

III-506

割れ目系岩盤の不飽和浸透特性

岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
 岡山大学大学院 学生員○宮本 裕
 広島県庁 開原 俊雄
 関西電力 正会員 小久保鉄也

1. はじめに

斜面の安定についての研究は、以前から進められてきているが、割れ目の発達した岩盤斜面の安定解析については、解明されていない部分が多い。その中で、降雨や表面流水により、割れ目内に雨水等が浸透して流れる場合、その流れは、割れ目内を飽和していないものが多い。この地下水は、斜面の崩壊や地滑りに大きな影響を与える。そのため、岩盤斜面における割れ目内の不飽和浸透流の挙動の定量的な把握は、重要な課題である。

割れ目が卓越した岩盤内の浸透については、原位置データを基礎として、割れ目ネットワークを作成して、その浸透解析を数値解析によって行う方法が、Longら¹⁾によって用いられた。しかし、被圧帯水層における研究が主であり、自由水面を有する不圧帯水層における岩盤浸透についての研究は少ない。大西ら^{2), 3)}は、不飽和領域を考慮した、自由水面を有する割れ目内の岩盤浸透解析を行っている。しかし、これらは割れ目ネットワークを含むある一定領域としての岩盤についての研究である。

本報告では、単一の割れ目に着目し、割れ目内において、自由地下水を有する流れについて、平行な二枚板間の流れと、円形カルバート内の流れとしてモデル化し、不飽和状態における流れについて、その理論解について述べ、実験による検証法とその結果について論述する。

2. 岩盤割れ目内の不飽和流のモデル化

(1) 平行板モデル

Fig. 1に示す平行板間に自由水面を有する薄層流の支配方程式は Navier-Stokesの式をx方向のみの定常流とし、計算することによって得られる。また、Darcy 則を用いて、平行板間隔D、水深hのときの不飽和透水係数 k_{u1} は飽和度を用いて表すと次式のようにになる。

$$k_{u1} = \frac{1}{3} \cdot \frac{g}{\nu} D^2 Sr^3 \quad (1)$$

ここで ν は、水の動粘性係数、飽和度 Sr^3 は h/D である。(1)式から、不飽和透水係数 k_{u1} は飽和度の3乗に比例することがわかる。また、平行板間を飽和して流れる支配方程式も、同様に計算すると、飽和透水係数 k_s は次式のように示される。

$$k_s = \frac{Q}{i A} = \frac{1}{12} \cdot \frac{g}{\nu} D^2 \quad (2)$$

よって、 $Sr \equiv 1$ ならば、 $k_{u1} = 4 k_s$ となる。

(2) 円形カルバートモデル

Fig. 2に示す円形断面水路を割れ目のモデルにすると、自由水面を持つ不飽和透水係数 k_{u1} は次式で表される。

$$k_{u1} = \frac{Q}{A_0 i} = \frac{1}{128} \cdot \frac{g}{\nu} D^2 \frac{(2\psi - \sin 2\psi)}{\psi} Sr \quad (3)$$

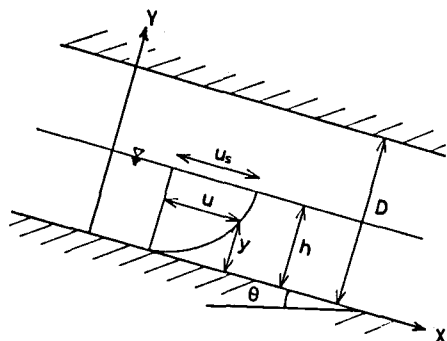


Fig. 1 Thin shear layers of open channel.

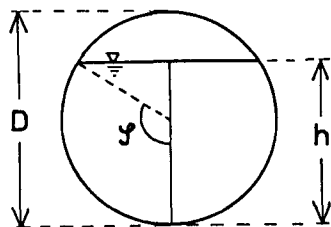


Fig. 2 Schematic cross-section of circular section.

