

III-195

泥岩の強度・変形特性に及ぼす乾湿の影響

琉球大学農学部 正〇新城 俊也
琉球大学農学部 小宮 康明

1. はじめに

スレーキング現象は泥岩の乾湿風化に伴う劣化過程として知られているが、乾燥～水浸を与える通常のスレーキング試験で容易に細片化する泥岩でも拘束した状態あるいは緩慢な吸水速度での湿潤過程ではスレーキングを伴うことなく劣化が促進される。このことは泥岩切土斜面でも観察され、スレーキングを伴う激しい劣化は極く表層部に限られ、それ以深では乾湿の影響を受けているにもかかわらず見掛けは未風化状態を呈している。したがって、のり面保護工や斜面の長期安定を検討する上でスレーキング特性のみならず乾湿の影響を受けた泥岩の力学特性を把握する必要がある。

ここでは未風化泥岩とスレーキングを伴わない乾湿泥岩について低側圧での三軸圧縮試験を実施し、強度・変形特性に及ぼす乾湿の影響を調べた。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は未風化の島尻層泥岩である。供試体（直径5 cm, 高さ10 cm）はブロッサンプルから泥岩の成層方向に注意し、その軸が堆積面に対して鉛直となるように切り出した。一方、乾湿供試体は未風化供試体を含水比約3%まで風乾した後、スレーキングが生じないように、噴霧器を用いて数週間かけ徐々に湿潤させ、最終的に水浸して準備した¹⁾。初期状態、含水比 $w=26\%$ 、間隙比 $e=0.73$ 、湿潤密度 $\gamma_t=2.00 \text{ t/m}^3$ である未風化泥岩から乾湿を経て $w=30\%$ 、 $e=0.82$ 、 $\gamma_t=1.96 \text{ t/m}^3$ の乾湿泥岩が得られた。

試験は標準三軸圧縮試験装置を用いて圧密排水せん断試験を実施した。供試体を脱気飽和した後、圧密圧力 $0.2 \sim 5.0 \text{ kgf/cm}^2$ の範囲で等方圧密した後、側圧を一定に保って $0.005\%/min$ のひずみ速度でせん断を行った。なお、圧密およびせん断の両過程を通して 3 kgf/cm^2 のバップフレッシャーを作用させている。

3. 実験結果および考察

図1は未風化泥岩と乾湿泥岩に対する軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim$ 軸ひずみ ε_1 関係および体積ひずみ $\varepsilon_v \sim$ 軸ひずみ ε_1 関係の例を側圧 0.2 kgf/cm^2 と 3 kgf/cm^2 の場合について示してある。乾湿の影響を受けて強度の低下と破壊ひずみの増加がみられる。

$(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \varepsilon_1$ 関係は、未風化泥岩では図中のY点まで直線関係にあり、乾湿泥岩ではC点で下方に凸の折点をもつ勾配の異なる直線からなり、Y点以降ではそれぞれ非線型となる。一方、 $\varepsilon_v \sim \varepsilon_1$ 関係はいずれの供試体の場合も勾配を異にする二つの直線からなり、この間体積圧縮傾向にあるか、その後は非線型となって体積膨張傾向に転ずる。弾性挙動を $\varepsilon_v \sim \varepsilon_1$ 関係の線型性で定めると、線型関係から非線型関係に移行するY点が弾性限界すなわち降伏点として求まる²⁾。この限界点は $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \varepsilon_1$ 関係のY点に対応

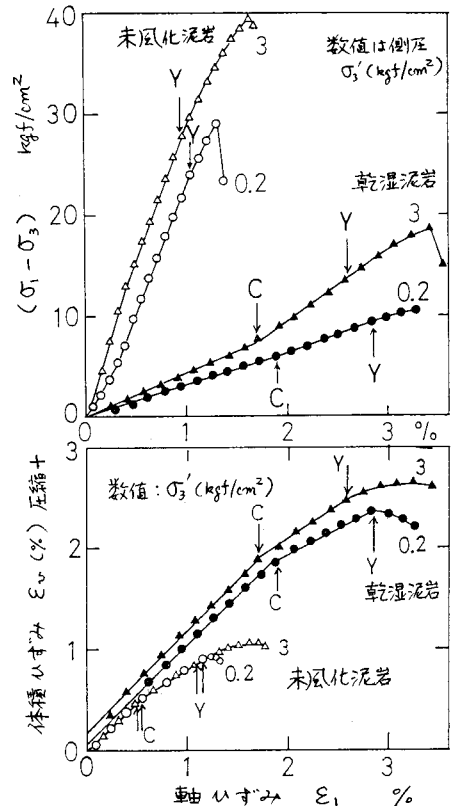


図1. $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \varepsilon_v \sim \varepsilon_1$ 関係

している。

ヤング率は $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \epsilon_1$ 関係から $E = (\sigma_1 - \sigma_3) / \epsilon_1$ として、
ポアソン比は $\epsilon_v \sim \epsilon_1$ 関係から $\nu = \frac{1}{2}(1 - \epsilon_v / \epsilon_1)$ として求めるが、
 ϵ_v と ϵ_1 は折点 C まで $\epsilon_v / \epsilon_1 \approx 1$ の関係にあり、その間では $\nu = 0$ 、
すなわちひずみは軸方向にだけ生じている。このことは応力除去に伴う緩み、
特に乾湿泥岩ではそれに加えて吸水膨張や微細なクラックの発生を伴った骨格の緩みが外力の作用によって閉塞することを示している。
閉塞領域では $\nu = 0$ の弾性体とみなすことができ、閉塞後は骨格が弾性体として挙動する。

