

(株)間組技術研究所 正会員 茂呂 吉司

(株)間組技術研究所 正会員 小林 晃

1. 目的

亀裂性岩盤中の地下構造物を施工する際に、浸透流を把握し制御することが重要である。そのために様々な解析手法が開発されており、中でも、ジョイント要素法を用いた解析手法が多く用いられている¹⁾。しかし、亀裂性岩盤中の浸透挙動については未知な点も多く、解析手法の基本的な精度を確認しておくことは、手法の発展において重要なことと思われる。

本報告の目的は、その様なジョイント要素法を用いた浸透流解析手法の有効性を確認することである。そのために、発泡スチロールを材料とする亀裂性模擬岩盤を作成し、単孔透水試験を行った。そして、この実験結果とジョイント要素法を用いた3次元解析結果を比較検討した。

2. 単一亀裂透水試験

発泡スチロールで作成した供試体を用いて、単一亀裂透水試験を行い、見かけの開口幅と流量から三乗則を用いて求めた開口幅との関係及び、亀裂表面の物性の影響について検討した。一般に、材料によって図-1に示すWettability²⁾が異なる。これより、亀裂内の流れの摩擦抵抗が異なり、亀裂内の透水係数が変化する可能性がある。そこで、Wettabilityの異なる3つの材料を用いて、単一亀裂透水試験を行った。また、亀裂材料に発泡スチロールを用いたものとその上にペンキを塗布したものについて亀裂幅を変えて行った。なお、透水試験の動水勾配は0.2~0.3になるように設定した。結果を表-1に示す。同表から、Wettabilityが亀裂幅の算定に与える影響は±2~3%であり、開口幅の目視による計測の精度を考えると、亀裂幅算定に与える影響は無視できるものと思われる。また、流量より推定した開口幅とクラックスケールを用いて計測したその間には最大3%程度の差が見られた。このことより、クラックスケールを用いて計測した開口幅から推定される透水係数を解析に用いても妥当であろうと思われる。

表-1 単一亀裂透水試験結果

亀裂表面の材料	発泡スチロール にペンキを塗布		発泡スチロール		塩化ビニール
Wettability (°)	70		52		56
亀裂幅 (mm)	0.15	0.20	0.15	0.20	0.15
開口幅の実測値 と計算値の比	1.03	1.01	1.02	0.99	0.98

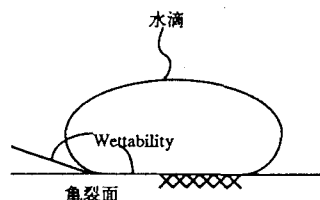


図-1 Wettability の概念図

3. 岩盤浸透流実験

浸水を防ぐために、全面にペンキを塗布した4×4×4(cm)の発泡スチロールブロックを積み上げることによって供試体を作成した。ブロックの数量は1000個(10×10×10)である。鉛直方向の亀裂幅は、作成過程で全てクラックスケールを用いて測定し、水平方向のものについては、供試体完成後、表面から測定した。また、供試体の上部と下部はシリコンのコーキング材を塗って不透水とした。以上のようにして作成した模擬岩盤を水槽の中に沈め、水位を上面より2cm下方に設定した。この岩盤内に外径1cmのパイプを鉛直方向に底から8cmの所まで挿入し、200cc/minの定流量注入を10分間行った(図-2参照)。また、岩盤内での圧力測定箇所は模擬岩盤の底から10cmの所で、水圧計を用いて測定した。

