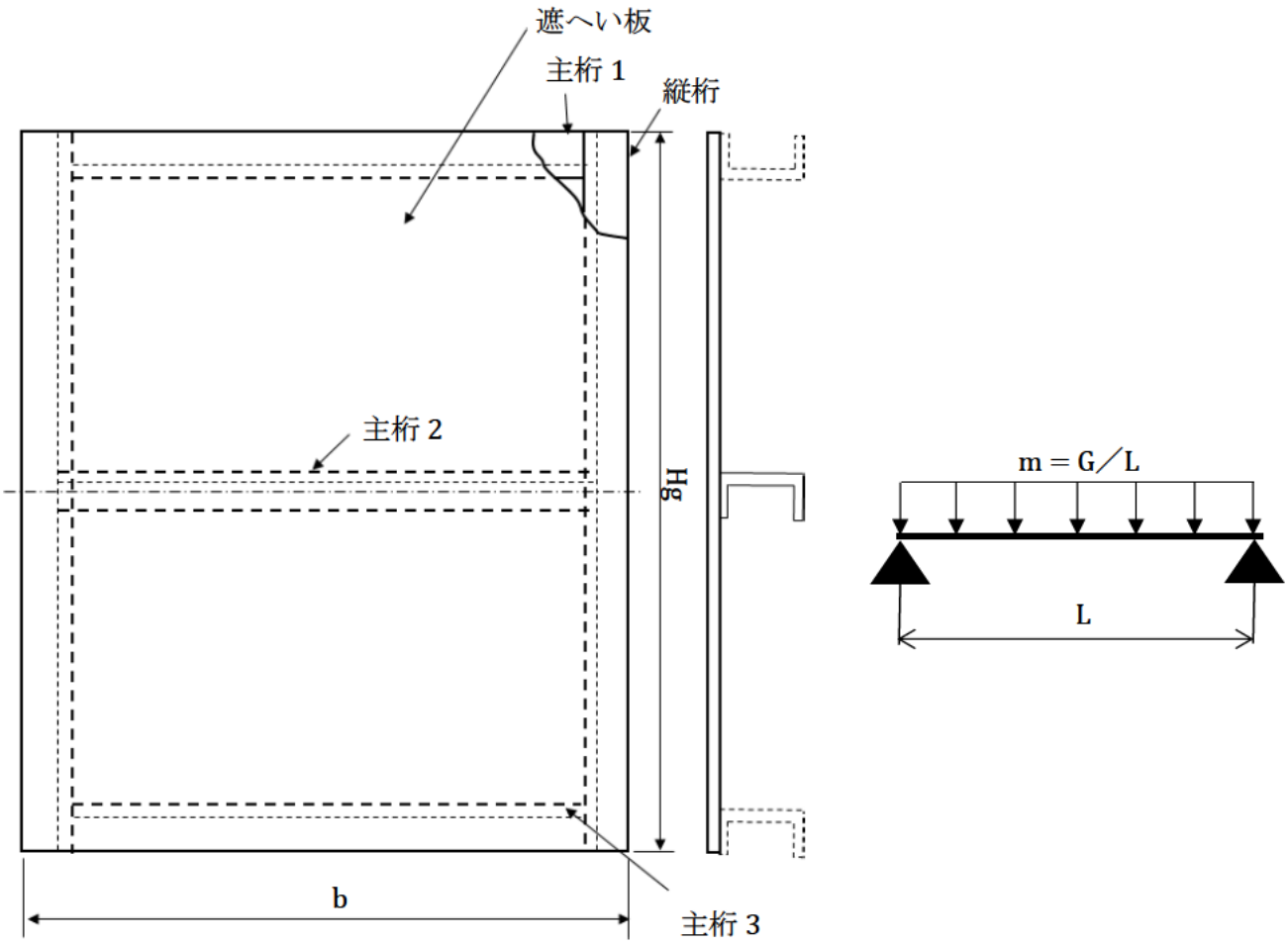


図 5-2-1 窓遮へい板(TVF-9)の固有周期解析モデル

5.3 計算方法

1 次固有振動数 f を「日本機械学会 機械工学便覧」に基づき以下の式より計算する。

(1) 断面 2 次モーメント

$$I = \sum_{n=1} I_n$$

$$n = 1 \quad \text{(TVF-9)}$$

(2) 両端支持はりモデル

$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi L^2}\sqrt{\frac{EI}{m}} \qquad (\lambda = \pi)$$

(3) 固有周期

$$T = \frac{1}{f}$$

5.4 計算条件

窓遮へい板(TVF-9)の固有周期の計算条件を表 5-4-1 に示す。

表 5-4-1 窓遮へい板(TVF-9)の固有周期の計算条件（両端支持はりモデル）

対象設備	はり長さ L ［mm］	縦弾性係数 E ［MPa］	断面2次モーメント I ［mm^4］	質量分布 m ［t/mm］
TVF-9	950	193000 ※6	8440000	2.105×10^{-4}

※6 JIS B8265　表 D.1-材料の各温度における縦弾性係数：材料グループ G

5.5 計算結果

窓遮へい板(TVF-9)の固有周期の計算結果を表 5-5-1 に示す。各設備の固有周期はいずれも 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 5-5-1 窓遮へい板（TVF-9）の固有周期の計算結果

対象設備	固有周期 T [s]	固有振動数 f [Hz]
TVF-9	0.007	153

6. 評価

浸水防止設備(TVF-1～10)の固有周期はいずれも 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

別添-2

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟
浸水防止設備（浸水防止扉等）の耐震性についての計算書

1. 概要

本資料は、令和2年9月25日付け原規規発第2009252号にて認可を受けた廃止措置計画の変更認可申請書 別添6-1-3-3「Ⅰガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の津波防護に関する施設の設計方針」（令02原機（再）029）に基づき、廃止措置計画用設計地震動（以下「設計地震動」という。）による地震力（以下「設計地震力」という。）に対して、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に設置している浸水防止設備の構造強度の評価結果を示すものである。

設計津波が到達する建家の開口部に設置している浸水防止設備（浸水防止扉 TVF-1、浸水防止扉 TVF-2、浸水防止扉 TVF-3、浸水防止扉 TVF-4、ガラリ延長ダクト TVF-5、浸水防止扉 TVF-6、浸水防止扉 TVF-7、ガラリ延長ダクト TVF-8、窓遮へい板 TVF-9及び浸水防止扉 TVF-10）について評価を行う。

浸水防止扉であるTVF-1～4、TVF-6、TVF-7は、通常が閉状態であることから閉の状態で耐震評価を行う。

浸水防止扉 TVF-10は、通常時が開状態であることから、開及び閉のそれぞれの状態について耐震評価を行う。なお、設計地震力に対して耐力が不足する箇所は、TVF-10の締結金具と扉止めブラケットである。締結金具は、閉状態で扉を固定するレバーであり、板厚を16 mmから19 mm、材質をSM400AからSM490Aに変更することにより部材自体の構造強度を上げる。扉止めブラケットは、扉を開状態で固定するものであり、H型鋼材から角型鋼材への材質を変更することにより揺れに対して構造強度を上げる。これら、材質等変更後のTVF-10の開状態、閉状態での耐震評価も行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟における浸水防止設備の設置位置図を図2-1-1に示す。

図2-1-1 浸水防止設備の設置位置図
（ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟）

2.2 構造概要

浸水防止扉（TVF-1～4、6、7、10）は、片開型又は横引型の鋼製扉であり、扉板の背面に芯材（主桁及び縦桁）を配した構造である。扉枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

ガラリ延長ダクト（TVF-5）は、排気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。排気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材（主桁及び縦桁）を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は排気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガーダをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

ガラリ延長ダクト（TVF-8）は、給気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。給気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材（主桁及び縦桁）を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は給気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガーダをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

窓遮へい板（TVF-9）は、扉板の背面に芯材（主桁）を配した構造である。枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

2.3 評価方針

浸水防止設備の耐震評価は、表2-3-1に示すとおり構造部材の健全性評価を行う。

構造部材の健全性評価は、「別添1 ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟浸水水防止設備（浸水防止扉等）の固有周期についての計算書」にて算出する固有振動数に基づく設計地震力による応力が許容限界内に収まることを各浸水防止設備の構造強度評価に示す方法にて確認することで実施する。

浸水防止設備の耐震評価フローを図2-3-1に示す。評価部位は、浸水防止扉等の構造上の特徴を踏まえ、地震及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達経路を考慮して設定する。

表2-3-1 浸水防止設備の耐震評価項目

評価方針	評価項目	地震力	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	設計地震動	各浸水防止設備の「評価部位」にて設定する部位	発生応力が許容限界を超えないことを確認する	短期許容応力

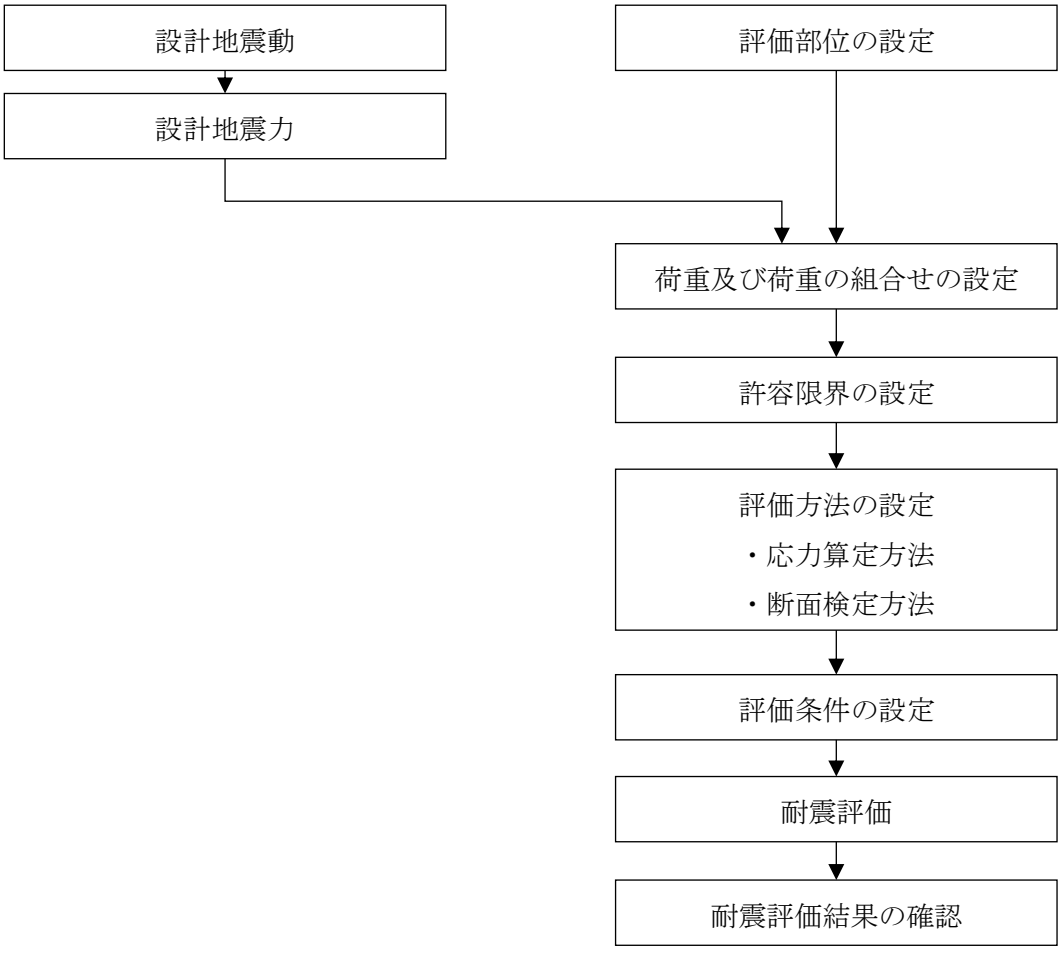


図2-3-1 浸水防止設備の耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格、基準等を以下に示す。

(1) 建築基準法・同施行令

(2) 鋼構造設計規準 ―許容応力度設計法―（（社）日本建築学会、 2005改定）

(3) 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601・補―1984
（日本電気協会電気技術基準調査委員会昭和59年9月）

(4) 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601－1987
（日本電気協会電気技術基準調査委員会昭和62年8月）

(5) 原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601－1991追補版）
（日本電気協会電気技術基準調査委員会　平成3年6月）

(6) 国土交通省告示第314号（平成18年2月28日）

(7) 国住指第1015号　あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針
（平成18年7月7日）

3. 浸水防止扉(TVF-1)

3.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-1）の耐震評価に用いる記号を表3-1-1に示す。

表3-1-1 浸水防止扉（TVF-1）の耐震評価に用いる記号（1/5）

記号	定義	単位
G	浸水防止扉（TVF-1）の固定荷重	t
G_D	浸水防止扉（TVF-1）の扉体荷重	t
G_{Di}	浸水防止扉（TVF-1）の扉体荷重(i=1：上段扉、2：下段扉)	t
G_F	浸水防止扉（TVF-1）の戸当り荷重	t
P	積載荷重	kN
K_s	地震荷重	kN
K	設計震度	−
g	重力加速度	m/s^2
t	扉板の板厚	mm
D1	締付金具のピン孔径	mm
B_1	締付金具の金具幅	mm
B_2	締付金具の支点から荷重作用点までの距離	mm
K_H	水平方向震度	−
K_V	鉛直方向震度	−
P_H	水平方向地震力（TVF-1）	kN
P_{Hi}	水平方向地震力（i ＝1:上段扉、2:下段扉）	kN
P_V	鉛直方向地震力（TVF-1）	kN
P_{Vi}	鉛直方向地震力（i ＝1:上段扉、2:下段扉）	kN
Fz	ヒンジ部に及び締結金具に作用するZ方向荷重（TVF-1）	kN
Fzi	ヒンジ部に及び締結金具に作用するZ方向荷重（i＝1:上段扉、2:下段扉）	kN
F_X	ヒンジ部に作用するＸ方向荷重(TVF-1)	kN
F_{Xi}	ヒンジ部に作用するＸ方向荷重（i 1:上段扉、2:下段扉）	kN
L_a	ヒンジ中心間距離（TVF-1）	mm
L_{ai}	ヒンジ中心間距離（i＝1:上段扉、2:下段扉）	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離（TVF-1）	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力(TVF-1)	N/mm^2

表3-1-1 浸水防止扉（TVF-1）の耐震評価に用いる記号(2/5)

記号	定義	単位
τ_{hpi}	ヒンジピンに発生するせん断応力(i=1:上段扉、2:下段扉)	N/mm^2
F_{ZX}	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力（TVF-1）	kN
F_{ZXi}	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力(i＝1:上段扉、2:下段扉)	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積(TVF-1)	mm^2
A_{PSi}	ヒンジピンのせん断断面積(i=1:上段扉、2:下段扉)	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積(TVF-1)	mm^2
A_{Pi}	ヒンジピンの断面積(i=1:上段扉、2:下段扉)	mm^2
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）(TVF-1)	N/mm^2
σ_{bi}	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）（i=1:上段扉、2:下段扉）	N/mm^2
τ_b	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）(TVF-1)	N/mm^2
τ_{bi}	ヒンジボルトに発生するせん断応力（i=1:上段扉、2:下段扉）	N/mm^2
n_{ij}	ヒンジボルトの本数(扉体側)（i=1:浸水防止扉TVF-1）（j=1:上段扉、2:下段扉）	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積(TVF-1)	mm^2
A_{Sij}	ヒンジボルトの有効断面積(TVF-1)（i=1:上段扉、2:下段扉）（j=1:扉体側、2:枠体側）	mm^2
T_{Hij}	ヒンジボルトに発生する引張力(枠体側)(i=1:浸水防止扉TVF-1、j=1:上段扉、2：下段扉（上部）、3：下段扉（下部）)	kN/本
Q_{Hij}	ヒンジボルトに発生するせん断力（枠体側）(i=1：浸水防止扉TVF-1、j=1：上段扉、2：下段扉（上部）、3：下段扉（下部）)	kN/本
n_{Hij}	ヒンジボルト（アンカーボルト）の本数（枠体側）（i=1：浸水防止扉TVF-1、j=1：上段扉、2：下段扉（上部）、3：下段扉（下部）)	本
σ_s	扉支持金具に発生する引張応力	N/mm^2
M	扉支持金具に発生するモーメント	kN・m
Z_x	扉支持金具の断面係数	mm^3
Lc	扉支持金具の支点から荷重作用点までの距離（TVF-1）	mm
τ	扉支持金具に発生するせん断応力	N/mm^2
A_W	扉支持金具のせん断断面積	mm^2
σ	扉支持金具に発生する組合せ応力	N/mm^2
I_x	扉支持金具の断面2次モーメント	mm^4
B	扉支持金具の上ヒンジの長さ	mm
H	扉支持金具のウェブ高さ	mm

表3-1-1 浸水防止扉（TVF-1）の耐震評価に用いる記号(3/5)

記号	定義	単位
t_1	扉支持金具のウェブ厚み	mm
t_2	扉支持金具のヒンジ厚み	mm
A_G	扉支持金具の断面積	mm^2
τ_a	扉支持金具取付アンカーボルトに作用するせん断力	kN/本
n	扉支持金具取付アンカーボルトの本数	本
σ_{rb}	締付金具に発生する曲げ応力(TVF-1)	N/mm^2
σ_{rbi}	締付金具に発生する曲げ応力(i=1：上段扉、2：下段扉)	N/mm^2
Z_r	締付金具の断面係数（TVF-1）	mm^3
Z_{ri}	締付金具の断面係数（i＝1：上段扉、2：下段扉）	mm^3
τ_{rs}	締付金具に発生するせん断応力（TVF-1）	N/mm^2
τ_{rsi}	締付金具に発生するせん断応力（i=1：上段扉、2：下段扉）	N/mm^2
A_{rs}	締付金具のせん断断面積（TVF-1）	mm^2
A_{rsi}	締付金具のせん断断面積（i=1：上段扉、2：下段扉）	mm^2
A_r	締付金具の断面積（TVF-1）	mm^2
A_{ri}	締付金具の断面積（i=1：上段扉、2：下段扉）	mm^2
σ_r	締付金具に発生する組合せ応力（TVF-1）	N/mm^2
σ_{ri}	締付金具に発生する組合せ応力（i=1：上段扉、2：下段扉）	N/mm^2
M_S	扉支持金具アンカーボルトに発生する曲げモーメント	kN・m
T_S	扉支持金具アンカーボルトに発生する引張力	kN/本
L_i	扉支持金具支点からアンカーボルトi(i=1～4)までの距離	mm
Q_S	扉支持金具アンカーボルトに発生するせん断力	kN/本
Q_F	アンカーボルト(枠体)に発生するせん断力	kN/本
T_F	アンカーボルト(枠体)に発生する引張力	kN/本
n_a	アンカーボルト(枠体)の本数	本
F	基準強度	－
f_t	許容引張応力	N/mm^2
f_b	許容曲げ応力	N/mm^2
f_S	許容せん断応力	N/mm^2
T_a	アンカーボルトの引張耐力	kN/本
T_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	kN/本
T_{a2}	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	kN/本

表3-1-1 浸水防止扉（TVF-1）の耐震評価に用いる記号(4/5)

記号	定義	単位
T_{a3}	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	kN/本
σ_y	アンカーボルトの降伏強度	N/mm^2
a_0	アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）	mm^2
σ_B	コンクリートの圧縮強度	N/mm^2
A_c、 A_{cb}、 A_{ca}	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	mm^2
l_e	アンカーボルトの有効埋め込み長さ（枠体）	mm
l	アンカーボルトの埋め込み長さ（穿孔長）（枠体）	mm
d_a	アンカーボルトの呼び径（枠体）	mm
b	コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）	mm
a	へりあき寸法	mm
A'_a 、A'_b	欠損面積	mm^2
A'_{cHij}	ヒンジ座のアンカーボルトの有効水平投影面積（i=1：浸水防止扉TVF-1、j=1：上段扉、2：下段扉（上部）、3：下段扉（下部））	mm^2
A'_{cSi}	支持金物座のアンカーボルトの有効水平投影面積（i=1：浸水防止扉TVF-1）	mm^2
T_{as}	あと施工アンカーを用いた接合部（１本当たり）の短期許容引張耐力	kN/本
Q_a	アンカーボルトのせん断耐力	kN/本
Q_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a2}	コンクリートの支圧により決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a3}	上限値より決まるせん断耐力	kN/本
${}_sa_c$	アンカーボルトの公称断面積	mm^2
E_c	コンクリートのヤング係数	N/m^2
Q_{as}、 Q'_{as}	短期許容せん断耐力	kN/本
$\emptyset_s$	低減係数（短期＝0.6）	－
A_{cl}	有効投影面積	mm^2
P_h	津波により扉体にかかる強度計算荷重	kN

表3-1-1 浸水防止扉（TVF-1）の耐震評価に用いる記号(5/5)

記号	定義	単位
Hij	コーン破壊面の有効水平投影面積（i＝1：浸水防止扉TVF-1、j=1：ヒンジ座四隅アンカーボルト、2：ヒンジ座上下側中央アンカーボルト、3：ヒンジ座中心アンカーボルト、4：ヒンジ座左右側中央アンカーボルト）	mm^2
Sij	コーン破壊面の有効水平投影面積（i＝1：浸水防止扉TVF-1、j=1：支持金具座隅アンカーボルト、2：支持金具座中アンカーボルト）	mm^2
HSij	コーン破壊面の有効水平投影面積（支持金具座との干渉考慮）（i=1：浸水防止扉TVF-1、j=1：ヒンジ座左右隅アンカーボルト、2：ヒンジ座中央アンカーボルト）	mm^2
SHij	コーン破壊面の有効水平投影面積（ヒンジ座との干渉考慮）（i=1：浸水防止扉TVF-1、j=1：支持金具左上アンカーボルト、2：支持金具座右上アンカーボルト）	mm^2
l_H	アンカーボルト埋め込み長さ（穿孔長）（ヒンジ座）	mm
d_{aH}	アンカーボルト呼び径（ヒンジ座）	mm
l_{eH}	アンカーボルト有効埋め込み長さ（ヒンジ座）	mm
l_S	アンカーボルト埋め込み長さ（穿孔長）（支持金具座）	mm
d_{aS}	アンカーボルト呼び径（支持金具座）	mm
l_{eS}	アンカーボルト有効埋め込み長さ（支持金具座）	mm
T_{a1i}	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本
T_{a2i}	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本
T_{a3i}	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本
T_{aSi}	アンカーボルトの短期引張耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本
Q_{a1i}	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本
Q_{a2i}	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本
Q_{a3i}	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本
Q_{aSi}	アンカーボルトの短期せん断耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本

3.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-1）の構造上の特徴を踏まえ選定する。浸水防止扉（TVF-1）は、扉体本体（扉板及び芯材）、扉体部品（ヒンジ、扉支持金具及び締結金具）及びアンカーボルトから構成される。

浸水防止扉（TVF-1）に生じる地震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁及び縦桁）、芯材から枠体に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。

扉体本体については、津波荷重に対して十分な強度を有することを確認している（別添3参照）。一方、地震荷重は、津波荷重と比較して極めて小さいことから、応力計算による耐震評価は行わず、荷重の比較により耐震強度を有することを確認する。

浸水防止扉を構成する部品類であるヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具、締結金具及びアンカーボルトについては、地震による扉の振動により荷重を受けることから、応力計算を行い、耐震強度を評価する。

浸水防止扉（TVF-1）の構造図を図3-2-1、扉体部品への地震荷重の作用イメージ及び評価部位を図3-2-2、アンカーボルトの位置及び評価部位を図3-2-3に示す。

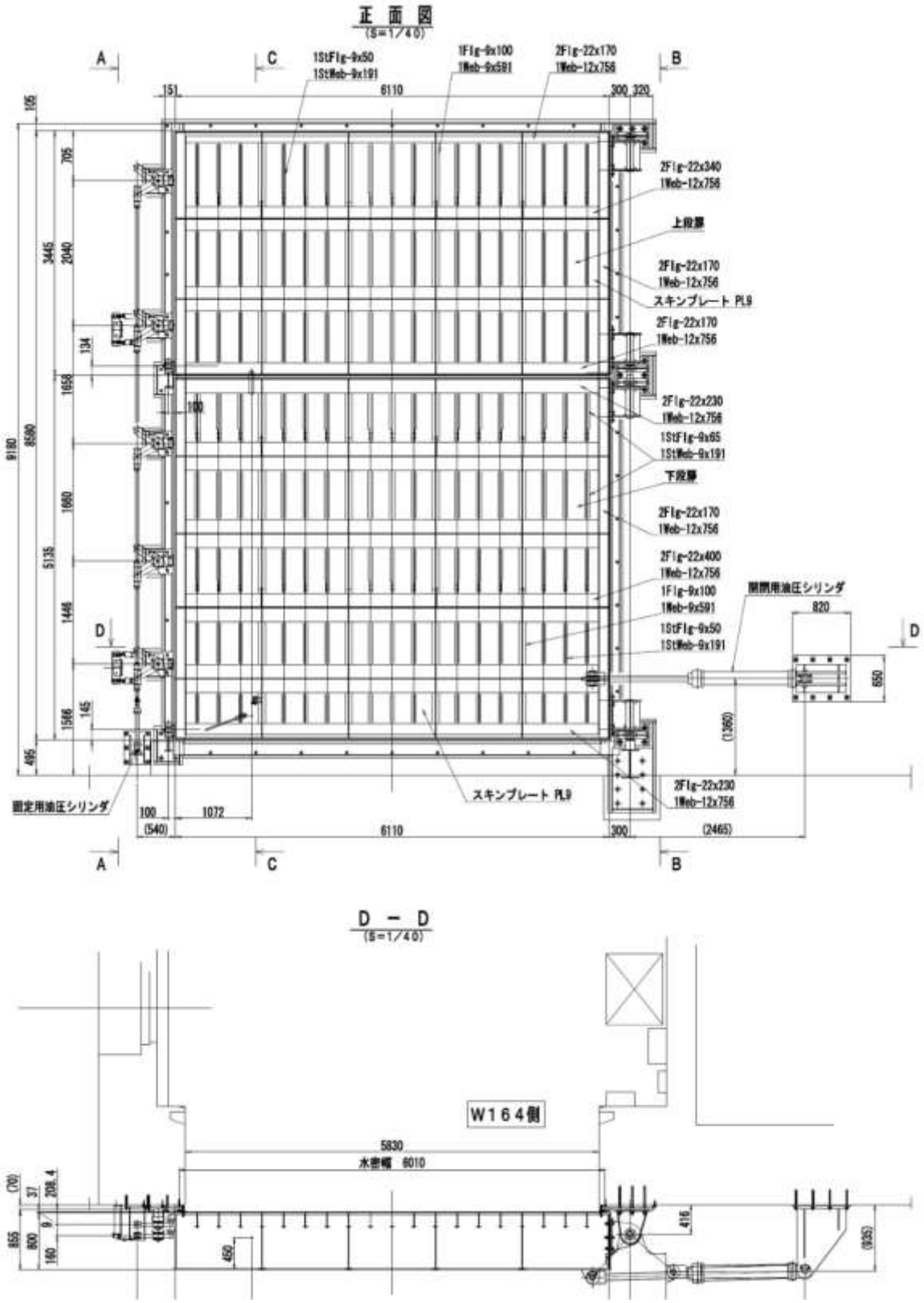


図3-2-1 浸水防止扉（TVF-1）の構造図

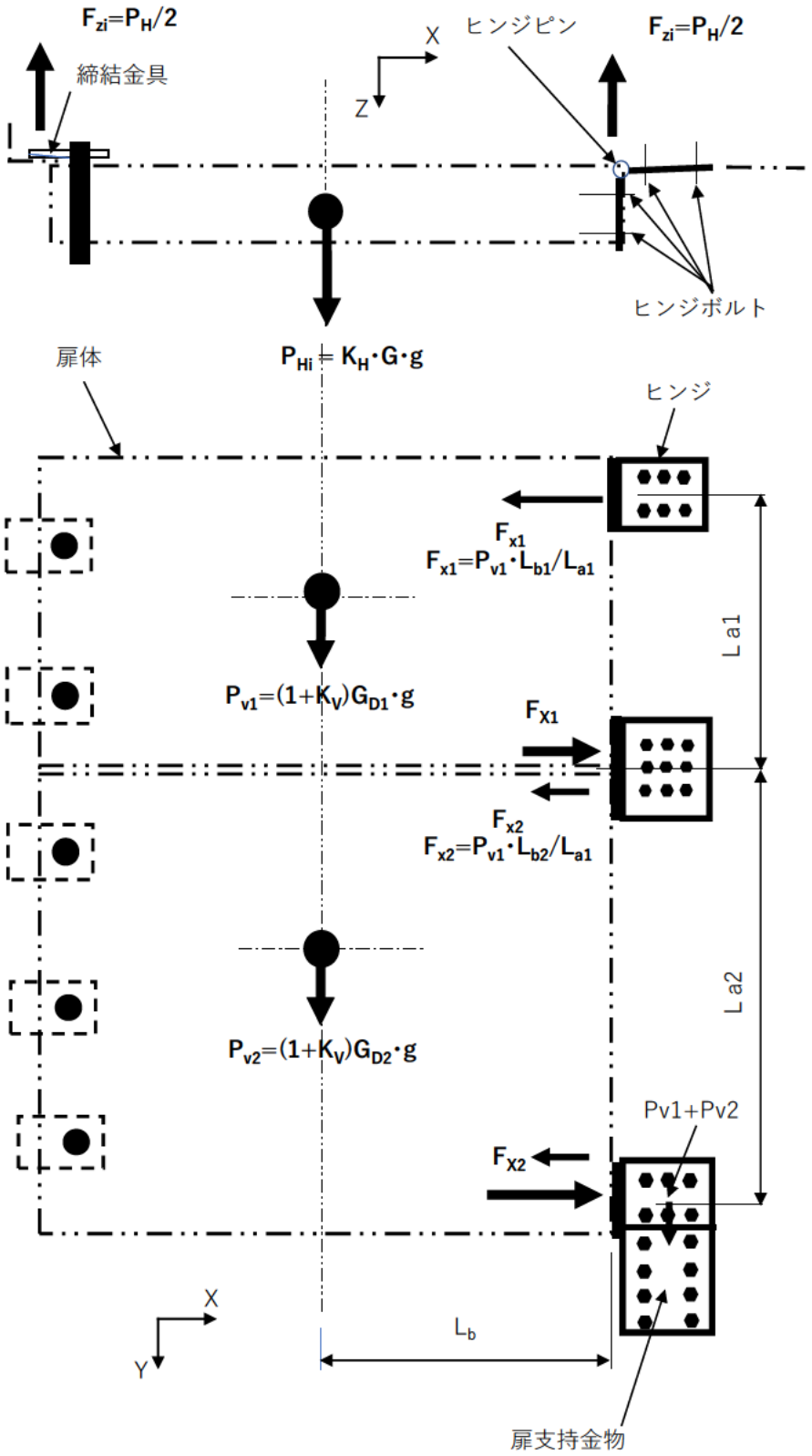


図3-2-2 浸水防止扉（TVF-1）閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

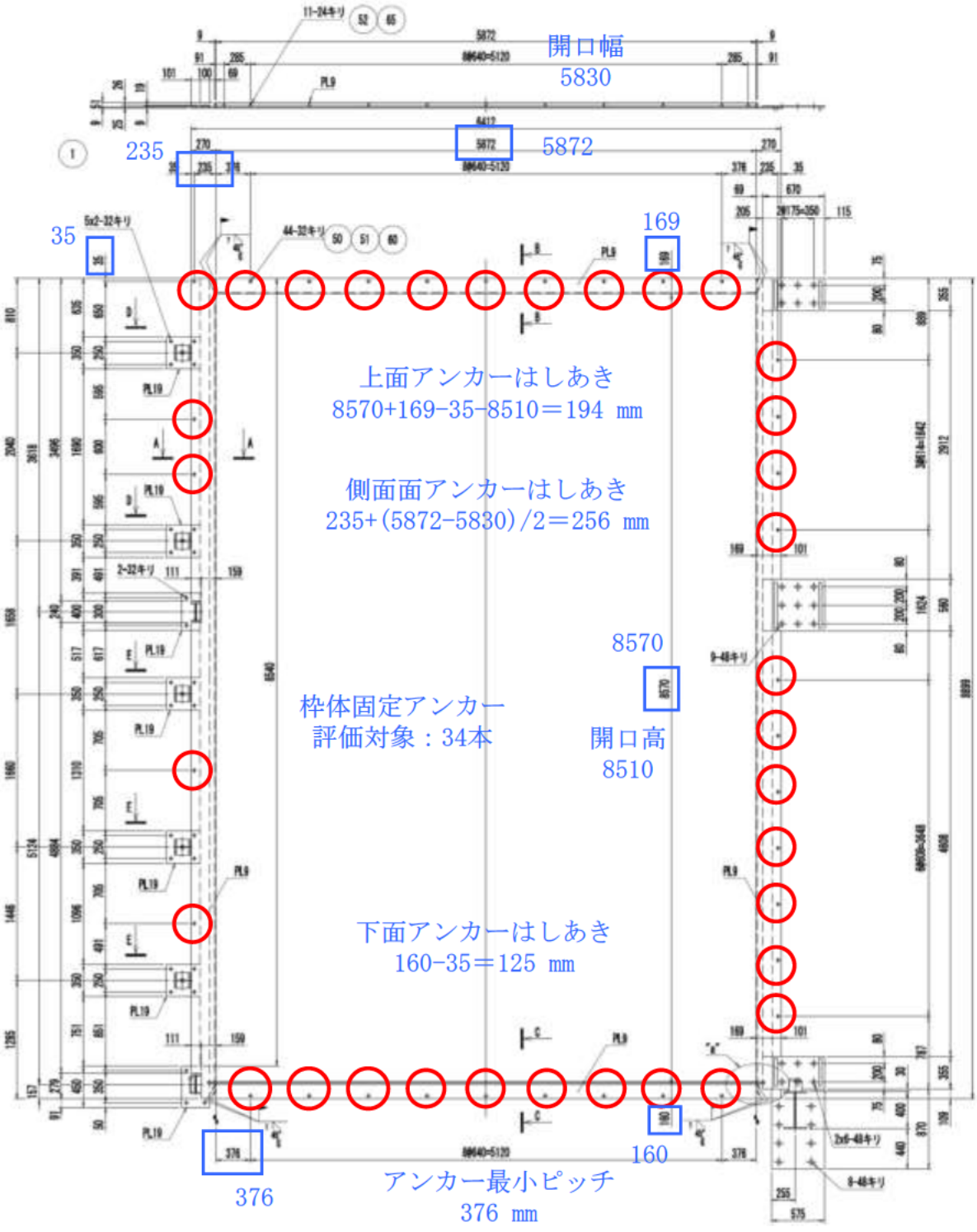


図3-2-3 浸水防止扉（TVF-1）アンカーボルト位置と評価部位(1/2)

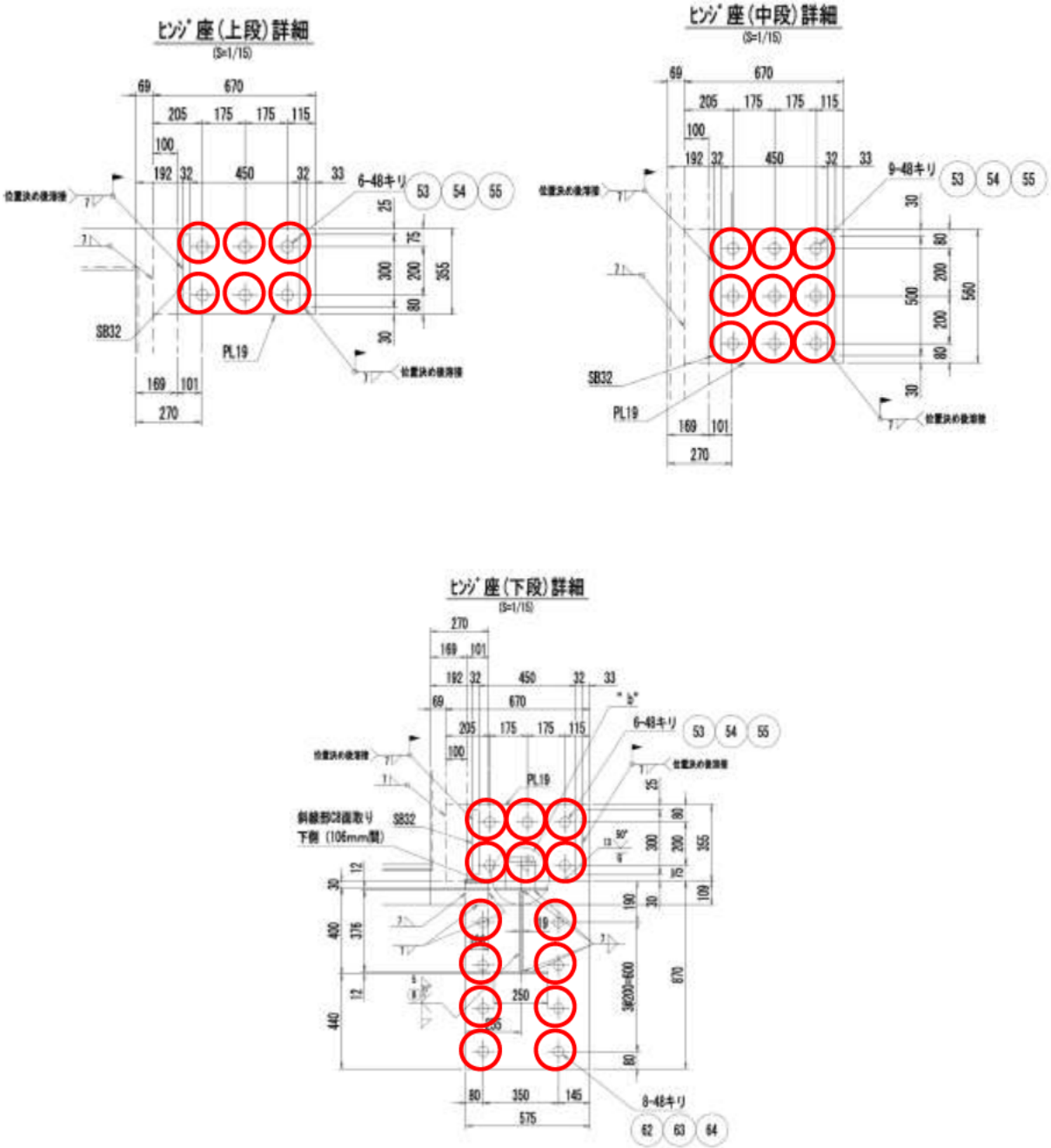


図3-2-3 浸水防止扉 (TVF-1) アンカーボルト位置と評価部位(2/2)

3.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-1）の耐震評価は、「3.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「3.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「3.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「3.5 許容限界」に示す許容限界以内であることを確認する。

3.4 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する荷重

浸水防止扉（TVF-1）の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：浸水防止扉（TVF-1）の固定荷重

G_D：浸水防止扉（TVF-1）の扉体荷重

G_F：浸水防止扉（TVF-1）の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s：地震荷重

浸水防止扉（TVF-1）は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 固定荷重(G)

浸水防止扉（TVF-1）の自重となる固定荷重を表3-4-1に示す。

表3-4-1 浸水防止扉（TVF-1）の固定荷重（自重）

設備名称	固定荷重G	
	扉体G_D ［t］	戸当りG_F ［t］
浸水防止扉（TVF-1）（上段）	8.9	2.8
浸水防止扉（TVF-1）（下段）	14.3	

b. 地震荷重(K_s)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、浸水防止扉の固定荷重に設計震度Kを乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に不利な方向に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

浸水防止扉（TVF-1）に作用する荷重の組合せを表3-4-2に示す。

表3-4-2 浸水防止扉（TVF-1）の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
浸水防止扉 部品	$G_D + K_s$
アンカーボルト（枠体）	$G_D + G_F + K_s$

3.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-1）を構成する部材のうち、耐震評価を実施する部位である扉板、芯材、ヒンジ部、扉支持金具、アンカーボルトの使用材料を表3-5-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図3-5-1に示す。

表3-5-1 使用材料

部位		材質	仕様[mm]※1
扉板（上、下段）		SUS304	6170×8580×t9
芯材（上段扉）	主桁（最上段）	SUS304	C800×170×12×22
	主桁（中間）	SUS304	H800×340×12×22
	主桁（最下段）	SUS304	C800×170×12×22
	縦桁1	SUS304	T200×50×9×9 ※2
芯材（下段扉）	主桁（最上段）	SUS304	C800×230×12×22
	主桁（中間）	SUS304	H800×400×12×22
	主桁（最下段）	SUS304	C800×230×12×22
	縦桁1	SUS304	T200×50×9×9 ※2
	縦桁2	SUS304	T200×65×9×9 ※2
ヒンジ部（上段扉）	ヒンジピン	SUS304	φ80
	ヒンジボルト（扉体側）	SUS304	M24
	締結金具	SUS304	157(B_1)×169(B_2)×φ44 (D_1) ×t45
ヒンジ部（下段扉）	ヒンジピン	SUS304	φ90
	ヒンジボルト（扉体側）	SUS304	M24
	締結金具	SUS304	157(B_1)×169(B_2)×φ44 (D_1) ×t45
扉支持金具	支持金具	SUS304	H250×400×19×12
アンカーボルト（枠体）		SUS304	M16×230L
アンカーボルト（ヒンジ部枠体側））		SUS304	M24×300L
アンカーボルト（扉支持金具）		SUS304N2	M30×350L

※1 tは板厚、φは径、Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

※2 板を溶接して組み合わせたT型構造の部材

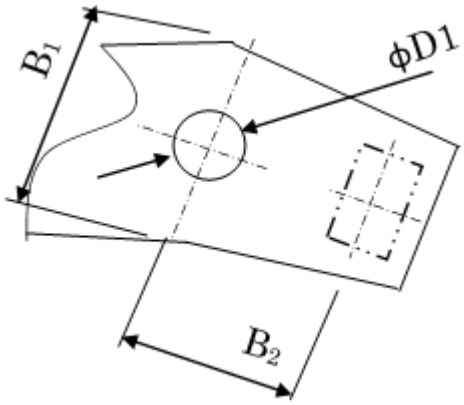


図3-5-1 締結金具の形状（浸水防止扉(TVF-1)）

(2) 許容限界

a. ヒンジ部及び扉支持金具

ヒンジ部及び扉支持金具の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、2005改定）」を踏まえて表3-5-2の値とする。

表3-5-2 許容限界

材料	短期許容応力 [N/mm^2]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※3	205	118

※3 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「JIS G 4303：2012 ステンレス鋼棒」、「JIS G 4304：2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成18年7月7日）に基づく。

3.6 評価用地震力

浸水防止設備 （TVF-1～TVF-10）の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍して用いる。評価の対象である浸水防止扉（TVF-1）は1階から2階にかけて設置されていることから、保守側の評価となるようその他の浸水防止扉等を含めて3階の加速度を参照する。評価に用いる震度を表3-6-1に示す。

表3-6-1 浸水防止扉の耐震計算で用いる設計震度

地震動	設置場所	地震による設計震度	
設計地震動	ガラス固化技術開発施設（TVF） 3階	水平方向K_H	1.12
		鉛直方向K_V	0.79

3.7 計算方法

扉体本体（扉板及び芯材）については、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

扉体部品であるヒンジ部（ヒンジピン、ヒンジボルト、締結金具）、扉支持金具及びアンカーボルトについては、設計地震力から各部材の発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

(1) 荷重算定

① 水平方向地震力P_H

上段扉：$P_{H1} = K_H \cdot G_{D1} \cdot g$

下段扉：$P_{H2} = K_H \cdot G_{D2} \cdot g$

② 扉体自重及び鉛直方向地震力P_v

上段扉：$P_{v1} = (1 + K_V) \cdot G_{D1} \cdot g$

下段扉：$P_{v2} = (1 + K_V) \cdot G_{D2} \cdot g$

③ ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重F_z

上段扉：

$$F_{Z1} = \frac{P_{H1}}{2}$$

下段扉：

$$F_{Z2} = \frac{P_{H2}}{2}$$

④ ヒンジ部に作用するX方向荷重F_x

上段扉：

$$F_{X1} = \frac{P_{V1} \cdot L_{b1}}{L_{a1}}$$

下段扉：

$$F_{X2} = \frac{P_{V2} \cdot L_{b2}}{L_{a2}}$$

(2) 応力算定

① ヒンジピンに発生するせん断応力τ_{hp}

上段扉：

$$F_{zx1}=\sqrt{{F_{x1}}^2+\left(\frac{F_{z1}}{2}\right)^2}$$

$$\tau_{hp1}=\frac{1000F_{zx1}}{A_{ps1}}$$

$$A_{ps1}=\frac{3}{4}A_{p1}$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

下段扉：

$$F_{zx2}=\sqrt{{F_{x2}}^2+\left(\frac{F_{z2}}{2}\right)^2}$$

$$\tau_{hp2}=\frac{1000F_{zx2}}{A_{ps2}}$$

$$A_{ps2}=\frac{3}{4}A_{p2}$$

② ヒンジボルトに発生する引張応力σ_b 及び せん断応力τ_b

a. 扉体側

上段扉：

$$\sigma_{b1}=\frac{1000F_{z1}}{n_{11}\cdot A_s}$$

$$\tau_{b1}=\frac{1000F_{z1}}{2n_{11}\cdot A_s}$$

下段扉：

$$\sigma_{b2}=\frac{1000F_{z2}}{n_{12}\cdot A_s}$$

$$\tau_{b2}=\frac{1000F_{z2}}{2n_{12}\cdot A_s}$$

b. 枠体側（アンカーボルト1本当たりに作用する力）

上段扉：

$$T_{H11}=\frac{F_{z1}}{2n_{H11}}$$

$$Q_{H11}=\frac{F_{x1}}{n_{H11}}$$

下段扉（上部）：

引張力の算定においては、上段扉と下段扉に作用する荷重を足し合わせるものとする。また、せん断力の算定においては、上段扉と下段扉のせん断力の作用方向が互いに反対になるため、せん断力の大きい値を使用する。

$$T_{H12}=\frac{(F_{z1}+F_{z2})}{2n_{H12}}$$

$$Q_{H12}=\frac{\mathrm{Max}\,(F_{x1},F_{x2})}{n_{H12}}$$

下段扉（下部）：

$$T_{H13}=\frac{F_{z2}}{2n_{H13}}$$

$$Q_{H13}=\frac{F_{x2}}{n_{H13}}$$

③ 扉支持金具

扉支持金具に発生する応力は、上部扉及び下部扉の鉛直地震荷重が扉支持金具に作用するものとして次式に示す。

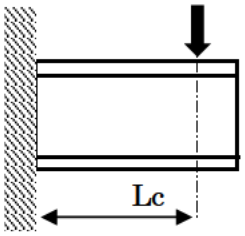
a. 扉支持金具に発生する応力

・引張応力σ_s

$$\sigma_s = 10^6 \cdot \frac{M}{Z_x}$$

$$M = P_V \cdot Lc$$

$$P_V = P_{V1} + P_{V2}$$



扉支持金具に発生する応力

・せん断応力τ

$$\tau = \frac{1000P_V}{A_W}$$

・組合せ応力σ

$$\sigma = \sqrt{\sigma_s + 3\tau^2}$$

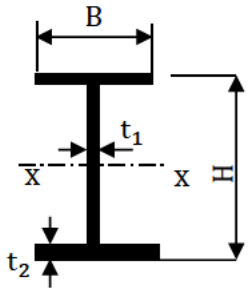
扉支持金具の断面特性

$$I_x = \frac{(B \cdot H^3 - (B - t_1) \times (H - 2t_2)^3)}{12}$$

$$Z_x = \frac{2I_x}{H}$$

$$A_W = t_1(H - 2t_2)$$

$$A_G = t_1(H - 2t_2) + 2t_2B$$



扉支持金具の断面図

b. 扉支持金具取付アンカーボルトに作用するせん断力τ_a

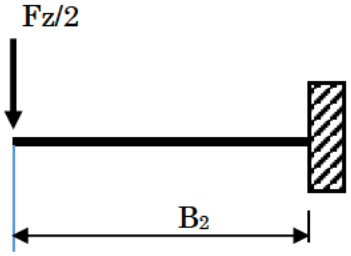
$$\tau_a = \frac{1000P_V}{n}$$

④ 締付金具に発生する応力

上段扉：

・曲げ応力σ_{rb1}

$$\sigma_{rb1} = \frac{1000F_{z1} \cdot B_2}{2Z_{r1}}$$



締付金具に発生する応力

・せん断応力τ_{rs1}

$$\tau_{rs1} = \frac{1000F_{z1}}{2A_{rs1}}$$

$$A_{rs1} = \frac{2}{3}A_{r1}$$

（機械工学便覧 A3編　材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

・組合せ応力σ_{r1}

$$\sigma_{r1} = \sqrt{{\sigma_{rb1}}^2 + 3{\tau_{rs1}}^2}$$

下段扉：

・曲げ応力σ_{rb2}

$$\sigma_{rb2} = \frac{1000F_{z2} \cdot B_2}{2Z_{r2}}$$

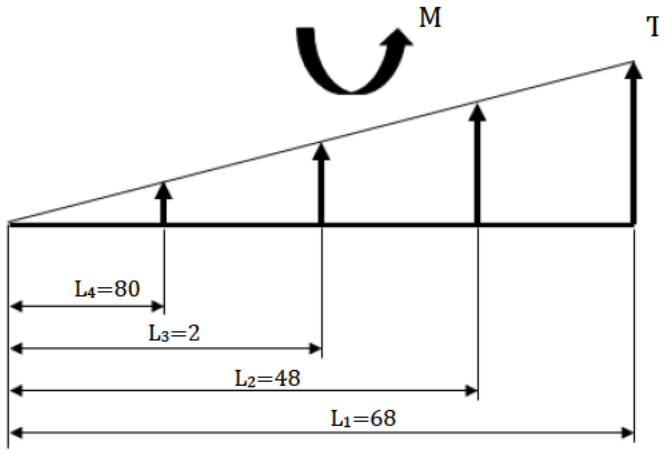
・せん断応力τ_{rs2}

$$\tau_{rs2} = \frac{1000F_{z2}}{2A_{rs2}}$$

・組合せ応力σ_{r2}

$$\sigma_{r2} = \sqrt{{\sigma_{rb2}}^2 + 3{\tau_{rs2}}^2}$$

⑤ 支持金具アンカーボルトに作用する引張力



支持金具アンカーボルトに作用する引張力

a. 支持金具アンカーボルトに発生する曲げモーメントM_S

$$M_S = n \cdot T_S \cdot L_1 + n \cdot \frac{L_2}{L_1} T_S \cdot L_2 + n \cdot \frac{L_3}{L_1} T_S \cdot L_3 + n \cdot \frac{L_4}{L_1} T_S \cdot L_4$$

b. アンカーボルト1本当たりの最大引張力T_S

$$T_S = \frac{M_S \cdot L_1}{n \cdot \sum L_k{}^2}$$

$$\sum L_k{}^2 = \sum_{k=1}^{4} L_k{}^2$$

c. アンカーボルト1本当たりの最大せん断力Q_S

$$Q_S = (1 + K_V) \cdot \frac{(G_{D1} + G_{D2})g}{n}$$

⑥ アンカーボルト（枠体）に発生する引張力T_F及びせん断力Q_F

$$T_F = K_H \cdot \frac{(G_{D1} + G_{D2} + G_F)g}{n_a}$$

$$Q_F = (1 + K_V) \cdot \frac{(G_{D1} + G_{D2} + G_F)g}{n_a}$$

3.8 許容応力

(1) ヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具（取付ボルトを除く）及び締結金具

「鋼構造設計規準－許容応力設計法－（社）日本建築学会、2005改定」を踏まえて材料の耐力及び引張強さの70%のいずれかの小さい数値を基準値F として、許容応力は以下とする。

a. 許容引張応力f_t及び許容曲げ応力f_b

$$f_t = f_b = F$$

b. 許容せん断応力f_s

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

(2) アンカーボルト

「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

a. 引張耐力T_a

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

T_a：引張耐力

$$T_{a1} = \sigma_y a_0$$

T_{a1}：アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力
σ_y：アンカーボルトの降伏強度
a_0：アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$A_c = \pi l_e (l_e + d_a)$$
$$l_e = l - d_a$$

T_{a2}：コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力
σ_B ：コンクリートの圧縮強度
A_c ：コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積
l_e ：アンカーボルトの有効埋め込み長さ（枠体）
l ：アンカーボルトの埋め込み長さ（穿孔長）（枠体）
d_a ：アンカーボルトの呼び径（枠体）

コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）bがアンカーボルト穿孔長を下回る場合、すなわち、$b < l$の場合、A_cに替えA_{cb}を使用してT_{a2}を算出する。

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_{cb}$$

$b < l$ の場合、$A_c \rightarrow A_{cb}$

$$\theta_b = 2\cos^{-1}\left(\frac{b}{l_e + \frac{d_a}{2}}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_b[°]$$

$$A_{cb} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_b}{180}\pi + \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^{\,2} - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

はしあきによる欠損面積A'_bは、以下の通り算出する。

$$A'_b = 0.5(\frac{\theta_b}{180}\pi - \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^{\,2}$$

アンカーボルト中心間の距離 a が $2(l_e + \frac{d_a}{2})$ を下回る場合、すなわち、$\frac{a}{2} < l_e + \frac{d_a}{2}$の場合も A_c に替え A_{ca} を使用して T_{a2} を算出する。

$$\theta_a = 2\cos^{-1}\left(\frac{a}{2l_e + d_a}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_a[°]$$

$$A_{ca} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_a}{180}\pi + \sin\ \theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

アンカーボルトが近接することによる欠損面積A'_aは、以下の通り算出する。

$$A'_a = 0.5(\frac{\theta_a}{180}\pi - \sin\theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^{\,2}$$

T_{a2}については、はしあき及びアンカーボルトの近接による有効水平投影面積が最小のアンカーボルト1本あたりの引張耐力として強度評価を行う。

なお、ヒンジ座及び支持金物座のアンカーボルトの有効水平投影面積については、以下の式で算出する。それらの合計値から当該部位のアンカーボルト全体の引張耐力を算出した後、ボルト本数で割り1本当たりの引張耐力を算出する。各部位の有効水平投影面積の算出式を以下に示す。

$$A'_{cH11} = 4 \cdot H11 + 2 \cdot H12$$
$$A'_{cH12} = 4 \cdot H11 + 2 \cdot H12 + H13 + 2 \cdot H14$$
$$A'_{cH13} = 2 \cdot H11 + H12 + 2 \cdot HS11 + HS12$$
$$A'_{cS1} = 2 \cdot S11 + 4 \cdot S12 + SH11 + SH12$$

$$T_{a3} = 10\sqrt{\left(\frac{\sigma_B}{21}\right)} \cdot \pi d_a l_e$$

T_{a3}：コンクリートの付着破壊より決まる引張耐力

$$T_{as} = \frac{2}{3} T_a \quad (T_a が T_{a2} 又は T_{a3} で決まる場合)$$
$$T_{as} = T_a \quad (T_a が T_{a1} で決まる場合)$$

T_{as}：あと施工アンカーを用いた接合部(１本当たり)の短期許容引張耐力

b. せん断耐力Q_a

$$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$$

Q_a：せん断耐力

$$Q_{a1} = 0.7\sigma_y \times {}_sa_c$$

Q_{a1}：アンカーボルトの降伏より決まるせん断耐力
σ_y　：アンカーボルトの降伏強度
${}_sa_c$　：アンカーボルトの公称断面積

$$Q_{a2} = 0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \times {}_sa_c$$

Q_{a2}：コンクリートの支圧により決まるせん断耐力
E_c　：コンクリートのヤング係数
σ_B　：コンクリートの圧縮強度

$$Q_{a3} = 294 \times {}_sa_c$$

Q_{a3}：上限値より決まるせん断耐力

$$Q_{as} = Q_a/1.5$$

Q_{as}：短期許容せん断耐力

はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合は、以下の式で短期許容耐力を算出する。

$$Q'_{as} = \emptyset_s\sqrt{10 \cdot \sigma_B} \times A_{cl}/10$$

ただし、

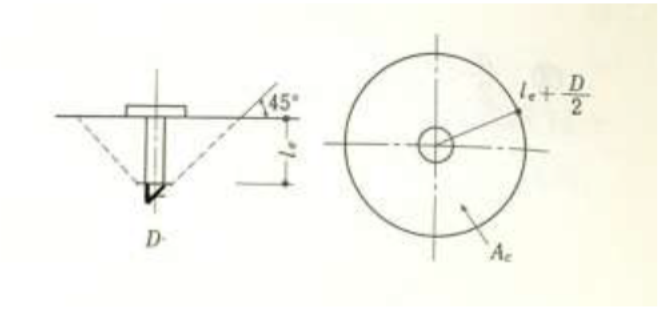
$\emptyset_s$: 低減係数（短期 $= 0.6$）

A_{cl}: 有効投影面積$\left(= \frac{1}{2}\pi a^2\right)$

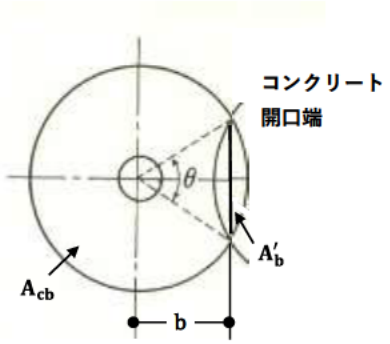
この場合は、

$$Q_{as} = \min(Q_{as}, Q'_{as})$$

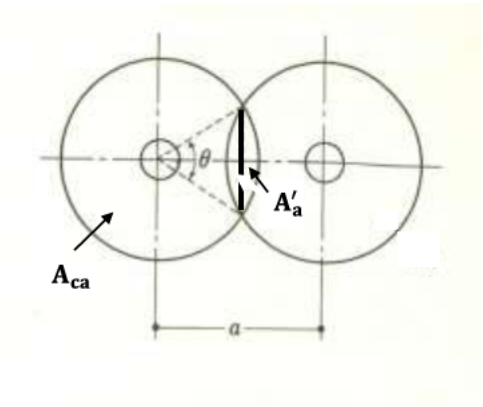
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図3-8-1に示す。また、ヒンジ座及び支持金物座のアンカーボルトの水平有効投影面積の計算図を図3-8-2に示す。



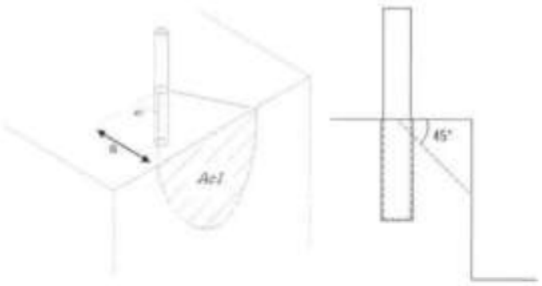
有効水平投影面積
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）
（はしあき；有効埋込み長さ以上）



有効水平投影面積
（はしあき；有効埋込長さ未満）



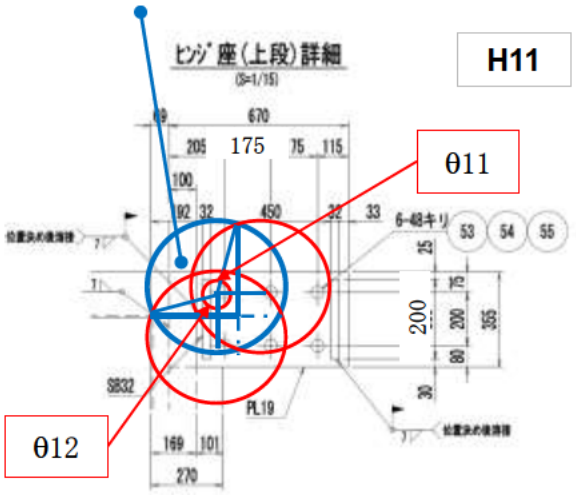
有効水平投影面積
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）



有効投影面積
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

図3-8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

有効水平投影面積



欠け円：$A_1 = l \cdot l_e \cdot \pi(360 - 90 - \vartheta_{11} - \vartheta_{12})/360$

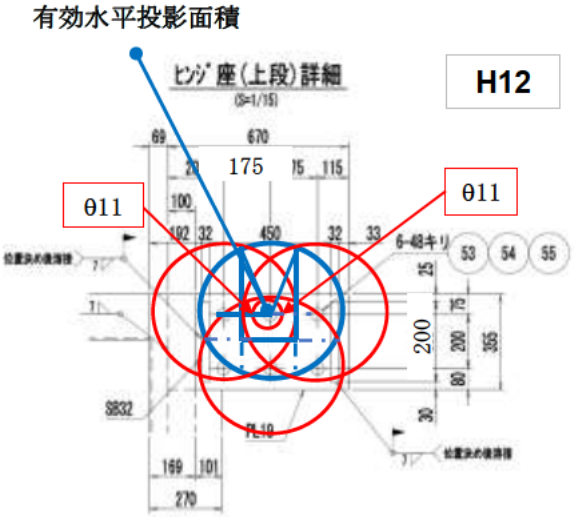
三角形1：$A_2 = (a_1/2)\ ^2\tan(\vartheta_{11})/2$

三角形2：$A_3 = (a_2/2)\ ^2\tan(\vartheta_{12})/2$

四角形：$A_4 = (a_1/2) \cdot (a_2/2)$

$$A_{H11} = \sum_{1}^{4} A_i$$

有効水平投影面積



欠け円：$A_1 = l \cdot l_e \cdot \pi(360 - 180 - 2 \cdot \vartheta_{11})/360$

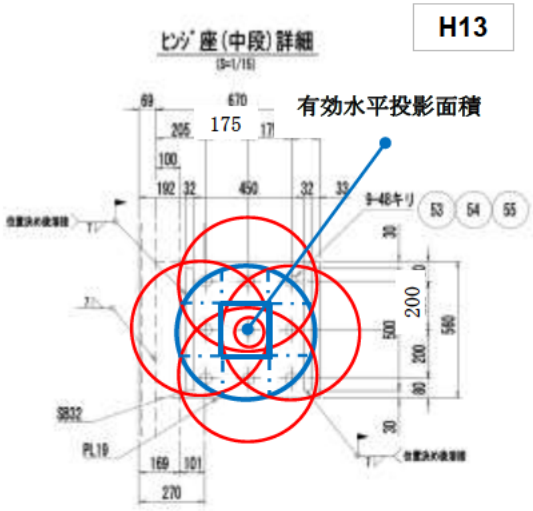
三角形1：$A_2 = (a_1/2)\ ^2\tan(\vartheta_{11})/2$

三角形2：$A_3 = (a_1/2)\ ^2\tan(\vartheta_{11})/2$

四角形：$A_4 = a_1 \cdot (a_2/2)$

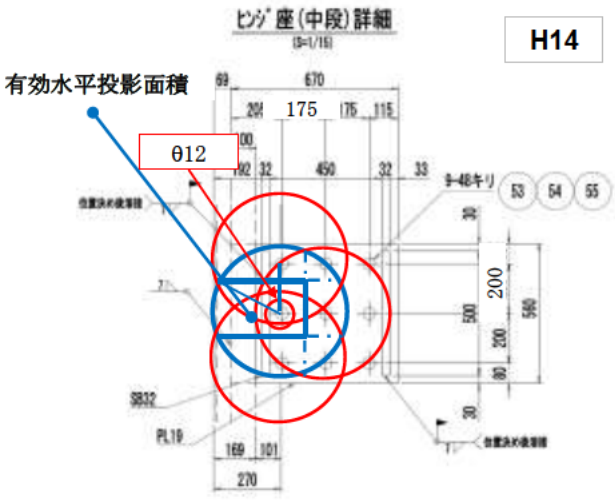
$$A_{H12} = \sum_{1}^{4} A_i$$

図3-8-2 ヒンジ座・支持金具アンカーボルト有効水平投影面積計算図（1/5）



四角形：$A_1 = a_1 \cdot a_2$

$$A_{H13} = \sum_{1} A_i$$



欠け円：$A_1 = l \cdot l_e \cdot \pi(360 - 180 - 2 \cdot \vartheta_{12})/360$

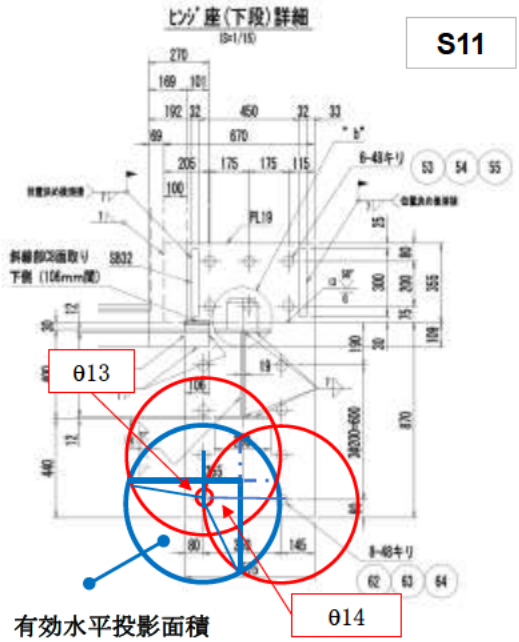
三角形1：$A_2 = (a_2/2)^2 \tan(\vartheta_{12})/2$

三角形2：$A_3 = (a_2/2)^2 \tan(\vartheta_{12})/2$

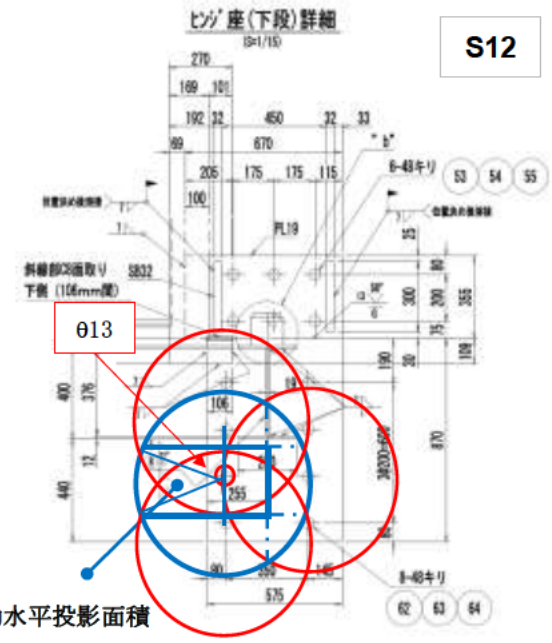
四角形：$A_4 = (a_1/2) \cdot a_2$

$$A_{H14} = \sum_{1}^{4} A_i$$

図3-8-2 ヒンジ座・支持金具アンカーボルト有効水平投影面積計算図(2/5)



有効水平投影面積



有効水平投影面積

欠け円：$A_1 = l' \cdot l'_e \cdot \pi(360 - 90 - \vartheta_{13} - \vartheta_{14})/360$

三角形1：$A_2 = (a_3/2)\ ^2\tan(\vartheta_{13})/2$

三角形2：$A_3 = (a_4/2)\ ^2\tan(\vartheta_{14})/2$

四角形：$A_4 = (a_3/2) \cdot (a_4/2)$

$$A_{S11} = \sum_{1}^{4} A_i$$

欠け円：$A_1 = l' \cdot l'_e \cdot \pi(360 - 90 - 2 \cdot \vartheta_{13})/360$

三角形1：$A_2 = (a_3/2)\ ^2\tan(\vartheta_{13})/2$

三角形2：$A_3 = (a_3/2)\ ^2\tan(\vartheta_{13})/2$

四角形：$A_4 = a_3 \cdot (a_4/2)$

$$A_{S12} = \sum_{1}^{4} A_i$$

図3-8-2 ヒンジ座・支持金具アンカーボルト有効水平投影面積計算図(3/5)

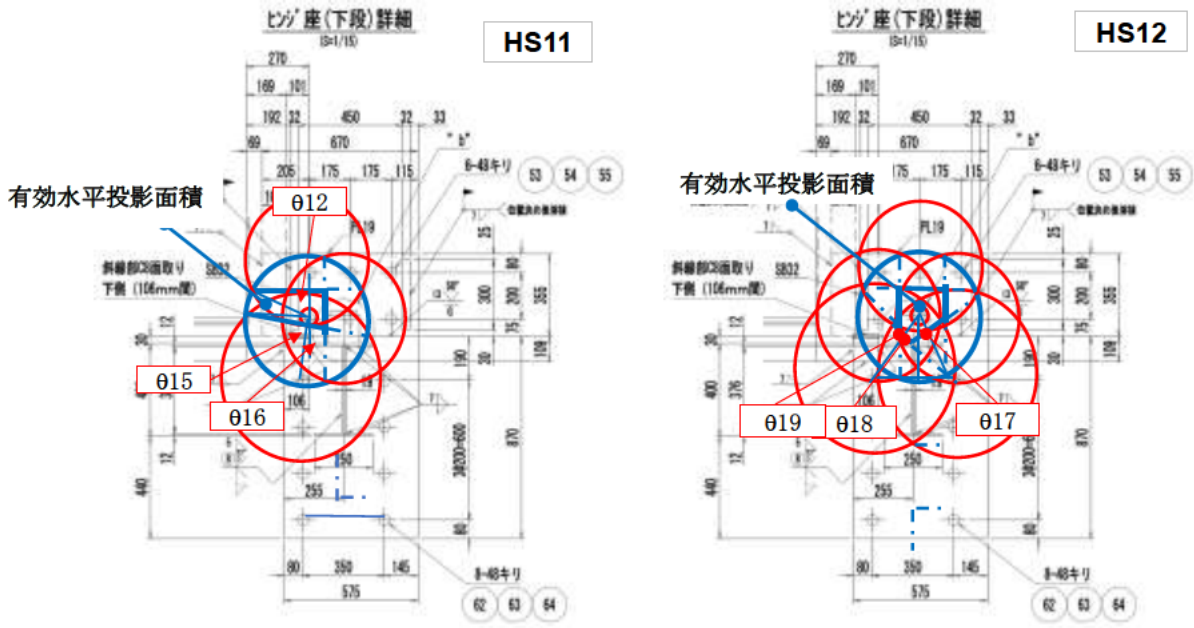


図3-8-2 ヒンジ座・支持金具アンカーボルト有効水平投影面積計算図(4/5)

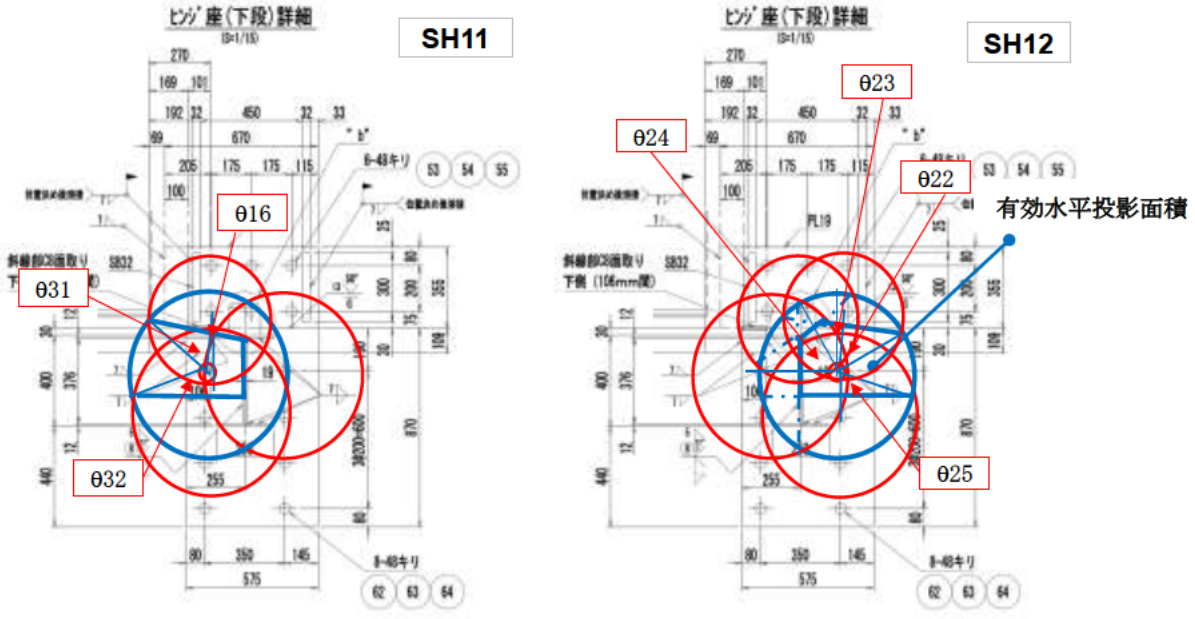


図3-8-2 ヒンジ座・支持金具アンカーボルト有効水平投影面積計算図(5/5)

3.9 計算条件

「3.7 計算方法」に用いる評価条件を表3-9-1に示す。

表3-9-1 耐震評価に用いる条件 （浸水防止扉(TVF-1)）(1/7)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_{D1}	t	上段扉	8.9
	G_{D2}	t	下段扉	14.3
	G_F	t	戸当り	2.8
震度	K_H	−	水平方向震度	1.12
	K_V	−	鉛直方向震度	0.79
地震荷重	P_{H1}	kN	上段扉にかかる水平方向地震力	98
	P_{H2}	kN	下段扉にかかる水平方向地震力	157
	P_{V1}	kN	上段扉にかかる鉛直方向地震力	156
	P_{V2}	kN	下段扉にかかる鉛直方向地震力	251
強度計算荷重	P_h	kN	津波により扉にかかる強度計算荷重	4900.5
ヒンジ	F_{X1}	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重（上段扉）	152
	F_{X2}	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重（下段扉）	164
	F_{Z1}	kN	ヒンジ部に作用するZ方向荷重（上段扉）	48.9
	F_{Z2}	kN	ヒンジ部に作用するZ方向荷重（下段扉）	78.5
ヒンジピン（上段扉）	A_{P1}	mm^2	断面積	5024
	A_{PS1}	mm^2	せん断断面積	3768
	F_{ZX1}	kN	X方向とZ方向荷重の合力	154
	τ_{hp1}	N/mm^2	せん断応力	41
ヒンジピン（下段扉）	A_{P2}	mm^2	断面積	6359
	A_{PS2}	mm^3	せん断断面積	4769
	F_{ZX2}	kN	X方向とZ方向荷重の合力	169
	τ_{hp2}	N/mm^2	せん断応力	36
ヒンジボルト（扉体側/上段扉）	n_{11}	本	本数（上段扉）	12
	A_{S11}	mm^2	有効断面積（上段扉）	353.0
	σ_{b1}	N/mm^2	引張応力（上段扉）	36
	τ_{b1}	N/mm^2	せん断応力（上段扉）	6

表3-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉(TVF-1)）(2/7)

対象部位	記号	単位	定義	数値
ヒンジボルト（扉体側/下段扉）	n_{12}	本	本数（下段扉）	12
	A_{S21}	mm^2	有効断面積（下段扉）	353.0
	σ_{b2}	N/mm^2	引張応力（下段扉）	39
	τ_{b2}	N/mm^2	せん断応力（下段扉）	10
ヒンジボルト（枠体側）（上段扉）	n_{H11}	本	アンカーボルト本数（上段扉）	6
	T_{H11}	kN/本	引張力（上段扉）	4.1
	Q_{H11}	kN/本	せん断力（上段扉）	25.4
ヒンジボルト（枠体側）（下段扉/上部）	n_{H12}	本	アンカーボルト本数（下段扉/上部）	9
	T_{H12}	kN/本	引張力（下段扉/上部）	7.1
	Q_{H12}	kN/本	せん断力（下段扉/上部）	18.2
ヒンジボルト（枠体側）（下段扉/下部）	n_{H13}	本	アンカーボルト本数（下段扉/下部）	6
	T_{H13}	kN/本	引張力（下段扉/下部）	6.5
	Q_{H13}	kN/本	せん断力（下段扉/下部）	27.3
扉支持金具	n	本	アンカーボルト本数（枠体側）	8
	Z_X	mm^3	断面係数（金具）	1550300
	A_W	mm^2	せん断断面積（金具）	7144
	M	kN･m	曲げモーメント（金具）	140.9
	σ_s	N/mm^2	引張応力（金具）	91
	τ	N/mm^2	せん断応力（金具）	58
	σ	N/mm^2	組合せ応力（金具）	136
	T_S	kN/本	引張力（最大値）（アンカーボルト）	61.6
	Q_S	kN/本	せん断力（アンカーボルト）	50.9

表3-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉(TVF-1)）(3/7)

対象部位	記号	単位	定義	数値
締結金具（上段扉）	B_2	mm	支点から荷重作用点までの距離	169
	A_{rs1}	mm^2	せん断断面積	3402
	Z_{r1}	mm^3	断面係数	38273
	σ_{rb1}	N/mm^2	曲げ応力	108
	τ_{rs1}	N/mm^2	せん断応力	8
	σ_{r1}	N/mm^2	組合せ応力（金具）	109
締結金具（下段扉）	B_2	mm	支点から荷重作用点までの距離	169
	A_{rs2}	mm^2	せん断断面積	3402
	Z_{r2}	mm^3	断面係数	38273
	σ_{rb2}	N/mm^2	曲げ応力	174
	τ_{rs2}	N/mm^2	せん断応力	12
	σ_{r2}	N/mm^2	組合せ応力（金具）	175
ヒンジ中心間距離	L_{a1}	mm	上段扉	3445
	L_{a2}	mm	下段扉	5135
扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	L_b	mm	－	3355
アンカーボルト（扉枠）	n_a	本	本数（計算対象）	34
	l	mm	埋め込み長さ（穿孔長）	130
	d_a	mm	呼び径	16
	l_e	mm	有効埋め込み長さ	114
	T_F	kN/本	引張力	8.4
	Q_F	kN/本	せん断力	13.4
アンカーボルト（ヒンジ座）	l_H	mm	埋め込み長さ（穿孔長）	300
	d_{aH}	mm	呼び径	24
	l_{eH}	mm	有効埋め込み長さ	276
アンカーボルト（支持金具座）	l_S	mm	埋め込み長さ（穿孔長）	350
	d_{aS}	mm	呼び径	30
	l_{eS}	mm	有効埋め込み長さ	320

表3-9-1 耐震評価に用いる条件　(浸水防止扉(TVF-1))(4/7)

記号	単位	定義	数値
σ_y	N/mm^2	アンカーボルトの降伏強度(SUS304)	205
		アンカーボルトの降伏強度(SUS304N2)支持金具座	345
a_0	mm^2	アンカーボルト有効断面積(M16)（ネジ加工を考慮）	157
		アンカーボルト有効断面積(M24)（ネジ加工を考慮）	353
		アンカーボルト有効断面積(M30)（ネジ加工を考慮）	561
σ_B	N/mm^2	コンクリートの圧縮強度	20.6
E_C	N/mm^2	コンクリートのヤング係数	2.15×10^4
${}_sa_c$	mm^2	アンカーボルトの公称断面積(M16)	201
		アンカーボルトの公称断面積(M24)	452
		アンカーボルトの公称断面積(M30)	707
A_c	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積（枠）	46558
T_{a1}	kN/本	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力（枠）	32.2
T_{a2}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力（枠）	48.6
T_{a3}	kN/本	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力（枠）	56.8
T_{as}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（枠）	32.2
Q_{a1}	kN/本	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力（枠）	28.8
Q_{a2}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力(枠)	53.6
Q_{a3}	kN/本	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力（枠）	59.1
Q_{as}	kN/本	アンカーボルトの短期せん断耐力（枠）	19.2

表3-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉(TVF-1)）(5/7)

記号	単位	定義	数値
H_{11}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積(ヒンジ座四隅アンカーボルト)	126750
H_{12}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積(ヒンジ座上下側中央アンカーボルト)	67069
H_{13}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積(ヒンジ座中心アンカーボルト)	35000
H_{14}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積(ヒンジ座左右側中央アンカーボルト)	73870
S_{11}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積(支持金具座隅アンカーボルト)	194201
S_{12}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積(支持金具座中アンカーボルト)	100923
HS_{11}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積(支持金具座との干渉考慮)（ヒンジ座左右隅アンカーボルト）	62306
HS_{12}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積(支持金具座との干渉考慮)（ヒンジ座中央アンカーボルト）	35805
SH_{11}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積(ヒンジ座との干渉考慮)（支持金具座左上アンカーボルト）	145620
SH_{12}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積(ヒンジ座との干渉考慮)（支持金具座右上アンカーボルト）	136155
T_{a1H}	kN/本	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力(ヒンジ座)	72.4
T_{a3H}	kN/本	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力(ヒンジ座)	206.1
T_{a2H11}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるH11の引張耐力	132.3
T_{a2H12}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるH12の引張耐力	70.0
T_{a2H13}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるH13の引張耐力	36.5
T_{a2H14}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるH14の引張耐力	77.1

表3-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉(TVF-1)）(6/7)

記号	単位	定義	数値
T_{a2HS11}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるHS11の引張耐力	65.0
T_{a2HS12}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるHS12の引張耐力	37.4
T_{a1S}	kN/本	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力（支持金具座）	193.5
T_{a3S}	kN/本	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力（支持金具座）	298.7
T_{a2S11}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるS11の引張耐力	202.7
T_{a2S12}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるS12の引張耐力	105.4
T_{a2SH11}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるSH11の引張耐力	152.0
T_{a2SH12}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるSH12の引張耐力	142.1
Q_{a1H}	kN/本	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力（ヒンジ座）	64.9
Q_{a2H}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力（ヒンジ座）	120.4
Q_{a3H}	kN/本	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力（ヒンジ座）	132.9
Q_{a1S}	kN/本	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力（支持金具座）	170.7
Q_{a2S}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力（支持金具座）	188.4
Q_{a3S}	kN/本	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力（支持金具座）	207.9
T_{asH11}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（H11）	72.4
T_{asH12}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（H12）	46.7
T_{asH13}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（H13）	24.4

表3-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉(TVF-1)）(7/7)

記号	単位	定義	数値
T_{asH14}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（H14）	72.4
T_{asS11}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（S11）	193.5
T_{asS12}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（S12）	70.2
T_{asHS11}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（HS11）	43.4
T_{asHS12}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（HS12）	24.9
T_{asSH11}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（SH11）	101.3
T_{asSH12}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（SH12）	94.8
T_{asH1}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（上段ヒンジ座）	63.8
T_{asH2}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（中段ヒンジ座）	61.3
T_{asH3}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（下段ヒンジ座）	50.5
T_{asS}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（支持金具座）	108.0
Q_{asH1}	kN/本	アンカーボルトの短期せん断耐力（上段ヒンジ座）	43.2
Q_{asH2}	kN/本	アンカーボルトの短期せん断耐力（中段ヒンジ座）	43.2
Q_{asH3}	kN/本	アンカーボルトの短期せん断耐力（下段ヒンジ座）	43.2
Q_{asS}	kN/本	アンカーボルトの短期せん断耐力（支持金具座）	113.8

3.10 評価結果

浸水防止扉(TVF-1)の扉体にかかる耐震計算荷重と耐津波強度計算荷重の比較を行った結果を表3-10-1に示す。また、浸水防止扉(TVF-1)の各部材及びアンカーボルトの評価結果をそれぞれ表3-10-2及び表3-10-3に示す。

浸水防止扉（TVF-1）の扉体にかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、津波に対する強度評価に包含される。

加えて浸水防止扉（TVF-1）の各部材の評価結果でも、発生応力度又は荷重は許容限界値以下であることを確認した。

表3-10-1 浸水防止扉(TVF-1)の評価結果（扉体）

耐震計算荷重 [kN]	強度計算荷重 [kN]	耐震/強度荷重比
254.8	4900.5	0.05

表3-10-2 浸水防止扉(TVF-1)の評価結果（部品類）

評価部位		発生応力 [N/mm^2]	許容応力 [N/mm^2]	検定比
ヒンジピン	上段扉	41	118	0.35
	下段扉	36	118	0.31
ヒンジボルト（扉体側）	上段扉	36	205	0.18
	下段扉	39	205	0.20
扉支持金具	金具	136	205	0.67
締結金具	上段扉	109	205	0.54
	下段扉	175	205	0.86

表3-10-3 浸水防止扉(TVF-1)の評価結果（アンカーボルト）

アンカーボルト設置部位	種別	発生力 [kN/本]	許容耐力 [kN/本]	検定比
枠	引張	8.4	32.2	0.26
	せん断	13.4	19.2	0.70
上段ヒンジ座	引張	4.1	63.8	0.06
	せん断	25.4	43.2	0.59
中段ヒンジ座	引張	7.1	61.3	0.12
	せん断	18.2	43.2	0.42
下段ヒンジ座	引張	6.5	50.5	0.13
	せん断	27.3	43.2	0.63
支持金具座	引張	61.6 (最大値)	108.0	0.57
	せん断	50.9	113.8	0.45

4. 浸水防止扉（TVF-2）

4.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-2）の耐震評価に用いる記号を表4-1-1に示す。

表4-1-1 浸水防止扉（TVF-2）の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	浸水防止扉（TVF-2）の固定荷重	t
G_D	浸水防止扉（TVF-2）の扉体荷重	t
G_F	浸水防止扉（TVF-2）の戸当り荷重	t
P	積載荷重	kN
K_s	地震荷重	kN
K	設計震度	−
g	重力加速度	m/s^2
t	扉板の板厚	mm
B_1	締付金具の金具幅	mm
B_2	締付金具の金切欠き幅	mm
B_3	締付金具の支点から荷重作用点までの距離	mm
K_H	水平方向震度	−
K_V	鉛直方向震度	−
P_H	水平方向地震力（TVF-2）	kN
P_V	鉛直方向地震力（TVF-2）	kN
F_Z	ヒンジ部に及び締結金具に作用するZ方向荷重（TVF-2）	kN
F_X	ヒンジ部に作用するＸ方向荷重(TVF-2)	kN
L_a	ヒンジ中心間距離（TVF-2）	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離（TVF-2）	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力(TVF-2)	N/mm^2
F_{ZX}	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力（TVF-2）	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積(TVF-2)	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積(TVF-2)	mm^2
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）（TVF-2）	N/mm^2
τ_b	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）（TVF-2）	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)（i=2:浸水防止扉TVF-2）	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積(TVF-2)	mm^2

表4-1-1 浸水防止扉（TVF-2）の耐震評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
σ_{rb}	締付金具に発生する曲げ応力(TVF-2)	N/mm^2
Z_r	締付金具の断面係数（TVF-2）	mm^3
τ_{rs}	締付金具に発生するせん断応力（TVF-2）	N/mm^2
A_{rs}	締付金具のせん断断面積（TVF-2）	mm^2
A_r	締付金具の断面積（TVF-2）	mm^2
σ_r	締付金具に発生する組合せ応力（TVF-2）	N/mm^2
P_{Ha}	アンカーボルトに作用する引張力	kN
P_{Va}	アンカーボルトに作用するせん断力	kN
n_a	アンカーボルトの本数（強度評価対象）	本
F	基準強度	−
f_t	許容引張応力	N/mm^2
f_b	許容曲げ応力	N/mm^2
f_S	許容せん断応力	N/mm^2
T_a	アンカーボルトの引張耐力	kN/本
T_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	kN/本
T_{a2}	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	kN/本
T_{a3}	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	kN/本
σ_y	アンカーボルトの降伏強度	N/mm^2
a_0	アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）	mm^2
σ_B	コンクリートの圧縮強度	N/mm^2
A_c、 A_{cb}、 A_{ca}	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	mm^2
l_e	アンカーボルトの有効埋め込み長さ	mm
l	アンカーボルトの埋め込み長さ（穿孔長）	mm
d_a	アンカーボルトの呼び径	mm
b	コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）	mm
a	隣接アンカーボルトのピッチ（最小値）（へりあき）	mm
A'_a 、A'_b	欠損面積	mm^2
T_{as}	あと施工アンカーを用いた接合部（１本当たり）の短期許容引張耐力	kN/本
Q_a	アンカーボルトのせん断耐力	kN/本
Q_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a2}	コンクリートの支圧により決まるせん断耐力	kN/本

表4-1-1 浸水防止扉（TVF-2）の耐震評価に用いる記号（3/3）

記号	定義	単位
Q_{a3}	上限値より決まるせん断耐力	kN/本
${}_{s}a_{c}$	アンカーボルトの公称断面積	mm^2
E_c	コンクリートのヤング係数	N/m^2
Q_{as}、 Q'_{as}	短期許容せん断耐力	kN/本
$\emptyset_s$	低減係数（短期＝0.6）	－
A_{cl}	有効投影面積（はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合）	mm^2
P_h	津波により扉体にかかる強度計算荷重	kN
T_F	アンカーボルト（枠体）に発生する引張力	kN/本
Q_F	アンカーボルト（枠体）に発生するせん断力	kN/本

4.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-2）の構造上の特徴を踏まえ選定する。浸水防止扉（TVF-2）は、扉体本体（扉板及び芯材）、扉体部品（ヒンジ、扉支持金具及び締結金具）及びアンカーボルトから構成される。

浸水防止扉（TVF-2）に生じる地震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁及び縦桁）、芯材から枠体に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。

扉板本体については、津波荷重に対して十分な強度を有することを確認している（別添3参照）。一方、地震荷重は、津波荷重と比較して極めて小さいことから、応力計算による耐震評価は行わず、荷重の比較により耐震強度を有することを確認する。

浸水防止扉を構成する部品類であるヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具、締結金具及びアンカーボルトについては、地震による扉の振動により荷重を受けることから、応力計算を行い、耐震強度を評価する。

浸水防止扉（TVF-2）の構造図を図4-2-1、扉体部品への地震荷重の作用イメージ及び評価部位を図4-2-2、アンカーボルトの位置及び評価部位を図4-2-3に示す。

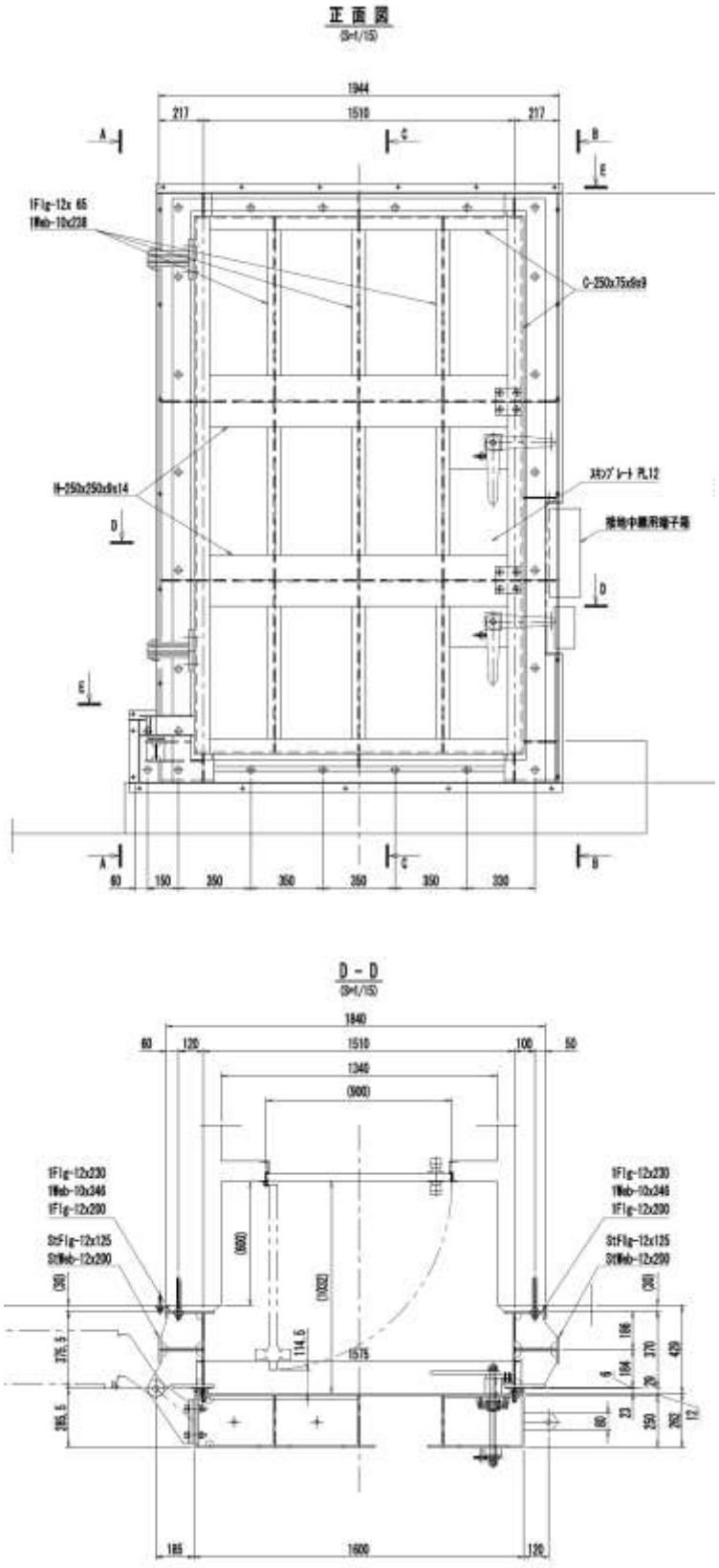


図4-2-1 浸水防止扉（TVF-2）の構造図

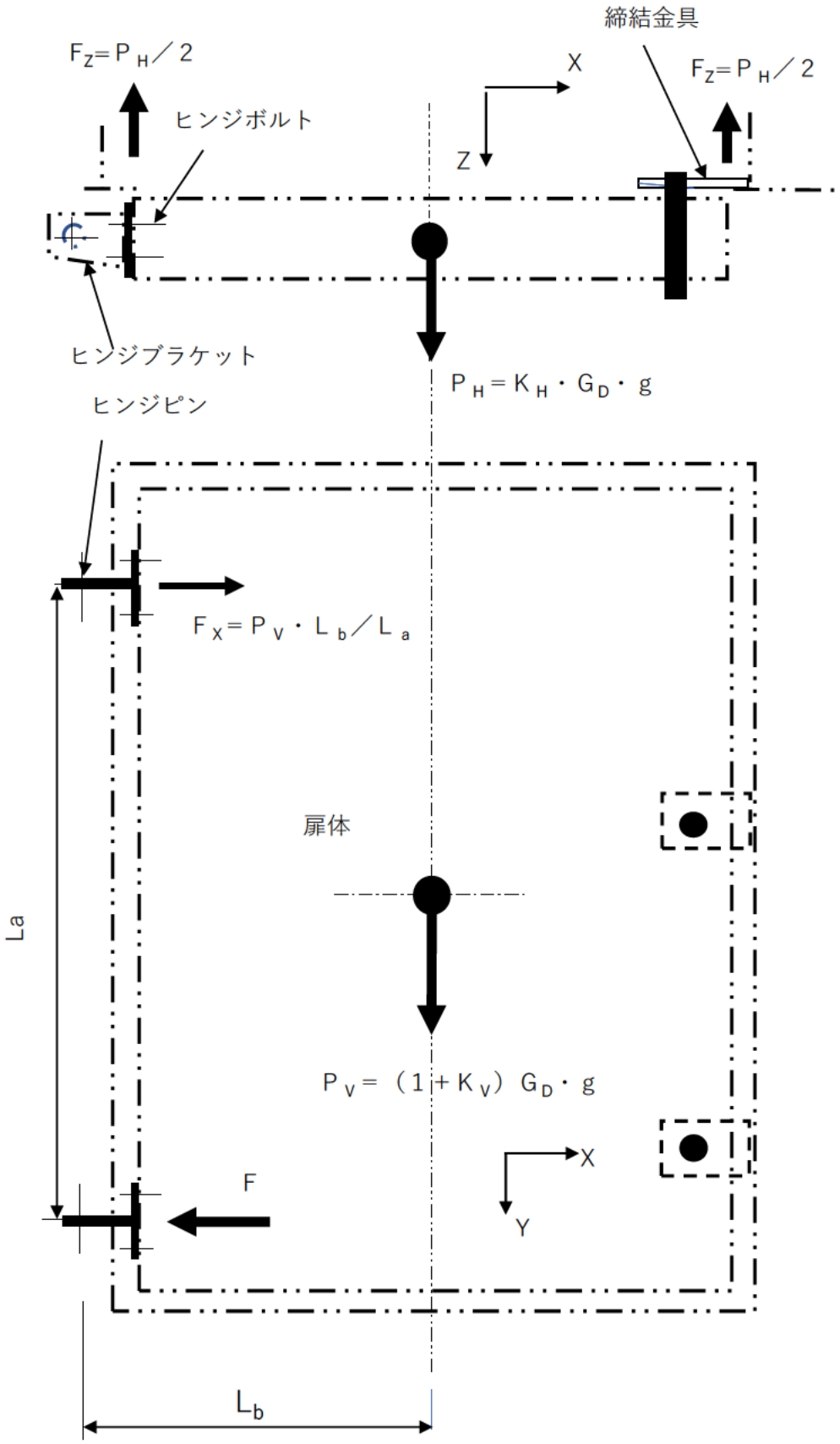


図4-2-2 浸水防止扉（TVF-2）閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

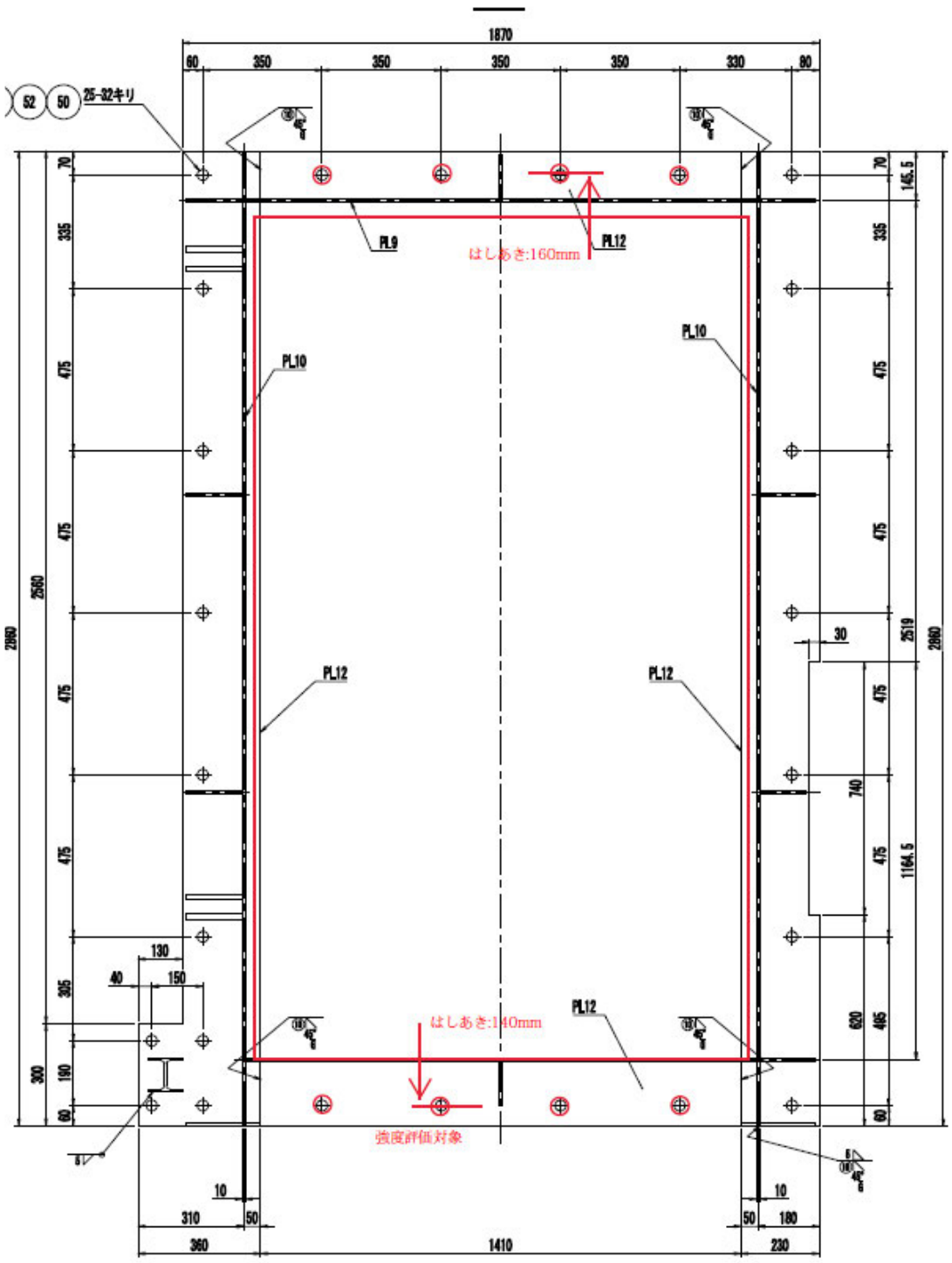


図4-2-3 浸水防止扉（TVF-2）アンカーボルト位置と評価部位

4.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-2）の耐震評価は、「4.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「4.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「4.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「4.5 許容限界」に示す許容限界以内であることを確認する。

4.4 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する荷重

浸水防止扉（TVF-2）の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：浸水防止扉（TVF-2）の固定荷重

G_D：浸水防止扉（TVF-2）の扉体荷重

G_F：浸水防止扉（TVF-2）の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s：地震荷重

浸水防止扉（TVF-2）は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 固定荷重(G)

浸水防止扉（TVF-2）の自重となる固定荷重を表4-4-1に示す。

表4-4-1 浸水防止扉（TVF-2）の固定荷重（自重）

設備名称	固定荷重G	
	扉体G_D ［t］	戸当りG_F ［t］
浸水防止扉（TVF-2）	1.2	1.0

b. 地震荷重(K_s)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、浸水防止扉の固定荷重に設計震度Kを乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に不利な方向に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

浸水防止扉（TVF-2）に作用する荷重の組合せを表4-4-2に示す。

表4-4-2 浸水防止扉（TVF-2）の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
浸水防止扉 部品	$G_D + K_s$
アンカーボルト（枠体）	$G_D + G_F + K_s$

4.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-2）を構成する部材のうち、耐震評価を実施する部位である扉板、芯材、ヒンジ部、アンカーボルトの使用材料を表4-5-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図4-5-1に示す。

表4-5-1 使用材料

部位		材質	仕様[mm]※4
扉板		SUS304	2610×1600×t12
芯材	主桁（上段及び下段）	SUS304	C250×75×9×9
	主桁（中間）	SUS304	H250×250×9×14
	縦桁	SUS304	T250×65×10×12 ※5
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ30
	取付ボルト	SUS304	M20
	締結金具	SUS304	65(B_1)×26(B_2)×60(B_3)×t16
戸当り	アンカーボルト	SUS304	M16×130L

※4 tは板厚、φは径、Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

※5 板を溶接して組合せたT型構造の部材

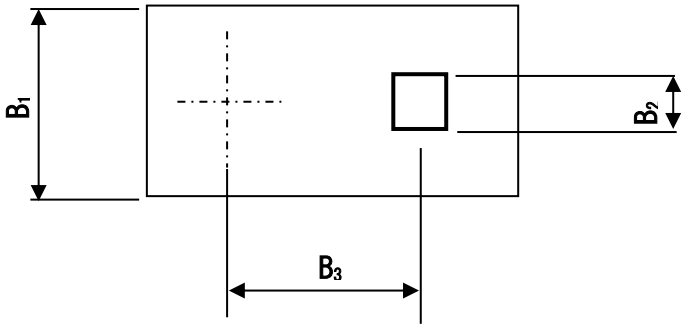


図4-5-1 締結金具の形状（浸水防止扉(TVF-2)）

(2) 許容限界

a. 扉板、芯材及びヒンジ部

ヒンジ部及び扉支持金具の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、2005改定）」を踏まえて表4-5-2の値とする。

表4-5-2 許容限界

材料	短期許容応力 $[N/mm^2]$	
	曲げ	せん断
SUS304 ※6	205	118

※6 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「JIS G 4303：2012 ステンレス鋼棒」、「JIS G 4304：2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成18年7月7日）に基づく。

4.6 評価用地震力

浸水防止設備 （TVF-1～TVF-10）の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍して用いる。評価の対象である浸水防止扉（TVF-2）は1階に設置されているが、1階から2階にかけて設置されている浸水防止扉（TVF-1）を含めて保守側の評価となるよう3階の加速度を参照する。評価に用いる震度を表4-6-1に示す。

表4-6-1 浸水防止扉(TVF-2)の耐震計算で用いる設計震度

地震動	設置場所	地震による設計震度	
設計地震動	ガラス固化技術開発施設（TVF） 3階	水平方向K_H	1.12
		鉛直方向K_V	0.79

4.7 計算方法

扉体（扉板及び芯材）については、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

扉体部品であるヒンジ部（ヒンジピン、ヒンジボルト、締結金具）、扉支持金具及びアンカーボルトについては、設計地震力から各部材の発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

(1) 荷重算定

① 水平方向地震力 P_H

$$P_H = K_H \cdot G_D \cdot g$$

② 扉体自重及び鉛直方向地震力 P_v

$$P_v = (1 + K_V) \cdot G_D \cdot g$$

③ ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重 F_z

$$F_Z = \frac{P_H}{2}$$

④ ヒンジ部に作用するX方向荷重 F_x

$$F_X = \frac{P_V \cdot L_b}{L_a}$$

(2) 応力算定

① ヒンジピンに発生するせん断応力τ_{hp}

$$F_{ZX} = \sqrt{{F_X}^2 + \left(\frac{F_Z}{2}\right)^2}$$

$$\tau_{hp} = \frac{1000 F_{ZX}}{A_{ps}}$$

$$A_{ps} = \frac{3}{4} A_p$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

② ヒンジボルトに発生する引張応力σ_b 及び せん断応力τ_b

・扉体側

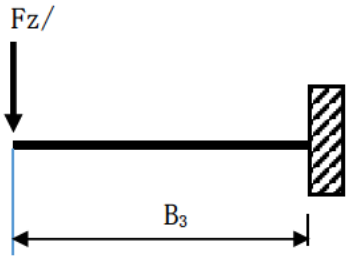
$$\sigma_b = \frac{1000F_x}{n_2 \cdot A_s}$$

$$\tau_b = \frac{1000F_z}{2n_2 \cdot A_s}$$

③ 締付金具に発生する応力

・曲げ応力

$$\sigma_{rb} = \frac{1000F_z \cdot B_3}{2Z_r}$$



・せん断応力

$$\tau_{rs} = \frac{1000F_z}{2A_{rs}}$$

$$A_{rs} = \frac{2}{3} A_r$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

・組合せ応力

$$\sigma_r = \sqrt{{\sigma_{rb}}^2 + {\tau_{rs}}^2}$$

④ アンカーボルト1本あたりに発生する引張力T_F及びせん断力Q_F

$$T_F = \frac{P_{Ha}}{n_a} = K_H \cdot \frac{(G_D + G_F)g}{n_a}$$

$$Q_F = \frac{P_{Va}}{n_a} = (1 + K_V) \cdot \frac{(G_D + G_F)g}{n_a}$$

4.8 許容応力

(1) ヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具（取付ボルトを除く）及び締結金具

「鋼構造設計規準－許容応力設計法－（社）日本建築学会、2005改定」を踏まえて材料の耐力及び引張強さの70%のいずれかの小さい数値を基準値F として、許容応力は以下とする。

a. 許容引張応力f_t及び許容曲げ応力f_b

$$f_t = f_b = F$$

b. 許容せん断応力f_s

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

(2) アンカーボルト

「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

a. 引張耐力

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

T_a：引張耐力

$$T_{a1} = \sigma_y a_0$$

T_{a1}：アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力

σ_y：アンカーボルトの降伏強度

a_0：アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$A_c = \pi l_e (l_e + d_a)$$

$$l_e = l - d_a$$

T_{a2}：コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力

σ_B ：コンクリートの圧縮強度

A_c ：コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積

l_e ：アンカーの有効埋め込み長さ

l ：アンカーの埋め込み長さ（穿孔長）

d_a ：アンカーの呼び径

コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）bがアンカーボルト穿孔長を下回る場合、すなわち、$b < l$の場合、A_cに替えA_{cb}を使用してT_{a2}を算出する。

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_{cb}$$

$b < l$ の場合、$A_c \rightarrow A_{cb}$

$$\theta_b = 2\cos^{-1}\left(\frac{b}{l_e + \frac{d_a}{2}}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_b[^\circ]$$

$$A_{cb} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_b}{180}\pi + \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

はしあきによる欠損面積$A_b^{'}$は、以下の通り算出する。

$$A_b' = 0.5(\frac{\theta_b}{180}\pi - \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^2$$

アンカーボルト中心間の距離aが $2(l_e + \frac{d_a}{2})$を下回る場合、すなわち、$\frac{a}{2} < (l_e + \frac{d_a}{2})$の場合も$A_c$に替え$A_{ca}$を使用して$T_{a2}$を算出する。

$$\theta_a = 2\cos^{-1}\left(\frac{a}{2l_e + d_a}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_a[^\circ]$$

$$A_{ca} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_a}{180}\pi + \sin\ \theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

アンカーボルトが近接することによる欠損面積A_a'は、以下の通り算出する。

$$A_a' = 0.5(\frac{\theta_a}{180}\pi - \sin\theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^2$$

T_{a2}については、はしあき及びアンカーボルトの近接による有効水平投影面積が最小のアンカーボルト1本あたりの引張耐力として強度評価を行う。

$$T_{a3} = 10\sqrt{\left(\frac{\sigma_B}{21}\right)} \cdot \pi d_a l_e$$

T_{a3}：コンクリートの付着破壊より決まる引張耐力

$$T_{as} = \frac{2}{3} T_a \quad (T_a が T_{a2} 又は T_{a3} で決まる場合)$$

$$T_{as} = T_a \quad (T_a が T_{a1} で決まる場合)$$

T_{as}：あと施工アンカーを用いた接合部(１本当たり)の短期許容引張耐力

b. せん断力

$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$

Q_a：せん断耐力

$Q_{a1} = 0.7\sigma_y \times {}_sa_c$

Q_{a1}：アンカーボルトの降伏より決まるせん断耐力

σ_y：アンカーボルトの降伏強度

${}_sa_c$：アンカーボルトの公称断面積

$Q_{a2} = 0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \times {}_sa_c$

Q_{a2} ：コンクリートの支圧により決まるせん断耐力

E_c ：コンクリートのヤング係数

σ_B ：コンクリートの圧縮強度

$Q_{a3} = 294 \times {}_sa_c$

Q_{a3}：上限値より決まるせん断耐力

$Q_{as} = Q_a/1.5$

Q_{as}：短期許容せん断耐力

はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合は、以下の式で短期許容耐力を算出する。

$Q'_{as} = \emptyset_s\sqrt{10 \cdot \sigma_B} \times A_{cl}/10$

ただし、

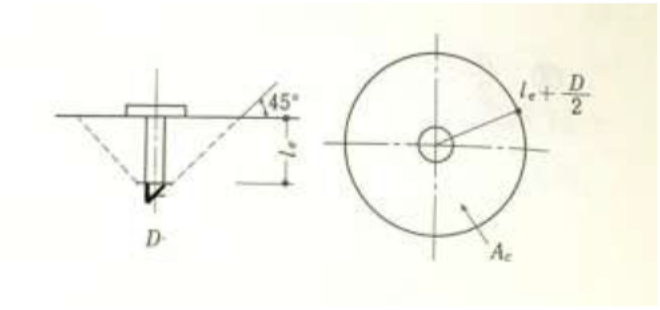
$\emptyset_s$: 低減係数（短期 $= 0.6$）

A_{cl}: 有効投影面積$(= \frac{1}{2}\pi a^2)$

この場合は、

$Q_{as} = \min(Q_{as}, Q'_{as})$

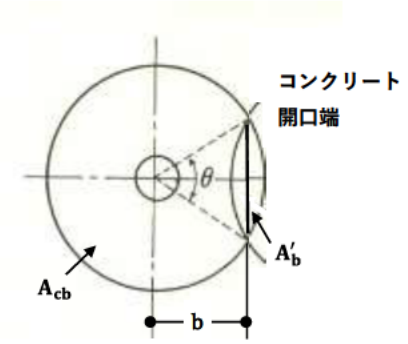
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図4-8-1に示す。



有効水平投影面積

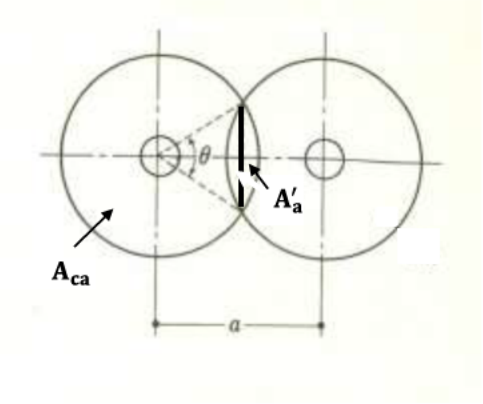
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



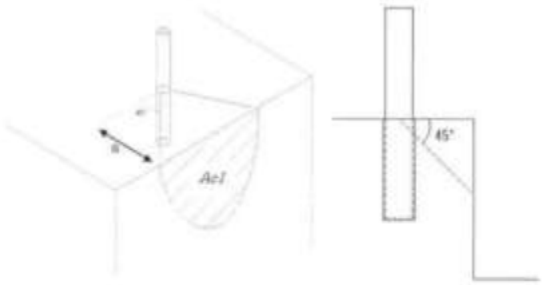
有効水平投影面積

（はしあき；有効埋込長さ未満）



有効水平投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）



有効投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

図4-8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

4.9 計算条件

「4.7 計算方法」に用いる評価条件を表4-9-1に示す。

表4-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-2）） (1/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	1.2
	G_F	t	戸当り	1.0
震度	K_H	−	水平震度	1.12
	K_V	−	鉛直震度	0.79
地震荷重	P_H	kN	扉体にかかる水平方向地震力	13.18
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	21.06
	F_Z	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重	6.59
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	10.92
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	24.16
	P_{Va}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	38.62
強度計算荷重	P_h	kN	扉にかかる津波による荷重	517.0
ヒンジ	L_a	mm	ヒンジ中心間距離	1900
	L_b	mm	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	985
ヒンジピン	A_P	mm^2	ヒンジピンの断面積	706.9
	A_{PS}	mm^2	ヒンジピンのせん断断面積	530.2
	F_{ZX}	kN	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力	11.40
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	22
ヒンジボルト	n_2	本	ヒンジボルトの本数(扉体側)	4
	A_S	mm^2	ヒンジボルトの有効断面積	245.0
	σ_b	N/mm^2	引張応力	12
	τ_b	N/mm^2	せん断応力	4

表4-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-2）） (2/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
締結金具	B_3	mm	締付金具の支点から荷重作用点までの距離	60
	A_{rs}	mm^2	締付金具のせん断断面積	416
	A_r	mm^2	締付金具の断面積	624
	Z_r	mm^3	締付金具の断面係数	1664
	σ_{rb}	N/mm^2	曲げ応力	119
	τ_{rs}	N/mm^2	せん断応力	8
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力	120
アンカーボルト	n_a	本	アンカーボルトの本数（強度評価対象）	21
	l	mm	アンカーボルトの埋め込み長さ(穿孔長)	130
	d_a	mm	呼び径	16
	l_e	mm	有効埋め込み長さ	114
	T_F	kN/本	引張力	1.2
	Q_F	kN/本	せん断力	1.8

表4-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-2））（3/3）

記号	単位	定義	数値
σ_y	N/mm^2	アンカーボルトの降伏強度	205
a_0	mm^2	アンカーボルトの有効断面積(ねじ加工を考慮)(M16)	157
σ_B	mm^2	コンクリートの圧縮強度	20.6
E_C	N/mm^2	コンクリートのヤング係数	2.15×10^4
${}_sa_c$	mm^2	アンカーボルトの公称断面積（M16）	201
a	mm	隣接アンカーボルトのピッチ（最小値）（へりあき）	330
b	mm	コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（最小値）（はしあき）	140
A_c	mm^2	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	46558
T_{a1}	kN	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	32.2
T_{a2}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	48.6
T_{a3}	kN	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	56.8
Q_{a1}	kN	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	28.8
Q_{a2}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力	53.6
Q_{a3}	kN	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力	59.1
T_{as}	kN	短期許容引張耐力	32.2
Q_{as}	kN	短期許容せん断耐力	19.2

4.10 評価結果

浸水防止扉（TVF-2）の扉体にかかる耐震計算荷重と耐津波強度計算荷重の比較を行った結果を表4-10-1に示す。また、浸水防止扉（TVF-2）の各部材及びアンカーボルトの評価結果をそれぞれ表4-10-2及び表4-10-3に示す。

浸水防止扉（TVF-2）の扉体にかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、津波に対する強度評価に包含される。

加えて浸水防止扉（TVF-2）の各部材の評価結果でも、発生応力度又は荷重は許容限界値以下であることを確認した。

表4-10-1 浸水防止扉（TVF-2）の評価結果（扉体）

耐震計算荷重 ［kN］	強度計算荷重 ［kN］	耐震/強度荷重比
13.18	517.0	0.03

表4-10-2 浸水防止扉（TVF-2）の評価結果（部品類）

評価部位	発生応力 ［N/mm^2］	許容応力 ［N/mm^2］	検定比
ヒンジピン	22	118	0.19
ヒンジボルト	12	205	0.06
締結金具	120	205	0.59

表4-10-3 浸水防止扉（TVF-2）の評価結果（アンカーボルト）

種別	発生力 ［kN/本］	許容耐力 ［kN/本］	検定比
引張	1.2	32.2	0.04
せん断	1.8	19.2	0.10

5. 浸水防止扉（TVF-3）

5.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-3）の耐震評価に用いる記号を表5-1-1に示す。

表5-1-1 浸水防止扉（TVF-3）の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	浸水防止扉（TVF-3）の固定荷重	t
G_D	浸水防止扉（TVF-3）の扉体荷重	t
G_F	浸水防止扉（TVF-3）の戸当り荷重	t
P	積載荷重	kN
K_s	地震荷重	kN
K	設計震度	−
g	重力加速度	m/s^2
B_1	締付金具の金具幅	mm
B_2	締付金具の金切欠き幅	mm
B_3	締付金具の支点から荷重作用点までの距離	mm
K_H	水平方向震度	−
K_V	鉛直方向震度	−
P_H	水平方向地震力（TVF-3）	kN
P_V	鉛直方向地震力（TVF-3）	kN
F_Z	ヒンジ部に及び締結金具に作用するZ方向荷重（TVF-3）	kN
F_X	ヒンジ部に作用するX方向荷重（TVF-3）	kN
L_a	ヒンジ中心間距離（TVF-3）	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離（TVF-3）	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力（TVF-3）	N/mm^2
F_{ZX}	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力（TVF-3）	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積（TVF-3）	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積（TVF-3）	mm^2
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）（TVF-3）	N/mm^2
τ_b	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）（TVF-3）	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数（扉体側）（i=3:浸水防止扉TVF-3）	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積（TVF-3）	mm^2
σ_{rb}	締付金具に発生する曲げ応力（TVF-3）	N/mm^2

表5-1-1 浸水防止扉（TVF-3）の耐震評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
Z_r	締付金具の断面係数（TVF-3）	mm^3
τ_{rs}	締付金具に発生するせん断応力（TVF-3）	N/mm^2
A_{rs}	締付金具のせん断断面積（TVF-3）	mm^2
A_r	締付金具の断面積（TVF-3）	mm^2
σ_r	締付金具に発生する組合せ応力（TVF-3）	N/mm^2
P_{Ha}	アンカーボルトに作用する引張力	kN
P_{Va}	アンカーボルトに作用するせん断力	kN
n_a	アンカーボルトの本数（強度評価対象）	本
F	基準強度	−
f_t	許容引張応力	N/mm^2
f_b	許容曲げ応力	N/mm^2
f_S	許容せん断応力	N/mm^2
T_a	アンカーボルトの引張耐力	kN/本
T_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	kN/本
T_{a2}	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	kN/本
T_{a3}	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	kN/本
σ_y	アンカーボルトの降伏強度	N/mm^2
a_0	アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）	mm^2
σ_B	コンクリートの圧縮強度	N/mm^2
A_c、 A_{cb}、 A_{ca}	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	mm^2
l_e	アンカーボルトの有効埋め込み長さ	mm
l	アンカーボルトの埋め込み長さ（穿孔長）	mm
d_a	アンカーボルトの呼び径	mm
b	コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）	mm
a	隣接アンカーボルトのピッチ（最小値）（へりあき）	mm
A'_a 、A'_b	欠損面積	mm^2
T_{as}	あと施工アンカーを用いた接合部（１本当たり）の短期許容引張耐力	kN/本
Q_a	アンカーボルトのせん断耐力	kN/本
Q_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a2}	コンクリートの支圧により決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a3}	上限値より決まるせん断耐力	kN/本

表5-1-1 浸水防止扉（TVF-3）の耐震評価に用いる記号（3/3）

記号	定義	単位
${}_{s}a_{c}$	アンカーボルトの公称断面積	mm^2
E_c	コンクリートのヤング係数	N/m^2
Q_{as}、 Q'_{as}	短期許容せん断耐力	kN/本
$\emptyset_s$	低減係数（短期＝0.6）	－
A_{cl}	有効投影面積（はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合）	mm^2
P_h	津波により扉体にかかる強度計算荷重	kN
T_F	アンカーボルト（枠体）に発生する引張力	kN/本
Q_F	アンカーボルト（枠体）に発生するせん断力	kN/本

5.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-3）の構造上の特徴を踏まえ選定する。浸水防止扉（TVF-3）は、扉体本体（扉板及び芯材）、扉体部品（ヒンジ、扉支持金具及び締結金具）及びアンカーボルトから構成される。

浸水防止扉（TVF-3）に生じる地震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁及び縦桁）、芯材から枠体に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。

扉板本体については、津波荷重に対して十分な強度を有することを確認している（別添2参照）。一方、地震荷重は、津波荷重と比較して極めて小さいことから、応力計算による耐震評価は行わず、荷重の比較により耐震強度を有することを確認する。

浸水防止扉を構成する部品類であるヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具、締結金具及びアンカーボルトについては、地震による扉の振動により荷重を受けることから、応力計算を行い、耐震強度を評価する。

浸水防止扉（TVF-3）の構造図を図5-2-1、扉体部品への地震荷重の作用イメージ及び評価部位を図5-2-2、アンカーボルトの位置及び評価部位を図5-2-3に示す。

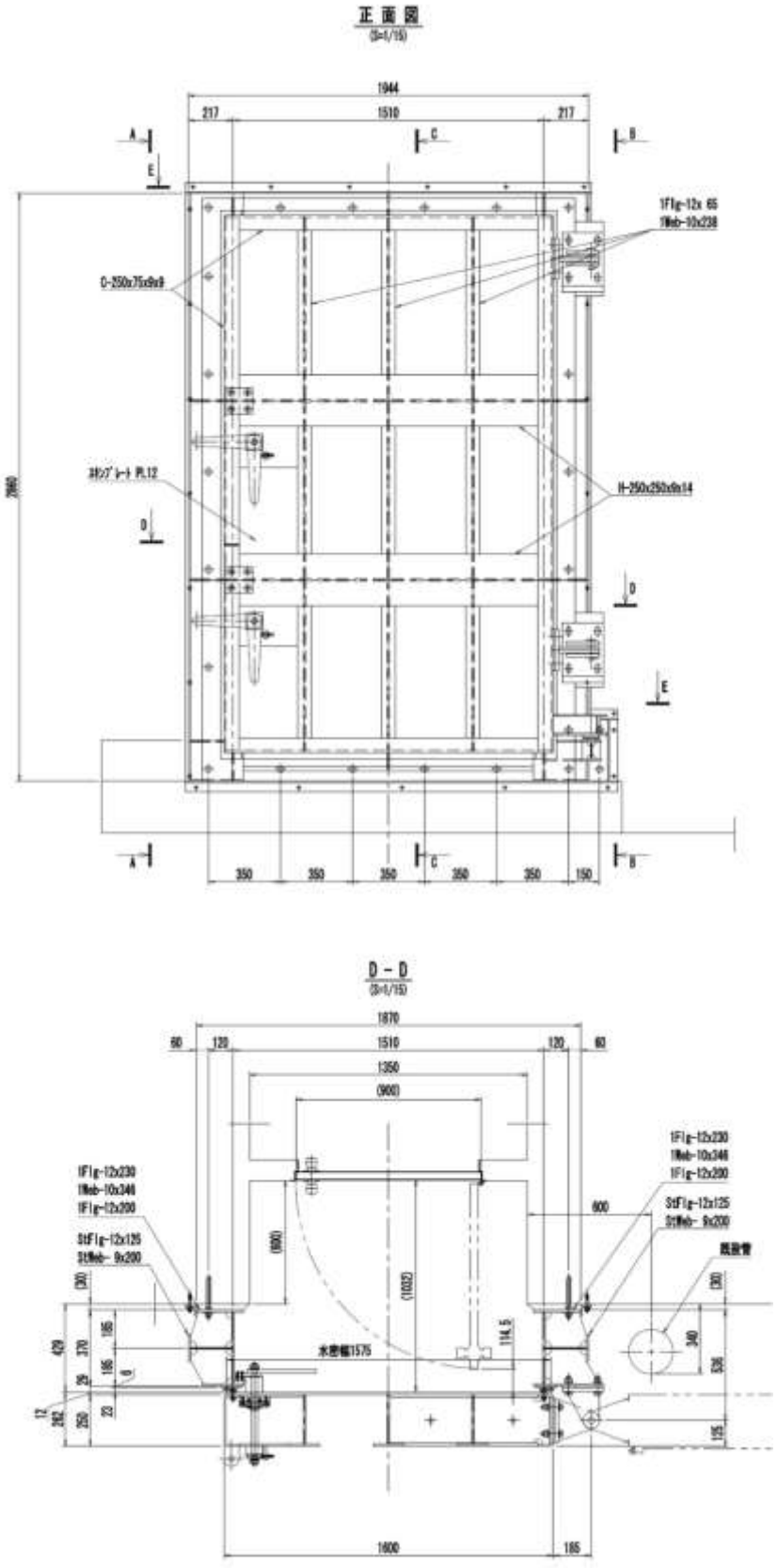


図5-2-1 浸水防止扉（TVF-3）の構造図

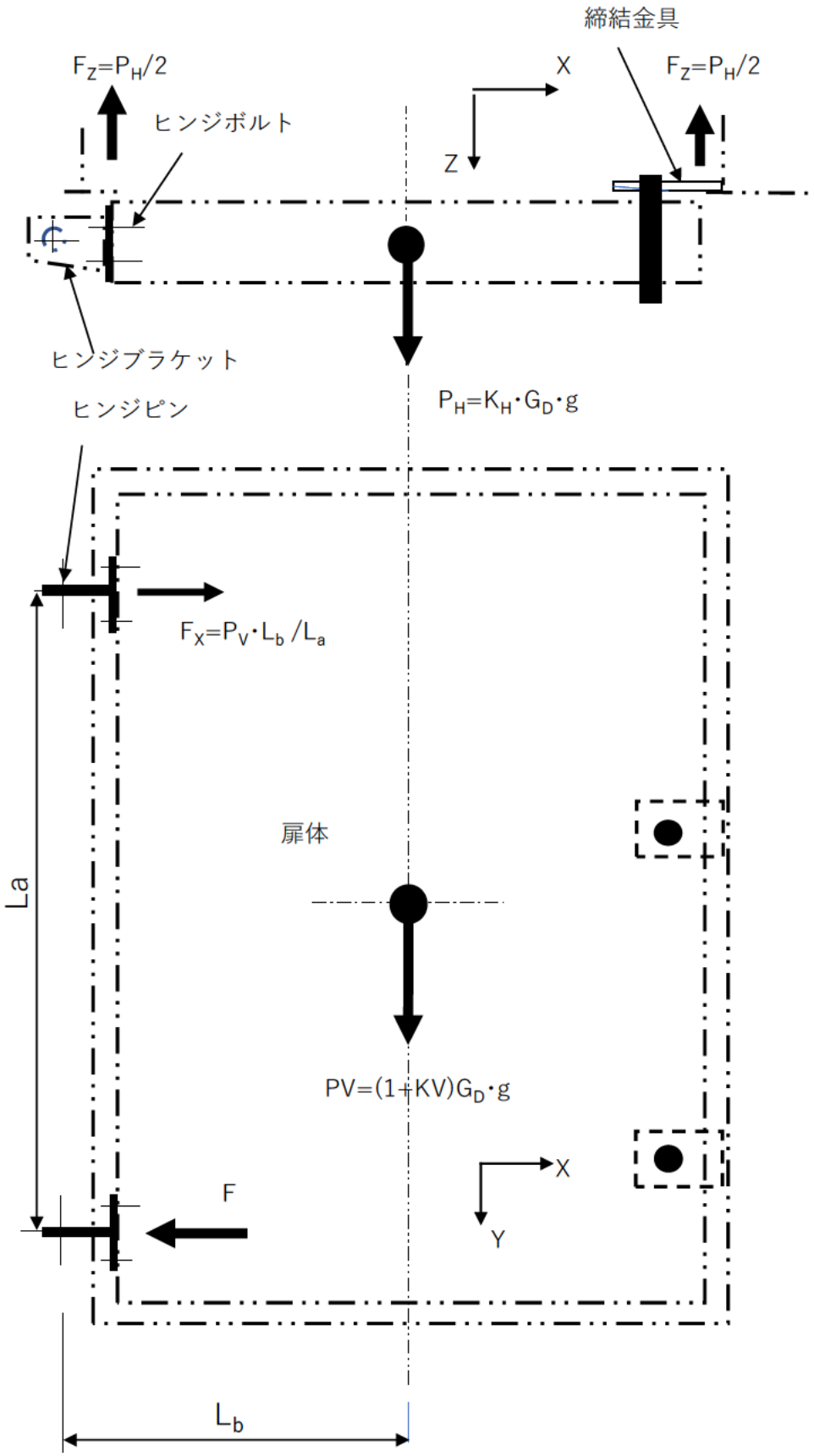


図5-2-2 浸水防止扉（TVF-3）閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

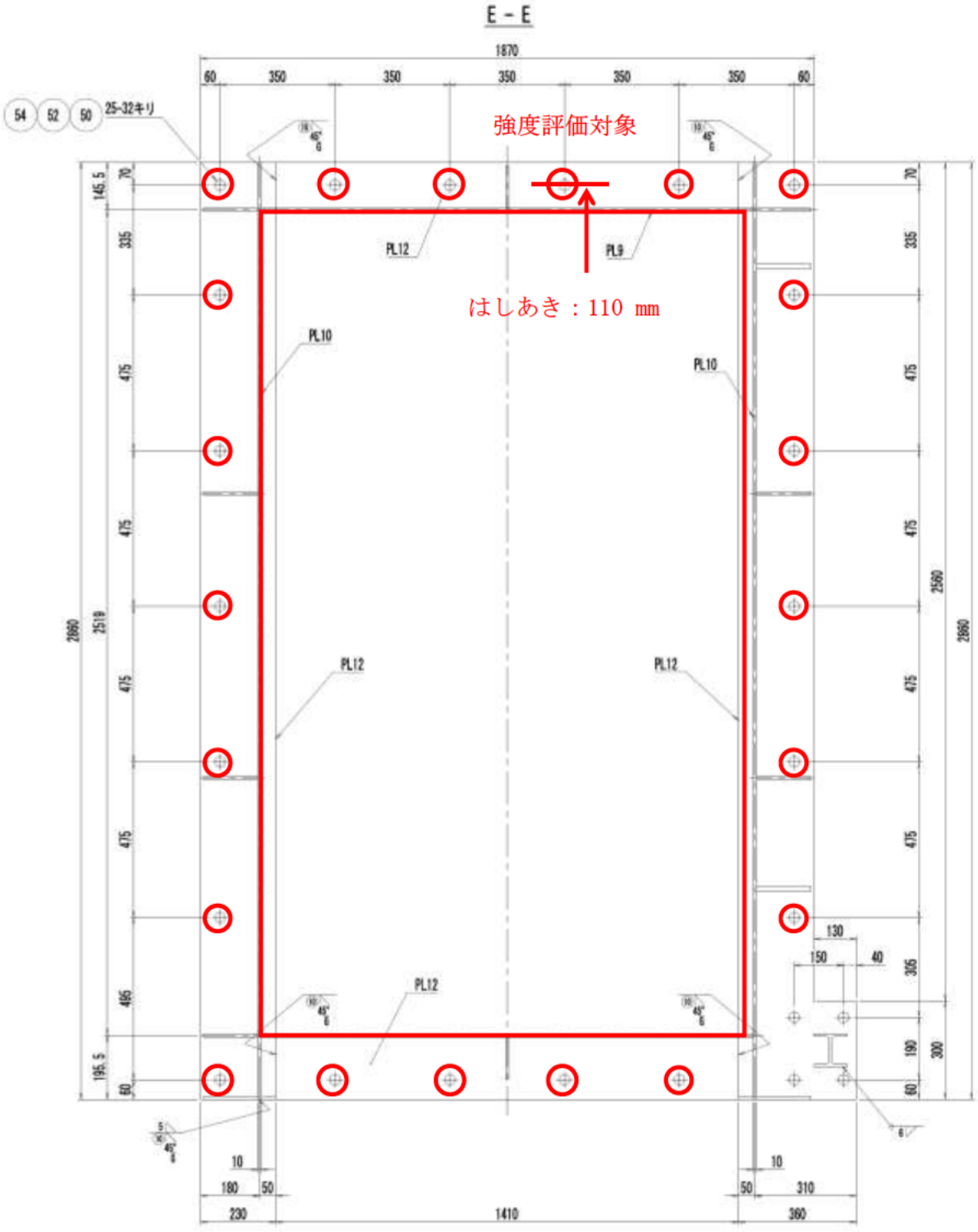


図5-2-3 浸水防止扉（TVF-3）アンカーボルト位置と評価対象

5.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-3）の耐震評価は、「5.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「5.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「5.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「5.5 許容限界」に示す許容限界以内であることを確認する。

5.4 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する荷重

浸水防止扉（TVF-3）の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：浸水防止扉（TVF-3）の固定荷重

G_D：浸水防止扉（TVF-3）の扉体荷重

G_F：浸水防止扉（TVF-3）の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s：地震荷重

浸水防止扉（TVF-3）は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 固定荷重(G)

浸水防止扉（TVF-3）の自重となる固定荷重を表5-4-1に示す。

表5-4-1 浸水防止扉（TVF-3）の固定荷重（自重）

設備名称	固定荷重G	
	扉体G_D [t]	戸当りG_F [t]
浸水防止扉(TVF-3)	1.2	1.0

b. 地震荷重(K_s)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、浸水防止扉の固定荷重に設計震度Kを乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

浸水防止扉（TVF-3）に作用する荷重の組合せを表5-4-2に示す。

表5-4-2 浸水防止扉（TVF-3）の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
浸水防止扉 部品	$G_D + K_s$
アンカーボルト（枠体）	$G_D + G_F + K_s$

5.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-3）を構成する部材のうち、耐震評価を実施する部位である扉板、芯材、ヒンジ部、アンカーボルトの使用材料を表5-5-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図5-5-1に示す。

表5-5-1 使用材料

部位		材質	仕様[mm]※7
扉板		SUS304	2610×1600×t12
芯材	主桁（上段及び下段）	SUS304	C250×75×9×9
	主桁（中間）	SUS304	H250×250×9×14
	縦桁	SUS304	T250×65×10×12 ※8
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ30
	取付ボルト	SUS304	M20
	締結金具	SUS304	65(B_1)×26(B_2)×60 (B_3) ×t16
戸当り	アンカーボルト	SUS304	M16×130L

※7 tは板厚、φは径、Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

※8 板を溶接して組合わせたT型構造の部材

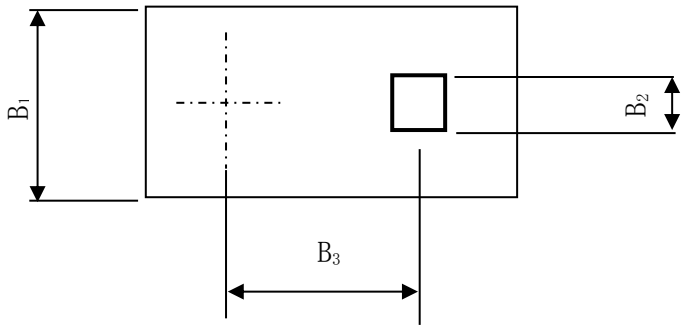


図5-5-1 締結金具の形状（浸水防止扉（TVF-3））

(2) 許容限界

a. 扉板、芯材及びヒンジ部

ヒンジ部及び扉支持金具の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、2005改定）」を踏まえて表5-5-2の値とする。

表5-5-2 許容限界

材料	短期許容応力 [N/mm^2]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※9	205	118

※9 許容応力度を決定する場合の基準値Fは、「JIS G 4303：2012 ステンレス鋼棒」、「JIS G 4304：2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成18年7月7日）に基づく。

5.6 評価用地震力

浸水防止設備 （TVF-1～TVF-10）の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の耐震評価で用いる震度は、添付6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍している。評価の対象である浸水防止扉（TVF-3）は1階に設置されているが、1階から2階にかけて設置されている浸水防止扉（TVF-1）を含めて保守側の評価となるように3階の加速度を参照する。評価に用いる震度を表5-6-1に示す。

表5-6-1 浸水防止扉（TVF-3）の耐震計算で用いる設計震度

地震動	設置場所	地震による設計震度	
設計地震動	ガラス固化技術開発施設（TVF） 3階	水平方向K_H	1.12
		鉛直方向K_V	0.79

5.7 計算方法

扉体（扉板及び芯材）については、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

扉体部品であるヒンジ部（ヒンジピン、ヒンジボルト、締結金具）、扉支持金具及びアンカーボルトについては、設計地震力から各部材の発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

(1) 荷重算定

① 水平方向地震力P_H

$$P_H = K_H \cdot G_D \cdot g$$

② 扉体自重及び鉛直方向地震力P_v

$$P_v = (1 + K_V) \cdot G_D \cdot g$$

③ ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重F_z

$$F_Z = \frac{P_H}{2}$$

④ ヒンジ部に作用するX方向荷重F_x

$$F_X = \frac{P_V \cdot L_b}{L_a}$$

(2) 応力算定

① ヒンジピンに発生するせん断応力τ_{hp}

$$F_{ZX} = \sqrt{{F_X}^2 + \left(\frac{F_Z}{2}\right)^2}$$

$$\tau_{hp} = \frac{1000 F_{ZX}}{A_{ps}}$$

$$A_{ps} = \frac{3}{4} A_p$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

② ヒンジボルトに発生する引張応力σ_b 及び せん断応力τ_b

・扉体側

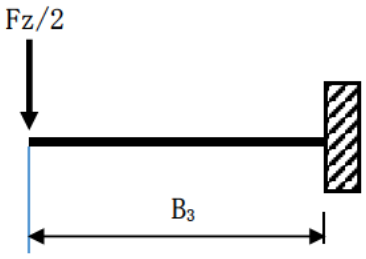
$$\sigma_b = \frac{1000F_x}{n_3 \cdot A_s}$$

$$\tau_b = \frac{1000F_z}{2n_3 \cdot A_s}$$

③ 締付金具に発生する応力

・曲げ応力

$$\sigma_{rb} = \frac{1000F_z \cdot B_3}{2Z_r}$$



・せん断応力

$$\tau_{rs} = \frac{1000F_z}{2A_{rs}}$$

$$A_{rs} = \frac{2}{3} A_r$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

・組合せ応力

$$\sigma_r = \sqrt{{\sigma_{rb}}^2 + 3{\tau_{rs}}^2}$$

④ アンカーボルト1本あたりに発生する引張力T_F及びせん断力Q_F

$$T_F = \frac{P_{Ha}}{n_a} = K_H \cdot \frac{(G_D + G_F)g}{n_a}$$

$$Q_F = \frac{P_{Va}}{n_a} = (1 + K_V) \cdot \frac{(G_D + G_F)g}{n_a}$$

5.8 許容応力

(1) ヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具（取付ボルトを除く）及び締結金具

「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（社）日本建築学会、2005改定」を踏まえて材料の耐力及び引張強さの70%のいずれかの小さい数値を基準値F として、許容応力は以下とする。

a. 許容引張応力f_t及び許容曲げ応力f_b

$$f_t = f_b = F$$

b. 許容せん断応力f_s

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

(2) アンカーボルト

「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

a. 引張耐力

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

T_a：引張耐力

$$T_{a1} = \sigma_y a_0$$

T_{a1}：アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力

σ_y：アンカーボルトの降伏強度

a_0：アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$A_c = \pi l_e (l_e + d_a)$$

$$l_e = l - d_a$$

T_{a2}：コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力

σ_B：コンクリートの圧縮強度

A_c：コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積

l_e：アンカーの有効埋め込み長さ

l：アンカーの埋め込み長さ（穿孔長）

d_a：アンカーの呼び径

コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）bがアンカーボルト穿孔長を下回る場合、すなわち、$b < l$の場合、A_cに替えA_{cb}を使用してT_{a2}を算出する。

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_{cb}$$

$b < l$ の場合、$A_c \rightarrow A_{cb}$

$$\theta_b = 2\cos^{-1}\left(\frac{b}{l_e + \frac{d_a}{2}}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_b[°]$$

$$A_{cb} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_b}{180}\pi + \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

はしあきによる欠損面積$A_b^{'}$は、以下の通り算出する。

$$A_b^{'} = 0.5(\frac{\theta_b}{180}\pi - \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^2$$

アンカーボルト中心間の距離aが $2(l_e + \frac{d_a}{2})$を下回る場合、すなわち、$\frac{a}{2} < (l_e + \frac{d_a}{2})$の場合も$A_c$に替え$A_{ca}$を使用して$T_{a2}$を算出する。

$$\theta_a = 2\cos^{-1}\left(\frac{a}{2l_e + d_a}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_a[°]$$

$$A_{ca} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_a}{180}\pi + \sin\ \theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

アンカーボルトが近接することによる欠損面積$A_a^{'}$は、以下の通り算出する。

$$A_a^{'} = 0.5(\frac{\theta_a}{180}\pi - \sin\theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^2$$

T_{a2}については、はしあき及びアンカーボルトの近接による有効水平投影面積が最小のアンカーボルト1本あたりの引張耐力として強度評価を行う。

$$T_{a3} = 10\sqrt{\left(\frac{\sigma_B}{21}\right)} \cdot \pi d_a l_e$$

T_{a3}：コンクリートの付着破壊より決まる引張耐力

$$T_{as} = \frac{2}{3} T_a \quad (T_a が T_{a2} 又は T_{a3} で決まる場合)$$

$$T_{as} = T_a \quad (T_a が T_{a1} で決まる場合)$$

T_{as}：あと施工アンカーを用いた接合部(１本当たり)の短期許容引張耐力

b. せん断耐力

$$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$$

Q_a：せん断耐力

$$Q_{a1} = 0.7\sigma_y \times {}_s a_c$$

Q_{a1}：アンカーボルトの降伏より決まるせん断耐力

σ_y：アンカーボルトの降伏強度

${}_s a_c$：アンカーボルトの公称断面積

$$Q_{a2} = 0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \times {}_s a_c$$

Q_{a2} ：コンクリートの支圧により決まるせん断耐力

E_c ：コンクリートのヤング係数

σ_B ：コンクリートの圧縮強度

$$Q_{a3} = 294 \times {}_s a_c$$

Q_{a3}：上限値より決まるせん断耐力

$$Q_{as} = Q_a / 1.5$$

Q_{as}：短期許容せん断耐力

はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合は、以下の式で短期許容耐力を算出する。

$$Q'_{as} = \emptyset_s \sqrt{10 \cdot \sigma_B} \times A_{cl} / 10$$

ただし、

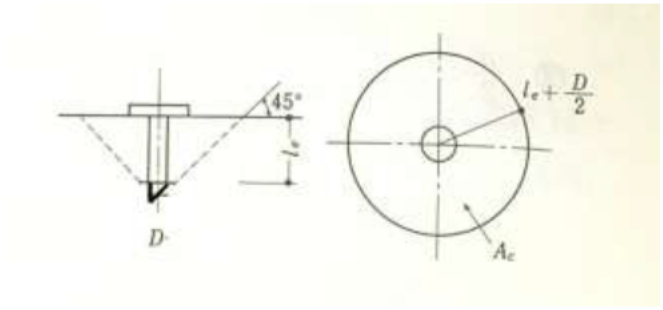
$\emptyset_s$: 低減係数、短期 $= 0.6$

A_{cl}: 有効投影面積$(= \frac{1}{2}\pi a^2)$

この場合は

$Q_{as} = \min(Q_{as}, Q'_{as})$

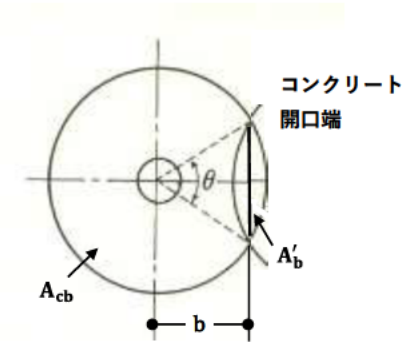
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図5-8-1に示す。



有効水平投影面積

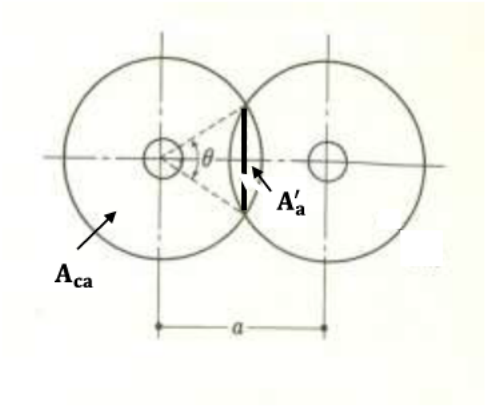
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



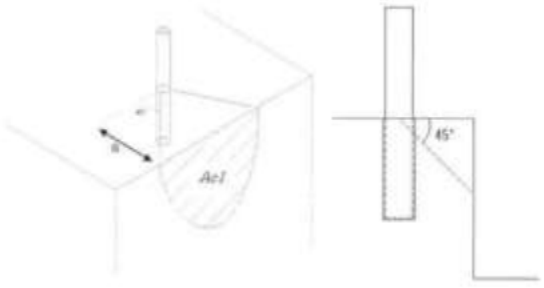
有効水平投影面積

（はしあき；有効埋込長さ未満）



有効水平投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）



有効投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

図5-8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

5.9 計算条件

「5.7 計算方法」に用いる評価条件を表5-9-1に示す。

表5-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-3）） (1/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	1.2
	G_F	t	戸当り	1.0
震度	K_H	−	水平震度	1.12
	K_V	−	鉛直震度	0.79
地震荷重	P_H	kN	扉体にかかる水平方向地震力	13.18
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	21.06
	F_Z	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重	6.59
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	10.92
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	24.16
	P_{Va}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	38.62
強度計算荷重	P_h	kN	扉にかかる津波による荷重	517.0
ヒンジ	L_a	mm	ヒンジ中心間距離	1900
	L_b	mm	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	985
ヒンジピン	A_P	mm^2	ヒンジピンの断面積	706.9
	A_{PS}	mm^2	ヒンジピンのせん断断面積	530.2
	F_{ZX}	kN	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力	11.41
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	22
ヒンジボルト	n_3	本	ヒンジボルトの本数（扉体側）	4
	A_S	mm^2	ヒンジボルトの有効断面積	245.0
	σ_b	N/mm^2	引張応力	12
	τ_b	N/mm^2	せん断応力	4

表 5-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-3）） (2/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
締結金具	B_3	mm	締付金具の支点から荷重作用点までの距離	60
	A_{rs}	mm^2	締付金具のせん断断面積	416
	A_r	mm^2	締付金具の断面積	624
	Z_r	mm^3	締付金具の断面係数	1664
	σ_{rb}	N/mm^2	曲げ応力	119
	τ_{rs}	N/mm^2	せん断応力	8
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力	120
アンカーボルト	n_a	本	アンカーボルトの本数（強度評価対象）	21
	l	mm	アンカーボルトの埋め込み長さ（穿孔長）	130
	d_a	mm	呼び径	16
	l_e	mm	有効埋め込み長さ	114
	T_F	kN/本	引張力	1.2
	Q_F	kN/本	せん断力	1.8

表5-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-3）） (3/3)

記号	単位	定義	数値
σ_y	N/mm^2	アンカーボルトの降伏強度	205
a_0	mm^2	アンカーボルトの有効断面積（ネジ加工を考慮）（M16）	157
σ_B	mm^2	コンクリートの圧縮強度	20.6
E_C	N/mm^2	コンクリートのヤング係数	2.15×10^4
${}_sa_c$	mm^2	アンカーボルトの公称断面積（M16）	201
a	mm	隣接アンカーボルトのピッチ（最小値）（へりあき）	350
b	mm	コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（最小値）（はしあき）	110
A_c	mm^2	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	45730
A_{cl}	mm^2	投影面積（「はしあき」＜アンカーボルト有効埋込長）	19007
T_{a1}	kN	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	32.2
T_{a2}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	47.7
T_{a3}	kN	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	56.8
T_{as}	kN	短期許容引張耐力	32.2
Q_{a1}	kN	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	28.8
Q_{a2}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力	53.6
Q_{a3}	kN	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力	59.1
Q_{as}	kN	短期許容せん断耐力	19.2
Q'_{as}	kN	短期せん断耐力（「はしあき」＜アンカーボルト有効埋込長）	16.4

5.10 評価結果

浸水防止扉（TVF-3）の扉体にかかる耐震計算荷重と耐津波強度計算荷重の比較を行った結果を表5-10-1に示す。また、浸水防止扉（TVF-3）の各部材及びアンカーボルトの評価結果をそれぞれ表5-10-2及び表5-10-3に示す。

浸水防止扉（TVF-3）の扉体にかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、津波に対する強度評価に包含される。

加えて浸水防止扉（TVF-3）の各部材の評価結果でも、発生応力度又は荷重は許容限界値以下であることを確認した。

表5-10-1 浸水防止扉（TVF-3）の評価結果（扉体）

耐震計算荷重 ［kN］	強度計算荷重 ［kN］	耐震/強度荷重比
13.18	517	0.03

表5-10-2 浸水防止扉（TVF-3）の評価結果（部品類）

評価部位	発生応力 ［N/mm^2］	許容応力 ［N/mm^2］	検定比
ヒンジピン	22	118	0.19
ヒンジボルト	12	205	0.06
締結金具	120	205	0.59

表5-10-3 浸水防止扉（TVF-3）の評価結果（アンカーボルト）

種別	発生力 ［kN/本］	許容耐力 ［kN/本］	検定比
引張	1.2	32.2	0.04
せん断	1.8	16.4	0.11

6. 浸水防止扉（TVF-4）

6.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-4）の耐震評価に用いる記号を表6-1-1に示す。

表6-1-1 浸水防止扉（TVF-4）の耐震評価に用いる記号（1/5）

記号	定義	単位
G	浸水防止扉（TVF-4）の固定荷重	t
G_D	浸水防止扉（TVF-4）の扉体荷重	t
G_F	浸水防止扉（TVF-4）の戸当り荷重	t
P	積載荷重	kN
K_s	地震荷重	kN
K	設計震度	−
g	重力加速度	m/s^2
B_1	締付金具の金具幅	mm
B_2	締付金具の金切欠き幅	mm
B_3	締付金具の支点から荷重作用点までの距離	mm
K_H	水平方向震度	−
K_V	鉛直方向震度	−
P_H	水平方向地震力（TVF-4）	kN
P_V	鉛直方向地震力（TVF-4）	kN
F_Z	ヒンジ部に及び締結金具に作用するZ方向荷重（TVF-4）	kN
F_X	ヒンジ部に作用するX方向荷重(TVF-4)	kN
L_a	ヒンジ中心間距離（TVF-4）	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離（TVF-4）	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力(TVF-4)	N/mm^2
F_{ZX}	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力（TVF-4）	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積(TVF-4)	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積(TVF-4)	mm^2
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）（TVF-4）	N/mm^2
τ_b	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）（TVF-4）	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)（i=4:浸水防止扉TVF-4）	本

表6-1-1 浸水防止扉（TVF-4）の耐震評価に用いる記号（2/5）

記号	定義	単位
A_S	ヒンジボルトの有効断面積(TVF-4)	mm^2
T_{Hij}	ヒンジボルトに発生する引張力（枠体側）（i=4：浸水防止扉TVF-4、j=1：上段扉、2：下段扉）	kN/本
Q_{Hij}	ヒンジボルトに発生するせん断力（枠体側）（i=4：浸水防止扉TVF-4、j=1：上段扉、2：下段扉）	kN/本
n_{Hij}	ヒンジボルト（アンカーボルト）の本数（枠体側）（i=4：浸水防止扉TVF-4、j=1：上段扉、2：下段扉）	本
σ_s	扉支持金具に発生する引張応力	N/mm^2
M	扉支持金具に発生するモーメント	kN・m
Z_x	扉支持金具の断面係数	mm^3
Lc	扉支持金具の支点から荷重作用点までの距離（TVF-4）	mm
τ	扉支持金具に発生するせん断応力	N/mm^2
A_W	扉支持金具のせん断断面積	mm^2
σ	扉支持金具に発生する組合せ応力	N/mm^2
I_x	扉支持金具の断面2次モーメント	mm^4
B	扉支持金具の上ヒンジの長さ	mm
H	扉支持金具のウェブ高さ	mm
t_1	扉支持金具のウェブ厚み	mm
t_2	扉支持金具のヒンジ厚み	mm
A_G	扉支持金具の断面積	mm^2
τ_a	扉支持金具取付アンカーボルトに作用するせん断力	kN/本
n	扉支持金具取付アンカーボルトの本数	本
σ_{rb}	締付金具に発生する曲げ応力(TVF-4)	N/mm^2
Z_r	締付金具の断面係数（TVF-4）	mm^3
τ_{rs}	締付金具に発生するせん断応力（TVF-4）	N/mm^2
A_{rs}	締付金具のせん断断面積（TVF-4）	mm^2
A_r	締付金具の断面積（TVF-4）	mm^2
σ_r	締付金具に発生する組合せ応力（TVF-4）	N/mm^2
M_S	扉支持金具アンカーボルトに発生する曲げモーメント	kN・m
T_S	扉支持金具アンカーボルトに発生する引張力	kN/本
Q_S	扉支持金具アンカーボルトに発生するせん断力	kN/本
L_i	扉支持金具支点からアンカーボルトi(i=1～2)までの距離	mm

表6-1-1 浸水防止扉（TVF-4）の耐震評価に用いる記号（3/5）

記号	定義	単位
T_F	アンカーボルト(枠体)に発生する引張力	kN/本
Q_F	アンカーボルト(枠体)に発生するせん断力	kN/本
n_a	アンカーボルト(枠体)の本数	本
F	基準強度	−
f_t	許容引張応力	N/mm^2
f_b	許容曲げ応力	N/mm^2
f_S	許容せん断応力	N/mm^2
T_a	アンカーボルトの引張耐力	kN/本
T_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	kN/本
T_{a2}	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	kN/本
T_{a3}	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	kN/本
σ_y	アンカーボルトの降伏強度	N/mm^2
a_0	アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）	mm^2
σ_B	コンクリートの圧縮強度	N/mm^2
A_c、 A_{cb}、 A_{ca}	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	mm^2
l_e	アンカーボルトの有効埋め込み長さ	mm
l	アンカーボルトの埋め込み長さ（穿孔長）	mm
d_a	アンカーボルトの呼び径	mm
b	コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）	mm
a	隣接アンカーボルトのピッチ（最小値）（へりあき）	mm
A'_a 、A'_b	欠損面積	mm^2
A'_{cHij}	ヒンジ座のアンカーボルトの有効水平投影面積（i=4：浸水防止扉TVF-4、j=1：上段扉、2：下段扉）	mm^2
A'_{cSi}	支持金物座のアンカーボルトの有効水平投影面積（i=4：浸水防止扉TVF-4）	mm^2
Hij	コーン破壊面の有効水平投影面積（i＝4：浸水防止扉TVF-4、j=1：ヒンジ座四隅アンカーボルト、2：ヒンジ座上下側中央アンカーボルト、3：ヒンジ座中心アンカーボルト、4：ヒンジ座左右側中央アンカーボルト）	mm^2
Sij	コーン破壊面の有効水平投影面積（i＝4：浸水防止扉TVF-4、j=1：支持金具座隅アンカーボルト、2：支持金具座中アンカーボルト）	mm^2

表6-1-1 浸水防止扉（TVF-4）の耐震評価に用いる記号（4/5）

記号	定義	単位
HSij	コーン破壊面の有効水平投影面積（支持金具座との干渉考慮）（i=4：浸水防止扉TVF-4、j=1：ヒンジ座左右隅アンカーボルト、2：ヒンジ座中央アンカーボルト）	mm^2
SHij	コーン破壊面の有効水平投影面積（ヒンジ座との干渉考慮）（i=4：浸水防止扉TVF-4、j=1：支持金具左上アンカーボルト、2：支持金具座右上アンカーボルト）	mm^2
T_{as}	あと施工アンカーを用いた接合部（１本当たり）の短期許容引張耐力	kN/本
Q_a	アンカーボルトのせん断耐力	kN/本
Q_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a2}	コンクリートの支圧により決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a3}	上限値より決まるせん断耐力	kN/本
${}_sa_c$	アンカーボルトの公称断面積	mm^2
E_c	コンクリートのヤング係数	N/m^2
Q_{as}、 Q'_{as}	短期許容せん断耐力	kN/本
$\emptyset_s$	低減係数（短期＝0.6）	－
A_{cl}	有効投影面積（はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合）	mm^2
l_H	アンカーボルト（ヒンジ座）の有効埋め込み長さ	mm
d_{aH}	アンカーボルト（ヒンジ座）の埋め込み長さ（穿孔長）	mm
l_{eH}	アンカーボルト（ヒンジ座）の呼び径	mm
l_S	アンカーボルト（支持金具）の有効埋め込み長さ	mm
d_{aS}	アンカーボルト（支持金具）の埋め込み長さ（穿孔長）	mm
l_{eS}	アンカーボルト（支持金具）の呼び径	mm
T_{a1i}	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本
T_{a2i}	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本
T_{a3i}	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本
T_{aSi}	アンカーボルトの短期引張耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本

表6-1-1 浸水防止扉（TVF-4）の耐震評価に用いる記号（5/5）

記号	定義	単位
Q_{a1i}	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本
Q_{a2i}	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本
Q_{a3i}	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本
Q_{aSi}	アンカーボルトの短期せん断耐力（i=無し:枠、H:ヒンジ座、S:支持金具座）	kN/本

6.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-4）の構造上の特徴を踏まえ選定する。浸水防止扉（TVF-4）は、扉体本体（扉板及び芯材）、扉体部品（ヒンジ、扉支持金具及び締結金具）及びアンカーボルトから構成される。

浸水防止扉（TVF-4）に生じる地震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁及び縦桁）、芯材から枠体に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。

扉板本体については、津波荷重に対して十分な強度を有することを確認している（別添3参照）。一方、地震荷重は、津波荷重と比較して極めて小さいことから、応力計算による耐震評価は行わず、荷重の比較により耐震強度を有することを確認する。

浸水防止扉（TVF-4）の構造図を図6-2-1、扉体部品への荷重の作用イメージ及び評価部位を図6-2-2、アンカーボルトの位置及び評価部位を図6-2-3に示す。

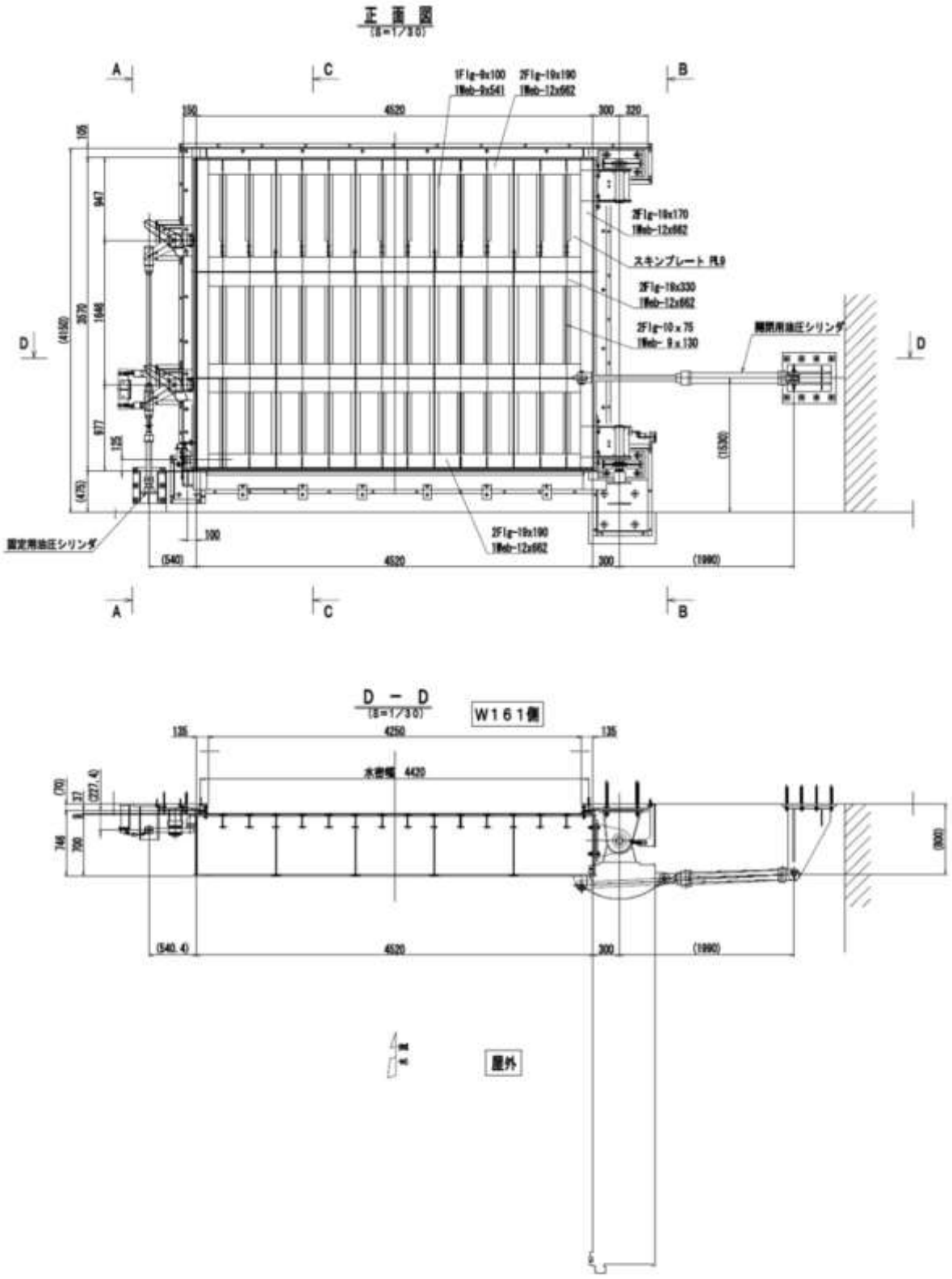


図6-2-1 浸水防止扉（TVF-4）の構造図

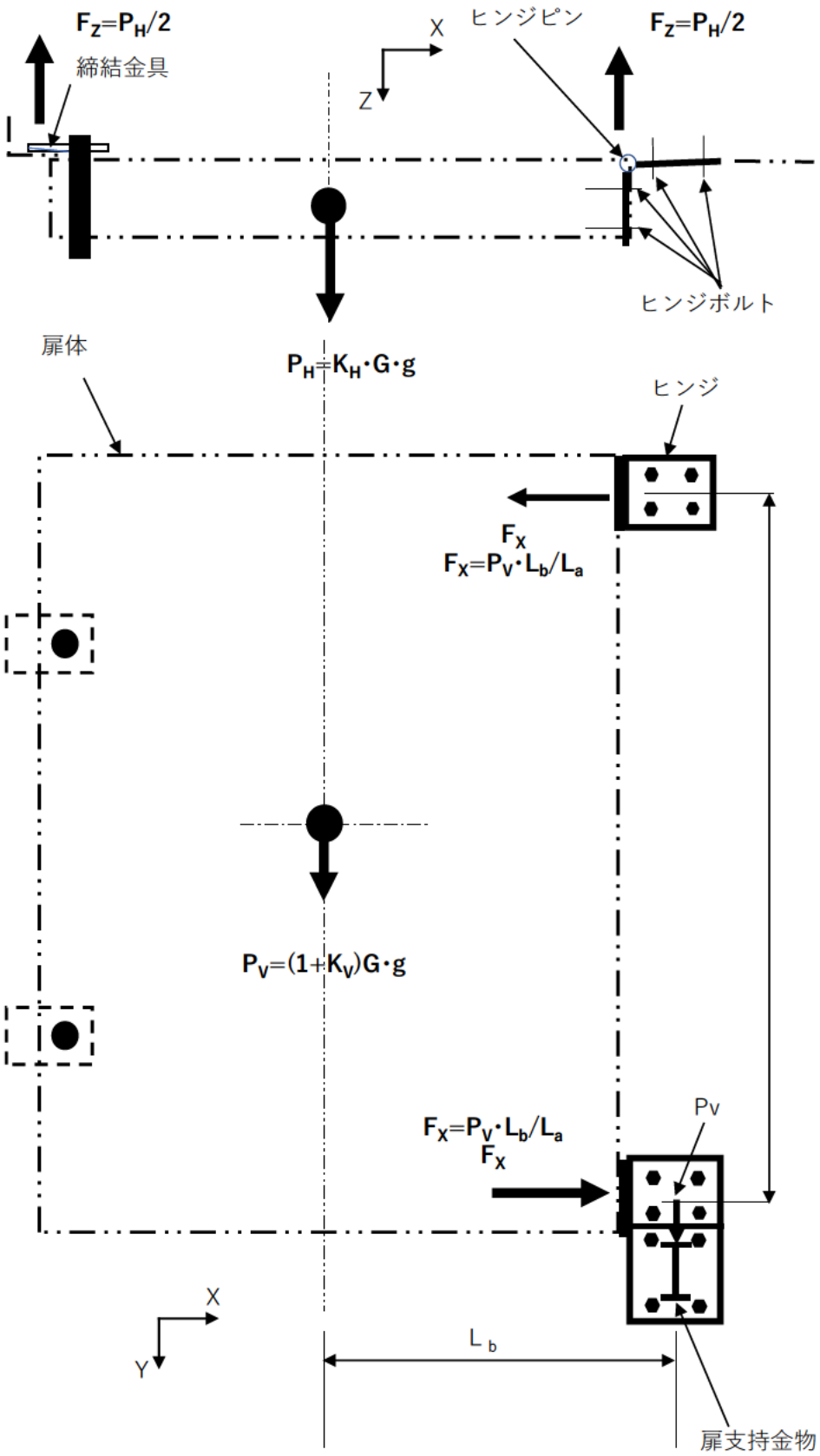
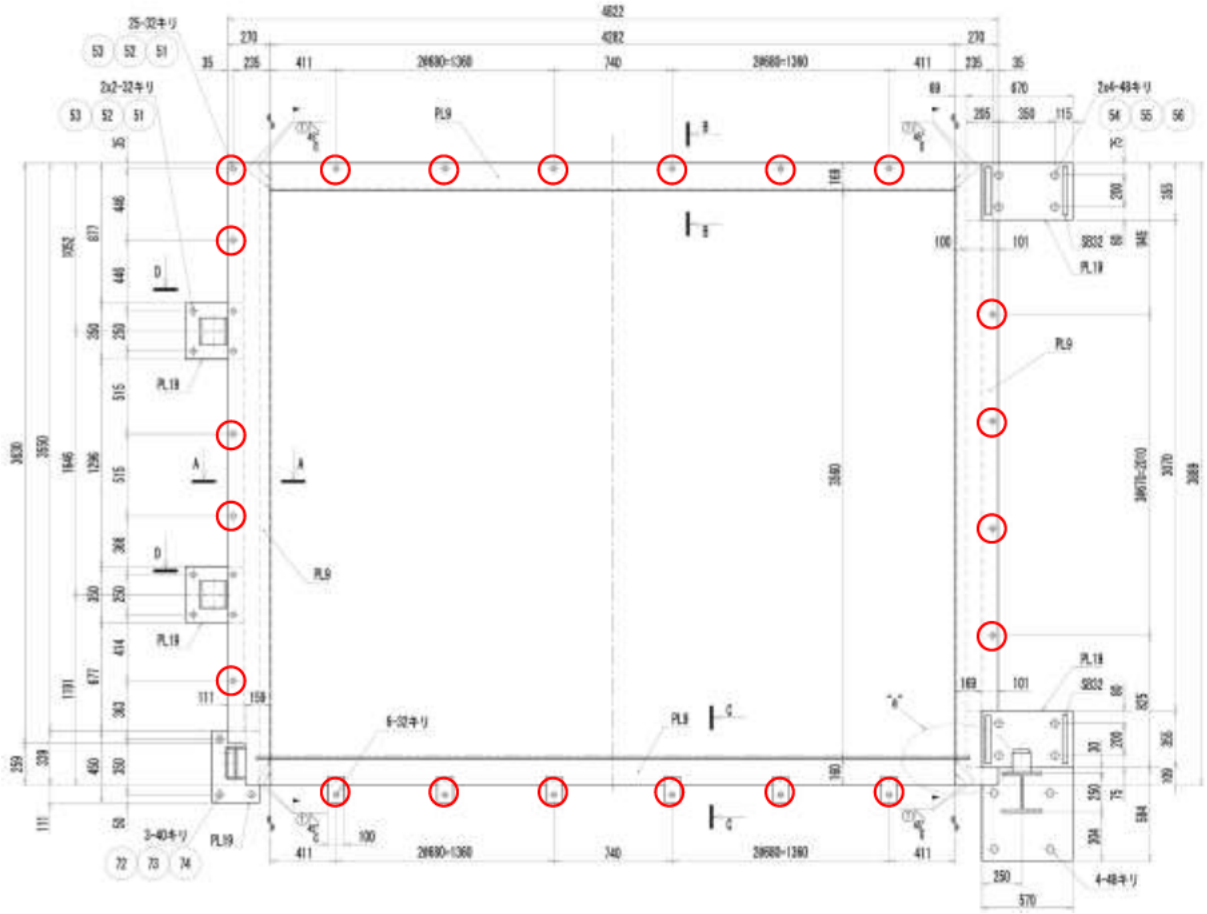
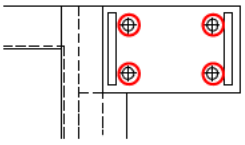


図6-2-2 浸水防止扉（TVF-4）閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位



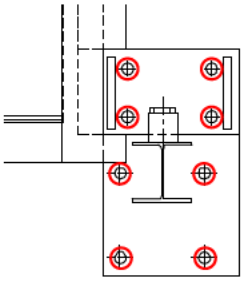
○ アンカーボルト位置

浸水防止扉（TVF-4）



○ アンカーボルト位置

ヒンジ座(上段)詳細



○ アンカーボルト位置

ヒンジ座(下段)詳細

図6-2-3 浸水防止扉（TVF-4）アンカーボルト位置と評価部位

6.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-4）の耐震評価は、「6.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「6.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「6.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「6.5 許容限界」に示す許容限界以内であることを確認する。

6.4 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する荷重

浸水防止扉（TVF-4）の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：浸水防止扉（TVF-4）の固定荷重

G_D：浸水防止扉（TVF-4）の扉体荷重

G_F：浸水防止扉（TVF-4）の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s：地震荷重

浸水防止扉（TVF-4）は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 固定荷重(G)

浸水防止扉（TVF-4）の自重となる固定荷重を表6-4-1に示す。

表6-4-1 浸水防止扉（TVF-4）の固定荷重（自重）

設備名称	固定荷重G	
	扉体G_D [t]	戸当りG_F [t]
浸水防止扉（TVF-4）	6.8	1.2

b. 地震荷重(K_s)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、浸水防止扉の固定荷重に設計震度Kを乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

浸水防止扉（TVF-4）に作用する荷重の組合せを表6-4-2に示す。

表6-4-2 浸水防止扉（TVF-4）の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
浸水防止扉 部品	$G_D + K_s$
アンカーボルト（枠体）	$G_D + G_F + K_s$

6.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-4）を構成する部材のうち、耐震評価を実施する部位である扉板、芯材、ヒンジ部、アンカーボルトの使用材料を表6-5-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図6-5-1に示す。

表6-5-1 使用材料

部位		材質	仕様[mm]※10
扉板		SUS304	3570×4580×t9
芯材	主桁（上段及び下段）	SUS304	C700×190×12×19
	主桁（中間）	SUS304	H700×330×12×19
	縦桁	SUS304	H150×75×9×10 ※11
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ75
	取付ボルト（扉体側）	SUS304	M24
	締結金具	SUS304	157(B1)×169(B2)×φ44（D1）×t45
扉支持金具	支持金具	SUS304	H250×250×9×14
アンカーボルト（枠体）		SUS304	M16×130L
アンカーボルト（ヒンジ部枠体側）		SUS304	M24×300L
アンカーボルト（扉支持金具）		SUS304	M24×300L

※10 tは板厚、φは径、Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

※11 板を溶接して組合わせたT型構造の部材

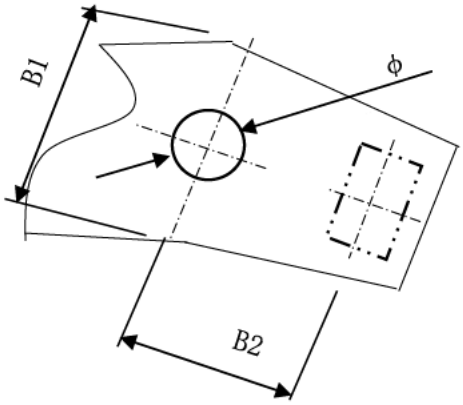


図6-5-1 締結金具の形状（浸水防止扉（TVF-4））

(2) 許容限界

a. 扉板、芯材及びヒンジ部

ヒンジ部及び扉支持金具の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、2005改定）」を踏まえて表6-5-2の値とする。

表6-5-2 許容限界

材料	短期許容応力 [N/mm^2]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※12	205	118

※12 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「JIS G 4303：2012 ステンレス鋼棒」、「JIS G 4304：2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成18年7月7日）に基づく。

6.6 評価用地震力

浸水防止設備 （TVF-1～TVF-10）の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の耐震評価で用いる震度は、添付6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍している。評価の対象である浸水防止扉（TVF-4）は1階に設置されているが、1階から2階にかけて設置されている浸水防止扉（TVF-1）を含めて保守側の評価となるように3階の加速度を参照する。評価に用いる震度を表6-6-1に示す。

表6-6-1 浸水防止扉（TVF-4）の耐震計算で用いる設計震度

地震動	設置場所	地震による設計震度	
設計地震動	ガラス固化技術開発施設（TVF） 3階	水平方向K_H	1.12
		鉛直方向K_V	0.79

6.7 計算方法

扉体（扉板及び芯材）については、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

扉体部品であるヒンジ部（ヒンジピン、ヒンジボルト、締結金具）、扉支持金具及びアンカーボルトについては、設計地震力から各部材の発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

(1) 荷重算定

① 水平方向地震力P_H

$$P_H = K_H \cdot G_D \cdot g$$

② 扉体自重及び鉛直方向地震力P_v

$$P_v = (1 + K_V) \cdot G_D \cdot g$$

③ ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重F_z

$$F_Z = \frac{P_H}{2}$$

④ ヒンジ部に作用するX方向荷重F_x

$$F_X = \frac{P_V \cdot L_b}{L_a}$$

(2) 応力算定

① ヒンジピンに発生するせん断応力τ_{hp}

$$F_{ZX} = \sqrt{{F_X}^2 + \left(\frac{F_Z}{2}\right)^2}$$

$$\tau_{hp} = \frac{1000 F_{ZX}}{A_{ps}}$$

$$A_{ps} = \frac{3}{4} A_p$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

② ヒンジボルトに発生する引張応力σ_b 及び せん断応力τ_b

a. 扉体側

$$\sigma_b = \frac{1000 F_z}{n_4 \cdot A_s}$$

$$\tau_b = \frac{1000 F_z}{2 n_4 \cdot A_s}$$

b. 枠体側（アンカーボルト1本当たりに作用する力）

上段扉：

$$T_{H41} = \frac{F_z}{2 n_{H41}}$$

$$Q_{H41} = \frac{F_x}{n_{H41}}$$

下段扉

$$T_{H42} = \frac{F_z}{2 n_{H42}}$$

$$Q_{H42} = \frac{F_x}{n_{H42}}$$

③ 扉支持金具

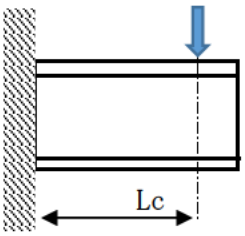
扉支持金具に発生する応力は、上部扉及び下部扉の鉛直地震荷重が扉支持金具に作用するものとして次式に示す。

a. 扉支持金具に発生する応力

・引張応力σ_s

$$\sigma_s = 10^6 \cdot \frac{M}{Z_x}$$

$$M = P_V \cdot Lc$$



・せん断応力τ

$$\tau = \frac{1000P_V}{A_W}$$

・組合せ応力σ

$$\sigma = \sqrt{\sigma_s + 3\tau^2}$$

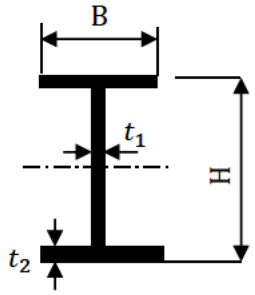
扉支持金具の断面特性

$$I_x = \frac{(B \cdot H^3 - (B - t_1) \times (H - 2t_2)^3)}{12}$$

$$Z_x = \frac{2I_x}{H}$$

$$A_W = t_1(H - 2t_2)$$

$$A_G = t_1(H - 2t_2) + 2t_2B$$



b. 扉支持金具取付アンカーボルトに作用するせん断力τ_a

$$\tau_a = \frac{1000P_V}{n}$$

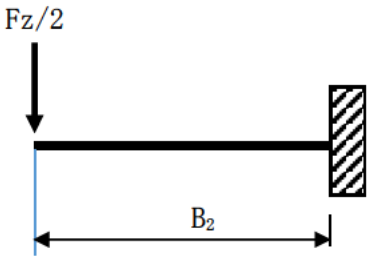
④ 締付金具に発生する応力

・曲げ応力

$$\sigma_{rb} = \frac{1000F_z \cdot B_2}{2Z_r}$$

・せん断応力

$$\tau_{rs} = \frac{1000F_z}{2A_{rs}}$$



締付金具に発生する応力

$$A_{rs} = \frac{2}{3}A_r$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

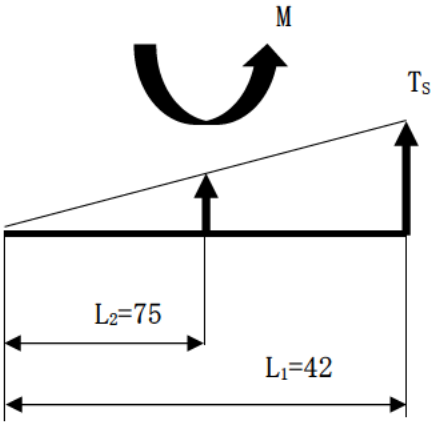
・組合せ応力

$$\sigma_r = \sqrt{{\sigma_{rb}}^2 + 3{\tau_{rs}}^2}$$

⑤ 支持金具アンカーボルトに作用する引張力

a. 支持金具に発生する曲げモーメント

$$M_S = n \cdot T_S \cdot L_1 + n \cdot \frac{L_2}{L_1} T_S \cdot L_2$$



b. アンカーボルト1本当たりの最大引張力

$$T_S = \frac{M_S \cdot L_1}{n \cdot \sum {L_k}^2}$$

$$\sum {L_k}^2 = \sum_{k=1}^{2} {L_k}^2$$

c. アンカーボルト1本当たりの最大せん断力

$$Q_S = (1 + K_V) \cdot \frac{G_D \cdot g}{n}$$

⑥ アンカーボルト（枠体）に発生する引張力及びせん断力

$$T_F = K_H \cdot \frac{(G_D + G_F)g}{n_a}$$

$$Q_F = (1 + K_V) \cdot \frac{(G_D + G_F)g}{n_a}$$

6.8 許容応力

(1) ヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具（取付ボルトを除く）及び締結金具

「鋼構造設計規準－許容応力設計法－（社）日本建築学会、2005改定」を踏まえて材料の耐力及び引張強さの70%のいずれかの小さい数値を基準値F として、許容応力は以下とする。

a. 許容引張応力f_t及び許容曲げ応力f_b

$$f_t = f_b = F$$

b. 許容せん断応力f_s

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

(2) アンカーボルト

「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

a. 引張耐力

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

T_a：引張耐力

$$T_{a1} = \sigma_y a_0$$

T_{a1}：アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力
σ_y ：アンカーボルトの降伏強度
a_0 ：アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$
$$A_c = \pi l_e (l_e + d_a)$$
$$l_e = l - d_a$$

T_{a2}：コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力
σ_B ：コンクリートの圧縮強度
A_c ：コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積
l_e ：アンカーの有効埋め込み長さ
l ：アンカーの埋め込み長さ（穿孔長）
d_a ：アンカーの呼び径

コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）bがアンカーボルト穿孔長を下回る場合、すなわち、$b < l$の場合、A_cに替えA_{cb}を使用してT_{a2}を算出する。

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_{cb}$$

$b < l$ の場合、$A_c \rightarrow A_{cb}$

$$\theta_b = 2\cos^{-1}\left(\frac{b}{l_e + \frac{d_a}{2}}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_b[°]$$

$$A_{cb} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_b}{180}\pi + \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

はしあきによる欠損面積A'_bは、以下の通り算出する。

$$A'_b = 0.5(\frac{\theta_b}{180}\pi - \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^2$$

アンカーボルト中心間の距離aが $2(l_e + \frac{d_a}{2})$を下回る場合、すなわち、$\frac{a}{2} < (l_e + \frac{d_a}{2})$の場合も$A_c$に替え$A_{ca}$を使用して$T_{a2}$を算出する。

$$\theta_a = 2\cos^{-1}\left(\frac{a}{2l_e + d_a}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_a[°]$$

$$A_{ca} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_a}{180}\pi + \sin\theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

アンカーボルトが近接することによる欠損面積A'_aは、以下の通り算出する。

$$A'_a = 0.5(\frac{\theta_a}{180}\pi - \sin\theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^2$$

T_{a2}については、はしあき及びアンカーボルトの近接による有効水平投影面積が最小のアンカーボルト1本あたりの引張耐力として強度評価を行う。

なお、ヒンジ座及び支持金物座のアンカーボルトの有効水平投影面積については、以下の式で算出する。それらの合計値から当該部位のアンカーボルト全体の引張耐力を算出した後、ボルト本数で割り1本当たりの引張耐力を算出する。各部位の有効水平投影面積の算出式を以下に示す。

$$A'_{cH41} = 4 \cdot H41$$
$$A'_{cH42} = 2 \cdot H41 + 2 \cdot HS41$$
$$A'_{cS4} = 2 \cdot S41 + 2 \cdot SH41$$

$$T_{a3} = 10\sqrt{\left(\frac{\sigma_B}{21}\right)} \cdot \pi d_a l_e$$

T_{a3}：コンクリートの付着破壊より決まる引張耐力

$T_{as} = \frac{2}{3} T_a$ (T_aがT_{a2}又はT_{a3}で決まる場合)

$T_{as} = T_a$ (T_aがT_{a1}で決まる場合)

T_{as}：あと施工アンカーを用いた接合部(１本当たり)の短期許容引張耐力

b. せん断耐力

$$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$$

Q_a：せん断耐力

$$Q_{a1} = 0.7\sigma_y \times {}_sa_c$$

Q_{a1}：アンカーボルトの降伏より決まるせん断耐力

σ_y　：アンカーボルトの降伏強度

${}_sa_c$　：アンカーボルトの公称断面積

$$Q_{a2} = 0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \times {}_sa_c$$

Q_{a2}：コンクリートの支圧により決まるせん断耐力

E_c　：コンクリートのヤング係数

σ_B　：コンクリートの圧縮強度

$$Q_{a3} = 294 \times {}_sa_c$$

Q_{a3}：上限値より決まるせん断耐力

$$Q_{as} = Q_a/1.5$$

Q_{as}：短期許容せん断耐力

はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合は、以下の式で短期許容耐力を算出する。

$$Q'_{as} = \emptyset_s\sqrt{10 \cdot \sigma_B} \times A_{cl}/10$$

ただし、

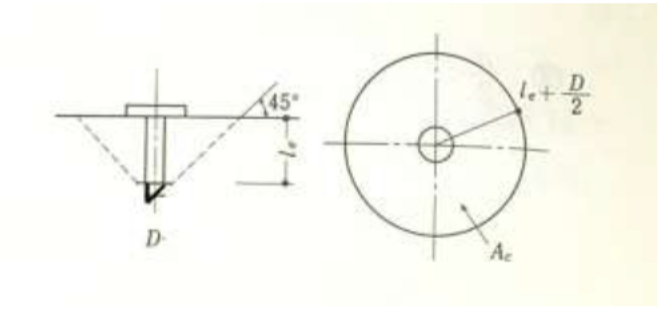
$\emptyset_{s2}$: 低減係数、短期 $= 0.6$

A_{cl}: 有効投影面積$\left(= \frac{1}{2}\pi a^2\right)$

この場合は、

$$Q_{as} = \min(Q_{as}, Q'_{as})$$

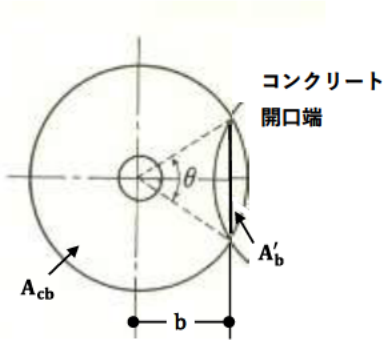
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図6-8-1に示す。また、ヒンジ座及び支持金物座のアンカーボルトの水平有効投影面積の計算図を図6-8-2に示す。



有効水平投影面積

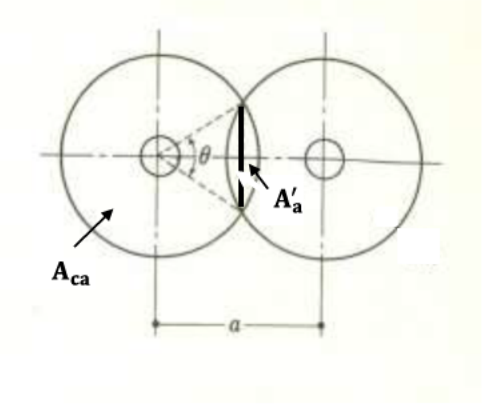
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



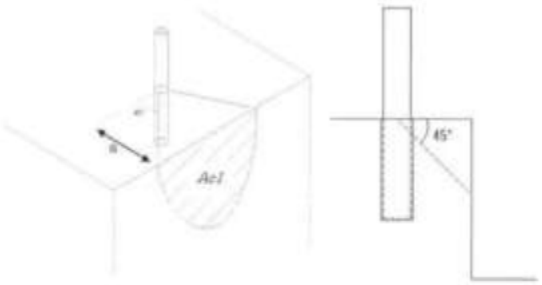
有効水平投影面積

（はしあき；有効埋込長さ未満）



有効水平投影面積

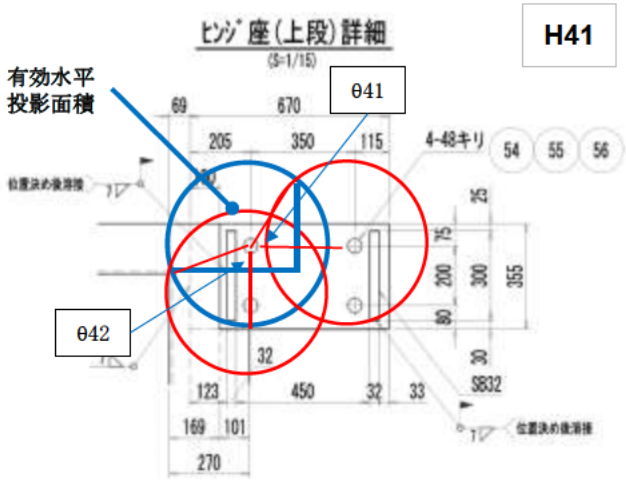
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

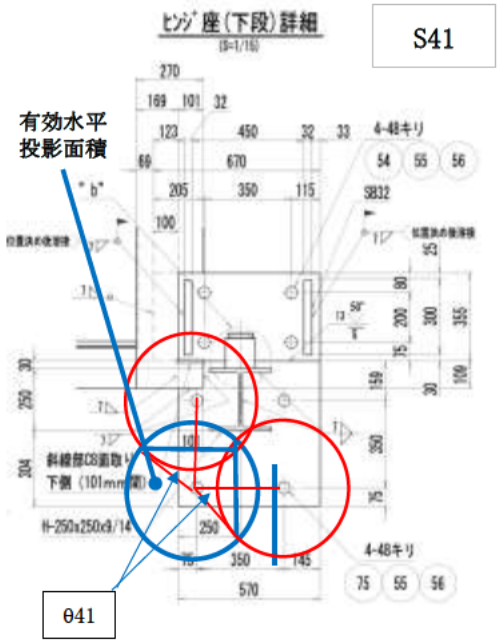


有効投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

図6-8-1 有効水平投影面積及び投影面積図





欠け円：$A_1 = l \cdot l_e \cdot \pi(360 - 90 - \vartheta_{41} - \vartheta_{42})/360$

三角形1：$A_2 = (a_1/2)^2 \tan(\vartheta_{41})/2$

三角形2：$A_3 = (a_2/2)^2 \tan(\vartheta_{42})/2$

四角形：$A_4 = (a_1/2) \cdot (a_2/2)$

$$A_{H41} = \sum_{1}^{4} A_i$$

欠け円：$A_1 = l \cdot l_e \cdot \pi(360 - 90 - 2 \cdot \vartheta_{41})/360$

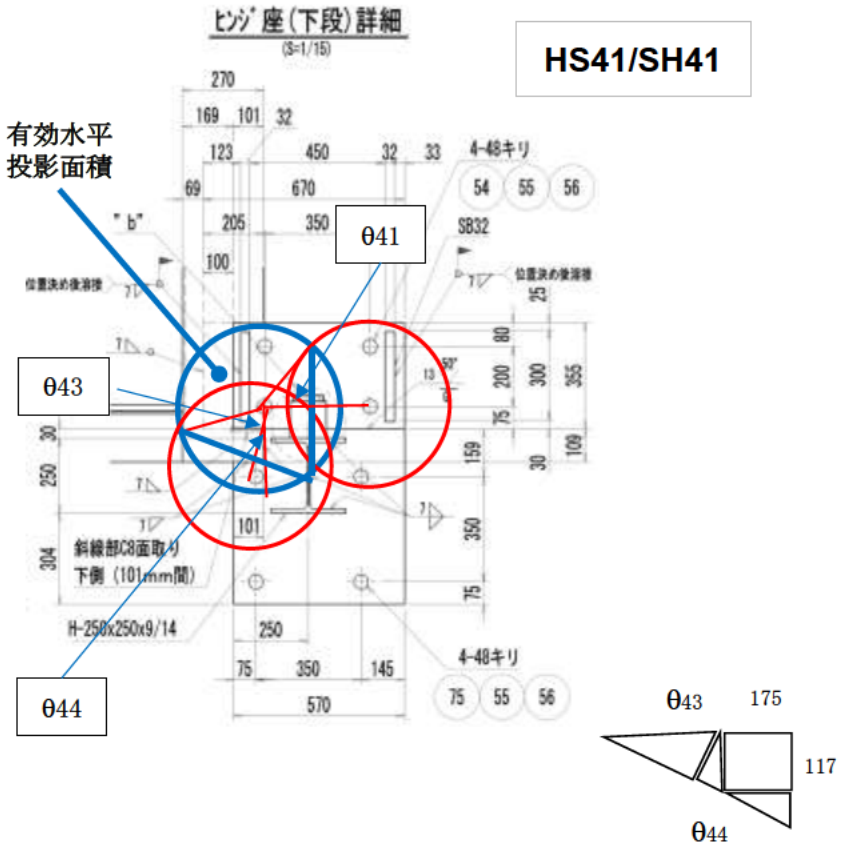
三角形1：$A_2 = (a_1/2)^2 \tan(\vartheta_{41})/2$

三角形2：$A_3 = (a_1/2)^2 \tan(\vartheta_{41})/2$

四角形：$A_4 = (a_1/2) \cdot (a_1/2)$

$$A_{S41} = \sum_{1}^{4} A_i$$

図6-8-2 ヒンジ座・支持金具アンカーボルト　有効水平投影面積計算図(1/2)



欠け円：$A_1 = l \cdot l_e \cdot \pi(360 - 90 - \vartheta_{41} - \theta_{43})/360$

三角形1：$A_2 = (a_3/2)\ ^2\tan(\vartheta_{41})/2$

三角形2：$A_3 = (a_4/2)\ ^2\tan(\vartheta_{43})/2$

三角形3：$A_4 = (a_5/2)\ ^2\tan(\vartheta_{44})/2$

三角形4：$A_5 = (a_3/2)\ ^2\tan(\vartheta_{44})/2$

四角形：$A_6 = (a_4/2) \cdot (a_6/2)$

$$A_{HS41} = \sum_{1}^{6} A_i$$

図6-8-2 ヒンジ座・支持金具アンカーボルト　有効水平投影面積計算図(2/2)

6.9 計算条件

「6.7 計算方法」に用いる評価条件を表6-9-1に示す。

表6-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-4））(1/5)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G	t	扉体	6.8
	G_F	t	戸当り	1.2
震度	K_H	−	水平震度	1.12
	K_V	−	鉛直震度	0.79
地震荷重	P_H	kN	扉にかかる水平方向地震力	74.69
	P_V	kN	扉にかかる鉛直方向地震力	119.4
強度計算荷重	P_h	kN	扉にかかる津波による荷重	1930
ヒンジ	F_Z	kN	ヒンジ部に作用するZ方向荷重	37.4
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	89.1
ヒンジピン	A_P	mm^2	断面積	4418
	A_{PS}	mm^3	せん断断面積	3314
	F_{ZX}	kN	X方向とZ方向荷重の合力	91.0
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	28
ヒンジボルト	n_4	本	本数（扉体側）	8
	n_{H41}、 n_{H42}	本	本数（枠体側）（アンカーボルト）	4
	A_S	mm^2	有効断面積	353.0
	σ_b	N/mm^2	引張応力（扉体側）	32
	τ_b	N/mm^2	せん断応力（扉体側）	7
	T_{H41}、 T_{H42}	kN/本	引張力（枠体側）	4.7
	Q_{H41}、 Q_{H42}	kN/本	せん断力（枠体側）	22.3
扉支持金具	n	本	本数（枠体側）（アンカーボルト）	4
	Z_X	mm^3	断面係数（金具）	846300
	A_W	mm^2	せん断断面積（金具）	1998
	M	kN·m	曲げモーメント（金具）	41.3
	σ_s	N/mm^2	引張応力（金具）	49
	τ	N/mm^2	せん断応力（金具）	60
	σ	N/mm^2	組合せ応力（金具）	115
	T_S	kN/本	引張力(最大値)(アンカーボルト)	47.1
	Q_S	kN/本	せん断力（アンカーボルト）	29.9

表6-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-4））(2/5)

対象部位	記号	単位	定義	数値
締結金具	B_2	mm	支点から荷重作用点までの距離	169
	A_{rs}	mm^2	せん断断面積	3402
	Z_r	mm^3	断面係数	38273
	σ_{rb}	N/mm^2	曲げ応力	83
	τ_{rs}	N/mm^2	せん断応力	6
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力（金具）	84
ヒンジ 中心間距離	L_a	mm	－	3430
扉体中心から ヒンジまでの 水平方向距離	L_b	mm	－	2560
アンカー ボルト （扉枠）	n_a	本	本数（計算対象）	21
	l	mm	埋め込み長さ（穿孔長）	130
	d_a	mm	呼び径	16
	l_e	mm	有効埋め込み長さ	114
	T_F	kN/本	引張力	4.2
	Q_F	kN/本	せん断力	6.7
アンカー ボルト （ヒンジ座）	l_H	mm	埋め込み長さ（穿孔長）	300
	d_{aH}	mm	呼び径	24
	l_{eH}	mm	有効埋め込み長さ	276
アンカー ボルト （支持金具座）	l_S	mm	埋め込み長さ（穿孔長）	300
	d_{aS}	mm	呼び径	24
	l_{eS}	mm	有効埋め込み長さ	276

表6-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-4））(3/5)

記号	単位	定義	数値
σ_y	N/mm^2	アンカーボルトの降伏強度(SUS304)	205
a_0	mm^2	アンカーボルト有効断面積(M16)（ネジ加工を考慮）	157
		アンカーボルト有効断面積(M24)（ネジ加工を考慮）	353
σ_B	mm^2	コンクリートの圧縮強度	20.6
E_C	N/mm^2	コンクリートのヤング係数	2.15×10^4
${}_sa_c$	mm^2	アンカーボルトの公称断面積(M16)	201
		アンカーボルトの公称断面積(M24)	452
A_c	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積（枠）	46558
T_{a1}	kN/本	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力（枠）	32.2
T_{a2}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力（枠）	48.6
T_{a3}	kN/本	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力（枠）	56.8
T_{as}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（枠）	32.2
Q_{a1}	kN/本	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力（枠）	28.8
Q_{a2}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力（枠）	53.6
Q_{a3}	kN/本	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力（枠）	59.1
Q_{as}	kN/本	アンカーボルトの短期せん断耐力（枠）	19.2

表6-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-4））(4/5)

記号	単位	定義	数値
H_{41}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積(ヒンジ座アンカーボルト)	157768
S_{41}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積(支持金具座アンカーボルト)	189760
HS_{41}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積(支持金具座との干渉考慮)（ヒンジ座下側アンカーボルト)	167933
SH_{41}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積（ヒンジ座との干渉考慮）（支持金具座上側アンカーボルト)	167933
T_{a1H}	kN/本	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力（ヒンジ座)	72.4
T_{a3H}	kN/本	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力（ヒンジ座)	206.1
T_{a1S}	kN/本	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力（支持金具座)	72.4
T_{a3S}	kN/本	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力(支持金具座)	206.1
T_{a2H41}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるH41の引張耐力	164.7
T_{a2S41}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるS41の引張耐力	198.1
T_{a2HS41}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるHS41の引張耐力	175.3
T_{a2SH41}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるSH41の引張耐力	175.3
Q_{a1H}	kN/本	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力（ヒンジ座)	64.9
Q_{a2H}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力(ヒンジ座)	120.4
Q_{a3H}	kN/本	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力(ヒンジ座)	132.9
Q_{a1S}	kN/本	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力(支持金具座)	64.9
Q_{a2S}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力(支持金具座)	120.4
Q_{a3S}	kN/本	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力(支持金具座)	132.9

表6-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-4））(5/5)

記号	単位	定義	数値
T_{asH41}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（H41）	72.4
T_{asS41}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（S41）	72.4
T_{asHS41}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（HS41）	72.4
T_{asSH41}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（SH41）	72.4
Q_{asH}	kN/本	アンカーボルトの短期せん断耐力（ヒンジ座）	43.2
Q_{asS}	kN/本	アンカーボルトの短期せん断耐力（支持金具座）	43.2
T_{asH1}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（上段ヒンジ座）	72.4
T_{asH2}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（下段ヒンジ座）	72.4
T_{asS}	kN/本	アンカーボルトの短期引張耐力（支持金具座）	72.4
Q_{asH1}	kN/本	アンカーボルトの短期せん断耐力（上段ヒンジ座）	43.2
Q_{asH2}	kN/本	アンカーボルトの短期せん断耐力（下段ヒンジ座）	43.2
Q_{asS}	kN/本	アンカーボルトの短期せん断耐力（支持金具座）	43.2

6.10 評価結果

浸水防止扉（TVF-4）の扉体にかかる耐震計算荷重と耐津波強度計算荷重の比較を行った結果を表6-10-1に示す。また、浸水防止扉（TVF-4）の各部材及びアンカーボルトの評価結果をそれぞれ表6-10-2及び表6-10-3に示す。

浸水防止扉（TVF-4）の扉体にかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、津波に対する強度評価に包含される。

加えて浸水防止扉（TVF-4）の各部材の評価結果でも、発生応力度又は荷重は許容限界値以下であることを確認した。

表6-10-1 浸水防止扉（TVF-4）の評価結果（扉体）

耐震計算荷重 ［kN］	強度計算荷重 ［kN］	耐震/強度荷重比
74.7	1930.2	0.04

表6-10-2 浸水防止扉（TVF-4）の評価結果（部品類）

評価部位	発生応力 ［N/mm^2］	許容応力 ［N/mm^2］	検定比
ヒンジピン	28	118	0.24
ヒンジボルト （扉体側）	32	205	0.16
扉支持金具	115	205	0.57
締結金具	84	205	0.41

表6-10-3 浸水防止扉（TVF-4）の評価結果（アンカーボルト）

アンカーボルト設置部位	種別	発生力［kN/本］	許容耐力［kN/本］	検定比
枠	引張	4.2	32.2	0.13
	せん断	6.7	19.2	0.35
上段ヒンジ座	引張	4.7	72.4	0.06
	せん断	22.3	43.2	0.52
下段ヒンジ座	引張	4.7	72.4	0.06
	せん断	22.3	43.2	0.52
支持金具座	引張	47.1 （最大値）	72.4	0.65
	せん断	29.9	43.2	0.69

7. ガラリ延長ダクト（TVF-5）

7.1 記号の説明

ガラリ延長ダクト（TVF-5）の耐震評価に用いる記号を表7-1-1に示す

表7-1-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
m_b	排気口ボックスの荷重	kg
m_p	ダクト配管の荷重	kg
m_s	サポート1個あたりの荷重	kg
P	積載荷重	kg
K_s	地震荷重	kg
K	設計震度	−
G	ガラリ延長ダクト(TVF-5)各部位の固定荷重	−
g	重力加速度	m/s^2
N	ダクト配管のサポート数	−
K_H	水平震度	−
K_V	鉛直震度	−
P_{HB}	排気口ボックスに作用する水平方向地震荷重	kN
P_{VB}	排気口ボックスに作用する鉛直方向地震荷重	kN
P_{hB}	排気口ボックスに作用する津波による荷重	kN
P_{HD}	ダクト配管サポートに作用する水平方向地震荷重	kN
P_{VD}	ダクト配管サポートに作用する鉛直方向地震荷重	kN
ρ	ダクト配管の密度	t/m^3
A_p	ダクト配管の断面積	m^2
L_p	ダクト配管の長さ	m
T_{anB}	排気口ボックスのアンカーボルト1本当たりの引張力	kN
n_{fHB}	水平方向荷重時に引張を受ける排気口ボックスのアンカーボルト本数	本
L_{hB}	ボックス重心から据付面までの距離	m
L_{bB}	末端アンカーボルト間距離（水平方向）	m
n_{fVB}	鉛直方向荷重時に引張を受ける排気口ボックスのアンカーボルト本数	本
L_{cB}	末端アンカーボルト間距離（鉛直方向）	m
Q_{anB}	排気口ボックスのアンカーボルト1本当たりのせん断力	kN

表7-1-1 ガラリ延長ダクト(TVF-5)の耐震評価に用いる記号 (2/3)

記号	定義	単位
n_B	排気口ボックスのアンカーボルト本数	本
T_{anD}	ダクト配管サポートのアンカーボルト1本当たりの引張力	kN
n_{fHD}	水平方向荷重時に引張を受けるダクト配管サポートのアンカーボルト本数	本
L_{hD}	管中心から据付面までの距離	m
L_{bD}	ダクト配管サポートのアンカーボルトピッチ（水平方向）	m
n_{fVD}	鉛直方向荷重時に引張を受けるダクト配管サポートのアンカーボルト本数	本
L_{cD}	ダクト配管サポートのアンカーボルトピッチ（鉛直方向）	m
Q_{anD}	ダクト配管サポートのアンカーボルト1本当たりのせん断力	kN
n_D	ダクト配管サポートのアンカーボルト本数	本
T_a	アンカーボルトの引張耐力	kN/本
T_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	kN/本
T_{a2}	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	kN/本
T_{a3}	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	kN/本
σ_y	アンカーボルトの降伏強度	N/mm^2
a_0	アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）	mm^2
σ_B	コンクリートの圧縮強度	N/mm^2
A_c、 A_{cb}、 A_{ca}	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	mm^2
l_e	アンカーの有効埋め込み長さ（枠体）	mm
l	アンカーの埋め込み長さ（穿孔長）	mm
d_a	アンカーの呼び径	mm
b	コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）	mm
a	アンカーボルト中心間の距離	mm
A'_b	はしあきによる欠損面積	mm^2
A'_a	アンカーボルトが近接することによる欠損面積	mm^2
T_{as}	あと施工アンカーを用いた接合部（１本当たり）の短期許容引張耐力	kN/本
Q_a	アンカーボルトのせん断耐力	kN/本

表7-1-1 ガラリ延長ダクト(TVF-5)の耐震評価に用いる記号 (3/3)

記号	定義	単位
Q_{a1}	アンカーボルトの降伏より決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a2}	コンクリートの支圧により決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a3}	上限値より決まるせん断耐力	kN/本
${}_{s}a_{c}$	アンカーボルトの公称断面積	mm^2
E_c	コンクリートのヤング係数	N/mm^2
Q_{as}、 Q'_{as}	短期許容せん断耐力	kN/本
$\emptyset_s$	低減係数	−
A_{cl}	アンカーボルトの有効投影面積	mm^2

7.2 評価部位

評価部位は、ガラリ延長ダクト（TVF-5）の構造上の特徴を踏まえ選定する。

ガラリ延長ダクト（TVF-5）は、板及び芯材の組合せにより剛な断面を有する排気口ボックス、配管及びリングガーダの組合せにより剛な断面を有するダクト配管及びダクトカバーから構成し、アンカーボルトで壁に固定する構造である。

ダクトカバーは設計津波で浸水しない位置にあることから、評価対象は排気口ボックスとダクト配管とする。

ガラリ延長ダクト（TVF-5）の本体及びダクト配管については、津波荷重に対して十分な強度を有することを確認している（別添3参照）。一方、地震荷重は、津波荷重と比較して極めて小さいことから、応力計算による耐震評価は行わず、荷重の比較により耐震強度を有することを確認する。

ガラリ延長ダクトを構成する部品類であるアンカーボルトについては、地震による排気口ボックス等の振動により荷重を受けることから、荷重計算を行い、耐震強度を評価する。

ガラリ延長ダクト（TVF-5）の概要図を図7-2-1、アンカーボルトへの地震荷重の作用イメージを図7-2-2、アンカーボルトの位置及び評価部位を図7-2-3に示す。

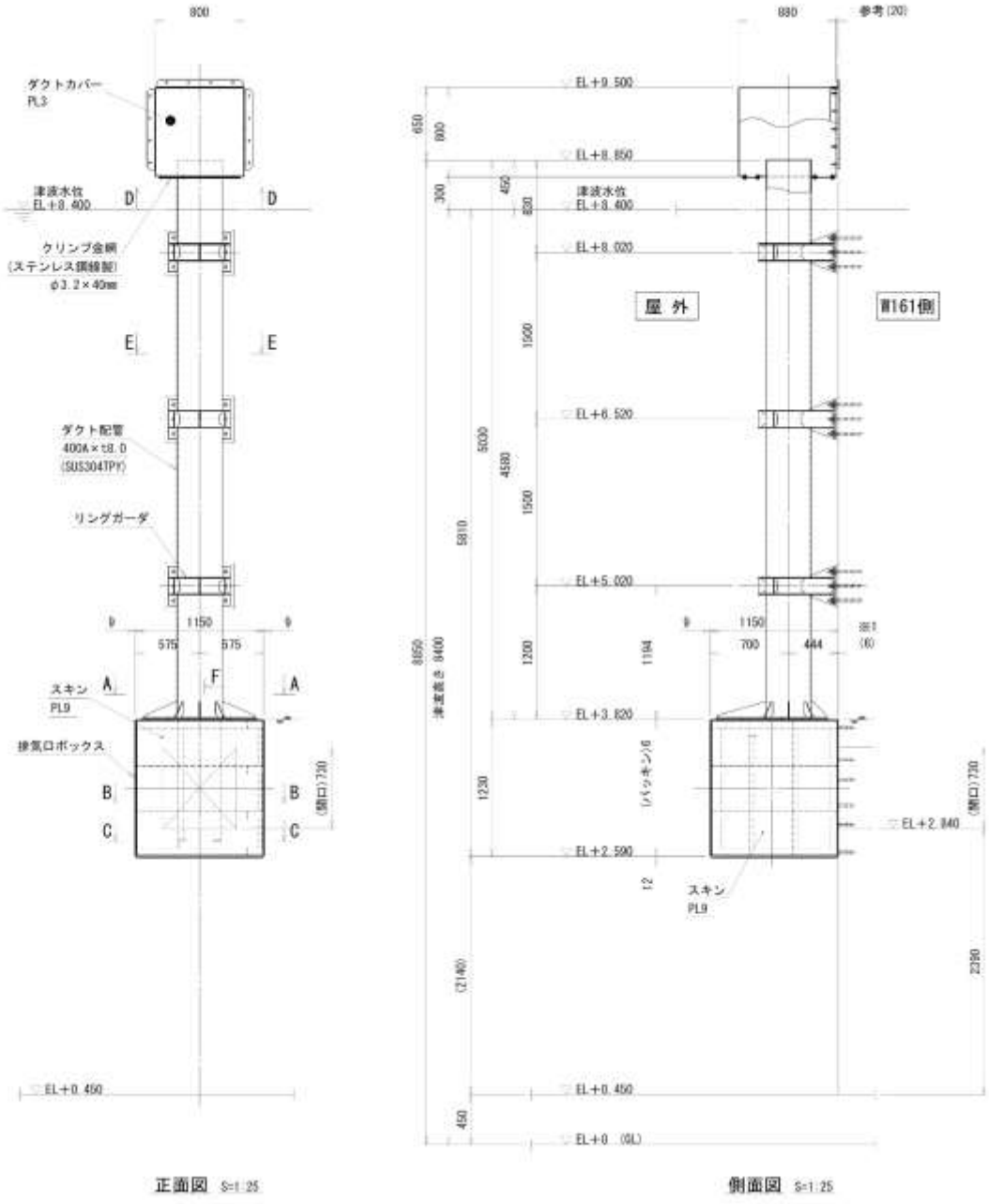
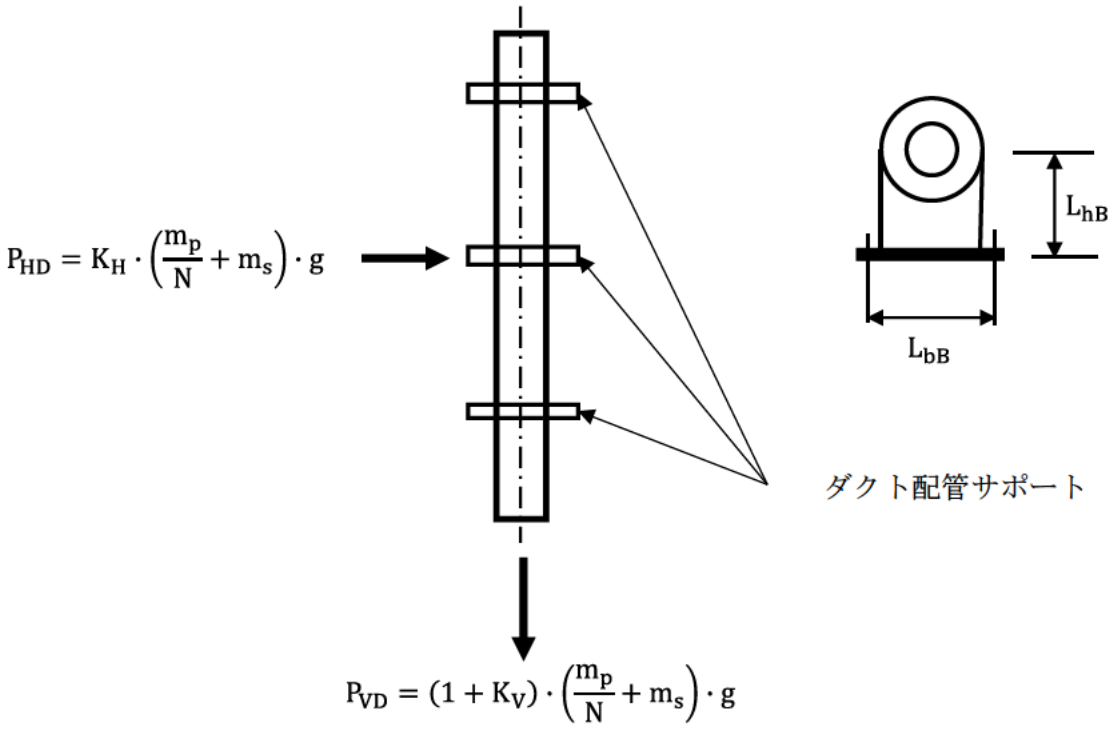


図7-2-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の概要図

ダクト配管サポートのアンカーボルトに掛かる荷重

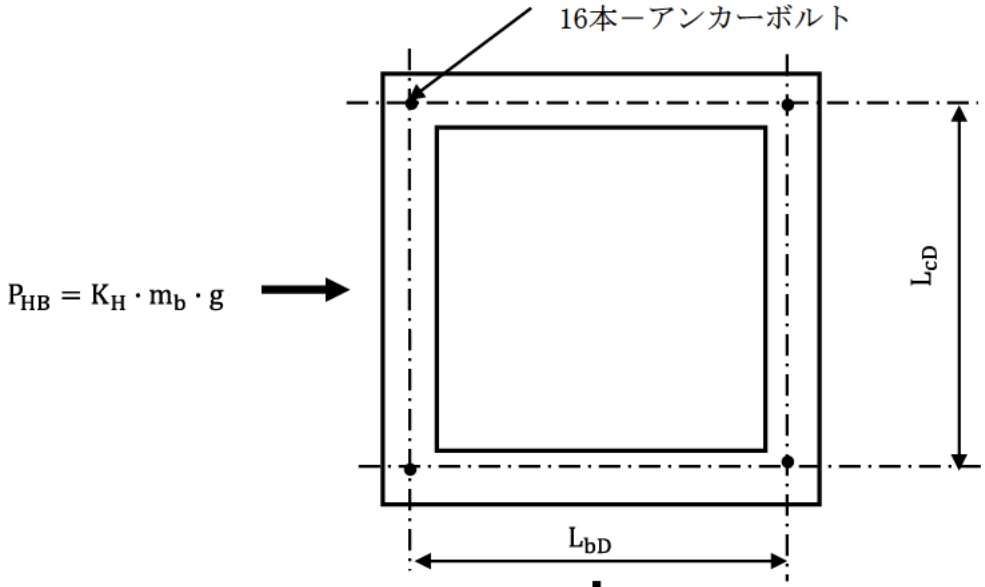
$$P_{HD} = K_H \cdot \left(\frac{m_p}{N} + m_s\right) \cdot g$$



$$P_{VD} = (1 + K_V) \cdot \left(\frac{m_p}{N} + m_s\right) \cdot g$$

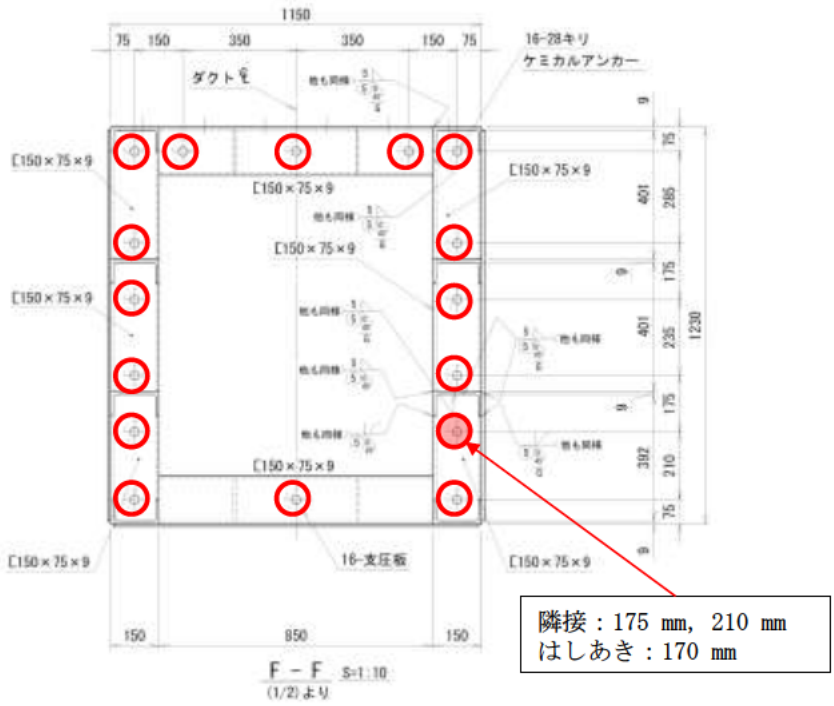
排気口ボックスのアンカーボルトに掛かる荷重

$$P_{HB} = K_H \cdot m_b \cdot g$$

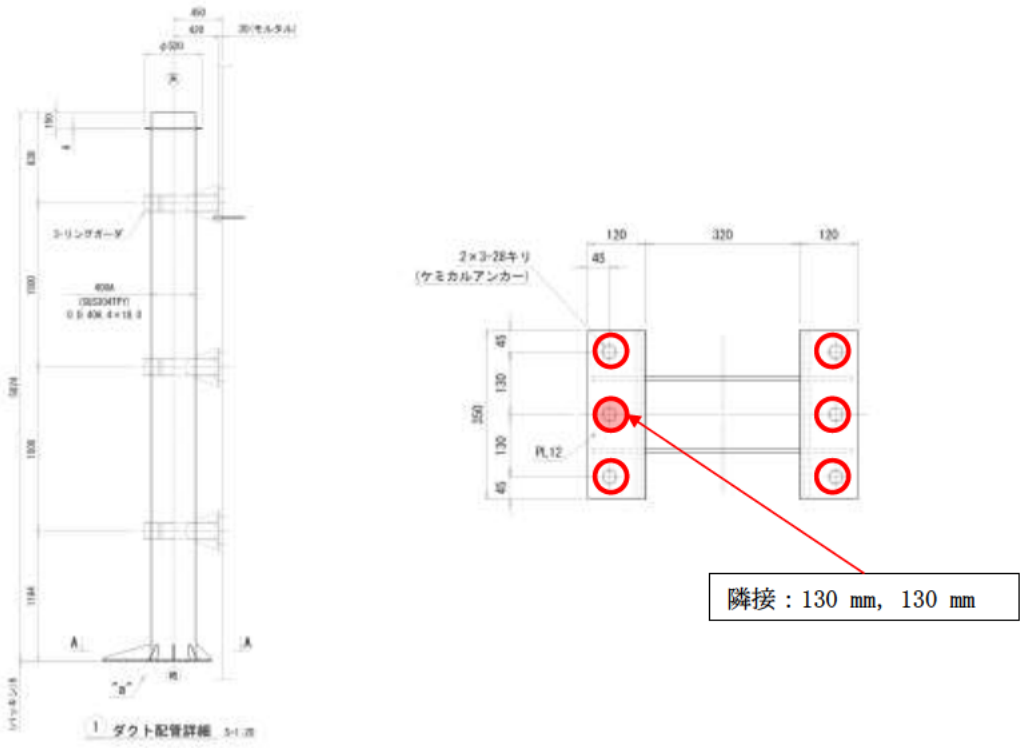


$$P_{VB} = (1 + K_V) \cdot m_b \cdot g$$

図7-2-2 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の地震荷重の作用イメージ



排気口ボックス　アンカーボルト配置



ダクト配管サポート　アンカーボルト配置

図7-2-3 ガラリ延長ダクト(TVF-5) アンカーボルト位置と評価部位

7.3 構造強度評価方法

ガラリ延長ダクト（TVF-5）の耐震評価は、「7.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「7.4 荷重及び荷重の組合せ」及び「7.5 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「7.7 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

7.4 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する荷重

ガラリ延長ダクト（TVF-5）の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

m_b：排気口ボックスの荷重

m_p：ダクト配管の荷重

m_s：ダクト配管サポート1個当たりの荷重

P ：積載荷重

K_s：地震荷重

ガラリ延長ダクト（TVF-5）は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 固定荷重(G)

ガラリ延長ダクト（TVF-5）の荷重を表7-4-1に示す。

表7-4-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の荷重

設備名称	固定荷重G	
	部位	荷重 [kg]
ガラリ延長ダクト（TVF-5）	排気口ボックスm_b	930
	ダクト配管m_p	400
	配管サポートm_s	55

b. 地震荷重(K_s)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、ガラリ延長ダクト（TVF-5）の固定荷重に設計震度Kを乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に不利な方向に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

ガラリ延長ダクト（TVF-5）に作用する荷重の組合せを表7-4-2に示す。

表7-4-2 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
排気口ボックス	$m_b + K_s$
ダクト配管	$m_p/N + m_s + K_s$

7.5 使用材料及び許容限界

(1) 使用材料

ガラリ延長ダクト（TVF-5）を構成する部材のうち、耐震評価を実施する部位であるアンカーボルトの使用材料を表7-5-1に示す。

表7-5-1 アンカーボルトの使用材料

部位	材質	仕様[mm]
アンカーボルト	SUS304N2	M20×200L ※13

※13 Mは呼び径、 Lは穿孔長を示す。

(2) 許容限界

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成18年7月7日）に基づく。

7.6 評価用地震力

浸水防止設備 （TVF-1～TVF-10）の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラリ延長ダクトの耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍して用いる。評価の対象であるガラリ延長ダクト（TVF-5）は1階に設置されているが、1階から2階にかけて設置されている浸水防止扉（TVF-1）を含めて保守側の評価となるよう3階の加速度を参照する。評価に用いる震度を表7-6-1に示す。

表7-6-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の耐震計算で用いる震度

地震動	設置場所	地震による設計震度	
設計地震動	ガラス固化技術開発施設（TVF） 3階	水平方向K_H	1.12
		鉛直方向K_V	0.79

7.7 計算方法

ガラリ延長ダクト（TVF-5）の本体及びダクト配管については、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

アンカーボルトについては、設計地震力から作用荷重を算定し、許容限界以内であることを確認する。

(1) 荷重算定

①排気口ボックスに作用する水平方向地震力P_{HB}

$$P_{HB} = K_H \cdot m_b \cdot g$$

②排気口ボックスに作用する鉛直方向地震力P_{VB}

$$P_{VB} = (1 + K_V) \cdot m_b \cdot g$$

③ダクト配管サポートに作用する水平方向地震力P_{HD}

$$P_{HD} = K_H\left(\frac{m_p}{N} + m_s\right) \cdot g$$

④ダクト配管サポートに作用する鉛直方向地震力P_{VD}

$$P_{VD} = (1 + K_V)\left(\frac{m_p}{N} + m_s\right) \cdot g$$

ただし、$m_p = \rho \cdot A_p \cdot L_p$

(2) アンカーボルトにかかる引張力・せん断力算定

①給気口ボックスのアンカーボルト1本当たりの引張力T_{anB}

$$T_{anB} = \frac{P_{HB}}{n_{fHB}} \cdot \frac{L_{hB}}{L_{bB}} + \frac{P_{VB}}{n_{fVB}} \cdot \frac{L_{hB}}{L_{cB}}$$

②給気口ボックスのアンカーボルト1本当たりのせん断力Q_{anB}

$$Q_{anB} = \frac{\sqrt{P_{HB}^2 + P_{VB}^2}}{n_B}$$

③ダクト配管サポートのアンカーボルト1本当たりの引張力T_{anD}

$$T_{anDV}=\frac{P_{HD}}{n_{fHD}}\cdot\frac{L_{hD}}{L_{bD}}+\frac{P_{VD}}{2n_{fVD}}\cdot\frac{L_{hD}}{L_{cD}}$$

④ ダクト配管サポートのアンカーボルト1本当たりのせん断力Q_{anD}

$$Q_{anD}=\frac{\sqrt{P_{HD}^2+P_{VD}^2}}{n_D}$$

7.8 許容応力

「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づきアンカーボルト（接着系）の引張耐力及びせん断耐力を算出する。

(1) 引張耐力

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

T_a：引張耐力

$$T_{a1} = \sigma_y a_0$$

T_{a1}：アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力

σ_y：アンカーボルトの降伏強度

a_0：アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$A_c = \pi l_e (l_e + d_a)$$

$$l_e = l - d_a$$

T_{a2}：コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力

σ_B：コンクリートの圧縮強度

A_c：コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積

l_e：アンカーの有効埋め込み長さ

l：アンカーの埋め込み長さ（穿孔長）

d_a：アンカーの呼び径

コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）bがアンカーボルト穿孔長を下回る場合、すなわち、$b < l$の場合、A_cに替えA_{cb}を使用してT_{a2}を算出する。

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_{cb}$$

$b < l$ の場合、$A_c \rightarrow A_{cb}$

$$\theta_b = 2\cos^{-1}\left(\frac{b}{l_e + \frac{d_a}{2}}\right)$$

ただし、θ_b[°]

$$A_{cb} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_b}{180}\pi + \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

はしあきによる欠損面積A_b'は、以下の通り算出する。

$$A_b' = 0.5(\frac{\theta_b}{180}\pi - \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^2$$

アンカーボルト中心間の距離 a が $2(l_e + \frac{d_a}{2})$ を下回る場合、すなわち、$\frac{a}{2} < l_e + \frac{d_a}{2}$の場合も A_c に替え A_{ca} を使用してT_{a2}を算出する。

$$\theta_a = 2\cos^{-1}\left(\frac{a}{2l_e + d_a}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_a[°]$$

$$A_{ca} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_a}{180}\pi + \sin\ \theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

アンカーボルトが近接することによる欠損面積A_a'は、以下の通り算出する。

$$A_a' = 0.5(\frac{\theta_a}{180}\pi - \sin\theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^2$$

T_{a2}については、はしあき及びアンカーボルトの近接による有効水平投影面積が最小のアンカーボルト1本あたりの引張耐力として強度評価を行う。

$$T_{a3} = 10\sqrt{\left(\frac{\sigma_B}{21}\right)} \cdot \pi d_a l_e$$

T_{a3}：コンクリートの付着破壊より決まる引張耐力

$T_{as} = \frac{2}{3}T_a$ $(T_a$がT_{a2}又はT_{a3}で決まる場合$)$

$T_{as} = T_a$ $(T_a$がT_{a1}で決まる場合$)$

T_{as}：あと施工アンカーを用いた接合部(１本当たり)の短期許容引張耐力

(2) せん断耐力

$$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$$

Q_a：せん断耐力

$$Q_{a1} = 0.7\sigma_y \times {}_sa_c$$

Q_{a1}：アンカーボルトの降伏より決まるせん断耐力

σ_y　：アンカーボルトの降伏強度

${}_sa_c$：アンカーボルトの公称断面積

$$Q_{a2} = 0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \times {}_sa_c$$

Q_{a2}：コンクリートの支圧により決まるせん断耐力

E_c　：コンクリートのヤング係数

σ_B　：コンクリートの圧縮強度

$$Q_{a3} = 294 \times {}_sa_c$$

Q_{a3}：上限値より決まるせん断耐力

$$Q_{as} = Q_a/1.5$$

Q_{as}：短期許容せん断耐力

はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合は、以下の式で短期許容耐力を算出する。

$$Q'_{as} = \emptyset_s\sqrt{10 \cdot \sigma_B} \times A_{cl}/10$$

ただし、

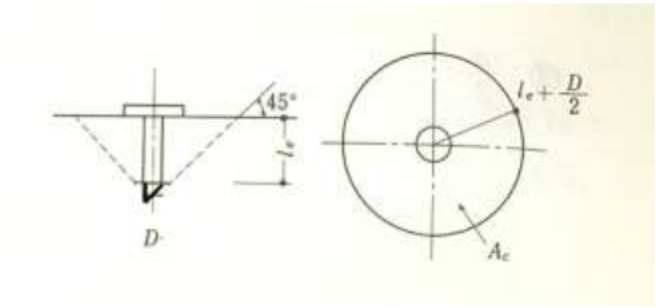
$\emptyset_s$: 低減係数、短期 $= 0.6$

A_{cl}: 有効投影面積$\left(= \frac{1}{2}\pi a^2\right)$

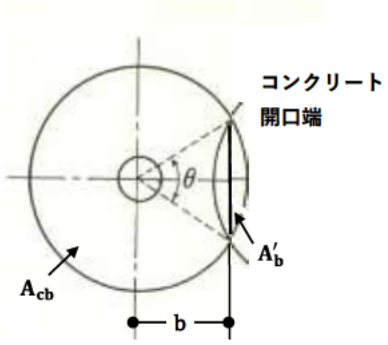
この場合は

$$Q_{as} = \min(Q_{as}, Q'_{as})$$

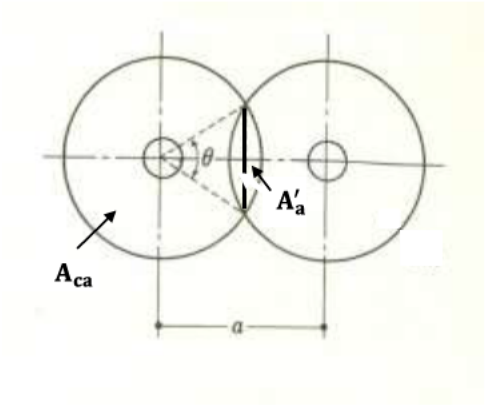
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図7-8-1に示す。



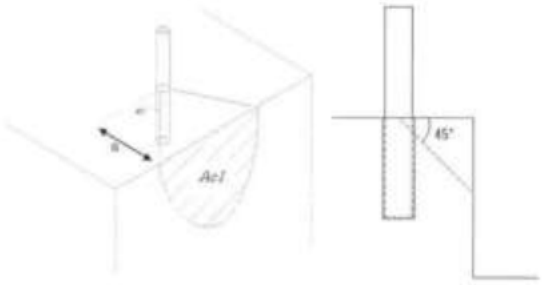
有効水平投影面積
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）
（はしあき；有効埋込み長さ以上）



有効水平投影面積
（はしあき；有効埋込長さ未満）



有効水平投影面積
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）



有効投影面積
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

図7-8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

7.9 計算条件

「7.7 計算方法」に用いる評価条件を表7-9-1に示す。

表7-9-1 耐震評価に用いる条件（ガラリ延長ダクト(TVF-5)） (1/3)

評価部位	記号	単位	定義	数値
震度	K_H	－	水平震度	1.12
	K_V	－	鉛直震度	0.79
排気口ボックス荷重計算	m_b	kg	排気口ボックスの荷重	930
	L_{hB}	m	排気口ボックス重心から据付面までの距離	0.645
	L_{bB}	m	末端アンカーボルト間距離（水平方向）	1.00
	L_{cB}	m	末端アンカーボルト間距離（鉛直方向）	1.08
	n_B	－	アンカーボルト本数	16
	n_{fHB}	－	水平方向荷重時に引張を受けるアンカーボルト本数	6
	n_{fVB}	－	鉛直方向荷重時に引張を受けるアンカーボルト本数	5
	P_{HB}	kN	作用する水平方向地震荷重	10.215
	P_{VB}	kN	作用する鉛直方向地震荷重	16.325
	P_{hB}	kN	作用する津波による荷重	153
	T_{anB}	kN	アンカーボルト1本当たりの引張力	3.048
	Q_{anB}	kN	アンカーボルト1本当たりのせん断力	1.204
ダクト配管サポート荷重計算	m_p	kg	ダクト配管の荷重	400
	m_s	kg	サポート1個あたりの荷重	70
	L_{hD}	m	管中心から据付面までの距離	0.42
	L_{bD}	m	アンカーボルトピッチ（水平方向）	0.47
	L_{cD}	m	アンカーボルトピッチ（鉛直方向）	0.26
	N	－	サポート数	3
	n_D	－	サポート1個当たりのアンカーボルト本数	6
	n_{fHD}	－	水平方向荷重時に引張を受けるアンカーボルト本数	3
	n_{fVD}	－	鉛直方向荷重時に引張を受けるアンカーボルト本数	2

表7-9-1 耐震評価に用いる条件（ガラリ延長ダクト(TVF-5)） (2/3)

項目	記号	単位	定義	数値
ダクト配管サポート荷重計算	ρ	ton/m^3	ダクト配管の密度	7.93
	A_p	m^2	ダクト配管の断面積	0.01
	L_p	m	ダクト配管の長さ	5.03
	P_{HD}	kN	水平方向地震荷重	2.233
	P_{VD}	kN	鉛直方向地震荷重	3.569
	T_{anD}	kN	アンカーボルト1本当たりの引張力	2.106
	Q_{anD}	kN	アンカーボルト1本当たりのせん断力	0.702
アンカーボルト耐力計算条件	d_a	mm	アンカーボルトの呼び径	20
	l_e	mm	アンカーボルトの有効埋込長	180
	σ_y	N/mm^2	アンカーボルトの降伏強度	345
	a_0	mm^2	アンカーボルトM20の有効断面積（ネジ加工を考慮）	245
	σ_B	N/mm^2	コンクリートの圧縮強度	20.6
	E_C	N/mm^2	コンクリートのヤング係数	2.15×10^4
	${}_sa_c$	mm^2	アンカーボルトM20の公称断面積	314
排気口ボックスアンカーボルト耐力	a_{1B}	mm	アンカーボルト隣接ピッチ	175
	a_{2B}	mm	アンカーボルト隣接ピッチ	210
	b_{1B}	mm	はしあき（引張耐力計算用）	170
	b_{2B}	mm	はしあき（せん断耐力計算用）	170
	A_{cb}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積	67323
	T_{a1B}	kN	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	84.5
	T_{a2B}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	70.3
	T_{a3B}	kN	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	112.0
	T_{asB}	kN	短期許容引張耐力	46.9
	A_{clB}	mm^2	投影面積（「はしあき」＜アンカーボルト有効埋込長）	45396
	Q_{a1B}	kN	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	75.8
	Q_{a2B}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力	83.7
	Q_{a3B}	kN	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力	92.3

表7-9-1 耐震評価に用いる条件（ガラリ延長ダクト(TVF-5)） (3/3)

項目	記号	単位	定義	数値
排気口ボックス アンカーボルト 耐力	Q'_{asB}	kN	「はしあき」＜アンカーボルト有効埋込長の時の短期せん断耐力	39.1
	Q_{asB}	kN	短期許容せん断耐力	39.1
ダクト配管 サポート アンカーボルト 耐力	a_{1D}	mm	アンカーボルト隣接ピッチ	130
	a_{2D}	mm	アンカーボルト隣接ピッチ	130
	A_{cD}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積	48169
	T_{a1D}	kN	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	84.5
	T_{a2D}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	50.3
	T_{a3D}	kN	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	112.0
	T_{asD}	kN	短期許容引張耐力	33.5
	Q_{a1D}	kN	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	75.8
	Q_{a2D}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力	83.7
	Q_{a3D}	kN	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力	92.3
	Q_{asD}	kN	短期許容せん断耐力	50.6

7.10 評価結果

ガラリ延長ダクト（TVF-5）の排気口ボックスに係る耐震計算荷重と耐津波強度計算荷重の比較を行った結果を表7-10-1に示す。また、ガラリ延長ダクト（TVF-5）のアンカーボルトの評価結果を表7-10-2に示す。

ガラリ延長ダクト（TVF-5）の排気口ボックスに係る荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、津波に対する強度評価に包含される。

加えて、ガラリ延長ダクト（TVF-5）のアンカーボルトの評価結果でも、発生力は短期許容応力以下であることを確認した。

表7-10-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の評価結果
（耐震荷重と強度計算（津波）荷重の比）

耐震計算荷重 [kN]	強度計算荷重 [kN]	耐震/強度荷重比
10.2	153	0.07

表7-10-2 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の評価結果（アンカーボルト）

アンカーボルト 設置部位	種別	発生力 [kN/本]	許容耐力 [kN/本]	検定比
排気口ボックス	引張	3.05	46.9	0.07
	せん断	1.20	39.1	0.04
ダクト配管 サポート	引張	2.11	33.5	0.07
	せん断	0.70	50.6	0.02

8. 浸水防止扉（TVF-6）

8.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-6）の耐震評価に用いる記号を表8-1-1に示す。

表8-1-1 浸水防止扉（TVF-6）の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	浸水防止扉（TVF-6）の固定荷重	t
G_D	浸水防止扉（TVF-6）の扉体荷重	t
G_F	浸水防止扉（TVF-6）の戸当り荷重	t
P	積載荷重	kN
K_s	地震荷重	kN
K	設計震度	−
g	重力加速度	m/s^2
B_1	締付金具の金具幅	mm
B_2	締付金具の金切欠き幅	mm
B_3	締付金具の支点から荷重作用点までの距離	mm
K_H	水平方向震度	−
K_V	鉛直方向震度	−
P_H	水平方向地震力（TVF-6）	kN
P_V	鉛直方向地震力（TVF-6）	kN
F_Z	ヒンジ部に及び締結金具に作用するZ方向荷重（TVF-6）	kN
F_X	ヒンジ部に作用するX方向荷重（TVF-6）	kN
L_a	ヒンジ中心間距離（TVF-6）	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離（TVF-6）	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力（TVF-6）	N/mm^2
F_{ZX}	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力（TVF-6）	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積（TVF-6）	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積（TVF-6）	mm^2
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）（TVF-6）	N/mm^2
τ_b	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）（TVF-6）	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)（i=6:浸水防止扉TVF-6）	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積（TVF-6）	mm^2

表8-1-1 浸水防止扉（TVF-6）の耐震評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
σ_{rb}	締付金具に発生する曲げ応力（TVF-6）	N/mm^2
Z_r	締付金具の断面係数（TVF-6）	mm^3
τ_{rs}	締付金具に発生するせん断応力（TVF-6）	N/mm^2
A_{rs}	締付金具のせん断断面積（TVF-6）	mm^2
A_r	締付金具の断面積（TVF-6）	mm^2
σ_r	締付金具に発生する組合せ応力（TVF-6）	N/mm^2
P_{Ha}	アンカーボルトに作用する引張力	kN
P_{Va}	アンカーボルトに作用するせん断力	kN
n_a	アンカーボルトの本数（強度評価対象）	本
F	基準強度	−
f_t	許容引張応力	N/mm^2
f_b	許容曲げ応力	N/mm^2
f_S	許容せん断応力	N/mm^2
T_a	アンカーボルトの引張耐力	kN/本
T_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	kN/本
T_{a2}	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	kN/本
T_{a3}	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	kN/本
σ_y	アンカーボルトの降伏強度	N/mm^2
a_0	アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）	mm^2
σ_B	コンクリートの圧縮強度	N/mm^2
A_c、 A_{cb}、 A_{ca}	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	mm^2
l_e	アンカーボルトの有効埋め込み長さ	mm
l	アンカーボルトの埋め込み長さ（穿孔長）	mm
d_a	アンカーボルトの呼び径	mm
b	コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）	mm
a	隣接アンカーボルトのピッチ（最小値）（へりあき）	mm
A'_a 、A'_b	欠損面積	mm^2
T_{as}	あと施工アンカーを用いた接合部（１本当たり）の短期許容引張耐力	kN/本
Q_a	アンカーボルトのせん断耐力	kN/本
Q_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a2}	コンクリートの支圧により決まるせん断耐力	kN/本

表8-1-1 浸水防止扉（TVF-6）の耐震評価に用いる記号（3/3）

記号	定義	単位
Q_{a3}	上限値より決まるせん断耐力	kN/本
${}_{s}a_{c}$	アンカーボルトの公称断面積	mm^2
E_c	コンクリートのヤング係数	N/m^2
Q_{as}、 Q'_{as}	短期許容せん断耐力	kN/本
$\emptyset_s$	低減係数（短期＝0.6）	－
A_{cl}	有効投影面積（はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合）	mm^2
P_h	津波により扉体にかかる強度計算荷重	kN
T_F	アンカーボルト（枠体）に発生する引張力	kN/本
Q_F	アンカーボルト（枠体）に発生するせん断力	kN/本

8.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-6）の構造上の特徴を踏まえ選定する。浸水防止扉（TVF-6）は、扉体本体（扉板及び芯材）、扉体部品（ヒンジ、扉支持金具及び締結金具）及びアンカーボルトから構成される。

浸水防止扉（TVF-6）に生じる地震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁及び縦桁）、芯材から枠体に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。

