

III-303 亀裂情報を利用したクロスホール法による岩盤の透水パラメータの測定法に関する実験

岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
 岡山大学工学部 正会員 中屋眞司
 岡山大学工学部 学生員 ○菅野雄一

1. はじめに

岩盤をそれと等価な均質で異方性をもつ多孔質媒体と仮定すれば、透水係数テンソルと比貯留係数でその透水性が評価される。著者らは、原位置の亀裂方位情報から水理学的、地質統計学的手法を用いて透水係数テンソルを評価した後、二本のボーリング孔に限定したクロスホール透水試験から得られる観測値を用いて亀裂の発達した岩盤の三次元透水係数テンソルと比貯留係数を決定する方法を提案している¹⁾。本研究では、提案している方法を原位置岩盤に適用する前に、室内において透水性のわかった岩盤モデルを作成し、測定手法の妥当性を室内透水実験より検証する。

2. 透水パラメータの測定原理

透水パラメータの測定原理を示すと以下のようになる。

(1) パッカーを用いて一方のボーリング孔内に注水区間を設け、他方に3箇所を観測区間を作成し、一定量の注水による二孔間の透水試験を実施して水頭の経時変化観測値を得る。(2) 岩盤をそれと等価で均質な異方性多孔質透水媒体と考え、ボーリング孔内の亀裂調査から得た亀裂方位を既知データとし、亀裂開口幅データを仮定して水理学的、地質統計学的手法であるクラックテンソル理論を用いて透水係数テンソル(k_{ij})を算定する²⁾。(3) 算定した透水係数テンソルをもつ多孔質媒体内でクロスホール透水試験を実施した場合、生じる水頭の経時変化は、Hsiehらの三次元浸透理論から求めることができる³⁾。(4) 理論的に求められた水頭の経時変化は、観測値との間に種々の仮定に由来する誤差を持つ。そこで非線形最小二乗法を用いて各観測値と計算値の残差の平方和が最小となるまで、水理学的等価亀裂開口幅と比貯留係数を反復修正し、三次元透水係数テンソルと比貯留係数を決定する。

3. 異方透水性岩盤モデルの作成

岩盤モデルは、次の4つの条件を満足しなければならない。

- 1) 岩盤モデル内は被圧状態である。
- 2) 岩盤に存在する多数の亀裂の方位が測定できる。
- 3) 水理学的異方性を持つ均質な多孔質媒体とみなせるもの。
- 4) 既存の実験により、透水テンソルおよび比貯留係数を確認できるもの。

また、後述する室内クロスホール試験の際に、測定値に境界からの影響が及ばない程度に大きな試料とするため、モールドは1 m立方の大きさが必要である。

そこで、モデル試料は最大粒径2ミリのマサ土を用い、一辺119cmの立方体のモールドに、層厚1cmでレーキングしないで、乾燥密度 1.77g/cm^3 になるようにランマーと締め固め板を用いて119層に締め固めた。図-1に、締め固め方向とそれに直交する方向の透水係数と乾燥密度の関係を示す⁴⁾。試料を締め固めた後、モールドを30度傾け、供試体上部を水平に削った後、注水および観測用の直径2.2cmのボーリング孔を

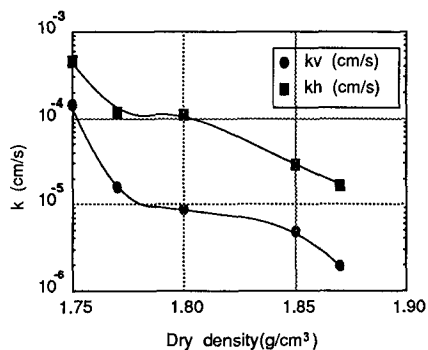


図-1 乾燥密度と透水係数の関係

木工用ドリルを用いて掘削した。ボーリング孔に孔壁の保護のためのケーシングパイプを挿入後、モールド上面を鉄板とシール材を用いてシールし、供試体を飽和させるためにモールド底面から上面へ通水した。ボーリング孔やモールド上面に取り付けた排水パイプから気泡が検出されなくなった後も、数時間、モールド内に通水し、その後、排水を止めて被圧状態に移行した。被圧状態は、モールド側面に取り付けたマノメータとボーリング孔内の水圧を間隙水圧計により計測し確かめた。

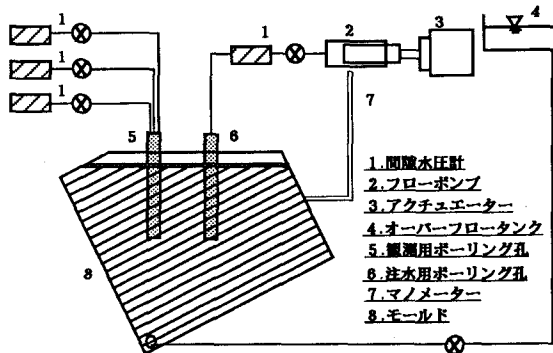
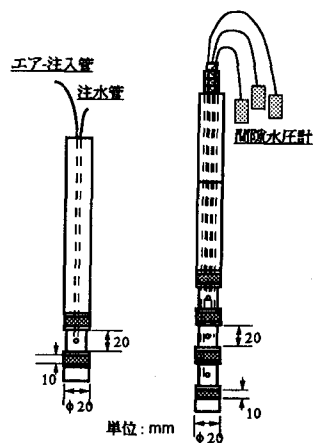


図-2 測定装置の模式図

4. 室内クロスホール試験

試験装置の模式図を図-2に示す。室内クロスホール試験は上述のモデル岩盤に掘削した注水および観測用の2本のボーリング孔を用いて行なった。注水用のボーリング孔には、図-3(a)に示したパッカー装置を挿入し、エアーパッカーに1.7気圧の空気圧を作用させ、2cmの注水区間にフローポンプを用いて一定の流量で注水した。注水状況の確認のため、注水区間への注水量と水圧の経時変化を各々、微流速計と間隙水圧計を用いて計測する。観測用のボーリング孔には、図-3(b)に示したパッカー装置を挿入し、3つの観測区間において、水頭増分の経時変化を間隙水圧計を用いて計測する。観測用のパッカー装置は装置上部のナットを締めつけることによりパッカーを膨らませるブッシュパッカー方式を用いている。注水、および観測区間に相当する部分はケーシング・パイプにスクリーンを設けている。孔間の水平距離は、12cmとし、注水はGL-40cmの深度で、水頭増分の測定はGL-40,-30,-20cmの3箇所で行なう。



(a) 注水用 (b) 観測用

図-3 パッカー試験装置

岩盤モデルと室内試験装置が完成し測定の前準備が完了したので、今後は室内クロスホール試験から求めた透水パラメータと試験後にブロックサンプリングして得られた供試体の透水試験から求めた透水パラメータを比較し、原位置岩盤の透水パラメータの測定法の妥当性について検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 中屋真司・西垣誠・河野伊一郎(1992)：亀裂情報を利用したクロスホール法による岩盤の三次元透水パラメータの測定法、第24回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp.41-45.
- 2) Oda, M. (1985) : Permeability tensor of discontinuous rock masses, Geotechnique, 35, No.4, pp.483-495.
- 3) Hsieh, P. A. and S. P. Neuman (1985) : Field determination of the three-dimensional hydraulic conductivity tensor of anisotropic media, 1 Theory, W. R. R., Vol.21, No.11, pp.1655-1665.
- 4) 西垣・中屋・菅野(1991)：異方性岩盤の透水係数の計測法に関する研究、土木学会第46回年次学術講演会講演概要集、pp.868-869.