

堤体内における樋門周辺の空洞化に関する模型実験

名城大学

学生会員 ○中村太意・高橋侑暉

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・樋管の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が、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。本研究では、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、土質材料や間隙比および水位の変化などの問題が、浸透による樋門周辺の空洞化に及ぼす影響および過程の解明を試みる。

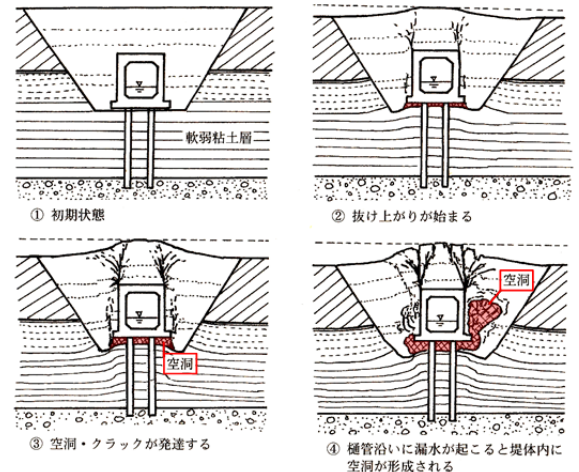


図 1 樋門周辺の空洞およびゆるみ発生過程¹⁾

2. 実験概要

写真 1 および図 2 の実験土槽に示すように樋門を半断面で模擬した。実験土槽の寸法は幅 32cm、高さ 55cm、奥行 4cm であり、底面より 10cm の位置に幅 4cm、高さ 8cm の樋門模型を設置した。初期条件として、樋門下の領域に意図的に空洞を設けた。実験試料は三河珪砂 6 号を用い、実験手順は以下のとおりである。(1) 珪砂を含水比 2.0% に調整し、間隙比 0.90 となるように、図 2 の領域 A および B を一層 2cm 厚ずつ、慎重に管理しながら締め固める。(2) 層間の境界をなくすため、各層の締め固めが終わる度に層の表面をほぐす。実験時の変位を確認するため各層の観察面側のみにカラーサンド（最大粒径 280 μ m）を敷くが、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) を計 21 層繰り返す。図 2 の領域 C に上部の給水口から 3.0 ml/sec の一定流量で給水する。1 回目は 1050ml、2 回目以降は 200ml を給水する。給水した水は図 2 の領域 D を伝い、領域 A の模型地盤に浸水する。なお、浸水経路は模型地盤と樋門模型との 1cm の隙間のみとしている。図 2 の領域 C の水位の下降がほぼ停止し、かつ模型地盤の変化が止まった時を浸水完了とみなし、その時点での領域 C の水位を計測する。(5) 排水を行う。図 2 の実験土槽右下に設置したバルブから行う。樋門下 4cm まで一気に排水した後、直ちにバルブを閉め、排水量を計測する。(6) 手順 (4), (5) を模型地盤の変化が上部に達するまで繰り返す。なお、水位の上下に伴って領域 A の隙間から土試料が流失するが、それらは領域 D に堆積する。また、試験時に撮影した画像から、土試料の流失量および地盤内水位を計測する。