扉板本体については、津波荷重に対して十分な強度を有することを確認している（別添3参照）。一方、地震荷重は、津波荷重と比較して極めて小さいことから、応力計算による耐震評価は行わず、荷重の比較により耐震強度を有することを確認する。

浸水防止扉（TVF-6）の構造図を図8-2-1、扉体部品への荷重の作用イメージ及び評価部位を図8-2-2、アンカーボルトの位置及び評価部位を図8-2-3に示す。

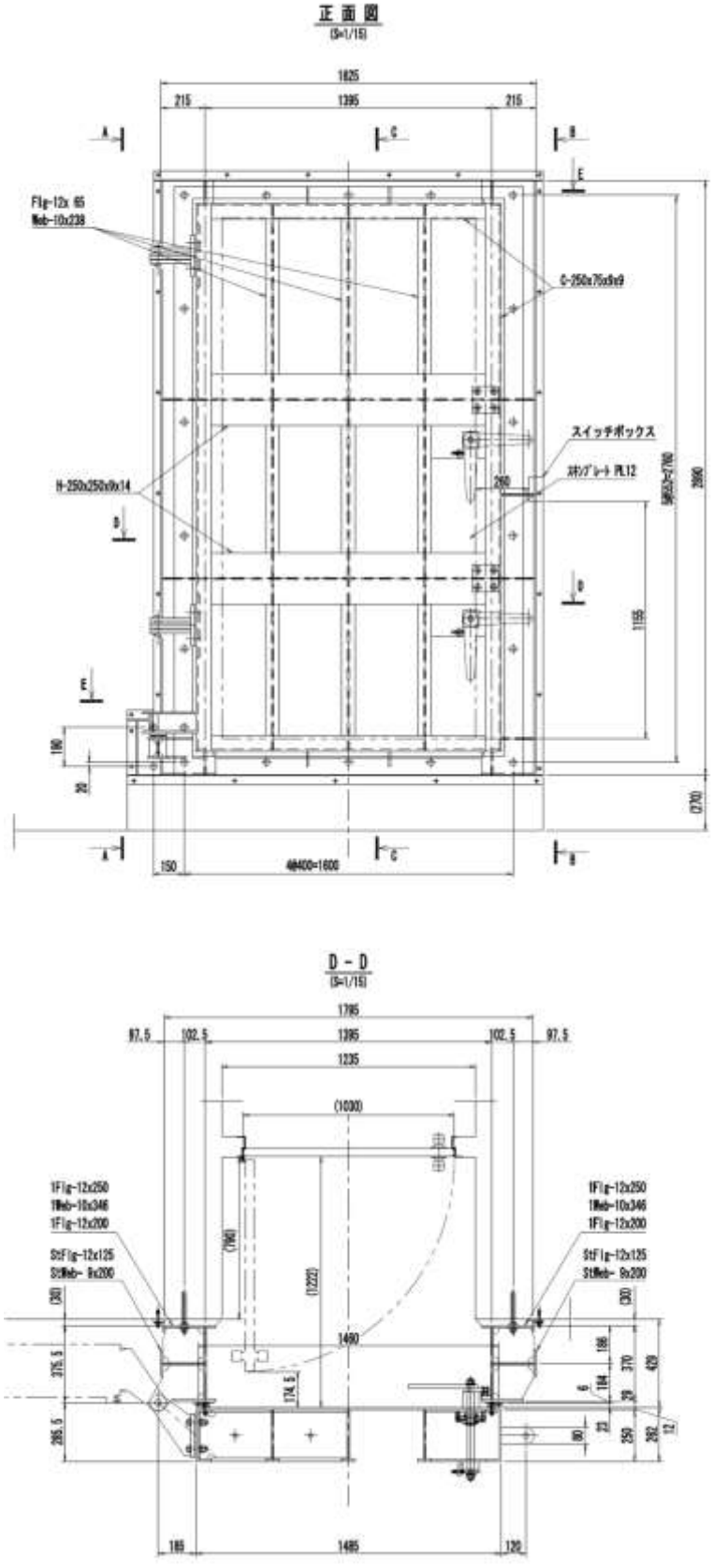


図8-2-1 浸水防止扉（TVF-6）の構造図

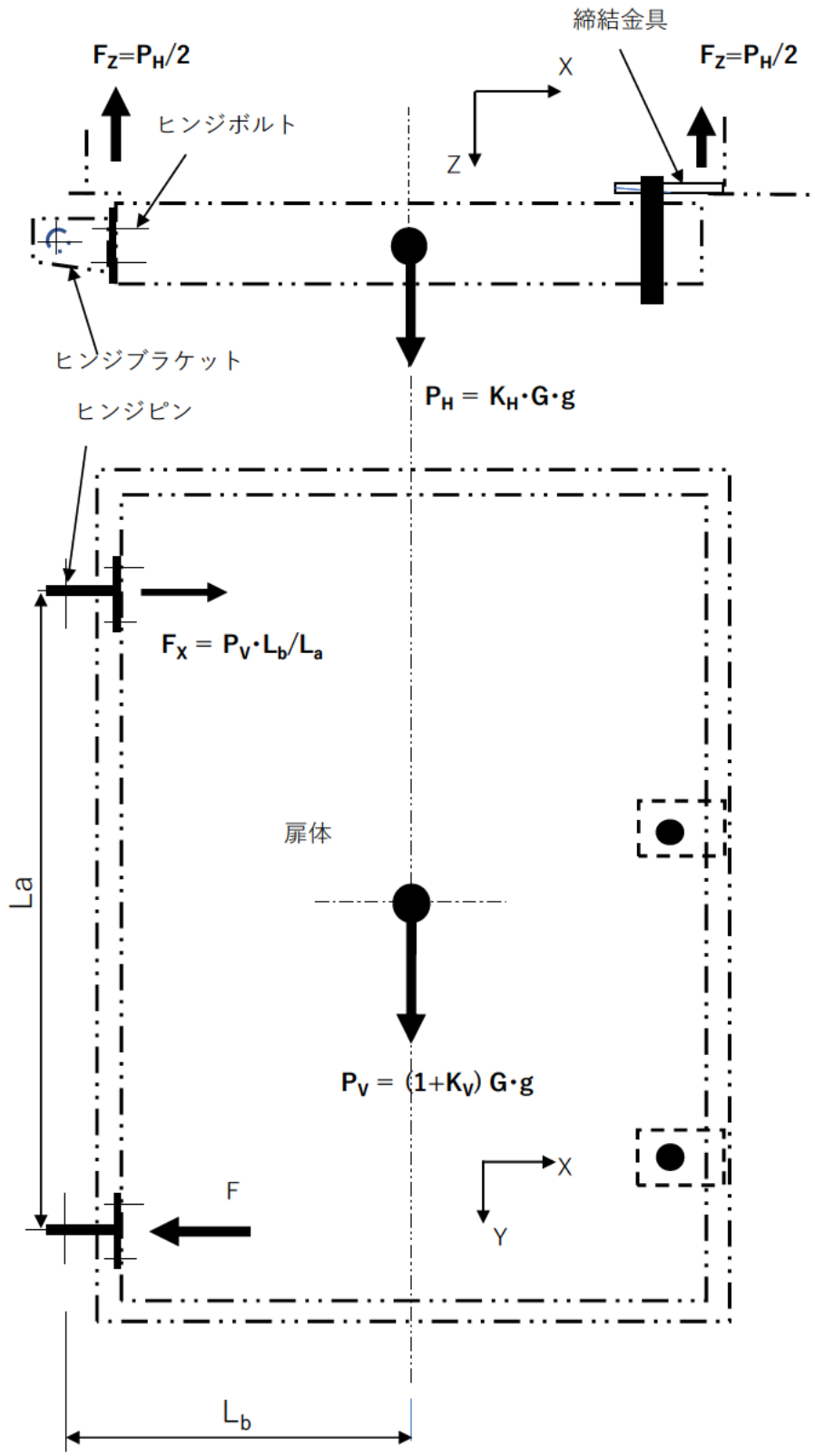


図8-2-2 浸水防止扉（TVF-6）閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

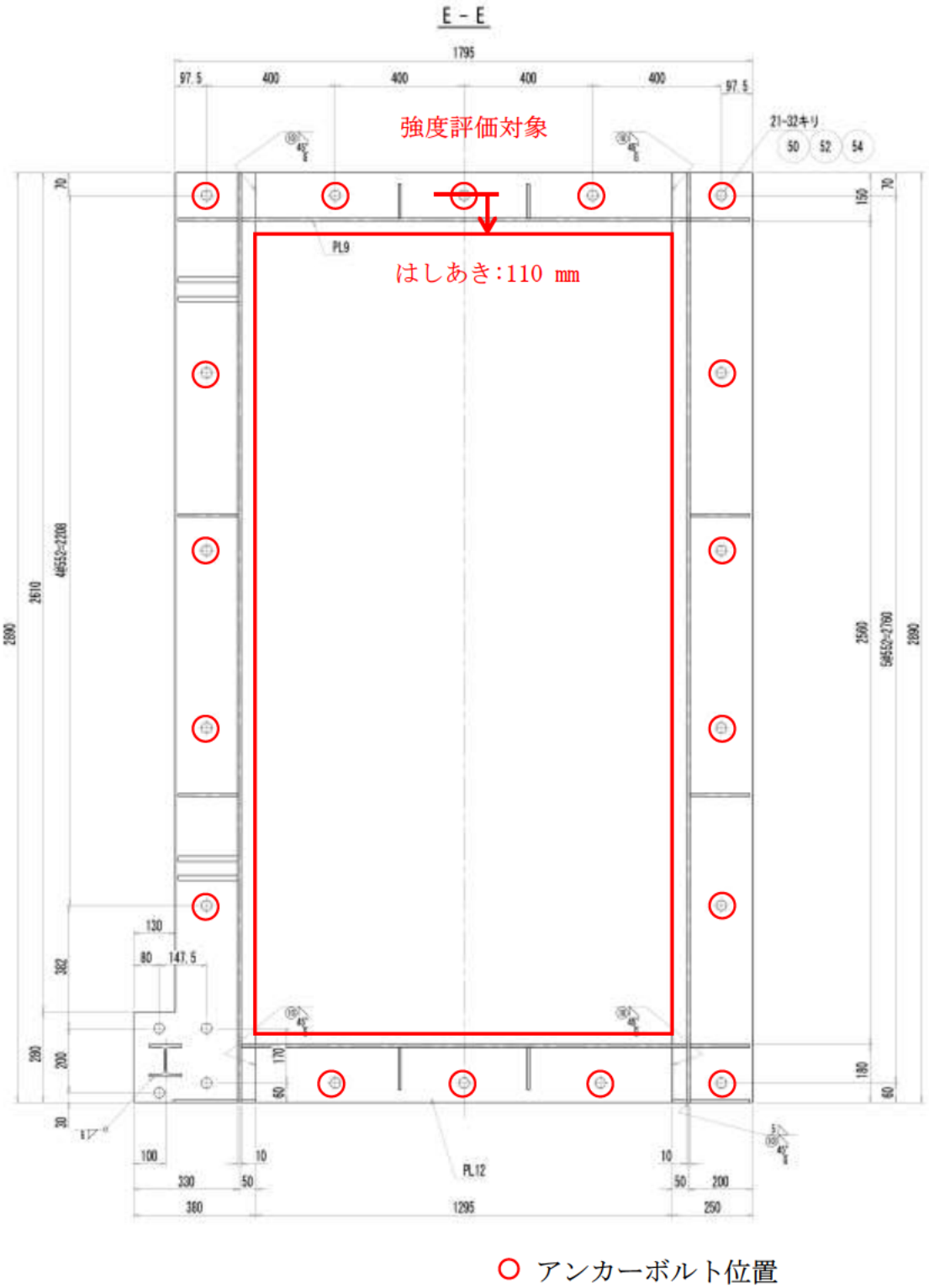


図8-2-3 浸水防止扉（TVF-6）アンカーボルト位置と評価部位

8.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-6）の耐震評価は、「8.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「8.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「8.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「8.5 許容限界」に示す許容限界以内であることを確認する。

8.4 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する荷重

浸水防止扉（TVF-6）の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：浸水防止扉（TVF-6）の固定荷重

G_D：浸水防止扉（TVF-6）の扉体荷重

G_F：浸水防止扉（TVF-6）の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s：設計地震力

浸水防止扉（TVF-6）は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 固定荷重(G)

浸水防止扉（TVF-6）の自重となる固定荷重を表8-4-1に示す。

表8-4-1 浸水防止扉（TVF-6）の固定荷重（自重）

設備名称	固定荷重G	
	扉体G_D [t]	戸当りG_F [t]
浸水防止扉(TVF-6)	1.2	1.0

b. 地震荷重(K_s)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、浸水防止扉の固定荷重に設計震度Kを乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

浸水防止扉（TVF-6）に作用する荷重の組合せを表8-4-2に示す。

表8-4-2 浸水防止扉（TVF-6）の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
浸水防止扉 部品	$G_D + K_s$
アンカーボルト	$G_D + G_F + K_s$

8.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-6）を構成する部材のうち、耐震評価を実施する部位である扉板、芯材、ヒンジ部、アンカーボルトの使用材料を表8-5-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図8-5-1に示す。

表8-5-1 使用材料

部位		材質	仕様[mm]※14
扉板		SUS304	2665×1485×t12
芯材	主桁（上段及び下段）	SUS304	C250×75×9×9
	主桁（中間）	SUS304	H250×250×9×14
	縦桁	SUS304	T250×65×10×12 ※15
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ30
	取付ボルト	SUS304	M20
	締結金具	SM400A	65(B_1)×26(B_2)×70(B_3)×t16
戸当り	アンカーボルト	SUS304	M16×130L

※14 tは板厚、φは径、Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

※15 板を溶接して組合わせたT型構造の部材

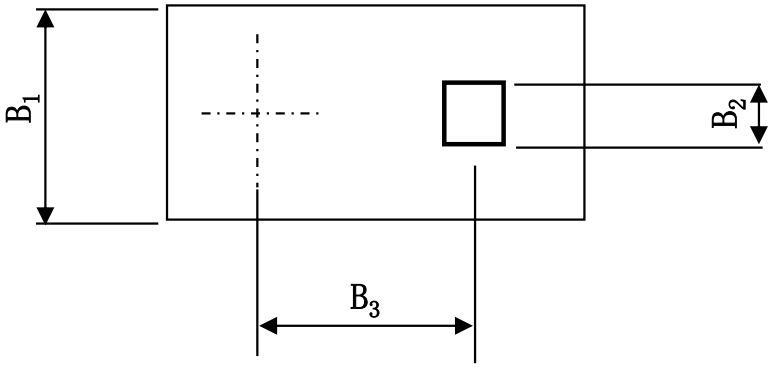


図8-5-1 締結金具の形状（浸水防止扉（TVF-6））

(2) 許容限界

a. 扉板、芯材及びヒンジ部

ヒンジ部及び扉支持金具の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、2005改定）」を踏まえて表8-5-2の値とする。

表8-5-2 許容限界

材料	短期許容応力 [N/mm^2]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※16	205	118
SM400A ※17	235	135

※16 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「JIS G 4303：2012 ステンレス鋼棒」、「JIS G 4304：2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく。

※17 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「鋼構造設計規準 溶接構造用(t≦40mm)」に基づく。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成18年7月7日）に基づく。

8.6 評価用地震力

浸水防止設備 （TVF-1～TVF-10）の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の耐震評価で用いる震度は、添付6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍している。評価の対象である浸水防止扉（TVF-6）は1階に設置されているが、1階から2階にかけて設置されている浸水防止扉（TVF-1）を含めて保守側の評価となるように3階の加速度を参照する。評価に用いる震度を表8-6-1に示す。

表8-6-1 浸水防止扉（TVF-6）の耐震計算で用いる設計震度

地震動	設置場所	地震による設計震度	
設計地震動	ガラス固化技術開発施設（TVF） 3階	水平方向K_H	1.12
		鉛直方向K_V	0.79

8.7 計算方法

扉体（扉板及び芯材）については、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

扉体部品であるヒンジ部（ヒンジピン、ヒンジボルト、締結金具）、扉支持金具及びアンカーボルトについては、設計地震力から各部材の発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

(1) 荷重算定

① 水平方向地震力P_H

$$P_H = K_H \cdot G_D \cdot g$$

② 扉体自重及び鉛直方向地震力P_v

$$P_v = (1 + K_V) \cdot G_D \cdot g$$

③ ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重F_z

$$F_Z = \frac{P_H}{2}$$

④ ヒンジ部に作用するX方向荷重F_x

$$F_X = \frac{P_V \cdot L_b}{L_a}$$

(2) 応力算定

① ヒンジピンに発生するせん断応力τ_{hp}

$$F_{ZX} = \sqrt{{F_X}^2 + \left(\frac{F_Z}{2}\right)^2}$$

$$\tau_{hp} = \frac{1000 F_{ZX}}{A_{ps}}$$

$$A_{ps} = \frac{3}{4} A_p$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

② ヒンジボルトに発生する引張応力σ_b 及び せん断応力τ_b

・扉体側

$$\sigma_b = \frac{1000F_X}{n_6 \cdot A_s}$$

$$\tau_b = \frac{1000F_Z}{2n_6 \cdot A_s}$$

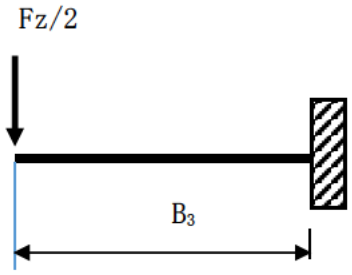
③ 締付金具に発生する応力

・曲げ応力

$$\sigma_{rb} = \frac{1000F_Z \cdot B_3}{2Z_r}$$

・せん断応力

$$\tau_{rs} = \frac{1000F_Z}{2A_{rs}}$$



締付金具に発生する応力

$$A_{rs} = \frac{2}{3} A_r$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

・組合せ応力

$$\sigma_r = \sqrt{{\sigma_{rb}}^2 + 3{\tau_{rs}}^2}$$

④ アンカーボルト1本あたりに発生する引張力T_F及びせん断力Q_F

$$T_F = \frac{P_{Ha}}{n_a} = K_H \cdot \frac{(G_D + G_F)g}{n_a}$$

$$Q_F = \frac{P_{Va}}{n_a} = (1 + K_V) \cdot \frac{(G_D + G_F)g}{n_a}$$

8.8 許容応力

(1) ヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具（取付ボルトを除く）及び締結金具

「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（社）日本建築学会、2005改定」を踏まえて材料の耐力及び引張強さの70%のいずれかの小さい数値を基準値F として、許容応力は以下とする。

a. 許容引張応力f_t及び許容曲げ応力f_b

$$f_t = f_b = F$$

b. 許容せん断応力f_s

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

(2) アンカーボルト

「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

a. 引張耐力

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

T_a：引張耐力

$$T_{a1} = \sigma_y a_0$$

T_{a1}：アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力

σ_y：アンカーボルトの降伏強度

a_0：アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$A_c = \pi l_e (l_e + d_a)$$

$$l_e = l - d_a$$

T_{a2}：コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力

σ_B ：コンクリートの圧縮強度

A_c ：コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積

l_e ：アンカーの有効埋め込み長さ

l ：アンカーの埋め込み長さ(穿孔長)

d_a ：アンカーの呼び径

コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）bがアンカーボルト穿孔長を下回る場合、すなわち、$b < l$の場合、A_cに替えA_{cb}を使用してT_{a2}を算出する。

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_{cb}$$

$b < l$ の場合、$A_c \rightarrow A_{cb}$

$$\theta_b = 2\cos^{-1}\left(\frac{b}{l_e + \frac{d_a}{2}}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_b[°]$$

$$A_{cb} = 0.5\left(2\pi - \frac{\theta_b}{180}\pi + \sin\theta_b\right)\left(l_e + \frac{d_a}{2}\right)^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

はしあきによる欠損面積A_b'は、以下の通り算出する。

$$A_b' = 0.5\left(\frac{\theta_b}{180}\pi - \sin\theta_b\right)\left(l_e + \frac{d_a}{2}\right)^2$$

アンカーボルト中心間の距離aが $2\left(l_e + \frac{d_a}{2}\right)$を下回る場合、すなわち、$\frac{a}{2} < (l_e + \frac{d_a}{2})$の場合も$A_c$に替え$A_{ca}$を使用して$T_{a2}$を算出する。

$$\theta_a = 2\cos^{-1}\left(\frac{a}{2l_e + d_a}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_a[°]$$

$$A_{ca} = 0.5\left(2\pi - \frac{\theta_a}{180}\pi + \sin\ \theta_a\right)\left(l_e + \frac{d_a}{2}\right)^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

アンカーボルトが近接することによる欠損面積A_a'は、以下の通り算出する。

$$A_a' = 0.5\left(\frac{\theta_a}{180}\pi - \sin\theta_a\right)\left(l_e + \frac{d_a}{2}\right)^2$$

T_{a2}については、はしあき及びアンカーボルトの近接による有効水平投影面積が最小のア

ンカーボルト1本あたりの引張耐力として強度評価を行う。

$$T_{a3} = 10\sqrt{\left(\frac{\sigma_B}{21}\right)} \cdot \pi d_a l_e$$

T_{a3}：コンクリートの付着破壊より決まる引張耐力

$$T_{as} = \frac{2}{3} T_a \quad (T_a が T_{a2} 又は T_{a3} で決まる場合)$$

$$T_{as} = T_a \quad (T_a が T_{a1} で決まる場合)$$

T_{as}：あと施工アンカーを用いた接合部(１本当たり)の短期許容引張耐力

b. せん断耐力

$$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$$

Q_a：せん断耐力

$$Q_{a1} = 0.7\sigma_y \times {}_s a_c$$

Q_{a1}：アンカーボルトの降伏より決まるせん断耐力

σ_y　：アンカーボルトの降伏強度

${}_s a_c$　：アンカーボルトの公称断面積

$$Q_{a2} = 0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \times {}_s a_c$$

Q_{a2}：コンクリートの支圧により決まるせん断耐力

E_c　：コンクリートのヤング係数

σ_B　：コンクリートの圧縮強度

$$Q_{a3} = 294 \times {}_s a_c$$

Q_{a3}：上限値より決まるせん断耐力

$$Q_{as} = Q_a / 1.5$$

Q_{as}：短期許容せん断耐力

はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合は、以下の式で短期許容耐力を算出する。

$$Q'_{as} = \emptyset_s \sqrt{10 \cdot \sigma_B} \times A_{cl} / 10$$

ただし、

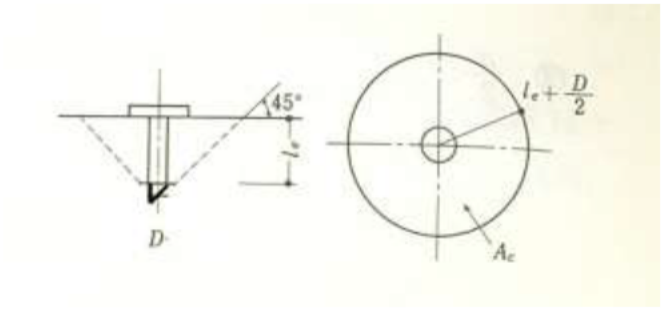
ϕ_s: 低減係数、短期 ＝ 0.6

A_{cl}: 有効投影面積 $\left(=\frac{1}{2}\pi a^2\right)$

この場合は

$Q_{as} = \min(Q_{as}, Q'_{as})$

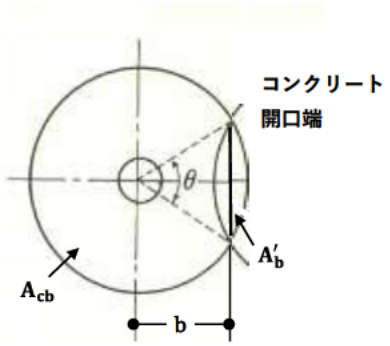
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図8-8-1に示す。



有効水平投影面積

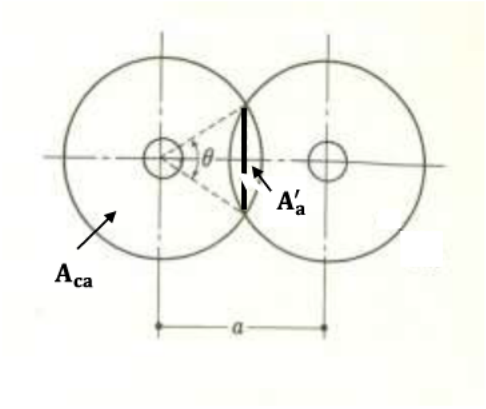
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



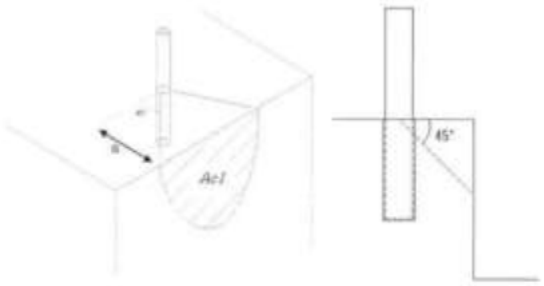
有効水平投影面積

（はしあき；有効埋込長さ未満）



有効水平投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）



有効投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

図8-8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

8.9 計算条件

「8.7 計算方法」に用いる評価条件を表8-9-1に示す。

表8-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-6）） (1/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	1.2
	G_F	t	戸当り	1.0
震度	K_H	−	水平震度	1.12
	K_V	−	鉛直震度	0.79
地震荷重	P_H	kN	扉体にかかる水平方向地震力	13.18
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	21.06
	F_Z	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重	6.590
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	10.85
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	24.16
	P_{Va}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	38.62
強度計算荷重	P_h	kN	扉にかかる津波による荷重	489.0
ヒンジ	L_a	mm	ヒンジ中心間距離	1800
	L_b	mm	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	927.5
ヒンジピン	A_P	mm^2	断面積	706.9
	A_{PS}	mm^2	せん断断面積	530.2
	F_{ZX}	kN	X方向とZ方向荷重の合力	11.34
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	22
ヒンジボルト	n_6	本	本数（扉体側）	4
	A_S	mm^2	有効断面積	245.0
	σ_b	N/mm^2	引張応力	12
	τ_b	N/mm^2	せん断応力	4

表8-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-6）） (2/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
締結金具	B_3	mm	支点から荷重作用点までの距離	70
	A_{rs}	mm^2	せん断断面積	416
	A_r	mm^2	断面積	624
	Z_r	mm^3	断面係数	1664
	σ_{rb}	N/mm^2	曲げ応力	139
	τ_{rs}	N/mm^2	せん断応力	8
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力	140
アンカーボルト	n_a	本	本数（強度評価対象）	17
	l	mm	埋め込み長さ（穿孔長）	130
	d_a	mm	呼び径	16
	l_e	mm	有効埋め込み長さ	114
	T_F	kN/本	引張力	1.4
	Q_F	kN/本	せん断力	2.3

表8-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-6）） (3/3)

記号	単位	定義	数値
σ_y	N/mm^2	アンカーボルトの降伏強度	205
a_0	mm^2	アンカーボルトＭ１６の有効断面積（ネジ加工を考慮）	157
σ_B	mm^2	コンクリートの圧縮強度	20.6
E_C	N/mm^2	コンクリートのヤング係数	2.15×10^4
${}_sa_c$	mm^2	アンカーボルトM16の公称断面積	201
a	mm	隣接アンカーボルトのピッチ（最小値）	400
b	mm	はしあき（最小値）	110
A_c	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積	45730
A_{cl}	mm^2	投影面積（「はしあき」＜アンカーボルト有効埋込長）	19007
T_{a1}	kN	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	32.2
T_{a2}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	47.7
T_{a3}	kN	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	56.8
Q_{a1}	kN	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	28.8
Q_{a2}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力	53.6
Q_{a3}	kN	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力	59.1
Q'_{as}	kN	「はしあき」＜アンカーボルト有効埋込長の時の短期せん断耐力	16.4

8.10 評価結果

浸水防止扉（TVF-6）の扉体にかかる耐震計算荷重と耐津波強度計算荷重の比較を行った結果を表8-10-1に示す。また、浸水防止扉（TVF-6）の各部材及びアンカーボルトの評価結果をそれぞれ表8-10-2及び表8-10-3に示す。

浸水防止扉（TVF-6）の扉体にかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、津波に対する強度評価に包含される。

加えて浸水防止扉（TVF-6）の各部材の評価結果でも、発生応力度又は荷重は許容限界値以下であることを確認した。

表8-10-1 浸水防止扉（TVF-6）の評価結果（扉体）

耐震計算荷重 ［kN］	強度計算荷重 ［kN］	耐震/強度荷重比
13.18	489	0.03

表8-10-2 浸水防止扉（TVF-6）の評価結果（部品類）

評価部位	発生応力 ［N/mm^2］	許容応力 ［N/mm^2］	検定比
ヒンジピン	22	118	0.19
ヒンジボルト	12	205	0.06
締結金具	140	235	0.60

表8-10-3 浸水防止扉（TVF-6）の評価結果（アンカーボルト）

種別	発生荷重 ［kN/本］	許容耐力 ［kN/本］	検定比
引張	1.4	32.2	0.05
せん断	2.3	16.4	0.14

9. 浸水防止扉（TVF-7）

9.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-7）の耐震評価に用いる記号を表9-1-1に示す。

表9-1-1 浸水防止扉（TVF-7）の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	浸水防止扉（TVF-7）の固定荷重	t
G_D	浸水防止扉（TVF-7）の扉体荷重	t
G_F	浸水防止扉（TVF-7）の戸当り荷重	t
P	積載荷重	kN
K_s	地震荷重	kN
K	設計震度	−
g	重力加速度	m/s^2
B_1	締付金具の金具幅	mm
B_2	締付金具の金切欠き幅	mm
B_3	締付金具の支点から荷重作用点までの距離	mm
K_H	水平方向震度	−
K_V	鉛直方向震度	−
P_H	水平方向地震力（TVF-7）	kN
P_V	鉛直方向地震力（TVF-7）	kN
F_Z	ヒンジ部に及び締結金具に作用するZ方向荷重（TVF-7）	kN
F_X	ヒンジ部に作用するX方向荷重（TVF-7）	kN
L_a	ヒンジ中心間距離（TVF-7）	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離（TVF-7）	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力（TVF-7）	N/mm^2
F_{ZX}	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力（TVF-7）	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積（TVF-7）	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積（TVF-7）	mm^2
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）（TVF-7）	N/mm^2
τ_b	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）（TVF-7）	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)（i=7:浸水防止扉TVF-7）	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積（TVF-7）	mm^2

表9-1-1 浸水防止扉（TVF-7）の耐震評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
σ_{rb}	締付金具に発生する曲げ応力(TVF-7)	N/mm^2
Z_r	締付金具の断面係数（TVF-7）	mm^3
τ_{rs}	締付金具に発生するせん断応力（TVF-7）	N/mm^2
A_{rs}	締付金具のせん断断面積（TVF-7）	mm^2
A_r	締付金具の断面積（TVF-7）	mm^2
σ_r	締付金具に発生する組合せ応力（TVF-7）	N/mm^2
σ_{cbD}	扉支持金具に発生する曲げ応力（扉体側）	N/mm^2
σ_{cbF}	扉支持金具に発生する曲げ応力（枠側）	N/mm^2
τ_{cbD}	扉支持金具に発生するせん断応力（扉体側）	N/mm^2
τ_{cbF}	扉支持金具に発生するせん断応力（枠体側）	N/mm^2
σ_{cD}	扉支持金具に発生する組合せ応力（扉体側）	N/mm^2
σ_{cF}	扉支持金具に発生する組合せ応力（枠体側）	N/mm^2
L_1	扉支持金具の支点から荷重作用点までの距離（扉体側）	mm
L_2	扉支持金具の支点から荷重作用点までの距離（枠体側）	mm
Z_x	扉支持金具の断面係数	mm^3
A_W	扉支持金具のせん断断面積	mm^2
I_x	扉支持金具の断面2次モーメント	mm^4
B	扉支持金具の上ヒンジの長さ	mm
H	扉支持金具のウェブ高さ	mm
t_1	扉支持金具のウェブ厚み	mm
t_2	扉支持金具のヒンジ厚み	mm
A_G	扉支持金具の断面積	mm^2
τ	扉支持金具取付ボルトに作用するせん断力	kN/本
n	扉支持金具取付ボルトの本数	本
P_{Ha}	アンカーボルトに作用する引張力	kN
P_{Va}	アンカーボルトに作用するせん断力	kN
n_a	アンカーボルトの本数（強度評価対象）	本
T_F	アンカーボルト(枠体)に発生する引張力	kN/本
Q_F	アンカーボルト(枠体)に発生するせん断力	kN/本
F	基準強度	−
f_t	許容引張応力	N/mm^2
f_b	許容曲げ応力	N/mm^2

表9-1-1 浸水防止扉（TVF-7）の耐震評価に用いる記号（3/3）

記号	定義	単位
f_s	許容せん断応力	N /mm^2
T_a	アンカーボルトの引張耐力	kN /本
T_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	kN /本
T_{a2}	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	kN /本
T_{a3}	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	kN /本
σ_y	アンカーボルトの降伏強度	N /mm^2
a_0	アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）	mm^2
σ_B	コンクリートの圧縮強度	N /mm^2
A_c、 A_{cb}、 A_{ca}	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	mm^2
l_e	アンカーボルトの有効埋め込み長さ	mm
l	アンカーボルトの埋め込み長さ（穿孔長）	mm
d_a	アンカーボルトの呼び径	mm
b	コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）	mm
a	隣接アンカーボルトのピッチ（最小値）（へりあき）	mm
A'_a 、A'_b	欠損面積	mm^2
T_{as}	あと施工アンカーを用いた接合部（１本当たり）の短期許容引張耐力	kN /本
Q_a	アンカーボルトのせん断耐力	kN /本
Q_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	kN /本
Q_{a2}	コンクリートの支圧により決まるせん断耐力	kN /本
Q_{a3}	上限値より決まるせん断耐力	kN /本
${}_sa_c$	アンカーボルトの公称断面積	mm^2

E_c	コンクリートのヤング係数	N/m^2
Q_{as}、 Q'_{as}	短期許容せん断耐力	kN /本
$\emptyset_s$	低減係数（短期＝0.6）	－
A_{cl}	有効投影面積（はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合）	mm^2

9.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-7）の構造上の特徴を踏まえ選定する。浸水防止扉（TVF-7）は、扉体本体（扉板及び芯材）、扉体部品（ヒンジ、扉支持金具及び締結金具）及びアンカーボルトから構成される。

浸水防止扉（TVF-7）に生じる地震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁及び縦桁）、芯材から枠体に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。

扉板本体については、津波荷重に対して十分な強度を有することを確認している（別添3参照）。一方、地震荷重は、津波荷重と比較して極めて小さいことから、応力計算による耐震評価は行わず、荷重の比較により耐震強度を有することを確認する。

浸水防止扉を構成する部品類であるヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具、締結金具及びアンカーボルトについては、地震による扉の振動により荷重を受けることから、応力計算を行い、耐震強度を評価する。

浸水防止扉（TVF-7）の構造図を図9-2-1、扉体部品への地震荷重の作用イメージ及び評価部位を図9-2-2、アンカーボルトの位置及び評価部位を図9-2-3に示す。

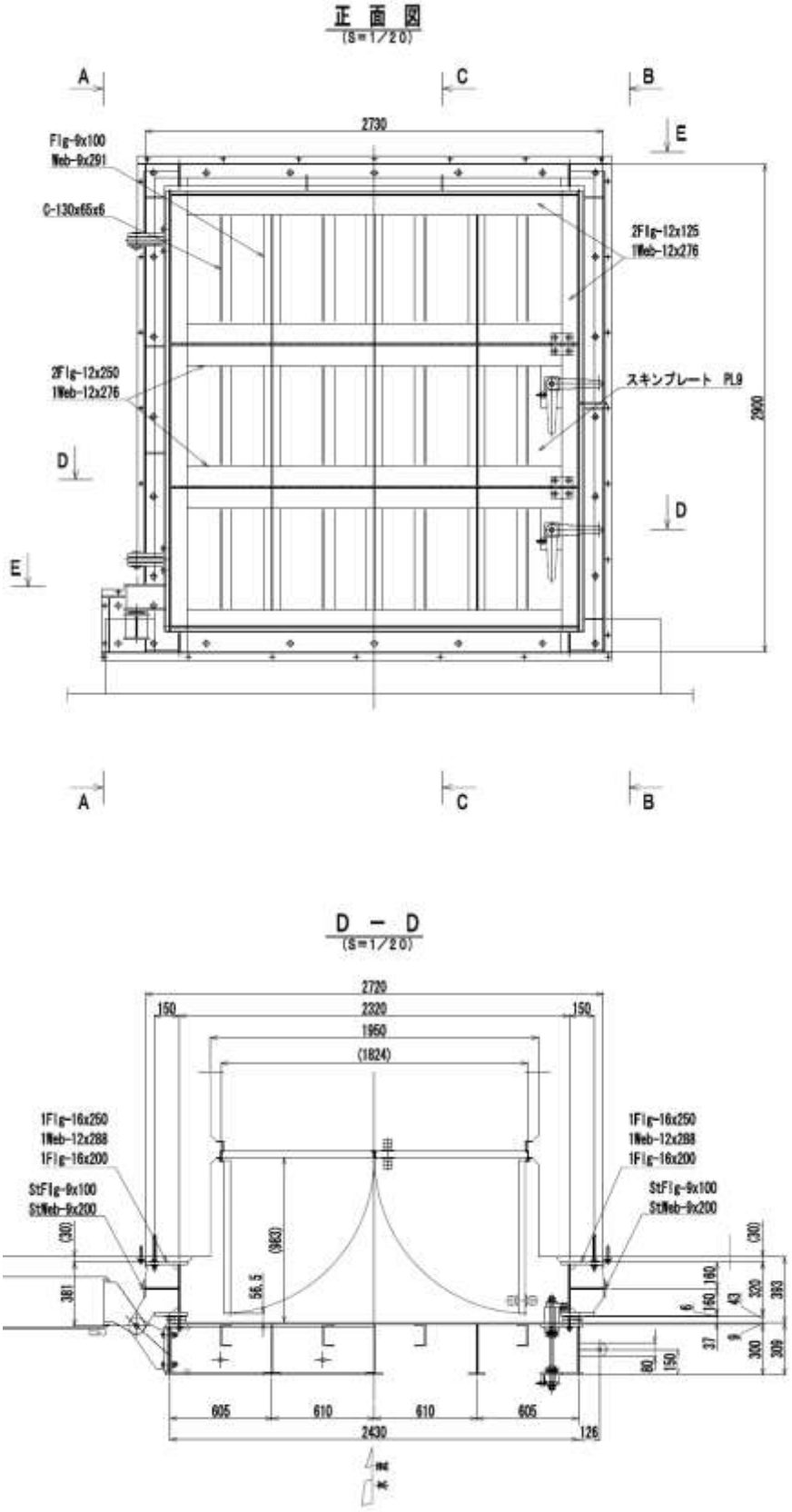


図9-2-1 浸水防止扉（TVF-7）の構造図

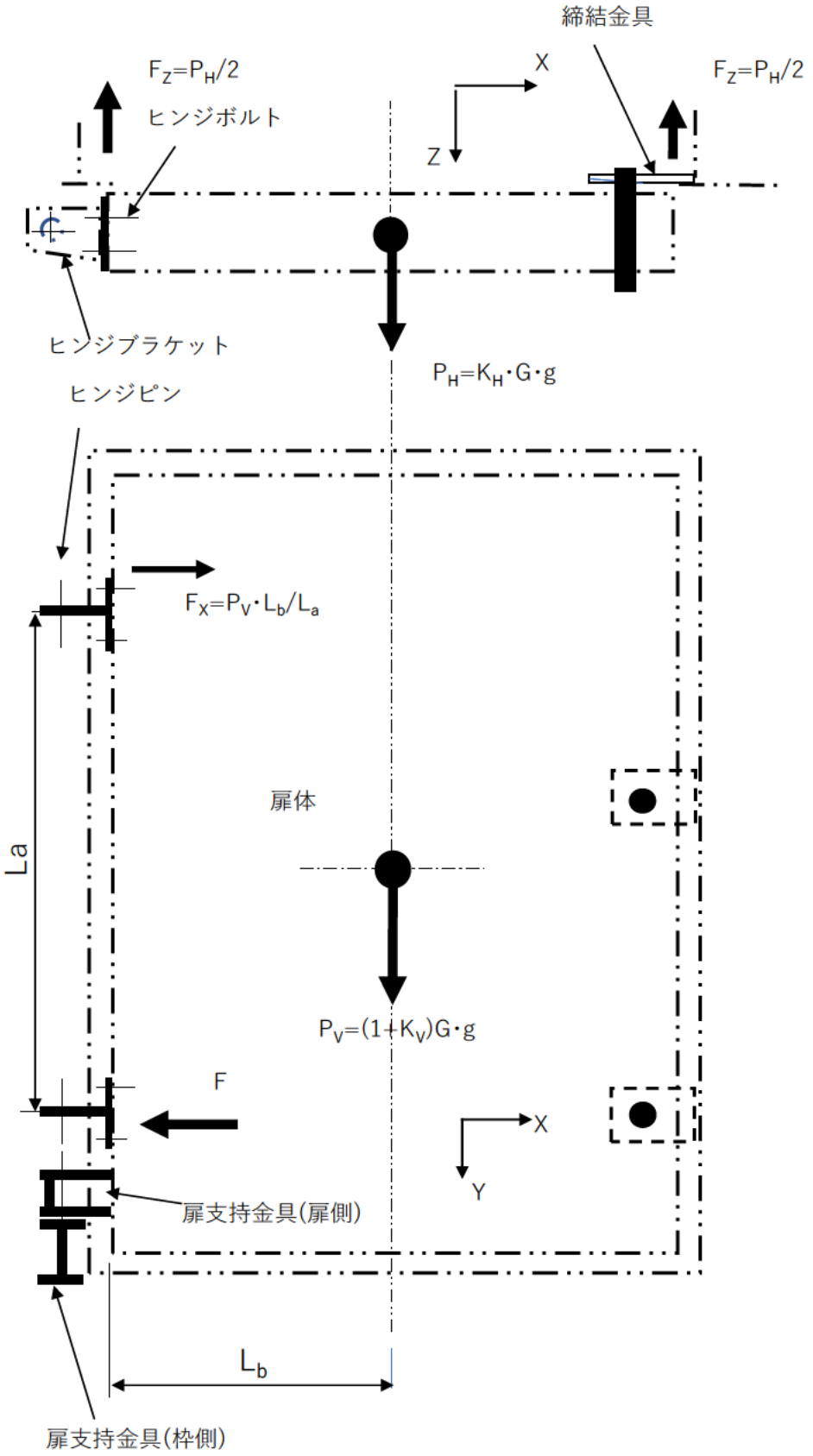


図9-2-2 浸水防止扉（TVF-7）閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

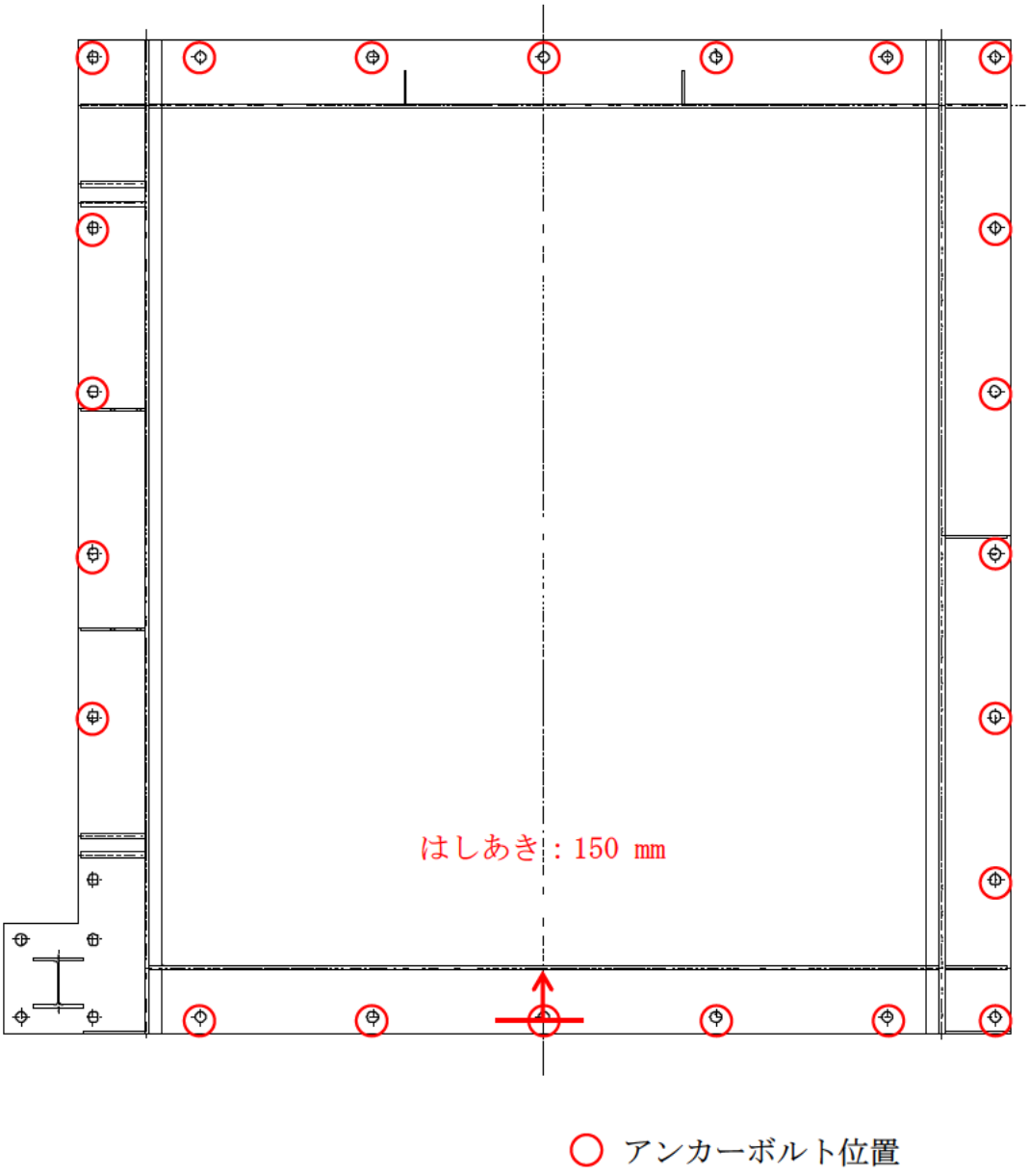


図9-2-3 浸水防止扉（TVF-7）アンカーボルト位置と評価部位

9.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-7）の耐震評価は、「9.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「9.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「9.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「9.5 許容限界」に示す許容限界以内であることを確認する。

9.4 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する荷重

浸水防止扉（TVF-7）の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：浸水防止扉（TVF-7）の固定荷重

G_D：浸水防止扉（TVF-7）の扉体荷重

G_F：浸水防止扉（TVF-7）の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s：地震荷重

浸水防止扉（TVF-7）は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 固定荷重(G)

浸水防止扉（TVF-7）の自重となる固定荷重を表9-4-1に示す。

表9-4-1 浸水防止扉（TVF-7）の固定荷重（自重）

設備名称	固定荷重G	
	扉体G_D ［t］	戸当りG_F ［t］
浸水防止扉（TVF-7）	1.7	1.2

b. 地震荷重(K_s)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、浸水防止扉の固定荷重に設計震度Kを乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

浸水防止扉（TVF-7）に作用する荷重の組合せを表9-4-2に示す。

表9-4-2 浸水防止扉（TVF-7）の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
浸水防止扉 部品	$G_D + K_s$
アンカーボルト（枠体）	$G_D + G_F + K_s$

9.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-7）を構成する部材のうち、耐震評価を実施する部位である扉板、芯材、ヒンジ部、アンカーボルトの使用材料を表9-5-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図9-5-1に示す。

表9-5-1 使用材料

部位		材質	仕様[mm]※18
扉板		SUS304	2480×2620×t9
芯材	主桁（上段及び下段）	SUS304	C300×125×12
	主桁（中間）	SUS304	H300×250×12×12
	縦桁1	SUS304	C130×65×6
	縦桁2	SUS304	T300×100×8×8 ※19
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ32
	取付ボルト	SUS304	M20
	締結金具	SUS304	65(B_1)×26(B_2)×60(B_3)×t16
扉支持金具	支持金具	SUS304	H150×150×7×10
	アンカーボルト	SUS304	M16×130L
戸当り	アンカーボルト	SUS304	M16×130L

※18 tは板厚、φは径、Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

※19 板を溶接して組合わせたT型構造の部材

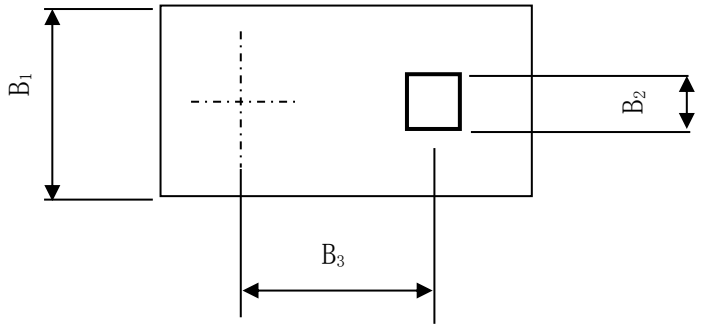


図9-5-1 締結金具の形状（浸水防止扉（TVF-7））

(2) 許容限界

a. 扉板、芯材及びヒンジ部

ヒンジ部及び扉支持金具の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、2005改定）」を踏まえて表9-5-2の値とする。

表9-5-2 許容限界

材料	短期許容応力 [N/mm^2]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※20	205	118

※20 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「JIS G 4303：2012 ステンレス鋼棒」、「JIS G 4304：2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成18年7月7日）に基づく。

9.6 評価用地震力

浸水防止設備 （TVF-1～TVF-10）の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の耐震評価で用いる震度は、添付6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍している。評価の対象である浸水防止扉（TVF-7）は1階に設置されているが、1階から2階にかけて設置されている浸水防止扉（TVF-1）を含めて保守側の評価となるように3階の加速度を参照する。評価に用いる震度を表9-6-1に示す。

表9-6-1 浸水防止扉（TVF-7）の耐震計算で用いる震度

地震動	設置場所	地震による設計震度	
設計地震動	ガラス固化技術開発施設（TVF） 3階	水平方向K_H	1.12
		鉛直方向K_V	0.79

9.7 計算方法

扉体（扉板及び芯材）については、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

扉体部品であるヒンジ部（ヒンジピン、ヒンジボルト、締結金具）、扉支持金具及びアンカーボルトについては、設計地震力から各部材の発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

(1) 荷重算定

① 水平方向地震力P_H

$$P_H = K_H \cdot G_D \cdot g$$

② 扉体自重及び鉛直方向地震力P_v

$$P_v = (1 + K_V) \cdot G_D \cdot g$$

③ ヒンジ部及び締結金具に作用するＺ方向荷重F_z

$$F_Z = \frac{P_H}{2}$$

④ ヒンジ部に作用するＸ方向荷重F_x

$$F_X = \frac{P_V \cdot L_b}{L_a}$$

(2) 応力算定

① ヒンジピンに発生するせん断応力τ_{hp}

$$F_{ZX} = \sqrt{{F_X}^2 + \left(\frac{F_Z}{2}\right)^2}$$

$$\tau_{hp} = \frac{1000 F_{ZX}}{A_{ps}}$$

$$A_{ps} = \frac{3}{4} A_p$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

② ヒンジボルトに発生する引張応力σ_b 及び せん断応力τ_b

・扉体側

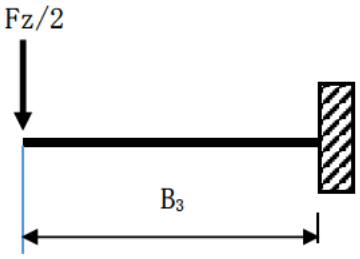
$$\sigma_b = \frac{1000F_x}{n_7 \cdot A_s}$$

$$\tau_b = \frac{1000F_z}{2n_7 \cdot A_s}$$

③ 締付金具に発生する応力

・曲げ応力

$$\sigma_{rb} = \frac{1000F_Z \cdot B_3}{2Z_r}$$



・せん断応力

$$\tau_{rs} = \frac{1000F_Z}{2A_{rs}}$$

$$A_{rs} = \frac{2}{3} A_r$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

・組合せ応力

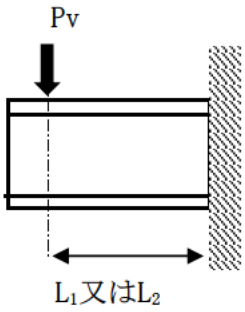
$$\sigma_r = \sqrt{{\sigma_{rb}}^2 + 3{\tau_{rs}}^2}$$

④ 扉支持金具

＜扉側＞

・曲げ応力σ_{cbD}

$$\sigma_{cbD} = \frac{1000P_V \cdot L_1}{Z_x}$$



・せん断応力τ_{cbD}

$$\tau_{cbD} = \frac{1000P_V}{A_W}$$

・組合せ応力σ_{cD}

$$\sigma_{cD} = \sqrt{\sigma_{cbD} + 3\tau_{cbD}^2}$$

＜枠側＞

・曲げ応力σ_{cbF}

$$\sigma_{cbF} = \frac{1000P_V \cdot L_2}{Z_x}$$

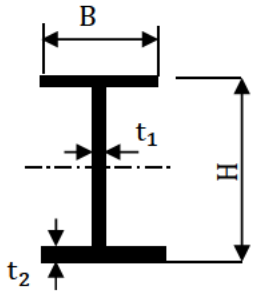
・せん断応力τ_{cbF}

$$\tau_{cbF} = \frac{1000P_V}{A_W}$$

・組合せ応力σ_{cF}

$$\sigma_{cF} = \sqrt{\sigma_{cbF} + 3\tau_{cbF}^2}$$

扉支持金具の断面特性(H150×150×7×10)



$$I_x = \frac{(B \cdot H^3 - (B - t_1) \times (H - 2t_2)^3)}{12}$$

$$Z_x = \frac{2I_x}{H}$$

$$A_W = t_1(H - 2t_2)$$

$$A_G = t_1(H - 2t_2) + 2t_2 \ \ B$$

扉支持金具取付ボルトに発生する応力

$$\tau = \frac{1000P_V}{n \cdot A_S}$$

⑤ アンカーボルトに発生する引張力P_{Ha}及びせん断力P_{Va}

・引張力P_{Ha}

$$T_F = \frac{P_{Ha}}{n_a} = K_H \cdot \frac{(G_D + G_F)g}{n_a}$$

・せん断力P_{Va}

$$Q_F = \frac{P_{Va}}{n_a} = (1 + K_V) \cdot \frac{(G_D + G_F)g}{n_a}$$

9.8 許容応力

(1) ヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具（取付ボルトを除く）及び締結金具

「鋼構造設計規準－許容応力設計法－（社）日本建築学会、2005改定」を踏まえて材料の耐力及び引張強さの70%のいずれかの小さい数値を基準値Fとして、許容応力は以下とする。

a. 許容引張応力f_t及び許容曲げ応力f_b

$$f_t = f_b = F$$

b. 許容せん断応力f_s

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

(2) アンカーボルト

「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

a. 引張耐力

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

T_a：引張耐力

$$T_{a1} = \sigma_y a_0$$

T_{a1}：アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力

σ_y：アンカーボルトの降伏強度

a_0：アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$A_c = \pi l_e (l_e + d_a)$$

$$l_e = l - d_a$$

T_{a2}：コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力

σ_B：コンクリートの圧縮強度

A_c：コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積

l_e：アンカーの有効埋め込み長さ

l：アンカーの埋め込み長さ（穿孔長）

d_a：アンカーの呼び径

コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）bがアンカーボルト穿孔長を下回る場合、すなわち、$b < l$の場合、A_cに替えA_{cb}を使用してT_{a2}を算出する。

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_{cb}$$

$b < l$ の場合、$A_c \rightarrow A_{cb}$

$$\theta_b = 2\cos^{-1}\left(\frac{b}{l_e + \frac{d_a}{2}}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_b[°]$$

$$A_{cb} = 0.5\left(2\pi - \frac{\theta_b}{180}\pi + \sin\theta_b\right)\left(l_e + \frac{d_a}{2}\right)^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

はしあきによる欠損面積$A_b^{'}$は、以下の通り算出する。

$$A_b^{'} = 0.5\left(\frac{\theta_b}{180}\pi - \sin\theta_b\right)\left(l_e + \frac{d_a}{2}\right)^2$$

アンカーボルト中心間の距離aが $2\left(l_e + \frac{d_a}{2}\right)$を下回る場合、すなわち、$\frac{a}{2} < \left(l_e + \frac{d_a}{2}\right)$の場合も$A_c$に替え$A_{ca}$を使用して$T_{a2}$を算出する。

$$\theta_a = 2\cos^{-1}\left(\frac{a}{2l_e + d_a}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_a[°]$$

$$A_{ca} = 0.5\left(2\pi - \frac{\theta_a}{180}\pi + \sin\ \theta_a\right)\left(l_e + \frac{d_a}{2}\right)^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

アンカーボルトが近接することによる欠損面積$A_a^{'}$は、以下の通り算出する。

$$A_a^{'} = 0.5\left(\frac{\theta_a}{180}\pi - \sin\theta_a\right)\left(l_e + \frac{d_a}{2}\right)^2$$

T_{a2}については、はしあき及びアンカーボルトの近接による有効水平投影面積が最小のアンカーボルト1本あたりの引張耐力として強度評価を行う。

$$T_{a3} = 10\sqrt{\left(\frac{\sigma_B}{21}\right)} \cdot \pi d_a l_e$$

T_{a3}：コンクリートの付着破壊より決まる引張耐力

$$T_{as} = \frac{2}{3} T_a \quad (T_a が T_{a2} 又は T_{a3} で決まる場合)$$

$$T_{as} = T_a \quad (T_a が T_{a1} で決まる場合)$$

T_{as}：あと施工アンカーを用いた接合部(１本当たり)の短期許容引張耐力

b. せん断耐力

$$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$$

Q_a：せん断耐力

$$Q_{a1} = 0.7\sigma_y \times {}_s a_c$$

Q_{a1}：アンカーボルトの降伏より決まるせん断耐力

σ_y：アンカーボルトの降伏強度

${}_s a_c$：アンカーボルトの公称断面積

$$Q_{a2} = 0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \times {}_s a_c$$

Q_{a2}：コンクリートの支圧により決まるせん断耐力

E_c：コンクリートのヤング係数

σ_B：コンクリートの圧縮強度

$$Q_{a3} = 294 \times {}_s a_c$$

Q_{a3}：上限値より決まるせん断耐力

$$Q_{as} = Q_a / 1.5$$

Q_{as}：短期許容せん断耐力

はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合は、以下の式で短期許容耐力を算出する。

$$Q'_{as} = \emptyset_s \sqrt{10 \cdot \sigma_B} \times A_{cl} / 10$$

ただし、

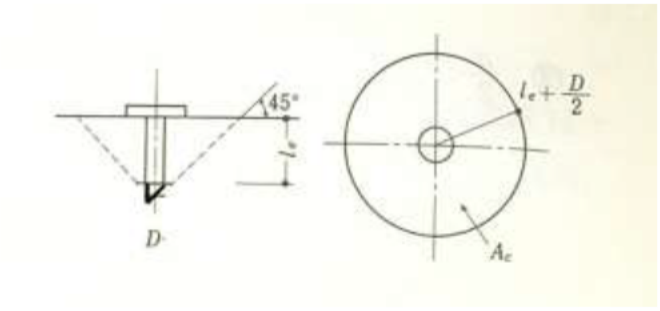
$\emptyset_{s2}$: 低減係数、短期 = 0.6

A_{cl}: 有効投影面積 $\left(=\frac{1}{2}\pi a^2\right)$

この場合は

$Q_{as} = \min(Q_{as}, Q'_{as})$

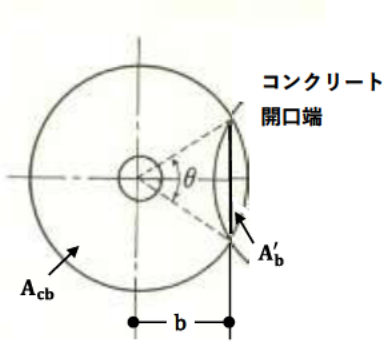
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図9-8-1に示す。



有効水平投影面積

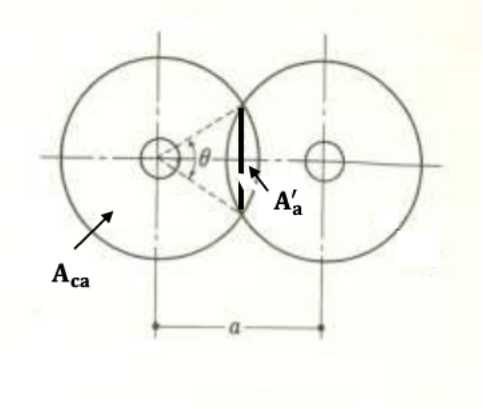
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



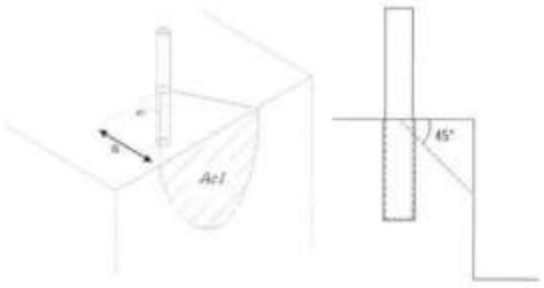
有効水平投影面積

（はしあき；有効埋込長さ未満）



有効水平投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）



有効投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

図9-8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

9.9 計算条件

「9.7 計算方法」に用いる評価条件を表9-9-1に示す。

表9-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-7）） (1/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	1.7
	G_F	t	戸当り	1.2
震度	K_H	−	水平震度	1.12
	K_V	−	鉛直震度	0.79
地震荷重	P_H	kN	扉体にかかる水平方向地震力	18.67
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	29.84
	F_Z	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重	9.335
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	19.08
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	31.85
	P_{Va}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	50.91
強度計算荷重	P_h	kN	扉にかかる津波による荷重	805.1
ヒンジ	F_Z	kN	ヒンジ部に作用するZ方向荷重	9.335
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	19.08
ヒンジピン	A_P	mm^2	断面積	804.2
	A_{PS}	mm^2	せん断断面積	603.2
	F_{ZX}	kN	X方向とZ方向荷重の合力	19.64
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	33
ヒンジボルト	n_7	本	本数（扉体側）	4
	A_S	mm^2	有効断面積	245.0
	σ_b	N/mm^2	引張応力（扉体側）	20
	τ_b	N/mm^2	せん断応力（扉体側）	5

表 9-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-7）） (2/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉支持金具	A_G	mm^2	断面積	3910
	I_X	mm^4	断面2次モーメント	16010000
	Z_X	mm^3	断面係数	213400
	A_W	mm^2	せん断断面積	910
	σ_{cbD}	N/mm^2	曲げ応力（扉側）	46
	τ_{cbD}	N/mm^2	せん断応力（扉側）	33
	σ_{cD}	N/mm^2	組合せ応力（扉側）	73
	σ_{cbF}	N/mm^2	曲げ応力（枠側）	52
	τ_{cbF}	N/mm^2	せん断応力（枠側）	33
	σ_{cF}	N/mm^2	組合せ応力（枠側）	77
締結金具	B_3	mm	支点から荷重作用点までの距離	60
	A_{rs}	mm^2	せん断断面積	416
	A_r	mm^2	断面積	624
	Z_r	mm^3	断面係数	1664
	σ_{rb}	N/mm^2	曲げ応力	169
	τ_{rs}	N/mm^2	せん断応力	12
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力	170
ヒンジ位置	L_a	mm	ヒンジ中心間距離	1900
	L_b	mm	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	1215
アンカーボルト	n_a	本	本数	22
	l	mm	埋め込み長さ（穿孔長）	130
	d_a	mm	呼び径	16
	l_e	mm	有効埋め込み長さ	114
	T_F	kN/本	アンカーボルトに作用する引張力	1.1
	Q_F	kN/本	アンカーボルトに作用するせん断力	2.3

表9-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-7）） (3/3)

記号	単位	定義	数値
σ_y	N/mm^2	アンカーボルトの降伏強度	205
a_0	mm^2	アンカーボルトＭ１６の有効断面積（ネジ加工を考慮）	157
σ_B	mm^2	コンクリートの圧縮強度	20.6
E_C	N/mm^2	コンクリートのヤング係数	2.15×10^4
${}_sa_c$	mm^2	アンカーボルトM16の公称断面積	201
a	mm	隣接アンカーボルトのピッチ（最小値）	315
b	mm	はしあき	150
A_c	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積	46558
T_{a1}	kN/本	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	32.2
T_{a2}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	48.6
T_{a3}	kN/本	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	56.8
T_{as}	kN/本	短期許容引張耐力	32.2
Q_{a1}	kN/本	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	28.8
Q_{a2}	kN/本	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力	53.6
Q_{a3}	kN/本	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力	59.1
Q_{as}	kN/本	短期許容せん断耐力	19.2

9.10 評価結果

浸水防止扉（TVF-7）の扉体にかかる耐震計算荷重と耐津波強度計算荷重の比較を行った結果を表9-10-1に示す。また、浸水防止扉（TVF-7）の各部材及びアンカーボルトの評価結果をそれぞれ表9-10-2及び表9-10-3に示す。

浸水防止扉（TVF-7）の扉体にかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、津波に対する強度評価に包含される。

加えて浸水防止扉（TVF-7）の各部材の評価結果でも、発生応力度又は荷重は許容限界値以下であることを確認した。

表9-10-1 浸水防止扉（TVF-7）の評価結果（扉体）

耐震計算荷重 ［kN］	強度計算荷重 ［kN］	耐震/強度荷重比
18.67	805.1	0.03

表9-10-2 浸水防止扉（TVF-7）の評価結果（部品類）

評価部位	発生応力 ［N/mm²］	許容応力 ［N/mm²］	検定比
ヒンジピン	33	118	0.28
ヒンジボルト	20	205	0.10
扉支持金具 （扉体側）	73	205	0.36
扉支持金具 （枠体側）	77	205	0.38
締結金具	170	205	0.83

表9-10-3 浸水防止扉（TVF-7）の評価結果（アンカーボルト）

種別	発生荷重 ［kN/本］	許容耐力 ［kN/本］	検定比
引張	1.1	32.2	0.04
せん断	2.3	19.2	0.12

10. ガラリ延長ダクト（TVF-8）

10.1 記号の説明

ガラリ延長ダクト（TVF-8）の耐震評価に用いる記号を表10-1-1に示す

表10-1-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
m_b	排気口ボックスの荷重	kg
m_p	ダクト配管の荷重	kg
m_s	サポート1個あたりの荷重	kg
P	積載荷重	kg
K_s	地震荷重	kg
G	ガラリ延長ダクト（TVF-8）各部位の固定荷重	−
K	設計震度	−
g	重力加速度	m/s^2
N	ダクト配管のサポート数	本
K_H	水平震度	−
K_V	鉛直震度	−
P_{HB}	排気口ボックスに作用する水平方向地震荷重	kN
P_{VB}	排気口ボックスに作用する鉛直方向地震荷重	kN
P_{hB}	排気口ボックスに作用する津波による荷重	kN
P_{HD}	ダクト配管サポートに作用する水平方向地震荷重	kN
P_{VD}	ダクト配管サポートに作用する鉛直方向地震荷重	kN
ρ	ダクト配管の密度	t/m^3
A_p	ダクト配管の断面積	m^2
L_p	ダクト配管の長さ	m
T_{anB}	排気口ボックスのアンカーボルト1本当たりの引張力	kN
n_{fHB}	水平方向荷重時に引張を受ける排気口ボックスのアンカーボルト本数	本
L_{hB}	ボックス重心から据付面までの距離	m
L_{bB}	末端アンカーボルト間距離（水平方向）	m
n_{fVB}	鉛直方向荷重時に引張を受ける排気口ボックスのアンカーボルト本数	本
L_{cB}	末端アンカーボルト間距離（鉛直方向）	m
Q_{anB}	排気口ボックスのアンカーボルト1本当たりのせん断力	kN
n_B	排気口ボックスのアンカーボルト本数	本

表 10-1-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の耐震評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
T_{anD}	ダクト配管サポートのアンカーボルト1本当たりの引張力	kN
n_{fHD}	水平方向荷重時に引張を受けるダクト配管サポートのアンカーボルト本数	本
L_{hD}	管中心から据付面までの距離	m
L_{bD}	ダクト配管サポートのアンカーボルトピッチ（水平方向）	m
n_{fVD}	鉛直方向荷重時に引張を受けるダクト配管サポートのアンカーボルト本数	本
n_D	ダクト配管サポートのアンカーボルト本数	本
L_{cD}	ダクト配管サポートのアンカーボルトピッチ（鉛直方向）	m
Q_{anD}	ダクト配管サポートのアンカーボルト1本当たりのせん断力	kN
n_D	サポート1個当たりのアンカーボルト本数	本
T_a	アンカーボルトの引張耐力	kN/本
T_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	kN/本
T_{a2}	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	kN/本
T_{a3}	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	kN/本
σ_y	アンカーボルトの降伏強度	N /mm^2
a_0	アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）	mm^2
σ_B	コンクリートの圧縮強度	N /mm^2
A_c、 A_{cb}、 A_{ca}	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	mm^2
l_e	アンカーの有効埋め込み長さ（枠体）	mm
l	アンカーの埋め込み長さ（穿孔長）	mm
d_a	アンカーの呼び径	mm
b	コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離(はしあき)	mm
A'_b	はしあきによる欠損面積	mm^2
A'_a	アンカーボルトが近接することによる欠損面積	mm^2
a	アンカーボルト中心間の距離	mm
T_{as}	あと施工アンカーを用いた接合部（１本当たり）の短期許容引張耐力	kN/本

表10-1-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の耐震評価に用いる記号（3/3）

記号	定義	単位
Q_a	アンカーボルトのせん断耐力	kN/本
Q_{a1}	アンカーボルトの降伏より決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a2}	コンクリートの支圧により決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a3}	上限値より決まるせん断耐力	kN/本
${}_sa_c$	アンカーボルトの公称断面積	mm^2
E_c	コンクリートのヤング係数	N/mm^2
Q_{as}、 Q'_{as}	短期許容せん断耐力	kN/本
$\emptyset_s$	低減係数	−
A_{cl}	アンカーボルトの有効投影面積	mm^2

10.2 評価部位

評価部位は、ガラリ延長ダクト（TVF-8）の構造上の特徴を踏まえ選定する。

ガラリ延長ダクト（TVF-8）は、板及び芯材の組合せにより剛な断面を有する給気口ボックス、配管及びリングガーダの組合せにより剛な断面を有するダクト配管及びダクトカバーから構成され、アンカーボルトで壁に固定する構造である。

ダクトカバーは設計津波で浸水しない位置にあることから、評価対象は給気口ボックスとダクト配管とする。

ガラリ延長ダクト（TVF-8）の本体及びダクト配管については、津波に対する強度は評価済であること及び地震力による荷重が津波による圧力荷重と比較して小さいことから、これらの荷重を比較することで強度評価を行う。従って、アンカーボルトについて荷重計算を実施して強度評価を行う。

ガラリ延長ダクト（TVF-8）について、概要図を図10-2-1、アンカーボルトの位置及び評価部位を図10-2-2、アンカーボルトへの地震荷重の作用イメージを図10-2-3に示す。

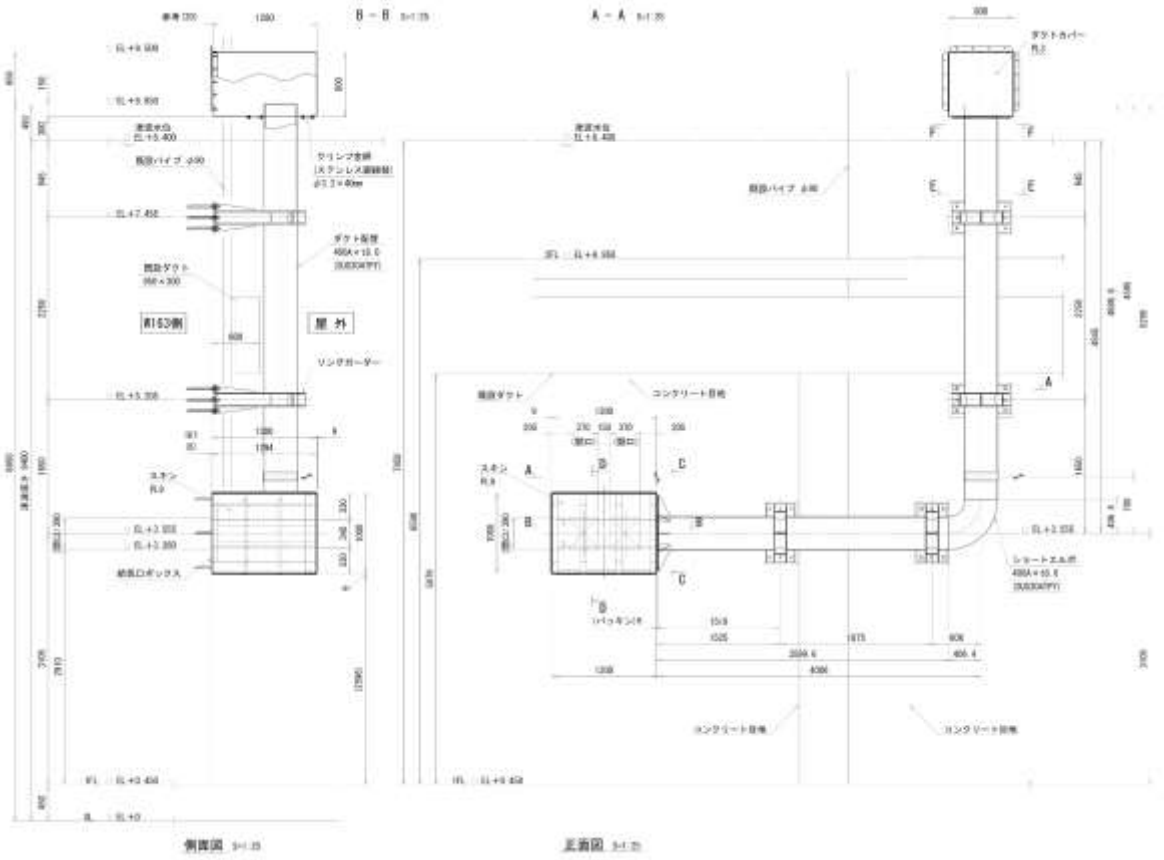
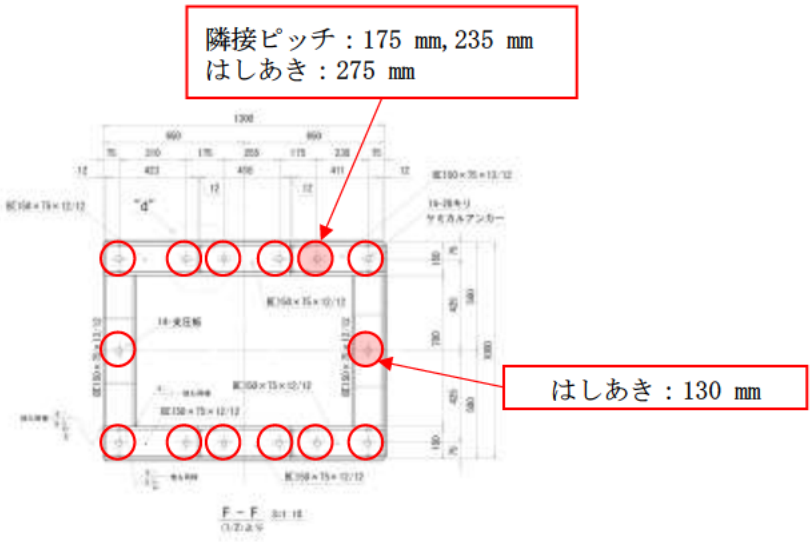
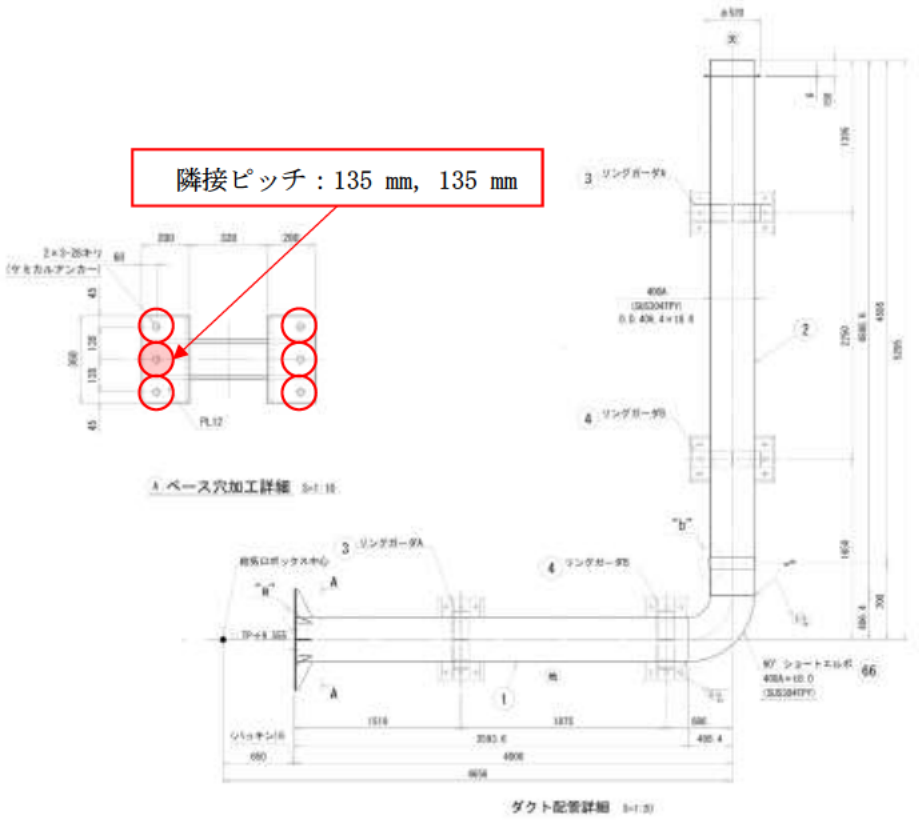


図10-2-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）概要図



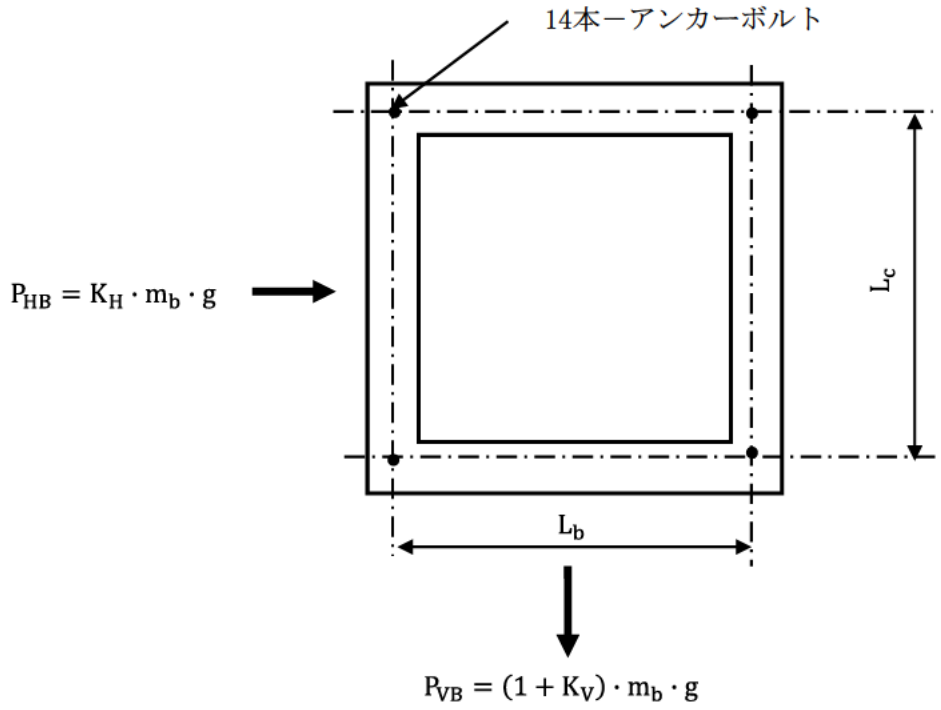
給気口ボックス
アンカーボルト配置



ダクト配管サポート
アンカーボルト配置

図10-2-2 ガラリ延長ダクト（TVF-8）アンカーボルト位置と評価部位

給気口ボックスのアンカーボルトに掛かる荷重



ダクト配管サポートのアンカーボルトに掛かる荷重

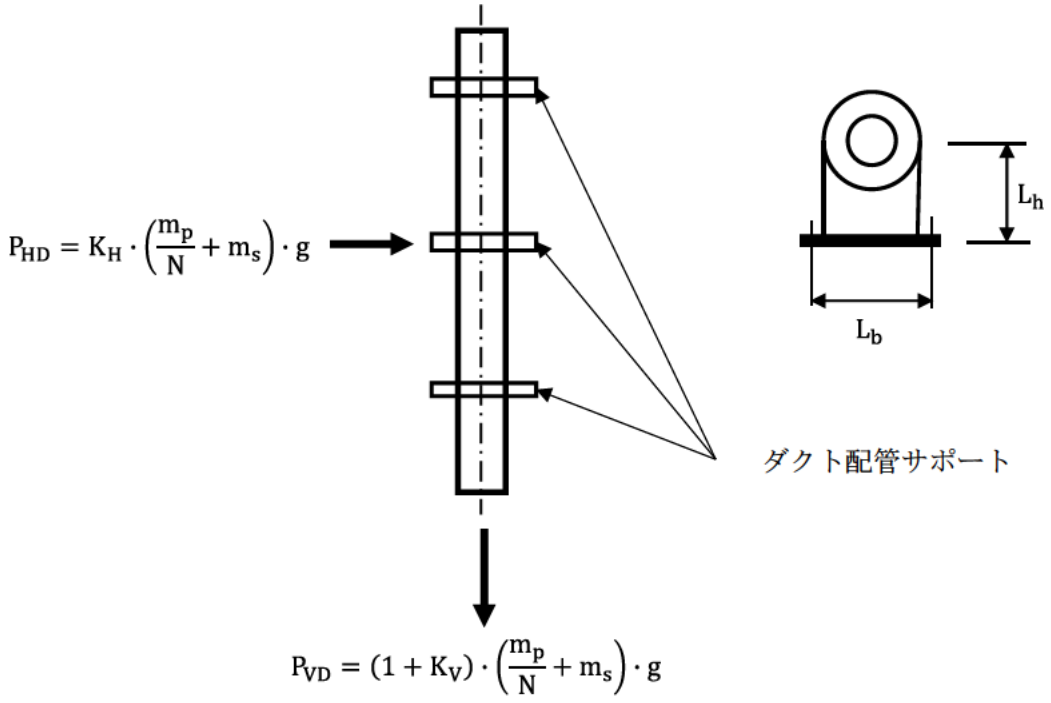


図10-2-3 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の地震荷重の作用イメージ

10.3 構造強度評価方法

ガラリ延長ダクト（TVF-8）の耐震評価は、「10.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「10.4 荷重及び荷重の組合せ」及び「10.5 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「10.7 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

10.4 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する荷重

ガラリ延長ダクト（TVF-8）の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

m_b：給気口ボックスの質量

m_p：ダクト配管の質量

m_s：ダクト配管サポート1個当たりの質量

K_s：設計地震力

ガラリ延長ダクト（TVF-8）は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 固定荷重(G)

ガラリ延長ダクト（TVF-8）の荷重を表10-4-1に示す。

表10-4-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の荷重

設備名称	固定荷重G	
	部位	荷重 [kg]
ガラリ延長ダクト（TVF-8）	給気口ボックス m_b	1190
	鉛直ダクト配管 m_p	430
	鉛直配管サポート m_s	200
	水平ダクト配管 m_p	320
	水平配管サポート m_s	200

b. 地震荷重(K_s)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、ガラリ延長ダクト(TVF-8)の固定荷重に設計震度Kを乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

ガラリ延長ダクト（TVF-8）に作用する荷重の組合せを表10-4-2に示す。

表10-4-2 ガラリ延長ダクト(TVF-8)の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
給気口ボックス	$m_b + K_s$
ダクト配管	$m_p/N + m_s + K_s$

10.5 許容限界

(1) 使用材料

ガラリ延長ダクト（TVF-8）を構成する部材のうち、耐震評価を実施する部位であるアンカーボルトの使用材料及び仕様を表10-5-1に示す。

表10-5-1 アンカーボルトの使用材料及び仕様

部位	材質	仕様[mm]※21
アンカーボルト	SUS304N2	M20×200L
	SUS304N2	M24×300L

※21 Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

(2) 許容限界

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成18年7月7日）に基づく。

10.6 評価用地震力

浸水防止設備 （TVF-1～TVF-10）の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラリ延長ダクトの耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍して用いる。評価の対象であるガラリ延長ダクト（TVF-8）は1階に設置されているが、1階から2階にかけて設置されている浸水防止扉（TVF-1）を含めて保守側の評価となるよう3階の加速度を参照する。耐震計算で用いる震度を表10-6-1に示す。

表10-6-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の耐震計算で用いる震度

地震動	設置場所	地震による設計震度	
設計地震動	ガラス固化技術開発施設（TVF） 3階	水平方向K_H	1.12
		鉛直方向K_V	0.79

10.7 計算方法

ガラリ延長ダクト（TVF-8）の本体及びダクト配管については、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

アンカーボルトについては、設計地震力から作用荷重を算定し、許容限界以内であることを確認する。

(1) 荷重算定

① 給気口ボックスに作用する水平方向地震力P_{HB}

$$P_{HB} = K_H \cdot m_b \cdot g$$

② 給気口ボックスに作用する鉛直方向地震力P_{VB}

$$P_{VB} = (1 + K_V) \cdot m_b \cdot g$$

③ ダクト配管サポートに作用する水平方向地震力P_{HD}

$$P_{HD} = K_H\left(\frac{m_p}{N} + m_s\right) \cdot g$$

④ ダクト配管サポートに作用する鉛直方向地震力P_{VD}

$$P_{VD} = (1 + K_V)\left(\frac{m_p}{N} + m_s\right) \cdot g$$

ただし、$m_p = \rho \cdot A_p \cdot L_p$

(2) アンカーボルトにかかる引張力・せん断力算定

① 給気口ボックスのアンカーボルト1本当たりの引張力T_{anB}

$$T_{anB} = \frac{P_{HB}}{n_{fHB}} \cdot \frac{L_{hB}}{L_{bB}} + \frac{P_{VB}}{n_{fVB}} \cdot \frac{L_{hB}}{L_{cB}}$$

② 給気口ボックスのアンカーボルト1本当たりのせん断力Q_{anB}

$$Q_{anB} = \frac{\sqrt{P_{HB}^2 + P_{VB}^2}}{n_B}$$

③ ダクト配管サポートのアンカーボルト1本当たりの引張力T_{anD}

・鉛直部分

$$T_{anDV}=\frac{P_{HD}}{n_{fHD}}\cdot\frac{L_{hD}}{L_{bD}}+\frac{P_{VD}}{2n_{fVD}}\cdot\frac{L_{hD}}{L_{cD}}$$

・水平部分

$$T_{anDH}=\frac{P_{HD}}{2n_{fHD}}\cdot\frac{L_{hD}}{L_{bD}}+\frac{P_{VD}}{n_{fVD}}\cdot\frac{L_{hD}}{L_{cD}}$$

④ ダクト配管サポートのアンカーボルト1本当たりのせん断力Q_{anD}

$$Q_{anD}=\frac{\sqrt{P_{HD}^2+P_{VD}^2}}{n_D}$$

10.8 許容応力

(1) アンカーボルト

「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

a. 引張耐力

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

T_a：引張耐力

$$T_{a1} = \sigma_y a_0$$

T_{a1}：アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力
σ_y：アンカーボルトの降伏強度
a_0：アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$A_c = \pi l_e \left(l_e + d_a \right)$$

$$l_e = l - d_a$$

T_{a2}：コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力
σ_B ：コンクリートの圧縮強度
A_c ：コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積
l_e ：アンカーの有効埋め込み長さ
l ：アンカーの埋め込み長さ（穿孔長）
d_a ：アンカーの呼び径

コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）bがアンカーボルト穿孔長を下回る場合、すなわち、$b < l$の場合、A_cに替えA_{cb}を使用してT_{a2}を算出する。

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_{cb}$$

$b < l$ の場合、$A_c \rightarrow A_{cb}$

$$\theta_b = 2\cos^{-1}\left(\frac{b}{l_e + \frac{d_a}{2}}\right)$$ ただし、θ_b[°]

$$A_{cb} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_b}{180}\pi + \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

はしあきによる欠損面積A_b'は、以下の通り算出する。

$$A_b' = 0.5(\frac{\theta_b}{180}\pi - \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^2$$

アンカーボルト中心間の距離aが $2(l_e + \frac{d_a}{2})$を下回る場合、すなわち、

$\frac{a}{2} < l_e + \frac{d_a}{2}$)の場合も$A_c$に替え$A_{ca}$を使用して$T_{a2}$を算出する。

$$\theta_a = 2\cos^{-1}\left(\frac{a}{2l_e + d_a}\right)$$ ただし、θ_a[°]

$$A_{ca} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_a}{180}\pi + \sin\ \theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^2 - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

アンカーボルトが近接することによる欠損面積A_a'は、以下の通り算出する。

$$A_a' = 0.5(\frac{\theta_a}{180}\pi - \sin\theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^2$$

T_{a2}については、はしあき及びアンカーボルトの近接による有効水平投影面積が最小のアンカーボルト1本あたりの引張耐力として強度評価を行う。

$$T_{a3} = 10\sqrt{\left(\frac{\sigma_B}{21}\right)} \cdot \pi d_a l_e$$

T_{a3}：コンクリートの付着破壊より決まる引張耐力

$T_{as} = \frac{2}{3} T_a$ $(T_a$がT_{a2}又はT_{a3}で決まる場合$)$

$T_{as} = T_a$ $(T_a$がT_{a1}で決まる場合$)$

T_{as}：あと施工アンカーを用いた接合部$($１本当たり$)$の短期許容引張耐力

b. せん断耐力

$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$

Q_a：せん断耐力

$Q_{a1} = 0.7\sigma_y \times {}_s a_c$

Q_{a1}：アンカーボルトの降伏より決まるせん断耐力
σ_y：アンカーボルトの降伏強度
${}_s a_c$：アンカーボルトの公称断面積

$Q_{a2} = 0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \times {}_s a_c$

Q_{a2}：コンクリートの支圧により決まるせん断耐力
E_c：コンクリートのヤング係数
σ_B：コンクリートの圧縮強度

$Q_{a3} = 294 \times {}_s a_c$

Q_{a3}：上限値より決まるせん断耐力

$Q_{as} = Q_a / 1.5$

Q_{as}：短期許容せん断耐力

はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合は、以下の式で短期許容耐力を算出する。

$Q'_{as} = \phi_s \sqrt{10 \cdot \sigma_B} \times A_{cl} / 10$

ただし、

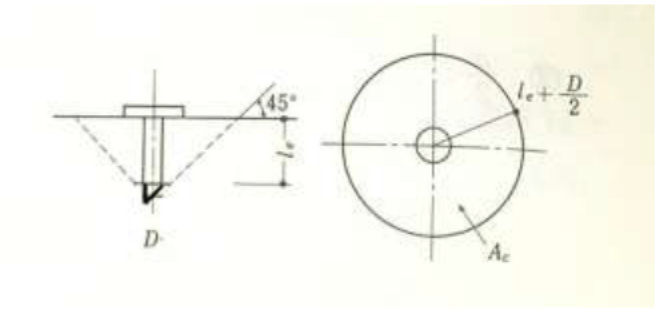
$\emptyset_{s2}$: 低減係数、短期 $= 0.6$

A_{cl}: 有効投影面積$\left(= \frac{1}{2}\pi a^2\right)$

この場合は

$$Q_{as} = \min(Q_{as}, Q'_{as})$$

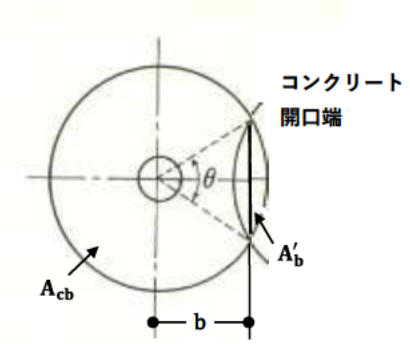
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図10-8-1に示す。



有効水平投影面積

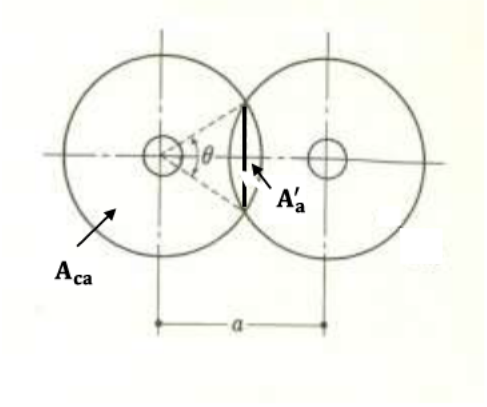
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



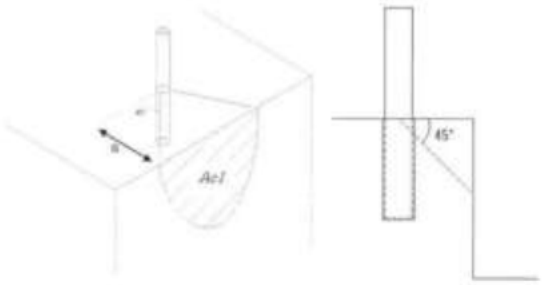
有効水平投影面積

（はしあき；有効埋込長さ未満）



有効水平投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）



有効投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

図10-8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

10.9 計算条件

「10.7 計算方法」に用いる評価条件を表10-9-1に示す。

表10-9-1 耐震評価に用いる条件（ガラリ延長ダクト（TVF-8）） (1/5)

項目	記号	単位	定義	数値
震度	K_H	−	水平震度	1.12
	K_V	−	鉛直震度	0.79
給気口ボックス荷重計算	m_b	kg	ボックスの質量	1190
	L_{hB}	m	ボックス重心から据付面までの距離	0.708
	L_{bB}	m	末端アンカーボルト間距離（水平方向）	1.15
	L_{cB}	m	末端アンカーボルト間距離（鉛直方向）	0.85
	n_B	本	アンカーボルト本数	14
	n_{fHB}	本	水平方向荷重時に引張を受けるアンカーボルト本数	3
	n_{fVB}	本	鉛直方向荷重時に引張を受けるアンカーボルト本数	6
	P_{HB}	kN	ボックスに作用する水平方向地震荷重	13.07
	P_{VB}	kN	ボックスに作用する水平方向地震荷重	20.889
	P_{hB}	kN	作用する津波による荷重	137
	T_{anB}	kN	アンカーボルト1本当たりの引張力	5.582
	Q_{anB}	kN	アンカーボルト1本当たりのせん断力	1.76
ダクト配管サポート（鉛直部分）荷重計算	m_{pD}	kg	ダクト配管の質量	430
	m_s	kg	サポート1個あたりの質量	200
	L_{hD}	m	管中心から据付面までの距離	0.82
	L_{bD}	m	アンカーボルトピッチ（水平方向）	0.6
	L_{cD}	m	アンカーボルトピッチ（鉛直方向）	0.27
	N	本	サポート数	2
	n_D	本	サポート1個当たりのアンカーボルト本数	6
	n_{fHD}	本	水平方向荷重時に引張を受けるアンカーボルト本数	3
	n_{fVD}	本	鉛直方向荷重時に引張を受けるアンカーボルト本数	2

表10-9-1 耐震評価に用いる条件（ガラリ延長ダクト（TVF-8）） (2/5)

項目	記号	単位	定義	数値
ダクト配管サポート（鉛直部分）荷重計算	ρ	t/m^3	ダクト配管の密度	7.93
	A_p	m^2	ダクト配管の断面積	0.01
	L_p	m	ダクト配管の長さ	5.295
	P_{HD}	kN	水平方向地震荷重	4.558
	P_{VD}	kN	鉛直方向地震荷重	7.285
	T_{anD}	kN	アンカーボルト1本当たりの引張力	7.608
	Q_{anD}	kN	アンカーボルト1本当たりのせん断力	1.432
ダクト配管サポート（水平部分）荷重計算	m_{pH}	kg	ダクト配管の質量	320
	m_s	kg	サポート1個あたりの質量	200
	L_{hD}	m	管中心から据付面までの距離	0.82
	L_{bD}	m	アンカーボルトピッチ（水平方向）	0.27
	L_{cD}	m	アンカーボルトピッチ（鉛直方向）	0.6
	N	本	サポート数	2
	n_D	本	サポート1個当たりのアンカーボルト本数	6
	n_{fHD}	本	水平方向荷重時に引張を受けるアンカーボルト本数	2
	n_{fVD}	本	鉛直方向荷重時に引張を受けるアンカーボルト本数	3
	ρ	t/m^3	ダクト配管の密度	7.93
	A_p	m^2	ダクト配管の断面積	0.01
	L_p	m	ダクト配管の長さ	4.00
	P_{HD}	kN	水平方向地震荷重	3.954
	P_{VD}	kN	鉛直方向地震荷重	6.319
	T_{anD}	kN	アンカーボルト1本当たりの引張力	5.881
	Q_{anD}	kN	アンカーボルト1本当たりのせん断力	1.242

表10-9-1 耐震評価に用いる条件（ガラリ延長ダクト（TVF-8）） (3/5)

項目	記号	単位	定義	数値
アンカーボルト耐力計算条件	d_a	mm	アンカーボルトの呼び径（ボックス）	20
			（ダクト配管サポート）	24
	l_e	mm	アンカーボルトの有効埋込長（ボックス）	180
			（ダクト配管サポート）	276
	σ_y	N/mm^2	アンカーボルトの降伏強度	345
	a_0	mm^2	アンカーボルトM20の有効断面積（ネジ加工を考慮）（ボックス）	245
			（ダクト配管サポート）	353
	σ_B	N/mm^2	コンクリートの圧縮強度	20.6
	E_C	N/mm^2	コンクリートのヤング係数	2.15×10^4
	${}_sa_c$	mm^2	アンカーボルトM20の公称断面積（ボックス）	314
			アンカーボルトM24の公称断面積（サポート）	452

表10-9-1 耐震評価に用いる条件（ガラリ延長ダクト（TVF-8）） (4/5)

項目	記号	単位	定義	数値
給気口ボックスアンカーボルト耐力	a_{1B}	mm	アンカーボルト隣接ピッチ	175
	a_{2B}	mm	アンカーボルト隣接ピッチ	235
	b_{1B}	mm	はしあき（引張耐力計算用）	275
	b_{2B}	mm	はしあき（せん断耐力計算）	130
	A_{cB}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積	61982
	T_{a1B}	kN	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	84.5
	T_{a2B}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	64.7
	T_{a3B}	kN	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	112
	T_{asB}	kN	短期許容引張耐力	43.1
	A_{clB}	mm^2	投影面積（「はしあき」＜アンカーボルト有効埋込長）	26546
	Q_{a1B}	kN	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	75.8
	Q_{a2B}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力	83.7
	Q_{a3B}	kN	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力	92.3
	Q'_{asB}	kN	「はしあき」＜アンカーボルト有効埋込長の時の短期せん断耐力	22.9
	Q_{asB}	kN	短期許容せん断耐力	22.9

表10-9-1 耐震評価に用いる条件（ガラリ延長ダクト（TVF-8）） (5/5)

項目	記号	単位	定義	数値
ダクト配管サポートアンカーボルト耐力	a_{1D}	mm	アンカーボルト隣接ピッチ	135
	a_{2D}	mm	アンカーボルト隣接ピッチ	135
	A_{cD}	mm^2	コーン破壊面の有効水平投影面積	76655
	T_{a1D}	kN	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	121.8
	T_{a2D}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	80.0
	T_{a3D}	kN	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	206.1
	T_{asD}	kN	短期許容引張耐力	53.3
	Q_{a1D}	kN	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	109.2
	Q_{a2D}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力	120.4
	Q_{a3D}	kN	コンクリートの付着破壊により決まるせん断耐力	132.9
	Q_{asD}	kN	短期許容せん断耐力	72.8

10.10 評価結果

ガラリ延長ダクト（TVF-8）の排気口ボックスに係る耐震計算荷重と耐津波強度計算荷重の比較を行った結果を表10-10-1に示す。また、ガラリ延長ダクト（TVF-8）のアンカーボルトの評価結果を表10-10-2に示す。

ガラリ延長ダクト（TVF-8）の給気口ボックスにかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、津波に対する強度評価に包含される。

加えて、ガラリ延長ダクト（TVF-8）のアンカーボルトの評価結果でも、発生力は短期許容耐力以下であることを確認した。

表10-10-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の評価結果

耐震計算荷重 ［kN］	強度計算荷重 ［kN］	耐震/強度荷重比
13.1	137	0.10

表10-10-2 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の評価結果（アンカーボルト）

名称	応力	作用荷重 ［kN/本］	許容耐力 ［kN/本］	検定比
給気口ボックス	引張	5.59	43.1	0.13
	せん断	1.76	22.9	0.08
ダクト配管 サポート (鉛直)	引張	7.61	53.3	0.15
	せん断	1.44	72.8	0.02
ダクト配管 サポート (水平)	引張	5.88	53.3	0.12
	せん断	1.25	72.8	0.02

11. 窓遮へい板（TVF-9）

11.1 記号の説明

窓遮へい板（TVF-9）の耐震評価に用いる記号を表11-1-1に示す。

表11-1-1 窓遮へい板（TVF-9）の耐震評価に用いる記号（1/2）

記号	定義	単位
G	窓遮へい板（TVF-9）の固定荷重	kg
P	積載荷重	kg
K_s	地震荷重	kN
K	設計震度	−
g	重力加速度	m/s^2
K_H	水平方向震度	−
K_V	鉛直方向震度	−
P_H	水平方向地震力（TVF-9）	kN
P_V	鉛直方向地震力（TVF-9）	kN
P_h	津波による荷重	kN
T_{aB}	アンカーボルト1本当たりの引張力	kN
n_{fH}	水平方向荷重時に引張を受けるアンカーボルト数	本
n_{fV}	鉛直方向荷重時に引張を受けるアンカーボルト数	本
L_h	窓遮へい板（TVF-9）の重心から据付面までの距離	m
L_b	末端アンカーボルト間距離（水平方向）	m
L_C	末端アンカーボルト間距離（鉛直方向）	m
Q_{aB}	アンカーボルト1本当たりのせん断力	kN
n_a	アンカーボルトの本数（強度評価対象）	本
T_{as}	あと施工アンカーを用いた接合部（１本当たり）の短期許容引張耐力	kN/本
T_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	kN/本
T_{a2}	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	kN/本
$\emptyset_1$	低減係数（短期＝1.0）	−
σ_y	アンカーボルトの降伏強度	N/mm^2
a_0	アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）	mm^2
$\emptyset_2$	低減係数（短期＝0.6）	−
σ_B	コンクリートの圧縮強度	N/mm^2
A_c	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	mm^2

表11-1-1 窓遮へい板（TVF-9）の耐震評価に用いる記号（2/2）

記号	定義	単位
l_e	アンカーボルトの有効埋め込み長さ	mm
l	アンカーの埋め込み長さ（穿孔長）	mm
d_a	アンカーボルトの呼び径	mm
Q_{as}、 Q'_{as}	短期許容せん断耐力	kN/本
E_c	コンクリートのヤング係数	N/mm^2
$\emptyset_3$	低減係数（短期＝0.6）	－

11.2 評価部位

評価部位は、窓遮へい板（TVF-9）の構造上の特徴を踏まえ選定する。

窓遮へい板（TVF-9）は、鋼製の板と芯材（主桁）から構成される窓遮へい板を、ボルトにより板枠に固定し、その板枠を建家の開口部周辺にアンカーボルトにより固定した構造である。

窓遮へい板(TVF-9)に生じる地震に伴う荷重は、板から芯材、芯材から板枠に伝達される。また、板枠はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。

窓遮へい板本体については、津波荷重に対して十分な強度を有することを確認している(別添3参照）。一方、地震荷重は、津波荷重と比較して極めて小さいことから、応力計算による耐震評価は行わず、荷重の比較により強度を有することを確認する。窓遮へい板（TVF-9）のアンカーボルトについては、地震による窓遮へい板本体の振動による荷重を受けることから、応力計算を行い、耐震強度を評価する。

窓遮へい板（TVF-9）の構造図を図11-2-1に、アンカーボルトの位置及び評価部位を図11-2-2に、アンカーボルトへの地震荷重の作用イメージを図11-2-3に示す。

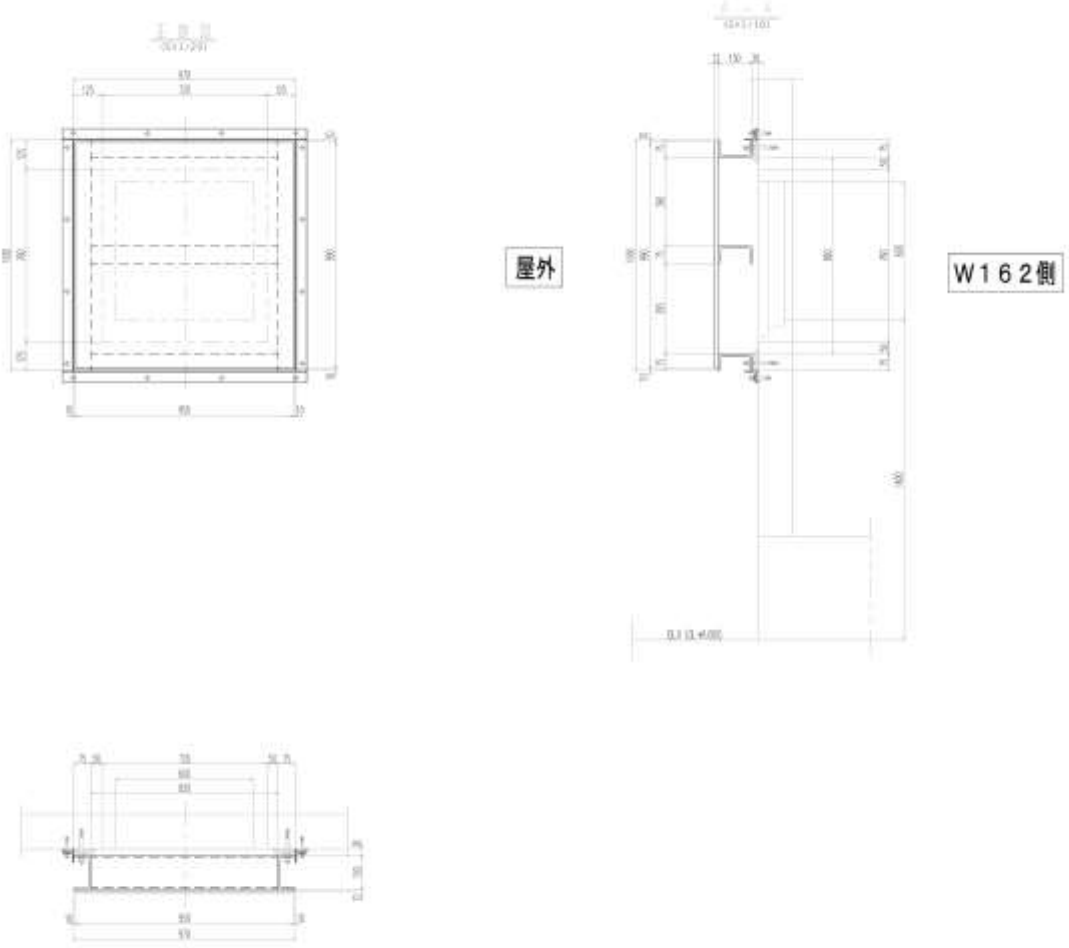


図11-2-1 窓遮へい板（TVF-9）構造図

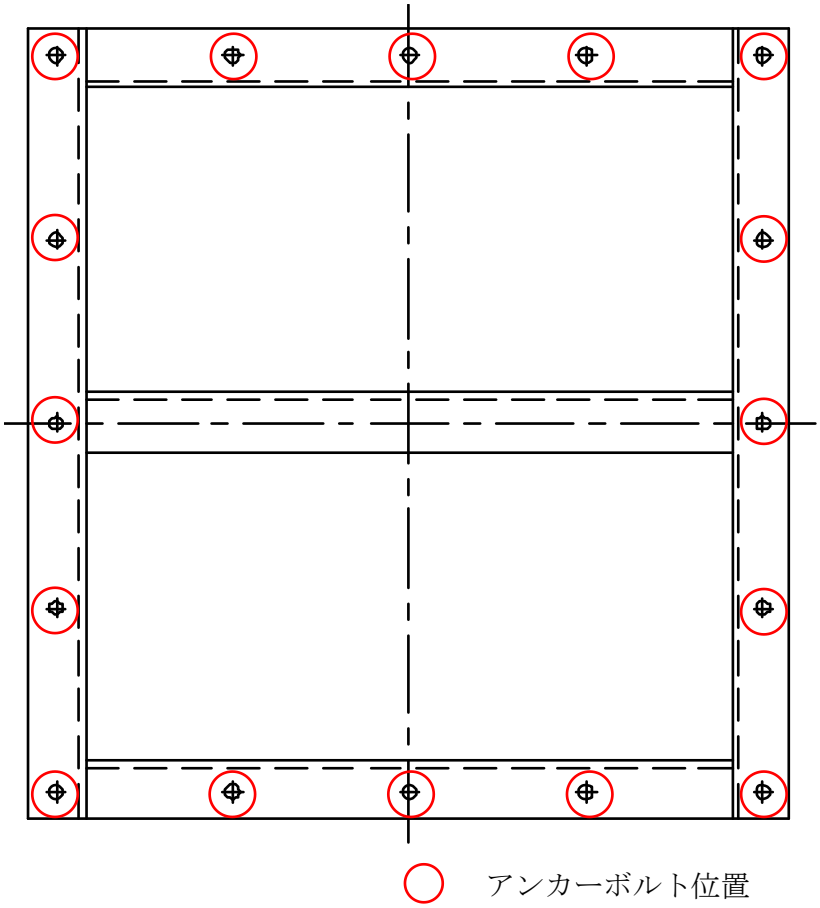


図11-2-2 窓遮へい板（TVF-9）アンカーボルト位置と評価部位

窓遮へい板のアンカーボルトに掛かる荷重

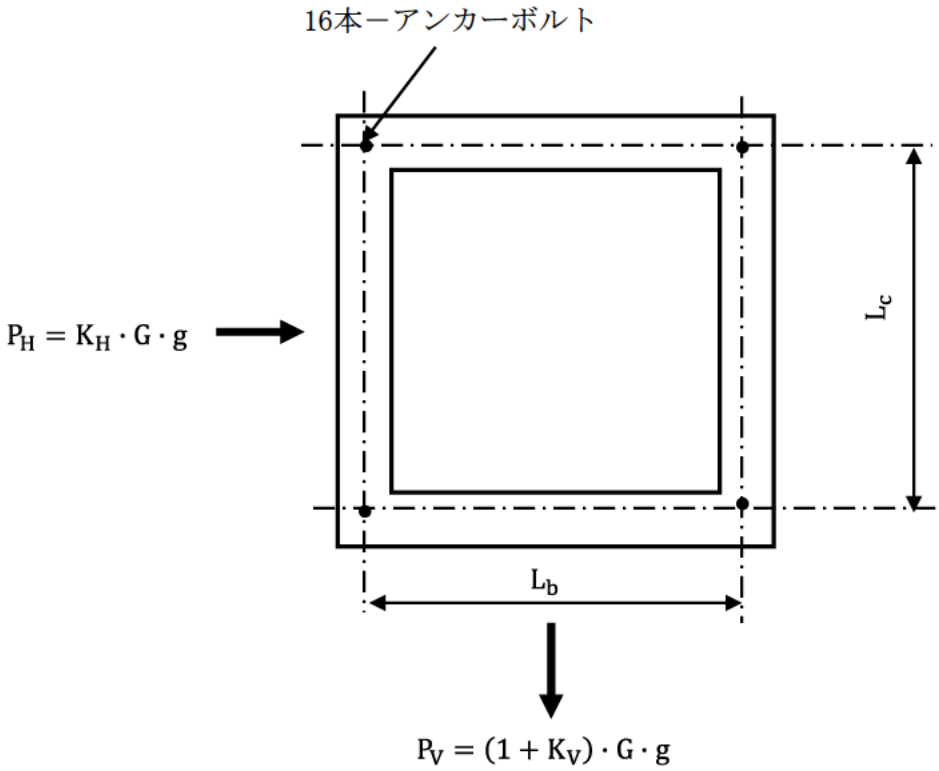


図11-2-3 窓遮へい板（TVF-9）の地震荷重の作用イメージ

11.3 構造強度評価方法

窓遮へい板（TVF-9）の耐震評価は、「11.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「11.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「11.6 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「11.5 許容限界」に示す許容限界以内であることを確認する。

11.4 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する荷重

窓遮へい板（TVF-9）の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G：窓遮へい板（TVF-9）の固定荷重

P ：積載荷重

K_s：設計地震力

窓遮へい板（TVF-9）は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 固定荷重(G)

窓遮へい板（TVF-9）の荷重を表11-4-1に示す。

表11-4-1 窓遮へい板（TVF-9）の荷重

設備名称	固定荷重 G	
	部位	荷重 [kg]
窓遮へい板（TVF-9）	遮へい板	200

b. 地震荷重(K_s)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、窓遮へい板（TVF-9）の固定荷重に設計震度Kを乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

窓遮へい板（TVF-9）に作用する荷重の組合せを表11-4-2に示す。

表11-4-2 窓遮へい板（TVF-9）の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
窓遮へい板（TVF-9）	$G + K_s$

11.5 許容限界

(1) 使用材料

窓遮へい板（TVF-9）を構成する部材のうち、耐震評価を実施する部位であるアンカーボルトの使用材料及び仕様を表11-5-1に示す。

表11-5-1 アンカーボルトの使用材料及び仕様

部位	材質	仕様[mm]※22
アンカーボルト	SUS304	M16×70L

※22 Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

(2) 許容限界

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成18年7月7日）に基づく。

11.6 評価用地震力

浸水防止設備（TVF-1～TVF-10）の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止設備の耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍して用いる。評価の対象である窓遮へい板（TVF-9）は1階に設置されているが、1階から2階にかけて設置されている浸水防止扉（TVF-1）を含めて保守側の評価となるよう3階の加速度を参照する。評価に用いる震度を表11-6-1に示す。

表11-6-1 窓遮へい板（TVF-9）の耐震計算で用いる震度

地震動	設置場所	地震による設計震度	
設計地震動	ガラス固化技術開発施設（TVF） 3階	水平方向K_H	1.12
		鉛直方向K_V	0.79

11.7 計算方法

窓遮へい板（TVF-9）の本体については、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

アンカーボルトについては、設計地震力から作用荷重を算定し、許容限界以内であることを確認する。

(1) 荷重算定

① 窓遮へい板に作用する水平方向地震力P_H

$$P_H = K_H \cdot G \cdot g$$

② 窓遮へい板に作用する鉛直方向地震力P_V

$$P_V = (1 + K_V) \cdot G \cdot g$$

(2) アンカーボルトにかかる引張力・せん断力算定

① 窓遮へい板のアンカーボルト1本当たりの引張力T_{aB}

$$T_{aB} = \frac{P_H}{n_{fH}} \cdot \frac{L_h}{L_b} + \frac{P_V}{n_{fV}} \cdot \frac{L_h}{L_c}$$

② 窓遮へい板のアンカーボルト1本当たりのせん断力Q_{aB}

$$Q_{aB} = \frac{\sqrt{P_H^2 + P_V^2}}{n_a}$$

11.8 許容応力

(1) アンカーボルト（金属系）

金属拡張アンカーボルトは「各種合成構造設計指針・同解説」（日本建築学会）に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

a. 引張耐力

$$T_{as} = \min(T_{a1}, T_{a2})$$

T_{as}：短期引張耐力

$$T_{a1} = \emptyset_1 \cdot \sigma_y \cdot a_0$$

T_{a1}：アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力

$\emptyset_1$：低減係数（短期：1）

σ_y：アンカーボルトの降伏強度

a_0：アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）

$$T_{a2} = 0.23 \cdot \emptyset_2 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$A_c = \pi l_e (l_e + d_a)$$

$\emptyset_2$：低減係数（短期：0.6）

T_{a2}：コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力

σ_B：コンクリートの圧縮強度

A_c：コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積

l_e：アンカーの有効埋め込み長さ

l：アンカーの埋め込み長さ（穿孔長）

d_a：アンカーの呼び径

b. せん断耐力

$$Q'_{as} = 0.75 \cdot \emptyset_3 \cdot 0.5 \sqrt{E_C \cdot \sigma_B} \times a_0$$

Q'_{as}：短期せん断耐力

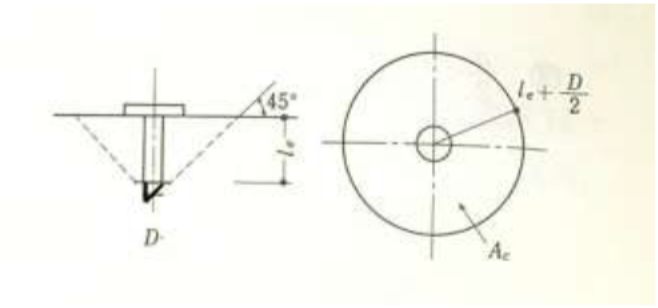
$\emptyset_3$：低減係数（短期：0.6）

E_c：コンクリートのヤング係数

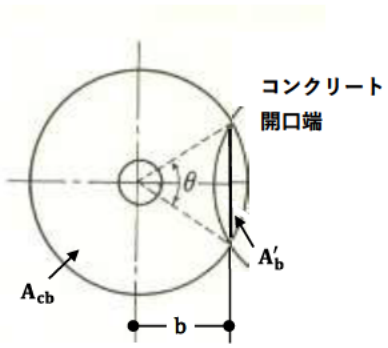
σ_B：コンクリートの圧縮強度

a_0：アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）

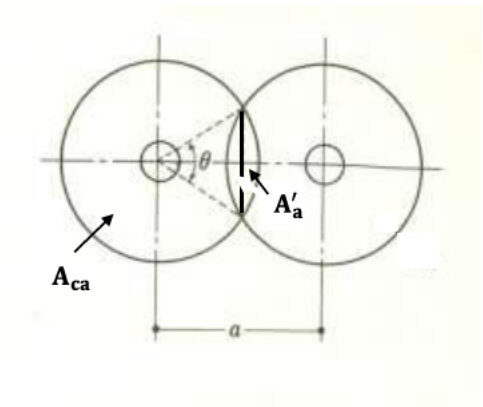
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図11-8-1に示す。



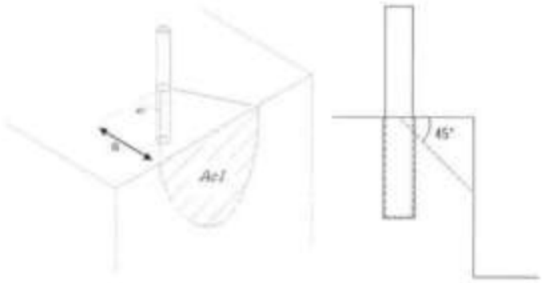
有効水平投影面積
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）
（はしあき；有効埋込み長さ以上）



有効水平投影面積
（はしあき；有効埋込長さ未満）



有効水平投影面積
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）



有効投影面積
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

図11-8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

11.9 計算条件

「11.7 計算方法」に用いる評価条件を表11-8-1に示す。

表11-9-1 耐震評価に用いる条件（窓遮へい板（TVF-9）） (1/2)

項目	記号	単位	定義	数値
震度	K_H	−	水平震度	1.12
	K_V	−	鉛直震度	0.79
窓遮へい板	G	kg	窓遮へい板の質量	200
	L_h	m	窓遮へい板重心から据付面までの距離	0.15
	L_b	m	末端アンカーボルト間距離(水平方向)	0.90
	L_c	m	末端アンカーボルト間距離(鉛直方向)	0.94
	n_a	−	アンカーボルト本数	16
	n_{fH}	本	水平方向荷重時に引張を受けるアンカーボルト本数	5
	n_{fV}	本	鉛直方向荷重時に引張を受けるアンカーボルト本数	5
	P_H	kN	窓遮へい板に作用する水平方向地震荷重	2.197
	P_V	kN	窓遮へい板に作用する水平方向地震荷重	3.511
	P_h	kN	津波による荷重	116
	T_{aB}	kN	アンカーボルト1本当たりの引張力	0.185
	Q_{aB}	kN	アンカーボルト1本当たりのせん断力	0.259
アンカーボルト耐力計算条件	d_a	mm	アンカーボルトの呼び径	16
	l_e	mm	アンカーボルトの有効埋込長	60
	σ_y	N/mm^2	アンカーボルトの降伏強度	205
	a_0	mm^2	アンカーボルトM16の有効断面積(ネジ加工を考慮)	157
	σ_B	N/mm^2	コンクリートの圧縮強度	20.6
	E_C	N/mm^2	コンクリートのヤング係数	2.15×10^4
	ϕ_1	−	低減係数（アンカー降伏より決まる引張耐力）	1.0
	ϕ_2	−	低減係数（コーン破壊より決まる引張耐力）	0.6
	ϕ_3	−	低減係数（せん断耐力）	0.6

表11-9-1 耐震評価に用いる条件（窓遮へい板（TVF-9）） (2/2)

項目	記号	単位	定義	数値
アンカーボルト耐力	A_c	mm^2	有効水平投影面積	14326
	T_{a1}	kN	アンカーボルトの降伏により決まる短期引張耐力	32.2
	T_{a2}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まる短期引張耐力	29.3
	T_{as}	kN	短期許容引張耐力	29.3
	Q_{as}	kN	短期許容せん断耐力	23.5

11.10 評価結果

窓遮へい板（TVF-9）にかかる耐震計算荷重と耐津波強度計算荷重の比較を行った結果を表11-10-1に示す。

窓遮へい板（TVF-9）にかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、強度計算で十分な強度を有することが確認されていることから、耐震性も有する。

加えて、地震荷重により窓遮へい板（TVF-9）のアンカーボルトに発生する引張力及びせん断力とアンカーボルトの短期許容耐力比を表11-10-2に示す。

いずれの箇所に発生する引張力及びせん断力ともアンカーボルトの短期許容応力以下であることを確認した。

表11-10-1 窓遮へい板（TVF-9）の評価結果

耐震計算荷重 ［kN］	強度計算荷重 ［kN］	耐震/強度荷重比
2.31	116	0.02

表11-10-2 窓遮へい板（TVF-9）の評価結果（アンカーボルト）

応力	発生荷重 ［kN/本］	許容耐力 ［kN/本］	検定比
引張	0.19	29.3	0.01
せん断	0.26	23.5	0.02

12. 浸水防止扉（TVF-10 閉状態）

12.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号を表12-1-1に示す。

表12-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	浸水防止扉（TVF-10）の固定荷重	t
G_D	浸水防止扉（TVF-10）の扉体荷重	t
G_F	浸水防止扉（TVF-10）の戸当り荷重	t
P	積載荷重	kN
K_s	地震荷重	kN
K	設計震度	−
g	重力加速度	m/s^2
t	扉板の板厚	mm
B_1	締付金具の金具幅	mm
B_2	締付金具の金切欠き幅	mm
B_3	締付金具の支点から荷重作用点までの距離	mm
K_H	水平方向設計震度	−
K_V	鉛直方向設計震度	−
P_H	水平方向地震力（TVF-10）	kN
P_V	鉛直方向地震力（TVF-10）	kN
F_Z	ヒンジ部に及び締結金具に作用するＺ方向荷重（TVF-10）	kN
F_X	ヒンジ部に作用するＸ方向荷重（TVF-10）	kN
L_a	ヒンジ中心間距離（TVF-10）	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離（TVF-10）	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力（TVF-10）	N/mm^2
F_{XZ}	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力（TVF-10）	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積（TVF-10）	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積（TVF-10）	mm^2
σ_{bi}	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）（TVF-10）（i=1：扉体正面、i=2：扉体側面）	N/mm^2
τ_{bi}	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）（TVF-10）（i=1：扉体正面、2：扉体側面）	N/mm^2

表12-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)（TVF-10）（i=1：扉体正面、2：扉体側面）	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積（TVF-10）	mm^2
σ_{rb}	締付金具に発生する曲げ応力（TVF-10）	N/mm^2
Z_r	締付金具の断面係数（TVF-10）	mm^3
τ_{rs}	締付金具に発生するせん断応力（TVF-10）	N/mm^2
A_{rs}	締付金具のせん断断面積（TVF-10）	mm^2
A_r	締付金具の断面積（TVF-10）	mm^2
σ_r	締付金具に発生する組合せ応力（TVF-10）	N/mm^2
F	基準強度	−
f_t	許容引張応力	N/mm^2
f_b	許容曲げ応力	N/mm^2
f_S	許容せん断応力	N/mm^2
T_{as}	アンカーボルトの引張耐力	kN/本
T_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	kN/本
T_{a2}	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	kN/本
T_{a3}	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	kN/本
σ_y	アンカーボルトの降伏強度	N/mm^2
a_0	アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）	mm^2
σ_B	コンクリートの圧縮強度	N/mm^2
A_c、 A_{cb}、 A_{ca}	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	mm^2
l_e	アンカーボルトの有効埋め込み長さ	mm
l	アンカーボルトの埋め込み長さ（穿孔長）	mm
d_a	アンカーボルトの呼び径	mm
b	コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）	mm
a	隣接アンカーボルトのピッチ（最小値）（へりあき）	mm
A'_a 、A'_b	欠損面積	mm^2
Q_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a2}	コンクリートの支圧により決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a3}	上限値より決まるせん断耐力	kN/本
${}_sa_c$	アンカーボルトの公称断面積	mm^2

表12-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号（3/3）

記号	定義	単位
E_c	コンクリートのヤング係数	N/m^2
Q_{as}、 Q'_{as}	短期許容せん断耐力	kN/本
$\emptyset_s$	低減係数（短期＝0.6）	－
A_{cl}	有効投影面積（はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合）	mm^2
P_{Ha}	アンカーボルトに作用する引張力	kN
P_{Va}	アンカーボルトに作用するせん断力	kN
P_h	津波により扉体にかかる強度計算荷重	kN
n_a	アンカーボルトの本数（強度評価対象）	本

12.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-10）（閉状態）の構造上の特徴を踏まえ選定する。

浸水防止扉（TVF-10）（閉状態）は、扉体本体（扉板及び芯材）、扉体部品（ヒンジ、扉支持金具及び締結金具）及びアンカーボルトから構成される。

浸水防止扉（TVF-10）（閉状態）に生じる地震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁及び縦桁）、芯材から枠体に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。

扉板本体については、津波荷重に対して十分な強度を有することを確認している（別添3参照）。一方、地震荷重は津波荷重と比較して極めて小さいことから、応力計算による耐震評価は行わず、荷重の比較により耐震強度を有することを確認する。

浸水防止扉（TVF-10）（閉状態）を構成する部品類であるヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具、締結金具及びアンカーボルトについては、地震による扉の振動により荷重を受けることから、応力計算を行い、強度評価を行う。

浸水防止扉（TVF-10）（閉状態）の構造図を図12-2-1に示す。扉体部品への地震荷重の作用イメージ及び評価部位を図12-2-2に、アンカーボルトの位置及び評価部位を図12-2-3に示す。

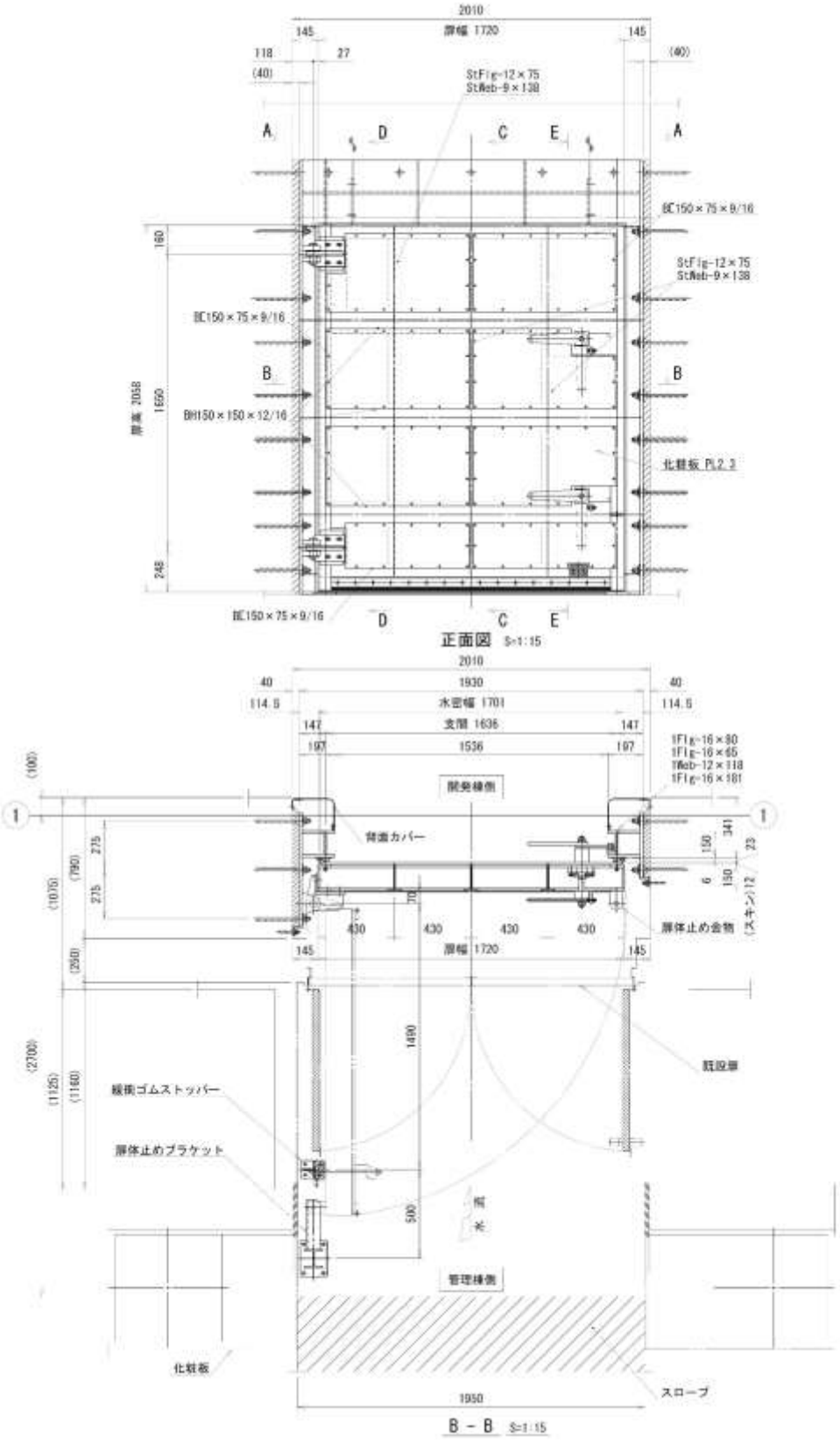


図12-2-1 浸水防止扉（TVF-10）の構造図

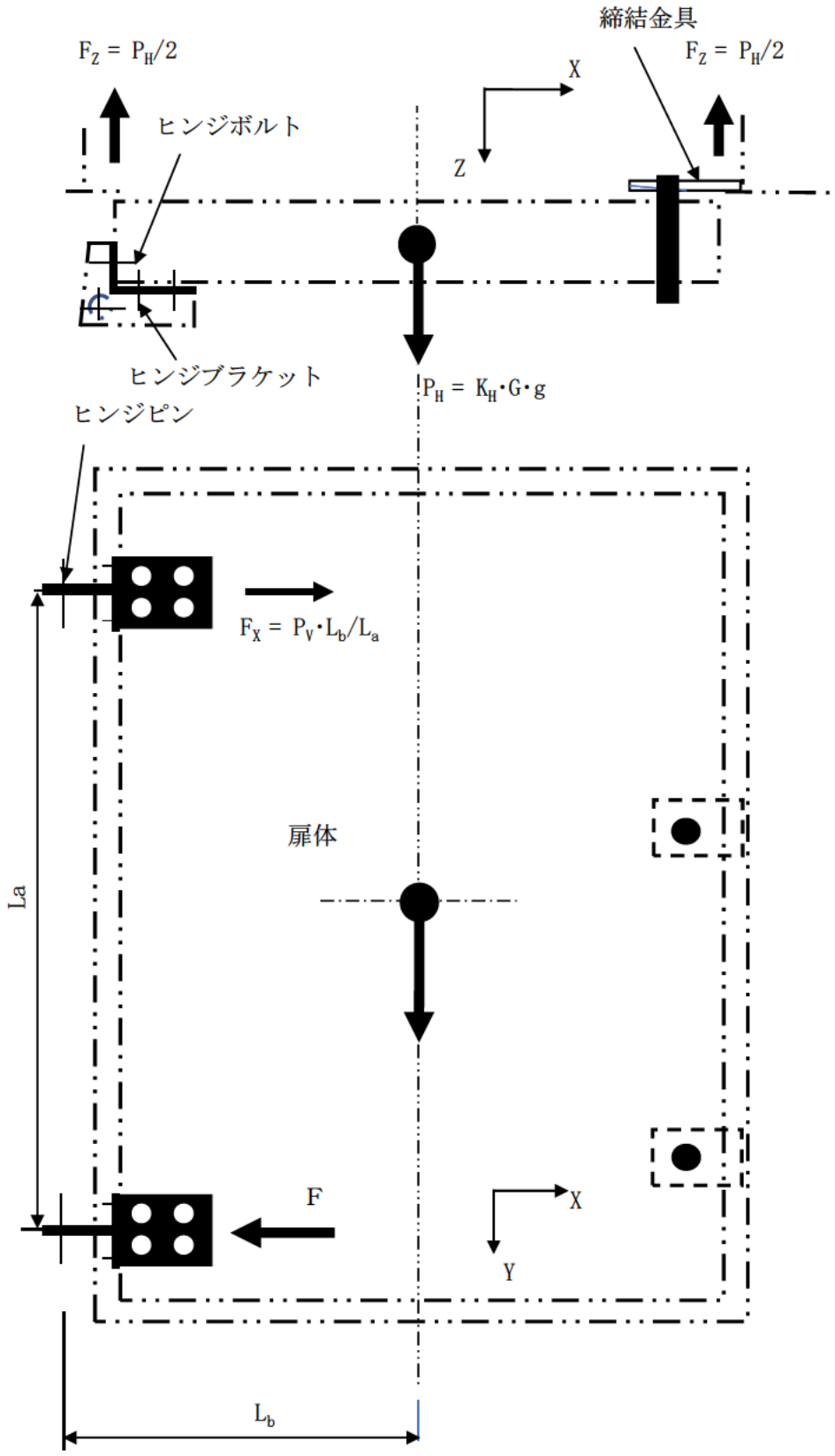
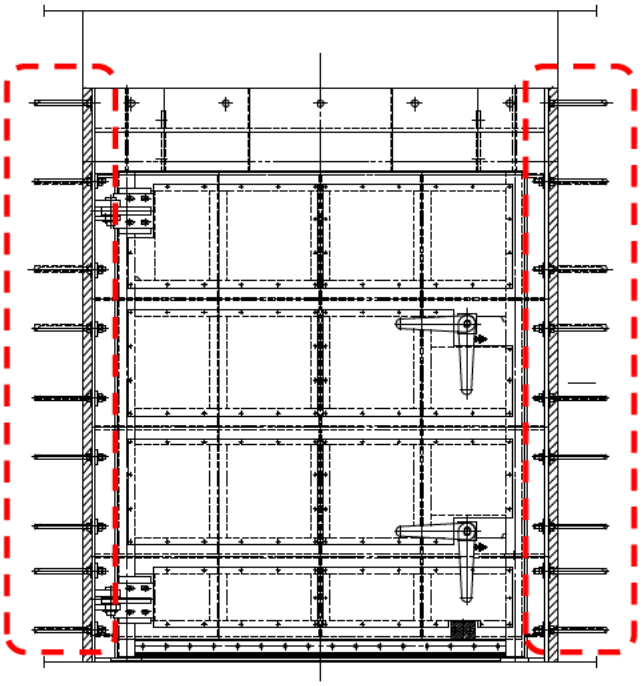


図12-2-2 浸水防止扉（TVF-10）閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位



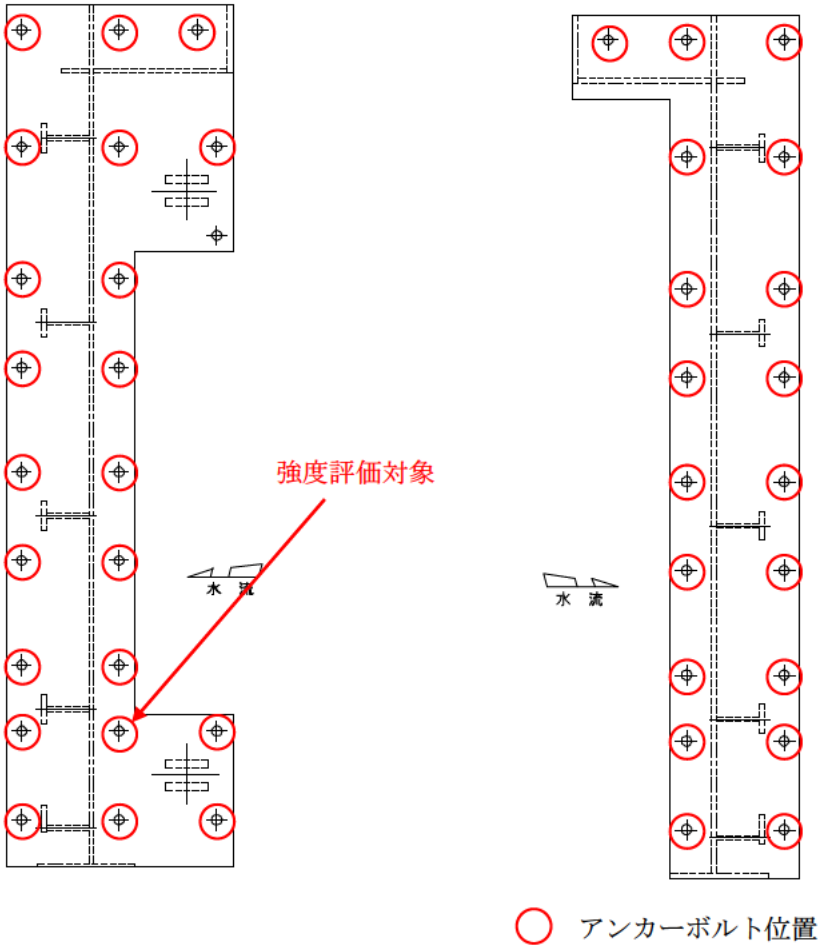


図12-2-3 浸水防止扉（TVF-10）アンカーボルト位置と評価部位

12.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価は、「12.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「12.4 荷重及び荷重の組合せ」及び「12.5 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「12.7 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

12.4 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する荷重

浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G　：浸水防止扉（TVF-10）の固定荷重

G_D：浸水防止扉（TVF-10）の扉体荷重

G_F：浸水防止扉（TVF-10）の戸当り荷重

P　：積載荷重

K_s：地震荷重

浸水防止扉（TVF-10）は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 固定荷重(G)

浸水防止扉（TVF-10）の自重を表12-4-1に示す。

表12-4-1 浸水防止扉（TVF-10）の自重

設備名称	固定荷重G	
	扉体G_D [t]	戸当りG_F [t]
浸水防止扉（TVF-10）	1.0	1.0

b. 地震荷重(K_s)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、浸水防止扉の固定荷重に設計震度Kを乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に不利な方向に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

浸水防止扉（TVF-10）に作用する荷重の組合せを表12-4-2に示す。

表12-4-2 浸水防止扉（TVF-10）の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
浸水防止扉（TVF-10）部品	$G_D + K_s$
アンカーボルト	$G_D + G_F + K_s$

12.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-10）を構成する部材のうち、耐震評価を行う部位である扉板、芯材、ヒンジ部、アンカーボルトの使用材料を表12-5-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図12-5-1に示す。

表12-5-1 使用材料

部位		材 質	仕様[mm]※23
扉板		SM400A	1973×1720×t12
芯材	主桁（上段及び下段）	SM400A	C150×75×9×16
	主桁（中間）	SM400A	H150×150×12×16
	縦桁	SM400A	C150×75×9×12
上部戸当り	鉛直/水平補剛材	SM400A	PL9×75
	水平補剛材	SM400A	PL9×170
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ30
	取付ボルト	SUS304	M12
	締結金具	SM400A	65(B_1)×26(B_2)×163(B_3)×t16
戸当り	アンカーボルト	SUS304	M20×200L

※23 tは板厚、φは径、Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

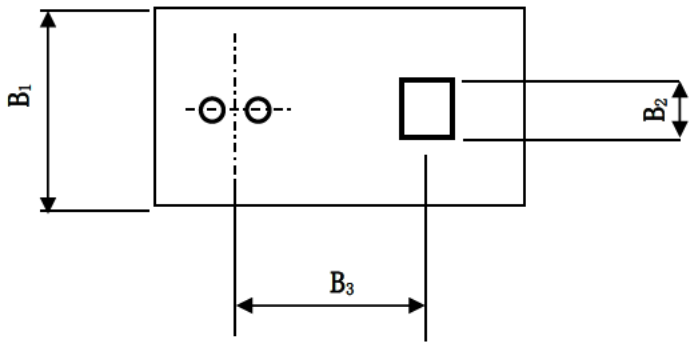


図12-5-1 締結金具の形状（浸水防止扉（TVF-10））

(2) 許容限界

a. 扉板、芯材及びヒンジ部

ヒンジ部及び扉支持金具の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、2005改定）」を踏まえて表12-5-2の値とする。

表12-5-2 許容限界

材料	短期許容応力 [N/mm^2]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※24	205	118
SM400A ※25	235	135

※24 許容応力度を決定する場合の基準強度Fの値は、「JIS G 4303：2012 ステンレス鋼棒」、「JIS G 4304：2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく。

※25 許容応力度を決定する場合の基準強度Fの値は、「JIS G 3106：2015 溶接構造用圧延鋼板及び鋼帯」、「鋼構造設計規準 溶接構造用（t≦40 mm）」に基づく。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成18年7月7日）に基づく。

12.6 評価用地震力

浸水防止設備 （TVF-1～TVF-10）の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍して用いる。評価の対象である浸水防止扉（TVF-10）は1階に設置されているが、1階から2階にかけて設置されている浸水防止扉（TVF-1）を含めて保守側の評価となるよう3階の加速度を参照する。評価に用いる震度を表12-6-1に示す。

表12-6-1 浸水防止扉(TVF-10)の耐震計算で用いる震度

地震動	設置場所	地震による設計震度	
設計地震動	ガラス固化技術開発施設（TVF） 3階	水平方向K_H	1.12
		鉛直方向K_V	0.79

12.7 計算方法

扉体（扉板、主桁及び縦桁）について、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

扉体部品（ヒンジピン、ヒンジボルト、締結金具及び扉支持金具）及びアンカーボルトについては、設計地震力から各部材の発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

(1) 荷重算定

① 水平方向地震力 P_H

$$P_H = K_H \cdot G_D \cdot g$$

② 扉体自重及び鉛直方向地震力 P_v

$$P_v = (1 + K_V) \cdot G_D \cdot g$$

③ ヒンジ部及び締結金具に作用するＺ方向荷重 F_z

$$F_Z = \frac{P_H}{2}$$

④ ヒンジ部に作用するＸ方向荷重 F_x

$$F_x = \frac{P_V \cdot L_b}{L_a}$$

(2) 応力算定

① ヒンジピンに発生するせん断応力 τ_{hp}

$$F_{xz} = \sqrt{{F_x}^2 + \left(\frac{F_z}{2}\right)^2}$$

$$\tau_{hp} = \frac{1000 F_{xz}}{A_{ps}}$$

$$A_{ps} = \frac{3}{4} A_p$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

② ヒンジボルトに発生する引張応力 σ_b 及び せん断応力τ_b

・扉体正面

$$\sigma_{b1}=\frac{1000F_z}{n_1\cdot A_s}$$

$$\tau_{b1}=\frac{1000F_x}{n_1\cdot A_s}$$

・扉体側面

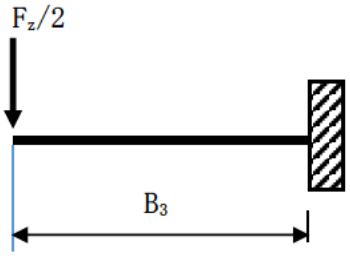
$$\sigma_{b2}=\frac{1000F_x}{n_2\cdot A_s}$$

$$\tau_{b2}=\frac{1000F_z}{2n_2\cdot A_s}$$

③ 締付金具に発生する応力

・曲げ応力

$$\sigma_{rb}=\frac{1000F_z\cdot B_3}{2Z_r}$$



・せん断応力

$$\tau_{rs}=\frac{1000F_z}{2A_{rs}}$$

$$A_{rs}=\frac{2}{3}A_r$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

・組合せ応力

$$\sigma_r=\sqrt{{\sigma_{rb}}^2+3{\tau_{rs}}^2}$$

12.8 許容応力

(1) ヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具（取付ボルトを除く）及び締結金具

「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（社）日本建築学会、2005改定」を踏まえて材料の耐力及び引張強さの70%のいずれかの小さい数値を基準強度F として、許容応力は以下とする。

a. 許容引張応力及び許容曲げ応力

$$f_t = f_b = F$$

b. 許容せん断応力

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

(2) アンカーボルト

「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

a. 引張耐力

$$T_{as} = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

T_{as}：引張耐力

$$T_{a1} = \sigma_y a_0$$

T_{a1}：アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力

σ_y：アンカーボルトの降伏強度

a_0：アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$A_c = \pi l_e (l_e + d_a)$$

$$l_e = l - d_a$$

T_{a2}：コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力

σ_B ：コンクリートの圧縮強度

A_c ：コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積

l_e ：アンカーボルトの有効埋め込み長さ

l ：アンカーボルトの埋め込み長さ（穿孔長）

d_a ：アンカーボルトの呼び径

コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）bがアンカーボルト穿孔長を下回る場合、すなわち、$b < l$の場合、A_cに替えA_{cb}を使用してT_{a2}を算出する。

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_{cb}$$

$b < l$ の場合、$A_c \rightarrow A_{cb}$

$$\theta_b = 2\cos^{-1}\left(\frac{b}{l_e + \frac{d_a}{2}}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_b[\circ \quad]$$

$$A_{cb} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_b}{180}\pi + \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^{\,2} - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

はしあきによる欠損面積A'_bは、以下の通り算出する。

$$A'_b = 0.5(\frac{\theta_b}{180}\pi - \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^{\,2}$$

隣接アンカーボルトのピッチ（最小値）（へりあき）aが $2(l_e + \frac{d_a}{2})$を下回る場合、すなわち、$\frac{a}{2} < (l_e + \frac{d_a}{2})$の場合も$A_c$に替え$A_{ca}$を使用して$T_{a2}$を算出する。

$$\theta_a = 2\cos^{-1}\left(\frac{a}{2l_e + d_a}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_a[\circ \quad]$$

$$A_{ca} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_a}{180}\pi + \sin\ \theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^{\,2} - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

アンカーボルトが近接することによる欠損面積A'_aは、以下の通り算出する。

$$A'_a = 0.5(\frac{\theta_a}{180}\pi - \sin\theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^{\,2}$$

T_{a2}については、はしあき及びアンカーボルトの近接による有効水平投影面積が最小のアンカーボルト1本あたりの引張耐力として強度評価を行う。

$$T_{a3} = 10\sqrt{\left(\frac{\sigma_B}{21}\right)} \cdot \pi d_a l_e$$

T_{a3}：コンクリートの付着破壊より決まる引張耐力

$$T_{as} = \frac{2}{3} T_a \quad (T_a が T_{a2} 又は T_{a3} で決まる場合)$$

$$T_{as} = T_a \quad (T_a が T_{a1} で決まる場合)$$

b. せん断耐力

$$Q_{as} = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$$

Q_{as}：アンカーボルトのせん断耐力

$$Q_{a1} = 0.7\sigma_y \times {}_s a_c$$

Q_{a1}：アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力

σ_y：アンカーボルトの降伏強度

${}_s a_c$：アンカーボルトの公称断面積

$$Q_{a2} = 0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \times {}_s a_c$$

Q_{a2}：コンクリートの支圧により決まるせん断耐力

E_c：コンクリートのヤング係数

σ_B：コンクリートの圧縮強度

$$Q_{a3} = 294 \times {}_s a_c$$

Q_{a3}：上限値より決まるせん断耐力

$$Q_{as} = Q_a / 1.5$$

はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合は、以下の式で短期許容耐力を算出する。

$$Q'_{as} = \emptyset_s \sqrt{10 \cdot \sigma_B} \times A_{cl} / 10$$

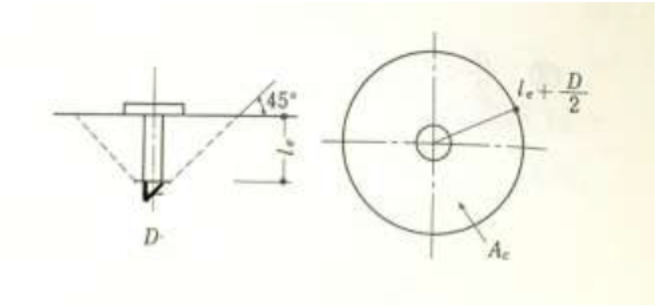
$\emptyset_{s2}$: 低減係数（短期 $= 0.6$）

A_{cl}: 有効投影面積$\left(= \frac{1}{2}\pi a^2\right)$

この場合は

$$Q_{as} = \min(Q_{as}, Q'_{as})$$

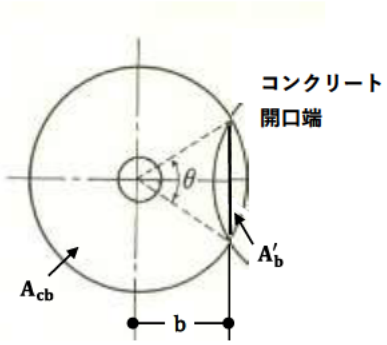
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図12-8-1に示す。



有効水平投影面積

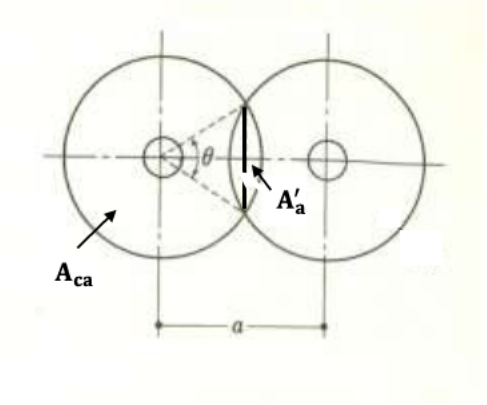
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



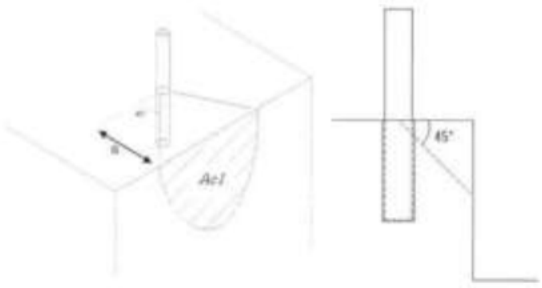
有効水平投影面積

（はしあき；有効埋込長さ未満）



有効水平投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）



有効投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

図12-8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

12.9 計算条件

「12.7 計算方法」に用いる評価条件を表12-9-1に示す。

表12-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-10）） (1/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	1.0
	G_F	t	戸当り	1.0
震度	K_H	−	水平方向設計震度	1.12
	K_V	−	鉛直方向設計震度	0.79
地震荷重	P_H	kN	扉体にかかる水平方向地震力	10.58
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	17.55
	F_Z	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重	5.49
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	9.44
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	21.97
	P_{Va}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	35.11
強度計算荷重	P_h	kN	津波により扉体にかかる強度計算荷重	425.7
ヒンジ	L_a	mm	ヒンジ中心間距離	1650
	L_b	mm	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	887
ヒンジピン	A_P	mm^2	断面積	706.9
	A_{PS}	mm^2	せん断断面積	530.2
	F_{XZ}	kN	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力	9.83
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	19

表 12-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-10）） (2/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
ヒンジボルト	n_1	本	本数（扉体正面）	4
	n_2	本	本数（扉体側面）	2
	A_S	mm^2	有効断面積	84.3
	σ_{b1}	N/mm^2	引張応力（扉体正面）	9
	τ_{b1}	N/mm^2	せん断応力（扉体正面）	28
	σ_{b2}	N/mm^2	引張応力（扉体側面）	56
	τ_{b2}	N/mm^2	せん断応力（扉体側面）	17
締結金具	B_3	mm	支点から荷重作用点までの距離	163
	A_{rs}	mm^2	せん断断面積	416
	A_r	mm^2	断面積	624
	Z_r	mm^3	断面係数	1664
	σ_{rb}	N/mm^2	曲げ応力	269
	τ_{rs}	N/mm^2	せん断応力	7
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力	270
アンカーボルト	n_a	本	本数（強度評価対象）	42
	l	mm	埋め込み長さ（穿孔長）	200
	d_a	mm	呼び径	20
	l_e	mm	有効埋め込み長さ	180
	T_F	kN/本	引張力（戸当りアンカーボルト）	0.52
	Q_F	kN/本	せん断力（戸当りアンカーボルト）	0.84

表12-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-10）） (3/3)

記号	単位	定義	数値
σ_y	N/mm^2	アンカーボルトの降伏強度	205
a_0	mm^2	アンカーボルトの有効断面積（ネジ加工を考慮）	245
σ_B	mm^2	コンクリートの圧縮強度	20.6
E_C	N/mm^2	コンクリートのヤング係数	2.15×10^4
${}_sa_c$	mm^2	アンカーボルトの公称断面積	314
a_1	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	187
a_2	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	250
a_3	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	275
a_4	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	275
A_c	mm^2	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	58791
T_{a1}	kN	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	50.2
T_{a2}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	61.4
T_{a3}	kN	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	112.0
T_{as}	kN	短期許容引張耐力	50.2
Q_{a1}	kN	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	45.1
Q_{a2}	kN	コンクリートの支圧により決まるせん断耐力	83.7
Q_{a3}	kN	上限値より決まるせん断耐力	92.3
Q_{as}	kN	短期許容せん断耐力	30.0

12.10 評価結果

浸水防止扉（TVF-10）の扉体にかかる耐震計算荷重と耐津波強度計算荷重の比較を行った結果を表12-10-1に示す。また、浸水防止扉（TVF-10）の各部材及びアンカーボルトの評価結果をそれぞれ表12-10-2及び表12-10-3に示す。

浸水防止扉（TVF-10）の扉体にかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、強度計算で十分な強度を有することが確認されていることから、耐震性も有する。

浸水防止扉（TVF-10）の各部材の断面検定を行った結果、締結金具の発生応力が許容応力を超えており、部材の板厚を上げたものか、高強度材製のものに変更する必要がある。

表12-10-1 浸水防止扉（TVF-10）の評価結果（扉体）

耐震計算荷重 ［kN］	強度計算荷重 ［kN］	耐震/強度荷重比
11.0	426	0.03

表12-10-2 浸水防止扉（TVF-10）の評価結果（部品類）

評価部位		発生応力 ［N/mm²］	許容応力 ［N/mm²］	検定比
ヒンジピン		19	118	0.17
ヒンジボルト	扉体正面	28	118	0.24
	扉体側面	56	205	0.28
締結金具		270	235	1.15

表12-10-3 浸水防止扉（TVF-10）の評価結果（アンカーボルト）

応力	発生荷重 ［kN/本］	許容耐力 ［kN/本］	検定比
引張	0.6	50.2	0.02
せん断	0.9	30.0	0.03

13. 浸水防止扉（TVF-10 開状態）

13.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号を表13-1-1に示す。

表13-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	浸水防止扉（TVF-10）の固定荷重	t
G_D	浸水防止扉（TVF-10）の扉体荷重	t
G_F	浸水防止扉（TVF-10）の戸当り荷重	t
P	積載荷重	kN
K_s	地震荷重	kN
K	設計震度	−
g	重力加速度	m/s^2
t	扉板の板厚	mm
K_H	水平方向震度	−
K_V	鉛直方向震度	−
P_H	水平方向地震力（TVF-10）	kN
P_V	鉛直方向地震力（TVF-10）	kN
F_Z	水平 Z方向の地震力によりヒンジ部に作用するZ方向荷重（TVF-10）	kN
F_{X1}	水平 X方向の地震力によりヒンジ部に作用するX方向荷重（TVF-10）	kN
F_{X2}	鉛直 Y方向の地震力によりヒンジ部に作用するX方向荷重（TVF-10）	kN
F_Y	鉛直 Y方向の地震力によりヒンジ部に作用するY方向荷重（TVF-10）	kN
L_a	ヒンジ中心間距離（TVF-10）	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離（TVF-10）	mm
F_{hp}	ヒンジピンに作用するX方向荷重の合力（TVF-10）	kN
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力(TVF-10)	N/mm^2
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積(TVF-10)	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積(TVF-10)	mm^2
F_{ZY}	ヒンジ部に作用するZ方向とY方向荷重の合力（TVF-10）	kN
F_{XY}	ヒンジ部に作用するX方向とY方向荷重の合力（TVF-10）	kN

表13-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）（TVF-10）	N/mm^2
τ_{bi}	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）（i＝1：Z+Y方向、2：X+Y方向）（TVF-10）	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)（i＝1：Z+Y方向、2：X+Y方向）（TVF-10）	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積(TVF-10)	mm^2
σ_{tl}	扉止めブラケット（L鋼材）に発生する組合せ応力(TVF-10)	N/mm^2
σ_{tlb}	扉止めブラケット（L鋼材）に発生する曲げ応力(TVF-10)	N/mm^2
L_i	扉止めブラケットの各寸法（i＝1～4）（TVF-10）	mm
x	扉止めブラケット(L鋼材)の図心からのX座標	mm
y	扉止めブラケット(L鋼材)の図心からのY座標	mm
x'	座標軸回転後の扉止めブラケット(L鋼材)の図心からのX座標	mm
y'	座標軸回転後の扉止めブラケット(L鋼材)の図心からのY座標	mm
I_x	扉止めブラケット(L鋼材)のX方向の断面2次モーメント	mm^4
I_y	扉止めブラケット(L鋼材)のX方向の断面2次モーメント	mm^4
J_{xy}	扉止めブラケット(L鋼材)のねじり係数	mm^4
I_x'	座標軸回転後の扉止めブラケット(L鋼材)のX方向の断面2次モーメント	mm^4
I_y'	座標軸回転後の扉止めブラケット(L鋼材)のY方向の断面2次モーメント	mm^4
τ_{tls}	扉止めブラケット(L鋼材)に発生するせん断応力（TVF-10）	N/mm^2
A_G	扉止めブラケット(L鋼材)のせん断断面積（TVF-10）	mm^2
σ_{th}	扉止めブラケット（H鋼材）に発生する組合せ応力(TVF-10)	N/mm^2
σ_{thb}	扉止めブラケット（H鋼材）に発生する曲げ応力(TVF-10)	N/mm^2
Z_X	扉止めブラケット（H鋼材）の断面係数	mm^3
H	扉止めブラケットの各寸法（TVF-10）	mm
t_h	扉止めブラケットのウェブ部厚さ（TVF-10）	mm
A_W	扉止めブラケット(H鋼材)の断面積(TVF-10)	mm^2
τ_{ths1}	扉止めブラケット(H鋼材)に発生するせん断応力（TVF-10）	N/mm^2
τ_{ths2}	扉止めブラケット(H鋼材)に発生するねじりモーメント（TVF-10）	N/mm^2
I_p	扉止めブラケット(H鋼材)のねじり係数（TVF-10）	mm^4

表13-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号（3/3）

記号	定義	単位
σ_{at}	扉止めブラケットのアンカーボルトに発生する応力	N/mm^2
T_{ab}	扉止めブラケットのアンカーボルトに発生する引張応力	N/mm^2
f_{at}	扉止めブラケットのアンカーボルトに発生する引張力	N
n_{ai}	扉止めブラケットのアンカーボルト本数(評価対象)(i=1：Z+Y方向、2：X+Y方向)	本
A_e	扉止めブラケットのアンカーボルトの有効断面積	mm^2
f_{as}	扉止めブラケットのアンカーボルトに発生するせん断力	N
F_{as}	扉止めブラケットのアンカーボルトに発生するせん断応力を各水平方向に分解した値	N
Q_{as}	扉止めブラケットのアンカーボルトに発生するせん断応力	N/mm^2
F	基準強度	−
f_t	許容引張応力	N/mm^2
f_b	許容曲げ応力	N/mm^2
f_S	許容せん断応力	N/mm^2
f_{ts}	せん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	N/mm^2
f_{t0}	許容引張応力(= f_t)	N/mm^2
τ	せん断応力	N/mm^2

13.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-10）（開状態）の構造上の特徴を踏まえ選定する。

浸水防止扉（TVF-10）（開状態）は、扉体本体（扉板及び芯材）、扉体部品（ヒンジ及び扉支持金具）、扉体止めブラケット及びアンカーボルトから構成される。

浸水防止扉（TVF-10）（開状態）に生じる地震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁及び縦桁）、芯材から枠体に伝達される。枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。また、開状態の浸水防止扉は、扉体止めブラケットにより開状態を保持しており、地震に伴う荷重は扉板から芯材（主桁及び縦桁）を通して扉体止めブラケットに伝わる。

扉板本体については、津波荷重に対して十分な強度を有することを確認している（別添3参照）。一方、地震荷重は津波荷重と比較して極めて小さいことから、応力計算による耐震評価は行わず、荷重の比較により耐震強度を有することを確認する。浸水防止扉（TVF-10）（開状態）の枠体のアンカーボルトについては、浸水防止扉（TVF-10）の閉状態にて、十分な強度を有することを確認している（12.参照）。

浸水防止扉（TVF-10）（開状態）を構成する部品類であるヒンジピン、ヒンジボルト、扉体止めブラケット及びそのアンカーボルトについては、地震による扉の振動により荷重を受けることから、応力計算を行い、強度評価を行う。

浸水防止扉（TVF-10）の構造図を図13-2-1に示す。扉体部品への地震荷重の作用イメージ及び評価部位を図13-2-2及び図13-2-3に、アンカーボルトの位置及び評価部位を図13-2-4に示す。

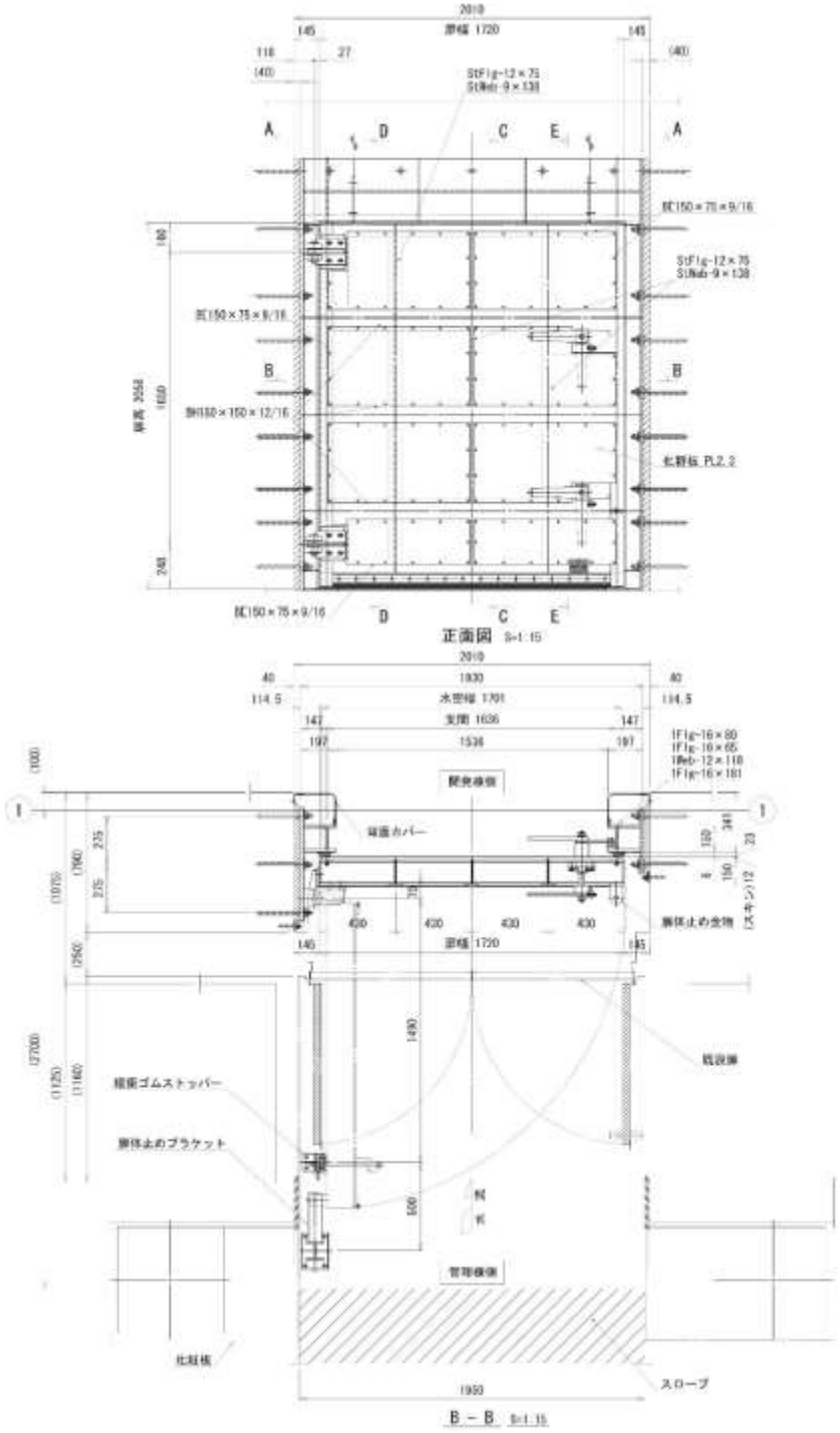


図13-2-1 浸水防止扉(TVF-10)の構造図

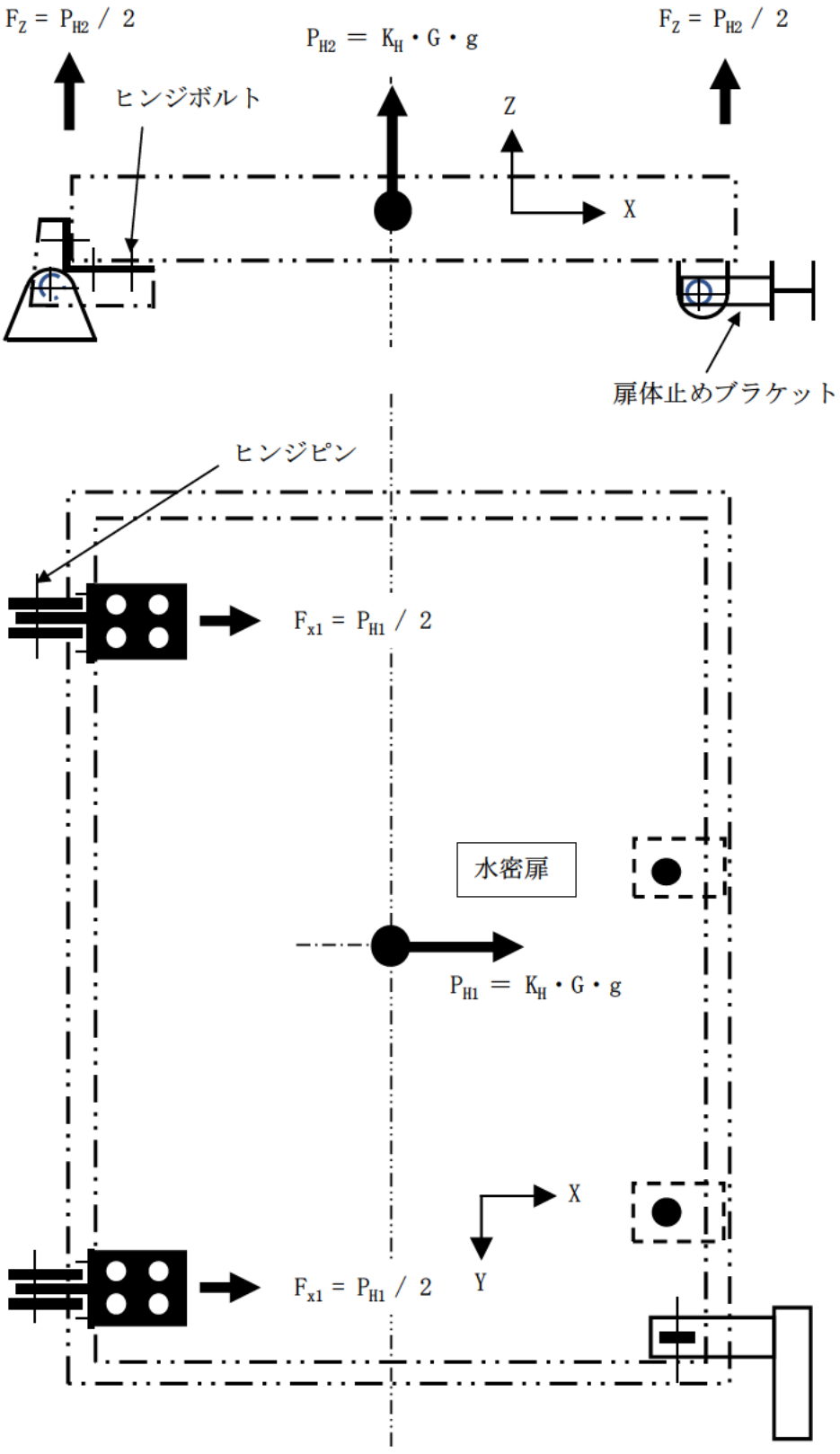


図13-2-2 浸水防止扉（TVF-10）開放時の地震荷重（水平方向）の作用イメージと評価部位

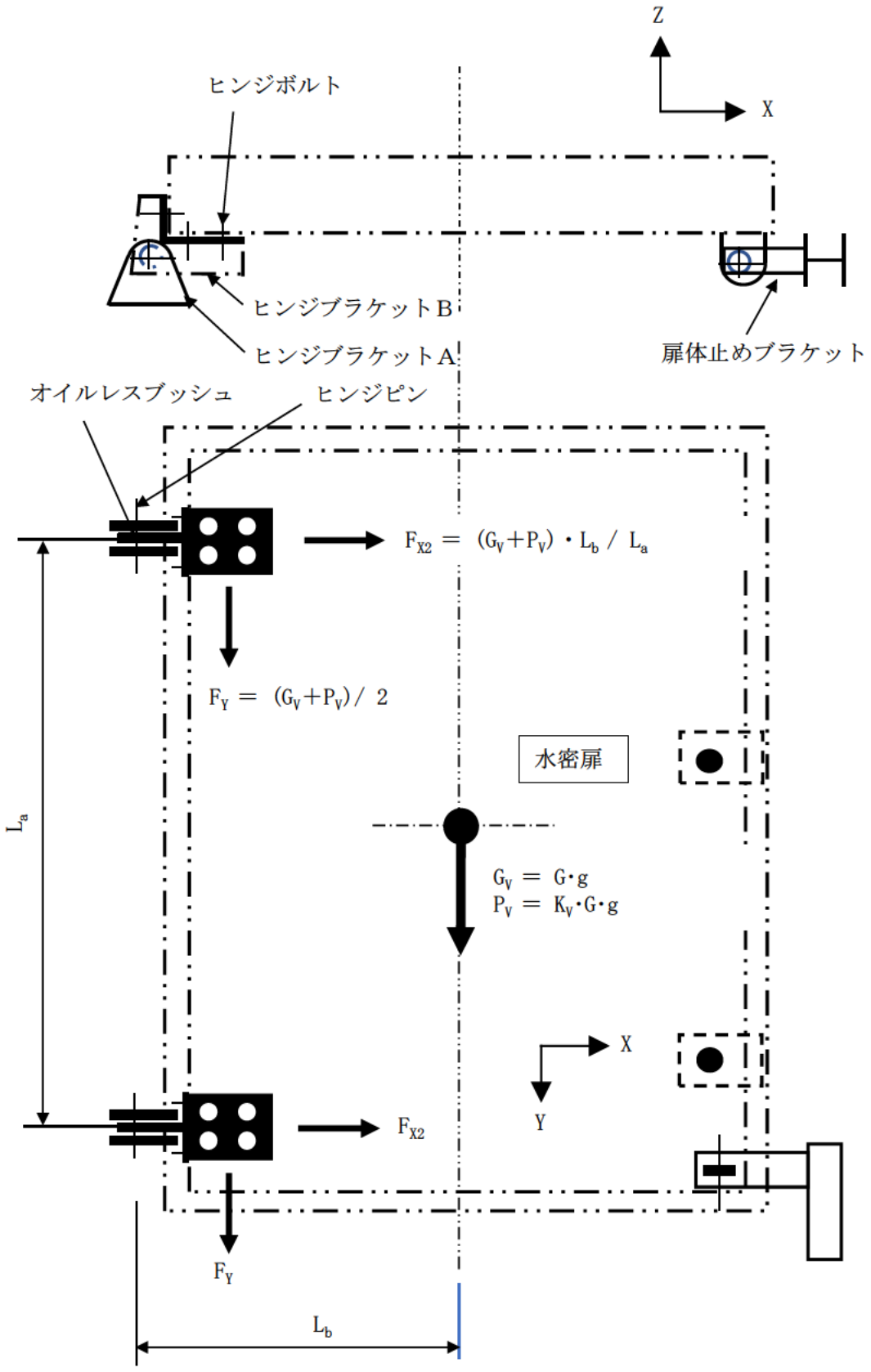


図13-2-3 浸水防止扉（TVF-10）開放時の地震荷重（鉛直方向）の作用イメージと評価部位

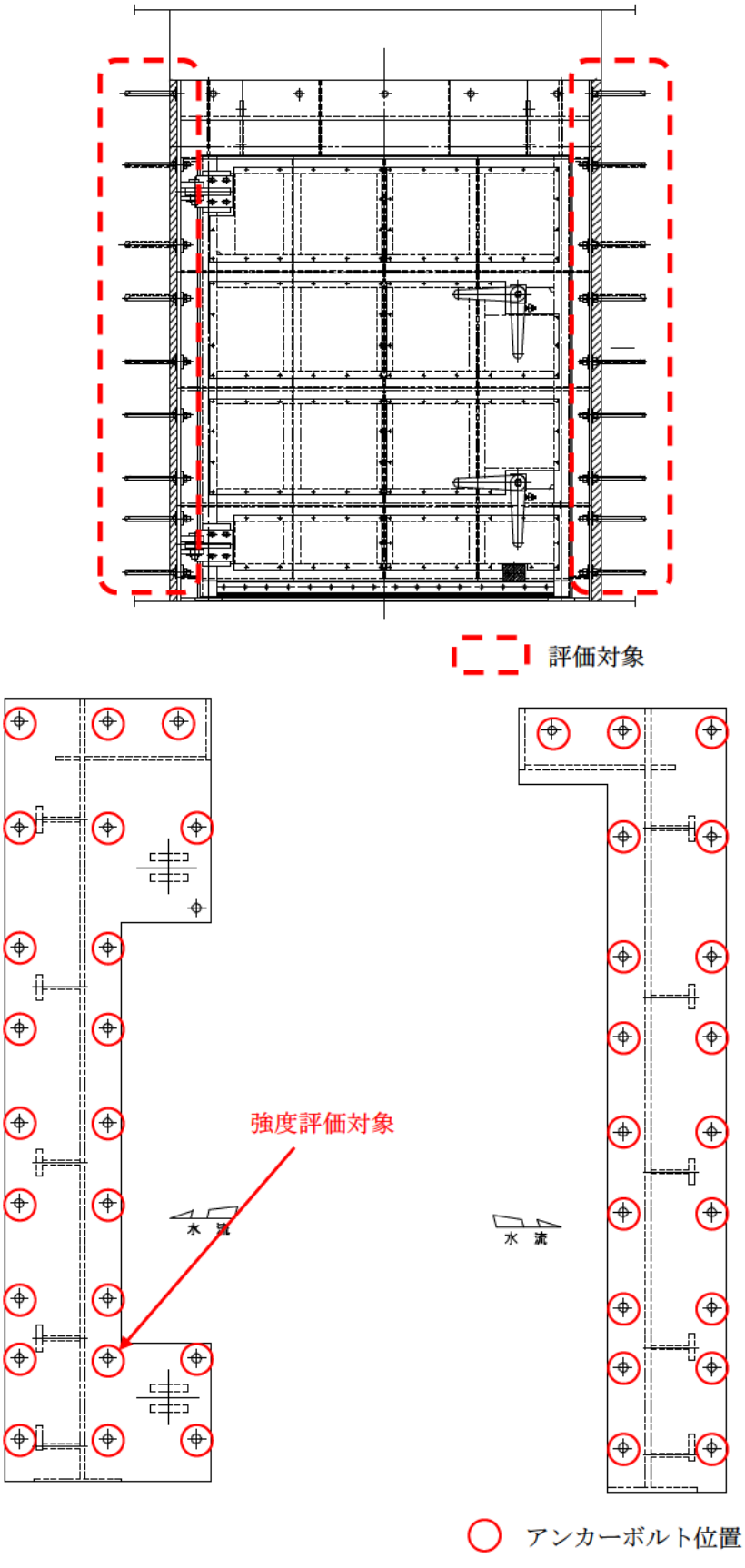


図13-2-4 浸水防止扉（TVF-10）アンカーボルト位置と評価部位

13.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-10）（開状態）の耐震評価は、「13.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「13.4 荷重及び荷重の組合せ」及び「13.5 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「13.7 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

13.4 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する荷重

浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G　：浸水防止扉（TVF-10）の固定荷重

G_D：浸水防止扉（TVF-10）の扉体荷重

G_F：浸水防止扉（TVF-10）の戸当り荷重

P　：積載荷重

K_s：設計地震力

浸水防止扉（TVF-10）は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 固定荷重(G)

浸水防止扉（TVF-10）の自重を表13-4-1に示す。

表13-4-1 浸水防止扉（TVF-10）の自重

設備名称	固定荷重G	
	扉体G_D [t]	戸当りG_F [t]
浸水防止扉（TVF-10）	1.0	1.0

b. 地震荷重(K_s)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、浸水防止扉の固定荷重に設計震度Kを乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に不利な方向に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

浸水防止扉（TVF-10）に作用する荷重の組合せを表13-4-2に示す。

表13-4-2 浸水防止扉（TVF-10）の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
浸水防止扉(TVF-10) 部品	$G_D + K_s$
アンカーボルト	$G_D + G_F + K_s$

13.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-10）を構成する部材のうち、耐震評価を行う部位である扉板、芯材、ヒンジ部、アンカーボルトの使用材料を表13-5-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図13-5-1に示す。

表13-5-1 使用材料

部位		材 質	仕様[mm]※26
扉板		SM400A	1973×1720×t12
芯材	主桁（上段及び下段）	SM400A	C150×75×9×16
	主桁（中間）	SM400A	H150×150×12×16
	縦桁	SM400A	C150×75×9×12
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ30
	取付ボルト	SUS304	M12
扉体止めブラケット	本体（L鋼）	SS400	L75×75×9
	本体（H鋼）	SS400	H100×100×6/8
	アンカーボルト	SS400	M12×100L

※26 tは板厚、φは径、Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

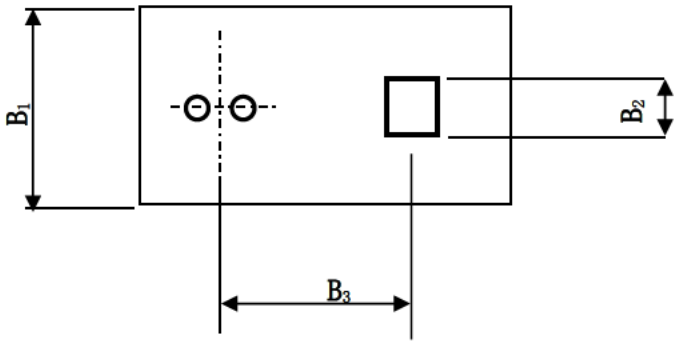


図13-5-1 締結金具の形状（浸水防止扉(TVF-10)）

(2) 許容限界

a. 扉板、芯材及びヒンジ部

ヒンジ部及び扉支持金具の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、2005改定）」を踏まえて表13-5-2の値とする。

表13-5-2 許容限界

材料	短期許容応力 [N/mm^2]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※27	205	118
SM400A ※28	235	135
SS400 ※29	235	135

※27 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「JIS G 4303：2012 ステンレス鋼棒」、「JIS G 4304：2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく。

※28 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「JIS G 3106：2015 溶接構造用圧延鋼板及び鋼帯」、「鋼構造設計規準 溶接構造用（t≦40mm）に基づく。

※29 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「JIS G 3101：2015 一般構造用圧延鋼材」に基づく。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成18年7月7日）に基づく。

13.6 評価用地震力

浸水防止設備 （TVF-1～TVF-10）の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍して用いる。評価の対象である浸水防止扉（TVF-10）は1階に設置されているが、1階から2階にかけて設置されている浸水防止扉（TVF-1）を含めて保守側の評価となるよう3階の加速度を参照する。評価に用いる震度を表13-6-1に示す。

表13-6-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震計算で用いる震度

地震動	設置場所	地震による設計震度	
設計地震動	ガラス固化技術開発施設（TVF） 3階	水平方向 K_H	1.12
		鉛直方向 K_V	0.79

13.7 計算方法

扉体（扉板、主桁及び縦桁）について、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

扉体部品（ヒンジピン、ヒンジボルト）、扉体止めブラケット及びそのアンカーボルトについては、設計地震力から各部材の発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

(1) 荷重算定

① 水平方向地震力 P_H

$$P_H = K_H \cdot G_D \cdot g$$

② 扉体自重及び鉛直方向地震力 P_v

$$P_v = (1 + K_V) \cdot G_D \cdot g$$

③ 水平（X、Z）方向の地震力によりヒンジ部に作用するX、Z方向荷重 F_{x1}、F_z

$$F_{X1} = F_Z = \frac{P_H}{2}$$

④ 鉛直（Y）方向の地震力によりヒンジ部に作用するX方向荷重 F_{X2}

$$F_{X2} = \frac{P_V \cdot L_b}{L_a}$$

⑤ 鉛直（Y）方向の地震力によりヒンジ部に作用するY方向荷重 F_Y

$$F_Y = \frac{P_V}{2}$$

(2) 応力算定

① ヒンジピンに発生するせん断応力 τ_{hp}

$$F_{hp} = F_{X1} + F_{X2}$$

$$\tau_{hp} = \frac{1000F_{hp}}{2 \cdot A_{ps}}$$

$$A_{ps} = \frac{3}{4}A_p$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

② ヒンジボルトに発生する引張応力 σ_b 及び せん断応力τ_b

・引張応力（Z+Y方向の地震）

$$\sigma_b = \frac{1000F_Z}{n_1 \cdot A_s}$$

・せん断応力（Z+Y方向の地震）

$$F_{ZY} = \sqrt{{F_{X2}}^2 + {F_Y}^2}$$

$$\tau_{b1} = \frac{1000F_{ZY}}{n_1 \cdot A_s}$$

・引張応力（X+Y方向の地震）

X＋Y方向の地震に対して、ヒンジボルトの引張力は作用しない。

・せん断応力（X+Y方向の地震）

$$F_{XY} = \sqrt{(F_{X1} + F_{X2})^2 + {F_Y}^2}$$

$$\tau_{b2} = \frac{1000F_{XY}}{2n_2 \cdot A_s}$$

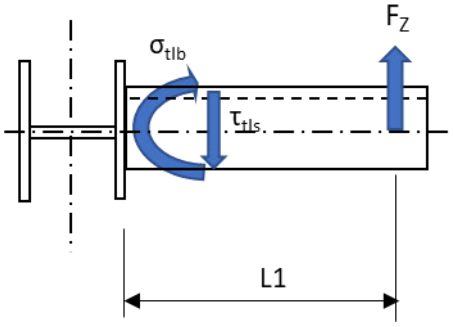
③ 扉体止めブラケット（L鋼材）に発生する応力 σ_{tl}

・曲げ応力

$$\sigma_{tlb} = (10^6 \cdot F_Z \cdot L_1) \cdot (y' \cdot \frac{\cos\theta}{{I_x}'} - x' \cdot \frac{\sin\theta}{{I_y}'})$$

ただし

$\theta = -45$ [°]



$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$I_x' = (I_x + I_y)/2 + (1/2) \cdot \sqrt{((I_x - I_y)^2 + 4 \cdot {J_{xy}}^2)}$$

$$I_y' = (I_x + I_y)/2 - (1/2) \cdot \sqrt{((I_x - I_y)^2 + 4 \cdot {J_{xy}}^2)}$$

・せん断応力

$$\tau_{tls} = (10^3 \cdot F_Z)/A_G$$

・組合せ応力

$$\sigma_{tl} = \sqrt{{\sigma_{tlb}}^2 + 3{\tau_{tls}}^2}$$

④ 扉体止めブラケット（H鋼材）に発生する応力 σ_{th}

・曲げ応力

$$\sigma_{thb} = (10^6 \cdot F_Z \cdot H)/Z_X$$

・せん断応力

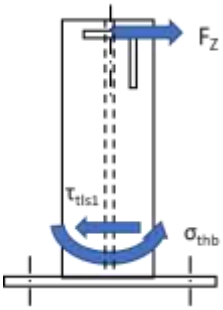
$$\tau_{ths1} = (10^3 \cdot F_Z)/A_W$$

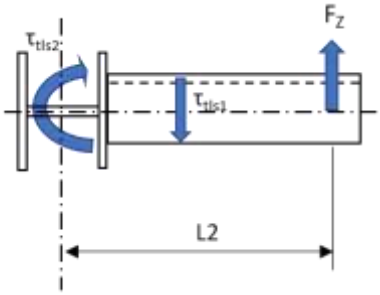
・ねじりモーメント

$$\tau_{ths2} = (10^6 \cdot F_Z \cdot L_2 \cdot t_h)/I_P$$

・組合せ応力

$$\sigma_{th} = \sqrt{{\sigma_{thb}}^2 + 3(\tau_{thS1} + \tau_{thS2})^2}$$





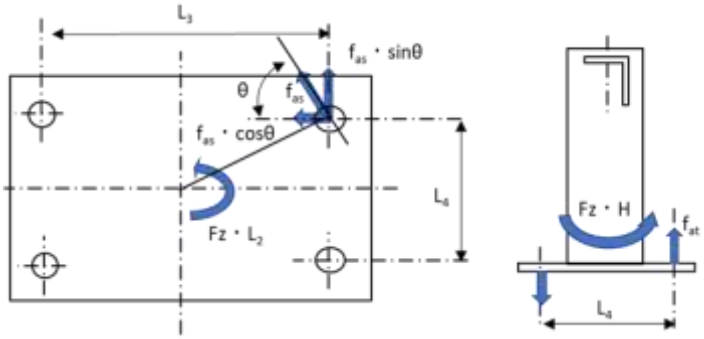
⑤ 扉体止めブラケットのアンカーボルトに発生する応力 σ_{at}

・引張応力

$$f_{at} = (F_Z \cdot H)/(n_{a1} \cdot L_4)$$

$$T_{ab} = f_{at}/A_e$$

f_{at}：引張力



・せん断応力

$$f_{as} = (F_Z \cdot L_2)/(n_{a2} \cdot \sqrt{\left(\frac{L_3}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_4}{2}\right)^2})$$

f_{as}を各水平方向のせん断力に分解する。

$$F_{as} = \sqrt{(f_{as} \cdot \cos\theta + \frac{F_Z}{n_{a2}})^2 + (f_{as} \cdot \sin\theta)^2}$$

$$Q_{as} = F_{as}/A_e$$

f_{as}：せん断力

・組合せ応力

$$\sigma_{at} = \sqrt{{T_{ab}}^2 + 3 \cdot {Q_{as}}^2}$$

13.8 許容応力

(1) ヒンジピン、ヒンジボルト及び扉体止めブラケット

「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（社）日本建築学会、2005改定」を踏まえて材料の耐力及び引張強さの70%のいずれかの小さい数値を基準値F として、許容応力は以下とする。

a. 許容引張応力及び許容曲げ応力

$$f_t = f_b = F$$

b. 許容せん断応力

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

(2) 扉体止めブラケットのアンカーボルト

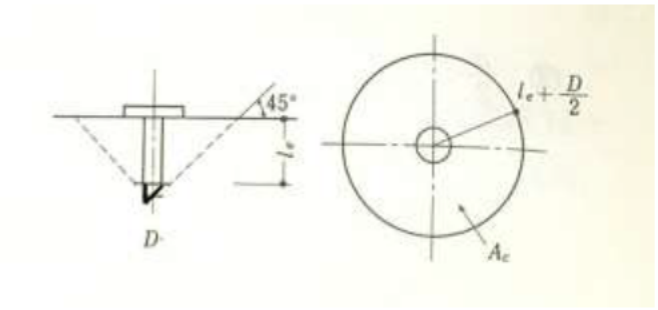
「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

$$f_{ts} = \min(1.4f_{t0} - 1.6\tau,\ f_{t0})$$

ただし

$$f_{t0} = f_t$$

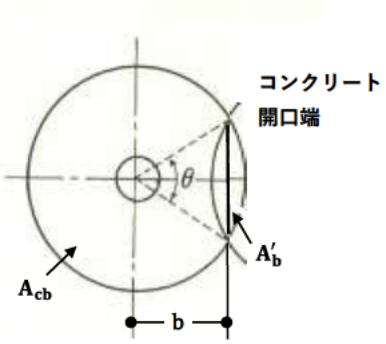
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図13-8-1に示す。



有効水平投影面積

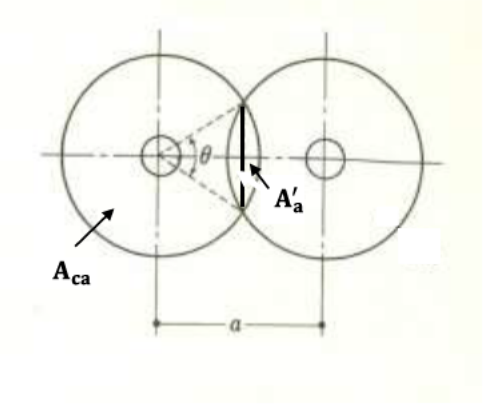
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



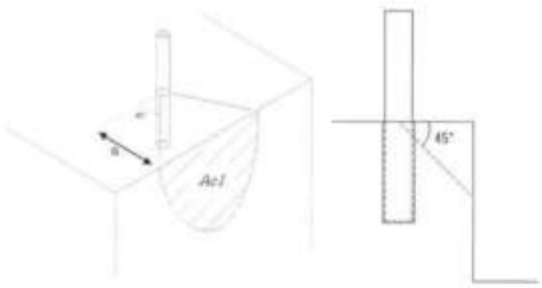
有効水平投影面積

（はしあき；有効埋込長さ未満）



有効水平投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）



有効投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

図13-8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

13.9 計算条件

「13.7 計算方法」に用いる評価条件を表13-9-1に示す。

表13-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-10））（1/3）

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	1.0
	G_F	t	戸当り	1.0
震度	K_H	−	水平震度	1.12
	K_V	−	鉛直震度	0.79
地震荷重	P_H	kN	扉体にかかる水平方向地震力	10.98
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	17.55
	F_Z	kN	水平（Z）方向の地震力によりヒンジ部に作用するZ方向荷重	5.49
	F_{X1}	kN	水平（X）方向の地震力によりヒンジ部に作用するX方向荷重	5.49
	F_{X2}	kN	鉛直（Y）方向の地震力によりヒンジ部に作用するX方向荷重	9.44
	F_Y	kN	鉛直（Y）方向の地震力によりヒンジ部に作用するY方向荷重	8.78
ヒンジ	L_a	mm	ヒンジ中心間距離	1650
	L_b	mm	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	887
ヒンジピン	F_{hp}	kN	ヒンジピンに作用するX方向荷重の合力	14.93
	τ_{hp}	N/mm^2	ヒンジピンに発生するせん断応力	14.08
	A_P	mm^2	断面積	706.9
	A_{PS}	mm^2	せん断断面積	530.2
ヒンジボルト	F_{ZY}	kN	ヒンジ部に作用するZ方向とY方向荷重の合力	12.89
	F_{XY}	kN	ヒンジ部に作用するX方向とY方向荷重の合力	17.32
	σ_b	N/mm^2	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）	16.28
	τ_{b1}	N/mm^2	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）	38.22
	τ_{b2}	N/mm^2	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）	51.36
	n_1	本	本数（扉体正面）	4
	n_2	本	本数（扉体正面）	4
	A_S	mm^2	有効断面積	84.3

表13-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉(TVF-10)） (2/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉体止めブラケット（L鋼材）	σ_{tl}	N/mm^2	L鋼材に発生する組合せ応力	111.9
	σ_{tlb}	N/mm^2	L鋼材に発生する曲げ応力	111.6
	L_1	mm	扉体止めブラケットの各寸法	238
	x	mm	L鋼材の図心からのX座標	52.95
	y	mm	L鋼材の図心からのY座標	22.05
	x'	mm	座標軸回転後のL鋼材の図心からのX座標	21.85
	y'	mm	座標軸回転後のL鋼材の図心からのY座標	53.03
	I_x	mm^4	L鋼材のX方向の断面2次モーメント	664500
	I_y	mm^4	L鋼材のX方向の断面2次モーメント	664500
	J_{xy}	mm^4	L鋼材のねじり係数	344100
	I_x'	mm^4	座標軸回転後のL鋼材のX方向の断面2次モーメント	1008600
	I_y'	mm^4	座標軸回転後のL鋼材のY方向の断面2次モーメント	320400
	τ_{tls}	N/mm^2	L鋼材に発生するせん断応力	4.326
	A_G	mm^2	L鋼材のせん断断面積	1269
扉体止めブラケット（H鋼材）	σ_{th}	N/mm^2	H鋼材に発生する組合せ応力	418.8
	σ_{thb}	N/mm^2	H鋼材に発生する曲げ応力	82.85
	L_2	mm	扉体止めブラケットの各寸法	288
	Z_X	mm^3	扉体止めブラケットの断面係数	26700
	H	mm	扉体止めブラケットの各寸法	403
	t_h	mm	H鋼材のウェブ部の厚さ	6
	A_W	mm^2	H鋼材の断面積	1600
	τ_{ths1}	N/mm^2	H鋼材に発生するせん断応力	3.431
	τ_{ths2}	N/mm^2	H鋼材に発生するねじりモーメント	232.7
	I_p	mm^4	H鋼材のねじり係数	40760

表13-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-10）） (3/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉体止め ブラケットの アンカー ボルト	σ_{at}	N/mm^2	扉体止めブラケットのアンカーボルトに発生する応力	145.2
	T_{ab}	N/mm^2	扉体止めブラケットのアンカーボルトに発生する引張応力	119.2
	f_{at}	N	扉体止めブラケットのアンカーボルトに発生する引張力	10050
	Q_{as}	N/mm^2	扉体止めブラケットのアンカーボルトに発生するせん断応力	48.30
	f_{as}	N	扉体止めブラケットのアンカーボルトに発生するせん断力	4071
	F_{as}	N	扉体止めブラケットのアンカーボルトに発生するせん断応力を各水平方向に分解した値	4072
	L_3	mm	扉体止めブラケットの各寸法	160
	L_4	mm	扉体止めブラケットの各寸法	110
	n_{a1}	本	扉体止めブラケットのアンカーボルト本数	2
	n_{a2}	本	扉体止めブラケットのアンカーボルト本数	4
	A_e	mm^2	扉体止めブラケットのアンカーボルトの有効断面積	84.3
許容応力 （ヒンジピン、 扉体止め ブラケット）	F	−	基準強度	235
	f_t	N/mm^2	許容引張応力	235
	f_b	N/mm^2	許容曲げ応力	235
	f_S	N/mm^2	許容せん断応力	135
許容応力 （ヒンジボルト）	F	−	基準強度	205
	f_t	N/mm^2	許容引張応力	205
	f_b	N/mm^2	許容曲げ応力	205
	f_S	N/mm^2	許容せん断応力	118
許容応力 （扉体止め ブラケットの アンカーボルト）	f_{ts}	N/mm^2	せん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	205
	f_{t0}	N/mm^2	許容引張応力（$= f_t$）	205

13.10 評価結果

浸水防止扉(TVF-10)の各部材及びアンカーボルトの評価結果をそれぞれ表13-10-1に示す。

浸水防止扉（TVF-10）の扉体にかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、強度計算で十分な強度を有することが確認されていることから、耐震性も有する。

浸水防止扉（TVF-10）の各部材の断面検定を行った結果、扉体止めブラケットの発生応力が許容応力を超えており、部材の板厚を上げたものか、高強度材製のものに変更する必要がある。

表13-10-1 浸水防止扉（TVF-10）の評価結果（部品類）

評価部位		発生応力 [N/mm^2]	許容応力 [N/mm^2]	検定比
ヒンジピン		15	135	0.12
ヒンジボルト	扉体正面	52	118	0.45
扉体止め ブラケット	L鋼材	112	235	0.48
	H鋼材	419	235	1.79
	アンカーボルト	145	205	0.71

14. 浸水防止扉（TVF-10 材質変更後 閉状態）

14.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号を表14-1-1に示す。

表14-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	浸水防止扉（TVF-10）の固定荷重	t
G_D	浸水防止扉（TVF-10）の扉体荷重	t
G_F	浸水防止扉（TVF-10）の戸当り荷重	t
P	積載荷重	kN
K_s	地震荷重	kN
K	設計震度	−
g	重力加速度	m/s^2
t	扉板の板厚	mm
B_1	締付金具の金具幅	mm
B_2	締付金具の金切欠き幅	mm
B_3	締付金具の支点から荷重作用点までの距離	mm
K_H	水平方向設計震度	−
K_V	鉛直方向設計震度	−
P_H	水平方向地震力（TVF-10）	kN
P_V	鉛直方向地震力（TVF-10）	kN
F_Z	ヒンジ部及び締結金具に作用するＺ方向荷重（TVF-10）	kN
F_X	ヒンジ部に作用するＸ方向荷重(TVF-10)	kN
L_a	ヒンジ中心間距離（TVF-10）	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離（TVF-10）	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力(TVF-10)	N/mm^2
F_{XZ}	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力（TVF-10）	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積(TVF-10)	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積(TVF-10)	mm^2
σ_{bi}	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）（i=1：扉体正面、2：扉体側面）	N/mm^2
τ_{bi}	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）（i=1：扉体正面、2：扉体側面）	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)（i=1：扉体正面、2：扉体側面）	本

表14-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
A_S	ヒンジボルトの有効断面積(TVF-10)	mm^2
σ_{rb}	締付金具に発生する曲げ応力(TVF-10)	N /mm^2
Z_r	締付金具の断面係数（TVF-10）	mm^3
τ_{rs}	締付金具に発生するせん断応力（TVF-10）	N /mm^2
A_{rs}	締付金具のせん断断面積（TVF-10）	mm^2
A_r	締付金具の断面積（TVF-10）	mm^2
σ_r	締付金具に発生する組合せ応力（TVF-10）	N /mm^2
F	基準強度	－
f_t	許容引張応力	N/mm^2
f_b	許容曲げ応力	N/mm^2
f_S	許容せん断応力	N/mm^2
T_{as}	アンカーボルトの引張耐力	kN/本
T_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	kN/本
T_{a2}	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	kN/本
T_{a3}	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	kN/本
σ_y	アンカーボルトの降伏強度	N/mm^2
a_0	アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）	mm^2
σ_B	コンクリートの圧縮強度	N/mm^2
A_c、 A_{cb}、 A_{ca}	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	mm^2
l_e	アンカーボルトの有効埋め込み長さ	mm
l	アンカーボルトの埋め込み長さ（穿孔長）	mm
d_a	アンカーボルトの呼び径	mm
b	コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）	mm
a	隣接アンカーボルトのピッチ（最小値）（へりあき）	mm
A'_a 、A'_b	欠損面積	mm^2
Q_{as}、 Q'_{as}	アンカーボルトのせん断耐力	kN/本
Q_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a2}	コンクリートの支圧により決まるせん断耐力	kN/本
Q_{a3}	上限値より決まるせん断耐力	kN/本

表14-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号（3/3）

記号	定義	単位
${}_{s}a_{c}$	アンカーボルトの公称断面積	mm^2
E_c	コンクリートのヤング係数	N/m^2
Q_{as}、 Q'_{as}	短期許容せん断耐力	kN/本
$\emptyset_s$	低減係数（短期＝0.6）	－
A_{cl}	有効投影面積(はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合)	mm^2
P_{Ha}	アンカーボルトに作用する引張力	kN
P_{Va}	アンカーボルトに作用するせん断力	kN
P_h	津波により扉体にかかる強度計算荷重	kN
n_a	アンカーボルトの本数（強度評価対象）	本

14.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-10）の構造上の特徴を踏まえ選定する。

浸水防止扉（TVF-10）は、扉体本体（扉板及び芯材）、扉体部品（ヒンジ、扉支持金具及び締結金具）及びアンカーボルトから構成される。

浸水防止扉（TVF-10）に生じる地震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁及び縦桁）、芯材から枠体に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。

扉板本体については、津波荷重に対して十分な強度を有することを確認している（別添3参照）。一方、地震荷重は津波荷重と比較して極めて小さいことから、応力計算による耐震評価は行わず、荷重の比較により耐震強度を有することを確認する。

浸水防止扉（TVF-10）を構成する部品類であるヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具、締結金具及びアンカーボルトについては、地震による扉の振動により荷重を受けることから、応力計算を行い、強度評価を行う。

浸水防止扉（TVF-10）の構造図を図14-2-1に示す。扉体部品への地震荷重の作用イメージ及び評価部位を図14-2-2に、アンカーボルトの位置及び評価部位を図14-2-3に示す。

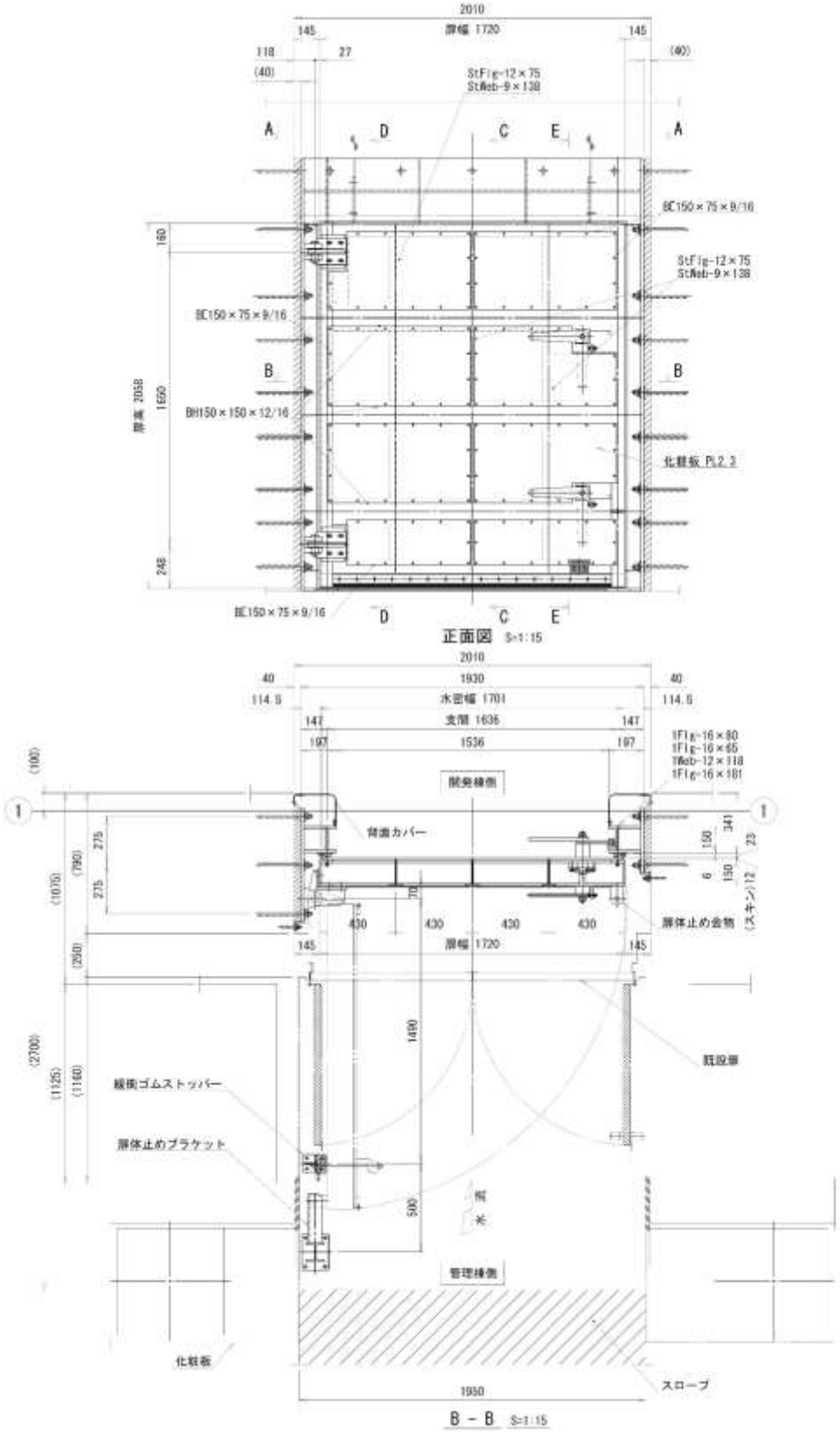


図14-2-1 浸水防止扉（TVF-10）の構造図

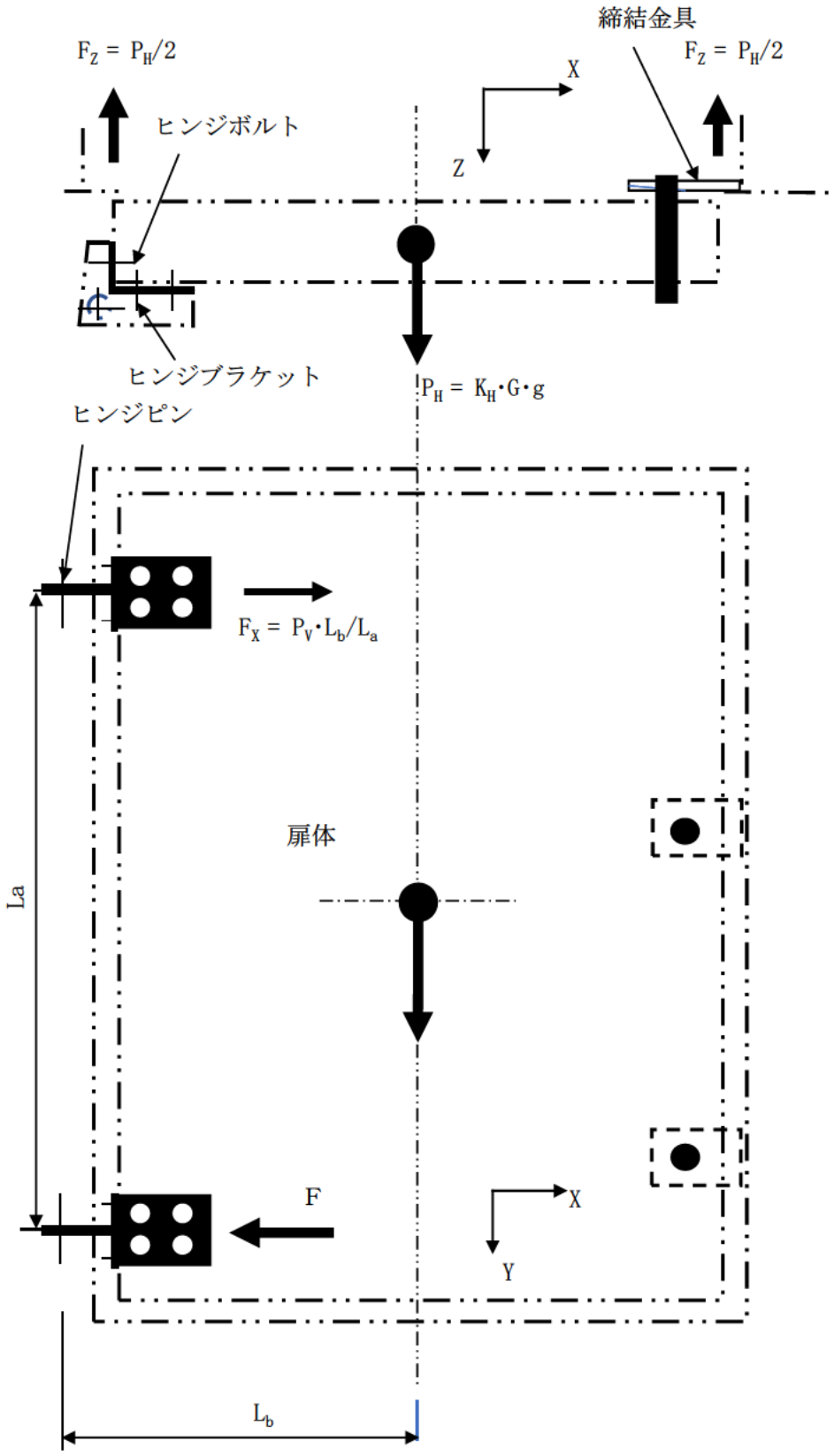


図14-2-2 浸水防止扉（TVF-10）閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

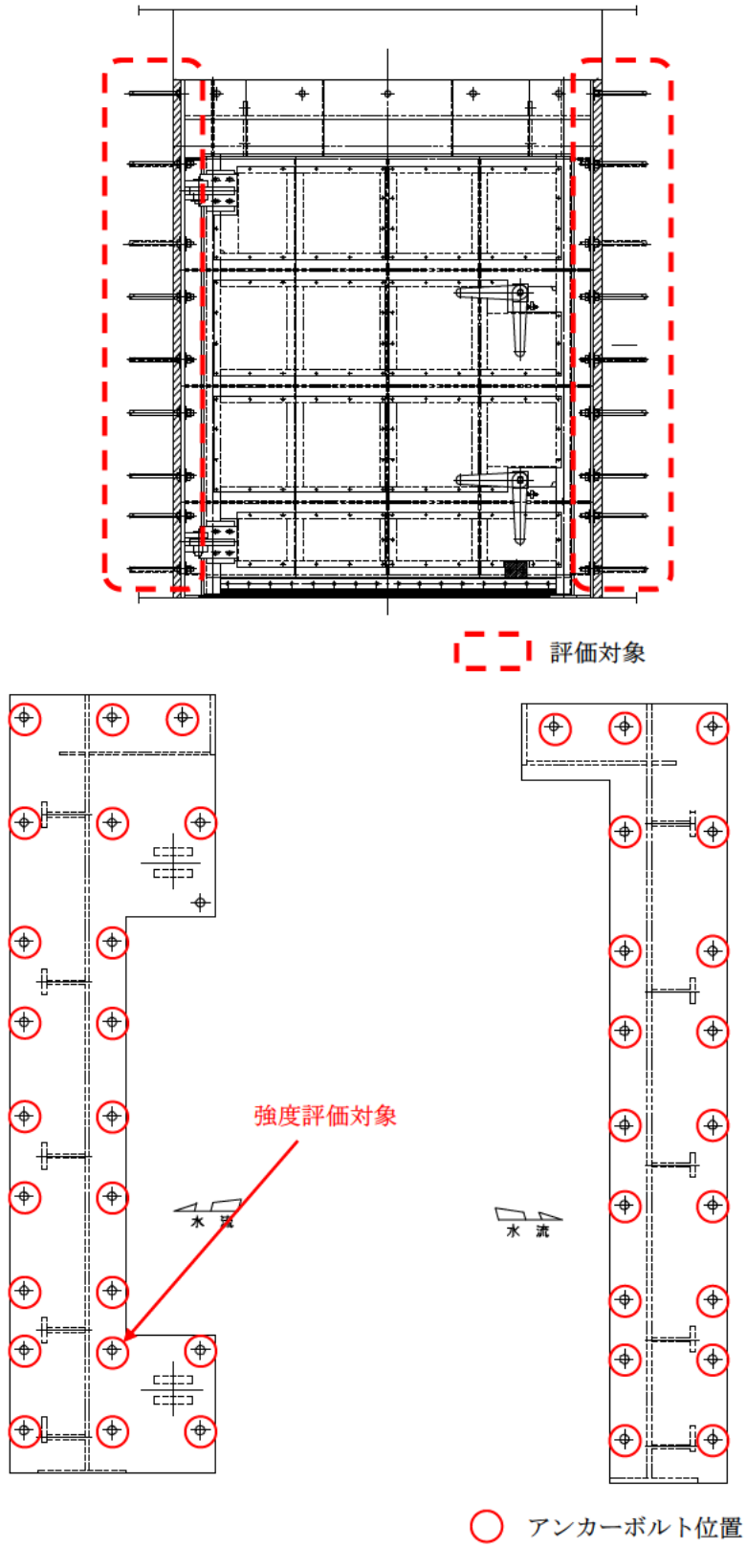


図14-2-3 浸水防止扉（TVF-10）アンカーボルト位置と評価部位

14.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価は、「14.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「14.4 荷重及び荷重の組合せ」及び「14.5 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「14.7 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

14.4 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する荷重

浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G　：浸水防止扉（TVF-10）の固定荷重

G_D：浸水防止扉（TVF-10）の扉体荷重

G_F：浸水防止扉（TVF-10）の戸当り荷重

P　：積載荷重

K_s：地震荷重

浸水防止扉（TVF-10）は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 固定荷重(G)

浸水防止扉（TVF-10）の自重を表14-4-1に示す。

表14-4-1 浸水防止扉（TVF-10）の自重

設備名称	固定荷重G	
	扉体G_D [t]	戸当りG_F [t]
浸水防止扉（TVF-10）	1.0	1.0

b. 地震荷重(K_s)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、浸水防止扉の固定荷重に設計震度Kを乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に不利な方向に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

浸水防止扉（TVF-10）に作用する荷重の組合せを表14-4-2に示す。

表14-4-2 浸水防止扉(TVF-10)の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
浸水防止扉(TVF-10) 部品	$G_D + K_s$
アンカーボルト	$G_D + G_F + K_s$

14.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-10）を構成する部材のうち、耐震評価を行う部位である扉板、芯材、ヒンジ部、アンカーボルトの使用材料を表14-5-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図14-5-1に示す。

浸水防止扉(TVF-10)を構成する扉板、芯材及びヒンジ部の使用材料を表14-5-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図14-5-1に示す。

表14-5-1 使用材料

部位		材 質	仕様[mm]※30
扉板		SM400A	1973×1720×t12
芯材	主桁（上段及び下段）	SM400A	C150×75×9×16
	主桁（中間）	SM400A	H150×150×12×16
	縦桁	SM400A	C150×75×9×12
上部戸当り	鉛直/水平補剛材	SM400A	PL9×75
	水平補剛材	SM400A	PL9×170
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ30
	取付ボルト	SUS304	M12
	締結金具	SM490A	65(B_1)×26(B_2)×163(B_3)×t19
戸当り	アンカーボルト	SUS304	M20×200L

※30 t は板厚、φは径、Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

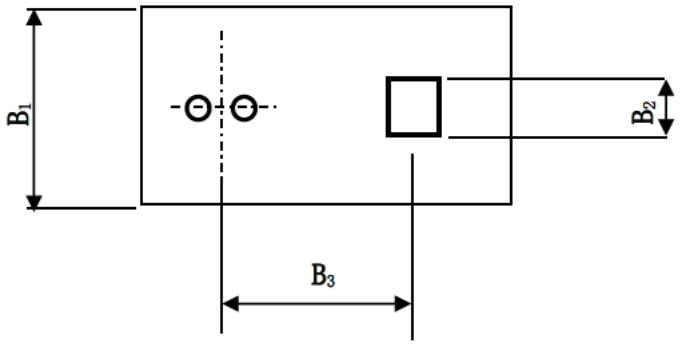


図14-5-1 締結金具の形状（浸水防止扉（TVF-10））

(2) 許容限界

a. 扉板、芯材及びヒンジ部

ヒンジ部及び扉支持金具の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、2005改定）」を踏まえて表14-5-2の値とする。

表14-5-2 許容限界

材料	短期許容応力 [N/mm^2]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※31	205	118
SM400A ※32	235	135
SM490A ※32	315	181

※31 許容応力度を決定する場合の基準強度Fの値は、「JIS G 4303：2012 ステンレス鋼棒」、「JIS G 4304：2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく。

※32 許容応力度を決定する場合の基準強度Fの値は、「JIS G 3106：2015 溶接構造用圧延鋼板及び鋼帯」、「鋼構造設計規準 溶接構造用（t≦40㎜）に基づく。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成18年7月7日）に基づく。

14.6 評価用地震力

浸水防止設備 （TVF-1～TVF-10）の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍して用いる。評価の対象である浸水防止扉（TVF-10）は1階に設置されているが、1階から2階にかけて設置されている浸水防止扉（TVF-1）を含めて保守側の評価となるよう3階の加速度を参照する。評価に用いる震度を表14-6-1に示す。

表14-6-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震計算で用いる震度

地震動	設置場所	地震による設計震度	
設計地震動	ガラス固化技術開発施設（TVF） 3階	水平方向K_H	1.12
		鉛直方向K_V	0.79

14.7 計算方法

扉体（扉板、主桁及び縦桁）について、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

扉体部品（ヒンジピン、ヒンジボルト、締結金具及び扉支持金具）及びアンカーボルトについては、設計地震力から各部材の発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

(1) 荷重算定

① 水平方向地震力 P_H

$$P_H = K_H \cdot G_D \cdot g$$

② 扉体自重及び鉛直方向地震力 P_v

$$P_v = (1 + K_V) \cdot G_D \cdot g$$

③ ヒンジ部及び締結金具に作用するＺ方向荷重 F_z

$$F_Z = \frac{P_H}{2}$$

④ ヒンジ部に作用するＸ方向荷重 F_x

$$F_x = \frac{P_V \cdot L_b}{L_a}$$

(2) 応力算定

① ヒンジピンに発生するせん断応力 τ_{hp}

$$F_{xz} = \sqrt{{F_x}^2 + \left(\frac{F_z}{2}\right)^2}$$

$$\tau_{hp} = \frac{1000 F_{xz}}{A_{ps}}$$

$$A_{ps} = \frac{3}{4} A_p$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

② ヒンジボルトに発生する引張応力 σ_b 及び せん断応力τ_b

・扉体正面

$$\sigma_{b1} = \frac{1000F_z}{n_1 \cdot A_s}$$

$$\tau_{b1} = \frac{1000F_x}{n_1 \cdot A_s}$$

・扉体側面

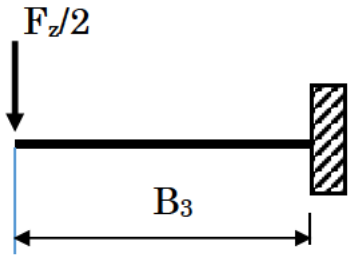
$$\sigma_{b2} = \frac{1000F_x}{n_2 \cdot A_s}$$

$$\tau_{b2} = \frac{1000F_z}{2n_2 \cdot A_s}$$

③ 締付金具に発生する応力

・曲げ応力

$$\sigma_{rb} = \frac{1000F_z \cdot B_3}{2Z_r}$$



・せん断応力

$$\tau_{rs} = \frac{1000F_z}{2A_{rs}}$$

$$A_{rs} = \frac{2}{3} A_r$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

・組合せ応力

$$\sigma_r = \sqrt{{\sigma_{rb}}^2 + 3{\tau_{rs}}^2}$$

14.8 許容応力

(1) ヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具（取付ボルトを除く）及び締結金具

「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（社）日本建築学会、2005改定」を踏まえて材料の耐力及び引張強さの70%のいずれかの小さい数値を基準強度F として、許容応力は以下とする。

a. 許容引張応力及び許容曲げ応力

$$f_t = f_b = F$$

b. 許容せん断応力

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

(2) アンカーボルト

「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

a. 引張耐力

$$T_{as} = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

T_{as}：引張耐力

$$T_{a1} = \sigma_y a_0$$

T_{a1}：アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力

σ_y ：アンカーボルトの降伏強度

a_0 ：アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$A_c = \pi l_e (l_e + d_a)$$

$$l_e = l - d_a$$

T_{a2}：コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力

σ_B ：コンクリートの圧縮強度

A_c ：コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積

l_e ：アンカーボルトの有効埋め込み長さ

l ：アンカーボルトの埋め込み長さ（穿孔長）

d_a ：アンカーボルトの呼び径

コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき）bがアンカーボルト穿孔長を下回る場合、すなわち、$b < l$の場合、A_cに替えA_{cb}を使用してT_{a2}を算出する。

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_{cb}$$

$b < l$ の場合、$A_c \rightarrow A_{cb}$

$$\theta_b = 2\cos^{-1}\left(\frac{b}{l_e + \frac{d_a}{2}}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_b[\circ \quad]$$

$$A_{cb} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_b}{180}\pi + \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^{\,2} - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

はしあきによる欠損面積$A_b^{'}$は、以下の通り算出する。

$$A_b^{'} = 0.5(\frac{\theta_b}{180}\pi - \sin\theta_b)(l_e + \frac{d_a}{2})^{\,2}$$

隣接アンカーボルトのピッチ（最小値）（へりあき）aが $2(l_e + \frac{d_a}{2})$を下回る場合、すなわち、$\frac{a}{2} < (l_e + \frac{d_a}{2})$の場合も$A_c$に替え$A_{ca}$を使用して$T_{a2}$を算出する。

$$\theta_a = 2\cos^{-1}\left(\frac{a}{2l_e + d_a}\right) \qquad \text{ただし、} \theta_a[\circ \quad]$$

$$A_{ca} = 0.5(2\pi - \frac{\theta_a}{180}\pi + \sin \quad \theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^{\,2} - \frac{1}{4}\pi {d_a}^2$$

アンカーボルトが近接することによる欠損面積$A_a^{'}$は、以下の通り算出する。

$$A_a^{'} = 0.5(\frac{\theta_a}{180}\pi - \sin\theta_a)(l_e + \frac{d_a}{2})^{\,2}$$

T_{a2}については、はしあき及びアンカーボルトの近接による有効水平投影面積が最小のアンカーボルト1本あたりの引張耐力として強度評価を行う。

$$T_{a3} = 10\sqrt{\left(\frac{\sigma_B}{21}\right)} \cdot \pi d_a l_e$$

T_{a3}：コンクリートの付着破壊より決まる引張耐力

$$T_{as} = \frac{2}{3} T_a \quad (T_a が T_{a2} 又は T_{a3} で決まる場合)$$

$$T_{as} = T_a \quad (T_a が T_{a1} で決まる場合)$$

T_{as}：あと施工アンカーを用いた接合部（１本当たり）の短期許容引張耐力

b. せん断耐力

$$Q_{as} = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$$

Q_{as}：アンカーボルトのせん断耐力

$$Q_{a1} = 0.7\sigma_y \times {}_s a_c$$

Q_{a1}：アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力

σ_y：アンカーボルトの降伏強度

${}_s a_c$：アンカーボルトの公称断面積

$$Q_{a2} = 0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \times {}_s a_c$$

Q_{a2}：コンクリートの支圧により決まるせん断耐力

E_c：コンクリートのヤング係数

σ_B：コンクリートの圧縮強度

$$Q_{a3} = 294 \times {}_s a_c$$

Q_{a3}：上限値より決まるせん断耐力

$$Q_{as} = Q_a / 1.5$$

Q_{as}：短期許容せん断耐力

はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合は、以下の式で短期許容耐力を算出する。

$$Q'_{as} = \emptyset_s \sqrt{10 \cdot \sigma_B} \times A_{cl}/10$$

ただし、

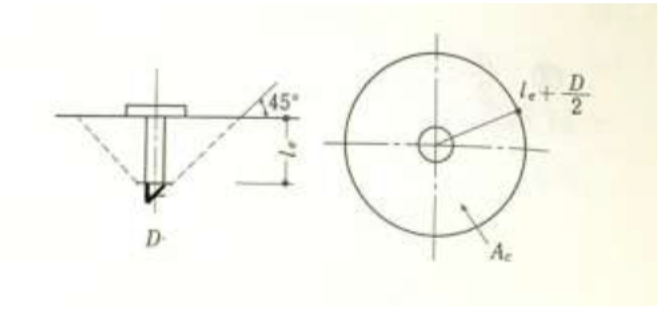
$\emptyset_s$: 低減係数（短期 $= 0.6$）

A_{cl}: 有効投影面積$\left(= \frac{1}{2}\pi a^2\right)$

この場合は

$$Q_{as} = \min(Q_{as}, Q'_{as})$$

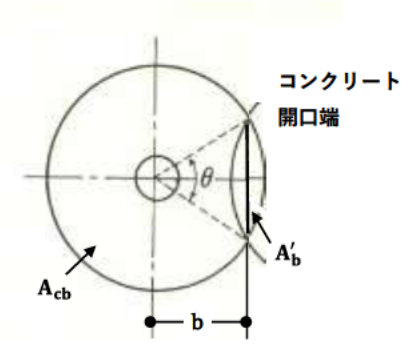
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図14-8-1に示す。



有効水平投影面積

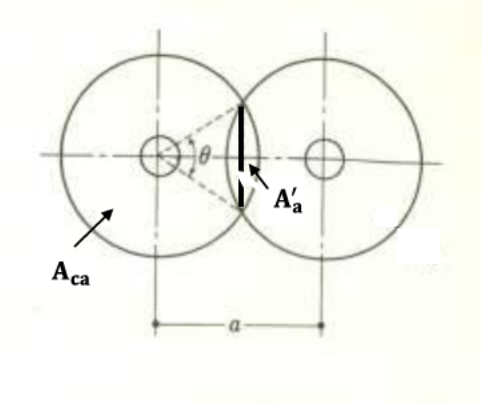
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



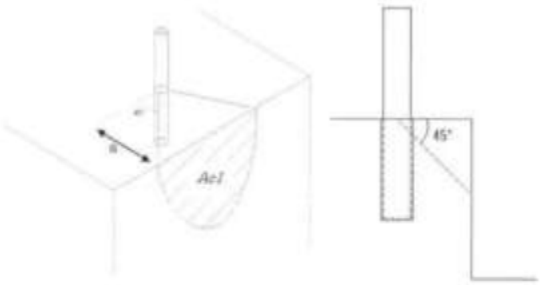
有効水平投影面積

（はしあき；有効埋込長さ未満）



有効水平投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）



有効投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

図14-8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

14.9 計算条件

「14.7 計算方法」に用いる評価条件を表14-9-1に示す。

表14-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-10）） (1/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	1.0
	G_F	t	戸当り	1.0
震度	K_H	−	水平方向設計震度	1.12
	K_V	−	鉛直方向設計震度	0.79
地震荷重	P_H	kN	扉体にかかる水平方向地震力	10.98
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	17.55
	F_Z	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するＺ方向荷重	5.49
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するＸ方向荷重	9.44
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	21.97
	P_{Va}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	35.11
強度計算荷重	P_h	kN	津波により扉体にかかる強度計算荷重	425.7
ヒンジ	L_a	mm	ヒンジ中心間距離	1650
	L_b	mm	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	887
ヒンジピン	A_P	mm^2	断面積	706.9
	A_{PS}	mm^2	せん断断面積	530.2
	F_{xz}	kN	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力	9.867
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	19

表 14-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-10）） (2/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
ヒンジボルト	n_1	本	本数（扉体正面）	4
	n_2	本	本数（扉体側面）	2
	A_S	mm^2	有効断面積	84.3
	σ_{b1}	N/mm^2	引張応力（扉体正面）	9
	τ_{b1}	N/mm^2	せん断応力（扉体正面）	28
	σ_{b2}	N/mm^2	引張応力（扉体側面）	56
	τ_{b2}	N/mm^2	せん断応力（扉体側面）	17
締結金具	B_3	mm	支点から荷重作用点までの距離	163
	A_{rs}	mm^2	せん断断面積	494
	A_r	mm^2	断面積	741
	Z_r	mm^3	断面係数	2346.5
	σ_{rb}	N/mm^2	曲げ応力	191
	τ_{rb}	N/mm^2	せん断応力	6
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力	192
アンカーボルト	n_a	本	本数（強度評価対象）	42
	l	mm	埋め込み長さ（穿孔長）	200
	d_a	mm	呼び径	20
	l_e	mm	有効埋め込み長さ	180
	T_F	kN/本	引張力（戸当りアンカーボルト）	0.52
	Q_F	kN/本	せん断力（戸当りアンカーボルト）	0.84

表14-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-10）） (3/3)

記号	単位	定義	数値
σ_y	N/mm^2	アンカーボルトの降伏強度	205
a_0	mm^2	アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）	245
σ_B	mm^2	コンクリートの圧縮強度	20.6
E_C	N/mm^2	コンクリートのヤング係数	2.15×10^4
${}_sa_c$	mm^2	アンカーボルトの公称断面積	314
a_1	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	187
a_2	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	250
a_3	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	275
a_4	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	275
A_c	mm^2	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	58791
T_{a1}	kN	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	50.2
T_{a2}	kN	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	61.4
T_{a3}	kN	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	112.0
T_{as}	kN	短期許容引張耐力	50.2
Q_{a1}	kN	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	45.1
Q_{a2}	kN	コンクリートの支圧により決まるせん断耐力	83.7
Q_{a3}	kN	上限値より決まるせん断耐力	92.3
Q_{as}	kN	短期許容せん断耐力	30.0

14.10 評価結果

浸水防止扉（TVF-10）の扉体にかかる耐震計算荷重と耐津波強度計算荷重の比較を行った結果を表14-10-1に示す。また、浸水防止扉（TVF-10）の各部材及びアンカーボルトの評価結果をそれぞれ表14-10-2及び表14-10-3に示す。

浸水防止扉（TVF-10）の扉体にかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、強度計算で十分な強度を有することが確認されていることから、耐震性も有する。

浸水防止扉（TVF-10）の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、浸水防止扉（TVF-10）が構造強度を有することを確認した。

表14-10-1 浸水防止扉（TVF-10）の評価結果（扉体）

耐震計算荷重 ［kN］	強度計算荷重 ［kN］	耐震/強度荷重比
11.6	426	0.03

表14-10-2 浸水防止扉（TVF-10）の評価結果（部品類）

評価部位		発生応力 ［N/mm²］	許容応力 ［N/mm²］	検定比
ヒンジピン		19	118	0.17
ヒンジボルト	扉体正面	28	118	0.24
	扉体側面	56	205	0.28
締結金具		192	315	0.61

表14-10-3 浸水防止扉（TVF-10）の評価結果（アンカーボルト）

応力	発生荷重 ［kN/本］	許容耐力 ［kN/本］	検定比
引張	0.6	50.2	0.02
せん断	0.9	30.0	0.03

15. 浸水防止扉(TVF-10 材質変更後 開状態)

15.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号を表15-1-1に示す。

表15-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	浸水防止扉（TVF-10）の固定荷重	t
G_D	浸水防止扉（TVF-10）の扉体荷重	t
G_F	浸水防止扉（TVF-10）の戸当り荷重	t
P	積載荷重	kN
K_s	地震荷重	kN
K	設計震度	−
g	重力加速度	m/s^2
t	扉板の板厚	mm
K_H	水平方向設計震度	−
K_V	鉛直方向設計震度	−
P_H	水平方向地震力（TVF-10）	kN
P_V	扉体自重及び鉛直方向地震力（TVF-10）	kN
F_Z	水平（Z）方向の地震力によりヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重（TVF-10）	kN
F_{X1}	水平（X）方向の地震力によりヒンジ部に作用するX方向荷重(TVF-10)	kN
F_{X2}	鉛直（Y）方向の地震力によりヒンジ部に作用するX方向荷重(TVF-10)	kN
F_Y	鉛直（Y）方向の地震力によりヒンジ部に作用するY方向荷重(TVF-10)	kN
L_a	ヒンジ中心間距離（TVF-10）	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離（TVF-10）	mm
F_{hp}	ヒンジピンに作用するX方向荷重の合力（TVF-10）	kN
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力(TVF-10)	N/mm^2
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積(TVF-10)	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積(TVF-10)	mm^2
F_{ZY}	ヒンジ部に作用するZ方向とY方向荷重の合力（TVF-10）	kN

表15-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
F_{XY}	ヒンジ部に作用するX方向とY方向荷重の合力（TVF-10）	kN
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）（TVF-10）	N/mm^2
τ_{bi}	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）（i＝1：Z+Y方向、2：X+Y方向）	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)（i＝1：Z+Y方向、2：X+Y方向）	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積(TVF-10)	mm^2
σ_{tl}	扉止めブラケット（L鋼材）に発生する組合せ応力(TVF-10)	N/mm^2
σ_{tlb}	扉止めブラケット（L鋼材）に発生する曲げ応力(TVF-10)	N/mm^2
L_i	扉止めブラケットの各寸法（i＝1～4）（TVF-10）	mm
x	扉止めブラケット(L鋼材)の図心からのX座標	mm
y	扉止めブラケット(L鋼材)の図心からのY座標	mm
x'	座標軸回転後の扉止めブラケット(L鋼材)の図心からのX座標	mm
y'	座標軸回転後の扉止めブラケット(L鋼材)の図心からのY座標	mm
I_x	扉止めブラケット(L鋼材)のX方向の断面2次モーメント	mm^4
I_y	扉止めブラケット(L鋼材)のX方向の断面2次モーメント	mm^4
J_{xy}	扉止めブラケット(L鋼材)のねじり係数	mm^4
I_x'	座標軸回転後の扉止めブラケット(L鋼材)のX方向の断面2次モーメント	mm^4
I_y'	座標軸回転後の扉止めブラケット(L鋼材)のY方向の断面2次モーメント	mm^4
τ_{tls}	扉止めブラケット(L鋼材)に発生するせん断応力（TVF-10）	N/mm^2
A_G	扉止めブラケット(L鋼材)のせん断断面積（TVF-10）	mm^2
σ_{th}	扉止めブラケット（角形鋼材）に発生する組合せ応力（TVF-10）	N/mm^2
σ_{thb}	扉止めブラケット（角形鋼材）に発生する曲げ応力（TVF-10）	N/mm^2
Z_X	扉止めブラケット（角形鋼材）の断面係数	mm^3
H	扉止めブラケットの各寸法（TVF-10）	mm
t_h	扉止めブラケットの（角形鋼材）板厚（TVF-10）	mm
A_W	扉止めブラケット(角形鋼材)の断面積(TVF-10)	mm^2
τ_{ths1}	扉止めブラケット(角形鋼材)に発生するせん断応力（TVF-10）	N/mm^2

表15-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号（3/3）

記号	定義	単位
τ_{ths2}	扉止めブラケット(角形鋼材)に発生するねじりモーメント（TVF-10）	N/mm^2
σ_{at}	扉止めブラケットのアンカーボルトに発生する応力	N/mm^2
T_{ab}	扉止めブラケットのアンカーボルトに発生する引張応力	N/mm^2
f_{at}	扉止めブラケットのアンカーボルトに発生する引張力	N
Q_{as}	扉止めブラケットのアンカーボルトに発生するせん断応力	N/mm^2
f_{as}	扉止めブラケットのアンカーボルトに発生するせん断力	N
F_{as}	扉止めブラケットのアンカーボルトに発生するせん断応力を各水平方向に分解した値	N/mm^2
n_{ai}	扉止めブラケットのアンカーボルト本数(評価対象)(i=1、2)	本
A_e	扉止めブラケットのアンカーボルトの有効断面積	mm^2
F	基準強度	−
f_t	許容引張応力	N/mm^2
f_b	許容曲げ応力	N/mm^2
f_S	許容せん断応力	N/mm^2
f_{ts}	せん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	N/mm^2
f_{t0}	許容引張応力($=f_t$)	N/mm^2
τ	せん断応力	N/mm^2

15.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-10）（開状態）の構造上の特徴を踏まえ選定する。

浸水防止扉（TVF-10）（開状態）は、扉体本体（扉板及び芯材）、扉体部品（ヒンジ及び扉支持金具）、扉体止めブラケット及びアンカーボルトから構成される。

浸水防止扉（TVF-10）（開状態）に生じる地震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁及び縦桁）、芯材から枠体に伝達される。枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。また、開状態の浸水防止扉は、扉体止めブラケットにより開状態を保持しており、地震に伴う荷重は扉板から芯材（主桁及び縦桁）を通して扉体止めブラケットに伝わる。

扉板本体については、津波荷重に対して十分な強度を有することを確認している（別添3参照）。一方、地震荷重は津波荷重と比較して極めて小さいことから、応力計算による耐震評価は行わず、荷重の比較により耐震強度を有することを確認する。浸水防止扉（TVF-10）（開状態）の枠体のアンカーボルトについては、浸水防止扉（TVF-10）の閉状態にて、十分な強度を有することを確認している（14. 参照）。

浸水防止扉（TVF-10）（開状態）を構成する部品類であるヒンジピン、ヒンジボルト、扉体止めブラケット及びそのアンカーボルトについては、地震による扉の振動により荷重を受けることから、応力計算を行い、強度評価を行う。

浸水防止扉（TVF-10）の構造図を図15-2-1に示す。扉体部品への地震荷重の作用イメージ及び評価部位を図15-2-2及び図15-2-3に、アンカーボルトの位置及び評価部位を図15-2-4に示す。

