

不透水層を有する火山灰質土斜面の降雨時力学挙動

室蘭工業大学工学部	正会員	○川村 志麻
鹿島建設㈱札幌支店	正会員	井野 寿人
北海道大学大学院工学研究科	フェロー	三浦 清一
北海道大学大学院工学研究科	正会員	石川 達也
室蘭工業大学大学院	学生員	中野 博貴

1. はじめに

北海道に広く分布する火山灰質土斜面の降雨に起因する斜面崩壊機構¹⁾を明らかにするために、一連の降雨模型実験が行われた。本研究では、斜面内に不透水層を設置し、不透水層上部の斜面層厚の違いと不透水層境界部の摩擦の違いが斜面崩壊機構に及ぼす影響を明らかにしている。

2. 試験装置と試験方法

本研究で用いた模型土槽の内寸法は、幅 2,000mm、高さ 700mm、奥行き 600mm であり、前面には厚さ 20mm の強化ガラスが設置され、人工降雨に伴う斜面の変形挙動が観察できるようになっている¹⁾。降雨は GL+2.4 m に設置されたスプレーノズルから水を噴霧させることにより再現されており、その雨量強度は 60mm/h と 100mm/h である。使用した試料は、支笏カルデラを噴出源とする柏原火山灰土($\rho_s=2.34\text{g/cm}^3$, $\rho_{\text{din-situ}}=0.53\text{g/cm}^3$, $D_{50}=1.25\text{mm}$, $U_c=3.1$, $F_c=1.3\%$) である。試料の静的・動的力学特性については既報²⁾に詳しい。模型斜面は、所定の含水比に調整した飽和土粒子試料を、ローラーにより締固めて作製したものと締固め無のもの 2 種類である¹⁾。なお、斜面密度は、締固め無の場合では $\rho_d=0.45\text{g/cm}^3$ 、締固め有の場合では $\rho_d=0.48\text{g/cm}^3$ である。不透水層¹⁾上部の斜面層厚は 75, 100, 125, 150, 200mm の 5 ケースである。不透水層境界部の摩擦係数³⁾ μ は、0.33 (アクリル板を設置した場合)、2.81 (サンドペーパー (G120) を同アクリル板上に貼付けた場合) と 4.31 (柏原火山灰土試料を同アクリル板上に貼付けた場合) の 3 種類である。

ここでは、崩壊機構を把握するためのパラメータとして、間隙水圧、飽和度、PIV 解析によって算出された斜面内のせん断ひずみが用いられている。間隙水圧および飽和度は、間隙水圧計(pw1~pw6)と土壌水分計(sm1~sm5)によって計測されている。なお、本試験の範囲では間隙水圧に有意な変化が認められなかったこと¹⁾から、以下では飽和度と変形挙動について報告する。また、飽和度がピークを示した時にせん断ひずみが 4~6%発生したことから、この時点をも斜面崩壊と定義している¹⁾。なお、降雨によって浸透した水は底部に設置したポンプにより強制排水されているので、浸透力による斜面崩壊現象が研究の対象となる。降雨実験の斜面形状・計器配置図及び試験ケースを図-1と表-1に示す。

3. 試験結果と考察

写真-1(a)と(b)は崩壊に至った層厚 75mm と 100mm の崩壊後の斜面形状を示している。写真に示すように、崩壊したケースでは層厚の違いにかかわらず、同位置にすべり線が発生している。その時の飽和

