

房総導水路伸縮可とう管の耐震性能照査と対策工詳細検討について

古野 昌吾
 インフラマネジメント事業本部 社会基盤部
 保全技術・構造系グループ 課長 技術士 (建設部門一道路)
 furuno@shinnihon-cst.co.jp

鈴木 健
 インフラマネジメント事業本部 社会基盤部
 保全技術・構造系グループ 主任 技術士補 (建設部門)
 k.suzuki@shinnihon-cst.co.jp

1 業務の背景と目的

(1) 背景

水資源機構の造成した水路等施設の大半は多目的で極めて長大であり,かつ多様な工種から構成されている。したがって,施設が被災した場合の社会的影響度合いは甚大であり,防災・減災対策の充実に向けて,阪神淡路大震災(平成7年1月)の教訓も踏まえ,水路等施設の重要度区分に応じた対策優先度の考え方を導入し,耐震照査を進めていくことを基本としている。第3期中期目標期間(平成25~29年)において,全地区を対象に重要度評価を踏まえた水路等施設の耐震照査をストックマネジメントの一環として実施している状況にある。

(2) 目的

本業務の対象である,水資源機構千葉用水総合管理所管理の房総導水路施設の既設サイホン3施設の内,可とう管について,地震時の安全性を確保するための耐震照査を行ない,用水の安定供給を図るとともに,第三者への二次災害を防止すべく地域住民と水ユーザー要望に即した施工計画を立案するものである。

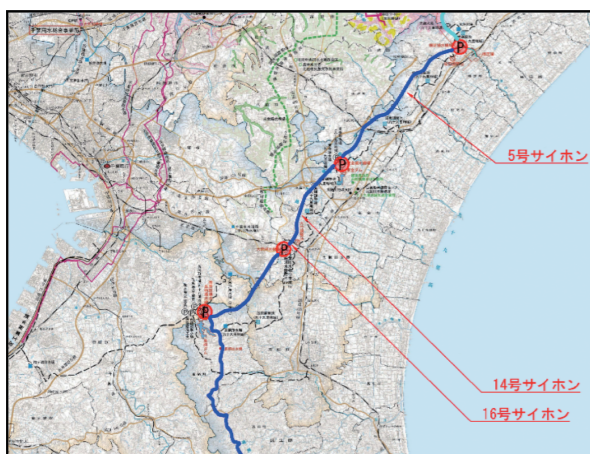


図-1 照査対象施設位置図

表-1 対象施設諸元

No	施設名	構造・規模
1	5号サイホン	リブ付き鋼管 φ=2,800mm L=0.28km
2	14号サイホン	リブ付き鋼管 φ=2,800mm L=0.30km
3	16号サイホン	リブ付き鋼管 φ=2,800mm L=0.43km

2 課題

耐震照査を進めて行く上での課題は以下のとおりである。

- 平成16年,政府の地震調査委員会は「今後30年以内のM7クラスの大地震が南関東で発生する確率は70%程度」と公表し,平成17年には中央防災会議において『首都直下地震対策大綱』を制定した。平成24年に地震調査委員会から発表された今後30年以内に震度6弱以上の大規模地震が発生する確率は,東金市役所地点で85.9%,山武市役所地点で88.0%と高く,近い将来に大規模地震の発生が切迫している。重要ライフラインである房総導水路は,被災時には用水供給への影響や第三者への二次被害が想定されることから,耐震診断を実施し,緊急的に対策が必要である。また対策工は,断水可能期間が2週間と短期間で施工可能な工法とする必要がある。
- 当該箇所の地形や堆積状況を勘案すると,計画ボーリング位置で確認される地層とサイホン既設位置の地層とでは,ローム層の分布やN値50以上の基盤層の位置に差異を有すると想定される。耐震性能照査の実施に当たっては基盤深度の特定が重視されることから,基盤の性状把握のためには調査深度を深くまで確認するとともに,耐震照査および仮設工法検討において各土層の土質性状の把握が必要である。

