

降灰を想定した人工試料による降雨浸透実験

○小野秀史¹、安養寺信夫¹、藤沢康弘¹、厚井高志¹、近藤玲次¹
堤 宏徳²、平野 礼²

1：(一財) 砂防・地すべり技術センター 2：国土交通省 九州地方整備局

1 はじめに

降灰後の土石流発生要因は複数想定されるが、溪流の水深増加について、表面流に起因する水供給の重要性が指摘されている。本実験では、検討の対象を表面流の発生条件に絞り、発生に関する支配的要因や与える降雨量の相関について検討を行った。

本報告では、主要な実験結果について報告する。

2 実験方法

2.1 実験試料

本実験では、実験試料として粒度が調整された人工試料を準備した。これは、粘土鉱物の影響や粒度分布の違いなどの条件を除き、「粒径」の違いによる「浸透能」の変化に検討の焦点を絞る目的と、試験に必要な量を十分に確保するためである。

極細粒砂～粗粒シルト（ ϕ スケール3～4）に相当する試料として「硅砂」を使用した。試料の粒径範囲は、火山灰が一般的に取り得る値の範囲とした（図1）。「硅砂」の密度は、 $\rho_s = 2.5 \sim 2.6$ (g/cm³)であり、天然の火山灰がとり得る値の範囲にある。

より細粒の試料（ ϕ スケール5の領域：中粒シルト）には、「DLクレイ」、「木節粘土」を使用した。「DLクレイ」は構成物の95.6 (wt. %)が石英で、カオリン鉱物は2.7 (wt. %)程度含まれる。

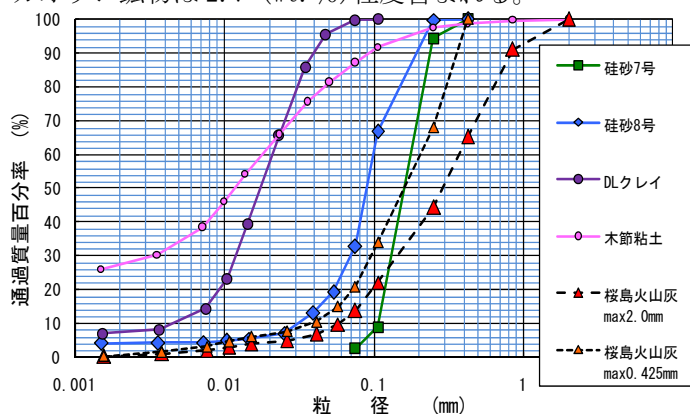


図1 実験試料の粒径加積曲線

2.2 実験装置

散水量を制御可能な散水装置を準備し、与える散水量（降雨量）の計測管理を行って、降雨強度（単位時間あたり降雨量）を制御した。降雨量のほか、浸透量・流出量の収支を確認するため、装置からの流出量、装置及び模型の質量、模型体積の計測を経時的に行った。実験状況は動画写真等で記録した。

「模型層厚」は1 cm・3 cm・9 cm、「斜面勾配」は10°・15°、「降雨強度」は9・18・30 (mm/hr)の条件設定をつけ、これらの条件を組み合わせで実験ケースとした（図2 装置・模型の写真）。

