

河川構造物における大規模な変位を許容できる 後施工継ぎ手とその施工方法

○戸頃幸広

中日本建設コンサルタント(株) (〒460-0003 名古屋市中区錦1-8-6)

下水道は、電気や水道、ガス等と同様に都市機能を支える重要なライフラインであり、震災時の機能維持や早期の機能回復を図ることが重要な課題となっている。下水道施設のうち一級河川堤防に設けられた処理場樋門について耐震診断を行った結果、液状化の影響により伸縮継手部で約1.6mの目開きが発生することが懸念された。本稿は、耐震性を有しない処理場樋門について、地震時に下水道の機能維持を図るとともに堤防への影響が最も少ない従来にはない耐震補強工法の提案について報告するものである。また、下水道の機能を維持しながら本工法を実現するための施工方法について述べる。

Key Words : 耐震性能照査, 耐震補強, FEM解析, 伸縮継手, 樋門, 液状化

1. はじめに

本業務は、一級河川堤防に設けられた処理場樋門の耐震補強設計である。河川堤防の基礎地盤は沖積砂質土層が分布し、地震時には深さ約15mに渡って液状化が発生する(図-1)。その結果、堤防は約1.6m沈下し、その影響で樋門内に1ヶ所設置されている伸縮継手部では約1.6mの目開きが発生する結果となった。これにより、堤防土砂の樋門内への流入や下水道機能の低下が懸念された。そこで、従来にはない大規模変位を許容できる後施工継手工法とその施工方法について立案した結果を述べる。

2. 処理場樋門の概要

処理場樋門の諸元を表-1に示す。

表-1 処理場樋門の諸元

施設構造	現場打ちボックス函渠	
施設寸法	B2.0m×H2.0m、L=42.3m	
基礎形式	杭基礎(PC杭φ400、L=11.0m)	
最大土被り	H=7.5m	
処理水量	当初計画	4.043m ³ /sec(時間最大)
	現計画	1.730m ³ /sec(時間最大)

