令 07 原機（サＴ）016
令 和 7 年 6 月 25 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　　小口　正範
（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　小口　正範

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，その後別表 1 のとおり変更の認可を受け，別表 2 のとおり変更の届出を行っ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)無停電電源装置の更新

ウラン脱硝施設（DN），高放射性廃液貯蔵場（HAW），第三低放射性廃液蒸発処理施設（Z）に設置されている無停電電源装置を更新するため，設計及び工事の計画を追加する。

(2)扉の強化工事

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一部扉について，より耐久性を向上させる工事を行うため，設計及び工事の計画を追加する。

(3)火災防護設備の一部改造

廃溶媒等を貯蔵する廃棄物処理場（AAF），スラッジ貯蔵場（LW），廃溶媒貯蔵場（WS），焼却施設（IF）及び廃溶媒処理技術開発施設（ST）の炭酸ガス消火設備に対して，炭酸ガスの供給を増強するため，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（１／５）

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（２／５）

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（３／５）

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
令和３年 10 月５日	原規規発第 2110059 号	廃止措置期間中に性能を維持すべき再処理施設，性能維持施設及びその性能並びにその性能を維持すべき期間，廃止措置の工程

別表１

変更認可の経緯（４／５）

認可年月日	認可番号	備　考
令和４年 ３月 ３日	原規規発第2203032号	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，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，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，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，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，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，廃溶媒処理技術開発施設の蒸気配管の一部更新
令和４年５月 17 日	原規規発第2205173号	工程洗浄により再処理設備本体等の一部の機器に残存している核燃料物質を回収するため，対象となる施設，工程，回収の方法等の追加

別表 1

変更認可の経緯（５／５）

認可年月日	認可番号	備　考
令和 4 年 12 月 22 日	原規規発第 2212222 号	再処理施設分離精製工場内のふげん使用済燃料の搬送方法，安全対策等を追加
令和 5 年 10 月 30 日	原規規発第 2310304 号	スラッジ貯蔵場の津波対策における止水弁の設置，焼却施設 空気圧縮機の更新，クリプトン回収技術開発施設 空気圧縮機の制御系の改造
令和 7 年 5 月 29 日	原規規発第 2505293 号	工程洗浄終了に伴い，系統除染に移行することから，放射性廃棄物の放出管理目標値，性能維持施設，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を変更し，系統除染の方針を追加

別表 2

変更届出の経緯（１／２）

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
令和 4 年 2 月 15 日	令 03 原機(再)054	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(HAW)の事故対処に係る接続口の設置」(別冊 1-18) において，新たに設置する接続口の使用材料の表記の誤植を変更
令和 4 年 4 月 14 日	令 04 原機(再)007	理事長交代(令和 4 年 4 月 1 日付け) に伴う代表者の氏名の変更

別表 2

変更届出の経緯（２／２）

変更届出年月日	変更届出番号	備　考
令和 5 年 3 月 17 日	令 04 原機(再)104	再処理施設に関する設計及び工事の計画の「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)」（別冊 2-28）において，一部更新する冷却水配管の寸法の値の誤記及び既設サポートの誤記を変更,「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」（別冊 2-30）において，防護板等の設置箇所の表記のうち，凡例の記号と整合していない箇所の誤記を修正
令和 6 年 2 月 16 日	令 05 原機(再)065	新型転換炉原型炉ふげんの使用済燃料に係る搬出計画の見直しを踏まえた使用済燃料の搬出完了時期の変更
令和 6 年 11 月 15 日	令 06 原機(再)039	組織改正に伴う，組織や職位の名称等の変更

別紙

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　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＿＿＿又は〰〰で示す。

変　更　前 令和７年５月29日付け原規規発第2505293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） 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） 三．廃止措置対象施設及びその敷地 （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 （省略） 五．性能維持施設 （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 （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 （削除） 表6-3-1 （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 （変更なし） 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 （変更なし） 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 （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 （削除）（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＿＿＿又は〰〰で示す。

変　更　前

令和７年５月29日付け原規規発第2505293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 2-12 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 2-13 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 2-14 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 2-15 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 2-16 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 2-17 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 2-18 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 2-12 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 2-13 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 2-14 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 2-15 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 2-16 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 2-17 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 2-18 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＿＿＿又は〰〰で示す。

変　更　前 令和 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 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 2-19 参照)	(省略)
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 2-20 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	(省略)	令和 3 年 5 月～令和 4 年 2 月 適宜工事 (別冊 2-21 参照)	(省略)
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 2-22 参照)	(省略)
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 2-23 参照)	(省略)
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 2-24 参照)	(省略)
ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新	(省略)	令和 3 年 5 月～令和 3 年 8 月 適宜工事 (別冊 2-25 参照)	(省略)
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 2-26 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 2-19 参照)	(変更なし)
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 2-20 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	(変更なし)	令和 3 年 5 月～令和 4 年 2 月 適宜工事 (別冊 2-21 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)	(変更なし)	令和 3 年 1 月～令和 3 年 3 月 適宜工事 (別冊 2-22 参照)	(変更なし)
安全管理棟排水モニタリング設備の更新	(変更なし)	令和 3 年 3 月 適宜工事 (別冊 2-23 参照)	(変更なし)
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 2-24 参照)	(変更なし)
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 5 月～令和 3 年 8 月 適宜工事 (別冊 2-25 参照)	(変更なし)
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 2-26 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＿＿＿又は〰〰で示す。

変　更　前 令和 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 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 2-27 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 2-27 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 2-28 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 2-28 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 2-29 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 2-29 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 2-30 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 2-30 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 2-31 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 2-31 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 2-32 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 2-32 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 2-33 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 2-33 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＿＿＿又は〰〰で示す。

変　更　前 令和 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 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 2-34 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 2-34 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浸水防止扉の耐津波補強工事	（省略）	令和 3 年 12 月～令和 4 年 2 月 適宜工事 （別冊 2-35 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浸水防止扉の耐津波補強工事	（変更なし）	令和 3 年 12 月～令和 4 年 2 月 適宜工事 （別冊 2-35 参照）	（変更なし）	
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	（省略）	令和 4 年 7 月～令和 6 年 3 月 適宜工事 （別冊 2-36 参照）	（省略）	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	（変更なし）	令和 4 年 7 月～令和 6 年 3 月 適宜工事 （別冊 2-36 参照）	（変更なし）	
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	（省略）	令和 4 年 4 月～令和 6 年 3 月 適宜工事 （別冊 2-37 参照）	（省略）	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	（変更なし）	令和 4 年 4 月～令和 6 年 3 月 適宜工事 （別冊 2-37 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火災防護対策に係る設備の設置	（省略）	令和 4 年 7 月～令和 6 年 3 月 適宜工事 （別冊 2-38 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火災防護対策に係る設備の設置	（変更なし）	令和 4 年 7 月～令和 6 年 3 月 適宜工事 （別冊 2-38 参照）	（変更なし）	
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	（省略）	令和 5 年 1 月～令和 6 年 3 月 適宜工事 （別冊 2-39 参照）	（省略）	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	（変更なし）	令和 5 年 1 月～令和 6 年 3 月 適宜工事 （別冊 2-39 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＿＿＿又は〰〰で示す。

変　更　前 令和 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 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)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 （省略） 令和 4 年 10 月～令和 6 年 3 月適宜工事（別冊 2-40 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内部溢水対策に係る設備の設置 （変更なし） 令和 4 年 10 月～令和 6 年 3 月適宜工事（別冊 2-40 参照） （変更なし）	
廃溶媒処理技術開発施設の蒸気配管の一部更新 （省略） 令和 3 年 12 月～令和 4 年 3 月適宜工事（別冊 2-41 参照） （省略）	廃溶媒処理技術開発施設の蒸気配管の一部更新 （変更なし） 令和 3 年 12 月～令和 4 年 3 月適宜工事（別冊 2-41 参照） （変更なし）	
分離精製工場の燃料カスククレーンのワイヤロープの 2 重化等に係る変更 （省略） 令和 4 年 10 月～令和 5 年 3 月適宜工事（別冊 2-42 参照） （省略）	分離精製工場の燃料カスククレーンのワイヤロープの 2 重化等に係る変更 （変更なし） 令和 4 年 10 月～令和 5 年 3 月適宜工事（別冊 2-42 参照） （変更なし）	
ガラス固化技術開発施設(TVF)の固化セルのインセルクーラの電動機ユニットの交換 （省略） 令和 4 年 12 月適宜工事（別冊 2-43 参照） （省略）	ガラス固化技術開発施設(TVF)の固化セルのインセルクーラの電動機ユニットの交換 （変更なし） 令和 4 年 12 月適宜工事（別冊 2-43 参照） （変更なし）	
分離精製工場、高放射性廃液貯蔵場等への浄水供給配管の一部更新 （省略） 令和 4 年 9 月～令和 5 年 1 月適宜工事（別冊 2-44 参照） （省略）	分離精製工場、高放射性廃液貯蔵場等への浄水供給配管の一部更新 （変更なし） 令和 4 年 9 月～令和 5 年 1 月適宜工事（別冊 2-44 参照） （変更なし）	
スラッジ貯蔵場の津波対策における止水弁の設置 （省略） 令和 5 年 9 月～令和 6 年 3 月適宜工事（別冊 2-45 参照） （省略）	スラッジ貯蔵場の津波対策における止水弁の設置 （変更なし） 令和 5 年 9 月～令和 6 年 3 月適宜工事（別冊 2-45 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＿＿＿又は〰〰で示す。

<table>
<tr><th>変　更　前
令和 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 号をもって認可を受けた廃止措置計画認可申請書</th><th>変　更　後</th><th>変更理由</th></tr>
<tr>
<td>
<table>
<tr><td>焼却施設 空気圧縮機の更新</td><td>（省略）</td><td>令和 5 年 11 月～
令和 6 年 3 月
適宜工事
（別冊 2-46 参照）</td><td>（省略）</td></tr>
<tr><td>クリプトン回収技術開発施設 空気圧縮機の制御系の改造</td><td>（省略）</td><td>令和 5 年 12 月～
令和 6 年 1 月
適宜工事
（別冊 2-47 参照）</td><td>（省略）</td></tr>
<tr><td>アスファルト固化体貯蔵施設 水噴霧消火設備の自動起動条件の追加</td><td>（省略）</td><td>令和 7 年 9 月
適宜工事
（別冊 2-48 参照）</td><td>（省略）</td></tr>
</table>
※　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。

別添 6-1-1-1～別添 6-1-10-1
（省略）
</td>
<td>
<table>
<tr><td>焼却施設 空気圧縮機の更新</td><td>（変更なし）</td><td>令和 5 年 11 月～
令和 6 年 3 月
適宜工事
（別冊 2-46 参照）</td><td>（変更なし）</td></tr>
<tr><td>クリプトン回収技術開発施設 空気圧縮機の制御系の改造</td><td>（変更なし）</td><td>令和 5 年 12 月～
令和 6 年 1 月
適宜工事
（別冊 2-47 参照）</td><td>（変更なし）</td></tr>
<tr><td>アスファルト固化体貯蔵施設 水噴霧消火設備の自動起動条件の追加</td><td>（変更なし）</td><td>令和 7 年 9 月
適宜工事
（別冊 2-48 参照）</td><td>（変更なし）</td></tr>
<tr><td>無停電電源装置の更新</td><td>ウラン脱硝施設(DN)，高放射性廃液貯蔵場(HAW)，第三低放射性廃液蒸発処理施設(Z)に設置されている無停電電源装置を更新する。</td><td>令和 8 年 9 月～
令和 9 年 1 月
適宜工事
（別冊 2-49 参照）</td><td>設計及び工事の計画は，別冊 2-49 による。</td></tr>
<tr><td>扉の強化工事</td><td>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一部扉について，より耐久性を向上させる工事を行う。</td><td>令和 7 年 12 月～
令和 8 年 3 月
適宜工事
（別冊 2-50 参照）</td><td>設計及び工事の計画は，別冊 2-50 による。</td></tr>
<tr><td>火災防護設備の一部改造</td><td>廃溶媒等を貯蔵する廃棄物処理場(AAF)，スラッジ貯蔵場(LW)，廃溶媒貯蔵場(WS)，焼却施設(IF)及び廃溶媒処理技術開発施設(ST)の炭酸ガス供給設備に対して，炭酸ガスの供給を増強する工事を行う。</td><td>令和 7 年 12 月～
令和 8 年 3 月
適宜工事
（別冊 2-51 参照）</td><td>設計及び工事の計画は，別冊 2-51 による。</td></tr>
</table>
※　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。

別添 6-1-1-1～別添 6-1-10-1
（変更なし）
</td>
<td>工事の計画の追加

工事の計画の追加</td>
</tr>
</table>

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＿＿＿又は〰〰で示す。

変　更　前 令和７年５月29日付け原規規発第2505293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
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） 八．使用済燃料又は核燃料物質による汚染の除去 （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 （省略） 十．廃止措置の工程 （省略） 十一．廃止措置に係る品質マネジメントシステム （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 （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 （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 （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 （変更なし） 十．廃止措置の工程 （変更なし） 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 （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 （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＿＿＿又は〰〰で示す。

変　更　前 令和７年５月29日付け原規規発第2505293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
添付書類一　既に回収可能核燃料物質を再処理設備本体から取り出していることを明らかにする資料 （省略）	添付書類一　既に回収可能核燃料物質を再処理設備本体から取り出していることを明らかにする資料 （変更なし）	
添付書類二　廃止措置対象施設の敷地に係る図面及び廃止措置に係る工事作業区域図 （省略）	添付書類二　廃止措置対象施設の敷地に係る図面及び廃止措置に係る工事作業区域図 （変更なし）	
添付書類三　廃止措置に伴う放射線被ばくの管理に関する説明書 （省略）	添付書類三　廃止措置に伴う放射線被ばくの管理に関する説明書 （変更なし）	
添付書類四　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，影響等に関する説明書 （省略）	添付書類四　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，影響等に関する説明書 （変更なし）	
添付書類五　使用済燃料又は核燃料物質による汚染の分布とその評価方法に関する説明書 （省略）	添付書類五　使用済燃料又は核燃料物質による汚染の分布とその評価方法に関する説明書 （変更なし）	
添付書類六　性能維持施設及びその性能並びにその性能を維持すべき期間に関する説明書 （省略）	添付書類六　性能維持施設及びその性能並びにその性能を維持すべき期間に関する説明書 （変更なし）	
添付書類七　廃止措置に要する費用の見積り及びその資金の調達計画に関する説明書 （省略）	添付書類七　廃止措置に要する費用の見積り及びその資金の調達計画に関する説明書 （変更なし）	
添付書類八　廃止措置の実施体制に関する説明書 （省略）	添付書類八　廃止措置の実施体制に関する説明書 （変更なし）	
添付書類九　廃止措置に係る品質マネジメントシステムに関する説明書 （省略）	添付書類九　廃止措置に係る品質マネジメントシステムに関する説明書 （変更なし）	
添付書類十　回収可能核燃料物質を再処理設備本体から取り出す工程に関する説明書 （省略）	添付書類十　回収可能核燃料物質を再処理設備本体から取り出す工程に関する説明書 （変更なし）	
添付書類十一　特定廃液の固型化その他の処理の工程に関する説明書 （省略）	添付書類十一　特定廃液の固型化その他の処理の工程に関する説明書 （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＿＿＿又は〰〰で示す。

変　更　前 令和 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 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
別冊 1-1～別冊 2-48 （省略）	別冊 1-1～別冊 2-48 （変更なし）	

（別冊２－４９）

再処理施設に関する設計及び工事の計画

（無停電電源装置の更新）

添付１　３．３．５．２　脱硝施設（その２）
ウラン脱硝施設

添付２　３．６．３　放射性廃棄物の廃棄施設（その３）
高放射性廃液貯蔵場

添付３　３．８．６　その他再処理設備の附属施設（その６）
ユーティリティ設備

（添付１）

３．３．５．２　脱硝施設（その２）
ウラン脱硝施設

目　　次

頁

１．　変更の概要　・・・

別　図　一　覧

別図－1　ウラン脱硝施設　無停電電源装置の系統概要図

別図－2　ウラン脱硝施設　無停電電源装置の配置図

別図－3　ウラン脱硝施設　無停電電源装置の概要図

別図－4　ウラン脱硝施設　無停電電源装置の更新に係る工事フロー

表　一　覧

表－1　無停電電源装置の設計条件

表－2　更新に用いる無停電電源装置の仕様

表－3　更新に用いる無停電電源装置の概略寸法、重量、固定ボルトの仕様

表－4　設計に用いる震度

表－5　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 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 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、工事を行うウラン脱硝施設の無停電電源装置の更新に係る廃止措置計画変更認可の申請は、昭和 57 年 12 月 4 日に認可（認可番号：57 安(核規)第 585 号）を受けた「脱硝施設（その 2）　ウラン脱硝施設」のうち、無停電電源装置（整流器、インバータ、蓄電池）の更新を行うものである。

更新する無停電電源装置は、ウラン脱硝施設の放射線管理設備（γ線エリアモニタ、β線ダストモニタ、局所排気モニタ）へ給電を行っている装置で、設置後 40 年以上が経過し製造メーカでの部品製造が中止され、定期的な部品交換や故障時の補修が困難となっていることから、無停電電源装置の更新を実施するものである。

更新に当たっては、無停電電源装置と同等の性能を有する仮設電源装置へ切替えを行った後に更新する。

本施設の無停電電源装置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 61 年 3 月 28 日の使用前検査合格証（合格証番号：61 安(核規)第 152 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）

「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)」

「日本電機工業会規格（JEM)」

「電気規格調査会規格（JEC)」

「電池工業会規格（SBA)」

「鋼構造許容応力度設計規準」（日本建築学会）

３．設計の基本方針

本申請において更新するウラン脱硝施設の無停電電源装置は、既設と同等の性能を有する無停電電源装置に更新する。

本申請に係るウラン脱硝施設 無停電電源装置の系統概要図を別図－1、ウラン脱硝施設 無停電電源装置の配置図を別図－2、ウラン脱硝施設 無停電電源装置の概要図を別図－3 に示す。

今回の申請では、対象である無停電電源装置が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）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、第二十九条（保安電源設備）の第 2 項に規定する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

本申請では、ウラン脱硝施設に設置している無停電電源装置を更新する。

本更新において使用する無停電電源装置は、既設と同等の性能を有するとともに、その性能を健全に維持するために、適切な検査、試験、保守、修理が行える設計とする。無停電電源装置の設計条件を表－1 に示す。

表－1　無停電電源装置の設計条件

名称	設置場所	定格出力	蓄電池容量	耐震分類
無停電電源装置	電気室（W121）	10 KVA	80 Ah	C

(2) 仕様

①無停電電源装置

本申請に係る更新に用いる無停電電源装置は、市販品とし、定格出力、蓄電池容量等の無停電電源装置の仕様を表－2、無停電電源装置の概略寸法、重量、固定ボルトの仕様を表－3 に示す。また、無停電電源装置の配置図を別図－2、無停電電源装置の概要図を別図－3 に示す。

表－2　更新に用いる無停電電源装置の仕様

名称	盤名称	形式	定格出力	蓄電池容量
無停電電源装置	インバータ盤	垂直自立型	10 KVA	80 Ah
	整流器盤			
	蓄電池盤			

表－3　更新に用いる無停電電源装置の概略寸法、重量、固定ボルトの仕様

名称	盤名称	概略寸法(m) 高さ×幅×奥行	概略重量 (kg)	固定ボルト		
				材料	サイズ	本数
無停電電源装置	インバータ盤	1.9×0.8×1.2	700	SS400	M16	4
	整流器盤	1.9×0.8×1.2	800	SS400	M16	4
	蓄電池盤	1.9×1.0×1.2	900	SS400	M16	4

②電線類

無停電電源装置に接続されている受電電線及び負荷電線は、使用に問題がないことを確認したうえで、既設の電線を使用する。

(3) 耐震性

本申請に係る既設の無停電電源装置は、耐震 A 類となっているが、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の第 7 条で要求される S クラス（旧再処理施設安全審査指針 A 類相当）及び B クラス（同 B 類相当）に該当しないと判断できることから、耐震分類 C クラスとする。 設計に用いる震度を表－4 に示す。

表－4　設計に用いる震度

施設	設置階	水平震度	鉛直震度
ウラン脱硝施設	1 階	0.26	－

(4) 保守

ウラン脱硝施設の無停電電源装置は、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、計器類(電圧計、電流計、周波数計)、冷却ファン、電線、基板、蓄電池等であり、適時、これらの予備部品を入手し、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検査・試験により確認する。

(1) 工事の手順

本工事に係る無停電電源装置の更新においては、製品を搬入し、負荷設備への給電を継続させるため、仮設電源装置を設置した後、既設無停電電源装置の基礎（チャンネルベース）を残して撤去を行う。その後、撤去した後の基礎に無停電電源装置を据付け、仮設電源装置を撤去する。

ウラン脱硝施設 無停電電源装置の更新に係る工事フローを別図－4 に示す。

工事の各段階で仕様を満足していることを確認するため、所要の検査・試験を行うこととしており、実施する検査・試験項目、検査対象、検査方法及び判定基準を以下に示す。

① 材料確認検査

対　象：固定ボルト

方　法：固定ボルトの材料証明書等を確認する。

判　定：表－3 に示す仕様のとおりであること。

② 据付・外観検査

対　象：無停電電源装置

方　法：イ）無停電電源装置を基礎（チャンネルベース）へ据付ける固定ボルトの本数を確認するとともに、固定ボルトの間隔を測定する。

ロ）無停電電源装置が所定の位置に配置され、外観に有害な傷及び変形がないことを確認する。

判　定：イ）無停電電源装置の固定ボルトの本数が表－3 に示すとおりであること。また、固定ボルトの間隔が別図－3 に示す間隔以上であること。

ロ）無停電電源装置の位置が別図－2 に示す位置に配置され、無停電電源装置の外観に有害な傷及び変形がないこと。

③ 作動検査（1）

対　象：無停電電源装置

方　法：イ）無停電電源装置を無負荷運転状態とし、商用電源の遮断器を遮断したとき、表示灯の点灯状態、電圧計及び周波数計の指示値を確認する。

ロ）商用電源の遮断器を再投入したとき、表示灯の点灯状態、電圧計及び周波数計の指示値を確認する。

判　定：イ）「電源」表示灯が消灯すること及び「インバータ給電」表示灯が点灯状態のままであること。また、インバータ盤の電圧計指示値が 100 V±10 V 及び周波数計指示値が 50 Hz±1 Hz であること。

ロ）「電源」表示灯が点灯すること及び「インバータ給電」表示灯が点灯状態のままであること。また、インバータ盤の電圧計指示値が 100 V±10 V 及び周波数計指示値が 50 Hz±1 Hz であること。

④ 作動検査（2）

対　象：無停電電源装置

方　法：イ）無停電電源装置を負荷運転状態とし、商用電源の遮断器を遮断したとき、表示灯の点灯状態、電圧計及び周波数計の指示値を確認する。

ロ）商用電源の遮断器を再投入したとき、表示灯の点灯状態、電圧計及び周波数計の指示値を確認する。

判　定：イ）「電源」表示灯が消灯すること及び「インバータ給電」表示灯が点灯状態のままであること。また、インバータ盤の電圧計指示値が 100 V±10 V 及び周波数計指示値が 50 Hz±1 Hz であること。

ロ）「電源」表示灯が点灯すること及び「インバータ給電」表示灯が点灯状態のままであること。また、インバータ盤の電圧計指示値が 100 V±10 V 及び周波数計指示値が 50 Hz±1 Hz 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、無停電電源装置の更新に係る作業手順、装備、連絡体制等について十分に検討した作業計画書を作成し、作業を実施する。

③ 本工事中は、同等の性能を有する仮設電源装置により、無停電電源装置の負荷への給電を行う。

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、検電器による無電圧確認を確実に行い、感電災害を防止するとともに、既設設備に損傷を与えないよう必要な措置を講じる。

⑦ 本工事では、工事期間中に負荷設備への給電を停止させることがないよう、仮設電源装置へ切替えた後に更新工事を実施するが、仮設電源装置への切替え及び更新後の無停電電源装置への切替え（負荷電線のつなぎ込み）を行う際には、無停電電源装置からの給電を 30 分程度停止する必要があるため、放射線管理設備が停止する間、人の立入りを禁止する等の保安上の対応を図る。

⑧ 仮設電源装置については、品質マネジメントシステムに則り、適宜、検査・試験を実施する。

６．工事の工程

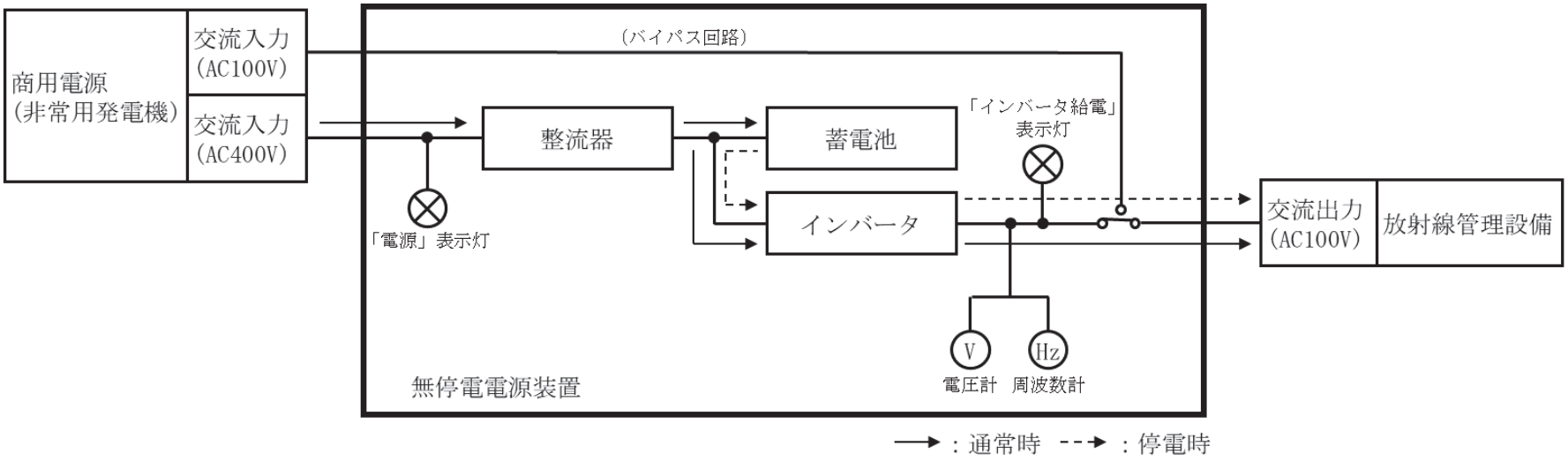
本申請に係る工事の工程を表－5 に示す。

表－5　工事工程表

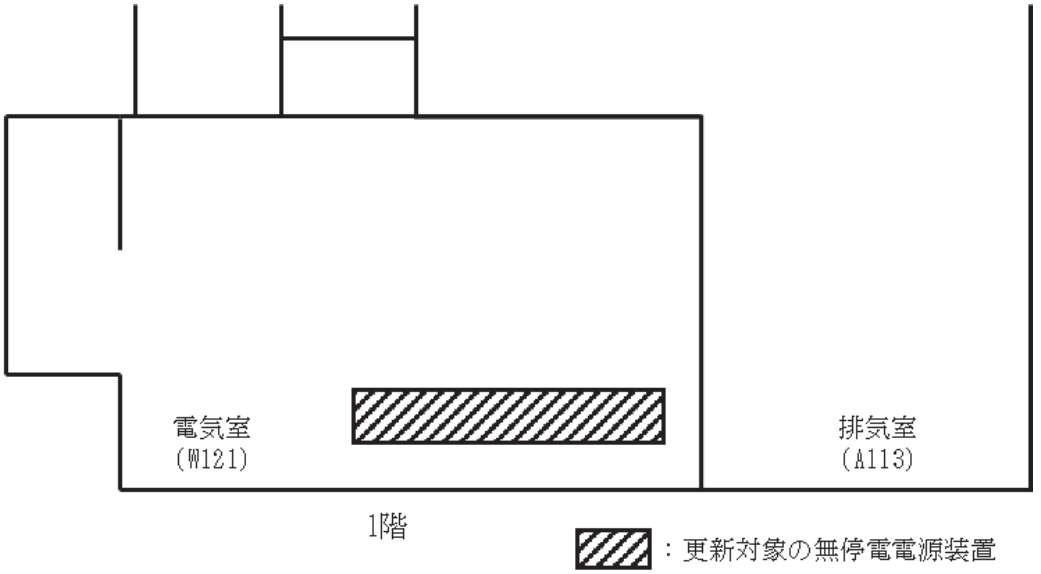
	令和 8 年度					備　考
	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	
ウラン脱硝施設 無停電電源装置の更新		工事				

※工事工程は、他の業務との調整に基づき変更する可能性がある。

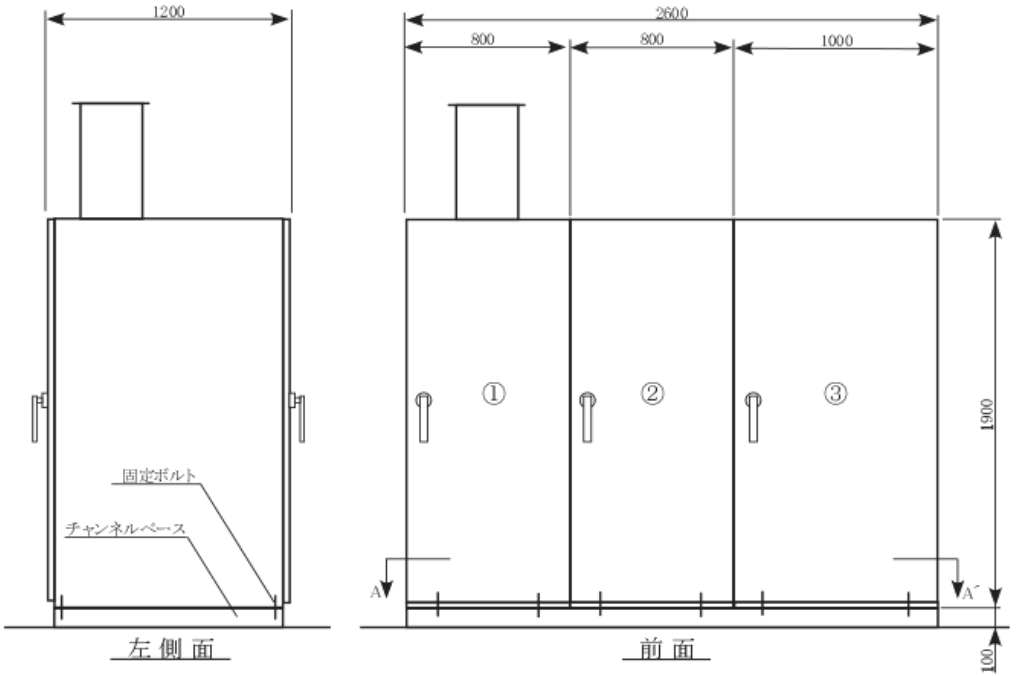
（別図）



別図－1　ウラン脱硝施設　無停電電源装置の系統概要図



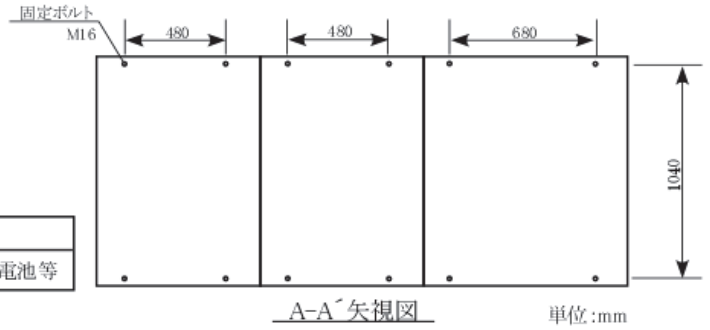
別図－2　ウラン脱硝施設　無停電電源装置の配置図



盤構成

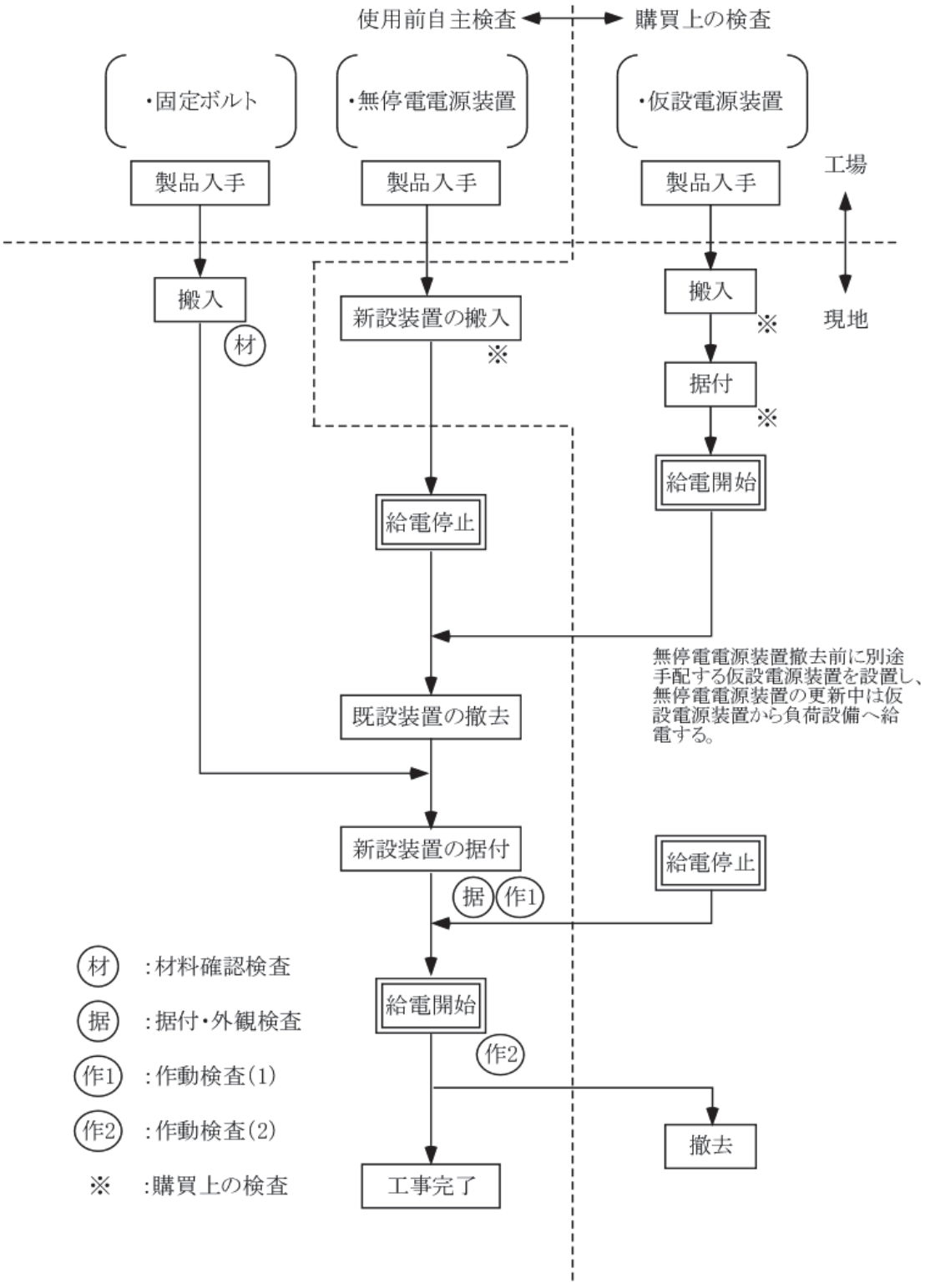
①	整流器盤
②	インバータ盤
③	蓄電池盤

保守において交換する部品
計器類（電圧計、電流計、周波数計）、冷却ファン、電線、基板、蓄電池等



単位：mm

別図－3 ウラン脱硝施設 無停電電源装置の概要図



別図－4　ウラン脱硝施設　無停電電源装置の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	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	－	－

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	－	－
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	有	第２項	別紙－３に示すとおり
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	－	－

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	－	－
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項　本申請は、ウラン脱硝施設の無停電電源装置を更新するものであり、無停電電源装置は、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第七条を踏まえ、機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設等に該当しないため、Ｃクラスとして設計する。

また、無停電電源装置は、ウラン脱硝施設におけるＣクラスの設計震度を用いて支持部に発生する応力が基礎（チャンネルベース）に固定する固定ボルトの許容応力を下回るように設計することで転倒を防止する。

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項　本申請により更新する無停電電源装置は、既設と同様のバイパス回路を有するものであり、バイパス回路への切替えにより給電を継続しながら無停電電源装置の検査又は試験ができることから、問題ない。

３項　本申請により更新する無停電電源装置は、既設と同様の計器類（電圧計、電流計等)、基板、蓄電池等から構成される仕様であり、これらの構成部品を交換することで、無停電電源装置の機能を維持するための適切な保守及び修理ができることから、問題ない。

第二十九条（保安電源設備）

再処理施設には外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、再処理施設の安全性を確保するために必要な設備の機能を維持するために、内燃機関を動力源とする発電設備又はこれと同等以上の機能を有する非常用電源設備が設けられていなければならない。

２　再処理施設の安全性を確保するために特に必要な設備には、無停電電源装置又はこれと同等以上の機能を有する設備が設けられていなければならない。

３　保全電源設備（事業指定基準規則第二十五条第三項に規定する保安電源設備をいう。）は、外部電源系統及び非常用電源設備から再処理施設の安全性を確保するために必要な設備へ電力の供給が停止することがないよう、次に掲げる措置が講じられたものでなければならない。

一　高エネルギーのアーク放電による電気盤の損壊の拡大を防止するために必要な措置

二　前号に掲げるもののほか、機器の損壊、故障その他の異常を検知し、及びその拡大を防止するために必要な措置

４　再処理施設に接続する電線路のうち少なくとも二回線は、当該再処理施設において受電可能なものであり、かつ、これらにより当該再処理施設を電力系統に連系するものでなければならない。

５　非常用電源設備及びその附属設備は、多重性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機器又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において安全上重要な施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。

２項　本申請に係る無停電電源装置の負荷設備は変更がないため、既設と同等の定格出力、蓄電池容量となるように設計する。

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、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。

（添付２）

３．６．３　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　高放射性廃液貯蔵場　無停電電源装置の系統概要図
別図－2　高放射性廃液貯蔵場　無停電電源装置の配置図
別図－3　高放射性廃液貯蔵場　無停電電源装置の概要図
別図－4　高放射性廃液貯蔵場　無停電電源装置の更新に係る工事フロー

表　一　覧

表－1　無停電電源装置の設計条件

表－2　更新に用いる無停電電源装置の仕様

表－3　更新に用いる無停電電源装置の概略寸法、重量、固定ボルトの仕様

表－4　設計に用いる震度

表－5　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 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 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、工事を行う高放射性廃液貯蔵場の無停電電源装置の更新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（認可番号：57 安(核規)第 584 号）を受けた「放射性廃棄物の廃棄施設（その 3）　高放射性廃液貯蔵場」のうち、無停電電源装置（整流器、インバータ、蓄電池）の更新を行うものである。

更新する無停電電源装置は、高放射性廃液貯蔵場の放射線管理設備（γ線エリアモニタ、β線ダストモニタ、局所排気モニタ）へ給電を行っている装置で、設置後 40 年以上が経過し製造メーカでの部品製造が中止され、定期的な部品交換や故障時の補修が困難となっていることから、無停電電源装置の更新を実施するものである。

更新に当たっては、無停電電源装置と同等の性能を有する仮設電源装置へ切替えを行った後に更新する。

本施設の無停電電源装置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 61 年 10 月 3 日の使用前検査合格証（合格証番号：61 安(核規)第 584 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）

「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)」

「日本電機工業会規格（JEM)」

「電気規格調査会規格（JEC)」

「電池工業会規格（SBA)」

「鋼構造許容応力度設計規準」（日本建築学会）

３．設計の基本方針

本申請において更新する高放射性廃液貯蔵場の無停電電源装置は、既設と同等の性能を有する無停電電源装置に更新する。

本申請に係る高放射性廃液貯蔵場 無停電電源装置の系統概要図を別図－1、高放射性廃液貯蔵場 無停電電源装置の配置図を別図－2、高放射性廃液貯蔵場 無停電電源装置の概要図を別図－3 に示す。

今回の申請では、対象である無停電電源装置が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）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、第二十九条（保安電源設備）の第 2 項に規定する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

本申請では、高放射性廃液貯蔵場に設置している無停電電源装置を更新する。

本更新において使用する無停電電源装置は、既設と同等の性能を有するとともに、その性能を健全に維持するために、適切な検査、試験、保守、修理が行える設計とする。無停電電源装置の設計条件を表－1 に示す。

表－1　無停電電源装置の設計条件

名称	設置場所	定格出力	蓄電池容量	耐震分類
無停電電源装置	電気室（W461）	3 KVA	30 Ah	C(S)

(2) 仕様

①無停電電源装置

本申請に係る更新に用いる無停電電源装置は、市販品とし、定格出力、蓄電池容量等の無停電電源装置の仕様を表－2、無停電電源装置の概略寸法、重量、固定ボルトの仕様を表－3 に示す。また、無停電電源装置の配置図を別図－2、無停電電源装置の概要図を別図－3 に示す。

表－2　更新に用いる無停電電源装置の仕様

名称	盤名称	形式	定格出力	蓄電池容量
無停電電源装置	インバータ盤	垂直自立型	3 KVA	30 Ah
	整流器盤			
	蓄電池盤			

表－3　更新に用いる無停電電源装置の概略寸法、重量、固定ボルトの仕様

名称	盤名称	概略寸法(m) 高さ×幅×奥行	概略重量 (kg)	固定ボルト		
				材料	サイズ	本数
無停電電源装置	インバータ盤	1.9×1.1×1.05	700	SS400	M16	4
	整流器盤	1.9×1.1×1.05	800	SS400	M16	4
	蓄電池盤	1.9×1.1×1.05	800	SS400	M16	4

②電線類

無停電電源装置に接続されている受電電線及び負荷電線は、使用に問題がないことを確認したうえで、既設の電線を使用する。

(3) 耐震性

本申請に係る既設の無停電電源装置は、耐震A 類となっているが、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の７条で要求されるS クラス（旧再処理施設安全審査指針A 類相当）及びB クラス（同B 類相当）に該当しないと判断できることから、耐震分類C クラスとする。 ただし、新たに設置する無停電電源装置は、耐震性を確保すべき設備である高圧受電盤の近傍に設置されていることから、高圧受電盤への波及的影響を考慮する必要があるため、剛構造である無停電電源について廃止措置用設計地震力による静的解析用震度を用いて評価（C(S)クラス）する。設計震度を表－4 に示す。

表－4　設計に用いる震度

施設	設置階	水平震度	鉛直震度
高放射性廃液貯蔵場	4 階	1.24	0.79

(4) 保守

高放射性廃液貯蔵場の無停電電源装置は、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、計器類（電圧計、電流計、周波数計)、冷却ファン、電線、基板、蓄電池等であり、適時、これらの予備部品を入手し、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検査・試験により確認する。

(1) 工事の手順

本工事に係る無停電電源装置の更新においては、製品を搬入し、負荷設備への給電を継続させるため、仮設電源装置を設置した後、既設無停電電源装置の基礎（チャンネルベース）を残して撤去を行う。その後、撤去した後の基礎に無停電電源装置を据付け、仮設電源装置を撤去する。

高放射性廃液貯蔵場 無停電電源装置の更新に係る工事フローを別図－4 に示す。

工事の各段階で仕様を満足していることを確認するため、所要の検査・試験を行うこととしており、実施する検査・試験項目、検査対象、検査方法及び判定基準を以下に示す。

① 材料確認検査

対　象：固定ボルト

方　法：固定ボルトの材料証明書等を確認する。

判　定：表－3 に示す仕様のとおりであること。

② 据付・外観検査

対　象：無停電電源装置

方　法：イ）無停電電源装置を基礎（チャンネルベース）へ据付ける固定ボルトの本数を確認するとともに、固定ボルトの間隔を測定する。

ロ）無停電電源装置が所定の位置に配置され、外観に有害な傷及び変形がないことを確認する。

判　定：イ）無停電電源装置の固定ボルトの本数が表－3 に示すとおりであること。また、固定ボルトの間隔が別図－3 に示す間隔以上であること。

ロ）無停電電源装置の位置が別図－2 に示す位置に配置され、無停電電源装置の外観に有害な傷及び変形がないこと。

③ 作動検査（1）

対　象：無停電電源装置

方　法：イ）無停電電源装置を無負荷運転状態とし、商用電源の遮断器を遮断したとき、表示灯の点灯状態、電圧計及び周波数計の指示値を確認する。

ロ）商用電源の遮断器を再投入したとき、表示灯の点灯状態、電圧計及び周波数計の指示値を確認する。

判　定：イ）「電源」表示灯が消灯すること及び「インバータ給電」表示灯が点灯状態のままであること。また、インバータ盤の電圧計指示値が100 V±10 V及び周波数計指示値が50 Hz±1 Hzであること。

ロ）「電源」表示灯が点灯すること及び「インバータ給電」表示灯が点灯状態のままであること。また、インバータ盤の電圧計指示値が100 V±10 V及び周波数計指示値が50 Hz±1 Hzであること。

④ 作動検査（2）

対　象：無停電電源装置

方　法：イ）無停電電源装置を負荷運転状態とし、商用電源の遮断器を遮断したとき、表示灯の点灯状態、電圧計及び周波数計の指示値を確認する。

ロ）商用電源の遮断器を再投入したとき、表示灯の点灯状態、電圧計及び周波数計の指示値を確認する。

判　定：イ）「電源」表示灯が消灯すること及び「インバータ給電」表示灯が点灯状態のままであること。また、インバータ盤の電圧計指示値が100 V±10 V及び周波数計指示値が50 Hz±1 Hzであること。

ロ）「電源」表示灯が点灯すること及び「インバータ給電」表示灯が点灯状態のままであること。また、インバータ盤の電圧計指示値が100 V±10 V及び周波数計指示値が50 Hz±1 Hz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、無停電電源装置の更新に係る作業手順、装備、連絡体制等について十分に検討した作業計画書を作成し、作業を実施する。

③ 本工事中は、同等の性能を有する仮設電源装置により、無停電電源装置の負荷への給電を行う。

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、検電器による無電圧確認を確実に行い、感電災害を防止するとともに、既設設備に損傷を与えないよう必要な措置を講じる。

⑦ 本工事では、工事期間中に負荷設備への給電を停止させることがないよう、仮設電源装置へ切替えた後に更新工事を実施するが、仮設電源装置への切替え及び更新後の無停電電源装置への切替え（負荷電線のつなぎ込み）を行う際には、無停電電源装置からの給電を 30 分程度停止する必要があるため、放射線管理設備が停止する間、人の立入りを禁止する等の保安上の対応を図る。

⑧ 仮設電源装置については、品質マネジメントシステムに則り、適宜、検査・試験を実施する。

６．工事の工程

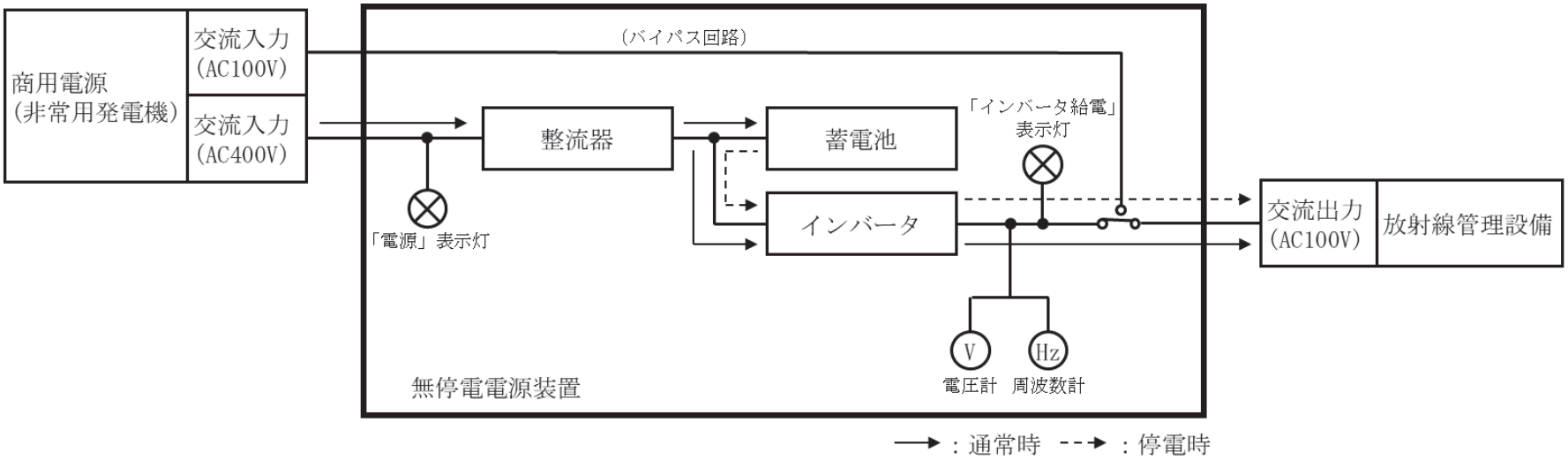
本申請に係る工事の工程を表－5 に示す。

表－5　工事工程表

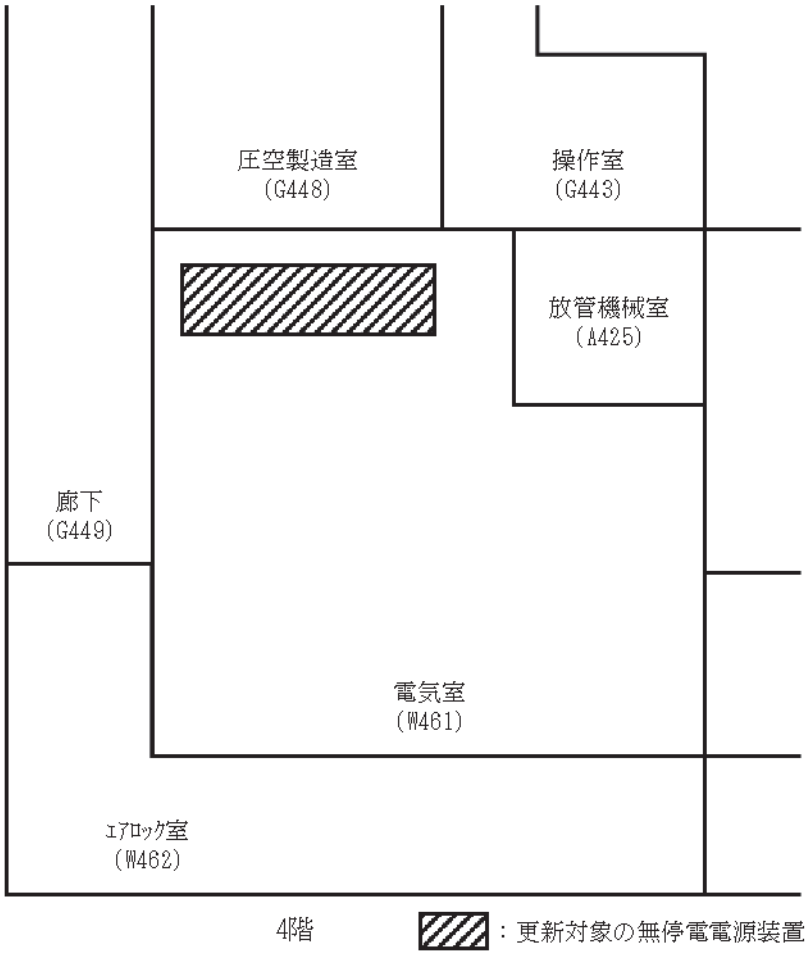
	令和 8 年度					備　考
	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	
高放射性廃液貯蔵場 無停電電源装置の更新		工事				

※工事工程は、他の業務との調整に基づき変更する可能性がある。

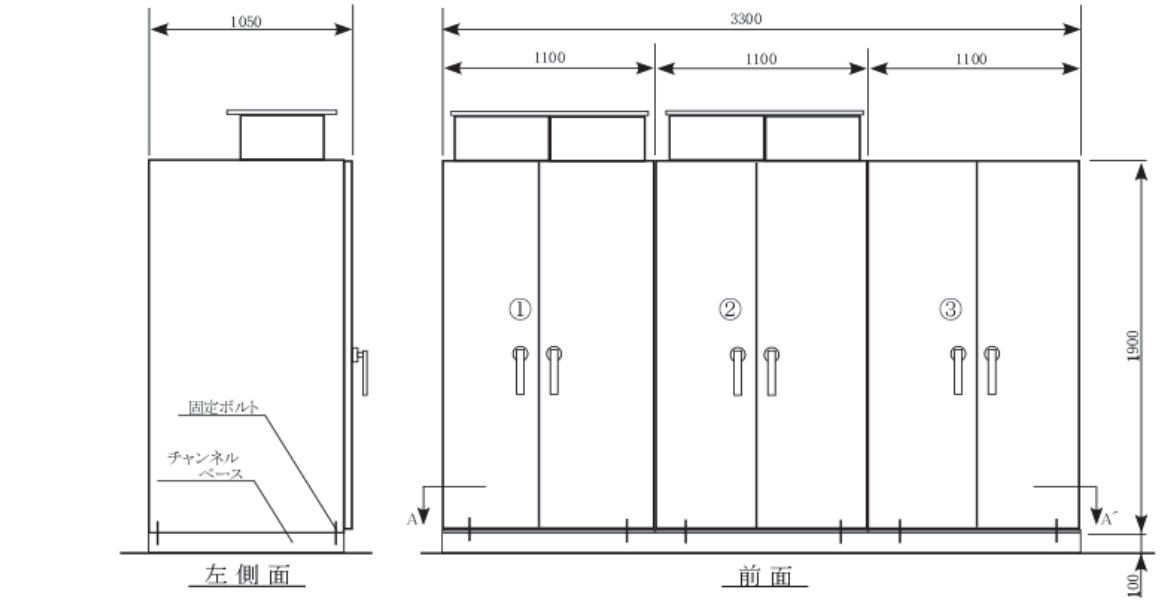
（別図）



別図－1　高放射性廃液貯蔵場　無停電電源装置の系統概要図

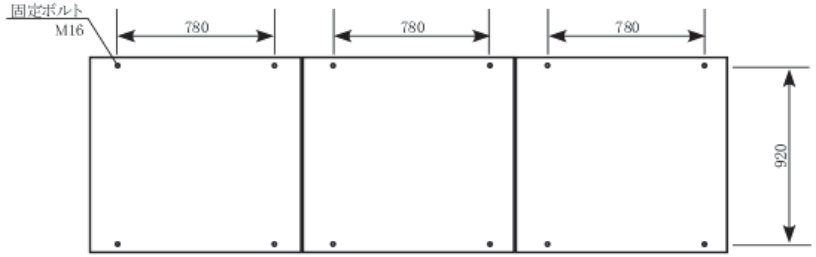


別図－2　高放射性廃液貯蔵場　無停電電源装置の配置図



盤構成

①	インバータ盤
②	整流器盤
③	蓄電池盤

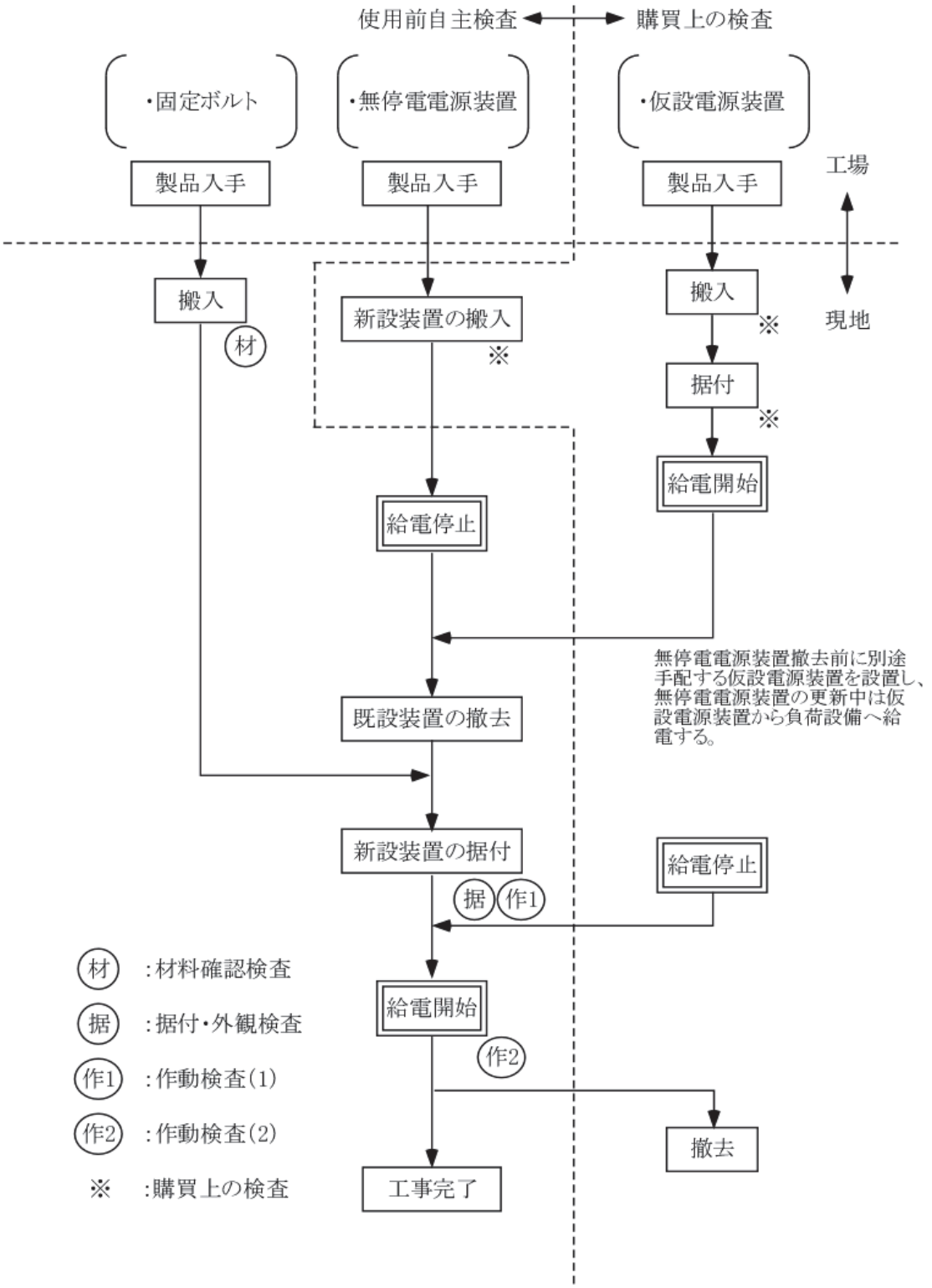


A-A´矢視図

単位:mm

保守において交換する部品
計器類(電圧計、電流計、周波数計)、冷却ファン、電線、基板、蓄電池等

別図－3　高放射性廃液貯蔵場　無停電電源装置の概要図



別図－4　高放射性廃液貯蔵場　無停電電源装置の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	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	－	－

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	－	－
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	有	第２項	別紙－３に示すとおり
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	－	－

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	－	－
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項　本申請は、高放射性廃液貯蔵場の無停電電源装置を更新するものであり、無停電電源装置は、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第七条を踏まえ、機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設等に該当しないため、Ｃクラスとして設計する。ただし、無停電電源装置は、高圧受電盤の近傍に設置されていることから、転倒により高圧受電盤への波及的影響を考慮する必要がある。そのため、無停電電源装置について、「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波及的影響が生じないことを据付ボルトの応力で評価（C(S)クラス）する。耐震性についての計算書を添付資料－1に示す。

また、無停電電源装置は、高放射性廃液貯蔵場における耐震分類Ｓクラスの設計震度を用いて支持部に発生する応力が基礎（チャンネルベース）に固定する固定ボルトの許容応力を下回るように設計することで転倒を防止する。

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項　本申請により更新する無停電電源装置は、既設と同様のバイパス回路を有するものであり、バイパス回路への切替えにより給電を継続しながら無停電電源装置の検査又は試験ができることから、問題ない。

３項　本申請により更新する無停電電源装置は、既設と同様の計器類（電圧計、電流計等）、基板、蓄電池等から構成される仕様であり、これらの構成部品を交換することで、無停電電源装置の機能を維持するための適切な保守及び修理ができることから、問題ない。

第二十九条（保安電源設備）

再処理施設には外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、再処理施設の安全性を確保するために必要な設備の機能を維持するために、内燃機関を動力源とする発電設備又はこれと同等以上の機能を有する非常用電源設備が設けられていなければならない。

２　再処理施設の安全性を確保するために特に必要な設備には、無停電電源装置又はこれと同等以上の機能を有する設備が設けられていなければならない。

３　保全電源設備（事業指定基準規則第二十五条第三項に規定する保安電源設備をいう。）は、外部電源系統及び非常用電源設備から再処理施設の安全性を確保するために必要な設備へ電力の供給が停止することがないよう、次に掲げる措置が講じられたものでなければならない。

一　高エネルギーのアーク放電による電気盤の損壊の拡大を防止するために必要な措置

二　前号に掲げるもののほか、機器の損壊、故障その他の異常を検知し、及びその拡大を防止するために必要な措置

４　再処理施設に接続する電線路のうち少なくとも二回線は、当該再処理施設において受電可能なものであり、かつ、これらにより当該再処理施設を電力系統に連系するものでなければならない。

５　非常用電源設備及びその附属設備は、多重性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機器又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において安全上重要な施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。

２項　本申請に係る無停電電源装置の負荷設備は変更がないため、既設と同等の定格出力、蓄電池容量となるように設計する。

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、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。

添付資料-1

無停電電源装置（高放射性廃液貯蔵場）の
耐震性についての計算書

1. 概要

高放射性廃液貯蔵場の無停電電源装置は、高圧受電盤の近傍に設置されていることから、転倒により高圧受電盤への波及的影響を考慮する必要がある。そのため、無停電電源装置について、「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波及的影響が生じないことを据付ボルトの応力評価により示す。

2. 一般事項

2.1 評価の方針

無停電電源装置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

記号	記号説明	単位
A_b	固定ボルトの軸断面積	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	固定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	m/s^2
h	固定面から重心までの距離	mm

記号	記号説明	単位
I	断面2次モーメント	mm^4
l_1, l_2	重心と固定ボルト間の水平方向距離（$l_1 \leqq l_2$）	mm
L	固定ボルト間隔	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	固定ボルトの本数	—
n_f	引張力の作用する固定ボルトの評価本数	—
Q_b	固定ボルトに生じるせん断力	N
σ_b	固定ボルトに生じる引張応力	MPa
T_H	水平方向固有周期	s
τ_b	固定ボルトに生じるせん断応力	MPa

3. 評価部位

チャンネルベースは、床金属板に溶接で固定され、転倒する恐れはないことから、無停電電源装置の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなるチャンネルベースと無停電電源装置を接続する固定ボルトとする。

4. 構造強度評価

4.1無停電電源装置の主要寸法

無停電電源装置の主要寸法・仕様を表 4-1 に示す。

表 4-1　無停電電源装置の主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
無停電電源装置	固定ボルト間隔	L	920(mm)
	固定ボルト呼び径	－	M16
	固定ボルト材質	－	SS400
	固定ボルト温度	－	40(℃)
	固定ボルトの本数	n	12
	引張力の作用する固定ボルトの評価本数	n_f	6
	固定面から重心までの距離	h	950(mm)
	総質量	m	2300(kg)

4.2 固有周期の算出

無停電電源装置の固有周期は、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。算出の結果、表4-2に示すとおり、無停電電源装置の固有周期は、0.05(秒)以下であり、剛構造であることを確認した。

$$T_H = 2\pi\sqrt{\frac{m}{1000}\left(\frac{h^3}{3EI}+\frac{h}{A_S G_1}\right)}$$

表4-2　固有周期

評価対象設備	固有周期
無停電電源装置	0.05(秒)以下

4.3荷重の組合せ

発生応力の算出については、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。

4.4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JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格設計・建設規格JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態 Dsにおける許容応力を用いた。供用状態 Dsについては、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。固定ボルトの応力分類及び許容応力を表4-3に示す。

表4-3　固定ボルトの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
固定ボルト	引張応力	$1.5\times(F/1.5)$
固定ボルト	せん断応力	$1.5\times(F/(1.5\sqrt{3}))$

4.5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の各階での静的解析用震度を表4-4に示す。無停電電源装置の静的解析用震度は、機器据付階のもの（4F，水平方向：1.24、鉛直方向：0.79）を用いた。

表4-4　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

4.6計算方法

無停電電源装置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）:

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力（τ_b）:

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

4.7解析モデル

無停電電源装置の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は固定ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向モデルに対して行う。

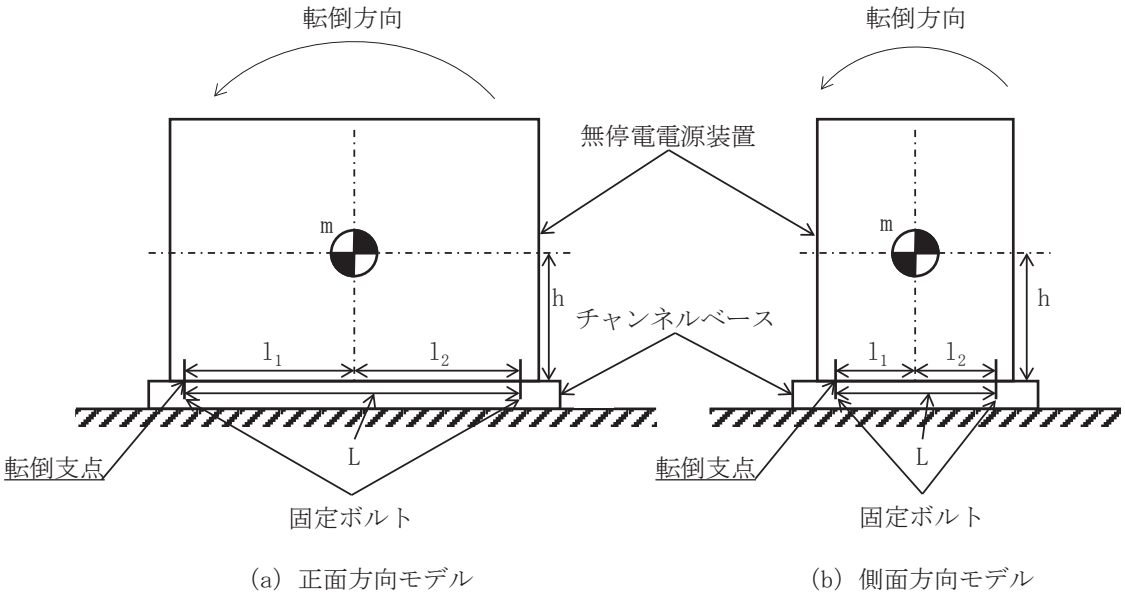


図4-1　解析モデル

5. 評価結果

構造強度評価結果を表5-1に示す。

無停電電源装置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
停電電源装置	固定ボルト	引張	21	280	0.08
		せん断	15	161	0.10

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

（添付３）

３．８．６　その他再処理設備の附属施設（その６）
ユーティリティ設備

目　　次

頁

１．　変更の概要　・・・

別　図　一　覧

別図－1　第三低放射性廃液蒸発処理施設　無停電電源装置の系統概要図
別図－2　第三低放射性廃液蒸発処理施設　無停電電源装置の配置図
別図－3　第三低放射性廃液蒸発処理施設　無停電電源装置の概要図
別図－4　第三低放射性廃液蒸発処理施設　無停電電源装置の更新に係る工事フロー

表　一　覧

表－1　無停電電源装置の設計条件

表－2　更新に用いる無停電電源装置の仕様

表－3　更新に用いる無停電電源装置の概略寸法、重量、固定ボルトの仕様

表－4　設計に用いる震度

表－5　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 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 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、工事を行う第三低放射性廃液蒸発処理施設の無停電電源装置の更新に係る廃止措置計画変更認可の申請は、昭和 55 年 12 月 3 日に認可（認可番号：55 安(核規)第 633 号）を受けた「その他再処理設備の附属施設（その 6）　ユーティリティ設備」のうち、無停電電源装置（整流器、インバータ、蓄電池）の更新を行うものである。

更新する無停電電源装置は、第三低放射性廃液蒸発処理施設、放出廃液油分除去施設等の放射線管理設備（γ線エリアモニタ、β線ダストモニタ、局所排気モニタ）へ給電を行っている装置で、設置後 40 年以上が経過し製造メーカでの部品製造が中止され、定期的な部品交換や故障時の補修が困難となっていることから、無停電電源装置の更新を実施するものである。

更新に当たっては、無停電電源装置と同等の性能を有する仮設電源装置へ切替えを行った後に更新する。

本施設の無停電電源装置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 55 年 12 月 25 日の使用前検査合格証（合格証番号：46 原第 4482 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）

「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)」

「日本電機工業会規格（JEM)」

「電気規格調査会規格（JEC)」

「電池工業会規格（SBA)」

「鋼構造許容応力度設計規準」（日本建築学会）

３．設計の基本方針

本申請において更新する第三低放射性廃液蒸発処理施設の無停電電源装置は、既設と同等の性能を有する無停電電源装置に更新する。

本申請に係る第三低放射性廃液蒸発処理施設 無停電電源装置の系統概要図を別図－1、第三低放射性廃液蒸発処理施設 無停電電源装置の配置図を別図－2、第三低放射性廃液蒸発処理施設 無停電電源装置の概要図を別図－3 に示す。

今回の申請では、対象である無停電電源装置が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）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、第二十九条（保安電源設備）の第 2 項に規定する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

本申請では、第三低放射性廃液蒸発処理施設に設置している無停電電源装置を更新する。

本更新において使用する無停電電源装置は、既設と同等の性能を有するとともに、その性能を健全に維持するために、適切な検査、試験、保守、修理が行える設計とする。無停電電源装置の設計条件を表－1 に示す。

表－1　無停電電源装置の設計条件

名称	設置場所	定格出力	蓄電池容量	耐震分類
無停電電源装置	受変電盤室（W103）	7.5 KVA	300 Ah	C

(2) 仕様

①無停電電源装置

本申請に係る更新に用いる無停電電源装置は、市販品とし、定格出力、蓄電池容量等の無停電電源装置の仕様を表－2、無停電電源装置の概略寸法、重量、固定ボルトの仕様を表－3 に示す。また、無停電電源装置の配置図を別図－2、無停電電源装置の概要図を別図－3 に示す。

表－2　更新に用いる無停電電源装置の仕様

名称	盤名称	形式	定格出力	蓄電池容量
無停電電源装置	インバータ盤	垂直自立型	7.5 KVA	300 Ah
	整流器盤			
	蓄電池盤			

表－3　更新に用いる無停電電源装置の概略寸法、重量、固定ボルトの仕様

名称	盤名称	概略寸法(m) 高さ×幅×奥行	概略重量 (kg)	固定ボルト		
				材料	サイズ	本数
無停電電源装置	インバータ盤	2.0×1.0×1.4	800	SS400	M12	4
	交流入出力盤	2.0×1.0×1.4	800	SS400	M12	4
	整流器盤	2.0×1.0×1.4	800	SS400	M12	4
	直流入出力盤	2.0×1.0×1.4	700	SS400	M12	4
	蓄電池盤	2.0×1.0×1.4	900	SS400	M12	4
	蓄電池盤	2.0×1.0×1.4	1,000	SS400	M12	4
	蓄電池盤	2.0×1.0×1.4	1,000	SS400	M12	4
	蓄電池盤	2.0×1.0×1.4	1,000	SS400	M12	4

②電線類

無停電電源装置に接続されている受電電線及び負荷電線は、使用に問題がないことを確認したうえで、既設の電線を使用する。

(3) 耐震性

本申請に係る既設の無停電電源装置は、耐震 A 類となっているが、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の７条で要求されるＳ クラス（旧再処理施設安全審査指針 A 類相当）及びB クラス（同B 類相当）に該当しないと判断できることから、耐震分類C クラスとする。設計に用いる震度を表－4に示す。

表－4　設計に用いる震度

施設	設置階	水平震度	鉛直震度
第三低放射性廃液 蒸発処理施設	1階	0.36	－

(4) 保守

第三低放射性廃液蒸発処理施設の無停電電源装置は、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、計器類（電圧計、電流計、周波数計)、冷却ファン、電線、基板、蓄電池等であり、適時、これらの予備部品を入手し、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検査・試験により確認する。

(1) 工事の手順

本工事に係る無停電電源装置の更新においては、製品を搬入し、負荷設備への給電を継続させるため、仮設電源装置を設置した後、既設無停電電源装置の基礎（チャンネルベース）を残して撤去を行う。その後、撤去した後の基礎に無停電電源装置を据付け、仮設電源装置を撤去する。

第三低放射性廃液蒸発処理施設 無停電電源装置の更新に係る工事フローを別図－4 に示す。

工事の各段階で仕様を満足していることを確認するため、所要の検査・試験を行うこととしており、実施する検査・試験項目、検査対象、検査方法及び判定基準を以下に示す。

① 材料確認検査

対　象：固定ボルト

方　法：固定ボルトの材料証明書等を確認する。

判　定：表－3 に示す仕様のとおりであること。

② 据付・外観検査

対　象：無停電電源装置

方　法：イ）無停電電源装置を基礎（チャンネルベース）へ据付ける固定ボルトの本数を確認するとともに、固定ボルトの間隔を測定する。

ロ）無停電電源装置が所定の位置に配置され、外観に有害な傷及び変形がないことを確認する。

判　定：イ）無停電電源装置の固定ボルトの本数が表－3 に示すとおりであること。また、固定ボルトの間隔が別図－3 に示す間隔以上であること。

ロ）無停電電源装置の位置が別図－2 に示す位置に配置され、無停電電源装置の外観に有害な傷及び変形がないこと。

③ 作動検査（1）

対　象：無停電電源装置

方　法：イ）無停電電源装置を無負荷運転状態とし、商用電源の遮断器を遮断したとき、表示灯の点灯状態、電圧計及び周波数計の指示値を確認する。

ロ）商用電源の遮断器を再投入したとき、表示灯の点灯状態、電圧計及び周波数計の指示値を確認する。

判　定：イ）「電源」表示灯が消灯すること及び「インバータ給電」表示灯が点灯状態のままであること。また、インバータ盤の電圧計指示値が 100 V±10 V 及び周波数計指示値が 50 Hz±1 Hz であること。

ロ）「電源」表示灯が点灯すること及び「インバータ給電」表示灯が点灯状態のままであること。また、インバータ盤の電圧計指示値が 100 V±10 V 及び周波数計指示値が 50 Hz±1 Hz であること。

④ 作動検査（2）

対　象：無停電電源装置

方　法：イ）無停電電源装置を負荷運転状態とし、商用電源の遮断器を遮断したとき、表示灯の点灯状態、電圧計及び周波数計の指示値を確認する。

ロ）商用電源の遮断器を再投入したとき、表示灯の点灯状態、電圧計及び周波数計の指示値を確認する。

判　定：イ）「電源」表示灯が消灯すること及び「インバータ給電」表示灯が点灯状態のままであること。また、インバータ盤の電圧計指示値が 100 V±10 V 及び周波数計指示値が 50 Hz±1 Hz であること。

ロ）「電源」表示灯が点灯すること及び「インバータ給電」表示灯が点灯状態のままであること。また、インバータ盤の電圧計指示値が 100 V±10 V 及び周波数計指示値が 50 Hz±1 Hz 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、無停電電源装置の更新に係る作業手順、装備、連絡体制等について十分に検討した作業計画書を作成し、作業を実施する。

③ 本工事中は、同等の性能を有する仮設電源装置により、無停電電源装置の負荷への給電を行う。

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、検電器による無電圧確認を確実に行い、感電災害を防止するとともに、既設設備に損傷を与えないよう必要な措置を講じる。

⑦ 本工事では、工事期間中に負荷設備への給電を停止させることがないよう、仮設電源装置へ切替えた後に更新工事を実施するが、仮設電源装置への切替え及び更新後の無停電電源装置への切替え（負荷電線のつなぎ込み）を行う際には、無停電電源装置からの給電を 30 分程度停止する必要があるため、放射線管理設備が停止する間、人の立入りを禁止する等の保安上の対応を図る。

⑧ 仮設電源装置については、品質マネジメントシステムに則り、適宜、検査・試験を実施する。

６．工事の工程

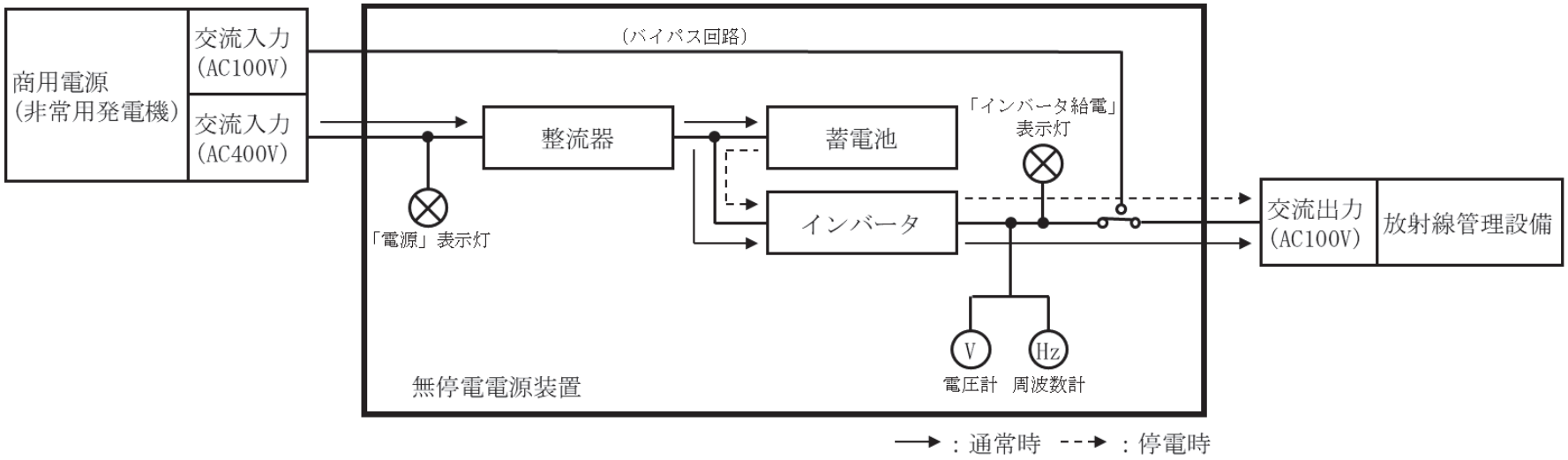
本申請に係る工事の工程を表－5 に示す。

表－5　工事工程表

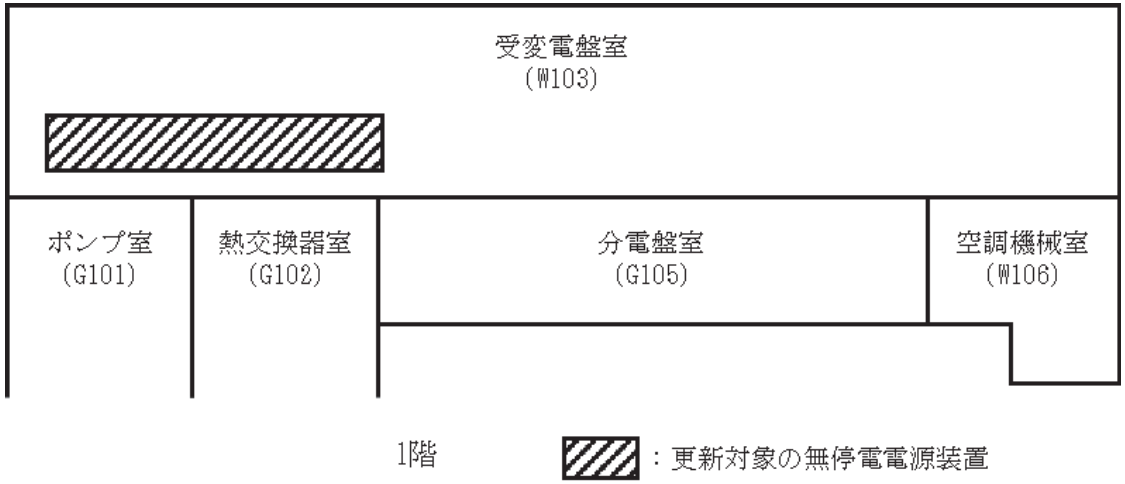
	令和 8 年度					備　考
	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	
第三低放射性廃液蒸発処理施設 無停電電源装置の更新		工事				

※工事工程は、他の業務との調整に基づき変更する可能性がある。

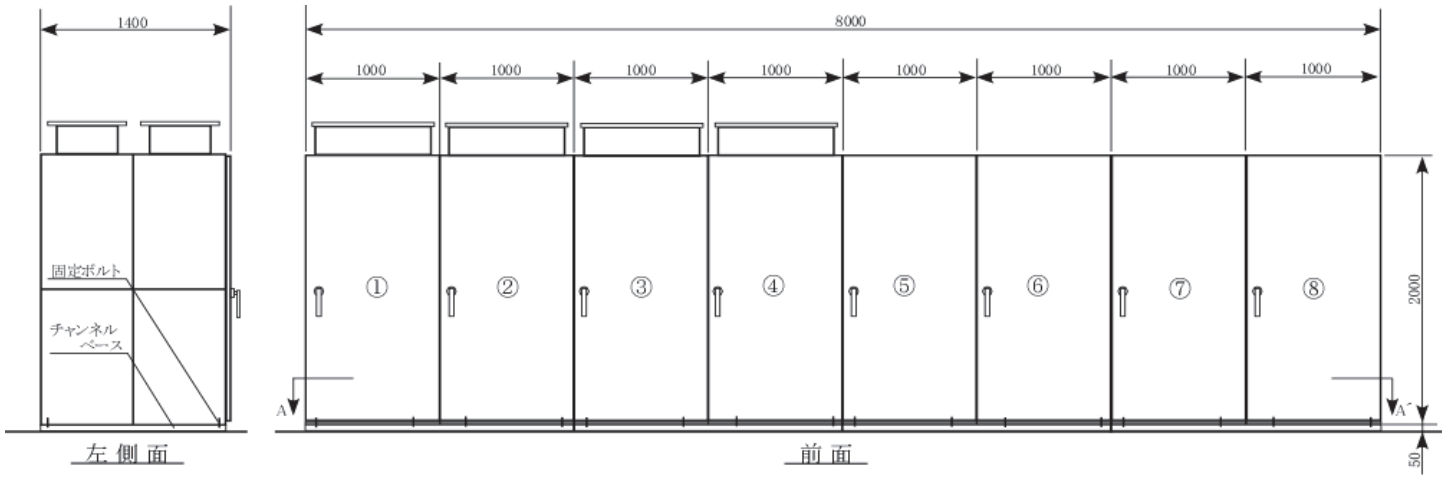
（別図）



別図－1　第三低放射性廃液蒸発処理施設　無停電電源装置の系統概要図

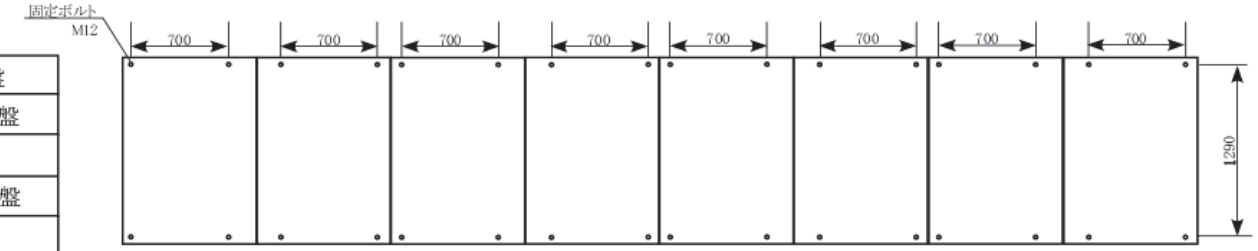


別図-2　第三低放射性廃液蒸発処理施設　無停電電源装置の配置図



盤構成

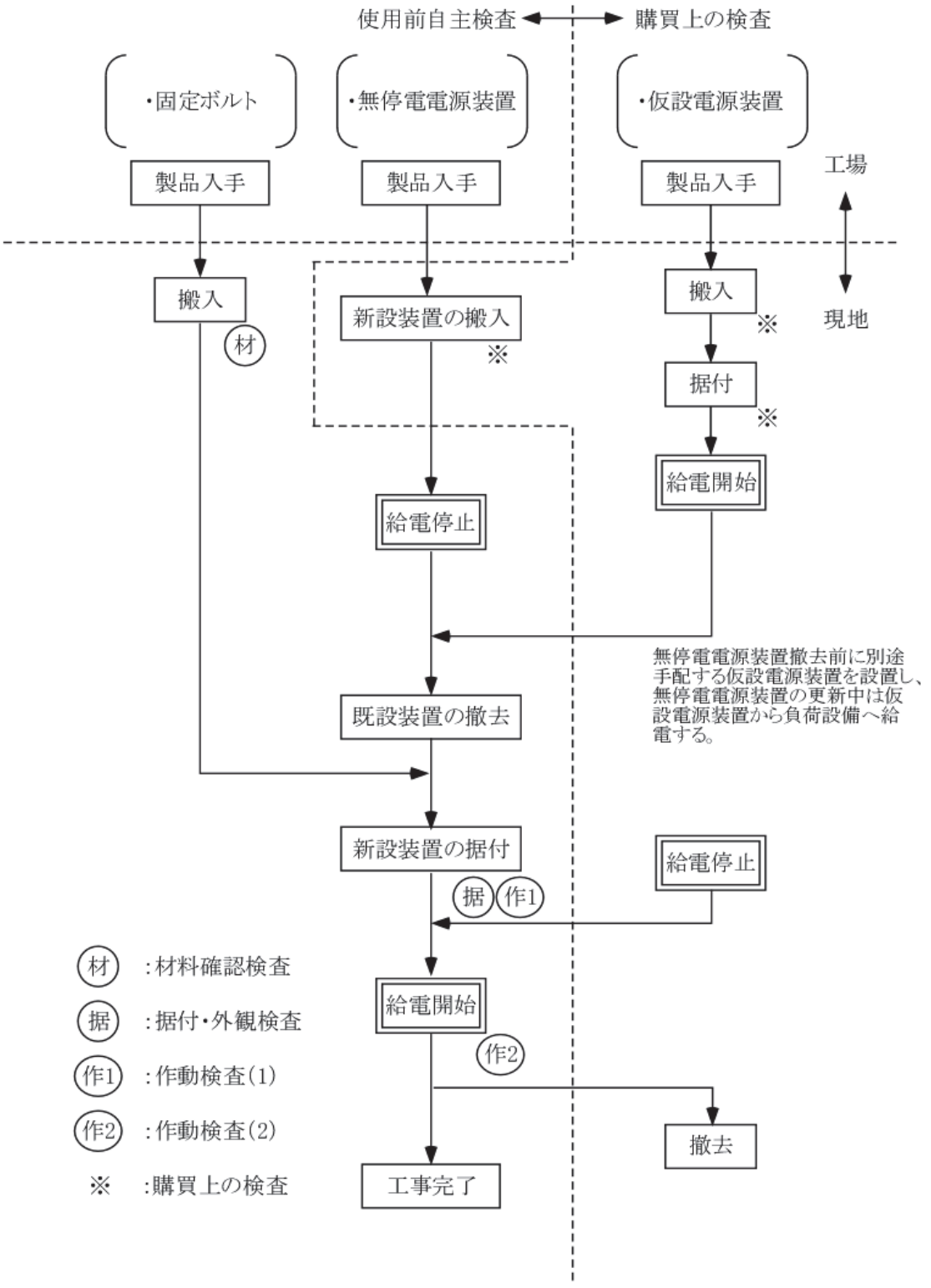
①	インバータ盤
②	交流入出力盤
③	整流器盤
④	直流入出力盤
⑤	蓄電池盤
⑥	蓄電池盤
⑦	蓄電池盤
⑧	蓄電池盤



単位：mm

保守において交換する部品
計器類（電圧計、電流計、周波数計）、冷却ファン、電線、基板、蓄電池等

別図－3　第三低放射性廃液蒸発処理施設　無停電電源装置の概要図



別図－4　第三低放射性廃液蒸発処理施設　無停電電源装置の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	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	－	－

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	－	－
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	有	第２項	別紙－３に示すとおり
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	－	－

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	－	－
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項　本申請は、第三低放射性廃液蒸発処理施設の無停電電源装置を更新するものであり、無停電電源装置は、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第七条を踏まえ、機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設等に該当しないため、Ｃクラスとして設計する。

また、無停電電源装置は、第三低放射性廃液蒸発処理施設におけるＣクラスの設計震度を用いて支持部に発生する応力が基礎（チャンネルベース）に固定する固定ボルトの許容応力を下回るように設計することで転倒を防止する。

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項　本申請により更新する無停電電源装置は、既設と同様のバイパス回路を有するものであり、バイパス回路への切替えにより給電を継続しながら無停電電源装置の検査又は試験ができることから、問題ない。

３項　本申請により更新する無停電電源装置は、既設と同様の計器類（電圧計、電流計等)、基板、蓄電池等から構成される仕様であり、これらの構成部品を交換することで、無停電電源装置の機能を維持するための適切な保守及び修理ができることから、問題ない。

