

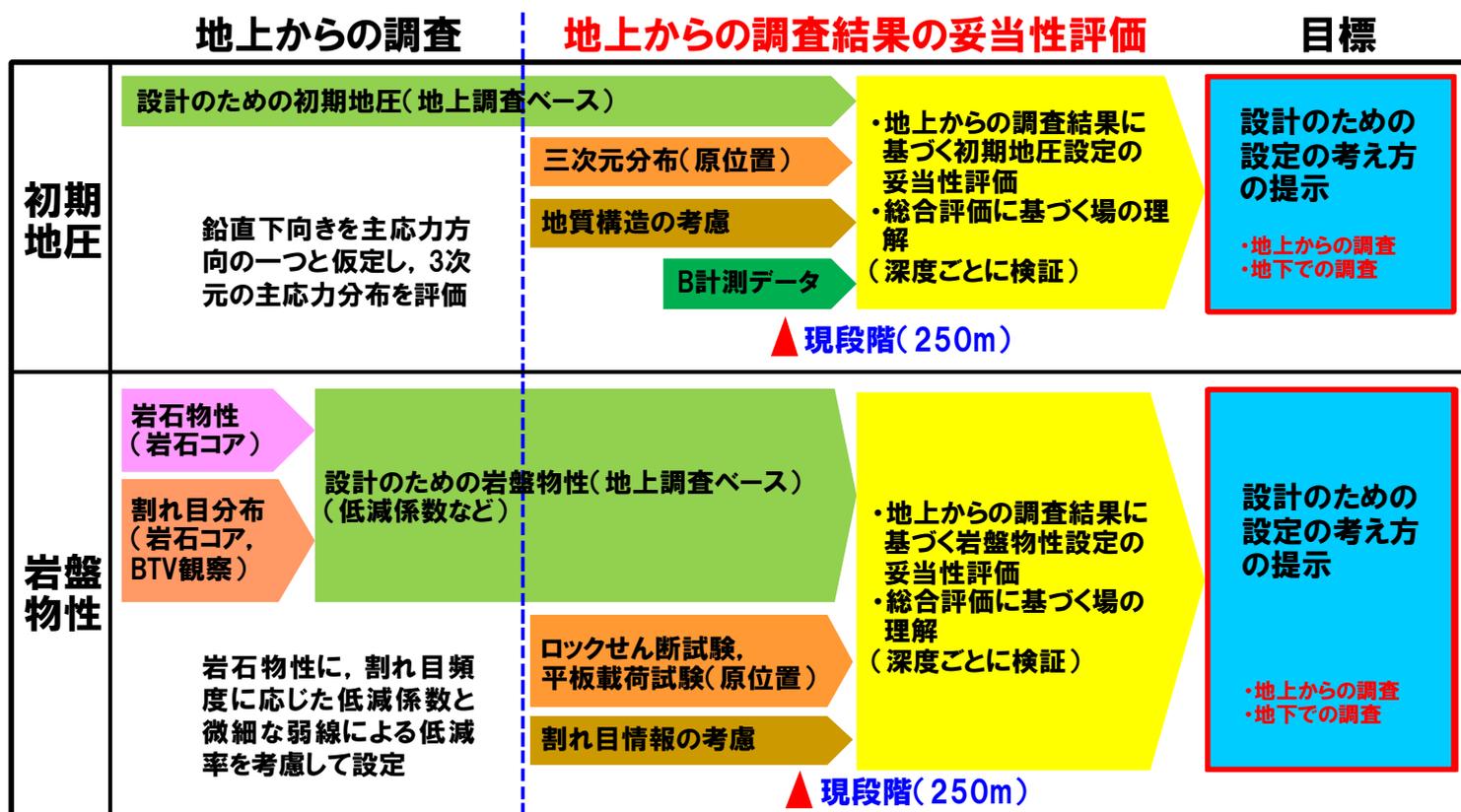
深地層の研究施設計画検討委員会 (第11回)

幌延深地層研究計画における 第2/3段階の進捗状況と第1段階の評価 3) 岩盤力学と施工管理技術

平成23年9月5日

日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門
幌延深地層研究ユニット

岩盤力学(調査研究の目標と進捗状況 (場の理解))



