

連通試験法を適用した樋門周辺堤防の 漏水危険度の検討

STUDY ON LEAKAGE RISK ESTIMATION ON RIVER DIKE AROUND SLUICE GATE
BY HYDRAULIC RESPONSE TEST

中山 修¹・金石 勝也²・勝山 明雄³

Osamu NAKAYAMA, Katsuya KANEISHI and Akio KATSUYAMA

¹正会員 (財) 国土開発技術研究センター 調査第一部 (〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-8-10)

²正会員 (財) 国土開発技術研究センター 調査第一部 (〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-8-10)

³応用地質(株) 技術本部 (〒330-8632 埼玉県大宮市土呂町 2-61-5)

Sluice gate is a structure that underlies river dike by a culvert, and often supported by bearing piles. In the case that sluice gate is situated on poor subsoil, leakage water along sluice gate often occurs at flood time, and dike around sluice gate becomes a hidden site of leakage risk. Concerning the mechanism of leakage water along sluice gate, there are few cases of detailed study, and there are many unclear factors. Therefore, we must establish the survey method to estimate the leakage risk.

On this survey, we apply a principle of hydraulic response to this problem, try to ascertain the existence of cavity and the link of cavities, and try to estimate the leakage risk around sluice gate. After this, we conclude that we can ascertain the link of cavities by this method, and that we can estimate the leakage risk by the link of cavities under bottom slab and sideway of sheet wall. Thus, we think that hydraulic response test is available for check and estimation of leakage risk of river dike around sluice gate.

Key Words: Dike, leakage risk, sluice gate, hydraulic response test

1. はじめに

樋門は堤防を暗渠形式で横断する構造物であり、その多くは基礎地盤が軟弱な箇所に設置され、杭支持の基礎形式を採用している。そのため、底版下に空洞が生じやすく、洪水時にはしばしば函体沿いの漏水が発生し、その都度、月の輪等による水防活動によって被害の拡大を防止しているものの、その周辺堤防は潜在的な漏水危険箇所となっている場合が多い。樋門沿いの漏水に対しては、昭和 58 年から応急対策事業¹の一環として、漏水の原因となると考えられる樋門底版下の空洞対策としてグラウト充填等が行われ、平成 2 年からは同じく応急対策事業の一環として、しゃ水矢板

の追加等の浸透路長対策が行われてきた。

しかしながら、樋門沿いの漏水発生機構については、これまでに詳細な検討が行われた例は少なく不明な点が多く残されている。そのため、漏水に対する危険度を判断するための調査法についても、地下レーダー等の非破壊探査やサウンディング等の原位置試験が試みられてきたが、「建設省河川砂防技術基準(案)同解説」¹⁾で連通試験についての若干の記述が見られるのを除いては、いまだ確立された調査法はなく、研究段階にあるといえる。

