

特殊土地盤における豪雨時の斜面崩壊挙動の把握

福岡大学工学部 学生会員 井田 晃司 大原 史稔

福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

1. はじめに 近年、地球温暖化やヒートアイランド現象の影響により時間雨量が 50mm を超える集中豪雨の発生回数が増加している。このような集中豪雨の影響を受け、土砂災害の発生回数が増加し毎年約 1,000 件もの土砂災害が発生している。我が国には高有機質土をはじめ、関東ローム、シラスおよびまさ土等に代表される特殊土²⁾が多く分布しており、気候変動によりこれら特殊土で構成される斜面において災害が生じる可能性が指摘されている。そのため、特殊土地盤と斜面崩壊の関係性を把握しておくことは、災害時の被害の減少や防災対策の観点から非常に重要である。本報告では、特殊土地盤の中でも関東ローム、シラス、まさ土に着目し、降雨模型実験結果をもとに斜面崩壊挙動について検討した結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 実験試料として、関東ローム（以後、ローム）、シラス、まさ土を目開き 2mm の篩でふるい分けした試料を用いた。それぞれの試料について、図-1 に粒径加積曲線、図-2 に締固め曲線を示す。ロームは火山灰性噴出物から成る火山灰質粘性土であり、アロフェン等の粘土鉱物に由来する非自由水を含むため含水比や間隙比の値が非常に大きく、締固めても高い密度が得られにくい性質を持つ。シラスは九州南部一帯に分布する火砕流堆積物の非溶結部分からなる白砂であり、多孔隙質であり吸水性に富むことが報告されている³⁾。また、ロームと同様に締固めても高い密度が得られにくい性質がある。まさ土は花崗岩質岩石が風化した残積土や崩積土であり、西日本に多く分布している。ロームやシラスと比べて乾燥密度が高く最適含水比が低いことから締固めやすい材料であるが、水を含むともろく崩れやすい性質を有している。

2-2 降雨模型実験 実験に用いた小型模型土層及び降雨装置の概略図を図-3 に示す。小型模型土槽のサイズは高さ 90cm、幅 100cm、奥行き 30cm であり、傾斜 20°の緩斜面部と傾斜 40°の急斜面の二つの斜面から構成されている。降雨装置は装置内の水位により注射針にかかる水压を変化させ、降雨強度を変化させる仕組みである。実験手順として、まず間隙水压の変化を把握するために間隙水压計 P-1～P-4 を斜面底部に設置した。次に試料を 5 ブロックに分け、初期含水比を試料の最適含水比となるように調整し、均一に混ぜた試料を斜面の斜面下部からブロック毎に順に所定の密度となるように締固め、模擬斜面の作製を行った。その後、崩土の動きを把握するために加速度計 A-1～A-4 を間隙水压計 P-1～P-4 上部の斜面表層部に埋設した。最後に降雨装置を設置し降雨強度を 100mm/h に調整後、録画・間隙水压・加速度の記録を開始した。また、今回設定した降雨強度は実際の降雨としては非常に強いが、実験の目的は雨水の浸透による斜面内間隙水压分布と斜面の崩壊形態を調べるためであるため、この値を用いている。模型斜面作製条件を表-1 に示す。3 種類の特殊土を用いて締固め度 $D_c=80\%$ 、90% の 2 種類の斜面を作製し、特殊土地盤の密度の違いが崩壊挙動に与える影響について検討を行った。

