

不飽和火山灰質土斜面の降雨時間隙水圧挙動に関する模型実験

室蘭工業大学大学院 学生員 ○中野 博貴
 室蘭工業大学大学院 正会員 川村 志麻
 室蘭工業大学大学院 学生員 奥田 健太
 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 横浜 勝司

1. はじめに

北海道は、積雪寒冷地特有の融雪期における多量の融雪水や凍結融解作用に起因する構成地盤の力学的劣化の影響などによって、斜面災害が生じやすい自然環境にあると言われている。また、比較的歴史の新しい未風化火山灰土(火山性粗粒土)地帯が、北海道の約40%を覆っており、そのことがさらに斜面災害多発の誘因となっていると指摘されている。例えば、1999年4月に起こった道央自動車道黒松内地区の大規模な切土のり面崩壊や2003年台風10号による日高地方の斜面崩壊・表層すべりでは、これらの影響が崩壊の一因であるとの報告がある。ここでは、不透水層を有する柏原火山灰質土斜面の降雨時力学挙動¹⁾に係わる間隙水圧挙動を詳細に検討した。

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。降雨はGL.+2.4m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、降雨強度Rは100mm/hである。試料は、支笏カルデラを噴出源(支笏第一テフラ(Spfa-1))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。斜面の乾燥密度は締固無の場合では $\rho_d=0.45\text{g/cm}^3$ 、締固有の場合では $\rho_d=0.48\text{g/cm}^3$ である。斜面作製時の初期含水比は $w_0=70\%$ である。不透水層上部の斜面層厚は100mmである。不透水層境界部の摩擦係数 μ^1 は0.33(アクリル板)と2.81(サンドペーパー(120番)を同アクリル板上に貼付けたもの)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。間隙水圧と飽和度は、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。なお詳細は既報に詳しい¹⁾。既往の研究と同様に、飽和度ピーク時にせん断ひずみが4-6%発生した時点が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。

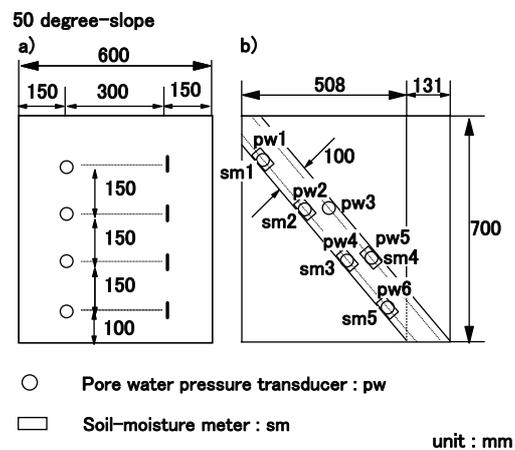


図-1 代表的な斜面形状・計器配置図

表-1 試験ケース

Sample	Kashiwabara volcanic soil
Slope condition	Without freeze-thaw action
Initial water content(%)	70
Rainfall intensity R(mm/h)	100
Angle of inclination(°)	50
Layer thickness(mm)	100
Dry density(g/cm ³)	0.45, 0.48
Friction μ	0.33, 2.28

3. 試験結果と考察

写真-1は斜面角 50° 、降雨強度100mm/h、 $\mu=0.33$ における斜面崩壊の様子と図-2は間隙水圧の変化を示している。写真より、降

キーワード：降雨，斜面安定，火山性粗粒土，間隙水圧

連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27-1, TEL 0143-46-5282, FAX 0143-46-5283