このようなことから、樋門設置箇所が堤防の潜在的な漏水危険箇所として注目されつつあるという状況ともあわせ、樋門周辺堤防の漏水危険度調査法の確立が急がれている。

著者らは、樋門沿いの空洞の有無および連続性を確認するために水圧を利用した連通試験を考案した。本報告はこの手法を実際の樋門に適用した事例を述べるものである。

¹ 河川管理施設の機能改善を目的として昭和 50 年から始められた事業であり、空洞化、浸透路長確保などに対する「応急対策基準」が定められている。

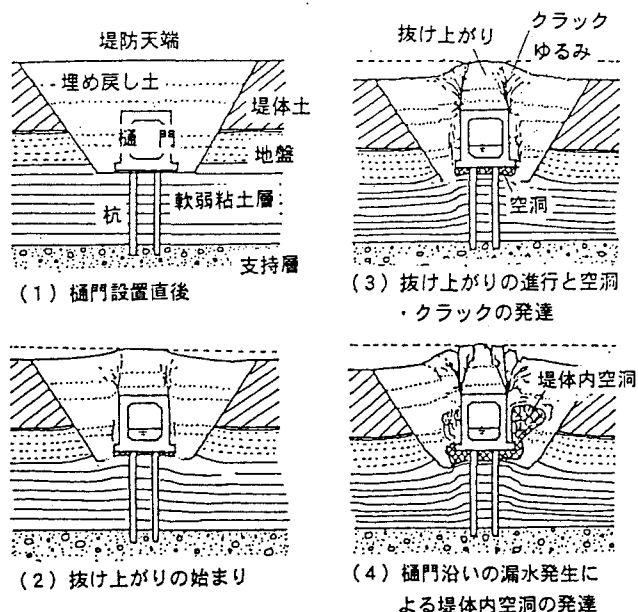


図-1 樋門の抜け上がりと空洞・クラックの発生

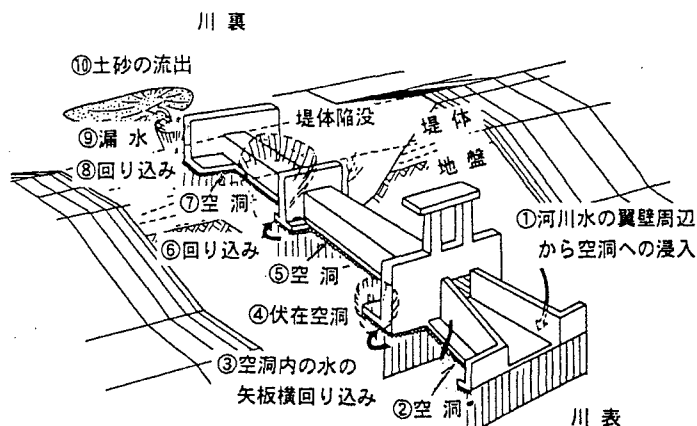


図-2 樋門周辺の変状と漏水経路の概念図

2. 樋門周辺の変状と漏水発生機構

近年、洪水時に樋門周辺からの漏水が原因で破堤に至った事例としては昭和 27 年の長良川の勝賀樋管²⁾他数例が知られているに過ぎないが、漏水を生じた事例は数多くあるものと考えられる。これらの漏水事例を基礎構造との関連で見ると、樋門の基礎に支持杭を用いている場合に多く発生していることがわかる。

支持杭基礎の場合には、樋門周囲の地盤の沈下によって樋門が相対的に抜け上がり、底版下に空洞が発生し、沈下の継続とともに数度の洪水を経て空洞化が進行して漏水に至るものと考えられる。このような経緯を図-1 に概念的に示す。また、洪水時の漏水経路は種々が考えられるが、最も注目すべき点は、本来、しゃ水矢板は樋門底版沿いの水流を遮断すべきものであるが、その側方を回り込む経路が存在すると考えられることである。

樋門周辺の変状と漏水経路の概念図を図-2 に示す。

3. 漏水危険度調査法としての連通試験法

(1) 連通試験の考え方

連通試験は、樋門に沿う水圧の伝わり具合を、底版あるいは函渠周辺に空けた孔の間で確認する試験である。その目的は、樋門に沿った空洞の有無およびその連続性を確認することにより樋門周辺の漏水危険要素を評価することである。

連通試験の外力としては、試験孔への注水の他に、河川水位の変化の利用や樋門内を仕切ることによる堰上げ水位の利用などが考えられるが、本報告では、図-3 に示す孔間連通試験の適用例を紹介する。

孔間連通試験では、底版に削孔した注水孔の注水量および水位と、測定孔の水位を 10 秒程度の間隔で同時に測定し、水位の高さと時間変化から空洞の連続性を判断するものである。