第二十九条（保安電源設備）

再処理施設には外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、再処理施設の安全性を確保するために必要な設備の機能を維持するために、内燃機関を動力源とする発電設備又はこれと同等以上の機能を有する非常用電源設備が設けられていなければならない。

２　再処理施設の安全性を確保するために特に必要な設備には、無停電電源装置又はこれと同等以上の機能を有する設備が設けられていなければならない。

３　保全電源設備（事業指定基準規則第二十五条第三項に規定する保安電源設備をいう。）は、外部電源系統及び非常用電源設備から再処理施設の安全性を確保するために必要な設備へ電力の供給が停止することがないよう、次に掲げる措置が講じられたものでなければならない。

一　高エネルギーのアーク放電による電気盤の損壊の拡大を防止するために必要な措置

二　前号に掲げるもののほか、機器の損壊、故障その他の異常を検知し、及びその拡大を防止するために必要な措置

４　再処理施設に接続する電線路のうち少なくとも二回線は、当該再処理施設において受電可能なものであり、かつ、これらにより当該再処理施設を電力系統に連系するものでなければならない。

５　非常用電源設備及びその附属設備は、多重性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機器又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において安全上重要な施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。

２項　本申請に係る無停電電源装置の負荷設備は変更がないため、既設と同等の定格出力、蓄電池容量となるように設計する。

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、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２－５０）

再処理施設に関する設計及び工事の計画

（扉の強化工事）

添付１　３．１．１６　建物（その１６）
高放射性廃液貯蔵場

添付２　３．１．２３　建物（その２３）
ガラス固化技術開発施設

（添付１）

３．１．１６　建物（その１６）

高放射性廃液貯蔵場

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　[redacted]の設置位置図（HAW 建家 1 階平面）

別図-2　[redacted]の設置状態

別図-3-1　[redacted]の強化概要

別図-3-2　[redacted]の強化概要

別図-3-3　[redacted]の強化概要

別図-4　[redacted]の強化工事フロー図

表　一　覧

表-1　　設計条件

表-2　　強化材の設計仕様

表-3　　強化工事工程表

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 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 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。

本申請は、[redacted]をもって変更の認可を受けた高放射性廃液貯蔵場（HAW）の[redacted]について、より耐久性を高めるため強化工事を行うものである。

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）

「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）

「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601）」（日本電気協会）

「日本産業規格（JIS）」

「建築基準法・同施行令」

「鋼構造許容応力度設計規準」（日本建築学会）

３．設計の基本方針

高放射性廃液貯蔵場（HAW）の[redacted]である[redacted]について、より耐久性を高めるため強化工事を行う。

[redacted]の設置位置図を別図-1、[redacted]の設置状態を別図-2、[redacted]の強化概要を別図-3-1～3-3に示す。

今回の申請では、工事対象である[redacted]が「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）の第六条（地震による損傷の防止）第2項、第七条（津波による損傷の防止）、第十六条（安全機能を有する施設）第2項及び第3項に規定する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

[redacted] の扉体及び戸当りに強化材を溶接により施工する。また、強化材を覆うように化粧板を施工する。

強化材等の施工に伴い [redacted] の扉体及び戸当りの重量が増加することから、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津波（以下「設計津波」という。）に対し損傷することがないように、設計地震動に対する耐震評価及び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を実施する。

[redacted] の設計条件を表-1 に示す。

表-1　設計条件

[redacted]	耐震分類	材質	強化工事後重量(t)
[redacted]	B クラス	SUS304	1.8
[redacted]	B クラス	SUS304	8.3
[redacted]	B クラス	SUS304	1.8

(2) 仕様

本強化工事に用いる強化材の仕様を表-2 に示す。

表-2　強化材の設計仕様

名称	材質	備考 (主要寸法(mm))
強化材	SUS304	(t6)

(3) 保守

[redacted] 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（締付クサビ)、扉体水密ゴム、ゴム押え板、化粧板、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

本申請に係る強化材等の設置は、「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) 工事の手順

本工事に用いる強化材等は、材料を入手後、工場にて加工を行った後、現地に搬入する。強化材については、扉体及び戸当りに溶接により施工する。強化材の施工後、その据付状態を覆い隠すよう、化粧板をあわせて施工する。

本工事フローを別図-4 に示す。

工事の各段階において所要の試験・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 据付・外観検査その１

対　象：[redacted]

方　法：強化材等が[redacted]の所定の位置に取り付けられ、[redacted]（支持部含む）の外観について安全機能に影響を及ぼす有害な傷、変形がないことを目視により確認する。

判　定：強化材等が[redacted]の所定の位置に取り付けられ、[redacted]（支持部含む）の外観について安全機能に影響を及ぼす有害な傷、変形がないこと。

② 据付・外観検査その２

対　象：[redacted]

方　法：化粧板が[redacted]の所定の位置に取り付けられ、[redacted]（支持部含む）の外観について安全機能に影響を及ぼす有害な傷、変形がないことを目視により確認する。

判　定：化粧板が[redacted]の所定の位置に取り付けられ、[redacted]（支持部含む）の外観について安全機能に影響を及ぼす有害な傷、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 本工事は、既設設備に影響を与えないよう、養生等を施して行う。

③ 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。

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。

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 本工事においては、廃止措置計画の事故対処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。

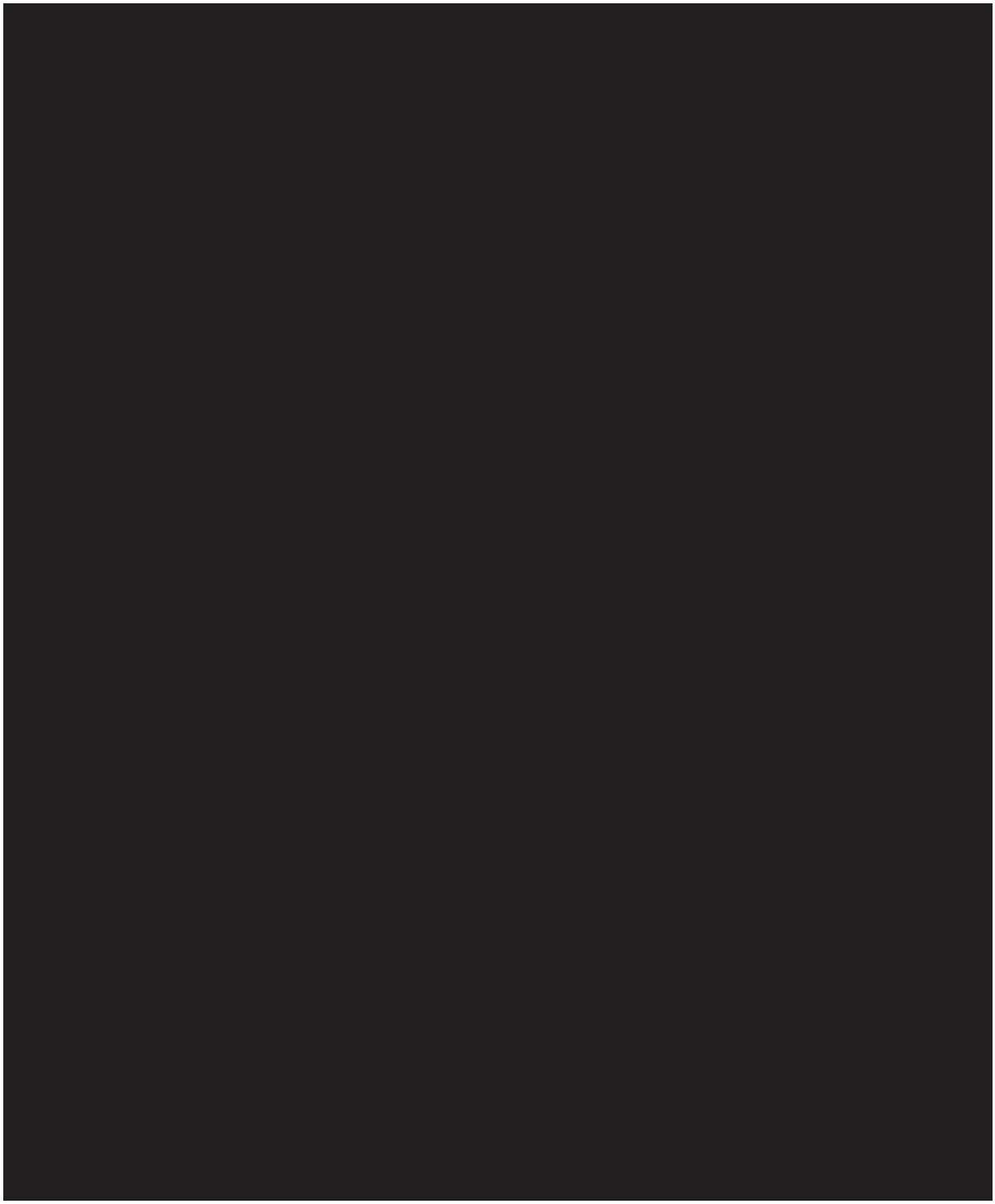
表-3　強化工事工程表

	令和7年度						備　考
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
扉の強化工事 （高放射性廃液貯蔵場）			工事				

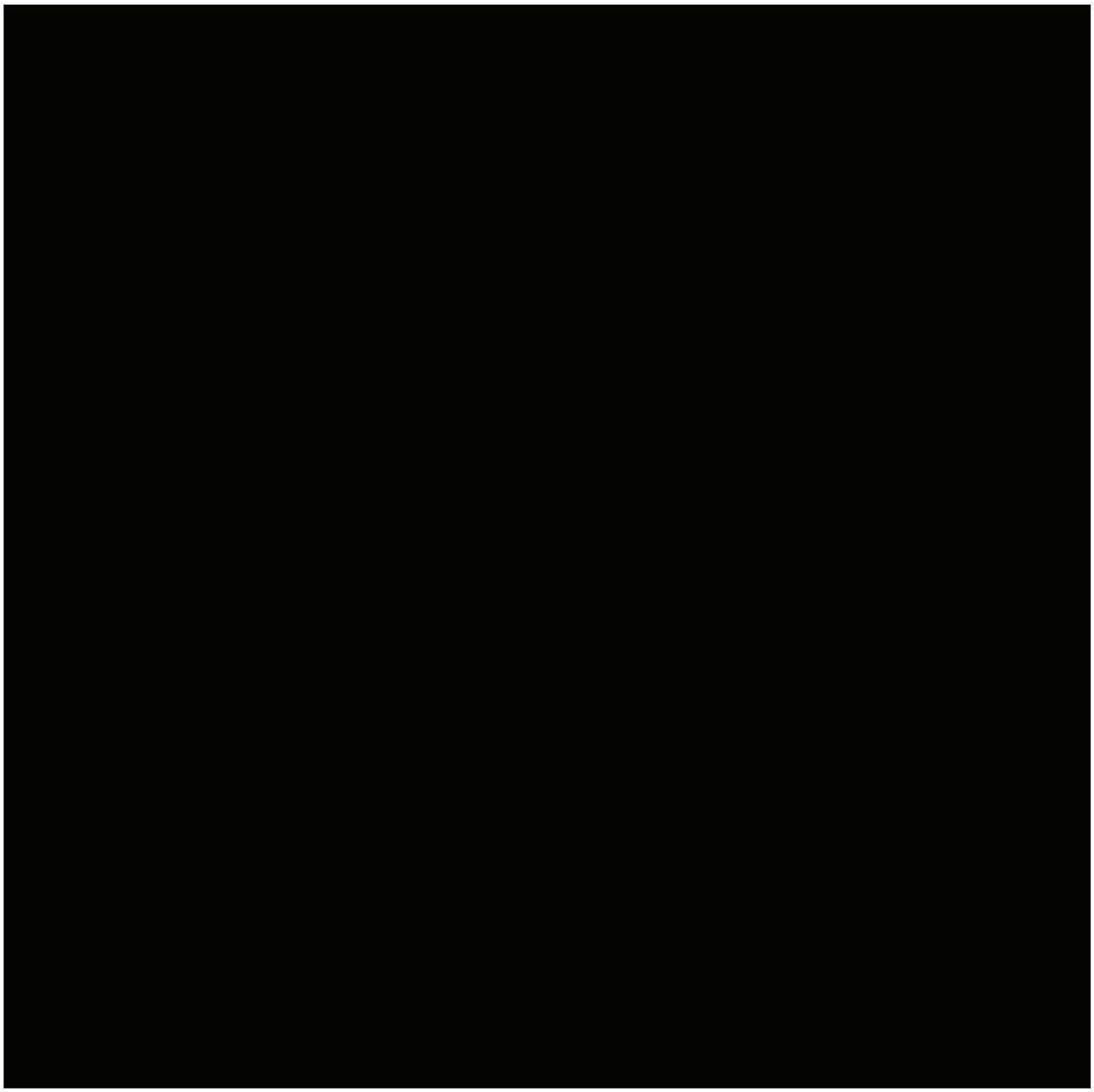
（別図）

別図-1 [redacted]の設置位置図（HAW 建家 1 階平面）

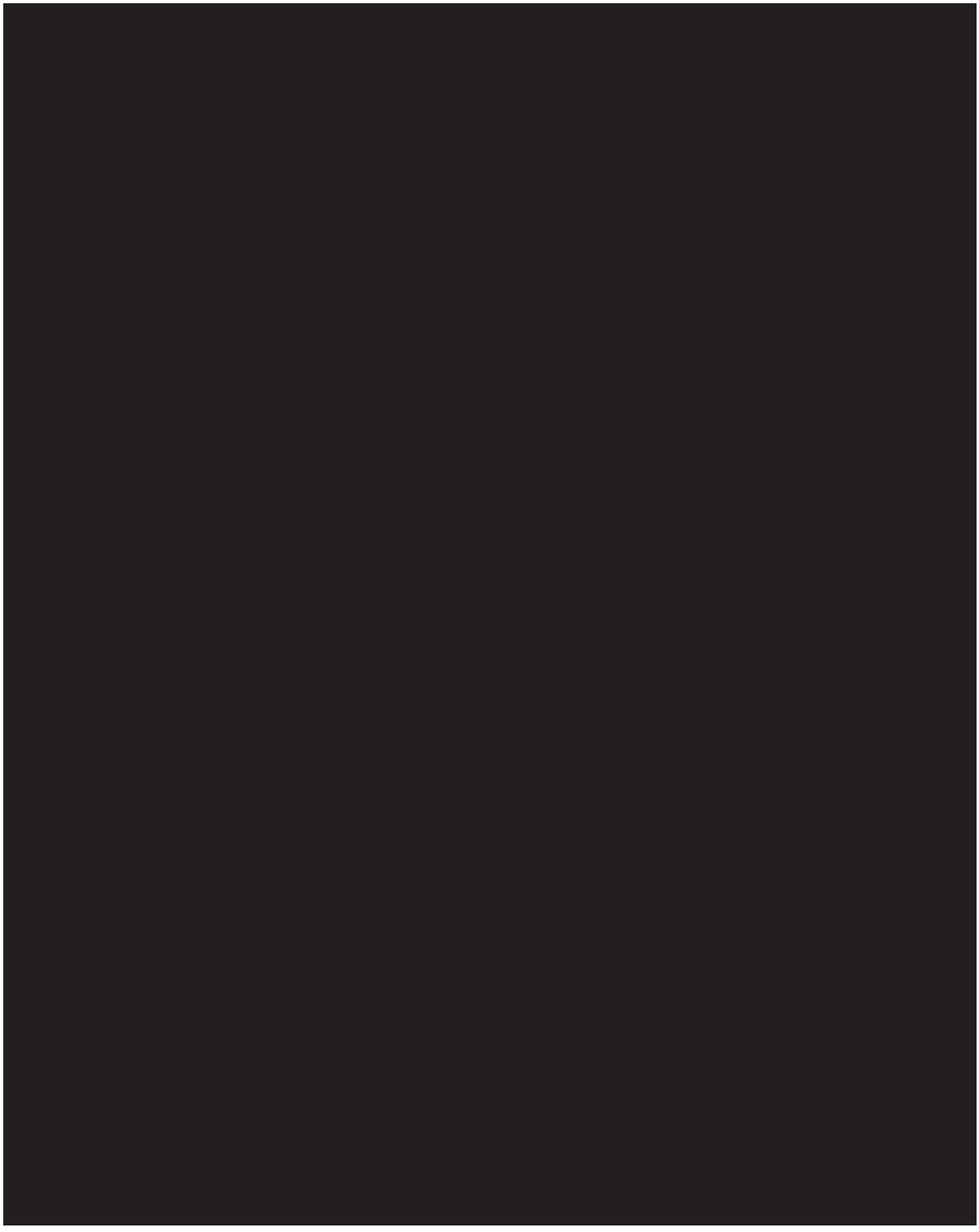
別図-2 [redacted]の設置状態



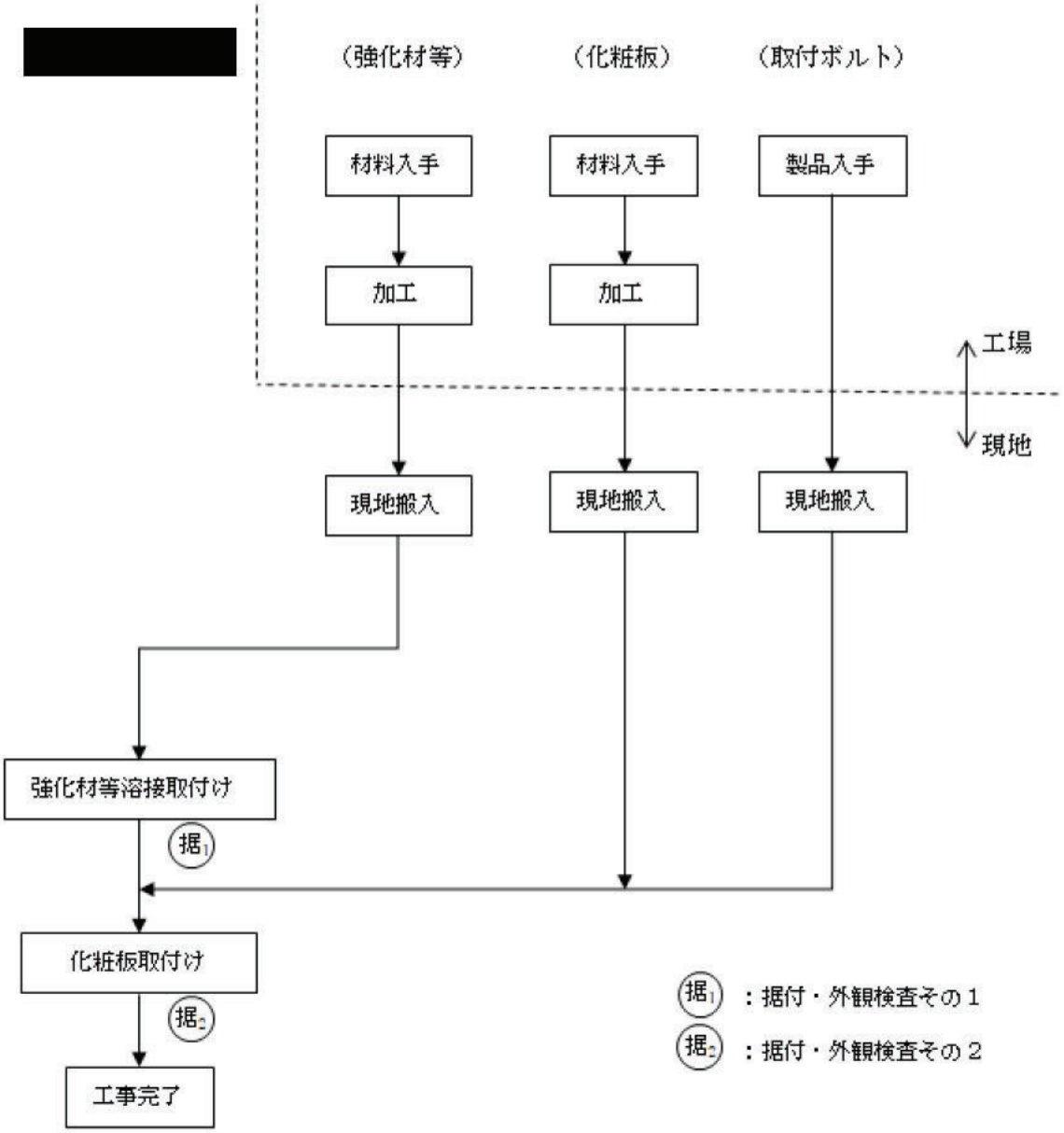
別図-3-1 [redacted]の強化概要



別図-3-2 [redacted]の強化概要



別図-3-3 [redacted]の強化概要



別図-4 [redacted]の強化工事フロー図

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-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	－	－

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高放射性廃液貯蔵場（HAW）の[redacted]の安全性が損なわれるおそれはない。耐震評価の詳細については、別添-1 に示す「高放射性廃液貯蔵場（HAW）　[redacted]の固有周期についての計算書」及び別添-2 に示す「高放射性廃液貯蔵場（HAW）　[redacted]の耐震性についての計算書」のとおりである。

また、本強化工事において設置する強化材等の総重量は約 1.8 トンであり、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の建家全体の総重量約 40,800 トンに対して、重量増加率は約 0.06％と極めて小さいことから、建家の耐震性にも影響を与えることはない。

別添-1

高放射性廃液貯蔵場（HAW）

[redacted]の固有周期についての計算書

1. 概要

本資料は、[redacted]にて認可を受けた廃止措置計画書の変更認可申請書 別添6-1-3-2「I 高放射性廃液貯蔵場（HAW）の津波防護に関する施設の設計方針」[redacted]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、高放射性廃液貯蔵場（HAW）に設置している[redacted]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[redacted]のうち、強化工事を実施する[redacted]（[redacted]、[redacted]、[redacted]）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. [redacted]の固有周期の計算

2.1 記号の説明

[redacted]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 [redacted]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 = 1~4 ([redacted](下段横引扉),[redacted])、 n = 1~2 ([redacted](上段固定扉))	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

[redacted]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。戸当りは、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、ヒンジ及び締結金具により扉を戸当り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（締結金具等）の自重を加えるものとする。はり長さは扉幅とする。[redacted]の固有周期解析モデル図を図2-2-1、[redacted]の固有周期解析モデル図を図2-2-2に示す。

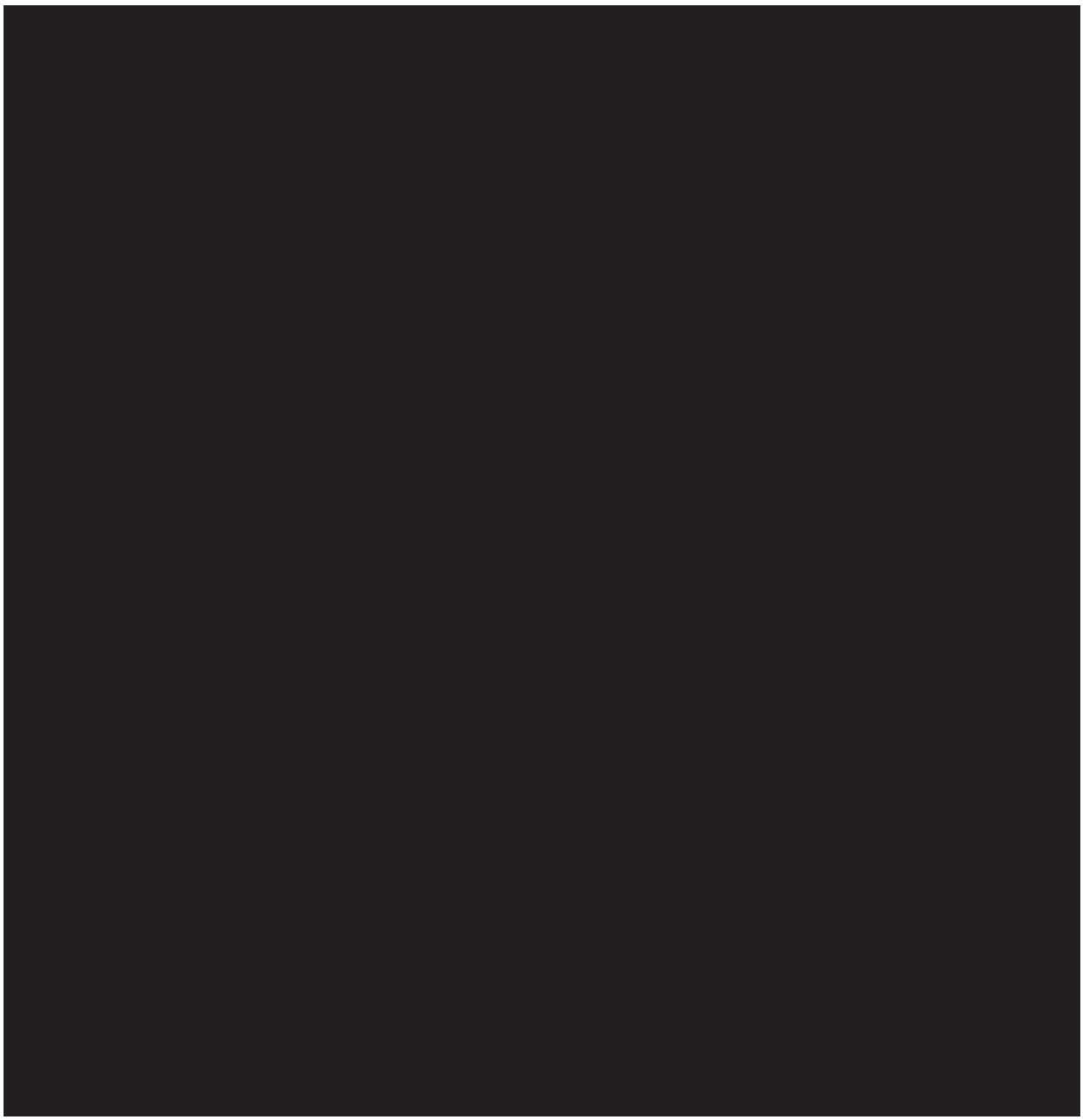


図 2-2-1 [redacted]の固有周期解析モデル

図 2-2-2 [redacted]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 = 1～4 （[redacted]（下段横引扉）、[redacted]）

n = 1～2 （[redacted]（上段固定扉））

(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

[redacted]の固有周期の計算条件を表 2-4-1 に示す。

表 2-4-1 [redacted]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］
[redacted]	[redacted]	193000 ※1	49630000	7.426×10^{-4}
[redacted] （上段固定扉）	[redacted]	193000 ※1	437500000	4.615×10^{-4}
[redacted] （下段横引扉）	[redacted]	193000 ※1	1098200000	1.169×10^{-3}
[redacted]	[redacted]	193000 ※1	49630000	7.305×10^{-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

2.5 計算結果

[redacted]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 [redacted]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]
[redacted]	0.009	121
[redacted] （上段固定扉）	0.015	63
[redacted] （下段横引扉）	0.015	62
[redacted]	0.009	118

3. 評価

[redacted]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

高放射性廃液貯蔵場（HAW）

[redacted]の耐震性についての計算書

1. 概要

本資料は、[redacted]にて認可を受けた廃止措置計画書の変更認可申請書 別添 6-1-3-2「I 高放射性廃液貯蔵場（HAW）の津波防護に関する施設の設計方針」[redacted]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、高放射性廃液貯蔵場（HAW）に設置している[redacted]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[redacted]のうち、強化工事を実施する[redacted]（[redacted]、[redacted]、[redacted]）について評価を行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

高放射性廃液貯蔵場（HAW）における[redacted]の設置位置図を図2-1-1に示す。

図2-1-1 [redacted]の設置位置図
（高放射性廃液貯蔵場（HAW） 1階平面）

2.2 構造概要

[redacted]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。戸当りは、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

[redacted]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　高放射性廃液貯蔵場（HAW）[redacted]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[redacted]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。

[redacted]の耐震評価フローを図2-3-1に示す。評価部位は、[redacted]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 [redacted]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	[redacted]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

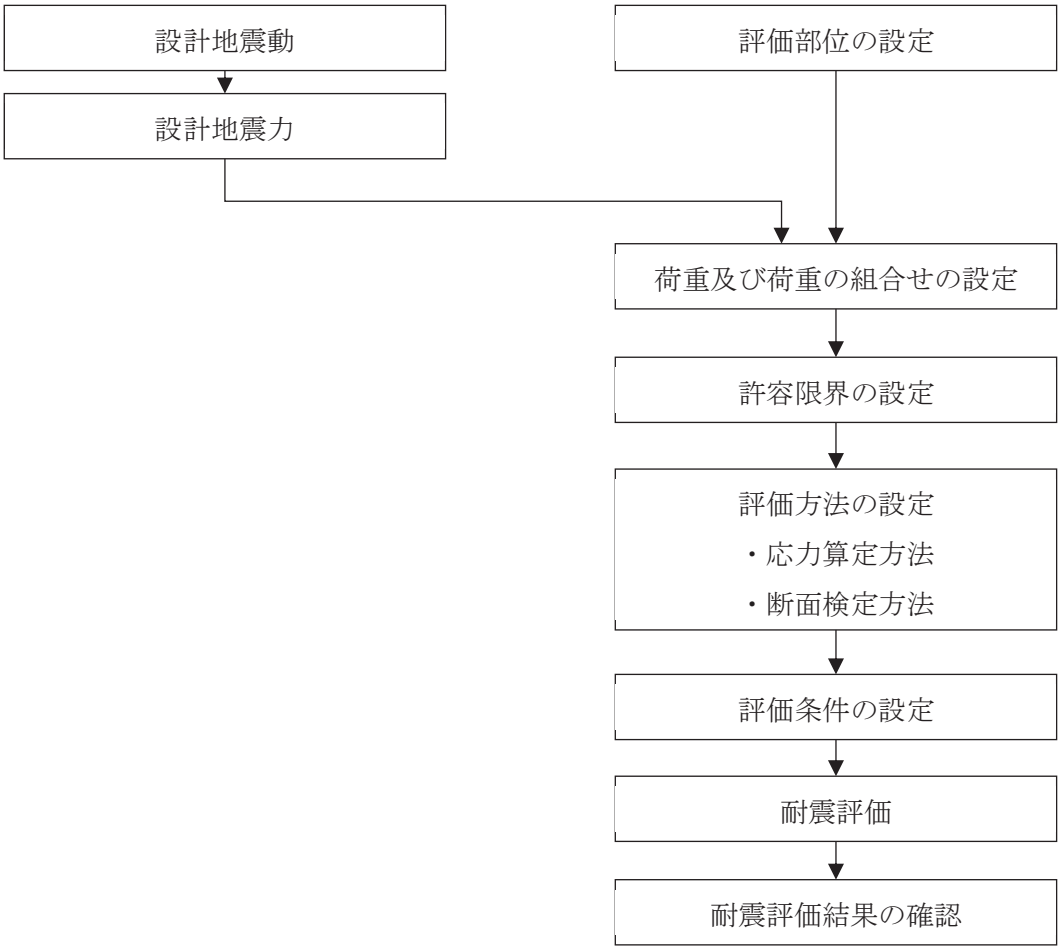


図2-3-1 [redacted]の耐震評価フロー

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) 鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）

(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. [redacted]

3.1 記号の説明

[redacted]の耐震評価に用いる記号を表3-1-1に示す。

表3-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	[redacted]の固定荷重	t
G_D	[redacted]の扉体荷重	t
G_F	[redacted]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	締結金具の金具幅	mm
B_2	締結金具の金切欠き幅	mm
B_3	締結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[redacted]	kN
P_V	鉛直方向地震力[redacted]	kN
F_Z	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重[redacted]	kN
F_X	ヒンジ部に作用するX方向荷重[redacted]	kN
L_a	ヒンジ中心間距離[redacted]	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離[redacted]	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力[redacted]	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[redacted]	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積[redacted]	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積[redacted]	mm^2
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）[redacted]	N/mm^2
τ_b	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）[redacted]	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)[redacted]	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積[redacted]	mm^2

表3-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号(2/3)

記号	定義	単位
σ_{rb}	締結金具に発生する曲げ応力[redacted]	N/mm^2
Z_r	締結金具の断面係数[redacted]	mm^3
τ_{rs}	締結金具に発生するせん断応力[redacted]	N/mm^2
A_{rs}	締結金具のせん断断面積[redacted]	mm^2
A_r	締結金具の断面積[redacted]	mm^2
σ_r	締結金具に発生する組合せ応力[redacted]	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'_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3-1-1 [redacted]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

3.2 評価部位

評価部位は、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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。

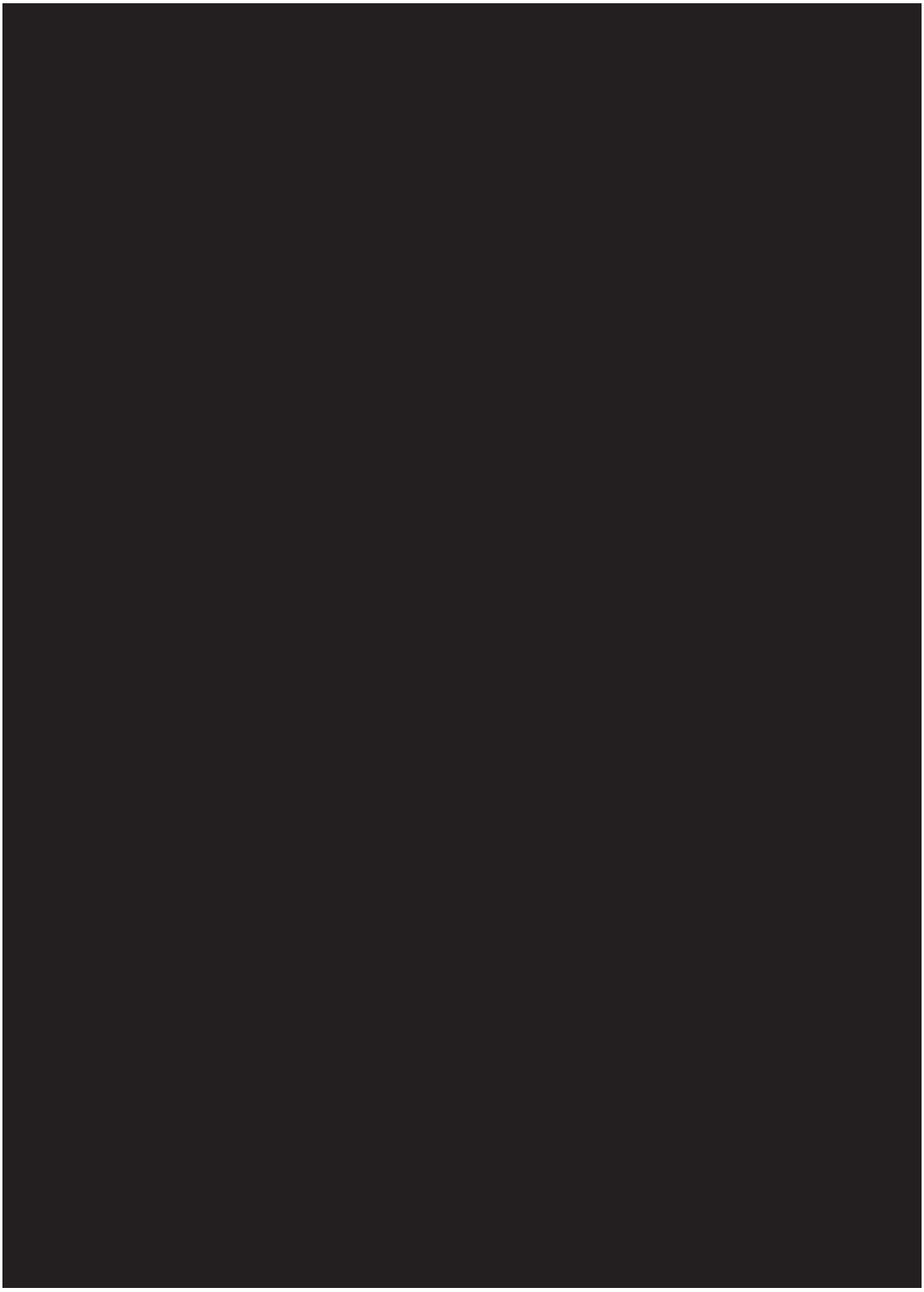


図3-2-1 [redacted]の構造図

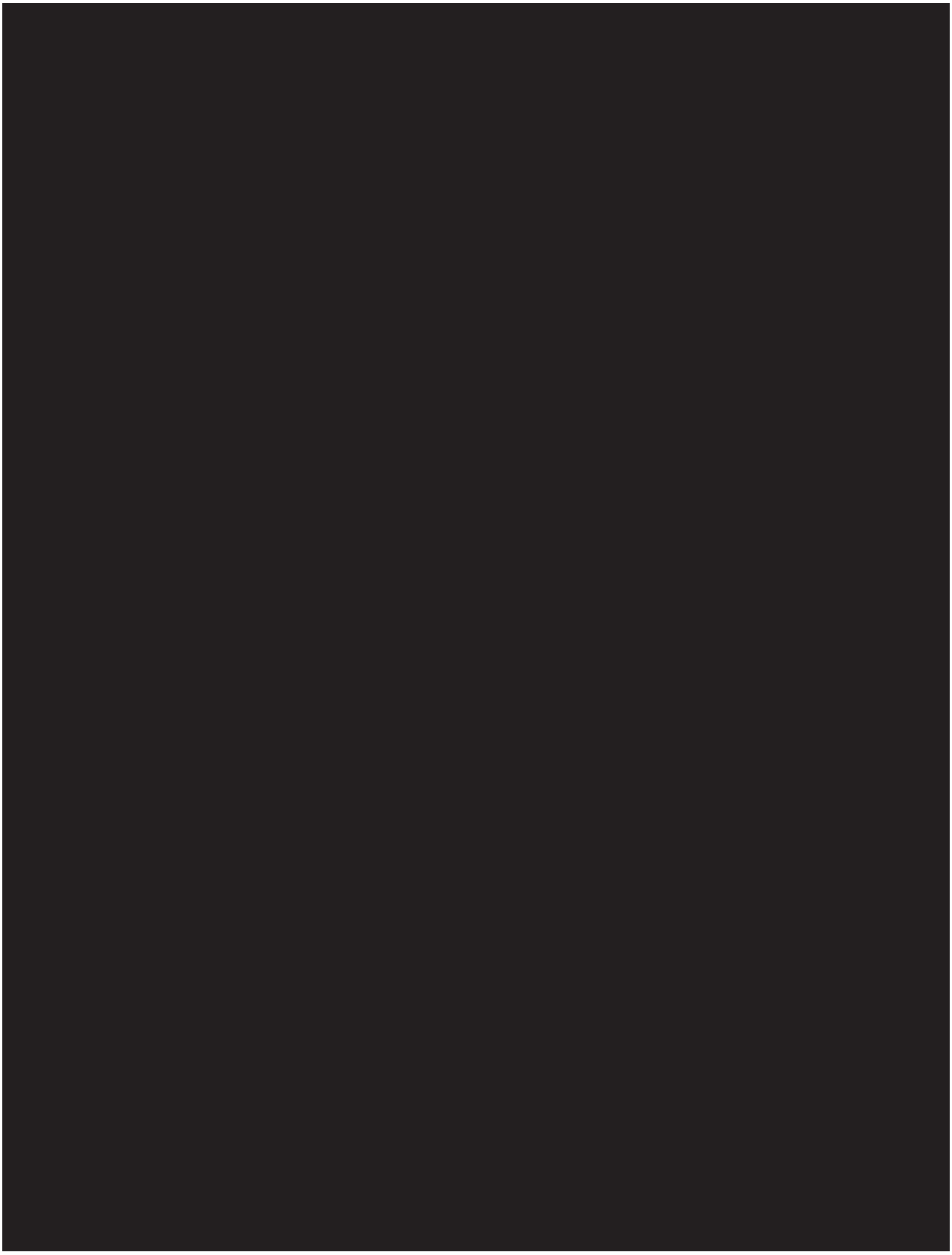


図3-2-2 [redacted]閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

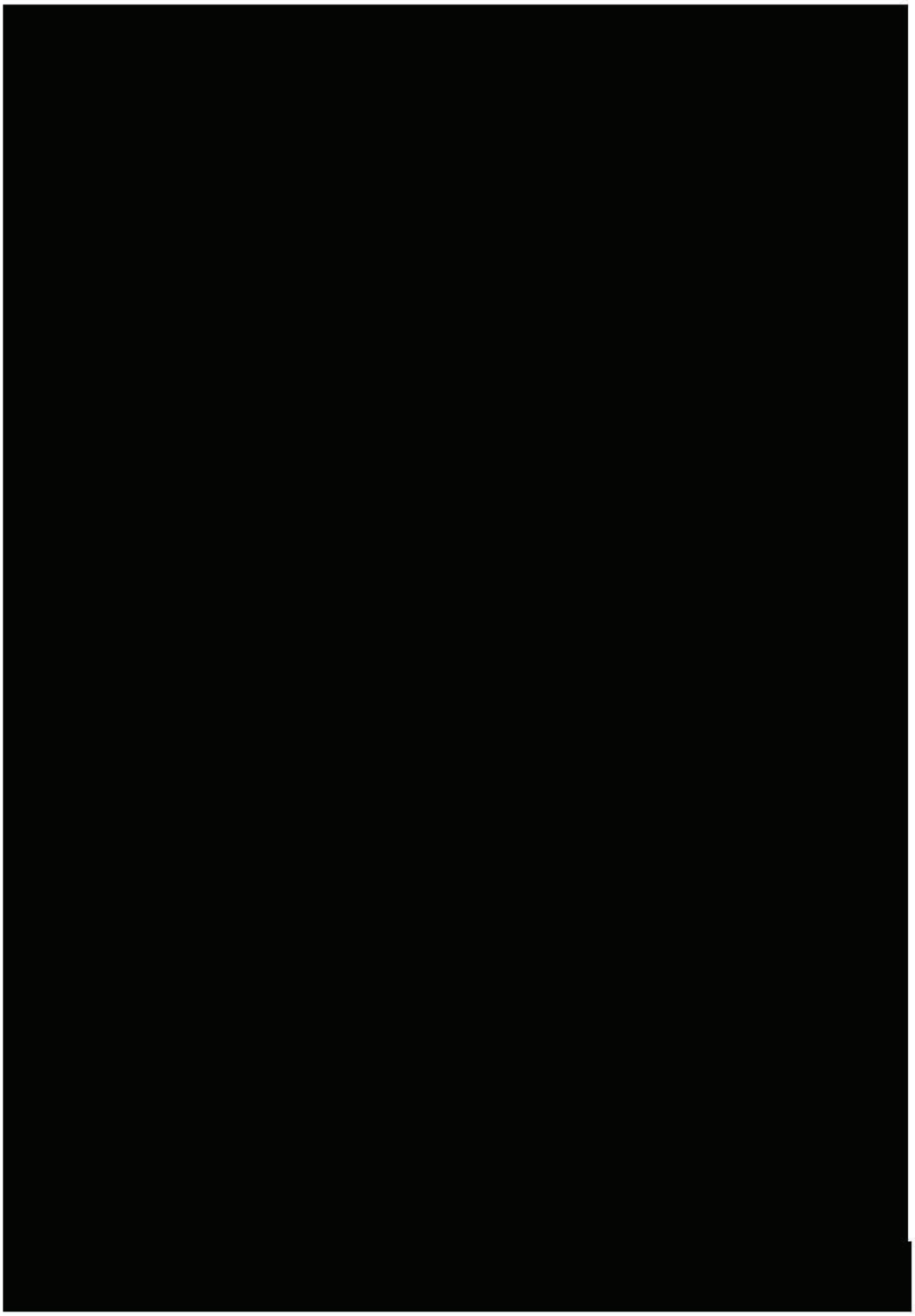


図3-2-3 [redacted]アンカーボルト位置と評価部位

3.3 構造強度評価方法

[redacted]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

[redacted]の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：[redacted]の固定荷重

G_D：[redacted]の扉体荷重

G_F：[redacted]の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s：地震荷重

[redacted]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)

[redacted]の自重となる固定荷重を表3-4-1に示す。

表3-4-1 [redacted]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]
[redacted]	0.9 （内強化材等重量：0.3）	0.9 （内強化材等重量：0.2）

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、[redacted]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

[redacted]に作用する荷重の組合せを表3-4-2に示す。

表3-4-2 [redacted]の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
[redacted] 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

[redacted]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		SUS304	[redacted]
芯材	主桁（上段及び下段）	SUS304	C150×75×9×9
	主桁（中間）	SUS304	H150×150×9×10
	縦桁	SUS304	T150×80×8×8 ※2
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ25
	ヒンジボルト	SUS304	M16
	締結金具	SUS304	65(B_1)×26(B_2)×80(B_3)×t16
戸当り	アンカーボルト	SUS304	M16×130L

※1 tは板厚、φは径、Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

※2 板を溶接して組合せたT型構造の部材

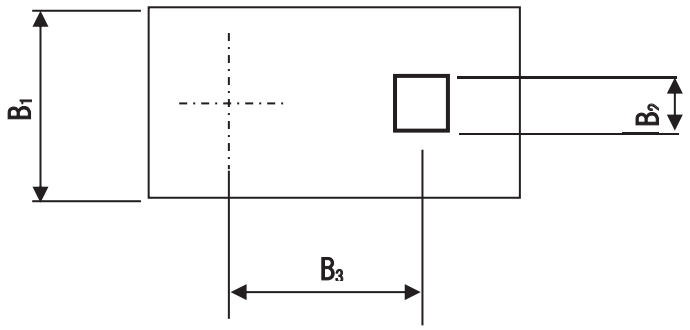


図3-5-1 締結金具の形状（[redacted]）

(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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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

[redacted]の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、高放射性廃液貯蔵場（HAW）[redacted]の耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-3-2「高放射性廃液貯蔵場（HAW）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[redacted]は1階に設置されているが、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3-6-1に示す。

表3-6-1 [redacted]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	高放射性廃液貯蔵場（HAW） 3階	水平方向K_H	1.18
		鉛直方向K_V	0.79

3.7 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

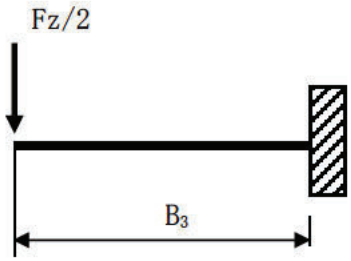
$$\sigma_b = \frac{1000F_x}{n_2 \cdot A_s}$$

$$\tau_b = \frac{1000\sqrt{F_z{}^2 + P_v{}^2}}{2n_2 \cdot A_s}$$

③ 締結金具に発生する応力

・曲げ応力 σ_{rb}

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



・せん断応力 τ_{rs}

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

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

（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 σ_r

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

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

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

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

3.8 許容応力

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

「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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、$A_c \rightarrow A_{cb}$

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

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

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。

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

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

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

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

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

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、

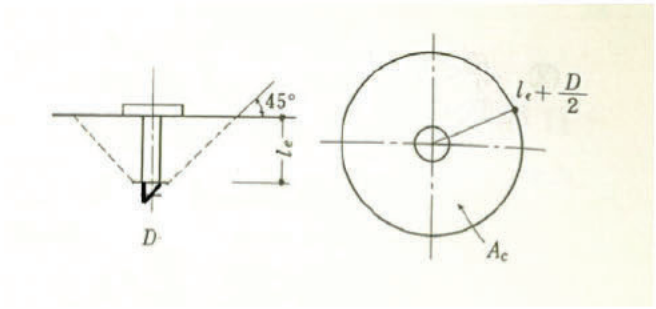
$\emptyset_s$: 低減係数（短期 $= 0.6$）

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

この場合は、

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

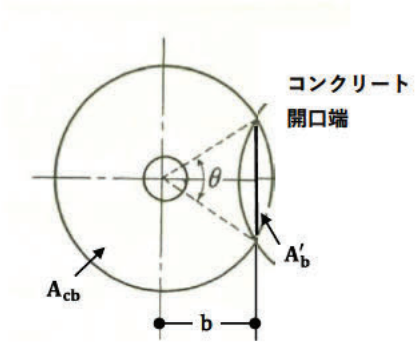
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、有効水平投影面積及び有効投影面積を図3-8-1に示す。



有効水平投影面積

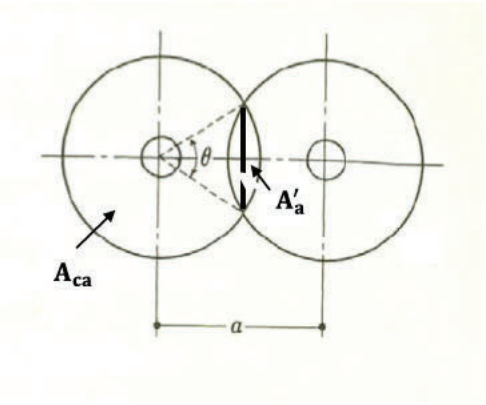
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



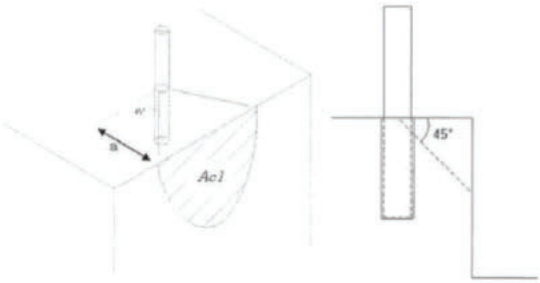
有効水平投影面積

（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3-8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

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（[redacted]） (1/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	0.9
	G_F	t	戸当り	0.9
震度	K_H	−	水平震度	1.18
	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	10.42
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	15.80
	F_Z	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重	5.21
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	5.64
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	20.83
	P_{Va}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	31.60
強度計算荷重	P_h	kN	扉にかかる津波による荷重	446.2
ヒンジ	L_a	mm	ヒンジ中心間距離	1768
	L_b	mm	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	631
ヒンジピン	A_P	mm^2	ヒンジピンの断面積	490.9
	A_{PS}	mm^2	ヒンジピンのせん断断面積	368.2
	F_{ZX}	kN	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力	6.21
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	17
ヒンジボルト	n_2	本	ヒンジボルトの本数（扉体側）	5
	A_S	mm^2	ヒンジボルトの有効断面積	157.0
	σ_b	N/mm^2	引張応力	8
	τ_b	N/mm^2	せん断応力	11

表3-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]） (2/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
締結金具	B_3	mm	締結金具の支点から荷重作用点までの距離	80
	A_{rs}	mm^2	締結金具のせん断断面積	416
	A_r	mm^2	締結金具の断面積	624
	Z_r	mm^3	締結金具の断面係数	1664
	σ_{rb}	N/mm^2	曲げ応力	126
	τ_{rs}	N/mm^2	せん断応力	7
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力	126
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）	14
	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	1.5
	Q_F	kN/本	せん断力	2.3

表3-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]） (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	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
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）	100
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	44468
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	46.4
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
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
T_{as}	kN/本	短期許容引張耐力	32.2
Q_{as}	kN/本	短期許容せん断耐力	19.2
Q'_{as}	kN/本	短期許容せん断耐力（「はしあき」＜アンカーボルト有効埋込長）	13.5

3.10 評価結果

[redacted]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、[redacted]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。

[redacted]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[redacted]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 [redacted]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
10.41	446.2	0.02

表3-10-2 [redacted]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	17	118	0.15
ヒンジボルト	8	205	0.04
締結金具	126	205	0.62

表3-10-3 [redacted]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	1.5	32.2	0.05
せん断	2.3	13.5	0.17

4. [redacted]

4.1 記号の説明

[redacted]の耐震評価に用いる記号を表4-1-1に示す。

表4-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	[redacted]の固定荷重	t
G_{D1}	[redacted]の上段固定扉体荷重	t
G_{D2}	[redacted]の下段横引扉体荷重	t
G_F	[redacted]の戸当り荷重	t
P_H	水平方向地震力	kN
P_V	鉛直方向地震力	kN
P_h	津波による荷重（強度計算条件）	kN
K	設計震度	－
K_H	水平方向震度	－
K_V	鉛直方向震度	－
K_s	地震荷重(部品の耐震計算)	kN
K'_s	地震荷重(アンカーボルトの耐震計算)	kN
n_1	ヒンジボルトの本数（扉体側）	本
n_2	ヒンジボルトの本数（枠体側）	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積	mm^2
L_C	締結金具の支点から荷重作用点までの距離	mm
Z_r	締結金具の断面係数	mm^3
L_a	ヒンジ中心間距離[redacted]	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	mm
f	1次固有振動数	Hz
L	はり長さ	m
E	縦弾性係数	N/m^2
I	断面2次モーメント	m^4
m	質量分布	kg/m
λ	定数（板モデルの固有振動数算出）	－
T	固有周期	s
t	扉板厚さ	mm

表4-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号(2/3)

記号	定義	単位
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力	N/mm^2
σ_{b1}	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）	N/mm^2
τ_{b1}	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）	N/mm^2
σ_{b2}	ヒンジボルトに発生する引張応力（枠体側）	N/mm^2
τ_{b2}	ヒンジボルトに発生するせん断応力（枠体側）	N/mm^2
σ_{rb}	締結金具に発生する曲げ応力	N/mm^2
τ_{rs}	締結金具に発生するせん断応力	N/mm^2
σ_{r}	締結金具に発生する組合せ応力	N/mm^2
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_z	ヒンジ部及び締結金具に作用するＺ方向荷重[redacted]	kN
F_x	ヒンジ部に作用するＸ方向荷重[redacted]	kN
F_{zx}	ヒンジピンに発生する合成荷重[redacted]	kN
F	基準強度	−
P	積載荷重	t
g	重力加速度	m/s^2
P_h	扉体にかかる強度計算荷重	kN
A_p	ヒンジピンの断面積[redacted]	mm^2
A_{ps}	ヒンジピンのせん断断面積[redacted]	mm^2
A_r	締結金具の断面積[redacted]	mm^2
A_{rs}	締結金具のせん断断面積[redacted]	mm^2
n_{ws}	車輪の数	個
A_w	車輪の断面積[redacted]	mm^2
A_{ws}	車輪のせん断断面積[redacted]	mm^2
τ_{ws}	車輪に発生するせん断応力[redacted]	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	本
l	アンカーボルト埋め込み長さ（穿孔長）	mm

表4-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号(3/3)

記号	定義	単位
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
${}_sa_c$	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
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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]は、扉体本体（扉板及び芯材）、扉体部品（車輪）及びアンカーボルトから構成される。

[redacted]に生じる地震による荷重は、扉体部品（車輪）から戸当り及びレールを介して躯体に伝達するため、扉体、扉体部品（車輪）及びアンカーボルトとする。

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。

[redacted]を構成する部品類である車輪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。

[redacted]の構造図、地震荷重の作用イメージ及び評価部位を図4-2-1、アンカーボルトの位置及び評価部位を図4-2-2に示す。

図4-2-1 [redacted]の構造図、地震荷重の作用イメージ及び評価部位

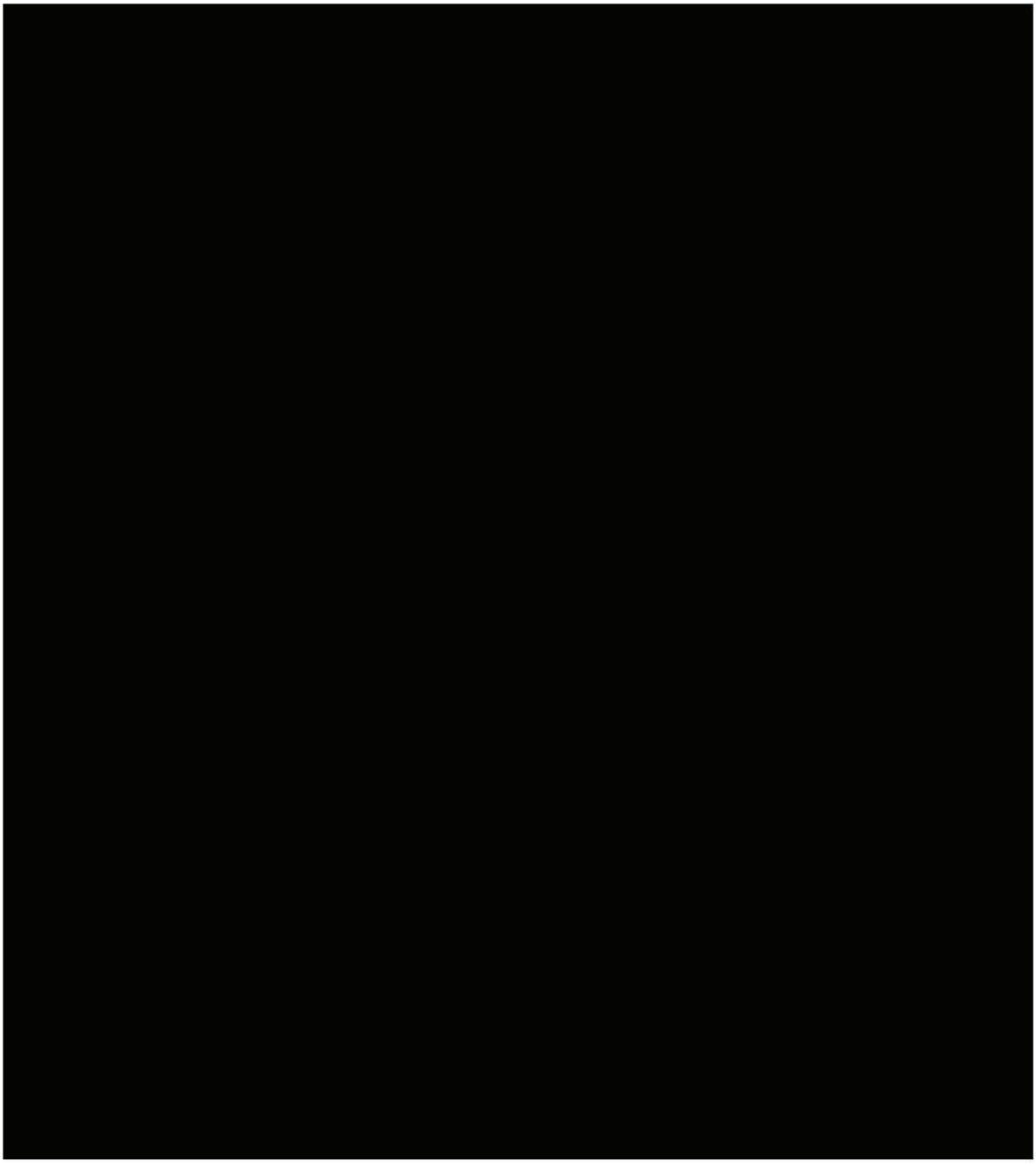


図4-2-2 [redacted]アンカーボルト位置と評価部位

4.3 構造強度評価方法

[redacted]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

[redacted]の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：[redacted]の固定荷重

G_{D1}：[redacted]の上段固定扉体荷重

G_{D2}：[redacted]の下段横引扉体荷重

G_F：[redacted]の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s：地震荷重（部品の耐震計算）

$K_s' = (G + G_F) \cdot K \cdot g$（アンカーボルトの耐震計算）

[redacted]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)

[redacted]の自重となる固定荷重を表4-4-1に示す。

表4-4-1 [redacted]の固定荷重（自重）

設備名称	固定荷重G		
	扉体G_{D1} （上段固定扉） [t]	扉体G_{D2} （下段横引扉） [t]	戸当りG_F [t]
[redacted]	1.5 （内強化材等重量： 0.2）	3.8 （内強化材等重量： 0.4）	3.0 （内強化材等重量： 0.2）

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、[redacted]の固定荷重に設計震度Kを乗じた次式により算出する。

$K_s = G \cdot K \cdot g$

$K_s' = (G + G_F) \cdot K \cdot g$（アンカーボルトの耐震計算）

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

[redacted]に作用する荷重の組合せを表4-4-2に示す。

表4-4-2 [redacted]の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
[redacted] 部品	$G_{D1} + K_s$
アンカーボルト（枠体）	$G_{D1} + G_{D2} + G_F + K'_s$

4.5 許容限界

(1) 使用材料

[redacted]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に示す。

表4-5-1 使用材料

部 位		材 質	仕様[mm] ※4
扉 板（上段固定扉）		SUS304	[redacted]
扉 板（下段横引扉）		SUS304	[redacted]
芯材（上段固定扉）	主桁（最上段）	SUS304	H360 × 180(240) × 12 × 16
	主桁（最下段）	SUS304	C360 × 180 × 12 × 16
	縦桁1	SUS304	T360 × 100 × 12 × 12 ※5
	縦桁2	SUS304	T170 × 65 × 16 × 16 ※5
芯材（下段横引扉）	主桁（最上段）	SUS304	C360 × 150 × 12 × 16
	主桁（中間）	SUS304	H360 × 250 × 19 × 19
	主桁（最下段）	SUS304	H360 × 150(240) × 19 × 19
	縦桁1	SUS304	T360 × 100 × 9 × 12 ※5
	縦桁2	SUS304	T170 × 65 × 12 × 16 ※5
車輪	車軸	SUS304	φ40
戸当り	アンカーボルト	SUS304	M16×130L

※4 tは板厚、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

(2) 許容限界

a. 車輪

車輪の許容限界は、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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

[redacted]の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、高放射性廃液貯蔵場（HAW）[redacted]の耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-3-2「高放射性廃液貯蔵場（HAW）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[redacted]は1階に設置されているが、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 [redacted]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	高放射性廃液貯蔵場（HAW） 3階	水平方向K_H	1.18
		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。

扉体部品である車輪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

$$P_H = K_H \cdot (G_{D1} + G_{D2}) \cdot g$$

② 扉体自重及び鉛直方向地震力 P_v

$$P_v = (1 + K_V) \cdot (G_{D1} + G_{D2}) \cdot g$$

(2) 応力算定

① 車輪に発生するせん断力 τ_{ws}

$$\tau_{ws} = \frac{1000(1 + K_V)G \cdot g}{n_{ws} \cdot A_{ws}}$$

$$A_{ws} = \frac{3}{4} A_w$$

（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

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

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

4.8 許容応力

(1) 車輪

車輪の許容限界は，「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」を踏まえて材料の耐力及び引張強さの70%のいずれか小さい値を基準値Fとして，許容応力は以下とする。

許容引張応力及び許容曲げ応力

$$f_t = f_b = F$$

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

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

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、$A_c \rightarrow A_{cb}$

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

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

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。

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

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

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

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

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

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、

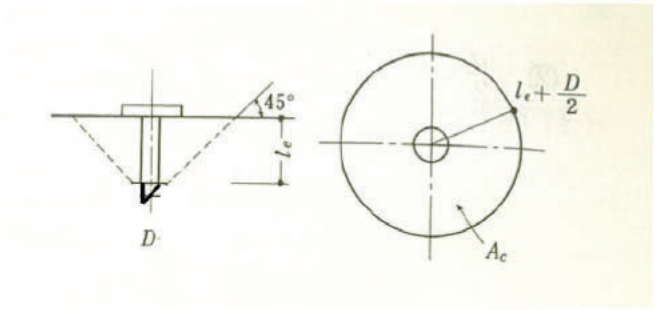
$\emptyset_s$: 低減係数（短期 $= 0.6$）

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

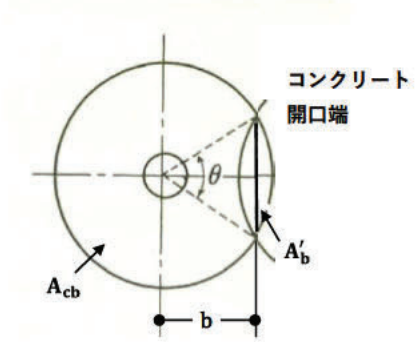
この場合は、

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

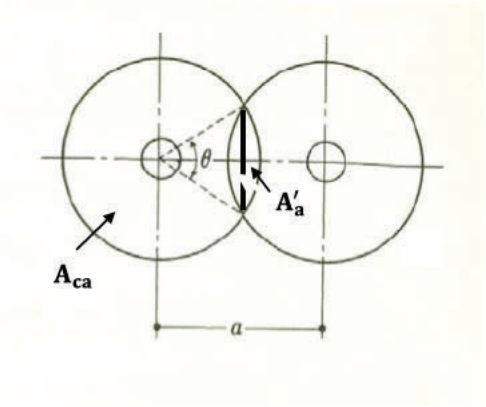
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、有効水平投影面積及び有効投影面積を図4-8-1に示す。



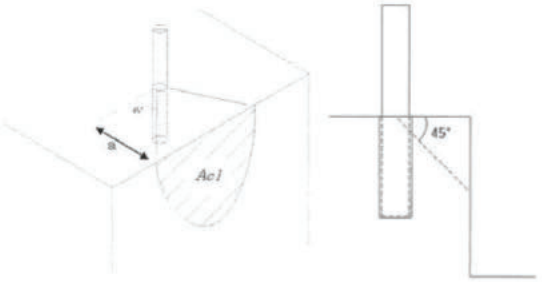
有効水平投影面積
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）
（はしあき；有効埋込み長さ以上）



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（[redacted]） (1/2)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_{D1}	t	上段扉	1.5
	G_{D2}	t	下段扉	3.8
	G_F	t	[redacted]の戸当り荷重	3.0
震度	K_H	−	水平震度	1.18
	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	61.33
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	93.04
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	96.05
	P_{Va}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	145.7
強度計算荷重	P_h	kN	扉にかかる津波による荷重	1793.6
アンカーボルト（戸当り）	n_a	本	アンカーボルトの本数（強度評価対象）	22
	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	4.4
	Q_F	kN/本	せん断力	6.6
車輪	n_{ws}	個	車輪個数	2
	D	mm	車軸最小径	40
	A_s	mm^2	車軸せん断断面積	943
	τ_{ws}	N/mm^2	車軸のせん断応力	36

表4-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]） (2/2)

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
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）	220
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/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
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
T_{as}	kN/本	短期許容引張耐力	32.2
Q_{as}	kN/本	短期許容せん断耐力	19.2

4.10 評価結果

[redacted]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、[redacted]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。

[redacted]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[redacted]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 [redacted]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
61.33	1793.6	0.03

表4-10-2 [redacted]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
車輪	36	118	0.31

表4-10-3 [redacted]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	4.4	32.2	0.14
せん断	6.6	19.2	0.35

5. [redacted]

5.1 記号の説明

[redacted]の耐震評価に用いる記号を表5-1-1に示す。

表5-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	[redacted]の固定荷重	t
G_D	[redacted]の扉体荷重	t
G_F	[redacted]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	締結金具の金具幅	mm
B_2	締結金具の金切欠き幅	mm
B_3	締結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[redacted]	kN
P_V	鉛直方向地震力[redacted]	kN
F_Z	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重[redacted]	kN
F_X	ヒンジ部に作用するX方向荷重[redacted]	kN
L_a	ヒンジ中心間距離[redacted]	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離[redacted]	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力[redacted]	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[redacted]	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積[redacted]	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積[redacted]	mm^2
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）[redacted]	N/mm^2
τ_b	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）[redacted]	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)[redacted]	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積[redacted]	mm^2

表5-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号(2/3)

記号	定義	単位
σ_{rb}	締結金具に発生する曲げ応力[redacted]	N/mm^2
Z_r	締結金具の断面係数[redacted]	mm^3
τ_{rs}	締結金具に発生するせん断応力[redacted]	N/mm^2
A_{rs}	締結金具のせん断断面積[redacted]	mm^2
A_r	締結金具の断面積[redacted]	mm^2
σ_r	締結金具に発生する組合せ応力[redacted]	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'_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5-1-1 [redacted]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
${}_sa_c$	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
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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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。

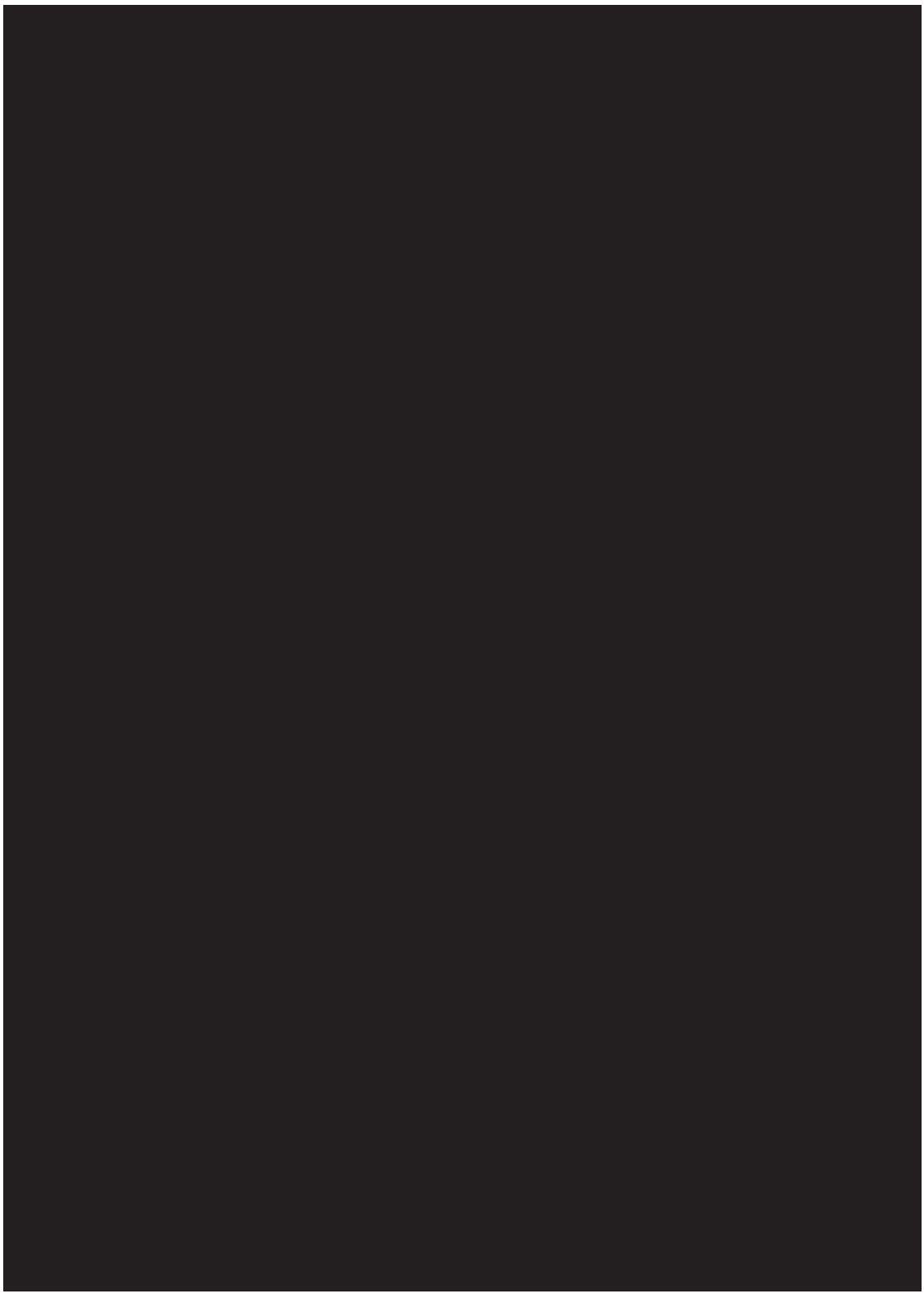


図5-2-1 [redacted]の構造図

図5-2-2 [redacted]閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

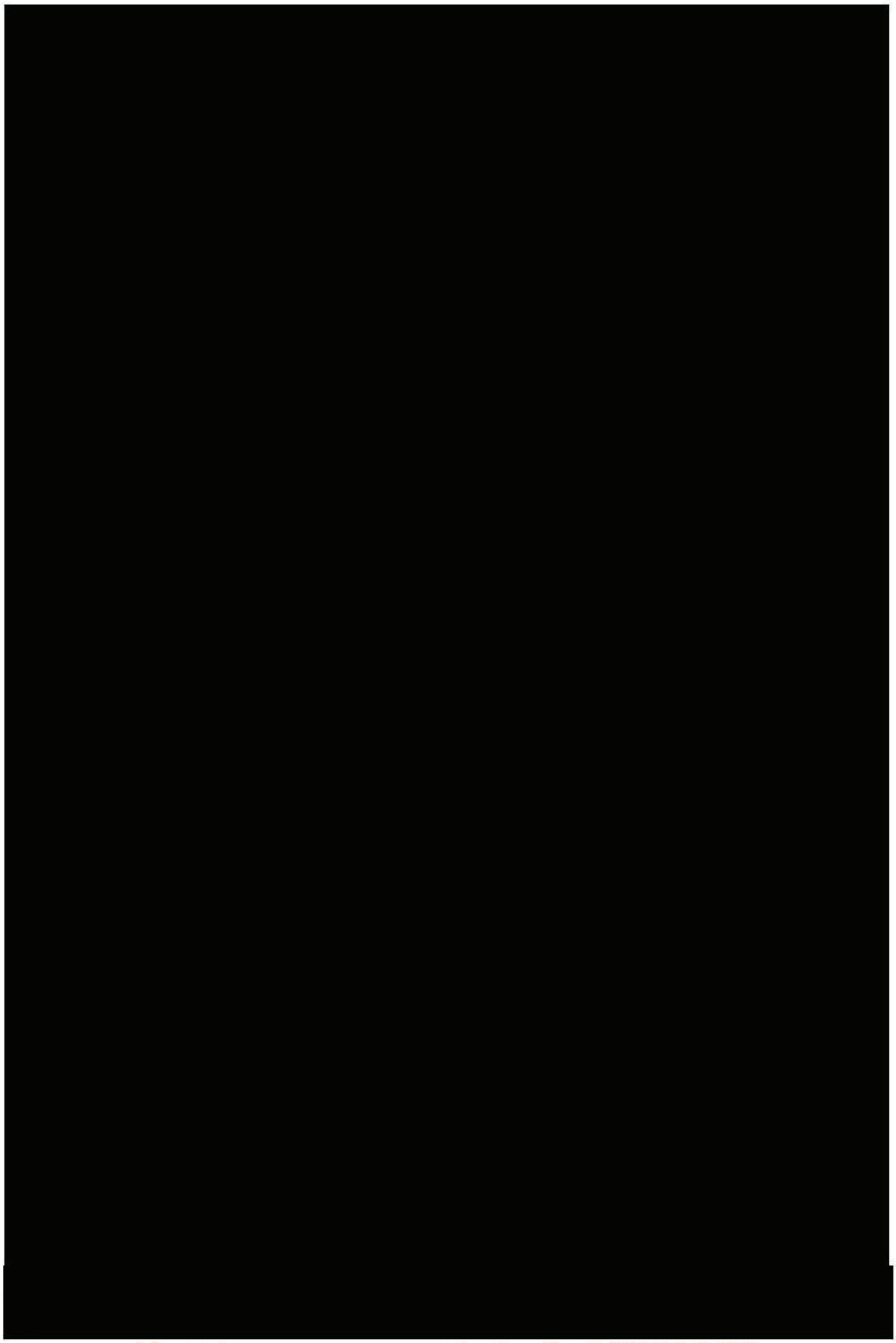


図5-2-3 [redacted]アンカーボルト位置と評価部位

5.3 構造強度評価方法

[redacted]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

[redacted]の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：[redacted]の固定荷重

G_D：[redacted]の扉体荷重

G_F：[redacted]の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s：地震荷重

[redacted]）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)

[redacted]の自重となる固定荷重を表5-4-1に示す。

表5-4-1 [redacted]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]
[redacted] ([redacted]	0.9 （内強化材等重量：0.3）	0.9 （内強化材等重量：0.2）

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、[redacted]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

[redacted]に作用する荷重の組合せを表5-4-2に示す。

表5-4-2 [redacted]の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
[redacted] 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

[redacted]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	[redacted]
芯材	主桁（上段及び下段）	SUS304	C150×75×9×9
	主桁（中間）	SUS304	H150×150×9×10
	縦桁	SUS304	T150×80×8×8 ※8
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ25
	ヒンジボルト	SUS304	M16
	締結金具	SUS304	65(B_1)×26(B_2)×80(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 板を溶接して組合せたT型構造の部材

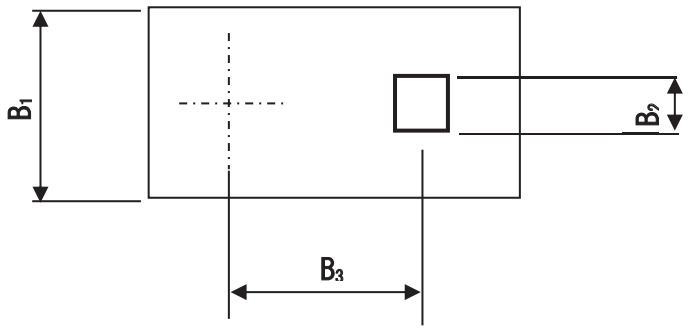


図5-5-1 締結金具の形状（[redacted]）

(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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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。

5.6 評価用地震力

[redacted]の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、高放射性廃液貯蔵場（HAW）[redacted]の耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-3-2「高放射性廃液貯蔵場（HAW）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[redacted]は1階に設置されているが、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5-6-1に示す。

表5-6-1 [redacted]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	高放射性廃液貯蔵場（HAW） 3階	水平方向K_H	1.18
		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

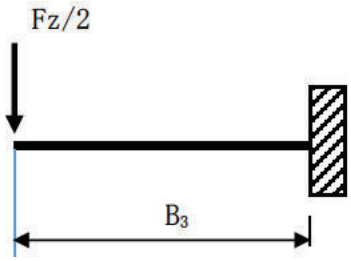
$$\sigma_b = \frac{1000 F_x}{n_2 \cdot A_s}$$

$$\tau_b = \frac{1000 \sqrt{F_z^{\,2} + P_v^{\,2}}}{2 n_2 \cdot A_s}$$

③ 締結金具に発生する応力

・曲げ応力 σ_{rb}

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



・せん断応力 τ_{rs}

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

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

（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 σ_r

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

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（ヒンジボルトを除く）及び締結金具

「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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、$A_c \rightarrow A_{cb}$

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

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

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。

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

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

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

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

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、

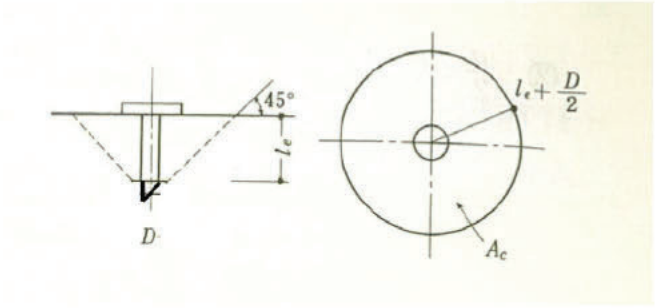
$\emptyset_s$: 低減係数（短期 $= 0.6$）

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

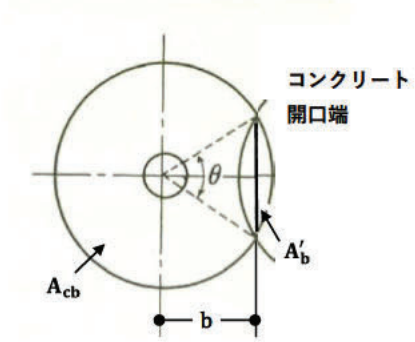
この場合は、

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

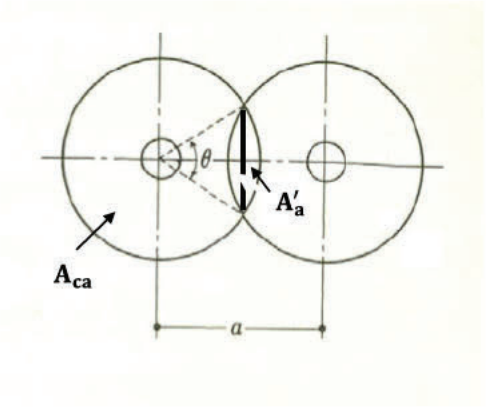
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、有効水平投影面積及び有効投影面積を図5-8-1に示す。



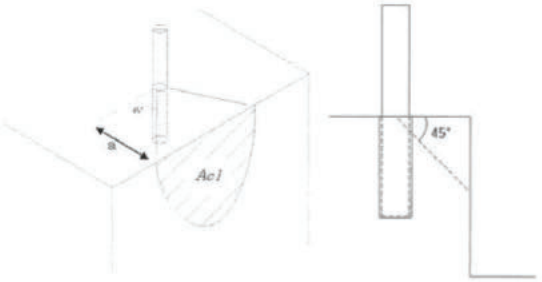
有効水平投影面積
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）
（はしあき；有効埋込み長さ以上）



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（[redacted]） (1/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	0.9
	G_F	t	戸当り	0.9
震度	K_H	−	水平震度	1.18
	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	10.42
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	15.80
	F_Z	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重	5.21
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	5.77
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	20.83
	P_{Va}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	31.60
強度計算荷重	P_h	kN	扉にかかる津波による荷重	453.6
ヒンジ	L_a	mm	ヒンジ中心間距離	1754
	L_b	mm	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	641
ヒンジピン	A_P	mm^2	ヒンジピンの断面積	490.9
	A_{PS}	mm^2	ヒンジピンのせん断断面積	368.2
	F_{ZX}	kN	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力	6.33
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	18
ヒンジボルト	n_2	本	ヒンジボルトの本数(扉体側)	5
	A_S	mm^2	ヒンジボルトの有効断面積	157.0
	σ_b	N/mm^2	引張応力	8
	τ_b	N/mm^2	せん断応力	11

表5-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]） (2/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
締結金具	B_3	mm	締結金具の支点から荷重作用点までの距離	80
	A_{rs}	mm^2	締結金具のせん断断面積	416
	A_r	mm^2	締結金具の断面積	624
	Z_r	mm^3	締結金具の断面係数	1664
	σ_{rb}	N/mm^2	曲げ応力	126
	τ_{rs}	N/mm^2	せん断応力	7
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力	126
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）	14
	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	1.5
	Q_F	kN/本	せん断力	2.3

表5-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]） (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	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
l'	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）	100
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	44468
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	46.4
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
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
T_{as}	kN/本	短期許容引張耐力	32.2
Q_{as}	kN/本	短期許容せん断耐力	19.2
Q'_{as}	kN/本	短期許容せん断耐力（「はしあき」＜アンカーボルト有効埋込長）	13.5

5.10 評価結果

[redacted]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、[redacted]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。

[redacted]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[redacted]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 [redacted]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
10.41	453.6	0.02

表5-10-2 [redacted]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	18	118	0.16
ヒンジボルト	8	205	0.04
締結金具	126	205	0.62

表5-10-3 [redacted]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	1.5	32.2	0.05
せん断	2.3	13.5	0.17

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と漂流物衝突・余震の重畳を考慮した荷重に対し、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の[redacted]の安全性が損なわれるおそれはない。強度評価の詳細については、別添-3 に示す「高放射性廃液貯蔵場（HAW）設計津波に対する[redacted]の強度評価」のとおりである。

別添-3

高放射性廃液貯蔵場（HAW）

設計津波に対する[redacted]の強度評価

1. 概要

本資料は、[redacted]にて認可を受けた廃止措置計画の変更認可申請書 別添 6-1-3-2「I 高放射性廃液貯蔵場（HAW）の津波防護に関する施設の設計方針 [redacted]に基づき、津波荷重及び余震を考慮した荷重に対して、高放射性廃液貯蔵場（HAW）に設置している[redacted]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[redacted]のうち、強化工事を実施する[redacted]（[redacted]、[redacted]、[redacted]）について評価を行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

高放射性廃液貯蔵場（HAW）における[redacted]の設置位置図を図 2-1-1 に示す。

図 2-1-1 [redacted]の設置位置図
（高放射性廃液貯蔵場（HAW））

2.2 構造概要

[redacted]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。戸当りは、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

[redacted]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 6-1-3-2「I 高放射性廃液貯蔵場（HAW）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、[redacted]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。

[redacted]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。

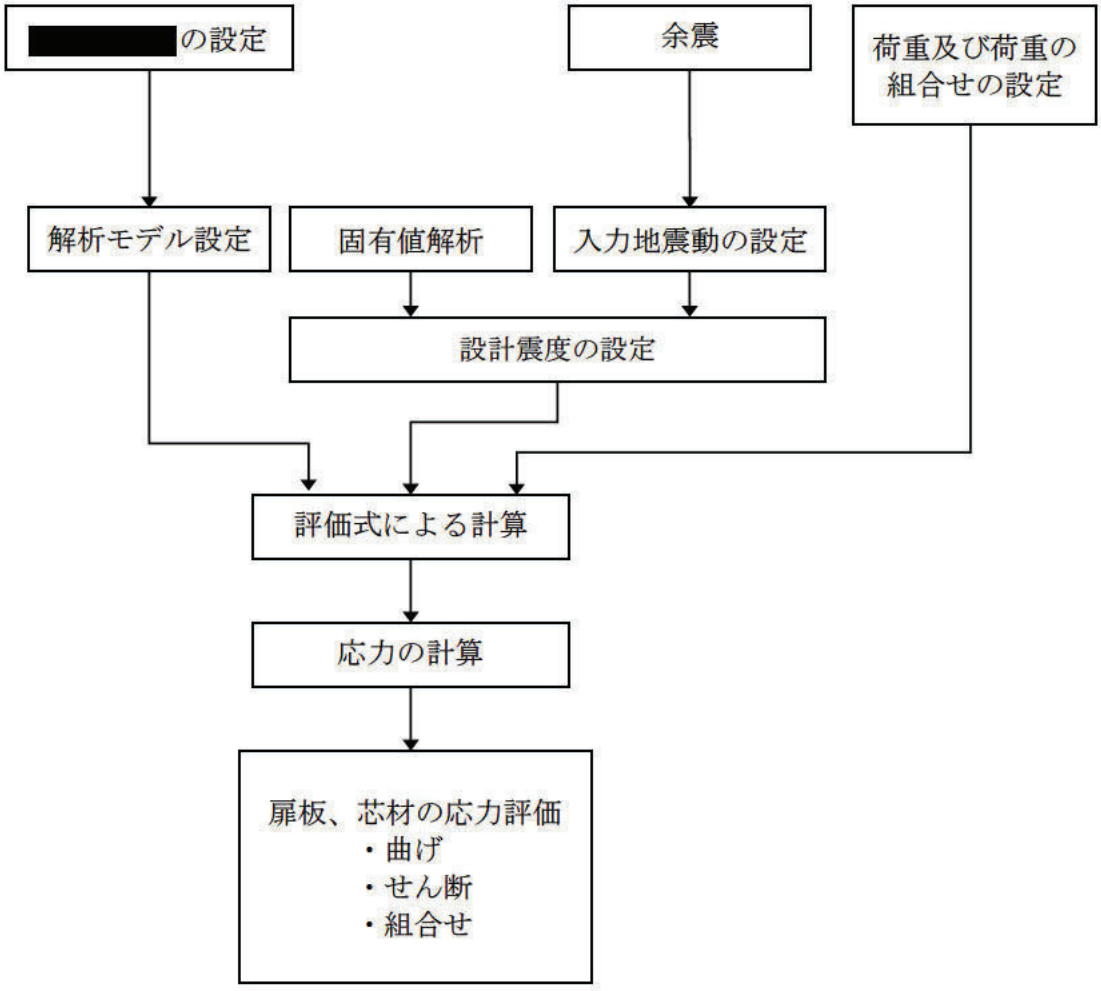


図 2-3-1 強度評価フロー

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) 鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）

(3) 日本産業規格　JIS G 4304 (2012) 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯

3. [redacted]

3.1 記号の説明

[redacted]の強度評価に用いる記号を表 3-1-1 に示す。

表 3-1-1 [redacted]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 [redacted]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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]は、片開型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取り付けて、締結金具を鋼製の戸当りに差し込み、扉と戸当りを一体化させる構造である。

[redacted]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、芯材から戸当りを介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、[redacted]の扉板、主桁、縦桁とする。

[redacted]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 [redacted]の構造図（単位：ｍｍ）

