

モン・テリ岩盤研究所における岩盤力学解析試験（コア採取条件が力学特性に及ぼす影響）

(株)大林組 正会員 志村 友行, 武内 邦文, 納多 勝, 河村 秀紀
NAGRA Peter Blümling, BGR H-J Alheid, HSK E Frank

1. はじめに

モン・テリ岩盤研究所はスイス北西部に位置する地下研究所であり、放射性廃棄物の安全な処分の実施に向けた種々の国際共同研究が実施されている¹⁾。その地質は比較的固結度の低い砂岩、泥岩（オパリナス粘土層）を主体としており、その力学的挙動の調査・予測手法の開発は重要な研究課題の1つである。本論文では、モン・テリ共同研究：岩盤力学解析試験（RA: Rock mechanics Analyses）の一環として実施した、堆積岩試料の採取条件の違いが岩盤の力学特性に及ぼす影響の評価試験について報告する。

2. 背景と目的

オパリナス粘土の代表的な岩盤力学パラメータを表-1に示す。力学的特徴として、変形強度特性が含水比に強く依存すること、および強い異方性を示すことが知られている²⁾。

これまで種々の共同研究において数多くのコア試料が採取され、それらの力学試験結果は岩盤の力学、水理学的特性・挙動の評価やモデル化等のために用いられている。これらのコア試料の多くは削孔流体として空気が使用されており、採取時にボーリング孔内及び試料の環境は飽和環境から不飽和環境へと変化する。このような環境の変化は、試料の力学的特性等に変化を及ぼし、オパリナス粘土の変形特性構成則の開発、概念モデルの妥当性の検証等に影響を及ぼす可能性がある。

本試験は、上述の観点から、試料採取方法の最適化を目的として、試料採取環境の違いがオパリナス粘土の力学的挙動に及ぼす影響について試験を試みたものである。

3. 試験概要

モンテリ岩盤研究所のオパリナス粘土（頁岩質）中において層理と平行に2本のボーリング（削孔長 $L = 2\text{m}$ 、離隔 $D = \text{約 } 1\text{m}$ 、径 $\phi = 83\text{mm}$ ）を、異なる削孔流体（空気及びオイルベース泥水）を用いて削孔し、それぞれからコア試料を採取した。これらのコア試料を用いて、リラクゼーション試験、室内力学試験（一軸、三軸試験）、および飽和 - 不飽和過程を制御したひずみ試験を実施した。

4. 試験結果

コア試料のリラクゼーション試験：図-1はコア試料の体積ひずみの経時変化を示したものである。空気削孔により採取したコア試料は、試験開始から6時間程度で急激にひずみが増加しており、その割合はオイルベース泥水に比較して大きい結果となった。

コア試料の強度特性の経時変化：図-2はコア試料の三軸強度試験（ $\sigma_3 = 5\text{MPa}$ ）の結果である。コア採取からの時間的な変質特性を調査するために、材令を変化（1~6週間）させて試験を実施した。試験の結果、コア試料の強度は4~5分の1に低下しており、変質が経時的な影響を強く受けることを示している。

飽和 - 脱飽和過程とコア試料ひずみの経時変化：コア試料の湿潤環境を制御し、飽和 - 不飽和の周期的な繰返

表-1 オパリナス粘土の物性値

パラメータ		パラメータ値
密度 / 乾燥密度 (g/cm^3)		$2.45 \pm 0.03 / 2.34 \pm 0.06$
土粒子密度 (g/cm^3)		2.71 ± 0.03
含水比 (%)		6.1 ± 1.9
間隙率 (%)		13.7 ± 3.1
飽和度 (%)		100
ヤング率 (GPa) (等方性を仮定)		6
ポアソン比		0.27
一軸圧縮強度 (MPa)	堆積面に垂直	16
	堆積面に水平	10
一軸引張強度 (MPa)	堆積面に垂直	1
	堆積面に水平	2
粘着力 c' (MPa)		1~5 (異方性)
内部摩擦角 ϕ' (度)		23~25 (異方性)
膨潤応力	堆積面に垂直	1.2
	堆積面に水平	0.6
透水係数 (m/sec)		$8 \times 10^{-14} \sim 2 \times 10^{-13}$ (異方性)

キーワード： 放射性廃棄物処分，地下岩盤研究所，岩盤力学，堆積岩，飽和，採取条件影響

連絡先： 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 TEL 03-5769-1309, FAX 03-5769-1977

