

立坑ショートステップ工法における1覆工長の検討

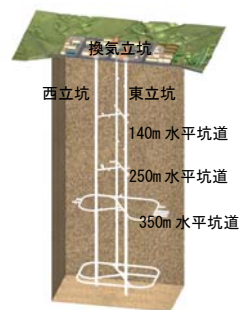
大成建設 (株) 札幌支店 正会員 ○萩原 健司, 原子力本部 正会員 小池 真史
 北海道電力 (株) 正会員 関谷 美智
 (独) 日本原子力研究開発機構 板橋 秀治, 大原 正嗣

1. 背景

日本原子力研究開発機構は、北海道天塩郡幌延町において、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発を推進するため、深地層の研究施設を平成17年11月から建設している。図-1に示すように、本研究施設は深度500m程度の3本の立坑ならびに複数深度での水平坑道からなり、平成23年1月末現在で換気立坑約250m、東立坑約250mの掘削を完了している。

本工事は、第I期の継続として、第II期工事がPFI方式の一般競争入札で発注され、施工を開始している。換気立坑および東立坑は深度380mまで、西立坑は新規に掘削を開始し、深度365mまで掘削を行う計画としている。

本稿では換気立坑における施工実績を踏まえ、新たに掘削する西立坑について、1覆工長の延長について検討したので報告する。本検討の成果は立坑掘削工程の短縮に反映できる。



注) 今後の調査研究結果によりレイアウト変更の可能性がある

図-1 地下施設研究施設イメージ図

2. 既存データの考察

2.1 地質

研究施設近傍の地質は新第三紀～第四紀の地層で構成される。地質年代の新しい順に更別層、勇知層、声間層、稚内層と続き、現在までに掘削した箇所は声間層に相当する。声間層は珪藻質泥岩からなり、一軸圧縮強度は事前ボーリング調査結果および換気立坑、東立坑の施工実績より 5N/mm^2 程度となっている。

2.2 計測結果

声間層では、図-2に示すように覆工応力が長期的に増加する傾向にあり、長期許容応力度（設計基準強度の1/4）に抵触する箇所が確認されている。但し、現状は実際の圧縮強度に対しては安全率4を確保しており覆工については健全であると判断している。この長期的増加は、全計測点で確認でき、掘削による応力開放が支配的と考えられる切羽離れ3D時点での応力に対して平均して40%程度増加している。

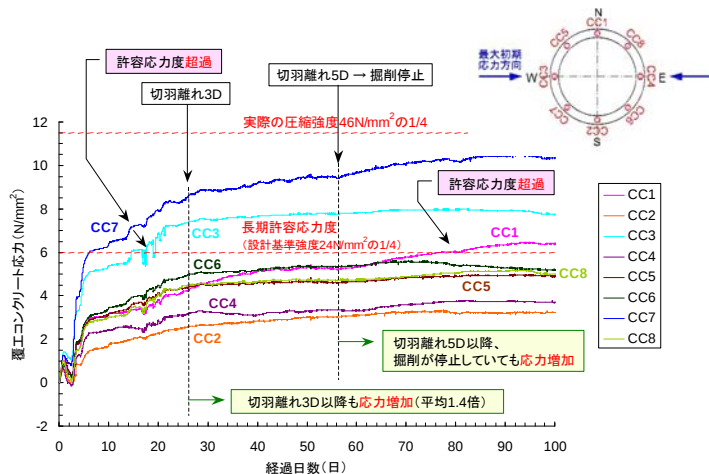


図-2 覆工応力の経時変化の例 [換気立坑 GL-220m]

2.3 計測結果と解析結果の比較

実施設計で採用されている二次元弾塑性 FEM 解析では、覆工応力を過少に評価する可能性があるため、本検討は三次元弾塑性 FEM 解析で覆工の支保効果を評価した。換気立坑で実施した覆工応力の深度毎の平均計測値と孔内水平載荷試験結果に基づく岩盤物性値を用いた三次元弾塑性 FEM 解析結果を比較すると図-3に示すように、相関性は極めて高い。また、弾塑性解析では時間依存性挙動を表現することはできないが、解析結果を1.4倍することにより、長期的な応力増大後の最大応力値を再現できる結果となった。

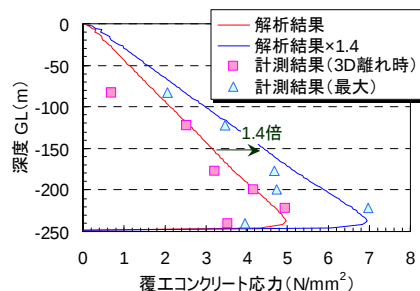


図-3 計測値と三次元解析結果の比較

キーワード 立坑, ショートステップ工法, 長期応力の増大, サイクルタイム

連絡先 〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進 432-2 (独) 日本原子力研究開発機構 TEL01632-5-2022

