

数値解析やクラックテンソルによる大深度立坑掘削時の力学的影響に関する検討

福島工業高等専門学校専攻科	学生会員	○坂本 美咲
福島工業高等専門学校	正会員	林久資, 金澤伸一, 緑川猛彦
東京電力	正会員	山崎 雅直
西松建設	正会員	石山 宏二, 大谷 達彦
山口大学工学部	正会員	進士 正人

1. 目的

トンネルを掘削すると切羽や内空断面(天端, 側壁, インバート)の変状が生じる. 高レベル放射性廃棄物地層処分施設のような地下構造物においては山岳トンネルなどのインフラ構造物と比べ, 特に長期的に安定な構造物でなければならない.

トンネル掘削に伴い坑壁に発生するクラックと覆工コンクリートに発生するクラックについて関連性を評価できれば, トンネル掘削時の坑壁クラック情報から対策工を施すことによって覆工コンクリートに生じるクラックの抑制に貢献できると考えられる. 本報告では, 現場計測による内空変位の挙動と岩盤クラックテンソルの方向分布との関連性の分析と数値解析による評価を行うことで, 覆工クラックの有無の違いを検討したものである.

2. 立坑掘削時に生じた岩盤への影響

まず覆工コンクリート壁面にクラックが生じた深度 300m 地点とクラックが全く生じなかった深度 290m 地点において, 立坑掘削後にコンバージェンスメジャーによって計測された変位データを使用し, それぞれの挙動を分析した. 図-1 上段に深度 300m 付近の覆工クラックマップを, 図-2 にコンバージェンスメジャーによる 4 方向の計測値の半分を各壁面に示した内空変位計測結果を示す¹⁾.

図-2 の左側に示す深度 300m の岩盤変位(青点)は方向による違いはみられないが(平均約 5mm), 岩盤変位と覆工施工後の変位の合計(赤点)は, 東西方向は南北方向に比べて大きくなり, 南北方向に長い楕円形のように分布している. 一方, 図-2 の右側に示す深度 290m の岩盤変位は, 方向による違いはみられず(平均約 3mm), 岩盤変位と覆工施工後の変位の合計は概ね均等に分布している.

上述したように覆工に発生するクラックの有無によって, 内空変位の断面分布が異なっている. この原因として, 覆工背面の岩盤性状の違いが関連していると考え, 岩盤性状の違いの有無をクラックテンソル理論²⁾を用いて分析した. 岩盤性状の調査には立坑掘削時の坑壁クラック(CAD データ)を使用し, 上述した 2 地点の坑壁についてクラックの密度を表わすクラックテンソル F_0 (以降 F_0 とする)のマップを作成した. F_0 マップの作成手順は, 以下の通りとする.

- ① 立坑掘削後の坑壁面について円周方向を 12 分割に, 深度 1m 毎にメッシュ分割する(図-1 下段).
- ② 各メッシュ内のクラックの座標を抽出し, 各クラック情報(長さ, 方向)を算定する.
- ③ メッシュ毎に F_0 を算定する.

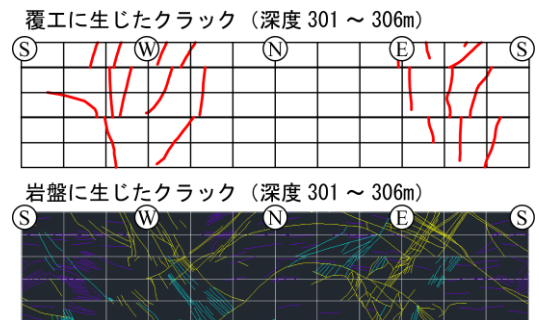


図-1 覆工および岩盤クラックマップ

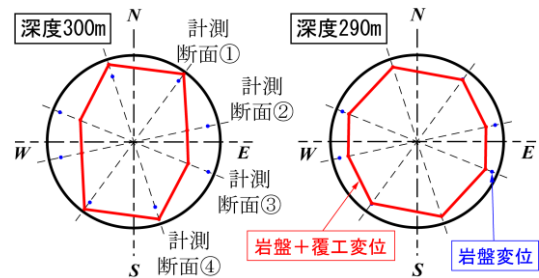


図-2 コンバージェンス計測結果

キーワード 地層処分, クラックテンソル, 数値解析

連絡先 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾30 福島工業高等専門学校 TEL 0246-46-0821

図-3の左側に示す南北方向(オレンジ色)と東西方向(青色)についてそれぞれ20要素のF0データをプロットし、右側に図化した。深度290m付近では南北方向と東西方向のF0のバラツキに違いはみられないが、深度300m付近では東西方向のF0のばらつきが南北方向より大きいことが分かった。