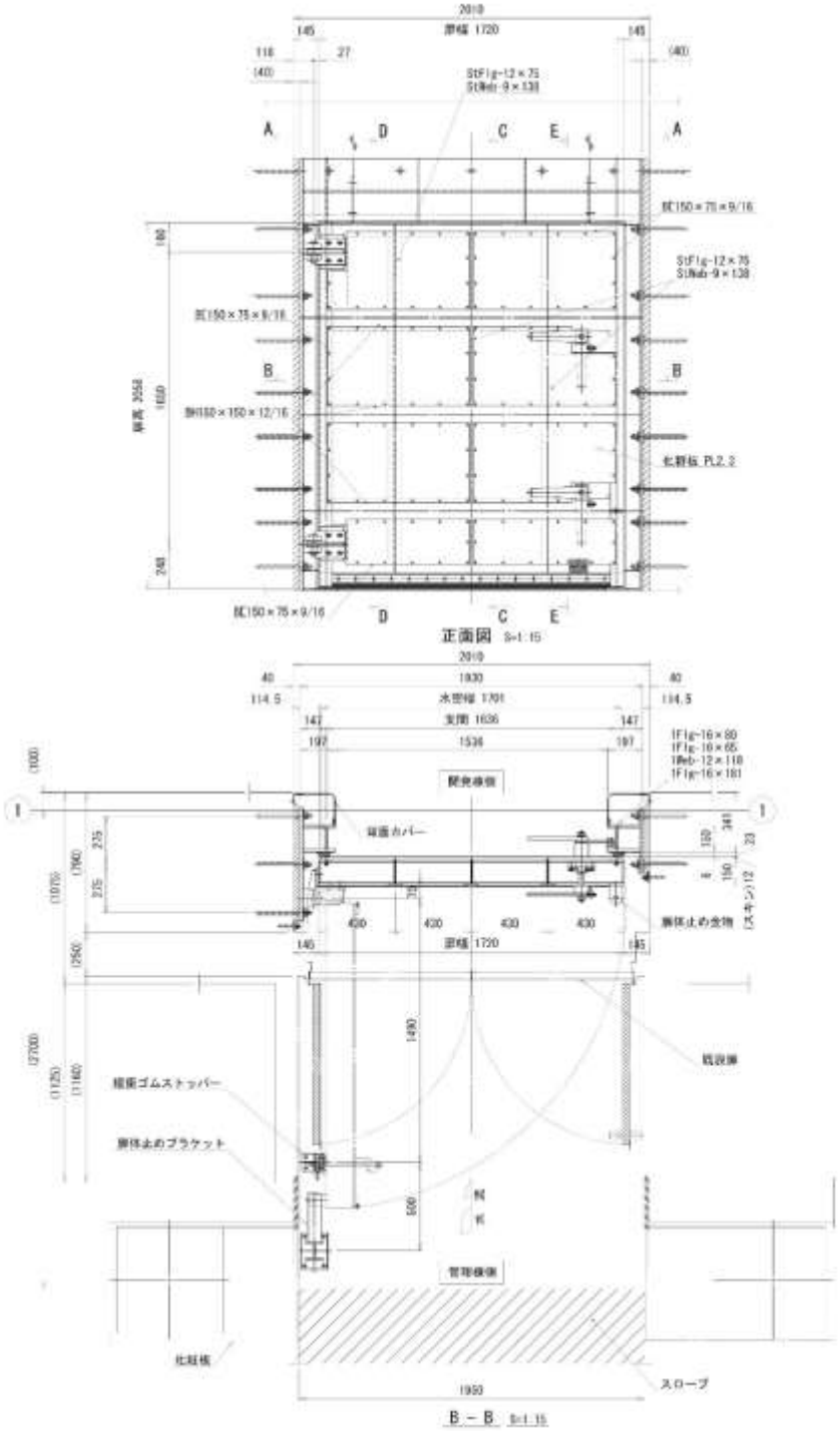


図15-2-1 浸水防止扉（TVF-10）の構造図

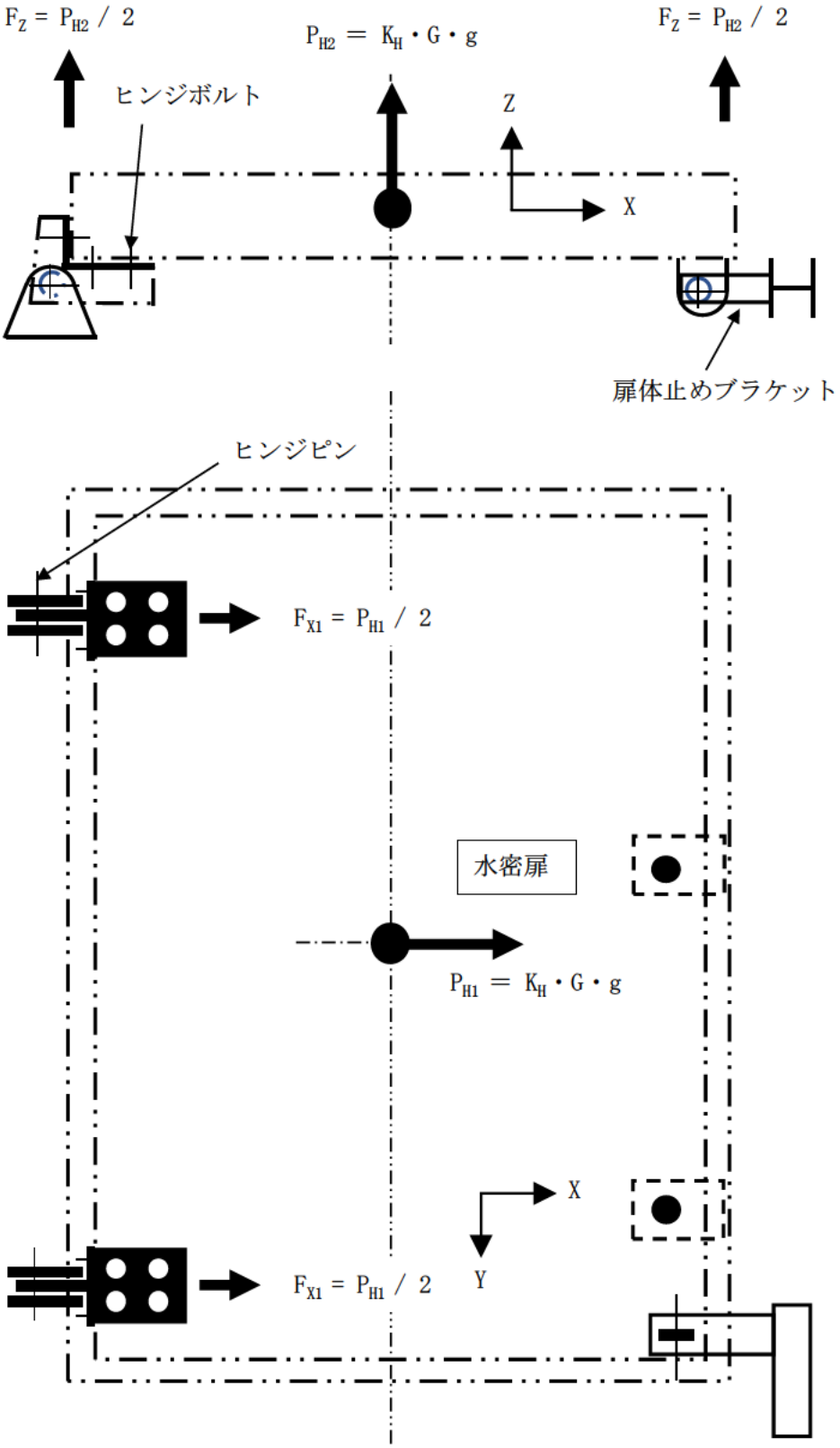


図15-2-2 浸水防止扉（TVF-10）開放時の地震荷重（水平方向）の作用イメージと評価部位

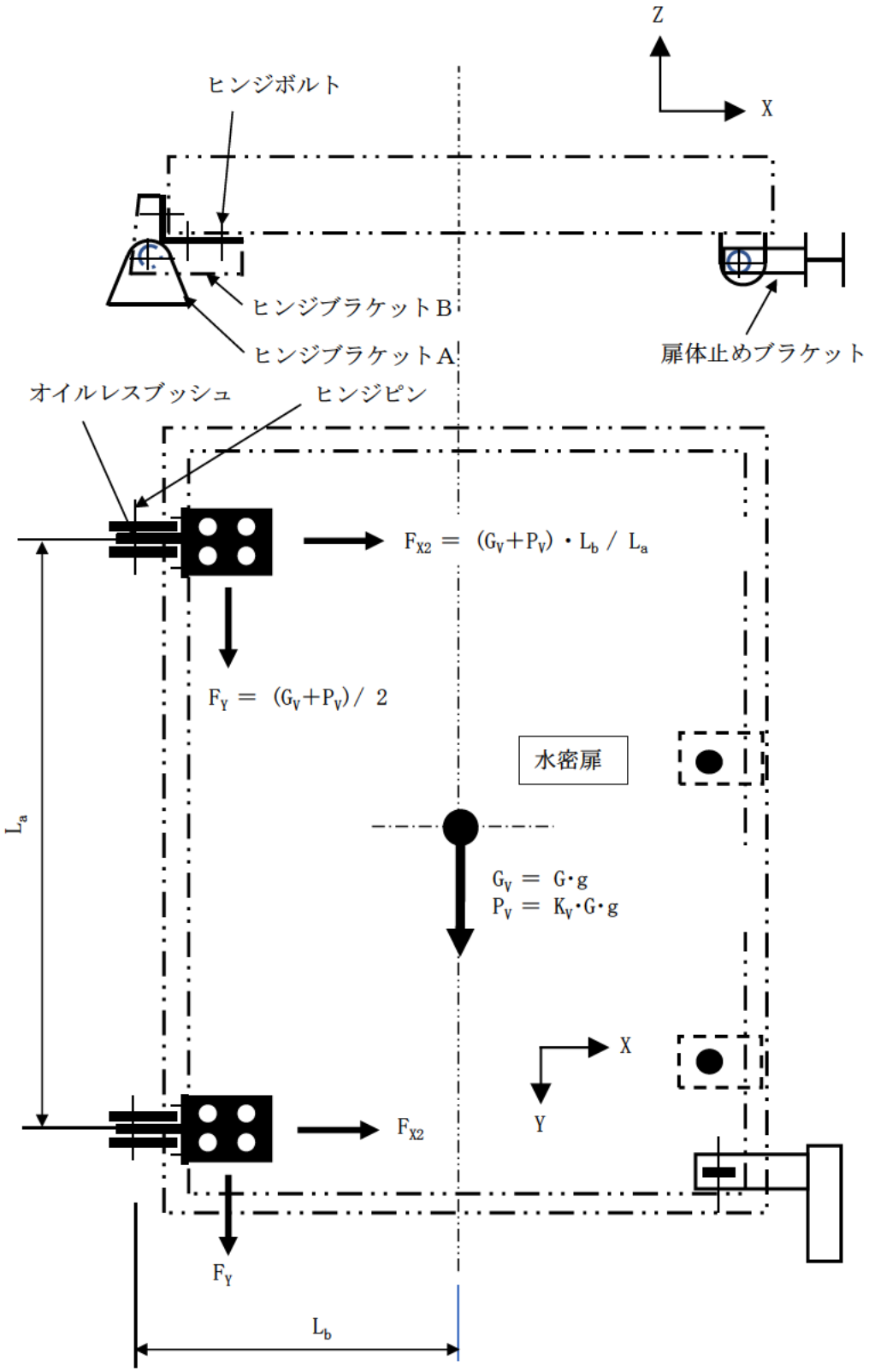


図15-2-3 浸水防止扉（TVF-10）開放時の地震荷重（鉛直方向）の作用イメージと評価部位

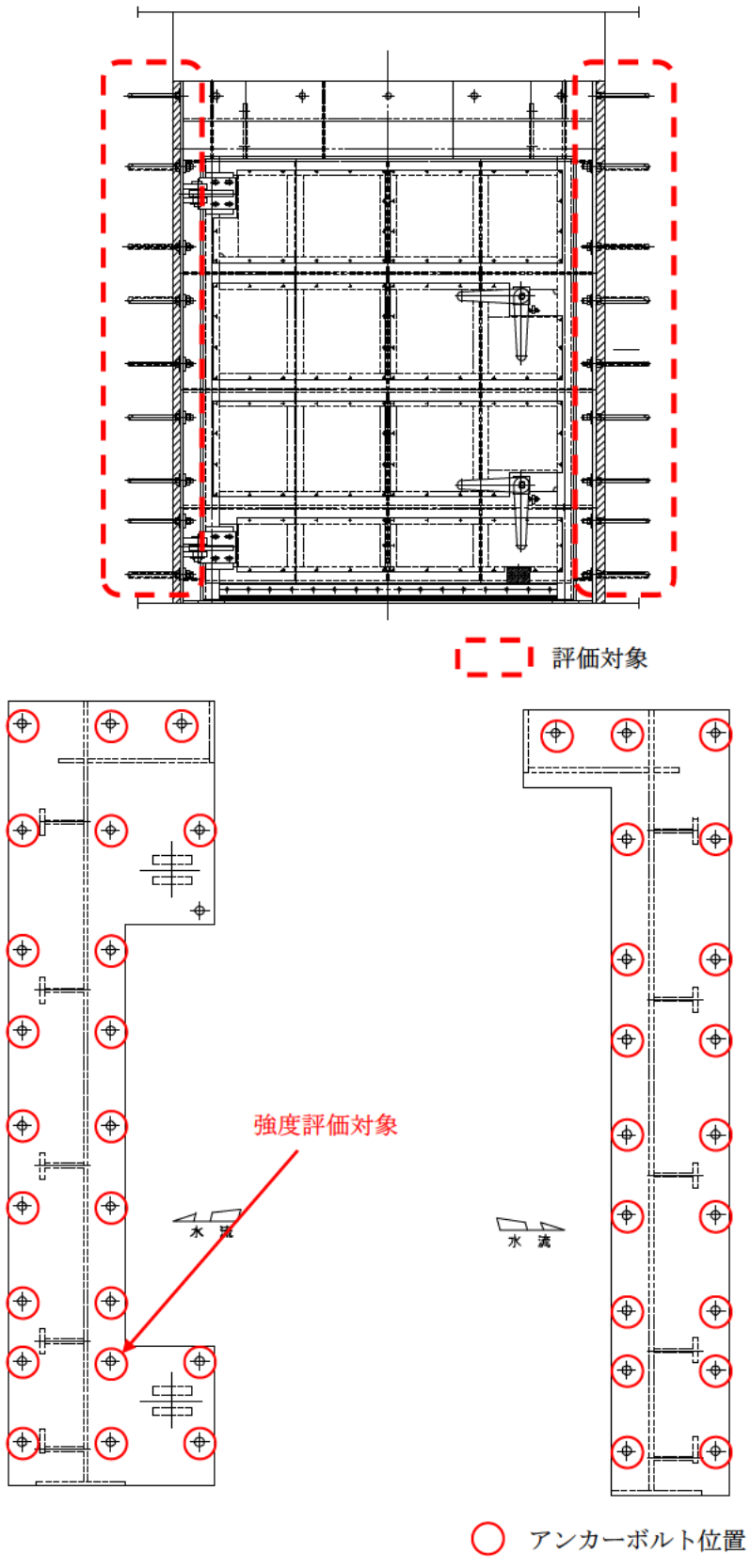


図15-2-4 浸水防止扉（TVF-10）アンカーボルト位置と評価部位

15.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価は、「15.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「15.4 荷重及び荷重の組合せ」及び「15.5 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「15.7 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

15.4 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する荷重

浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G　：浸水防止扉（TVF-10）の固定荷重

G_D：浸水防止扉（TVF-10）の扉体荷重

G_F：浸水防止扉（TVF-10）の戸当り荷重

P　：積載荷重

K_s：地震荷重

浸水防止扉（TVF-10）は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 固定荷重(G)

浸水防止扉（TVF-10）の自重を表15-4-1に示す。

表15-4-1 浸水防止扉（TVF-10）の自重

設備名称	固定荷重G	
	扉体G_D ［t］	戸当りG_F ［t］
浸水防止扉（TVF-10）	1.0	1.0

b. 地震荷重(K_s)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、浸水防止扉の固定荷重に設計震度Kを乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に不利な方向に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

浸水防止扉（TVF-10）に作用する荷重の組合せを表15-4-2に示す。

表15-4-2 浸水防止扉（TVF-10）の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
浸水防止扉（TVF-10） 部品	$G_D + K_s$
アンカーボルト	$G_D + G_F + K_s$

15.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-10）を構成する部材のうち、耐震評価を行う部位である扉板、芯材、ヒンジ部、アンカーボルトの使用材料を表15-5-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図15-5-1に示す。

表15-5-1 使用材料

部位		材 質	仕様[mm]※33
扉板		SM400A	1973×1720×t12
芯材	主桁（上段及び下段）	SM400A	C150×75×9×16
	主桁（中間）	SM400A	H150×150×12×16
	縦桁	SM400A	C150×75×9×12
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ30
	取付ボルト	SUS304	M12
扉体止めブラケット	本体（L鋼）	SS400	L75×75×9
	本体（角形鋼）	SS400 STKR400	□100×100×6×6
	アンカーボルト	SS400	M12×100L

※33 tは板厚、φは径、Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

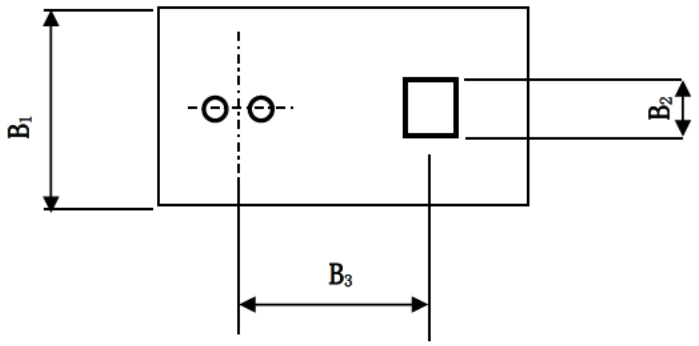


図15-5-1 締結金具の形状（浸水防止扉（TVF-10））

(2) 許容限界

a. 扉板、芯材及びヒンジ部

ヒンジ部及び扉支持金具の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、2005改定）」を踏まえて表15-5-2の値とする。

表15-5-2 許容限界

材料	短期許容応力 [N/mm^2]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※34	205	118
SM400A ※35	235	135
SS400 ※36	235	135
STKR400 ※37	235	135

※34 許容応力度を決定する場合の基準強度Fの値は、「JIS G 4303：2012 ステンレス鋼棒」、「JIS G 4304：2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく。

※35 許容応力度を決定する場合の基準強度Fの値は、「JIS G 3106：2015 溶接構造用圧延鋼板及び鋼帯」、「鋼構造設計規準 溶接構造用（t≦40㎜）に基づく。

※36 許容応力度を決定する場合の基準強度Fの値は、「JIS G 3101：2015 一般構造用圧延鋼材」に基づく。

※37 許容応力度を決定する場合の基準強度Fの値は、「JIS G 3466：2015 一般構造用角形鋼管」に基づく。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成18年7月7日）に基づく。

15.6 評価用地震力

浸水防止設備 （TVF-1～TVF-10）の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍して用いる。評価の対象である浸水防止扉（TVF-10）は1階に設置されているが、1階から2階にかけて設置されている浸水防止扉（TVF-1）を含めて保守側の評価となるよう3階の加速度を参照する。評価に用いる震度を表15-6-1に示す。

表15-6-1 浸水防止扉(TVF-10)の耐震計算で用いる震度

地震動	設置場所	地震による設計震度	
設計地震動	ガラス固化技術開発施設（TVF） 3階	水平方向K_H	1.12
		鉛直方向K_V	0.79

15.7 計算方法

扉体（扉板、主桁及び縦桁）について、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

扉体部品（ヒンジピン、ヒンジボルト）、扉止めブラケット及びそのアンカーボルトについては、設計地震力から各部材の発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

(1) 荷重算定

① 水平方向地震力 P_H

$$P_H = K_H \cdot G_D \cdot g$$

② 扉体自重及び鉛直方向地震力 P_v

$$P_v = (1 + K_V) \cdot G_D \cdot g$$

③ 水平（X、Z）方向の地震力によりヒンジ部に作用するX、Z方向荷重 F_{x1}、F_z

$$F_{X1} = F_Z = \frac{P_H}{2}$$

④ 鉛直方向の地震力によりヒンジ部に作用するX方向荷重 F_{X2}

$$F_{X2} = \frac{P_V \cdot L_b}{L_a}$$

⑤ 鉛直（Y）方向の地震力によりヒンジ部に作用するY方向荷重 F_Y

$$F_Y = \frac{P_V}{2}$$

(2) 応力算定

① ヒンジピンに発生するせん断応力 τ_{hp}

$$F_{hp} = F_{X1} + F_{X2}$$

$$\tau_{hp} = \frac{1000F_{hp}}{2 \cdot A_{ps}}$$

$$A_{ps} = \frac{3}{4}A_p$$

（機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ）

② ヒンジボルトに発生する引張応力 σ_b 及び せん断応力τ_b

・引張応力（Z+Y方向の地震）

$$\sigma_b = \frac{1000F_Z}{n_1 \cdot A_s}$$

・せん断応力（Z+Y方向の地震）

$$F_{ZY} = \sqrt{{F_{X2}}^2 + {F_Y}^2}$$

$$\tau_{b1} = \frac{1000F_{ZY}}{n_1 \cdot A_s}$$

・引張応力（X+Y方向の地震）

X＋Y方向の地震に対して、ヒンジボルトの引張力は作用しない。

・せん断応力（X+Y方向の地震）

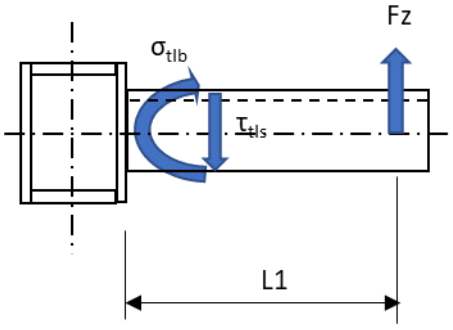
$$F_{XY} = \sqrt{(F_{X1} + F_{X2})^2 + {F_Y}^2}$$

$$\tau_{b2} = \frac{1000F_{XY}}{2n_2 \cdot A_s}$$

③ 扉止めブラケット（L鋼材）に発生する応力 σ_{tl}

・曲げ応力

$$\sigma_{tlb} = (10^6 \cdot F_Z \cdot L_1) \cdot (y' \cdot \frac{\cos\theta}{{I_x}'} - x' \cdot \frac{\sin\theta}{{I_y}'})$$



ただし

$\theta = -45$ [°]

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$I_x' = (I_x + I_y)/2 + (1/2) \cdot \sqrt{((I_x - I_y)^2 + 4 \cdot {J_{xy}}^2)}$$

$$I_y' = (I_x + I_y)/2 - (1/2) \cdot \sqrt{((I_x - I_y)^2 + 4 \cdot {J_{xy}}^2)}$$

・せん断応力

$$\tau_{tls} = (10^3 \cdot F_Z)/A_G$$

・組合せ応力

$$\sigma_{tl} = \sqrt{{\sigma_{tlb}}^2 + 3{\tau_{tls}}^2}$$

④ 扉止めブラケット（角形鋼材）に発生する応力 σ_{th}

・曲げ応力

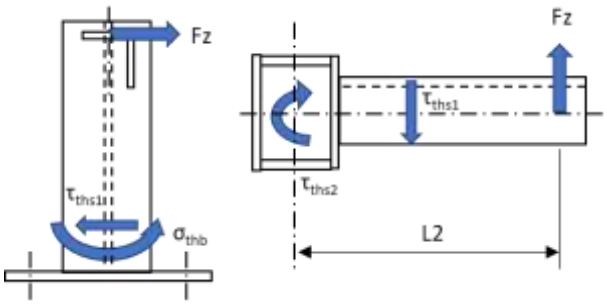
$$\sigma_{thb} = (10^6 \cdot F_Z \cdot H)/Z_X$$

・せん断応力

$$\tau_{ths1} = (10^3 \cdot F_Z)/A_W$$

・ねじりモーメント

$$\tau_{ths2} = (10^6 \cdot F_Z \cdot L_2)/(2 \cdot t_h \cdot (H - t_h) \cdot (B - t_h))$$



・組合せ応力

$$\sigma_{th} = \sqrt{{\sigma_{thb}}^2 + 3(\tau_{thS1} + \tau_{thS2})^2}$$

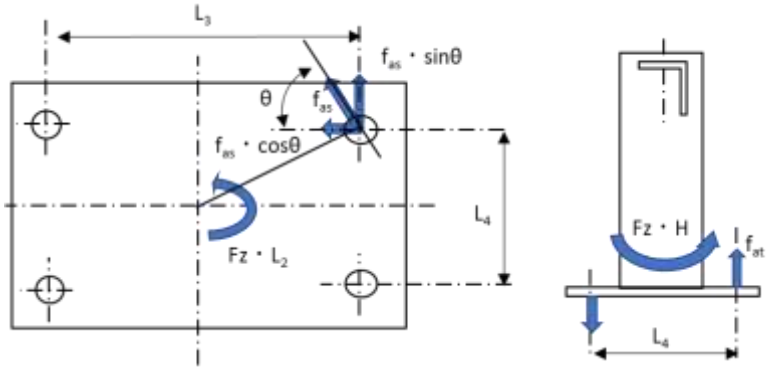
⑤ 扉止めブラケットのアンカーボルトに発生する応力 σ_{at}

・引張応力

$$f_{at} = (F_Z \cdot H)/(n_{a1} \cdot L_4)$$

$$T_{ab} = f_{at}/A_e$$

f_{at}：引張力



・せん断応力

$$f_{as} = (F_Z \cdot L_2)/(n_{a2} \cdot \sqrt{\left(\frac{L_3}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_4}{2}\right)^2})$$

f_{as}を各水平方向のせん断力に分解する。

$$F_{as} = \sqrt{(f_{as} \cdot \cos\theta + \frac{F_Z}{n_{a2}})^2 + (f_{as} \cdot \sin\theta)^2}$$

$$Q_{as} = F_{as}/A_e$$

f_{as}：せん断力

・組合せ応力

$$\sigma_{at} = \sqrt{{T_{ab}}^2 + 3 \cdot {Q_{as}}^2}$$

15.8 許容応力

(1) ヒンジピン、ヒンジボルト及び扉止めブラケット

「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（社）日本建築学会、2005改定」を踏まえて材料の耐力及び引張強さの70%のいずれかの小さい数値を基準強度F として、許容応力は以下とする。

a. 許容引張応力及び許容曲げ応力

$$f_t = f_b = F$$

b. 許容せん断応力

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

(2) 扉止めブラケットのアンカーボルト

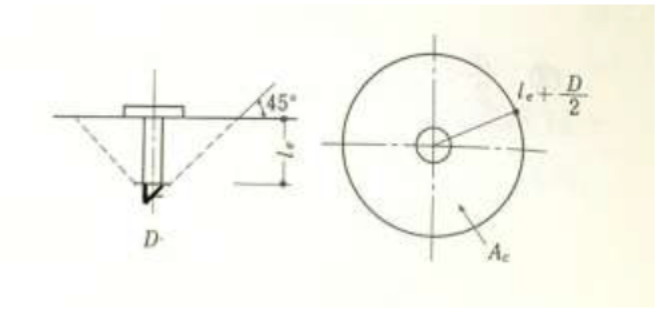
「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

$$f_{ts} = \min(1.4f_{t0} - 1.6\tau,\ f_{t0})$$

ただし

$$f_{t0} = f_t$$

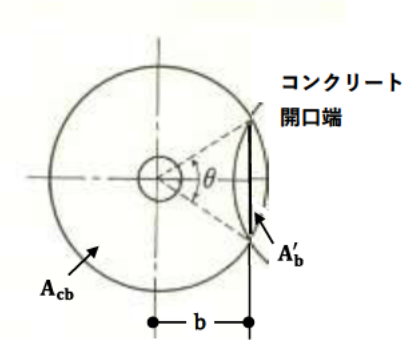
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図15-8-1に示す。



有効水平投影面積

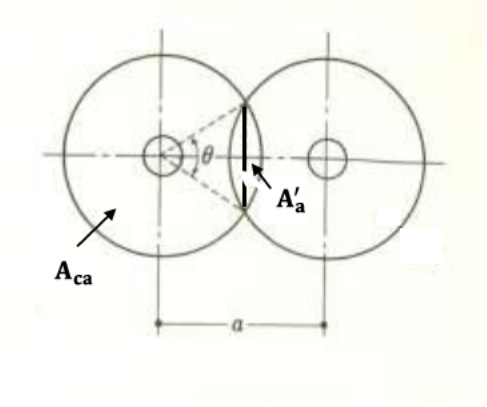
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



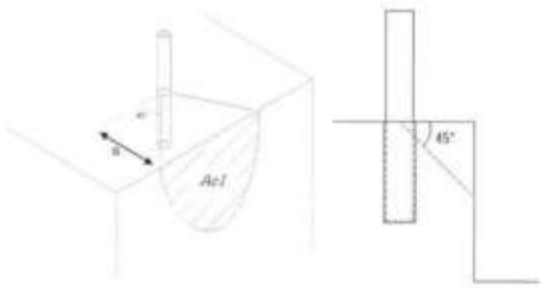
有効水平投影面積

（はしあき；有効埋込長さ未満）



有効水平投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）



有効投影面積

（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

図15-8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

15.9 計算条件

「15.7 計算方法」に用いる評価条件を表15-9-1に示す。

表15-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-10））（1/3）

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	1.0
	G_F	t	戸当り	1.0
震度	K_H	−	水平方向設計震度	1.12
	K_V	−	鉛直方向設計震度	0.79
地震荷重	P_H	kN	扉体にかかる水平方向地震力	10.98
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	17.55
	F_Z	kN	水平（Z）方向の地震力によりヒンジ部に作用するZ方向荷重	5.49
	F_{X1}	kN	水平（X）方向の地震力によりヒンジ部に作用するX方向荷重	5.49
	F_{X2}	kN	鉛直（Y）方向の地震力によりヒンジ部に作用するX方向荷重	9.44
	F_Y	kN	鉛直（Y）方向の地震力によりヒンジ部に作用するY方向荷重	8.78
ヒンジ	L_a	mm	ヒンジ中心間距離	1650
	L_b	mm	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	887
ヒンジピン	F_{hp}	kN	ヒンジピンに作用するX方向荷重の合力	14.93
	τ_{hp}	N/mm^2	ヒンジピンに発生するせん断応力	14.08
	A_P	mm^2	断面積	706.9
	A_{PS}	mm^2	せん断断面積	530.2
ヒンジボルト	F_{ZY}	kN	ヒンジ部に作用するZ方向とY方向荷重の合力	12.89
	F_{XY}	kN	ヒンジ部に作用するX方向とY方向荷重の合力	17.32
	σ_b	N/mm^2	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）	16.28
	τ_{b1}	N/mm^2	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）	38.22
	τ_{b2}	N/mm^2	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）	51.36
	n_1	本	本数（扉体正面）	4
	n_2	本	本数（扉体側面）	4
	A_S	mm^2	有効断面積	84.3

表15-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-10）） (2/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉体止め ブラケット （L鋼材）	σ_{tl}	N/mm^2	L鋼材に発生する組合せ応力	111.9
	σ_{tlb}	N/mm^2	L鋼材に発生する曲げ応力	111.6
	L_1	mm	扉体止めブラケットの各寸法	238
	x	mm	L鋼材の図心からのX座標	52.95
	y	mm	L鋼材の図心からのY座標	22.05
	x'	mm	座標軸回転後のL鋼材の図心からのX座標	21.85
	y'	mm	座標軸回転後のL鋼材の図心からのY座標	53.03
	I_x	mm^4	L鋼材のX方向の断面2次モーメント	664500
	I_y	mm^4	L鋼材のX方向の断面2次モーメント	664500
	J_{xy}	mm^4	L鋼材のねじり係数	344100
	I_x'	mm^4	座標軸回転後のL鋼材のX方向の断面2次モーメント	1008600
	I_y'	mm^4	座標軸回転後のL鋼材のY方向の断面2次モーメント	320400
	τ_{tls}	N/mm^2	L鋼材に発生するせん断応力	4.326
	A_G	mm^2	L鋼材のせん断断面積	1269
扉体止め ブラケット （角形鋼材）	σ_{th}	N/mm^2	角形鋼材に発生する組合せ応力	48.54
	σ_{thb}	N/mm^2	角形鋼材に発生する曲げ応力	36.451
	L_2	mm	扉体止めブラケットの各寸法	288
	Z_X	mm^3	角形鋼材の断面係数	66720
	H	mm	扉体止めブラケットの各寸法	443
	t_h	mm	角形鋼材の板厚	6
	A_W	mm^2	角形鋼材の断面積	1200
	τ_{ths1}	N/mm^2	角形鋼材に発生するせん断応力	4.575
	τ_{ths2}	N/mm^2	角形鋼材に発生する ねじりモーメント	14.91

表15-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉（TVF-10）） (3/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉体止めブラケットのアンカーボルト	σ_{at}	N/mm^2	扉体止めブラケットのアンカーボルトに発生する応力	155.2
	T_{ab}	N/mm^2	扉体止めブラケットのアンカーボルトに発生する引張応力	131.1
	f_{at}	N	扉体止めブラケットのアンカーボルトに発生する引張力	11050
	Q_{as}	N/mm^2	扉体止めブラケットのアンカーボルトに発生するせん断応力	48.30
	f_{as}	N	扉体止めブラケットのアンカーボルトに発生するせん断力	4071
	F_{as}	N	扉体止めブラケットのアンカーボルトに発生するせん断応力を各水平方向に分解した値	4072
	L_3	mm	扉体止めブラケットの各寸法	160
	L_4	mm	扉体止めブラケットの各寸法	110
	n_{a1}	本	扉体止めブラケットのアンカーボルト本数	2
	n_{a2}	本	扉体止めブラケットのアンカーボルト本数	4
	A_e	mm^2	扉体止めブラケットのアンカーボルトの有効断面積	84.3
許容応力（ヒンジピン、扉体止めブラケット）	F	−	基準強度	235
	f_t	N/mm^2	許容引張応力	235
	f_b	N/mm^2	許容曲げ応力	235
	f_S	N/mm^2	許容せん断応力	135
許容応力（ヒンジボルト）	F	−	基準強度	205
	f_t	N/mm^2	許容引張応力	205
	f_b	N/mm^2	許容曲げ応力	205
	f_S	N/mm^2	許容せん断応力	118
許容応力（扉体止めブラケットのアンカーボルト）	f_{ts}	N/mm^2	せん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	205
	f_{t0}	N/mm^2	許容引張応力（$= f_t$）	205

15.10 評価結果

浸水防止扉(TVF-10)の各部材及びアンカーボルトの評価結果をそれぞれ表15-10-1に示す。

浸水防止扉（TVF-10）の扉体にかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、強度計算で十分な強度を有することが確認されていることから、耐震性も有する。

浸水防止扉（TVF-10）の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、浸水防止扉（TVF-10）が構造強度を有することを確認した。

表15-10-1 浸水防止扉（TVF-10）の評価結果（部品類）

評価部位		発生応力 [N/mm^2]	許容応力 [N/mm^2]	検定比
ヒンジピン		15	135	0.12
ヒンジボルト	扉体正面	52	118	0.45
扉体止めブラケット	L鋼材	112	235	0.48
	角形鋼材	51	235	0.22
	アンカーボルト	155	205	0.76

第七条（津波による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、基準津波（事業指定基準規則第八条に規定する基準津波をいう。第三十四条において同じ。）によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

本申請は、廃止措置計画用設計津波に対して、津波防護施設であるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の浸水防止設備（浸水防止扉）が地震後の遡上波による浸水に伴う津波荷重及び余震、津波漂流物の衝突に対し、安全性が損なわれるおそれはない。強度評価結果を別添-3 に示す「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟　設計津波に対する浸水防止設備（浸水防止扉等）の強度評価」のとおりである。

別添-3

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟
設計津波に対する浸水防止設備（浸水防止扉等）の強度評価

1. 概要

本資料は、令和2年9月25日付け原規規発第2009252号にて認可を受けた廃止措置計画の変更認可申請書 別添 6-1-3-3「Ⅰガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の津波防護に関する施設の設計方針」（令 02 原機（再）029）に基づき、津波荷重及び余震を考慮した荷重に対して、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に設置している浸水防止設備の構造強度の評価結果を示すものである。

設計津波が到達する建家の開口部に設置している浸水防止設備(浸水防止扉 TVF-1、浸水防止扉 TVF-2、浸水防止扉 TVF-3、浸水防止扉 TVF-4、ガラリ延長ダクト TVF-5、浸水防止扉 TVF-6、浸水防止扉 TVF-7、ガラリ延長ダクト TVF-8、窓遮へい板 TVF-9及び浸水防止扉 TVF-10)について評価を行う。

浸水防止扉である TVF-1～4、TVF-6、TVF-7 は、通常が閉状態であることから閉の状態で強度評価を行う。浸水防止扉 TVF-10 は、平日日勤時は通行のため開状態、夜間休日時は閉状態であるものの、津波襲来前に閉状態にできることを確認していることから、閉状態における強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟における浸水防止設備の設置位置図を図 2-1-1 に示す。

図 2-1-1 浸水防止設備の設置位置図（図中の番号 1～10 が浸水防止設備の設置位置）
（ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟）

2.2 構造概要

浸水防止扉（TVF-1～4、6、7、10）は、片開型又は横引型の鋼製扉であり、扉板の背面に芯材（主桁及び縦桁）を配した構造である。扉枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

ガラリ延長ダクト（TVF-5）は、排気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。排気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材（主桁及び縦桁）を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は排気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガーダをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

ガラリ延長ダクト（TVF-8）は、給気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。給気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材（主桁及び縦桁）を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は給気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガーダをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

窓遮へい板（TVF-9）は、扉板の背面に芯材（主桁）を配した構造である。枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

2.3 評価方針

浸水防止設備の強度評価は、核燃料サイクル工学研究所 再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書 別添 6-1-3-3「Ⅰ ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の津波防護に関する施設の設計方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、浸水防止設備の評価部位の発生応力が許容限界内に収まることを確認する。

各設備の評価部位の発生応力は「荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重から、「計算方法」に示す方法により算出し、許容限界は「許容限界」に示す値とする。

浸水防止設備の強度評価フローを図 2-3-1 に示す。評価部位は、その構造を踏まえ、津波及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達経路を考慮して設定する。

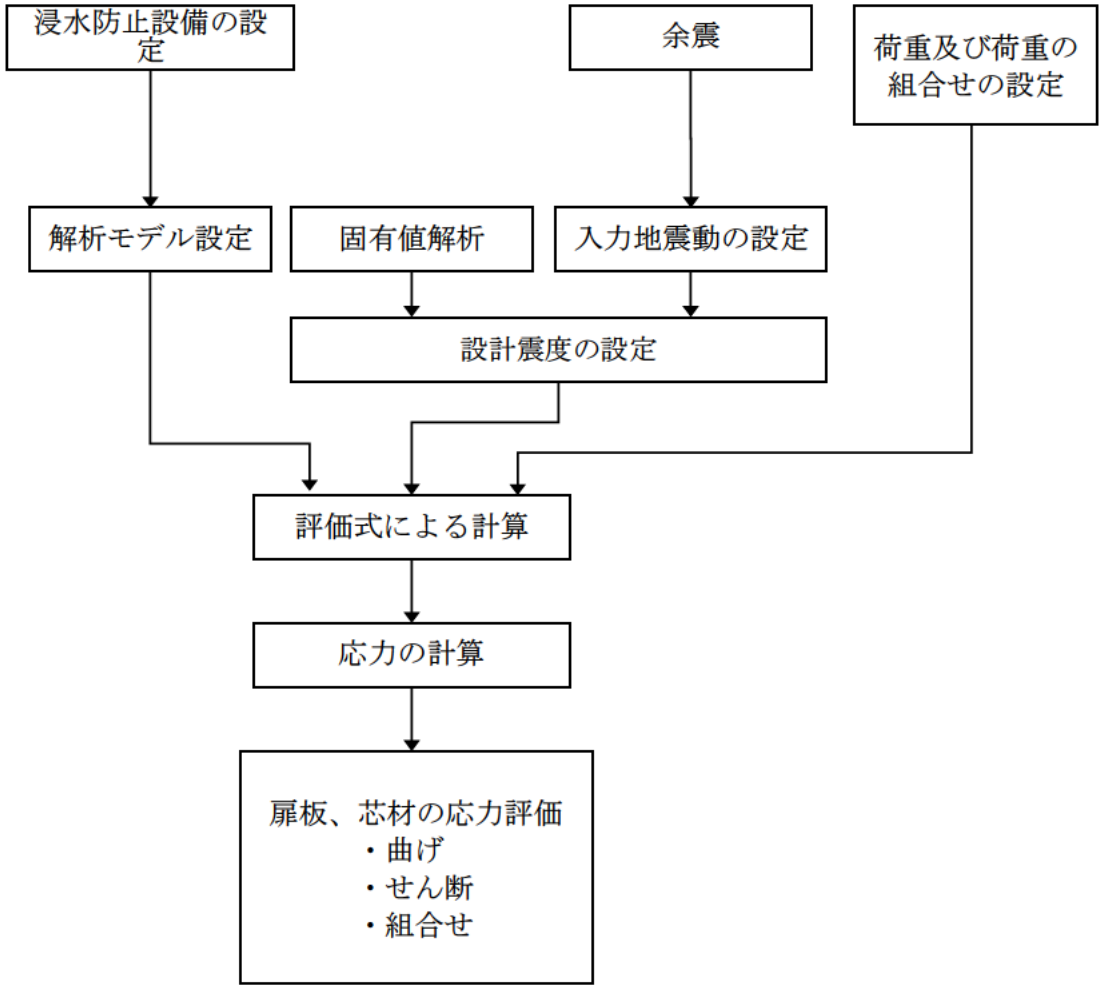


図 2-3-1 強度評価フロー

2.4 適用基準

適用する基準等を以下に示す。

(1) 建築基準法・同施行令

(2) 鋼構造設計規準―許容応力度設計法―（（社）日本建築学会、2005 改定）

(3) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、2010 改定）

(4) 日本工業規格　JIS G 4304　(2012) 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯

3. 浸水防止扉（TVF-1）

3.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-1）の強度評価に用いる記号を表 3-1-1 に示す。

表 3-1-1 浸水防止扉（TVF-1）の強度評価に用いる記号（1/2）

記号	定義	単位
h	波力算定用津波高さ	m
P_{hn}	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの静水圧荷重	kN/m^2
ρ	海水の単位体積重量（密度）	t/m^3
g	重力加速度	m/s^2
H_{Xn}	当該部分の浸水深	m
K_S	単位面積あたりの余震による地震荷重	kN/m^2
S_d	弾性設計用地震動	―
G	扉体自重	t
K_H	水平震度	―
b	扉全体の受圧幅	m
H_g	受圧高	m
P'_n	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの荷重	kN/m
P_n	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの荷重	kN/m^2
B	受圧幅	m
$\sigma_{pa\,nm}$	津波と余震荷重により扉板に生じる応力（区画 n、m）	N/mm^2
σ_p	扉板に生じる応力	N/mm^2
t	扉体の板厚	mm
β_n	扉板に発生する応力の応力係数	―
C_n	扉板の短辺側の長さ	mm
a_n	主桁ピッチ	m
b_m	縦桁ピッチ	m
W_n	該当部位の主桁が受ける単位長さあたりの荷重	kN/m
M_n	主桁に生じる曲げモーメント	kN･m
L	主桁の長さ	m
Q_n	主桁に生じるせん断力	kN･m
σ_n	主桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z_{Xn}	主桁の断面係数	mm^3
τ_n	主桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A_{Wn}	主桁のせん断断面積	mm^2

表 3-1-1 浸水防止扉（TVF-1）の強度評価に用いる記号（2/2）

記号	定義	単位
σ_{cn}	主桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ_c	主桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2
M'_n	縦桁に生じる曲げモーメント	kN･m
P_{an}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの直線形分布荷重	kN/m
P_{bn}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの等分布荷重	kN/m
Q'_n	縦桁に生じるせん断力	kN･m
σ'_n	縦桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z'_{Xn}	縦桁の断面係数	mm^3
τ'_n	縦桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A'_{Wn}	縦桁のせん断断面積	mm^2
σ'_{cn}	縦桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ'_c	縦桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2

3.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-1）の構造上の特徴を踏まえ選定する。浸水防止扉（TVF-1）は、横引型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取り付けて、締付装置を鋼製の扉枠に差し込み、扉と扉枠を一体化させる構造である。

浸水防止扉（TVF-1）に生じる津波及び余震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁、縦桁）まで、芯材から扉枠を介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、浸水防止扉（TVF-1）の扉板、主桁、縦桁とする。

浸水防止扉(TVF-1)の構造図を図 3-2-1、評価部位を図 3-2-2 に示す。

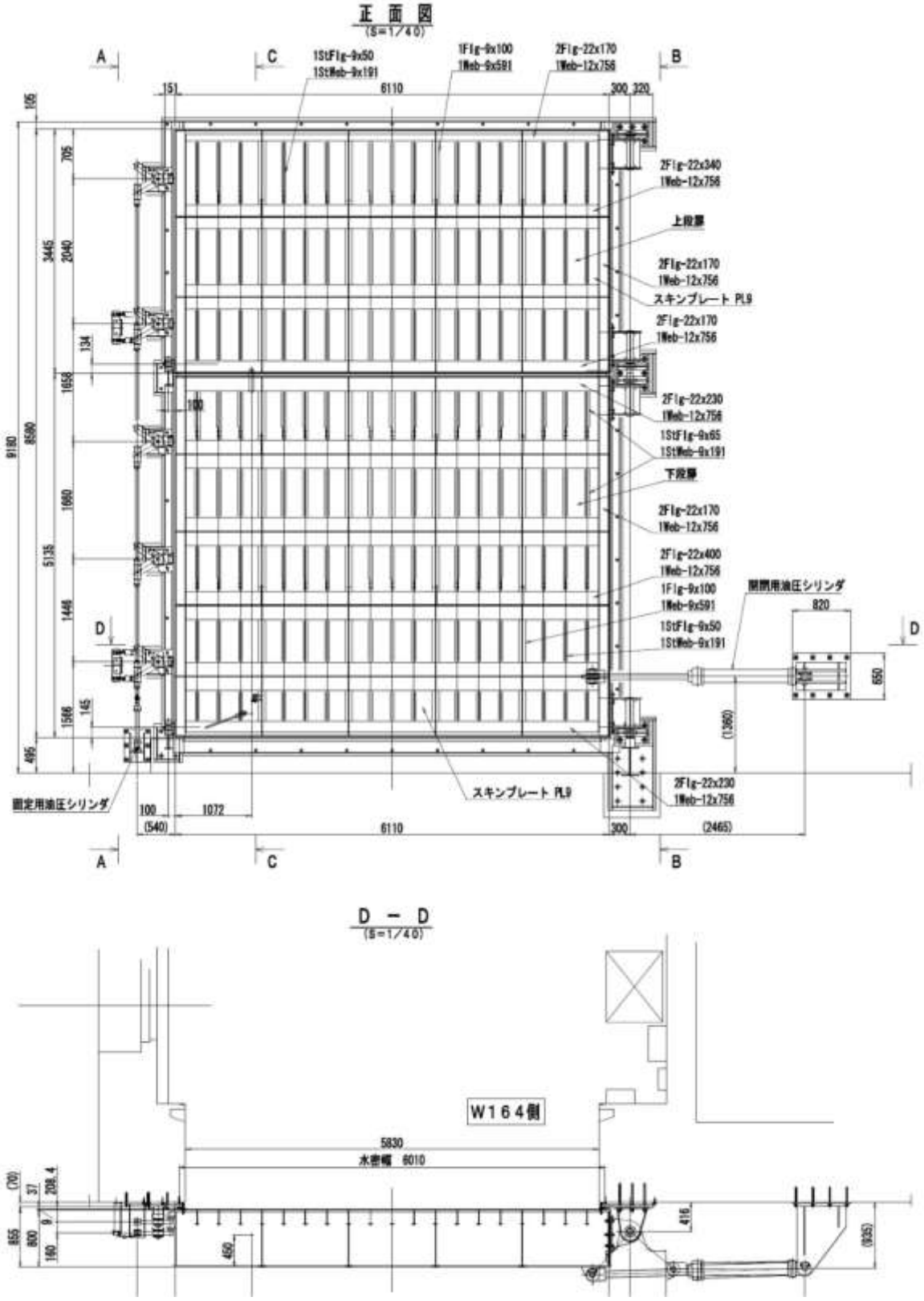


図 3-2-1 浸水防止扉（TVF-1）の構造図（単位：ｍｍ）

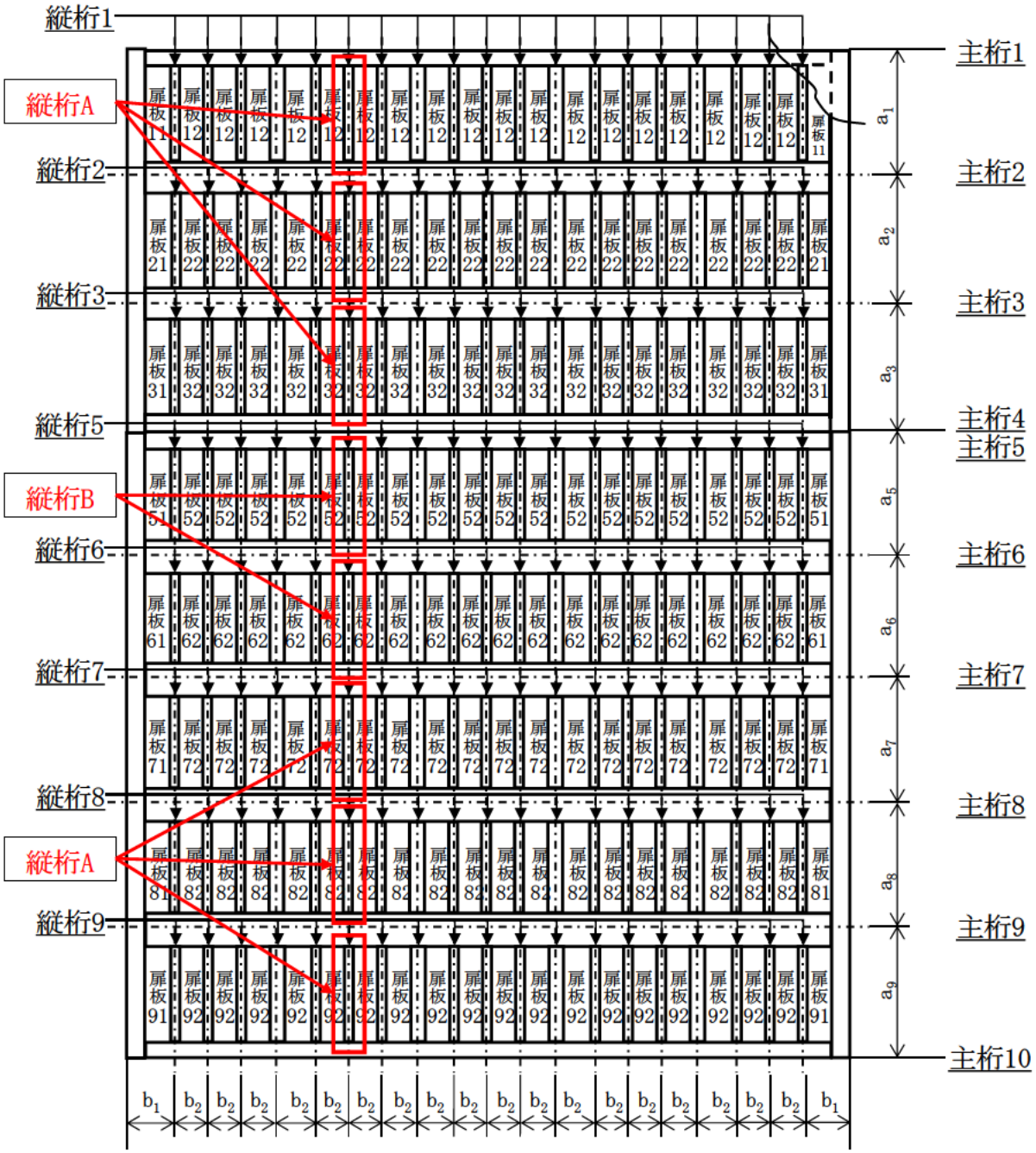


図 3-2-2 浸水防止扉（TVF-1）の評価部位

3.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-1）の強度評価は、「3.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「3.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「3.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「3.5 許容限界」に示す許容限界以内であることを確認する。

3.4 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、以下のとおりとする。

(1) 荷重

a. 津波による波力

遡上津波荷重については、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の地表面から波力算定用津波高さhまでの高さを考慮して算定する。算定に当たっては、静水圧及び動水圧の影響として水深係数α=3.0を考慮する。

b. 余震による荷重

余震による荷重として、別添6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」の応答値による慣性力を考慮する。

c. 風荷重

風荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき組合せを考慮しない。

d. 積雪荷重

積雪荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき特定行政庁が指定する区域に該当しないため考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 津波による遡上津波荷重（P_{hn}）

津波に伴う荷重として、遡上津波荷重を考慮する。

$$P_{hn}=\rho \cdot g \cdot H_{Xn}$$

設計津波高さが T.P.+12.3 m、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟のG.L.がT.P.+7.65 mであることから、浸水深は4.65 mとなり、これに水深係数α=3.0を考慮して、津波の浸水高さは13.95 mとして評価を行う。

津波に伴う荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び海水の密度を表3-4-1に示す。

表 3-4-1 水圧作用高さ及び海水の密度

設備名称	水圧作用高さ EL. ［m］	海水の密度 ［t/m^3］
浸水防止扉（TVF-1）	13.95	1.03

b. 余震荷重（K_S）

余震による荷重は、弾性設計用地震動S_dに伴う地震力（動水圧を含まない。）とする。

余震時の扉体自重による慣性力を考慮する。余震による荷重K_Sは、浸水防止扉の固定荷重Gに水平震度K_Hを乗じた次式により算出する。

$$K_S = \frac{K_H \cdot G \cdot g}{b \cdot H_g}$$

c. 縦桁に作用する荷重（P'_n）

縦桁に作用する荷重は、上記 a、b の荷重の合計に、縦桁が受け持つ荷重の受圧幅 B を乗じた次式により算出する。

$$P'_n = B \cdot P_n$$

(3) 荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重の組合せは、別添 6-1-3-3「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書 Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」に示す、荷重条件の最も厳しいケース 2（波力＋余震）の条件で実施する。浸水防止扉 TVF-1 の強度評価に用いる荷重の組合せを表 3-4-2 に示す。

表 3-4-2 強度評価に用いる荷重の組合せ

設備名称	荷重の組合せ※1
浸水防止扉(TVF-1)	$P_n = P_{hn} + K_S$

※1 P_{hn}は津波による波力、K_Sは余震による荷重を示す。

3.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-1）を構成する扉板及び芯材の使用材料を表 3-5-1 に示す。

表 3-5-1 扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板（上、下段扉）		SUS304	6170×8580×t9
芯材（上段扉）	主桁（最上段）	SUS304	C800×170×12×22
	主桁（中間）	SUS304	H800×340×12×22
	主桁（最下段）	SUS304	C800×170×12×22
	縦桁 A	SUS304	T200×50×9×9 ※2
芯材（下段扉）	主桁（最上段）	SUS304	C800×230×12×22
	主桁（中間）	SUS304	H800×400×12×22
	主桁（最下段）	SUS304	C800×230×12×22
	縦桁 A	SUS304	T200×50×9×9 ※2
	縦桁 B	SUS304	T200×65×9×9 ※2

※2 板を溶接して組み合わせた T 型構造の部材

(2) 許容限界

扉板及び芯材の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、2005 改定）」を踏まえて表 3-5-2 の値とする。

表 3-5-2 扉板及び芯材の許容限界

材料	短期許容応力度[N/mm²]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※3	205	118

※3 許容応力度を決定する場合の基準値 F の値は、「JIS G 4304:2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく

3.6 設計用地震力

浸水防止設備 TVF-1、TVF-2、TVF-3、TVF-4、TVF-5、TVF-6、TVF-7、TVF-8、TVF-9、TVF-10 の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の強度計算で用いる設計震度は、別添 6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」で得られた水平震度 0.5 を 1.2 倍にした 0.6 を用いる。

3.7 計算方法

浸水防止扉（TVF-1）の強度評価における応力の計算方法を以下に示す。

(1) 扉板

扉板に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、等変分布荷重及び等分布荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、「土木学会　構造力学公式集」に基づき、次式により算定する。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 9, m = 1, 2)$$

浸水防止扉（TVF-1）の扉板に生じる応力の例を図 3-7-1 に、扉板の評価部位の番号を図 3-2-2 に示す。

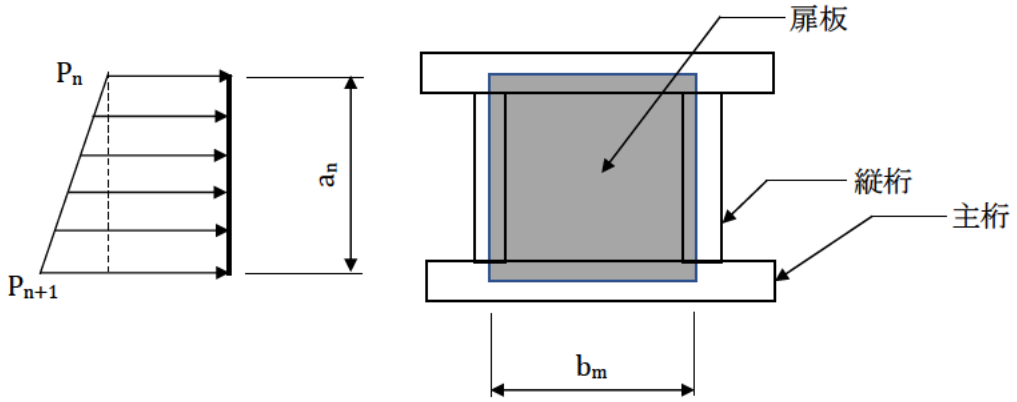


図 3-7-1 扉板に生じる応力の例

(2) 芯材

芯材に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、荷重を負担する芯材の取付方向（鉛直又は水平）に応じて、「日本機械学会　機械工学便覧基礎編　A４　材料力学」の「はり」の公式に基づき、それぞれ算定する。

a. 主桁

水平方向に取り付く主桁については、扉に生じる荷重を算定し、次式により算定する。主桁に生じる荷重の例を図 3-7-2 に示す。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

$$W_5 = \frac{(2P_5 + P_6) \cdot a_5}{6}$$

$$W_6 = \frac{(2P_6 + P_5) \cdot a_5}{6} + \frac{(2P_6 + P_7) \cdot a_6}{6}$$

$$W_7 = \frac{(2P_7 + P_6) \cdot a_6}{6} + \frac{(2P_7 + P_8) \cdot a_7}{6}$$

$$W_8 = \frac{(2P_8 + P_7) \cdot a_7}{6} + \frac{(2P_8 + P_9) \cdot a_8}{6}$$

$$W_9 = \frac{(2P_9 + P_8) \cdot a_8}{6} + \frac{(2P_9 + P_{10}) \cdot a_9}{6}$$

$$W_{10} = \frac{(2P_{10} + P_9) \cdot a_9}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{{\sigma_n}^2 + 3{\tau_n}^2}$$

$$\sigma_c = \mathrm{MAX}(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 10)$$

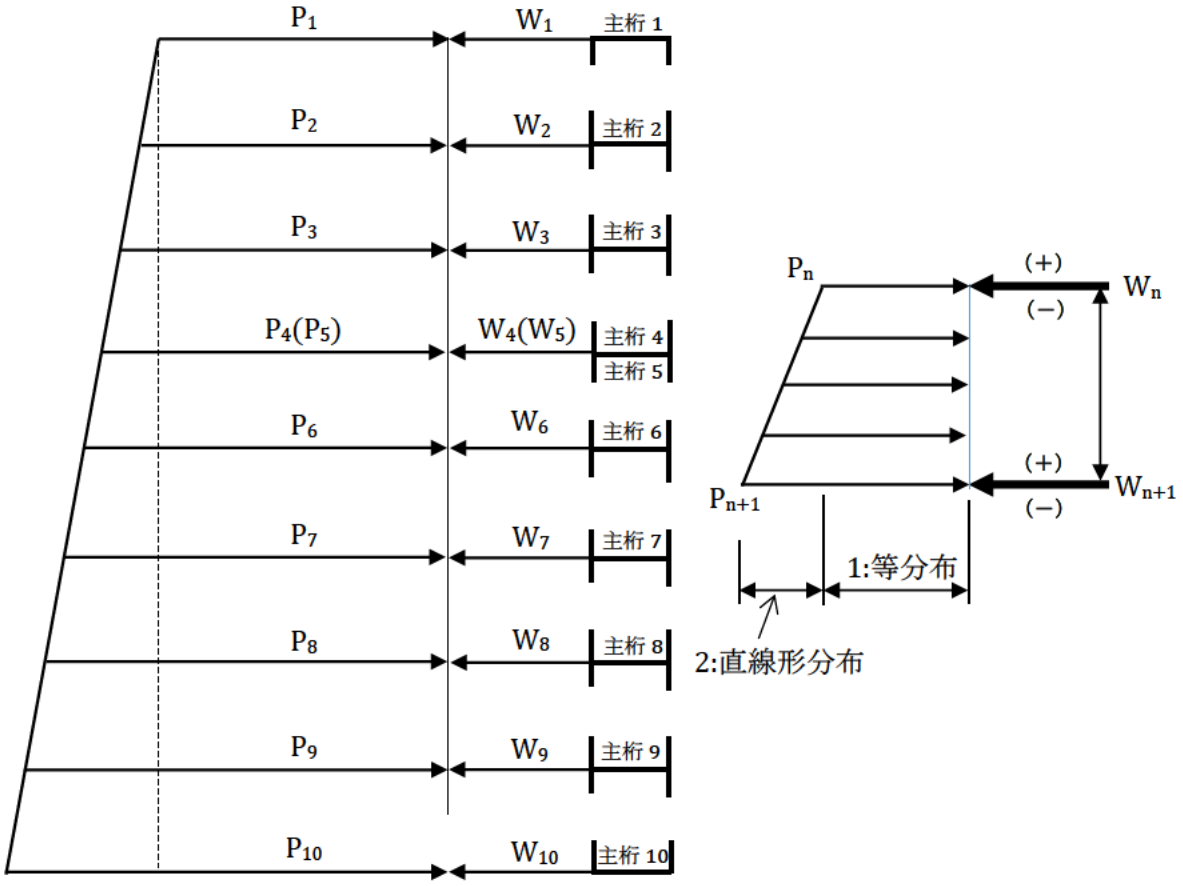


図 3-7-2 主桁に生じる荷重の例

b. 縦桁

鉛直方向に取付く縦桁については、荷重は各桁（中間縦桁及び端縦桁）で分担することとし、等分布荷重を受ける両端支持の単純梁として、次式により算定する。縦桁に生じる荷重の例を図 3-7-3 に示す。

$$M'_n = a_n{}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

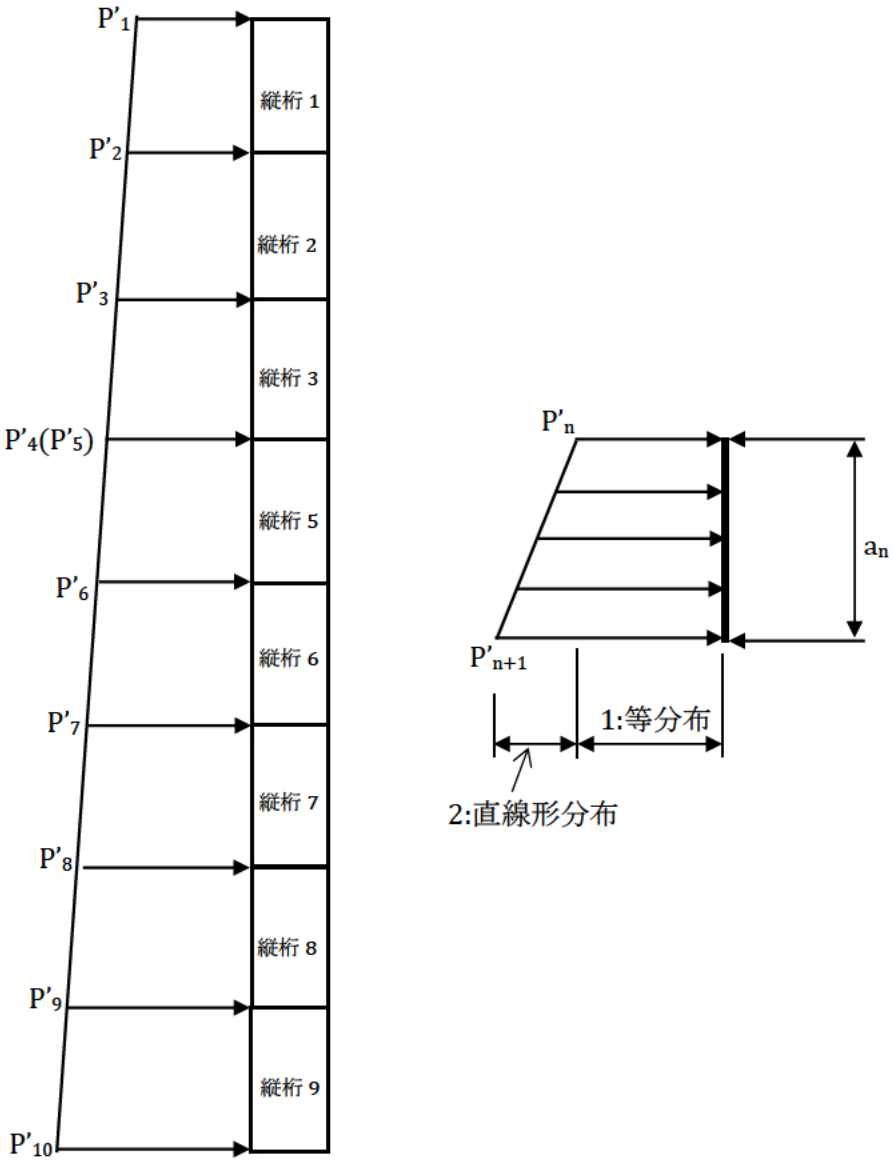
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{Xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000 \cdot Q'_n}{A'_{Wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'^{\,2}_n + 3\tau'^{\,2}_n}$$

$$\sigma'_c = \mathrm{MAX}(\sigma'_{cn}) \quad (n = 1 \sim 9)$$



（１：等分布成分がP_{bn}、２：直線形分布成分がP_{an}）

図 3-7-3 縦桁に生じる荷重の例

3.8 計算条件

「3.7 計算方法」に用いる評価条件を表 3-8-1 に示す。

表 3-8-1 浸水防止扉（TVF-1）の強度評価に用いる条件(1/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	H_{X1}	m	水頭高さ(主桁 1)	4.875
	H_{X2}	m	水頭高さ(主桁 2)	6.110
	H_{X3}	m	水頭高さ(主桁 3)	7.240
	H_{X4}	m	水頭高さ(主桁 4)	8.320
	H_{X5}	m	水頭高さ(主桁 5)	8.320
	H_{X6}	m	水頭高さ(主桁 6)	9.460
	H_{X7}	m	水頭高さ(主桁 7)	10.550
	H_{X8}	m	水頭高さ(主桁 8)	11.590
	H_{X9}	m	水頭高さ(主桁 9)	12.590
	H_{X10}	m	水頭高さ(主桁 10)	13.455
	t	mm	扉板厚さ	9
	β_1	－	応力係数（等分布荷重成分）	0.5
	β_2	－	応力係数（直線分布荷重成分）	0.3
	C_1	m	扉板の短辺側の長さ($n = 1 \sim 9$、 $m = 1$)	0.336
			扉板の短辺側の長さ($n = 1 \sim 9$、 $m = 2$)	0.306
	C_2	m	扉板の短辺側の長さ($n = 1 \sim 9$、 $m = 1$)	0.336
			扉板の短辺側の長さ($n = 1 \sim 9$、 $m = 2$)	0.306
	a_1	m	主桁ピッチ	1.235
	a_2	m	主桁ピッチ	1.130
	a_3	m	主桁ピッチ	1.080
	a_5	m	主桁ピッチ	1.140
	a_6	m	主桁ピッチ	1.090
	a_7	m	主桁ピッチ	1.040
	a_8	m	主桁ピッチ	1.000
	a_9	m	主桁ピッチ	0.865

表 3-8-1 浸水防止扉(TVF-1)の強度評価に用いる条件(2/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	b_1	m	縦桁ピッチ	0.336
	b_2	m	縦桁ピッチ	0.306
	P_{h1}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 1)	49.24
	P_{h2}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 2)	61.70
	P_{h3}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 3)	73.10
	P_{h4}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 4)	84.00
	P_{h5}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 5)	84.00
	P_{h6}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 6)	95.60
	P_{h7}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 7)	106.6
	P_{h8}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 8)	117.1
	P_{h9}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 9)	127.2
	P_{h10}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 10)	135.9
	K_S	kN/m^2	単位面積当たりの余震荷重	2.579
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	51.82
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	64.30
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	75.70
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	86.60
	P_5	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 5)	86.60
	P_6	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 6)	98.20
	P_7	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 7)	109.2
	P_8	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 8)	119.7
	P_9	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 9)	129.8
	P_{10}	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 10)	138.5
	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	41.21
	$\sigma_{pa\,12}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	34.17
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	49.43
	$\sigma_{pa\,22}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	40.98
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	57.14

表 3-8-1 浸水防止扉(TVF-1)の強度評価に用いる条件(3/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	$\sigma_{pa\,32}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	47.38
	$\sigma_{pa\,51}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 5、1）	65.01
	$\sigma_{pa\,52}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 5、2）	53.90
	$\sigma_{pa\,61}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 6、1）	72.82
	$\sigma_{pa\,62}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 6、2）	60.38
	$\sigma_{pa\,71}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 7、1）	80.25
	$\sigma_{pa\,72}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 7、2）	66.54
	$\sigma_{pa\,81}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 8、1）	87.38
	$\sigma_{pa\,82}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 8、2）	72.45
	$\sigma_{pa\,91}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 9、1）	93.81
	$\sigma_{pa\,92}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 9、2）	77.79
芯材（主桁）	L	m	主桁の長さ	6.170
	W_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 1)	34.56
	W_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 2)	75.60
	W_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 3)	83.46
	W_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 4)	44.80
	W_5	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 5)	51.57
	W_6	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 6)	109.3
	W_7	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 7)	116.1
	W_8	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 8)	122.0
	W_9	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 9)	120.6
	W_{10}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 10)	58.66
	M_1	kN·m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	164.46
	M_2	kN·m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	359.75
	M_3	kN·m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	397.34
	M_4	kN·m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	213.19

表 3-8-1 浸水防止扉(TVF-1)の強度評価に用いる条件(4/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	M_5	kN・m	主桁 5 に生じる曲げモーメント	245.40
	M_6	kN・m	主桁 6 に生じる曲げモーメント	520.12
	M_7	kN・m	主桁 7 に生じる曲げモーメント	552.47
	M_8	kN・m	主桁 8 に生じる曲げモーメント	580.55
	M_9	kN・m	主桁 9 に生じる曲げモーメント	573.89
	M_{10}	kN・m	主桁 10 に生じる曲げモーメント	279.14
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	106.62
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	233.23
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	257.60
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	138.21
	Q_5	kN	主桁 5 に生じるせん断力	159.09
	Q_6	kN	主桁 6 に生じるせん断力	337.19
	Q_7	kN	主桁 7 に生じるせん断力	358.17
	Q_8	kN	主桁 8 に生じるせん断力	376.37
	Q_9	kN	主桁 9 に生じるせん断力	372.05
	Q_{10}	kN	主桁 10 に生じるせん断力	180.97
	Z_{x1}	mm^3	断面係数（主桁 1）	3911000
	Z_{x2}	mm^3	断面係数（主桁 2）	6741000
	Z_{x3}	mm^3	断面係数（主桁 3）	6741000
	Z_{x4}	mm^3	断面係数（主桁 4）	3911000
	Z_{x5}	mm^3	断面係数（主桁 5）	4910000
	Z_{x6}	mm^3	断面係数（主桁 6）	7740000
	Z_{x7}	mm^3	断面係数（主桁 7）	7740000
	Z_{x8}	mm^3	断面係数（主桁 8）	7740000
	Z_{x9}	mm^3	断面係数（主桁 9）	7740000
	Z_{x10}	mm^3	断面係数（主桁 10）	4910000
	A_{W1}	mm^2	せん断断面積（主桁 1）	9072
	A_{W2}	mm^2	せん断断面積（主桁 2）	9072

表 3-8-1 浸水防止扉(TVF-1)の強度評価に用いる条件(5/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	A_{W3}	mm^2	せん断断面積（主桁 3）	9072
	A_{W4}	mm^2	せん断断面積（主桁 4）	9072
	A_{W5}	mm^2	せん断断面積（主桁 5）	9072
	A_{W6}	mm^2	せん断断面積（主桁 6）	9072
	A_{W7}	mm^2	せん断断面積（主桁 7）	9072
	A_{W8}	mm^2	せん断断面積（主桁 8）	9072
	A_{W9}	mm^2	せん断断面積（主桁 9）	9072
	A_{W10}	mm^2	せん断断面積（主桁 10）	9072
	σ_1	N/mm^2	主桁 1 の曲げ応力	42.05
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	53.37
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	58.94
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	54.51
	σ_5	N/mm^2	主桁 5 の曲げ応力	49.98
	σ_6	N/mm^2	主桁 6 の曲げ応力	67.20
	σ_7	N/mm^2	主桁 7 の曲げ応力	71.38
	σ_8	N/mm^2	主桁 8 の曲げ応力	75.01
	σ_9	N/mm^2	主桁 9 の曲げ応力	74.15
	σ_{10}	N/mm^2	主桁 10 の曲げ応力	56.85
	τ_1	N/mm^2	主桁 1 のせん断応力	11.75
	τ_2	N/mm^2	主桁 2 のせん断応力	25.71
	τ_3	N/mm^2	主桁 3 のせん断応力	28.40
	τ_4	N/mm^2	主桁 4 のせん断応力	15.23
	τ_5	N/mm^2	主桁 5 のせん断応力	17.54
	τ_6	N/mm^2	主桁 6 のせん断応力	37.17
	τ_7	N/mm^2	主桁 7 のせん断応力	39.48
	τ_8	N/mm^2	主桁 8 のせん断応力	41.49
	τ_9	N/mm^2	主桁 9 のせん断応力	41.01
	τ_{10}	N/mm^2	主桁 10 のせん断応力	19.95

表 3-8-1 浸水防止扉(TVF-1)の強度評価に用いる条件(6/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	46.72
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	69.50
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	76.77
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	60.56
	σ_{c5}	N/mm^2	主桁 5 の組合せ応力	58.49
	σ_{c6}	N/mm^2	主桁 6 の組合せ応力	93.06
	σ_{c7}	N/mm^2	主桁 7 の組合せ応力	98.85
	σ_{c8}	N/mm^2	主桁 8 の組合せ応力	103.9
	σ_{c9}	N/mm^2	主桁 9 の組合せ応力	102.7
	σ_{c10}	N/mm^2	主桁 10 の組合せ応力	66.53
芯材（縦桁）	B	m	受圧幅	0.3205
	P'_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1 の位置）	16.61
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	20.61
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	24.26
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	27.76
	P'_5	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 5 の位置）	27.76
	P'_6	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 6 の位置）	31.47
	P'_7	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 7 の位置）	35.00
	P'_8	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 8 の位置）	38.36
	P'_9	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 9 の位置）	41.60

表 3-8-1 浸水防止扉(TVF-1)の強度評価に用いる条件(7/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材(縦桁)	P'_{10}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 10 の位置）	44.39
	P_{a1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 1）	4.00
	P_{a2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 2）	3.65
	P_{a3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 3）	3.50
	P_{a5}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 5）	3.71
	P_{a6}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 6）	3.53
	P_{a7}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 7）	3.36
	P_{a8}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 8）	3.24
	P_{a9}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 9）	2.79
	P_{b1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 1）	16.61
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	20.61
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	24.26
	P_{b4}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 4）	27.76
	P_{b5}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 5）	27.76
	P_{b6}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 6）	31.47

表 3-8-1 浸水防止扉(TVF-1)の強度評価に用いる条件(8/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	P_{b7}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 7）	35.00
	P_{b8}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 8）	38.36
	P_{b9}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 9）	41.60
	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	3.558
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	3.589
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	3.799
	M'_5	kN・m	縦桁 5 に生じる曲げモーメント	4.819
	M'_6	kN・m	縦桁 6 に生じる曲げモーメント	4.943
	M'_7	kN・m	縦桁 7 に生じる曲げモーメント	4.965
	M'_8	kN・m	縦桁 8 に生じる曲げモーメント	5.003
	M'_9	kN・m	縦桁 9 に生じる曲げモーメント	4.025
	Q'_1	kN	縦桁 1 に生じるせん断力	11.90
	Q'_2	kN	縦桁 2 に生じるせん断力	13.02
	Q'_3	kN	縦桁 3 に生じるせん断力	14.36
	Q'_5	kN	縦桁 5 に生じるせん断力	17.23
	Q'_6	kN	縦桁 6 に生じるせん断力	18.43
	Q'_7	kN	縦桁 7 に生じるせん断力	19.36
	Q'_8	kN	縦桁 8 に生じるせん断力	20.26
	Q'_9	kN	縦桁 9 に生じるせん断力	18.80
	Z'_{x1}	mm^3	断面係数（縦桁 1）	75690
	Z'_{x2}	mm^3	断面係数（縦桁 2）	75690
	Z'_{x3}	mm^3	断面係数（縦桁 3）	75690
	Z'_{x5}	mm^3	断面係数（縦桁 5）	79360
	Z'_{x6}	mm^3	断面係数（縦桁 6）	79360
	Z'_{x7}	mm^3	断面係数（縦桁 7）	75690

表 3-8-1 浸水防止扉(TVF-1)の強度評価に用いる条件(9/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	Z'_{x8}	mm^3	断面係数（縦桁 8）	75690
	Z'_{x9}	mm^3	断面係数（縦桁 9）	75690
	A'_{w1}	mm^2	せん断断面積（縦桁 1）	1719
	A'_{w2}	mm^2	せん断断面積（縦桁 2）	1719
	A'_{w3}	mm^2	せん断断面積（縦桁 3）	1719
	A'_{w5}	mm^2	せん断断面積（縦桁 5）	1719
	A'_{w6}	mm^2	せん断断面積（縦桁 6）	1719
	A'_{w7}	mm^2	せん断断面積（縦桁 7）	1719
	A'_{w8}	mm^2	せん断断面積（縦桁 8）	1719
	A'_{w9}	mm^2	せん断断面積（縦桁 9）	1719
	σ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じる曲げ応力	47.03
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	47.43
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	50.20
	σ'_5	N/mm^2	縦桁 5 に生じる曲げ応力	60.74
	σ'_6	N/mm^2	縦桁 6 に生じる曲げ応力	62.25
	σ'_7	N/mm^2	縦桁 7 に生じる曲げ応力	65.66
	σ'_8	N/mm^2	縦桁 8 に生じる曲げ応力	66.06
	σ'_9	N/mm^2	縦桁 9 に生じる曲げ応力	53.11
	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	6.924
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	7.574
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	8.354
	τ'_5	N/mm^2	縦桁 5 に生じるせん断応力	10.02
	τ'_6	N/mm^2	縦桁 6 に生じるせん断応力	10.70
	τ'_7	N/mm^2	縦桁 7 に生じるせん断応力	11.29
	τ'_8	N/mm^2	縦桁 8 に生じるせん断応力	11.81
	τ'_9	N/mm^2	縦桁 9 に生じるせん断応力	10.94

表 3-8-1 浸水防止扉(TVF-1)の強度評価に用いる条件(10/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	σ'_{c1}	N/mm^2	縦桁 1 に生じる組合せ応力	48.54
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	49.21
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	52.25
	σ'_{c5}	N/mm^2	縦桁 5 に生じる組合せ応力	63.17
	σ'_{c6}	N/mm^2	縦桁 6 に生じる組合せ応力	64.95
	σ'_{c7}	N/mm^2	縦桁 7 に生じる組合せ応力	68.51
	σ'_{c8}	N/mm^2	縦桁 8 に生じる組合せ応力	69.15
	σ'_{c9}	N/mm^2	縦桁 9 に生じる組合せ応力	56.39

3.9 評価結果

浸水防止扉（TVF-1）の強度評価結果を表 3-9-1 に示す。浸水防止扉（TVF-1）の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、浸水防止扉（TVF-1）が構造強度を有することを確認した。

表 3-9-1 浸水防止扉（TVF-1）の強度評価結果

名称	評価部位	① 発生応力 ［N/mm^2］	② 許容応力 ［N/mm^2］	①/② 検定比
浸水防止扉 TVF-1	扉板	94	205	0.46
	主桁	104	205	0.51
	縦桁	70	205	0.35

4. 浸水防止扉（TVF-2）

4.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-2）の強度評価に用いる記号を表 4-1-1 に示す。

表 4-1-1 浸水防止扉（TVF-2）の強度評価に用いる記号（1/2）

記号	定義	単位
h	波力算定用津波高さ	m
P_{hn}	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの静水圧荷重	kN/m^2
ρ	海水の単位体積重量（密度）	t/m^3
g	重力加速度	m/s^2
H_{Xn}	当該部分の浸水深	m
K_S	単位面積あたりの余震による地震荷重	kN/m^2
S_d	弾性設計用地震動	―
G	扉体自重	t
K_H	水平震度	―
b	扉全体の受圧幅	m
H_g	受圧高	m
P'_n	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの荷重	kN/m
P_n	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの荷重	kN/m^2
B	受圧幅	m
$\sigma_{pa\,nm}$	津波と余震荷重により扉板に生じる応力（区画 n、m）	N/mm^2
σ_p	扉板に生じる応力	N/mm^2
t	扉体の板厚	mm
β_n	扉板に発生する応力の応力係数	―
C_n	扉板の短辺側の長さ	m
a_n	主桁ピッチ	m
b_m	縦桁ピッチ	m
W_n	該当部位の主桁が受ける単位長さあたりの荷重	kN/m
M_n	主桁に生じる曲げモーメント	kN･m
L	主桁の長さ	m
Q_n	主桁に生じるせん断力	kN･m
σ_n	主桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z_{Xn}	主桁の断面係数	mm^3
τ_n	主桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A_{Wn}	主桁のせん断断面積	mm^2

表 4-1-1 浸水防止扉（TVF-2）の強度評価に用いる記号（2/2）

記号	定義	単位
σ_{cn}	主桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ_c	主桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2
M'_n	縦桁に生じる曲げモーメント	kN･m
P_{an}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの直線形分布荷重	kN/m
P_{bn}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの等分布荷重	kN/m
Q'_n	縦桁に生じるせん断力	kN･m
σ'_n	縦桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z'_{Xn}	縦桁の断面係数	mm^3
τ'_n	縦桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A'_{Wn}	縦桁のせん断断面積	mm^2
σ'_{cn}	縦桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ'_c	縦桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2

4.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-2）の構造上の特徴を踏まえ選定する。浸水防止扉（TVF-2）は、横引き型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取り付けて、締付装置を鋼製の扉枠に差し込み、扉と扉枠を一体化させる構造である。

浸水防止扉（TVF-2）に生じる津波及び余震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁、縦桁）まで、芯材から扉枠を介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、浸水防止扉（TVF-2）の扉板、主桁、縦桁とする。

浸水防止扉（TVF-2）の構造図を図 4-2-1、評価部位を図 4-2-2 に示す。

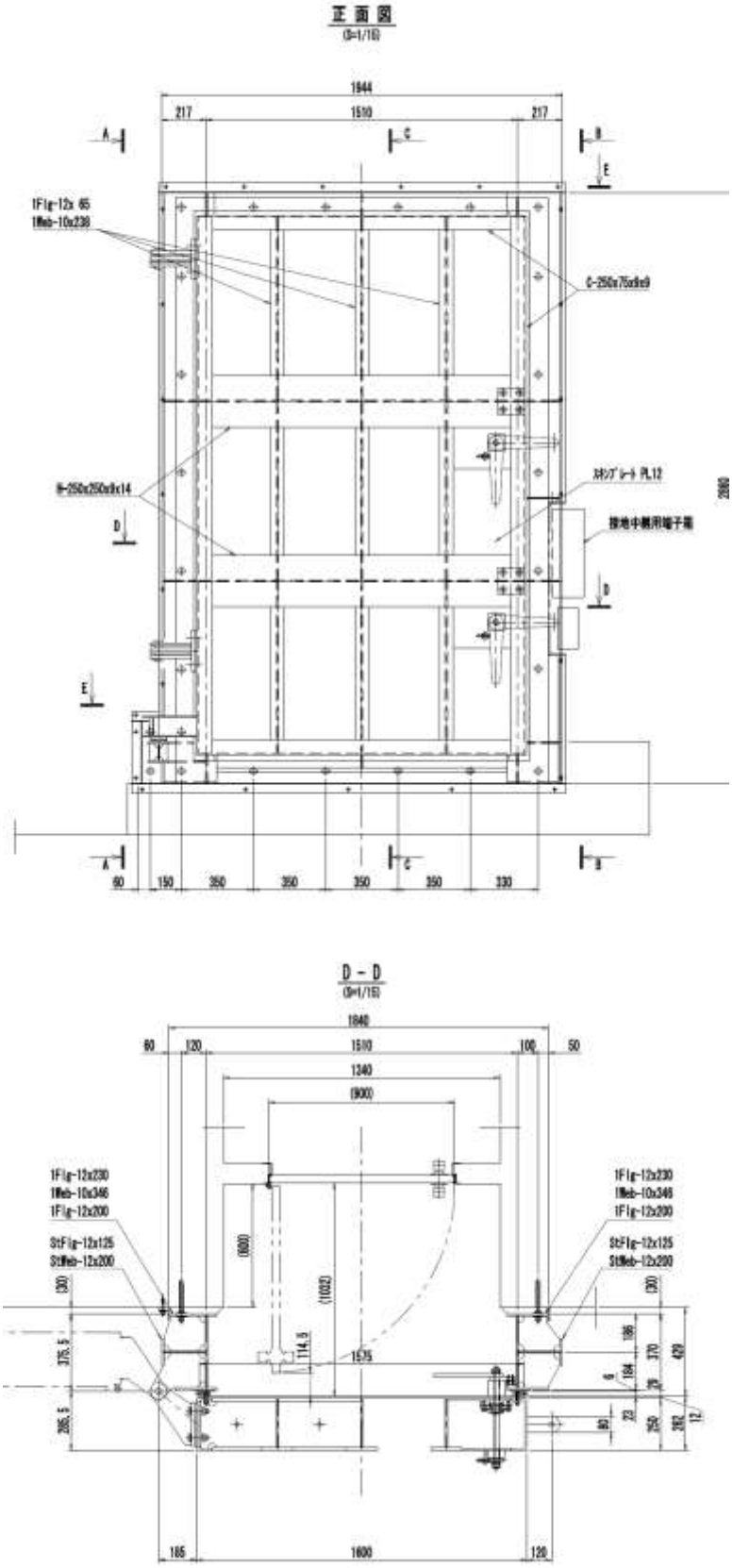


図 4-2-1 浸水防止扉（TVF-2）の構造図（単位：ｍｍ）

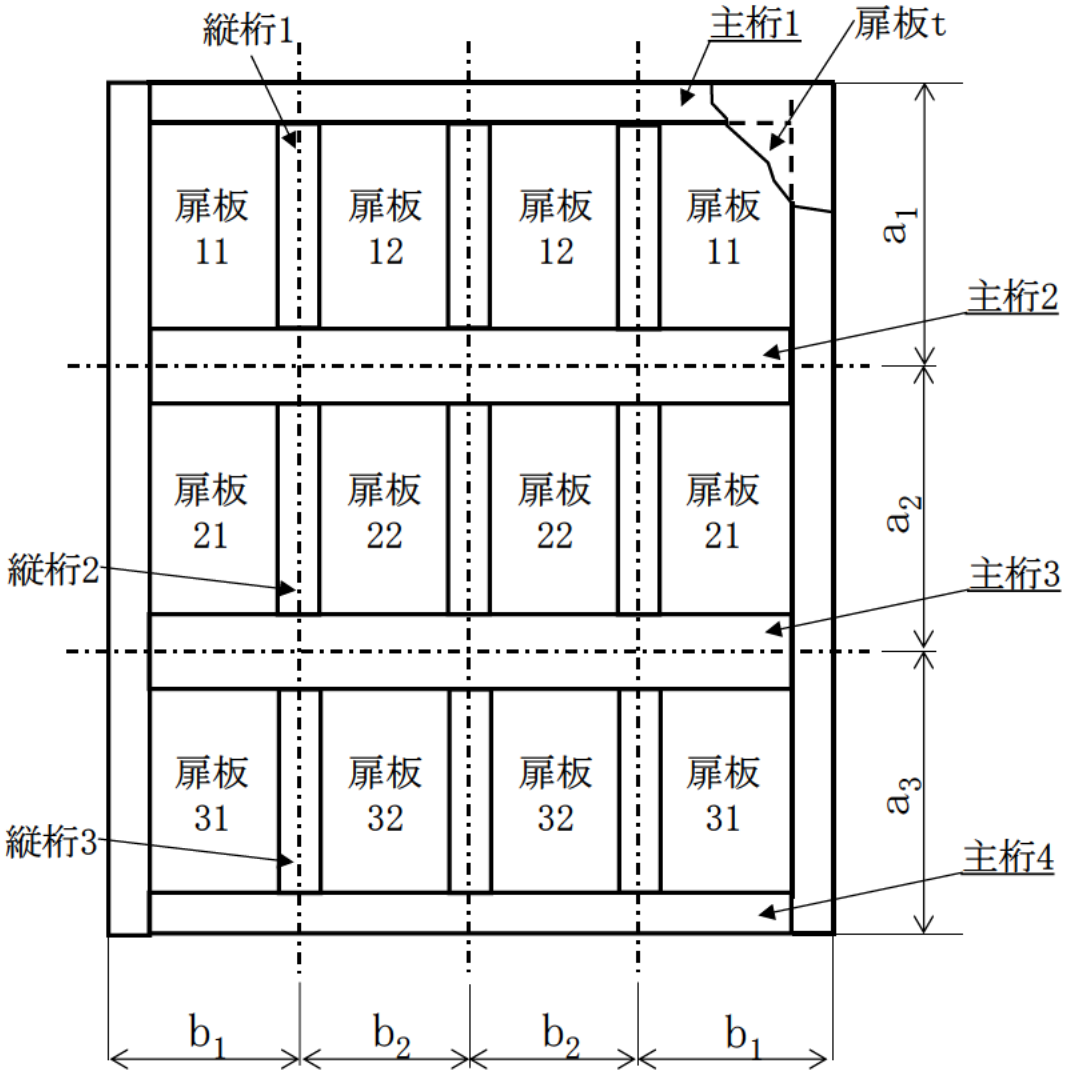


図 4-2-2 浸水防止扉（TVF-2）の評価部位

4.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-2）の強度評価は、「4.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「4.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「4.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「4.5 許容限界」に示す許容限界以内であることを確認する。

4.4 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、以下のとおりとする。

(1) 荷重

a. 津波による波力

遡上津波荷重については、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の地表面から波力算定用津波高さhまでの高さを考慮して算定する。算定に当たっては、静水圧及び動水圧の影響として水深係数α=3.0を考慮する。

b. 余震による荷重

余震による荷重として、別添6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」の応答値による慣性力を考慮する。

c. 風荷重

風荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき組合せを考慮しない。

d. 積雪荷重

積雪荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき特定行政庁が指定する区域に該当しないため考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 津波による遡上津波荷重（P_{hn}）

津波に伴う荷重として、遡上津波荷重を考慮する。

$$P_{hn}=\rho \cdot g \cdot H_{Xn}$$

設計津波高さが T.P.+12.3 m、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟のG.L.がT.P.+7.65 mであることから、浸水深は4.65 mとなり、これに水深係数α=3.0を考慮して、津波の浸水高さは13.95 mとして評価を行う。

津波に伴う荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び海水の密度を表4-4-1に示す。

表 4-4-1 水圧作用高さ及び海水の密度

設備名称	水圧作用高さ EL. ［m］	海水の密度 ［t/m^3］
浸水防止扉（TVF-2）	13.95	1.03

b. 余震荷重（K_S）

余震による荷重は、弾性設計用地震動S_dに伴う地震力（動水圧を含まない。）とする。

余震時の扉体自重による慣性力を考慮する。余震による荷重K_Sは、浸水防止扉の固定荷重Gに水平震度K_Hを乗じた次式により算出する。

$$K_S = \frac{K_H \cdot G \cdot g}{b \cdot H_g}$$

c. 縦桁に作用する荷重（P'_n）

縦桁に作用する荷重は、上記 a、b の荷重の合計に、縦桁が受け持つ荷重の受圧幅 B を乗じた次式により算出する。

$$P'_n = B \cdot P_n$$

(3) 荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重の組合せは、別添 6-1-3-3「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書 Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」に示す、荷重条件の最も厳しいケース 2（波力＋余震）の条件で実施する。浸水防止扉 TVF-2 の強度評価に用いる荷重の組合せを表 4-4-2 に示す。

表 4-4-2 強度評価に用いる荷重の組合せ

設備名称	荷重の組合せ※4
浸水防止扉（TVF-2）	$P_n = P_{hn} + K_S$

※4 P_{hn}は津波による波力、K_Sは余震による荷重を示す。

4.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-2）を構成する扉板及び芯材の使用材料を表 4-5-1 に示す。

表 4-5-1 浸水防止扉（TVF-2）の扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SUS304	2610×1600×t12
芯材	主桁（上段及び下段）	SUS304	C250×75×9×9
	主桁（中間）	SUS304	H250×250×9×14
	縦桁	SUS304	T250×65×10×12 ※5

※5 板を溶接して組合せた T 型構造の部材

(2) 許容限界

扉板及び芯材の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（(社) 日本建築学会、2005 改定)」を踏まえて表 4-5-2 の値とする。

表 4-5-2 扉板及び芯材の許容限界

材料	短期許容応力度[N/mm²]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※6	205	118

※6 許容応力度を決定する場合の基準値 F の値は、「JIS G 4304:2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく

4.6 設計用地震力

浸水防止設備 TVF-1、TVF-2、TVF-3、TVF-4、TVF-5、TVF-6、TVF-7、TVF-8、TVF-9、TVF-10 の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の強度計算で用いる設計震度は、別添 6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」で得られた水平震度 0.5 を 1.2 倍にした 0.6 を用いる。

4.7 計算方法

浸水防止扉(TVF-2)の強度評価における応力の計算方法を以下に示す。

(1) 扉板

扉板に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、等変分布荷重及び等分布荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、「土木学会　構造力学公式集」に基づき、次式により算定する。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 3, m = 1,2)$$

浸水防止扉(TVF-2)の扉板を生じる応力の例を図 4-7-1、扉板に生じる応力評価部位の番号を図 4-2-2 にに示す。

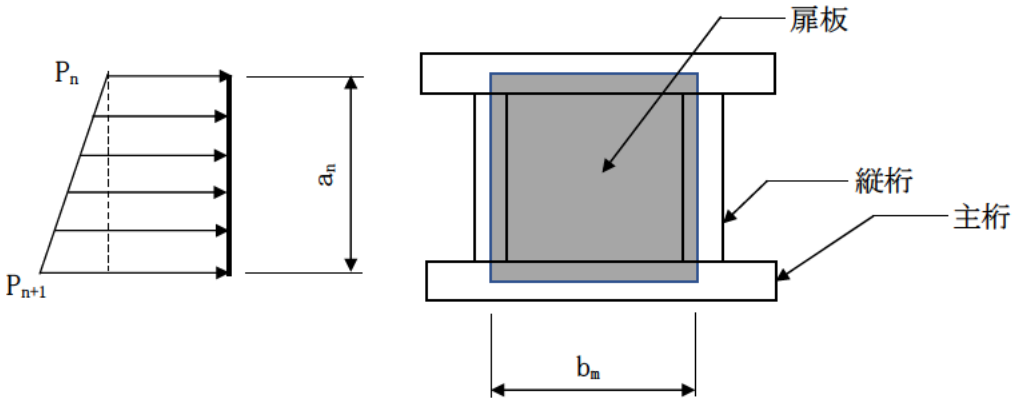


図 4-7-1 扉板に生じる応力の例

(2) 芯材

芯材に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、荷重を負担する芯材の取付方向（鉛直又は水平）に応じて、「日本機械学会 機械工学便覧 基礎編 Ａ４ 材料力学」の「はり」の公式に基づき、それぞれ算定する。

a. 主桁

水平方向に取付く主桁については、扉に生じる荷重を算定し、次式により算定する。主桁に生じる荷重の例を図 4-7-2 に示す。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{Wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{{\sigma_n}^2 + 3{\tau_n}^2}$$

$$\sigma_c = MAX(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

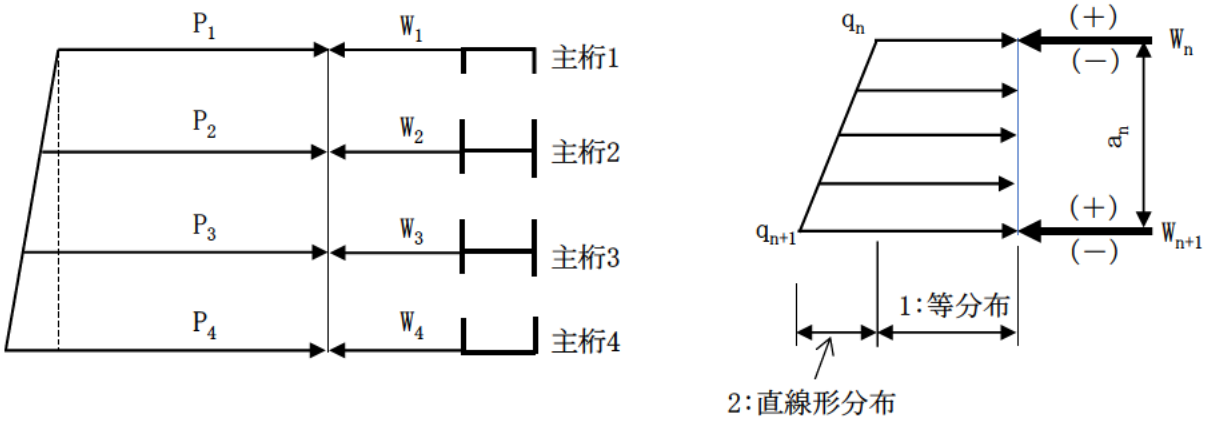


図 4-7-2 主桁に生じる荷重の例

b. 縦桁

鉛直方向に取付く縦桁については、荷重は各桁（中間縦桁及び端縦桁）に分担することとし、等分布荷重を受ける両端支持の単純梁として、次式により算定する。縦桁に生じる荷重の例を図 4-7-3 に示す。

$$M'_n = a_n{}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

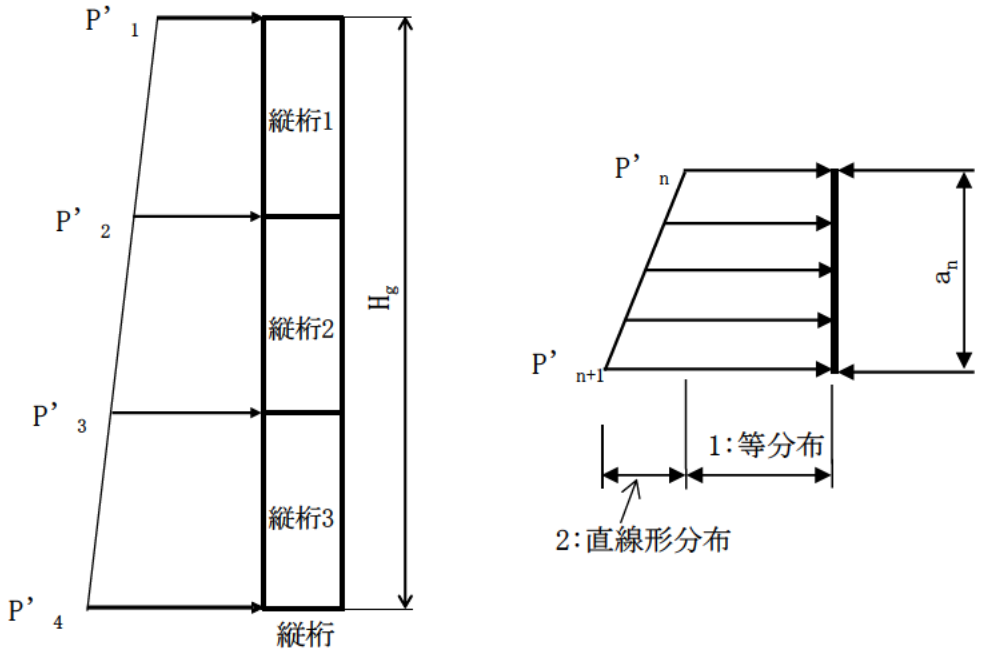
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000Q'_n}{A'_{wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'_n{}^2 + 3\tau'_n{}^2}$$

$$\sigma'_c = MAX(\sigma'_{cn}) \qquad (n = 1 \sim 3)$$



（１：等分布成分がP_{bn}、２：直線形分布成分がP_{an}）

図 4-7-3 縦桁に生じる荷重の例

4.8 計算条件

「4.7 計算方法」に用いる評価条件を表 4-8-1 に示す。

表 4-8-1 浸水防止扉（TVF-2）の強度評価に用いる条件(1/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	H_{X1}	m	水頭高さ（主桁 1）	10.950
	H_{X2}	m	水頭高さ（主桁 2）	11.850
	H_{X3}	m	水頭高さ（主桁 3）	12.720
	H_{X4}	m	水頭高さ（主桁 4）	13.560
	t	mm	扉板厚さ	12
	β_1	－	応力係数（等分布荷重成分）	0.5
	β_2	－	応力係数（直線分布荷重成分）	0.3
	C_1	m	扉板の短辺側の長さ$(m = 1)$	0.390
			扉板の短辺側の長さ$(m = 2)$	0.410
	C_2	m	扉板の短辺側の長さ$(m = 1)$	0.390
			扉板の短辺側の長さ$(m = 2)$	0.410
	a_1	m	主桁ピッチ	0.900
	a_2	m	主桁ピッチ	0.870
	a_3	m	主桁ピッチ	0.840
	b_1	m	縦桁ピッチ	0.390
	b_2	m	縦桁ピッチ	0.410
	P_{h1}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 1)	110.6
	P_{h2}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 2)	119.7
	P_{h3}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 3)	128.5
	P_{h4}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 4)	137.0

表 4-8-1 浸水防止扉（TVF-2）の強度評価に用いる条件(2/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	K_S	kN/m^2	単位面積当たりの余震荷重	1.691
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	112.3
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	121.4
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	130.2
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	138.7
	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	62.19
	$\sigma_{pa\,12}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	68.73
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	66.90
	$\sigma_{pa\,22}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	73.94
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	71.46
	$\sigma_{pa\,32}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	78.97

表 4-8-1 浸水防止扉（TVF-2）の強度評価に用いる条件(3/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	L	m	主桁の長さ	1.600
	W_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1）	51.90
	W_2	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	107.4
	W_3	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 3）	111.2
	W_4	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 4）	57.06
	M_1	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	16.61
	M_2	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	34.37
	M_3	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	35.58
	M_4	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	18.26
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	41.52
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	85.90
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	89.00
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	45.65
	Z_{x1}	mm^3	断面係数（主桁 1）	231800
	Z_{x2}	mm^3	断面係数（主桁 2）	846300
	Z_{x3}	mm^3	断面係数（主桁 3）	846300
	Z_{x4}	mm^3	断面係数（主桁 4）	231800
	A_{W1}	mm^2	せん断断面積（主桁 1）	2088
	A_{W2}	mm^2	せん断断面積（主桁 2）	1998
	A_{W3}	mm^2	せん断断面積（主桁 3）	1998
	A_{W4}	mm^2	せん断断面積（主桁 4）	2088

表 4-8-1 浸水防止扉（TVF-2）の強度評価に用いる条件(4/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	σ_1	N/mm^2	主桁 1 の曲げ応力	71.66
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	40.61
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	42.04
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	78.77
	τ_1	N/mm^2	縦桁 1 のせん断応力	19.89
	τ_2	N/mm^2	縦桁 2 のせん断応力	42.99
	τ_3	N/mm^2	縦桁 3 のせん断応力	44.54
	τ_4	N/mm^2	縦桁 4 のせん断応力	21.86
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	79.50
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	84.82
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	87.86
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	87.40

表 4-8-1 浸水防止扉（TVF-2）の強度評価に用いる条件(5/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	B	m	受圧幅	0.400
	P'_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1 の位置）	44.92
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	48.56
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	52.08
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	55.48
	P_{a1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 1）	3.64
	P_{a2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 2）	3.52
	P_{a3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 3）	3.40
	P_{b1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 1）	44.92
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	48.56
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	52.08
	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	4.737
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	4.765
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	4.747
	Q'_1	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	21.31
	Q'_2	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	22.14
	Q'_3	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	22.83

表 4-8-1 浸水防止扉（TVF-2）の強度評価に用いる条件(6/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	Z'_{x1}	mm^3	断面係数（縦桁 1）	136200
	Z'_{x2}	mm^3	断面係数（縦桁 2）	136200
	Z'_{x3}	mm^3	断面係数（縦桁 3）	136200
	A'_{W1}	mm^2	せん断断面積（縦桁 1）	2380
	A'_{W2}	mm^2	せん断断面積（縦桁 2）	2380
	A'_{W3}	mm^2	せん断断面積（縦桁 3）	2380
	σ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じる曲げ応力	34.78
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	34.99
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	34.85
	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	8.954
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	9.303
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	9.592
	σ'_{c1}	N/mm^2	縦桁 1 に生じる組合せ応力	38.08
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	38.52
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	38.61

4.9 評価結果

浸水防止扉（TVF-2）の強度評価結果を表 4-9-1 に示す。浸水防止扉（TVF-2）の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、浸水防止扉（TVF-2）が構造強度を有することを確認した。

表 4-9-1 浸水防止扉（TVF-2）の強度評価結果

名称	評価部位	① 発生応力 [N/mm²]	② 許容応力 [N/mm²]	①/② 検定比
浸水防止扉 TVF-2	扉板	79	205	0.39
	主桁	88	205	0.43
	縦桁	39	205	0.20

5. 浸水防止扉（TVF-3）

5.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-3）の強度評価に用いる記号を表 5-1-1 に示す。

表 5-1-1 浸水防止扉（TVF-3）の強度評価に用いる記号（1/2）

記号	定義	単位
h	波力算定用津波高さ	m
P_{hn}	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの静水圧荷重	kN/m^2
ρ	海水の単位体積重量（密度）	t/m^3
g	重力加速度	m/s^2
H_{Xn}	当該部分の浸水深	m
K_S	単位面積あたりの余震による地震荷重	kN/m^2
S_d	弾性設計用地震動	―
G	扉体自重	t
K_H	水平震度	―
b	扉全体の受圧幅	m
H_g	受圧高	m
P'_n	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの荷重	kN/m
P_n	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの荷重	kN/m^2
B	受圧幅	m
$\sigma_{pa\,nm}$	津波と余震荷重により扉板に生じる応力（区画 n、m）	N/mm^2
σ_p	扉板に生じる応力	N/mm^2
t	扉体の板厚	mm
β_n	扉板に発生する応力の応力係数	―
C_n	扉板の短辺側の長さ	m
a_n	主桁ピッチ	m
b_m	縦桁ピッチ	m
W_n	該当部位の主桁が受ける単位長さあたりの荷重	kN/m
M_n	主桁に生じる曲げモーメント	kN･m
L	主桁の長さ	m
Q_n	主桁に生じるせん断力	kN･m
σ_n	主桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z_{Xn}	主桁の断面係数	mm^3
τ_n	主桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A_{Wn}	主桁のせん断断面積	mm^2

表 5-1-1 浸水防止扉（TVF-3）の強度評価に用いる記号（2/2）

記号	定義	単位
σ_{cn}	主桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ_c	主桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2
M'_n	縦桁に生じる曲げモーメント	kN･m
P_{an}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの直線形分布荷重	kN/m
P_{bn}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの等分布荷重	kN/m
Q'_n	縦桁に生じるせん断力	kN･m
σ'_n	縦桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z'_{xn}	縦桁の断面係数	mm^3
τ'_n	縦桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A'_{Wn}	縦桁のせん断断面積	mm^2
σ'_{cn}	縦桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ'_c	縦桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2

5.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-3）の構造上の特徴を踏まえ選定する。浸水防止扉（TVF-3）は、横引き型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取り付けて、締付装置を鋼製の扉枠に差し込み、扉と扉枠を一体化させる構造である。

浸水防止扉（TVF-3）に生じる津波及び余震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁、縦桁）まで、芯材から扉枠を介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、浸水防止扉（TVF-3）の扉板、主桁、縦桁とする。

浸水防止扉（TVF-3）の構造図を図 5-2-1、評価部位を図 5-2-2 に示す。

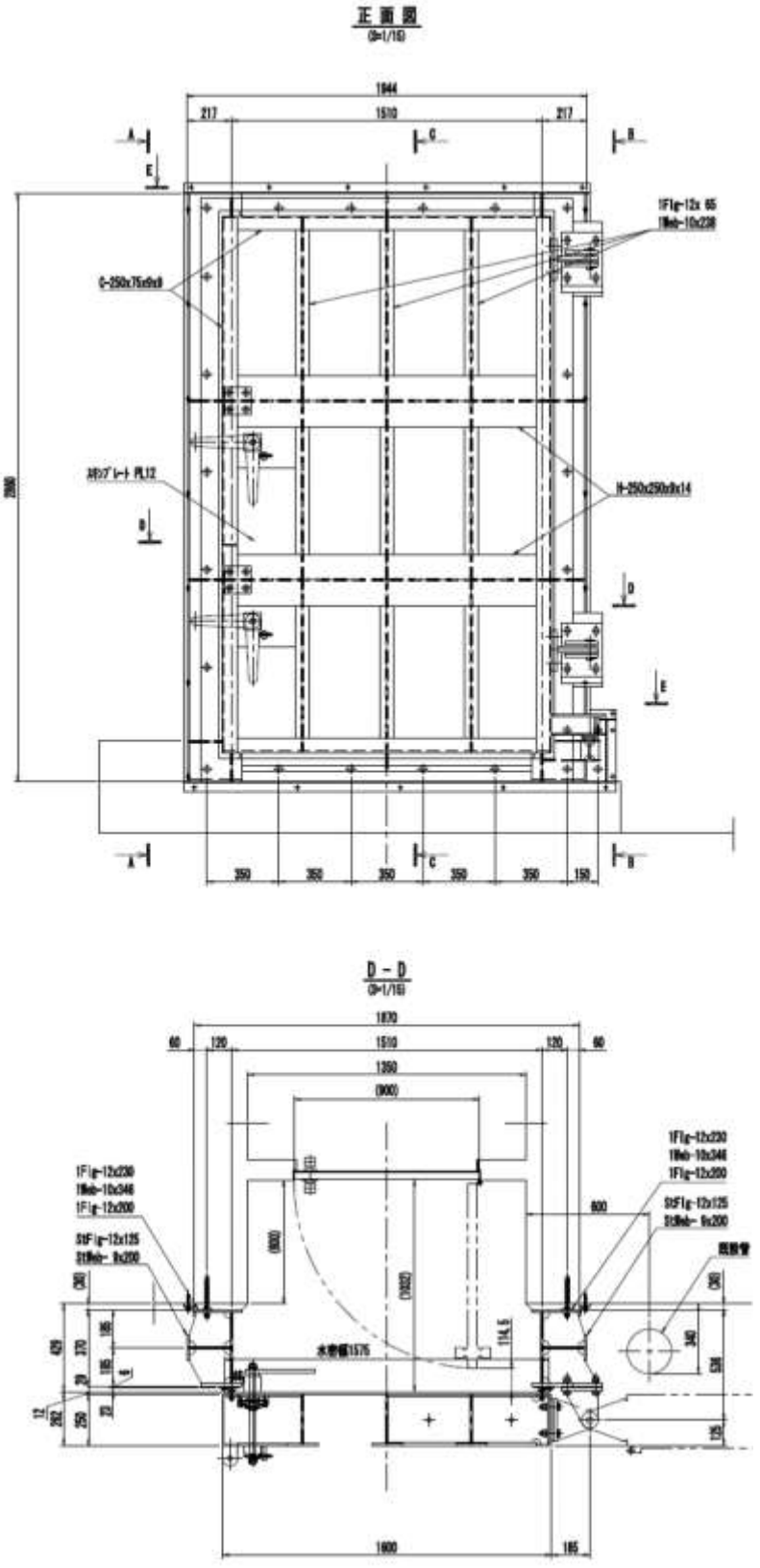


図 5-2-1 浸水防止扉（TVF-3）の構造図（単位：ｍｍ）

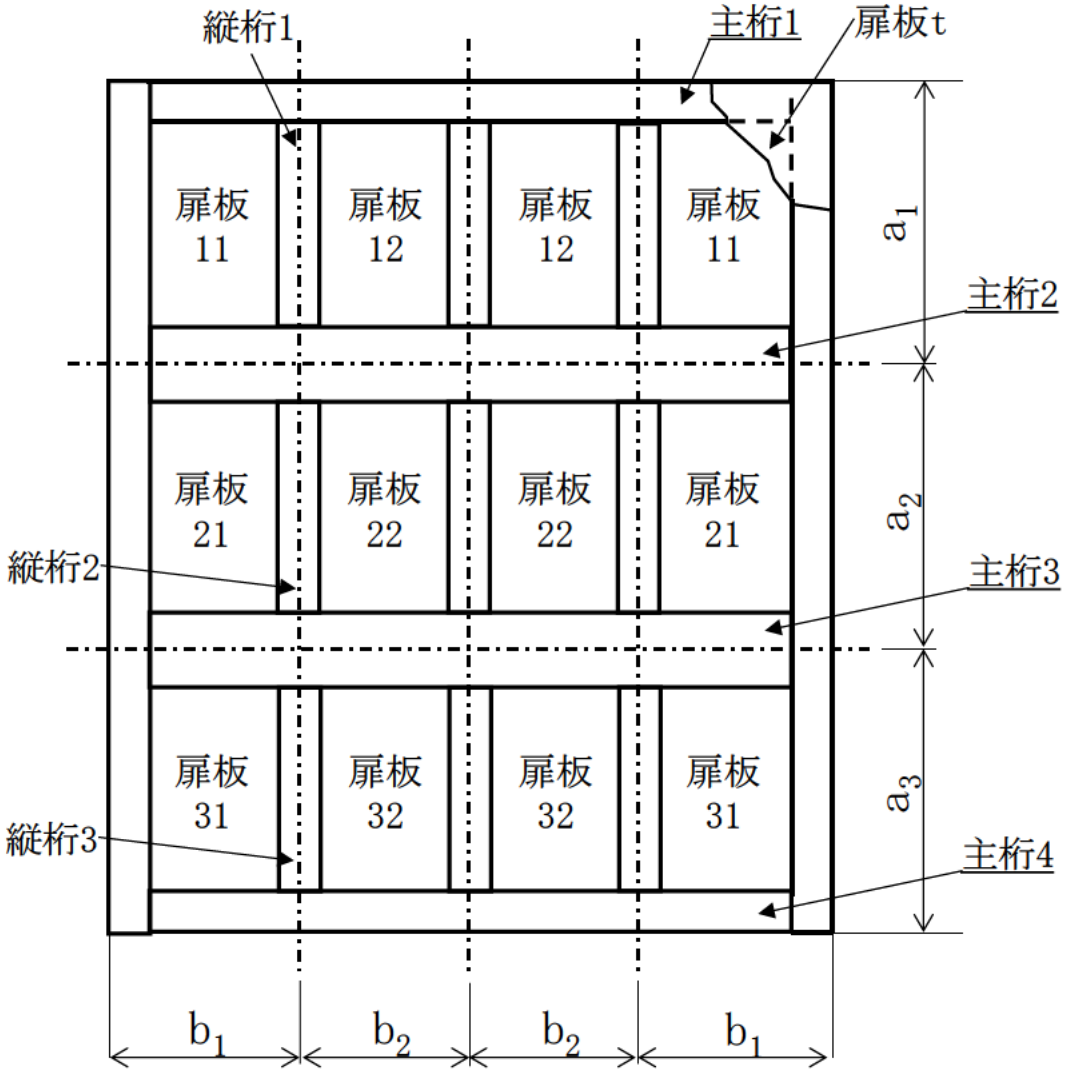


図 5-2-2 浸水防止扉（TVF-3）の評価部位

5.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-3）の強度評価は、「5.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「5.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「5.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「5.5 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

5.4 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、以下のとおりとする。

(1) 荷重

a. 津波による波力

遡上津波荷重については、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の地表面から波力算定用津波高さhまでの高さを考慮して算定する。算定に当たっては、静水圧及び動水圧の影響として水深係数α=3.0を考慮する。

b. 余震による荷重

余震による荷重として、別添6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」の応答値による慣性力を考慮する。

c. 風荷重

風荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき組合せを考慮しない。

d. 積雪荷重

積雪荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき特定行政庁が指定する区域に該当しないため考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 津波による遡上津波荷重（P_{hn}）

津波に伴う荷重として、遡上津波荷重を考慮する。

$$P_{hn}=\rho \cdot g \cdot H_{Xn}$$

設計津波の浸水高さがT.P.+12.3 m、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟のG.L.がT.P.+7.65 mであることから、浸水深は4.65 mとなり、これに水深係数α=3.0を考慮して、津波の浸水高さは13.95 mとして評価を行う。

津波に伴う荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び海水の密度を表5-4-1に示す。

表 5-4-1 水圧作用高さ及び海水の密度

設備名称	水圧作用高さ EL. ［m］	海水の密度 ［t/m^3］
浸水防止扉（TVF-3）	13.95	1.03

b. 余震荷重（K_S）

余震による荷重は、弾性設計用地震動S_dに伴う地震力（動水圧を含まない。）とする。

余震時の扉体自重による慣性力を考慮する。余震による荷重K_Sは、浸水防止扉の固定荷重Gに水平震度K_Hを乗じた次式により算出する。

$$K_S = \frac{K_H \cdot G \cdot g}{b \cdot H_g}$$

c. 縦桁に作用する荷重（P'_n）

縦桁に作用する荷重は、上記 a、b の荷重の合計に、縦桁が受け持つ荷重の受圧幅Bを乗じた次式により算出する。

$$P'_n = B \cdot P_n$$

(3) 荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重の組合せは、別添 6-1-3-3「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書 Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」に示す、荷重条件の最も厳しいケース 2（波力＋余震）の条件で実施する。浸水防止扉 TVF-3 の強度評価に用いる荷重の組合せを表 5-4-2 に示す。

表 5-4-2 強度評価に用いる荷重の組合せ

設備名称	荷重の組合せ※7
浸水防止扉（TVF-3）	$P_n = P_{hn} + K_S$

※7 P_{hn}は津波による波力、K_Sは余震による荷重を示す。

5.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-3）を構成する扉板及び芯材の使用材料を表 5-5-1 に示す。

表 5-5-1 浸水防止扉（TVF-3）の扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SUS304	2610×1600×t12
芯材	主桁（上段及び下段）	SUS304	C250×75×9×9
	主桁（中間）	SUS304	H250×250×9×14
	縦桁	SUS304	T250×65×10×12 ※8

※8 板を溶接して組合わせた T 型構造の部材

(2) 許容限界

扉板及び芯材の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（(社) 日本建築学会、2005 改定)」を踏まえて表 5-5-2 の値とする。

表 5-5-2 扉板及び芯材の許容限界

材料	短期許容応力度[N/mm²]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※9	205	118

※9 許容応力度を決定する場合の基準値Ｆの値は、「JIS G 4304:2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく

5.6 設計用地震力

浸水防止設備 TVF-1、TVF-2、TVF-3、TVF-4、TVF-5、TVF-6、TVF-7、TVF-8、TVF-9、TVF-10 の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の強度計算で用いる設計震度は、別添 6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」で得られた水平震度 0.5 を 1.2 倍にした 0.6 を用いる。

5.7 計算方法

浸水防止扉（TVF-3）の強度評価における応力の計算方法を以下に示す。

(1) 扉板

扉板に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、等変分布荷重及び等分布荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、「土木学会　構造力学公式集」に基づき、次式により算定する。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000(P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 3, m = 1,2)$$

浸水防止扉（TVF-3）の扉板に生じる応力の例を図 5-7-1 に、扉板に生じる応力評価部位の番号を図 5-2-2 に示す。

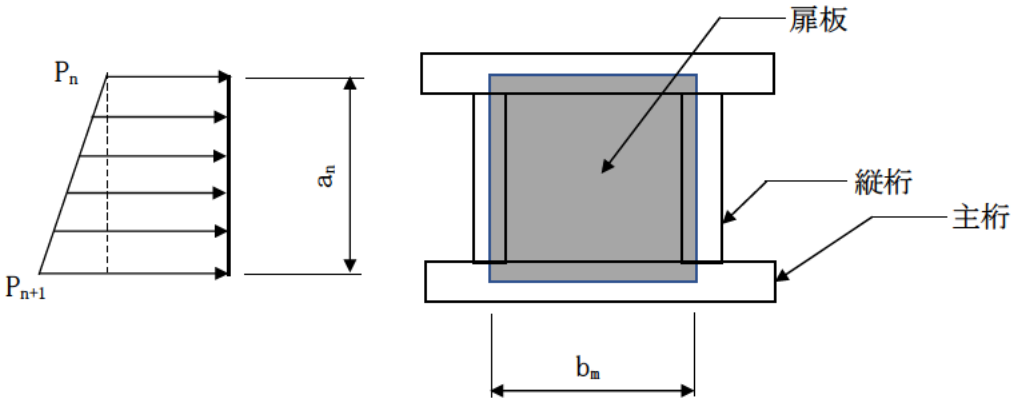


図 5-7-1 扉板に生じる応力の例

(2) 芯材

芯材に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、荷重を負担する芯材の取付方向（鉛直又は水平）に応じて、「日本機械学会　機械工学便覧　基礎編　A４　材料力学」の「はり」の公式に基づき、それぞれ算定する。

a. 主桁

水平方向に取付く主桁については、扉に生じる荷重を算定し、次式により算定する。主桁に生じる荷重の例を図 5-7-2 に示す。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{Wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{{\sigma_n}^2 + 3{\tau_n}^2}$$

$$\sigma_c = MAX(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

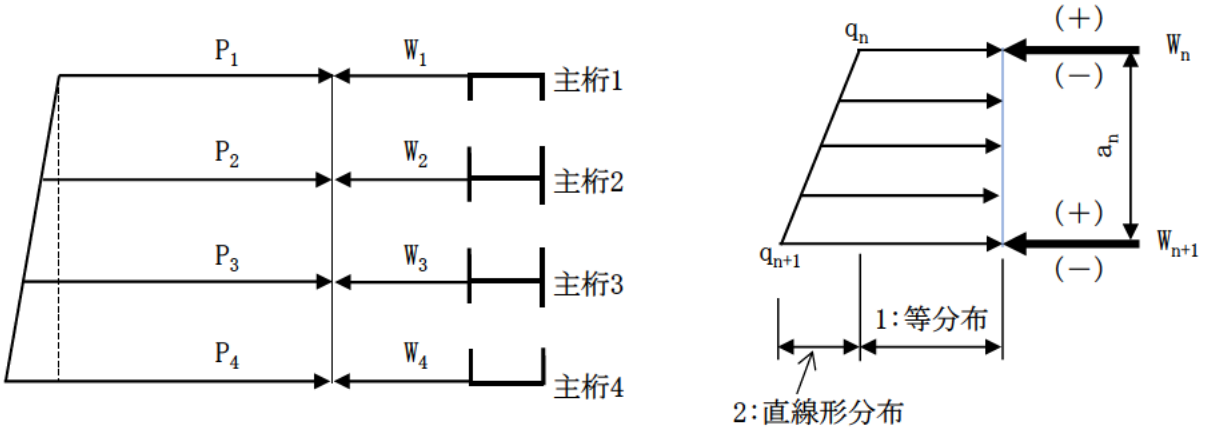


図 5-7-2 主桁に生じる荷重の例

b. 縦桁

鉛直方向に取付く縦桁については、荷重は各桁（中間縦桁及び端縦桁）に分担することとし、等分布荷重を受ける両端支持の単純梁として、次式により算定する。縦桁に生じる荷重の例を図 5-7-3 に示す。

$$M'_n = a_n{}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

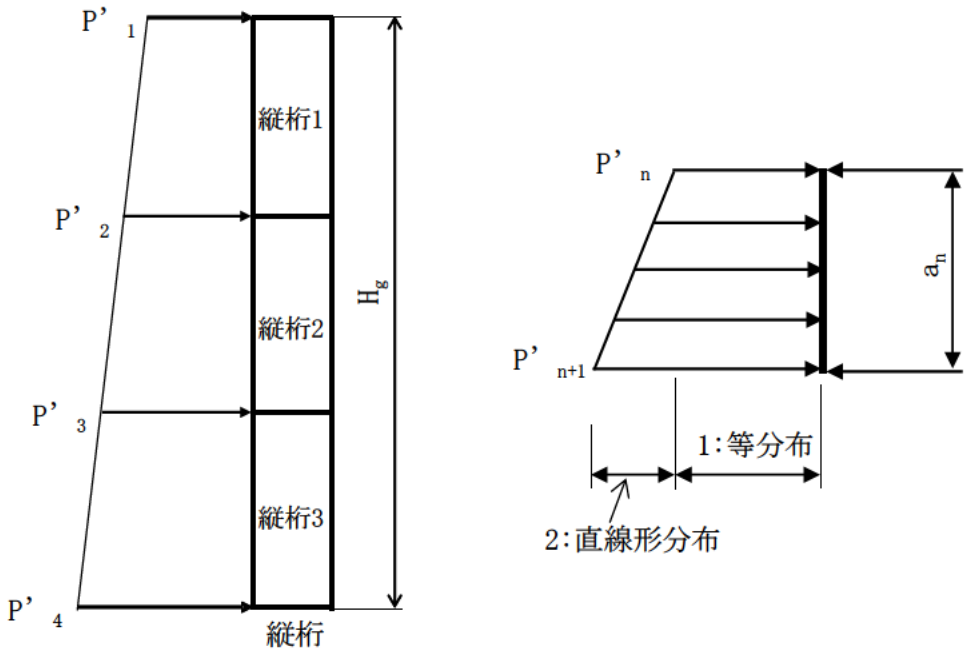
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{Xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000Q'_n}{A'_{Wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'_n{}^2 + 3\tau'_n{}^2}$$

$$\sigma'_c = \mathrm{MAX}(\sigma'_{cn}) \qquad (n = 1 \sim 3)$$



（１：等分布成分がP_{bn}、２：直線形分布成分がP_{an}）

図 5-7-3 縦桁に生じる荷重の例

5.8 計算条件

「5.7 計算方法」に用いる評価条件を表 5-8-1 に示す。

表 5-8-1 浸水防止扉（TVF-3）の強度評価に用いる条件(1/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	H_{X1}	m	水頭高さ（主桁 1）	10.950
	H_{X2}	m	水頭高さ（主桁 2）	11.850
	H_{X3}	m	水頭高さ（主桁 3）	12.720
	H_{X4}	m	水頭高さ（主桁 4）	13.560
	t	mm	扉板厚さ	12
	β_1	－	応力係数（等分布荷重成分）	0.5
	β_2	－	応力係数（直線分布荷重成分）	0.3
	C_1	m	扉板の短辺側の長さ$(m = 1)$	0.390
			扉板の短辺側の長さ$(m = 2)$	0.410
	C_2	m	扉板の短辺側の長さ$(m = 1)$	0.390
			扉板の短辺側の長さ$(m = 2)$	0.410
	a_1	m	主桁ピッチ	0.900
	a_2	m	主桁ピッチ	0.870
	a_3	m	主桁ピッチ	0.840
	b_1	m	縦桁ピッチ	0.390
	b_2	m	縦桁ピッチ	0.410
	P_{h1}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 1)	110.6
	P_{h2}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 2)	119.7
	P_{h3}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 3)	128.5
	P_{h4}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 4)	137.0

表 5-8-1 浸水防止扉（TVF-3）の強度評価に用いる条件(2/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	K_S	kN/m^2	単位面積当たりの余震荷重	1.691
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	112.3
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	121.4
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	130.2
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	138.7
	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	62.19
	$\sigma_{pa\,12}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	68.73
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	66.90
	$\sigma_{pa\,22}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	73.94
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	71.46
	$\sigma_{pa\,32}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	78.97

表 5-8-1 浸水防止扉（TVF-3）の強度評価に用いる条件(3/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	L	m	主桁の長さ	1.600
	W_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1）	51.90
	W_2	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	107.4
	W_3	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 3）	111.2
	W_4	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 4）	57.06
	M_1	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	16.61
	M_2	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	34.37
	M_3	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	35.58
	M_4	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	18.26
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	41.52
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	85.92
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	88.96
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	45.65
	Z_{x1}	mm^3	断面係数（主桁 1）	231800
	Z_{x2}	mm^3	断面係数（主桁 2）	846300
	Z_{x3}	mm^3	断面係数（主桁 3）	846300
	Z_{x4}	mm^3	断面係数（主桁 4）	231800
	A_{W1}	mm^2	せん断断面積（主桁 1）	2088
	A_{W2}	mm^2	せん断断面積（主桁 2）	1998
	A_{W3}	mm^2	せん断断面積（主桁 3）	1998
	A_{W4}	mm^2	せん断断面積（主桁 4）	2088

表 5-8-1 浸水防止扉（TVF-3）の強度評価に用いる条件(4/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	σ_1	N/mm^2	主桁 1 の曲げ応力	71.66
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	40.61
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	42.04
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	78.78
	τ_1	N/mm^2	縦桁 1 のせん断応力	19.89
	τ_2	N/mm^2	縦桁 2 のせん断応力	43.00
	τ_3	N/mm^2	縦桁 3 のせん断応力	44.52
	τ_4	N/mm^2	縦桁 4 のせん断応力	21.86
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	79.50
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	84.84
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	87.83
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	87.40

表 5-8-1 浸水防止扉（TVF-3）の強度評価に用いる条件(5/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	B	m	受圧幅	0.400
	P'_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1 の位置）	44.92
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	48.56
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	52.08
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	55.48
	P_{a1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 1）	3.64
	P_{a2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 2）	3.52
	P_{a3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 3）	3.40
	P_{b1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 1）	44.92
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	48.56
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	52.08
	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	4.737
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	4.765
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	4.747
	Q'_1	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	21.31
	Q'_2	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	22.14
	Q'_3	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	22.83

表 5-8-1 浸水防止扉（TVF-3）の強度評価に用いる条件(6/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	Z'_{x1}	mm^3	断面係数（縦桁 1）	136200
	Z'_{x2}	mm^3	断面係数（縦桁 2）	136200
	Z'_{x3}	mm^3	断面係数（縦桁 3）	136200
	A'_{W1}	mm^2	せん断断面積（縦桁 1）	2380
	A'_{W2}	mm^2	せん断断面積（縦桁 2）	2380
	A'_{W3}	mm^2	せん断断面積（縦桁 3）	2380
	σ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じる曲げ応力	34.78
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	34.99
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	34.85
	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	8.954
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	9.303
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	9.592
	σ'_{c1}	N/mm^2	縦桁 1 に生じる組合せ応力	38.08
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	38.52
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	38.61

5.9 評価結果

浸水防止扉（TVF-3）の強度評価結果を表 5-9-1 に示す。浸水防止扉（TVF-3）の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、浸水防止扉（TVF-3）が構造強度を有することを確認した。

表 5-9-1 浸水防止扉（TVF-3）の強度評価結果

名称	評価部位	① 発生応力 [N/mm²]	② 許容応力 [N/mm²]	①/② 検定比
浸水防止扉 TVF-3	扉板	79	205	0.39
	主桁	88	205	0.43
	縦桁	39	205	0.20

6. 浸水防止扉（TVF-4）

6.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-4）の強度評価に用いる記号を表 6-1-1 に示す。

表 6-1-1 浸水防止扉（TVF-4）の強度評価に用いる記号（1/2）

記号	定義	単位
h	波力算定用津波高さ	m
P_{hn}	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの静水圧荷重	kN/m^2
ρ	海水の単位体積重量（密度）	t/m^3
g	重力加速度	m/s^2
H_{Xn}	当該部分の浸水深	m
K_S	単位面積あたりの余震による地震荷重	kN/m^2
S_d	弾性設計用地震動	－
G	扉体自重	t
K_H	水平震度	－
b	扉全体の受圧幅	m
H_g	受圧高	m
P'_n	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの荷重	kN/m
P_n	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの荷重	kN/m^2
B	受圧幅	m
$\sigma_{pa\,nm}$	津波と余震荷重により扉板に生じる応力（区画 n、m）	N/mm^2
σ_p	扉板に生じる応力	N/mm^2
t	扉体の板厚	mm
β_n	扉板に発生する応力の応力係数	－
C_n	扉板の短辺側の長さ	m
a_n	主桁ピッチ	m
b_m	縦桁ピッチ	m
W_n	該当部位の主桁が受ける単位長さあたりの荷重	kN/m
M_n	主桁に生じる曲げモーメント	kN･m
L	主桁の長さ	m
Q_n	主桁に生じるせん断力	kN･m
σ_n	主桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z_{xn}	主桁の断面係数	mm^3
τ_n	主桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A_{Wn}	主桁のせん断断面積	mm^2

表 6-1-1 浸水防止扉（TVF-4）の強度評価に用いる記号（2/2）

記号	定義	単位
σ_{cn}	主桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ_c	主桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2
M'_n	縦桁に生じる曲げモーメント	kN･m
P_{an}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの直線形分布荷重	kN/m
P_{bn}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの等分布荷重	kN/m
Q'_n	縦桁に生じるせん断力	kN･m
σ'_n	縦桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z'_{xn}	縦桁の断面係数	mm^3
τ'_n	縦桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A'_{Wn}	縦桁のせん断断面積	mm^2
σ'_{cn}	縦桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ'_c	縦桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2

6.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-4）の構造上の特徴を踏まえて選定する。浸水防止扉（TVF-4）は、横引き型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取り付けて、締付装置を鋼製の扉枠に差し込み、扉と扉枠を一体化させる構造である。

浸水防止扉（TVF-4）に生じる津波及び余震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁、縦桁）まで、芯材から扉枠を介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、浸水防止扉（TVF-4）の扉板、主桁、縦桁とする。

浸水防止扉（TVF-4）の構造図を図 6-2-1、評価部位を図 6-2-2 に示す。

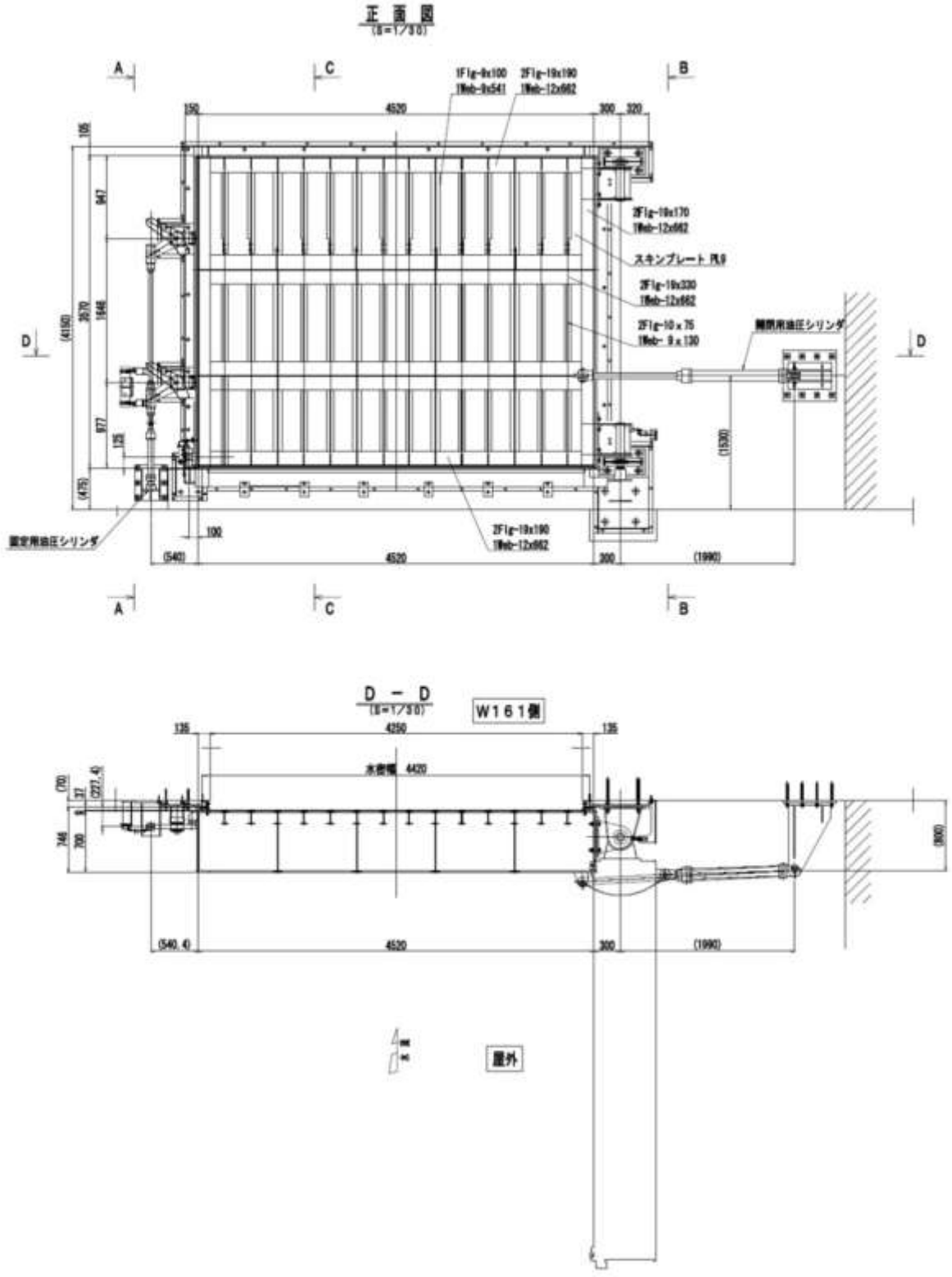


図 6-2-1 浸水防止扉（TVF-4）の構造図

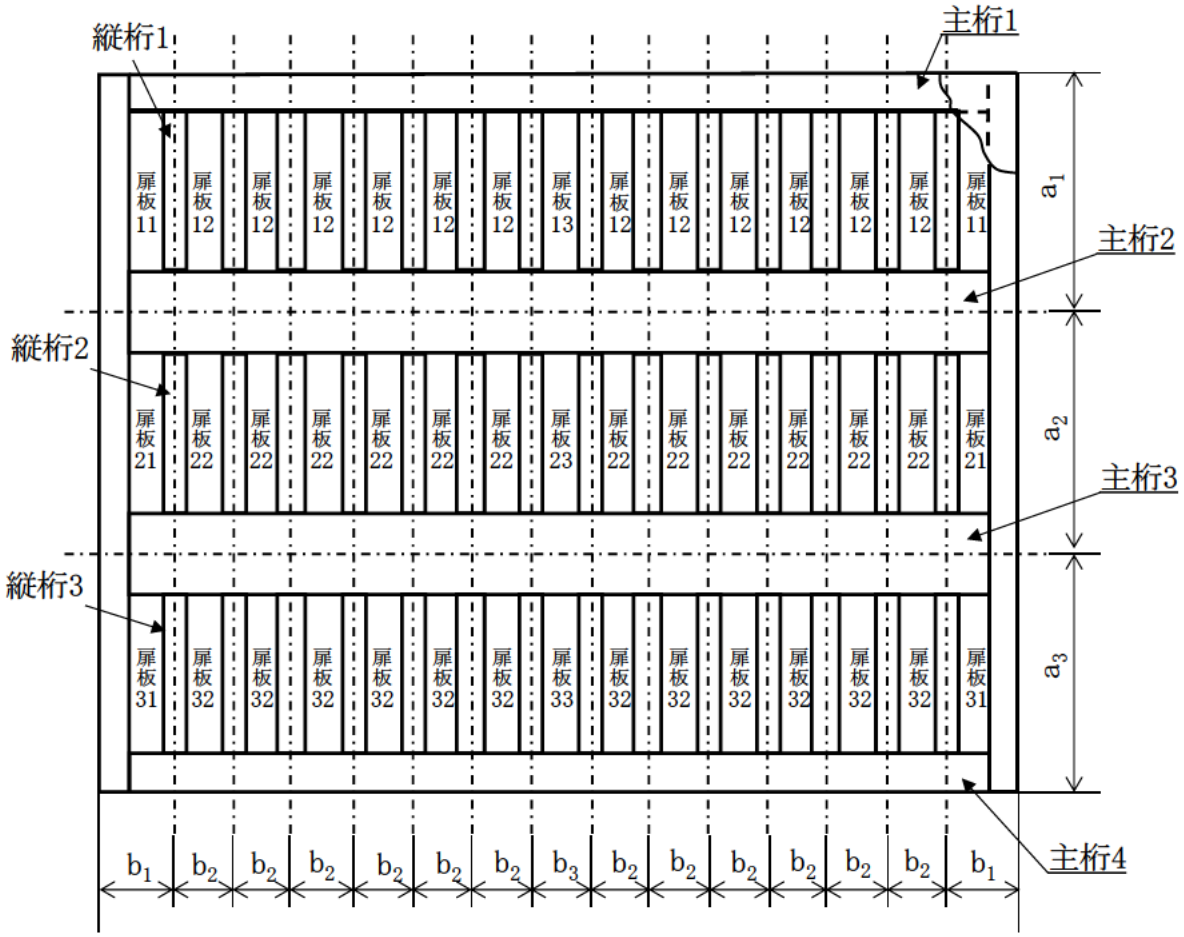


図 6-2-2 浸水防止扉（TVF-4）の評価部位

6.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-4）の強度評価は、「6.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「6.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「6.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「6.5 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

6.4 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、以下のとおりとする。

(1) 荷重

a. 津波による波力

遡上津波荷重については、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化術開発棟の地表面から波力算定用津波高さhまでの高さを考慮して算定する。算定に当たっては、静水圧及び動水圧の影響として水深係数α=3.0を考慮する。

b. 余震による荷重

余震による荷重として、別添6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」の応答値による慣性力を考慮する。

c. 風荷重

風荷重については、建築基準法施行令（昭和25年政令第338号）の規定に基づき組合せを考慮しない。

d. 積雪荷重

積雪荷重については、建築基準法施行令（昭和25年政令第338号）の規定に基づき特定行政庁が指定する区域に該当しないため考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 津波による遡上津波荷重（P_{hn}）

津波に伴う荷重として、遡上津波荷重を考慮する。

$$P_{hn}=\rho \cdot g \cdot H_{Xn}$$

設計津波の浸水高さがT.P.+12.3 m、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟のG.L.がT.P.+7.65 mであることから、浸水深は4.65 mとなり、これに水深係数α=3.0を考慮して、津波の浸水高さは13.95 mとして評価を行う。

津波に伴う荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び海水の密度を表6-4-1に示す。

表 6-4-1 水圧作用高さ及び海水の密度

設備名称	水圧作用高さ EL. ［m］	海水の密度 ［t/m^3］
浸水防止扉（TVF-4）	13.95	1.03

b. 余震荷重（K_S）

余震荷重は、弾性設計用地震動S_dに伴う地震力（動水圧を含まない。）とする。

余震時の扉体自重による慣性力を考慮する。余震による荷重K_Sは、浸水防止扉の固定荷重Gに水平震度K_Hを乗じた次式により算出する。

$$K_S = \frac{K_H \cdot G \cdot g}{b \cdot H_g}$$

c. 縦桁に作用する荷重（P'_n）

縦桁に作用する荷重は、上記 a、b の荷重の合計に、縦桁が受け持つ荷重の受圧幅Bを乗じた次式により算出する。

$$P'_n = B \cdot P_n$$

(3) 荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重の組合せは、別添 6-1-3-3「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書 Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」に示す、荷重条件の最も厳しいケース 2（波力＋余震）の条件で実施する。浸水防止扉 TVF-4 の強度評価に用いる荷重の組合せを表 6-4-2 に示す。

表 6-4-2 強度評価に用いる荷重の組合せ

設備名称	荷重の組合せ※10
浸水防止扉（TVF-4）	$P_n = P_{hn} + K_S$

※10 P_{hn}は津波による波力、K_Sは余震による荷重を示す。

6.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-4）を構成する扉板及び芯材の使用材料を表 6-5-1 に示す。

表 6-5-1 浸水防止扉（TVF-4）の扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SUS304	3570×4580×t9
芯材	主桁（上段及び下段）	SUS304	C700×190×12×19
	主桁（中間）	SUS304	H700×330×12×19
	縦桁	SUS304	H150×75×9×10 ※11

※11 板を溶接して組合せた T 型構造の部材

(2) 許容限界

扉板、芯材の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（(社) 日本建築学会、2005 改定)」を踏まえて表 6-5-2 の値とする。

表 6-5-2 扉板及び芯材の許容限界

材料	短期許容応力度[N/mm²]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※12	205	118

※12 許容応力度を決定する場合の基準値Ｆの値は、「JIS G 4304:2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく

6.6 設計用地震力

浸水防止設備 TVF-1、TVF-2、TVF-3、TVF-4、TVF-5、TVF-6、TVF-7、TVF-8、TVF-9、TVF-10 の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の強度計算で用いる設計震度は、別添 6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」で得られた水平震度 0.5 を 1.2 倍にした 0.6 を用いる。

6.7 計算方法

浸水防止扉（TVF-4）の強度評価における応力の計算方法を以下に示す。

(1) 扉板

扉板に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、等変分布荷重及び等分布荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、「土木学会　構造力学公式集」に基づき、次式により算定する。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 3, m = 1 \sim 3)$$

浸水防止扉（TVF-4）の扉板に生じる応力の例を図 6-7-1 に、扉板を生じる応力評価部位の番号を図 6-2-2 に示す。

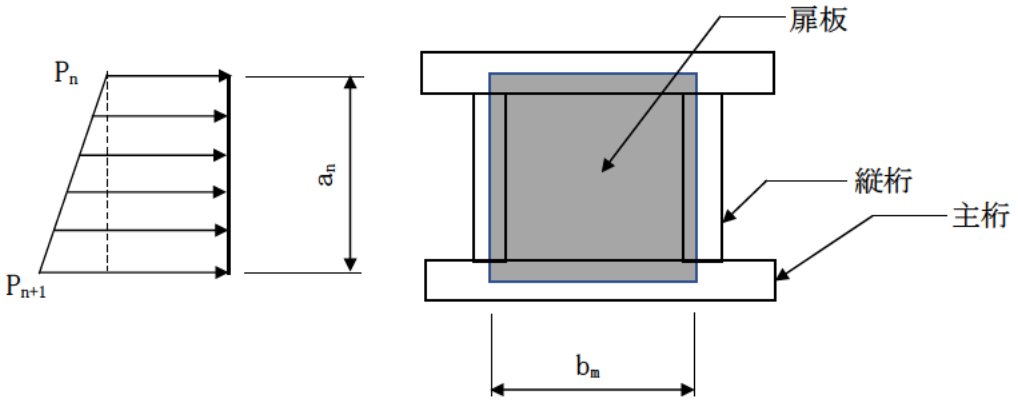


図 6-7-1 扉板に生じる応力の例

(2) 芯材

芯材に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、荷重を負担する芯材の取付方向（鉛直又は水平）に応じて、「日本機械学会　機械工学便覧　基礎編　A４　材料力学」の「はり」の公式に基づき、それぞれ算定する。

a. 主桁

水平方向に取付く主桁については、扉に生じる荷重を算定し、次式により算定する。主桁に生じる荷重の例を図 6-7-2 に示す。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{Wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{\sigma_n{}^2 + 3\tau_n{}^2}$$

$$\sigma_c = MAX(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

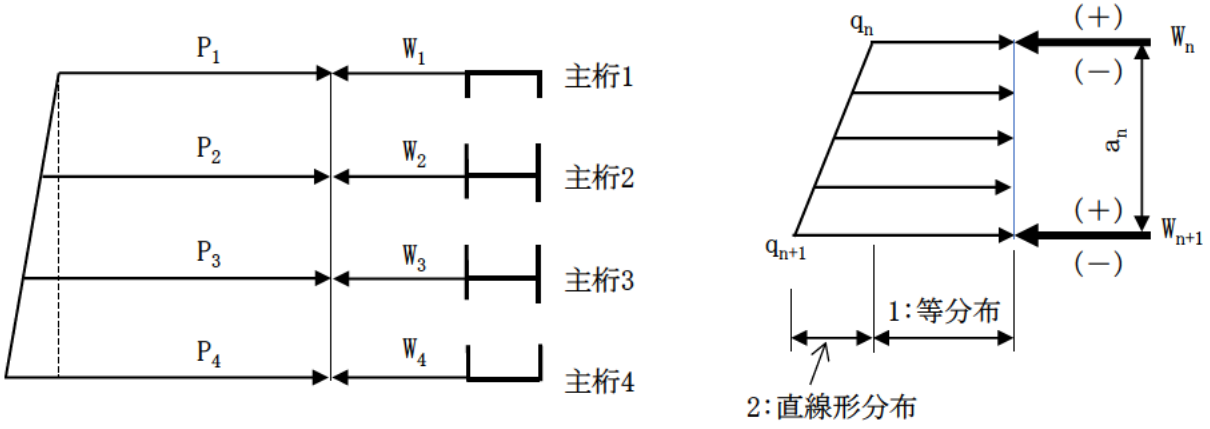


図 6-7-2 主桁に生じる荷重の例

b. 縦桁

鉛直方向に取付く縦桁については、荷重は各桁（中間縦桁及び端縦桁）に分担することとし、等分布荷重を受ける両端支持の単純梁として、次式により算定する。縦桁に生じる荷重の例を図 6-7-3 に示す。

$$M'_n = a_n{}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

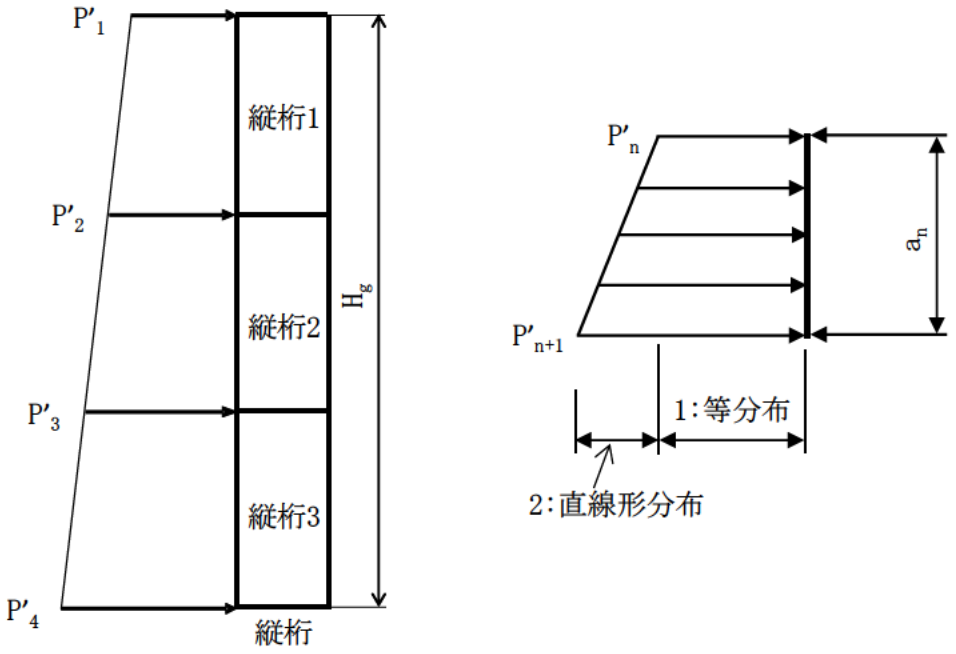
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000Q'_n}{A'_{Wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'_n{}^2 + 3\tau'_n{}^2}$$

$$\sigma'_c = \mathrm{MAX}(\sigma'_{cn}) \qquad (n = 1 \sim 3)$$



（１：等分布成分がP_{bn}、２：直線形分布成分がP_{an}）

図 6-7-3 縦桁に生じる荷重の例

6.8 計算条件

「6.7 計算方法」に用いる評価条件を表 6-8-1 に示す。

表 6-8-1 浸水防止扉（TVF-4）の強度評価に用いる条件(1/7)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	H_{X1}	m	水頭高さ（主桁 1）	9.905
	H_{X2}	m	水頭高さ（主桁 2）	11.210
	H_{X3}	m	水頭高さ（主桁 3）	12.420
	H_{X4}	m	水頭高さ（主桁 4）	13.475
	t	mm	扉板厚さ	9
	β_1	－	応力係数（等分布荷重成分）	0.5
	β_2	－	応力係数（直線分布荷重成分）	0.3
	C_1	m	扉板の短辺側の長さ(m = 1)	0.332
			扉板の短辺側の長さ(m = 2)	0.302
			扉板の短辺側の長さ(m = 3)	0.292
	C_2	m	扉板の短辺側の長さ(m = 1)	0.332
			扉板の短辺側の長さ(m = 2)	0.302
			扉板の短辺側の長さ(m = 3)	0.292
	a_1	m	主桁ピッチ	1.305
	a_2	m	主桁ピッチ	1.210
	a_3	m	主桁ピッチ	1.055
	b_1	m	縦桁ピッチ	0.332
	b_2	m	縦桁ピッチ	0.302
	b_3	m	縦桁ピッチ	0.292

表 6-8-1 浸水防止扉（TVF-4）の強度評価に用いる条件(2/7)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	P_{h1}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 1)	100.0
	P_{h2}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 2)	113.2
	P_{h3}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 3)	125.5
	P_{h4}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 4)	136.1
	K_S	kN/m^2	単位面積当たりの余震荷重	2.447
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	102.4
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	115.6
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	127.9
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	138.5

表 6-8-1 浸水防止扉（TVF-4）の強度評価に用いる条件(3/7)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	75.06
	$\sigma_{pa\,12}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	62.11
	$\sigma_{pa\,13}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、3）	58.06
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	83.67
	$\sigma_{pa\,22}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	69.24
	$\sigma_{pa\,23}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、3）	64.73
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	91.35
	$\sigma_{pa\,32}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	75.59
	$\sigma_{pa\,33}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、3）	70.66

表 6-8-1 浸水防止扉（TVF-4）の強度評価に用いる条件(4/7)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	L	m	主桁の長さ	4.580
	W_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1）	69.69
	W_2	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	145.0
	W_3	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 3）	144.2
	W_4	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 4）	71.18
	M_1	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	182.7
	M_2	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	380.2
	M_3	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	378.1
	M_4	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	186.6
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	159.6
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	332.1
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	330.2
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	163.0
	Z_{x1}	mm^3	断面係数（主桁 1）	3221000
	Z_{x2}	mm^3	断面係数（主桁 2）	4984000
	Z_{x3}	mm^3	断面係数（主桁 3）	4984000
	Z_{x4}	mm^3	断面係数（主桁 4）	3221000
	A_{W1}	mm^2	せん断断面積（主桁 1）	7944
	A_{W2}	mm^2	せん断断面積（主桁 2）	7944
	A_{W3}	mm^2	せん断断面積（主桁 3）	7944
	A_{W4}	mm^2	せん断断面積（主桁 4）	7944

表 6-8-1 浸水防止扉（TVF-4）の強度評価に用いる条件(5/7)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	σ_1	N/mm^2	主桁 1 の曲げ応力	56.72
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	76.28
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	75.86
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	57.93
	τ_1	N/mm^2	縦桁 1 のせん断応力	20.09
	τ_2	N/mm^2	縦桁 2 のせん断応力	41.81
	τ_3	N/mm^2	縦桁 3 のせん断応力	41.57
	τ_4	N/mm^2	縦桁 4 のせん断応力	20.52
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	66.54
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	105.2
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	104.6
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	67.96

表 6-8-1 浸水防止扉（TVF-4）の強度評価に用いる条件(6/7)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	B	m	受圧幅	0.32
	P'_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1 の位置）	32.46
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	36.65
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	40.54
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	43.90
	P_{a1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 1）	4.19
	P_{a2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 2）	3.89
	P_{a3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 3）	3.36
	P_{b1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 1）	32.46
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	36.65
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	40.54
	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	7.368
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	7.073
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	5.880
	Q'_1	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	23.00
	Q'_2	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	23.74
	Q'_3	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	22.57

表 6-8-1 浸水防止扉（TVF-4）の強度評価に用いる条件(7/7)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	Z'_{x1}	mm^3	断面係数（縦桁 1）	120100
	Z'_{x2}	mm^3	断面係数（縦桁 2）	120100
	Z'_{x3}	mm^3	断面係数（縦桁 3）	120100
	A'_{W1}	mm^2	せん断断面積（縦桁 1）	1170
	A'_{W2}	mm^2	せん断断面積（縦桁 2）	1170
	A'_{W3}	mm^2	せん断断面積（縦桁 3）	1170
	σ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じる曲げ応力	61.35
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	58.89
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	48.96
	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	19.66
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	20.29
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	19.29
	σ'_{c1}	N/mm^2	縦桁 1 に生じる組合せ応力	70.16
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	68.58
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	59.27

6.9 評価結果

浸水防止扉（TVF-4）の強度評価結果を表 6-9-1 に示す。浸水防止扉（TVF-4）の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、浸水防止扉（TVF-4）が構造強度を有することを確認した。

表 6-9-1 浸水防止扉（TVF-4）の強度評価結果

名称	評価部位	① 発生応力 [N/mm²]	② 許容応力 [N/mm²]	①/② 検定比
浸水防止扉 TVF-4	扉板	92	205	0.45
	主桁	106	205	0.52
	縦桁	71	205	0.35

7. ガラリ延長ダクト（TVF-5）

7.1 記号の説明

ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる記号を表 7-1-1 に示す。

表 7-1-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
h	波力算定用津波高さ	m
P_{pn}	ダクト配管に作用する単位面積当たりの静水圧荷重	kN/m^2
P_{bn}	排気口ボックスに作用する単位面積当たりの静水圧荷重	kN/m^2
ρ	海水の単位体積重量（密度）	t/m^3
g	重力加速度	m/s^2
H_{pn}	ダクト配管の浸水深	m
H_{bn}	排気口ボックスの浸水深	m
K_{pS}	ダクト配管の単位面積当たりの余震荷重	kN/m^2
K_{bS}	排気口ボックスの単位面積当たりの余震荷重	kN/m^2
S_d	弾性設計用地震動	－
ρ_p	ダクト配管の単位長さ当たりの重量	t/m^2
A	ダクト配管の断面積	m^2
G	排気口ボックス重量	t
K_H	水平震度	－
b	排気口ボックス受圧幅	m
H_{bg}	排気口ボックス受圧高	m
P'_n	排気口ボックスの縦桁に作用する単位長さ当たりの荷重	kN/m
P_n	ダクト配管又は排気口ボックスに作用する単位面積当たりの荷重	kN/m^2
B	縦桁受圧幅	m
$\sigma_{p\theta}$	静水圧荷重によりダクト配管に生じる応力（周方向）	N/mm^2
D_i	ダクト配管の内径	mm
t_P	ダクト配管の板厚	mm
L	ダクト配管の支持点距離	m
R_a、R_b	ダクト配管の支持点に生じる余震荷重	kN
Q_a、Q_b	余震荷重によりダクト配管の支持点に生じるせん断力	kN
M	余震荷重によりダクト配管に生じる曲げモーメント	kNm
Z_{cx}	ダクト配管の断面係数	mm^3
A_{cw}	ダクト配管のせん断断面積	mm^3

表 7-1-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
σ_{eb}	余震荷重によりダクト配管に生じる応力	N/mm^2
τ_{es}	余震荷重によりダクト配管に生じるせん断応力	N/mm^2
σ_{ec}	余震荷重によりダクト配管に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ_c	ダクト配管に生じる応力（最大値）	N/mm^2
$\sigma_{pa\,nm}$	津波と余震荷重により排気口ボックス板に生じる応力（区画 n、 m）	N/mm^2
t_b	排気口ボックス板厚	mm
β_n	排気口ボックス板に発生する応力の応力係数	－
C_n	排気口ボックス板の短辺側の長さ	mm
a_n	主桁ピッチ	m
b_m	縦桁ピッチ	m
σ_p	排気口ボックス板に生じる応力（最大値）	N/mm^2
W_n	該当部位の主桁が受ける単位長さ当たりの荷重	kN/m
V_n、V_{an}、V_{dn}	水圧に対する排気口ボックス a 点及び d 点の反力（正面方向）	kN/m
H_n、H_{an}、H_{dn}	水圧に対する排気口ボックス a 点及び d 点の反力（側面方向）	kN/m
M_n、M_{bn}、M_{cn}、M_{dn}	b 点及び c 点に生じる曲げモーメント(i=1～2)	kN･m
L_b	主桁長さ（幅）	m
h_b	主桁長さ（奥行側）	m
l_b、l_c	主桁の断面 2 次モーメント	mm^4
k	剛比	－
σ_a、 σ_{anF}、 σ_{anS}	主桁に生じる軸応力(F:正面、S:側面からの水圧)	N/mm^2
σ_b、 σ_{bnF}、 σ_{bnS}	主桁に生じる曲げ応力(F:正面、S:側面からの水圧)	N/mm^2
σ_c、 σ_{cnF}、 σ_{cnS}	主桁に生じる組合せ応力(F:正面、S:側面からの水圧)	N/mm^2
Z_{Xn}	主桁の断面係数	mm^3
τ_n、 τ_{nF}、 τ_{nS}	主桁に生じるせん断応力(F:正面、S:側面からの水圧)	N/mm^2
A_n	主桁の断面積	mm^2
A_{wn}	主桁のせん断断面積	mm^2

表 7-1-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる記号（3/3）

記号	定義	単位
M'_n	縦桁に生じる曲げモーメント	kN･m
P_{an}、P_{bn}	縦桁に作用する単位長さ当たりの作用荷重	kN/m
Q'_n	縦桁に生じるせん断力	kN
σ'_n	縦桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z'_{xn}	縦桁の断面係数	mm^3
τ'_n	縦桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A'_{wn}	縦桁のせん断断面積	mm^2
σ'_{cn}	縦桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ'_c	縦桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2

7.2 評価部位

ガラリ延長ダクト（TVF-5）は、板及び芯材の組合せにより剛な断面を有する排気口ボックス、配管及びリングガーダの組合せにより剛な断面を有するダクト配管及びダクトカバーから構成され、アンカーボルトで壁に固定する構造である。

ダクトカバーは設計津波で浸水しない位置にあることから、評価対象は排気口ボックスとダクト配管とする。

排気口ボックスに生じる津波に伴う荷重は、板から芯材（主桁及び縦桁）、芯材から枠体に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わることから、板及び芯材を評価部位とする。

また、ダクト配管に生じる津波に伴う荷重は、配管材に作用することから、配管材を評価部位とする。

ガラリ延長ダクト（TVF-5）の構造図を図 7-2-1、評価部位を図 7-2-2 に示す。

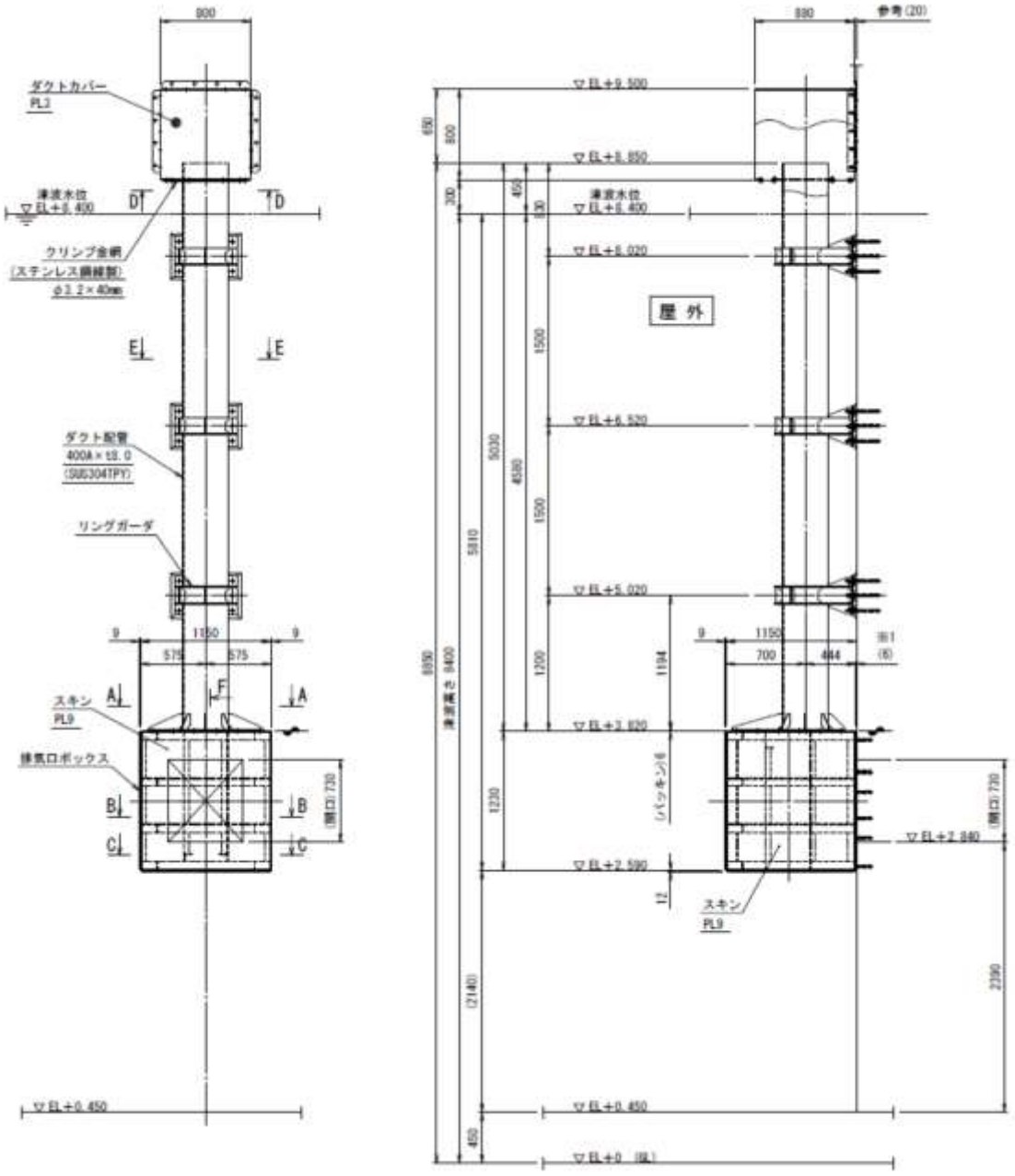


図 7-2-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の構造図

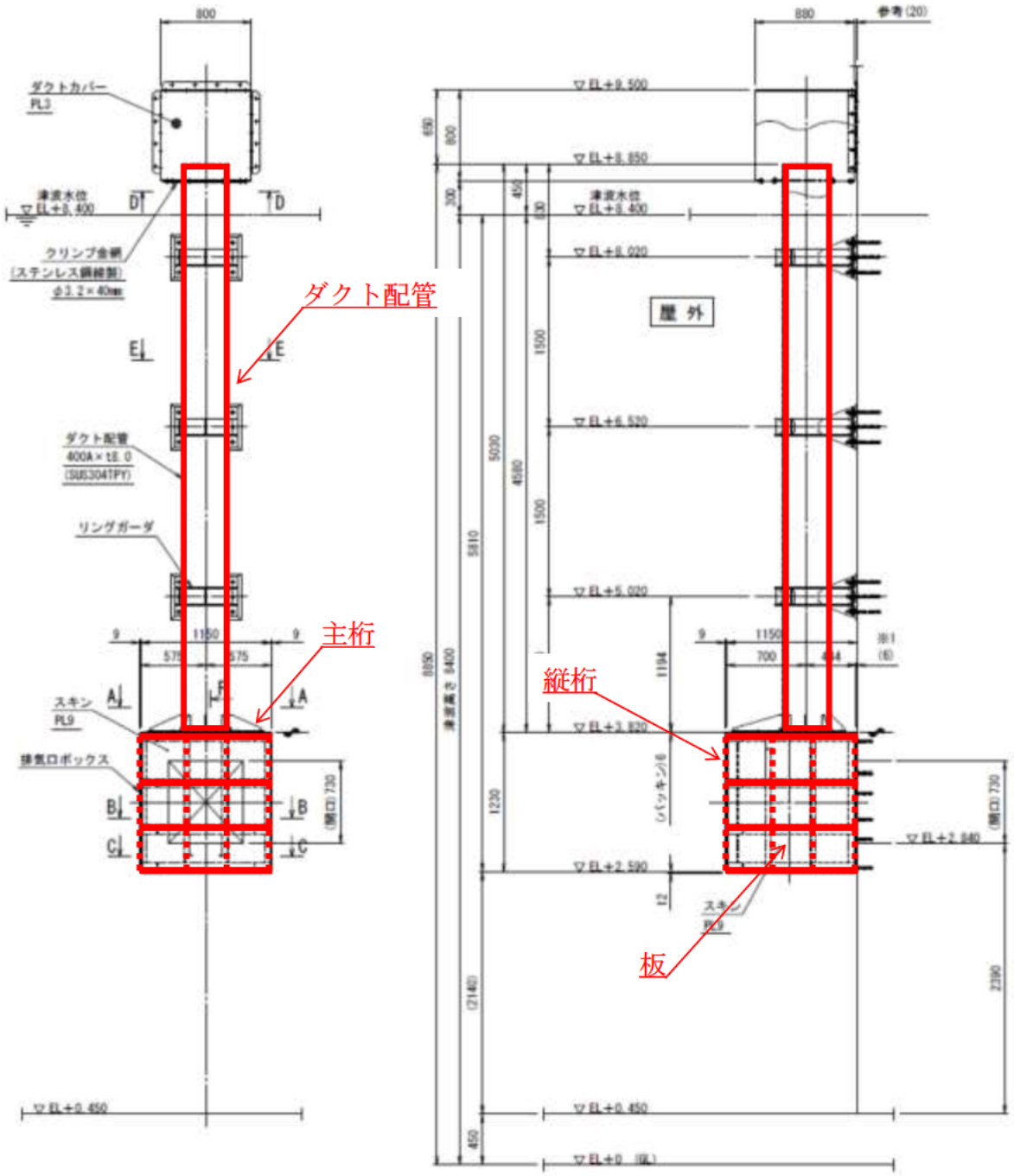


図 7-2-2 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の評価部位

7.3 構造強度評価方法

ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価は、「7.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「7.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「7.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「7.5 許容限界」に示す許容限界以内であることを確認する。

7.4 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、以下のとおりとする。

(1) 荷重

a. 津波による波力

遡上津波荷重については、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の地表面から波力算定用津波高さhまでの高さを考慮して算定する。算定に当たっては、静水圧及び動水圧の影響として水深係数α=3.0を考慮する。

b. 余震による荷重

余震による荷重として、別添6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」の応答値による慣性力を考慮する。

c. 風荷重

風荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき組合せを考慮しない。

d. 積雪荷重

積雪荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき特定行政庁が指定する区域に該当しないため考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 津波による遡上津波荷重（P_{pn}、P_{bn}）

津波に伴う荷重として、遡上津波荷重を考慮する。

・ダクト配管

$$P_{pn}=\rho \cdot g \cdot H_{pn}$$

・排気口ボックス

$$P_{bn}=\rho \cdot g \cdot H_{bn}$$

設計津波高さが T.P.+12.3 m、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟のG.L.がT.P.+7.65 mであることから、浸水深は4.65 mとなり、これに水深係数α=3.0を考慮して、津波の浸水高さは13.95 mとして評価を行う。

津波に伴う荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び海水の密度を表7-4-1に示す。

表 7-4-1 水圧作用高さ及び海水の密度

設備名称	水圧作用高さ EL. ［m］	海水の密度 ［t/m^3］
ガラリ延長ダクト（TVF-5）	13.95	1.03

b. 余震荷重（K_{pS}、K_{bS}）

余震による荷重は、弾性設計用地震動S_dに伴う地震力（動水圧を含まない。）とする。

余震時のダクト配管及び排気口ボックスの自重による慣性力を考慮する。余震による荷重(K_{pS}、K_{bS})は、ダクト配管については、単位長さ当たりの固定荷重ρ_Pに、水平震度K_Hを乗じて算出する。排気口ボックスについては固定荷重Gに、水平震度K_Hを乗じて算出する。算出式を以下に示す。

・ダクト配管

$$K_{pS}=K_H \cdot \rho_p \cdot A \cdot g$$

・排気口ボックス

$$K_{bS}=\frac{K_H \cdot G \cdot g}{b \cdot H_{bg}}$$

c. 排気口ボックス縦桁に作用する荷重（P'_n）

縦桁に作用する荷重は、排気口ボックスにかかる上記a、bの荷重の合計P_nに、縦桁が受け持つ荷重の受圧幅Bを乗じた次式により算出する。

$$P'_n = B \cdot P_n$$

(3) 荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重の組合せは、別添 6-1-3-3「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書 Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」に示す、荷重条件の最も厳しいケース 2（波力＋余震）の条件で実施する。ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる荷重の組合せを表 7-4-2 に示す。

表 7-4-2 強度評価に用いる荷重の組合せ

設備名称	部位名称	荷重の組合せ※13
ガラリ延長ダクト（TVF-5）	ダクト配管	$P_n = P_{pn} + K_{pS}$
	排気口ボックス	$P_n = P_{bn} + K_{bS}$

※13 P_{pn}、P_{bn}は津波による波力、K_{pS}、K_{bS}は余震による荷重を示す。

7.5 許容限界

(1) 使用材料

ガラリ延長ダクト（TVF-5）を構成するダクト配管及び排気口ボックスの使用材料を表 7-5-1 に示す。

表 7-5-1 ダクト配管及び排気口ボックスの使用材料

部位		材質	仕様[mm]
ダクト配管		SUS304	400A×t8 (外形:406.4/内径:390.4)
排気口ボックス	正面板/側面板	SUS304	PL9
	下面板	SUS304	PL12
	主桁 1	SUS304	C150×75×9×9
	主桁 2	SUS304	C150×75×9×9
	主桁 3	SUS304	C150×75×9×9
	主桁 4	SUS304	C150×75×9×9
	縦桁	SUS304	C100×50×6×6

(2) 許容限界

ダクト配管及び排気口ボックスの許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、2005 改定）」を踏まえて表 7-5-2 の値とする。

表 7-5-2 ダクト配管及び排気口ボックスの許容限界

材料	短期許容応力度[N/mm^2]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※14	205	118

※14 許容応力度を決定する場合の基準値Ｆの値は、「JIS G 4304:2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく

7.6 設計用地震力

浸水防止設備 TVF-1、TVF-2、TVF-3、TVF-4、TVF-5、TVF-6、TVF-7、TVF-8、TVF-9、TVF-10 の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラリ延長ダクトの強度計算で用いる設計震度は、別添 6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」で得られた水平震度 0.5 を 1.2 倍にした 0.6 を用いる。

7.7 計算方法

ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価における応力の計算方法を以下に示す。

(1) ダクト配管

ダクト配管に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、津波については等分布荷重成分及び直線形荷重成分からなる荷重が配管外周に作用するものとして応力を計算する。

また、余震については、分布荷重が両端ピン支持の配管に作用するものとして応力を計算する。

応力は「土木学会 構造力学公式集」に基づき、次式により算定する。

a. 津波荷重による応力

$$\sigma_{p\theta} = \frac{1000P_{pn} \cdot (D_i/2)}{t_P} \quad (n = 5 \text{ 最深支持点})$$

b. 余震荷重による応力

$$R_a = R_b = Q_a = -Q_b = \frac{K_{pS} \cdot L}{2}$$

$$M = \frac{K_{pS} \cdot L^2}{8}$$

$$Q_a = \frac{K_{pS} \cdot L}{2}$$

$$\sigma_{eb} = \frac{1 \times 10^6 M}{Z_{cx}}$$

$$\tau_{es} = \frac{1000 \times Q_a}{A_{cw}}$$

$$\sigma_{ec} = \sqrt{{\sigma_{eb}}^2 + 3{\tau_{es}}^2}$$

c. ダクト配管に生じる応力

ダクト配管に生じる応力の例を図 7-7-1 に示す。

$$\sigma_c = MAX(\sigma_{p\theta}, \sigma_{ec})$$

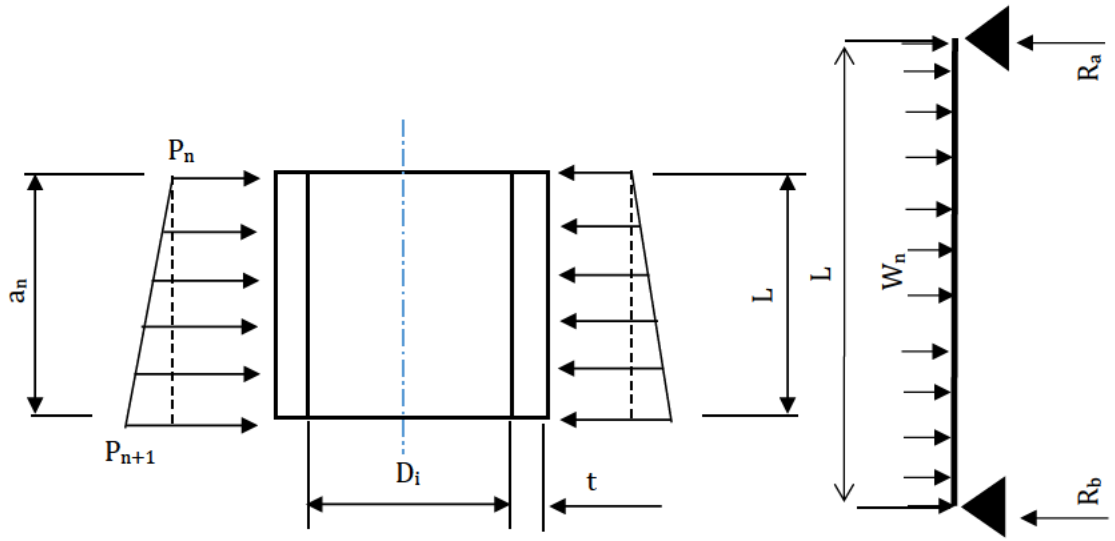


図 7-7-1 ダクト配管に生じる応力の例

(2) 排気口ボックス板

排気口ボックス板に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、等分布荷重成分及び直線形荷重成分からなる荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、「土木学会　構造力学公式集」に基づき、次式により算定する。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_n \cdot {C_1}^2}{{t_b}^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{{t_b}^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$
$$(n = 1 \sim 5, m = 1 \sim 5)$$

排気口ボックス板に生じる応力評価部位の番号を図 7-7-2、排気口ボックスに生じる応力の例を図 7-7-3 に示す。

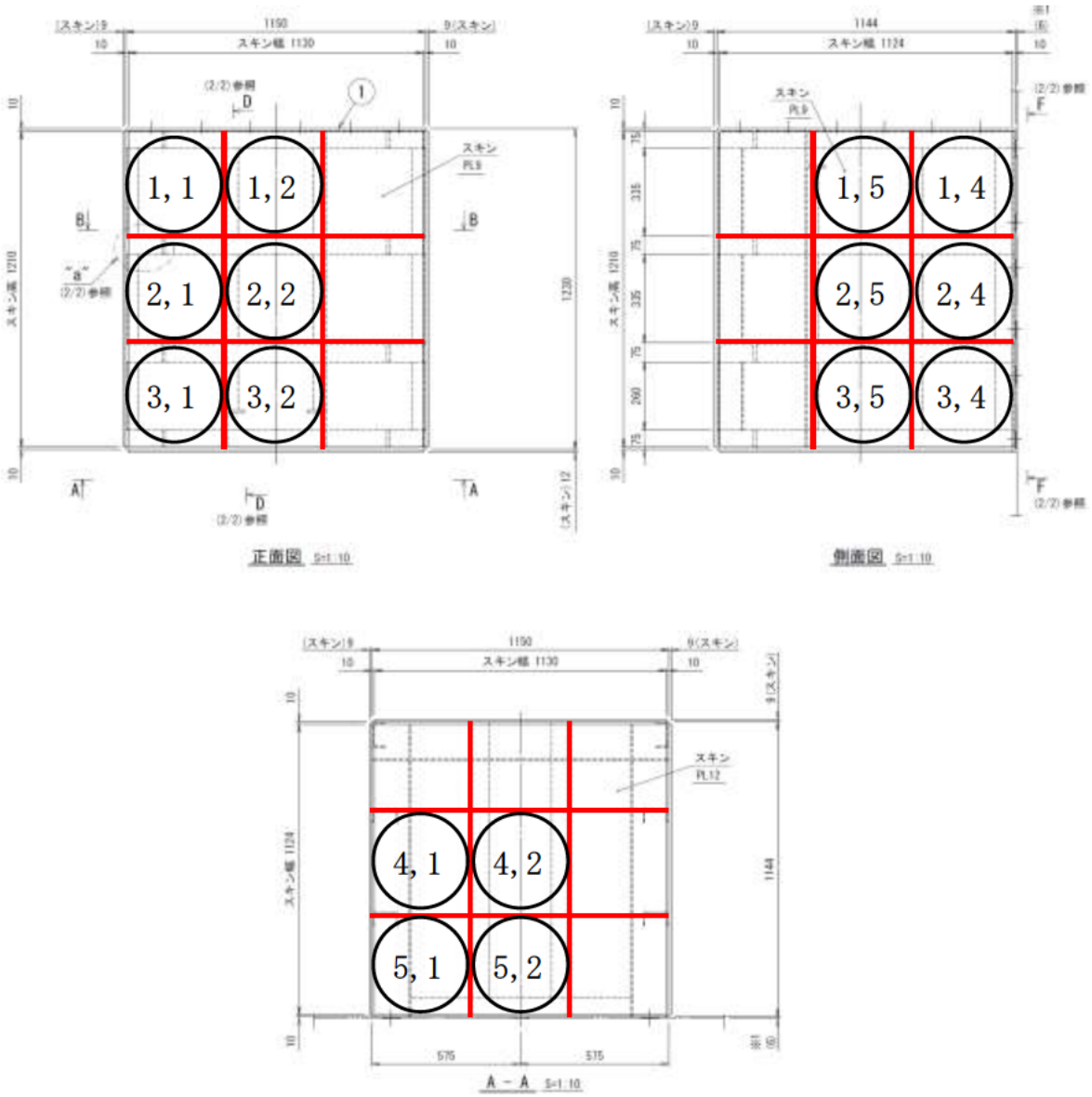


図 7-7-2 排気口ボックス板に生じる応力評価部位番号

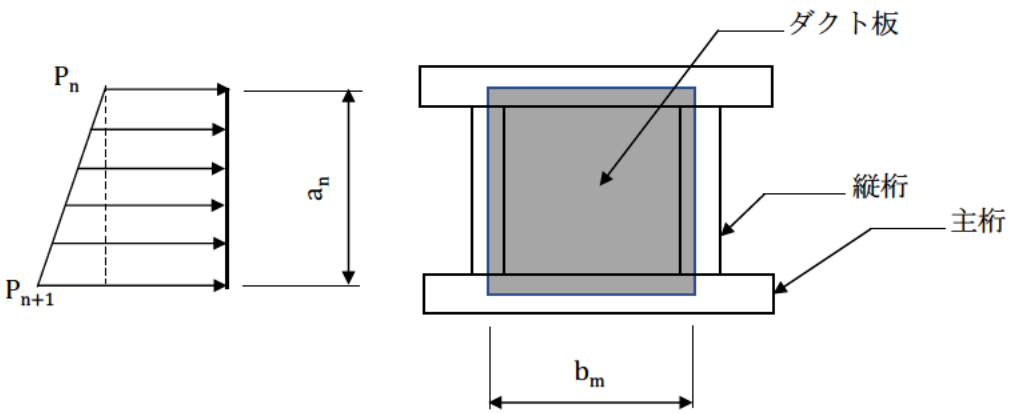


図 7-7-3 排気口ボックス板に生じる応力の例

(3) 排気口ボックスの芯材

芯材（主桁及び縦桁）に生じる荷重は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、荷重を負担する芯材の取付方向（鉛直又は水平）に応じて、それぞれ算定する。

a. 主桁

水平方向に取付く主桁については、排気口ボックスに生じる荷重を算定し、次式により算定する。主桁にかかる荷重の例を図 7-7-4 に示す。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

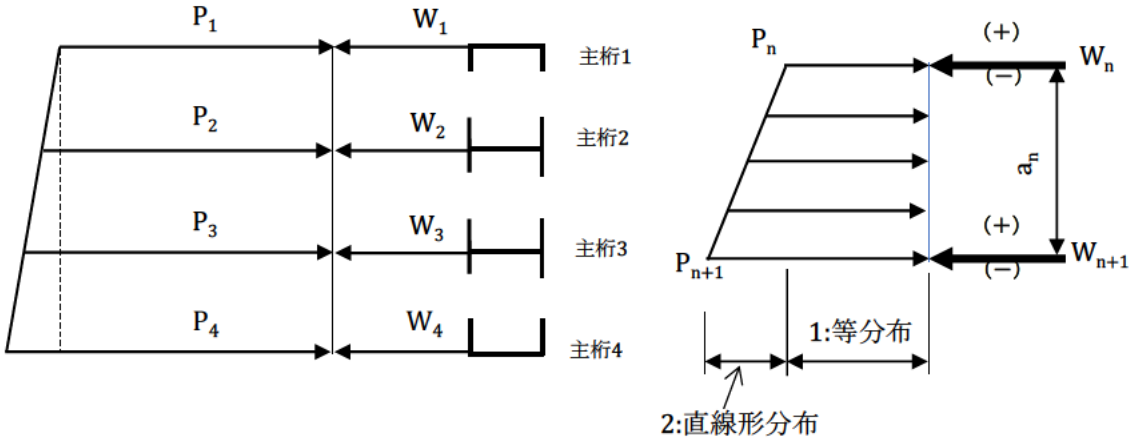


図 7-7-4 主桁にかかる荷重の例

各主桁に作用する部材力を図 7-7-5 に示す。主桁は門型梁として計算し、水圧が排出口ボックス正面及び側面から作用するものとする。また、各主桁に作用する部材力は、水圧が正面から作用する場合と側面から作用する場合を足し合わせたものとする。計算式を以下に示す。

① 水圧が正面から作用した場合

$$V_{a1n} = V_{d1n} = \frac{W_n \cdot L_b}{2}$$

$$H_{a1n} = -H_{d1n} = \left(\frac{W_n \cdot {L_b}^2}{4h_b}\right) \cdot \left(\frac{1}{2k+3}\right)$$

$$M_{b1n} = M_{c1n} = -\frac{W_n \cdot {L_b}^2}{4(2k+3)}$$

② 水圧が側面から作用した場合

$$V_{a2n} = V_{d2n} = 0$$

$$H_{a2n} = -H_{d2n} = -\frac{3(k+2) \cdot W_n \cdot h_b}{4(2k+3)}$$

$$M_{b2n} = M_{c2n} = -\frac{k \cdot W_n \cdot {h_b}^2}{4(2k+3)}$$

ただし、

$$k = \frac{l_b \cdot h_b}{l_c \cdot L_b}$$

$W_n : n = 1 \sim 4$

a 点及び d 点での反力V_n

$$V_{an} = V_{a1n} + V_{a2n}$$
$$V_{dn} = V_{d1n} + V_{d2n}$$
$$V_n = V_{an} = V_{dn}$$

a 点及び d 点での反力H_n

$$H_{an} = H_{a1n} + H_{a2n}$$
$$H_{dn} = H_{d1n} + H_{d2n}$$
$$H_n = -H_{an} = H_{dn}$$

b 点及び c 点での曲げモーメントM_n

$$M_{cn} = M_{c1n} + M_{c2n}$$
$$M_{dn} = M_{d1n} + M_{d2n}$$
$$M_n = |M_{cn}| = |M_{dn}|$$

曲げ応力σ_b、軸応力σ_a、組合せ応力σ_c、及びせん断応力τ_n

・部材 a-b(c-d)間

$$\sigma_{bnF} = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}} \quad \sigma_{anF} = \frac{1000 V_n}{A_n} \quad \tau_{nF} = \frac{1000 H_n}{A_{wn}}$$

$$\sigma_{cnF} = \sqrt{(\sigma_{bnF} + \sigma_{anF})^2 + 3\tau_{nF}^2}$$

・部材 b-c 間

$$\sigma_{bnS} = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}} \quad \sigma_{anS} = \frac{1000 V_n}{A_n} \quad \tau_{nS} = \frac{1000 H_n}{A_{wn}}$$

$$\sigma_{cnS} = \sqrt{(\sigma_{bnS} + \sigma_{anS})^2 + 3\tau_{nS}^2}$$

$$\sigma_c = MAX(\sigma_{cnF}, \sigma_{cnS}) \qquad (n = 1 \sim 4)$$

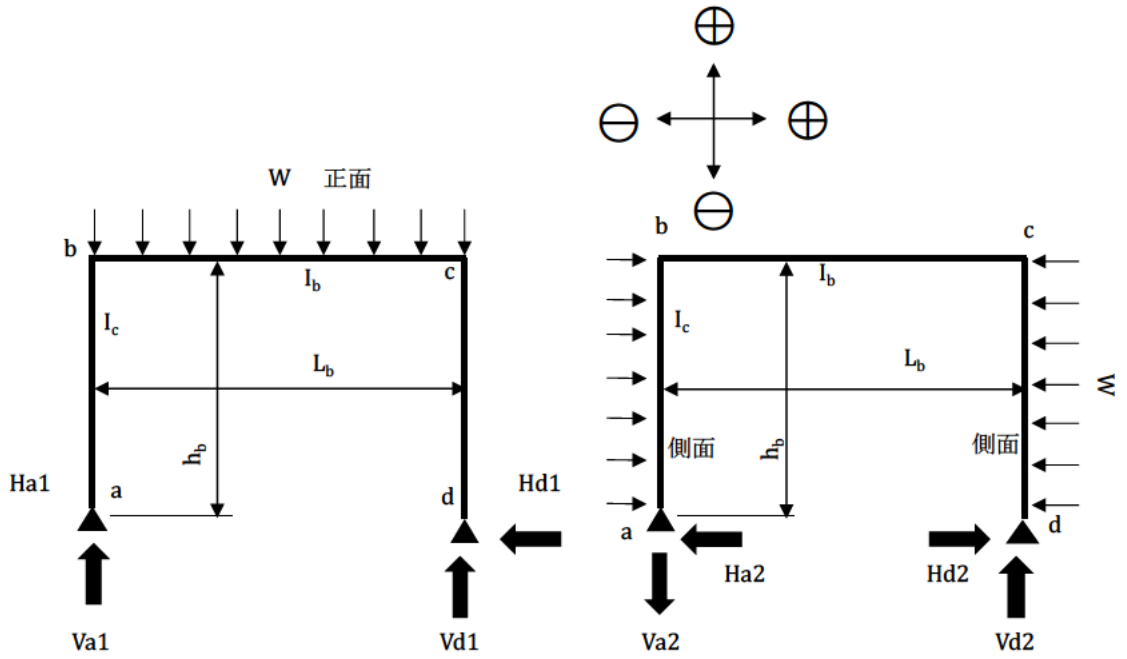


図 7-7-5 各主桁に作用する部材力

b. 縦桁

鉛直方向に取付く縦桁については、各桁（中間縦桁及び端縦桁）に分担することとし、等分布荷重を受ける両端支持の単純梁として、次式により算定する。縦桁に生じる荷重の例を図 7-7-6 に示す。

$$M'_n = a_n{}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{Xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000 \cdot Q'_n}{A'_{wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'_n{}^2 + 3\tau'_n{}^2}$$

$$\sigma'_c = MAX(\sigma'_{cn}) \qquad (n = 1 \sim 3)$$

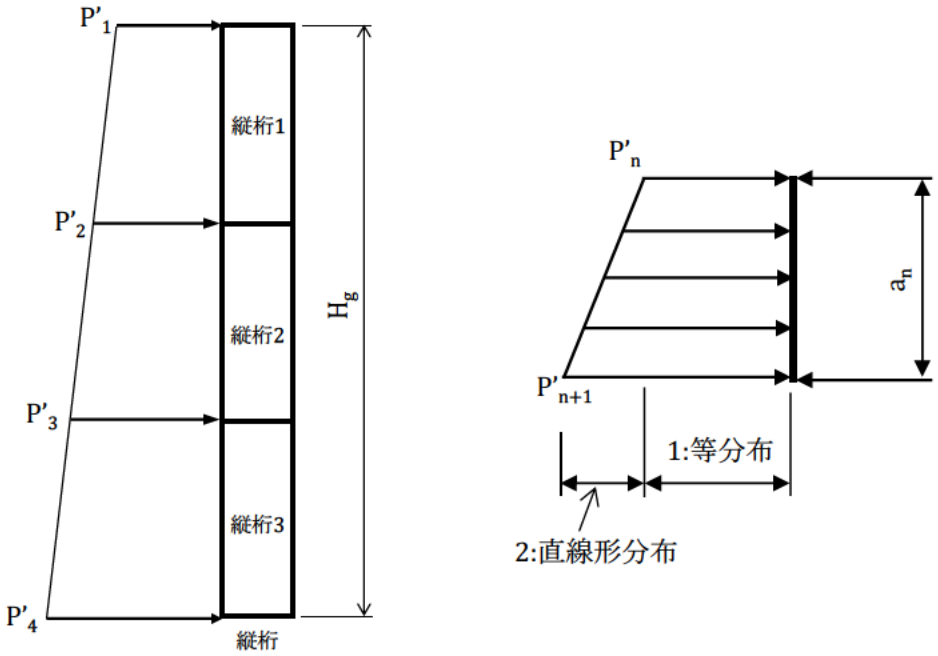


図 7-7-6 縦桁に生じる荷重の例

7.8 計算条件

「7.7 計算方法」に用いる評価条件を表 7-8-1 に示す。

表 7-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる条件(1/12)

対象部位	記号	単位	定義	数値
ダクト配管	t_p	mm	厚さ	8.0
	D_i	mm	内径	390.4
	ρ_p	t/m^3	ダクト配管の単位長さ当たりの重量	7.93
	A	m^2	ダクト配管の断面積	0.01
	P_{pn}	kN/m^2	支持点（最下点 n=5）に作用する静水圧荷重	102.3
	L	m	支持点距離	1.50
	K_{pS}	kN/m	余震荷重（分布荷重）	0.467
	Q_a、Q_b	kN	余震荷重により発生する支持点(a、b)でのせん断力($Q_{a=}-Q_b$)	0.350
	Z_{cx}	mm^3	断面係数	978000
	A_{cw}	mm^2	せん断断面積	5006
	M	kNm	余震荷重により発生する曲げモーメント	0.131
	$\sigma_{p\theta}$	N/mm^2	静水圧荷重により発生する応力（周方向）	2.50
	σ_{eb}	N/mm^2	余震荷重により発生する曲げ応力	0.134
	τ_{es}	N/mm^2	余震荷重により発生するせん断応力	0.070
	σ_{ec}	N/mm^2	余震荷重により発生する組合せ応力	0.181

表 7-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる条件(2/12)

対象部位	記号	単位	定義	数値
排気口ボックス板	ρ	t/m^3	海水の密度	1.03
	g	m^2/s	重力加速度	9.80665
	β_1	－	板に発生する応力の応力係数（等分布荷重成分）	0.3
	β_2	－	板に発生する応力の応力係数（直線分布荷重成分）	0.2
	C_1、C_2	mm	板の短辺側の長さ（正面/下面：$m = 1$）	0.380
			板の短辺側の長さ（正面/下面：$m = 2$）	0.390
			板の短辺側の長さ（側面：$m = 4$）	0.400
			板の短辺側の長さ（側面：$m = 5$）	0.404
	H_{b1}	m	主桁 1 の水頭高さ	10.130
	H_{b2}	m	主桁 2 の水頭高さ	10.540
	H_{b3}	m	主桁 3 の水頭高さ	10.950
	H_{b4}	m	主桁 4 の水頭高さ	11.360
	P_{b1}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 1)	102.3
	P_{b2}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 2)	106.5
	P_{b3}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 3)	110.6
	P_{b4}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 4)	114.7

表 7-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる条件(3/12)

対象部位	記号	単位	定義	数値
排気口ボックス板	K_H	-	水平震度	0.6
	G	t	排気口ボックス重量	0.93
	b	m	排気口ボックス幅	1.15
	H_{bg}	m	排気口ボックス高さ	1.23
	t_b	mm	板厚（正面、側面）	9
			板厚（下面）	12
	K_{bS}	kN/m^2	単位面積当たりの余震荷重	3.869
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	106.2
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	110.4
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	114.5
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	118.6

表 7-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる条件(4/12)

対象部位	記号	単位	定義	数値
排気口ボックス板	σ_{pa}	N/mm^2	発生応力 区画$(n、m)=(1、1)$	58.30
			発生応力 区画$(n、m)=(1、2)$	61.40
			発生応力 区画$(n、m)=(2、1)$	60.51
			発生応力 区画$(n、m)=(2、2)$	63.73
			発生応力 区画$(n、m)=(3、1)$	62.70
			発生応力 区画$(n、m)=(3、2)$	66.04
			発生応力 区画$(n、m)=(1、4)$	64.59
			発生応力 区画$(n、m)=(1、5)$	65.89
			発生応力 区画$(n、m)=(2、4)$	67.04
			発生応力 区画$(n、m)=(2、5)$	68.39
			発生応力 区画$(n、m)=(3、4)$	69.47
			発生応力 区画$(n、m)=(3、5)$	70.87
			発生応力 区画$(n、m)=(4、1)$	35.68
			発生応力 区画$(n、m)=(4、2)$	37.58
			発生応力 区画$(n、m)=(5、1)$	35.68
			発生応力 区画$(n、m)=(5、2)$	37.58

表 7-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる条件(5/12)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	106.2
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	110.4
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	114.5
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	118.6
	a_n	m	主桁ピッチ$(n = 1\sim3)$	0.410
	W_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1）	22.05
	W_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2）	45.24
	W_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3）	46.92
	W_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4）	24.02
	L_b	m	主桁長さ（幅）	1.15
	h_b	m	主桁長さ（奥行側）	1.15
	l_b、l_c	mm^4	主桁の断面 2 次モーメント	8444000
	k	-	剛比	1.00

表 7-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる条件(6/12)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	V_{a11}、V_{d11}	kN/m	正面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 1）	12.68
	V_{a12}、V_{d12}	kN/m	正面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 2）	26.01
	V_{a13}、V_{d13}	kN/m	正面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 3）	26.98
	V_{a14}、V_{d14}	kN/m	正面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 4）	13.81
	V_{a21}、V_{d21}	kN/m	側面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 1）	0.00
	V_{a22}、V_{d22}	kN/m	側面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 2）	0.00
	V_{a23}、V_{d23}	kN/m	側面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 3）	0.00
	V_{a24}、V_{d24}	kN/m	側面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 4）	0.00
	V_{a1}、V_{d1}	kN/m	水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 1）	12.68
	V_{a2}、V_{d2}	kN/m	水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 2）	26.01
	V_{a3}、V_{d3}	kN/m	水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 3）	26.98
	V_{a4}、V_{d4}	kN/m	水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 4）	13.81

表 7-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる条件(7/12)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	H_{a11}、$-H_{d11}$	kN/m	正面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 1）	1.268
	H_{a12}、$-H_{d12}$	kN/m	正面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 2）	2.601
	H_{a13}、$-H_{d13}$	kN/m	正面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 3）	2.698
	H_{a14}、$-H_{d14}$	kN/m	正面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 4）	1.381
	H_{a21}、$-H_{d21}$	kN/m	側面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 1）	-11.41
	H_{a22}、$-H_{d22}$	kN/m	側面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 2）	-23.41
	H_{a23}、$-H_{d23}$	kN/m	側面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 3）	-24.28
	H_{a24}、$-H_{d24}$	kN/m	側面からの水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 4）	-12.43
	H_{a1}、$-H_{d1}$	kN/m	水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 1）	-10.14
	H_{a2}、$-H_{d2}$	kN/m	水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 2）	-20.81
	H_{a3}、$-H_{d3}$	kN/m	水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 3）	-21.58
	H_{a4}、$-H_{d4}$	kN/m	水圧に対する a 点、d 点の反力（主桁 4）	-11.05

表 7-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる条件(8/12)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	M_{b11}、M_{c11}	kN・m	正面からの水圧により b 点、c 点に生じる曲げモーメント（主桁 1）	-1.458
	M_{b12}、M_{c12}	kN・m	正面からの水圧により b 点、c 点に生じる曲げモーメント（主桁 2）	-2.991
	M_{b13}、M_{c13}	kN・m	正面からの水圧により b 点、c 点に生じる曲げモーメント（主桁 3）	-3.103
	M_{b14}、M_{c14}	kN・m	正面からの水圧により b 点、c 点に生じる曲げモーメント（主桁 3）	-1.588
	M_{b21}、M_{c21}	kN・m	側面からの水圧により b 点、c 点に生じる曲げモーメント（主桁 1）	-1.458
	M_{b22}、M_{c22}	kN・m	側面からの水圧により b 点、c 点に生じる曲げモーメント（主桁 2）	-2.991
	M_{b23}、M_{c23}	kN・m	側面からの水圧により b 点、c 点に生じる曲げモーメント（主桁 3）	-3.103
	M_{b24}、M_{c24}	kN・m	側面からの水圧により b 点、c 点に生じる曲げモーメント（主桁 3）	-1.588
	M_{b1}、M_{c1}	kN・m	水圧により b 点、c 点に生じる曲げモーメント（主桁 1）	-2.916
	M_{b2}、M_{c2}	kN・m	水圧により b 点、c 点に生じる曲げモーメント（主桁 2）	-5.982

表 7-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる条件(9/12)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	M_{b3}、M_{c3}	kN・m	水圧により b 点、c 点に生じる曲げモーメント（主桁 3）	-6.206
	M_{b4}、M_{c4}	kN・m	水圧により b 点、c 点に生じる曲げモーメント（主桁 4）	-3.176
	Z_{Xn}	mm^3	主桁 n の断面係数(n = 1~4)	112600
	A_n	mm^2	主桁 n の断面積(n = 1~4)	2538
	A_{wn}	mm^2	主桁 n のせん断断面積(n = 1~4)	1188
	σ_{b1F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間の曲げ応力（主桁 1）	25.90
	σ_{b2F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間の曲げ応力（主桁 2）	53.13
	σ_{b3F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間の曲げ応力（主桁 3）	55.12
	σ_{b4F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間の曲げ応力（主桁 4）	28.21
	σ_{a1F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間の軸応力（主桁 1）	4.996
	σ_{a2F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間の軸応力（主桁 2）	10.25
	σ_{a3F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間の軸応力（主桁 3）	10.63
	σ_{a4F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間の軸応力（主桁 4）	5.441
	τ_{1F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間のせん断応力（主桁 1）	8.537
	τ_{2F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間のせん断応力（主桁 2）	17.52
	τ_{3F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間のせん断応力（主桁 3）	18.17
	τ_{4F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間のせん断応力（主桁 4）	9.301
	σ_{c1F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間の組合せ応力（主桁 1）	34.25
	σ_{c2F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間の組合せ応力（主桁 2）	63.77

表 7-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる条件(10/12)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	σ_{c3F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間の組合せ応力（主桁 3）	66.14
	σ_{c4F}	N/mm^2	部材 a-b(c-d)間の組合せ応力（主桁 4）	34.03
	σ_{b1S}	N/mm^2	部材 b-c 間の曲げ応力（主桁 1）	25.90
	σ_{b2S}	N/mm^2	部材 b-c 間の曲げ応力（主桁 2）	53.13
	σ_{b3S}	N/mm^2	部材 b-c 間の曲げ応力（主桁 3）	55.12
	σ_{b4S}	N/mm^2	部材 b-c 間の曲げ応力（主桁 4）	28.21
	σ_{a1S}	N/mm^2	部材 b-c 間の軸応力（主桁 1）	0
	σ_{a2S}	N/mm^2	部材 b-c 間の軸応力（主桁 2）	0
	σ_{a3S}	N/mm^2	部材 b-c 間の軸応力（主桁 3）	0
	σ_{a4S}	N/mm^2	部材 b-c 間の軸応力（主桁 4）	0
	τ_{1S}	N/mm^2	部材 b-c 間のせん断応力（主桁 1）	10.67
	τ_{2S}	N/mm^2	部材 b-c 間のせん断応力（主桁 2）	21.89
	τ_{3S}	N/mm^2	部材 b-c 間のせん断応力（主桁 3）	22.71
	τ_{4S}	N/mm^2	部材 b-c 間のせん断応力（主桁 4）	11.62
	σ_{c1S}	N/mm^2	部材 b-c 間の組合せ応力（主桁 1）	26.47
	σ_{c2S}	N/mm^2	部材 b-c 間の組合せ応力（主桁 2）	53.72
	σ_{c3S}	N/mm^2	部材 b-c 間の組合せ応力（主桁 3）	55.71
	σ_{c4S}	N/mm^2	部材 b-c 間の組合せ応力（主桁 4）	28.78

表 7-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる条件(11/12)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	a_n	m	主桁ピッチ(n = 1~3)	0.410
	B	m	縦桁受圧幅	0.402
	P'_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1 の位置）	42.69
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	44.38
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	46.03
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	47.68
	P_{a1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（縦桁 1：主桁 1～2 間）	1.69
	P_{a2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（縦桁 2：主桁 2～3 間）	1.65
	P_{a3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（縦桁 3：主桁 3～4 間）	1.65
	P_{b1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（縦桁 1：主桁 1～2 間）	42.69
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（縦桁 2：主桁 2～3 間）	44.38
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（縦桁 3：主桁 3～4 間）	46.03
	Z'_{Xn}	mm^3	縦桁の断面係数(n = 1~3)	33400
	A'_{wn}	mm^2	縦桁のせん断断面積(n = 1~3)	528

表 7-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価に用いる条件(12/12)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	M'_1	kN・m	曲げモーメント（縦桁 1）	0.915
	M'_2	kN・m	曲げモーメント（縦桁 2）	0.950
	M'_3	kN・m	曲げモーメント（縦桁 3）	0.985
	Q'_1	kN	せん断力（縦桁 1）	8.982
	Q'_2	kN	せん断力（縦桁 2）	9.323
	Q'_3	kN	せん断力（縦桁 3）	9.662
	σ'_1	N/mm^2	曲げ応力（縦桁 1）	27.40
	σ'_2	N/mm^2	曲げ応力（縦桁 2）	28.44
	σ'_3	N/mm^2	曲げ応力（縦桁 3）	29.49
	τ'_1	N/mm^2	せん断応力（縦桁 1）	17.01
	τ'_2	N/mm^2	せん断応力（縦桁 2）	17.65
	τ'_3	N/mm^2	せん断応力（縦桁 3）	18.30
	σ'_{c1}	N/mm^2	組合せ応力（縦桁 1）	40.23
	σ'_{c2}	N/mm^2	組合せ応力（縦桁 2）	41.76
	σ'_{c3}	N/mm^2	組合せ応力（縦桁 3）	43.29

7.9 評価結果

ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価結果を表 7-9-1 に示す。ガラリ延長ダクト（TVF-5）の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、ガラリ延長ダクト（TVF-5）が構造強度を有することを確認した。

表 7-9-1 ガラリ延長ダクト（TVF-5）の強度評価結果

名称	評価部位	① 発生応力 [N/mm^2]	② 許容応力 [N/mm^2]	①/② 検定比
ガラリ延長 ダクト TVF-5	ダクト配管	3	205	0.02
	排気口 ボックス	71	205	0.35
	主桁	67	205	0.33
	縦桁	44	205	0.22

8. 浸水防止扉（TVF-6）

8.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-6）の強度評価に用いる記号を表 8-1-1 に示す。

表 8-1-1 浸水防止扉（TVF-6）の強度評価に用いる記号（1/2）

記号	定義	単位
h	波力算定用津波高さ	m
P_{hn}	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの静水圧荷重	kN/m^2
ρ	海水の単位体積重量（密度）	t/m^3
g	重力加速度	m/s^2
H_{Xn}	当該部分の浸水深	m
K_S	単位面積あたりの余震による地震荷重	kN/m^2
S_d	弾性設計用地震動	－
G	扉体自重	t
K_H	水平震度	－
b	扉全体の受圧幅	m
H_g	受圧高	m
P'_n	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの荷重	kN/m
P_n	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの荷重	kN/m^2
B	受圧幅	m
$\sigma_{pa\,nm}$	津波と余震荷重により扉板に生じる応力（区画 n、m）	N/mm^2
σ_p	扉板に生じる応力	N/mm^2
t	扉体の板厚	mm
β_n	扉板に発生する応力の応力係数	－
C_n	扉板の短辺側の長さ	m
a_n	主桁ピッチ	m
b_m	縦桁ピッチ	m
W_n	該当部位の主桁が受ける単位長さあたりの荷重	kN/m
M_n	主桁に生じる曲げモーメント	kN･m
L	主桁の長さ	m
Q_n	主桁に生じるせん断力	kN･m
σ_n	主桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z_{xn}	主桁の断面係数	mm^3
τ_n	主桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A_{Wn}	主桁のせん断断面積	mm^2

表 8-1-1 浸水防止扉（TVF-6）の強度評価に用いる記号（2/2）

記号	定義	単位
σ_{cn}	主桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ_c	主桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2
M'_n	縦桁に生じる曲げモーメント	kN･m
P_{an}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの直線形分布荷重	kN/m
P_{bn}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの等分布荷重	kN/m
Q'_n	縦桁に生じるせん断力	kN･m
σ'_n	縦桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z'_{xn}	縦桁の断面係数	mm^3
τ'_n	縦桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A'_{Wn}	縦桁のせん断断面積	mm^2
σ'_{cn}	縦桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ'_c	縦桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2

8.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-6）の構造上の特徴を踏まえて選定する。浸水防止扉（TVF-6）は、横引き型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取り付けて、締付装置を鋼製の扉枠に差し込み、扉と扉枠を一体化させる構造である。

浸水防止扉（TVF-6）に生じる津波及び余震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁、縦桁）まで、芯材から扉枠を介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、浸水防止扉（TVF-6）の扉板、主桁、縦桁とする。

浸水防止扉（TVF-6）の構造図を図 8-2-1、評価部位を図 8-2-2 に示す。

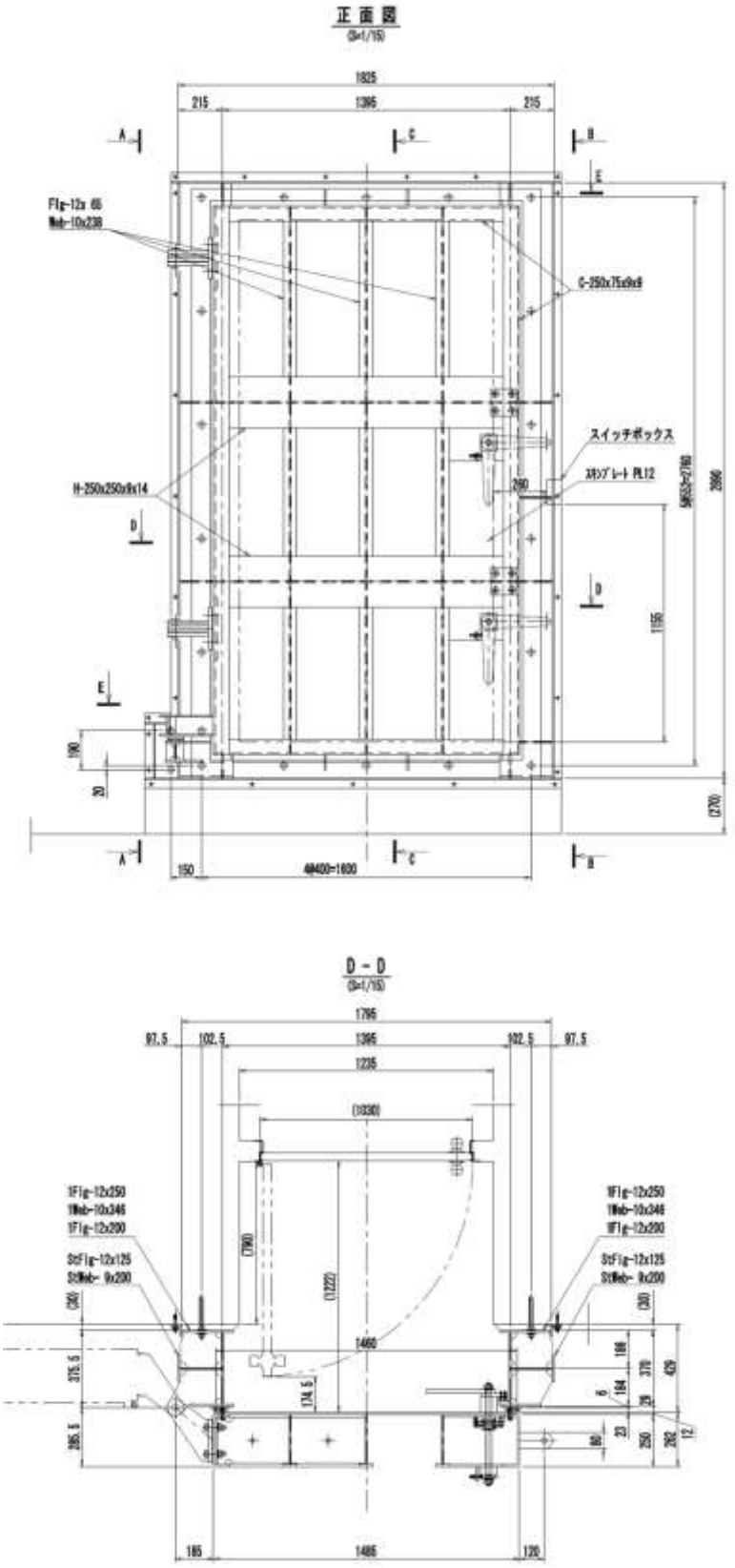


図 8-2-1 浸水防止扉（TVF-6）の構造図

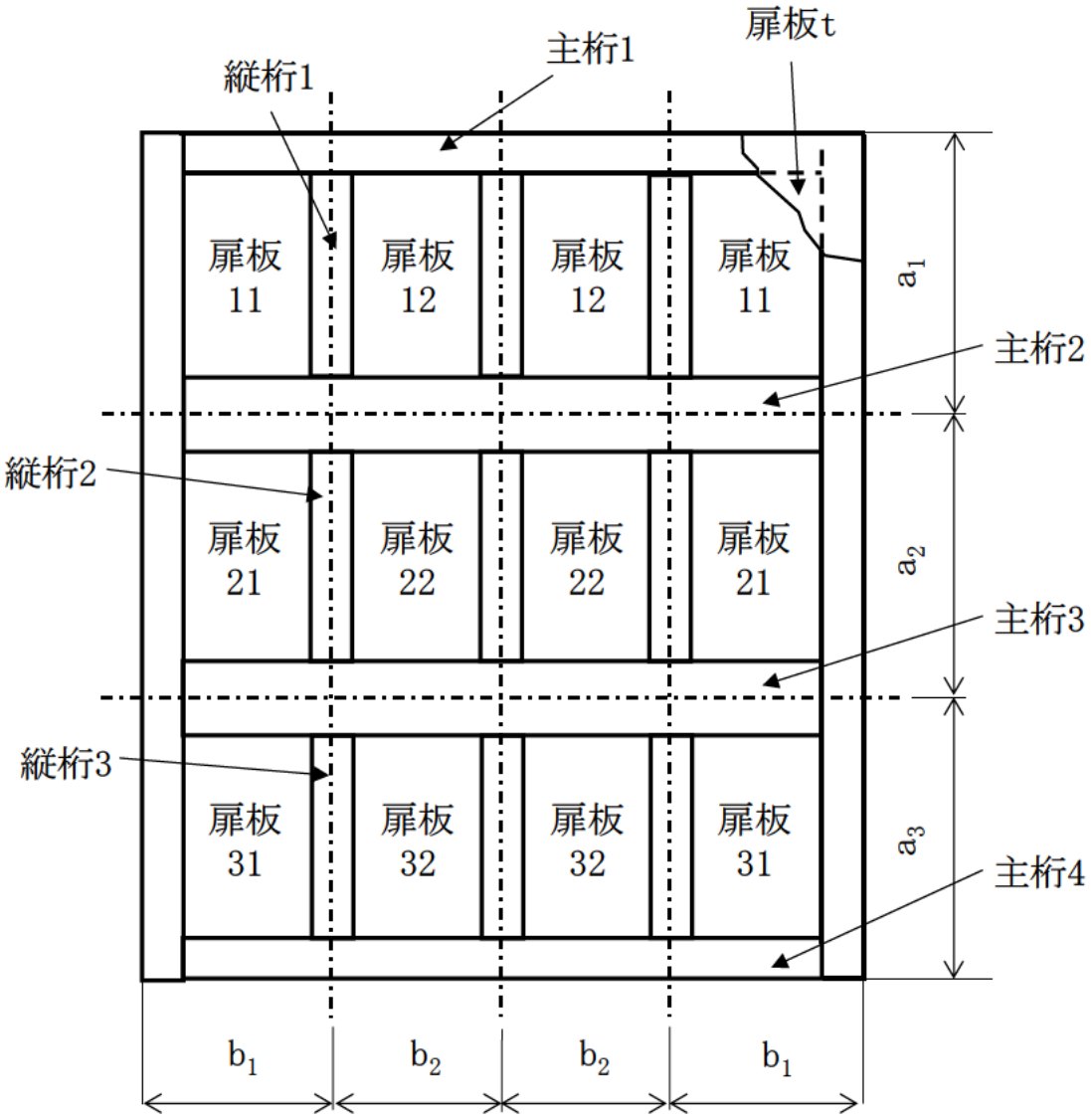


図 8-2-2 浸水防止扉（TVF-6）の評価部位

8.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-6）の強度評価は、「8.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「8.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「8.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「8.5 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

8.4 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、以下のとおりとする。

(1) 荷重

a. 津波による波力

遡上津波荷重については、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の地表面から波力算定用津波高さhまでの高さを考慮して算定する。算定に当たっては、静水圧及び動水圧の影響として水深係数α＝3.0を考慮する。

b. 余震による荷重

余震による荷重として、別添6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」の応答値による慣性力を考慮する。

c. 風荷重

風荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき組合せを考慮しない。

d. 積雪荷重

積雪荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき特定行政庁が指定する区域に該当しないため考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 津波による遡上津波荷重（P_{hn}）

津波に伴う荷重として、遡上津波荷重を考慮する。

$$P_{hn}＝ρ・g・H_{Xn}$$

設計津波の浸水高さがT.P.+12.3 m、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟のG.L.がT.P.+7.65 mであることから、浸水深は4.65 mとなり、これに水深係数α=3.0を考慮して、津波の浸水高さは13.95 mとして評価を行う。

津波に伴う荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び海水の密度を表8-4-1に示す。

表 8-4-1 水圧作用高さ及び海水の密度

設備名称	水圧作用高さ EL. ［m］	海水の密度 ［t/m^3］
浸水防止扉（TVF-6）	13.95	1.03

b. 余震荷重（K_S）

余震荷重は、弾性設計用地震動S_dに伴う地震力（動水圧を含まない。）とする。

余震時の扉体自重による慣性力を考慮する。余震による荷重K_Sは、浸水防止扉の固定荷重Gに水平震度K_Hを乗じた次式により算出する。

$$K_S = \frac{K_H \cdot G \cdot g}{b \cdot H_g}$$

c. 縦桁に作用する荷重（P'_n）

縦桁に作用する荷重は、上記 a、b の荷重の合計に、縦桁が受け持つ荷重の受圧幅Bを乗じた次式により算出する。

$$P'_n = B \cdot P_n$$

(3) 荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重の組合せは、別添 6-1-3-3「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書 Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」に示す、荷重条件の最も厳しいケース 2（波力＋余震）の条件で実施する。浸水防止扉 TVF-6 の強度評価に用いる荷重の組合せを表 8-4-2 に示す。

表 8-4-2 強度評価に用いる荷重の組合せ

設備名称	荷重の組合せ※15
浸水防止扉（TVF-6）	$P_n = P_{hn} + K_S$

※15 P_{hn}は津波による波力、K_Sは余震による荷重を示す。

8.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-6）を構成する扉板及び芯材の使用材料を表 8-5-1 に示す。

表 8-5-1 浸水防止扉（TVF-6）の扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SUS304	2665×1485×t12
芯材	主桁（上段及び下段）	SUS304	C250×75×9×9
	主桁（中間）	SUS304	H250×250×9×14
	縦桁	SUS304	T250×65×10×12 ※16

※16 板を溶接して組合わせた T 型構造の部材

(2) 許容限界

扉板、芯材の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（(社) 日本建築学会、2005 改定)」を踏まえて表 8-5-2 の値とする。

表 8-5-2 扉板及び芯材の許容限界

材料	短期許容応力度[N/mm²]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※17	205	118

※17 許容応力度を決定する場合の基準値Ｆの値は、「JIS G 4304:2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく

8.6 設計用地震力

浸水防止設備 TVF-1、TVF-2、TVF-3、TVF-4、TVF-5、TVF-6、TVF-7、TVF-8、TVF-9、TVF-10 の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の強度計算で用いる設計震度は、別添 6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」で得られた水平震度 0.5 を 1.2 倍した 0.6 を用いる。

8.7 計算方法

浸水防止扉（TVF-6）の強度評価における応力の計算方法を以下に示す。

(1) 扉板

扉板に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、等変分布荷重及び等分布荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、「土木学会　構造力学公式集」に基づき、次式により算定する。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000(P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 3, m = 1,2)$$

浸水防止扉（TVF-6）の扉板に生じる応力の例を図 8-7-1、扉板に生じる応力評価部位の番号を図 8-7-2 に示す。

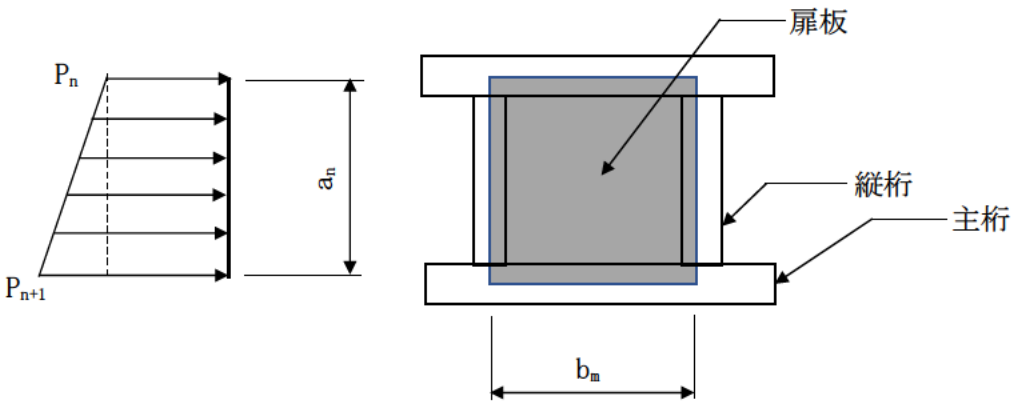


図 8-7-1 扉板に生じる応力の例

(2) 芯材

芯材に生じる荷重は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、荷重を負担する芯材の取付方向(鉛直又は水平)に応じて、「日本機械学会 機械工学便覧 基礎編 A４ 材料力学」の「はり」の公式に基づき、それぞれ算定する。

a. 主桁

水平方向に取付く主桁については、扉に生じる荷重を算定し、次式により算定する。主桁に生じる荷重の例を図 8-7-2 に示す。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{Wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{{\sigma_n}^2 + 3{\tau_n}^2}$$

$$\sigma_c = MAX(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

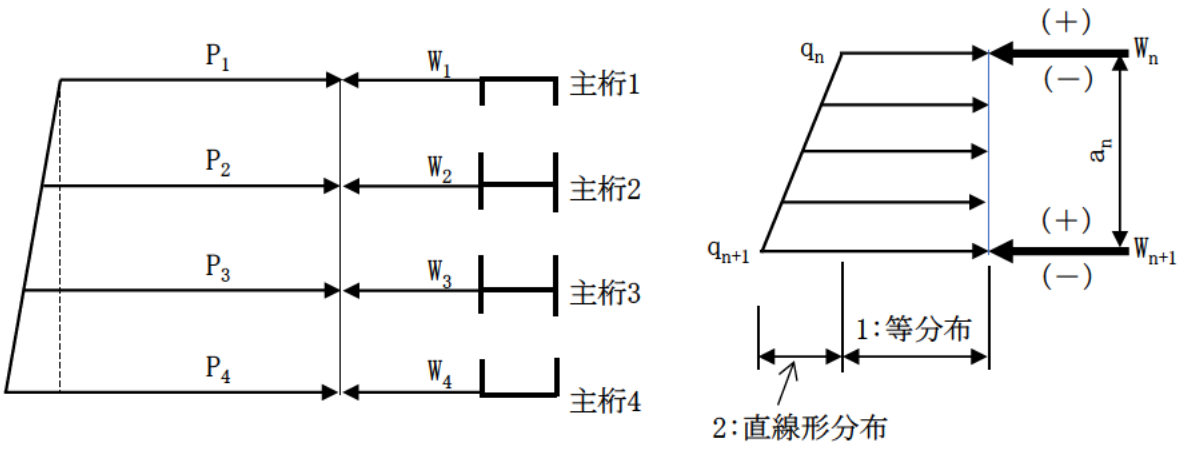


図 8-7-2 主桁に生じる荷重の例

b. 縦桁

鉛直方向に取付く縦桁については、荷重は各桁（中間縦桁及び端縦桁）に分担することとし、等分布荷重を受ける両端支持の単純梁として、次式により算定する。芯材に生じる荷重の例を図 8-7-3 に示す。

$$M'_n = a_n{}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

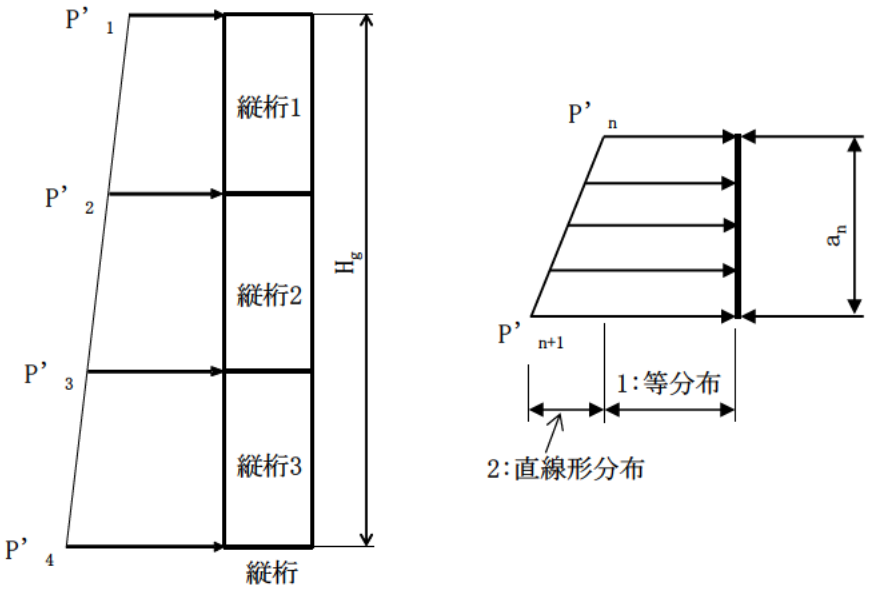
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000Q'_n}{A'_{Wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'_n{}^2 + 3\tau'_n{}^2}$$

$$\sigma'_c = MAX(\sigma'_{cn}) \qquad (n = 1 \sim 3)$$



（１：等分布成分がP_{bn}、２：直線形分布成分がP_{an}）

図 8-7-3 縦桁に生じる荷重の例

8.8 計算条件

「8.7 計算方法」に用いる評価条件を表 8-8-1 に示す。

表 8-8-1 浸水防止扉（TVF-6）の強度評価に用いる条件(1/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	H_{X1}	m	水頭高さ（主桁 1）	10.900
	H_{X2}	m	水頭高さ（主桁 2）	11.855
	H_{X3}	m	水頭高さ（主桁 3）	12.725
	H_{X4}	m	水頭高さ（主桁 4）	13.565
	t	mm	扉板厚さ	12
	β_1	－	応力係数（等分布荷重成分）	0.5
	β_2	－	応力係数（直線分布荷重成分）	0.3
	C_1	m	扉板の短辺側の長さ$(m = 1)$	0.373
			扉板の短辺側の長さ$(m = 2)$	0.370
	C_2	m	扉板の短辺側の長さ$(m = 1)$	0.373
			扉板の短辺側の長さ$(m = 2)$	0.370
	a_1	m	主桁ピッチ	0.955
	a_2	m	主桁ピッチ	0.870
	a_3	m	主桁ピッチ	0.840
	b_1	m	縦桁ピッチ	0.373
	b_2	m	縦桁ピッチ	0.370
	P_{h1}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 1)	110.1
	P_{h2}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 2)	119.7
	P_{h3}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 3)	128.5
	P_{h4}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 4)	137.0

表 8-8-1 浸水防止扉（TVF-6）の強度評価に用いる条件(2/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	K_S	kN/m^2	単位面積当たりの余震荷重	1.784
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	111.9
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	121.5
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	130.3
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	138.8
	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	56.69
	$\sigma_{pa\,12}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	55.93
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	61.08
	$\sigma_{pa\,22}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	60.26
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	65.23
	$\sigma_{pa\,32}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	64.36

表 8-8-1 浸水防止扉（TVF-6）の強度評価に用いる条件(3/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	L	m	主桁の長さ	1.485
	W_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1）	54.97
	W_2	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	110.6
	W_3	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 3）	111.3
	W_4	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 4）	57.11
	M_1	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	15.15
	M_2	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	30.49
	M_3	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	30.68
	M_4	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	15.74
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	40.82
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	82.10
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	82.60
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	42.40
	Z_{x1}	mm^3	断面係数（主桁 1）	231800
	Z_{x2}	mm^3	断面係数（主桁 2）	846300
	Z_{x3}	mm^3	断面係数（主桁 3）	846300
	Z_{x4}	mm^3	断面係数（主桁 4）	231800
	A_{W1}	mm^2	せん断断面積（主桁 1）	2088
	A_{W2}	mm^2	せん断断面積（主桁 2）	1998
	A_{W3}	mm^2	せん断断面積（主桁 3）	1998
	A_{W4}	mm^2	せん断断面積（主桁 4）	2088

表 8-8-1 浸水防止扉（TVF-6）の強度評価に用いる条件(4/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	σ_1	N/mm^2	主桁 1 の曲げ応力	65.36
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	36.03
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	36.25
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	67.90
	τ_1	N/mm^2	縦桁 1 のせん断応力	19.55
	τ_2	N/mm^2	縦桁 2 のせん断応力	41.09
	τ_3	N/mm^2	縦桁 3 のせん断応力	41.34
	τ_4	N/mm^2	縦桁 4 のせん断応力	20.31
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	73.61
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	79.77
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	80.26
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	76.47

表 8-8-1 浸水防止扉（TVF-6）の強度評価に用いる条件(5/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	B	m	受圧幅	0.37
	P'_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1 の位置）	41.54
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	45.11
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	48.37
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	51.53
	P_{a1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 1）	3.57
	P_{a2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 2）	3.26
	P_{a3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 3）	3.16
	P_{b1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 1）	41.54
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	45.11
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	48.37
	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	4.945
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	4.426
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	4.409
	Q'_1	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	20.97
	Q'_2	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	20.57
	Q'_3	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	21.20

表 8-8-1 浸水防止扉（TVF-6）の強度評価に用いる条件(6/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	Z'_{x1}	mm^3	断面係数（縦桁 1）	136200
	Z'_{x2}	mm^3	断面係数（縦桁 2）	136200
	Z'_{x3}	mm^3	断面係数（縦桁 3）	136200
	A'_{W1}	mm^2	せん断断面積（縦桁 1）	2380
	A'_{W2}	mm^2	せん断断面積（縦桁 2）	2380
	A'_{W3}	mm^2	せん断断面積（縦桁 3）	2380
	σ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じる曲げ応力	36.31
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	32.50
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	32.37
	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	8.811
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	8.643
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	8.908
	σ'_{c1}	N/mm^2	縦桁 1 に生じる組合せ応力	39.38
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	35.78
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	35.86

8.9 評価結果

浸水防止扉（TVF-6）の強度評価結果を表 8-9-1 に示す。浸水防止扉（TVF-6）の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、浸水防止扉（TVF-6）が構造強度を有することを確認した。

表 8-9-1 浸水防止扉（TVF-6）の強度評価結果

名称	評価部位	① 発生応力 ［N/mm^2］	② 許容応力 ［N/mm^2］	①/② 検定比
浸水防止扉 TVF-6	扉板	66	205	0.33
	主桁	81	205	0.40
	縦桁	40	205	0.20

9. 浸水防止扉（TVF-7）

9.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-7）の強度評価に用いる記号を表 9-1-1 に示す。

表 9-1-1 浸水防止扉（TVF-7）の強度評価に用いる記号（1/2）

記号	定義	単位
h	波力算定用津波高さ	m
P_{hn}	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの静水圧荷重	kN/m^2
ρ	海水の単位体積重量（密度）	t/m^3
g	重力加速度	m/s^2
H_{Xn}	当該部分の浸水深	m
K_S	単位面積あたりの余震による地震荷重	kN/m^2
S_d	弾性設計用地震動	－
G	扉体自重	t
K_H	水平震度	－
b	扉全体の受圧幅	m
H_g	受圧高	m
P'_n	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの荷重	kN/m
P_n	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの荷重	kN/m^2
B	受圧幅	m
$\sigma_{pa\,nm}$	津波と余震荷重により扉板に生じる応力（区画 n、m）	N/mm^2
σ_p	扉板に生じる応力	N/mm^2
t	扉体の板厚	mm
β_n	扉板に発生する応力の応力係数	－
C_n	扉板の短辺側の長さ	m
a_n	主桁ピッチ	m
b_m	縦桁ピッチ	m
W_n	該当部位の主桁が受ける単位長さあたりの荷重	kN/m
M_n	主桁に生じる曲げモーメント	kN･m
L	主桁の長さ	m
Q_n	主桁に生じるせん断力	kN･m
σ_n	主桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z_{xn}	主桁の断面係数	mm^3
τ_n	主桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A_{Wn}	主桁のせん断断面積	mm^2

表 9-1-1 浸水防止扉（TVF-7）の強度評価に用いる記号（2/2）

記号	定義	単位
σ_{cn}	主桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ_c	主桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2
M'_n	縦桁に生じる曲げモーメント	kN･m
P_{an}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの直線形分布荷重	kN/m
P_{bn}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの等分布荷重	kN/m
Q'_n	縦桁に生じるせん断力	kN･m
σ'_n	縦桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z'_{xn}	縦桁の断面係数	mm^3
τ'_n	縦桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A'_{Wn}	縦桁のせん断断面積	mm^2
σ'_{cn}	縦桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ'_c	縦桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2

9.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-7）の構造上の特徴を踏まえて選定する。浸水防止扉（TVF-7）は、横引き型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取り付けて、締付装置を鋼製の扉枠に差し込み、扉と扉枠を一体化させる構造である。

浸水防止扉（TVF-7）に生じる津波及び余震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁、縦桁）まで、芯材から扉枠を介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、浸水防止扉（TVF-7）の扉板、主桁、縦桁とする。

浸水防止扉（TVF-7）の構造図を図 9-2-1、評価部位を図 9-2-2 に示す。

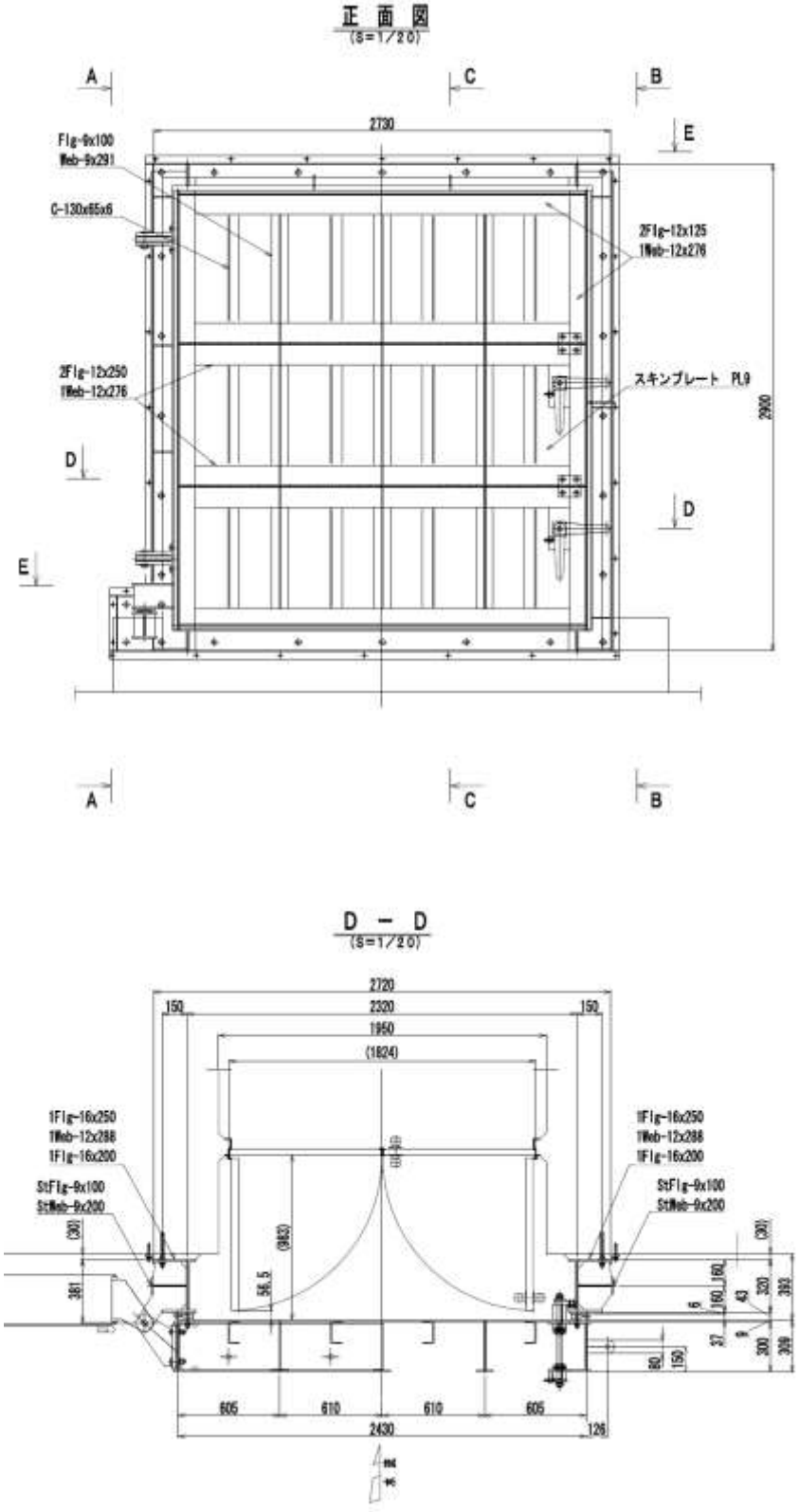


図 9-2-1 浸水防止扉（TVF-7）の構造図

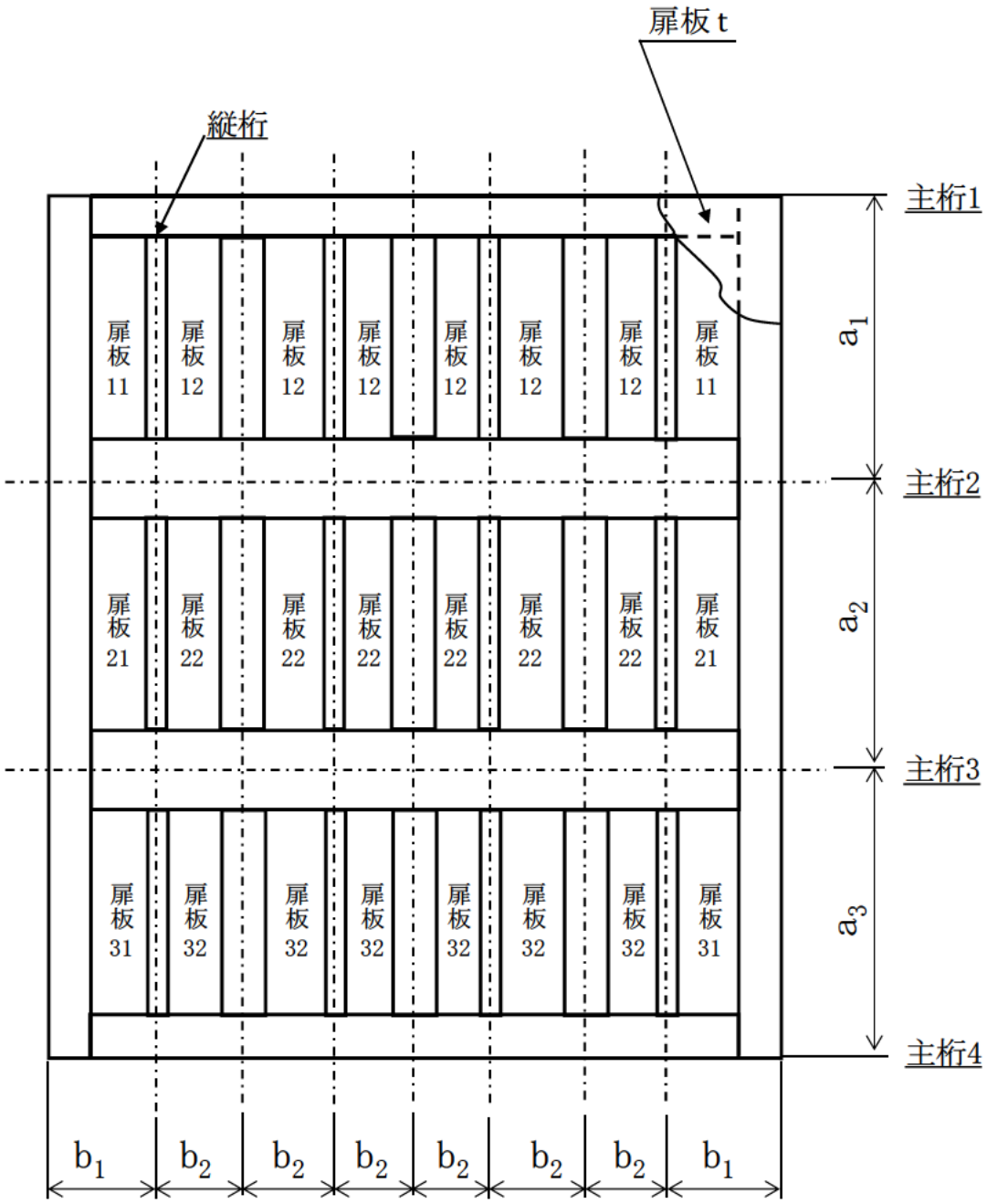


図 9-2-2 浸水防止扉（TVF-7）の評価部位

9.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-7）の強度評価は、「9.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「9.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「9.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「9.5 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

