

集水孔仕様が排水パイプの排水特性に及ぼす影響に関する定水位浸透模型実験

日鐵住金建材 正会員 ○安富 懸一 正会員 古谷 浩平 正会員 大高 範寛
鉄道総合技術研究所 正会員 渡邊 諭

1. はじめに

鉄道や道路盛土では盛土の耐降雨性能向上を目的に、水抜き用の孔（以下、集水孔）があいた排水パイプを法面に打設する工法がある。しかし、排水パイプには、排水による効果を期待する一方、土砂の排出により地盤を不安定化させることが懸念されている。そこで、著者らは集水孔仕様の違いが排水パイプの排水特性に及ぼす影響について有孔板を用いた検証を行ってきた¹⁾。本稿では集水孔仕様の異なる排水パイプの排水特性に関して、有孔パイプを用いた定水位浸透実験により確認した結果について述べる。

2. 実験概要

実験の目的は、排水パイプを土構造物に打設した際の、地下水位上昇時における排水パイプの排水特性を評価することである。本実験は、過去に渡邊ら²⁾が行った、三次元的な水の流れを考慮せず二次元的な流れのみを抽出した浸透実験の手法を参考に実験を実施した。図1に実験概要図を示す。土構造物を模擬した500mm×500mm×300mmの模型地盤内に排水パイプを水平方向に打撃貫入させ、模型地盤を飽和させた後に、定水位浸透実験（以下、実験という）を行い、排水パイプからの排水量と排砂量を計測することで排水特性を定量的に評価した。表1に使用した地盤材料の物理的性質を示す。模型地盤は降雨時に水位が上がりやすいとされる地盤の透水係数 $5.0\times10^{-3}\text{cm/sec}$ を目標に、過去の経験から含水比16%、締め固め度89%となるように構築した。

試験体及び実験ケースを図3、表2にそれぞれ示す。試験体は鉄道分野で多く用いられる5×50mmの長孔を開孔率約5%で開けたもの（Case1）とφ5mmの丸孔を開孔率約10%で開けたもの（Case2）の2種類の排水パイプ用い、計測時間を変えて実験し、それぞれの排水パイプの排水特性を比較した。

3. 実験結果及び考察

3.1 排水量

図4に各ケースの流量の経時変化を示す。Case1-1、Case1-2を除いた4ケースにおいて、計測時間の経過とともに流量が増加する傾向にあった。長時間の計測を行ったCase1-3、Case2-3では経過時間とともに流量が増加しており、流量増加が収束する傾向は見られなかったため、いずれの排水パイプにおいても目詰まりは生じていないことがわかる。

3.2 排砂量

全てのケースにおいて排水は土砂混じりであり、実験後のパイプ内には堆積土砂が確認された。図5に示す各ケースの計測時間と排砂量の関係からわかるように、両ケースともに計測時間が長くなるにつれて排水に伴う排砂量が増加した。また、Case1（開孔率5%の長孔）とCase2（開孔率10%の丸孔）では、開孔率に2倍の差がありながらもCase2の方が排砂量が小さくなった。

3.3 流量及び排砂量に基づく特性評価

図6に各計測時間における地盤撤去時の飽和透水係数と最終流量との比を示す。このとき、飽和透水係数として地盤撤去時の値を用いたのは、地盤構築後の飽和化及び浸透実験により模型地盤の透水係数が変化しているため、地盤構築時よりも実験終了時の飽和透水係数の方が各流量との間に強い相関性があると考えたためである。図より、計測時間が10時間未満のケースではCase1の方が

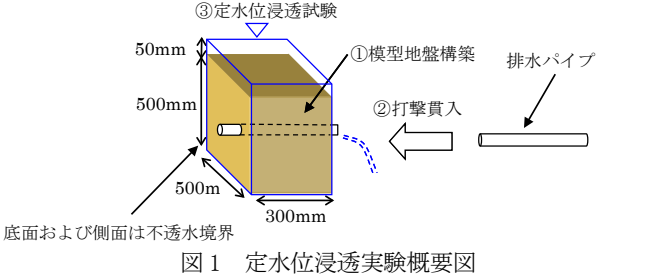


表1 地盤材料の物理的性質

試料名		稲城砂
土粒子密度	ρ_s	g/cm ³ 2.689
最大粒径	D_{max}	mm 4.75
細粒分含有率	Fc	% 4.3
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	g/cm ³ 1.596
最適含水比	W_{opt}	% 19.1



