

九州大学 正員 山内 豊隆 正員 後藤 恵之輔
鹿児島高専 正員 村田 秀一 正員 ○ 岡林 巧

2. まえがき 標高1,100mの桜島は、1955年に南岳が火山活動を再開して以来、今日までたびたび大いの爆発を繰り返している。特に標高400~500m以上の植生のない山腹斜面においては、活発な火山活動に伴う降下火山灰の堆積と、降雨に伴う激しい縦横侵食崩壊が起いて、山体は荒廃の一途をたどっている。本研究は、数種類の降雨パターンで人工降雨実験を行い、火山灰斜面の降雨による侵食崩壊機構について比較検討したものである。

2. 実験方法と試料の性質 降雨実験は、図-1に示すような火山灰斜面を整形した後、降雨強度39~104mm/hの範囲で行った。斜面に用いた試料は、桜島で採取した粒径10mm以下の流出火山灰砂で、粒度組成は砂分53%、礫分40%、シルト分以下7%、また比重2.50、透水係数 4×10^{-3} cm/sである。

3. 実験の結果および考察 実験の条件は表-1に示すとおりである。実験1~4は断続降雨パターンで、実験5~9は、連続降雨パターンである。ここ数年の実験結果から本条件の場合、終局的な斜面前壊は、断面2の間隙水圧がほぼ4kNを越えた時で発生することが明らかになっているので、特に実験1, 2, 4に関しては崩壊の寸前に降雨を停止し、その後の斜面の挙動を検討したものである。斜面の降雨特性の一例を図-2に示す。図中(a)は断続降雨パターンで、(b)は連続降雨パターンである。図から明らかなように断続降雨パターンの場合単位浸透流出水量は降雨強度のピークと比較して少し遅れながら増大すること、斜面前壊は累積間隙水量が漸次増大した結果発生することも判る。また、連続降雨パターンの場合、表面流出水量は単位浸透流出水量が2.5倍で定常値を示した時で発生している。実験6の斜面中央谷部の各断面ごとの斜面表面の変位を示したものが図-3である。他の実験条件に関しても程度の差はあるが、各断面ともほぼ同様の傾向を示した。図より判るように、降雨初期での変位は、各断面とそー様に沈下している。これは降雨による水締の効果によるものと考えられる。また、降雨後期で、断面1, 4は流出量が増増する反面、断面2, 3は隆起する傾向を示している。この断面4の流出量が増増の主要因としては、水締の効果に加えて斜面の飽和度の増大により、せん断抵抗力が低下してこに起因する不透水基盤上

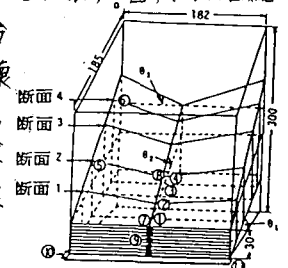


図-1 斜面の形状寸法および計測位置
① 間隙水圧計、水位計 (cm)
② 斜面変位計、斜面移動計
③ 埋込式変位計④土圧計
④ 浸透流出水用とい
⑤ 表面流出水 流出土量用とい

表-1 実験の条件

実験番号 No.	降雨強度 (mm/h)	降雨パターン (×印は斜面崩壊発生を示す)	傾斜角 (°)	下層条件	初期水比 (%)	初期潤滑密度 (kN/m ³)	初期飽和度 (%)
1	64	8.0	θ ₁	不透水層	7.4	13.7	19.2
2	80	5.0	θ ₂		8.5	—	21.9
3	93	5.0, 2.0	θ ₃		8.5	13.8	25.9
4	104	3.0	θ ₄		8.2	14.5	23.7
5	39	11.5	15°		8.6	13.6	21.5
6	80	9.3			7.6	14.0	20.6
7	86	2.5			4.1	15.4	14.9
8	45	1.8			5.7	14.7	17.8
9	63	—		透水層 θ=15° t=50mm	6.8	14.7	20.7

