

ランニングコストを考慮した既設樋管に対する 津波対策としての改修事例

A CASE OF IMPROVEMENT OF EXISTING GUTTER PIPE CONSIDERING RUNNING COST AS TSUNAMI COUNTERMEASURE

原田直樹¹・山口進祐¹・岡嶋義行¹・瀧田陽平¹・坂本達俊¹

新谷裕美¹・草野友宏¹・牧野統夫²・上石恭臣²・稲葉啓悟²

Naoki HARADA, Yoshiyuki OKAJIMA, Youhei TAKITA, Tatsutoshi SAKAMOTO,
Hiromi SINGAI, Tomohiro KUSANO, Norio MAKINO, Yasuomi AGEISHI, Keigo INABA

¹正会員 株式会社建設技術研究所 中部支社河川部水工室（〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦1-5-13）

²静岡市役所 建設局土木部河川課（〒420-8602 静岡県静岡市葵区追手町5番1号）

In the Great East Japan Earthquake, there was a case in which the operator (fire brigade) who was going to operate the sluice gate was damaged. Therefore, based on the "Guidelines for Management Systems of Water Gates and Land Locks in Tsunami and Storm Surge Countermeasures (Use as a guideline hereafter)", it is required to automatically close and remotely control the permitted drain gutter pipes in the tsunami run-up section.

However, automatic closure and remote control of floodgates impose a heavy burden on initial investment and running costs of machinery and electric equipment, making it difficult to maintain and manage floodgates in financially strapped local governments.

Based on the guideline, this paper reports a case in which the safety of fire corps members and operators was ensured, the existing facilities were utilized, and the functions were secured and running costs were reduced by the minimum necessary facility improvement (Auto gate + self weight drop function only).

Key Words : automatic closure, remote control, maintenance management, operator safety, running cost, auto gate

1. 施設の概要

東北地方太平洋沖地震において、樋門操作に向かった操作員（消防団、水防団）が被災する事例があったことから、津波遡上区間にある許可排水樋管について、「津波・高潮対策における水門・陸閘等管理システムガイドライン（以後ガイドラインとする）」に基づき、自動閉鎖化・遠隔操作化に必要な整備が求められている。

本検討では既設排水樋管の津波および高潮対策として、操作員による操作と安全性確保を両立、ランニングコストを踏まえた整備事例について報告する。

対象となる施設は富士川河口右岸2.0付近に設置されている向島樋管（図-1）であり、平成元年度国交省により建設、静岡市が占有している施設である。有効幅2.3m×有効高1.9m×2連 ローラーゲート形式の樋管である。

また当該地区は富士川右岸の河口部に位置し、堤内地盤高が低く、堤防高と堤内地盤高の比高差が約9mある。

現況の向島樋管は操作員（静岡市より地元住民へ委託）が洪水時、高潮時に駆けつけ手動によりゲートの開閉作業を行っており、高齢化も進む中操作員より津波襲

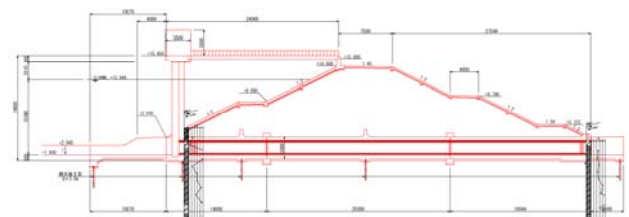


図-1 対象施設と樋管縦断面図

来時の安全性の確保について、問題提起がなされていた。

2. ガイドラインに基づく自動閉鎖化・遠隔操作化

(1) 津波襲来時の現状把握

「静岡県第4次地震被害想定（第一次報告）¹⁾」（平成25年6月27日公表）より、静岡県では、レベル1の地震（東海地震、東海・東南海地震、東海・東南海・南海地震）とレベル2の地震（南海トラフ巨大地震）を想定した場合の津波到達時間を発表している。これによると当該区間の津波到達時間および最大津波は表-1の通りとなり、最大津波が到達するまでの時間は約10分と短い。

