

堆積軟岩における空洞掘削後の空洞周辺岩盤内応力

日本原燃株式会社 正会員 ○岩見 忠輝 正会員 富田 敦紀
 鹿島技術研究所 正会員 白鷺 卓 正会員 戸井田 克
 京都大学 正会員 岸田 潔
 財団法人地域地盤環境研究所 フェロー会員 足立 紀尚

1. はじめに

大規模地下空洞の掘削時挙動の評価に際しては、掘削影響の程度・状況を把握することが重要であり、特に堆積軟岩での実績は少ないことから、掘削時の周辺岩盤の応力特性について検討することが必要である。青森県六ヶ所村の敷地内で空洞の力学的安定性および掘削影響領域（Excavation Disturbed Zone : EDZ）の把握を目的とした試験空洞の掘削・調査を実施しており、当サイトにおいて円錐孔底ひずみ法を利用した空洞掘削後の空洞周辺岩盤内応力（二次応力）を測定し、初期地圧¹⁾や掘削時の応力状態を考慮した要素試験結果から導かれた破壊規準²⁾と比較することでいくつか知見が得られたので報告する。

2. 岩盤内応力計測の概要

(1) 試験空洞諸元・地質

試験空洞の形状は幅 17.7 m、高さ 16.2 m の三心円形状で、空洞延長は 71.2 m である（図-1 参照）。土被りは空洞天端位置で約 100 m である。岩盤補強工は吹付けコンクリートが厚さ 300 mm の高強度コンクリート、ロックボルトがアーチ部 4 m、側壁部 6 m のねじり棒鋼、鋼製支保工が 250H の高規格鋼で建込み間隔は 1 m である。試験空洞周辺の地質は新第三紀中新世の海成堆積岩からなる鷹架層で、試験空洞はほぼ均質・無層理で既存割目のない軽石凝灰岩層内に位置している。

(2) 測定位置

二次応力測定は B 断面から坑口側 4 m の断面において、アーチ天端（OC01）、左右側壁（OC07、OC09）およびインバート（OC12）の 4 測線について各測線 4 深度の計 16 点にて実施した。測定深度はアーチ天端および左右側壁が 0.5 m、1.5 m、3.5 m、5.5 m の各深度、インバート部が 1.0 m、2.0 m、3.0 m、6.0 m の各深度とした。座標系は空洞軸方向を X、空洞横断方向を Y、空洞鉛直方向を Z とした（図-2 参照）。

3. 応力計測結果および考察

(1) YZ 面内の主応力分布（初期地圧との比較）

図-3 に YZ 面内の最大・最小主応力図を示す。図中の空洞内には初期地圧の主応力図を示す。これより、天端および底盤では掘削による応力再配分によって初期地圧の側圧比 1.46 に対して天端で平均 2.22、底盤で平均 3.28 となっている。一方、左右側壁においては、初期地圧では水平に近い最大主応力が回転し、空洞接線方向に向いているこ