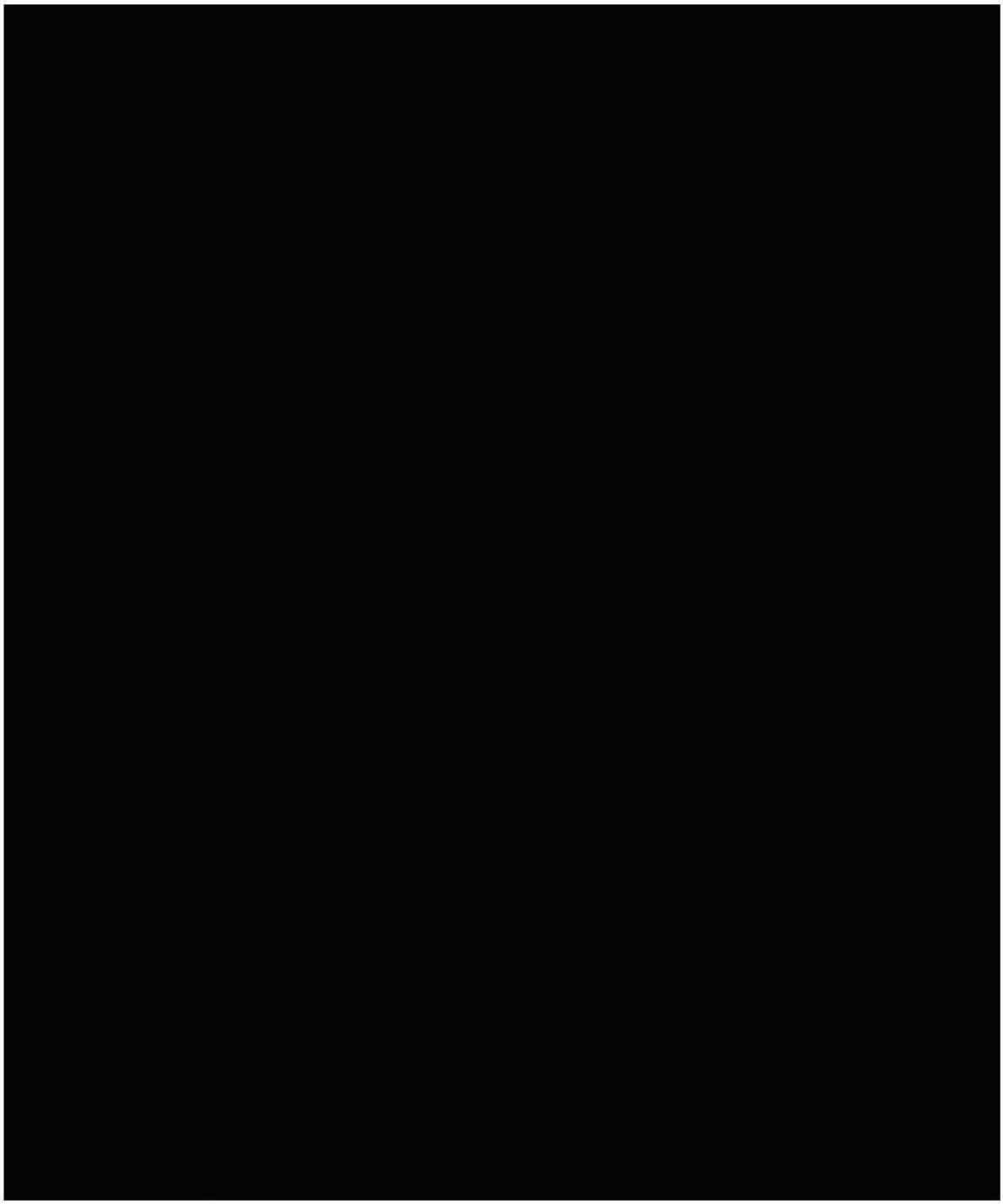


図 3-2-2 [redacted]の評価部位

3.3 構造強度評価方法

[redacted]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、高放射性廃液貯蔵場（HAW）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6-1-3-2「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.+12.1 m、高放射性廃液貯蔵場（HAW）のG.L.がT.P.+6.0 mであることから、浸水深は6.1 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18.3 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］
[redacted]	18.3	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、[redacted]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 6-1-3-2「高放射性廃液貯蔵場（HAW）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。[redacted]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
[redacted]	$P_n = P_{hn} + K_S$

※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

[redacted]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		SUS304	[redacted]
芯材	主桁（上段及び下段）	SUS304	C150×75×9×9
	主桁（中間）	SUS304	H150×150×9×10
	縦桁	SUS304	T150×80×8×8 ※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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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/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 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

[redacted] の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、高放射性廃液貯蔵場（HAW）[redacted]の強度計算で用いる設計震度は、別添 6-1-3-2「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

[redacted]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。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 3, m = 1, 2)$$

[redacted]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。

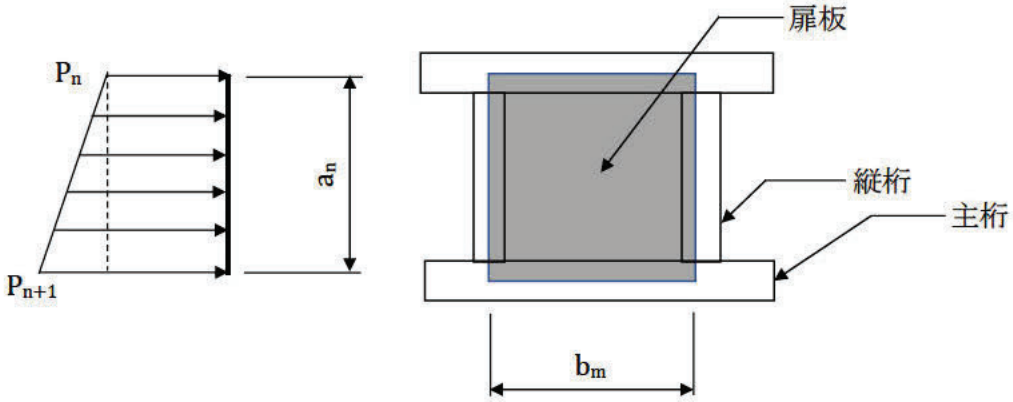


図 3-7-1 扉板に生じる応力の例

(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　A３　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。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{{\sigma_n}^2 + 3{\tau_n}^2}$$

$$\sigma_c = \mathrm{MAX}(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

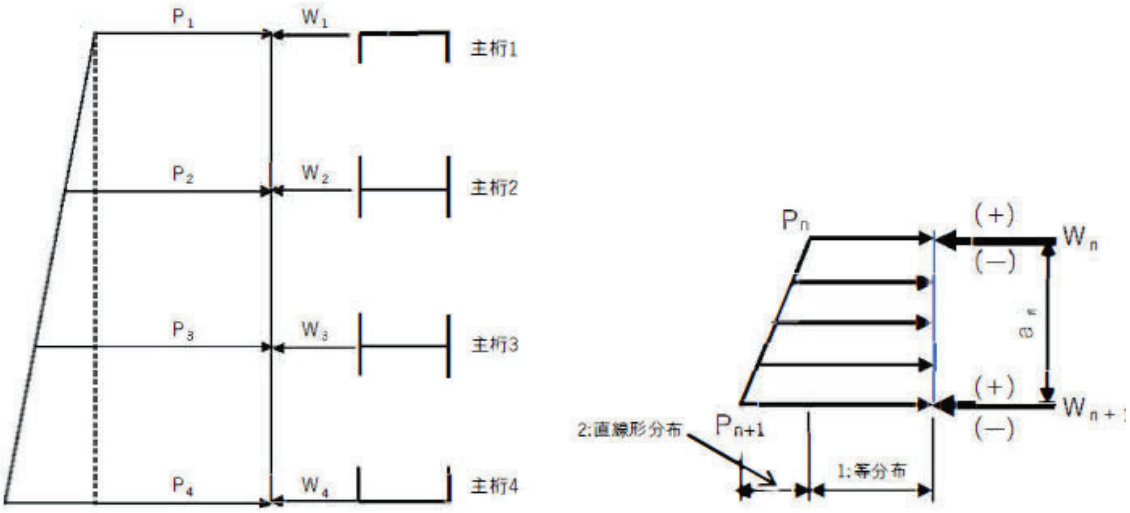


図 3-7-2 主桁に生じる荷重の例

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。

$$M'_n = a_n{}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

$$P'_n = B \cdot P_n$$

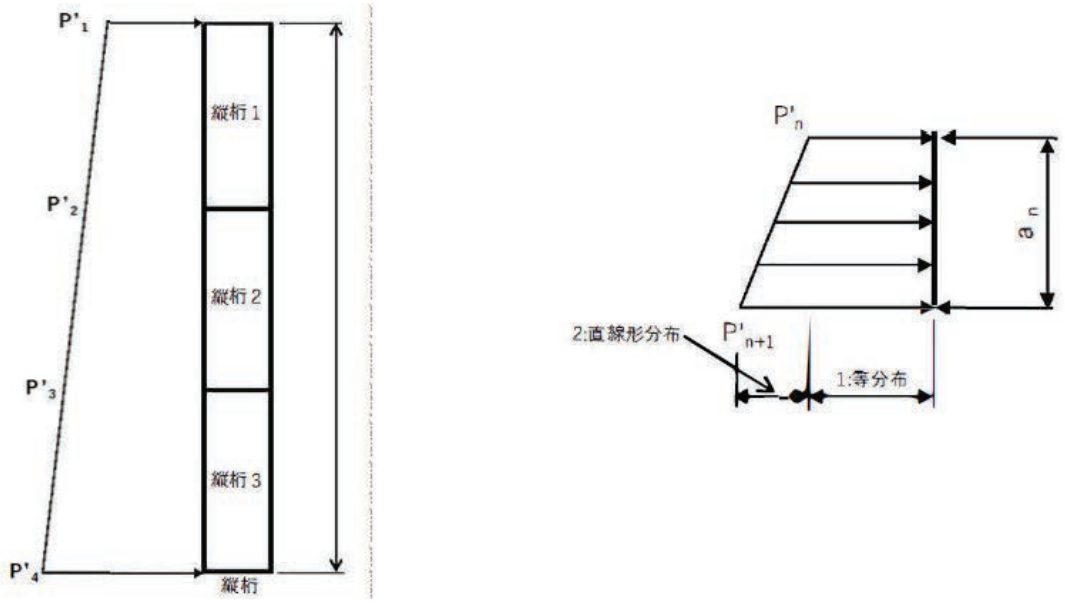
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{Xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000 \cdot Q'_n}{A'_{Wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'_n{}^2 + 3\tau'_n{}^2}$$

$$\sigma'_c = MAX(\sigma'_{cn}) \quad (n = 1 \sim 3)$$



（1：等分布成分がP_{bn}、2：直線形分布成分がP_{an}）

図 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 [redacted]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）	15.678
	H_{X2}	m	水頭高さ（主桁 2）	16.408
	H_{X3}	m	水頭高さ（主桁 3）	17.118
	H_{X4}	m	水頭高さ（主桁 4）	17.852
	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$(m = 1)$	0.409
			扉板の短辺側の長さ$(m = 2)$	0.394
	C_2	m	扉板の短辺側の長さ$(m = 1)$	0.409
			扉板の短辺側の長さ$(m = 2)$	0.394
	a_1	m	主桁ピッチ	0.730
	a_2	m	主桁ピッチ	0.710
	a_3	m	主桁ピッチ	0.734
	b_1	m	縦桁ピッチ	0.409
	b_2	m	縦桁ピッチ	0.394
	P_{h1}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 1)	158.4
	P_{h2}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 2)	165.7
	P_{h3}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 3)	172.9
	P_{h4}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 4)	180.3

表 3-8-1 [redacted]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	2.010
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	160.4
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	167.7
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	174.9
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	182.3
	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	95.71
	$\sigma_{pa\,12}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	88.82
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	99.90
	$\sigma_{pa\,22}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	92.72
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	104.2
	$\sigma_{pa\,32}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	96.67

表 3-8-1 [redacted]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	1.212
	W_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1）	59.45
	W_2	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	120.7
	W_3	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 3）	126.3
	W_4	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 4）	65.98
	M_1	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	10.92
	M_2	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	22.16
	M_3	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	23.19
	M_4	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	12.12
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	36.03
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	73.15
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	76.54
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	39.98
	Z_{x1}	mm^3	断面係数（主桁 1）	112600
	Z_{x2}	mm^3	断面係数（主桁 2）	218300
	Z_{x3}	mm^3	断面係数（主桁 3）	218300
	Z_{x4}	mm^3	断面係数（主桁 4）	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）	1170
	A_{W3}	mm^2	せん断断面積（主桁 3）	1170
	A_{W4}	mm^2	せん断断面積（主桁 4）	1188

表 3-8-1 [redacted]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	96.94
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	101.5
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	106.2
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	107.6
	τ_1	N/mm^2	主桁 1 のせん断応力	30.33
	τ_2	N/mm^2	主桁 2 のせん断応力	62.52
	τ_3	N/mm^2	主桁 3 のせん断応力	65.42
	τ_4	N/mm^2	主桁 4 のせん断応力	33.65
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	110.3
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	148.4
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	155.3
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	122.4

表 3-8-1 [redacted]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	0.4015
	P'_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1 の位置）	64.40
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	67.33
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	70.22
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	73.19
	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）	2.93
	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）	2.89
	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）	2.97
	P_{b1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 1）	64.40
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	67.33
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	70.22
	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	4.390
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	4.336
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	4.832
	Q'_1	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	24.22
	Q'_2	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	24.59
	Q'_3	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	26.50

表 3-8-1 [redacted]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）	43010
	Z'_{x2}	mm^3	断面係数（縦桁 2）	43010
	Z'_{x3}	mm^3	断面係数（縦桁 3）	43010
	A'_{W1}	mm^2	せん断断面積（縦桁 1）	1136
	A'_{W2}	mm^2	せん断断面積（縦桁 2）	1136
	A'_{W3}	mm^2	せん断断面積（縦桁 3）	1136
	σ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じる曲げ応力	102.1
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	100.8
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	112.3
	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	21.32
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	21.65
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	23.33
	σ'_{c1}	N/mm^2	縦桁 1 に生じる組合せ応力	108.5
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	107.6
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	119.4

3.9 評価結果

[redacted]の強度評価結果を表 3-9-1 に示す。[redacted]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、[redacted]が構造強度を有することを確認した。

表 3-9-1 [redacted]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
[redacted]	扉板	105	205	0.52
	主桁	156	205	0.77
	縦桁	120	205	0.59

4. [redacted]

4.1 記号の説明

[redacted]の強度評価に用いる記号を表 4-1-1 に示す。

表 4-1-1 [redacted]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_{h1n}	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（上段）	kN/m^2
P_{h2n}	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（下段）	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_{X1n}	当該部分の浸水深（上段）	m
H_{X2n}	当該部分の浸水深（下段）	m
K_{S1}	単位面積あたりの余震による地震荷重（上段）	kN/m^2
K_{S2}	単位面積あたりの余震による地震荷重（下段）	kN/m^2
S_d	弾性設計用地震動	—
G_1	扉体自重（上段）	t
G_2	扉体自重（下段）	t
K_H	水平震度	—
b	扉全体の受圧幅	m
H_{g1}	受圧高（上段）	m
H_{g2}	受圧高（下段）	m
P'_{1n}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの荷重（上段）	kN/m
P'_{2n}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの荷重（下段）	kN/m
P_{1n}	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（上段）	kN/m^2
P_{2n}	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（下段）	kN/m^2
B	受圧幅	m
$\sigma_{pa\ 1nm}$	津波と余震荷重により扉板に生じる応力（区画 n、m）（上段）	N/mm^2
$\sigma_{pa\ 2nm}$	津波と余震荷重により扉板に生じる応力（区画 n、m）（下段）	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

表 4-1-1 [redacted]の強度評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
a_{1n}	主桁ピッチ（上段）	m
a_{2n}	主桁ピッチ（下段）	m
b_m	縦桁ピッチ	m
W_{1n}	該当部位の主桁が受ける単位長さあたりの荷重（上段）	kN/m
W_{2n}	該当部位の主桁が受ける単位長さあたりの荷重（下段）	kN/m
M_{1n}	主桁に生じる曲げモーメント（上段）	kN･m
M_{2n}	主桁に生じる曲げモーメント（下段）	kN･m
L	主桁の長さ	m
Q_{1n}	主桁に生じるせん断力（上段）	kN･m
Q_{2n}	主桁に生じるせん断力（下段）	kN･m
σ_{1j}	主桁に生じる曲げ応力（上段）	N/mm^2
σ_{2J}	主桁に生じる曲げ応力（下段）	N/mm^2
Z_{X1n}	主桁の断面係数（上段）	mm^3
Z_{X2n}	主桁の断面係数（下段）	mm^3
τ_{1j}	主桁に生じるせん断応力　（上段）	N/mm^2
τ_{2j}	主桁に生じるせん断応力　（下段）	N/mm^2
A_{W1n}	主桁のせん断断面積（上段）	mm^2
A_{W2n}	主桁のせん断断面積（下段）	mm^2
σ_{c1n}	主桁に生じる組合せ応力（上段）	N/mm^2
σ_{c2n}	主桁に生じる組合せ応力（下段）	N/mm^2
σ_{c1}	主桁に生じる組合せ応力（最大値）（上段）	N/mm^2
σ_{c2}	主桁に生じる組合せ応力（最大値）（下段）	N/mm^2
M'_n	縦桁に生じる曲げモーメント	kN･m
P_{a1n}	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（上段）	kN/m
P_{a2n}	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（下段）	kN/m
P_{b1n}	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（上段）	kN/m
P_{b2n}	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（下段）	kN/m

表 4-1-1 [redacted]の強度評価に用いる記号（3/3）

記号	定義	単位
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'_{X1n}	縦桁の断面係数（上段）	mm^3
Z'_{X2n}	縦桁の断面係数（下段）	mm^3
τ'_n	縦桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A'_{W1n}	縦桁のせん断断面積（上段）	mm^2
A'_{W2n}	縦桁のせん断断面積（下段）	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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]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、締結金具を鋼製の戸当りに差し込み、扉と戸当りを一体化させる構造である。

[redacted]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、芯材から戸当りを介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、[redacted]の扉板、主桁、縦桁とする。

[redacted]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 [redacted]の構造図（単位：ｍｍ）

図 4-2-2 [redacted]の評価部位

4.3 構造強度評価方法

[redacted]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、高放射性廃液貯蔵場（HAW）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6-1-3-2「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.+12.1 m、高放射性廃液貯蔵場（HAW）のG.L.がT.P.+6.00 mであることから、浸水深は 6.10 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18.3 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］
[redacted]	18.3	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、[redacted]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「高放射性廃液貯蔵場（HAW）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。[redacted]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
[redacted]	$P_n = P_{hn} + K_S$

※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

[redacted]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 [redacted]の扉板及び芯材の使用材料

部 位		材 質	仕 様[mm]
扉 板（上段固定扉）		SUS304	[redacted]
扉 板（下段横引扉）		SUS304	[redacted]
芯 材（上段固定扉）	主桁（最上段）	SUS304	H360 × 180(240) × 12 × 16
	主桁（最下段）	SUS304	C360 × 180 × 12 × 16
	縦桁 1	SUS304	T360 × 100 × 12 × 12 ※5
	縦桁 2	SUS304	T170 × 65 × 16 × 16 ※5
芯 材（下段横引扉）	主桁（最上段）	SUS304	C360 × 150 × 12 × 16
	主桁（中間）	SUS304	H360 × 250 × 19 × 19
	主桁（最下段）	SUS304	H360 × 150(240) × 19 × 19
	縦桁 1	SUS304	T360 × 100 × 9 × 12 ※5
	縦桁 2	SUS304	T170 × 65 × 12 × 16 ※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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会)」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

[redacted] の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、高放射性廃液貯蔵場（HAW）[redacted]の強度計算で用いる設計震度は、別添 6-1-3-2「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

[redacted]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。

・上段固定扉

$$\sigma_{pa\ 11m} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_{11} \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{12} - P_{11}) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_{11},\ b_m)$$

$$\sigma_p = \sigma_{pa} = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\ 11m}) \quad (m = 1,2)$$

・下段横引扉

$$\sigma_{pa\ 2nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_{2n} \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{2,n+1} - P_{2n}) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_{2n},\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\ 2nm}) \quad (n = 1 \sim 3,\ m = 1,2)$$

[redacted]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。

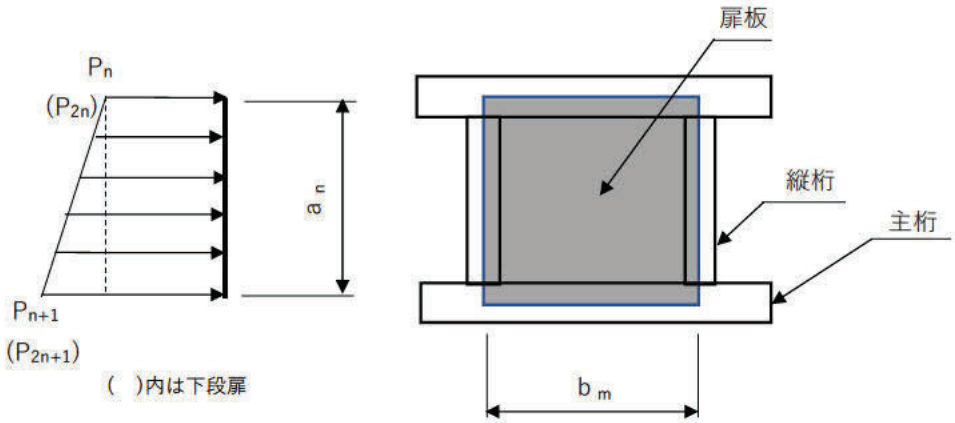


図 4-7-1 扉板に生じる応力の例

(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 Ａ３ 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。

・上段固定扉

$$w_{11} = \frac{(2P_{11} + P_{12}) \cdot a_{11}}{6}$$

$$w_{12} = \frac{(2P_{12} + P_{11}) \cdot a_{11}}{6}$$

$$M_{1n} = \frac{W_{1n} \cdot L^2}{8} \qquad Q_{1n} = \frac{W_{1n} \cdot L}{2}$$

$$\sigma_{1n} = \frac{1 \times 10^6 M_{1n}}{Z_{x1n}} \quad \tau_{1n} = \frac{1000 Q_{1n}}{A_{w1n}}$$

$$\sigma_{c1n} = \sqrt{{\sigma_{1n}}^2 + 3\,{\tau_{1n}}^2}$$

$$\sigma_{c1} = \mathrm{MAX}(\sigma_{c1n}) \quad (n = 1,2)$$

・下段横引扉

$$w_{21} = \frac{(2P_{21} + P_{22}) \cdot a_{21}}{6}$$

$$w_{22} = \frac{(2P_{22} + P_{21}) \cdot a_{21}}{6} + \frac{(2P_{22} + P_{23}) \cdot a_{22}}{6}$$

$$w_{23} = \frac{(2P_{23} + P_{22}) \cdot a_{22}}{6} + \frac{(2P_{23} + P_{24}) \cdot a_{23}}{6}$$

$$w_{24} = \frac{(2P_{24} + P_{23}) \cdot a_{23}}{6}$$

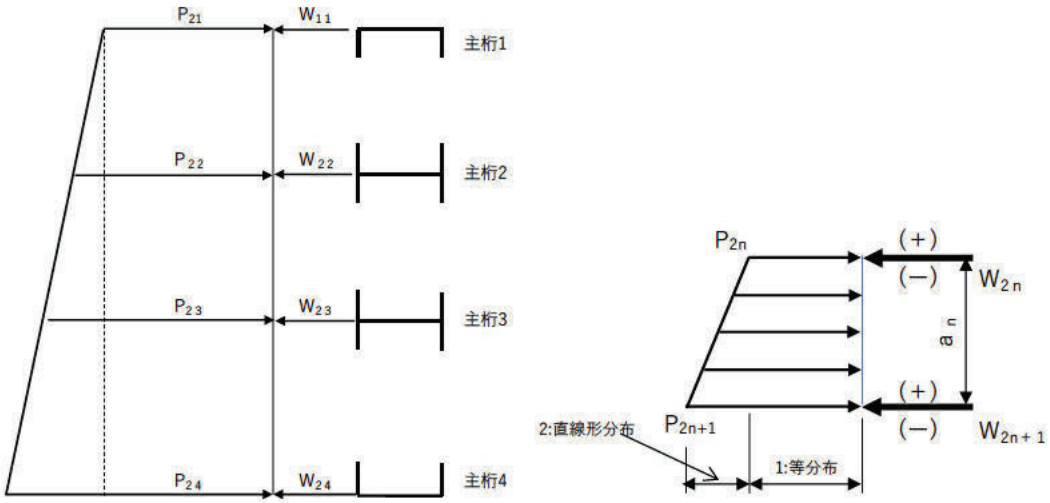
$$M_{2n} = \frac{W_{2n} \cdot L^2}{8} \qquad Q_{2n} = \frac{W_{2n} \cdot L}{2}$$

$$\sigma_{2n} = \frac{1 \times 10^6 M_{2n}}{Z_{x2n}} \quad \tau_{2n} = \frac{1000 Q_{2n}}{A_{w2n}}$$

$$Q_{c2n} = \sqrt{{\sigma_{2n}}^2 + 3{\tau_{2n}}^2}$$

$$\sigma_{c2} = \mathrm{MAX}(\sigma_{c2n}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

主桁（上段固定扉）



主桁（下段横引扉）

（1：等分布成分がP_{bn}，2：直線形分布成分がP_{an}）

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。

・上段固定扉

$$M_{11} = a_{11}{}^2 \cdot \left(\frac{P_{a11}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{b11}}{8}\right)$$

$$Q_{11} = a_{11} \cdot \left(\frac{P_{a11}}{3} + \frac{P_{b11}}{2}\right)$$

$$P'_{1n} = B \cdot P_{1n}$$

$$P_{a11} = P'_{12} - P'_{11} \qquad P_{b11} = P'_{11}$$

$$\sigma_{1m} = \frac{1 \times 10^6 \cdot M_{11}}{Z'_{x1m}}$$

$$\tau_{1m} = \frac{1000 Q_{11}}{A'_{w1m}}$$

$$\sigma_{c1m} = \sqrt{\sigma_{1m}{}^2 + 3\,\tau_{1m}{}^2}$$

$$\sigma_{c1} = \mathrm{MAX}\left(\sigma_{c1m}\right) \quad (m = 1,2)$$

・下段横引扉

$$M_{2n} = a_{2n}{}^2 \cdot \left(\frac{P_{a2n}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{b2n}}{8}\right)$$

$$Q_{2n} = a_{2n} \cdot \left(\frac{P_{a2n}}{3} + \frac{P_{b2n}}{2}\right)$$

$$P'_{2n} = B \cdot P_{2n}$$

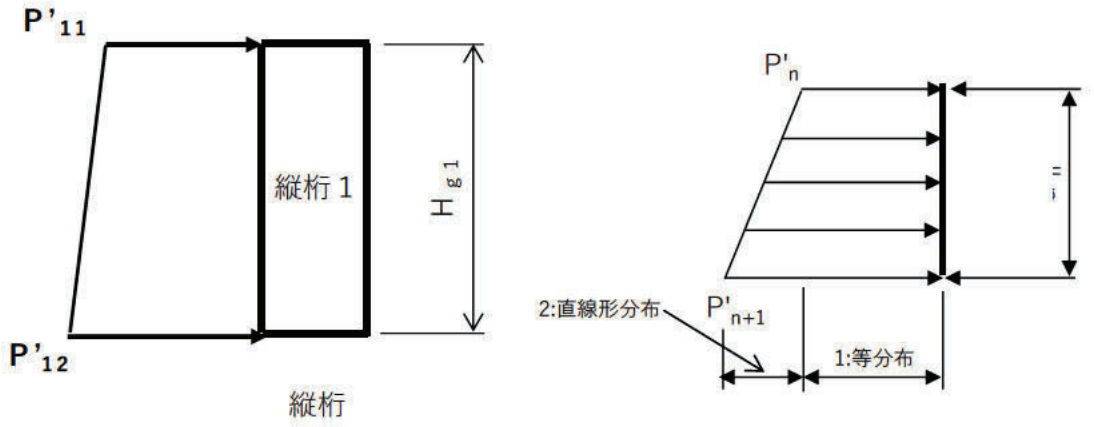
$$P_{a2n} = P'_{2\,n+1} - P'_{2n}, \qquad P_{b2n} = P'_{2n} \quad (n = 1\sim3)$$

$$\sigma_{2n\,m} = \frac{1 \times 10^6 \cdot M_{2n}}{Z'_{xm}}$$

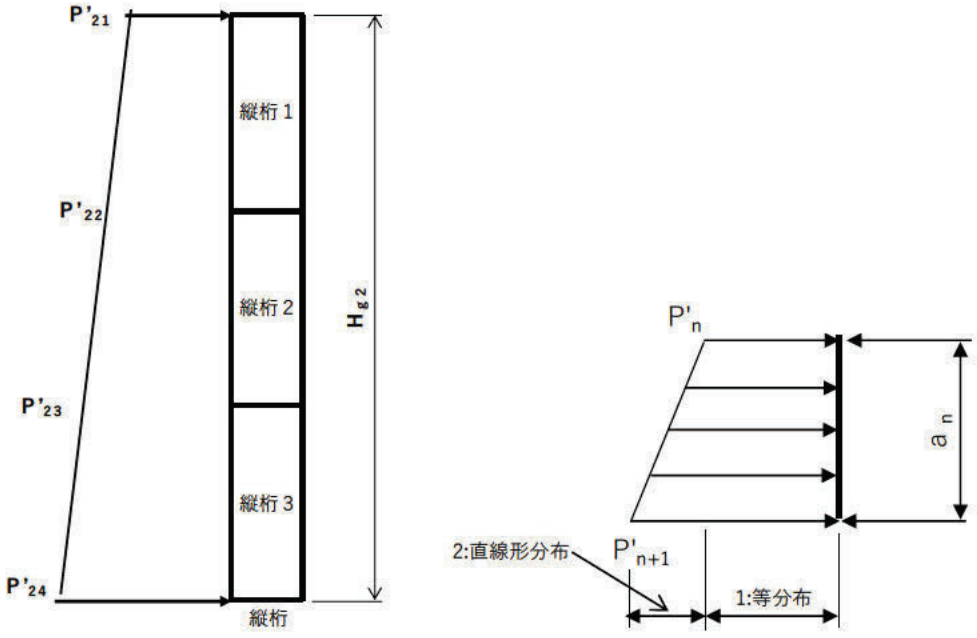
$$\tau_{2n\,m} = \frac{1000 \cdot Q_{2n}}{A'_{wm}}$$

$$\sigma_{c2n\,m} = \sqrt{\sigma_{2n\,m}{}^2 + 3\,\tau_{2n\,m}{}^2}$$

$$\sigma_{c2} = \mathrm{MAX}\left(\sigma_{c2n\,m}\right) \quad (m = 1,2)$$



縦桁（上段固定扉）



縦桁（下段横引扉）

（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 [redacted]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
扉板(上段)	H_{X11}	m	水頭高さ（主桁 11）	14.170
	H_{X12}	m	水頭高さ（主桁 12）	15.170
	P_{h11}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 1)	143.1
	P_{h12}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 2)	153.2
	P_{11}	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	145.9
	P_{12}	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	155.9
	K_{S1}	kN/m^2	単位面積当たりの余震荷重	2.716
扉板(下段)	H_{X21}	m	水頭高さ（主桁 21）	15.260
	H_{X22}	m	水頭高さ（主桁 22）	16.100
	H_{X23}	m	水頭高さ（主桁 23）	16.920
	H_{X24}	m	水頭高さ（主桁 24）	17.690
	P_{h21}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 3)	154.1
	P_{h22}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 4)	162.6
	P_{h23}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 3)	170.9
	P_{h24}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 4)	178.7
	P_{21}	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	157.0
	P_{22}	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	165.4
	P_{23}	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	173.7
	P_{24}	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	181.5
	K_{S2}	kN/m^2	単位面積当たりの余震荷重	2.831

表 4-8-1 [redacted]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
扉板	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)	0.405
			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)	0.405
			扉板の短辺側の長さ(m = 2)	0.410
扉板（上段固定扉）	$a_{111\sim112}$	m	主桁ピッチ	1.000
	b_{11}	m	縦桁ピッチ	0.405
	b_{12}	m	縦桁ピッチ	0.410
	$\sigma_{pa\,111}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	86.51
	$\sigma_{pa\,112}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	88.66
扉板（下段横引扉）	$a_{211,212}$	m	主桁ピッチ	0.840
	$a_{221,222}$	m	主桁ピッチ	0.820
	$a_{231,232}$	m	主桁ピッチ	0.770
	$b_{211,221,231}$	m	縦桁ピッチ	0.405
	$b_{212,222,232}$	m	縦桁ピッチ	0.410
	$\sigma_{pa\,211}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	92.28
	$\sigma_{pa\,212}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	94.57
	$\sigma_{pa\,221}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	97.04
	$\sigma_{pa\,222}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	99.45
	$\sigma_{pa\,231}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	101.6
	$\sigma_{pa\,232}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	104.1

表 4-8-1 [redacted]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
芯材（主桁）（上段固定扉）	L	m	主桁の長さ	3.250
	W_{11}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1）	74.62
	W_{12}	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	76.30
	M_{11}	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	98.52
	M_{12}	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	100.7
	Q_{12}	kN	主桁 1 に生じるせん断力	121.3
	Q_{12}	kN	主桁 2 に生じるせん断力	124.0
	Z_{x11}	mm^3	断面係数（主桁 1）	1185000
	Z_{x12}	mm^3	断面係数（主桁 2）	1143000
	A_{W11}	mm^2	せん断断面積（主桁 1）	3936
	A_{W12}	mm^2	せん断断面積（主桁 2）	3936

表 4-8-1 [redacted]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
芯材（主桁）（下段横引扉）	L	m	主桁の長さ	3.250
	W_{21}	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 1）	67.11
	W_{22}	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	137.3
	W_{23}	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 3）	138.0
	W_{24}	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 4）	68.86
	M_{21}	kN·m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	88.61
	M_{22}	kN·m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	181.2
	M_{23}	kN·m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	182.2
	M_{24}	kN·m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	90.92
	Q_{21}	kN	主桁 1 に生じるせん断力	109.1
	Q_{22}	kN	主桁 2 に生じるせん断力	223.0
	Q_{23}	kN	主桁 3 に生じるせん断力	224.2
	Q_{24}	kN	主桁 4 に生じるせん断力	111.9
	Z_{x21}	mm^3	断面係数（主桁 1）	985500
	Z_{x22}	mm^3	断面係数（主桁 2）	1830000
	Z_{x23}	mm^3	断面係数（主桁 3）	1830000
	Z_{x24}	mm^3	断面係数（主桁 4）	1301000
	A_{W21}	mm^2	せん断断面積（主桁 1）	3936
	A_{W22}	mm^2	せん断断面積（主桁 2）	6118
	A_{W23}	mm^2	せん断断面積（主桁 3）	6118
	A_{W24}	mm^2	せん断断面積（主桁 4）	6118

表 4-8-1 [redacted]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）（上段固定扉）	σ_{11}	N/mm^2	主桁 1 の曲げ応力	83.14
	σ_{12}	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	88.14
	τ_{11}	N/mm^2	主桁 1 のせん断応力	30.82
	τ_{12}	N/mm^2	主桁 2 のせん断応力	31.50
	σ_{c11}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	98.80
	σ_{c12}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	103.7
芯材（主桁）（下段横引扉）	σ_{21}	N/mm^2	主桁 1 の曲げ応力	89.91
	σ_{22}	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	99.02
	σ_{23}	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	99.54
	σ_{24}	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	69.88
	τ_{21}	N/mm^2	主桁 1 のせん断応力	27.71
	τ_{22}	N/mm^2	主桁 2 のせん断応力	36.45
	τ_{23}	N/mm^2	主桁 3 のせん断応力	36.65
	τ_{24}	N/mm^2	主桁 4 のせん断応力	18.29
	σ_{c21}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	101.9
	σ_{c22}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	117.4
	σ_{c23}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	118.1
	σ_{c24}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	76.73

表 4-8-1 [redacted]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（縦桁）（上段固定扉）	B	m	受圧幅	0.4075
	P'_{11}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁1の位置）	59.43
	P'_{12}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁2の位置）	63.54
	P_{a11}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁1）	4.11
	P_{b11}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁1）	59.43
	M'_{11}	kN・m	縦桁1に生じる曲げモーメント	7.692
	M'_{12}	kN・m	縦桁2に生じる曲げモーメント	7.692
	Q'_{11}	kN・m	縦桁1に生じるせん断力	31.09
	Q'_{12}	kN・m	縦桁2に生じるせん断力	31.09
	Z'_{x11}	mm^3	断面係数（縦桁1）	337800
	Z'_{x12}	mm^3	断面係数（縦桁2）	99570
	A'_{W11}	mm^2	せん断断面積（縦桁1）	4176
	A'_{W12}	mm^2	せん断断面積（縦桁2）	2464
	σ'_{11}	N/mm^2	縦桁1に生じる曲げ応力	22.77
	σ'_{12}	N/mm^2	縦桁2に生じる曲げ応力	77.25
	τ'_{11}	N/mm^2	縦桁1に生じるせん断応力	7.445
	τ'_{12}	N/mm^2	縦桁2に生じるせん断応力	12.62
	σ'_{c11}	N/mm^2	縦桁1に生じる組合せ応力	26.17
	σ'_{c12}	N/mm^2	縦桁2に生じる組合せ応力	80.28

表 4-8-1 [redacted]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（縦桁）（下段横引扉）	B	m	受圧幅	0.4075
	P'_{21}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁1の位置）	63.97
	P'_{22}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁2の位置）	67.40
	P'_{23}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁3の位置）	70.78
	P'_{24}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁4の位置）	73.96
	P_{a21}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁1）	3.43
	P_{a22}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁2）	3.38
	P_{a23}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（直線分布荷重：縦桁3）	3.18
	P_{b21}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁1）	63.97
	P_{b22}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁2）	67.40
	P_{b23}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁3）	70.78
	M'_1	kN・m	縦桁1に生じる曲げモーメント	5.797
	M'_2	kN・m	縦桁2に生じる曲げモーメント	5.811
	M'_3	kN・m	縦桁3に生じる曲げモーメント	5.367
	Q'_1	kN・m	縦桁1に生じるせん断力	27.83
	Q'_2	kN・m	縦桁2に生じるせん断力	28.56
	Q'_3	kN・m	縦桁3に生じるせん断力	28.07

表 4-8-1 [redacted]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（縦桁）（下段横引扉）	Z'_{x21}	mm^3	断面係数（縦桁 1）（段 1～3）	266800
	Z'_{x22}	mm^3	断面係数（縦桁 2）（段 1～3）	78830
	A'_{W21}	mm^2	せん断断面積（縦桁 1）（段 1～3）	3132
	A'_{W22}	mm^2	せん断断面積（縦桁 2）（段 1～3）	1848
	σ'_{21}	N/mm^2	縦桁 1（段 1）に生じる曲げ応力	21.73
	σ'_{22}	N/mm^2	縦桁 1（段 2）に生じる曲げ応力	21.78
	σ'_{23}	N/mm^2	縦桁 1（段 3）に生じる曲げ応力	20.12
	σ'_{24}	N/mm^2	縦桁 2（段 1）に生じる曲げ応力	73.54
	σ'_{25}	N/mm^2	縦桁 2（段 2）に生じる曲げ応力	73.72
	σ'_{26}	N/mm^2	縦桁 2（段 3）に生じる曲げ応力	68.08
	τ'_{21}	N/mm^2	縦桁 1（段 1）に生じるせん断応力	8.886
	τ'_{22}	N/mm^2	縦桁 1（段 2）に生じるせん断応力	9.119
	τ'_{23}	N/mm^2	縦桁 1（段 3）に生じるせん断応力	8.962
	τ'_{24}	N/mm^2	縦桁 2（段 1）に生じるせん断応力	15.06
	τ'_{25}	N/mm^2	縦桁 2（段 2）に生じるせん断応力	15.45
	τ'_{26}	N/mm^2	縦桁 2（段 3）に生じるせん断応力	15.19
	σ'_{c21}	N/mm^2	縦桁 1（段 1）に生じる組合せ応力	26.63
	σ'_{c22}	N/mm^2	縦桁 1（段 2）に生じる組合せ応力	26.90
	σ'_{c23}	N/mm^2	縦桁 1（段 3）に生じる組合せ応力	25.41
	σ'_{c24}	N/mm^2	縦桁 2（段 1）に生じる組合せ応力	78.03
	σ'_{c25}	N/mm^2	縦桁 2（段 2）に生じる組合せ応力	78.43
	σ'_{c26}	N/mm^2	縦桁 2（段 3）に生じる組合せ応力	72.99

4.9 評価結果

[redacted]の強度評価結果を表 4-9-1 に示す。[redacted]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、[redacted]が構造強度を有することを確認した。

表 4-9-1 [redacted]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
[redacted]	上段固定扉	扉板	89	205	0.44
		主桁	104	205	0.51
		縦桁	81	205	0.40
	下段横引扉	扉板	105	205	0.52
		主桁	119	205	0.59
		縦桁	79	205	0.39

5. [redacted]

5.1 記号の説明

[redacted]の強度評価に用いる記号を表 5-1-1 に示す。

表 5-1-1 [redacted]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 5-1-1 [redacted]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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]は、片開型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取り付けて、締結金具を鋼製の戸当りに差し込み、扉と戸当りを一体化させる構造である。

[redacted]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、芯材から戸当りを介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、[redacted]の扉板、主桁、縦桁とする。

[redacted]の構造図を図 5-2-1、評価部位を図 5-2-2 に示す。

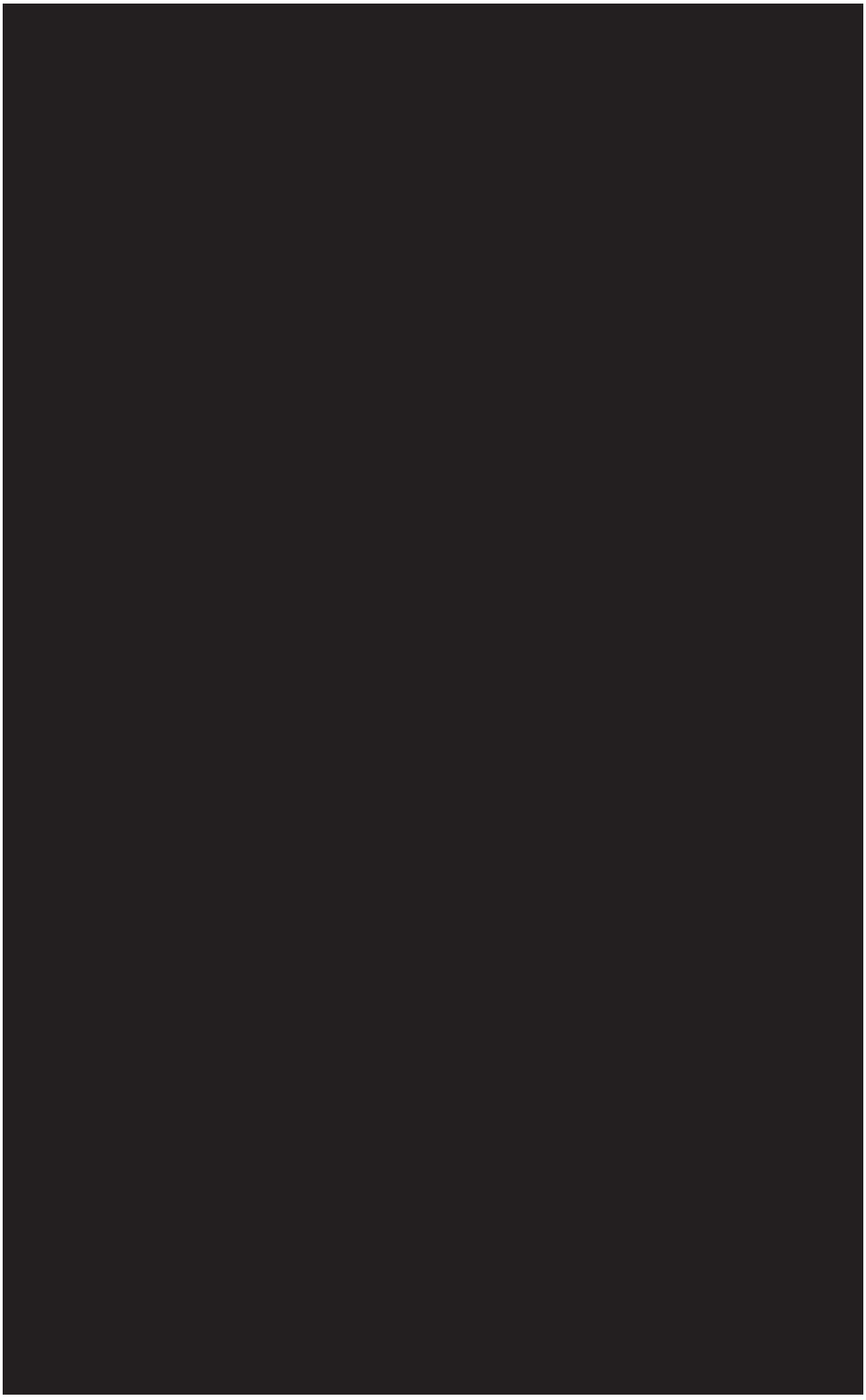


図 5-2-1 [redacted]の構造図（単位：ｍｍ）

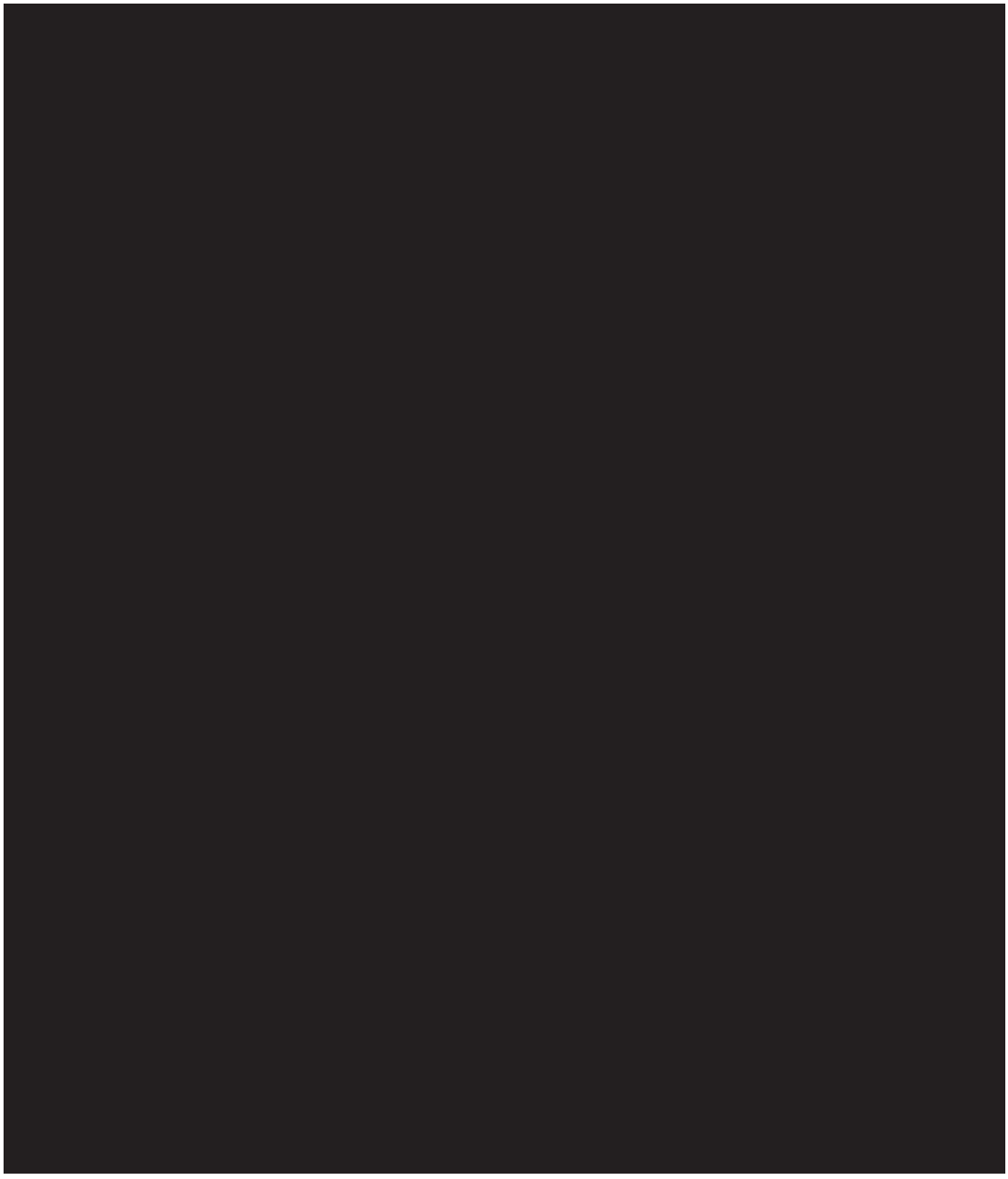


図 5-2-2 [redacted]の評価部位

5.3 構造強度評価方法

[redacted]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」に示す許容限界以内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、高放射性廃液貯蔵場（HAW）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6-1-3-2「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.+12.1 m、高放射性廃液貯蔵場（HAW）のG.L.がT.P.+6.0 mであることから、浸水深は6.1 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18.3 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］
[redacted]	18.3	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、[redacted]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 6-1-3-2「高放射性廃液貯蔵場（HAW）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。[redacted]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
[redacted]	$P_n = P_{hn} + K_S$

※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

[redacted]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 扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SUS304	[redacted]
芯材	主桁（上段及び下段）	SUS304	C150×75×9×9
	主桁（中間）	SUS304	H150×150×9×10
	縦桁	SUS304	T150×80×8×8 ※8

※8 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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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

[redacted] の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、高放射性廃液貯蔵場（HAW）[redacted]の強度計算で用いる設計震度は、別添 6-1-3-2「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

[redacted]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。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 3, m = 1, 2)$$

[redacted]の扉板に生じる応力の例を図 5-7-1 に、扉板の評価部位の番号を図 3-2-2 に示す。

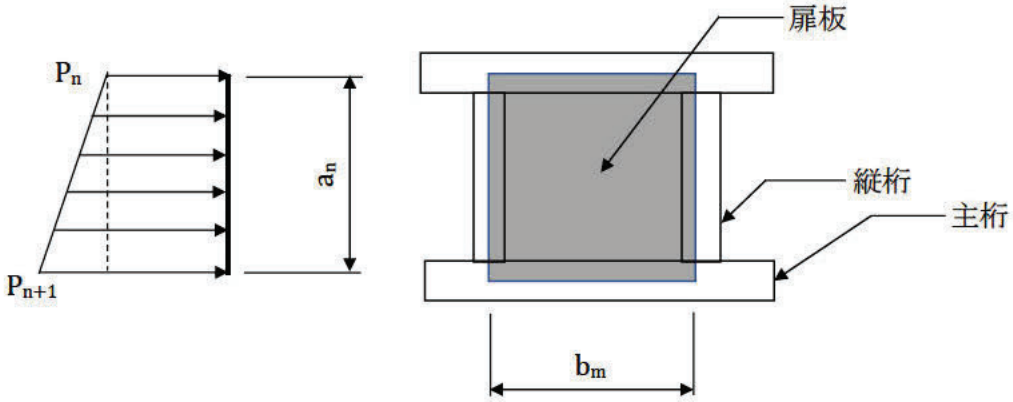


図 5-7-1 扉板に生じる応力の例

(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　A３　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 5-7-2 に示す。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{{\sigma_n}^2 + 3{\tau_n}^2}$$

$$\sigma_c = \mathrm{MAX}(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

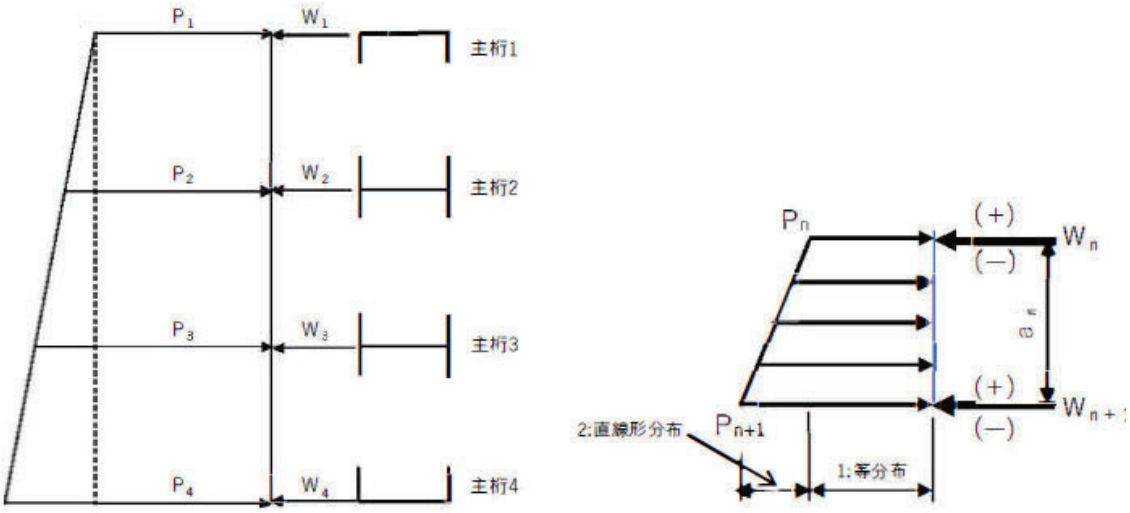


図 5-7-2 主桁に生じる荷重の例

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）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 5-7-3 に示す。

$$M'_n = a_n{}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

$$P'_n = B \cdot P_n$$

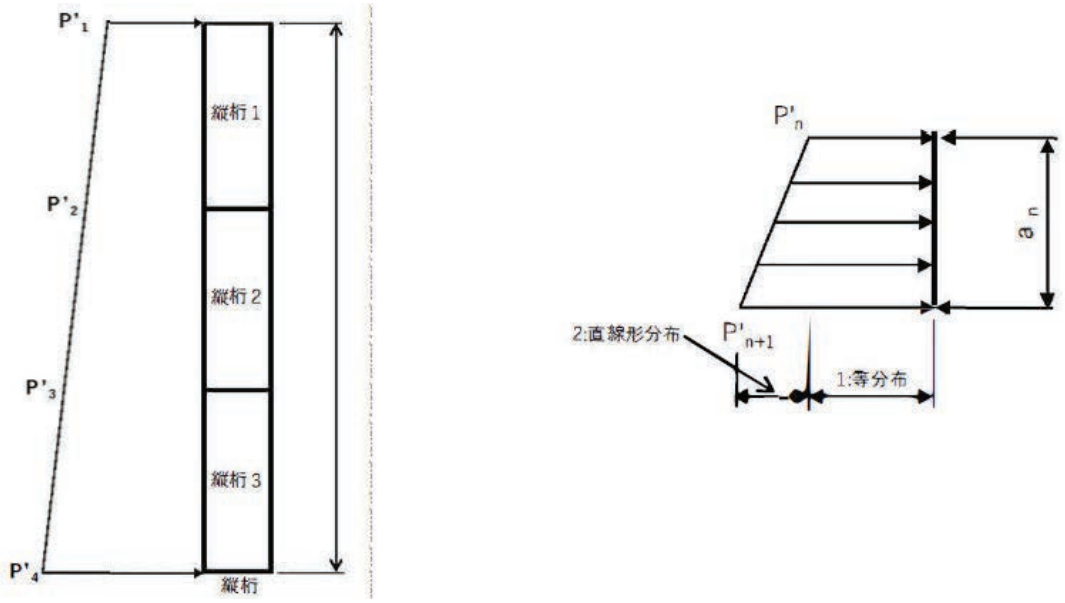
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{Xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000 \cdot Q'_n}{A'_{Wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'_n{}^2 + 3\tau'_n{}^2}$$

$$\sigma'_c = MAX(\sigma'_{cn}) \quad (n = 1 \sim 3)$$



（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 [redacted]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）	15.678
	H_{X2}	m	水頭高さ（主桁 2）	16.428
	H_{X3}	m	水頭高さ（主桁 3）	17.148
	H_{X4}	m	水頭高さ（主桁 4）	17.852
	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$(m = 1)$	0.411
			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$(m = 1)$	0.411
			扉板の短辺側の長さ$(m = 2)$	0.410
	a_1	m	主桁ピッチ	0.750
	a_2	m	主桁ピッチ	0.720
	a_3	m	主桁ピッチ	0.704
	b_1	m	縦桁ピッチ	0.411
	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)	158.4
	P_{h2}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 2)	165.9
	P_{h3}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 3)	173.2
	P_{h4}	kN/m^2	単位面積当たりの津波荷重(主桁 4)	180.3

表 5-8-1 [redacted]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	1.977
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	160.3
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	167.9
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	175.2
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	182.3
	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	96.70
	$\sigma_{pa\,12}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	96.23
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	101.0
	$\sigma_{pa\,22}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	100.6
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	105.3
	$\sigma_{pa\,32}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	104.7

表 5-8-1 [redacted]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	1.232
	W_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1）	61.06
	W_2	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	123.3
	W_3	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 3）	124.7
	W_4	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 4）	63.32
	M_1	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	11.59
	M_2	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	23.40
	M_3	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	23.66
	M_4	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	12.01
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	37.61
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	75.97
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	76.80
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	39.01
	Z_{x1}	mm^3	断面係数（主桁 1）	112600
	Z_{x2}	mm^3	断面係数（主桁 2）	218300
	Z_{x3}	mm^3	断面係数（主桁 3）	218300
	Z_{x4}	mm^3	断面係数（主桁 4）	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）	1170
	A_{W3}	mm^2	せん断断面積（主桁 3）	1170
	A_{W4}	mm^2	せん断断面積（主桁 4）	1188

表 5-8-1 [redacted]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	102.9
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	107.2
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	108.4
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	106.7
	τ_1	N/mm^2	主桁 1 のせん断応力	31.66
	τ_2	N/mm^2	主桁 2 のせん断応力	64.93
	τ_3	N/mm^2	主桁 3 のせん断応力	65.64
	τ_4	N/mm^2	主桁 4 のせん断応力	32.84
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	116.6
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	155.4
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	157.1
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	120.9

表 5-8-1 [redacted]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	0.4015
	P'_1	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 1 の位置）	65.80
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	68.92
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	71.92
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	74.83
	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）	3.12
	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）	3.00
	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）	2.91
	P_{b1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 1）	65.80
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	68.92
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	71.92
	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	4.739
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	4.566
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	4.548
	Q'_1	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	25.46
	Q'_2	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	25.53
	Q'_3	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	26.00

表 5-8-1 [redacted]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）	43010
	Z'_{x2}	mm^3	断面係数（縦桁 2）	43010
	Z'_{x3}	mm^3	断面係数（縦桁 3）	43010
	A'_{W1}	mm^2	せん断断面積（縦桁 1）	1136
	A'_{W2}	mm^2	せん断断面積（縦桁 2）	1136
	A'_{W3}	mm^2	せん断断面積（縦桁 3）	1136
	σ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じる曲げ応力	110.2
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	106.2
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	105.7
	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	22.41
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	22.47
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	22.89
	σ'_{c1}	N/mm^2	縦桁 1 に生じる組合せ応力	116.8
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	113.1
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	112.9

5.9 評価結果

[redacted]の強度評価結果を表 5-9-1 に示す。[redacted]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、[redacted]が構造強度を有することを確認した。

表 5-9-1 [redacted]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
[redacted]	扉板	106	205	0.52
	主桁	158	205	0.78
	縦桁	117	205	0.58

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、[redacted]の安全機能（耐震・耐津波性）に影響せず、検査又は試験が可能である。

3　本申請は、[redacted]の保守及び修理に影響しない。

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。

（添付２）

３．１．２３　建物（その２３）

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　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・6

６．　工事の工程　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・9

別　図　一　覧

別図-1　[redacted]の設置位置図（TVF 建家 1 階平面）

別図-2　[redacted]の設置状態

別図-3-1　[redacted]の強化概要

別図-3-2　[redacted]の強化概要

別図-3-3　[redacted]の強化概要

別図-3-4　[redacted]の強化概要

別図-3-5　[redacted]の強化概要

別図-3-6　[redacted]の強化概要

別図-4　締結金具の概要図

別図-5　[redacted]の強化工事フロー図

表　一　覧

表-1　　設計条件

表-2　　強化材及び締結金具の設計仕様

表-3　　強化工事工程表

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 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 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。

本申請は、[redacted]をもって変更の認可を受けたガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の一部の[redacted]について、より耐久性を向上させるため強化工事を行うものである。

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）

「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）

「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601）」（日本電気協会）

「日本産業規格（JIS）」

「建築基準法・同施行令」

「鋼構造許容応力度設計規準」（日本建築学会）

３．設計の基本方針

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の[redacted]のうち、[redacted]について、より耐久性を向上させるため強化工事を行う。

[redacted]の設置位置図を別図-1、[redacted]の設置状態を別図-2、[redacted]の強化概要を別図-3-1～3-6 に示す。

今回の申請では、工事対象である[redacted]が「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）の第六条（地震による損傷の防止）第 2 項、第七条（津波による損傷の防止）、第十六条（安全機能を有する施設）第 2 項及び第 3 項に規定する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

[redacted]の扉体に強化材を溶接により施工する。また、強化材を覆うように化粧板を施工する。

強化材等の施工に伴い[redacted]の扉体の重量が増加することから、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津波（以下「設計津波」という。）に対し損傷することがないように、設計地震動に対する耐震評価及び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を実施する。なお、[redacted]については、耐震評価部位の一部である締結金具において地震による発生応力が許容応力を超えることから、当該部材の板厚を 16㎜ から 19㎜ に変更することにより部材自体の構造強度を上げ、耐震性を確保する。締結金具の概要図について別図-4 に示す。

[redacted]の設計条件を表-1 に示す。

表-1　設計条件

[redacted]	耐震分類	材質	強化工事後重量(t)
[redacted]	B クラス	SUS304	27.1
[redacted]	B クラス	SUS304	2.6
[redacted]	B クラス	SUS304	2.6
[redacted]	B クラス	SUS304	8.7
[redacted]	B クラス	SUS304	2.6
[redacted]	B クラス	SUS304	3.4

(2) 仕様

本強化工事に用いる強化材の仕様及び [redacted] の[redacted]の耐震性確保のため交換する締結金具の仕様を表-2 に示す。

表-2　強化材及び締結金具の設計仕様

名称	材質	備考 (主要寸法(mm))
強化材 [redacted]	SUS304	(t6)
締結金具 [redacted]	SUS304	(122.5×65×t19)

(3) 保守

[redacted]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（締付クサビ)、扉体水密ゴム、ゴム押え板、化粧板、取付ボルト、リミットスイッチであり、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

本申請に係る強化材等の設置は、「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) 工事の手順

本工事に用いる締結金具、強化材等は、材料を入手後、工場にて加工を行った後、現地に搬入する。締結金具についてはボルトを外し既設と交換する。強化材については、扉体に溶接により施工する。強化材の施工後、その据付状態を覆うよう化粧板をあわせて施工する。

本工事フローを別図-5 に示す。

工事の各段階において所要の試験・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) 締結金具

① 材料確認検査

対　象：締結金具

方　法：締結金具が所定の材質であることを材料証明書等により確認する。

判　定：締結金具が表-2 に示す材質であること。

② 寸法検査

対　象：締結金具

方　法：締結金具の主要な寸法について、適切な測定機器により確認する。

判　定：締結金具の主要な寸法が別図-4 に示す所定の寸法であること。

③ 据付・外観検査（締結金具）

対　象：締結金具

方　法：締結金具の外観及び据付状態を目視により確認する。

判　定：締結金具の外観に使用上有害な傷、変形がないこと及び据付状態に緩みがないこと。

2）強化材等

① 据付・外観検査その１

対　象：[redacted]

方　法：強化材等が[redacted]の所定の位置に取り付けられ、[redacted]（支持部含む）の外観について安全機能に影響を及ぼす有害な傷、変形がないことを目視により確認する。

判　定：強化材等が[redacted]の所定の位置に取り付けられ、[redacted]（支持部含む）の外観について安全機能に影響を及ぼす有害な傷、変形がないこと。

② 据付・外観検査その２

対　象：[redacted]

方　法：化粧板が[redacted]の所定の位置に取り付けられ、[redacted]（支持部含む）の外観について安全機能に影響を及ぼす有害な傷、変形がないことを目視により確認する。

判　定：化粧板が[redacted]の所定の位置に取り付けられ、[redacted]（支持部含む）の外観について安全機能に影響を及ぼす有害な傷、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 本工事は、既設設備に影響を与えないよう、養生等を施して行う。

③ 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。

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。

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 本工事においては、廃止措置計画の事故対処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。

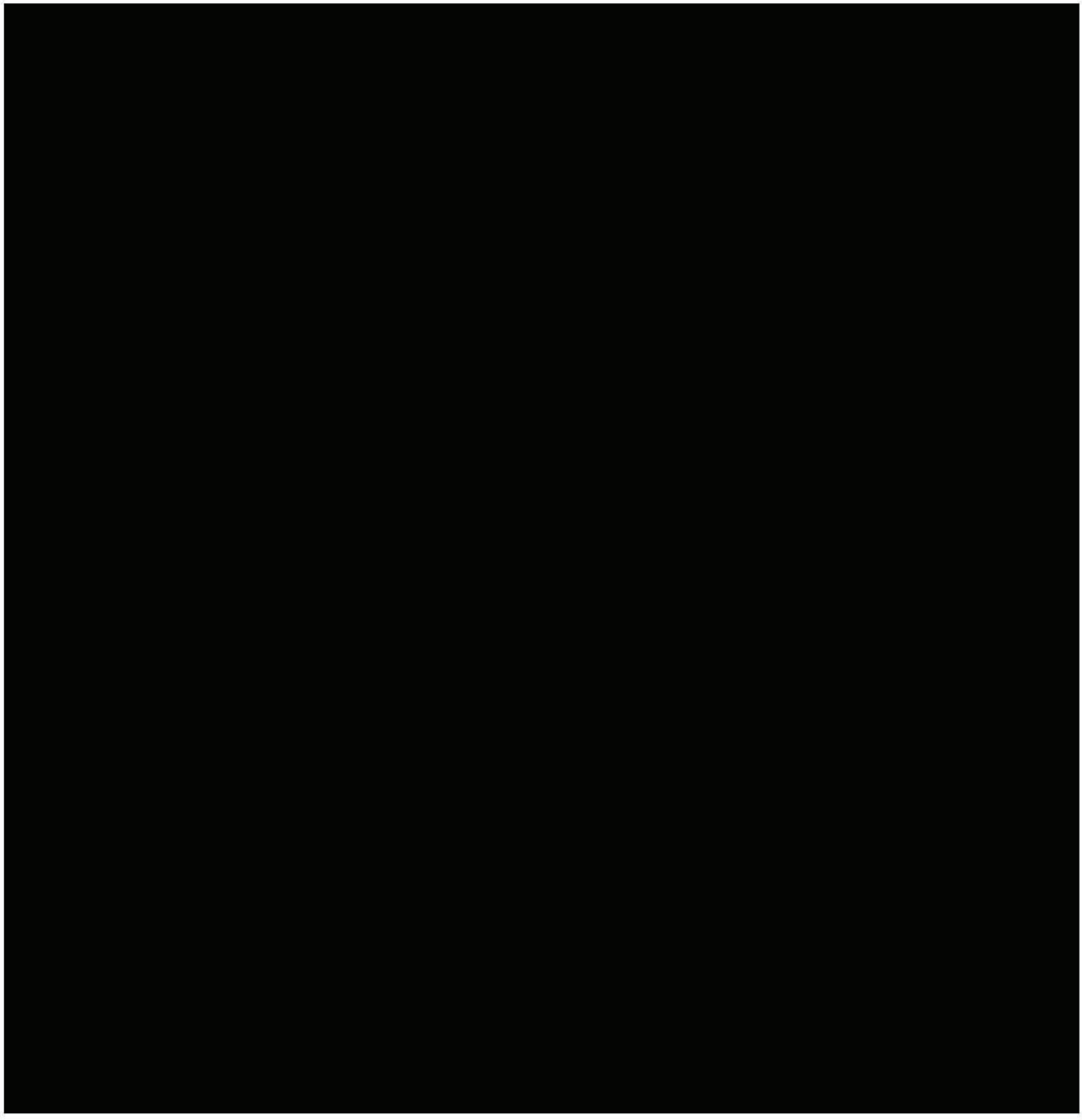
表-3　強化工事工程表

	令和7年度						備　考
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
扉の強化工事 （ガラス固化技術開発施設）			工事				

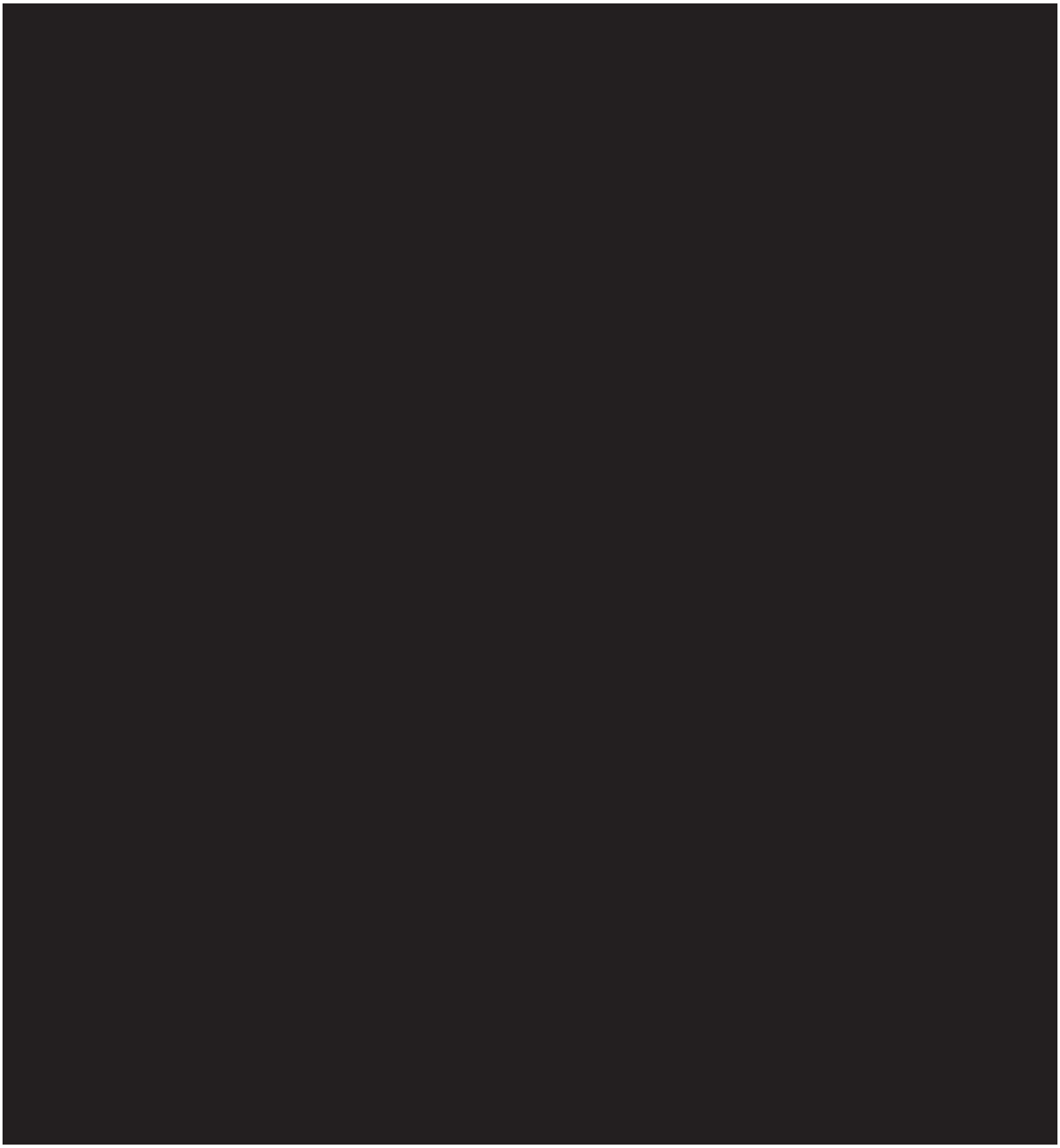
（別図）

別図-1 [redacted]の設置位置図（TVF 建家 1 階平面）

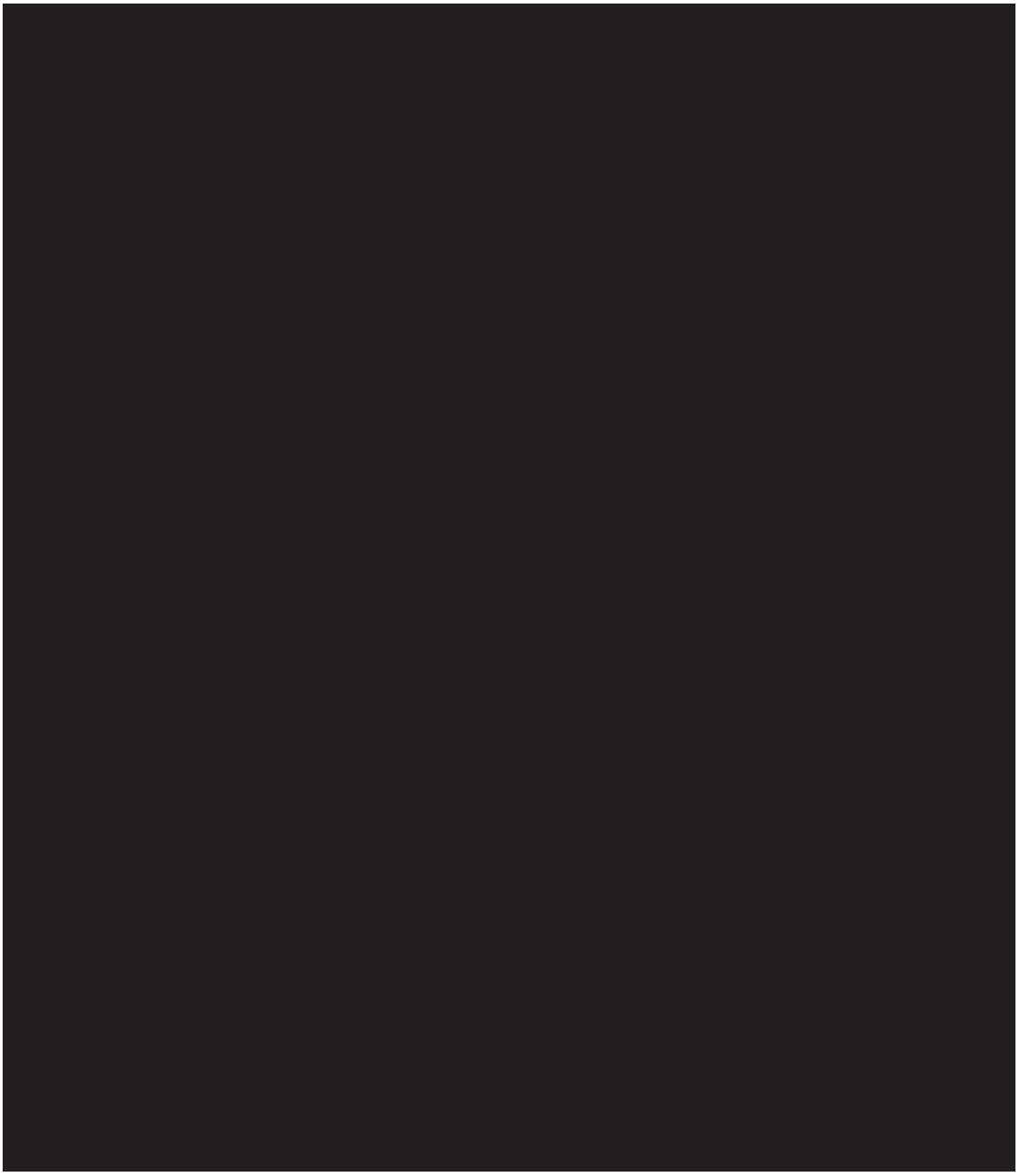
別図-2 [redacted]の設置状態



別図-3-1 [redacted]の強化概要

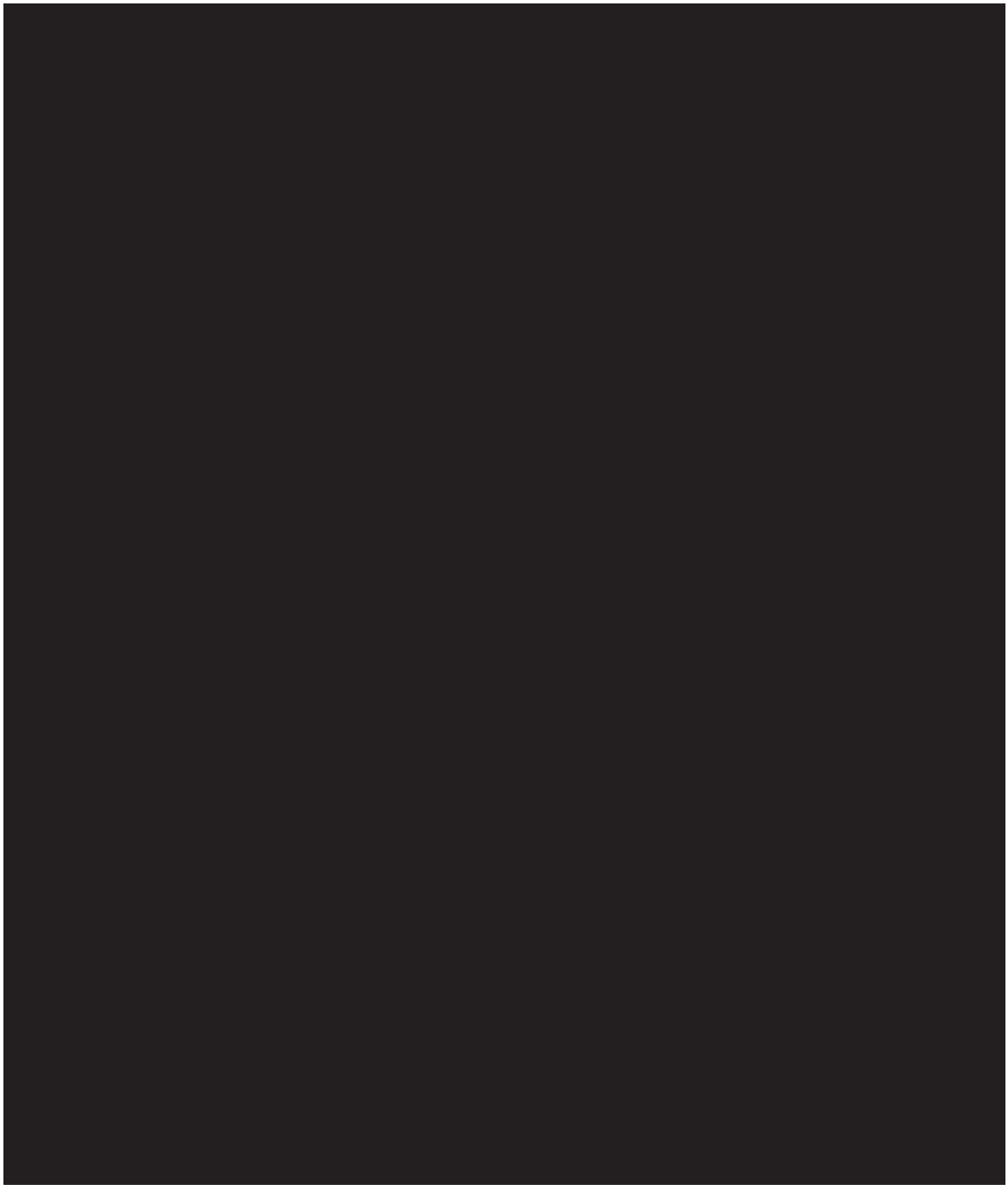


別図-3-2 [redacted]の強化概要

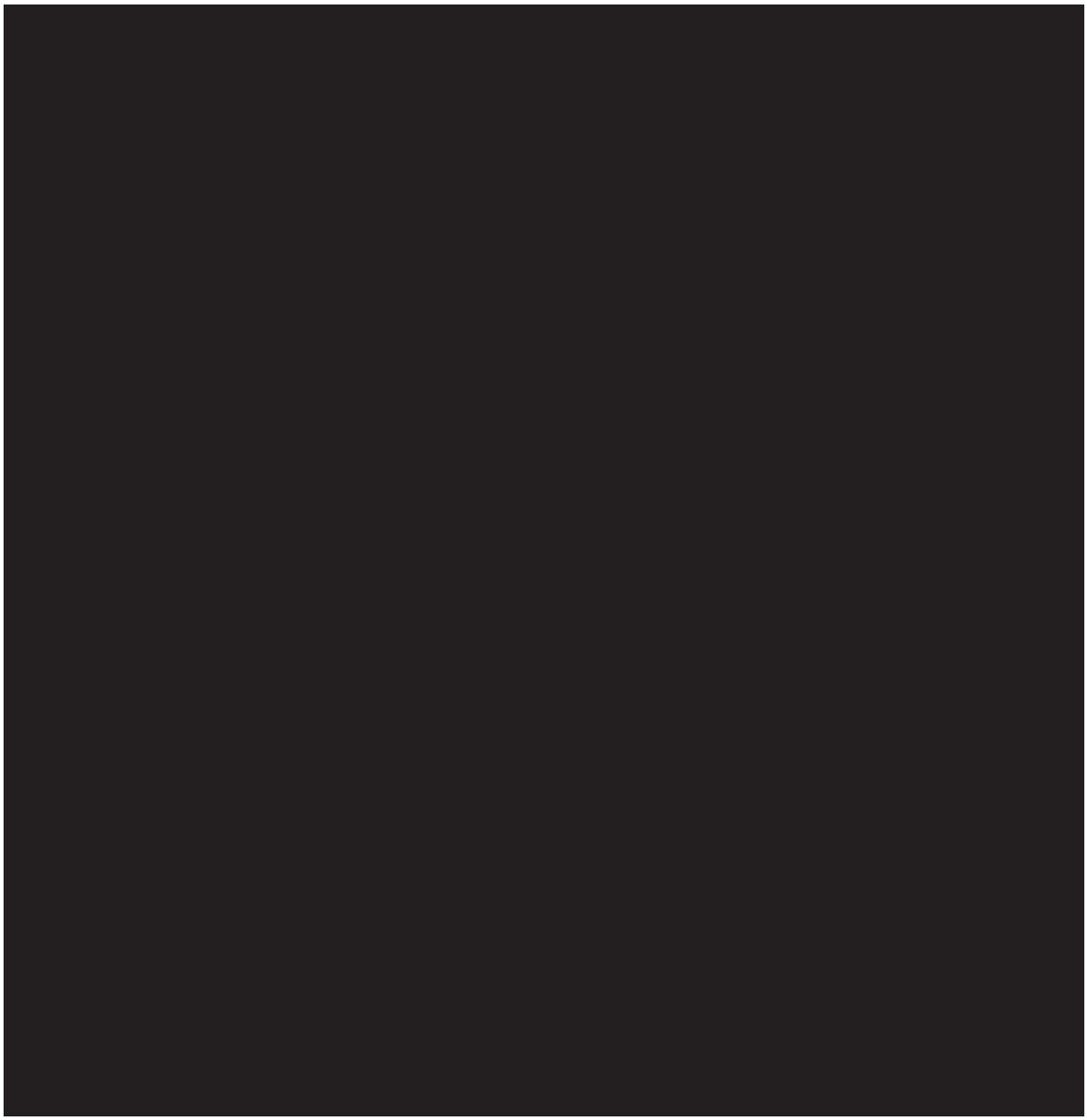


別図-3-3 [redacted]の強化概要

別図-3-4 [redacted]の強化概要



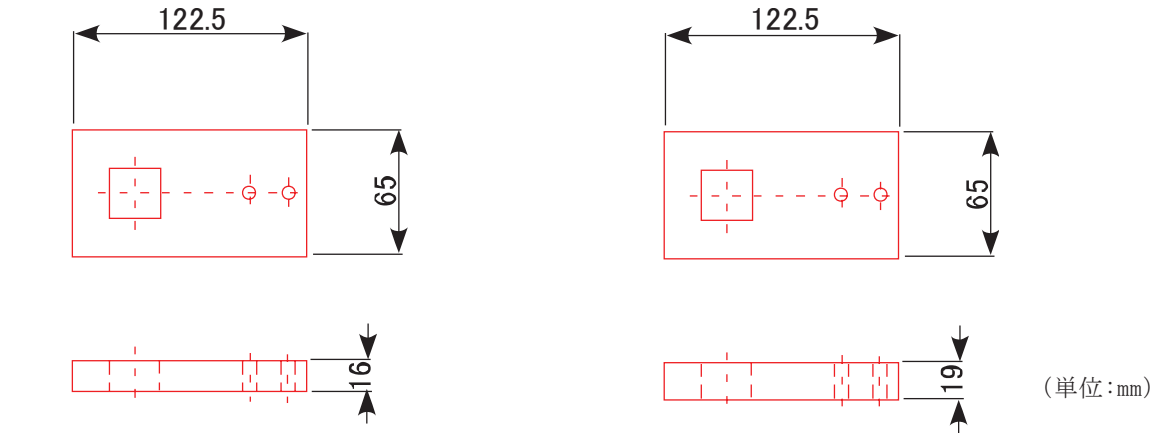
別図-3-5 [redacted]の強化概要



別図-3-6 [redacted]の強化概要

[redacted]

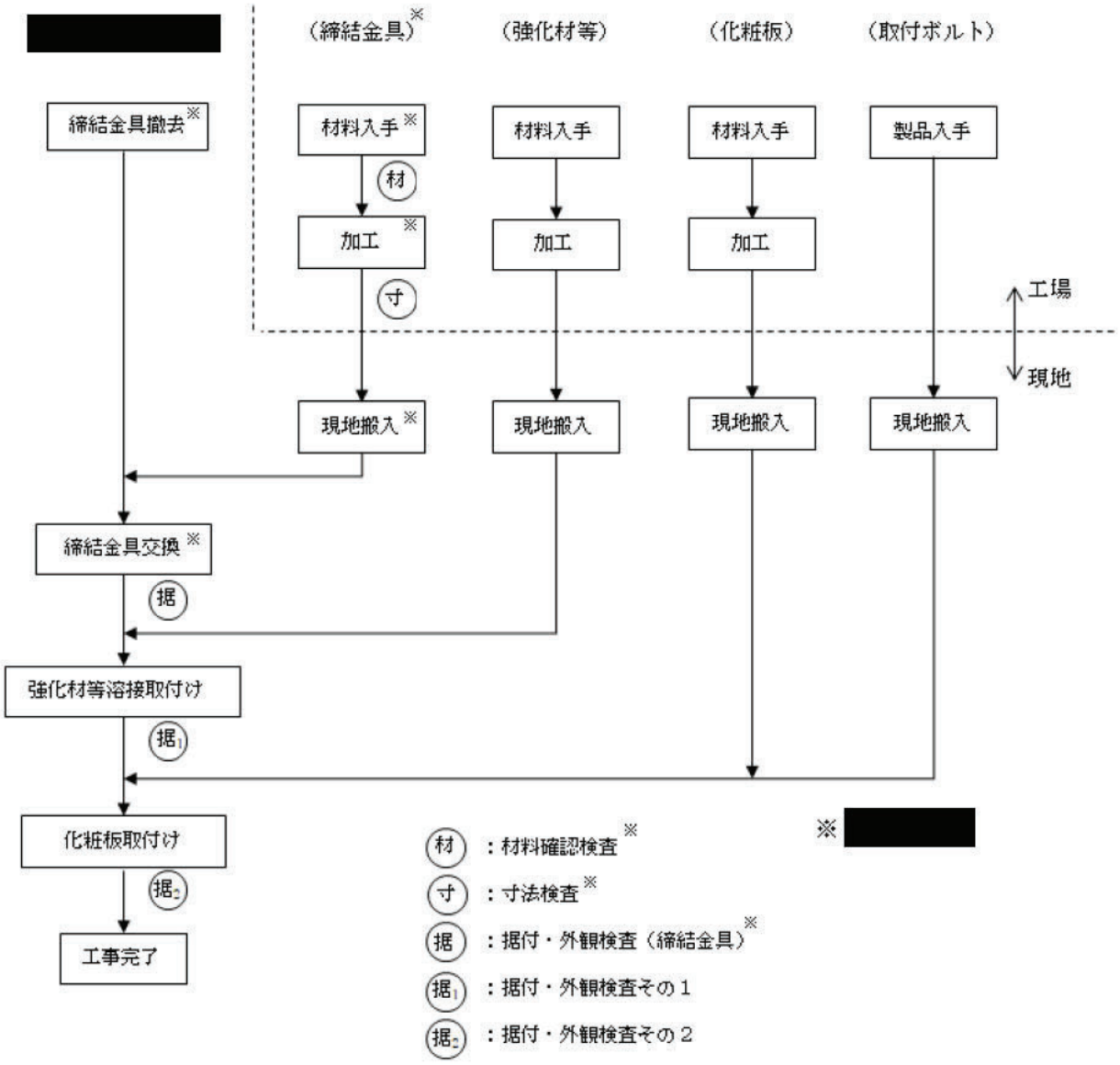
[redacted]締結金具の概要



交換前　締結金具（締付クサビ座）　　交換後　締結金具（締付クサビ座）

交換前：板厚 16mm　　⇒　　交換後：板厚 19mm

別図-4　締結金具の概要図



別図-5 [redacted]の強化工事フロー図

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-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	－	－

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[redacted]のうち、[redacted]については十分な強度があることを確認できたが、[redacted]の一部の部材（締結金具）について、地震による発生応力が許容応力を超えることを確認したため、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[redacted]の締結金具の板厚を変更する。

その結果、締結金具の板厚を変更することにより[redacted]の耐震性を確保できることを確認した。耐震評価の詳細については、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　[redacted]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　[redacted]の耐震性についての計算書」のとおりである。

また、本強化工事において設置する強化材等の総重量は約3.5トンであり、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の建家全体の総重量約97,000トンに対して、重量増加率は約0.18%と極めて小さいことから、建家の

耐震性にも影響を与えることはない。

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[redacted]及び建家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

[redacted]の固有周期についての計算書

1. 概要

本資料は、[redacted]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」[redacted]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[redacted]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[redacted]のうち、強化工事を実施する[redacted]（[redacted]、[redacted]、[redacted]、[redacted]、[redacted]、[redacted]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. [redacted]の固有周期の計算

2.1 記号の説明

[redacted]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 [redacted]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 = 1~10[redacted]、1~4([redacted]	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

[redacted]は、片開型の鋼製扉であり、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、ヒンジ及び締結金具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（締結金具等）の自重を加えるものとする。はり長さは扉幅とする。[redacted]の固有周期解析モデル図を図2-2-1、[redacted]の固有周期解析モデル図を図2-2-2、[redacted]の固有周期解析モデル図を図2-2-3、[redacted]の固有周期解析モデル図を図2-2-4に示す。

