

斜面崩壊に及ぼす降雨履歴の影響

山口大学大学院 学生会員 ○中村優作 久田裕史
山口大学大学院 正会員 中田幸男 兵動正幸

1. 背景・目的

日本では局地的な集中豪雨による土砂災害や土木構造物への被害が相次いで発生し、人的・物的に甚大な影響を及ぼしている。近年の降雨の特徴として、短時間に強い降雨強度をもたらす降雨パターンが増加してきている。降雨による災害を未然に防止するためにも、このような降雨履歴の斜面崩壊に与える影響を調べる必要がある。そこで、本研究では、降雨履歴が斜面崩壊に与える影響を評価するために、模型土槽を対して降雨強度を変動させ、斜面崩壊を発生させる模型実験を行った。

2. 試験概要

表-1 本実験の降雨履歴条件

	降雨強度	小休止の回数
I	70mm/hr 一定	0回
II	30mm/hr、70mm/hr	
III	15mm/hr、100mm/hr、70mm/hr	
IV	90mm/hr×2、70mm/hr	2回
V	60mm/hr×3、70mm/hr	3回
VI	60mm/hr×1、70mm/hr	1回
VII	30mm/hr×1、70mm/hr	1回

本実験では、降雨装置と模型土槽¹⁾を用いて実験を行った。表-1は本実験の降雨履歴を示したものである。降雨強度の決定は、あらかじめ水の入った容器を量りの上に置き、容器内の水を降雨タンクへ給水し、降雨を降らせ、オーバーフローした水を回収する仕組みとなっている。そのため、時間が経つにつれ量りに載った容器の水量は初期の水量から減少していく。この減少した水量を降雨量とした。写真-1は模型斜面と間隙水圧計および加速度計の設置位置を示す。実験手順は、まず土槽底部に間隙水圧計P-1、P-2を設置し、斜面は乾燥密度 $1.45g/cm^3$ となるように、含水比10%、細粒分含有率20%のまさ土を計9層で突き固めて作成する。斜面の表面には加速度計A-1～5を設置する。その後、初期降雨強度を調整し実験を開始する。実験中は条件に沿って降雨針の開閉により降雨強度を変更している。最終的に、斜面の崩壊が発生して実験終了となる。

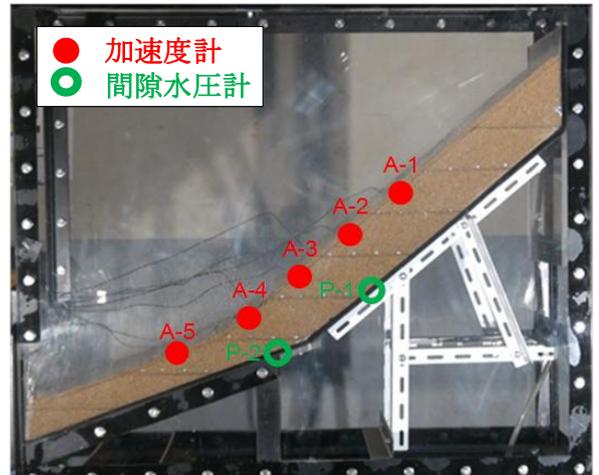


写真-1 模型斜面

3. 実験結果

図-1では降雨履歴Vの降雨強度60mm/hr×3、70mm/hrの実験中の計測結果を示している。まず、P-2の間隙水圧計が上昇を始め、その後P-1の間隙水圧計が反応する。その後、P-1の水圧計がピークを迎えた直後の加速度計が大きく反応し、崩壊が発生した。ここで、(a)は間隙水圧計P-2の上昇、(b)は間隙水圧計P-1の上昇、(c)は崩壊を示している。以後の検討では、これらの値について詳細に検討する。

図-2は累積雨量の時刻暦を示している。各々の降雨履歴パターンによって累積雨量の増加は異なることが理解できる。図中には、各々の降雨履歴条件における、P-1およびP-2の上昇時間、および崩壊時間が記されている。P-2上昇開始は累積雨量24mm付近、P-1上昇開始は28mm付近、崩壊は32mm付近という結果となっている。

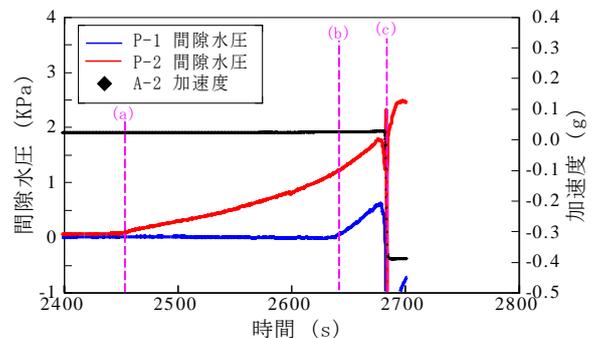


図-1 降雨履歴Vにおける挙動

図-3 は間隙水圧上昇開始時間と崩壊発生時間を、平均時間雨量について示している。図-3 の近似線から崩壊までの過程は、P-2 の上昇開始から P-1 上昇開始を経て崩壊に至るといいうプロセスであることを示している。間隙水圧の上昇時間および崩壊時間は、平均時間雨量が増加すると共に減少していることがわかる。しかし、崩壊時の平均時間雨量が同じ場合で、間隙水圧の上昇時間や崩壊時間の違いが認められる。これは、崩壊挙動に与える降雨履歴の影響であり以後検討する。

