

初期応力比を考慮した処分坑道の断面形状

摂南大学大学院 学会員 亀岡慎也 摂南大学工学部 正会員 道廣一利
 摂南大学大学院 学会員 脇中康太 大阪工業大学工学部 正会員 吉岡尚也

1. はじめに

日本列島はアジア大陸と太平洋の間の大陸縁部に位置し地殻変動が活発であることから、日本列島における地殻応力場は概ね東西方向に卓越しているという計測結果がある¹⁾。すなわち、水平面内における応力は東西方向の成分が鉛直方向の応力より大きく、南北方向の成分は鉛直方向の応力とほぼ等しい状態にある。そのような初期応力状態のもとで、放射性廃棄物処分場²⁾(図-1)のような連続した処分坑道の構築を想定した場合、隣接する坑道の掘削による応力解放の影響や隣り合う空洞の掘削による転移荷重を考慮した坑道形状が必要になる。そこで、三次元FEM解析を用いて適切な断面形状について検討した。

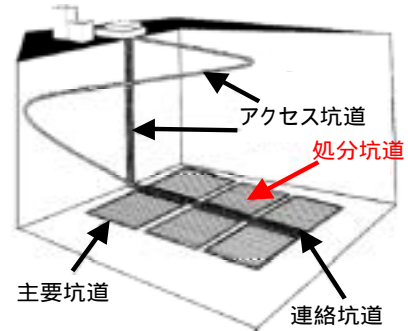


図-1 概要図²⁾

2. 解析概要

解析モデルを図-2に示す。実際には多数の処分坑道があるが、簡略化し3本のみとした。処分坑道長も実際には500m程度であるが、ここでは10分の1(50m)にした。解析領域は、上下方向は8r(坑道半径の8倍)、側方は坑道の連続性を考慮し坑道離間距離の半分とした。数値解析は3次元有限要素法を用い、周辺岩盤は完全弾塑性体を仮定し、地山はソリッド要素、吹付けコンクリートはシェル要素として扱った。境界条件は上面を自由境界とし、他の面をローラー境界とした。

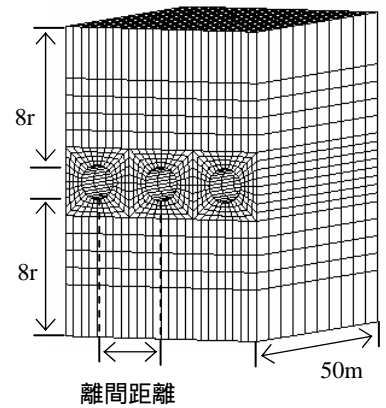


図-2 モデル

解析対象は、地下500mの処分坑道を想定し、円形断面、馬蹄断面、空洞(楕円)の縦横比が水平面内の最大応力と鉛直応力との比、水平面内の平均応力と鉛直応力との比、について検討を行った(図-3)。すなわち、空洞の縦横比は1.5、1.25である。支保は吹付けコンクリートのみとし、空洞半径と吹付け厚さとの比をおおよそ0.1とした。

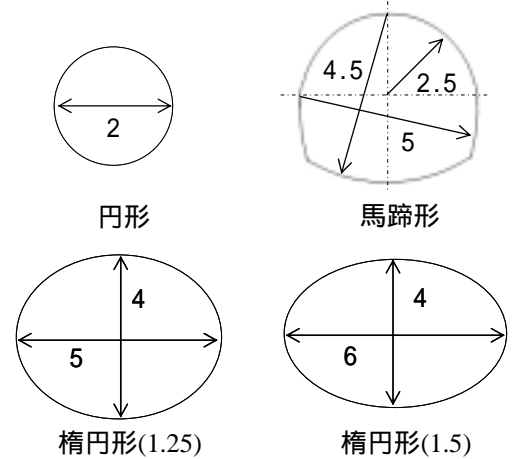


図-3 断面形状(単位:m)

数値解析に用いる周辺岩盤の物性値については、幌延の深地層研究所が実施した堆積軟岩のボーリングコアから得られた値³⁾を引用した(表-1)。初期応力については、長¹⁾がこれまでに国内で測定された岩盤初期応力値に基づき考察した結果から、鉛直応力は被り圧とした。また、水平面内における直応力については、最小応力を被り圧とし、最大応力を被り圧の1.5倍とした。

表-1 岩盤物性値

| CM-H(Hr) | |
|-----------------------------|-----------------------|
| 変形係数 (kN/m ²) | 2.0 × 10 ⁶ |
| 粘着力 (kN/m ²) | 1600 |
| 内部摩擦角 (°) | 25 |
| ポアソン比 | 0.2 |
| 単位体積重量 (kN/m ³) | 18.5 |

3. 解析結果・考察

岩盤構造物には2つの問題がある。一つは、荷重を受けた岩盤が変形することにより破壊するという変形上の問題である。もう一つは、岩盤内の応力が最大レベルまで達し、破壊が起こるといった応力上の問題

キーワード：処分坑道、断面形状、初期応力

〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8 email : 07m211wk@edu.setsunan.ac.jp