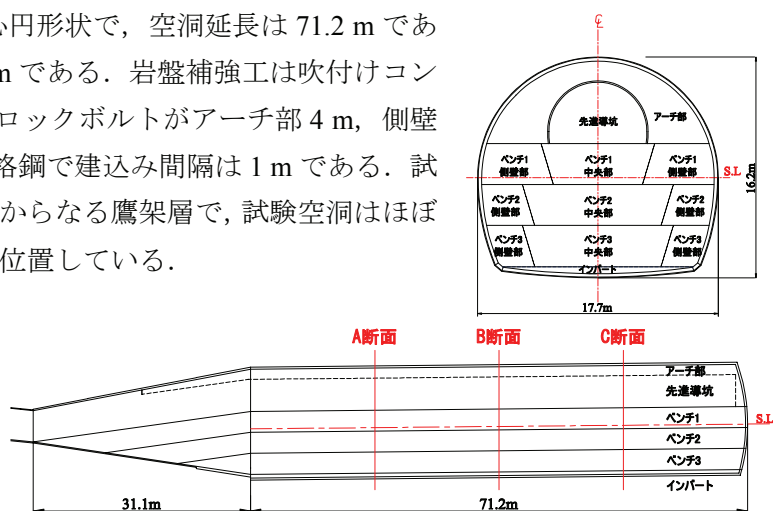


図-1 試験空洞の横・縦断面図

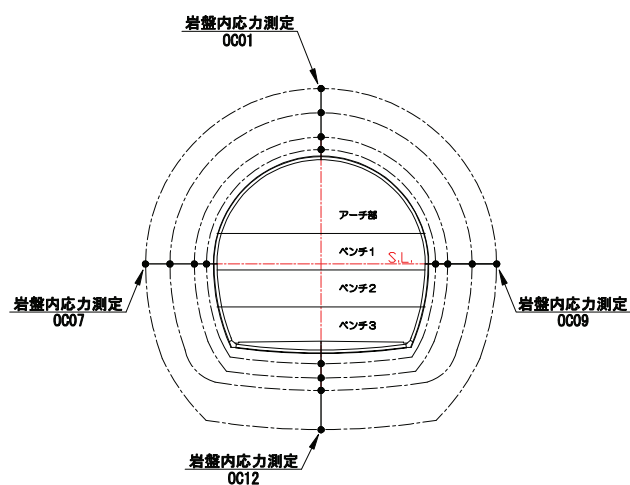


図-2 二次応力測定実施位置

キーワード 堆積軟岩, 放射性廃棄物処分, 岩盤内応力, 円錐孔底ひずみ法, 掘削影響領域, 地下空洞
 連絡先 〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字野附 504-22 日本原燃(株) 開発設計部 TEL 0175-72-3305

とがわかる。また、OC01, OC07, OC09 の深度 0.5 m の位置および OC12 の深度 1.0 m, 2.0 m の位置では最小主応力 (σ_3) が引張応力となっている。

(2) YZ 応力成分の二次応力と初期地圧の比

図-4 に YZ 応力成分の初期地圧比の深度分布グラフを示す。比が 1 のとき、二次応力成分は初期地圧相当であることを示す。これより、掘削解放による空洞半径方向応力 (σ_r) の低下は認められるが、応力再配分による健岩域での顕著な空洞接線方向応力 (σ_θ) の集中は認められない。

(3) 破壊の判定

図-5 に空洞掘削時の応力状態を考慮した要素試験から導かれた Hoek-Brown の破壊規準²⁾ に二次応力をプロットした。これより、 σ_3 が引張応力となっていた OC01, OC07, OC09 の深度 0.5 m および OC12 の深度 1.0 m, 2.0 m では引張破壊が発生している。

また、上記以外の深度においては破壊規準内にあることから破壊は生じていないと考えられる。

4. まとめ

YZ 面内において $\sigma_\theta > \sigma_r$ で、 σ_r が低下あるいは引張に転じる傾向は二次応力分布として合理的だが、健岩域で顕著な σ_θ の集中領域が見られないのは今後検証が必要である。また、破壊規準との比較より想定される塑性化領域は、アーチ天端部および左右側壁部で壁面深度 0.0~1.5 m 以内、インバート部で 0.0~3.0 m 以内と考えられる。