1)場の理解 ①初期地圧 1/2

【地上からの調査結果の妥当性評価】

<第1段階(地上からの調査)>

- 鉛直下向きを主応力方向の一つと仮定

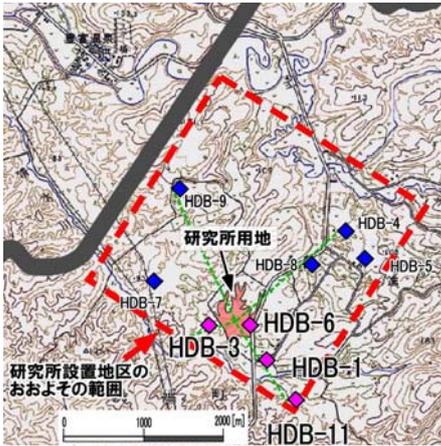
<第2段階(地下施設での調査)>

- 孔底にゲージが貼れない地質環境条件(声問層)において、方向の異なる3本のボーリング孔を用いて、水圧破碎法により3次元の空間的な初期地圧を評価

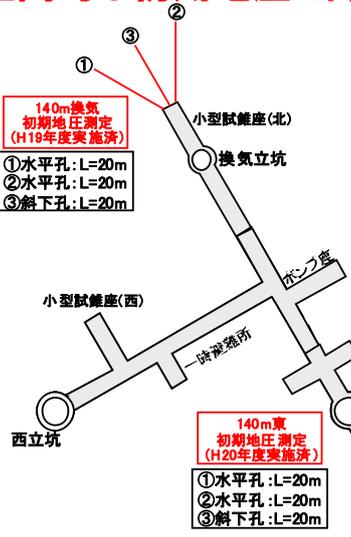
1回目 孔底清掃 → 4回目



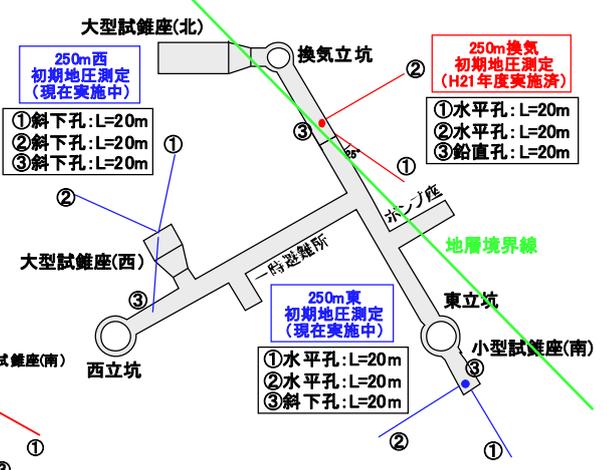
孔底掃除後の孔底面清掃器具の汚れ



地表からの調査ボーリング位置



140m坑道調査位置図



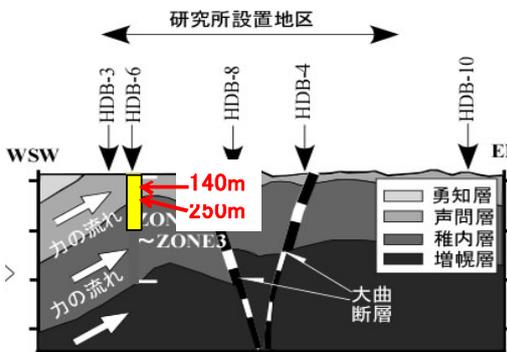
250m坑道調査位置図

1)場の理解 ①初期地圧 2/2

【地上からの調査結果の妥当性評価】

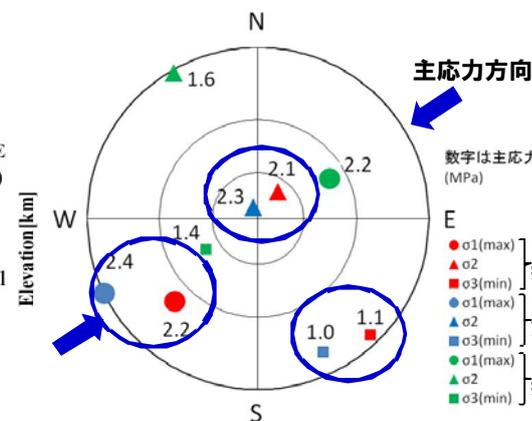
<第1段階との比較>