また,既伸縮可とう管について,耐震性能を満足するか現況調査により状況確認を行う必要がある。

3 課題への対応策

(1) 地質調査・室内土質試験

地質調査計画において,過去業務から洪積土層でもN値が低い場合は液状化する可能性があるため,室内試験の実施対象とした。また,粘性土が主体の土質であっても砂分を多く含むため全層を対象として地質調査を実施した。

(2) 既設伸縮可とう管変状調査

既設可とう管の現状変位量の算出は,サイホン内部の通水を一時的に止めて,管内部の伸縮可とう管変位状況について,レーザー隅出器を提案して,十字のレーザー光線を飛ばし,受光板にて垂直方向及び水平方向の芯ずれ量を実測し,計算により偏心量を算定するものとした。既設ジョイントは全てラバージョイント(許容偏心量100mm)が設置されていた。現地測定結果より,5号,14号サイホンの偏心量は既に変状により許容性能を超えており,超過箇所については取り換えが必要であることが判明した。14号については,施設の出来型に関する資料が無く,照査および実施設計に必要な埋設位置・形状について補測を実施する。

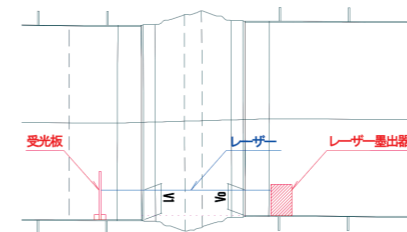
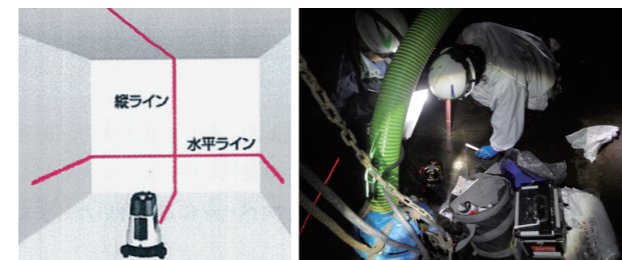


図-2 レーザー計測概要

(3) 耐震性能照査

管体照査は,既設計で実施されており,伸縮可とう管の変形量,液状化による浮上安全性について照査を実施した。対策工検討は現状で許容偏心量を超える5号(上流側伸縮可とう管),14号サイホンを対象とした。

表-2 耐震性能照査項目

機能 面から 見た性能	レベル1地震動		
	耐震性能1	耐震性能2	耐震性能3
使用性	【管体応答】 $\sigma < \sigma_s$ (弾性域検討) 【変形】 $\delta < \delta_s$ $F_v > 1.0$	【管体応答】 $\sigma < \sigma_s$ (弾性域検討) $M < P_u$ $S < P$ 【変形】 $\delta < \delta_s$ $F_v > 1.0$	耐震性能2(修復可能なひずみ)と耐震性能3(破壊に至る限界のひずみ)を工学的に分類できないため,より安全側な評価の観点で耐震性能2の工学的指標を耐震性能3に適用する
修復性	(使用性を満足すれば間接的に満足)	【管体応答】 $\sigma < \sigma_s$ (弾性域検討) 【変形】 $\delta < \delta_s$ $F_v > 1.0$	
安全性	(使用性を満足すれば間接的に満足)	(使用性を満足すれば間接的に満足)	

表-3 耐震性能照査結果

施設	設計震度	液状化判定	浮上り	沈下量	偏心量	伸量	許容偏心量	許容伸量
5号サイホン	レベル1=0.2 レベル2=0.8	有 地表	浮上しない	0.0cm	133mm	-20mm	100mm	100mm
14号サイホン	レベル1=0.2 レベル2=0.8	無し	浮上しない	0.0cm	31mm	+25mm	100mm	-50mm
16号サイホン	レベル1=0.2 レベル2=0.8	無し	浮上しない	0.0cm	116mm	+25mm	100mm	100mm
16号サイホン	レベル1=0.2 レベル2=0.8	無し	浮上しない	0.0cm	40mm	-10mm	100mm	-50mm



図-3 5号サイホン伸縮可とう管位置

(4) 可とう管形式選定(恒久対策工)

