

III-291 堆積軟岩の変形・強度特性に及ぼす間隙水圧の影響

北大工学部 正会員 土岐 祥介
 北大工学部 正会員 三浦 均也
 応用地質(株) 正会員 持田 文弘
 北大工学部 林 宏

1. まえがき

土質力学の分野において、土の強度特性は有効応力に支配されることが広く認められている。しかし、透水性、間隙の連続性、あるいは構成粒子の固結度等が土質材料と著しく異なる軟岩では、有効応力の原理が必ずしもそのまま適用できないとされており、この問題の解明は水位の変動にともなう軟岩基盤の力学特性の変化や、室内試験の結果を適切に評価する上で重要な課題と考えられる。本報告は、この問題に係わる基礎的な実験を行ったもので、先の報告¹⁾の続報である。

2. 試料および試験方法

試料： 試験に用いた4種の試料の物理的性質を表-1に示す。A砂岩には約5cm毎に粘土質の薄い層が存在しているが、B、CおよびD砂岩¹⁾は比較的均質である。

試験方法： 使用した三軸圧縮試験機は最大拘束圧50kgf/cm²で、供試体寸法は直径5cm高さ10cmである。供試体から間隙水の出入りを容易にするため、周囲にドレーンペーパーをまいた。また試料の透水係数が何れも 1×10^{-7} cm/sec以上であったことから、 $\dot{\epsilon} = 0.1\%/min$ とした。一連の排水試験において間隙水圧の発生が認められなかったことから、排水条件は満足されていたと判断した。以下、A、B、CおよびD砂岩について間隙水圧(バックプレッシャー) u を5~40kgf/cm²に変え、有効拘束圧を $\sigma'_c = 5$ kgf/cm²の一定として行った試験結果を中心に述べる。

3. 試験結果

拘束圧の影響： 軟岩の応力～変形挙動が土と同様、有効拘束圧 σ'_c に大きく依存していることは広く認められており、図-1(a),(b)に示すように、拘束圧が大きいほどその破壊強度は高く、体積変化は収縮の傾向が強くなるほかに、低い拘束圧の下でみられるひずみ軟化に代わり、ひずみ硬化挙動が顕著になる。軸ひずみ $\epsilon_a = 10\%$ において発揮される軸差応力 q_r とピーク強度 q_p （ピークを生じない場合は $\epsilon_a = 10\%$ における q_r ）との比をプロットしたのが図-2で、横軸には過圧密比に対応する、供試体の採取深度あるいは推定既往最大深度 Z と γ_w の積と、 σ'_c の比がとってある。 $\gamma_w \cdot Z / \sigma'_c \approx 4$ を境に、応力～ひずみ曲線にひずみ硬化の挙動が現れている。

間隙水圧の大きさの影響： 間隙水圧を変え、 σ'_c を一定値としたD砂岩のCD試験結果から、強度・変形特性に及ぼす間隙水圧の大きさの影響を報告した前報¹⁾の図中に、A、BおよびC砂岩についての試験結果を追加したのが図-3、4、5である。図-3に示すように、

Table 1

試料名	A砂岩	B砂岩	C砂岩	D砂岩
G _s	2.63	2.64	2.64	2.63
e	0.772	0.565	0.535	0.632
γ_s (tf/m ³)	1.87	2.04	2.06	1.98
q_u (kgf/cm ²)	2.0	10.2	34.4	38.0
V_u (m/sec)	1.360	1.860	1.430	1.060
採取時深度 (m)	180	500	1,000	30

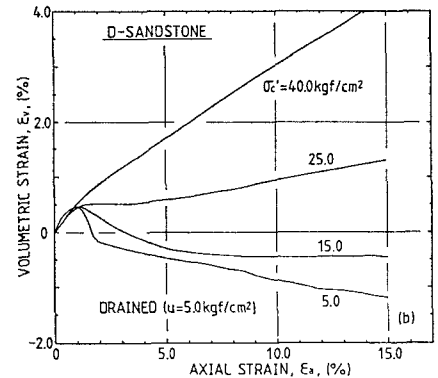
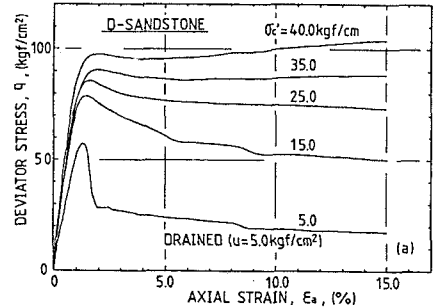


Fig. 1(a), (b)

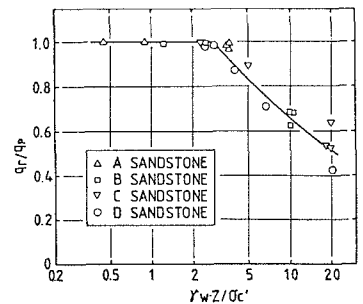


Fig. 2

q_r は u の増加とともにわずかに増加している傾向がみられるが、 q_p ではその傾向は弱い。図-4に示す最大体積圧縮ひずみ ε_{vol} は、 $u=20\text{kgf/cm}^2$ で極大値を示す傾向にあるが、 ε_{vol} に及ぼす u の影響は不明確である。ピーク強度が発揮される ε_{ap} を図-5に示す。 u の増加によって ε_{ap} は、B、C砂岩では若干低下、D砂岩では若干増加の傾向があるが、 u の影響は小さいと言える。 E_{so} は図-6に示すようにB砂岩では u とともに増加し、 ε_{ap} が u とともに減少する傾向と対応しているが他の砂岩では、 E_{so} と ε_{ap} の変化の傾向が必ずしも対応していない。