(2) 体制・運用の把握

現在の施設の操作および操作実態は以下の通りである。

- 操作は地元自治体を通して個人2名に委託している。
- 今後一定期間操作員の確保に問題はない。
- 操作員による定期点検を月1回実施している。
- 近年の操作実績は、平成27年度：4回、平成28年度：0回、平成29年度：0回である。
- 操作に関する指示は、甲府河川国道事務所富士川下流出張所より静岡市建設局土木部土木事務所に入り、そこから操作員へ連絡する。操作後は操作日報を作成、市河川課へ提出する。
- 操作員の自宅から現場までは、徒歩で15分、車で7～8分である。

稼働実績自体は少なく、自宅から徒歩で15分程度かかる。当該地区は富士川低水路相当の低平地であり、地震・津波時に操作員が自宅から向島排水樋管に移動してゲート操作を行うことは、安全上また津波到達時間上困難である。

(3) ガイドラインに基づく自動閉鎖化、遠隔操作化

ガイドラインでは、樋管に備えるべき自動閉塞化、遠隔操作化に関して、表-2に示す6段階のシステムレベル²⁾を示しており、当該施設の重要度（内水地区の排水）、対象河川（一級河川富士川）、立地条件（富士川右岸の低平地）等を考慮するとシステムレベル6を確保することが求められる。現状の向島樋管はシステムレベル1に該当する。

a) 課題

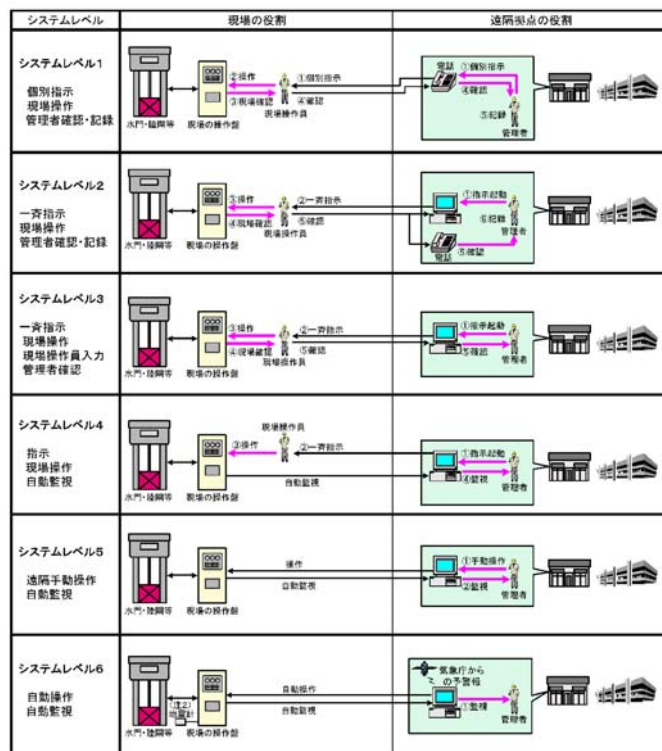
ガイドラインに基づく整備を行った場合、以下の課題が挙げられる。

- 現況施設が手動の開閉器のみであり、自動閉鎖化遠隔化に伴いほぼすべての機電設備を新たに整備する必要がある。
- 堤内地盤が低く、ゲート未閉鎖の場合の浸水被害が懸念される。

表-1 当該地区の津波到達時間

津波	津波到達時間 (+50cm)	津波到達時間 (最大津波)
レベル1津波	1～2分	8～11分 (3～7m)
レベル2津波	2～3分	13～15分 (6～11m)