- 140m坑道: 主応力の一つは概ね鉛直方向
- 250m坑道: 水平面内最大主応力 第1段階→東西方向が卓越 第2段階→東西から北へ約30° 回転

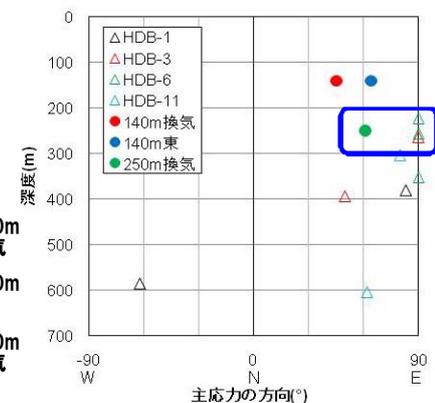


140m坑道は声問層を対象 250m坑道は地層境界付近

地質構造と応力場のイメージ



第2段階の各主応力方向 (ウルフネット下半球投影)



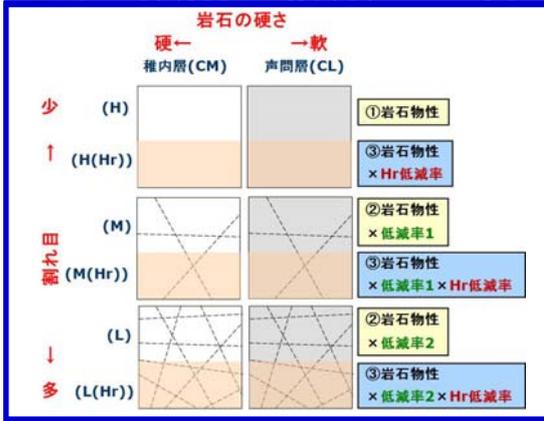
水平面内最大主応力方向の比較

<今後の調査計画>

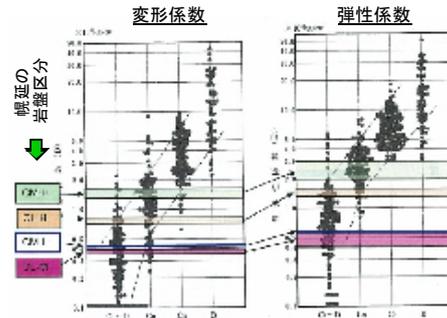
情報化施工(A,B計測)の計測結果や地質環境特性に着目した初期地圧の評価を実施

1)場の理解 ②岩盤物性 1/3

【第1段階で構築した岩盤区分の概念】



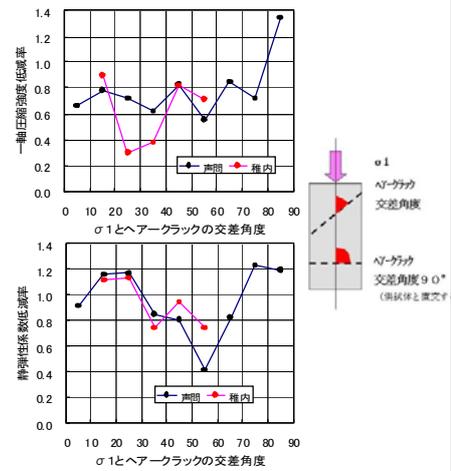
1) 割れ目の低減率A



孔内载荷試験結果と既往の岩盤等級^{*}の関係

^{*} 菊池宏吉:地質工学概論, 土木工学社, pp.103-116, 1999.

