

模型散水実験による斜面への雨水浸透特性の変化に関する一考察

鉄道総合技術研究所 正会員○渡邊 諭 正会員 阪東聖人
正会員 湯浅友輝 正会員 太田直之

1. 目的

豪雨時において河川や沢を対象とした流出・氾濫解析を実施するためには、斜面の浸透特性に応じた流出パラメータを設定する必要がある。本論では、豪雨時の斜面への雨水浸透特性を把握するための基礎検討として実施した模型散水実験結果について述べる。

2. 実験概要

斜面を模擬した模型地盤を $0.5 \times 0.5 \times 1.0\text{m}$ の土槽内に構築し、側方の一面に開口率 20%の多孔板を配置して斜面勾配、降雨強度を変化させた場合の表面流量および地盤内流量の経時変化を計測した(図1)。

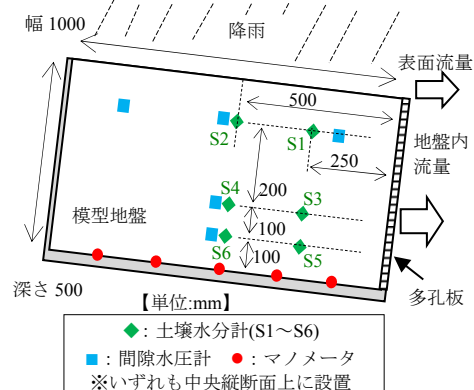
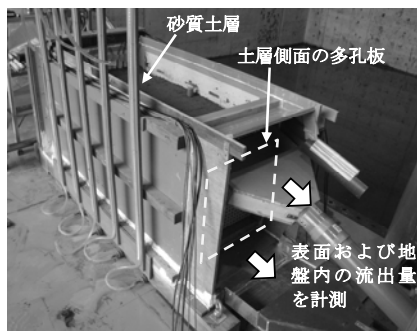


図1 模型地盤および実験状況の概要

また、地盤内には土壤水分計を6箇所設置し飽和度の変化を測定した(図1)。模型地盤には稲城砂および稲城砂と川砂の混合試料を用い透水性の異なる地盤を構築した。表1に実験ケースを示す。

散水実験は降雨強度約 10mm/h で地盤が飽和するまで先行散水を行った後、地盤内の土壤水分計の値が低下してほぼ一定となった状態を初期値として実験を行った。なお、今回の実験では模型地盤は地盤材料種別ごとに1地盤のみ構築し、表1に示した条件で繰り返し散水を行った。

また、実験では間隙水圧計およびマノメータによる地下水位計測を試みたが、精度の良い結果が得られなかったため本論では土壤水分計から導出した飽和度と各流量との関係について考察する。

表1 実験ケース一覧

模型地盤	飽和透水係数 k (m/s)	斜面勾配 (°)	降雨強度 (mm/h)	散水量 (mm)
透水性高 稲城砂:川砂=1:1(質量比) $\rho_d=1.42$	1.19×10^{-4}	5	100~200	100
		15		
		30		
透水性低 稲城砂 $\rho_d=1.34$	283×10^{-5}	5	25~100	
		15		
		30		
透水性中 稲城砂:川砂=1:1(質量比) $\rho_d=1.36$	8.19×10^{-5}	5	25~200	
		15		
		30		

3. 実験結果

図2に実験結果の一例として、地盤の透水性高、降雨強度 100mm/h 、勾配 30° のケースの計測結果を示す。なお、各流量の経時変化を示した図中には、参考として勾配のみ 15° とした場合の表面流量の経時変化を合わせて示す。図から分かるように、土壤水分計の値は上層部分から順に上昇し、それに伴い地盤内流量が増加する。この傾向は他のいずれのケースでもほぼ同様であった。表面流量に着目すると、勾配 30° では散水直後から表面流量が発生しているが、勾配 15° ではほとんど発生していない。同様に散水初期において表面流量が発生しないケースは透水性高、勾配 15° 以下な