9.4 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、以下のとおりとする。

(1) 荷重

a. 津波による波力

遡上津波荷重については、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の地表面から波力算定用津波高さhまでの高さを考慮して算定する。算定に当たっては、静水圧及び動水圧の影響として水深係数α=3.0を考慮する。

b. 余震による荷重

余震による荷重として、別添6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」の応答値による慣性力を考慮する。

c. 風荷重

風荷重については、建築基準法施行令（昭和25年政令第338号）の規定に基づき組合せを考慮しない。

d. 積雪荷重

積雪荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき特定行政庁が指定する区域に該当しないため考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 津波による遡上津波荷重（P_{hn}）

津波に伴う荷重として、遡上津波荷重を考慮する。

$$P_{hn}=\rho \cdot g \cdot H_{Xn}$$

設計津波の浸水高さがT.P.+12.3 m、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟のG.L.がT.P.+7.65 mであることから、浸水深は4.65 mとなり、これに水深係数α=3.0を考慮して、津波の浸水高さは13.95 mとして評価を行う。

津波に伴う荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び海水の密度を表9-4-1に示す。

表 9-4-1 水圧作用高さ及び海水の密度

設備名称	水圧作用高さ EL. ［m］	海水の密度 ［t/m^3］
浸水防止扉（TVF-7）	13.95	1.03

b. 余震荷重（K_S）

余震荷重は、弾性設計用地震動S_dに伴う地震力（動水圧を含まない。）とする。

余震時の扉体自重による慣性力を考慮する。余震による荷重K_Sは、浸水防止扉の固定荷重Gに水平震度K_Hを乗じた次式により算出する。

$$K_S = \frac{K_H \cdot G \cdot g}{b \cdot H_g}$$

c. 縦桁に作用する荷重（P'_n）

縦桁に作用する荷重は、上記 a、b の荷重の合計に、縦桁が受け持つ荷重の受圧幅Bを乗じた次式により算出する。

$$P'_n = B \cdot P_n$$

(3) 荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重の組合せは、別添 6-1-3-3「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書 Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」に示す、荷重条件の最も厳しいケース 2（波力＋余震）の条件で実施する。浸水防止扉 TVF-7 の強度評価に用いる荷重の組合せを表 9-4-2 に示す。

表 9-4-2 強度評価に用いる荷重の組合せ

設備名称	荷重の組合せ※18
浸水防止扉（TVF-7）	$P_n = P_{hn} + K_S$

※18 P_{hn}は津波による波力、K_Sは余震による荷重を示す。

9.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉(TVF-7)を構成する扉板及び芯材の使用材料を表 9-5-1 に示す。

表 9-5-1 浸水防止扉（TVF-7）の扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SUS304	2480×2620×t9
芯材	主桁（上段及び下段）	SUS304	C300×125×12
	主桁（中間）	SUS304	H300×250×12×12
	縦桁	SUS304	C135×65×6

(2) 許容限界

扉板、芯材の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（(社) 日本建築学会、2005 改定)」を踏まえて表 9-5-2 の値とする。

表 9-5-2 扉板及び芯材の許容限界

材 料	短期許容応力度[N/mm^2]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※19	205	118

※19 許容応力度を決定する場合の基準値Ｆの値は、「JIS G 4304:2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく

9.6 設計用地震力

浸水防止設備 TVF-1、TVF-2、TVF-3、TVF-4、TVF-5、TVF-6、TVF-7、TVF-8、TVF-9、TVF-10 の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の強度計算で用いる設計震度は、別添 6-1-3-3 「Ⅱ 余震による地震応答解析」で得られた水平震度 0.5 を 1.2 倍した 0.6 を用いる。

9.7 計算方法

浸水防止扉（TVF-7）の強度評価における応力の計算方法を以下に示す。

(1) 扉板

扉板に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、等変分布荷重及び等分布荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、「土木学会　構造力学公式集」に基づき、次式により算定する。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000(P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 3, m = 1,2)$$

浸水防止扉（TVF-7）の扉板に生じる応力の例を図 9-7-1 に、扉板に生じる応力評価部位の番号を図 9-2-2 に示す。

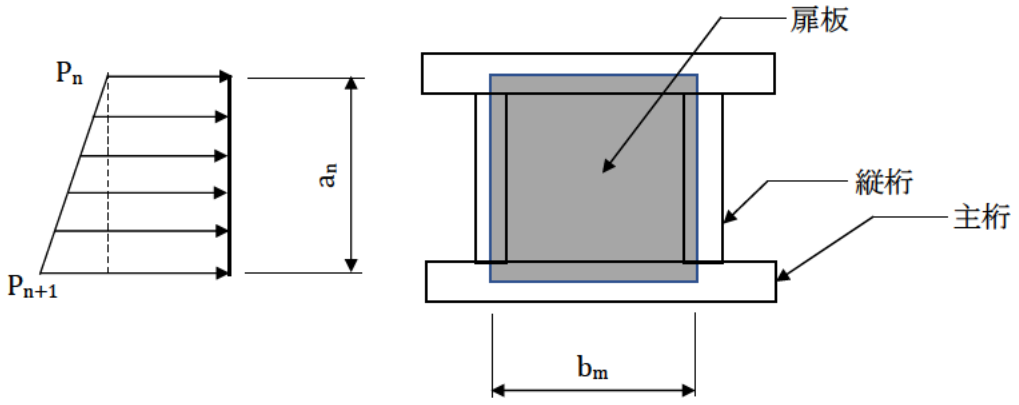


図 9-7-1 扉板に生じる応力の例

(2) 芯材

芯材に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、荷重を負担する芯材の取付方向（鉛直又は水平）に応じて、「日本機械学会　機械工学便覧　基礎編　A４　材料力学」の「はり」の公式に基づき、それぞれ算定する。

a. 主桁

水平方向に取付く主桁については、扉に生じる荷重を算定し、次式により算定する。主桁に生じる荷重の例を図 9-7-2 に示す。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{Wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{{\sigma_n}^2 + 3{\tau_n}^2}$$

$$\sigma_c = \mathrm{MAX}(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

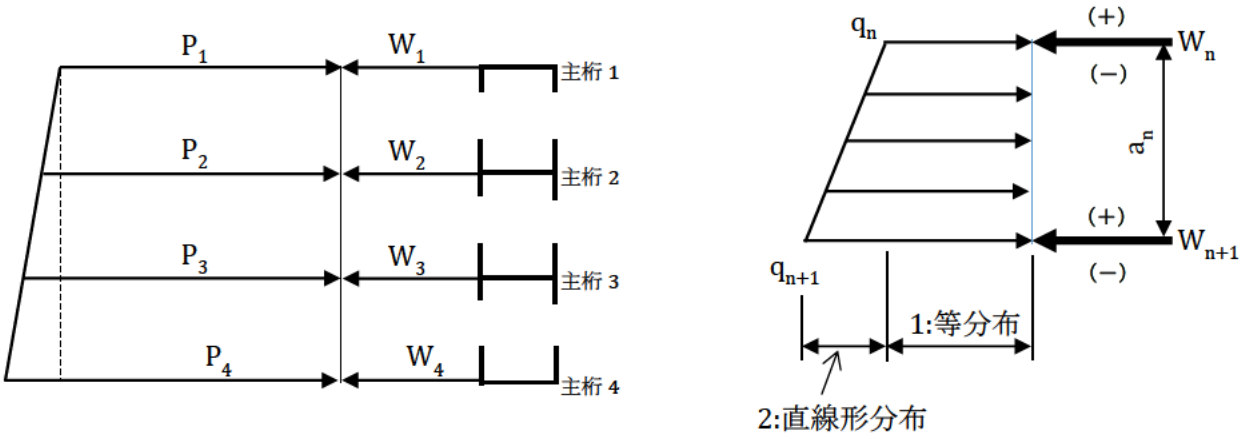


図 9-7-2 主桁に生じる荷重の例

b. 縦桁

鉛直方向に取付く縦桁については、荷重は各桁（中間縦桁及び端縦桁）に分担することとし、等分布荷重を受ける両端支持の単純梁として、次式により算定する。縦桁に生じる荷重の例を図 9-7-3 に示す。

$$M'_n = {a_n}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

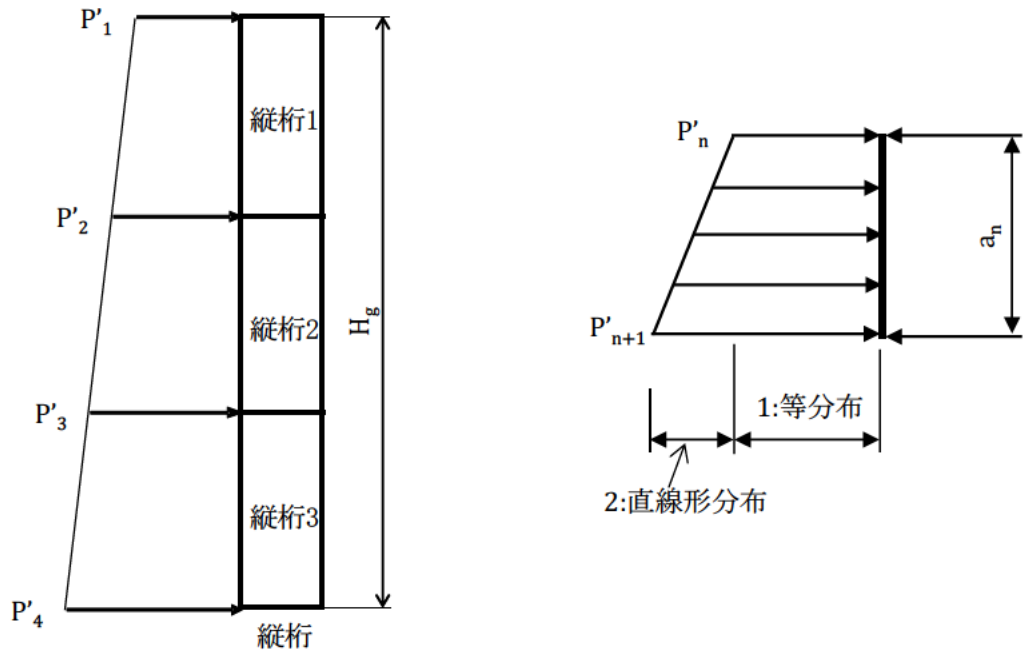
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000Q'_n}{A'_{Wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{{\sigma'_n}^2 + 3{\tau'_n}^2}$$

$$\sigma'_c = \mathrm{MAX}(\sigma'_{cn}) \qquad (n = 1 \sim 3)$$



（１：等分布成分がP_{bn}、２：直線形分布成分がP_{an}）

図 9-7-3 縦桁に生じる荷重の例

9.8 計算条件

「9.7 計算方法」に用いる評価条件を表 9-8-1 に示す。

表 9-8-1 浸水防止扉（TVF-7）の強度評価に用いる条件(1/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	H_{X1}	m	水頭高さ（主桁 1）	10.955
	H_{X2}	m	水頭高さ（主桁 2）	11.870
	H_{X3}	m	水頭高さ（主桁 3）	12.720
	H_{X4}	m	水頭高さ（主桁 4）	13.575
	t	mm	扉板厚さ	9
	β_1	－	応力係数（等分布荷重成分）	0.5
	β_2	－	応力係数（直線分布荷重成分）	0.3
	C_1	m	扉板の短辺側の長さ$(m = 1)$	0.325
			扉板の短辺側の長さ$(m = 2)$	0.305
	C_2	m	扉板の短辺側の長さ$(m = 1)$	0.325
			扉板の短辺側の長さ$(m = 2)$	0.305
	a_1	m	主桁ピッチ	0.915
	a_2	m	主桁ピッチ	0.850
	a_3	m	主桁ピッチ	0.855
	b_1	m	縦桁ピッチ	0.325
	b_2	m	縦桁ピッチ	0.305
	P_{h1}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 1)	110.7
	P_{h2}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 2)	119.9
	P_{h3}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 3)	128.5
	P_{h4}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 4)	137.1

表 9-8-1 浸水防止扉（TVF-7）の強度評価に用いる条件(2/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	K_S	kN/m^2	単位面積当たりの余震荷重	1.539
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	112.2
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	121.4
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	130.0
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	138.6
	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	76.75
	$\sigma_{pa\,12}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	67.60
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	82.52
	$\sigma_{pa\,22}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	72.67
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	88.13
	$\sigma_{pa\,32}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	77.61

表 9-8-1 浸水防止扉（TVF-7）の強度評価に用いる条件(3/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	L	m	主桁の長さ	2.480
	W_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1）	52.73
	W_2	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	107.0
	W_3	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 3）	110.8
	W_4	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 4）	58.03
	M_1	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	40.54
	M_2	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	82.30
	M_3	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	85.20
	M_4	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	44.61
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	65.39
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	132.7
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	137.4
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	71.96
	Z_{x1}	mm^3	断面係数（主桁 1）	555100
	Z_{x2}	mm^3	断面係数（主桁 2）	970100
	Z_{x3}	mm^3	断面係数（主桁 3）	970100
	Z_{x4}	mm^3	断面係数（主桁 4）	555100
	A_{W1}	mm^2	せん断断面積（主桁 1）	3312
	A_{W2}	mm^2	せん断断面積（主桁 2）	3312
	A_{W3}	mm^2	せん断断面積（主桁 3）	3312
	A_{W4}	mm^2	せん断断面積（主桁 4）	3312

表 9-8-1 浸水防止扉（TVF-7）の強度評価に用いる条件(4/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	σ_1	N/mm^2	主桁 1 の曲げ応力	73.03
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	84.84
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	87.83
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	80.36
	τ_1	N/mm^2	縦桁 1 のせん断応力	19.74
	τ_2	N/mm^2	縦桁 2 のせん断応力	40.07
	τ_3	N/mm^2	縦桁 3 のせん断応力	41.48
	τ_4	N/mm^2	縦桁 4 のせん断応力	21.73
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	80.64
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	109.6
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	113.5
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	88.74

表 9-8-1 浸水防止扉（TVF-7）の強度評価に用いる条件(5/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	B	m	受圧幅	0.3150
	P'_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1 の位置）	35.34
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	38.24
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	40.95
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	43.66
	P_{a1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 1）	2.90
	P_{a2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 2）	2.71
	P_{a3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 3）	2.71
	P_{b1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 1）	35.34
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	38.24
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	40.95
	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	3.854
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	3.579
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	3.869
	Q'_1	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	17.05
	Q'_2	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	17.02
	Q'_3	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	18.28

表 9-8-1 浸水防止扉（TVF-7）の強度評価に用いる条件(6/6)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	Z'_{x1}	mm^3	断面係数（縦桁 1）	58800
	Z'_{x2}	mm^3	断面係数（縦桁 2）	58800
	Z'_{x3}	mm^3	断面係数（縦桁 3）	58800
	A'_{W1}	mm^2	せん断断面積（縦桁 1）	708
	A'_{W2}	mm^2	せん断断面積（縦桁 2）	708
	A'_{W3}	mm^2	せん断断面積（縦桁 3）	708
	σ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じる曲げ応力	65.54
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	60.87
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	65.80
	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	24.08
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	24.04
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	25.82
	σ'_{c1}	N/mm^2	縦桁 1 に生じる組合せ応力	77.69
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	73.75
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	79.56

9.9 評価結果

浸水防止扉（TVF-7）の強度評価結果を表 9-9-1 に示す。浸水防止扉（TVF-7）の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、浸水防止扉（TVF-7）が健全性を有することを確認した。

表 9-9-1 浸水防止扉（TVF-7）の強度評価結果

名称	評価部位	① 発生応力 [N/mm²]	② 許容応力 [N/mm²]	①/② 検定比
浸水防止扉 TVF-7	扉板	89	205	0.44
	主桁	114	205	0.56
	縦桁	80	205	0.40

10. ガラリ延長ダクト（TVF-8）

10.1 記号の説明

ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価に用いる記号を表 10-1-1 に示す。

表 10-1-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
h	波力算定用津波高さ	m
P_{pn}	ダクト配管に作用する単位面積当たりの静水圧荷重	kN/m^2
P_{bn}	給気口ボックスに作用する単位面積当たりの静水圧荷重	kN/m^2
ρ	海水の単位体積重量（密度）	t/m^3
g	重力加速度	m/s^2
H_{pn}	ダクト配管の浸水深	m
H_{bn}	給気口ボックスの浸水深	m
K_{pS}	ダクト配管の単位面積当たりの余震荷重	kN/m^2
K_{bS}	給気口ボックスの単位面積当たりの余震荷重	kN/m^2
S_d	弾性設計用地震動	—
ρ_p	ダクト配管の単位長さ当たりの重量	t/m^2
A	ダクト配管の断面積	m^2
G	給気口ボックス重量	t
K_H	水平震度	—
b	給気口ボックス受圧幅	m
H_{bg}	給気口ボックス受圧高	m
P'_n	給気口ボックスの横桁に作用する単位長さ当たりの荷重	kN/m
P_n	ダクト配管又は排気口ボックスに作用する単位面積当たりの荷重	kN/m^2
B	横桁受圧幅	m
$\sigma_{p\theta}$	静水圧荷重によりダクト配管に生じる応力（周方向）	N/mm^2
D_i	ダクト配管の内径	mm
t_P	ダクト配管の板厚	mm
L	ダクト配管の支持点距離	m
R_a、R_b	ダクト配管の支持点に生じる余震荷重	kN
Q_a、Q_b	余震荷重によりダクト配管の支持点に生じるせん断力	kN
M	余震荷重によりダクト配管に生じる曲げモーメント	kNm
Z_{cx}	ダクト配管の断面係数	mm^3
A_{cw}	ダクト配管のせん断断面積	mm^3

表 10-1-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
σ_{eb}	余震荷重によりダクト配管に生じる応力	N/mm^2
τ_{es}	余震荷重によりダクト配管に生じるせん断応力	N/mm^2
σ_{ec}	余震荷重によりダクト配管に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ_c	ダクト配管に生じる応力（最大値）	N/mm^2
$\sigma_{pa\,nm}$	津波と余震荷重により排気口ボックス板に生じる応力（区画 n、m）	N/mm^2
t_b	給気口ボックス板厚	mm
β_n	給気口ボックス板に発生する応力の応力係数	－
C_n	給気口ボックス板の短辺側の長さ	mm
a_n	主桁ピッチ	m
b_m	縦桁ピッチ	m
σ_p	給気口ボックス板に生じる応力（最大値）	N/mm^2
W_n	該当部位の主桁が受ける単位長さ当たりの荷重	kN/m
H	主桁長さ	mm
dH	主桁水圧負担領域（最大幅）	mm
l_b、 l_c	主桁の断面 2 次モーメント	mm^4
L_b	主桁長さ（幅）	m
h_b	主桁長さ（奥行側）	m
k	剛比	－
V_n、V_{an}、V_{dn}	水圧に対する排気口ボックス a 点及び d 点の反力（正面方向）	kN/m
H_n、H_{an}、H_{dn}	水圧に対する排気口ボックス a 点及び d 点の反力（側面方向）	kN/m
M_n、M_{bn}、M_{cn}、M_{dn}	b 点及び c 点に生じる曲げモーメント	kN･m
σ_a、σ_{abt}、σ_{cdt}、σ_{bct}	主桁に生じる軸応力	N/mm^2
σ_b、σ_{abm}、σ_{cdm}、σ_{bcm}	主桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
σ_c、σ_{cab}、σ_{ccd}、σ_{cbc}	主桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
Q_n	主桁に生じるせん断力	kN
Z_{Xn}	主桁の断面係数	mm^3
τ_n、 τ_{ab}、 τ_{cd}、 τ_{bc}	主桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A_n	主桁の断面積	mm^2
A_{Wn}	主桁のせん断断面積	mm^2

表 10-1-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価に用いる記号（3/3）

記号	定義	単位
M'_n	横桁に生じる曲げモーメント	kN･m
P_{an}、P_{bn}	横桁に作用する単位長さ当たりの作用荷重	kN/m
Q'_n	横桁に生じるせん断力	kN
σ'_n	横桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z'_{Xn}	横桁の断面係数	mm^3
τ'_n	横桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A'_{Wn}	横桁のせん断断面積	mm^2
σ'_{cn}	横桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ'_c	横桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2
t	給気口ボックスの板厚	mm

10.2 評価部位

ガラリ延長ダクト(TVF-8)は、板及び芯材（主桁及び縦桁）の組合せにより剛な断面を有する給気口ボックス、配管とリングガーダの組合せにより剛な断面を有するダクト配管及びダクトカバーから構成され、アンカーボルトで壁に固定する構造である。

ダクトカバーは設計津波で浸水しない位置にあることから、評価対象は給気口ボックスとダクト配管とする。

給気口ボックスに生じる津波に伴う荷重は、板から芯材、芯材から枠体に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わることから、板及び芯材を評価部位とする。

また、ダクト配管に生じる津波に伴う荷重は、配管材に作用することから、配管材を評価部位とする。

ガラリ延長ダクト(TVF-8)の構造図を図 10-2-1、評価部位を図 10-2-2 に示す。

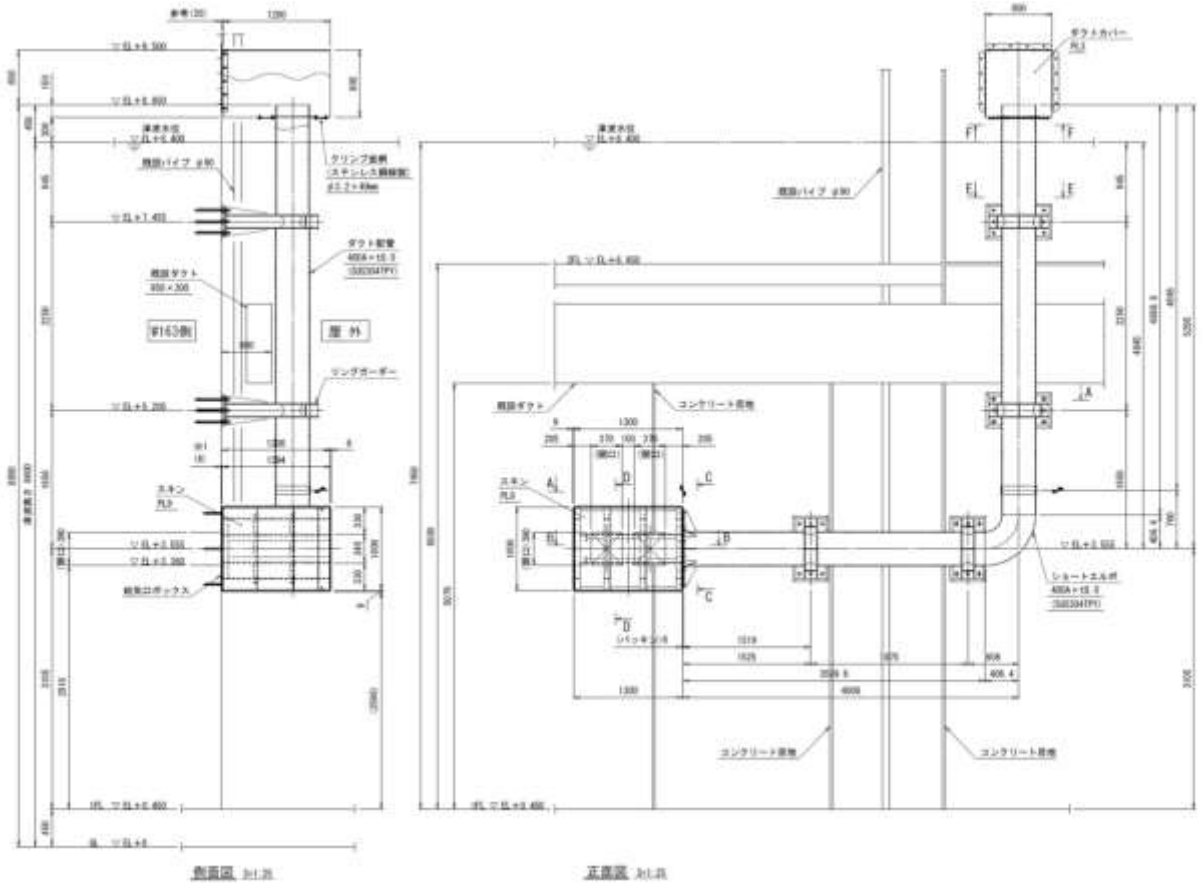


図 10-2-1 ガラリ延長ダクト(TVF-8)の構造図

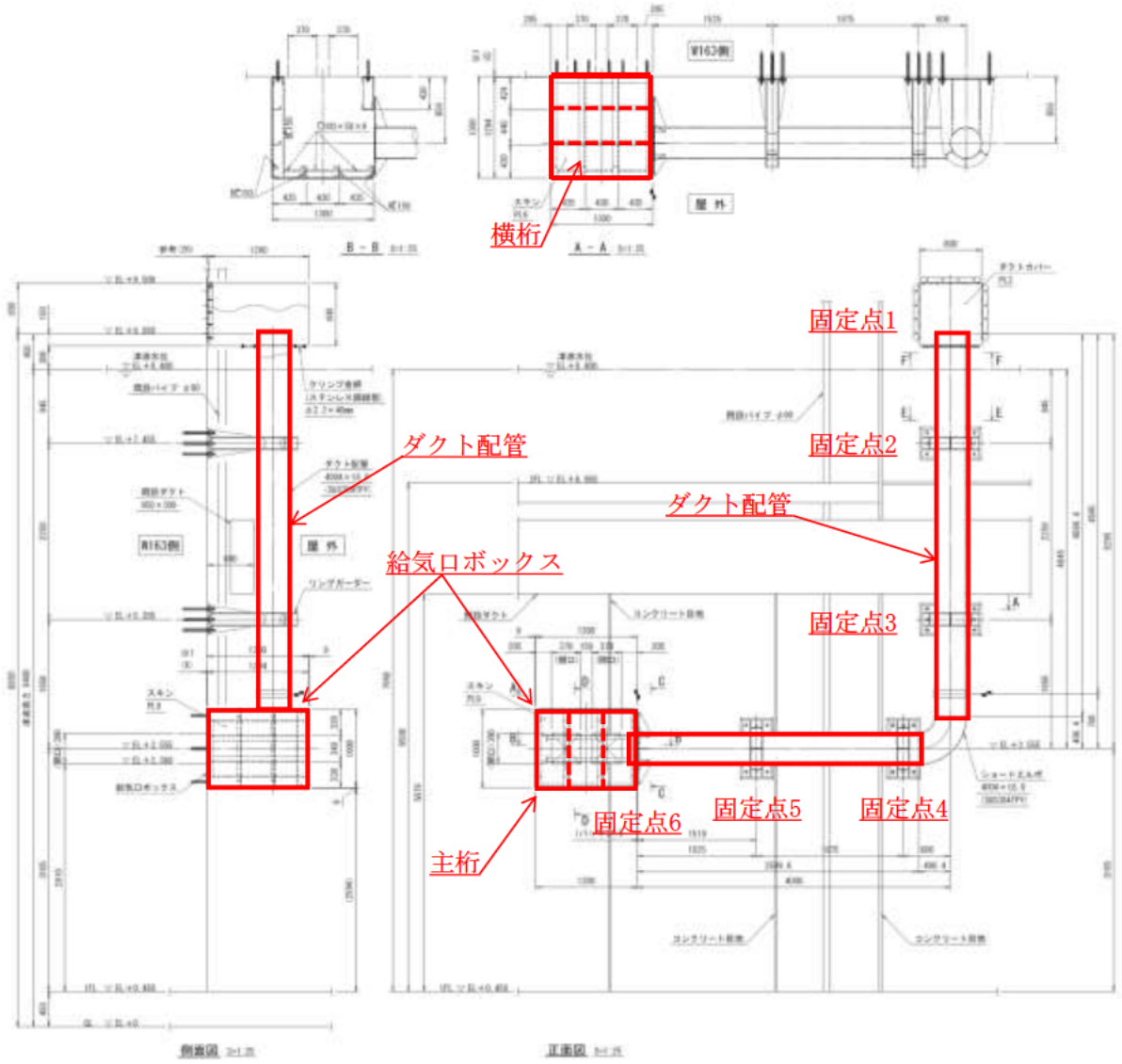


図 10-2-2 ガラリ延長ダクト(TVF-8)の評価部位

10.3 構造強度評価方法

ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価は、「10.2　評価部位」に示す評価部位に対し、「10.4　荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「10.7　計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「10.5　許容限界」に示す許容限界以内であることを確認する。

10.4 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、以下のとおりとする。

(1) 荷重

a. 津波による波力

遡上津波荷重については、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の地表面から波力算定用津波高さhまでの高さを考慮して算定する。算定に当たっては、静水圧及び動水圧の影響として水深係数α=3.0を考慮する。

b. 余震による荷重

余震による荷重として、別添6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」の応答値による慣性力を考慮する。

c. 風荷重

風荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき組合せを考慮しない。

d. 積雪荷重

積雪荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき特定行政庁が指定する区域に該当しないため考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 津波による遡上津波荷重（P_{pn}、P_{bn}）

津波に伴う荷重として、遡上津波荷重を考慮する。

・ダクト配管

$$P_{pn}=\rho \cdot g \cdot H_{pn}$$

・給気口ボックス

$$P_{bn}=\rho \cdot g \cdot H_{bn}$$

設計津波高さが T.P.+12.3 m、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟のG.L.がT.P.+7.65 mであることから、浸水深は4.65 mとなり、これに水深係数α=3.0を考慮して、津波の浸水高さは13.95 mとして評価を行う。

津波に伴う荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び海水の密度を表10-4-1に示す。

表 10-4-1 水圧作用高さ及び海水の密度

設備名称	水圧作用高さ EL. ［m］	海水の密度 ［t/m^3］
ガラリ延長ダクト（TVF-8）	13.95	1.03

b. 余震荷重（(K_{pS}、K_{bS}）

余震による荷重は、弾性設計用地震動S_dに伴う地震力（動水圧を含まない。）とする。

余震時のダクト配管及び給気口ボックスの自重による慣性力を考慮する。余震による荷重(K_{pS}、K_{bS})は、ダクト配管については、単位長さあたりの固定荷重ρ_pに、水平震度K_Hを乗じて算出する。給気口ボックスについては、固定荷重Gに水平震度K_Hを乗じて算出する。算出式を以下に示す。

・ダクト配管

$$K_{pS}=K_H \cdot \rho_p \cdot A \cdot g$$

・給気口ボックス

$$K_{bS}=\frac{K_H \cdot G \cdot g}{b \cdot H_{bg}}$$

c. 給気口ボックス横桁に作用する荷重（P'_n）

横桁に作用する荷重は、給気口ボックスにかかる上記a、bの荷重の合計P_nに、横桁が受け持つ荷重の受圧幅Bを乗じた次式により算出する。

$$P'_n = B \cdot P_n$$

(3) 荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重の組合せは、別添 6-1-3-3「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書 Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」に示す、荷重条件の最も厳しいケース 2（波力＋余震）の条件で実施する。ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価に用いる荷重の組合せを表 10-4-2 に示す。

表 10-4-2 強度評価に用いる荷重の組合せ

設備名称	部位名称	荷重の組合せ※20
ガラリ延長ダクト（TVF-8）	ダクト配管	$P_n = P_{pn} + K_{pS}$
	給気口ボックス	$P_n = P_{bn} + K_{bS}$

※20 P_{pn}、P_{bn}は津波による波力、K_{pS}、K_{bS}は余震による荷重を示す。

10.5 許容限界

(1) 使用材料

ガラリ延長ダクト（TVF-8）を構成するダクト配管及び排気口ボックスの使用材料を表 10-5-1 に示す。

表 10-5-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）のダクト配管及び排気口ボックスの使用材料

部位		材質	仕様[mm]
ダクト配管		SUS304	400A×t8 (外形:406.4/内径:390.4)
給気口 ボックス	正面板/側面板	SUS304	PL9
	下面板	SUS304	PL12
	主桁	SUS304	BC150×75×12
	横桁	SUS304	C100×50×6×6

(2) 許容限界

ダクト配管及び排気口ボックスの許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－((社) 日本建築学会、2005 改定)」を踏まえて表 10-5-2 の値とする。

表 10-5-2 ダクト配管及び排気口ボックスの許容限界

材料	短期許容応力度[N/mm^2]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※21	205	118

※21 許容応力度を決定する場合の基準値Ｆの値は、「JIS G 4304:2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく

10.6 設計用地震力

浸水防止設備 TVF-1、TVF-2、TVF-3、TVF-4、TVF-5、TVF-6、TVF-7、TVF-8、TVF-9、TVF-10 の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラリ延長ダクトで用いる設計震度は、別添 6-1-3-3 「Ⅱ余震による地震応答解析」で得られた水平震度 0.5 を 1.2 倍した 0.6 を用いる。

10.7 計算方法

ガラリ延長ダクト(TVF-8)の強度評価における応力の計算方法を以下に示す。

(1) ダクト配管

ダクト配管に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、津波については等分布荷重成分及び直線形荷重成分からなる荷重が配管外周に作用するものとして応力を計算する。

また、余震については、分布荷重が両端ピン支持の配管に作用するものとして応力を計算する。

応力は「土木学会 構造力学公式集」に基づき、次式により算定する。

a. 津波荷重による応力

$$\sigma_{p\theta} = \frac{1000P_{pn} \cdot (D_i/2)}{t_P} \quad (n = 5 \text{ 最深支持点})$$

b. 余震荷重による応力

$$R_a = R_b = Q_a = -Q_b = \frac{K_{pS} \cdot L}{2}$$

$$M = \frac{K_{pS} \cdot L^2}{8}$$

$$Q_a = \frac{K_{pS} \cdot L}{2}$$

$$\sigma_{eb} = \frac{1 \times 10^6 M}{Z_{cx}}$$

$$\tau_{es} = \frac{1000 \times Q_a}{A_{cw}}$$

$$\sigma_{ec} = \sqrt{{\sigma_{eb}}^2 + 3{\tau_{es}}^2}$$

c. ダクト配管に生じる応力

$$\sigma_c = MAX(\sigma_{p\theta}, \sigma_{ec})$$

ダクト配管に生じる応力の例を図 10-7-1 に示す。

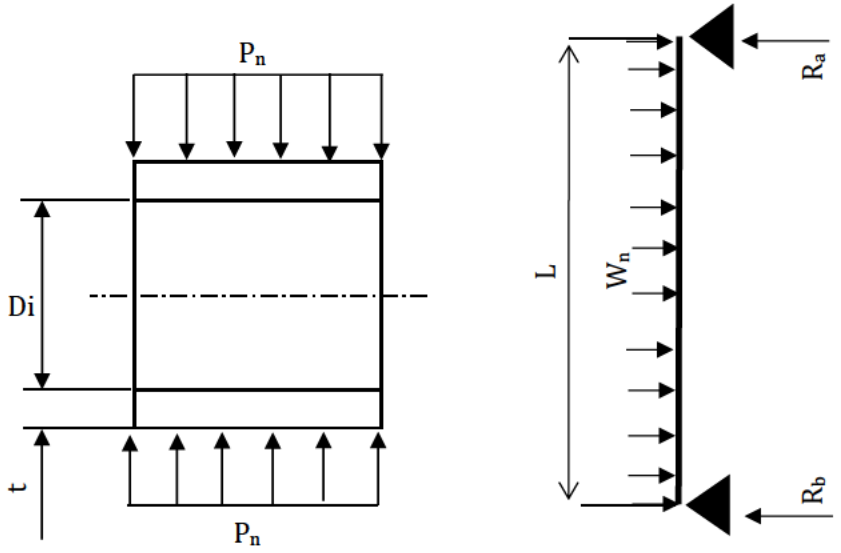


図 10-7-1 ダクト配管に生じる応力の例

(2) 給気口ボックス板

給気口ボックス板に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、等分布荷重成分及び直線形荷重成分からなる荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、「土木学会　構造力学公式集」に基づき、次式により算定する。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_n \cdot {C_1}^2}{{t_b}^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{{t_b}^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 5, m = 1 \sim 5)$$

給気口ボックス板に生じる応力評価部位の番号を図 10-7-2 に、板に生じる応力の例を図 10-7-3 に示す。

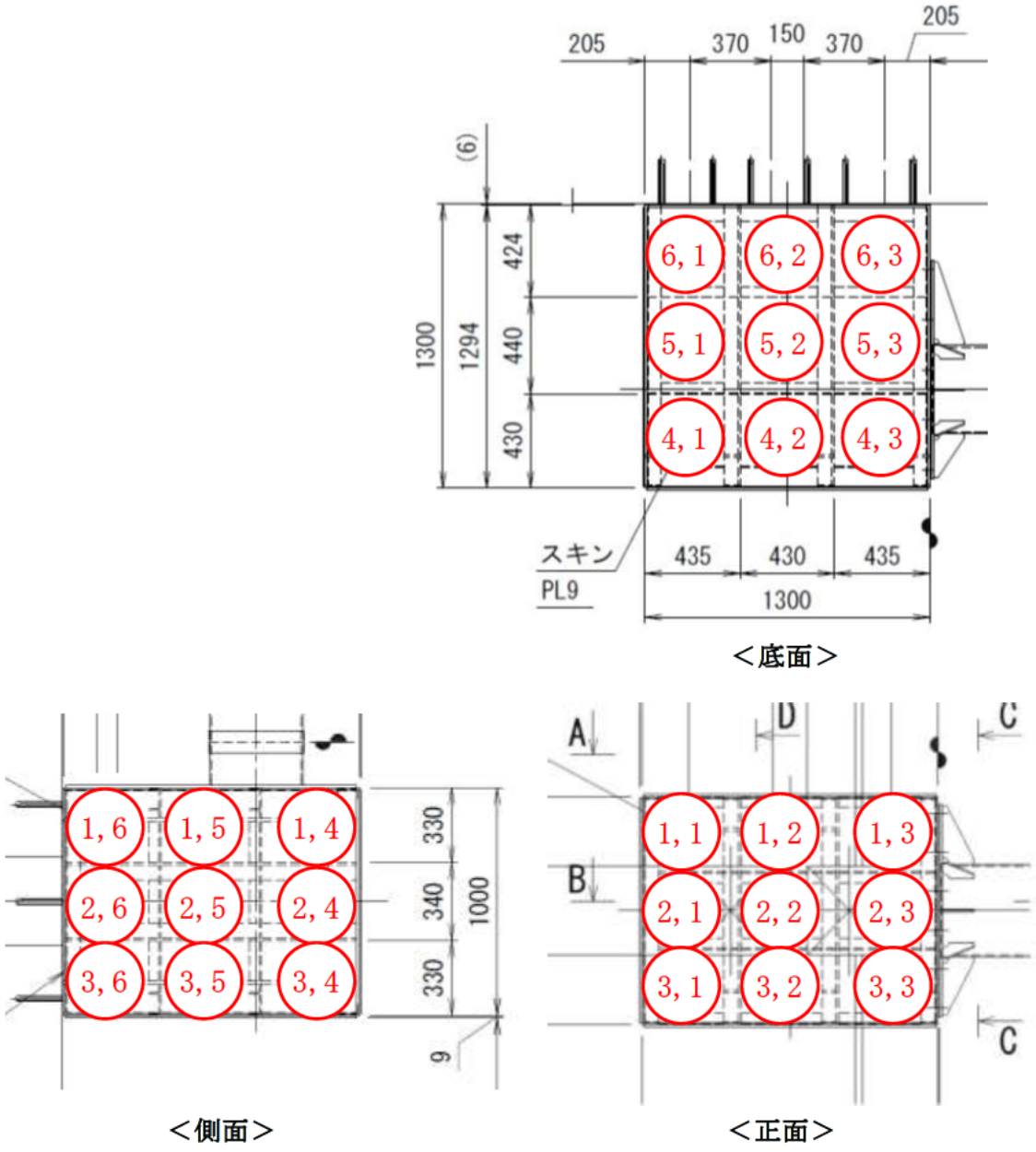


図 10-7-2 板に生じる応力評価部位番号

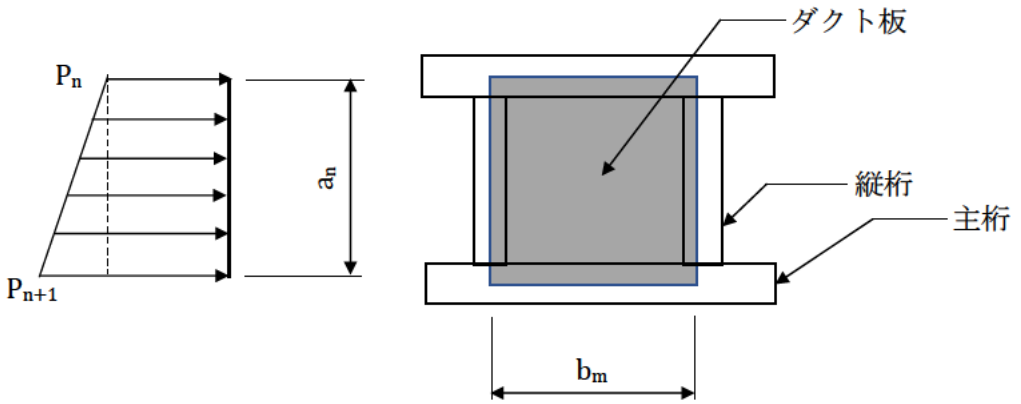


図 10-7-3 板に生じる応力の例

(3) 給気口ボックスの芯材

芯材（主桁及び縦桁）に生じる荷重は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、荷重を負担する芯材の取付方向に応じて、それぞれ算定する。

a. 主桁

主桁において、主桁 1 本当たりが水圧を受ける領域を考慮し、上面及び下面には等分布荷重を載荷し、正面は線形分布荷重を載荷した門型梁として、次式により算定する。

芯材(主桁)に作用する荷重の例を図 10-7-4 に、各主桁に作用する水圧の負担領域を図 10-7-5 に示す。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6} \cdot \frac{dH}{H}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} \cdot \frac{dH}{H}$$

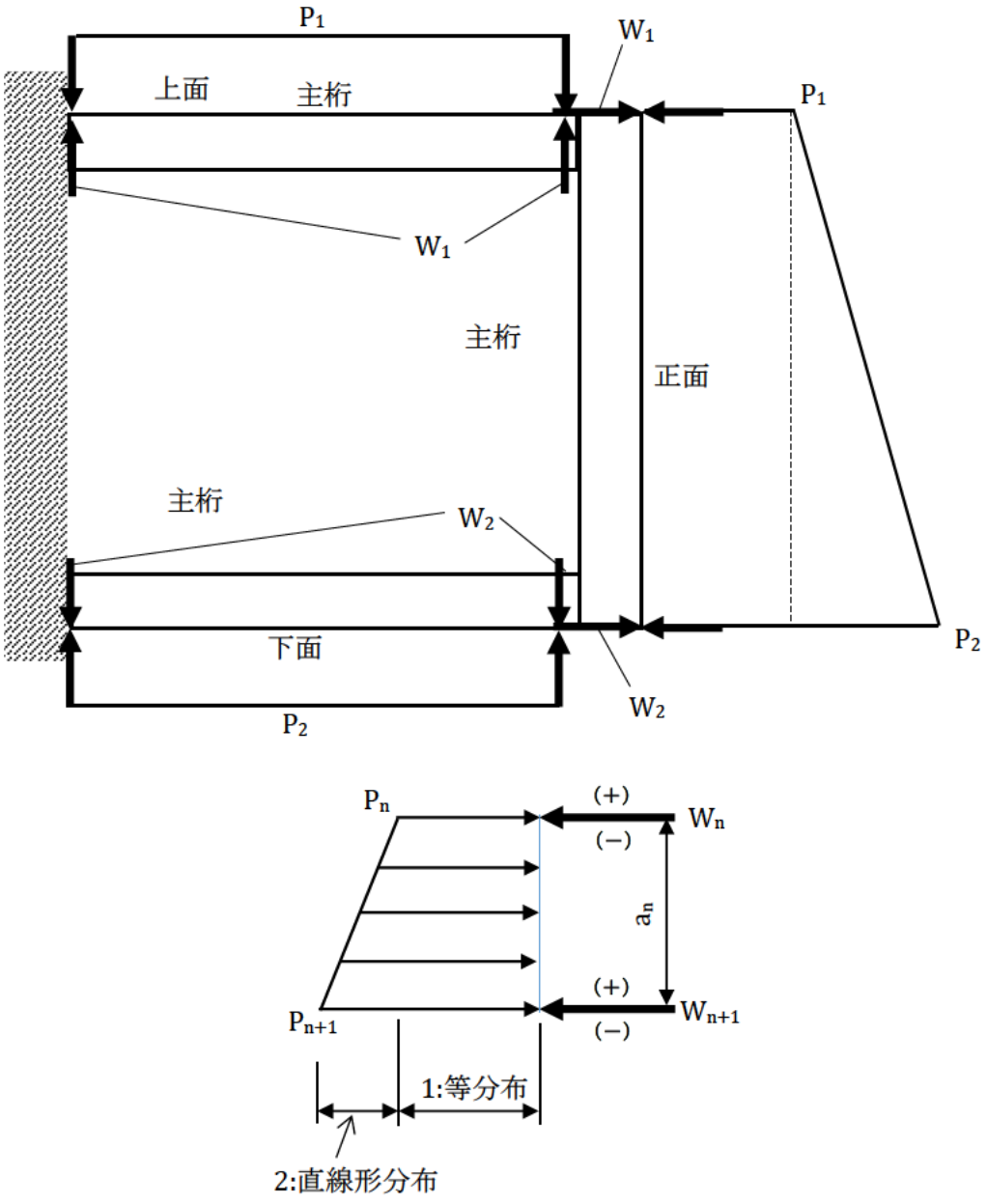


図 10-7-4 芯材（主桁）にかかる荷重の例

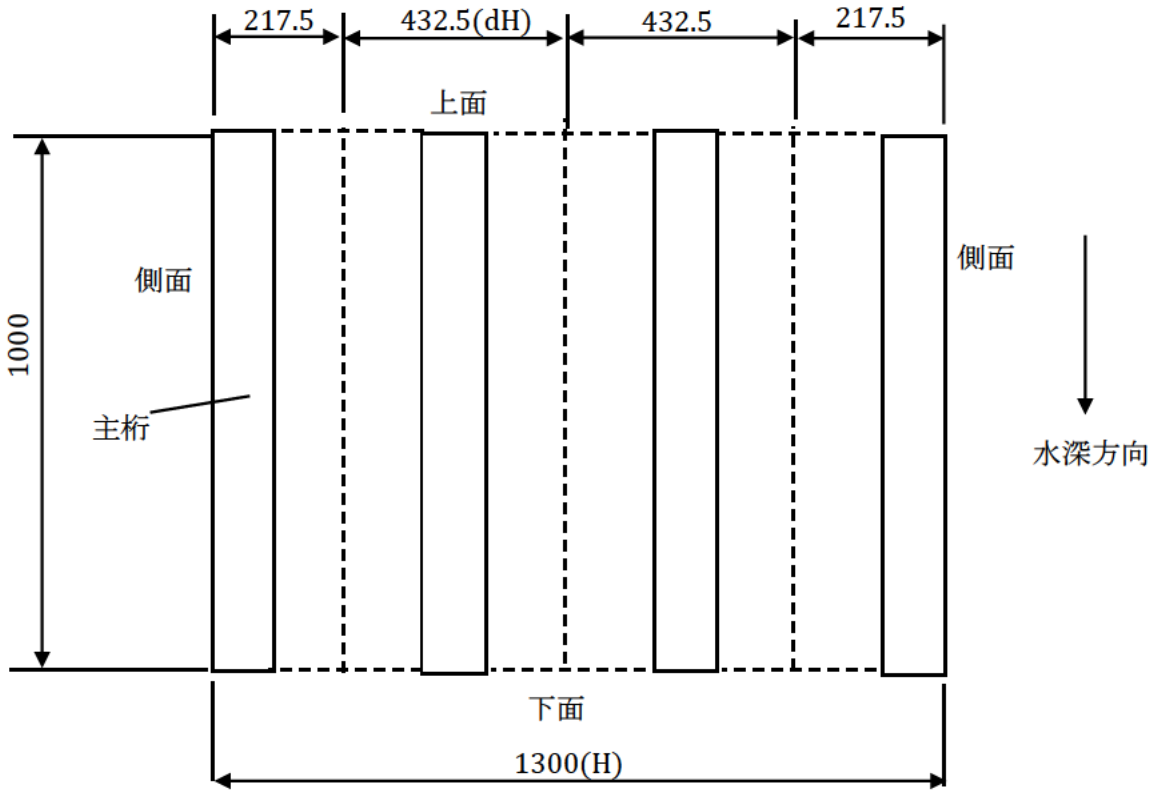


図 10-7-5 各主桁に作用する水圧の負担領域

主桁の応力は図 10-7-6 に示す門型梁として計算する。水圧が給気ロボックス正面及び上下面から作用するものとする。

各主桁に作用する部材力は、水圧が正面から作用する場合と上下から作用する場合を足し合わせたものとする。

正面に作用する線形分布の水圧は、水圧が等分布と線形分布に分けた時の部材力を足し合わせたものとする。

上下面に作用する等分布の水圧は上面と下面に分けた時の部材力を足し合わせたものとする。

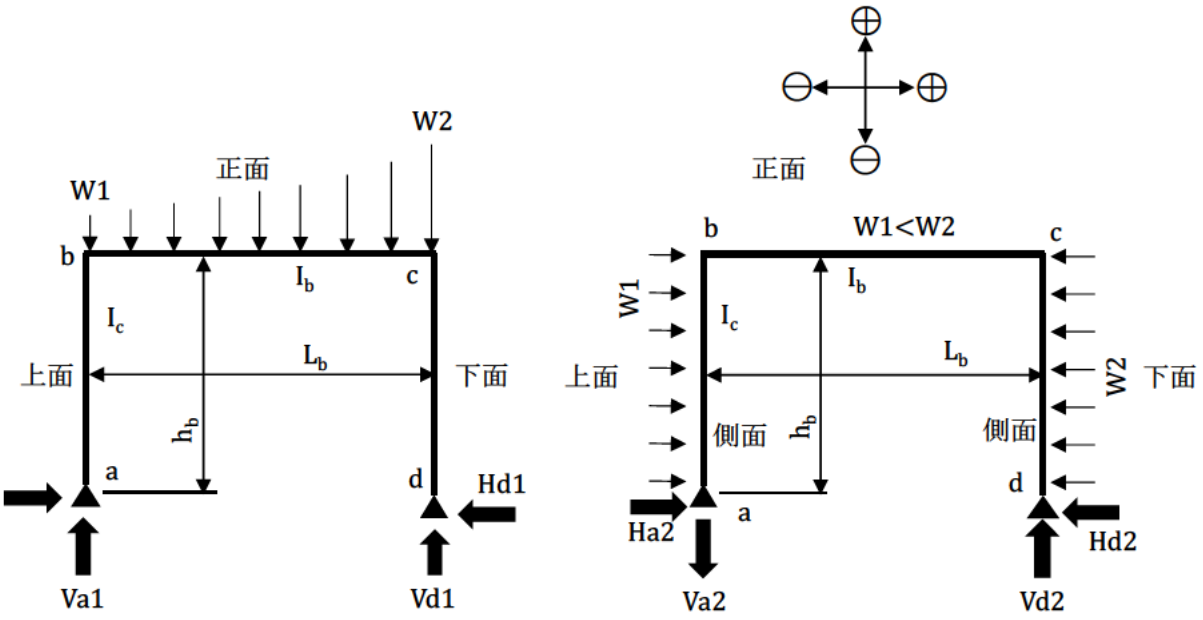


図 10-7-6 各主桁に作用する部材力

正面に水圧が作用する場合

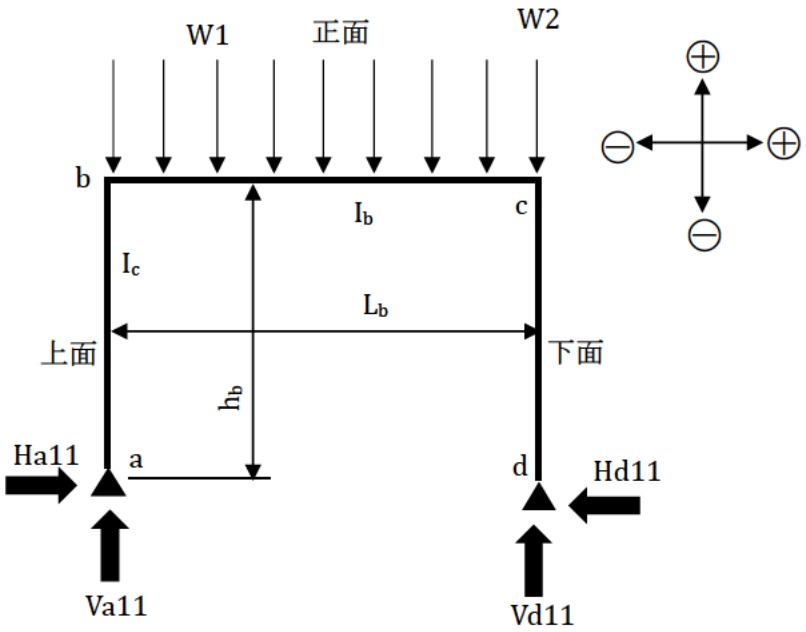
＜等分布の場合＞

$$k = \frac{l_b \cdot h_b}{l_c \cdot L_b}$$

$$V_{a11} = V_{d11} = \frac{W_1 \cdot L_b}{2}$$

$$H_{a11} = -H_{d11} = -\frac{1}{4h_b(2k+3)} W_1 \cdot {L_b}^2$$

$$M_{b11} = M_{c11} = -H_{a11} \cdot h_b$$



＜線形分布の場合＞

$$k = \frac{l_b \cdot h_b}{l_c \cdot L_b}$$

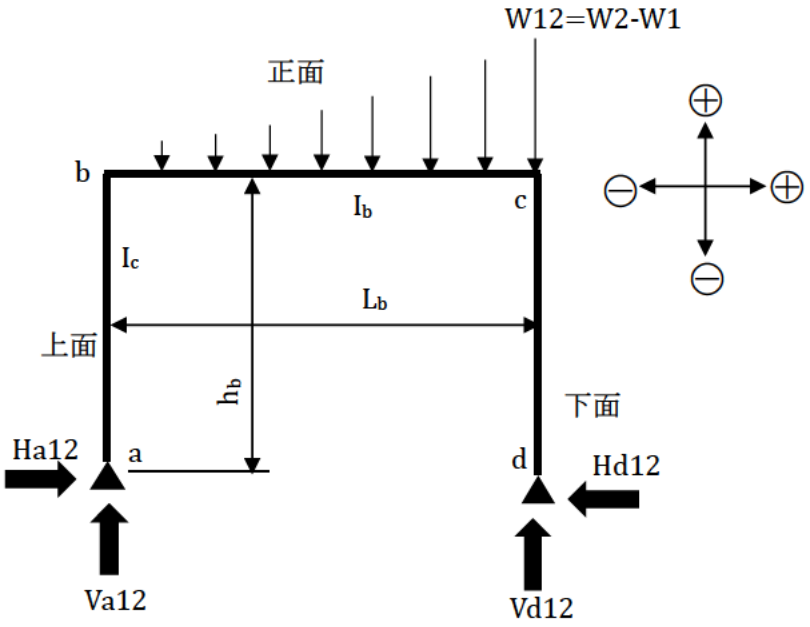
$$W_{12} = W_2 - W_1$$

$$V_{a12} = \frac{W_{12} \cdot L}{6}$$

$$V_{d12} = \frac{W_{12} \cdot L}{3}$$

$$H_{a12} = -H_{d12} = -\frac{1}{8h(2k+3)} W_{12} \cdot L^2$$

$$M_{b12} = -M_{c12} = -\frac{1}{8h(2k+3)} W_{12} \cdot {L_b}^2$$



上下面に水圧が作用する場合

＜上面に水圧が作用する場合＞

$$k = \frac{l_b \cdot h_b}{l_c \cdot L_b}$$

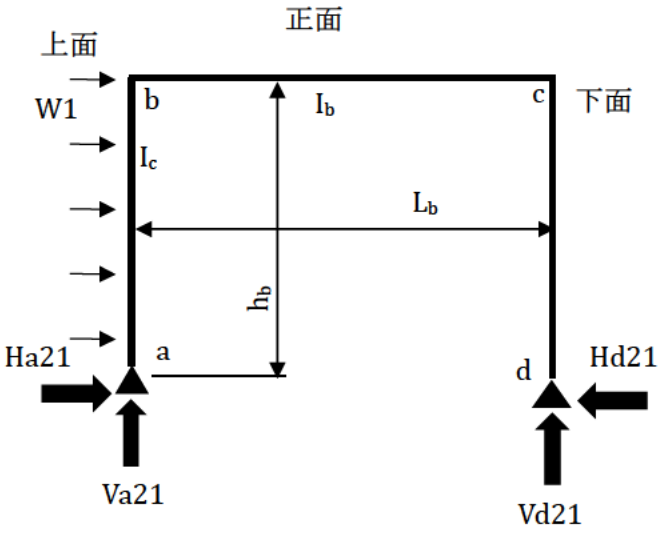
$$V_{a21} = -V_{d21} = \frac{-W_1 \cdot {h_b}^2}{2 \cdot L_b}$$

$$H_{a21} = \frac{-W_1 \cdot h_b(11k + 18)}{(16k + 24)}$$

$$H_{d21} = \frac{W_1 \cdot h_b(5k + 6)}{(16k + 24)}$$

$$M_{b21} = \frac{-W_1 \cdot {h_b}^2(3k + 6)}{(16k + 24)}$$

$$M_{c21} = \frac{-W_1 \cdot {h_b}^2(5k + 6)}{(16k + 24)}$$



＜下面に水圧が作用する場合＞

$$k = \frac{l_b \cdot h_b}{l_c \cdot L_b}$$

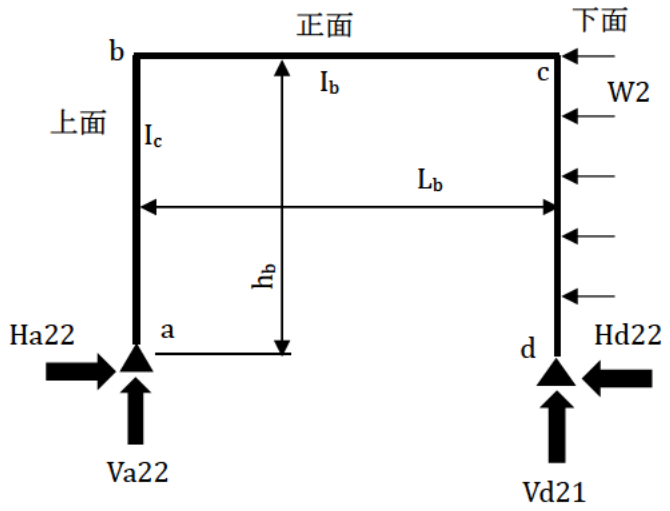
$$-V_{a22} = -V_{d22} = \frac{-W_2 \cdot {h_b}^2}{2 \cdot L_b}$$

$$H_{a22} = \frac{-W_2 \cdot h_b(5k+6)}{(16k+24)}$$

$$H_{d22} = \frac{-W_2 \cdot h_b(11k+18)}{(16k+24)}$$

$$M_{b22} = \frac{-W_2 \cdot {h_b}^2(5k+6)}{(16k+24)}$$

$$M_{c22} = \frac{-W_2 \cdot {h_b}^2(3k+6)}{(16k+24)}$$



以上より、各点における荷重は以下の通り計算される。

点 a

$$V_a = V_{a11} + V_{a12} + V_{a21} + V_{a22}$$

$$H_a = H_{a11} + H_{a12} + H_{a21} + H_{a22}$$

点 d

$$V_d = V_{d11} + V_{d12} + V_{d21} + V_{d22}$$

$$H_d = H_{d11} + H_{d12} + H_{d21} + H_{d22}$$

点 b

$$M_b = M_{b11} + M_{b12} + M_{b21} + M_{b22}$$

点 c

$$M_c = M_{c11} + M_{c12} + M_{c21} + M_{c22}$$

曲げ応力σ_b、軸応力σ_a及びせん断応力τ_n

部材 a-b 間

$$\sigma_{abm} = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{Xn}} \quad \sigma_{abt} = \frac{1000 V_n}{A_n} \quad \tau_{ab} = \frac{1000 Q_n}{A_{wn}}$$

$$\sigma_{cab} = \sqrt{(\sigma_{abm} + \sigma_{abt})^2 + 3\tau_{ab}{}^2}$$

部材 c-d 間

$$\sigma_{cdm} = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{Xn}} \quad \sigma_{cdt} = \frac{1000 V_n}{A_n} \quad \tau_{cd} = \frac{1000 Q_n}{A_{wn}}$$

$$\sigma_{ccd} = \sqrt{(\sigma_{cdm} + \sigma_{cdt})^2 + 3\tau_{cd}{}^2}$$

部材 b-c 間

$$\sigma_{bcm} = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{Xn}} \quad \sigma_{bct} = \frac{1000 V_n}{A_n} \quad \tau_{bc} = \frac{1000 Q_n}{A_{wn}}$$

$$\sigma_{cbc} = \sqrt{(\sigma_{bcm} + \sigma_{bct})^2 + 3\tau_{bc}{}^2}$$

$$\sigma_c = \mathrm{MAX}(\sigma_{cab}, \sigma_{ccd}, \sigma_{cbc})$$

b. 横桁

水深に対し水平に配置されている横桁については、給気ロボックス長さに等分布荷重を載荷した単純梁として、次式により算定する。横桁は水深に対し水平に配置されていることから、水圧による線形分布の影響は受けない。横桁に作用する荷重の例を図 10-7-7 に示す。

$$M'_n = a_n{}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{Xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000 Q'_n}{A'_{Wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'_n{}^2 + 3\tau'_n{}^2}$$

$$\sigma'_c = \mathrm{MAX}(\sigma'_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

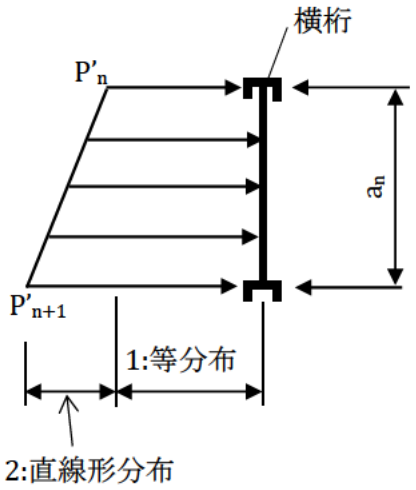


図 10−7−7 横桁に生じる荷重の例

10.8 計算条件

「10.7 計算方法」に用いる評価条件を表 10-8-1 に示す。

表 10-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価に用いる条件(1/8)

対象部位	記号	単位	定義	数値
ダクト配管	t_P	mm	ダクト配管厚さ	8.0
	D_i	mm	ダクト配管内径	390.4
	P_{pn}	kN/m^2	支持点（最下点 n=5）に作用する静水圧荷重	105.0
	L	m	支持点距離	2.25
	K_{pS}	kN/m	余震荷重（分布荷重）	0.467
	Q_a、Q_b	kN	余震荷重により発生する支持点(a、b)でのせん断力($Q_{a=}-Q_b$)	0.525
	Z_{cx}	mm^3	断面係数	978000
	A_{cw}	mm^2	せん断断面積	5006
	M	kNm	余震荷重により発生する曲げモーメント	0.296
	$\sigma_{p\theta}$	N/mm^2	静水圧荷重により発生する応力（周方向）	2.56
	σ_{eb}	N/mm^2	余震荷重により発生する曲げ応力	0.302
	τ_{es}	N/mm^2	余震荷重により発生するせん断応力	0.105
	σ_{ec}	N/mm^2	余震荷重により発生する組合せ応力	0.353

表 10-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価に用いる条件(2/8)

対象部位	記号	単位	定義	数値
給気口ボックス板	ρ	t/m^3	海水の密度	1.03
	g	m^2/s	重力加速度	9.80665
	β_1	－	板に発生する応力の応力係数（等分布荷重成分）	0.410
	β_2	－	板に発生する応力の応力係数（直線分布荷重成分）	0.250
	C_1、C_2	mm	板の短辺側の長さ（正面/側面：$n=1$、3）	0.330
			板の短辺側の長さ（正面/側面：$n=2$）	0.340
			板の短辺側の長さ（下面：$n=4$）（下面：$n=5$、$m=2$）	0.430
			板の短辺側の長さ（下面：$n=5$、$m=1$、3）	0.435
			板の短辺側の長さ（下面：$n=6$）	0.424
	H_{b1}	m	主桁 1 の水頭高さ	9.895
	H_{b2}	m	主桁 2 の水頭高さ	10.225
	H_{b3}	m	主桁 3 の水頭高さ	10.565
	H_{b4}	m	主桁 4 の水頭高さ	10.895

表 10-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価に用いる条件(3/8)

対象部位	記号	単位	定義	数値
給気口ボックス板	P_{b1}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 1)	100.0
	P_{b2}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 2)	103.3
	P_{b3}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 3)	106.7
	P_{b4}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 4)	110.1
	K_H	－	水平震度	0.6
	G	t	給気口ボックス重量	1.19
	b	m	給気口ボックス幅	1.30
	H_{bg}	m	給気口ボックス高さ	1.00
	t	mm	板厚	9
	K_{bS}	kN/m^2	単位面積当たりの余震荷重	5.386
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	105.3
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	108.7
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	112.1
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	115.4

表 10-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価に用いる条件(4/8)

対象部位	記号	単位	定義	数値
給気口ボックス板	σ_{pa}	N/mm^2	発生応力 区画(n、m) = (1、1～3)	59.12
			発生応力 区画(n、m) = (2、1～3)	64.74
			発生応力 区画(n、m) = (3、1~3)	62.83
			発生応力 区画(n、m) = (1、4～6)	59.12
			発生応力 区画(n、m) = (2、4～6)	64.74
			発生応力 区画(n、m) = (3、4~6)	62.83
			発生応力 区画(n、m) = (4、1～3)	103.04
			発生応力 区画(n、m) = (5、1)	105.45
			発生応力 区画(n、m) = (5、2)	103.04
			発生応力 区画(n、m) = (5、3)	105.45
			発生応力 区画(n、m) = (6、1～3)	100.12

表 10-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価に用いる条件(5/8)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(上面)	105.3
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(下面)	115.4
	a_n	m	主桁ピッチ（上下間）	1.000
	W_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（上面）	18.08
	W_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（下面）	18.64
	H	mm	主桁長さ	1300
	dH	mm	主桁水圧負担領域（最大幅）	432.5
	L_b	m	主桁長さ（上下方向）	1.00
	h_b	m	主桁長さ（奥行側）	1.30
	l_b、l_c	mm^4	主桁の断面 2 次モーメント	10590000
	k	－	剛比	1.3
	V_a	kN	水圧による a 点での反力	9.607
	H_a	kN	水圧による a 点でのせん断力	-9.554
	V_d	kN	水圧による d 点での反力	8.753
	H_d	kN	水圧による d 点でのせん断力	-11.52
	M_b	kN･m	水圧による b 点での曲げモーメント	-16.36
	M_c	kN･m	水圧による c 点での曲げモーメント	-16.12

表 10-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価に用いる条件(6/8)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	Z_{Xab}	mm^3	主桁の断面係数	141200
	A_{ab}	mm^2	主桁の断面積	3312
	A_{Wn}	mm^2	主桁のせん断断面積	1512
	σ_{abm}	N/mm^2	部材 a-b 間の曲げ応力	115.87
	σ_{abt}	N/mm^2	部材 a-b 間の軸応力	2.901
	τ_{ab}	N/mm^2	部材 a-b 間のせん断応力	6.319
	σ_{cab}	N/mm^2	部材 a-b 間の組合せ応力	119.28
	σ_{cdm}	N/mm^2	部材 c-d 間の曲げ応力	114.16
	σ_{cdt}	N/mm^2	部材 c-d 間の軸応力	2.643
	τ_{cd}	N/mm^2	部材 c-d 間のせん断応力	7.622
	σ_{ccd}	N/mm^2	部材 c-d 間の組合せ応力	117.55
	σ_{bcm}	N/mm^2	部材 b-c 間の曲げ応力	115.87
	σ_{bct}	N/mm^2	部材 b-c 間の軸応力	0
	τ_{bc}	N/mm^2	部材 b-c 間のせん断応力	6.354
	σ_{cbc}	N/mm^2	部材 b-c 間の組合せ応力	116.39

表 10-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価に用いる条件(7/8)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（横桁）	a_n	m	横桁ピッチ$(n = 1\sim4)$	0.435
	B	m	受圧幅	0.433
	P'_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（横桁 1）	45.54
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（横桁 2）	47.01
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（横桁 3）	48.48
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（横桁 4）	49.91
	P_{a1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：横桁 1）	0
	P_{a2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：横桁 2）	0
	P_{a3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：横桁 3）	0
	P_{a4}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：横桁 4）	0
	P_{b1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：横桁 1）	45.54
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：横桁 2）	47.01
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：横桁 3）	48.48
	P_{b4}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：横桁 4）	49.91

表 10-8-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価に用いる条件(8/8)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（横桁）	Z'_{Xn}	mm^3	横桁の断面係数(n = 1~4)	33400
	A'_{Wn}	mm^2	横桁のせん断断面積(n = 1~4)	528
	M'_1	kN·m	曲げモーメント（横桁 1）	1.077
	M'_2	kN·m	曲げモーメント（横桁 2）	1.112
	M'_3	kN·m	曲げモーメント（横桁 3）	1.147
	M'_4	kN·m	曲げモーメント（横桁 4）	1.181
	Q'_1	kN	せん断力（横桁 1）	9.91
	Q'_2	kN	せん断力（横桁 2）	10.23
	Q'_3	kN	せん断力（横桁 3）	10.54
	Q'_4	kN	せん断力（横桁 4）	10.86
	σ'_1	N/mm^2	曲げ応力（横桁 1）	32.25
	σ'_2	N/mm^2	曲げ応力（横桁 2）	33.29
	σ'_3	N/mm^2	曲げ応力（横桁 3）	34.33
	σ'_4	N/mm^2	曲げ応力（横桁 4）	35.34
	τ'_1	N/mm^2	せん断応力（横桁 1）	18.76
	τ'_2	N/mm^2	せん断応力（横桁 2）	19.37
	τ'_3	N/mm^2	せん断応力（横桁 3）	19.97
	τ'_4	N/mm^2	せん断応力（横桁 4）	20.56
	σ'_{c1}	N/mm^2	組合せ応力（横桁 1）	45.78
	σ'_{c2}	N/mm^2	組合せ応力（横桁 2）	47.26
	σ'_{c3}	N/mm^2	組合せ応力（横桁 3）	48.73
	σ'_{c4}	N/mm^2	組合せ応力（横桁 4）	50.17

10.9 評価結果

ガラリ延長ダクト（TVF-8）強度評価結果を表 10-9-1 に示す。ガラリ延長ダクト（TVF-8）の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、ガラリ延長ダクト（TVF-8）が健全性を有することを確認した。

表 10-9-1 ガラリ延長ダクト（TVF-8）の強度評価結果

評価部位	① 発生応力 ［N/mm^2］	② 許容応力 ［N/mm^2］	①/② 検定比
ダクト配管	3	205	0.02
給気口 ボックス	106	205	0.52
主桁	120	205	0.59
横桁	51	205	0.25

11. 窓遮へい板（TVF-9）

11.1 記号の説明

窓遮へい板（TVF-9）の強度評価に用いる記号を表 11-1-1 に示す。

表 11-1-1 窓遮へい板（TVF-9）の強度評価に用いる記号（1/2）

記号	定義	単位
h	波力算定用津波高さ	m
P_{hn}	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの静水圧荷重	kN/m^2
ρ	海水の単位体積重量（密度）	t/m^3
g	重力加速度	m/s^2
H_{Xn}	当該部分の浸水深	m
K_S	単位面積あたりの余震による地震荷重	kN/m^2
S_d	弾性設計用地震動	―
G	扉体自重	t
K_H	水平震度	―
b	扉全体の受圧幅	m
H_g	受圧高	m
P'_n	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの荷重	kN/m
P_n	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの荷重	kN/m^2
B	受圧幅	m
$\sigma_{pa\,nm}$	津波と余震荷重により扉板に生じる応力（区画 n、m）	N/mm^2
σ_p	扉板に生じる応力	N/mm^2
t	扉体の板厚	mm
β_n	扉板に発生する応力の応力係数	―
C_n	扉板の短辺側の長さ	mm
a_n	主桁ピッチ	m
b_m	縦桁ピッチ	m
W_n	該当部位の主桁が受ける単位長さあたりの荷重	kN/m
M_n	主桁に生じる曲げモーメント	kN･m
L	主桁の長さ	m
Q_n	主桁に生じるせん断力	kN･m
σ_n	主桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z_{Xn}	主桁の断面係数	mm^3
τ_n	主桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A_{Wn}	主桁のせん断断面積	mm^2

表 11-1-1 窓遮へい板（TVF-9）の強度評価に用いる記号（2/2）

記号	定義	単位
σ_{cn}	主桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ_{c}	主桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2

11.2 評価部位

評価部位は、窓遮へい板（TVF-9）の構造上の特徴を踏まえ選定する。窓遮へい板（TVF-9）は、鋼製板であり、鋼製の板に芯材を取付ける構造である。

窓遮へい板（TVF-9）に生じる津波及び余震に伴う荷重は、板から芯材（主桁）、芯材から板枠に伝達される。このため、評価部位は窓遮へい板（TVF-9）の遮へい板、主桁とする。

窓遮へい板（TVF-9）の構造図を図 11-2-1、評価部位を図 11-2-2 に示す。

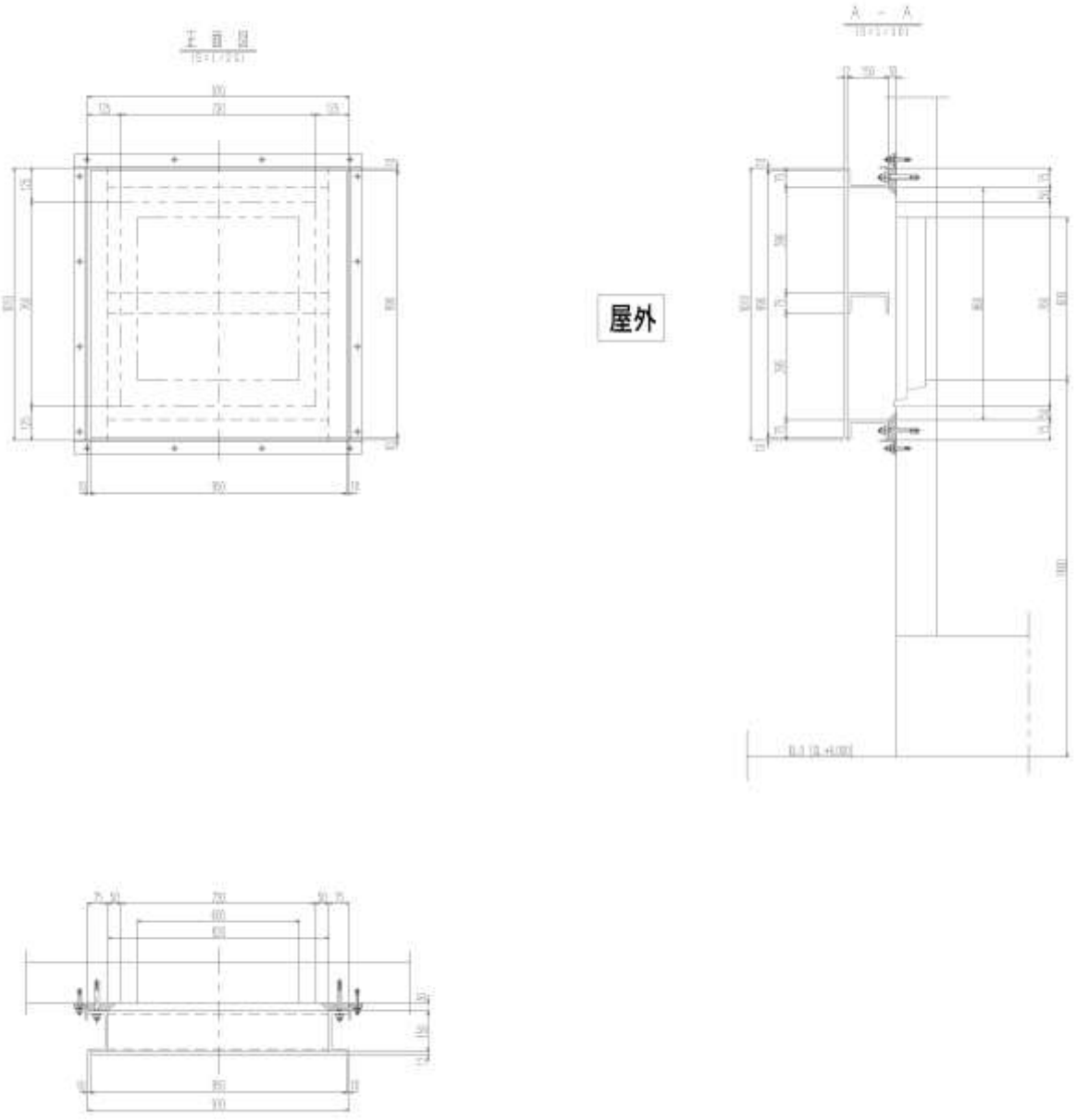
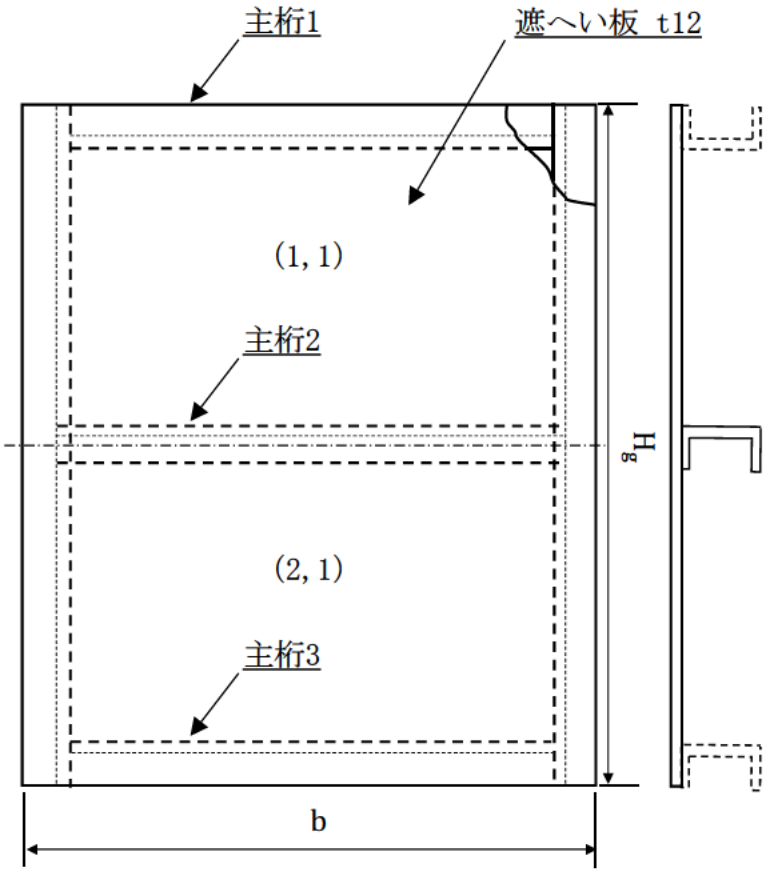


図 11-2-1 窓遮へい板（TVF-9）の構造図



(n、m)：遮へい板評価部位番号

図 11-2-2 窓遮へい板（TVF-9）の評価部位

11.3 構造強度評価方法

窓遮へい板（TVF-9）の強度評価は、「11.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「11.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「11.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「11.5 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

11.4 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、以下のとおりとする。

(1) 荷重

a. 津波による波力

遡上津波荷重については、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の地表面から波力算定用津波高さhまでの高さを考慮して算定する。算定に当たっては、静水圧及び動水圧の影響として水深係数α=3.0を考慮する。

b. 余震による荷重

余震による荷重として、別添6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」の応答値による慣性力を考慮する。

c. 風荷重

風荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき組合せを考慮しない。

d. 積雪荷重

積雪荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき特定行政庁が指定する区域に該当しないため考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 津波による遡上津波荷重（P_{hn}）

津波に伴う荷重として、遡上津波荷重を考慮する。

$$P_{hn}=\rho \cdot g \cdot H_{Xn}$$

設計津波高さが T.P.+12.3 m、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟のG.L.がT.P.+7.65 mであることから、浸水深は4.65 mとなり、これに水深係数α=3.0を考慮して、津波の浸水高さは13.95 mとして評価を行う。

津波に伴う荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び海水の密度を表11-4-1に示す。

表 11-4-1 水圧作用高さ及び海水の密度

設備名称	水圧作用高さ EL. ［m］	海水の密度 ［t/m^3］
窓遮へい板（TVF-9）	13.95	1.03

b. 余震荷重（K_S）

余震による荷重は、弾性設計用地震動S_dに伴う地震力（動水圧を含まない。）とする。

余震時の扉体自重による慣性力を考慮する。地震による荷重K_Sは、浸水防止扉の固定荷重Gに水平震度K_Hを乗じた次式により算出する。

$$K_S = \frac{K_H \cdot G \cdot g}{b \cdot H_g}$$

c. 縦桁に作用する荷重（P'_n）

縦桁に作用する荷重は、上記 a、b の荷重の合計に、縦桁が受け持つ荷重の受圧幅Bを乗じた次式により算出する。

$$P'_n = B \cdot P_n$$

(3) 荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重の組合せは、別添 6-1-3-3「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書 Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」に示す、荷重条件の最も厳しいケース 2（波力＋余震）の条件で実施する。窓遮へい板（TVF-9）の強度評価に用いる荷重の組合せを表 11-4-2 に示す。

表 11-4-2 強度評価に用いる荷重の組合せ

設備名称	荷重の組合せ※22
窓遮へい板（TVF-9）	$P_n = P_{hn} + K_S$

※22 P_{hn}は津波による波力、K_Sは余震による荷重を示す。

11.5 許容限界

(1) 使用材料

窓遮へい板（TVF-9）を構成する遮へい板及び芯材の使用材料を表 11-5-1 に示す。

表 11-5-1 遮へい板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
遮へい板		SUS304	990×950×t12
芯材	主桁	SUS304	C150×75×9

(2) 許容限界

遮へい板及び芯材の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（(社) 日本建築学会、2005 改定)」を踏まえて表 11-5-2 の値とする。

表 11-5-2 遮へい板及び芯材の許容限界

材料	短期許容応力度[N/mm^2]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※23	205	118

※23 許容応力度を決定する場合の基準値Ｆの値は、「JIS G 4304:2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく

11.6 設計用地震力

浸水防止設備 TVF-1、TVF-2、TVF-3、TVF-4、TVF-5、TVF-6、TVF-7、TVF-8、TVF-9、TVF-10 の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）窓遮へい板で用いる設計震度は、別添 6-1-3-3 「Ⅱ余震による地震応答解析」で得られた水平震度 0.5 を 1.2 倍した 0.6 を用いる。

11.7 計算方法

窓遮へい板（TVF-9）の強度評価における応力の計算方法を以下に示す。

(1) 遮へい板

遮へい板に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、等変分布荷重及び等分布荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、「土木学会　構造力学公式集」に基づき、次式により算定する。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000(P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 2, m = 1)$$

遮へい板に生じる応力評価部位の番号を図 11-2-2、遮へい板を生じる応力の例を図 11-7-1 に示す。

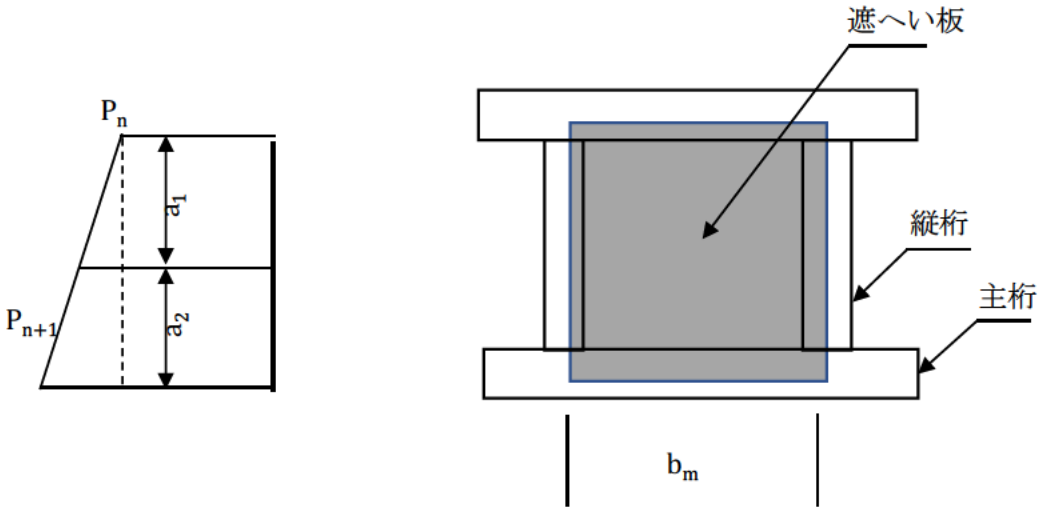


図 11-7-1 遮へい板に生じる応力の例

(2) 芯材

芯材に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、荷重を負担する芯材の取付方向（鉛直又は水平）に応じて、「日本機械学会 機械工学便覧 基礎編 Ａ４ 材料力学」の「はり」の公式に基づき、それぞれ算定する。

a. 主桁

主桁について、遮へい板に生じる荷重を算定し、次式により算定する。主桁に生じる荷重の例を図 11-7-2 に示す。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

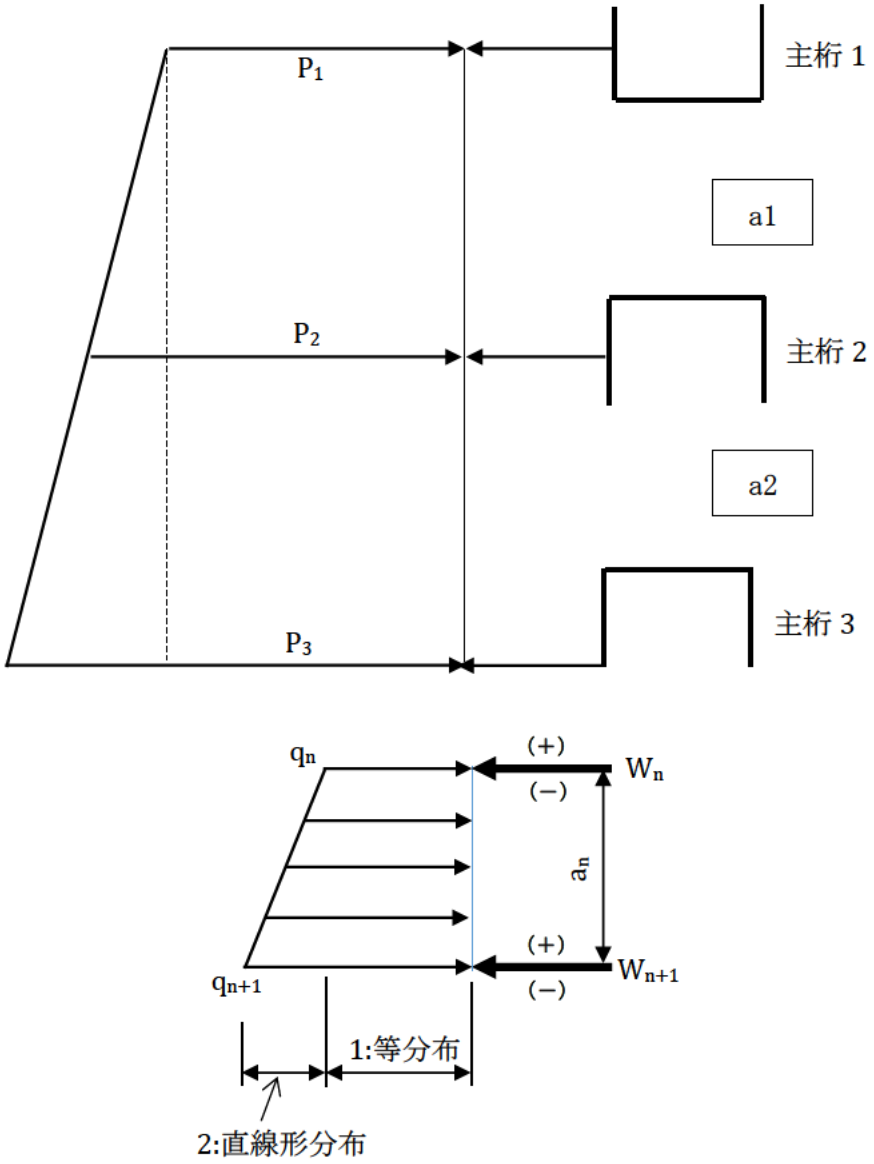
$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{Xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{Wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{{\sigma_n}^2 + 3{\tau_n}^2}$$

$$\sigma_c = \mathrm{MAX}(\sigma_{cn}) \qquad (n = 1 \sim 3)$$



（１：等分布成分がP_{bn}、２：直線形分布成分がP_{an}）

図 11-7-2 主桁に生じる荷重の例

11.8 計算条件

「11.7 計算方法」に用いる評価条件を表 11-8-1 に示す。

表 11-8-1 窓遮へい板（TVF-9）の強度評価に用いる条件(1/4)

対象部位	記号	単位	定義	数値
遮へい板	H_{X1}	m	水頭高さ（主桁 1）	11.775
	H_{X2}	m	水頭高さ（主桁 2）	12.268
	H_{X3}	m	水頭高さ（主桁 3）	12.765
	t	mm	遮へい板厚さ	12
	β_1	－	応力係数（等分布荷重成分）	0.5
	β_2	－	応力係数（直線分布荷重成分）	0.3
	C_1	m	扉板の短辺側の長さ$(n = 1)$	0.493
			扉板の短辺側の長さ$(n = 2)$	0.498
	C_2	m	扉板の短辺側の長さ$(n = 1)$	0.493
			扉板の短辺側の長さ$(n = 2)$	0.498
	a_1	m	主桁ピッチ	0.493
	a_2	m	主桁ピッチ	0.498
	b_1	m	縦桁ピッチ	0.950
	P_{h1}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 1)	118.9
	P_{h2}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 2)	123.9
	P_{h3}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 3)	128.9

表 11-8-1 窓遮へい板（TVF-9）の強度評価に用いる条件(2/4)

対象部位	記号	単位	定義	数値
遮へい板	K_S	kN/m^2	単位面積当たりの余震荷重	1.251
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	120.2
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	125.2
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	130.2
	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	103.76
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	110.17

表 11-8-1 窓遮へい板（TVF-9）の強度評価に用いる条件(3/4)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	L	m	主桁の長さ	0.950
	W_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1）	30.02
	W_2	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	60.74
	W_3	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 3）	30.72
	M_1	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	3.39
	M_2	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	6.85
	M_3	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	3.47
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	14.26
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	28.85
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	14.59
	Z_{x1}	mm^3	断面係数（主桁 1）	112600
	Z_{x2}	mm^3	断面係数（主桁 2）	112600
	Z_{x3}	mm^3	断面係数（主桁 3）	112600
	A_{W1}	mm^2	せん断断面積（主桁 1）	1188
	A_{W2}	mm^2	せん断断面積（主桁 2）	1188
	A_{W3}	mm^2	せん断断面積（主桁 3）	1188

表 11-8-1 窓遮へい板（TVF-9）の強度評価に用いる条件(4/4)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	σ_1	N/mm^2	主桁 1 の曲げ応力	30.01
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	60.83
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	30.82
	τ_1	N/mm^2	縦桁 1 のせん断応力	12.00
	τ_2	N/mm^2	縦桁 2 のせん断応力	24.28
	τ_3	N/mm^2	縦桁 3 のせん断応力	12.28
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	36.59
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	73.96
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	37.45

11.9 評価結果

窓遮へい板（TVF-9）の強度評価結果を表 11-9-1 に示す。窓遮へい板（TVF-9）の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、窓遮へい板（TVF-9）が健全性を有することを確認した。

表 11-9-1 窓遮へい板（TVF-9）の強度評価結果

評価部位	① 発生応力 [N/mm²]	② 許容応力 [N/mm²]	①/② 検定比
扉板	111	205	0.55
主桁	74	205	0.37

12. 浸水防止扉（TVF-10）

12.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-10）の強度評価に用いる記号を表 12-1-1 に示す。

表 12-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の強度評価に用いる記号（1/2）

記号	定義	単位
h	波力算定用津波高さ	m
P_{hn}	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの静水圧荷重	kN/m^2
ρ	海水の単位体積重量（密度）	t/m^3
g	重力加速度	m/s^2
H_{Xn}	当該部分の浸水深	m
K_S	単位面積あたりの余震による地震荷重	kN/m^2
S_d	弾性設計用地震動	―
G	扉体自重	t
K_H	水平震度	―
b	扉全体の受圧幅	m
H_g	受圧高	m
P'_n	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの荷重	kN/m
P_n	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの荷重	kN/m^2
B	受圧幅	m
$\sigma_{pa\,nm}$	津波と余震荷重により扉板に生じる応力（区画 n、m）	N/mm^2
σ_p	扉板に生じる応力	N/mm^2
t	扉体の板厚	mm
β_n	扉板に発生する応力の応力係数	―
C_n	扉板の短辺側の長さ	mm
a_n	主桁ピッチ	m
b_m	縦桁ピッチ	m
W_n	該当部位の主桁が受ける単位長さあたりの荷重	kN/m
M_n	主桁に生じる曲げモーメント	kN･m
L	主桁の長さ	m
Q_n	主桁に生じるせん断力	kN･m
σ_n	主桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z_{Xn}	主桁の断面係数	mm^3
τ_n	主桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A_{Wn}	主桁のせん断断面積	mm^2

表 12-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の強度評価に用いる記号（2/2）

記号	定義	単位
σ_{cn}	主桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ_c	主桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2
M'_n	縦桁に生じる曲げモーメント	kN･m
P_{an}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの直線形分布荷重	kN/m
P_{bn}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの等分布荷重	kN/m
Q'_n	縦桁に生じるせん断力	kN･m
σ'_n	縦桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z'_{Xn}	縦桁の断面係数	mm^3
τ'_n	縦桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A'_{Wn}	縦桁のせん断断面積	mm^2
σ'_{cn}	縦桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ'_c	縦桁に生じる組合せ応力（最大値）	N/mm^2
h_0	水頭高さ（鉛直補剛材）	m
P_0	鉛直補剛材に作用する静水圧	kN/m^2
B_{g0}	戸当り受圧幅	m
W_0	単位長さ当たりの作用荷重（鉛直補剛材）	kN/m
W_{1i}	単位長さ当たりの作用荷重（鉛直補剛材、主桁 i の位置）	kN/m
H_{g0}	戸当り受圧高	m
M_{1i}	曲げモーメント(i=1：鉛直補剛材、2：水平補剛材)	kN･m
Q_{1i}	せん断力(i=1：鉛直補剛材、2：水平補剛材)	kN
L_{g0}	戸当り奥行長さ	m
P_{1i}	軸力（i=1：鉛直補剛材、2：水平補剛材）	kN
Z_{1i}	断面係数(i=1：鉛直補剛材、2：水平補剛材)	mm^3
A_{W1i}	せん断断面積(i=1：鉛直補剛材、2：水平補剛材)	mm^2
A_{G1i}	断面積(i=1：鉛直補剛材、2：水平補剛材)	mm^2
σ_{b1i}	曲げ応力(i=1：鉛直補剛材、2：水平補剛材)	N/mm^2
σ_{t12}	軸応力(水平補剛材)	N/mm^2
τ_{1i}	せん断応力(i=1：鉛直補剛材、2：水平補剛材)	N/mm^2
σ_{c1i}	組合せ応力(i=1：鉛直補剛材、2：水平補剛材)	N/mm^2

12.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-10）の構造上の特徴を踏まえ選定する。

浸水防止扉（TVF-10）は、基礎・支持構造として扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時においては、締付装置により扉が扉枠に固定される構造である。また、扉枠を建家の開口部周辺に、アンカーボルトにより固定する構造である。

主体構造として片開型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置された締付装置を鋼製の扉枠に、差し込み、扉と扉枠を一体化させる構造である。また、扉と扉の接続はヒンジを介する構造である。

浸水防止扉（TVF-10）に生じる津波に伴う荷重は、扉板から芯材、芯材から枠体に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。

浸水防止扉（TVF-10）の構造図を図 12-2-1、評価部位を図 12-2-2 に示す。

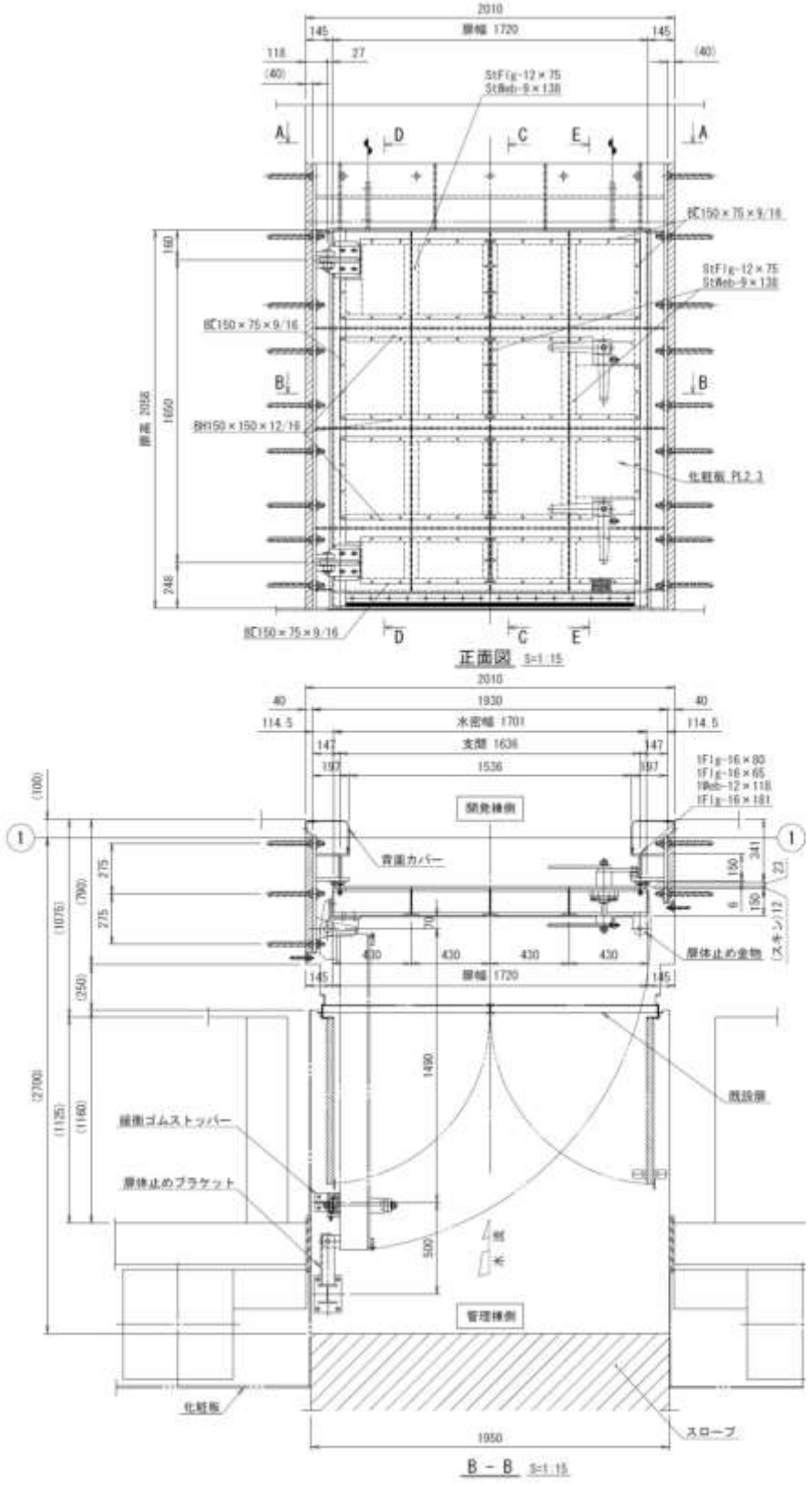


図 12-2-1 浸水防止扉(TVF-10)の構造図(1/2)

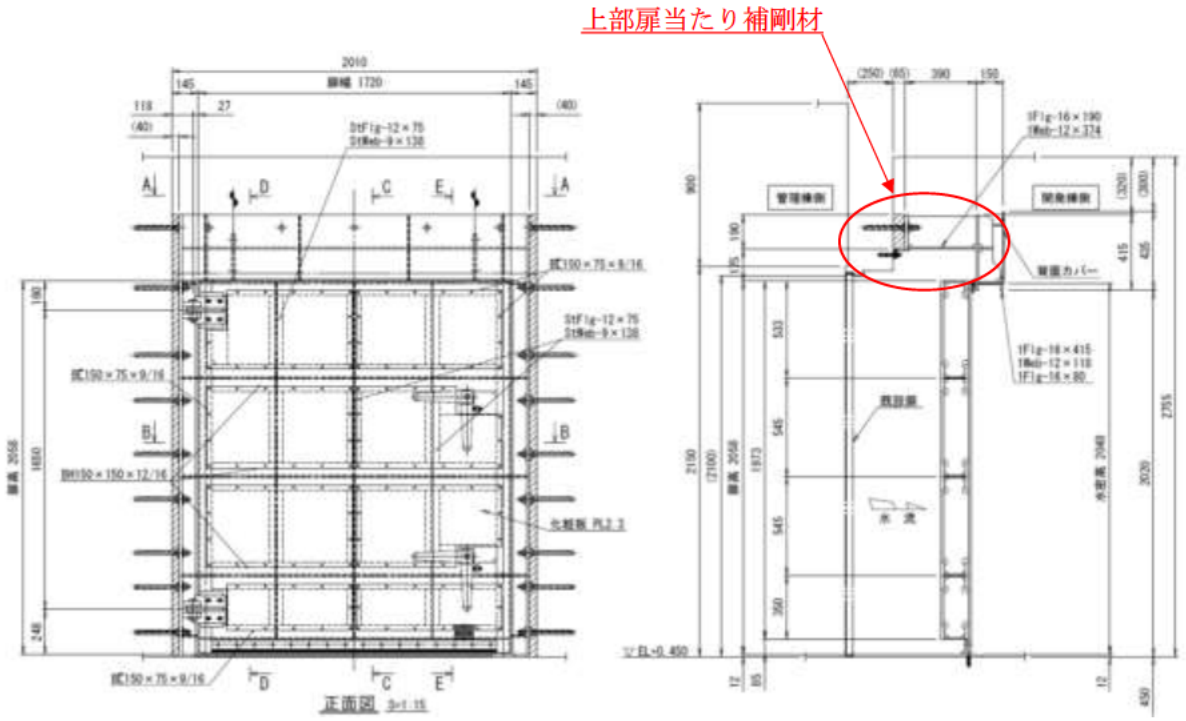


図 12-2-1 浸水防止扉(TVF-10)の構造図(2/2)

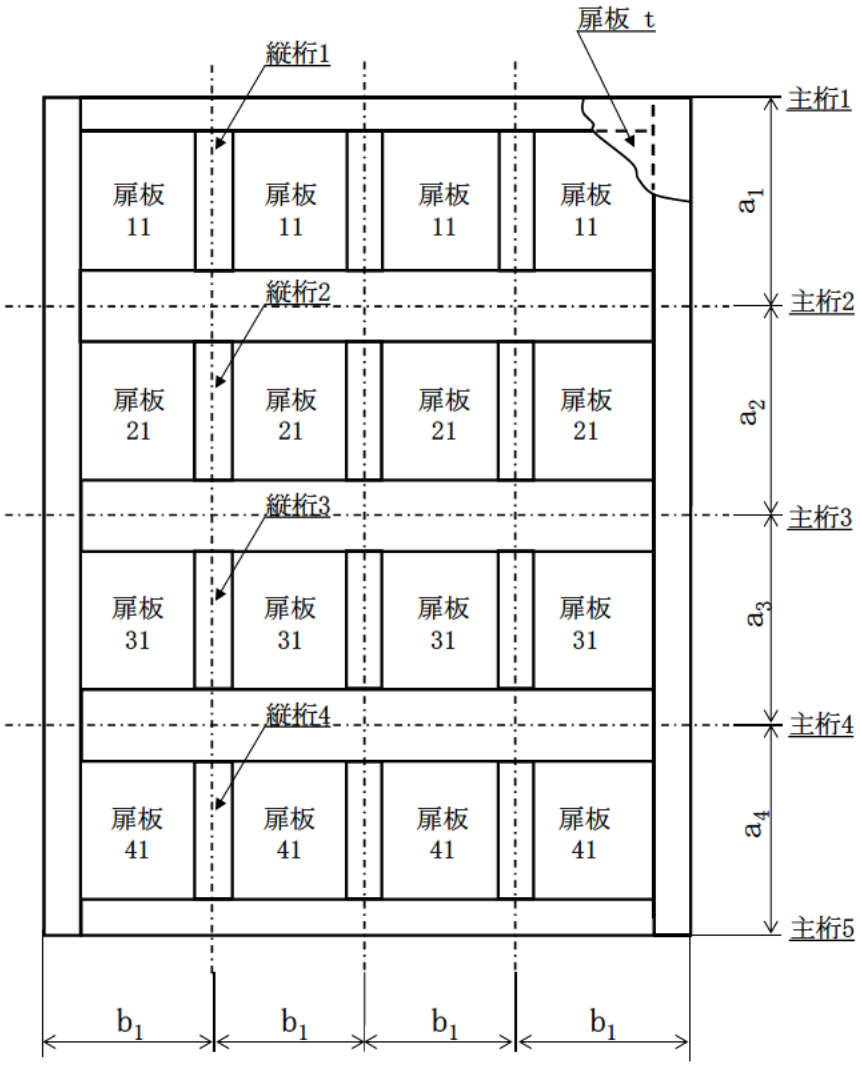


図 12-2-2 浸水防止扉(TVF-10)の評価部位

12.3 構造強度評価方法

浸水防止扉（TVF-10）の強度評価は、「12.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「12.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「12.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「12.5 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

12.4 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、以下のとおりとする。

(1) 荷重

a. 津波による波力

遡上津波荷重については、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の地表面から波力算定用津波高さhまでの高さを考慮して算定する。算定に当たっては、静水圧及び動水圧の影響として水深係数α=3.0を考慮する。

b. 余震による荷重

余震による荷重として、別添6-1-3-3「Ⅱ 余震による地震応答解析」の応答値による慣性力を考慮する。

c. 風荷重

風荷重については、建築基準法施行令（昭和25年政令第338号）の規定に基づき組合せを考慮しない。

d. 積雪荷重

積雪荷重については、建築基準法施行令（昭和25年政令第338号）の規定に基づき特定行政庁が指定する区域に該当しないため考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 津波による遡上津波荷重（P_{hn}）

津波に伴う荷重として、遡上津波荷重を考慮する。

$$P_{hn}=\rho \cdot g \cdot H_{Xn}$$

設計津波高さが T.P.+12.3 m、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟のG.L.がT.P.+7.65 mであることから、浸水深は4.65 mとなり、これに水深係数 α=3.0を考慮して、津波の浸水高さは13.95 mとして評価を行う。

津波に伴う荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び海水の密度を表12-4-1に示す。

表 12-4-1 水圧作用高さ及び海水の密度

設備名称	水圧作用高さ EL. ［m］	海水の密度 ［t/m^3］
浸水防止扉(TVF-10)	13.95	1.03

b. 余震荷重（K_S）

余震による荷重は、弾性設計用地震動S_dに伴う地震力（動水圧を含まない。）とする。

余震時の扉体自重による慣性力を考慮する。余震による荷重K_Sは、浸水防止扉の固定荷重Gに水平震度K_Hを乗じた次式により算出する。

$$K_S = \frac{K_H \cdot G \cdot g}{b \cdot H_g}$$

c. 縦桁に作用する荷重（P'_n）

縦桁に作用する荷重は、上記 a、b の荷重の合計に、縦桁が受け持つ荷重の受圧幅Bを乗じた次式により算出する。

$$P'_n = B \cdot P_n$$

(3) 荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重の組合せは、別添 6-1-3-3「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書 Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」に示す、荷重条件の最も厳しいケース 2（波力＋余震）の条件で実施する。浸水防止扉 TVF-10 の強度評価に用いる荷重の組合せを表 12-4-2 に示す。

表 12-4-2 強度評価に用いる荷重の組合せ

設備名称	荷重の組合せ※24
浸水防止扉(TVF-10)	$P_n = P_{hn} + K_S$

※24 P_{hn}は津波による波力、K_Sは余震による荷重を示す。

12.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉（TVF-10）を構成する扉板及び芯材の使用材料を表 12-5-1 に示す。

表 12-5-1 扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SM400A	1973×1720×t12
芯材	主桁（最上段及び最下段）	SM400A	C150×75×9×16
	主桁（中間）	SM400A	H150×150×12×16
	縦桁	SM400A	T150×75×9×12 ※25
上部戸当り	鉛直/水平補剛材	SM400A	PL9×75
	水平補剛材	SM400A	PL9×170

※25 板を溶接して組合わせた T 型構造の部材

(2) 許容限界

扉板及び芯材の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（(社) 日本建築学会、2005 改定)」を踏まえて表 12-5-2 の値とする。

表 12-5-2 扉板及び芯材の許容限界

材 料	短期許容応力度[N/mm²]	
	曲げ	せん断
SM400A ※26	235	135

※26 許容応力度を決定する場合の基準値 F の値は、「鋼構造設計規準 溶接構造用（t≦40 mm)」に基づく

12.6 設計用地震力

浸水防止設備 TVF-1、TVF-2、TVF-3、TVF-4、TVF-5、TVF-6、TVF-7、TVF-8、TVF-9、TVF-10 の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の強度計算で用いる設計震度は、別添 6-1-3-3 「Ⅱ余震による地震応答解析」で得られた水平震度 0.5 を 1.2 倍した 0.6 を用いる。

12.7 計算方法

浸水防止扉(TVF-10)の強度評価における応力の計算方法を以下に示す。

(1) 扉板

扉板に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、等変分布荷重及び等分布荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、「土木学会　構造力学公式集」に基づき、次式により算定する。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 4, m = 1)$$

浸水防止扉(TVF-10)の扉板に生じる応力評価部位の番号を図 12-2-2 に、扉板に生じる応力の例を図 12-7-1 に示す。

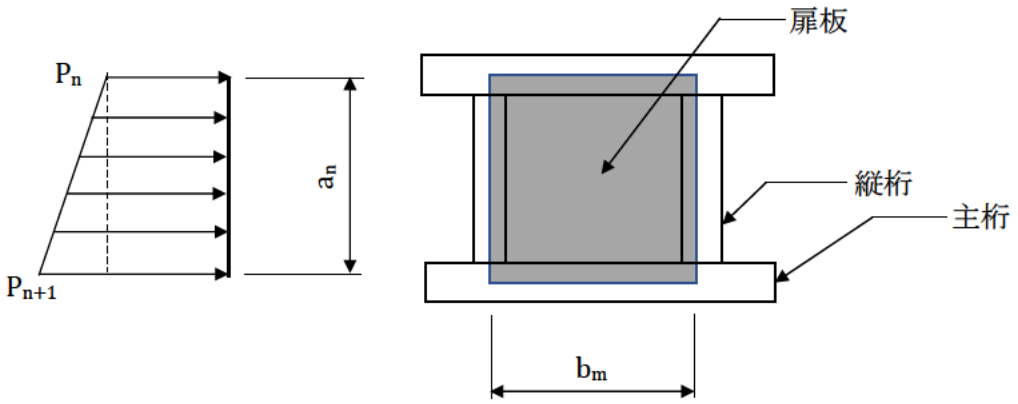


図 12-7-1 扉板に生じる応力の例

(2) 芯材

芯材に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、荷重を負担する芯材の取付方向（鉛直又は水平）に応じて「日本機械学会 機械工学便覧 基礎編 Ａ４ 材料力学」の「はり」の公式に基づき、それぞれ算定する。

a. 主桁

水平方向に取付く主桁については、扉に生じる荷重を算定し、次式により算定する。主桁に生じる荷重の例を図 12-7-2 に示す。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6} + \frac{(2P_4 + P_5) \cdot a_4}{6}$$

$$W_5 = \frac{(2P_5 + P_4) \cdot a_4}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{Xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{Wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{{\sigma_n}^2 + 3{\tau_n}^2}$$

$$\sigma_c = MAX(\sigma_{cn}) \qquad (n = 1 \sim 5)$$

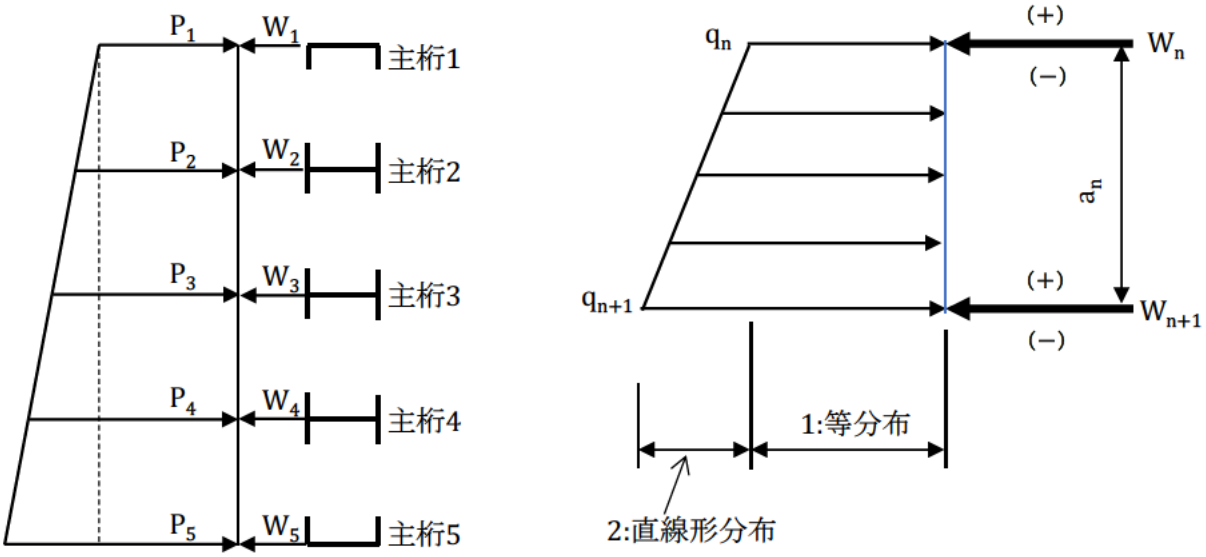


図 12-7-2 主桁に生じる荷重の例

b. 縦桁

鉛直方向に取付く縦桁については、荷重は各桁（中間縦桁及び端縦桁）に分担することとし、等分布荷重を受ける両端支持の単純梁として、次式により算定する。縦桁に生じる荷重の例を図 12-7-3 に示す。

$$M'_n = a_n{}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

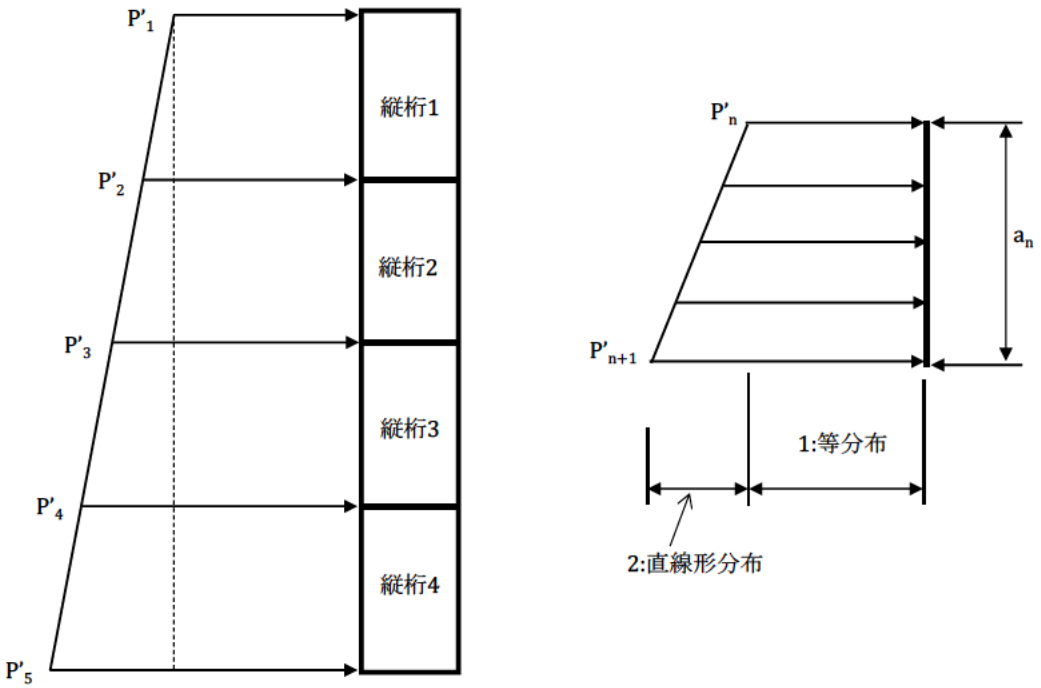
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{Xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000Q'_n}{A'_{Wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'_n{}^2 + 3\tau'_n{}^2}$$

$$\sigma'_c = MAX(\sigma'_{cn}) \qquad (n = 1 \sim 4)$$



（１：等分布成分がP_{bn}、２：直線形分布成分がP_{an}）

図 12-7-3 縦桁に生じる荷重の例

(3) 上部戸当たり（水平補剛材及び鉛直補剛材）

上部戸当たりに生じる荷重は、津波及び余震に伴う荷重を、鉛直補剛材に作用させ、水平補剛材及び鉛直補剛材のそれぞれが受け持つ荷重を算定する。

それぞれの補剛材が受け持つ荷重に対して、鉛直補剛材と壁面の接合部を固定した鉛直補剛材及び水平補剛材からなる片持ち梁として、それぞれの補剛材の部材力を算定する。

算定された部材力をもとに、それぞれの部材に生じる応力を算定する。上部戸当たりが受け持つ荷重、水平補剛材及び鉛直補剛材の部材力の例を図 12-7-4 に示す。

a. 上部戸当りが受持つ荷重

鉛直補剛材に作用する静水圧(P_0、P_1)

$$P_0 = \rho \cdot g \cdot h_0$$

$$W_0 = P_0 \cdot B_{g0}$$

b. 水平補剛材及び鉛直補剛材の部材力

鉛直補剛材

曲げモーメント

$$M_{11} = \frac{(2 \cdot W_1 + W_0) \cdot H_{g0}^2}{6}$$

せん断力

$$Q_{11} = \{W_0 + \frac{(W_1 - W_0)}{2}\} \cdot H_{g0}$$

水平補剛材

曲げモーメント

$$M_{12} = M_{11} + \frac{W_0 \cdot L_{g0}^2}{2}$$

せん断力

$$Q_{12} = W_0 \cdot L_{g0}$$

軸力

$$P_{12} = Q_{11}$$

c. 水平補剛材及び鉛直補剛材の応力

曲げ応力及びせん断応力は鉛直補剛材及び水平補剛材のリブ断面（4 か所）で評価する。

鉛直補剛材

$$\sigma_{b11} = \frac{1 \times 10^6 \cdot M_{11}}{6 \cdot Z_{X11}} \qquad \tau_{11} = \frac{1000 \cdot Q_{11}}{6 \cdot A_{W11}}$$

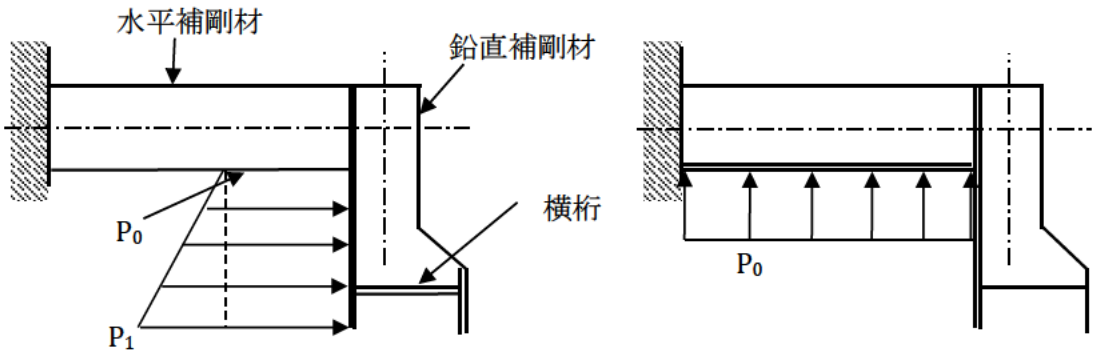
$$\sigma_{c11} = \sqrt{\sigma_{b11}^2 + 3\tau_{11}^2}$$

水平補剛材

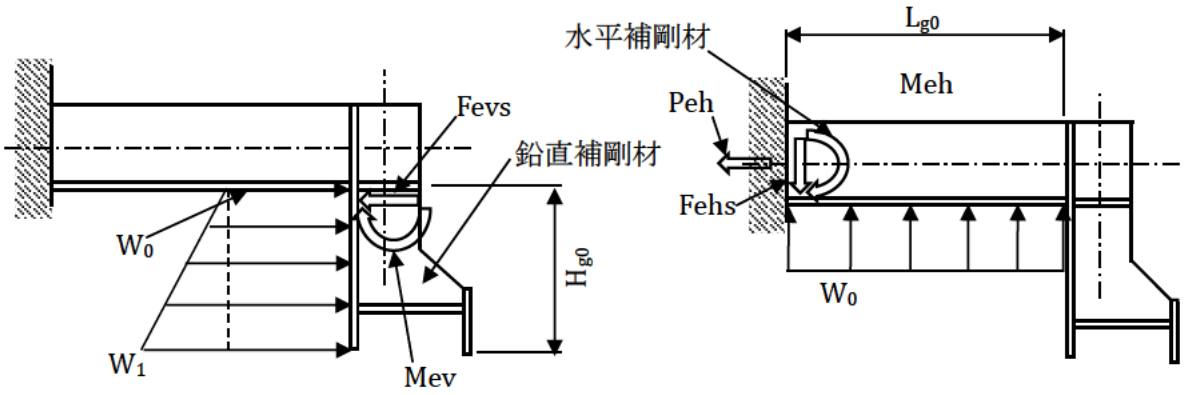
$$\sigma_{b12} = \frac{1 \times 10^6 \cdot M_{12}}{(4 \cdot Z_{X11} + 2 \cdot Z_{X12})} \qquad \sigma_{t12} = \frac{1000 \cdot P_{12}}{(4 \cdot A_{G11} + 2 \cdot A_{G12})}$$

$$\tau_{12} = \frac{1000 \cdot Q_{12}}{(4 \cdot A_{W11} + 2 \cdot A_{W12})}$$

$$\sigma_{c12} = \sqrt{(\sigma_{b12} + \sigma_{t12})^2 + 3\tau_{12}^2}$$



上部戸当り（水平補剛材及び鉛直補剛材）が受持つ荷重の例



水平補剛材及び鉛直補剛材の部材力

図 12-7-4 上部戸当りが受持つ荷重の例

12.8 計算条件

「12.7 計算方法」に用いる評価条件を表 12-8-1 に示す。

表 12-8-1 浸水防止扉（TVF-10）の強度評価に用いる条件(1/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	H_{X1}	m	水頭高さ（主桁 1）	11.430
	H_{X2}	m	水頭高さ（主桁 2）	11.963
	H_{X3}	m	水頭高さ（主桁 3）	12.508
	H_{X4}	m	水頭高さ（主桁 4）	13.053
	H_{X5}	m	水頭高さ（主桁 5）	13.403
	t	mm	扉板厚さ	12
	β_1	－	応力係数（等分布荷重成分）(n＝1)	0.3800
			応力係数（等分布荷重成分）(n＝2、3、4)	0.4100
	β_2	－	応力係数（直線分布荷重成分）(n＝1、4)	0.2300
			応力係数（直線分布荷重成分）(n＝2、3)	0.2500
	C_1	m	扉板の短辺側の長さ(n＝1～3)	0.430
			扉板の短辺側の長さ(n＝4)	0.350
	C_2	m	扉板の短辺側の長さ(n＝1～3)	0.430
			扉板の短辺側の長さ(n＝4)	0.350
	a_1	m	主桁ピッチ	0.533
	a_2	m	主桁ピッチ	0.545
	a_3	m	主桁ピッチ	0.545
	a_4	m	主桁ピッチ	0.350
	b_1	m	縦桁ピッチ	0.430

表 12-8-1 浸水防止扉（TVF-10）の強度評価に用いる条件(2/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	P_{h1}	kN/m^2	単位面積当たりの静水圧荷重(主桁 1)	115.5
	P_{h2}	kN/m^2	単位面積当たりの静水圧荷重(主桁 2)	120.8
	P_{h3}	kN/m^2	単位面積当たりの静水圧荷重(主桁 3)	126.3
	P_{h4}	kN/m^2	単位面積当たりの静水圧荷重(主桁 4)	131.8
	P_{h5}	kN/m^2	単位面積当たりの静水圧荷重(主桁 5)	135.4
	K_S	kN/m^2	単位面積当たりの余震荷重	1.734
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	117.2
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	122.5
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	128.0
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	133.5
	P_5	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 5)	137.1
	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	58.75
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	66.26
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	69.15
	$\sigma_{pa\,41}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 4、1）	47.27

表 12-8-1 浸水防止扉（TVF-10）の強度評価に用いる条件(3/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	L	m	主桁の長さ	1.720
	W_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1）	31.69
	W_2	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	66.03
	W_3	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 3）	69.73
	W_4	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 4）	59.43
	W_5	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 5）	23.77
	M_1	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	11.72
	M_2	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	24.42
	M_3	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	25.79
	M_4	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	21.98
	M_5	kN・m	主桁 5 に生じる曲げモーメント	8.79
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	27.25
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	56.79
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	59.97
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	51.11
	Q_5	kN	主桁 5 に生じるせん断力	20.44
	Z_{X1}	mm^3	断面係数（主桁 1）	160800
	Z_{X2}	mm^3	断面係数（主桁 2）	310600
	Z_{X3}	mm^3	断面係数（主桁 3）	310600
	Z_{X4}	mm^3	断面係数（主桁 4）	310600
	Z_{X5}	mm^3	断面係数（主桁 5）	160800

表 12-8-1 浸水防止扉（TVF-10）の強度評価に用いる条件(4/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（主桁）	A_{W1}	mm^2	せん断断面積（主桁 1）	1062
	A_{W2}	mm^2	せん断断面積（主桁 2）	1416
	A_{W3}	mm^2	せん断断面積（主桁 3）	1416
	A_{W4}	mm^2	せん断断面積（主桁 4）	1416
	A_{W5}	mm^2	せん断断面積（主桁 5）	1062
	σ_1	N/mm^2	主桁 1 の曲げ応力	72.89
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	78.62
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	83.03
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	70.77
	σ_5	N/mm^2	主桁 5 の曲げ応力	54.66
	τ_1	N/mm^2	縦桁 1 のせん断応力	25.66
	τ_2	N/mm^2	縦桁 2 のせん断応力	40.11
	τ_3	N/mm^2	縦桁 3 のせん断応力	42.35
	τ_4	N/mm^2	縦桁 4 のせん断応力	36.09
	τ_5	N/mm^2	縦桁 5 のせん断応力	19.25
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	85.37
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	104.9
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	110.8
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	94.43
	σ_{c5}	N/mm^2	主桁 5 の組合せ応力	64.03

表 12-8-1 浸水防止扉（TVF-10）の強度評価に用いる条件(5/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	B	m	受圧幅	0.430
	P'_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1 の位置）	50.40
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	52.68
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	55.04
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	57.41
	P'_5	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 5 の位置）	58.95
	P_{a1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 1）	2.28
	P_{a2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 2）	2.36
	P_{a3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 3）	2.37
	P_{a4}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁 4）	1.54
	P_{b1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 1）	50.40
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	52.68
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	55.04
	P_{b4}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 4）	57.41

表 12-8-1 浸水防止扉（TVF-10）の強度評価に用いる条件(6/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	1.831
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	2.001
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	2.089
	M'_4	kN・m	縦桁 4 に生じる曲げモーメント	0.891
	Q'_1	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	13.84
	Q'_2	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	14.78
	Q'_3	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	15.43
	Q'_4	kN・m	縦桁 4 に生じるせん断力	10.23
	Z'_{X1}	mm^3	断面係数（縦桁 1）	48930
	Z'_{X2}	mm^3	断面係数（縦桁 2）	48930
	Z'_{X3}	mm^3	断面係数（縦桁 3）	48930
	Z'_{X4}	mm^3	断面係数（縦桁 4）	48930
	A'_{W1}	mm^2	せん断断面積（縦桁 1）	1242
	A'_{W2}	mm^2	せん断断面積（縦桁 2）	1242
	A'_{W3}	mm^2	せん断断面積（縦桁 3）	1242
	A'_{W4}	mm^2	せん断断面積（縦桁 4）	1242
	σ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じる曲げ応力	37.42
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	40.90
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	42.69
	σ'_4	N/mm^2	縦桁 4 に生じる曲げ応力	18.21

表 12-8-1 浸水防止扉（TVF-10）の強度評価に用いる条件(7/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材（縦桁）	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	11.14
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	11.90
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	12.42
	τ'_4	N/mm^2	縦桁 4 に生じるせん断応力	8.237
	σ'_{c1}	N/mm^2	縦桁 1 に生じる組合せ応力	42.11
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	45.80
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	47.81
	σ'_{c4}	N/mm^2	縦桁 4 に生じる組合せ応力	23.13

表 12-8-1 浸水防止扉（TVF-10）の強度評価に用いる条件(9/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
上部戸当り（水平補剛材・鉛直補剛材）	h_0	m	水頭高さ（鉛直補剛材）	11.255
	P_0	kN/m^2	鉛直補剛材に作用する静水圧	113.7
	B_{g0}	m	戸当り受圧幅	1.536
	P_1	kN/m^2	主桁 1 に作用する荷重	117.2
	W_0	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（鉛直補剛材）	174.6
	W_{11}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（鉛直補剛材：主桁 1 の位置）	180.0
	H_{g0}	m	戸当り受圧高	0.225
	M_{11}	kN・m	鉛直補剛材の曲げモーメント	4.51
	Q_{11}	kN	鉛直補剛材のせん断力	39.89
	L_{g0}	m	戸当り奥行長さ	0.39
	M_{12}	kN・m	水平補剛材の曲げモーメント	17.79
	Q_{12}	kN	水平補剛材のせん断力	68.09
	P_{12}	kN	水平補剛材の軸力	39.89
	Z_{X11}	mm^3	断面係数（鉛直補剛材）	8438
	Z_{X12}	mm^3	断面係数（水平補剛材）	43350
	A_{W11}	mm^2	せん断断面積（鉛直補剛材）	675
	A_{W12}	mm^2	せん断断面積（水平補剛材）	1530
	A_{G11}	mm^2	断面積（鉛直補剛材）	675
	A_{G12}	mm^2	断面積（水平補剛材）	1530

表 12-8-1 浸水防止扉（TVF-10）の強度評価に用いる条件(10/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
上部戸当り	σ_{b11}	N/mm^2	鉛直補剛材の曲げ応力	89.10
	τ_{11}	N/mm^2	鉛直補剛材のせん断応力	9.85
	σ_{c11}	N/mm^2	鉛直補剛材の組合せ応力	90.72
	σ_{b12}	N/mm^2	水平補剛材の曲げ応力	147.69
	σ_{t12}	N/mm^2	水平補剛材の軸応力	6.93
	τ_{12}	N/mm^2	水平補剛材のせん断応力	11.82
	σ_{c12}	N/mm^2	水平補剛材の組合せ応力	156.00

12.9 評価結果

浸水防止扉（TVF-10）の強度評価結果を表 12-9-1 に示す。浸水防止扉（TVF-10）の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、浸水防止扉（TVF-10）が構造強度を有することを確認した。

表 12-9-1 浸水防止扉（TVF-10）の強度評価結果

名称	評価部位	① 発生応力 [N/mm²]	② 許容応力 [N/mm²]	①/② 検定比
浸水防止扉 TVF-10	扉板	70	235	0.30
	主桁	111	235	0.48
	縦桁	48	235	0.21
	戸当り横桁	156	235	0.67

２．申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定若しくは同法第 44 条の 4 第 1 項の許可を受けたところ又は同条第 2 項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律附則第5条第6項において読み替えて準用する同法第4条第1項の規定に基づき、独立行政法人日本原子力研究開発機構法（平成16年法律第155号）附則第18条第1項により、指定があったものとみなされた再処理事業指定申請書について、令和2年4月22日付け令02原機（再）007により届出を行っているところによる。

（別冊１－３６）

再処理施設に関する設計及び工事の計画

（プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場における
事故対処設備の設置工事）

その他再処理設備の附属施設（その２０）
その他の主要な事項

目　　次

頁

１．　変更の概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

２．　準拠すべき法令、基準及び規格　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2

３．　設計の基本方針　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3

４．　設計条件及び仕様　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・4

５．　工事の方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・8

６．　工事の工程　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・14

別　図　一　覧

別図-1　　PCDF 管理棟駐車場の配置及び申請範囲

別図-2-1　地下式貯油槽躯体　平面図

別図-2-2　地下式貯油槽躯体　伏図（基礎底版、壁）

別図-2-3　地下式貯油槽躯体　伏図（頂版）

別図-2-4　地下式貯油槽躯体　断面図

別図-2-5　地下式貯油槽躯体　断面リスト（壁）

別図-2-6　地下式貯油槽躯体　断面リスト（基礎底版、頂版）

別図-2-7　地下式貯油槽躯体設置工事フロー図

別図-3-1　地下式貯油槽　構造図

別図-3-2　地下式貯油槽設置工事フロー図

別図-4-1　接続端子盤　構造図

別図-4-2　接続端子盤設置工事フロー図

表　一　覧

表-1-1　設計条件

表-1-2　設計仕様

表-1-3　鉄筋の種類

表-1-4　鉄筋の定着及び継手の長さ

表-1-5　鉄筋と型枠とのかぶり厚さ

表-1-6　型枠の寸法許容差

表-1-7　コンクリートの強度表

表-2-1　設計条件

表-2-2　設計仕様

表-2-3　外形寸法の許容差

表-3-1　設計条件

表-3-2　設計仕様

表-4　　PCDF 管理棟駐車場における事故対処設備の設置に係る工事工程表

１．変更の概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項に基づき、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和 32 年法律第 166 号）第 44 条第 1 項の指定があったものとみなされた再処理施設について、平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受け、令和 3 年 6 月 30 日付け原規規発第 21063018 号をもって変更の認可を受けた核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画について、変更認可の申請を行う。

事故対処設備は、廃止措置計画用設計津波により浸水しない高台にあるプルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場（以下「PCDF 管理棟駐車場」という。）及び南東地区に保管することを定めている。

PCDF 管理棟駐車場の地盤については、地盤改良を行い廃止措置計画用設計地震動（以下「設計地震動」という。）に耐え得るものとして整備する（令和 3 年 6 月 29 日（令 03 原機（再）009）にて申請）。

今回、事故対処設備である地下式貯油槽及び接続端子盤並びに地下式貯油槽躯体を PCDF 管理棟駐車場に設置する。

２．準拠すべき法令、基準及び規格

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（昭和 32 年法律第 166 号）

「再処理施設の技術基準に関する規則」（令和 2 年原子力規制委員会規則第 9 号）

「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」

（平成 25 年原子力規制委員会規則第 27 号）

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」

（平成 25 年原子力規制委員会規則第 5 号）

「消防法」（昭和 23 年法律第 186 号）

「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601）」（日本電気協会）

「原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601）」（日本電気協会）

「発電用原子力設備規格（JSME）」（日本機械学会）

「日本産業規格（JIS）」

「日本電機工業会標準規格(JEM)」（日本電機工業会）

「電気規格調査会標準規格(JEC)」（電気学会）

「道路橋示方書・同解説」（日本道路協会）

「道路土工」（日本道路協会）

「コンクリート標準示方書」（土木学会）

「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震設計に関する安全性照査マニュアル」

（土木学会 原子力土木委員会）

「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル」

（土木学会 原子力土木委員会）

「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針〈照査例〉」

（土木学会 原子力土木委員会）

「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（原子力規制委員会）

「建築物荷重指針・同解説」（日本建築学会）

３．設計の基本方針

PCDF 管理棟駐車場に設置(別図-1 参照)する地下式貯油槽躯体、地下式貯油槽は、設計地震動によりそれらの機能が失われないように設置する。また、接続端子盤は、設計地震動及び廃止措置計画用設計竜巻（以下「設計竜巻」という。）によりそれらの機能が失われないように設置する。

４．設計条件及び仕様

4.1　地下式貯油槽躯体

(1) 設計条件

表-1-1　設計条件

名　　称	地下式貯油槽躯体
耐震重要度分類	―※ ※設計地震動に対して地下式貯油槽の躯体としての機能が損なわれないもの。
構　　造	鉄筋コンクリート造

(2) 仕様

地下式貯油槽躯体の設置のため、以下に基づき施工を行う。

表-1-2　設計仕様

項　　目	仕　　様
地下式貯油槽躯体	鉄筋　　：SD345（JIS G 3112） コンクリート　：普通コンクリート（JIS A 5308）
図	別図-1、別図-2-1～別図-2-7

表-1-3　鉄筋の種類

部材	材料	備考
鉄筋	SD345(D19,D22,D25)	JIS G 3112

表-1-4　鉄筋の定着及び継手の長さ

鉄筋の種類	定着及び継手の長さ	備考
SD345	32d	道路橋示方書

表-1-5　鉄筋と型枠とのかぶり厚さ

部位	かぶり厚さ（mm）	備考
地中部	70	道路土工

表-1-6　型枠の寸法許容差

項目	許容差（mm）	備考
基礎底版・頂版・壁の断面寸法	0～＋50	コンクリート標準示方書

表-1-7　コンクリートの強度表

項目	設計基準強度（N/mm^2）	備考
普通コンクリート	24	コンクリート標準示方書

4.2　地下式貯油槽

(1) 設計条件

表-2-1　設計条件

名　　称	地下式貯油槽
耐震重要度分類	―※ ※設計地震動に対して燃料を保管する容器としての機能が損なわれないもの。
構　　造	鋼製横置円筒形

(2) 仕様

地下式貯油槽の設置のため、以下に基づき施工を行う。

表-2-2　設計仕様

項　　目	仕　　様
地下式貯油槽	胴板　　：SUS304 相当 脚　　：SUS304 相当 内径：2,400 mm×全長（内寸）：10,136 mm、板厚：16 mm ボルト：M30×8 本/箇所×5 箇所(SUS316 相当)
図	別図-1、別図-3-1～別図-3-2

表-2-3　外形寸法の許容差

項　　目	許容差（mm）	備考
内径	－24～＋24	JSME
全長（内寸）	－100～＋100	JIS B 0401

4.3　接続端子盤

(1) 設計条件

表-3-1　設計条件

名　　称	接続端子盤
耐震重要度分類	―※ ※設計地震動に対して給電ケーブルを接続する盤としての機能が損なわれないもの。
構　　造	自立盤

(2) 仕様

接続端子盤の設置のため、以下に基づき施工を行う。

表-3-2　設計仕様

項　　目	仕　　様
接続端子盤	自立盤　鋼製(SS400) 概略寸法：約 2,400 mm×約 1,060 mm×約 2,000 mm ボルト：M16×16 本(SS400)
ケーブル	高放射性廃液貯蔵場（HAW） 架橋ポリエチレン絶縁難燃性ビニルシースケーブル （JIS C 3605） 本数：3 本
	ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟 架橋ポリエチレン絶縁難燃性ビニルシースケーブル （JIS C 3605） 本数：8 本
図	別図-1、別図-4-1～別図-4-2

５．工事の方法

5.1　地下式貯油槽躯体

(1)　工事の方法及び手順

本工事のフローを別図-2-7 に示す。また、本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む)、検査方法及び判定基準を以下に示す。

① 地耐力検査

方法：支持地盤面（礫混じり砂質土あるいは礫質土）について平板載荷試験を行い、地耐力を確認する。

判定：地耐力が極限支持力度（150 kN/m^2）以上であること。

② 材料検査

方法：鉄筋の材料を材料証明書等により確認する。

判定：鉄筋が表-1-3 に示す材料であること。

③ 構造検査１（配筋検査）

方法：イ．鉄筋の径（呼び径）を目視により確認する。

ロ．鉄筋の間隔を測定又は目視により確認する。

ハ．鉄筋の定着長さ及び継手長さを測定又は目視により確認する。

ニ．鉄筋と型枠とのかぶり厚さを測定又は目視により確認する。

判定：イ．鉄筋が別図-2-5 及び別図-2-6 に示す径（呼び径）であること。

ロ．鉄筋が別図-2-5 及び別図-2-6 に示す間隔であること。

ハ．鉄筋の定着長さ及び継手長さが表-1-4 に示す長さ以上であること。

ニ．鉄筋と型枠とのかぶり厚さが表-1-5 に示す厚さ以上であること。

④ 構造検査２（型枠検査）

方法：型枠の寸法を測定により確認する。

判定：型枠が表-1-6 に示す寸法許容差の範囲内であること。

⑤ 強度検査

方法：コンクリートの強度を圧縮強度試験により確認する。

判定：普通コンクリートの圧縮強度の平均値が表-1-7 に示す設計基準強度以上であり、かつ個々の値が表-1-7 に示す設計基準強度の 85%以上であること。

⑥　外観検査１（外観検査）

方法：地下式貯油槽躯体の表面を目視により確認する。

判定：地下式貯油槽躯体の表面に有害な傷、へこみ等がないこと。

⑦　外観検査２（配置検査）

方法：地下式貯油槽躯体の配置を目視により確認する。

判定：地下式貯油槽躯体が別図-1 に示す位置に配置されていること。

(2)　工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事においては、作業手順、装備、連絡体制等について十分に検討した上で、作業を実施する。

③ 本工事においては、ヘルメット、保護手袋等の保護具を作業の内容に応じて着用し、災害防止に努める。

④ 本工事における火気作業時は、近傍の可燃物を除去した上で実施する。ただし、可燃物を除去できない場合は、不燃シートによる作業場所の養生等を行い、火災を防止する。

⑤ 本工事における高所作業時は、資機材の落下防止とともに、墜落制止用器具等の保護具を着用し、災害防止に努める。

⑥ 本工事における掘削作業時は、既設埋設物及び既設構造物を図面及び現地にて確認した上で、既設埋設物及び既設構造物に応じた適切な保護対策を行うなど、既設埋設物及び既設構造物の損傷防止に努める。

⑦ 本工事においては、PCDF 管理棟駐車場周辺において作業を行う。このため、これら施設周辺で行う別工事との干渉が発生しないように調整し、工事を進める。

5.2　地下式貯油槽

(1)　工事の方法及び手順

本工事のフローを別図-3-2 に示す。また、本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む)、検査方法及び判定基準を以下に示す。なお、地下タンク貯蔵所等の消防設備は消防法に基づき設置する。

① 材料検査

方法：地下式貯油槽の主要部材、据付ボルトの材料について、材料証明書等により確認する。

判定：材料証明書等の記載内容が表-2-2 に示す材料（材質・化学成分・機械的性質）であること。

② 耐圧（漏えい）検査

方法：試験水頭は設計上の最高液位レベルまで水を満たした状態で 30 分以上保持し、目視により変形の程度及び溶接部からの漏れの有無を確認する。

判定：試験圧力に耐え、著しい変形及び溶接部からの漏れがないこと。

③ 外観検査

方法：地下式貯油槽の外観を目視により確認する。

判定：地下式貯油槽に有害な傷、変形、破損等がないこと。

④ 寸法検査

方法：地下式貯油槽の内径、全長（内寸）を測定により確認する。

判定：地下式貯油槽の内径、全長（内寸）が表-2-3 に示す許容差の範囲内であること。

⑤ 据付検査

方法：地下式貯油槽の据付ボルトの外径、本数を確認する。

判定：地下式貯油槽の据付ボルトが表-2-2 に示す外径、本数であること。

(2)　工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事においては、作業手順、装備、連絡体制等について十分に検討した上で、作業を実施する。

③　本工事においては、ヘルメット、保護手袋等の保護具を作業の内容に応じて着用し、災害防止に努める。

④　本工事における火気作業時は、近傍の可燃物を除去した上で実施する。ただし、可燃物を除去できない場合は、不燃シートによる作業場所の養生等を行い、火災を防止する。

⑤　本工事における高所作業時は、資機材の落下防止とともに、墜落制止用器具等の保護具を着用し、災害防止に努める。

⑥　本工事においては、PCDF 管理棟駐車場周辺において作業を行う。このため、これら施設周辺で行う別工事との干渉が発生しないように調整し、工事を進める。

5.3　接続端子盤

(1)　工事の方法及び手順

本工事のフローを別図-4-2 に示す。本工事で設置する接続端子盤は、工場で製作し、現地に搬入、設置する。高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に電源を供給するケーブルは、地中埋設管等に収納し敷設する。本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む)、検査方法及び判定基準を以下に示す。

①　材料検査

方法：接続端子盤の主要部材、据付ボルトの材料について、材料証明書等により確認する。

判定：材料証明書等の記載内容が表-3-2 に示す材料（材質・化学成分・機械的性質）であること。

②　外観検査

方法：接続端子盤の外観を目視により確認する。

判定：接続端子盤に有害な傷、変形、破損等がないこと。

③　据付検査

方法：接続端子盤の据付ボルトの外径、本数を確認する。

判定：接続端子盤の据付ボルトが表-3-2 に示す外径、本数であること。

④　絶縁抵抗検査

方法：動力分電盤から負荷設備までのケーブルに対し、500 V の電圧を印加した時の絶縁抵抗を絶縁抵抗計で測定する。

判定：絶縁抵抗値が 1 MΩ 以上であること。

⑤　接続・導通検査

方法：ケーブルの接続に緩みがないことを確認する。

ケーブルの導通があることをテスターにより確認する。

判定：接続に緩みがないこと。

導通があること。

(2)　工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事においては、作業手順、装備、連絡体制等について十分に検討した上で、作業を実施する。

③ 本工事においては、ヘルメット、保護手袋等の保護具を作業の内容に応じて着用し、災害防止に努める。

④ 本工事における火気作業時は、近傍の可燃物を除去した上で実施する。ただし、可燃物を除去できない場合は、不燃シートによる作業場所の養生等を行い、火災を防止する。

⑤ 本工事においては、PCDF 管理棟駐車場周辺において作業を行う。このため、これら施設周辺で行う別工事との干渉が発生しないように調整し、工事を進める。

６．工事の工程

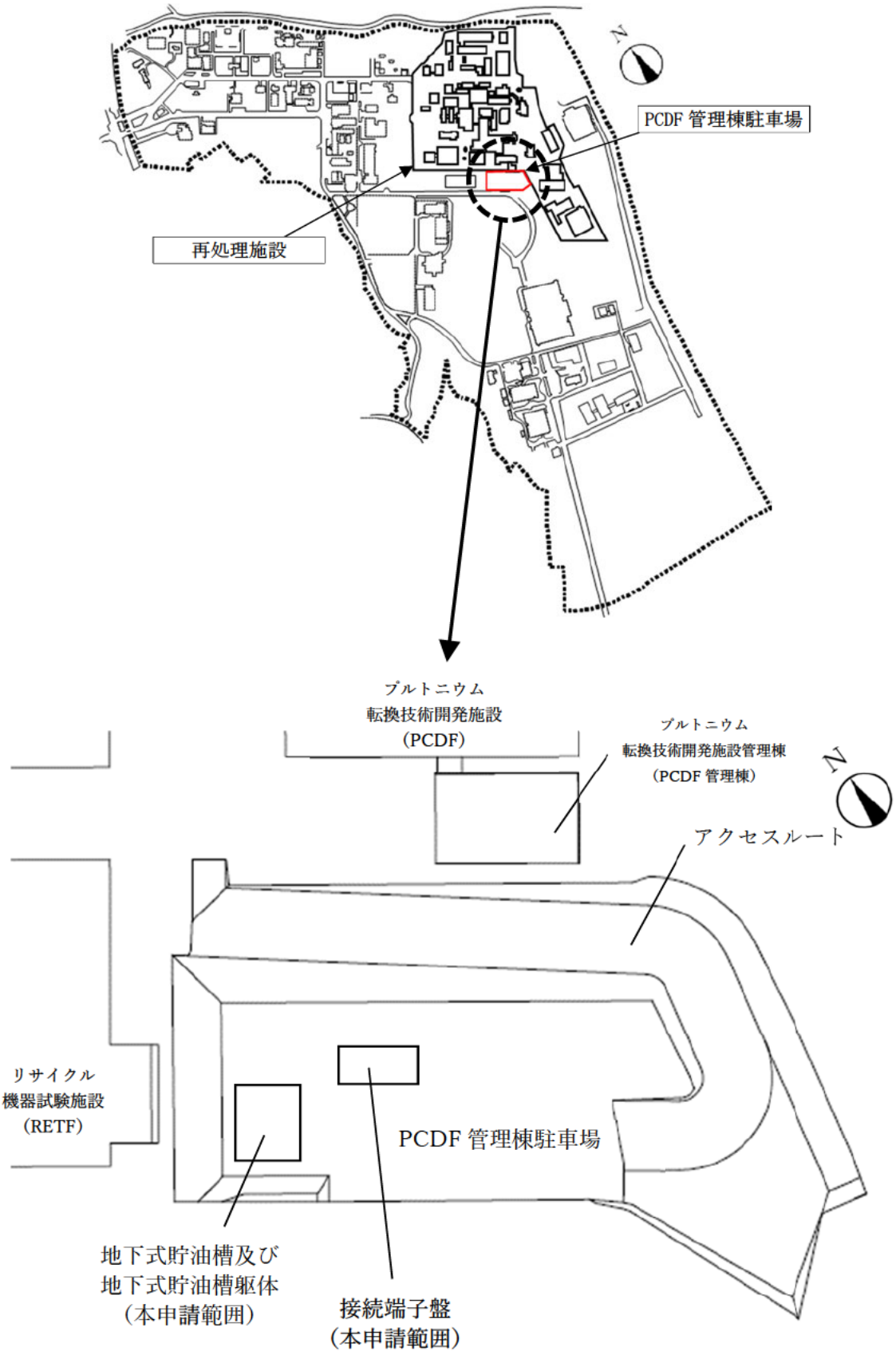
本申請に係る工事の工程を表-4 に示す。

表-4　PCDF 管理棟駐車場における事故対処設備の設置に係る工事工程表

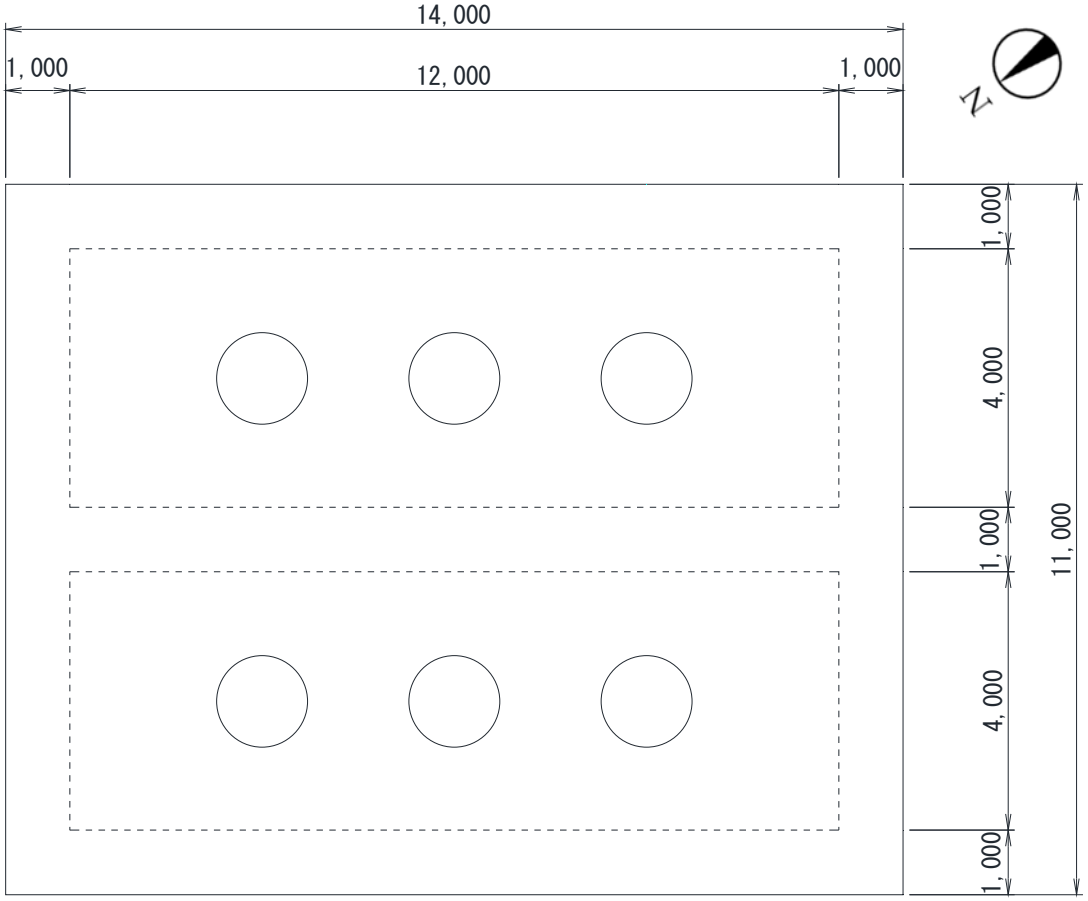
	令和 4 年度				令和 5 年度			
PCDF 管理棟駐車場における事故対処設備の設置工事		工事						

※安全対策工事の進捗等により工程は見直す場合がある。

（別図）

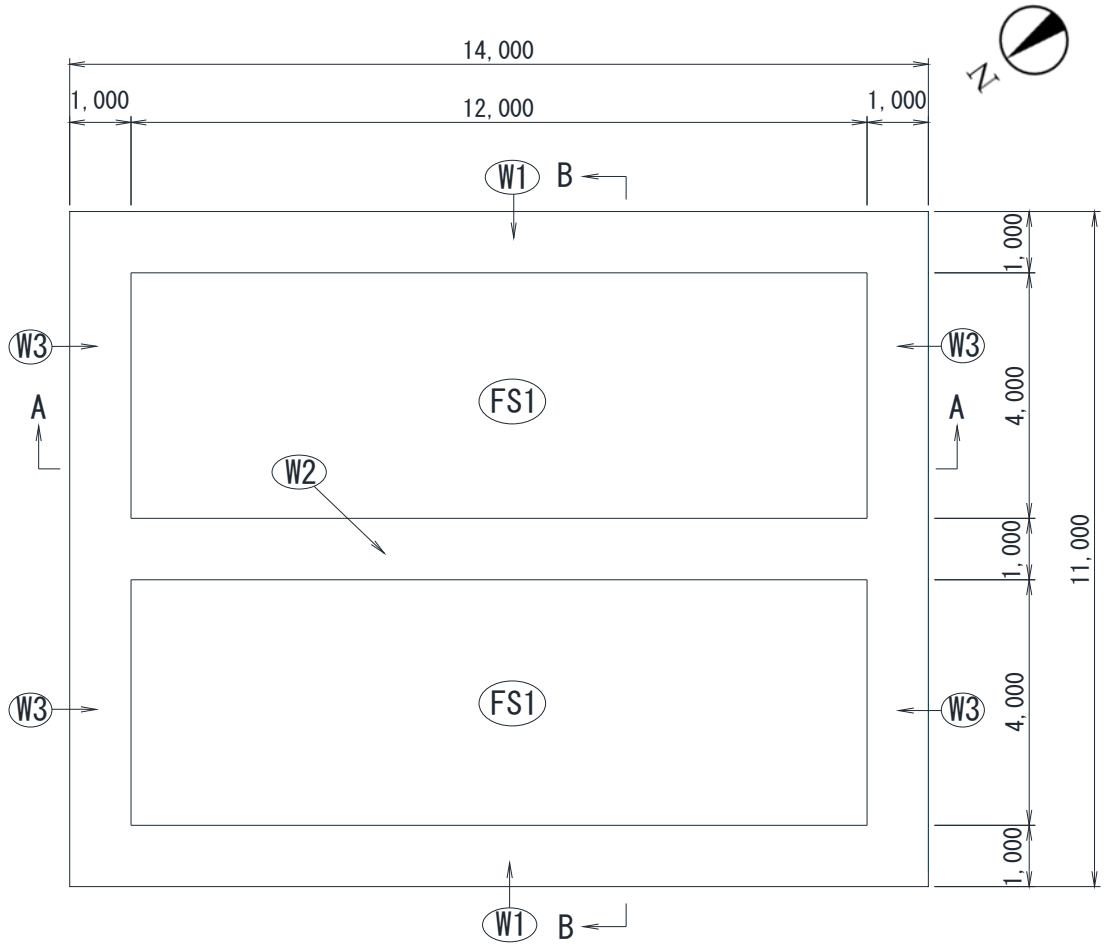


別図-1　PCDF 管理棟駐車場の配置及び申請範囲



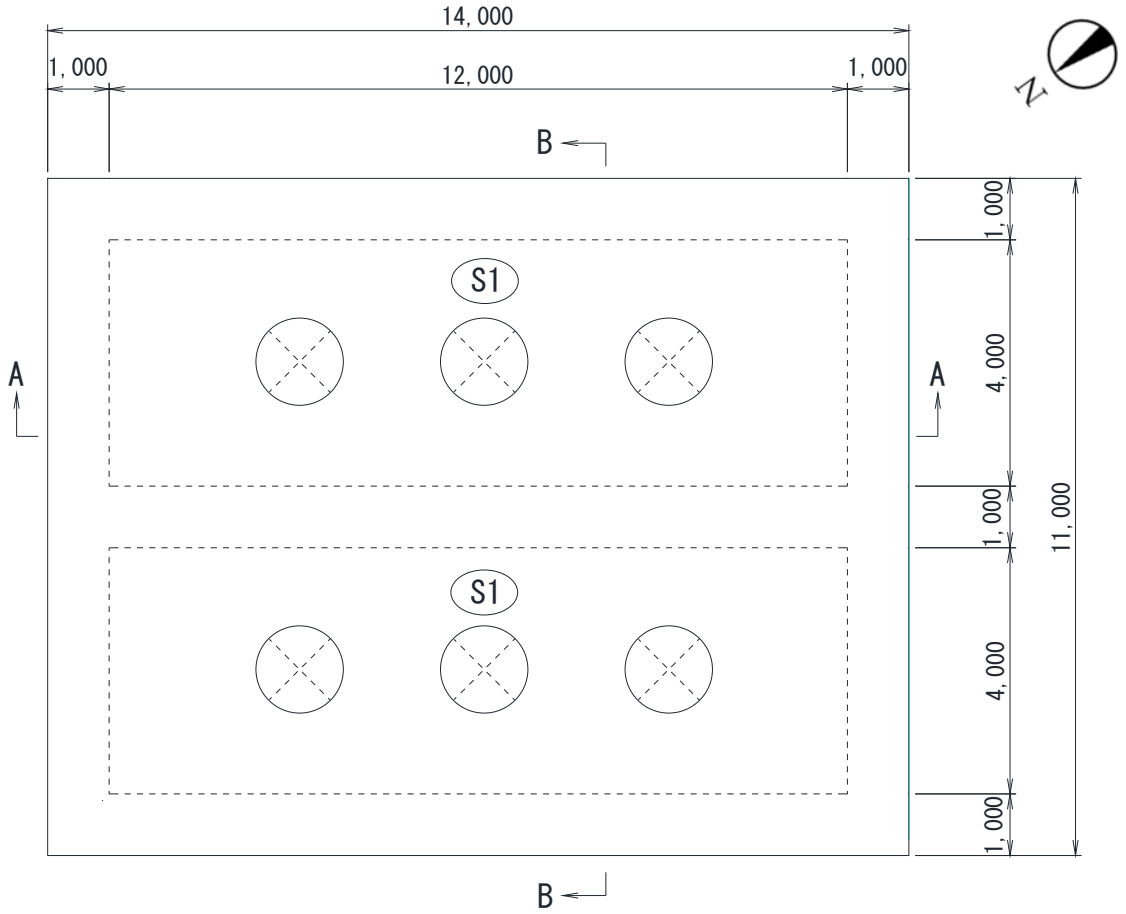
（単位：mm）

別図-2-1　地下式貯油槽躯体 平面図



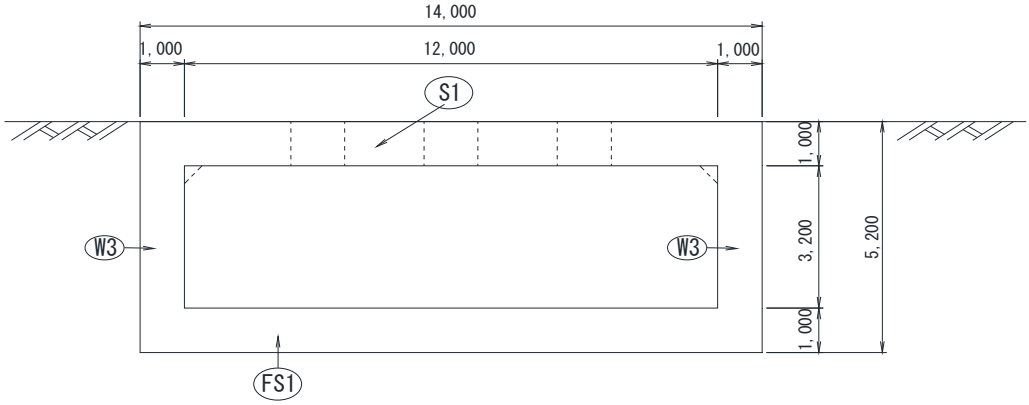
（単位：mm）

別図-2-2　地下式貯油槽躯体 伏図(基礎底版、壁)

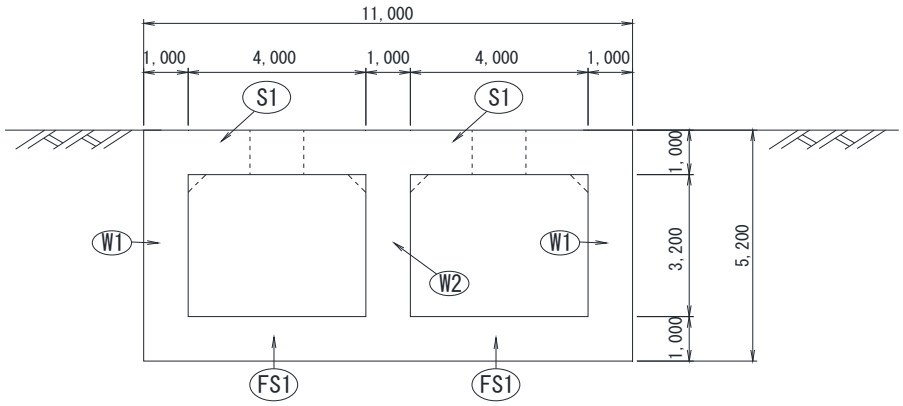


（単位：mm）

別図-2-3　地下式貯油槽躯体 伏図(頂版)



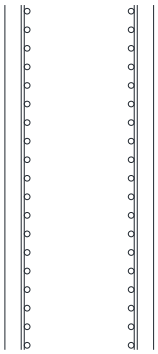
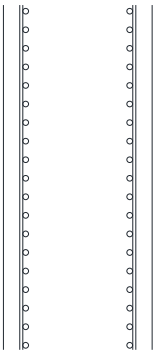
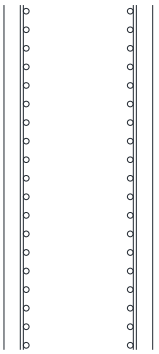
（Ａ－Ａ断面）



（Ｂ－Ｂ断面）

（単位：mm）

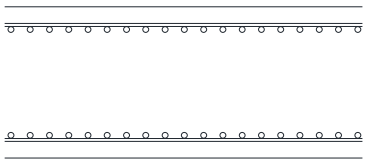
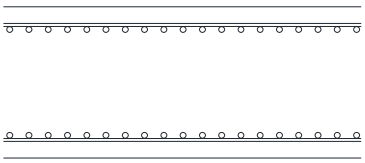
別図-2-4　地下式貯油槽躯体 断面図

符号	Ｗ１	Ｗ２	Ｗ３
断面			
厚さ	1,000	1,000	1,000
縦筋	D19@125	D25@125	D19@125
横筋	D19@125	D19@125	D19@125

注：表示寸法は構造躯体寸法を示す。

（単位：mm）

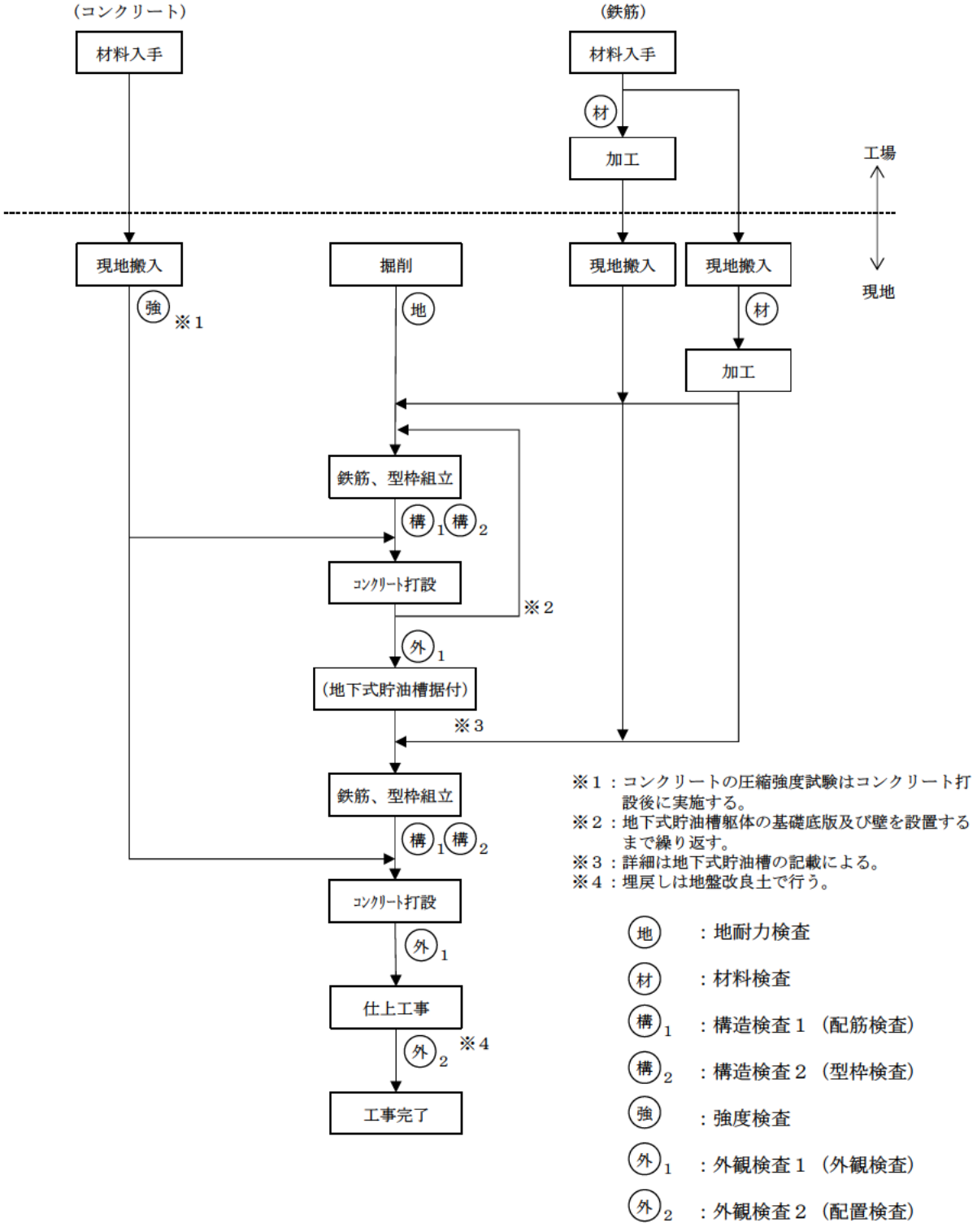
別図-2-5　地下式貯油槽躯体 断面リスト(壁)

符号		ＦＳ１	Ｓ１
断面			
厚さ		1,000	1,000
短辺方向	上端筋	D19@125	D19@125
	下端筋	D22@125	D19@125
長辺方向	上端筋	D19@125	D19@125
	下端筋	D19@125	D19@125

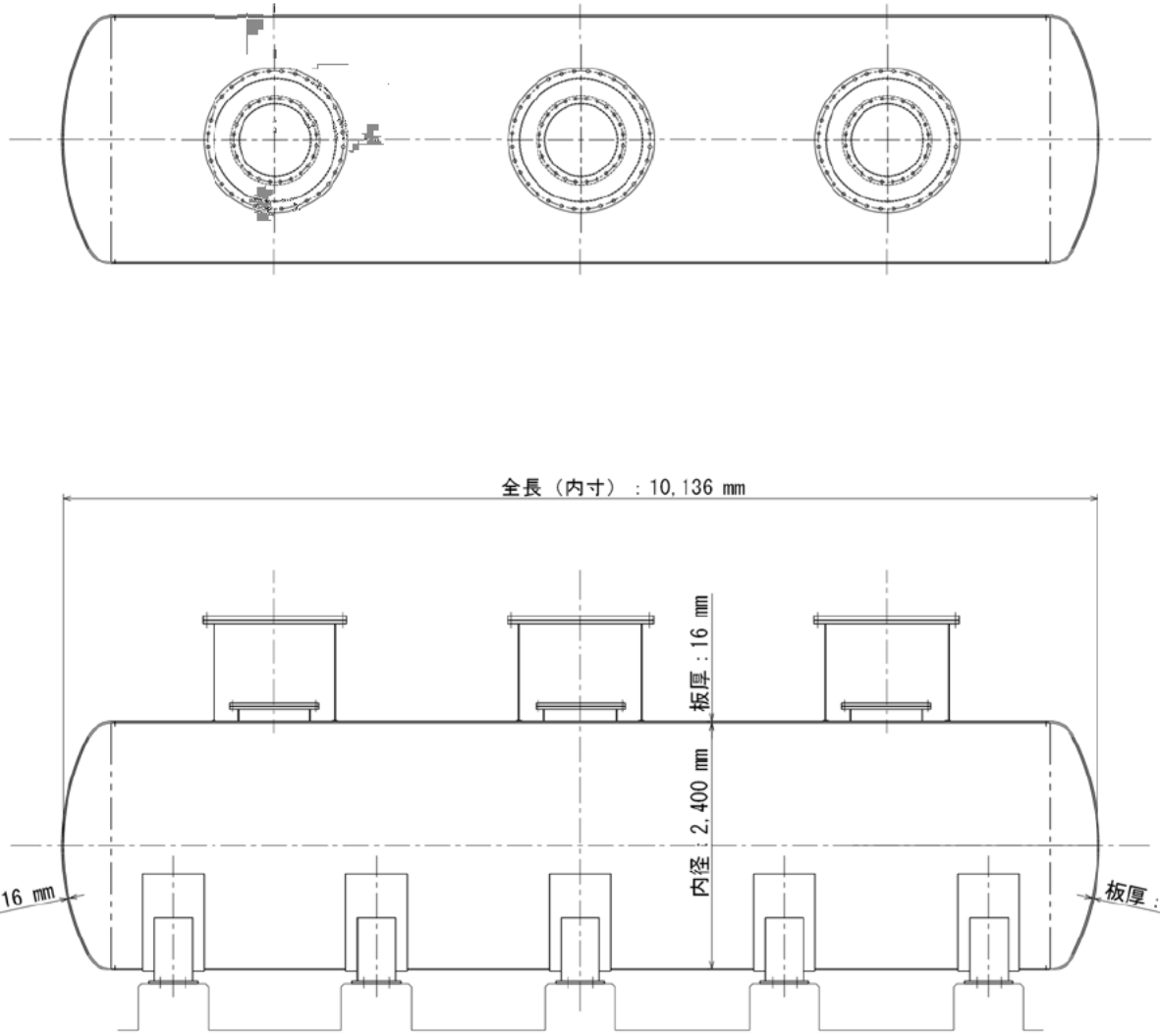
注：表示寸法は構造躯体寸法を示す。

（単位：mm）

別図-2-6　地下式貯油槽躯体 断面リスト(基礎底版、頂版)

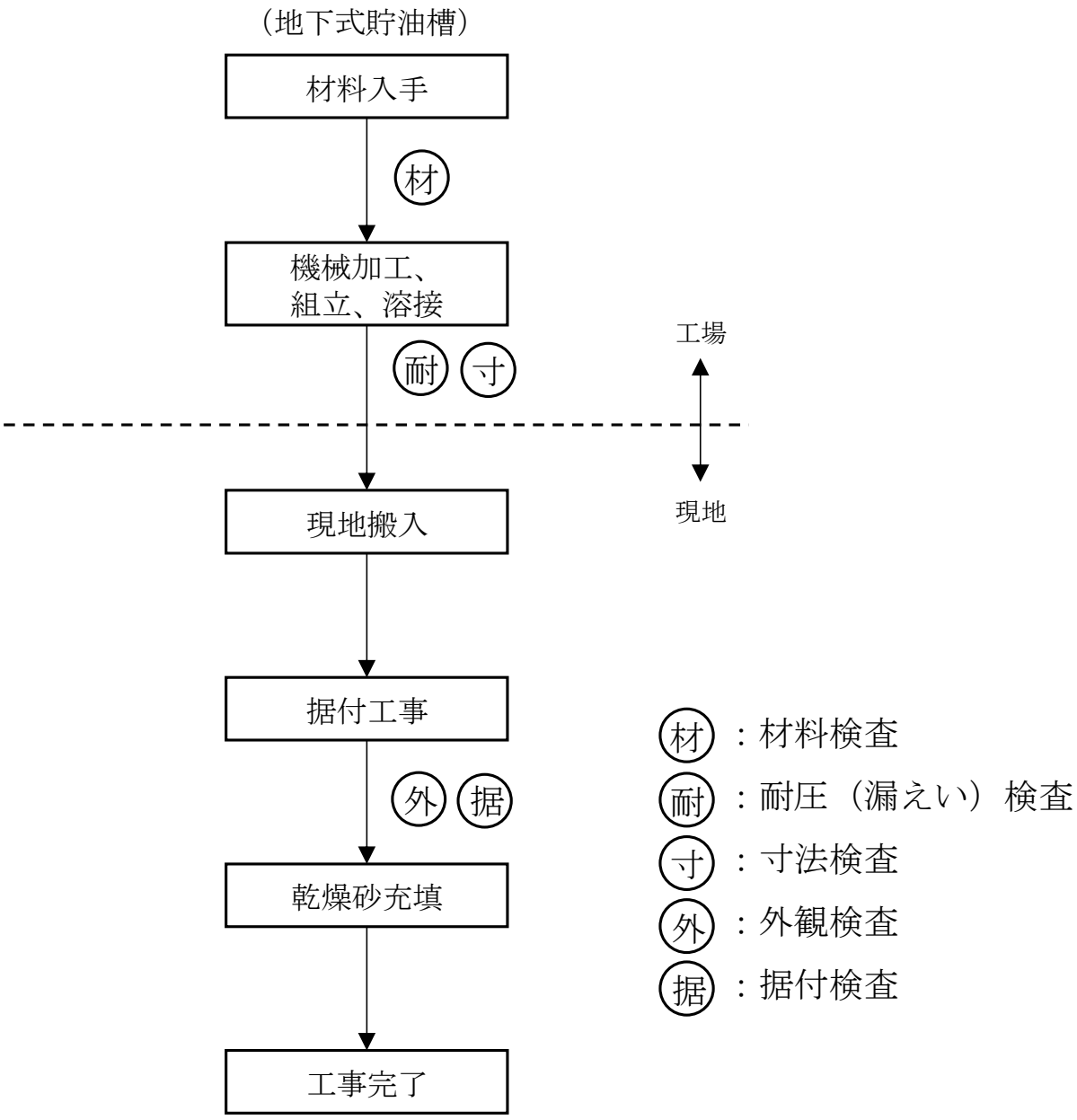


別図-2-7　地下式貯油槽躯体設置工事フロー図

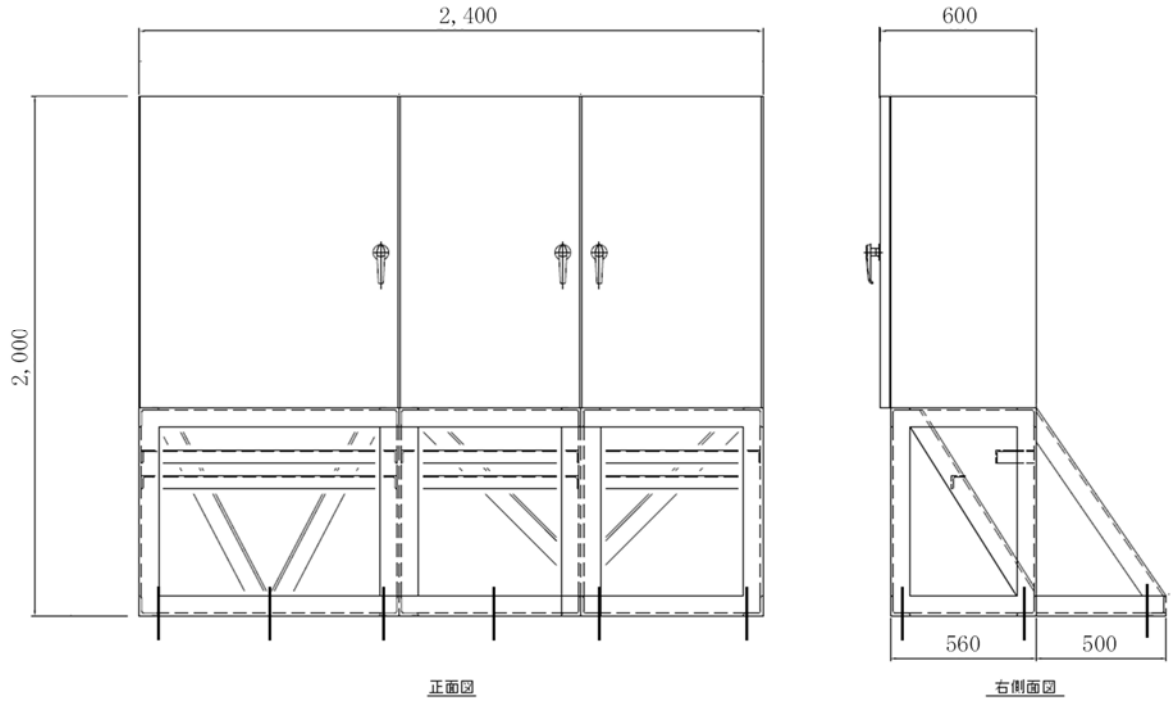


・基数：2 基
・全容量：44 m^3
・実容量：40 m^3

別図-3-1　地下式貯油槽　構造図



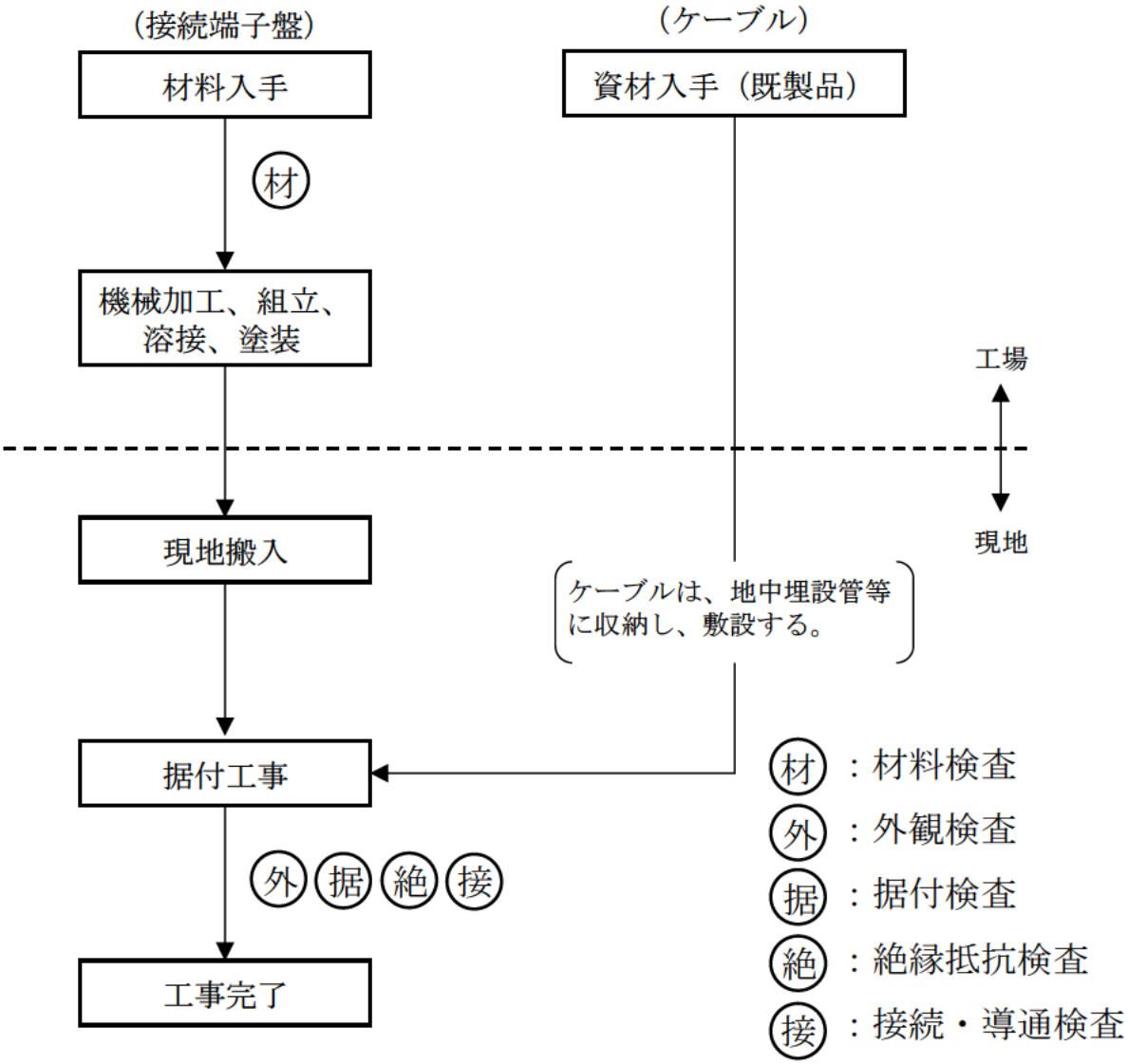
別図-3-2　地下式貯油槽設置工事フロー図



（単位：mm）

名称	接続端子盤
主要材料	SS400
鋼板	3.2t
据付ボルト	M16×16本

別図-4-1　接続端子盤　構造図



別図-4-2　接続端子盤設置工事フロー図

添　付　書　類

１．申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

２．申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定若しくは同法第 44 条の 4 第 1 項の許可を受けたところ又は同条第 2 項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

１．申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

本申請に係る「再処理施設に関する設計及び工事の計画」は以下に示すとおり「再処理施設の技術基準に関する規則」に掲げる技術上の基準に適合している。

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第一条	定義	－	－	－
第二条	特殊な設計による再処理施設	無	－	－
第三条	廃止措置中の再処理施設の維持	無	－	－
第四条	核燃料物質の臨界防止	無	－	－
第五条	安全機能を有する施設の地盤	無	－	－
第六条	地震による損傷の防止	無	－	－
第七条	津波による損傷の防止	無	－	－
第八条	外部からの衝撃による損傷の防止	無	－	－
第九条	再処理施設への人の不法な侵入等の防止	無	－	－
第十条	閉じ込めの機能	無	－	－
第十一条	火災等による損傷の防止	無	－	－
第十二条	再処理施設内における溢水による損傷の防止	無	－	－
第十三条	再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止	無	－	－
第十四条	安全避難通路等	無	－	－
第十五条	安全上重要な施設	無	－	－
第十六条	安全機能を有する施設	無	－	－
第十七条	材料及び構造	無	－	－
第十八条	搬送設備	無	－	－
第十九条	使用済燃料の貯蔵施設等	無	－	－
第二十条	計測制御系統施設	無	－	－
第二十一条	放射線管理施設	無	－	－
第二十二条	安全保護回路	無	－	－

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第二十三条	制御室等	無	－	－
第二十四条	廃棄施設	無	－	－
第二十五条	保管廃棄施設	無	－	－
第二十六条	使用済燃料等による汚染の防止	無	－	－
第二十七条	遮蔽	無	－	－
第二十八条	換気設備	無	－	－
第二十九条	保安電源設備	無	－	－
第三十条	緊急時対策所	無	－	－
第三十一条	通信連絡設備	無	－	－
第三十二条	重大事故等対処施設の地盤	無	－	－
第三十三条	地震による損傷の防止	有	第１項	別紙－1 に示すとおり
第三十四条	津波による損傷の防止	無	－	－
第三十五条	火災等による損傷の防止	無	－	－
第三十六条	重大事故等対処設備	有	第３項	別紙－2 に示すとおり
第三十七条	材料及び構造	有	第１、２項	別紙－3 に示すとおり
第三十八条	臨界事故の拡大を防止するための設備	無	－	－
第三十九条	冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備	無	－	－
第四十条	放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備	無	－	－
第四十一条	有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備	無	－	－
第四十二条	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	無	－	－
第四十三条	放射性物質の漏えいに対処するための設備	無	－	－
第四十四条	工場等外への放射性物質等の放出を抑制するための設備	無	－	－

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第四十五条	重大事故等への対処に必要となる水の供給設備	無	－	－
第四十六条	電源設備	有	－	別紙－4 に示すとおり
第四十七条	計装設備	無	－	－
第四十八条	制御室	無	－	－
第四十九条	監視測定設備	無	－	－
第五十条	緊急時対策所	無	－	－
第五十一条	通信連絡を行うために必要な設備	無	－	－
第五十二条	電磁的記録媒体による手続	無	－	－

第三十三条（地震による損傷の防止）

重大事故等対処施設は、次の各号に掲げる施設の区分に応じ、それぞれ当該各号に定めるところにより設置されたものでなければならない。

一　常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設　基準地震動による地震力に対して重大事故に至るおそれがある事故（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を除く。）又は重大事故（以下「重大事故等」と総称する。）に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであること。

一　本申請は、設計地震動による地震力に対して耐震性を確保し、地下式貯油槽及び接続端子盤を設置するものである。

地下式貯油槽躯体、地下式貯油槽及び接続端子盤の耐震性の評価結果については別添－1～別添－3 に記載する。

第三十六条（重大事故等対処設備）

重大事故等対処設備は、次に掲げるところによるものでなければならない。

３　可搬型重大事故等対処設備に関しては、第一項の規定によるほか、次に掲げるところによるものでなければならない。

一　常設設備（再処理施設と接続されている設備又は短時間に再処理施設と接続することができる常設の設備をいう。以下この項において同じ。）と接続するものにあっては、当該常設設備と容易かつ確実に接続することができ、かつ、二以上の系統が相互に使用することができるよう、接続部の規格の統一その他の適切な措置を講ずること。

五　想定される重大事故等が発生した場合において、可搬型重大事故等対処設備を運搬し、又は他の設備の被害状況を把握するため、工場等内の道路及び通路が確保できるよう、適切な措置を講ずること。

３　可搬型重大事故等対処設備に関しては、次のとおりとする。

一　本申請において、給電系統（1 系統）を新設し、2 系統とする。また、2系統の接続端子盤は同一規格の接続プラグを使用できる構造とする。

五　想定される事故が発生した場合、南東地区に参集した事故対処要員の PCDF 管理棟駐車場への移動、設備の被害状況の把握を行うため、南東地区から PCDF 管理棟駐車場までのアクセスルートを使用する。アクセスルートのアクセス性について別添－4 に記載する。

第三十七条（材料及び構造）

重大事故等対処設備に属する容器及び管並びにこれらを支持する構造物のうち、再処理施設の安全性を確保する上で重要なもの（以下この項において「容器等」という。）の材料及び構造は、次に掲げるところによらなければならない。この場合において、第一号（容器等の材料に係る部分に限る。）及び第二号の規定については、法第四十六条第二項に規定する使用前事業者検査の確認を行うまでの間適用する。

一　容器等がその設計上要求される強度及び耐食性を確保できるものであること。

二　容器等の主要な溶接部は、次に掲げるところによるものであること。

イ　不連続で特異な形状でないものであること。

ロ　溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。

ハ　適切な強度を有するものであること。

ニ　機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものにより溶接したものであること。

２　重大事故等対処設備に属する容器及び管のうち、再処理施設の安全性を確保する上で重要なものは、適切な耐圧試験又は漏えい試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないように設置されたものでなければならない。

１　本申請において設置する地下式貯油槽は、十分な強度を確保できる材料を選定する。また、強度については、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に準拠する。

２　本申請において設置する地下式貯油槽は、耐圧（漏えい）検査を行い、これに耐えかつ漏えいがないことを確認するため問題はない。

第四十六条（電源設備）

再処理施設には、設計基準事故に対処するための設備の電源が喪失したことにより重大事故等が発生した場合において当該重大事故等に対処するために必要な電力を確保するために必要な設備が設けられていなければならない。

非常用発電機からの給電が不可となった場合、移動式発電機から接続端子盤を経由し事故対処に必要な給電を行う。移動式発電機の燃料は地下式貯油槽に保管する。このため、本申請において、地下式貯油槽及び接続端子盤を設置する。

２．申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定若しくは同法第 44 条の 4 第 1 項の許可を受けたところ又は同条第 2 項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律附則第5条第6項において読み替えて準用する同法第4条第1項の規定に基づき、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法（平成16年法律第155号）附則第18条第1項により、指定があったものとみなされた再処理事業指定申請書について、令和2年4月22日付け令02原機（再）007により届出を行っているところによる。

別添－1

地下式貯油槽躯体の強度評価に関する計算書

目　次

1. 概要 別添-1-1
2. 一般事項 別添-1-8
2.1 位置 別添-1-8
2.2 構造概要 別添-1-9
2.3 評価方針 別添-1-11
2.4 準拠規格・基準 別添-1-12
2.5 使用材料 別添-1-12
3. 地震応答解析 別添-1-13
3.1 地盤の地震応答解析 別添-1-13
3.2 貯油槽躯体の応力解析 別添-1-16
3.2.1 解析モデル 別添-1-16
3.2.2 荷重 別添-1-16
3.2.3 荷重の組合せ 別添-1-18
3.2.4 応力解析結果 別添-1-19
4. 耐震性評価 別添-1-20
4.1 評価方法 別添-1-20
4.2 許容限界 別添-1-20
4.2.1 構造部材の許容限界 別添-1-20
4.2.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界 別添-1-21
5. 耐震性評価結果 別添-1-22
5.1 構造部材の評価結果 別添-1-22
5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果 別添-1-23

1. 概要

本計算書は、廃止措置計画用設計地震動（以下「設計地震動」という。）に対して、地下式貯油槽躯体（以下「貯油槽躯体」という。）が耐震余裕を有することを説明するものである。

設計地震動は、令和2年2月10日付け原規規発第2002103号をもって認可された「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構　核燃料サイクル工学研究所再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書」において策定した敷地の解放基盤表面における水平成分及び鉛直成分の地震動とする。設計地震動の応答スペクトルを図1-1から図1-3に、時刻歴波形を図1-4から図1-6に示す。解放基盤表面は、S波速度が0.7 km/s以上であるT.P.-303 m※とする。

※T.P.：東京湾平均海面

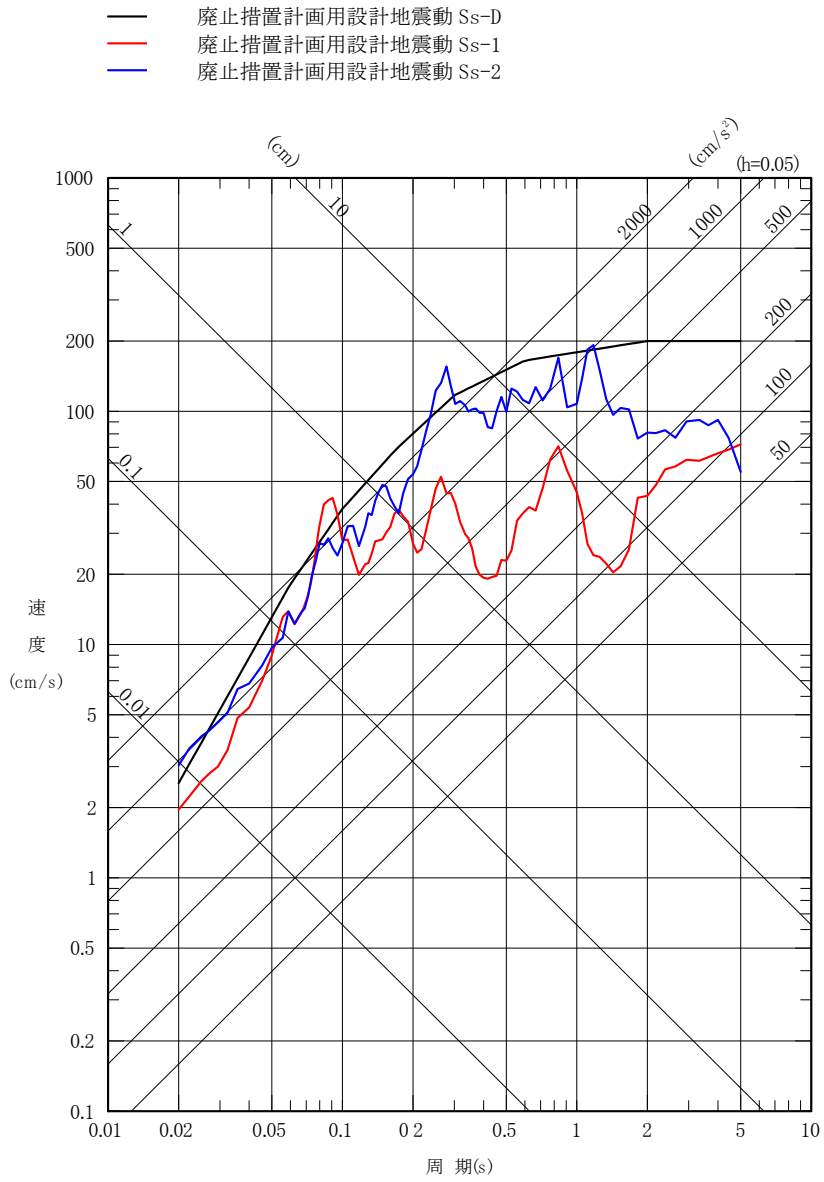


図 1-1　廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトル(NS 成分)

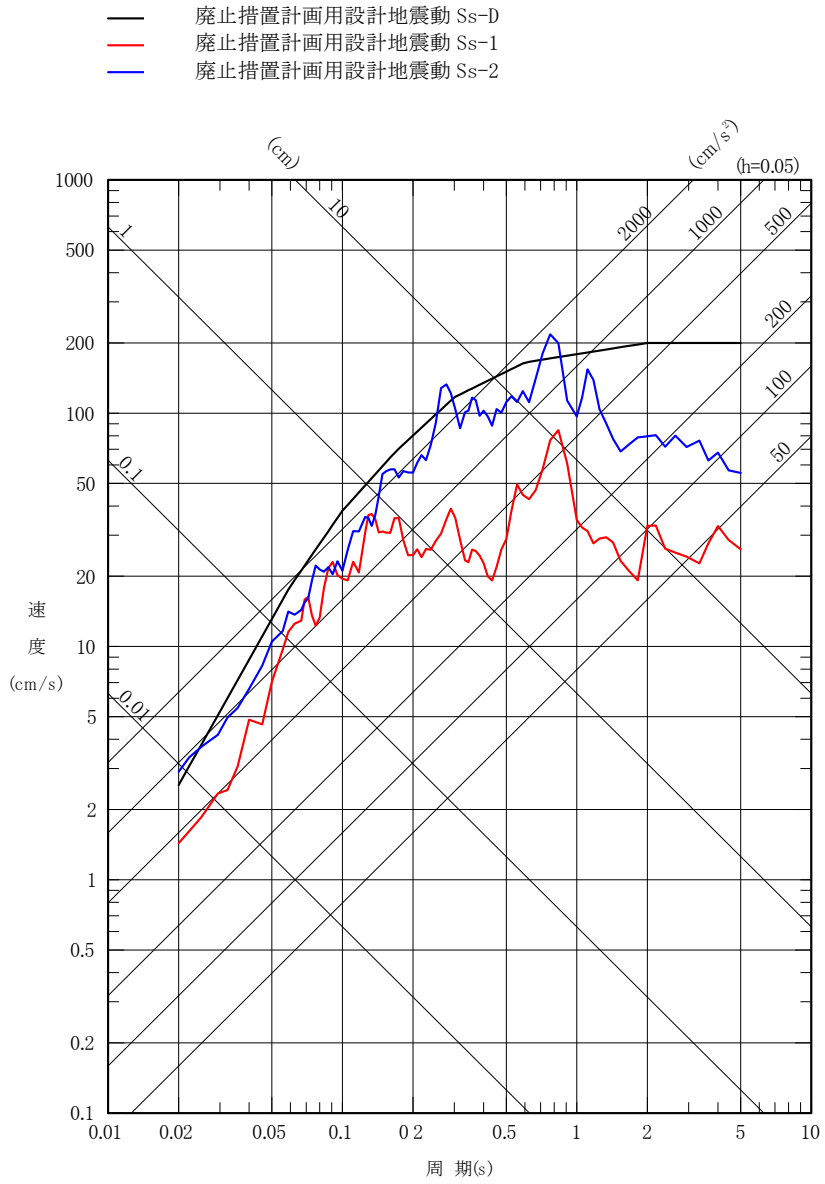


図 1-2　廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトル(EW 成分)

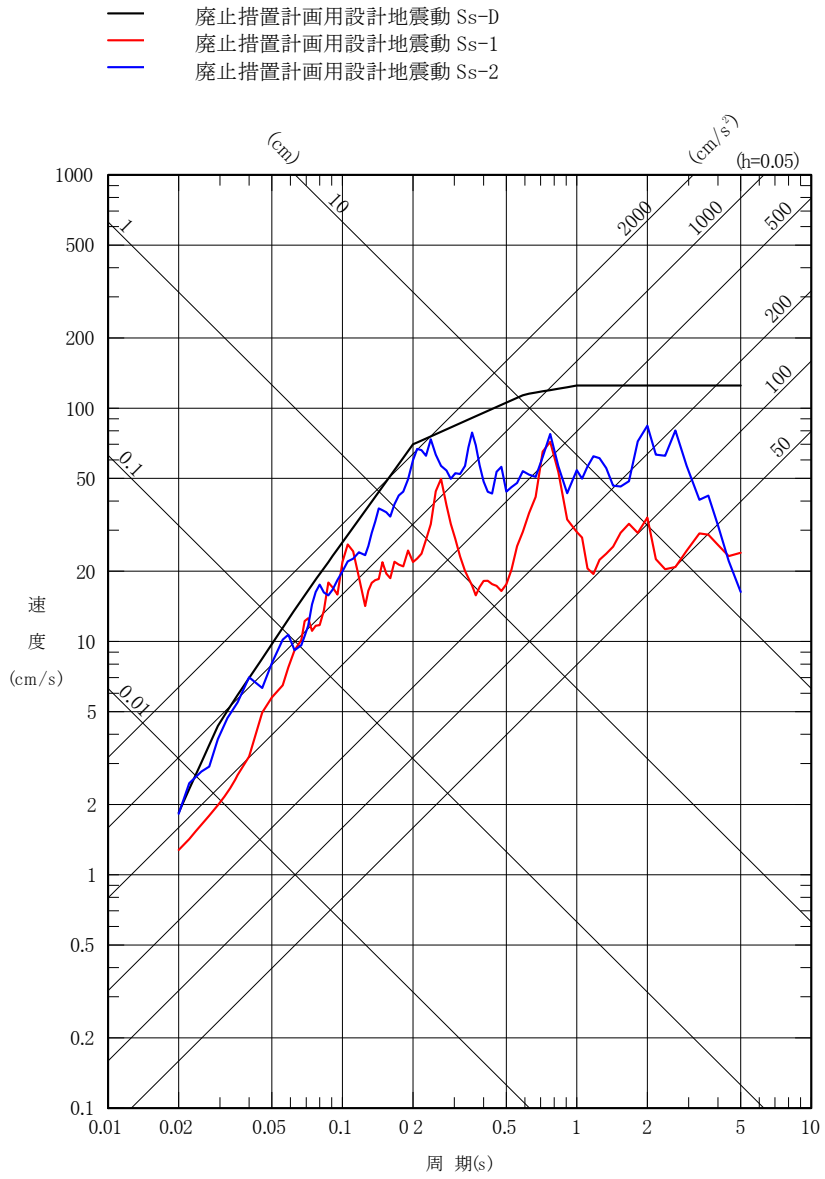
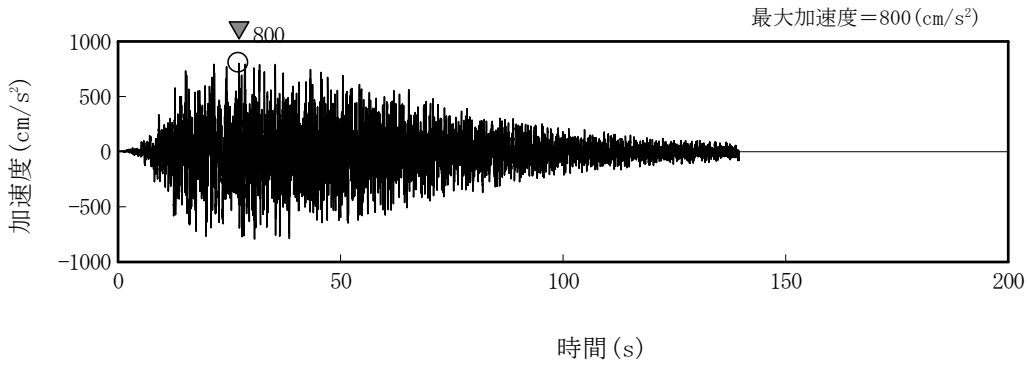
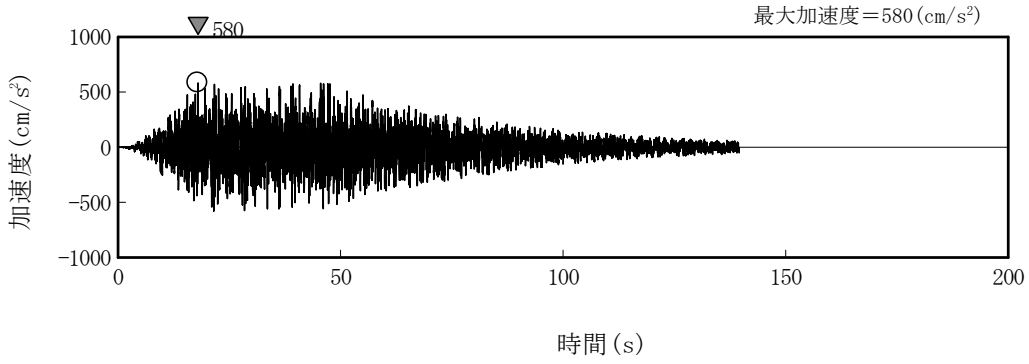


図 1-3　廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトル(UD 成分)

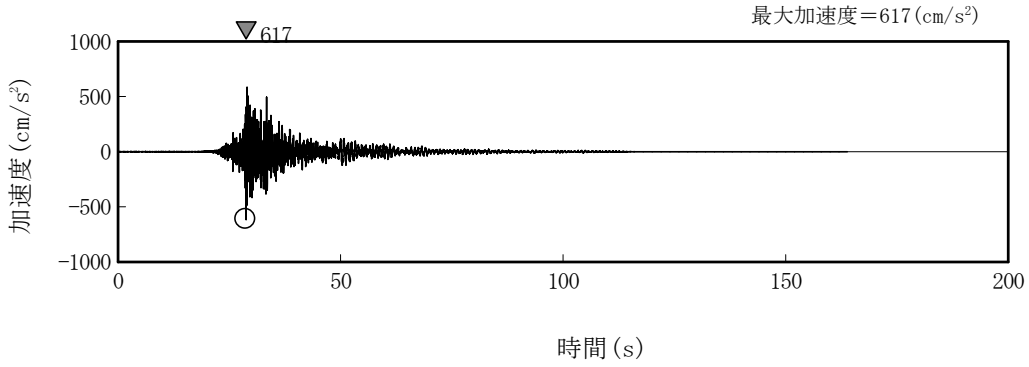


(水平成分)

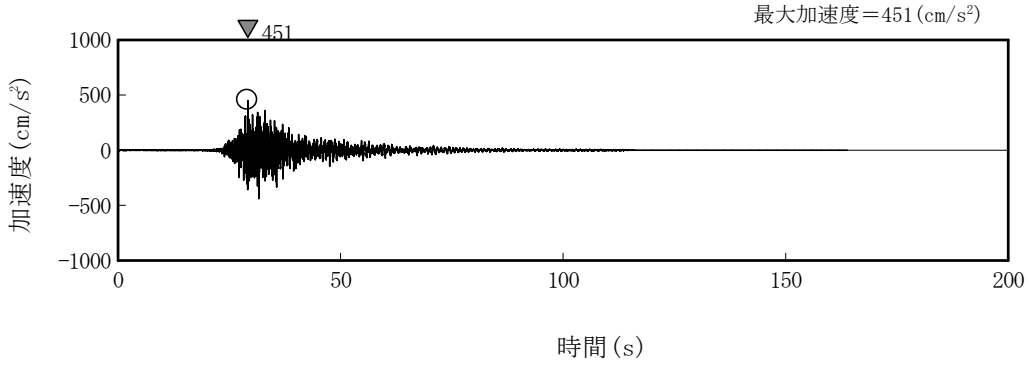


(鉛直成分)

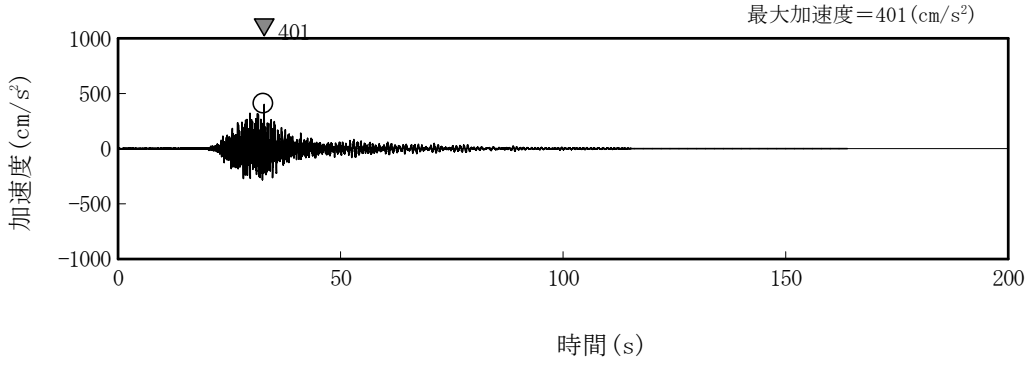
図 1-4　廃止措置計画用設計地震動(Ss-D)の時刻歴波形



(NS 成分)

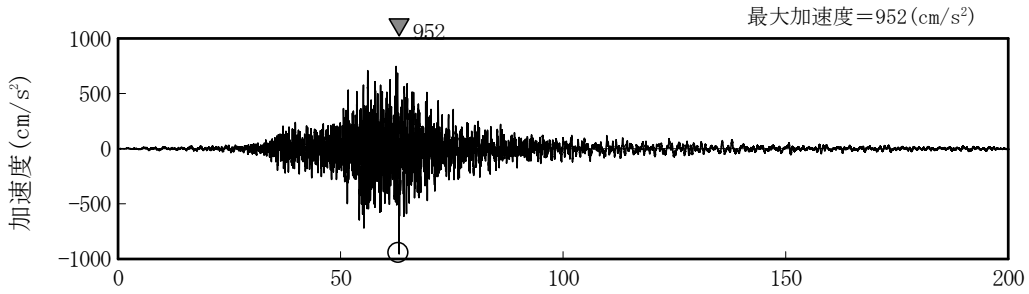


(EW 成分)

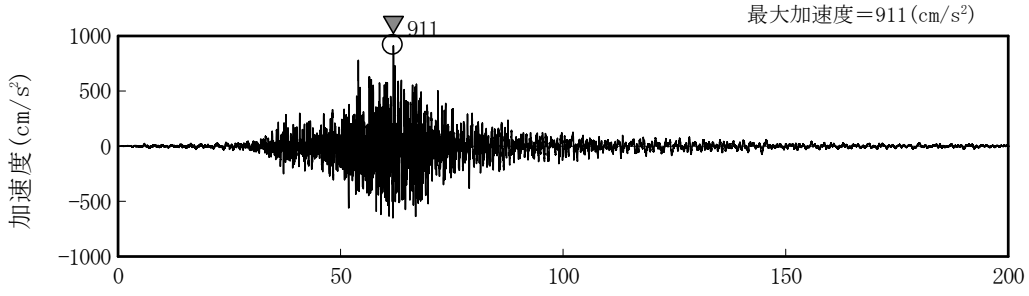


(UD 成分)

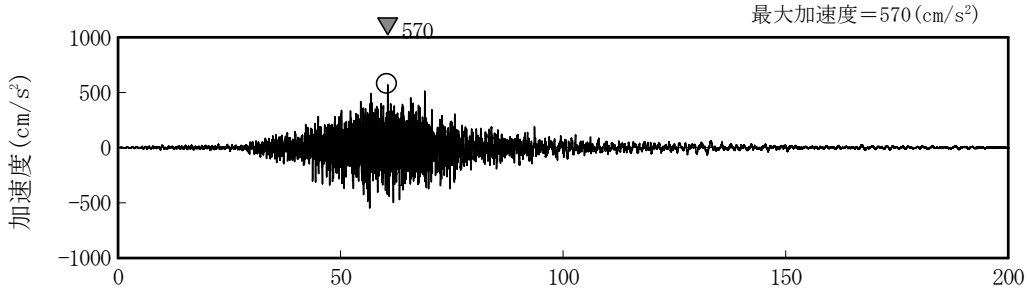
図 1-5　廃止措置計画用設計地震動(Ss-1)の時刻歴波形



(NS 成分)



(EW 成分)



(UD 成分)

図 1-6　廃止措置計画用設計地震動(Ss-2)の時刻歴波形

2. 一般事項

2.1 位置

貯油槽躯体の配置図を図 2-1 に示す。貯油槽躯体の A-A(南北)断面と磁北方向の角度差は、35.7 ° である。

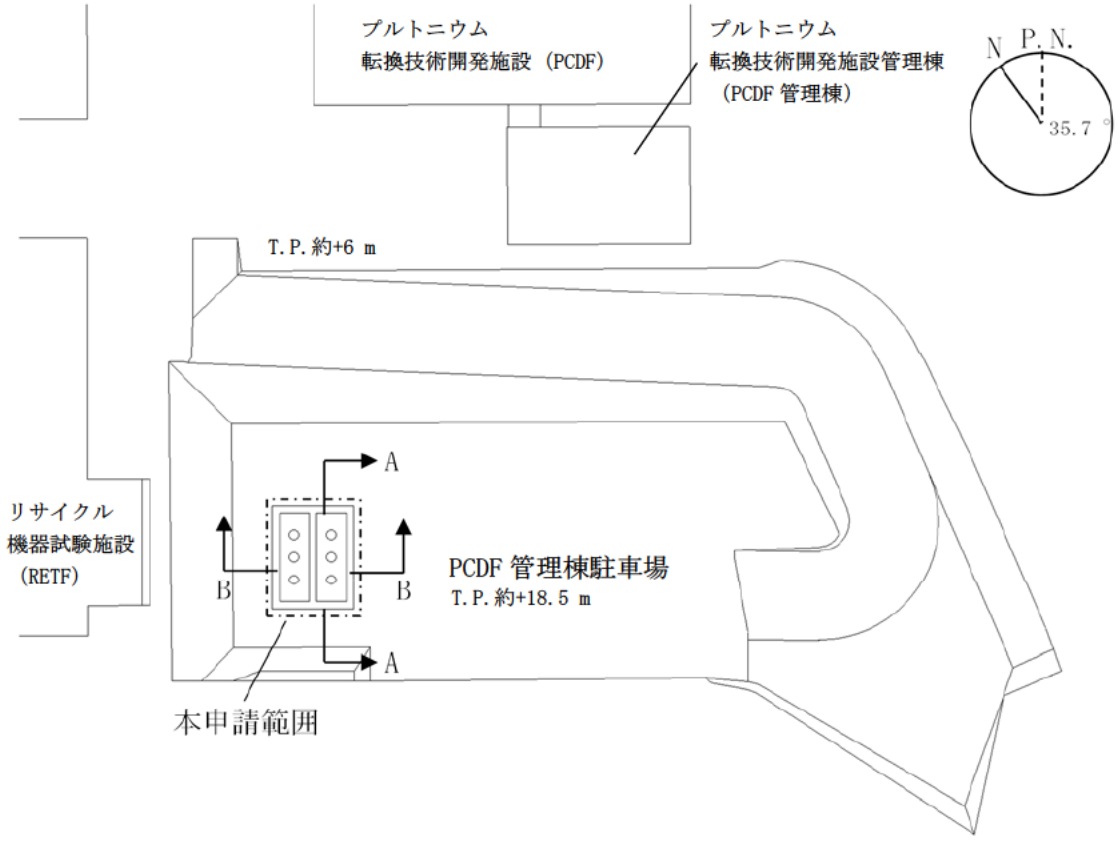
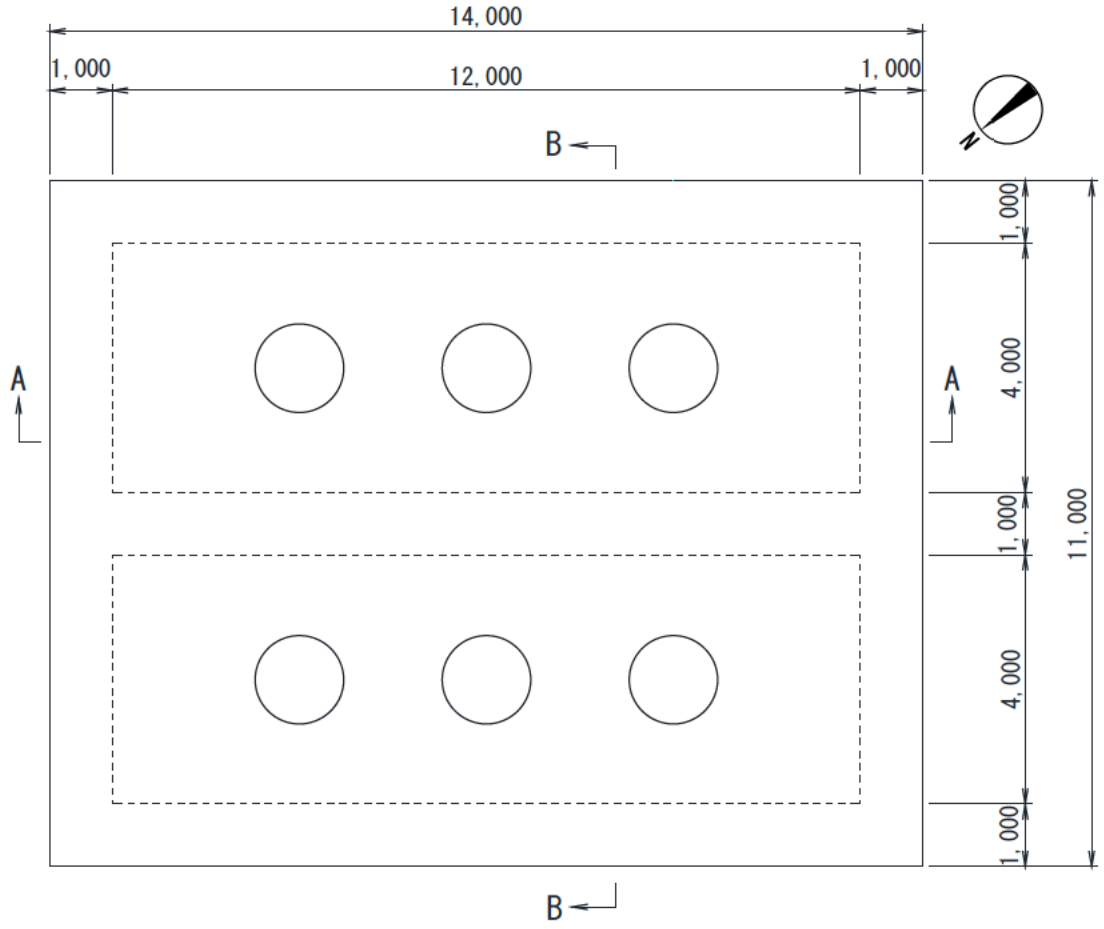


図 2-1　貯油槽躯体　配置図

2.2 構造概要

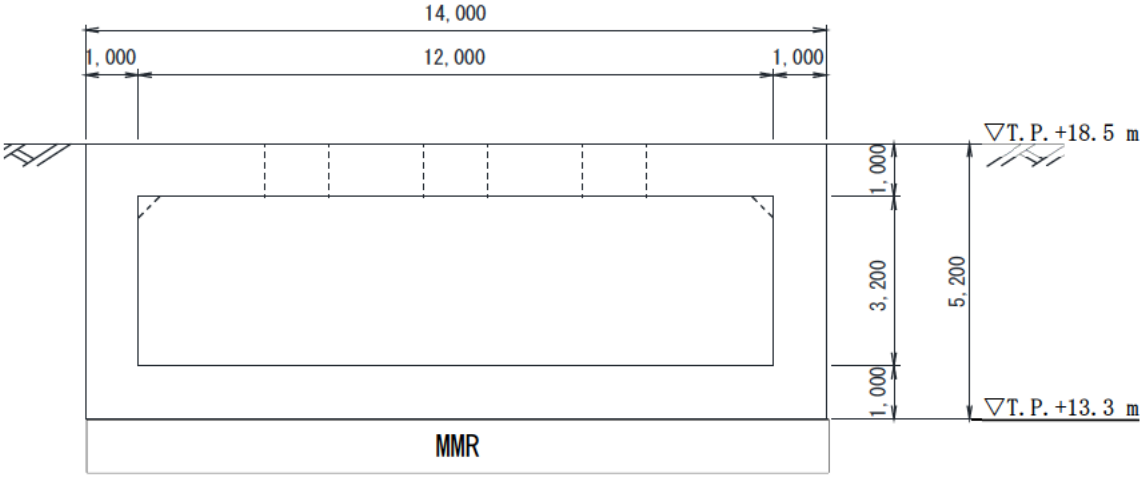
貯油槽躯体は、長さ 14 m、幅 11 m、高さ 5.2 m の鉄筋コンクリート造の地中構造物である。基礎地盤（支持地盤）は Dug-2 層とし、Dug-2 層以浅の軟弱地盤については MMR（人工岩盤）で置き換える。

貯油槽躯体の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3 に示す。



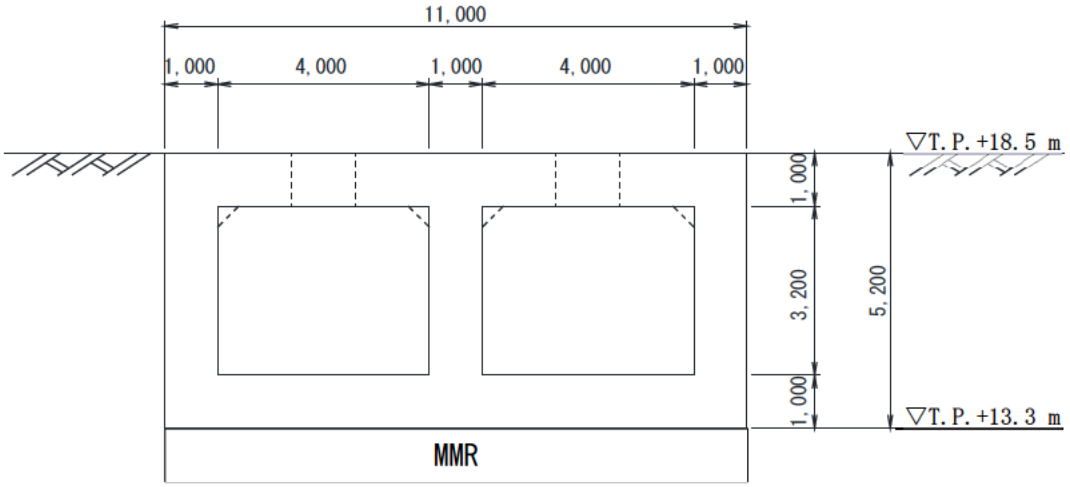
（単位：mm）

図 2-2 貯油槽躯体　平面図



Dug-2 層

（A-A 断面）



Dug-2 層

（B-B 断面）

（単位：mm）

図 2-3 貯油槽躯体　断面図

2.3 評価方針

貯油槽躯体の強度評価に用いる応力は、設計地震動に対して地盤の地震応答解析を行い、その応答結果を用いた応力解析から求める。

貯油槽躯体の強度評価フローを図 2-4 に示す。

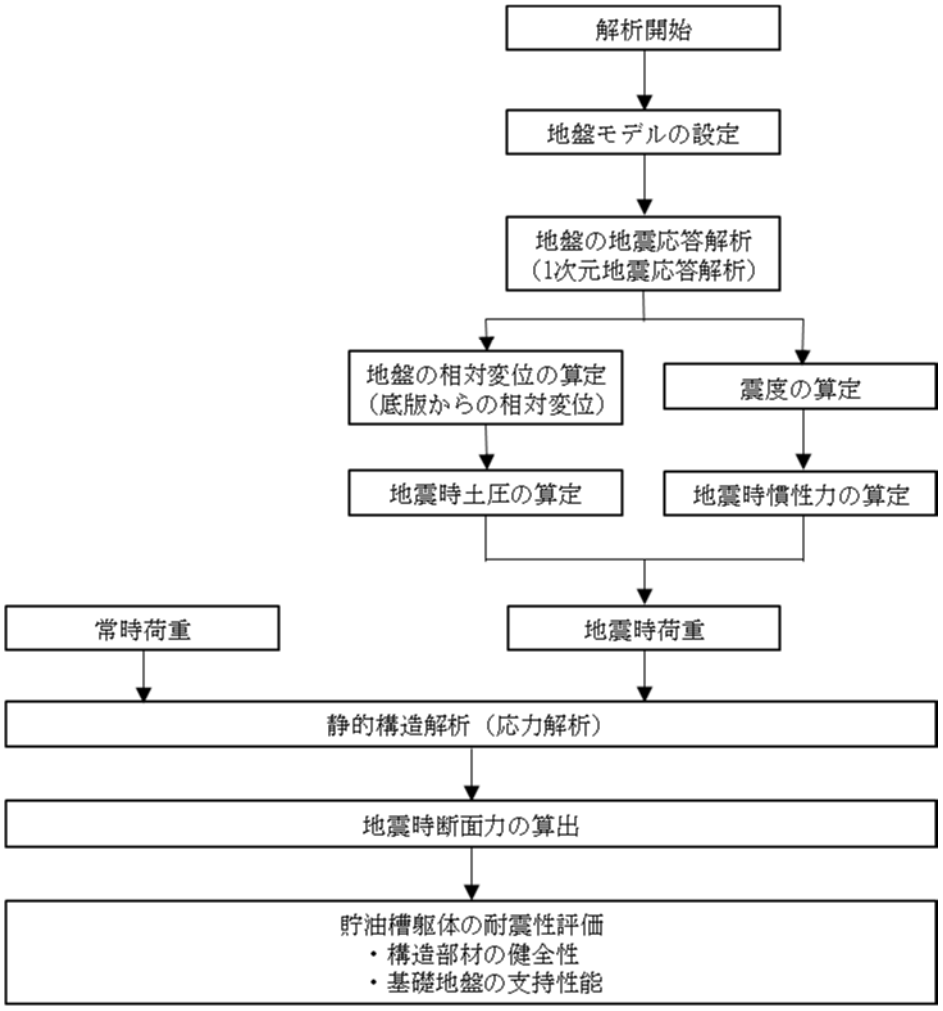


図 2-4　貯油槽躯体の強度評価フロー

2.4 準拠規格・基準等

貯油槽躯体の強度評価において準拠する規格・基準等を以下に示す。

(1)「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601）」（日本電気協会）

(2)「原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601）」（日本電気協会）

(3)「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震設計に関する安全性照査マニュアル」
（土木学会原子力土木委員会）

(4)「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル」
（土木学会原子力土木委員会）

(5)「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針〈照査例〉」
（土木学会原子力土木委員会）

(6)「コンクリート標準示方書」（土木学会）

(7)「道路橋示方書・同解説」（日本道路協会）

(8)「道路土工」（日本道路協会）

2.5 使用材料

貯油槽躯体の使用材料を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造物の使用材料

コンクリート	設計基準強度 Fc=24 N/mm²
鉄筋	SD345

3. 地震応答解析

3.1 地盤の地震応答解析

応力解析に用いる地盤の応答（加速度及び変位）は、解放基盤表面で定義される設計地震動を入力地震動として、地盤の地震応答解析（一次元等価線形解析）により算定する。

設計地震動のうち、NS 及び EW 方向で個別の地震動が定義されている Ss-1 及び Ss-2 については、解放基盤表面への入力前に方位変換する。以下、NS 方向及び EW 方向とは方位変換後の南北軸及び東西軸を示す。

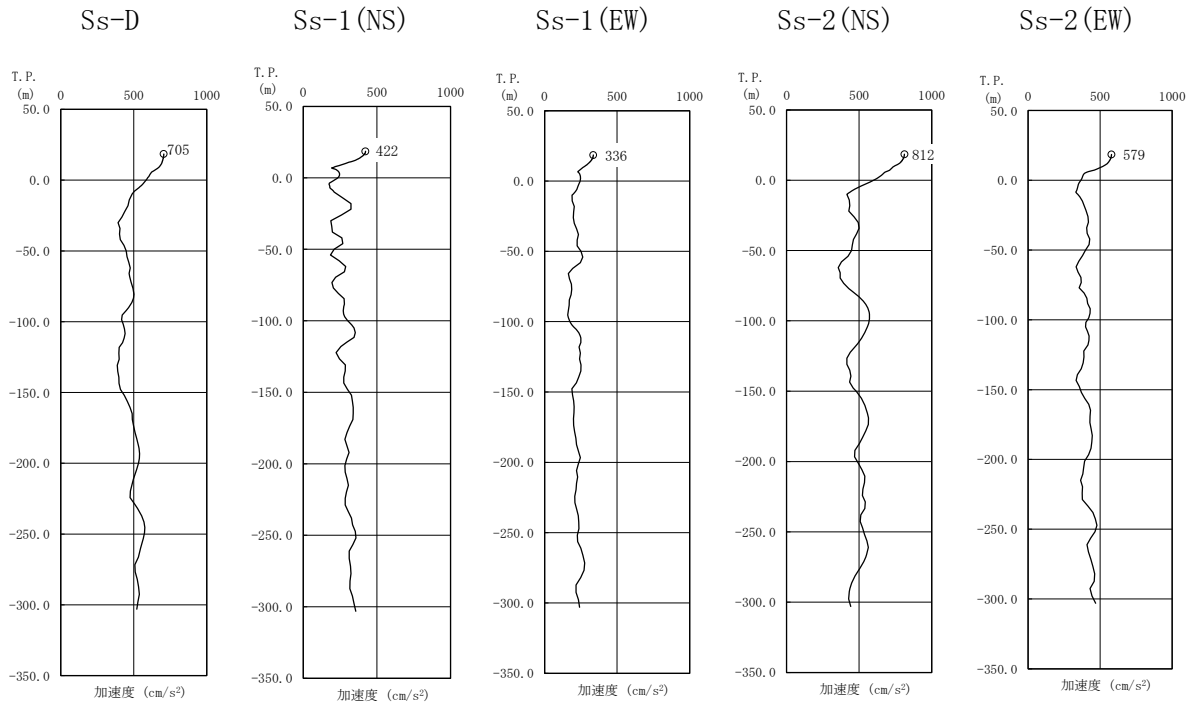
地盤の物性値を表 3-1 に、地盤の地震応答解析結果を図 3-1 及び図 3-2 に示す。

使用する解析コードは、「k-SHAKE(株式会社構造計画研究所)」である。解析コードの概要については「別添－1－1 評価で使用した計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

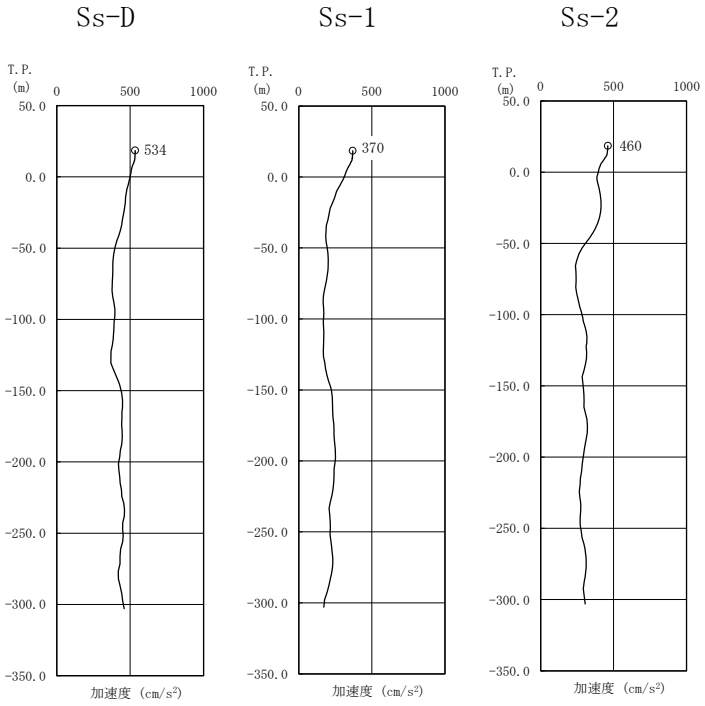
表 3-1　貯油槽躯体設置地盤の地盤物性値

標高 T.P.(m)	地層名	地層 分類	湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)	動ﾎﾟｱｿﾝ比 ν d	動せん断 弾性係数 G_0(MN/m^2)	剛性低下率※ G/G_0	減衰定数※ h(%)
18.5							
	埋戻土 (地盤改良土相当)	Km’	1.77	0.455	425	$1/(1+2.43\gamma^{0.770})$	$8.81\gamma/(\gamma+0.226)+1.55$
13.3	▽基礎底面						
	MMR (地盤改良土相当)	MMR	1.77	0.455	425	$1/(1+2.43\gamma^{0.770})$	$8.81\gamma/(\gamma+0.226)+1.55$
11.8							
	礫質土	Dug-2	1.96	0.425	320	$1/(1+7.88\gamma^{0.838})$	$22.7\gamma/(\gamma+0.162)+2.22$
9.0							
	砂質土	Dus-3	1.89	0.440	278	$1/(1+7.50\gamma^{0.869})$	$22.6\gamma/(\gamma+0.111)+0.93$
7.5							
	礫質土	Dug-3	2.04	0.442	325	$1/(1+10.8\gamma^{0.921})$	$18.4\gamma/(\gamma+0.091)+1.51$
7.3							
	粘性土	Dlc-1	1.75	0.453	238	$1/(1+8.21\gamma^{0.827})$	$20.2\gamma/(\gamma+0.105)+1.07$
5.8							
-10.0	久米層	Km1	1.77	0.455	425	$1/(1+2.43\gamma^{0.770})$	$8.81\gamma/(\gamma+0.226)+1.55$
-62.0		Km2	1.77	0.451	466		
-92.0		Km3	1.77	0.447	515		
-118.0		Km4	1.77	0.444	549		
-169.0		Km5	1.77	0.440	596		
-215.0		Km6	1.77	0.436	655		
-261.0		Km7	1.77	0.431	711		
-303.0	▽解放基盤表面	Km8	1.77	0.426	764		
	解放基盤		1.77	0.417	867		

※γ はせん断ひずみ(%)を示す。



(a)水平方向



(b)鉛直方向

図 3-1　貯油槽躯体設置地盤の応答加速度

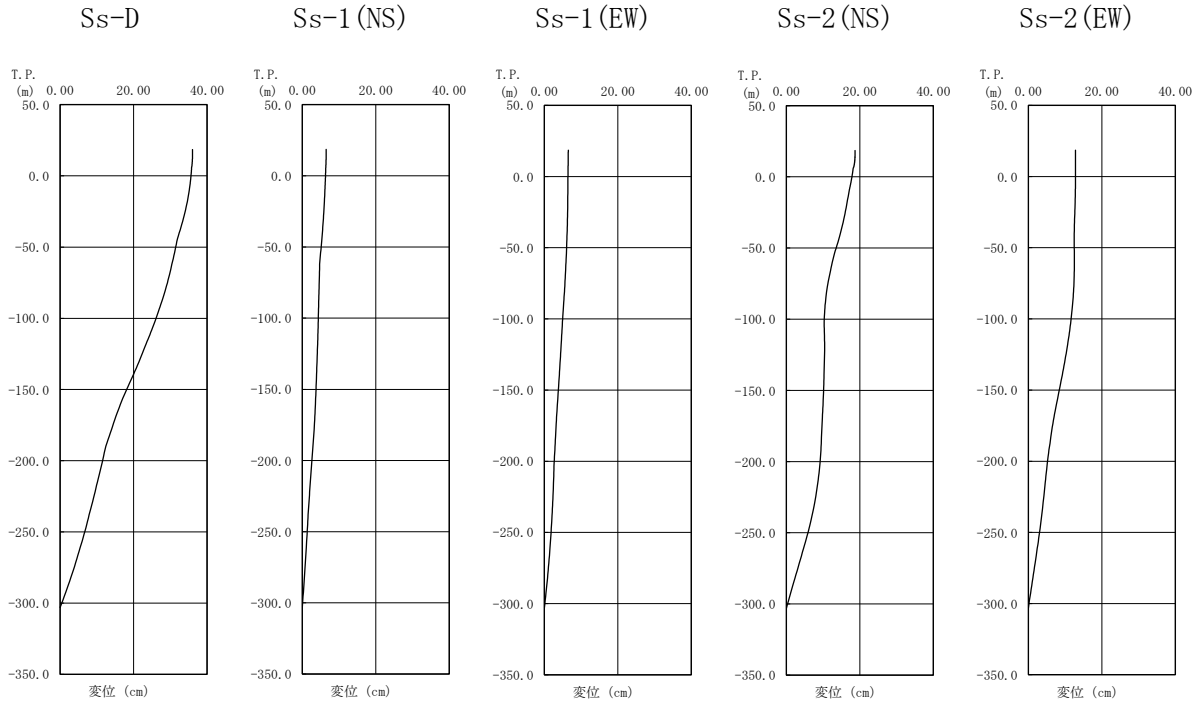


図 3-2　貯油槽躯体設置地盤の変位

3.2 貯油槽躯体の応力解析

3.2.1 解析モデル

貯油槽躯体の応力解析モデルを図 3-3 に示す。地盤ばねは「道路橋示方書・同解説」に基づいて算定する。

応力解析に使用する解析コードは「FRAME(面内)（株式会社フォーラムエイト）」である。解析コードの概要については「別添－1－1　評価で使用した計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

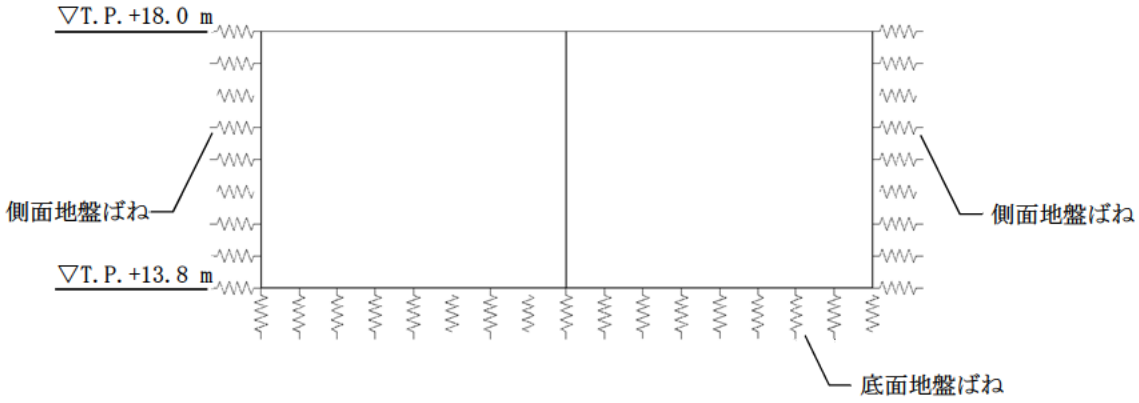


図 3-3　貯油槽躯体の応力解析モデル（B-B 断面）

3.2.2 荷重

貯油槽躯体の応力解析において考慮する荷重を以下に示す。

(1)固定荷重(G)

固定荷重として、貯油槽躯体の自重 24.5 kN/m^3 を考慮する。

(2)積載荷重(P)

①底版

貯油槽タンク、貯油槽タンク基礎、タンクサドル及びベースプレート、マンホール、乾燥砂の総重量を単位面積当たりの重量に換算し、60 kN/m^2 を考慮する。

②頂版

上載荷重として 10 kN/m^2 を考慮する。

(3)土圧荷重(D)

常時土圧荷重は常時荷重（G＋P）と組合せるものとし、静止土圧係数（K_0＝0.5）として考慮する。土圧荷重の分布図を図 3-4 に示す。

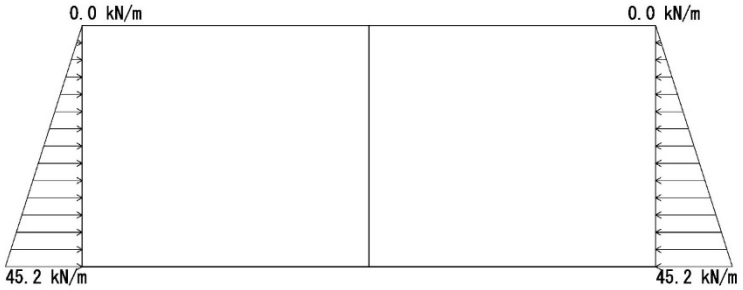


図 3-4　土圧荷重

(4)地震時荷重(Ks)

地震時荷重は「3.1 地盤の地震応答解析」により得られた応答結果を用いて、

①最大応答加速度から震度を設定し、底版・頂版・側壁・中壁及びタンク等に慣性力を載荷する。

②底版から頂版の相対水平変位を両側面の地盤ばねを介して入力する。

水平応力及び鉛直応力は、組合せ係数法（係数 0.4）を用いて算定する。応力解析に用いる震度を表 3-2 に、水平変位から求めた地震時土圧荷重を図 3-5 に示す。

設計用震度は Ss-2(NS)における水平、鉛直震度とする。以下に検討ケースを示す。

ケース 1　水平震度：0.83×1.0、鉛直震度：+0.47×0.4

ケース 2　水平震度：0.83×1.0、鉛直震度：-0.47×0.4

ケース 3　水平震度：0.83×0.4、鉛直震度：+0.47×1.0

ケース 4　水平震度：0.83×0.4、鉛直震度：-0.47×1.0

表 3-2　応力解析に用いる震度

	水平震度（k_h）	鉛直震度（k_v）
Ss-D	0.72	0.55
Ss-1(NS)	0.44	0.38
Ss-1(EW)	0.35	
Ss-2(NS)	0.83	0.47
Ss-2(EW)	0.60	
設計用震度	0.83	0.47

