

III-A 308

変形下における岩石の透水性に関する研究

埼玉大学大学院 学生会員 鈴木 尊
 埼玉大学工学部 正会員 長田昌彦

1. はじめに

地殻表層における岩盤の変形および地下水流れは、岩盤内に多数存在する大小様々な割れ目の分布と連続性に大きく支配されている。岩盤内あるいは岩盤上に構造物を建設する場合にはこれらの割れ目の影響を適切に評価する必要がある。特に、岩盤割れ目系の構造が変化するような場合には、それに伴って水の流れがどのように変化するかを十分に検討しておく必要がある。そこで本研究では、三軸圧縮下における透水試験装置を作製しその精度を検討するとともに、研究の第一段階としてインタクトな岩石が三軸圧縮状態におかれた場合、その透水特性がどのように変化するかを室内実験によって検討した結果を報告する。

2. 試料およびフローポンプ法の原理

試料としては、新第三紀中新世の流紋岩質凝灰岩、通称田下石を用いた。この試料は表-1に示したように、湿潤状態における一軸圧縮強度が10MPa以下であり、いわゆる軟岩に属する。その他の物性値については表-1に示した通りである。

透水試験方法としては、Olsen ら[1]の開発したフローポンプ法を採用した。この試験方法は、フローポンプから供試体底部に一定流量の水を注入し、これにより発生する供試体上下端面での圧力水頭の時間変化を測定するものである。このときの圧力水頭の時間変化は、供試体中の水の流れが一次元的であると仮定して

$$H = \frac{QL}{kA} \left[1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\exp(-\alpha(2n+1)^2 \pi^2 t / 4L^2)}{(2n+1)^2} \right]$$

ここに、 H :水頭差、 A :供試体断面積、 Q :一定注水流量、 L :供試体長さ、 t :時間、 α :hydraulic diffusivity、 k :hydraulic conductivity

で表わせられる。式より、十分時間が経過し圧力水頭が定常状態に至った段階では Darcy 則と一致することがわかる。

この原理から高性能のフローポンプと差圧計があれば、比較的容易に透水係数を見積もることができる。作製した試験装置の概略図を図1に示す。本研究で使用した機器では、直径5cm、長さ10cmの円柱供試体の場合、原理的には1.6cm/sec~ 6×10^{-11} cm/secの透水係数が計測可能である。

表-1 試料の諸物性

比重	乾燥密度 g/cm ³	湿潤密度 g/cm ³	間隙率 %	一軸圧縮強度 MPa
2.48	1.93	2.15	22.0	8.65

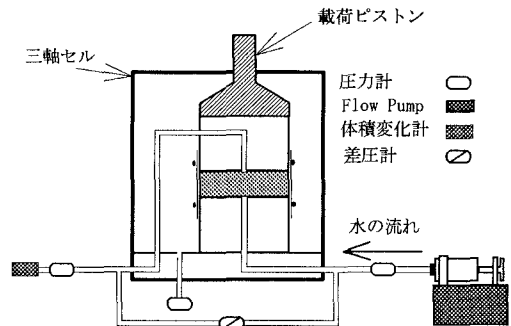


図1 試験装置の概略図

上述した式は、圧力水頭の増加に伴う変形は生じないという境界条件のもとで解かれている。しかし実際には Morin & Olsen[2]も述べているように、供試体下端面に注水した場合試料は膨張する。西垣ら[3]はまさ土を締め固めた試料について上記の問題点を検討し、三軸セルを用いる手法では応力-浸透解析による標準曲線を用いる必要があるとしている。本研究で用いている試料の弾性係数は西垣らの用いた試料のそれよりも2オーダー大きいことから、試料の膨張は無視できるほど小さいと考えた。

