

外水の浸透による微小な堤体表面変位を基にした浸潤面の予測可能性の検討

愛媛大学 正会員 伊藤公孝
愛媛大学院 正会員 岡村未対

1. はじめに

河川堤防は不均一で、高水時には局所的な欠陥が破堤に繋がる場合がある。洪水時の目視点検では、変状発生前に堤体の変状発生危険度を検知できない。地盤工学分野では均一な盛土への降雨や高水による浸透・法面崩壊の予測は、飽和・不飽和土の力学挙動解明とモデル化の研究が進展し、大方予測可能となった。また、透水に伴う土の内部侵食やパイピングの研究も進んでいる。しかし、堤体材料の力学情報を前提とした力学フレームの中だけでは、現状の堤防の破堤危険箇所を抽出することは極めて困難であり、膨大な延長のために、既往の調査法やセンサー設置で内部状態の把握は非現実的である。近年、レーザー測量機器による MMS や ALOS-2 衛星技術等の発展により、地表面変位情報が高密度・高精度に取得可能になりつつある。本研究では、近い将来にリアルタイムで取得可能となり得る微小な堤体表面変位から堤体内部の把握、安全性の変化を評価し得る可能性を実験的に検討する。

2. 実験概要

実験模型は次のように作成した。始めに、アクリル板表面に東北硅砂 8 号を接着し、盛土底面が水みちとなることを防ぐために 5mm 角のアクリル棒 5 本を等間隔にアクリル板上に設置した。堤体は、含水比 8% にした東北硅砂 8 号を仕上がり厚さ 2cm で締固め層厚 6cm の水平地盤を作成後、図 1 に示す形状にヘラで削り整形して作製した。土槽に給水槽と電磁弁を接続し、さらに、表面変位測定用のレーザープロファイラを設置し、遠心模型実験装置に搭載した。なお、外水位と堤内水位観測用の小型間隙水圧計を図 1 に示す盛土内の 6 箇所および盛土外側の 1 箇所に設置した。

実験は遠心載荷装置を用い、40G の遠心場にて透水実験を行った。以降は原型スケールで述べる。図 1

に各 Case の外水位の時刻歴を示す。300~500 時間の間高水位をほぼ一定に保ち、その後は水の供給停止後 600 時間程度放置した。実験条件を表 1 に示す。Case1 は締固め度 85%、含水比 8% で堤体を作製し、Case2-1 は締固め度 90%、含水比 8% で作製した模型の実験である。一方、Case2-2 は Case2-1 にて一度透水実験を行った後、遠心装置を一旦停止し模型の観察及び給水タンクへ給水を行い、再度遠心装置を稼働させて行った実験である。一旦停止した時点での飽和度は、天端付近で約 45%、中心付近で約 55%、底面付近で約 67% であった。

3. 実験結果

図 2 に各 Case の A~F 地点の表面変位量と堤内水位の時刻歴を示す。堤体の初期飽和度が低い Case1,2-1 は、外水位上昇から高水位保持中、さらには水位低下中にも全ての地点で沈下した。一方、初期飽和度が高い Case2-2 の変位は極めて小さく、わずかに隆起した。しかし、水位保持を続けると沈下する。その要因として、堤体表面の沈下や隆起は浸水による有効応力減少とコラプス現象¹⁾の 2 つの要因²⁾³⁾が考えられる。初期飽和度の低い Case1,2-1 はコラプス現象が卓越し沈下現象が地表面に現れた。これに対し、初期飽和度の高い Case2-2 は有効応力減少による膨張現象とコラプスによる沈下現象が拮抗もしくは膨張が卓越したと考えられる。

図 3 は各ケースの実験開始時と終了時の盛土形状を示す。ただし変位量が非常に小さいため、変位を 50 倍に拡大している。Case1,2-1 は盛土が全体的に沈下している。Case2-1 の天端は変位が非常に小さいが法面中央から法尻ま

