

土被りが異なる樋門周辺の空洞化に関する模型実験

名城大学大学院 学生会員 ○中村太意
名城大学 正会員 小高猛司・崔 瑛
建設技術研究所 正会員 李 圭太・榎本文勇

1. はじめに

堤体内における樋門・樋管は周辺に空洞およびゆるみが発生する事例が報告されており、その空洞が豪雨・洪水時の浸透に対する堤防の安全性に重大な影響を及ぼす可能性がある。図1に樋門周辺の空洞およびゆるみ発生過程を示す¹⁾。杭により剛支持された樋門では、軟弱地盤の沈下に伴い、その底板直下に空洞が発生することは周知である。しかし、その空洞が樋門側方および上部に拡大していく過程は明確にされていない。本報では、豪雨・洪水等による水位変動に伴い、樋門周辺の土砂が吸出され、空洞が横および上部に広がると仮定し、樋門周辺の水位の変化を再現した模型実験を実施することにより、浸透による樋門周辺の空洞化過程および土被りがそれに及ぼす影響について解明を試みる。

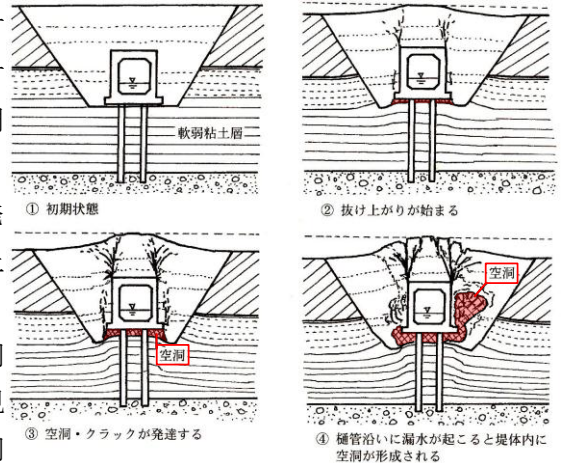


図1 樋門周辺の空洞およびゆるみ発生¹⁾

2. 実験概要

写真1に、本実験で用いた模型実験土槽の様子と寸法を示す。奥行き内寸は4cmである。樋門模型は、地盤および樋門の対称性を考慮して半断面のみを模擬し、実験土槽に固定させることで、杭などによる剛支持を表現した。また、樋門下の領域に意図的に空洞（写真中赤線で囲んだ部分）を設け、軟弱地盤の沈下に伴う樋門直下の空洞を模擬した。本実験では、樋門周辺の地盤に作用させる水頭を繰り返し変化させることにより、樋門側面部に鉛直方向の浸透力が上下方向に繰り返し作用する条件下での地盤挙動を観察した。模型地盤に作用する水頭を変化させるための給排水装置（図1のTank_H, L）と、Tank_H, Lに給水するための給水タンクを用いた。Tank_H, Lにはオーバーフローのための排水口を設け、給排水過程での水頭一定を図った。実験中給水タンクの栓（バルブ）は常にかき、Tank_Hのオーバーフローを確保する。本実験ではTank_H, Lと土槽本体を繋げるための栓H, Lの開閉を繰り返すことにより、実験土槽に作用させる水頭を繰り返し変化させる。実験土槽の底面を基準面とし、xおよびyはそれぞれ土槽底面からTank_LおよびHまでの位置水頭である。以下に、実験手順を示す。なお、実験試料として三河珪砂6号を用いた。(1)珪砂を含水比2.0%に調整し、間隙比0.9となるように各層2cm厚ずつ慎重に締め固める。(2)層間の境界をなくすため、各層の締め固め後に層の表面をほぐす。実験時の変化を確認するため各層の観察面

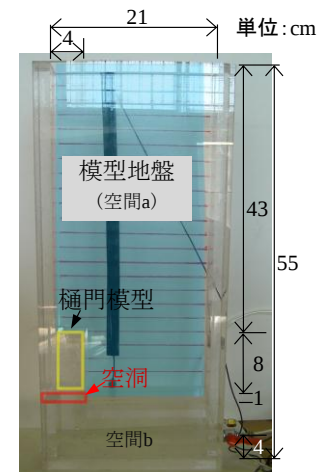


写真1 模型実験機の概要

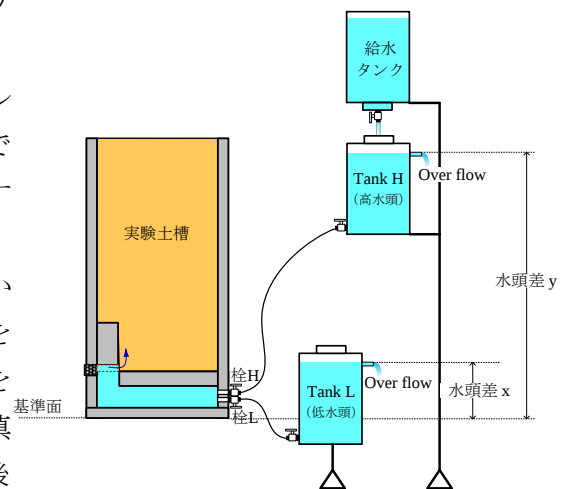


図2 模型実験の概要

キーワード：樋門 空洞化 浸透

連絡先：〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 (052-832-2347)