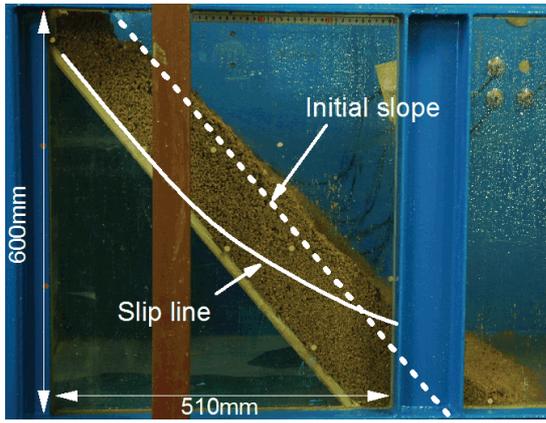


写真-1 代表的な崩壊後の斜面形状

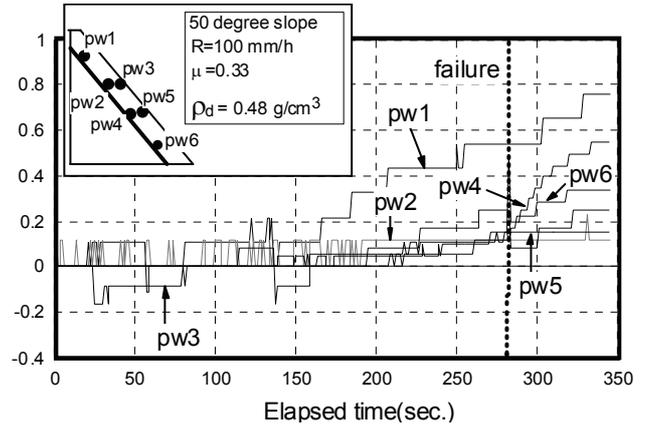
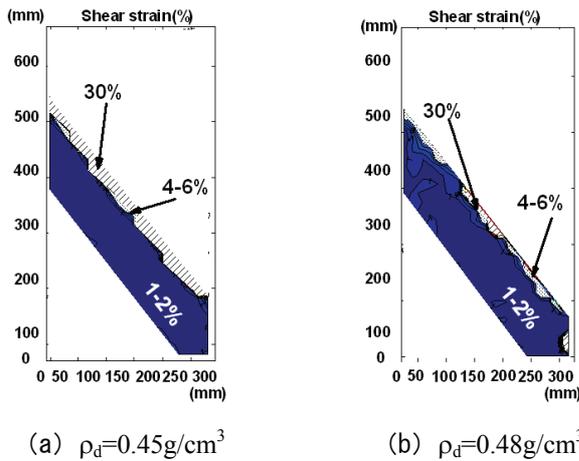


図-2 代表的な間隙水圧挙動



(a) $\rho_d=0.45\text{g/cm}^3$

(b) $\rho_d=0.48\text{g/cm}^3$

図-3 斜面密度の違いによるせん断ひずみ分布 (崩壊直前)

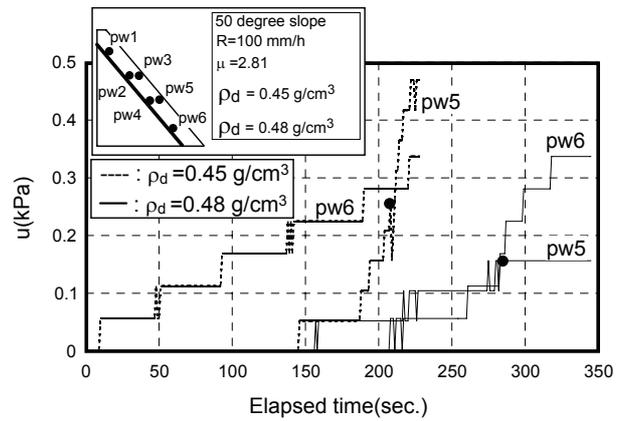


図-4 斜面密度の違いによる間隙水圧の変化

雨により誘発されるすべりに伴う斜面崩壊が起っていることが明らかである。間隙水圧挙動では、斜面表層部分 (pw3) において負の間隙水圧が発生しているが、降雨の浸透によってその値は正圧に変化している。この間隙水圧の変化は間隙水圧計の受圧部の感度にも影響を受けるが、本研究では本斜面の間隙構造が大きいことにも起因していると考えられ、サクシオンの崩壊に対する寄与はかなり低いと考えられる。このことはサクシオンの低下によるせん断強度の低下を調べた要素試験結果³⁾からも伺える。一方、すべり線付近では間隙水圧は崩壊直前に上昇傾向にある。このことは降雨浸透が不透水層に達して飽和帯が形成されたことに起因しているようである。また、すべての間隙水圧値は小さく、定常状態に至る前に崩壊が発生していることも興味深い。これは、本火山灰質土試料が多孔質で間隙構造が大きく、土粒子密度や湿潤密度が小さいため、間隙水圧の上昇よりも降雨浸透にともなう自重増加が崩壊に対して顕著に影響したものと考えられる。このことは飽和度挙動からも明らかにされている¹⁾。

次に斜面の密度の違いによる力学挙動の変化について検討した。斜面角 50°、降雨強度 100mm/h、 $\mu=2.81$ における締固め有無の崩壊直前の斜面内せん断ひずみ分布を図-3 に示す。図より、両ケースにおいて密度の違いによる変形挙動の相違は認められない。一方、崩壊時の間隙水圧 (●印) は締固め無の方が締固め有のものより早く上昇し、崩壊時間も早い (図-4 参照)。この崩壊時間の差は密度増加によるせん断抵抗力の増加を意味するものであろう。

このことから、不透水層が存在するような場合では間隙水圧挙動の把握は重要である。併せて、本試料のように多孔質で単位体積質量が小さい試料に対しては、降雨浸透にともなう自重増加が特に重要になることから、斜面の保水能力を定量的に評価し、モニターすることが極めて重要になると言える。

参考文献: 1) 井野ら(2008): 地盤工学会北海道支部 技術報告集, 第48号, pp.97-106. 2) 三浦ら(1996): 土木学会論文集, No.547/III-36, pp.159-170. 3) Ishikawa et.al. (2010): Proc. of the 5th International conference on Unsaturated Soils (Accepted).