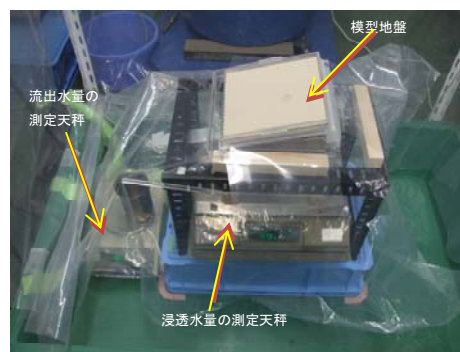


図2 実験装置・模型地盤

3 実験結果

各実験ケースで、2相領域（土+空気、飽和・不飽和）と3相領域（土粒子+空気+水）の形成、流体移動による模型地盤の変形、表面状態を観察した。

また「降雨量」、「流出量」、及び「模型の体積変化」を計測し、「浸透強度」は算出により求めた。

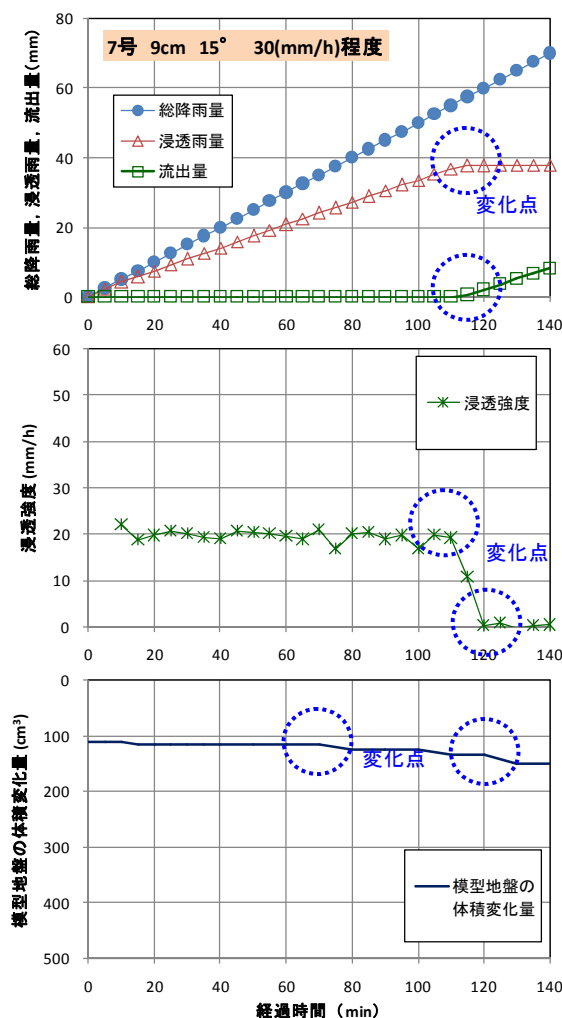


図3 実験結果(硅砂7号、雨量強度30(mm/hr))

時間経過とともに土粒子と水から成る飽和領域が拡大し、飽和領域が極大に達した時点から浸透強度は急激に低下する。浸透強度が0 (mm/hr) となった状態をもって、「表面流の発生」とした。特に「層厚」9 cmの実験ケースでは、これらの関連を詳細に追跡することができた (図3 結果図)。

4 考察

4.1 粒径と浸透強度の関係

「浸透能」を時間に対する変化量として評価するため、単位時間における「浸透強度 (mm/hr)」を評価量とした。「模型表面の浸潤状態・水の滞留状態」と「浸透強度 (mm/hr) が0または底値を連続的にとる状態」合わせて認められた時点をも、「表面流の発生時期」とみなした。

「粒径」の異なる3試料の実験結果から、「粒径」と「浸透強度 (mm/hr) の低減開始までの経過時間」には正の相関が認められる。「浸透強度 (mm/hr) の低減開始までの経過時間」が短いほど、「表面流の発生しやすさ」は大きい (図4 相関図)。

(比較試料)	
硅砂7号：	中央粒径 0.161 mm (φスケール3)
硅砂8号：	中央粒径 0.090 mm (φスケール4)
DLクレイ：	中央粒径 0.017 mm (φスケール5)
(共通実験条件) 模型層厚： 9 cm, 傾斜勾配 15°, 降雨強度 30 (mm/hr)	

