

Ⅲ-410

パイプ工の排水効果確認基礎実験

（財）鉄道総研 正員 藤井 昌隆 正員 村石 尚 正員 杉山 友康
正員 福司 淳一 外狩 麻子

1. はじめに

降雨時の斜面崩壊を防止する工法のひとつである排水パイプ工は鉄道盛土に対しても多数施工されており、その効果としては、斜面内に浸透した雨水を排除して崩壊の原因となる間隙水圧の上昇を抑える排水効果と、パイプ自身がすべりに対して抵抗する力学効果が期待されている。これまでの研究では主にパイプの排水効果に重点がおかれ、排水パイプは飽和土中でなければ排水しないこと、排水効果はパイプの種類には依存しないこと等が報告¹⁾されているが、不飽和状態の土が飽和に至る過程において土中水分がどのような状態になったときに排水されるのか、また地盤の透水係数や降雨強度が浸透－排水現象にどのような影響を及ぼすのかについては報告されていない。そのため、これらの成果は多種多様な条件を持つ実際の盛土や降雨に対してそのまま適用できるような定量的評価とはいえない。本報告は排水効果の定量的評価を目指して、透水係数と降雨強度をパラメータとした小型土槽による排水パイプの排水実験を行った結果をまとめたものである。

2. 実験ケース

実験は表1に示したケースについて行った。透水係数は筆者らがこれまでに行った砂質盛土の現地調査²⁾の結果が 10^{-2} から 10^{-5} に分布していたため 10^{-2} 、 10^{-3} 、 10^{-4} 、 10^{-5} (cm/s)の4ケースについて行うこととした。また、同じ透水係数の地盤に対して降雨強度の違いが排水にどのような影響を与えるかを知るために、それぞれについて表面が湛水する条件としない条件（ 10^{-5} は湛水のみ）を設定した。使用するパイプは広く一般的に使用されている $\phi=60.5$ mmの鋼管パイプと、近年普及してきた $\phi=33$ mmの硬質ビニル製の網状パイプを $l=50$ cmに切断して使用した。

3. 実験方法

排水実験に先立ち、川砂、稲城砂および稲城砂とカオリン粘土を3:1に混合した砂に対して透水試験を行い、乾燥密度と透水係数の関係を求めた。それぞれの材料の土粒子密度、粒度分布を図1に示す。排水実験はまず図2に示した透明アクリル円筒製の小型土槽に撒きだし、透水試験の結果から求めた目標乾燥密度になるよう締め固めて人工地盤を構築した。砂の撒きだし厚は締め固め後に1層あたり厚さ5cmとなるように計算して行った。実験は湛水条件のものについては地盤表面に常に5cmの一定水位を保つよう湛水させ、湛水しない条件のものについては散水装置で散水させて行った。

4. 計測内容

湿润前線の進行、ピエゾメータで地盤内の底面圧力を目視観測し、パイプからの排水量を計測した。またパイプ位置での土

表1 排水実験ケース

透水係数 (cm/s)	使用材料	乾燥密度 (g/cm ³)	降雨条件 (mm/h)	パイプ の種類	ケース No.
10^{-2}	川砂	1.40	散水(30)	鋼管	1
			散水(30)	網状	2
			湛水	鋼管	3
			湛水	網状	4
			散水(30)	なし	5
10^{-3}	稲城砂	1.07	散水(30)	鋼管	6
			散水(30)	網状	7
			湛水	鋼管	8
			湛水	網状	9
			湛水	なし	10
10^{-4}	稲城砂	1.35	散水(5)	鋼管	11
			散水(5)	網状	12
			湛水	鋼管	13
			湛水	網状	14
			湛水	なし	15
10^{-5}	稲城砂 + カオリン	1.35	湛水	鋼管	16
			湛水	網状	17
			湛水	なし	18

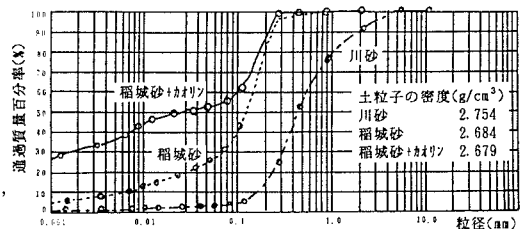


図1 使用材料の粒度分布

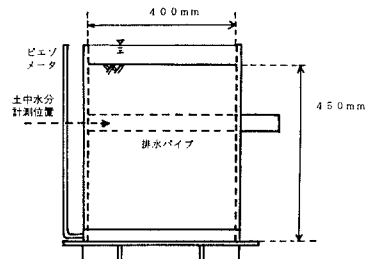


図2 実験用土槽

中水分を自動記録した。

5. 結果のまとめと考察

①鋼管パイプと網状パイプ

排水量は同一透水係数の場合は散水よりも湛水のケースのものの方が多く、降雨強度が大きくなれば排水量も多くなることがわかったが、今回の実験では鋼管パイプと網状パイプの明瞭な排水効果の違いは見られなかった。これは過去の研究結果¹⁾を裏付けるものである。