図 2-2-1 [redacted]の固有周期解析モデル

図 2-2-2 [redacted]の固有周期解析モデル

図 2-2-3 [redacted]の固有周期解析モデル

図 2-2-4 [redacted]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

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

$n = 1 \sim 10$ [redacted]

$n = 1 \sim 4$ [redacted]

(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

[redacted]の固有周期の計算条件を表 2-4-1 に示す。

表 2-4-1 [redacted]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］
[redacted] 上、下段扉	[redacted]	193000 ※1	24830000000	3.938×10^{-3}
[redacted]	[redacted]	193000 ※1	269560000	1.000×10^{-3}
[redacted]	[redacted]	193000 ※1	5742000000	1.638×10^{-3}
[redacted]	[redacted]	193000 ※1	269560000	1.077×10^{-3}
[redacted]	[redacted]	193000 ※1	457560000	8.871×10^{-4}

※1 JIS B 8265　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

2.5 計算結果

[redacted]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 [redacted]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]
[redacted] （上段扉及び下段扉）	0.022	45
[redacted]	0.008	139
[redacted]	0.017	61
[redacted]	0.007	156
[redacted]	0.013	80

3. 評価

[redacted]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

[redacted]の耐震性についての計算書

1. 概要

本資料は、[redacted]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 [redacted]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[redacted]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[redacted]のうち、強化工事を実施する[redacted]（[redacted]、[redacted]、[redacted]、[redacted]、[redacted]、[redacted]について評価を行う。

なお、強化材等の施工に伴う扉体の重量増により[redacted]の一部の部材（締結金具）について、地震による発生応力が許容応力を超えることから、当該部材の板厚を16 mmから19 mmに変更することにより部材自体の構造強度を上げる。当該部材の変更後の[redacted]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[redacted]の設置位置図を図2-1-1に示す。

図2-1-1 [redacted]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

[redacted]は、片開型の鋼製扉であり、扉板の背面に芯材（主桁及び縦桁）を配した構造である。戸当りは、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

[redacted]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[redacted]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[redacted]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。

[redacted]の耐震評価フローを図2-3-1に示す。評価部位は、[redacted]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 [redacted]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	[redacted]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

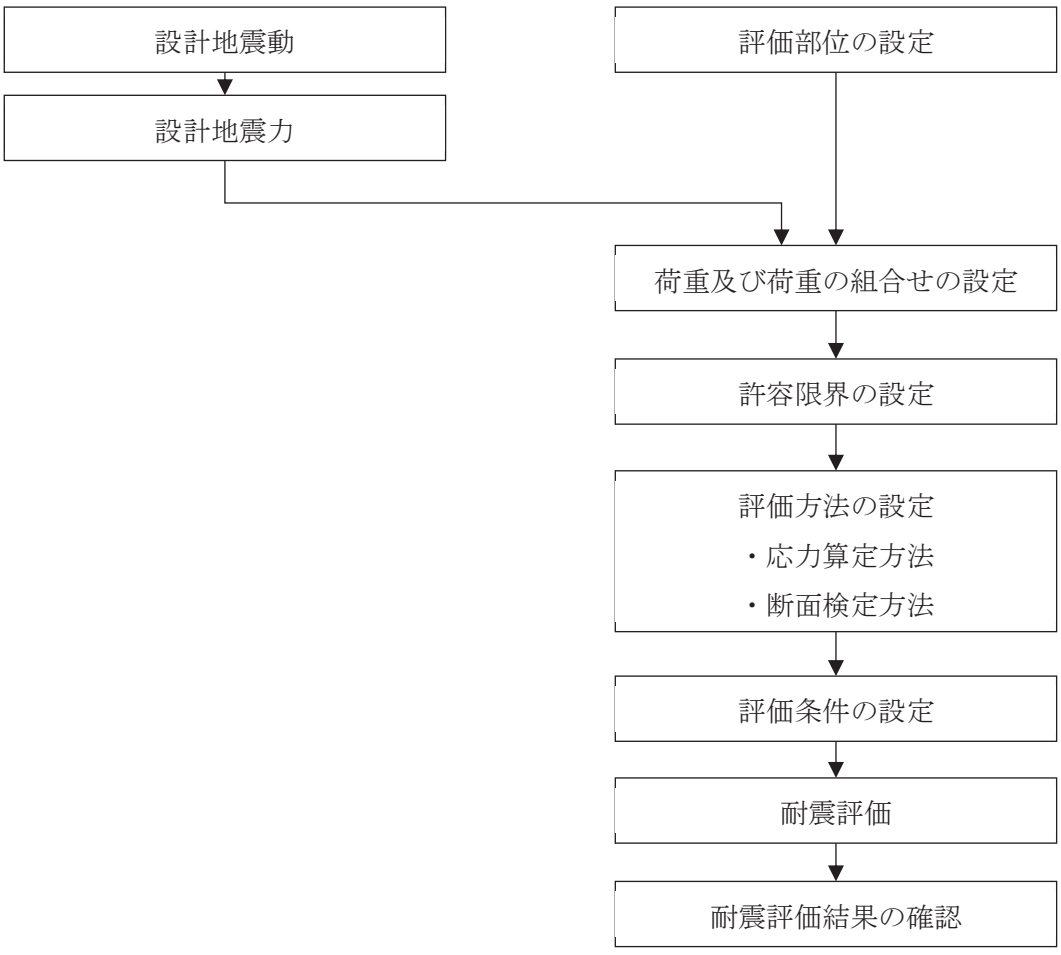


図2-3-1 [redacted]の耐震評価フロー

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) 鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）

(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. [redacted]

3.1 記号の説明

[redacted]の耐震評価に用いる記号を表3-1-1に示す。

表3-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（1/5）

記号	定義	単位
G	[redacted]の固定荷重	t
G_D	[redacted]の扉体荷重	t
G_{Di}	[redacted]の扉体荷重(i=1：上段扉、2：下段扉)	t
G_F	[redacted]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	締結金具のピン孔径	mm
B_1	締結金具の金具幅	mm
B_2	締結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[redacted]	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[redacted]	kN
P_{Vi}	鉛直方向地震力（i＝1:上段扉、2:下段扉）	kN
Fz	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重[redacted]	kN
Fzi	ヒンジ部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[redacted]	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[redacted]	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[redacted]	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力[redacted]	N/mm^2

表3-1-1 [redacted]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[redacted]	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[redacted]	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[redacted]	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）[redacted]	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）[redacted]	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:[redacted]j=1:上段扉、2:下段扉）	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積[redacted]	mm^2
A_{Sij}	ヒンジボルトの有効断面積([redacted]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:[redacted]、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：[redacted]、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：[redacted]、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[redacted]	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 [redacted]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}	締結金具に発生する曲げ応力[redacted]	N/mm^2
σ_{rbi}	締結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	締結金具の断面係数[redacted]	mm^3
Z_{ri}	締結金具の断面係数（i=1：上段扉、2：下段扉）	mm^3
τ_{rs}	締結金具に発生するせん断応力[redacted]	N/mm^2
τ_{rsi}	締結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}	締結金具のせん断断面積[redacted]	mm^2
A_{rsi}	締結金具のせん断断面積（i=1：上段扉、2：下段扉）	mm^2
A_r	締結金具の断面積[redacted]	mm^2
A_{ri}	締結金具の断面積（i=1：上段扉、2：下段扉）	mm^2
σ_r	締結金具に発生する組合せ応力[redacted]	N/mm^2
σ_{ri}	締結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=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 [redacted]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：[redacted]、j=1：上段扉、2：下段扉（上部）、3：下段扉（下部））	mm^2
A'_{cSi}	支持金具のアンカーボルトの有効水平投影面積（i=1：[redacted]	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 [redacted]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：[redacted]、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：[redacted]、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：[redacted]、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：[redacted]、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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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。

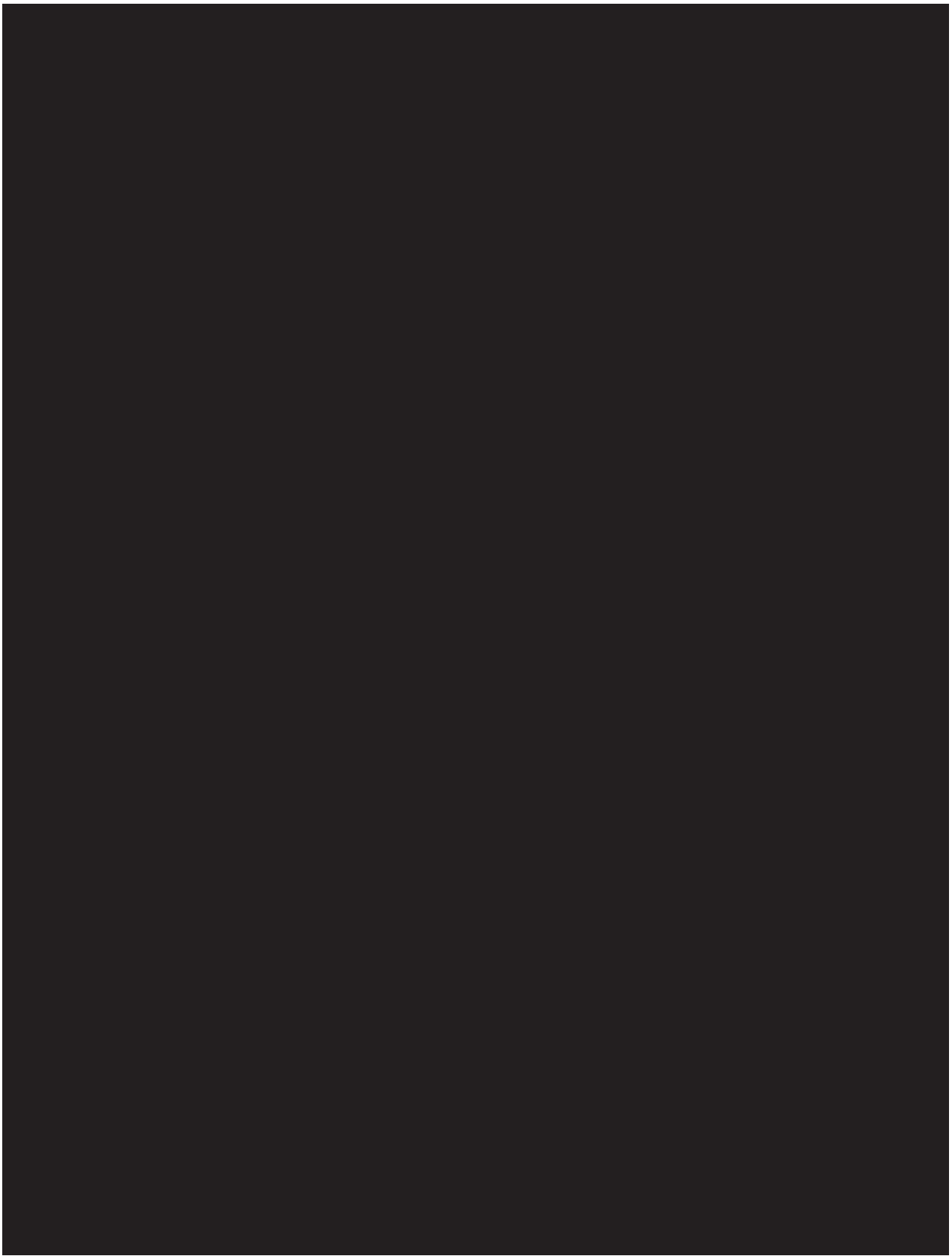


図3-2-1 [redacted]の構造図

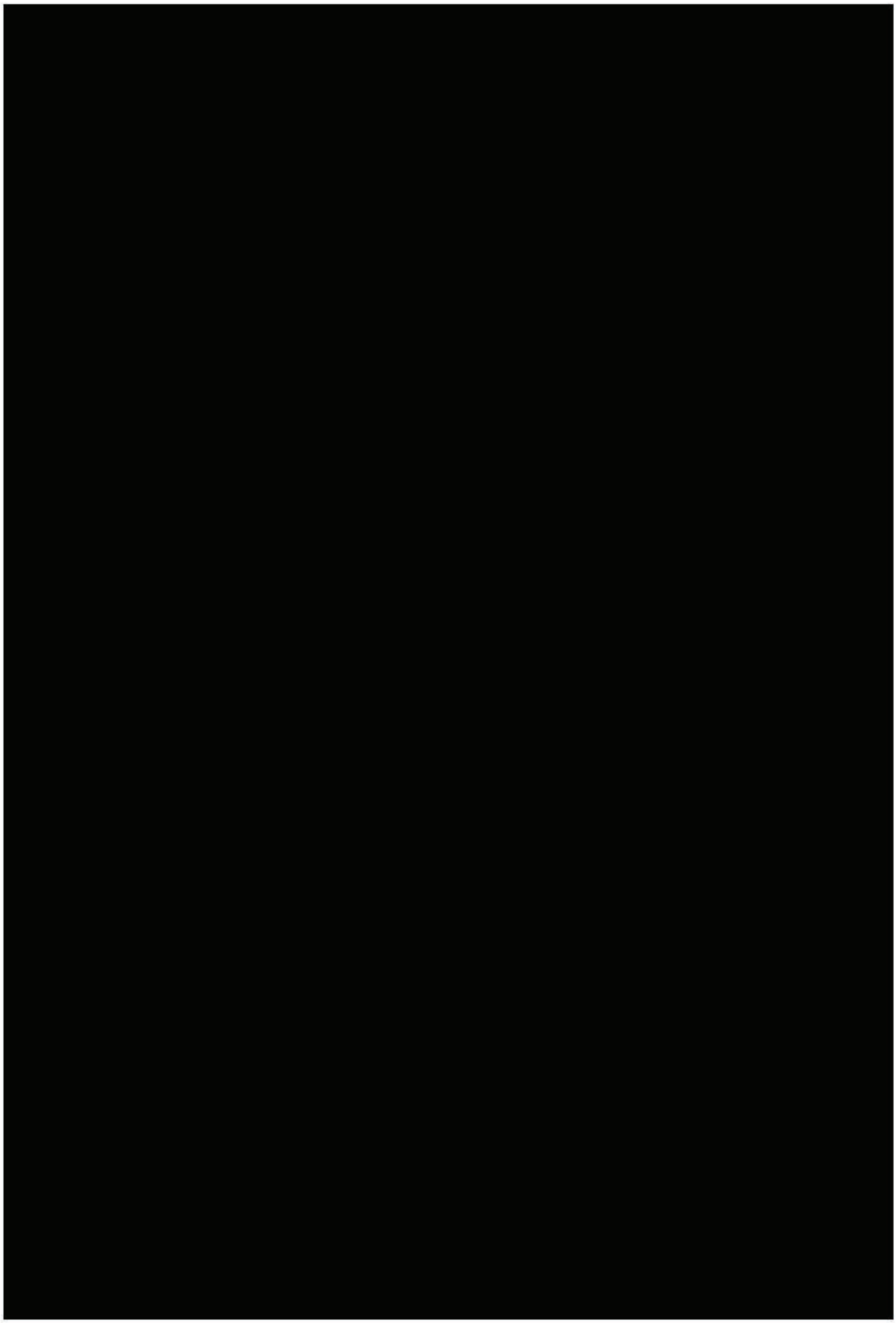


図3-2-2 [redacted]閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

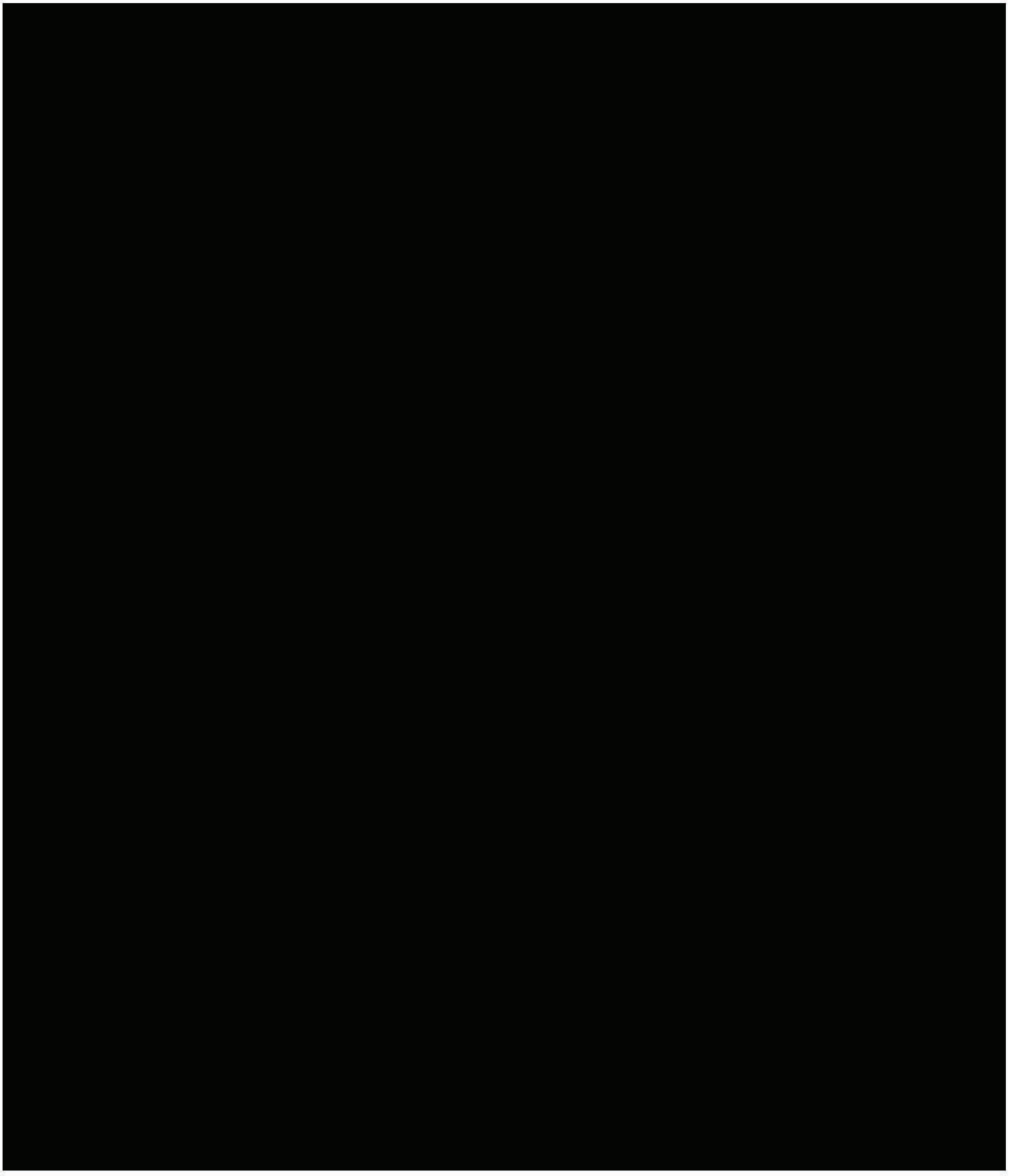


図3-2-3 [redacted]アンカーボルト位置と評価部位(1/2)

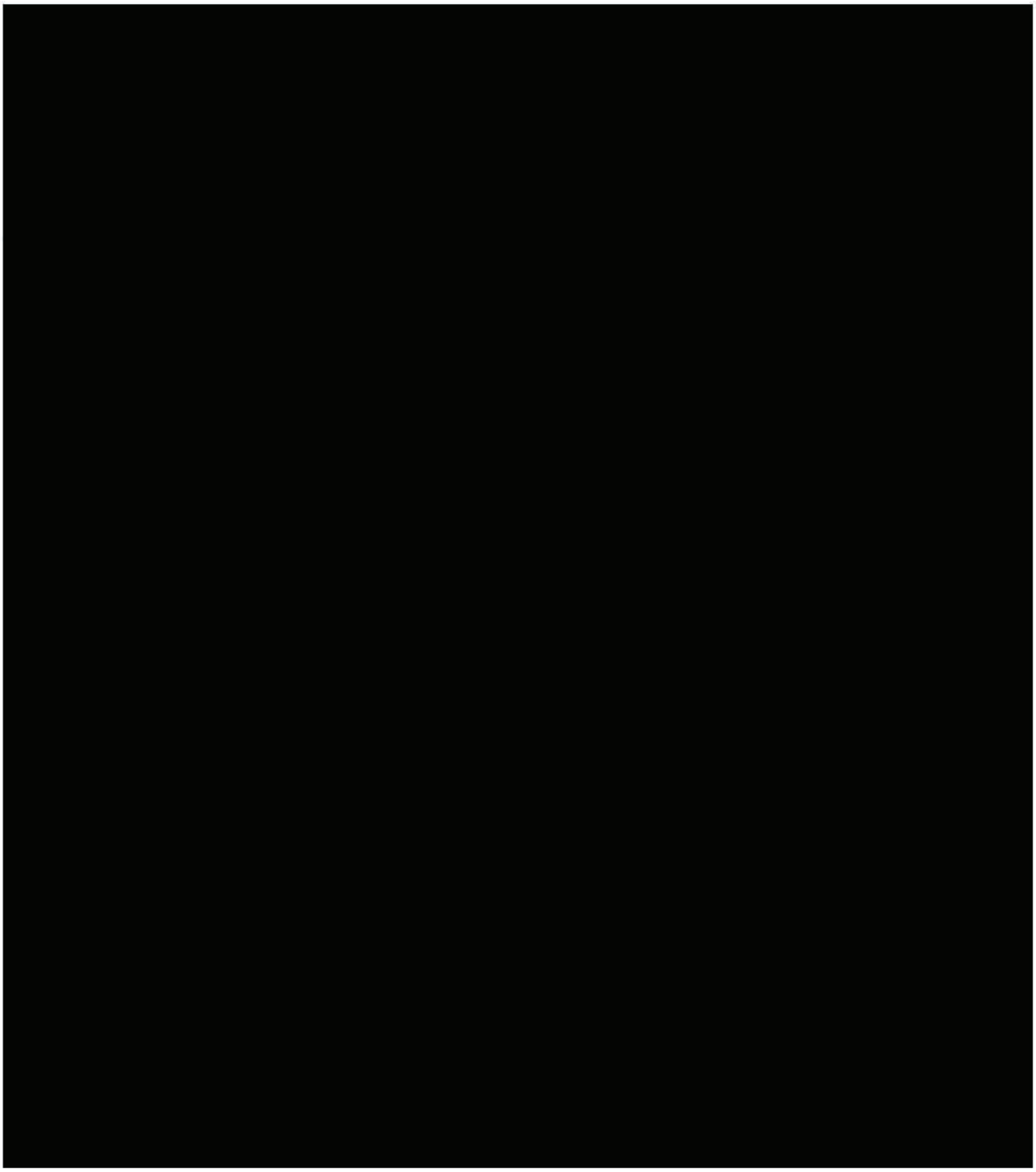


図3-2-3 [redacted]アンカーボルト位置と評価部位(2/2)

3.3 構造強度評価方法

[redacted]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

[redacted]の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：[redacted]の固定荷重

G_D ：[redacted]の扉体荷重

G_F ：[redacted]の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s ：地震荷重

[redacted]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)

[redacted]の自重となる固定荷重を表3-4-1に示す。

表3-4-1 [redacted]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]
[redacted]（上段）	8.9	2.8
[redacted]（下段）	15.4 （内強化材等重量：1.1）	

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、[redacted]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

[redacted]に作用する荷重の組合せを表3-4-2に示す。

表3-4-2 [redacted]の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
[redacted] 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

[redacted]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	[redacted]
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	H400×250×19×12
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）		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

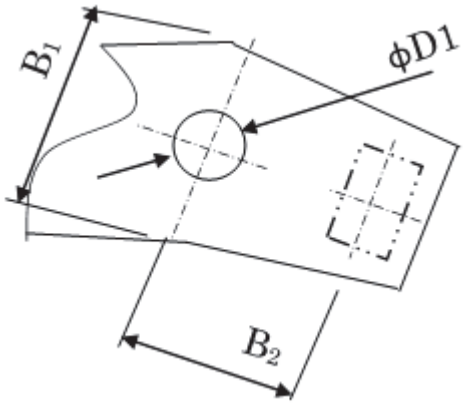


図3-5-1 締結金具の形状（[redacted]（[redacted]

(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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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

[redacted]（[redacted]、[redacted]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）[redacted]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[redacted]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[redacted]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 [redacted]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、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。

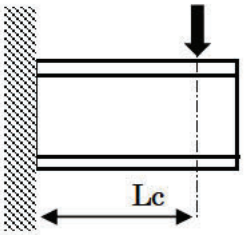
a. 扉支持金具に発生する応力

・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

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

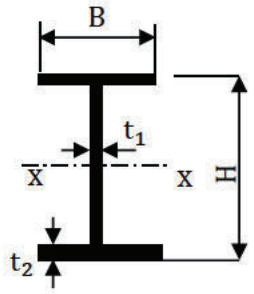
扉支持金具の断面特性

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

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

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

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



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 締結金具に発生する応力

上段扉：

・曲げ応力σ_{rb1}

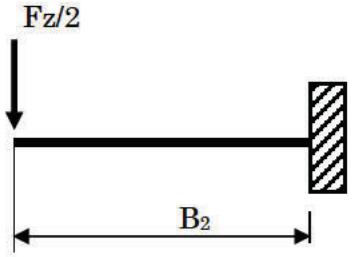
$$\sigma_{rb1} = \frac{1000F_{z1} \cdot B_2}{2Z_{r1}}$$

・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）



締結金具に発生する応力

・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}

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

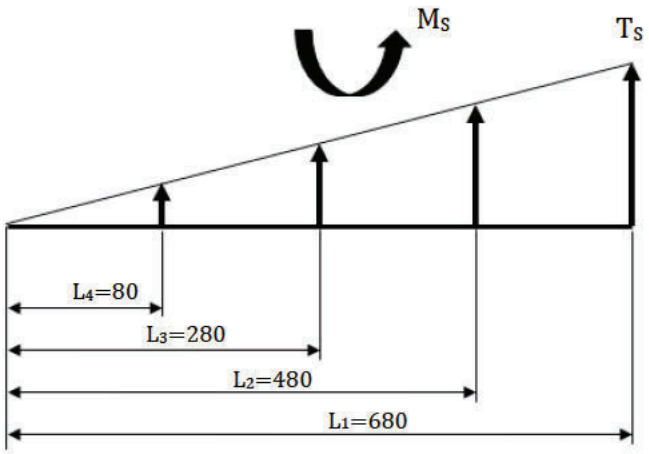
・せん断応力τ_{rs2}

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

・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（ヒンジボルトを除く）及び締結金具

「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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具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

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

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、

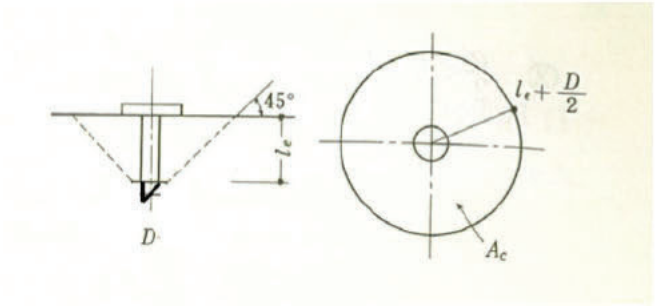
$\emptyset_s$: 低減係数（短期 $= 0.6$）

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

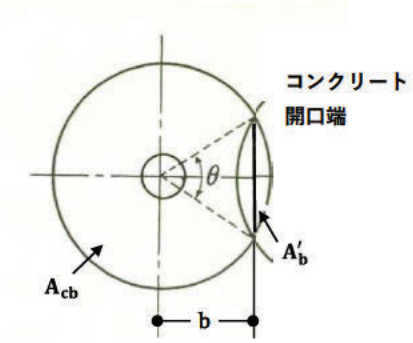
この場合は、

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

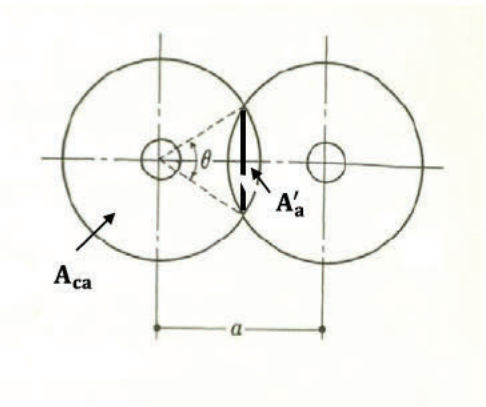
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、有効水平投影面積及び有効投影面積を図3-8-1に示す。また、ヒンジ座及び支持金具のアンカーボルトの有効水平投影面積の計算図を図3-8-2に示す。



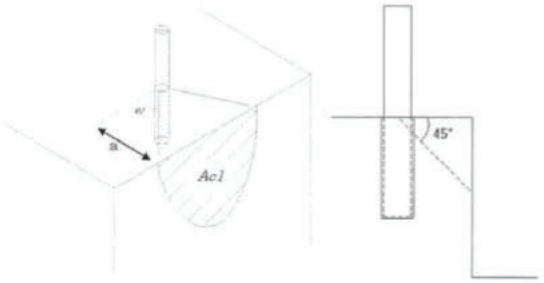
有効水平投影面積
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）
（はしあき；有効埋込み長さ以上）



有効水平投影面積
（はしあき；有効埋込長さ未満）



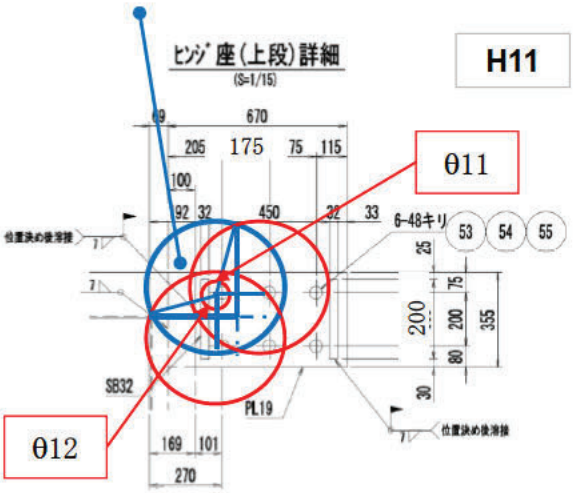
有効水平投影面積
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）



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有効投影面積図

有効水平投影面積



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

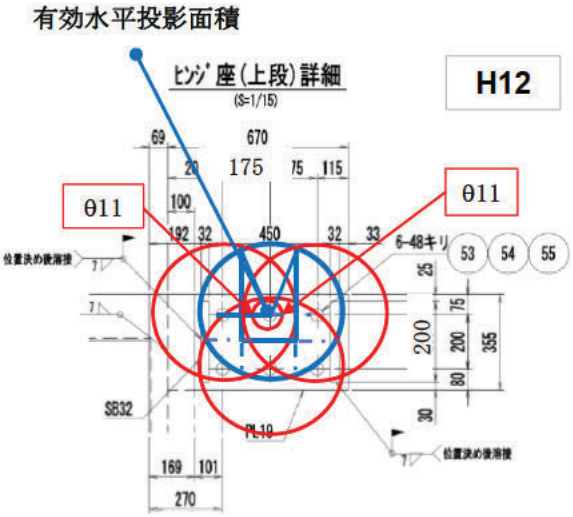
三角形1：$A_2 = (a_1/2)^2 \tan(\vartheta_{11})/2$

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

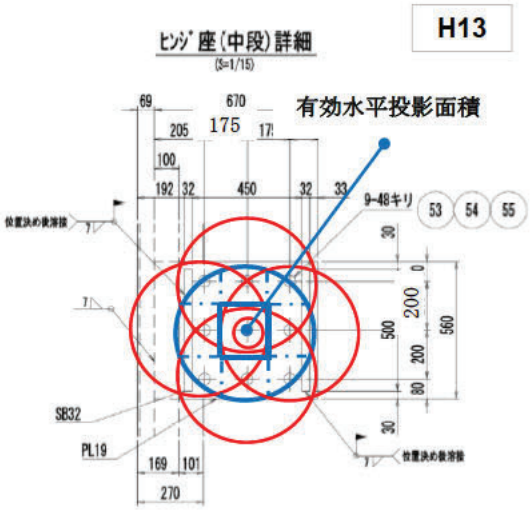
三角形1：$A_2 = (a_1/2)^2 \tan(\vartheta_{11})/2$

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

四角形：$A_4 = a_1 \cdot (a_2/2)$

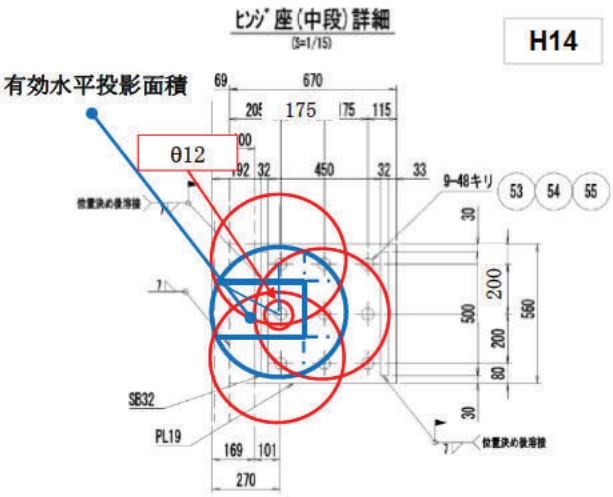
$$A_{H12} = \sum_{1}^{4} A_i$$

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

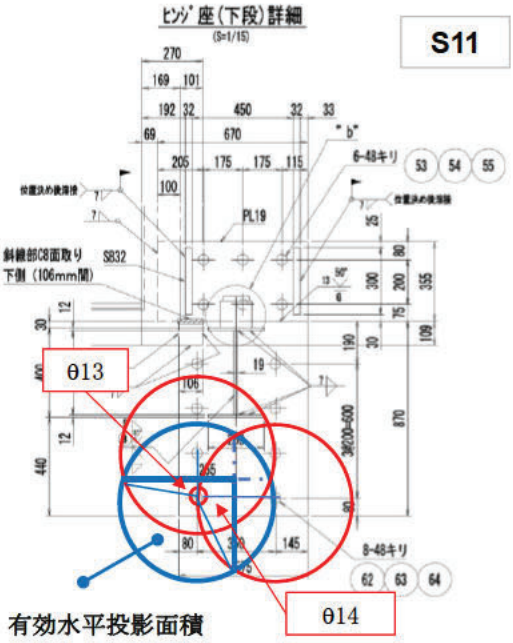
三角形1：$A_2 = (a_2/2)^2 \tan(\vartheta_{12})/2$

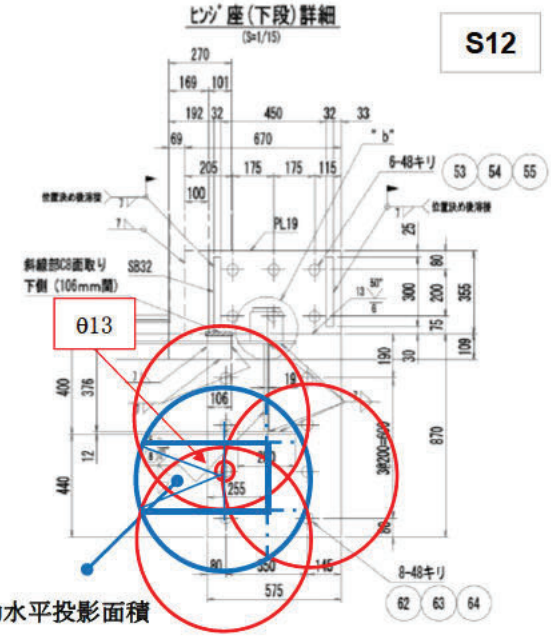
三角形2：$A_3 = (a_2/2)^2 \tan(\vartheta_{12})/2$

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)





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)

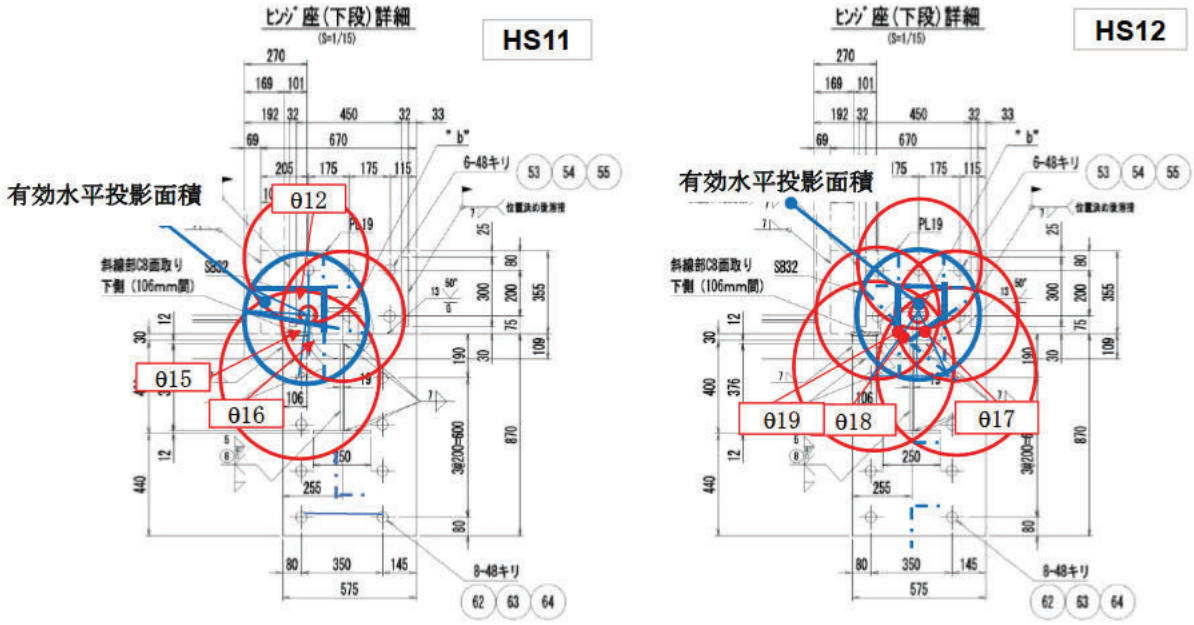


図3-8-2 ヒンジ座・支持金具アンカーボルト有効水平投影面積計算図(4/5)

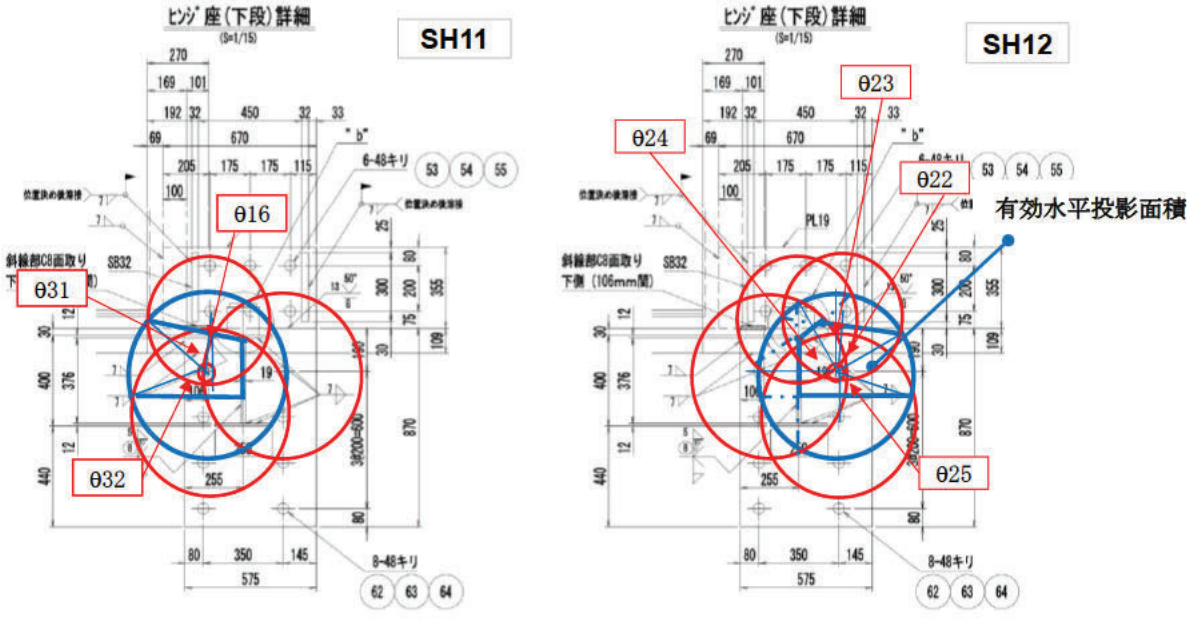


図3-8-2 ヒンジ座・支持金具アンカーボルト有効水平投影面積計算図(5/5)

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 ([redacted] ([redacted]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	15.4
	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	169
	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	270
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）	177
	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）	84.6
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	182
	τ_{hp2}	N/mm^2	せん断応力	39
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（[redacted]（[redacted]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）	42
	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）	7.4
	Q_{H12}	kN/本	せん断力（下段扉/上部）	19.6
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）	7.0
	Q_{H13}	kN/本	せん断力（下段扉/下部）	29.4
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）	147.6
	σ_s	N/mm^2	引張応力（金具）	96
	τ	N/mm^2	せん断応力（金具）	60
	σ	N/mm^2	組合せ応力（金具）	142
	T_S	kN/本	引張力（最大値）（アンカーボルト）	64.5
	Q_S	kN/本	せん断力（アンカーボルト）	53.3

表3-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]（[redacted]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	187
	τ_{rs2}	N/mm^2	せん断応力	13
	σ_{r2}	N/mm^2	組合せ応力（金具）	188
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（戸当り）	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	8.8
	Q_F	kN/本	せん断力	14.0
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 ([redacted] ([redacted]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 ([redacted] ([redacted]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（[redacted]（[redacted]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（[redacted]（[redacted]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

[redacted]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、[redacted]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。

[redacted]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[redacted]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 [redacted]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
266.9	4900.5	0.05

表3-10-2 [redacted]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	上段扉	41	118	0.35
	下段扉	39	118	0.34
ヒンジボルト（扉体側）	上段扉	36	205	0.18
	下段扉	42	205	0.21
扉支持金具	金具	142	205	0.70
締結金具	上段扉	109	205	0.54
	下段扉	188	205	0.92

表3-10-3 [redacted]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	8.8	32.2	0.27
	せん断	14.0	19.2	0.73
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	7.4	61.3	0.12
	せん断	19.6	43.2	0.45
下段ヒンジ座	引張	7.0	50.5	0.14
	せん断	29.4	43.2	0.68
支持金具座	引張	64.5 （最大値）	108.0	0.60
	せん断	53.3	113.8	0.47

4. [redacted]

4.1 記号の説明

[redacted]の耐震評価に用いる記号を表4-1-1に示す。

表4-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	[redacted]の固定荷重	t
G_D	[redacted]の扉体荷重	t
G_F	[redacted]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	締結金具の金具幅	mm
B_2	締結金具の金切欠き幅	mm
B_3	締結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[redacted]	kN
P_V	鉛直方向地震力[redacted]	kN
F_Z	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重[redacted]	kN
F_X	ヒンジ部に作用するX方向荷重[redacted]	kN
L_a	ヒンジ中心間距離[redacted]	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離[redacted]	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力[redacted]	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[redacted]	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積[redacted]	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積[redacted]	mm^2
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）([redacted]	N/mm^2
τ_b	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）([redacted]	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)（i=2:[redacted]	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積[redacted]	mm^2

表4-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
σ_{rb}	締結金具に発生する曲げ応力[redacted]	N/mm^2
Z_r	締結金具の断面係数[redacted]	mm^3
τ_{rs}	締結金具に発生するせん断応力[redacted]	N/mm^2
A_{rs}	締結金具のせん断断面積[redacted]	mm^2
A_r	締結金具の断面積[redacted]	mm^2
σ_r	締結金具に発生する組合せ応力[redacted]	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 [redacted]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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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。

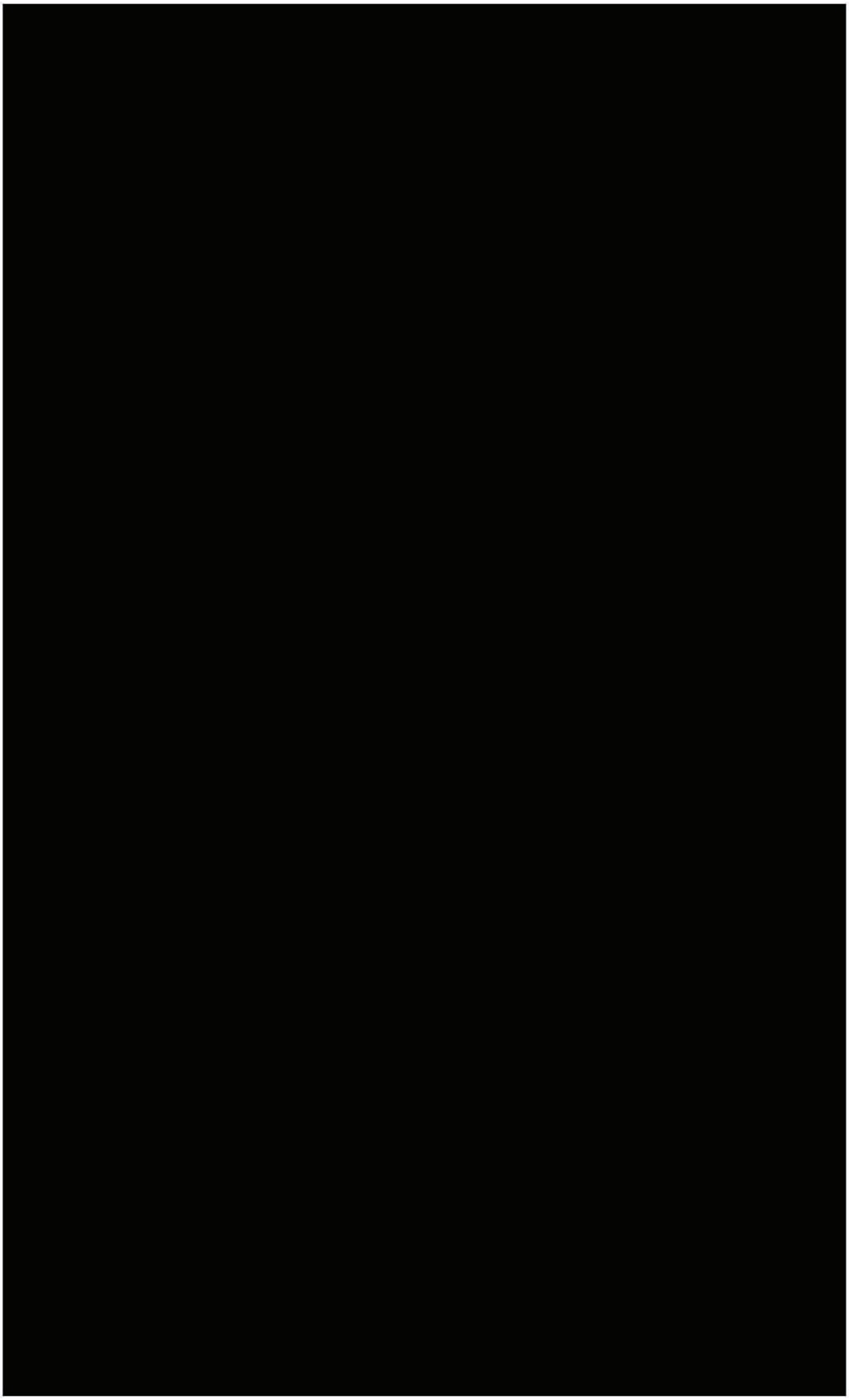


図4-2-1 [redacted]の構造図

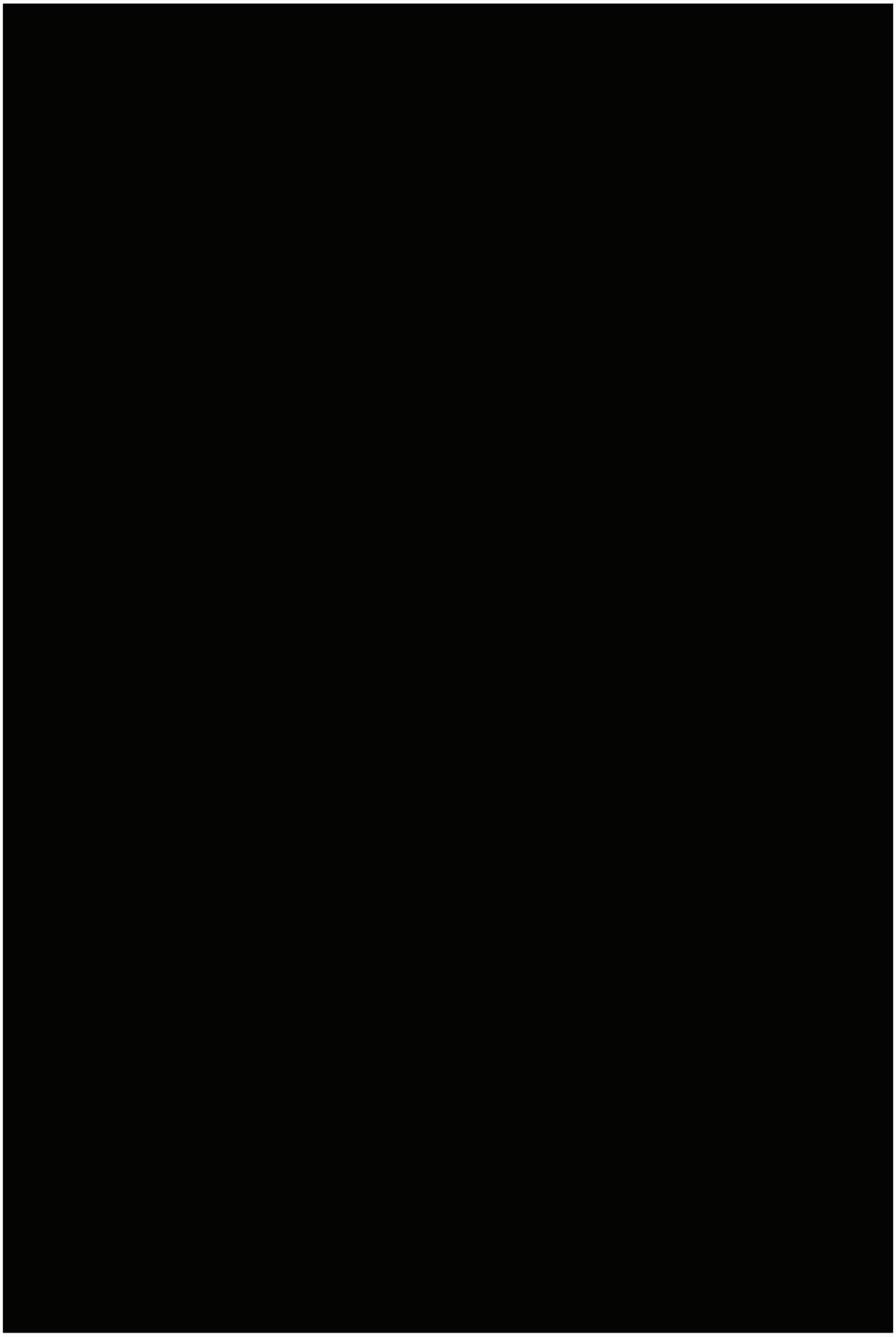


図4-2-2 [redacted]閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

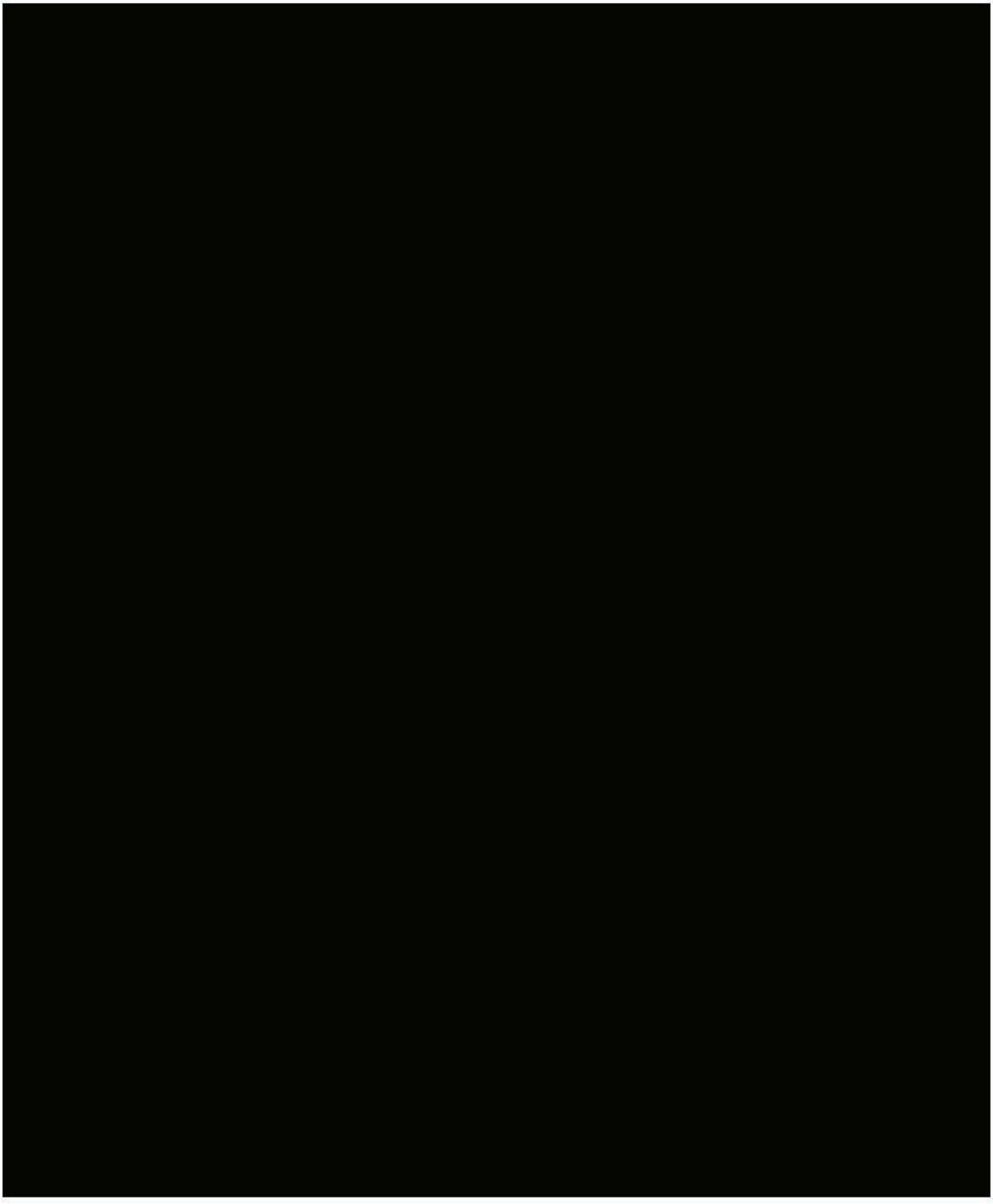


図4-2-3 [redacted]アンカーボルト位置と評価部位

4.3 構造強度評価方法

[redacted]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

[redacted]の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：[redacted]の固定荷重

G_D：[redacted]の扉体荷重

G_F：[redacted]の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s：地震荷重

[redacted]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)

[redacted]の自重となる固定荷重を表4-4-1に示す。

表4-4-1 [redacted]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]
[redacted]	1.6 （内強化材等重量：0.4）	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、[redacted]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

[redacted]に作用する荷重の組合せを表4-4-2に示す。

表4-4-2 [redacted]の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
[redacted] 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

[redacted]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	[redacted]
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
	ヒンジボルト	SUS304	M20
	締結金具	SUS304	65(B_1)×26(B_2)×70(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

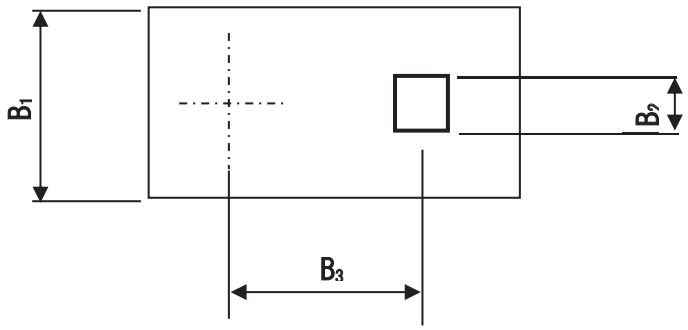


図4-5-1 締結金具の形状（[redacted]（[redacted]

(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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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

[redacted]（[redacted]、[redacted]、[redacted]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）[redacted]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[redacted]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[redacted]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 [redacted]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、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

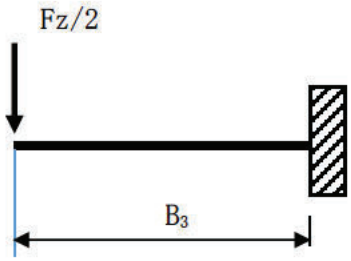
$$\sigma_b = \frac{1000F_x}{n_2 \cdot A_s}$$

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

③ 締結金具に発生する応力

・曲げ応力 σ_{rb}

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



・せん断応力 τ_{rs}

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

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

（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 σ_r

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

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

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

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

4.8 許容応力

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

「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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、$A_c \rightarrow A_{cb}$

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

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

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。

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

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

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

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

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

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、

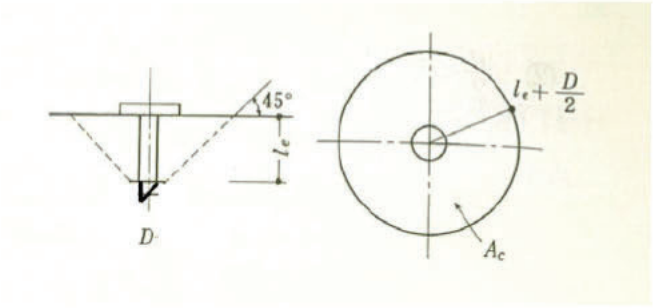
$\emptyset_s$: 低減係数（短期 $= 0.6$）

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

この場合は、

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

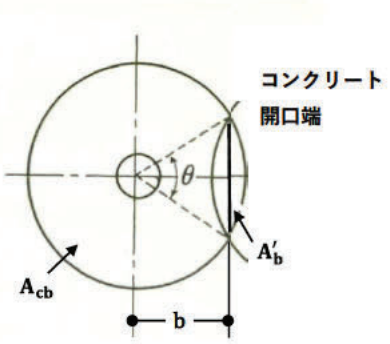
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の有効水平投影面積及び有効投影面積を図4-8-1に示す。



有効水平投影面積

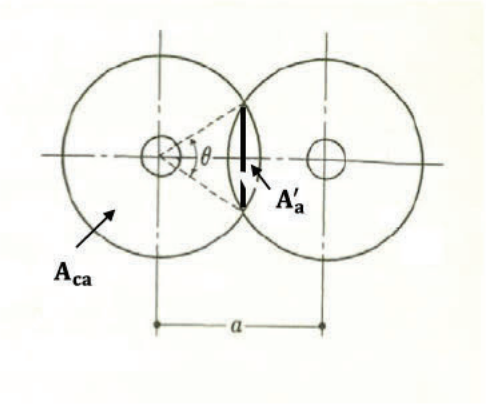
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



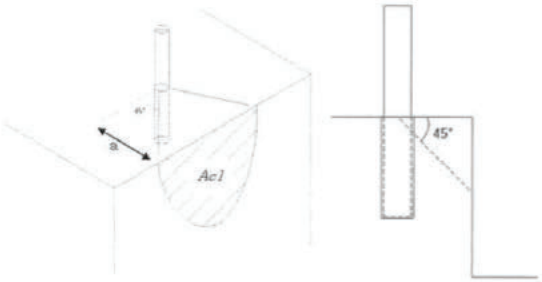
有効水平投影面積

（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有効投影面積図

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（[redacted]（[redacted] (1/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	1.6
	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	17.57
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	28.09
	F_Z	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重	8.785
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	14.56
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	28.56
	P_{Va}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	45.64
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	15.21
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	29
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	15
	τ_b	N/mm^2	せん断応力	5

表4-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]（[redacted] (2/3)

対象部位	記号	単位	定義	数値
締結金具	B_3	mm	締結金具の支点から荷重作用点までの距離	70
	A_{rs}	mm^2	締結金具のせん断断面積	416
	A_r	mm^2	締結金具の断面積	624
	Z_r	mm^3	締結金具の断面係数	1664
	σ_{rb}	N/mm^2	曲げ応力	185
	τ_{rs}	N/mm^2	せん断応力	11
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力	186
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	1.4
	Q_F	kN/本	せん断力	2.2

表4-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]（[redacted] (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	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
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

[redacted]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、[redacted]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。

[redacted]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[redacted]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 [redacted]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
17.57	517.0	0.03

表4-10-2 [redacted]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	29	118	0.25
ヒンジボルト	15	205	0.08
締結金具	186	205	0.91

表4-10-3 [redacted]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	1.4	32.2	0.04
せん断	2.2	19.2	0.11

5. [redacted]

5.1 記号の説明

[redacted]の耐震評価に用いる記号を表5-1-1に示す。

表5-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	[redacted]の固定荷重	t
G_D	[redacted]の扉体荷重	t
G_F	[redacted]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	締結金具の金具幅	mm
B_2	締結金具の金切欠き幅	mm
B_3	締結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[redacted]	kN
P_V	鉛直方向地震力[redacted]	kN
F_Z	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重[redacted]	kN
F_X	ヒンジ部に作用するX方向荷重[redacted]	kN
L_a	ヒンジ中心間距離[redacted]	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離[redacted]	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力[redacted]	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[redacted]	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積[redacted]	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積[redacted]	mm^2
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）([redacted]	N/mm^2
τ_b	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）([redacted]	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数（扉体側）（i=3:[redacted]	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積[redacted]	mm^2
σ_{rb}	締結金具に発生する曲げ応力[redacted]	N/mm^2

表5-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
Z_r	締結金具の断面係数[redacted]	mm^3
τ_{rs}	締結金具に発生するせん断応力[redacted]	N/mm^2
A_{rs}	締結金具のせん断断面積[redacted]	mm^2
A_r	締結金具の断面積[redacted]	mm^2
σ_r	締結金具に発生する組合せ応力[redacted]	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 [redacted]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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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。

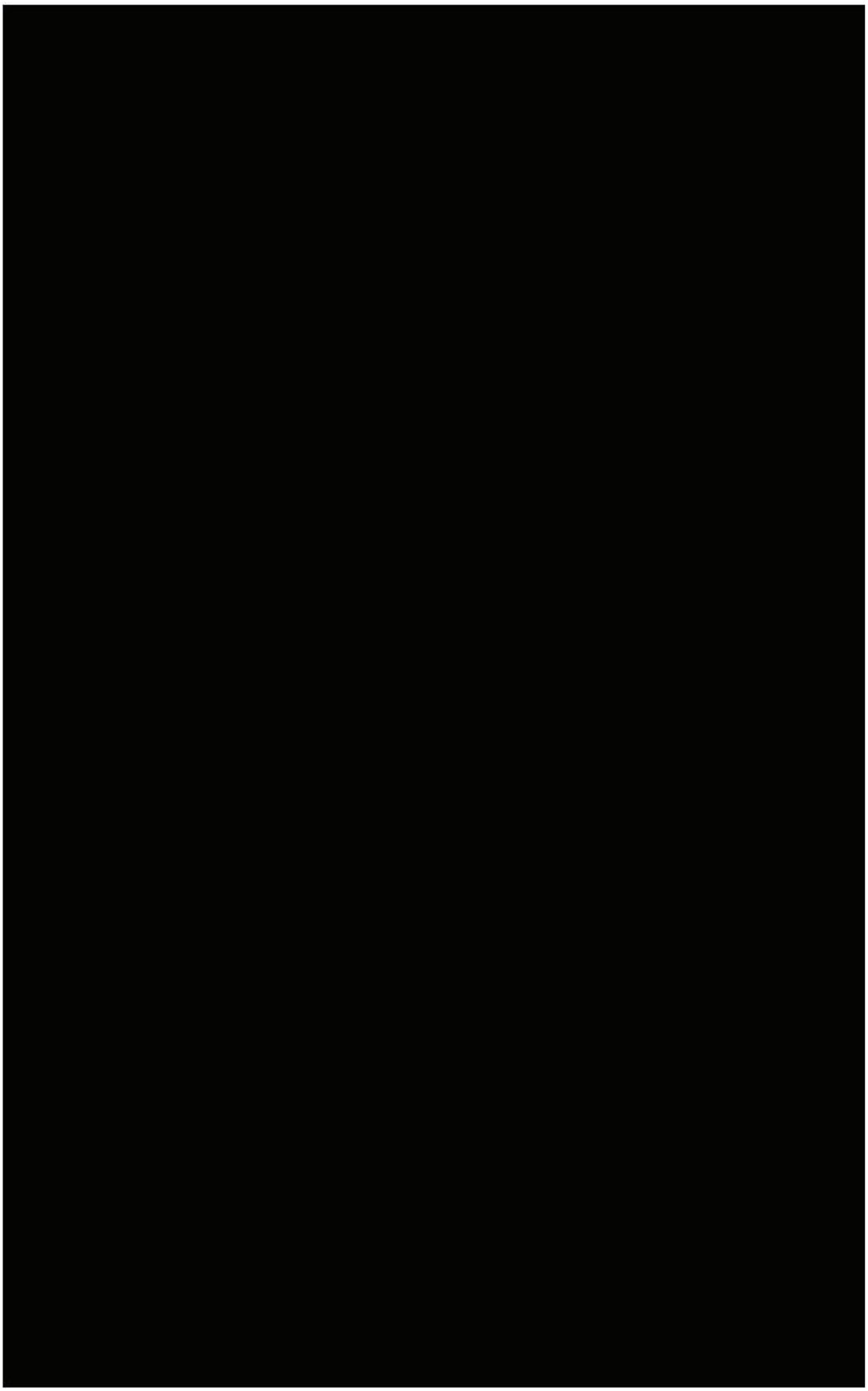


図5-2-1 [redacted]の構造図

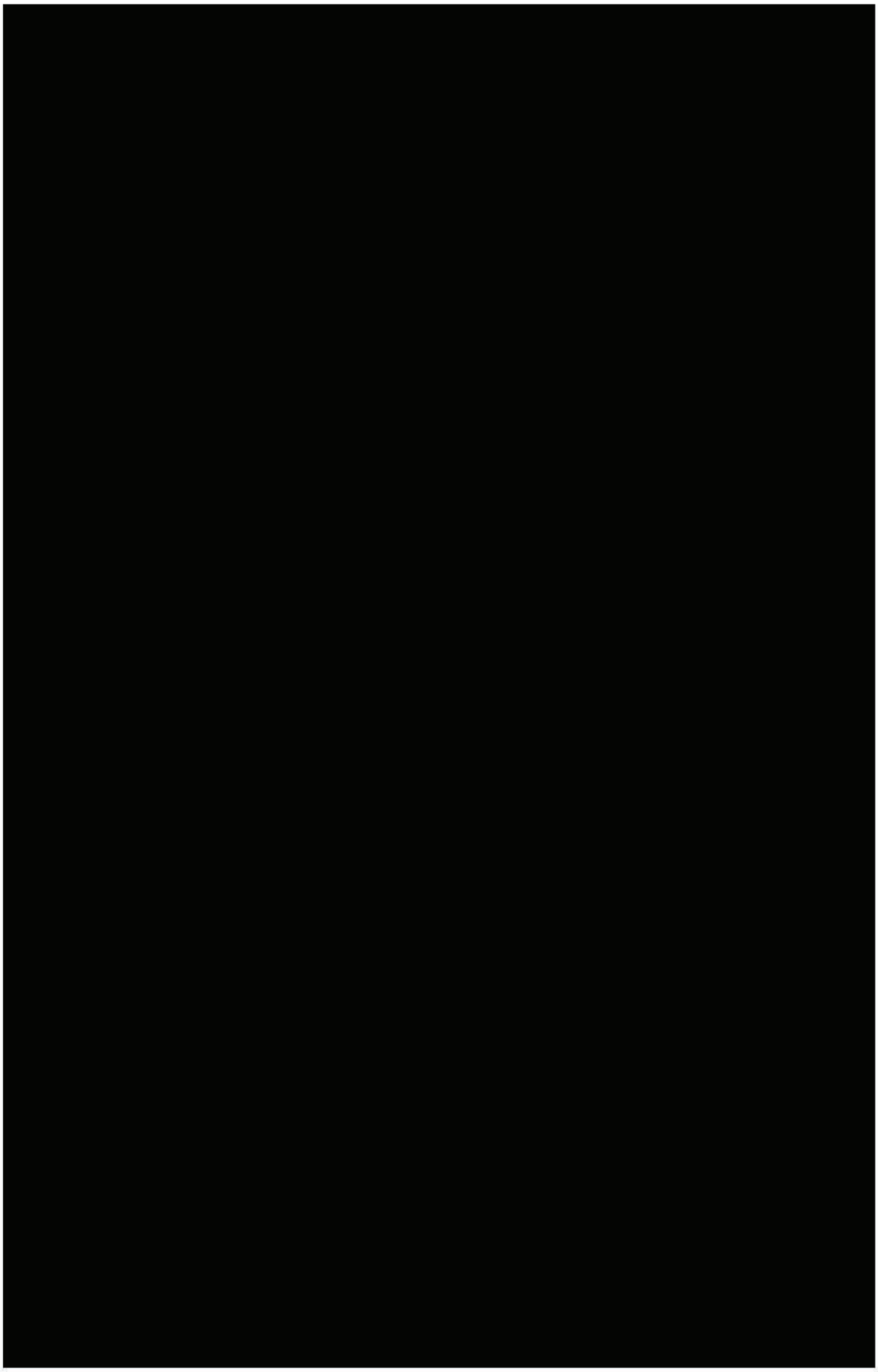


図5-2-2 [redacted]閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

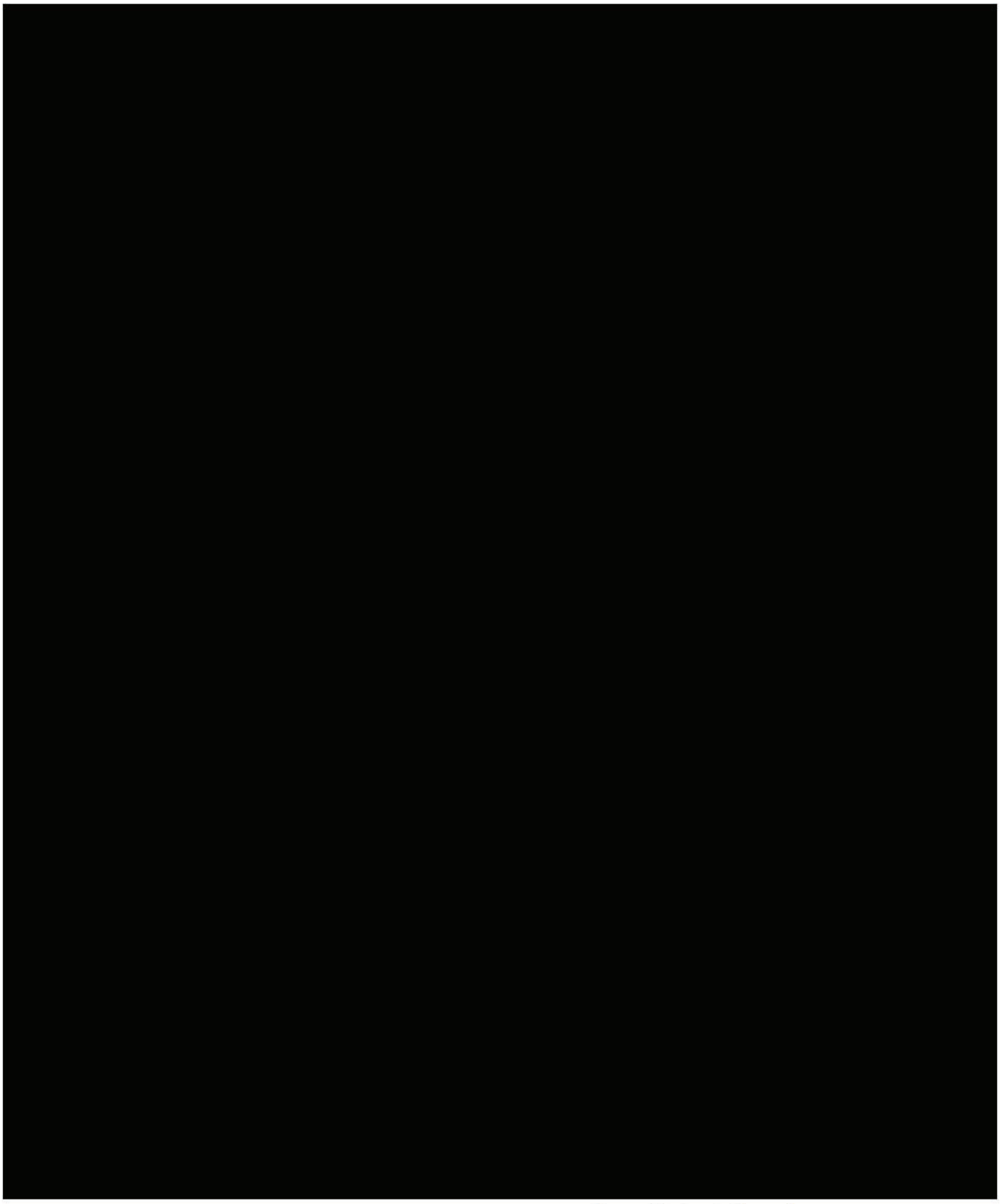


図5-2-3 [redacted]アンカーボルト位置と評価対象

5.3 構造強度評価方法

[redacted]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

[redacted]の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：[redacted]の固定荷重

G_D：[redacted]の扉体荷重

G_F：[redacted]の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s：地震荷重

[redacted]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)

[redacted]の自重となる固定荷重を表5-4-1に示す。

表5-4-1 [redacted]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]
[redacted]	1.6 （内強化材等重量：0.4）	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、[redacted]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

[redacted]に作用する荷重の組合せを表5-4-2に示す。

表5-4-2 [redacted]の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
[redacted] 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

[redacted]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	[redacted]
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
	ヒンジボルト	SUS304	M20
	締結金具	SUS304	65(B_1)×26(B_2)×70 (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

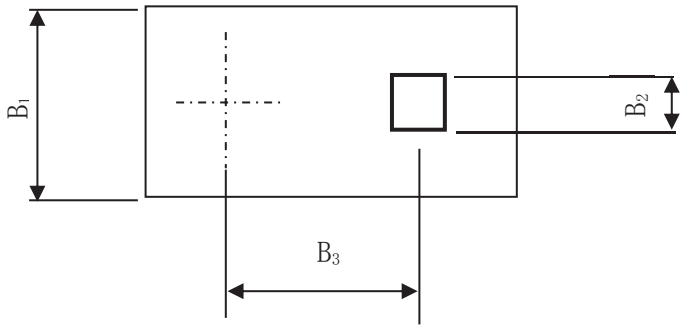


図5-5-1 締結金具の形状（[redacted]（[redacted]

(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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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

[redacted] （[redacted]、[redacted]、[redacted]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）[redacted]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[redacted]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[redacted]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 [redacted]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

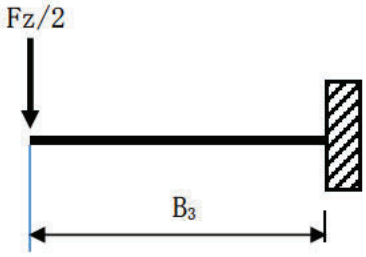
$$\sigma_b = \frac{1000F_x}{n_3 \cdot A_s}$$

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

③ 締結金具に発生する応力

・曲げ応力 σ_{rb}

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



・せん断応力 τ_{rs}

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

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

（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 σ_r

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

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（ヒンジボルトを除く）及び締結金具

「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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、$A_c \rightarrow A_{cb}$

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

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

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。

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

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

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

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、

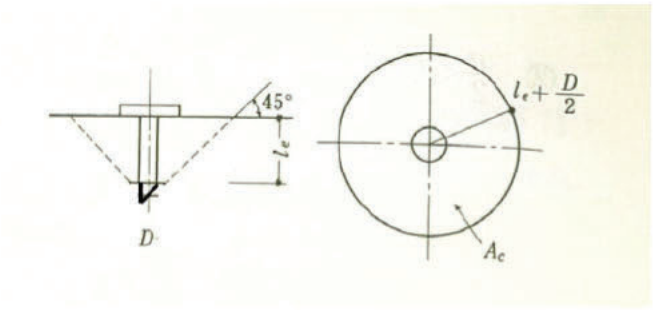
$\emptyset_s$: 低減係数（短期 = 0.6）

A_{cl}: 有効投影面積$(=\frac{1}{2}\pi a^2)$

この場合は

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

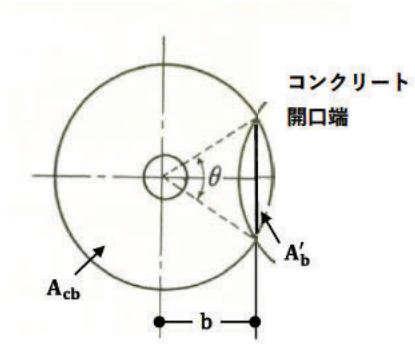
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、有効水平投影面積及び有効投影面積を図5-8-1に示す。



有効水平投影面積

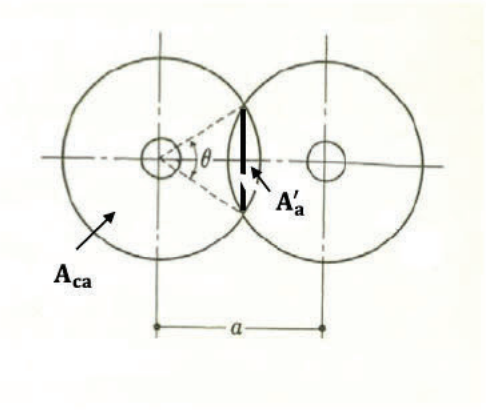
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



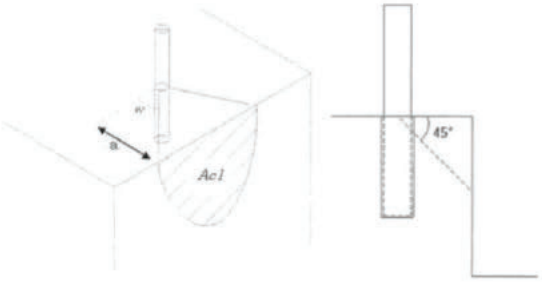
有効水平投影面積

（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有効投影面積図

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（[redacted]（[redacted]（1/3）

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	1.6
	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	17.57
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	28.09
	F_Z	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重	8.785
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	14.56
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	28.56
	P_{Va}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	45.64
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	15.21
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	29
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	15
	τ_b	N/mm^2	せん断応力	5

表 5-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]（[redacted]（2/3）

対象部位	記号	単位	定義	数値
締結金具	B_3	mm	締結金具の支点から荷重作用点までの距離	70
	A_{rs}	mm^2	締結金具のせん断断面積	416
	A_r	mm^2	締結金具の断面積	624
	Z_r	mm^3	締結金具の断面係数	1664
	σ_{rb}	N/mm^2	曲げ応力	185
	τ_{rs}	N/mm^2	せん断応力	11
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力	186
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	1.4
	Q_F	kN/本	せん断力	2.2

表5-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]）（[redacted]）（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	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
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	短期許容せん断耐力（「はしあき」＜アンカーボルト有効埋込長）	16.4

5.10 評価結果

[redacted]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、[redacted]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。

[redacted]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[redacted]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 [redacted]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
17.57	517	0.03

表5-10-2 [redacted]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	29	118	0.25
ヒンジボルト	15	205	0.08
締結金具	186	205	0.91

表5-10-3 [redacted]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	1.4	32.2	0.04
せん断	2.2	16.4	0.13

6. [redacted]

6.1 記号の説明

[redacted]の耐震評価に用いる記号を表6-1-1に示す。

表6-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（1/5）

記号	定義	単位
G	[redacted]の固定荷重	t
G_D	[redacted]の扉体荷重	t
G_F	[redacted]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	締結金具の金具幅	mm
B_2	締結金具の金切欠き幅	mm
B_3	締結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[redacted]	kN
P_V	鉛直方向地震力[redacted]	kN
F_Z	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重[redacted]	kN
F_X	ヒンジ部に作用するX方向荷重[redacted]	kN
L_a	ヒンジ中心間距離[redacted]	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離[redacted]	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力[redacted]	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[redacted]	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積[redacted]	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積[redacted]	mm^2
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）（[redacted]	N/mm^2
τ_b	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）（[redacted]	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)（i=4:[redacted]	本

表6-1-1 [redacted]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[redacted]	mm^2
T_{Hij}	ヒンジボルトに発生する引張力（枠体側）（i=4：[redacted]、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：[redacted]、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：[redacted]、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[redacted]	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}	締結金具に発生する曲げ応力[redacted]	N/mm^2
Z_r	締結金具の断面係数[redacted]	mm^3
τ_{rs}	締結金具に発生するせん断応力[redacted]	N/mm^2
A_{rs}	締結金具のせん断断面積[redacted]	mm^2
A_r	締結金具の断面積[redacted]	mm^2
σ_r	締結金具に発生する組合せ応力[redacted]	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=1～2)までの距離	mm

表6-1-1 [redacted]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：[redacted]、j=1：上段扉、2：下段扉）	mm^2
A'_{cSi}	支持金具のアンカーボルトの有効水平投影面積（i=4：[redacted]	mm^2
Hij	コーン破壊面の有効水平投影面積(i＝4:[redacted]、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:[redacted]、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 [redacted]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：[redacted]、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：[redacted]、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 [redacted]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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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。

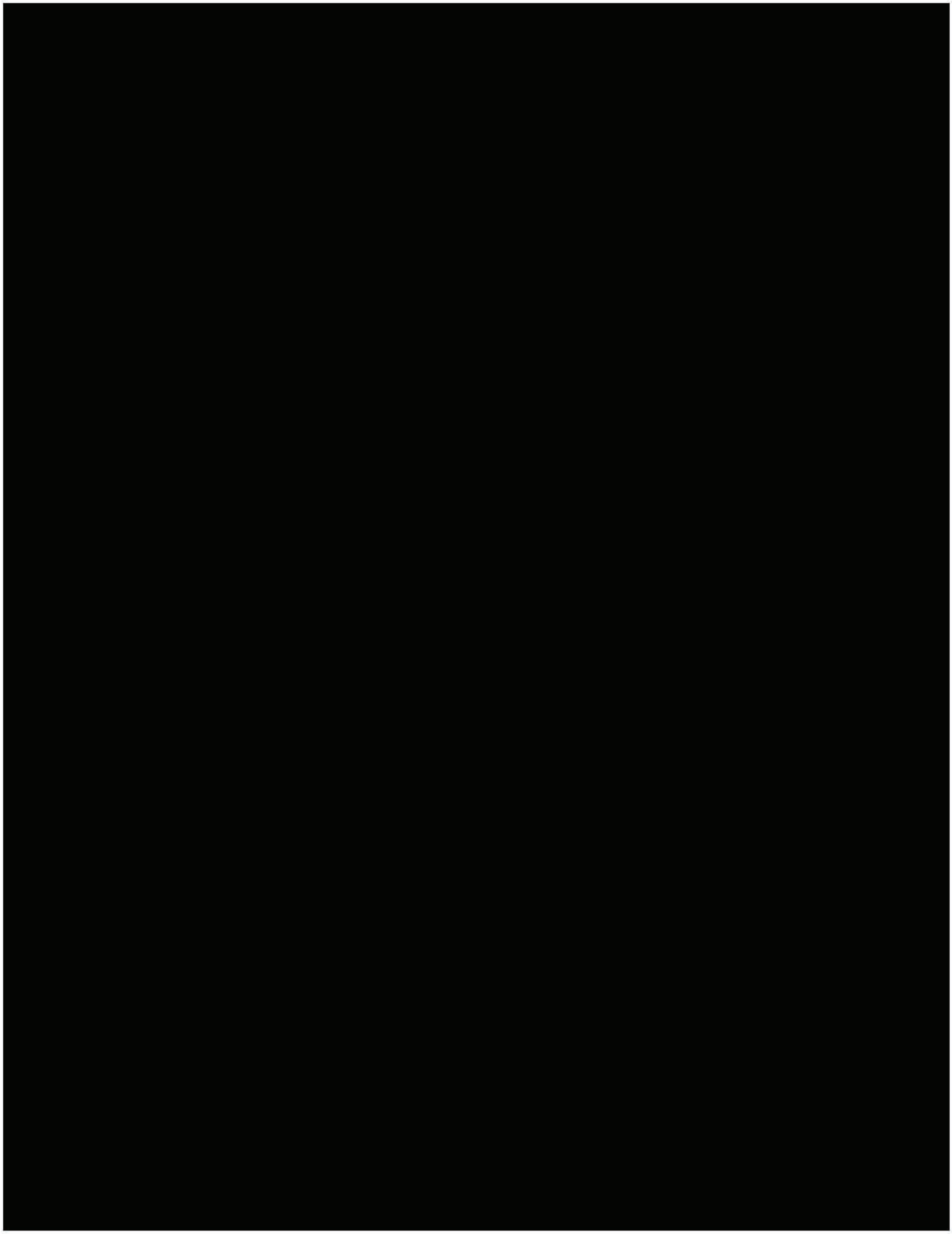


図6-2-1 [redacted]の構造図

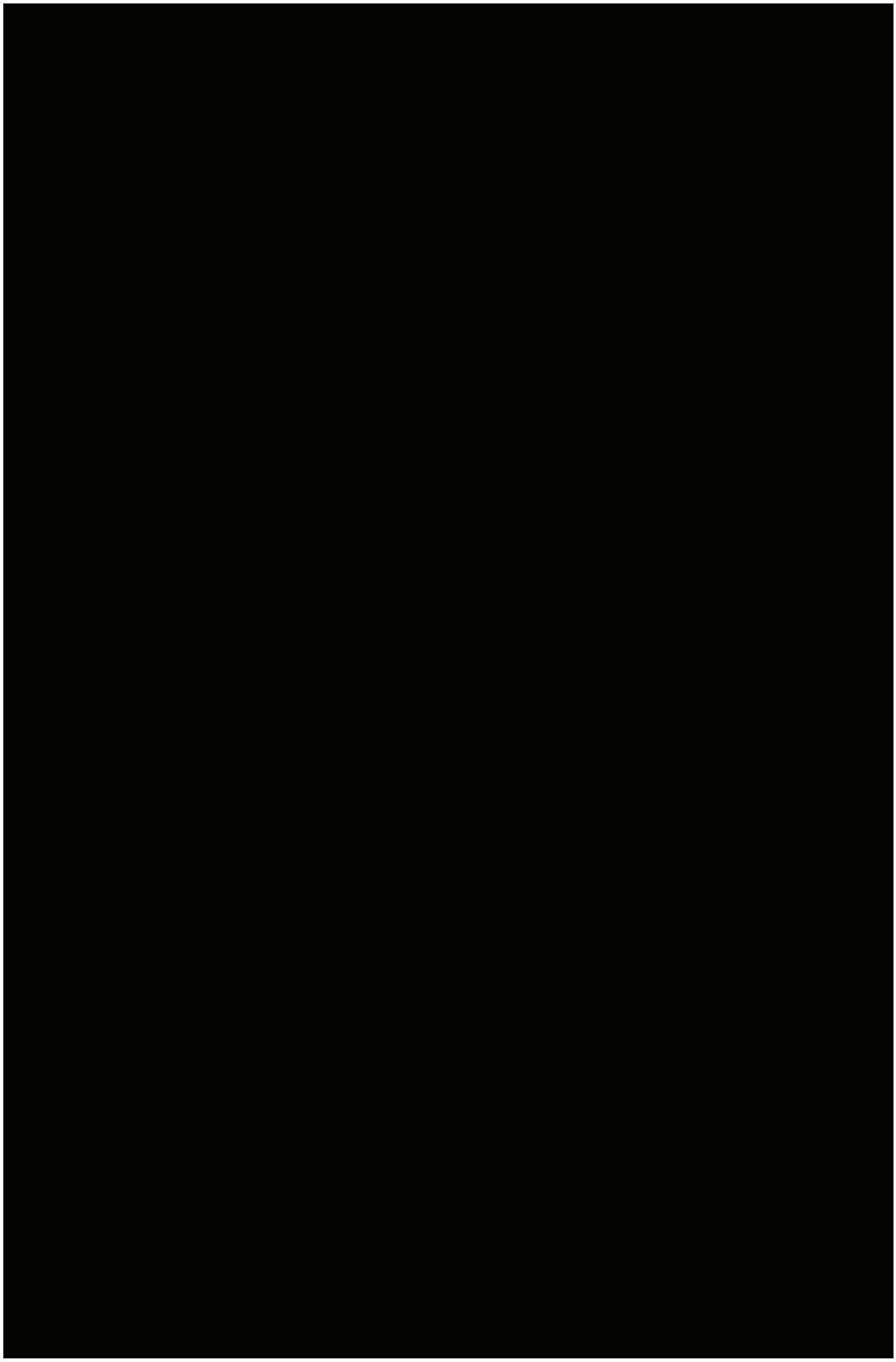
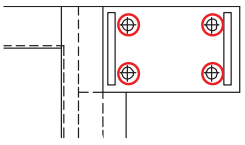
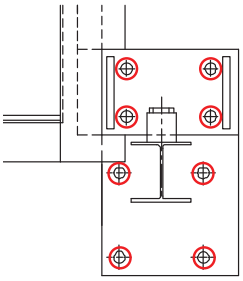