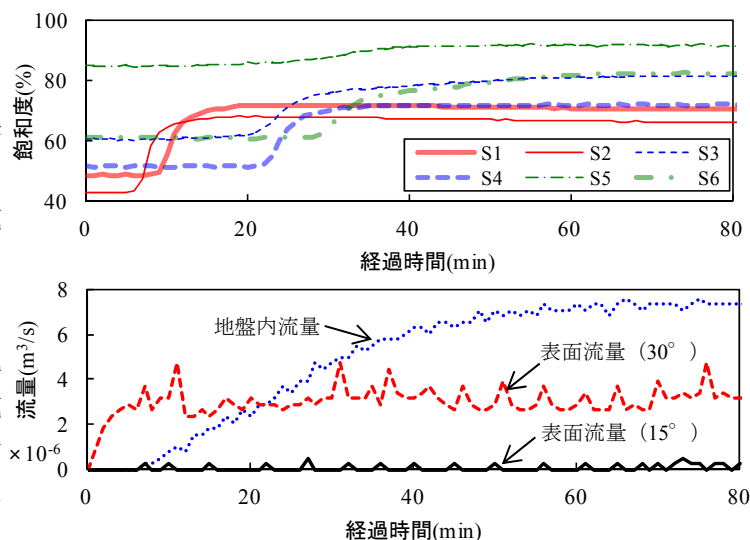


図2 各流量の経時変化
(透水性高, 100mm/h , 15° , 30° ※表面流量のみ)

キーワード 斜面, 浸透, 飽和度, 降雨強度

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 042-573-7263

らびに透水性中, 勾配 5° の条件であった.

次に, 地盤全体の飽和度の変化と各流量の変化との関係を示す一例として, 地盤の透水性低, 降雨強度 50mm/h のケースにおける両者の関係を図3に示す. ここで, 地盤全体の飽和度は6箇所の土壌水分計の平均値から算出した値とした. 図から, 初期飽和度は若干異なるものの飽和度と地盤内流量との関係は勾配によらずほぼ同様の増加傾向を示すことが分かる. 一方, 表面流量は, 初期状態から急激に増加した後, 勾配が急なものの程より大きな値で推移している. これは, 初期飽和度が低いために不飽和透水係数が低下しているためとも考えられるが, 飽和度が82%程度まで上昇した場合でも同様の傾向を示す. 従って, この表面流量の大小関係は斜面勾配の影響によることが分かる.

以上のように, 透水性が高い地盤ではある程度の降雨は地盤内に浸透するが, 斜面勾配, 地盤の透水性および降雨強度の大小によって表面流出が増加する条件があることが分かる. 降雨の浸透特性を明らかにするにあたっては, 地盤内の飽和度分布ならびにその時間的な変化による地盤全体の透水係数の変化を考慮して各流量を整理する必要がある. ここでは地盤への浸透特性を簡易に表現するため, 地盤内流量をそのまま斜面への浸透量とみなし各実験ケースの散水期間中における平均地盤内流量および平均表面流出量と平均降雨強度との比をそれぞれ「降雨の浸透割合」, 「降雨の表面流出割合」と定義し, これらの値と平均散水強度との関係から概略的な浸透・流出特性を整理した. 図4に全ケースの整理結果を示す. 図から分かるように, 平均散水強度が増加するほど降雨の表面流出割合は増加し, 地盤の透水性が低いほどその割合は大きくなること分かる. また, 降雨の浸透割合は平均散水強度が増加するほど低下している. ただし, 降雨の浸透割合は透水性中と透水性低の地盤で顕著な差が見られない. 一方, 降雨の表面流出割合は各地盤において勾配の差は明確でないが, 降雨の浸透割合は勾配が大きいほどその割合が低下する傾向が確認できた.

4. まとめ

模型散水実験結果から, 散水強度が大きいほど降雨の浸透割合が低下して表面流出割合が増加し, 表面流出割合の増加率は透水性が低い地盤ほど大きくなること分かった. 今後は, 飽和・不飽和浸透流解析により降雨時の雨水の浸透挙動の再現を行い, より詳細な斜面の降雨浸透特性の解明を目指す.