3. 試験方法および結果

作製した試験装置の検証実験を兼ねて、流量の違いによる透水係数の変化を検討した。図2は直径4.99cm、長さ2.098cmの試料を用いて、無載荷状態において注入する流量を1、5、10倍に変化させたときの差圧の時間変化を表わしている。このとき供試体側面はシリコンラバーで被覆している。図より流量により発生する差圧は変化するが、どの流量においてもほぼ定常状態に至っている。このときの透水係数を算出した結果が図3に示してある。これより流量の違いによる透水係数の変化はほとんどないと考えられる。ここには示していないが、より多孔質な砂岩についても同様の結果が得られている。

次に、飽和させた供試体を三軸試験装置に設置し所定の等方圧を負荷して圧密したあと、排水試験を実施した。試料は直径4.942cm、長さ10.155cmの試料を用いており、供試体側面はゴムスリーブで被覆している。目標とする軸差応力を6段階設定し、各段階で軸差応力を一定に保ちつつ透水試験を実施した。図4に試験結果から算出した透水係数と軸ひずみの関係を示す。これより軸ひずみの増加に伴い、透水係数が減少していることがわかる。

4. 結論と今後の課題

Olsenらの開発したフローポンプ法を採用し三軸圧縮下における透水試験装置を作製した。これを用いて検証実験および三軸圧縮下における透水試験を実施し、軸ひずみの増加に伴い透水係数が減少傾向にあることを示した。しかし今回の実験では通常の排水試験で体積ひずみが収縮から膨張に変わったあとのデータが得られていない。今後この体積膨張域における透水係数の変化、さらにピーク荷重後の透水係数の変化について検討していく予定である。

また差圧の時間変化における非定常部分を用いて、図解的に透水係数と比貯留係数を算出する方法も提案されている[4]。試験時間の短縮のため、この方法についても検討していく予定である。

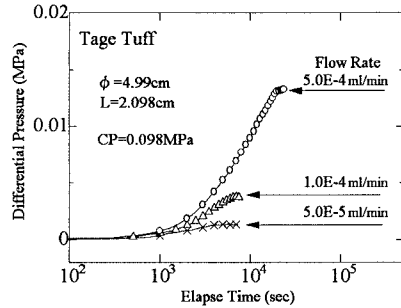


図2 差圧の時間変化

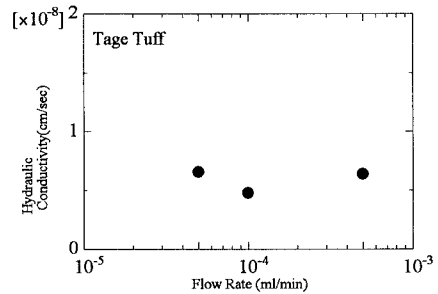


図3 流量と透水係数の関係

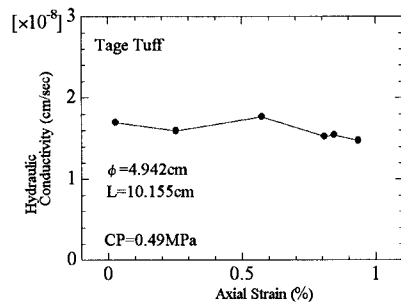


図4 軸ひずみと透水係数の関係

参考文献： [1]Olsen,H.W., Nichols,R.W. & Rice,T.L., Low-gradient permeability measurements in a triaxial system, *Geotechnique*,35(2),145-157,1985. [2]Morin, R. H., & Olsen, H. W. ; Theoretical Analysis of the Transient Pressure Response From a Constant Flow Rate Hydraulic Conductivity Test. *Water Resources Research*, Vol. 23, No. 8, 1461-1470, 1987. [3]西垣誠ほか；室内定流量注入試験による比貯留係数の算定法、土木学会第50回年次学術講演会、174-175, 1995. [4]Morin, R. H., Olsen, H. W., Nelson, K. R., & Gill, J. D.; Graphical Method for Determining the Coefficient of Consolidation C_v from a Flow-Pump Permeability Test. *Geotechnical Testing Journal*, Vol.12, No4, 302-307, 1989.