

新第三紀珪質岩の変形特性に関する原位置及び室内試験結果の比較

核燃料サイクル開発機構	正会員	○丹生屋 純夫
同 上	正会員	松井 裕哉
大成建設（株）	正会員	山本 卓也
（株）ドーコン	非会員	星野 敦司
三菱マテリアル資源開発（株）	正会員	杉山 和稔

1. はじめに

核燃料サイクル開発機構は、北海道幌延町において高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する技術基盤の確立を目指し、堆積岩を対象とした地下施設の建設を伴うプロジェクト（幌延深地層研究計画）を進めている¹⁾²⁾。本報告は、本プロジェクトの一環として実施した HDB-6 孔における孔内載荷試験と三軸圧縮試験の結果を比較し、原位置試験で得られた岩盤の変形特性について考察したものである。

2. コア採取地点周辺の地質概要

図-1 に主な調査研究の対象範囲である研究所設置地区（幌延町北進地区）と各ボーリング孔の位置を示す。調査対象となっている堆積岩は、

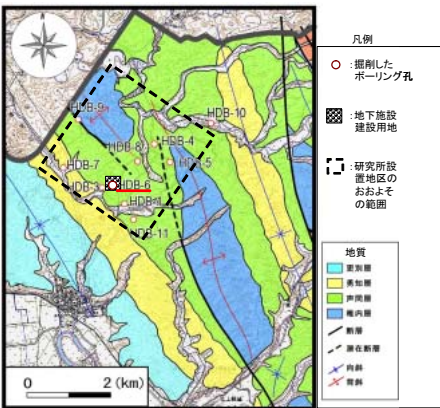


図-1 調査ボーリング孔位置図

主に新第三紀の声問層及び稚内層と呼ばれるものである。声問層及び稚内層は珪藻を起源とする堆積岩で、続成作用の程度の違いを反映し声問層は珪藻質泥岩、稚内層は硬質頁岩の岩相を示す。また、両層の境界付近には珪藻質泥岩から硬質頁岩へ遷移的に変化する領域が存在する。三軸圧縮試験に用いたコアは、地下施設設計に必要な岩盤の変形特性の把握を目的として地下施設の建設予定地点に最も近いボーリング孔である HDB-6 孔（孔長 620m）より採取した。表-1 に、これまでの調査で得られた珪藻質泥岩、硬質頁岩及び遷移層の物理・力学物性値を示す。

表-1 周辺地質の物理・力学特性値一覧

	単位体積重量 (kN/m^3)	空隙率 (%)	弾性波速度		一軸圧縮強度 (MPa)
			P (km/s)	S (km/s)	
声問層 (珪藻質泥岩)	14.0～15.5	60.0～65.0	1.65程度	0.45程度	2.5～5.0
遷移層 (珪藻質泥岩／硬質頁岩)	15.5～18.0	40.0～60.0	1.65～2.00	0.45～0.90	5.0～35.0
稚内層 (硬質頁岩)	18.0～19.5	30.0～40.0	2.00～2.20	0.90～1.00	5.0～25.0

3. 三軸圧縮試験概要

試験は ISRM の指針に基づき、図-2 に示すような試験装置を用いて実施した。試験用のコアは 150m、250m、300m 及び 550m の 4 深度において採取し、直径 30mm、高さ 60mm の円柱供試体を作成した。試験は掘削後の長期間にわたる挙動を想定した圧密排水条件（CD）、掘削直後の地盤状況を想定した圧密非排水条件（CU）で行った。有効拘束圧は土被り圧相当の静水圧の 0.5 倍及び 2.0 倍の 2 種類とした。また、載荷は CD 及び CU とも各拘束圧下で 3 種類（1.0%/min、0.02%/min、0.002%/min）のひずみ速度を設定した。

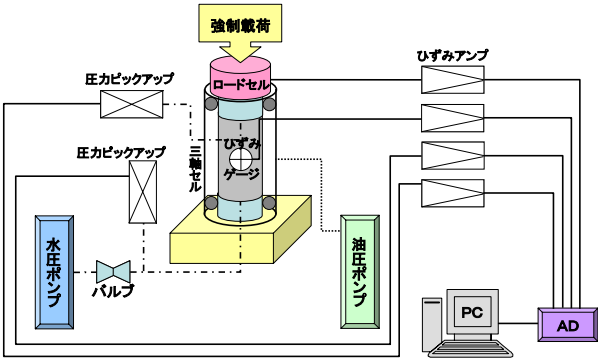


図-2 三軸圧縮試験概要図

4. 試験結果

図-3 は、ひずみ速度 0.02%/min で実施した試験ケースについて、軸ひずみと軸差応力の関係を CD 及び CU の条件別にグラフ化したものである。声問層に当たる深度 150m と遷移層の上端に近い深度 250m のコアを用いた結果を見ると、低拘束圧下では不明瞭ではあるが 5MPa 前後のピーク強度を示した後、残留応力状態に移行する。高拘束圧下ではピークを確認することが出来ず、いわゆる弾完全塑性状態を示した。一方、遷移層の下端部に近い深

