

河川堤防における一連堤防としての安全性照査手法に関する研究（その2）

一樋管設置部および弱堤部等における照査手法の検討一

株式会社建設技術研究所 正会員 ○蛭原 雅之 巽 龍太郎 非会員 若杉 耕平
国土交通省関東地方整備局下館河川事務所 非会員 青木 賢治 依田 憲彦 豊原 裕子

1. はじめに

河川堤防の安全性照査は、主に堤防一般部を対象に、浸透流解析および円弧すべり計算による安全率等の評価が行われている¹⁾。一方、堤防横断構造物である樋管や近傍の弱堤部に対しては質的な定量評価は行われておらず、樋管等の周辺堤防は、外観・函内観察や連通試験等による変状調査・補修により対症療法的な管理がされている²⁾。

そこで本稿は、一連堤防としての安全性照査を行う上で、樋管設置部や近傍の弱堤部を含めた評価を行うための手法について、小貝川で過去に空洞・連通を生じた履歴のある樋管を対象に事例検討を行ったものである。

2. 対象樋管および隣接堤防の概要

検討対象は、設置後 70 年以上が経過した小規模排水樋管である。応急対策工事で門柱を付け替えた際に門柱部分を支持杭基礎とし、門柱下部に長さ 3m の止水矢板を設置した経緯があり、また、空洞化対策として 2 度のグラウト充填対策を行っている。樋管の主な諸元および現地の外観を図-1 に示す。

樋管取付部の堤防は、図-2、図-3 に示すように、上下流の堤防一般部と比べて堤体や高水敷が薄く、一連堤防としての安全性の観点から弱堤部となっている可能性がある。

設置年 : 昭和 12 年
主な応急対策工事: 門柱付け替え (S60)
グラウト対策 (S62, H11)
函体構造: 0.6m (管径) × 1 連 × 18.0m (長)
基礎形式 (函体): 木杭, 杭長 4.0m
基礎形式 (門柱): 支持杭 (PC 杭), 杭長 17.0m



川表側 川裏側

図-1 対象樋管の諸元・外観



図-2 断面形状の抽出位置(太線: 図-3 で表示)

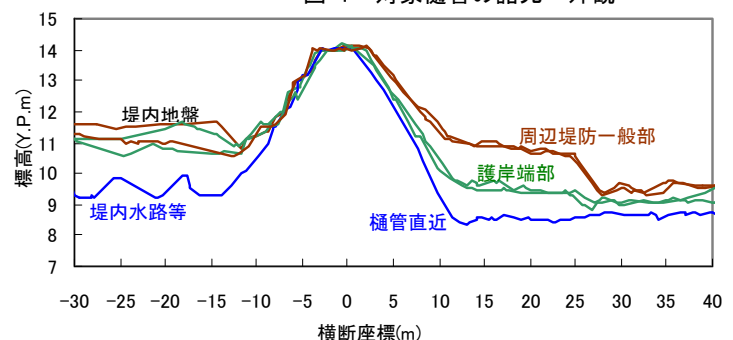


図-3 樋管周辺堤防の断面変化 (LPデータより作成)

3. モデル化手順および計算手法

現地の堤体形状および地盤高の分布は、LP (レーザプロファイラ) データから図-2 に示す位置で抽出した断面形状を適用し、土質構成と層厚は周辺の既存柱状図から土質想定縦断図を作成して設定した。また、樋管設置箇所 の堤内側排水路はLPデータでは形状を反映できないため直接設定し、設置時に開削されたと想定される樋管本体 周辺盛土 (元は基礎地盤の部分) は地盤物性を堤体と同等としている。

計算には、ダルシー則に基づく地盤内浸透流動に加えて、開水路運動方程式を圧力単位式で導入することにより 地盤内の空洞部および空洞内の水の挙動も考慮した解析コードを適用し³⁾、離散化は、鉛直方向を堤体付近 50cm・ 深部 40cm~2m・樋管下部 1cm~3cm、横断方向を堤体付近 50cm・堤内地を 1m~5m・堤外側を 1.5m~5m、縦断方 向を樋門付近 50cm~3m・堤防一般部を 4m~10m 程度の格子幅に差分展開した。

4. 水位計測データの再現計算による物性および空洞・連通状況の評価

洪水時の解析を行う際、透水係数の設定や空洞・連通状況を適切に考慮する必要がある。そこで、樋管設置部に

キーワード 樋門・樋管、弱堤部、安全性照査、空洞・連通評価、空洞内流動モデル

連絡先 〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町 3-21-1 株式会社建設技術研究所 TEL03-3668-4507

おける既存の水位計測データ（連通試験データ⁴⁾）を活用）の再現計算を行い、物性条件等の設定調整を行った。再現対象とした連通試験の概要を図-4に、計算結果を図-5に示す。

連通試験では、No.3孔、No.2孔、No.1孔の順に水深約70cmを一定時間維持して注水し、その時の他2孔の水位変動を計測している²⁾。これを比較的良好に再現できる設定仕様を試行錯誤的に求めた。

【モデル設定仕様の調整結果】

- ・透水系数 堤体：1.0E-5cm/sec（近隣の地質調査資料より粘性土層を想定）
基礎地盤：2.5E-3cm/sec（砂質土、1.0～5.0E-3cm/secで試行計算）
- ・空洞 空洞高：1cm（グラウト実績有り、1～5cmで試行計算）
空洞幅：門柱部の函体横断方向2mの範囲（0.2～5mで試行計算）
- ・止水矢板 打設深さ：3m（台帳より）
打設幅：門柱部の函体横断方向4m（台帳より）
遮水性：厚さ1cmに対し $k=2.0E-3$ cm/sec（ $k=1.0E-7\sim 2$ cm/secで試行計算）