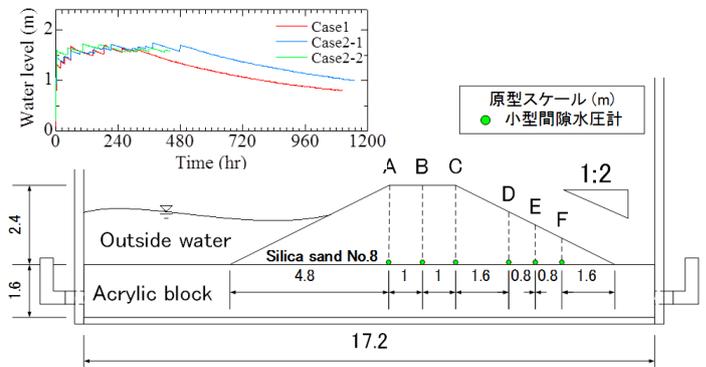


図 1 模型実験断面図と外水位時刻歴

表 1 実験条件

実験ケース	遠心場	締固め度	相対密度	初期飽和度
Case1	40G	85%	50%	20%
Case2-1		90%	69%	22%
Case2-2				天端 45% 底面 67%

では Case1 程度の沈下が確認できる。

Case2-2 は変化が微小ではあるが、盛土全体は隆起している。全ケースの法尻付近で変位が大きく確認できた。

図4に各ケースの代表的な地点である D~F 地点の法面鉛直変位量と堤内水位の位置を示す。D~F 地点の変位量は 500 倍して示す。Case 1 は9時間後までは法面の変位が生じてい

ないが、9~19時間の間に沈下が急増した。また、Case 2-1 では3時間後から沈下が急増しており、これらの時点では浸潤線が法面直下まで到達していない。これより、法面の微小な鉛直変位を観察することで浸潤線の先端が法尻に達する前にその予兆現象を捉えることに繋がる可能性があるものと言える。

4. まとめ

本研究では、砂質堤防に洪水を作用させ、浸潤線の進展に伴う堤体表面変位の微小な変位を遠心模型実験で計測した。法面の微細な鉛直変位の計測により浸潤線が法尻に達する前に予兆を捉えることができる可能性があることが分かった。