図2 実験状況

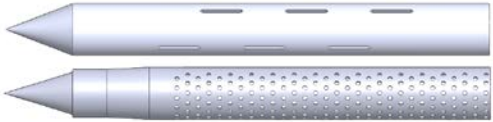


図3 試験体（上；Case1，下；Case2）

表2 実験ケース

Case No.		排水パイプ		計測時間 (hour)	地盤の飽和透水係数 (×10 ³ cm/sec)	
		孔形状 開孔率	形状寸法		構築時	撤去時
Case1-	1	長孔	φ60.5×	3.2	6.00	1.22
	2	5×50mm	t2.3mm	23.5	4.23	1.85
	3	約 5%	先端平つぶし	74.8	4.74	2.40
Case2	1	丸孔	φ60.5×	8.4	5.77	1.32
	2	φ5mm	t2.3mm	24.8	5.09	1.94
	3	約 10%	先端円錐コーン	74.8	5.00	1.65

キーワード 排水パイプ 盛土 模型実験 透水試験

連絡先 〒135-0042 東京都江東区木場 2-17-12 商品開発センター 土木商品開発部 Tel. 03-3630-4107

Case2 よりも飽和透水係数に対して高い排水性能を示しているが、計測時間が長くなるにしたがって両者の差は小さくなり、70 時間以上では Case2 が Case1 を上回ることが分かる。

また、排水に伴う土砂の流出はパイプ周囲の地盤密度を緩くすることから、排砂量も排水性の変化に大きく関わっていると考えられる。そこで、図 7 に示す平均排水量（総排水量を計測時間で除した排水量）と排砂量の関係を見てみると、排砂量と排水量に相関が見られた。しかし、ほぼ同様の排水性能となる平均排水量 $4.2\text{cm}^3/\text{sec}$ 付近において、排水に伴う排砂量は Case2 が Case1 を下回っており、排水性能が同等の場合には Case2 の排水パイプの方が Case1 よりも少ない排砂量となることが分かる。

3.4 排水パイプ周囲における排水メカニズムの推定

Case1（長孔）、Case2（丸孔）は、どちらも排水パイプ周囲の微小な領域で、排砂による緩みが生じているが、図 8 に模式的に示すように各々のケースで状態が異なると考えられる。Case1 では、開孔率が低いことで集水孔からの流入水の流速が速くなることに加えて、1つの集水孔面積が Case2 の集水孔よりも大きいために排砂が生じやすく、この地盤の緩みによる透水係数の増加により排水性を確保していると考えられる。一方、Case2 では開孔率が高いため、Case1 よりも流速が相対的に遅く、さらに1つの集水孔面積が小さいことで排砂量も小さくなっているが、開孔率が高いことで、排水性を確保していると考えられる。

4. まとめ

排水パイプとして長孔の開孔率 5%タイプ（Case1）と丸孔の開孔率 10%タイプ（Case2）の二種類について、排砂量との関係と併せて両者の排水性能を比較した。本試験によって得られた結果は以下の通りである。

- 1) 今回の試験条件においては、丸孔タイプと長孔タイプのいずれも、時間とともに排水量・排砂量が増加する傾向が確認された。
- 2) 丸孔タイプと長孔タイプの排水性能を比較した場合、流量が同等の場合には丸孔タイプの方が排砂量が少なくなる。これは、丸孔タイプが開孔率の高さにより排水性を確保していることにに対し、長孔タイプは緩み領域の増大により排水性を確保しているためと推定される。
- 3) 今回の模型地盤は降雨時に最も水位が上がりやすい飽和透水係数の盛土を模擬したが、集水孔が小さい丸孔タイプにおいても目詰まりは発生しなかった。