2) 微細な弱線の低減率B



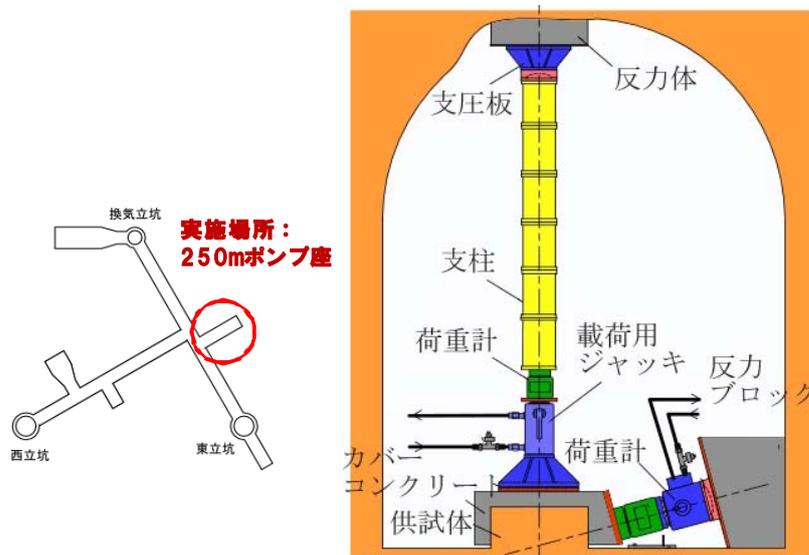
岩盤区分	菊池の岩盤区分との対比	変形係数 (MPa)	静弾性係数 (MPa)	粘着力 (MPa)	内部摩擦角 (°)
CM-H	平均的CM級	1500	2500	5.2	25
CM-H Hr		1200	2000	1.6	25
CM-M	CM級下限	1000	1500	3.1	25
CM-M Hr		900	1350	1.6	25
CM-L	平均的CL級	400	500	1	25
CM-L Hr		400	500	1	25
CL-H	CL級上限	800	1300	2.2	15
CL-H Hr		640	1040	1.5	15
CL-M	平均的CL級	400	520	0.8	15
CL-M Hr		360	450	0.6	15
CL-L	CL級下限	200	300	0.5	15
CL-L Hr		200	300	0.5	15

低減率A : 割れ目の多さを考慮
低減率B : コア表面の微細な弱線を考慮
 各岩盤区分の岩石物性 (コア) に**低減率A**, **低減率B**を乗じて, 設計用の岩盤物性値を設定

1)場の理解 ②岩盤物性 2/3

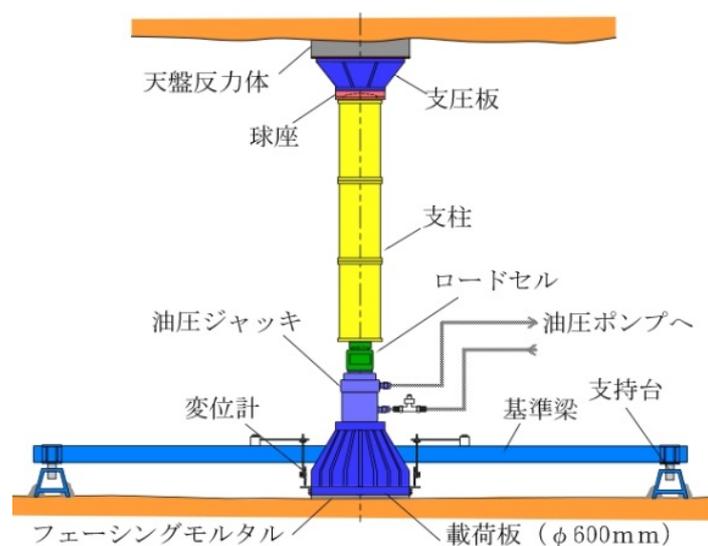
【設計用岩盤物性値の設定方法の検証のため原位置試験】

ロックせん断試験



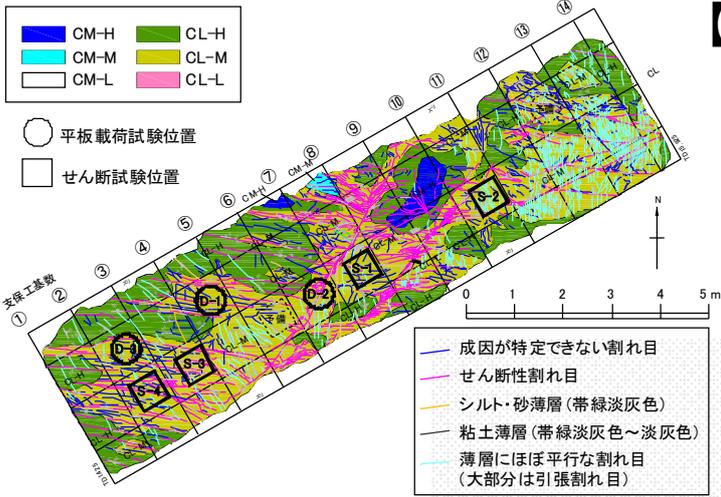
供試体サイズ : 60 x 60 x 30 cm
 供試体個数 : 4

平板载荷試験



载荷板サイズ : 径60 cm
 試験数 : 3

1)場の理解 ②岩盤物性 3/3 結果



【地上からの調査結果の妥当性評価】

試験対象の岩盤区分：

CL-M (Hr) (声問層)

