

繰返し浸透に伴う剛構造樋門周辺堤防の劣化過程に関する三次元模型実験

樋門 空洞 ゆるみ領域

名城大学
(株)建設技術研究所

国際会員 ○崔 瑛・小高猛司
国際会員 李 圭太

1. はじめに

杭に剛支持された剛構造樋門では、基礎地盤の沈下によって生じた底版直下の空洞に端を発し、樋門の側方から上部にまでゆるみや空洞が拡大していくと考えられている¹⁾。これらゆるみや空洞といった樋門周辺堤防地盤の劣化は、そ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。

既往の研究において著者ら²⁾は、樋門の横断面のみをモデル化した二次元模型実験装置を製作し、繰返し作用する浸透力による樋門周辺の土砂の吸出し過程を観察することにより、樋門下部空洞に起因するゆるみや空洞の発生過程について検討した。その結果、水位変動により樋門周辺地盤は空洞方向への浸透力を受けることで下部空洞に吸い出され、劣化領域が樋門側部から上部に向かって拡大することが分かった。本報では、樋門を含む堤体の一部を再現した三次元繰返し浸透模型実験を行い、浸透に伴う樋門側面および樋門底版直下地盤の挙動について観察、検討を行う。

2. 模型実験の概要

図1に、三次元模型実験装置の概要を示す。三次元模型実験装置は、通水孔を設けた仕切り板によって領域A、B、Cに分けられており、領域Aは実堤防での河川側の高水位をモデル化するための水槽、領域Bは樋門を含む堤体の一部をモデル化するための土槽、領域Cは堤内地側の低水位をモデル化するための水槽である。水槽A、Cは様々な高さでオーバーフローさせることで、流入と流出側の水位を自由に変化させることができる。なお、水槽Cは下部空洞より流出される土砂の受け皿の役割も併せ持っている。樋門模型はコの字の断面にしておき、樋門内部から下部空洞内における土砂の移動状況を観測することができ、さらに剛支持樋門を模擬するため実験装置に固定している。

模型地盤は含水比4%の三河珪砂6号を用いて、間隔比1.0になるように、一層20mmずつ締め固めて作製した。その際、下部空洞は空洞部分に予め厚さ10mmの亚克力製のスペーサーを挿入した状態で模型地盤を作製し、実験開始前にスペーサーを外すことにより下部空洞を再現した。本実験では、図2に示すように領域Cの水位の繰返し変動させることによって、模型地盤に作用する水頭差を変化させ、それに伴う樋門周辺地盤の挙動を観察した。本報では、初期空洞幅を600mm、500mmおよびなしに変化させた3ケースについて議論する。なお、土被りは200mm、繰返し水頭差は160mmと0mm（領域A水位樋門上160mm）である。