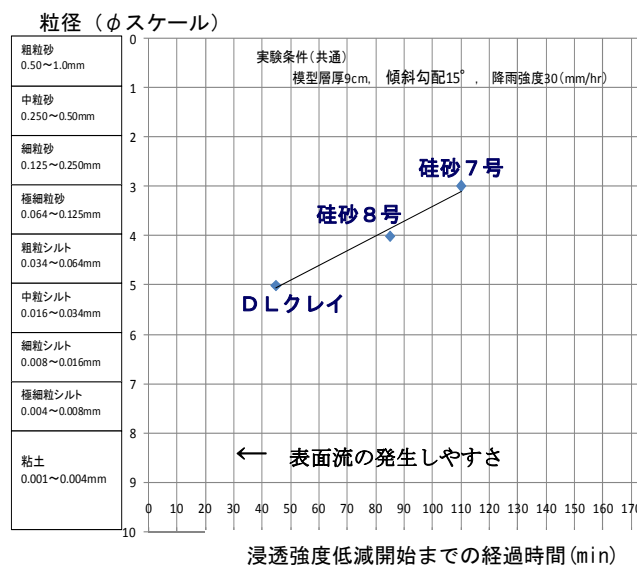


図4 「粒径」と「浸透強度低減開始時間」の関係

4.2 層厚と浸透強度の関係

今回の実験では、模型のスケールの大きさが十分に確保ができないため、層厚が薄いケースほど「飽和領域形成」までの経過時間が短い (模型壁面による滞留の影響と考える)。対比の結果として、層厚が厚いほど「表面流」発生が認め難い結果となった。

4.3 斜面勾配

表面流の発生が確認できたケースの斜面勾配は15°である。降雨により表層部の飽和領域が形成された後は、土粒子の状態が不安定となった。

4.4 降雨強度と表面流発生状況

「降雨強度」は大きいほど「表面流」発生までの経過時間が短い。層厚3 cm・降雨強度30 (mm/hr) のケースで25分、層厚3 cm・降雨強度9 (mm/hr) のケースで60分経過している (図5 相関図)。

「表面流発生までの総雨量」は、層厚ケース別では「降雨強度」による差異は少ない。層厚1 cmでは総雨量5 mm、層厚3 mmでは総雨量10 mm前後である。

今回は「層厚」が厚くかつ「降雨強度」が低いケースの実験結果を得ていない。今後の課題である。

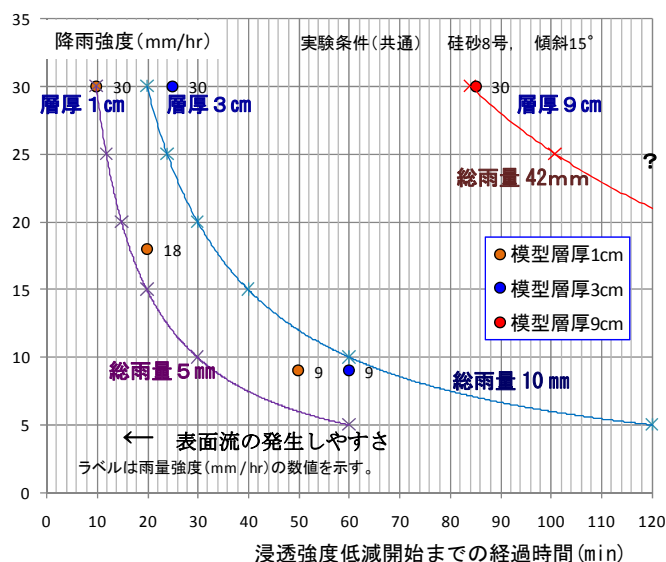


図5 「降雨強度」と「浸透強度低減開始時間」の関係

4.5 細粒分試料の実験

「DLクレイ」・「木節粘土」の実験では、総降雨量が10 mmに達した時点で、模型地盤に亀裂の発生が見られた。これは、浸透・脱水時の凝集効果に因ると見られる。亀裂により、流出量の低下が見込まれない状況となった。

亀裂を補修・含水比調整した条件下で再スタートさせたケースでは、ごく少量の降雨 (総降雨量5 mm未満) で表面流が発生した。

5 まとめと課題

- 1) 「粒径」と「表面流の発生しやすさ」には、強い正の相関が見られる。
- 2) 「降雨強度」は大きいほど「表面流」が発生し易いが、層厚が厚くかつ降雨強度が低いケースでの定量評価が必要である。
- 3) 「層厚」は滞留影響を補正した検討が必要である。

今後、土石流発生要因の中で堆積層の移動に関わる「層厚」の影響についても検討を要する。その際には「斜面勾配」に留意した考察を要する。

参考文献

- 1) Wilfried Brutsaert : Hydrology - An Introduction, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2005
- 2) 不飽和地盤の挙動と評価, (社) 地盤工学会, 2004
- 3) 厚井ほか: 砂防学会誌第65巻第6号 37-45, 2013