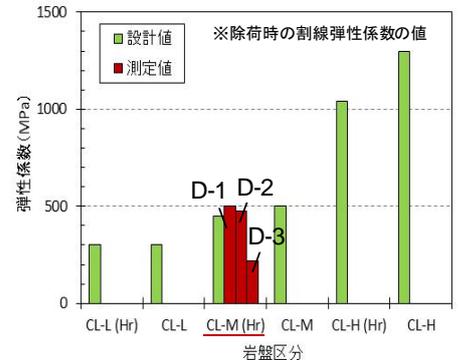
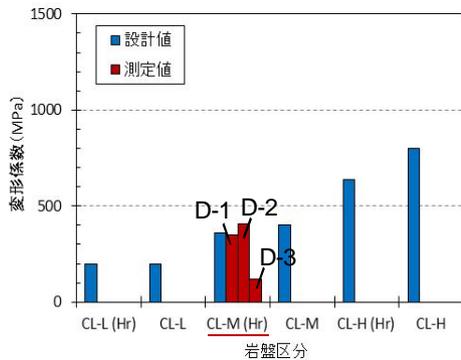
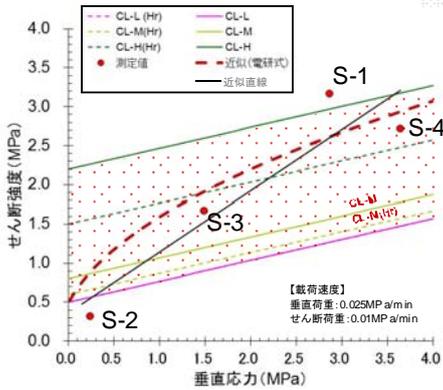
ロックせん断試験の解釈

- CLの破壊基準線の幅の中にある
- 線形近似と非線形近似の差

平板載荷試験の解釈

- D1, D2とD3の値の差

声問層CL-M (Hr) については、設計用岩盤物性値の設定方法は概ね妥当

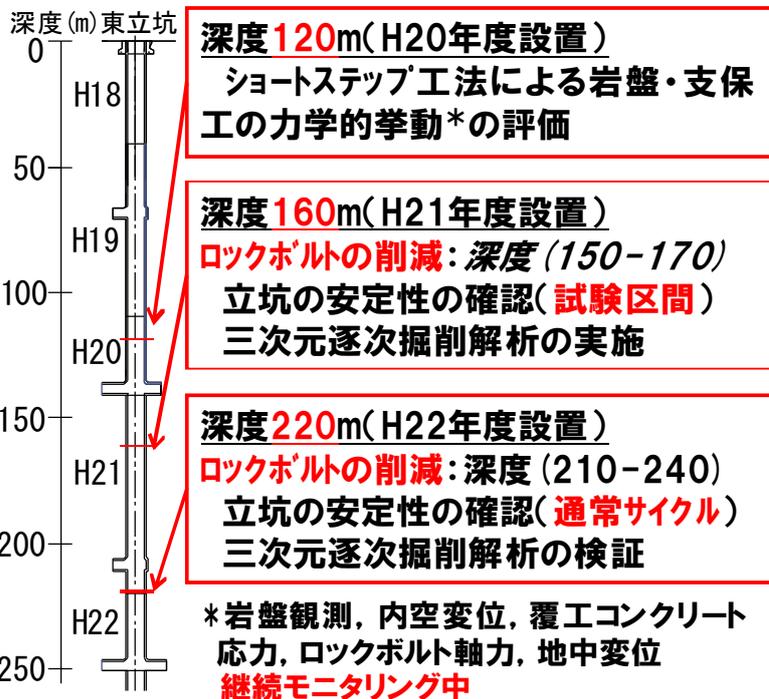


2)施工管理技術 ①支保工の挙動 情報化施工 1/3

地下施設施工管理手法 (情報化施工計画) の有効性確認

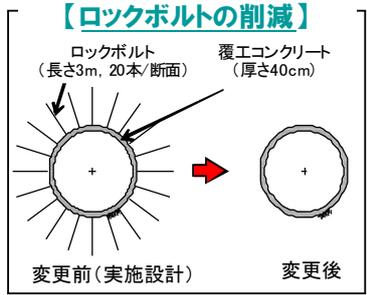
東立坑(ショートステップ工法):設計と岩盤・支保工の力学的挙動の原位置計測の比較