図6-2-2 [redacted]閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位



○ アンカーボルト位置

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 アンカーボルト位置と評価部位

6.3 構造強度評価方法

[redacted]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

[redacted]の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：[redacted]の固定荷重

G_D：[redacted]の扉体荷重

G_F：[redacted]の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s：地震荷重

[redacted]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)

[redacted]の自重となる固定荷重を表6-4-1に示す。

表6-4-1 [redacted]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]
[redacted]	7.5 （内強化材等重量：0.7）	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、[redacted]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

[redacted]に作用する荷重の組合せを表6-4-2に示す。

表6-4-2 [redacted]の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
[redacted] 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

[redacted]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	[redacted]
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
	ヒンジボルト（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H型構造の部材

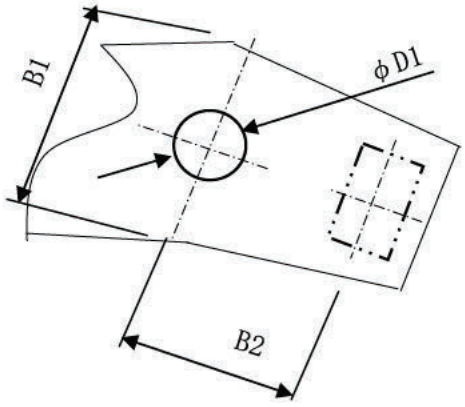


図6-5-1 締結金具の形状（[redacted]（[redacted]

(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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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

[redacted]（[redacted]、[redacted]、[redacted]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）[redacted]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[redacted]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[redacted]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 [redacted]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、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}

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

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

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

（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

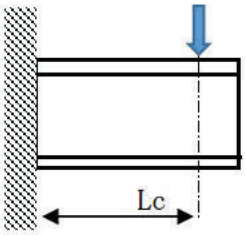
扉支持金具に発生する応力は、上部扉及び下部扉の鉛直地震荷重が扉支持金具に作用するものとして次式に示す。

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

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

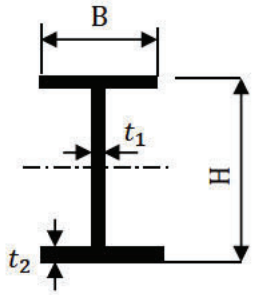
・扉支持金具の断面特性

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

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

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

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



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

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

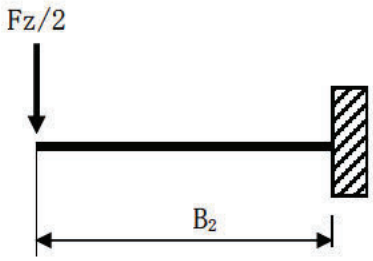
④ 締結金具に発生する応力

・曲げ応力 σ_{rb}

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

・せん断応力 τ_{rs}

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



締結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）

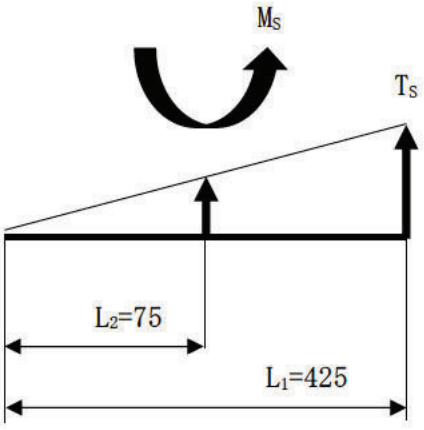
・組合せ応力 σ_r

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

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（ヒンジボルトを除く）及び締結金具

「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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、$A_c \rightarrow A_{cb}$

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

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

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。

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

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

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具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、

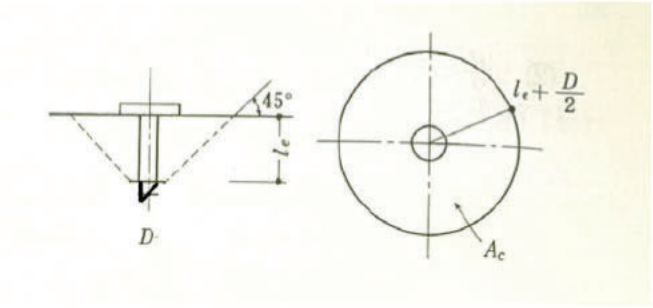
$\emptyset_{s2}$: 低減係数（短期 $= 0.6$）

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

この場合は、

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

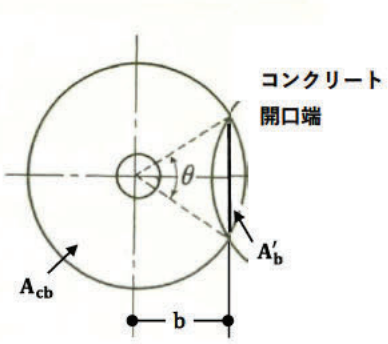
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の有効水平投影面積及び有効投影面積を図6-8-1に示す。また、ヒンジ座及び支持金具のアンカーボルトの有効水平投影面積の計算図を図6-8-2に示す。



有効水平投影面積

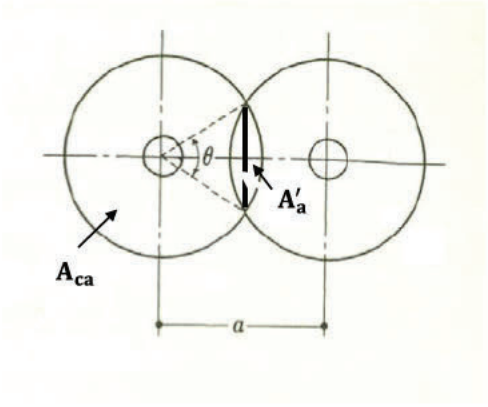
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



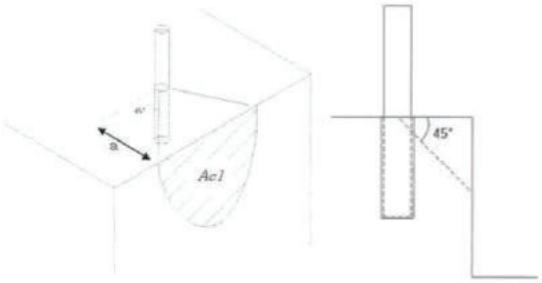
有効水平投影面積

（はしあき；有効埋込長さ未満）



有効水平投影面積

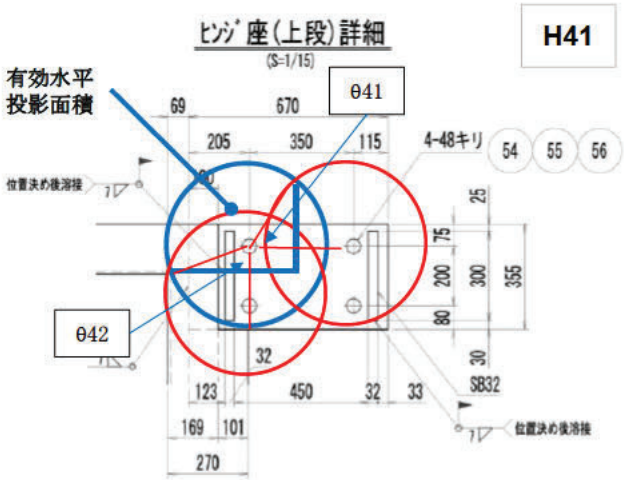
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満）

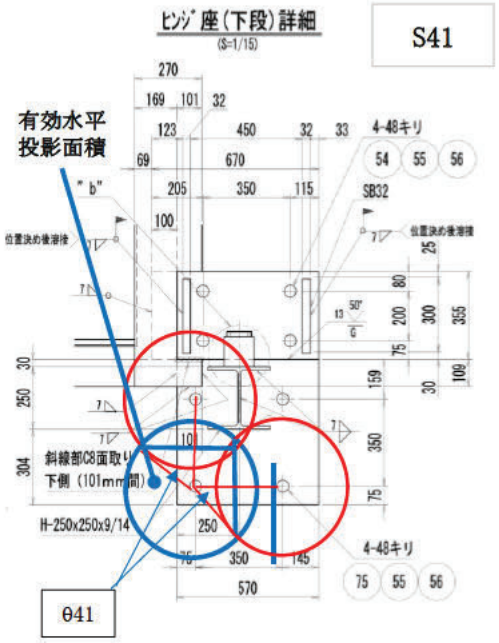


有効投影面積

（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有効投影面積図





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

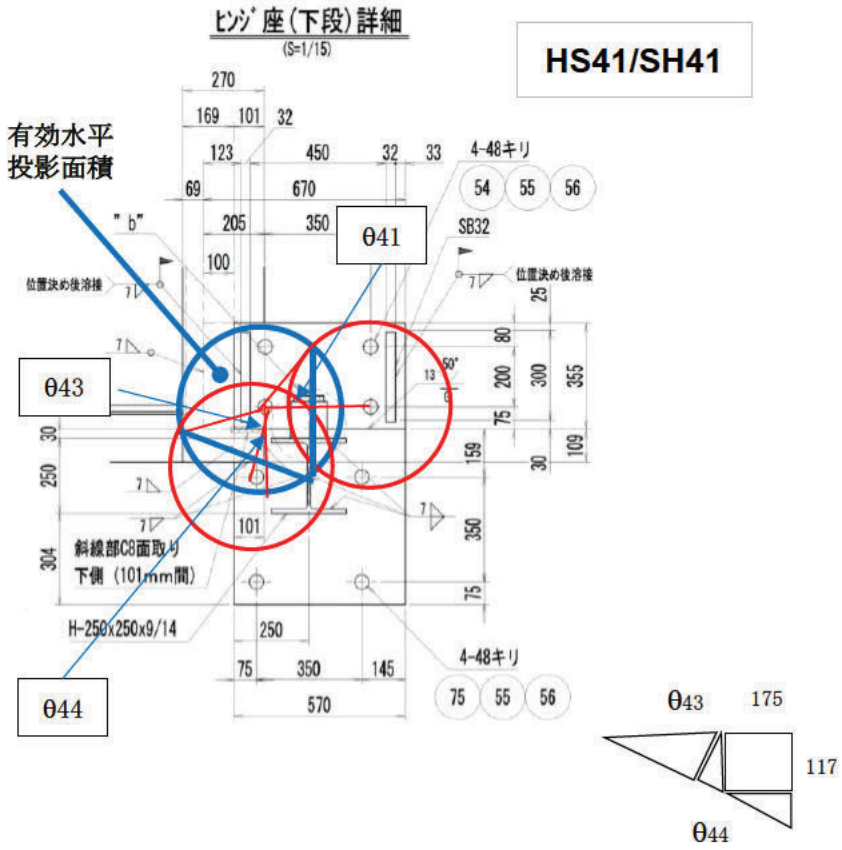
三角形1：$A_2 = (a_1/2)^2 \tan(\vartheta_{41})/2$

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（[redacted]（[redacted]1/5）

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	7.5
	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	82.38
	P_V	kN	扉にかかる鉛直方向地震力	131.7
強度計算荷重	P_h	kN	扉にかかる津波による荷重	1930.2
ヒンジ	F_Z	kN	ヒンジ部に作用するZ方向荷重	41.2
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	98.3
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	100.4
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	31
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）	35
	τ_b	N/mm^2	せん断応力（扉体側）	8
	T_{H41}、 T_{H42}	kN/本	引張力（枠体側）	5.1
	Q_{H41}、 Q_{H42}	kN/本	せん断力（枠体側）	24.6
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）	45.6
	σ_s	N/mm^2	引張応力（金具）	54
	τ	N/mm^2	せん断応力（金具）	66
	σ	N/mm^2	組合せ応力（金具）	127
	T_S	kN/本	引張力（最大値）（アンカーボルト）	52.0
	Q_S	kN/本	せん断力（アンカーボルト）	32.9

表6-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]（[redacted]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	91
	τ_{rs}	N/mm^2	せん断応力	7
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力（金具）	92
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 （戸当り）	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	4.6
	Q_F	kN/本	せん断力	7.3
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（[redacted]（[redacted]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	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
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（[redacted]（[redacted]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（[redacted]（[redacted]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

[redacted]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、[redacted]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。

[redacted]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[redacted]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 [redacted]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
82.4	1930.2	0.04

表6-10-2 [redacted]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	31	118	0.27
ヒンジボルト（扉体側）	35	205	0.18
扉支持金具	127	205	0.62
締結金具	92	205	0.45

表6-10-3 [redacted]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	4.6	32.2	0.14
	せん断	7.3	19.2	0.38
上段ヒンジ座	引張	5.1	72.4	0.07
	せん断	24.6	43.2	0.57
下段ヒンジ座	引張	5.1	72.4	0.07
	せん断	24.6	43.2	0.57
支持金具座	引張	52.0 （最大値）	72.4	0.72
	せん断	32.9	43.2	0.76

7. [redacted]

7.1 記号の説明

[redacted]の耐震評価に用いる記号を表7-1-1に示す。

表7-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	[redacted]の固定荷重	t
G_D	[redacted]の扉体荷重	t
G_F	[redacted]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	締結金具の金具幅	mm
B_2	締結金具の金切欠き幅	mm
B_3	締結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[redacted]	kN
P_V	鉛直方向地震力[redacted]	kN
F_Z	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重[redacted]	kN
F_X	ヒンジ部に作用するX方向荷重[redacted]	kN
L_a	ヒンジ中心間距離[redacted]	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離[redacted]	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力[redacted]	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[redacted]	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積[redacted]	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積[redacted]	mm^2
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）([redacted]	N/mm^2
τ_b	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）([redacted]	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)（i=6:[redacted]	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積[redacted]	mm^2

表7-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
σ_{rb}	締結金具に発生する曲げ応力[redacted]	N/mm^2
Z_r	締結金具の断面係数[redacted]	mm^3
τ_{rs}	締結金具に発生するせん断応力[redacted]	N/mm^2
A_{rs}	締結金具のせん断断面積[redacted]	mm^2
A_r	締結金具の断面積[redacted]	mm^2
σ_r	締結金具に発生する組合せ応力[redacted]	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7-1-1 [redacted]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

7.2 評価部位

評価部位は、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]の構造図を図7-2-1、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。

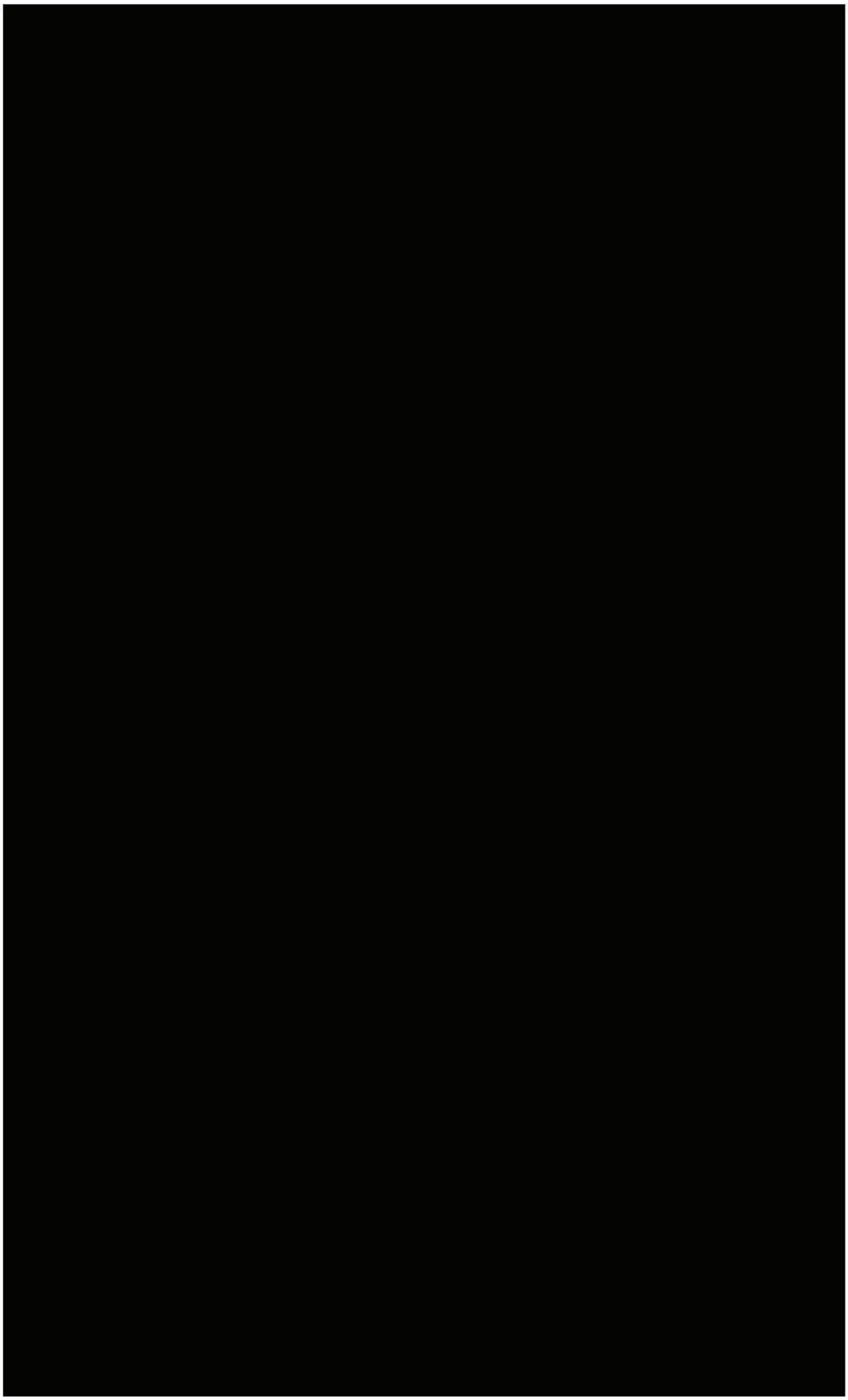


図7-2-1 [redacted]の構造図

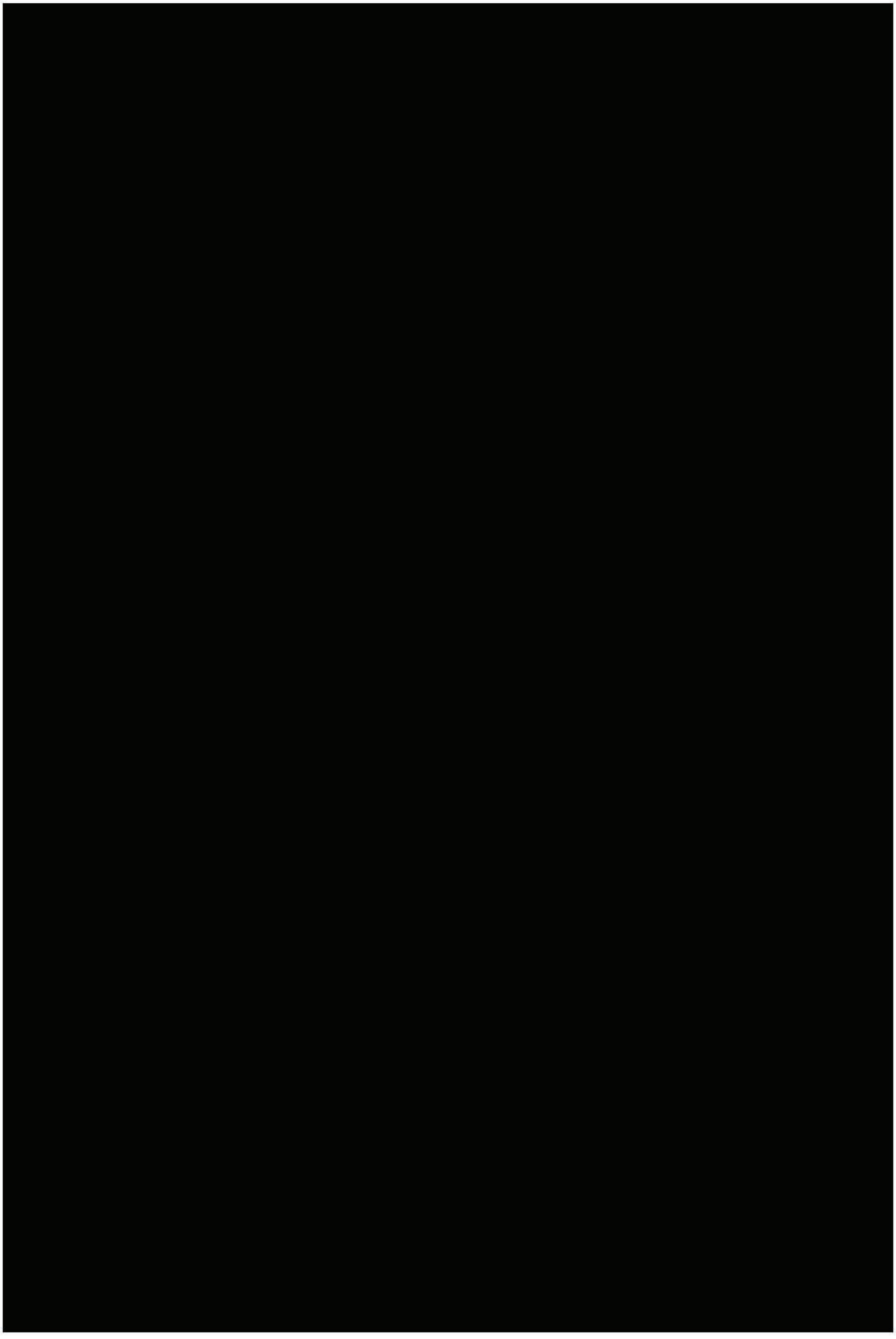


図7-2-2 [redacted]閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

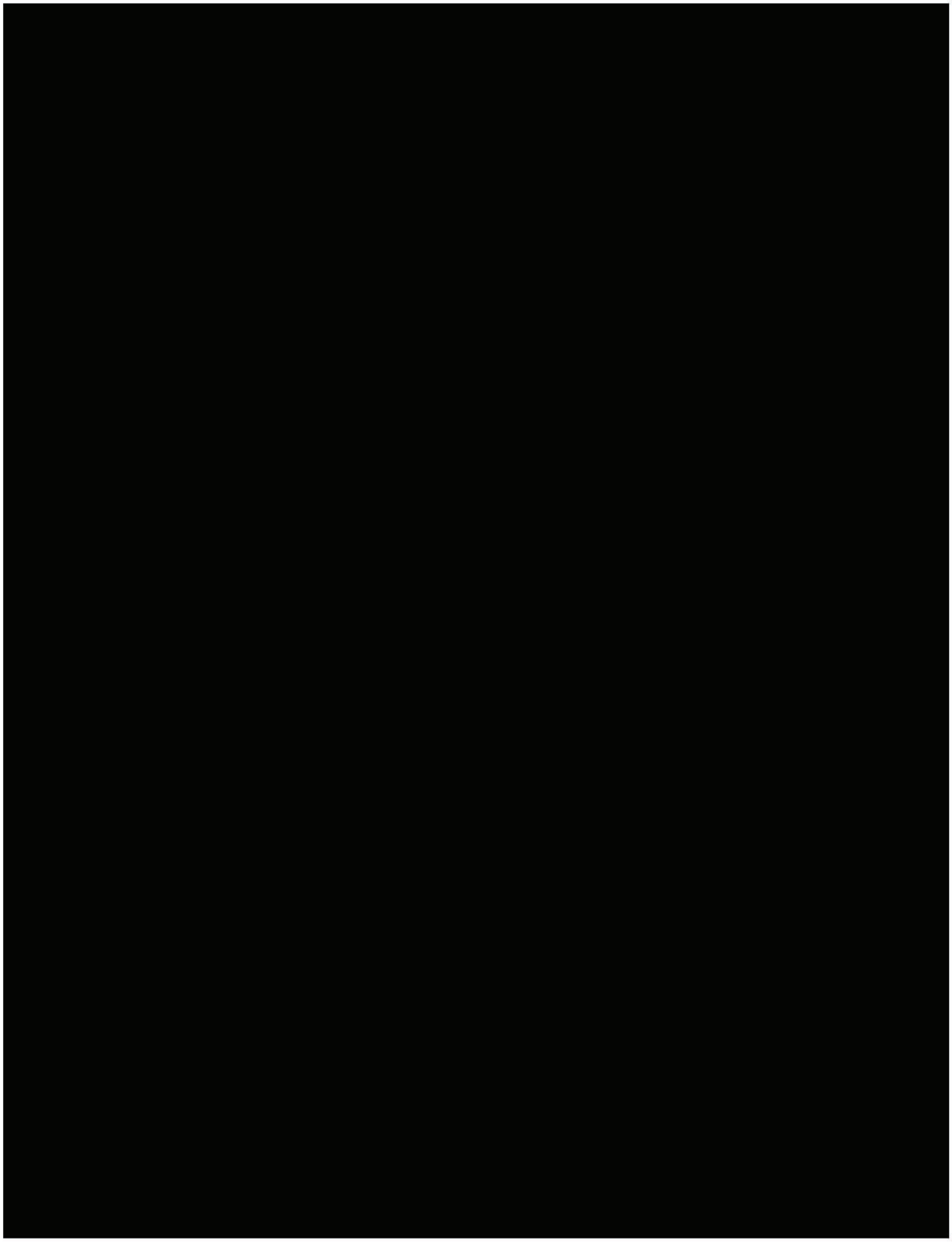


図7-2-3 [redacted]アンカーボルト位置と評価部位

7.3 構造強度評価方法

[redacted]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」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

(1) 耐震評価上考慮する荷重

[redacted]の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：[redacted]の固定荷重

G_D ：[redacted]の扉体荷重

G_F ：[redacted]の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s ：設計地震力

[redacted]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)

[redacted]の自重となる固定荷重を表7-4-1に示す。

表7-4-1 [redacted]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]
[redacted]	1.6 （内強化材等重量：0.4）	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、[redacted]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

[redacted]に作用する荷重の組合せを表7-4-2に示す。

表7-4-2 [redacted]の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
[redacted] 部品	$G_D + K_s$
アンカーボルト	$G_D + G_F + K_s$

7.5 許容限界

(1) 使用材料

[redacted]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7-5-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図7-5-1に示す。

表7-5-1 使用材料

部位		材質	仕様[mm]※13
扉板		SUS304	[redacted]
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 ※14
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ30
	ヒンジボルト	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

※13 tは板厚、φは径、Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

※14 板を溶接して組合わせたT型構造の部材

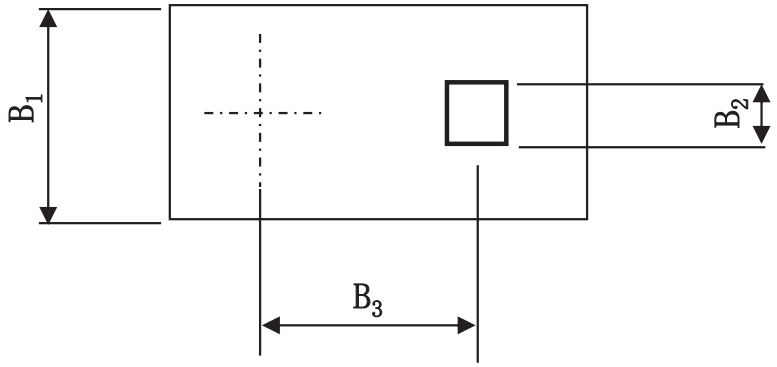


図7-5-1 締結金具の形状（[redacted]（[redacted]

(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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」を踏まえて表7-5-2の値とする。

表7-5-2 許容限界

材料	短期許容応力 [N/mm^2]	
	曲げ	せん断
SUS304 ※15	205	118
SM400A ※16	235	135

※15 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。

※16 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」における、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。

7.6 評価用地震力

[redacted] （[redacted]、[redacted]、[redacted]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）[redacted]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[redacted]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[redacted]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7-6-1に示す。

表7-6-1 [redacted]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

7.7 計算方法

扉体（扉板及び芯材）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

$$\sigma_b = \frac{1000F_X}{n_6 \cdot A_s}$$

$$\tau_b = \frac{1000F_Z}{2n_6 \cdot A_s}$$

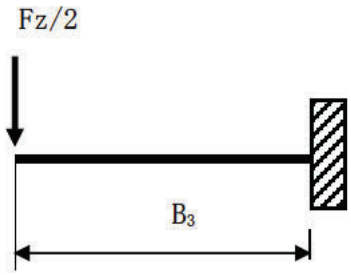
③ 締結金具に発生する応力

・曲げ応力

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

・せん断応力

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



締結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

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

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

7.8 許容応力

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

「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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、$A_c \rightarrow A_{cb}$

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

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

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。

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

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

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

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

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

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。

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

ただし、

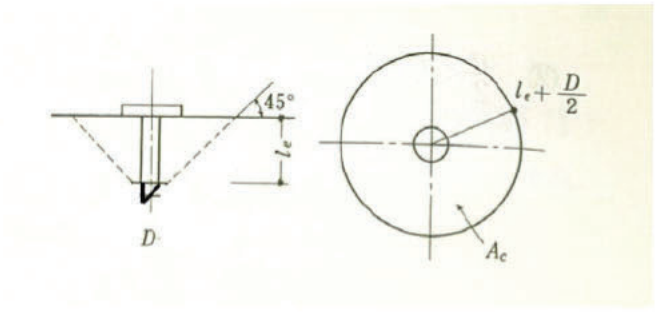
$\emptyset_s$: 低減係数（短期 = 0.6）

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

この場合は

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

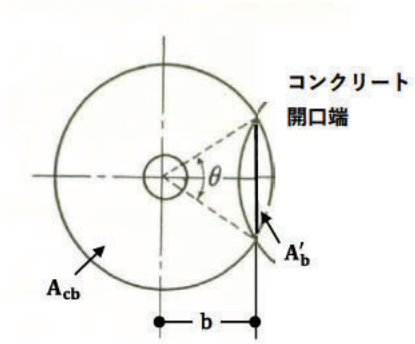
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、有効水平投影面積及び有効投影面積を図7-8-1に示す。



有効水平投影面積

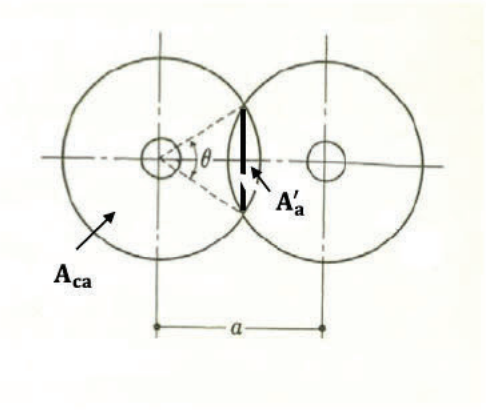
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



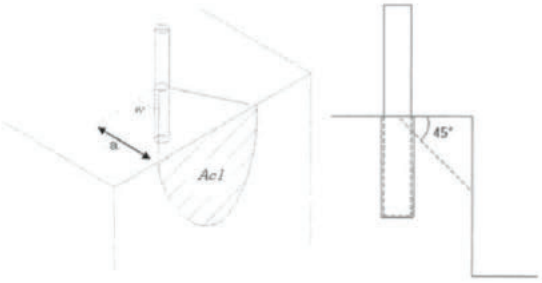
有効水平投影面積

（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有効投影面積図

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（[redacted]）（[redacted]）（1/3）

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	1.6
	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	17.57
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	28.09
	F_Z	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重	8.785
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	14.47
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	28.56
	P_{Va}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	45.64
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	15.12
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	29
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	15
	τ_b	N/mm^2	せん断応力	5

表7-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]（[redacted] (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	185
	τ_{rs}	N/mm^2	せん断応力	11
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力	186
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	1.7
	Q_F	kN/本	せん断力	2.7

表7-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]）（[redacted]）（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	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	短期許容せん断耐力	19.2
Q'_{as}	kN	短期許容せん断耐力（「はしあき」＜アンカーボルト有効埋込長）	16.4

7.10 評価結果

[redacted]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7-10-1に示す。また、[redacted]の各部材及びアンカーボルトの評価結果をそれぞれ表7-10-2及び表7-10-3に示す。

[redacted]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[redacted]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7-10-1 [redacted]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
17.57	489	0.04

表7-10-2 [redacted]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	29	118	0.25
ヒンジボルト	15	205	0.08
締結金具	186	235	0.80

表7-10-3 [redacted]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	1.7	32.2	0.05
せん断	2.7	16.4	0.16

8. [redacted]

8.1 記号の説明

[redacted]の耐震評価に用いる記号を表8-1-1に示す。

表8-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	[redacted]の固定荷重	t
G_D	[redacted]の扉体荷重	t
G_F	[redacted]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	締結金具の金具幅	mm
B_2	締結金具の金切欠き幅	mm
B_3	締結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[redacted]	kN
P_V	鉛直方向地震力[redacted]	kN
F_Z	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重[redacted]	kN
F_X	ヒンジ部に作用するX方向荷重[redacted]	kN
L_a	ヒンジ中心間距離[redacted]	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離[redacted]	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力[redacted]	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[redacted]	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積[redacted]	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積[redacted]	mm^2
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）([redacted]	N/mm^2
τ_b	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）([redacted]	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)（i=7:[redacted]	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積[redacted]	mm^2

表8-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
σ_{rb}	締結金具に発生する曲げ応力[redacted]	N/mm^2
Z_r	締結金具の断面係数[redacted]	mm^3
τ_{rs}	締結金具に発生するせん断応力[redacted]	N/mm^2
A_{rs}	締結金具のせん断断面積[redacted]	mm^2
A_r	締結金具の断面積[redacted]	mm^2
σ_r	締結金具に発生する組合せ応力[redacted]	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8-1-1 [redacted]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

8.2 評価部位

評価部位は、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]の構造図を図8-2-1、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。

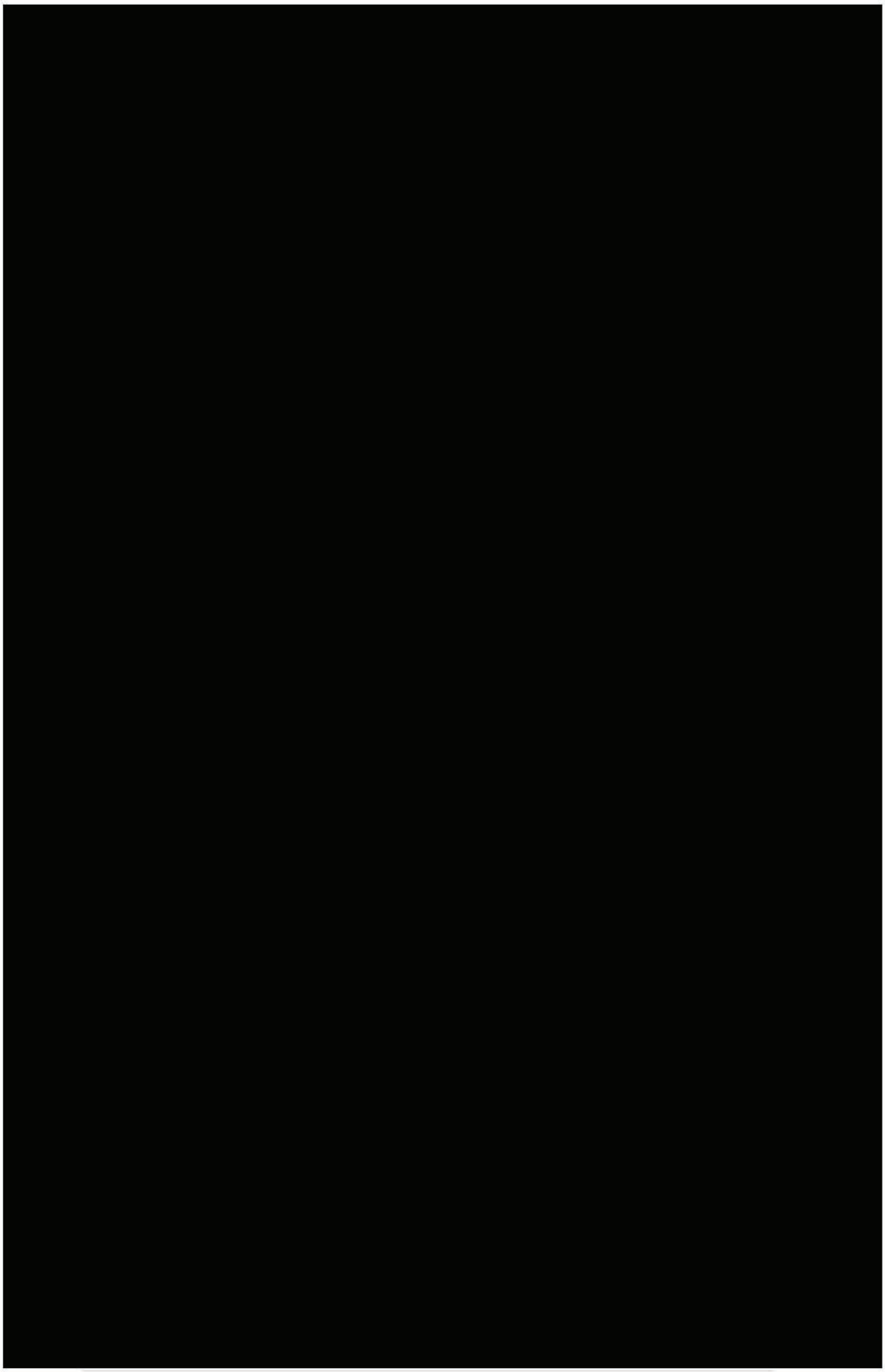


図8-2-1 [redacted]の構造図

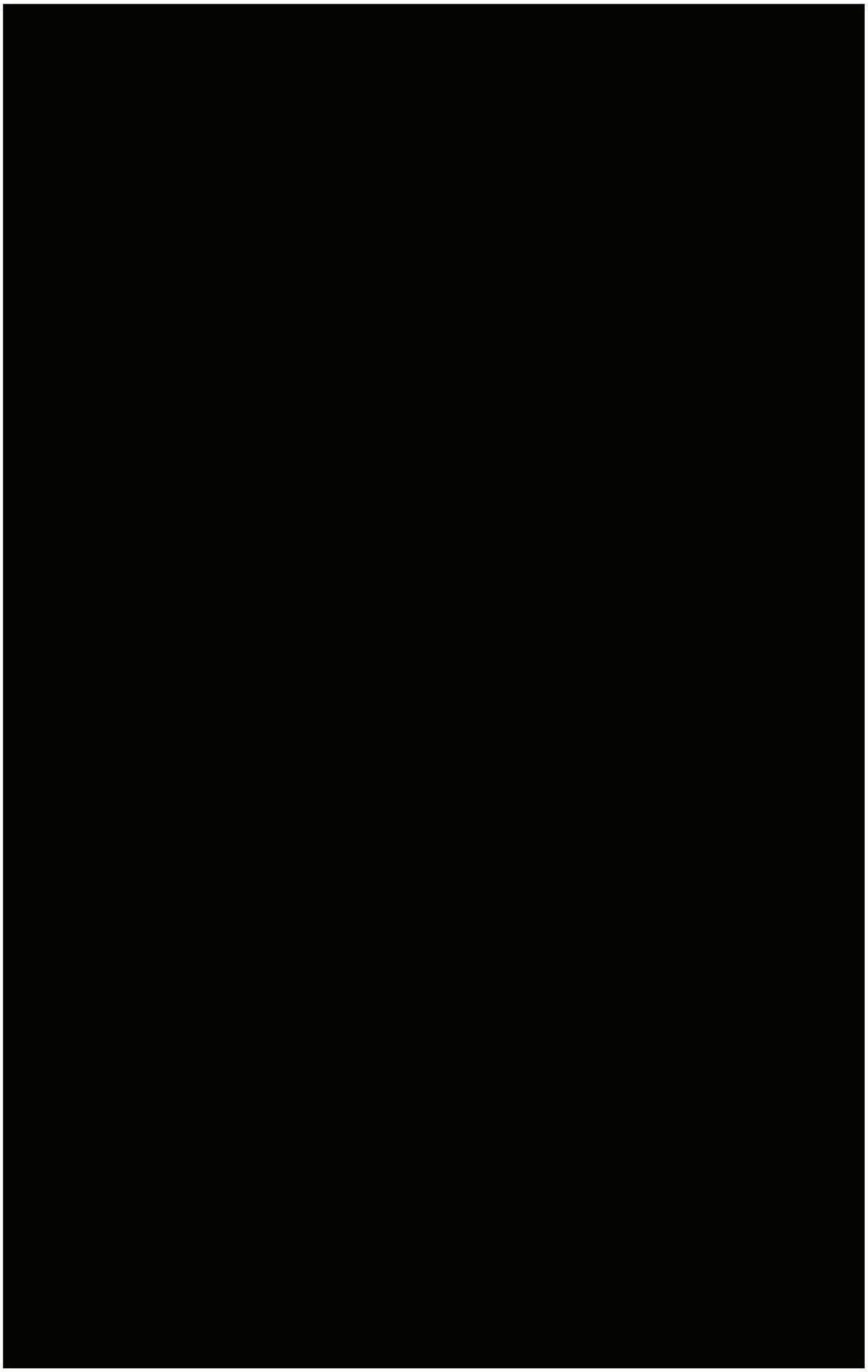


図8-2-2 [redacted]閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

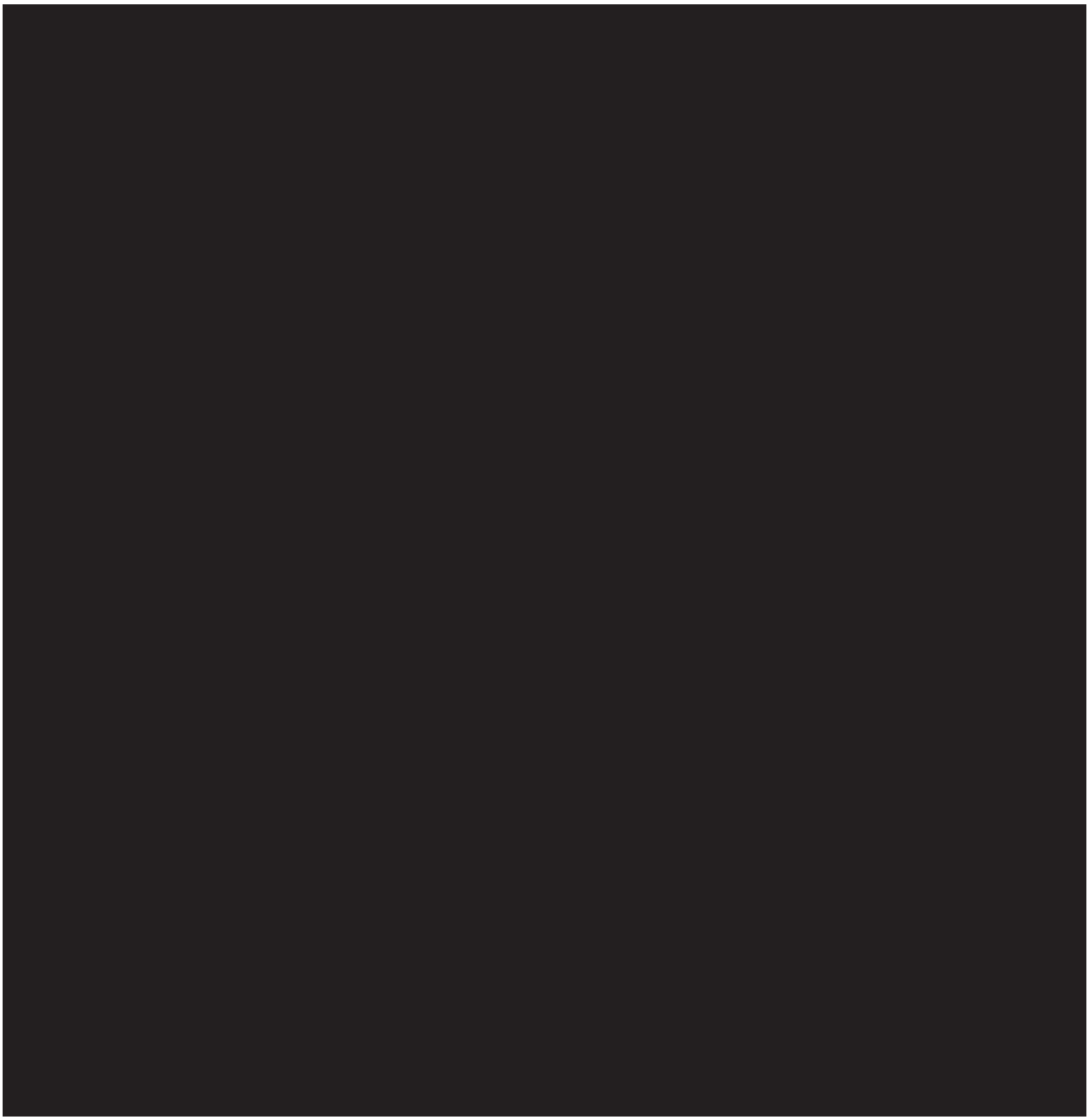


図8-2-3 [redacted]アンカーボルト位置と評価部位

8.3 構造強度評価方法

[redacted]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

[redacted]の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：[redacted]の固定荷重

G_D ：[redacted]の扉体荷重

G_F ：[redacted]の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s ：地震荷重

[redacted]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)

[redacted]の自重となる固定荷重を表8-4-1に示す。

表8-4-1 [redacted]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］
[redacted]	2.2 （内強化材等重量：0.5）	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、[redacted]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

[redacted]に作用する荷重の組合せを表8-4-2に示す。

表8-4-2 [redacted]の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
[redacted] 部品	$G_D + K_s$
アンカーボルト（枠体）	$G_D + G_F + K_s$

8.5 許容限界

(1) 使用材料

[redacted]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]※17
扉板		SUS304	[redacted]
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	C130×65×6
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ32
	ヒンジボルト	SUS304	M20
	締結金具	SUS304	65(B_1)×26(B_2)×70(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

※17 tは板厚、φは径、Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

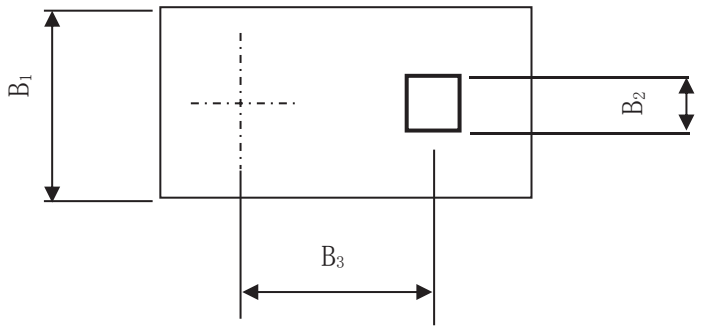


図8-5-1 締結金具の形状（[redacted]（[redacted]

(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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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 ※18	205	118

※18 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。

8.6 評価用地震力

[redacted] ([redacted]、[redacted]、[redacted]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）[redacted]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[redacted]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[redacted]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 [redacted]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

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

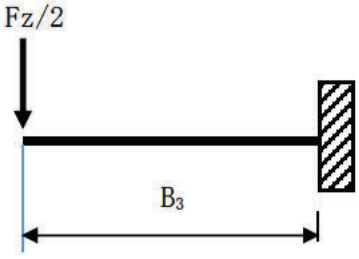
$$\sigma_b = \frac{1000F_x}{n_7 \cdot A_s}$$

$$\tau_b = \frac{1000F_z}{2n_7 \cdot A_s}$$

③ 締結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

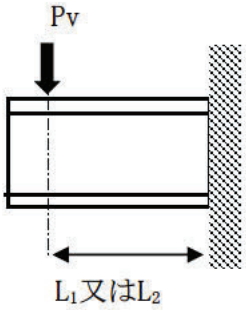
$$\sigma_r = \sqrt{{\sigma_{rb}}^2 + 3{\tau_{rs}}^2}$$

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}

$$\sigma_{cbF}=\frac{1000P_V\cdot L_2}{Z_x}$$

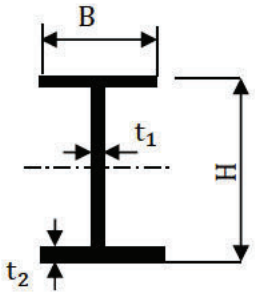
・せん断応力τ_{cbF}

$$\tau_{cbF}=\frac{1000P_V}{A_W}$$

・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}

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

8.8 許容応力

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

「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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、$A_c \rightarrow A_{cb}$

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

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

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。

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

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

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

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

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

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。

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

ただし、

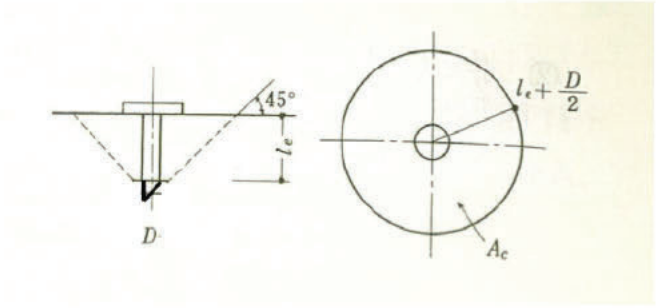
ϕ_{s2}: 低減係数（短期 = 0.6）

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

この場合は

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

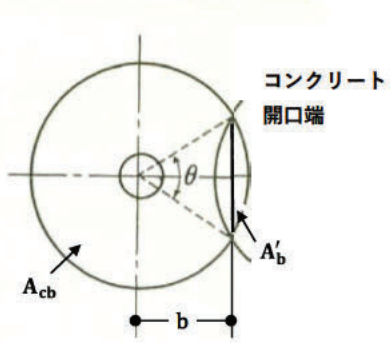
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、有効水平投影面積及び有効投影面積を図8-8-1に示す。



有効水平投影面積

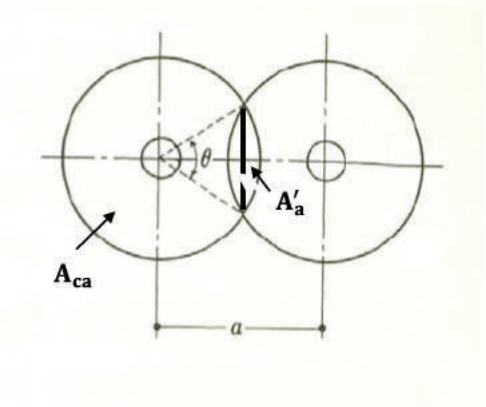
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）

（はしあき；有効埋込み長さ以上）



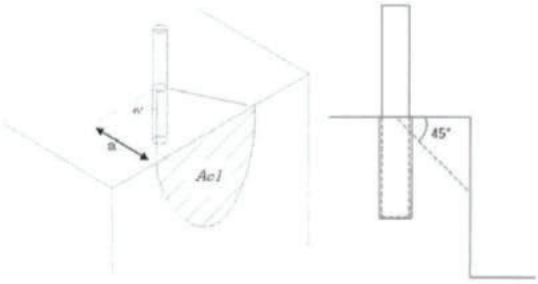
有効水平投影面積

（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有効投影面積図

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（[redacted]）（[redacted]）（1/3）

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	2.2
	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	24.16
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	38.62
	F_Z	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重	12.08
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	24.70
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	37.34
	P_{Va}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	59.68
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	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
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	25.42
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	43
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）	26
	τ_b	N/mm^2	せん断応力（扉体側）	7

表 8-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]（[redacted] (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）	60
	τ_{cbD}	N/mm^2	せん断応力（扉側）	43
	σ_{cD}	N/mm^2	組合せ応力（扉側）	95
	σ_{cbF}	N/mm^2	曲げ応力（枠側）	67
	τ_{cbF}	N/mm^2	せん断応力（枠側）	43
	σ_{cF}	N/mm^2	組合せ応力（枠側）	99
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	255
	τ_{rs}	N/mm^2	せん断応力	15
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力	256
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	1.7
	Q_F	kN/本	アンカーボルトに作用するせん断力	2.7

表8-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]（[redacted]（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	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

8.10 評価結果

[redacted]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、[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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、部材の板厚を大きくしたものに変更する必要がある。

表8-10-1 [redacted]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
24.16	805.1	0.03

表8-10-2 [redacted]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	43	118	0.37
ヒンジボルト	26	205	0.13
扉支持金具 (扉体側)	95	205	0.47
扉支持金具 (枠体側)	99	205	0.49
締結金具	256	205	1.25

表8-10-3 [redacted]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	1.7	32.2	0.05
せん断	2.7	19.2	0.14

9. [redacted]（[redacted] 変更後）

9.1 記号の説明

[redacted]の耐震評価に用いる記号を表9-1-1に示す。

表9-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	[redacted]の固定荷重	t
G_D	[redacted]の扉体荷重	t
G_F	[redacted]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	締結金具の金具幅	mm
B_2	締結金具の金切欠き幅	mm
B_3	締結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[redacted]	kN
P_V	鉛直方向地震力[redacted]	kN
F_Z	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重[redacted]	kN
F_X	ヒンジ部に作用するX方向荷重[redacted]	kN
L_a	ヒンジ中心間距離[redacted]	mm
L_b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離[redacted]	mm
τ_{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力[redacted]	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[redacted]	kN
A_{PS}	ヒンジピンのせん断断面積[redacted]	mm^2
A_P	ヒンジピンの断面積[redacted]	mm^2
σ_b	ヒンジボルトに発生する引張応力（扉体側）([redacted]	N/mm^2
τ_b	ヒンジボルトに発生するせん断応力（扉体側）([redacted]	N/mm^2
n_i	ヒンジボルトの本数(扉体側)（i=7:[redacted]	本
A_S	ヒンジボルトの有効断面積[redacted]	mm^2

表9-1-1 [redacted]の耐震評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
σ_{rb}	締結金具に発生する曲げ応力[redacted]	N/mm^2
Z_r	締結金具の断面係数[redacted]	mm^3
τ_{rs}	締結金具に発生するせん断応力[redacted]	N/mm^2
A_{rs}	締結金具のせん断断面積[redacted]	mm^2
A_r	締結金具の断面積[redacted]	mm^2
σ_r	締結金具に発生する組合せ応力[redacted]	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 [redacted]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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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。

[redacted]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。

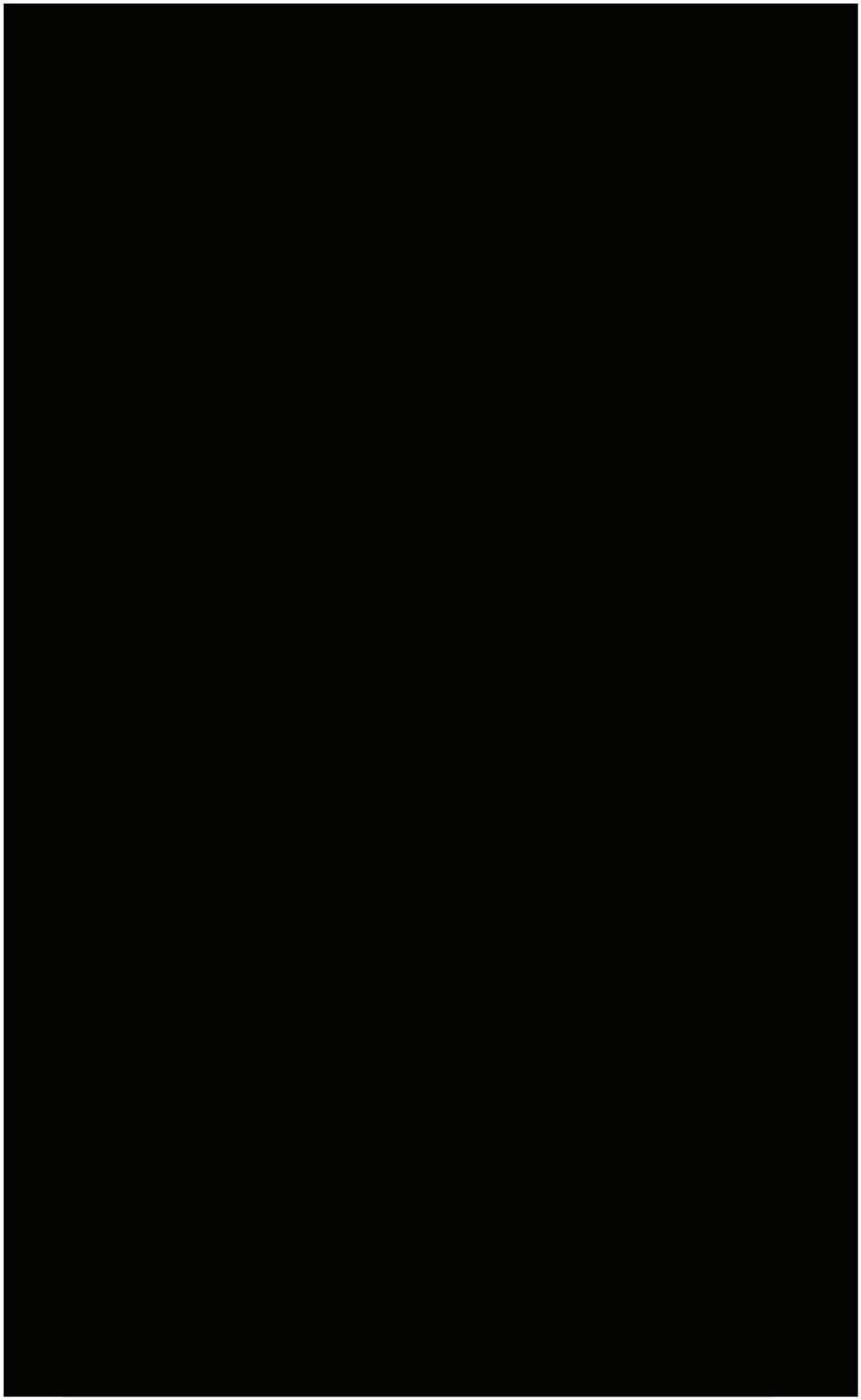


図9-2-1 [redacted]の構造図

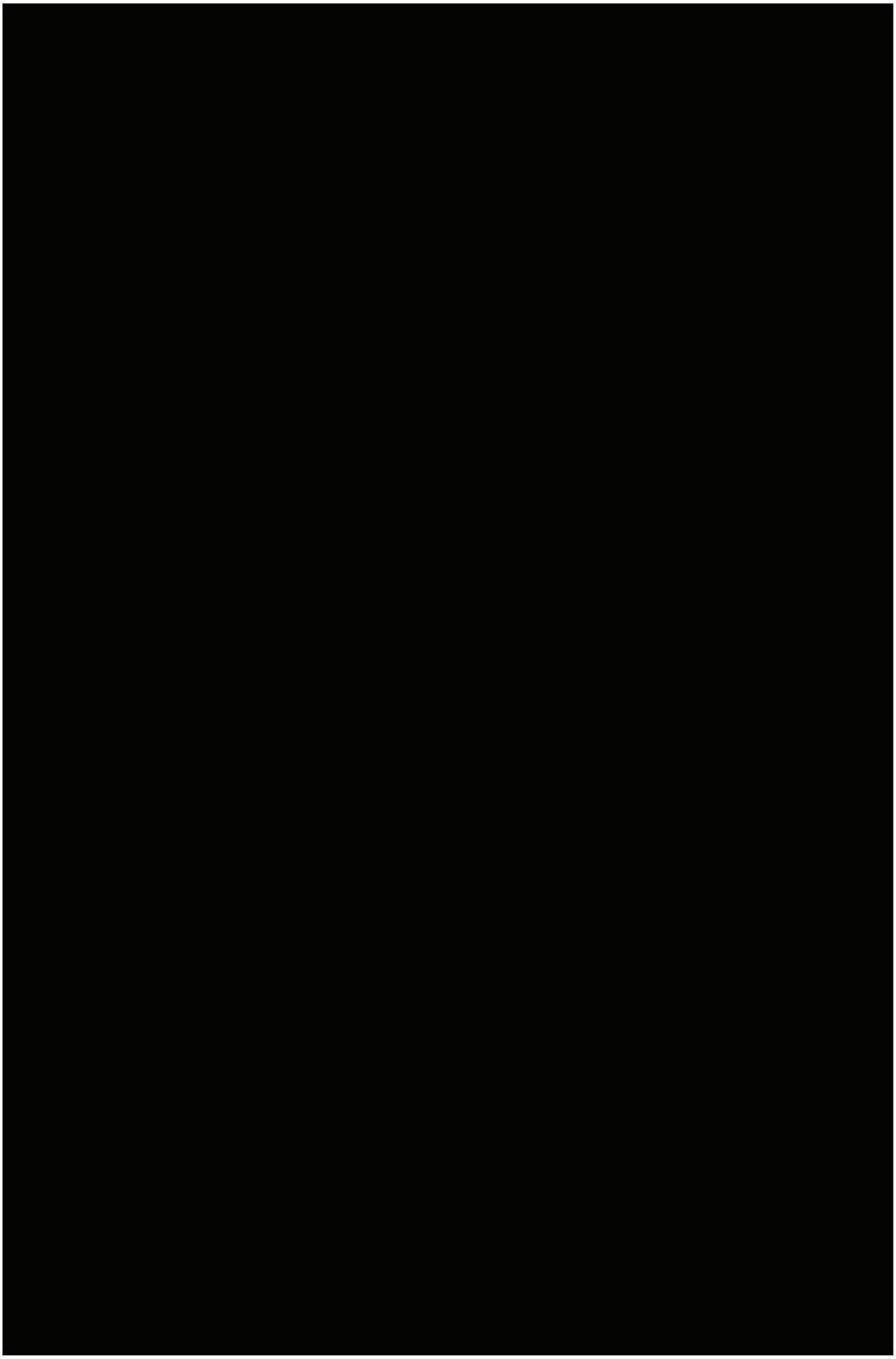


図9-2-2 [redacted]閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

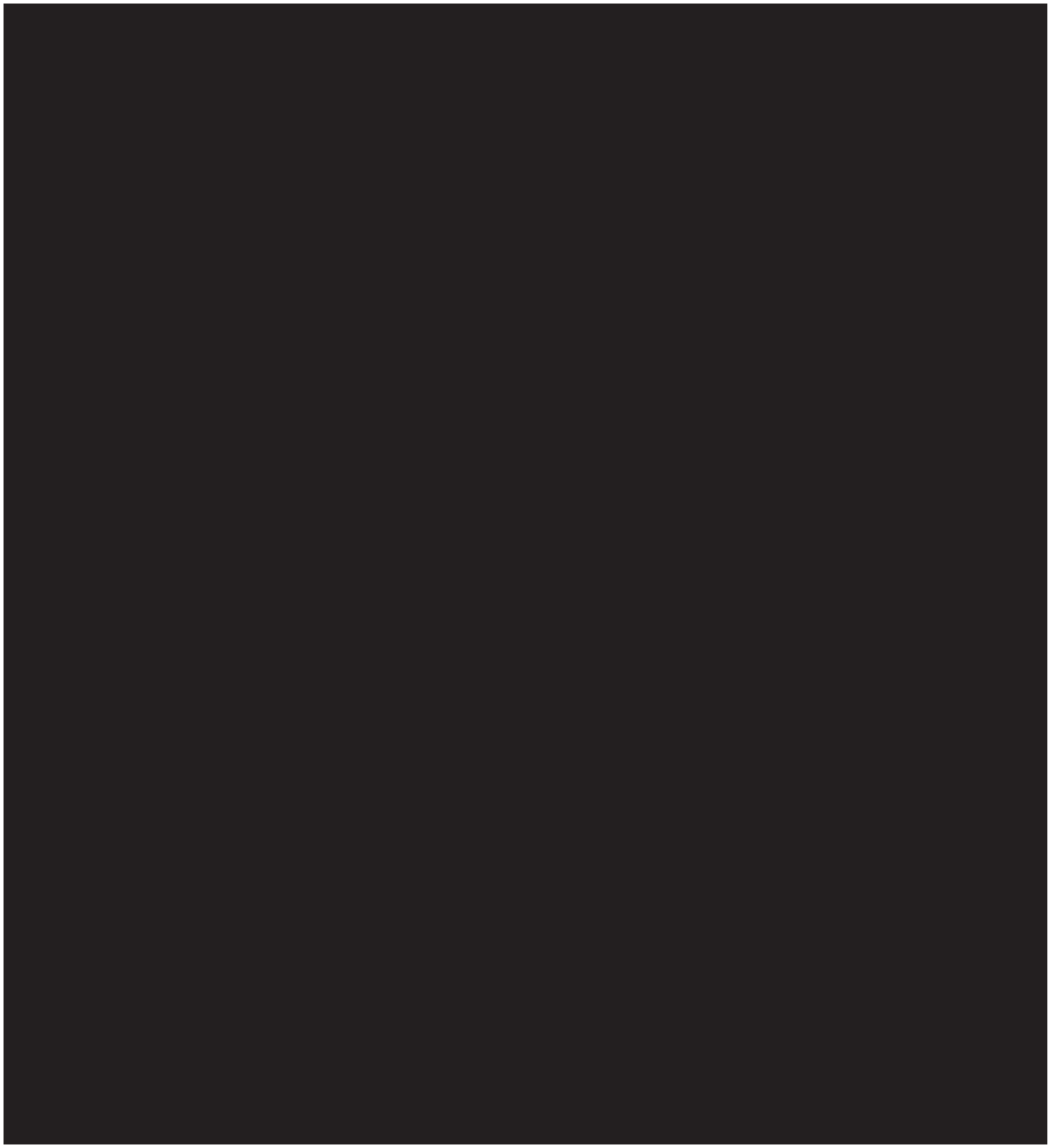


図9-2-3 [redacted]アンカーボルト位置と評価部位

9.3 構造強度評価方法

[redacted]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

[redacted]の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G ：[redacted]の固定荷重

G_D ：[redacted]の扉体荷重

G_F ：[redacted]の戸当り荷重

P ：積載荷重

K_s ：地震荷重

[redacted]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)

[redacted]の自重となる固定荷重を表9-4-1に示す。

表9-4-1 [redacted]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]
[redacted]	2.2 （内強化材等重量：0.5）	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、[redacted]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

[redacted]に作用する荷重の組合せを表9-4-2に示す。

表9-4-2 [redacted]の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
[redacted] 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

[redacted]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]※19
扉板		SUS304	[redacted]
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	C130×65×6
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ32
	ボルト	SUS304	M20
	締結金具	SUS304	65(B_1)×26(B_2)×70(B_3)×t19
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

※19 tは板厚、φは径、Mは呼び径、Lは穿孔長を示す。

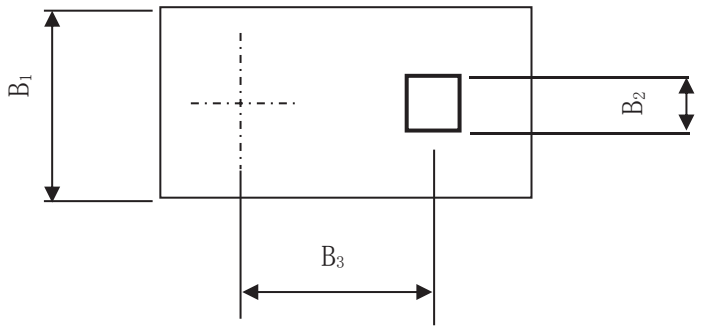


図9-5-1 締結金具の形状（[redacted]（[redacted]

(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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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

[redacted] （[redacted]、[redacted]、[redacted]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）[redacted]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[redacted]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[redacted]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 [redacted]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

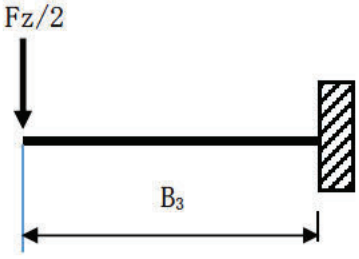
$$\sigma_b = \frac{1000F_x}{n_7 \cdot A_s}$$

$$\tau_b = \frac{1000F_z}{2n_7 \cdot A_s}$$

③ 締結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

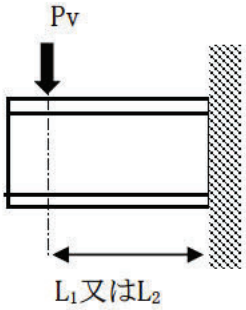
$$\sigma_r = \sqrt{{\sigma_{rb}}^2 + 3{\tau_{rs}}^2}$$

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}

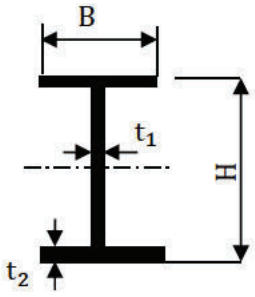
$$\tau_{cbF}=\frac{1000P_V}{A_W}$$

・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（ヒンジボルトを除く）及び締結金具

「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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、$A_c \rightarrow A_{cb}$

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

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

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。

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

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

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

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

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

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。

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

ただし、

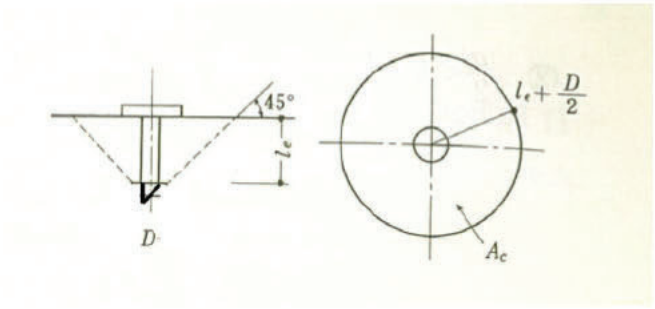
ϕ_{s2}: 低減係数（短期 = 0.6）

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

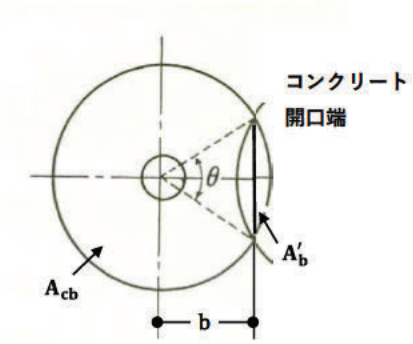
この場合は

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

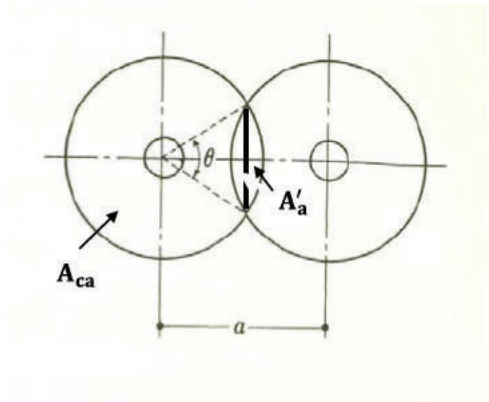
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、有効水平投影面積及び有効投影面積を図9-8-1に示す。



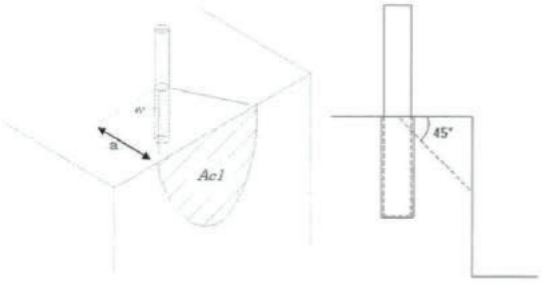
有効水平投影面積
（アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上）
（はしあき；有効埋込み長さ以上）



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有効投影面積図

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（[redacted]）（[redacted]）（1/3）

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	t	扉体	2.2
	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	24.16
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	38.62
	F_Z	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重	12.08
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	24.70
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	37.34
	P_{Va}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	59.68
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	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
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	25.42
	τ_{hp}	N/mm^2	せん断応力	43
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）	26
	τ_b	N/mm^2	せん断応力（扉体側）	7

表 9-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]（[redacted] (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）	60
	τ_{cbD}	N/mm^2	せん断応力（扉側）	43
	σ_{cD}	N/mm^2	組合せ応力（扉側）	95
	σ_{cbF}	N/mm^2	曲げ応力（枠側）	67
	τ_{cbF}	N/mm^2	せん断応力（枠側）	43
	σ_{cF}	N/mm^2	組合せ応力（枠側）	99
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	494
	A_r	mm^2	断面積	741
	Z_r	mm^3	断面係数	2346
	σ_{rb}	N/mm^2	曲げ応力	181
	τ_{rs}	N/mm^2	せん断応力	13
	σ_r	N/mm^2	組合せ応力	182
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	1.7
	Q_F	kN/本	アンカーボルトに作用するせん断力	2.7

表9-9-1 耐震評価に用いる条件（[redacted]（[redacted]（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	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

[redacted]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、[redacted]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。

[redacted]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[redacted]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 [redacted]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
24.16	805.1	0.03

表9-10-2 [redacted]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	43	118	0.37
ヒンジボルト	26	205	0.13
扉支持金具 （扉体側）	95	205	0.47
扉支持金具 （枠体側）	99	205	0.49
締結金具	182	205	0.89

表9-10-3 [redacted]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	1.7	32.2	0.05
せん断	2.7	19.2	0.14

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と漂流物衝突・余震の重畳を考慮した荷重に対し、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の[redacted]の安全性が損なわれるおそれはない。強度評価の詳細については、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[redacted]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[redacted]の強度評価

1. 概要

本資料は、[redacted]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」[redacted]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[redacted]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[redacted]のうち、強化工事を実施する[redacted]（[redacted]、[redacted]、[redacted]、[redacted]、[redacted]、[redacted]について評価を行う。

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[redacted]の設置位置図を図 2-1-1 に示す。

図 2-1-1 [redacted]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

[redacted]は、片開型の鋼製扉であり、扉板の背面に芯材（主桁及び縦桁）を配した構造である。戸当りは、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

[redacted]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、[redacted]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。

[redacted]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。

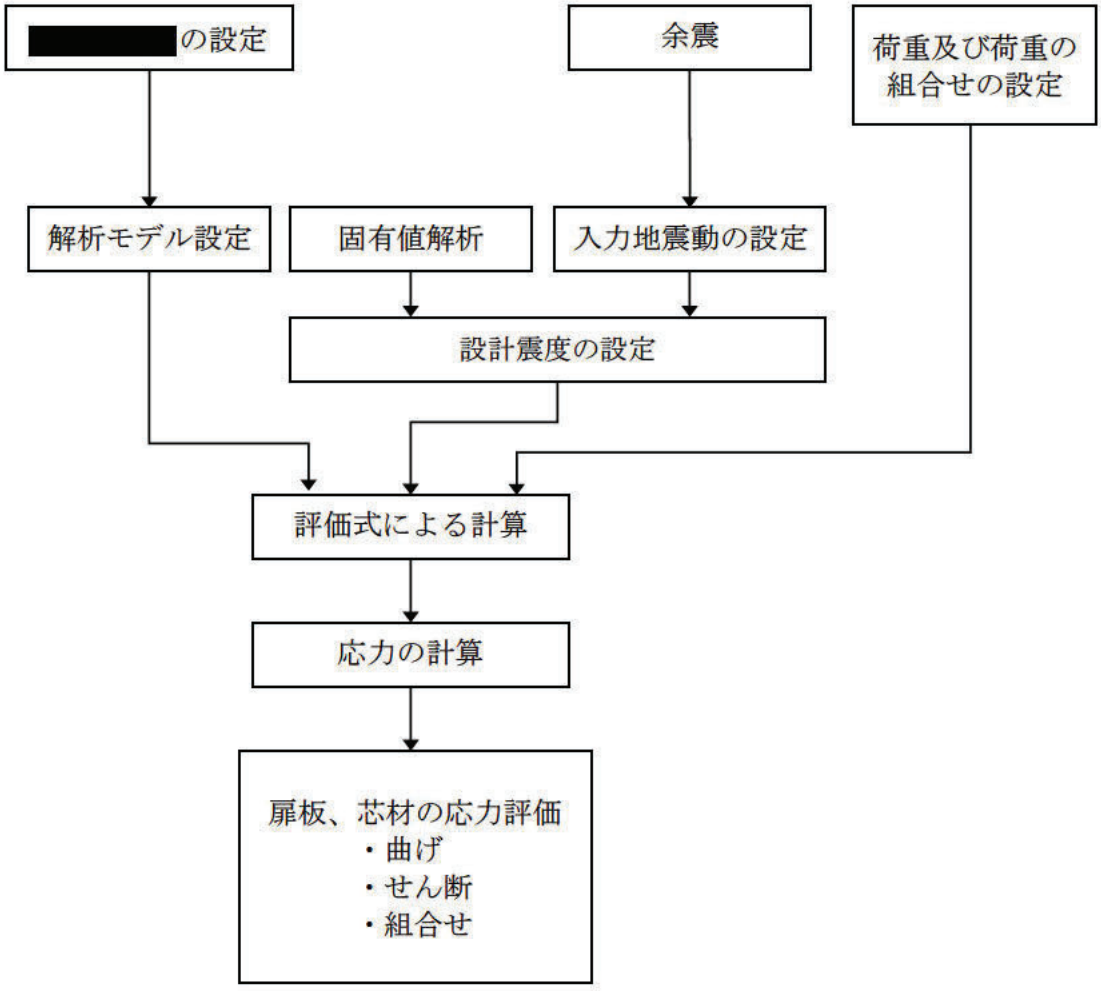


図 2-3-1 強度評価フロー

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) 鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）

(3) 日本産業規格　JIS G 4304 (2012) 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯

3. [redacted]

3.1 記号の説明

[redacted]の強度評価に用いる記号を表 3-1-1 に示す。

表 3-1-1 [redacted]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 [redacted]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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]は、片開型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取り付けて、締結金具を鋼製の戸当りに差し込み、扉と戸当りを一体化させる構造である。

[redacted]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、芯材から戸当りを介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、[redacted]の扉板、主桁、縦桁とする。

[redacted]の構造図を図 3-2-1、評価部位を図 3-2-2 に示す。

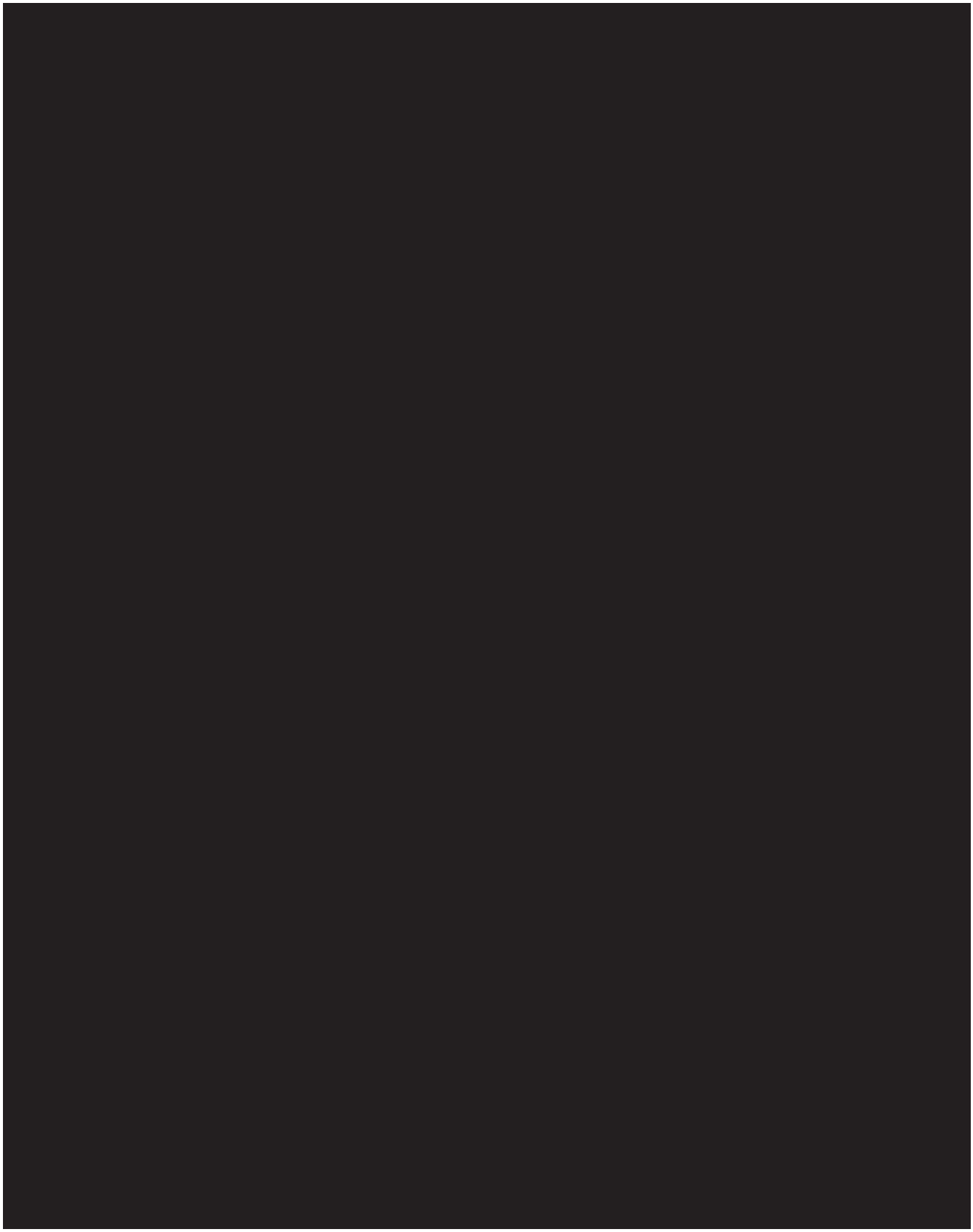


図 3-2-1 [redacted]の構造図（単位：ｍｍ）

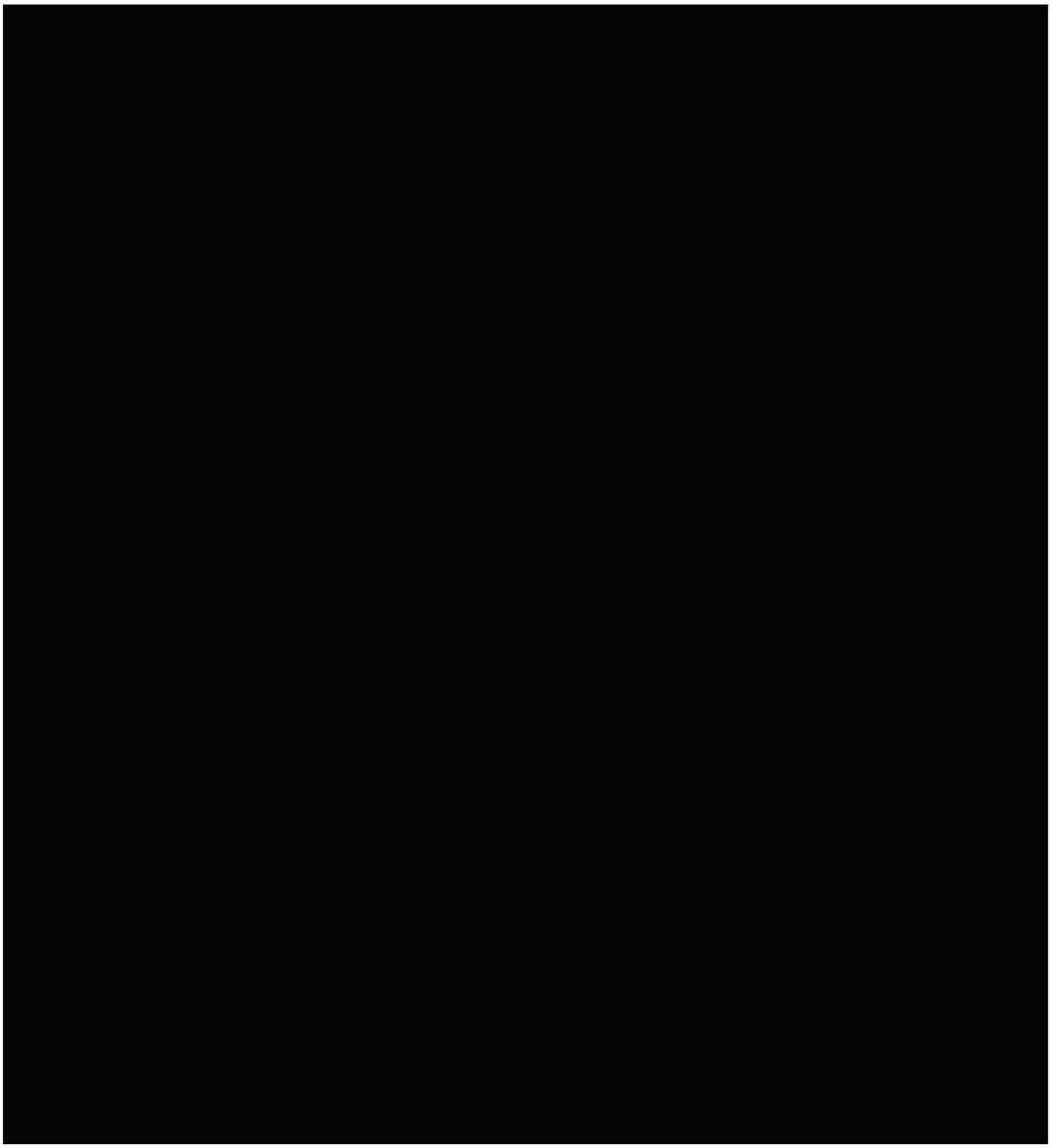


図 3-2-2 [redacted]の評価部位

3.3 構造強度評価方法

[redacted]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］
[redacted]	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、[redacted]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。[redacted] 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
[redacted]	$P_n = P_{hn} + K_S$

※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

[redacted]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 [redacted]の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	[redacted]
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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会）」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

[redacted]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）[redacted]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

[redacted]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。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 9, m = 1, 2)$$

[redacted]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。

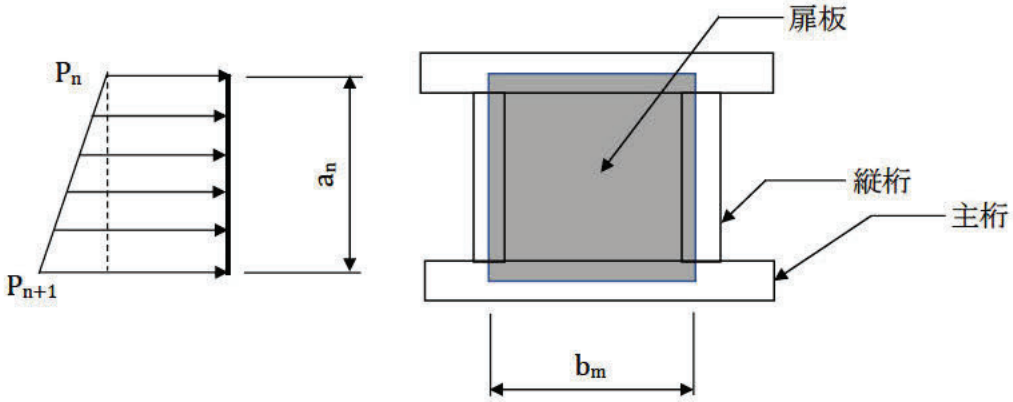


図 3-7-1 扉板に生じる応力の例

(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　A３　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。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

$$W_5 = \frac{(2P_5 + P_6) \cdot a_5}{6}$$

$$W_6 = \frac{(2P_6 + P_5) \cdot a_5}{6} + \frac{(2P_6 + P_7) \cdot a_6}{6}$$

$$W_7 = \frac{(2P_7 + P_6) \cdot a_6}{6} + \frac{(2P_7 + P_8) \cdot a_7}{6}$$

$$W_8 = \frac{(2P_8 + P_7) \cdot a_7}{6} + \frac{(2P_8 + P_9) \cdot a_8}{6}$$

$$W_9 = \frac{(2P_9 + P_8) \cdot a_8}{6} + \frac{(2P_9 + P_{10}) \cdot a_9}{6}$$

$$W_{10} = \frac{(2P_{10} + P_9) \cdot a_9}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

