

粗度を有する平行平板間流れの層流・乱流特性

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

岩盤内の浸透流は、岩盤内に存在する亀裂の中を流動している。これまで著者らは、岩盤の亀裂を平滑な平行平板によりモデル化し、浸透流の特性について検討を行ってきた⁽¹⁾。しかし、実際の岩盤の亀裂は、粗度、介在物等が存在する複雑な性状を呈しているため、本研究では、亀裂の性状のうち粗度に着目し、粗度を有する平行平板において、粗度が浸透流に与える影響について実験的な検討を行った。

2. 実験方法

亀裂模型の断面図を図－1に示す。亀裂模型は2枚のアクリル板の間にスペーサーを挟んで作製し、アクリル板の通水面には粗度として砂（粒径d）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変化させた。また、開口幅に対する粗度として相対粗度を次式により定義した。

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

通水実験は、粒径の異なる5種類の砂を用いて動水勾配 $i=0.1\sim30.0$ の範囲で実施し、各ケースごとの流量(Q)を測定した。実験ケースを表－1に示す。

3. 実験結果および考察

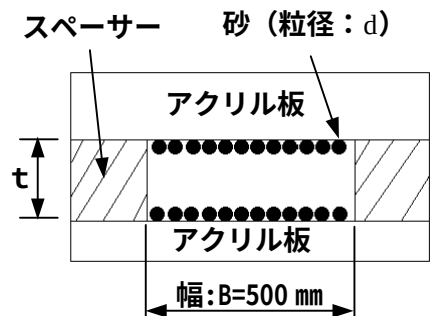
実験から得られた流量(Q)から平均的な流速 $v=Q/tB$ を求め、これと動水勾配(i)の関係の一例を図－2に示す。各ケースにおいて層流域と乱流域をそれぞれ次式により回帰し、各係数k、a、bを求めた。

$$\text{層流式： } v = k i, \quad \text{乱流式： } v = a i^b \quad (2)$$

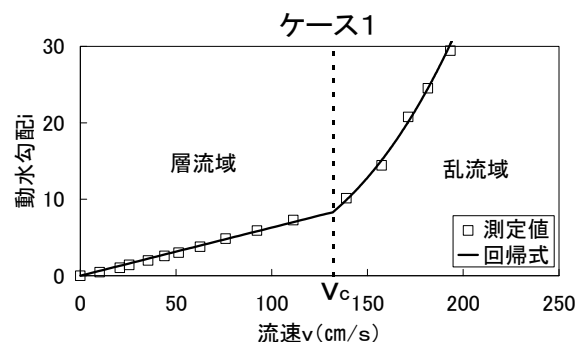
また、層流から乱流への遷移点である限界流速(v_c)を、これら2つの式の交点として算出し、これをもとに次式により限界レイノルズ数を求めた。

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

ここに ν ：動粘性係数($0.01\text{cm}^2/\text{s}$)