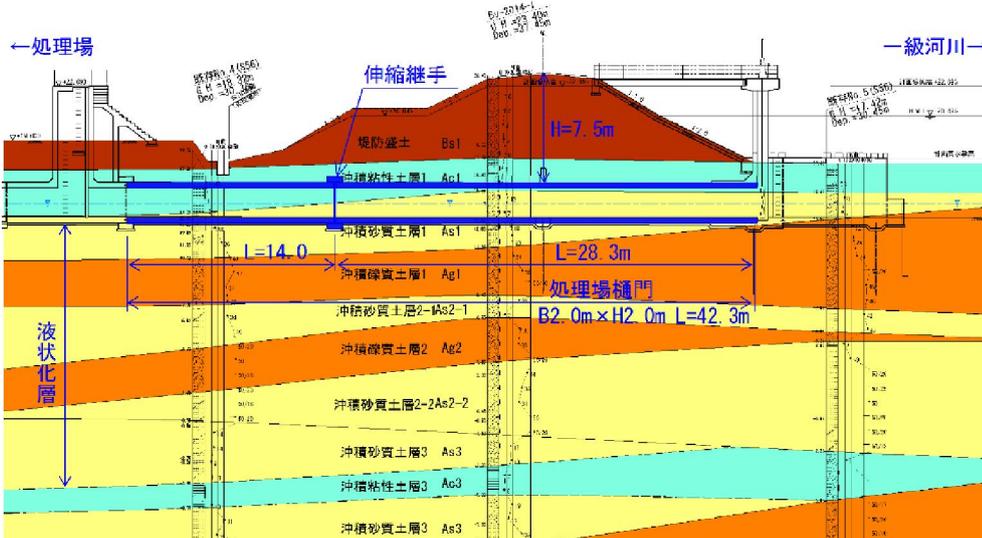


図-1 樋門縦断面図

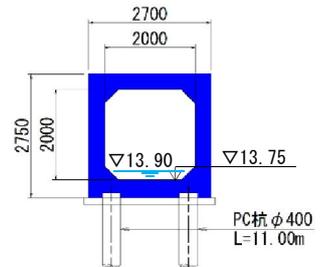


図-2 樋門断面図

3. 耐震性能照査

(1) 耐震性能照査の手順

耐震性能の照査は、河川構造物の耐震性能照査指針・解説（国土交通省）¹⁾に基づき、地盤の変形解析および地盤の変形を考慮した函体縦方向の解析を実施した（図-3）。

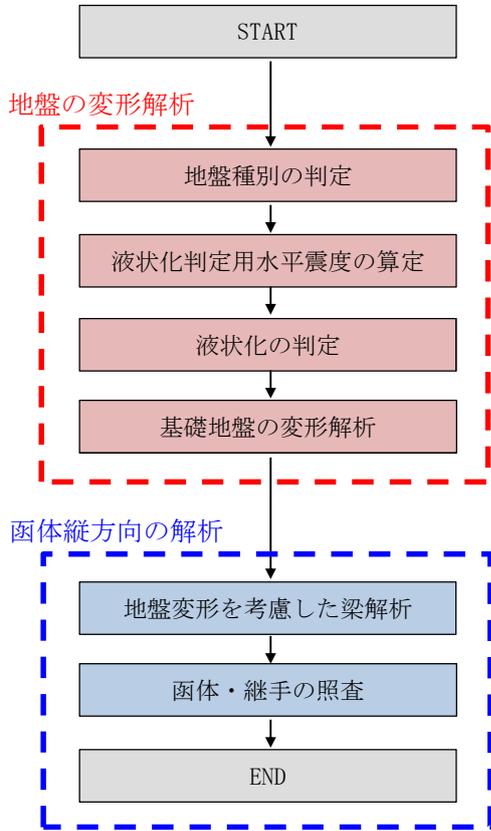


図-3 耐震性能照査手順

(2) 地盤変形解析

地盤変形解析は、堤防の基礎地盤が約15mの液化化層であることから、液化化によって低下した地盤剛性を用い、自重変形解析（有限要素法）によって

沈下変形量を求める手法とした。

地盤変形解析の結果、堤防全体で沈下量が1.55m、堤防を中心とした水平相対変位が1.54mとなる。地震時に樋門の杭がせん断破壊し水平抵抗が期待できなくなるため伸縮継手部で大きく目開く結果となった（図-4）。

(3) 函体縦方向の解析

a) 函体縦方向の解析モデル

函体縦方向の解析は、函体と杭を梁部材とする弾塑性フレーム解析とした。函体と杭を梁部材とするフレームには、大きな地盤変形に対する非線形を考慮するため、杭軸方向に杭の鉛直バネ（上限値を極限支持力とするバイリニア型）、杭軸直角方向には地盤バネ（上限値を地盤の受働土圧とするバイリニア型）、および函体周面にはせん断バネ（上限値を周面摩擦力とするバイリニア型）を配置した。

