

水位変動に伴う樋門周辺堤防の劣化に及ぼす水頭差の影響

名城大学大学院 学生会員 ○劉 天明
 名城大学 正会員 崔 瑛・小高猛司
 建設技術研究所 正会員 李 圭太

1. はじめに

樋門・水門などの堤防横断構造物の周辺の堤防内には、ゆるみ領域や空洞の存在がしばしば確認されており、それらの分布や規模によっては堤防の安全性に重大な影響を及ぼすことになる。平成10年以降、樋門の設計は柔構造を基本としている¹⁾が、今なお現存する樋門の多くは杭基礎を有する剛構造樋門である。

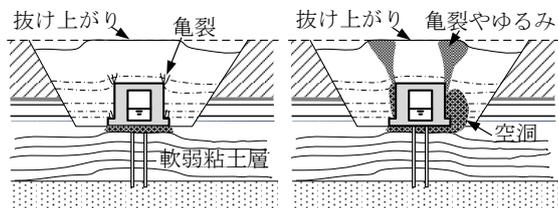
図1²⁾は剛構造樋門周辺の空洞およびゆるみ領域の発生・発達過程の模式図である。杭に剛支持された剛構造樋門では、基礎地盤の沈下に伴い底盤直下に空洞等が生じ、その後、樋門の側方から上部にも空洞等が拡大していくと考えられる。しかしながら、このような空洞やゆるみ領域のような劣化領域（以下、劣化）の発生・発達の過程はあくまで推測の範囲内であり、実験や数値解析では明確に示されてはいない。本報では、二次元模型実験によって、堤防内の水位が繰返し変動する浸透条件下において、樋門底盤下の空洞に樋門側壁周辺の土砂が吸い出されることによる空洞やゆるみ領域の発生・発達過程および水頭差による影響について検討した。

2. 実験概要

図2に模型実験の概要を示す。本実験では模型地盤に作用する水頭を変化させるため、給排水装置（Tank_H, Tank_L）と、Tank_Hに給水するための給水タンクを用いた。Tank_Lは平時における低水位をモデル化したものであり、水頭は樋門底面と同じ高さに設定した。Tank_Hは洪水時の河川水位上昇による高水位をモデル化したもので、その高さは変更できる。模型地盤に作用する水頭は、Tank_H, Lと土槽本体を繋げる栓H, Lを開閉することによって繰返し変化させ、洪水時と平時における水位の繰返し変動を模擬した。高水頭時にTank_Hより供給される水は、透明アクリル製の実験土槽の下部の栓Hより空間bに流入した後、樋門の下部空洞を通過して模型地盤に流入する。低水頭時には、逆の経路を辿り栓LからTank_Lに出される。

模型地盤は、三河硅砂6号を使用し、含水比4.0%に調整後、間隙比0.9となるように各層20mm厚ずつ（土被り320mm, 20層）慎重に締め固めた。また層間には観察用の色砂（最大粒径280 μ m）を敷いた。模型地盤作製後、次の手順で繰返し浸透実験を行った。(1) Tank_Hと実験土槽を繋ぐ栓Hを開き、30秒高水頭を保つ。この際、模型地盤に水が浸透し始めた時を実験開始時とする。(2) 30秒経過後、栓Hを閉じると同時に、Tank_Lと実験土槽を繋いでいる栓Lを開き、30秒、低水頭を保つ。(3) 手順(1), (2)を繰返し行い、周辺地盤の挙動が変化を示さないと判断した段階で実験終了とする。なお、すべての実験において、実験過程を通してビデオ撮影を行い、色砂の歪み具合でゆるみ領域を判断する。

本報では、水頭差による影響について検討するため、Tank_Hの位置を変化させたCase_1~3の計3ケースについて検討を行った。各ケースにおける水頭差は、それぞれ400mm, 320mm, 240mmである。