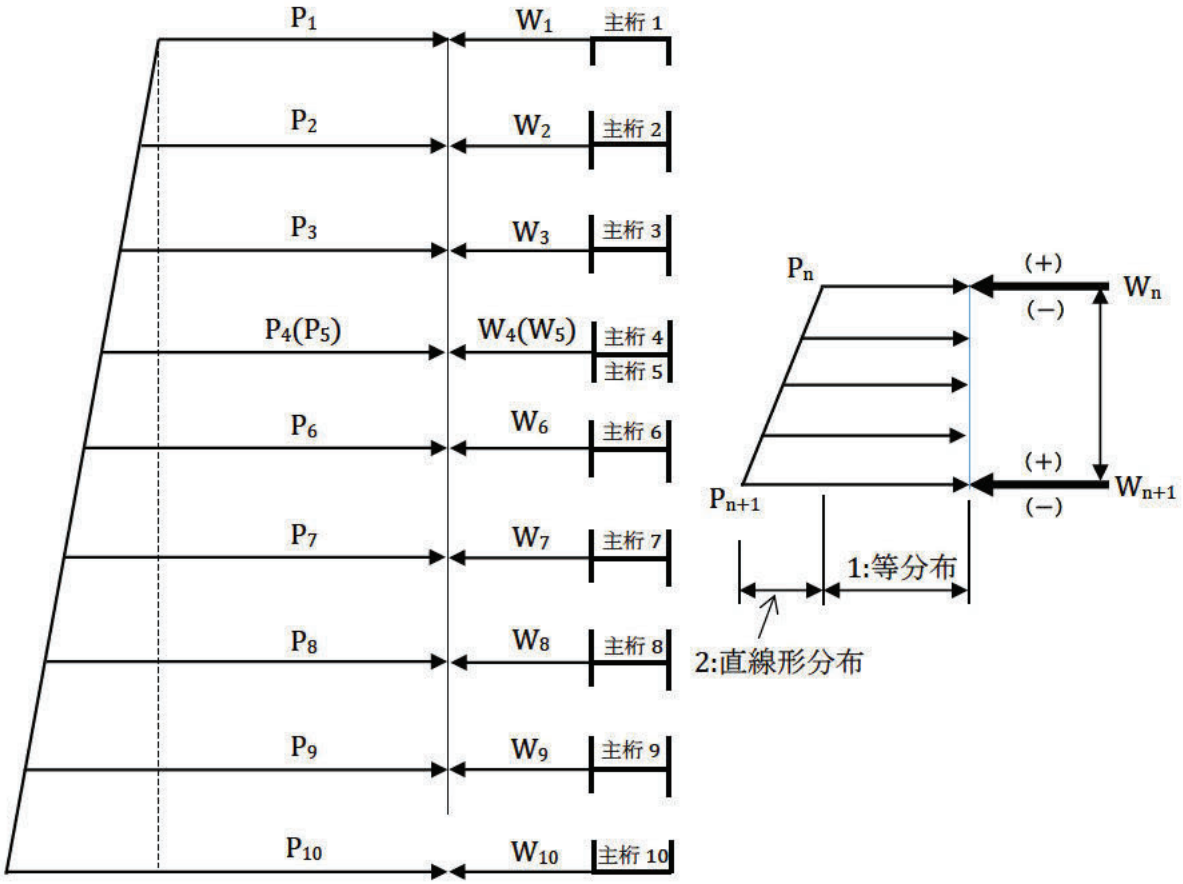
$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{{\sigma_n}^2 + 3{\tau_n}^2}$$

$$\sigma_c = MAX(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 10)$$



（1：等分布成分がP_{bn}、2：直線形分布成分がP_{an}）

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。

$$M'_n = {a_n}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

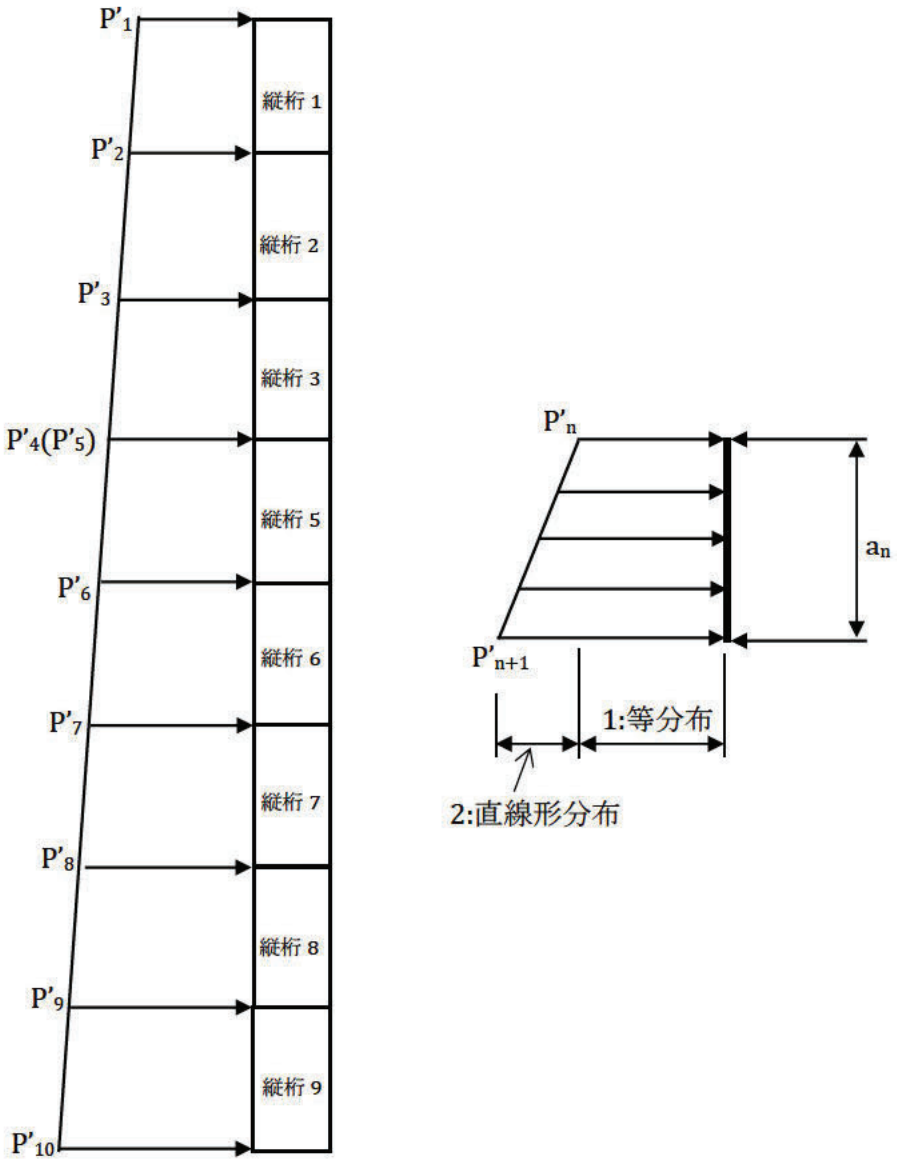
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{Xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000 \cdot Q'_n}{A'_{Wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'^{\,2}_n + 3\tau'^{\,2}_n}$$

$$\sigma'_c = \mathrm{MAX}(\sigma'_{cn}) \quad (n = 1 \sim 9)$$



（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 [redacted]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 [redacted]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	2.701
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	51.95
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	64.50
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	75.90
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	86.80
	P_5	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 5)	86.80
	P_6	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 6)	98.40
	P_7	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 7)	109.4
	P_8	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 8)	119.9
	P_9	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 9)	130.0
	P_{10}	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 10)	138.7
	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	41.33
	$\sigma_{pa\,12}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	34.27
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	49.57
	$\sigma_{pa\,22}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	41.10
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	57.28

表 3-8-1 [redacted]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）	47.49
	$\sigma_{pa\,51}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 5、1）	65.15
	$\sigma_{pa\,52}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 5、2）	54.02
	$\sigma_{pa\,61}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 6、1）	72.96
	$\sigma_{pa\,62}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 6、2）	60.49
	$\sigma_{pa\,71}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 7、1）	80.39
	$\sigma_{pa\,72}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 7、2）	66.66
	$\sigma_{pa\,81}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 8、1）	87.52
	$\sigma_{pa\,82}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 8、2）	72.57
	$\sigma_{pa\,91}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 9、1）	93.95
	$\sigma_{pa\,92}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 9、2）	77.90
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)	34.66
	W_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 2)	75.80
	W_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 3)	83.70
	W_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 4)	44.91
	W_5	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 5)	51.68
	W_6	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 6)	109.5
	W_7	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 7)	116.3
	W_8	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 8)	122.2
	W_9	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 9)	120.8
	W_{10}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重(主桁 10)	58.75
	M_1	kN·m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	164.93
	M_2	kN·m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	360.70
	M_3	kN·m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	398.30
	M_4	kN·m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	213.71

表 3-8-1 [redacted]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	245.93
	M_6	kN・m	主桁 6 に生じる曲げモーメント	521.07
	M_7	kN・m	主桁 7 に生じる曲げモーメント	553.43
	M_8	kN・m	主桁 8 に生じる曲げモーメント	581.50
	M_9	kN・m	主桁 9 に生じる曲げモーメント	574.84
	M_{10}	kN・m	主桁 10 に生じる曲げモーメント	279.57
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	106.93
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	233.84
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	258.21
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	138.55
	Q_5	kN	主桁 5 に生じるせん断力	159.43
	Q_6	kN	主桁 6 に生じるせん断力	337.81
	Q_7	kN	主桁 7 に生じるせん断力	358.79
	Q_8	kN	主桁 8 に生じるせん断力	376.99
	Q_9	kN	主桁 9 に生じるせん断力	372.67
	Q_{10}	kN	主桁 10 に生じるせん断力	181.24
	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 [redacted]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	42.17
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	53.51
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	59.09
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	54.64
	σ_5	N/mm^2	主桁 5 の曲げ応力	50.09
	σ_6	N/mm^2	主桁 6 の曲げ応力	67.32
	σ_7	N/mm^2	主桁 7 の曲げ応力	71.50
	σ_8	N/mm^2	主桁 8 の曲げ応力	75.13
	σ_9	N/mm^2	主桁 9 の曲げ応力	74.27
	σ_{10}	N/mm^2	主桁 10 の曲げ応力	56.94
	τ_1	N/mm^2	主桁 1 のせん断応力	11.79
	τ_2	N/mm^2	主桁 2 のせん断応力	25.78
	τ_3	N/mm^2	主桁 3 のせん断応力	28.46
	τ_4	N/mm^2	主桁 4 のせん断応力	15.27
	τ_5	N/mm^2	主桁 5 のせん断応力	17.57
	τ_6	N/mm^2	主桁 6 のせん断応力	37.24
	τ_7	N/mm^2	主桁 7 のせん断応力	39.55
	τ_8	N/mm^2	主桁 8 のせん断応力	41.56
	τ_9	N/mm^2	主桁 9 のせん断応力	41.08
	τ_{10}	N/mm^2	主桁 10 のせん断応力	19.98

表 3-8-1 [redacted]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	46.85
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	69.69
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	76.95
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	60.71
	σ_{c5}	N/mm^2	主桁 5 の組合せ応力	58.61
	σ_{c6}	N/mm^2	主桁 6 の組合せ応力	93.23
	σ_{c7}	N/mm^2	主桁 7 の組合せ応力	99.02
	σ_{c8}	N/mm^2	主桁 8 の組合せ応力	104.0
	σ_{c9}	N/mm^2	主桁 9 の組合せ応力	102.9
	σ_{c10}	N/mm^2	主桁 10 の組合せ応力	66.63
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）	16.65
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	20.67
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	24.33
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	27.82
	P'_5	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 5 の位置）	27.82
	P'_6	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 6 の位置）	31.54
	P'_7	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 7 の位置）	35.06
	P'_8	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 8 の位置）	38.43
	P'_9	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 9 の位置）	41.67

表 3-8-1 [redacted]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）	44.45
	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）	4.02
	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）	3.66
	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）	3.49
	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）	3.72
	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）	3.52
	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）	3.37
	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）	2.78
	P_{b1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 1）	16.65
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	20.67
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	24.33
	P_{b5}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 5）	27.82
	P_{b6}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 6）	31.54

表 3-8-1 [redacted]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）	35.06
	P_{b8}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 8）	38.43
	P_{b9}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 9）	41.67
	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	3.568
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	3.599
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	3.808
	M'_5	kN・m	縦桁 5 に生じる曲げモーメント	4.829
	M'_6	kN・m	縦桁 6 に生じる曲げモーメント	4.952
	M'_7	kN・m	縦桁 7 に生じる曲げモーメント	4.974
	M'_8	kN・m	縦桁 8 に生じる曲げモーメント	5.012
	M'_9	kN・m	縦桁 9 に生じる曲げモーメント	4.031
	Q'_1	kN	縦桁 1 に生じるせん断力	11.94
	Q'_2	kN	縦桁 2 に生じるせん断力	13.06
	Q'_3	kN	縦桁 3 に生じるせん断力	14.39
	Q'_5	kN	縦桁 5 に生じるせん断力	17.27
	Q'_6	kN	縦桁 6 に生じるせん断力	18.47
	Q'_7	kN	縦桁 7 に生じるせん断力	19.40
	Q'_8	kN	縦桁 8 に生じるせん断力	20.30
	Q'_9	kN	縦桁 9 に生じるせん断力	18.82
	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 [redacted]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	47.17
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	47.56
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	50.34
	σ'_5	N/mm^2	縦桁 5 に生じる曲げ応力	60.86
	σ'_6	N/mm^2	縦桁 6 に生じる曲げ応力	62.37
	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	66.19
	σ'_9	N/mm^2	縦桁 9 に生じる曲げ応力	53.24
	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	6.944
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	7.597
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	8.371
	τ'_5	N/mm^2	縦桁 5 に生じるせん断応力	10.05
	τ'_6	N/mm^2	縦桁 6 に生じるせん断応力	10.76
	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	10.95

表 3-8-1 [redacted]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	48.68
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	49.35
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	52.38
	σ'_{c5}	N/mm^2	縦桁 5 に生じる組合せ応力	63.30
	σ'_{c6}	N/mm^2	縦桁 6 に生じる組合せ応力	65.10
	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	69.28
	σ'_{c9}	N/mm^2	縦桁 9 に生じる組合せ応力	56.52

3.9 評価結果

[redacted]の強度評価結果を表 3-9-1 に示す。[redacted]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、[redacted]が構造強度を有することを確認した。

表 3-9-1 [redacted]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
[redacted]	扉板	94	205	0.46
	主桁	105	205	0.52
	縦桁	70	205	0.35

4. [redacted]

4.1 記号の説明

[redacted]の強度評価に用いる記号を表 4-1-1 に示す。

表 4-1-1 [redacted]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 [redacted]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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]は、片開型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取り付けて、締結金具を鋼製の戸当りに差し込み、扉と戸当りを一体化させる構造である。

[redacted]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、芯材から戸当りを介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、[redacted]の扉板、主桁、縦桁とする。

[redacted]の構造図を図 4-2-1、評価部位を図 4-2-2 に示す。

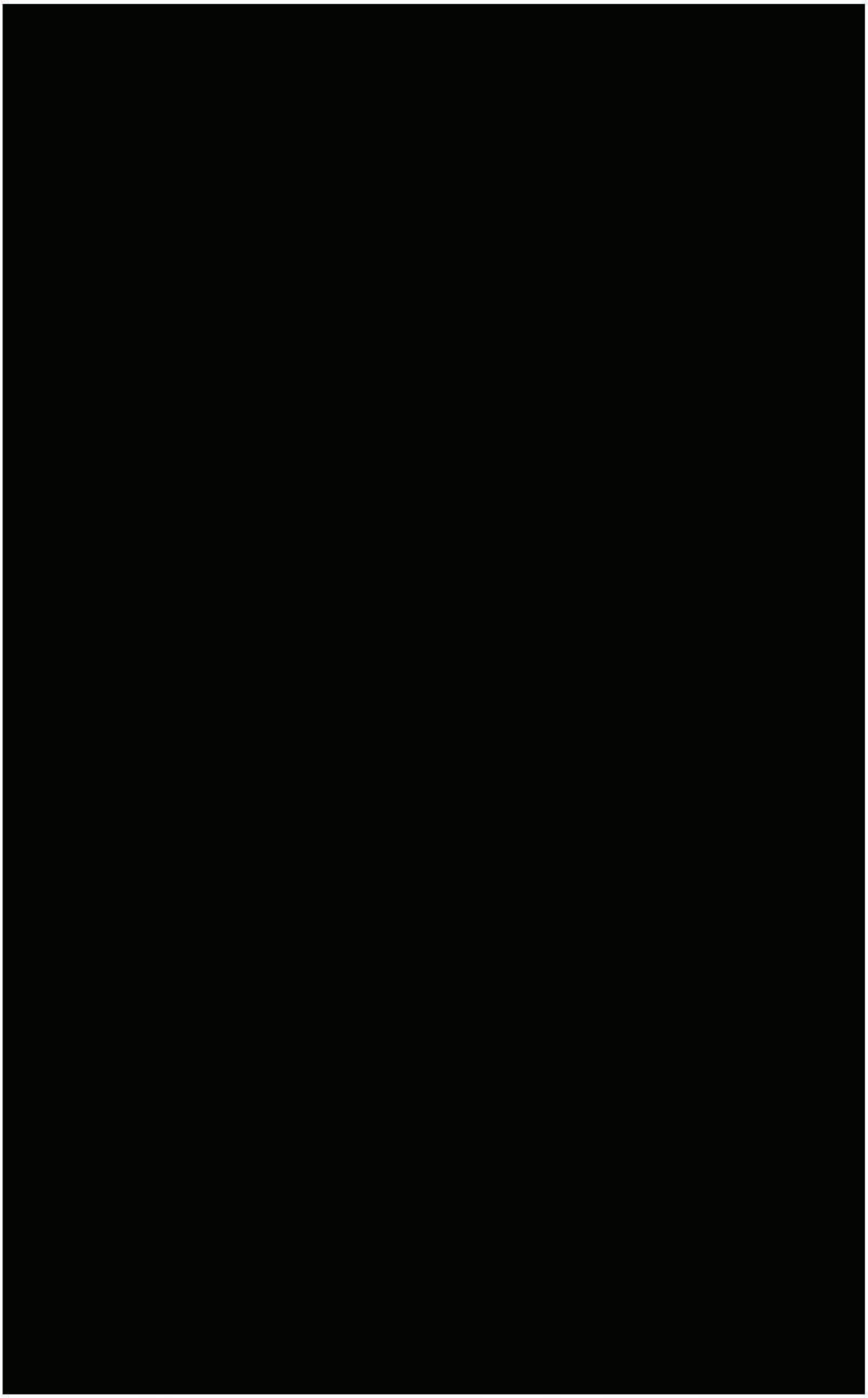


図 4-2-1 [redacted]の構造図（単位：mm）

図 4-2-2 [redacted]の評価部位

4.3 構造強度評価方法

[redacted]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］
[redacted]	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、[redacted]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。[redacted]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
[redacted]	$P_n = P_{hn} + K_S$

※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

[redacted]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 [redacted]の扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SUS304	[redacted]
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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会)」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

[redacted]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）[redacted]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

[redacted]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。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000(P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 3, m = 1,2)$$

[redacted]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。

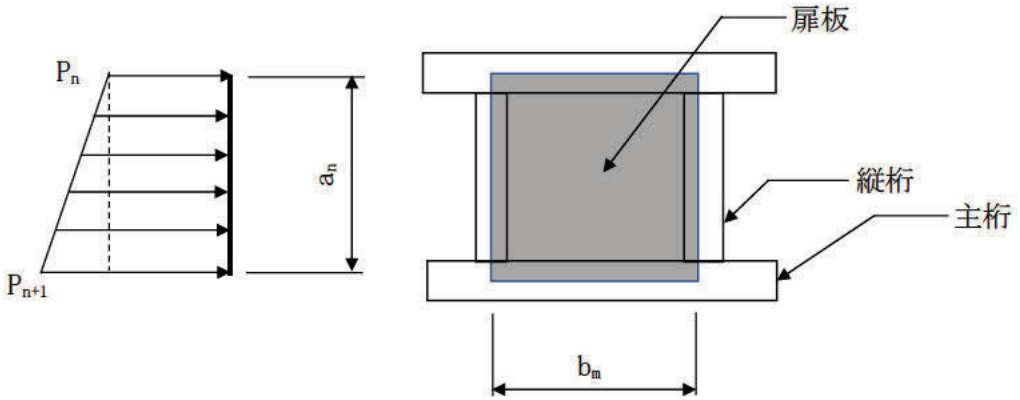


図 4-7-1 扉板に生じる応力の例

(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 Ａ３ 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。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{Wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{{\sigma_n}^2 + 3{\tau_n}^2}$$

$$\sigma_c = MAX(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

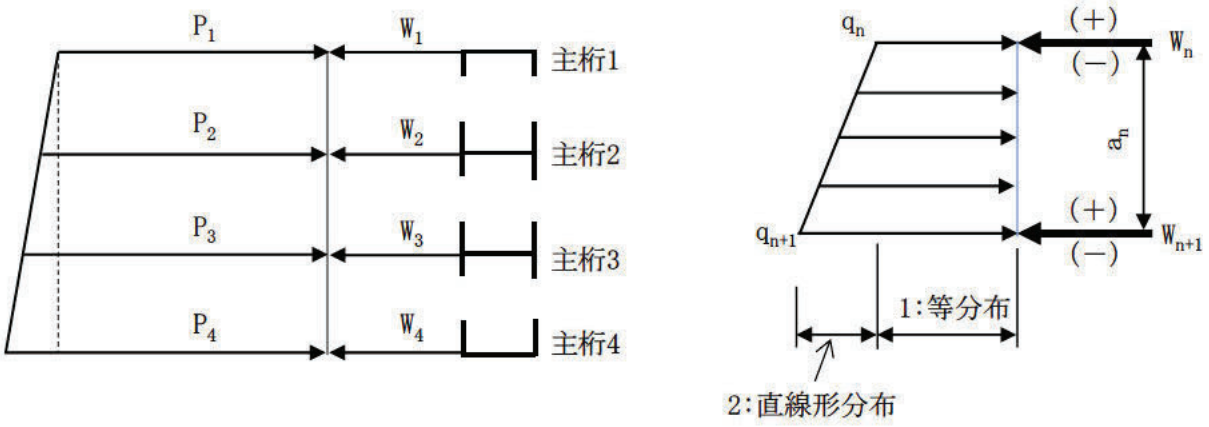


図 4-7-2 主桁に生じる荷重の例

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。

$$M'_n = a_n{}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

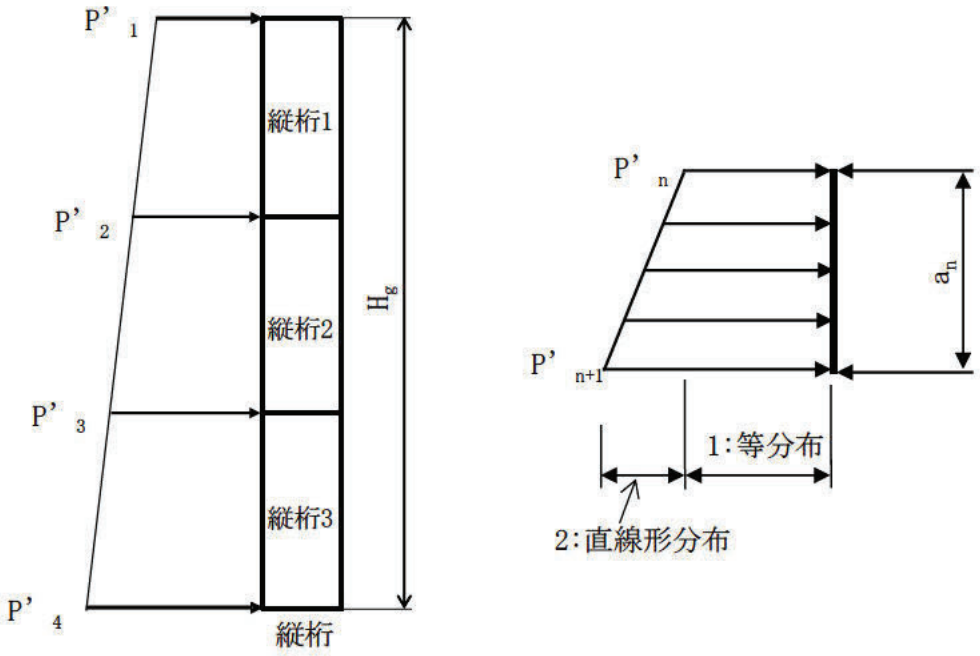
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000Q'_n}{A'_{wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'_n{}^2 + 3\tau'_n{}^2}$$

$$\sigma'_c = MAX(\sigma'_{cn}) \qquad (n = 1 \sim 3)$$



（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 [redacted] 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 [redacted]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	2.254
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	112.9
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	122.0
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	130.8
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	139.3
	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	62.51
	$\sigma_{pa\,12}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	69.08
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	67.22
	$\sigma_{pa\,22}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	74.29
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	71.77
	$\sigma_{pa\,32}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	79.32

表 4-8-1 [redacted]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）	52.17
	W_2	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	107.9
	W_3	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 3）	111.7
	W_4	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 4）	57.32
	M_1	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	16.69
	M_2	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	34.53
	M_3	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	35.74
	M_4	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	18.34
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	41.74
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	86.30
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	89.40
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	45.86
	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 [redacted]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	72.00
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	40.80
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	42.23
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	79.12
	τ_1	N/mm^2	主桁 1 のせん断応力	19.99
	τ_2	N/mm^2	主桁 2 のせん断応力	43.19
	τ_3	N/mm^2	主桁 3 のせん断応力	44.74
	τ_4	N/mm^2	主桁 4 のせん断応力	21.96
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	79.89
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	85.22
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	88.26
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	87.79

表 4-8-1 [redacted]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）	45.16
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	48.80
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	52.32
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	55.72
	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）	45.16
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	48.80
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	52.32
	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	4.762
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	4.788
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	4.769
	Q'_1	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	21.41
	Q'_2	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	22.25
	Q'_3	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	22.93

表 4-8-1 [redacted]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	34.96
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	35.15
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	35.01
	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	8.996
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	9.349
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	9.634
	σ'_{c1}	N/mm^2	縦桁 1 に生じる組合せ応力	38.28
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	38.70
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	38.79

4.9 評価結果

[redacted]の強度評価結果を表 4-9-1 に示す。[redacted]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、[redacted]が構造強度を有することを確認した。

表 4-9-1 [redacted]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
[redacted]	扉板	80	205	0.40
	主桁	89	205	0.44
	縦桁	39	205	0.20

5. [redacted]

5.1 記号の説明

[redacted]の強度評価に用いる記号を表 5-1-1 に示す。

表 5-1-1 [redacted]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 [redacted]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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえ選定する。[redacted]は、片開型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取り付けて、締結金具を鋼製の戸当りに差し込み、扉と戸当りを一体化させる構造である。

[redacted]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、芯材から戸当りを介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、[redacted]の扉板、主桁、縦桁とする。

[redacted]の構造図を図 5-2-1、評価部位を図 5-2-2 に示す。

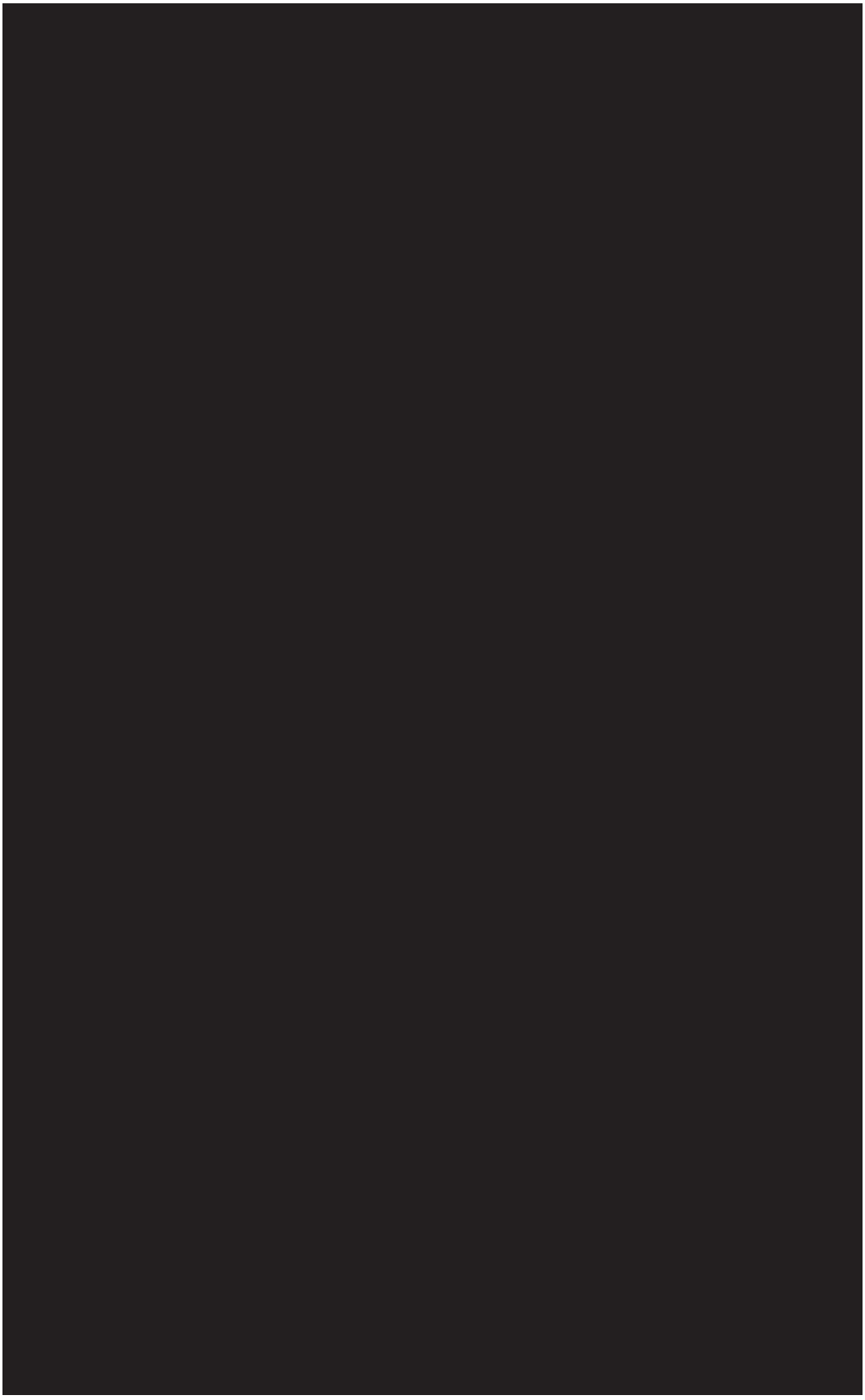


図 5-2-1 [redacted]の構造図（単位：ｍｍ）

図 5-2-2 [redacted]の評価部位

5.3 構造強度評価方法

[redacted]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］
[redacted]	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、[redacted]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。[redacted]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
[redacted]	$P_n = P_{hn} + K_S$

※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

[redacted]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 [redacted]の扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SUS304	[redacted]
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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会)」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

[redacted]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）[redacted]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

[redacted]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。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 3, m = 1,2)$$

[redacted]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。

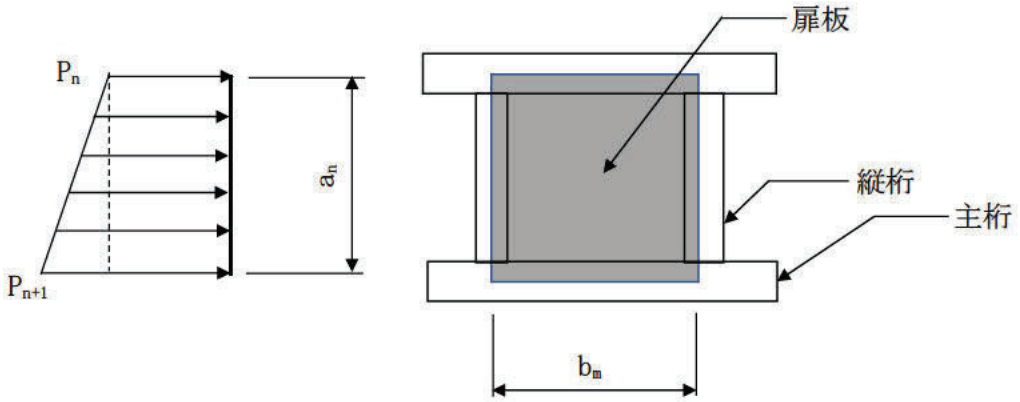


図 5-7-1 扉板に生じる応力の例

(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 A3 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。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{Wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{\sigma_n{}^2 + 3\tau_n{}^2}$$

$$\sigma_c = MAX(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

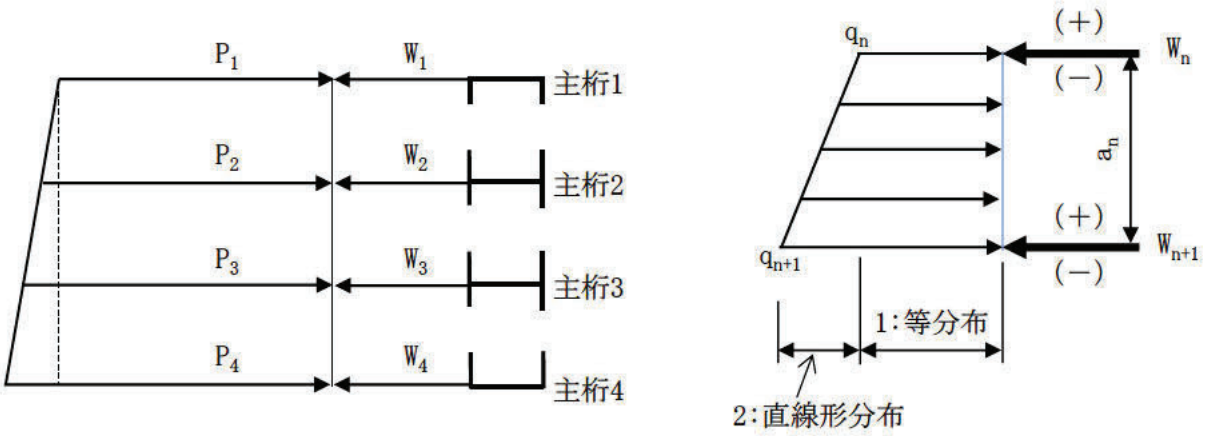


図 5-7-2 主桁に生じる荷重の例

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。

$$M'_n = {a_n}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

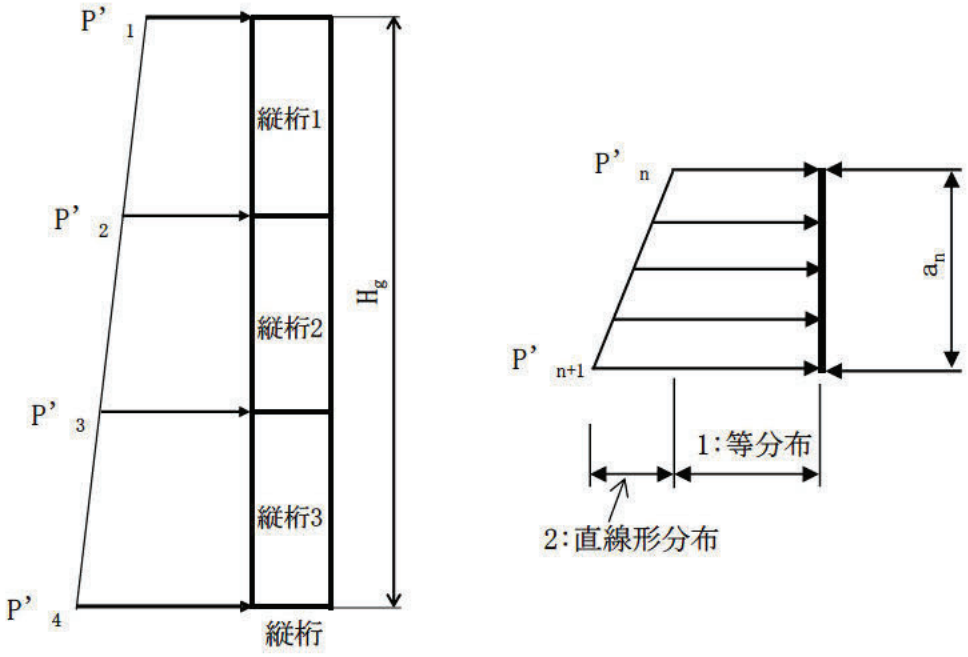
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{Xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000Q'_n}{A'_{Wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{{\sigma'_n}^2 + 3{\tau'_n}^2}$$

$$\sigma'_c = MAX(\sigma'_{cn}) \qquad (n = 1 \sim 3)$$



（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 [redacted]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 [redacted]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	2.254
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	112.9
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	122.0
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	130.8
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	139.3
	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	62.51
	$\sigma_{pa\,12}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	69.08
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	67.22
	$\sigma_{pa\,22}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	74.29
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	71.77
	$\sigma_{pa\,32}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	79.32

表 5-8-1 [redacted]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）	52.17
	W_2	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	107.9
	W_3	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 3）	111.7
	W_4	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 4）	57.32
	M_1	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	16.69
	M_2	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	34.53
	M_3	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	35.74
	M_4	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	18.34
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	41.74
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	86.32
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	89.36
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	45.86
	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 [redacted]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	72.00
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	40.80
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	42.23
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	79.12
	τ_1	N/mm^2	主桁 1 のせん断応力	19.99
	τ_2	N/mm^2	主桁 2 のせん断応力	43.20
	τ_3	N/mm^2	主桁 3 のせん断応力	44.72
	τ_4	N/mm^2	主桁 4 のせん断応力	21.96
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	79.89
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	85.23
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	88.23
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	87.79

表 5-8-1 [redacted]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）	45.16
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	48.80
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	52.32
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	55.72
	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）	45.16
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	48.80
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	52.32
	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	4.762
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	4.788
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	4.769
	Q'_1	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	21.41
	Q'_2	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	22.25
	Q'_3	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	22.93

表 5-8-1 [redacted]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	34.96
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	35.15
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	35.01
	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	8.996
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	9.349
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	9.634
	σ'_{c1}	N/mm^2	縦桁 1 に生じる組合せ応力	38.28
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	38.70
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	38.79

5.9 評価結果

[redacted]の強度評価結果を表 5-9-1 に示す。[redacted]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、[redacted]が構造強度を有することを確認した。

表 5-9-1 [redacted]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
[redacted]	扉板	80	205	0.40
	主桁	89	205	0.44
	縦桁	39	205	0.20

6. [redacted]

6.1 記号の説明

[redacted]の強度評価に用いる記号を表 6-1-1 に示す。

表 6-1-1 [redacted]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 [redacted]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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえて選定する。[redacted]は、片開型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取り付けて、締結金具を鋼製の戸当りに差し込み、扉と戸当りを一体化させる構造である。

[redacted]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、芯材から戸当りを介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、[redacted]の扉板、主桁、縦桁とする。

[redacted]の構造図を図 6-2-1、評価部位を図 6-2-2 に示す。

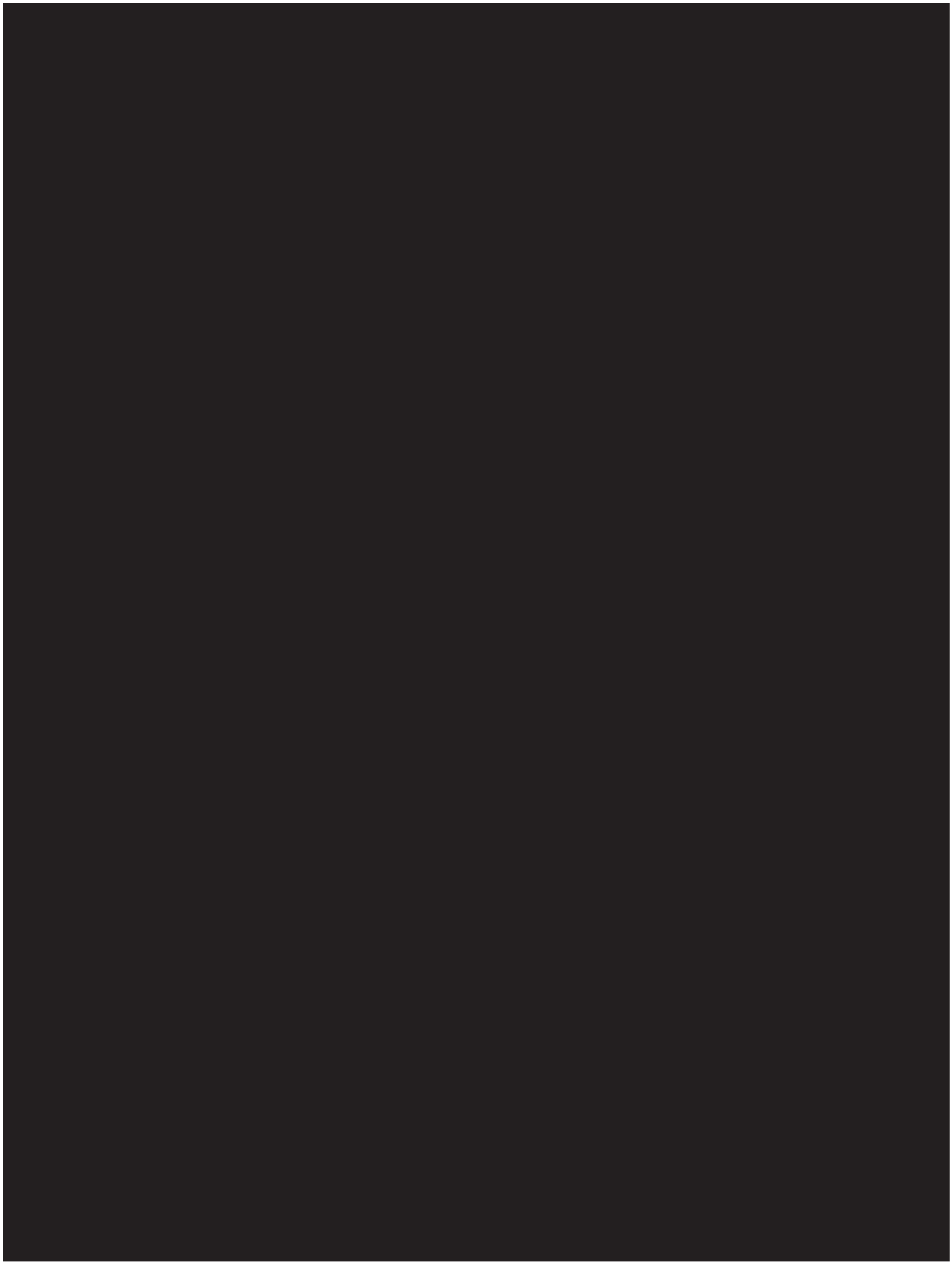


図 6-2-1 [redacted]の構造図

図 6-2-2 [redacted]の評価部位

6.3 構造強度評価方法

[redacted]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］
[redacted]	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、[redacted]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。[redacted] 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
[redacted]	$P_n = P_{hn} + K_S$

※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

[redacted]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 [redacted]の扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SUS304	[redacted]
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 H 型構造の部材

(2) 許容限界

扉板、芯材の許容限界は、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会)」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

[redacted]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）[redacted]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

[redacted]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。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 3, m = 1 \sim 3)$$

[redacted]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。

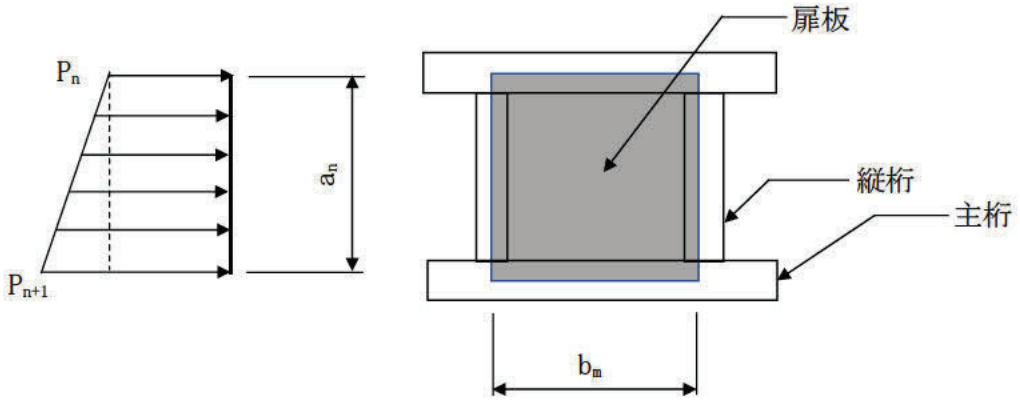


図 6-7-1 扉板に生じる応力の例

(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 A3 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。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{Wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{\sigma_n{}^2 + 3\tau_n{}^2}$$

$$\sigma_c = MAX(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

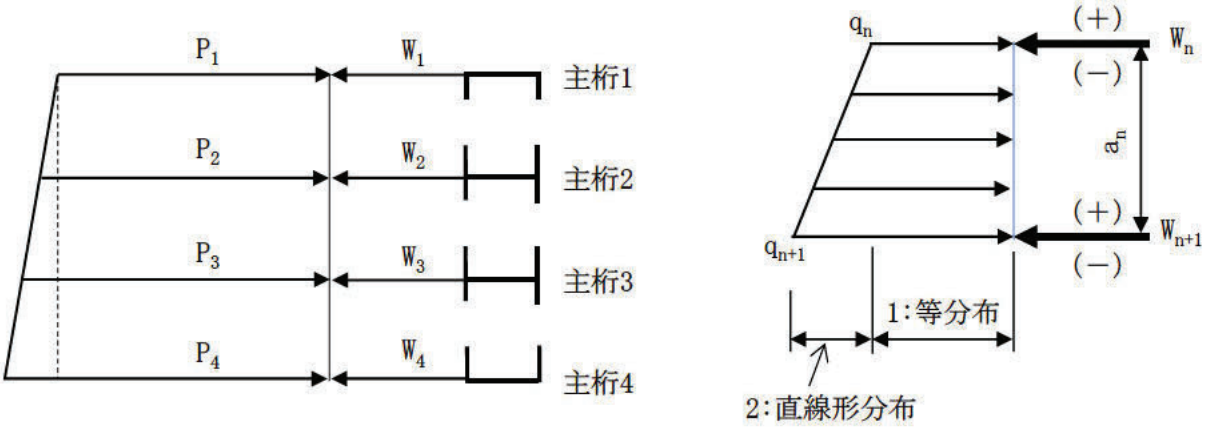


図 6-7-2 主桁に生じる荷重の例

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。

$$M'_n = a_n{}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

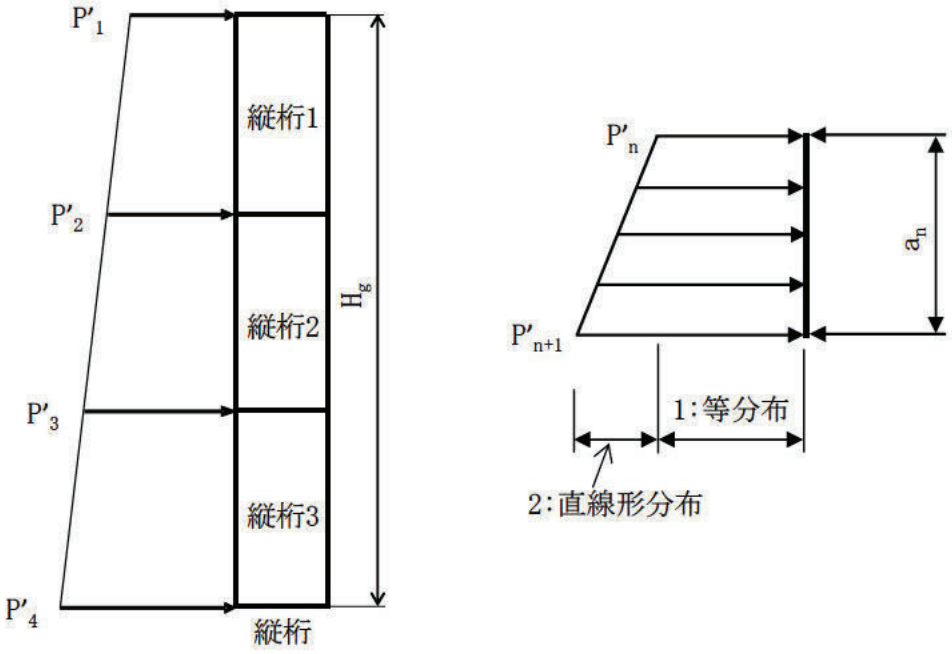
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000Q'_n}{A'_{Wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'_n{}^2 + 3\tau'_n{}^2}$$

$$\sigma'_c = MAX(\sigma'_{cn}) \qquad (n = 1 \sim 3)$$



（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 [redacted] 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 [redacted]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	2.699
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	102.7
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	115.9
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	128.2
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	138.8

表 6-8-1 [redacted]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）	75.27
	$\sigma_{pa\,12}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	62.28
	$\sigma_{pa\,13}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、3）	58.22
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	83.88
	$\sigma_{pa\,22}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	69.41
	$\sigma_{pa\,23}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、3）	64.88
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	91.55
	$\sigma_{pa\,32}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	75.76
	$\sigma_{pa\,33}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、3）	70.82

表 6-8-1 [redacted]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）	69.88
	W_2	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	145.4
	W_3	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 3）	144.6
	W_4	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 4）	71.34
	M_1	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	183.2
	M_2	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	381.2
	M_3	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	379.1
	M_4	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	187.1
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	160.0
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	333.0
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	331.1
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	163.4
	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 [redacted]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	56.88
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	76.48
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	76.06
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	58.09
	τ_1	N/mm^2	主桁 1 のせん断応力	20.14
	τ_2	N/mm^2	主桁 2 のせん断応力	41.92
	τ_3	N/mm^2	主桁 3 のせん断応力	41.68
	τ_4	N/mm^2	主桁 4 のせん断応力	20.57
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	66.72
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	105.5
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	104.9
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	68.14

表 6-8-1 [redacted]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）	32.56
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	36.74
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	40.64
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	44.00
	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）	4.18
	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）	3.90
	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）	32.56
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	36.74
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	40.64
	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	7.388
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	7.090
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	5.894
	Q'_1	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	23.06
	Q'_2	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	23.80
	Q'_3	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	22.62

表 6-8-1 [redacted]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	61.52
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	59.03
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	49.08
	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	19.71
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	20.34
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	19.33
	σ'_{c1}	N/mm^2	縦桁 1 に生じる組合せ応力	70.35
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	68.75
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	59.41

6.9 評価結果

[redacted]の強度評価結果を表 6-9-1 に示す。[redacted]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、[redacted]が構造強度を有することを確認した。

表 6-9-1 [redacted]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
[redacted]	扉板	92	205	0.45
	主桁	106	205	0.52
	縦桁	71	205	0.35

7. [redacted]

7.1 記号の説明

[redacted]の強度評価に用いる記号を表 7-1-1 に示す。

表 7-1-1 [redacted]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 7-1-1 [redacted]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

7.2 評価部位

評価部位は、[redacted]の構造上の特徴を踏まえて選定する。[redacted]は、片開型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取り付けて、締結金具を鋼製の戸当りに差し込み、扉と戸当りを一体化させる構造である。

[redacted]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、芯材から戸当りを介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、[redacted]の扉板、主桁、縦桁とする。

[redacted]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 [redacted]の構造図

図 7-2-2 [redacted]の評価部位

7.3 構造強度評価方法

[redacted]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」に示す許容限界以下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_{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］
[redacted]	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、[redacted]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。[redacted] 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	荷重の組合せ※13
[redacted]	$P_n = P_{hn} + K_S$

※13 P_{hn}は津波による波力、K_Sは余震による荷重を示す。

7.5 許容限界

(1) 使用材料

[redacted]を構成する扉板及び芯材の使用材料を表 7-5-1 に示す。

表 7-5-1 [redacted]の扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SUS304	[redacted]
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 ※14

※14 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、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会)」を踏まえて表 7-5-2 の値とする。

表 7-5-2 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 ※15	205	118

※15 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

[redacted]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）[redacted]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。

7.7 計算方法

[redacted]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。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 3, m = 1,2)$$

[redacted]の扉板に生じる応力の例を図 7-7-1、扉板に生じる応力評価部位の番号を図 7-7-2 に示す。

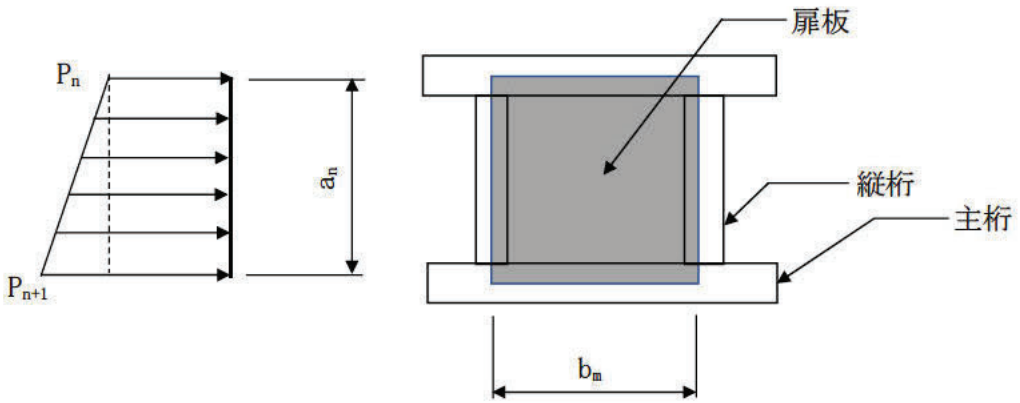


図 7-7-1 扉板に生じる応力の例

(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 A3 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 7-7-2 に示す。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{Wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{\sigma_n{}^2 + 3\tau_n{}^2}$$

$$\sigma_c = MAX(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

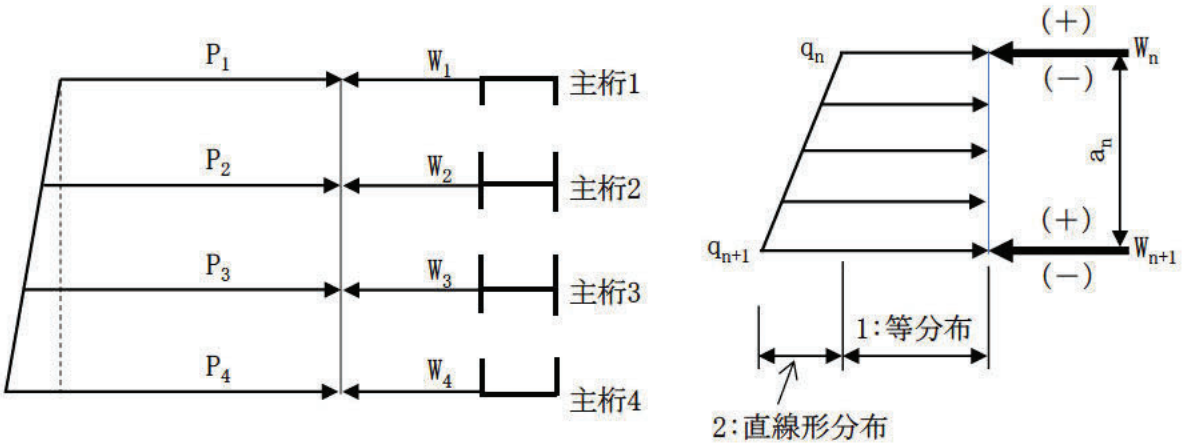


図 7-7-2 主桁に生じる荷重の例

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 7-7-3 に示す。

$$M'_n = a_n{}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

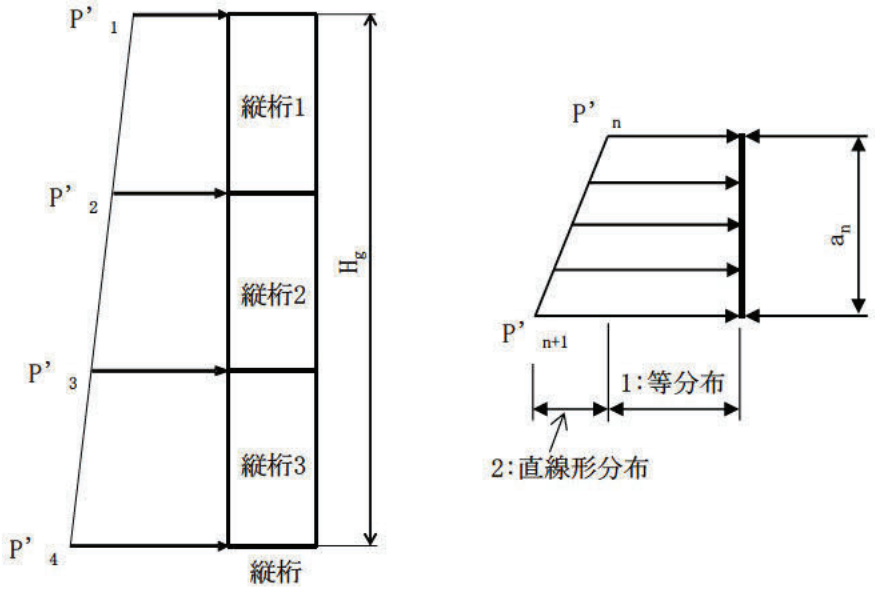
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000Q'_n}{A'_{Wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'_n{}^2 + 3\tau'_n{}^2}$$

$$\sigma'_c = MAX(\sigma'_{cn}) \qquad (n = 1 \sim 3)$$



（1：等分布成分がP_{bn}、2：直線形分布成分がP_{an}）

図 7-7-3 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 [redacted]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 7-8-1 [redacted]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	2.379
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	112.5
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	122.1
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	130.9
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	139.4
	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	56.98
	$\sigma_{pa\,12}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	56.21
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	61.37
	$\sigma_{pa\,22}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	60.55
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	65.52
	$\sigma_{pa\,32}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	64.65

表 7-8-1 [redacted]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）	55.26
	W_2	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 2）	111.2
	W_3	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 3）	111.8
	W_4	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 4）	57.36
	M_1	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	15.23
	M_2	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	30.65
	M_3	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	30.82
	M_4	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	15.81
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	41.03
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	82.60
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	83.00
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	42.59
	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 7-8-1 [redacted]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	65.70
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	36.22
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	36.42
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	68.21
	τ_1	N/mm^2	主桁 1 のせん断応力	19.65
	τ_2	N/mm^2	主桁 2 のせん断応力	41.34
	τ_3	N/mm^2	主桁 3 のせん断応力	41.54
	τ_4	N/mm^2	主桁 4 のせん断応力	20.40
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	74.00
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	80.24
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	80.64
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	76.81

表 7-8-1 [redacted]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）	41.77
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	45.33
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	48.60
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	51.75
	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）	3.56
	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）	3.27
	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）	3.15
	P_{b1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 1）	41.77
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	45.33
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	48.60
	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	4.970
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	4.448
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	4.429
	Q'_1	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	21.08
	Q'_2	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	20.67
	Q'_3	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	21.29

表 7-8-1 [redacted]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	36.49
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	32.66
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	32.52
	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	8.857
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	8.685
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	8.945
	σ'_{c1}	N/mm^2	縦桁 1 に生じる組合せ応力	39.58
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	35.96
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	36.02

7.9 評価結果

[redacted]の強度評価結果を表 7-9-1 に示す。[redacted]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、[redacted]が構造強度を有することを確認した。

表 7-9-1 [redacted]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
[redacted]	扉板	66	205	0.33
	主桁	81	205	0.40
	縦桁	40	205	0.20

8. [redacted]

8.1 記号の説明

[redacted]の強度評価に用いる記号を表 8-1-1 に示す。

表 8-1-1 [redacted]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 [redacted]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、[redacted]の構造上の特徴を踏まえて選定する。[redacted]は、片開型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取り付けて、締結金具を鋼製の戸当りに差し込み、扉と戸当りを一体化させる構造である。

[redacted]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、芯材から戸当りを介して躯体に伝達される。このため、評価部位は、[redacted]の扉板、主桁、縦桁とする。

[redacted]の構造図を図 8-2-1、評価部位を図 8-2-2 に示す。

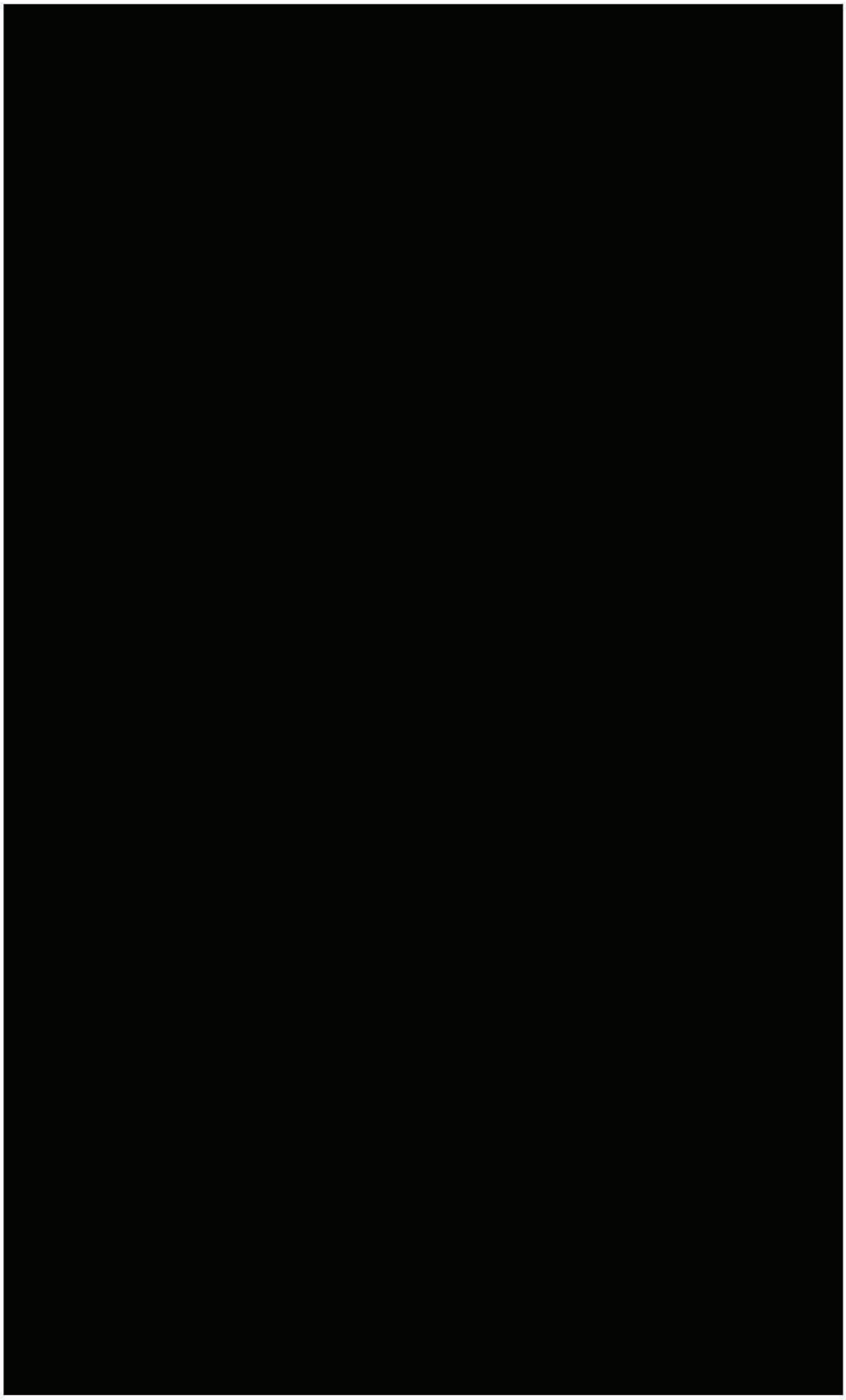


図 8-2-1 [redacted]の構造図

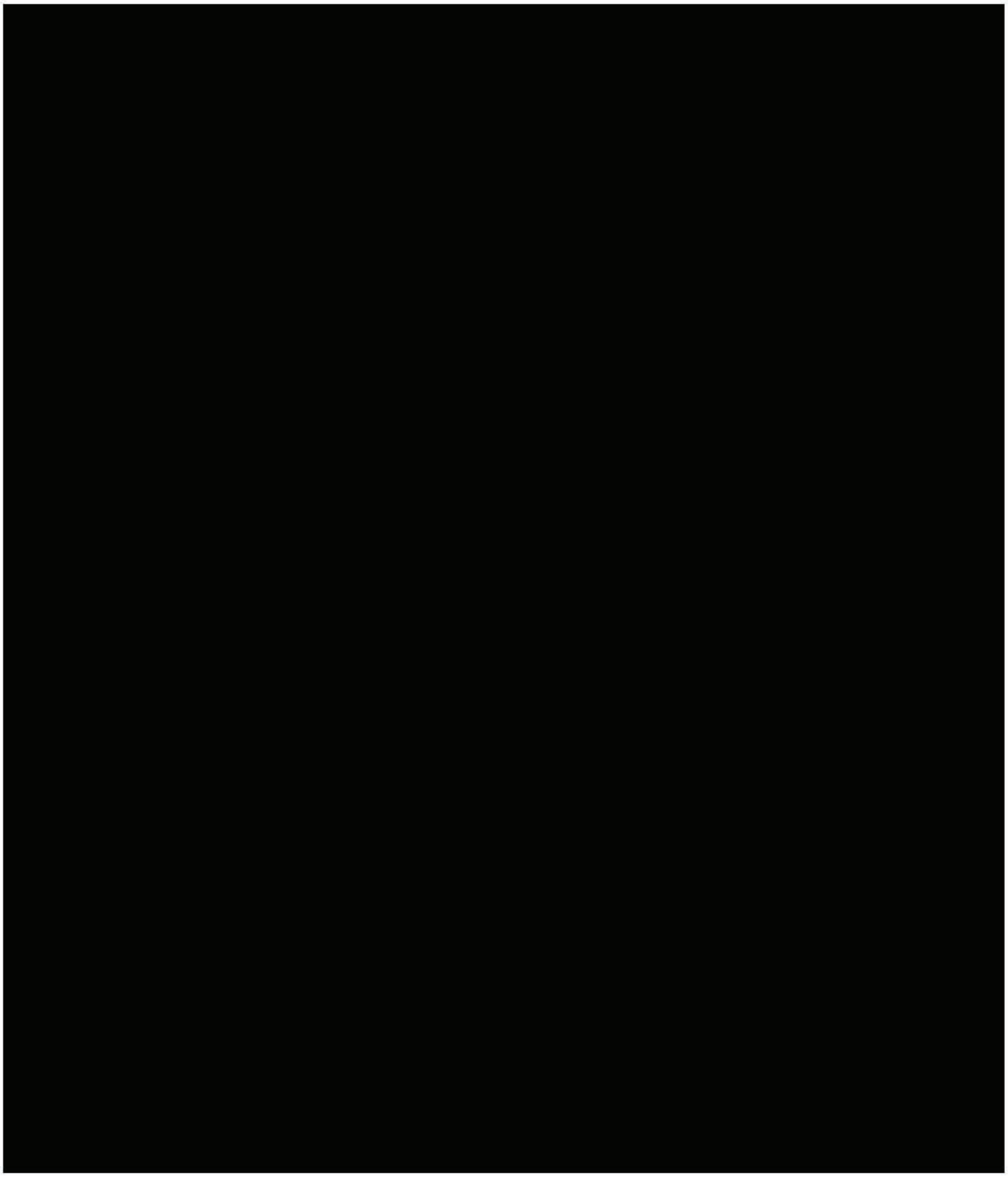


図 8-2-2 [redacted]の評価部位

8.3 構造強度評価方法

[redacted]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。

$$P_{hn}=\rho \cdot g \cdot H_{Xn}$$

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］
[redacted]	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、[redacted]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。[redacted] 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※16
[redacted]	$P_n = P_{hn} + K_S$

※16 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

[redacted]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 [redacted]の扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SUS304	[redacted]
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	C130×65×6

(2) 許容限界

扉板、芯材の許容限界は、「鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会)」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

[redacted]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）[redacted]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

[redacted]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。

$$\sigma_{pa\,nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000 P_n \cdot {C_1}^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000 (P_{n+1} - P_n) \cdot {C_2}^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \mathrm{MIN}(a_n,\ b_m)$$

$$\sigma_p = \mathrm{MAX}(\sigma_{pa\,nm})$$

$$(n = 1 \sim 3, m = 1,2)$$

[redacted]の扉板に生じる応力の例を図 8-7-1 に、扉板に生じる応力評価部位の番号を図 8-2-2 に示す。

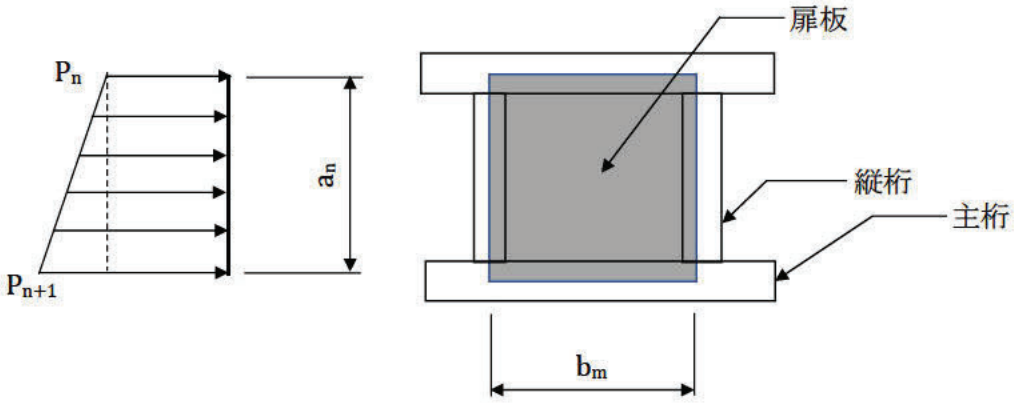


図 8-7-1 扉板に生じる応力の例

(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 A3 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。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{Wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{{\sigma_n}^2 + 3{\tau_n}^2}$$

$$\sigma_c = MAX(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

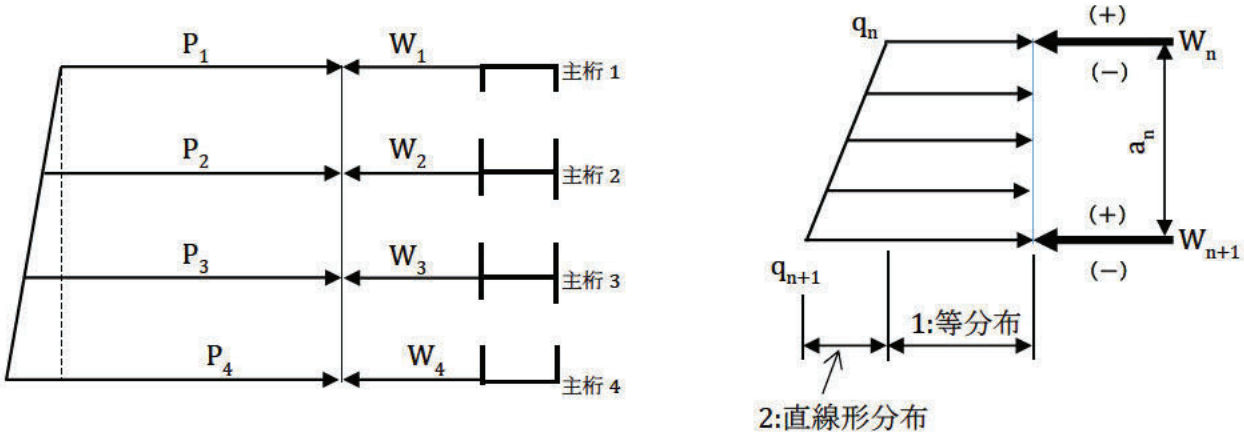


図 8-7-2 主桁に生じる荷重の例

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。縦桁に生じる荷重の例を図 8-7-3 に示す。

$$M'_n = {a_n}^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8}\right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2}\right)$$

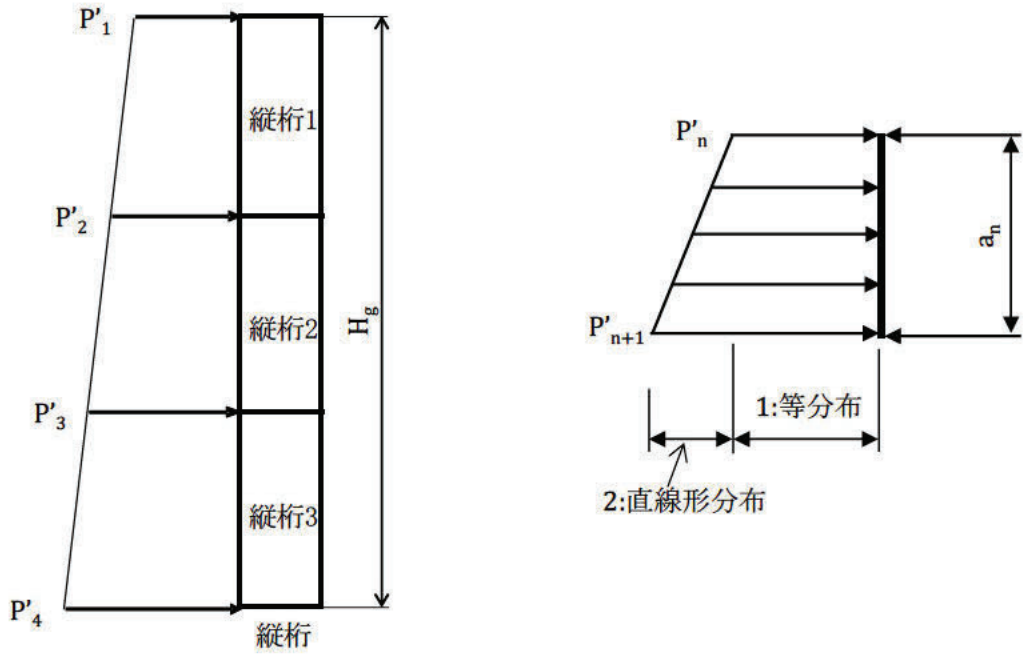
$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n、 \qquad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000Q'_n}{A'_{Wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{{\sigma'_n}^2 + 3{\tau'_n}^2}$$

$$\sigma'_c = MAX(\sigma'_{cn}) \qquad (n = 1 \sim 3)$$



（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 [redacted]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 8-8-1 [redacted]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	1.992
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 1)	112.7
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 2)	121.9
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 3)	130.5
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの作用荷重(主桁 4)	139.1
	$\sigma_{pa\,11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、1）	77.08
	$\sigma_{pa\,12}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 1、2）	67.89
	$\sigma_{pa\,21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、1）	82.84
	$\sigma_{pa\,22}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 2、2）	72.96
	$\sigma_{pa\,31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、1）	88.45
	$\sigma_{pa\,32}$	N/mm^2	扉板に生じる応力（区画 3、2）	77.90

表 8-8-1 [redacted]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）	52.96
	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）	111.3
	W_4	kN/m	単位面積当たりの作用荷重（主桁 4）	58.24
	M_1	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	40.72
	M_2	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	82.60
	M_3	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	85.60
	M_4	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	44.77
	Q_1	kN	主桁 1 に生じるせん断力	65.67
	Q_2	kN	主桁 2 に生じるせん断力	133.2
	Q_3	kN	主桁 3 に生じるせん断力	138.0
	Q_4	kN	主桁 4 に生じるせん断力	72.22
	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 8-8-1 [redacted]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	73.36
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	85.15
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	88.24
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	80.65
	τ_1	N/mm^2	主桁 1 のせん断応力	19.83
	τ_2	N/mm^2	主桁 2 のせん断応力	40.22
	τ_3	N/mm^2	主桁 3 のせん断応力	41.67
	τ_4	N/mm^2	主桁 4 のせん断応力	21.81
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	81.00
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	110.0
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	114.0
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	89.06

表 8-8-1 [redacted]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）	35.50
	P'_2	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 2 の位置）	38.40
	P'_3	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 3 の位置）	41.11
	P'_4	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（主桁 4 の位置）	43.82
	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）	35.50
	P_{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 2）	38.40
	P_{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重（等分布荷重：縦桁 3）	41.11
	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	3.871
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	3.594
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	3.884
	Q'_1	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	17.13
	Q'_2	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	17.09
	Q'_3	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	18.35

表 8-8-1 [redacted]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	65.83
	σ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じる曲げ応力	61.12
	σ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じる曲げ応力	66.05
	τ'_1	N/mm^2	縦桁 1 に生じるせん断応力	24.19
	τ'_2	N/mm^2	縦桁 2 に生じるせん断応力	24.14
	τ'_3	N/mm^2	縦桁 3 に生じるせん断応力	25.92
	σ'_{c1}	N/mm^2	縦桁 1 に生じる組合せ応力	78.04
	σ'_{c2}	N/mm^2	縦桁 2 に生じる組合せ応力	74.05
	σ'_{c3}	N/mm^2	縦桁 3 に生じる組合せ応力	79.87

8.9 評価結果

[redacted]の強度評価結果を表 8-9-1 に示す。[redacted]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、[redacted]が健全性を有することを確認した。

表 8-9-1 [redacted]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
[redacted]	扉板	89	205	0.44
	主桁	114	205	0.56
	縦桁	80	205	0.40

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、[redacted]の安全機能（耐震・耐津波性）に影響せず、検査又は試験が可能である。

3　本申請は、[redacted]の保守及び修理に影響しない。

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２－５１）

再処理施設に関する設計及び工事の計画

（火災防護設備の一部改造）

添付１	３．６．１	放射性廃棄物の廃棄施設（その１）
添付２	３．６．５	放射性廃棄物の廃棄施設（その５） 焼却施設
添付３	３．８．１４	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

（添付１）

３．６．１　放射性廃棄物の廃棄施設（その１）

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　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・12

別　図　一　覧

別図－１　再燃火災対策の概念図（廃棄物処理場、スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）
別図－２　炭酸ガス消火設備の改造概要図（廃棄物処理場、スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）
別図－３　炭酸ガス供給配管系統概要図（廃棄物処理場、スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）
別図－４　炭酸ガスボンベラック概要図（スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）
別図－５　炭酸ガスボンベラック配置図（スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）
別図－６　ユニット３１０ エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム（廃棄物処理場）
別図－７　ユニット３３３ エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム（スラッジ貯蔵場）
別図－８　ユニット３３３ エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム（廃溶媒貯蔵場）
別図－９　工事中における貯槽内火災時の処置概要図（スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）
別図－１０　火災防護設備の一部改造に係る工事フロー（廃棄物処理場、スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）

表　一　覧

表－１　炭酸ガス量の設計条件

表－２　炭酸ガス供給配管の設計条件

表－３　改造に用いる配管類の仕様

表－４　改造に用いる炭酸ガスボンベの仕様

表－５　改造に用いる炭酸ガスボンベラックの仕様

表－６　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 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 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。

火災防護設備の一部改造に係る廃止措置計画変更認可の申請は、昭和 55 年 12 月 3 日に認可（55 安（核規）第 633 号）を受けた「3.6.1 放射性廃棄物の廃棄施設（その 1)」のうち、廃棄物処理場、スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場の危険物（廃溶媒）を貯蔵する貯槽は、貯槽内の状況を目視で確認できないことから、万一、再燃火災が発生した場合でも消火を確実に行えるように炭酸ガスの供給を増強するため、炭酸ガス消火設備の一部を改造するものである。

本変更は、令和 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 号をもって変更の認可を受けた廃止措置計画で示した、高放射性廃液貯蔵場（HAW)、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及びそれらに関連する施設以外の分離精製工場（MP）等の施設の火災防護対策について、有意な放射性物質を建家外に放出させない対策として実施するものである。

なお、廃棄物処理場、スラッジ貯蔵場の炭酸ガス消火設備に関する設計及び工事の方法に係る廃止措置計画変更認可の申請は、昭和 55 年 12 月 25 日の使用前検査合格証（46 原第 4482 号）の取得後、廃溶媒貯蔵場は昭和 56 年 12 月 17 日の使用前検査合格証（55 安（核規）第 294 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）

「消防法」（昭和 23 年法律第 186 号）

「危険物の規制に関する規則」（昭和 34 年総理府令第 55 号）

「高圧ガス保安法」（昭和 26 年法律第 204 号）

「日本産業規格（JIS)」

「発電用原子力設備規格（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）

３．設計の基本方針

本申請で改造を行う炭酸ガス消火設備は、危険物（廃溶媒）を貯蔵する貯槽内の火災に対し、炭酸ガスボンベから貯槽内に炭酸ガスを供給し初期消火を行うものであるが、初期消火の後、貯槽内の状況を目視で確認できないことから、万一の再燃火災を想定し、炭酸ガス消火設備を一部改造する。

今回の申請では、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）の第六条（地震による損傷の防止）の第１項、第十条（閉じ込めの機能）の第１項、第十一条（火災等による損傷の防止）の第４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

廃棄物処理場、スラッジ貯蔵場及び廃溶媒貯蔵場の既設炭酸ガス消火設備には、初期火災用として、炭酸ガスを自動供給後に手動供給する系統があり、それぞれにボンベ及び供給配管等が設置されている。これらを初期火災用（自動供給）と再燃火災用（手動供給）に分けて使用できるよう、それぞれ消火に必要な炭酸ガス量を充填したボンベに更新する。炭酸ガス量の変更に伴うボンベサイズの変更により、スラッジ貯蔵場及び廃溶媒貯蔵場の炭酸ガス供給配管については一部改造を行う（別図－１参照）。

炭酸ガス量及び炭酸ガス供給配管は以下を満足するよう設計する。

① 貯槽内に供給する炭酸ガス量は、「危険物の規制に関する規則（第三十八条の三）」を準用して設定し、消火に必要な炭酸ガス濃度（34%※1）以上となるようにする。

② 改造する炭酸ガス供給配管は、炭酸ガスボンベの最高使用圧力（10.8 MPa）に耐える仕様とする。

※1 FIRE PROTECTION HANDBOOK（NFPA）

炭酸ガス量の設計条件、炭酸ガス供給配管の設計条件を表－１、表－２、炭酸ガス消火設備の改造概要図（廃棄物処理場、スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）を別図－２、炭酸ガス供給配管系統概要図（廃棄物処理場、スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）を別図－３、炭酸ガスボンベラック概要図（スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）を別図－４、炭酸ガスボンベラック配置図（スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）を別図－５、ユニット３１０ エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム（廃棄物処理場）を別図－６、ユニット３３３ エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム（スラッジ貯蔵場）を別図－７、ユニット３３３ エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム（廃溶媒貯蔵場）を別図－８に示す。

表－１　炭酸ガス量の設計条件

対象施設	対象貯槽 (使用容量：m^3)	現状の炭酸ガス量（kg）			改造後の炭酸ガス量（kg）※2	
		初期火災用		再燃火災用	初期火災用	再燃火災用
廃棄物 処理場	318V10(約 20) 318V11(約 20)	約 10※3 約 10※3	約 10※4 約 10※4	－	21 以上※3 21 以上※3	21 以上※5 21 以上※5
スラッジ 貯蔵場	333V10(約 20) 333V11(約 20)	約 10※3 約 10※3	約 10※4 約 10※4	－	21 以上※3 21 以上※3	21 以上※5 21 以上※5
廃溶媒 貯蔵場	333V20(約 20) 333V21(約 20) 333V22(約 20) 333V23(約 20)	約 9※3 約 9※3 約 9※3 約 9※3	約 9※4 約 9※4 約 9※4 約 9※4	－	21 以上※3 21 以上※3 21 以上※3 21 以上※3	21 以上※5 21 以上※5 21 以上※5 21 以上※5

※2　「危険物の規制に関する規則（第三十八条の三)」を準用し、消火に必要な炭酸ガス量を設定。

※3　温度記録上限緊急操作装置(TRP$^+$)の作動により自動供給。

※4　温度記録上限緊急操作装置(TRP$^+$)の作動による自動供給後に手動供給。

※5　再燃火災時に手動供給。

表－２　炭酸ガス供給配管の設計条件

名称	流体	最高使用 温度（℃）	最高使用 圧力(MPa)	放射能 濃度	溶接機器 区分	耐震 分類
炭酸ガス 供給配管	二酸化炭素	40	10.8	－	－	C

(2) 仕様

改造に用いる配管類、炭酸ガスボンベ及び炭酸ガスボンベラックの仕様を表－３、表－４及び表－５に示す。

表－３　　改造に用いる配管類の仕様

名称	材料 (適用規格)	呼び径	スケジュール (肉厚(mm))	備考
配管	STPG370 (JIS G 3454)	32 A	Sch 80 (4.9)	逆止弁含む 別図－３参照
		20 A	Sch 80 (3.9)	別図－３参照
ユニオン	S25C (JIS G 4051)	20 A	－	
エルボ	S25C (JIS G 4051)	20 A	－	
レジューサ	S25C (JIS G 4051)	32 A×20 A	－	

表－４　　改造に用いる炭酸ガスボンベの仕様

名称	消火剤	設置場所	備考
炭酸ガスボンベ※6	二酸化炭素	廃棄物処理場　保守区域（G1 80） スラッジ貯蔵場　旧炭酸ガスボンベ室 廃溶媒貯蔵場　新炭酸ガスボンベ室	

※6　一般財団法人日本消防設備安全センターの認定品を使用。

表－５　　改造に用いる炭酸ガスボンベラックの仕様

名称	設置場所	概略寸法(m) 高さ×幅×奥行	数量	耐震 分類	備考
炭酸ガスボンベラック	スラッジ貯蔵場 旧炭酸ガスボンベ室	約 2.0×約 1.0× 約 0.3	2 基	C	別図－４ 参照
	廃溶媒貯蔵場 新炭酸ガスボンベ室	約 1.4×約 0.9× 約 0.4	2 基	C	別図－４ 参照

(3) 保守

炭酸ガス消火設備は、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炭酸ガスボンベ、電磁弁、操作盤類の押釦スイッチ、表示灯等であり、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検査により確認する。

(1) 工事の手順

本工事を行うに当たっては、スラッジ貯蔵場の旧炭酸ガスボンベ室、廃溶媒貯蔵場の新炭酸ガスボンベ室の炭酸ガス供給系統について、事前に可搬式の炭酸ガスボンベ及びユニオン付き配管等を準備した上で、既設の炭酸ガスボンベに付属する電磁弁を取り外すことにより炭酸ガス供給系統を隔離する。隔離後、既設配管の取合部にユニオン付き配管等を仮設し、準備した可搬式の炭酸ガスボンベから炭酸ガス供給が可能な状態とした上で、更新範囲の炭酸ガスボンベラック、炭酸ガスボンベ、炭酸ガス供給配管等を撤去する。

工事中における貯槽内火災時の処置概要図（スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）を別図－９に示す。

本工事に用いる新規の炭酸ガスボンベラックは材料入手後、工場においてボルト接合可能な部品に加工・溶接を行った後、現地に搬入して組み立て、据付ボルトで所定の位置に据え付ける。

炭酸ガスボンベは既製品を入手後、工場において高圧ガス保安法の検査後に炭酸ガスを充填し、現地に搬入して所定の位置に据え付ける。

配管は材料入手後、工場において加工・溶接を行った後、現地に搬入し、所定の位置に敷設する。その後、既設の電気配線類を炭酸ガスボンベ等と接続する。

廃棄物処理場については、既製品の炭酸ガスボンベを入手し、工場において高圧ガス保安法の検査後に炭酸ガスを充填した後、現地に搬入する。その後、既設の炭酸ガスボンベに付属する電磁弁を取り外すことにより、炭酸ガス供給系統を隔離し、既設の炭酸ガスボンベを撤去する。撤去後、所定の位置に据え付ける。

本工事フローを別図－１０に示す。

工事の各段階で所要の検査を行うこととしており、実施する検査項目（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 材料確認検査

対　象：配管類

方　法：改造に用いる配管類の仕様を材料証明書等により確認する。

判　定：表－３に示すとおりであること。

② 仕様検査

対　象：炭酸ガスボンベ

方　法:改造に用いる炭酸ガスボンベが一般財団法人日本消防設備安全センターの認定品であることを性能評定書により確認する。また、炭酸ガス量を充填成績書等で確認する。

判　定：炭酸ガスボンベが認定品であること。また、炭酸ガス量が表－１に示すとおりであること。

③ 耐圧・漏えい検査

対　象：配管類

方　法：改造範囲の配管類に対して所定の圧力（表－２に示す最高使用圧力の 1.25 倍以上の気圧）をかけ、著しい変形が発生しないことを目視により確認する。また、発泡剤により漏れによる発泡の有無を目視により確認する。

判　定：著しい変形がないこと及び発泡のないこと。

④ 据付・外観検査（1)

対　象：炭酸ガスボンベラック

方　法：炭酸ガスボンベラックの据付状態を目視により確認する。また、外観に有害な傷及び変形がないことを目視により確認する。

判　定：炭酸ガスボンベラックの据付状態が別図－４、別図－５に示す状態であること。また、外観に有害な傷及び変形がないこと。

⑤ 据付・外観検査（2）

対　象：配管類

方　法：敷設した配管類の改造範囲を目視により確認する。また、外観に有害な傷及び変形がないことを目視により確認する。

判　定：敷設した配管類の改造範囲が別図－３に示す範囲であること。また、外観に有害な傷及び変形がないこと。

(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、作業者に係る労働安全に努める。

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。

③ 本工事期間中は、火災発生に起因する作業（廃溶媒の移送作業等）は実施しない。

④ スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場の工事に当たっては、既設炭酸ガス消火設備の供給機能が停止となる期間中、既設の温度上限緊急操作装置（TRP^{+}）の作動により火災を感知した場合には、配備した可搬式の炭酸ガスボンベ等を使用して消火する。

⑤ 本工事期間中は、関連する貯槽の廃気温度の情報を運転員が常駐する廃棄物処理場の工程制御盤により常時監視を行う。監視中に廃気温度の上昇傾向を確認した場合には、速やかに可搬式の炭酸ガスボンベにより初期消火を行う。

⑥ 可搬式の炭酸ガスボンベは、転倒防止のため固縛処置を施す。

⑦ 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。

⑧ 本工事における重量物の運搬は、運搬台車等により既設構造物に破損等の影響を与えないよう作業を行う。

⑨ 本工事においては、作業場所の線量・汚染確認を実施し、必要な処置を行い、作業者の被ばく低減に努める。

⑩ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺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。

⑪ 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、監視人の配置等の火災を防止するための必要な措置を講じる。