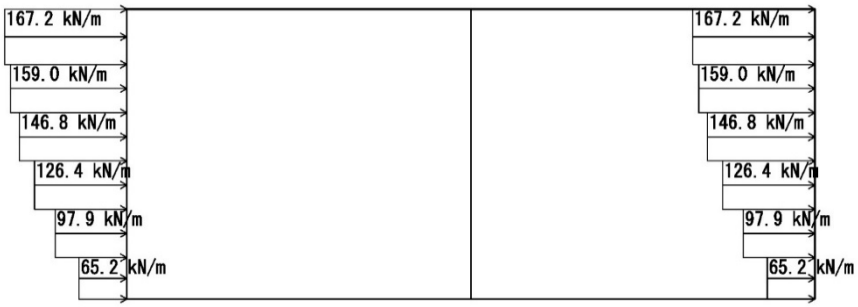


図 3-5　水平変位から求めた地震時土圧荷重

3.2.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを以下に示す。

G+P+D+Ks

ここに、

G：固定荷重

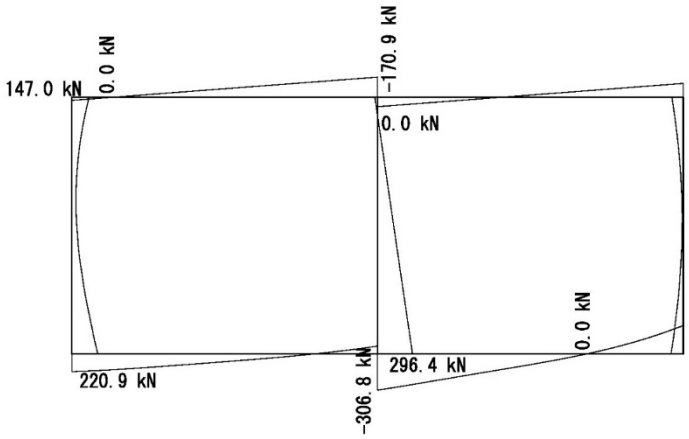
P：積載荷重

D：土圧荷重

Ks：地震時荷重

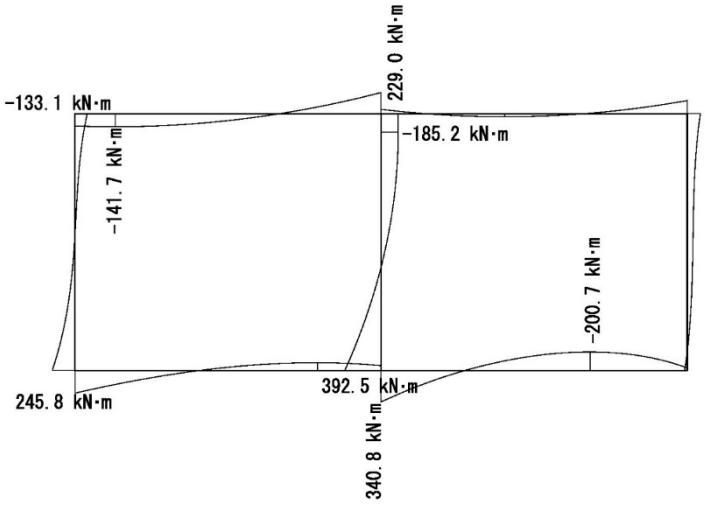
3.2.4 応力解析結果

貯油槽躯体のせん断力、曲げモーメント、軸力分布を図 3-6 から図 3-8 に示す。部材の検討において、最も厳しい検討結果となるケースを代表として記載する。



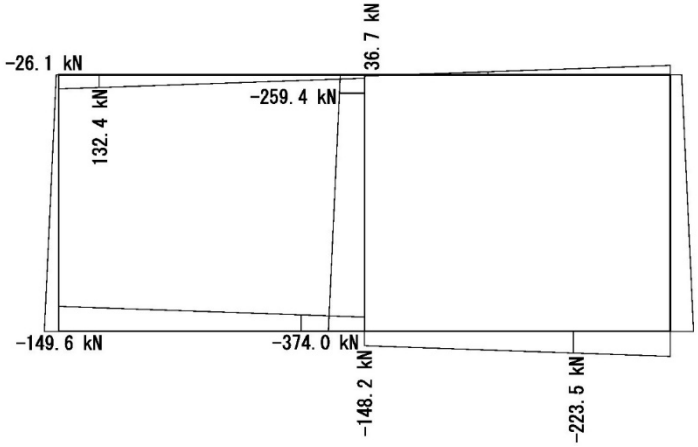
（単位：kN）

図 3-6　せん断力分布図（ケース 1）



（単位：kN・m）

図 3-7　曲げモーメント分布図（ケース 1）



（単位：kN）

図 3-8　軸力分布図（ケース 1）

4. 耐震性評価

4.1 評価方法

貯油槽躯体の評価においては「3.2 貯油槽躯体の応力解析」の結果から得られた貯油槽躯体に生じる応力によって評価断面に生じる応力度が「道路橋示方書・同解説」に基づいて算定した短期許容応力度以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価においては基礎地盤に生じる接地圧が「道路橋示方書・同解説」に基づいて算定した極限支持力度以下であることを確認する。

貯油槽躯体の評価項目を表 4-1 に示す。

表 4-1　貯油槽躯体の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	せん断力及び曲げモーメントにより、評価断面に生じる応力度が許容限界以下であることを確認	短期許容せん断応力度
				短期許容引張応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力度

4.2 許容限界

4.2.1 構造部材の許容限界

貯油槽躯体に生じる応力度に対する許容限界は「道路橋示方書・同解説」に基づいて、せん断力はコンクリートで負担し、曲げモーメントは鉄筋で負担するものとして定める。

貯油槽躯体のせん断力及び曲げモーメントに対する許容限界を表 4-2 に示す。

表 4-2　貯油槽躯体のせん断力及び曲げモーメントに対する許容限界

短期許容せん断応力度※ (N/mm^2)	短期許容引張応力度 (N/mm^2)
0.585	200

※「道路橋示方書・同解説」に基づいて許容応力度の割増し係数 1.5 を考慮する。

4.2.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に生じる接地圧に対する許容限界は「道路橋示方書・同解説」に基づいて算定した極限支持力度とする。基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表4-3に示す。基礎地盤はMMRの直下のDug-2層(礫質土)とする。

$$Qu = A_e\left(\alpha\kappa c N_c S_C + \kappa q N_q S_q + \frac{1}{2}\gamma_1 \beta B_e N_\gamma S_\gamma\right)$$

ここに、

Q_u　：荷重の偏心傾斜、支持力係数を考慮した地盤の極限支持力（kN）

c　：地盤の粘着力（kN/m^2）

Dug-2層：$c = 35$（kN/m^2）

q　：上載荷重（kN/m^2）

$q = \gamma_2 D_f$

A_e　：有効載荷面積（m^2）

γ_1, γ_2：支持地盤および根入れ地盤の単位重量（kN/m^3）

ただし、地下水位以下では水中単位体積重量を用いる

B_e　：荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅（m）

$B_e = B - 2e_B$

B　：基礎幅（m）

e_B　：荷重の偏心量（m）

D_f　：基礎の有効根入れ深さ（m）

α, β　：基礎の形状係数

κ　：根入れ効果に対する割増係数

D_f'　：支持地盤あるいは支持地盤と同程度良質な地盤に根入れした深さ（m）

$\kappa = 1 + 0.3\left(D_f' / B_e\right)$

N_c, N_q, N_γ：荷重の傾斜を考慮した支持力係数

S_c, S_q, S_γ　：支持力係数の寸法効果に関する補正係数

表4-3　基礎地盤の支持性能に対する許容限界（ケース2）

地層分類	極限支持力度(kN/m²)
Dug-2層	150

5. 耐震性評価結果

5.1 構造部材の評価結果

貯油槽躯体のせん断に対する照査結果を表 5-1 に、曲げに対する照査結果を表 5-2 に示す。解析の結果、せん断及び曲げについて貯油槽躯体に生じる応力度が部材の短期許容応力度以下であることを確認した。

表 5-1　せん断に対する照査結果（ケース 1）

照査位置	せん断応力度 τ (N/mm^2)	短期許容せん断応力度 τ_{ca} (N/mm^2)	照査値 τ / τ_{ca}
底版	0.31	0.585	0.53
頂版	0.17		0.30
側壁	0.22		0.38
中壁	0.30		0.52

表 5-2　曲げに対する照査結果（ケース 1）

照査位置	引張応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容引張応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s / σ_{sa}
底版	136.2	200	0.69
頂版	114.6		0.58
側壁	131.5		0.66
中壁	121.0		0.61

5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能照査結果を表 5-3 に示す。貯油槽躯体の基礎地盤に生じる最大接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。

表 5-3　基礎地盤の支持性能照査結果（ケース 2）

①最大接地圧 (kN/m²)	②極限支持力度 (kN/m²)	照査値 ①/②
123	150	0.82

別添－1－1

評価で使用した計算機プログラム（解析コード）の概要

1. 概要

「別添－1　地下式貯油槽躯体の強度評価に関する計算書」において使用した計算機プログラム（解析コード）の概要を示す。使用した計算機プログラムで、他の原子力施設の審査に用いられている実績例も併せて示す。

2.使用した計算プログラム

コード名 / 項目	k-SHAKE
対象	地下式貯油槽躯体設置地盤
使用目的	1 次元地盤の地震応答解析
開発機関	株式会社構造計画研究所
使用したバージョン	Ver.7.0.4
コードの概要	重複反射理論に基づく 1 次元地盤の地震応答解析を行うことが可能な解析プログラムである。地盤の非線形性はひずみ依存特性を用いて等価線形化法により考慮することができる。
使用実績	日本原子力発電株式会社　東海第二発電所、関西電力株式会社　大飯原子力発電所で使用実績あり

コード名 / 項目	FRAME（面内）
対象	地下式貯油槽躯体
使用目的	2 次元骨組構造解析（断面力算出）
開発機関	株式会社フォーラムエイト
使用したバージョン	ver.6.0.2
コードの概要	平面骨組構造解析の汎用市販コードである。本解析コードは、微小変位理論による変位法を用いて 2 次元平面骨組みモデルの断面力・変位・反力を算出するための構造解析プログラムである。
使用実績	日本原子力発電株式会社　東海第二発電所、関西電力株式会社　大飯原子力発電所で使用実績あり

別添－2

地下式貯油槽の強度評価に関する計算書

目　次

1.　概要 別添-2-1
2.　一般事項 別添-2-1
2.1 評価方針 別添-2-1
2.2 適用規格・基準等 別添-2-1
2.3 記号の説明 別添-2-2
3.　評価部位 別添-2-3
4.　構造強度評価 別添-2-3
4.1　荷重の組合せ 別添-2-3
4.2　許容応力 別添-2-3
4.3　設計用地震力 別添-2-4
4.4　計算方法 別添-2-5
4.5　計算条件 別添-2-5
4.6　固有周期 別添-2-6
5.　評価結果 別添-2-7

1. 概要

本計算書は、地下式貯油槽について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動（以下「設計地震動」という。）によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

2. 一般事項

2.1 評価方針

地下式貯油槽の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

(1)原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1987(日本電気協会)

(2)原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008(日本電気協会)

(3)発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012(日本機械学会)

(4)発電用原子力設備規格　材料規格　JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	据付ボルトの有効面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
Do	胴外径	mm
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
F_b	据付ボルトに作用する引張力	N
K_l	第 1 脚のばね定数（胴の長手方向に水平力が作用する場合）	N/mm
L	胴長さ	mm
m_0	容器の運転時質量	kg
n	脚 1 個当たりの据付ボルトの本数	—
n_1	鉛直方向地震力及び水平方向地震力（長手方向）により引張りを受ける据付ボルトの本数	—
P_r	最高使用圧力	MPa
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
t	胴板厚さ	mm
T_1	水平方向（長手方向）固有周期	秒
σ_0	胴の組合せ一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_{0c}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
σ_{0cx}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0c\Phi}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_{0l}	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
σ_{0lx}	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0l\Phi}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力	MPa
σ_1	胴の組合せ一次応力の最大値	MPa
σ_{1c}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
σ_{1l}	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
σ_s	脚の組合せ応力の最大値	MPa
σ_{sc}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa

記号	記号の説明	単位
σ_{sl}	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa
σ_{b1}	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力により据付ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_{b1}	水平方向地震力（長手方向）により据付ボルトに生じるせん断応力	MPa
w	胴部自重による等分布荷重	N/mm

3. 評価部位

地下式貯油槽の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる胴、脚部及び据付ボルトとする。地下式貯油槽の概要図を図 3-1 に示す。

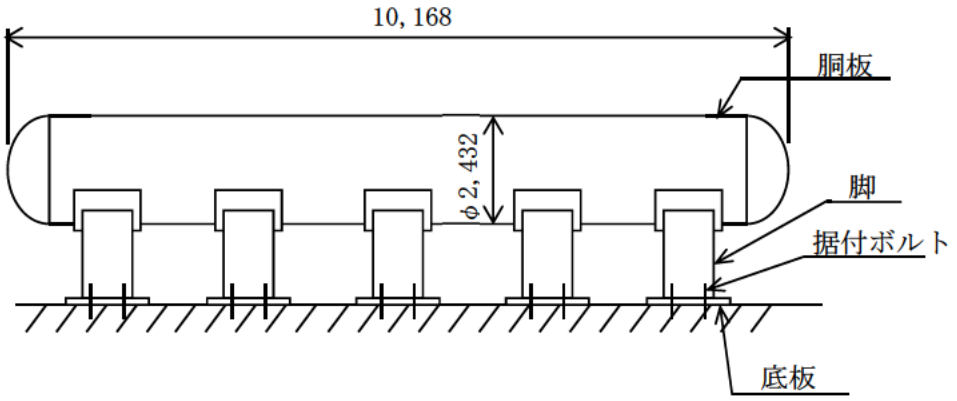


図 3-1　地下式貯油槽の概要図　　（単位：mm）

4. 構造強度評価

4.1　荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重、圧力及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、絶対値和法により組み合わせた。

4.2　許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、圧力については設計圧力、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1　評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
胴	一次一般膜応力	0.6 Su
胴	一次応力	0.9 Su (1.5×0.6 Su)
脚	組合せ	1.5×(F/1.5)
据付ボルト	引張応力	1.5×(F/1.5)
据付ボルト	せん断応力	1.5×(F/(1.5√3))

4.3　設計用地震力

設計地震動によるプルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場（以下「PCDF 管理棟駐車場」という。）の静的解析用震度を表 4-2 に示す。

表 4-2　静的解析用震度

静的解析用震度（床応答最大加速度×1.2）	
水平方向	鉛直方向
0.97	0.56

4.4　計算方法

地下式貯油槽の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

胴の一次一般膜応力：

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0l}, \sigma_{0c}]$$

$$\sigma_{0l} = \max[\sigma_{0l\Phi}, \sigma_{0lx}]$$

$$\sigma_{0c} = \max[\sigma_{0c\Phi}, \sigma_{0cx}]$$

胴の一次応力：

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{1l}, \sigma_{1c}]$$

脚部の組合せ応力：

$$\sigma_s = \max[\sigma_{sl}, \sigma_{sc}]$$

据付ボルトの引張応力：

$$\sigma_{b1} = \frac{F_b}{n_1 A_b}$$

据付ボルトのせん断応力：

$$\tau_{b1} = \frac{C_H m_0 g}{n A_b}$$

4.5　計算条件

4.5.1　解析モデル

地下式貯油槽の解析モデルを図 4-1 に示す。

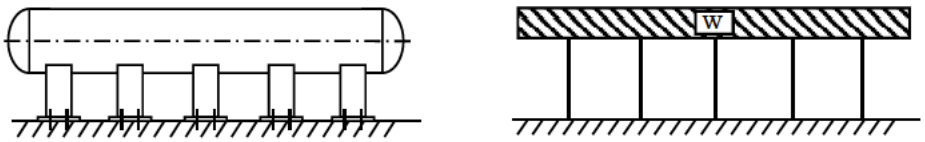


図 4-1　地下式貯油槽の解析モデル

4.5.2　諸元

地下式貯油槽の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3　主要寸法・仕様

評価対象設備	項　目	記　号	値
地下式貯油槽	圧力（設計圧力）	P_r	静水頭
	胴外径	Do	2,432（mm）
	胴板厚さ	t	16（mm）
	胴長さ	L	10,168（mm）
	胴材質	―	SUS304
	胴温度（設計温度）	―	60（℃）
	脚部材質	―	SUS304
	脚部温度	―	40（℃）
	据付ボルト呼び径	―	M30
	据付ボルト材質	―	SUS316
	据付ボルト温度	―	40（℃）
	総質量	m_0	57,000（kg）

4.6　固有周期

地下式貯油槽の固有周期は、「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の以下の計算式を用いて算出した。

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m_0}{10^3 \cdot K_l}}$$

地下式貯油槽の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4　固有周期

評価対象設備	固有周期(秒)
地下式貯油槽	0.019

5. 評価結果

構造強度照査結果を表 5-1 に示す。

PCDF 管理棟駐車場の地下式貯油槽の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造照査評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	照査値
地下式貯油槽	胴	一次一般膜	8	293	0.03
		一次	52	440	0.12
	脚部	組合せ	30	246	0.13
	据付ボルト	引張	50	246	0.21
		せん断	25	142	0.18

・照査値は、発生応力／許容応力を示す。

別添－3

接続端子盤の強度評価に関する計算書

目　次

1. 概要 別添-3-1
2. 一般事項 別添-3-1
2.1 評価対象 別添-3-1
2.2 諸元 別添-3-2
2.3 評価方針 別添-3-3
2.4 適用規格・基準等 別添-3-3
3. 評価部位 別添-3-4
4. 地震荷重による構造強度評価 別添-3-4
4.1 荷重の組合せ 別添-3-4
4.2 許容応力 別添-3-4
4.3 設計用地震力 別添-3-4
4.4 記号の説明 別添-3-5
4.5 計算方法 別添-3-6
4.6 計算条件 別添-3-7
4.7 固有周期 別添-3-8
4.8 評価結果 別添-3-8
5. 竜巻荷重による構造強度評価 別添-3-9
5.1 荷重の組合せ 別添-3-9
5.2 許容応力 別添-3-9
5.3 竜巻荷重 別添-3-9
5.4 記号の説明 別添-3-10
5.5 計算方法 別添-3-11
5.6 計算条件 別添-3-12
5.7 評価結果 別添-3-13

1. 概要

本計算書は、プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場（以下「PCDF 管理棟駐車場」という。）に設置する接続端子盤について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動（以下「設計地震動」という。）及び廃止措置計画用設計竜巻（以下「設計竜巻」という。）が作用したとしても、その安全機能の維持が可能であることを示すものである。

2. 一般事項

2.1 評価対象

PCDF 管理棟駐車場に新規で設置する接続端子盤について評価する。以下に仕様を示す。

型式		仕様	設置場所
接続端子盤	自立型	概略寸法： 約 2,400 mm×約 1,060 mm×約 2,000 mm 概略重量：1300 kg ボルト：M16×16 本(SS400)	PCDF 管理棟 駐車場

2.2 諸元

接続端子盤（自立型）の主要寸法・仕様を表 2-1 に示す。

表 2-1　主要寸法・仕様

評価対象設備	項　目	記　号	値
接続端子盤 （自立型）	据付ボルト間隔	L	970（mm）
	据付ボルト呼び径	―	M16
	据付ボルト材質	―	SS400
	据付ボルト温度	―	40（℃）
	据付ボルトの本数	n	16
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	n_f	6
	据付面から重心までの距離	h	1,100（mm）
	総質量	m	1,300（kg）

2.3 評価方針

接続端子盤（自立型）の構造強度の評価は、構造上の類似性（底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。）に基づき、鉛直方向荷重に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備にかかる荷重は、地震荷重及び竜巻荷重である。地震荷重及び竜巻荷重により発生する応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

2.4 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

(1) 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1987(日本電気協会)

(2) 原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008(日本電気協会)

(3) 発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012(日本機械学会)

(4) 発電用原子力設備規格　材料規格　JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

(5) 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(原子力規制委員会)

(6) 建築物荷重指針(日本建築学会)

3. 評価部位

接続端子盤（自立型）の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

4. 地震荷重による構造強度評価

4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1　据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	1.5×(F/1.5)
	せん断応力	1.5×(F/(1.5√3))

4.3 設計用地震力

設計地震動による PCDF 管理棟駐車場での静的解析用震度を表 4-2 に示す。

表 4-2　静的解析用震度

静的解析用震度（床応答最大加速度×1.2）	
水平方向	鉛直方向
1.00	0.57

4.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	据付ボルトの軸断面積	mm^2
A_S	最小有効せん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_P	ポンプ振動による震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
F_b	据付ボルトに生じる引張力	N
G_I	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
I	断面 2 次モーメント	mm^4
l_1, l_2	重心と据付ボルト間の水平方向距離（$l_1 \leqq l_2$）	mm
L	据付ボルト間隔	mm
m	総質量	kg
M_P	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
n	据付ボルトの本数	—
n_f	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
Q_b	据付ボルトに生じるせん断力	N
σ_b	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
T_H	水平方向固有周期	秒
τ_b	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

4.5 計算方法

接続端子盤（自立型）の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力（F_b）：

$$F_b = \frac{1}{L}\left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力（σ_b）：

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力（Q_b）：

$$Q_b = \mathrm{mg}(C_H + C_P)$$

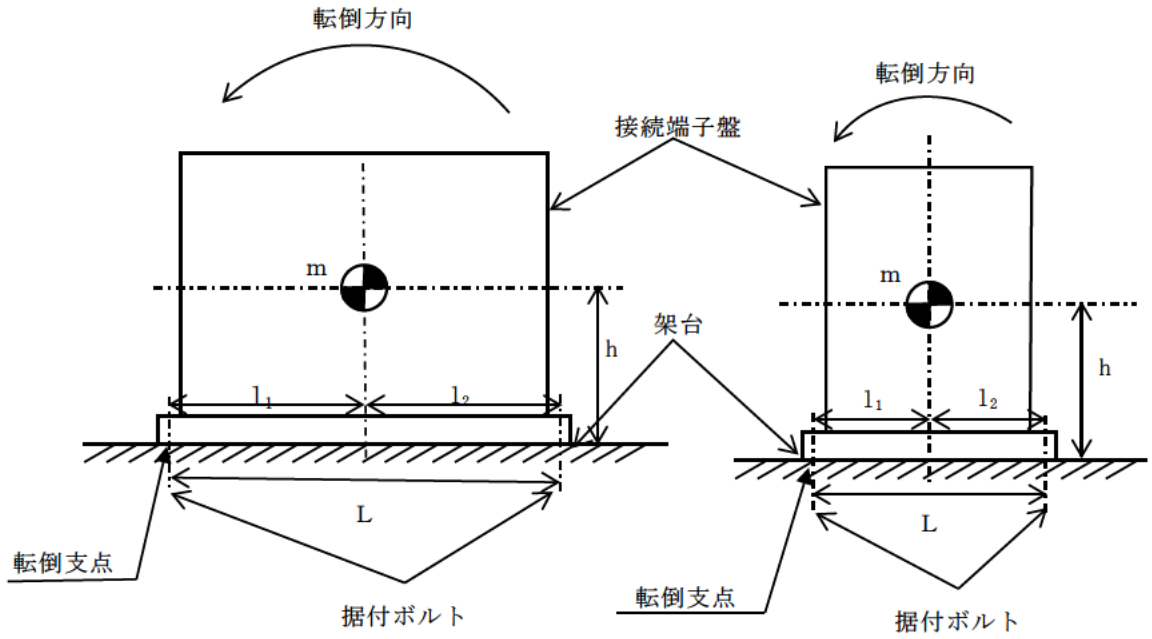
せん断応力（τ_b）：

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

4.6 計算条件

4.6.1 解析モデル

接続端子盤（自立型）の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。



(a) 正面方向モデル　　(b) 側面方向モデル

図 4-1　接続端子盤（自立型）の解析モデル

4.7 固有周期

接続端子盤（自立型）の固有周期は、FEM 解析を用いた。解析コードは Abaqus を用いた。解析コードの概要については「別添－3－1 評価で使用した計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。接続端子盤（自立型）の固有周期を表 4-3 に示す。

表 4-3 固有周期

評価対象設備	固有周期(秒)
接続端子盤（自立型）	0.047

4.8 評価結果

構造強度照査結果を表 4-4 に示す。

接続端子盤（自立型）の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 4-4 構造強度照査結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	照査値
接続端子盤（自立型）	据付ボルト	引張	12	280	0.05
		せん断	6	161	0.04

・照査値は、発生応力／許容応力を示す。

5. 竜巻荷重による構造強度評価

5.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び竜巻荷重による応力を組み合わせた。竜巻荷重による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

5.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と竜巻荷重を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 5-1 に示す。

表 5-1　据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5\times(F/1.5)$
	せん断応力	$1.5\times(F/(1.5\sqrt{3}))$

5.3 竜巻荷重

竜巻荷重は、令和 3 年 4 月 27 日に認可された「再処理施設　廃止措置計画変更認可申請書」（原規規発第 2104272 号）の「添四別紙 1-1-39　可搬型事故対処設備の固縛対策等の方針」に示す方法で算定する。なお、横滑り荷重は水平方向に、浮き上がり荷重は鉛直方向に読み替える。設計竜巻での最大風速である 100 m/s での竜巻荷重を表 5-2 に示す。

表 5-2　竜巻荷重

竜巻荷重[N]	
水平方向	鉛直方向
35,309	30,405

5.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	据付ボルトの軸断面積	mm^2
A_S	最小有効せん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_P	ポンプ振動による震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
F_b	据付ボルトに生じる引張力	N
G_I	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
I	断面 2 次モーメント	mm^4
l_1, l_2	重心と据付ボルト間の水平方向距離（$l_1 \leqq l_2$）	mm
L	据付ボルト間隔	mm
m	総質量	kg
M_P	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
n	据付ボルトの本数	—
n_f	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
Q_b	据付ボルトに生じるせん断力	N
σ_b	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
T_H	水平方向固有周期	秒
τ_b	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

5.5 計算方法

接続端子盤（自立型）の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。ここで、mgC_Hを水平方向竜巻荷重、mgC_Vを鉛直方向竜巻荷重に読み替える。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力（F_b）：

$$F_b = \frac{1}{L}\left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

$$= \frac{1}{L}\left\{ \sqrt{(mgC_H h)^2 + (mgC_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力（σ_b）：

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力（Q_b）：

$$Q_b = \mathrm{mg}(C_H + C_P)$$

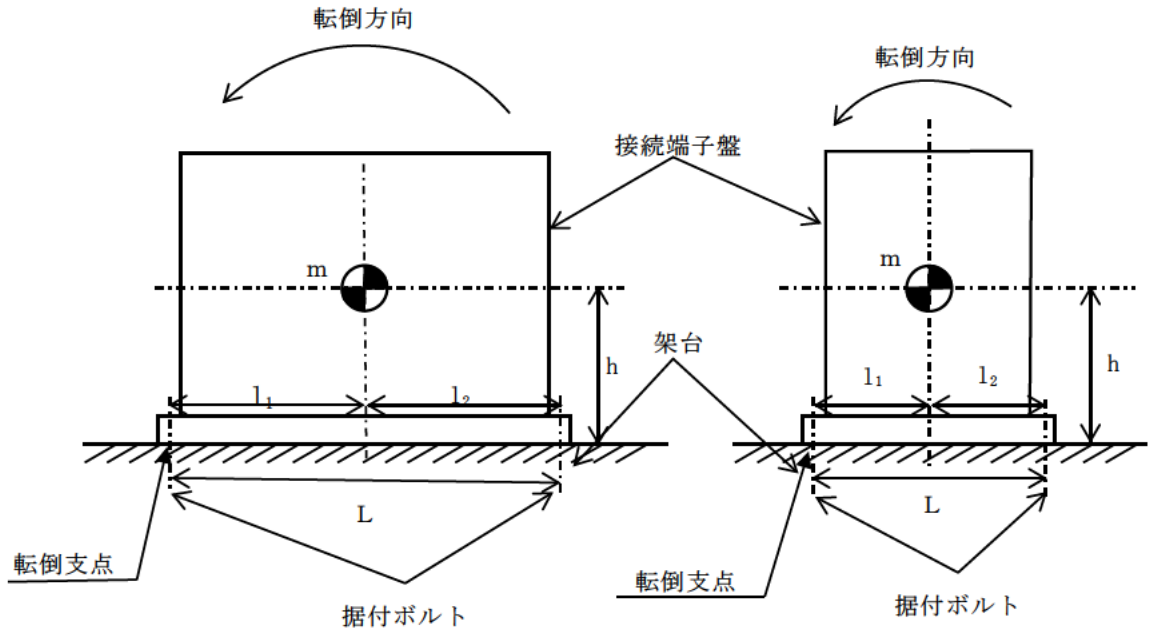
せん断応力（τ_b）：

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

5.6 計算条件

5.6.1 解析モデル

接続端子盤（自立型）の解析モデルを図 5-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。



（a）正面方向モデル　　（b）側面方向モデル

図 5-1　接続端子盤（自立型）の解析モデル

5.7 評価結果

構造強度照査結果を表 5-3 に示す。

接続端子盤（自立型）の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-3　構造強度照査結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	照査値
接続端子盤（自立型）	据付ボルト	引張	40	280	0.15
		せん断	15	161	0.10

・照査値は、発生応力／許容応力を示す。

別添－3－1

評価で使用した計算機プログラム（解析コード）の概要

1. 概要

「別添－3　接続端子盤の強度評価に関する計算書」において使用した計算機プログラム（解析コード）の概要を示す。使用した計算機プログラムで、他の原子力施設の審査に用いられている実績例も併せて示す。

2.使用した計算プログラム

コード名 / 項目	Abaqus
対象	接続端子盤
使用目的	固有振動数解析
開発機関	仏 Dassault Systèmes Inc.
使用したバージョン	Ver.2020
コードの概要	汎用有限要素法解析プログラムである。 自動車、航空宇宙、原子力、造船、鉄道車両、金型加工、精密機械、機械全般、建築・土木、橋梁、電気電子、カン/ボトル製品、樹脂製品、ゴム製品、スポーツ用品などの分野で幅広く使われている。
使用実績	（1）日本原燃(株)　再処理工場 （2）国内外石油精製プラント

別添－４

南東地区からプルトニウム転換技術開発施設(PCDF)管理棟駐車場までのアクセス性に関する説明書

目　次

1. 概要.....別添-4-1
2. アクセスルートの基本的な考え方.....別添-4-1
3. アクセスルートの設定.....別添-4-1
4. 屋外アクセスルートにおける事故対処要員の活動.....別添-4-2
4.1　事故対処要員の参集.....別添-4-2
4.2　周辺状況の確認（タイムチャート対応 No.1）.....別添-4-2
4.3　がれきの撤去作業（タイムチャート対応 No.2）.....別添-4-2
4.4　事故対処資機材の運搬・配置（タイムチャート対応 No.7,8,10）.....別添-4-2
5. アクセス性の確認.....別添-4-3
5.1　評価項目.....別添-4-4
5.2　評価内容.....別添-4-4
6. 評価結果.....別添-4-6
7. 準拠規格・基準.....別添-4-6

添付資料－1　アクセスルート近傍の障害となり得る要因と影響評価について.....1-1
添付資料－2　危険物施設漏洩火災時におけるアクセスルートへの影響.....2-1
添付資料－3　溢水時におけるアクセスルートへの影響.....3-1
添付資料－4　斜面崩落による土砂流入のアクセスルートへの影響.....4-1
添付資料－5　アクセスルートの不等沈下、陥没による通行不能について.....5-1
添付資料－6　南東地区から PCDF 管理棟駐車場までのアクセス性に係る評価のまとめ...6-1

1．概要

令和3年6月29日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令 03 原機(再) 009）の「別冊1-26 再処理施設に関する設計及び工事の計画（事故対処設備の保管場所の整備）」にて別途申請するとしていた南東地区からプルトニウム転換技術開発施設(PCDF)管理棟駐車場（以下「PCDF 管理棟駐車場」という。）までのアクセス性について、懸念される被害事象に対しアクセス可能であることを説明するものである。

2．アクセスルートの基本的な考え方

事故対処設備の保管場所である南東地区及びPCDF管理棟駐車場を結ぶアクセスルートは、南東地区に参集した事故対処要員の移動及び南東地区に配備する可搬型貯水設備からの給水ルート等の用途に使用する。

可搬型貯水設備からの給水は、可搬型エンジンポンプ、消防ホース等により仮設の流路を構築して行うこととしており、その作業性を向上させるため、重量物となる可搬型エンジンポンプ等については、事前にアクセスルート上に分散配置することで、事故対処時の重量物の運搬作業を必要最低限の距離とする。

また、道路の陥没などの人の通行の障害となり得る事象に対しては、仮設足場等の資機材を同様に事前に分散配置することで、事故対処時の作業性を向上させる。

事故対処に使用する資機材、配置場所、作業性については、訓練により実効性を検証するとともに、継続的な訓練により習熟及び改善を図る。

3．アクセスルートの設定

事故が発生した場合に、参集した事故対処要員による被害状況の把握、消防ホースの敷設作業等の事故対処に支障を来すことがないよう、被害状況に応じてルートを選定することができるように複数のルートを設定している。

令和3年4月27日に認可を受けた「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」（原規規発第2104272号）の「添四別紙1-1 事故対処の有効性評価」において、南東地区からPCDF管理棟駐車場までのアクセスルートとして、南東地区からプルトニウム燃料第三開発室の東側を通るルート（以下「東側アクセスルート」という。）及び第二プルトニウム廃棄物貯蔵施設（第2PWSF）の西側を通るルート（以下「西側アクセスルート」という。）を設定している（図-1、図-2参照）。

4. 屋外アクセスルートにおける事故対処要員の活動

令和3年4月27日に認可を受けた「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」（原規規発第2104272号）の「添四別紙1-1 事故対処の有効性評価」においては、対策種別毎に事故対処要員の活動内容をタイムチャート形式で示している。各対策においては、事故対処要員の南東地区への参集を起点に、アクセスルートを含む周辺状況の確認、瓦礫の撤去作業の流れで屋外活動を行う。各安全対策における事故対処要員及び運搬資機材等の整理を表-1に示す。

ここでは、未然防止対策①を例に、図-3にタイムチャートを示すとともに、屋外における事故対処要員の移動に係る基本的な活動の流れとアクセスルートとの関係を以下に示す。

4.1 事故対処要員の参集

事故の起因事象の発生後、参集した事故対処要員は、核サ研南東門より徒歩にて入構し、南東地区にて、点呼、班構成を行う。

4.2 周辺状況の確認（タイムチャート対応No.1）

参集した事故対処要員の内、ME-0班（6名※）は、事故対処に使用する資源の貯蔵設備の状況及びアクセスルートの状況を確認するため、参集場所である南東地区から、東側アクセスルート（3名）及び西側アクセスルート（3名）に分かれ、徒歩にてPCDF管理棟駐車場まで移動する。

※ ME-0班の6名は、ME-1班（重機免許所持者）から3名、ME-4班から3名で構成。

4.3 がれきの撤去作業（タイムチャート対応No.2）

(1) 南東地区～PCDF管理棟駐車場までのアクセスルートにおいて、ME-0班が徒歩で通行する際に、障害となる瓦礫の除去を要する場合には、ME-1班が重機により対応する。

(2) PCDF管理棟駐車場～HAWまでのアクセスルートにおいて、PCDF管理棟駐車場に到着したME-0班の内、重機免許所持者は、PCDF管理棟駐車場に配備した重機により津波瓦礫の除去作業を行い、人の通行経路を確保する。

4.4 事故対処資機材の運搬・配置（タイムチャート対応No.7,8,10）

PCDF管理棟駐車場～HAWまでのアクセスルートにおいて、事故対処資機材の運搬経路を確保した後（前4.3項までの作業完了後）、HAW建家から搬出したエンジン付きポンプ等をME-4班（6名）が、運搬・配置する。なお、運搬・配置については事前にアクセスル

ート上の必要な箇所に保管・配置する対応をとる。

未然防止対策①では、エンジン付きポンプ等をPCDF管理棟駐車場～HAWまでの区間、南東地区～PCDF管理棟駐車場までの区間に設置し、南東地区に配備した可搬型貯水設備と消防ホースにて接続し、HAW建家屋上の冷却塔へ補給水を送る。なお、運搬・配置については事前にアクセスルート上の必要な箇所に保管・配置する対応をとる。

未然防止対策②では、エンジン付きポンプ等をPCDF管理棟駐車場～HAWまでの区間に設置し、PCDF管理棟駐車場に配備した可搬型冷却設備と消防ホースにて接続し、高放射性廃液を貯蔵する貯槽の冷却コイルへ冷却水を循環する。未然防止対策②を行うための水源、燃料、事故対処設備はPCDF管理棟駐車場及び重大事故対処施設（HAW、TVF）建家内に保管していることから、南東地区に配備する可搬型貯水設備からの給水ルートを使用せずに対応が可能である。

アクセス性の確認の観点から、4.2項及び4.3項における南東地区からPCDF管理棟駐車場への事故対処要員の徒歩による通行が行えることを確認する。

5. アクセス性の確認

地震及び津波の重畳を起因事象によりアクセスルートに発生が懸念される被害事象、先行事例及び2011年東北地方太平洋沖地震の被害状況等を踏まえ、アクセス性を確認する。なお、アクセスルートにおいて、2011年東北地方太平洋沖地震による被害が最も大きな場所は、図-2の⑬構内道路であり、道路の陥没は発生したものの、人のアクセスは可能な状況であった（図-4参照）。

アクセスルートとしては東側アクセスルート及び西側アクセスルートを設定している。東側アクセスルートはT.P.+18 m以上のルートであり津波による影響はない。西側アクセスルートは、部分的に標高の低い箇所において浸水のおそれが考えられるため、津波が引いた後に事故対処を行う。この際、津波漂流物による瓦礫等により通行できない場合には、津波による浸水のおそれがない別のルートからPCDF管理棟駐車場までのアクセスを行う。このため、アクセスルートについては、地震起因により想定される被害事象について評価する。懸念される被害事象を表-2に示す。

表-2を踏まえ、事故時に南東地区に参集した事故対処要員がPCDF管理棟駐車場に徒歩で通行できることを確認する。

陥没箇所における徒歩による通行の際には、必要に応じて、簡易ブリッジ等の仮設足場等の設置によりアクセス性を確保するものとし、これら資機材、配置場所、作業性については、

訓練により実効性を検証するとともに、継続的な訓練により習熟及び改善を図る。

5.1　評価項目

評価は、表-2に示す被害事象について行う。評価項目(1)～(5)を以下に示す。

(1)損壊物によるアクセスルートの閉塞による通行不能

(2)火災、溢水による通行不能

(3)アクセスルートへの土砂流入等による道路の通行不能

(4)アクセスルートの不等沈下による通行不能

(5)陥没による通行不能

5.2　評価内容

(1)損壊物によるアクセスルートの閉塞による通行不能（添付資料－1参照）

a.想定

アクセスルートが閉塞されるおそれについては、アクセスルート沿いに立地している建物が倒壊した場合を想定する。

b.評価

(評価①)

東側アクセスルート、西側アクセスルートに隣接する建物をウォークダウンにより抽出し、地震による建家の倒壊のおそれが無いことを確認する※。

※その他の施設と同様の手法（保有水平耐力/必要保有水平耐力>1.2で倒壊なし）にて倒壊のおそれの有無を確認する。

(評価②)

隣接建物の倒壊のおそれがある場合には、建家高さと、建家からアクセスルートまでの距離の関係から、地震によるアクセスルートの閉塞がなく、徒歩による要員の通行が可能であることを確認する。

(評価③)

アクセスルート周囲の地形から迂回の可否を確認する。なお、迂回路を使用する場合は、評価①及び評価②と同様の確認を行う。

評価①～③のいずれかが満たされる場合、アクセスルートとして使用できるものと判断する。

(2)火災、溢水による通行不能（添付資料－2、添付資料－3参照）

a.想定

アクセスルート沿いの屋外貯蔵施設において火災が発生した場合を想定する。また、貯水タンク等の倒壊による溢水が発生した場合を想定する。

b.評価

東側アクセスルート、西側アクセスルートに影響する火災源、溢水源となる設備をウォークダウンにより抽出し、要員の屋外活動に支障がないことを確認する。

火災源については、核燃料サイクル工学所内の屋外貯蔵施設からアクセスルートまでの最短距離から、火災発生時に想定される放射熱強度を算出し許容限界※と比較する。

溢水源については、アクセスルートと溢水源の標高を比較し、徒歩による通行に対し障害となる浸水が生じないことを確認する。

※「石油コンビナートの防災アセスメント指針 放射熱の影響」より「長時間さらされても苦痛を感じない強度」とされる1.6 kW/m^2を下回ることを確認する。

(3)アクセスルートへの土砂流入等による道路の通行不能（添付資料－4参照）

a.想定

土砂流入等によりアクセスルートが通行不能になるおそれがある場所は、アクセスルートの上側に斜面があるPuセンター駐車場付近等が考えられる。

b.評価

先行施設の評価方法を参考に、土砂流入量及び重機の処理能力を評価し、タイムチャートに示す時間内に重機により土砂を除去できることを確認する。

(4)アクセスルートの不等沈下による通行不能（添付資料－5参照）

a.想定

地震により埋設物の周囲に分布する埋戻土が沈下することを想定する。

b.評価

道路と埋設物との段差に生じる不等沈下（段差）量を評価し、事故対処要員の徒歩による通行に支障がないことを確認する。

(5)陥没による通行不能（添付資料－5参照）

a.想定

東側アクセスルート、西側アクセスルートを横断する地下埋設構造物が、地震により破損し、地下埋設構造物と同じ大きさの陥没がアクセスルートに発生することを想定する。

b.評価

アクセスルートを横断する地下埋設構造物を抽出し、地下埋設構造物と同じ大きさの陥没に対し、事故対処要員の徒歩による通行に支障がないことを確認する。

アクセスルートを横断する陥没に対しては、アクセスルート周囲の地形から迂回の可否を確認する。なお、迂回路を使用する場合は、同様に地下埋設構造物に対する確認を行う。

また、迂回路を使用できない場合には、徒歩による通行にあたり、仮設足場等の設置によりアクセス可能であることを確認する。

これら資機材、配置場所、作業性については、訓練により実効性を検証するとともに、継続的な訓練により習熟及び改善を図る。

6. 評価結果

前項の評価についてのまとめを添付資料－6に示す。

7. 準拠規格・基準等

アクセスルートの評価において準拠する規格・基準等を以下に示す。

(1)「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601）」（日本電気協会）

(2)「茨城県建築基準条例」（茨城県）

(3)「石油コンビナートの防災アセスメント指針　平成 25 年 3 月」（消防庁）

(4)「ダム工事積算指針 平成２０年度」（農林水産省）

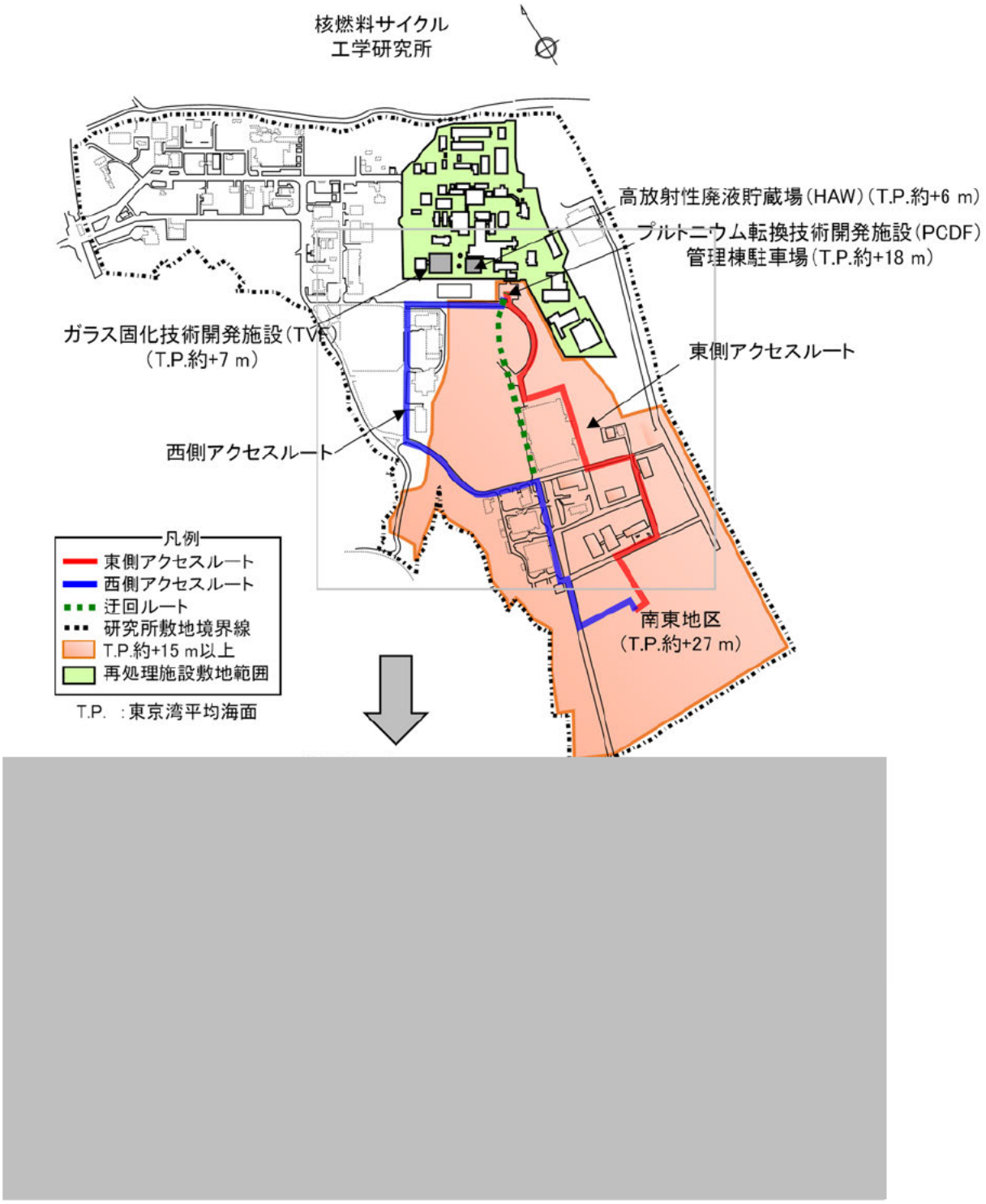


図-1　南東地区からPCDF管理棟駐車場までのアクセスルート



図-2　アクセスルートの周辺状況

表-1　各安全対策における事故対処要員及び運搬資機材等の整理

東側アクセスルート（南東地区～PCDF管理棟駐車場）【約1,200 m】

	未然①	未然②	未然③	遅延①	遅延②
事故対処要員数人)	29	20	19	21	19
	数量 ／ 基当たりの重量（kg） ／ 運搬(操作)に必要な人数				
エンジン付ポンプ*1	4／70／6※	5／70／6※	4／70／6※	1／70／6※	3／70／6※
組立式水槽 5 m^3	4／43／6※	5／43／6※	4／43／6※	1／43／6※	3／43／6※
消防ホース*2 65A×20 m	60／7／6※	60／7／6※	60／7／6※	5／7／6※	60／7／6※
燃料運搬(携行缶*3)	4／20／3	5／20／3	4／20／3	2／20／3	3／20／3
簡易無線機	13／1／1	13／1／1	13／1／1	13／1／1	13／1／1

西側アクセスルート（南東地区～PCDF管理棟駐車場）【約1,400 m】

	未然①	未然②	未然③	遅延①	遅延②
事故対処要員数人)	29	20	19	21	19
	数量 ／ 基当たりの重量（kg） ／ 運搬(操作)に必要な人数				
エンジン付ポンプ*1	4／70／6※	5／70／6※	4／70／6※	1／70／6※	3／70／6※
組立式水槽 5 m^3	4／43／6※	5／43／6※	4／43／6※	1／43／6※	3／43／6※
消防ホース*2 65A×20 m	70／7／6※	70／7／6※	70／7／6※	70／7／6※	70／7／6※
燃料運搬(携行缶*3)	4／20／3	5／20／3	4／20／3	2／20／3	3／20／3
簡易無線機	13／1／1	13／1／1	13／1／1	13／1／1	13／1／1

※ ：作業重複

＊1：消防ポンプ車の代わりにエンジン付きポンプを使用した場合の数。

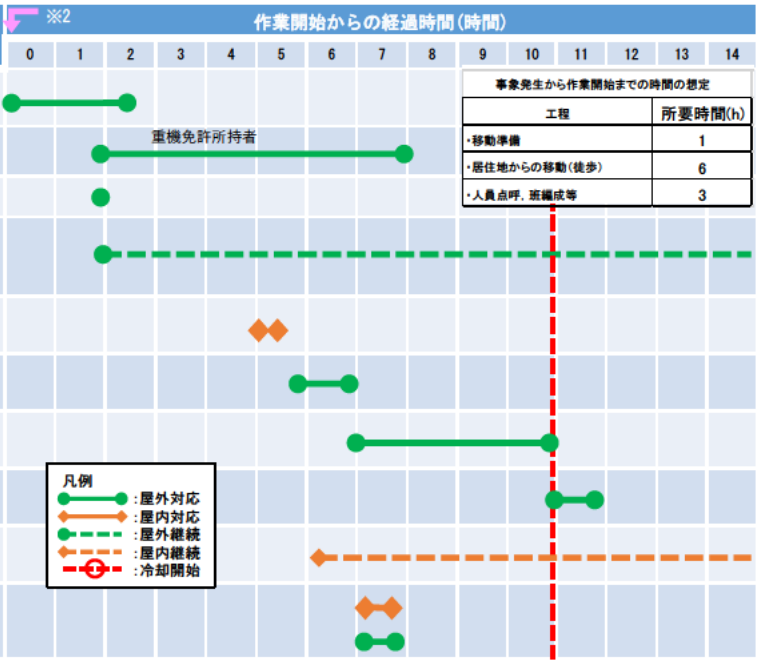
＊2：消防ホース背負機により3本単位で運搬。運搬時重量は約23 kg。

＊3：不整地運搬車が通行可能な場合は車両にドラム缶を積載し運搬。通行できない場合は、事故対処要員が携行缶を使用して徒歩により運搬。

その他：事故対処要員はヘルメット、ヘッドランプ等の装備を装着して活動する。

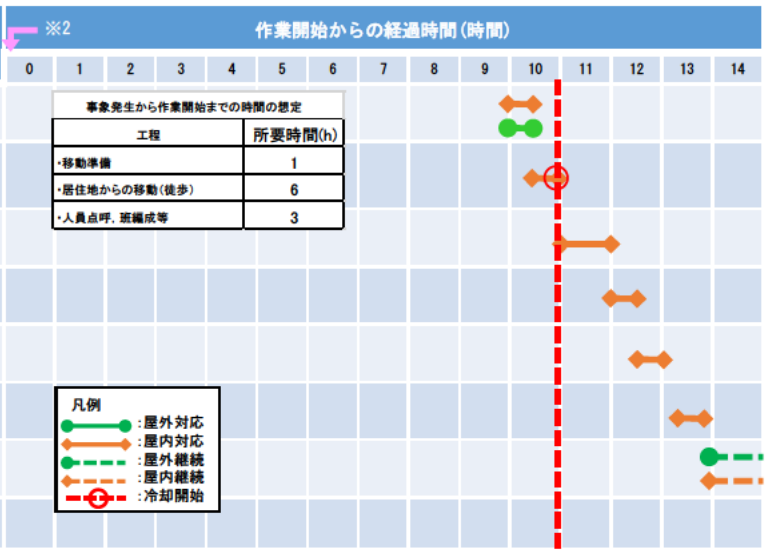
再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書（原規規発第2104272号，令和3年4月27日認可）
添四別紙1-1-2-21、22より抜粋

	操作項目	班	場所 ※1	時間 / 要員
1	周辺確認及びアクセスルート確認（水源・燃料貯槽確認含む。）	ME-0 ※3	屋外	6名
2	重機によりアクセスルート確保（南東地区-PCDF駐車場※4-HAW間ルート）	ME-1	屋外	4名
3	消防ポンプ車の要請（2台）	消防班	屋外	2名
4	燃料運搬 PCDF駐車場※4（地下式貯油槽）⇒不整地運搬車（ドラム缶で運搬）⇒移動式発電機、消防ポンプ車、エンジン付きポンプ、重機に給油	ME-2	屋外	3名
5	HAW施設よりエンジン付きポンプ，消防ホース及び組立水槽を屋外へ搬出	ME-3	屋内	5名
6	エンジン付きポンプ配置・ホース接続	消防班	屋外	2名
7	エンジン付きポンプ・消防ホース・組立水槽運搬設置	ME-4	屋外	6名
8	HAW屋上の冷却塔へエンジン付きポンプにより給水を行う。	ME-4	屋外	6名
9	移動式発電機からケーブルを敷設し給電する。	ME-5	屋外	5名
10	冷却塔電源系統切替（商用系⇒外部系）及び運転	ME-3 ME-6	屋内 屋外	5名 4名



※1 制御室における復旧活動はない。
※2 事象発生後，約10時間後を想定
※3 ME-1，ME-4より各3名
※4 PCDF駐車場：プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場

	操作項目	班	場所 ※1	時間 / 要員
11	二次系の送水ポンプの電源系統切替（商用系⇒外部系）及び運転	ME-3 ME-6	屋内 屋外	5名 4名
12	一次系の予備循環ポンプの電源系統切替（商用系⇒外部系）及び運転	ME-3	屋内	5名
13	建家換気系排風機の電源系統切替（商用系⇒外部系）及び運転	ME-3 ME-6	屋内	5名 4名
14	槽類換気系排風機の電源系統切替（商用系⇒外部系）及び運転	ME-3	屋内	5名
15	水素掃気用ブロワの電源系統切替（商用系⇒外部系）及び運転	ME-3	屋内	5名
16	計装盤電源系統切替（商用系⇒外部系）及び電源供給	ME-3	屋内	5名
17	貯槽温度，液位，回転機器の監視	ME-3 ME-4	屋外 屋内	5名 6名
	ME-1～ME-6の合計人数			29名 消防班2名含む



グレー文字：建家換気系及び水素掃気系等に係る対応

図-3　未然防止対策①移動式発電機からの給電及び冷却塔での冷却（タイムチャート）



図-4　2011年東北地方太平洋沖地震の被害状況（図-2 ⑬構内道路付近）

出典：原子力機構における東日本大震災の被災状況について（平成23年4月28日）

表-2　アクセスルートにおいて地震により懸念される被害事象

被害要因	懸念される被害事象
(1) 周辺建家の倒壊	損壊物によるアクセスルートの閉塞による通行不能
(2) 周辺タンク等の損壊	火災、溢水による通行不能
(3) 周辺斜面の崩壊	アクセスルートへの土砂流入等による道路の通行不能
(4) 液状化及び揺すり込みによる不等沈下	アクセスルートの不等沈下による通行不能
(5) 地中埋設構造物の損壊	陥没による通行不能

アクセスルート近傍の障害となり得る要因と影響評価について

南東地区から PCDF 管理棟駐車場までのアクセスルート近傍の障害となり得る建家を抽出し、抽出した建家に対しアクセスルートへの影響評価を実施した。

1. アクセスルート近傍の構造物の抽出

南東地区から PCDF 管理棟駐車場までのアクセスルートの障害となり得る建家については、以下の手順により抽出を行った。

① 調査対象範囲の設定

南東地区から PCDF 管理棟駐車場までのアクセスルート（西側アクセスルート及び東側アクセスルート）の経路を調査対象範囲として設定する。

② 机上調査による抽出

アクセスルートに隣接する建家が地震により倒壊・損壊した際に影響を与えると想定される箇所について竣工資料、設備図面をもとに抽出する。

③ 現場調査による抽出

机上調査において抽出された建家の確認を行う。建家の高さと、建家からアクセスルートまでの距離の関係から、地震によるアクセスルートの閉塞のおそれの有無を確認する。

④ アクセスルートに隣接する建家の影響確認

机上調査及び現場調査結果において抽出されたアクセスルートの障害となり得る建家の耐震性評価を確認する（図 1-1 参照)。抽出された建家は、各階の保有水平耐力により耐震性を確認した。保有水平耐力が建築基準法に示される必要保有水平耐力以上（保有水平耐力比（保有水平耐力/必要保有水平耐力）が 1.0 以上）であれば、地震時に建物が倒壊する可能性は低いが、保守側に保有水平耐力比が 1.2 以上あれば耐震性を有するとした（添付資料 6-1-3-4-3「その他の施設の建家の耐震性及び耐津波性の確認」より)。

2. 評価結果

アクセスルートの障害となり得る建家について東側アクセスルート及び西側アクセスルートのそれぞれのルートにおいて確認を行った。その結果、東側アクセスルートについてはプルトニウム燃料第三開発室が抽出され、西側アクセスルートについては第二プルトニウム廃棄物貯蔵施設（第 2PWSF）が抽出されたことから、これらの建家における耐震性評価の確認を行った（図 1-2 参照）。その結果、プルトニウム燃料第三開発室及び第二プルトニウム廃棄物貯蔵施設（第 2PWSF）ともに保有水平耐力比が 1.2 以上であり、地震時に建物が倒壊する可能性は低く、建家の倒壊によるアクセスルートの閉塞はないと判断する。また、迂回を想定した場合に隣接する建家の評価として、第二ウラン系廃棄物貯蔵施設（第 2UWSF）及びプルトニウム燃料第二開発室(集合体貯蔵庫)についても保有水平耐力比が 1.2 以上であった。

これらの建家についての評価結果を表 1-1 に示す。

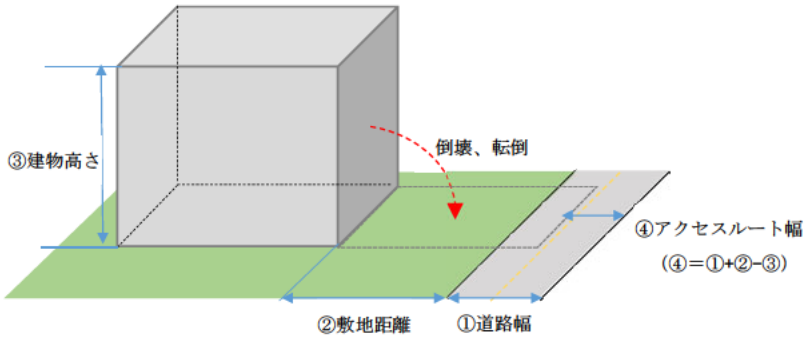


図1-1　建家の高さと建家からアクセスルートまでの距離（道幅含む）の関係

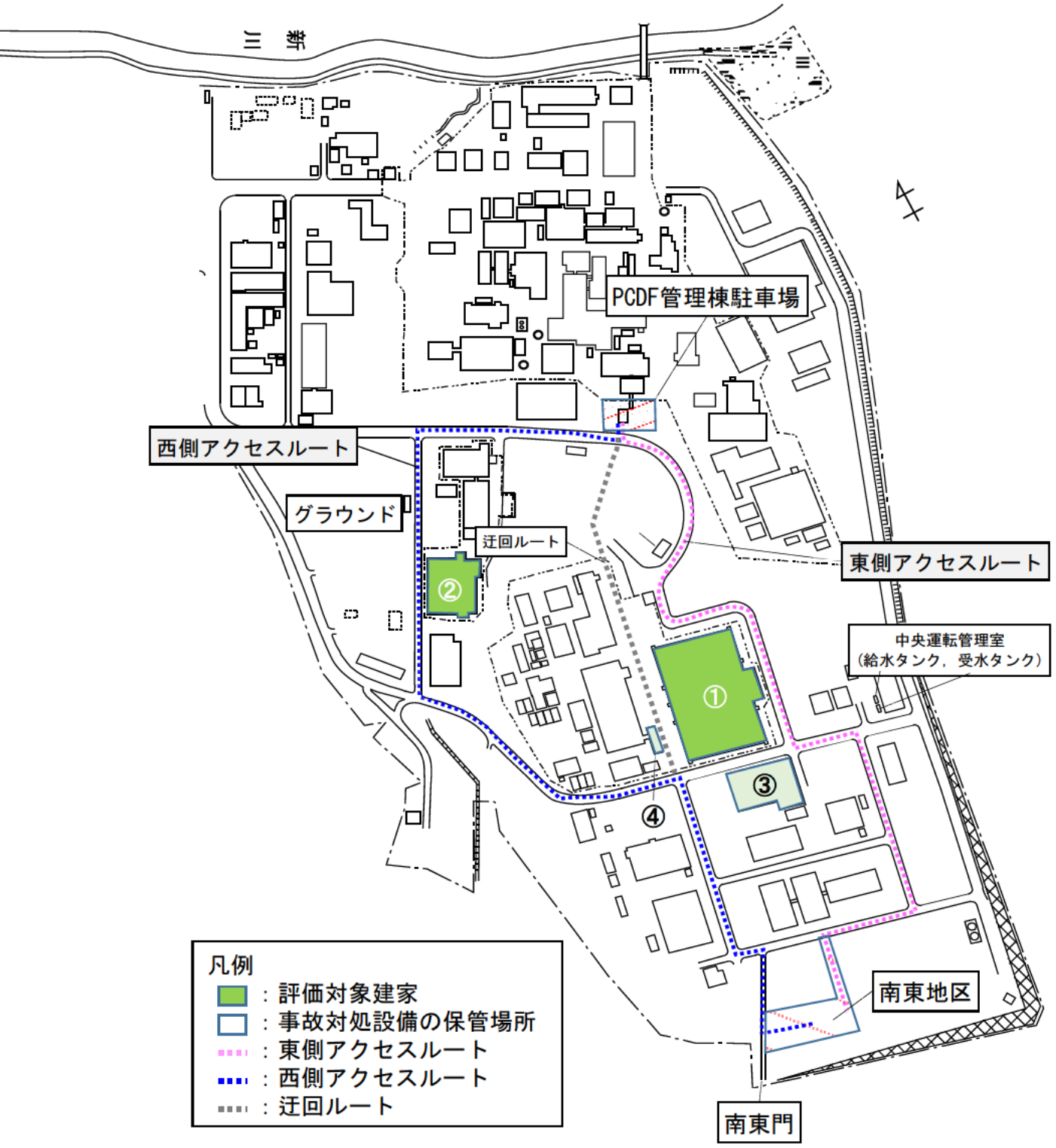


図 1-2　アクセスルートに隣接する建家の影響確認

表 1-1　アクセスルートに隣接する建家の評価結果

No.※1	建家名称	ルート	倒壊時のアクセスルート影響	耐震性評価		迂回路使用の可否	津波影響	判定
				検定比注) (Qu/Qun)	基準値			
①	プルトニウム燃料第三開発室（FBR 棟）	東	有り	≧1.3	≧1.2	困難であるが可能（森林）	なし	○
	プルトニウム燃料第三開発室（ATR 棟）	東		≧1.3	≧1.2		なし	○
	プルトニウム燃料第三開発室（共通棟）	東		≧1.3	≧1.2		なし	○
	プルトニウム燃料第三開発室（管理棟）	東		≧1.3	≧1.2		なし	○
②	第二プルトニウム廃棄物貯蔵施設（第 2PWSF）	西	有り	≧1.3	≧1.2	可能（グラウンド）	なし※2	○
③	第二ウラン系廃棄物貯蔵施設（第 2UWSF）	迂回	有り	≧1.3	≧1.2		なし	○
④	プルトニウム燃料第二開発室（集合体貯蔵庫）	迂回	有り	≧1.3	≧1.2		なし	○

注）：検定比については、核燃料物質使用変更許可申請書又は構造計算書の NS 方向及び EW 方向の小さい値で確認した。

※1：「図 1-2　アクセスルートに隣接する建家の影響確認」における建家番号に対応。

※2：西側アクセスルートは、部分的に標高の低い箇所において浸水のおそれが考えられるため、津波が引いた後に事故対処を行う。

危険物施設漏洩火災時におけるアクセスルートへの影響

1. 概要

地震により危険物施設から可燃物が漏洩した場合、防油堤にとどまる。防油堤にとどまった可燃物に引火した場合を想定し、その火災によりアクセスルートの通行に影響があるかを確認する。影響がある場合は、アクセスルートを迂回する必要が生じる。

評価の結果、最大放射熱強度が 609[W/m^2]に対し、許容限界が 1,600[W/m^2]となるため、火災によるアクセスルート上の通行に影響はない。

2. 評価対象の抽出

核燃料サイクル工学研究所内には危険物施設である屋外貯蔵施設が 5 か所、地下タンク貯蔵施設が 1 か所存在する。地下タンク貯蔵所については、地表面で火災が発生する可能性は低いことから、評価対象外とした。よって、屋外貯蔵施設 5 か所を評価対象とし、表 2-1 に示す。また、屋外貯蔵施設の配置図を図 2-1 に示す。

表 2-1　評価対象となる屋外貯蔵施設

屋外貯蔵施設	燃料の種類
ウラン系廃棄物焼却場 屋外タンク	灯油
中央運転管理室 屋外重油タンク	重油
廃棄物処理場 屋外タンク	オクチル酸カルシウム
	ケロシン
屋外軽油タンク（南東地区） (No.1、No.2)	軽油
低放射性廃棄物処理技術開発施設 屋外タンク	灯油

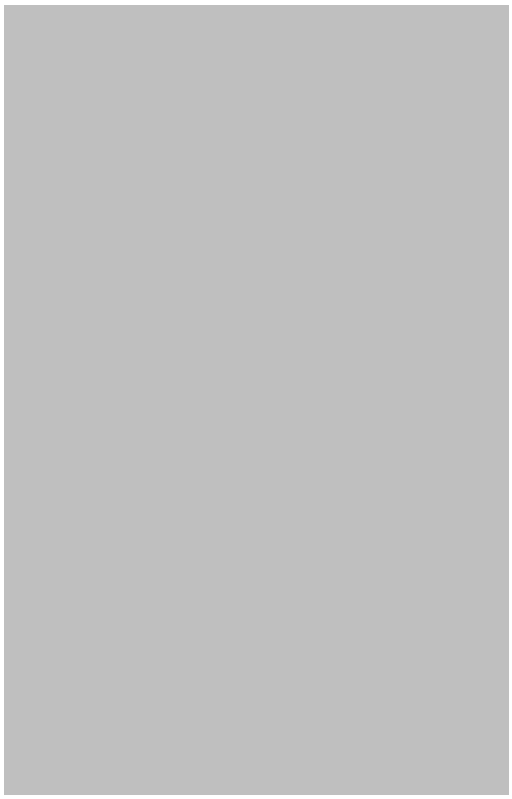


図 2-1　屋外貯蔵施設の配置図

3. 屋外貯蔵施設における火災の条件

屋外貯蔵施設の火災の想定は以下の通りとした。

3.1 想定条件

a. 評価対象とする屋外貯蔵施設は、ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク、中央管理室屋外重油タンク、廃棄物処理場屋外タンク、屋外軽油タンク（南東地区）（No.1、No.2）及び低放射性廃棄物処理技術開発施設屋外タンクとした。

b. タンクの燃料は満載した状態を想定した。

c. 隔離距離は評価上厳しくなるよう、a.で想定した屋外貯蔵施設の位置からアクセスルートまでの直線距離とし、安全側に丸めた。

d. 火災はタンクの破損等による防油堤内の全面火災を想定した。

e. 気象条件は無風状態とした。

3.2 輻射強度の算定

油火災において任意の位置にある輻射強度（熱）を計算により求めるために、半径が 1.5 m 以上の場合で、火災の高さ（輻射体）を半径の 3 倍にした円筒火災モデルを採用した。

4. アクセスルートへの影響評価方法

アクセスルートへの影響評価は火災からアクセスルートまでの最短距離における放射熱強度を算出し、その値を許容限界と比較することで確認する。

4.1 屋外貯蔵施設のパラメータ

屋外貯蔵施設のアクセスルートまでの最短距離及び燃焼半径、輻射発散度は表 2-2 の通りである。熱輻射発散度は「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」を参照する。なお、燃料半径は、令和 2 年 9 月 25 日に「原規規発第 2009252 号」にて認可を受けた「添付資料 6-1-4-9-1　石油類貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価：データの算出について」で算出されている値を用いる。

表 2-2　屋外貯蔵施設のパラメータ

屋外貯蔵施設	アクセスルートまでの最短距離[m]	燃焼半径[m]	輻射発散度[W/m^2]
ウラン系廃棄物焼却場 屋外タンク	300	1.16	50,000
中央運転管理室 屋外重油タンク	100	10.42	23,000
廃棄物処理場 屋外タンク	250	3.00	50,000
屋外軽油タンク（南東地区） (No.1、No.2)	100	8.59	42,000
低放射性廃棄物処理 技術開発施設屋外タンク	300	2.46	50,000

4.2 放射熱強度の算出方法

放射熱強度は、形態係数を算出し、その値を用いて算出する。

算出には「石油コンビナートの防災アセスメント指針」を参照する。

f. 形態係数の算出

$$\phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left[\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left(\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right) - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left(\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right)\right]$$

$$A = (1+n)^2 + m^2$$

$$B = (1-n)^2 + m^2$$

$$m = H/R$$

$$n = L/R$$

ϕ ： 形態係数[-]

H ： 火炎高さ[m]＝3R

R ： 火炎底面半径[m]

L ： 火炎底面の中心から受熱面までの距離[m]

g. 放射熱強度の算出

$$E = \phi R_f$$

E ： 放射熱強度[W/m^2]

R_f ： 輻射発散度[W/m^2]

4.3 許容限界

許容限界は表 2-3 に示す「石油コンビナートの防災アセスメント指針　放射熱の影響」より、「長時間さらされても苦痛を感じない強度」とされる 1.6[kW/m²]とする。

表 2-3　放射熱の影響

放射熱強度 (kW/m²)	放射熱強度 (kcal/m²h)	状況および説明	出典
0.9	800	太陽（真夏）放射熱強度	*1)
1.3	1,080	人が長時間暴露されても安全な強度	*2)
1.6	1,400	長時間さらされても苦痛を感じない強度	*5)
2.3	2,000	露出人体に対する危険範囲（接近可能） 1 分間以内で痛みを感じる強度 **現指針（平成 13 年）に示されている液面火災の基準値**	*3)
2.4	2,050	地震時の市街地大火に対する避難計画で用いられる許容限界	*4)
4.0	3,400	20 秒で痛みを感じる強度。皮膚に水疱を生じる場合があるが、致死率 0%	*5)
4.6	4,000	10～20 秒で苦痛を感じる強度 古い木板が長時間受熱すると引火する強度 フレアスタック直下での熱量規制（高圧ガス保安法他）	*2)
8.1	7,000	10～20 秒で火傷となる強度	*2)
9.5	8,200	8 秒で痛みの限界に達し、20 秒で第 2 度の火傷（赤く斑点ができ水疱が生じる）を負う	*5)
11.6	10,000	**現指針（平成 13 年）に示されているファイヤーボールの基準値（ファイヤーボールの継続時間は概ね数秒以下と考えられることによる）**	*3)
11.6～	10,000～	約 15 分間に木材繊維などが発火する強度	*2)
12.5	10,800	木片が引火する、あるいはプラスチックチューブが溶ける最小エネルギー	*5)
25.0	21,500	長時間暴露により木片が自然発火する最小エネルギー	*5)
37.5	32,300	プロセス機器に被害を与えるのに十分な強度	*5)

*1) 理科年表
*2) 高圧ガス保安協会：コンビナート保安・防災技術指針（1974）
*3) 消防庁特殊災害室：石油コンビナートの防災アセスメント指針（2001）
*4) 長谷見雄二，重川希志依：火災時における人間の耐放射限界について，日本火災学会論文集，Vol.31，No.1(1981)
*5) Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques, ed.P.J.Kayes. Washington, DC: Office of Environmental and Scientific Affairs, World Bank. (1985)

5. 評価結果

4.1 項のパラメータを使用し、4.2 項の算出方法をもとに算出した結果を表 2-4 に示す。評価の結果、アクセスルートにおける放射熱強度は、許容限界より小さい。よって、アクセスルートは危険物施設からの可燃物の漏洩により発生する火災による通行の影響はない。

表 2-4　評価結果

屋外貯蔵施設	放射熱強度 [W/m^2]	許容限界 [W/m^2]
ウラン系廃棄物焼却場 屋外タンク	1.44	1,600
中央運転管理室 屋外重油タンク	486	
廃棄物処理場 屋外タンク	13.9	
屋外軽油タンク（南東地区） (No.1、No.2)	609	
低放射性廃棄物処理技術開発施設 屋外タンク	6.5	

溢水時におけるアクセスルートへの影響

1. 概要

地震により貯水施設から内容物が漏洩することを想定した場合、アクセスルート上の通行に影響があるかを確認する。影響がある場合は、該当するアクセスルートを迂回する必要が生じる。

評価の結果、貯水施設が設置している高さよりも貯水施設近傍のアクセスルートの高さのほうが高く設置されているため、アクセスルート上の通行に影響はない。

2. 評価対象の抽出

核燃料サイクル工学研究所内には貯水施設が存在する。貯水施設のうち、アクセスルート近傍の貯水施設 1 か所（2 設備）を評価対象とし、表 3-1 に示す。また、貯水施設の配置図を図 3-1 に示す。

表 3-1　評価対象となる貯水施設

貯水施設	内容物
中央運転管理室 給水タンク、受水タンク	水

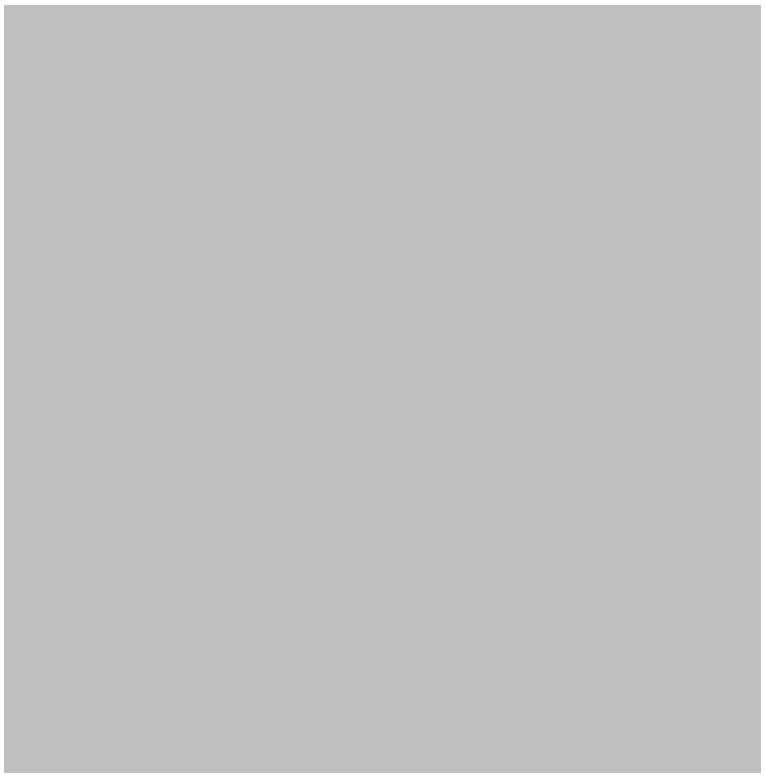


図 3-1　貯水施設の配置図

3. アクセスルートへの影響評価方法

アクセスルートへの影響評価はアクセスルートが貯水施設よりも標高の高い位置に設置していることを確認する。

3.1 貯水施設の高さ及びアクセスルートの高さ

貯水施設の設置標高、貯水施設からアクセスルートまでの最短距離及び許容限界を貯水施設近傍のアクセスルートの標高とし、表 3-2 に示す。また、アクセスルートまでの断面経路及び断面を図 3-2 から図 3-4 に示す。なお、標高情報は国土地理院地図を参考とする。

表 3-2　貯水施設の高さ

貯水施設	アクセスルートまでの最短距離[m]	設置標高[m]	許容限界[m]
中央運転管理室 給水タンク、受水タンク	39	18.7	22.7

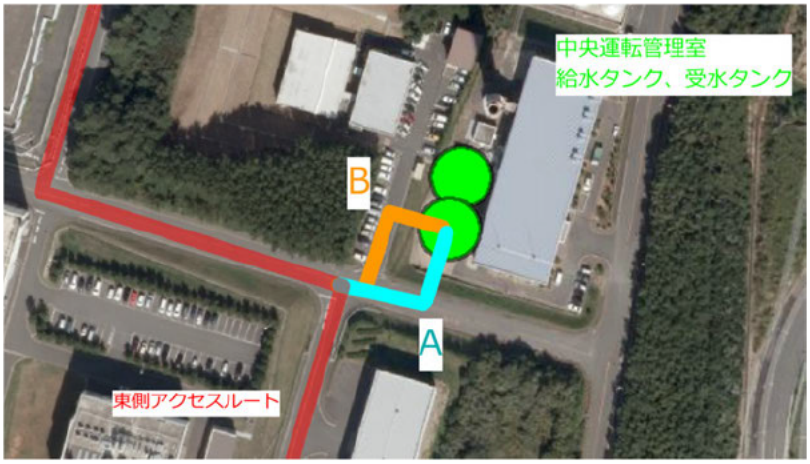


図 3-2　貯水施設からアクセスルートまでの断面経路

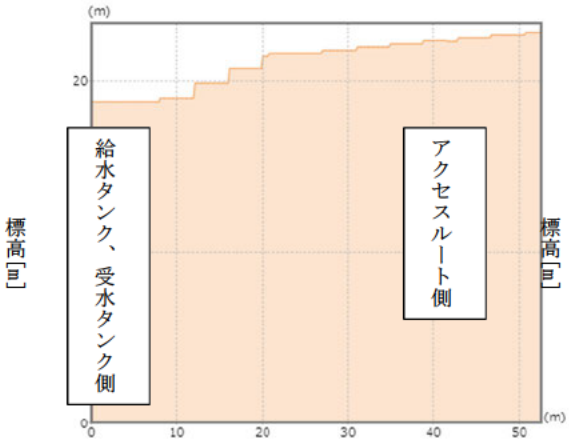


図 3-3　A 経路の断面

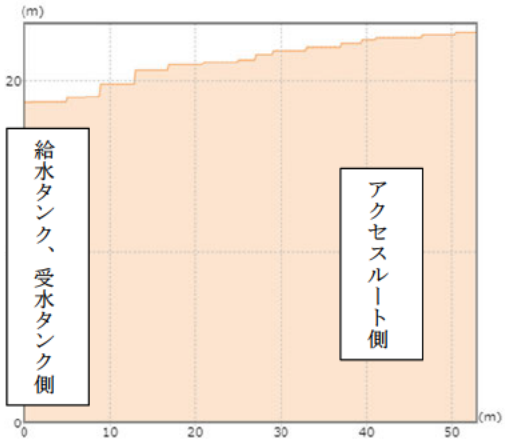


図 3-4　B 経路の断面

4. 評価結果

貯水施設の設置標高は 18.7 m であり、貯水施設近傍のアクセスルートの標高は 22.7 m であるため、貯水施設の内容物が流出した場合でも、内容物がアクセスルートへ流入しない。以上のことからアクセスルートは貯水施設から内容物が漏洩することによる通行への影響はない。

斜面崩落による土砂流入のアクセスルートへの影響

1. 概要

地震により周辺斜面が崩落した場合、アクセスルート上の通行に影響があるかを確認する。影響がある場合は、該当するアクセスルートを迂回する必要が生じる。

評価の結果、東側アクセスルートは土砂の流入が発生せず通行が可能である。西側アクセスルートは土砂の流入によりアクセスが困難になる箇所が発生するが、土砂を除去することで通行が可能である。

2. 検討箇所の設定

核燃料サイクル工学研究所内のアクセスルートにおける検討箇所を図 4-1 に示す。

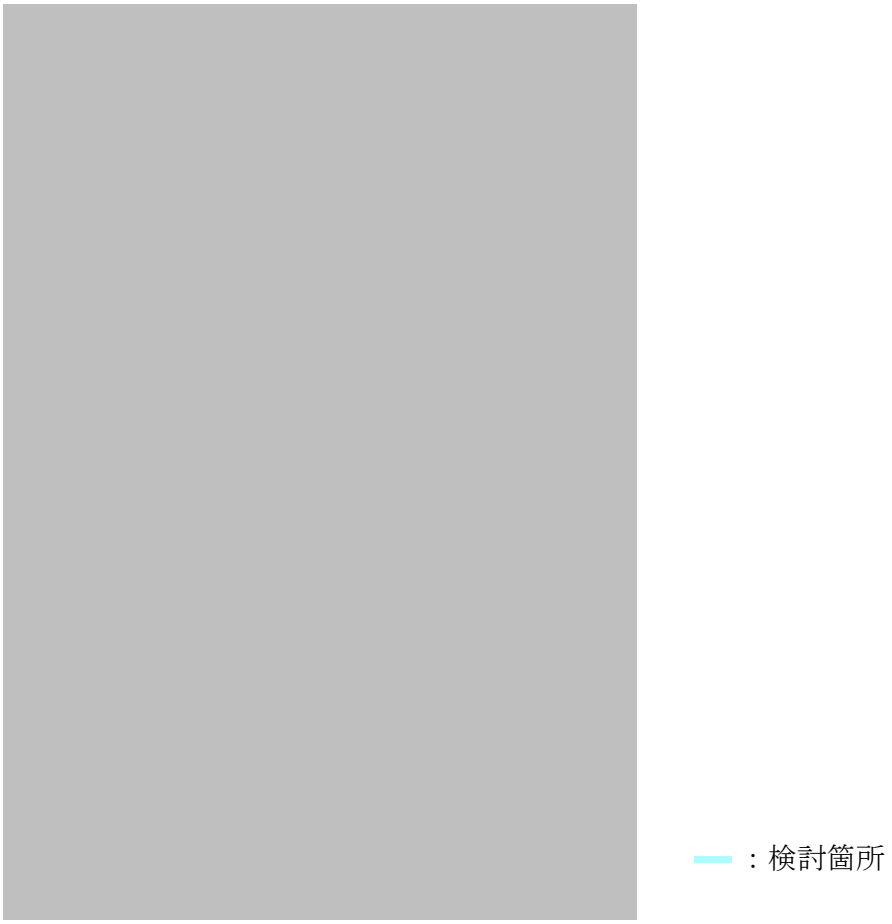


図 4-1　アクセスルートにおける検討箇所

3. 斜面の崩落の条件

斜面の崩落の想定は以下の通りとした。

a. 斜面の崩落は、茨城県建築基準条例に定める「がけ」に発生することとし、がけは下記の条件を満たす斜面をいう。

① 高さが 2 m を超える。

② こう配が 30 度を超える。

b. 流入する土砂の到達距離は、1.4×（がけの高さ）とする。算出には「JEAG4601-1987」を参照した。

4. アクセスルートへの影響評価方法

アクセスルートへの影響評価は、がけに発生する土砂の到達距離及び重機の作業量による土砂の除去に要する時間を評価し、通行が可能であることを確認する。

4.1 許容限界

許容限界はタイムチャートの時間内に通行できることの観点から設定する。

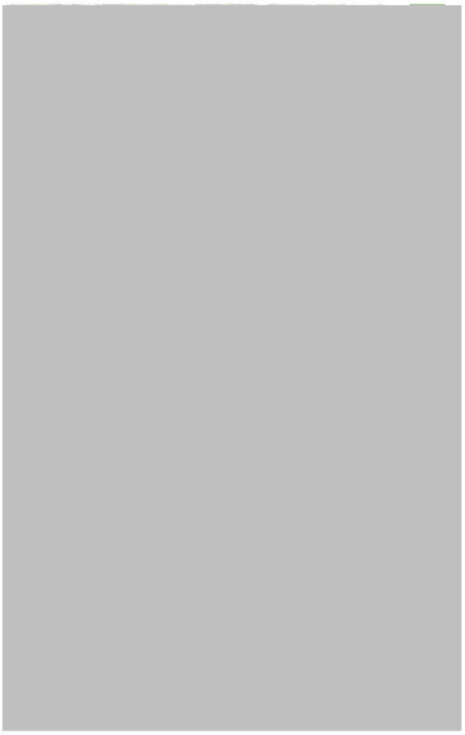
・アクセスルートへ土砂が流入しない場合、アクセスルートへ土砂が流入しても通行への影響がない場合又はアクセスルートへ土砂が流入した場合でも、重機や仮設足場を使用することによりタイムチャートに示すアクセスルート確保の時間内に通行できる場合を通行可能とする。

・アクセスルートへ土砂が流入した場合で、タイムチャートに示すアクセスルート確保時間内に通行ができなければ通行不可能とする。

5. がけの状態

5.1 東側アクセスルート

東側アクセスルートのがけの状態について図 4-2 から図 4-36 に示す。アクセスルートは青枠で示し、断面に土砂が流入する恐れのある斜面を赤枠で示す。また、3 a. に基づき、がけと判定された箇所（図 4-8）については、3 b. に基づく到達距離を示す。



：斜面

：アクセスルート

図 4-2　東側アクセスルートの断面

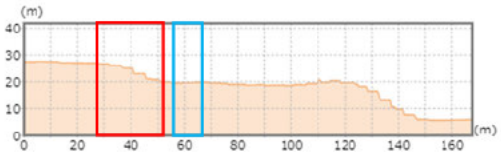


図 4-3　東-1

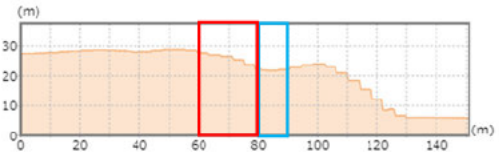


図 4-4　東-2

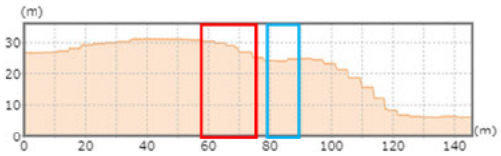


図 4-5　東-3

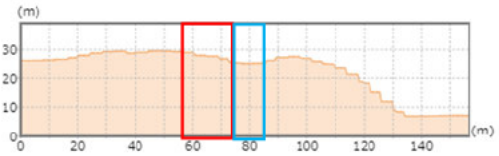


図 4-6　東-4

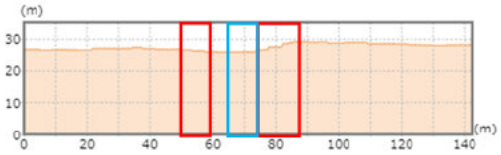


図 4-7　東-5

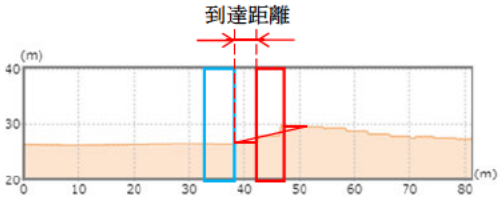


図 4-8　東-6

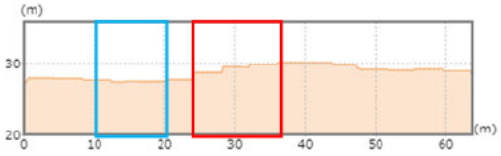


図 4-9　東-7

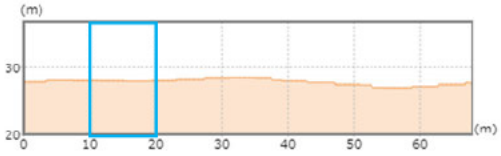


図 4-10　東-8

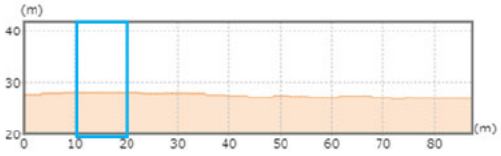


図 4-11　東-9

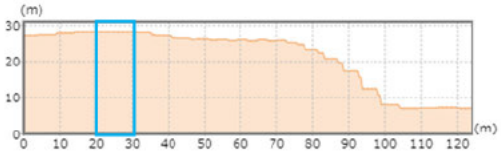


図 4-12　東-10

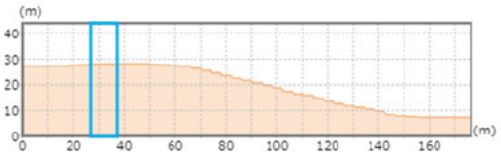


図 4-13　東-11

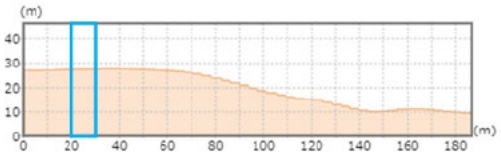


図 4-14　東-12

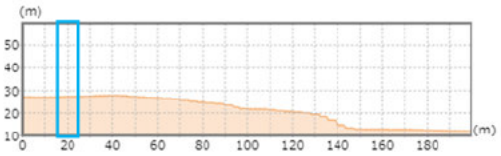


図 4-15　東-13

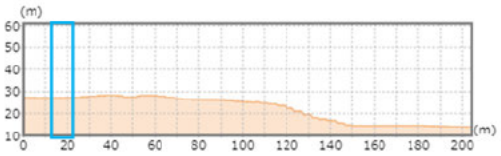


図 4-16　東-14

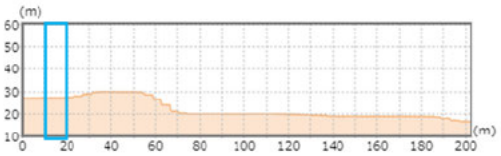


図 4-17　東-15

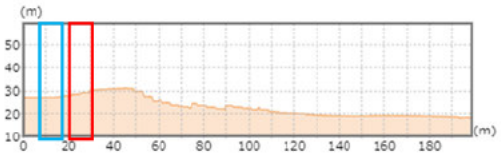


図 4-18　東-16

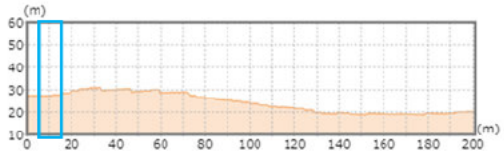


図 4-19　東-17

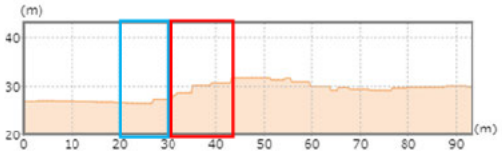


図 4-20　東-18

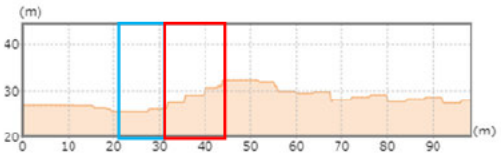


図 4-21　東-19

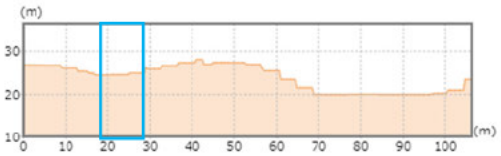


図 4-22　東-20

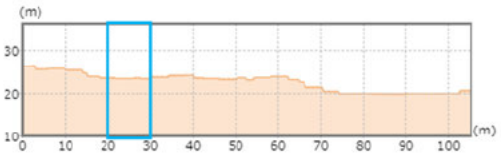


図 4-23　東-21

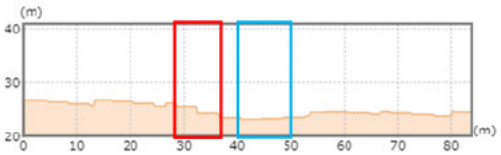


図 4-24　東-22

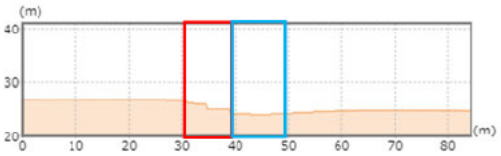


図 4-25　東-23

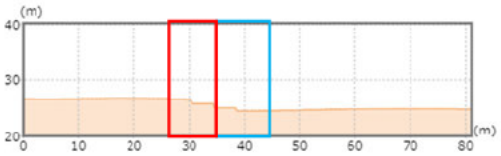


図 4-26　東-24

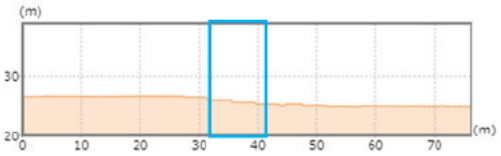


図 4-27　東-25

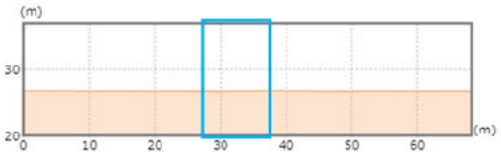


図 4-28　東-26

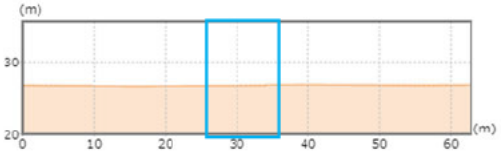


図 4-29　東-27

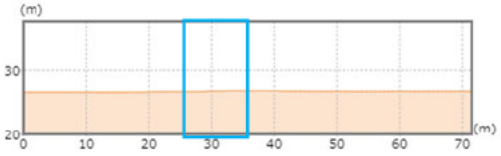


図 4-30　東-28

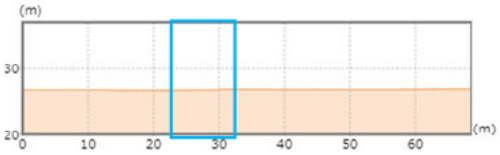


図 4-31　東-29

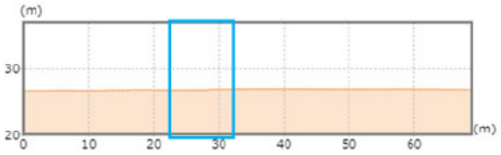


図 4-32　東-30

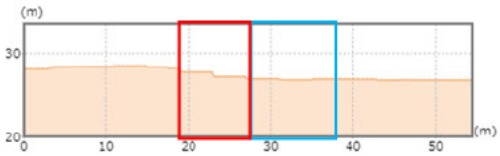


図 4-33　東-31

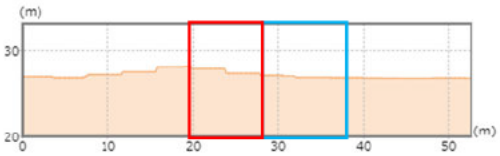


図 4-34　東-32

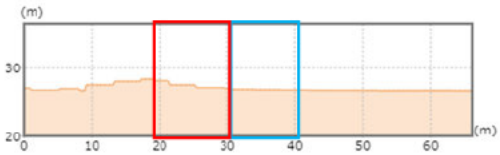


図 4-35　東-33

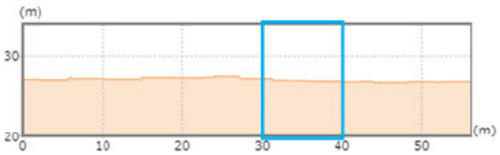


図 4-36　東-34

5.2 西側アクセスルート

西側アクセスルートのがけの状態について図 4-37 から図 4-81 に示す。アクセスルートは青枠で示し、断面に土砂が流入する恐れのある斜面を赤枠で示す。また、3 a. に基づき、がけと判定された箇所（図 4-39、図 4-40）については、3 b. に基づく到達距離を示す。

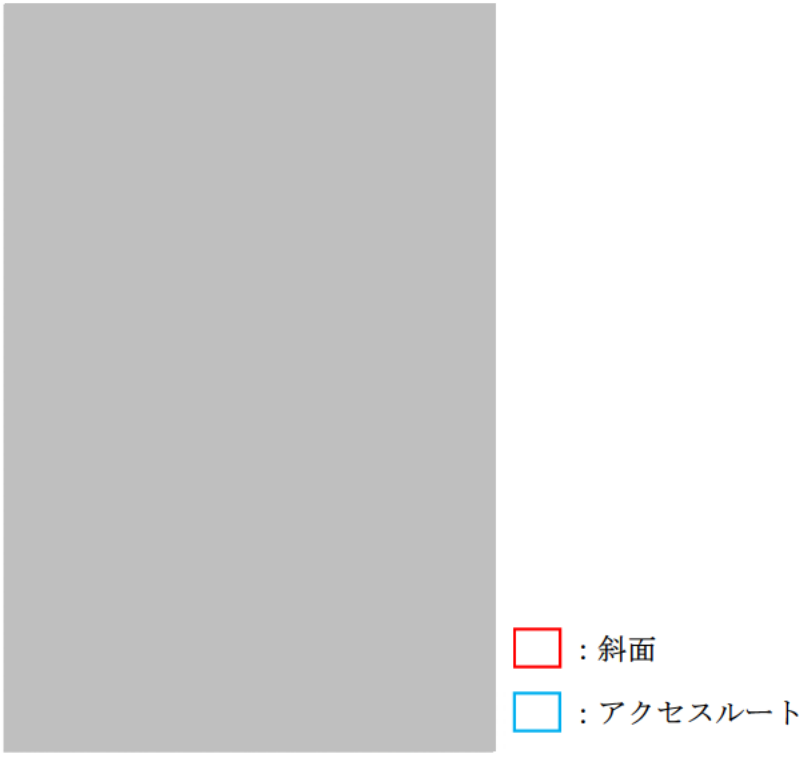


図 4-37　西側アクセスルートの断面

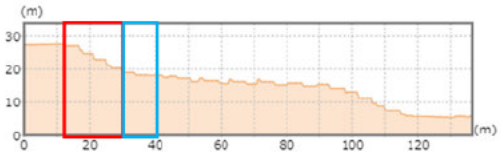


図 4-38　西-1

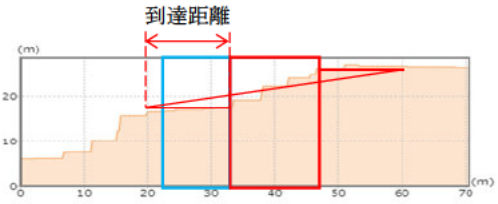


図 4-39　西-2

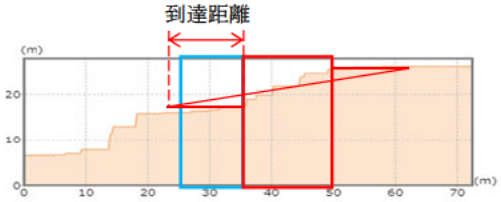


図 4-40　西-3

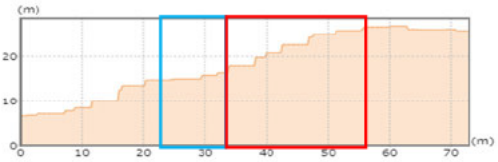


図 4-41　西-4

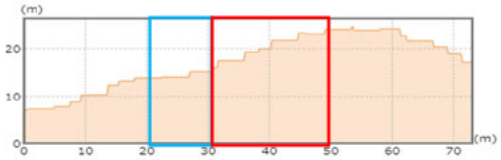


図 4-42　西-5

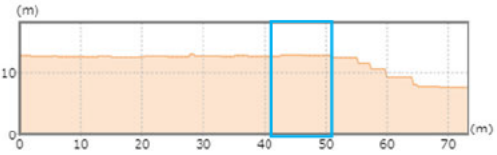


図 4-43　西-6

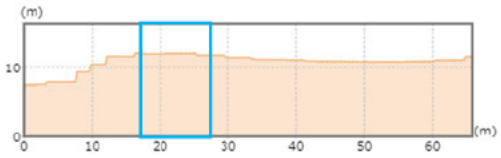


図 4-44　西-7

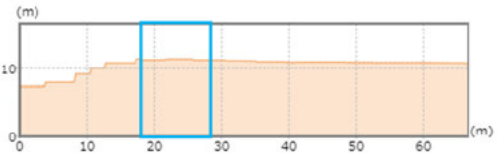


図 4-45　西-8

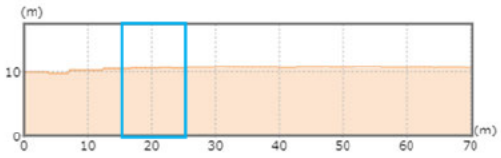


図 4-46　西-9

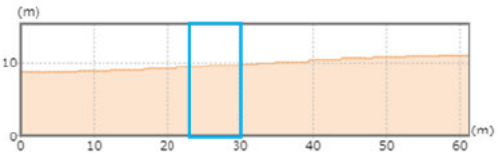


図 4-47　西-10

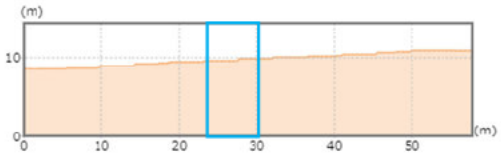


図 4-48　西-11

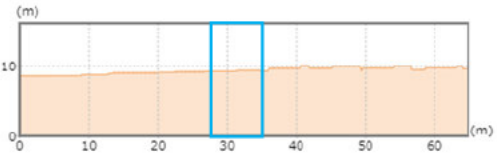


図 4-49　西-12

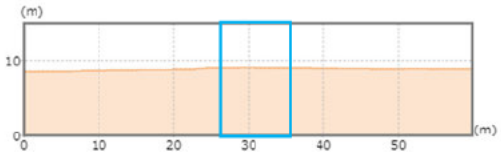


図 4-50　西-13

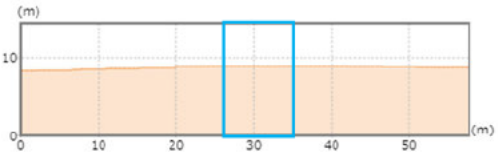


図 4-51　西-14

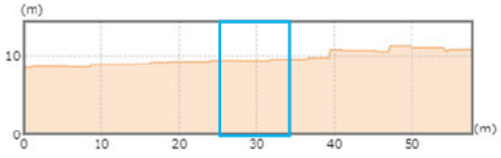


図 4-52　西-15

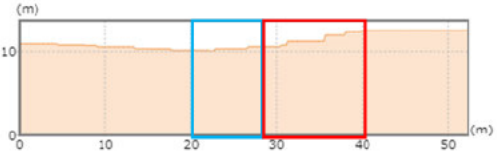


図 4-53　西-16

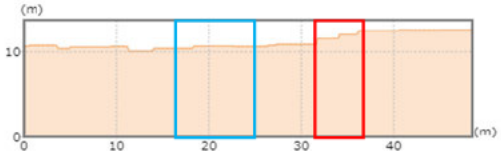


図 4-54　西-17

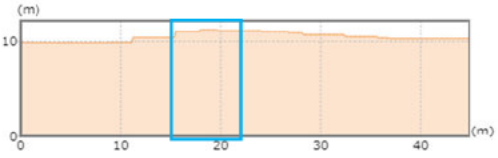


図 4-55　西-18

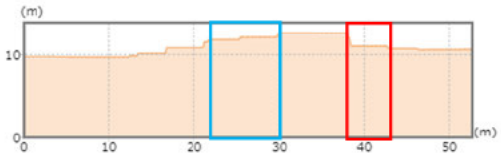


図 4-56　西-19

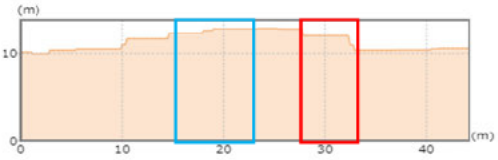


図 4-57　西-20

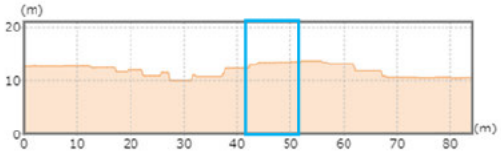


図 4-58　西-21

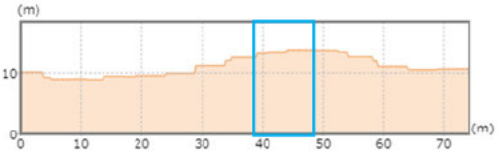


図 4-59　西-22

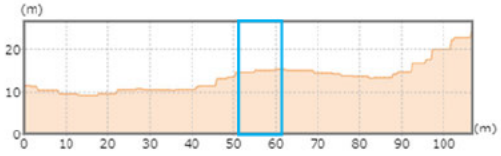


図 4-60　西-23

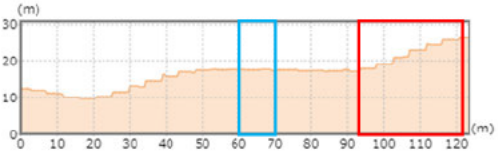


図 4-61　西-24

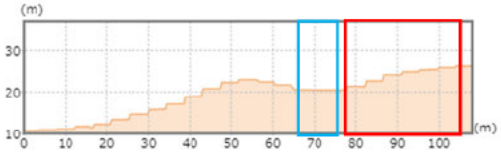


図 4-62　西-25

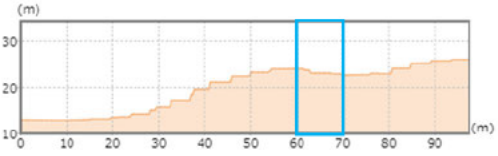


図 4-63　西-26

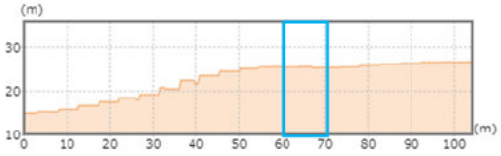


図 4-64　西-27

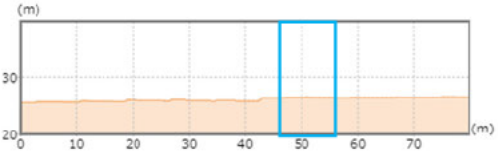


図 4-65　西-28

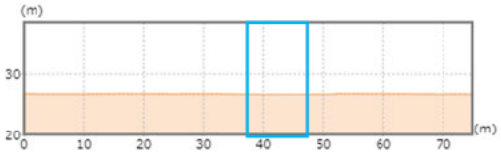


図 4-66　西-29

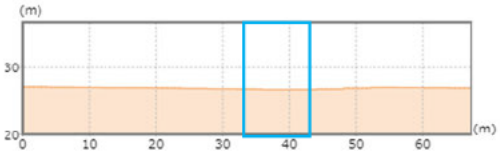


図 4-67　西-30

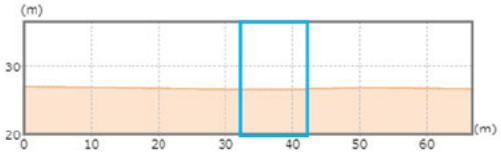


図 4-68　西-31

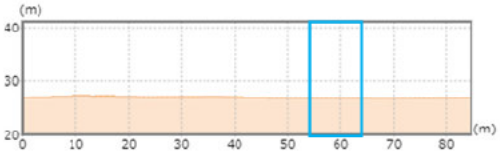


図 4-69　西-32

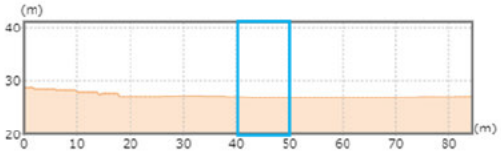


図 4-70　西-33

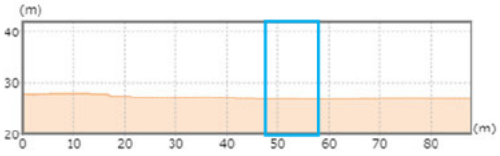


図 4-71　西-34

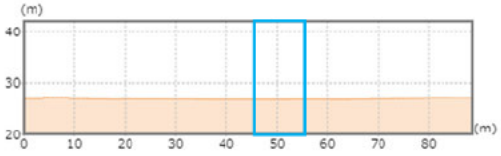


図 4-72　西-35

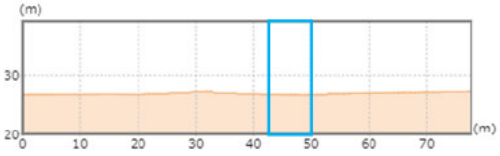


図 4-73　西-36

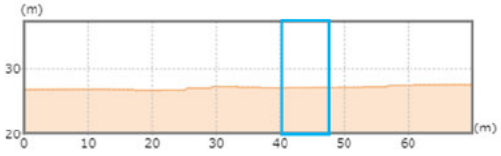


図 4-74　西-37

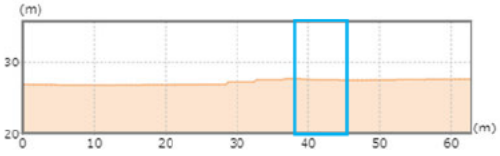


図 4-75　西-38

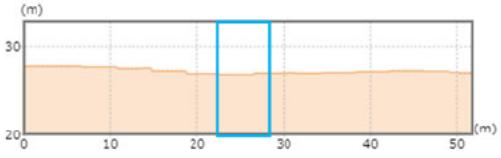


図 4-76　西-39

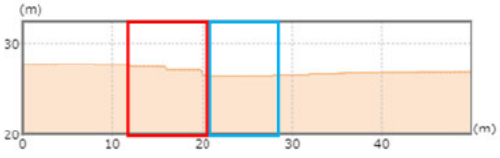


図 4-77　西-40

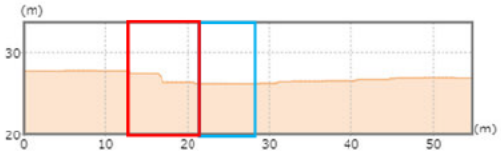


図 4-78　西-41

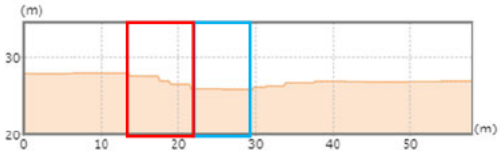


図 4-79　西-42

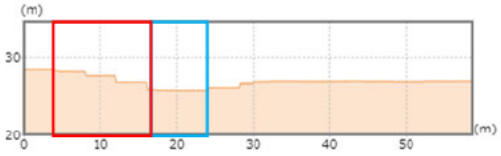


図 4-80　西-43

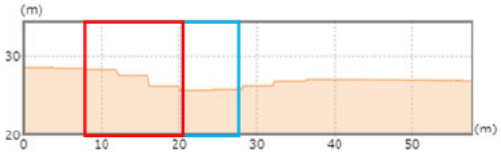


図 4-81　西-44

6. 評価結果

対象のアクセスルートの斜面に対し、許容限界に基づいた通行の可否をまとめた結果を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

評価の結果、東側アクセスルートに土砂流入は想定されないことから、通行に影響はない。また、西-2～西-3 のアクセスルートに土砂は流入するものの、重機の作業量による土砂の除去に要する時間を評価（補足参照）し、タイムチャートに示すアクセスルート確保の時間内に作業ができることを確認した。

表 4-1　東側アクセスルート　評価結果

東側 アクセスルート	通行の可否	東側 アクセスルート	通行の可否
東-1	通行可能	東-18	通行可能
東-2	通行可能	東-19	通行可能
東-3	通行可能	東-20	通行可能
東-4	通行可能	東-21	通行可能
東-5	通行可能	東-22	通行可能
東-6	通行可能	東-23	通行可能
東-7	通行可能	東-24	通行可能
東-8	通行可能	東-25	通行可能
東-9	通行可能	東-26	通行可能
東-10	通行可能	東-27	通行可能
東-11	通行可能	東-28	通行可能
東-12	通行可能	東-29	通行可能
東-13	通行可能	東-30	通行可能
東-14	通行可能	東-31	通行可能
東-15	通行可能	東-32	通行可能
東-16	通行可能	東-33	通行可能
東-17	通行可能	東-34	通行可能

表 4-2　西側アクセスルート　評価結果

西側 アクセスルート	通行の可否	西側 アクセスルート	通行の可否
西-1	通行可能	西-23	通行可能
西-2	通行可能※	西-24	通行可能
西-3	通行可能※	西-25	通行可能
西-4	通行可能	西-26	通行可能
西-5	通行可能	西-27	通行可能
西-6	通行可能	西-28	通行可能
西-7	通行可能	西-29	通行可能
西-8	通行可能	西-30	通行可能
西-9	通行可能	西-31	通行可能
西-10	通行可能	西-32	通行可能
西-11	通行可能	西-33	通行可能
西-12	通行可能	西-34	通行可能
西-13	通行可能	西-35	通行可能
西-14	通行可能	西-36	通行可能
西-15	通行可能	西-37	通行可能
西-16	通行可能	西-38	通行可能
西-17	通行可能	西-39	通行可能
西-18	通行可能	西-40	通行可能
西-19	通行可能	西-41	通行可能
西-20	通行可能	西-42	通行可能
西-21	通行可能	西-43	通行可能
西-22	通行可能	西-44	通行可能

※アクセスルートに土砂が流入するが、土砂の除去に必要な時間が 4.4 h であり、タイムチャートで示す 6 h 内に作業完了できるため、通行可能とした。

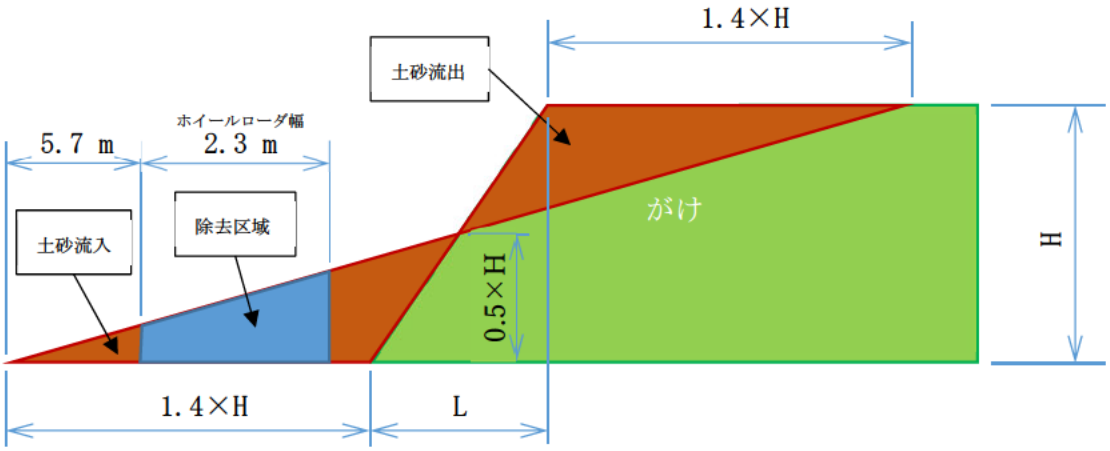
補足

西-2～西-3 の土砂除去に必要な所要時間

1. 土砂流入及び除去量

流入する土砂量は、がけの端から、がけの高さの 1.4 倍（1.4×H）の距離まで土砂が到達する状態を想定する。流入した土砂は通行を可能にするために除去する必要がある。土砂の除去には、ホイールローダを使用する。除去量は流入した土砂のうち、ホイールローダの幅分を考慮する。

以上を考慮して、土砂を除去する必要がある範囲を下図に示す。



除去区域の面積 A は下式により求める。

H = 10 m

L = 18 m

$$A = \frac{0.5\times H}{1.4\times H+L/2}\ (5.7+2.3+5.7)\times 2.3\times 1/2 = 3.425\ m^2$$

西側アクセスルートのうち、西-2～西-3 のアクセスルートに土砂が流入し、その長さは 80 m であることを踏まえ、必要除去量を以下の式で算出する。

必要除去量 Qe = A×80 = 274 m^3

2. 土砂を除去するために必要な所要時間

土砂を除去するために必要な所要時間はダム工事積算指針を参照する。

ホイールローダによる詰め込み作業量 Q の算定式を下記に示す。

$$Q = \frac{3600 \times q \times f \times E}{C_m} = \frac{3600 \times 1.08 \times 1 \times 0.65}{40} = 63.1 \ m^3/hr$$

各パラメータは下記に示す赤枠の値を使用する。

1) 1サイクル当たり積込量（q）

1サイクル当たり積込量は、次表を標準とする。

ホイールローダの規格	1サイクル当たり積込量(m^3)
山積 5.4m^3	4.51
山積 10.0m^3	8.36

ここで、ホイールローダの規格は 1.3 m^3 であるため、線形にて算出する。

$q = 1.3 \times 8.36 \ / \ 10 = 1.08 m^3$

2) 土量換算係数（f）

求める作業量 / 基準の作業量	地山の土量	ほぐした土量	締固め後の土量
地山の土量	1	L	C

$L = \frac{\text{ほぐした土量}\ (m^3)}{\text{地山の土量}\ (m^3)}$　　$C = \frac{\text{締固め後の土量}\ (m^3)}{\text{地山の土量}\ (m^3)}$

3) 作業効率（E）

作業効率は次表を標準とする。

土質名	ルーズな状態の積込		
	良　好	普　通	不　良
砂・砂質土	0.75	0.60	0.45
レキ質土・粘性土	0.65	0.50	0.35
破砕岩	－	0.35	0.25

4) 1サイクル当たりの所要時間（C_m）

1サイクル当たりの所要時間は、土質にかかわらず次表を標準とする。

型　式	1サイクル当たりの所要時間(sec)
クローラローダ	46
ホイールローダ	40

土砂除去にかかる時間 T を下記の様に求める。

$T = Qe \ / \ Q = 274 \ / \ 63.1 = 4.4 \ h$

タイムチャートで記されている、アクセスルートの確保に要する時間は 6 時間であることから、タイムチャートの時間内に土砂の除去ができることを確認した。

アクセスルートの不等沈下、陥没による通行不能について

1. 揺すり込みによる沈下量の確認方法

地下構造物と埋戻部等との境界部（埋設物等境界部）を段差発生の可能性がある箇所としてアクセスルートの経路上に埋設されている 50 cm を超える地下構造物を抽出した。これらが液状化及び揺すり込みによる沈下を考慮し、保守的に砂質泥岩より上部の地盤が地震により沈下することを想定し沈下量を確認する。地盤における沈下率は、Ishihara ほか(1992)を参考に、敷地の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から算出した。各層の沈下率は、粘土層 1.7 %、礫層 1.8 %、砂層 2.3 %を踏まえ保守的に沈下率を 3 %と仮定して確認する（図 5-1 参照)。

2. 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の被害状況について

(1) 東北地方太平洋沖地震の概要

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃、宮城県沖において、大きな地震が発生し、宮城県で最大震度 7（茨城県東海村での観測震度「6 弱」）を観測したほか、東北地方を中心に関東地方にかけて広い範囲で地震動が観測された。気象庁発表によれば、マグニチュードは 9.0、震源深さは 24 kmである。

(2) 東北地方太平洋沖地震時の被害状況

東北地方太平洋沖地震時に核燃料サイクル工学研究所で確認された被害のうち、屋外アクセスルートに係る傾斜地及び構内道路の被害状況について以降に示す。

① 傾斜地の被害状況

構内の傾斜地について、崩壊は確認されなかった。

② 構内道路の被害状況

アクセスルートの一部に地割れにより約 1 m の段差被害が生じたが当該箇所への人のアクセス性に支障はなかった。被害状況の写真を「別添－４　5. アクセス性の確認 図-4」に示す。

3. 評価結果

地下構造物と埋戻部等との境界部を段差発生の想定箇所として抽出し、この抽出箇所において、廃止措置計画用設計地震動に対する液状化及び揺すり込みによる沈下を考慮し段差の確認を行った結果、沈下による地下構造物と埋戻部等との境界部の段差は、最大でも 14 cm 程度であった。地下構造物の配置状況を図 5-2 に示す。また、確認結果を表 5-1 に示す。

南東地区から PCDF 管理棟駐車場までは、事故対処要員が徒歩によりアクセスを行うものであり、一般的な階段の蹴上高さと比較しても同程度であり当該段差によるアクセスルートの影響はないと考える。

4. 陥没に対する影響確認方法

南東地区から PCDF 管理棟駐車場までのアクセスルートの経路上に埋設されている構造物を抽出し、抽出した構造物が損壊することを想定し、アクセスルート上の陥没幅を確認した。地下構造物の陥没幅を表 5-1 に示す。

南東地区から PCDF 管理棟駐車場までのアクセスルートの障害となり得る地下構造物については、以下の手順により抽出を行った。

(1) 調査対象範囲の設定

南東地区から PCDF 管理棟駐車場までのアクセスルート（西側アクセスルート及び東側アクセスルート）の経路を調査対象範囲として設定した。

(2) 机上調査による抽出

アクセスルートの経路上に埋設されている 50 cm を超える地下構造物を抽出し、地震により損壊した際にアクセスに影響を与えると想定される箇所について竣工資料、設備図面をもとに抽出した。

5. 陥没する幅の確認結果

南東地区から PCDF 管理棟駐車場までのアクセスルートにおいては、最大で約 3.4 m 幅、深さ約 4.4 m の地下構造物がルートを横断している。これが崩壊した場合は最大で 3.4 m 幅の陥没が想定される。この際は迂回を行うが、迂回が困難な場合は、別ルートからのアクセスを選択する。

アクセスルートにおいては、陥没により歩行でのアクセス性に影響を及ぼすことが想定されるポイントに予め可搬型ブリッジ等の資機材を分散配置し、事故対処要員のアクセス性に影響しないよう対策を講じる。また、可搬型ブリッジ等の資機材については訓練等により実効性を確認し、継続的に改善を図っていく。

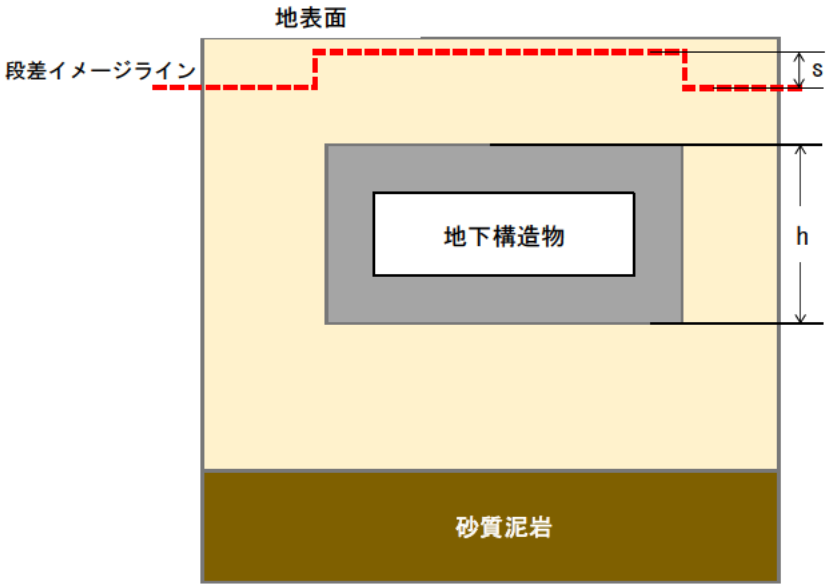
アクセスルートの経路上に予め分散配置する可搬型資機材の位置を図 5-3 に、分散配置する可搬型資機材のイメージを図 5-4 に示す。

6. 参考文献

1) EVALUATION OF SETTLEMENTS IN SAND DEPOSITS FOLLOWING LIQUEFACTION DURING EARTHQUAKES　SOILS AND FOUNDA TIONS Vol. 32, No. 1, 173-188, Mar. 1992 Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering

表 5-1　沈下による地下構造物と埋戻部等との境界部の段差

No	名称	構造物の分類	ルート	① 路面高 T.P.＋（m） －	② 基礎下端 T.P.＋（m） －	③ 構造物高さ （m） －	④ 陥没幅 （m） －	⑤ 段差 （m） ③*3%
①	共同溝	コンクリート構造物	西	9.7～18.2	5.3～13.8	4.4	3.4	0.14
②	雨水管	ヒューム管	西	9.7	1.9	0.5	0.5	0.02
③	雨水管	ヒューム管	西	10.3	8.3	1.0	1.0	0.03
④	雨水管	ヒューム管	西	11.3	9.8	0.6	0.6	0.02
⑤	十二町川暗渠	ヒューム管	西	13.3	9.3	1.5	1.5	0.05
⑥	水管	ヒューム管	西	10.1	8.1	0.6	0.6	0.02
⑦	水管	ヒューム管	西	26.6	23.2	0.8	0.8	0.03
⑧	電線管	ヒューム管	西	26.6	23.2	0.8	0.8	0.03
⑨	雨水管	ヒューム管	西	26.6	24.6	0.6	0.6	0.02
⑩	共同溝	コンクリート構造物	西，東	22.8～26.7	19.6～23.5	3.2	3.2	0.1
⑪	トレンチ	コンクリート構造物	西	26.8	25.5	1.3	1.3	0.04
⑫	雨水管	ヒューム管	西	26.6～27.1	24.3～24.8	0.6	0.6	0.02
⑬	雨水管	ヒューム管	東	26.7	24.2	0.6	0.6	0.02



陥没においては地下構造物の高さ分（h）がなくなるものと想定する。

段差(S)＝h×沈下率%
沈下率は、Ishihara ほか（1992）を参考

図 5-1　段差の計算方法

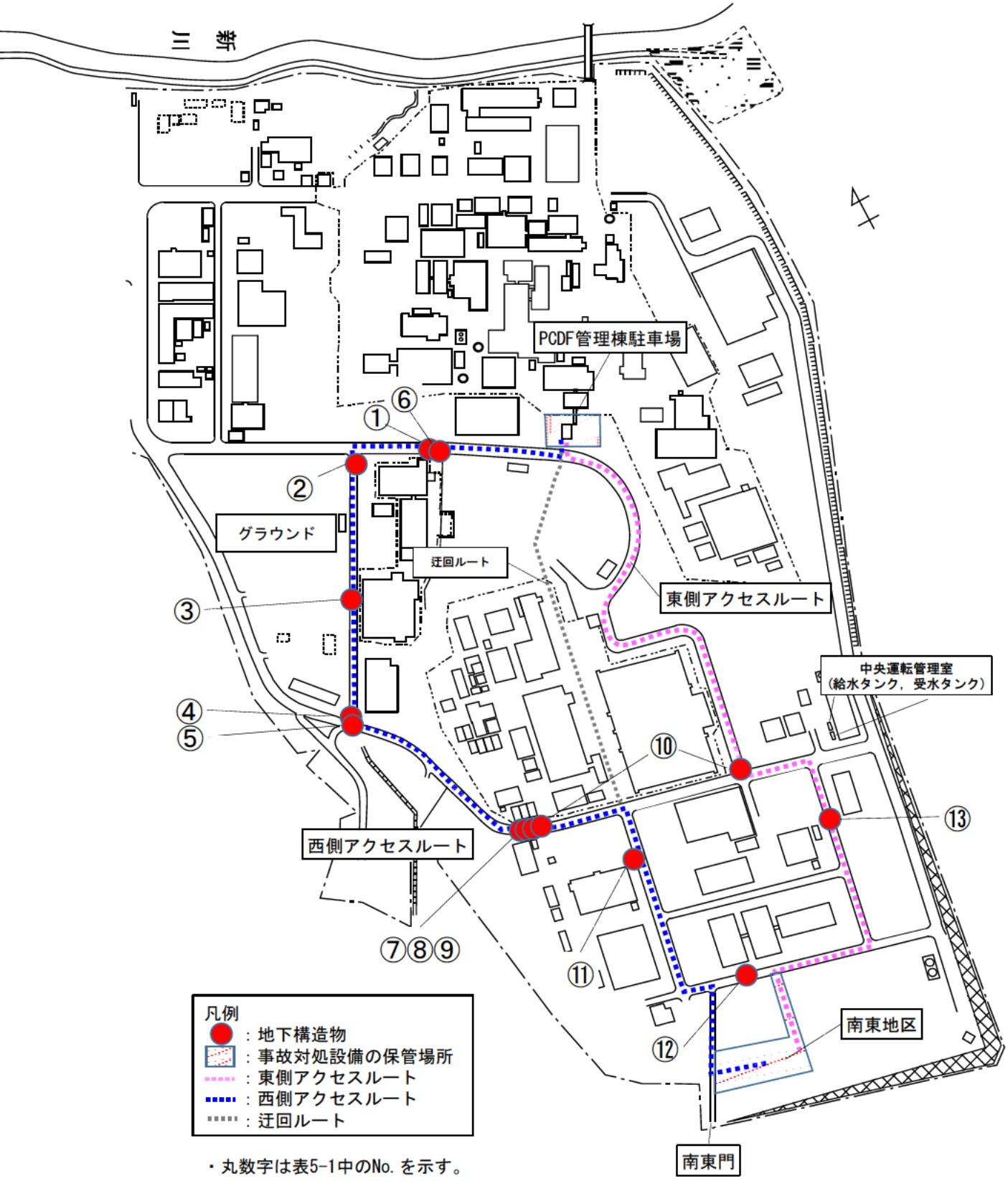
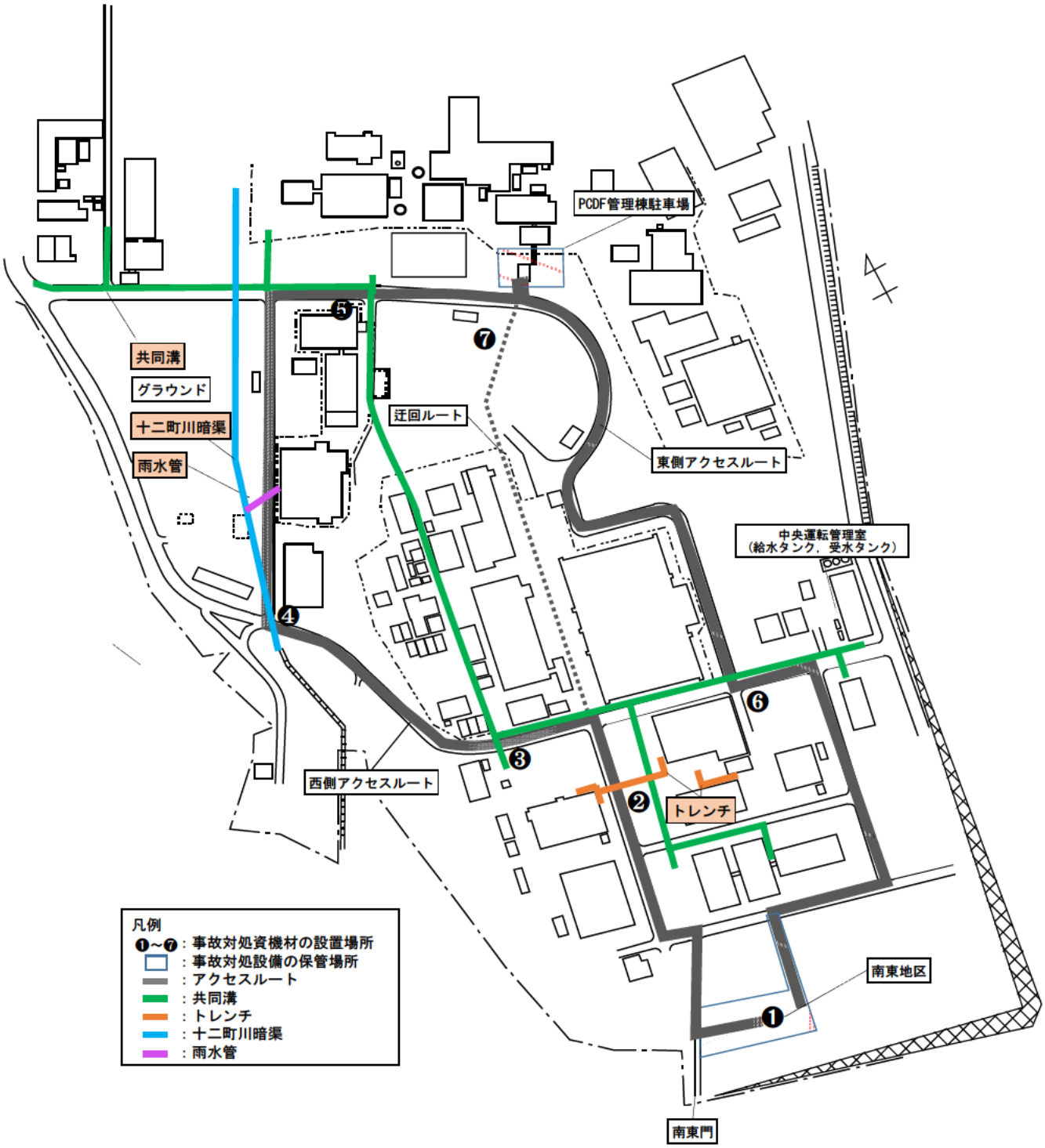


図 5-2　地下構造物の配置状況



No.	アクセス経路に配置する可搬型事故対処設備
❶	エンジン付きポンプ，組立水槽，消防ホース
❷	消防ホース，可搬型ブリッジ
❸	消防ホース，可搬型ブリッジ
❹	消防ホース，可搬型ブリッジ
❺	エンジン付きポンプ，組立水槽，消防ホース，可搬型ブリッジ
❻	エンジン付きポンプ，組立水槽，消防ホース，可搬型ブリッジ
❼	簡易タラップ

図 5-3　事前に分散配置する事故対処設備

	
簡易タラップ 1	簡易タラップ 2
	
可搬型ブリッジ	エンジン付きポンプ
	
組立水槽	消防ホース

図 5-4　資機材イメージ

南東地区からPCDF管理棟駐車場までのアクセス性に係る評価のまとめ

南東地区から PCDF 管理棟駐車場までのアクセス性に係る評価のまとめを表 6-1 及び図 6-1 に示す。

1. 損壊物によるアクセスルートの閉塞による通行不能

アクセスルートが閉塞する可能性がある建家として、東側アクセスルートはプルトニウム燃料第三開発室が抽出され、西側アクセスルートについては第二プルトニウム廃棄物貯蔵施設（第 2PWSF）が抽出された。このため、これらの建家における耐震性について確認を行った。その結果、プルトニウム燃料第三開発室及び第二プルトニウム廃棄物貯蔵施設（第 2PWSF）ともに保有水平耐力比が 1.2 以上であり、地震時に建物が倒壊する可能性は低く、建家の倒壊によるアクセスルートの閉塞はないと判断する。

2. 火災、溢水による通行不能

火災による影響評価については、核燃料サイクル工学研究所内に対象とする危険物施設が５か所存在する。これらについて、対象施設からアクセスルートまでの最短距離における放射熱強度を算出し、許容限界（許容限界は下表に示す「石油コンビナートの防災アセスメント指針　放射熱の影響」より、「長時間さらされても苦痛を感じない強度」とされる 1.6[kW/m^2]）と比較することで確認した。その結果、アクセスルートにおける放射熱強度は、最大でも 0.61[kW/m^2]であり許容限界より小さい。よって、アクセスルートは危険物施設からの可燃物の漏洩により発生する火災による影響はない。

溢水による影響評価については、アクセスルート近傍である中央運転管理室（TUC）の貯水施設１か所（２設備）を評価対象とした。その結果、貯水施設の設置箇所は、標高 18.7[m]であり、貯水施設近傍のアクセスルートは標高 22.7[m]であるため、貯水施設の内容物が流出した場合でも、アクセスルートへ流入しないことから溢水による影響はない。

3. アクセスルートへの土砂流入等による道路の通行不能

核燃料サイクル工学研究所内のアクセスルートに近接する斜面を対象として、斜面が崩落した場合の影響について評価した。

(1) 評価条件

・斜面は、茨城県建築基準条例に定める「がけ」（がけ高さが 2 m を超えるものかつ勾配が 30 度を超えるもの）を対象とした。

・土砂の流入はがけの先より（1.4×がけの高さ）を考慮「JEAG4601-1987」

・南東地区から PCDF 管理棟駐車場までの人の通行を想定

(2) 評価方法

アクセスルートへの影響評価は、がけに発生する土砂の到達距離及び重機の作業量による土砂の除去に要する時間を評価し、通行が可能であることを確認する。

(3) 評価結果

評価の結果、東側アクセスルートに土砂流入は想定されないことから、通行に影響はない。また、西側アクセスルートの一部に土砂は流入するものの、重機の作業量による土砂の除去に要する時間を評価し、所定の時間内に作業ができることを確認した。

4. アクセスルートの不等沈下による通行不能

アクセスルートの経路上に埋設されている地下構造物と埋戻部等との境界部を段差発生の想定箇所として抽出し、廃止措置計画用設計地震動に対する液状化及び揺すり込みによる沈下を考慮し、段差量の評価を行った。その結果、沈下による地下構造物と埋戻部等との境界部の段差は、最大でも 14 cm 程度であった。

南東地区から PCDF 管理棟駐車場までは、事故対処要員が徒歩によりアクセスを行うものであり、一般的な階段の蹴上高さと比較しても同程度であり当該段差によるアクセスルートへの影響はない。

5. 陥没による通行不能

南東地区から PCDF 管理棟駐車場までのアクセスルートにおいては、最大で約 3.4 m 幅、深さ約 4.4 m の地下構造物がルートを横断している。これが崩壊した場合は最大で 3.4 m 幅の陥没が想定される。この際は迂回を選択する。迂回が困難な場合は、別ルートからのアクセスを選択する。

全てのアクセスルートが、被害事象により通行不能とならないように、事前に可搬型ブリッジ等の資機材を分散配置し、事故対処要員のアクセス性に影響しないよう対策を講じる。また、これらの可搬型資機材については訓練等により実効性を確認し、継続的に改善を図っていく。

表 6-1　アクセスルートにおける評価のまとめ

	評価項目	東側アクセスルート	西側アクセスルート
(1)	損壊物によるアクセスルートの閉塞による通行不能	建物倒壊によるアクセスルートの閉塞は無い。	同左
(2)	火災、溢水による通行不能	火災、溢水による影響は無い。	同左
(3)	アクセスルートへの土砂流入等による道路の通行不能	土砂流入による影響は無い。	土砂流入箇所は重機等により土砂を撤去しアクセスルートを確保する※。
(4)	アクセスルートの不等沈下による通行不能	段差等による影響は無い。	同左
(5)	陥没による通行不能	最大 3.4 m 幅の溝が想定されるが、可搬型資機材によりアクセスが可能であることを訓練で確認していく。	同左

※ 迂回ルートとして、プルトニウム燃料技術開発センター駐車場から PCDF 管理棟駐車場へアクセスするためのルートを設定している。

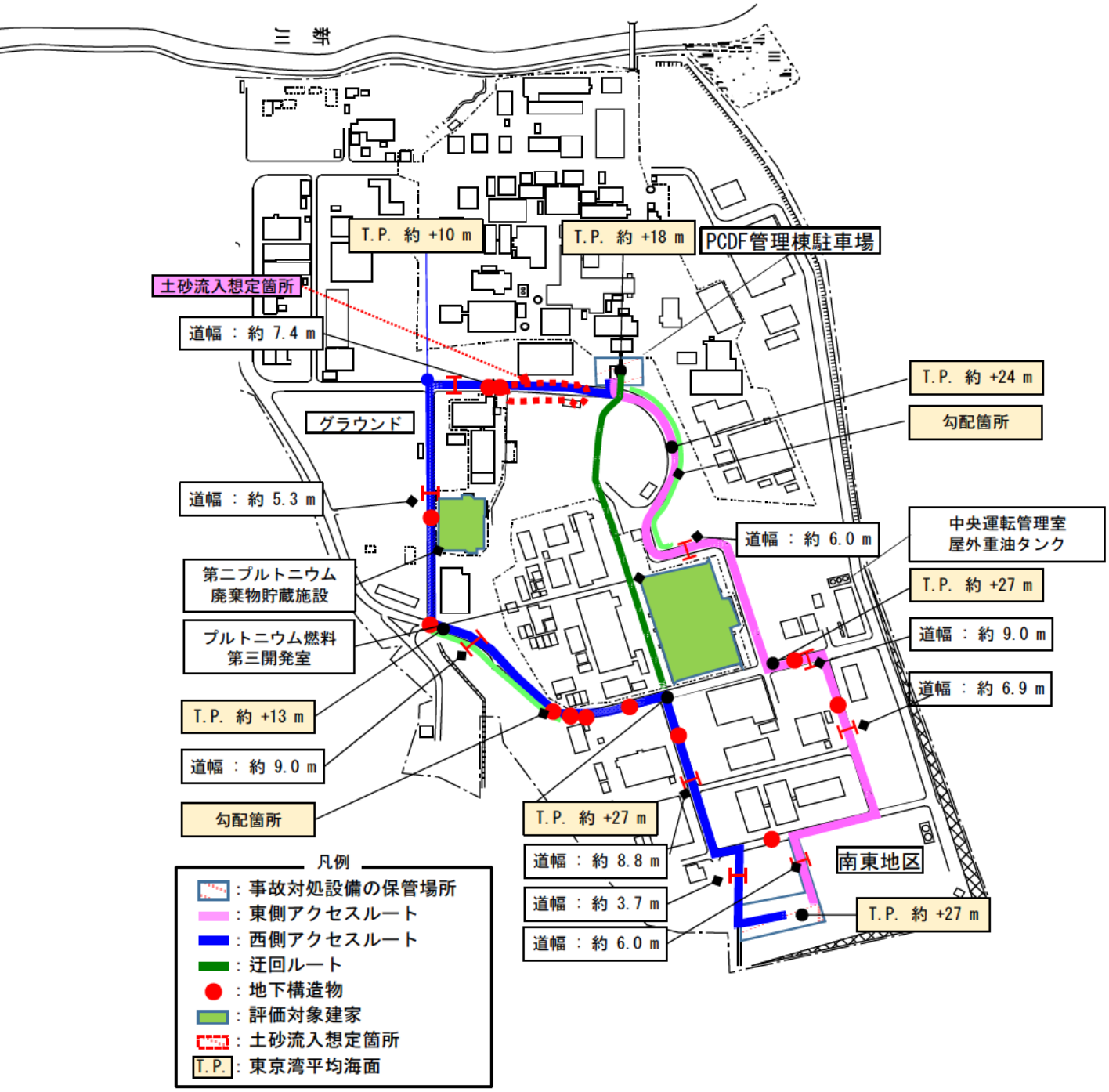


図 6-1　アクセスルートにおける評価のまとめ

（別冊 1-37）

再処理施設に関する設計及び工事の計画

（高放射性廃液貯蔵場（HAW）の火災防護対策に係る設備の設置）

放射性廃棄物の廃棄施設（その３）
高放射性廃液貯蔵場

目　　次

頁

１．　変更の概要　・・・

別　図　一　覧

別図-1　オイルパン設置概略図（空気圧縮機）

別図-2　オイルパン設置概略図（冷凍機）

別図-3　火災感知設備のシステム構成の概要

別図-4　火災感知設備配置図

別図-5　ケーブル敷設概略図（常用電源系統）

別図-6　ケーブル敷設概略図（緊急電源系統）

別図-7　電源切替盤の概要

別図-8　緊急電源接続盤の概要

別図-9　電源切替盤及び緊急電源接続盤の配置図

別図-10　パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備のシステム構成の概要

別図-11　工事フロー（オイルパンの設置）

別図-12　工事フロー（火災感知設備の設置）

別図-13　工事フロー（ケーブルの分離敷設並びに電源切替盤及び緊急電源接続盤の設置）

別図-14　工事フロー（パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の設置）

表　一　覧

表-1　内部火災対策の基本方針を踏まえた対策内容

表-2　オイルパンの仕様

表-3　火災感知器の仕様

表-4　火災受信機等の仕様

表-5　ケーブル及び電線管の仕様

表-6　電源切替盤及び緊急電源接続盤の仕様

表-7　パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の仕様

表-8　工事工程表

１．変更の概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項に基づき、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定があったものとみなされた再処理施設について、平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受け、令和 3 年 6 月 30 日付け原規規発第 21063018 号をもって変更の認可を受けた核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画（以下「廃止措置計画」という。）について、変更認可の申請を行う。

高放射性廃液貯蔵場（HAW）の火災防護対策に係る廃止措置計画の変更認可の申請は、昭和 57 年 11 月 8 日に認可（57 安（核規）第 584 号）を受けた「再処理施設に関する設計及び工事の方法（その 25)」について、再処理施設の技術基準に関する規則に基づき実施するものである。

令和 3 年 6 月 29 日付け令 03 原機(再)009 で行った再処理施設に係る廃止措置計画の変更認可申請で示した内部火災対策の基本方針を踏まえ、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減を考慮した火災防護対策の内容を表-1 に示す。

このうち、設計及び工事を伴う以下の対策について、設計及び工事の計画に係る申請を行う。

火災の発生防止として、潤滑油を多く内包する機器に対して漏えい油の拡大防止対策としてオイルパンを設置する。

火災の感知及び消火として、閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能（以下「重要な安全機能」という。）を有する機器が設置されている区画について、火災感知設備を設置する。

火災の影響軽減として、異なる系統の重要な安全機能に係るケーブルのうち、1 系統を電線管に収納し敷設することで系統分離を行う。また、ケーブルの系統分離に伴い、分離した系統に対して新たに電源切替盤等を設置する。

重要な安全機能を有する機器のうち、分電盤等の電源設備については、機能喪失時の影響が大きいことを鑑み、既製品のパッケージ型ハロゲン化物自動消火設備を設置し、火災発生時に運転員が駆けつけて消火活動を行うまでの時間裕度を確保する。

上記以外の設計及び工事を伴わない対策として、可燃物の管理、予備ケーブルを使用した代替策の整備等については、管理方法や対策の内容について火災防護計画

に定め運用するとともに、セル内の異常感知手段の整備や機器の保守管理への影響がない範囲での簡易的な耐火隔壁の設置等の対策を行う。

なお、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の火災防護対策に係る安全対策の基本方針については、令和 3 年 6 月 29 日付け令 03 原機(再)009 で再処理施設に係る廃止措置計画の変更認可申請を行っており、その認可内容を踏まえて設計及び工事の計画を変更(又は補正)する可能性がある。

表-1　内部火災対策の基本方針を踏まえた対策内容

廃止措置計画変更認可申請書 （令和3年6月29日付け令03原機(再)009）　抜粋	高放射性廃液貯蔵場（HAW） の火災防護対策
3.火災防護対策のまとめ 高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の火災防護対策（発生防止，感知及び消火，影響軽減）について，整理した。 高放射性廃液貯蔵場（HAW）の火災防護対象設備に対する火災防護対策を整理した結果を表3-1に示す。 ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の火災防護対象設備に対する火災防護対策を整理した結果を表3-2に示す。 検討した対策の全体像は以下のとおりである。	
(1)火災の発生防止対策	(1)火災の発生防止
• 施設内に設置されている可燃物及び作業等で必要なために施設内に持ち込む可燃物の管理として，鋼製のキャビネットに保管することを火災防護計画に定め，管理を徹底する。	○可燃物管理 （鋼製のキャビネット等による保管）
• 発火性物質及び引火性物質である潤滑油等を内包する機器については，漏えいによって他の火災区画に広がって延焼の原因となる可能性のある場合に，漏えい範囲を限定するためにオイルパンを設ける。	**○潤滑油を多く内包する機器に対するオイルパンの設置**
• 給電ケーブルについては，発電炉等で用いられている難燃ケーブルと同種の難燃材料を使用していることを確認したが，火災防護審査基準に指定された燃焼試験で性能を確認していないことから，今後，燃焼試験を実施し求められる性能を持つことを確認する。	○ケーブルの燃焼試験の実施
(2)火災の感知及び消火	(2)火災の感知及び消火
• 施設には消防法に基づく火災感知設備が設置されているが，重要な安全機能を担う機器が設置されている区画には固有の信号を発する異なる感知方式の感知器等を追加設置する（感知の多様化）。	**○火災感知設備の追加設置**
• 火災区画内に金属製機器・配管やコンクリートのみがあって，電気ケーブルや照明等の発火源もなく，人が立ち入ることが出来ないセルについては火災の感知等の追加設置は実施しないが，各セルの構造・内部の状況に応じて，火災感知器に代わる別の監視手段として，既設の温度計の使用や排気ダクトへの温度計の追加設置等の対策を講じる。	○セル内の異常感知手段の整備 （既設温度計の利用、排気温度計の設置等）
• 可燃物を内部で扱うセル（固化セル）については，消防法に基づく自動火災報知設備の代替として，ITVカメラ及びセル内雰囲気温度計の併用により火災の感知を行う。	
• 消火設備としては消防法に基づき消火器及び屋内消火栓を設置し，必要量の消火剤を確保している。また，移動式消火設備（消防ポンプ車等）を配備している。	
• 可燃物を内部で扱わないセルについては，上述したように火災の原因が存在しないことから，消火設備を設けない。	
• 可燃物を内部で扱うセル（固化セル）においては消火設備を設置していないことから，万一，火災が生じた場合には自然鎮火を待つ。この際に閉じ込め機能を担うインセルクーラが全て焼損し機能喪失した場合には温度の上昇によりセル内圧力が増加し，セルの負圧が低下するが，あらかじめ設けられた圧力放出系（定常時とは別の廃気系統）が作動することにより，閉じ込め機能（セル内の負圧維持と計画された経路からの廃気）が維持できる設計となっている。ただし，火災防護をより確実なものにするという観点から，万一の火災の際にもセル内の遠隔操作設備を用いて遠隔操作で消火する等の対策（スプレー型の簡易消火器による消火等）が行える体制を整備することとし，具体的な対策の内容については火災防護計画に定める。	
(3)火災の影響軽減	(3)火災の影響軽減
• 重要な安全機能を担う設備のうち，多系統から構成される設備の盤については1時間以上の耐火が見込める隔壁等によって系統間を分離するとともに，パッケージ式の自動消火設備を設ける。	**○パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の設置**
• 重要な安全機能を担う設備のうち，多系統から構成される設備のケーブルについては，1系統を1時間以上の耐火が見込める電線管又は耐火ラッピング等によって保護すると共に，他の系統とは異なる火災区画を通すことが物理的に可能な場合については経路も分けることで可能な限り系統間を分離する。	**○ケーブルの分離敷設（電源切替盤等の新設を含む）**
• 多系統から構成される設備の一部の機器（排風機やポンプ）については，設置場所の状況から審査基準の要求に合致した耐火隔壁の設置や離隔距離の確保が困難である。しかしながら，現場の状況から機器の保守管理への影響がない設置可能な範囲で耐火のための隔壁を設置することで，火災影響拡大防止を図る。加えて，火災が生じた場合に延焼を防止するために行う運転員による初期消火をより確実に行えるよう消火用資機材（消火器，防火服等）の充実や訓練の拡充を行うとともに，万一，複数系統が火災により同時損傷した場合は，可搬型設備や予備電源ケーブル等を使用した事故対処により蒸発乾固事象に至るまでに高放射性廃液の崩壊熱除去に必要な機能を復旧させる。	○簡易耐火隔壁の設置 （機器の保守管理への影響がない範囲） ○消火用資機材の充実 （消火器、防火服、排風機、サーモグラフィ等の配備） ○代替策の整備 （予備ケーブルによる復旧）

下線の項目について、設計及び工事の計画に係る申請を行う。

２．準拠すべき法令、基準及び規格

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（昭和 32 年法律第 166 号）

「再処理施設の技術基準に関する規則」（令和 2 年原子力規制委員会規則第 9 号）

「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」

（平成 25 年 原子力規制委員会規則第 27 号）

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」

（平成 25 年 原子力規制委員会規則第 5 号）

「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」（昭和 46 年総理府令第 10 号）

「電気設備に関する技術基準を定める省令」（平成 9 年通商産業省令第 52 号）

「消防法」（昭和 23 年法律第 186 号）

「消防法施行令」（昭和 36 年政令第 37 号）

「IEEE383」

「IEEE384」

「UL1581」

「日本産業規格（JIS)」

「日本電機工業会標準規格（JEM)」

「電気規格調査会標準規格（JEC)」（電気学会）

「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（JSME)」（日本機械学会）

「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601)」（日本電気協会）

「原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601)」（日本電気協会）

「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（原子力規制委員会）

「日本電線工業会規格(JCS)」（日本電線工業会）

３．設計の基本方針

本申請に係る火災防護対策は、再処理施設の技術基準に関する規則第 11 条に基づき、火災により重要な安全機能を損なわないよう、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減を考慮した設備を設置するものである。

これらの設備は、「再処理施設の技術基準に関する規則」の第 6 条（地震による損傷の防止）の第 1 項、第 11 条（火災等による損傷の防止）の第 2 項及び第 3 項、第 12 条（再処理施設内における溢水による損傷の防止）、第 16 条（安全機能を有する施設）の第 1 項及び第 2 項の技術上の基準を満足するよう行う。

４．設計条件及び仕様

(1) 設計条件

本申請に係る火災防護対策は、火災により本施設の重要な安全機能が損なわれないよう、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減に必要な設備を設置する。

① 火災の発生防止

潤滑油を多く内包する機器として空気圧縮機（272K60 及び 272K61）及び冷凍機（272K110、272K111 及び 272K112）が挙げられる。これらの機器からの漏えい油の拡大を防止するためオイルパンを設置する。オイルパンは、金属製（ステンレス鋼）とし、対象機器の漏えい想定箇所（ドレンノズル、ドレンプラグ等）からの漏えい油を受けることができるよう配置する。また、オイルパンの設置にあたっては対象機器の保守作業に支障がないよう取り外し可能な構造にするとともに、オイルパンは対象機器の支持構造に影響を及ぼさない設計とする。

設置するオイルパンは、地震等で不用意に転倒、移動等することがないよう配置するとともに、据付ボルトにより床面等に固定する。

② 火災の感知及び消火

高放射性廃液貯蔵場（HAW）において重要な安全機能に係る機器が設置されている区画に既設の感知器に加えて新たに異なる感知方式の感知器を設置する。屋上には、感知器及び熱感知カメラを設置する。

火災を感知した場合には、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の制御室に新たに設置する火災受信機に警報を発信するとともに、運転員が常駐する分離精製工場（MP）中央制御室及びガラス固化技術開発施設（TVF）制御室に新たに設置する表示機にて警報を発信し、火災の発生場所を特定できる設計とする。

また、停電が発生した場合においても火災感知設備の機能が喪失しないよう非常用発電機から給電する設計にするとともに、蓄電池を設け電源を確保する。

屋上に設置する熱感知カメラについては、映像及び温度状況を確認できる機器（熱感知カメラ用 PC）を運転員が常駐する分離精製工場（MP）中央制御室及びガラス固化技術開発施設（TVF）制御室に配備する。

火災感知設備の耐震分類は C クラスとする。火災受信機については、廃止措置計

画用設計地震動による地震力に対して損傷するおそれがない設計とする。

なお、地震発生時の点検において、速やかに火災の有無を確認する。

③ 火災の影響軽減

高放射性廃液貯蔵場(HAW)において、火災によるケーブルの損傷を防止するため、同一の火災区画内に異なる系統の重要な安全機能に係るケーブルが存在する場合には、可能な範囲で両系統がそれぞれ異なる火災区画になるよう敷設し直すとともに、火災の影響軽減策として1系統のケーブルについて、炭素鋼製の電線管(JIS C8305)に収納し敷設することで分離する設計とする。

電線管に収納して敷設するケーブルは、実証試験により延焼性(米国電気電子工学学会規格 IEEE383－1974 垂直トレイ燃焼試験相当)及び自己消火性(UL1581(Fourth Edition) 1080VW－1UL 垂直燃焼試験)を確認したケーブルを使用する。また、電線管の開口部について、耐火性能を有したシール材で閉塞させ、酸素の供給を防止する。

ケーブルの系統分離に伴い、分離した系統について移動式発電機からの給電を受けるための電源切替盤及び緊急電源接続盤を設置する。

電源切替盤及び緊急電源接続盤の耐震分類は S クラスとする。電源切替盤は、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して損傷するおそれがない設計とする。

また、電源切替盤及び緊急電源接続盤が施設内で想定される内部溢水(没水、被水)に対して安全機能が損なわれることがないように、廃止措置計画変更認可申請書(令和3年6月29日申請「再処理施設 廃止措置計画認可申請書」の別添6-1-6-1「高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策について」)に示した没水高さ以上の高さに盤本体を設置するとともに、開口部にはパッキン及びシール材を施し、被水による影響を受けないようにする。

高放射性廃液貯蔵場(HAW)において、電源設備のうち異なる系統が同区画内に設置されている高圧受電盤(DX)、低圧配電盤(DY)及び動力分電盤(HM-1、HM-2)に対して、既製品のパッケージ型ハロゲン化物自動消火設備を設置し、火災発生時に延焼を抑制し運転員が駆けつけて消火活動を行うまでの時間裕度を確保する設計とする。

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備を作動させる場合は、高放射性廃液貯蔵

場（HAW）の制御室に新たに設置する火災受信機に起動状態を示す警報を発信するとともに、運転員が常駐する分離精製工場（MP）中央制御室及びガラス固化技術開発施設（TVF）制御室に新たに設置する表示機に起動状態を示す警報を発信する設計とする。

また、停電が発生した場合においても機能を喪失しないよう、非常用発電機から給電する設計とするとともに、蓄電池を設け電源を確保する。

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の耐震分類は C クラスとする。パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備については、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して転倒等することにより他設備へ波及的影響を及ぼすことがないよう設計する。

(2) 設計仕様

高放射性廃液貯蔵場（HAW）に係る火災対策に必要な設備の設計仕様を次に示す。

① 火災の発生防止

オイルパンの仕様を表-2 に示す。オイルパン設置概略図（空気圧縮機）を別図-1 に示す。オイルパン設置概略図（冷凍機）を別図-2 に示す。

表-2 オイルパンの仕様

機器の情報			オイルパンの仕様	
対象機器	設置場所	内包 潤滑油量	漏えい 想定箇所	容量※
空気圧縮機 (272K60/K61)	圧空製造室 (G448)	約 53 L	ドレンノズル オイルゲージ オイルポンプ	約 56 L
冷凍機 (272K110/K111/K112)	冷水製造室 (G542)	約 28 L	ドレンプラグ	約 32 L

※ 各オイルパンの容量は、想定漏えい油量（対象機器の内包潤滑油量の 10%）以上となるように設計する。

② 火災の感知及び消火

高放射性廃液貯蔵場（HAW）において重要な安全機能に係る機器が設置されている区画の火災感知のため、屋内には既設の感知器（非アナログ式光電式煙感知器）に加えて異なる感知方式の感知器を設置する。屋上には、感知器及び熱感知カメラを設置する。

火災を感知した場合は、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の制御室に新たに設置する火

災受信機にて警報を発信するとともに、運転員が常駐する分離精製工場（MP）の中央制御室及びガラス固化技術開発施設（TVF）の制御室に新たに設置する表示機にて警報を発信し火災の発生場所を特定する。新たに設置する火災感知器及び火災受信機等は、消防法に適合したものとする。

火災感知器の仕様を表-3、火災受信機等の仕様を表-4 に示す。火災感知設備のシステム構成の概要を別図-3 に示す。火災感知設備配置図を別図-4 に示す。感知器の性能及び配置については、消防法に従うものとする。

表-3　火災感知器の仕様（1/2）

設置場所		感知器種類	種別	設置数量（台）
3階	熱交換器室（G341）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	熱交換器室（G342）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	熱交換器室（G343）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	熱交換器室（G344）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	熱交換器室（G345）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	熱交換器室（G346）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	熱交換器室（G347）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	熱交換器室（G348）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	熱交換器室（G349）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	熱交換器室（G350）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	熱交換器室（G351）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	熱交換器室（G352）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	圧空製造室（G353）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	3
	電気室（G355）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	3
	エアロック室（G356）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1

表-3　火災感知器の仕様（2/2）

設置場所		感知器種類	種別	設置数量（台）
3階	階段室（G357）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
		煙感知器	光電アナログ式スポット型	1
	廊下（G358）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	12
	操作室（A321）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	11
	排気フィルタ室（A322）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	3
	エアロック室（A323）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
4階	制御室（G441）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	操作室（G443）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	3
	伝送器室（G444）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	3
	入気室（G445）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	3
	ユーティリティ室（G447）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	3
	廊下（G449）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	11
	操作室（A421）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	9
	排気機械室（A422）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	3
	エアロック室（A423）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	4
	放管機械室（A425）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
	電気室（W461）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	3
	エアロック室（W462）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
屋上	屋上	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
		煙感知器	光電アナログ式スポット型	1
		炎感知器	赤外線式スポット型	13
		熱感知カメラ	赤外線カメラ	12

表-4　火災受信機等の仕様

名称	仕様	設置場所	数量
火災受信機	GR 型受信機 壁掛け 常時監視方式 特定方式：個別の感知器 概略寸法： 約 480 mm×約 150 mm×約 850 mm	制御室 (G441)	1
表示機	壁掛け 常時監視方式 特定方式：個別の感知器 概略寸法： 約 170 mm×約 65 mm×約 240 mm	分離精製工場 (MP) 中央制御室 (G549)	1
		ガラス固化技術開発施設 (TVF) 制御室 (G240)	1
電線	耐熱ケーブル （適用規格：JCS 3501） 警報用ポリエチレン絶縁ケーブル （適用規格：JCS 4396）	―	一式

③　火災の影響軽減

高放射性廃液貯蔵場(HAW)において、火災によるケーブルの損傷を防止するため、同一の火災区画内に異なる系統の重要な安全機能に係るケーブルが存在する場合には、可能な範囲で両系統がそれぞれ異なる火災区画になるよう敷設し直すとともに、火災の影響軽減策として 1 系統のケーブルについて、炭素鋼製の電線管(JIS C8305)に収納し敷設することで分離する設計とする。

電線管に収納して敷設するケーブルは、実証試験により延焼性（米国電気電子工学学会規格 IEEE383－1974 垂直トレイ燃焼試験相当）及び自己消火性（UL1581（Fourth Edition）1080VW－1UL 垂直燃焼試験）を確認したケーブルを使用する。また、電線管の開口部について、耐火性能を有したシール材で閉塞させ、酸素の供給を防止する。

ケーブル及び電線管の仕様を表-5 に示す。ケーブル敷設概略図（常用電源系統）を別図-5 に示す。ケーブル敷設概略図（緊急電源系統）を別図-6 に示す。

表-5　ケーブル及び電線管の仕様

名称	適用規格	材質	備考
ケーブル	JIS C3605	架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル	難燃性は、IEEE383－1974 垂直トレイ燃焼試験相当及び UL15811080VW－1UL 垂直燃焼試験相当
電線管	JIS C8305	炭素鋼配管	材質は、JIS G3132 又は 3141 に準拠

ケーブルの系統分離に伴い、分離した系統について移動式発電機からの給電を受けるための電源切替盤及び緊急電源接続盤を設置する。

電源切替盤及び緊急電源接続盤の耐震分類は S クラスとする。電源切替盤は、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して損傷するおそれがない設計とする。

また、電源切替盤及び緊急電源接続盤が施設内で想定される内部溢水（没水、被水）に対して安全機能が損なわれることがないように、廃止措置計画変更認可申請書（令和 3 年 6 月 29 日申請「再処理施設 廃止措置計画認可申請書」の別添 6-1-6-1「高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策について」）に示した没水高さ以上の高さに盤本体を設置するとともに、開口部にはパッキン及びシール材を施し、被水による影響を受けないようにする。

電源切替盤及び緊急電源接続盤の仕様を表-6 に示す。電源切替盤の概要を別図-7 に示す。緊急電源接続盤の概要を別図-8 に示す。電源切替盤及び緊急電源接続盤の配置図を別図-9 に示す。

表-6　電源切替盤及び緊急電源接続盤の仕様（1/2）

名称	仕様	数量	給電対象	設置場所
電源切替盤 (H1-1-1)	自立型 概略寸法：約 600 mm× 約 500 mm×約 1200 mm	1 基	272P3061	圧空製造室 (G353)
電源切替盤 (H1-2-1)	自立型 概略寸法：約 600 mm× 約 500 mm×約 1200 mm	1 基	272P3062	圧空製造室 (G353)
電源切替盤 (H1-1-2)	自立型 概略寸法：約 600 mm× 約 500 mm×約 1200 mm	1 基	272K63	圧空製造室 (G353)
電源切替盤 (H1-2-2)	自立型 概略寸法：約 600 mm× 約 500 mm×約 1200 mm	1 基	272K64	圧空製造室 (G353)
電源切替盤 (H2-1)	自立型 概略寸法：約 600 mm× 約 500 mm×約 1200 mm	1 基	272K463	操作室 (A421)
電源切替盤 (H2-2)	自立型 概略寸法：約 600 mm× 約 500 mm×約 1200 mm	1 基	272K464	操作室 (A421)
電源切替盤 (H5-1)	自立型 概略寸法：約 600 mm× 約 500 mm×約 1200 mm	1 基	272P761	屋上
電源切替盤 (H5-2)	自立型 概略寸法：約 600 mm× 約 500 mm×約 1200 mm	1 基	272P762	屋上
電源切替盤 (H3-1)	壁掛型 概略寸法：約 1200 mm× 約 350 mm×約 1200 mm	1 基	272P8161	廊下 (G449)
電源切替盤 (H3-2)	壁掛型 概略寸法：約 1200 mm× 約 350 mm×約 1200 mm	1 基	272P8160	廊下 (G449)
電源切替盤 (H4-1)	壁掛型 概略寸法：約 800 mm× 約 350 mm×約 1200 mm	1 基	272H81	廊下 (G449)
電源切替盤 (H4-2)	壁掛型 概略寸法：約 800 mm× 約 350 mm×約 1200 mm	1 基	272H82	廊下 (G449)
電源切替盤 (H6-1)	壁掛型 概略寸法：約 600 mm× 約 350 mm×約 1200 mm	1 基	空気吸引 装置	放管機械室 (A425)
電源切替盤 (H6-2)	壁掛型 概略寸法：約 600 mm× 約 350 mm×約 1200 mm	1 基	空気吸引 装置	放管機械室 (A425)
電源切替盤 (H7-1)	壁掛型 概略寸法：約 600 mm× 約 350 mm×約 1200 mm	1 基	排気 モニタ	排気機械室 (A422)
電源切替盤 (H7-2)	壁掛型 概略寸法：約 600 mm× 約 350 mm×約 1200 mm	1 基	排気 モニタ	排気機械室 (A422)
電源切替盤 (H8-1)	壁掛型 概略寸法：約 600 mm× 約 350 mm×約 1200 mm	1 基	無停電 電源装置	電気室 (W461)

表-6　電源切替盤及び緊急電源接続盤の仕様（2/2）

名称	仕様	数量	給電対象	設置場所
電源切替盤 (H8-2)	壁掛型 概略寸法：約 600 mm× 約 350 mm×約 1200 mm	1 基	無停電 電源装置	エアロック室 (W462)
電源切替盤 (H9-1)	壁掛型 概略寸法：約 600 mm× 約 350 mm×約 1200 mm	1 基	計装盤	制御室 (G441)
電源切替盤 (H9-2)	壁掛型 概略寸法：約 600 mm× 約 350 mm×約 1200 mm	1 基	計装盤	制御室 (G441)
電源切替盤 (H10-1)	自立型 概略寸法：約 1200 mm× 約 500 mm×約 1200 mm	1 基	272K103	排気機械室 (A422)
電源切替盤 (H10-2)	自立型 概略寸法：約 1200 mm× 約 500 mm×約 1200 mm	1 基	272K104	排気機械室 (A422)
緊急電源 接続盤 (HM0-1)	壁掛型 概略寸法：約 1600 mm× 約 500 mm×約 1400 mm	1 基	H1-1-1 H1-1-2 H2-1 H3-1 H4-1 H5-1 H6-1 H7-1 H8-1 H9-1 H10-1	廊下 (G449)
緊急電源 接続盤 (HM0-2)	壁掛型 概略寸法：約 1600 mm× 約 500 mm×約 1400 mm	1 基	H1-2-1 H1-2-2 H2-2 H3-2 H4-2 H5-2 H6-2 H7-2 H8-2 H9-2 H10-2	廊下 (G449)

電源設備で火災が発生した場合に延焼を抑制し、運転員が駆けつけて消火活動を行うまでの時間裕度を確保するため、高圧受電盤（DX)、低圧配電盤（DY）及び動力分電盤（HM-1、HM-2）に対して、既製品のパッケージ型ハロゲン化物自動消火設備を設置する。

消火剤はハロン 1301 とし、消火対象とする電源盤等の容積に応じた必要消火剤量を備える。

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の仕様を表-7 に示す。パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備のシステム構成の概要を別図-10 に示す。パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の配置を別図-4 に示す。

表-7　パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の仕様

仕様	対象	設置場所
自立型 概略寸法：約 450 mm×約 370 mm×約 1950 mm 消火剤：ハロン 1301	高圧受電盤 (DX)	電気室 (W461)
	低圧配電盤 (DY)	電気室 (W461)
	動力分電盤 (HM-1)	廊下 (G358)
	動力分電盤 (HM-2)	廊下 (G358)

(3) 保守

本申請に係る火災対策設備は、その機能を維持するため、適切な保守ができるようにする。保守において交換する部品類は、ボルト・ナット、感知器類であり、適時、これらの予備品を入手し、再処理施設保安規定に基づき交換する。また、火災感知器については、規格品であることから同一規格品又は同等以上の性能を有するものと交換できるものとする。

５．工事の方法

本申請における工事については、「再処理施設の技術基準に関する規則」に適合するよう工事を実施し、火災防護対策に係る設備のうち、製作を伴うものについては、材料を入手後、製作を行い、現地に搬入する。その他については、市販品を入手後、現地に搬入する。この際、適宜、仕様確認、外観検査を実施し、仕様を満足していることを確認する。

本工事を行うにあたっては、事前に周辺養生や仮設足場を設置する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む）、検査対象、検査方法及び判定基準を以下に示す。

5.1　火災の発生防止（オイルパンの設置）

(1) 工事の方法及び手順

本工事で設置するオイルパンは、材料を入手し加工後、現地に搬入する。本工事を行うにあたっては、事前に周辺養生を実施しアンカーボルトを打設しオイルパンを設置する。

本工事フローを別図-11 に示す。

1) 試験・検査項目

① 容量検査

対　象：オイルパン

方　法：オイルパンの内寸を金尺等を用いて計測し容量を算出する、又は規定量の液を充填すること等により容量を確認する。

判　定：「表-2　オイルパンの仕様」に示すとおりであること。

② 外観検査

対　象：オイルパン

方　法：オイルパンの外観を目視により確認する。

判　定：オイルパンに有害なキズ、変形、破損等がないこと。

③ 寸法検査

対　象：オイルパン

方　法：オイルパンの内寸を金尺等を用いて計測し面積を算出する。

判　定：オイルパンの面積が所定の面積以下であること。

④ 据付検査

対　象：オイルパン

方　法：オイルパンの設置状況及び固定状況を目視により確認する。

判　定：オイルパンが所定の位置に設置され、据付ボルトにより床面等に固定されていること。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の工事上の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事においては、工事に係る作業手順、装備、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した特殊放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。

③ 本工事に係る火気使用時は、可燃物の撤去、不燃シートの設置等の火災を防止するための必要な措置を講じる。

④ 本工事に係る重量物の運搬については、運搬台車等により行い、既設構造物に破損等の影響を与えないよう作業を行う。

⑤ 本工事においては、経年変化を考慮して作業場所の汚染確認を実施するとともに、必要に応じ、除染、遮蔽等の処置を講じて作業者の被ばく及び作業場所の汚染拡大を防止する。

⑥ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

5.2　火災の感知及び消火（火災感知設備の設置）

(1) 工事の方法及び手順

本工事で設置する火災感知設備は、既製品を入手し、現地に搬入し設置する。本工事を行うにあたっては、事前に周辺養生や仮設足場を設置する。

本工事フローを別図-12 に示す。

1）試験・検査項目

① 外観検査

対　象：火災感知器、火災受信機等

方　法：火災感知器及び火災受信機等の外観を目視により確認する。

判　定：火災感知器及び火災受信機等に有害なキズ、変形、破損等がないこと。

② 据付検査

対　象：火災感知器、火災受信機等

方　法：火災感知器及び火災受信機等が所定の区画に所定の基数が配置されていることを目視により確認する。

火災受信機等の据付ボルトのサイズ、本数を確認する。

判　定：「4.（2）設計仕様」の「表-3　火災感知器の仕様」及び「表-4　火災受信機等の仕様」に記載する区画、員数を満足すること。

火災受信機等の据付ボルトが所定のサイズ、本数であること。

③ 作動検査

対　象：火災感知器、火災受信機等

方　法：火災感知器を作動させ、火災受信機等が正常に作動することを確認する。

判　定：火災受信機等への火災表示及び音響装置の鳴動が正常であること。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の工事上の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事においては、工事に係る作業手順、装備、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した特殊放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。

③ 本工事に係る重量物の運搬については、運搬台車等により行い、既設構造物に破損等の影響を与えないよう作業を行う。

④ 本工事においては、作業場所に応じて仮設足場を設置するとともに、ヘルメット、墜落制止用器具、保護手袋、保護メガネ等の保護具を着用し、災害防止に努める。

⑤ 本工事においては、振動や粉塵の飛散を考慮した適切な処置を施し、既設の火災

感知器の誤動作防止に努める。

⑥ 本工事において壁貫通を行う場合は、事前に金属探査を行い、埋設物がないことを確認する。また、施工後は開口部の閉止等の処置を行う。

⑦ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

5.3　火災の影響軽減（ケーブルの分離敷設並びに電源切替盤及び緊急電源接続盤の設置）

(1) 工事の方法及び手順

本工事を行うにあたっては、事前に周辺養生や仮設足場を設置する。

本工事で設置するケーブル及び電線管は、資材を入手し、現地に搬入する。ケーブルについては材料確認検査を行い、仕様を満足していることを確認する。

また、本工事で設置する電源切替盤及び緊急電源接続盤は、工場で材料確認検査を実施し、仕様を満足していることを確認した後製作し、現地に搬入する。ケーブル及び盤の設置後、所要の試験・検査を行い、最後に仮設足場の撤去を行う。これらの設置作業に際しては、対象機器の離隔措置、吊り具及び運搬台車による重量物運搬等の所要の安全対策を施して行う。

本工事フローを別図-13 に示す。

1) 試験・検査項目

① 材料確認検査

対　象：電源切替盤及び緊急電源接続盤の主要部材、据付ボルト

方　法：電源切替盤及び緊急電源接続盤の主要部材、据付ボルトの材料について、材料証明書等により確認する。

判　定：材料証明書等の記載内容が所定の材料（材質・化学成分・機械的性質）であること。

② 材料確認検査

対　象：ケーブル

方　法：ケーブルが耐延焼性能及び自己消火性を有していることをケーブル仕様書又は試験の記録、その他の資料により確認する。

判　定：IEEE383 に適合した耐延焼性能を有していること、並びに UL1581 に適合

した自己消火性能を有していること。

③ 外観検査

対　象：ケーブル、電線管、電源切替盤、緊急電源接続盤

方　法：ケーブル、電線管、電源切替盤及び緊急電源接続盤の外観を目視により確認する。

判　定：ケーブル、電線管、電源切替盤及び緊急電源接続盤に有害なキズ、変形、破損等がないこと。

④ 据付検査

対　象：ケーブル、電線管

方　法：ケーブル及び電線管の敷設状態及び電線管開口部の閉塞状態を目視により確認する。

判　定：ケーブルが電線管に収納した状態で敷設され、電線管開口部がシール材で閉塞されていること。

⑤ 据付検査

対　象：電源切替盤及び緊急電源接続盤の据付ボルト

方　法：電源切替盤及び緊急電源接続盤の据付ボルトのサイズ、本数を確認する。

判　定：電源切替盤及び緊急電源接続盤の据付ボルトが所定のサイズ、本数であること。

⑥ 絶縁抵抗検査

対　象：ケーブル

方　法：盤から負荷設備までのケーブルに対し、500 V の電圧を印加した時の絶縁抵抗を絶縁抵抗計で測定する。

判　定：絶縁抵抗値が 1 MΩ以上であること。

⑦ 接続・導通検査

対　象：ケーブル

方　法：ケーブルの接続に緩みがないことを確認する。

ケーブルの導通があることをテスターにより確認する。

判　定：接続に緩みがないこと。導通があること。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の工事上の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事においては、工事に係る作業手順、装備、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した特殊放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。

③ 本工事に係る火気使用時は、可燃物の撤去、不燃シートの設置等の火災を防止するための必要な措置を講じる。

④ 本工事に係る重量物の運搬については、運搬台車等により行い、既設構造物に破損等の影響を与えないよう作業を行う。

⑤ 本工事においては、振動や粉塵の飛散を考慮した適切な処置を施し、既設の火災感知器の誤動作防止に努める。

⑥ 本工事において壁貫通を行う場合は、事前に金属探査を行い、埋設物がないことを確認する。また、施工後は開口部の閉止等の処置を行う。

⑦ 本工事においては、作業場所に応じて仮設足場を設置するとともに、ヘルメット、墜落制止用器具、保護手袋、保護メガネ等の保護具を着用し、災害防止に努める。

⑧ 本工事においては、既設ケーブルの撤去及び新規ケーブルの敷設時は、検電により無電圧であることを確認し、感電防止に努める。

⑨ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

5.4　火災の影響軽減（パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の設置）

(1) 工事の方法及び手順

本工事で設置するパッケージ型ハロゲン化物自動消火設備は、既製品を入手し、現地に搬入し設置する。本工事を行うにあたっては、事前に周辺養生や仮設足場を設置する。パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備を設置後、所要の試験・検査を行い、最後に仮設足場の撤去を行う。

本工事フローを別図-14 に示す。

1）試験・検査項目

① 外観検査

対　象：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備

方　法：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の外観を目視により確認する。

判　定：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備に有害なキズ、変形、破損等がないこと。

② 据付検査

対　象：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備

方　法：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の据付ボルトのサイズ、本数を確認する。

判　定：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の据付ボルトが所定のサイズ、本数であること。

③ 作動検査

対　象：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備

方　法：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備への模擬信号の入力により、火災受信機等への火災表示及び音響装置の鳴動が正常に作動することを確認する。

判　定：火災受信機等への火災表示及び音響装置の鳴動が正常であること。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の工事上の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事においては、工事に係る作業手順、装備、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した特殊放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。

③ 本工事に係る重量物の運搬については、運搬台車等により行い、既設構造物に破損等の影響を与えないよう作業を行う。

④ 本工事においては、作業場所に応じて仮設足場を設置するとともに、ヘルメット、墜落制止用器具、保護手袋、保護メガネ等の保護具を着用し、災害防止に努める。

⑤ 本工事においては、振動や粉塵の飛散を考慮した適切な処置を施し、既設の火災感知器の誤動作防止に努める。

⑥ 本工事において壁貫通を行う場合は、事前に金属探査を行い、埋設物がないことを確認する。また、施工後は開口部の閉止等の処置を行う。

⑦ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

６．工事の工程

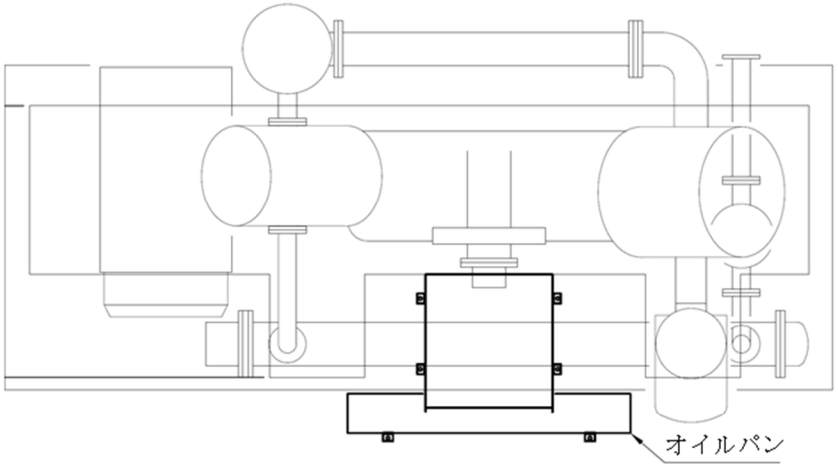
本申請に係る工事の工程を表-8 に示す。

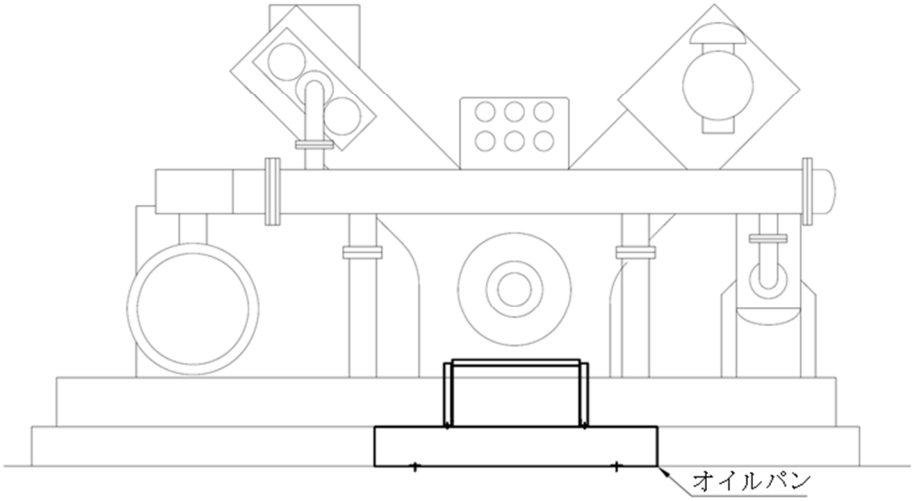
表-8　工事工程表

<table>
<tr><td></td><td colspan="4">令和 4 年度</td><td colspan="4">令和 5 年度</td></tr>
<tr><td rowspan="3">高放射性廃液貯蔵場（HAW）の火災防護対策に係る設備の設置</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="8">工　事　※</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

※ 工事工程は他の安全対策工事との調整に基づき変更する可能性がある。

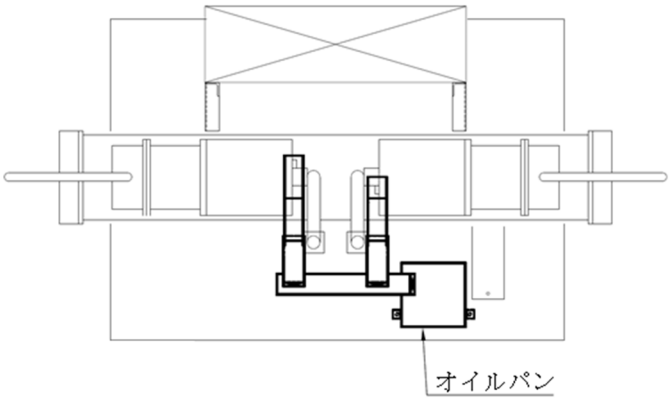
別　　図

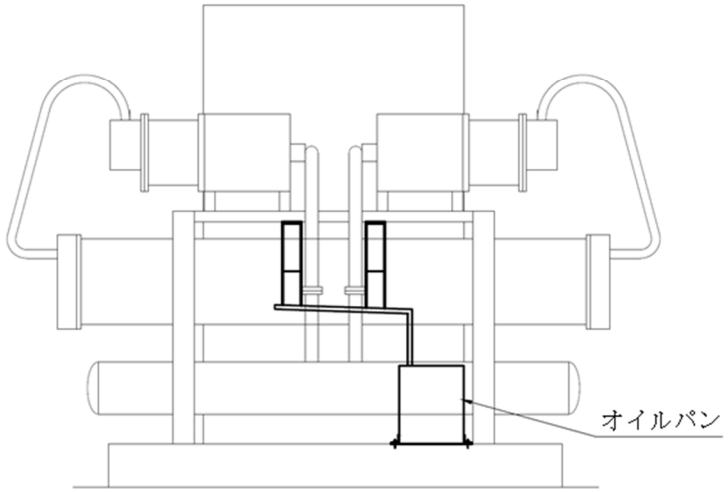




設置対象	空気圧縮機（272K60/K61）
設置場所	圧空製造室（G448）
オイルパン容量	約 56 L

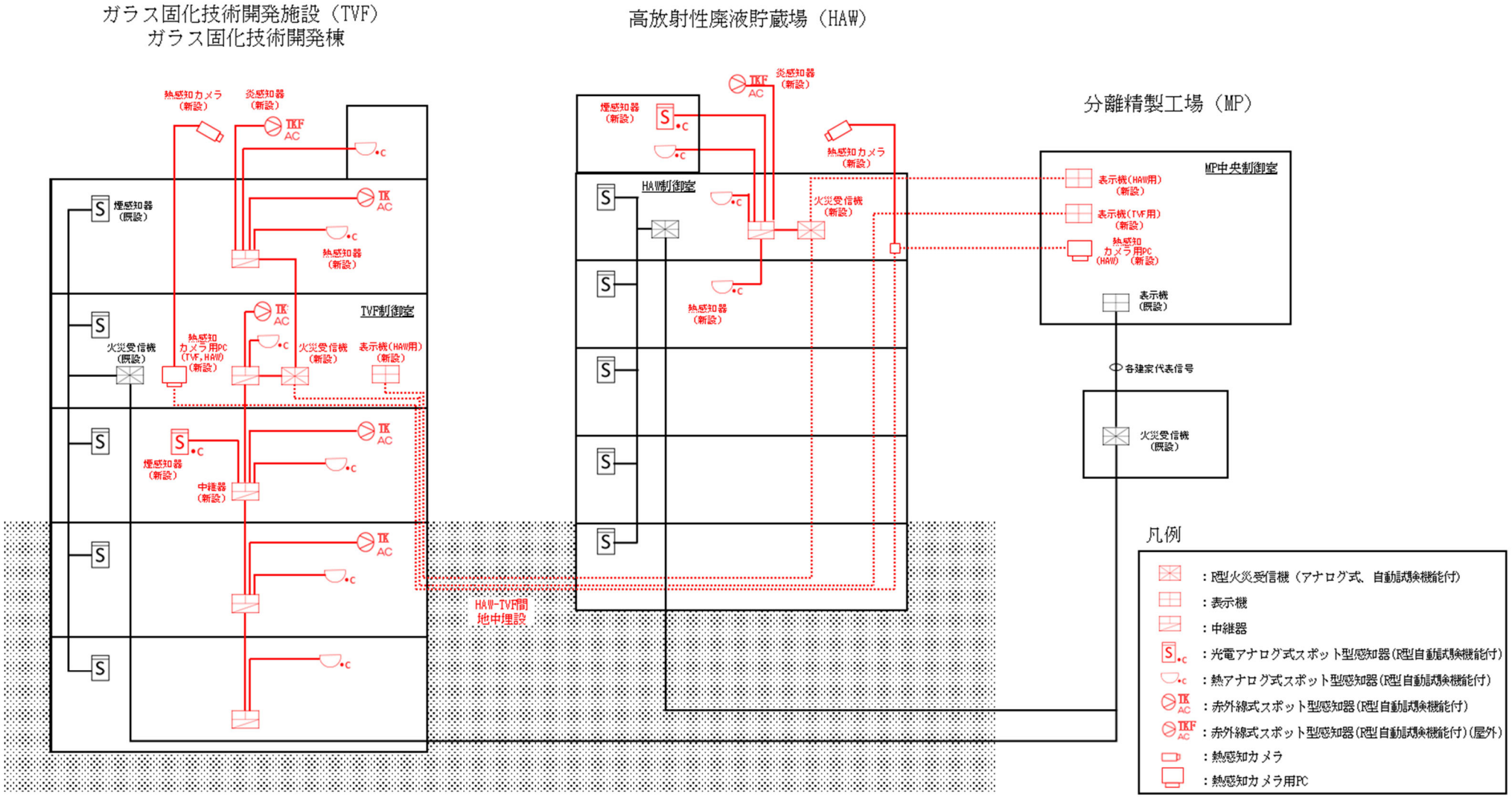
別図-1　オイルパン設置概略図（空気圧縮機）





設置対象	冷凍機（272K110/K111/K112）
設置場所	冷水製造室（G542）
オイルパン容量	約 32 L

別図-2　オイルパン設置概略図（冷凍機）



別図-3　火災感知設備のシステム構成の概要



別図-4　火災感知設備配置図（1/3）



別図-4　火災感知設備配置図（2/3）



別図-4　火災感知設備配置図（3/3）



別図-5　ケーブル敷設概略図（常用電源系統）（1/3）



別図-5　ケーブル敷設概略図（常用電源系統）（2/3）



別図-5　ケーブル敷設概略図（常用電源系統）（3/3）



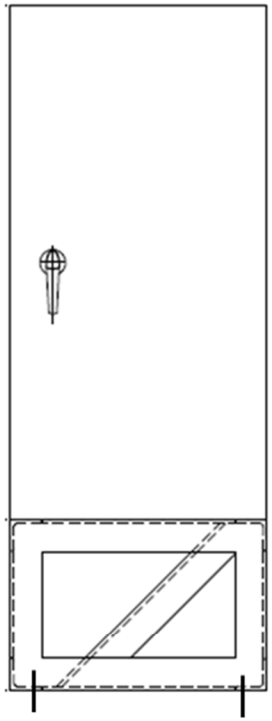
別図-6　ケーブル敷設概略図（緊急電源系統）（1/3）



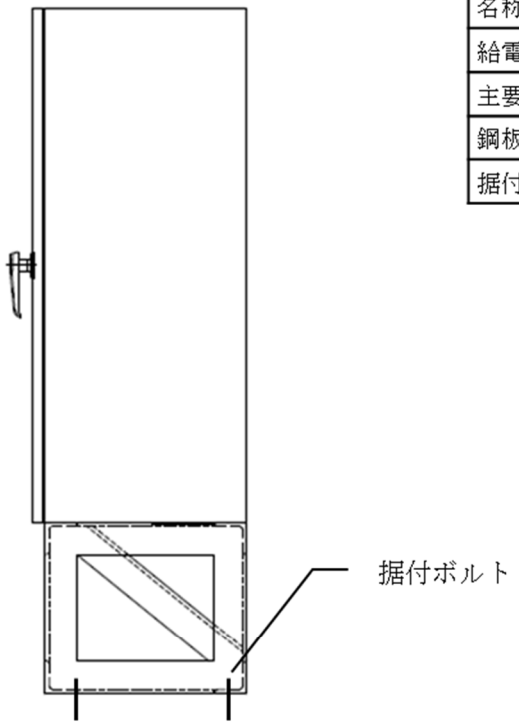
別図-6　ケーブル敷設概略図（緊急電源系統）（2/3）



別図-6　ケーブル敷設概略図（緊急電源系統）（3/3）



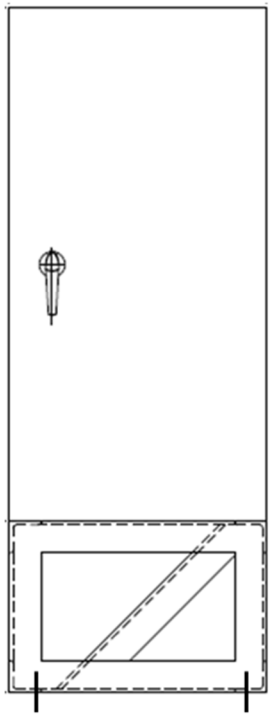
正面図



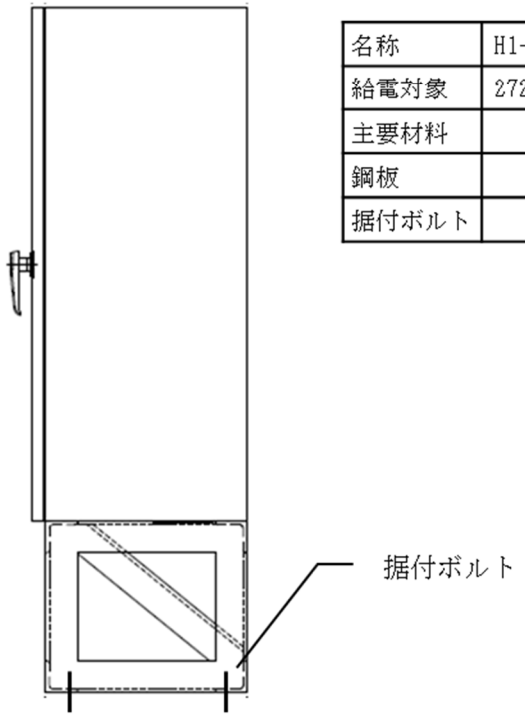
右側面図

名称	H1-1-1	H1-2-1
給電対象	272P3061	272P3062
主要材料	SS400	
鋼板	3.2t	
据付ボルト	M12×4本	

別図-7　電源切替盤の概要（1/7）



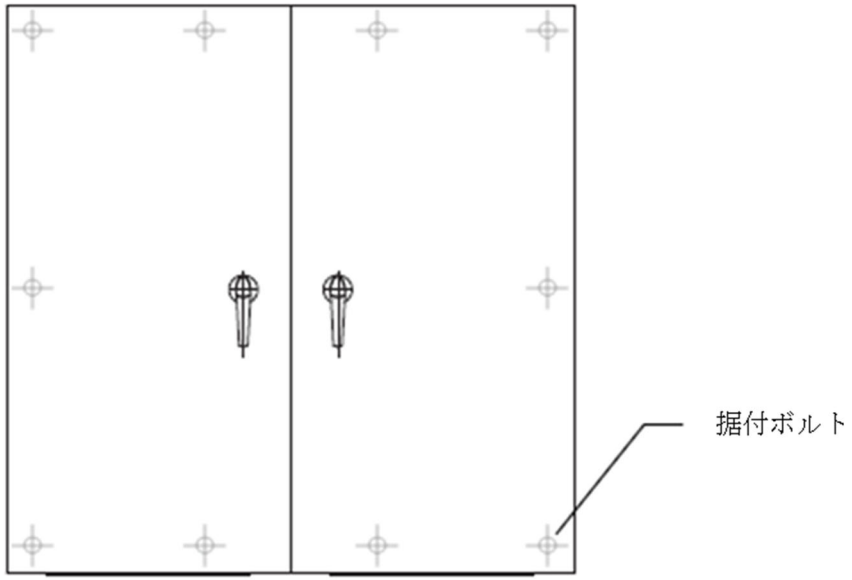
正面図



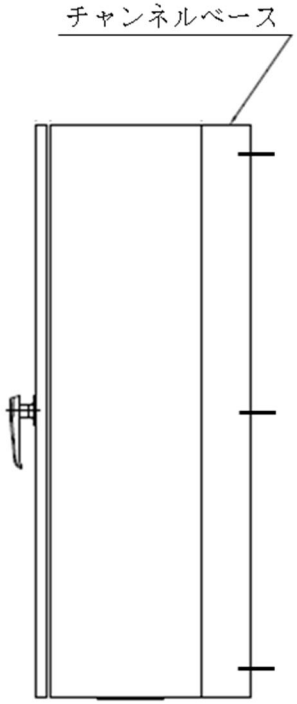
右側面図

名称	H1-1-2	H1-2-2	H2-1	H2-2	H5-1	H5-2
給電対象	272K63	272K64	272K463	272K464	272P761	272P762
主要材料	SS400					
鋼板	3.2t					
据付ボルト	M12×4本					

別図-7　電源切替盤の概要（2/7）



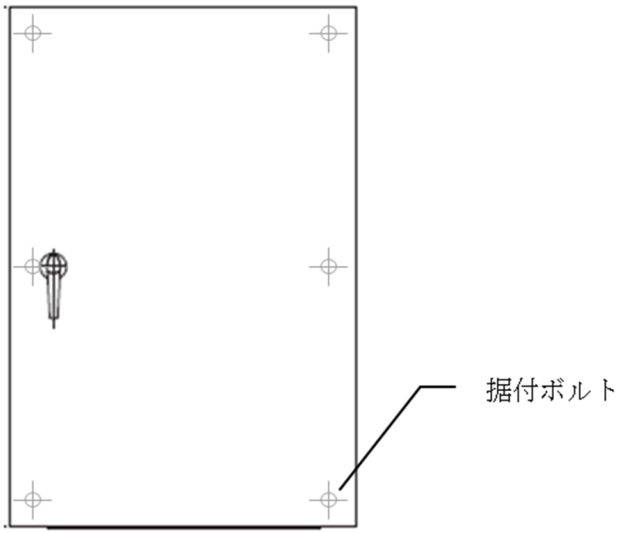
正面図



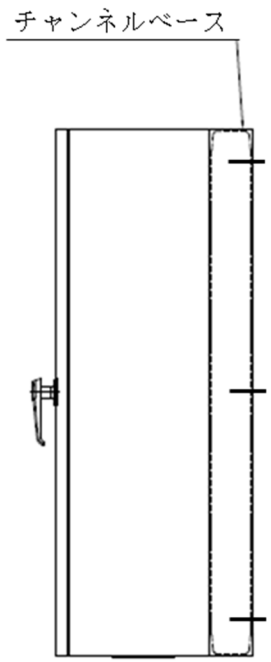
右側面図

名称	H3-1	H3-2
給電対象	272P8161	272P8160
主要材料	SS400	
鋼板	3.2t	
据付ボルト	M12×10本	

別図-7　電源切替盤の概要（3/7）



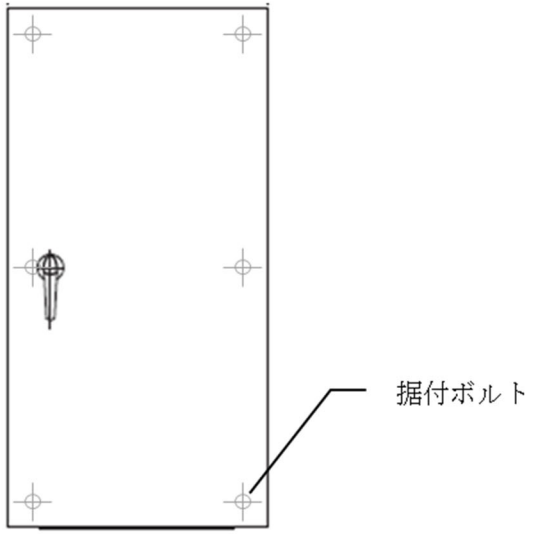
正面図



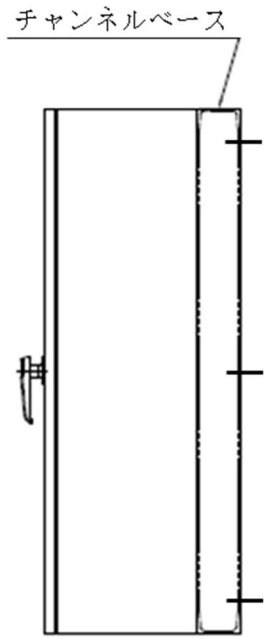
右側面図

名称	H4-1	H4-2
給電対象	272H81	272H82
主要材料	SS400	
鋼板	3.2t	
据付ボルト	M12×6本	

別図-7　電源切替盤の概要（4/7）



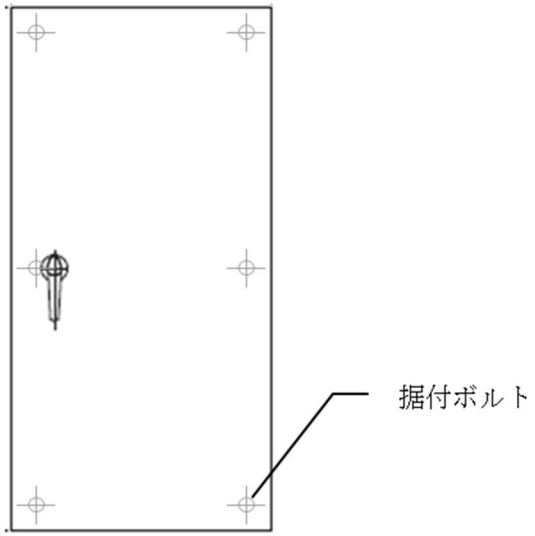
正面図



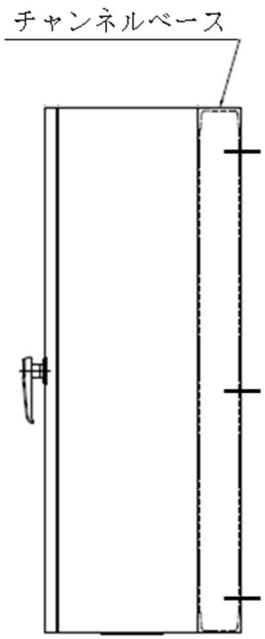
右側面図

名称	H6-1	H6-2
給電対象	空気吸引装置	空気吸引装置
主要材料	SS400	
鋼板	3.2t	
据付ボルト	M12×6本	

別図-7　電源切替盤の概要（5/7）



正面図

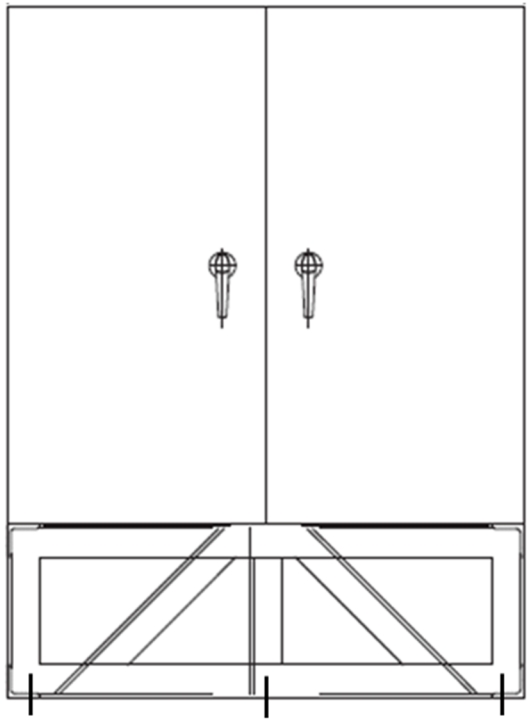


右側面図

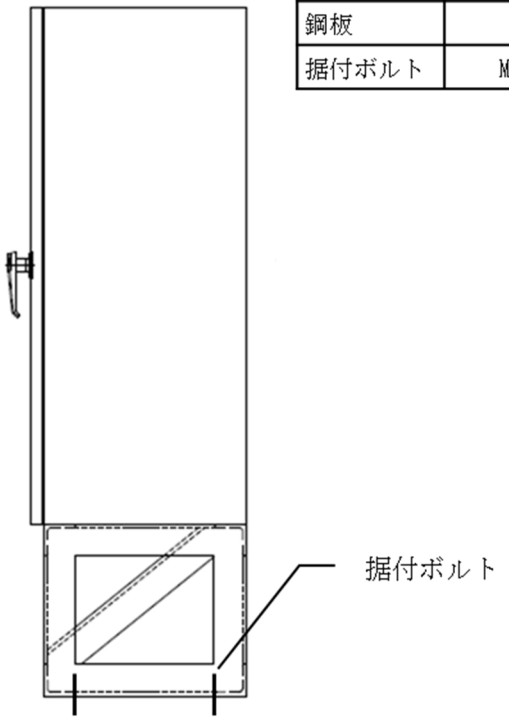
名称	H7-1	H7-2	H8-1	H8-2	H9-1	H9-2
給電対象	排気モニタ	排気モニタ	無停電電源装置	無停電電源装置	計装盤	計装盤
主要材料	SS400					
鋼板	3.2t					
据付ボルト	M12×6本					

別図-7　電源切替盤の概要（6/7）

名称	H10-1	H10-2
給電対象	272K103	272K104
主要材料	SS400	
鋼板	3.2t	
据付ボルト	M16×6本	

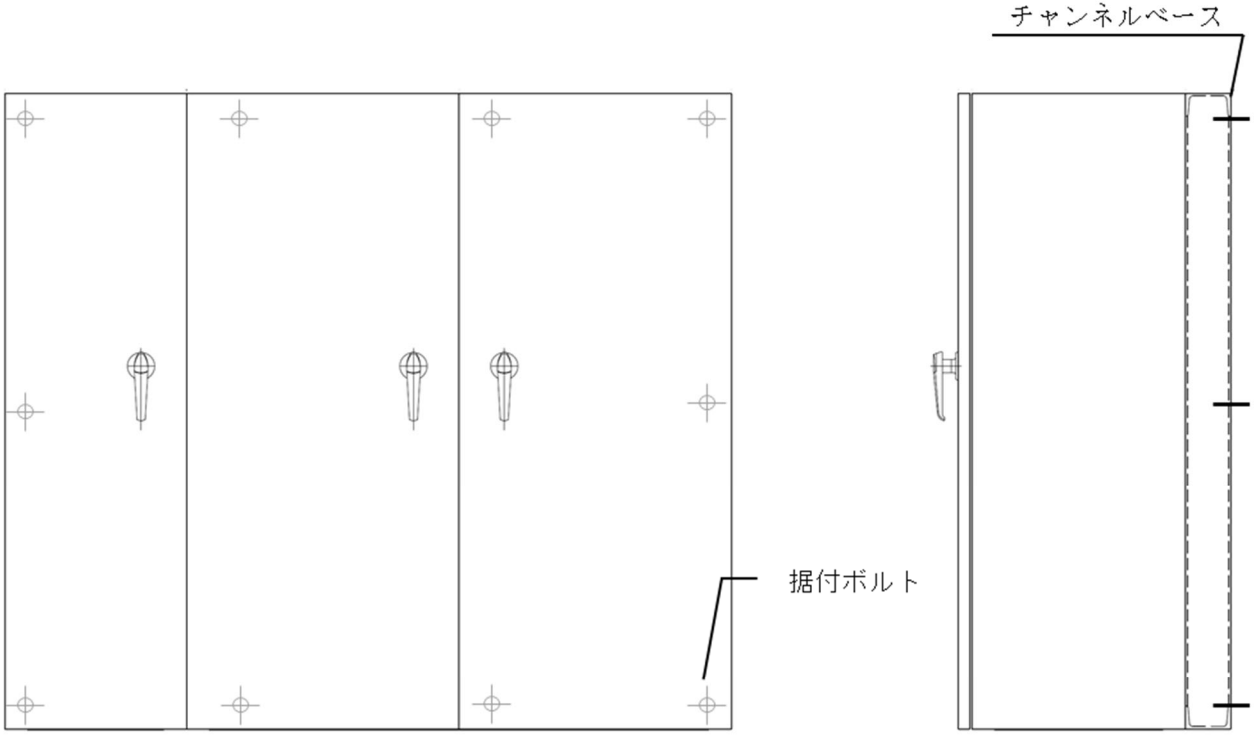


正面図



右側面図

別図-7　電源切替盤の概要（7/7）



正面図　　右側面図

名称	HMO-1	HMO-2
主要材料	SS400	
鋼板	3.2t	
据付ボルト	M16×10本	

別図-8　緊急電源接続盤の概要



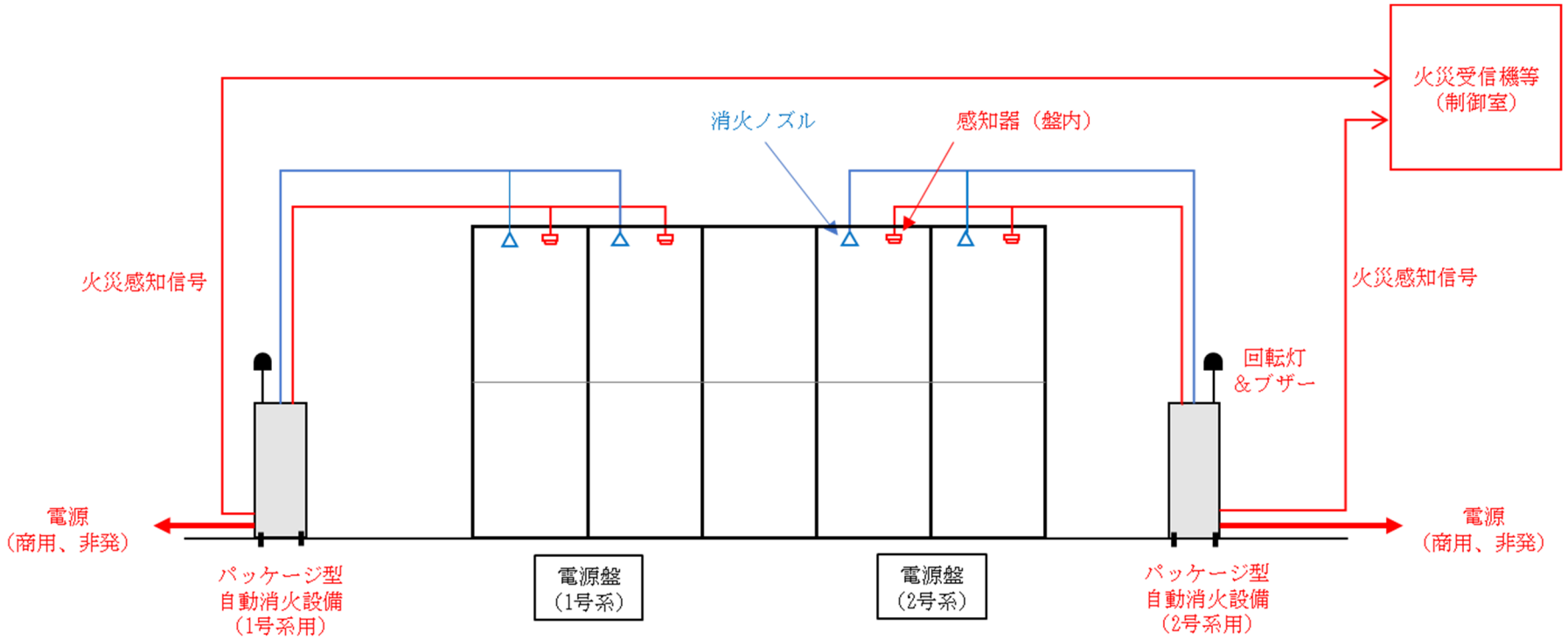
別図-9　電源切替盤及び緊急電源接続盤の配置図（1/3）



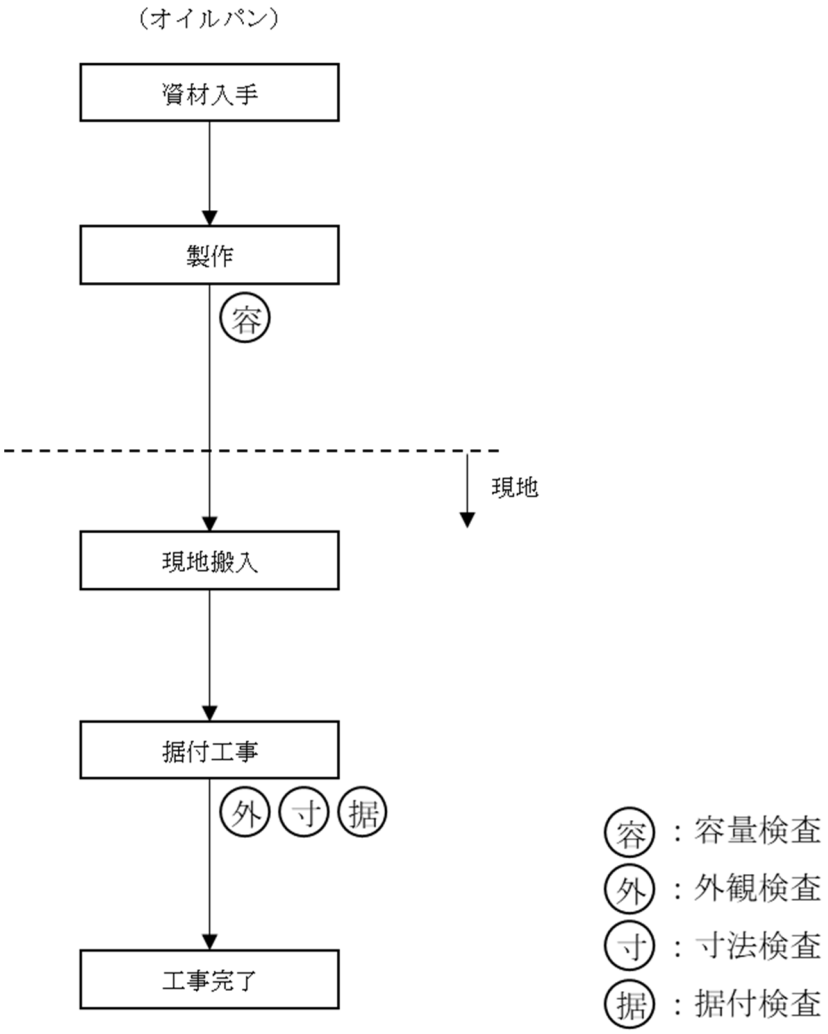
別図-9　電源切替盤及び緊急電源接続盤の配置図（2/3）



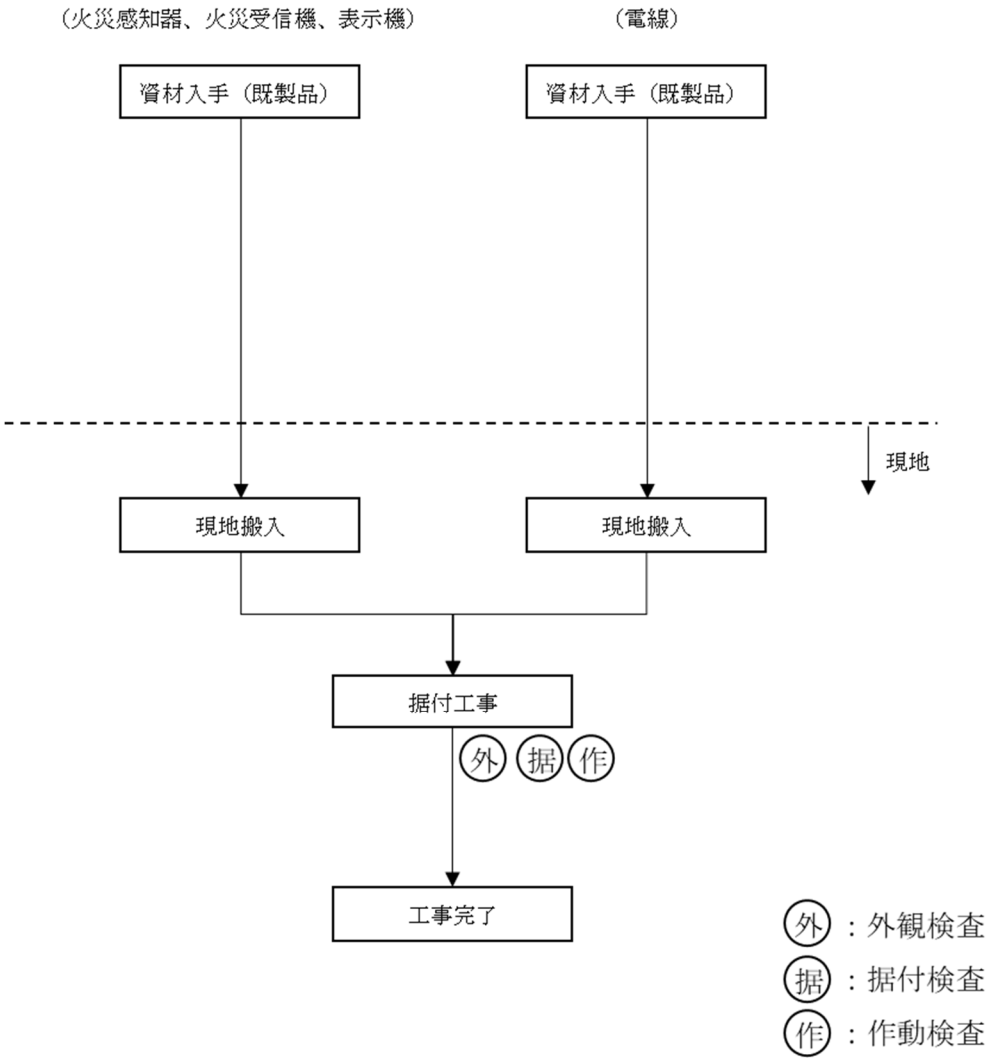
別図-9　電源切替盤及び緊急電源接続盤の配置図（3/3）



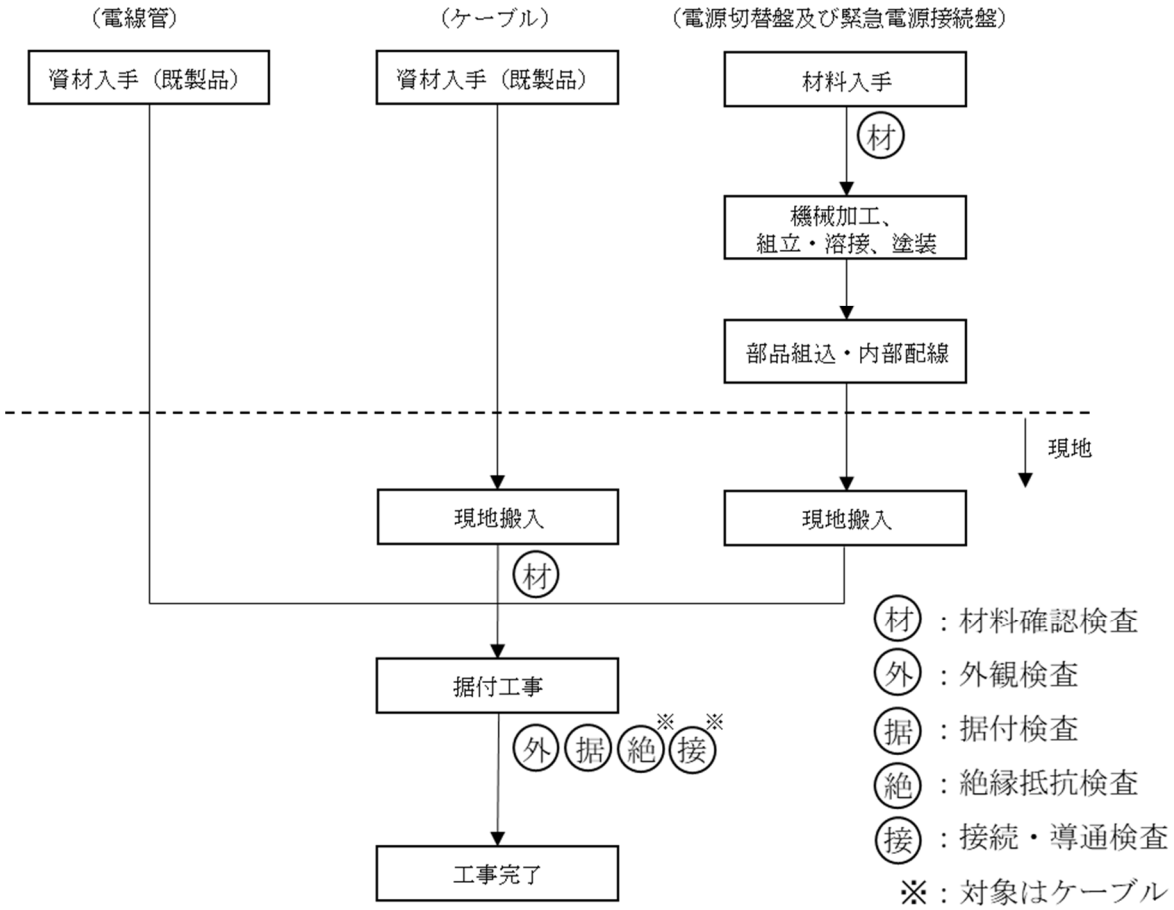
別図-10　パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備のシステム構成の概要



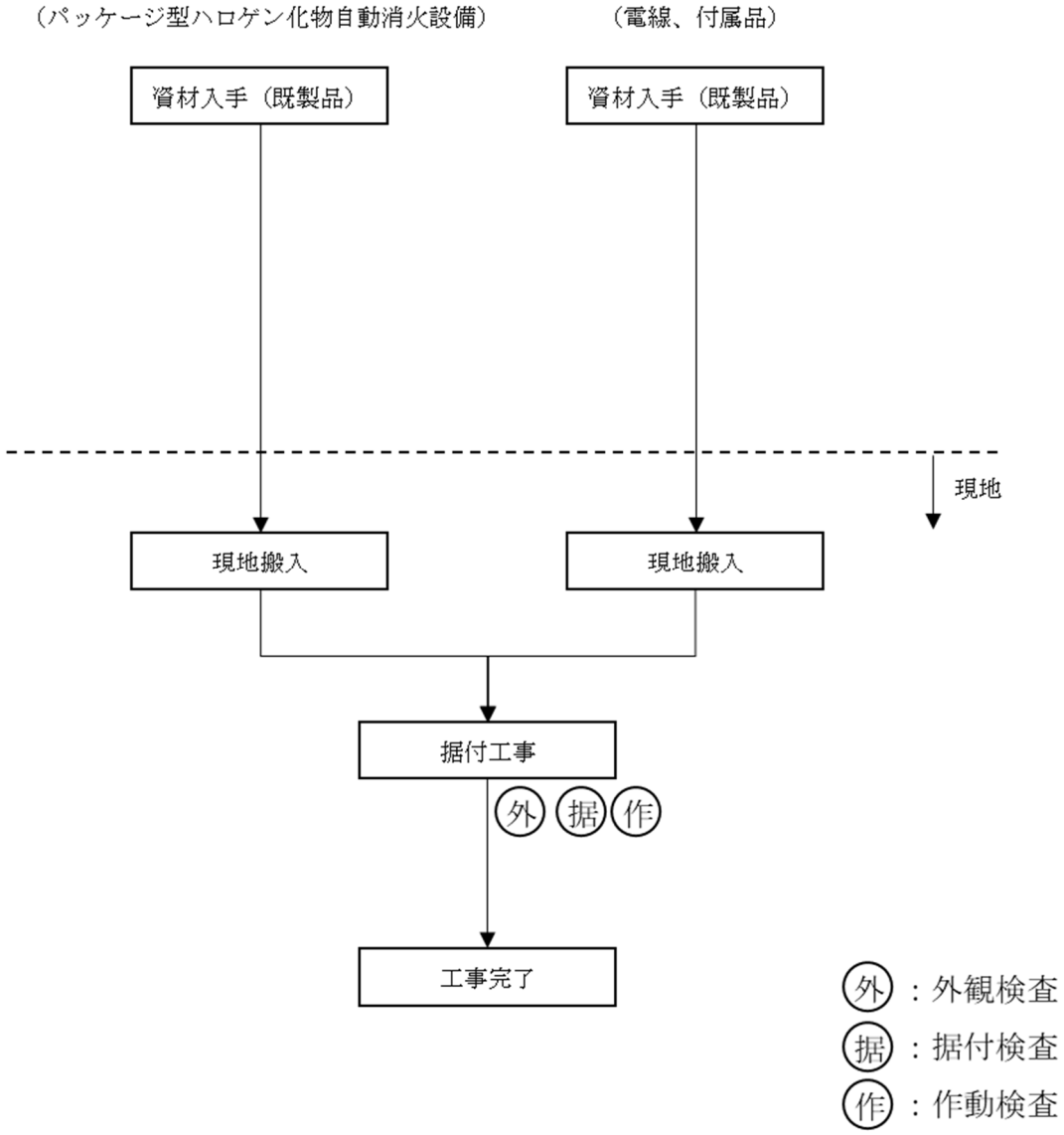
別図-11　工事フロー（オイルパンの設置）



別図-12　工事フロー（火災感知設備の設置）



別図-13　工事フロー（ケーブルの分離敷設並びに電源切替盤及び緊急電源接続盤の設置）



別図-14　工事フロー（パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の設置）

添　付　書　類

１．申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

２．申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定若しくは同法第 44 条の 4 第 1 項の許可を受けたところ又は同条第 2 項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

１．申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

本申請に係る「再処理施設に関する設計及び工事の計画」は以下に示すとおり「再処理施設の技術基準に関する規則」に掲げる技術上の基準に適合している。

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第一条	定義	－	－	－
第二条	特殊な設計による再処理施設	無	－	－
第三条	廃止措置中の再処理施設の維持	無	－	－
第四条	核燃料物質の臨界防止	無	－	－
第五条	安全機能を有する施設の地盤	無	－	－
第六条	地震による損傷の防止	有	第１項	別紙－１に示すとおり
第七条	津波による損傷の防止	無	－	－
第八条	外部からの衝撃による損傷の防止	無	－	－
第九条	再処理施設への人の不法な侵入等の防止	無	－	－
第十条	閉じ込めの機能	無	－	－
第十一条	火災等による損傷の防止	有	第２、３項	別紙－２に示すとおり
第十二条	再処理施設内における溢水による損傷の防止	有	第１項	別紙－３に示すとおり
第十三条	再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止	無	－	－
第十四条	安全避難通路等	無	－	－
第十五条	安全上重要な施設	無	－	－
第十六条	安全機能を有する施設	有	第１、２項	別紙－４に示すとおり
第十七条	材料及び構造	無	－	－
第十八条	搬送設備	無	－	－
第十九条	使用済燃料の貯蔵施設等	無	－	－
第二十条	計測制御系統施設	無	－	－
第二十一条	放射線管理施設	無	－	－
第二十二条	安全保護回路	無	－	－

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第二十三条	制御室等	無	－	－
第二十四条	廃棄施設	無	－	－
第二十五条	保管廃棄施設	無	－	－
第二十六条	使用済燃料等による汚染の防止	無	－	－
第二十七条	遮蔽	無	－	－
第二十八条	換気設備	無	－	－
第二十九条	保安電源設備	無	－	－
第三十条	緊急時対策所	無	－	－
第三十一条	通信連絡設備	無	－	－
第三十二条	重大事故等対処施設の地盤	無	－	－
第三十三条	地震による損傷の防止	無	－	－
第三十四条	津波による損傷の防止	無	－	－
第三十五条	火災等による損傷の防止	無	－	－
第三十六条	重大事故等対処設備	無	－	－
第三十七条	材料及び構造	無	－	－
第三十八条	臨界事故の拡大を防止するための設備	無	－	－
第三十九条	冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備	無	－	－
第四十条	放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備	無	－	－
第四十一条	有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備	無	－	－
第四十二条	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	無	－	－
第四十三条	放射性物質の漏えいに対処するための設備	無	－	－
第四十四条	工場等外への放射性物質等の放出を抑制するための設備	無	－	－
第四十五条	重大事故等への対処に必要となる水の供給設備	無	－	－
第四十六条	電源設備	無	－	－

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第四十七条	計装設備	無	－	－
第四十八条	制御室	無	－	－
第四十九条	監視測定設備	無	－	－
第五十条	緊急時対策所	無	－	－
第五十一条	通信連絡を行うために必要な設備	無	－	－
第五十二条	電磁的記録媒体による手続	無	－	－

第六条（地震による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、これに作用する地震力（事業指定基準規則第七条第二項の規定により算定する地震力をいう。）による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。

２　耐震重要施設（事業指定基準規則第六条第一項に規定する耐震重要施設をいう。以下同じ。）は、基準地震動による地震力（事業指定基準規則第七条第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。）に対してその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

３　耐震重要施設は、事業指定基準規則第七条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

1　本申請において、火災の発生防止として、漏えい油の拡大防止のために設置するオイルパンは、対象機器の下部に設置するものであり、対象機器の支持構造は変更しない。また、設置するオイルパンは地震により転倒するおそれのない構造にするとともに据付ボルトにより床面等に固定する。

したがって、オイルパンの設置は機器の耐震性に影響はない。

本申請において、火災の感知として設置する火災感知設備は、廃止措置計画用設計地震動に対して損傷するおそれがない設計とする。火災感知設備の耐震性の評価結果について、添付資料-1 に示す。

本申請において、重要な安全機能に係るケーブルの系統分離に伴い設置する電源切替盤は、耐震重要度分類 S クラスとして、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して耐震性を確保できる設計とする。電源切替盤（壁掛型）の耐震性の評価結果について、添付資料-2 に示す。電源切替盤（自立型）の耐震性の評価結果について、添付資料-3 に示す。緊急電源接続盤の耐震性の評価結果について、添付資料-4 に示す。

したがって、地震力に対してその安全機能が損なわれるおそれがないように設置することから、耐震上の問題はない。

本申請において、火災の影響軽減として、分電盤等の電源設備について火災発生時に運転員が駆けつけて消火活動を行うまでの時間裕度を確保するために設置する既製品のパッケージ型自動消火設備は、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して転倒等することにより他設備へ波及的影響を及ぼすことがない設計とする。パッケージ型自動消火設備の耐震性の評価結果について、添付資料-5 に示す。

火災感知設備の耐震性についての計算書

1. 概要

本資料は、火災防護対策として設置する火災感知設備の火災受信機について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしても、その安全機能の維持が可能であることを示すものである。

2. 一般事項

2.1 評価方針

火災受信機の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」を踏まえ力学平衡計算により行い、当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

(1) 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1987（日本電気協会）

(2) 原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008（日本電気協会）

(3) 発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012（日本機械学会）

(4) 発電用原子力設備規格　材料規格　JSME S NJ1-2012（日本機械学会）

2.3 記号の説明

耐震評価に用いる記号を表 2-1 に示す。

表 2-1　耐震評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A_b	据付ボルトの有効断面積	mm^2
A_S	最小有効せん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
E	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
G_I	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s^2
I	断面 2 次モーメント	mm^4
l_1	水平方向の据付ボルトスパン	mm
l_2	鉛直方向の据付ボルトスパン	mm
l_{1G}	据付ボルト中心から設備機器重心までの水平方向の距離	mm
l_{2G}	上部側据付ボルト中心から設備機器重心までの鉛直方向の距離	mm
l_{3G}	壁面から設備機器重心までの距離	mm
m	総質量	kg
n	据付ボルトの本数	―
n_{t1}	壁面の上下側に設けた据付ボルトの片側本数（l_1側の据付ボルト本数）	―
n_{t2}	壁面の左右側に設けた据付ボルトの片側本数（l_2側の据付ボルト本数）	―
Q_b	据付ボルト 1 本に作用するせん断力	N
R_b	据付ボルト 1 本に作用する引張力の最大値	N
R_{b1}	据付ボルト 1 本に作用する引張力（壁平行方向）	N
R_{b2}	据付ボルト 1 本に作用する引張力（壁直角方向）	N
σ_b	据付ボルト 1 本に作用する引張応力	MPa
T	固有周期	秒
τ_b	据付ボルト 1 本に作用するせん断応力	MPa

3. 評価部位

火災受信機の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1　据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	1.5×（F/1.5）
	せん断応力	1.5×（F/（1.5√3））

4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動による高放射性廃液貯蔵場（HAW）の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。火災受信機は壁掛型であり、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の 4 階の壁に設置することから、安全側に 5 階の静的解析用震度（RF、水平方向：1.36、鉛直方向：0.80）を用いた。

表 4-2　静的解析用震度

階	静的解析用震度（床応答最大加速度×1.2）	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.41	0.80
5F	1.36	0.80
4F	1.24	0.79
3F	1.18	0.79
1F	1.10	0.78
B1F	1.04	0.77

4.4 計算方法

火災受信機の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」を踏まえ以下の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

ボルト 1 本に作用する引張力（R_b）：

壁平行方向

$$R_{b1} = \frac{C_H mg\ l_{3G}}{l_1\ n_{t2}} + \frac{(mg + C_V mg)\ \ l_{3G}}{l_2\ n_{t1}}$$

壁直角方向

$$R_{b2} = \frac{C_H mg\ \ (l_2 - l_{2G})}{l_2\ n_{t1}} + \frac{(mg + C_V mg)\ \ l_{3G}}{l_2\ n_{t1}}$$

$$R_b = \max\ (R_{b1},\ R_{b2})$$

ボルト 1 本に作用する引張応力（σ_b）：

$$\sigma_b = \frac{R_b}{A_b}$$

ボルト 1 本に作用するせん断力（Q_b）：

$$Q_b = \frac{\sqrt{\left(C_H \mathrm{mg}\right)^2 + \left(mg + C_V \mathrm{mg}\right)^2}}{n}$$

ボルト 1 本に作用するせん断応力（τ_b）：

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b}$$

4.5 計算条件

4.5.1 解析モデル

火災受信機の解析モデルを図 4-1 に示す。

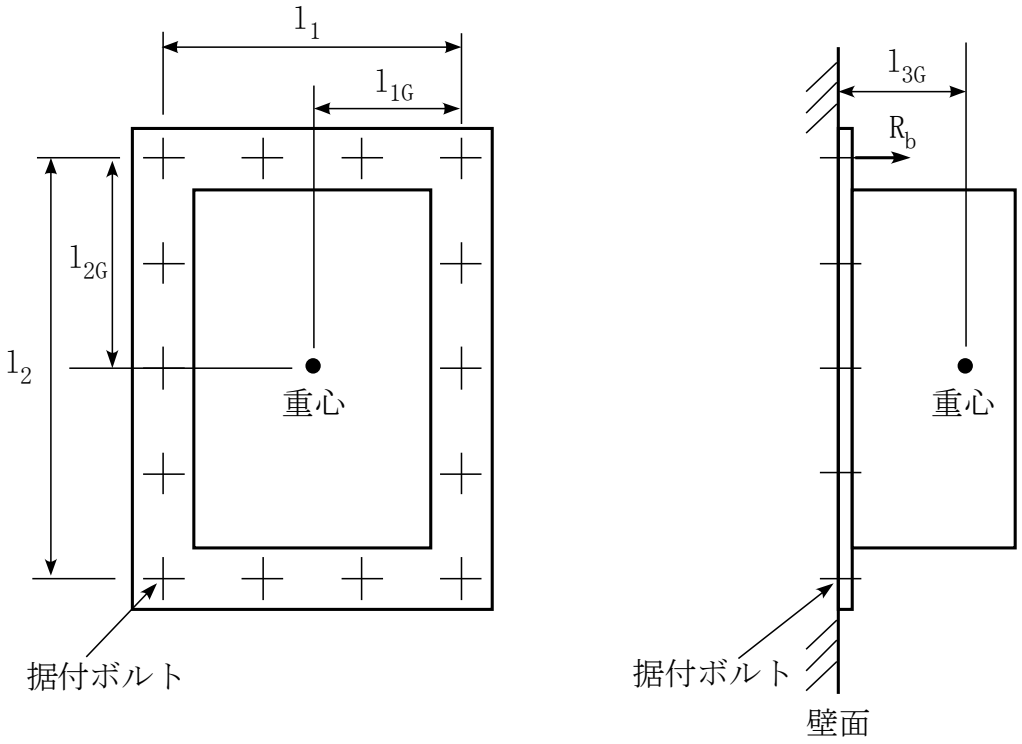


図 4-1　解析モデル

4.5.2 諸元

火災受信機の耐震評価に用いる条件を表 4-3 に示す。

表 4-3　耐震評価に用いる条件

評価対象設備	項　目	記　号	値
火災受信機	機器区分	—	クラス 3
	水平方向の据付ボルトスパン	l_1	420　(mm)
	鉛直方向の据付ボルトスパン	l_2	720　(mm)
	壁面から設備機器重心までの距離	l_{3G}	75　(mm)
	据付ボルト呼び径	—	M8
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40　(℃)
	据付ボルトの本数	n	6
	壁面の上下側に設けた据付ボルトの片側本数	n_{t1}	2
	壁面の左右側に設けた据付ボルトの片側本数	n_{t2}	3
	総質量	m	31　(kg)

4.6 固有周期

火災受信機の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000}\left(\frac{{l_{3G}}^3}{3EI} + \frac{l_{3G}}{A_S G_I}\right)}$$

火災受信機の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4　固有周期

評価対象設備	固有周期
火災受信機	0.05（秒）以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

火災受信機の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1　構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比※1
火災受信機	据付ボルト	引張	4	280	0.02
		せん断	4	161	0.03

※1　応力比は、発生応力／許容応力を示す。

電源切替盤（壁掛型）の耐震性についての計算書

1. 概要

本資料は、電源切替盤（壁掛型）について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしても、その安全機能の維持が可能であることを示すものである。

2. 一般事項

2.1 評価対象

電源切替盤には、壁掛型と自立型があり、寸法によってそれぞれ以下のタイプがある。本資料では、壁掛型を対象として評価を行う。

電源切替盤の主要寸法・仕様を表 2-1 に示す。

表 2-1　主要寸法・仕様

型式		仕様	設置階	名称
壁掛型	タイプ①	概略寸法：約 1200 mm×約 350 mm×約 1200 mm 重量：410 kg	4F	H3-1、H3-2
	タイプ②	概略寸法：約 800 mm×約 350 mm×約 1200 mm 重量：250 kg	4F	H4-1、H4-2
	タイプ③	概略寸法：約 600 mm×約 350 mm×約 1200 mm 重量：230 kg	4F	H6-1、H6-2
	タイプ④	概略寸法：約 600 mm×約 350 mm×約 1200 mm 重量：220 kg	4F	H7-1、H7-2、H8-1、H8-2、H9-1、H9-2
自立型	タイプ①	概略寸法：約 600 mm×約 500 mm×約 1200 mm 重量：320 kg	3F	H1-1-1、H1-2-1、H1-1-2、H1-2-2
			4F	H2-1、H2-2
			RF	H5-1、H5-2
	タイプ②	概略寸法：約 1200 mm×約 500 mm×約 1200 mm 重量：550 kg	4F	H10-1、H10-2

2.2 評価方針

電源切替盤（壁掛型）の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」を踏まえ力学平衡計算により行い、当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

(1) 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1987（日本電気協会）

(2) 原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008（日本電気協会）

(3) 発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012（日本機械学会）

(4) 発電用原子力設備規格　材料規格　JSME S NJ1-2012（日本機械学会）

2.4 記号の説明

耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2　耐震評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A_b	据付ボルトの有効断面積	mm^2
A_S	最小有効せん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
E	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
G_I	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s^2
I	断面 2 次モーメント	mm^4
l_1	水平方向の据付ボルトスパン	mm
l_2	鉛直方向の据付ボルトスパン	mm
l_{1G}	据付ボルト中心から設備機器重心までの水平方向の距離	mm
l_{2G}	上部側据付ボルト中心から設備機器重心までの鉛直方向の距離	mm
l_{3G}	壁面から設備機器重心までの距離	mm
m	総質量	kg
n	据付ボルトの本数	―
n_{t1}	壁面の上下側に設けた据付ボルトの片側本数（l_1側の据付ボルト本数）	―
n_{t2}	壁面の左右側に設けた据付ボルトの片側本数（l_2側の据付ボルト本数）	―
Q_b	据付ボルト 1 本に作用するせん断力	N
R_b	据付ボルト 1 本に作用する引張力の最大値	N
R_{b1}	据付ボルト 1 本に作用する引張力（壁平行方向）	N
R_{b2}	据付ボルト 1 本に作用する引張力（壁直角方向）	N
σ_b	据付ボルト 1 本に作用する引張応力	MPa
T	固有周期	秒
τ_b	据付ボルト 1 本に作用するせん断応力	MPa

3. 評価部位

電源切替盤（壁掛型）の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1　据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	1.5×（F/1.5）
	せん断応力	1.5×（F/（1.5√3））

4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動による高放射性廃液貯蔵場（HAW）の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。電源切替盤（壁掛型）は、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の 4 階の壁に設置することから、安全側に 5 階の静的解析用震度（5F、水平方向：1.36、鉛直方向：0.80）を用いた。

表 4-2　静的解析用震度

階	静的解析用震度（床応答最大加速度×1.2）	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.41	0.80
5F	1.36	0.80
4F	1.24	0.79
3F	1.18	0.79
1F	1.10	0.78
B1F	1.04	0.77

4.4 計算方法

電源切替盤（壁掛型）の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を踏まえ以下の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

ボルト 1 本に作用する引張力（R_b）：

壁平行方向

$$R_{b1} = \frac{C_H mg\ l_{3G}}{l_1\ n_{t2}} + \frac{(mg + C_V mg)\ \ l_{3G}}{l_2\ n_{t1}}$$

壁直角方向

$$R_{b2} = \frac{C_H mg\ \ (l_2 - l_{2G})}{l_2\ n_{t1}} + \frac{(mg + C_V mg)\ \ l_{3G}}{l_2\ n_{t1}}$$

$$R_b = \max\ (R_{b1},\ R_{b2})$$

ボルト 1 本に作用する引張応力（σ_b）：

$$\sigma_b = \frac{R_b}{A_b}$$

ボルト 1 本に作用するせん断力（Q_b）：

$$Q_b = \frac{\sqrt{\left(C_H \mathrm{mg}\right)^2 + \left(mg + C_V \mathrm{mg}\right)^2}}{n}$$