5. 洪水時の予測解析

当該箇所は、堤体が粘性土、基礎地盤浅部が砂質土、深部が粘性土の土質構成であることから、裏のり尻の浸透破壊および樋門下部の空洞・連通による影響に着眼して、洪水時の予測解析を行った。

現地条件は、以下の4ケースを想定し、外力条件は、河川堤防の構造検討の手引き¹⁾に準拠して河川水位波形を設定した。

- ケース1：現況（門柱付近で空洞・連通、連通試験時点）
- ケース2：空洞化無し・止水機能維持（樋門設置時点を想定）
- ケース3：空洞拡大時（天端下部までの空洞・連通拡大を想定）
- ケース4：空洞拡大時（裏のり尻付近までの空洞・連通拡大を想定）

解析結果から洪水時の局所動水勾配（鉛直）の縦断分布を図-6に示す。ケース1～3はほぼ同様の結果となり、ケース4のみ樋管付近で比較的大きくなった。これは、基礎地盤の透水性が比較的高く、空洞・連通が堤体幅全範囲程度まで拡大しない限りは、川表から川裏への水頭伝播や流動が止水矢板や空洞の有無に大きく影響されずに生じている状況であり、止水矢板は止水機能よりもむしろ、土粒子の移動・流失等を防ぐ位置付けと考えられる。

また、縦断方向の分布では、樋管付近や距離-40m位置で比較的大きな値となっている。樋管付近は堤体や高水敷が薄く平均動水勾配が大きいことが影響し、距離-40m位置は局所的な窪地による影響であった。なお、樋管付近も距離-40位置も安全性照査の基準値（ <0.5 ）は全ケースで満たして

いるが、ケース4では樋管部で基準値の8割程度まで上昇するため、裏のり側で継続的に水圧モニタリングを行うことにより、空洞・連通拡大による水頭伝播状況の変化を察知することが水防上有効となる可能性がある。

6. おわりに

本稿は、下館河川事務所から資料協力をいただき樋門設置部および近傍弱堤部の堤防安全性照査について試行検討を行ったものである。取付部を含む縦断上下流の一定区間を考慮する面的検討により、堤防一般部より平均動水勾配が大きくなっている箇所の安全性評価や、堤内側の窪地等の潜在的リスクの発見、あるいは水位変動データを用いた逆解析による空洞・連通評価や、空洞拡大時の予測解析を踏まえた管理・水防等に寄与できる可能性が示唆され、今後は異なる土質構成や基礎構造の樋管設置部についても事例検討を行いたいと考えている。

参考文献 1) 財団法人国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き（改訂版），2012. 2) 国土交通省水管理・国土保全局治水課：樋門等構造物周辺堤防詳細点検要領，2012. 3) 蛭原・伊藤・楊・横田・登坂：樋門等設置部における一連堤防としての安全管理に関する研究，土木学会河川技術論文集 Vol.18, 2012. 4) 下館河川事務所：H19 樋管等構造物評価検討業務報告書

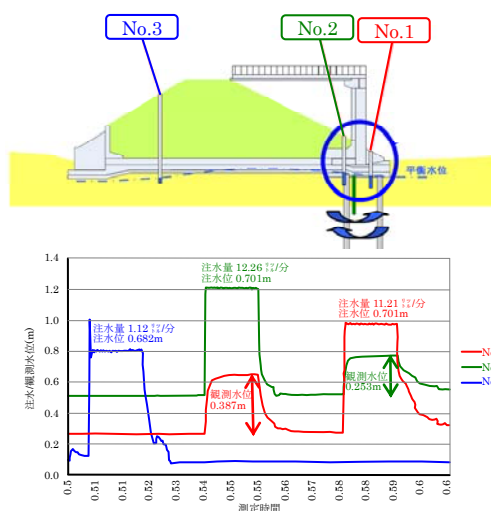


図-4 再現対象とした水位計測データ⁴⁾

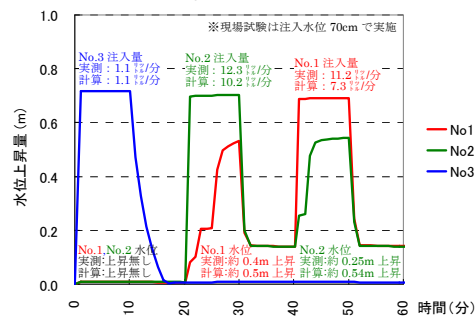


図-5 再現計算結果および計測値との比較

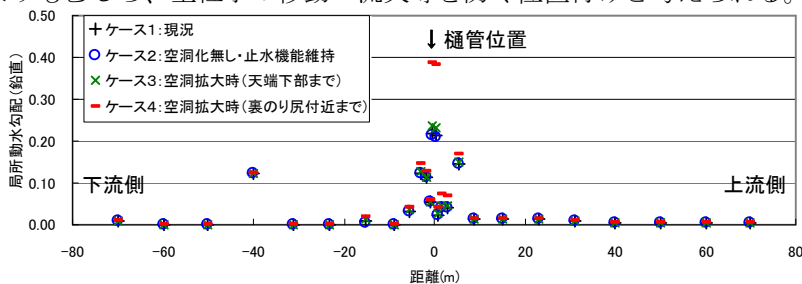


図-6 局所動水勾配（鉛直）の縦断分布