

幌延地域の新第三紀堆積岩の力学特性

核燃料サイクル開発機構 正会員 松井 裕哉
大成建設（株） 正会員 山本 卓也

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幌延深地層研究計画と称する地下研究施設建設を伴うプロジェクトを実施している。本プロジェクトでは、平成14年6月に北海道幌延町北進地区に図1に示す研究所設置地区を設定し、当地区において地質調査、地上物理探査、試錐調査(HDB-1, HDB-3~5孔)などを集中的に実施している。本報告では、試錐調査結果のうち地下施設建設地点に近いHDB-1, HDB-3孔のコアを用い実施した研究対象である堆積軟岩の力学的特性について述べる。

2. 研究所設置地区の地質

これまでの調査から、研究所設置地区及びその周辺に深度700m程度の範囲まで分布する地層は、勇知層・声問層・稚内層と考えられる。いずれの地層も、新第三紀鮮新世~中新世に堆積したと考えられるが、勇知層は粗粒~細粒の砂岩であり研究所設置地区の西端部に分布する。声問層・稚内層は珪藻を起源とする堆積岩であると考えられるが、地質的には声問層は珪藻質泥岩、稚内層は硬質頁岩に分類され、稚内層の上部境界付近に珪藻質岩と硬質頁岩の遷移的な領域が存在する。

3. 珪藻質泥岩及び硬質頁岩の物理物性

珪藻質泥岩、硬質頁岩の物理物性を表1に示す。珪藻質泥岩は、有効空隙率が国内の一般的な新第三紀堆積岩に比べ大きい¹⁾。なお、両岩石とも粘土分はほとんど含まず、膨張性は無視できる程度である。

4. 珪藻質泥岩及び硬質頁岩の力学特性

図2にHDB-1およびHDB-3孔のコアで実施したほぼ同深度における珪藻質泥岩および硬質頁岩の一軸圧縮試験時の応力ひずみ曲線を示す。試験は、ひずみ速度0.1%で実施した。珪藻質泥岩では一軸圧縮強度が5MPaより低いのに対し、硬質頁岩では5~20MPaの範囲に分布する。静弾性係数(E₅₀)は、珪藻質泥岩では、概ね1GPaより小さく、硬質頁岩の部分では1~3GPa程度の範囲に分布し、その挙動は脆性的である。珪藻質泥岩の供試体中央部で計測したひずみ変化は、载荷初期は軸ひずみが圧縮側・横ひずみは膨張方向に増加するが、ピーク強度の50%を超えたあたりから軸ひずみは減少し、横ひずみは収縮する方向に変化するという特徴を有する。他方、硬質頁岩では供試体中央部のひずみは膨張側に転ずることはなく、上端部の変位計での計測結果と同様の挙動を示している。

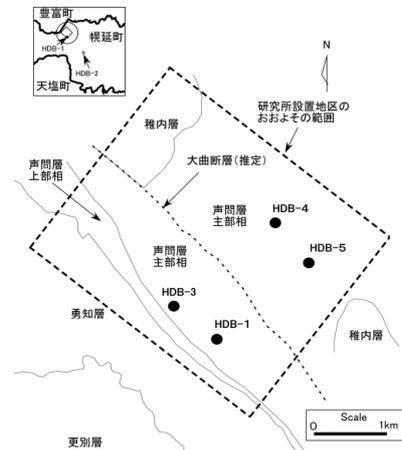


図1 研究所設置地区および試錐孔位置図(H14年度時点)

表1 岩石の物理特性

	珪藻質泥岩 (声問層)	珪藻質泥岩/硬質頁岩 (稚内層)	硬質頁岩 (稚内層)
単位体積重量 (kN/m ³)	14~16	16~18	18~20
有効空隙率 (%)	65~60	60~40	40~30

