

(Ⅱ - 4)

降雨の浸透におけるフィンガーリング現象に関する基礎的研究

防衛大学校土木工学教室 学生員 〇本釜隆博
防衛大学校土木工学教室 学生員 山田俊一
防衛大学校土木工学教室 工藤 誠
防衛大学校土木工学教室 正会員 山田 正

1. はじめに 降雨の土中への浸透は日常見なれた現象であるにもかかわらずその物理的機構は未だ詳細には明らかにされていない。このような観点から本研究では浸透現象に関する基礎的知見を得る目的で以下の二通りの実験を行なった。(1)ヘルシウ装置において、粘性の小さい流体と粘性の大きい流体に押し込んだときにできるフィンガーリング現象。(2)様な土壌中における降雨の鉛直浸透。

2. ヘルシウ実験(図-1)

(a)実験装置及び実験方法 ヘルシウ実験装置は厚さ5mm長さ1mのアクリル板2枚を重ね約1mmの間隙をつけたものである。水路幅の違いや押し込む圧力の違いによる現象の差を明確にするため水路幅としては15, 26.5, 47cmの3つのものを作った。粘性の大きい流体としてはシェリ製モーターオイル(動粘性係数 $6 \text{ mm}^2/\text{s}$)を用い、粘性の小さい流体としては空気を採用した。空気の押し込みにはエアープンプを使用している。実験では水路を水平に置き油溜め(A)に油を入れ徐々に水路に油を満たす。水路全面に油が行き渡った後に反対側の油溜め(B)よりエアープンプを使い空気を送る。油に浸入する空気によるフィンガーリングの発生、成長は装置直上からの写真撮影により観察した。なお表1に実験条件を記す。

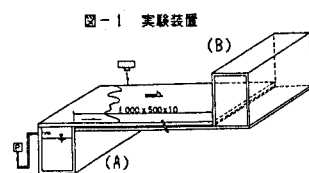


表-1 実験条件

CASE-1	15cm	弱	CASE-3	47cm	弱
CASE-2	26.5cm	弱	CASE-3	47cm	中
CASE-3	47cm	弱	CASE-3	47cm	強

図-2 水路幅との関係
CASE-1

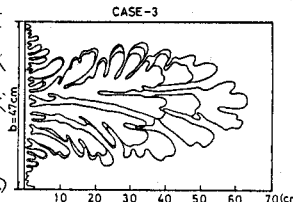
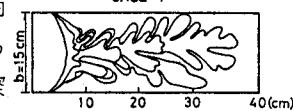
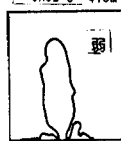


写真-1

圧力との関係

CASE-3, 47cm



NO 1



NO 2



NO 3

(b)実験結果、(1)形状特性: 図2より水路幅の違いにより発生するフィンガーの本数は同一条件ならば水路幅が広い程多くなったが水路中央付近のフィンガーを先頭に放射状に成長する共通した点がわかる。写真1は幅47cmの水路を使いエアープンプの出力を変えた場合のものがある。エアープンプの圧力を弱めた時には水路中央付近の1本のフィンガーのみが成長していった。

(2)経時変化: 図3は先行するフィンガーの最先端部の移動速度の経時変化の関係を示している。この図よりフィンガーの移動速度は増加と減少を繰り返しながらほぼ一定の値に落ちついていくことがわかる。

(3)考察及び検討、(1)水路幅の違いによ、て出来るフィンガーの数は違うが、どんなに細い水路であっても最初から1本だけ発生するわけではなく、少なくとも2〜3本のフィンガーが同時に出来てくる。フィンガーの数は空気の押し込む圧力に関係する。(2)多数のフィンガーが発生した場合、すべてのフィンガーが同じ速度で成長していくのではなく放射状に成長する。

(3)空気圧を低くすると水路中央付近の1本のフィンガーがほぼ一定の幅を保ったまま成長していく。本実験ではフィンガーの幅は水路幅の約1/4となった。移動速度は時間とともに増減を繰り返して一定値に収束していくようである。これは1本のフィンガーも発達するために最先端のフィンガーの成長が妨げられている。2)空気が圧縮性であるのである程度圧力が高まってからフィンガーが成長するため。以上どちらかの理由によるものと思われる。

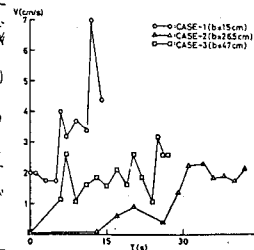


図-3 時間と移動速度の関係

3-様な砂層における降雨鉛直浸透 1)実験装置 図4は、研究で用いた降雨鉛直浸透の実験装置であり、砂層の容器は縦25cm×横30cm×高さ80cmの直方体であり、容器底部には容易に排水し得るよう孔を多数あけたアクリル板を敷き、その上に乾いたガーゼをのせている。

2)実験方法 実験に使用した砂は、豊浦産標準砂($d_{50} = 0.2\text{mm}$, 比重2.63)である。容器に上記の砂を詰めた時点での間隙率は、34%であり充填には、0.42mmのふるいを用以できるだけ均一になるように詰めている。降雨強度、降雨継続時間、開放時間をパラメーターとして実験を行った。実験では砂層表面から5cmごとの面での写真撮影と飽和度を測定した。実験条件は表-2に示す通りである。

3)実験結果 ①形状特性 図-5、図-6からわかるように、いづれの条件においても面積率は砂層表面より深さ

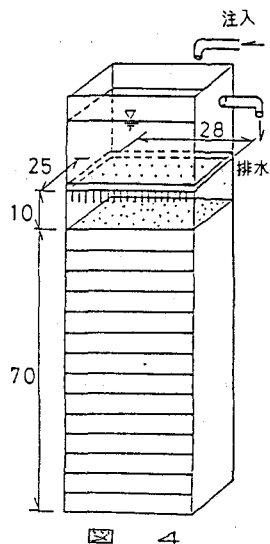
が増すにつれて減少している。

しかも砂層表面より10cm~20cmでは急激に減少し、それ以上の深さでは徐々に減少している。なお50cm~60cmにおいてみられる10%の面積率は容器底部の影響が原因であると思われる。

②鉛直方向の水分分布 砂層表面の飽和度は、開放時間の増加に伴い減少する。20cm~30cm程度の深さでは開放時間に関係なくほぼ一定した値が出ている。40cm~60cmでは容器底部の影響を受けているために飽和に近い状態であった。

4)考察 降雨の砂層への浸透は断面一様に鉛直浸透するのではなく、一所に集まって流れていることが本実験でわかった。面積率のグラフの形状は、双曲線的に変化している。今後は粒度の違う砂で同様の実験を行い浸透形状と飽和度の関係を明らかにする予定である

謝辞：本研究の遂行にあたり著者の一人(山田)は文部省科学研究費試験研究(研究代表、日野幹雄東工大教授)より補助を得ている。ここに記して深甚なる謝意を表す。



気温℃	水温℃	降雨強度 mm l/c m h	降雨継続時間 h	開放時間 h
18.0	15.0	8.3	0.5	5
17.0	14.0	7.8	0.5	3
15.0	13.5	3.4	1.0	6
12.5	12.0	2.4	1.0	13
9.0	11.5	12.0	1.0	20