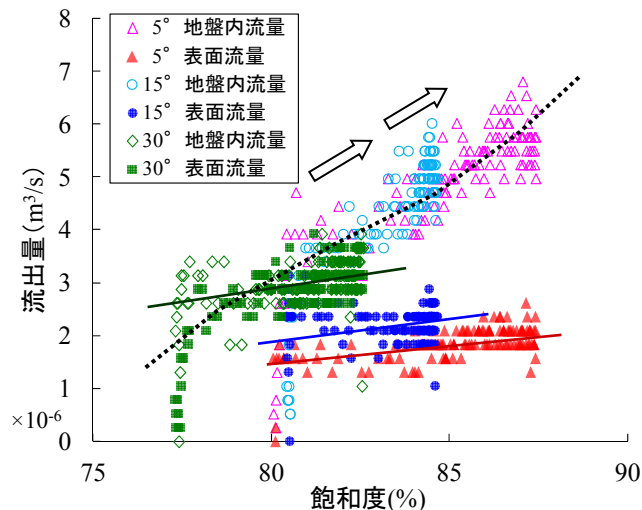


図3 地盤内全体の飽和度と各流量との関係 (透水性低, 50mm/h)

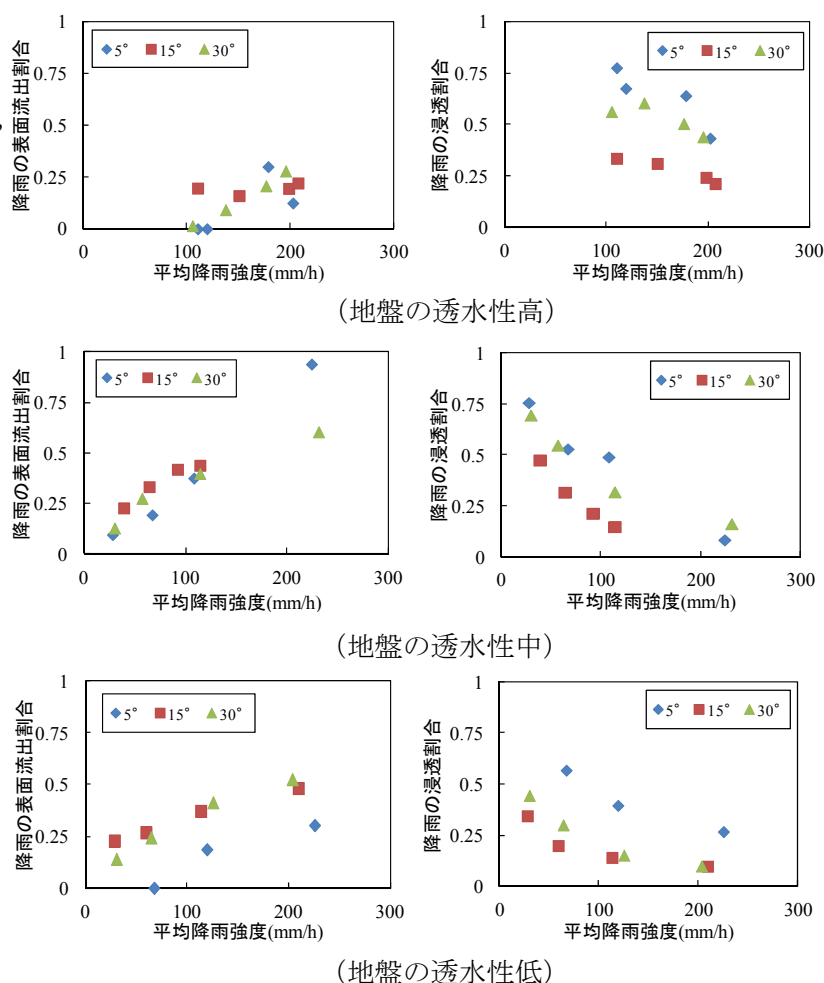


図4 平均降雨強度と降雨の表面流出割合および降雨の浸透割合との関係