

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
建設省 橋本 修

1. はじめに

従来、岩盤の単一亀裂内の浸透流について多くの場合、平行板モデルを使用して研究されてきたが天然の亀裂に於て不十分であるため、より実際に即した岩盤モデルによる研究が必要とされる^{1),2)}。岩盤内の亀裂を取り扱う方法として種々の手法が提案されているが、亀裂の幅、方向、長さ等確率統計的に取り扱う方法が一般的になってきている。しかし、従来研究されてきているのは、あくまで飽和領域での透水係数であり、不飽和領域での透水性について研究されたものはない。

よって、本研究では岩盤の不飽和浸透流の挙動を把握するために亀裂性岩盤モデルを用いて、降雨浸透実験、飽和透水試験、不飽和透水試験を実施した。

2. 降雨浸透実験

岩盤モデル供試体に降雨を作用させ、供試体内への降雨の浸透挙動を計測し、岩盤の浸透特性についての実験及び考察を行なう。岩盤モデルは統計データをもとに発生させた割れ目をアクリル板に彫り込んだモデル(図-1)を使用する。また実験装置は図-2、実験結果は図-3に示す

結果より各降雨量において各々異なった自由水面が形成されることがわかった。またどの自由水面も実験開始後1分間に大きく上昇し、その後微少な変化を繰り返し定常にいたり、降雨量56750(mm/h)においては顕著なマウント現象が生じることがわかった。

3. 飽和透水試験

岩盤モデルを6分割し、岩盤の浸透特性解明のためのパラメーターの1つである飽和透水係数(λ , z 方向)をそれぞれ定水位透水試験によって求める。試験装置を図-4、試験結果を図-5に示す。

その結果、どの岩盤モデルにおいても鉛直成分の透水係数(k_z)が水平方向の透水係数(k_x)より大きくなる異方性がよく現れている。また、透水係数は割れ目の方向性に影響されることがわかった。

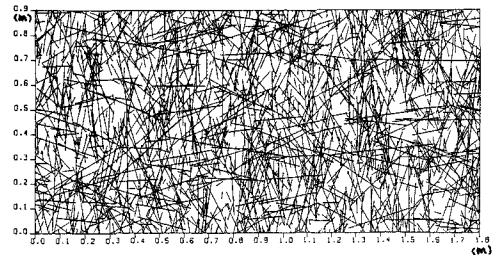


図-1 亀裂性岩盤モデル

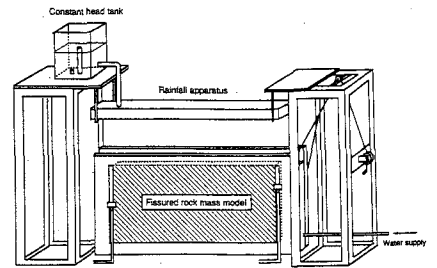


図-2 降雨浸透実験装置

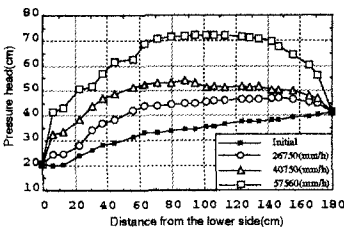


図-3 実験開始1分後の自由水面

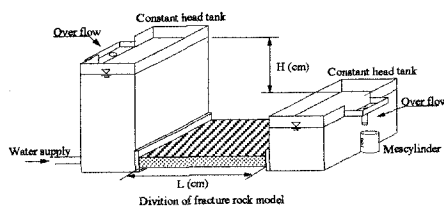


図-4 飽和透水試験装置

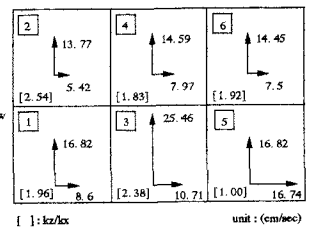


図-5 透水試験結果

4. 不飽和透水試験

従来、確立されていなかった亀裂性岩盤内の飽和度と不飽和透水係数との関係を求める新しい試験法を確立する。

不飽和透水係数 k_u (cm/sec)はDarcy則が不飽和領域においても成り立つと仮定し、式(1)より求める。ただし、岩盤モデル内の圧力水頭は等しいと仮定する。

$$k_u = \frac{\Delta Q}{A' \Delta t} \quad (1)$$

ここで、 ΔQ :定常時の流出流量(cm^3)、 Δt :計測時間(sec)、 A' :供試体の断面積(cm^2)

