

水管橋の耐震化における 河川堤防への影響評価と対策工法について

横浜市 小橋 江里

1. はじめに

横浜市港北区に位置する新羽水管橋は、排水面積 4,122ha、日平均汚水量約 115,452m³の汚水を新羽ポンプ場から港北水再生センターへ圧送する下水道管が添架されており、被災等による機能喪失時には、港北区の約 6 割（約 20 万人）に影響を及ぼす重要な施設である。本施設には代替施設も存在していないことから、早急に耐震性能を確保する必要がある。

しかしながら、本水管橋の橋脚は河川堤防内に位置しているため、橋脚の耐震補強工事の実施に当たっては、堤体に与える影響を評価し、堤防の変状や浸透を基準値内に収める必要がある。本稿では、橋脚の耐震化に伴う堤体への影響について、動的 FEM 解析による評価を行い、対策として設置する鞘管による堤防の変状や浸透について 2 次元浸透流解析を実施することで、堤防への影響を抑制した水管橋の耐震化について検討を行ったため、結果を報告する。

2. 施設概要

本水管橋の施設概要を表 1 に、概況図を図 1 に示す。本水管橋は、昭和 47 年に整備され、橋の構造形式は橋長 140.4m、橋脚は P1～P5 まであり、P1-P2 間と P4-P5 間は鋼下路式単純鋼桁、P2-P4 間は鋼下路式 2 径間連続鋼桁である。そのうち、P2 および P4 橋脚は河川堤防に位置している。上部には、汚水圧送管が 3 条（分流汚水管 φ1350×1 条、合流管 φ900×2 条）、その他に汚泥管やろ過水管、ケーブル管等が配置されている（図 2）。

表 1 施設概要

橋名	新羽ポンプ場汚水圧送管橋
上部工形式	鋼下路式単純鋼桁+鋼下路式 2 径間連続鋼桁+鋼下路式単純鋼桁
下部工形式	橋脚：張出式小判型柱橋脚、壁式橋脚 (杭基礎：鋼管杭 φ600 φ700)
橋長	L=140.4m
添架物	分流汚水管 φ1350、合流管 φ900×2 条、汚泥管 φ350 ろ過水管 φ250、処理水管、ケーブル管
占用河川	鶴見川
架設年	昭和47年

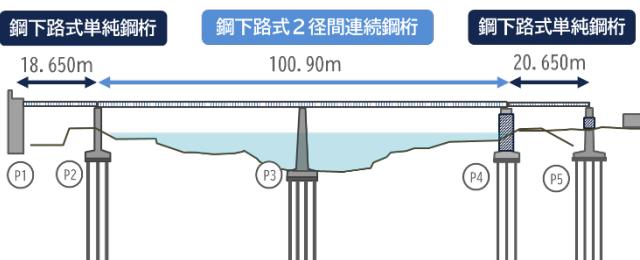


図 1 概況図

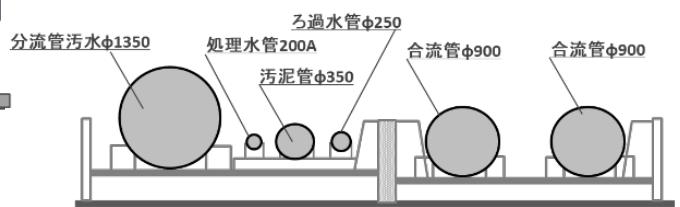


図 2 添架管

3. 橋脚の堤防への影響

(1) 解析概要

新羽水管橋 P2 橋脚は RC 卷立て工法による耐震補強を計画しているが、堤防と橋脚は振動特性の違いにより、地震時の相対変位差から隙間ができる、堤防の漏水やすべり等が生じる恐れがあるため、堤防の安全性について、「河川堤防に設置するピアアバットに関するガイドライン（案）¹⁾」（以下、「ガイドライン（案）」という）に基づき動的 FEM 解析を行った（図 3）。堤防と橋脚の相対変位差が許容値を超える場合は、隙間が生じないように橋脚周りに鞘管を設置することを検討する。

