# 物性の深度依存性を考慮した堆積軟岩中の立坑掘削解析

大成建設(株)技術センター	正会員	〇小川	豊和,	青木	智幸
大成建設(株)原子力本部	正会員	木ノ柞	寸 幸士		
(独)日本原子力研究開発機構	正会員	真田	祐幸,	松井	裕哉

#### 1. 目的

幌延深地層研究計画では、掘削予定深度 500m に達する地下研究施設を現在建設中であり、この施設を利用 して高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する研究を実施している.地下研究施設周辺の堆積軟岩は拘束圧下 でひずみ軟化挙動<sup>1)</sup>を示すため、空洞安定性を評価するにはその特性を踏まえた検討が重要である.これまで は立坑全体を3つのゾーンに区分しそれぞれのゾーンに対して、施工手順を考慮した立坑の三次元逐次掘削解 析を実施し、地下施設建設に伴う掘削影響の範囲やその物性を予測してきた<sup>2)</sup>.

研究サイトでのボーリング調査や得られた岩石試料を用いた室内試験では,岩盤の物性が深度依存性を示す ことが明らかになった.そこで物性の深度変化が空洞安定性に与える影響を検討するため,本研究では,物性 の深度依存性を考慮した岩盤物性分布モデルを用いて行った予測評価(施工手順と物性の深度依存性を考慮し た立坑の三次元逐次掘削解析)の結果を報告する.

## 2. 岩盤物性値の設定

本プロジェクトで実施した地表からのボーリングで採取した岩石コア試験,ならびに圧密非排水三軸圧縮試 験結果より決定した岩盤の物性値例を図1に示す.





キーワード 堆積軟岩,ひずみ軟化,深度依存性,逐次解析,施工手順 連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL 045-814-7237

# 3. 解析モデル

本研究の掘削解析は、地下研究施設のうち換気立坑を対象として、 有限差分法解析コード FLAC3D<sup>3</sup>を用いて実施した.解析に用いたメ ッシュを図2に示す.解析領域は、直径5.8m(換気立坑の仕上がり 内径4.5mと支保工厚ならびに掘削作業時の余裕量を加えた値)に対 し200m×200m、高さ800mの角柱形で、ひずみ軟化の非対称性を 考慮し全断面モデルを採用した.掘削サイクルは、実施設計4の施工 手順に従い、鉛直方向に1mずつ掘削し、鋼製支保工を1mごと、覆 エコンクリートを2mごとに設置する.本解析では、掘削区間を上部 境界から500mとし、各要素に初期応力を付与して安定計算を行った 後、逐次掘削を開始した.主応力比は初期応力測定結果より $\sigma_z$ :  $\sigma_H$ :  $\sigma_h=1.0:1.3:0.9(\sigma_z:鉛直応力, \sigma_H:最大主応力, \sigma_h:最小主$ 応力)と設定した.また、境界条件は、上下面境界を鉛直変位固定、角柱外周面境界を側方変位固定とした.



#### (1) 周辺岩盤に及ぼす影響

図3に、各深度における半径方向の変位を示す.変位の最大値は深度300m 付近(声問層と稚内層の境界付近)であり、 $\sigma_{\rm H}$ 方向で40mm、 $\sigma_{\rm h}$ 方向で36mm である.また、遷移領域では岩盤物性の変化が大きいため、変位の変化が大 きくなっている.

## (2) 支保部材に及ぼす影響

切羽が 20m通過した時点での,ある断面の鋼製支保工と覆工コンクリートの,縁応力の深度方向の分布を図4に示す.鋼製支保工では深度 200m 以深で,縁応力(中央部)がすべて降伏強度を上回る結果となっているが,覆 エコンクリートにおいては,縁応力は最大でも圧縮強度の 1/2 程度である.

### 5. まとめ

ひずみ軟化型弾塑性モデルを用いて,物性の深度 依存性を考慮した立坑の三次元逐次掘削解析を実 施した.今回設定した仕様では深度 200m 以深では 鋼製支保工の健全性を確保できない可能性が示唆 された.今後,実際の計測データと比較しながら本 解析モデルの妥当性や原位置の物性を検証してい くことが重要であると考えられる.

## 参考文献

- 1) 足立紀尚,岡二三生,小池真史,尾崎仁美,福井英大: 軟岩の時間依存性挙動とひずみ軟化型弾・粘塑性構成式, 地盤工学研究発表会講演集, Vol.32, No.2-1, pp.1187-1188, 1997.
- 2) 木ノ村 幸士,小川 豊和,青木 智幸,山本 卓也,松井 裕 哉,真田 祐幸:堆積軟岩地山のひずみ軟化挙動を考慮し た立坑の掘削時安定性評価,第37回岩盤力学に関するシ ンポジウム講演集,pp.307-312,2008.

3) Itasca Consulting Group: Fast Lagrangian Analysis of Continua, Version 3.00, 2006.

4)サイクル機構:幌延深地層研究計画 地下施設実施設計 設計報告書,JNC TJ5410 2005-002, 2005.



図2 解析メッシュ





