

Ⅲ - A249

せん断変形下における岩石の浸透特性に関する研究

埼玉大学 学生会員 鈴木 尊
 埼玉大学 正会員 長田昌彦
 薄井正幸

1. はじめに

岩石は三軸圧縮下におかれると微小な割れ目が発生、進展し最終的には破断にいたる。これに伴い岩石の浸透特性も変化するものと考えられる。筆者ら^[1]は新第三紀の凝灰岩に対して、軸差荷重を載荷した各応力状態における軸方向の浸透特性の変化について検討したが、そのときはピーク荷重の前までの浸透特性の変化しか把握できなかった。本研究では、三軸圧縮下における載荷軸方向の透水試験と載荷軸に垂直な方向の透水試験を実施したので、その結果を報告する。

2. 供試体の準備と透水試験方法

本研究で使用した試料は新第三紀の細粒砂岩である白浜砂岩である。表1にこの試料の物性値を示す。試料は断面2×2cm、長さ5cmの直方体に整形し、軸方向に通水する供試体は側面をシリコンラバーで被覆した。また軸方向に垂直に通水する供試体は図1に示すように注入面および排水面はアクリル板で覆い、他の側面はシリコンラバーで被覆した。変形に伴う供試体とアクリル板のずれはシリコンラバーの変形で受け持つようにした。これにより数%の軸ひずみを生じてでも透水試験を実施できる。最後に、供試体は脱気吸水することにより飽和させた。

透水試験方法としてはOlsenらが開発したフローポンプ法^[2]を採用した。この試験は、供試体下面から上面へ一定流量の水を流し、その際発生する上下端面の水頭差より透水係数を決定するというものである。試験を始めて十分時間が経過すると供試体上下面の差圧は一定値に落ち着き、そのときの差圧の値を用いて次式から透水係数を計算する。

$$H = \frac{QL}{kA}$$

ここに、H:圧力差 Q:一定流量 L:排水距離 k:透水係数 A:注入面積 である。

フローポンプ透水試験法では、原理的には非定常領域の差圧の変化より透水係数を推定することができる。しかし実際には張ら^[3]も指摘しているように、供試体の透水性がきわめて小さいときやフローポンプ自体の圧縮貯留率が大きい場合、Olsenらの方法で非定常領域から透水係数を算定することには問題がある。また今回実施した試験では載荷中に供試体自体の透水係数が変化するために、非定常領域から透水係数を算定することができない。従って本試験における透水係数は差圧が定常に至った後、上式により算定した。

3. 試験手順

軸差荷重は5tonの汎用載荷装置を用いて負荷した。試験装置の概略図を図2に示す。試験中、拘束圧は

表1 試料の諸物性値

比重	間隙率(%)	一軸圧縮強度(kgf/cm ²)	
		Dry	Wet
2.65	13.0	717.6	263.1

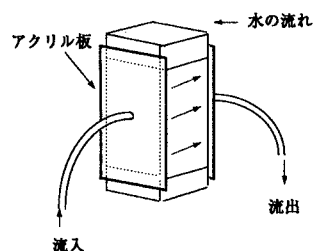


図1 載荷方向に垂直な透水試験方法

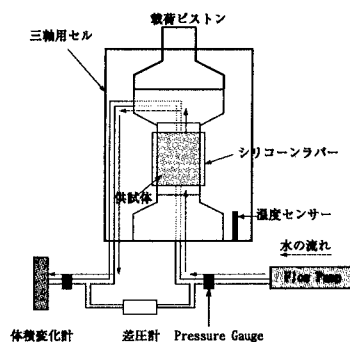


図2 試験装置の概略図

透水試験、フローポンプ法、三軸圧縮

〒338 浦和市下大久保 255 埼玉大学工学部 TEL 048(858)3547 FAX048(855)9361

0.5kgf/cm²とし、背圧は負荷していない。また三軸セル内の水温と、大気圧を計測している。

図3に試験手順を示す。はじめに供試体を三軸セルに設置し、試験装置を飽和させる。次に軸差荷重を負荷しないでフローポンプを作動し、透水試験を開始する。差圧が定常に至ったならば、無載荷状態の透水係数を決定する。続いて通水したまま次の荷重段階まで載荷し、再び透水試験を開始する。このとき、軸方向変位が一定になるように制御をかける。差圧が定常になった段階で、その荷重での透水係数を決定する。これを供試体が破壊するまで繰り返す。