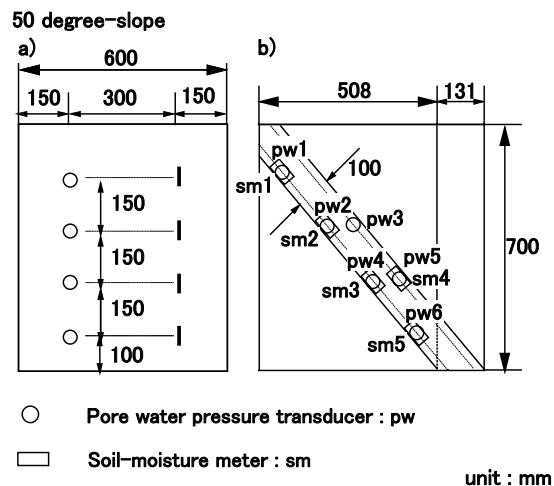


図-1 代表的な斜面形状・計器配置図

表-1 試験ケース

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
Slope condition	Without freeze-thaw actions				
Slope angle (°)	45	50	55	65	50
Length of base B (mm)	696	636	572	442	603, 636, 669, 702, 767
Rainfall intensity R (mm/h)	100, 60			100	100
Layer thickness (mm)	100				75, 100, 125, 150, 200
Density (g/cm ³)	0.45, 0.48			0.45, 0.48	0.45
Friction μ	0.33, 2.81			4.31	0.33

キーワード：降雨，斜面安定，火山性粗粒土

連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27-1，室蘭工業大学建設システム工学科，TEL 0143-46-5282，FAX 0143-46-5283