キーワード 三軸圧縮試験，孔内載荷試験，力学特性，堆積軟岩，排水条件，拘束条件

度 300m と稚内層に当たる深度 550m のコアを用いた結果を見ると、低・高拘束圧ともに声問層のコアで行った結果の 3 倍ほどの明瞭なピーク強度を確認することが出来、その後残留応力へ移行している。これらは CD 及び $\overline{CU}$ に共通した特徴であった。

図-4 は CD 及び $\overline{CU}$ の条件下において実施した全ケースで得られた静弾性係数を深度方向にプロットしたものである。この図は声問層、遷移層及び稚内層の深度方向の地質区分を示すとともに、コアを採取した同孔で実施した一軸圧縮試験より得られた静弾性係数 (E_{50})、原位置の孔内载荷試験で得られた変形係数 $D1 \sim D3$ 及び弾性係数 $E1, E2$ も併せてプロットしている。孔内载荷試験で得られた各種係数は図-4bis に示した荷重強度-変位イメージ図に示した通り、低応力レベルの段階から繰返し载荷毎に順に算定した値である。応力レベルの最も低い範囲における変形係数 $D1$ はほぼ同位置の一軸圧縮試験から算定される E_{50} と概ね一致している。これは、空洞壁面近傍が一軸圧縮に近い応力状態に相当しているためと考えられる。

次に三軸圧縮試験結果と孔内载荷試験結果の比較を行う。声問層において、CD 及び $\overline{CU}$ と静弾性係数は 500~1,500MPa 程度で比較的バラツキは小さい。また、 E_{50} 及び変形係数 $D1, D2$ の比較では、拘束圧を土被り圧の 0.5 倍に設定した結果よりも小さく、弾性係数 $E1$ との比較では土被り圧の 2.0 倍に設定した結果に近い。すなわち、応力が解放された空洞

壁面近傍の岩盤は、軸差応力 5~10MPa 付近の応力レベルに対応しかつ弾性及び塑性変形の両方の特徴を併せ持った挙動を示している。

遷移層から

稚内層にかけて、各深度における静弾性係数は 1,500~4,000MPa 程度とバラツキが大きくなる。また、CD 及び $\overline{CU}$ の条件別で行った試験結果の相違については、声問層と同様に確認されなかった。 E_{50} 及び変形係数 $D1, D2$ との比較では、遷移層下端部に近い深度 300m において土被り圧の 0.5 倍、稚内層に当たる深度 550m では、2.0 倍に設定した結果に近いことが分かった。また、弾性係数 $E2$ については遷移層下端近傍及び稚内層とも 2.0 倍に設定した結果以上となっている。理論的には等方応力状態下の弾性体中に円孔を掘った場合、壁面に集中する応力は初期応力の 2 倍となるため、深度 500m 地点では孔壁近傍から塑性領域はほとんど発生せず、岩盤が弾性状態にあることが想定される。なお、 $D3$ が $D1, D2$ より小さい地点は孔内载荷による岩盤の降伏が見られた場所である。

5. まとめ

HDB-6 孔で行った室内三軸圧縮試験と孔内载荷試験の結果より、新第三紀珪質岩に関する変形特性についていくつかの知見を得た。今後、原位置及び室内力学試験結果について今回のような比較・検討を行い、幌延の珪質岩盤の力学的掘削影響評価を行うための力学パラメータの設定などを実施していく。

【参考文献】

- 1) 松井裕哉: 幌延深地層研究計画における岩盤力学調査の現状、資源・素材学会北海道支部春季講演要旨集、2003、P.51~52
- 2) サイクル機構技術資料: JNC TN1400 2004-007

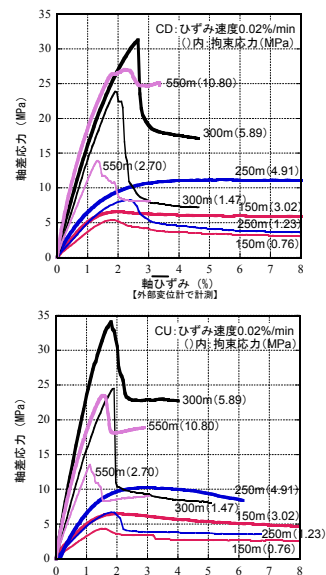


図-3 三軸圧縮試験結果 (応力-ひずみ関係)

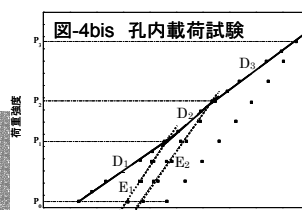


図-4 静弾性及び変形係数算定結果