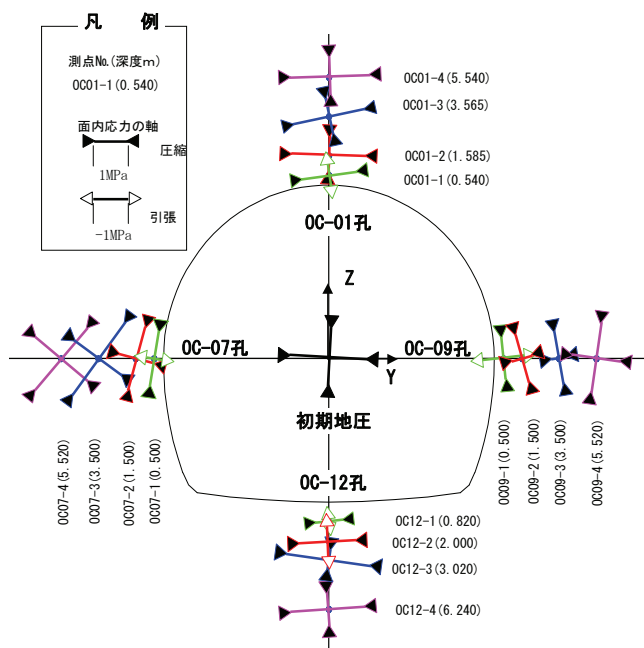


図-3 YZ 面内主応力図

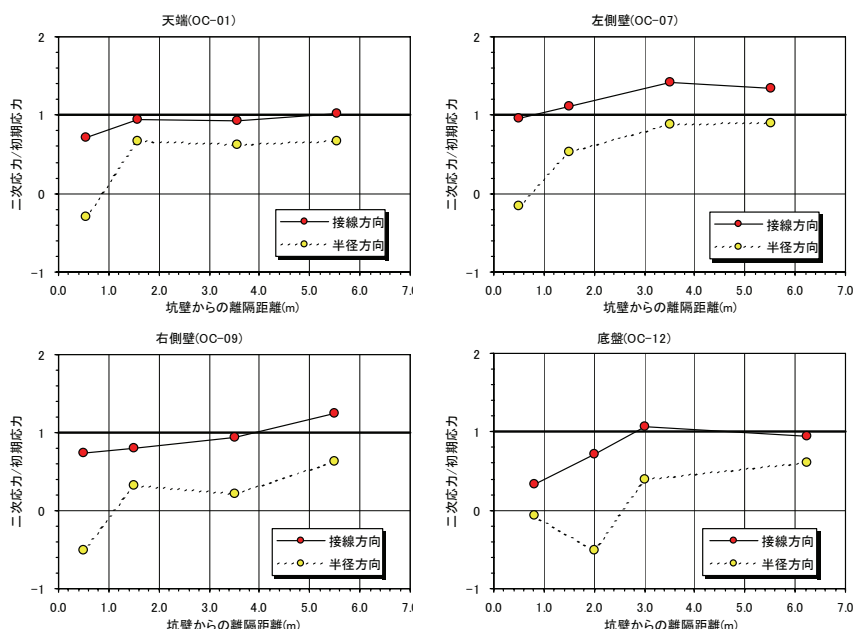


図-4 YZ 面内応力成分の二次応力／初期地圧比

参考文献

- 1) 富田敦紀他：軟岩地盤における円錐孔底ひずみ法の現場適用性に関する一考察 第 34 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集 pp. 267 - 272 2005
- 2) 富田敦紀他：空洞掘削時の応力状態を考慮した要素試験による堆積軟岩空洞掘削時の破壊現象の一考察 第 35 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集 pp. 213 - 218 2006

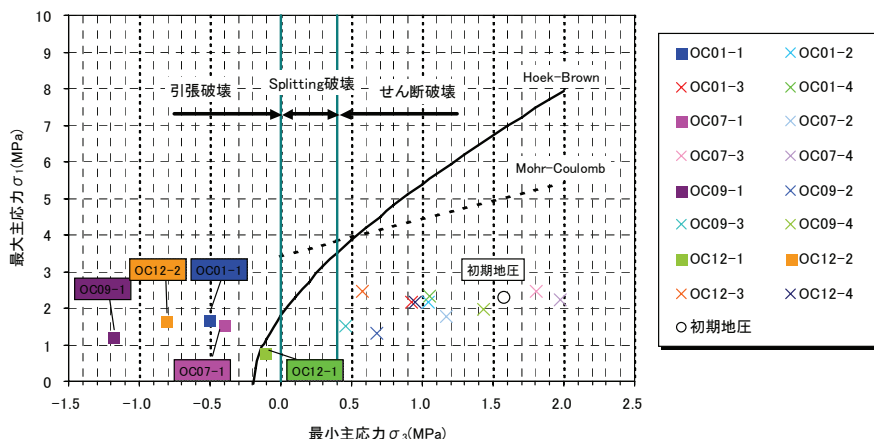


図-5 Hoek & Brown の破壊規準との比較