図－1 亀裂模型断面図



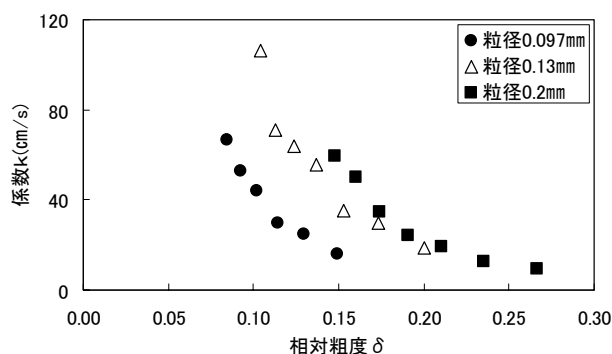
図－2 流速と動水勾配の関係

表－1 実験ケース

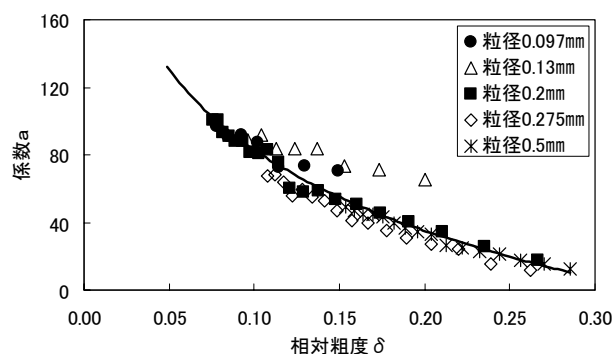
ケース	d(mm)	t(mm)	ケース	d(mm)	t(mm)	ケース	d(mm)	t(mm)	ケース	d(mm)	t(mm)	ケース	d(mm)	t(mm)
1	0.097	0.65	15	0.13	1.35	29	0.2	2.05	43	0.275	1.65	57	0.5	2.15
2		0.75	16	0.2	0.75	30		2.15	44		1.75	58		2.25
3		0.85	17		0.85	31		2.25	45		1.85	59		2.35
4		0.95	18		0.95	32		2.35	46		1.95	60		2.45
5		1.05	19		1.05	33		2.45	47		2.05	61		2.55
6		1.15	20		1.15	34		2.55	48		2.15	62		2.65
7		1.25	21		1.25	35		2.65	49		2.25	63		2.75
8	0.13	0.65	22		1.35	36		2.75	50		2.35	64		2.85
9		0.75	23		1.45	37	0.275	1.05	51		2.45	65		2.95
10		0.85	24		1.55	38		1.15	52		2.55	66		3.05
11		0.95	25		1.65	39		1.25	53	0.5	1.75	67		3.15
12		1.05	26		1.75	40		1.35	54		1.85	68		3.25
13		1.15	27		1.85	41		1.45	55		1.95			
14		1.25	28		1.95	42		1.55	56		2.05			

キーワード：亀裂性岩盤、浸透流、粗度、室内透水試験

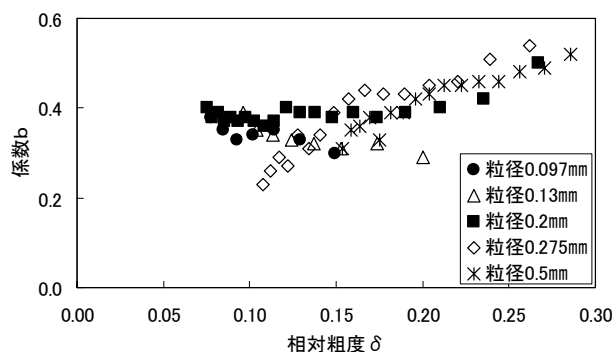
連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地 TEL 0298-64-2211 FAX 0298-64-2688



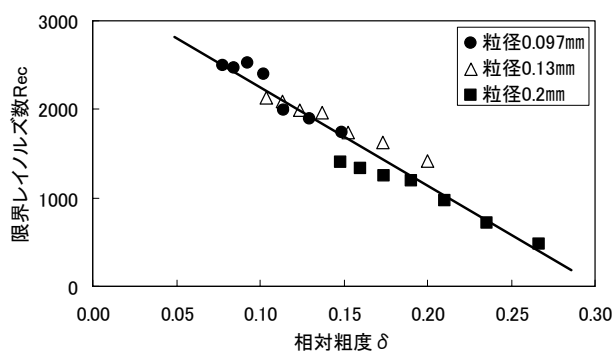
図－３ 相対粗度と係数kの関係



図－４ 相対粗度と係数aの関係



図－５ 相対粗度と係数bの関係



図－６ 相対粗度と限界レイノルズ数の関係

実験より求めた各係数、限界レイノルズ数と相対粗度の関係を図－３～６に示す。

層流域では、図－３に示すように、相対粗度が大きくなるほど係数kが小さくなる傾向が見られた。しかし、相対粗度が等しい場合でも、砂の粒径の違いにより係数kの値が異なることから、層流域では開口幅(t)が係数kに及ぼす影響が大きいものと考えられる。

乱流域では、図－４、５に示すように、相対粗度と係数a、bの間に相関関係が認められた。係数aは相対粗度が大きくなるほど小さくなる傾向が見られ、係数bは0.4前後の値であった。

限界レイノルズ数は、図－６に示すように、相対粗度が大きくなるほど小さくなる傾向が見られた。このことから、相対粗度が大きな亀裂になるほど、小さいレイノルズ数で乱流へ遷移するといえる。また、相対粗度 0.07 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から、層流から乱流への遷移において粗度の影響があらわれるのは、相対粗度 0.07 以上の範囲と考えられる。

４．まとめ

本実験から、以下のことが明らかになった。

- １）層流域の係数kは、粗度の影響よりも開口幅の影響を強く受ける。
- ２）乱流域の係数a、bと、相対粗度には相関関係がある。
- ３）相対粗度が大きな亀裂になるほど、小さいレイノルズ数で乱流へ遷移する。
- ４）層流から乱流への遷移において粗度の影響があらわれるのは、相対粗度 0.07 以上である。

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
- (２) 吉田等、宮内茂行、安田裕一：粗度を有する平行平板間流れの層流・乱流について、第 27 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集 pp412～413、2000.3