

豪雨時のシラス及びまさ土斜面における崩壊挙動の把握

福岡大学工学部 学生会員 黒岩 俊哉 北村 拓海
 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。九州には、シラス、ボラ、コラ、赤ホヤ、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に繋がるだけでなく、防災対策として非常に重要である。そこで本報告では、シラスとまさ土を用い、豪雨に伴う地盤内の飽和度の変化に着目した一面せん断試験結果と降雨模型実験結果をもとに、斜面崩壊メカニズム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、特殊土であるシラスとまさ土を目開き 2mm 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。シラスは粒度分布から砂質土に分類されるものの、締固め試験における最適含水比は粘性土の様に高く、締固めても高い密度得られないことが分かる。また、多孔質であり吸水性に富むことが報告されている³⁾。一方、まさ土は、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ことが分かる。

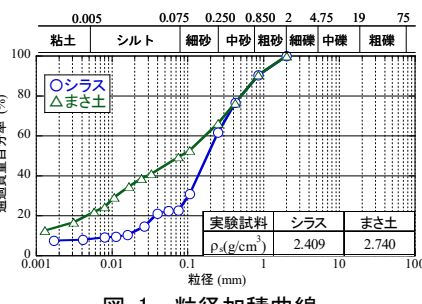


図-1 粒径加積曲線

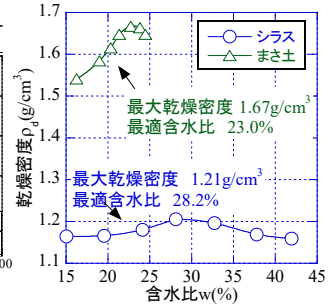


図-2 締固め曲線

2-2 定圧一面せん断試験 シラスやまさ土の降雨の浸透に伴う飽和度の増加が一面せん断特性と強度定数の変化に与える影響を把握するため、定圧一面せん断試験を行った。図-3 に実験に用いた中型一面せん断試験装置の概略図を示す。供試体は直径 $\Phi=20\text{cm}$ 、高さ $h=7\text{cm}$ のせん断箱に $D_c=80\%$ となるように各試料をタンピング法により作製した。本実験で用いた試験装置は、せん断箱を丸ごと水浸させることが可能であり、飽和・不飽和状態で実験が行える特徴を有している。本実験は載荷圧力 $\sigma_v=50, 100, 150\text{kPa}$ の三段階で行っており、せん断速度は 0.8mm/min とした。実験終了条件は、せん断変位が 15mm に達した時とした。

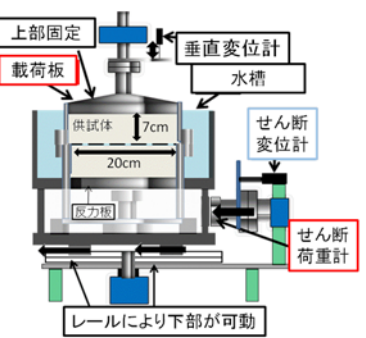


図-3 中型一面せん断試験機概略図

2-3 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-4 に示す。小型模型土槽には高さ 90cm、幅 100cm、奥行き 30cm のものを用いた。また、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圧を変化させ、降雨強度を変化させる仕組みである。実験手順は、まず間隙水圧の変化を把握するために間隙水圧計 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、土砂の動きを把握するために加速度計 A-1 ~ A-4 を間隙水圧計 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・間隙水圧・加速度の記録を開始した。模型斜面作製条件を表-2 に示す。一面せん断試験と同様に、締固め度 $D_c=80\%$ とし、2 種類の試料の水浸の有無における一面せん断特性と豪雨時の斜面崩壊の関係から、崩壊メカニズムについて検討を行った。

表-1 実験条件

土質試料	含水比 (%)	最大粒径 (mm)	載荷圧力 (kPa)	締固め度 D_c (%)	水浸
シラス まさ土	最適含水比	2	50	80	有無
			100		
			150		