側にカラーサンド（最大粒径 280 μ m）を敷き、カラーサンドによる境界もなくすため再度層の表面を軽くほぐす。(3) 手順(1), (2)を繰り返し行い、模型地盤を作製する。(4) 給水タンクおよび給排水装置 Tank_H, L に十分水を入れ、Tank_H, L 給排水口と試験機の給排水口をチューブでつなげる。図 1 に示すように樋門模型より高い位置（以降位置 H と称す）、Tank_L は樋門模型下に水位が同高となる位置（以降位置 L と称す）に設置する。栓 H, L の開閉時間、すなわち高低水頭それぞれを維持する継続時間を設定する。本実験では高水頭の継続時間、すなわち栓 H の開放時間 Time_H および低水頭の継続時間すなわち栓 L の開放時間 Time_L は 30 秒とした。(5) 給水タンク Tank_H と実験土槽を繋げるための栓 H 開き、給水を行う。(6) 模型地盤に浸透し始めた時を実験開始時とし、高水頭を保つ。(7) 30 秒経過した後、栓 H を閉じ、60 秒間放置する。(8) 排水タンク Tank_L と実験土槽を繋げるための栓 L 開き、30 秒間低水頭を保つ。(9) 30 秒経過した後、栓 L を閉じ、60 秒間放置する。(10) 手順(6)～(9)を繰り返し行い、周辺地盤の挙動が変化を示さないと判断した段階で試験を終了とする。

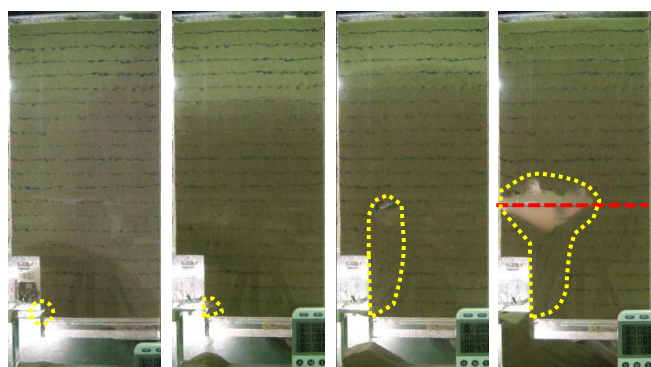
3. 実験結果

土被りが 32cm, 16cm の実験結果を Case_1, Case_2 とそれぞれ表し、Case_1 の実験結果を写真 2、Case_2 を写真 3 にそれぞれ示す。Case_1 を例に空洞の発生・発達過程を考察する。写真 2 より、位置 L-12 回目から模型地盤の流失が確認できる。その後、位置 H $\leftrightarrow$ L の工程を繰り返し行うことにより、ゆるみ領域・空洞は樋門に沿って上部に拡大していく様子がみられた。位置 L-16 回目を過ぎると模型地盤の崩壊により樋門の斜め上に空洞が発生し、位置 L-19 回目より模型地盤内のゆるみ領域・空洞は水平方向へと拡大していく様子が確認できる。なお、位置 L-19 回目以後は、模型地盤上部への飽和度上昇は継続して観察できるものの、空洞内に存在する水位は一定の高さを保っており、ゆるみ領域・空洞も進行しなくなる結果がみられた（写真中の赤点線）。なお、主に位置 L の時に土試料の流失が繰り返し発生し、これは位置 L では水頭の低下により樋門側面部の土試料が吸い出しを受けるためだと考えられる。Case_1, 2 を比較すると、土被りが比較的大きい Case_1 では、空洞が樋門から約 1.5D（D：樋門の高さ）の位置まで拡大する。これに対し、土被りが比較的小さい Case_2 では空洞が地表面まで進展し、地表面が大きく沈下する現象がみられた。これは、土被りが小さい場合はアーチ効果が得られず、地盤の緩み領域が地表面まで発達するためだと考えられる。

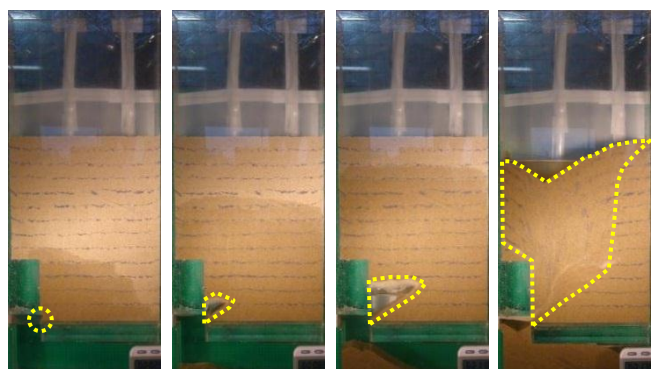
4. まとめ

本試験より、樋門周辺の地盤に作用させる水頭を繰り返し変化させることにより、ゆるみ領域や空洞が樋門側面部から地盤上部に向かって垂直方向に発生・発達し、樋門直上地盤まで拡大する様子が観察できた。模型地盤への給水時には土が飽和されて有効拘束圧が低くなる一方、排水時には下向きの浸透圧が作用するために樋門周辺に沿って土砂が流失することを繰り返し、ゆるみ領域や空洞が発生・発達することが確認された。土被りが小さい場合には、その空洞は地表面まで発達することも確かめられた。今後は、ゆるみ領域・空洞の寸法および変形に関する定量的な評価を行うとともに、模型地盤の粒度組成や間隙比、浸透条件などの影響について更なる検討を行う予定である。

参考文献：1) 中島：図説 河川堤防，技報堂，pp.206 - 210，2003.



位置 L-1 回目 位置 L-12 回目 位置 L-16 回目 位置 L-24 回目
写真 2 Case_1（土被り 32cm）



位置 L-1 回目 位置 L-3 回目 位置 L-4 回目 位置 L-6 回目
写真 3 Case_2（土被り 16cm）