## 幌延深地層研究施設の立坑覆工に発生した水平クラックの発生メカニズムに関する一考察

日本原子力研究開発機構 非会員 稲垣 大介、正会員 〇津坂 仁和、青栁 和平 大成建設 正会員 井尻 裕二、小池 真史、名合 牧人、亀村 勝美 地層科学研究所 正会員 菅原 健太郎

## 1. 目的

日本原子力研究開発機構は、幌延深地層研究計画にて、立坑掘削時の内空変位や地中変位、ロックボルトの軸力 や覆エコンクリートの応力等の各種計測結果と3次元逐次掘削解析結果に基づいて、堆積軟岩を対象としたショー トステップ工法による立坑掘削に伴う支保部材と立坑周辺岩盤の力学挙動を考察してきた<sup>例えば1,2,3)</sup>.本研究では、 換気立坑の深度282~284mの覆工壁面の北側で観察された長さ約4.5m、最大幅1mmの水平方向のクラックとその下 方で発生した壁面崩落現象との関係を考察することを目的として、2次元軸対称解析による再現解析を実施して覆 工壁面における水平クラック発生のメカニズムを分析した.さらに、今後の崩落抑制対策に反映するために、初期 地圧の異方性と岩盤崩落箇所を考慮した3次元の弾完全塑性解析を実施し、より詳細な応力分布を分析した.

## 2. 解析条件

解析は、立坑中心を軸として掘削半径 2.75m とし、掘削後切羽までの 3m 区間に長さ 2m、厚さ 0.5m (0.4m+余掘 り 0.1m)の切欠き部を有する覆エコンクリートの打設を繰り返す.解析領域は、深度 282~284m の覆エコンクリートを中心に、鉛直方向 54m、水平方向 32.8m とし、2 次元軸対称は立坑中心を対称軸とした 1/2 平面、3 次元は立坑中心を通る南北断面を対称面とした 1/2 領域とした (図-1).上下境界は鉛直方向固定、側方境界は水平方向固定とした.岩盤の崩落は、実測値に基づいて深度 284~287m で奥行最大 1.4m とし、3 次元での崩落幅は立坑中心から 50°方向とし、覆工背面での崩落も模擬した (図-2).初期応力の異方性は、鉛直方向:東西方向:南北方向=1.0:1.3:0.9 とし、2 次元の場合は鉛直方向:周方向:半径方向に同じ比率を採用した.岩盤および覆エコンクリート(設計基準強度 60N/mm<sup>2</sup>;材齢 23 時間)の解析用物性値は、既往の試験結果に基づいて表-1 および図-3 のように設定した.



図-2 崩落ステップ(左から2次元崩落前, 1.4m崩落後, 覆工背面崩落後, 3次元崩落後)

キーワード 幌延深地層研究施設,立坑掘削,軟岩,覆エコンクリート,クラック 連絡先 〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進 432 番 2 日本原子力研究開発機構 TEL 01632-5-2022

-577-

を考慮して引張強度以上の応力を受け持 たない条件を,覆工背面と岩盤は連続お よび不連続としてその間にインターフェ ース要素を入れた条件を考慮して3つの ケースを設定した(表-2).インターフェ ース要素の法線方向・せん断方向の剛性 は77.433N/mm<sup>2</sup>とし,境界面における摩 擦係数は0.6,粘着力は0とした.3次元 では,2次元での結果に基づいて Case3 のみ実施した.

表-2 2次元軸対称解析ケース

	岩盤モデル	覆エモデル	覆工背面モデル
Case1	弾性	弾性	連続
Case2	弾性	弾性	不連続
Case3	弾性	引張破壊考慮	不連続

## 3. 解析結果と考察

2 次元軸対称弾性解析により得られた覆工コンクリ ートの鉛直応力分布を図-4 に示す.この結果より,覆 工背面を連続とした Case1 よりも不連続とした Case2 の方が引張領域は縮小するが,覆工背面の崩落がある 場合には,覆工下部で内空側まで引張領域が拡大して いる.覆工に引張破壊を考慮した Case3 の方が Case2 よりもさらに引張領域が拡大し,より実現象に近づく ことがわかる.

3 次元弾完全塑性解析により得られた覆工コンクリートの鉛直応力の変化を図-5 に、分布を図-6 に示す. これらの結果より、掘削時崩落前には覆工中央の深度 283m の地山側以外はほぼ圧縮が出ていたが、崩落の進



以上より, 覆工コ ンクリートに水平



図-6 3次元覆工鉛直応力分布 (覆工背面崩落時)

方向のクラックが発生したのは、その直下での岩盤崩落が要因である可能 性が確認できた.今後は、破砕帯等の岩盤弱部で掘削を進行する際には、 覆工長の短縮やロックボルト等による崩落防止対策により覆工へのクラ ック発生の抑制を施工に反映する予定である.

**参考文献** 1)坂井他,岩盤力学に関するシンポジウム講演集,2010,2,3) 津坂他,土木学会論文集,F1,68(1),(2),2012.





図-4 2次元鉛直応力分布(変位 4mm)

→ 地山側 → 内空側 → 断面中心