図2にヤング率と側圧の関係および緩み閉塞後のポアソン比と側圧の関係を示してある。
低側圧では未風化泥岩のヤング率は側圧に対して一定とみなせるが、乾湿泥岩の場合拘束圧依存性を示し、ヤング率は側圧とともに増加する。他方ポアソン比はいずれの場合も側圧に対して一定であり、またその値は乾湿の影響を受けても変化しないようである。

図3は未風化泥岩と乾湿泥岩について破壊時の応力状態を $q/2 = (\sigma_1 - \sigma_3)/2 \sim p' = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$ 関係で両対数紙上に整理したものである。
強度線は乾湿の影響を受けてほぼ平行に減少することから分かる。破壊理率は次式で示される³⁾。

$$\frac{q}{2p'} = \alpha \left(\frac{p'}{p'_0} \right)^\beta$$

ここに、 α, β : 定数、 p'_0 : 単位圧力 = 1 kgf/cm^2 。未風化泥岩に対し $\alpha = 2.25, \beta = 0.69$ 、乾湿泥岩に対し $\alpha = 1.58, \beta = 0.71$ である。
これらの定数は乾湿の影響により α は減少するが、 β は一定である。この傾向はスレーキングを伴う乾湿泥岩の結果とも一致している⁴⁾。

図4は $q/2 \sim p'$ 応力面上に破壊包絡線および $\epsilon_v \sim \epsilon_1$ 関係から決定した降伏線を比較したものである。
また乾湿泥岩については緩み閉塞域もプロットしてある。乾湿を受けて破壊包絡線と降伏線はその形状が相似的に縮む傾向にある。また、乾湿泥岩の緩み閉塞領域は低側圧の範囲で閉じた形を形成している。

4. まとめ

低側圧での未風化泥岩と乾湿泥岩の強度・変形特性を調べた。乾湿泥岩の変形挙動には骨格の緩みの閉塞領域が顕著に現れる。破壊包絡線および降伏線の形状は乾湿の影響を受けて相似的に縮小する傾向にある。

参考文献。1) 小宮・他：乾湿風化に伴う泥岩の力学特性の変化，切土の界面～シボシム（土工学会），pp.31～36，1985。
2) 新城・他：泥岩の変形特性に及ぼす乾湿の影響，第21回土工学研究発表会，1986。3) 足立・他：垣越泥岩の力学特性と破壊理率，土木学会論文報告集，No. 295，pp.51～64，1980。4) 上田・他：泥岩のスレーキングによる強度低下と切土斜面の安定，切土の界面～シボシム（土工学会），pp.37～42，1985。

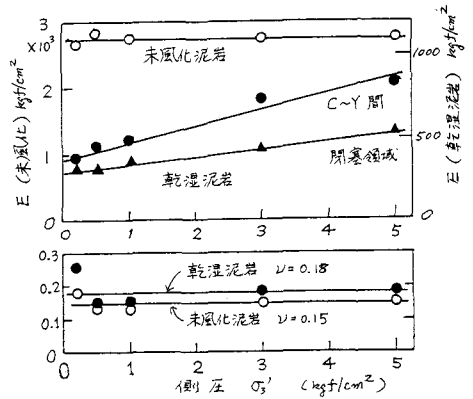


図2. 弾性係数と側圧の関係

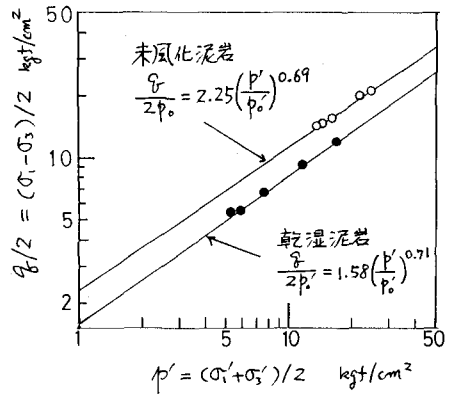


図3. 破壊理率

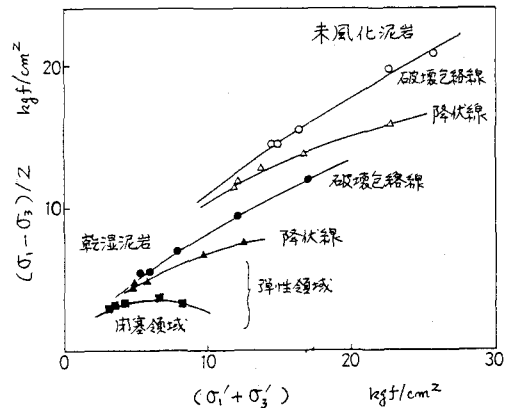


図4. $q/2 \sim p'$ 応力面上での破壊包絡線および降伏線の比較