(2) 入力地震動

- ① 最大加速度は、「建設省河川砂防基準
(案) 同解説²⁾」に基づき設定した。

本検討地は、強震帶地帯で堤防規模は $B/H=6.39$ (≤ 10) (図 4) で、水平震度は $kh=0.18$ となるため、加速度 $\alpha=177\text{gal}$ と等価な地表面最大加速度となるよう加速度振幅を調整した。 $(\alpha=kh\times g)$ より)

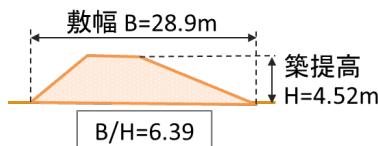


図 4 堤防の敷幅と築堤高

- ② 入力地震動は、ガイドライン(案)に従い長周期成分を多く含む 1968 年十勝沖地震による八戸の地震動加速度波形を用いた。同観測記録の NS 成分(北-南方向)及び EW 成分(東-西方向)の加速度波形に対して、本堤防の固有周期を示した加速度応答スペクトルを図 6 に示す。この図より、NS 成分よりも EW 成分波形の方が固有周期付近の応答が大きいため、本検討では EW 成分の加速度波形を用いて検討を行った。

$$\begin{aligned} \text{固有周期} &= 1/0.456 = 2.193\text{sec} \\ \text{1次モード } F &= 0.456\text{Hz} \end{aligned}$$

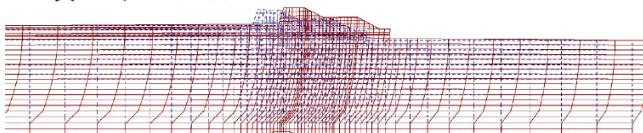


図 5 堤防固有周期図

(3) 計算結果

橋脚と堤防の許容相対変位差は、ガイドライン(案)より 2.0cm と設定した。本検討による現況の堤防と橋脚の相対変位は 3.5cm であり、許容値 2.0cm を上回り、堤防の安全性に影響を及ぼす結果となつた。しかし、鞘管を設置することにより堤防と鞘管部との相対変位は 1.9cm まで抑制でき、許容値 2.0cm を下回る結果となつた。

4. 鞘管設置による河川堤防への影響

河川堤防に位置している橋脚は、「改定 解説・河川管理施設等構造令³⁾」より橋脚幅分の裏腹付けの可否について検討する必要がある(図 7)。本検討地の橋脚は昭和 47 年に整備されており、「改定 解説・河川管理施設等構造令」以前に設置されているため裏腹付けは整備されていない。本検討では、本橋脚の耐震化に伴い、現基準に基づき裏腹付けの新設を検討したが、本検討地の堤防背面は、張りブロックが設置されていることや民家が近接かつ密集していることから橋脚幅分の裏腹付けが困難となっている(写真 1)。そのため、2 次元浸透流解析を実施し、P2 橋脚周辺に鞘管を設置した場合の地下水位の変化およびパイピング等の安全性を確認した。

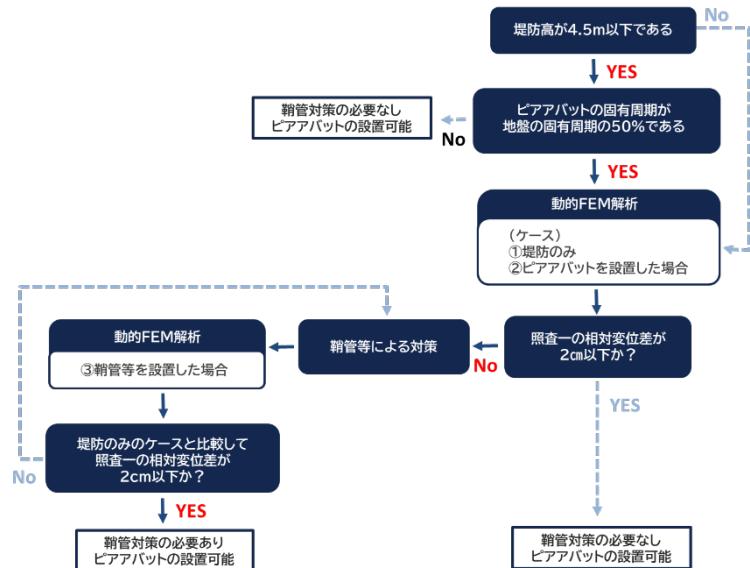


図 3 ピアバット設置にあたっての解析フロー(ガイドライン(案)より)