以上より、丸孔タイプでは排水時の排砂量が小さくなることから、実盛土への適用を考慮した場合、土砂の吸出しに伴う陥没等の変状のリスクが小さくなることが期待される。ただし、本実験は限定された条件下で実施されたものであるため、試験時間、実降雨を模擬した地盤の乾湿繰り返し、動水勾配、土質条件等の違いが排水特性に与える影響は今後検証していく予定である。

【参考文献】

- 1) 古谷浩平 他：排水パイプの集水孔仕様が排水特性へ及ぼす影響について，土木学会第 71 回年次学術講演会，2016（投稿中）
- 2) 渡邊諭 他：排水パイプの排水性能評価のために定水位浸透模型実験，第 49 回地盤工学発表会講演集，2014

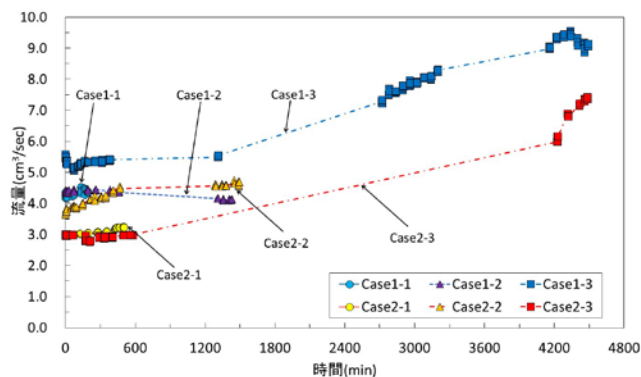


図 4 排水量の計時変化

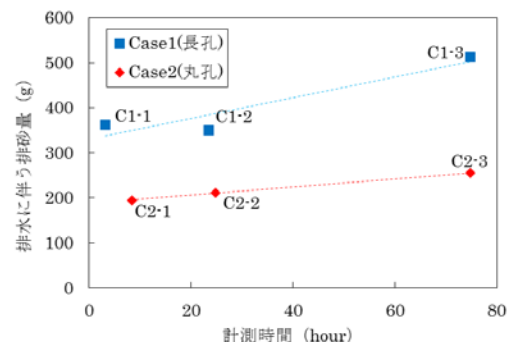


図 5 計測時間と排砂量の関係

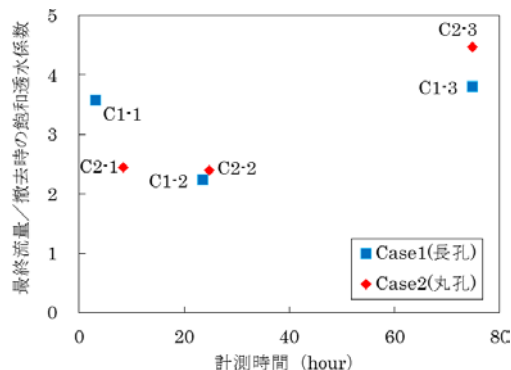


図 6 平均排水量と排砂量の関係

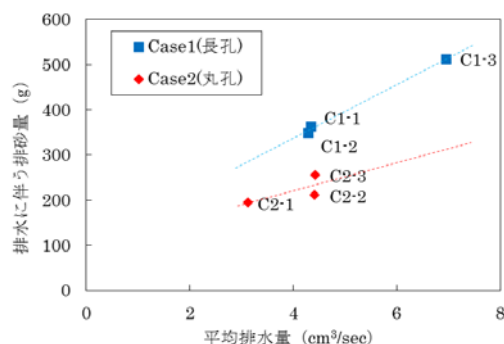


図 7 平均排水量と排砂量の関係

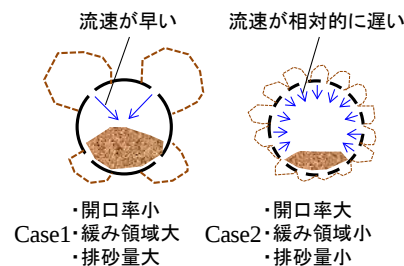


図 8 排水パイプ周囲の推定状況