

谷地形を有する模型ため池堤体の降雨浸透実験

宮崎大学 正会員 ○神山惇 末次大輔 福林良典
 宮崎大学 学生会員 田中健介
 大阪工業大学 正会員 藤本哲生

1. はじめに

近年、多発する豪雨により全国各地でため池が被災している。平成30年の西日本豪雨では、広島、岡山県を中心に32箇所のため池において堤体が決壊し、死者が生じた¹⁾。豪雨時におけるため池は、貯水位の上昇に加えて堤体表層への降雨が浸透し、飽和化することで堤体が不安定化すると考えられる。一方で、現行のため池の設計指針²⁾では、すべり破壊に対する安定性評価において、豪雨による貯水位の上昇に伴う堤内浸潤線の上昇だけが組み込まれており、降雨浸透の影響は考慮されていない。また、堤体中央部の最大断面に対する安定性を評価するのが一般的であるが、著者らが近年の豪雨で被災したため池の現地調査を行ったところ、実際には堤体のアバット(堤体両端)付近で多くのため池が被災していることが確認された。この原因には、谷を堰き止めて造成されたため池堤体の場合、アバット付近の堤体断面が堤体中央の最大断面に比べて小さいため、降雨が早く浸透し、堤体の飽和化も早いためと考えた。そこで本研究では、模型堤体に対する降雨実験を行い、基礎地盤の谷地形効果が堤体の飽和化に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。谷地形が有る堤体と無い堤体の2ケースの実験を行い、降雨時のすべり発生位置の変化と堤体が飽和化する過程の違いを検討した。

2. 実験方法

(1) 模型堤体の作製方法

図-1に谷地形あり(case1)の模型堤体の概要を示す。堤体の天端幅は25cmであり、最大断面の堤高は40cmである。勾配は36°とした。左岸側に約10度の傾斜を設けて、谷地形を再現した。右岸および左岸から30cmの位置の断面をそれぞれ、最大断面およびアバット断面とした。また、case2として、谷地形なしの一樣断面(寸法は上記最大断面と同様)の堤体を作製した。基礎地盤は、不透水

層となるように、防水材料を塗布した木材で作製した。図-2に最大断面とアバット断面の寸法および水分センサーの設置位置を示す。図中の番号はセンサーのNo.である。堤体土には真砂土を使用した。図-3に粒度曲線を示す。模型堤体は10層に分けて締固め度 $D_r=85\%$ になるようバイブレータで締固めた。変水位透水試験により、 $D_r=85\%$ における真砂土の透水試験は $3.4 \times 10^{-5} \text{m/s}$ である。

(2) 降雨実験の方法

貯水位がcase1では24cm、case2では28cmになるまで湛水し、各センサーの挙動が定常になったことを確認した。最大24時間静置した後、貯水位は一定の下で、時間雨量80mm/hの降雨を約1時間作用させた。降雨装置は、散水ポンプと拡散ノズル(いけうち製)で構成される。堤体全域に均一な雨が降ることを事前に確認している。

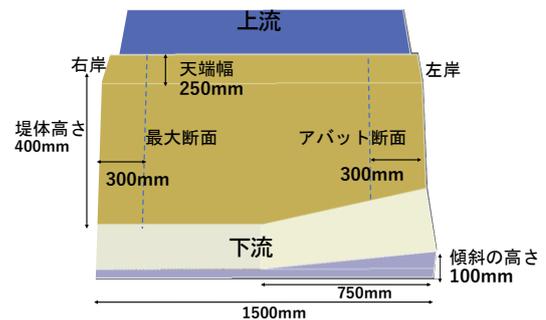


図-1 谷地形有の模型堤体の概要

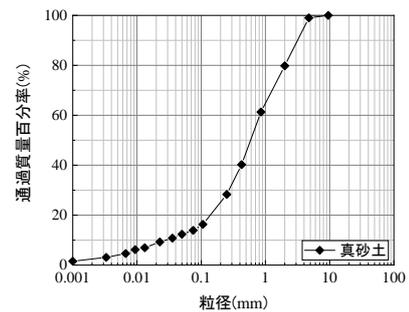


図-3 真砂土の粒度曲線

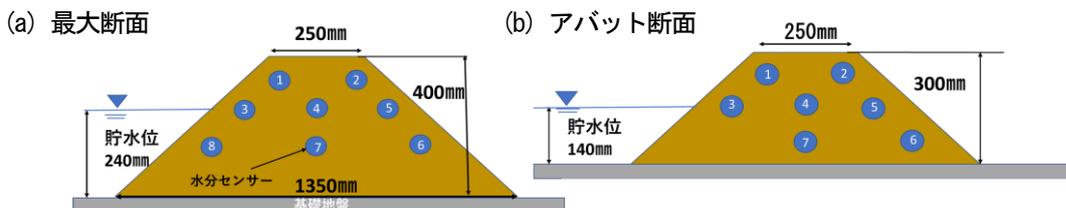


図-2 各断面の模式図

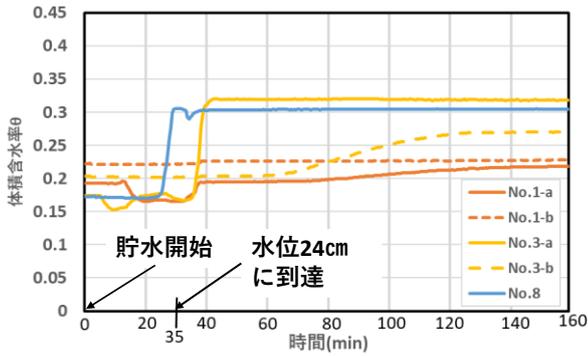


図-4 湛水時の上流側水分センサーの経時変化 (case1)

