

国土技術政策総合研究所 ○田中健貴*1 内田太郎 桜井 亘
株式会社建設技術研究所 長井 斎 笹山 隆 戸舘 光

(*1: 現 近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター)

1. はじめに

山地斜面土層内に存在する連続した孔隙は「水みち」や「パイプ」などと呼ばれ、斜面崩壊跡地においてよく見られることから、斜面崩壊の発生に影響を与えていると考えられている (例えば太田ら、1981)。水みちが斜面崩壊に与える影響について多田ら (2002) は模型実験を行い、水みちの排水システムとしての機能や、水みちが閉塞されることなどにより通水能力が変化することによって斜面崩壊の発生に影響を与えることを明らかにした。しかし、この実験では実際の斜面土層において見られる水みちの合流は考慮されていない。また水みちが斜面崩壊発生に影響を与える要因として地下水水位の上昇による間隙水圧の上昇が挙げられる。八木ら (1983) は雨水浸透実験を行い、土層内の封入空気の影響で過剰な間隙水圧が生じることにより斜面崩壊が発生する可能性を指摘した。

以上より、本報告では土層内の水みちによる影響で発生する斜面崩壊について水みちの合流の影響を検討し、より実態に近い分析をするとともに、降雨時に降雨による浸透水と水みちによる給水により、土層内に封入空気が生じると考えられるため、封入空気についても模型実験を行い、これらが斜面崩壊に与える影響について検討した。

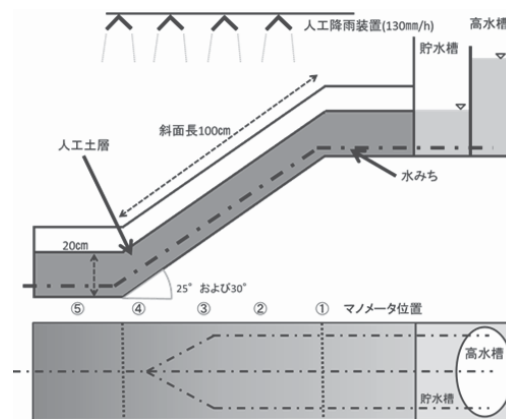


図1 実験装置概要 (上: 断面図 下: 平面図)

2. 実験方法

2.1 実験条件

実験装置概要を図1に示す。実験土層は幅30 cm、厚さ20 cm、斜面長100 cm、勾配25度で実験を行った。実験砂は0.003 mm~10 mmの幅で50%粒径2.4 mmの混合砂を用いた。土層への給水は人工降雨装置

(130 mm/h) ならびに土層上端に設置した貯水槽、また水みちの上流端に接続した高水槽を用いて行った。貯水槽と土層上流端はフェルトによって仕切られており、水はスムーズに移動する。一方、パイプ上流端は高水槽のみと接続されており、貯水槽から直接的に水供給はない。水みちへの給水は30分毎に貯水槽の水位を5 cmずつ上昇させ、20 cmを超えた後は高水槽によって水位を上げた。図2に給水の概要を示す。水みちの下流端は解放したまま実験を行った。実験土層には5か所に土層内の間隙水圧を測定するためのマンメータを設けた。マンメータの水位、上流の貯水槽 (あるいは高水槽) の水位、さらに水みち末端と土層末端からの流出流量の合計を5分ごとに計測した。また実験中は土層の状態をカメラで撮影し、崩壊発生後は土層の状態を把握するため、崩壊形状を計測した。

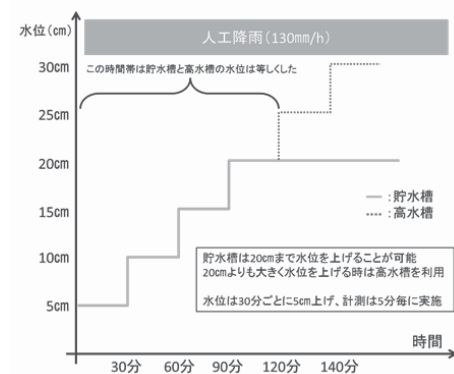


図2 給水条件の概要

2.2 実験ケース

実験ケースを表1に示す。①基本ケース (水みち1本)、②土層内に設置した水みちを合流させたケース (水みち3本)、③水みちを設置しないケース (水みち0本)、④土層に空気を封入したケース (水みち1本、珪砂を表層に設置) を行った。なお、水みちには内径13 mmの塩化ビニル樹脂パイプを用いた。またこのパイプには直径4 mmの孔を四方縦断方向に2 cm間隔で設けた。本実験は①を基本ケースとした。②では土層上流では3本の水みちを設置し、上流勾配変化点より70 cmで1本に合流させた (図-1 下図)。③は土層内に水みちがないケースを検討するために設定した。④では土層内に空気を封入するために土層表面に珪砂を厚さ3 cm敷き、実験を行った。

表1 実験条件

ケース	水みち本数	勾配	封入空気
①	1本	25°	無
②	3本→1本	25°	無
③	0本	25°	無
④	1本	25°	有

3. 結果

各ケースについて、崩壊発生時刻 (表2)、崩壊発生直前のマンメータ水位 (図3) を整理した。さらに崩壊直前の流

出流量についても示した。

3.1 ケース①

ケース①では貯水槽水位の限界を超え、高水槽を用いて水位を 35 cm まで上げたところで土層全体が崩壊した。またマノメータの水位はケース②で崩壊が発生した 60 分経過時には下流側勾配変化点で大きい値を示しているのみだったが、崩壊が発生した 140 分経過時には上流側勾配変化点でも値が大きくなった。流出流量は 0.05~0.11 (ℓ/sec) であった。