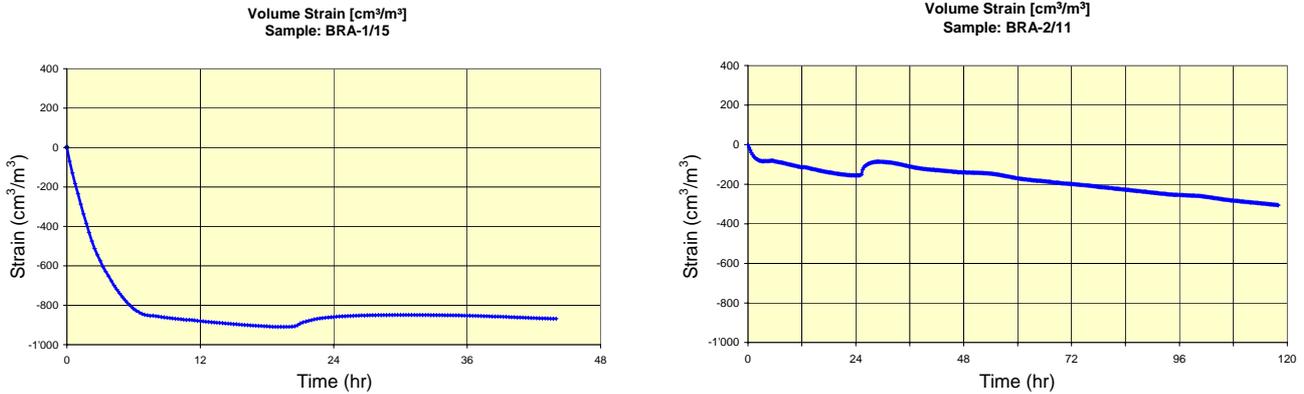


図-1 コア試料の体積ひずみの経時変化（左：空気削孔，右：オイルベース泥水削孔）

し過程を想定した場合のひずみ計測結果を図-3 に示す。飽和 - 不飽和の環境変化に対応して，コア試料には大きなひずみの変化が生じている。試験終了後のコアにはクラックが発生しており（図-4），力学特性への影響の大きさを示している。

5. まとめ

コア試料に関する計測・試験を通じて，試料採取条件が力学的特性に及ぼす影響に関して以下の知見を得ることができた。

- ・ コア試料の特性は削孔時の不飽和条件に大きく影響を受ける
- ・ コア試料の変質は経時的な影響を強く受ける。
- ・ 飽和 - 不飽和（周期的な膨潤）過程はコア試料に大きなひずみを発生させ，試料を著しく攪乱する。

これらの知見より総合的に判断して，堆積岩（オパリナス粘土）における掘削影響（EDZ）の

進展は岩盤の長期的な強度変化に支配される可能性があることが推測される。これについては今後の追加試験及びデータ分析により検証していく予定である。

モン・テリ RA 試験の最終的な目的は，オパリナス粘土の原位置力学モデル（概念モデル，構成モデル，及び解析モデル）を開発，検証することである。今回の報告は一連の試験の一部であるが，これらの研究の成果やプロセスは，今後の日本の放射性廃棄物処分技術の研究開発にも役立つものであると考える。

参考文献

- 1) 河村・山本・志村：モンテリ国際共同研究プロジェクト，土木学会第 58 回年次講演会，2003 年。
- 2) 山本・河村・志村他：モンテリ国際共同研究プロジェクトにおける岩盤力学試験，土木学会第 58 回年次講演会，2003 年。

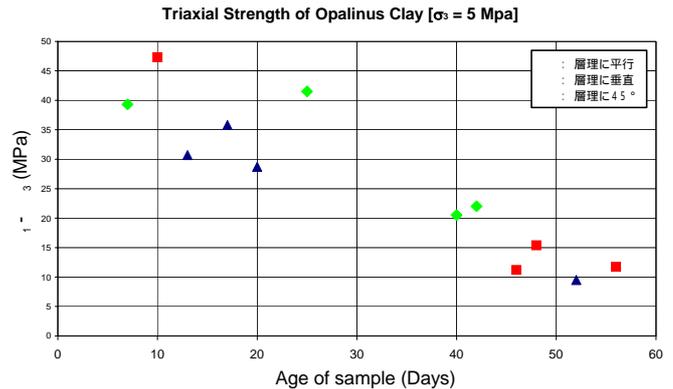


図-2 三軸試験結果の経時変化

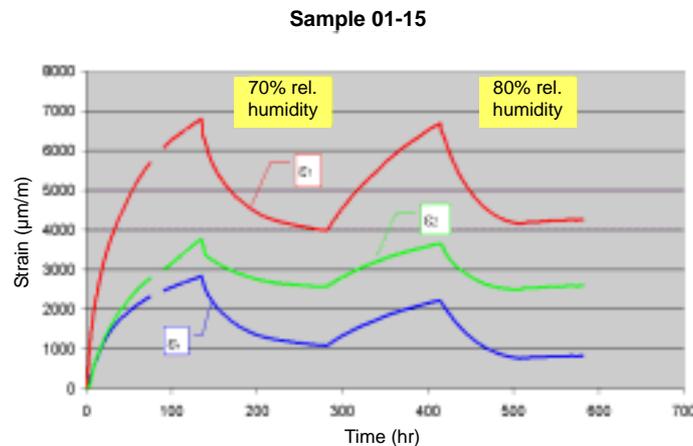


図-3 コア試料のひずみの経時変化（飽和 - 不飽和過程）



図-4 コア試料（試験後）