ボルト 1 本に作用するせん断応力（τ_b）：

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b}$$

4.5 計算条件

4.5.1 解析モデル

電源切替盤（壁掛型）の解析モデルを図 4-1 に示す。

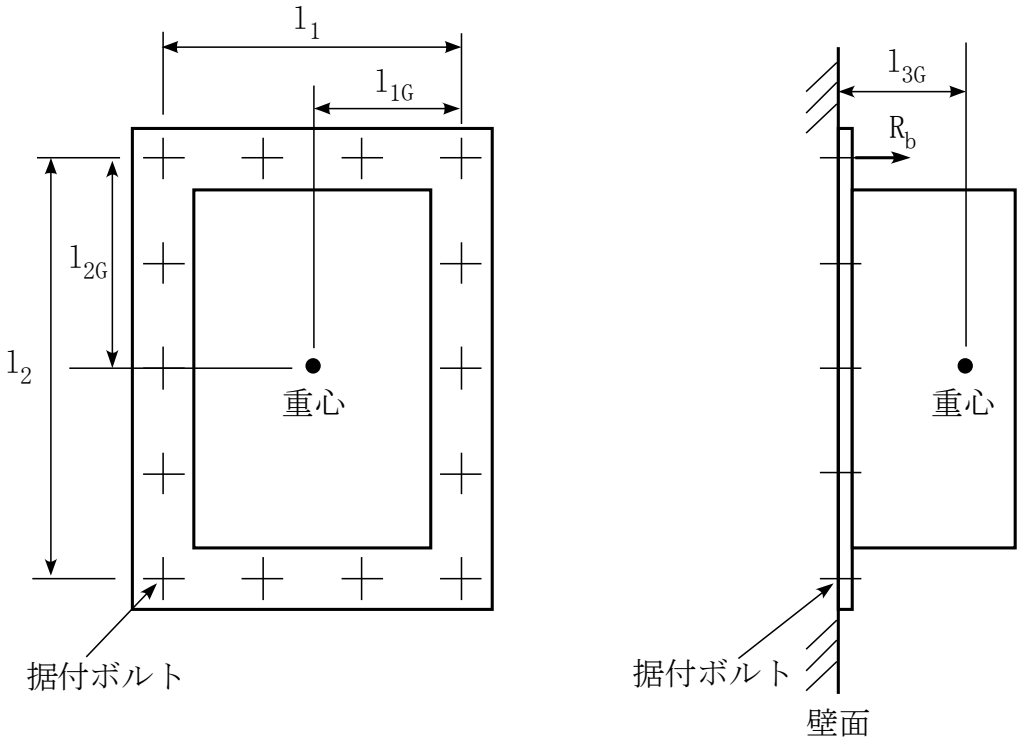


図 4-1　解析モデル

4.5.2 諸元

電源切替盤（壁掛型）の耐震評価に用いる条件を表 4-3 に示す。

表 4-3　耐震評価に用いる条件（1/4）

評価対象設備	項　目	記　号	値
電源切替盤 （壁掛型） タイプ①	機器区分	—	クラス 3
	水平方向の据付ボルトスパン	l_1	1140　(mm)
	鉛直方向の据付ボルトスパン	l_2	1140　(mm)
	壁面から設備機器重心までの距離	l_{3G}	275　(mm)
	据付ボルト呼び径	—	M12
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40　(℃)
	据付ボルトの本数	n	10
	壁面の上下側に設けた据付ボルトの片側本数	n_{t1}	4
	壁面の左右側に設けた据付ボルトの片側本数	n_{t2}	3
	総質量	m	410　(kg)

表 4-3　耐震評価に用いる条件（2/4）

評価対象設備	項　目	記　号	値
電源切替盤 （壁掛型） タイプ②	機器区分	—	クラス 3
	水平方向の据付ボルトスパン	l_1	740　(mm)
	鉛直方向の据付ボルトスパン	l_2	1140　(mm)
	壁面から設備機器重心までの距離	l_{3G}	275　(mm)
	据付ボルト呼び径	—	M12
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40　(℃)
	据付ボルトの本数	n	6
	壁面の上下側に設けた据付ボルトの片側本数	n_{t1}	2
	壁面の左右側に設けた据付ボルトの片側本数	n_{t2}	3
	総質量	m	250　(kg)

表 4-3　耐震評価に用いる条件（3/4）

評価対象設備	項　目	記　号	値
電源切替盤 （壁掛型） タイプ③	機器区分	—	クラス 3
	水平方向の据付ボルトスパン	l_1	540　(mm)
	鉛直方向の据付ボルトスパン	l_2	1140　(mm)
	壁面から設備機器重心までの距離	l_{3G}	275　(mm)
	据付ボルト呼び径	—	M12
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40　(℃)
	据付ボルトの本数	n	6
	壁面の上下側に設けた据付ボルトの片側本数	n_{t1}	2
	壁面の左右側に設けた据付ボルトの片側本数	n_{t2}	3
	総質量	m	230　(kg)

表 4-3　耐震評価に用いる条件（4/4）

評価対象設備	項　目	記　号	値
電源切替盤 （壁掛型） タイプ④	機器区分	—	クラス 3
	水平方向の据付ボルトスパン	l_1	540　(mm)
	鉛直方向の据付ボルトスパン	l_2	1140　(mm)
	壁面から設備機器重心までの距離	l_{3G}	275　(mm)
	据付ボルト呼び径	—	M12
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40　(℃)
	据付ボルトの本数	n	6
	壁面の上下側に設けた据付ボルトの片側本数	n_{t1}	2
	壁面の左右側に設けた据付ボルトの片側本数	n_{t2}	3
	総質量	m	220　(kg)

4.6 固有周期

電源切替盤（壁掛型）の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000}\left(\frac{{l_{3G}}^3}{3EI} + \frac{l_{3G}}{A_S G_I}\right)}$$

電源切替盤（壁掛型）の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4　固有周期

評価対象設備	固有周期
電源切替盤（壁掛型）	0.05（秒）以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

電源切替盤（壁掛型）の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1　構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比※1
電源切替盤（壁掛型）タイプ①	据付ボルト	引張	14	280	0.05
		せん断	11	161	0.07
電源切替盤（壁掛型）タイプ②	据付ボルト	引張	18	280	0.07
		せん断	11	161	0.07
電源切替盤（壁掛型）タイプ③	据付ボルト	引張	16	280	0.06
		せん断	11	161	0.07
電源切替盤（壁掛型）タイプ④	据付ボルト	引張	16	280	0.06
		せん断	10	161	0.07

※1　応力比は、発生応力／許容応力を示す。

電源切替盤（自立型）の耐震性についての計算書

1. 概要

本資料は、電源切替盤（自立型）について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしても、その安全機能の維持が可能であることを示すものである。

2. 一般事項

2.1 評価対象

電源切替盤には、壁掛型と自立型があり、寸法によってそれぞれ以下のタイプがある。本資料では、自立型を対象として評価を行う。

電源切替盤の主要寸法・仕様を表 2-1 に示す。

表 2-1　主要寸法・仕様

型式		仕様	設置階	名称
壁掛型	タイプ①	概略寸法：約 1200 mm×約 350 mm×約 1200 mm 重量：410 kg	4F	H3-1、H3-2
	タイプ②	概略寸法：約 800 mm×約 350 mm×約 1200 mm 重量：250 kg	4F	H4-1、H4-2
	タイプ③	概略寸法：約 600 mm×約 350 mm×約 1200 mm 重量：230 kg	4F	H6-1、H6-2
	タイプ④	概略寸法：約 600 mm×約 350 mm×約 1200 mm 重量：220 kg	4F	H7-1、H7-2、H8-1、H8-2、H9-1、H9-2
自立型	タイプ①	概略寸法：約 600 mm×約 500 mm×約 1200 mm 重量：320 kg	3F	H1-1-1、H1-2-1、H1-1-2、H1-2-2
			4F	H2-1、H2-2
			RF	H5-1、H5-2
	タイプ②	概略寸法：約 1200 mm×約 500 mm×約 1200 mm 重量：550 kg	4F	H10-1、H10-2

2.2 評価方針

電源切替盤（自立型）の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性（底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。）に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

(1) 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1987（日本電気協会）

(2) 原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008（日本電気協会）

(3) 発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012（日本機械学会）

(4) 発電用原子力設備規格　材料規格　JSME S NJ1-2012（日本機械学会）

2.4 記号の説明

耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2　耐震評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A_b	据付ボルトの軸断面積	mm^2
A_S	最小有効せん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_P	ポンプ振動による震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
E	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
F_b	据付ボルトに生じる引張力	N
G_I	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
I	断面 2 次モーメント	mm^4
l_1, l_2	重心と据付ボルト間の水平方向距離（$l_1 \leqq l_2$）	mm
L	据付ボルト間隔	mm
m	総質量	kg
M_P	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
n	据付ボルトの本数	―
n_f	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	―
Q_b	据付ボルトに生じるせん断力	N
σ_b	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
T_H	水平方向固有周期	秒
τ_b	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

3. 評価部位

電源切替盤（自立型）の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1　据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	1.5×（F/1.5）
	せん断応力	1.5×（F/（1.5√3））

4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動による高放射性廃液貯蔵場（HAW）の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。電源切替盤（自立型）は、3F、4F 又は RF に設置することから、静的解析用震度は、安全側に設計震度の大きい階のもの（RF、水平方向：1.41、鉛直方向：0.80）を用いた。

表 4-2　静的解析用震度

階	静的解析用震度（床応答最大加速度×1.2）	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.41	0.80
5F	1.36	0.80
4F	1.24	0.79
3F	1.18	0.79
1F	1.10	0.78
B1F	1.04	0.77

4.4 計算方法

電源切替盤（自立型）の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力（F_b）：

$$F_b = \frac{1}{L}\left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力（σ_b）：

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力（Q_b）：

$$Q_b = \mathrm{mg}\left(C_H + C_P\right)$$

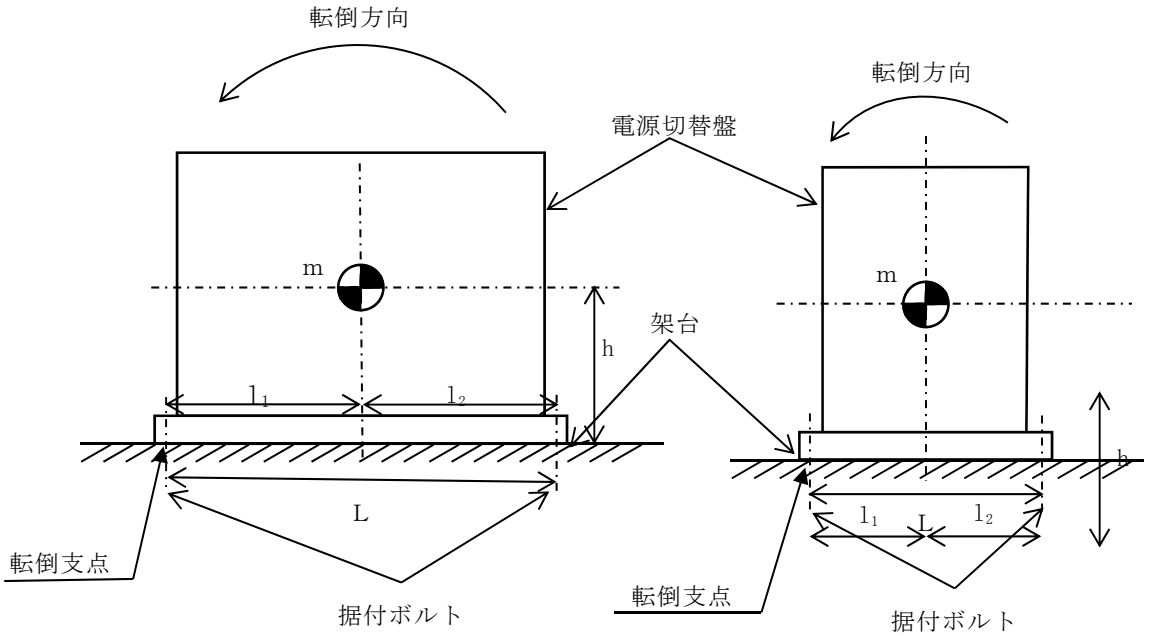
せん断応力（τ_b）：

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

4.5 計算条件

4.5.1 解析モデル

電源切替盤（自立型）の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。



(a) 正面方向モデル

(b) 側面方向モデル

図 4-1　電源切替盤（自立型）の解析モデル

4.5.2 諸元

電源切替盤（自立型）の耐震評価に用いる条件を表 4-3 に示す。

表 4-3　耐震評価に用いる条件（1/2）

評価対象設備	項　目	記　号	値
電源切替盤 （自立型） タイプ①	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	390　(mm)
	据付ボルト呼び径	—	M12
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40　(℃)
	据付ボルトの本数	n	4
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	n_f	2
	据付面から重心までの距離	h	1000　(mm)
	総質量	m	320　(kg)

表 4-3　耐震評価に用いる条件（2/2）

評価対象設備	項　目	記　号	値
電源切替盤 （自立型） タイプ②	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	390　(mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40　(℃)
	据付ボルトの本数	n	6
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	n_f	3
	据付面から重心までの距離	h	1000　(mm)
	総質量	m	550　(kg)

4.6 固有周期

電源切替盤（自立型）の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi\sqrt{\frac{m}{1000}\left(\frac{h^3}{3EI}+\frac{h}{A_S G_I}\right)}$$

電源切替盤（自立型）の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4　固有周期

評価対象設備	固有周期
電源切替盤（自立型）	0.05（秒）以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

電源切替盤（自立型）の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1　構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比※1
電源切替盤（自立型）タイプ①	据付ボルト	引張	61	280	0.22
		せん断	14	161	0.09
電源切替盤（自立型）タイプ②	据付ボルト	引張	33	280	0.12
		せん断	8	161	0.05

※1　応力比は、発生応力／許容応力を示す。

緊急電源接続盤の耐震性についての計算書

1. 概要

本資料は、緊急電源接続盤について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしても、その安全機能の維持が可能であることを示すものである。

2. 一般事項

2.1 評価対象

緊急電源接続盤（HMO-1、HMO-2）を対象として評価を行う。

緊急電源接続盤の主要寸法・仕様を表 2-1 に示す。

表 2-1　主要寸法・仕様

名称	仕様	設置階
緊急電源接続盤 (HMO-1、HMO-2)	概略寸法：約 1600 mm×約 500 mm ×約 1400 mm 重量：700 kg	4F

2.2 評価方針

緊急電源接続盤の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」を踏まえ力学平衡計算により行い、当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

(1)原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1987（日本電気協会）

(2) 原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008（日本電気協会）

(3) 発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012（日本機械学会）

(4) 発電用原子力設備規格　材料規格　JSME S NJ1-2012（日本機械学会）

2.4 記号の説明

耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2　耐震評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A_b	据付ボルトの有効断面積	mm^2
A_S	最小有効せん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
E	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
G_I	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s^2
I	断面 2 次モーメント	mm^4
l_1	水平方向の据付ボルトスパン	mm
l_2	鉛直方向の据付ボルトスパン	mm
l_{1G}	据付ボルト中心から設備機器重心までの水平方向の距離	mm
l_{2G}	上部側据付ボルト中心から設備機器重心までの鉛直方向の距離	mm
l_{3G}	壁面から設備機器重心までの距離	mm
m	総質量	kg
n	据付ボルトの本数	―
n_{t1}	壁面の上下側に設けた据付ボルトの片側本数（l_1側の据付ボルト本数）	―
n_{t2}	壁面の左右側に設けた据付ボルトの片側本数（l_2側の据付ボルト本数）	―
Q_b	据付ボルト 1 本に作用するせん断力	N
R_b	据付ボルト 1 本に作用する引張力の最大値	N
R_{b1}	据付ボルト 1 本に作用する引張力（壁平行方向）	N
R_{b2}	据付ボルト 1 本に作用する引張力（壁直角方向）	N
σ_b	据付ボルト 1 本に作用する引張応力	MPa
T	固有周期	秒
τ_b	据付ボルト 1 本に作用するせん断応力	MPa

3. 評価部位

緊急電源接続盤の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1　据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	1.5×（F/1.5）
	せん断応力	1.5×（F/（1.5√3））

4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動による高放射性廃液貯蔵場（HAW）の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。緊急電源接続盤は、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の 4 階の壁に設置することから、安全側に 5 階の静的解析用震度（5F、水平方向：1.36、鉛直方向：0.80）を用いた。

表 4-2　静的解析用震度

階	静的解析用震度（床応答最大加速度×1.2）	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.41	0.80
5F	1.36	0.80
4F	1.24	0.79
3F	1.18	0.79
1F	1.10	0.78
B1F	1.04	0.77

4.4 計算方法

緊急電源接続盤の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を踏まえ以下の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

ボルト 1 本に作用する引張力（R_b）：

壁平行方向

$$R_{b1} = \frac{C_H mg\ l_{3G}}{l_1\ n_{t2}} + \frac{(mg + C_V mg)\ \ l_{3G}}{l_2\ n_{t1}}$$

壁直角方向

$$R_{b2} = \frac{C_H mg\ \ (l_2 - l_{2G})}{l_2\ n_{t1}} + \frac{(mg + C_V mg)\ \ l_{3G}}{l_2\ n_{t1}}$$

$$R_b = \max\ (R_{b1},\ R_{b2})$$

ボルト 1 本に作用する引張応力（σ_b）：

$$\sigma_b = \frac{R_b}{A_b}$$

ボルト 1 本に作用するせん断力（Q_b）：

$$Q_b = \frac{\sqrt{\left(C_H \mathrm{mg}\right)^2 + \left(mg + C_V \mathrm{mg}\right)^2}}{n}$$

ボルト 1 本に作用するせん断応力（τ_b）：

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b}$$

4.5 計算条件

4.5.1 解析モデル

緊急電源接続盤の解析モデルを図 4-1 に示す。

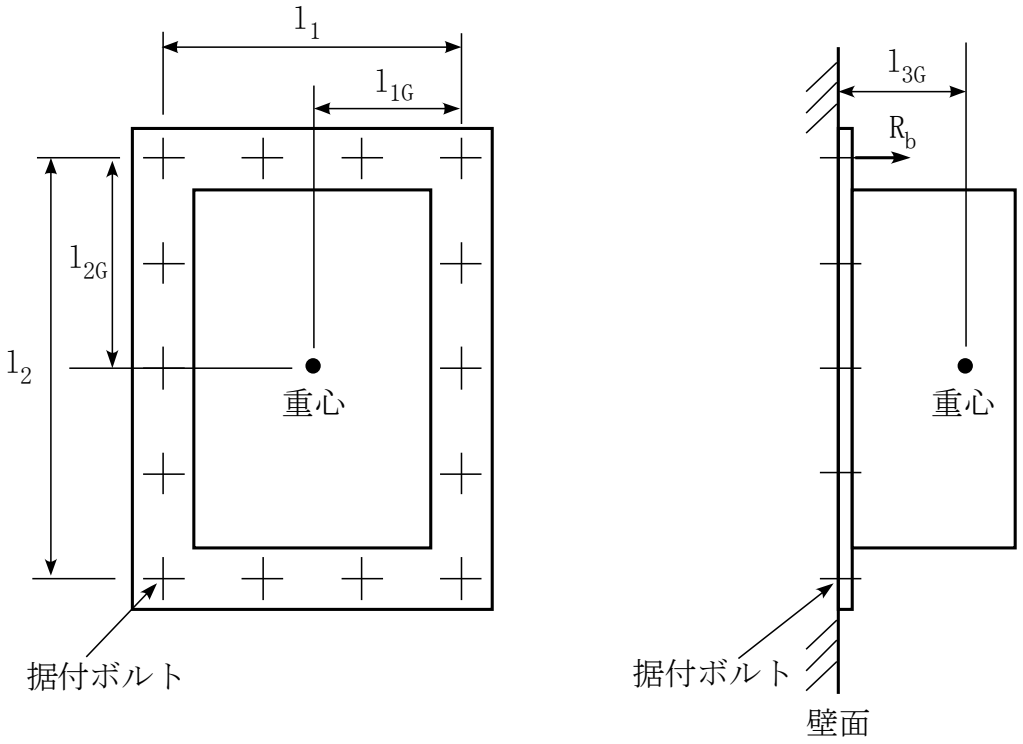


図 4-1　解析モデル

4.5.2 諸元

緊急電源接続盤の耐震評価に用いる条件を表 4-3 に示す。

表 4-3　耐震評価に用いる条件

評価対象設備	項　目	記　号	値
緊急電源接続盤	機器区分	—	クラス 3
	水平方向の据付ボルトスパン	l_1	1540　(mm)
	鉛直方向の据付ボルトスパン	l_2	1340　(mm)
	壁面から設備機器重心までの距離	l_{3G}	350　(mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40　(℃)
	据付ボルトの本数	n	10
	壁面の上下側に設けた据付ボルトの片側本数	n_{t1}	4
	壁面の左右側に設けた据付ボルトの片側本数	n_{t2}	3
	総質量	m	700　(kg)

4.6 固有周期

緊急電源接続盤の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000}\left(\frac{{l_{3G}}^3}{3EI} + \frac{l_{3G}}{A_S G_I}\right)}$$

救急電源接続盤の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4　固有周期

評価対象設備	固有周期
緊急電源接続盤	0.05（秒）以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

緊急電源接続盤の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1　構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比※1
緊急電源接続盤	据付ボルト	引張	13	280	0.05
		せん断	10	161	0.07

※1　応力比は、発生応力／許容応力を示す。

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の耐震性についての計算書

1. 概要

本資料は、パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしても、転倒して他設備へ波及的影響を及ぼさないことを示すものである。

2. 一般事項

2.1 評価方針

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性（底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。）に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

(1)原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1987（日本電気協会）

(2) 原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008（日本電気協会）

(3) 発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012（日本機械学会）

(4) 発電用原子力設備規格　材料規格　JSME S NJ1-2012（日本機械学会）

2.3 記号の説明

耐震評価に用いる記号を表 2-1 に示す。

表 2-1　耐震評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A_b	据付ボルトの軸断面積	mm^2
A_S	最小有効せん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_P	ポンプ振動による震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
E	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
F_b	据付ボルトに生じる引張力	N
G_I	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
I	断面 2 次モーメント	mm^4
l_1, l_2	重心と据付ボルト間の水平方向距離（$l_1 \leqq l_2$）	mm
L	据付ボルト間隔	mm
m	総質量	kg
M_P	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
n	据付ボルトの本数	―
n_f	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	―
Q_b	据付ボルトに生じるせん断力	N
σ_b	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
T_H	水平方向固有周期	秒
τ_b	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

3. 評価部位

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1　据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	1.5×（F/1.5）
	せん断応力	1.5×（F/（1.5√3））

4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動による高放射性廃液貯蔵場（HAW）の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備は 3F 及び 4F に設置することから、静的解析用震度は、設計震度の大きい階のもの（4F、水平方向：1.24、鉛直方向：0.79）を用いた

表 4-2　静的解析用震度

階	静的解析用震度（床応答最大加速度×1.2）	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.41	0.80
5F	1.36	0.80
4F	1.24	0.79
3F	1.18	0.79
1F	1.10	0.78
B1F	1.04	0.77

4.4 計算方法

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力（F_b）：

$$F_b = \frac{1}{L}\left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力（σ_b）：

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力（Q_b）：

$$Q_b = \mathrm{mg}（C_H + C_P）$$

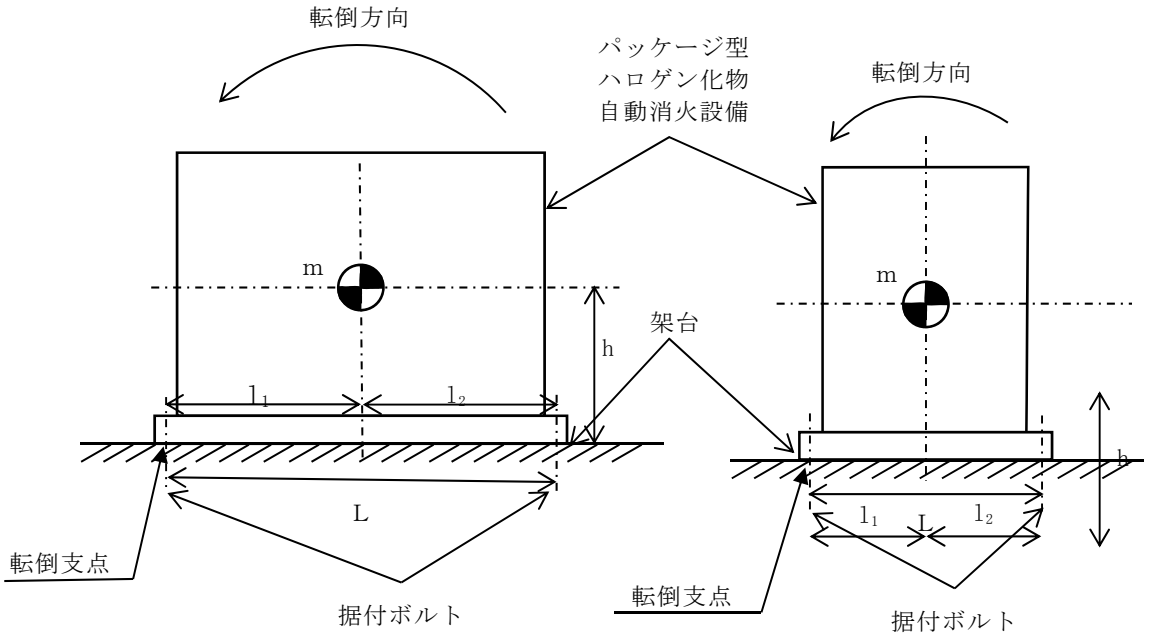
せん断応力（τ_b）：

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

4.5 計算条件

4.5.1 解析モデル

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。



(a) 正面方向モデル

(b) 側面方向モデル

図 4-1　パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の解析モデル

4.5.2 諸元

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の耐震評価に用いる条件を表 4-3 に示す。

表 4-3　耐震評価に用いる条件

評価対象設備	項　目	記　号	値
パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備	機器区分	―	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	260 （mm）
	据付ボルト呼び径	―	M16
	据付ボルト材質	―	SS400
	据付ボルト温度	―	40 （℃）
	据付ボルトの本数	n	4
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	n_f	2
	据付面から重心までの距離	h	1000 （mm）
	総質量	m	190 （kg）

4.6 固有周期

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi\sqrt{\frac{m}{1000}\left(\frac{h^3}{3EI}+\frac{h}{A_S G_I}\right)}$$

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4　固有周期

評価対象設備	固有周期
パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備	0.05（秒）以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

高放射性廃液貯蔵場（HAW）のパッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1　構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比※1
パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備	据付ボルト	引張	26	280	0.10
		せん断	4	161	0.03

※1　応力比は、発生応力／許容応力を示す。

第十一条（火災等による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、火災又は爆発の影響を受けることにより再処理施設の安全性に著しい支障が生ずるおそれがある場合において、消火設備（事業指定基準規則第五条第一項に規定する消火設備をいう。以下同じ。）及び警報設備（警報設備にあっては自動火災報知設備、漏電火災警報器その他の火災の発生を自動的に検知し、警報を発するものに限る。以下同じ。）が設置されたものでなければならない。

２　前項の消火設備及び警報設備は、その故障、損壊又は異常な作動により安全上重要な施設の安全機能に著しい支障を及ぼすおそれがないものでなければならない。

３　安全機能を有する施設であって、火災又は爆発により損傷を受けるおそれがあるものは、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用するとともに、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防護措置が講じられたものでなければならない。

４　有機溶媒その他の可燃性の液体（以下この条において「有機溶媒等」という。）を取り扱う設備は、有機溶媒等の温度をその引火点以下に維持すること、不活性ガス雰囲気で有機溶媒等を取り扱うことその他の火災及び爆発の発生を防止するための措置が講じられたものでなければならない。

５　有機溶媒等を取り扱う設備であって、静電気により着火するおそれがあるものは、適切に接地されているものでなければならない。

６　有機溶媒等を取り扱う設備をその内部に設置するセル、グローブボックス及び室のうち、当該設備から有機溶媒等が漏えいした場合において爆発の危険性があるものは、換気その他の爆発を防止するための適切な措置が講じられたものでなければならない。

７　硝酸を含む溶液を内包する蒸発缶のうち、リン酸トリブチルその他の硝酸と反応するおそれがある有機溶媒（爆発の危険性がないものを除く。次項において「リン酸トリブチル等」という。）が混入するおそれがあるものは、当該設備の熱的制限値を超えて加熱されるおそれがないものでなければならない。

８　再処理施設には、前項の蒸発缶に供給する溶液中のリン酸トリブチル等を十分に除去し得る設備が設けられていなければならない。

９　水素を取り扱う設備（爆発の危険性がないものを除く。）は、適切に接地されているものでなければならない。

１０　水素の発生のおそれがある設備は、発生した水素が滞留しない構造でなければならない。

１１　水素を取り扱い、又は水素の発生のおそれがある設備（爆発の危険性がないものを除く。）をその内部に設置するセル、グローブボックス及び室は、当該設備から水素が漏えいした場合においてもこれが滞留しない構造とすることその他の爆発を防止するための適切な措置が講じられたものでなければならない。

１２　ジルコニウム金属粉末その他の著しく酸化しやすい固体廃棄物を保管廃棄する設備は、水中における保管廃棄その他の火災及び爆発のおそれがない保管廃棄をし得る構造でなければならない。

2　本申請において、火災の影響軽減として設置するパッケージ型ハロゲン化物自動消火設備に使用するガス消火剤（ハロン 1301）は、電気絶縁性が高いため、誤作動した場合でも重要な安全機能を担う電源盤の安全機能に支障を及ぼすおそれはない。

また、パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備が故障した場合においても電源盤の安全機能に支障を及ぼすおそれはない。

なお、パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備は、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して転倒等しないよう据付ボルトで固定することから、損壊により電源盤の安全機能に支障を及ぼすおそれはない。

3　本申請において、火災の影響軽減として、電線管に収納して敷設するケーブルは、実証試験により延焼性（米国電気電子工学学会規格 IEEE383－1974 垂直トレイ燃焼試験相当）及び自己消火性（UL1581 1080VW－1UL 垂直燃焼試験）を確認したケーブルを使用することから火災等による損傷の防止に問題はない。

第十二条（再処理施設内における溢水による損傷の防止）

安全機能を有する施設が再処理施設内における溢水の発生によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

本申請において、重要な安全機能に係るケーブルの系統分離に伴い設置する電源切替盤及び緊急電源接続盤は、廃止措置計画変更認可申請書（令和 3 年 6 月 29 日申請「再処理施設 廃止措置計画認可申請書」の別添 6-1-6-1「高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策について」）に示した没水高さ以上の高さに盤本体を設置するとともに、開口部にはパッキン及びシール材を施すことから、施設内で発生が想定される内部溢水（没水、被水）により安全機能に支障を及ぼすおそれはない。

第十六条（安全機能を有する施設）

安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるように設置されたものでなければならない。

２　安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができるように設置されたものでなければならない。

３　安全機能を有する施設は、その安全機能を維持するため、適切な保守及び修理ができるように設置されたものでなければならない。

４　安全機能を有する施設に属する設備であって、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により損傷を受け、再処理施設の安全性を損なうことが想定されるものは、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

５　安全機能を有する施設は、二以上の原子力施設と共用する場合には、再処理施設の安全性が損なわれないように設置されたものでなければならない。

１　本申請において、火災の影響軽減として、高放射性廃液貯蔵場（HAW）建家内においてケーブルを炭素鋼製の電線管（JIS C8305）に収納して敷設するものであり、想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるように設置するため、問題はない。

２　本申請において、火災の影響軽減として、ケーブルを電線管に収納して敷設するものであり、給電対象に変更はないことから、これらのケーブルの健全性及び能力を確認するための検査又は試験に影響を与えないため、問題はない。

２．申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定若しくは同法第 44 条の 4 第 1 項の許可を受けたところ又は同条第 2 項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律附則第 5 条第 6 項において読み替えて準用する同法第 4 条第 1 項の規定に基づき、独立行政法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項により、指定があったものとみなされた再処理事業指定申請書について、令和 2 年 4 月 22 日付け令 02 原機（再）007 により届出を行っているところによる。

（別冊 1-38）

再処理施設に関する設計及び工事の計画

（ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の火災防護対策に係る設備の設置）

その他再処理設備の附属施設（その１８）
ガラス固化技術開発施設

目　　次

頁

１．　変更の概要　・・・

別　図　一　覧

別図－1　オイルパン設置概略図（空気圧縮機 G86K10）

別図－2　オイルパン設置概略図（空気圧縮機 G86K20）

別図－3　オイルパン設置概略図（冷凍機 G84H10）

別図－4　オイルパン設置概略図（冷凍機 G84H20）

別図－5　オイルパン設置概略図（排風機 G41K50）

別図－6　オイルパン設置概略図（排風機 G41K51）

別図－7　オイルパン設置概略図（排風機 G41K60）

別図－8　オイルパン設置概略図（排風機 G41K61）

別図－9　オイルパン設置概略図（排風機 G41K90）

別図－10　オイルパン設置概略図（排風機 G41K91）

別図－11　オイルパン設置概略図（排風機 G41K92）

別図－12　オイルパン設置概略図（冷凍機 G07CH01）

別図－13　オイルパン設置概略図（冷凍機 G07CH02）

別図－14　オイルパン設置概略図（ポンプ G22P11）

別図－15　火災感知設備のシステム構成の概要

別図－16　火災感知設備配置図

別図－17　ケーブルラックへの障壁材の設置概略図

別図－18　障壁材の施工断面概略図

別図－19　パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備のシステム構成の概要

別図－20　工事フロー（オイルパンの設置）

別図－21　工事フロー（火災感知設備の設置）

別図－22　工事フロー（ケーブルラックへの障壁材の設置）

別図－23　工事フロー（パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の設置）

表　一　覧

表－1　内部火災対策の基本方針を踏まえた対策内容

表－2　オイルパンの仕様

表－3　火災感知器の仕様

表－4　火災受信機等の仕様

表－5　ケーブルラックに巻設する障壁材の仕様

表－6　パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の仕様

表－7　工事工程表

１．変更の概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項に基づき、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定があったものとみなされた再処理施設について、平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受け、令和 3 年 6 月 30 日付け原規規発第 21063018 号をもって変更の認可を受けた核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画（以下「廃止措置計画」という。）について、変更認可の申請を行う。

ガラス固化技術開発施設の火災防護対策に係る廃止措置計画変更認可の申請は、平成元年 1 月 11 日に認可（63 安（核規）第 761 号）を受けた「その他再処理設備の附属施設（その１８）ガラス固化技術開発施設」について、再処理施設の技術基準に関する規則に基づき実施するものである。

令和 3 年 6 月 29 日付け令 03 原機(再)009 で行った再処理施設に係る廃止措置計画の変更認可申請で示した内部火災対策の基本方針を踏まえ、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減を考慮した火災防護対策の内容を表－1 に示す。

このうち、設計及び工事を伴う以下の対策について、設計及び工事の計画に係る申請を行う。

火災の発生防止として、潤滑油を多く内包する機器に対して漏えい油の拡大防止対策としてオイルパンを設置する。

火災の感知及び消火として、重要な安全機能に係る機器が設置されている区画について、火災感知設備を設置する。

火災の影響軽減として、互いに相違する系列の重要な安全機能に係るケーブルを敷設したケーブルラックの 1 系統について、耐火性能を有する障壁材を巻設することで火災によるケーブルの損傷を防止する。

また、重要な安全機能を有する機器のうち、分電盤等の電源設備については、機能喪失時の影響が大きいことを鑑み、既製品のパッケージ型ハロゲン化物自動消火設備を設置し、火災発生時に運転員が駆けつけて消火活動を行うまでの時間裕度を確保する。

上記以外の設計及び工事を伴わない対策として、可燃物の管理、セル内消火手順の整備、予備ケーブルを使用した代替策の整備等については、管理方法や対策の内容について火災防護計画に定め運用するとともに、機器の保守管理への影響がない範囲での簡易的な耐火隔壁の設置等の対策を行う。

なお、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の火災防護対策に係る安全対策の基本方針については、令和 3 年 6 月 29 日付け令 03 原機(再)009 で再処理施設に係る廃止措置計画の変更認可申請を行っており、その認可内容を踏まえて設計及び工事の計画を変更(又は補正)する可能性がある。

表－1　内部火災対策の基本方針を踏まえた対策内容

廃止措置計画変更認可申請書 （令和3年6月29日付け令03原機(再)009）　抜粋	ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟 の火災防護対策
3.火災防護対策のまとめ 　高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の火災防護対策（発生防止，感知及び消火，影響軽減）について，整理した。 　高放射性廃液貯蔵場（HAW）の火災防護対象設備に対する火災防護対策を整理した結果を表3-1に示す。 　ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の火災防護対象設備に対する火災防護対策を整理した結果を表3-2に示す。 検討した対策の全体像は以下のとおりである。	
(1)火災の発生防止対策	(1)火災の発生防止
• 施設内に設置されている可燃物及び作業等で必要なために施設内に持ち込む可燃物の管理として，鋼製のキャビネットに保管することを火災防護計画に定め，管理を徹底する。	○可燃物管理 （鋼製のキャビネット等による保管）
• 発火性物質及び引火性物質である潤滑油等を内包する機器については，漏えいによって他の火災区画に広がって延焼の原因となる可能性のある場合に，漏えい範囲を限定するためにオイルパンを設ける。	**○潤滑油を多く内包する機器に対するオイルパンの設置**
• 給電ケーブルについては，発電炉等で用いられている難燃ケーブルと同種の難燃材料を使用していることを確認したが，火災防護審査基準に指定された燃焼試験で性能を確認していないことから，今後，燃焼試験を実施し求められる性能を持つことを確認する。	○ケーブルの燃焼試験の実施
(2)火災の感知及び消火	(2)火災の感知及び消火
• 施設には消防法に基づく火災感知設備が設置されているが，重要な安全機能を担う機器が設置されている区画には固有の信号を発する異なる感知方式の感知器等を追加設置する（感知の多様化）。	**○火災感知設備の追加設置**
• 火災区画内に金属製機器・配管やコンクリートのみがあって，電気ケーブルや照明等の発火源もなく，人が立ち入ることが出来ないセルについては火災の感知等の追加設置は実施しないが，各セルの構造・内部の状況に応じて，火災感知器に代わる別の監視手段として，既設の温度計の使用や排気ダクトへの温度計の追加設置等の対策を講じる。	
• 可燃物を内部で扱うセル（固化セル）については，消防法に基づく自動火災報知設備の代替として，ITVカメラ及びセル内雰囲気温度計の併用により火災の感知を行う。	
• 消火設備としては消防法に基づき消火器及び屋内消火栓を設置し，必要量の消火剤を確保している。また，移動式消火設備（消防ポンプ車等）を配備している。	
• 可燃物を内部で扱わないセルについては，上述したように火災の原因が存在しないことから，消火設備を設けない。	
• 可燃物を内部で扱うセル（固化セル）においては消火設備を設置していないことから，万一，火災が生じた場合には自然鎮火を待つ。この際に閉じ込め機能を担うインセルクーラが全て焼損し機能喪失した場合には温度の上昇によりセル内圧力が増加し，セルの負圧が低下するが，あらかじめ設けられた圧力放出系（定常時とは別の廃気系統）が作動することにより，閉じ込め機能（セル内の負圧維持と計画された経路からの廃気）が維持できる設計となっている。ただし，火災防護をより確実なものにするという観点から，万一の火災の際にもセル内の遠隔操作設備を用いて遠隔操作で消火する等の対策（スプレー型の簡易消火器による消火等）が行える体制を整備することとし，具体的な対策の内容については火災防護計画に定める。	○セル内消火用資材の配備、手順の整備
(3)火災の影響軽減	(3)火災の影響軽減
• 重要な安全機能を担う設備のうち，多系統から構成される設備の盤については1時間以上の耐火が見込める隔壁等によって系統間を分離するとともに，パッケージ式の自動消火設備を設ける。	**○パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の設置**
• 重要な安全機能を担う設備のうち，多系統から構成される設備のケーブルについては，1系統を1時間以上の耐火が見込める電線管又は耐火ラッピング等によって保護すると共に，他の系統とは異なる火災区画を通すことが物理的に可能な場合については経路も分けることで可能な限り系統間を分離する。	**○ケーブルラックへの障壁材の設置（耐火ラッピング）**
• 多系統から構成される設備の一部の機器（排風機やポンプ）については，設置場所の状況から審査基準の要求に合致した耐火隔壁の設置や離隔距離の確保が困難である。しかしながら，現場の状況から機器の保守管理への影響がない設置可能な範囲で耐火のための隔壁を設置することで，火災影響拡大防止を図る。加えて，火災が生じた場合に延焼を防止するために行う運転員による初期消火をより確実に行えるよう消火用資機材（消火器，防火服等）の充実や訓練の拡充を行うとともに，万一，複数系統が火災により同時損傷した場合は，可搬型設備や予備電源ケーブル等を使用した事故対処により蒸発乾固事象に至るまでに高放射性廃液の崩壊熱除去に必要な機能を復旧させる。	○簡易耐火隔壁の設置 （機器の保守管理への影響がない範囲） ○消火用資機材の充実 （消火器、防火服、排風機、サーモグラフィ等の配備） ○代替策の整備 （予備ケーブルによる復旧）

下線の項目について、設計及び工事の計画に係る申請を行う。

２．準拠すべき法令、基準及び規格

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（昭和 32 年法律第 166 号）

「再処理施設の技術基準に関する規則」（令和 2 年原子力規制委員会規則第 9 号）

「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」

（平成 25 年 原子力規制委員会規則第 27 号）

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」

（平成 25 年 原子力規制委員会規則第 5 号）

「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」（昭和 46 年総理府令第 10 号）

「電気設備に関する技術基準を定める省令」（平成 9 年通商産業省令第 52 号）

「消防法」（昭和 23 年法律第 186 号）

「消防法施行令」（昭和 36 年政令第 37 号）

「IEEE383」

「UL1581」

「NUREG/CR-6850」

「日本産業規格(JIS)」

「日本電機工業会標準規格(JEM)」

「電気規格調査会標準規格(JEC)」（電気学会）

「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(JSME)」（日本機械学会）

「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)」（日本電気協会）

「原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)」（日本電気協会）

「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（原子力規制委員会）

「日本電線工業会規格(JCS)」（日本電線工業会）

３．設計の基本方針

本申請に係る火災防護対策は、再処理施設の技術基準に関する規則第 11 条に基づき、火災により重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）を損なわないよう、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減を考慮した設備を設置するものである。

これらの設備は、「再処理施設の技術基準に関する規則」の第 6 条（地震による損傷の防止）の第 1 項、第 11 条（火災等による損傷の防止）の第 2 項及び第 3 項、第 16 条（安全機能を有する施設）の第 1 項及び第 2 項の技術上の基準を満足するよう行う。

４．設計条件及び仕様

(1) 設計条件

本申請に係る火災防護対策は、火災により本施設の重要な安全機能が損なわれないよう、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減に必要な設備を設置する。

① 火災の発生防止

潤滑油を多く内包する機器として空気圧縮機（G86K10、G86K20）、冷凍機（G84H10、G84H20）、排風機（G41K50、G41K51、G41K60、G41K61、G41K90、G41K91、G41K92）、冷凍機（G07CH01、G07CH02）、ポンプ（G22P11）が挙げられる。これらの機器からの漏えい油の拡大を防止するためオイルパンを設置する。オイルパンは、金属製（ステンレス鋼）とし、対象機器の漏えい想定箇所（ドレンノズル、油面計等）からの漏えい油を受けることができるよう配置する。また、オイルパンの設置にあたっては対象機器の保守作業に支障がないよう取り外し可能な構造にするとともに、オイルパンは対象機器の支持構造に影響を及ぼさない設計とする。

設置するオイルパンは、地震等で不用意に転倒、移動等することがないよう配置するとともに、据付ボルト等により床面等に固定する。

② 火災の感知及び消火

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟において重要な安全機能に係る機器が設置されている区画に既設の感知器に加えて新たに異なる感知方式の感知器を設置する。屋上には、炎感知器及び熱感知カメラを設置する。

火災を感知した場合には、運転員が常駐するガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の制御室に新たに設置する火災受信機にて警報を発信し、火災の発生場所を特定できる設計とする。また、停電が発生した場合においても火災感知設備の機能を喪失しないよう非常用発電機から給電する設計にするとともに、蓄電池を設け電源を確保する。

屋上に設置する熱感知カメラについては、映像及び温度状況を確認できる機器（熱感知カメラ用 PC）を運転員が常駐するガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の制御室に配備する。

火災感知設備の耐震分類は C クラスとする。火災受信機については、廃止措置計

画用設計地震動による地震力に対して損傷するおそれがない設計とする。

なお、地震発生時の点検において、速やかに火災の有無を確認する。

③ 火災の影響軽減

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟において同一の火災区画内に異なる系統の重要な安全機能に係るケーブルが存在する場合には、火災の影響軽減策として 1 系統のケーブルについて耐火性能を有する障壁材を巻設することで、火災によるケーブルの損傷を防止する設計とする。

電源設備のうち異なる系統が同火災区画内に設置されている重要系動力分電盤（VFP1)、換気系動力分電盤（VFV1）に対して、既製品のパッケージ型ハロゲン化物自動消火設備を設置し、火災発生時に延焼を抑制し運転員が駆けつけて消火活動を行うまでの時間裕度を確保する設計とする。

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備を作動させる場合は、運転員が常駐するガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の制御室に新たに設置する火災受信機に起動状態を示す警報を発信する設計とする。

また、停電が発生した場合においても機能を喪失しないよう非常用発電機から給電できる設計にするとともに、蓄電池を設け電源を確保する。

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の耐震分類は C クラスとする。パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備については、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して転倒等することにより他設備へ波及影響を及ぼすことがないよう設計する。

(2) 設計仕様

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に係る火災対策に必要な設備の設計仕様を次に示す。

① 火災の発生防止

オイルパンの仕様を表－2 に示す。オイルパン設置概略図を別図－1 から別図－14 までに示す。

表－2　オイルパンの仕様（1/2）

機器の情報			オイルパンの仕様				
対象機器	設置場所	内包 潤滑油量	漏えい 想定箇所	オイルパン	容量※	全容量	備考
空気圧縮機 (G86K10)	ユーティリティ室 (W362)	約 35 L	ドレンノズル 油面計	オイルパン	約 55 L	約 55 L	別図－1 参照
空気圧縮機 (G86K20)	ユーティリティ室 (W362)	約 35 L	ドレンノズル 油面計	オイルパン	約 55 L	約 55 L	別図－2 参照
冷凍機 (G84H10)	ユーティリティ室 (W362)	約 94 L	オイルクーラ オイルフィルタ 等	オイルパン 1	約 22 L	約 96 L	別図－3 参照
				オイルパン 2	約 15 L		
				オイルパン 3	約 12 L		
				オイルパン 4	約 36 L		
				オイルパン 5	約 11 L		
冷凍機 (G84H20)	ユーティリティ室 (W362)	約 94 L	オイルクーラ オイルフィルタ 等	オイルパン 1	約 22 L	約 96 L	別図－4 参照
				オイルパン 2	約 15 L		
				オイルパン 3	約 12 L		
				オイルパン 4	約 36 L		
				オイルパン 5	約 11 L		
排風機 (G41K50)	廃気処理室 (A011)	約 14.4 L	ドレンノズル ルーブリケータ 等	オイルパン 1	約 4 L	約 46 L	別図－5 参照
				オイルパン 2	約 27 L		
				オイルパン 3	約 15 L		
排風機 (G41K51)	廃気処理室 (A011)	約 14.4 L	ドレンノズル ルーブリケータ 等	オイルパン 1	約 4 L	約 47 L	別図－6 参照
				オイルパン 2	約 28 L		
				オイルパン 3	約 15 L		
排風機 (G41K60)	廃気処理室 (A011)	約 14.4 L	ドレンノズル ルーブリケータ 等	オイルパン 1	約 4 L	約 43 L	別図－7 参照
				オイルパン 2	約 24 L		
				オイルパン 3	約 15 L		

※　各オイルパンの容量は、想定漏えい油量（対象機器の内包潤滑油量の 10%）以上となるように設計する。

表－2　オイルパンの仕様（2/2）

機器の情報			オイルパンの仕様				
対象機器	設置場所	内包 潤滑油量	漏えい 想定箇所	オイルパン	容量※	全容量	備考
排風機 (G41K61)	廃気処理室 (A011)	約 14.4 L	ドレンノズル ルーブリケータ等	オイルパン 1	約 4 L	約 43 L	別図－8 参照
				オイルパン 2	約 24 L		
				オイルパン 3	約 15 L		
排風機 (G41K90)	廃気処理室 (A011)	約 1.4 L	レベルオイラー 油抜き口 油面計等	オイルパン 1	約 3 L	約 12 L	別図－9 参照
				オイルパン 2	約 3 L		
				オイルパン 3	約 3 L		
				オイルパン 4	約 3 L		
排風機 (G41K91)	廃気処理室 (A011)	約 1.4 L	レベルオイラー 油抜き口 油面計等	オイルパン 1	約 3 L	約 12 L	別図－10 参照
				オイルパン 2	約 3 L		
				オイルパン 3	約 3 L		
				オイルパン 4	約 3 L		
排風機 (G41K92)	廃気処理室 (A011)	約 1.4 L	レベルオイラー 油抜き口 油面計等	オイルパン 1	約 3 L	約 12 L	別図－11 参照
				オイルパン 2	約 3 L		
				オイルパン 3	約 3 L		
				オイルパン 4	約 3 L		
冷凍機 (G07CH01)	給気室 (W360)	約 50 L	潤滑油配管 本体	オイルパン 1	約 18 L (×4 個)	約 77 L	別図－12 参照
				オイルパン 2	約 5 L		
冷凍機 (G07CH02)	給気室 (W360)	約 50 L	潤滑油配管 本体	オイルパン 1	約 18 L (×4 個)	約 77 L	別図－13 参照
				オイルパン 2	約 5 L		
ポンプ (G22P11)	除染試薬室 (A010)	約 60 L	潤滑油配管 減速機	オイルパン 1	約 60 L	約 120 L	別図－14 参照
				オイルパン 2	約 60 L		

※　各オイルパンの容量は、想定漏えい油量（対象機器の内包潤滑油量の 10%）以上となるように設計する。

② 火災の感知及び消火

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟において重要な安全機能に係る機器が設置されている火災区画の火災感知のため、屋内には既設の感知器（非アナログ式の光電式煙感知器、差動式分布型感知器）に加えて新たに異なる感知方式の火災感知器を設置する。屋上においては、炎感知器及び熱感知カメラを設置する。

火災を感知した場合は、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の制御室に新たに設置する火災受信機にて警報を発信し火災の発生場所を特定する。新たに設置する火災感知器及び火災受信機等の性能及び配置については、消防法に適合したものとする。

火災感知器の仕様を表－3 に、火災受信機等の仕様を表－4 に示す。火災感知設備のシステム構成の概要を別図－15 に示す。火災感知設備配置図を別図－16 に示す。

表－3　火災感知器の仕様（1/2）

設置場所		感知器種類	種別	設置数量（台）
地下2階	除染試薬室（A010）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	7
	廃気処理室（A011）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	7
	廃気処理室（A012）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	7
	保守区域（A018）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	26
地下1階	原料準備室（W061）	炎感知器	赤外線式スポット型	2
	ユーティリティ室（A022）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	12
	配管分岐室（A023）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	8
	配管分岐室（A024）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	4
	配管分岐室（A025）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	保守区域（A028）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	17
	EPS（北西）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
	EPS（南西）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
	EPS（南東）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
1階	原料倉庫（W161）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	3
	トラックロック（W164）	煙感知器	光電アナログ式スポット型	8
	倉庫（G142）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
	保守室（A110）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	4
	試薬調整室（A123）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	EPS（北西）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
	EPS（南西）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
	EPS（南東）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
2階	電気室（W260）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	6
	電気室（W261）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	6
	通路（W262）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	3

表－3　火災感知器の仕様（2/2）

設置場所		感知器種類	種別	設置数量（台）
2階	制御室（G240）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	5
	休憩室（G241）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	2
	空調機械室（G242）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	4
	通路（G244）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
	排気フィルタ室（A211）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	26
	放射線計測室（A212）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
	排気モニタ室（A213）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
	搬送室（A221）	炎感知器	赤外線式スポット型	4
	EPS（北西）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
	EPS（南西）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
	EPS（南東）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
3階	給気室（W360）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	26
		炎感知器	赤外線式スポット型	3
	ユーティリティ室（W362）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	14
	電気室（W363）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	3
	通路（W364）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
	保守室上部（A122）	炎感知器	赤外線式スポット型	2
	排気機械室（A311）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	33
	EPS（北西）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
	EPS（南西）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
	EPS（南東）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1
屋上	屋上	炎感知器	赤外線式スポット型	3
		熱感知カメラ	赤外線カメラ	6
	EPS（北西）	熱感知器	熱アナログ式スポット型	1

表－4　火災受信機等の仕様

名称	仕様	設置場所	数量
火災受信機	GR 型受信機 壁掛型 常時監視方式 特定方式：個別の感知器 概略寸法： 約 480 mm×約 150 mm×約 850 mm	制御室 (G240)	1
表示機	壁掛型 常時監視方式 特定方式：個別の感知器 概略寸法： 約 170 mm×約 65 mm×約 240 mm	分離精製工場 (MP) 中央制御室 (G549)	1
電線	耐熱ケーブル （適用規格：JCS 3501） 警報用ポリエチレン絶縁ケーブル （適用規格：JCS 4396）	―	一式

③　火災の影響軽減

重要な安全機能に係るケーブルの 2 系統が混在する火災区画内に設置されるケーブルラックの 1 系統については、建築基準法（ISO834）の標準加熱温度曲線及び試験方法を準拠し、ケーブルラックの内面温度がケーブルの損傷温度である 205℃を超えないことを確認したシリカ・マグネシア・カルシア系の断熱ブランケット（ファインフレックス BIO）の障壁材を隙間・変形なくケーブルラックに巻設することで、火災によるケーブルの損傷を防止する。

障壁材を巻設するケーブルラックについては、既設サポート及び新たに設置するサポートで支持する条件で定ピッチスパン法により剛構造(固有振動数 20 Hz 以上)とする設計とする。新たに設置するサポートは、既設サポートと同形状とし、地下 1 階の EPS 内の 2 箇所に設置する。

ケーブルラックに巻設する障壁材の仕様を表－5、ケーブルラックへの障壁材の設置概略図を別図－17、障壁材の施工断面概略図を別図－18 に示す。

表－5　ケーブルラックに巻設する障壁材の仕様

名称	材質	密度	製品厚さ
ファインフレックス BIO ブランケット	シリカ・マグネシア・カルシア系	160 kg/m^3	50 mm

電源設備で火災が発生した場合に延焼を抑制し、運転員が駆けつけて消火活動を行うまでの時間裕度を確保するため、重要系動力分電盤（VFP1)、換気系動力分電盤（VFV1）に対して、既製品のパッケージ型ハロゲン化物自動消火設備を設置する。

消火剤はハロン 1301 とし、消火対象とする電源盤の容積に応じた必要消火剤量を備える。

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の仕様を表－6 に示す。パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備のシステム構成の概要を別図－19 に示す。パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の配置を別図－16 に示す。

表－6　パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の仕様

仕様	対象	設置場所
自立型 概略寸法：約 450 mm×約 370 mm×約 1950 mm 消火剤：ハロン 1301	重要系動力分電盤 (VFP1)	保守区域 (A018)
	換気系動力分電盤 (VFV1)	排気機械室 (A311)

(3) 保守

本申請に係る火災対策設備は、その機能を維持するため、適切な保守ができるようにする。保守において交換する部品類は、ボルト・ナット、感知器類であり、適時、これらの予備品を入手し、再処理施設保安規定に基づき交換する。また、火災感知器については、規格品であることから同一規格品又は同等以上の性能を有するものと交換できるものとする。

５．工事の方法

本申請における工事については、「再処理施設の技術基準に関する規則」に適合するよう工事を実施し、技術基準に適合していることを適時の試験・検査により確認する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、検査対象、検査方法及び判定基準を以下に示す。

5.1　火災の発生防止（オイルパンの設置）

(1) 工事の方法及び手順

本工事で設置するオイルパンは、材料を入手し加工後、現地に搬入する。本工事を行うにあたっては、事前に周辺養生を実施しアンカーボルトを打設しオイルパンを設置する。

本工事フローを別図－20 に示す。

1) 試験・検査項目

① 外観検査

対　象：オイルパン

方　法：オイルパンの外観を目視により確認する。

判　定：オイルパンに有害なキズ、変形、破損等がないこと。

② 容量検査

対　象：オイルパン

方　法：オイルパンの内寸を金尺等を用いて計測し容量を算出する、又は規定量の液を充填すること等により容量を確認する。

判　定：「表－2　オイルパンの仕様」に示す通りであること。

③ 寸法検査

対　象：オイルパン

方　法：オイルパンの内寸を金尺等を用いて計測し面積を算出する。

判　定：オイルパンの面積が所定の面積以下であること。

④ 据付検査

対　象：オイルパン

方　法：オイルパンの設置状況及び固定状況を目視により確認する。

判　定：オイルパンが所定の位置に設置され、据付ボルトで床面等に固定されていること。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の工事上の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事においては、工事に係る作業手順、装備、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。

③ 本工事に係る火気使用時は、可燃物の撤去、不燃シートの設置等の火災を防止するための必要な措置を講じる。

④ 本工事に係る重量物の運搬については、運搬台車等により行い、既設構造物に破損等の影響を与えないよう作業を行う。

⑤ 本工事においては、経年変化を考慮して作業場所の汚染確認を実施するとともに、必要に応じ、除染、遮蔽等の処置を講じて作業者の被ばく及び作業場所の汚染拡大を防止する。

⑥ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

5.2　火災の感知及び消火（火災感知設備の設置）

(1) 工事の方法及び手順

本工事で設置する火災感知設備は、既製品を入手し、現地に搬入し設置する。本工事を行うにあたっては、事前に周辺養生や仮設足場を設置する。

本工事フローを別図－21 に示す。

1) 試験・検査項目

① 外観検査

対　象：火災感知器、火災受信機等

方　法：火災感知器及び火災受信機等の外観を目視により確認する。

判　定：火災感知器及び火災受信機等に有害なキズ、変形、破損等がないこと。

② 据付検査

対　象：火災感知器、火災受信機等

方　法：火災感知器及び火災受信機等が所定の区画に所定の基数が配置されていることを目視により確認する。

火災受信機の据付ボルトの外径、本数を確認する。

判　定：「4.（2）設計仕様」の「表－3　火災感知器の仕様」及び「表－4　火災受信機等の仕様」に記載する区画、員数を満足すること。

火災受信機の据付ボルトが所定の外径、本数であること。

③ 作動検査

対　象：火災感知器、火災受信機等

方　法:火災感知器を作動させ､火災受信機等が正常に作動することを確認する。

判　定：火災受信機等への火災表示及び音響装置の鳴動が正常であること。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の工事上の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事においては、工事に係る作業手順、装備、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。

③ 本工事に係る重量物の運搬については、運搬台車等により行い、既設構造物に破損等の影響を与えないよう作業を行う。

④ 本工事においては､作業場所に応じて仮設足場を設置するとともに､ヘルメット､墜落制止用器具､保護手袋､保護メガネ等の保護具を着用し､災害防止に努める。

⑤ 本工事においては、振動や壁貫通に伴うコンクリート粉塵の飛散を考慮した適切な処置を施し、既設の火災感知器の誤動作防止に努める。

⑥ 本工事において壁貫通を行う場合は、事前に金属探査を行い、埋設物がないことを確認する。また、施工後は開口部の閉止等の処置を行う

⑦ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

5.3　火災の影響軽減（ケーブルラックへの障壁材の設置）

(1) 工事の方法及び手順

本工事でケーブルラックに設置する障壁材は、資材を入手し、現地に搬入する。本工事を行うにあたっては、事前に周辺養生や仮設足場を設置する。サポートを設置した後、ケーブルラックへ障壁材を設置し、所要の試験・検査を行い、最後に仮設足場の撤去を行う。

本工事フローを別図－22 に示す。

1）試験・検査項目

① 性能確認検査

対　象：障壁材

方　法：障壁材の構造及び使用材料について、建築基準法（ISO834）の標準加熱温度曲線及び試験方法を準拠し、障壁材を巻設したケーブルラック模擬体を 1 時間加熱した時のケーブルラック模擬体の内面温度を試験の記録により確認する。

判　定：障壁材を巻設したケーブルラック模擬体の内面温度が NUREG/CR-6850 に基づくケーブルの損傷温度（205℃）を超えないこと。

② 据付検査

対　象：サポート

方　法：サポートの支持間隔を金尺等を用いて計測する。

判　定：サポートの支持間隔が所定の寸法以内であること。

③ 外観検査

対　象：障壁材

方　法：ケーブルラックに巻設した障壁材の外観を目視により確認する。

判　定：障壁材が対象ケーブルラックに対して、隙間・変形なく巻設されていること。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の工事上の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事においては、工事に係る作業手順、装備、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。

③ 本工事に係る火気使用時は、可燃物の撤去、不燃シートの設置等の火災を防止するための必要な措置を講じる。

④ 本工事に係る重量物の運搬については、運搬台車等により行い、既設構造物に破損等の影響を与えないよう作業を行う。

⑤ 本工事においては、経年変化を考慮して作業場所の汚染確認を実施するとともに、必要に応じ、除染、遮蔽等の処置を講じて作業者の被ばく及び作業場所の汚染拡大を防止する。

⑥ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

5.4　火災の影響軽減（パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の設置）

(1) 工事の方法及び手順

本工事で設置するパッケージ型ハロゲン化物自動消火設備は、既製品を入手し、現地に搬入し設置する。本工事を行うにあたっては、事前に周辺養生や仮設足場を設置する。パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備を設置後、所要の試験・検査を行い、最後に仮設足場の撤去を行う。

本工事フローを別図－23 に示す。

1) 試験・検査項目

① 外観検査

対　象：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備

方　法：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の外観を目視により確認する。

判　定：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備に有害なキズ、変形、破損等がないこと。

② 据付検査

対　象：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備

方　法：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の据付ボルトの外径、本数を確認する。

判　定：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の据付ボルトが所定の外径、本数であること。

③ 作動検査

対　象：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備

方　法：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備への模擬信号の入力により、火災受信機への火災表示及び音響装置の鳴動が正常に作動することを確認する。

判　定：火災受信機への火災表示及び音響装置の鳴動が正常であること。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の工事上の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事においては、工事に係る作業手順、装備、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。

③ 本工事に係る重量物の運搬については、運搬台車等により行い、既設構造物に破損等の影響を与えないよう作業を行う。

④ 本工事においては、作業場所に応じて仮設足場を設置するとともに、ヘルメット、墜落制止用器具、保護手袋、保護メガネ等の保護具を着用し、災害防止に努める。

⑤ 本工事においては、振動や壁貫通に伴うコンクリート粉塵の飛散を考慮した適切な処置を施し、既設の火災感知器の誤動作防止に努める。

⑥ 本工事において壁貫通を行う場合は、事前に金属探査を行い、埋設物がないことを確認する。また、施工後は開口部の閉止等の処置を行う

⑦ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

６．工事の工程

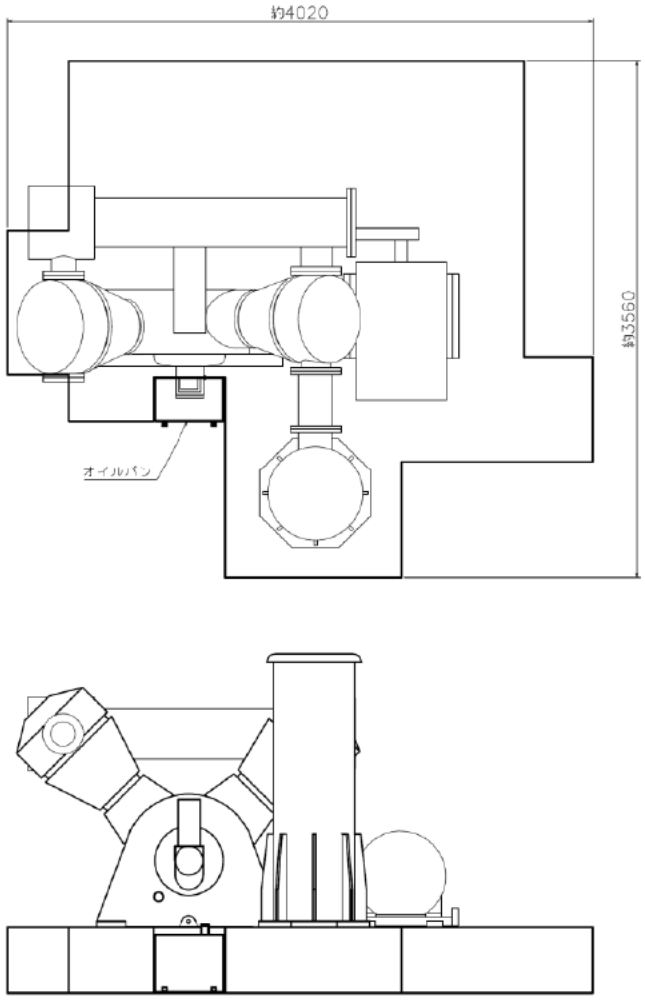
本申請に係る工事の工程を表－7 に示す。

表－7　工事工程表

<table>
<tr><td></td><td colspan="4">令和 4 年度</td><td colspan="4">令和 5 年度</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の火災防護対策に係る設備の設置</td><td rowspan="3"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="7">工　事　※</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

※工事工程は他の安全対策工事との調整に基づき変更する可能性がある。

別　　図

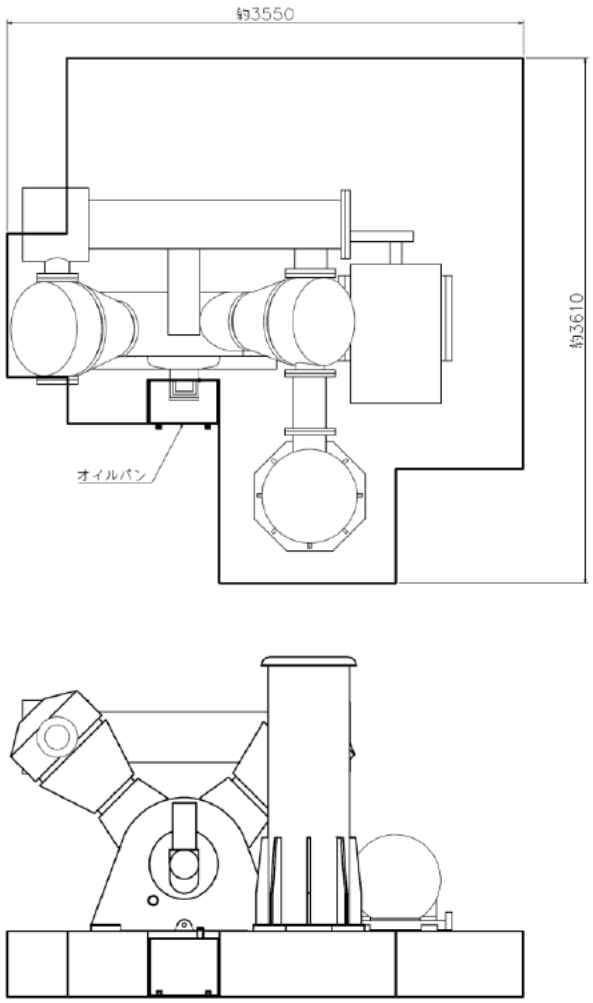


設置対象	空気圧縮機
設置場所	ユーティリティ室(W362)
容量	約55 L

（単位：mm）

別図－1　オイルパン設置概略図

（空気圧縮機 G86K10）

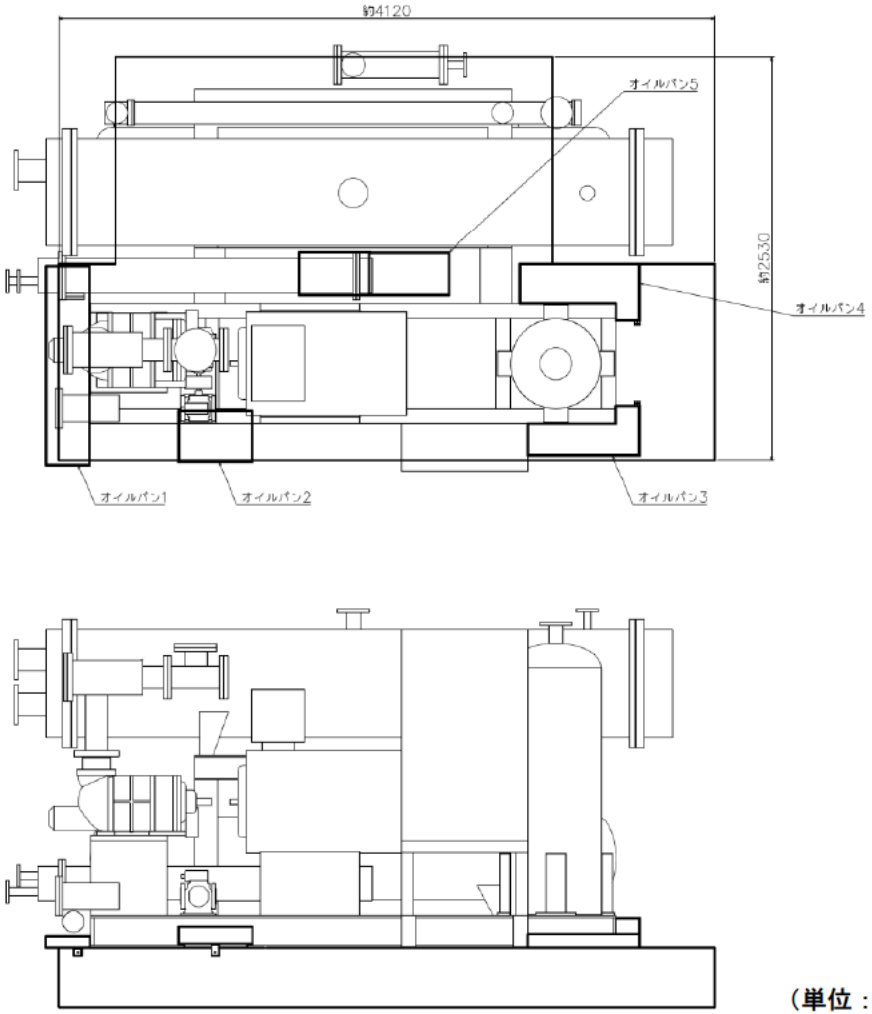


設置対象	空気圧縮機
設置場所	ユーティリティ室(W362)
容量	約55 L

（単位：mm）

別図－2　オイルパン設置概略図

（空気圧縮機 G86K20）

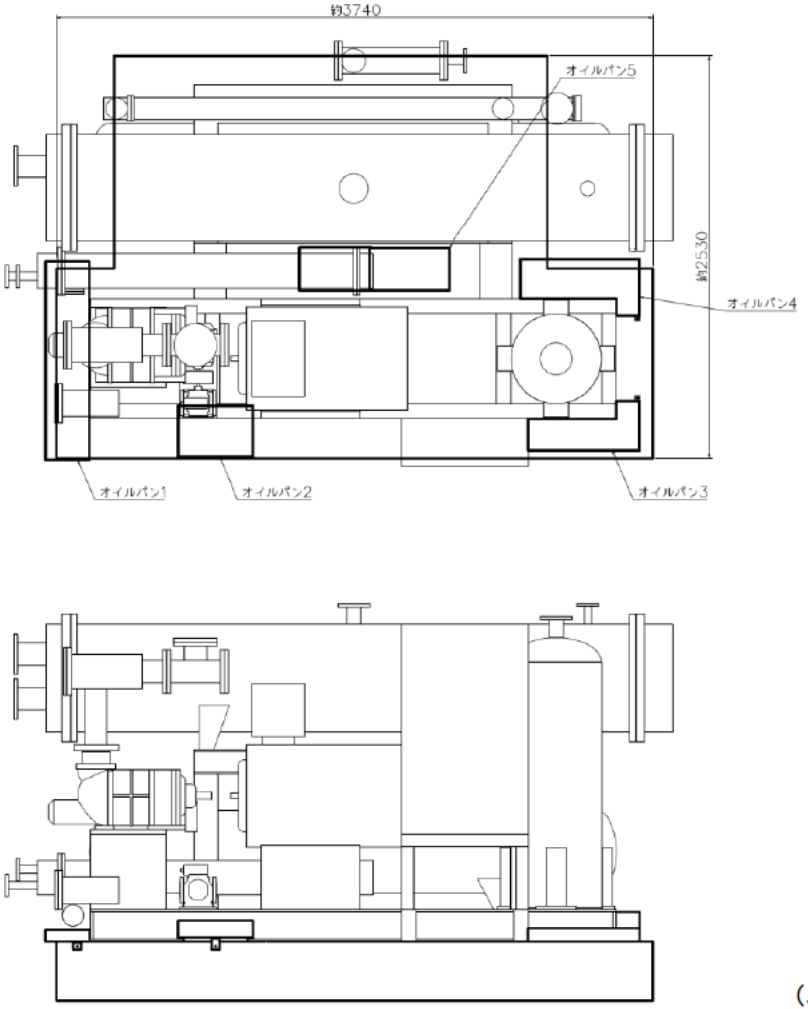


設置対象	冷凍機
設置場所	ユーティリティ室(W362)
容量	約96 L

（単位：mm）

別図－3　オイルパン設置概略図

（冷凍機 G84H10）

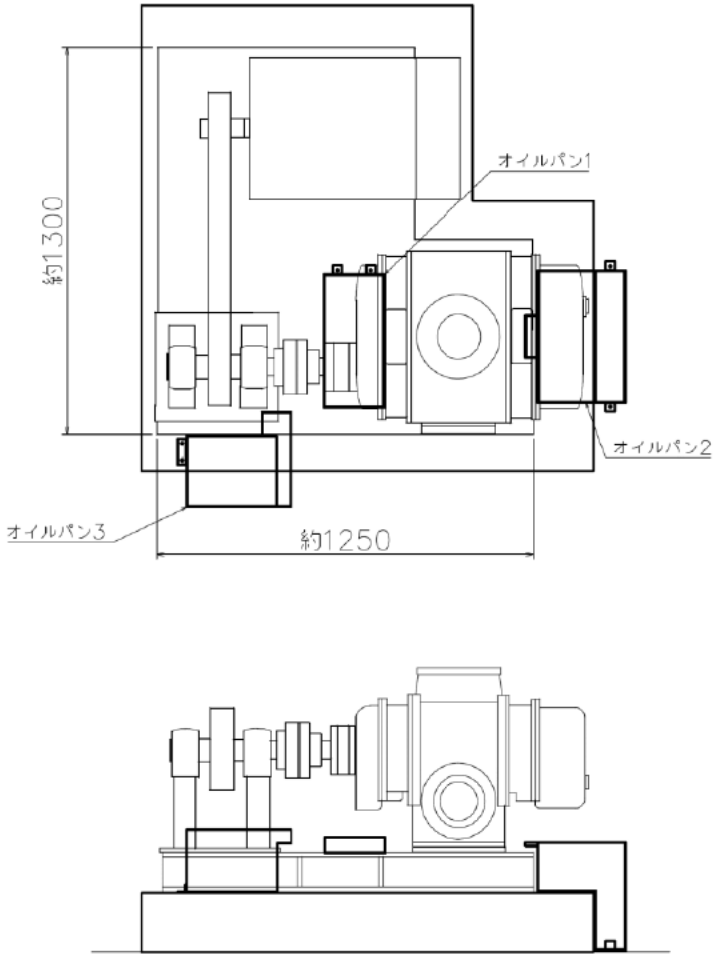


設置対象	冷凍機
設置場所	ユーティリティ室(W362)
容量	約96 L

（単位：mm）

別図－4　オイルパン設置概略図

（冷凍機 G84H20）

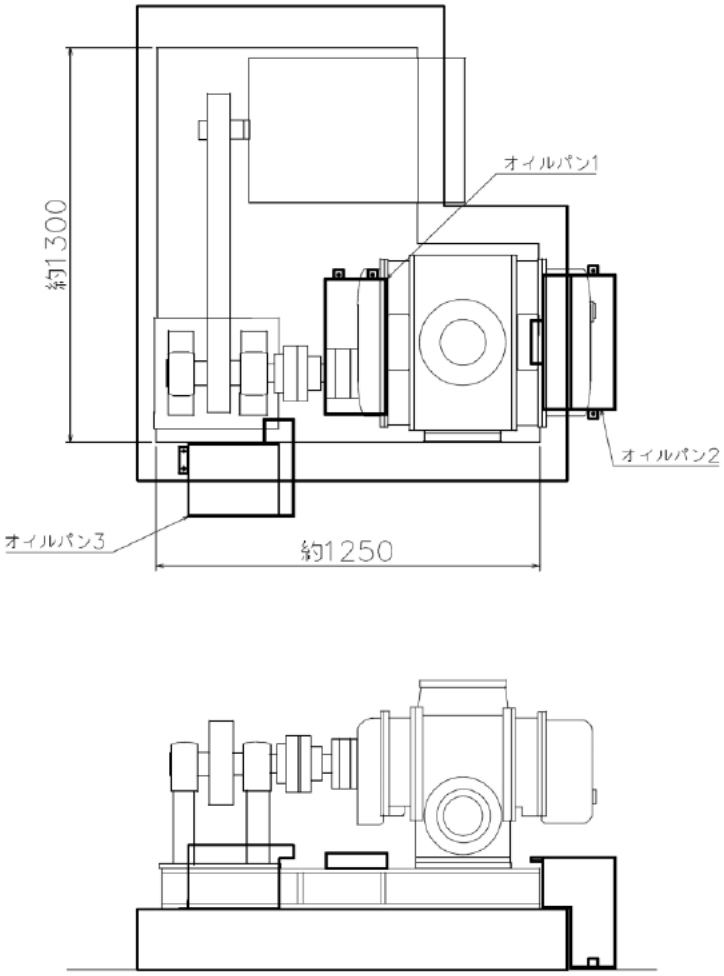


設置対象	排風機
設置場所	廃気処理室(A011)
容量	約46 L

（単位：mm）

別図－5　オイルパン設置概略図

（排風機 G41K50）



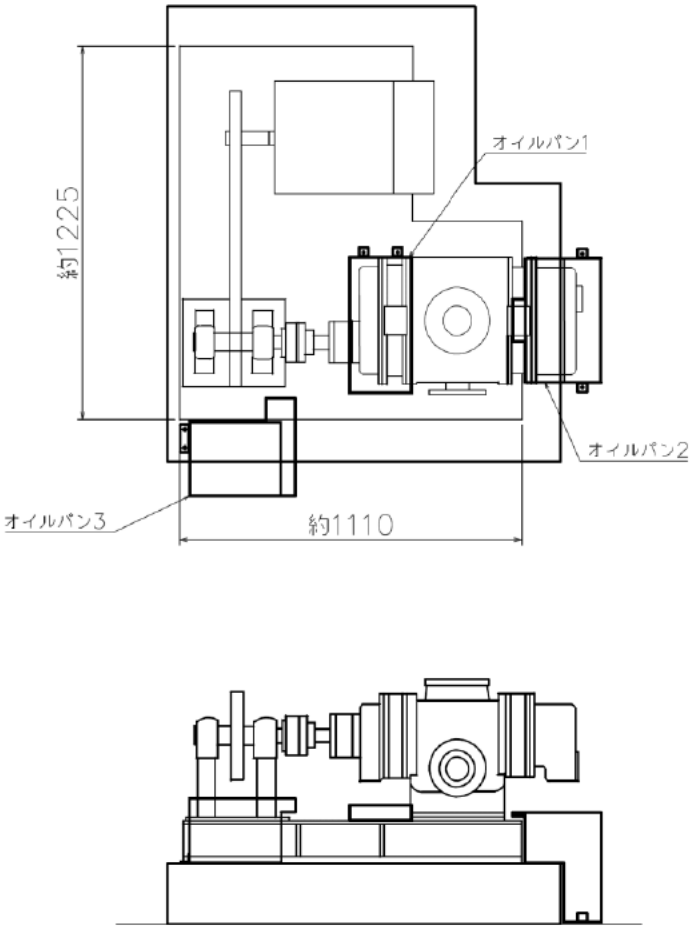
設置対象	排風機
設置場所	廃気処理室(A011)
容量	約47 L

(単位：mm)

別図－6　オイルパン設置概略図

(排風機 G41K51)

設置対象	排風機
設置場所	廃気処理室(A011)
容量	約43 L

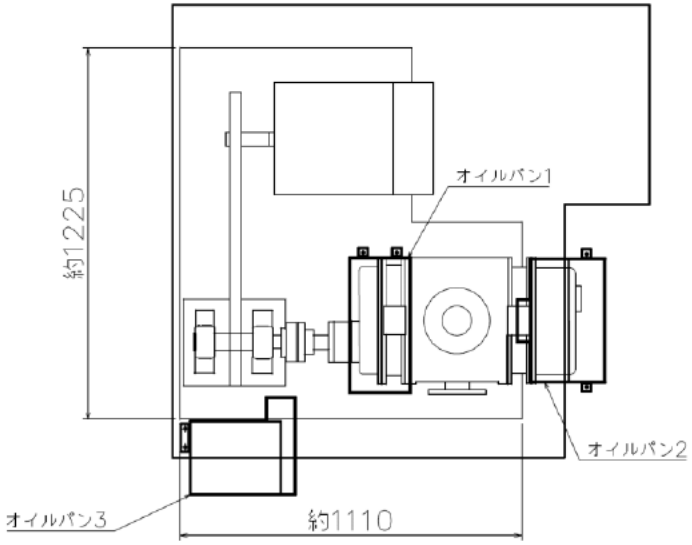


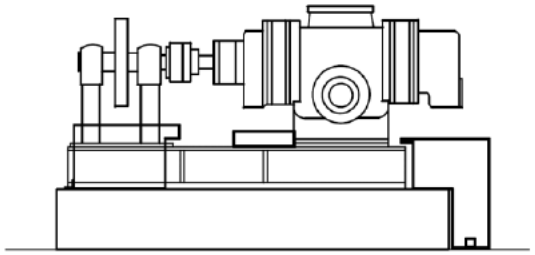
（単位：mm）

別図－7　オイルパン設置概略図

（排風機 G41K60）

設置対象	排風機
設置場所	廃気処理室(A011)
容量	約43 L

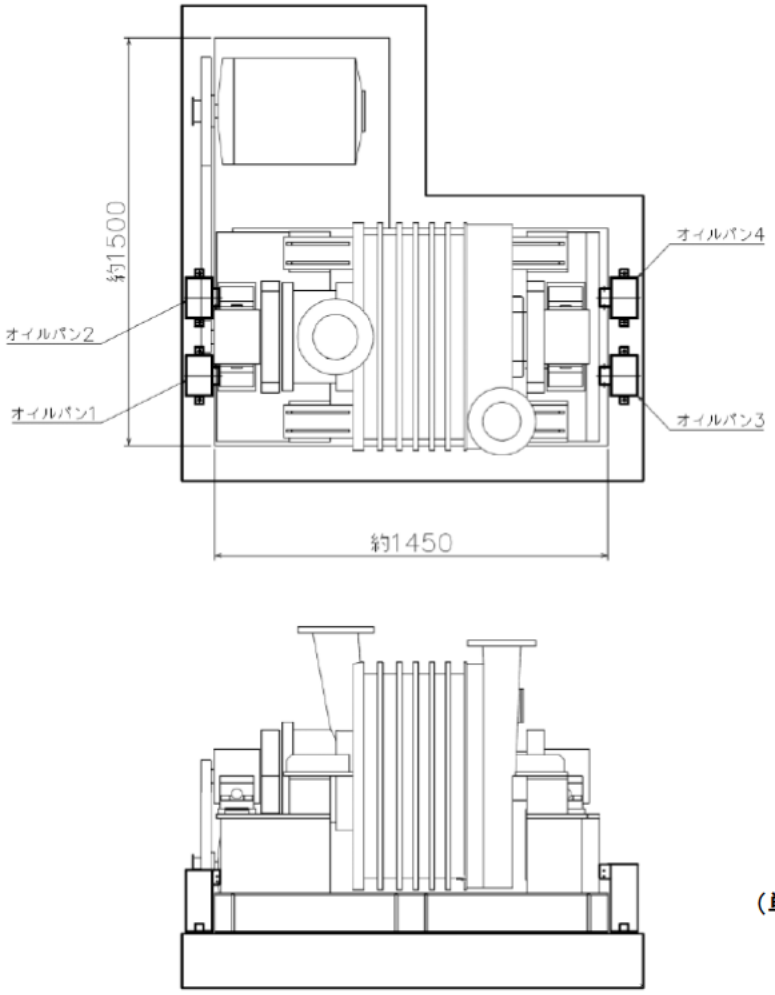




（単位：mm）

別図－8　オイルパン設置概略図

（排風機 G41K61）

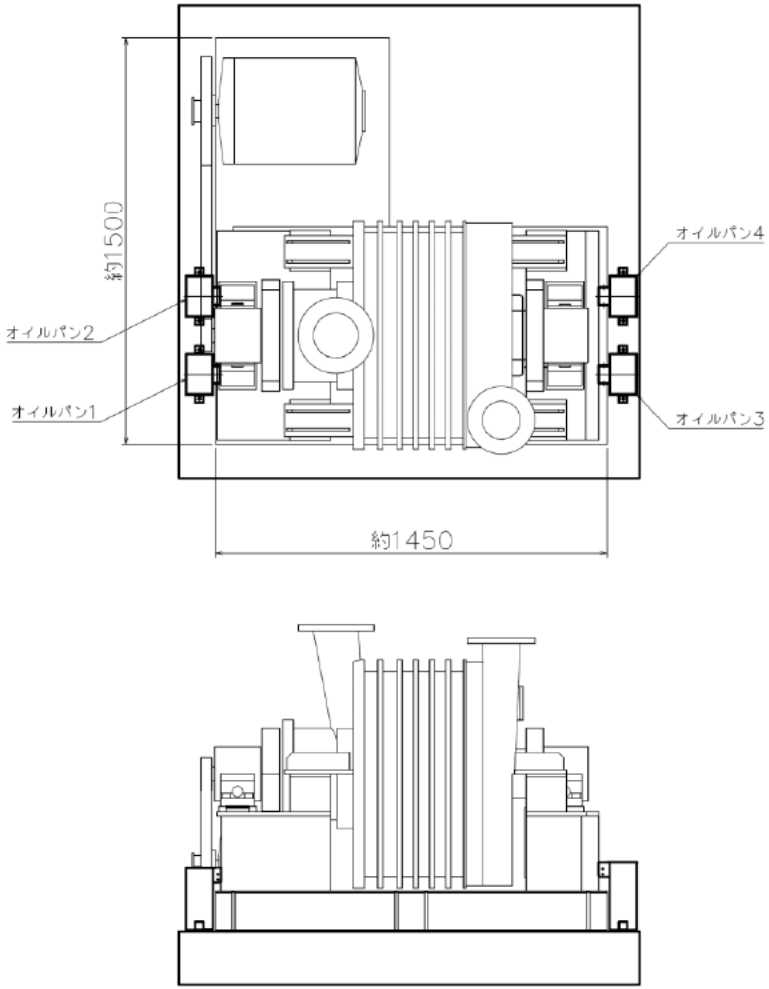


設置対象	排風機
設置場所	廃気処理室(A011)
容量	約12 L

（単位：mm）

別図－9　オイルパン設置概略図

（排風機 G41K90）

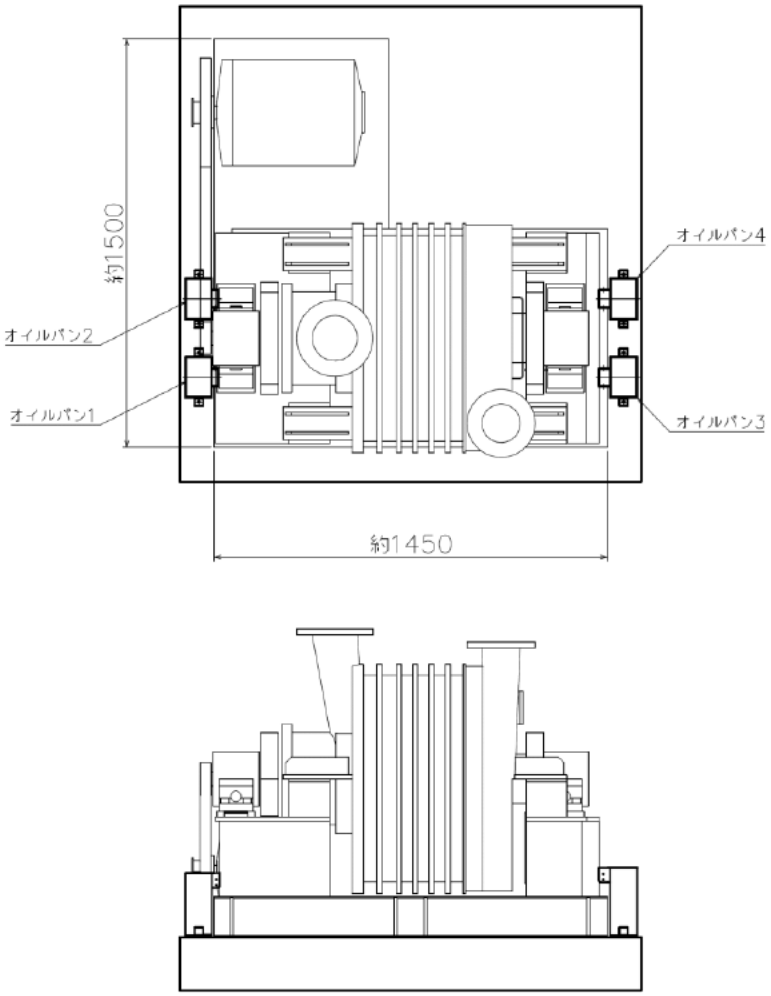


設置対象	排風機
設置場所	廃気処理室(A011)
容量	約12 L

（単位：mm）

別図－10　オイルパン設置概略図

（排風機 G41K91）

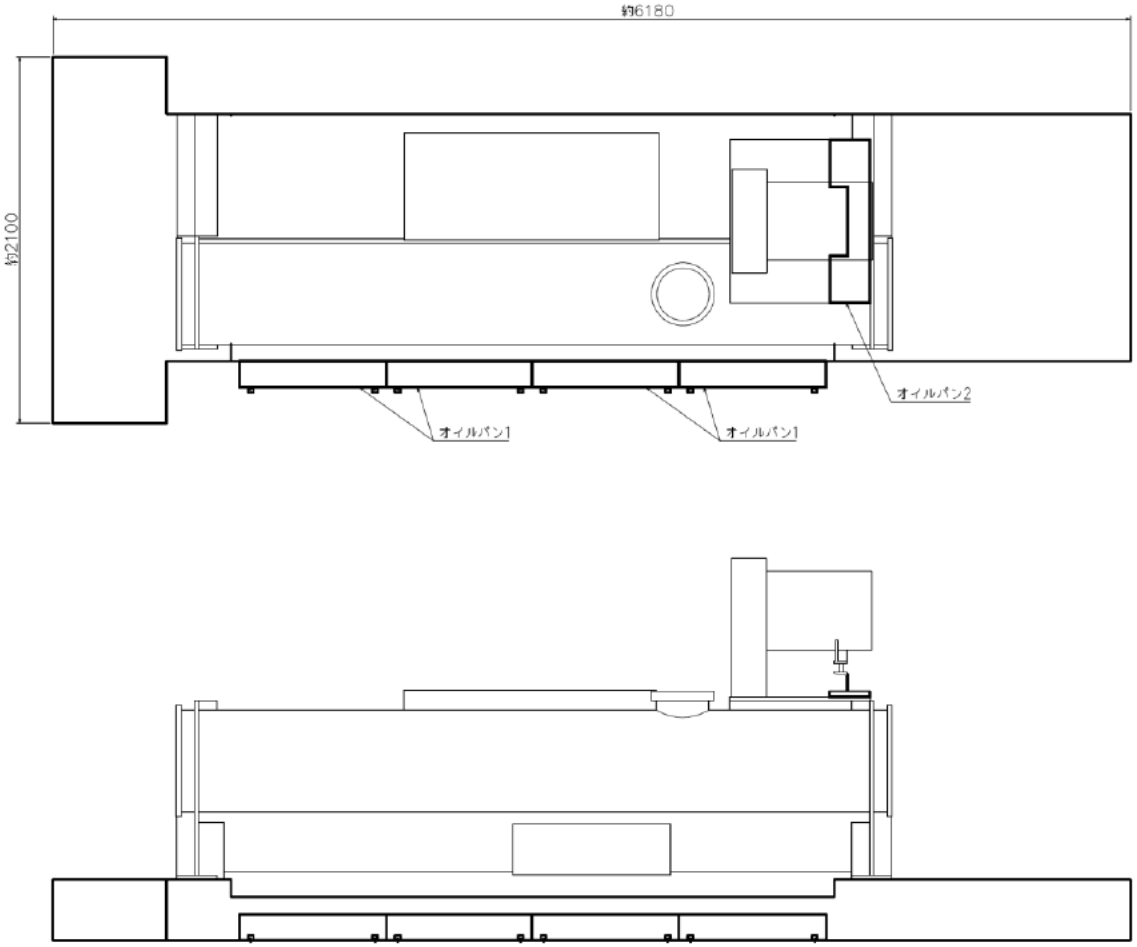


設置対象	排風機
設置場所	廃気処理室(A011)
容量	約12 L

（単位：mm）

別図－11　オイルパン設置概略図

（排風機 G41K92）

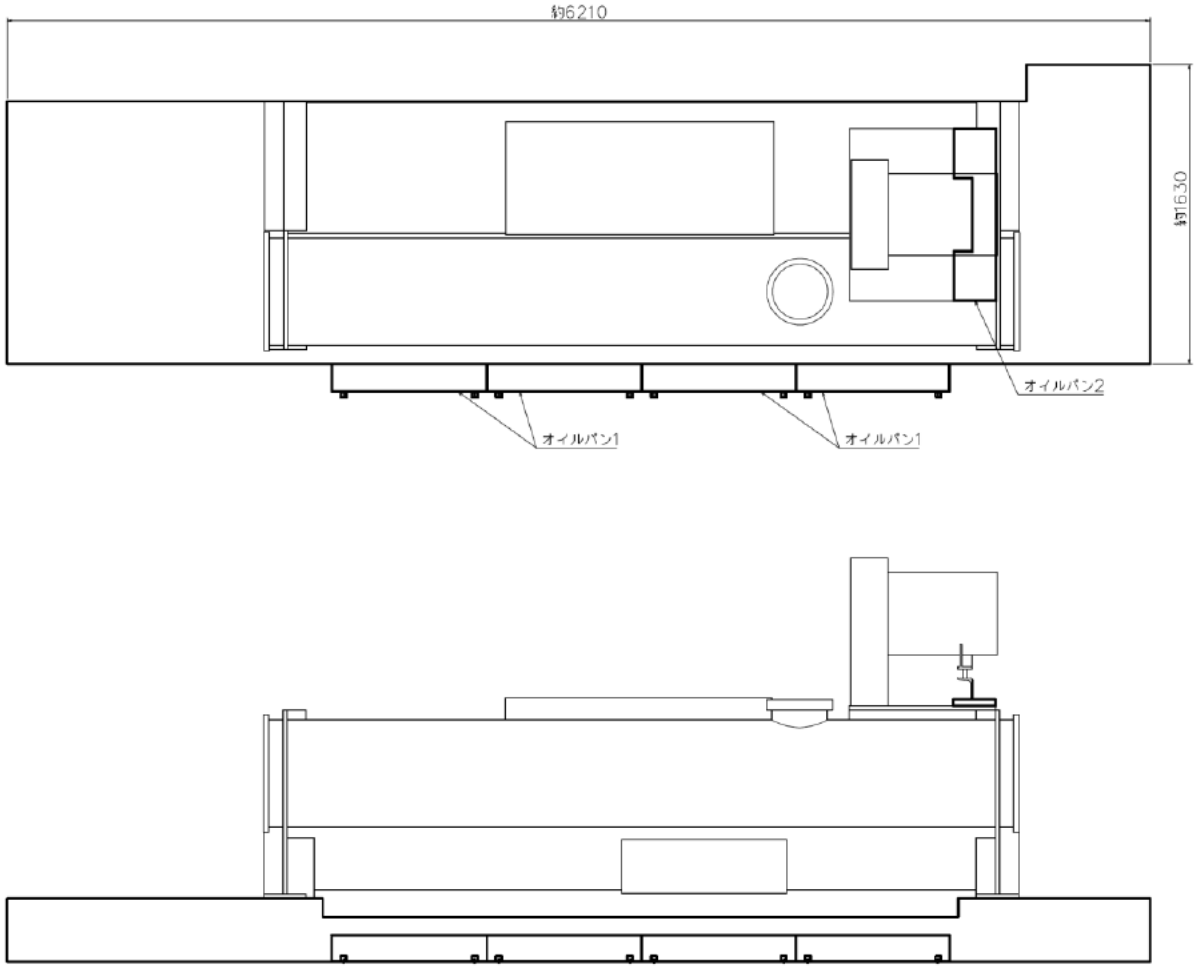


設置対象	排風機
設置場所	給気室(W360)
容量	約77 L

（単位：mm）

別図－12　オイルパン設置概略図

（冷凍機 G07CH01）



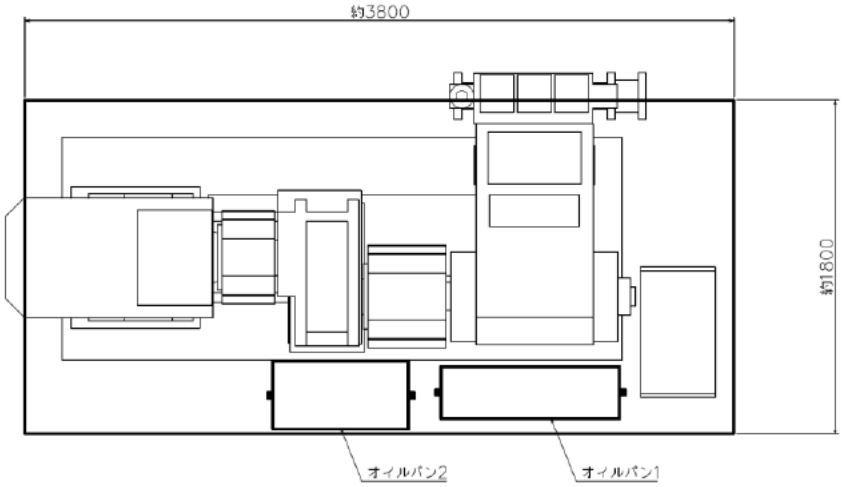
設置対象	排風機
設置場所	給気室(W360)
容量	約77 L

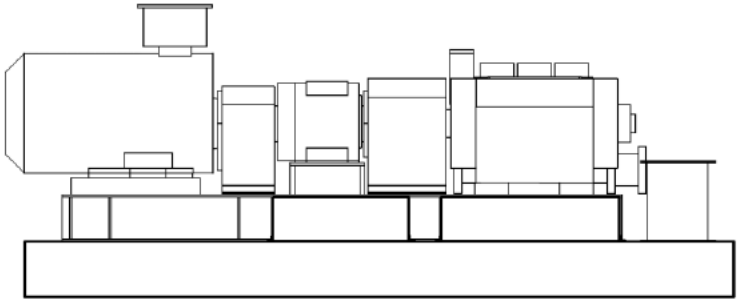
（単位：mm）

別図－13　オイルパン設置概略図

（冷凍機 G07CH02）

設置対象	ポンプ
設置場所	除染試薬室(A010)
容量	約120 L

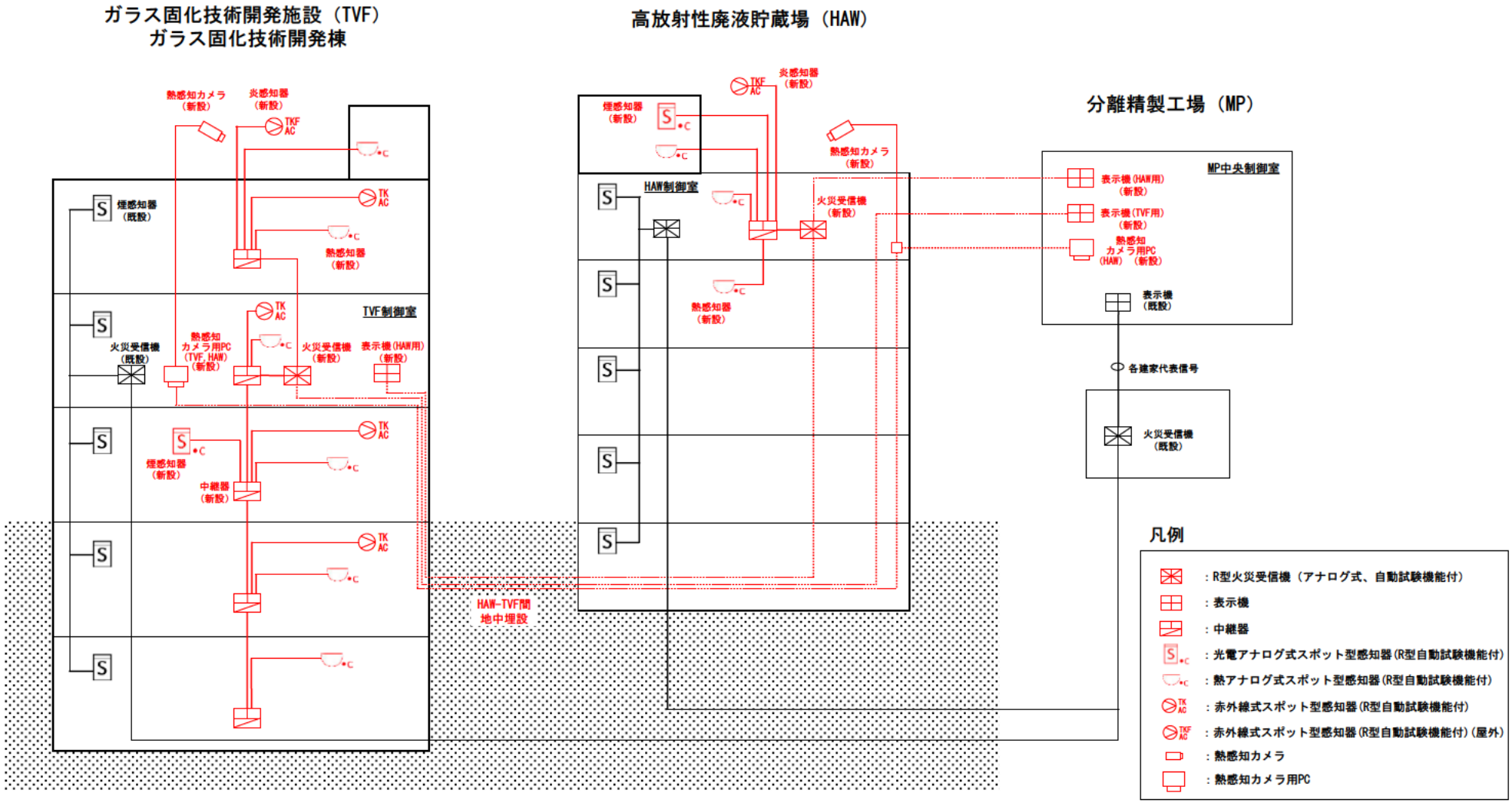




（単位：mm）

別図－14　オイルパン設置概略図

（ポンプ G22P11）



別図－15　火災感知設備のシステム構成の概要



凡例

	：R型火災受信機（アナログ式、自動試験機能付）
	：表示機
	：中継器
S・C	：光電アナログ式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
・C	：熱アナログ式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
TK AC	：赤外線式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
TKF AC	：赤外線式スポット型感知器(R型自動試験機能付)(屋外)
	：熱感知カメラ
	：熱感知カメラ用PC
ハロン	：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備

別図－16　火災感知設備配置図（1/6）



凡例

	：R型火災受信機（アナログ式、自動試験機能付）
	：表示機
	：中継器
S・C	：光電アナログ式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
・C	：熱アナログ式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
TK AC	：赤外線式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
TKF AC	：赤外線式スポット型感知器(R型自動試験機能付)(屋外)
	：熱感知カメラ
	：熱感知カメラ用PC
ハロン	：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備

別図－16　火災感知設備配置図（2/6）

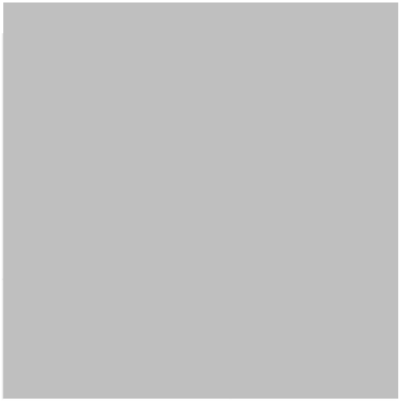


凡例

	：R型火災受信機（アナログ式、自動試験機能付）
	：表示機
	：中継器
S	：光電アナログ式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
	：熱アナログ式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
TK AC	：赤外線式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
TKF AC	：赤外線式スポット型感知器(R型自動試験機能付)(屋外)
	：熱感知カメラ
	：熱感知カメラ用PC
ハロン	：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備

別図－16　火災感知設備配置図（3/6）





凡例

- ：R型火災受信機（アナログ式、自動試験機能付）
- ：表示機
- ：中継器
- ：光電アナログ式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
- ：熱アナログ式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
- ：赤外線式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
- ：赤外線式スポット型感知器(R型自動試験機能付)(屋外)
- ：熱感知カメラ
- ：熱感知カメラ用PC
- ：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備

別図－16　火災感知設備配置図（4/6）



凡例

	：R型火災受信機（アナログ式、自動試験機能付）
	：表示機
	：中継器
S *C	：光電アナログ式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
*C	：熱アナログ式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
TK AC	：赤外線式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
TKF AC	：赤外線式スポット型感知器(R型自動試験機能付)(屋外)
	：熱感知カメラ
	：熱感知カメラ用PC
ハロン	：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備

別図－16　火災感知設備配置図（5/6）



凡例

- ：R型火災受信機（アナログ式、自動試験機能付）
- ：表示機
- ：中継器
- ：光電アナログ式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
- ：熱アナログ式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
- ：赤外線式スポット型感知器(R型自動試験機能付)
- ：赤外線式スポット型感知器(R型自動試験機能付)(屋外)
- ：熱感知カメラ
- ：熱感知カメラ用PC
- ：パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備

別図－16　火災感知設備配置図（6/6）



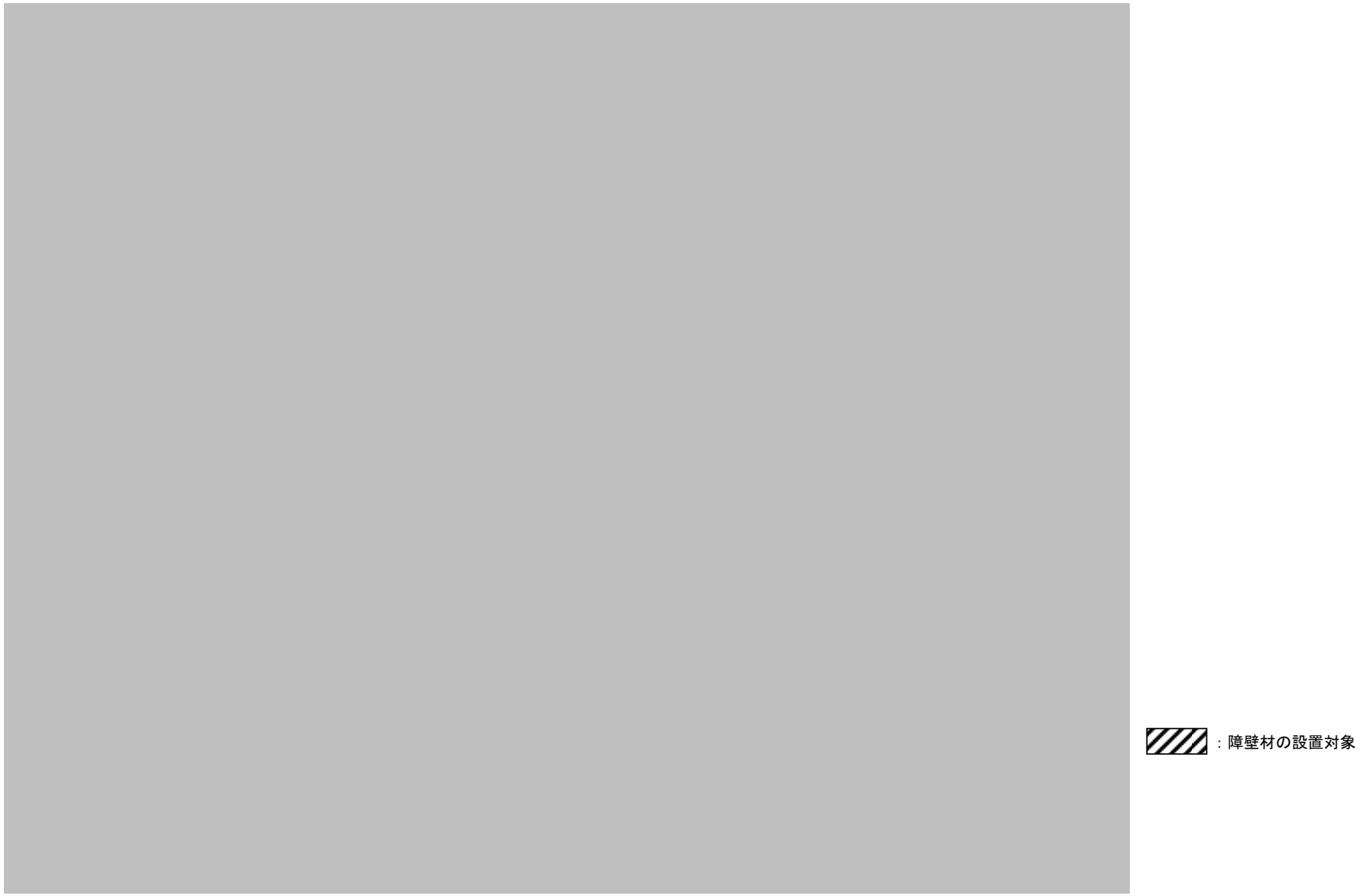
別図－17　ケーブルラックへの障壁材の設置概略図（1/6）



別図－17　ケーブルラックへの障壁材の設置概略図（2/6）



別図－17　ケーブルラックへの障壁材の設置概略図（3/6）



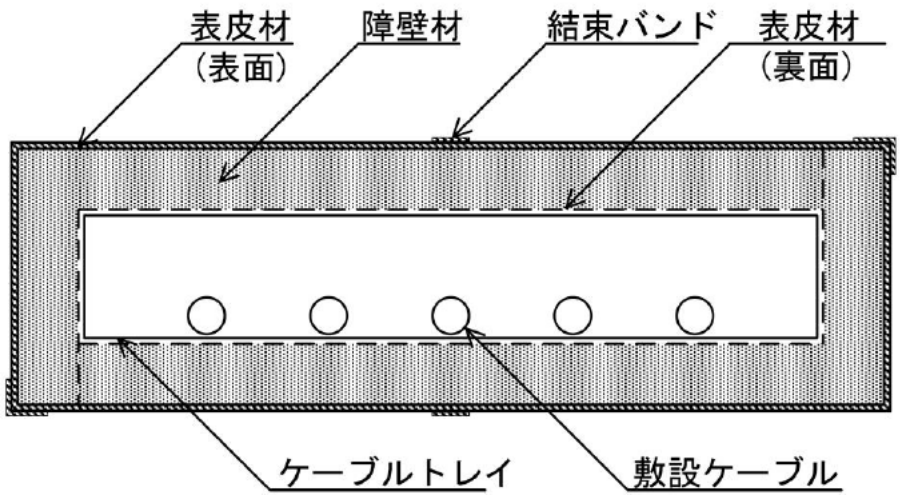
別図－17　ケーブルラックへの障壁材の設置概略図（4/6）



別図－17　ケーブルラックへの障壁材の設置概略図（5/6）



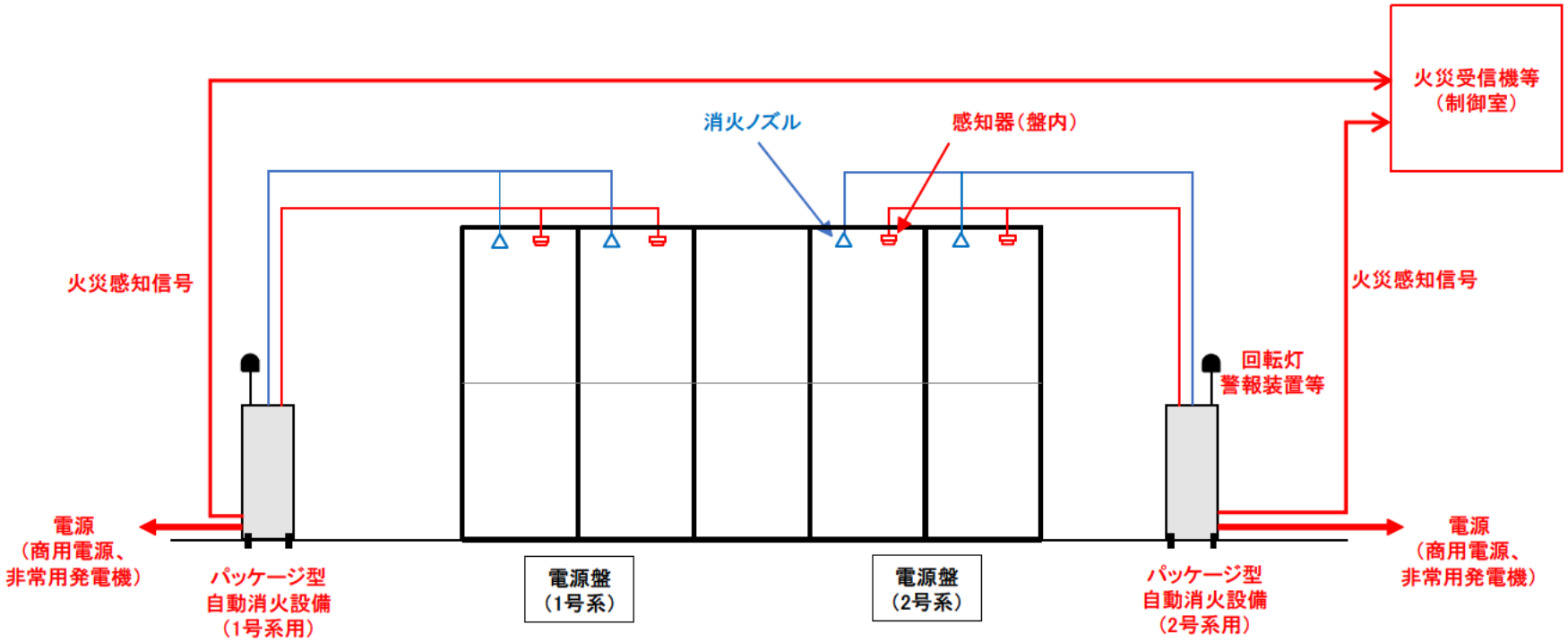
別図－17　ケーブルラックへの障壁材の設置概略図（6/6）



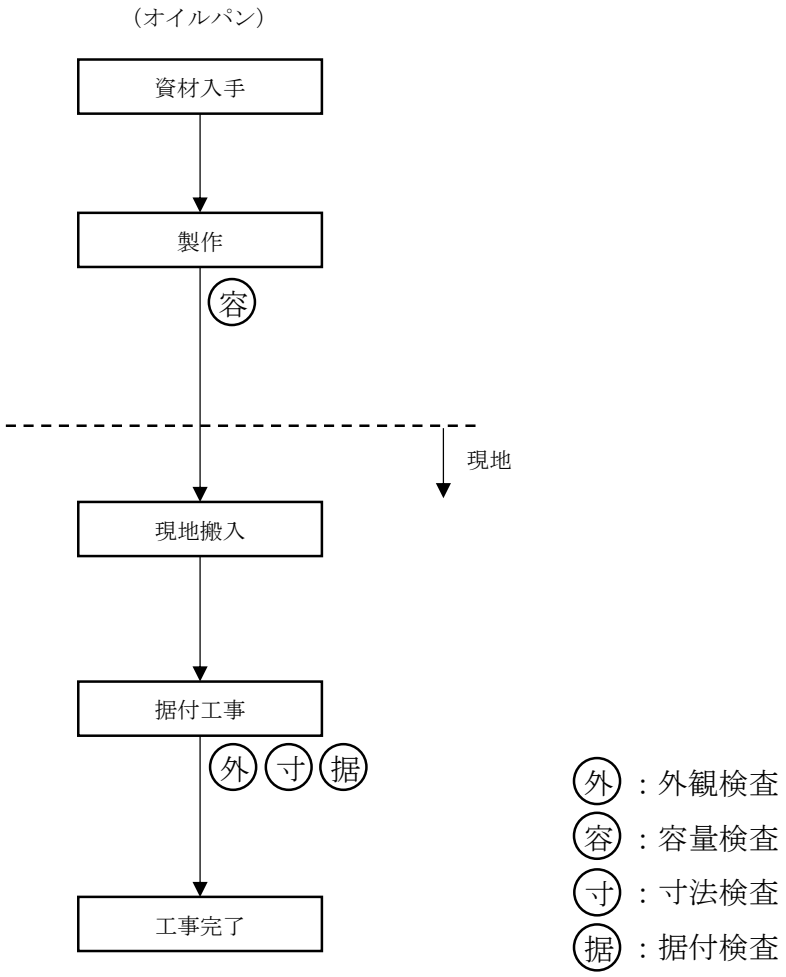
障壁材（断熱材）構造図

No	部位	製品名	型式名
1	表皮材（表面）	ｺｰﾃｯﾄﾞｼﾘｶｸﾛｽ	BCS/NZ
2	障壁材	ﾌｧｲﾝﾌﾚｯｸｽBIOﾌﾞﾗﾝｹｯﾄ	5615
3	結束ﾊﾞﾝﾄﾞ	ｺｰﾃｯﾄﾞｼﾘｶｸﾛｽ	BCS/NZ
4	表皮材（裏面）	ｶﾞﾗｽｸﾛｽ	－

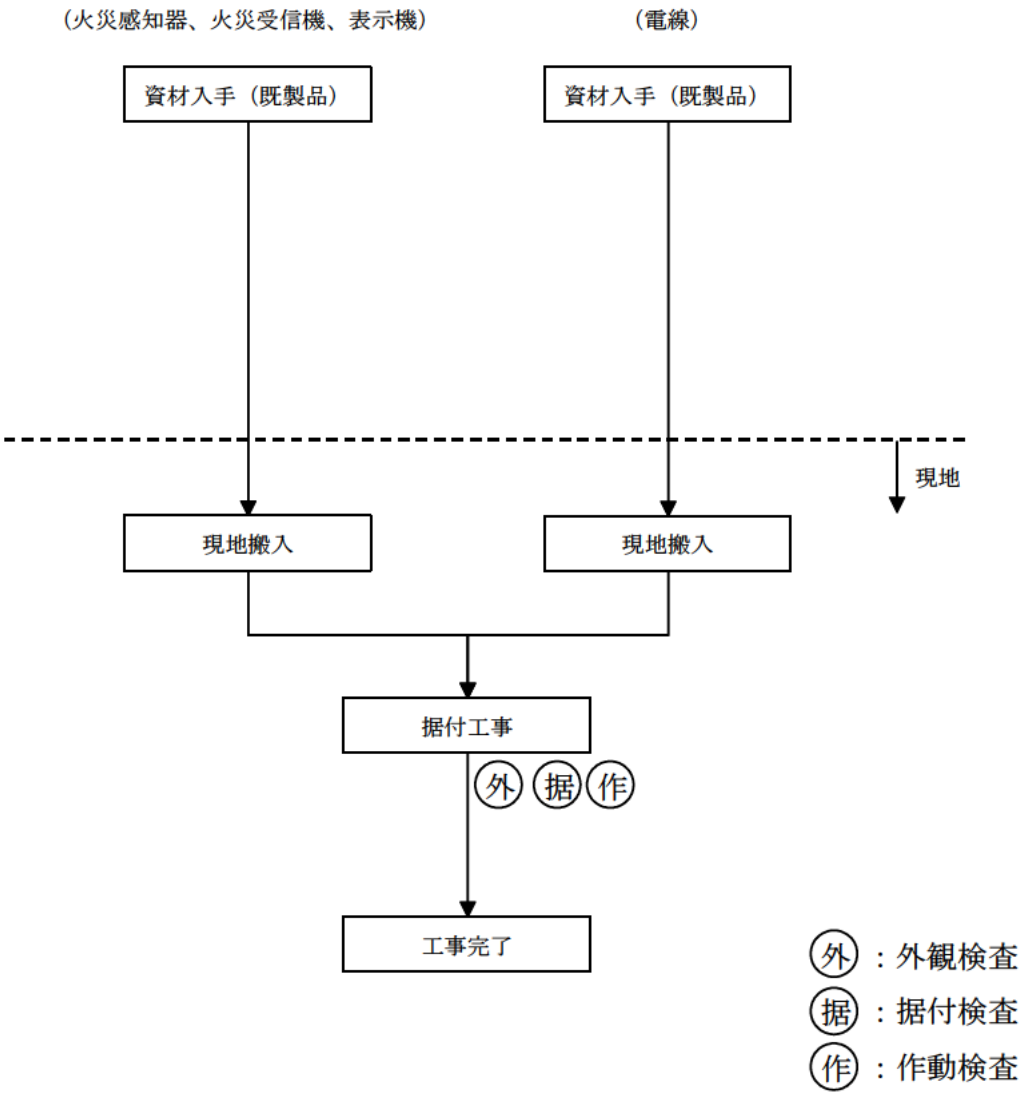
別図－18　障壁材の施工断面概略図



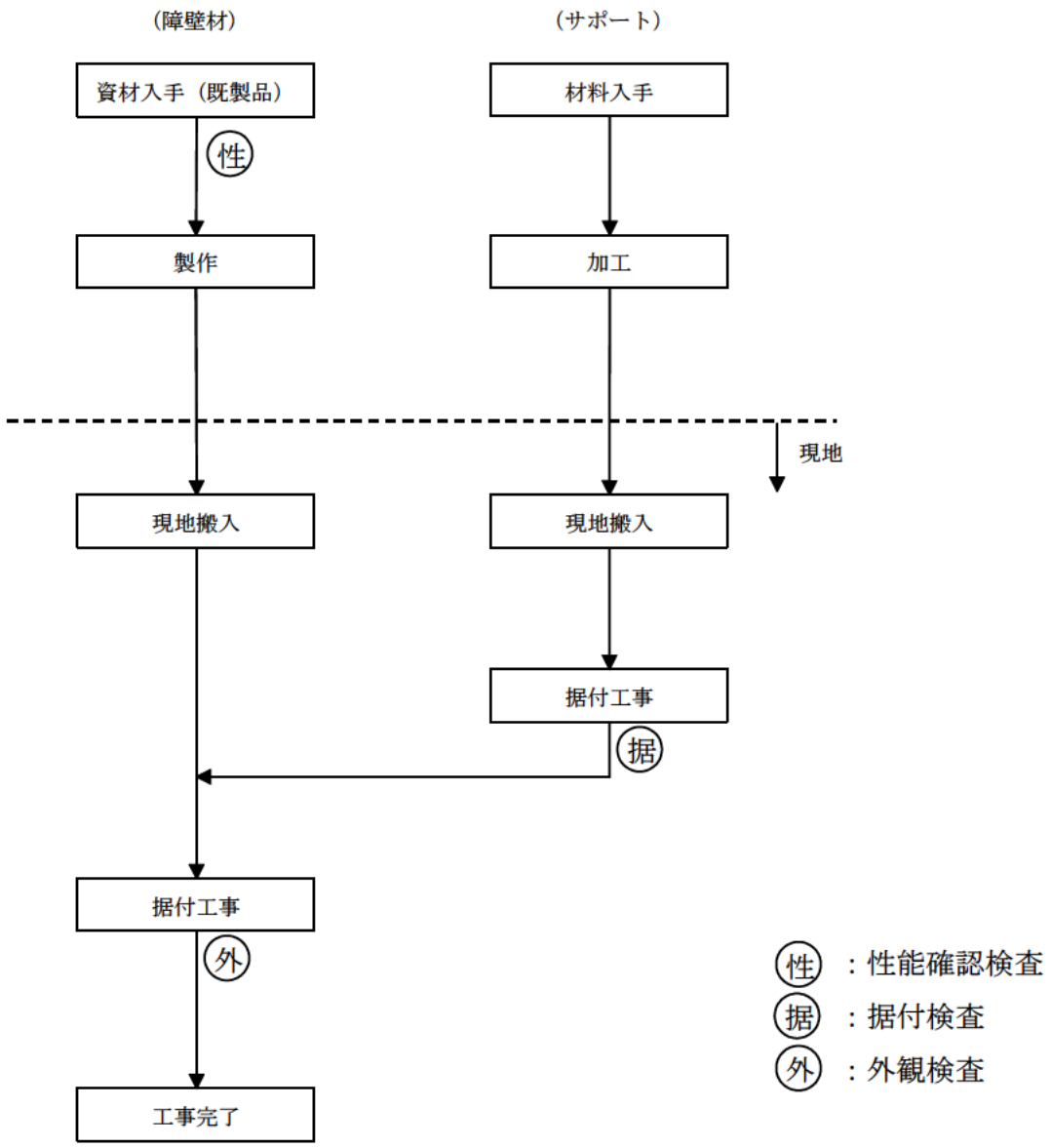
別図－19　パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備のシステム構成の概要



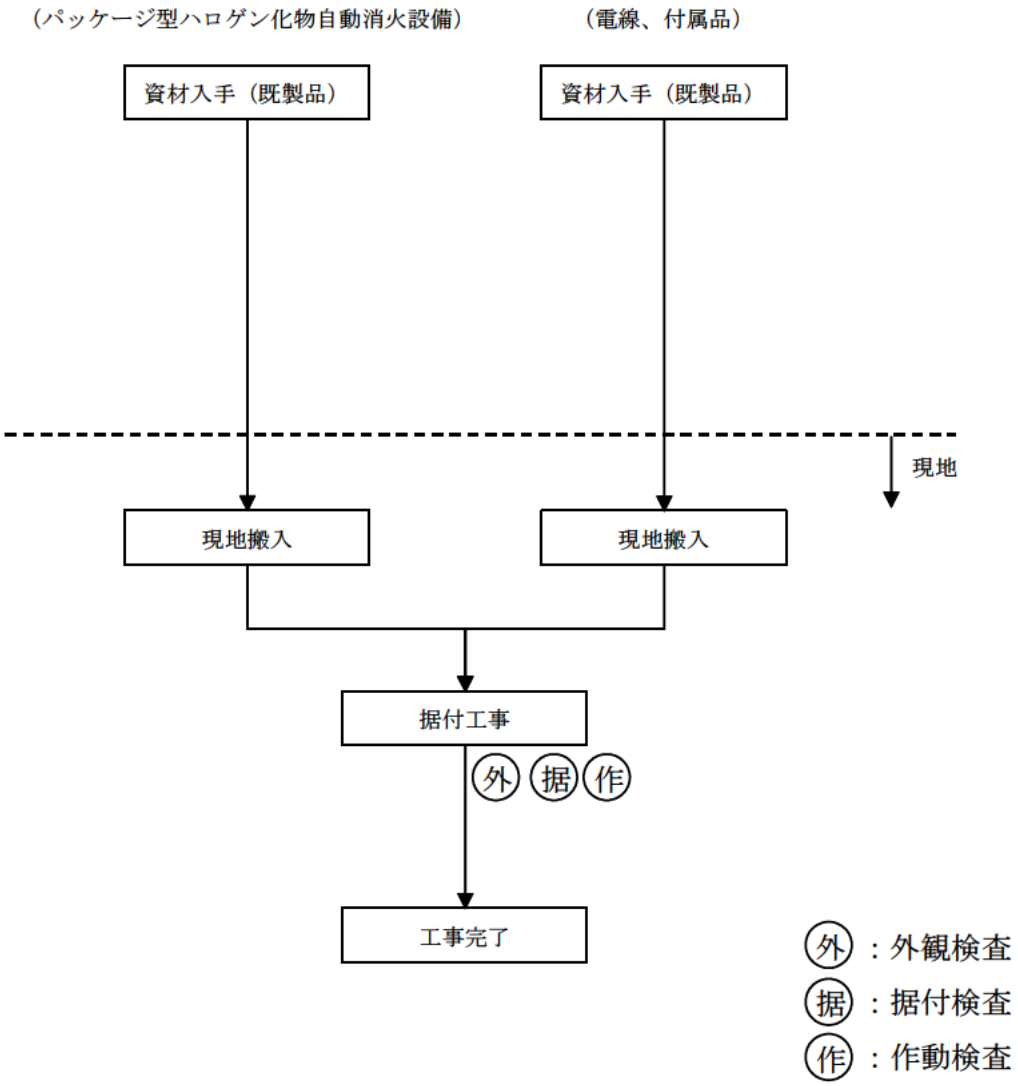
別図－20　工事フロー（オイルパンの設置）



別図－21　工事フロー（火災感知設備の設置）



別図－22　工事フロー（ケーブルラックへの障壁材の設置）



別図－23　工事フロー（パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の設置）

添　付　書　類

１．申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

２．申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定若しくは同法第 44 条の 4 第 1 項の許可を受けたところ又は同条第 2 項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

１．申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

本申請に係る「再処理施設に関する設計及び工事の計画」は以下に示すとおり「再処理施設の技術基準に関する規則」に掲げる技術上の基準に適合している。

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第一条	定義	－	－	－
第二条	特殊な設計による再処理施設	無	－	－
第三条	廃止措置中の再処理施設の維持	無	－	－
第四条	核燃料物質の臨界防止	無	－	－
第五条	安全機能を有する施設の地盤	無	－	－
第六条	地震による損傷の防止	有	第１項	別紙－１に示すとおり
第七条	津波による損傷の防止	無	－	－
第八条	外部からの衝撃による損傷の防止	無	－	－
第九条	再処理施設への人の不法な侵入等の防止	無	－	－
第十条	閉じ込めの機能	無	－	－
第十一条	火災等による損傷の防止	有	第２、３項	別紙－２に示すとおり
第十二条	再処理施設内における溢水による損傷の防止	無	－	－
第十三条	再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止	無	－	－
第十四条	安全避難通路等	無	－	－
第十五条	安全上重要な施設	無	－	－
第十六条	安全機能を有する施設	有	第１、２項	別紙－３に示すとおり
第十七条	材料及び構造	無	－	－
第十八条	搬送設備	無	－	－
第十九条	使用済燃料の貯蔵施設等	無	－	－
第二十条	計測制御系統施設	無	－	－
第二十一条	放射線管理施設	無	－	－
第二十二条	安全保護回路	無	－	－

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第二十三条	制御室等	無	－	－
第二十四条	廃棄施設	無	－	－
第二十五条	保管廃棄施設	無	－	－
第二十六条	使用済燃料等による汚染の防止	無	－	－
第二十七条	遮蔽	無	－	－
第二十八条	換気設備	無	－	－
第二十九条	保安電源設備	無	－	－
第三十条	緊急時対策所	無	－	－
第三十一条	通信連絡設備	無	－	－
第三十二条	重大事故等対処施設の地盤	無	－	－
第三十三条	地震による損傷の防止	無	－	－
第三十四条	津波による損傷の防止	無	－	－
第三十五条	火災等による損傷の防止	無	－	－
第三十六条	重大事故等対処設備	無	－	－
第三十七条	材料及び構造	無	－	－
第三十八条	臨界事故の拡大を防止するための設備	無	－	－
第三十九条	冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備	無	－	－
第四十条	放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備	無	－	－
第四十一条	有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備	無	－	－
第四十二条	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	無	－	－
第四十三条	放射性物質の漏えいに対処するための設備	無	－	－
第四十四条	工場等外への放射性物質等の放出を抑制するための設備	無	－	－
第四十五条	重大事故等への対処に必要となる水の供給設備	無	－	－
第四十六条	電源設備	無	－	－

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第四十七条	計装設備	無	－	－
第四十八条	制御室	無	－	－
第四十九条	監視測定設備	無	－	－
第五十条	緊急時対策所	無	－	－
第五十一条	通信連絡を行うために必要な設備	無	－	－
第五十二条	電磁的記録媒体による手続	無	－	－

第六条（地震による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、これに作用する地震力（事業指定基準規則第七条第二項の規定により算定する地震力をいう。）による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。
２　耐震重要施設（事業指定基準規則第六条第一項に規定する耐震重要施設をいう。以下同じ。）は、基準地震動による地震力（事業指定基準規則第七条第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。）に対してその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。
３　耐震重要施設は、事業指定基準規則第七条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

１　本申請において、火災の発生防止として、漏えい油の拡大防止のために設置するオイルパンは、対象機器の下部に設置するものであり、対象機器の支持構造は変更しない。また、オイルパンは地震により転倒、移動等することがないよう据付ボルトにより床面等に固定する。

したがって、オイルパンの設置は機器の耐震性に影響はない。

本申請において、火災の感知として設置する火災感知設備は、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して損傷することにより他設備へ波及影響を及ぼすことがない設計とする。火災感知設備の耐震性の評価結果について、添付資料－1 に示す。

本申請において、火災の影響軽減として、重要な安全機能に係るケーブルの 2 系統が混在する火災区画内に設置されるケーブルラックの 1 系統について、断熱ブランケットの障壁材を巻設することから重量が増加する。障壁材を巻設するケーブルラックについては、既設サポート及び新たに設置するサポートで支持する条件で定ピッチスパン法により剛構造（固有振動数 20Hz 以上）とする設計とする。

したがって、障壁材を巻設するケーブルラックの耐震性に問題はない。

なお、新たに設置するサポートは、既設サポートと同形状とし、地下 1 階の EPS 内の 2 箇所に設置する。

本申請において、火災の影響軽減として、分電盤等の電源設備について火災発生時に運転員が駆けつけて消火活動を行うまでの時間裕度を確保するために設置する既製品のパッケージ型ハロゲン化物自動消火設備は、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して転倒等することにより他設備へ波及影響を及ぼすことがない設計とする。パッケージ型自動消火設備の耐震性の評価結果について、添付資料－2 に示す。

火災感知設備の耐震性についての計算書

1. 概要

本資料は、火災防護対策として設置する火災感知設備の火災受信機について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしても、機器が損傷しないことを示すものである。

2. 一般事項

2.1 評価方針

火災受信機の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」を踏まえ力学平衡計算により行い、当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

(1) 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1987(日本電気協会)

(2) 原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008(日本電気協会)

(3) 電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012(日本機械学会)

(4) 発電用原子力設備規格　材料規格　JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

2.3 記号の説明

耐震評価に用いる記号を表 2-1 に示す。

表 2-1　耐震評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A_b	据付ボルトの有効断面積	mm^2
A_S	最小有効せん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
E	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
G_I	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s^2
I	断面 2 次モーメント	mm^4
l_1	水平方向の据付ボルトスパン	mm
l_2	鉛直方向の据付ボルトスパン	mm
l_{1G}	据付ボルト中心から設備機器重心までの水平方向の距離	mm
l_{2G}	上部側据付ボルト中心から設備機器重心までの鉛直方向の距離	mm
l_{3G}	壁面から設備機器重心までの距離	mm
m	総質量	kg
n	据付ボルトの本数	―
n_{t1}	壁面の上下側に設けた据付ボルトの片側本数(l_1側の据付ボルト本数)	―
n_{t2}	壁面の左右側に設けた据付ボルトの片側本数(l_2側の据付ボルト本数)	―
Q_b	据付ボルト 1 本に作用するせん断力	N
R_b	据付ボルト 1 本に作用する引張力の最大値	N
R_{b1}	据付ボルト 1 本に作用する引張力(壁平行方向)	N
R_{b2}	据付ボルト 1 本に作用する引張力(壁直角方向)	N
σ_b	据付ボルト 1 本に作用する引張応力	MPa
T	固有周期	秒
τ_b	据付ボルト 1 本に作用するせん断応力	MPa

3. 評価部位

火災受信機の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1　据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5\times(F/1.5)$
	せん断応力	$1.5\times(F/(1.5\sqrt{3}))$

4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。火災受信機は壁掛型であり、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の 2 階の壁に設置することから、安全側に 3 階の静的解析用震度（3F、水平方向：1.12、鉛直方向：0.79）を用いた。

表 4-2　静的解析用震度

階	静的解析用震度（床応答最大加速度×1.2）	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

4.4 計算方法

火災受信機の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」を踏まえ以下の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

ボルト 1 本に作用する引張力（R_b）：

壁平行方向

$$R_{b1} = \frac{C_H mg\, l_{3G}}{l_1\, n_{t2}} + \frac{(mg + C_V mg)\, l_{3G}}{l_2\, n_{t1}}$$

壁直角方向

$$R_{b2} = \frac{C_H mg\, (l_2 - l_{2G})}{l_2\, n_{t1}} + \frac{(mg + C_V mg)\, l_{3G}}{l_2\, n_{t1}}$$

$$R_b = \max(R_{b1},\ R_{b2})$$

ボルト 1 本に作用する引張応力（σ_b）：

$$\sigma_b = \frac{R_b}{A_b}$$

ボルト 1 本に作用するせん断力（Q_b）：

$$Q_b = \frac{\sqrt{(C_H \mathrm{mg})^2 + (mg + C_V \mathrm{mg})^2}}{n}$$

ボルト 1 本に作用するせん断応力（τ_b）：

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b}$$

4.5 計算条件

4.5.1 解析モデル

火災受信機の解析モデルを図 4-1 に示す。

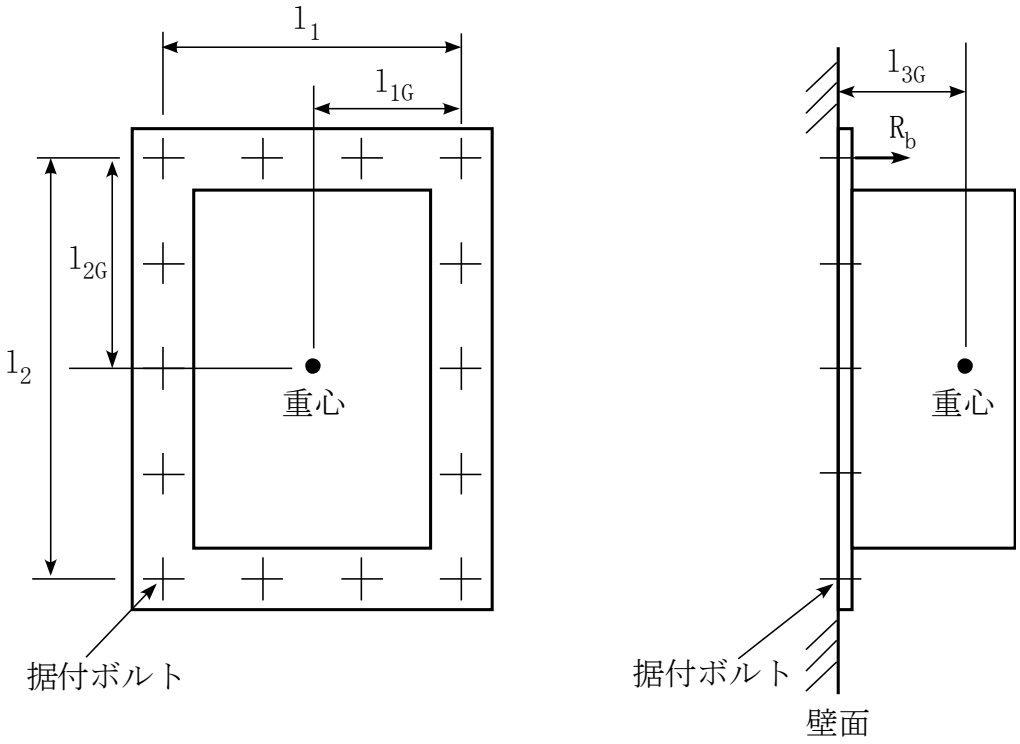


図 4-1　解析モデル

4.5.2 諸元

火災受信機の耐震評価に用いる条件を表 4-3 に示す。

表 4-3　耐震評価に用いる条件

評価対象設備	項　目	記　号	値
火災受信機	安全上の機能	―	火災感知設備
	機器区分	―	クラス 3
	水平方向の据付ボルトスパン	l_1	420（mm）
	鉛直方向の据付ボルトスパン	l_2	720（mm）
	壁面から設備機器重心までの距離	l_{3G}	75（mm）
	据付ボルト呼び径	―	M8
	据付ボルト材質	―	SS400
	据付ボルト温度	―	40（℃）
	据付ボルトの本数	n	6
	壁面の上下側に設けた据付ボルトの片側本数	n_{t1}	2
	壁面の左右側に設けた据付ボルトの片側本数	n_{t2}	3
	総質量	m	31（kg）

4.6 固有周期

火災受信機の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000}\left(\frac{{l_{3G}}^3}{3EI} + \frac{l_{3G}}{A_S G_I}\right)}$$

火災受信機の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4　固有周期

評価対象設備	固有周期
火災受信機	0.05(秒)以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

火災受信機の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1　構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比※
火災受信機	据付ボルト	引張	4	280	0.02
		せん断	3	161	0.02

※　応力比は、発生応力／許容応力を示す。

添付資料－2

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の耐震性についての計算書

1. 概要

本資料は、パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしても、転倒して他設備へ波及的影響を及ぼさないことを示すものである。

2. 一般事項

2.1 評価方針

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性（底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。）に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

(1) 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1987(日本電気協会)

(2) 原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008(日本電気協会)

(3) 発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012(日本機械学会)

(4) 発電用原子力設備規格　材料規格　JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

2.3 記号の説明

耐震評価に用いる記号を表 2-1 に示す。

表 2-1　耐震評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A_b	据付ボルトの軸断面積	mm^2
A_S	最小有効せん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_P	ポンプ振動による震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
E	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
F_b	据付ボルトに生じる引張力	N
G_I	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
I	断面 2 次モーメント	mm^4
l_1, l_2	重心と据付ボルト間の水平方向距離（$l_1 \leqq l_2$）	mm
L	据付ボルト間隔	mm
m	総質量	kg
M_P	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
n	据付ボルトの本数	―
n_f	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	―
Q_b	据付ボルトに生じるせん断力	N
σ_b	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
T_H	水平方向固有周期	秒
τ_b	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

3. 評価部位

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1　据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5\times(F/1.5)$
	せん断応力	$1.5\times(F/(1.5\sqrt{3}))$

4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備は B2F 及び 3F に設置することから、静的解析用震度は、設計震度の大きい階のもの（3F、水平方向：1.12、鉛直方向：0.79）を用いた。

表 4-2　静的解析用震度

階	静的解析用震度（床応答最大加速度×1.2）	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

4.4 計算方法

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力（F_b）：

$$F_b = \frac{1}{L}\left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力（σ_b）：

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力（Q_b）：

$$Q_b = \mathrm{mg}(C_H + C_P)$$

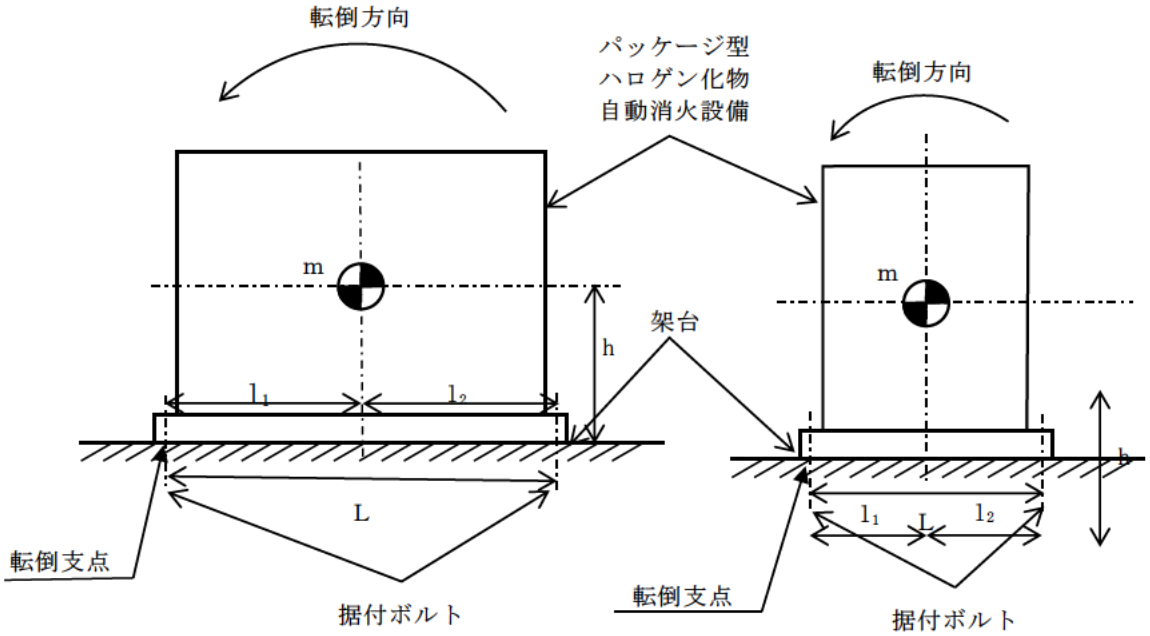
せん断応力（τ_b）：

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

4.5 計算条件

4.5.1 解析モデル

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。



(b) 側面方向モデル

(a) 正面方向モデル

図 4-1　パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の解析モデル

4.5.2 諸元

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の耐震評価に用いる条件を表 4-3 に示す。

表 4-3　耐震評価に用いる条件

評価対象設備	項　目	記　号	値
パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備	安全上の機能	―	火災防護対策（火災の影響軽減）
	機器区分	―	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	260（mm）
	据付ボルト呼び径	―	M16
	据付ボルト材質	―	SS400
	据付ボルト温度	―	40（℃）
	据付ボルトの本数	n	4
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	n_f	2
	据付面から重心までの距離	h	1000（mm）
	総質量	m	190（kg）

4.6 固有周期

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi\sqrt{\frac{m}{1000}\left(\frac{h^3}{3EI}+\frac{h}{A_S G_I}\right)}$$

パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4　固有周期

評価対象設備	固有周期
パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備	0.05(秒)以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟のパッケージ型ハロゲン化物自動消火設備の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1　構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比※
パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備	据付ボルト	引張	23	280	0.09
		せん断	4	161	0.03

※　応力比は、発生応力／許容応力を示す。

第十一条（火災等による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、火災又は爆発の影響を受けることにより再処理施設の安全性に著しい支障が生ずるおそれがある場合において、消火設備（事業指定基準規則第五条第一項に規定する消火設備をいう。以下同じ。）及び警報設備（警報設備にあっては自動火災報知設備、漏電火災警報器その他の火災の発生を自動的に検知し、警報を発するものに限る。以下同じ。）が設置されたものでなければならない。

２　前項の消火設備及び警報設備は、その故障、損壊又は異常な作動により安全上重要な施設の安全機能に著しい支障を及ぼすおそれがないものでなければならない。

３　安全機能を有する施設であって、火災又は爆発により損傷を受けるおそれがあるものは、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用するとともに、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防護措置が講じられたものでなければならない。

４　有機溶媒その他の可燃性の液体（以下この条において「有機溶媒等」という。）を取り扱う設備は、有機溶媒等の温度をその引火点以下に維持すること、不活性ガス雰囲気で有機溶媒等を取り扱うことその他の火災及び爆発の発生を防止するための措置が講じられたものでなければならない。

５　有機溶媒等を取り扱う設備であって、静電気により着火するおそれがあるものは、適切に接地されているものでなければならない。

６　有機溶媒等を取り扱う設備をその内部に設置するセル、グローブボックス及び室のうち、当該設備から有機溶媒等が漏えいした場合において爆発の危険性があるものは、換気その他の爆発を防止するための適切な措置が講じられたものでなければならない。

７　硝酸を含む溶液を内包する蒸発缶のうち、リン酸トリブチルその他の硝酸と反応するおそれがある有機溶媒（爆発の危険性がないものを除く。次項において「リン酸トリブチル等」という。）が混入するおそれがあるものは、当該設備の熱的制限値を超えて加熱されるおそれがないものでなければならない。

８　再処理施設には、前項の蒸発缶に供給する溶液中のリン酸トリブチル等を十分に除去し得る設備が設けられていなければならない。

９　水素を取り扱う設備（爆発の危険性がないものを除く。）は、適切に接地されているものでなければならない。

１０　水素の発生のおそれがある設備は、発生した水素が滞留しない構造でなければならない。

１１　水素を取り扱い、又は水素の発生のおそれがある設備（爆発の危険性がないものを除く。）をその内部に設置するセル、グローブボックス及び室は、当該設備から水素が漏えいした場合においてもこれが滞留しない構造とすることその他の爆発を防止するための適切な措置が講じられたものでなければならない。

１２　ジルコニウム金属粉末その他の著しく酸化しやすい固体廃棄物を保管廃棄する設備は、水中における保管廃棄その他の火災及び爆発のおそれがない保管廃棄をし得る構造でなければならない。

2　本申請において、火災の影響軽減として設置するパッケージ型ハロゲン化物自動消火設備に使用するガス消火剤（ハロン 1301）は、電気絶縁性が高いため、誤作動した場合でも重要な安全機能を担う電源盤の安全機能に支障を及ぼすおそれはない。

また、パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備が故障した場合においても電源盤の安全機能に支障を及ぼすおそれはない。

なお、パッケージ型ハロゲン化物自動消火設備は、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して転倒等しないよう据付ボルトで固定することから、損壊により電源盤の安全機能に支障を及ぼすおそれはない。

3　本申請において、火災の影響軽減として、重要な安全機能に係るケーブルの 2 系統が混在する火災区画内に設置されるケーブルラックの 1 系統について、巻設する障壁材はシリカ・マグネシア・カルシア系の断熱ブランケットであり、難燃性を有する材料である。

第十六条（安全機能を有する施設）

安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるように設置されたものでなければならない。

２　安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができるように設置されたものでなければならない。

３　安全機能を有する施設は、その安全機能を維持するため、適切な保守及び修理ができるように設置されたものでなければならない。

４　安全機能を有する施設に属する設備であって、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により損傷を受け、再処理施設の安全性を損なうことが想定されるものは、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

５　安全機能を有する施設は、二以上の原子力施設と共用する場合には、再処理施設の安全性が損なわれないように設置されたものでなければならない。

１　本申請において、火災の影響軽減として、重要な安全機能に係るケーブルの 2 系統が混在する火災区画内に設置されるケーブルラックの 1 系統について、巻設する障壁材は耐火性能を有するものであり、想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるように設置するため、問題はない。

２　本申請において、火災の影響軽減として、ケーブルラックに障壁材を巻設するものであり、給電対象に変更はないことから、ケーブルの健全性及び能力を確認するための検査又は試験に影響を与えないため、問題はない。

２．申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定若しくは同法第 44 条の 4 第 1 項の許可を受けたところ又は同条第 2 項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律附則第 5 条第 6 項において読み替えて準用する同法第 4 条第 1 項の規定に基づき、独立行政法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項により、指定があったものとみなされた再処理事業指定申請書について、令和 2 年 4 月 22 日付け令 02 原機（再）007 により届出を行っているところによる。

（別冊 1-39）

再処理施設に関する設計及び工事の計画

（高放射性廃液貯蔵場（HAW）の内部溢水対策に係る設備の設置）

放射性廃棄物の廃棄施設（その３）

高放射性廃液貯蔵場

目　　次

頁

１．　変更の概要　・・・

別　図　一　覧

別図-1　二次冷却水配管サポートの一部改造に伴う配管系統概要図

別図-2　浄水配管の一部改造に伴う配管系統概要図

別図-3　屋内消火栓配管の一部改造に伴う配管系統概要図

別図-4　堰の概要図

別図-5　架台による嵩上げの概要図

別図-6　扉開口部の概要図

別図-7　堰、架台及び扉開口部の設置箇所の概要図

別図-8　電磁弁の変更の概要図

別図-9　蒸気配管サポートの一部改造に伴う配管系統概要図

別図-10　蒸気配管の閉止措置に伴う配管系統概要図

別図-11　工事フロー（二次冷却水配管サポートの一部改造）

別図-12　工事フロー（浄水配管及び屋内消火栓配管の一部改造）

別図-13　工事フロー（堰の設置）

別図-14　工事フロー（架台による嵩上げ）

別図-15　工事フロー（扉開口部の設置）

別図-16　工事フロー（所定の防水保護等級を有する電磁弁への変更）

別図-17　工事フロー（蒸気配管サポートの一部改造）

別図-18　工事フロー（蒸気配管の閉止措置）

表　一　覧

表-1　内部溢水対策の基本方針を踏まえた対策内容

表-2　浄水配管及び屋内消火栓配管の設計条件

表-3　蒸気配管の設計条件

表-4　改造する配管等の仕様

表-5　堰の仕様

表-6　架台の仕様

表-7　扉開口部の仕様

表-8　電磁弁の仕様

表-9　蒸気配管サポートの一部改造及び閉止措置の仕様

表-10　工事の工程

１．変更の概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項に基づき、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定があったものとみなされた再処理施設について、平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受け、令和 3 年 6 月 30 日付け原規規発第 21063018 号をもって変更の認可を受けた核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画（以下「廃止措置計画」という。）について、変更認可の申請を行う。

高放射性廃液貯蔵場（HAW）の内部溢水対策に係る廃止措置計画変更認可の申請は、昭和 57 年 11 月 8 日に認可（57 安（核規）第 584 号）を受けた「再処理施設に関する設計及び工事の方法（その 25)」について、再処理施設の技術基準に関する規則に基づき実施するものである。

令和 3 年 6 月 29 日付け令 03 原機(再)009 で行った再処理施設に係る廃止措置計画の変更認可申請で示した内部溢水対策の基本方針を踏まえ、没水影響、被水影響及び蒸気影響を考慮した内部溢水対策の内容を表-1 に示す。

このうち、設計及び工事を伴う以下の対策について、設計及び工事の計画に係る申請を行う。

没水影響の対策として、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）を有する設備（以下「溢水防護対象設備」という。）が没水により機能喪失するおそれがある溢水源の配管に対し、溢水量の低減のために配管及び配管サポートの一部改造を行う。また、溢水防護対象設備を設置する区画外での溢水により溢水防護対象設備が機能喪失するおそれがある場合には区画境界への堰の設置を行う。溢水防護対象設備を設置する区画内での溢水により溢水防護対象設備が機能喪失するおそれがある場合には、区画外へ積極的に排水し、溢水防護対象設備が没水により機能喪失しないように境界部の扉への開口部の設置又は架台による溢水防護対象設備の嵩上げを行う。

被水影響の対策として、セル換気系出口の計測制御系の圧空作動弁の駆動用の電磁弁の被水による損傷を防止するため、防水保護等級を有する電磁弁に変更する。

蒸気影響の対策として、蒸気配管の損傷を防止するため配管サポートの一部改造及び使用の必要のない蒸気配管の閉止を行う。

上記以外の設計及び工事を伴わない対策として、安全対策資機材の嵩上げ及び被水防止等の対策を行う。

なお、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の内部溢水対策に係る安全対策の基本方針については、令和 3 年 6 月 29 日付け令 03 原機(再)009 で再処理施設に係る廃止措置計画の変更認可申請を行っており、その認可内容を踏まえて設計及び工事の計画を変更(又は補正)する可能性がある。

表-1　内部溢水対策の基本方針を踏まえた対策内容

廃止措置計画変更認可申請書 （令和 3 年 6 月 29 日付け令 03 原機（再）009）抜粋	高放射性廃液貯蔵場(HAW) の内部溢水対策
１．概要 本資料は，「再処理施設の技術基準に関する規則」（以下「再処理技術基準規則」という。）の第十二条に照らして，廃止措置段階にある再処理施設の高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟について，溢水により重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）を損なわないよう，防護対象設備に対して，想定破損による溢水，消火活動の放水による溢水及び地震起因による溢水を考慮した没水影響，被水影響及び蒸気影響のそれぞれに対して溢水防護対策を行うことを説明するものである。 「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」（以下「内部溢水ガイド」という。）に基づく，没水影響，被水影響及び蒸気影響のそれぞれに対する対応の概要を以下に示す。 溢水影響のうち，没水影響，被水影響については，内部溢水ガイドに基づき新たに講じる対策により，重要な安全機能が損なわれることがないよう，堰の設置等の没水対策，被水防止板の設置等の被水対策を実施する。 一方，蒸気影響の対策については，ガラス固化技術開発施設（TVF）の配管分岐室での蒸気漏えいにおいて，内部溢水ガイドに適合した防護対策が困難であるため，以下の対応により，蒸気影響により一時的に再処理施設の重要な安全機能に係るパラメータ測定（トランスミッタラックによる貯槽の液位等の計測機能）が損なわれた場合であっても，廃止措置の上で想定される事故である蒸発乾固の発生に至るまでの時間裕度の中で，事故対処設備を用いて重要な安全機能に係るパラメータを計測できるようにすることで，再処理技術基準規則に照らして同等の保安水準を確保する。 ・防護区画内に温度検知器を設置することにより蒸気漏えいを早期に検知する。 ・蒸気漏えいを早期に検知し，蒸気供給を遮断弁により自動停止することで蒸気漏えいを低減し，早期の復旧対応を可能とする。 ・可搬型設備を使用した事故対処により，必要な計測機能を復旧させることができるよう，手順及び資機材を整備し，時間裕度（ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟において 56 時間（濃縮器の遅延対策に係る時間裕度として 26 時間））を考慮し，有効性を確認した事故対処をあらかじめ講じる。 以上により，再処理施設で発生する溢水に対する施設の安全性を確保する。 没水影響，被水影響及び蒸気影響に係るそれぞれの対策の具体的な内容を以下に示す。	
(1) 没水影響の対策 ・溢水源となる配管等の補強対策 ・区画内外での溢水が想定される場合において，機器周辺又は境界扉周辺に堰を設置する対策 ・扉等への開口部の設置により，区画外へ排水することで没水を防止する対策 ・架台等による溢水防護対象設備の嵩上げ対策	(1) 没水影響の対策 ○溢水源となる配管の補強 ○堰の設置 ○扉への開口部の設置による排水 ○架台による嵩上げ
(2) 被水影響の対策 ・被水防止板，被水防止シート及び被水防止カバーによる被水対策 ・防滴仕様を有する設備への変更 ・制御盤等の接続部のコーキング等によるシール処置	(2) 被水影響の対策 ○防滴仕様を有する設備への変更
(3) 蒸気影響の対策 ・蒸気配管の補強対策 ・蒸気漏えいが想定される場合において，時間裕度に応じて運転員による弁の閉止操作又は温度検知による自動閉止操作（遮断弁） ・ターミナルエンドカバーの設置による漏えい蒸気量の緩和対策 ・使用する用途の無い配管について，閉止する対策 ・配管分岐室のトランスミッタラック（液位等の計測機能）については，当該区画で蒸気漏えいが発生した場合に内部溢水ガイドの要求に合致したカバーの設置，仕切り板の設置等の防護対策が困難であった。これに対して，防護区画内に温度検知器を設置することにより蒸気漏えいを早期に検知し蒸気漏えいを停止することで早期の復旧対応を可能とした。 また，蒸気漏えいにより計測設備が機能喪失した場合に備え，有効性を確認した可搬型設備による事故対処により重要な安全機能の維持をするとともに，計測設備の予備品を拡充することで，早期の復旧を可能とする対策を講じた。	(3) 蒸気影響の対策 ○蒸気配管の補強対策 ○蒸気配管の閉止

下線の項目について設計及び工事の計画に係る申請を行う。

２．準拠すべき法令、基準及び規格

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（昭和 32 年法律第 166 号）

「再処理施設の技術基準に関する規則」（令和 2 年原子力規制委員会規則第 9 号）

「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（平成25年原子力規制委員会規則第27号）

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（平成 25 年 原子力規制委員会規則第 5 号）

「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」（昭和 46 年総理府令第 10 号）

「日本産業規格(JIS)」

「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(JSME)」（日本機械学会）

「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)」（日本電気協会）

「原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)」（日本電気協会）

「機械設備工事監理指針」（公共建築協会）

「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」（原子力規制委員会）

「発電用原子力設備規格 (JSME)」（日本機械学会）

「電気設備に関する技術基準を定める省令」（平成 9 年通商産業省令第 52 号）

「日本電機工業会標準規格(JEM)」

「電気規格調査会標準規格(JEC)」（電気学会）

３．設計の基本方針

本申請に係る内部溢水対策は、再処理施設の技術基準に関する規則第 12 条に基づき、内部溢水による溢水防護対象設備の機能喪失を防止するために、溢水防護対象設備に対して、想定破損による溢水、消火活動の放水による溢水及び地震起因による溢水を考慮した没水影響、被水影響及び蒸気影響のそれぞれに対して溢水防護を目的とした設備を設置するものである。

これらの設備は、「再処理施設の技術基準に関する規則」の第 6 条（地震による損傷の防止）の第 1 項、第 12 条（再処理施設内における溢水による損傷の防止）、第 16 条（安全機能を有する施設）の第 2 項及び第 3 項、第 17 条(材料及び構造)の第 1 項及び第 2 項の技術上の基準を満足するよう行う。

４．設計条件及び仕様

(1) 設計条件

本申請に係る内部溢水対策は、内部溢水による溢水防護対象設備の機能喪失を防止するために、溢水防護対象設備に対して、廃止措置計画変更認可申請書（令和３年６月 29 日申請「再処理施設 廃止措置計画認可申請書」の別添 6-1-6-1「高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策について」）に示した没水の影響評価結果より、想定破損による溢水、消火活動の放水による溢水及び地震起因による溢水を考慮した没水影響、被水影響及び蒸気影響のそれぞれに対して必要な設備を設置する。

①没水影響の対策

制御室（G441）、電気室（W461）及び電気室（G355）内への溢水による水の流入量を低減するため、想定破損の可能性のある二次冷却水配管はサポート位置の一部改造、想定破損又は地震起因による損傷の可能性のある浄水配管は配管経路の一部改造、想定破損の可能性のある屋内消火栓配管に対してはバルブの追加設置と配管の一部を改造する内部溢水対策を行う。改造を行う屋内配管等は、多質点解析により溢水源とならないことを確認する。

また、改造を行う屋内配管等の評価結果をもとに制御室（G441）、電気室（W461）及び電気室（G355）に対し、溢水した水の流入を防止する堰を設置し、当該区画の溢水防護対象設備の機能が喪失しないようにする。堰は主要な材料を金属製とし、水の流入を防止できる高さを有し、保守作業に支障がないよう取り外しができる設計とする。

配管の内部溢水対策は、既設配管と同等以上の材料を使用し、機能・性能に影響を与えないようにする。また、浄水配管の配管経路の一部改造に伴い、使用しない既設配管については閉止措置を行う。

配管等の一部改造及び堰の設置により、制御室（G441）、電気室（W461）及び電気室（G355）内の溢水防護対象設備に対し、想定破損又は地震起因による損傷により機能喪失を生じさせないようにする。

屋上の溢水防護対象設備（緊急電源接続盤（端子箱））は、内部溢水による没水を防止するため、架台による嵩上げを実施する。架台高さは屋上の没水高さ以上とな

るような設計とする。

熱交換器室（G341～G352）の溢水防護対象設備（一次系の送水ポンプ、ガンマポット及び熱交換器）は、区画内の溢水により没水して機能喪失を防止するため、熱交換器室（G341～G352）と廊下(G358)の境界扉に開口部を設置し、区画内の配管が想定破損又は地震起因により破損した場合の溢水を廊下(G358)へ排水することで没水を防止する設計とする。開口部の面積は、区画内の配管のうち想定破損による流出量の最も多い二次冷却水配管が想定破損した場合の溢水量を排水可能となる設計とする。

配管の改造等を行う浄水配管及び屋内消火栓配管の設計条件を表-2、冷却水配管サポートの一部改造の概要図を別図-1、浄水配管の配管経路の一部改造の概要図を別図-2、屋内消火栓配管の一部改造等の概要図を別図-3、堰の概要図を別図-4、架台による嵩上げの概要図を別図-5、扉開口部の概要図を別図-6、堰、架台及び扉開口部の設置箇所の概要図を別図-7 に示す。

表-2　浄水配管及び屋内消火栓配管の設計条件

対象配管	流体	改造 場所	材質	設計温度 (℃)	設計圧力 (MPa)	耐震 分類
浄水配管	浄水	屋上 冷水製造室 (G542) エアロック室 (G543)	ステンレス鋼	45/-8	0.245	C
屋内消火栓配管	浄水	廊下 (G545)	炭素鋼	60	0.69	C

②被水影響の対策

排気機械室(A422)に設置しているセル換気系出口の計測制御系の圧空作動弁(272W503、272W504)の駆動用の電磁弁（以下「電磁弁」という。)は、区画内の冷水配管等の想定破損に伴う被水による損傷を防止するために、所定の防水保護等級を有する電磁弁へ変更する。

電磁弁の変更の概要図を別図-8 に示す。

③蒸気影響の対策

操作室(A421)の溢水防護対象設備（排風機)、排気機械室(A422)の溢水防護対象設備（排風機及び電磁弁）及び廊下(G449)の溢水防護対象設備（緊急電源接続盤等）に対して影響を与える蒸気漏えい源となる蒸気配管ついては、想定破損及び地震起因による損傷を防止するためサポートの一部改造を行う。

屋上の溢水防護対象設備（二次系の送水ポンプ、冷却塔及び浄水ポンプ）及び廊下(G449)の溢水防護対象設備（緊急電源接続盤等）に対する蒸気漏えい源となる空調系の蒸気配管及び温水用途の蒸気配管については閉止措置を行う。

改造を実施する蒸気配管の設計条件を表-3、蒸気配管サポートの一部改造の概要図を別図-9、蒸気配管の閉止措置の概要図を別図-10 に示す。

表-3　蒸気配管の設計条件

対象配管	流体	設置場所	材質	設計温度(℃)	設計圧力(MPa)	耐震分類
蒸気配管	蒸気	蒸気分岐室(G544) 廊下(G545) 操作室(A421)	ステンレス鋼	145 195 175	0.343 1.323 0.764	B

(2) 仕様

①没水影響の対策

没水影響の対策のうち改造する配管等の仕様を表-4 に、堰の仕様を表-5 に、架台の仕様を表-6 に、扉開口部の仕様を表-7 に示す。

表-4　改造する配管等の仕様

名称	配管番号	部材名	材質	呼び径(A)	肉厚(mm)
浄水配管	272.TWa.12.50.D5S 272.TWa.21.25.D5S 272.TWa.22.25.D5S	配管	SUS304TP-S (JIS G3459)	50	2.8
				25	3.4
		配管部品	ステンレス鋼及び炭素鋼	25～50	-
		バルブ	ステンレス鋼	25	-
屋内消火栓配管	-	配管	SUS304TP-S (JIS G3459)	65	3.0
				50	2.8
		配管部品	ステンレス鋼及び炭素鋼	65	-
				50	-
		バルブ	ステンレス鋼	50	-

表-5　堰の仕様

名称	設置場所	据付ボルト(本) ※1	溢水防護対象設備	堰高さ(cm)	漏水量による等級
堰(HAW-01)	階段室(G450)の5階階段	10	主制御盤	35以上	Ws-4以上(JIS A4716)
堰(HAW-02)	制御室(G441)［制御室(G441)と操作室(G442)の境界扉近傍］	6	主制御盤		
堰(HAW-03)	廊下 (G449)［制御室(G441)と廊下(G449)の境界扉近傍］	6	主制御盤		
堰(HAW-04)	放管機械室(A425)［電気室(W461)と放管機械室(A425)の境界扉近傍］	6	高圧受電盤 低圧配電盤		
堰(HAW-05)	エアロック室(W462)［電気室(W461)とエアロック室(W462)の境界扉近傍］	6	高圧受電盤 低圧配電盤		
堰(HAW-06)	操作室(A321)［電気室(G355)と操作室(A321)の境界扉近傍］	6	動力分電盤		
堰(HAW-07)	廊下(G358)［電気室(G355)と廊下(G358)の境界扉近傍］	6	動力分電盤		

※1 ガイドレール等を介して、壁、床に固定する。材質はステンレス鋼。

表-6　架台の仕様

名称	溢水防護対象設備	設置場所	材質	架台高さ(cm)
架台	緊急電源接続盤(端子箱)	屋上	ステンレス鋼	15 以上

表-7　扉開口部の仕様

名称	設置場所	仕様
扉開口部	熱交換器室(G341～G352)と廊下(G358)の境界扉12個	面積：55 cm^2以上 開口部上端の高さが床面から24 cm以下

②被水影響の対策

所定の防水保護等級を有する電磁弁の仕様を表-8 に示す。

表-8　電磁弁の仕様

名称	仕様		
	材質	呼び径（A）	防水保護等級
電磁弁	ステンレス鋼	15	4級以上 （JIS C0920）

③蒸気影響の対策

蒸気配管のサポートの一部改造及び閉止措置の仕様を表-9 に示す。

表-9　蒸気配管サポートの一部改造及び閉止措置の仕様

対象配管	配管番号	部材名	材質	呼び径 (A)	肉厚 (mm)
蒸気配管	272.S.79.50.J4S	配管部品	ステンレス鋼	50	3.5
	272.S.50.50.J4S 272.S.51.50.J4S			－	－

(3) 保守

本申請に係る内部溢水対策設備は、その機能を維持するため、適切な保守ができるようにする。保守において交換する部品類はバルブ、ボルト、ナット、ガスケット類、電磁弁、堰の部品等であり、適時、これらの予備品を入手し、再処理施設保安規定に基づき交換する。

５．工事の方法

本申請における工事については、「再処理施設の技術基準に関する規則」に適合するよう工事を実施し、技術基準に適合していることを適時の試験・検査により確認する。

5.1　工事の方法及び手順

(1) 没水影響の対策（二次冷却水配管サポートの一部改造）

本工事では、材料を入手後、加工を行ったうえ現地に搬入し、サポート据付、撤去を行う。本工事を行うに当たっては、事前に仮設足場を設置し実施する。施工後、所要の試験・検査を行った後に仮設足場の撤去を行う。これらの作業全般にわたり、火災防護・高所作業等の所要の安全対策を行う。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図-11 に示す。

1) 試験・検査項目

①据付・外観検査

対　象：サポート

方　法：改造したサポートの位置及び外観を目視により確認する。

判　定：設置したサポートが所定の位置にあり、有害な傷・変形がないこと。

②寸法検査

対　象：サポート

方　法：サポートについて、支持間隔を金尺等で確認する。

判　定：サポートの配管支持間隔が所定の支持間隔以内であること。

(2) 没水影響の対策（浄水配管及び屋内消火栓配管の一部改造）

本工事に用いる新規配管類は、材料を入手後、工場に搬入して加工・溶接を行った後、現地に搬入する。本工事を行うに当たっては、事前に仮設足場を設置し、浄水配管及び屋内消火栓配管の一部改造においては、必要となる安全対策を講じた上で、

既設配管の一部を撤去した後、改造に係る配管類を設置する。施工後、所要の試験・検査を行った後に仮設足場の撤去を行う。

これらの作業全般にわたり、火災防護、高所作業等の所要の安全対策を行う。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図-12 に示す。

1）試験・検査項目

①材料確認検査

対　象：配管、配管部品、バルブ

方　法：改造に用いる配管、配管部品及びバルブの仕様を材料証明書等により確認する。

判　定：表-4 の仕様であること。

②耐圧・漏えい検査 1（耐圧試験）

対　象：配管、配管部品

方　法：改造に係る配管部品に表-2 の設計圧力の 1.5 倍以上の水圧（水圧で検査を行うことが不適切な場合は、設計圧力の 1.25 倍以上の気体）をかけ、目視により変形及び漏れ有無を確認する。

判　定：著しい変形及び検査箇所からの漏れがないこと。

③耐圧・漏えい検査 2（浸透探傷試験）

対　象：配管、配管部品

方　法：耐圧試験が困難な箇所については溶接部の浸透探傷試験（JIS Z2343）を行い、浸透指示模様の有無を確認する。

判　定：浸透指示模様がないこと。

④耐圧・漏えい検査 3（通水試験）

対　象：配管、配管部品、バルブ

方　法：各系統に通水を行い、目視により漏れの有無を確認する。

判　定：漏れのないこと。

⑤据付・外観検査

対　象：配管、配管部品、バルブ、サポート、保温材

方　法：改造した配管、配管部品、サポート、バルブの位置及び外観を目視により確認する。保温材については、施工後の状態を目視により確認する。

判　定：改造した配管、配管部品、バルブ、サポートが所定の位置にあり、有害な傷・変形がないこと。

施工した保温材に有害な傷・変形がないこと。

(3) 没水影響の対策（堰の設置）

本工事では、材料を入手後、加工を行ったうえ現地に搬入し、設置する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図-13 に示す。

1）試験・検査項目

①材料確認検査

対　象：据付ボルト

方　法：据付ボルトの材料について、材料証明書等により確認する。

判　定：材料証明書等の記載内容が所定の材料であること。

②仕様検査

対　象：堰

方　法：堰が JIS A4716 で規定された漏水量による等級 Ws-4 以上であることを仕様により確認する。

判　定：JIS A4716 で規定された漏水量による等級 Ws-4 以上であること。

③据付・外観検査

対　象：堰

方　法：堰の位置及び外観を目視により確認する。また、堰の据付ボルトの本数を確認する。

判　定：設置した堰が別図-7 の位置にあり、有害な傷、変形、破損等がないこと。また、堰の据付ボルトの本数が表-5 の仕様以上であること。

④寸法検査

対　象：堰

方　法：堰の高さを、金尺等を用いて確認する。

判　定：表-5 の仕様であること。

(4) 没水影響の対策（架台による嵩上げ）

本工事では、材料を入手後、加工を行ったうえ現地に搬入し、設置する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図-14 に示す。

1）試験・検査項目

①据付・外観検査

対　象：架台

方　法：架台の位置及び外観を目視により確認する。

判　定：設置した架台に有害な傷、変形、破損等がないこと。

②寸法検査

対　象：架台

方　法：架台の高さを、金尺等を用いて確認する。

判　定：表-6 の仕様であること。

(5) 没水影響の対策（扉開口部の設置）

本工事では、熱交換器室（G341～G352）の溢水量を区画外の廊下(G358)へ排水できる面積を有する開口部を境界扉に設置する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図-15 に示す。

1）試験・検査項目

①外観検査

対　象：扉開口部

方　法：扉開口部の外観を目視により確認する。

判　定：扉開口部に有害な傷、変形、破損等がないこと。

②寸法検査

対　象：扉開口部

方　法：扉開口部の主要寸法を金尺等を用いて確認する。

判　定：表-7 の仕様であること。

(6) 被水影響の対策(所定の防水保護等級を有する電磁弁への変更)

本工事では、既製品を入手後、現地に搬入し設置する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図-16 に示す。

1）試験・検査項目

①仕様検査

対　象：電磁弁

方　法：電磁弁の防水保護等級を仕様により確認する。

判　定：JIS C0920 で規定された防水保護等級 4 級以上であること。

②据付・外観検査

対　象：電磁弁

方　法：電磁弁の位置及び外観を目視により確認する。

判　定：電磁弁が別図-8 の位置にあり、有害な傷、変形、破損等がないこと。

(7) 蒸気影響の対策(蒸気配管サポートの一部改造)

本工事では、材料を入手後、加工を行ったうえ現地に搬入し、サポートの据付を行う。本工事を行うに当たっては、事前に仮設足場を設置する。施工後、所要の試験・検査を行った後に仮設足場の撤去を行う。これらの作業全般にわたり、火災防護、高所作業等の所要の安全対策を行う。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図-17 に示す。

1）試験・検査項目

①材料確認検査

対　象：配管部品

方　法：改造に用いる配管部品の仕様を材料証明書等により確認する。

判　定：表-9 の仕様であること。

②据付・外観検査 1（浸透探傷試験）

対　象：配管部品

方　法：溶接部について浸透探傷試験（JIS Z2343)を行い、浸透指示模様の有無を確認する。

判　定：浸透指示模様がないこと。

③据付・外観検査 2

対　象：サポート、保温材

方　法：改造したサポートの位置及び外観を目視により確認する。保温材については、施工後の状態を目視により確認する。

判　定：設置したサポートが所定の位置にあり、有害な傷・変形がないこと。
施工した保温材に有害な傷・変形がないこと。

(8) 蒸気影響の対策(蒸気配管の閉止措置)

本工事では、材料を入手後、加工を行ったうえ現地に搬入し、既設配管を切断後にキャップ等を溶接することで閉止措置する。本工事を行うに当たっては、事前に仮設足場を設置する。施工後、所要の試験・検査を行った後に仮設足場の撤去を行う。これらの作業全般にわたり、火災防護、高所作業等の所要の安全対策を行う。

本工事において実施する試験・検査項目(調達管理等の検証のために行う検査を含む。)、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図-18 に示す。

1) 試験・検査項目

①材料確認検査

対　象：配管部品

方　法：閉止措置に使用する配管部品の仕様を材料証明書等により確認する。

判　定：表-9 の仕様であること。

②耐圧・漏えい検査(浸透探傷試験)

対　象：切断配管の閉止措置部

方　法：溶接部について浸透探傷試験(JIS Z2343)を行い、浸透指示模様の有無を確認する。

判　定：浸透指示模様がないこと。

③据付・外観検査

対　象：切断配管の閉止措置部、保温材

方　法：切断配管の閉止措置後、閉止措置部の外観を目視により確認する。
また、保温材については、施工後の状態を目視により確認する。

判　定：閉止箇所が別図-10 の位置にあり、有害な傷、変形がないこと。
施工した保温材に有害な傷・変形がないこと。

5.2 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の工事上の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事は、周辺設備に影響を与えないよう、隔離措置、養生を施して行う。

③ 本工事においては、工事に係る作業手順、装備、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した作業計画書及び特殊放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。

④ 本工事における火気作業時は、近傍の可燃物を除去した上で実施する。ただし、可燃物を除去できない場合は、不燃シートによる作業場所の養生等を行い、火災を防止する。

⑤ 本工事においては、ヘルメット、革手袋、保護メガネ等の保護具を着用し、災害防止に努める。

⑥ 本工事においては、経年変化を考慮して作業場所の汚染確認を実施するとともに、必要に応じ、除染、遮蔽等の処置を講じて作業者の被ばく及び作業場所の汚染拡大を防止する。

⑦ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

⑧ 本工事において消火機能の停止中に既設の自動火災報知設備により火災を確認した場合は、分離精製工場の消火栓又は屋外消火栓を使用して消火できるように処置する。

⑨ 電磁弁は、既設として 2 系統あり、1 系統ずつ所定の防水保護等級を有するものに変更する。変更時は、作業手順、連絡体制等を十分検討した手順書を使用し、1 系統の使用状態を保ちながら、変更する系統の電磁弁の使用停止、系統隔離を確認した後に実施する。

⑩ 浄水配管の一部改造時は、冷却塔等への浄水供給ができなくなるので、必要に応じた仮設の供給ラインを敷設し、冷却塔等への浄水供給ができるように処置する。

６．工事の工程

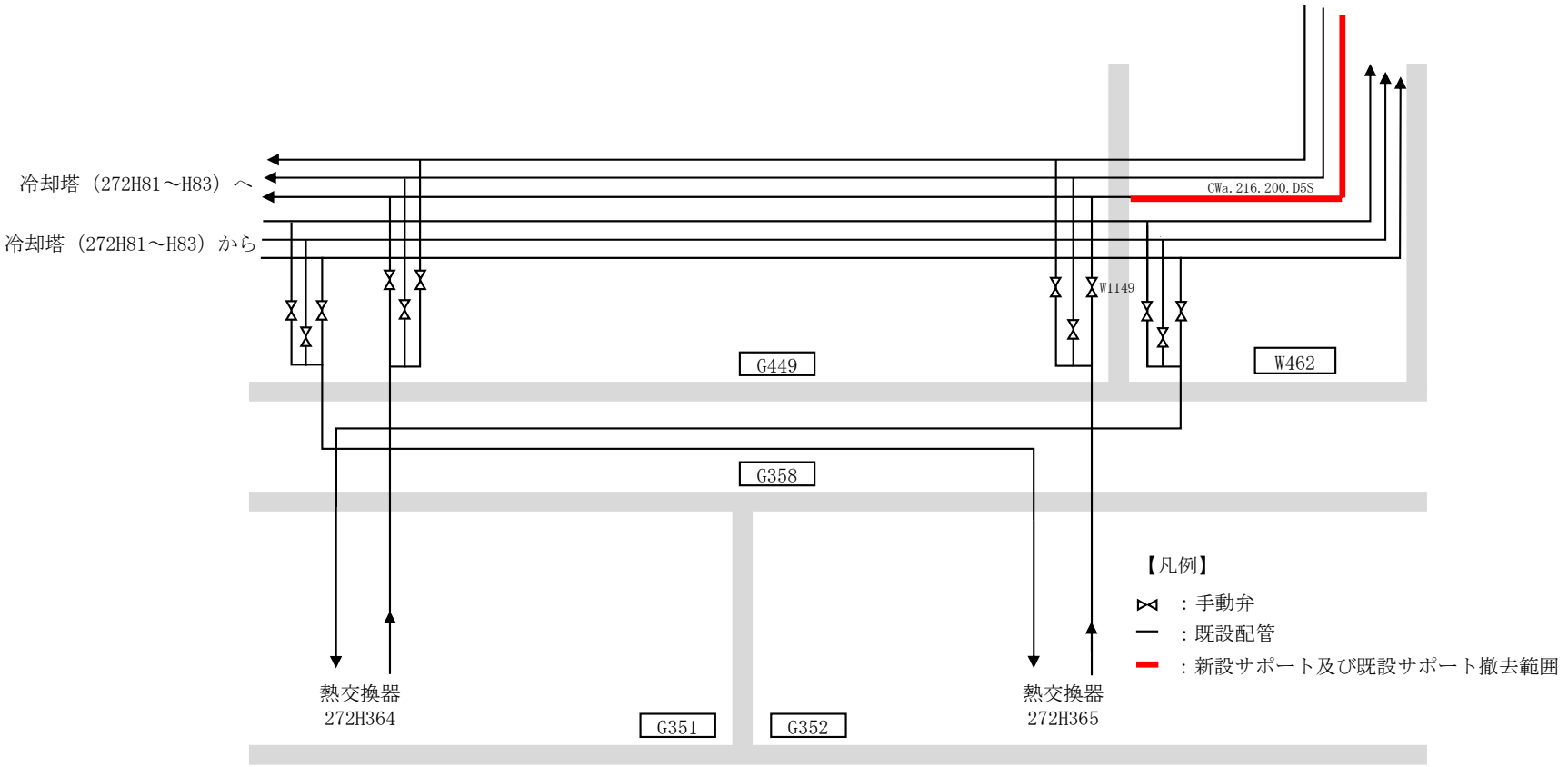
本申請に係る工事の工程を表-10 に示す。

表-10　工事の工程

<table>
<tr><th></th><th colspan="4">令和 4 年度</th><th colspan="4">令和 5 年度</th></tr>
<tr><td rowspan="3">高放射性廃液貯蔵場（HAW）内部溢水対策に係る設備の設置</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">工　事　※</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

※工事工程は他の安全対策工事との調整に基づき変更する可能性がある。

別　　図



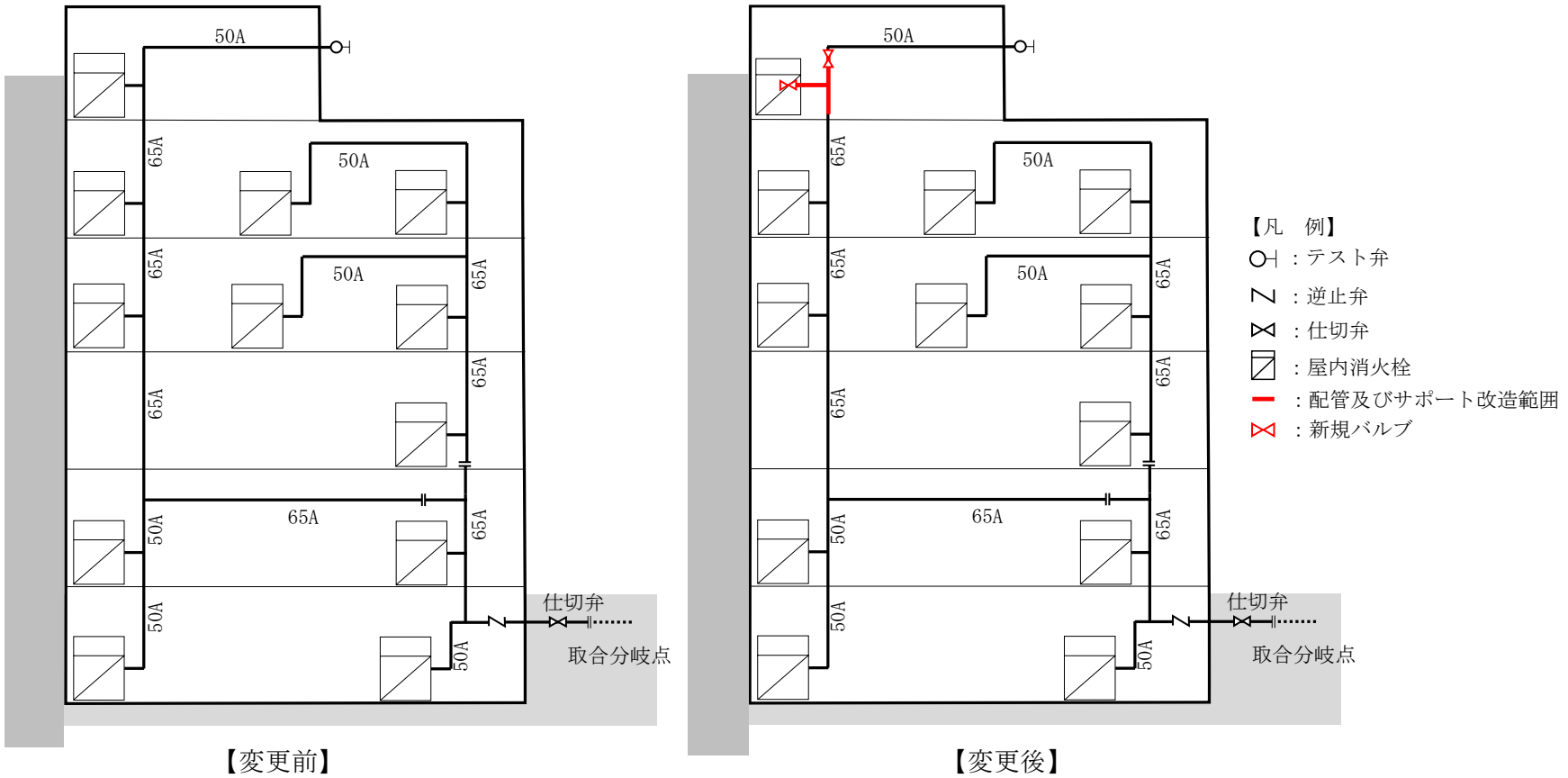
別図-1　二次冷却水配管サポートの一部改造に伴う配管系統概要図



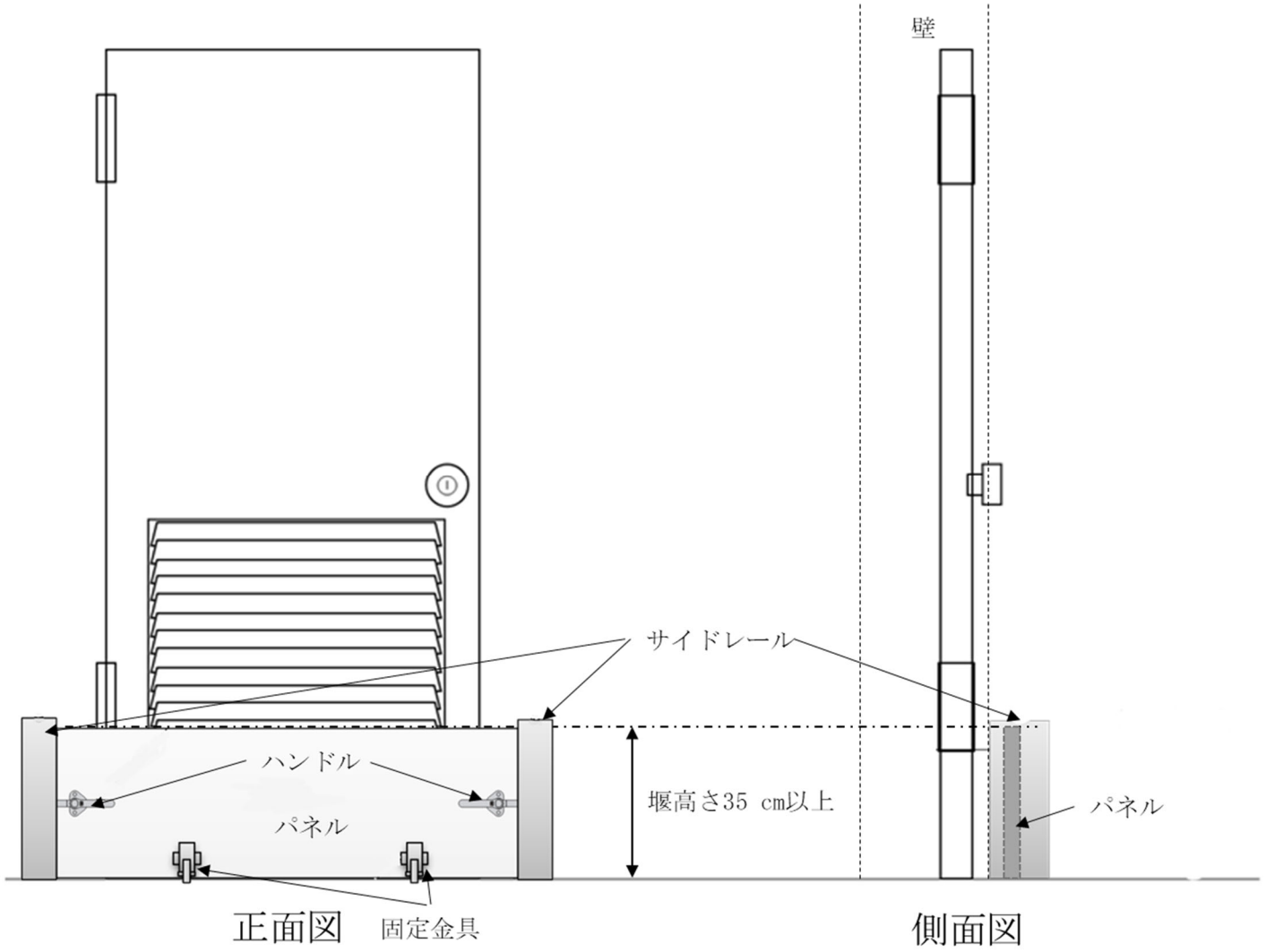
別図-2　浄水配管の一部改造に伴う配管系統概要図(1/2)



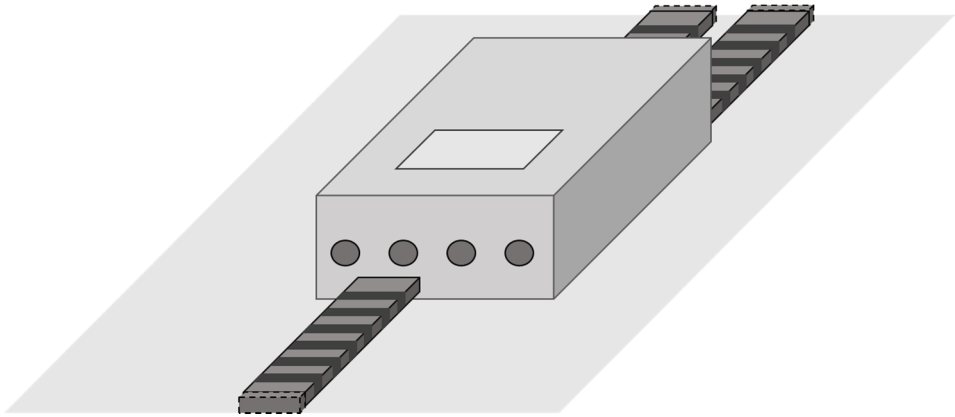
別図-2　浄水配管の一部改造に伴う配管系統概要図(2/2)



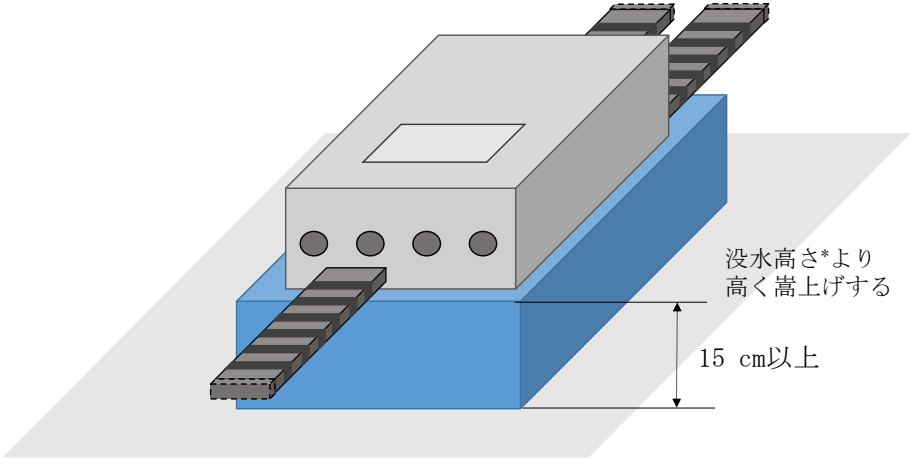
別図-3　屋内消火栓配管の一部改造に伴う配管系統概要図



別図-4　堰の概要図



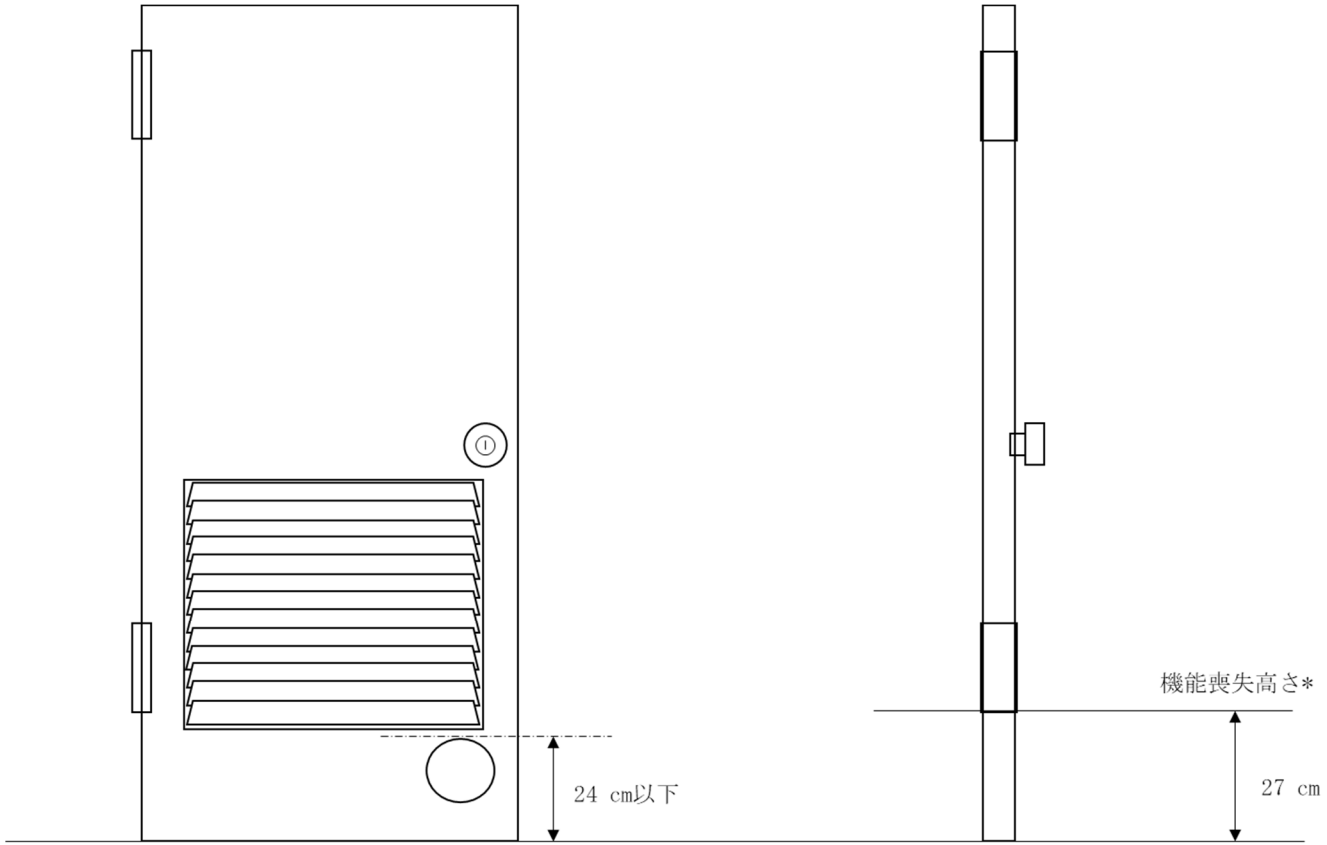
〈変更前〉



〈変更後〉

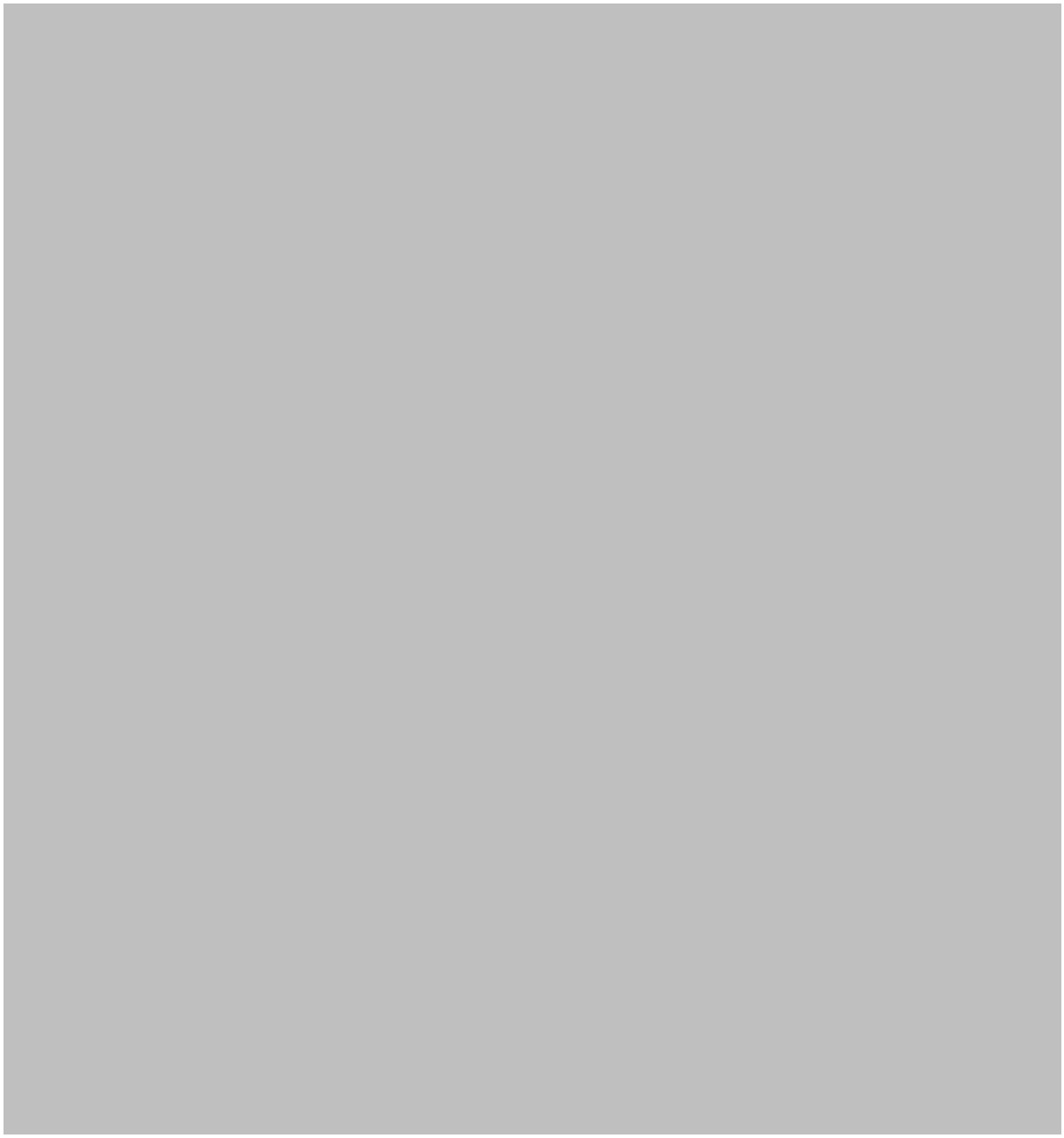
*:廃止措置計画変更認可申請書（令和 3 年 6 月 29 日申請「再処理施設 廃止措置計画認可申請書」の別添 6-1-6-1「高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策について」）に示した没水高さの最大値より設定

別図-5　架台による嵩上げの概要図



*:廃止措置計画変更認可申請書（令和 3 年 6 月 29 日申請「再処理施設 廃止措置計画認可申請書」の別添 6-1-6-1「高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策について」）に示した機能喪失高さより設定

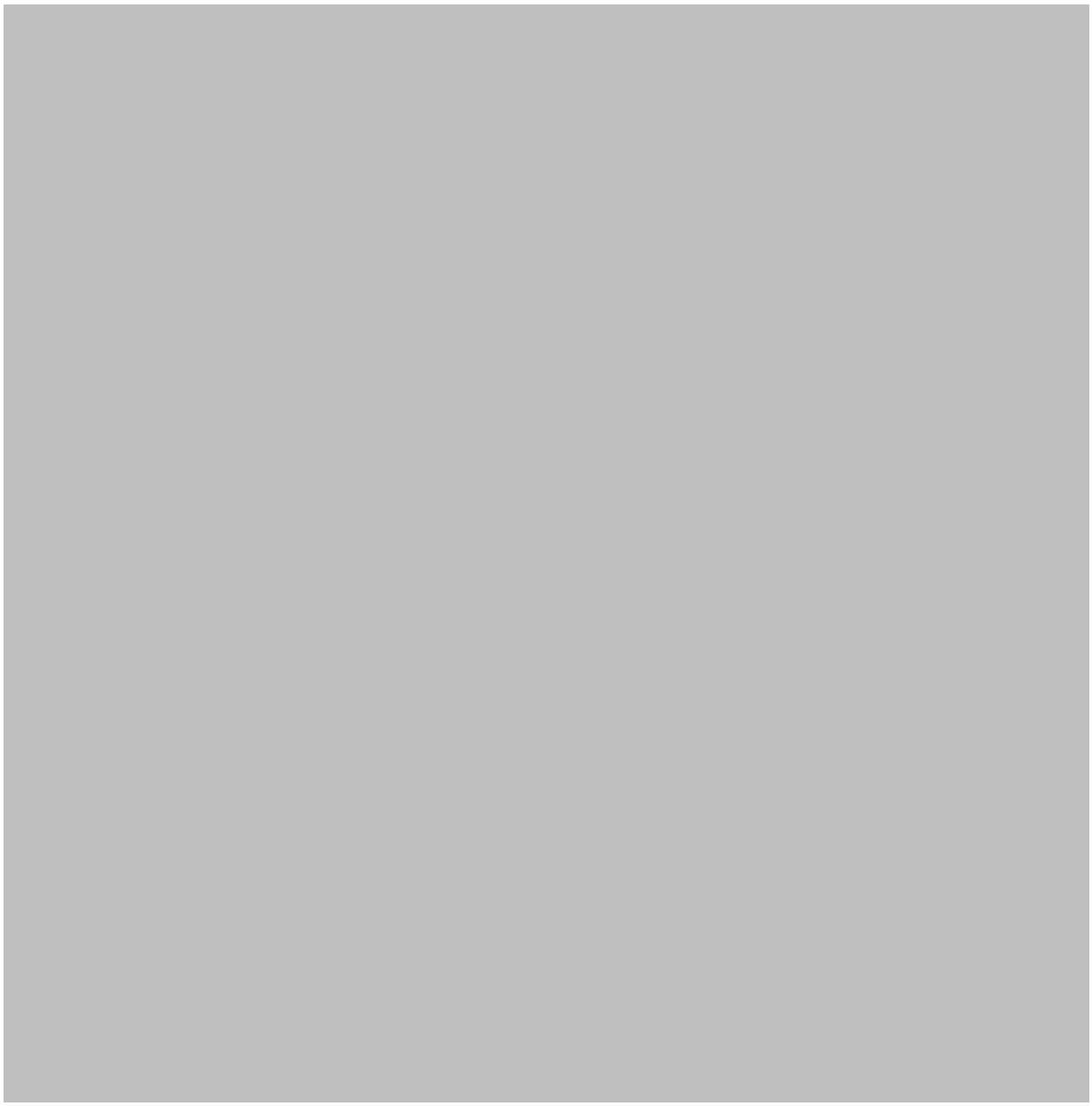
別図-6　扉開口部の概要図



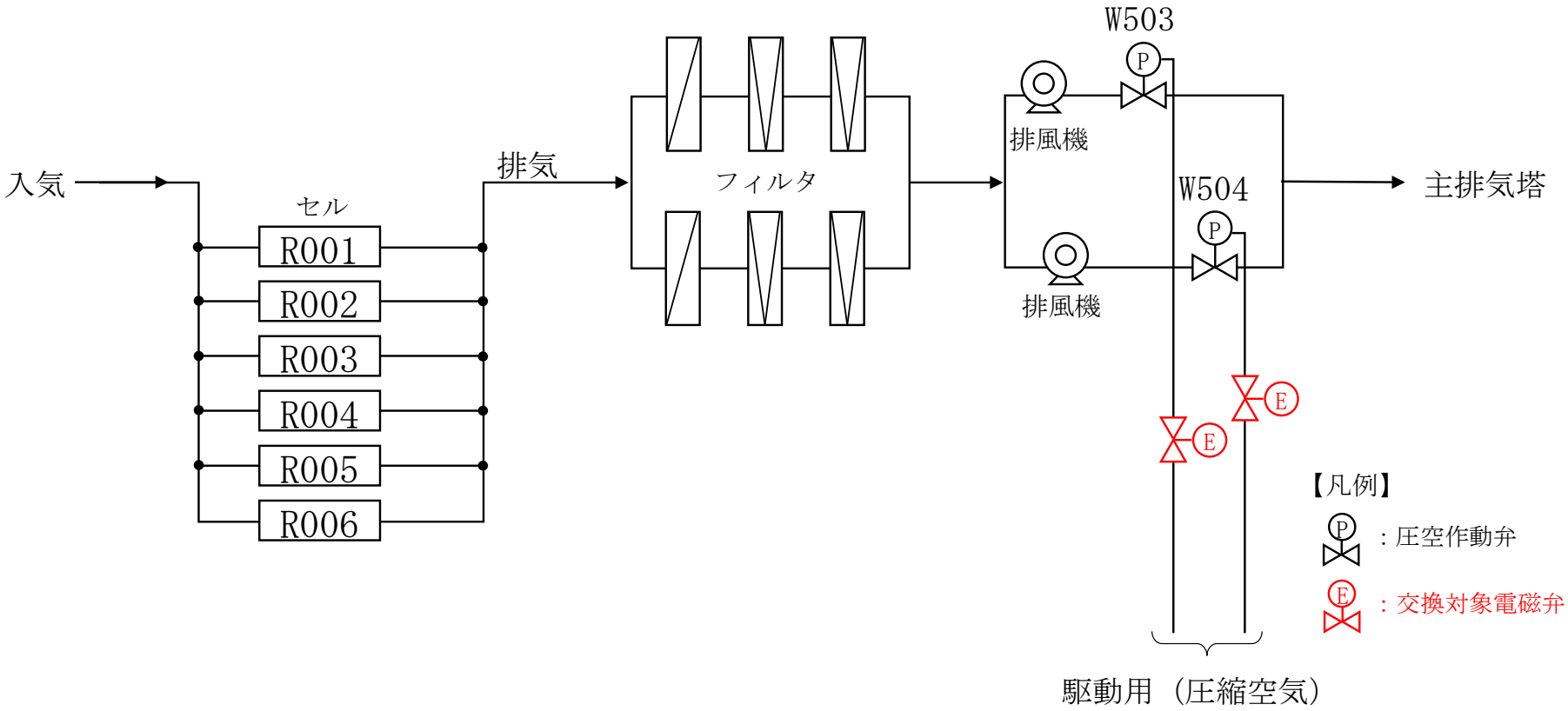
別図-7　堰、架台及び扉開口部の設置箇所の概要図(1/3)



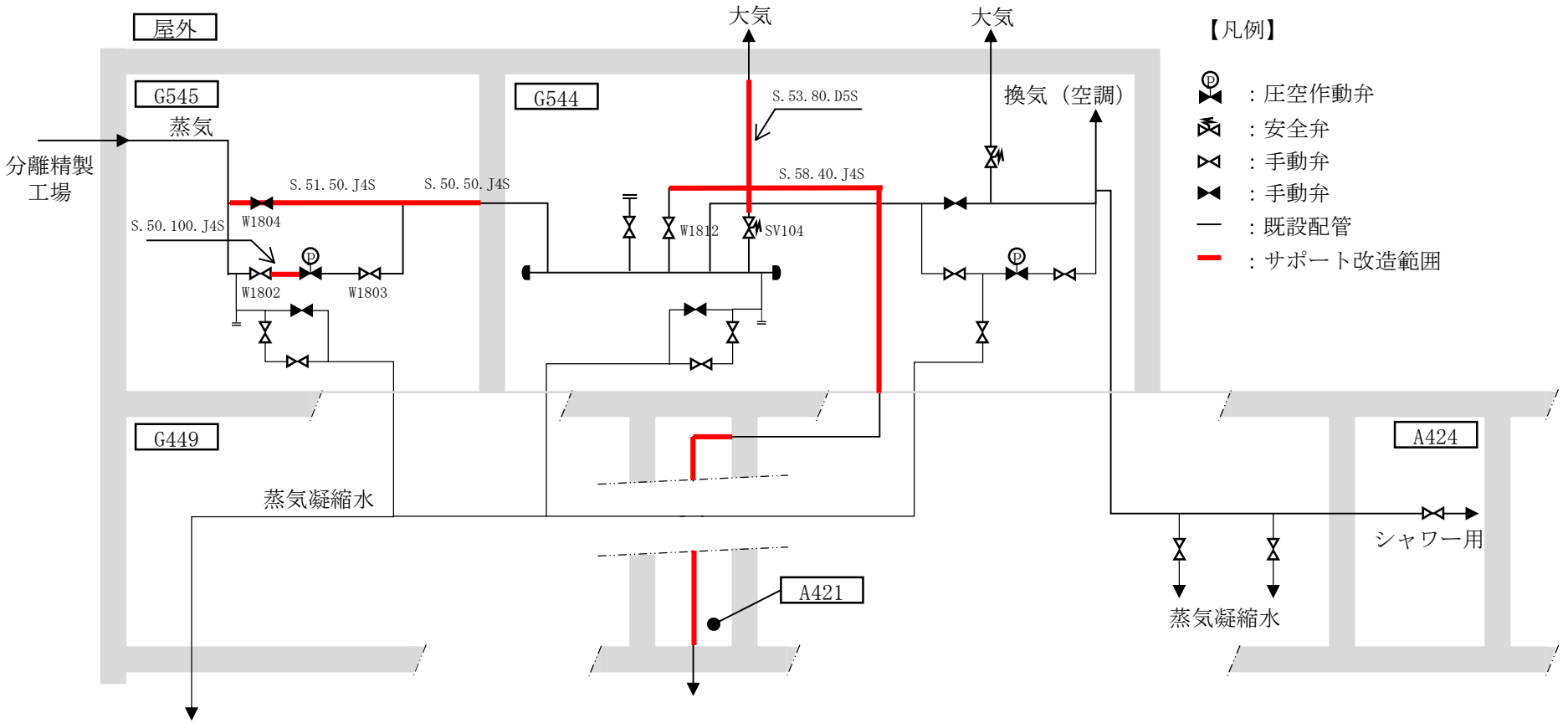
別図-7　堰、架台及び扉開口部の設置箇所の概要図(2/3)



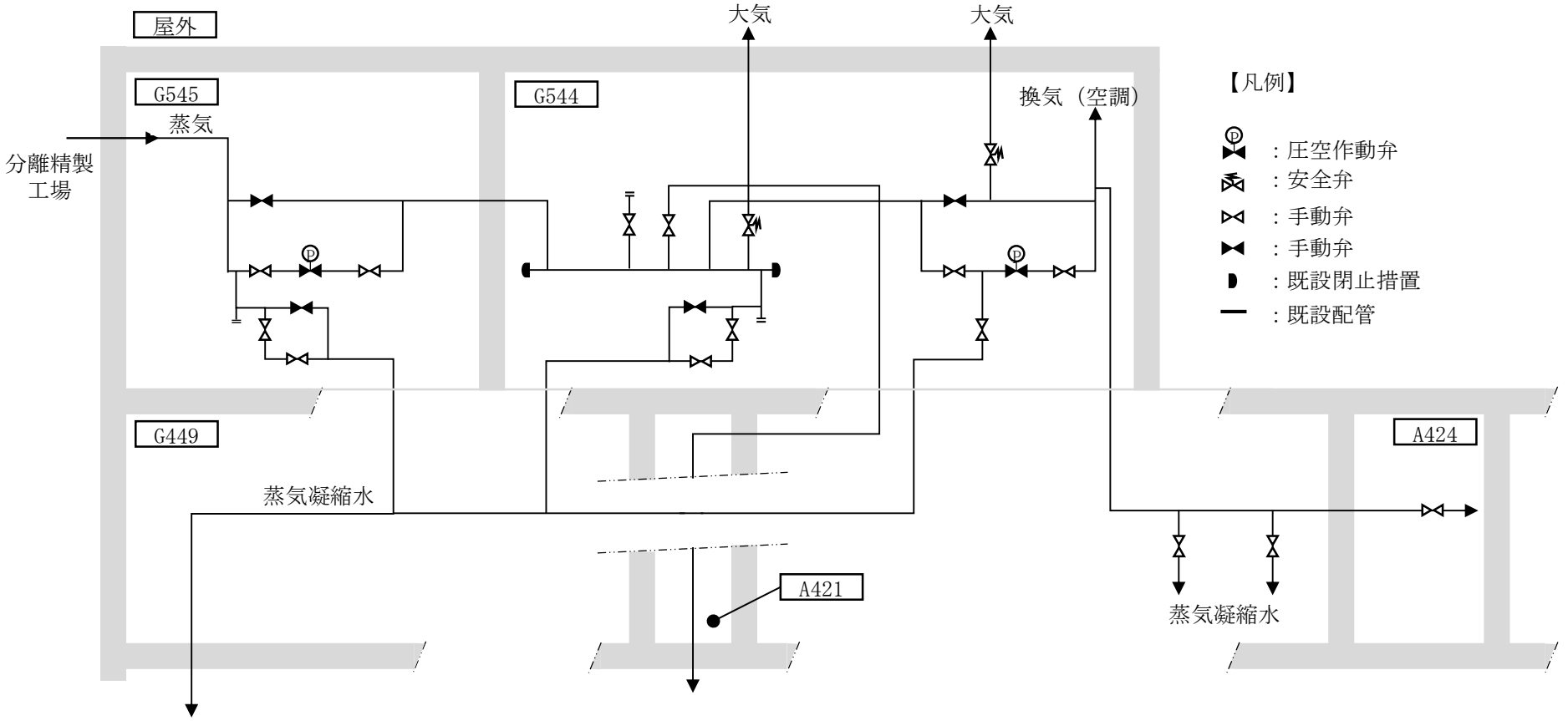
別図-7　堰、架台及び扉開口部の設置箇所の概要図(3/3)



別図-8　電磁弁の変更の概要図

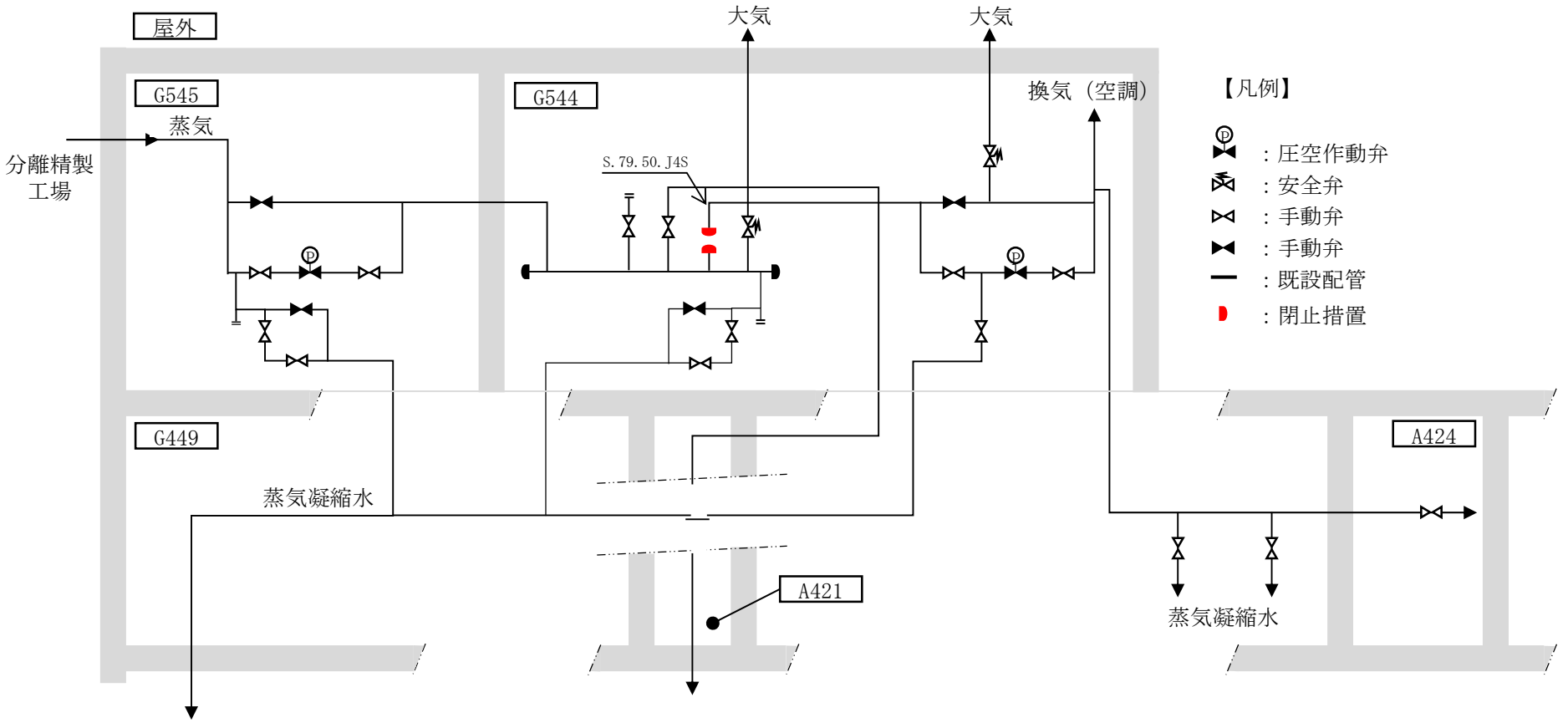


別図-9　蒸気配管サポートの一部改造に伴う配管系統概要図



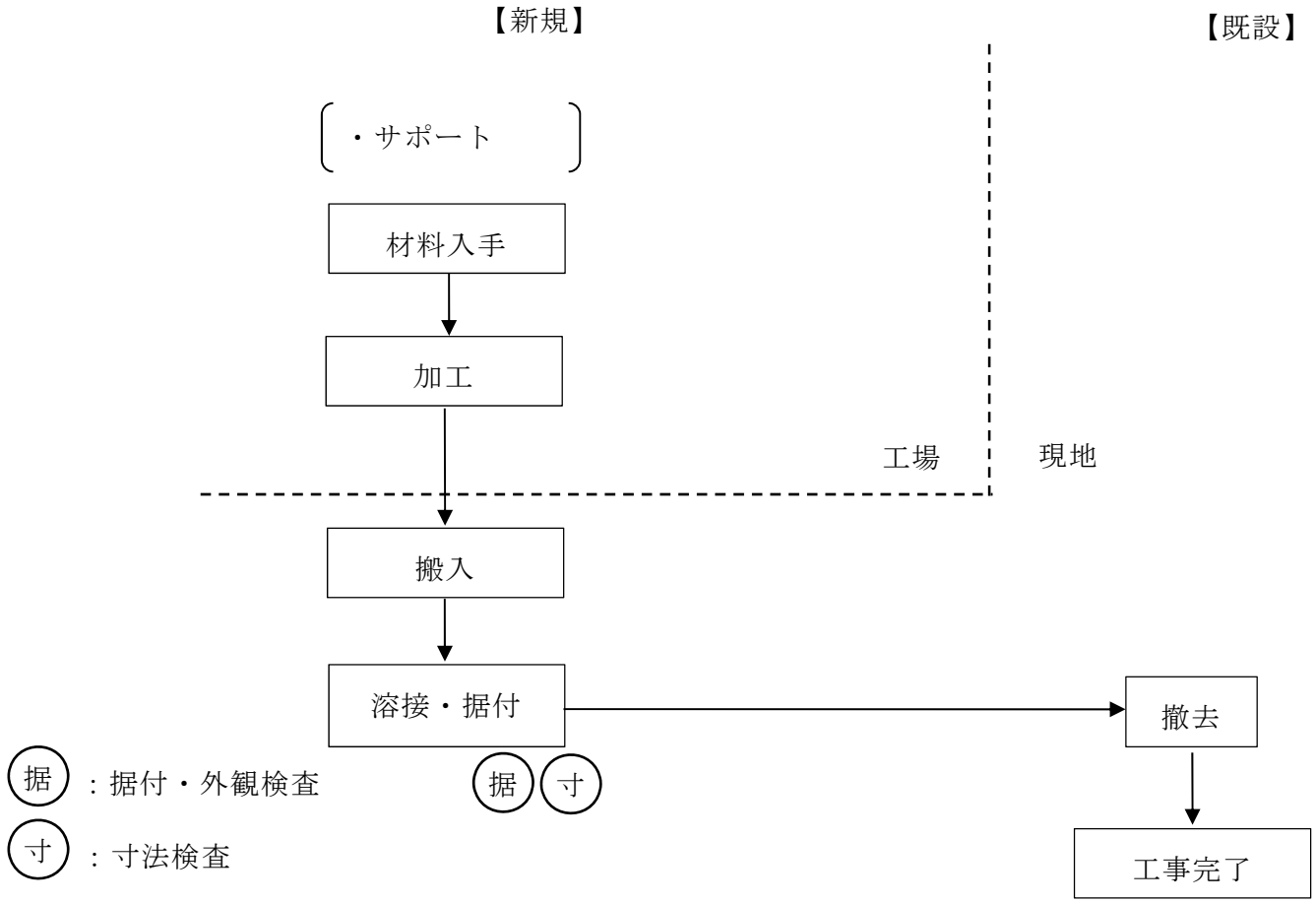
【対策前】

別図-10　蒸気配管の閉止措置に伴う配管系統概要図(1/2)

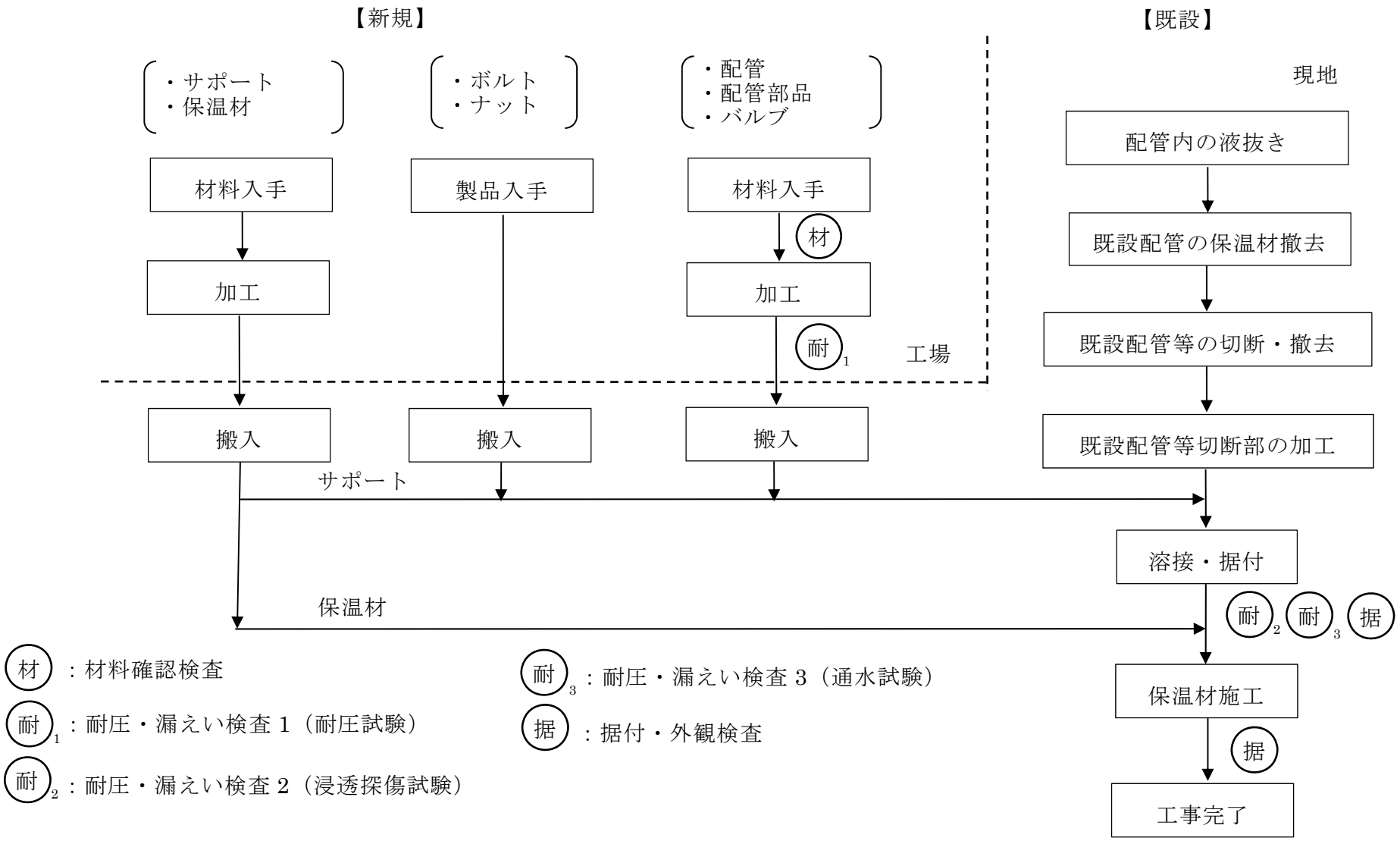


【対策後】

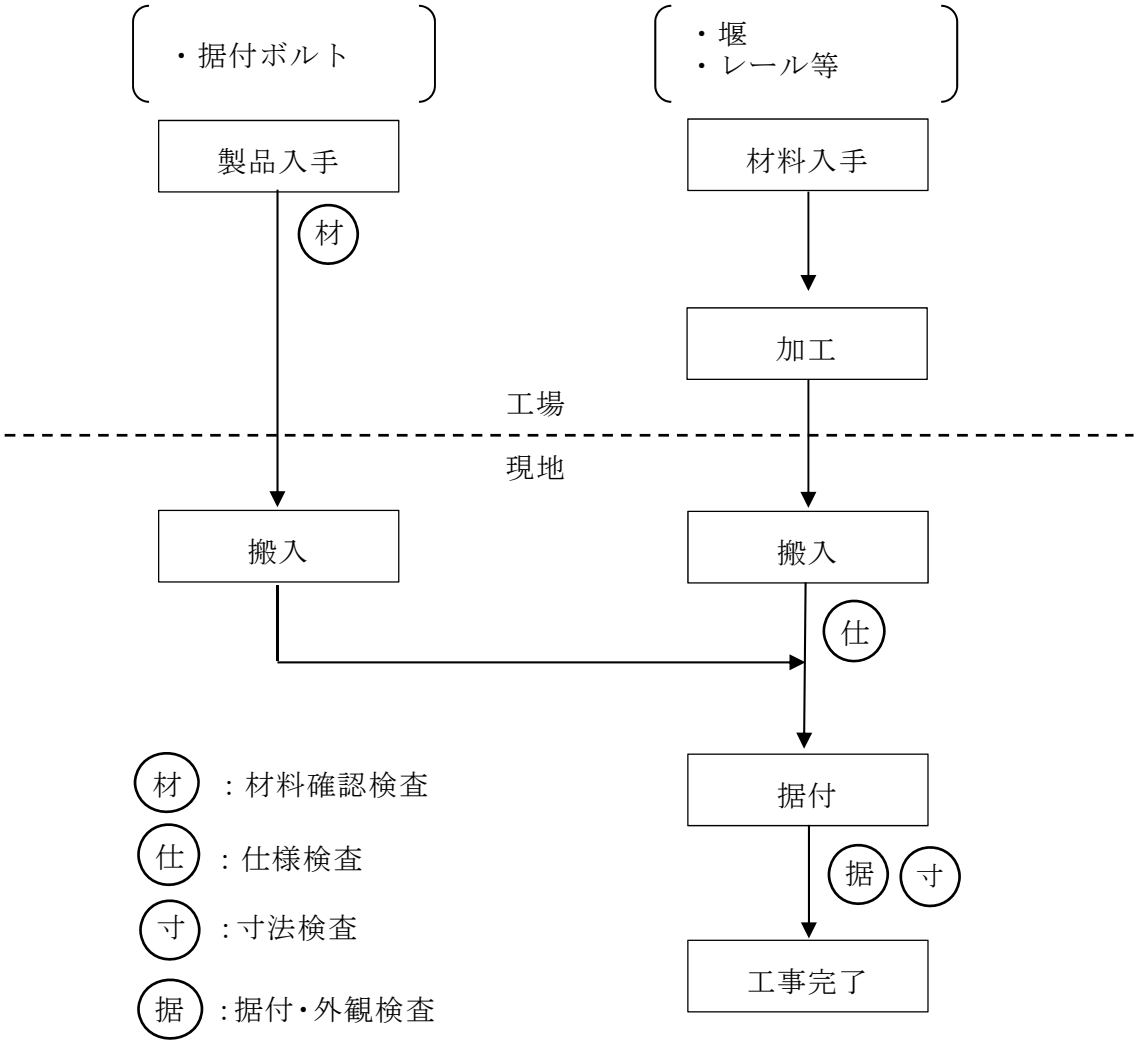
別図-10　蒸気配管の閉止措置に伴う配管系統概要図(2/2)



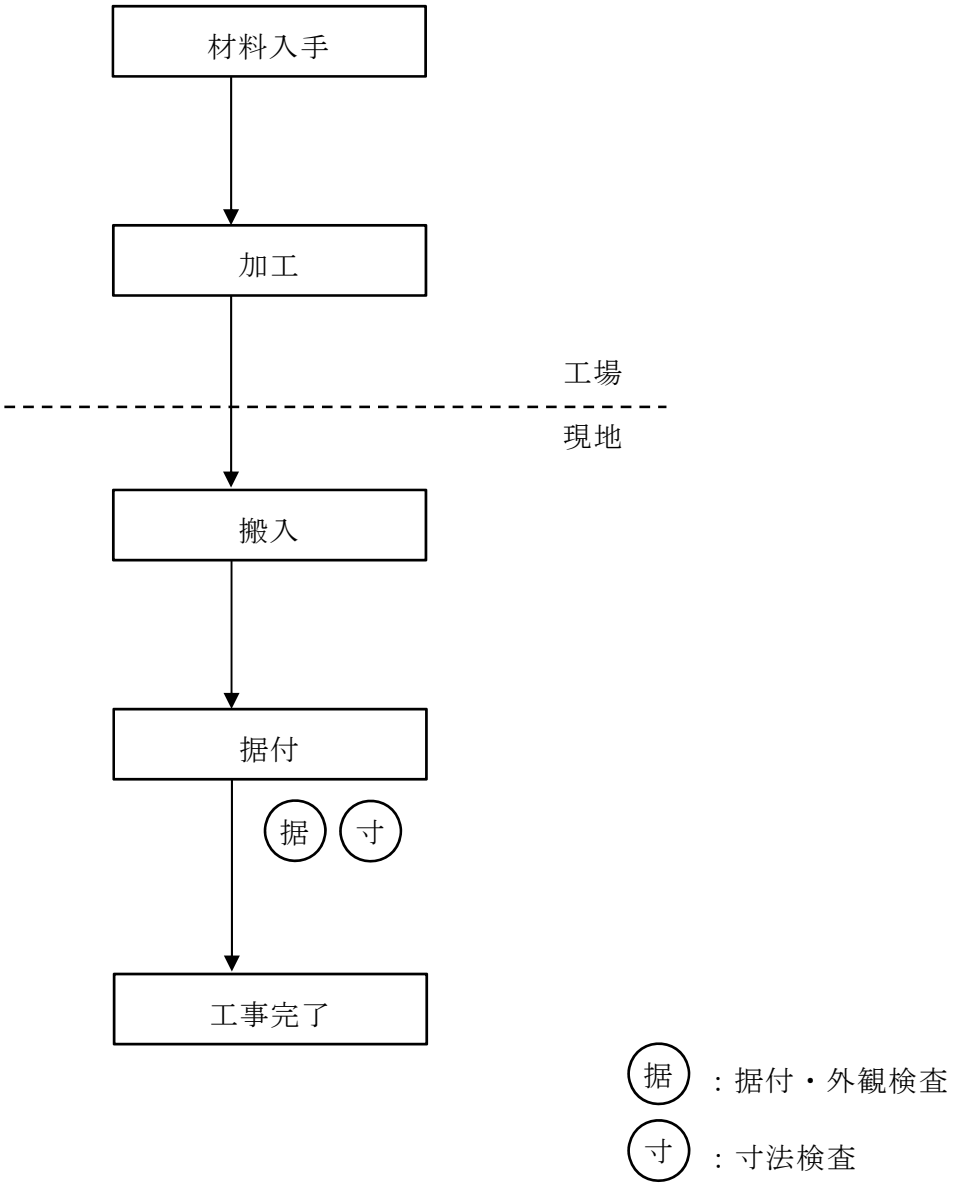
別図-11　工事フロー（二次冷却水配管サポートの一部改造）



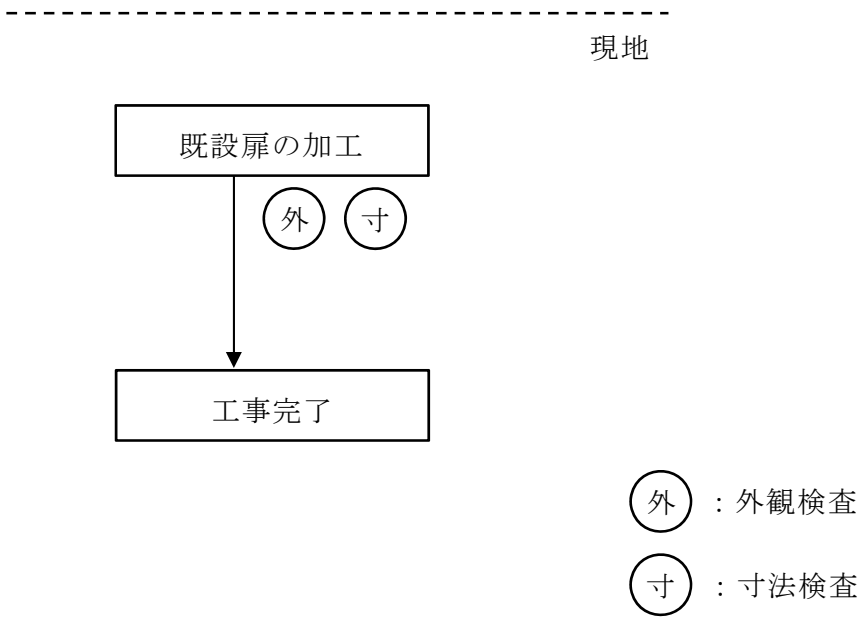
別図-12　工事フロー（浄水配管及び屋内消火栓配管の一部改造）



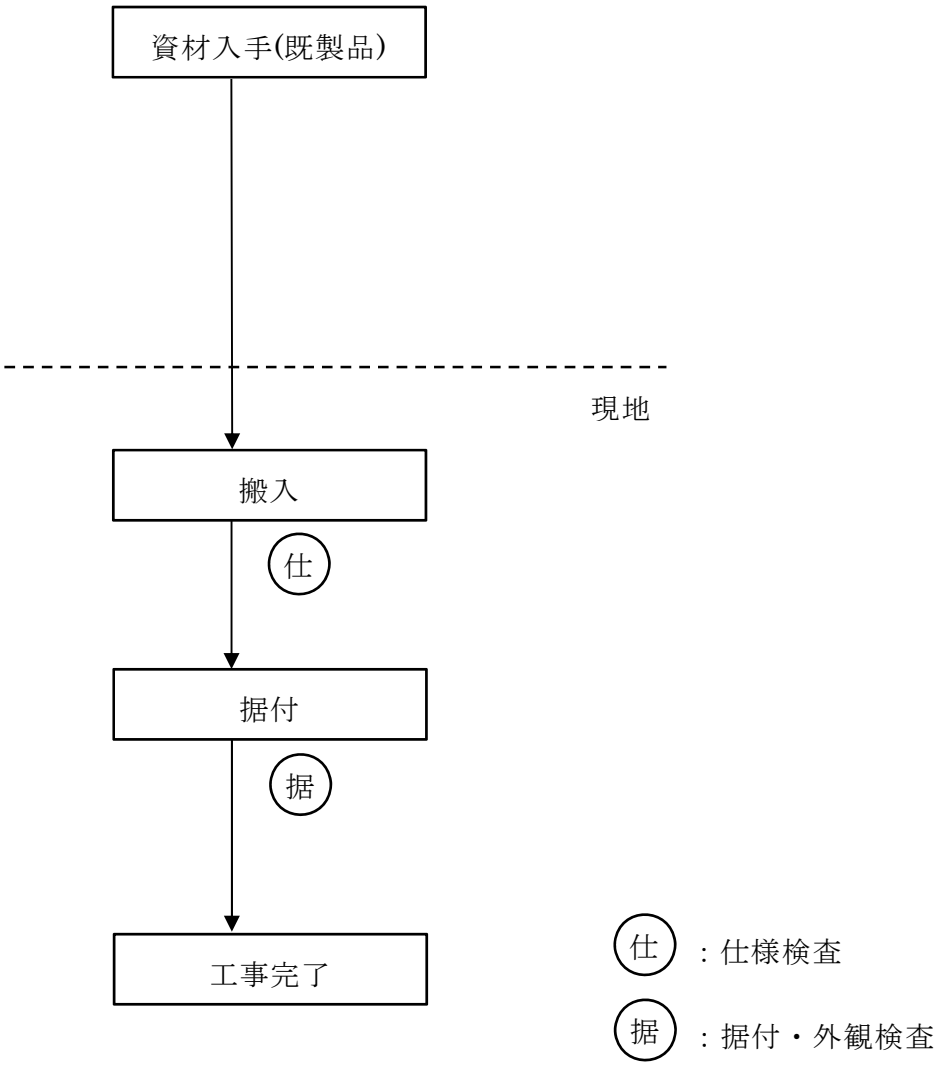
別図-13　工事フロー（堰の設置）



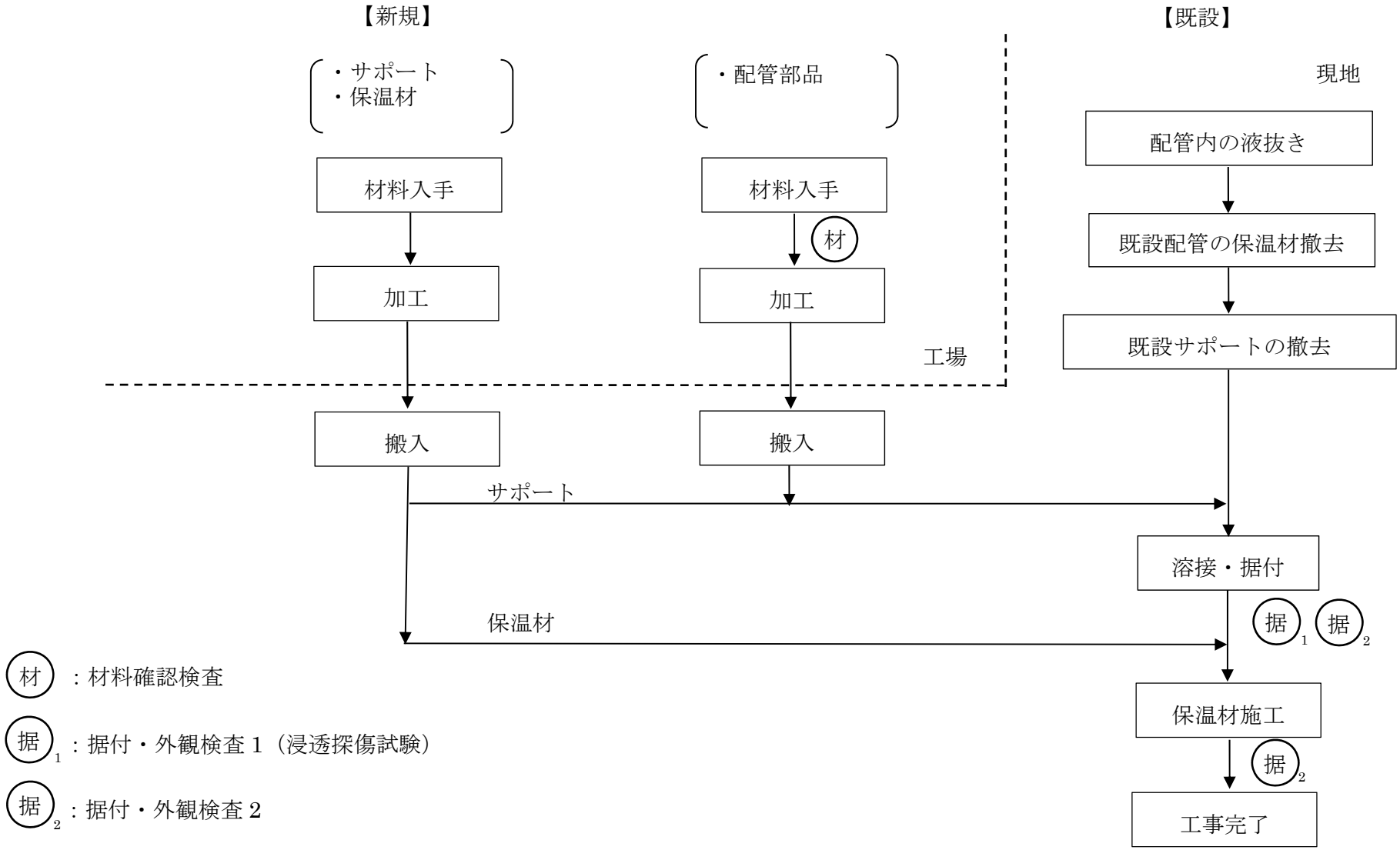
別図-14　工事フロー（架台による嵩上げ）



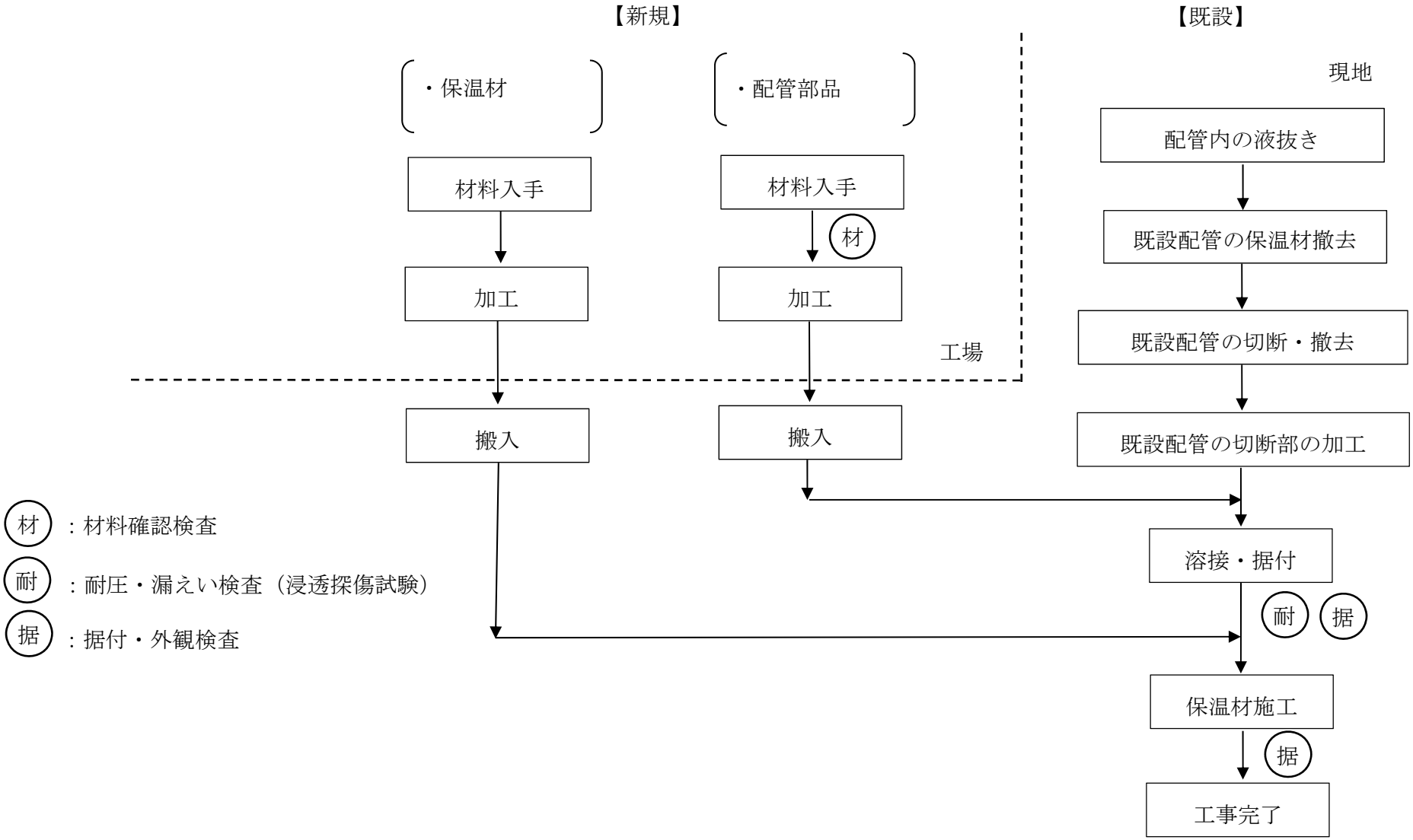
別図-15　工事フロー（扉開口部の設置）



別図-16　工事フロー（所定の防水保護等級を有する電磁弁への変更）



別図-17　工事フロー(蒸気配管サポートの一部改造)



