

高レベル放射性廃棄物処分トンネルのMBC解析

香川大学 正員 ○ 吉田秀典
東京大学 正員 金子岳夫, 堀井秀之

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の処分については、地下の安定な地層中に長期にわたり閉じ込めておく、いわゆる地層処分がスタンダードとなりつつある。地層処分の利点の1つとして、放射性核種の主要移行媒体である地下水の動きが少ない¹⁾ということが挙げられるが、処分場の地下施設は、アクセス坑道、主要坑道、連絡坑道など、多岐におよぶ地下構造物から構成されるため、処分場の地質環境が変化することも予想される。万が一に備え、放射性物質が地下水に溶け出すことも想定し、より正確に地質環境を把握しておくことは非常に重要である。そこで本研究では、地下構造物が建設された際、処分坑道周辺の地質環境がどのように変化するかを、岩盤内のジョイントに着目して検討を行なう。

2. 解析条件

処分場の配置については、敷地条件（地形、敷地の形状、面積）や初期地圧、割れ目の卓越方向、広域地下水流動（流速、流向）などの地質環境条件を考慮する必要がある。本研究では、処分坑道の掘削問題を取り上げ、解析を通して、上記の項目について検討を行なう。解析コードとしてMBC解析²⁾を採用し、処分坑道の掘削解析を行なった。

表 1 ジョイントの物性パラメータ

傾斜	右落ち60度	左落ち60度
走行	空洞軸に平行	空洞軸に平行
平均間隔	1.0 m	1.0 or 0.5 m
有効寸法	2.5 m	2.5 m
摩擦角度	30 度	30 度
起伏角度	10 度	10 度

処分坑道は縦置き方式とし、図1に示されるような規模・形状を仮定した。掘削については、まず馬蹄形部分を掘削し、それから、処分孔部分を2段階に渡って掘下げるものとした。

本解析では、処分坑道が土被り1000m程度の深部に位置すると仮定し、また、岩盤の単位体積密度を 2.5g/cm^3 とした。初期地圧としては、土被りに単位体積密度を乗じた程度とし、最大および最小主応力をそれぞれ29.4MPa、24.5MPaとした。初期地圧の方向としては、最大主応力の方向が水平より0度(case1)、および水平より時計回りに30度(case2)の2種類とした。解析で考慮する卓越ジョイントは、その走向が坑道とほぼ平行な2種類(左右60度落ち)とし、それらの物性パラメータを表1のように設定した。また、卓越ジョイントを除いた基質岩盤の弾性係数を19.6MPa、ポアソン比を0.25とした。尚、解析は2次元平面ひずみの条件下で行った。

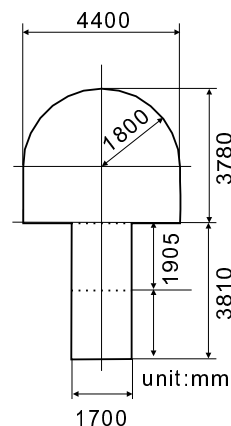


図 1 処分坑道の概要

3. 解析結果

岩盤の水理特性などを考えるにあたっては、初期の亀裂群の存在による影響だけでなく、掘削中にジョイントが変形し、それにともなって透水性の高い領域が新たに形成される可能性が高い。そこでジョイントの変形に着目し、本稿では掘削段階、初期地圧の方向、およびジョイントの密度とジョイントの変形量との関係について考察する。

まず、図2から図4に、case1における各掘削段階ごとの左落ちのジョイントの開口変位分布を示す。ジョイントが坑道周辺部において変形しているが、掘削ボリュームの大きい第1ステップより、処分孔の掘削時の方が、ジョイントの変形領域が大きく、さらにその変形量も大きいことが分かる。特に隅角部付近で変形が大きくなっている。参考として、全断面掘削時の右落ちのジョイントの開口変位分布を図5に示す。初期地圧、ジョイントの幾何学的および力学的条件に関して左右対称問題であるため、図5は図4と左右対称となっている（等高線処理において、やや違い有り）。

次に、初期地圧とジョイントの変形量との関係を考察するために、case2における左落ちのジョイントの開口変位分布を図6に示す。図は全断面掘削後の分布である。左落ちのジョイントの方向は、初期地圧の最小主応力方向と一致するため、case1より変形しやすい。図4と比べると、左斜め上、あるいは右斜め下に向かって変形の領域が大きくなっている。これは、初期地圧の方向とジョイントの幾何学的条件の組合わせによって、岩盤の変形が異なることを示している。

最後に、ジョイントの密度とジョイントの変形量との関係を考察するために、case2と同条件で、左落ちのジョイントの平均間隔のみを0.5mにした場合(case3とする)の結果を図7に示す。図は、全断面掘削後における左落ちのジョイントの分布である。密度が増すことで、変形量が大きくなっている箇所があるが、変形領域そのものについては、図6とそれほど差がない。密度をさらに増すと、顕著な差が出るものと思われる。

4. まとめ

本解析より、処分坑道掘削に際して、初期地圧の方向やジョイントの密度などは、ジョイントの変形に大きな影響を与えることが判明した。さらに、標準的なトンネルよりも下方に掘下げる処分坑道の方が、ジョイントの変形領域がかなり大きくなることが分かった。これらより、掘削によって水理特性など、地質環境が変化する可能性があるものと思われる³⁾。今後は各種パラメータの感度解析や3次元解析を行ない、より詳細な検討を加える予定である。