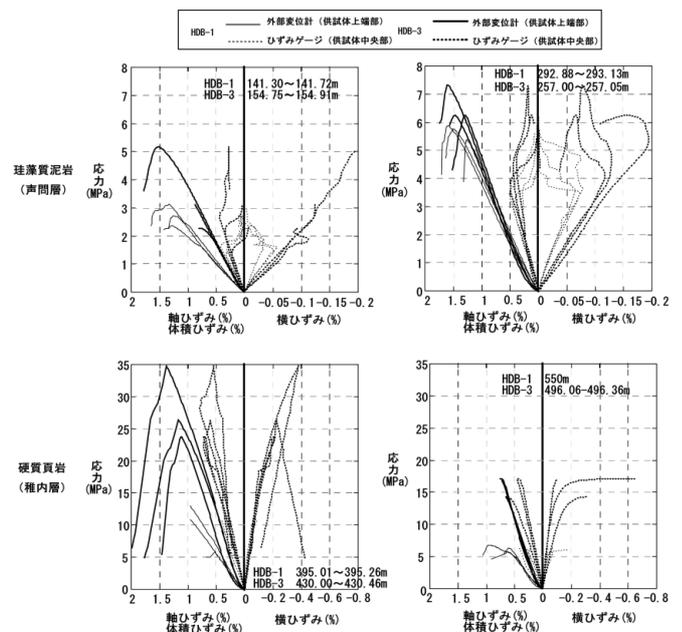


図2 応力ひずみ曲線（一軸圧縮試験）

キーワード 堆積軟岩, 室内力学試験, 力学特性

連絡先 〒098-3207 北海道天塩郡幌延町宮園町1-8 核燃料サイクル開発機構 幌延深地層研究センター 深地層研究 Gr

図3に、HDB-3孔岩芯の三軸CU,CD試験で得られた応力ひずみ曲線を示す。CU試験はひずみ速度0.1%,CD試験はひずみ速度0.02%で载荷し、背圧0.6MPaで有効拘束圧を推定土被り圧の0.25~2倍程度の範囲で変化させ実施した。珪藻質泥岩は非排水・排水状態とも、拘束圧の増加に伴い剛性が増加する。また、低拘束圧下では比較的シャープなピークを示した後残留強度状態に移行するが、高拘束圧下ではピークが不明瞭になり、ピーク強度と残留強度の差が小さくなる。特に排水条件下では、応力ひずみ関係がひずみ軟化型から弾完全塑性型へと変化する。過剰間隙水圧や体積ひずみの挙動もこれに呼応して変化し、低拘束圧下ではピーク後に過剰間隙水圧が減少するあるいは体積膨張する傾向を示すが、拘束圧が高い場合は両者とも単調増加の傾向である。一方、硬質頁岩は、今回実施した有効拘束圧の範囲では、剛性に大きな変化はなく、ひずみ軟化挙動を示し、過剰間隙水圧がピーク後に減少するあるいはピーク直前から体積膨張が発生する傾向を示す。両岩石とも有効拘束圧が最も高い場合、最大2.5MPa程度の過剰間隙水圧が発生している。図4には、HDB-3孔の三軸圧縮試験で得られた平均有効主応力(1+3)/2と軸差強度(1-3)/2の関係を示す。モルクーロンの破壊規準を考えた場合、珪藻質泥岩はピーク時および残留強度時の粘着力・内部摩擦角ともにCU試験およびCD試験結果ともほぼ同じ値となっている。硬質頁岩では、内部摩擦角は大きく変わらないもののCU試験つまり非排水せん断状態の方が排水状態に比べ粘着力が2倍程度の値になっており、ピークおよび残留強度も同じ傾向であった。CU試験結果はバラツキが大きく相関性も相対的に低いことや同孔の硬質頁岩の一軸圧縮試験も同位置から採取した供試体の強度のバラツキが大きいことから、HDB-3孔から採取したコアに潜在的なクラックが含まれており、その影響が非排水試験で顕著に現れたものと考えられる。

以上のように、珪藻質泥岩と硬質頁岩は同じ珪藻起源の堆積岩であるが、その力学的挙動には違いが見られる。これは、両岩石の分布深度に起因する固結度の差や図5に示すような空隙構造の違い²⁾に起因するものと推定される。既往の研究³⁾では、堆積軟岩の変形性の評価は、それを定める際のひずみレベルを考慮する必要があることが指摘されている。このような観点から、今後、原位置速度検層結果や孔内载荷試験結果で得られる諸物性と上記の試験より得られた強度・変形特性を比較しつつ、研究対象岩盤の挙動評価を行うためのパラメータを検討する予定である。