4. むすび

岩石の力学特性に及ぼす間隙水の影響については、種々の研究が行われているが、吸水による岩質の変化による影響の面からみた研究を除くと、岩石の透水性と間隙水の連続性に間隙水圧の影響を結び付けたものが多い。Heard(1960)²⁾らは石灰岩について、間隙水圧が増すと脆性が増すことを、またRobinson(1959)³⁾は、強度に及ぼす間隙水圧の影響は砂岩では土の場合と同じように表れるが、石灰岩では砂岩の場合におけるような強度と有効応力の関係が成り立たないとしている。またHandin(1963)⁴⁾は硬岩に属する砂岩では間隙水圧の増加とともに強度と剛性が增大するとしているのに対し、後藤ら(1982)⁵⁾は石灰岩については同じく間隙水圧の影響が大きく、強度と剛性が增加する一方、砂岩、凝灰岩では強度の変化はないが、残留強度と剛性の低下を指摘している。今後、透水性や圧密時間、ひずみ速度などの試験条件との関係をさらに吟味する必要があると言えよう。

本実験では、間隙水圧の増加にともない残留強度がやや増加する傾向と、いくつかの試料では剛性と破壊ひずみにわずかな影響が認められたが、今回用いられた砂岩においては、土と同じように有効応力の原理がほぼ成り立つと考えられた。

5. 謝 辞 この研究の実施にあたり試料の採取をはじめ、種々便宜を与えて頂いた北海道開発局留萌開発建設部留萌ダム調査事務所に紙上をかりて御礼申し上げます。

参考文献

- 1)土岐・三浦・持田・林(1987・6):軟岩力学特性に及ぼす～,第24回土質工学研究発表会
- 2)Seraphim,J.L.(1968):Influence of Interstitial Water～,Rock Mechanics in Engineering Practice (ed.Stagg et al.) John Wiley.
- 3)Robinson,L.H.(1959):The effect of pore and～,Proc.3rd Symp.Rock Mech.,Golden Colo.,pp.177-199.
- 4)Handin,J.W., Hager,R.V., Friedman,Jr.M. and Feather,J.W. (1963):Experimental Deformation of～: Pore Pressure Tests, Bulletin American Association of Petroleum Geology,Vol.47,pp.717-755.
- 5)後藤・佐藤・深井・入江(1982):2, 3の本邦岩石に対する～: 風圧下における岩石の力学的性質に関する実験的研究,日本工業会誌,Vol.98, No.1131, pp.717-755.

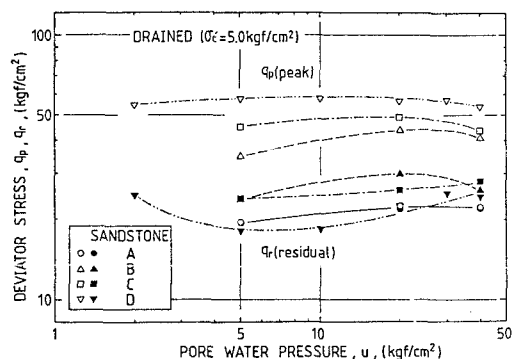


Fig. 3

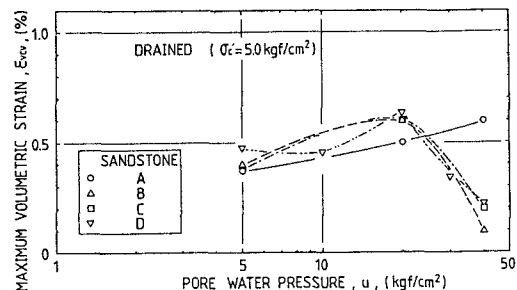


Fig. 4

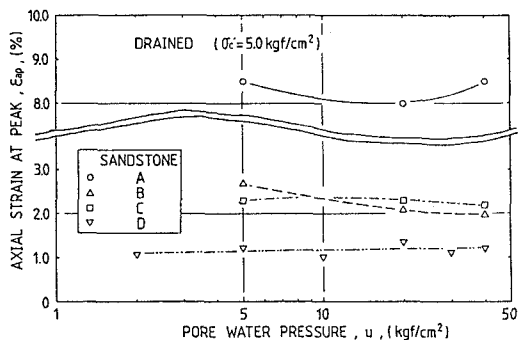


Fig. 5

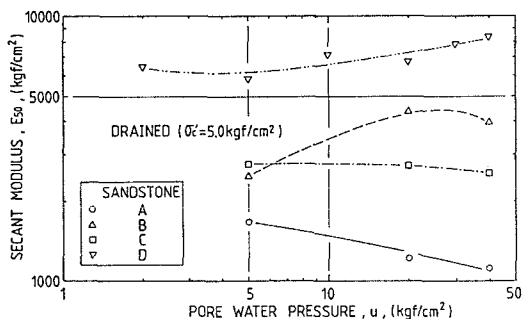


Fig. 6