樋門下部地盤の沈下に伴う抜け上がりやクラックの発生 → 樋管沿いに漏水が発生
 → 堤体内に空洞が形成

図1 空洞・ゆるみ領域の発生・発達過程 (文献2)を加筆修正

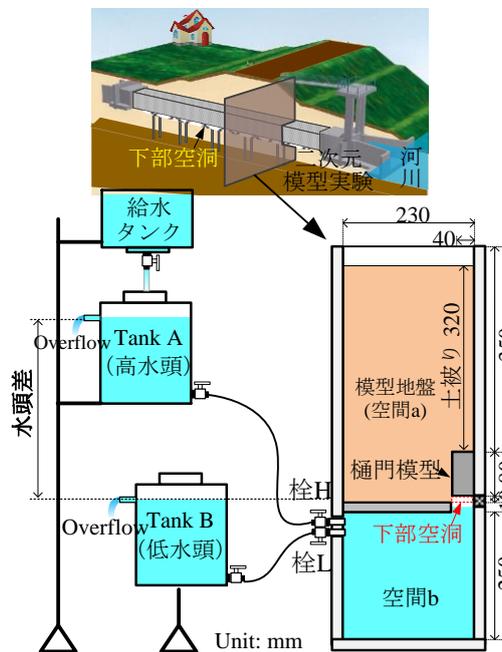


図2 実験模型の概要

3. 実験結果

写真 1~3 に、水頭差が異なる 3 ケース (Case_1, _2, _3) における、地盤内で典型的な変状が見られた時点の様子を示す。写真中の実直線は高水位の高さ、点線は浸潤状況を示している。なお、実曲線はビデオ撮影した写真から推定して読み取ったゆるみ領域であり、点線は空洞の領域を示す。

写真より、Case_2 では 10 回目の排水(L10)を行う際に、ゆるみ領域が発生していることに対し、水頭差が大きい Case_1 では 5 回目の排水時(L5)、水頭差が小さい Case_3 では 15 回目の排水時(L15)にそれぞれゆるみ領域が生じる。また、Case_2 では 15 回目の排水(L15)を行う際に、空洞(黄色点線枠)が発生しているのに対し、水頭差が大きい Case_1 では 9 回目の排水時(L9)、水頭差が小さい Case_3 では 19 回目の排水時(L19)にそれぞれ空洞が生じる。実験より、いずれのケースにおいても主に排水時において周辺地盤の劣化が拡大する様子が確認できた。さらに、写真より水頭差が小さくなるほどゆるみ・空洞など劣化の発生・発達が遅れていることが分かる。

図 3, 4 に、給排水に伴うゆるみ領域および空洞の経時変化を示す。横軸は、給排水サイクルの回数を示す。縦軸は、実験中に撮影した写真から目視で判断したゆるみ領域や空洞の面積を計算したものである。Case_1, 2 を比較するとでは、水頭差がより小さい Case_2 でゆるみ領域や空洞の発生が Case_1 より若干遅れているものの、その後ほぼ同じ速度で進行して行く傾向が見られる。水頭差が最も小さい Case_3 では、ゆるみや空洞の発生時刻およびその進行速度いずれも非常に遅い結果が見られる。以上より、水頭差が大きいほど、樋門周辺に発生するゆるみ・空洞の発生・発達が早まると言える。

4. まとめ

本実験では樋門周辺の地盤に作用させる水頭を繰返し変化させることにより、樋門側面部から地盤上部に向かって、垂直方向にゆるみ領域並びに空洞が発生、拡大の様子が観察できた。排水時、樋門周辺の地盤に下向きの浸透力が作用することにより、樋門周辺地盤は下部空洞に吸い込まれるように変位し、下部空洞付近の土粒子は吸い出され、空洞が拡大する。さらに、水頭差が大きいほど、樋門周辺に発生するゆるみ領域や空洞の発生・発達が早いことが分かった。今後は、模型地盤の粒度組成や間隙比、浸透条件、土被りなどの影響について更なる検討を行う必要がある。