b) 函体縦方向の解析結果と補強対策

解析の結果、函体が終局状態に至ることが確認された。函体の耐震補強は、経済性に優れた鉄筋コンクリート増打ちとした（図-5）。

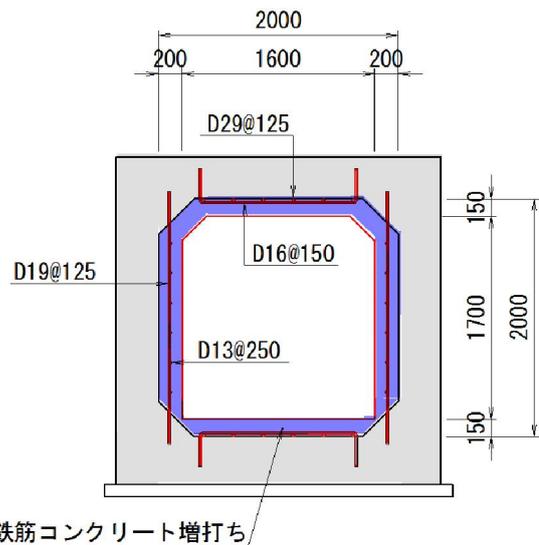


図-5 函体補強概要図

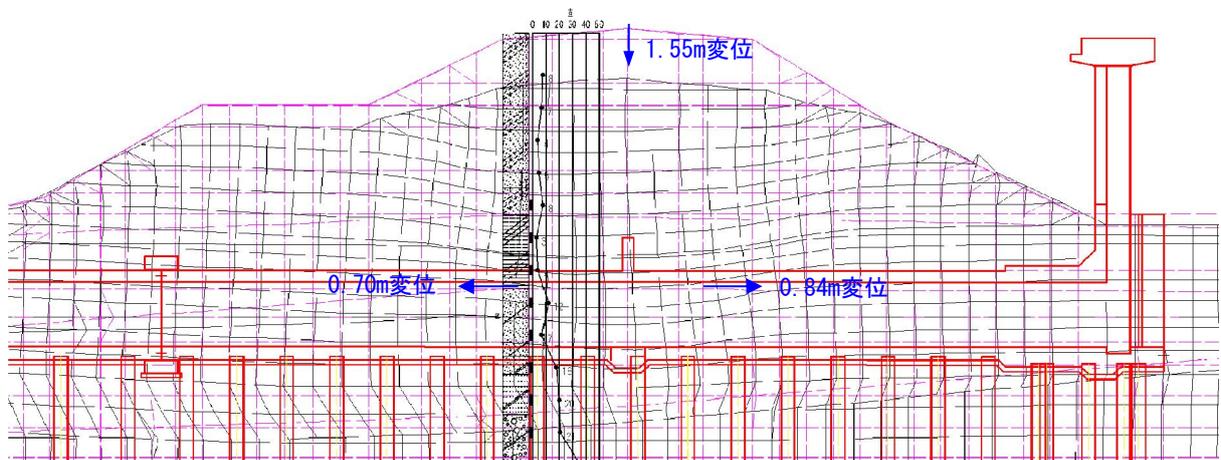


図-4 地盤変形結果

4. 伸縮継手部の耐震補強における課題

耐震性能照査の結果から、震災後は堤防土砂の樋門内への流入や下水道機能の低下が懸念され、これらの問題が生じないように対策する必要があった。しかし、地震時に生じる水平変位は約1.60mと非常に大きいため、従来工法では水平変位に追従できない。仮に可とう継手等で変位に追従できても、堤防土砂の耐土圧強度を有していないと、函体流下断面が縮小する問題も生じる。また、施工中の問題として供用中の施設であり代替施設がないことから、供用しながら補強を実施する必要があった。

以上の問題点を解決するために、従来にはない耐震補強工法を提案する必要が生じた。そこで、従来工法の組合せや改良を行って新たな工法を提案することや新工法を実現するための施工方法を策定することが課題となった。

5. 伸縮継手部の耐震補強の検討

(1) 耐震補強の方針

耐震補強上の課題を踏まえ、中押管（下水道推進工法用鉄筋コンクリート管）を用いた推進工法（図-6）の推進時に伸びる特徴に着目し、地震時の変位に追従できるように鞘管部分の伸び量を改良して、函体内継手部に設置する構造を立案することとした。

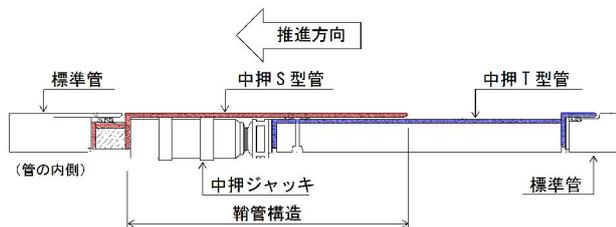


図-6 中押管を用いた推進工法の概要²⁾

(2) 水平変位の追従方法

中押S型管と中押T型管による推進時の伸びの特徴を大変位に対応できるような構造とするため、中押S型管（鋼管）の鞘管部分を伸ばし、中押T型管についても有効長2.0mの特殊品を使用する構造を立案した（図-7）。中押S型管（鋼管）は川裏側の函体に固定し、中押T型管は川表側に固定する管と接続し、

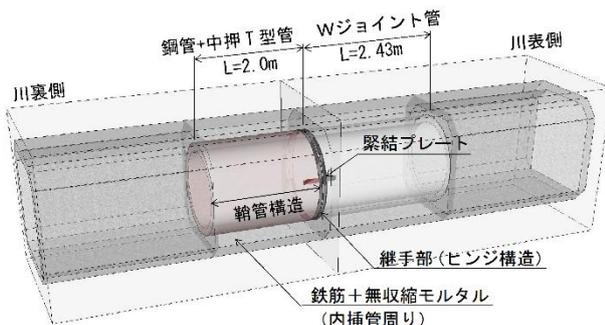


図-7 継手補強構造概要

それぞれ独立して動くものとした（図-8）。川表及び川裏側に設置する2本のヒューム管の継手はそのままでは水平変位に対して拔出しが生じるため、拔出し防止として緊結プレートで結合するものとした。