別図-18　工事フロー(蒸気配管の閉止措置)

添　付　書　類

１．申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

２．申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定若しくは同法第 44 条の 4 第 1 項の許可を受けたところ又は同条第 2 項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

１．申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

本申請に係る「再処理施設に関する設計及び工事の計画」は以下に示すとおり「再処理施設の技術基準に関する規則」に掲げる技術上の基準に適合している。

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第一条	定義	－	－	－
第二条	特殊な設計による再処理施設	無	－	－
第三条	廃止措置中の再処理施設の維持	無	－	－
第四条	核燃料物質の臨界防止	無	－	－
第五条	安全機能を有する施設の地盤	無	－	－
第六条	地震による損傷の防止	有	第１項	別紙-1 に示すとおり
第七条	津波による損傷の防止	無	－	－
第八条	外部からの衝撃による損傷の防止	無	－	－
第九条	再処理施設への人の不法な侵入等の防止	無	－	－
第十条	閉じ込めの機能	無	－	－
第十一条	火災等による損傷の防止	無	－	－
第十二条	再処理施設内における溢水による損傷の防止	有	第１項	別紙-2 に示すとおり
第十三条	再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止	無	－	－
第十四条	安全避難通路等	無	－	－
第十五条	安全上重要な施設	無	－	－
第十六条	安全機能を有する施設	有	第２、３項	別紙-3 に示すとおり
第十七条	材料及び構造	有	第１、２項	別紙-4 に示すとおり
第十八条	搬送設備	無	－	－
第十九条	使用済燃料の貯蔵施設等	無	－	－
第二十条	計測制御系統施設	無	－	－
第二十一条	放射線管理施設	無	－	－
第二十二条	安全保護回路	無	－	－

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第二十三条	制御室等	無	－	－
第二十四条	廃棄施設	無	－	－
第二十五条	保管廃棄施設	無	－	－
第二十六条	使用済燃料等による汚染の防止	無	－	－
第二十七条	遮蔽	無	－	－
第二十八条	換気設備	無	－	－
第二十九条	保安電源設備	無	－	－
第三十条	緊急時対策所	無	－	－
第三十一条	通信連絡設備	無	－	－
第三十二条	重大事故等対処施設の地盤	無	－	－
第三十三条	地震による損傷の防止	無	－	－
第三十四条	津波による損傷の防止	無	－	－
第三十五条	火災等による損傷の防止	無	－	－
第三十六条	重大事故等対処設備	無	－	－
第三十七条	材料及び構造	無	－	－
第三十八条	臨界事故の拡大を防止するための設備	無	－	－
第三十九条	冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備	無	－	－
第四十条	放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備	無	－	－
第四十一条	有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備	無	－	－
第四十二条	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	無	－	－
第四十三条	放射性物質の漏えいに対処するための設備	無	－	－
第四十四条	工場等外への放射性物質等の放出を抑制するための設備	無	－	－
第四十五条	重大事故等への対処に必要となる水の供給設備	無	－	－

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第四十六条	電源設備	無	－	－
第四十七条	計装設備	無	－	－
第四十八条	制御室	無	－	－
第四十九条	監視測定設備	無	－	－
第五十条	緊急時対策所	無	－	－
第五十一条	通信連絡を行うために必要な設備	無	－	－
第五十二条	電磁的記録媒体による手続	無	－	－

第六条（地震による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、これに作用する地震力（事業指定基準規則第七条第二項の規定により算定する地震力をいう。）による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。

2　耐震重要施設（事業指定基準規則第六条第一項に規定する耐震重要施設をいう。以下同じ。）は、基準地震動による地震力（事業指定基準規則第七条第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。）に対してその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

3　耐震重要施設は、事業指定基準規則第七条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

1　本申請において、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して高放射性廃液貯蔵場（HAW）の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を担う重要な安全機能が損なわれることのないよう溢水源となる配管及びサポートの一部改造を行うものである。

第十二条（再処理施設内における溢水による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、再処理施設内における溢水の発生によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

本申請において、配管等の改造をする場合は、弁操作及び水抜き作業等の系統隔離を十分検討した要領に従い実施し、系統からの溢水を防止に努める。

本申請は、想定破損による溢水、消火活動の放水による溢水及び地震起因による溢水により安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）が損なわれることのないように配管等の改造、架台による溢水防護対象設備の嵩上げ、扉開口部の設置、溢水防護対象設備の防水保護等級への変更を行うものであり、溢水による損傷の防止に問題はない。

設置する堰の高さについては、添付資料-1 に示す「高放射性廃液貯蔵場（HAW）における没水対策に関する説明書（堰の設置)」、扉開口部の寸法については、添付資料-2 に示す「高放射性廃液貯蔵場（HAW）における内部溢水対策に関する説明書(扉開口部の設置)」、配管等の改造については、添付資料-3 に示す「溢水源となる配管の一部改造後の耐震性及び想定破損についての計算書」のとおりである。

高放射性廃液貯蔵場（HAW）における没水対策に関する説明書
（堰の設置）

高放射性廃液貯蔵場（HAW）における没水対策に係る堰の設置に関する説明書

1. 概要

高放射性廃液貯蔵場（HAW）建家内に設置する閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を担う施設の内、制御室（G441）及び電気室（W461 及び G355）（以下「溢水防護対象区画」という。）に設置する主制御盤、高圧受電盤、低圧配電盤及び動力分電盤（以下「溢水防護対象設備」という。）が内部溢水により没水し、機能喪失するおそれがあることから、溢水防護対象区画内への水の流入を防止する堰を設置し、溢水防護対象設備の機能喪失を防止する。

2. 基本方針

核燃料サイクル工学研究所再処理施設廃止措置計画変更認可申請書（令和 3 年 6 月 29 日申請）の別添 6-1-6-1「高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策について」において、溢水防護対象区画の没水高さが溢水防護対象設備の機能喪失高さを超える区画については、「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」に基づき、溢水防護対象区画への水の流入がないよう区画境界に堰を設置する。

堰の高さは、溢水対策として実施するサポートの一部改造（拘束点の変更）及び配管経路の一部改造等に伴う溢水量を考慮した上で設定する。なお、堰高さは作業員が跨いで通過できるように 35 cm を目安とする。

堰と評価対象とする溢水源を表 2-1 に示す。

3. 評価方法

評価に用いる溢水量、溢水経路及び溢水評価の方法については、別添 6-1-6-1「高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策について」に基づき行う。

サポートの一部改造（拘束点の変更等）及び配管経路の一部改造等による溢水量の低減効果を考慮した上で、想定破損、地震起因による破損及び消火活動による放水に伴う溢水量をそれぞれ求め、溢水防護対象区画への溢水経路の評価面積を考慮して、溢水防護対象区画への水の流入を防止するために必要となる堰の高さ（以下「必要堰

高さ」という。）を求める。必要堰高さは、溢水高さにおけるゆらぎ高さを考慮して計算し、cm 単位で小数第 1 位を切り上げた値とする。

設計堰高さは、想定破損、地震起因による破損及び消火活動による放水に伴う溢水量に対する全ての部屋の必要堰高さのうち最大となるものを 5 cm 単位で切り上げる。

$H＝100Q／A＋h_2$

ここで、

H：必要堰高さ（cm）

Q:想定破損、地震起因による破損又は消火活動による放水に伴う溢水量（m^3）

A:溢水源の区画から溢水防護対象区画までの溢水経路を考慮した評価面積（m^2）

（機器の基礎面積を考慮した面積）

h_2：ゆらぎ高さ 3（cm）

4. 評価結果

想定破損に伴う溢水量に対しての必要堰高さ、地震起因による破損に伴う溢水量に対しての必要堰高さ及びを消火活動による放水に伴う溢水量に対しての必要堰高さをそれぞれ表 4-1、表 4-2 及び表 4-3 に示す。

溢水防護対象区画への水の流入を防止する各堰の必要高さを表 4-4 に示す。溢水防護対象区画の境界の 7 カ所に 35 cm 以上の堰を設置することとする。

以上

表 2-1　設置する堰と評価対象とする溢水源について

防護対象区画	溢水防護対象設備（機能喪失高さ）	堰の設置場所［堰の識別番号］	評価対象の溢水源
制御室（G441）	主制御盤（5 cm）	階段室(G450)の 5 階階段［HAW-01］	便所（G541） 冷水製造室（G542） エアロック室（G543） 蒸気分岐室（G544） 廊下（G545） 通路（G546）
		制御室(G441)と操作室(G442)の境界扉近傍［HAW-02］	操作室（G442） 入気室（G445） 廊下（G449）
		制御室(G441)と廊下(G449)の境界扉近傍［HAW-03］	廊下（G449）
電気室（W461）	高圧受電盤（3 cm） 低圧配電盤（3 cm）	電気室(W461)と放管機械室(A425)の境界扉近傍［HAW-04］	操作室（G443） ユーティリティ室（G447） 圧空製造室（G448） 廊下（G449） エアロック室（A423） 更衣室（A424）
		電気室(W461)とエアロック室(W462)の境界扉近傍［HAW-05］	エアロック室（W462） 廊下（G449）
電気室（G355）	動力分電盤（3 cm）	電気室(G355)と操作室(A321)の境界扉近傍［HAW-06］	HAW4 階 操作室（A321） エアロック室（A323） 廊下（G358）
		電気室(G355)と廊下(G358)の境界扉近傍［HAW-07］	フィルタ室（G354） エアロック室（G356） 廊下（G358）

表 4-1　想定破損に伴う溢水量に対しての必要堰高

防護対象区画	堰の設置場所 [堰の識別番号]	溢水源	評価対象系統	溢水量 (m^3)	評価区画	評価面積 (m^2)	必要堰高さ (cm)
制御室 (G441)	階段室(G450)の5階階段 [HAW-01]	便所 (G541)	-	-	-	-	-
		冷水製造室 (G542)	冷水 (空調)	5.3	冷水製造室 (G542) 、階段室 (G450)	34.29	19
		エアロック室 (G543)	-	-	-	-	-
		蒸気分岐室 (G544)	-	-	-	-	-
		廊下 (G545)	冷水 (空調)	5.3	階段室 (G450) 、廊下 (G545)	25.74	24
		通路 (G546)	冷水 (空調)	5.3	階段室 (G450) 、廊下 (G545) 、通路 (G546)	42.64	16
	操作室 (G442) との境界 [HAW-02]	操作室 (G442)	純水	7.2	操作室 (G442)	33.57	25
		廊下 (G449)	二次系冷却水	28.4	操作室 (G442) 、入気室 (G445) 、廊下 (G449)	324.26	12
	廊下 (G449) との境界扉近傍 [HAW-03]	廊下 (G449)	二次系冷却水	28.4	廊下 (G449)	260.90	14
電気室 (W461)	放管機械室 (A425) との境界扉近傍 [HAW-04]	操作室 (G443)	純水	7.2	放管機械室 (A425) 、操作室 (G443)	40.99	21
		ユーティリティ室 (G447)	純水	7.2	放管機械室 (A425) 、操作室 (G443) 、ユーティリティ室 (G447)	84.88	12
		圧空製造室 (G448)	純水	7.2	放管機械室 (A425) 、操作室 (G443) 、圧空製造室 (G448)	76.08	13
		エアロック室 (A423)	冷水 (空調)	5.3	放管機械室 (A425) 、エアロック室 (A423)	57.41	13
		更衣室 (A424)	冷水 (空調)	5.3	放管機械室 (A425) 、更衣室 (A424)	19.72	30
		廊下 (G449)	二次系冷却水	28.4	放管機械室 (A425) 、更衣室 (A424) 、廊下 (G449)	280.62	14
	エアロック室 (W462) との境界扉近傍 [HAW-05]	エアロック室 (W462)	冷水 (空調)	5.3	エアロック室 (W462)	32.73	20
		廊下 (G449)	二次系冷却水	28.4	エアロック室 (W462) 、廊下 (G449)	293.63	13
電気室 (G355)	操作室 (A321) との境界扉近傍 [HAW-06]	HAW4階	二次系冷却水	28.4	エアロック室 (A323) 、操作室 (A321)	198.20	18
		操作室 (A321)	純水	7.2	操作室 (A321)	178.40	8
		廊下 (G358)	二次系冷却水	28.4	廊下 (G358) 、排気フィルタ室 (A322) 、操作室 (A321)	492.70	9
	廊下 (G358) との境界扉近傍 [HAW-07]	廊下 (G358)	二次系冷却水	28.4	廊下 (G358)	278.30	14
		廊下 (G358)	二次系冷却水	28.4	フィルタ室 (G354) 、廊下 (G358)	341.43	12
		廊下 (G358)	二次系冷却水	28.4	エアロック室 (G356) 、廊下 (G358)	297.60	13

－:溢水源に想定破損する配管がない又は溢水源の配管を改造等し想定破損を防止することより防護対象区画への溢水影響評価が不要

表 4-2　地震起因による破損に伴う溢水量に対しての必要堰高

防護対象区画	堰の設置場所 [堰の識別番号]	溢水源	評価対象系統	溢水量 (m^3)	評価区画	評価面積 (m^2)	必要堰高さ (cm)
制御室 (G441)	階段室(G450)の5階階段 [HAW-01]	便所 (G541)	-	-	-	-	-
		冷水製造室 (G542)	浄水 (空調) 、冷却水 (空調) 、冷水 (空調)	8.9	冷水製造室 (G542) 、階段室 (G450)	34.29	29
		エアロック室 (G543)	-	-	-	-	-
		蒸気分岐室 (G544)	-	-	-	-	-
		廊下 (G545)	冷水 (空調) 、浄水 (空調)	5.8	階段室 (G450) 、廊下 (G545)	25.74	26
		通路 (G546)	冷水 (空調) 、浄水 (空調)	5.8	階段室 (G450) 、廊下 (G545) 、通路 (G546)	42.64	17
	操作室 (G442) との境界扉近傍 [HAW-02]	操作室 (G442)	試薬、冷水 (空調)	8.6	操作室 (G442)	33.57	29
		廊下 (G449) 入気室 (G445) 操作室 (G442)	純水、試薬、浄水 (空調) 、冷水 (空調)	23.2	操作室 (G442) 、入気室 (G445) 、廊下 (G449)	324.26	11
	廊下 (G449) との境界扉近傍 [HAW-03]	廊下 (G449)	純水、試薬、浄水 (空調) 、冷水 (空調)	23.2	廊下 (G449)	260.90	12
電気室 (W461)	放管機械室 (A425) との境界扉近傍 [HAW-04]	操作室 (G443)	試薬、冷水 (空調) 、冷水	9.9	放管機械室 (A425) 、操作室 (G443)	40.99	28
		ユーティリティ室 (G447) 操作室 (G443)	純水、試薬、冷水 (空調) 、冷水	24.0	放管機械室 (A425) 、操作室 (G443) 、 ユーティリティ室 (G447)	84.88	32
		圧空製造室 (G448) 操作室 (G443)	試薬、冷水 (空調) 、冷水	16.8	放管機械室 (A425) 、操作室 (G443) 、 圧空製造室 (G448)	76.08	26
		エアロック室 (A423)	純水、冷水 (空調) 、冷水	13.8	放管機械室 (A425) 、エアロック室 (A423)	57.41	28
		更衣室 (A424)	冷水 (空調)	5.3	放管機械室 (A425) 、更衣室 (A424)	19.72	30
		廊下 (G449) 更衣室 (A424)	純水、試薬、浄水 (空調) 、冷水 (空調)	23.2	放管機械室 (A425) 、更衣室 (A424) 、廊下 (G449)	280.62	12
	エアロック室 (W462) との境界扉近傍 [HAW-05]	エアロック室 (W462)	冷水 (空調)	5.3	エアロック室 (W462)	32.73	20
		廊下 (G449) エアロック室 (W462)	純水、試薬、浄水 (空調) 、冷水 (空調)	23.2	エアロック室 (W462) 、廊下 (G449)	293.63	11
電気室 (G355)	操作室 (A321) との境界扉近傍 [HAW-06]	HAW4階	純水、試薬、浄水 (空調) 、冷水 (空調) 、冷水	24.5	エアロック室 (A323) 、操作室 (A321)	198.20	16
		操作室 (A321)	純水、試薬、冷水 (空調)	22.7	操作室 (A321)	178.40	16
		廊下 (G358) 操作室 (A321)	純水、試薬、冷水 (空調)	22.7	廊下 (G358) 、排気フィルタ室 (A322) 、 操作室 (A321)	492.70	8
	廊下 (G358) との境界扉近傍 [HAW-07]	廊下 (G358)	純水、試薬	14.1	廊下 (G358)	278.30	9
		フィルタ室 (G354) 廊下 (G358)	純水、試薬、冷水 (空調)	19.4	フィルタ室 (G354) 、廊下 (G358)	341.43	9
		エアロック室 (G356) 廊下 (G358)	純水、試薬	14.1	エアロック室 (G356) 、廊下 (G358)	297.60	8

－:溢水源に地震起因による破損する配管がない又は溢水源の配管を改造等し地震起因による損傷を防止することより防護対象区画への溢水影響評価が不要

表 4-3　消火活動による放水に伴う溢水量に対しての必要堰高

防護対象区画	堰の設置場所 ［堰の識別番号］	溢水源	溢水量 (m^3)	評価区画	評価面積 (m^2)	必要堰高さ (cm)
制御室 (G441)	階段室(G450)の５階階段 ［HAW-01］	便所（G541）	7.8	階段室（G450）、便所（G541）、廊下（G545）	33.64	27
		冷水製造室（G542）	7.8	階段室（G450）、冷水製造室（G542）、廊下（G545）	50.59	19
		エアロック室（G543）	7.8	階段室（G450）、エアロック室（G543）、廊下（G545）	29.84	30
		蒸気分岐室（G544）	7.8	階段室（G450）、蒸気分岐室（G544）、廊下（G545）	34.34	26
		廊下（G545）	7.8	階段室（G450）、廊下（G545）	25.74	34
		通路（G546）	7.8	階段室（G450）、通路（G546）、廊下（G545）	42.64	22
	操作室（G442）との境界扉近傍 ［HAW-02］	操作室（G442）	7.8	操作室（G442）、伝送器室（G444）、廊下（G449）	338.16	6
		廊下（G449）	46.8	操作室（G442）、入気室（G445）、廊下（G449）	324.26	18
	廊下（G449）との境界扉近傍 ［HAW-03］	廊下（G449）	46.8	廊下（G449）	260.90	21
電気室 (W461)	放管機械室（A425）との境界扉近傍 ［HAW-04］	操作室（G443）	7.8	放管機械室（A425）、操作室（G443）、圧空製造室（G448）、廊下（G449）	336.98	6
		ユーティリティ室（G447）	15.6	放管機械室（A425）、操作室（G443）、ユーティリティ室（G447）、廊下（G449）	345.78	8
		圧空製造室（G448）	15.6	放管機械室（A425）、操作室（G443）、圧空製造室（G448）、廊下（G449）	336.98	8
		エアロック室（A423）	23.4	放管機械室（A425）、エアロック室（A423）、更衣室（A424）、廊下（G449）	330.61	11
		更衣室（A424）	7.8	放管機械室（A425）、更衣室（A424）、廊下（G449）	280.62	6
		廊下（G449）	46.8	放管機械室（A425）、廊下（G449）、更衣室（A424）	280.62	20
	エアロック室（W462）との境界扉近傍 ［HAW-05］	エアロック室（W462）	46.8	廊下（G449）、エアロック室（W462）	293.63	19
		廊下（G449）	46.8	廊下（G449）、エアロック室（W462）	293.63	19
電気室 (G355)	操作室（A321）との境界扉近傍 ［HAW-06］	HAW4階	46.8	操作室（A321）、エアロック室（A323）	198.20	27
		操作室（A321）	7.8	操作室（A321）、排気フィルタ室（A322）、廊下（G358）	492.70	5
		廊下（G358）	46.8	廊下（G358）、排気フィルタ室（A322）、操作室（A321）	492.70	13
	廊下（G358）との境界扉近傍 ［HAW-07］	廊下（G358）	46.8	廊下（G358）	278.30	20
		フィルタ室（G354）	7.8	フィルタ室（G354）、廊下（G358）	341.43	6
		エアロック室（G356）	46.8	エアロック室（G356）、廊下（G358）	297.60	19

表 4-4　各堰の必要高さ

防護対象区画	堰の位置［堰の識別番号］	必要堰高さ*（cm）		
		想定破損	地震起因	消火活動
制御室（G441）	階段室(G450)の 5 階階段［HAW-01］	24	29	34
	操作室（G442）との境界扉近傍［HAW-02］	25	29	18
	廊下（G449）との境界扉近傍［HAW-03］	14	12	21
電気室（W461）	放管機械室（A425）との境界扉近傍［HAW-04］	30	32	20
	エアロック室（W462）との境界扉近傍［HAW-05］	20	20	19
電気室（G355）	操作室（A321）との境界扉近傍［HAW-06］	18	16	27
	廊下（G358）との境界扉近傍［HAW-07］	14	9	20

*必要堰高さはゆらぎ高さ 3 cm を考慮し算出

最大必要堰高さ（cm）
34

設計堰高さ（cm）
35

添付資料-2

高放射性廃液貯蔵場（HAW）における内部溢水対策に関する説明書
（扉開口部の設置）

高放射性廃液貯蔵場（HAW）における内部溢水対策に係る開口部の設置に関する説明書

1.概要

核燃料サイクル工学研究所再処理施設の廃止措置変更認可申請書（令和3年6月29日申請）の「別添6-1-6-1「高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策について」において、溢水による没水高さの評価結果が機能喪失高さを上回る熱交換器室（G341～G352）の一次系の送水ポンプに対しては、積極的に隣接する廊下（G358）に排水する没水対策（開口部の設置）を行い、熱交換器室（G341～G352）の没水高さが一次系の送水ポンプの機能喪失高さ以下になるようにする。

2.評価対象

熱交換器室（G341～G352）には、高放射性廃液貯槽を冷却するための貯槽内の冷却コイル内に冷却水を流す一次系の送水ポンプ、貯槽内の冷却から戻ってきた冷却水を再度冷やす熱交換器及び冷却コイルが損傷した場合にそれを検知するためのガンマポットが設置されており、高放射性廃液貯槽（6基）2系統分の計12系統が熱交換器室（G341～G352）の12部屋にそれぞれ設置されている。

熱交換器室（G341～G352）は部屋面積や想定する溢水量がほぼ同じであることから熱交換器室（G341）を評価対象として対策を検討する。

3.評価方法及び結果

熱交換器室（G341）に設置する配管のうち、想定破損又は地震起因により破損した場合に最も流量の多い配管からの溢水を想定する。想定した流量が排水可能となるように扉に開口部を設ける。なお、開口部は、熱交換器室（G341）の溢水防護対象設備の水面のゆらぎを考慮した機能喪失高さ（27 cm）の3 cm下の位置（床面から24 cm）になるように設ける。

トリチェリの定理により、扉開口部を通じて、熱交換器室（G341）から廊下（G358）へ排水する水の流速vは以下のとおりとなる。

$v=\sqrt{2gh}$

$=0.77$ m/s

ここで、

v：排水流速（m/s）

g：重力加速度 9.8（m/s^2）

h：水頭圧が作用する高さ 0.03 m（機能喪失高さから 3 cm下に開口部上端を設置する場合）

上記で求めた排水速度で熱交換器室（G341）の配管のうち、「内部溢水評価ガイド」付録 B「溢水量算出の具体的な考え方」に基づき評価した流量が最も大きくなる二次冷却水系統の配管(150A)の貫通クラックによる溢水に対して排水が可能な開口部面積を求める。

$A=Q/v$

≥ 0.0055 m^2

ここで、

A：開口部面積（m^2）

Q：二次冷却水の貫通クラックからの流量 4.22×10^{-3} m^3/s（15.2 m^3/h）

4.まとめ

熱交換器室（G341～G352）内の一次系の送水ポンプ等に対して没水による機能喪失を防止するため、廊下（G358）との扉に対して開口部を設置し、熱交換器室（G341～G352）内の水を廊下（G358）に排水できるようにする。

開口部は、開口部上端の高さが床面から 24 cm 以下の高さとなるよう、開口部面積を 55 cm^2以上となるよう設置する。

以上

高放射性廃液貯蔵場（HAW）における内部溢水対策に関する説明書
(配管等の一部改造)

溢水源となる配管の一部改造後の耐震性及び想定破損についての計算書

1. 概要

本資料は、溢水影響評価において応力評価により溢水源としない配管の評価について、廃止措置計画用設計地震動（以下「設計地震動」という。）による耐震性評価及び「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド（以下、「ガイド」という。）に基づく想定破損評価を以下に示す。

2. 評価方針

2.1 耐震性評価方針

耐震性評価により溢水源としない配管の設計地震動に対する構造強度の評価は、有限要素法（FEM）解析により行い、当該設備に設計地震動が作用した際に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

配管の構造強度の評価は、本体の一次応力について実施する。許容応力は、クラス3管に対する一次応力制限が規定されている「原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-補・1984　重要度分類・許容応力編」に準拠し、「発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2005/2007」に基づき、供用状態Dsにおける許容応力(0.9Su:弾塑性挙動の範囲に入ることは許容するものの、崩壊防止の観点から制限を課した許容応力）を用いる。

2.2 想定破損評価方針

想定破損において溢水源としない配管の評価は、有限要素法（FEM）解析により行い、ガイドの附属書A「流体を内包する配管の破損による溢水の詳細評価手法について」に基づき、当該設備に（1/3）Sd地震動が作用した際に発生する最大応力を評価し、完全全周破断や貫通クラックを想定する必要を判断する。想定破損除外の判断基準は、ガイドに基づき破損を想定しなくてもよい発生応力の応力制限として、クラス3管に対して評価された最大応力Snが日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計建設規格」（JSME S NC1-2005/2007）が規定する供用状態AおよびBに対する一次応力＋二次応力の許容応力(Sa)の0.4倍以下であることとする。

$$S_n = \frac{PD_0}{4t} + \frac{0.75i_1(M_a + M_b) + i_2M_c}{Z} \leq 0.4S_a$$

3. 一般事項

3.1 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

(1) 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-補・1984(日本電気協会)

(2) 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1987(日本電気協会)

(3) 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1991 追補版(日本電気協会)

(4) 発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2005/2007(日本機械学会)

(5) 原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド

3.2 評価部位

耐震性評価に係る配管の構造強度評価は、本体の一次応力について実施する。想定破損評価は、本体の一次＋二次応力について実施する。

3.3 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重、圧力、熱及び地震力による応力を組み合わせる。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根(SRSS)法により組み合わせる。

3.4 許容値

配管の耐震性評価及び想定破損評価の許容値を、表 3-1 に示す。

表 3-1　配管の応力分類と許容値

評価	応力分類	許容値	備考
耐震性評価	一次応力	0.9Su (1.5×0.6Su)	弾塑性挙動の範囲に入ることは許容するものの、崩壊防止の観点から制限を課した許容応力
想定破損評価	一次応力 ＋ 二次応力	0.4Sa	設計許容応力の 40%以下であれば、十分応力が低い状態にあるため、応力的に破損する可能性がないという考え方に基づく応力制限

3.5 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1987」に規定された値を用いる。使用する減衰定数を表 3-2 に示す。

表 3-2　使用する減衰定数

評価対象設備	減衰定数(%)	
	水平方向	鉛直方向
配管(保温材なし)	0.5	0.5
配管(保温材あり)	1.0	1.0

3.6 設計地震力

FEM 解析（スペクトルモーダル法）により評価を行う場合は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」に基づき、設計地震動又は（1/3）Sd※による建家の地震応答解析の結果得られる各階の床応答加速度をもとに、各階の床応答スペクトル（3 波包絡、周期軸方向に±10%拡幅したもの）を作成し、これを評価に用いる。配管の解析用床応答スペクトルは、据付階の上階層のものを用いた。使用した床応答スペクトルを表 3-3 及び図-3-1～3-4 に示す。

※想定破損評価に用いる(1/3)Sd は、耐津波設計における津波荷重と組み合わせる余震荷重で評価した Sd 波の床応答に 1/3 を乗じて求めたものとする。

表 3-3　使用した解析用の床応答スペクトル

評価対象	水平方向	鉛直方向
二次冷却水配管	解析用の床応答スペクトル（RF、減衰定数 0.5%、静的解析法※）	解析用の床応答スペクトル（RF、減衰定数 0.5%、静的解析法※）
屋内消火栓配管	解析用の床応答スペクトル（RF、減衰定数 0.5%、静的解析法※）	解析用の床応答スペクトル（RF、減衰定数 0.5%、静的解析法※）
蒸気配管	解析用の床応答スペクトル（RF、減衰定数 1.0%）	解析用の床応答スペクトル（RF、減衰定数 1.0%）

※静的解析法の地震力は据付階の上階の床面の最大応答加速度の 1.2 倍とする。

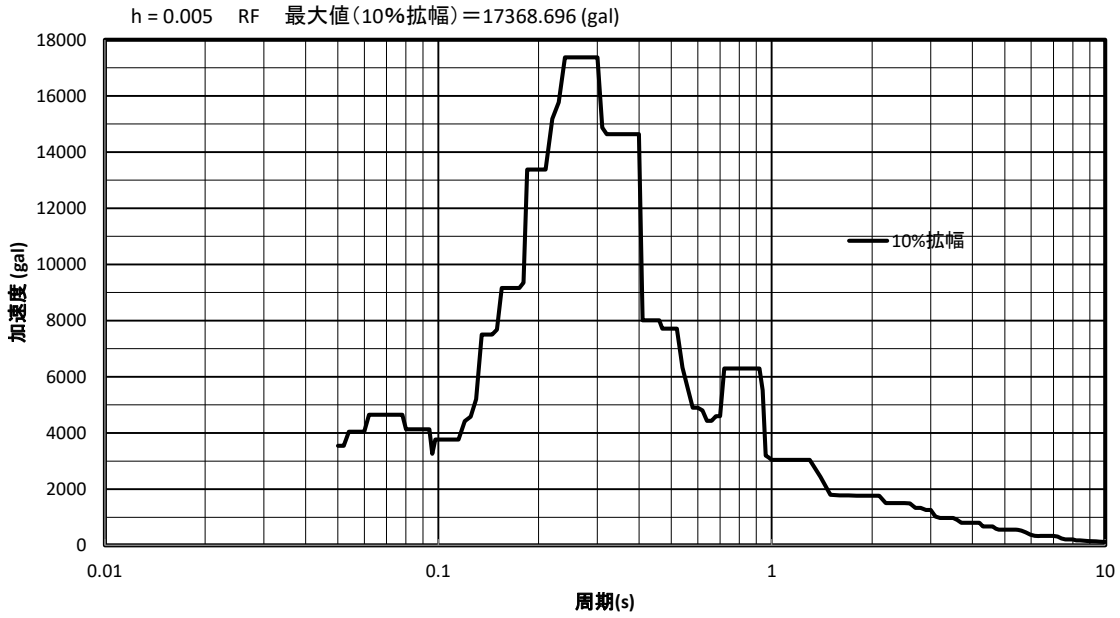


図 3-1 解析用の床応答スペクトル（水平方向、RF、減衰定数 0.5%）

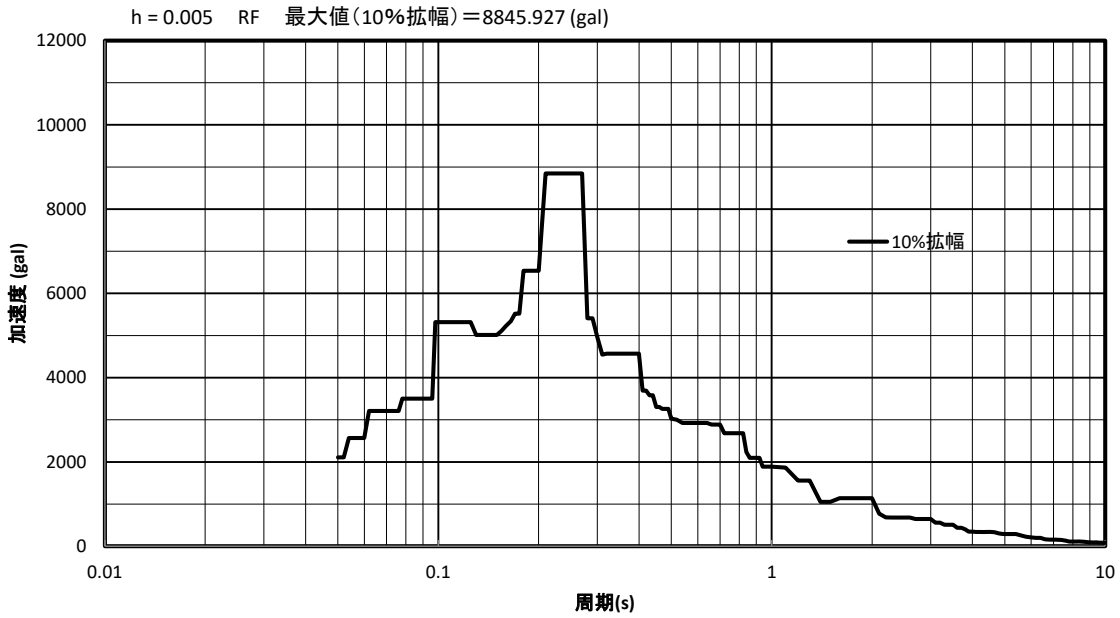


図 3-2 解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、RF、減衰定数 0.5%）

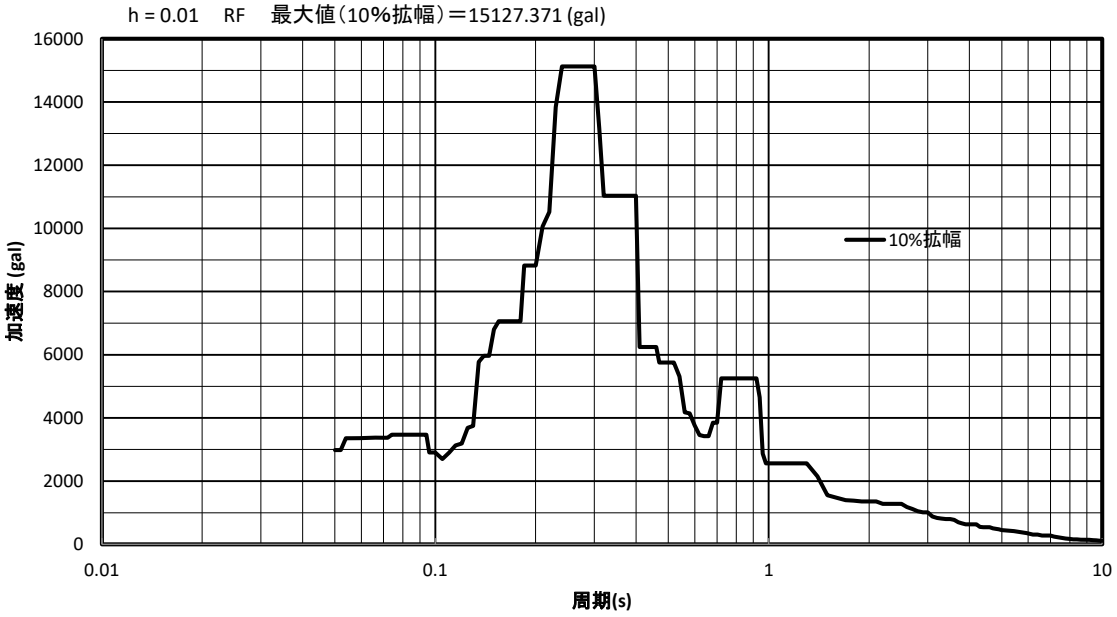


図 3-3 解析用の床応答スペクトル（水平方向、RF、減衰定数 1.0%）

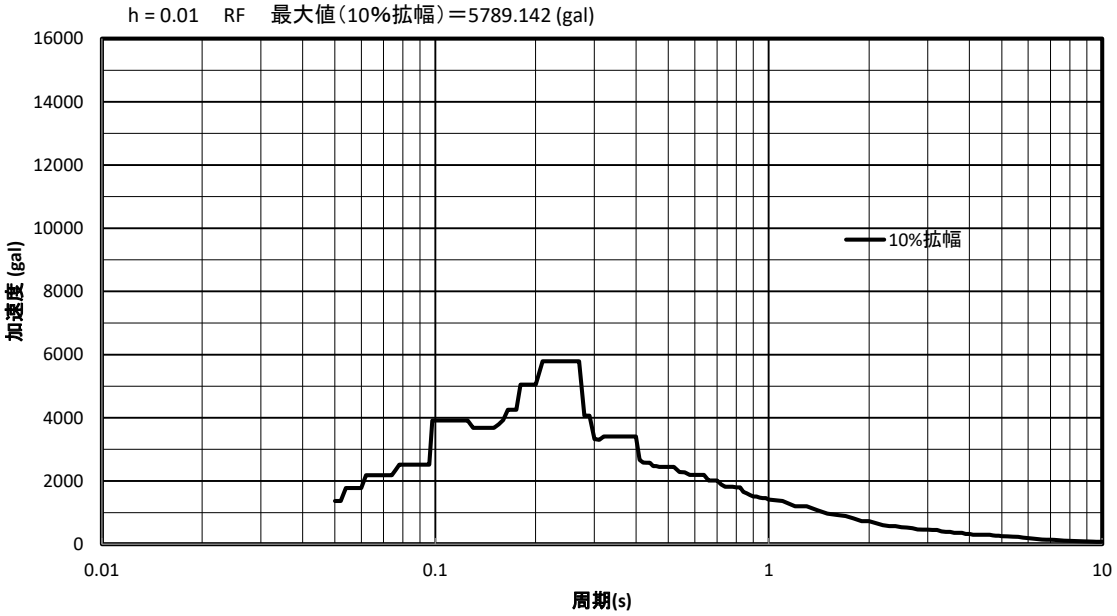


図 3-4 解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、RF、減衰定数 1.0%）

3.7 地震荷重による発生応力の計算方法

有限要素法（FEM）による発生応力の計算は、三次元多質点系はりモデルによる解析により実施する。剛性の高い配管（1 次固有振動数が 20 Hz 以上）に対しては静的解析法を用いる。剛性の低い配管（1 次固有振動数が 20 Hz 未満）に対しては動的解析を用いる。動的解析法は、スペクトルモーダル法を用いる。解析コードは AutoPIPE Ver.12.00.00.14 を用いた。解析コードの概要については、「添付資料-3-1　計算プログラム（解析コード）AutoPIPE の検証等について」に示す。

4.　計算条件

4.1 解析モデル

FEM 解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。

4.2　諸元

配管の主要寸法、仕様を表 4-1 に示す。

表 4-1　主要寸法・仕様(1/2)

評価対象	項目	値
二次冷却水配管	流体名	水
	流体の密度	1.0 (g/cm^3)
	材質	SUS304TP
	保温有無	無
	温度（設計温度）	60 (℃)
	圧力（設計圧力）	0.490 (MPa)
	呼び径-Sch.	150A-Sch 10S 200A-Sch 10S
屋内消火栓配管	流体名	水
	流体の密度	1.0 (g/cm^3)
	材質	SUS304TP SGP
	保温有無	有
	温度（設計温度）	60 (℃)
	圧力（設計圧力）	0.690 (MPa)
	呼び径-Sch.	50A-Sch 10S 65A-Sch 10S 50A-SGP 65A-SGP

表 4-1　主要寸法・仕様(2/2)

評価対象	項目	値
蒸気配管	流体名	気体
		水
	流体の密度	0.0 (g/cm^3)
		1.0 (g/cm^3)
	材質	SUS304TP
		SUS304LTP
	保温有無	有
	温度（設計温度）	145（℃）
		175（℃）
		195（℃）
	圧力（設計圧力）	0.000 (MPa)
		0.343 (MPa)
		0.764 (MPa)
		1.323 (MPa)
	呼び径-Sch.	15A-Sch 40
		25A-Sch 40
		40A-Sch 40
		50A-Sch 10S
		50A-Sch 20S
		80A-Sch 10S
		80A-Sch 20S
		100A-Sch 20S
		150A-Sch 20S

注）流体の密度、温度、圧力は評価対象配管の部位に応じた値を示す。

5. 評価結果

配管の一部改造等の対策後の最大応力発生箇所における応力評価結果について、耐震性の評価結果を表 5-1 及び想定破損の評価結果を表 5-2 に示す。

対策の結果、いずれも許容値以下であることを確認した。

表 5-1　耐震性の評価結果

評価対象	一次固有振動数 (Hz)	最大発生応力 (MPa)	許容応力 0.9Su (MPa)
二次冷却水配管	33.17	29	440
屋内消火栓配管	75.59	7	255
蒸気配管	9.02	148	342

表 5-2　想定破損の評価結果

評価対象	一次固有振動数 (Hz)	最大発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)
二次冷却水配管	33.17	135	138
屋内消火栓配管	75.59	50	138
蒸気配管	9.02	113	114

以上

添付資料-3-1

計算プログラム（解析コード）AutoPIPEの検証等について

1.概要

高放射性廃液貯蔵場（HAW）の更新配管の耐震評価に用いた解析コードであるAutoPIPEについて、検証等を行った結果を以下に示す。

2.コードの概要及び検証等

コード名	AutoPIPE
開発機関	株式会社ベントレー・システムズ
開発時期	1986年
使用バージョン	Version 12.00.00.14
使用目的	有限要素法（はりモデル）による固有値解析及び応力解析
コードの概要	AutoPIPE（以下「本解析コード」という。）は、静的及び動的荷重に対する配管の応力を解析することを目的に、任意形状の3次元モデルの静的解析及び動的解析を有限要素法を用いて行うものである。主な解析機能として、内圧・熱膨張・強制変位の線形の静的解析及び摩擦力等を考慮した非線形の静的解析、固有値解析・応答スペクトル解析等の動解析、そしてハンガーサポートの自動選定があり、本解析コードは、工業用配管システム設計及び、建築・土木工学等の分野において、多くの実績を有している。
検証及び妥当性確認	【検証】 ・ 世界的に使用実績の多いプログラムの1つである構造解析用解析コード「NASTRAN」を用いて、代表的な配管検証用モデルに対し静的解析（自重・熱膨張）を行い拘束点反力・移動量の計算結果の比較を行い、両者の解析結果が一致していることにより計算結果の検証を行ったことを確認している。 ・ 本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。

	【妥当性確認】 ・ 本解析コードは、工業用配管システム設計及び、建築・土木工学等の様々な分野における使用実績を有しており、今回の工事計画認可申請における構造に対し使用する要素、解析については、既工事計画で使用された実績があり、妥当性は十分に確認されている。 ・ 検証の体系と今回の廃止措置計画変更認可申請で使用する体系が同等であることから、検証結果を持って、解析機能の妥当性も確認できる。 ・ 今回の廃止措置計画変更認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

第十六条（安全機能を有する施設）

安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるように設置されたものでなければならない。

2　安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができるように設置されたものでなければならない。

3　安全機能を有する施設は、その安全機能を維持するため、適切な保守及び修理ができるように設置されたものでなければならない。

4　安全機能を有する施設に属する設備であって、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により損傷を受け、再処理施設の安全性を損なうことが想定されるものは、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

5　安全機能を有する施設は、二以上の原子力施設と共用する場合には、再処理施設の安全性が損なわれないように設置されたものでなければならない。

2　本申請は、安全機能を維持すべき対象設備に対して、内部溢水対策を行うものであり、安全機能を維持すべき対象設備の健全性及び能力を確認するための検査又は試験に影響を与えないため、問題はない。

3　改造した配管は、保守及び修理が可能である。本申請は、浄水配管及び屋内消火栓配管の一部を改造するものであり、配管の機能を維持するための適切な保守及び修理に影響を与えないため、問題はない。

第十七条（材料及び構造）

安全機能を有する施設に属する容器及び管並びにこれらを支持する構造物のうち、再処理施設の安全性を確保する上で重要なもの（以下この項において「容器等」という。）の材料及び構造は、次に掲げるところによらなければならない。この場合において、第一号及び第三号の規定については、法第四十六条第二項に規定する使用前事業者検査の確認を行うまでの間適用する。

一　容器等に使用する材料は、その使用される圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有すること。

二　容器等の構造及び強度は、次に掲げるところによるものであること。
イ　設計上定める条件において、全体的な変形を弾性域に抑えること。
ロ　容器等に属する伸縮継手にあっては、設計上定める条件で応力が繰り返し加わる場合において、疲労破壊が生じないこと。
ハ　設計上定める条件において、座屈が生じないこと。

三　容器等の主要な溶接部（溶接金属部及び熱影響部をいう。以下同じ。）は、次に掲げるところによるものであること。

イ　不連続で特異な形状でないものであること。

ロ　溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。

ハ　適切な強度を有するものであること。

ニ　機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものにより溶接したものであること。

2　安全機能を有する施設に属する容器及び管のうち、再処理施設の安全性を確保する上で重要なものは、適切な耐圧試験又は漏えい試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないように設置されたものでなければならない。

1　本申請において改造する配管は、既設配管と既設配管と同等以上の材料を用いることから、強度及び耐食性に問題はない。

2　本申請において改造する配管は、耐圧・漏えい検査を行い、これに耐え、かつ、漏えいがないことを確認するため問題はない。

２．申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定若しくは同法第 44 条の 4 第 1 項の許可を受けたところ又は同条第 2 項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律附則第 5 条第 6 項において読み替えて準用する同法第 4 条第 1 項の規定に基づき、独立行政法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項により、指定があったものとみなされた再処理事業指定申請書について、令和 2 年 4 月 22 日付け令 02 原機（再）007 により届出を行っているところによる。

（別冊 1-40）

再処理施設に関する設計及び工事の計画

（ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策に係る設備の設置）

その他再処理設備の附属施設（その１８）
ガラス固化技術開発施設

目　　次

頁

１．　変更の概要・・・

別　図　一　覧

別図－１　　配管の補強対策の概要
別図－２　　堰の設置場所の概要
別図－３　　ドレン配管の設置の概要
別図－４　　嵩上げの概要
別図－５　　漏えい検知装置設置場所の概要
別図－６　　漏えい検知装置のシステム概要図
別図－７　　被水防止板の設置位置
別図－８　　被水防止板の概要
別図－９　　蒸気配管補強対策の概要
別図－１０　蒸気遮断弁の設置の概要
別図－１１　ターミナルエンドカバーの概要
別図－１２　工事フロー（没水影響の対策：配管の補強対策）
別図－１３　工事フロー（没水影響の対策：堰の設置）
別図－１４　工事フロー（没水影響の対策：ドレン配管による排水）
別図－１５　工事フロー（没水影響の対策：架台による嵩上げ）
別図－１６　工事フロー（没水影響の対策：漏えい検知装置）
別図－１７　工事フロー（被水影響の対策：被水防止板）
別図－１８　工事フロー（被水影響の対策：防滴仕様を有する設備への変更）
別図－１９　工事フロー（被水影響の対策：制御盤等へのシール処置）
別図－２０　工事フロー（蒸気影響の対策：蒸気配管の補強対策）
別図－２１　工事フロー（蒸気影響の対策：蒸気遮断弁の設置）
別図－２２　工事フロー（蒸気影響の対策：ターミナルエンドカバーの設置）

表　一　覧

表－１　　内部溢水防護対策の基本方針を踏まえた対策内容
表－２　　配管の補強対策の仕様
表－３　　堰の仕様
表－４　　排水設備の仕様
表－５　　嵩上げ架台の仕様
表－６　　漏えい検知装置の仕様
表－７　　被水防止板等の仕様
表－８　　防滴仕様を有する差圧スイッチの仕様
表－９　　シール処置
表－１０　蒸気配管の補強対策の仕様
表－１１　蒸気遮断弁の仕様
表－１２　ターミナルエンドカバーの仕様
表－１３　工事工程表

１．変更の概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項に基づき、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定があったものとみなされた再処理施設について、平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受け、令和 3 年 6 月 30 日付け原規規発第 21063018 号をもって変更の認可を受けた核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画（以下「廃止措置計画」という。）について、変更認可の申請を行う。

ガラス固化技術開発施設の内部溢水防護対策に係る廃止措置計画変更認可の申請は、平成元年 1 月 11 日に認可（63 安（核規）第 761 号）を受けた「その他再処理設備の附属施設（その１８）ガラス固化技術開発施設」について、再処理施設の技術基準に関する規則に基づき実施するものである。

令和 3 年 6 月 29 日付け令 03 原機(再)009 で行った再処理施設に係る廃止措置計画の変更認可申請で示した内部溢水対策の基本方針を踏まえ、想定破損による溢水、消火活動の放水による溢水及び地震起因による溢水を考慮した没水影響、被水影響及び蒸気影響を考慮した内部溢水対策の内容を表－1 に示す。

このうち、設計及び工事を伴う以下の対策について、設計及び工事の計画に係る申請を行う。

没水影響の対策については、溢水源となる配管の補強、機器周辺又は境界扉周辺への堰の設置、区画外への排水、架台による溢水防護対象設備の嵩上げ等を実施する。

被水影響の対策については、被水防止板，被水防止シート及び被水防止カバーによる被水対策、防滴仕様を有する設備への変更、制御盤等の接続部のコーキング等によるシール処置等を実施する。

蒸気影響の対策については、蒸気配管の補強対策、温度検知による自動閉止操作（遮断弁）、ターミナルエンドカバーの設置等を実施する。

上記以外の設計及び工事を伴わない対策として、安全対策資機材の嵩上げ及び計測設備の予備品の拡充を行う。

なお、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策に係る安全対策の基本方針については、令和 3 年 6 月 29 日付け令 03 原機(再)009 で再処理施設に係る廃止措置計画の変更認可申請を行っており、その認可内容を踏まえて設計及び工事の計画を変更(又は補正)する可能性がある。

表－1　内部溢水防護対策の基本方針を踏まえた対策内容

廃止措置計画変更認可申請書 （令和 3 年 6 月 29 日付け令 03 原機（再）009）抜粋	対策の内容
1．概要 本資料は，「再処理施設の技術基準に関する規則」（以下「再処理技術基準規則」という。）の第十二条に照らして，廃止措置段階にある再処理施設の高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟について，溢水により重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）を損なわないよう，防護対象設備に対して，想定破損による溢水，消火活動の放水による溢水及び地震起因による溢水を考慮した没水影響，被水影響及び蒸気影響のそれぞれに対して溢水防護対策を行うことを説明するものである。 「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」（以下「内部溢水ガイド」という。）に基づく，没水影響，被水影響及び蒸気影響のそれぞれに対する対応の概要を以下に示す。 溢水影響のうち，没水影響，被水影響については，内部溢水ガイドに基づき新たに講じる対策により，重要な安全機能が損なわれることがないよう，堰の設置等の没水対策，被水防止板の設置等の被水対策を実施する。 一方，蒸気影響の対策については，ガラス固化技術開発施設（TVF）の配管分岐室での蒸気漏えいにおいて，内部溢水ガイドに適合した防護対策が困難であるため，以下の対応により，蒸気影響により一時的に再処理施設の重要な安全機能に係るパラメータ測定（トランスミッタラックによる貯槽の液位等の計測機能）が損なわれた場合であっても，廃止措置の上で想定される事故である蒸発乾固の発生に至るまでの時間裕度の中で，事故対処設備を用いて重要な安全機能に係るパラメータを計測できるようにすることで，再処理技術基準規則に照らして同等の保安水準を確保する。 ・防護区画内に温度検知器を設置することにより蒸気漏えいを早期に検知する。 ・蒸気漏えいを早期に検知し，蒸気供給を遮断弁により自動停止することで蒸気漏えいを低減し，早期の復旧対応を可能とする。 ・可搬型設備を使用した事故対処により，必要な計測機能を復旧させることができるよう，手順及び資機材を整備し，時間裕度（ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟において 56 時間(濃縮器の遅延対策に係る時間裕度として 26 時間））を考慮し，有効性を確認した事故対処をあらかじめ講じる。 以上により，再処理施設で発生する溢水に対する施設の安全性を確保する。 没水影響，被水影響及び蒸気影響に係るそれぞれの対策の具体的な内容を以下に示す。	
(1) 没水影響の対策 ・溢水源となる配管等の補強対策 ・区画内外での溢水が想定される場合において，機器周辺又は境界扉周辺に堰を設置する対策 ・扉等への開口部の設置により，区画外へ排水することで没水を防止する対策 ・架台等による溢水防護対象設備の嵩上げ対策	(1) 没水影響の対策 〇溢水源となる配管の補強 〇堰の設置 〇ドレン配管による排水,漏えい検知装置 〇架台による嵩上げ
(2) 被水影響の対策 ・被水防止板，被水防止シート及び被水防止カバーによる被水対策 ・防滴仕様を有する設備への変更 ・制御盤等の接続部のコーキング等によるシール処置	(2) 被水影響の対策 〇被水防止板等の設置 〇防滴仕様を有する設備への変更 〇制御盤等へのシール処置
(3) 蒸気影響の対策 ・蒸気配管の補強対策 ・蒸気漏えいが想定される場合において，時間裕度に応じて運転員による弁の閉止操作又は温度検知による自動閉止操作（遮断弁） ・ターミナルエンドカバーの設置による漏えい蒸気量の緩和対策 ・使用する用途の無い配管について，閉止する対策 ・配管分岐室のトランスミッタラック（液位等の計測機能）については，当該区画で蒸気漏えいが発生した場合に内部溢水ガイドの要求に合致したカバーの設置，仕切り板の設置等の防護対策が困難であった。これに対して，防護区画内に温度検知器を設置することにより蒸気漏えいを早期に検知し蒸気漏えいを停止することで早期の復旧対応を可能とした。 また，蒸気漏えいにより計測設備が機能喪失した場合に備え，有効性を確認した可搬型設備による事故対処により重要な安全機能の維持をするとともに，計測設備の予備品を拡充することで，早期の復旧を可能とする対策を講じた。	(3) 蒸気影響の対策 〇蒸気配管の補強対策 〇蒸気遮断弁の設置 〇ターミナルエンドカバーの設置 〇温度計の設置

下線の項目について設計及び工事の計画に係る申請を行う。

２．準拠すべき法令、基準及び規格

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（昭和 32 年法律第 166 号）

「再処理施設の技術基準に関する規則」（令和 2 年原子力規制委員会規則第 9 号）

「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」

（平成 25 年 原子力規制委員会規則第 27 号）

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」

（平成 25 年 原子力規制委員会規則第 5 号）

「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」（昭和 46 年総理府令第 10 号）

「電気設備に関する技術基準を定める省令」（平成 9 年通商産業省令第 52 号）

「日本産業規格(JIS)」

「日本電機工業会標準規格(JEM)」

「電気規格調査会標準規格(JEC)」（電気学会）

「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(JSME)」（日本機械学会）

「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)」（日本電気協会）

「原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)」（日本電気協会）

「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」（原子力規制委員会）

「発電用原子力設備規格 （JSME)」（日本機械学会）

３．設計の基本方針

本申請に係る溢水防護対策は、再処理施設の技術基準に関する規則第12条に基づき、溢水により重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）を損なわないよう、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）を有する設備（以下「溢水防護対象設備」という。）に対して、想定破損による溢水、消火活動の放水による溢水及び地震起因による溢水を考慮した没水影響、被水影響及び蒸気影響のそれぞれに対して溢水防護を目的とした設備を設置するものである。

これらの設備は、「再処理施設の技術基準に関する規則」の第 6 条（地震による損傷の防止）の第 1 項、第 11 条（火災等による損傷の防止）の第 3 項、第 12 条（再処理施設内における溢水による損傷の防止）の第 1 項、第 16 条（安全機能を有する施設）の第 2 項及び第 3 項の技術上の基準を満足するよう行う。

４．設計条件及び仕様

(1) 設計条件

本申請に係る内部溢水対策は、内部溢水により本施設の重要な安全機能が損なわれることがないよう、溢水防護対象設備に対して、再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書（令和 3 年 6 月 29 日付け令 03 原機（再）009）の別添 6-1-6-1「高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策について」に示した没水の影響評価結果より、想定破損による溢水、消火活動の放水による溢水及び地震起因による溢水を考慮した没水影響、被水影響及び蒸気影響のそれぞれに対して必要な設備を設置する。

① 没水影響の対策

a.溢水源となる配管の補強

廃止措置計画用設計地震動による地震力が作用した場合、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の溢水源となる配管について、発生応力が許容応力以下となるよう、また、想定破損の応力評価についても許容応力以下となるよう、既設サポートと同材質でサポートを設置する。

b.堰の設置

想定破損、地震起因、消火活動などにより、ユーティリティ室(W362)の一般系動力分電盤（VFP3)、電気室(W363)の無停電電源装置や電気室（W260,W261）の高圧受電盤、電気室(W363)や倉庫(G142)の計装用分電盤(DP6,DP8)及び排気機械室(A311)の換気系動力分電盤(VFV1)に対し、区画内外での溢水が想定される場合において、区画内外からの溢水防護対象設備のある区画への流入を防止するために溢水防護対象機器周辺または境界扉周辺に堰を設置する。堰の主要な材料を金属製とし、水の流入を防止できる高さを有し、堰の設置にあっては保守作業に支障が無いよう取り外しができる設計とし、ガイドレール等を介して、壁、床に固定する。

c.ドレン配管による排水

保守区域（A018、A028）においては、当該区域での消火水（連結散水栓）による溢水（約 160 m^3/h）により、保守区域(A028)の一般系動力分電盤（VFP2）及び保守区域(A018)の重要系動力分電盤（VFP1）の没水が想定される。上記の堰の設置では対応が図れないことから、床等へ開口部を設置し下層区域へ排水することで没水防止を図る設計とする。開口部は消火水による溢水量が排水可能となる寸法とする。

それぞれのドレン配管には逆止弁を設置することで負圧維持に影響を及ぼすことがない設計とする。なお、地下2階の保守区域（A018）の既設マンホールを改造して、地下の二重スラブへ排水が可能となるようにする。配管は廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して損傷するおそれがない設計とする。

d.架台による嵩上げ

ガラス固化技術開発施設（TVF）屋上端子箱の溢水防護対象設備については、内部溢水による没水（最大機能喪失高さ約0.16 m）を防止するために架台等により嵩上げを実施する。架台は緊急電源ケーブル端子箱が没水により機能喪失しない高さを持った設計とする。

e.漏えい検知装置

内部溢水により溢水防護対象設備の機能損失が想定される区画において、その溢水防護対象区画での溢水を早期に検知するため、漏えい検知装置を設置する。

漏えいを検知する漏えい検知帯は溢水防護対象設備がある溢水防護対象区画の床面に必要数を設置する。漏えい発生区画を早期に検知するため、警報装置は運転員が常駐するガラス固化技術開発施設（TVF）制御室(G240)に設置する。

② 被水影響の対策

a.被水防止板

地下1階及び地下2階に設置している連結散水栓からの放水(保守区域(A018)の重要系動力分電盤（VFP1)、保守区域(A028)の一般系動力分電盤（VFP2）の上部)、竜巻による屋上スラブ損傷（ひび割れからの滴下）による施設内（3階）への溢水（ユーティリティ室(W362)の一般系動力分電盤（VFP3)、排気機械室（A311）の換気系動力分電盤（VFV1)、電気室(W363)の無停電電源装置等）による被水を防止するために電源盤等の上面より50 mm以上を確保した被水防止板、被水防止カバー、側面部には不燃性の被水防止シート等を設置する。

被水防止板の落下で溢水防護対象設備に波及影響を及ぼすことがない設計とする。

連結散水栓からの放水時の水圧または破損した配管からの水圧を考慮する必要のある溢水防護対象設備に対しては、水圧を考慮した設計とする。

盤への熱影響を考慮する必要のある構造の場合には、放熱性も維持できる構造とする。

b.防滴仕様を有する設備への変更

配管分岐室（A024、A025）のトランスミッタラックの計器のうち、蒸気漏えい時の代替策による対応の有効性として事故対処設備として確保している可搬型設備に含まれない固化セル内のドリップトレイの液位上限警報の差圧スイッチ等を防滴仕様の計器へ変更する。

c.制御盤等へのシール処置

ユーティリティ室（A022）の一次冷却系ポンプ（G83P32、G83P42)、冷水系ポンプ（G84P32、G84P42)、給気室(W360)の純水系ポンプ（G85P21、G85P22)、配管分岐室（A024、A025）のトランスミッタラックの端子箱に対して、被水による浸水を防止するために、現場制御盤及び端子箱の扉へのガスケットの設置、電線管接続部へのシール処置を行う。

また、事故対処に使用する緊急電源接続盤の下端部に対して、没水による浸水を防止するために、コーキング等により止水処理を施す。

③　蒸気影響の対策

a.蒸気配管の補強対策

保守区域(A018)の重要系動力分電盤（VFP1)、保守区域(A028)の一般系動力分電盤（VFP2)、ユーティリティ室(W362)の一般系動力分電盤（VFP3)、ユーティリティ室（A022）の冷却水系ポンプ、ユーティリティ室(W362)の冷凍機等に対する蒸気漏えい源となる蒸気配管に対して、廃止措置計画用設計地震動による地震力が作用した場合、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の溢水源となる配管について、発生応力が許容応力以下となるよう、また、想定破損の応力評価についても許容応力以下となるよう、既設サポートと同材質でサポートを設置する、又は必要に応じてサポートの改造、撤去などを行う。

b.蒸気遮断弁の設置

上記による補強では対応が図れない箇所（ターミナルエンドカバー設置箇所）及び蒸気漏えいによる影響が避けられない配管分岐室(A024、A025)に対し、蒸気漏えいを検知（温度計）した際に、新たな蒸気の建家内流入を防止することを目的に、温度計の設置及び蒸気配管上流部（高圧蒸気・中圧蒸気・建家空調用蒸気）に蒸気遮断弁を設ける。

蒸気遮断弁、制御監視盤は廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して損傷するおそれがない設計とする。蒸気配管に設置する蒸気遮断弁は、温度計により温度変化を検知することで自動閉操作する。制御監視盤は制御室(G240)に設置するものとする。

c.ターミナルエンドカバーの設置

全周破断により蒸気漏えいが発生した場合、保守区域(A018)の重要系動力分電盤（VFP1）及び保守区域(A028)の一般系動力分電盤（VFP2）が設置している保守区域や制御室等への漏えい蒸気量緩和を目的に、ターミナルエンド部にターミナルエンドカバーを設置する。

ターミナルエンドカバーについては蒸気配管と同等以上の肉厚とし、蒸気圧に対する強度を有するものとする。また、ターミナルエンドカバーは既設サポートに溶接することで固定し、蒸気配管に荷重がかからない設計とする。

(2) 設計仕様

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に係る内部溢水対策に必要な設備の設計仕様を次に示す。

① 没水影響の対策

配管の補強対策の仕様を表－２に示す。堰の仕様を表－３に示す。ドレン配管、逆止弁等の排水設備の仕様を表－４に示す。嵩上げ架台の仕様を表－５に示す。漏えい検知装置の仕様を表－６に示す。

表－２　配管の補強対策の仕様

対象配管	追加補強の設置場所	材質	呼び径
冷却水 G83-CWa-43-250	2 階 PS 内	炭素鋼	250A
純水 G85-DWa-6-15	2 階 PS 内	ステンレス鋼	15A
消火水	2 階 PS 内	ステンレス鋼	40A

表－３　堰の仕様

名称	対象設備	設置場所	堰高さ(m) ※1	漏水量による等級	据付ボルト
堰 (TVF-01)	無停電電源装置 計装用分電盤 (DP6)	W363 ：入口扉	0.4 以上	Ws-4 以上 (JIS A 4716 準拠)	ステンレス鋼
堰 (TVF-02)	一般系動力分電盤 (VFP3)	W362 ：電気盤周辺	0.45 以上		
堰 (TVF-03)	換気系動力分電盤 (VFV1)	A311-W360 ：境界扉	0.45 以上		
堰 (TVF-04)	高圧受電盤	W261-W262 ：境界扉	0.45 以上		
堰 (TVF-05)	計装用分電盤 (DP8)	G142 ：入口扉	0.3 以上		

※1 廃止措置計画変更認可申請書（令和 3 年 6 月 29 日付け令 03 原機（再）009）の別添 6-1-6-1「高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策について」に示した隣接区域の没水高さの最大値以上

表－４　排水設備の仕様

名称	仕様	呼び径
配管	SUS304TP (JIS G 3459)	100A 以上
逆止弁 (スプリングディスク式)	ステンレス鋳鋼 (ASTM A351 Gr.CF8)	100
配管サポート	一般構造用圧延鋼材 (JIS G 3101)	－
	一般構造用角形鋼管 (JIS G 3466)	－

表－５　嵩上げ架台の仕様

名称	対象設備	設置場所	架台高さ(m)※1
嵩上げ架台	緊急電源接続盤（端子箱）	TVF 開発棟屋上	0.2 以上

※1 廃止措置計画変更認可申請書（令和 3 年 6 月 29 日付け令 03 原機（再）009）の別添 6-1-6-1「高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の内部溢水対策について」に示した当該区域の没水高さの最大値以上

表－６　漏えい検知装置の仕様

名称	設置場所	仕様	漏えい検知帯本数
漏えい検知装置	A011	漏えい検知帯 （形 F03-15 相当） ・絶縁被覆部：透明軟質塩化ビニル ・電極部：SUS304 ・使用温度範囲：-15～50℃ 漏えい検出器 （形 K7L-UD 相当） 検知線 （VCT 3 芯相当）	1
	A012		1
	A022		1
	A023		1
	A110		1
	G145		1
	A211		1
	W360		2
	W362		2

② 被水影響の対策

被水防止板等の仕様を表－７に示す。防滴仕様を有する差圧スイッチの仕様を表－８に示す。制御盤等の接続部のコーキング等によるシール処置を表－９に示す。

表－７　被水防止板等の仕様

名称	対象設備	設置場所	被水防止板の仕様(mm)	備考
被水防止 (TVF-01)	重要系動力分電盤 (VFP1)	A018	設置位置　　：盤の上面 被水防止板の概略寸法 ：10400×1020 以上 ：12800×1020 以上 又は 1800 以上 材質　　：ステンレス鋼	盤上部の連結散水栓からの被水
被水防止 (TVF-02)	一般系動力分電盤 (VFP2)	A028	設置位置　　：盤の上面 被水防止板の概略寸法 ：9900×1020 以上 又は 1600 以上 材質　　：ステンレス鋼	
被水防止 (TVF-03)	重量計盤 (LP22.3,22.3-1)	A028	設置位置　　：盤の上面 被水防止板の概略寸法 ：800×600 以上 ：800×810 以上 材質　　：ステンレス鋼	
被水防止 (TVF-04)	一般系動力分電盤 (VFP3)	W362	設置位置　　：盤の上面 被水カバーの概略寸法 ：7000×1020 以上 又は 1400 以上 材質　　：アルミ二ウム亜鉛めっき鋼板	屋上スラブ損傷（ひび）からの滴下
被水防止 (TVF-05)	冷凍機制御盤 (G84H10, H20)	W362	設置位置　　：盤の上面及び側面 被水カバーの概略寸法 ：800×300 以上 材質　　：アルミ二ウム亜鉛めっき鋼板	
被水防止 (TVF-06)	換気系動力分電盤 (VFV1)	A311	設置位置　　：盤の上面 被水カバーの概略寸法 ：7000×1020 以上 又は 2020 以上 材質　　：アルミ二ウム亜鉛めっき鋼板	
被水防止 (TVF-07)	無停電電源装置 (3 基)	W363	設置位置　　：盤の上面 被水カバーの概略寸法 ：4500×1240 以上 ：3900×1240 以上 ：5400×1200 以上 材質　　：アルミ二ウム亜鉛めっき鋼板	
被水防止 (TVF-08)	計装用分電盤 (DP6)	W363	設置位置　　：盤の上面 被水カバーの概略寸法 ：2400×500 以上 材質　　：アルミ二ウム亜鉛めっき鋼板	

表－８　防滴仕様を有する差圧スイッチの仕様

機器番号	設置場所	型式	防水保護等級
G04LA+001a G04LA+001b	A024 ：固化セル内ドリップトレイ 液面上限警報	CL14 相当	4 級相当以上 (JIS C 0920)
G12PA+20.2	A024 ：トランスミッタラック(TR12.2) 圧力上限警報		
G12PA+12.2	A024 ：トランスミッタラック(TR12.3) 圧力上限警報		
G12PA+14.2	A024 ：トランスミッタラック(TR12.4) 圧力上限警報		
G11PA+10.2 G11LA-30.2	A025 ：トランスミッタラック(TR11.1) 圧力上限警報、液面下限警報		
G11PA+20.2	A025 ：トランスミッタラック(TR11.2) 圧力上限警報		

表－９　シール処置

対象設備 (機器番号)	設置場所	対象箇所	処置
緊急電源接続盤	A211	盤下端部の止水処置	コーキング
一次冷却系ポンプ (G83P32/P42)	A022	現場制御盤 （扉、電線管接続部）	ガスケット コーキング
		計装ケーブル （端子箱）	ガスケット コーキング
		ポンプ（端子箱）	コーキング
冷水系ポンプ (G84P32/P42)	A022	現場制御盤 （扉、電線管接続部）	ガスケット コーキング
		計装ケーブル （端子箱）	ガスケット コーキング
		ポンプ（端子箱）	コーキング
純水系ポンプ (G85P21/P22)	W360	現場制御盤（扉、電線管接続部）	ガスケット コーキング
		計装ケーブル （端子箱）	ガスケット コーキング
		ポンプ（端子箱）	コーキング
トランスミッタラック	A024 A025	トランスミッタラック （端子箱）	ガスケット コーキング

③　蒸気影響の対策

蒸気配管の補強対策の仕様を表－１０に示す。蒸気遮断弁の仕様を表－１１に示す。ターミナルエンドカバーの仕様を表－１２に示す。

表－１０　蒸気配管の補強対策の仕様

対象配管	追加補強の設置場所	材料	呼び径	備考
G82-S-5-100 （高圧）	A018、A028	ステンレス鋼	100A	解析モデル番号 KG82-600/601
G82-S-13-80 （中圧）	2FPS、A028	ステンレス鋼	80A	解析モデル番号 KG82-604/607/612
G82-S-16-40 （中圧）	A028	ステンレス鋼	40A	解析モデル番号 KG82-607
G82-S-17-80 （中圧）	A028	ステンレス鋼	80A	解析モデル番号 KG82-612
G71-S-1-40 （中圧）	A028	ステンレス鋼	40A	解析モデル番号 KG82-607
G71-S-3-25 （中圧）	A028	ステンレス鋼	25A	解析モデル番号 KG82-607
G82-S-809/ 810-25	A028	ステンレス鋼	25A	解析モデル番号 KG82-607
G82-C-812/ 813-25	A028	ステンレス鋼	25A	解析モデル番号 KG82-607
G82-S-813/ 814-25	A028	ステンレス鋼	25A	解析モデル番号 KG82-607
G82-C-816/ 817-25	A028	ステンレス鋼	25A	解析モデル番号 KG82-607
空調用蒸気配管	W360	炭素鋼	150A	解析モデル番号 KG99-013
空調用蒸気配管	W360	炭素鋼	150A	解析モデル番号 KG99-018
空調用蒸気配管	W362	炭素鋼	80A	解析モデル番号 KG99-015
空調用蒸気配管	W360	炭素鋼	80A	解析モデル番号 KG99-017
空調用蒸気配管	2FDS (G244 隣接)	炭素鋼	80A	解析モデル番号 KG99-010

表－１１　蒸気遮断弁の仕様

名称	対象設備	設置場所	形式	材質	呼び径
蒸気遮断弁 (TVF-01)	82-S-005-100 ：高圧蒸気	W165	空気作動弁	ステンレス 鋳鋼	100A
蒸気遮断弁 (TVF-02)	82-S-013-100 ：中圧蒸気	W165	空気作動弁	ステンレス 鋳鋼	100A
蒸気遮断弁 (TVF-03)	建家空調用蒸気	W165	空気作動弁	炭素鋼鋳鋼	150A

表－１２　ターミナルエンドカバーの仕様

名称	対象配管	設置場所	材質	備考
T/E カバー (TVF-01)	82-S-013-80：中圧蒸気	A028	ステンレス鋼 Sch80	サポート番号 PS-4359
T/E カバー (TVF-02)	82-S-013-80：中圧蒸気	A028	ステンレス鋼 Sch80	サポート番号 PS-4504
T/E カバー (TVF-03)	82-S-031-150：低圧蒸気	A028	ステンレス鋼 Sch80	サポート番号 PS-4600
T/E カバー (TVF-04)	82-S-031-150：低圧蒸気	A028	ステンレス鋼 Sch80	サポート番号 PS-4643
T/E カバー (TVF-05)	82-S-005-100：高圧蒸気	A028	ステンレス鋼 Sch80	サポート番号 PS-4427
T/E カバー (TVF-06)	71-S-022-25：低圧蒸気	A018	ステンレス鋼 Sch80	－
T/E カバー (TVF-07)	71-S-028-25：低圧蒸気	A018	ステンレス鋼 Sch80	－
T/E カバー (TVF-08)	空調用蒸気	W165	炭素鋼 Sch80	－
T/E カバー (TVF-09)	空調用蒸気	W167	炭素鋼 Sch80	－
T/E カバー (TVF-10)	空調用蒸気	2FDS	炭素鋼 Sch80	－
T/E カバー (TVF-11)	空調用蒸気	W360	炭素鋼 Sch80	－
T/E カバー (TVF-12)	空調用蒸気	W360	炭素鋼 Sch80	－

T/E カバー (TVF-13)	空調用蒸気	W165	炭素鋼 Sch80	-
T/E カバー (TVF-14)	空調用蒸気	W167	炭素鋼 Sch80	-
T/E カバー (TVF-15)	空調用蒸気	2FDS	炭素鋼 Sch80	-
T/E カバー (TVF-16)	空調用蒸気	W360	炭素鋼 Sch80	-
T/E カバー (TVF-17)	空調用蒸気	W360	炭素鋼 Sch80	-

(3) 保守

本申請に係る溢水対策機器は、その機能を維持するため、適切な保守ができるようにする。保守において交換する部品類は、ボルト・ナット、漏えい検知装置（検知帯、検知線、検知器、警報装置)、差圧スイッチ（防滴仕様)、弁類、ガスケット、コーキング類であり、適時、これらの予備品を入手し、再処理施設保安規定に基づき交換する。また、漏えい検知装置については、規格品であることから同一規格品又は同等以上の性能を有するものと交換できるものとする。

５．工事の方法

本申請における工事については、「再処理施設の技術基準に関する規則」に適合するよう工事を実施し、技術基準に適合していることを適時の試験・検査により確認する。

5.1　工事の方法及び手順

(1)没水影響の対策（配管の補強対策）

本工事では、材料を入手後、機械加工を行ったうえ現地に搬入し、設置する。

本工事を行うにあたっては、周辺設備に影響を与えないよう施工範囲の隔離・養生等を実施し、アンカーボルトを打設し設置する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図－１２に示す。

1）試験・検査項目

① 据付・外観検査

対　象 ：配管サポート

方　法 ：配管サポートの位置及び外観を目視により確認する。

判　定 ：配管サポートが所定の位置にあり、有意な傷、変形、破損等がないこと。

② 寸法検査

対　象 ：配管サポート

方　法 ：配管サポートの支持間隔を、金尺等を用いて寸法を計測する。

判　定 ：配管サポートの支持間隔が所定の寸法公差内であること。

(2)没水影響の対策（堰の設置）

本工事では、ガイドレール等の材料を入手後、機械加工、堰の組立を行ったうえ現地に搬入し、設置する。

本工事を行うにあたっては、周辺設備に影響を与えないよう施工範囲の隔離・養生等を実施する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図－１３に示す。

1)　試験・検査項目

①　仕様検査

対　象：堰

方　法：堰が JIS　A　4716 で規定された漏水量による等級が Ws-4 以上であることを仕様により確認する。

判　定：JIS A 4716 で規定された漏水量による等級が Ws-4 以上であること。

②　材料確認検査

対　象：据付ボルト

方　法：据付ボルトの材料について、材料証明書等により確認する。

判　定：材料証明書等の記載内容が所定の材料であること。

③　据付・外観検査

対　象：堰

方　法：堰の位置及び外観を目視により確認する。

判　定：設置した堰が別図－２の位置にあり、据付ボルトで固定され、有害な傷、変形、破損等がないこと。

④　寸法検査

対　象：堰

方　法：堰の高さを、金尺等を用いて確認する。

判　定：表－３の仕様であること。

(3)没水影響の対策（ドレン配管による排水）

本工事では、材料を入手後、機械加工を行ったうえ現地に搬入し、設置する。

本工事を行うにあたっては、周辺設備に影響を与えないよう施工範囲の隔離・養生等を実施する。

本工事で床に開口を掘削する場合は、予め金属探知機等で埋設物の有無を確認の上、掘削を行う。

これらの作業全般にわたり、火災防護、高所作業等の所要の安全対策を行う。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図－１４に示す。

1) 試験・検査項目

① 材料確認検査

対　象 ：配管、逆止弁

方　法 ：配管、逆止弁の仕様を材料証明書により確認する。

判　定 ：表－４の仕様であること。

② 据付・外観検査

対　象 ：配管、逆止弁

方　法 ：配管、逆止弁の位置及び外観を目視により確認する。

判　定 ：設置した配管、逆止弁が別図－３の位置にあり、有害な傷、変形、破損等がないこと。

③ 寸法検査

対　象 ：配管サポート

方　法 ：配管サポートの支持間隔を、金尺等を用いて寸法を計測する。

判　定 ：配管サポートの支持間隔が所定の寸法公差内であること。

(4)没水影響の対策（架台による嵩上げ）

本工事では、材料を入手後、機械加工を行ったうえ現地に搬入し、設置する。

本工事を行うにあたっては、周辺設備に影響を与えないよう施工範囲の隔離・養生等を実施する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図－１５に示す。

1) 試験・検査項目

① 据付・外観検査

対　象 ：架台

方　法 ：架台位置及び外観を目視により確認する。

判　定 ：設置した架台が別図－４の位置にあり、有害な傷、変形、破損等がないこと。

② 寸法検査

対　象 ：架台

方　法　：架台の高さを、金尺等を用いて確認する。

判　定　：表－５の仕様であること。

(5)没水影響の対策（漏えい検知装置）

本工事では、材料を入手後、機械加工を行う、又は既製品を入手後、現地に搬入し、設置する。ケーブル等は電線管に収納する。

本工事を行うにあたっては、周辺設備に影響を与えないよう施工範囲の隔離・養生等を実施する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図－１６に示す。

1）試験・検査項目

① 据付・外観検査

対　象　：漏えい検知装置

方　法　：漏えい検知装置の位置及び外観を目視により確認する。

判　定　：設置した漏えい検知装置が別図－５の位置にあり、有害な傷、変形、破損、破損等がないこと。

② 作動検査

対　象　：漏えい検知装置

方　法　：水に浸して漏えい検知を作動させ、警報装置へ正常に表示されることを確認する。

判　定　：警報装置への表示が正常であること。

(6)被水影響の対策没水影響の対策（被水防止板）

本工事では、材料を入手後、機械加工を行ったうえ現地に搬入し、設置する。

本工事を行うにあたっては、周辺設備に影響を与えないよう施工範囲の隔離・養生等を実施する。

これらの作業全般にわたり、火災防護、高所作業等の所要の安全対策を行う。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図－１７に示す。

1）試験・検査項目

① 据付・外観検査

対　象　：被水防止板、サポート等

方　法　：被水防止板、サポート等の位置及び外観を目視により確認する。

判　定　：設置した被水防止板等が別図－７の位置にあり、有害な傷、変形、破損等がないこと。

② 寸法検査

対　象　：被水防止板等

方　法　：被水防止板等の寸法を、金尺等を用いて確認する。

判　定　：表－７の仕様であること。

(7)被水影響の対策没水影響の対策（防滴仕様を有する設備への変更）

本工事では、資材を入手後、現地に搬入し、設置する。

本工事を行うにあたっては、周辺設備に影響を与えないよう施工範囲の隔離・養生等を実施する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図－１８に示す。

1）試験・検査項目

① 仕様検査

対　象　：差圧スイッチ

方　法　：差圧スイッチが JIS 防水保護等級 4 級相当以上であることを差圧スイッチの仕様により確認する。

判　定　：JIS 防水保護等級 4 級相当以上であること。

② 外観検査

対　象　：差圧スイッチ

方　法　：差圧スイッチの外観を目視により確認する。

判　定　：差圧スイッチに有害なキズ、変形、破損等がないこと。

③ 作動試験

対　象　：差圧スイッチ

方　法　：差圧スイッチに模擬信号を入力し、警報音の発報及び警報灯の点滅を確

認する。

判　定　：所定の入力値で警報音の発報及び警報灯が点滅すること。

(8)被水影響の対策没水影響の対策（制御盤等へのシール処置）

本工事では、資材を入手後、現地に搬入し、設置する。

本工事を行うにあたっては、周辺設備に影響を与えないよう施工範囲の隔離・養生等を実施する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図－１９に示す。

1）試験・検査項目

①　外観検査

対　象　：制御盤等

方　法　：制御盤等のシール等の外観を目視により確認する。

判　定　：制御盤及びシール等に有害なキズ、変形、破損等がないこと。

(9)蒸気影響の対策（蒸気配管の補強対策）

本工事では、材料を入手後、機械加工を行ったうえ現地に搬入し、設置する。

本工事を行うにあたっては、周辺設備に影響を与えないよう施工範囲の隔離・養生等を実施し、アンカーボルトを打設し設置する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図－２０に示す。

1）試験・検査項目

①　据付・外観検査

対　象　：配管サポート

方　法　：配管サポートの位置及び外観を目視により確認する。

判　定　：配管サポートが所定の位置にあり、有意な傷、変形、破損等がないこと。

②　寸法検査

対　象　：配管サポート

方　法　：配管サポートの支持間隔を、金尺等を用いて寸法を計測する。

判　定　：配管サポートの支持間隔が所定の寸法公差内であること。

(10)蒸気影響の対策（蒸気遮断弁の設置）

本工事では、材料を入手後、機械加工を行ったうえ現地に搬入し、既設配管を切断したうえで設置する。

本工事を行うにあたっては、周辺設備に影響を与えないよう施工範囲の隔離・養生等を実施する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図－２１に示す。

1）試験・検査項目

① 漏えい検査（浸透探傷試験）

対　象　：配管類

方　法　：溶接部の浸透探傷試験（JIS Z 2343）を行い、浸透指示模様の有無を目視等により確認する。

判　定　：浸透指示模様がないこと。

② 据付・外観検査

対　象　：蒸気遮断弁

方　法　：蒸気遮断弁の位置及び外観を目視により確認する。

判　定　：設置した蒸気遮断弁が別図－１０の位置にあり、有意な傷、変形、破損等がないこと。

③ 作動検査

対　象　：蒸気遮断弁

方　法　：模擬信号により蒸気遮断弁が作動することを確認する。

判　定　：模擬信号により蒸気遮断弁が作動し、制御監視盤への表示及び音響装置の鳴動が正常であること。

(11)蒸気影響の対策（ターミナルエンドカバーの設置）

本工事では、材料を入手後、機械加工を行ったうえ現地に搬入し、設置する。

本工事を行うにあたっては、周辺設備に影響を与えないよう施工範囲の隔離・養生等を実施する。

本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。）、判定基準を以下に示す。

本工事フローを別図－２２に示す。

1）試験・検査項目

① 据付・外観検査

対　象　：ターミナルエンドカバー

方　法　：ターミナルエンドカバーの設置位置及び外観を目視により確認する。

判　定　：設置したターミナルエンドカバーが別図－１１の位置にあり、有害な傷、変形、破損等がないこと。

5.2　工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の工事上の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事は、既設設備に影響を与えないよう、隔離措置、養生を施して行う。

③ 本工事は、作業手順、装備、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した特殊放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。

④ 本工事においては、ヘルメット、保護手袋及び保護メガネ、放射線作業用マスク等の保護具を作業の内容に応じて着用し、災害防止に努める。

⑤ 本工事における重量物の運搬は、クレーン、運搬台車等の適切な荷役装置、運搬装置等により行い、既設構造物に破損等の影響を与えないよう作業を行う。

⑥ 本工事において火気を使用する場合は、可燃物の除去、不燃シートの設置等、火災を防止する措置を講じる。

⑦ 本工事においては、経年変化を考慮して作業場所の汚染確認を実施するとともに、必要に応じ、除染等の処置を講じて作業者の被ばく及び作業場所の汚染拡大を防止する。

⑧ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

⑨ 固化セル内ドリップトレイ液面上限警報の差圧スイッチを防水保護等級を有するものに変更する際は、固化セル内の漏えい状況を固化セル内カメラにより監視強化する。

⑩ 本工事においては、アンカー取付け位置やケーブル等の貫通穴の位置は、金属探知機等により既設配筋状態を確認し、干渉しないよう施工する。また貫通孔はシール材等により隙間等ないように施工する。

６．工事の工程

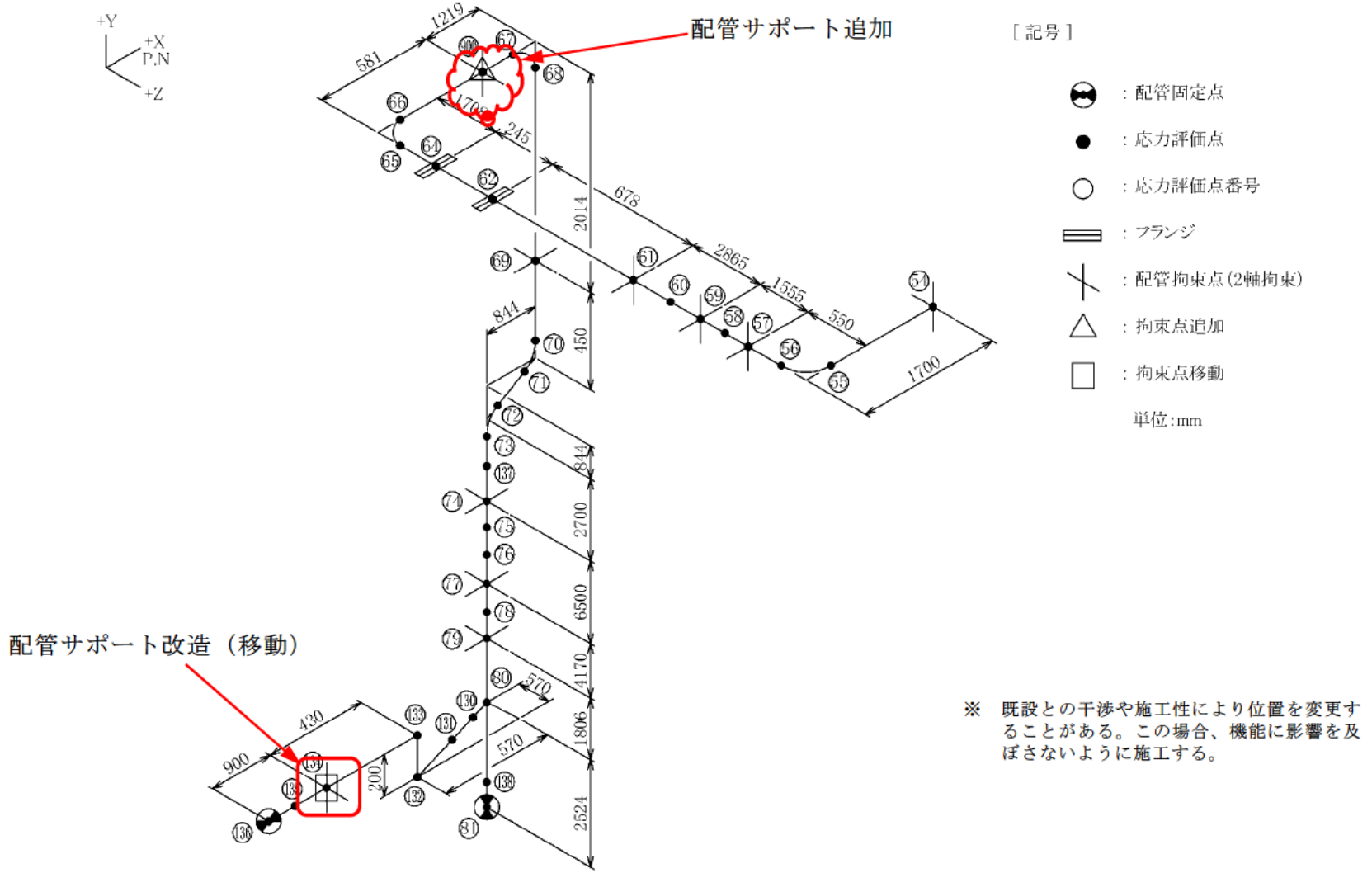
本申請に係る工事の工程を表－１３に示す。

表－１３　工事工程表

<table>
<tr><td></td><td colspan="4">令和 4 年度</td><td colspan="4">令和 5 年度</td></tr>
<tr><td rowspan="3">内部溢水対策に
係る設備の設置</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">工　事　※</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

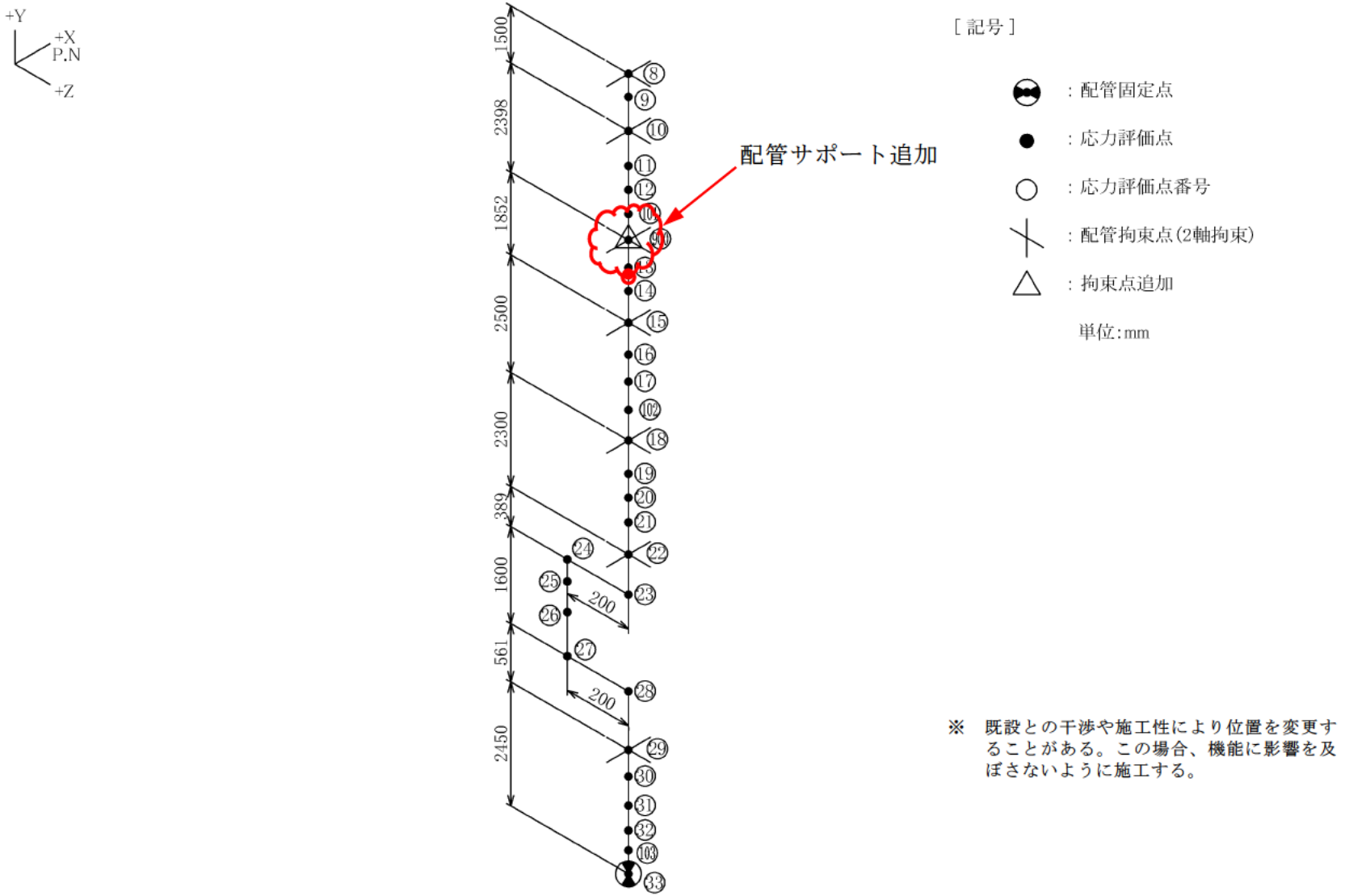
※工事工程は他の安全対策工事との調整に基づき変更する可能性がある。

別　　図

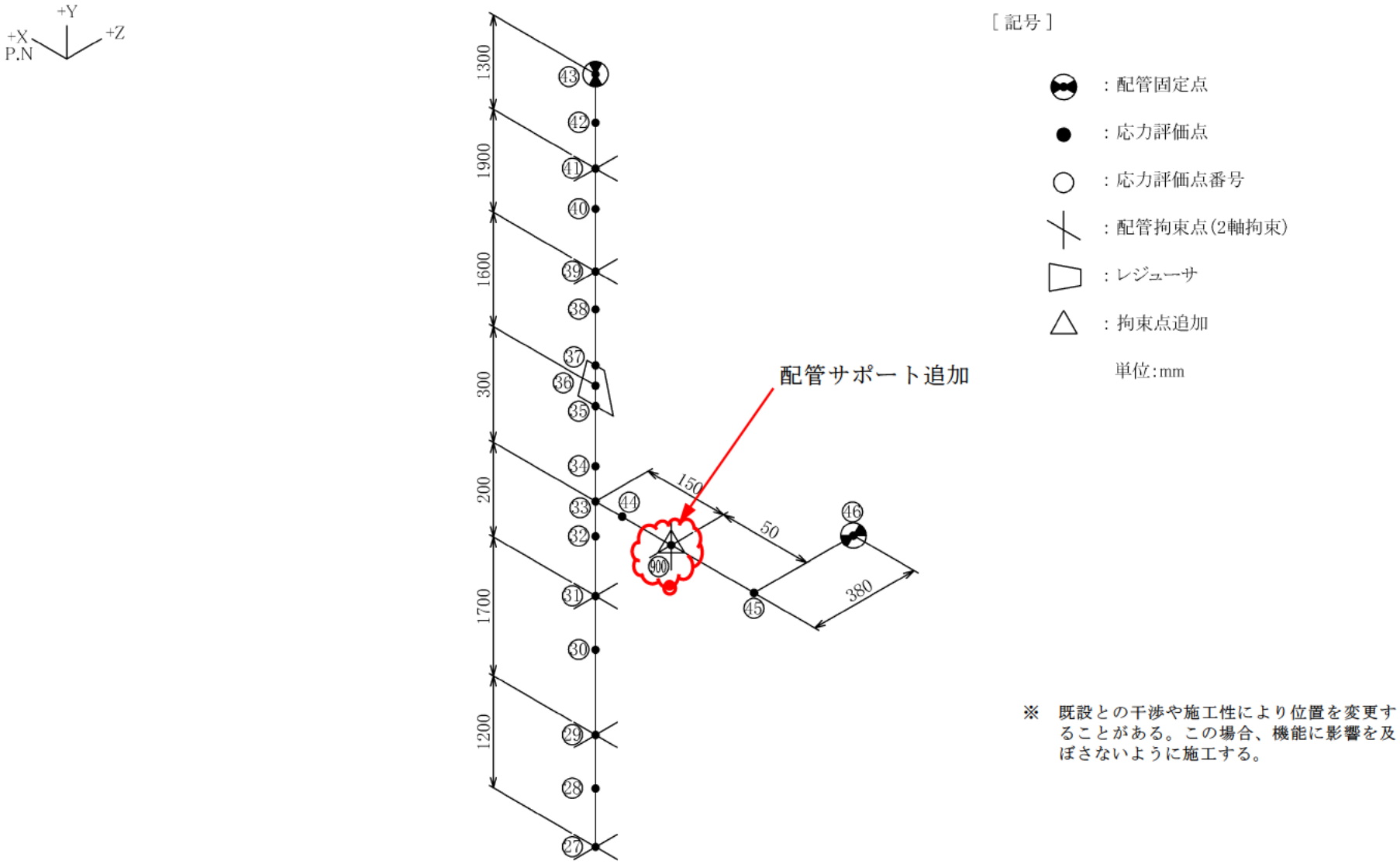


※　既設との干渉や施工性により位置を変更することがある。この場合、機能に影響を及ぼさないように施工する。

別図－１　配管の補強対策の概要（冷却水配管）（1/3）



別図－１　配管の補強対策の概要（純水配管）(2/3)

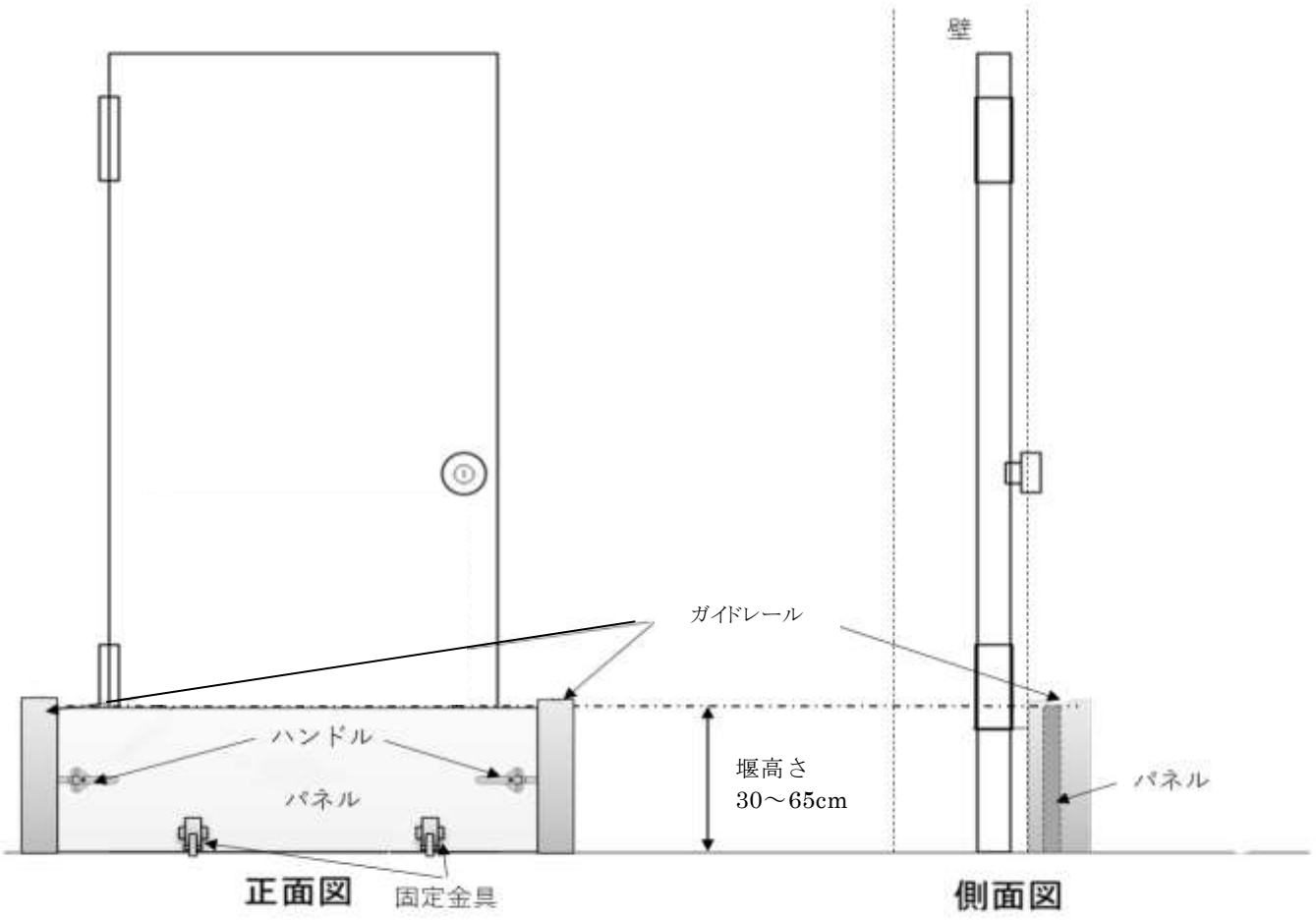


※　既設との干渉や施工性により位置を変更することがある。この場合、機能に影響を及ぼさないように施工する。

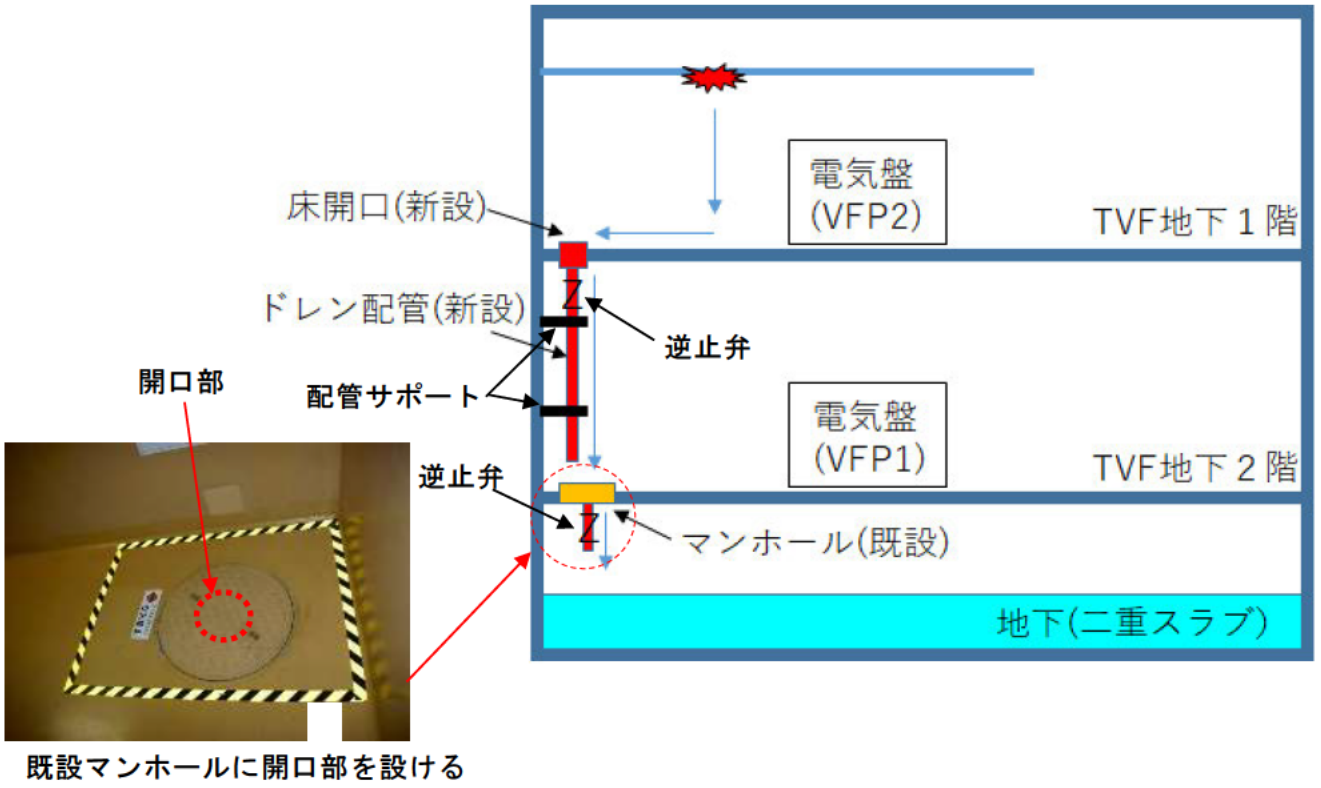
別図－１　配管の補強対策の概要（消火水配管）（3/3）

別図－２　堰の設置場所の概要（1/2）

※　既設との干渉や施工性により位置を変更することがある。この場合、機能に影響を及ぼさないように施工する。



別図－２　堰の設置場所の概要（2/2）



別図－３　ドレン配管の設置の概要

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟屋上



対策前



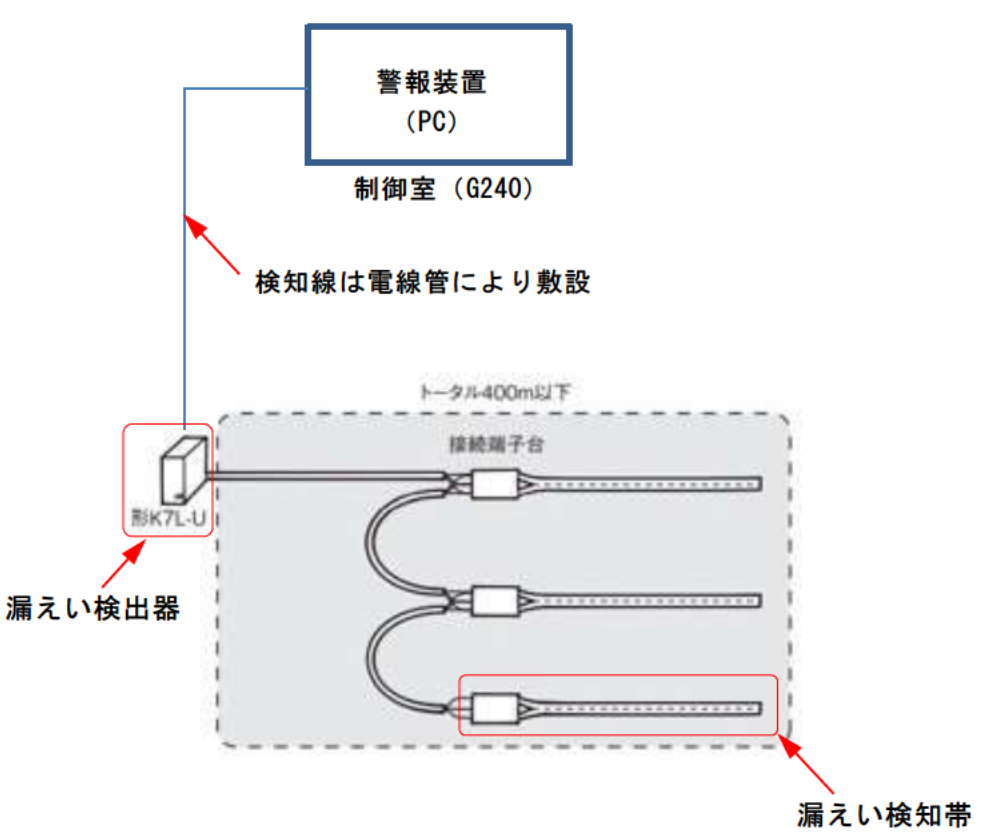
架台

対策後（約 0.2m 嵩上げイメージ）

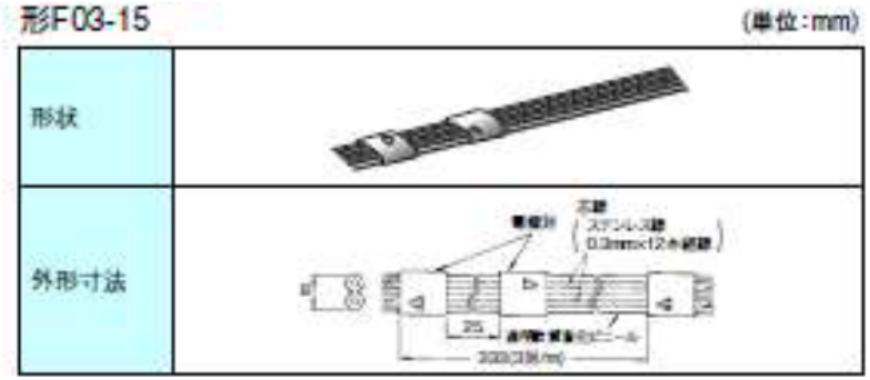
別図－４　嵩上げの概要

（TVF 屋上 緊急電源ケーブル端子箱）

別図－５　漏えい検知装置設置場所の概要

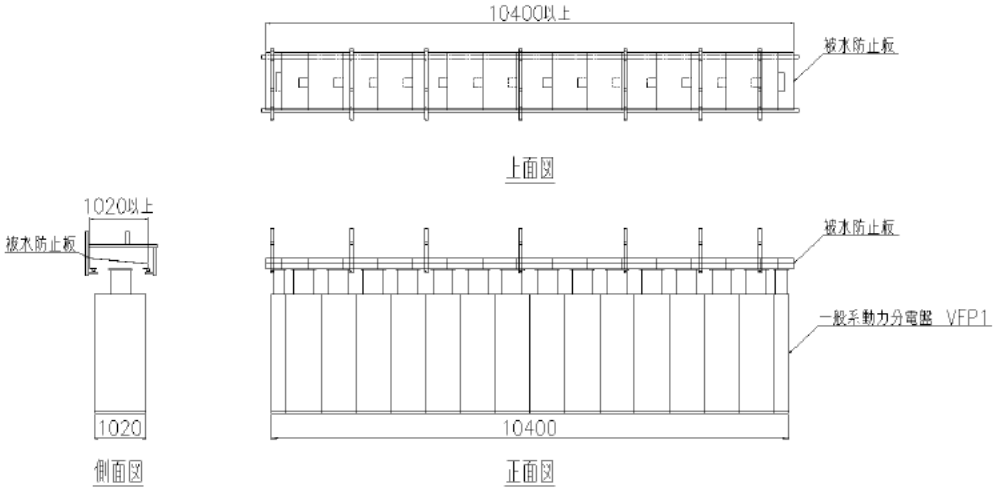


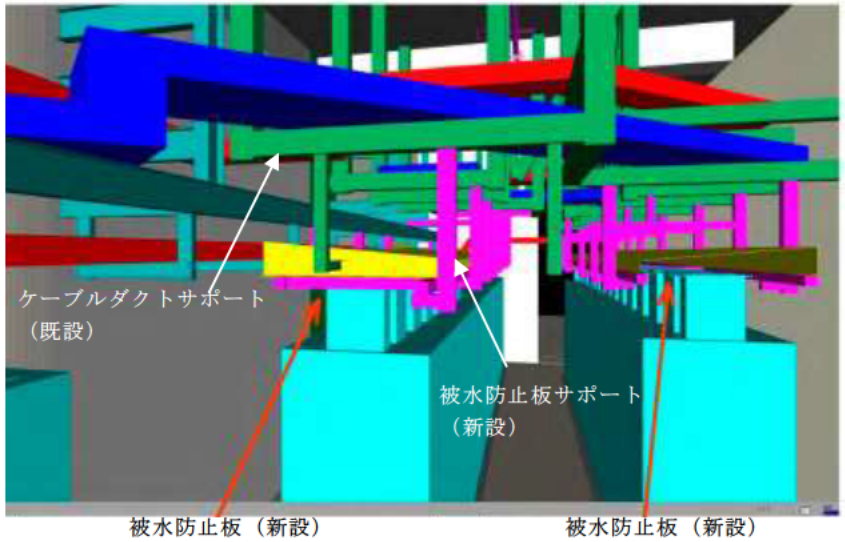




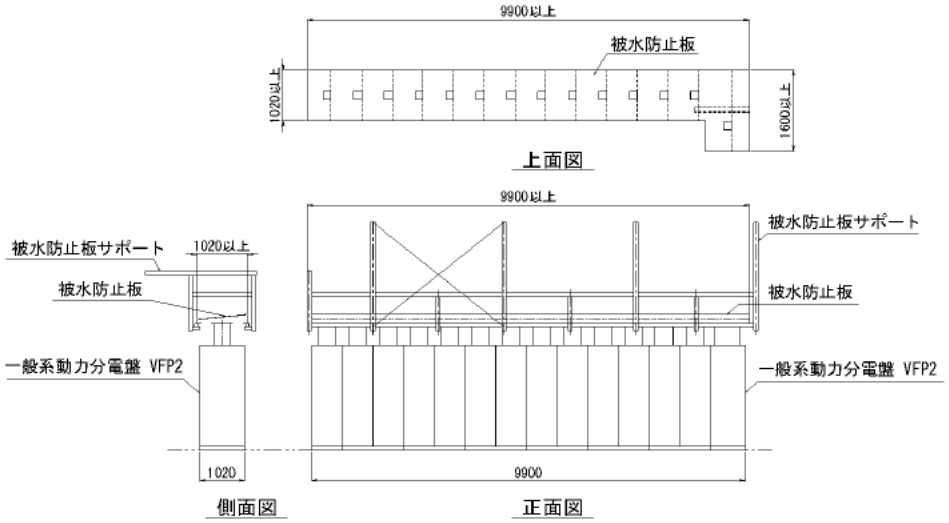
別図－６　漏えい検知装置のシステム概要図

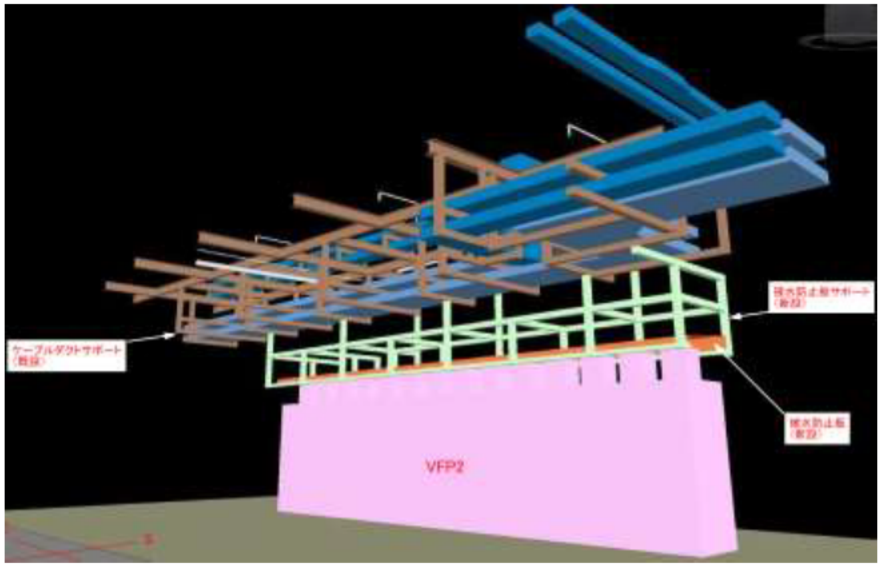
別図－７　被水防止板の設置位置





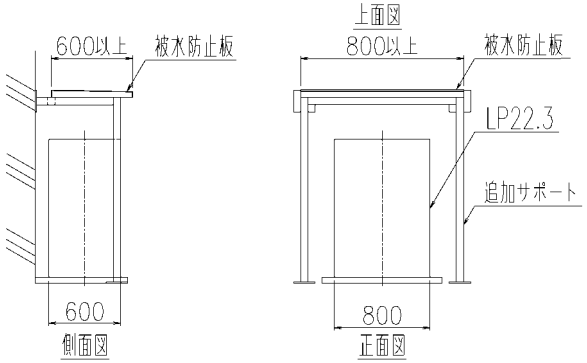
別図－８　被水防止板の概要（地下２階　VFP1）（1/7）

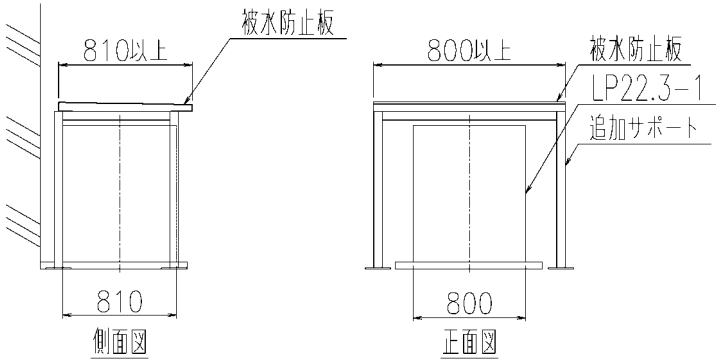




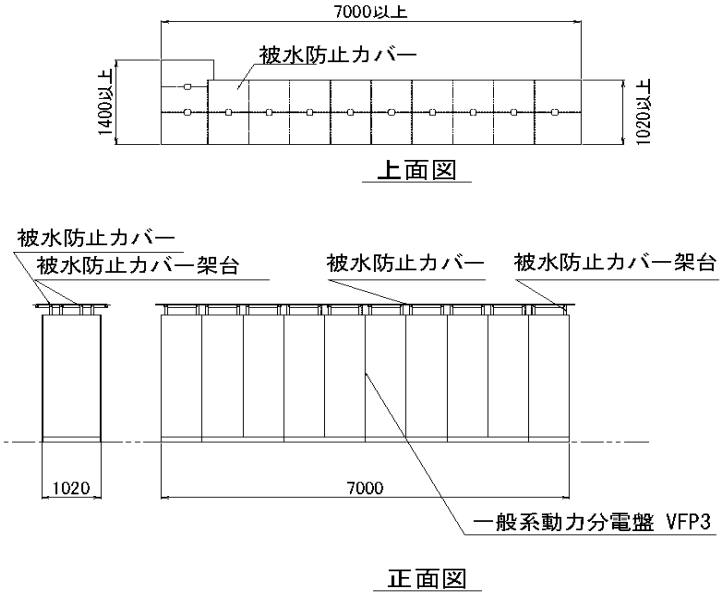
別図－８　被水防止板の概要（地下１階　VFP2）（2/7）

※　既設との干渉や施工性により構造や配置を変更することがある。この場合、機能に影響を及ぼさないように施工する。

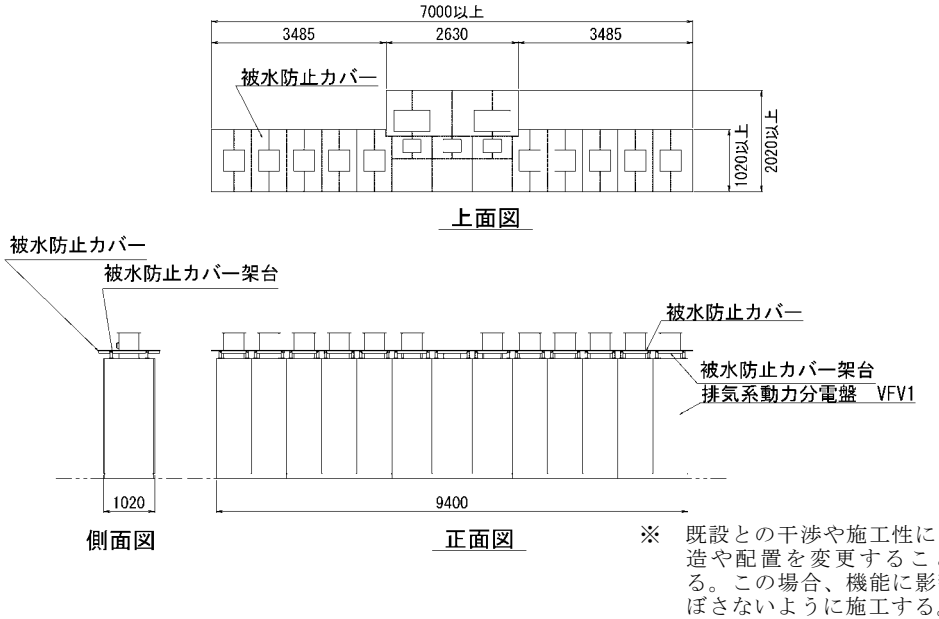




別図－８　被水防止板の概要（地下２階　重量計盤）（3/7）

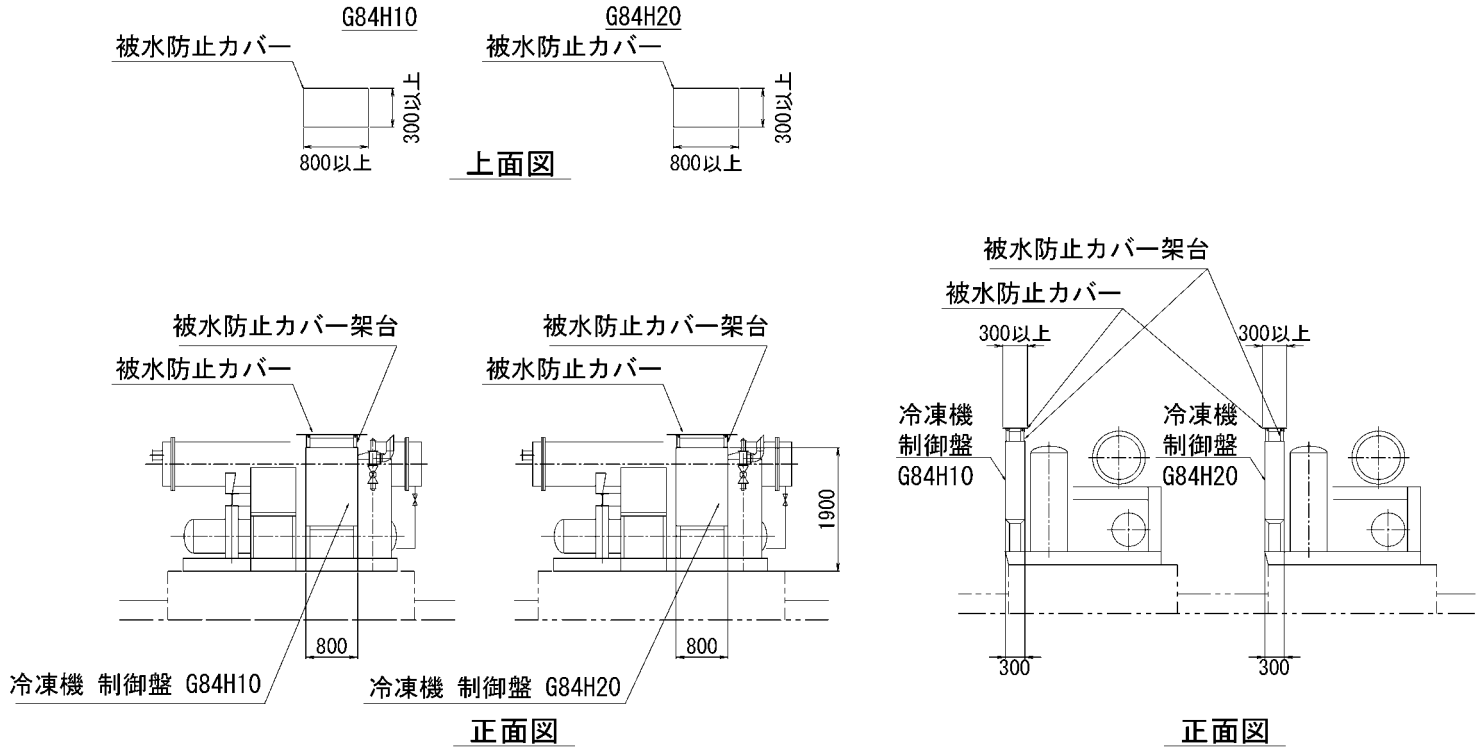


別図－８　被水防止板の概要（3 階　VFP3）（4/7）

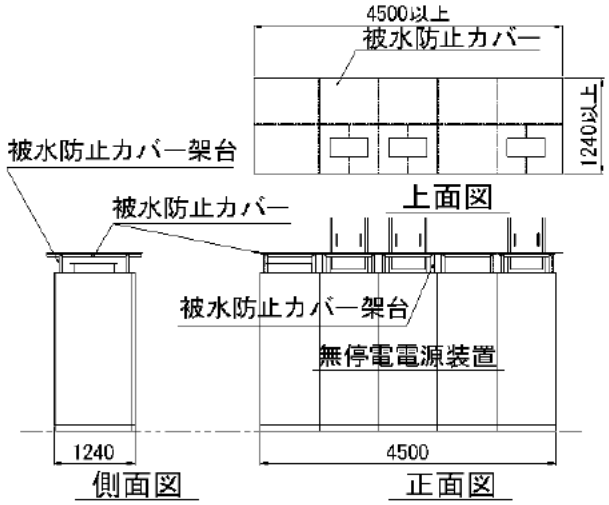


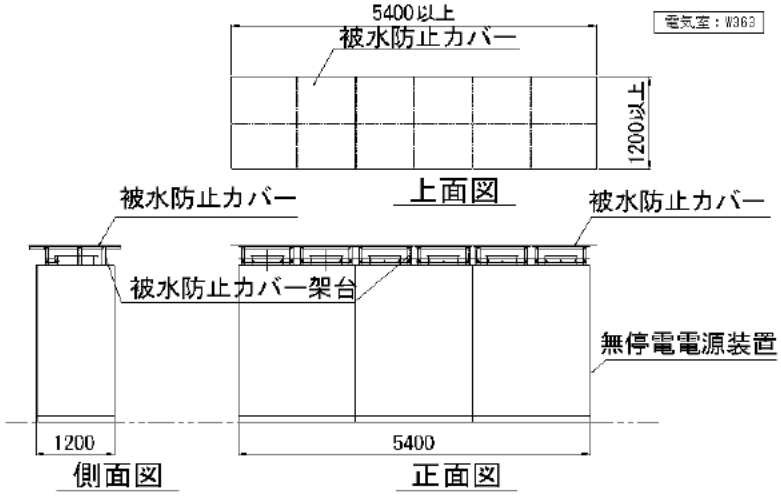
※　既設との干渉や施工性により構造や配置を変更することがある。この場合、機能に影響を及ぼさないように施工する。

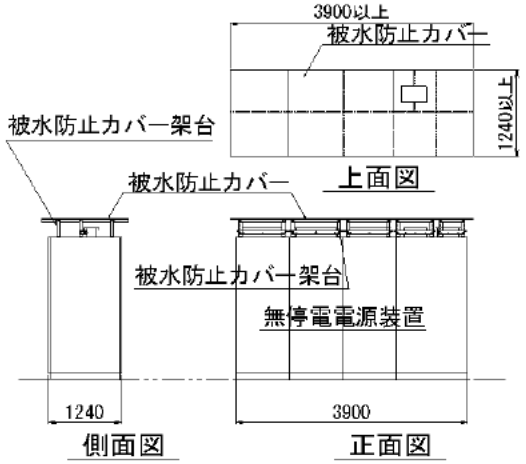
別図－８　被水防止板の概要（3 階　VFV1）（5/7）

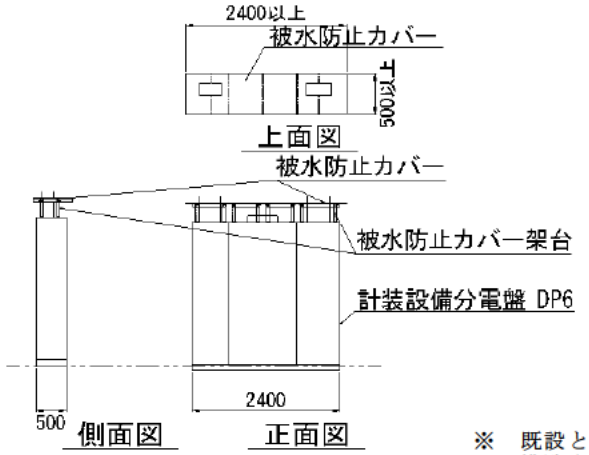


別図－８　被水防止板の概要（3 階　冷凍機制御盤 G84H10, G84H20）（6/7）



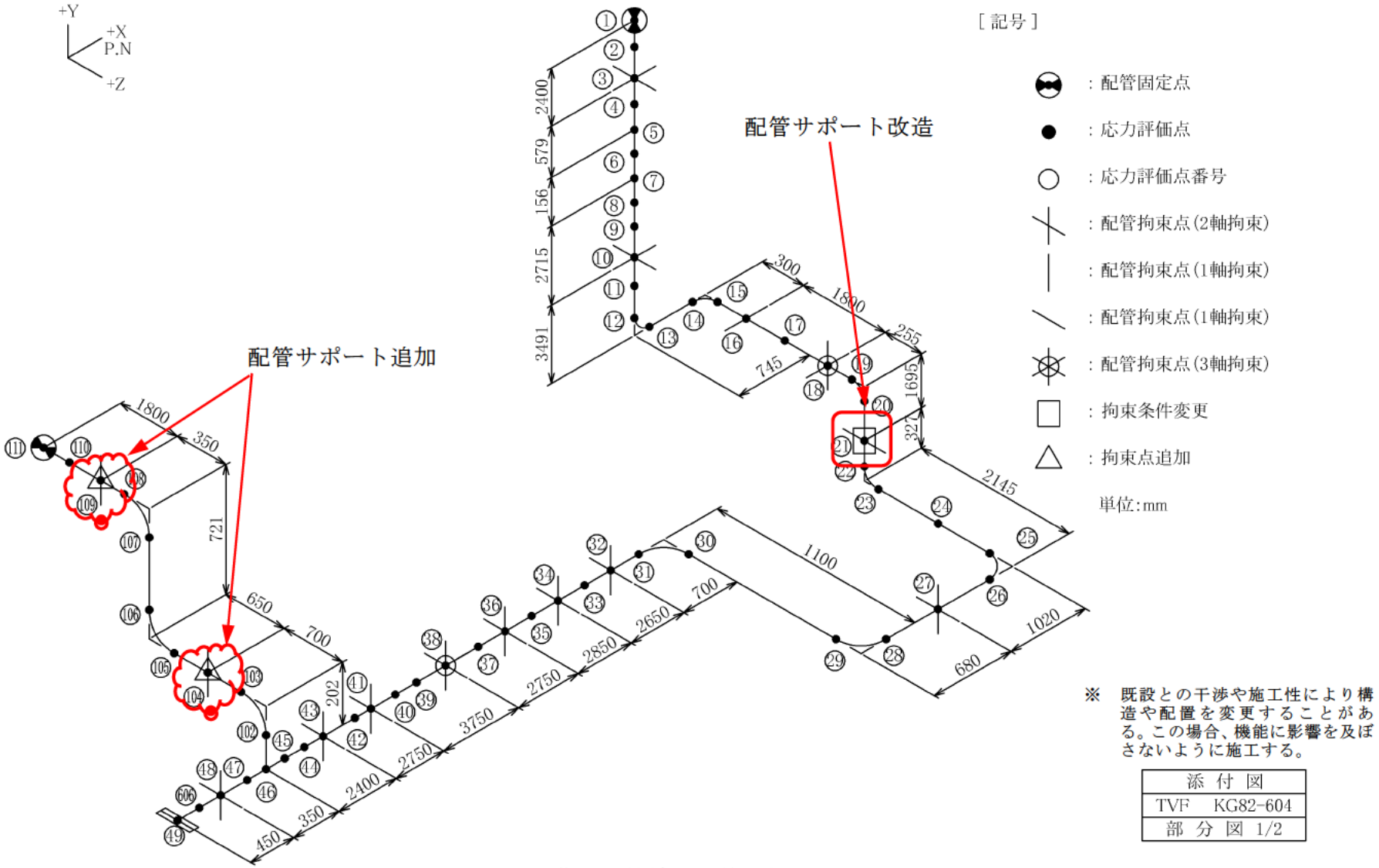






※　既設との干渉や施工性により構造や配置を変更することがある。この場合、機能に影響を及ぼさないように施工する。

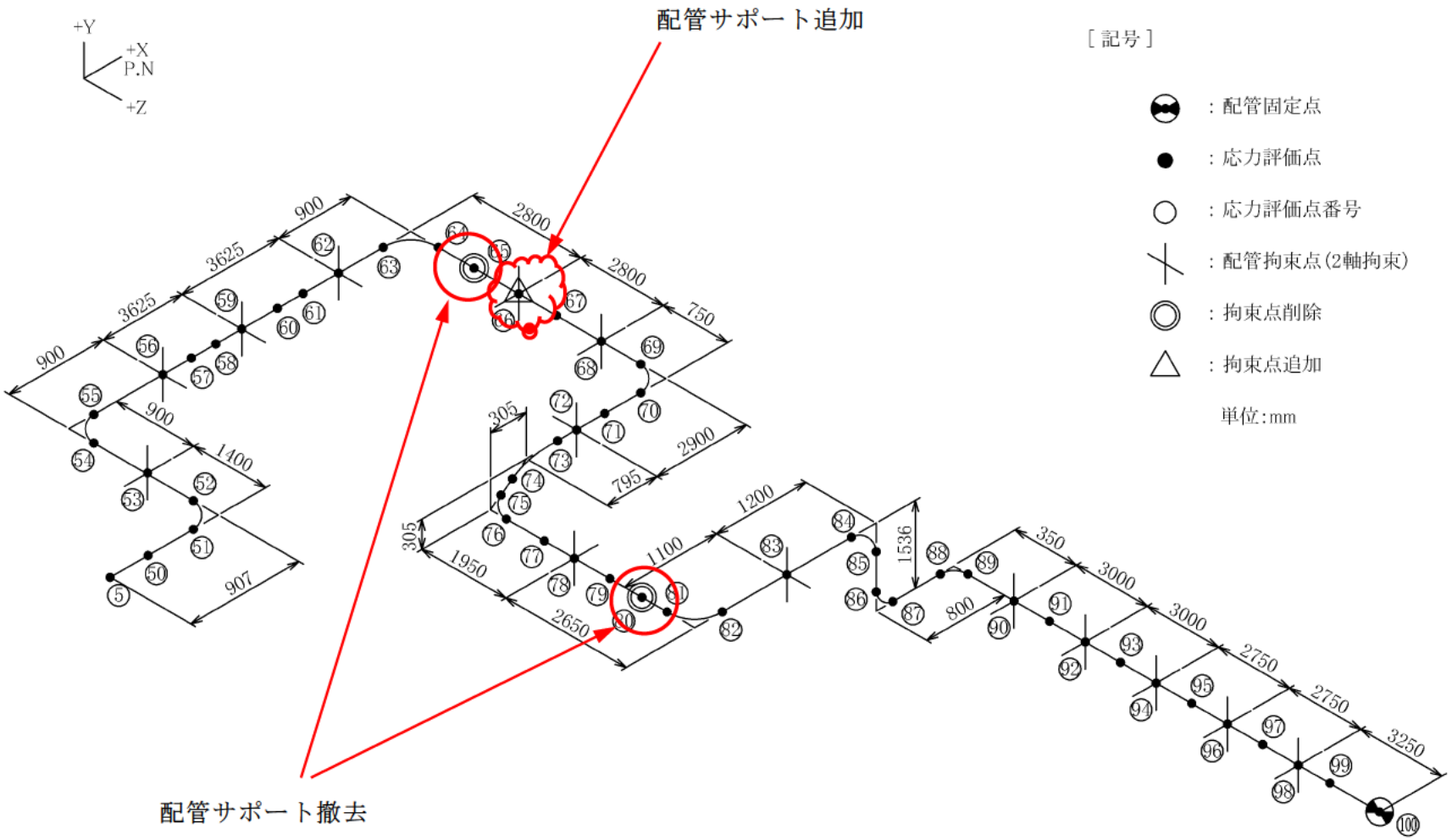
別図－８　被水防止板の概要（3 階　無停電電源装置、計装用分電盤 DP6）（7/7）



※　既設との干渉や施工性により構造や配置を変更することがある。この場合、機能に影響を及ぼさないように施工する。

添　付　図
TVF　KG82-604
部　分　図　1/2

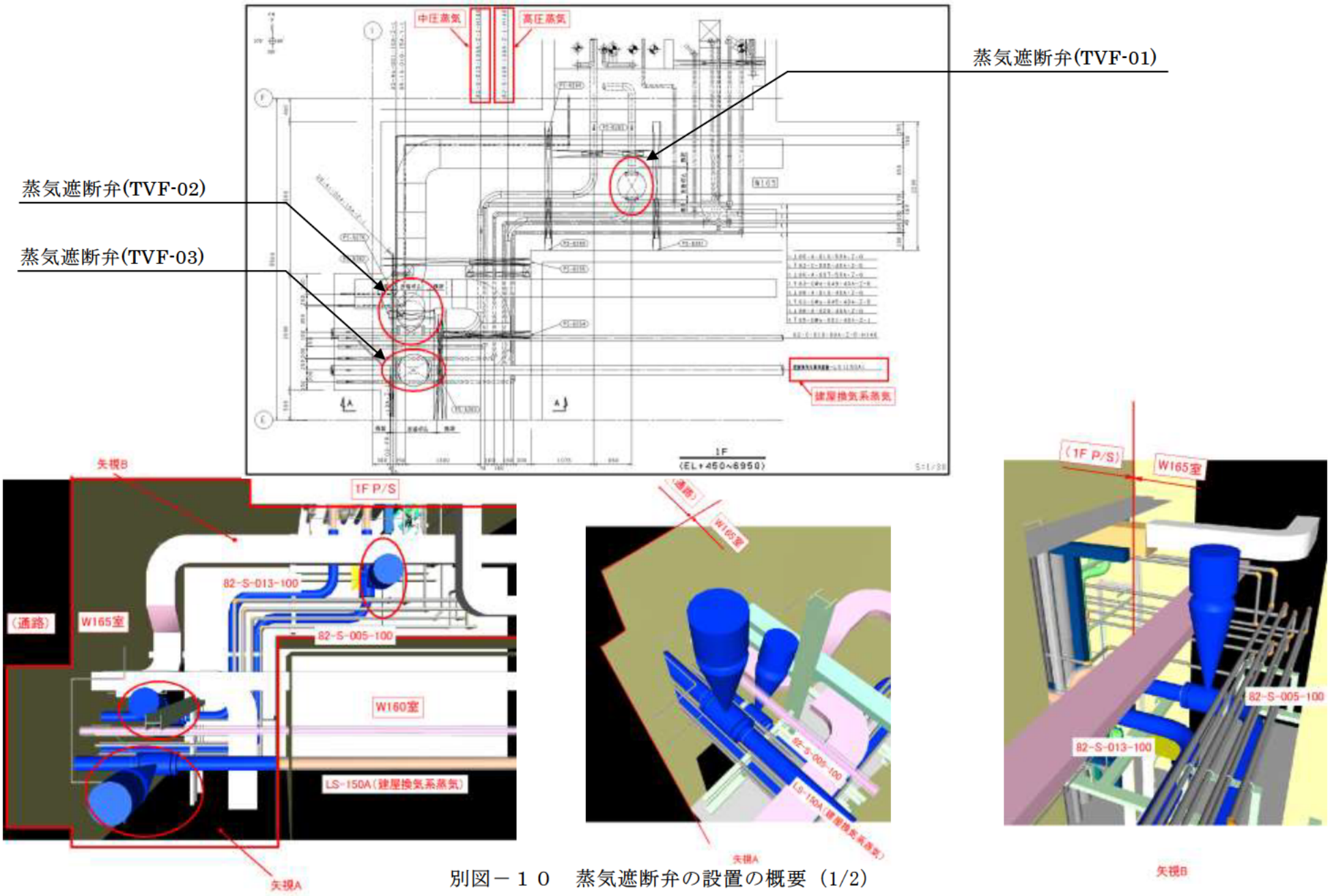
別図－９　蒸気配管補強対策の概要（A028）（1/2）



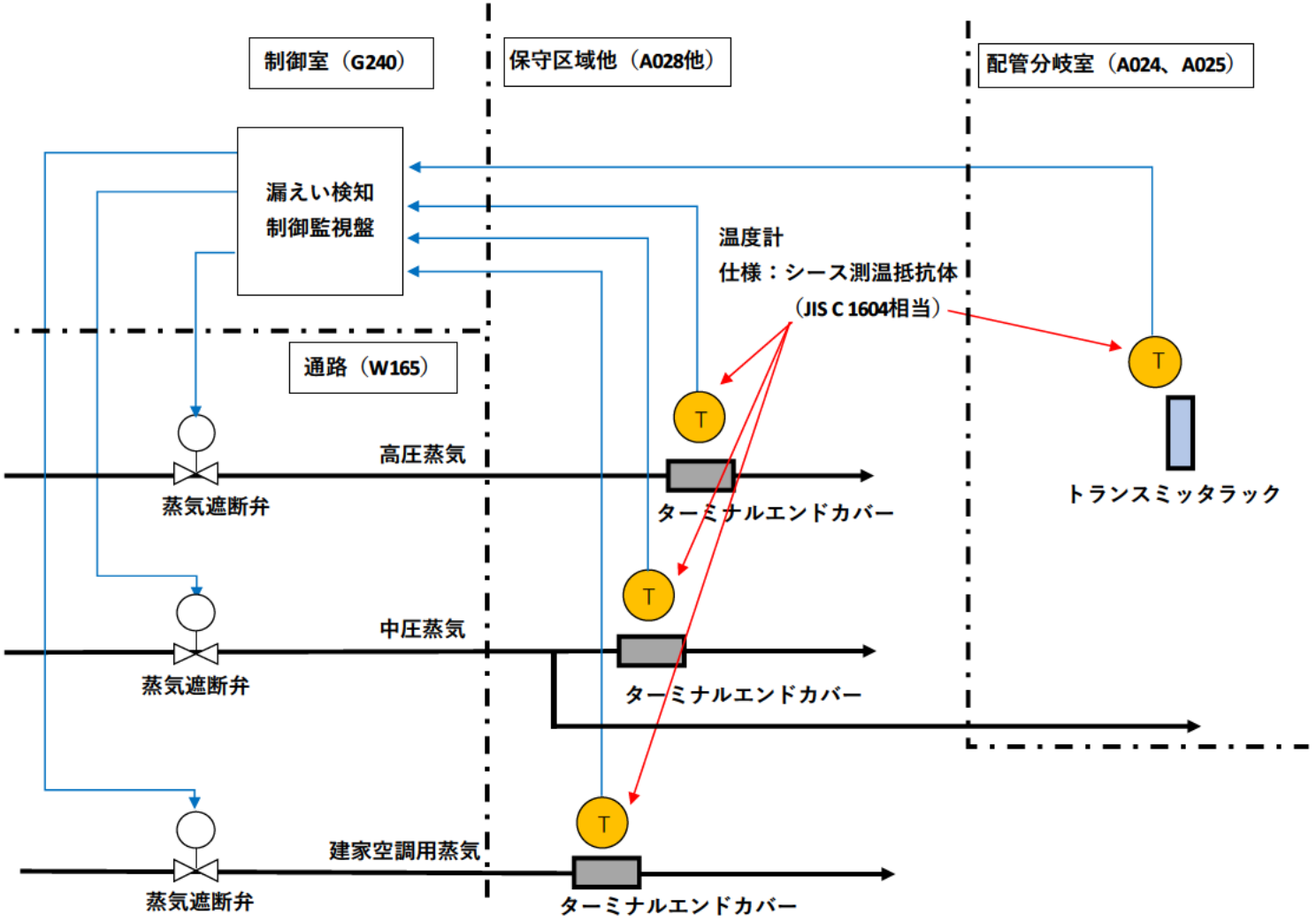
※　既設との干渉や施工性により構造や配置を変更することがある。この場合、機能に影響を及ぼさないように施工する。

添付図
TVF　KG82-604
部分図 2/2

別図－９　蒸気配管補強対策の概要（A028）（2/2）

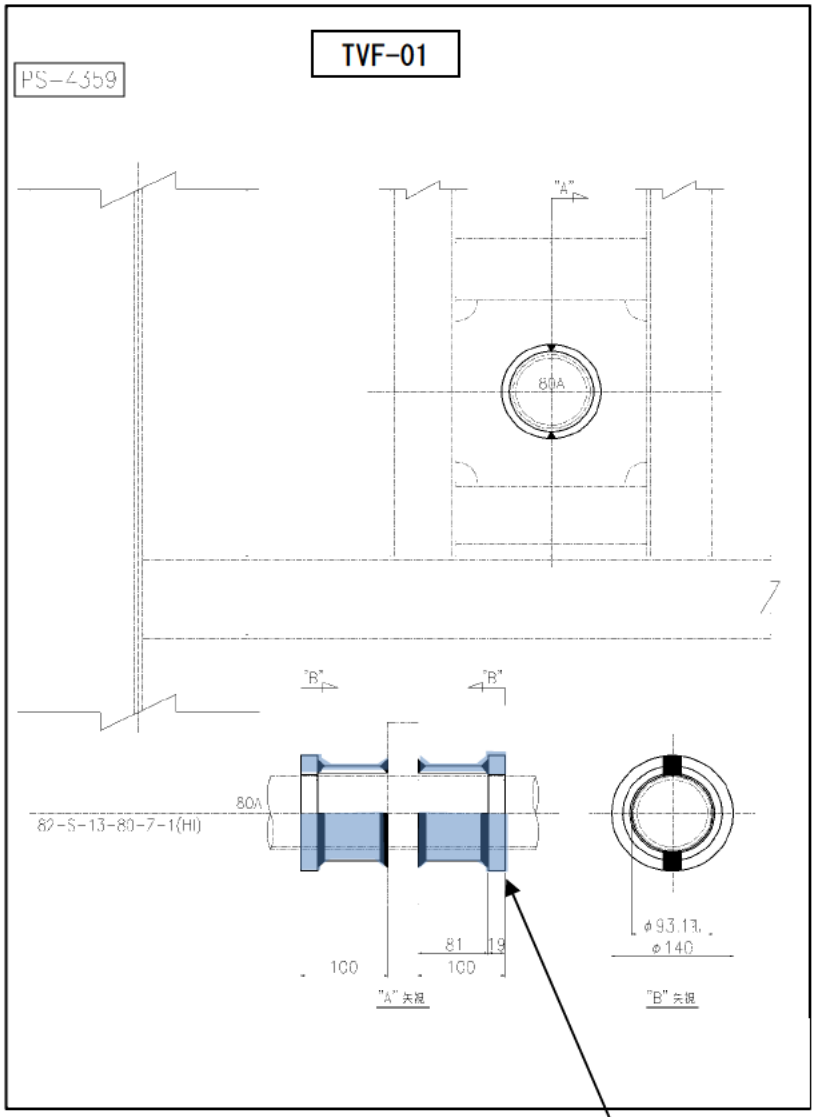


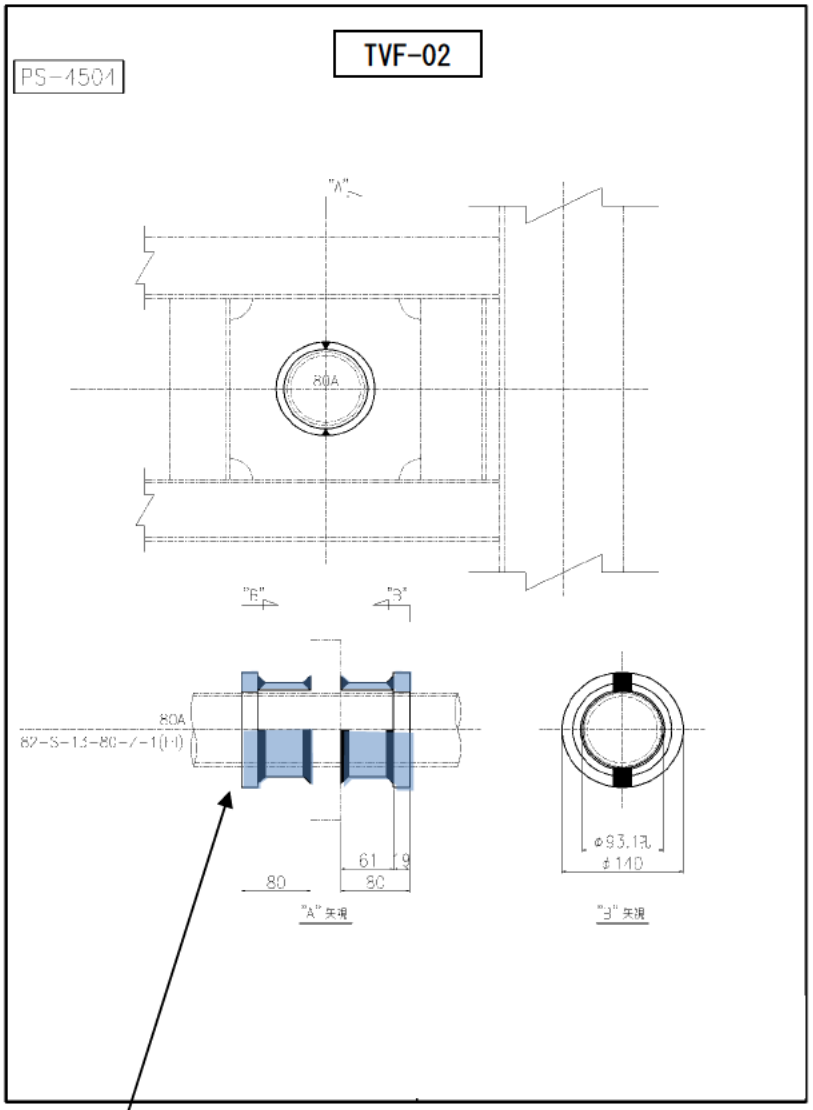
別図－１０　蒸気遮断弁の設置の概要（1/2）



別図－１０　蒸気遮断弁の設置の概要（2/2）

別図－１１　ターミナルエンドカバーの概要（1/8）

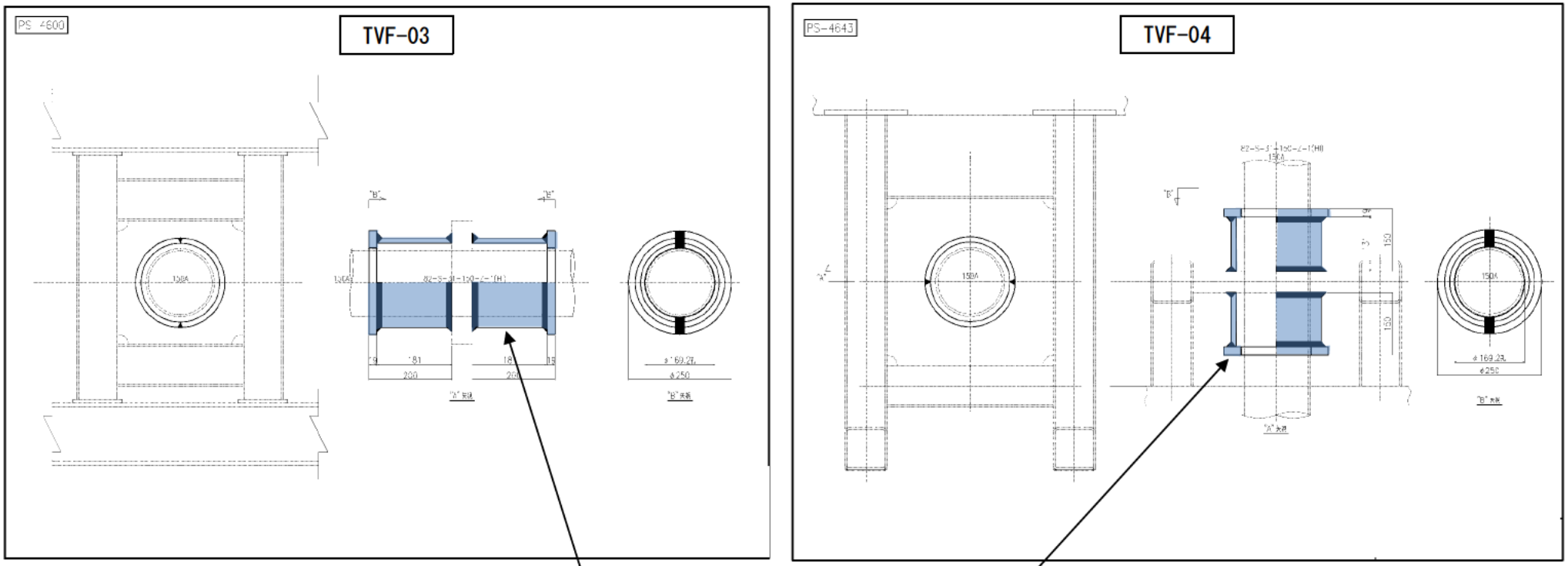




ターミナルエンドカバー

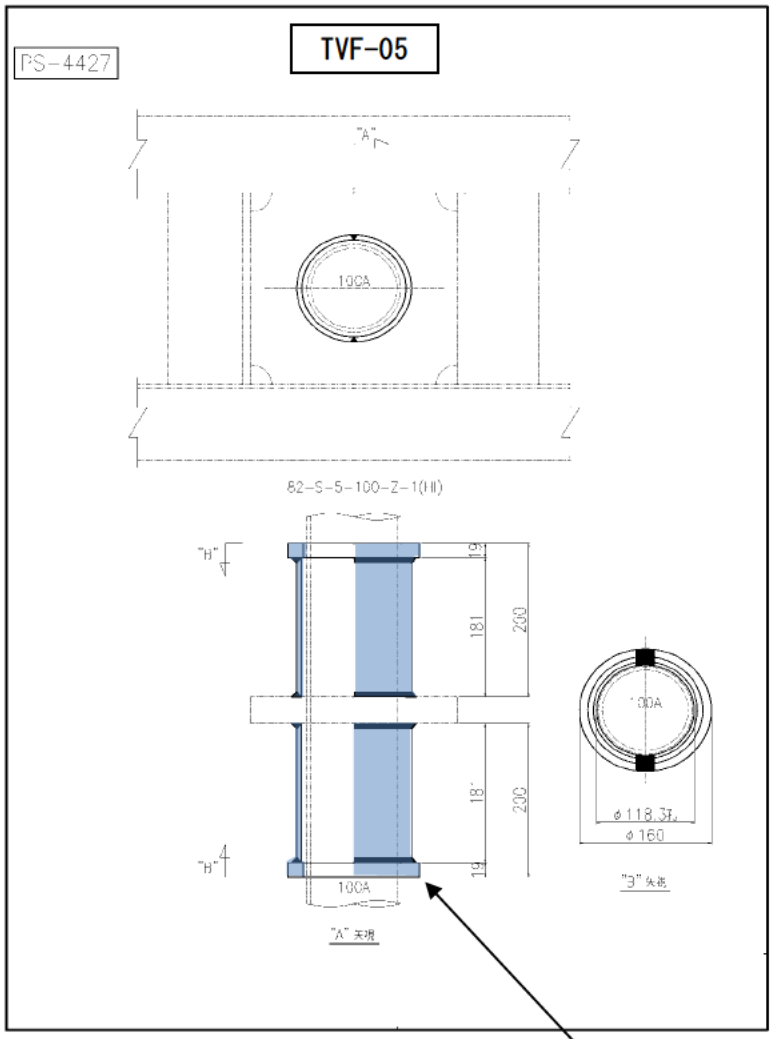
※　既設との干渉や施工性により構造を変更することがある。この場合、機能に影響を及ぼさないように施工する。

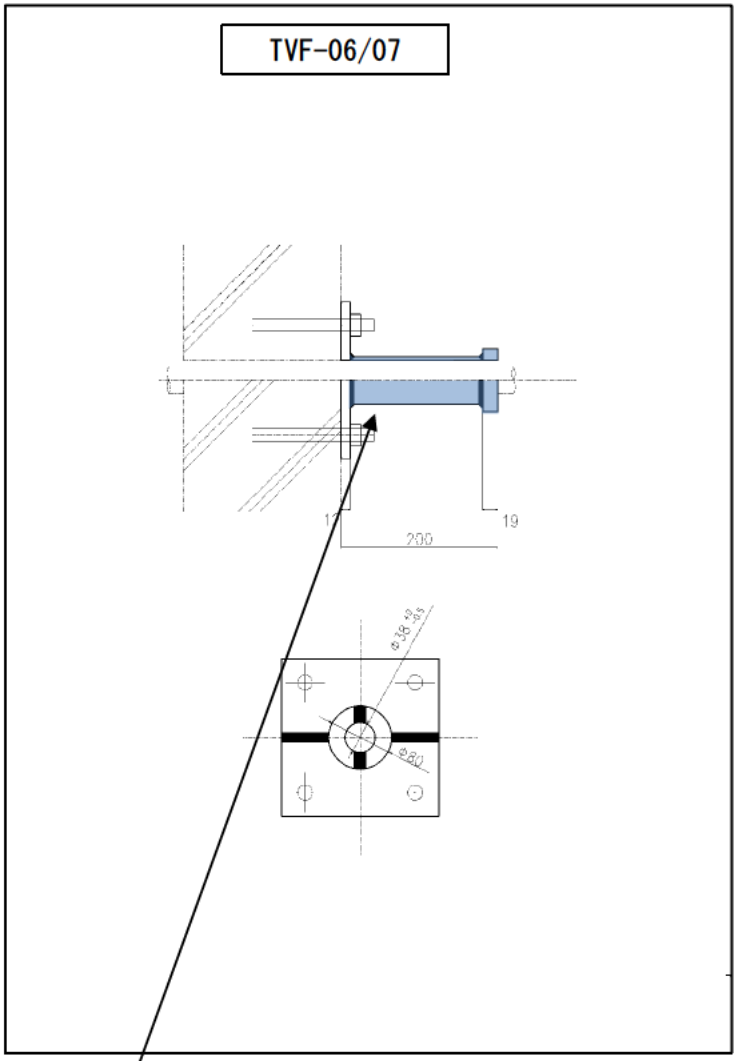
別図－１１　ターミナルエンドカバーの概要（A028 内のターミナルエンドカバー）(2/8)



※　既設との干渉や施工性により構造を変更することがある。この場合、機能に影響を及ぼさないように施工する。

別図－１１　ターミナルエンドカバーの概要（A028 内のターミナルエンドカバー）(3/8)

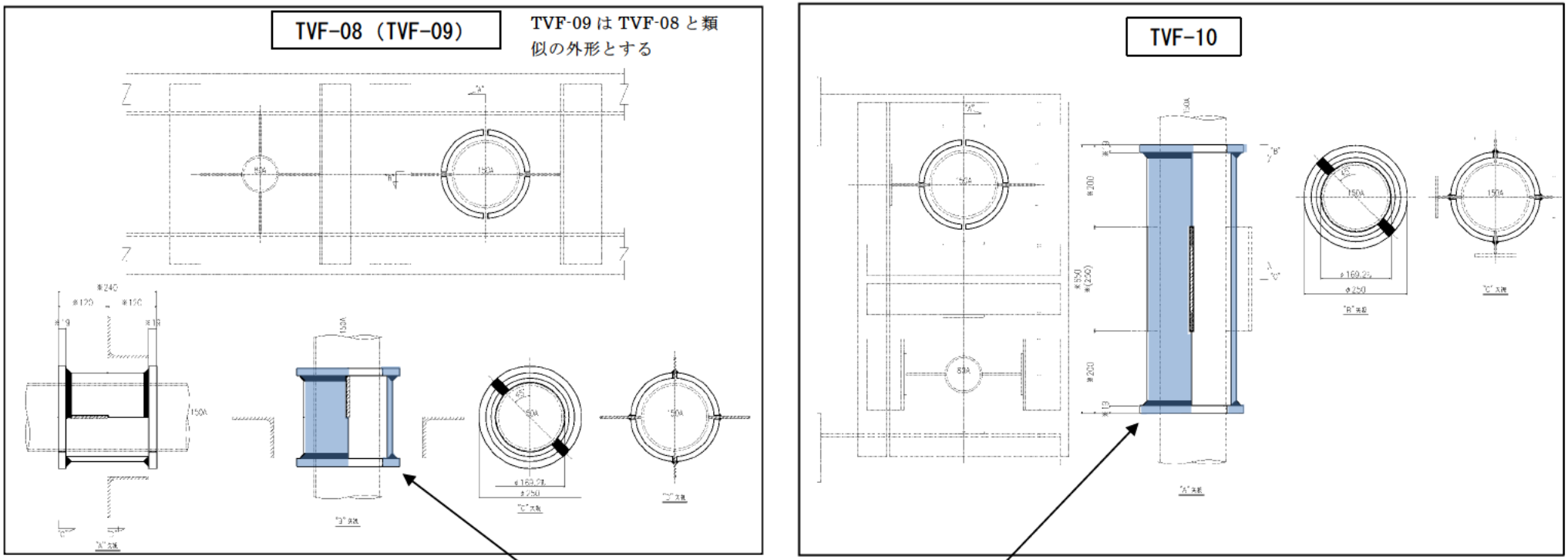




ターミナルエンドカバー

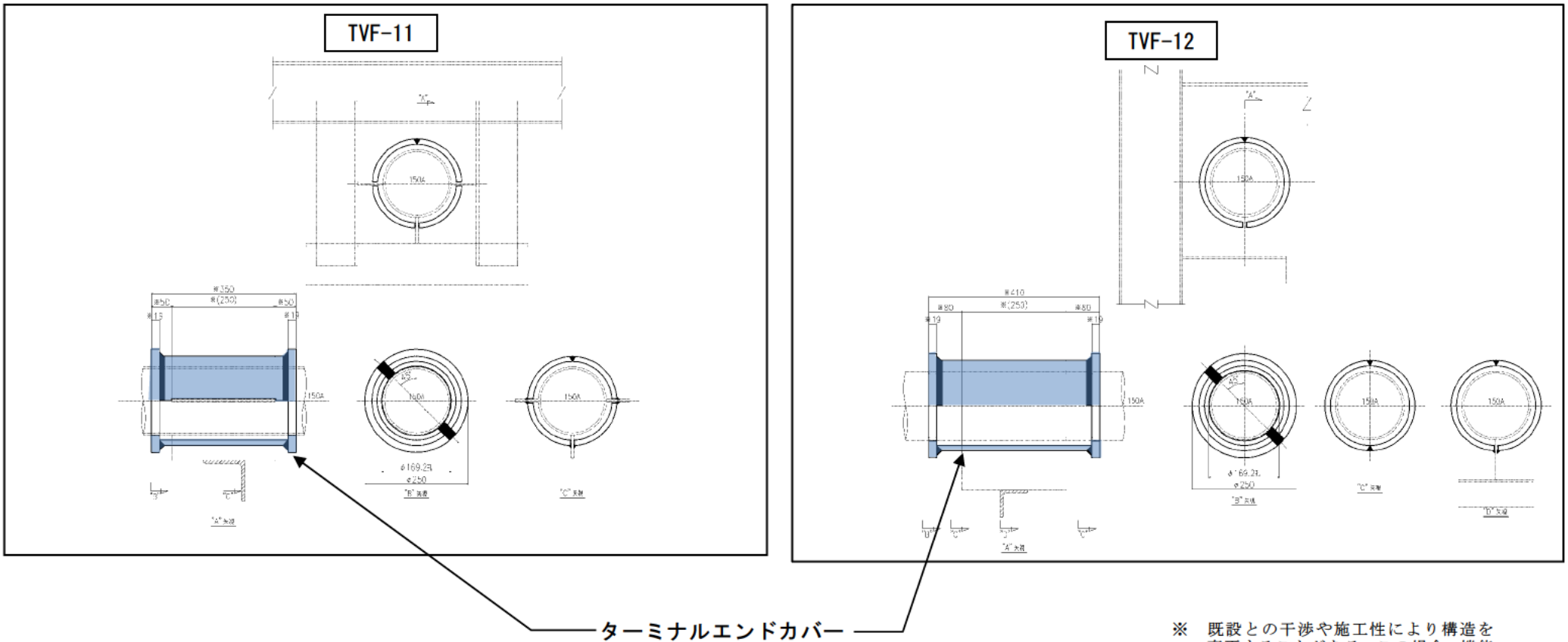
※　既設との干渉や施工性により構造を変更することがある。この場合、機能に影響を及ぼさないように施工する。

別図－１１　ターミナルエンドカバーの概要（A018/A028 内のターミナルエンドカバー）（4/8）



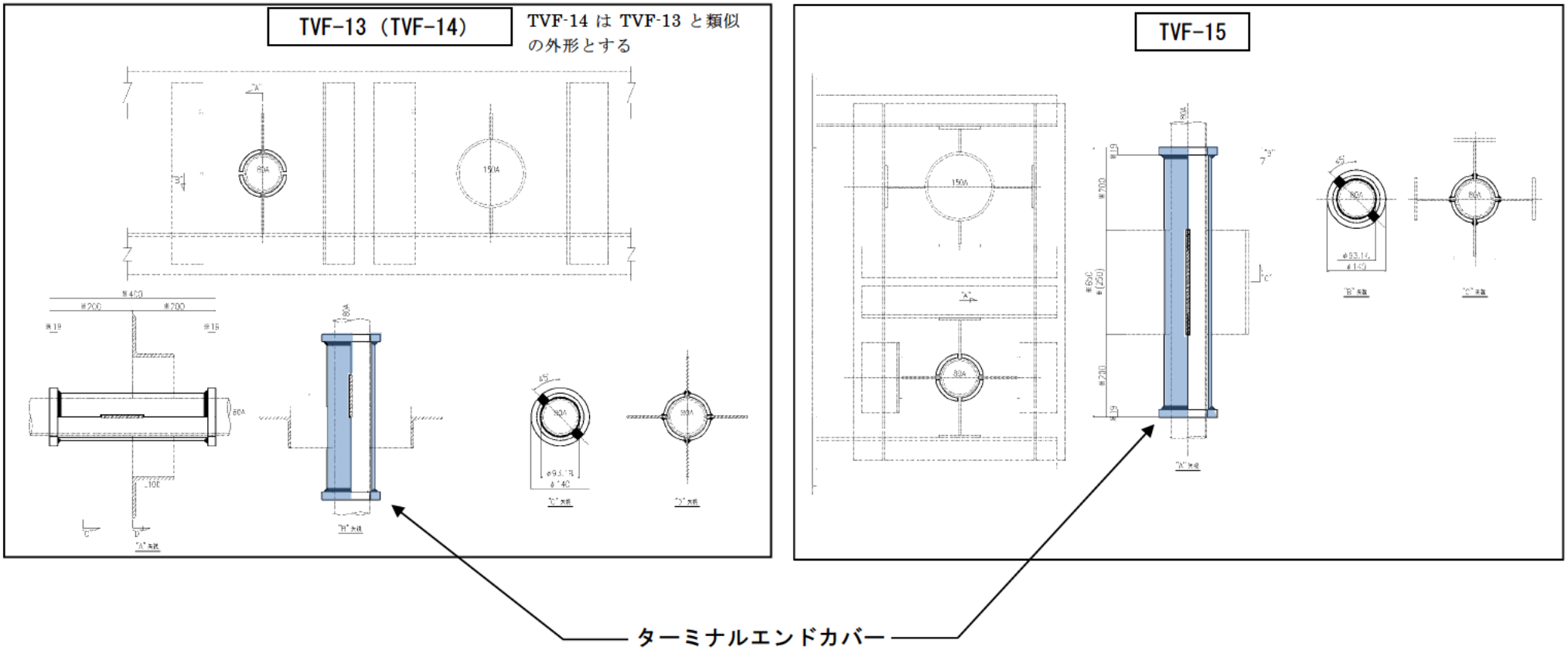
※　既設との干渉や施工性により構造を変更することがある。この場合、機能に影響を及ぼさないように施工する。

別図－１１　ターミナルエンドカバーの概要（W165/2FDS 内のターミナルエンドカバー）(5/8)



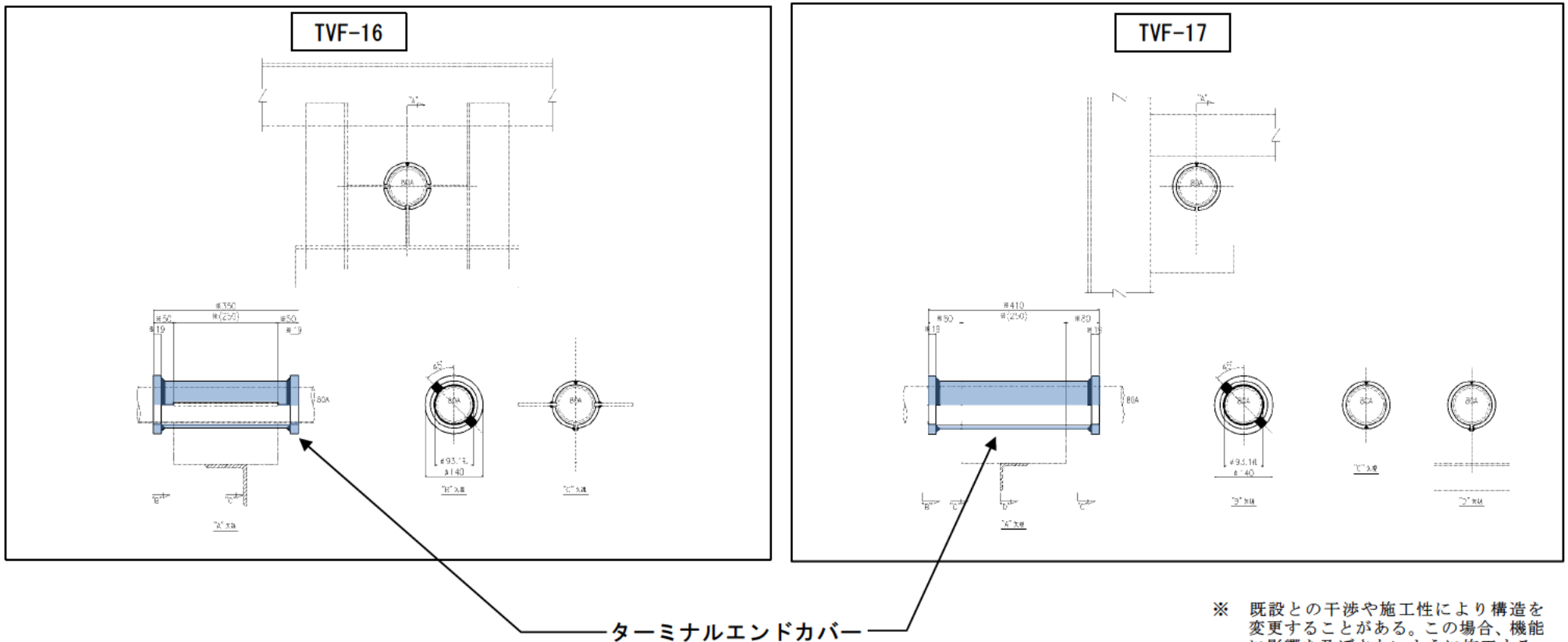
※　既設との干渉や施工性により構造を変更することがある。この場合、機能に影響を及ぼさないように施工する。

別図－１１　ターミナルエンドカバーの概要（W360 内のターミナルエンドカバー）(6/8)

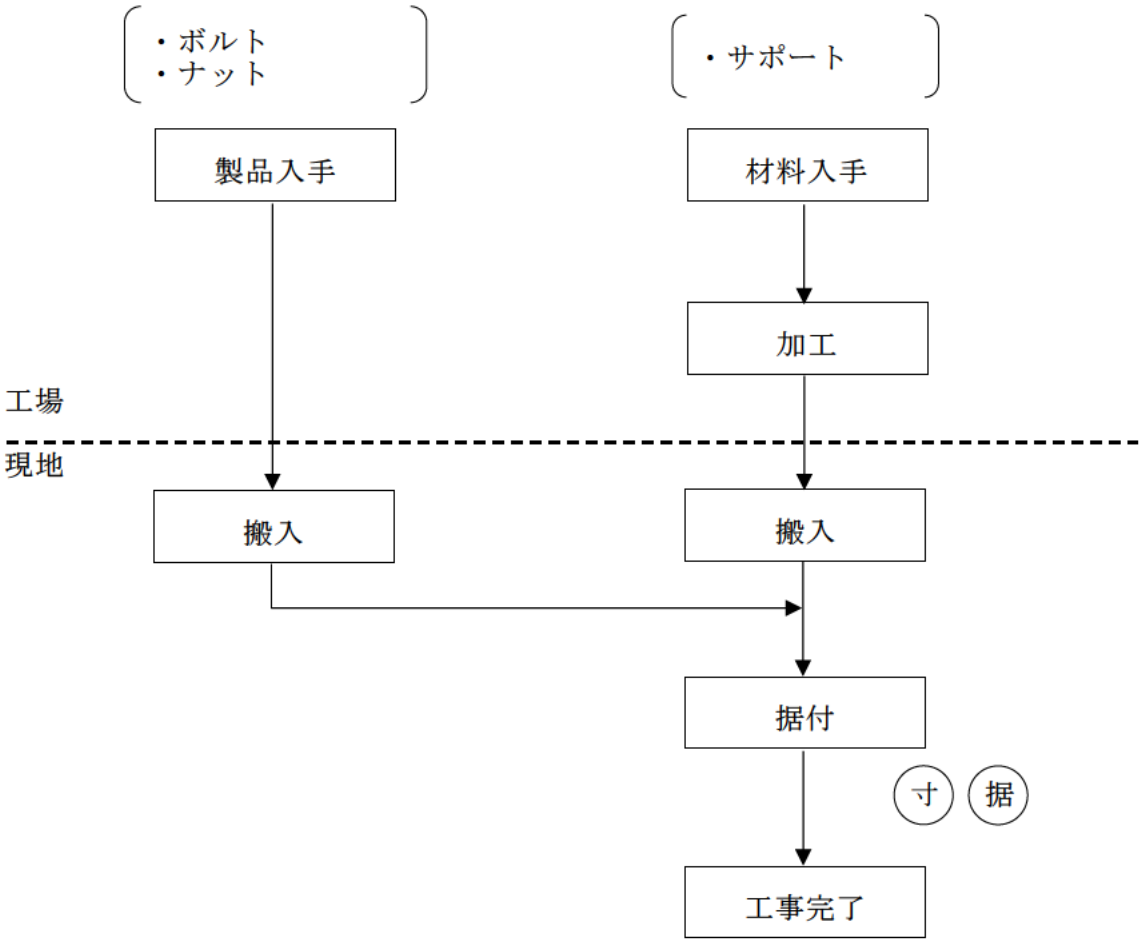


※　既設との干渉や施工性により構造を変更することがある。この場合、機能に影響を及ぼさないように施工する。

別図－１１　ターミナルエンドカバーの概要（W165/2FDS 内のターミナルエンドカバー）(7/8)



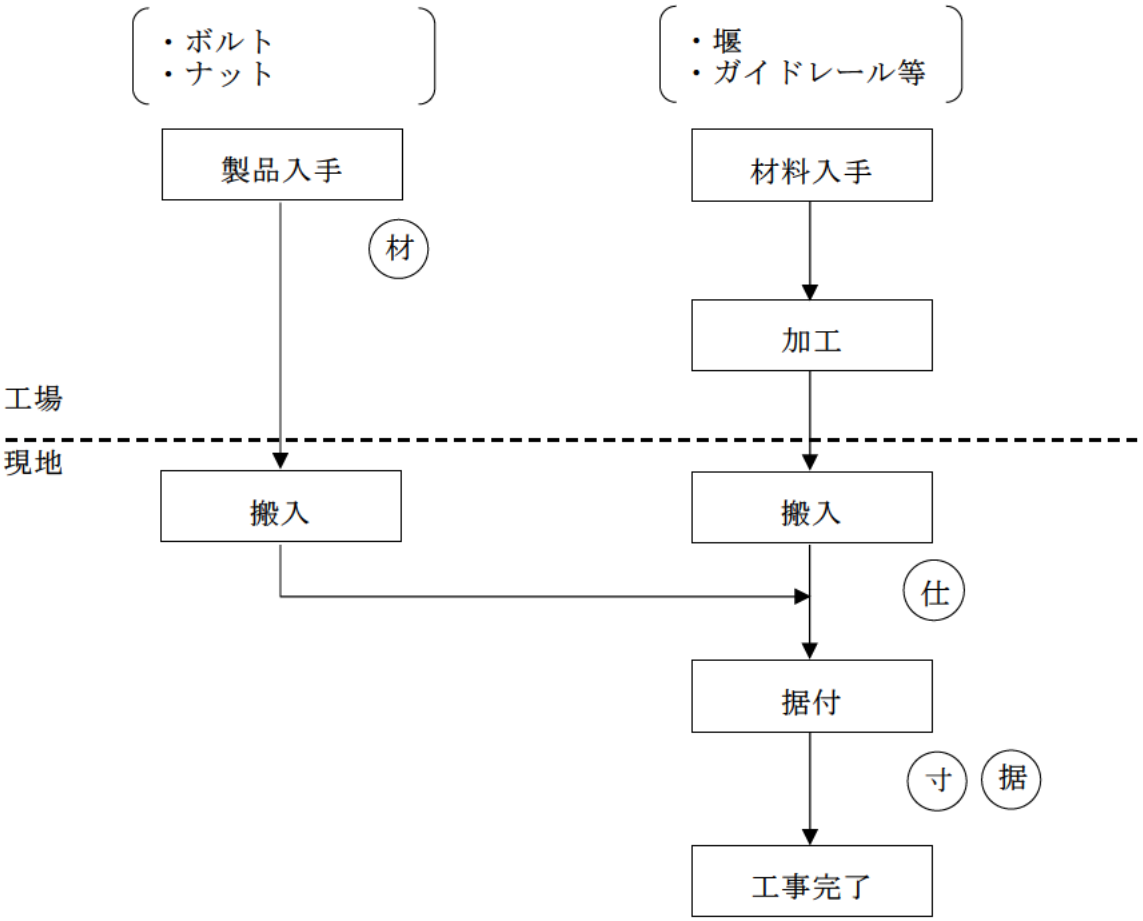
別図－１１　ターミナルエンドカバーの概要（W360 内のターミナルエンドカバー）(8/8)



据 ：据付・外観検査

寸 ：寸法検査

別図－１２　工事フロー（没水影響の対策：配管の補強対策）



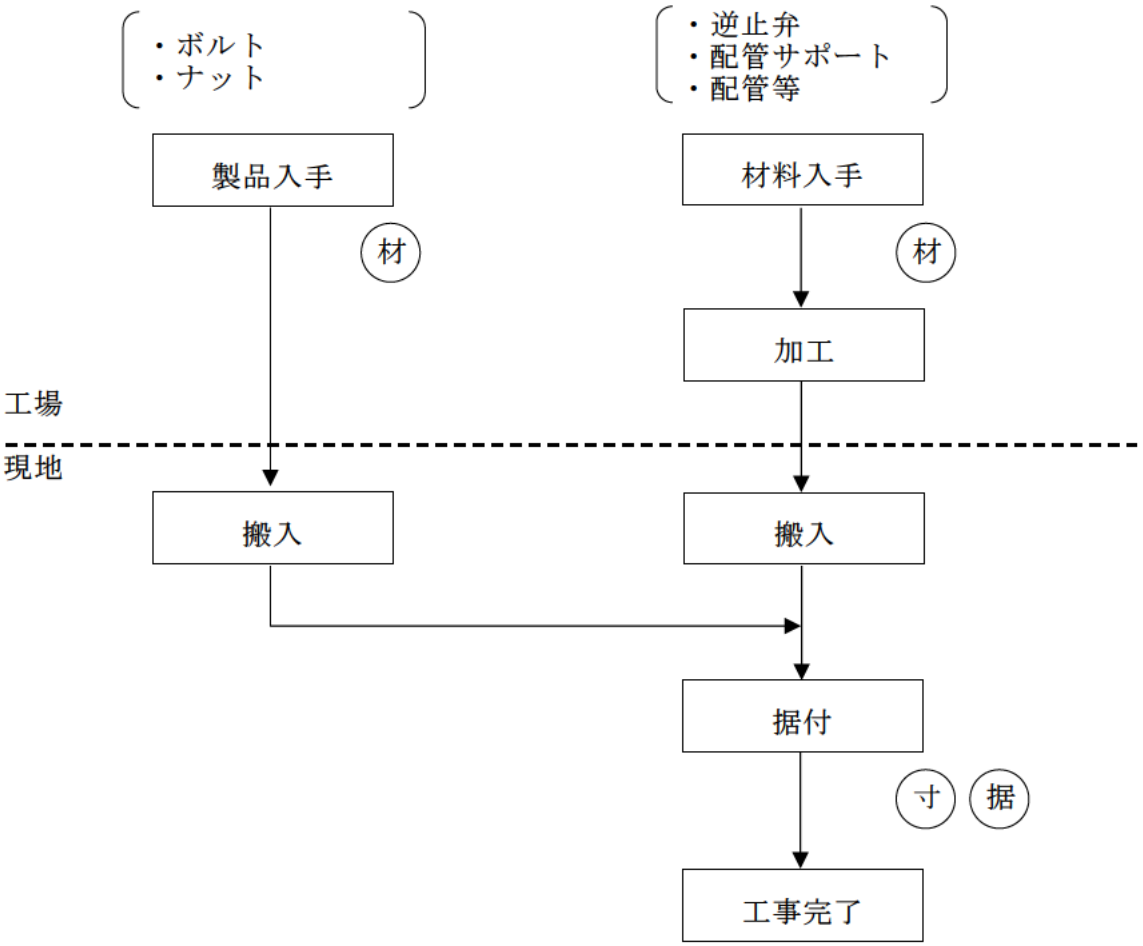
材 ：材料確認検査

仕 ：仕様検査

据 ：据付・外観検査

寸 ：寸法検査

別図－１３　工事フロー（没水影響の対策：堰の設置）

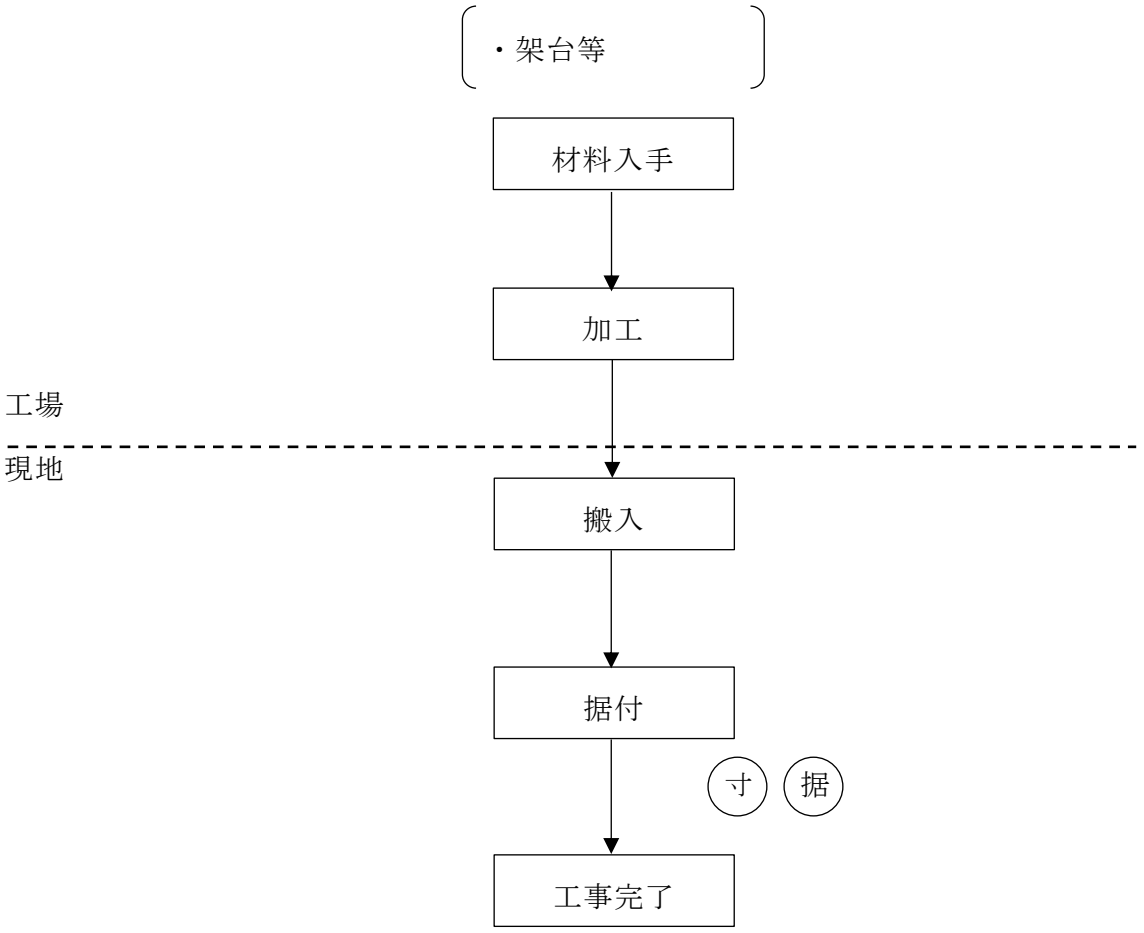


材 ：材料確認検査

据 ：据付・外観検査

寸 ：寸法検査

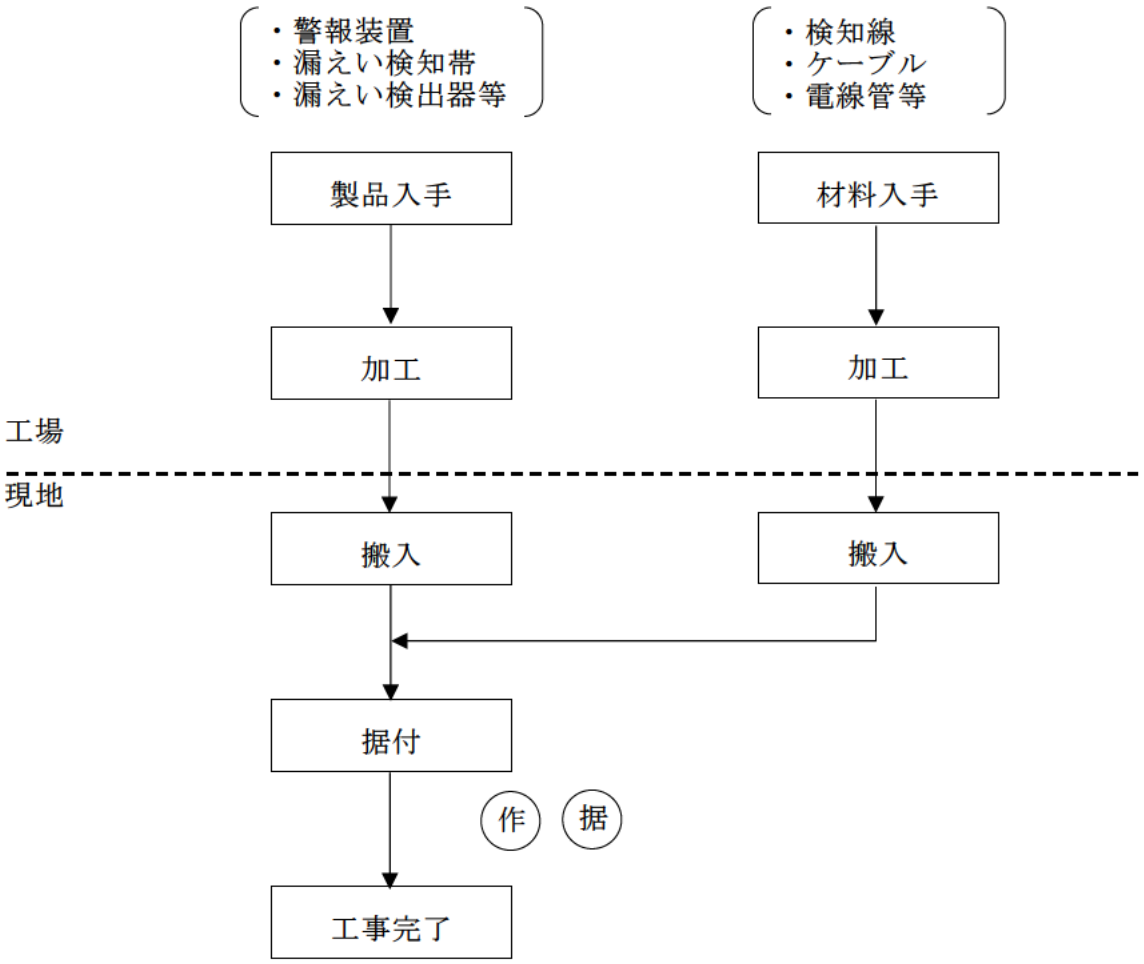
別図－１４　工事フロー（没水影響の対策：ドレン配管による排水）



据 :据付・外観検査

寸 :寸法検査

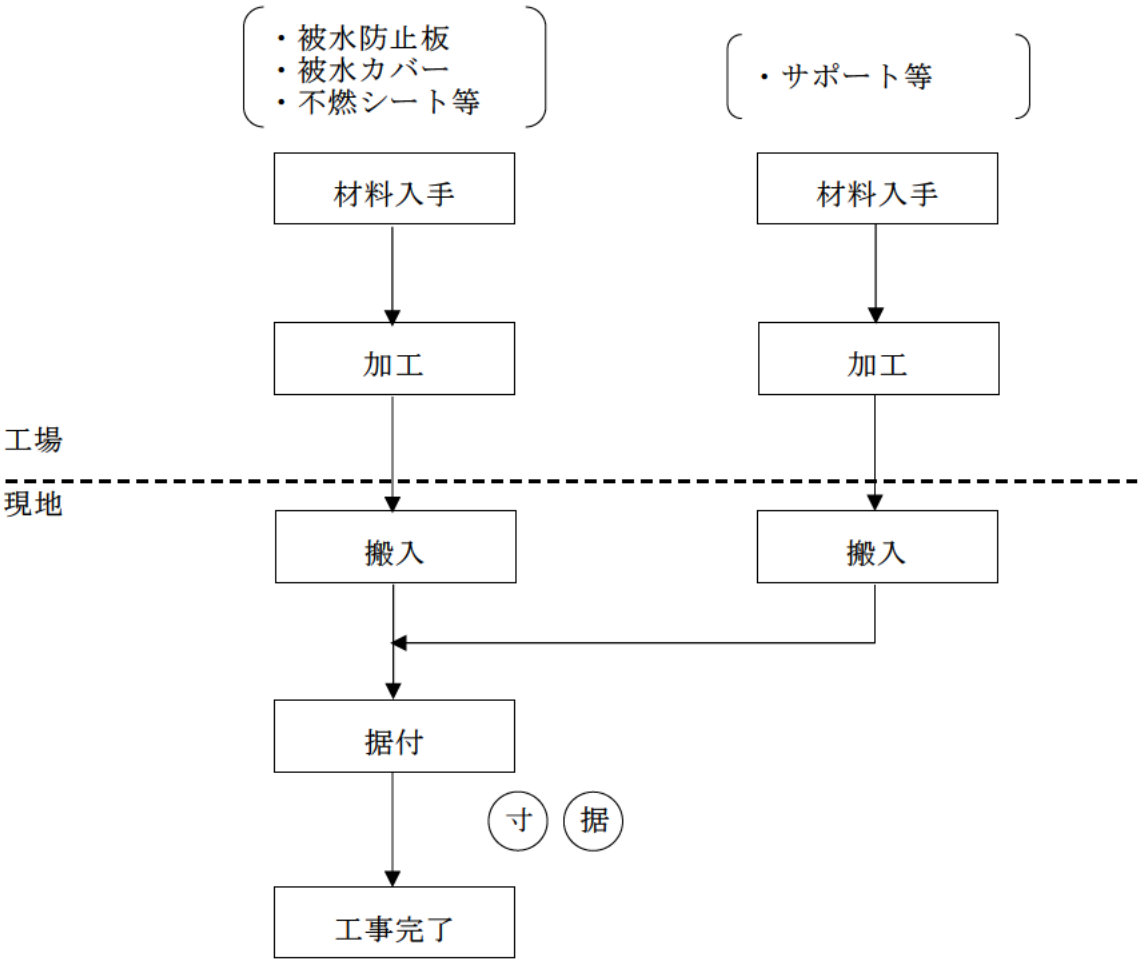
別図－１５　工事フロー（没水影響の対策：架台による嵩上げ）



据 ：据付・外観検査

作 ：作動検査

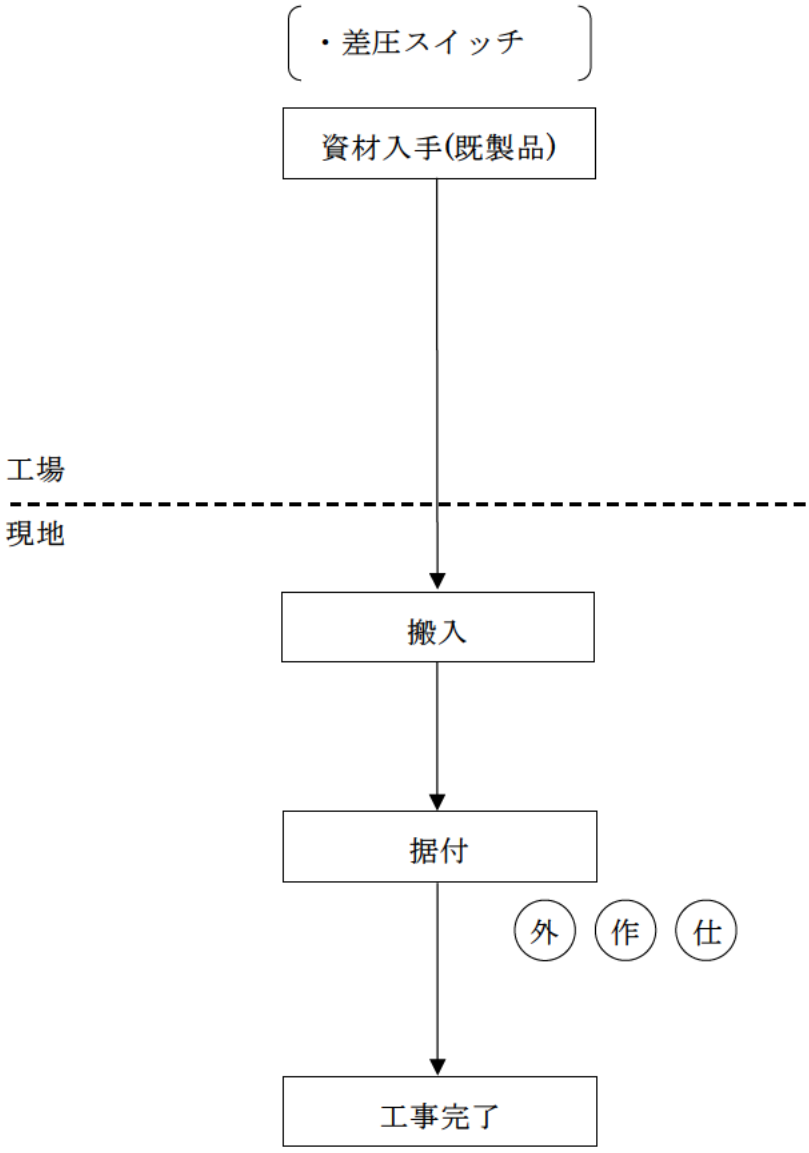
別図－１６　工事フロー（没水影響の対策：漏えい検知装置）



据 ：据付・外観検査

寸 ：寸法検査

別図－１７　工事フロー（被水影響の対策：被水防止板）

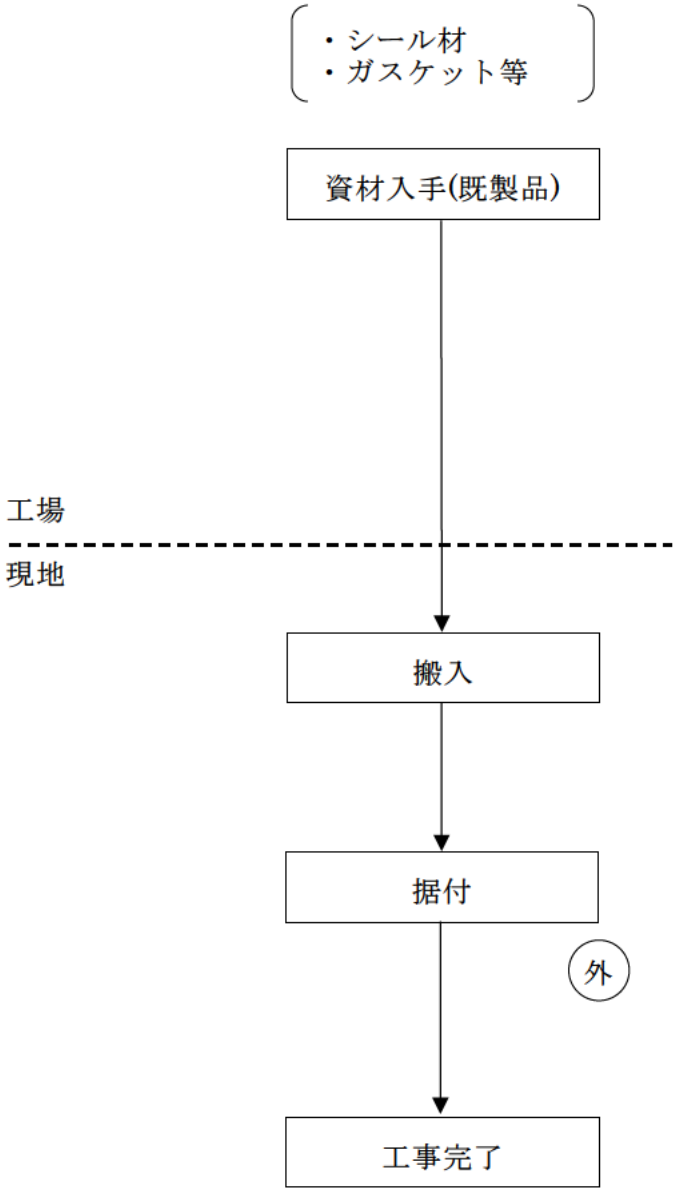


外　：外観検査

作　：作動検査

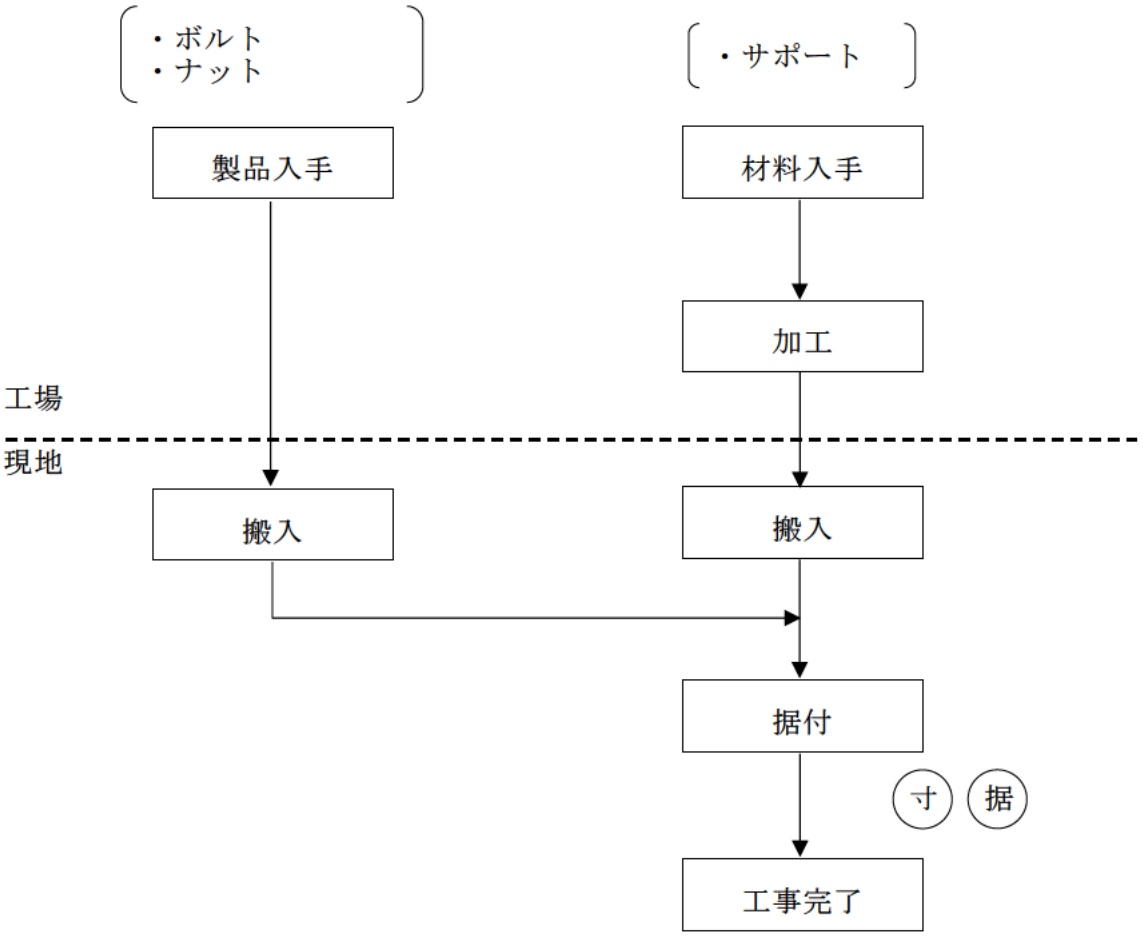
仕　：仕様検査

別図－１８　工事フロー（被水影響の対策：防滴仕様を有する設備への変更）



外 ：外観検査

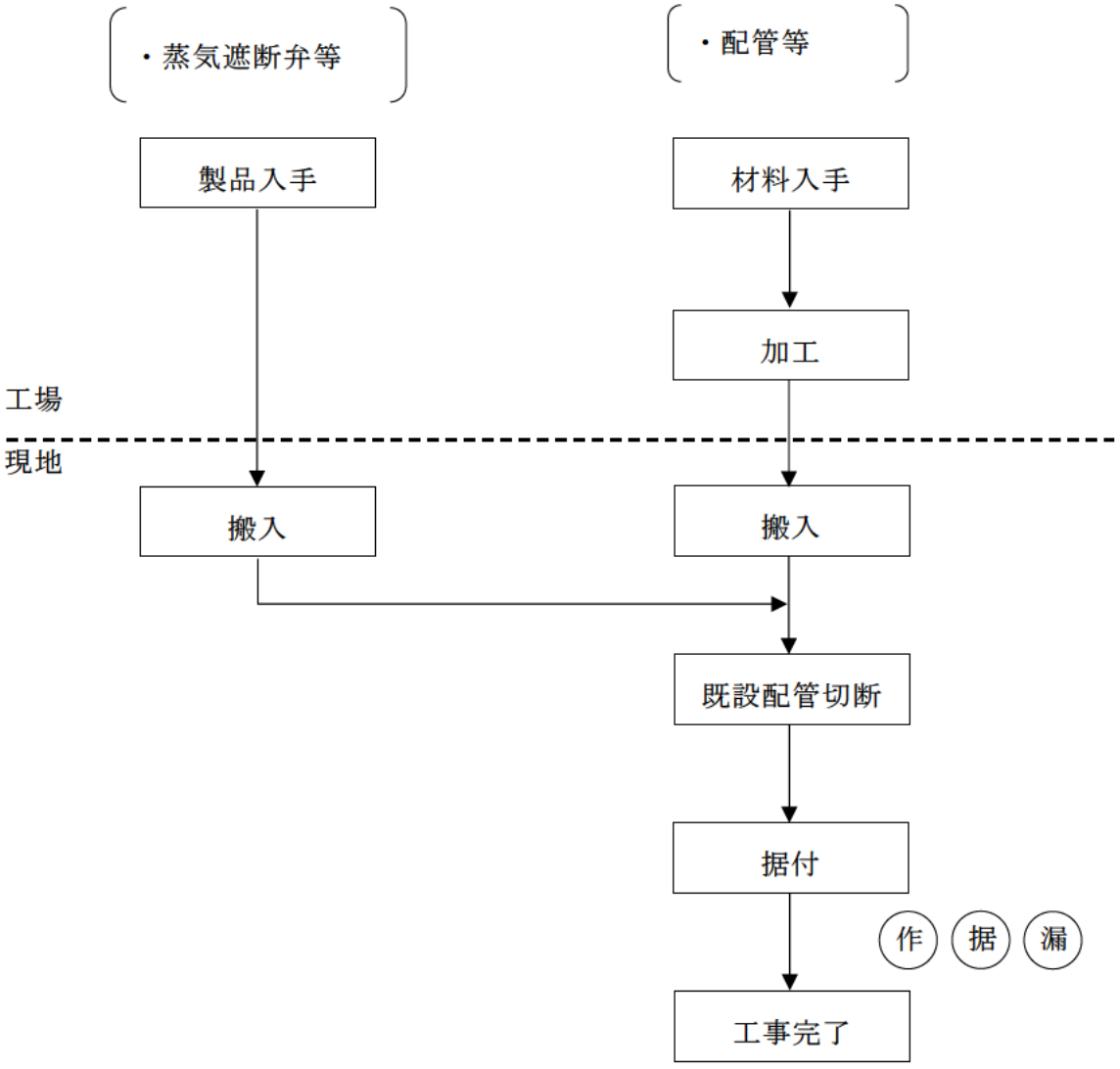
別図－１９　工事フロー（被水影響の対策：制御盤等へのシール処置）



据 ：据付・外観検査

寸 ：寸法検査

別図－２０　工事フロー（蒸気影響の対策：蒸気配管の補強対策）

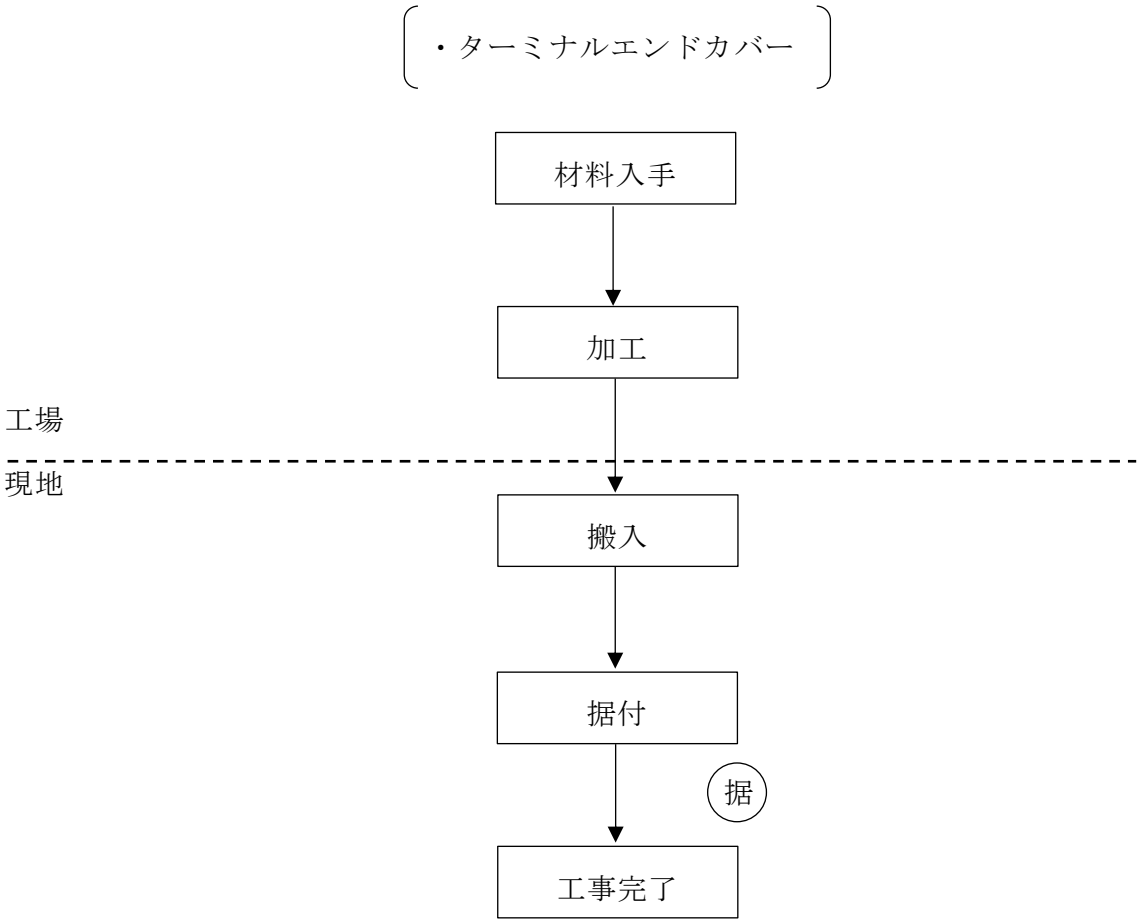


漏 ：漏えい検査

据 ：据付・外観検査

作 ：作動検査

別図－２１　工事フロー（蒸気影響の対策：蒸気遮断弁の設置）



据 :据付・外観検査

別図－２２　工事フロー（蒸気影響の対策：ターミナルエンドカバーの設置）

添　付　書　類

１．申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

２．申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定若しくは同法第 44 条の 4 第 1 項の許可を受けたところ又は同条第 2 項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

１．申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

本申請に係る「再処理施設に関する設計及び工事の計画」は以下に示すとおり「再処理施設の技術基準に関する規則」に掲げる技術上の基準に適合している。

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第一条	定義	－	－	－
第二条	特殊な設計による再処理施設	無	－	－
第三条	廃止措置中の再処理施設の維持	無	－	－
第四条	核燃料物質の臨界防止	無	－	－
第五条	安全機能を有する施設の地盤	無	－	－
第六条	地震による損傷の防止	有	第１項	別紙－１に示すとおり
第七条	津波による損傷の防止	無	－	－
第八条	外部からの衝撃による損傷の防止	無	－	－
第九条	再処理施設への人の不法な侵入等の防止	無	－	－
第十条	閉じ込めの機能	無	－	－
第十一条	火災等による損傷の防止	有	第３項	別紙－２に示すとおり
第十二条	再処理施設内における溢水による損傷の防止	有	第１項	別紙－３に示すとおり
第十三条	再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止	無	－	－
第十四条	安全避難通路等	無	－	－
第十五条	安全上重要な施設	無	－	－
第十六条	安全機能を有する施設	有	第２、３項	別紙－４に示すとおり
第十七条	材料及び構造	無	－	－
第十八条	搬送設備	無	－	－
第十九条	使用済燃料の貯蔵施設等	無	－	－
第二十条	計測制御系統施設	無	－	－
第二十一条	放射線管理施設	無	－	－
第二十二条	安全保護回路	無	－	－
第二十三条	制御室等	無	－	－

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第二十四条	廃棄施設	無	－	－
第二十五条	保管廃棄施設	無	－	－
第二十六条	使用済燃料等による汚染の防止	無	－	－
第二十七条	遮蔽	無	－	－
第二十八条	換気設備	無	－	－
第二十九条	保安電源設備	無	－	－
第三十条	緊急時対策所	無	－	－
第三十一条	通信連絡設備	無	－	－
第三十二条	重大事故等対処施設の地盤	無	－	－
第三十三条	地震による損傷の防止	無	－	－
第三十四条	津波による損傷の防止	無	－	－
第三十五条	火災等による損傷の防止	無	－	－
第三十六条	重大事故等対処設備	無	－	－
第三十七条	材料及び構造	無	－	－
第三十八条	臨界事故の拡大を防止するための設備	無	－	－
第三十九条	冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備	無	－	－
第四十条	放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備	無	－	－
第四十一条	有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備	無	－	－
第四十二条	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	無	－	－
第四十三条	放射性物質の漏えいに対処するための設備	無	－	－
第四十四条	工場等外への放射性物質等の放出を抑制するための設備	無	－	－
第四十五条	重大事故等への対処に必要となる水の供給設備	無	－	－
第四十六条	電源設備	無	－	－
第四十七条	計装設備	無	－	－

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第四十八条	制御室	無	－	－
第四十九条	監視測定設備	無	－	－
第五十条	緊急時対策所	無	－	－
第五十一条	通信連絡を行うために必要な設備	無	－	－
第五十二条	電磁的記録媒体による手続	無	－	－

第六条（地震による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、これに作用する地震力（事業指定基準規則第七条第二項の規定により算定する地震力をいう。）による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。

２　耐震重要施設（事業指定基準規則第六条第一項に規定する耐震重要施設をいう。以下同じ。）は、基準地震動による地震力（事業指定基準規則第七条第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。）に対してその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

３　耐震重要施設は、事業指定基準規則第七条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

本申請において、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対してガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を担う重要な安全機能が損なわれることのないよう溢水源となる冷却水配管や蒸気配管等の耐震補強、溢水源からの没水を防ぐためのドレン配管の設置等を行うものである。

第十一条（火災等による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、火災又は爆発の影響を受けることにより再処理施設の安全性に著しい支障が生ずるおそれがある場合において、消火設備（事業指定基準規則第五条第一項に規定する消火設備をいう。以下同じ。）及び警報設備（警報設備にあっては自動火災報知設備、漏電火災警報器その他の火災の発生を自動的に検知し、警報を発するものに限る。以下同じ。）が設置されたものでなければならない。

２　前項の消火設備及び警報設備は、その故障、損壊又は異常な作動により安全上重要な施設の安全機能に著しい支障を及ぼすおそれがないものでなければならない。

３　安全機能を有する施設であって、火災又は爆発により損傷を受けるおそれがあるものは、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用するとともに、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防護措置が講じられたものでなければならない。

４　有機溶媒その他の可燃性の液体（以下この条において「有機溶媒等」という。）を取り扱う設備は、有機溶媒等の温度をその引火点以下に維持すること、不活性ガス雰囲気で有機溶媒等を取り扱うことその他の火災及び爆発の発生を防止するための措置が講じられたものでなければならない。

５　有機溶媒等を取り扱う設備であって、静電気により着火するおそれがあるものは、適切に接地されているものでなければならない。

６　有機溶媒等を取り扱う設備をその内部に設置するセル、グローブボックス及び室のうち、当該設備から有機溶媒等が漏えいした場合において爆発の危険性があるものは、換気その他の爆発を防止するための適切な措置が講じられたものでなければならない。

７　硝酸を含む溶液を内包する蒸発缶のうち、リン酸トリブチルその他の硝酸と反応するおそれがある有機溶媒（爆発の危険性がないものを除く。次項において「リン酸トリブチル等」という。）が混入するおそれがあるものは、当該設備の熱的制限値を超えて加熱されるおそれがないものでなければならない。

８　再処理施設には、前項の蒸発缶に供給する溶液中のリン酸トリブチル等を十分に除去し得る設備が設けられていなければならない。

９　水素を取り扱う設備（爆発の危険性がないものを除く。）は、適切に接地されているものでなければならない。

１０　水素の発生のおそれがある設備は、発生した水素が滞留しない構造でなければならない。

１１　水素を取り扱い、又は水素の発生のおそれがある設備（爆発の危険性がないものを除く。）をその内部に設置するセル、グローブボックス及び室は、当該設備から水素が漏えいした場合においてもこれが滞留しない構造とすることその他の爆発を防止するための適切な措置が講じられたものでなければならない。

１２　ジルコニウム金属粉末その他の著しく酸化しやすい固体廃棄物を保管廃棄する設備は、水中における保管廃棄その他の火災及び爆発のおそれがない保管廃棄をし得る構造でなければならない。

３　本申請において敷設する電源ケーブル等は難燃性のものを使用するとともに、電線管に収納する。

第十二条（再処理施設内における溢水による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、再処理施設内における溢水の発生によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

本申請において、配管等の改造をする場合は、弁操作及び水抜き作業等の系統隔離を十分検討した要領に従い実施し、系統からの溢水を防止に努める。

本申請は、重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）が損なわれることのないよう、内部溢水に対して安全機能を維持すべき溢水防護対象設備への対策を行うものである。

廃止措置計画書 別添 6-1-6-1 高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の内部溢水について（令和 3 年 6 月 29 日付け令 03 原機(再)009）」にて溢水防護対象設備を選定し、没水影響評価、被水影響評価、蒸気影響評価を行い、それぞれ、溢水量に対する機能喪失高さを求めており、その高さにならないよう、堰の設置やドレン配管の設置、被水影響については、電源盤上部に設置する被水防止板、防滴仕様を有する設備への変更、蒸気影響については、配管の耐震補強や蒸気遮断弁の設置などを行うものであり、内部溢水により安全機能を有する溢水防護対象設備の安全性が損なわれるおそれがない。

配管の耐震補強については、添付資料-1 に示す「溢水源となる配管補強の耐震性についての計算書」のとおりである。

溢水源となる配管補強の耐震性についての計算書

1. 概要

本資料は、溢水影響評価において応力評価により溢水源としない配管の評価について、廃止措置計画用設計地震動による耐震性評価及び「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド（以下、「ガイド」という。）に基づく想定破損評価を以下に示す。

2. 評価方針

2.1 耐震性評価方針

耐震性評価により溢水源としない配管の廃止措置計画用設計地震動に対する構造強度の評価は、有限要素法（FEM）解析により行い、当該設備に廃止措置計画用設計地震動が作用した際に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

配管の構造強度の評価は、本体の一次応力について実施する。許容応力は、クラス３管に対する一次応力制限が規定されている「原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-補・1984　重要度分類・許容応力編」に準拠し、「発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012」に基づき、供用状態 Ds における許容応力（0.9Su：弾塑性挙動の範囲に入ることは許容するものの、崩壊防止の観点から制限を課した許容応力）を用いる。

2.2 想定破損評価方針

想定破損において溢水源としない配管の評価は、有限要素法（FEM）解析により行い、ガイドの附属書 A「流体を内包する配管の破損による溢水の詳細評価手法について」に基づき、当該設備に（1/3）Sd 地震動が作用した際に発生する最大応力を評価し、完全全周破断や貫通クラックを想定する必要を判断する。想定破損除外の判断基準は、ガイドに基づき破損を想定しなくてもよい発生応力の応力制限として、クラス３管に対して評価された最大応力 Sn が日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計建設規格」（JSME S NC1-2012）が規定する供用状態 A および B に対する一次応力＋二次応力の許容応力(Sa)の 0.4 倍以下であることとする。

$$S_n = \frac{PD_0}{4t} + \frac{0.75i_1(M_a + M_b) + i_2M_c}{Z} \leq 0.4S_a$$

3.　一般事項

3.1 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

(1) 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-補・1984(日本電気協会)

(2) 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1987(日本電気協会)

(3) 原子力発電所耐震設計技術規程　JEAC4601-2008(日本電気協会)

(4) 発電用原子力設備規格　設計・建設規格　JSME S NC1-2012(日本機械学会)

(5) 発電用原子力設備規格　材料規格　JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

(6) 原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド

3.2 評価部位

耐震性評価に係る配管の構造強度評価は、本体の一次応力について実施する。想定破損評価は、本体の一次＋二次応力について実施する。

3.3 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重、圧力、熱及び地震力による応力を組み合わせる。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根(SRSS)法により組み合わせる。

3.4 許容値

配管の耐震性評価及び想定破損評価の許容値を、表-3-1 に示す。

表-3-1　配管の応力分類と許容値

評価	応力分類	許容値	備考
耐震性評価	一次応力	0.9Su (1.5×0.6Su)	弾塑性挙動の範囲に入ることは許容するものの、崩壊防止の観点から制限を課した許容応力
想定破損評価	一次応力 ＋ 二次応力	0.4Sa	設計許容応力の 40%以下であれば、十分応力が低い状態にあるため、応力的に破損する可能性がないという考え方に基づく応力制限

3.5 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1987」に規定された値を用いる。使用する減衰定数を表-3-2 に示す。

表-3-2　使用する減衰定数

評価対象設備	減衰定数(%)	
	水平方向	鉛直方向
配管(保温材なし)	0.5	0.5
配管(保温材あり)	1.0	1.0

3.6 設計用地震力

FEM 解析（スペクトルモーダル法）により評価を行う場合は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」に基づき、廃止措置計画用設計用地震動又は（1/3）Sd※による建家の地震応答解析の結果得られる各階の床応答加速度をもとに、各階の床応答スペクトル（3 波包絡、周期軸方向に±10%拡幅したもの）を作成し、これを評価に用いる。配管の解析用床応答スペクトルは、それぞれの据付階のものを包絡して用いた。使用した床応答スペクトルを表-3-3 及び図-3-1～3-26 に示す。

※想定破損評価に用いる(1/3)Sd は、耐津波設計における津波荷重と組み合わせる余震荷重で評価した Sd-D 波の床応答に 1/3 を乗じて求めたものとする。

表-3-3　使用した解析用の床応答スペクトル（1/2）

評価対象設備 （モデル No.）	水平方向	鉛直方向
蒸気配管 (KG82-600)	解析用の床応答スペクトル (1F、B1F、B2F、 減衰定数 0.5%)	解析用の床応答スペクトル (1F、B1F、B2F、 減衰定数 0.5%)
蒸気配管 (KG82-601)	解析用の床応答スペクトル (2F、1F、B1F、 減衰定数 1.0%)	解析用の床応答スペクトル (2F、1F、B1F、 減衰定数 1.0%)
蒸気配管 (KG82-604)	解析用の床応答スペクトル (2F、1F、B1F、B2F、 減衰定数 1.0%)	解析用の床応答スペクトル (2F、1F、B1F、B2F、 減衰定数 1.0%)

表-3-3　使用した解析用の床応答スペクトル（2/2）

評価対象設備 （モデル No.）	水平方向	鉛直方向
蒸気配管 （KG82-607）	解析用の床応答スペクトル （1F、B1F、 減衰定数 1.0%）	解析用の床応答スペクトル （1F、B1F、 減衰定数 1.0%）
蒸気配管 （KG82-612）	解析用の床応答スペクトル （1F、B1F、 減衰定数 0.5%）	解析用の床応答スペクトル （1F、B1F、 減衰定数 0.5%）
冷却水配管 （KG83-652）	解析用の床応答スペクトル （PHF、RF、3F、2F、1F、 減衰定数 0.5%）	解析用の床応答スペクトル （PHF、RF、3F、2F、1F、 減衰定数 0.5%）
純水配管 （KG85-604） （KG85-621）	解析用の床応答スペクトル （RF、3F、2F、1F、 減衰定数 0.5%）	解析用の床応答スペクトル （RF、3F、2F、1F、 減衰定数 0.5%）
消火水配管 （KG99-005）	解析用の床応答スペクトル （3F、2F、1F、 減衰定数 0.5%）	解析用の床応答スペクトル （3F、2F、1F、 減衰定数 0.5%）
空調設備 蒸気配管 （KG99-010）	解析用の床応答スペクトル （3F、2F、1F、 減衰定数 1.0%）	解析用の床応答スペクトル （3F、2F、1F、 減衰定数 1.0%）
空調設備 蒸気配管 （KG99-013）	解析用の床応答スペクトル （PHF、RF、3F、 減衰定数 1.0%）	解析用の床応答スペクトル （PHF、RF、3F、 減衰定数 1.0%）
空調設備 蒸気配管 （KG99-015）	解析用の床応答スペクトル （RF、3F、2F、 減衰定数 1.0%）	解析用の床応答スペクトル （RF、3F、2F、 減衰定数 1.0%）
空調設備 蒸気配管 （KG99-017） （KG99-018）	解析用の床応答スペクトル （RF、3F、 減衰定数 1.0%）	解析用の床応答スペクトル （RF、3F、 減衰定数 1.0%）