3. 数値解析による立坑掘削時の挙動の評価

2章で検討した現場計測・調査結果を分析した結果に対して、数値解析(FLAC3D)による評価を実施した。解析領域は深度330mから410mを対象とし(図-4)、検討対象は深度370m、モデルの寸法は東西方向40m、南北方向80m、深度方向80mとした。なお、2章で着目した深度についても今後解析を進める予定である。境界条件は南北面の要素は南北方向を拘束、東西面は東西方向を拘束、底面は深さ方向を拘束し、モデル上端は自由境界とした。地山、鋼製支保工および覆工コンクリートの入力定数を図-4に示す。岩盤は弾性体とし、深度330m～410mにおいて多く分布する岩盤等級CM-H(Hr有)の物性値を用いた³⁾。

図-5は、切羽進行に伴う深度370m地点の変位履歴を示しており、収束変位は、南北壁面約10mmに対して東西壁面約22mmであり、初期地圧の最大主応力方向である東西壁面は、南北壁面に対して大きな壁面変位が発生している。これは、地山の初期応力の方位依存性によるものと考えられる。この結果より、内空変位が楕円型に分布している深度300mの内空変位測定結果(実計測結果)は数値解析結果と整合が取れている。一方、内空変位が概ね均等に分布している深度290mは数値解析結果とは整合が取れていないが、この原因として、断面内の岩盤物性値のバラツキや掘削面の不陸による覆工厚のバラツキ等が考えられる。

4. おわりに

覆工クラックの有無の違いを現場計測による内空変位の挙動とF0の方向分布との関連性の分析を行った結果、覆工クラックが発生している深度では、内空変位の挙動とF0の方向分布に関連性があることが分かった。数値解析による評価については、覆工クラックが発生している深度では、数値解析結果とも変形の傾向の整合が取れており、関連性があることが分かった。一方、覆工クラックが発生していない深度では数値解析結果と整合が取れておらず、関連性があるとは言いきれないことから、今後、断面内の岩盤物性値のバラツキや掘削面の不陸による覆工厚のバラツキ等を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 稲垣, 常盤, 村上: 平成23年度地下施設計測データ集, JAEA-Data/Code 2012-029, 2013.
- 2) 小田, 鈴木, 山崎, 斉藤: 岩石構造の数量化とその岩盤力学への応用, テクトニクスと変成作用(原郁夫先生退官記念論文集), 創文, pp.367-378, 1996.
- 3) 森岡, 山崎, 松井, 尾留川, 山口: 幌延深地層研究計画における地下施設の支保設計(実施設計), JAEA-Research 2008-009, 2008.

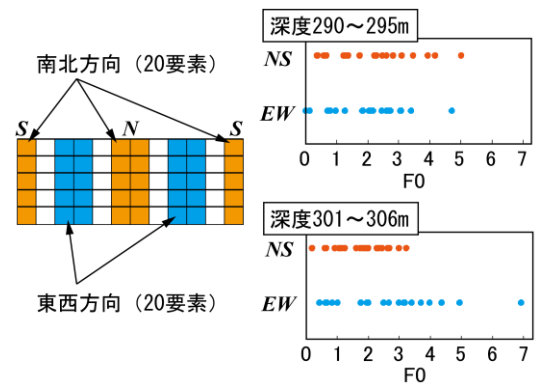


図-3 F0と方位の関係

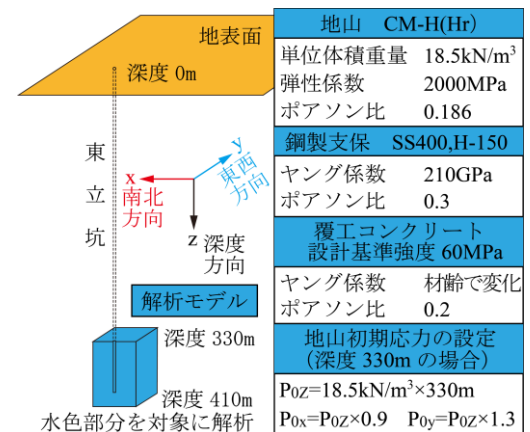


図-4 解析概要

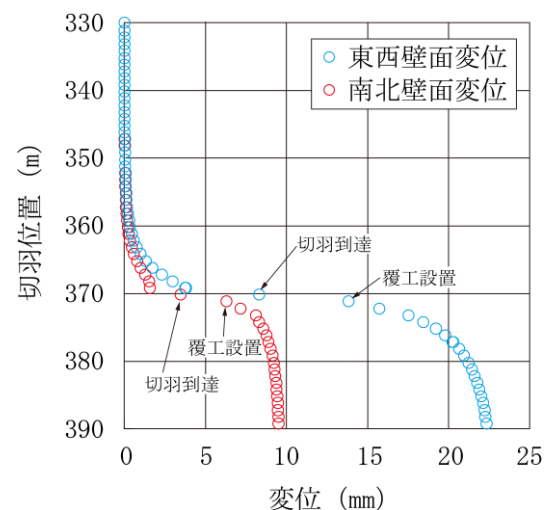


図-5 変位履歴曲線