

降雨による模型斜面の崩壊挙動

山口大学大学院 学生会員 ○久田 裕史 居石 和昭
山口大学大学院 正会員 中田 幸男 兵動 正幸

1. 序論

平成21年7月山口県防府市では観測史上1位の1時間降水量72.5mm, 24時間降水量275.0mmを記録し, 豪雨に伴う土砂災害により22名の死者を出した. このような甚大な被害をもたらす土砂災害から多くの人命や財産を守るためには, 降雨による斜面崩壊が発生するときの土砂の挙動を把握することが必要である. ここではまさ土を用いた模型斜面と降雨装置を用いて実際の豪雨に近い降雨を再現し, 実験的に降雨による斜面崩壊を発生させることによりその挙動について検討した.

2. 実験概要

本研究で用いた模型斜面と降雨装置を図-1に示す. 模型斜面は急斜面部である角度40°, 長さ58.5cm, 幅30cmの部分と緩斜面部である角度20°, 長さ52.0cm, 幅30cmの部分に分かれている. 緩斜面部の端部のみ地下水の流出が可能である. 降雨装置は幅30cm, 長さ70cmであり, 水位を調整することにより降雨強度を変化させることができる. 試料は防府の現場を参考にまさ土を用い, その比較対象として豊浦砂を用いた. 模型地盤は9つのブロックに分け防府の土砂災害現場の値¹⁾を参考に乾燥密度 $\rho_d=1.45\text{g/cm}^3$, 含水比10%となるように締固めて作成した. 降雨強度は防府の豪雨から最大70mm/hrとし, 降雨強度の違いによる影響を把握するために50, 60mm/hrについても行った. 模型斜面の側面は透明の亚克力板が使用され, 降雨開始から崩壊に至るまでを模型斜面の正面と側面からビデオカメラを用いて撮影した. 斜面の急斜面部3箇所(図-1のX, Y, Z)に加速度計を, 各ブロックの境目(図-1のA~G)にガラスビーズを設置し挙動を観測した.

3. 降雨による模型斜面の崩壊挙動

図-2にまさ土の降雨強度70mm/hrのときの加速度計の挙動を示す. 加速度計のZ点が最初に反応し, その後X点, Y点が反応していることがわかる. これは斜面が崩壊するうえでZ点が最初に動き出し, その後X, Y点が動き出したことを示している. Z点は基盤勾配が40°から20°に変化している付近であることから基盤勾配の変化点付近が崩壊の起点であることを示している.

崩壊挙動に与える試料の影響を把握するためにまさ土と豊浦砂に関して降雨強度50, 60, 70mm/hrの斜面崩壊実験を行った. 写真-1にまさ土の典型的な崩壊の様子を示す. まさ土は全て

