

III-68

高粘性流体による単一亀裂性岩盤の浸透特性に関する研究

岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
東京電力 正会員 萩原 義孝
岡山大学大学院 学生員 ○玉井 猛
鹿島建設 三木 敬

1. はじめに

従来から亀裂性岩盤の透水性を評価する方法として、原位置で行われるルジオン試験がある。しかし、その問題点として、亀裂の発達している所では、高透水性のため流況が乱流となり、ダルシー則が適用できないことが知られている。本研究では流況が層流状態下の透水性を評価するため、高粘性流体を用いて透水試験を実施し、その有効性を検討するものである。また、岩盤の流れ様相を把握する際に必要となるものに岩盤の凹凸、つまり亀裂情報が必要になってくる。そこで本研究では、レーザー変位計を用いて亀裂情報を測定し、さらにそれを元に岩盤内の体積算定、平面2次元解析を行い、亀裂内の流れ様相を把握しようとしたものである。

2. 高粘性流体を用いた透水試験

図-1に実験装置の概要を示す。

また、実験パターンを下に示す。

供試体長 10cm
間隙幅 密着状態、0.1mm、0.2mm、0.3mm
使用液体 水、高粘性流体（重量濃度0.5%、1.0%、1.5%）
動水勾配 最小 $i=0.1$ 最大 $i=30$

3. 試験結果

(1) Taylorの式¹⁾の検証

高粘性流体で透水性を評価する場合、層流状態で粘性度と透水係数の関係は次のように定義される。

$$k = \frac{\rho g}{\mu} \cdot K \quad (1)$$

k : 透水係数 (cm/s)、 ρ : 流体の密度 (g/cm^3)、 μ : 流体の粘性係数 ($\text{g/cm}^2 \cdot \text{s}$)、 K : 岩盤の固有透過度 (cm^2)

透水試験の結果から層流領域である $i=0.1$ 、 0.3 において間隙幅と K_H/K_W の関係を示し、式(1)を検証した。その関係を図-2、図-3に示す。なお、ここで用いられている間隙幅は、レーザー変位計によって求められたものである。

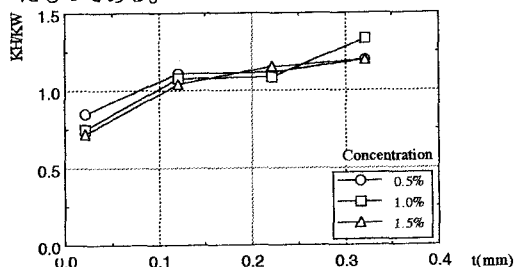


図-2 間隙幅 t と K_H/K_W の関係（動水勾配0.1）

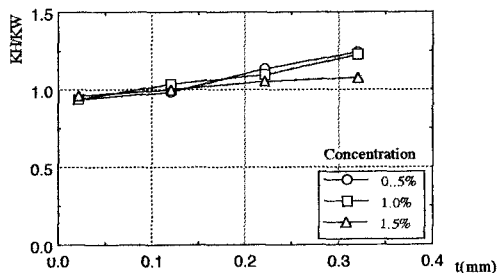


図-3 間隙幅 t と K_H/K_W の関係（動水勾配0.3）

(2) 高粘性流体による試験の有効性

間隙幅に対する固有透過度の真値 K_0 を求め、透水試験で求めた固有透過度との比較によって、間隙幅、動水勾配、粘性からどのような条件の時に、層流状態が得られるか検討した。それを図-4、図-5に示す。

(3) 考察

- ① 間隙幅が狭い場合、高粘性流体は透水性を過小評価するために水による低動水勾配領域で評価する法が望ましい。
- ② 基本的には間隙幅の増加に伴い乱流が発生しやすいため低および高動水勾配のいずれで評価するにしても間隙幅に対する層流遷移粘度を定量的に把握する必要がある。

