

建設省土木研究所 ダム部ダム構造研究室

正会員 宮内 茂行

正会員 吉田 等

安田 裕一

1. はじめに

一般に高透水を示す亀裂性岩盤においては、乱流が発生していると言われている。亀裂内の流れの特性を把握するため、これまで当研究室において平滑な平行平板間の層流・乱流特性を実験にて確認している⁽¹⁾。本研究は、より実際に近い岩盤内亀裂流れを再現するため、粗度を有する平行平板について通水試験を行い、層流・乱流特性について検討を行ったものである。

2. 実験方法

実験装置を図-1に示す。また、開口亀裂模型の模式図を図-2に示す。開口亀裂模型は2枚の亚克力板の間にスペーサーを挟んで作製し、亚克力板の通水面には平均粒径0.097mmの粗度(砂の粒子)を貼り付けた。開口幅(t)はスペーサーの厚さを変えることによりを変化させた。実験ケースを表-1に示す。なお、表中の相対粗度は、次式で示すものとする。

$$\text{相対粗度: } \delta = G/2t \quad (1)$$

ここに、G:絶対粗度 (G=0.097 mm)

通水実験は、動水勾配0.1~30.0の範囲で実施し、各ケースの流量を測定した。

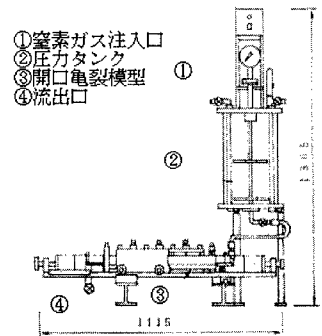


図-1 実験装置

3. 実験結果および考察

実験から得られた流速(v)と動水勾配(i)の関係の一例を図-3に示す。図-3において層流域と乱流域をそれぞれ次式により回帰し、各係数k,a,bを求めた。

$$\text{層流式: } v=ki, \quad \text{乱流式: } v=ai^b \quad (2)$$

また、層流から乱流への遷移点である限界流速(v_0)は、上式の交点として算出し、次式により限界レイノルズ数を求めた。

$$\text{限界レイノルズ数: } \text{Rec}=2tv_0/\nu \quad (3)$$

ここに、 ν :動粘性係数(0.01cm²/s)

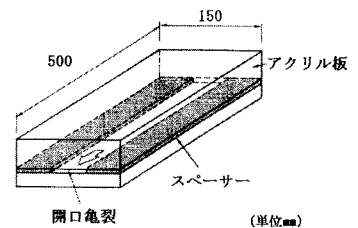


図-2 開口亀裂模型模式図

表-1 実験ケース

ケース	開口幅 t(mm)	相対粗度 δ
ケース1	0.65	0.075
" 2	0.75	0.065
" 3	0.85	0.057
" 4	0.95	0.051
" 5	1.05	0.046
" 6	1.15	0.042
" 7	1.25	0.039
" 8	1.35	0.036
" 9	1.45	0.033
" 10	1.55	0.031
" 11	1.65	0.029
" 12	1.75	0.028
" 13	1.85	0.026

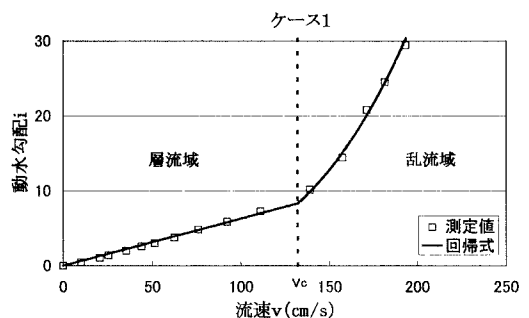


図-3 流速と動水勾配の関係

キーワード: 浸透流、層流、乱流、限界レイノルズ数

連絡先: 〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地 TEL 0298-64-2211 FAX 0298-64-2688

