

斜交割れ目系を有する岩盤中の浸透流解析

名古屋大学大学院 学生員 ◯門田俊一

名古屋大学工学部 正 員 川本 勝万

1. はじめに

一般に、岩盤浸透流は、節理・層理・断層・テクトニックな力によるひび割れ等の、割れ目部分における通水が支配的である。しかし、浸透流を解析する際、岩盤内の割れ目群を正確に把握することが困難なため、割れ目を含む岩盤を多孔質媒体とみなし、等価な透水係数を求めて解析を行なう場合が多い。本報告では、斜交する割れ目群の幾何形状、すなわち、割れ目の開口値、平均間隔、傾斜角度から、異方性を考慮した岩盤内の等価透水係数の評価について述べ、若干の解析例を紹介する。これは、岩盤内に理想化した斜交割れ目系を設定し、割れ目のみを浸透領域とする不連続体モデルと、これと等価な透水係数を評価した多孔質体モデルについて解析を行ない、両者を比較検討したものである。結果は、両モデルの間に、かなりの一致がみられた。

2. 等価透水係数の評価

図-1のように、中Aの岩盤中に割れ目が一本存在するものとする。Iを動水勾配、Qを流量とすれば、

$$Q = -\frac{g(2a)^3}{12\nu} I \quad (1)$$

となる。ここに、gは重力加速度、νは動粘性係数、2aは割れ目の開口値である。いま、この領域の流れを、透水係数kの多孔質媒体の流れに置き換えると、Darcyの法則から、流量Qは、

$$Q = -AkI \quad (2)$$

となる。式(1)と式(2)を等しいと置くと、多孔質媒体の透水係数は、次のようになる。

$$k = \frac{g(2a)^3}{12\nu A} \quad (3)$$

次に、式(3)で評価された透水係数は、局所座標x'-y'によるもので、kをkx'と書く。このとき、ky'はゼロである。これから、全体座標x-yにおける透水係数を求めるには、次の変換が必要である。

$$\begin{bmatrix} k_x & k_{xy} \\ k_{xy} & k_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_x' & 0 \\ 0 & k_y' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \quad (4)$$

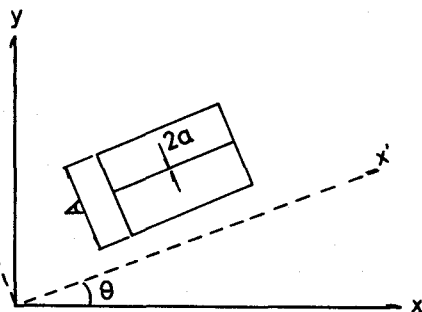


図-1 座標系

表-1 透水係数 (cm/sec)

CASE	θ	k _x	k _y	k _{xy}
1	90°	0.0762	0.0762	0.0
2	60°	0.1077	0.0944	0.0545
3	-60°	0.1077	0.0944	-0.0545

ここに、 θ はX軸とZ'軸のなす角である。

式(3)、式(4)で、 $2a$ を割れ目の開口値、 A を平均間隔、 θ を傾斜角とすれば、等価透水係数が評価される。また、傾斜角等の異なる割れ目群が存在するときには、それぞれの割れ目群に対して式(4)を用い、対応する係数を加え合わせればよい。

3. 解析例および結果

解析は、次の3つのケースについて行った。

CASE1. $\theta = 0^\circ$ と $\theta = 90^\circ$ の割れ目群

CASE2. $\theta = 0^\circ$ と $\theta = 60^\circ$ の割れ目群

CASE3. $\theta = 0^\circ$ と $\theta = -60^\circ$ の割れ目群

割れ目開口値は、いずれの場合も2mmとした。なお、図2~4に、各ケースの割れ目群形状と水頭値分布を示した。()内は、多孔質体モデルの水頭値である。境界条件は、 $x=0$ 面に $H=200m$ 、 $x=120$ 、 $y=0$ に $H=0m$ を与えた。また、表-1に各ケースの透水係数、表-2に浸透流量を示した。解析結果は、図2~4、および表-2よりわかるように、3つのケースとも、両モデルについて、水頭値および流量でかなりの一致を示している。これから、割れ目開口値、平均間隔、傾斜角度から、等価透水係数が評価されることがわかる。

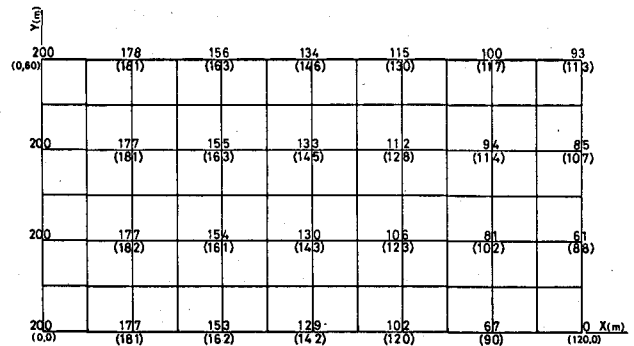


図-2 CASE1の水頭値分布 (m)

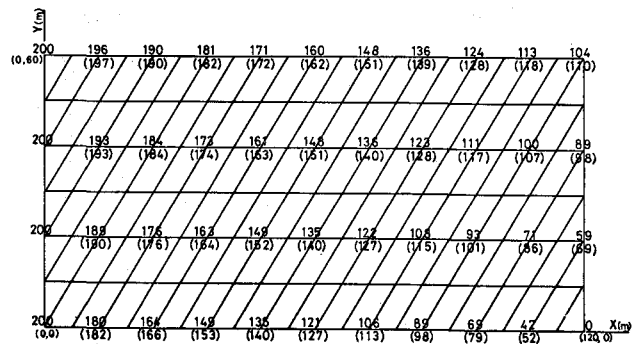


図-3 CASE2の水頭値分布 (m)

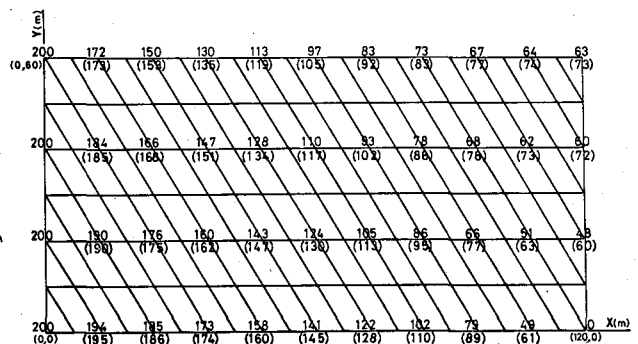


図-4 CASE3の水頭値分布 (m)

4. おわりに

今回の解析では、割れ目群として、理想化した割れ目系を用いたが、実際の岩盤では、もっと複雑な形で存在しているものと考えられる。今後は、実際の岩盤にも適用できる評価方法を考えたい。

表-2 浸透流量 (m³/sec)

CASE	不連続体モデル	多孔質体モデル
1	0.0521	0.0457
2	0.0498	0.0467
3	0.0714	0.0634

- 1) Snow, D.T.; Anisotropic Permeability of Fractured Media, Water Resources Research, Vol. 5, No. 6, 1969, pp. 1273~1289