

遠心力模型実験による豪雨シミュレーション

豊田工業高等専門学校 正会員 ○小林 睦
松井 みゆき
九州工業大学 正会員 廣岡 明彦

1. はじめに

我が国は、斜面災害が多発する梅雨・台風襲来期のような豪雨期を有しており、特に、近年では局所的な豪雨に見舞われる機会が多く、災害に対する危険度は増加傾向にあるといえる。一方で、公共事業費は削減傾向にあり、当然防災事業に充てられる予算も限られてくる。このような状況の中で、防災・減災に取り組むためには、地域住民に対するソフト対策を充実させる必要がある¹⁾。ところで、一般市民レベルにおいて防災知識向上を目指すためには、視覚的に現象の発展過程が認識できる遠心模型実験が有効なツールと言われている²⁾。

本報告では、遠心力場における浸透現象に関する時間の相似則を考慮して、間隙流体の粘性を調節した豪雨散水シミュレーションを紹介し、降雨強度および盛土築造時の飽和度が崩壊挙動に及ぼす影響について述べる。

2. 実験システム

図-1 に実験システムを示す。模型縮尺は 1/50 であり、締固め度：80%，実規模斜面高：5m，法面勾配：45 度である。模型地盤を作製するにあたって、所定の含水比に調節した試料を模型土槽に投入し、乾燥密度 $\rho_d = 1.6 \text{ g/cm}^3$ になるように締め固める。締固め層厚は 2cm とし、この作業を模型斜面高以上まで繰り返す。締固め終了後に、型枠を用いて斜面模型を成形する。模型地盤の表面は遠心加速度の半径に併せて湾曲させている。

本研究で用いた試料は、加水量を多くすると団粒化するために、これを締め固めると、模型地盤の随所にマクロ・ポロシティと呼ばれる間隙の大きな領域が形成される特徴を持つ。

表-1 に実験条件を示す。括弧内の数値は実規模換算値である。遠心力载荷中は、模型土槽に搭載した CCD カメラにより模型地盤の挙動を観察、記録している。

3. 実験結果および考察

散水シミュレーションの結果、この種の遠心模型実験でしばしば問題になるような異常な水食は観察されなかった。このことは、適切に遠心力場豪雨散水実験が行えたことを示唆している。

3. 1. 降雨強度の影響について

盛土の崩壊挙動に降雨強度の違いが及ぼす影響を検証すると、Sr45R30 および Sr45R70 の両実験ケースともに、降雨開始から早い段階での表層崩壊が確認された。図-2 に Sr45R30 における崩壊状況を示す。このケースにおいては、散水開始から 23 分後（実規模換算）に盛土が表層崩壊を起こしたことが観察された。一方、降雨強度が大きくなれば崩壊開始時刻は若干早く、散水開始から

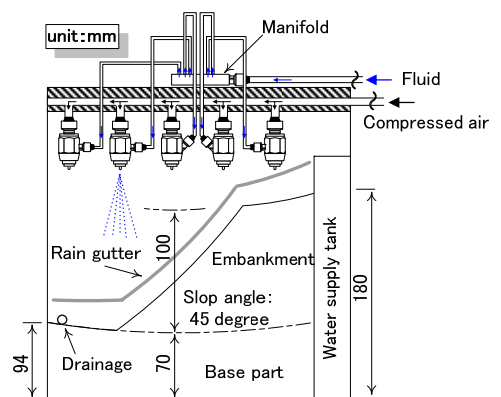


図-1 実験システム図

表-1 実験条件

実験コード	飽和度 (%)	降雨強度 (mm/Hr)	散水時間 (min)
Sr45R30	45	30	60 (50Hr)
Sr45R70	45	70	60 (50Hr)
Sr80R40	80	40	180 (150Hr)



図-2 崩壊状況 (Sr45R30)

キーワード 遠心模型実験，斜面崩壊，豪雨

連絡先 〒471-8525 愛知県豊田市栄生町 2-1 豊田工業高等専門学校 TEL 0565-36-5876

18 分後までには崩壊が発生していた。これらのケースにおいては、崩壊現象が表層のみで発生するものであり、盛土全体の変形は確認できなかった。このような崩壊の発生機構は、斜面表層部の飽和度が上昇することによるせん断抵抗力の低下と、土塊重量の増加に起因するものと考えられる。

図-3, 4 に崩壊実験後の地盤内含水比分布を示す。図中の■は盛土形状を示しており、含水比測定箇所は表層部、および 2cm 程度深部である。ここで、地盤の初期間隙比が変化していなければ、飽和含水比は $w=21.9\%$ である。図より、盛土表層部においても完全に飽和していないことが指摘できる。これより、雨水は表層部の崩壊土塊とともに斜面下部へ流下していったものと推察される。さらに、これらの図より降雨強度の違いが殆ど見られないことから、降雨強度が、雨水の浸潤強度を上回るような豪雨であれば、表層崩壊の危険性を第一に考えなければならないであろう。