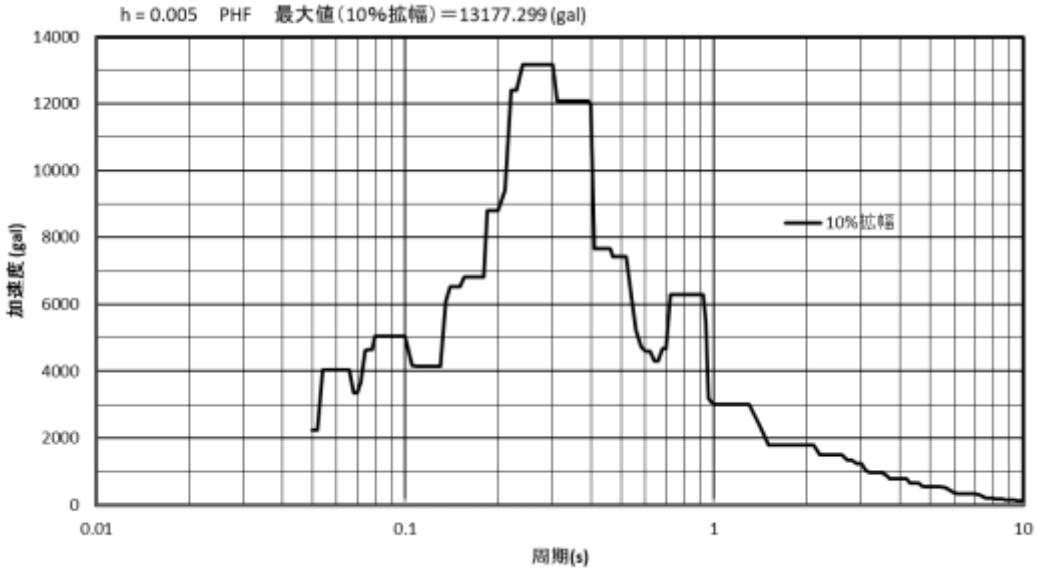


図-3-1　解析用の床応答スペクトル（水平方向、PHF、減衰定数 0.5%）

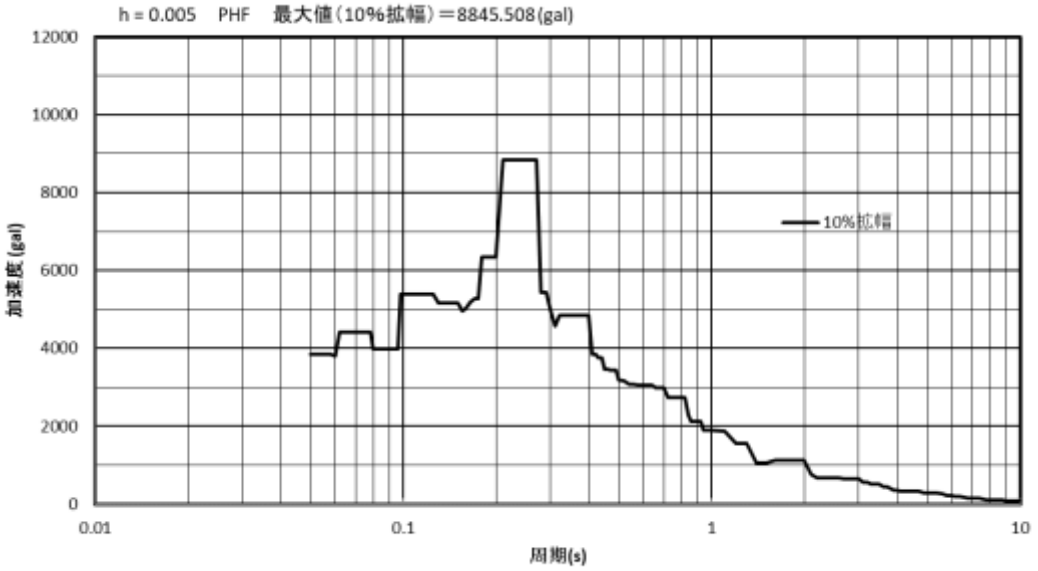


図-3-2　解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、PHF、減衰定数 0.5%）

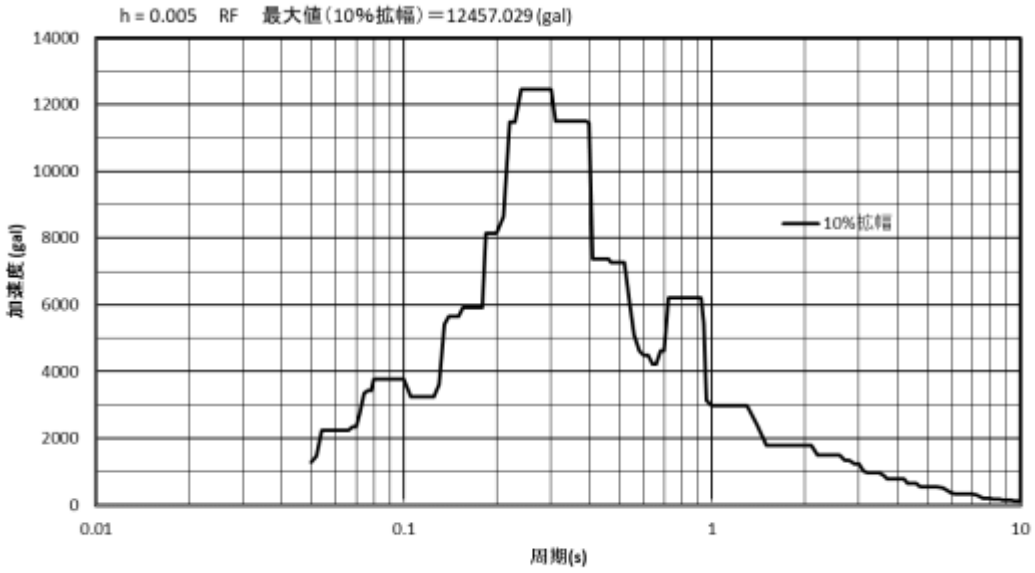


図-3-3　解析用の床応答スペクトル（水平方向、RF、減衰定数 0.5%）

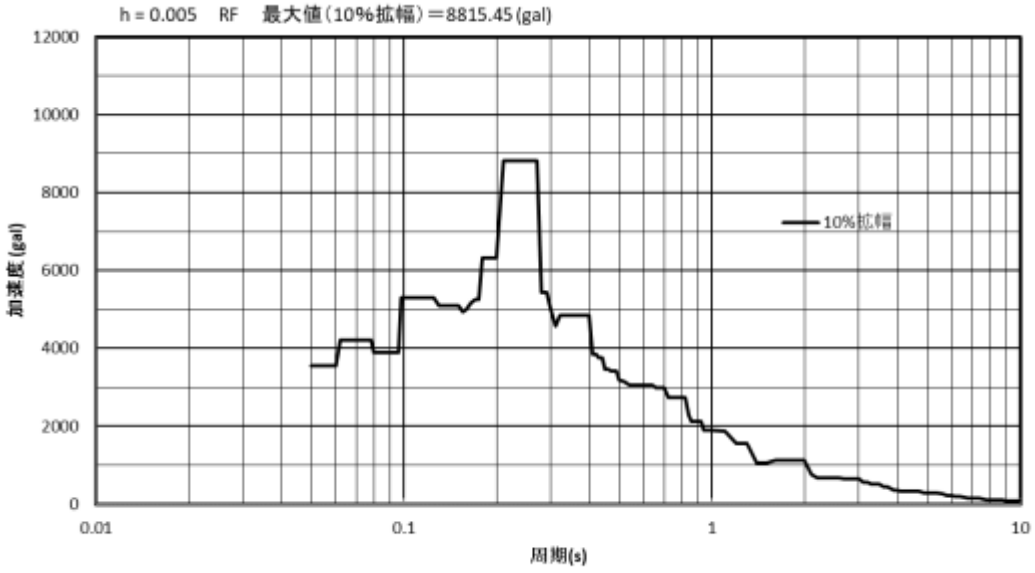


図-3-4　解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、RF、減衰定数 0.5%）

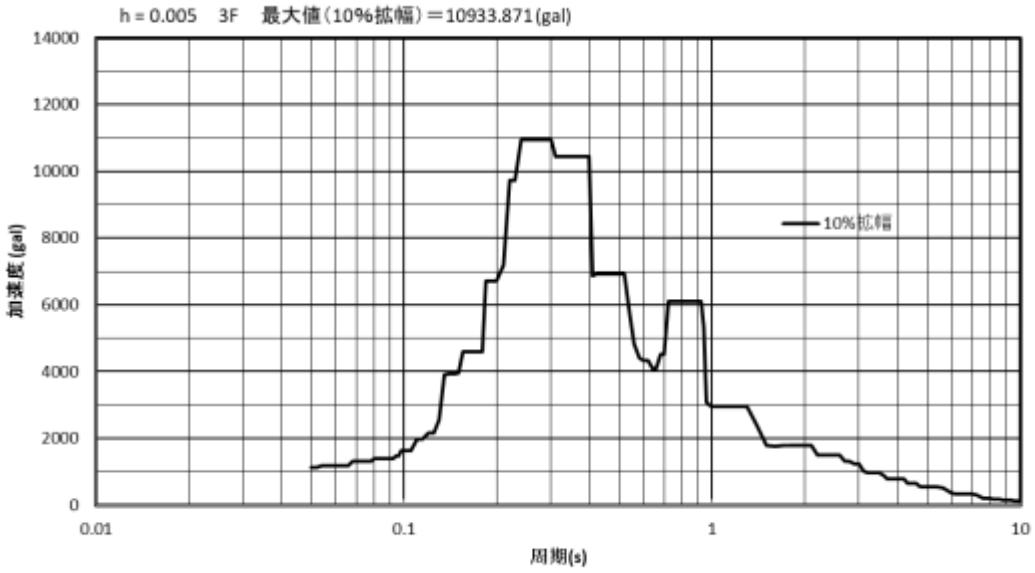


図-3-5　解析用の床応答スペクトル（水平方向、3F、減衰定数 0.5%）

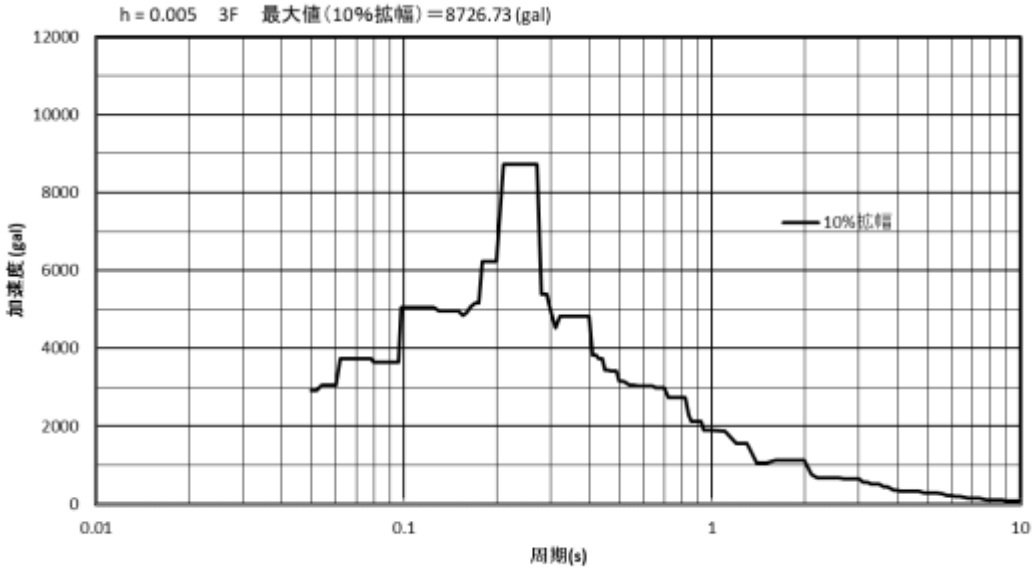


図-3-6　解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、3F、減衰定数 0.5%）

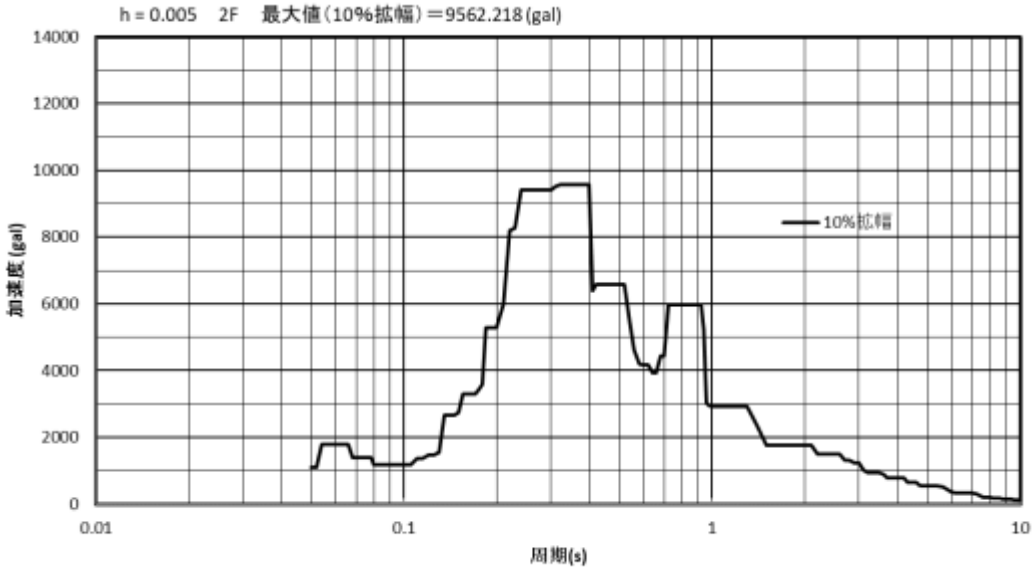


図-3-7　解析用の床応答スペクトル（水平方向、2F、減衰定数 0.5%）

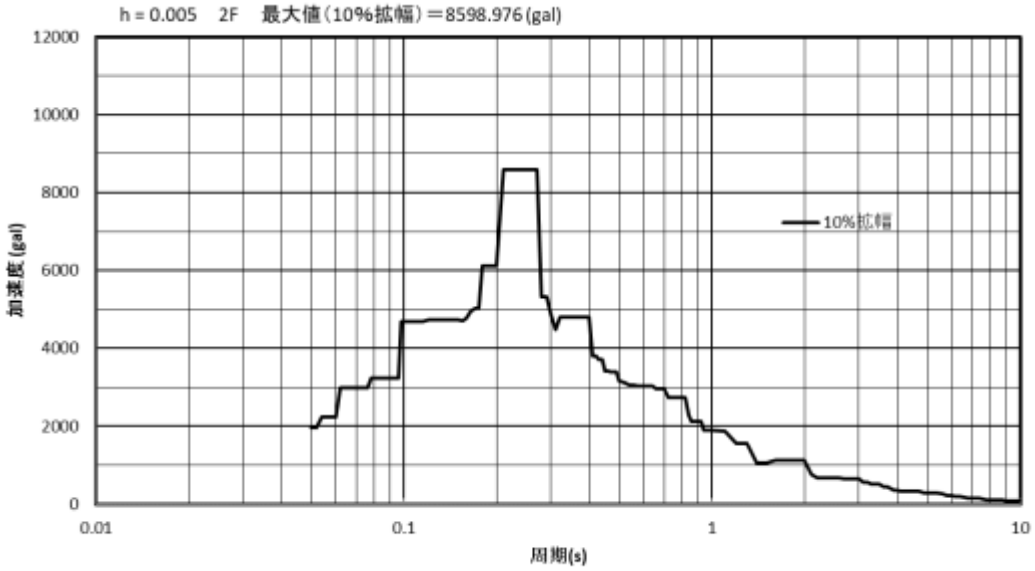


図-3-8　解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、2F、減衰定数 0.5%）

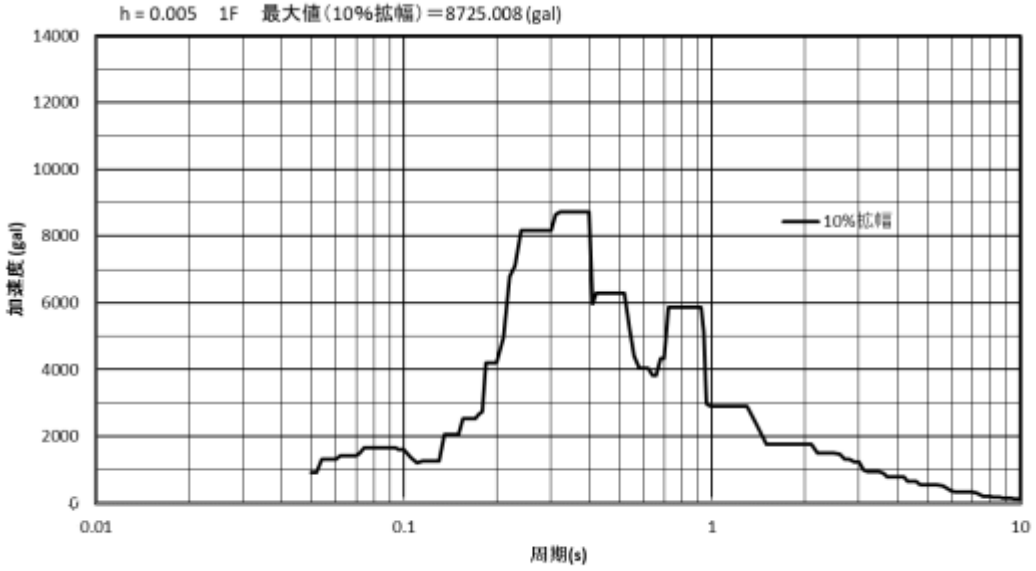


図-3-9　解析用の床応答スペクトル（水平方向、1F、減衰定数 0.5%）

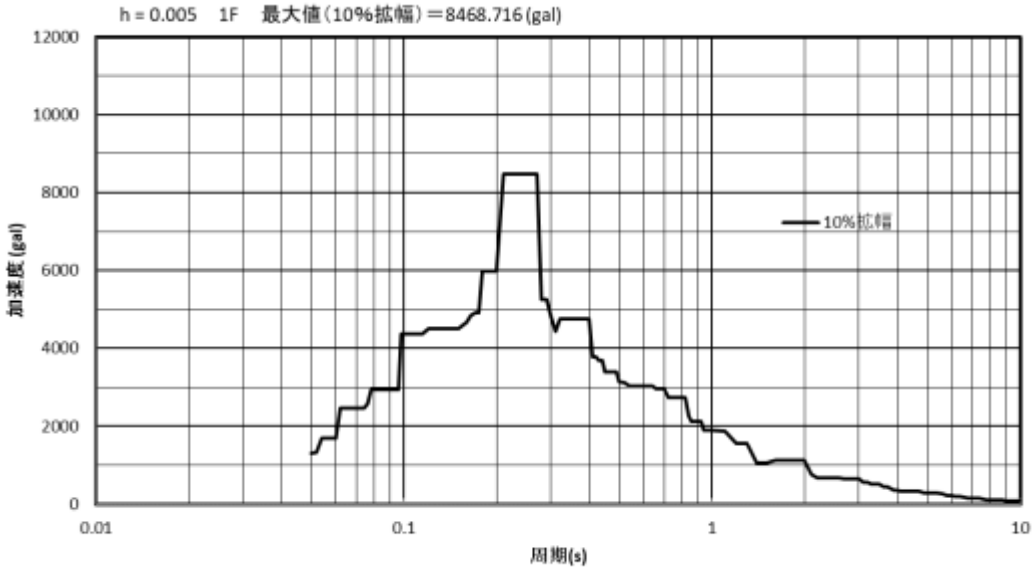


図-3-10　解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、1F、減衰定数 0.5%）

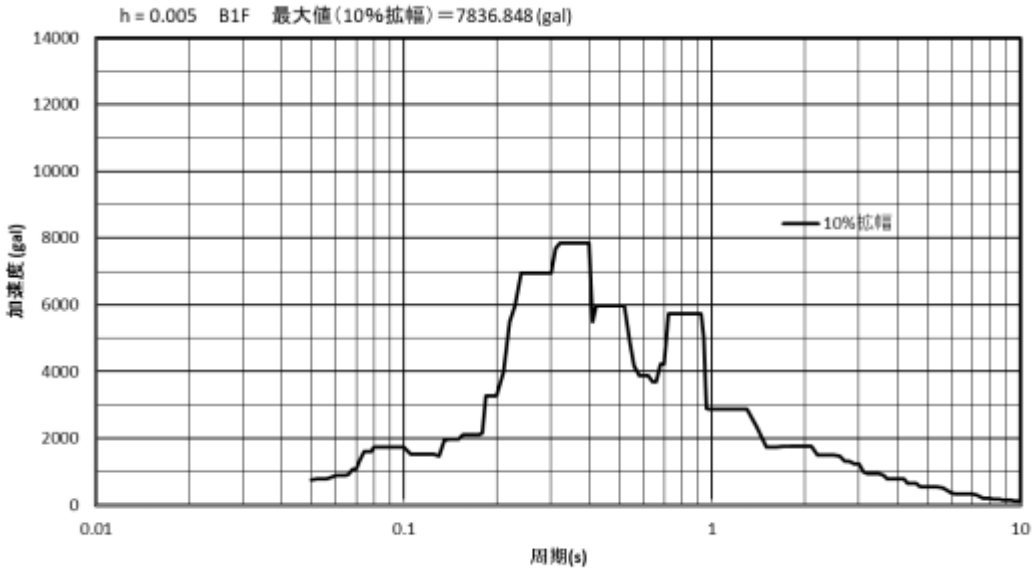


図-3-11　解析用の床応答スペクトル（水平方向、B1F、減衰定数 0.5%）

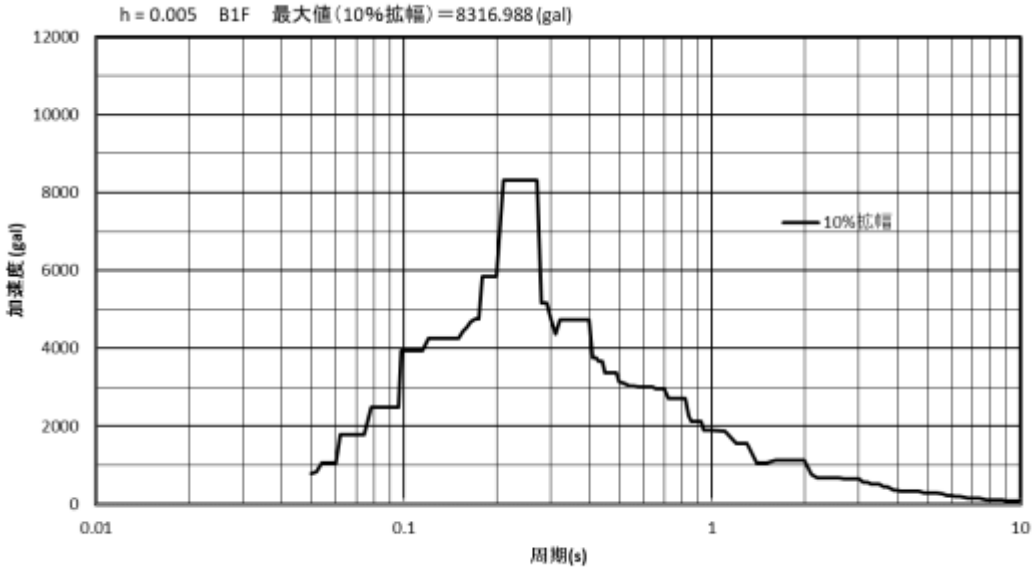


図-3-12　解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、B1F、減衰定数 0.5%）

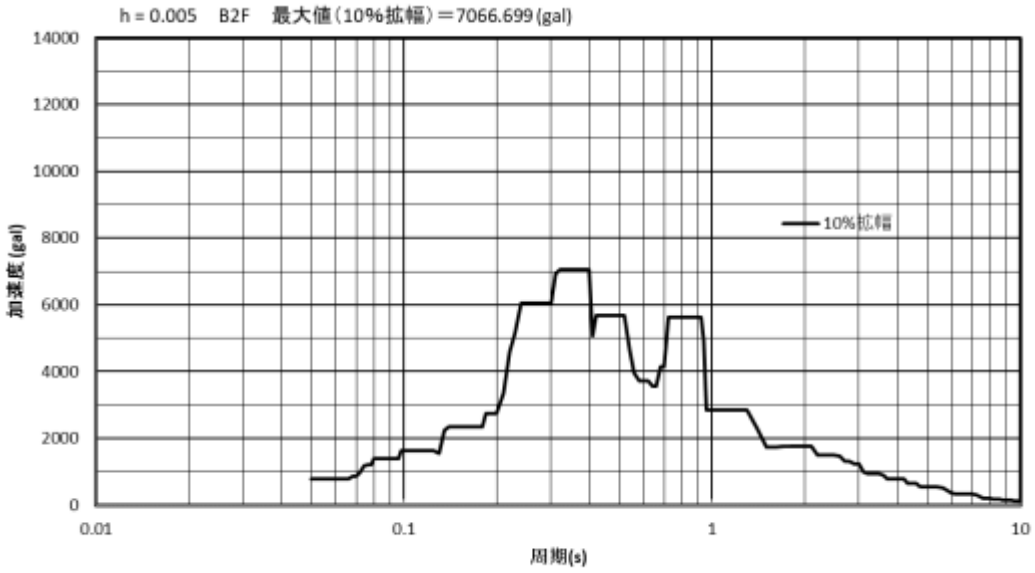


図-3-13　解析用の床応答スペクトル（水平方向、B2F、減衰定数 0.5%）

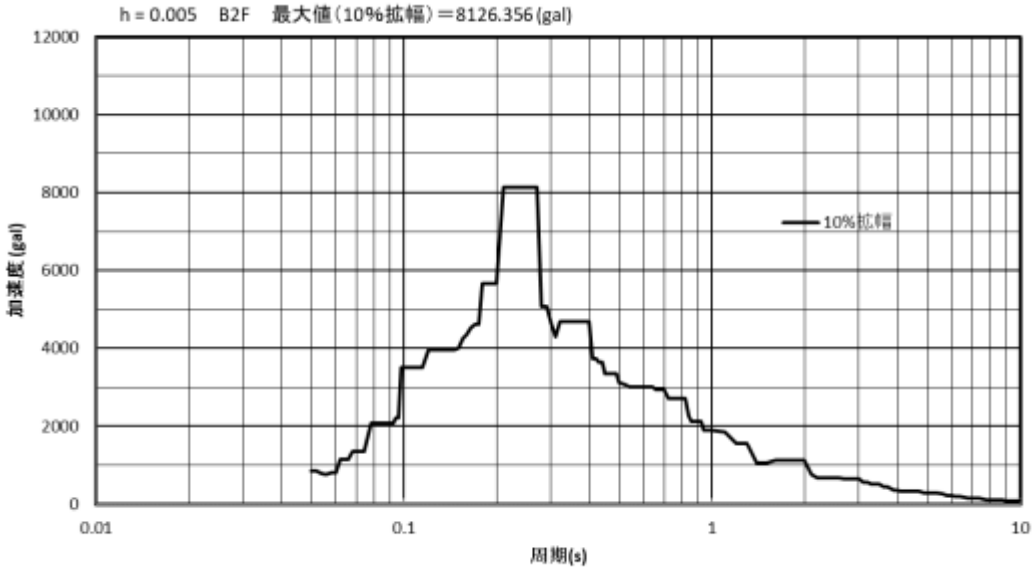


図-3-14　解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、B2F、減衰定数 0.5%）

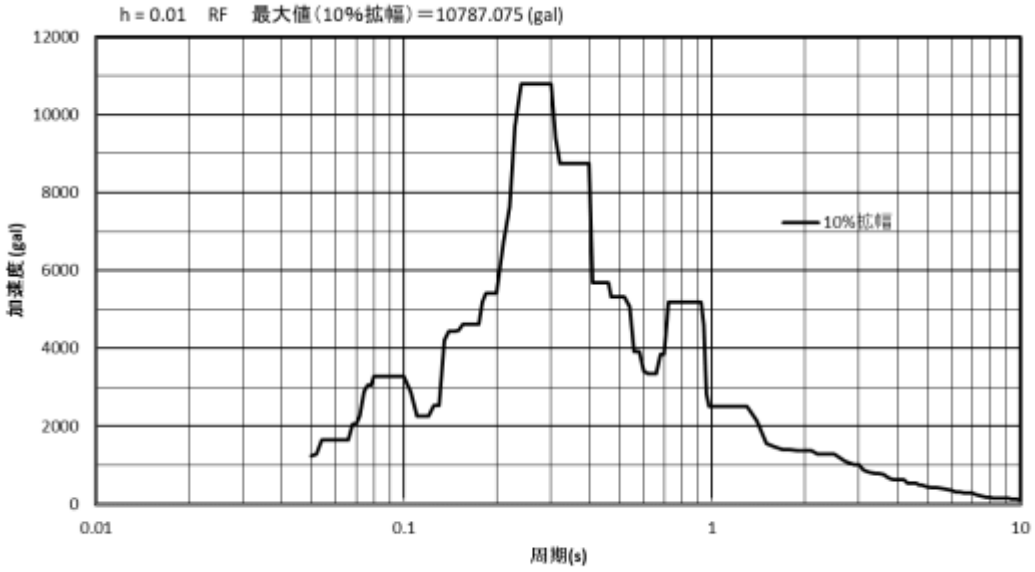


図-3-15　解析用の床応答スペクトル（水平方向、RF、減衰定数 1.0%）

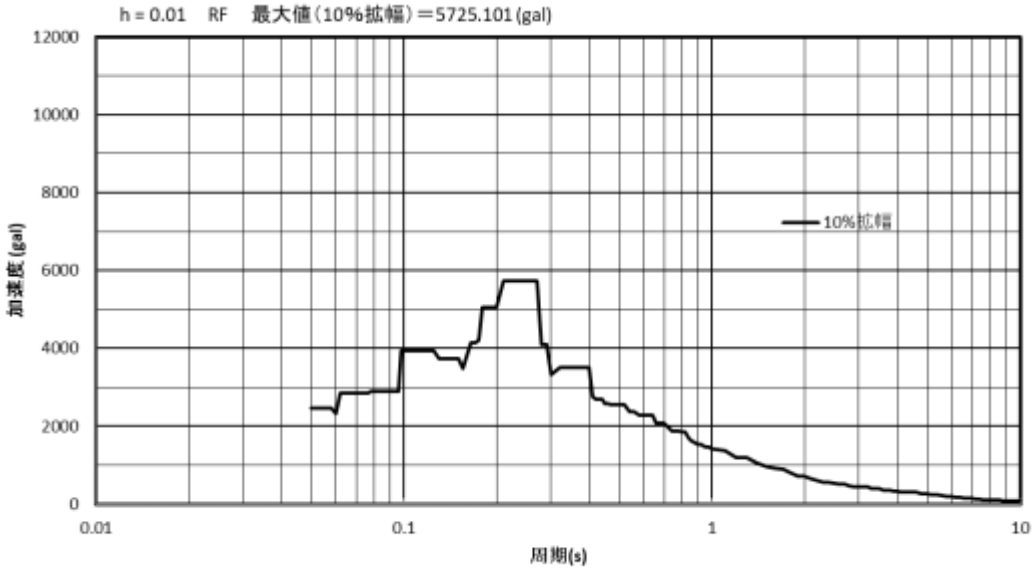


図-3-16　解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、RF、減衰定数 1.0%）

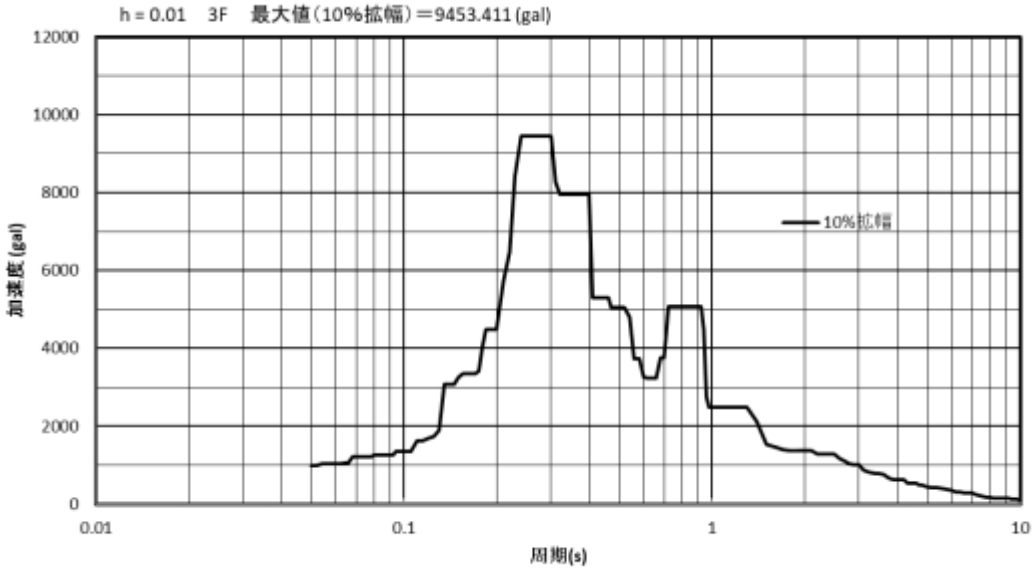


図-3-17　解析用の床応答スペクトル（水平方向、3F、減衰定数 1.0%）

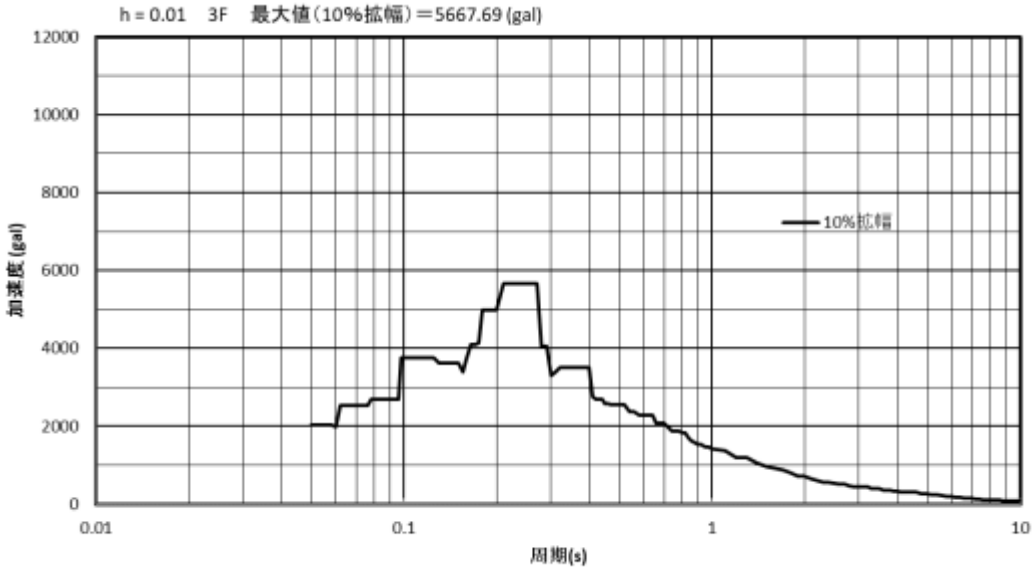


図-3-18　解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、3F、減衰定数 1.0%）

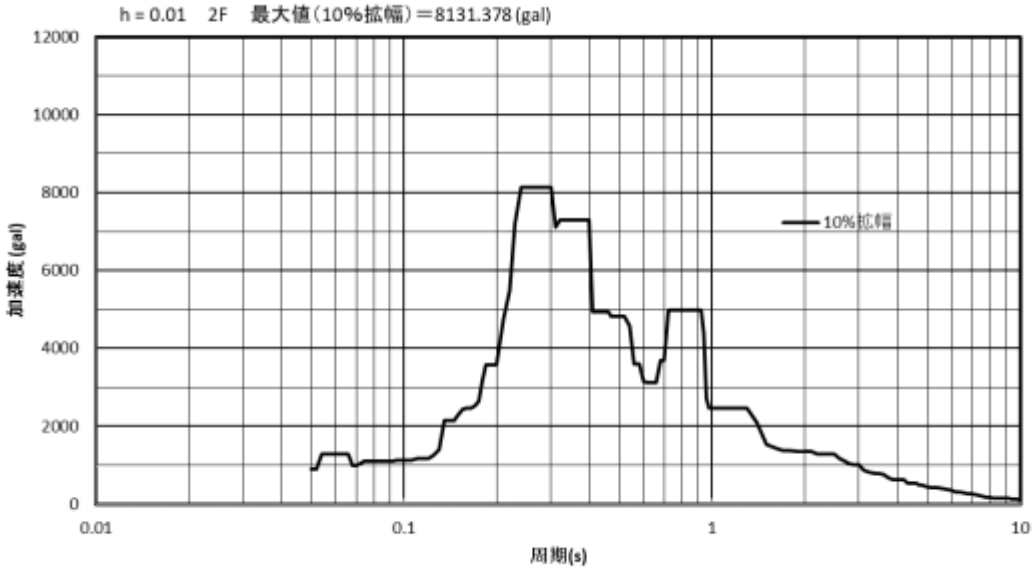


図-3-19　解析用の床応答スペクトル（水平方向、2F、減衰定数 1.0%）

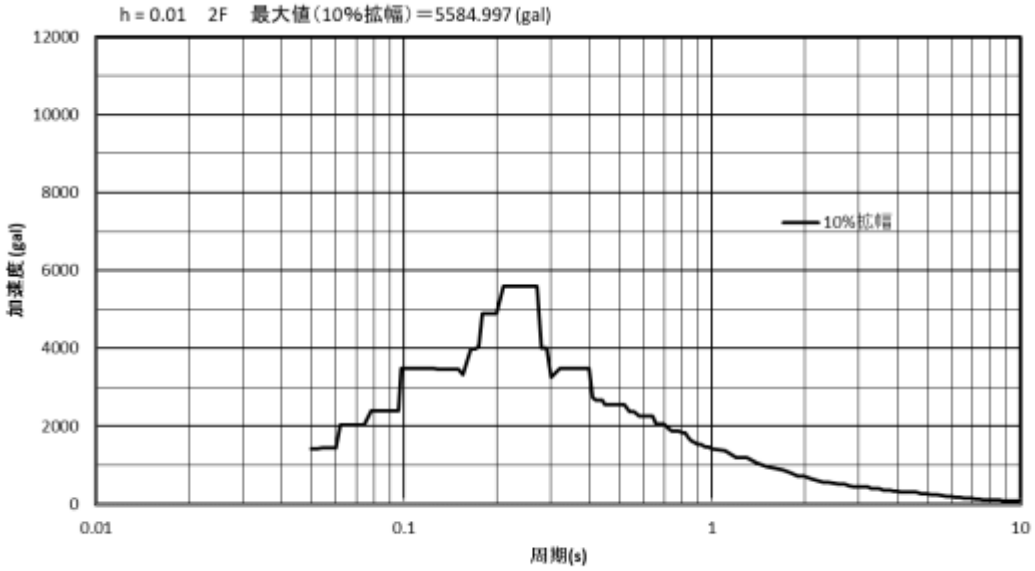


図-3-20　解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、2F、減衰定数 1.0%）

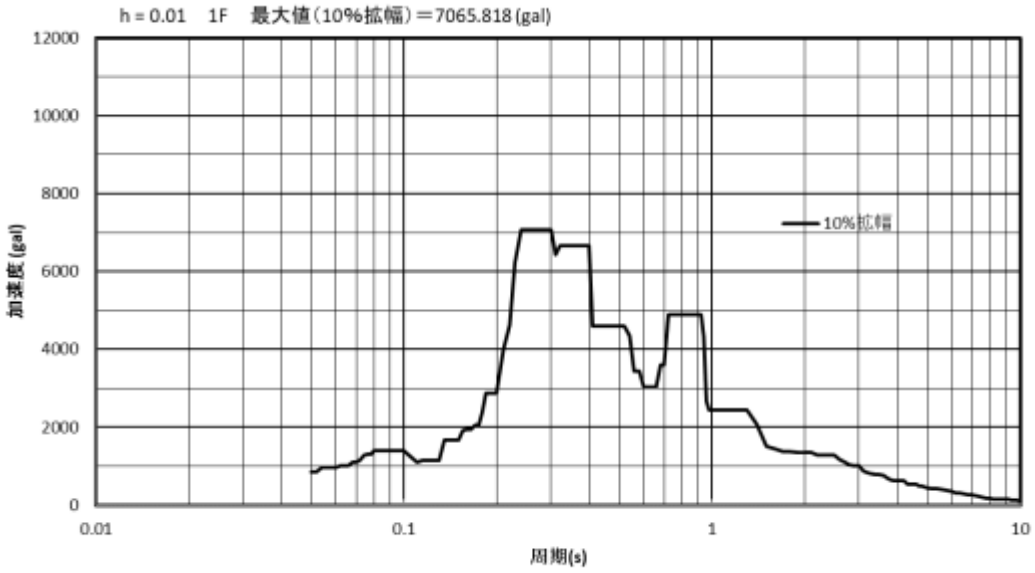


図-3-21　解析用の床応答スペクトル（水平方向、1F、減衰定数 1.0%）

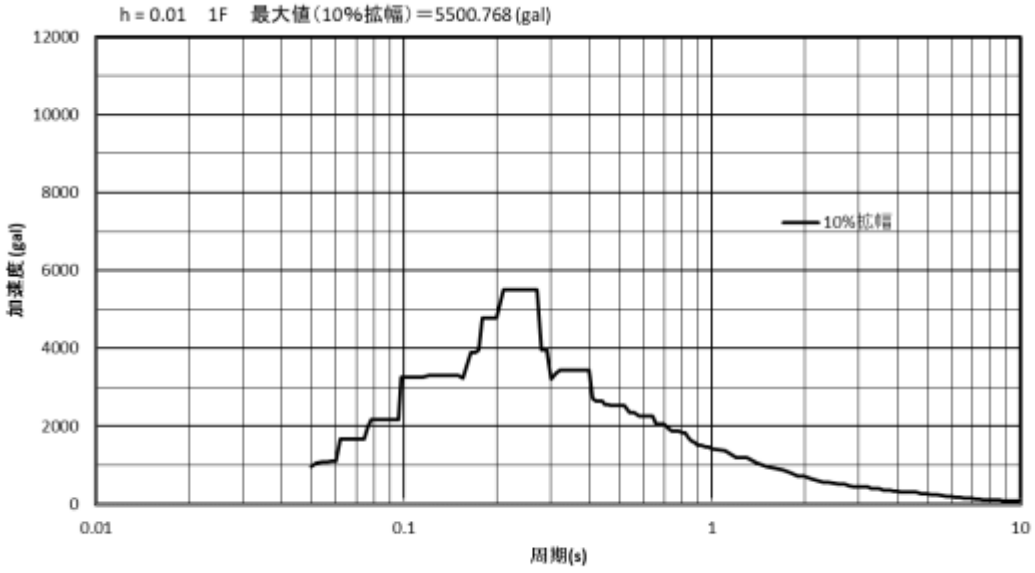


図-3-22　解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、1F、減衰定数 1.0%）

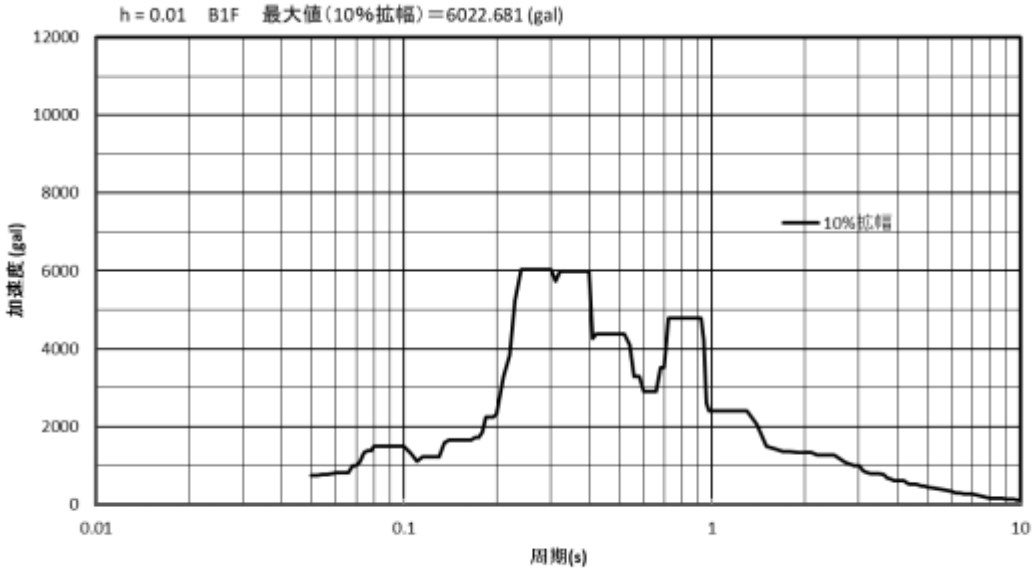


図-3-23　解析用の床応答スペクトル（水平方向、B1F、減衰定数 1.0%）

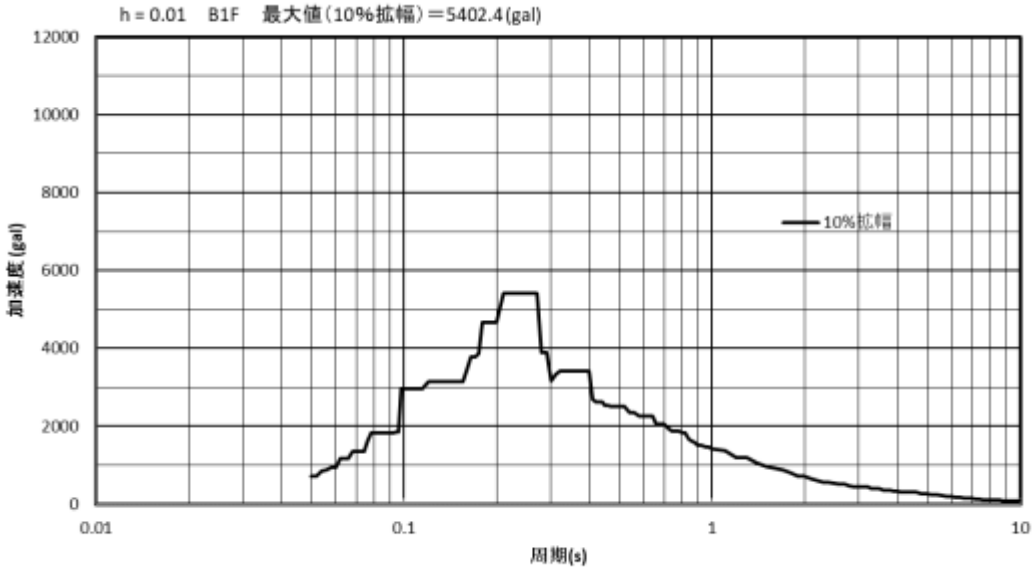


図-3-24　解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、B1F、減衰定数 1.0%）

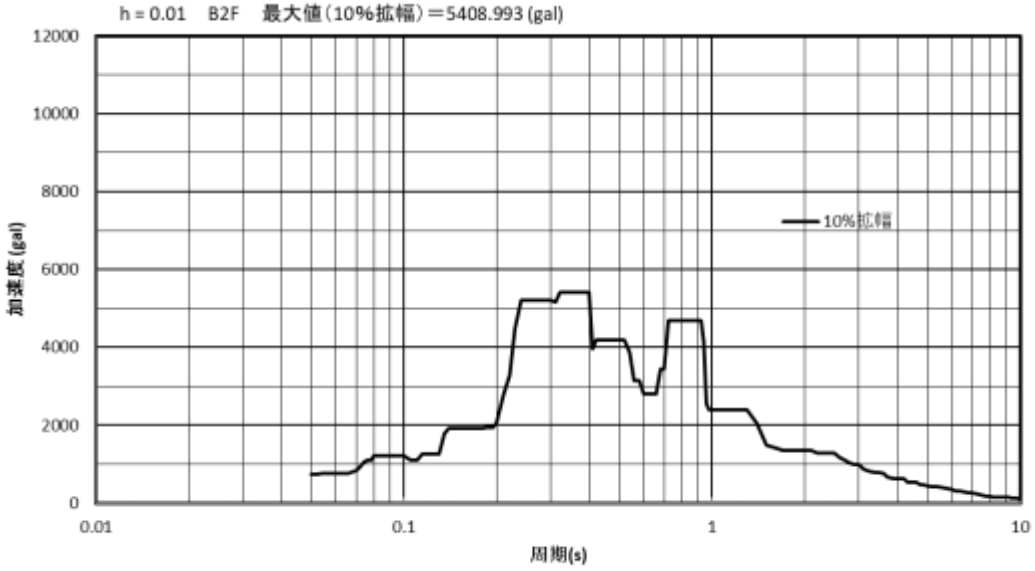


図-3-25　解析用の床応答スペクトル（水平方向、B2F、減衰定数 1.0%）

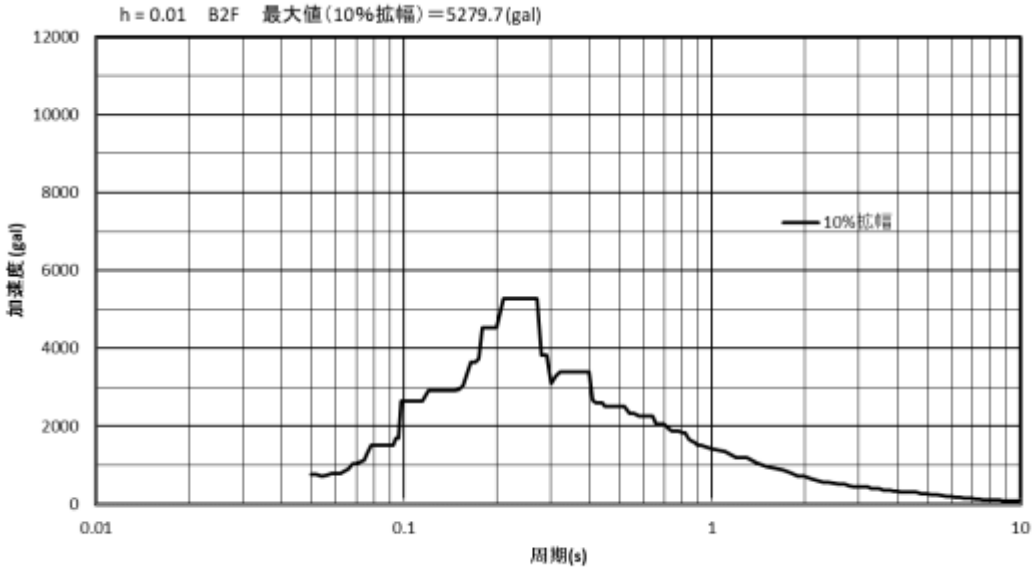


図-3-26　解析用の床応答スペクトル（鉛直方向、B2F、減衰定数 1.0%）

3.7 地震荷重による発生応力の計算方法

有限要素法（FEM）による発生応力の計算は、スペクトルモーダル法を用いる。解析コードはISAP-Ⅳ※1を用いた。解析コードの概要については、「添付資料-1-1　計算プログラム（解析コード）ISAP-Ⅳの検証等について」に示す。

※1　株式会社IHI、“配管構造解析プログラム ISAP-Ⅳ、 Version: PDOL 004.011、 ISAP 001.007、 COMB 004.011、 PPIP 004.012、 REPT 004.011、 PLT3 001.003、 NPIP 004.012”.

4.　計算条件

4.1 解析モデル

FEM解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。

4.2　諸元

配管の主要寸法、仕様を表-4-1 に示す。

表-4-1　主要寸法・仕様（1/6）

評価対象設備	項目	値
蒸気配管 (KG82-600)	流体名	気体
	流体の密度	0.0（g/cm^3）
	材質	SUS304TP
	保温有無	有
	温度（設計温度）	200（℃）
	圧力（設計圧力）	1.38（MPa）
	呼び径-Sch	15A-Sch 40 100A-Sch 20S
蒸気配管 (KG82-601)	流体名	気体
	流体の密度	0.0（g/cm^3）
	材質	SUS304TP
	保温有無	有
	温度（設計温度）	200（℃）
	圧力（設計圧力）	1.38（MPa）
	呼び径-Sch	100A-Sch 20S
蒸気配管 (KG82-604)	流体名	気体
	流体の密度	0.0（g/cm^3）
	材質	SUS304TP
	保温有無	有
	温度（設計温度）	185（℃）
	圧力（設計圧力）	0.76（MPa）
	呼び径-Sch	80A-Sch 20S 100A-Sch 20S

表-4-1　主要寸法・仕様（2/6）

評価対象設備	項目	値
蒸気配管 (KG82-607	流体名	気体
	流体の密度	0.0（g/cm^3）
	材質	SUS304TP
	保温有無	有
	温度（設計温度）	185（℃）
	圧力（設計圧力）	0.76（MPa）
	呼び径-Sch	25A-Sch 20S 40A-Sch 20S 80A-Sch 20S
蒸気配管 (KG82-607)	流体名	水
	流体の密度	1.0（g/cm^3）
	材質	SUS304TP
	保温有無	有
	温度（設計温度）	185（℃）
	圧力（設計圧力）	0.76（MPa）
	呼び径-Sch	25A-Sch 20S
蒸気配管 (KG82-612)	流体名	気体
	流体の密度	0.0（g/cm^3）
	材質	SUS304TP
	保温有無	有
	温度（設計温度）	185（℃）
	圧力（設計圧力）	0.76（MPa）
	呼び径-Sch	40A-Sch 20S 80A-Sch 20S

表-4-1　主要寸法・仕様（3/6）

評価対象設備	項目	値
蒸気配管 (KG82-612)	流体名	気体
	流体の密度	0.0（g/cm^3）
	材質	SUS304TP
	保温有無	無
	温度（設計温度）	185（℃）
	圧力（設計圧力）	0.76（MPa）
	呼び径-Sch	40A-Sch 20S
蒸気配管 (KG82-612)	流体名	気体
	流体の密度	0.0（g/cm^3）
	材質	SUS304TP
	保温有無	無
	温度（設計温度）	60（℃）
	圧力（設計圧力）	0.76（MPa）
	呼び径-Sch	15A-Sch 40 40A-Sch 20S
冷却水配管 (KG83-652)	流体名	水
	流体の密度	1.1（g/cm^3）
	材質	STPG370
	保温有無	有
	温度（設計温度）	55（℃）
	圧力（設計圧力）	0.99（MPa）
	呼び径-Sch	200A-Sch 40 250A-Sch 40 15A-Sch 80

表-4-1　主要寸法・仕様（4/6）

評価対象設備	項目	値
冷却水配管 (KG83-652)	流体名	水
	流体の密度	1.1（g/cm^3）
	材質	STPG370
	保温有無	無
	温度（設計温度）	55（℃）
	圧力（設計圧力）	0.99（MPa）
	呼び径-Sch	40A-Sch 40
純水配管 (KG85-604)	流体名	水
	流体の密度	1.0（g/cm^3）
	材質	SUS304TP
	保温有無	無
	温度（設計温度）	55（℃）
	圧力（設計圧力）	0.59（MPa）
	呼び径-Sch	15A-Sch 40
純水配管 (KG85-621)	流体名	水
	流体の密度	1.0（g/cm^3）
	材質	SUS304TP
	保温有無	無
	温度（設計温度）	55（℃）
	圧力（設計圧力）	0.74（MPa）
	呼び径-Sch	40A-Sch 20S

表-4-1　主要寸法・仕様（5/6）

評価対象設備	項目	値
消火水配管 (KG99-005)	流体名	水
	流体の密度	1.0 (g/cm^3)
	材質	SGP
	保温有無	無
	温度（設計温度）	55 (℃)
	圧力（設計圧力）	0.75 (MPa)
	呼び径-Sch	40A-SGP
空調設備 蒸気配管 (KG99-010)	流体名	気体
	流体の密度	0.0 (g/cm^3)
	材質	STPG370
	保温有無	有
	温度（設計温度）	133 (℃)
	圧力（設計圧力）	0.20 (MPa)
	呼び径-Sch	80A-Sch 40
空調設備 蒸気配管 (KG99-013)	流体名	気体
	流体の密度	0.0 (g/cm^3)
	材質	STPG370
	保温有無	有
	温度（設計温度）	133 (℃)
	圧力（設計圧力）	0.20 (MPa)
	呼び径-Sch	15A-Sch 40 20A-Sch 40 32A-Sch 40 40A-Sch 40 50A-Sch 40 65A-Sch 40 80A-Sch 40 100A-Sch 40 150A-Sch 40

表-4-1　主要寸法・仕様（6/6）

評価対象設備	項目	値
空調設備 蒸気配管 (KG99-015)	流体名	気体
	流体の密度	0.0（g/cm^3）
	材質	STPG370
	保温有無	有
	温度（設計温度）	133（℃）
	圧力（設計圧力）	0.20（MPa）
	呼び径-Sch	80A-Sch 40
空調設備 蒸気配管 (KG99-017)	流体名	気体
	流体の密度	0.0（g/cm^3）
	材質	STPG370
	保温有無	有
	温度（設計温度）	133（℃）
	圧力（設計圧力）	0.20（MPa）
	呼び径-Sch	80A-Sch 40
空調設備 蒸気配管 (KG99-018)	流体名	気体
	流体の密度	0.0（g/cm^3）
	材質	STPG370
	保温有無	有
	温度（設計温度）	133（℃）
	圧力（設計圧力）	0.20（MPa）
	呼び径-Sch	15A-Sch 40 20A-Sch 40 25A-Sch 40 32A-Sch 40 150A-Sch 40

5.　評価結果

配管のサポート追加等の対策後の最大応力発生箇所における応力評価結果について、耐震性の評価結果を表-5-1 及び想定破損の評価結果を表-5-2 に示す。

対策の結果、いずれも許容応力以下であることを確認した。

表-5-1　耐震性の評価結果

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
蒸気配管 (KG82-600)	5.6	107	361
蒸気配管 (KG82-601)	6.5	93	361
蒸気配管 (KG82-604)	6.6	77	367
蒸気配管 (KG82-607)	5.4	133	367
蒸気配管 (KG82-612)	6.3	134	367
冷却水配管 (KG83-652)	9.3	143	325
純水配管 (KG85-604)	7.2	139	446
純水配管 (KG85-621)	11.0	162	446
消火水配管 (KG99-005)	41.7	18	256
空調設備(蒸気配管) (KG99-010)	10.3	59	310
空調設備(蒸気配管) (KG99-013)	10.1	143	310
空調設備(蒸気配管) (KG99-015)	9.3	94	310
空調設備(蒸気配管) (KG99-017)	7.5	48	310
空調設備(蒸気配管) (KG99-018)	10.0	118	310

表-5-2　想定破損の評価結果

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	最大発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)
蒸気配管 (KG82-600)	5.3	113	141
蒸気配管 (KG82-601)	6.5	125	141
蒸気配管 (KG82-604)	6.6	119	142
蒸気配管 (KG82-607)	5.4	133	142
蒸気配管 (KG82-612)	6.2	121	142
冷却水配管 (KG83-652)	9.3	71	100
純水配管 (KG85-604)	7.2	92	147
純水配管 (KG85-621)	11.1	84	147
消火水配管 (KG99-005)	41.7	69	78
空調設備(蒸気配管) (KG99-010)	10.3	69	100
空調設備(蒸気配管) (KG99-013)	10.1	92	100
空調設備(蒸気配管) (KG99-015)	9.3	57	100
空調設備(蒸気配管) (KG99-017)	7.5	50	100
空調設備(蒸気配管) (KG99-018)	10.0	89	100

計算プログラム（解析コード）ISAP-Ⅳの検証等について

1.概要

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の配管の耐震評価に用いた解析コードであるISAP-Ⅳについて、検証等を行った結果を以下に示す。

2.コードの概要及び検証等

コード名 / 項目	ＩＳＡＰ
開発機関	株式会社 IHI
開発時期	1988 年
使用したバージョン	ISAP-Ⅳ
使用目的	3 次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析及び応力解析
コードの概要	本解析コードは，汎用構造解析コード「ＳＡＰ－Ｖ」を基につくられている。「ＳＡＰ」は，米カリフォルニア大学にて開発された計算機プログラムである。任意の 3 次元形状に対して，有限要素法により静的解析，動的解析を行い，反力・モーメント・応力，固有周期・刺激係数等の算出が可能である。本解析コードは，原子力の配管設計において，多くの実績を有している。
検証(Verification)及び妥当性確認(Validation)	本解析コードは，再処理施設の配管における 3 次元有限要素法（はり要素）による固有値解析及び応力解析に使用している。 【検証(Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。 ・本解析コードと世界的に使用実績及びクライアント数の多い配管解析プログラムの一つである解析コード“ADL Pipe Static-Thermal-Dynamic Pipe Stress Analysis ”（ Arthur D.Little.Inc.,Cambridge,Masaachusetts,January 1971）による解析結果を比較し，結果が合致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。

	【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。 ・本解析コードは，原子力分野の配管設計において多くの実績を有しており，妥当性は十分確認されている。 ・本解析コードは，東京電力ホールディングス株式会社の「柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機」において，固有値解析及び地震応答解析に使用された実績がある。 ・本解析コードは，東北電力株式会社の「女川原子力発電所第２号機」において，固有値解析及び地震応答解析に使用された実績がある。 ・本解析コードのマニュアルにより，本申請で使用する 3 次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析及び応力解析に，本解析コードが適用できることを確認している。 ・本解析コードの適用制限として使用要素数があるが，使用した要素数は適用制限以下であり，今回の解析に使用することは妥当である。

第十六条（安全機能を有する施設）

安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるように設置されたものでなければならない。

２　安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができるように設置されたものでなければならない。

３　安全機能を有する施設は、その安全機能を維持するため、適切な保守及び修理ができるように設置されたものでなければならない。

４　安全機能を有する施設に属する設備であって、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により損傷を受け、再処理施設の安全性を損なうことが想定されるものは、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

５　安全機能を有する施設は、二以上の原子力施設と共用する場合には、再処理施設の安全性が損なわれないように設置されたものでなければならない。

２　本申請は、安全機能を維持すべき対象設備に対して、溢水防護対策を行うものであり、安全機能を維持すべき対象設備の健全性及び能力を確認するための検査又は試験に影響を与えないため、問題はない。

３　改造した配管は、保守及び修理が可能である。本申請は、蒸気配管の一部を改造するものであり、配管の機能を維持するための適切な保守及び修理に影響を与えないため、問題はない。

２．申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定若しくは同法第 44 条の 4 第 1 項の許可を受けたところ又は同条第 2 項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律附則第 5 条第 6 項において読み替えて準用する同法第 4 条第 1 項の規定に基づき、独立行政法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項により、指定があったものとみなされた再処理事業指定申請書について、令和 2 年 4 月 22 日付け令 02 原機（再）007 により届出を行っているところによる。

参考資料

溢水源となる配管補強の耐震性についての計算書
（解析モデル、計算結果）

1. 解析モデル

配管類の解析モデルを図-1-1～1-14 に示す。FEM 解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。

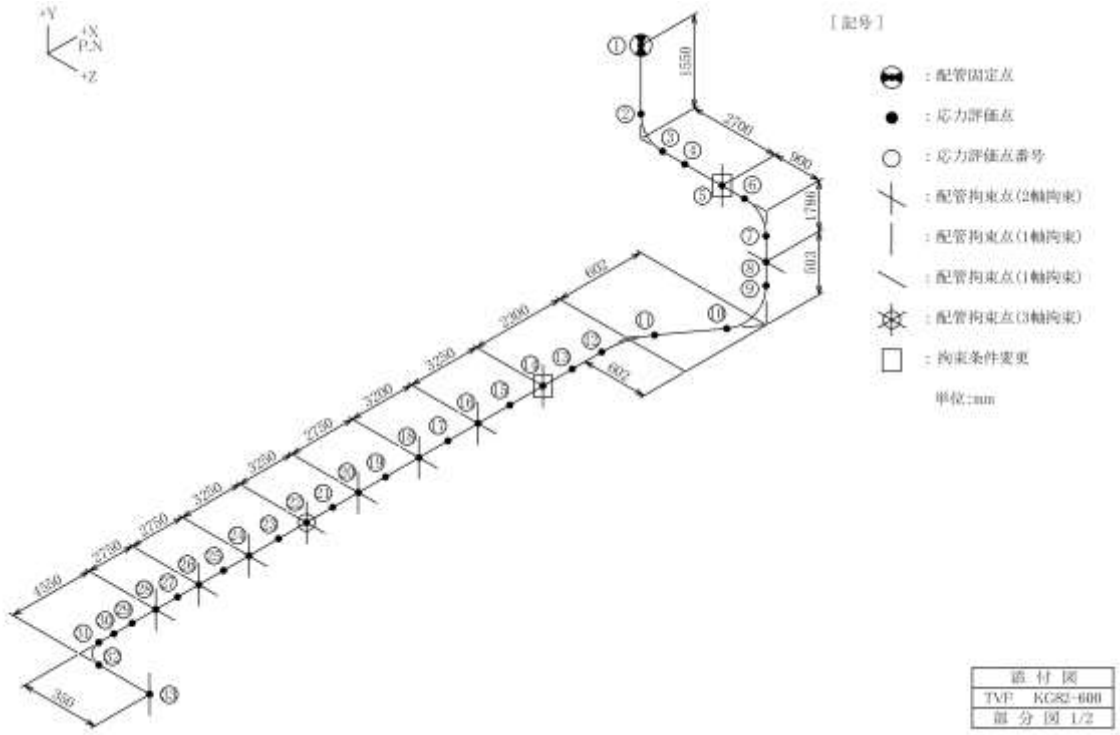


図-1-1　蒸気配管（KG82-600）の解析モデル（1/2）

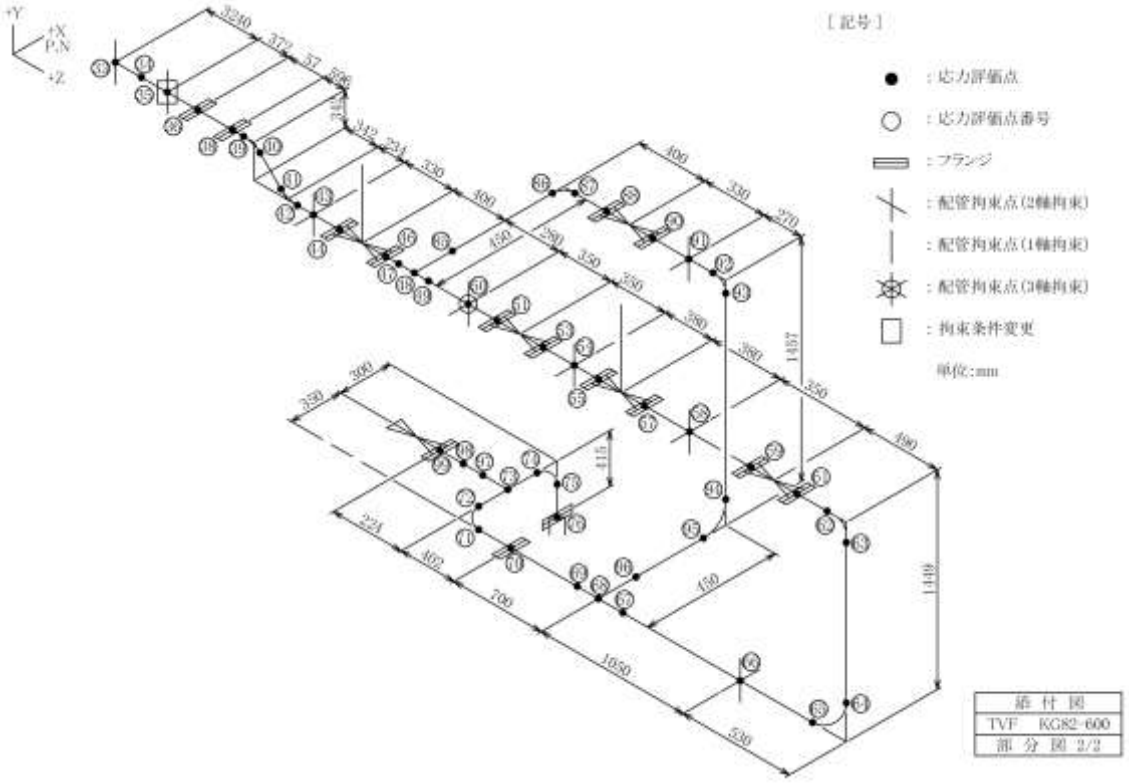


図-1-1　蒸気配管（KG82-600）の解析モデル（2/2）

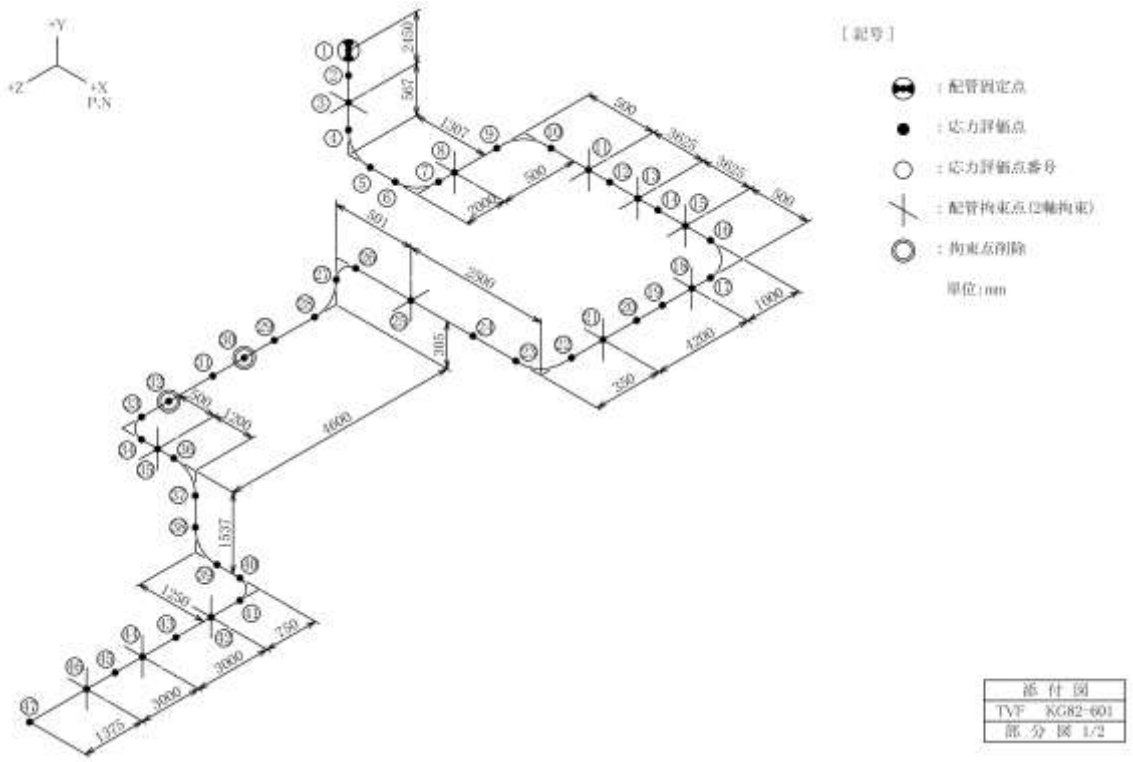


図-1-2　蒸気配管（KG82-601）の解析モデル（1/2）

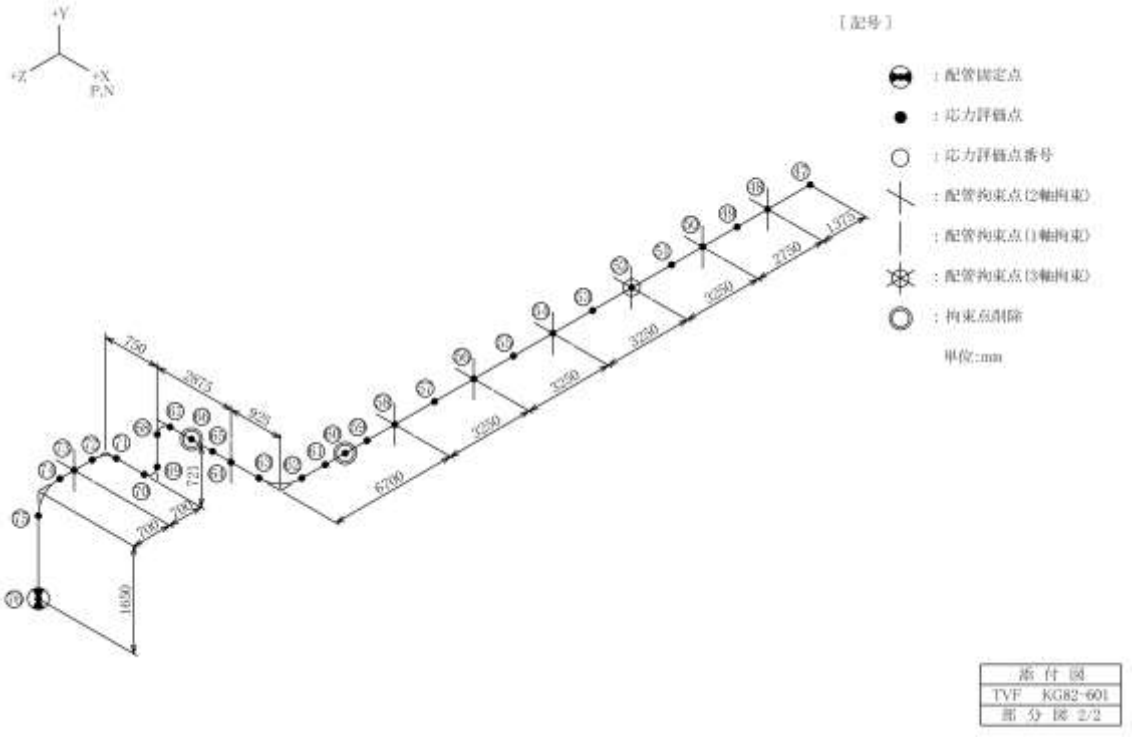


図-1-2　蒸気配管（KG82-601）の解析モデル（2/2）

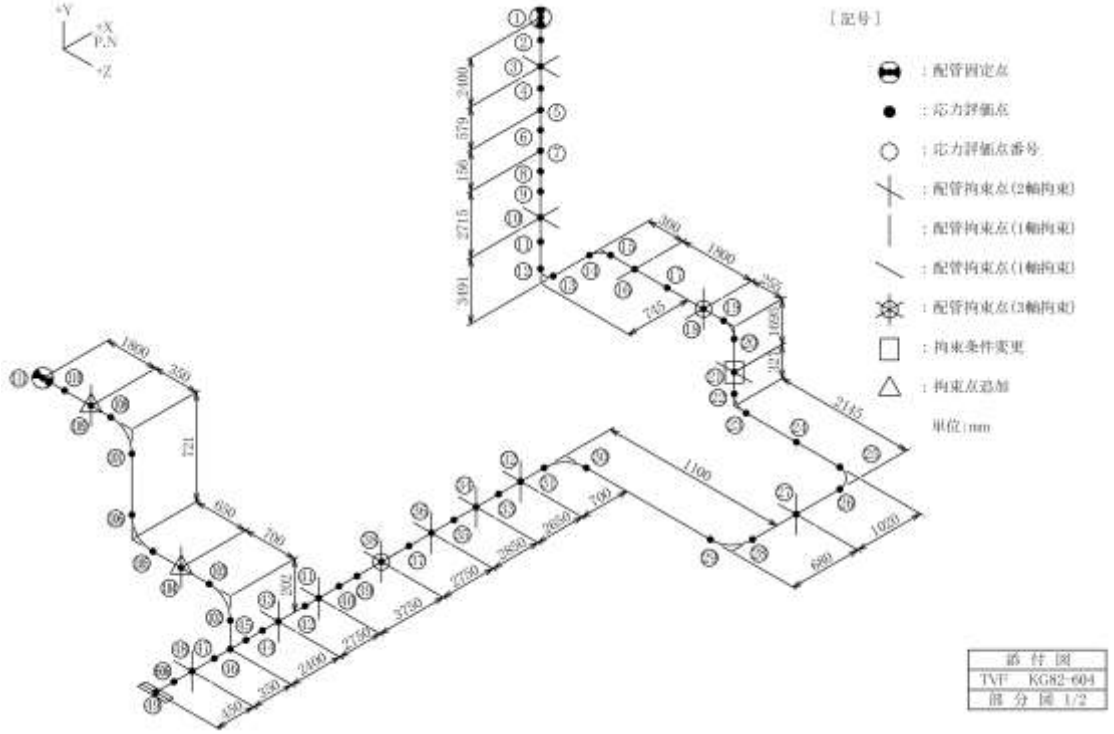


図-1-3　蒸気配管（KG82-604）の解析モデル（1/2）

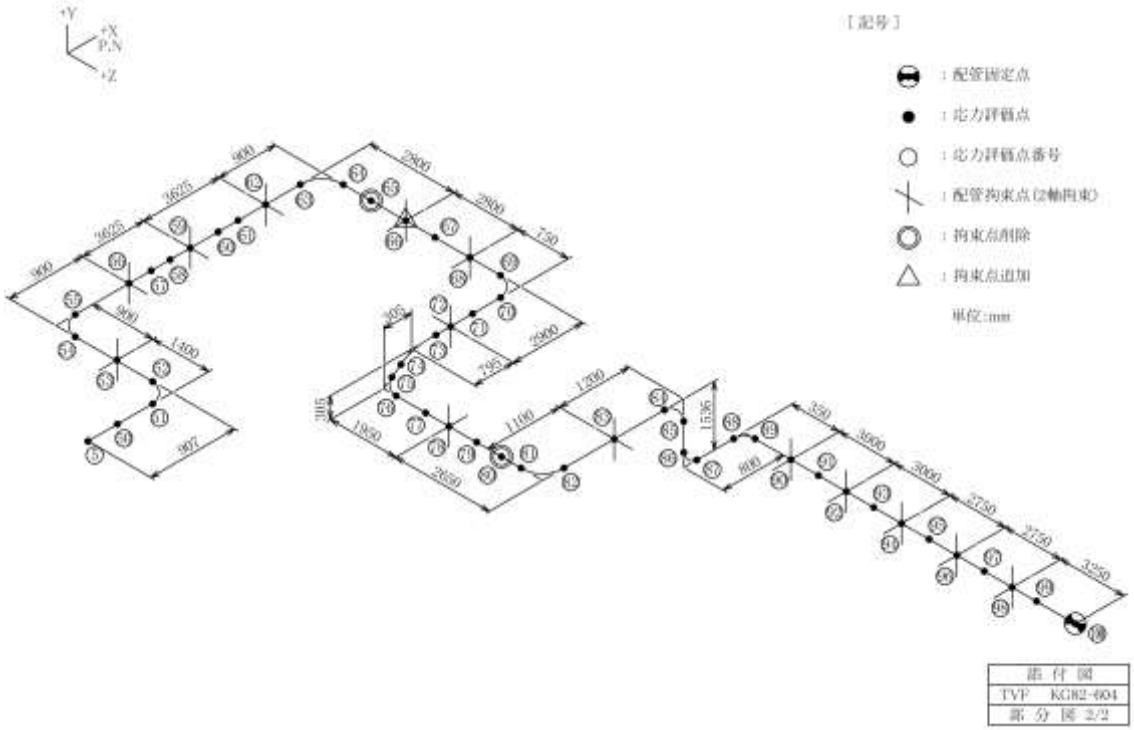


図-1-3　蒸気配管（KG82-604）の解析モデル（2/2）

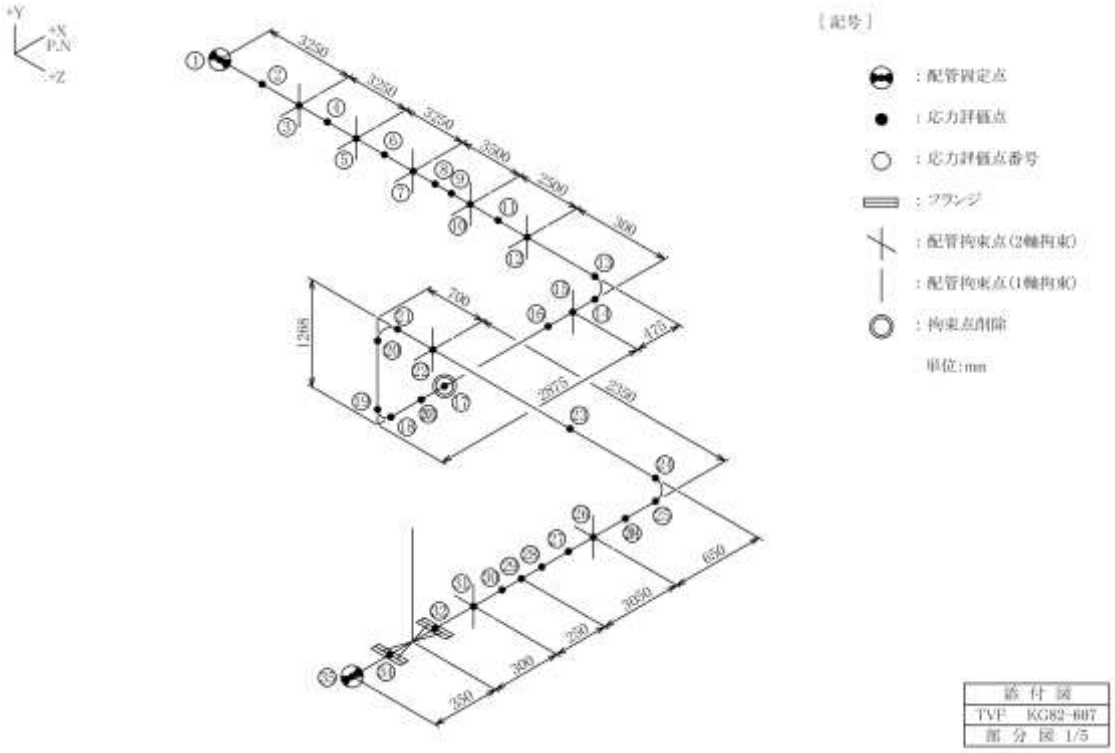


図-1-4　蒸気配管（KG82-607）の解析モデル（1/5）

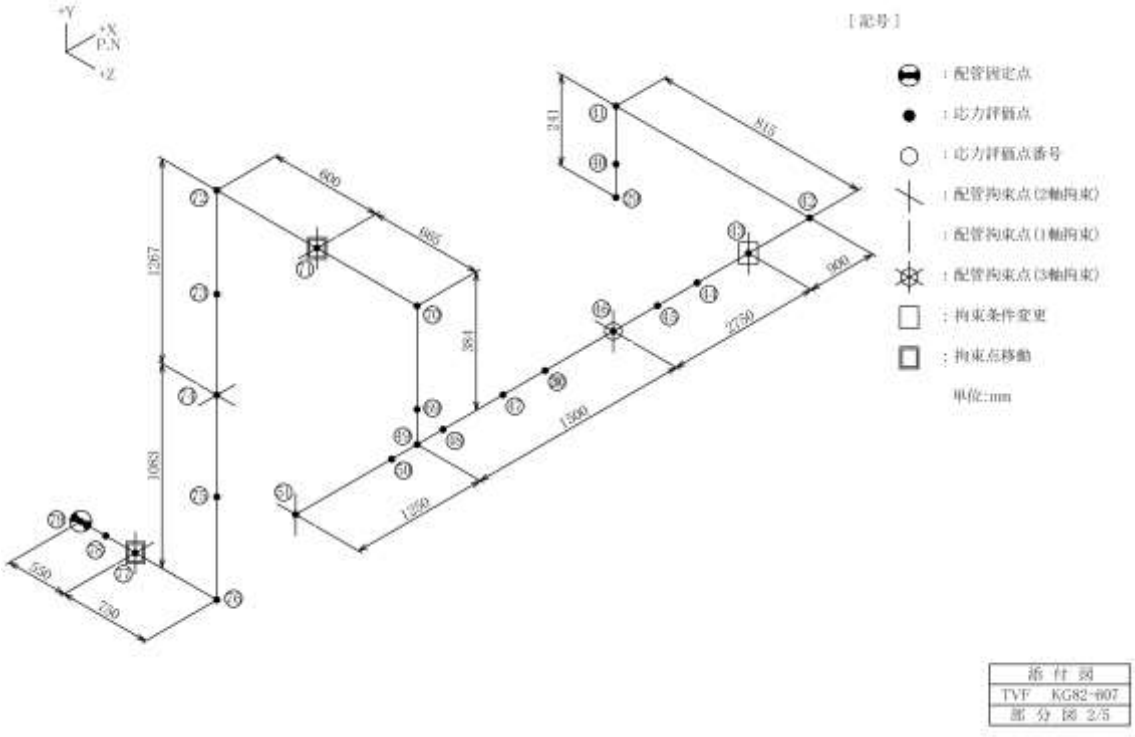


図-1-4　蒸気配管（KG82-607）の解析モデル（2/5）

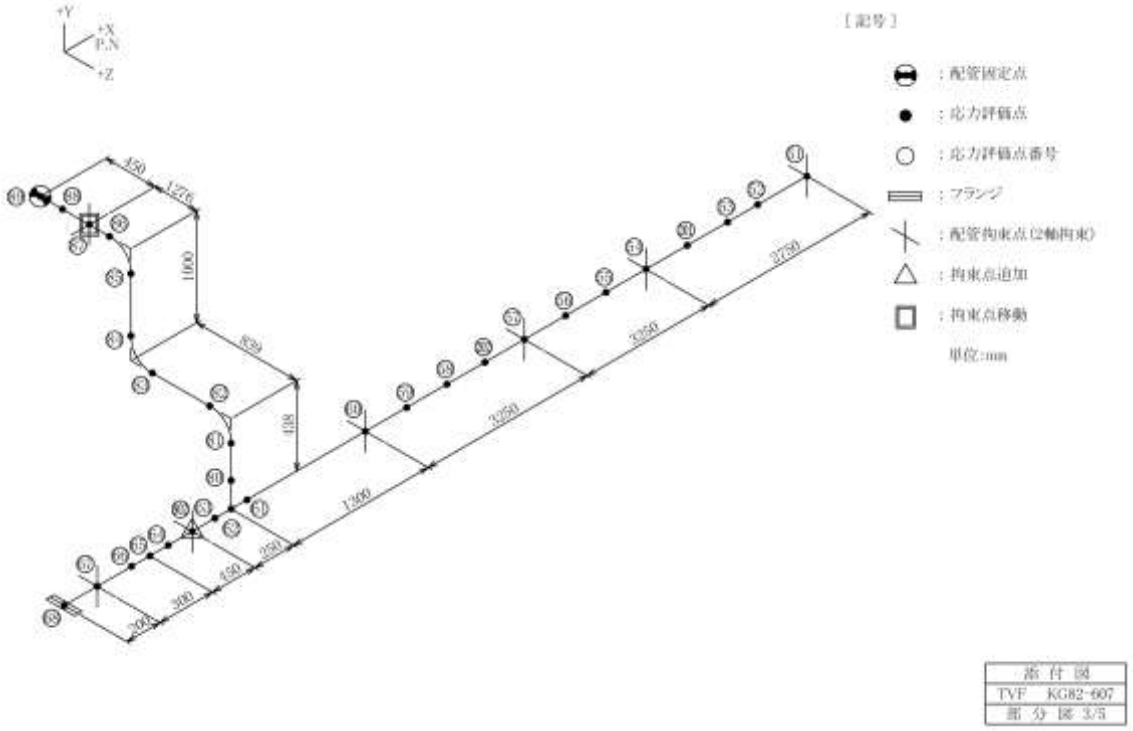


図-1-4　蒸気配管（KG82-607）の解析モデル（3/5）

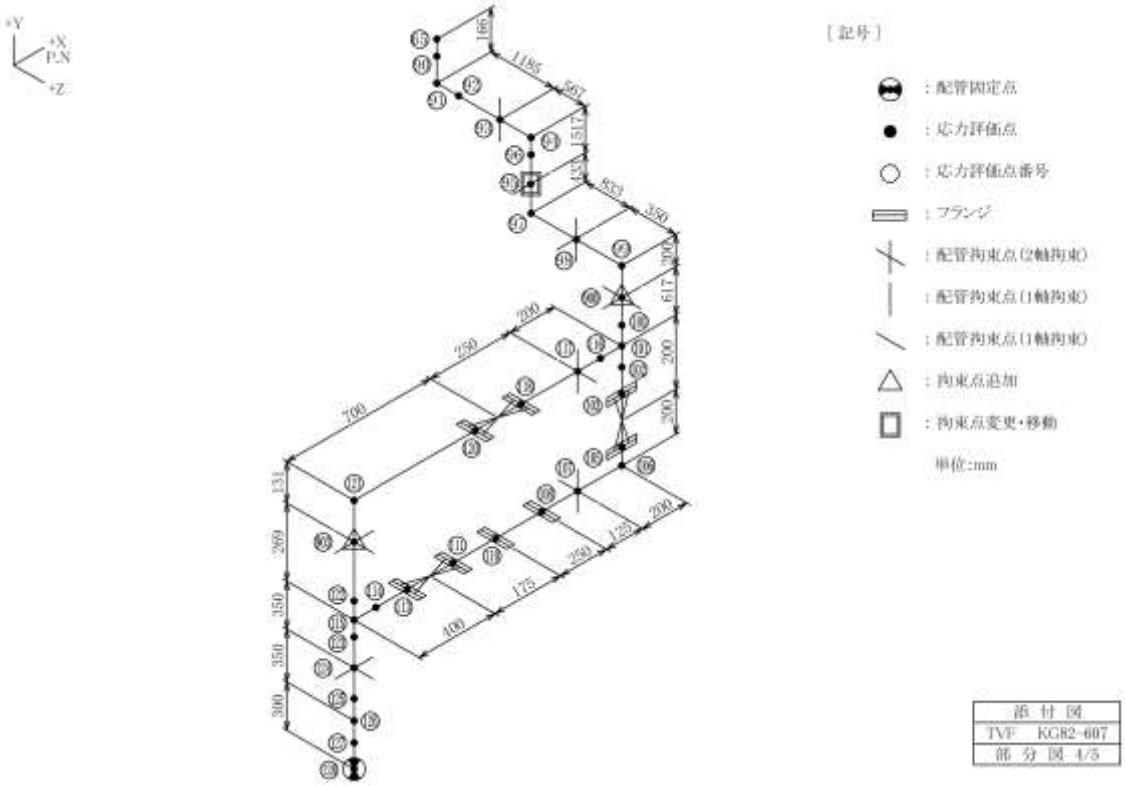


図-1-4　蒸気配管（KG82-607）の解析モデル（4/5）

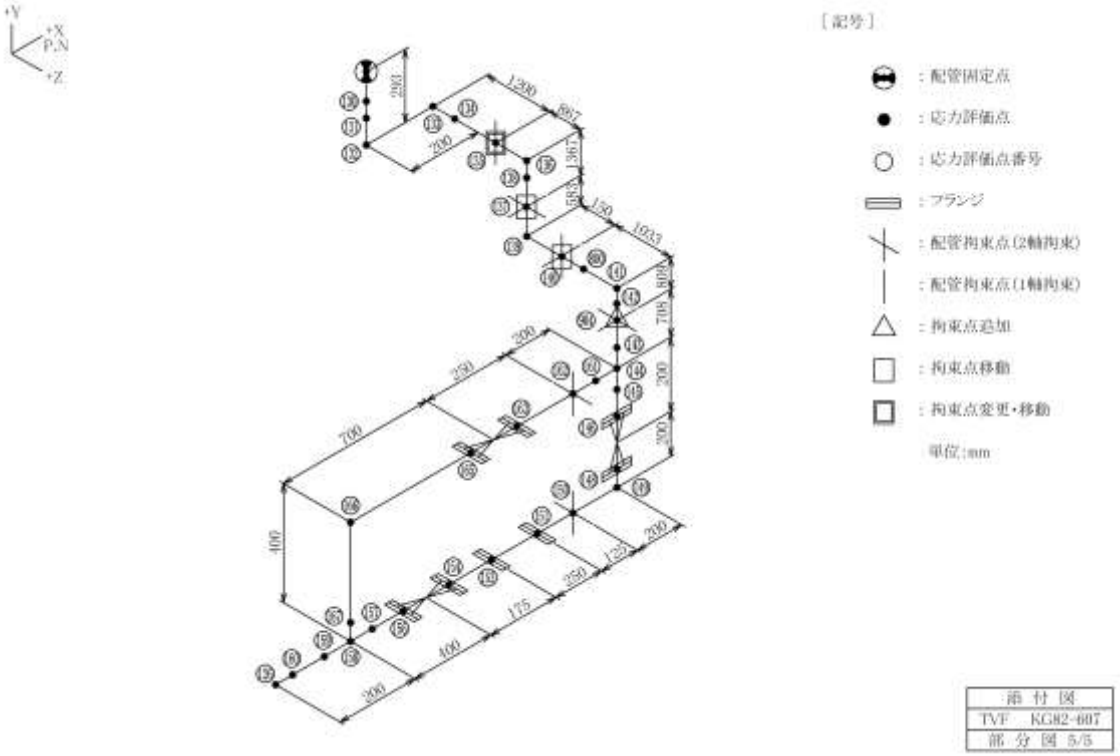


図-1-4　蒸気配管（KG82-607）の解析モデル（5/5）

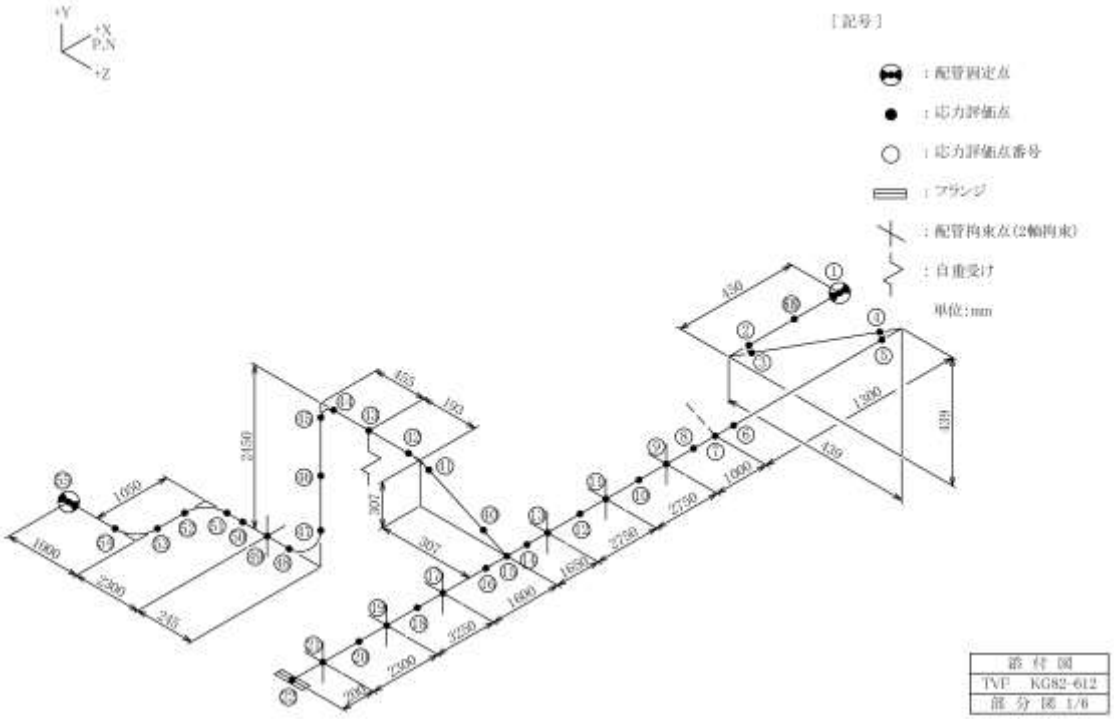


図-1-5　蒸気配管（KG82-612）の解析モデル（1/6）

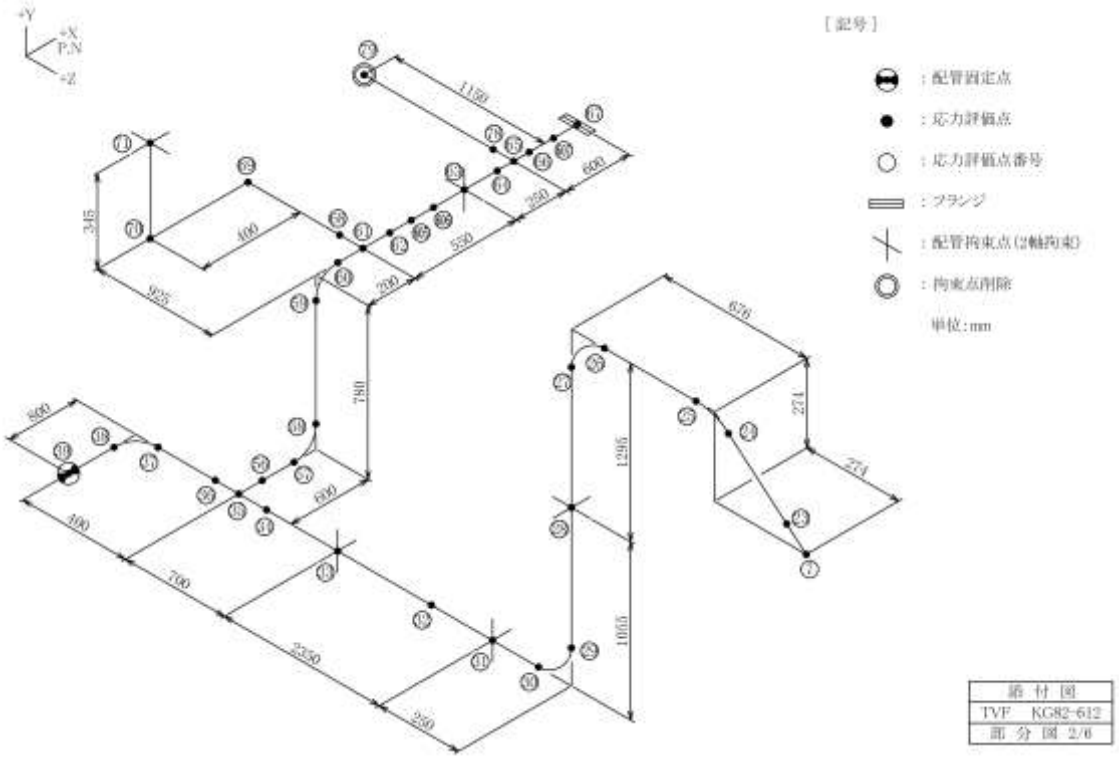


図-1-5　蒸気配管（KG82-612）の解析モデル（2/6）

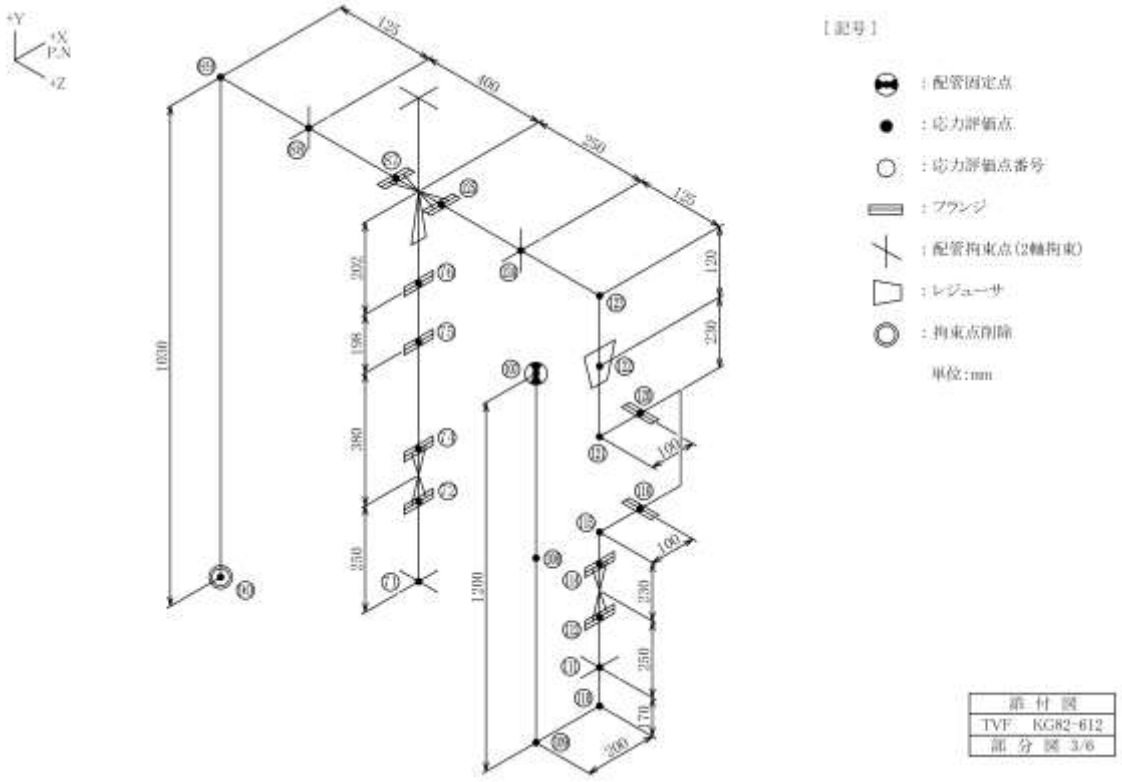


図-1-5　蒸気配管（KG82-612）の解析モデル（3/6）

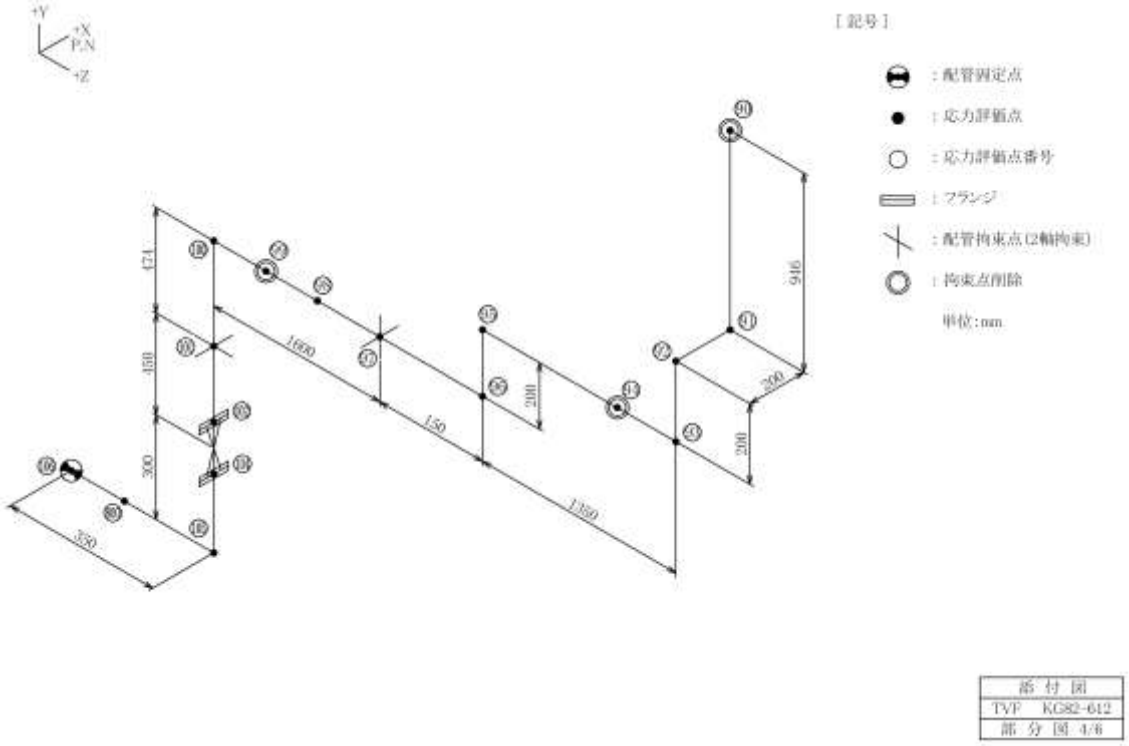


図-1-5　蒸気配管（KG82-612）の解析モデル（4/6）

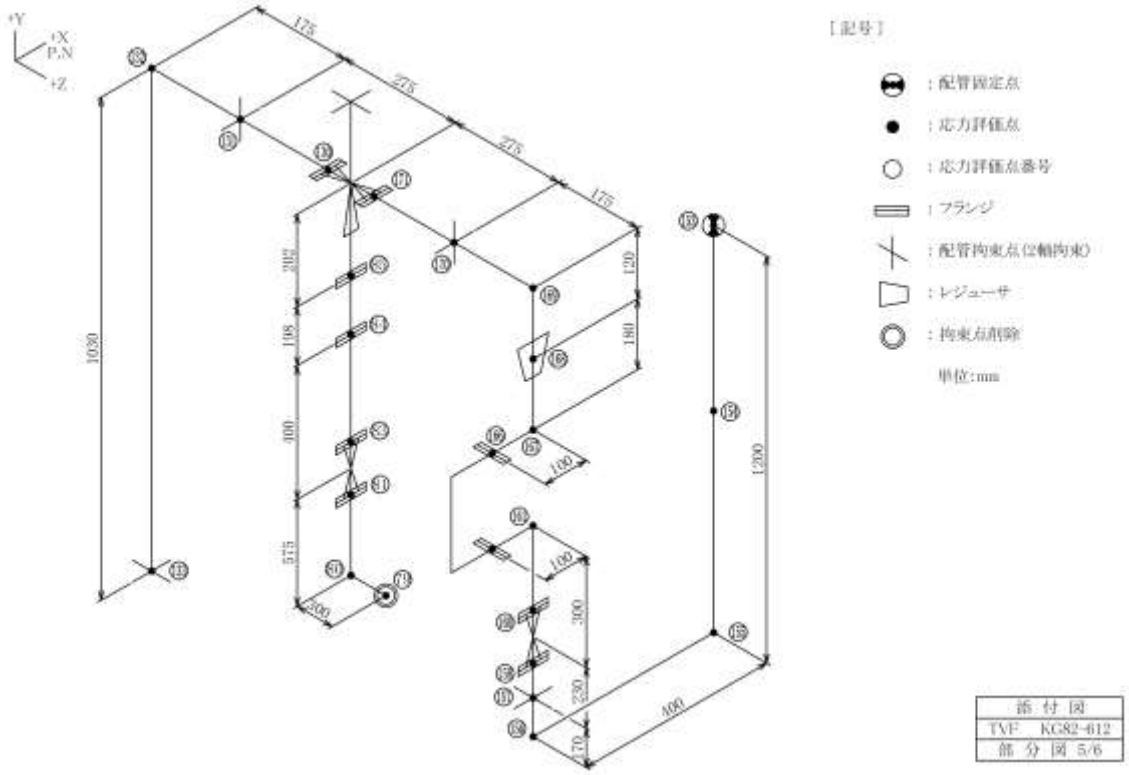


図-1-5　蒸気配管（KG82-612）の解析モデル（5/6）

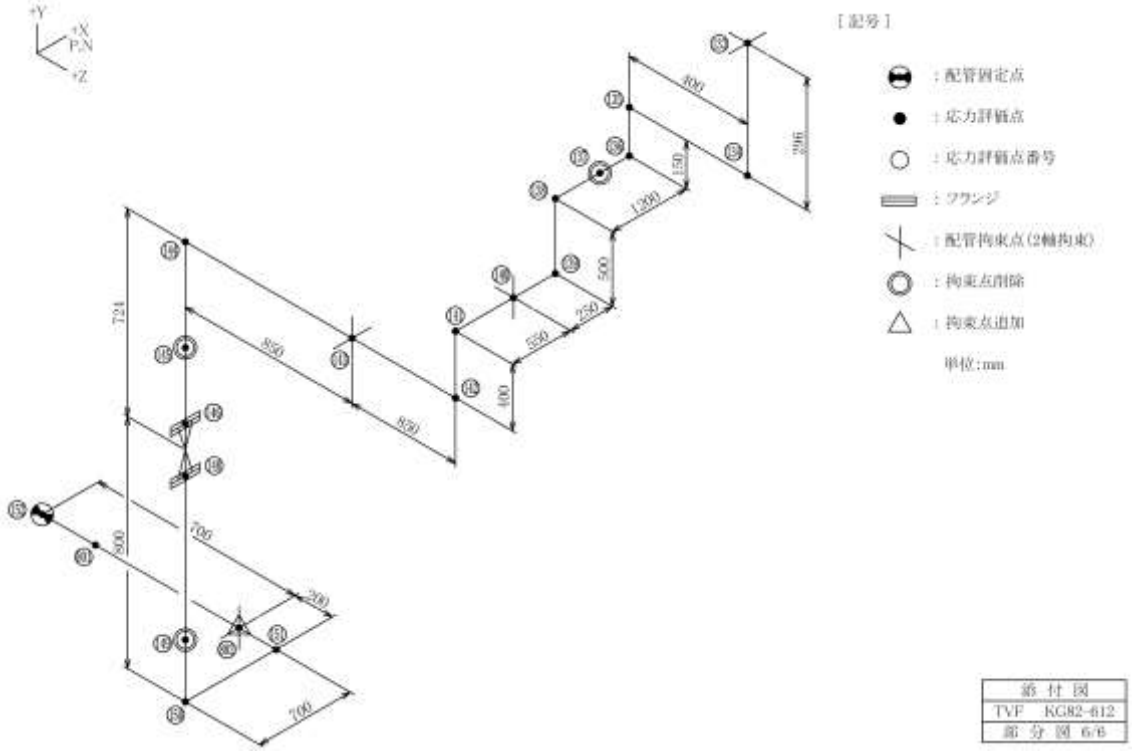


図-1-5　蒸気配管（KG82-612）の解析モデル（6/6）

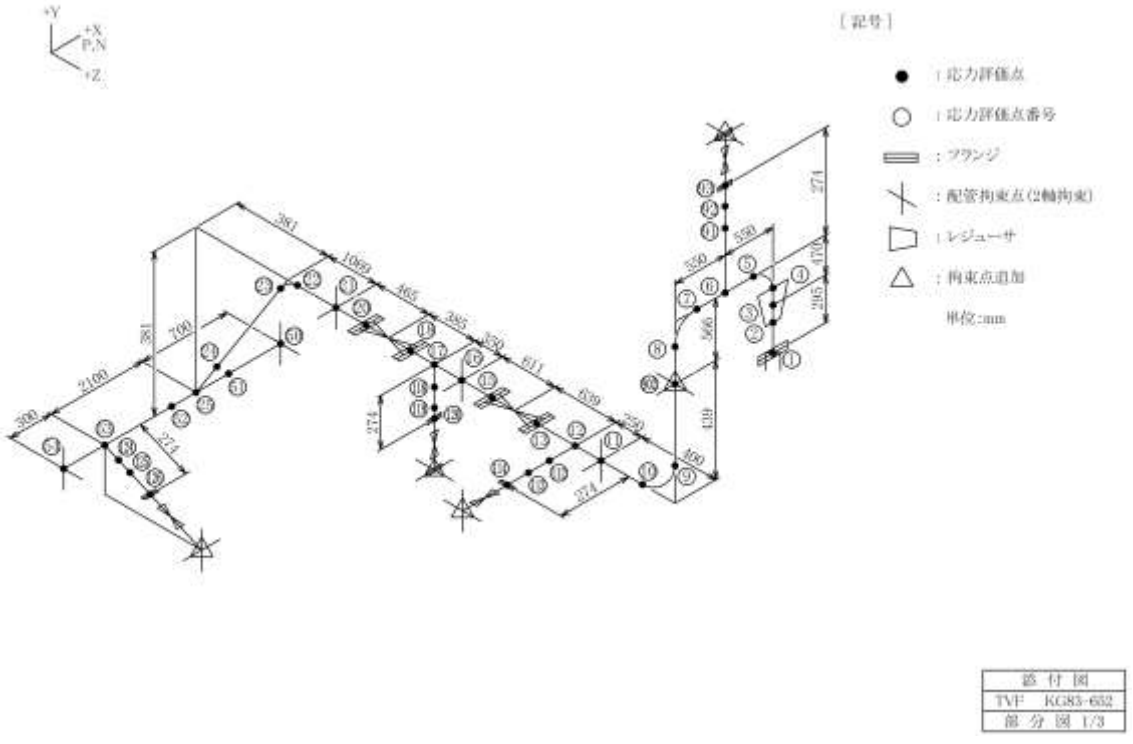


図-1-6　冷却水配管（KG83-652）の解析モデル（1/3）

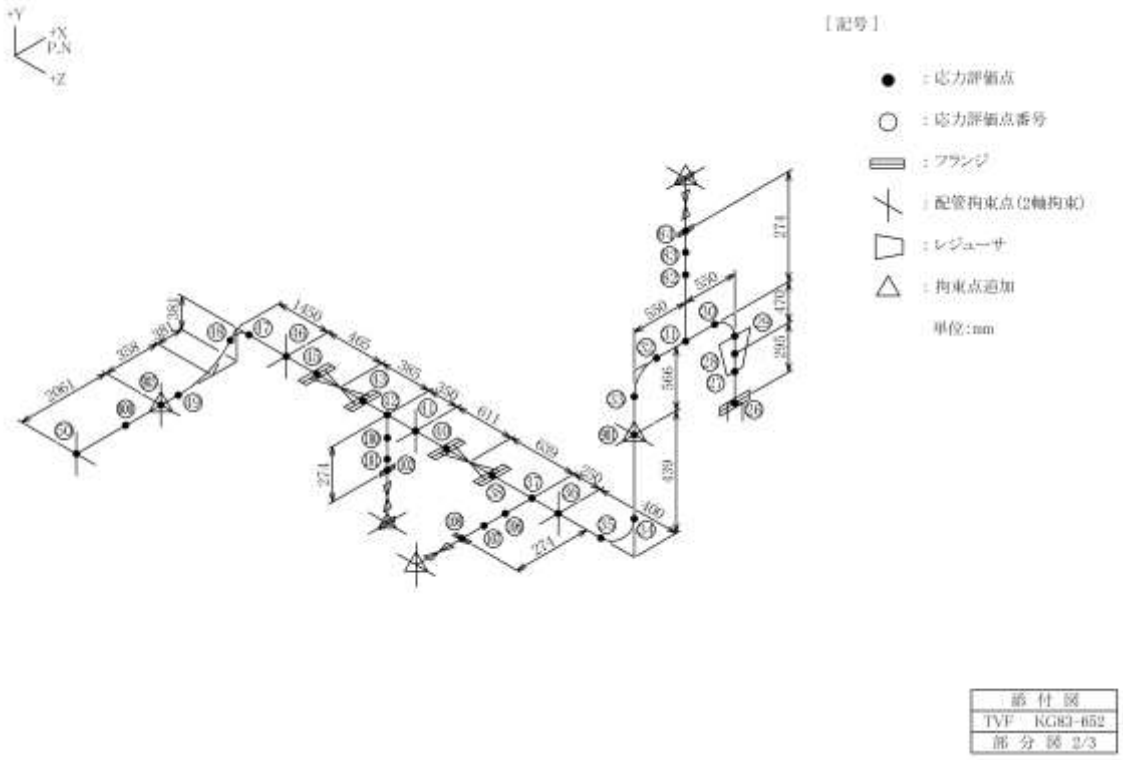


図-1-6　冷却水配管（KG83-652）の解析モデル（2/3）

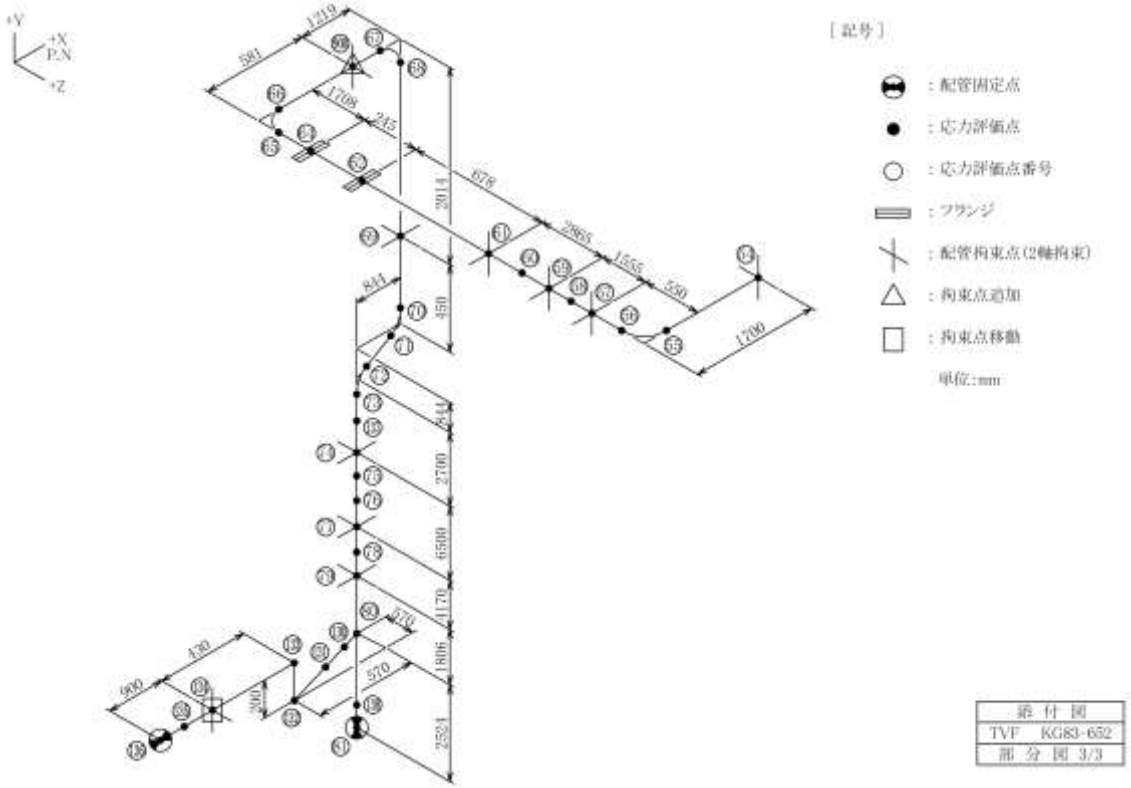


図-1-6　冷却水配管（KG83-652）の解析モデル（3/3）

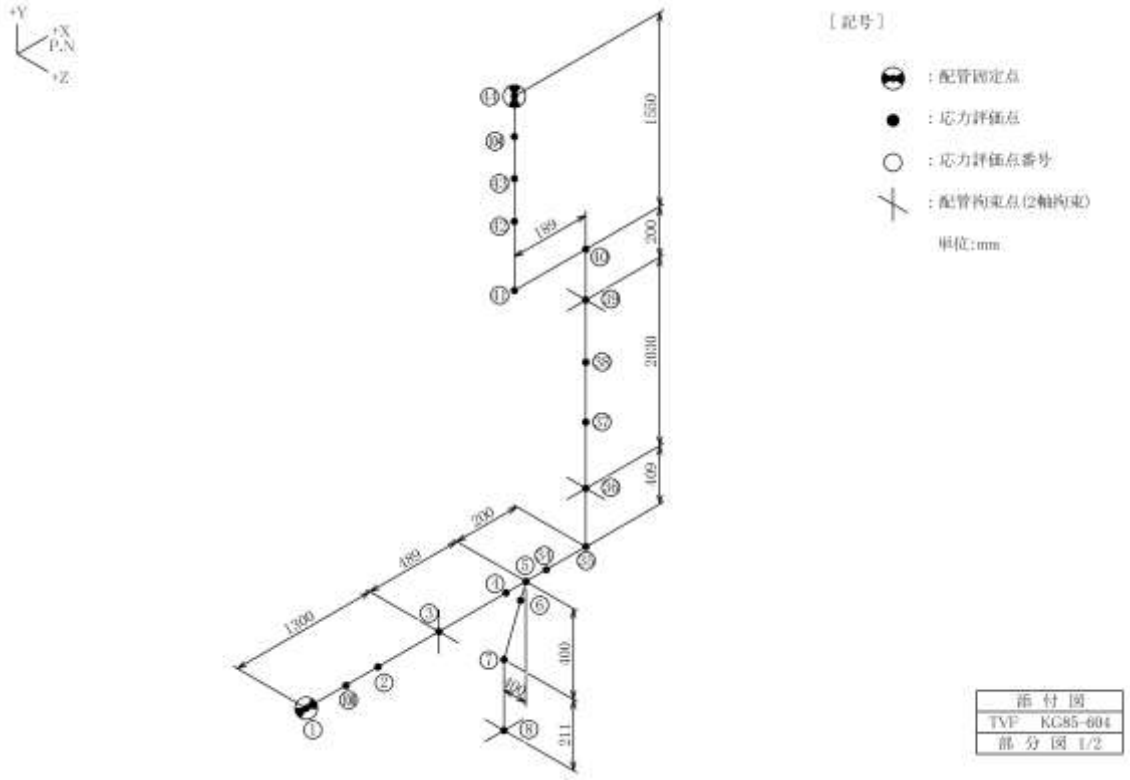


図-1-7　純水配管（KG85-604）の解析モデル（1/2）

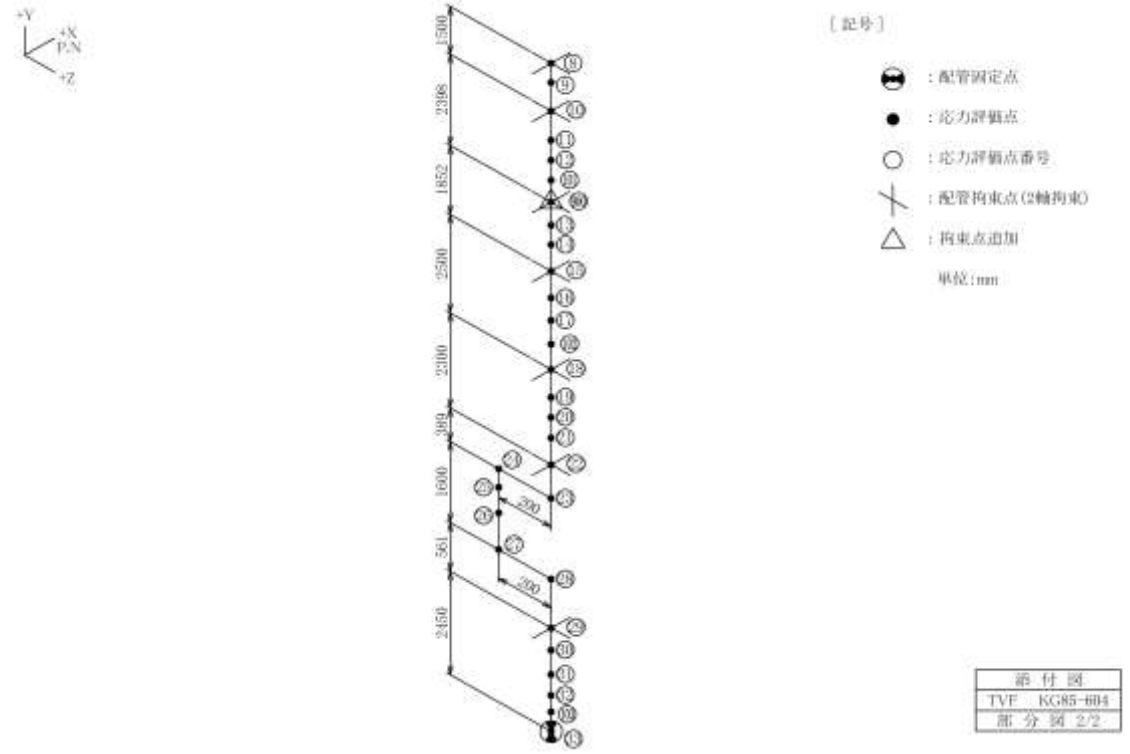


図-1-7　純水配管（KG85-604）の解析モデル（2/2）

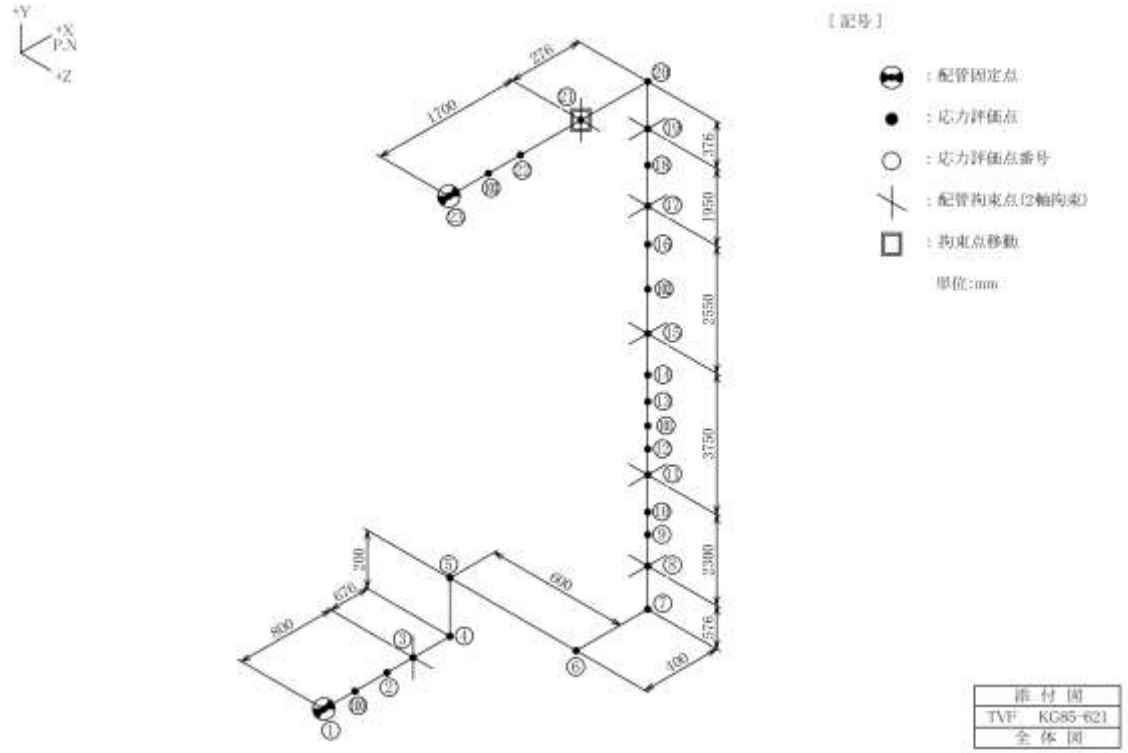


図-1-8　純水配管（KG85-621）の解析モデル

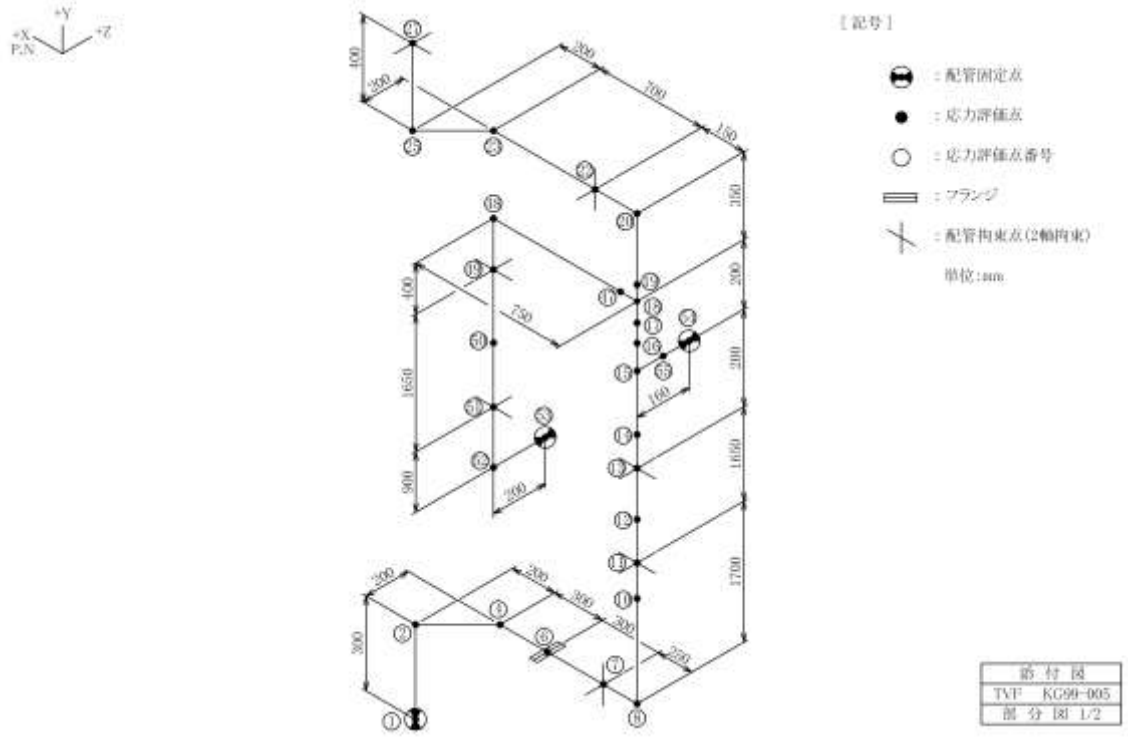


図-1-9　消火水配管（KG99-005）の解析モデル（1/2）

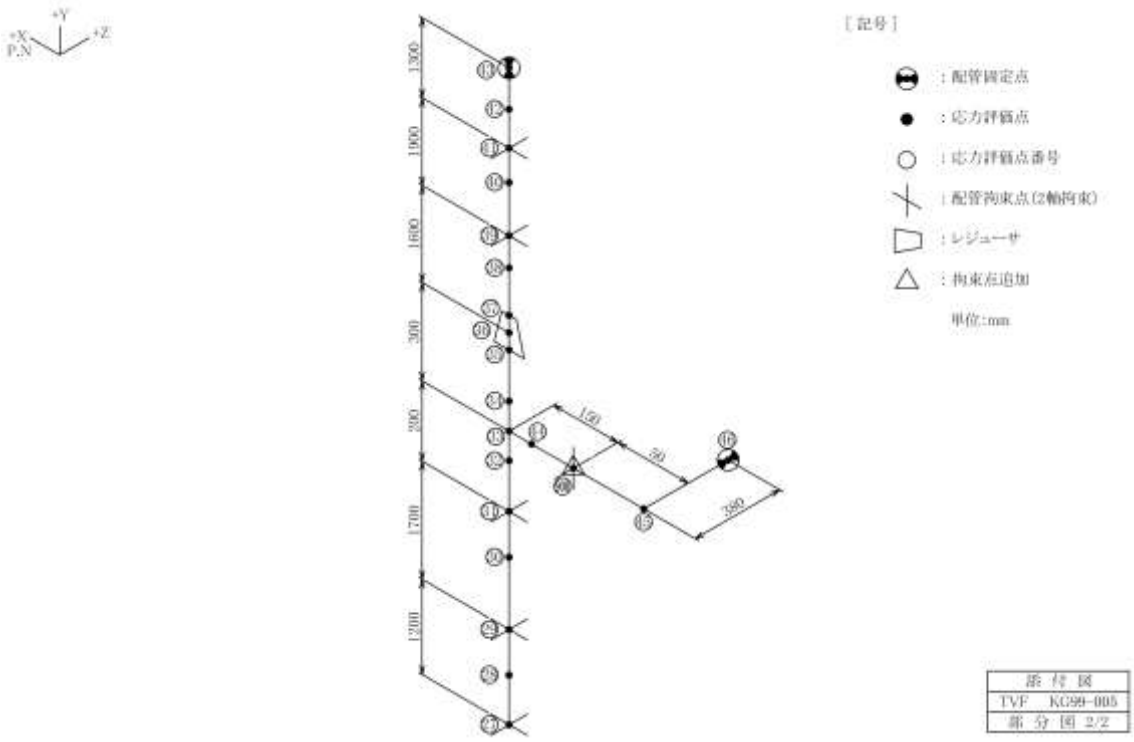


図-1-9　消火水配管（KG99-005）の解析モデル（2/2）

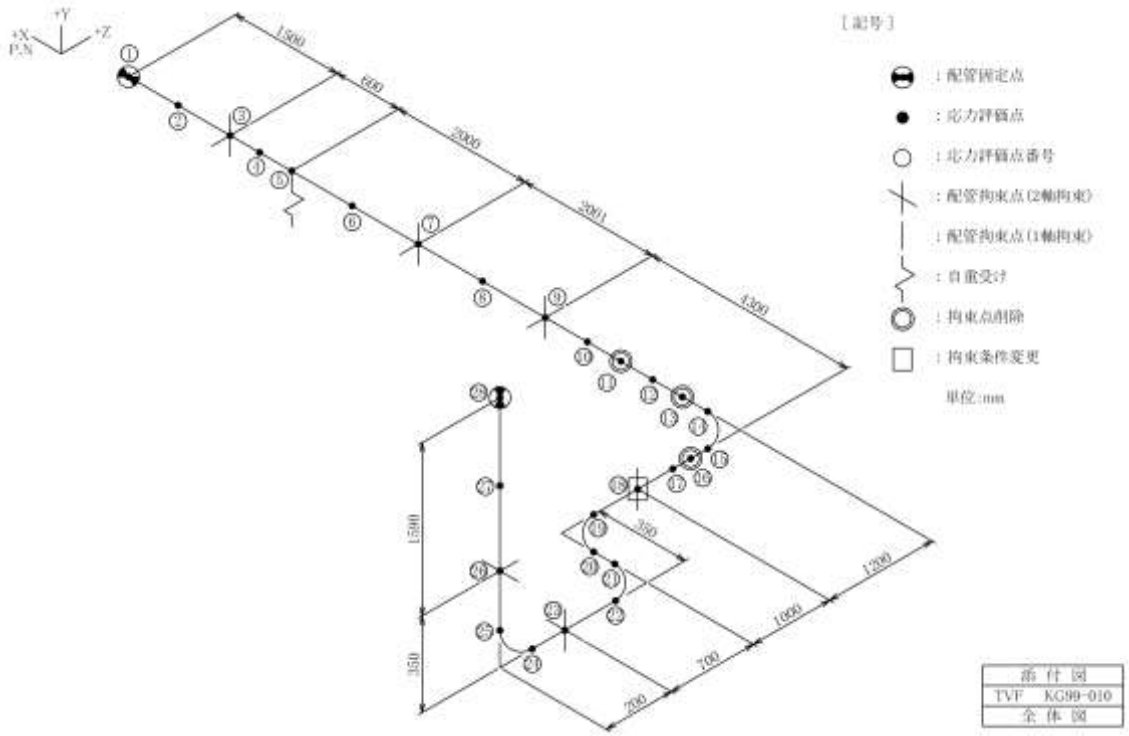


図-1-10　蒸気配管（空調設備）（KG99-010）の解析モデル

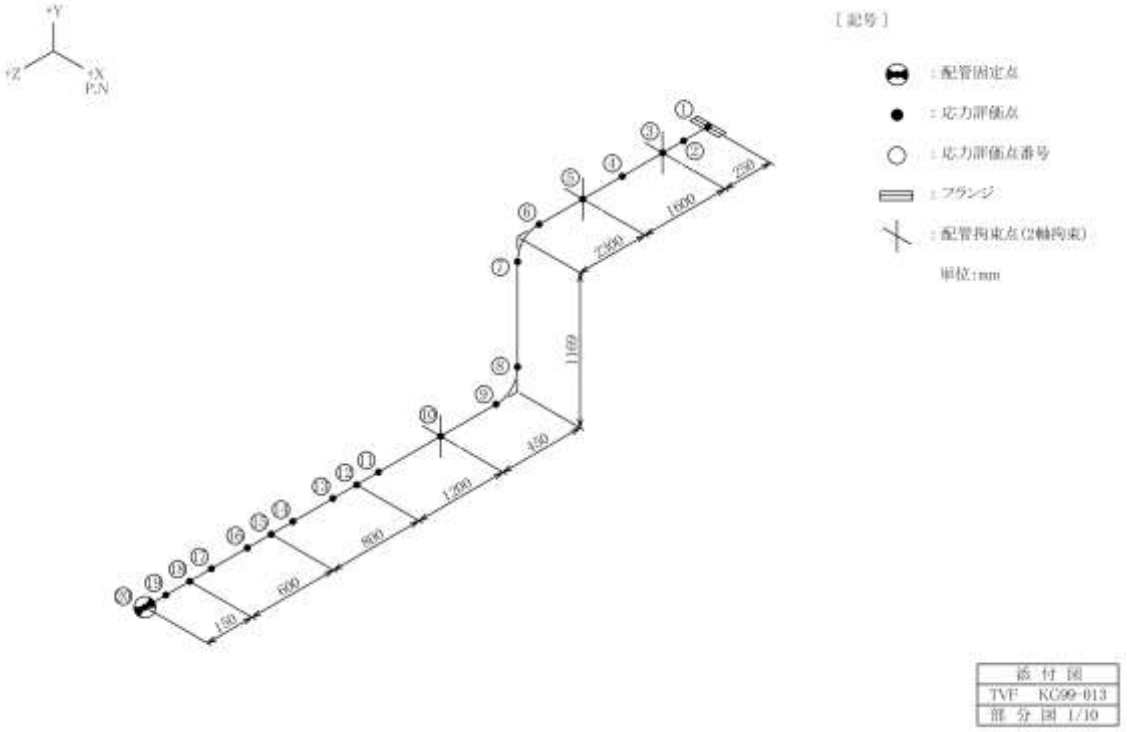


図-1-11　蒸気配管（空調設備）（KG99-013）の解析モデル（1/10）

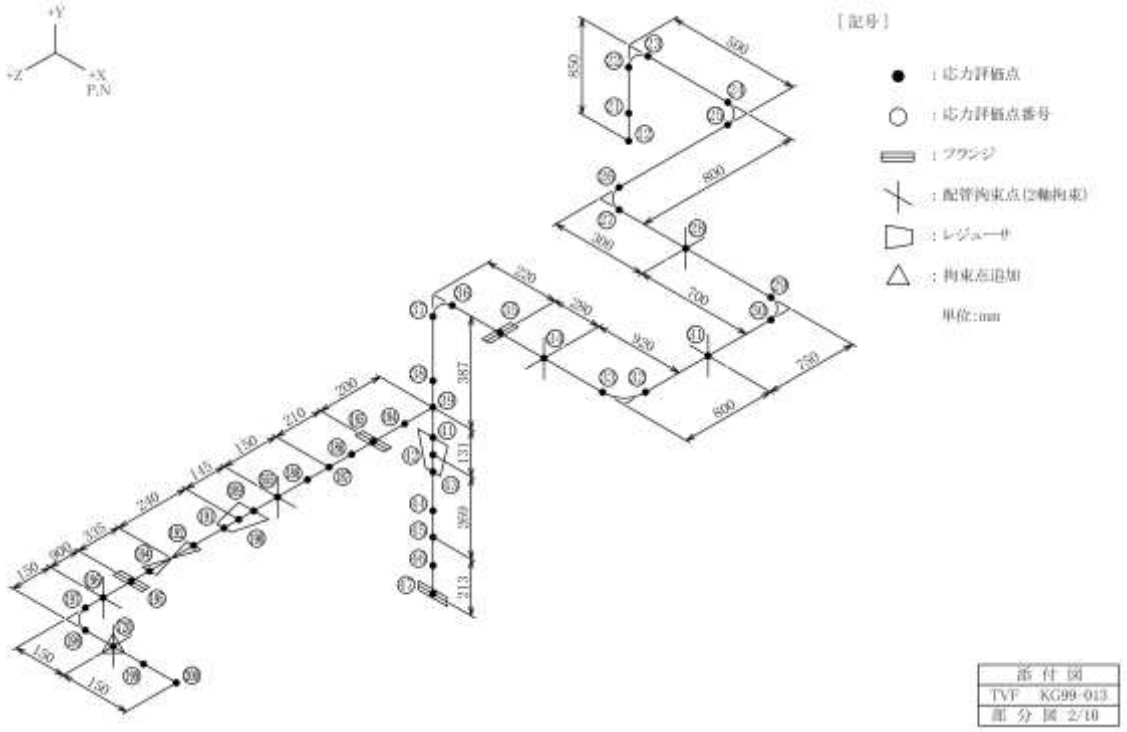


図-1-11　蒸気配管（空調設備）（KG99-013）の解析モデル（2/10）

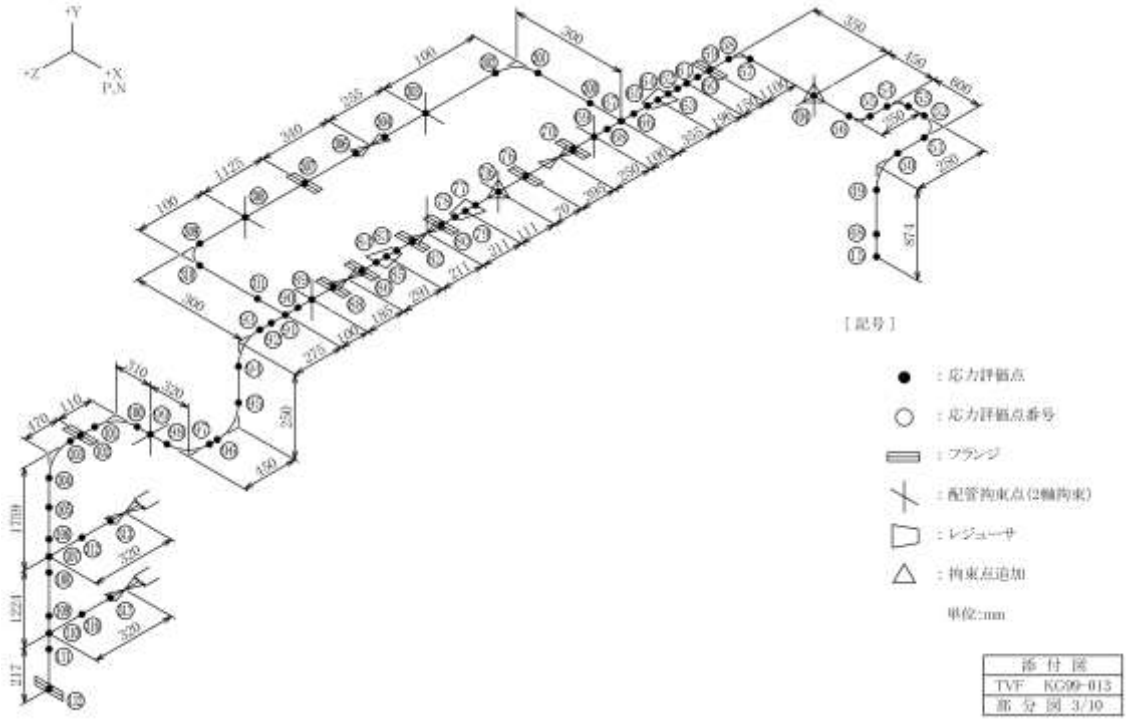


図-1-11　蒸気配管（空調設備）（KG99-013）の解析モデル（3/10）

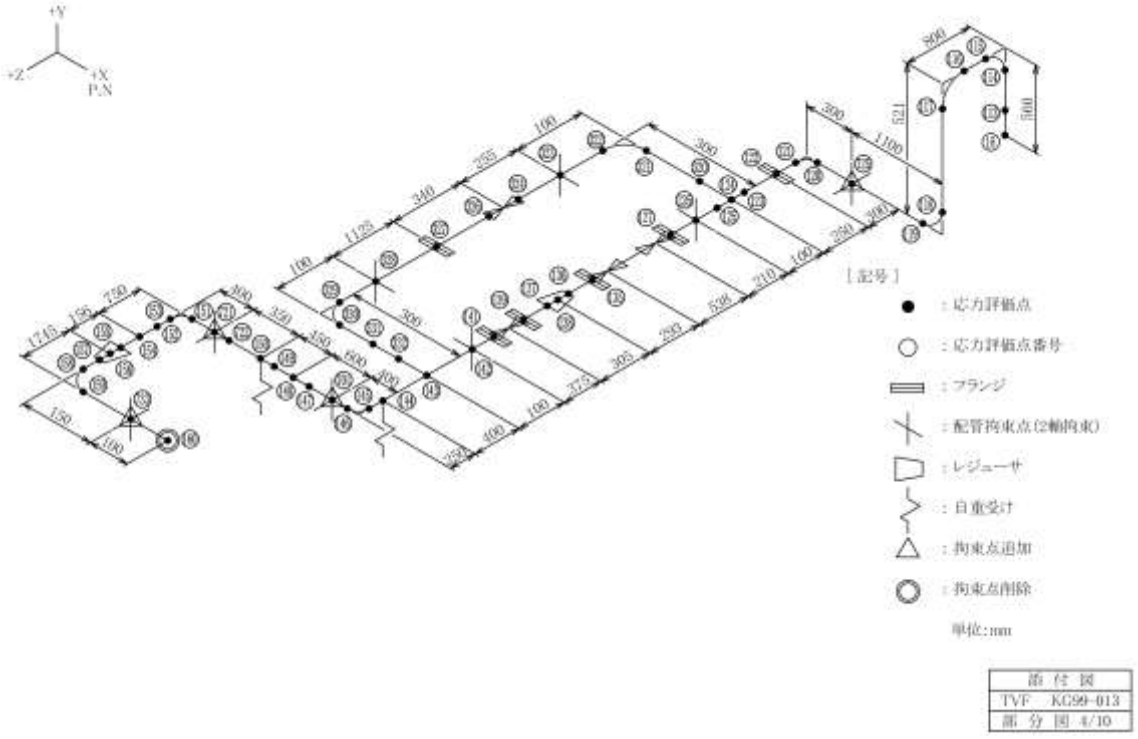


図-1-11　蒸気配管（空調設備）（KG99-013）の解析モデル（4/10）

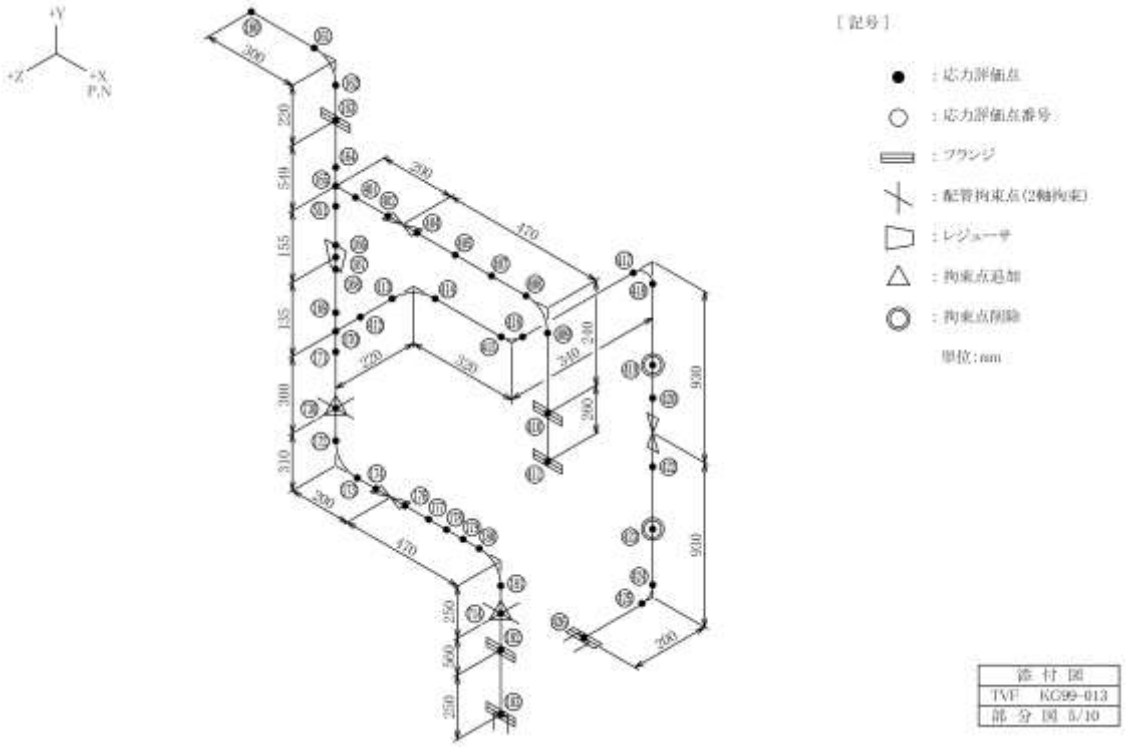


図-1-11　蒸気配管（空調設備）（KG99-013）の解析モデル（5/10）

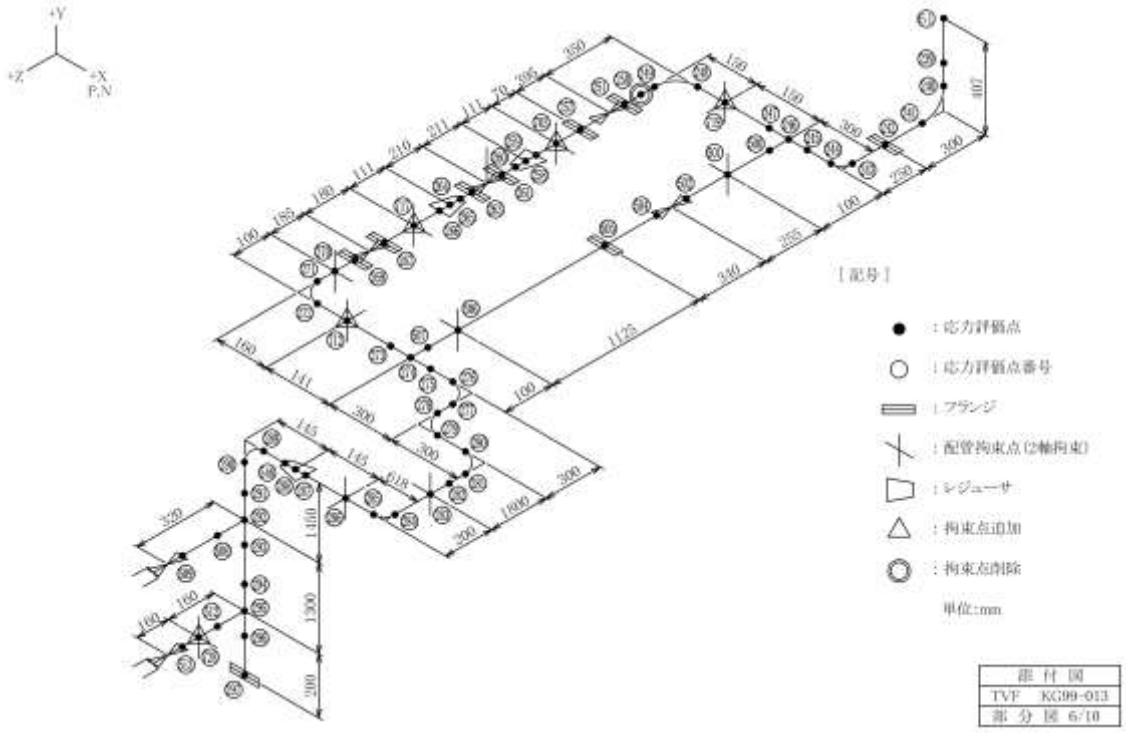


図-1-11　蒸気配管（空調設備）（KG99-013）の解析モデル（6/10）

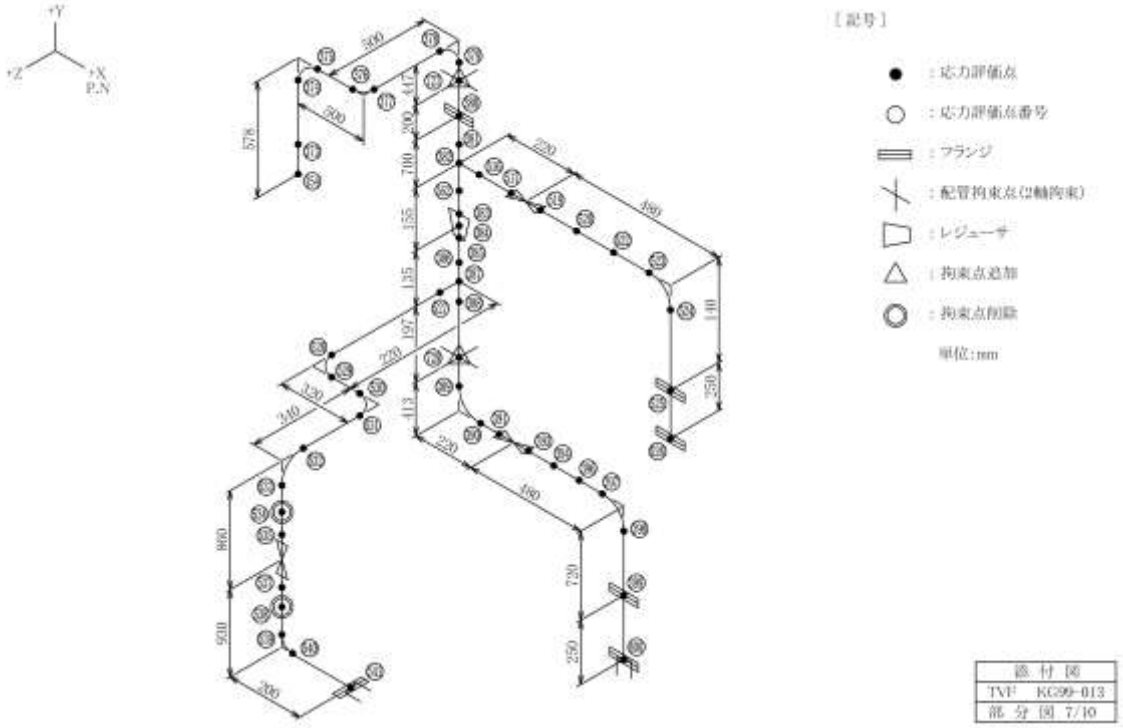


図-1-11　蒸気配管（空調設備）（KG99-013）の解析モデル（7/10）

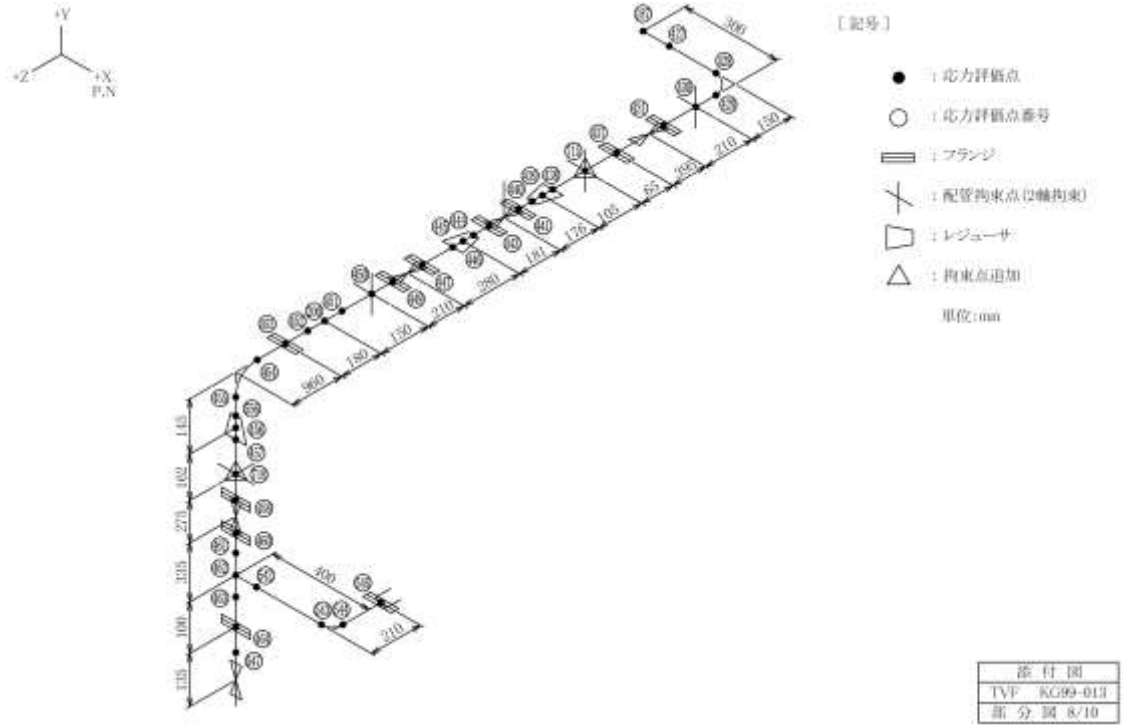


図-1-11　蒸気配管（空調設備）（KG99-013）の解析モデル（8/10）

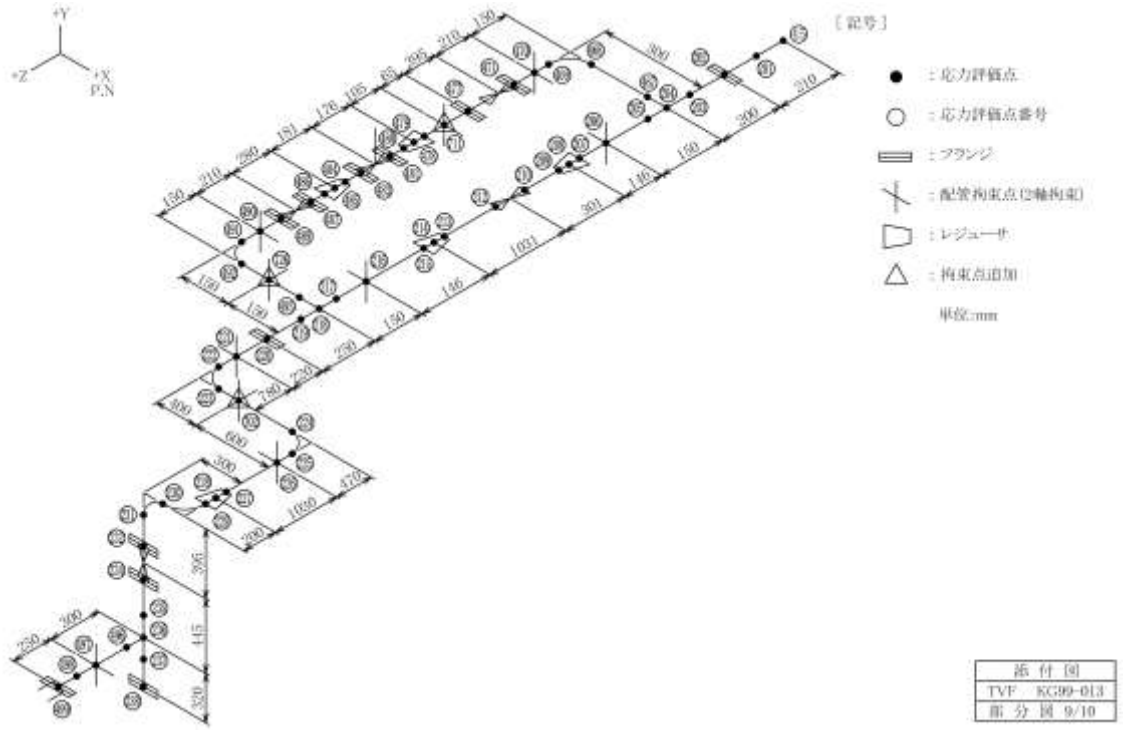


図-1-11　蒸気配管（空調設備）（KG99-013）の解析モデル（9/10）

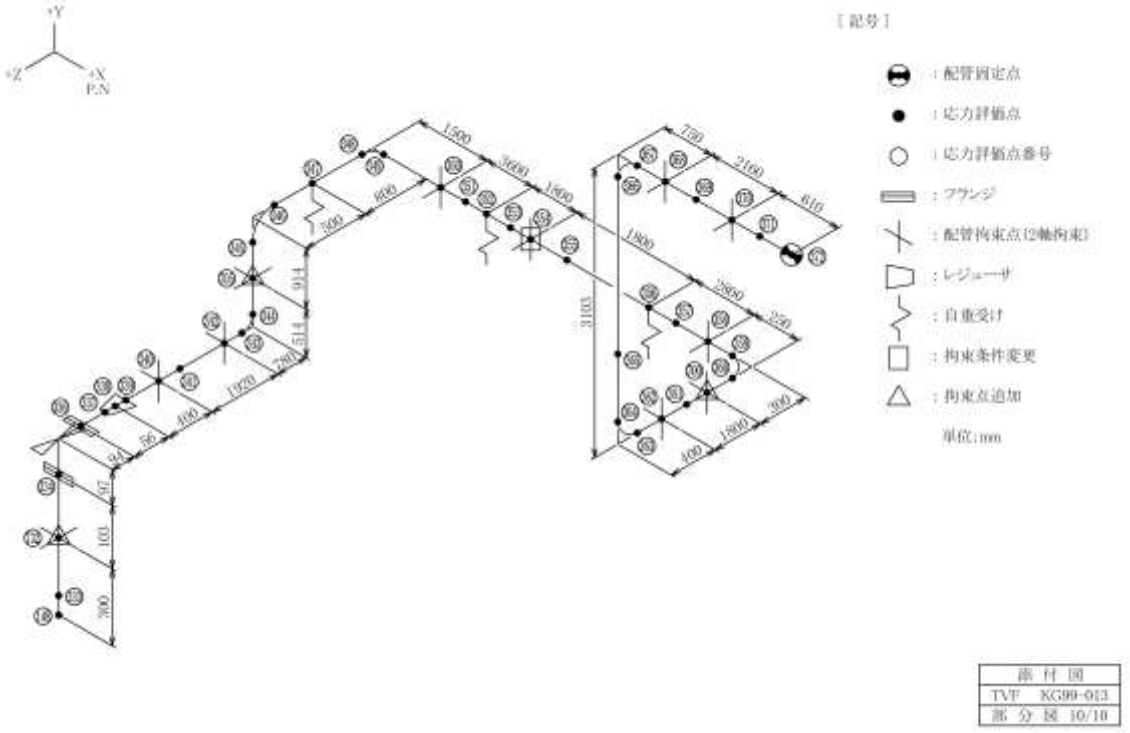


図-1-11　蒸気配管（空調設備）（KG99-013）の解析モデル（10/10）

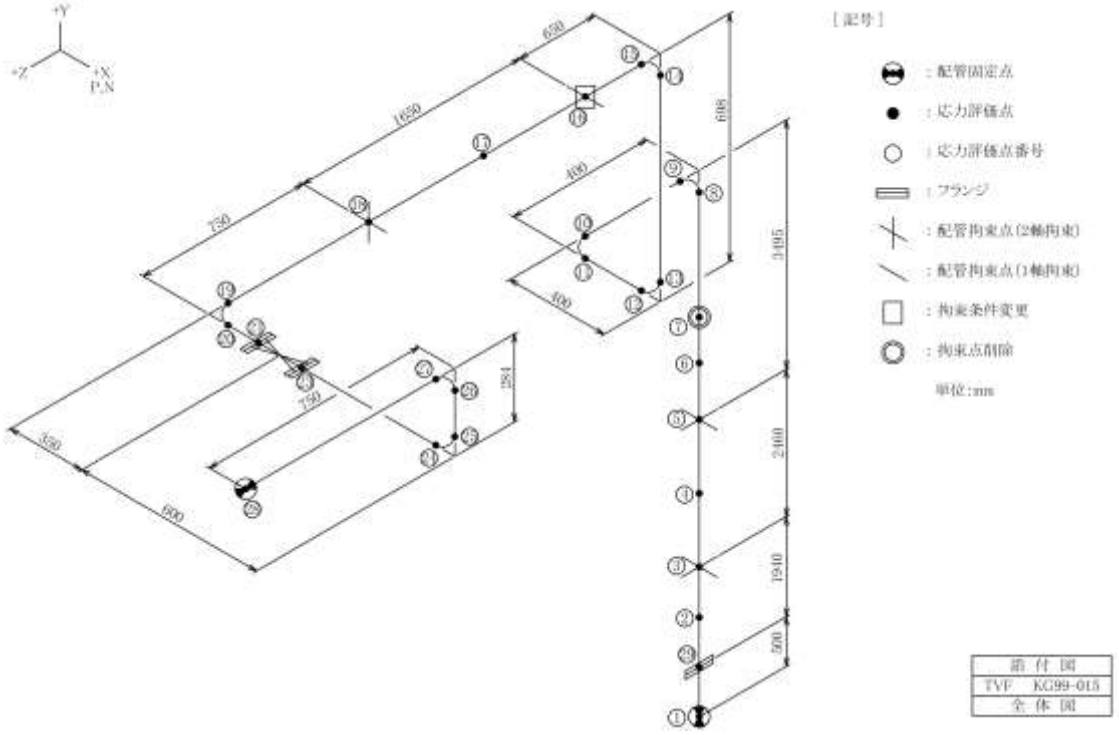


図-1-12　蒸気配管（空調設備）（KG99-015）の解析モデル

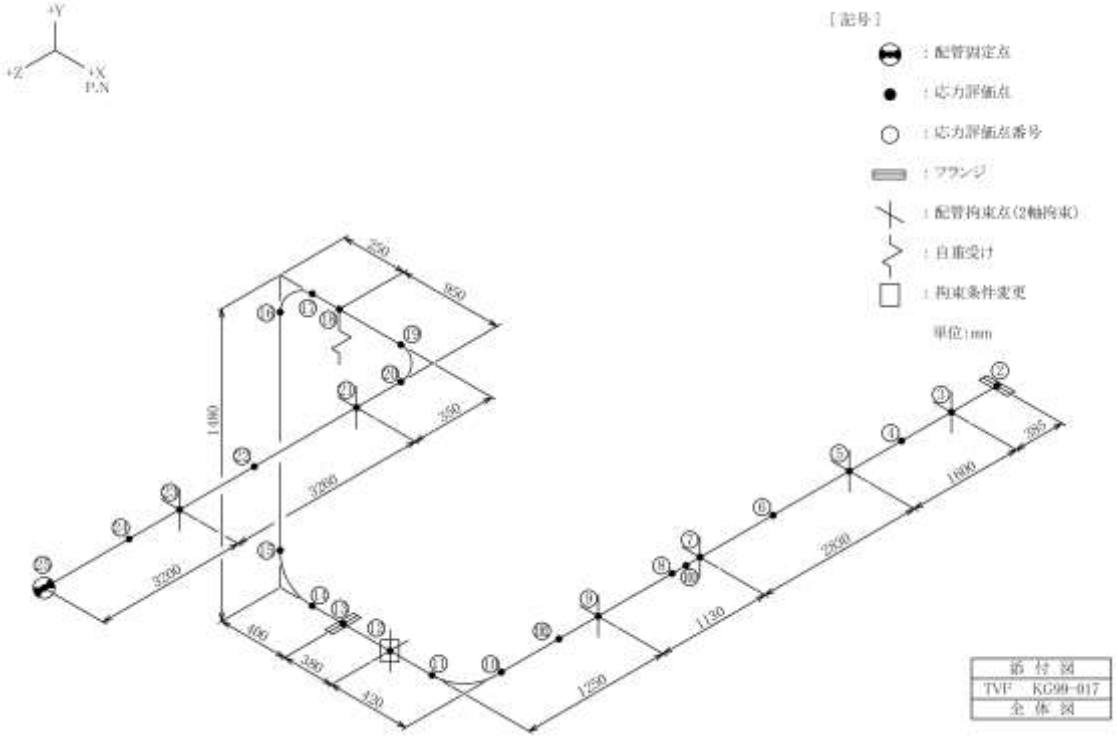


図-1-13　蒸気配管（空調設備）（KG99-017）の解析モデル

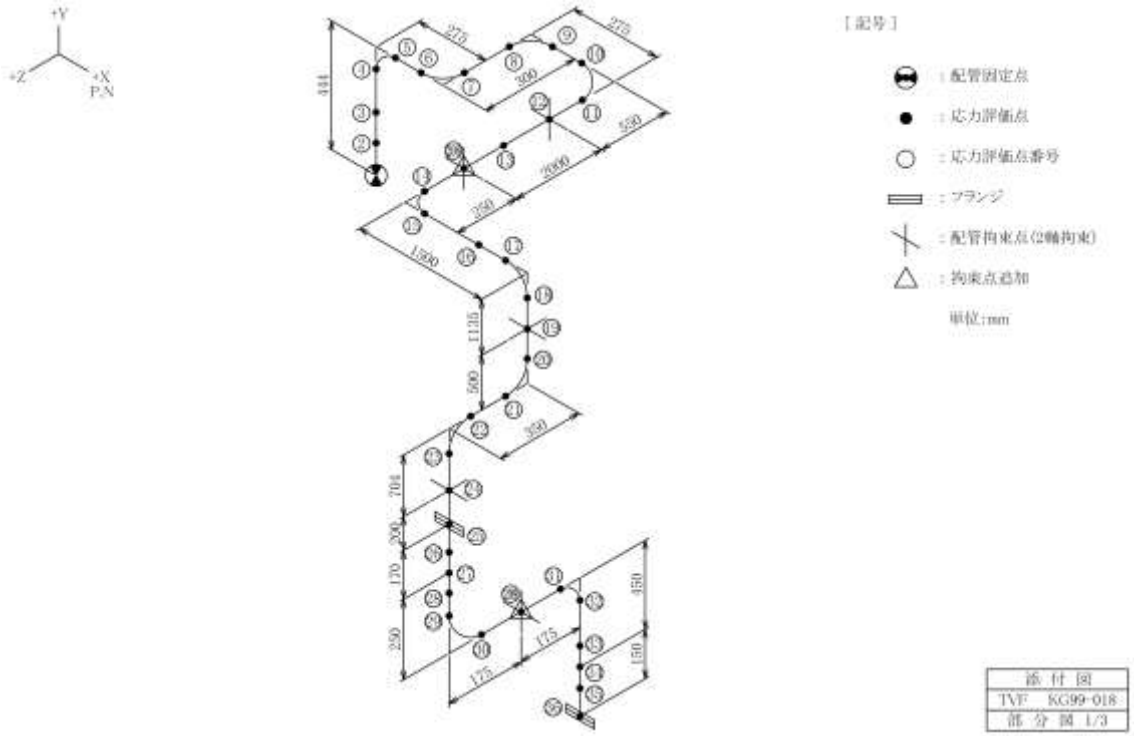


図-1-14　蒸気配管（空調設備）（KG99-018）の解析モデル（1/3）

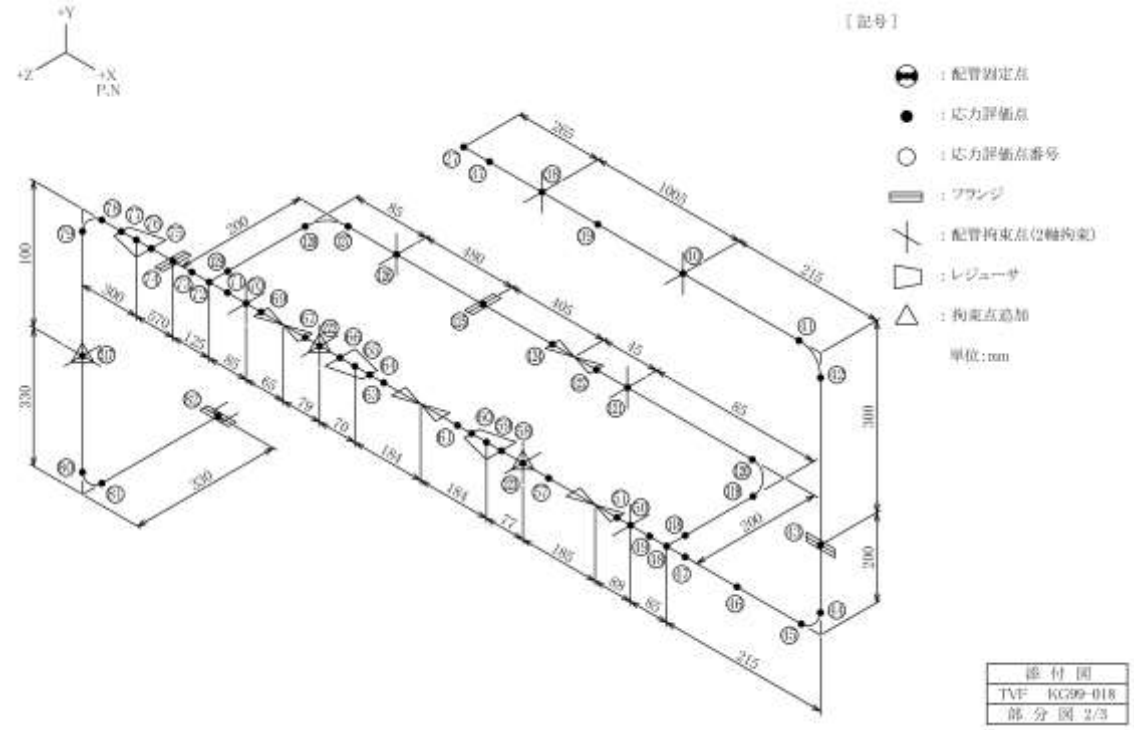


図-1-14　蒸気配管（空調設備）（KG99-018）の解析モデル（2/3）

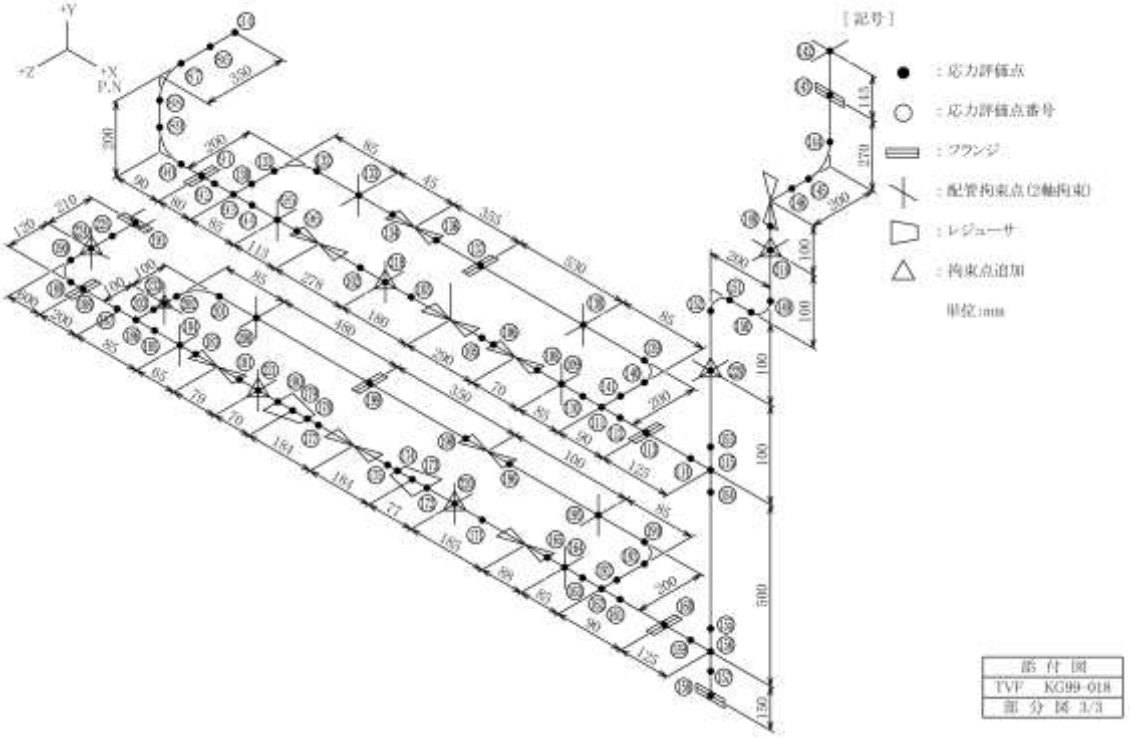


図-1-14　蒸気配管（空調設備）（KG99-018）の解析モデル（3/3）

2. 評価結果

耐震性の評価結果を表-2-1 及び想定破損の評価結果を表-2-2 に示す。

本評価結果より破断や貫通クラックの発生を想定すべき配管については、溢水影響評価の結果に応じて防護対象設備への影響が無視できない場合に補強等を行い、破断や貫通クラックが生じないよう対策を行う。対策の結果、いずれも許容応力以下であることを確認した。

表-2-1　評価結果（1/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-600)	5.6	1	81	361	
		2	101		
		3	99		
		4	43		
		5	55		
		6	72		
		7	75		
		8	43		
		9	98		
		10	103		
		11	107		
		12	107		
		13	45		
		14	44		
		15	21		
		16	37		
		17	24		
		18	21		
		19	15		
		20	19		
		21	16		
		22	26		
		23	16		
		24	20		
		25	16		
		26	16		
		27	20		
		28	34		
		29	32		
		30	39		

表-2-1　評価結果 (2/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-600)	5.6	31	37	361	
		32	36		
		33	24		
		34	41		
		35	43		
		36	45		
		38	42		
		39	26		
		40	24		
		41	43		
		42	51		
		43	36		
		44	76		
		46	86		
		47	46		
		48	49		
		49	25		
		50	42		
		51	36		
		53	36		
		54	30		
		55	29		
		57	30		
		58	26		
		59	29		
		61	30		
		62	32		
		63	30		
		64	33		
		65	34		

表-2-1　評価結果 (3/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-600)	5.6	66	33	361	
		67	22		
		68	37		
		69	25		
		70	35		
		71	42		
		72	30		
		73	59		
		74	42		
		75	58		
		76	57		
		85	22		
		86	29		
		87	28		
		88	25		
		90	26		
		91	28		
		92	44		
		93	39		
		94	40		
		95	45		
		96	29		
		97	54		
		98	70		
		99	24		

表-2-1　評価結果 (4/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-601)	6.5	1	23	361	
		2	20		
		3	32		
		4	45		
		5	37		
		6	20		
		7	25		
		8	28		
		9	24		
		10	26		
		11	24		
		12	28		
		13	26		
		14	26		
		15	22		
		16	19		
		17	20		
		18	27		
		19	32		
		20	32		
		21	22		
		22	28		
		23	30		
		24	22		
		25	31		
		26	42		
		27	44		
		28	38		
		29	34		
		30	43		

表-2-1　評価結果 (5/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-601)	6.5	31	39	361	
		32	23		
		33	21		
		34	29		
		35	30		
		36	78		
		37	77		
		38	79		
		39	84		
		40	32		
		41	25		
		42	49		
		43	27		
		44	20		
		45	17		
		46	18		
		47	15		
		48	18		
		49	15		
		50	20		
		51	17		
		52	25		
		53	16		
		54	22		
		55	21		
		56	26		
		57	43		
		58	89		
		59	42		
		60	93		

表-2-1　評価結果 (6/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-601)	6.5	61	73	361	
		62	45		
		63	59		
		64	60		
		65	45		
		66	49		
		67	90		
		68	74		
		69	58		
		70	67		
		71	68		
		72	58		
		73	57		
		74	70		
		75	59		
		76	84		

表-2-1　評価結果 (7/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-604)	6.6	1	16	367	
		2	13		
		3	17		
		4	15		
		5	27		
		6	13		
		7	22		
		8	16		
		9	15		
		10	16		
		11	20		
		12	40		
		13	39		
		14	35		
		15	38		
		16	25		
		17	24		
		18	50		
		19	50		
		20	47		
		21	39		
		22	54		
		23	48		
		24	25		
		25	77		
		26	75		
		27	33		
		28	63		
		29	58		
		30	50		

表-2-1　評価結果 (8/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-604)	6.6	31	54	367	
		32	16		
		33	10		
		34	14		
		35	11		
		36	14		
		37	10		
		38	26		
		39	16		
		40	16		
		41	19		
		42	10		
		43	14		
		44	12		
		45	11		
		46	13		
		47	7		
		48	11		
		49	5		
		50	19		
		51	23		
		52	31		
		53	46		
		54	12		
		55	25		
		56	19		
		57	23		
		58	19		
		59	22		
		60	19		

表-2-1　評価結果 (9/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-604)	6.6	61	26	367	
		62	35		
		63	12		
		64	21		
		65	28		
		66	23		
		67	15		
		68	29		
		69	13		
		70	14		
		71	20		
		72	31		
		73	16		
		74	15		
		75	19		
		76	22		
		77	16		
		78	30		
		79	13		
		80	19		
		81	19		
		82	18		
		83	33		
		84	52		
		85	54		
		86	38		
		87	39		
		88	16		
		89	19		
		90	20		

表-2-1　評価結果（10/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-604)	6.6	91	20	367	
		92	17		
		93	14		
		94	15		
		95	10		
		96	14		
		97	10		
		98	15		
		99	12		
		100	26		
		102	15		
		103	13		
		104	12		
		105	17		
		106	18		
		107	18		
		108	17		
		109	11		
		110	11		
		111	35		
		606	7		

表-2-1　評価結果（11/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-607)	5.4	1	25	367	
		2	12		
		3	16		
		4	12		
		5	17		
		6	13		
		7	18		
		8	12		
		9	12		
		10	18		
		11	15		
		12	20		
		13	29		
		14	27		
		15	17		
		16	19		
		17	17		
		18	21		
		19	19		
		20	29		
		21	33		
		22	40		
		23	20		
		24	20		
		25	16		
		26	24		
		27	20		
		28	9		
		29	16		
		30	13		

表-2-1　評価結果（12/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-607)	5.4	31	17	367	
		32	16		
		34	17		
		35	54		
		40	18		
		41	20		
		42	28		
		43	27		
		44	23		
		45	21		
		46	45		
		47	15		
		48	35		
		49	24		
		50	35		
		51	25		
		52	21		
		53	18		
		54	33		
		55	19		
		56	19		
		57	34		
		58	20		
		59	22		
		60	29		
		61	34		
		62	26		
		63	26		
		64	37		
		65	77		

表-2-1　評価結果（13/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-607)	5.4	66	26	367	
		67	10		
		68	4		
		69	16		
		70	31		
		71	35		
		72	40		
		73	13		
		74	19		
		75	13		
		76	40		
		77	35		
		78	18		
		79	19		
		80	39		
		81	37		
		82	33		
		83	57		
		84	58		
		85	29		
		86	28		
		87	47		
		88	29		
		89	19		
		90	130		
		91	133		
		92	54		
		93	46		
		94	56		
		95	42		

表-2-1　評価結果（14/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-607)	5.4	96	31	367	
		97	47		
		98	62		
		99	39		
		100	15		
		101	13		
		102	11		
		103	10		
		105	14		
		106	20		
		107	23		
		108	9		
		110	44		
		111	43		
		113	33		
		114	34		
		115	28		
		116	21		
		117	17		
		118	15		
		120	23		
		121	22		
		122	36		
		123	32		
		124	17		
		125	41		
		126	31		
		127	39		
		128	45		
		130	36		

表-2-1　評価結果（15/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-607)	5.4	131	54	367	
		132	58		
		133	55		
		134	22		
		135	23		
		136	28		
		137	61		
		138	33		
		139	17		
		140	29		
		141	14		
		142	8		
		143	29		
		144	20		
		145	23		
		146	16		
		148	12		
		149	26		
		150	31		
		151	19		
		153	45		
		154	47		
		156	40		
		157	21		
		158	21		
		159	11		
		160	34		
		161	10		
		162	21		
		163	12		

表-2-1　評価結果（16/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-607)	5.4	165	20	367	
		166	14		
		167	30		
		200	16		
		201	21		
		202	13		
		203	15		
		204	16		
		800	16		
		900	44		
		902	18		
		903	16		
		904	22		

表-2-1　評価結果（17/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-612)	6.3	1	71	367	
		2	88		
		3	63		
		4	56		
		5	79		
		6	14		
		7	35		
		8	27		
		9	23		
		10	13		
		11	13		
		12	13		
		13	17		
		14	25		
		15	30		
		16	26		
		17	19		
		18	16		
		19	15		
		20	9		
		21	8		
		22	5		
		23	28		
		24	43		
		25	42		
		26	38		
		27	34		
		28	34		
		29	19		
		30	12		

表-2-1　評価結果（18/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-612)	6.3	31	12	367	
		32	10		
		33	12		
		34	11		
		35	14		
		36	11		
		37	12		
		38	10		
		39	32		
		40	18		
		41	22		
		42	21		
		43	16		
		44	20		
		45	20		
		46	15		
		47	26		
		48	26		
		49	19		
		50	23		
		51	50		
		52	44		
		53	44		
		54	51		
		55	59		
		56	13		
		57	20		
		58	20		
		59	20		
		60	22		

表-2-1　評価結果（19/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-612)	6.3	61	28	367	
		62	19		
		63	28		
		64	25		
		65	46		
		66	15		
		67	5		
		68	29		
		69	42		
		70	37		
		71	36		
		72	23		
		74	29		
		75	78		
		76	108		
		78	49		
		79	35		
		80	63		
		81	34		
		83	44		
		84	73		
		85	88		
		87	125		
		88	58		
		89	81		
		90	28		
		91	49		
		92	46		
		93	44		
		94	25		

表-2-1　評価結果 (20/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-612)	6.3	95	86	367	
		96	83		
		97	65		
		98	37		
		99	21		
		100	38		
		101	32		
		102	30		
		104	24		
		105	25		
		106	51	339	
		107	23	439	
		108	18		
		109	51		
		110	47		
		111	34		
		112	43		
		114	55		
		115	60		
		116	61		
		120	45		
		121	75		
		122	105		
		123	26		
		124	20		
		125	87		
		130	134	367	
		131	55		
		132	68		
		133	38		

表-2-1　評価結果 (21/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-612)	6.3	134	45	367	
		135	46		
		136	56		
		137	34		
		138	70		
		139	69		
		140	46		
		141	70		
		142	74		
		143	81		
		144	65		
		145	49		
		146	81		
		148	82		
		149	51		
		150	94		
		151	92		
		152	63	339	
		153	59	439	
		154	21		
		155	42		
		156	39		
		157	32		
		158	51		
		160	56		
		161	55		
		162	56		
		166	49		
		167	86		
		168	105		

表-2-1　評価結果 (22/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-612)	6.3	169	25	439	
		170	22		
		171	94		
		605	21	367	
		606	25		
		607	9		
		619	50		
		800	24	339	
		801	39		
		802	61	367	

表-2-1　評価結果 (23/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
冷却水配管 (KG83-652)	9.3	1	40	325	
		2	30		
		3	42		
		4	39		
		5	41		
		6	31		
		7	40		
		8	34		
		9	27		
		10	53		
		11	27		
		12	102		
		13	33		
		15	33		
		16	26		
		17	98		
		18	33		
		20	34		
		21	28		
		22	39		
		23	45		
		24	29		
		25	70		
		26	46		
		27	34		
		28	48		
		29	43		
		30	44		
		31	36		
		32	45		

表-2-1　評価結果 (24/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
冷却水配管 (KG83-652)	9.3	33	39	325	
		34	30		
		35	60		
		36	29		
		37	120		
		38	36		
		40	33		
		41	25		
		42	114		
		43	34		
		45	35		
		46	28		
		47	44		
		48	34		
		49	34		
		50	31		
		51	39		
		52	46		
		53	122		
		54	48		
		55	46		
		56	49		
		57	32		
		58	31		
		59	32		
		60	41		
		61	59		
		62	54		
		64	50		
		65	92		

表-2-1　評価結果 (25/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
冷却水配管 (KG83-652)	9.3	66	53	325	
		67	65		
		68	74		
		69	48		
		70	55		
		71	53		
		72	59		
		73	62		
		74	54		
		75	78		
		76	76		
		77	56		
		78	36		
		79	18		
		80	97		
		81	22		
		82	28		
		83	38		
		84	27		
		91	24		
		92	32		
		93	26		
		100	94		
		101	130		
		102	89		
		106	102		
		107	146		
		108	105		
		112	88		
		113	125		

表-2-1　評価結果 (26/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
冷却水配管 (KG83-652)	9.3	114	92	325	
		118	81		
		119	113		
		120	78		
		124	102		
		125	143		
		126	102		
		130	81		
		131	111		
		132	83		
		133	72		
		134	64		
		135	38		
		136	34		
		137	46		
		138	18		
		800	25		
		900	31		
		901	22		
		902	21		
		903	28		

表-2-1　評価結果 (27/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
純水配管 (KG85-604)	7.2	1	37	446	
		2	15		
		3	51		
		4	136		
		5	89		
		6	97		
		7	115		
		8	18		
		9	20		
		10	31		
		11	27		
		12	39		
		13	26		
		14	44		
		15	42		
		16	37		
		17	68		
		18	47		
		19	47		
		20	65		
		21	50		
		22	54		
		23	72		
		24	51		
		25	61		
		26	67		
		27	68		
		28	86		
		29	57		
		30	57		

表-2-1　評価結果 (28/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
純水配管 (KG85-604)	7.2	31	50	446	
		32	28		
		33	111		
		34	139		
		35	108		
		36	38		
		37	28		
		38	35		
		39	37		
		40	71		
		41	111		
		42	41		
		43	6		
		44	77		
		100	20		
		101	20		
		102	48		
		103	62		
		104	40		
		900	26		

表-2-1　評価結果 (29/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
純水配管 (KG85-621)	11.0	1	19	446	
		2	16		
		3	33		
		4	30		
		5	29		
		6	28		
		7	29		
		8	14		
		9	18		
		10	23		
		11	27		
		12	11		
		13	33		
		14	17		
		15	25		
		16	14		
		17	15		
		18	12		
		19	9		
		20	162		
		21	58		
		22	13		
		23	32		
		100	11		
		101	24		
		102	22		
		103	18		

表-2-1　評価結果（30/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
消火水配管 (KG99-005)	41.7	1	17	256	
		2	14		
		4	9		
		6	7		
		7	7		
		8	11		
		10	7		
		11	8		
		12	6		
		13	7		
		14	7		
		15	8		
		16	8		
		17	7		
		18	7		
		19	7		
		20	10		
		22	7		
		23	7		
		25	9		
		27	7		
		28	6		
		29	7		
		30	6		
		31	7		
		32	7		
		33	7		
		34	7		
		35	6		
		36	7		

表-2-1　評価結果（31/58）

評価対象設備	一次固有振動数（Hz）	応力評価点番号	発生応力（MPa）	許容応力（MPa）	備考
消火水配管（KG99-005）	41.7	37	6	256	
		38	6		
		39	7		
		40	6		
		41	6		
		42	5		
		43	7		
		44	6		
		45	9		
		46	13		
		47	7		
		48	6		
		49	6		
		50	6		
		51	6		
		52	10		
		53	18		
		54	13		
		55	7		
		900	7		

表-2-1　評価結果 (32/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-010)	10.3	1	12	310	
		2	8		
		3	8		
		4	8		
		5	14		
		6	8		
		7	9		
		8	19		
		9	41		
		10	10		
		11	30		
		12	31		
		13	10		
		14	17		
		15	19		
		16	11		
		17	31		
		18	59		
		19	49		
		20	40		
		21	40		
		22	35		
		23	10		
		24	20		
		25	20		
		26	13		
		27	7		
		28	9		

表-2-1　評価結果（33/58）

評価対象設備	一次固有振動数(Hz)	応力評価点番号	発生応力(MPa)	許容応力(MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	1	2	310	
		2	4		
		3	4		
		4	8		
		5	15		
		6	55		
		7	40		
		8	32		
		9	49		
		10	30		
		11	19		
		12	21		
		13	14		
		14	13		
		15	17		
		16	15		
		17	16		
		18	24		
		19	18		
		20	28		
		21	16		
		22	15		
		23	14		
		24	13		
		25	13		
		26	13		
		27	15		
		28	10		
		29	16		
		30	15		

表-2-1　評価結果 (34/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	31	12	310	
		32	17		
		33	19		
		34	14		
		35	14		
		36	17		
		37	20		
		38	20		
		39	15		
		41	11		
		42	13		
		43	8		
		44	16		
		45	13		
		46	5		
		47	1		
		48	12		
		49	13		
		50	14		
		51	14		
		52	15		
		53	13		
		54	16		
		55	16		
		56	19		
		57	22		
		58	36		
		59	30		
		60	34		
		61	27		

表-2-1　評価結果 (35/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	62	19	310	
		63	10		
		64	23		
		65	13		
		66	29		
		67	68		
		68	39		
		69	22		
		70	25		
		76	19		
		77	9		
		78	33		
		79	12		
		80	33		
		82	95		
		83	66		
		84	132		
		85	22		
		86	40		
		88	46		
		89	34		
		90	63		
		91	56		
		92	75		
		93	63		
		94	46		
		95	49		
		96	56		
		97	58		
		98	45		

表-2-1　評価結果 (36/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	99	25	310	
		100	34		
		101	26		
		102	22		
		103	29		
		104	30		
		105	12		
		106	73		
		107	40		
		108	55		
		109	23		
		110	21		
		111	2		
		112	1		
		113	26		
		114	49		
		115	45		
		116	32		
		117	32		
		118	29		
		119	33		
		120	20		
		121	36		
		122	29		
		123	34		
		124	50		
		125	32		
		126	18		
		127	28		
		135	104		

表-2-1　評価結果 (37/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	136	62	310	
		137	88		
		138	22		
		139	31		
		141	12		
		142	13		
		143	79		
		144	29		
		145	27		
		146	16		
		147	23		
		148	24		
		149	19		
		150	28		
		151	17		
		152	15		
		153	14		
		154	17		
		155	12		
		156	30		
		157	21		
		158	12		
		159	16		
		160	11		
		161	34		
		162	38		
		163	26		
		164	31		
		165	47		
		166	5		

表-2-1　評価結果 (38/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	167	20	310	
		168	12		
		169	19		
		170	50		
		171	17		
		172	23		
		173	22		
		174	22		
		176	22		
		177	22		
		179	17		
		180	21		
		181	22		
		182	7		
		183	10		
		184	29		
		185	25		
		186	34		
		187	19		
		188	8		
		189	6		
		190	34		
		191	17		
		192	24		
		194	22		
		195	24		
		196	13		
		197	24		
		198	17		
		199	40		

表-2-1　評価結果 (39/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	200	32	310	
		201	24		
		202	19		
		203	26		
		204	16		
		205	13		
		206	8		
		207	8		
		208	48		
		209	22		
		210	27		
		212	24		
		213	15		
		214	29		
		215	5		
		216	6		
		217	10		
		218	25		
		219	34		
		220	17		
		221	10		
		222	56		
		223	46		
		224	48		
		225	46		
		226	24		
		227	29		
		228	45		
		229	17		
		230	20		

表-2-1　評価結果 (40/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	231	22	310	
		232	24		
		234	20		
		235	14		
		236	59		
		237	2		
		238	1		
		239	42		
		240	11		
		241	18		
		242	16		
		243	23		
		244	16		
		245	33		
		246	25		
		247	43		
		248	33		
		249	14		
		250	8		
		251	14		
		257	7		
		258	4		
		259	17		
		260	11		
		261	24		
		263	24		
		264	13		
		265	21		
		266	5		
		267	7		

表-2-1　評価結果 (41/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	269	11	310	
		270	9		
		271	16		
		272	19		
		273	16		
		274	14		
		275	19		
		276	17		
		277	13		
		278	10		
		279	8		
		280	8		
		281	8		
		282	10		
		283	15		
		284	25		
		285	20		
		286	10		
		287	9		
		288	15		
		289	12		
		290	12		
		291	12		
		292	12		
		293	8		
		294	7		
		295	8		
		296	2		
		297	1		
		300	124		

表-2-1　評価結果（42/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	301	14	310	
		302	36		
		303	21		
		304	26		
		306	25		
		307	24		
		308	23		
		309	11		
		310	14		
		311	103		
		312	61		
		313	74		
		316	36		
		317	20		
		320	101		
		321	44		
		322	23		
		323	13		
		324	18		
		326	23		
		327	27		
		328	17		
		329	16		
		330	44		
		331	127		
		332	85		
		333	18		
		334	25		
		336	26		
		337	17		

表-2-1　評価結果 (43/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	338	24	310	
		339	8		
		340	9		
		341	10		
		342	12		
		343	18		
		344	22		
		345	22		
		346	25		
		347	27		
		348	20		
		349	22		
		350	39		
		351	43		
		352	73		
		353	21		
		354	56		
		355	29		
		356	65		
		357	35		
		358	22		
		359	30		
		360	22		
		361	17		
		362	11		
		363	11		
		364	12		
		365	11		
		366	9		
		367	8		

表-2-1　評価結果 (44/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	368	13	310	
		369	7		
		370	5		
		371	6		
		372	13		
		373	13		
		374	20		
		375	16		
		376	13		
		377	10		
		378	10		
		379	12		
		380	15		
		381	32		
		382	41		
		383	5		
		384	19		
		385	10		
		386	16		
		387	34		
		388	18		
		389	28		
		390	29		
		391	28		
		393	21		
		394	22		
		396	25		
		397	41		
		398	50		
		399	21		

表-2-1　評価結果 (45/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	400	39	310	
		401	101		
		402	97		
		404	46		
		405	36		
		407	33		
		408	45		
		409	40		
		410	46		
		411	143		
		412	116		
		413	94		
		414	84		
		415	52		
		416	42		
		417	27		
		418	29		
		419	30		
		420	65		
		422	57		
		423	14		
		424	70		
		425	78		
		426	101		
		427	28		
		428	23		
		429	22		
		430	13		
		431	13		
		437	7		

表-2-1　評価結果（46/58）

評価対象設備	一次固有振動数(Hz)	応力評価点番号	発生応力(MPa)	許容応力(MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	438	4	310	
		439	15		
		440	10		
		441	20		
		443	40		
		444	24		
		445	44		
		446	8		
		447	11		
		449	17		
		450	17		
		451	31		
		452	30		
		453	23		
		454	33		
		455	22		
		456	14		
		457	7		
		458	16		
		460	23		
		461	32		
		462	42		
		463	2		
		464	4		
		467	25		
		468	26		
		469	32		
		470	17		
		471	20		
		477	12		

表-2-1　評価結果（47/58）

評価対象設備	一次固有振動数(Hz)	応力評価点番号	発生応力(MPa)	許容応力(MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	478	6	310	
		479	17		
		480	12		
		481	22		
		483	53		
		484	34		
		485	64		
		486	12		
		487	19		
		489	17		
		490	15		
		491	30		
		492	29		
		493	51		
		496	63		
		497	53		
		498	60		
		499	112		
		500	32		
		501	20		
		502	24		
		504	20		
		505	20		
		506	17		
		507	26		
		508	24		
		509	16		
		512	14		
		513	12		
		516	91		

表-2-1　評価結果 (48/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	517	85	310	
		519	48		
		520	42		
		522	13		
		523	28		
		524	49		
		525	39		
		526	40		
		527	81		
		528	73		
		529	65		
		530	60		
		531	61		
		532	52		
		533	47		
		534	18		
		535	108		
		537	102		
		538	21		
		539	89		
		540	99		
		541	117		
		542	77		
		543	41		
		544	72		
		545	93		
		546	7		
		547	3		
		551	8		
		552	8		

表-2-1　評価結果 (49/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	555	6	310	
		556	12		
		700	29		
		701	20		
		702	27		
		703	6		
		704	15		
		705	17		
		711	10		
		712	13		
		714	10		
		715	8		
		716	15		
		717	5		
		718	11		
		719	25		
		720	49		
		721	15		
		722	15		
		723	13		
		725	28		
		726	29		
		727	9		
		728	7		
		729	12		
		730	17		
		732	16		
		733	10		

表-2-1　評価結果 (50/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-015)	9.3	1	11	310	
		2	5		
		3	8		
		4	14		
		5	29		
		6	12		
		7	28		
		8	41		
		9	36		
		10	37		
		11	37		
		12	36		
		13	34		
		14	26		
		15	32		
		16	32		
		17	21		
		18	24		
		19	90		
		20	91		
		21	67		
		23	41		
		24	75		
		25	93		
		26	94		
		27	87		
		28	49		
		29	8		

表-2-1　評価結果 (51/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-017)	7.5	2	1	310	
		3	4		
		4	4		
		5	8		
		6	8		
		7	10		
		8	28		
		9	48		
		10	36		
		11	28		
		12	27		
		13	23		
		14	31		
		15	32		
		16	28		
		17	27		
		18	25		
		19	32		
		20	33		
		21	20		
		22	16		
		23	14		
		24	8		
		25	19		
		101	16		
		102	35		

表-2-1　評価結果 (52/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-018)	10.0	2	68	310	
		3	118		
		4	92		
		5	81		
		6	36		
		7	23		
		8	16		
		9	15		
		10	52		
		11	62		
		12	35		
		13	25		
		14	61		
		15	55		
		16	23		
		17	38		
		18	36		
		19	56		
		20	74		
		21	65		
		22	68		
		23	67		
		24	27		
		25	29		
		26	30		
		27	38		
		28	24		
		29	22		
		30	17		
		31	22		

表-2-1　評価結果 (53/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-018)	10.0	32	18	310	
		33	9		
		34	15		
		35	5		
		36	1		
		37	61		
		38	19		
		39	6		
		40	9		
		41	15		
		42	13		
		43	9		
		44	14		
		45	12		
		46	9		
		47	20		
		48	13		
		49	21		
		50	15		
		51	34		
		57	57		
		58	18		
		59	34		
		60	8		
		61	68		
		63	68		
		64	11		
		65	36		
		66	19		
		67	58		

表-2-1　評価結果 (54/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-018)	10.0	69	50	310	
		70	25		
		71	37		
		72	18		
		73	29		
		74	13		
		75	18		
		76	35		
		77	12		
		78	26		
		79	7		
		80	18		
		81	15		
		82	25		
		86	28		
		87	26		
		88	23		
		89	19		
		90	23		
		91	23		
		92	32		
		93	21		
		94	26		
		95	20		
		96	34		
		102	35		
		103	41		
		105	72		
		106	19		
		108	41		

表-2-1　評価結果 (55/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-018)	10.0	109	33	310	
		110	49		
		111	24		
		112	39		
		113	25		
		114	53		
		115	44		
		118	19		
		119	18		
		120	21		
		121	13		
		122	21		
		124	12		
		125	26		
		126	10		
		127	17		
		128	14		
		129	20		
		130	35		
		131	19		
		132	20		
		133	19		
		134	29		
		136	20		
		137	21		
		138	12		
		139	19		
		140	16		
		141	30		
		142	1		

表-2-1　評価結果 (56/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-018)	10.0	143	13	310	
		144	23		
		145	21		
		146	16		
		148	22		
		149	39		
		150	35		
		151	35		
		152	38		
		153	56		
		154	69		
		155	50		
		156	30		
		157	5		
		158	1		
		159	46		
		160	17		
		161	19		
		162	18		
		163	27		
		164	22		
		165	44		
		171	61		
		172	20		
		173	37		
		174	10		
		175	66		
		177	67		
		178	9		
		179	36		

表-2-1　評価結果 (57/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-018)	10.0	180	19	310	
		181	57		
		183	50		
		184	25		
		185	36		
		186	33		
		187	32		
		188	9		
		189	31		
		190	14		
		191	33		
		192	30		
		193	21		
		194	26		
		195	17		
		196	17		
		198	11		
		199	24		
		200	9		
		201	14		
		202	21		
		203	34		
		208	39		
		209	17		
		214	16		
		217	17		
		219	24		
		220	38		
		221	36		
		222	36		

表-2-1　評価結果（58/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	備考
空調設備（蒸気配管）(KG99-018)	10.0	223	38	310	
		224	18		
		225	19		
		229	12		
		233	24		

表-2-2　評価結果 (1/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-600)	5.3	1	103	141	
		2	106		
		3	100		
		4	31		
		5	46		
		6	101		
		7	106		
		8	42		
		9	98		
		10	98		
		11	81		
		12	79		
		13	27		
		14	34		
		15	20		
		16	24		
		17	19		
		18	19		
		19	16		
		20	19		
		21	17		
		22	26		
		23	17		
		24	19		
		25	18		
		26	20		
		27	27		
		28	52		
		29	28		
		30	36		

表-2-2　評価結果 (2/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-600)	5.3	31	110	141	
		32	113		
		33	50		
		34	31		
		35	35		
		36	55		
		38	55		
		39	79		
		40	83		
		41	95		
		42	101		
		43	51		
		44	94		
		46	84		
		47	41		
		48	51		
		49	23		
		50	39		
		51	30		
		53	38		
		54	31		
		55	44		
		57	54		
		58	37		
		59	44		
		61	24		
		62	31		
		63	44		
		64	39		
		65	34		

表-2-2　評価結果 (3/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-600)	5.3	66	36	141	
		67	43		
		68	100		
		69	56		
		70	64		
		71	77		
		72	66		
		73	37		
		74	56		
		75	75		
		76	68		
		85	31		
		86	60		
		87	55		
		88	44		
		90	39		
		91	31		
		92	45		
		93	67		
		94	63		
		95	45		
		96	37		
		97	33		
		98	41		
		99	15		

表-2-2　評価結果 (4/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-601)	6.5	1	52	141	
		2	33		
		3	40		
		4	82		
		5	78		
		6	71		
		7	90		
		8	51		
		9	35		
		10	77		
		11	47		
		12	24		
		13	43		
		14	38		
		15	78		
		16	115		
		17	29		
		18	124		
		19	77		
		20	29		
		21	57		
		22	118		
		23	112		
		24	39		
		25	31		
		26	52		
		27	75		
		28	84		
		29	51		
		30	63		

表-2-2　評価結果 (5/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-601)	6.5	31	69	141	
		32	70		
		33	101		
		34	83		
		35	55		
		36	90		
		37	83		
		38	81		
		39	97		
		40	78		
		41	85		
		42	64		
		43	32		
		44	25		
		45	18		
		46	17		
		47	15		
		48	16		
		49	15		
		50	17		
		51	16		
		52	21		
		53	15		
		54	20		
		55	18		
		56	21		
		57	30		
		58	62		
		59	28		
		60	50		

表-2-2　評価結果 (6/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-601)	6.5	61	58	141	
		62	122		
		63	125		
		64	58		
		65	31		
		66	32		
		67	69		
		68	70		
		69	70		
		70	80		
		71	93		
		72	95		
		73	48		
		74	83		
		75	88		
		76	73		

表-2-2　評価結果 (7/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-604)	6.6	1	27	142	
		2	18		
		3	20		
		4	27		
		5	79		
		6	12		
		7	21		
		8	14		
		9	18		
		10	25		
		11	23		
		12	107		
		13	105		
		14	82		
		15	73		
		16	32		
		17	22		
		18	99		
		19	104		
		20	98		
		21	33		
		22	77		
		23	85		
		24	37		
		25	97		
		26	86		
		27	55		
		28	47		
		29	37		
		30	52		

表-2-2　評価結果 (8/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-604)	6.6	31	42	142	
		32	32		
		33	17		
		34	14		
		35	11		
		36	12		
		37	8		
		38	20		
		39	12		
		40	14		
		41	17		
		42	16		
		43	32		
		44	32		
		45	73		
		46	115		
		47	40		
		48	9		
		49	5		
		50	42		
		51	83		
		52	87		
		53	39		
		54	42		
		55	33		
		56	29		
		57	25		
		58	16		
		59	17		
		60	15		

表-2-2　評価結果 (9/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-604)	6.6	61	21	142	
		62	33		
		63	44		
		64	45		
		65	27		
		66	59		
		67	28		
		68	22		
		69	48		
		70	56		
		71	20		
		72	39		
		73	93		
		74	94		
		75	98		
		76	88		
		77	19		
		78	70		
		79	33		
		80	32		
		81	66		
		82	74		
		83	56		
		84	105		
		85	101		
		86	96		
		87	106		
		88	110		
		89	105		
		90	42		

表-2-2　評価結果（10/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-604)	6.6	91	23	142	
		92	20		
		93	14		
		94	13		
		95	9		
		96	11		
		97	9		
		98	12		
		99	10		
		100	19		
		102	71		
		103	87		
		104	23		
		105	119		
		106	107		
		107	90		
		108	104		
		109	29		
		110	38		
		111	121		
		606	7		

表-2-2　評価結果（11/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-607)	5.4	1	19	142	
		2	10		
		3	13		
		4	10		
		5	13		
		6	11		
		7	15		
		8	11		
		9	14		
		10	21		
		11	26		
		12	49		
		13	110		
		14	111		
		15	46		
		16	24		
		17	52		
		18	124		
		19	125		
		20	121		
		21	117		
		22	47		
		23	24		
		24	65		
		25	63		
		26	22		
		27	15		
		28	17		
		29	95		
		30	16		

表-2-2　評価結果（12/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-607)	5.4	31	18	142	
		32	20		
		34	18		
		35	39		
		40	82		
		41	133		
		42	96		
		43	44		
		44	22		
		45	16		
		46	61		
		47	15		
		48	55		
		49	42		
		50	36		
		51	21		
		52	15		
		53	11		
		54	21		
		55	13		
		56	12		
		57	23		
		58	13		
		59	18		
		60	26		
		61	101		
		62	78		
		63	47		
		64	67		
		65	71		

表-2-2　評価結果（13/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-607)	5.4	66	22	142	
		67	8		
		68	4		
		69	69		
		70	70		
		71	58		
		72	103		
		73	30		
		74	18		
		75	30		
		76	121		
		77	61		
		78	31		
		79	39		
		80	125		
		81	107		
		82	100		
		83	86		
		84	83		
		85	96		
		86	99		
		87	92		
		88	58		
		89	60		
		90	120		
		91	123		
		92	44		
		93	41		
		94	113		
		95	56		

表-2-2　評価結果（14/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-607)	5.4	96	31	142	
		97	122		
		98	44		
		99	98		
		100	126		
		101	62		
		102	76		
		103	74		
		105	77		
		106	80		
		107	21		
		108	20		
		110	47		
		111	51		
		113	51		
		114	69		
		115	38		
		116	75		
		117	53		
		118	67		
		120	51		
		121	79		
		122	23		
		123	54		
		124	16		
		125	23		
		126	22		
		127	31		
		128	35		
		130	66		

表-2-2　評価結果（15/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-607)	5.4	131	129	142	
		132	131		
		133	117		
		134	43		
		135	39		
		136	101		
		137	57		
		138	42		
		139	124		
		140	54		
		141	105		
		142	26		
		143	102		
		144	52		
		145	74		
		146	68		
		148	66		
		149	69		
		150	29		
		151	28		
		153	42		
		154	42		
		156	37		
		157	26		
		158	25		
		159	15		
		160	29		
		161	46		
		162	48		
		163	52		

表-2-2　評価結果（16/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-607)	5.4	165	41	142	
		166	62		
		167	37		
		200	19		
		201	13		
		202	10		
		203	56		
		204	25		
		900	46		
		902	37		
		903	30		
		904	37		
		905	14		

表-2-2　評価結果（17/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-612)	6.2	1	61	142	
		2	53		
		3	40		
		4	49		
		5	61		
		6	35		
		7	52		
		8	33		
		9	25		
		10	13		
		11	15		
		12	14		
		13	23		
		14	43		
		15	67		
		16	16		
		17	19		
		18	14		
		19	13		
		20	8		
		21	7		
		22	5		
		23	25		
		24	36		
		25	31		
		26	62		
		27	79		
		28	68		
		29	73		
		30	81		

表-2-2　評価結果（18/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-612)	6.2	31	35	142	
		32	18		
		33	25		
		34	12		
		35	23		
		36	20		
		37	50		
		38	40		
		39	97		
		40	39		
		41	88		
		42	92		
		43	48		
		44	104		
		45	103		
		46	20		
		47	61		
		48	64		
		49	32		
		50	30		
		51	63		
		52	57		
		53	44		
		54	47		
		55	57		
		56	15		
		57	20		
		58	24		
		59	35		
		60	39		

表-2-2　評価結果（19/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-612)	6.2	61	67	142	
		62	15		
		63	19		
		64	18		
		65	46		
		66	10		
		67	5		
		68	56		
		69	75		
		70	70		
		71	33		
		72	47		
		74	42		
		75	47		
		76	53		
		78	39		
		79	36		
		80	87		
		81	38		
		83	31		
		84	53		
		85	74		
		87	99		
		88	51		
		89	94		
		90	15		
		91	85		
		92	83		
		93	97		
		94	41		

表-2-2　評価結果 (20/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-612)	6.2	95	49	142	
		96	35		
		97	32		
		98	26		
		99	24		
		100	49		
		101	13		
		102	22		
		104	28		
		105	38		
		106	50	123	
		107	13	147	
		108	9		
		109	29		
		110	25		
		111	20		
		112	19		
		114	19		
		115	20		
		116	20		
		120	18		
		121	26		
		122	32		
		123	11		
		124	11		
		125	74		
		130	94	142	
		131	35		
		132	63		
		133	26		

表-2-2　評価結果 (21/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-612)	6.2	134	64	142	
		135	65		
		136	81		
		137	32		
		138	79		
		139	29		
		140	27		
		141	81		
		142	88		
		143	62		
		144	117		
		145	44		
		146	70		
		148	69		
		149	50		
		150	121		
		151	99		
		152	56	123	
		153	20	147	
		154	10		
		155	24		
		156	27		
		157	19		
		158	24		
		160	22		
		161	22		
		162	23		
		166	25		
		167	42		
		168	48		

表-2-2　評価結果 (22/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
蒸気配管 (KG82-612)	6.2	169	13	147	
		170	14		
		171	61		
		605	15	142	
		606	17		
		607	7		
		619	32		
		800	25	123	
		801	30		
		802	46	142	

表-2-2　評価結果 (23/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
冷却水配管 (KG83-652)	9.3	1	23	100	
		2	17		
		3	23		
		4	23		
		5	22		
		6	18		
		7	22		
		8	21		
		9	18		
		10	29		
		11	17		
		12	38		
		13	21		
		15	21		
		16	16		
		17	38		
		18	20		
		20	20		
		21	18		
		22	21		
		23	23		
		24	17		
		25	35		
		26	24		
		27	19		
		28	25		
		29	23		
		30	23		
		31	20		
		32	23		

表-2-2　評価結果 (24/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
冷却水配管 (KG83-652)	9.3	33	23	100	
		34	18		
		35	29		
		36	18		
		37	46		
		38	23		
		40	24		
		41	18		
		42	44		
		43	25		
		45	26		
		46	20		
		47	23		
		48	22		
		49	22		
		50	18		
		51	19		
		52	25		
		53	44		
		54	25		
		55	33		
		56	31		
		57	20		
		58	20		
		59	22		
		60	24		
		61	28		
		62	31		
		64	29		
		65	41		

表-2-2　評価結果 (25/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
冷却水配管 (KG83-652)	9.3	66	34	100	
		67	37		
		68	49		
		69	23		
		70	25		
		71	24		
		72	25		
		73	28		
		74	21		
		75	26		
		76	26		
		77	21		
		78	16		
		79	15		
		80	54		
		81	19		
		82	16		
		83	25		
		84	22		
		91	15		
		92	22		
		93	20		
		100	40		
		101	58		
		102	46		
		106	40		
		107	61		
		108	50		
		112	37		
		113	56		

表-2-2　評価結果 (26/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
冷却水配管 (KG83-652)	9.3	114	47	100	
		118	34		
		119	50		
		120	40		
		124	40		
		125	58		
		126	46		
		130	44		
		131	60		
		132	71		
		133	65		
		134	35		
		135	22		
		136	19		
		137	19		
		138	13		
		800	16		
		900	22		
		901	15		
		902	16		
		903	19		

表-2-2　評価結果 (27/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
純水配管 (KG85-604)	7.2	1	21	147	
		2	9		
		3	30		
		4	81		
		5	52		
		6	63		
		7	79		
		8	10		
		9	8		
		10	12		
		11	10		
		12	14		
		13	10		
		14	16		
		15	14		
		16	14		
		17	24		
		18	16		
		19	16		
		20	22		
		21	25		
		22	32		
		23	49		
		24	54		
		25	38		
		26	40		
		27	66		
		28	54		
		29	30		
		30	23		

表-2-2　評価結果 (28/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
純水配管 (KG85-604)	7.2	31	18	147	
		32	12		
		33	40		
		34	87		
		35	92		
		36	24		
		37	14		
		38	16		
		39	26		
		40	57		
		41	80		
		42	25		
		43	5		
		44	49		
		100	12		
		101	8		
		102	16		
		103	22		
		104	24		
		900	10		

表-2-2　評価結果 (29/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
純水配管 (KG85-621)	11.1	1	20	147	
		2	15		
		3	30		
		4	38		
		5	37		
		6	41		
		7	48		
		8	11		
		9	10		
		10	10		
		11	11		
		12	7		
		13	12		
		14	8		
		15	10		
		16	8		
		17	8		
		18	9		
		19	11		
		20	84		
		21	27		
		22	7		
		23	14		
		100	11		
		101	9		
		102	8		
		103	10		

表-2-2　評価結果 (30/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
消火水配管 (KG99-005)	41.7	1	17	78	
		2	23		
		4	17		
		6	12		
		7	8		
		8	28		
		10	9		
		11	9		
		12	8		
		13	7		
		14	7		
		15	11		
		16	8		
		17	9		
		18	20		
		19	19		
		20	57		
		22	21		
		23	32		
		25	49		
		27	12		
		28	9		
		29	7		
		30	9		
		31	13		
		32	15		
		33	38		
		34	12		
		35	11		
		36	24		

表-2-2　評価結果 (31/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
消火水配管 (KG99-005)	41.7	37	15	78	
		38	8		
		39	8		
		40	6		
		41	6		
		42	6		
		43	6		
		44	21		
		45	41		
		46	69		
		47	14		
		48	20		
		49	7		
		50	6		
		51	6		
		52	11		
		53	19		
		54	19		
		55	10		
		900	17		

表-2-2　評価結果 (32/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-010)	10.3	1	7	100	
		2	5		
		3	5		
		4	5		
		5	9		
		6	5		
		7	6		
		8	14		
		9	32		
		10	11		
		11	16		
		12	27		
		13	31		
		14	71		
		15	69		
		16	29		
		17	28		
		18	31		
		19	34		
		20	32		
		21	29		
		22	29		
		23	20		
		24	41		
		25	51		
		26	22		
		27	16		
		28	30		

表-2-2　評価結果 (33/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	1	2	100	
		2	4		
		3	4		
		4	6		
		5	12		
		6	20		
		7	14		
		8	12		
		9	18		
		10	12		
		11	7		
		12	22		
		13	9		
		14	9		
		15	32		
		16	9		
		17	9		
		18	31		
		19	14		
		20	22		
		21	17		
		22	23		
		23	25		
		24	23		
		25	17		
		26	27		
		27	34		
		28	19		
		29	18		
		30	18		

表-2-2　評価結果 (34/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	31	21	100	
		32	61		
		33	70		
		34	19		
		35	44		
		36	72		
		37	86		
		38	89		
		39	49		
		41	40		
		42	58		
		43	26		
		44	70		
		45	37		
		46	2		
		47	1		
		48	23		
		49	28		
		50	34		
		51	33		
		52	30		
		53	20		
		54	30		
		55	32		
		56	46		
		57	52		
		58	91		
		59	41		
		60	50		
		61	42		

表-2-2　評価結果 (35/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	62	22	100	
		63	12		
		64	36		
		65	18		
		66	57		
		67	40		
		68	48		
		69	23		
		70	27		
		76	11		
		77	7		
		78	27		
		79	10		
		80	23		
		82	40		
		83	27		
		84	58		
		85	11		
		86	20		
		88	23		
		89	16		
		90	34		
		91	39		
		92	59		
		93	62		
		94	58		
		95	64		
		96	85		
		97	92		
		98	67		

表-2-2　評価結果 (36/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	99	27	100	
		100	71		
		101	72		
		102	60		
		103	75		
		104	79		
		105	12		
		106	70		
		107	37		
		108	48		
		109	55		
		110	47		
		111	2		
		112	1		
		113	27		
		114	58		
		115	54		
		116	54		
		117	57		
		118	54		
		119	57		
		120	47		
		121	74		
		122	46		
		123	42		
		124	34		
		125	32		
		126	16		
		127	21		
		135	53		

表-2-2　評価結果 (37/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	136	32	100	
		137	48		
		138	12		
		139	19		
		141	12		
		142	13		
		143	33		
		144	40		
		145	42		
		146	31		
		147	20		
		148	32		
		149	23		
		150	42		
		151	24		
		152	29		
		153	15		
		154	29		
		155	15		
		156	45		
		157	26		
		158	40		
		159	30		
		160	12		
		161	25		
		162	33		
		163	28		
		164	34		
		165	30		
		166	9		

表-2-2　評価結果 (38/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	167	41	100	
		168	18		
		169	37		
		170	39		
		171	36		
		172	72		
		173	77		
		174	73		
		176	19		
		177	26		
		179	77		
		180	91		
		181	88		
		182	22		
		183	38		
		184	89		
		185	67		
		186	71		
		187	32		
		188	16		
		189	7		
		190	41		
		191	18		
		192	29		
		194	26		
		195	24		
		196	12		
		197	33		
		198	34		
		199	67		

表-2-2　評価結果 (39/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	200	49	100	
		201	67		
		202	43		
		203	42		
		204	21		
		205	10		
		206	6		
		207	5		
		208	28		
		209	13		
		210	15		
		212	13		
		213	11		
		214	23		
		215	5		
		216	5		
		217	10		
		218	31		
		219	58		
		220	38		
		221	16		
		222	92		
		223	85		
		224	67		
		225	66		
		226	14		
		227	37		
		228	71		
		229	28		
		230	32		

表-2-2　評価結果（40/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	231	27	100	
		232	26		
		234	16		
		235	13		
		236	62		
		237	2		
		238	1		
		239	65		
		240	21		
		241	40		
		242	32		
		243	45		
		244	27		
		245	39		
		246	31		
		247	40		
		248	19		
		249	12		
		250	7		
		251	11		
		257	12		
		258	7		
		259	39		
		260	19		
		261	36		
		263	25		
		264	12		
		265	19		
		266	4		
		267	9		

表-2-2　評価結果 (41/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	269	17	100	
		270	12		
		271	26		
		272	29		
		273	48		
		274	36		
		275	58		
		276	36		
		277	19		
		278	17		
		279	15		
		280	31		
		281	48		
		282	22		
		283	23		
		284	61		
		285	54		
		286	27		
		287	28		
		288	77		
		289	70		
		290	83		
		291	49		
		292	45		
		293	32		
		294	56		
		295	69		
		296	2		
		297	1		
		300	73		

表-2-2　評価結果（42/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	301	28	100	
		302	24		
		303	17		
		304	20		
		306	20		
		307	19		
		308	12		
		309	20		
		310	20		
		311	74		
		312	68		
		313	65		
		316	71		
		317	43		
		320	74		
		321	41		
		322	9		
		323	18		
		324	27		
		326	26		
		327	22		
		328	18		
		329	10		
		330	24		
		331	50		
		332	33		
		333	23		
		334	72		
		336	93		
		337	46		

表-2-2　評価結果 (43/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	338	82	100	
		339	17		
		340	13		
		341	14		
		342	19		
		343	72		
		344	70		
		345	81		
		346	83		
		347	73		
		348	84		
		349	86		
		350	19		
		351	18		
		352	26		
		353	9		
		354	24		
		355	10		
		356	22		
		357	14		
		358	15		
		359	25		
		360	15		
		361	13		
		362	14		
		363	21		
		364	31		
		365	15		
		366	41		
		367	30		

表-2-2　評価結果 (44/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	368	24	100	
		369	13		
		370	8		
		371	9		
		372	18		
		373	24		
		374	52		
		375	43		
		376	26		
		377	14		
		378	30		
		379	39		
		380	33		
		381	35		
		382	36		
		383	9		
		384	47		
		385	20		
		386	40		
		387	41		
		388	25		
		389	63		
		390	63		
		391	55		
		393	24		
		394	26		
		396	59		
		397	80		
		398	86		
		399	41		

表-2-2　評価結果（45/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	400	84	100	
		401	67		
		402	64		
		404	43		
		405	40		
		407	24		
		408	26		
		409	26		
		410	28		
		411	68		
		412	92		
		413	73		
		414	63		
		415	43		
		416	41		
		417	50		
		418	55		
		419	22		
		420	35		
		422	29		
		423	7		
		424	29		
		425	39		
		426	81		
		427	34		
		428	23		
		429	30		
		430	14		
		431	19		
		437	8		

表-2-2　評価結果（46/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	438	5	100	
		439	22		
		440	14		
		441	31		
		443	58		
		444	32		
		445	64		
		446	9		
		447	17		
		449	24		
		450	20		
		451	39		
		452	42		
		453	29		
		454	65		
		455	46		
		456	32		
		457	9		
		458	17		
		460	21		
		461	30		
		462	38		
		463	2		
		464	4		
		467	31		
		468	28		
		469	25		
		470	11		
		471	11		
		477	13		

表-2-2　評価結果 (47/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	478	7	100	
		479	35		
		480	19		
		481	36		
		483	51		
		484	31		
		485	57		
		486	10		
		487	13		
		489	8		
		490	9		
		491	20		
		492	19		
		493	41		
		496	56		
		497	37		
		498	40		
		499	72		
		500	17		
		501	16		
		502	15		
		504	12		
		505	14		
		506	18		
		507	22		
		508	86		
		509	44		
		512	87		
		513	61		
		516	80		

表-2-2　評価結果（48/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	517	76	100	
		519	51		
		520	48		
		522	26		
		523	32		
		524	24		
		525	29		
		526	84		
		527	94		
		528	74		
		529	61		
		530	43		
		531	42		
		532	55		
		533	60		
		534	25		
		535	42		
		537	36		
		538	10		
		539	41		
		540	39		
		541	67		
		542	76		
		543	39		
		544	57		
		545	75		
		546	27		
		547	2		
		551	16		
		552	19		

表-2-2　評価結果 (49/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-013)	10.1	555	7	100	
		556	20		
		700	16		
		701	10		
		702	20		
		703	9		
		704	28		
		705	37		
		711	11		
		712	16		
		714	15		
		715	7		
		716	10		
		717	6		
		718	12		
		719	14		
		720	26		
		721	17		
		722	19		
		723	15		
		725	23		
		726	13		
		727	20		
		728	15		
		729	14		
		730	18		
		732	27		
		733	15		

表-2-2　評価結果 (50/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-015)	9.3	1	7	100	
		2	4		
		3	7		
		4	12		
		5	23		
		6	8		
		7	16		
		8	53		
		9	50		
		10	44		
		11	40		
		12	40		
		13	44		
		14	52		
		15	51		
		16	18		
		17	15		
		18	31		
		19	54		
		20	53		
		21	43		
		23	38		
		24	50		
		25	57		
		26	57		
		27	53		
		28	48		
		29	6		

表-2-2　評価結果 (51/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-017)	7.5	2	1	100	
		3	3		
		4	3		
		5	5		
		6	6		
		7	7		
		8	10		
		9	18		
		10	38		
		11	38		
		12	36		
		13	35		
		14	49		
		15	50		
		16	48		
		17	47		
		18	39		
		19	44		
		20	46		
		21	21		
		22	13		
		23	12		
		24	6		
		25	15		
		101	7		
		102	16		

表-2-2　評価結果 (52/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-018)	10.0	2	26	100	
		3	44		
		4	34		
		5	30		
		6	14		
		7	9		
		8	23		
		9	27		
		10	37		
		11	37		
		12	21		
		13	15		
		14	32		
		15	32		
		16	19		
		17	61		
		18	60		
		19	24		
		20	42		
		21	37		
		22	40		
		23	41		
		24	13		
		25	25		
		26	36		
		27	33		
		28	29		
		29	31		
		30	29		
		31	39		

表-2-2　評価結果 (53/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-018)	10.0	32	40	100	
		33	31		
		34	38		
		35	2		
		36	1		
		37	61		
		38	15		
		39	12		
		40	23		
		41	15		
		42	12		
		43	31		
		44	56		
		45	51		
		46	16		
		47	27		
		48	14		
		49	16		
		50	15		
		51	31		
		57	39		
		58	13		
		59	27		
		60	9		
		61	46		
		63	50		
		64	12		
		65	35		
		66	15		
		67	43		

表-2-2　評価結果 (54/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-018)	10.0	69	41	100	
		70	20		
		71	38		
		72	20		
		73	36		
		74	22		
		75	12		
		76	25		
		77	8		
		78	20		
		79	14		
		80	27		
		81	29		
		82	28		
		86	82		
		87	36		
		88	49		
		89	62		
		90	60		
		91	42		
		92	46		
		93	23		
		94	22		
		95	17		
		96	34		
		102	34		
		103	29		
		105	64		
		106	62		
		108	83		

表-2-2　評価結果 (55/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-018)	10.0	109	46	100	
		110	87		
		111	39		
		112	81		
		113	52		
		114	54		
		115	28		
		118	35		
		119	48		
		120	31		
		121	12		
		122	23		
		124	18		
		125	25		
		126	11		
		127	28		
		128	45		
		129	33		
		130	47		
		131	49		
		132	37		
		133	18		
		134	33		
		136	26		
		137	22		
		138	21		
		139	43		
		140	53		
		141	40		
		142	1		

表-2-2　評価結果 (56/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-018)	10.0	143	12	100	
		144	27		
		145	27		
		146	25		
		148	31		
		149	48		
		150	51		
		151	50		
		152	57		
		153	39		
		154	54		
		155	92		
		156	42		
		157	2		
		158	1		
		159	91		
		160	51		
		161	51		
		162	39		
		163	56		
		164	23		
		165	44		
		171	42		
		172	14		
		173	25		
		174	7		
		175	43		
		177	59		
		178	17		
		179	51		

表-2-2　評価結果 (57/58)

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-018)	10.0	180	18	100	
		181	62		
		183	68		
		184	33		
		185	53		
		186	31		
		187	27		
		188	23		
		189	75		
		190	26		
		191	89		
		192	85		
		193	30		
		194	31		
		195	25		
		196	43		
		198	36		
		199	24		
		200	13		
		201	40		
		202	69		
		203	23		
		208	17		
		209	19		
		214	16		
		217	10		
		219	20		
		220	24		
		221	29		
		222	25		

表-2-2　評価結果（58/58）

評価対象設備	一次固有振動数 (Hz)	応力評価点番号	発生応力 (MPa)	許容値 0.4Sa (MPa)	備考
空調設備 (蒸気配管) (KG99-018)	10.0	223	25	100	
		224	41		
		225	42		
		229	24		
		233	44		

（別冊１－４１）

再処理施設に関する設計及び工事の計画

（廃溶媒処理技術開発施設の蒸気配管の一部更新）

その他再処理設備の附属施設（その１４）

廃溶媒処理技術開発施設

目　　次

頁

１．　変更の概要　・・・

別　図　一　覧

別図－１　蒸気配管の更新範囲 概要図

別図－２　蒸気配管の一部更新に係る工事フロー

表　一　覧

表－１　蒸気配管の設計条件

表－２　更新する蒸気配管類の仕様

表－３　蒸気配管の一部更新に係る工事工程表

１．変更の概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項に基づき、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和 32 年法律第 166 号）第 44 条第 1 項の指定があったものとみなされた再処理施設について、平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受け、令和 3 年 6 月 30 日付け原規規発第 21063018 号をもって変更の認可を受けた核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画（以下「廃止措置計画」という。）について、変更認可の申請を行う。

今回、廃溶媒処理技術開発施設（以下「ST 施設」という。）の蒸気配管の一部更新に係る廃止措置計画変更認可の申請は、昭和 57 年 4 月 10 日に認可（57 安(核規)第 110 号）を受けた「その他再処理設備の附属施設（その１４）廃溶媒処理技術開発施設」のうち、ST 施設に敷設されている蒸気配管において、経年変化による腐食が進展し、その結果、蒸気配管の一部に貫通孔が生じたことから、当該蒸気配管を更新するものである。

本更新工事に当たっては、貫通孔が確認された蒸気配管を既設と同等の強度及び肉厚を有した配管に更新する。

なお、ST 施設の蒸気配管の更新に関する設計及び工事の計画に係る廃止措置計画変更認可の申請は、昭和 62 年 3 月 5 日の使用前検査合格証（62 安（核規）第 30 号）の取得後、最初のものである。

２．準拠すべき法令、基準及び規格

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(昭和 32 年法律第 166 号)

「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」（昭和 46 年総理府令第 10 号）

「再処理施設の技術基準に関する規則」（令和 2 年原子力規制委員会規則第 9 号）

「日本産業規格（JIS)」

３．設計の基本方針

本申請で更新を行う蒸気配管は、既設の蒸気設備から、ST 施設に受け入れた蒸気を、廃液処理のための蒸発缶及びセル内ドリップトレイの移送用スチームジェット等に供給するための配管である。蒸気配管の更新範囲概要図を別図－1 に示す。

配管の更新に当たっては、既設と同等の強度及び肉厚を有した配管に更新するものであり、「再処理施設の技術基準に関する規則」の第六条(地震による損傷の防止)の第１項、第十六条（安全機能を有する施設）の第２項及び第３項、第十七条（材料及び構造）の第１項及び第２項の技術上の基準を満足するように行う。

４．設計条件及び仕様

(1) 設計条件

蒸気配管の更新範囲は、屋外の壁貫通部近傍の垂直配管から施設内の隔離対象バルブ（328W682）までとし、既設と同じ位置に既設サポートを用いて敷設する。

更新する蒸気配管は、既設配管と同等の強度及び肉厚を有した炭素鋼製配管とし、接続は溶接又はフランジ継手とする。

蒸気配管の設計条件を表－１、更新する蒸気配管類の仕様を表－２、更新範囲概要図を別図－１に示す。

表－１　蒸気配管の設計条件

名称	流体	設置場所	材質	最高使用温度(℃)	最高使用圧力(MPa)	溶接機器区分	耐震分類
蒸気配管	蒸気	屋外 保守区域(A110)	炭素鋼	200	1.5	－	C

(2) 仕様

更新する蒸気配管類の仕様を表－２に示す。

表－２　更新する蒸気配管類の仕様

名称	配管番号	既設					新設				
		部材	材料 (適用規格)	呼び径	スケジュール (肉厚)	呼び圧力	部材	材料 (適用規格)	呼び径	スケジュール (肉厚)	呼び圧力
蒸気配管	328-S-101-50-J4	配管 (保温材付)	STPG38※ (JIS G 3454)	50A	40 (3.9 mm)	－	配管 (保温材付)	STPG370※ (JIS G 3454)	50A	40 (3.9 mm)	－
		エルボ (保温材付)	STPG38※ (JIS G 3454)	50A	40 (3.9 mm)	－	エルボ (保温材付)	PT 370※ (JIS B 2312)	50A	40 (3.9 mm)	－
		フランジ (保温材付)	S25C (JIS G 4051)	50A	－	20K	フランジ (保温材付)	S25C (JIS G 4051)	50A	－	20K

※　国際単位系準拠（SI 単位化）に伴う日本産業規格（JIS）の記号の変更。
(1) 変更前：STPG38、変更後：STPG370、PT370

(3) 保守

蒸気配管は、その機能を維持するため、適切な保守ができるようにする。保守において交換する部品類は、ボルト・ナット、保温材、ガスケット類であり、適時、これらの予備品を入手し、再処理施設保安規定に基づき交換する。

５．工事の方法

本申請における工事については、「再処理施設の技術基準に関する規則」に適合するよう工事を実施し、技術基準に適合していることを適時の試験・検査により確認する。

(1) 工事の手順

本工事に用いる蒸気配管類は、材料を入手後、工場にて配管接続用のフランジなどの加工・溶接を行った後、現地に搬入する。

本工事を行うに当たっては、更新範囲を弁操作により隔離した後、更新範囲の蒸気配管類を切断、撤去する（別図－１参照)。蒸気配管類の撤去の際は、一時的に壁貫通部を開口する。その後、蒸気配管類を接続する既設配管の取り合い部の加工等を行い、溶接又はフランジにより蒸気配管類を組み立て、既設サポートに据え付ける。

据え付け後、壁貫通部をモルタルで閉止する。

一連の工事フローを別図－２に示す。

工事の各段階で所要の試験・検査を行うこととしており、実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む。)、検査対象、検査方法及び判定基準を以下に示す。

１）試験・検査項目

試験・検査は、工事の工程に従い、次の項目について実施する。

① 材料検査

対　象：配管、エルボ、フランジ

方　法：蒸気配管類の仕様を材料証明書等により確認する。

判　定：表－２の仕様であること。

② 耐圧・漏えい検査(1)（耐圧試験）

対　象：配管、エルボ、フランジ

方　法：加圧用治具を取付け、表－１の最高使用圧力の 1.5 倍以上の水圧をかけて目視により著しい変形及び漏れの有無を確認する。

判　定：著しい変形及び漏れのないこと。

③ 耐圧・漏えい検査(2)（浸透探傷試験）

対　象：配管

方　法：配管の溶接・据付け施工後、耐圧試験の実施が困難な箇所の溶接部について、溶接部の浸透探傷試験（JIS Z 2343）を行い、浸透指示模様の有無を目視により確認する。

判　定：浸透指示模様がないこと。

④ 耐圧・漏えい検査（3）（通気試験）

対　象：配管、エルボ、フランジ

方　法：検査対象の蒸気配管系統に蒸気を供給し、目視により漏えいの有無を確認する。

判　定：漏れのないこと。

⑤ 据付・外観検査（1）

対　象：配管、エルボ、フランジ

方　法：検査対象の蒸気配管類の位置及び外観を目視により確認する。

判　定：更新した蒸気配管類が別図-1 の位置にあること。また、有害な傷、変形がないこと。

⑥ 据付・外観検査（2）

対　象：壁貫通部

方　法：壁貫通部の外観を目視により確認する。

判　定：モルタルに隙間、剥がれがないこと。

⑦ 据付・外観検査（3）

対　象：保温材

方　法：保温材の外観を目視により確認する。

判　定：有害な傷、変形がないこと。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の注意事項に従い行う。

① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

② 本工事においては、蒸気配管の一部更新に係る作業手順、装備、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した作業計画書、特殊放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。

③ 本工事においては、経年変化を考慮して作業場所の汚染確認を実施するとともに、必要に応じ、除染等の処置を講じて作業場所の汚染拡大を防止する。

④ 本工事においては、ヘルメット、革手袋、保護メガネ等の保護具を着用し、災害防止に努める。

⑤ 本工事における火気使用時は、可燃物の撤去、不燃シートの設置等の火災を防止するための必要な措置を講じる。

⑥ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

⑦ 万一のスチームジェットを使用する場合に備えて、隣接する廃溶媒貯蔵場から蒸気供給用のホースを仮設して蒸気を供給できるようにホース及び接続治具を配備している。

⑧ 本工事において、建家の壁貫通配管部の更新をする際は、管理区域が屋外と開放状態とならないように処置し、汚染拡大防止、負圧維持及び核物質防護上の措置を行う。

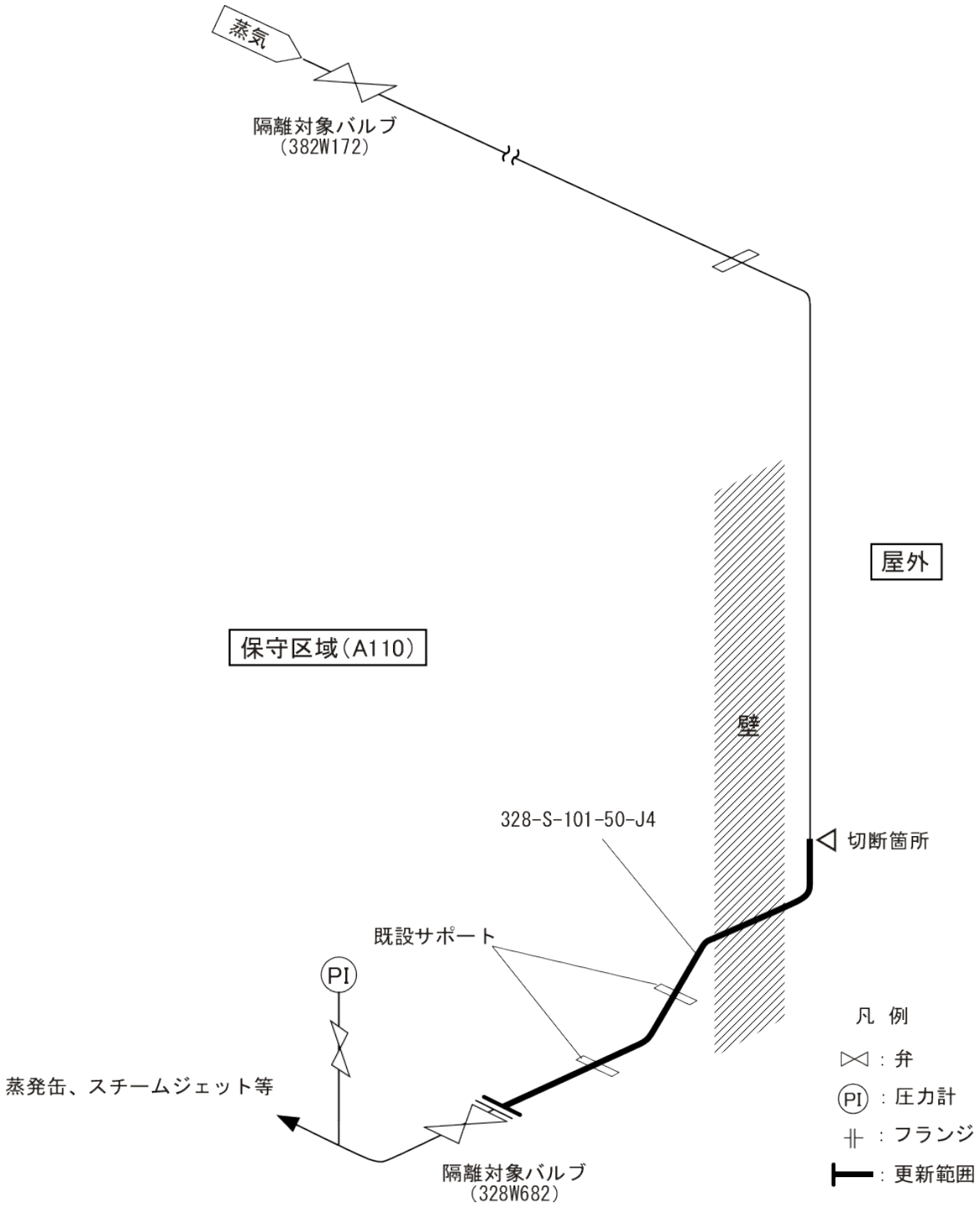
６．工事の工程

本申請に係る工事の工程を表－３に示す。

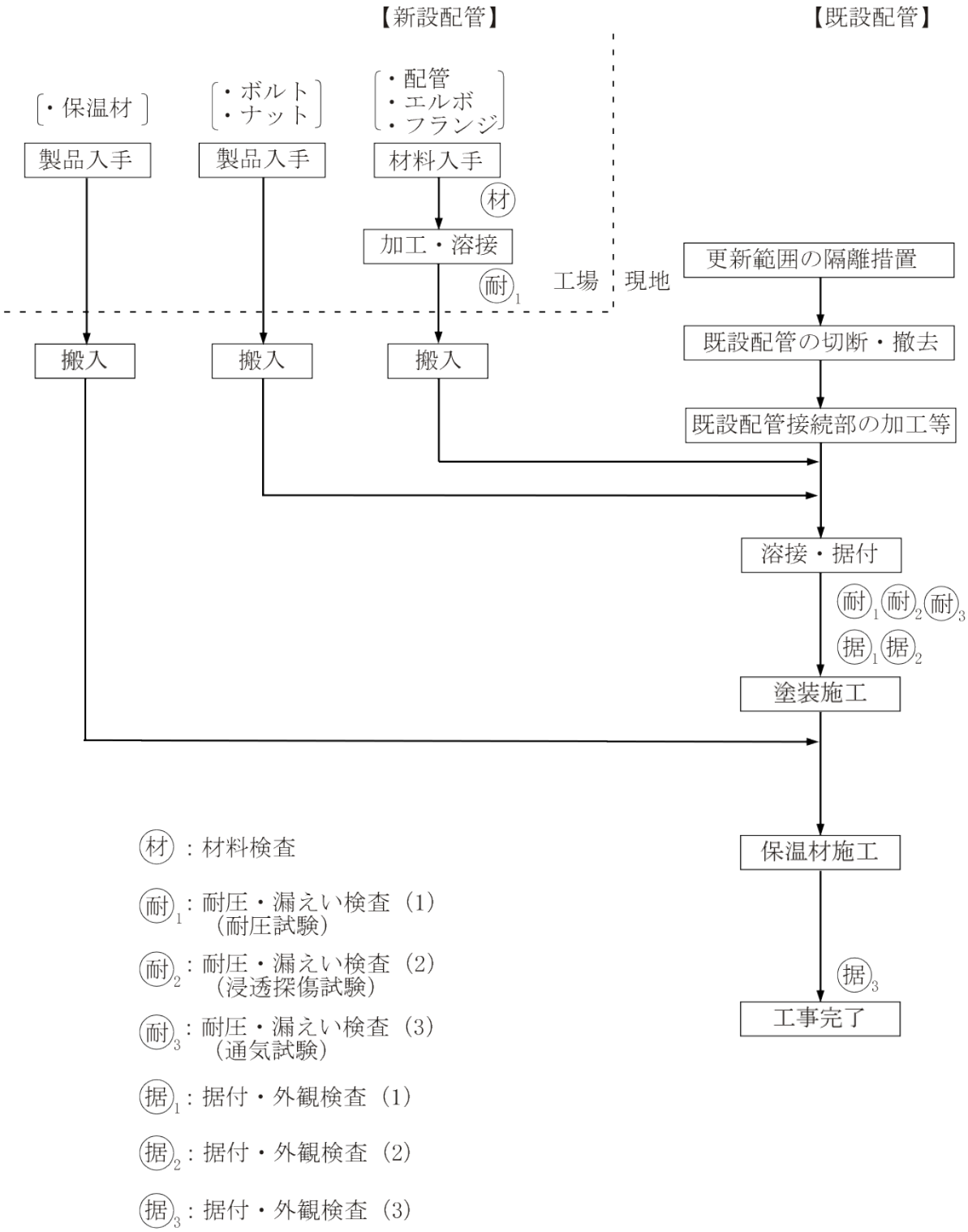
表－３　蒸気配管の一部更新に係る工事工程表

	令和３年度						備考
	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	
蒸気配管の一部更新			工事				

（別図）



別図－１　蒸気配管の更新範囲 概要図



別図－２　蒸気配管の一部更新に係る工事フロー

添　付　書　類

１．申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

２．申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定若しくは同法第 44 条の 4 第 1 項の許可を受けたところ又は同条第2項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

１．申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

本申請に係る「再処理施設に関する設計及び工事の計画」は以下に示すとおり「再処理施設の技術基準に関する規則」に掲げる技術上の基準に適合している。

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第一条	定義	－	－	－
第二条	特殊な設計による再処理施設	無	－	－
第三条	廃止措置中の再処理施設の維持	無	－	－
第四条	核燃料物質の臨界防止	無	－	－
第五条	安全機能を有する施設の地盤	無	－	－
第六条	地震による損傷の防止	有	第１項	別紙－１に示すとおり
第七条	津波による損傷の防止	無	－	－
第八条	外部からの衝撃による損傷の防止	無	－	－
第九条	再処理施設への人の不法な侵入等の防止	無	－	－
第十条	閉じ込めの機能	無	－	－
第十一条	火災等による損傷の防止	無	－	－
第十二条	再処理施設内における溢水による損傷の防止	無	－	－
第十三条	再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止	無	－	－
第十四条	安全避難通路等	無	－	－
第十五条	安全上重要な施設	無	－	－
第十六条	安全機能を有する施設	有	第２、３項	別紙－２に示すとおり
第十七条	材料及び構造	有	第１、２項	別紙－３に示すとおり
第十八条	搬送設備	無	－	－
第十九条	使用済燃料の貯蔵施設等	無	－	－
第二十条	計測制御系統施設	無	－	－
第二十一条	放射線管理施設	無	－	－
第二十二条	安全保護回路	無	－	－

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第二十三条	制御室等	無	－	－
第二十四条	廃棄施設	無	－	－
第二十五条	保管廃棄施設	無	－	－
第二十六条	使用済燃料等による汚染の防止	無	－	－
第二十七条	遮蔽	無	－	－
第二十八条	換気設備	無	－	－
第二十九条	保安電源設備	無	－	－
第三十条	緊急時対策所	無	－	－
第三十一条	通信連絡設備	無	－	－
第三十二条	重大事故等対処施設の地盤	無	－	－
第三十三条	地震による損傷の防止	無	－	－
第三十四条	津波による損傷の防止	無	－	－
第三十五条	火災等による損傷の防止	無	－	－
第三十六条	重大事故等対処設備	無	－	－
第三十七条	材料及び構造	無	－	－
第三十八条	臨界事故の拡大を防止するための設備	無	－	－
第三十九条	冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備	無	－	－
第四十条	放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備	無	－	－
第四十一条	有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備	無	－	－
第四十二条	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	無	－	－
第四十三条	放射性物質の漏えいに対処するための設備	無	－	－
第四十四条	工場等外への放射性物質等の放出を抑制するための設備	無	－	－

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第四十五条	重大事故等への対処に必要となる水の供給設備	無	－	－
第四十六条	電源設備	無	－	－
第四十七条	計装設備	無	－	－
第四十八条	制御室	無	－	－
第四十九条	監視測定設備	無	－	－
第五十条	緊急時対策所	無	－	－
第五十一条	通信連絡を行うために必要な設備	無	－	－
第五十二条	電磁的記録媒体による手続	無	－	－

第六条（地震による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、これに作用する地震力（事業指定基準規則第七条第二項の規定により算定する地震力をいう。）による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。

２　耐震重要施設（事業指定基準規則第六条第一項に規定する耐震重要施設をいう。以下同じ。）は、基準地震動による地震力（事業指定基準規則第七条第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。）に対してその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

３　耐震重要施設は、事業指定基準規則第七条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

１　本申請に係る蒸気配管の一部更新は、既設配管と同等の強度及び肉厚を有した配管に更新するものであり、弁等の荷重の追加もなく、配管の支持方法も変わらないことから、配管の耐震性に問題はない。

第十六条(安全機能を有する施設)

安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるように設置されたものでなければならない。

２　安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができるように設置されたものでなければならない。

３　安全機能を有する施設は、その安全機能を維持するため、適切な保守及び修理ができるように設置されたものでなければならない。

４　安全機能を有する施設に属する設備であって、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により損傷を受け、再処理施設の安全性を損なうことが想定されるものは、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

５　安全機能を有する施設は、二以上の原子力施設と共用する場合には、再処理施設の安全性が損なわれないように設置されたものでなければならない。

２　蒸気配管は、ST 施設の停止中に検査又は試験が可能である。本申請は、蒸気配管の一部を更新するものであり、蒸気配管の供給系統を変更するものではない。蒸発缶等への蒸気供給系統の検査又は試験に影響を与えないため、問題はない。

３　蒸気配管は、保守及び修理が可能である。本申請は、蒸気配管の一部を更新するものであり、蒸気配管の機能を維持するための適切な保守及び修理に影響を与えないため、問題はない。

第十七条（材料及び構造）

安全機能を有する施設に属する容器及び管並びにこれらを支持する構造物のうち、再処理施設の安全性を確保する上で重要なもの（以下この項において「容器等」という。）の材料及び構造は、次に掲げるところによらなければならない。この場合において、第一号及び第三号の規定については、法第四十六条第二項に規定する使用前事業者検査の確認を行うまでの間適用する。

一　容器等に使用する材料は、その使用される圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有すること。

二　容器等の構造及び強度は、次に掲げるところによるものであること。

イ　設計上定める条件において、全体的な変形を弾性域に抑えること。

ロ　容器等に属する伸縮継手にあっては、設計上定める条件で応力が繰り返し加わる場合において、疲労破壊が生じないこと。

ハ　設計上定める条件において、座屈が生じないこと。

三　容器等の主要な溶接部（溶接金属部及び熱影響部をいう。以下同じ。）は、次に掲げるところによるものであること。

イ　不連続で特異な形状でないものであること。

ロ　溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。

ハ　適切な強度を有するものであること。

ニ　機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものにより溶接したものであること。

２　安全機能を有する施設に属する容器及び管のうち、再処理施設の安全性を確保する上で重要なものは、適切な耐圧試験又は漏えい試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないように設置されたものでなければならない。

1　本申請で更新する蒸気配管は、既設配管と同等の強度及び肉厚を有した配管を用いることから、材料及び構造上の問題はない。

なお、本条項に準じ、材料検査を行い、適切な機械的強度及び化学的成分であることを確認する。

2　本申請で更新する蒸気配管は、既設配管と同等の強度及び肉厚を有した配管を用いることから、材料及び構造上の問題はない。

なお、本条項に準じ、耐圧・漏えい検査を行い、これに耐え、かつ、漏えいがないことを確認する。

２．申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定若しくは同法第 44 条の 4 第 1 項の許可を受けたところ又は同条第 2 項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律附則第5条第6項において読み替えて準用する同法第4条第1項の規定に基づき、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法（平成16年法律第155号）附則第18条第1項により、指定があったものとみなされた再処理事業指定申請書について、令和2年4月22日付け令02原機（再）007により届出を行っているところによる。