可とう管の形式は,衝動型(円筒状摺動型,ボール状摺動型),ペローズ型,ゴム型で比較検討を行い,以下理由により,ゴム型を選定した。

- 短い製品長で大きな変位吸収が可能。
- 上下左右方向の変形性能において,他形式と比較してゴム型が有利。
- 部品が少ないため,短い工期での施工が可能。
- ペローズ型は,土留工の面間が大きくなり,仮設費用が増大する。
- 既存ゴム伸縮可とう管は,据付から45年近く経ち耐久性が確認されている。

現状偏心量の調査は,本調査以前に実績は無く,経年変化を捉えることができないが,隣接可とう管は偏心が生じておらず,対象箇所のみ局部的に発生していることから施工不良による可能性が考えられるが,要因

を明らかにすることが出来なかった。したがって許容偏心量の設定は、傾斜地上に計画すること、今後も偏心が生じることにより、地震時に耐震性能が満足できなくなる懸念があることから、200mmに設定した。

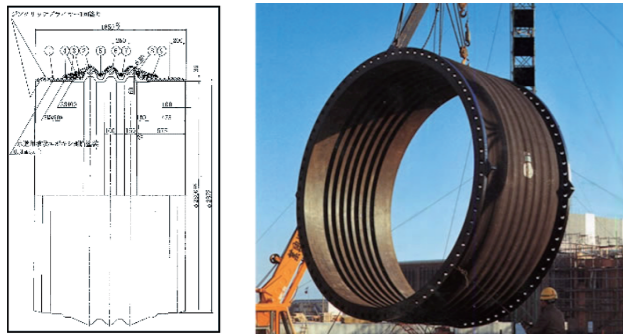


図-4 選定伸縮可とう管

対策工実施までの間に震災により伸縮可とう管が被災し、水密性を確保できない可能性があるため、恒久対策に加えて応急対策工を提案している。応急対策工は、管の内面や外面から補強材を取付ける方法が挙げられる。しかし、外面補強は恒久対策同様に周辺地盤の掘削を伴うため、早期措置を講じるために掘削を伴わない管内面の対策を選出し、施工性及び経済性でゴム式の内面補強継手工法を採用した。

表-4 恒久対策案

比較対象	カバージョイント	内面補強バンド
イメージ図		
性能	管内面から分断された部材を溶接にて固定し設置する内面施工型補強継手。再掘削に特殊ゴムによる止水層を併用しており、設置後の応答部の伸縮・偏位を吸収可能。掘削が必要な可とう管継手に対し、管内面から設置が出来るため、有効とされる。	管内面から特殊ゴムを用いて設置する内面施工型補強継手。ゴムによる止水層であり、設置後の応答部の伸縮・偏位を吸収可能。掘削が必要な可とう管継手に対し、管内面から設置が出来るため、有効とされる。
分断時の最小寸法	600mm	600mm
応力解放の懸念	管内面から設置する為、問題無し	管内面から設置する為、問題無し
施工方法	1) 掘削入口の大きさを確保 2) 管内 設置箇所のケレン、塗装 3) 管内より強挿にて各部材を溶接、内周状に組立 4) 応急対応分断バンドを専用ジャッキにて設置 5) 掘削部分の塗装	1) 掘削入口の大きさを確保 2) 管内 ゴム巻き面のケレン 3) 気密部分のバンドをジャッキにて設置
断水の必要性	必要	必要
補強後の性能	可能	可能
設置時の微調整	掘削前に管内調査を行い、性能を確定しておくことで現場にて調整する必要が無い	掘削前に管内調査を行い、性能を確定しておくことで現場にて調整する必要が無い
内圧	取替管同等に確保する事が可能	取替管同等に確保する事が可能
外圧	外圧は取替管同等の性能による	外圧は取替管同等の性能による
経算価格(材料費)	2800mm IRB型 ¥24,000,000-	2800mm 600型 ¥1,751,400-