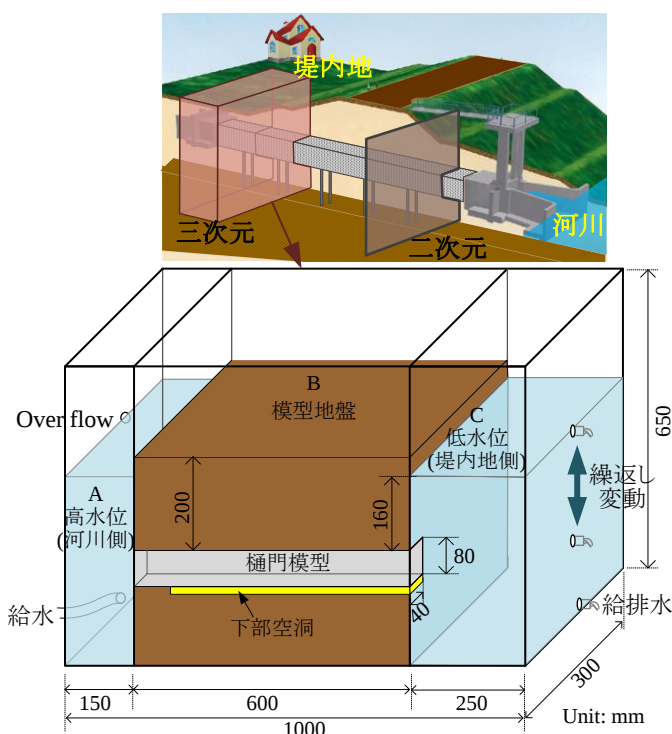


図1 三次元模型実験の概要

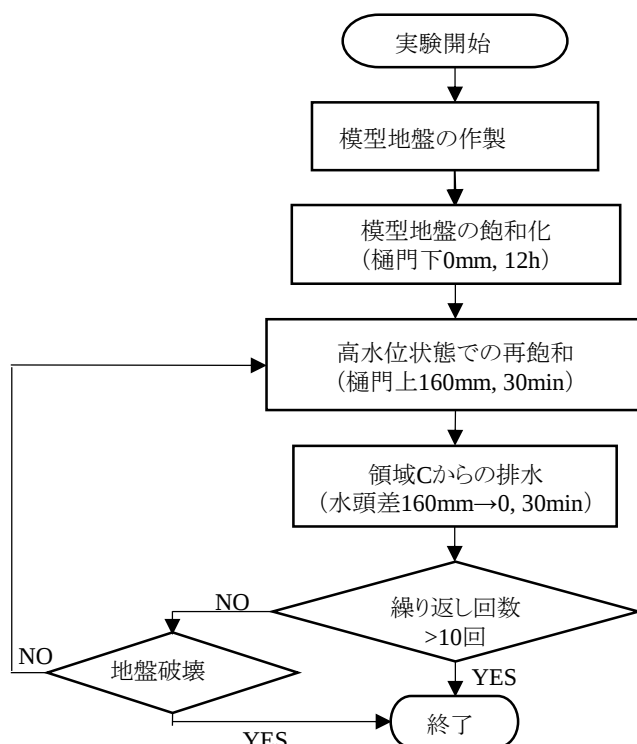


図2 模型実験の手順

3. 実験結果

写真 1 に、初期空洞幅 500mm のケースにおける、繰返し浸透に伴う樋門側面および下部領域の地盤の様子を示す。写真より、排水一回目では、実験開始後 2 分後に土砂の流出が見られ、10 分後には樋門領域で蛇行した水みちが確認できる。水みちと樋門側面地盤の接続部分（図中矢印で示した位置）の側方地盤では、カラーサンドが沈み込む現象が見られ、下部空洞に吸込まれた土砂は、水みちに沿って領域 C に流出することが分かった。その後、約 20 分までは、水みちが形状を変化させながら土砂を運び出し続けるが、その後はほとんど変化が見られない。排水に二回目にもほぼ同じ現象が見られるが、30 分後にはかなり幅の広い水みちが形成されている。排水 3 回目では、樋門下部ではすべての水みちが一気に繋がり、土砂が急激に動き出す現象が確認できた。樋門側面では全領域に渡ってカラーサンドが大きく沈み込み、樋門側部から大量の土砂が流出していると考えられる。その後の浸透サイクルにおいても、3 回目と同じく、土砂が下部空洞に吸出された後、下部空洞から急速に流出している。

本実験では、排水側である領域 C に受け皿を設置し、浸透サイクル毎の空洞からの土砂の流出量を計測した。図 3(a)に、初期空洞幅が異なる各ケースにおける累計流出土砂量を示す。図 3(b)には、各浸透サイクルの排水時に計測した単位時間内の平均流量を示している。中空のものはサイクル毎の計測結果であり、密実なものは平均値を示している。図より、多少のバラツキはあるものの、概ね初期空洞の幅が長いほど流速が早い傾向を示している。初期空洞幅 500mm のケースでは、給排水サイクル 3 回目から流出土砂が急激に増加する結果が見られるが、これは写真 1 の説明で述べたように、3 回目以後水みちが連通することで激しい土砂の流れが発生したことを反映したものである。初期空洞幅 600mm のケースでは、給排水サイクル 1 回目から、大量の土砂が流出し続ける結果が見られた。初期空洞を設けていないケースでは、他ケースに比べて土砂の流出量は極端に少ないものの、繰返し浸透力の作用により、徐々に土砂が流出する結果が見られた。これは、樋門下部に初期空洞が存在しない場合でも、繰返し浸透力の作用によって樋門と周辺地盤の境界から土砂が流出し、樋門周辺堤防土が劣化する可能性があることを示唆している。