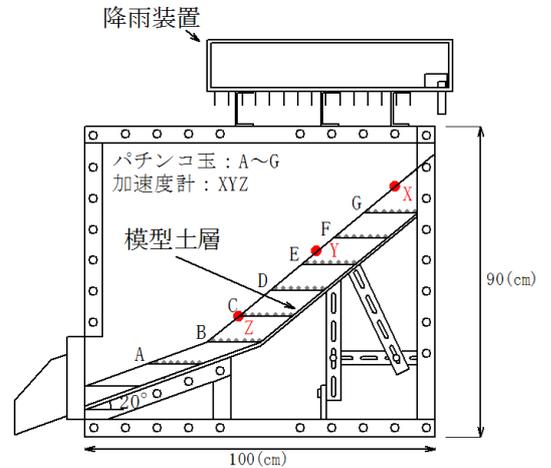


図-1 模型斜面と降雨装置

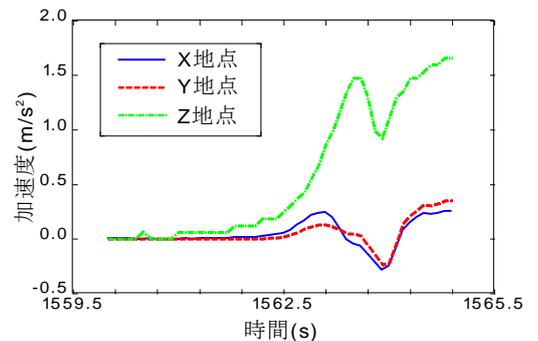


図-2 まさ土・降雨強度70mm/hrの加速度

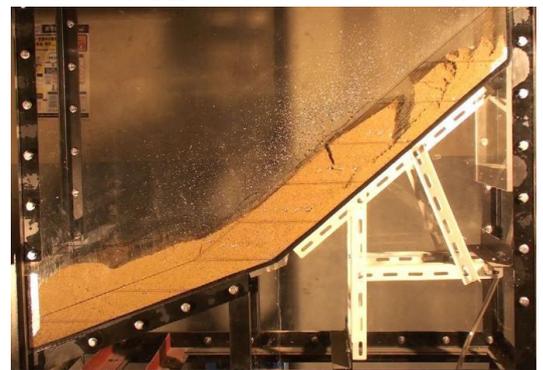


写真-1 まさ土の典型的な崩壊の様子

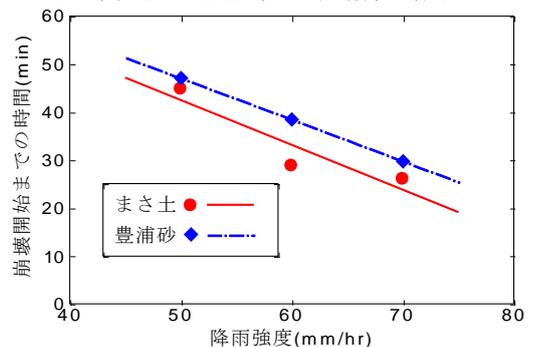


図-3 降雨強度と崩壊開始までの時間

の降雨強度において、崩壊時間は数秒間で終息したが、豊浦砂は全ての降雨強度において崩壊は数十分かかった。ここで崩壊時間とは崩壊土砂に速度が発現してから0になるまでの時間である。

図-3 は降雨強度と崩壊開始までの時間の関係を示している。崩壊開始までの時間は、まさ土において降雨強度 50mm/hr のとき 44 分 43 秒、60mm/hr のとき 28 分 43 秒、70mm/hr のとき 26 分 00 秒、豊浦砂は 50mm/hr のとき 47 分 00 秒、60mm/hr のとき 38 分 29 秒、70mm/hr のとき 29 分 40 秒である。試料の種類に関わらず、降雨強度が大きくなるにつれて崩壊開始までの時間が短くなっている。これは崩壊に至る土塊内の水量に降雨強度が大きいほど早く達するからである。全ての降雨強度についてまさ土の方が豊浦砂に比べ、崩壊開始までの時間が短いことがわかる。

次に斜面崩壊の起点とみなされる基盤勾配の変化点付近である C 点に着目する。まさ土と豊浦砂の各降雨強度のガラスビーズの軌跡から得られた C 点の崩壊土砂の最大速度をそれぞれ図-4 に示す。各試料において降雨強度と最大速度の関係が見られないことから、降雨強度は最大速度に影響を与えていないことがわかる。全ての降雨強度においてまさ土の崩壊土砂は非常に速い速度で崩壊しているのに対し、豊浦砂は非常に遅い速度で崩壊していることがわかる。

図-5 に降雨強度と崩壊領域割合の関係を示す。試料の種類に関わらず降雨強度が大きくなるにつれて崩壊領域割合が大きくなっている。まさ土は降雨強度 50mm/hr の場合は急斜面部の上部が崩壊せず、崩壊領域が小さくなった。降雨強度 60, 70mm/hr の場合は急斜面部を含め全体的に崩壊し、崩壊領域 80%以上という大きな値となった。各降雨強度とも豊浦砂に比べまさ土の崩壊領域が大きくなっている。ここで図-6 にまさ土の模型斜面の急傾斜部の中央に配置した間隙水圧計 P-1 の挙動を示す。まさ土は斜面崩壊前から P-1 が上昇している。透水性の低いまさ土は保水性が高いため崩壊前の段階から徐々に飽和していき、P-2 付近の崩壊時に自重の増加や P-2 付近の崩壊で下部の支えがなくなったことにより崩壊した。それに対し透水性の高い豊浦砂は崩壊前の P-1 は降雨開始時の値と変わらないため、P-2 付近が崩壊しても P-1 付近の崩壊には至らなかった。以上のことから、まさ土は降雨により形成された地下水位が高いため崩壊時の飽和領域が豊浦砂に比べて広くなり、崩壊領域の違いに影響を与えたことがわかる。

