

不飽和砂質土斜面における表層崩壊発生に関する実験と安定解析

京都府立大学大学院生命環境科学研究科 吉田衣里 松村和樹 高濱淳一郎

1. はじめに

降雨浸透による表層崩壊について、飽和度上昇に伴う粘着力の減少と土層の自重の増加の2つの崩壊発生要因に着目した表層崩壊機構「不飽和モデル」(松村, 2003)(図-1)による崩壊の検証実験を行った(吉田, 2008)。その結果、「粘着力の低下」と「土層重量の増加」によって、不透水層上面を崩壊面としない表層崩壊が発生することが検証できた。本発表ではその結果と飽和度の違いによるせん断抵抗力変化を組み合わせることで、安全率の時間的変化を求め、モデルの妥当性を検討したことについて報告する。

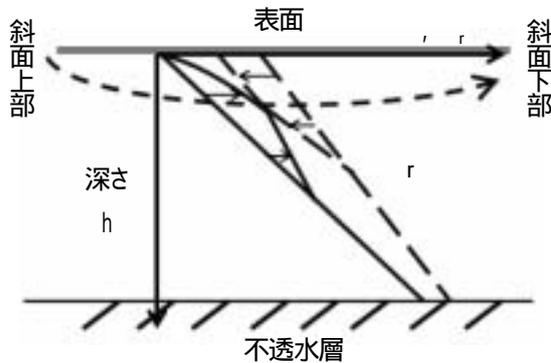


図-1 「不飽和モデル」による表層崩壊の概念図
(σ :せん断力, τ :せん断抵抗力)

2. 実験方法

2.1 斜面崩壊実験

斜面長 270cm, 土層幅 40cm, 土層厚さ 30cm, 勾配 45° の斜面を砂質土であるマサ土を用いて作成し, 崩壊実験は人工降雨装置を用いた。また, 土層下端から4ヶ所の位置について土層表面の鉛直方向に土壌水分計を3基, 計12基設置し, 土壌水分量の経時変化を計測した。更に土層底面にかかる間隙水圧を同時に計測した。実験装置を図-2に示す。また, 使用したマサ土は最大粒径 9.52mm, 中央粒径 0.80mm, 均等係数 16.5 である。なお崩壊は水路下流端から 225 ~ 125cm 付近で発生しており(図-3), 下流端の土圧の影響はないと考えられる。

2.2 せん断試験

土層の含水量変化に伴うせん断抵抗力および粘着力変化を調べる為, 含水状態を変化させ一面せん断試験を行った。一面せん断試験の供試体の大きさは W150mm × L150mm × D80mm であり, 3種の荷重条件で行い粘着力と内部摩擦角を求めた。

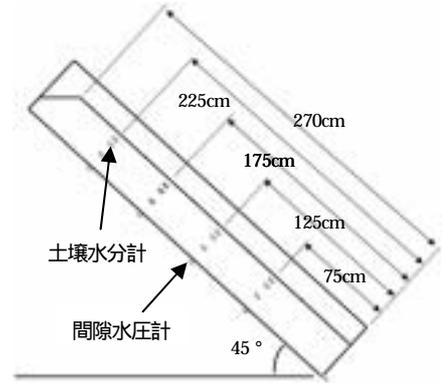


図-2 実験装置

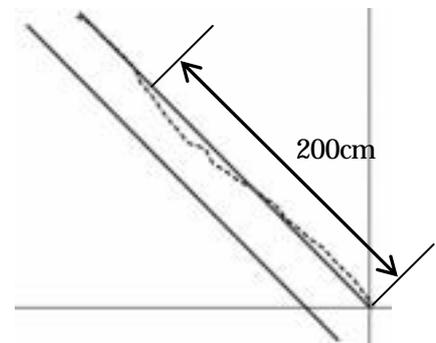


図-3 崩壊後断面図

3. 実験結果および考察

崩壊が発生した6ケースにおいて崩壊深が約7~10cmであり, 土層厚さ 30cm であるので崩壊は水路床面(不透水層上面)をすべり面としないものであった。また実験における土壌水分の時間的変化(図-4)を見ると, 表層部の飽和度 S_r のみが増加している状態が崩壊が発生したことがわかる。この結果から地下水が生じていない不飽和状態で崩壊が発生していたと予測される。間隙水圧についても殆ど上昇しておらず, 土壌水分が深部まで浸透していないことから間隙水圧上昇が要因で崩壊は発生していないといえる。

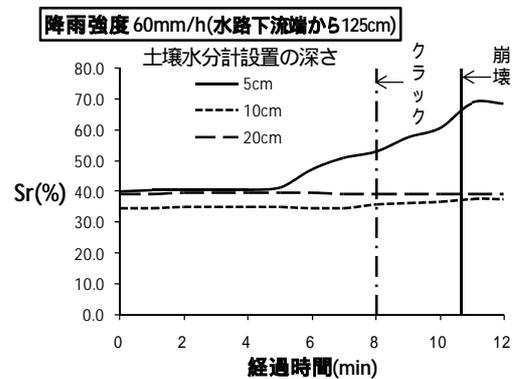


図-4 飽和度の時間的変化(降雨強度 60mm/h のとき)