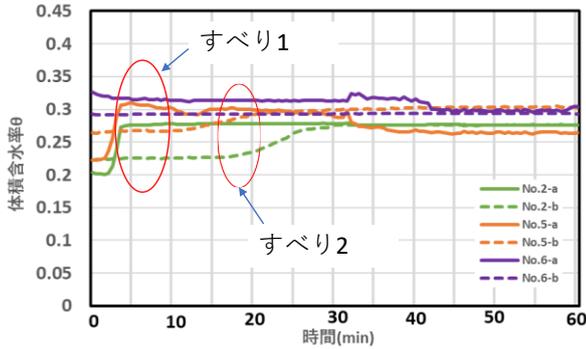


図-5 降雨時の下流側水分センサーの経時変化 (case1)

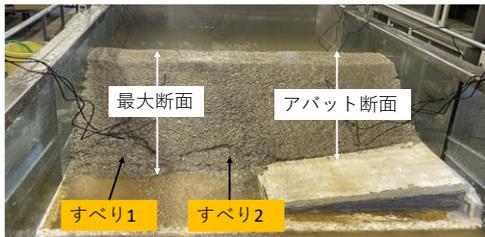


写真-1 降雨1時間後の堤体 (case1)

3. 実験結果と考察

(1) case1谷地形ありの実験結果

図-4にcase1の湛水時における上流側に設置した各センサーの体積含水率 θ と記録時間の関係を示す。なお、図中の凡例において、No.にaが併記されたデータが最大断面、bが併記されたのがアバット断面に設置したセンサーである。湛水開始約20分で、堤体の最下段に設置した最大断面のセンサーNo.8の θ が上昇した。水位が24cmに達した35分の時点でNo.3-aが反応し、その後定常に至っている。しかし、アバット側のNo.3-bでは、No.3-aと比較して θ の上昇が遅く、定常状態に達した時点の θ の値も小さい。この傾向は堤体中央に設置したセンサーでも同様であった。

図-5は降雨中の下流側水分センサーの経時変化である。最終的にはいずれのセンサーも $\theta \approx 0.3$ に至り、堤体全体の飽和度が上昇している。なお、事前にセンサーの校正を検討した結果、 $\theta = 0.35$ の時に、飽和度が約90%であった。図-5より、アバット側に設置したセンサーの上昇が最大断面のそれよりも遅いことがわかる。写真-1は降雨終了後の下流法面の状況である。最大断面の法尻にすべりが2箇所発生したが、アバット側に変状は見られなかった。この

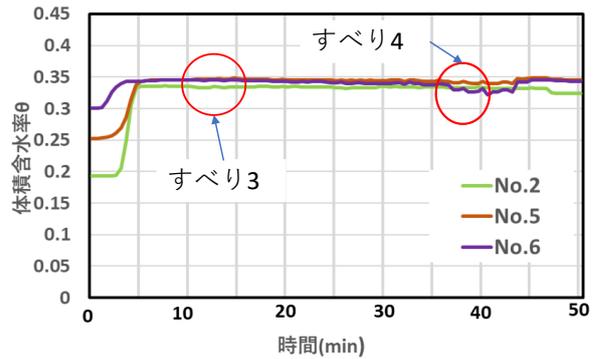


図-6 降雨時の下流側水分センサーの経時変化 (case2)

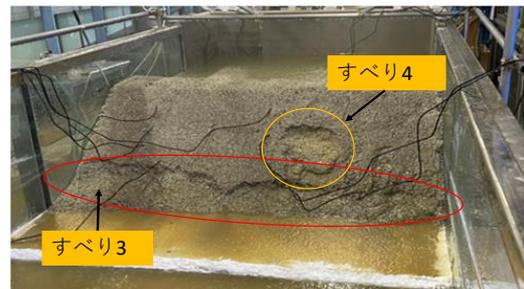


写真-2 降雨1時間後の堤体 (case2)

ことから、傾斜を設けたことで、アバット付近から最大断面に向けて堤体側方から浸透水が回り込みながら飽和化に至ったと考えられる。縦断方向と横断方向の浸透水が合流する最大断面に水が集中したため、浸透力によって最大断面ですべりが生じたと考える。

(2) case2谷地形なしの実験結果

図-6に、case2の降雨時における下流側水分センサーの経時変化を示す。いずれのセンサーも降雨開始5分以降、 θ が定常状態に至っている。また、写真-2に降雨終了時の堤体の状況を示す。降雨開始から約15分までの間に、下流側の法尻 (法先から約20cm) にすべり破壊が生じた (すべり3)。さらに、降雨開始40分において、堤体中央にすべり破壊が生じた (すべり4)。すべり4の発生時に、堤体が緩んだため、 θ が減少している。

4. まとめ

谷地形を有するため池堤体への降雨浸透挙動を検討するために、2ケースの模型堤体を作成し、降雨実験を行った。case1では傾斜を設けたことで、浸透流が最大断面に集中したと考えられる。今後は、斜面の勾配を大きくして、浸透流の合流点がアバット側に近寄るかを検証し、崩壊箇所の変化を明らかにしていく。

参考文献

- 1) 平成30年7月豪雨による農地・農業用施設等の被災状況 <http://www.maff.go.jp> 2021年12月28日閲覧
- 2) 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計指針「ため池整備」, 2015.