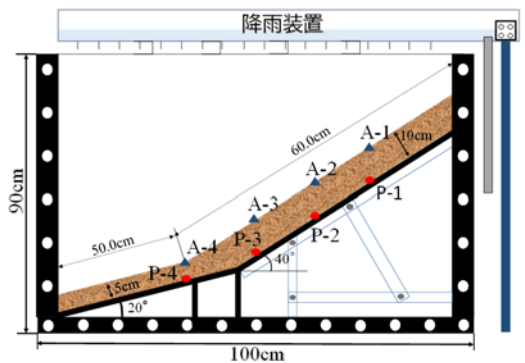


図-4 小型模型土槽

表-2 地盤作製条件

実験試料	w (%)	ρ_d (g/cm³)	ρ_s (g/cm³)	締固め度 D_c (%)
シラス	最適含水比	1.52	1.70	80
まさ土		1.34	1.64	

3. 実験結果及び考察

3-1 飽和度の違いが一面せん断特性に与える影響 図-5 及び図-6 に(a)シラスと(b)まさ土の水浸の有無における一面せん断試験結果を示す。いずれの条件においても載荷応力が増加するにつれて、せん断応力が増加している。また、飽和度の増加に伴い、せん断応力は僅かに低下している。体積変化について着目すると、まさ土は水浸に伴いシラスに比べて収縮傾向が増加していることが分かる。図-7 にシラスとまさ土の水浸なしにおける最大せん断応力と載荷応力の関係を示す。それぞれの試料の粘着力については差が見られないものの、内部摩擦角に関してはシラスがまさ土と比べ約5度ほど大きな値を示している。これはシラスが、軽石破砕片の混在や粒子自体が角張っていることから、インターロッキング効果が生じたことが要因と考えられる⁴⁾。図-8 に水浸条件におけるシラスとまさ土の最大せん断応力と載荷応力の関係を示す。浸水なしの結果と比較すると、シラス、まさ土ともに粘着力は低下し、特にシラスにおいては、粘着力が完全に失われている。このような飽和度の増加に伴う粘着力の低下は、斜面の安定性を検討する上で重要である⁵⁾。したがって、今回用いたシラス斜面は、降雨により斜面飽和度が上昇すると、サククションによる粘着力が低下することから、斜面崩壊に至りやすいと考えられる。

3-2 豪雨時における斜面崩壊挙動 図-9(a)シラスと(b)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示す。いずれの条件においても雨水浸透により間隙水圧が上昇し、大規模崩壊(すべり面を伴う崩壊)に至ることが分かる。いずれの斜面においても大規模崩壊に至った要因としては、斜面作製時の締固め度が80%と緩い斜面であることが考えられる。また、シラス斜面においては、まさ土斜面に比べて間隙水圧が早期に発生し、崩壊時の間隙水圧も大きな値を示した。これは、シラスが透水性が良く、降雨に伴い斜面全体が飽和状態になるために大きな値を示したと言える。これに伴いシラス斜面はまさ土斜面と比較して早く崩壊に至っている。これは、せん断試験の結果からも分かるようにシラスの斜面に雨水が浸透し、粘着力が大きく低下したことが要因と考えられる。

4. まとめ 1) シラスは、まさ土に比べ浸水に伴い、粘着力が大きく低下する特殊土である。2) シラスは、まさ土に比べ透水性が良く、雨水の浸透に伴う間隙水圧の上昇が早く、崩壊に至るまでの時間が短いことが明らかとなった。

【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回気候変動に適應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) 前田ら, コンクリート用細骨材のシラスの諸物性, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.2069-2074, 2006. 4) 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. 5) 村田ら, 風化度に着目した乱さないまさ土の圧縮・せん断特性, 土木学会論文集, 第382号, III-7, pp.131-140, 1987.