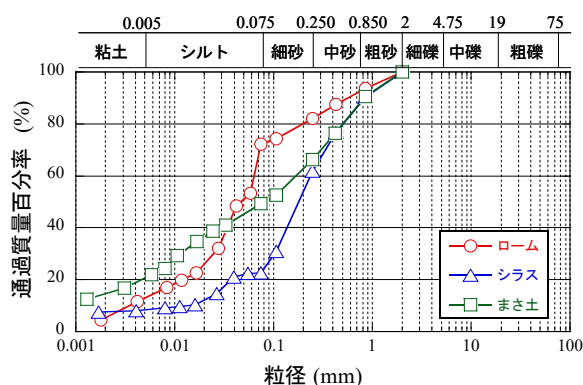


図-1 特殊土の粒径加積曲線

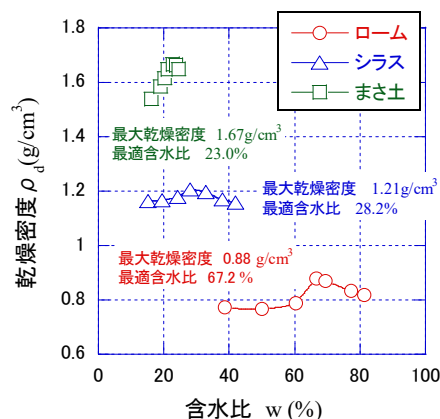


図-2 特殊土の締固め曲線

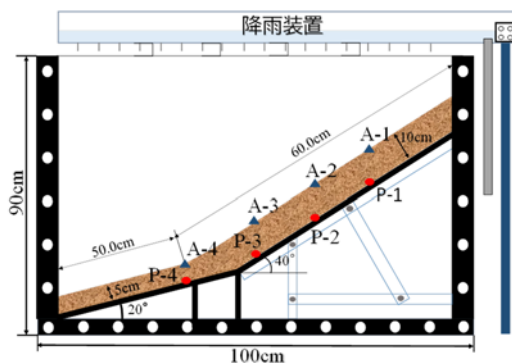


図-3 小型降雨模型土槽の概略図

表-1 地盤作製条件

実験試料	w (%)	締固め度 D_c (%)
ローム	最適含水比	80
シラス		90
まさ土		

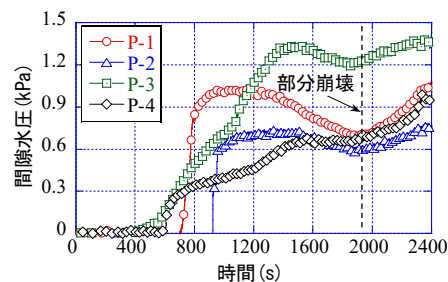
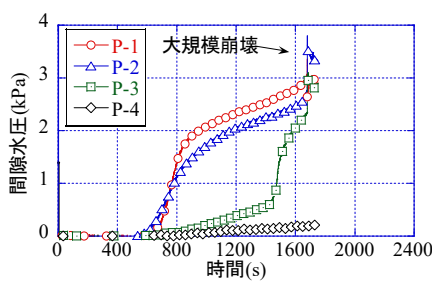
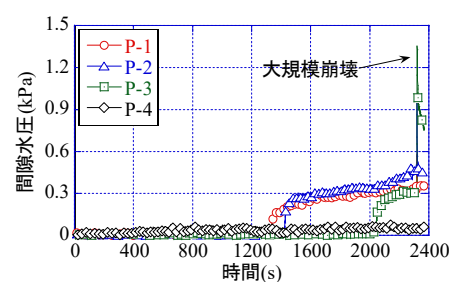
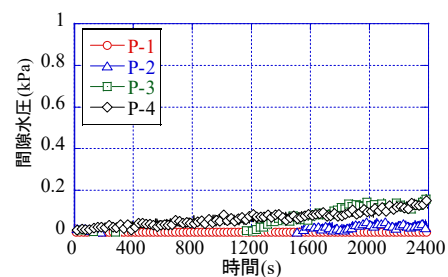
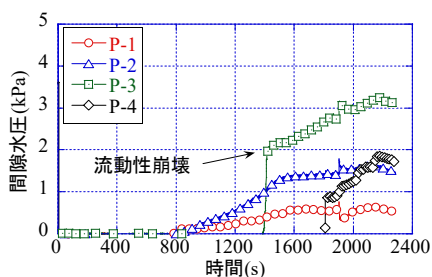
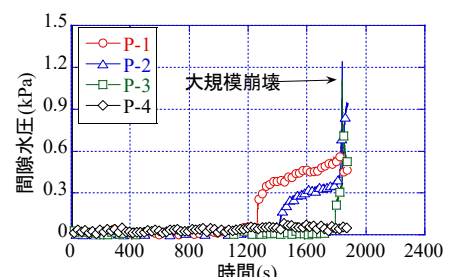
(a) $D_c=80\%$ (a) $D_c=80\%$ (a) $D_c=80\%$ (b) $D_c=90\%$ (b) $D_c=90\%$ (b) $D_c=90\%$

図-4 降雨模型実験結果 (ローム)

図-5 降雨模型実験結果 (シルス)

図-6 降雨模型実験結果 (まさ土)

