

谷地形に造成されたため池堤体への降雨浸透挙動の解明に関する研究

宮崎大学 学生会員 ○川野純也

宮崎大学 正会員 神山惇 末次大輔 福林良典

大阪工業大学 正会員 藤本哲生

1. はじめに

近年、豪雨により全国各地でため池が被災しており、死者が生じる事例も発生している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面への降雨が浸透し、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、ため池の設計指針²⁾では、豪雨時の堤内浸潤線の上昇要因として、貯水位変動だけが与えられており、降雨浸透は考慮されていない。また、著者らの調査によると、過去3年間の豪雨災害において、浸透破壊または決壊したため池33箇所の内、半数以上はアバット付近（堤体両端）で崩壊している。この原因として、谷地形に造成されたため池（谷池）では、堤体表層から浸透した降雨が基礎地盤の傾斜を伝うことで、堤体縦断方向の浸透流がアバット付近に生じるためと考えられる。そこで、本研究では、模型堤体を用いた降雨実験を行い、ため池の基礎地盤の谷地形が堤体の降雨浸透挙動に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。基礎地盤に谷地形が有る模型堤体と無い模型堤体に対して降雨実験を行い、堤体の崩壊発生位置の変化と堤体内部の水分挙動の違いを検討した。

2. 模型実験の方法

谷地形あり（ケース1）の模型堤体の概要を図-1に示す。ケース1の堤体の天端幅は25cmであり、最大堤高は40cmである。法面勾配は36°とした。左岸側に30°の傾斜を設けて谷地形を再現した。傾斜と平

地の合流点の位置を合流断面、左岸から35cmの位置の傾斜上に位置する断面をアバット断面とした。また、実験ケース2として、谷地形なしの一樣断面（寸法はケース1の合流断面と同様）の堤体を作成した。基礎地盤は不透水層となるように、防水材を塗布した木材で作成した。図-2に合流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、10層に分けて締固め度 $D_c=85\%$ になるようにバイブレーターで締め固めた。 $D_c=85\%$ における真砂土の透水試験は $3.4 \times 10^{-5} \text{m/s}$ である。降雨実験は、貯水位が24cmになるまで湛水し、約18時間静置した。各センサーの挙動が一定なったことを確認した後、貯水位一定の下で、時間雨量80mm/hの降雨を120分作用させた。