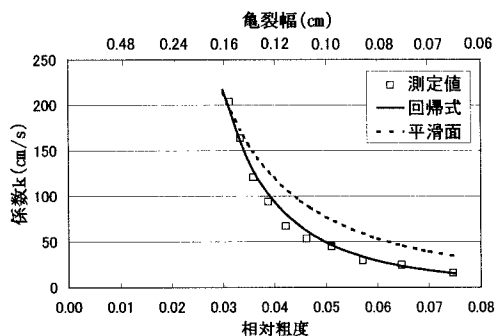


図-4 相対粗度、亀裂幅と係数 k の関係

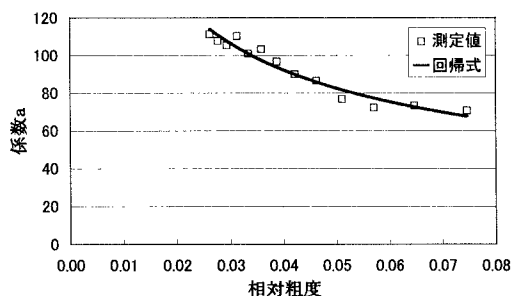


図-5 相対粗度と係数 a の関係

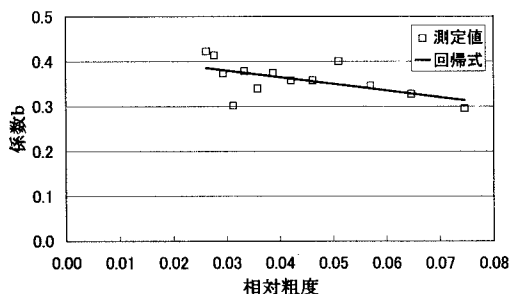


図-6 相対粗度と係数 b の関係

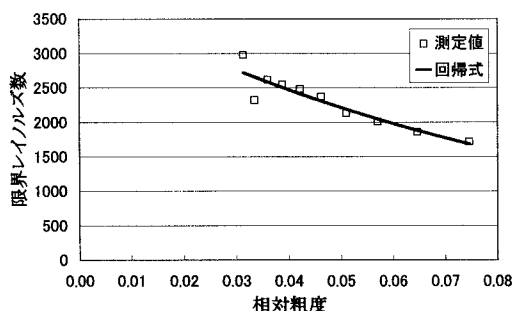


図-7 相対粗度と限界レイノルズ数の関係

求めた各係数及び限界レイノルズ数と相対粗度の関係を図-4～7に示す。

図に示すように、相対粗度と(2)式の各係数、及び限界レイノルズ数の間には相関関係が見られた。そこで、(2)式の各係数について相関式を求めたところ次式が得られた。

$$k=0.0083 \delta^{-2.9}, \quad a=19 \delta^{-0.50}, \quad b=-1.5 \delta+0.43 \quad (4)$$

限界レイノルズ数については、相対粗度が大きくなるほど小さくなり、乱流が発生しやすくなるものと考えられる。また、相対粗度 0.03 付近で、限界レイノルズ数が平滑面での限界レイノルズ数(2600 程度)とほぼ一致することと、図-4 において(4)式と平滑面での定数 k の値が相対粗度 0.03 付近で一致していることから、層流域について粗度の影響があらわれるのは、相対粗度 0.03 以上の範囲と考えられる。

(4)式を(2)に代入し、本実験における粗度を有する平行平板間の流速式を次式に示す。

$$\text{層流式: } v=0.0083 \delta^{-2.9} i, \quad \text{乱流式: } v=19 \delta^{-0.50} i^{(-1.5 \delta+0.43)} \quad (5)$$

4. まとめ

本実験から、以下のことが明らかになった。

- ①(2)式に示す流速式の係数 k, a, b と相対粗度の関係を求めた。
- ②相対粗度が大きくなるほど限界レイノルズ数は小さくなる。
- ③相対粗度が 0.03 程度以上になると、粗度が流れに及ぼす影響があらわれる。
- ④粗度を有する平行平板間の流速式を求めた。

今後は、絶対粗度の異なるケースについても実験を行い、粗度を有する平行平板間の層流・乱流特性についてさらに検討を進めていく予定である。

参考文献

- (1) 永山功、則松秀晴、庄司俊介：岩盤内亀裂におけるグラウトの流動特性に関する実験的検討、土木研究所資料、1992.6