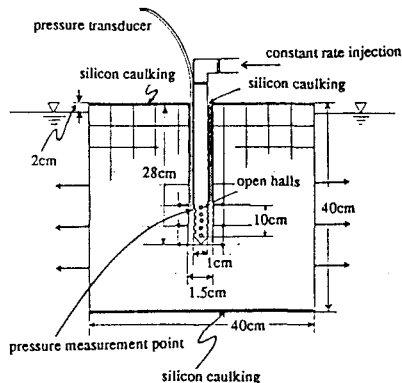


図-2 供試体の概要図

4. 数値計算

各鉛直亀裂の透水量係数は三乗則を用いて算出し、水平方向の透水量係数は、模擬岩盤表面から観測された亀裂幅分布から内部の亀裂幅を推定し、設定した。観測できなかった内部の水平方向の亀裂幅を以下の2つの確率分布にしたがうものと仮定した。

(a) ガンマ分布

(b) 対数正規分布

計算に際して、実測した平均亀裂幅 2.4×10^{-1} mm、標準偏差 1.2×10^{-1} mmを用いた。

以上のようにして2700個の亀裂面全ての透水量係数を設定し、ジョイント有限要素法を用いて、上述の実験をシュミレートした。

5. 実験結果と解析結果の比較

解析ケースは乱数の初期値を変えて、ガンマ分布、対数正規分布についてそれぞれ5ケースを行った。結果を図-3に示す。同図によると計算値は実測値より小さい値を示している。これは、圧力を測定する位置が亀裂面と一致していないためと思われる。しかし両計算値とも実測値の圧力減少過程をよく再現している。また、対数正規分布を用いた結果の方がガンマ分布を用いた結果より値が大きくなっている。これはガンマ分布の方が、大きな亀裂幅の頻度が多かったためと思われる。

以上よりジョイント要素法を用いる解析の場合、亀裂の方向、透水性、亀裂の位置などがわかれば実際の浸透流の動きをおおよそシュミレートできるものと思われる。

6. 結論

- 1) 亀裂面のWettabilityは動水勾配が0.2~0.3程度であれば、亀裂の透水量係数にあまり影響を与えない。
- 2) ジョイント要素法を用いる解析の場合、亀裂の方向、透水性、亀裂の位置などがわかれば実際の浸透流の動きをおおよそシュミレートできる。

参考文献

- 1) 例えば、A.W.Herbert and B.A.Splawski; A PREDICTION OF FLOWS TO BE MEASURED IN THE STRIPA D-HOLE EXPERIMENT: AN APPLICATION OF THE FRACTURE NETWORK APPROACH; Stripa Symposium, Stockholm, 1989
- 2) 高橋越民、難波義郎、小池基生、小林正雄共編; 界面活性材ハンドブック、工学図書株式会社版

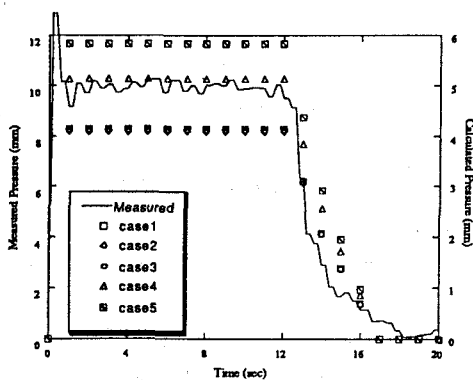


図-3 a) ガンマ分布で解析した結果

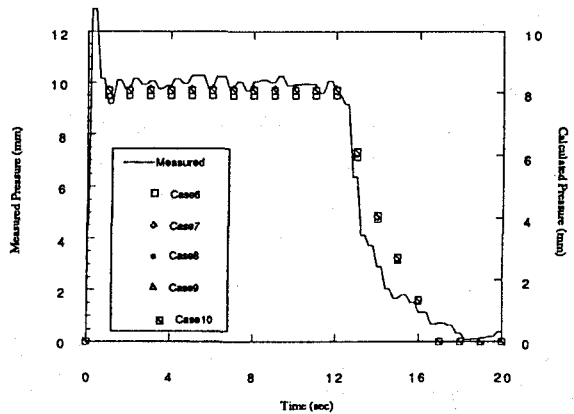


図-3 b) 対数正規分布で解析した結果