5. 参考文献

- 1) 第19回岩盤システム工学セミナー講演論文集, pp.1-29, 2002
- 2) サイクル機構技術資料 JNC TN1400 2003-003, 2003
- 3) 「材料」 Vol.44, No.502, pp.856-861, 1995

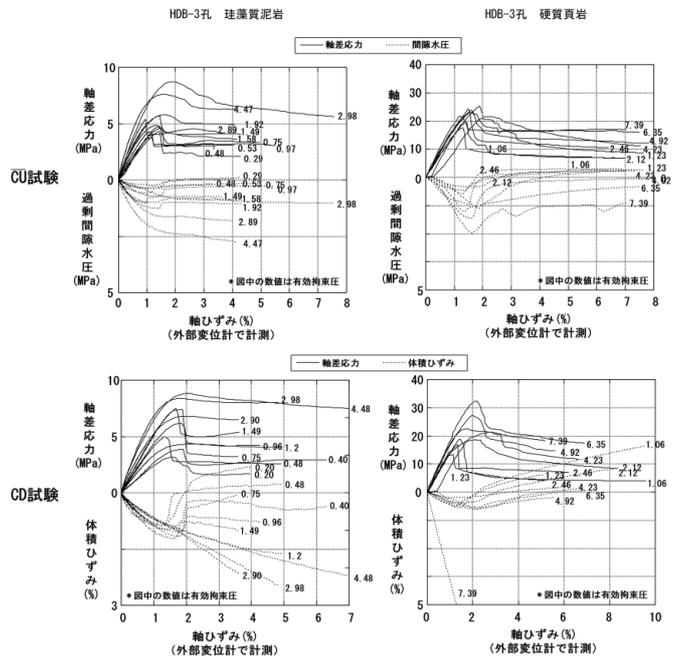


図3 応力ひずみ曲線（三軸圧縮試験）

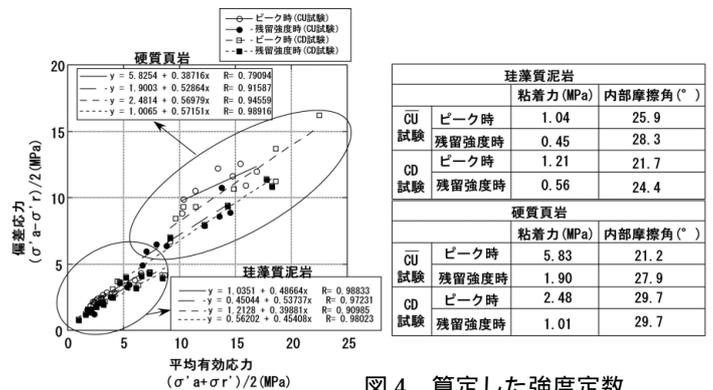


図4 算定した強度定数

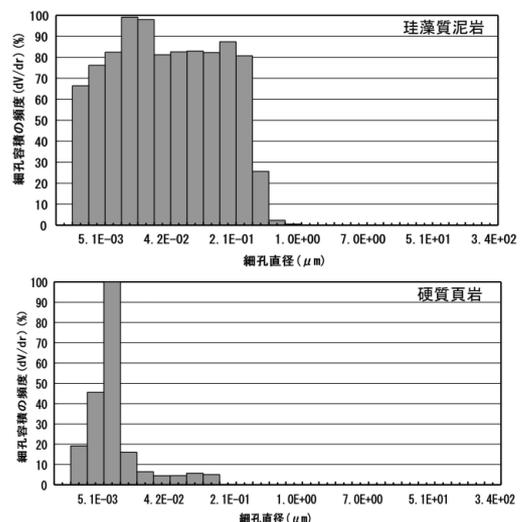


図5 水銀圧入法で得られた細孔径分布