4. まとめ

本報では、樋門底部への樋門側部土砂の吸い出しに加え、樋門底盤直下に形成される水みちの発達やそれに伴う土砂流失についての観察、考察を行った。その結果、樋門周辺地盤は排水時における浸透力によって下部空洞に吸い出され、これらの土砂はさらに樋門下部に形成された水みちに沿って堤内地側に流出することで、樋門周辺地盤の劣化が進行して行くことが分かった。さらに、初期空洞の幅によって樋門周辺堤防の劣化速度大きく異なるが、初期空洞がないケースにおいても繰返し浸透を重ねるによって劣化が発生する可能性があるという結果が得られた。今後は、樋門と周辺地盤の境界における土砂の挙動に着目し、水みちの発生から連通までのメカニズムについても検討を進めていく必要がある。さらに、模型地盤の材料特性および土被り、水頭差、流速等による影響についても検討して行く予定である。

参考文献 1)中島：図説河川堤防，技報堂，pp.206-210，2003。2)崔・小高・李・榎本・中村・武：樋門周辺の空洞とゆるみ領域の生成・発達に関する模型実験，第 49 回地盤工学研究発表会，2014。

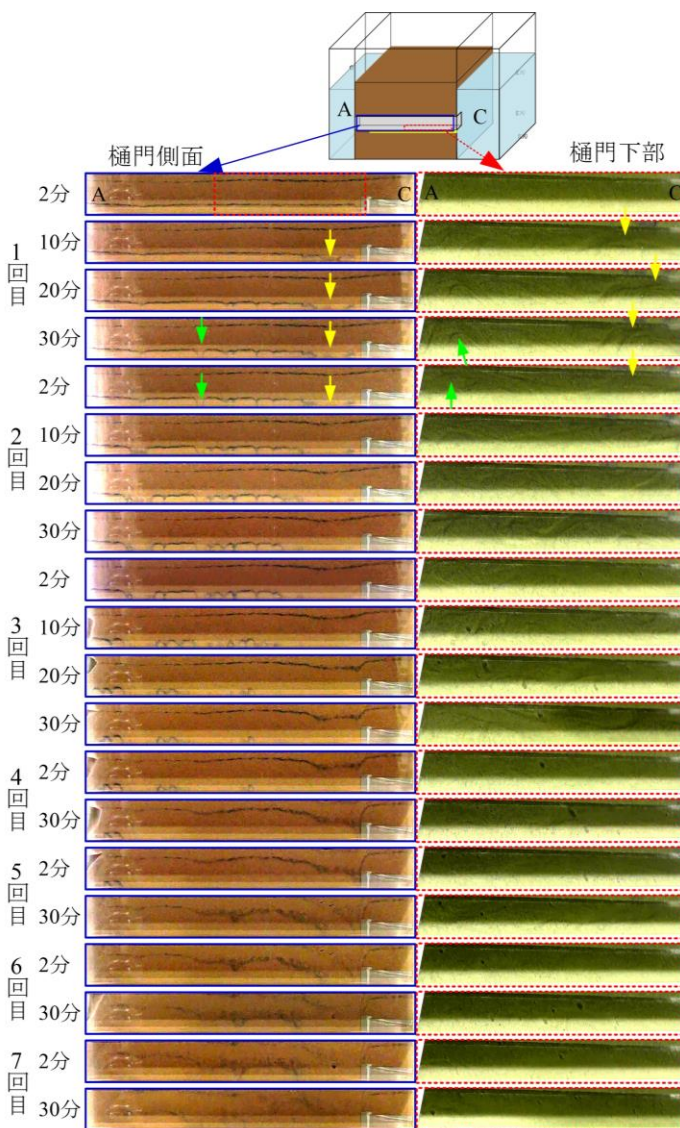


写真 1 繰返し浸透に伴う樋門周辺地盤の挙動 (500mm)

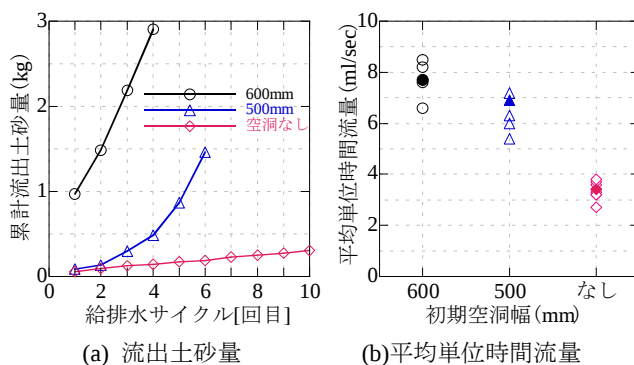


図 3 繰返し浸透に伴う樋門周辺地盤の挙動