3.2 ケース②

水位を 15 cm に上昇させた 60 分経過直後に土層全体が崩壊した。水みちの合流点上流付近であるマノメータ③での水位が高く、水みちの合流の影響と考えられる。また時間経過とともに各マノメータの水位が 0.7 cm~4.4 cm の範囲で上昇した。流出流量は 0.08~0.1 (ℓ/sec) であり、上流水槽の水位上昇に連動して増加している。

3.3 ケース③

土層表面の侵食による流出は見られたが、崩壊は発生しなかった。ケース①では勾配変化点付近のマノメータ①や④で水位の上昇がみられるが、ケース③では土層全体でマノメータ水位が他のケースに比べ大きい。また 60 分経過時と 140 分経過時でマノメータの水位は大きくは変動せず、水位が大きい状態が長時間続いている。流出流量は 0~0.01 (ℓ/sec) であり他のケースに比べて小さい。

3.4 ケース④

ケース④は水位を 15 cm まで上昇させた 62 分経過時に下流端法面で崩壊が発生した。この崩壊はケース①、②と比較して小規模な崩壊であり、その後 100 分まで実験は継続した。マノメータ水位は同時刻のケース①と比較するとおおむね大きい値 (-0.4~6.7 cm) を示した。特に崩壊が発生した下流端法面付近のマノメータ④はケース①と比較し、2.5 cm 大きい水位を示し、その他のマノメータよりも大きい値を示した。流出流量は 0.05~0.1 (ℓ/sec) であった。

表 2 崩壊発生時刻

ケース	崩壊発生時刻(分)	上流水槽水位(cm)
①	140	35
②	60	15
③	—	—
④	62(下流端法面)	15

4. まとめと考察

ケース①、②の時に土層全体が崩壊する現象が発生し、ケース②では①と比べ、上流水槽の水位が小さい状態で崩壊が発生した。ケース②では 3 本の水みちが 1 本に合流する付近でマノメータの水位が上昇していることから、合流による水みちから土層への給水量の増加が要因として考えられる。ここで多田ら (2002) によれば、バルブを閉じて水みちの通水能力を下げると、閉塞箇所周辺で間隙水圧が上昇し、崩壊にいたることが指摘されている。上流水槽には 3 本の水みちが接続されている一方で流出流量は崩壊直前にはケース①と同程度になっており、水みちの合流により合流点付近で流下能力を超過したことが崩壊の要因の 1 つと考えられる。ケース③はマノメータの水位は他のケースよりも大きい値を示したが、崩壊は発生しなかった。これは降雨による給水だけでなく、水みちによる給水が崩壊に与える影響が大きいことを示唆するものであると考えられる。封入空気を検討したケース④では崩壊は小規模であったが、マノメータの水位はケース①よりも概ね大きい値を示した。土層内の封入空気の実態についてはさらなる検討が必要であるが、水みちと降雨によって封入空気が生じること、またそれにより間隙水圧が上昇し、崩壊が発生する可能性が示された。

参考文献：

太田猛彦ほか (1981)、パイプフローと山崩れについての 1 考察、昭和 56 年度砂防学会研究発表会概要集、pp.92-93
 多田泰之ほか (2002)、パイプの存在が斜面崩壊に与える影響の実験的検討、砂防学会誌、Vol.55 no.3 pp.12-20
 八木則男ほか (1983)、雨水浸透による斜面崩壊、土木学会論文報告集 Vol.330、pp.107-114

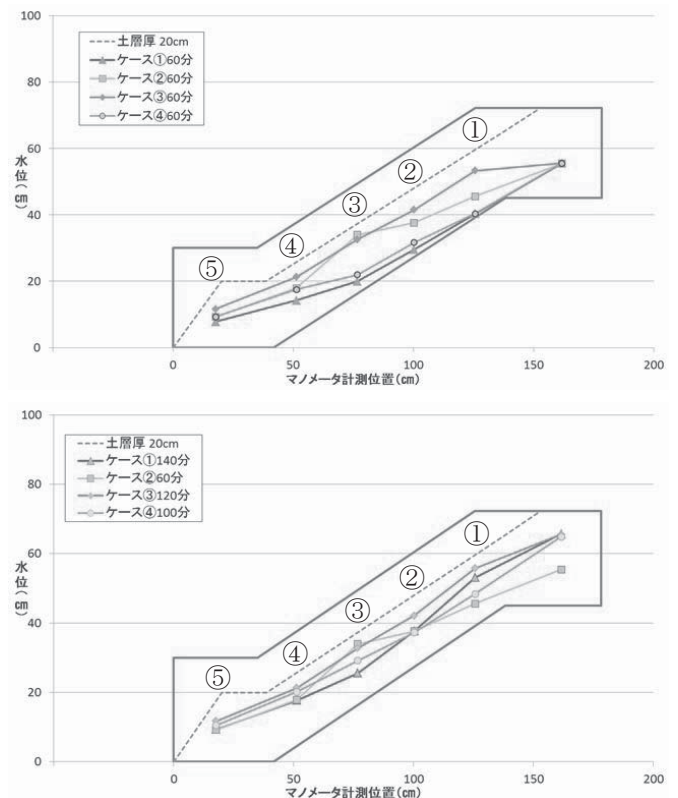


図 3 各実験ケースのマノメータ水位

(上：60分経過時 下：各ケース実験終了直前時)