題である。応力上の問題は、岩盤の亀裂や不連続面に起因するせん断破壊について考える。ここではこれら2つの問題について考察する。

(1) 応力上の問題

坑道離間距離を設定する際には、坑道間の岩盤(ピラー部)が重要な構造部材となる。ここで、ピラーの平均安全率($F_s=1.5$)⁴⁾を用いる事により安定性を評価した。図-2に離間距離と平均安全率の関係を示す。図より楕円形断面の縦横比が大きくなれば平均安全率も大きくなる事がわかる。したがって、楕円形断面ではピラー部に作用する応力が小さくなるためにピラー部の安定性を確保しやすいことがわかる。円形、馬蹄形断面の場合は離間距離が $5r$ でピラー部の安定性を確保できるが、楕円形断面の場合は、 $4r$ で安定性を確保できる。

(2) 変形上の問題

つぎに、変形上の問題について検討する。変形については断面変形率により安定性評価を行う。空洞周辺の岩盤が不安定になり、坑道の設計断面を確保することが困難になると考えられる断面変形率(内空変位 d と掘削径 $2r$ との比の百分率)は、最大 0.8% であることが指摘されている⁵⁾。図-5, 6に断面変形率を示す。円形断面および馬蹄断面では $5r$ 設ければ断面変形率は水平・鉛直成分ともに 0.8% 以下になる。

楕円形断面の場合、他の断面と比較すると水平成分は小さいことがわかる。一方、鉛直成分は縦横比 1.5 の場合には離間距離が $4r$ のとき 1% を上回るため周辺岩盤が不安定になることが推察できる。また、縦横比 1.25 の場合、鉛直成分は馬蹄断面より小さく、円形断面とほぼ等しいことがわかる。したがって、離間距離 $4r$ でピラー部および空洞の安定性を確保することができる。

4. まとめ

連続した処分坑道を構築する場合における断面形状について三次元 FEM を用いて検討した結果、以下のことがわかった。

円形断面および馬蹄断面の場合、離間距離を $5r$ 設ける必要がある。

楕円形断面ではピラー部に作用する応力が小さくなる。

楕円形断面の場合、縦横比が平均水平応力と鉛直応力との比と等しい断面形状を用いることにより安定性は向上する。この場合、離間距離 $4r$ 設ければよいことがわかった。

参考文献

- 1)長秋雄：国内の深地層初期応力状態，平成12年度研究発表会講演論文集，pp.129-132，日本応用地質学会，2000.
- 2)核燃料サイクル開発機構：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 - 地層処分研究開発第2次取りまとめ -，分冊2 地層処分の工学技術，サイクル機構技術資料，JNC TN1400 99-020-024，1999.
- 3)森岡宏之ほか：幌延深地層研究計画における地下研究坑道の支保設計，第35回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp.69-74，土木学会，2006.
- 4)E・フック，E・T・ブラウン：岩盤地下空洞の設計と施工，pp.148-155，土木工学社，1985.
- 5)谷本親伯，吉岡尚也：山岳トンネルにおけるコンバージェンス計測の意義，材料，第40巻第452号，pp.122-128，1991.

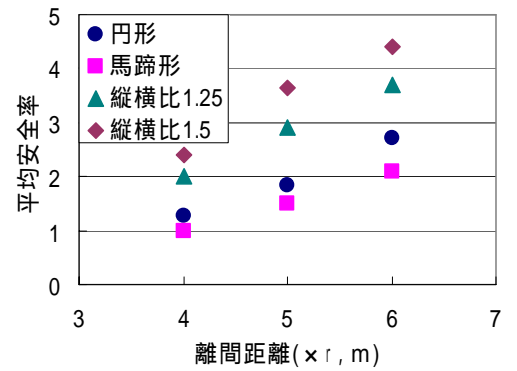


図-4 平均安全率

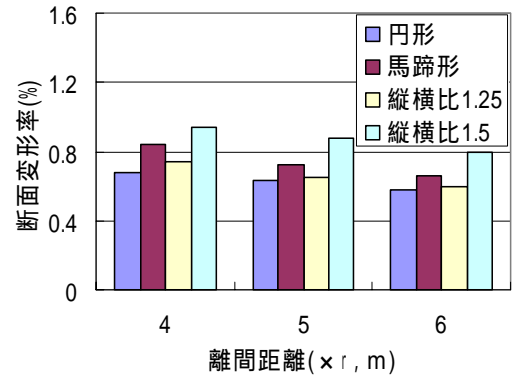


図-5 断面変形率(水平成分)

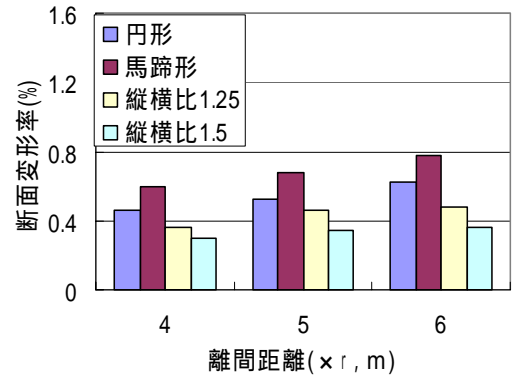


図-6 断面変形率(鉛直成分)