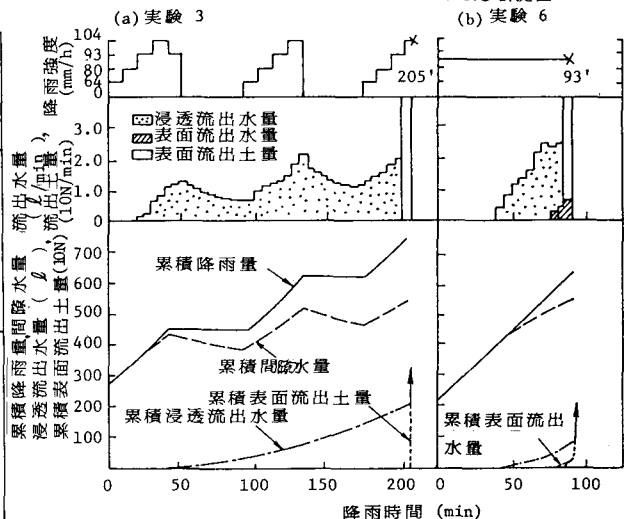


図-2 斜面の降雨特性の一例

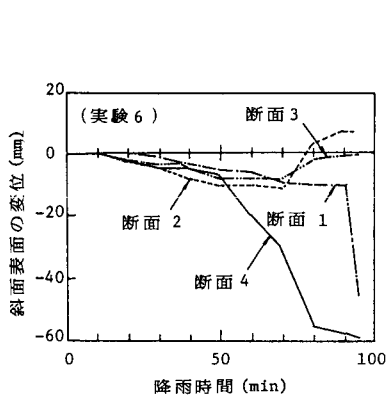


図-3 斜面表面の変位の一例

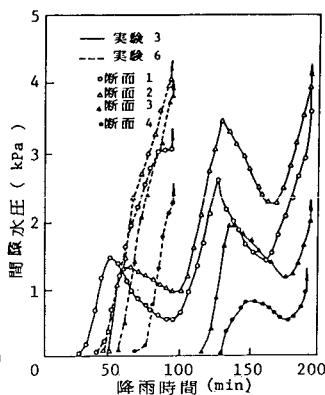


図-4 間隙水圧と降雨時間の関係

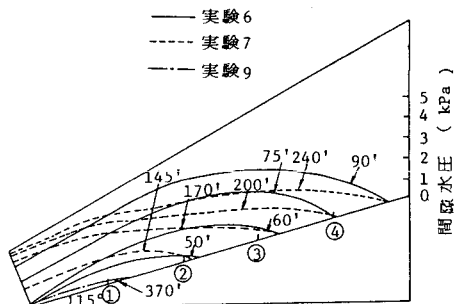


図-5 中央谷部の間隙水圧分布

での滑りを挙げる事ができる。また、断面1の90分以降の沈下量の急増は、がり侵食によるものである。さらに、斜面中部である断面2,3の隆起は、斜面後部が沈下した結果押し出されたものと考えられる。断続降雨パターン(実験3)、連発降雨パターン(実験6)の両者の代表例について、間隙水圧と降雨時間の関係を示せば図-4のとおりである。また、図-5は中央谷部の間隙水圧分布を合せて示したものである。図-4と前述の図-2を比較して明らかのように各降雨強度のピークと間隙水圧のそれは、前述の浸透流出水の結果と同様に降雨を繰り返すにしたがって次第に一致する傾向を示している。これは、斜面の飽和度が高まりつつあることを示唆するものである。最終的には予想したように断面2の間隙水圧がほぼ4kPaに達して斜面は崩壊した。したがって、斜面から間隙水を浸透流出水として十分に排出しないまま追加降雨を行えば、たとえ前降雨以下の降雨強度であっても間隙水圧が増大し、斜面崩壊を引き起こすと考えられる。また、間隙水圧は断面1,2,3,4の順で発生しており、降雨に伴って斜面先初より漸次増大し、降雨強度の大きな条件ほどその進行は急速である。図-6に斜面の平均飽和度と間隙水圧の関係を示す。断続降雨パターンの条件は、連発降雨パターンと比較して斜面の平均飽和度が低く崩壊する傾向にある。斜面の平均飽和度と累積降雨量の関係を示したものが図-7である。いずれの実験についても浸透流出水発生時の平均飽和度は40~60%、表面流出水発生時60~70%および斜面崩壊時70~80%を示している。また、これも斜面に供給した累積降雨量に換算すると、それぞれ100~140mm、140~160mmおよび160~200mmである。図-8は降雨強度と斜面崩壊時間の関係を示したもので、降雨強度が40~80mm/hの範囲であれば斜面崩壊は100~250分の範囲で発生することが判る。ただこの図では斜面が崩壊しない降雨強度が定められていない、これは今後の問題としてい。

謝辞 本研究は文部省科学研究費の補助を受けたものであること、又鹿児島県鹿児島地域学術調査協議会による研究に参加して得られた成果の一部であることを付記する。

参考文献

- 1) 村田、田村、山内、後藤(1980) 降雨下における鹿児島山斜面の侵食崩壊機構について、第5回工管工学研究発表会講演集第1157~1160。

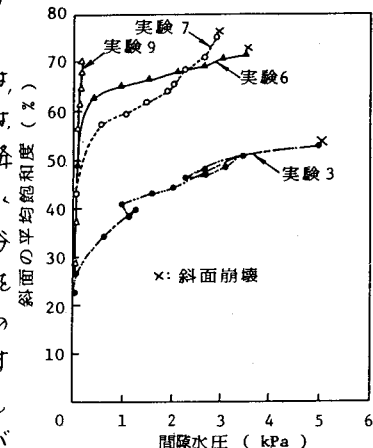


図-6 斜面の平均飽和度と間隙水圧の関係

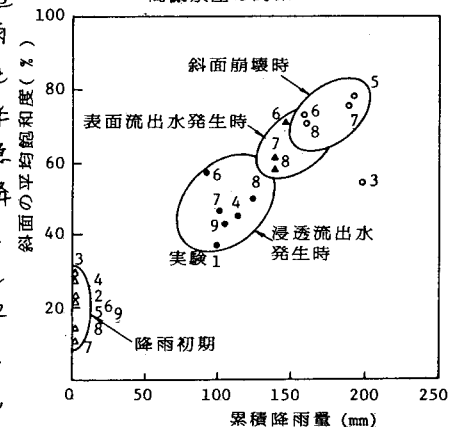


図-7 斜面の平均飽和度と累積降雨量

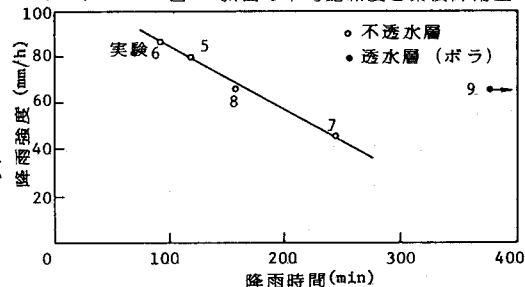


図-8 降雨強度と斜面崩壊時間の関係