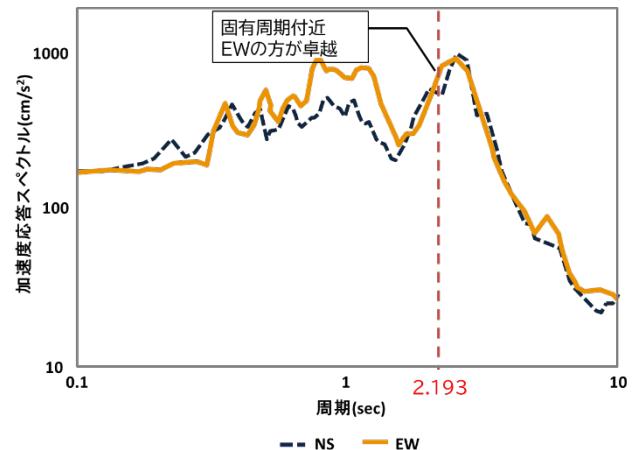


図 6 加速度応答スペクトル図

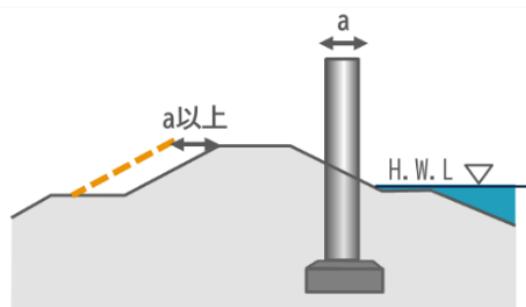


図7 堤防補強について



写真1 本検討地の堤防背面

(1) モデル化の条件

①	川表法面の護岸ブロックは、止水性がないものとして周辺土と同等の透水係数とした。
②	川裏ブロック積擁壁は、通水パイプが確認されたため、周辺土と同様の透水係数とした。
③	降雨浸透を考慮しないため、天端舗装の止水性はあるものとして考えた。
④	計算メッシュは堤防高の1/10程度の35cmを基本とし、深度方向に大きく設定した。

(2) 結果

橋脚が設置されていないモデルでは、堤防外の水位から川裏法尻に向かって水位が低下していく様子が確認された。また、橋脚に鞘管を設置したモデルでは、フーチングが不透水層に着底していることから、橋脚が遮水物となり河川浸透水が堤内側に大きな影響を及ぼさないことが確認された

(図8)。そのため、P2橋脚周辺に鞘管を設置した場合でも、堤防の安全性に影響がないことが確認できた。

5. おわりに

本稿では、河川堤防内に位置する橋脚の耐震化を行うため、耐震化工事による堤体への影響について、動的FEM解析や2次元浸透流解析を用いて検討した。FEM解析による評価では、堤防と橋脚との相対変位の結果から、橋脚が堤防の安全性に影響を及ぼすことが判明したため、橋脚に鞘管を設置することで堤防と独立した構造にすることとした。また、鞘管の設置による堤防の変状や浸透について2次元浸透流解析を行い、橋脚周辺に鞘管を設置した場合でも堤防の安全性に影響がないことを確認した。

この結果をもとに河川管理者と協議を進め、新羽水管橋の耐震化を推進し、早期に課題への解決策を見出し、大規模地震等により下水道施設が被災した場合でも必要な下水機能を確保し、我々の使命である市民の安心と安全の継続的な提供に努めるとともに、本報告が他の水管橋等の耐震補強の検討に有益となれば幸いである。

参考文献

- 1) 河川堤防に設置するピアアバットに関するガイドライン(案),平成11年9月,日本道路公団
- 2) 建設省河川砂防基準(案)同解説,建設省河川局監修,日本河川協会編,平成9年9月,(株)山海堂
- 3) 改定 解説・河川管理施設等構造令,財団法人国土開発技術研究センター編,社団法人日本河川協会,山海堂
問合わせ先:横浜市下水道河川局下水道施設部施設整備課 〒231-0005 横浜市中区本町6-50-10

T E L : 045-671-2850 E-mail : er00-kobashi@city.yokohama.lg.jp