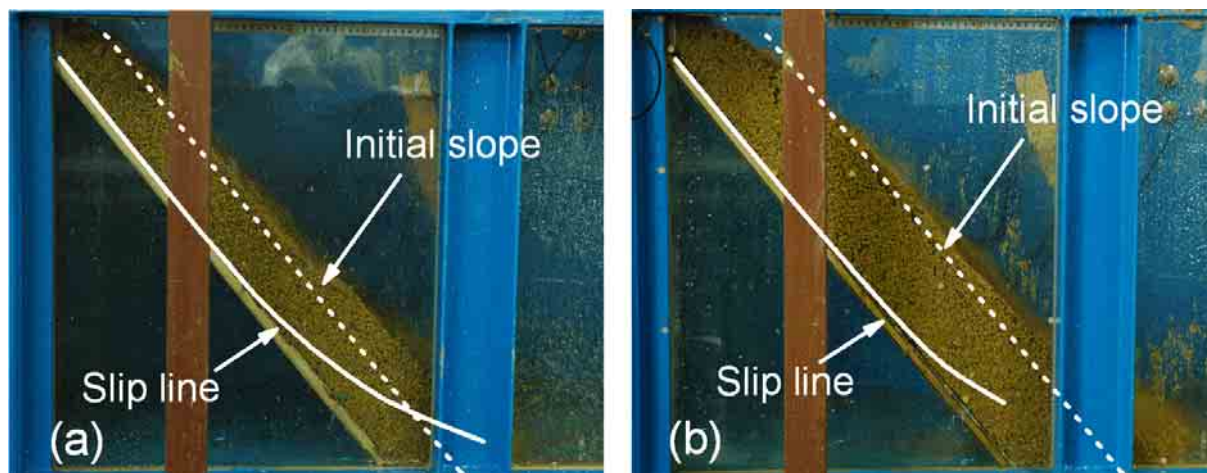


写真-1 層厚の違いによる崩壊後の斜面形状の変化：(a) 層厚 75mm, (b) 層厚 100mm

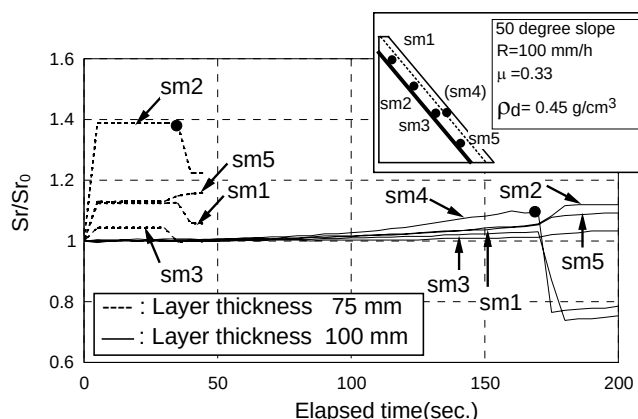


図-2 層厚の違いによる飽和度の変化（崩壊有）

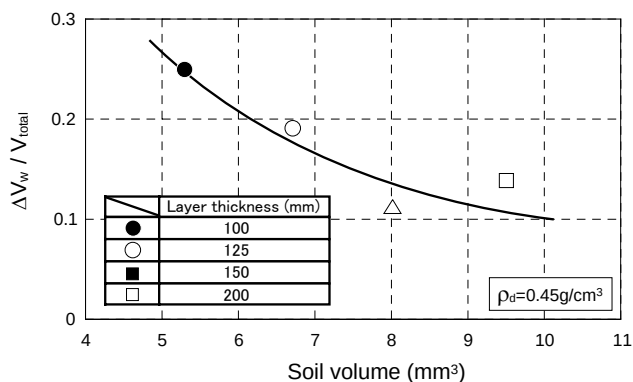


図-3 斜面内保水量と斜面土量の関係

度の変化を図-2に示す。飽和度 S_r は初期値 S_{r0} で正規化している。図より、飽和度の増加割合に違いは認められるものの、すべり線上およびそれより上部の飽和度は増加-減少傾向を示し、崩壊（●印）に至っていることがわかる。一方、崩壊が起こらない層厚のケース（層厚 125mm 以上）では飽和度は降雨開始後の早い段階で定常に至っていた¹⁾。このことは、降雨による自重増加の影響よりも層厚増加によってすべり線の発達が抑制され、崩壊に至らなかったと推察される。図-3は飽和度がピークまたは定常になるまでの斜面内保水量³⁾の変化 ΔV_w と斜面土量の関係を示している。

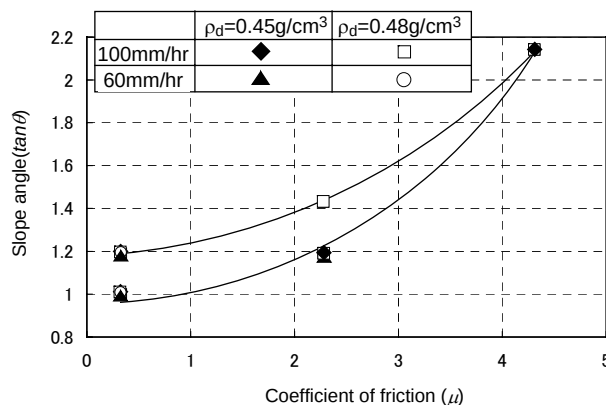


図-4 斜面角と摩擦係数との関係

る。保水量は斜面全体積 V_{total} で正規化している。●印は崩壊したケースである。なお、層厚 75mm では試験開始直後に崩壊が起こり、保水量を測定できなかったため、ここでは除外した³⁾。図より、斜面土量と保水量には一義的な関係が存在しており、ある保水量に達すると崩壊に至ることがわかる。このことから、保水量の変化ならびに飽和度発達の仕方を把握することは斜面表層崩壊を予測する上では極めて重要であると言える。次に、崩壊が生じた場合の斜面角と不透水層境界部の摩擦係数の関係を図-4に示す。図示のように、降雨強度の違いにかかわらず、崩壊時の斜面角と摩擦係数の間には一義的な関係が存在している。また、その関係は斜面密度に依存するものの、摩擦係数、斜面角の増加によって、小さくなっている。このことは斜面崩壊に及ぼす斜面角と摩擦係数の影響を統一的に評価できることを示唆するものであろう。以上のことから、対象とした斜面表層崩壊は斜面内保水量の変化、飽和度の発達の仕方、不透水層境界部の摩擦、斜面角に強く影響を受けることが定量的に示された。

参考文献：1) 井野ら：地盤工学会北海道支部年次技術報告集，第48号，pp.97-106，2008。2) 三浦ら：土木学会論文集，No.547/III-36，pp.159-170，1996。3) 井野寿人：室蘭工業大学博士前期課程修士学位論文，2007年度