4. 結論

本研究から砂の種類や降雨強度などの条件に関わらず、斜面崩壊は基盤勾配の変化点付近が起点であることがわかった。試料の種類に関わらず降雨強度が大きくなるにつれて崩壊までの時間は早くなり、まさ土の方が豊浦砂に比べ崩壊までの時間が短い。また、降雨強度に関わらずまさ土は豊浦砂に比べ崩壊速度が非常に速く短時間で崩壊する。さらにまさ土は豊浦砂に比べ飽和領域が大きく、特に降雨強度が大きい場合において崩壊領域が大きい。

4. 結論

本研究から砂の種類や降雨強度などの条件に関わらず、斜面崩壊は基盤勾配の変化点付近が起点であることがわかった。試料の種類に関わらず降雨強度が大きくなるにつれて崩壊までの時間は早くなり、まさ土の方が豊浦砂に比べ崩壊までの時間が短い。また、降雨強度に関わらずまさ土は豊浦砂に比べ崩壊速度が非常に速く短時間で崩壊する。さらにまさ土は豊浦砂に比べ飽和領域が大きく、特に降雨強度が大きい場合において崩壊領域が大きい。

参考文献

- 1) 後田真里ら：土石流災害の発生した勝坂および奈美地区におけるまさ土の地盤材料特性，第 46 回地盤工学研究発表会講演集，pp.1830-1831，2011。

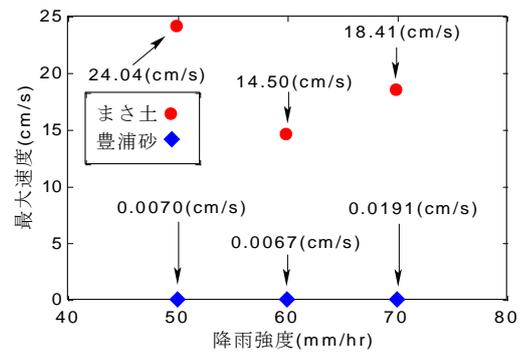


図-4 降雨強度と最大速度

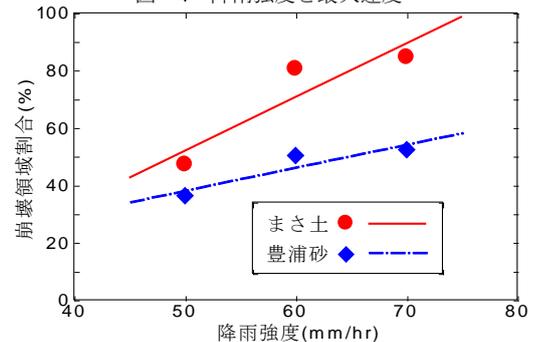


図-5 降雨強度と崩壊領域割合

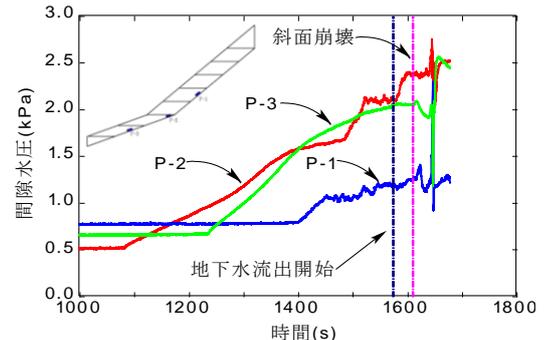


図-6 まさ土・70mm/hr のときの間隙水圧の時刻歴