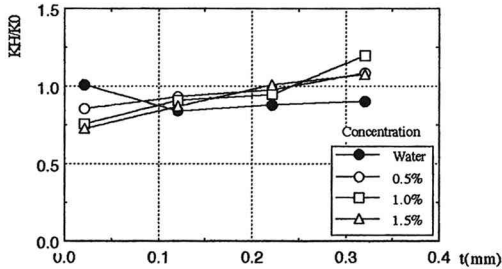


図-4 間隙幅 t と K_H/K_0 の関係（動水勾配0.2）

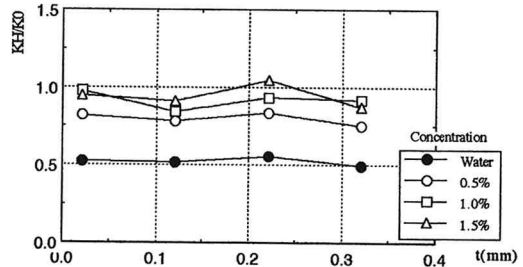


図-5 間隙幅 t と K_H/K_0 の関係（動水勾配10.0）

4. 流動状況確認試験

室内透水試験で使用した岩をアクリルで複写し、写真によって撮影観測を行い、浸透状況の可視化を試みた。また、写真から亀裂内のトレーサーの動きを捉え、レーザー変位計による計測結果から流れの様相が間隙幅にどのように関係しているのか検討した。

(1) 実験内容

実験装置図を図-6に示す。動水勾配を0.1に設定し、水と高粘性流体を透水させた。水と高粘性流体を透水させる理由は、水で求めた固有透過度と高粘性流体で求めた固有透過度に生じる差の原因を究明するためである。

(2) レーザー変位計を用いた解析

平行平板の層流れの場合に間隙幅と流速の関係は次式であらわせる。

$$V = \frac{gt^2}{12\nu} \cdot i \quad (2)$$

ここで、 g :重力加速度 t :間隙幅 ν :動粘性係数

そこで、亀裂内間隙を平行板の様々な間隙幅の集合体とみなして、レーザー変位計による亀裂情報と式(2)を基に動水勾配0.1で水を浸透させた場合の平面2次元の有限要素法による浸透解析を行った。解析条件を下に示す。

初期条件:内部を飽和（圧力水頭100cm）とし、上面に圧力水頭200cmかける。

境界条件:縦両側を不透水境界とする。

メッシュ間隔:2×2cm

解析結果より得た流速分布図とトレーサーの動きを重ねたものを図-7に示す。また、実験流量値と解析流量値の比較したものを表-1に示す。

(2) 考察

①高粘性流体から換算した固有透過度が水から求めた固有透過度より小さくなるのは、高粘性流体が $t=0.01 \sim 0.03\text{mm}$ 程度の間隙に浸透しにくいためであることが判明した。

②高粘性流体による試験を適用するにあたっては亀裂内に $0.01 \sim 0.03\text{mm}$ 程度の間隙が多く分布している岩盤は水による動水勾配が0.1程度で試験を行い評価する方がよい。

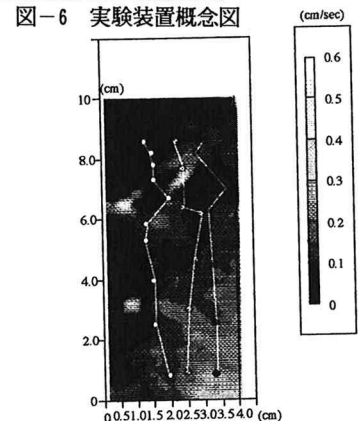


図-6 実験装置概念図

図-7 トレーサーの経路と解析の流速図

表-1 実験流量値と解析流量値

実験流量値	解析流量値
0.058(cm/s)	0.038(cm/s)

5. おわりに

- (1)層流の透水係数を求める際には、高粘性流体による試験が有効である。
- (2)高粘性流体を亀裂内に浸透させると、低動水勾配によって浸透しにくい間隙が存在する事が判明した。
- (3)トレーサー試験と解析の結果が精度よく合致していた。

参考文献 1)建設省土木研究所：高透水性岩盤に対する透水試験、土木研究所報告第180号、pp5、1990