

III-289

大谷石に対する応力・浸透連成特性

東急建設（株）（正）○ 高倉 望
 名古屋大学工学部（正）京谷孝史
 名古屋大学工学部（正）市川康明
 名古屋大学工学部（正）川本眺万

1. はじめに

近年、本四連絡橋や東京湾横断道路など堆積岩を基礎岩盤とする大規模な橋梁やトンネル掘削など土木構造物の建設が計画、実施に移されている。そのような現況の中、完全飽和状態にある堆積岩の変形破壊挙動の解明は急務となってきた。ここでは、堆積岩の変形破壊挙動に及ぼす間隙水の影響¹⁾を明らかにすることを目的として、軟岩に分類される大谷石（第三紀緑色凝灰岩）に対して、一軸・三軸圧縮試験を行って、水の有無による変形強度特性の違いを調べるとともに、二相混合体モデル²⁾によってその影響を評価することを試みるものである。

2 一軸・三軸圧縮実験

2-1 供試体、試験装置および試験方法

実験で用いた物理諸量を表-1に示す。実験は、3通りの状態[1] 強制乾燥状態 2) 自然乾燥状態 3) 飽和状態]の円柱供試体（直径5cm 高さ10cm）を準備し、それぞれの供試体のグループについて、一軸・三軸圧縮試験をした。試験機には高剛性変形速度制御型圧縮試験機を用い、その剛性は310ton/mm²である。この実験における測定項目は、軸荷重、軸ひずみ、拘束圧、側方ひずみ、の4項目である。供試体はゴムスリーブで覆い、リング型ゲージを等間隔に3箇所取り付けて圧力セル（図-1）にセットし、側圧をサーボ弁より制御しながら10kgf/cm²で一定に保ち、排水コック弁を閉じて（非排水条件）ひずみ制御圧縮試験を行う。ひずみ速度は0.1%/minである。

表-1

間隙率 n	38.8%
乾燥密度 γ_d	1.37gf/cm ³
湿潤密度 γ	1.76gf/cm ³
含水比 w	28.38%
粒子比重 G_s	2.35
透水係数 k	3.5×10^{-5} cm/min

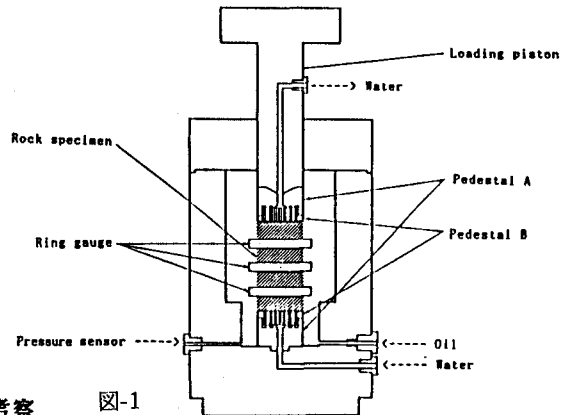


図-1

2-2 一軸・三軸試験の結果および考察

一軸・三軸圧縮試験それぞれにおいて得られた応力ひずみ曲線をもとに、初期降伏点（体積ひずみ曲線が直線から離れ始める点）を読み取り描いたMohr-Coulombの基準線を図-2に示す。水で飽和されている場合には、見かけの内部摩擦角は小さく、拘束圧による強度増加が小さいことを示している。またこの図から、大谷石の変形強度特性は、間隙水の影響を強く受けることが判る。

3 数値解析

3-1 解析方法

実験で行った一・三軸圧縮試験の数値解析を有限要素法を用いて行なった。有限要素分割図および境界条件を図-3に示す。解析は軸対称問題として扱い、実験と同様、供試体上端面に0.1%/min.の割合で強制変位を加える。解析では飽和状態の供試体、強制乾燥状態の供試体それぞれの、一軸・三軸圧縮試験に対し、固相粒子および水の体積弾性係数 K_s 、 K_f についての3通りの組合せを考えた合計12ケースを設定した。また、固相骨格は等方弾性体であるとして、その弾性定数は強制乾燥した供試体の試験結果から得た。（詳しい入力値は、表-2を参照）これらの各ケースに対して、実験結果との比較により水の存在による初期降伏強度の低下が評価できるかどうかを検討した。なお、初期降伏強度の評価は、強制乾燥状態の供試体が示した初期降伏強度に対するMohr-Coulombの基準（図-2）を用る。