参考文献

- 1) (財)電力中央研究所編：高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術。
- 2) 吉田，堀井：マイクロメカニクスに基づく岩盤の連続体理論と大規模空洞掘削の解析，土木学会論文集，No.535/III-34，pp.23-41，1996。
- 3) 吉田ら：MBC解析に基づくジョイントの変形と透水係数の変化に関する基礎的研究，土木学会第54回年次学術講演会講演概要集，III-A，pp.654-655，1999。

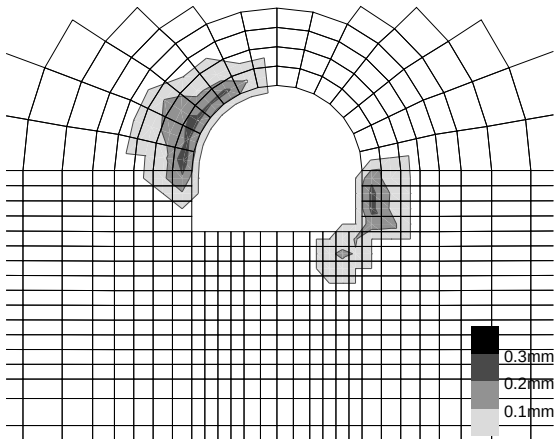


図 2 開口変位分布 (case1, 左落ち, 第1ステップ)

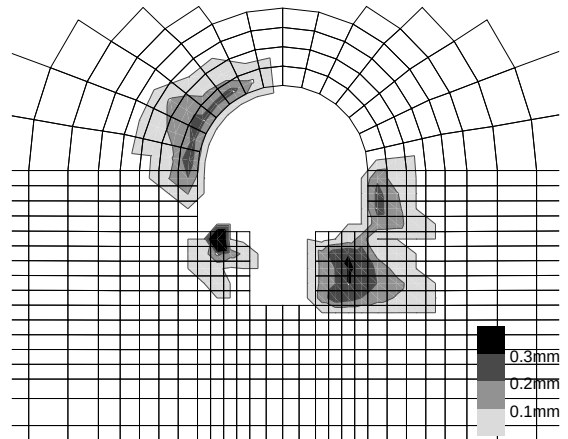


図 3 開口変位分布 (case1, 左落ち, 第2ステップ)

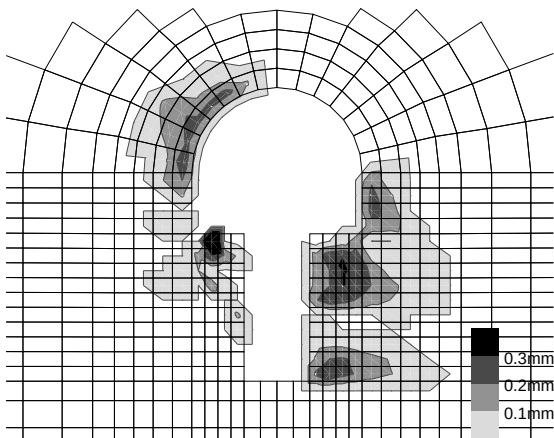


図 4 開口変位分布 (case1, 左落ち, 第3ステップ)

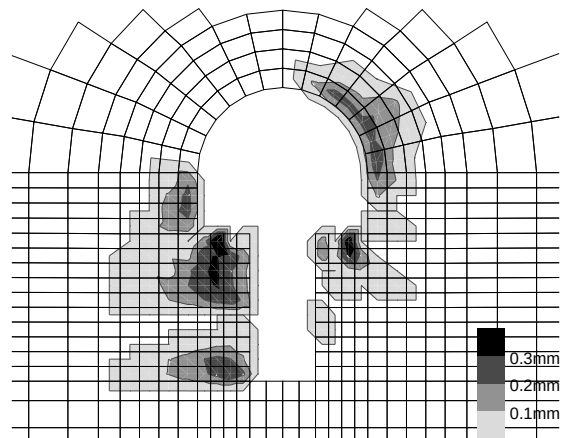


図 5 開口変位分布 (case1, 右落ち, 第3ステップ)

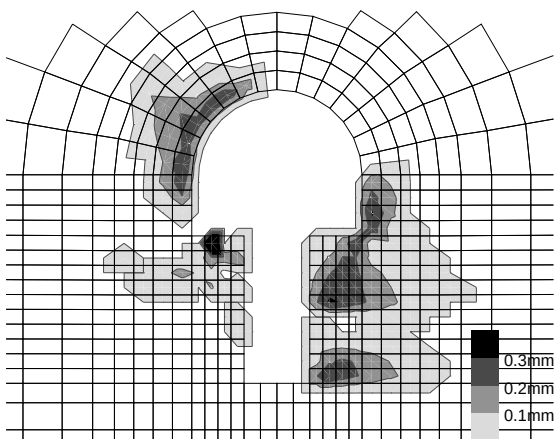


図 6 開口変位分布 (case2, 左落ち, 第3ステップ)

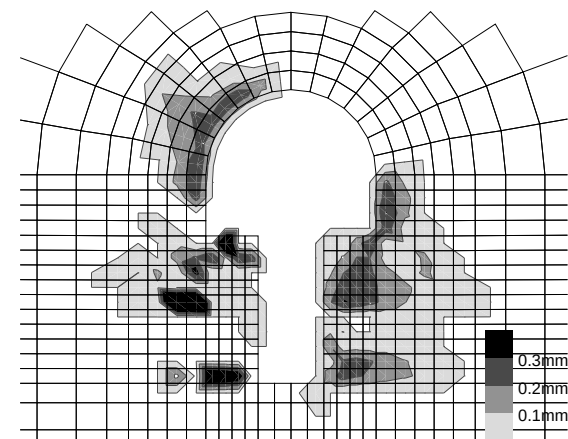


図 7 開口変位分布 (case3, 左落ち, 第3ステップ)