(3) 鉛直変位の追従方法

a) 鉛直変位の追従の方針

地震時の地盤変位は水平変位だけではなく、堤防沈下による鉛直変位も生じるため、鉛直変位にも追従できるような構造とする必要がある。鉛直変形が生じると目開き部が屈曲し、内挿した中押し管に曲げモーメントが作用するため、屈曲が生じる箇所をヒンジ構造にして曲げモーメントが作用しない構造を立案するものとした。

b) 鉛直変位の追従の構造

川表側および川裏側に設置する2本の管の継手を目開きが生じる位置に配置して、管の継手部がヒンジの役割となり屈曲角に追従できるような構造とした。2本の管を固定する緊結プレートは、ヒンジ構造を生かすため管の左右対称位置に1箇所ずつとした（図-8）。

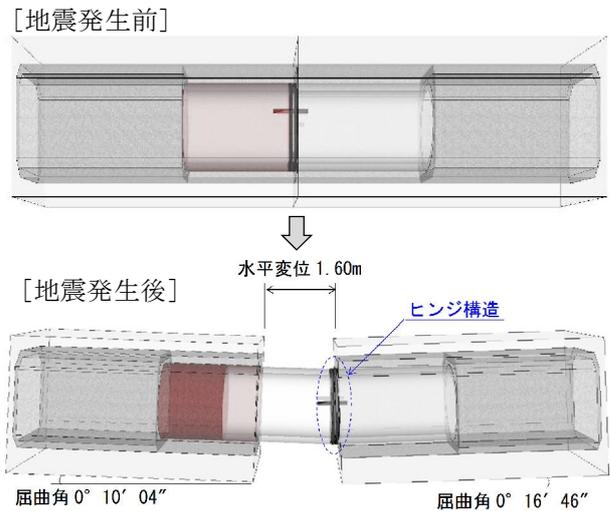


図-8 地震後の変位概要図

c) 屈曲性能の向上

鉛直変位により生じる継手部の屈曲に対して、水密性を保つ構造とする必要がある。そこで2本のヒューム管のうち川表側に配置する管にはWジョイント管を採用し、鉛直変位により生じる屈曲角に追従できる性能を持たせることとした。Wジョイント管は、遠心力鉄筋コンクリート製推進管であり、継手部に接合性と水密性の確保を目的に形状の異なるゴム輪を設けた水密性に優れた管である（図-9）。

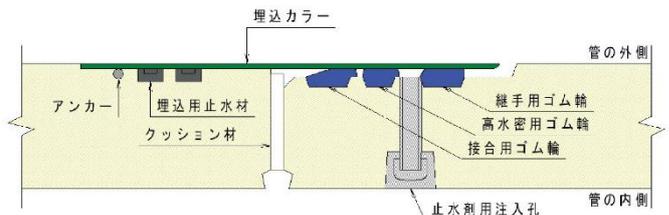


図-9 Wジョイント管の継手概要³⁾

(4) 函体補強との整合

函体の耐震補強として、内面に鉄筋コンクリート増打ちを実施するため、継手補強部についても函体の耐震性能が確保できるよう対策する必要があった。既設函体の内空断面が $\square 2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ に対して、継手補強の管口径は現計画処理流量から必要流下断面を $\phi 1350$ とし、函体と内挿する管との間に生じる空隙に鉄筋を配置して無収縮モルタルで充填することで函体の耐震性能を確保するものとした（図-10）。