不飽和状態での岩盤モデルの割れ目内の飽和度 S_r を岩盤モデル内の割れ目の総体積に対する割れ目内を浸透している水の体積の比として定義すると、式(2)のように示される。

$$S_r = \frac{V_{fi}}{V_i}, (i=1 \sim 6) \quad (2)$$

ここで、 V_{fi} :岩盤モデルの割れ目内に浸透している水の体積(cm^3)、 V_i :岩盤モデルの割れ目の総体積(cm^3)

また、 V_{fi} は透水試験において一定時間ごとの岩盤モデル内への流入量、流出量を測定することで式(3)より求めることができる。

$$V_{fi} = \int_0^t Q_{in} dt - \int_0^t Q_{out} dt \quad (3)$$

ここで、 Q_{in} :流入流量(cm^3/s)、 Q_{out} :流出流量(cm^3/s)、 t :試験開始から定常になるまでの時間(sec)

つまり、 V_{fi} (cm^3)は実験開始後から定常になるまでの流入量 Q_{in} (cm^3/s)、流出量 Q_{out} (cm^3/s)の経時の変化を表わした2本の曲線で囲まれる面積に相当する(図-6参照)。

試験装置は図-7に示す。また、試験結果を比透水係数 k_r と飽和度 S_r との関係で図化したものを図-8, 9に示す。これらの結果より、不飽和透水係数は飽和透水係数の0.01から飽和度が比較的大きい部分でも0.10未満であり、この範囲内の値をとることがわかる。つまり、割れ目内に空気が混入し、不飽和状態になると著しく透水係数が低下することが示された。

また不飽和透水係数は飽和度との関数であることがわかった。しかし、単一割れ目モデル理論を亀裂性岩盤モデルの不飽和浸透流の流れにまで拡張して考えることは、様々な要因より困難であると考えられる。

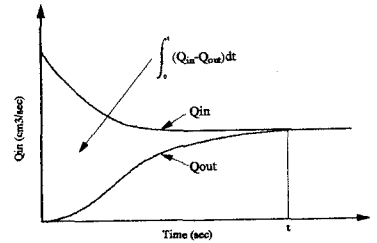


図-6 Q_{in} と Q_{out} の関係

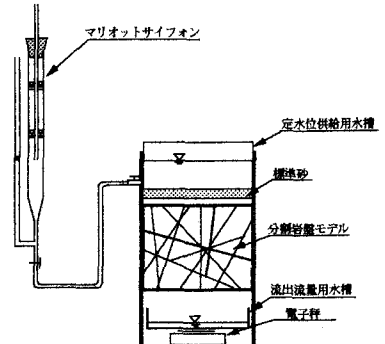


図-7 不飽和透水試験装置

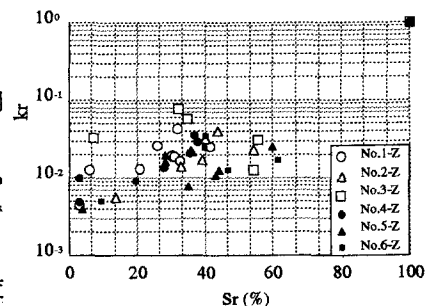


図-8 k_r と S_r の関係 (Z方向)

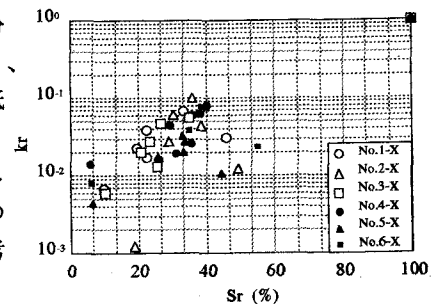


図-9 k_r と S_r の関係 (X方向)

【参考文献】

- 1) 渡辺邦夫：岩盤浸透流に係わる諸問題と現状，昭和60年度岩盤力学委員会 研究報告会，pp. 1-2, 1986.
- 2) 宮本裕：岩盤の浸透特性に関する実験的研究，岡山大学，pp. 7-22, 1990.