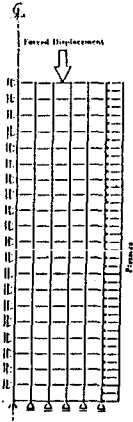


図-3

表-2

	Uniaxial Test	Triaxial Test
Cohesion C (kgf/cm ²)	7	
Angle of Internal Friction ϕ (°)	48.5	
Specific Gravity G_s	2.25	
Porosity n (%)	38.83	
Coefficient of Permeability k (cm/min)	3.5×10^{-5}	
Young's Modulus E (kgf/cm ²)	1×10^4	0.83×10^4
Poisson's Ratio ν	0.18	0.1
Applied Pressure of Water (kgf/cm ²)	0	10

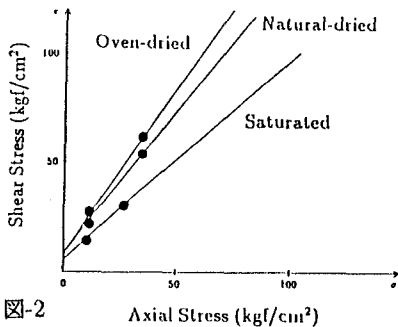


図-2

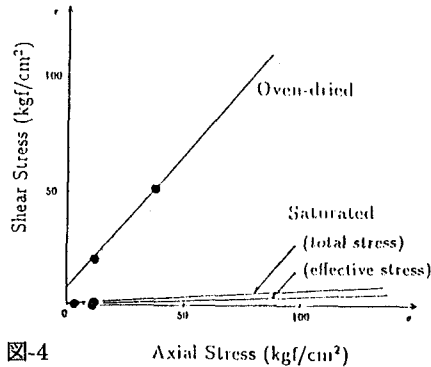


図-4

3-2 解析結果および考察

図-4 に解析によって予測された条件 (No.1) による全応力と、Terzaghi、Nur、岡の 3 通りの有効応力³⁾の初期降伏強度に対する Mohr-Coulomb の破壊基準線を示す。飽和状態の 3 通りの有効応力についてそれほど顕著な差が見られないことより一本の線で示す。この図より、解析において実験で得られた破壊基準線 (図-2) と比較すると間隙水の影響による強度低下を予測し得るが、極端に低い値を示している。これは 1) 解析で用いた透水の境界条件が実際の条件より厳しい、2) 実験で用いた供試体が完全な飽和状態ではない、この 2 点によるものと考えられる。また No.2, No.3 による Mohr-Coulomb の破壊基準線からも同様な結果が得られた。

4. まとめ

- (1) 水で飽和させた大谷石の一軸・三軸圧縮試験を行った結果、間隙水の存在により変形性の大きな変化、並びに強度の著しい低下が観察され、間隙水の影響は多大なることを確認した。
- (2) 二相混合体モデルは、飽和供試体の間隙水の影響による強度低下を予測し得るものであることが確認された。また、間隙水の影響を評価することを目的として提案されているいくつかの有効応力による強度評価では、それぞれの定義の違いによる顕著な差異は見られなかった。

参考文献

- 1) Handin, J. Rex., V. Hanger, JR., F. Melvin. and J. N. Fee: Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, Experimental Deformation of Rocks under Pressure, Vol. 147 (1963), pp 717-755
- 2) 原田浩二: 岩質材料の応力・浸透連成挙動に関する基礎研究、名古屋大学修士論文 (1988)
- 3) 小田匡寛: 岩石・岩盤における有効応力の原理、土と基礎、Vol. 36, No. 6, Ser No. 365 (1988), pp 19-24.
- 4) Kenji, I.: Approximate Forms of Wave Equations for Water-Saturated Porous Materials and Related Dynamic Modulus, Soil and Foundation, Vol. 10-11 (1970-71), pp 10-38