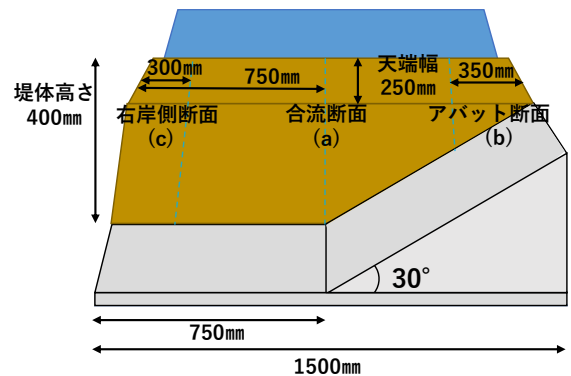


図-1 谷地形有の模型堤体

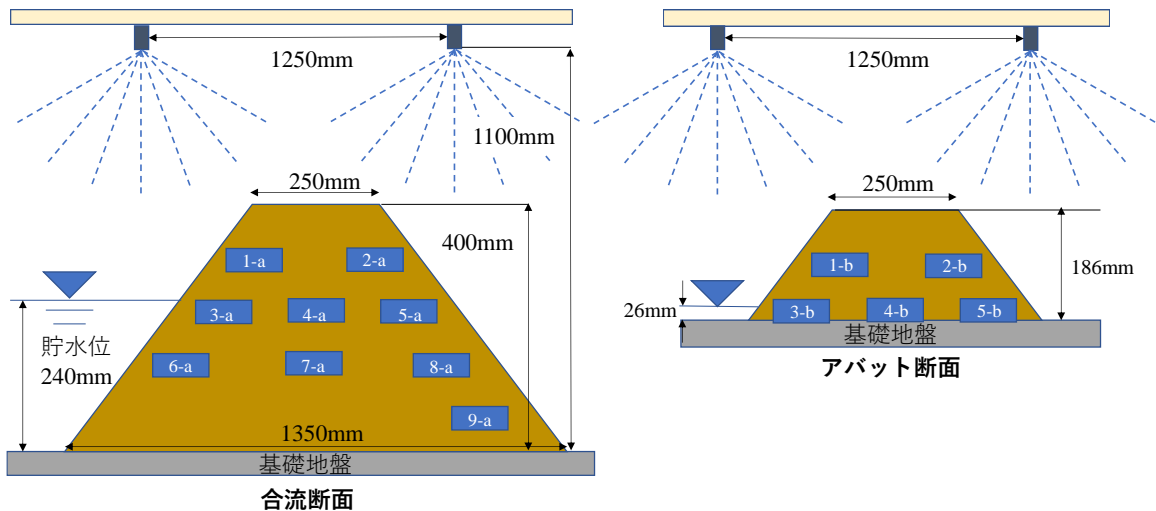


図-2 各断面の模式図

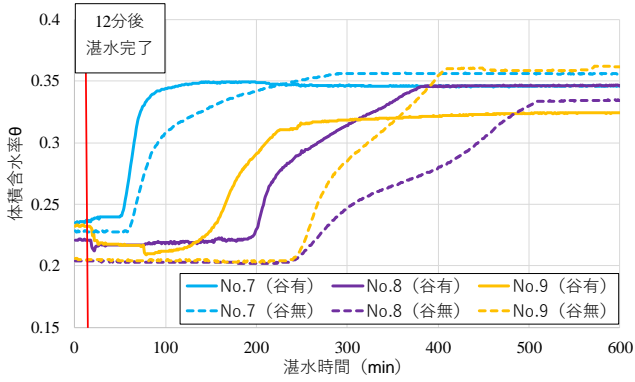


図-3 湛水時における含水率の挙動

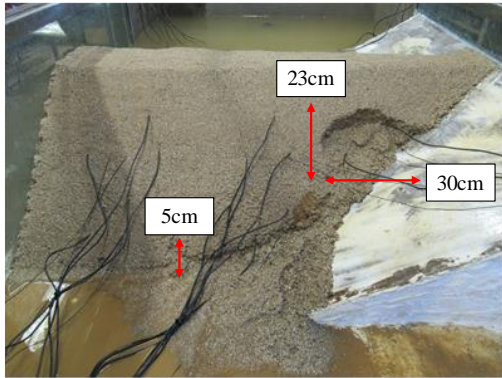


写真-1 降雨終了後の模型堤体 (ケース 1)



図-4 降雨時における下流側法面の含水率挙動

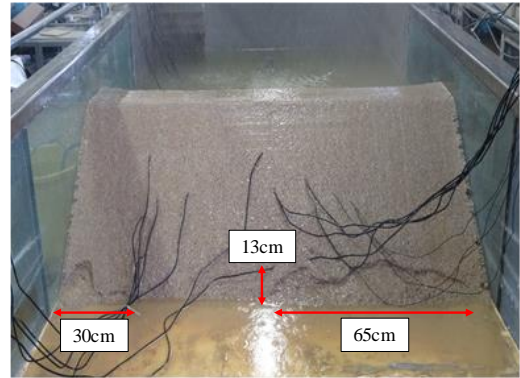


写真-2 降雨終了後の模型堤体 (ケース 2)

3. 実験結果と考察

図-3 にケース 1 の合流断面, ケース 2 の中央断面に設置した各センサーの体積含水率 θ と時間の関係を示す. 最終的には図中のいずれのセンサーも浸潤線以下になるため, θ が 0.3 程度に至っている. センサーの値を校正した結果, $\theta \approx 0.3$ の時に, まさ土の飽和度が約 95%であった. 両実験ケースともに下流側のセンサーでは, 下段のセンサーから順に反応している. 谷地形の有無による貯水の浸透挙動に着目すると, 同じ No. のセンサーの挙動を比較した場合, 谷有のセンサーの方が谷無と比べて θ の上昇が早く, 特に下流側の No.8 は約 50 分, No.9 は約 165 分先に反応している. また, 中央側の No.7 は約 10 分先に反応している. 図示していない他のセンサーにおいても下流側のセンサーほどこの時間差は顕著であった. 傾斜を設けたことで, 堤体側方から浸透水が回り込み, 下流側法尻の飽和が早まったと考えられる.

図-4 に降雨時におけるケース 1 とケース 2 の下流側法面の最上段に設置した No.2 のセンサーの経時変化を示す. 谷なしのケース 2 の場合は, 毛管現象の影響により, 貯水位以上であっても湛水の時点で No.2 の θ が 0.3 を上回っている. 降雨浸透によって最終的にはいずれのセンサーも θ が 0.3 程度に至った. 谷ありのケース 1 では, アバット側の No.2-b が降雨開始後約 1 分後に θ が上昇し始めており, 他のセンサーよりも反応が早い. しかしながら, 降雨開始 6 分以降から θ の上昇が緩やかになり, 最終的には No.2-b の θ の値は他のセンサーよりも小さい. 写真-1 および写

真-2 は降雨終了後のケース 1 とケース 2 の下流側法面の状況である. 谷なしのケース 2 は法尻が小崩壊しただけだが, ケース 1 では合流断面からアバット側にかけて崩壊が生じた. 堤体のアバット付近に浸透した降雨が基礎地盤の傾斜を伝うことで, 堤体側方から浸透水が回り込み, 堤体が飽和化した. その結果, 傾斜上に位置する堤体アバット部において鉛直・横断・縦断方向の浸透力が最も作用したことで, 崩壊が生じたと考えられる.

4. まとめ

谷地形を有するため池堤体の水分挙動および崩壊発生位置を検討するために 2 ケースの模型堤体を作成し, 降雨実験を行った. ケース 1 では傾斜を設けたことで, 降雨による堤体鉛直方向の浸透流, 貯水による横断方向の浸透流に加えて, 基礎地盤を伝う縦断方向の浸透流が作用した. 3 方向の浸透流がアバット部で最も作用したため, 崩壊が生じた. 今後は, 3 次元 FEM 解析も行い, 谷地形が堤体の降雨浸透挙動に及ぼす影響を明らかにしていく.

謝辞 本研究は, 宮崎『ひと・まち・みらい』づくりに関する研究・活動等助成事業の支援を受けた. 関係各位に謝意を表す.

参考文献

- 1) 公益社団法人地盤工学会:平成 30 年 7 月豪雨を踏まえた豪雨地盤災害に対する地盤工学の課題—地盤工学会からの提言—, 2019.
- 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.