→堆積軟岩に対するショートステップ工法における設計解析手法の提示



周辺岩盤ならびに支保工の特異な挙動

- ロックボルトの軸力が圧縮(高剛性の覆工コンクリートの存在)
- 三次元解析の必要性を確認



ロックボルトの削減
 周辺岩盤ならびに支保工に変状なし
三次元逐次掘削解析
 覆工コンクリート内の応力分布が判明

支保工の合理化(ロックボルトの削減)
三次元逐次掘削解析結果の検証

- 三次元逐次掘削解析の必要性
- 三次元モデルの適用性を確認
- 適切な計測による支保の健全性の管理

2) 施工管理技術 ① 支保工の挙動 情報化施工 2/3

【ロックボルトの削減】

- ・圧縮方向の軸力が卓越
吊下げ効果が作用せず
- ・地山改良効果(一体化), 覆工コンクリート圧縮応力の軽減の定量的評価が困難

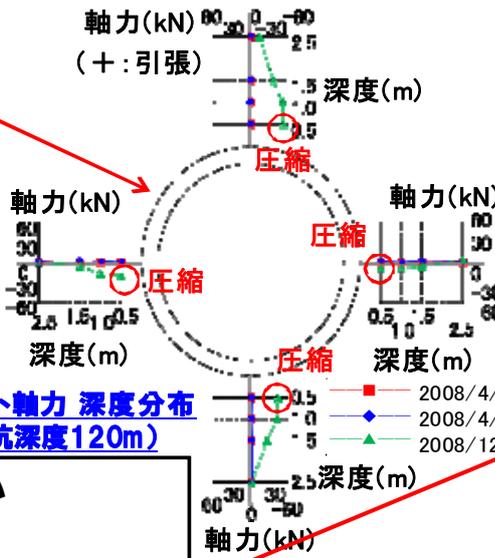
・試験区間

深度150m~170m

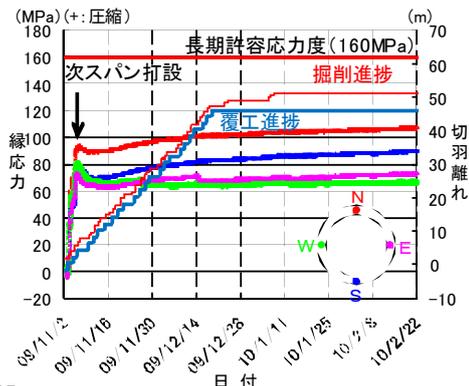
■ 試験結果

- ・顕著な岩盤崩落は見られない
- ・応力計や岩盤変位計
特異な挙動はない
- ・全体的挙動は過去の計測結果と同様
- ・応力は、長期許容応力度内で収束

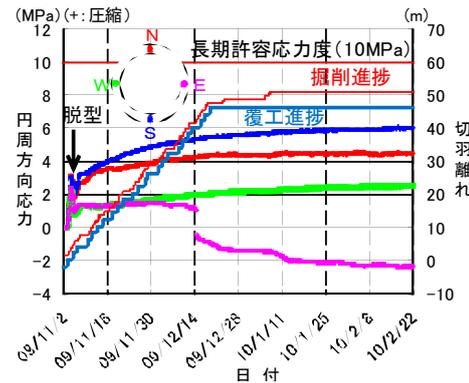
- ・深度210m~250mにて、ロックボルトの削減
深度220mのステップ管理計測により、効果を確認
- ・西立坑の一般部:ロックボルトの削減を設計に反映
施工時に計測を実施し、変位・変状を確認予定



ロックボルト軸力 深度分布 (東立坑深度120m)