次に、崩壊実験における安定解析を行った。安定解析は土壌水分変化があった深さ 5cm について行い、「不飽和モデル」の適応性をみる為、せん断試験の結果より得られた粘着力と内部摩擦角を用いて飽和度に応じたせん断抵抗力を求め、更に飽和度上昇に伴った自重の増加を考慮した。なお斜面安定解析は無限長斜面を仮定して行った。図 - 5 に安全率の時間的变化を示す。降雨強度 36mm/h および 34mm/h(図 - 5・下から 2 番目と一番下)のケースにおいて、水路下流端から 175cm の位置の安全率が崩壊発生前に上昇していることがわかる。これは 225cm 付近に発生した上部クラックによって水みちが変わった為と考えられる。これは 175cm の位置の土壌水分量が減少したデータと対応している。またこの傾向はクラック発生から崩壊までの時間が長くなる降雨強度の小さいケースにおいて見られるものである。しかしどの実験ケースを見ても安全率 F_s は降雨浸透に伴って低下し始め、急激な安全率の低下後クラックが発生していることがわかる。そして、一旦緩やかな低下または平衡状態が続き、次に安全率が低下を始めた時に概ね崩壊が発生している。このことから、土壌水分の増加に伴ったせん断抵抗力の変化と土層の自重増加によるせん断力の増加を考慮して行った安定解析は崩壊現象をうまく捉えているといえる。したがって不透水層上面をすべり面としない不飽和状態の表層崩壊は、飽和度上昇に伴う「粘着力低下」と「土層の自重増加」が要因で発生するとしている「不飽和モデル」が妥当であることが示された。

4. おわりに

今回表層崩壊実験について、飽和度の違いによるせん断抵抗力の変化と自重変化を考慮して斜面土層内の安全率の時間的变化を求めた。その結果、本実験における表層崩壊機構は、飽和度上昇に伴う「粘着力低下」と「土層の自重増加」が要因で発生するとしている「不飽和モデル」が妥当であることが示された。この解析は実験における土壌水分データを基にしたものであるが、更に不飽和浸透流解析を行うことで斜面の降雨浸透過程を予測し、「不飽和モデル」による崩壊のシミュレーションに繋げることが可能と考えられる。今後「不飽和モデル」による表層崩壊の発生予測に向けてこれらの中に取り組み予定である。

5. 参考文献

松村和樹(2003): 風倒木地における山腹表層崩壊に関する研究, 東京大学農学研究科学学位論文, p.116-145
 吉田衣里・松村和樹・三好岩生(2008): 不飽和砂質土斜面における表層崩壊発生機構の検証実験, 平成 20 年度砂防学会研究発表会概要集, p.428 - 429

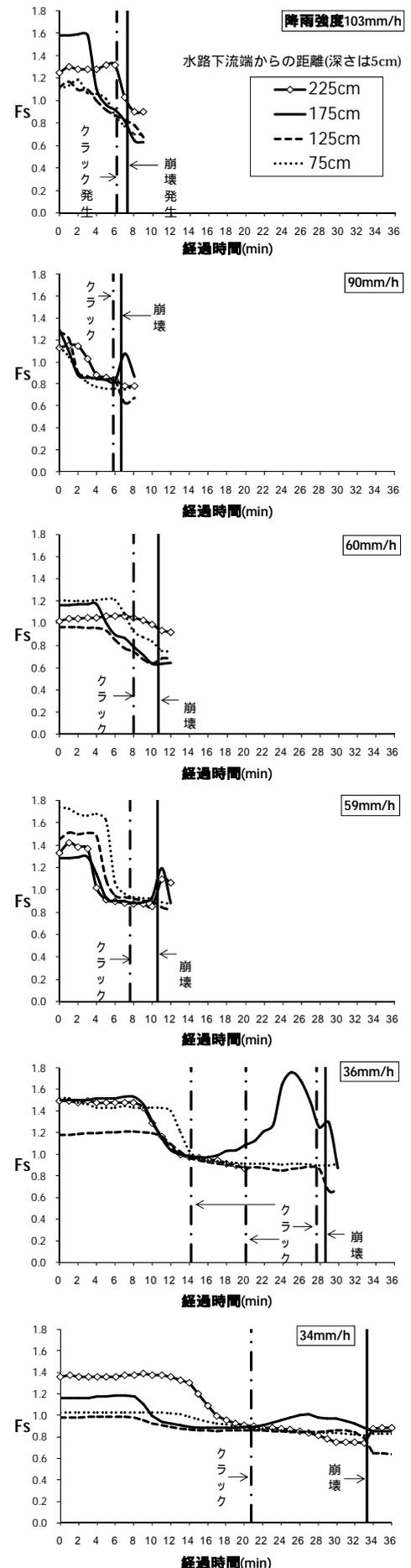


図 - 5 安全率 F_s の時間的变化