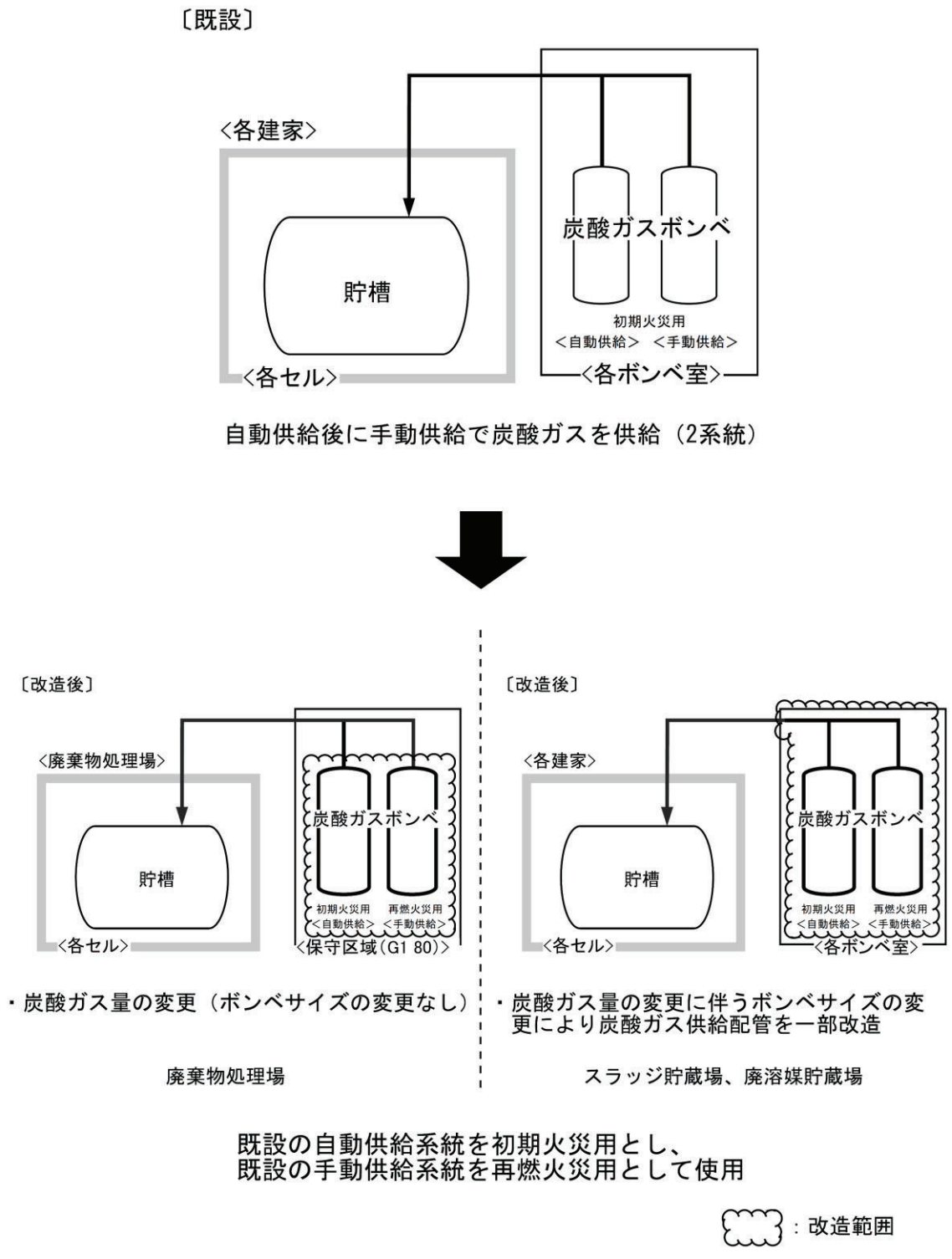
６．工事の工程

本申請に係る工事の工程を表－６に示す。

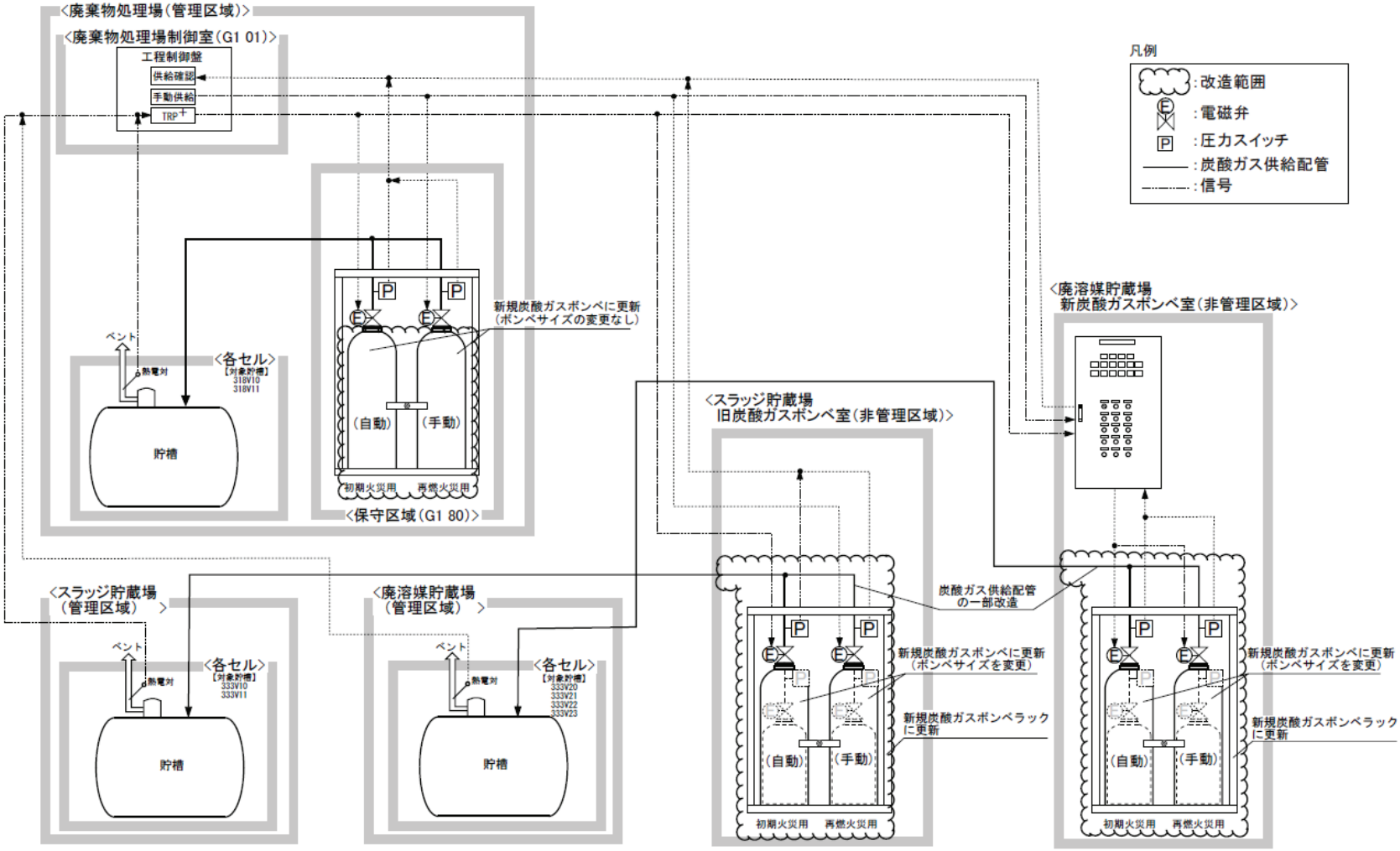
表－６　工事工程表

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="5">令和７年度</td><td rowspan="2">備考</td></tr>
<tr><td>11 月</td><td>12 月</td><td>1 月</td><td>2 月</td><td>3 月</td></tr>
<tr><td rowspan="3">火災防護設備の一部改造</td><td rowspan="3"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="4">工事</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

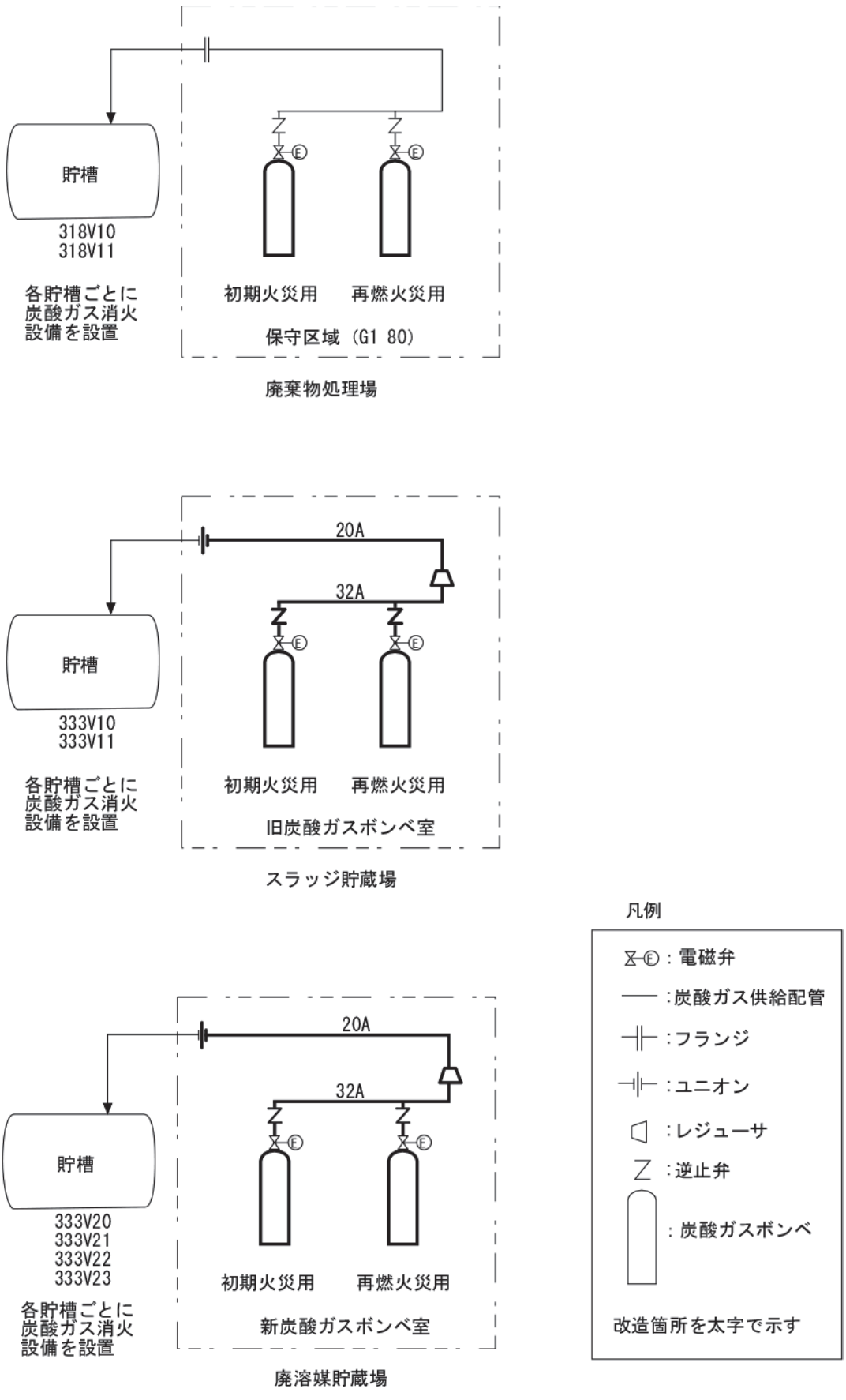
（別図）



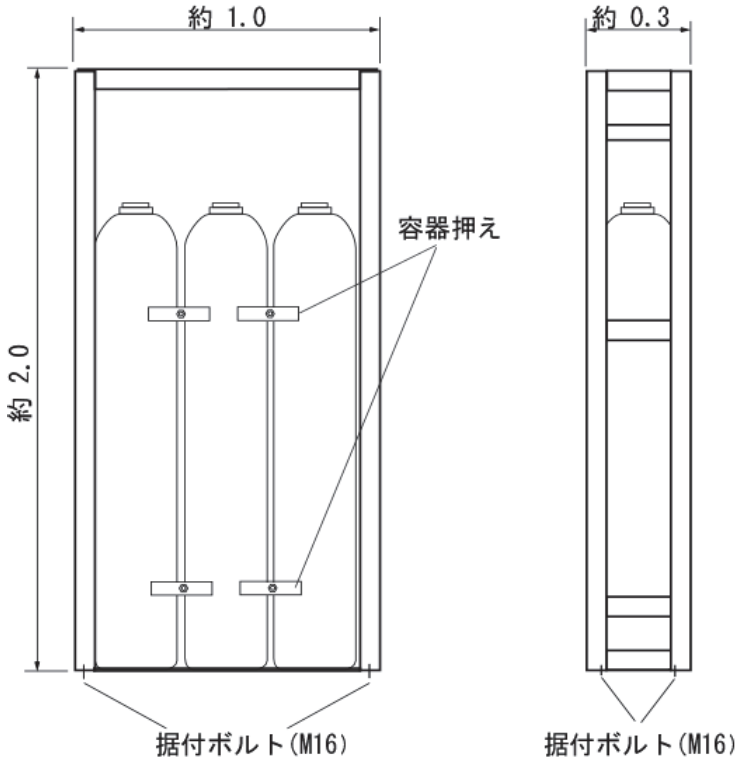
別図－１　再燃火災対策の概念図
（廃棄物処理場、スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）



別図－２　炭酸ガス消火設備の改造概要図（廃棄物処理場、スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）



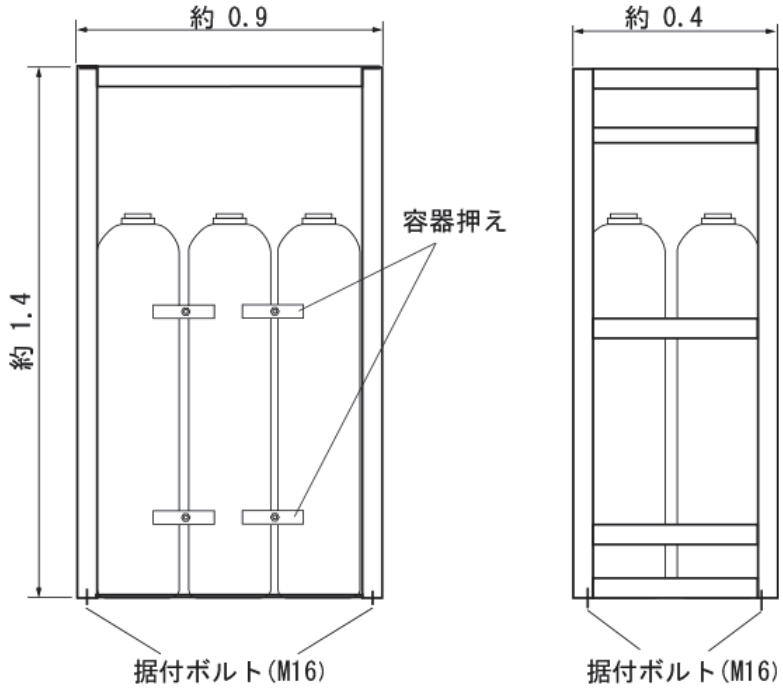
別図－３　炭酸ガス供給配管系統概要図
（廃棄物処理場、スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）



正面図　　側面図

（単位：m）
据付ボルト：M16×4本

（スラッジ貯蔵場　旧炭酸ガスボンベ室設置）

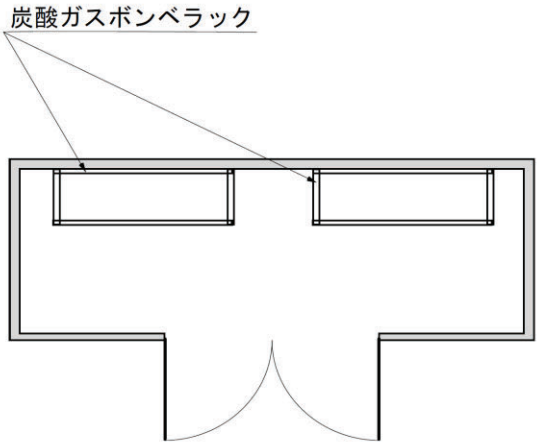


正面図　　側面図

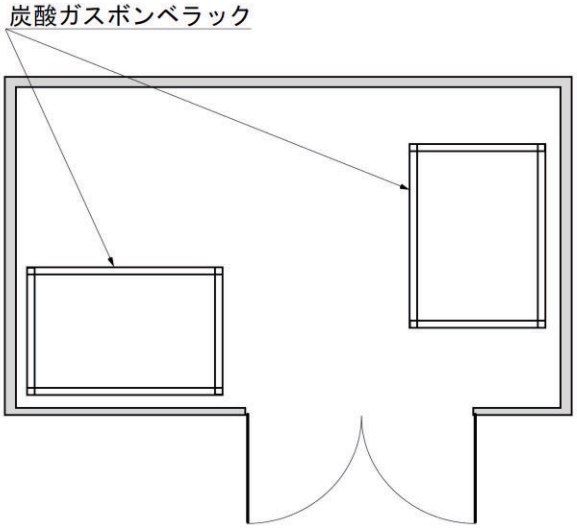
（単位：m）
据付ボルト：M16×4本

（廃溶媒貯蔵場 新炭酸ガスボンベ室設置）

別図－４　炭酸ガスボンベラック概要図（スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）

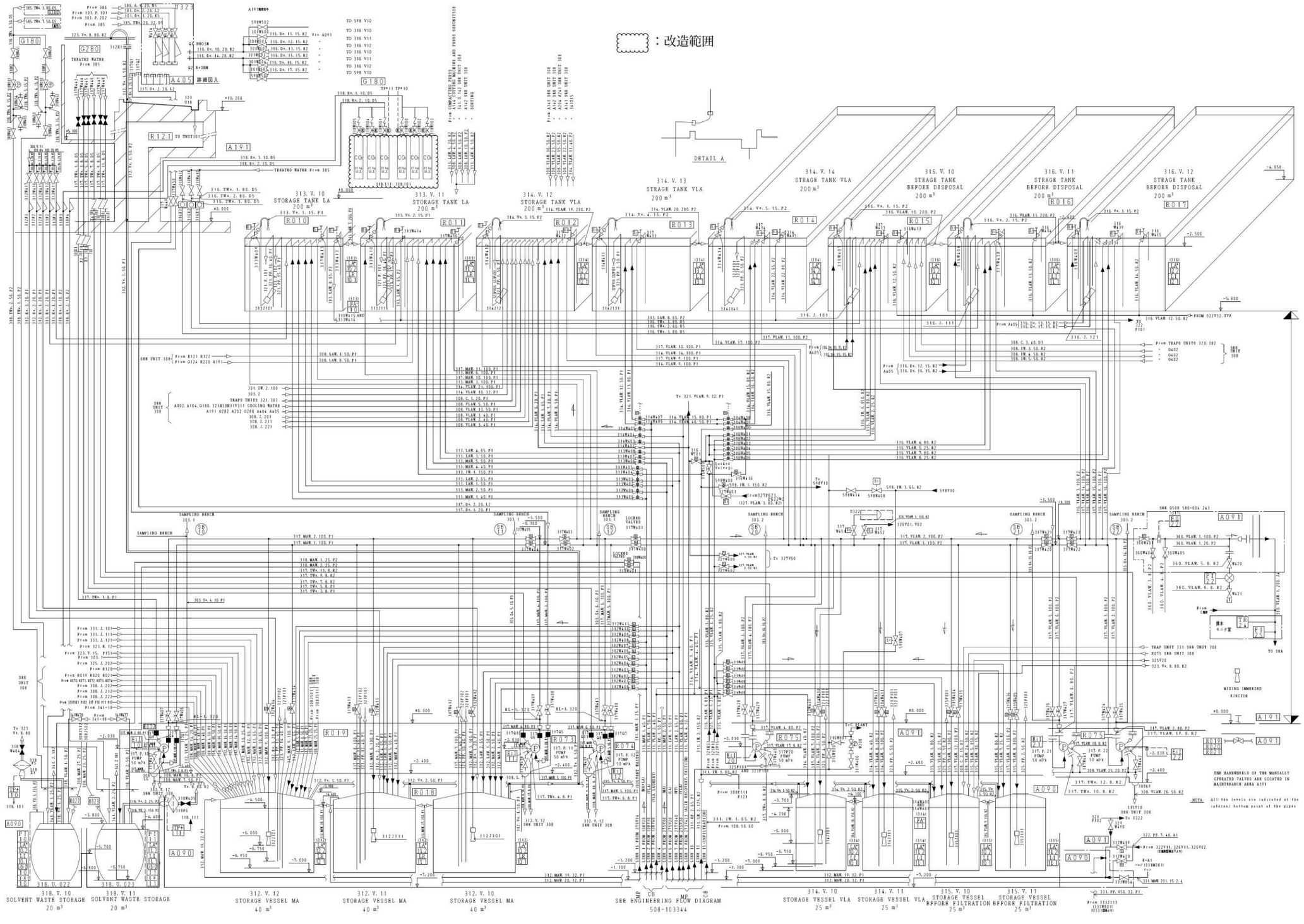


スラッジ貯蔵場
旧炭酸ガスボンベ室

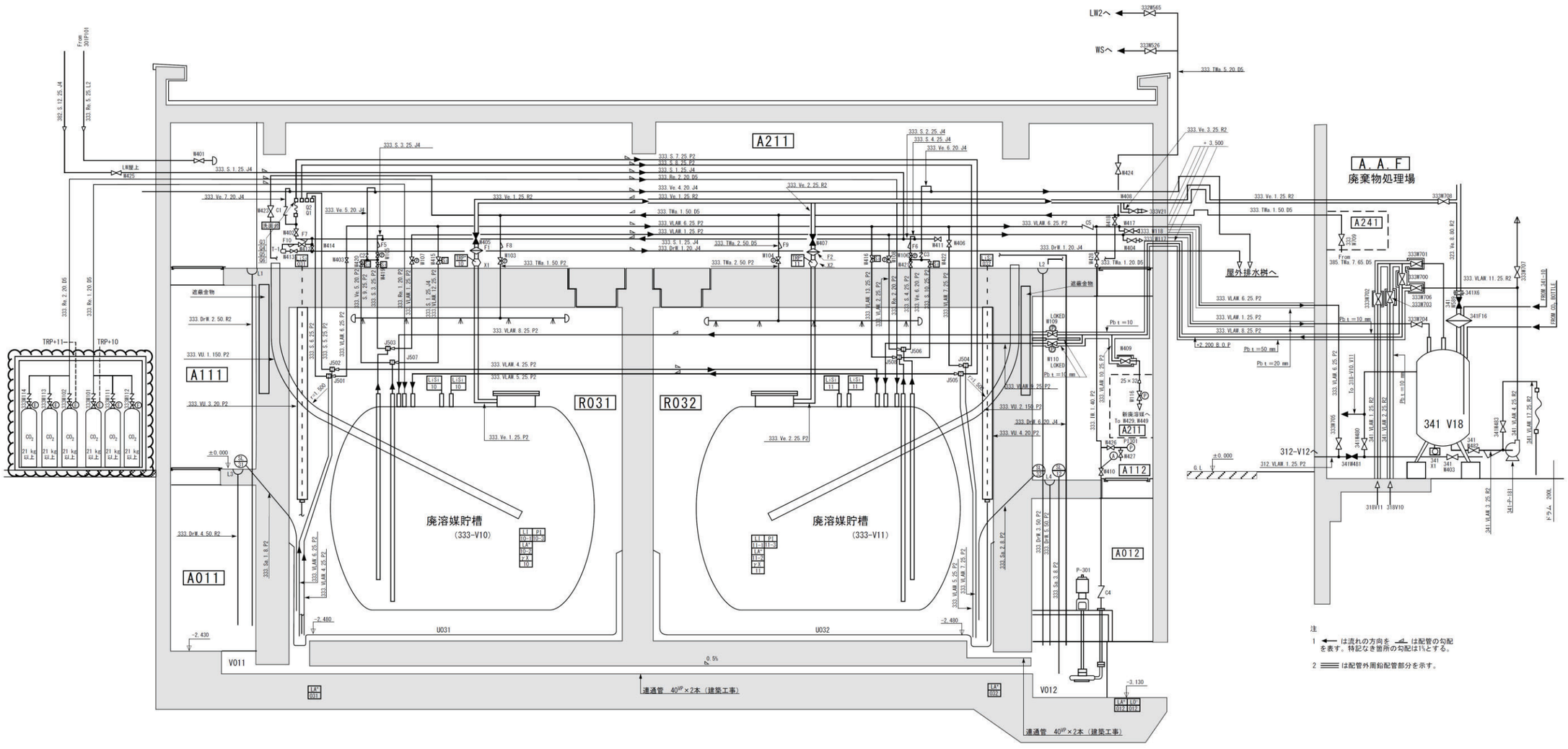


廃溶媒貯蔵場
新炭酸ガスボンベ室

別図－５　炭酸ガスボンベラック配置図（スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）

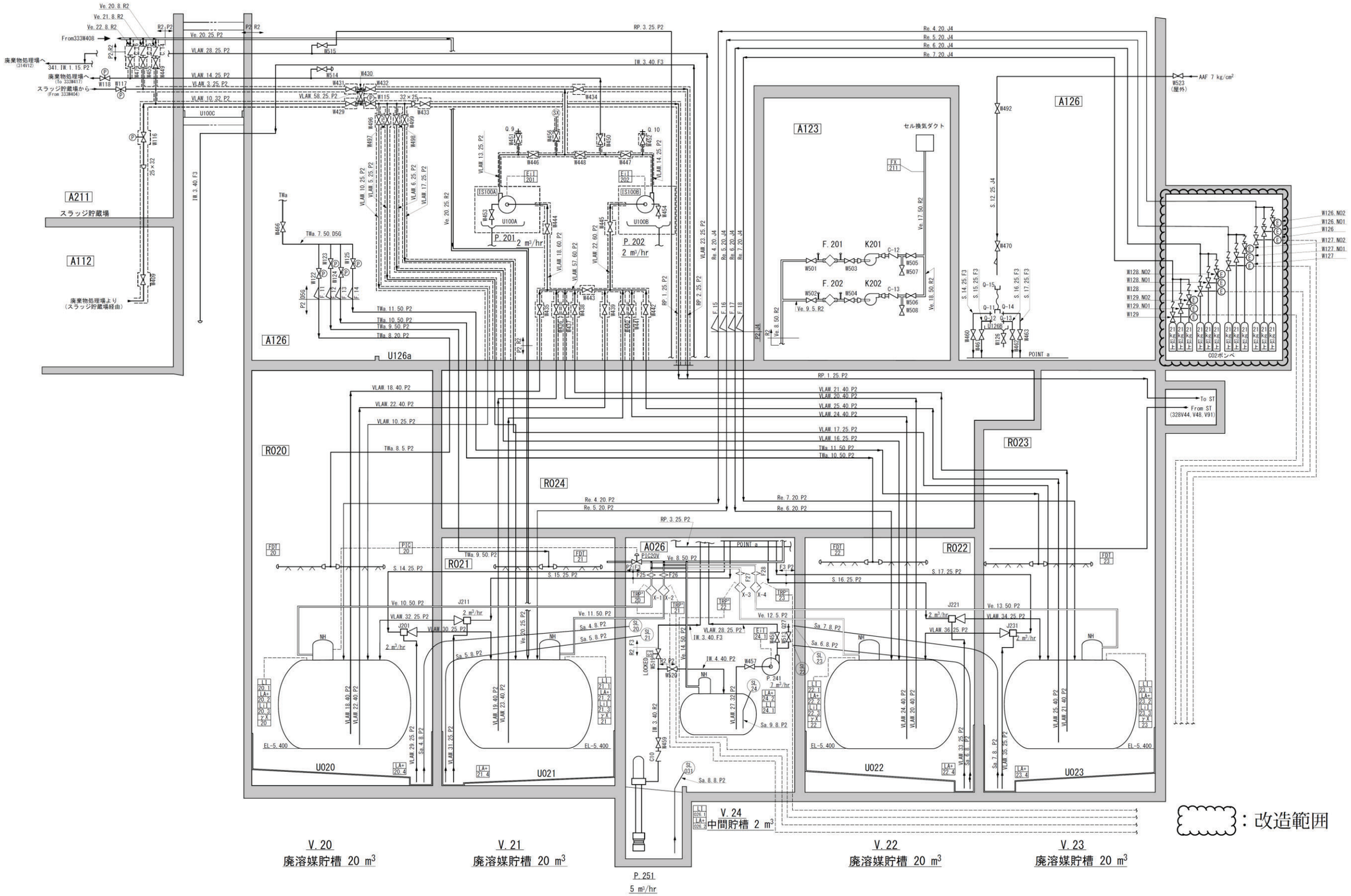


別図－６　ユニット３１０ エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム（廃棄物処理場）

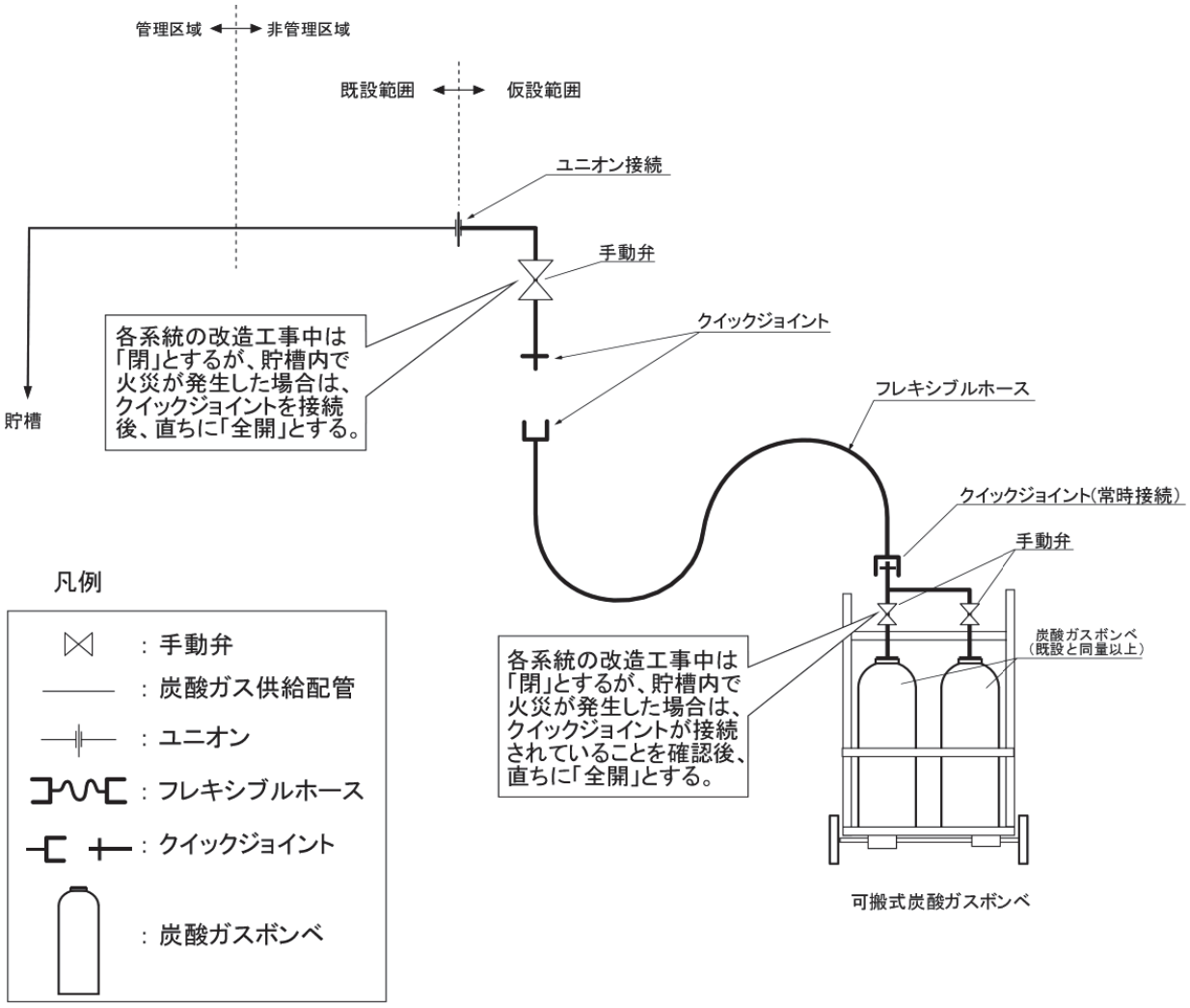


：改造範囲

別図－７　ユニット３３３ エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム（スラッジ貯蔵場）

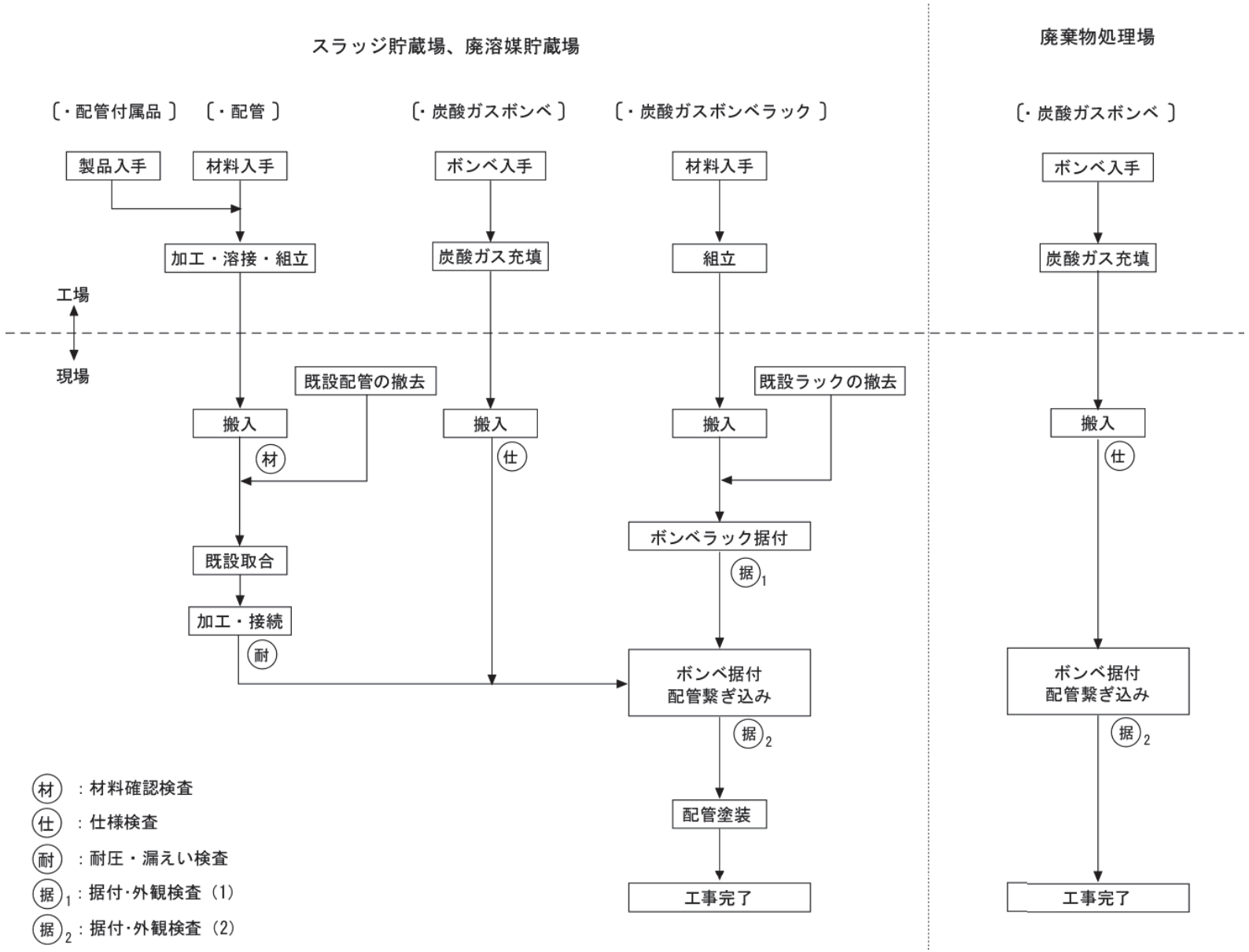


別図－８　ユニット３３３ エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム（廃溶媒貯蔵場）



別図－９　工事中における貯槽内火災時の処置概要図

（スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）



別図－１０　火災防護設備の一部改造に係る工事フロー（廃棄物処理場、スラッジ貯蔵場、廃溶媒貯蔵場）

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	有	第１項	別紙－２に示すとおり
第十一条	火災等による損傷の防止	有	第４項	別紙－３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２､３項	別紙－４に示すとおり
第十七条	材料及び構造	有	第１､２項	別紙－５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	－	－

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	－	－
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	－	－

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	－	－
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	－	－

別紙－１

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項　本申請は、廃棄物処理場、スラッジ貯蔵場及び廃溶媒貯蔵場の炭酸ガス消火設備（耐震分類Ｃ類）について、炭酸ガス量の変更に伴うボンベサイズの変更により炭酸ガス供給配管の一部改造を行うものであり、耐震クラスの変更はない。炭酸ガスボンベラックは設置施設における耐震分類Ｃ類の設計震度を用いて支持部に発生する応力が据付ボルトの許容応力を下回るように設計する。

炭酸ガス供給配管は、定ピッチスパン法に基づく間隔で支持し、地震力に対してその安全性が損なわれるおそれがないようにする。また、定ピッチスパン法に基づく支持間隔が確保できない配管類は、地震荷重、自重、内圧の荷重を含めた多質点解析を行い、配管に生じる応力が許容応力以下となるよう支持間隔を定め、地震力に対してその安全性が損なわれるおそれがないようにする。

第十条（閉じ込めの機能）

安全機能を有する施設は、次に掲げるところにより、使用済燃料、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（以下「使用済燃料等」という。）を限定された区域に閉じ込める機能を保持するように設置されたものでなければならない。

一　流体状の使用済燃料等を内包する容器又は管に使用済燃料等を含まない流体を導く管を接続する場合には、流体状の使用済燃料等が使用済燃料等を含まない流体を導く管に逆流するおそれがない構造であること。

二　セルは、その内部を常時負圧状態に維持し得るものであること。

三　液体状の使用済燃料等を取り扱う設備をその内部に設置するセルは、当該設備からの当該物質の漏えいを監視し得る構造であり、かつ、当該物質が漏えいした場合にこれを安全に処理し得る構造であるとともに当該物質がセル外に漏えいするおそれがない構造であること。

四　セル内に設置された流体状の使用済燃料等を内包する設備から、使用済燃料等が当該設備の冷却水、加熱蒸気その他の熱媒中に漏えいするおそれがある場合は、当該熱媒の系統は、必要に応じて、漏えい監視設備を備えるとともに、汚染した熱媒を安全に処理し得るように設置すること。

五　プルトニウム及びその化合物並びにこれらの物質の一又は二以上を含む物質（以下この条において「プルトニウム等」という。）を取り扱うグローブボックスは、その内部を常時負圧状態に維持し得るものであり、かつ、給気口及び排気口を除き、密閉することができる構造であること。

六　液体状のプルトニウム等を取り扱うグローブボックスは、当該物質がグローブボックス外に漏えいするおそれがない構造であること。

七　密封されていない使用済燃料等を取り扱うフードは、その開口部の風速を適切に維持し得るものであること。

八　プルトニウム等を取り扱う室（保管廃棄する室を除く。）及び使用済燃料等による汚染の発生のおそれがある室は、その内部を負圧状態に維持し得るものであること。

九　液体状の使用済燃料等を取り扱う設備が設置される施設（液体状の使用済燃料等の漏えいが拡大するおそれがある部分に限る。）は、次に掲げるところによるものであること。

イ　施設内部の床面及び壁面は、液体状の使用済燃料等が漏えいし難いものであること。

ロ　液体状の使用済燃料等を取り扱う設備の周辺部又は施設外に通ずる出入口若しくはその周辺部には、液体状の使用済燃料等が施設外へ漏えいすることを防止するための堰（せき）が設置されていること。ただし、施設内部の床面が隣接する施設の床面又は地表面より低い場合であって、液体状の使用済燃料等が施設外へ漏えいするおそれがないときは、この限りでない。

ハ　工場等の外に排水を排出する排水路（湧水に係るものであって使用済燃料等により汚染するおそれがある管理区域内に開口部がないものを除く。）の上に施設の床面がないようにすること。ただし、当該排水路に使用済燃料等により汚染された排水を安全に廃棄する設備及び第二十一条第三号に掲げる事項を計測する設備が設置されている場合は、この限りでない。

１項　初期火災用と再燃火災用の炭酸ガス供給量は、各施設の排気風量以下に設定することで施設の閉じ込め機能を維持する。

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。

４項　「危険物の規制に関する規則（第三十八条の三）」を準用して設定した炭酸ガス量（別表－１参照）の供給により貯槽内の炭酸ガス濃度が消火に必要な炭酸ガス濃度である 34％（FIRE PROTECTION HANDBOOK（NFPA））を満足することができる。

別表－１　消火に必要な炭酸ガス濃度を満足する炭酸ガス量

対象施設	対象貯槽	炭酸ガス量(kg)		炭酸ガス濃度（％）	
		初期火災用	再燃火災用	初期火災用	再燃火災用
廃棄物処理場	318V10	21 以上	21 以上	42 以上	42 以上
	318V11	21 以上	21 以上	42 以上	42 以上
スラッジ貯蔵場	333V10	21 以上	21 以上	42 以上	42 以上
	333V11	21 以上	21 以上	42 以上	42 以上
廃溶媒貯蔵場	333V20	21 以上	21 以上	41 以上	41 以上
	333V21	21 以上	21 以上	41 以上	41 以上
	333V22	21 以上	21 以上	41 以上	41 以上
	333V23	21 以上	21 以上	41 以上	41 以上

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項　本申請に係る炭酸ガス消火設備は、炭酸ガスボンベに付属する電磁弁と炭酸ガスボンベの切り離しを行うことで、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験が可能である。

３項　本申請に係る炭酸ガス消火設備は、炭酸ガスボンベに付属する電磁弁と炭酸ガスボンベを切り離し、操作盤類への電源供給を遮断することにより適切な保守及び修理が可能である。

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項　炭酸ガス供給配管の一部改造においては、炭酸ガスボンベの最高使用圧力（10.8 MPa）に変更がないことから、同最高使用圧力で設計される炭酸ガス供給配管は、既設配管と同等以上の強度及び肉厚を有する配管を用いることにより、設計上要求される強度を確保できる。

また、炭酸ガス供給配管の外表面は、塗装を行うことにより耐食性を確保できる。なお、本条項に準じ、材料確認検査を行い、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項　本申請に係る炭酸ガス供給配管の改造部については、耐圧・漏えい検査を行い、これに耐え、かつ、著しい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、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。

（添付２）

３．６．５　放射性廃棄物の廃棄施設（その５）
焼却施設

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　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・8

６．　工事の工程　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・12

別　図　一　覧

別図－１　再燃火災対策の概念図（焼却施設）

別図－２　炭酸ガス消火設備の改造概要図（焼却施設）

別図－３　炭酸ガス供給配管系統概要図（焼却施設）

別図－４　操作盤類配置図（焼却施設）

別図－５　操作盤類の概要図（焼却施設）

別図－６　ユニット３４２ エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム（焼却施設）

別図－７　ユニット３４２ 計装系統図（焼却施設）

別図－８　工事中における貯槽内火災時の処置概要図（焼却施設）

別図－９　火災防護設備の一部改造に係る工事フロー（焼却施設）

表　一　覧

表－１　炭酸ガス量の設計条件

表－２　炭酸ガス供給配管の設計条件

表－３　改造に用いる配管類の仕様

表－４　改造に用いる炭酸ガスボンベの仕様

表－５　改造に用いる操作盤類の仕様

表－６　改造に用いるケーブルの仕様

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（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 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 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。

火災防護設備の一部改造に係る廃止措置計画変更認可の申請は、平成元年 3 月 22 日に認可（元安（核規）第 95 号）を受けた「放射性廃棄物の廃棄施設（その 5）焼却施設」のうち、危険物（回収ドデカン等）を貯蔵する貯槽は、貯槽内の状況を目視で確認できないことから、万一、再燃火災が発生した場合でも消火を確実に行えるように炭酸ガスの供給を増強するため、炭酸ガス消火設備の一部を改造するものである。

本変更は、令和 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 号をもって変更の認可を受けた廃止措置計画で示した、高放射性廃液貯蔵場（HAW)、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及びそれらに関連する施設以外の分離精製工場（MP）等の施設の火災防護対策について、有意な放射性物質を建家外に放出させない対策として実施するものである。

なお、焼却施設の炭酸ガス消火設備に関する設計及び工事の方法に係る廃止措置計画変更認可の申請は、平成 4 年 4 月 17 日の使用前検査合格証（4 安（核規）第 115 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）

「消防法」（昭和 23 年法律第 186 号）

「危険物の規制に関する規則」（昭和 34 年総理府令第 55 号）

「高圧ガス保安法」（昭和 26 年法律第 204 号）

「日本産業規格（JIS)」

「日本電線工業会規格（JCS)」（日本電線工業会）

「発電用原子力設備規格（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）

３．設計の基本方針

本申請で改造を行う炭酸ガス消火設備は、危険物（回収ドデカン等）を貯蔵する貯槽内の火災に対し、炭酸ガスボンベから貯槽内に炭酸ガスを供給し初期消火を行うものであるが、初期消火の後、貯槽内の状況を目視で確認できないことから、万一の再燃火災を想定し、再燃火災用の炭酸ガスボンベを追加設置する。

今回の申請では、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）の第六条（地震による損傷の防止）の第１項、第十条（閉じ込めの機能）の第１項、第十一条（火災等による損傷の防止）の第４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

焼却施設の既設炭酸ガス消火設備には、初期火災用として、炭酸ガスを手動供給する系統があり、ボンベ及び供給配管等が設置されている。再燃火災用の供給系統を確保するため、配管の一部改造により手動供給できる系統を追加し、消火に必要な炭酸ガス量を充填したボンベを設置する（別図－１参照)。

炭酸ガス量及び炭酸ガス供給配管は以下を満足するよう設計する。

① 貯槽内に供給する炭酸ガス量は、「危険物の規制に関する規則（第三十八条の三)」を準用して設定し、消火に必要な炭酸ガス濃度（34％※1）以上となるようにする。

② 改造する炭酸ガス供給配管は、炭酸ガスボンベの最高使用圧力(10.8 MPa)に耐える仕様とする。

※1　FIRE　PROTECTION　HANDBOOK（NFPA)

また、炭酸ガス供給系統の追加に伴い、制御室（G3　10)、オフガス処理室（A0 05）及び廃活性炭供給室（A3 08）の操作盤類を更新し、手動供給機能、供給確認機能を付加する。更に、焼却施設に作業員が不在となる場合においてもより速やかな初期消火ができるよう、作業員が常駐している廃棄物処理場制御室（G1 01）に操作盤を新たに設置し、手動供給機能、供給確認機能を付加する。

炭酸ガス量の設計条件、炭酸ガス供給配管の設計条件を表－１、表－２、炭酸ガス消火設備の改造概要図（焼却施設）を別図－２、炭酸ガス供給配管系統概要図（焼却施設）を別図－３、操作盤類配置図（焼却施設）を別図－４、操作盤類の概要図（焼却施設）を別図－５、ユニット３４２　エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム（焼却施設）を別図－６、ユニット３４２　計装系統図（焼却施設）を別図－７に示す。

表－１　炭酸ガス量の設計条件

対象施設	対象貯槽 (使用容量：m^3)	現状の炭酸ガス量（kg）		改造後の炭酸ガス量（kg）※2	
		初期火災用	再燃火災用	初期火災用	再燃火災用
焼却施設	342V21(約 2.2)	約 6.6※3	－	2.7 以上※3	2.7 以上※4
	342V25(約 0.7)	約 3.3※3	－	0.9 以上※3	0.9 以上※4

※2　「危険物の規制に関する規則（第三十八条の三)」を準用し、消火に必要な炭酸ガス量を設定。

※3　温度上限警報（TA^+）の作動により手動供給。

※4　再燃火災時に手動供給。

表－２　炭酸ガス供給配管の設計条件

名称	流体	最高使用 温度（℃）	最高使用 圧力(MPa)	放射能 濃度	溶接機器 区分	耐震 分類
炭酸ガス 供給配管	二酸化炭素	40	10.8	－	－	C

(2) 仕様

改造に用いる配管類、炭酸ガスボンベ、操作盤類及びケーブルの仕様を表－３、表－４、表－５及び表－６に示す。

表－３　　改造に用いる配管類の仕様

名称	材料 (適用規格)	呼び径	スケジュール (肉厚(mm))	備考
配管	STPG370 (JIS G 3454)	15 A	Sch 80 (3.7)	別図－３参照
フランジ	STPG370 (JIS G 3454)	15 A	－	
ユニオン	S25C (JIS G 4051)	15 A	－	
エルボ	S25C (JIS G 4051)	15 A	－	
ティー	S25C (JIS G 4051)	15 A×15 A	－	
逆止弁	C3602BD (JIS H 3250)	15 A	－	

表－４　　改造に用いる炭酸ガスボンベの仕様

名称	消火剤	設置場所	備考
炭酸ガスボンベ※5	二酸化炭素	廃溶媒処理技術開発施設 炭酸ガスボンベ室	電磁弁含む

※5　一般財団法人日本消防設備安全センターの認定品を使用。

表－５　　改造に用いる操作盤類の仕様

名称	設置場所	概略寸法(m) 高さ×幅×奥行	数量	耐震 分類	備考
二酸化炭素消火設備制御盤	焼却施設 (G3 10)	約 0.8×約 0.6 ×約 0.3	1 基	C	壁掛型 別図－５ (1/2) 参照
二酸化炭素消火設備操作盤 (V25 用)	焼却施設 (A3 08)	約 0.5×約 0.5 ×約 0.2	1 基	C	壁掛型 別図－５ (1/2) 参照
二酸化炭素消火設備操作盤 (V21 用)	焼却施設 (A0 05)	約 0.5×約 0.5 ×約 0.2	1 基	C	壁掛型 別図－５ (2/2) 参照
二酸化炭素消火設備操作盤 (焼却施設用)	廃棄物処理場 (G1 01)	約 0.6×約 0.5 ×約 0.2	1 基	C	壁掛型 別図－５ (2/2) 参照

表－６　　改造に用いるケーブルの仕様

名称	適用規格	材料	備考
ケーブル (盤内配線用)	JIS C 3317	600V 二種ビニル絶縁電線	
ケーブル (信号線用)	JCS 3501	耐熱ケーブル	
ケーブル (電源用)	JCS 4506	耐火ケーブル	

(3) 保守

炭酸ガス消火設備は、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炭酸ガスボンベ、電磁弁、操作盤類の押釦スイッチ、表示灯等であり、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検査により確認する。

(1) 工事の手順

本工事を行うに当たっては、廃溶媒処理技術開発施設の炭酸ガスボンベ室に設置されている炭酸ガス供給系統について、事前に可搬式炭酸ガスボンベ及びフランジ付き配管等を準備した上で、既設の炭酸ガスボンベに付属する電磁弁を取り外し、炭酸ガス供給系統を隔離する。隔離後、既設配管の取合部にフランジ付き配管等を仮設し、準備した可搬式炭酸ガスボンベから炭酸ガス供給が可能な状態とした上で、更新範囲の炭酸ガスボンベ、炭酸ガス供給配管等を撤去する。

工事中における貯槽内火災時の処置概要図（焼却施設）を別図－８に示す。

炭酸ガスボンベを収納する炭酸ガスボンベラックは、既設のものを再利用する。

炭酸ガスボンベは、既製品を入手後、工場において高圧ガス保安法の検査後に炭酸ガスを充填し、現地に搬入して所定の位置に据え付ける。

配管は材料入手後、工場において加工・溶接を行った後、現地に搬入し、所定の位置に敷設する。

操作盤類は材料入手後、加工及び部品組込み・内部配線を行った後、現地に搬入する。操作盤類の据付に当たっては、既設操作盤類の電源を遮断して隔離措置を行い、既設を撤去し、搬入した操作盤類を据付ボルトで所定の位置に据え付ける。その後、電気配線類を炭酸ガスボンベ等と接続する。

本工事フローを別図－９に示す。

工事の各段階で所要の検査を行うこととしており、実施する検査項目（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 材料確認検査

対　象：配管類及びケーブル

方　法：改造に用いる配管類及びケーブルの仕様を材料証明書等により確認する。

判　定：表－３及び表－６に示すとおりであること。

② 仕様検査

対　象：炭酸ガスボンベ

方　法：改造に用いる炭酸ガスボンベが一般財団法人日本消防設備安全センターの認定品であることを性能評定書により確認する。また、炭酸ガス量を充填成績書等で確認する。

判　定：炭酸ガスボンベが認定品であること。また、炭酸ガス量が表－１に示すとおりであること。

③ 耐圧・漏えい検査

対　象：配管類

方　法：改造範囲の配管類に対して所定の圧力（表－２に示す最高使用圧力の 1.25 倍以上の気圧）をかけ、著しい変形が発生しないことを目視により確認する。また、発泡剤により漏れによる発泡の有無を目視により確認する。

判　定：著しい変形がないこと及び発泡のないこと。

④ 据付・外観検査（1）

対　象：配管類

方　法：敷設した配管類の改造範囲を目視により確認する。また、外観に有害な傷及び変形がないことを目視により確認する。

判　定：敷設した配管類の改造範囲が別図－３に示す範囲であること。また、外観に有害な傷及び変形がないこと。

⑤ 据付・外観検査（2）

対　象：操作盤類

方　法：操作盤類の据付状態を目視により確認する。また、外観に有害な傷及び変形がないことを目視により確認する。

判　定：操作盤類の据付状態が別図－４、別図－５に示す状態であること。また、外観に有害な傷及び変形がないこと。

⑥ 作動検査

対　象：操作盤類及び電磁弁

方　法：操作盤類の押釦スイッチの開操作により、電磁弁が作動することを目視により確認する。また、操作盤類の表示灯が点灯することを目視により確認する。

判　定：電磁弁が正常に作動すること。また、操作盤類の表示灯が点灯すること。

(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、作業者に係る労働安全に努める。

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。

③ 本工事期間中は、火災の発生に起因する作業（回収ドデカン等の移送作業、焼却炉の運転）は実施しない。

④ 本工事期間中は、既設炭酸ガス消火設備の供給機能を停止する。供給機能の停止中に既設の温度上限警報（TA^{+}）の作動により火災を感知した場合には、配備した可搬式炭酸ガスボンベ等を使用して消火する。

⑤ 本工事期間中において、関連する貯槽の廃気温度の情報を運転員が常駐する廃棄物処理場にて常時監視し、廃気温度の上昇傾向を確認した場合

には、速やかに可搬式の炭酸ガスボンベにより初期消火を行う。

⑥ 可搬式の炭酸ガスボンベは、転倒防止のため固縛処置を施す。

⑦ 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。

⑧ 本工事における重量物の運搬は、運搬台車等により既設構造物に破損等の影響を与えないよう作業を行う。

⑨ 本工事においては、作業場所の線量・汚染確認を実施し、必要な処置を行い、作業者の被ばく低減に努める。

⑩ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺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。

⑪ 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、監視人の配置等の火災を防止するための必要な措置を講じる。

６．工事の工程

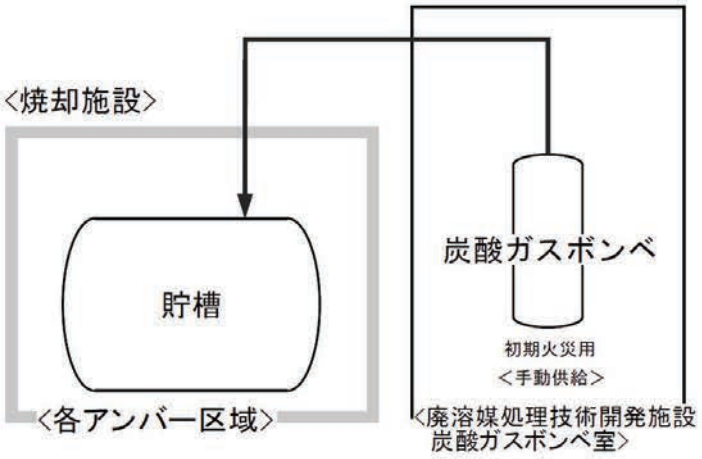
本申請に係る工事の工程を表－７に示す。

表－７　工事工程表

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="5">令和７年度</td><td rowspan="2">備考</td></tr>
<tr><td>11 月</td><td>12 月</td><td>1 月</td><td>2 月</td><td>3 月</td></tr>
<tr><td rowspan="3">火災防護設備の一部改造</td><td rowspan="3"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="4">工事</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

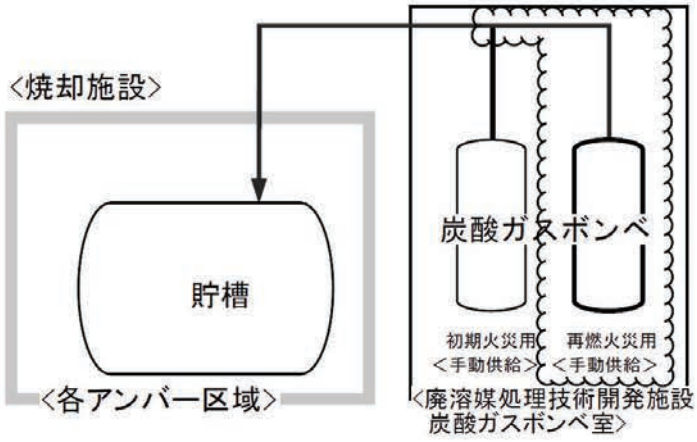
（別図）

〔既設〕



手動供給で炭酸ガスを供給（1系統）

〔改造後〕

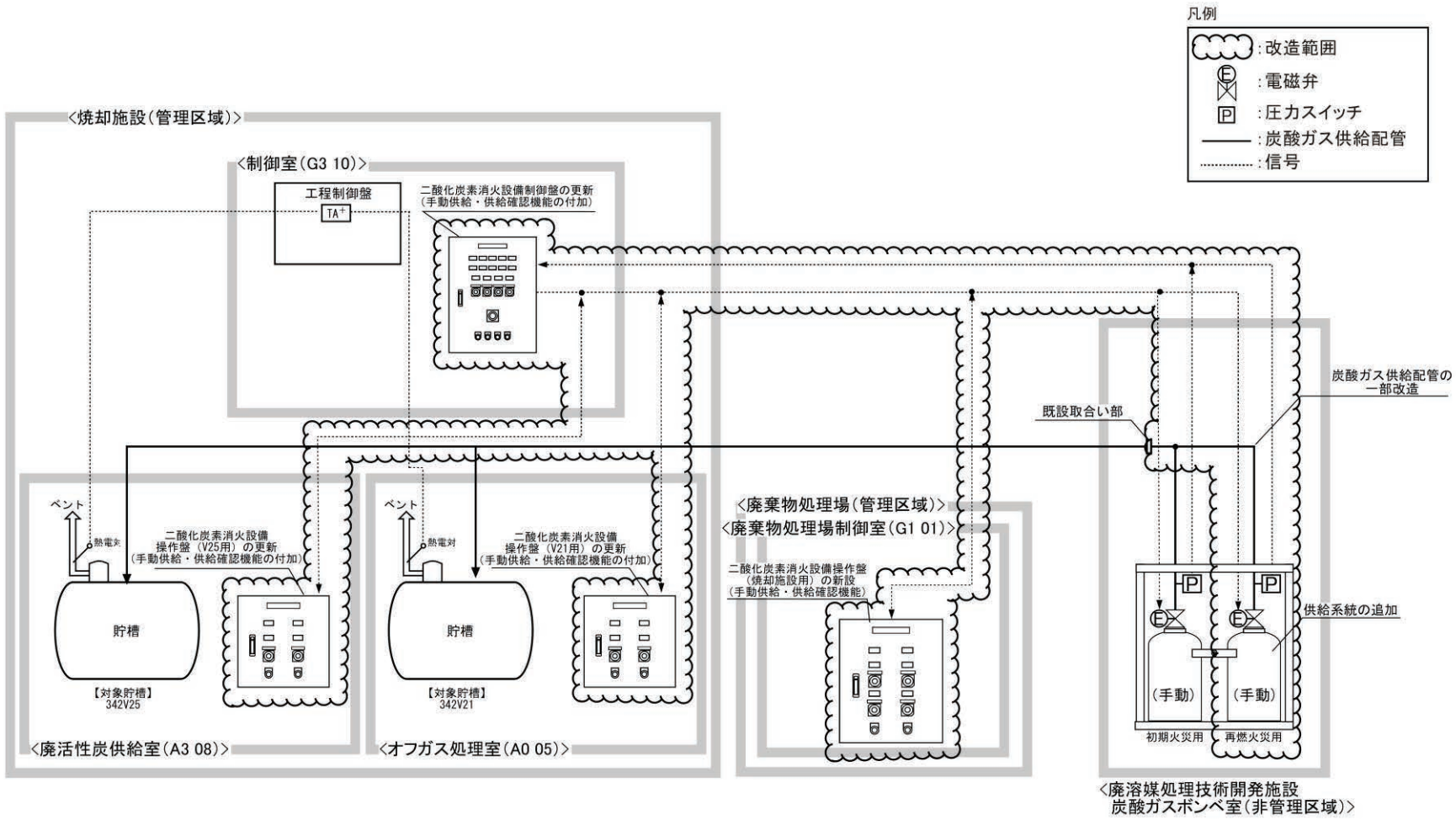


・供給系統の追加に伴う炭酸ガス供給配管の一部改造

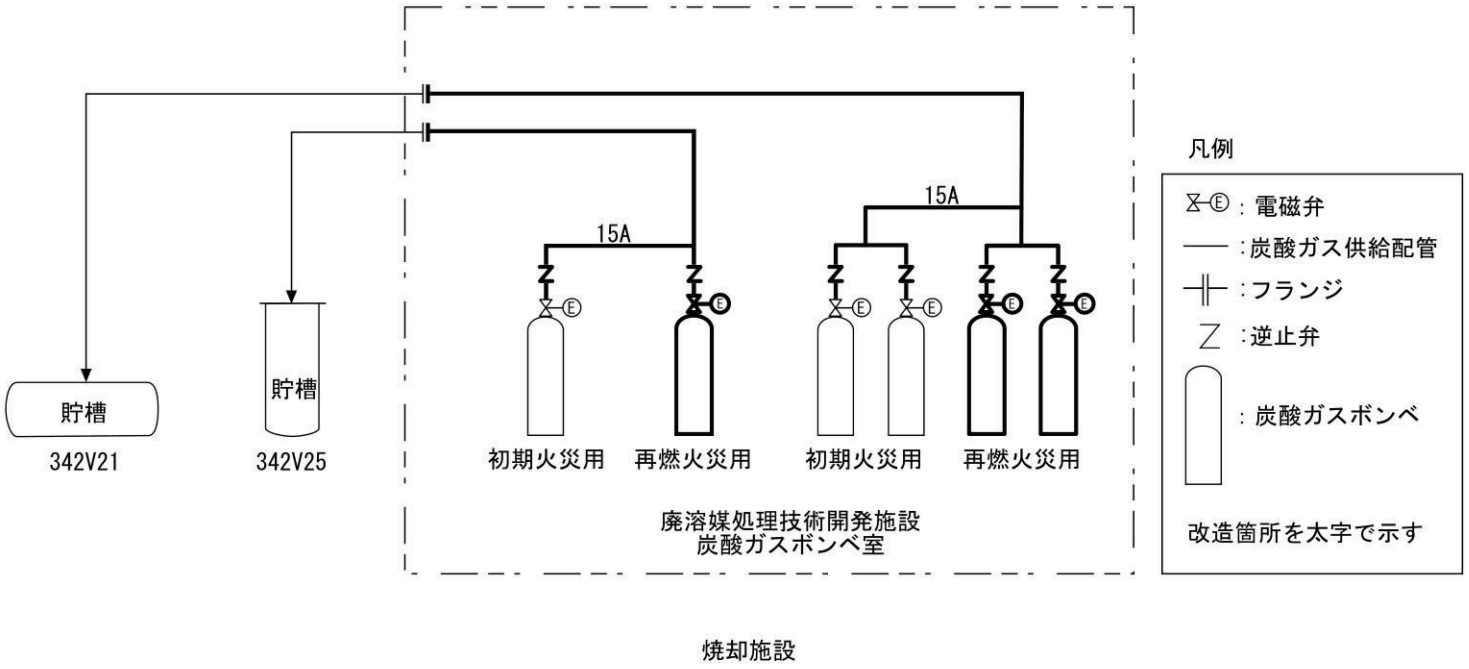
既設の手動供給系統を初期火災用とし、
再燃火災用として手動供給系統を追加

：改造範囲

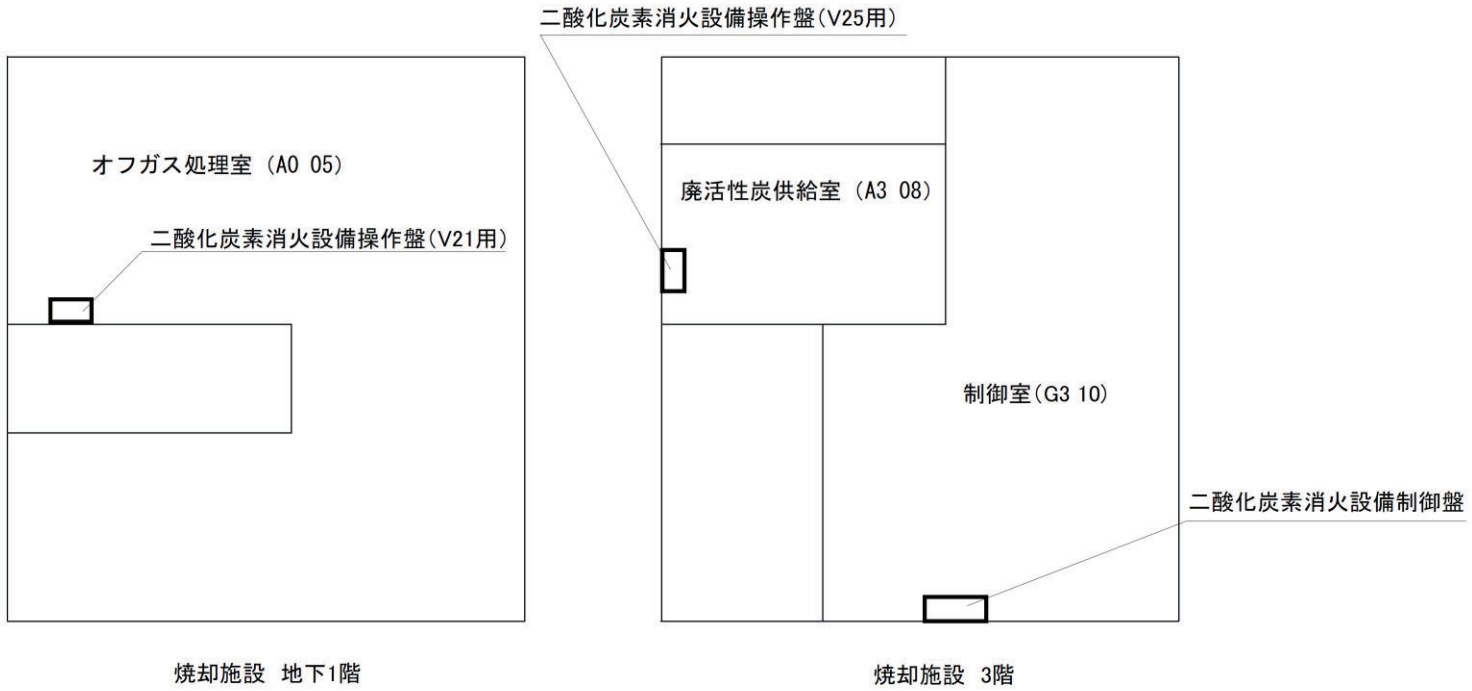
別図－１　再燃火災対策の概念図（焼却施設）



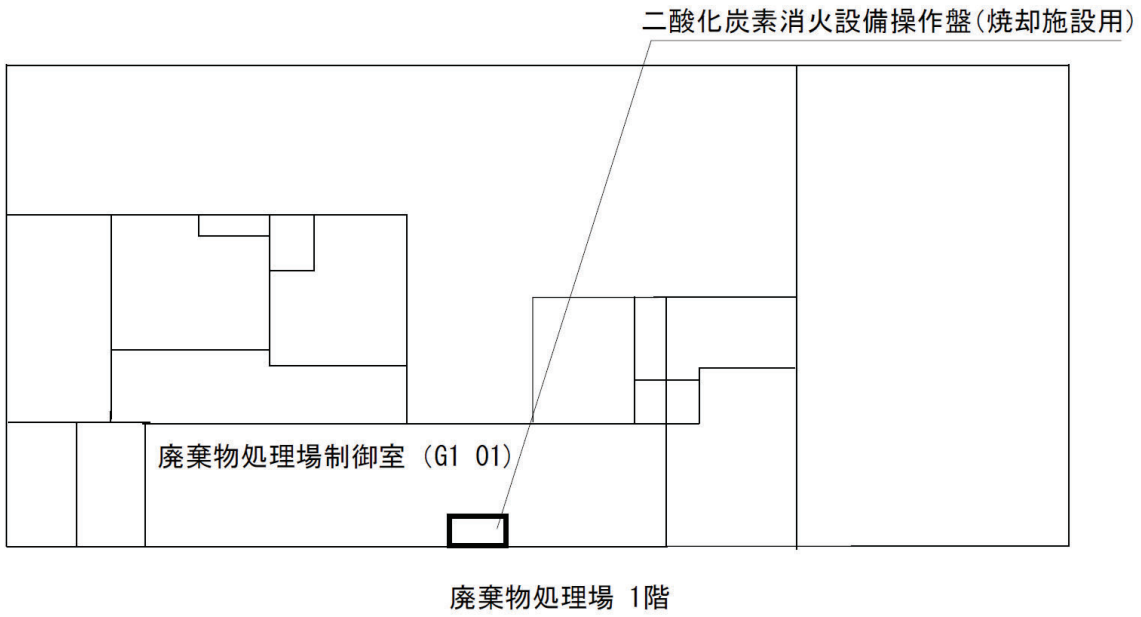
別図－２　炭酸ガス消火設備の改造概要図（焼却施設）



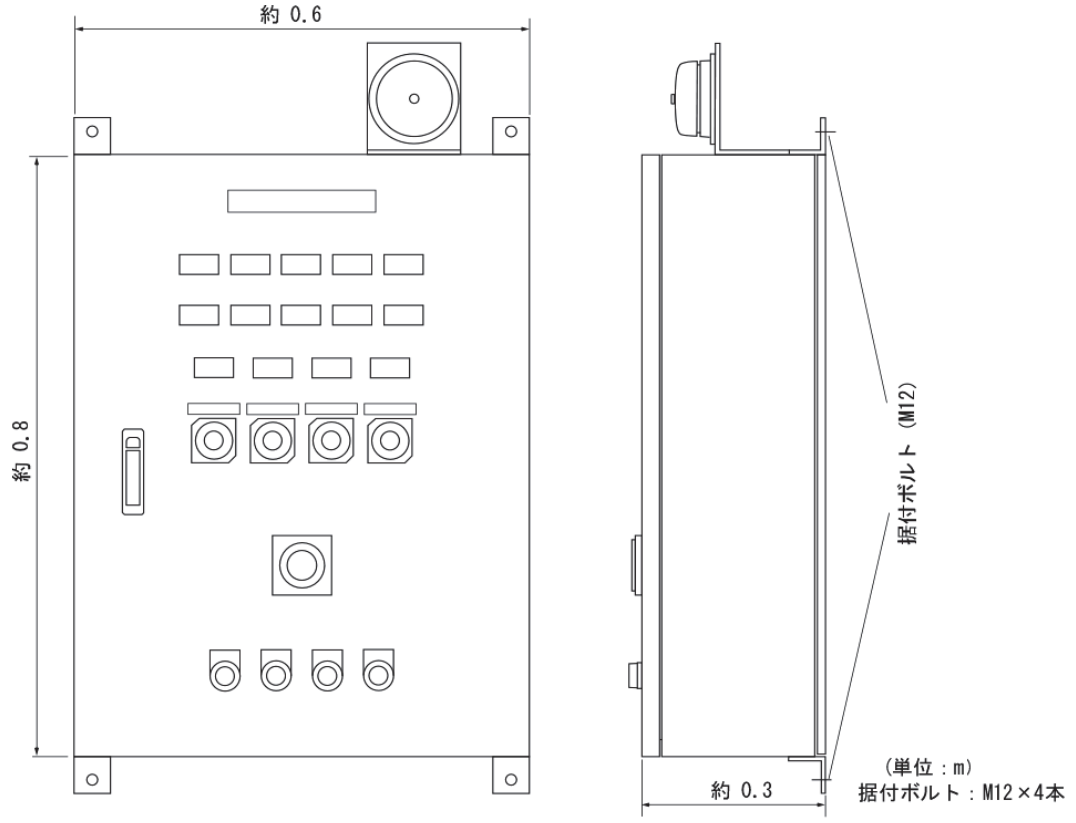
別図－３　炭酸ガス供給配管系統概要図（焼却施設）



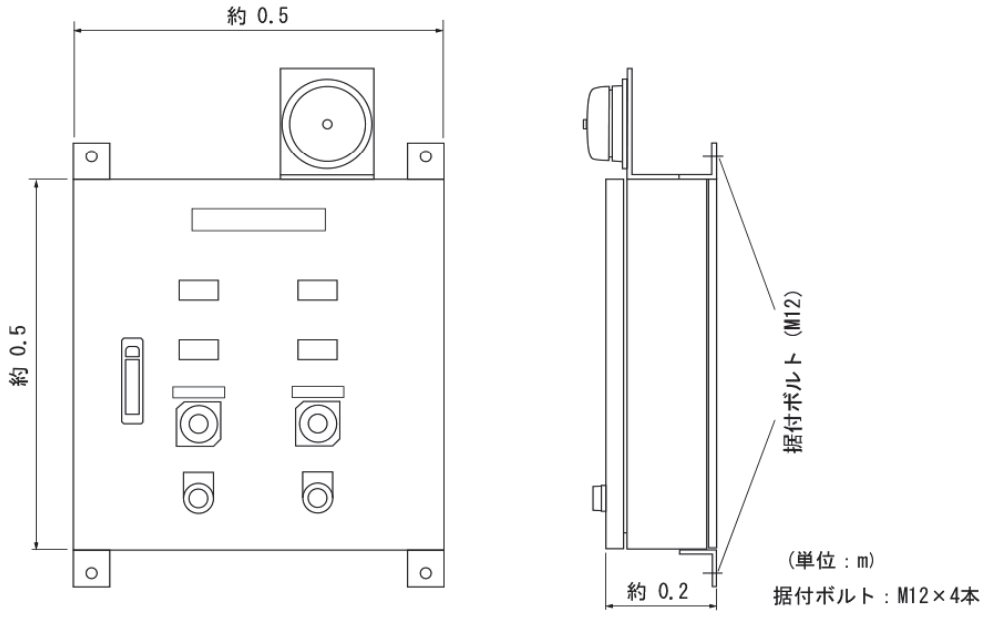
別図－４　操作盤類配置図（焼却施設）(1/2)



別図－４　操作盤類配置図（焼却施設）(2/2)

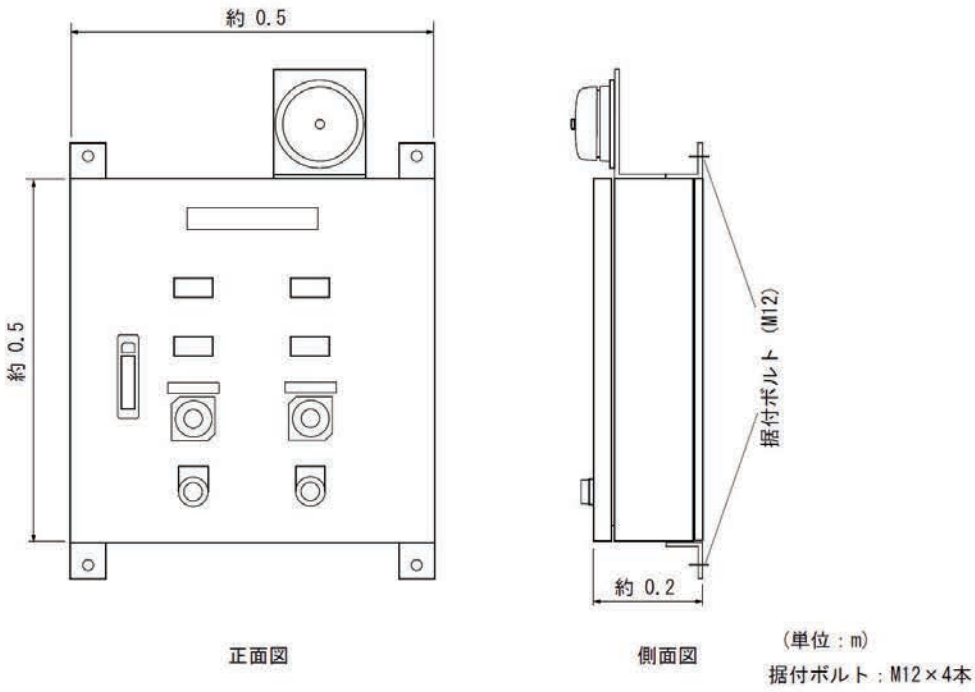


二酸化炭素消火設備制御盤(焼却施設 G3 10設置)

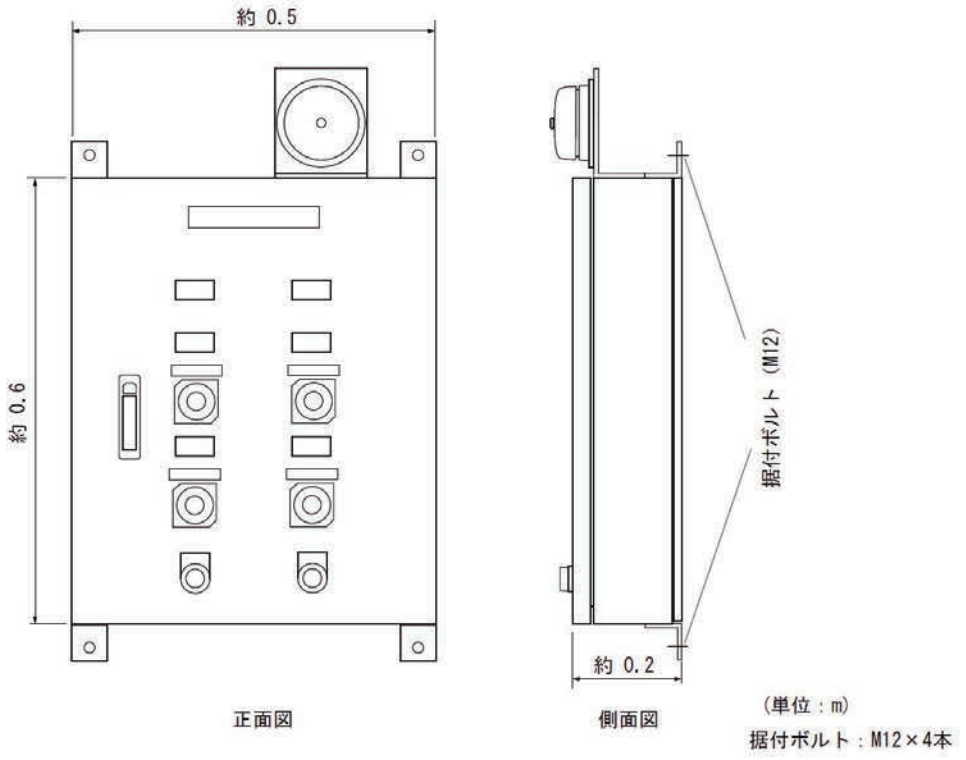


二酸化炭素消火設備操作盤(V25用)(焼却施設 A3 08設置)

別図－５　操作盤類の概要図（焼却施設）(1/2)



二酸化炭素消火設備操作盤(V21用)(焼却施設 A0 05設置)



二酸化炭素消火設備操作盤(焼却施設用)(廃棄物処理場 G1 01設置)

別図－５　操作盤類の概要図（焼却施設）(2/2)

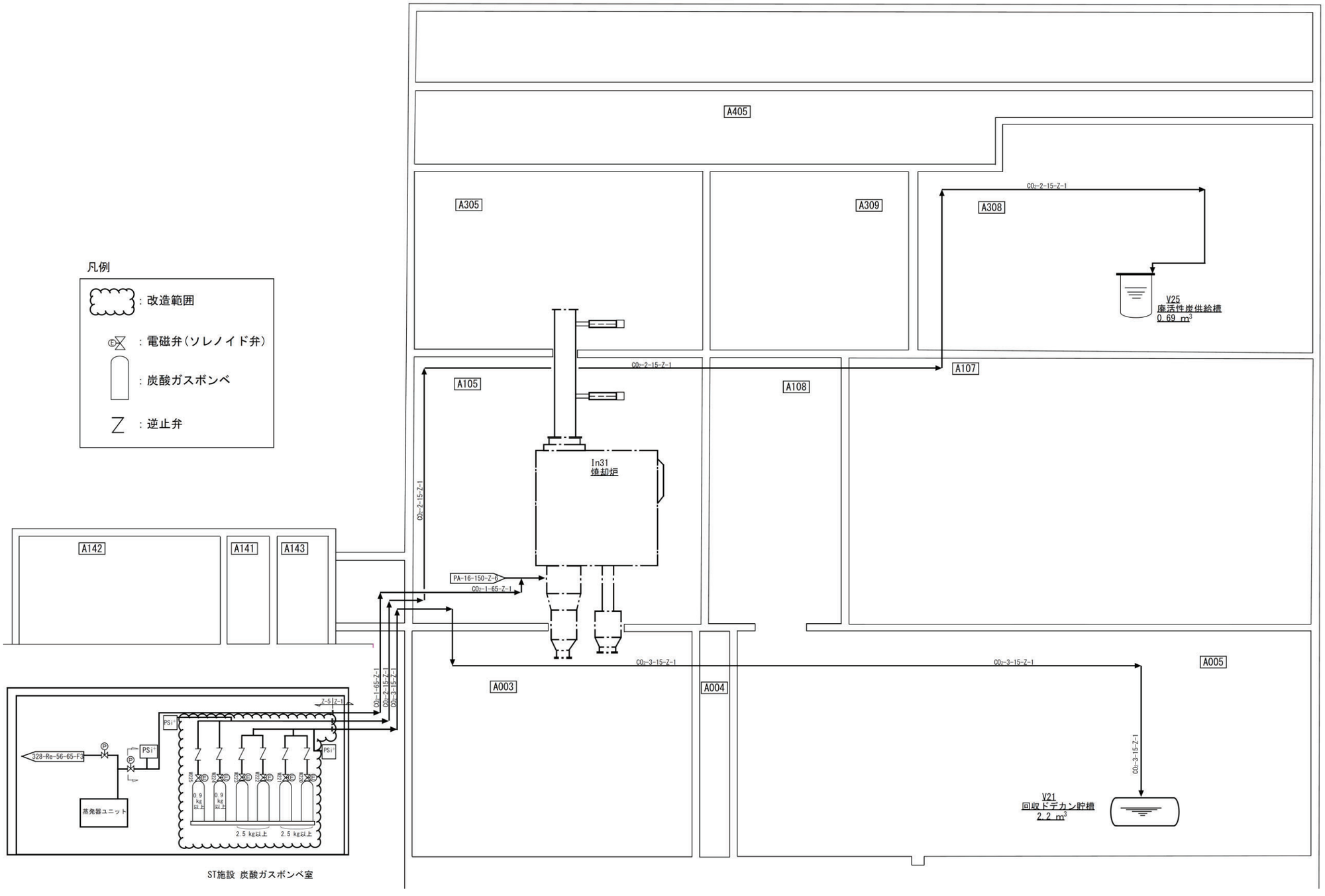
凡例

：改造範囲

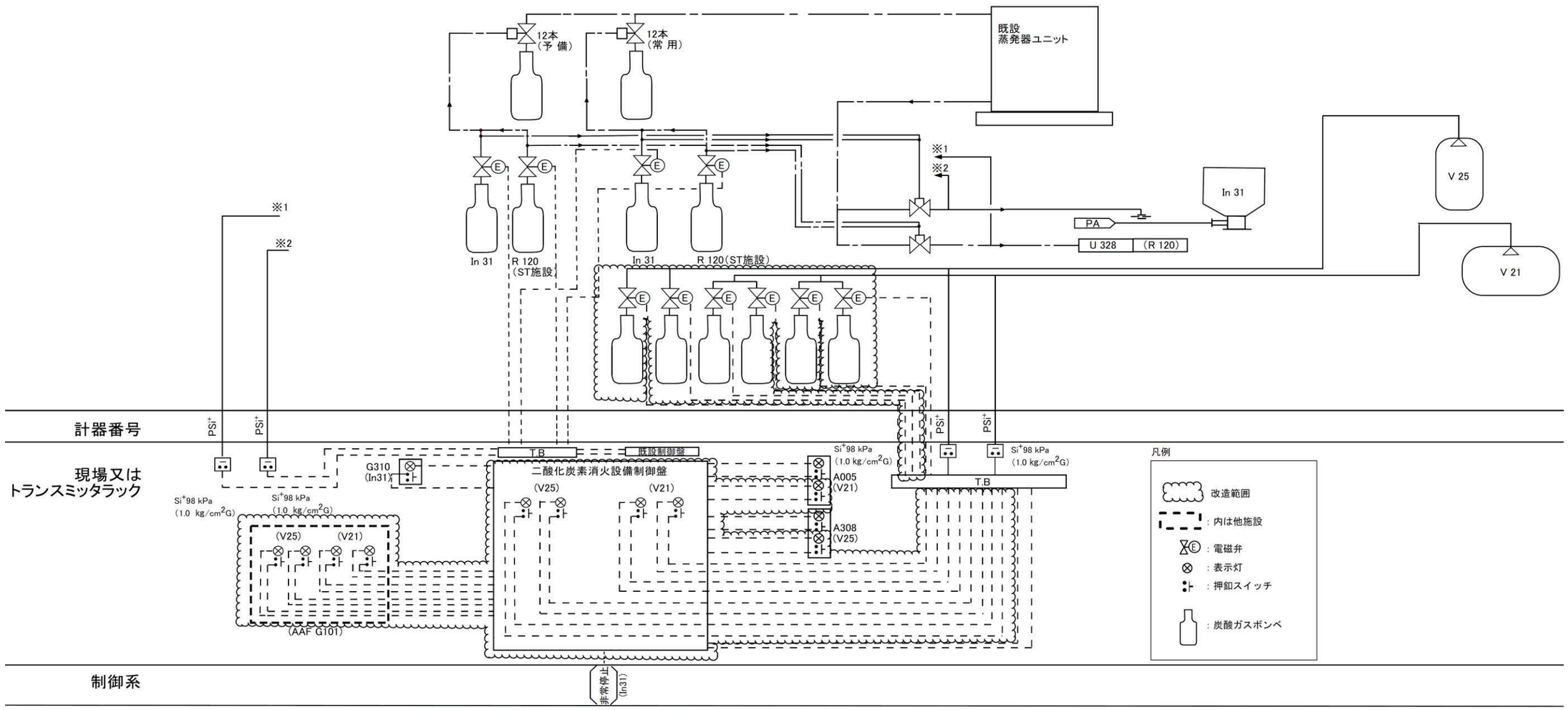
：電磁弁（ソレノイド弁）

：炭酸ガスボンベ

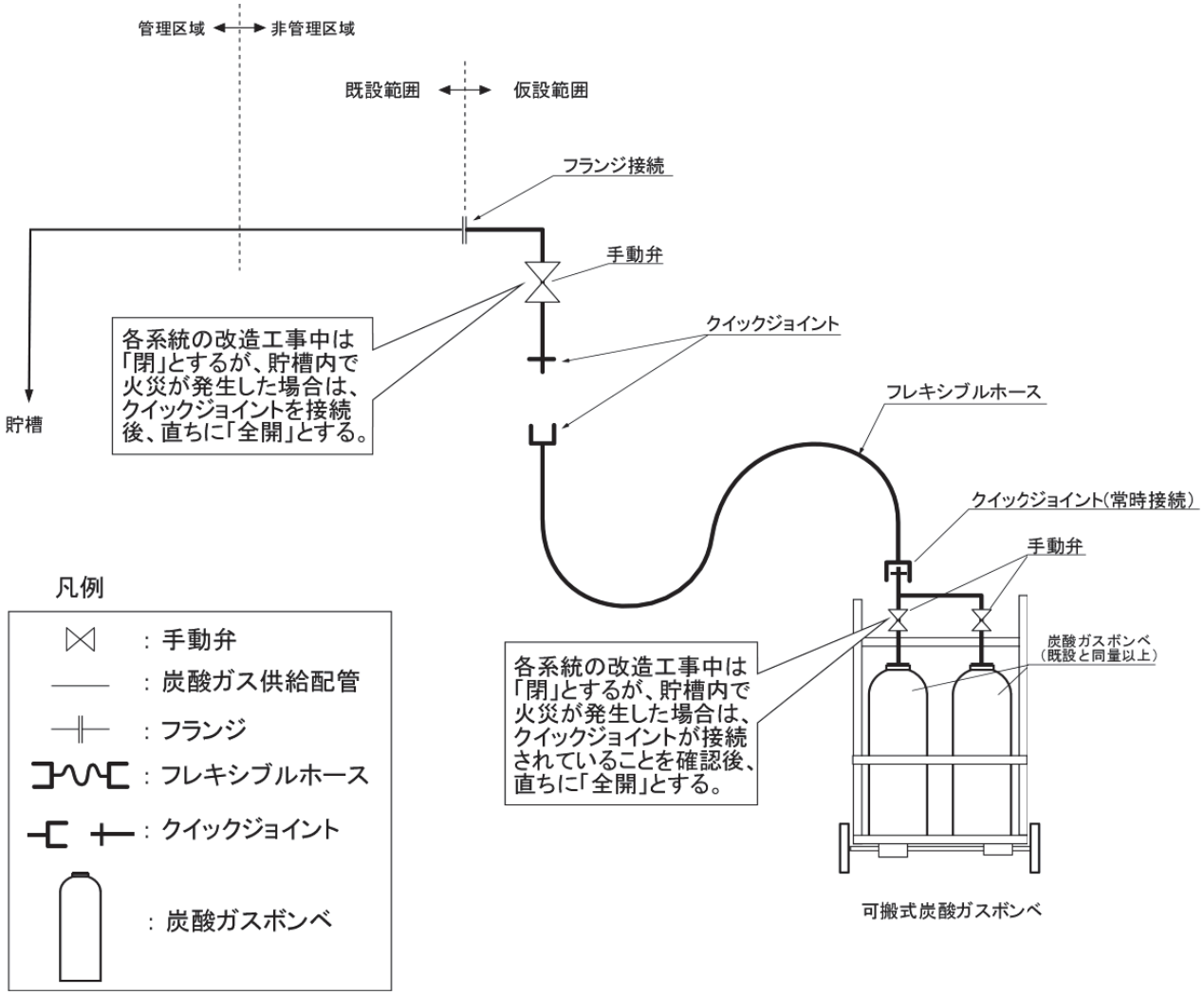
：逆止弁



別図－６　ユニット３４２ エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム（焼却施設）

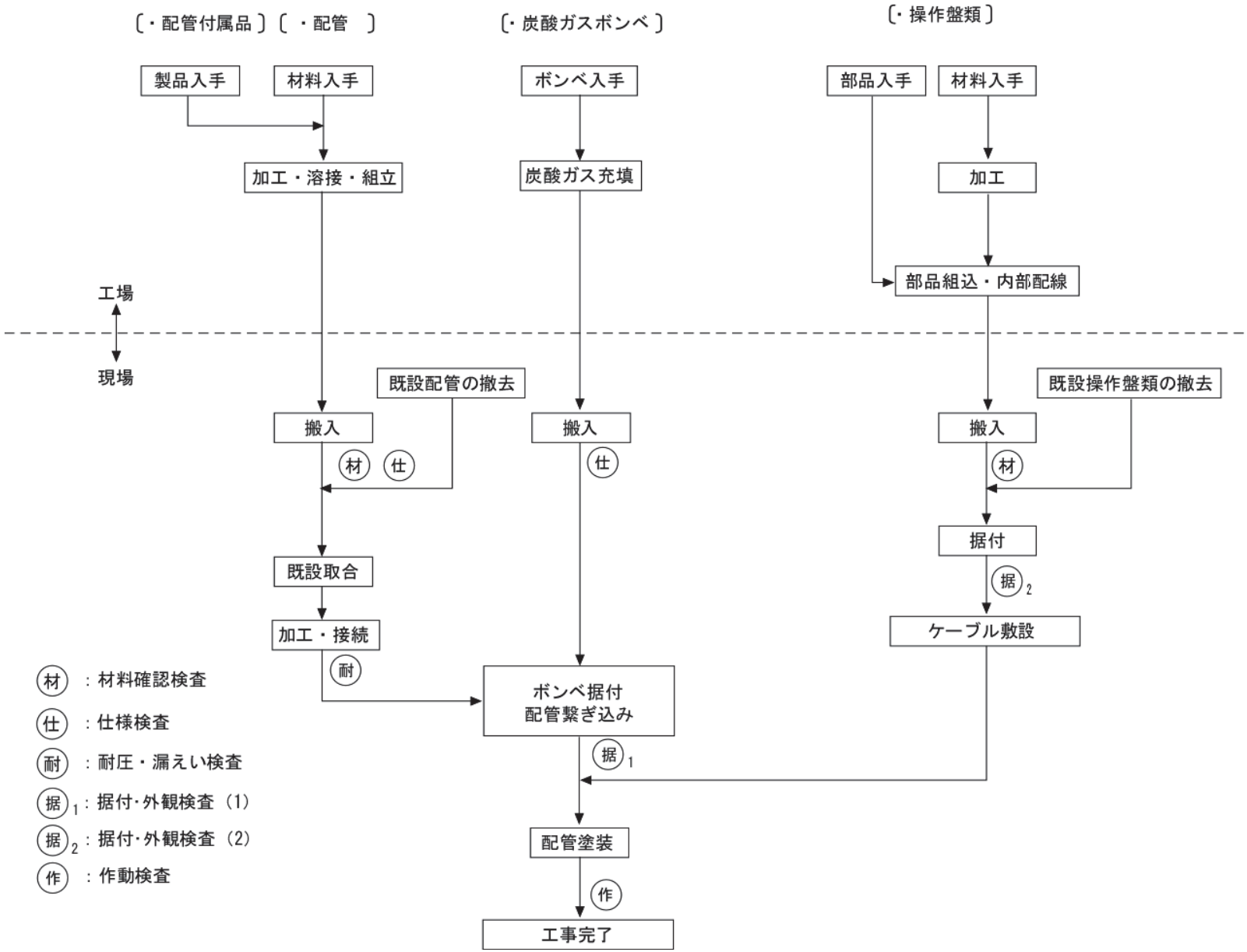


別図－７　ユニット３４２ 計装系統図（焼却施設）



別図－８　工事中における貯槽内火災時の処置概要図

（焼却施設）



別図－９　火災防護設備の一部改造に係る工事フロー（焼却施設）

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	有	第１項	別紙－２に示すとおり
第十一条	火災等による損傷の防止	有	第４項	別紙－３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２､３項	別紙－４に示すとおり
第十七条	材料及び構造	有	第１､２項	別紙－５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	－	－