参考文献：1) (財) 国土技術研究センター編：柔構造樋門設計の手引き，山海堂，1998。 2) 中島秀雄：図説 河川堤防，技報堂，pp.206-210，2003。

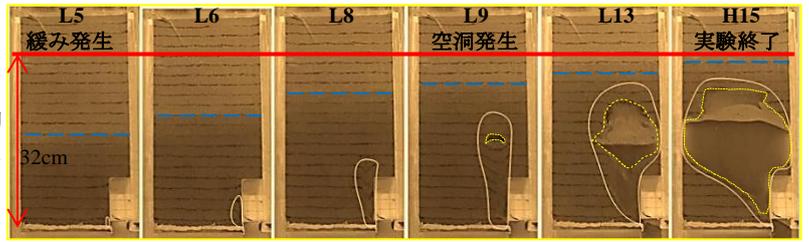


写真 1 Case_1(水頭差 400mm)における典型的模型地盤の様子

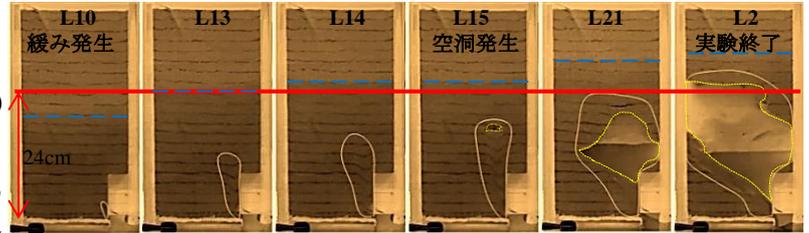


写真 2 Case_2(水頭差 320mm)における典型的模型地盤の様子

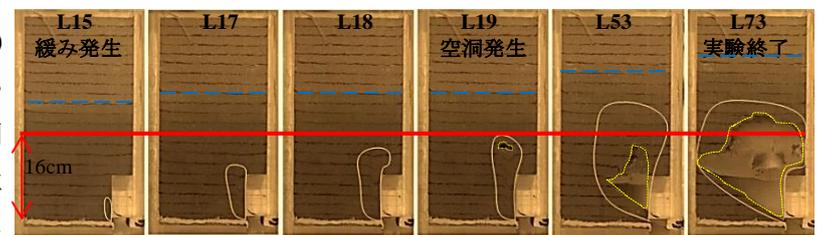


写真 3 Case_3(水頭差 240mm)における典型的模型地盤の様子

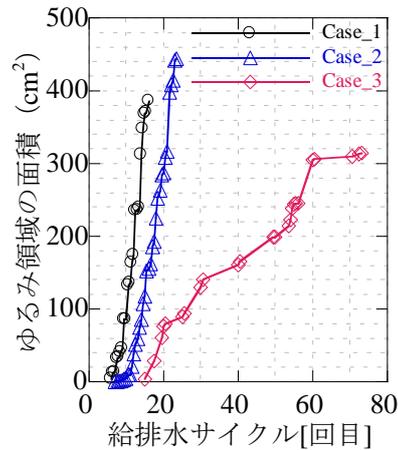


図 3 ゆるみ領域の面積関係

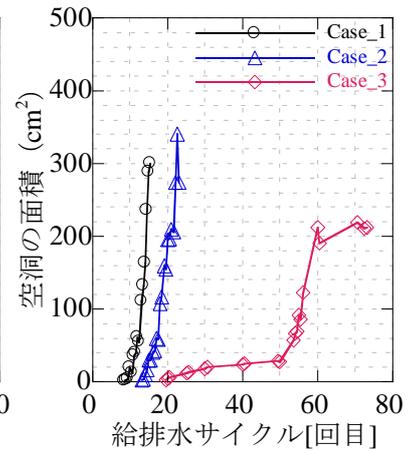


図 4 空洞の面積関係