

堆積軟岩における空洞掘削に伴う周辺岩盤の変形特性変化

日本原燃株式会社 正会員 蛭名 孝仁 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変形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（図-1）の掘削・調査を実施しており、掘削による周辺岩盤の変形特性への影響を把握するためにインバート部を対象に各種計測および評価を行ったので、その結果について報告する。

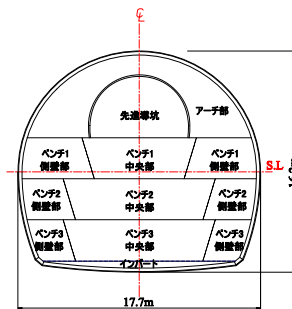


図-1 試験空洞横断面図

2. インバート部を対象とした計測の概要と得られた知見

(1) 地質

試験空洞周辺の主な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) 計測位置

主計測断面B周辺のインバート部において孔間弾性波 Tomography, Suspension PS 検層ならびに孔内载荷試験を掘削前後に実施した（図-2 参照）。また、図-3 に孔内载荷試験の実施深度を示す。あわせて、Sliding Micrometer 孔を除くすべてのボーリング孔で BTV 観察を実施した。

(3) 得られた知見

図-4 に示すように、孔間弾性波 Tomography では、インバート中央部において深度 1.8 m で 5 % 以上の低減が認められる。Suspension PS 検層では、深度 2.0 m で P 波および S 波低減率の変曲点が認められる。BTV 観察で認

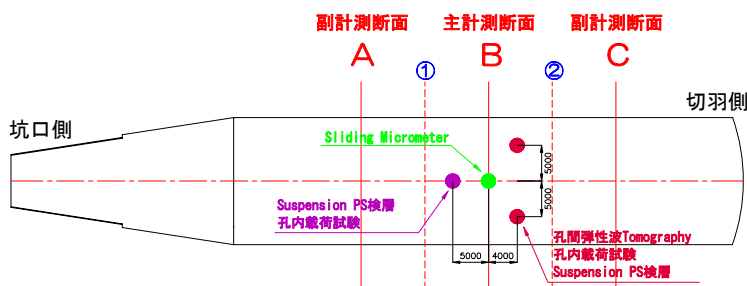


図-2 試験空洞内ボーリング孔配置平面図

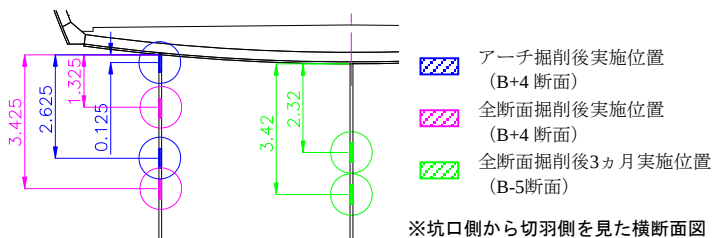


図-3 孔内载荷試験実施位置（空洞横断面図）

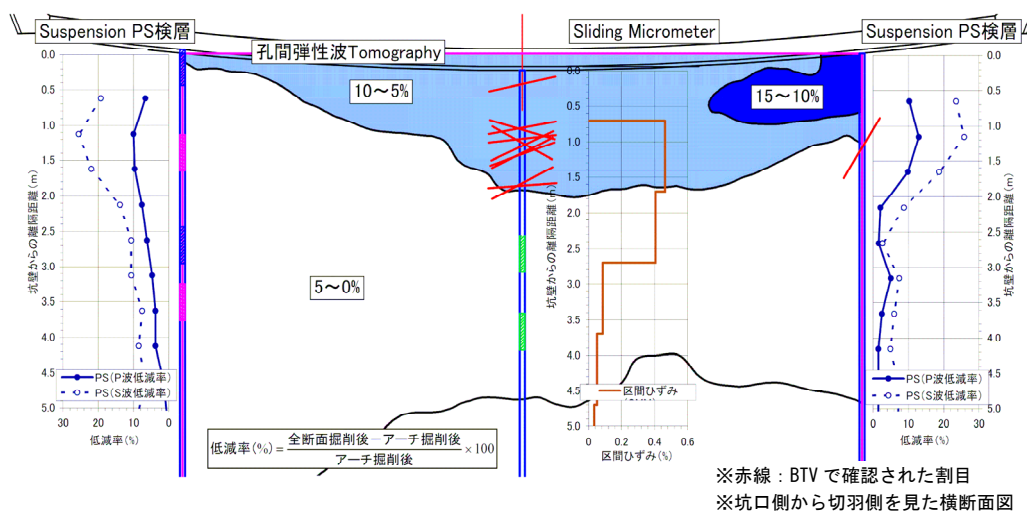


図-4 インバート部計測結果（空洞横断面図）

キーワード 堆積軟岩, 放射性廃棄物処分, 変形特性, 拘束圧依存性, 地下空洞

連絡先 〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駈字野附 504-22 日本原燃(株)開発設計部 TEL 0175-72-3305

められた割目の最大深度は壁面から 1.9 m である。Sliding Micrometer では、区間ひずみが深度 2.7 m まで限界ひずみの平均値相当の 0.5 % である。また、図-5 に示すように、孔内载荷試験では、空洞掘削前の変形係数は平均 1,500 MPa、除荷時割線弾性係数は平均 2,700 MPa であった。空洞掘削後の変形係数は平均 800 MPa、除荷時割線弾性係数は平均 1,100 MPa でそれぞれ概ね 50 % の低減が認められる。