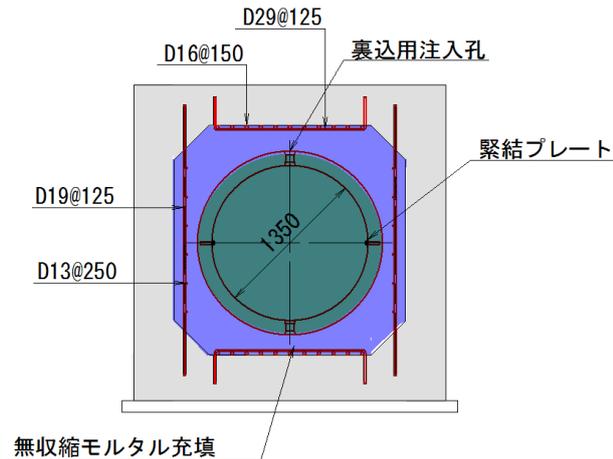


図-10 鉄筋補強概要図

6. 施工概要

(1) 函体内への継手補強管の設置方法

函体内への継手補強管の設置は、クレーンでは施工できないため、牽引装置による引込み工法を立案した（図-11, 12）。

(2) 施工時の放流機能の確保

a) 放流機能確保の方針

継手補強管を牽引するためのレールの設置や函体補強のための配筋作業時はドライ化施工が条件となる。ドライ化は函体内に仮設配管と止水プラグを設けて対応するものとした。

b) 仮設配管計画

仮設配管は口径が大きくなると作業員の作業スペースが確保できなくなるため、放流流量を絞って仮設配管の口径を小さくする必要があった。そこで、過去5年間の放流流量データを整理し、非出水期の晴天時であれば放流流量が比較的少なく、仮設配管口径を $\phi 600$ にまで絞れるため、非出水期の晴天時施工を提案した。仮設配管は雨天時流量を流下する能力はないため、止水プラグに緊急放流用の開口を設けて雨天時にオーバーフローできる構造とした。

c) 継手補強管牽引時の仮設配管との取合い

継手補強管の牽引時に仮設配管の吊防護が支障となるため、支障となる吊防護を架け替えながら施工するものとした。吊防護の架け替えの際に、仮設配管への負担を軽減するため、一時的に放流停止を

行って仮設配管の重量を軽くするものとした。

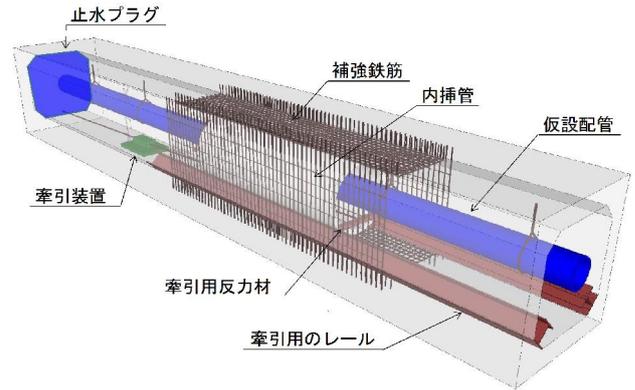


図-11 内挿管牽引作業計画図

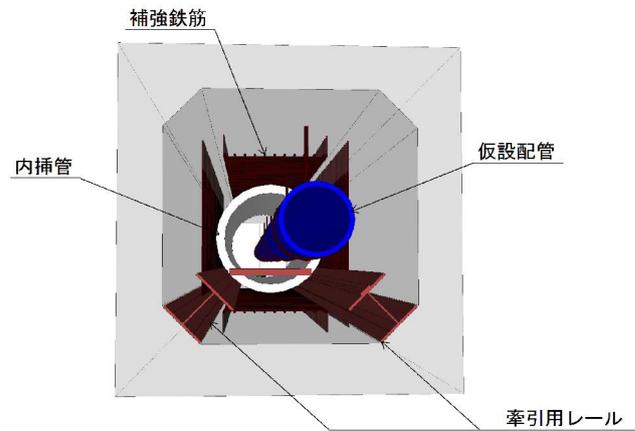


図-12 内挿管牽引作業計画図（断面図）

7. おわりに

樋門継手部の耐震補強として、推進で用いている中押し工法の技術やWジョイント管材料を取り入れ改良することで、従来工法にはない大規模変位を許容可能な後施工継手工法を提案することができた。また、非開削かつ下水道機能を維持しながら施工可能な方法を立案することができた。本来、堤防自体の液状化による沈下や変形をなくすために地盤改良も考えられたが、工事費が高くなることから、本設計は経済的で合理的な耐震補強ができたと考える。

後施工継手工法は、最近では下水道施設で多く用いられるようになってきたが、今回のようなケースでの採用は難しく、新たな工法が必要となった。今後も設計者として、これまで培ってきた技術を生かし、多くの課題を解決して最適な工法を提案していきたいと考える。

参考文献

- 1) 国土交通省：河川構造物の耐震性能照査指針・解説 H24. 2
- 2) 全国ヒューム管協会：ヒューム管設計施工便覧
- 3) 土木研究センター：建設技術審査証明概要書（Wジョイント管）