②水位上昇

図3は透水係数と水位上昇の平均速度の関係を示したものである。これより一般的に地盤の透水係数が同じであれば湛水条件、すなわち降雨強度が大きいほど水位の上昇が早く、また実際に観測されるような降雨強度では 10^{-3} のケースが最も水位上昇が早いことがわかる。今回の実験はパイプ以外からの排水がないため、実盛土のようにり尻等からの自然排水がある場合とは条件が異なるが、実盛土においてもこのような傾向を示すとすれば排水パイプの水位低下の効果は 10^{-3} 程度の透水係数を持つ盛土に対して最も期待できると推察される。

③排水パターン

図4はそれぞれケース7と13の計測値の経時変化を示したものである。いずれもパイプ付近が飽和状態になった時点で排水が始まるが、ケース7では底面から水位が上昇しパイプ位置に達した時点で排水開始（パターン1）となるのに対し、ケース13では水位が全く上昇しないうちにパイプ付近が飽和し排水が始まる（パターン2）。パターン別に流出量から逆算した降雨強度と透水係数の関係を示したものが図5である。これより透水係数と降雨強度の違いによって飽和領域の形成過程が異なり、透水係数が小さくなるほど、また降雨強度が大きくなるほど地表面側から飽和するようになることがうかがえる。

6. おわりに

以上の結果はいずれも排水パイプの打設位置や施工間隔の決定に非常に有用であると考えられる。今回は排水効果を確認する基礎的な実験であるため、今後集水範囲や、模型盛土を用いた追加実験や現地観測を行い排水効果の定量的評価ができるよう研究を進める予定である。

〔参考文献〕1) 斎藤, 上沢, 毛受, 安田: 有孔パイプによる新幹線盛土斜面の排水効果, 鉄道技術研究報告,

No. 631, 1968. 4 2) 杉山, 佐溝, 村石, 岡田: 全国の災害事例を基にした盛土の降雨災害危険度評価法の開発, 鉄道総研報告, Vol. 6, No. 12, 1992. 12

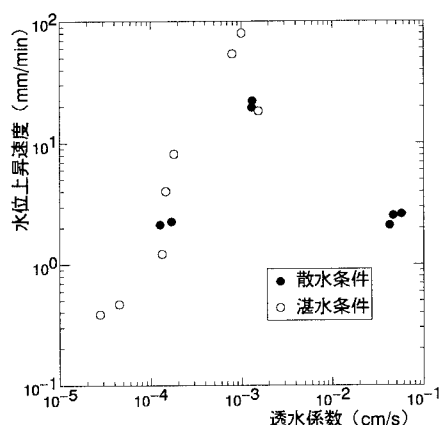


図3 透水係数と水位上昇速度の関係

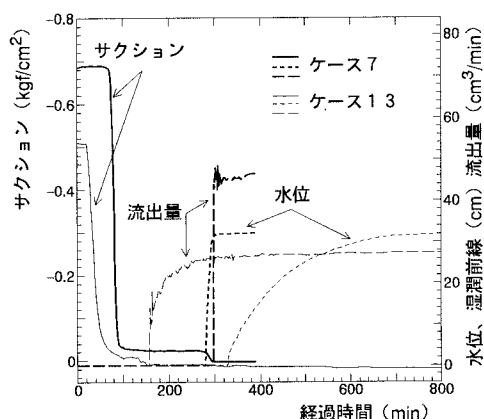


図4 サクション、水位、流出量の経時変化

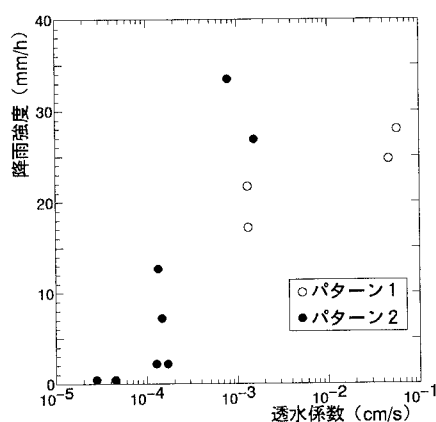


図5 排水パターンの分類