(5) 施工計画

1) 14号サイホン

14号サイホンの伸縮可とう管は、流入側オープントランジション付近の山裾の傾斜地に位置する。周辺に大型車両が進入可能な道路が無く、ヤード確保が困難な状況である。地下水は地表面付近に位置している。仮設計画について、地表から施工基面までの深度は10mを超えており、傾斜地影響を考慮するため土留工検討の際は、

偏土圧を考慮する必要がある。サイホン口径がφ2800mmと比較的大きな断面であるため、鋼矢板工法では上下方向の支保工間隔が大きくなることから、弾塑性法による土留工解析では、リース材の最大規格の鋼材を適用しても土留壁の耐力・変位が許容値を超える結果となった。比較工法のライナープレートは、立孔計画範囲が大きいいため、止水対策の薬液注入工を含めると費用が土留工案と比較して3倍程度増加し経済性が課題であった。

次に進入路・ヤード計画について、サイホン上に建設されている圏央道用地の活用を検討した。

傾斜地上にヤードを確保すると盛土が必要となり、荷重増加による既設管路の影響が懸念される。また、工事用道路の縦断勾配が急勾配となり、トレーラー搬入が困難となる等の課題があった。

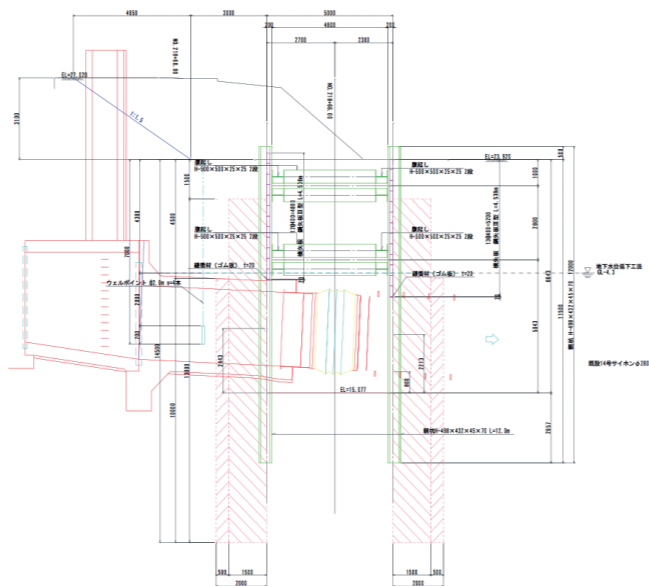


図-5 仮設計画図(14号サイホン)

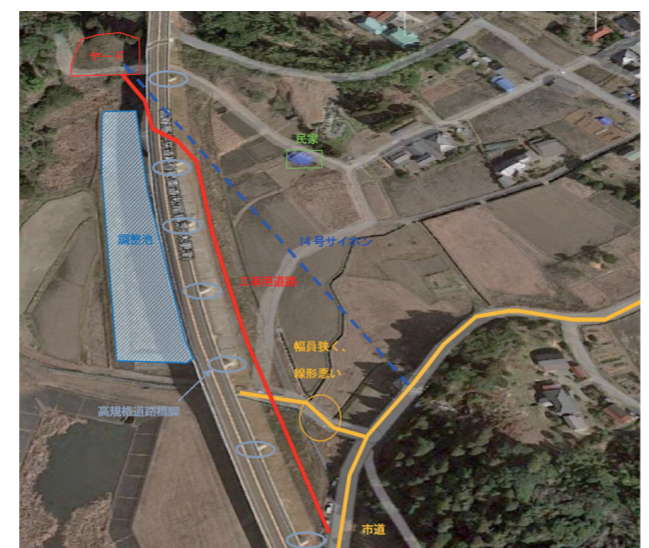


図-6 14号サイホン進入路計画概要

現地調査において、14号サイホンの伸縮可とう管周辺の土地利用は荒地であり、地下水低下による耕作や取水等の影響が無いことが確認されたことから、上記課題解決のため、周辺の盤下げと地下水低下工法(ウェルポイント)の併用により、在来工法(鋼矢板)の適用と、ヤード盛土回避、工事用道路縦断勾配の改善を図った。