3. 2. 初期飽和度の影響

図-5 に、Sr80R40 における散水開始から 50 時間後の模型地盤の様子を示す。これより、地盤の初期飽和度が高いケースでは、表層崩壊の発生が確認できない。このように、崩壊機構が異なってきたのは、降雨の浸透状況の違いによるものであると考えられる。すなわち、本研究で用いた地盤材料においては、締固め時の含水比が高くなるとマクロ・ポロシティが形成されるため、これにより地盤の透水能力が高くなったためであると考えられる。このケースにおいては、降雨 50 時間を経過してから盛土の表層崩壊が発生した。

図-6 に散水時間 150 時間後の盛土の変位ベクトル図を示す。これより、盛土内部にせん断変形を起こしている領域を確認することができる。これは、雨水の浸透による飽和度の上昇に加えて、盛土内水位の上昇によるせん断抵抗力の低下および土塊重量の増加によって盛土全体の安定性が低下したものと推察される。

4. おわりに

本研究においては、豪雨時の斜面崩壊メカニズムを調べるために、遠心力場における浸透現象に関する相似則を考慮した散水実験を実施した。その結果、比較的乾燥した地盤においては、豪雨時には斜面の表層部の飽和度が上昇し、降雨開始後の早い時期に崩壊が観察された。また、同一の地盤材料で築造した盛土においても締固め施工時の含水比が高くなれば、地盤内にマクロ・ポロシティが形成される場合があり、これによって雨水の浸透能力が増し、やがて盛土内に浸透流が発生して斜面全体の変形が観察された。

《参考文献》

- 1) 中筋章人：なぜ「土砂災害ハザードマップ」はできないのか、応用地質，第 46 巻，第 5 号，pp. 250-255，2005
- 2) 岡村未対，竹村次朗，上野勝利：講座 遠心模型実験－実験技術と実務への適用－ 2. 遠心模型の相似則，実験技術－利点と限界，土と基礎，vol. 52，No. 10，pp. 37-44，2004

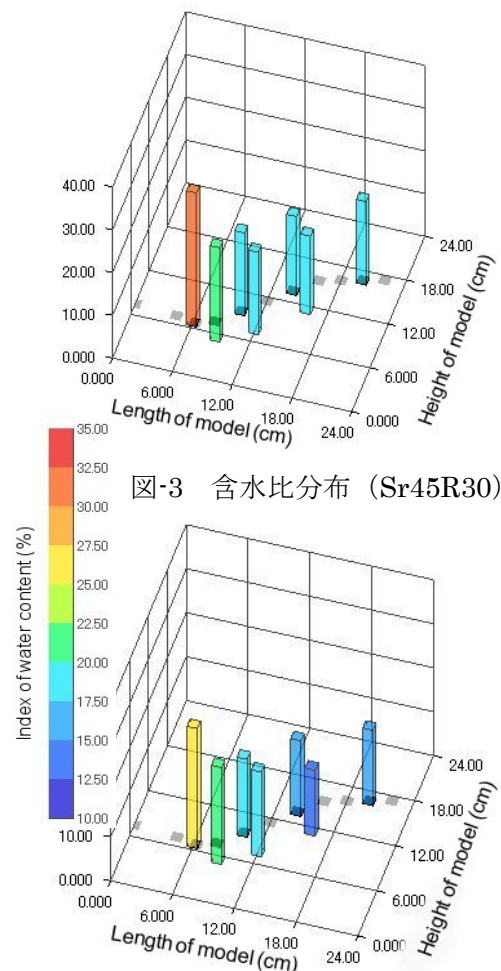


図-3 含水比分布 (Sr45R30)

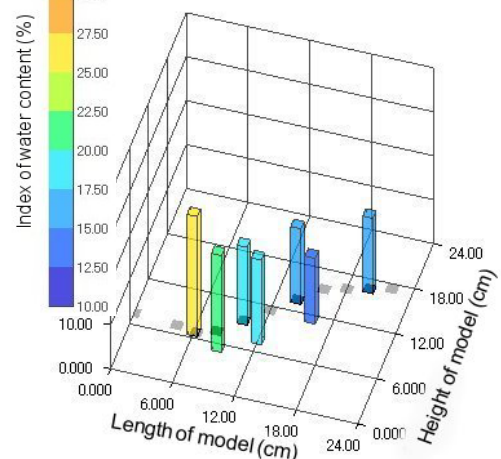


図-4 含水比分布 (Sr45R70)



図-5 変形状況 (Sr80R40)

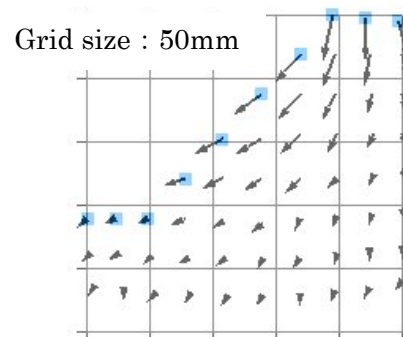


図-6 変位ベクトル図 (Sr80R40)
(図中の■は斜面形状を表す)