3. 西立坑の1覆工長の検討

3.1 サイクルタイムの検討

本立坑はツーステップシンキングのショートステップ工法を採用しており、標準サイクルは1掘進長1mを2回繰り返した後、2mの覆工コンクリートを打設するサイクルとなる。サイクルタイムは実績で1スパン(2m)当り1,675分を要している。ここで、立坑掘削期間を短縮させる手法の1つとして、1覆工長を長くし、覆工コンクリート打設回数を削減することを検討した。表-1に示すように1覆工長を3mにした場合の想定サイクルタイムは2mと比較すると、1m当り65分の短縮効果が期待できる。

表-1 覆工1打設長の延長による工程短縮

項目	覆工1打設長	単位	3m	2m
型枠脱型・セット		分	205	205
打設準備		分	58	58
打設		分	326	217
打設片付		分	53	53
養生		分	70	70
小計		分	712	603
計(1m当り)		分	237	302
65分/mの短縮				

3.2 支保の健全性および岩盤の安定性の検討

2.3で設定した岩盤物性値を用いて、西立坑に関する初期応力の異方性を考慮した三次元弾塑性解析を実施すると、図-4に示すように、1打設長の中でも下部ほど大きな周方向圧縮応力が発生する。また、東側上部では引張応力が発生しており、東立坑のクラック調査により確認されているひび割れ発生位置と一致することから、妥当な解析結果となっていると考えられる。

実施設計では、長期的な応力増加があることは考慮されていないが、この三次元解析結果を1.4倍することにより、覆工に発生する圧縮応力を予測することとした。図-5に示すように、1覆工長3mとした場合、長期的な応力の増加を考慮しても、深度136mまでは、設計基準強度が40N/mm²のままでも使用性に関する性能を確保できると判断された。また、図-6に示すように掘削長を延長しても、限界ひずみの中間値を超過する領域は大きな変化がみられなかった。

4. まとめと今後の課題

以上より、既往の実績を反映させた検討結果により、西立坑の1覆工長を延伸させることによって工期短縮効果を期待できるとともに施工時の安全性を確保できる結果となった。この西

立坑の本格的な掘削は平成24年より実施する計画である。施工時には、覆工応力の追加測定を実施し、覆工コンクリートの健全性を確認していく所存である。

本稿で挙げた、覆工応力の長期的増大の要因としては、地下水の移動に伴う連成挙動、若しくは、岩盤のクリープ挙動が挙げられるがその特定までは至って

いない。今後の課題としては、これらの原因を特定し、より確実性の高い堆積軟岩における立坑設計手法確立を目指すことである。

参考文献 坂井一雄, 小池真史, 青木智幸, 山本卓也, 稲垣大介, 山崎雅直: 三次元解析による立坑掘削時の覆工および周辺岩盤の挙動分析, 第39回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, pp.381-386, 2010.

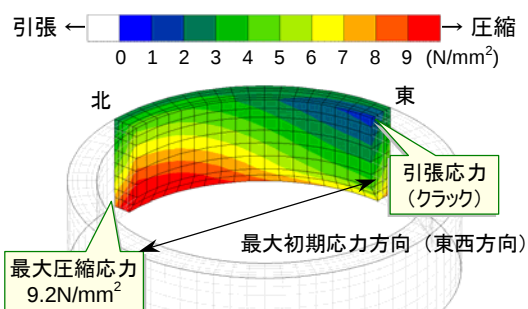


図-4 三次元解析による覆工応力分布の例

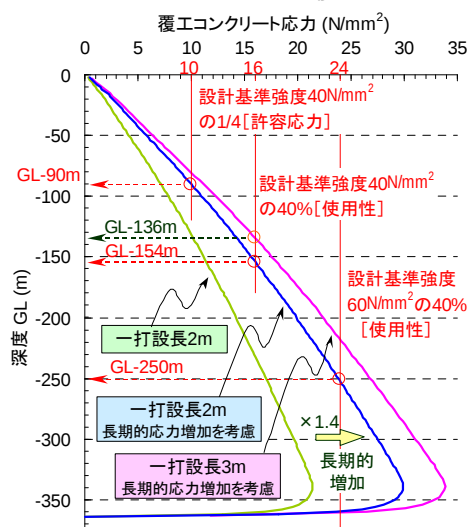


図-5 最大覆工応力の深度分布

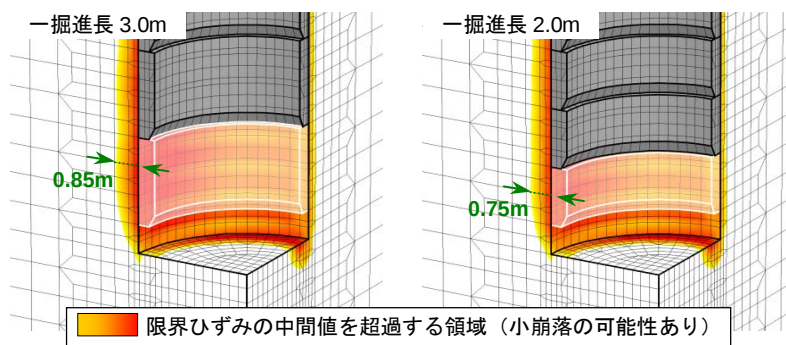


図-6 1掘進長の延長に伴う最大せん断ひずみの変化