表-2, 3 および図-4, 5 に間隙水圧 P-1, P-2 の上昇時間と間隙水圧増加量を示している。図-4 の間隙水圧 P-1 では上昇時間と増加量には、降雨履歴中に小休止がある場合とない場合で違いが見られた。降雨中に、小休止が有る場合には間隙水圧 P-1 上昇から崩壊までの時間が短い。図-5 の間隙水圧 P-2 では、小休止の有無にかかわらず上昇時間と増加量には一時的な関係が認められなかった。

図-6 は最大時間雨量と間隙水圧増加速度の関係を示している。ここで間隙水圧増加速度は、図-4 の傾きにあたる。崩壊時の平均時間雨量が 55(mm/hr) 付近の 3 つの実験結果についてみると、最大時間雨量と P-1 の間隙水圧増加速度に比例関係が存在する。最大時間雨量が大きいほど、p-1 の間隙水圧増加速度が大きくなる。

表-2 間隙水圧 P-1

	降雨強度	間隙水圧P-1上昇時間 (s)	間隙水圧P-1増加量 (Pa)
I	70mm/hr	130	1340
II	30mm/hr,70mm/hr	230	1470
III	15mm/hr,100mm/hr,70mm/hr	80	1000
IV	90mm/hr×2,70mm/hr	60	2020
V	60mm/hr×3,70mm/hr	40	640
VI	60mm/hr×1,70mm/hr	30	900
VII	30mm/hr×1,70mm/hr	20	360

表-3 間隙水圧 P-2

	降雨強度	間隙水圧P-2上昇時間 (s)	間隙水圧P-2増加量 (Pa)
I	70mm/hr	350	2300
II	30mm/hr,70mm/hr	540	2320
III	15mm/hr,100mm/hr,70mm/hr	200	1590
IV	90mm/hr×2,70mm/hr	800	2430
V	60mm/hr×3,70mm/hr	230	1770
VI	60mm/hr×1,70mm/hr	200	1570
VII	30mm/hr×1,70mm/hr	220	1000

4. 結論

本研究では、降雨履歴が斜面崩壊に与える影響を評価するために、模型土槽を対して降雨強度を変動させ、斜面崩壊を発生させる模型実験を行った。その結果、法先底部の間隙水圧上昇から法面内底部の間隙水圧 P-1 上昇そして崩壊というプロセスをたどることがわかった。また、平均時間雨量が大きくなるほど崩壊時間が短くなることや同じ平均時間雨量の場合、最大時間雨量が大きいほど間隙水圧増加速度が大きくなることを示した。

参考文献

- 1) 久田裕史: 過剰間隙水圧を考慮した崩壊土の運動に対する斜面安定解析手法の提案, 第 65 回土木学会中国支部発表会, 2014 年

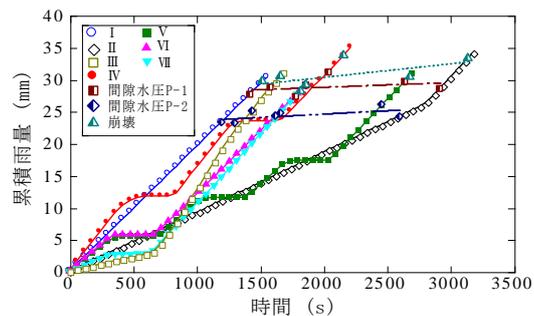


図-2 時間と累積雨量

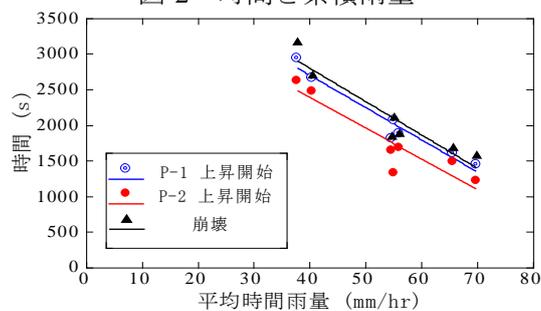


図-3 平均時間雨量と時間

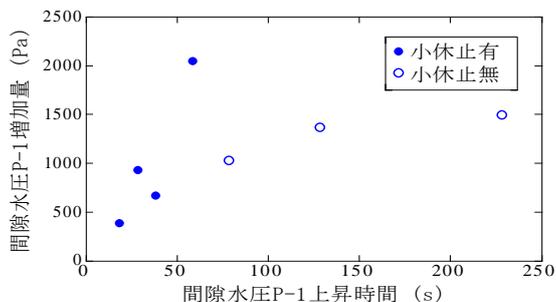


図-4 間隙水圧 P-1 の上昇時間と増加量

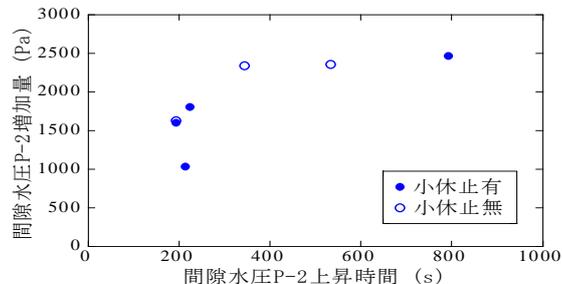


図-5 間隙水圧 P-2 の上昇時間と増加量

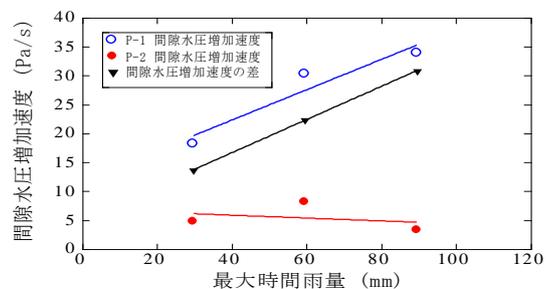


図-6 最大時間雨量の影響