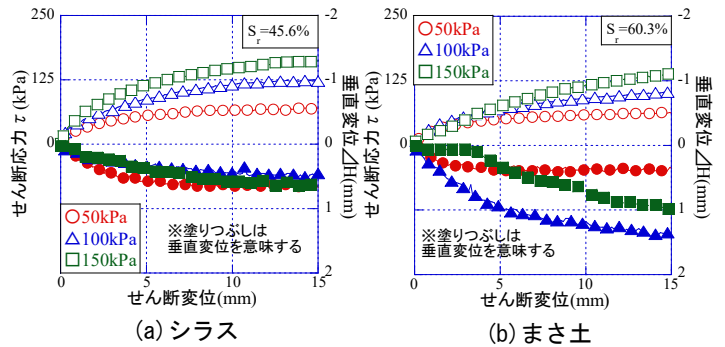


図-5 一面せん断試験結果(水浸なし、 $D_r=80\%$)

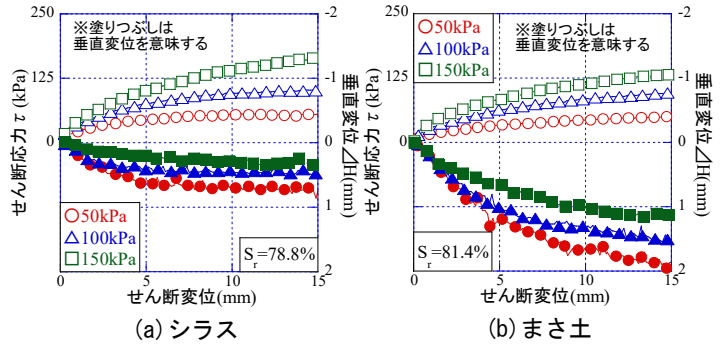


図-6 一面せん断試験結果(水浸あり、 $D_r=80\%$)

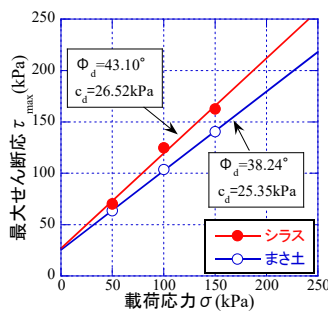


図-7 最大せん断応力と載荷応力の関係(水浸なし)

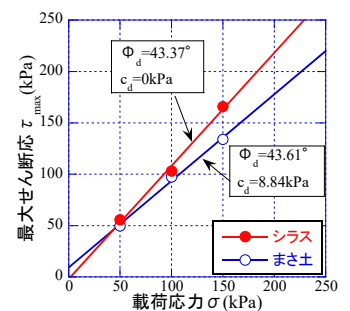


図-8 最大せん断応力と載荷応力の関係(水浸あり)

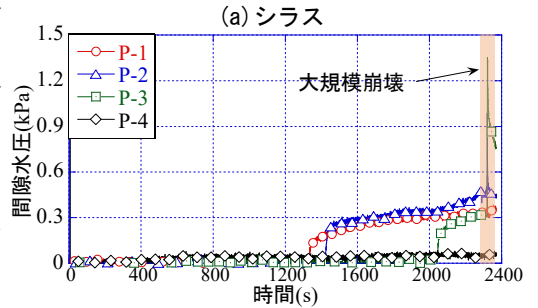
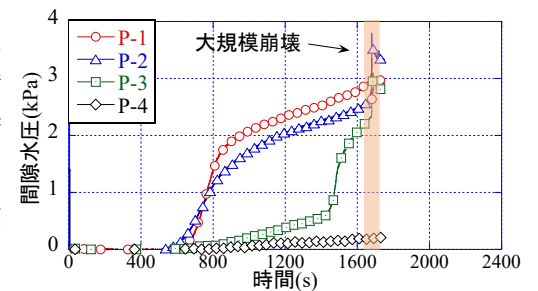


図-9 小型模型実験による間隙水圧挙動