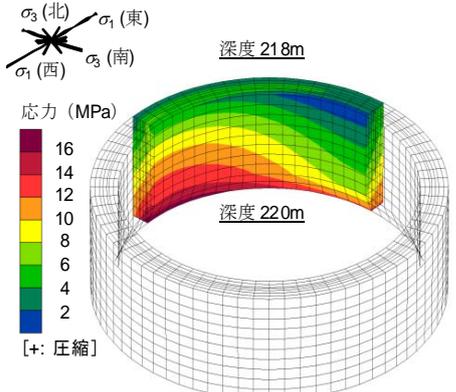
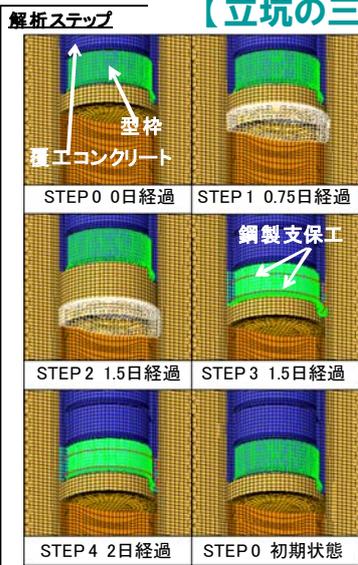
鋼製支保工応力 経時変化 (東立坑深度160m)



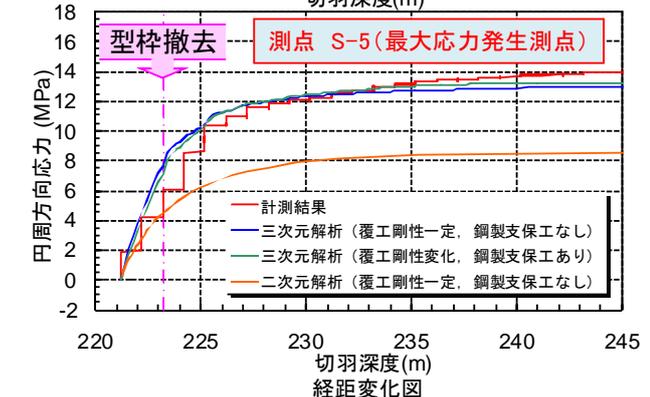
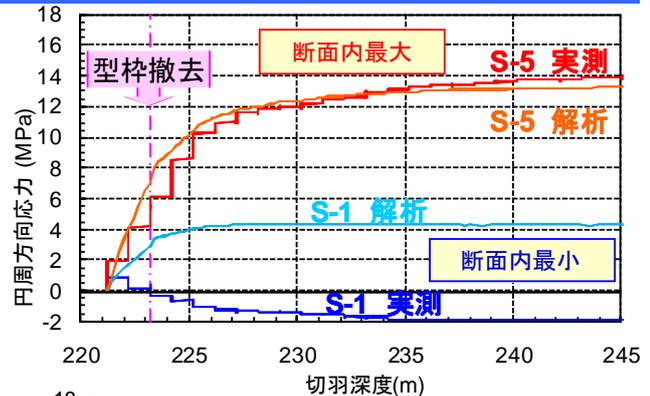
覆工コンクリート応力 経時変化 (東立坑深度160m)