4. 試験結果

無載荷状態での差圧の時間変化を図4に示す。試験中に計測された差圧は温度や気圧の影響を受けていることが明らかだったので、それらの影響を考慮し補正した結果も合わせて示した。補正後の値から約6000分後差圧は定常に至っていることがわかる。

図5は、各荷重段階における差圧と軸ひずみの経時変化を表している。通水方向は軸方向である。軸ひずみがステップ状に増加している部分は、軸差荷重の増加に対応している。ひずみがほぼ一定に保たれ差圧が定常になっている区間において、各荷重段階における透水係数を決定している。軸差荷重の増加に伴い差圧が減少しているのは、載荷によって微小割れ目が増加し、全体として間隙率が増加したためであると考えられる。

各荷重段階における透水係数の変化を通水方向ごとに比較したものが図6である。縦軸は軸ひずみ、横軸は各荷重段階における透水係数を無載荷状態での透水係数の比として示してある。ここで無載荷状態の透水係数は、載荷方向が 1.4×10^{-8} cm/s、載荷軸に垂直方向が 1.1×10^{-8} cm/s である。図中のひずみ値はピーク荷重点に相当する。図より透水係数は一旦減少し、ピーク前から増加に転じている。ピーク付近の透水係数は無載荷状態のときの約3倍となっていることがわかる。

5. 結論

今回は載荷方向と載荷軸に垂直方向の浸透特性を比較した。その結果、軸差荷重を負荷することにより通水方向によって浸透特性が異なる傾向を示した。

今後データの蓄積に努め、そのメカニズムを検討し、拘束圧の影響についても考察していく予定である。

6. 参考文献

[1]鈴木尊ら;変形下における岩石の透水性に関する研究、第51回土木学会年次講演会、616-617、1996

[2]Olsen,H.W., Nichols,R.W. & Rice,T.L., Low-gradient permeability measurements in a triaxial system, Geotechnique, 35(2), 145-157,1985. [3]張銘ほか;超微流量フローポンプ透水試験法の提案及び難透水性岩への適用、第28回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、244-245,1997

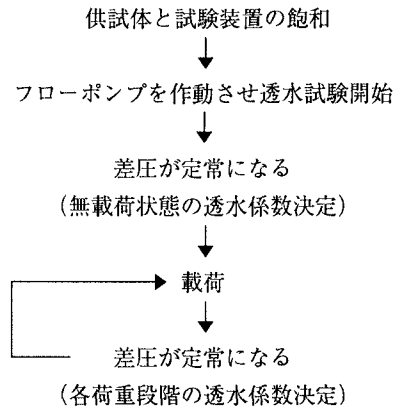


図3 試験手順

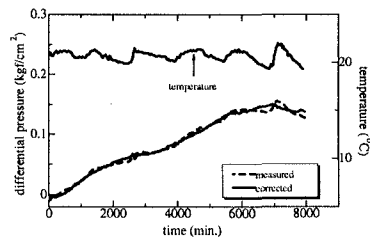


図4 差圧の経時変化

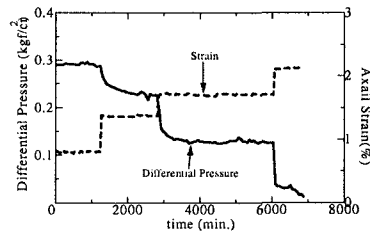


図5 差圧と軸ひずみの経時変化

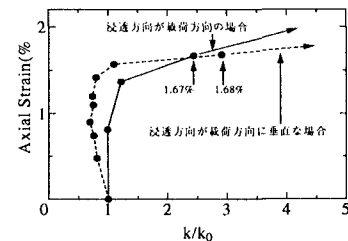


図6 各ひずみでの透水係数比