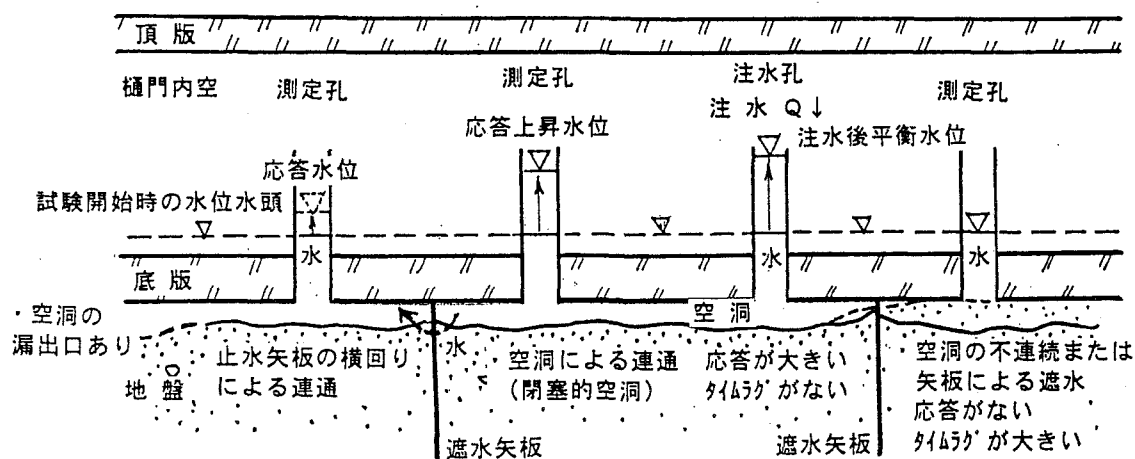


図-3 孔間連通試験概念図

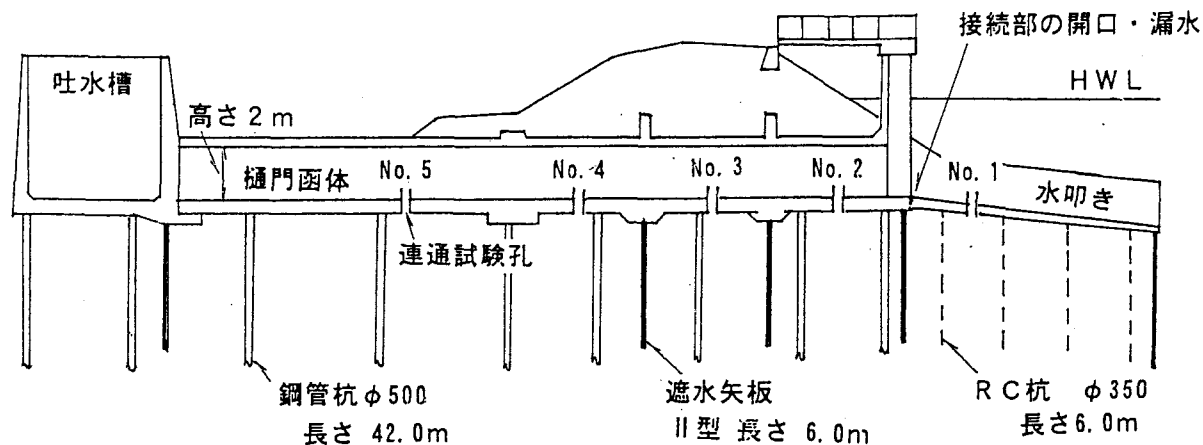


図-4 連通試験孔配置図

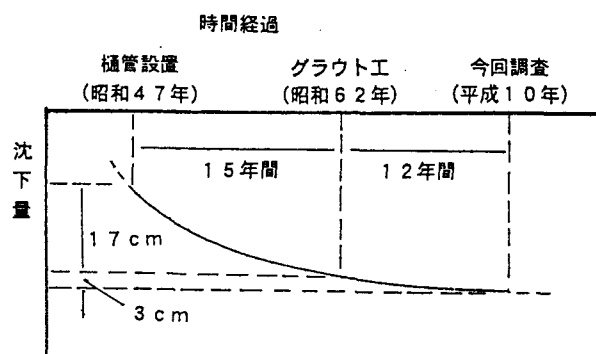


図-5 底版削孔による沈下量の推定

(2) 連通試験法の適用例

連通試験を実施した樋門の基礎構造と、試験孔の配置を図-4に示す。長さ42mの鋼管杭を用いた支持杭形式であり、N値50以上の砂層に支持されている。函体下のしゃ水矢板は3箇所を設置されており、長さは6m、幅は函体幅と同じである。連通試験孔は3箇所のしゃ水矢板を挟んで5箇所に設置した。