土留工の開口部は親杭横矢板工法とする必要がある。止水対策として薬液注入工法を計画している。止水対策範囲について、土質調査では粘性土層も確認されたが施工当時砂質系土砂で埋戻されている可能性が高いため、全土層をカバーするものとした。

2) 5号サイホン

5号サイホンの対象伸縮可とう管は、サイホン中間部に位置するブローオフの前後に近接して設置されているため、14号サイホンのように伸縮可とう管のみを取り囲む土留工計画は困難であり、ブローオフを含めて計画する必要がある。さらに掘削余裕は、伸縮可とう管据付、土留工・支保工設置、支保工設置後の掘削作業スペースを確保するため、計画範囲が大きくなる。

土留工法検討について、矩形ライナーの適用は、比較検討の結果、14号サイホンと同様に経済性が悪い上、適用範囲(実績8m程度)を越えるため、採用を見送った。

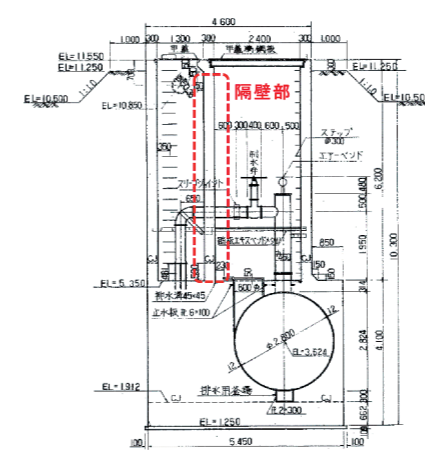


図-7 5号サイホンブローオフ断面図

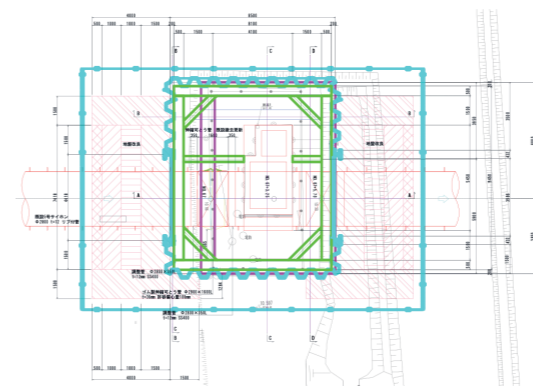


図8 5号サイホン土留工計画平面図

鋼矢板による土留工は、ブローオフが支障となるため、仮設アンカーの採用を検討したが、周辺地盤が軟弱であること、圃場内の存置ができないため採用困難であった。資料調査より、5号サイホンのブローオフ構造は、バルブ室と排水用の柵との間が隔壁で区分されており、壁厚が確保されていることが判明したため、同壁に切梁を当てて、腹起材の計算スパンを短くすることにより、通常鋼材の適用を可能とした。また、地下水が浅く、影響が大きいことから水圧軽減のため、14号サイホンと同様に地下水低下工法を採用した。

地下水低下は出来るだけ抑制して表層の重量増加に伴う沈下を小さくした上で、沈下影響範囲の沈下量分の盛土を行い対策するものとした。

4 得られた成果

本稿において示した課題とこれらに対する対応内容を以下に示す。

- ①設置箇所の制約条件を考慮しつつ、最適工法を選定した。さらに、取替までの暫定対応として、管内部から施工可能な対策工法を提案した。
- ②地質調査では、調査深度・サンプリング計画において、確実な土質定数の把握に配慮した。
- ③施工計画においては、施工箇所の地形・地質・周辺状況を考慮し、最適計画を立案することができた。

謝辞:本業務の遂行に際し、発注者である水資源機構千葉用水総合管理所、房総導水路事業所の助力を賜った。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 水路工設計指針(第9編),独立行政法人 水資源機構,2012.3
- 2) 水道施設耐震工法指針・解説,社団法人 日本水道協会,2009.7
- 3) 土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」,農林水産省 構造改善局,2009.3
- 4) 道路橋方書・同解説 V耐震設計編 社団法人 日本道路協会 H24.3