(3) 式の不飽和透水係数 k_{u1} は、飽和度が88.7%のとき最大となる。また飽和透水係数 k_s は $\psi = \pi$ のとき得られる。

$$k_s = \frac{1}{32} \cdot \frac{g}{\nu} D^2 \quad (4)$$

3. 実験方法と結果

(1) 平行板モデル

Fig. 3に示す幅50cm、長さ100cmのアクリル製の二枚板を持つ実験装置を用いて、二枚板の間隔、傾斜角、流量を変えて実験を行った。その結果得たグラフをFig. 4に示す。

(2) 円形カルバートモデル

Fig. 3と同様の装置で浸透部に長さ50cmのガラス管を用いて、同じく管径、傾斜角、流量を変えて実験を行った。その結果得たグラフをFig. 5に示す。

実験結果より、平行板モデルにおいて、層流域においては平行板の理論は成り立っていると考えられる。また、円形カルバートモデルにおいては、自由水面を持つ流れは(3)式に近似できると考えられる。

しかし、理論上無視していた、圧力水頭、乱流、等の影響が考えられた。円形カルバートモデルにおいては、飽和度の大きい範囲ではメニスカスの影響によって、ある断面では飽和状態となりその次の断面では気泡が存在するという状態が繰り返し発生した。気泡が流れの中で流れと反対方向の浮力を持っているか、又はそれ以外の力が抵抗として働いているものと考えられる。

実際の割れ目は平行板や円管のように一樣な断面を持っているのではなく、また傾斜角も場所によって変わってくる。割れ目内に介在物が全くない場合は、ある断面において飽和状態となると、急速に透水係数が低下するため、流れを支配する断面は飽和状態であると考えのが妥当であると思われる。よって、今後の課題としては、岩盤の不攪乱試料を採取して、その割れ目の透水性の評価方法の確立が必要であると考えられる。

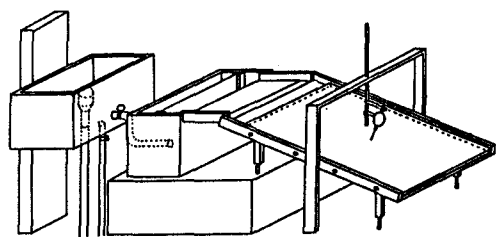


Fig. 3 Parallel plates experimental apparatus.

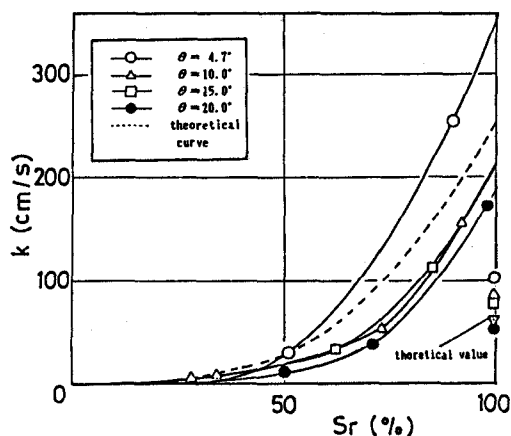


Fig. 4 Relation between k and Sr in open channel.

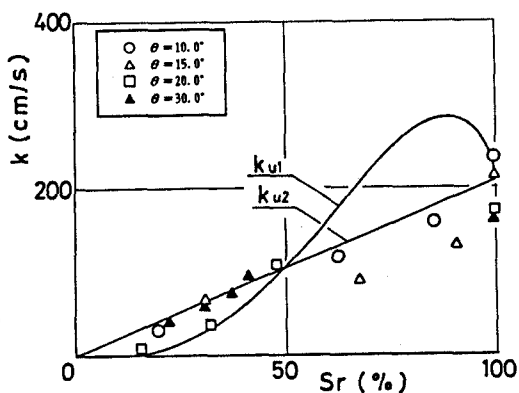


Fig. 5 Relation between k and Sr at $D=3.0\text{mm}$.

参考文献

- 1) J. C. S. Long, J. S. Remer, C. R. Wilson, P. A. Witherspoon : Porous media equivalents for networks of discontinuous fractures, Water Resources Research, Vol. 18, No. 3, pp. 645-658, Jun. 1982.
- 2) Y. Ohnishi, H. Shibata, M. Nishigaki : Finite element analysis of in regularly jointed rock mass. Fifth International Conf. on Numerical Methods in Geomechanics/Nagoya/, pp. 673-680, 1985.
- 3) 西垣誠、大西有三、河辺和久：岩盤ジョイント内の自由水面を有する浸透流解析、第18回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp. 351-355, 1986.