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	－	－
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	－	－

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	－	－
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	－	－

別紙－１

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項　本申請は、焼却施設の炭酸ガス消火設備（耐震分類Ｃ類）について、炭酸ガス供給系統の追加により炭酸ガス供給配管の一部改造を行うものであり、耐震クラスの変更はない。操作盤類は設置施設における耐震分類Ｃ類の設計震度を用いて支持部に発生する応力が据付ボルトの許容応力を下回るように設計する。

炭酸ガス供給配管は、地震荷重、自重、内圧の荷重を含めた多質点解析を行い、配管に生じる応力が許容応力以下となるよう支持間隔を定め、地震力に対してその安全性が損なわれるおそれがないようにする。

第十条（閉じ込めの機能）

安全機能を有する施設は、次に掲げるところにより、使用済燃料、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（以下「使用済燃料等」という。）を限定された区域に閉じ込める機能を保持するように設置されたものでなければならない。

一　流体状の使用済燃料等を内包する容器又は管に使用済燃料等を含まない流体を導く管を接続する場合には、流体状の使用済燃料等が使用済燃料等を含まない流体を導く管に逆流するおそれがない構造であること。

二　セルは、その内部を常時負圧状態に維持し得るものであること。

三　液体状の使用済燃料等を取り扱う設備をその内部に設置するセルは、当該設備からの当該物質の漏えいを監視し得る構造であり、かつ、当該物質が漏えいした場合にこれを安全に処理し得る構造であるとともに当該物質がセル外に漏えいするおそれがない構造であること。

四　セル内に設置された流体状の使用済燃料等を内包する設備から、使用済燃料等が当該設備の冷却水、加熱蒸気その他の熱媒中に漏えいするおそれがある場合は、当該熱媒の系統は、必要に応じて、漏えい監視設備を備えるとともに、汚染した熱媒を安全に処理し得るように設置すること。

五　プルトニウム及びその化合物並びにこれらの物質の一又は二以上を含む物質（以下この条において「プルトニウム等」という。）を取り扱うグローブボックスは、その内部を常時負圧状態に維持し得るものであり、かつ、給気口及び排気口を除き、密閉することができる構造であること。

六　液体状のプルトニウム等を取り扱うグローブボックスは、当該物質がグローブボックス外に漏えいするおそれがない構造であること。

七　密封されていない使用済燃料等を取り扱うフードは、その開口部の風速を適切に維持し得るものであること。

八　プルトニウム等を取り扱う室（保管廃棄する室を除く。）及び使用済燃料等による汚染の発生のおそれがある室は、その内部を負圧状態に維持し得るものであること。

九　液体状の使用済燃料等を取り扱う設備が設置される施設（液体状の使用済燃料等の漏えいが拡大するおそれがある部分に限る。）は、次に掲げるところによるものであること。

イ　施設内部の床面及び壁面は、液体状の使用済燃料等が漏えいし難いものであること。

ロ　液体状の使用済燃料等を取り扱う設備の周辺部又は施設外に通ずる出入口若しくはその周辺部には、液体状の使用済燃料等が施設外へ漏えいすることを防止するための堰（せき）が設置されていること。ただし、施設内部の床面が隣接する施設の床面又は地表面より低い場合であって、液体状の使用済燃料等が施設外へ漏えいするおそれがないときは、この限りでない。

ハ　工場等の外に排水を排出する排水路（湧水に係るものであって使用済燃料等により汚染するおそれがある管理区域内に開口部がないものを除く。）の上に施設の床面がないようにすること。ただし、当該排水路に使用済燃料等により汚染された排水を安全に廃棄する設備及び第二十一条第三号に掲げる事項を計測する設備が設置されている場合は、この限りでない。

１項　初期火災用と再燃火災用の炭酸ガス供給量は、焼却施設の排気風量以下に設定することで施設の閉じ込め機能を維持する。

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。

４項　「危険物の規制に関する規則（第三十八条の三）」を準用して設定した炭酸ガス量（別表－１参照）の供給により貯槽内の炭酸ガス濃度が消火に必要な炭酸ガス濃度である 34％（FIRE PROTECTION HANDBOOK（NFPA））を満足することができる。

別表－１　消火に必要な炭酸ガス濃度を満足する炭酸ガス量

対象施設	対象貯槽	炭酸ガス量(kg)		炭酸ガス濃度（％）	
		初期火災用	再燃火災用	初期火災用	再燃火災用
焼却施設	342V21	2.7 以上	2.7 以上	49 以上	49 以上
	342V25	0.9 以上	0.9 以上	46 以上	46 以上

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項　本申請に係る炭酸ガス消火設備は、炭酸ガスボンベに付属する電磁弁と炭酸ガスボンベの切り離しを行うことで、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験が可能である。

３項　本申請に係る炭酸ガス消火設備は、炭酸ガスボンベに付属する電磁弁と炭酸ガスボンベを切り離し、操作盤類への電源供給を遮断することにより適切な保守及び修理が可能である。

別紙－５

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項　炭酸ガス供給配管の一部改造においては、炭酸ガスボンベの最高使用圧力（10.8 MPa）に変更がないことから、同最高使用圧力で設計される炭酸ガス供給配管は、既設配管と同等以上の強度及び肉厚を有する配管を用いることにより、設計上要求される強度を確保できる。

また、炭酸ガス供給配管の外表面は、塗装を行うことにより耐食性を確保できる。なお、本条項に準じ、材料確認検査を行い、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項　本申請に係る炭酸ガス供給配管の改造部については、耐圧・漏えい検査を行い、これに耐え、かつ、著しい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、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。

（添付３）

３．８．１４　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　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・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　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・9

６．　工事の工程　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・13

別　図　一　覧

別図－１　再燃火災対策の概念図（廃溶媒処理技術開発施設）
別図－２　炭酸ガス消火設備の改造概要図（廃溶媒処理技術開発施設）
別図－３　炭酸ガス供給配管系統概要図（廃溶媒処理技術開発施設）
別図－４　炭酸ガスボンベラック概要図（廃溶媒処理技術開発施設）
別図－５　炭酸ガスボンベラック配置図（廃溶媒処理技術開発施設）
別図－６　操作盤類配置図（廃溶媒処理技術開発施設）
別図－７　操作盤類の概要図（廃溶媒処理技術開発施設）
別図－８　ユニット３２８ エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム
（廃溶媒処理技術開発施設）
別図－９　ユニット３２８ 計装系統図（廃溶媒処理技術開発施設）
別図－１０　工事中における貯槽内火災時の処置概要図（廃溶媒処理技術開発施設）
別図－１１　火災防護設備の一部改造に係る工事フロー（廃溶媒処理技術開発施設）

表　一　覧

表－１　炭酸ガス量の設計条件

表－２　炭酸ガス供給配管の設計条件

表－３　改造に用いる配管類の仕様

表－４　改造に用いる炭酸ガスボンベの仕様

表－５　改造に用いる炭酸ガスボンベラックの仕様

表－６　改造に用いる操作盤類の仕様

表－７　改造に用いるケーブルの仕様

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（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 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 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。

火災防護設備の一部改造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、危険物（廃溶媒等）を貯蔵する貯槽は、貯槽内の状況を目視で確認できないため、万一、再燃火災が発生した場合でも消火を確実に行えるように炭酸ガスの供給を増強するため、炭酸ガス消火設備の一部を改造するものである。

本変更は、令和 7 年 5 月 29 日付け原規規発第 2505293 号をもって変更の認可を受けた廃止措置計画で示した、高放射性廃液貯蔵場（HAW)、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及びそれらに関連する施設以外の分離精製工場（MP）等の施設の火災防護対策について、有意な放射性物質を建家外に放出させない対策として実施するものである。

なお、廃溶媒処理技術開発施設の炭酸ガス消火設備に関する設計及び工事の方法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）

「消防法」（昭和 23 年法律第 186 号）

「危険物の規制に関する規則」（昭和 34 年総理府令第 55 号）

「高圧ガス保安法」（昭和 26 年法律第 204 号）

「日本産業規格（JIS)」

「日本電線工業会規格（JCS)」（日本電線工業会）

「発電用原子力設備規格（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）

３．設計の基本方針

本申請で改造を行う炭酸ガス消火設備は、危険物（廃溶媒等）を貯蔵する貯槽内の火災に対し、炭酸ガスボンベから貯槽内に炭酸ガスを供給し初期消火を行うものであるが、初期消火の後、貯槽内の状況を目視で確認できないことから、万一の再燃火災を想定し、炭酸ガス消火設備を一部改造する。

今回の申請では、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）の第六条（地震による損傷の防止）の第１項、第十条（閉じ込めの機能）の第１項、第十一条（火災等による損傷の防止）の第４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

廃溶媒処理技術開発施設の既設炭酸ガス消火設備には、初期火災用として、炭酸ガスを自動供給する系統と、炭酸ガスを自動供給後に手動供給する系統の 2 種類があり、それぞれにボンベ及び供給配管等が設置されている。自動供給する系統については、再燃火災用の手動供給系統を追加し、消火に必要な炭酸ガス量を充填したボンベを設置する。また、自動供給後に手動供給する系統については、初期火災用（自動供給）と再燃火災用（手動供給）に分けて使用できるよう、それぞれ消火に必要な炭酸ガス量を充填したボンベに更新する。これらの再燃火災用の供給系統の追加及び炭酸ガス量の変更に伴うボンベサイズの変更により、炭酸ガス供給配管の一部改造を行う（別図－１参照）。

炭酸ガス量及び炭酸ガス供給配管は以下を満足するように設計する。

① 貯槽内に供給する炭酸ガス量は、「危険物の規制に関する規則（第三十八条の三)」を準用して設定し、消火に必要な炭酸ガス濃度（34％※1）以上となるようにする。

② 改造する炭酸ガス供給配管は、炭酸ガスボンベの最高使用圧力(10.8 MPa)に耐える仕様とする。

※1　FIRE　PROTECTION　HANDBOOK（NFPA）

また、炭酸ガス供給系統の追加に伴い、制御室（G2 01）の操作盤類を更新し、手動供給機能、供給確認機能を付加するとともに、炭酸ガスボンベ室の二酸化炭素消火設備制御盤を改造し、供給確認機能を付加する。

炭酸ガス量の設計条件、炭酸ガス供給配管の設計条件を表－１、表－２、炭酸ガス消火設備の改造概要図（廃溶媒処理技術開発施設）を別図－２、炭酸ガス供給配管系統概要図（廃溶媒処理技術開発施設）を別図－３、炭酸ガスボンベラック概要図（廃溶媒処理技術開発施設）を別図－４、炭酸ガスボンベラッ

ク配置図（廃溶媒処理技術開発施設）を別図－５、操作盤類配置図（廃溶媒処理技術開発施設）を別図－６、操作盤類の概要図（廃溶媒処理技術開発施設）を別図－７、ユニット３２８ エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム（廃溶媒処理技術開発施設）を別図－８、ユニット３２８ 計装系統図（廃溶媒処理技術開発施設）を別図－９に示す。

表－１　炭酸ガス量の設計条件

対象施設	対象貯槽 （使用容量：m^3）	炭酸ガス追加供給の方法	現状の炭酸ガス量（kg）			改造後の炭酸ガス量（kg）※2	
			初期火災用		再燃火災用	初期火災用	再燃火災用
廃溶媒処理技術開発施設	328V10(約 10) 328V11(約 10)	供給系統の追加	約 15※3 約 15※3		－	12 以上※3 12 以上※3	12 以上※5 12 以上※5
	328V20(約 1.5) 328V21(約 1.2) 328V22(約 1.2) 328V23(約 2.5) 328V24(約 1.5) 328V25(約 1.5) 328V47(約 1.5)		約 3.3※3 約 3.3※3 約 3.3※3 約 3.3※3 約 3.3※3 約 3.3※3 約 3.3※3		－	1.9 以上※3 1.5 以上※3 1.5 以上※3 3.1 以上※3 1.9 以上※3 1.9 以上※3 1.9 以上※3	1.9 以上※5 1.5 以上※5 1.5 以上※5 3.1 以上※5 1.9 以上※5 1.9 以上※5 1.9 以上※5
	328V40(約 3.5) 328V41(約 5.0)	既設 1 系統の使用	約 3.3※3 約 3.3※3	約 3.3※4 約 3.3※4	－	4.3 以上※3 6.1 以上※3	4.3 以上※5 6.1 以上※5
	328V30(約 20) 328V31(約 20) 328V32(約 20)		約 15※3 約 15※3 約 15※3	約 15※4 約 15※4 約 15※4	－	21 以上※3 21 以上※3 21 以上※3	21 以上※5 21 以上※5 21 以上※5

※2　「危険物の規制に関する規則（第三十八条の三)」を準用し、消火に必要な炭酸ガス量を設定。

※3　温度記録上限緊急操作装置（TRP^+）の作動により自動供給。

※4　温度記録上限緊急操作装置（TRP^+）の作動による自動供給後に手動供給。

※5　再燃火災時に手動供給。

表－２　炭酸ガス供給配管の設計条件

名称	流体	最高使用温度（℃）	最高使用圧力(MPa)	放射能濃度	溶接機器区分	耐震分類
炭酸ガス供給配管	二酸化炭素	40	10.8	－	－	C

(2) 仕様

改造に用いる配管類、炭酸ガスボンベ、炭酸ガスボンベラック、操作盤類及びケーブルの仕様を表－３、表－４、表－５、表－６及び表－７に示す。

表－３　　改造に用いる配管類の仕様

名称	材料 (適用規格)	呼び径	スケジュール (肉厚(mm))	備考
配管	STPG370 (JIS G 3454)	15 A	Sch 80 (3.7)	別図－３参照
		10 A	Sch 80 (3.2)	別図－３参照
		8 A	Sch 80 (3.0)	別図－３参照
フランジ	STPG370 (JIS G 3454)	15 A	－	
		10 A	－	
		8 A	－	
ユニオン	S25C (JIS G 4051)	15 A	－	
		10 A	－	
		8 A	－	
エルボ	S25C (JIS G 4051)	15 A	－	
		10 A	－	
		8 A	－	
ティー	S25C (JIS G 4051)	15 A×15 A	－	
レジューサ	S25C (JIS G 4051)	15 A×10 A	－	
		15 A×8 A	－	
逆止弁	C3602BD (JIS H 3250)	15 A	－	

表－４　　改造に用いる炭酸ガスボンベの仕様

名称	消火剤	設置場所	備考
炭酸ガスボンベ※6	二酸化炭素	廃溶媒処理技術開発施設 炭酸ガスボンベ室	電磁弁含む

※6　一般財団法人日本消防設備安全センターの認定品を使用。

表－５　　改造に用いる炭酸ガスボンベラックの仕様

名称	設置場所	概略寸法(m) 高さ×幅×奥行	数量	耐震 分類	備考
炭酸ガスボンベ ラック	廃溶媒処理技術開発施設 炭酸ガスボンベ室	約 1.6×約 0.8 ×約 0.5	1 基	C	別図－４ 参照
	廃溶媒処理技術開発施設 炭酸ガスボンベ室	約 2.4×約 1.3 ×約 0.7	1 基	C	別図－４ 参照

表－６　　改造に用いる操作盤類の仕様

名称	設置場所	概略寸法(m) 高さ×幅×奥行	数量	耐震 分類	備考
危険物 貯蔵タンク用 操作盤	廃溶媒処理技 術開発施設 (G2 01)	約 1.0×約 0.7 ×約 0.2	1 基	C	壁掛型 別図－７ (1/2) 参照
異常・放出 表示盤	廃溶媒処理技 術開発施設 (G2 01)	約 1.0×約 0.6 ×約 0.2	1 基	C	壁掛型 別図－７ (1/2) 参照

表－７　　改造に用いるケーブルの仕様

名称	適用規格	材料	備考
ケーブル (盤内配線用)	JIS C 3317	600V 二種ビニル絶縁電線	
ケーブル (信号線用)	JCS 3501	耐熱ケーブル	
ケーブル (電源用)	JCS 4506	耐火ケーブル	

(3) 保守

炭酸ガス消火設備は、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炭酸ガスボンベ、電磁弁、操作盤類の押釦スイッチ、表示灯等であり、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検査により確認する。

(1) 工事の手順

本工事を行うに当たっては、廃溶媒処理技術開発施設の炭酸ガスボンベ室の炭酸ガス供給系統について、事前に可搬式炭酸ガスボンベ及びフランジ付き配管等を準備した上で、既設の炭酸ガスボンベに付属する電磁弁を取り外し、炭酸ガス供給系統を隔離する。隔離後、既設配管の取合部にフランジ付き配管等を仮設し、準備した可搬式炭酸ガスボンベから炭酸ガス供給が可能な状態とした上で、更新範囲の炭酸ガスボンベラック、炭酸ガスボンベ、炭酸ガス供給配管等を撤去する。

工事中における貯槽内火災時の処置概要図（廃溶媒処理技術開発施設）を別図－１０に示す。

本工事に用いる新規の炭酸ガスボンベラックは材料入手後、工場においてボルト接合可能な部品に加工・溶接を行った後、現地に搬入して組み立て、据付ボルトで所定の位置に据え付ける。

炭酸ガスボンベは既製品を入手後、工場において高圧ガス保安法の検査後に炭酸ガスを充填し、現地に搬入して所定の位置に据え付ける。

配管は材料入手後、工場において加工・溶接を行った後、現地に搬入し、所定の位置に敷設する。

操作盤類は材料入手後、加工及び部品組込み・内部配線を行った後、現地に搬入する。操作盤類の据付に当たっては、既設操作盤類の電源を遮断して隔離措置を行い、既設を撤去し、搬入した操作盤類を据付ボルトで所定の位置に据え付ける。また、二酸化炭素消火設備制御盤は既設に表示灯の追加設置を行う。その後、電気配線類を炭酸ガスボンベ等と接続する。

本工事フローを別図－１１に示す。

工事の各段階で所要の検査を行うこととしており、実施する検査項目(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 材料確認検査

対　象：配管類及びケーブル

方　法：改造に用いる配管類及びケーブルの仕様を材料証明書等により確認する。

判　定：表－３及び表－７に示すとおりであること。

② 仕様検査

対　象：炭酸ガスボンベ

方　法：改造に用いる炭酸ガスボンベが一般財団法人日本消防設備安全センターの認定品であることを性能評定書により確認する。また、炭酸ガス量を充填成績書等で確認する。

判　定：炭酸ガスボンベが認定品であること。また、炭酸ガス量が表－１に示すとおりであること。

③ 耐圧・漏えい検査

対　象：配管類

方　法：改造範囲の配管類に対して所定の圧力（表－２に示す最高使用圧力の 1.25 倍以上の気圧）をかけ、著しい変形が発生しないことを目視により確認する。また、発泡剤により漏れによる発泡の有無を目視により確認する。

判　定：著しい変形がないこと及び発泡のないこと。

④ 据付・外観検査（1）

対　象：炭酸ガスボンベラック

方　法：炭酸ガスボンベラックの据付状態を目視により確認する。また、外観に有害な傷及び変形がないことを目視により確認する。

判　定：炭酸ガスボンベラックの据付状態が別図－４、別図－５に示す状態であること。また、外観に有害な傷及び変形がないこと。

⑤ 据付・外観検査（2）

対　象：配管類

方　法：敷設した配管類の改造範囲を目視により確認する。また、外観に有害な傷及び変形がないことを目視により確認する。

判　定：敷設した配管類の改造範囲が別図－３に示す範囲であること。また、外観に有害な傷及び変形がないこと。

⑥ 据付・外観検査（3）

対　象：操作盤類

方　法：操作盤類の据付状態を目視により確認する。また、外観に有害な傷及び変形がないことを目視により確認する。

判　定：操作盤類の据付状態が別図－６、別図－７に示す状態であること。また、外観に有害な傷及び変形がないこと。

⑦ 作動検査

対　象：操作盤類及び電磁弁

方　法：操作盤の押釦スイッチの開操作により、電磁弁が作動することを目視により確認する。また、操作盤類の表示灯が点灯することを目視により確認する。

判　定：電磁弁が正常に作動すること。また、操作盤類の表示灯が点灯すること。

(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、作業者に係る労働安全に努める。

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。

③ 本工事期間中は、火災の発生に起因する作業（廃溶媒等の移送作業等）は実施しない。

④ 本工事期間中は、既設炭酸ガス消火設備の供給機能を停止する。供給機能の停止中に既設の温度上限緊急操作装置（TRP⁺）の作動により火災を感知した場合には、配備した可搬式炭酸ガスボンベ等を使用して消火する。

⑤ 本工事期間中において、関連する貯槽の廃気温度の情報を運転員が常駐する廃棄物処理場の制御室に集約し、仮設モニタにより常時監視を行う。監視中に廃気温度の上昇傾向を確認した場合には、速やかに可搬式の炭酸ガスボンベにより初期消火を行う。

⑥ 可搬式の炭酸ガスボンベは、転倒防止のため固縛処置を施す。

⑦ 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。

⑧ 本工事における重量物の運搬は、運搬台車等により既設構造物に破損等の影響を与えないよう作業を行う。

⑨ 本工事においては、作業場所の線量・汚染確認を実施し、必要な処置を行い、作業者の被ばく低減に努める。

⑩ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺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。

⑪ 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、監視人の配置等の火災を防止するための必要な措置を講じる。

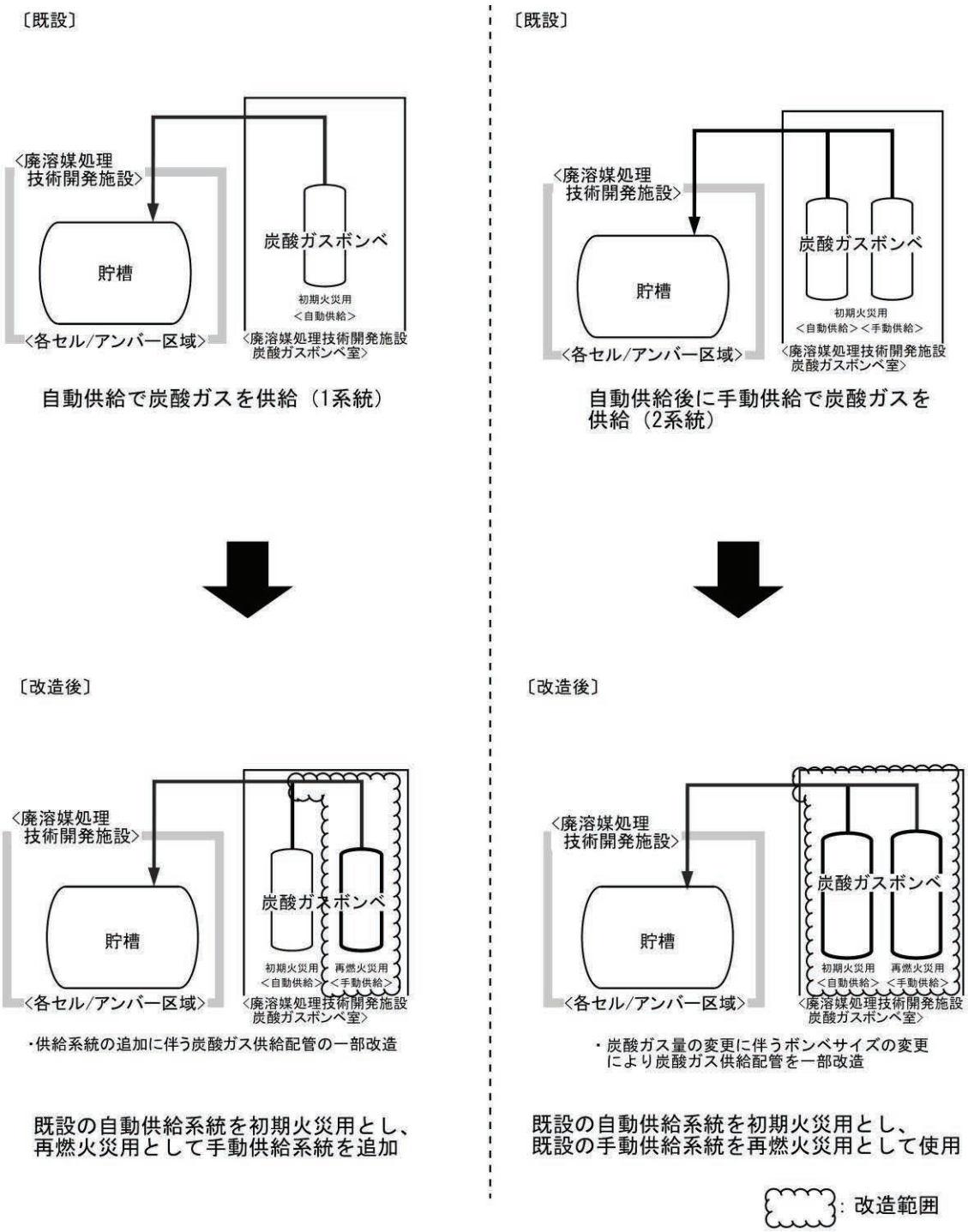
６．工事の工程

本申請に係る工事の工程を表－８に示す。

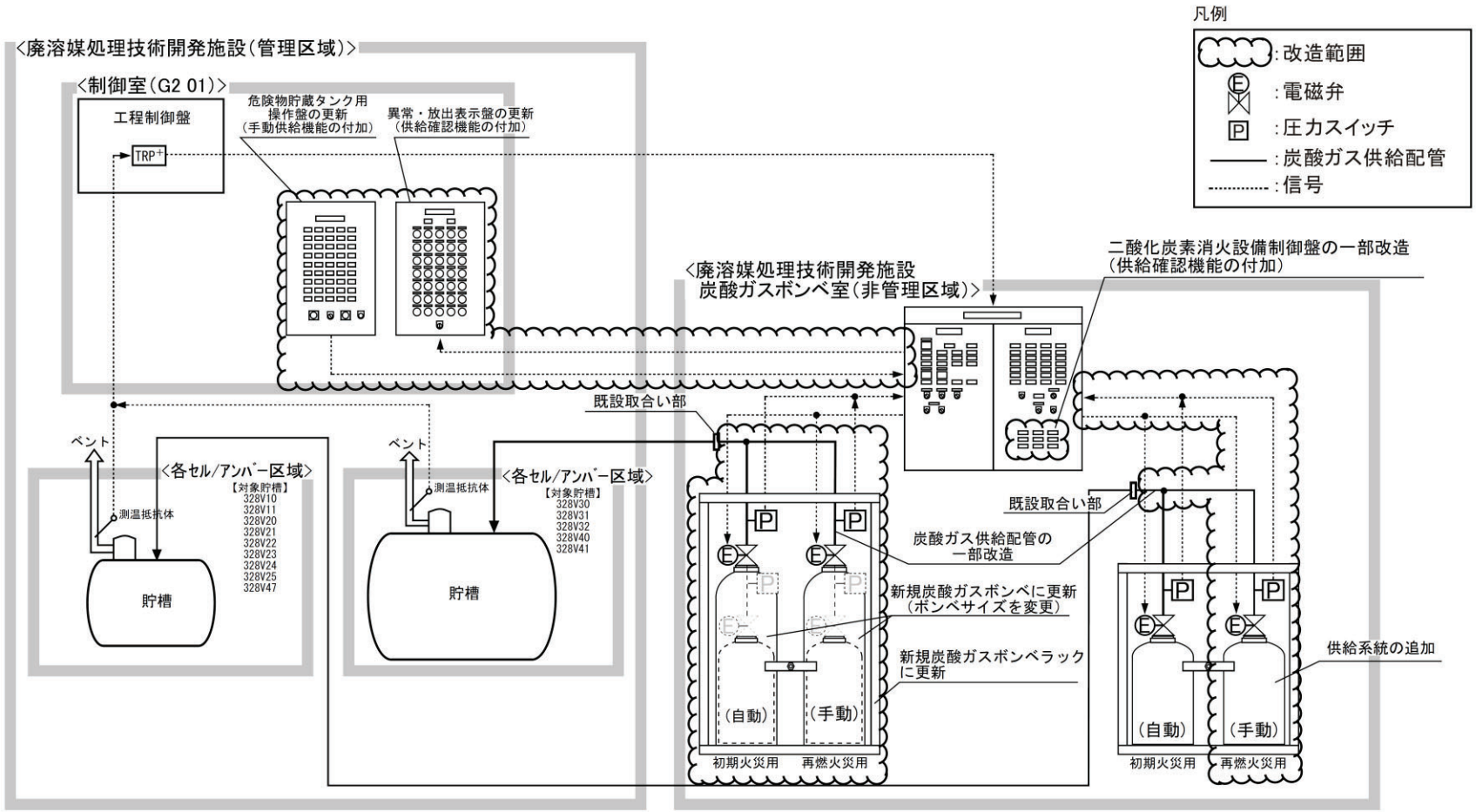
表－８　工事工程表

	令和７年度					備考
	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	
火災防護設備の一部改造		工事				

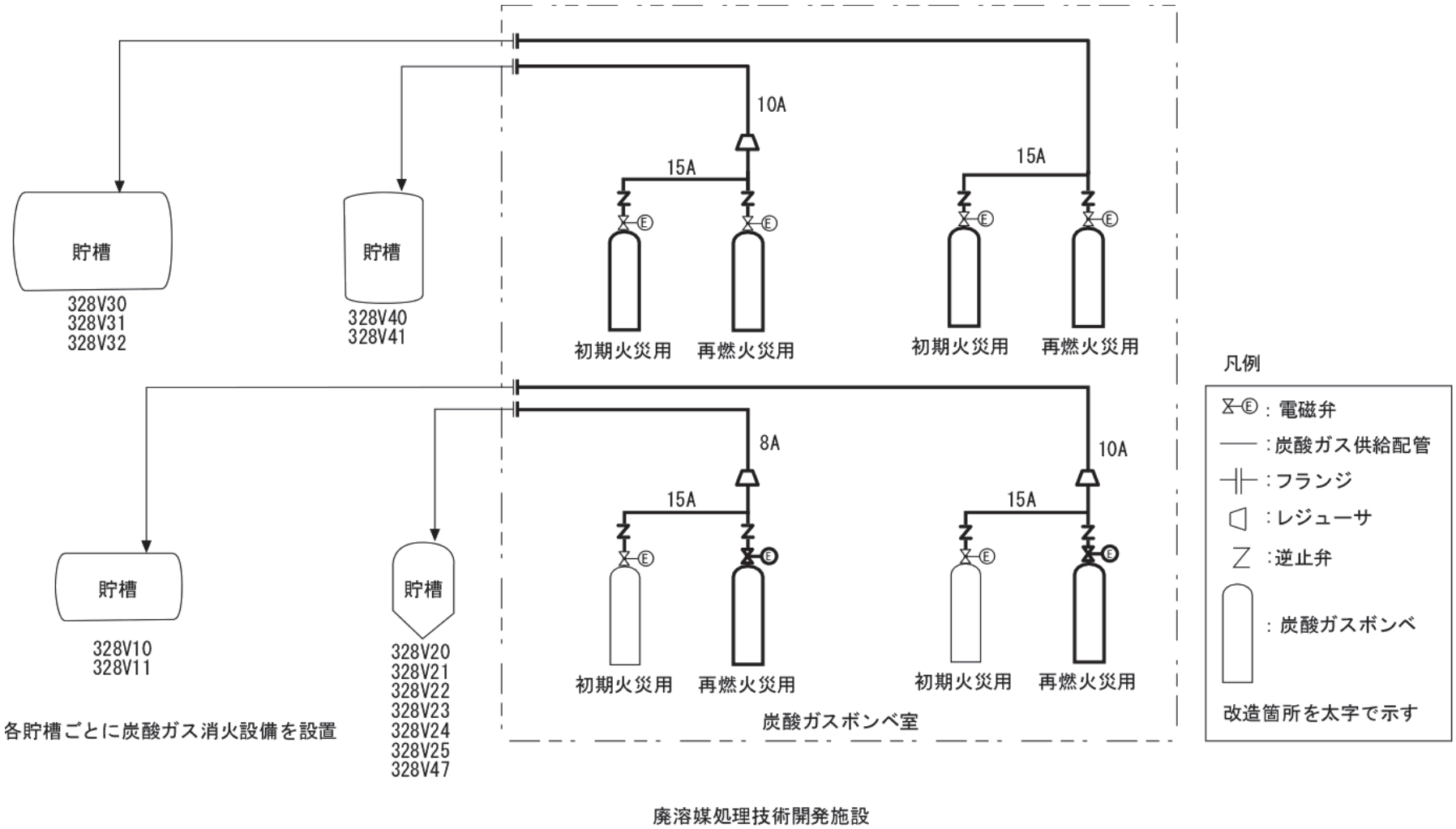
（別図）



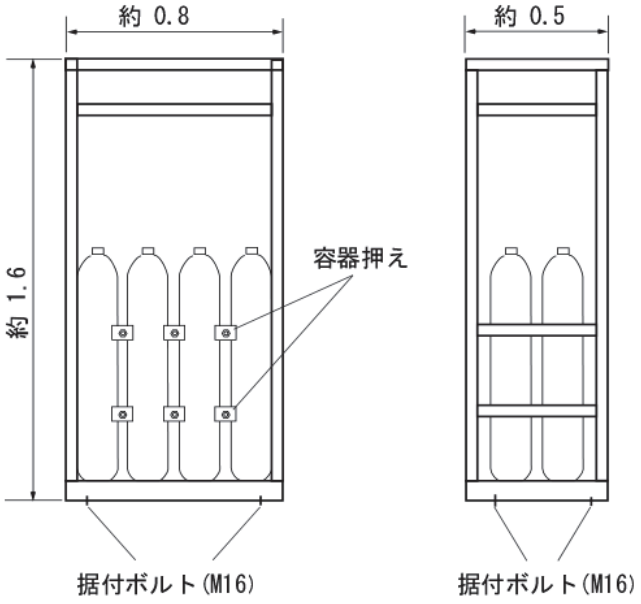
別図－１　再燃火災対策の概念図（廃溶媒処理技術開発施設）



別図－２　炭酸ガス消火設備の改造概要図（廃溶媒処理技術開発施設）



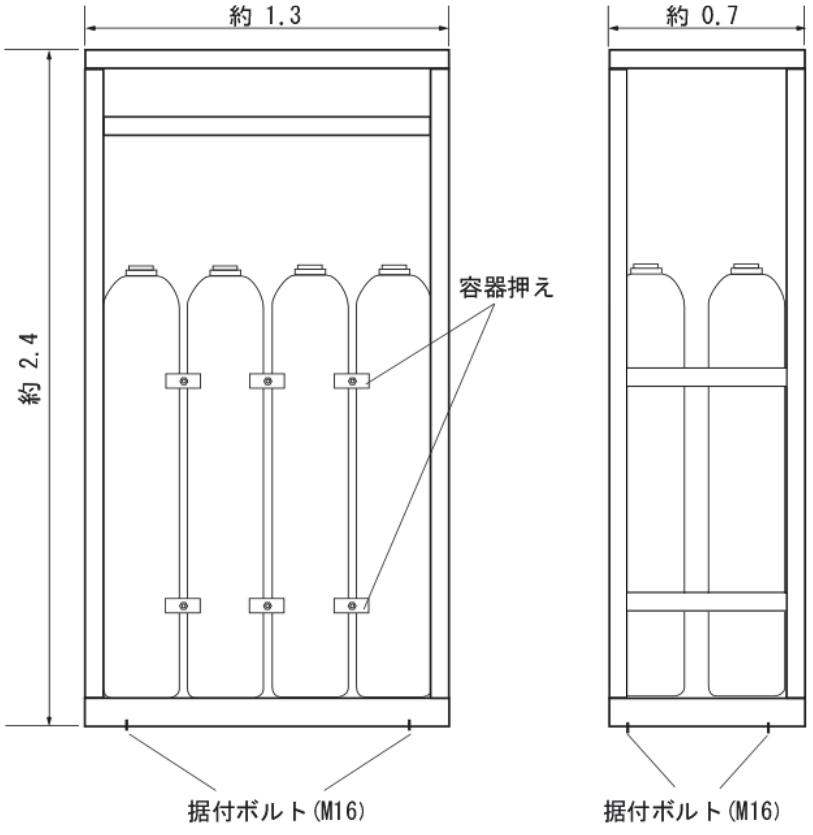
別図－３　炭酸ガス供給配管系統概要図（廃溶媒処理技術開発施設）



正面図　　側面図

（単位：m）
据付ボルト：M16×4本

（廃溶媒処理技術開発施設 炭酸ガスボンベ室設置）

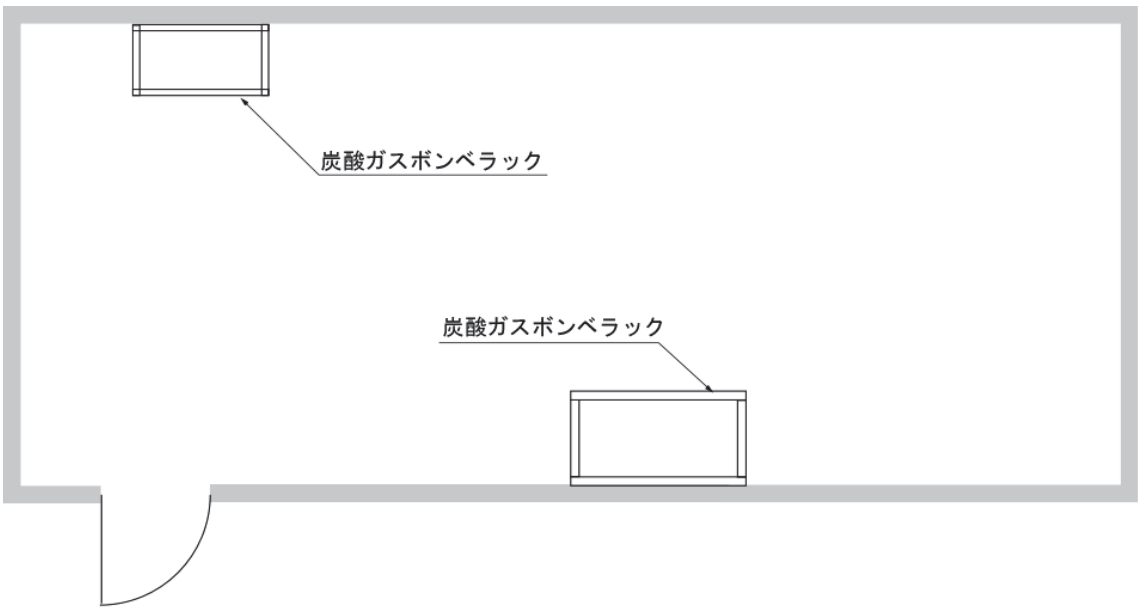


正面図　　側面図

（単位：m）
据付ボルト：M16×4本

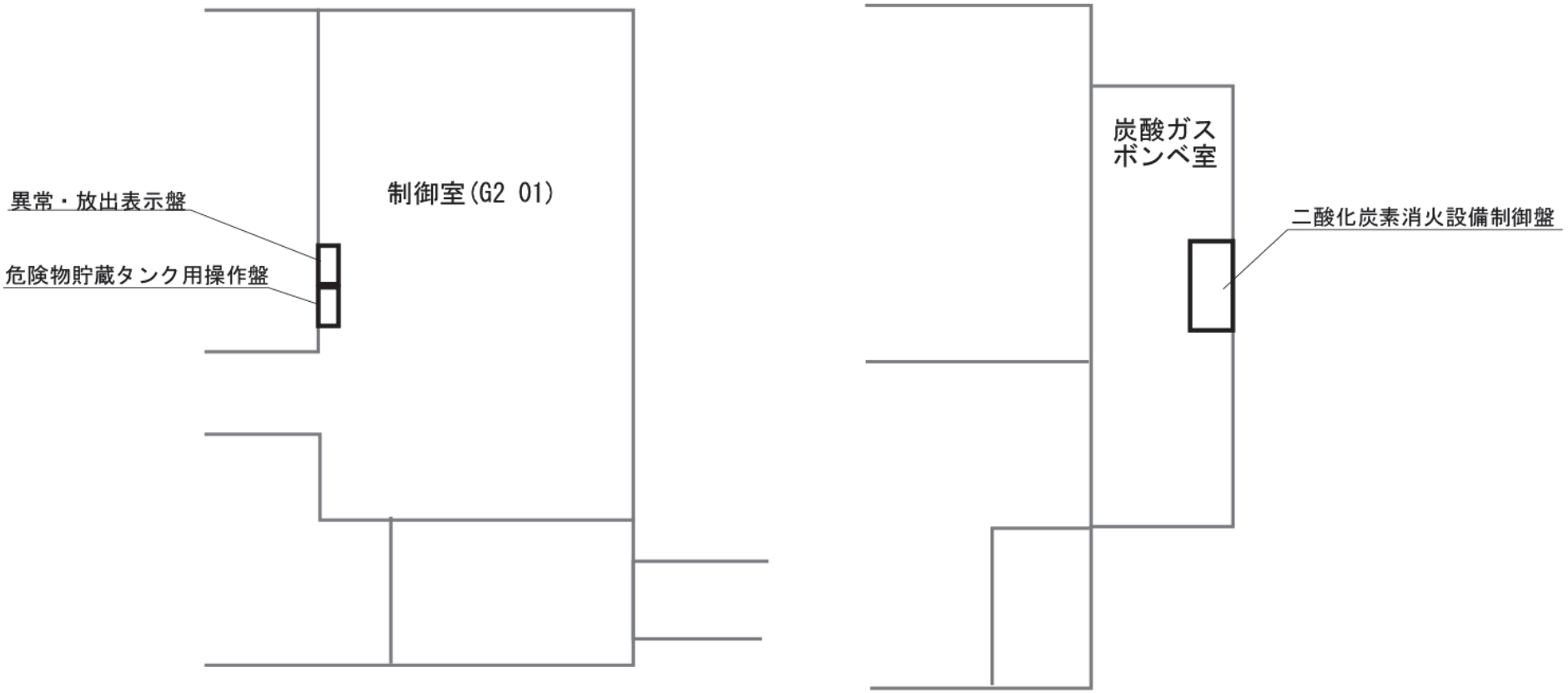
（廃溶媒処理技術開発施設 炭酸ガスボンベ室設置）

別図－４　炭酸ガスボンベラック概要図（廃溶媒処理技術開発施設）

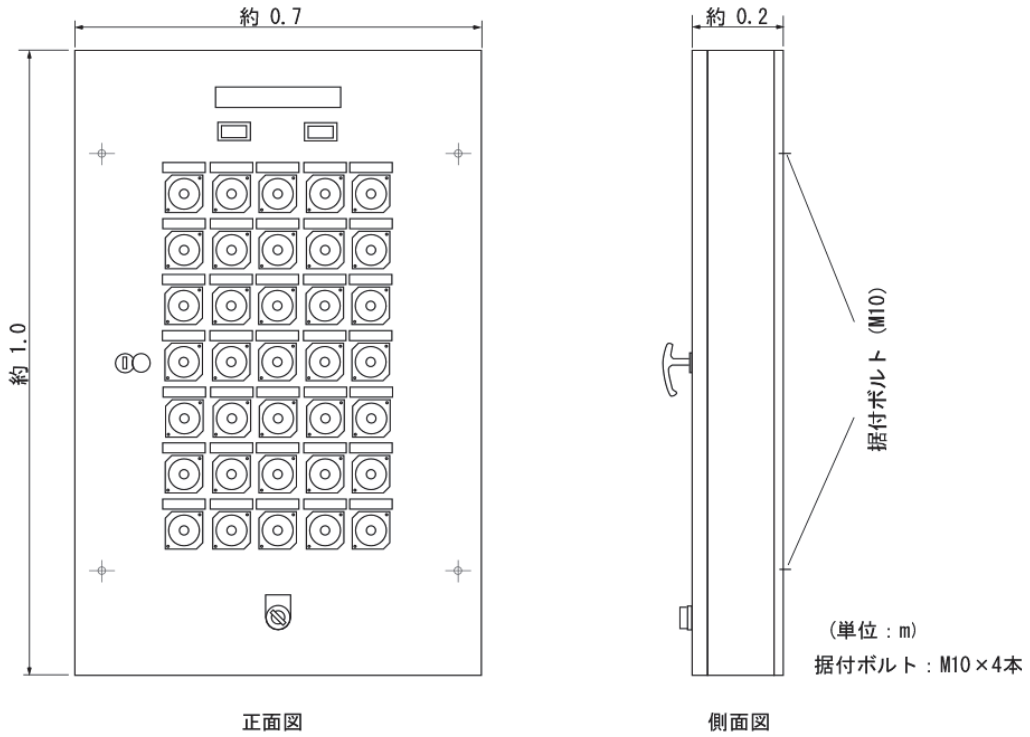


廃溶媒処理技術開発施設
炭酸ガスボンベ室

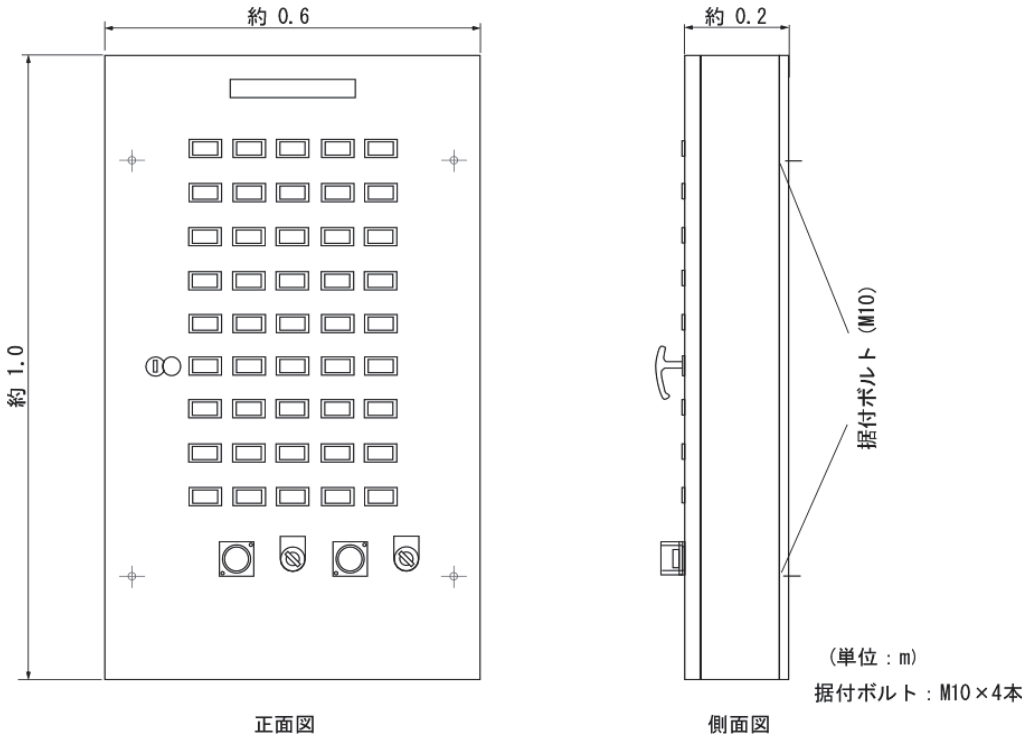
別図－５　炭酸ガスボンベラック配置図（廃溶媒処理技術開発施設）



別図－６　操作盤類配置図（廃溶媒処理技術開発施設）

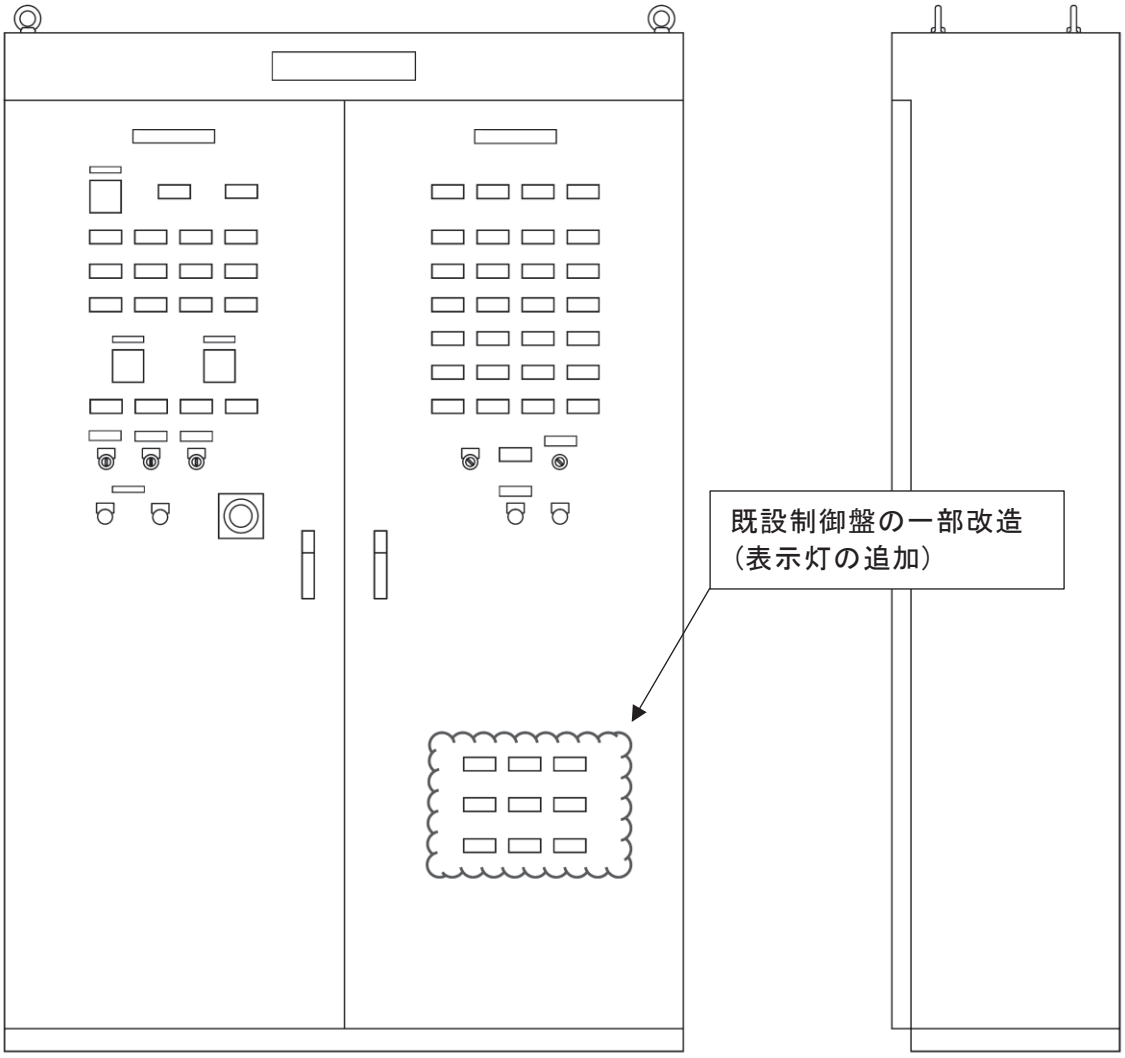


危険物貯蔵タンク用操作盤（廃溶媒処理技術開発施設 G2 01設置）



異常・放出表示盤（廃溶媒処理技術開発施設 G2 01設置）

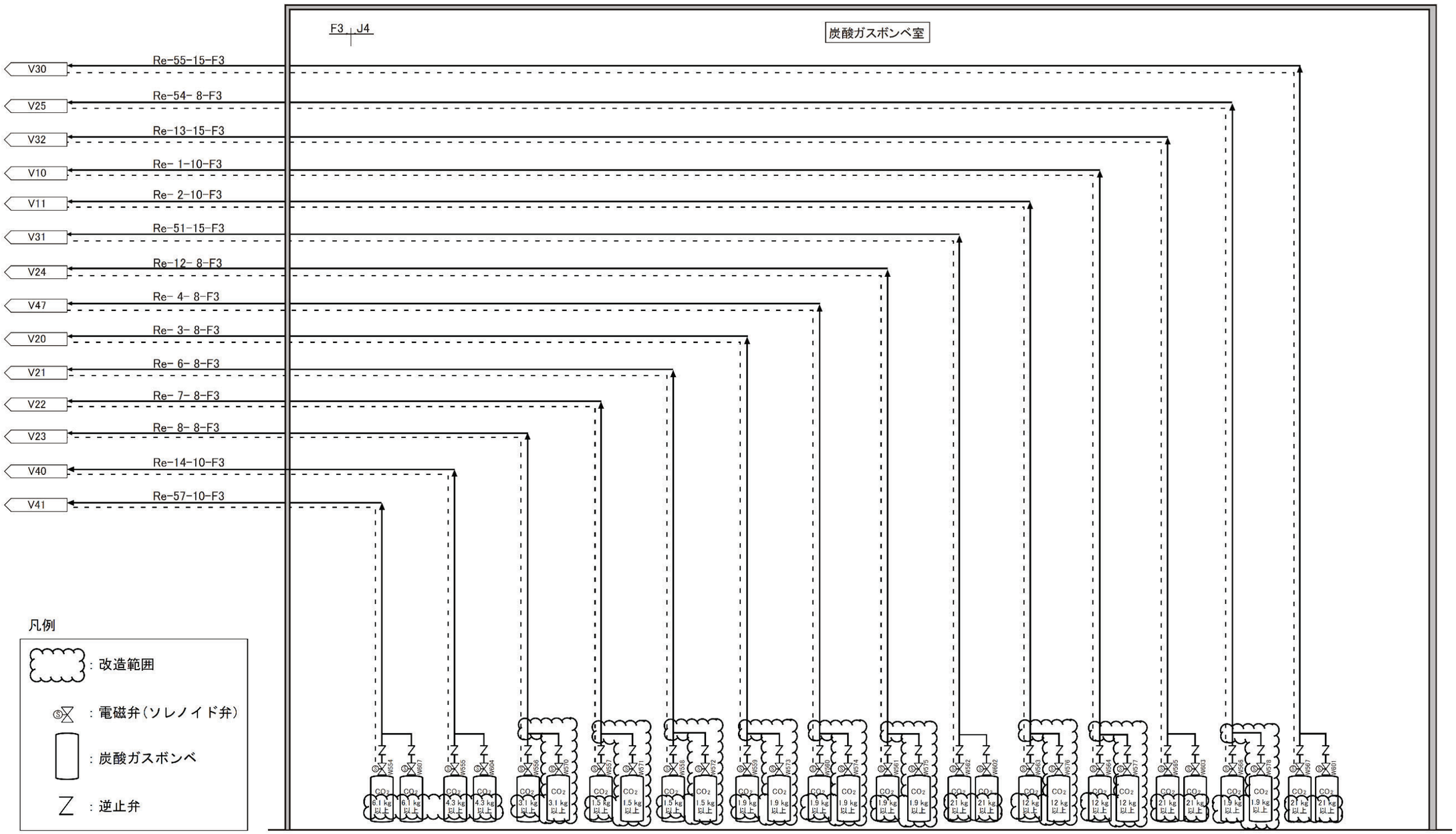
別図－７　操作盤類の概要図（廃溶媒処理技術開発施設）（1/2）



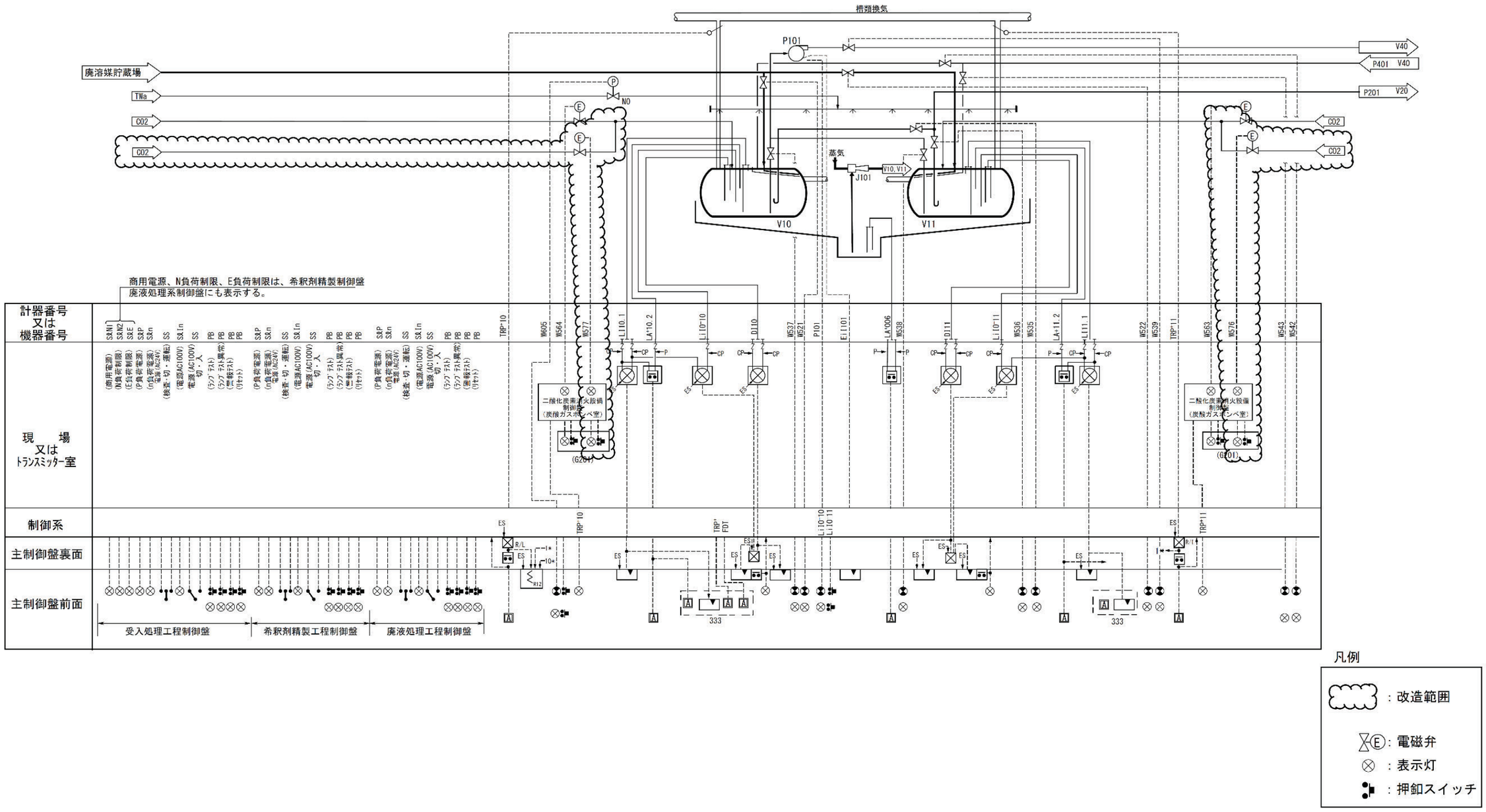
二酸化炭素消火設備制御盤（廃溶媒処理技術開発施設　炭酸ガスボンベ室設置）

.

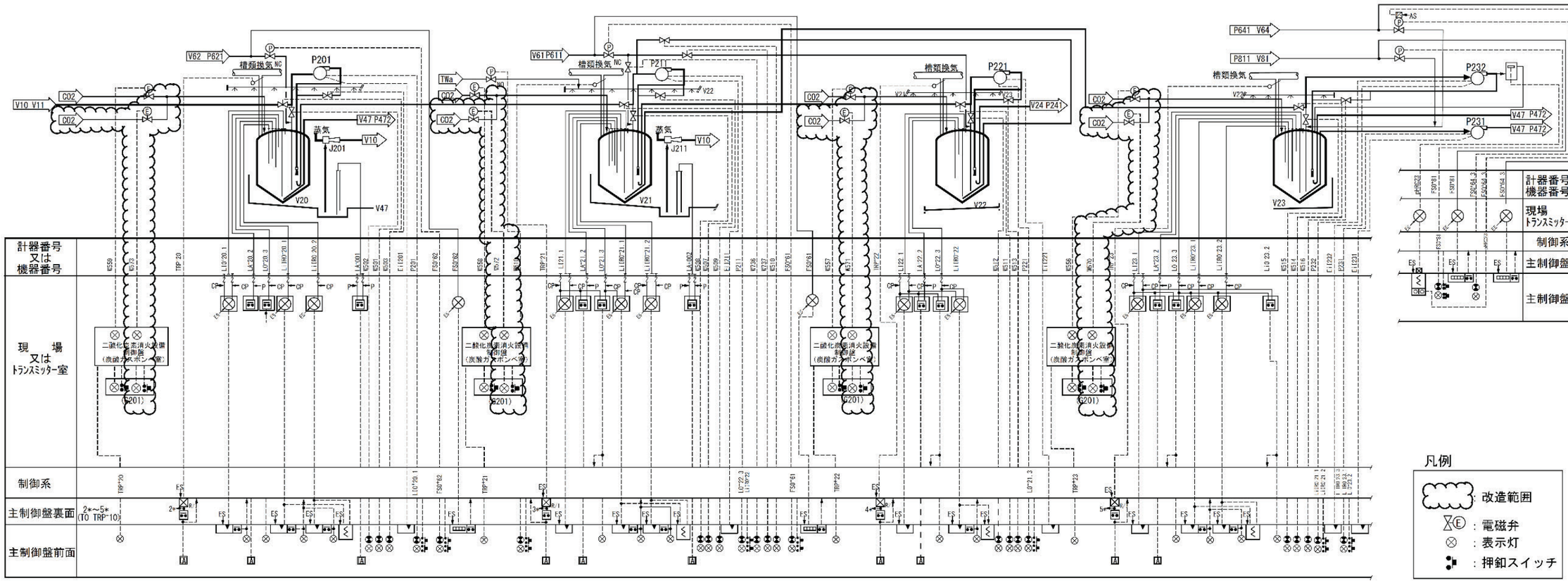
別図－７　操作盤類の概要図（廃溶媒処理技術開発施設）(2/2)



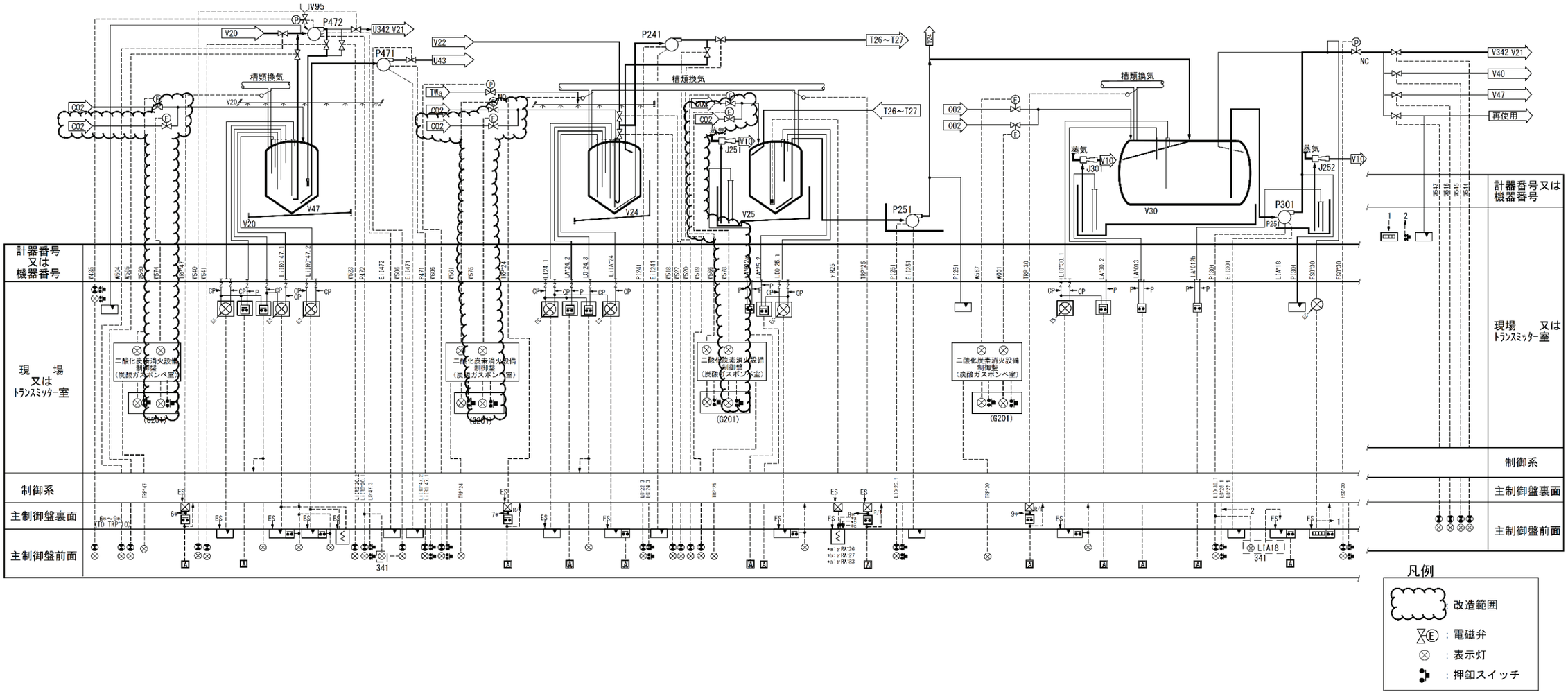
別図－８　ユニット３２８ エンジニアリング・フロー・ダイヤグラム（廃溶媒処理技術開発施設）



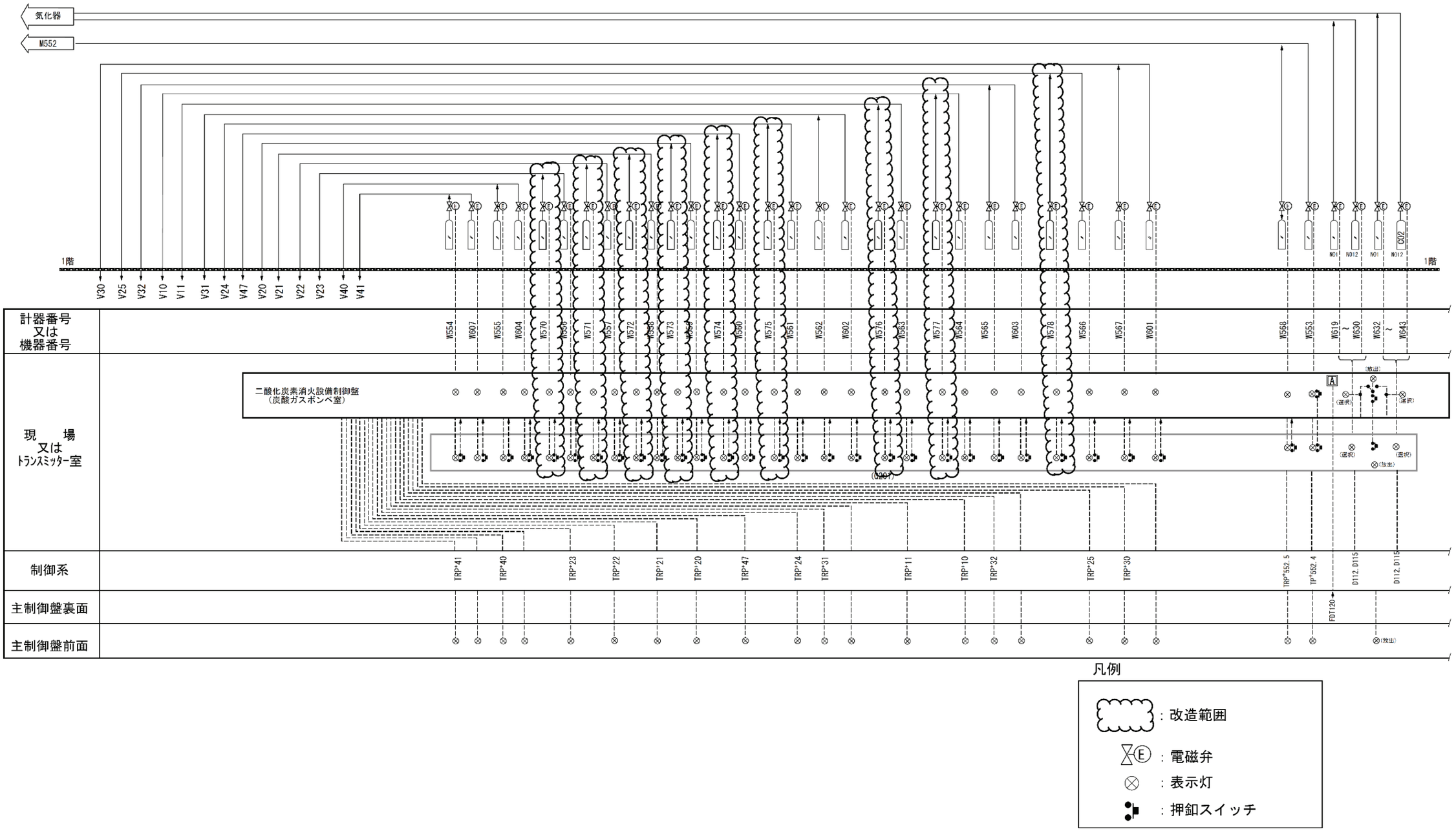
別図－９　ユニット３２８ 計装系統図（廃溶媒処理技術開発施設）(1/4)



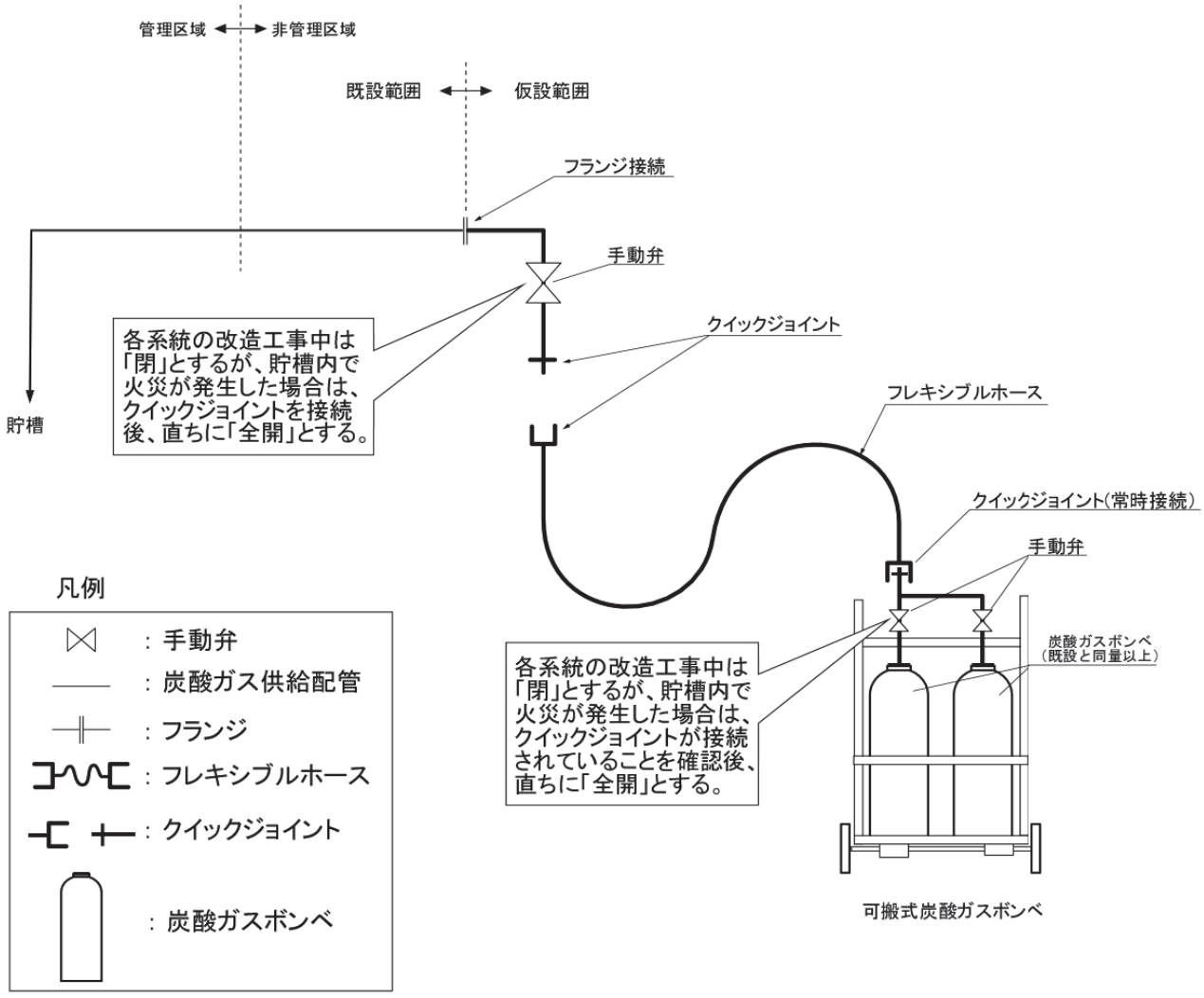
別図－９　ユニット３２８ 計装系統図（廃溶媒処理技術開発施設）(2/4)



別図－９　ユニット３２８ 計装系統図（廃溶媒処理技術開発施設）(3/4)

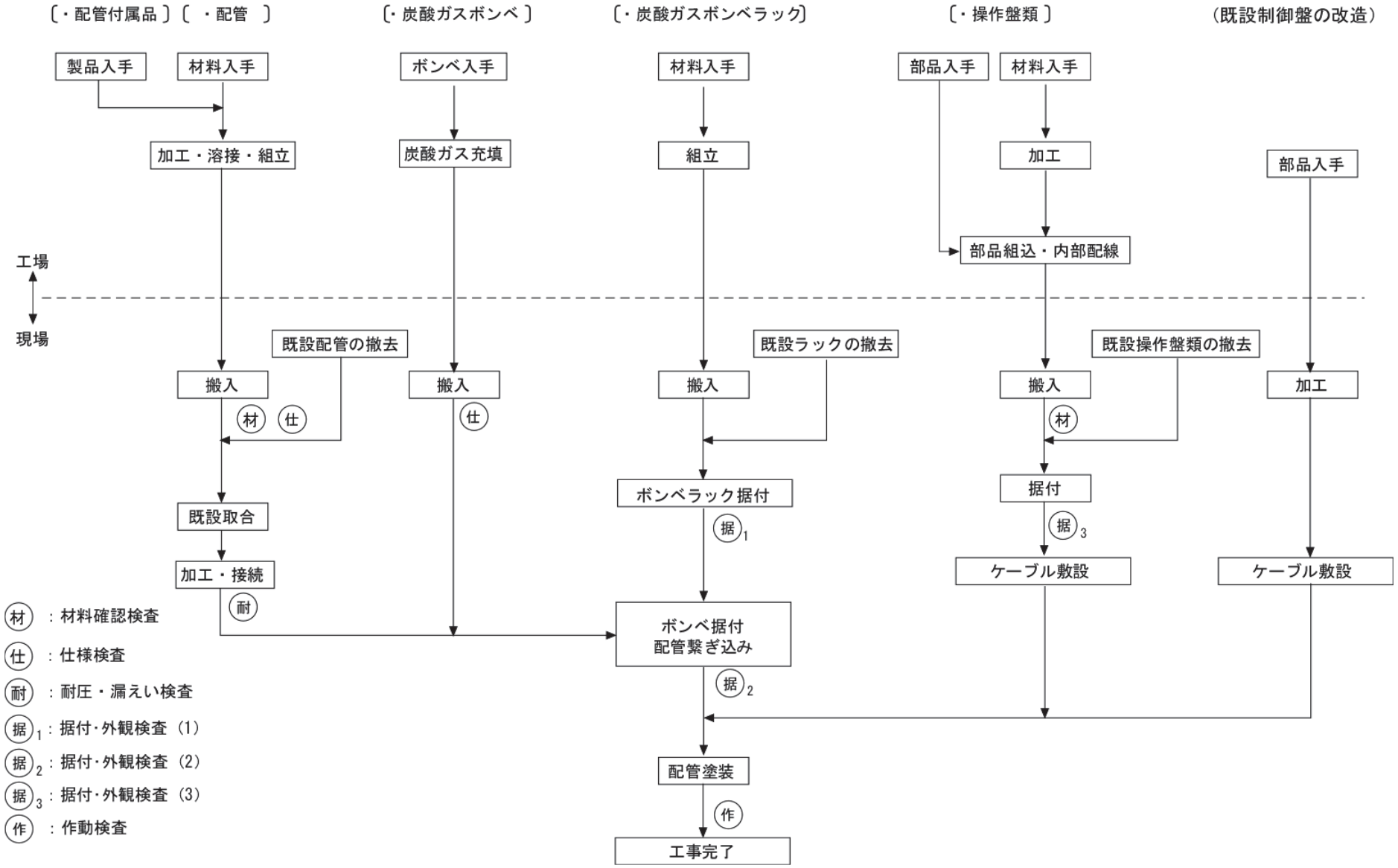


別図－９　ユニット３２８ 計装系統図（廃溶媒処理技術開発施設）(4/4)



別図－１０　工事中における貯槽内火災時の処置概要図

（廃溶媒処理技術開発施設）



別図－１１　火災防護設備の一部改造に係る工事フロー（廃溶媒処理技術開発施設）

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	有	第１項	別紙－２に示すとおり
第十一条	火災等による損傷の防止	有	第４項	別紙－３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２､３項	別紙－４に示すとおり
第十七条	材料及び構造	有	第１､２項	別紙－５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	－	－

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	－	－
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	－	－

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	－	－
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項　本申請は、廃溶媒処理技術開発施設の炭酸ガス消火設備（耐震分類Ｃ類）について、炭酸ガス供給系統の追加及び炭酸ガス量の変更に伴うボンベサイズの変更により炭酸ガス供給配管の一部改造を行うものであり、耐震クラスの変更はない。炭酸ガスボンベラック、操作盤類は設置施設における耐震分類Ｃ類の設計震度を用いて支持部に発生する応力が据付ボルトの許容応力を下回るように設計する。

炭酸ガス供給配管は、地震荷重、自重、内圧の荷重を含めた多質点解析を行い、配管に生じる応力が許容応力以下となるよう支持間隔を定め、地震力に対してその安全性が損なわれるおそれがないようにする。

第十条（閉じ込めの機能）

安全機能を有する施設は、次に掲げるところにより、使用済燃料、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（以下「使用済燃料等」という。）を限定された区域に閉じ込める機能を保持するように設置されたものでなければならない。

一　流体状の使用済燃料等を内包する容器又は管に使用済燃料等を含まない流体を導く管を接続する場合には、流体状の使用済燃料等が使用済燃料等を含まない流体を導く管に逆流するおそれがない構造であること。

二　セルは、その内部を常時負圧状態に維持し得るものであること。

三　液体状の使用済燃料等を取り扱う設備をその内部に設置するセルは、当該設備からの当該物質の漏えいを監視し得る構造であり、かつ、当該物質が漏えいした場合にこれを安全に処理し得る構造であるとともに当該物質がセル外に漏えいするおそれがない構造であること。

四　セル内に設置された流体状の使用済燃料等を内包する設備から、使用済燃料等が当該設備の冷却水、加熱蒸気その他の熱媒中に漏えいするおそれがある場合は、当該熱媒の系統は、必要に応じて、漏えい監視設備を備えるとともに、汚染した熱媒を安全に処理し得るように設置すること。

五　プルトニウム及びその化合物並びにこれらの物質の一又は二以上を含む物質（以下この条において「プルトニウム等」という。）を取り扱うグローブボックスは、その内部を常時負圧状態に維持し得るものであり、かつ、給気口及び排気口を除き、密閉することができる構造であること。

六　液体状のプルトニウム等を取り扱うグローブボックスは、当該物質がグローブボックス外に漏えいするおそれがない構造であること。

七　密封されていない使用済燃料等を取り扱うフードは、その開口部の風速を適切に維持し得るものであること。

八　プルトニウム等を取り扱う室（保管廃棄する室を除く。）及び使用済燃料等による汚染の発生のおそれがある室は、その内部を負圧状態に維持し得るものであること。

九　液体状の使用済燃料等を取り扱う設備が設置される施設（液体状の使用済燃料等の漏えいが拡大するおそれがある部分に限る。）は、次に掲げるところによるものであること。

イ　施設内部の床面及び壁面は、液体状の使用済燃料等が漏えいし難いものであること。

ロ　液体状の使用済燃料等を取り扱う設備の周辺部又は施設外に通ずる出入口若しくはその周辺部には、液体状の使用済燃料等が施設外へ漏えいすることを防止するための堰が設置されていること。ただし、施設内部の床面が隣接する施設の床面又は地表面より低い場合であって、液体状の使用済燃料等が施設外へ漏えいするおそれがないときは、この限りでない。

ハ　工場等の外に排水を排出する排水路（湧水に係るものであって使用済燃料等により汚染するおそれがある管理区域内に開口部がないものを除く。）の上に施設の床面がないようにすること。ただし、当該排水路に使用済燃料等により汚染された排水を安全に廃棄する設備及び第二十一条第三号に掲げる事項を計測する設備が設置されている場合は、この限りでない。

１項　初期火災用と再燃火災用の炭酸ガス供給量は、廃溶媒処理技術開発施設の排気風量以下に設定することで施設の閉じ込め機能を維持する。

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。

４項　「危険物の規制に関する規則（第三十八条の三）」を準用して設定した炭酸ガス量（別表－１参照）の供給により貯槽内の炭酸ガス濃度が消火に必要な炭酸ガス濃度である 34％（FIRE PROTECTION HANDBOOK（NFPA））を満足することができる。

別表－１　消火に必要な炭酸ガス濃度を満足する炭酸ガス量

対象施設	対象貯槽	炭酸ガス量(kg)		炭酸ガス濃度（％）	
		初期火災用	再燃火災用	初期火災用	再燃火災用
廃溶媒処理技術開発施設	328V10 328V11	12 以上 12 以上	12 以上 12 以上	45 以上 45 以上	45 以上 45 以上
	328V20 328V21 328V22 328V23 328V24 328V25 328V47	1.9 以上 1.5 以上 1.5 以上 3.1 以上 1.9 以上 1.9 以上 1.9 以上	1.9 以上 1.5 以上 1.5 以上 3.1 以上 1.9 以上 1.9 以上 1.9 以上	49 以上 40 以上 43 以上 44 以上 49 以上 49 以上 49 以上	49 以上 40 以上 43 以上 44 以上 49 以上 49 以上 49 以上
	328V40 328V41	4.3 以上 6.1 以上	4.3 以上 6.1 以上	45 以上 42 以上	45 以上 42 以上
	328V30 328V31 328V32	21 以上 21 以上 21 以上	21 以上 21 以上 21 以上	41 以上 41 以上 41 以上	41 以上 41 以上 41 以上

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項　本申請に係る炭酸ガス消火設備は、炭酸ガスボンベに付属する電磁弁と炭酸ガスボンベの切り離しを行うことで、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験が可能である。

３項　本申請に係る炭酸ガス消火設備は、炭酸ガスボンベに付属する電磁弁と炭酸ガスボンベを切り離し、操作盤類への電源供給を遮断することにより適切な保守及び修理が可能である。

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項　炭酸ガス供給配管の一部改造においては、炭酸ガスボンベの最高使用圧力（10.8 MPa）に変更がないことから、同最高使用圧力で設計される炭酸ガス供給配管は、既設配管と同等以上の強度及び肉厚を有する配管を用いることにより、設計上要求される強度を確保できる。

また、炭酸ガス供給配管の外表面は、塗装を行うことにより耐食性を確保できる。なお、本条項に準じ、材料確認検査を行い、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項　本申請に係る炭酸ガス供給配管の改造部については、耐圧・漏えい検査を行い、これに耐え、かつ、著しい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、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。