3. 実験結果及び考察 図-4～図-6 にローム、シルス、まさ土を用いて小型模型土槽実験を行った際の間隙水圧の挙動を、写真-1 に各斜面の崩壊時の様子を示す。ロームについては、 $D_c=80\%$ において斜面下部から水圧の上昇が見られた。特に P-3 地点と P-4 地点の間に位置する遷急点付近から部分崩壊が発生し、安定力が失われ斜面下部の部分破壊が斜面上部へと進行していく崩壊現象が見られた。しかしながら、大規模崩壊までは至っておらず、シルスやまさ土に比べて崩壊範囲は小さいと考えられる。これはロームの細粒分が多く、粘着力がシルスやまさ土に比べて大きいことが影響していると考えられる。また、 $D_c=90\%$ においては、間隙水圧の発生がほとんど見られず崩壊に至らなかった。これは、斜面を締め固めたことにより透水性が低下し雨水の浸透が生じなかったためであり、降雨は斜面表層を流れ、一部において表土の流出が見られた。そこでシルスとまさ土の $D_c=80\%$ における PIV 解析結果を図-7 に示す。この解析からも分かるように、ロームの崩壊挙動とは異なり、いずれの斜面においても斜面上部から崩壊が発生し、大規模崩壊(すべり面を伴う崩壊)の発生が見られた。特にシルスにおいては、まさ土に比べて間隙水圧の発生が早く、崩壊時の間隙水圧は非常に大きな値を示していることが分かる。これは、シルスの持つ透水性や保水性が影響を及ぼしており、降雨に伴い斜面全体が飽和状態になり間隙水圧が大きな値を示したと考えられる。これに伴いシルス斜面はまさ土斜面と比較して早く崩壊に至っており、雨水浸透に伴いサクションが失われ、粘着力が大きく低下したことが要因と考えられる⁴⁾。まさ土については、時間とともに間隙水圧は緩やかに上昇し、崩壊時に著しく上昇する傾向が見られた。また、今回の結果より斜面密度は、崩壊挙動に影響を及ぼす重要な因子であり、いずれの特殊土においても斜面の密度が低いほど崩壊の危険性は増すと考えられる。

4. まとめ 1) 間隙水圧の発生挙動や崩壊形態は、特殊土によって異なることが模型実験より明らかとなった。

2) 特殊土地盤の密度の違いは、間隙水圧の発生時間や崩壊挙動に影響を及ぼす因子であり、密度が低いほど崩壊を引き起こしやすいことが示唆された。

【参考文献】1) 国土交通省, 集中豪雨、局地的な大雨、台風による大雨について, 第9回気候変動に適応した治水対策小委員会資料, pp.1-14, 2008. 2) 西垣ら, マサ土斜面の安定性評価に用いる降雨条件の提案, 地盤と建設, Vol.35, No.1, pp.169-176, 2017. 3) 高田ら, 二次しらす地盤の力学特性の評価, 土木学会論文集, No.561, III-38, pp.237-244, 1997. 4) 黒岩ら, 豪雨時のシルス及びまさ土斜面における崩壊挙動の把握, 令和元年度土木学会西部支部研究発表会, pp.343-344, 2020.

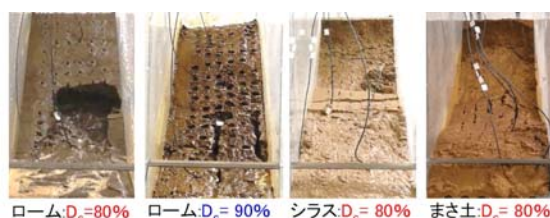


写真-1 各斜面の崩壊の様子

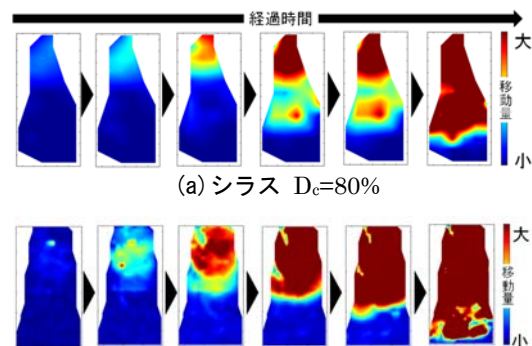
(b) まさ土 $D_c=80\%$

図-7 PIV 解析結果