2) 施工管理技術 ① 支保工の挙動 情報化施工 3/3

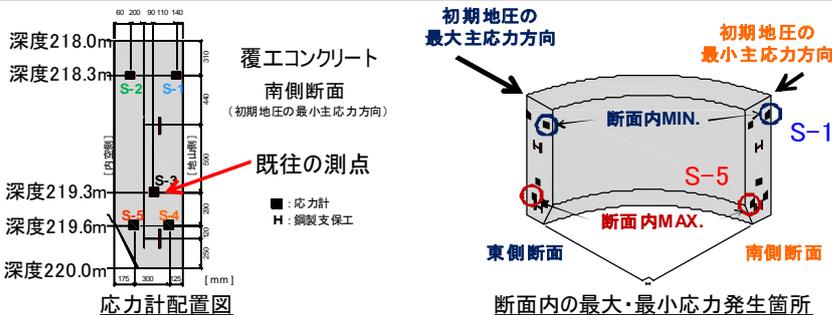
【立坑の三次元逐次掘削解析】



覆工コンクリートの円周方向応力分布
・覆工コンクリート, 周辺岩盤の応力分布
・実測結果と解析の比較・モデルの検証

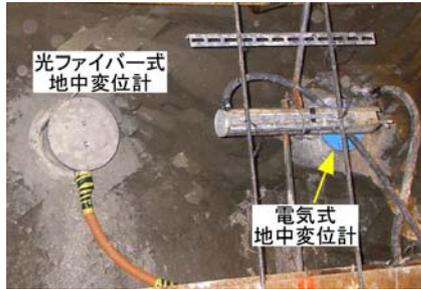


二次元解析結果は、最大応力発生測点(S-5)で乖離が見られる。切羽の影響や詳細な施工ステップを考慮できる三次元解析手法が有効

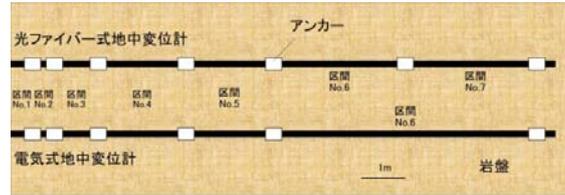


②岩盤の挙動 モニタリング技術 変形挙動

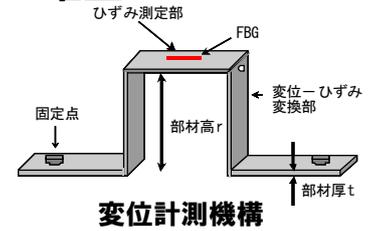
長期安定性についてのデータ，時間に対する計測・経験や知見（第9回委員会）
光ファイバー式地中変位計（特許出願中）：
岩盤内の変位を長期にわたり計測するモニタリング技術を確立



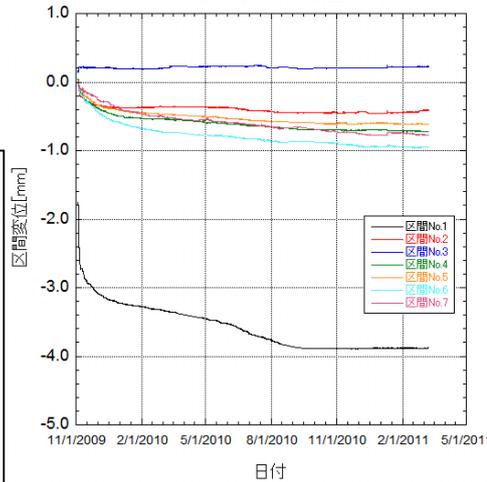
立坑の岩盤への設置状況
 (右上：アンカー設置状況)



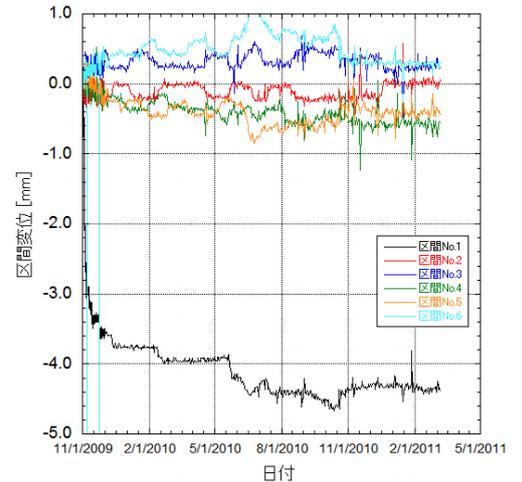
地中変位計の設置模式図



変位計測機構



光ファイバー式地中変位計



電気式（従来型）地中変位計

- 実績のある**電気式**地中変位計と同じような**挙動**を計測
- 電気式に比べ**ノイズが少**ない精度良い計測が可能
- 設置後時間が経過しても**ノイズが現れない**。

まとめ

- **初期地圧**に関しては，**ゲージが貼れない**ような岩盤に関しても，地下において**水圧破碎法**により三次元の応力分布を計測できることを示した。今後，**地質環境特性**に着目して，地上からの調査結果の**妥当性の評価**に着手していく。
- **岩盤物性**に関しては，岩石コアで取得される岩石物性と割れ目を考慮して設定した**低減率**で評価した**設計用岩盤物性**が，**原位置の岩盤物性試験**(ロックせん断試験，平板載荷試験)から**概ね妥当**であることを示した。
- **施工管理技術の情報化施工**に関しては，データ計測に基づく**支保工の簡略化**のサイクルを試行した。また，ショートステップ工法特有の覆工コンクリート内の応力分布を明らかにするとともに，詳細な計測の必要性を例示した。
- **施工管理技術のモニタリング技術**に関わる**変形挙動**の把握に関しては，**光ファイバー式地中変位計**を開発し，**ノイズの少ないデータ**を**長期的に**計測できることを示した。現在，**検証データ**の蓄積を着実に実施している。