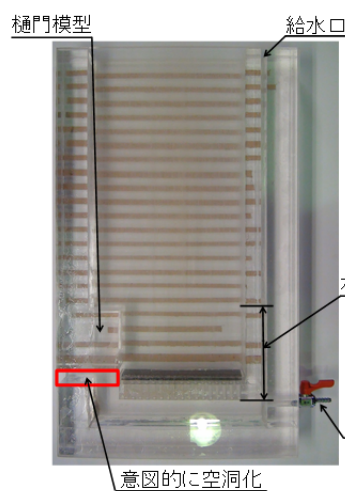


写真 1 模型試験機

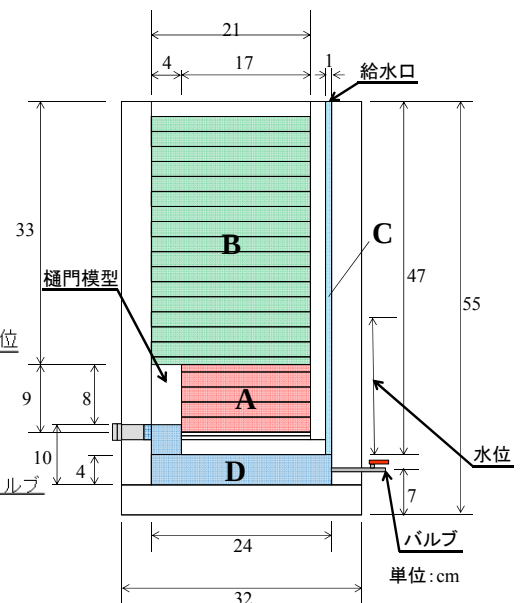


図 2 模型試験機寸法

3. 試験結果

図3に給・排水時の V_w/V_v を示す。 V_w は給水量であり、 V_v は模型地盤全体の初期間隙空気 の体積であり、両者の比を用いて模型地盤に浸透した水量の割合の目安とする。図4に給水完了時の領域Cでの水位、図5に画像から読み取った給・排水毎の土試料の流失量の変化を示す。写真2～7に、模型地盤の初期状態および典型的な変化が観察された時点での様子を示す。図3より、 V_w/V_v は給・排水の回数が多くなるにつれて緩やかに増加し、模型地盤内に水が蓄えられてゆく様子がわかる。図4より、領域Cでの水位は給水回数が多くなるにつれて緩やかに増加し、給水6回目以降に急激に増加する。これは給水によって模型地盤下部から順に飽和するが、さらに上部にまで浸水するためには大きな水頭差が必要となるためである。また写真7より、領域Dに流失した土試料が浸水を妨げていることも考えられる。図5より、給水1回目で模型地盤から土試料が多量に流失するものの、その後は給水時の流失はほぼなくなり、主に排水時に土試料の流失が繰返し発生している。写真4と5より、給水時には空洞の大きさおよび位置、流失量がほとんど変化していないことが確認できる。写真2～7の観察により、総じてこの条件の実験においては、樋門側面の地盤が変形し、そのゆるみ領域と考えられる領域から土試料が流失していくことがわかる。また、地盤の変形は樋門側面から真上方向に進行し、排水6回目で模型地盤上部にまで達する。なお、空洞はゆるみ領域にて発生し、排水時の土試料の流失に伴い模型地盤上部まで徐々に拡大していく様子が観察された。

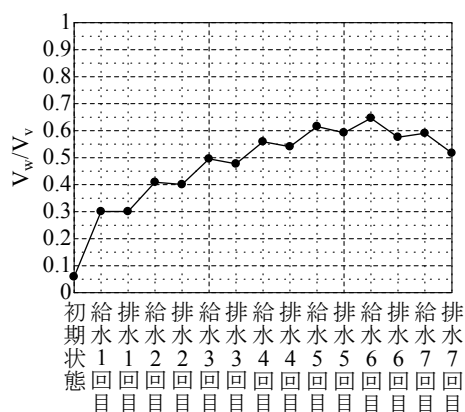


図3 V_w/V_v

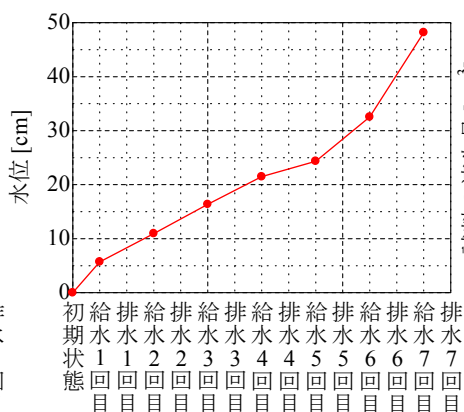


図4 給水完了時の水位

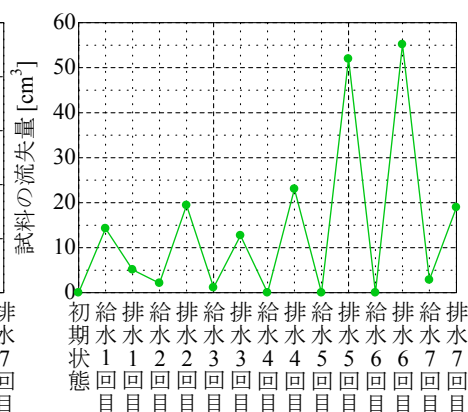


図5 試料の流失量

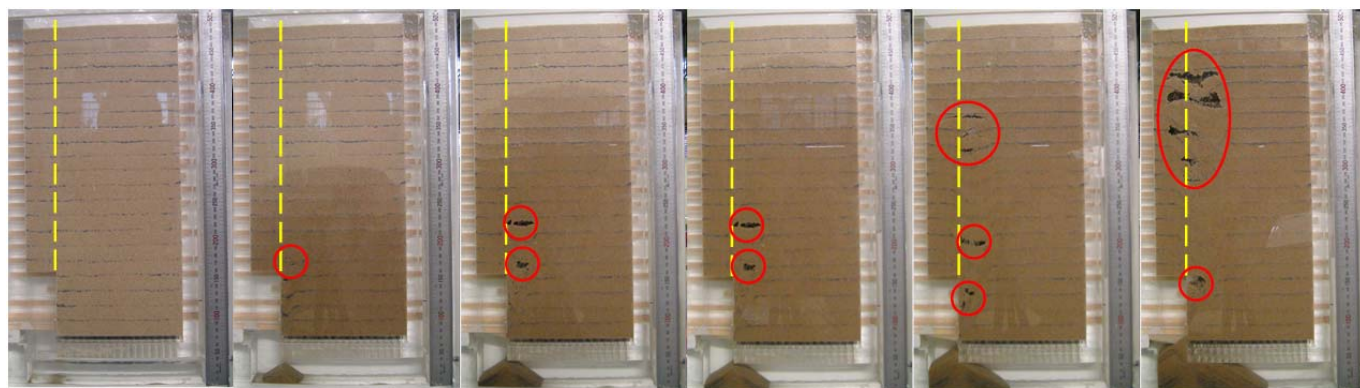


写真2
初期状態

写真3
給水1回目

写真4
排水3回目

写真5
給水4回目

写真6
排水5回目

写真7
排水7回目

4. まとめ

樋門周りの地盤内への給・排水によって樋門側面部の土砂が流失するのに伴い、樋門側面部の上部に向かってゆるみ領域ならびに空洞が発生・拡大する様子が模型実験によって観察できた。今後は、給排水を水頭差で定量的に制御することや、模型地盤の粒度組成や間隙比の影響を検討すること、さらに変形の定量的計測方法の確立など、実験方法や実験条件など検討すべきことが数多い。

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