本樋門は、外観観察によると、樋門沿いの堤防および堤内地盤の抜け上がりが顕著であった。また、樋門本体と水叩きの接合部で18cmの段差が見られることから、底版下に空洞が発生していることが推定された。連通試験のために底版に削孔した試験孔(No.1~No.5)でのファイバースコープ観察によると、昭和62年の空洞対策の際に充填したグラウト材が平均17cmの厚さで確認されると共に、No.1を除くすべての孔でグラウト材の下に平均3cmの厚さで空洞が確認された。このことにより樋門周辺地盤の沈下実態は図-5のようであると推定される。即ち、樋門の設置された昭和47年以降に新たな盛土は行われていないが、それ以前の盛土によって樋門周辺地盤は沈下を続けている。沈下量は昭和47年から昭和62年までの

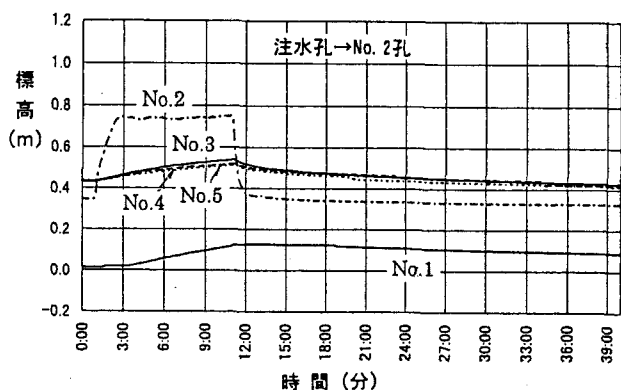


図-6 試験結果の例(注水孔No.2)

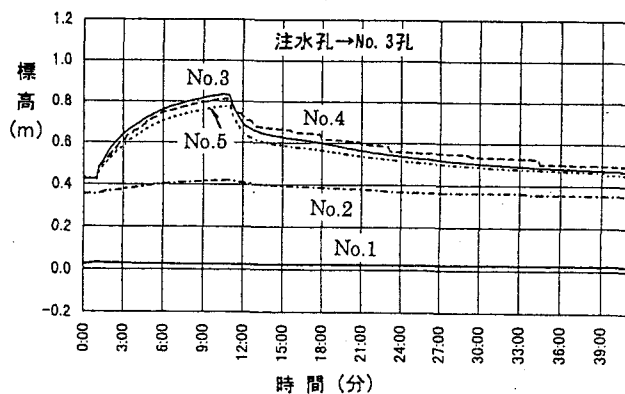


図-7 試験結果の例(注水孔No.3)

15年間で17cm程度、昭和62年から平成10年までの12年間で3cm程度とみなされる。

試験結果の例を図-6、7に示す。図-6はNo.2に注水した場合の、また図-7はNo.3に注水した場合の各孔の水位変化を示したものである。これによると、No.1を除く各孔は、水位上昇量は小さいが、ほとんど時間の遅れなく反応していることがわかる。さらに、No.3,4,5は殆ど同じ動きをしていることもわかる。

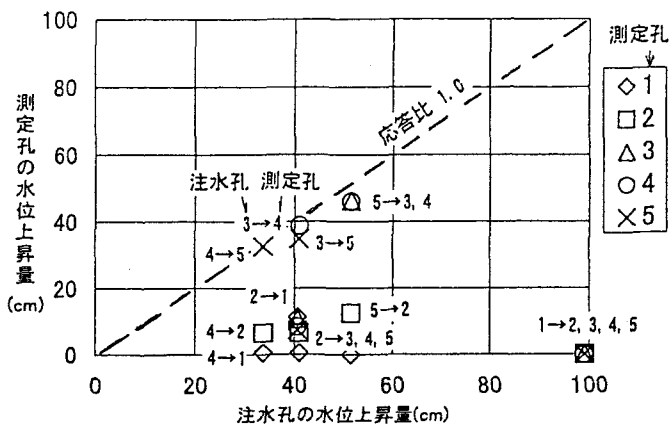


図-8 ピーク時の水位上昇量の関係

注水孔を順次変えて実施した試験結果を、注水孔の水位上昇量と測定孔の水位上昇量との関係として図-8に示した。完全に閉塞された空洞内での水圧伝搬は時間の遅れなく伝わることを考えると、注水孔の水位上昇量に対する測定孔の水位上昇量の比（これを応答比とする）が1に近いほど空洞は連続し、かつ閉塞されていると考えられる。図-8からは、No.3,4,5の区間は応答比がほぼ1であり、No.2,3の区間はそれよりは小さいことがわかる。