4. 変形特性の拘束圧依存性

前記の結果から空洞掘削前後で変形特性が低下していることが認められる。この変形特性の低下は掘削前後の岩盤内応力変化、すなわち拘束圧の変化によって生じていると考え、インバート部において実施した岩盤内応力測定結果¹⁾から孔内载荷方向に直行する岩盤内応力（二次応力）の鉛直方向応力成分（ σ_z ）を拘束圧とし（図-6 参照）、変形特性の低下を拘束圧依存性の観点から整理した。その際、孔内载荷試験実施深度の拘束圧に対応する σ_z は岩盤内応力測定実施深度の近い値とした。また、二次応力の測定結果が引張破壊域（ $\sigma_z \leq 0$ ）については $\sigma_z = 0$ として整理した。一方、変形特性は孔内载荷試験により得られた除荷時割線弾性係数のほか、Suspension PS 検層結果から算出される動弾性係数、三軸圧縮 CD 試験結果の接線弾性係数（E50）ならびに土・水連成ひずみ軟化型弾粘塑性解析の結果を整理した。

その結果、図-7 に示すように全ての変形特性に拘束圧依存性が認められることから、健岩域での弾性係数の低下は掘削解放による拘束圧低下に起因するものと判断される。

5. まとめ

拘束圧を岩盤内応力測定結果の σ_z として変形特性との関係を整理した結果、全ての変形特性に拘束圧依存性が認められる。したがって、健岩域（ゆるみ域外）での弾性係数の低下は掘削解放による拘束圧低下に起因するものと判断される。また、拘束圧依存性を考慮した土・水連成ひずみ軟化型弾粘塑性拡張モデル²⁾の妥当性も確認された。

参考文献

- 1) 岩見忠輝，富田敦紀，白鷺卓，戸井田克，岸田潔，足立紀尚：堆積軟岩における空洞掘削前後の空洞周辺岩盤内応力 第 61 回土木学会年次学術講演会 2006 投稿中
- 2) 大槻英夫，田坂嘉章，鈴木康正，大森剛志，岸田潔，足立紀尚：土・水連成ひずみ軟化型弾粘塑性モデルの拡張と堆積軟岩空洞掘削問題への適用 第 35 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集 pp231-236 2006

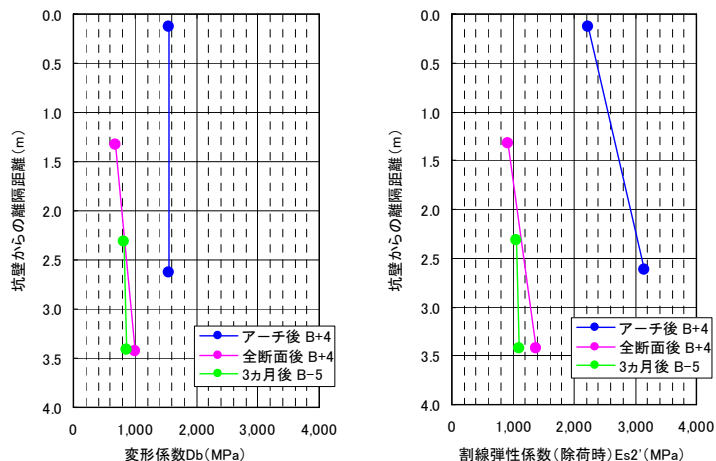


図-5 掘削前後の変形特性比較

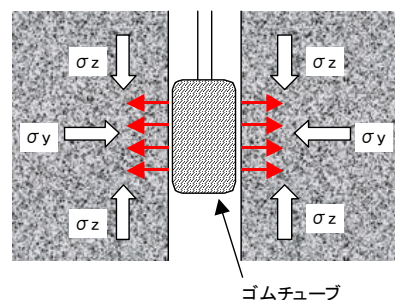


図-6 孔内载荷試験と面内応力成分との関係

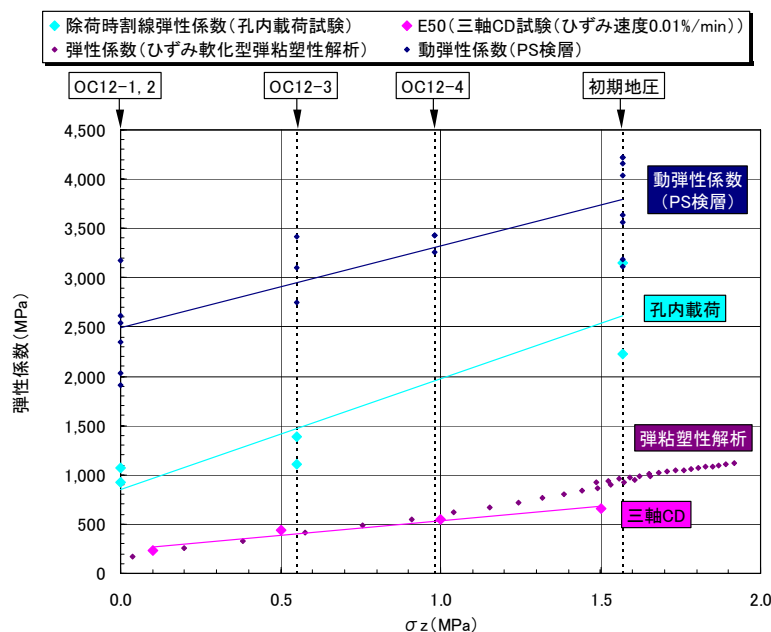


図-7 鉛直応力成分 σ_z を拘束圧とみなした場合の弾性係数の拘束圧依存性