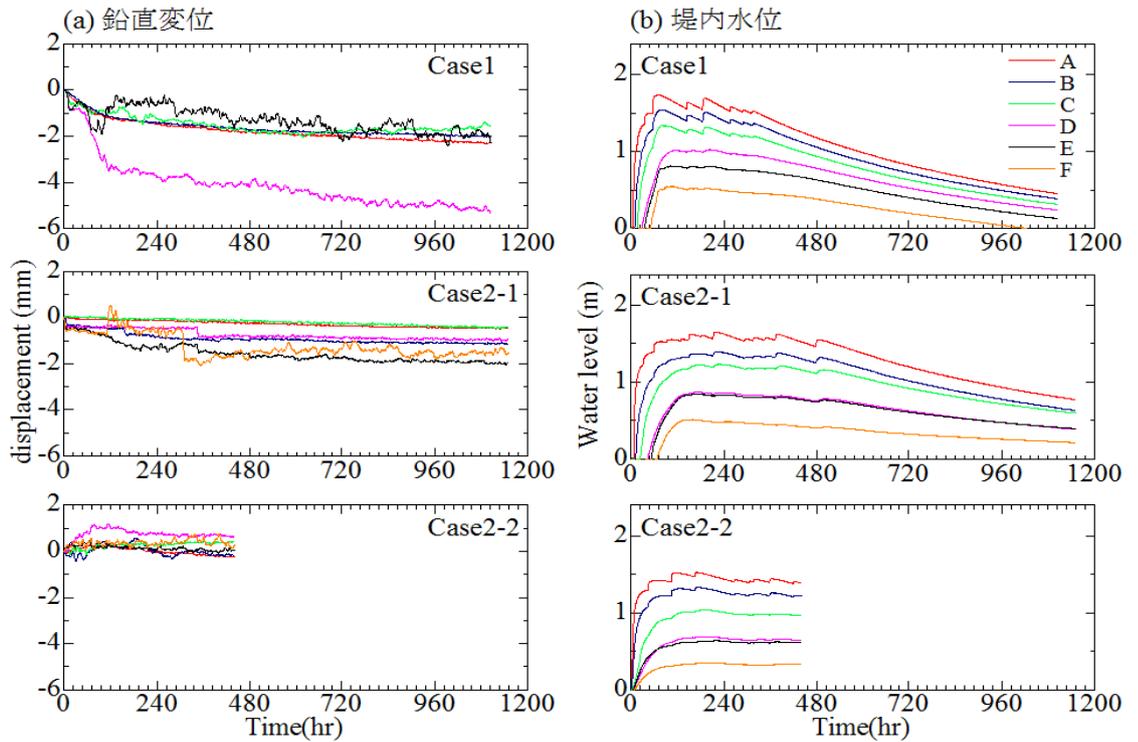


図2 堤体表面変位時刻歴と堤内水位時刻歴

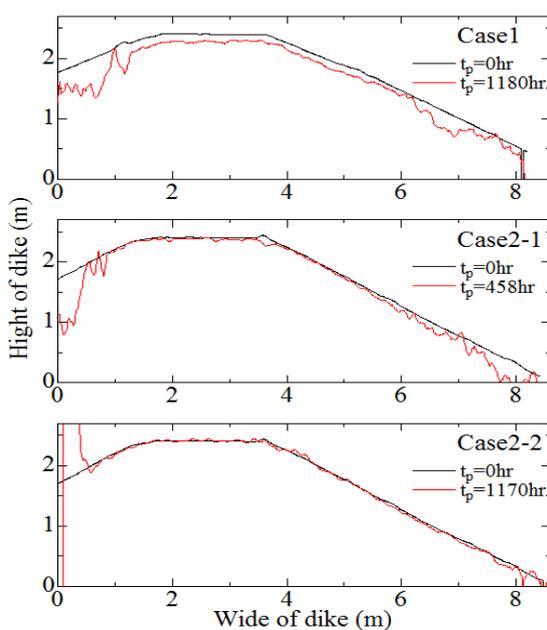


図3 実験開始時と終了時の盛土形状

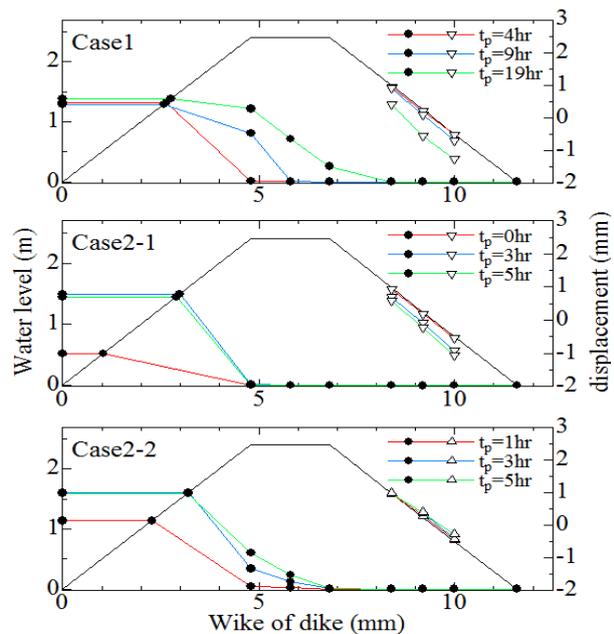


図4 実験開始時の堤内水位

参考文献 1)D.G.Fredlund, H.Rahardjo : 不飽和土土質力学, pp63-65,334-399. 1993 2) 岡本健太, 李俊憲, 澁谷啓 : 盛土材料の水浸沈下特性に及ぼす上載圧と初期含水状態の影響, 第49回地盤工学研究発表(北九州)D-09, pp399-400, 2014,7 3) 岡本健史, 榎本雅夫 : 締固めたシルト質土に水浸に伴うコラプス沈下挙動, 土木学会論文集 No.505/III-29, pp97-103, 1994.12