注水孔の水位上昇開始あるいは下降開始と測定孔の水位上昇開始あるいは下降開始との時間差をタイムラグとする。測定孔と注水孔の間隔が最小で4 m程度、水位差が1 m程度であることから、地盤中を浸透した水の到達には数分以上は要するものと考えられる。このことから、タイムラグの大小から水圧が空洞を伝わったかあるいは単なる地盤浸透かを判断することが可能と考えられる。タイムラグと応答比の関係を図-9に示す。測定間隔が10秒であることから、図-9からは、No.2,3,4,5の間ではタイムラグが30秒以内であることがわかる。

これらのことから、しゃ水矢板を挟む3区間での空洞の連続性は以下の様であると判断される。

<No.3,4,5の区間>

空洞はほぼ完全に連続している。これは、No.3とNo.4の間に設置されているしゃ水矢板が機能を果たしていないためと考えられる。また、応答比が高いことから、空洞は全体としては閉塞に近い状態にあると考えられる。

<No.2,3の区間>

空洞は連続している。ただし、No.3,4,5の区間ほど顕著ではなく、No.2とNo.3の間に設置されている矢板の周囲がルーズな状態になっていることが考えられる。また、応答比が小さいことから、空洞は全体としては開放された状態にあるといえる。本体と水叩きの接合部が開口し、漏水していることから、

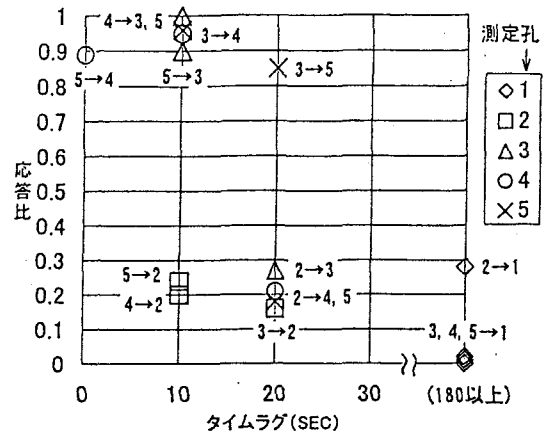


図-9 ピーク時間のタイムラグと応答比の関係

この部分で解放されていると判断される。

<No.1,2の区間>

タイムラグが数分以上であることから空洞や水みちとしての連続性はないと考えられる。但し、函内の孔へ注水すると本体と水叩きの接合部からの漏水が顕著に増加することから、この部分の矢板はしゃ水機能を果たしていないとみなされる。

以上より、本樋門は底版下の空洞化と矢板の横回りによると考えられる水みちの連続性という漏水危険要素の存在が明らかであり、早急な漏水対策が必要と判断される。

(3)今後の課題

連通試験は、地下レーダー等と比べ、構造物に沿った空洞の有無およびその連続性を直接的に確認するという面で優れており、今後、以下のような課題を解決することにより、樋門周辺堤防の漏水危険度調査法として標準的な方法となり得るものと考えられる。

イ. 標準手法の確立

樋門の構造や設置条件に応じた測定方法、解析手法および評価手法を確立し、マニュアル化する必要がある。

ロ. 測定コストの低減

測定資材の最小化、測定時間の短縮によってコスト低減を図ることにより、他の調査方法と比較した優位性を図る必要がある。

参考文献

- 1) (社) 日本河川協会編：建設省河川砂防技術基準（案）同解説、調査編、山海堂、1997。
- 2) (社) 木曾三川治水百年のあゆみ編集委員会編：木曾三川治水百年のあゆみ、建設省中部地方建設局、1995。

(2000.4.17 受付)