表-2 システムレベル毎の管理イメージ



- 操作実績が多くない中、ランニングコストを含めたトータルコストは、静岡市の他地区、他施設と比較しても、同程度のコストとする必要がある。
- 操作員は、閉操作をするため、危険を冒して施設に近づく必要がある。また地震後および高潮後に開操作をするまで待機する必要がある。

b) 対応

上記の課題を踏まえ、当該施設における対応の基本方針は以下の通りとした。

- 地震および津波発生時に操作員が津波到達時間内に現場に行き、ゲート閉塞操作を実施することは現実的に不可能である。地震を感知して、自重降下をするようゲート開閉器を改良する。
- 一方万が一地震時にゲートが閉塞しなかった場合や高潮時の操作遅れ等を考慮して、既設ゲート前面に水位で自動閉鎖するフラップゲートを追加で設置、操作員の安全性を確保する（無理に作業をしに行く必要がなく、自己の安全確保を優先）

表-3 必要な機電設備および経済比較結果

対象施設	設備名称	案① 自動閉鎖化のみ (自重降下含む)	案② 自動閉鎖化・遠隔操作化 (システムレベル6)
樋管上屋 (操作室)	開閉装置	既設改造 (自重降下)	既設改造
	機側操作盤	既設改造	既設改造
	無停電電源装置	新設	新設
	地震計	新設	新設
	水位計	—	新設
	サイレン	新設	新設
	回転灯	新設	新設
	非常用発電機	既設改造	—
	自動通報装置	新設	—
	電光表示板	—	新設
	カメラ機側装置	—	新設
	カメラ装置	—	新設
樋管川裏小段 (発電機室)	遠方操作盤	—	新設
	通信設備・無線装置	—	新設
	無停電電源装置	—	新設
	非常用発電機	—	新設
土木事務所	遠方監視制御装置	—	新設
	監視操作端末	—	新設
	カメラ制御装置	—	新設
	カメラ操作端末	—	新設
	通信設備・無線装置	—	新設
経済性 (50年間) (概算費用)	初期費 ・整備費：4,955 万円 (機器費：2,961 万円、 工事費等：1,994 万円) 更新費 (50 年) ・整備費：8,593 万円 (機器費：5,411 万円、 工事費等：3,182 万円) 合計 21,048 万円(1.0)	初期費 ・整備費：17,730 万円 (機器費：11,800 万円、 工事費等：5,930 万円) 更新費 (50 年) ・整備費：58,860 万円 (機器費：41,930 万円、 工事費等：16,930 万円) 合計 106,090 万円(5.04)	

- 当該地区は堤内地盤が富士川計画高水位よりも低い。ゲート形式としてはダム堰基準等を考慮し、現況のローラーゲート形式とする（つまり現況のゲート機能はそのまま保持する。フラップゲートは補助機構と位置づけ。）。
- 地震時等の自重降下後、開作業は安全性が確保された段階で操作員により手動で行う。

上記基本方針を元に設置・更新する機電設備およびランニングコストを含めた経済比較結果を表-3に示す。今回採用した案①は地震を自動で感知し、自重降下でゲートを閉める機能を有する一方、整備する機電設備数が少なく抑えた結果、ランニングコストを含めたトータルコストでは案②（約10億円）の1/5（約2億円）となった。

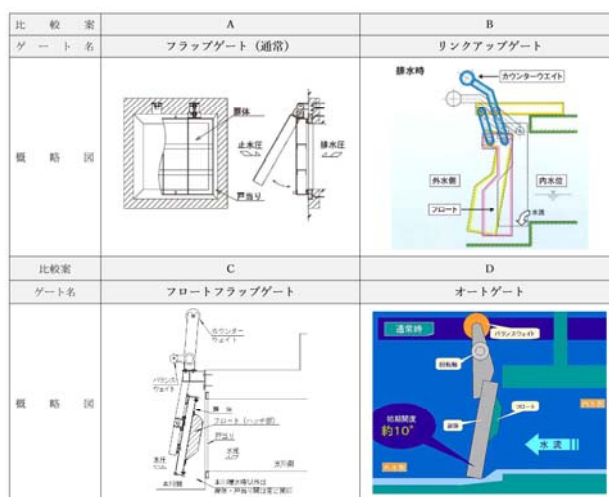
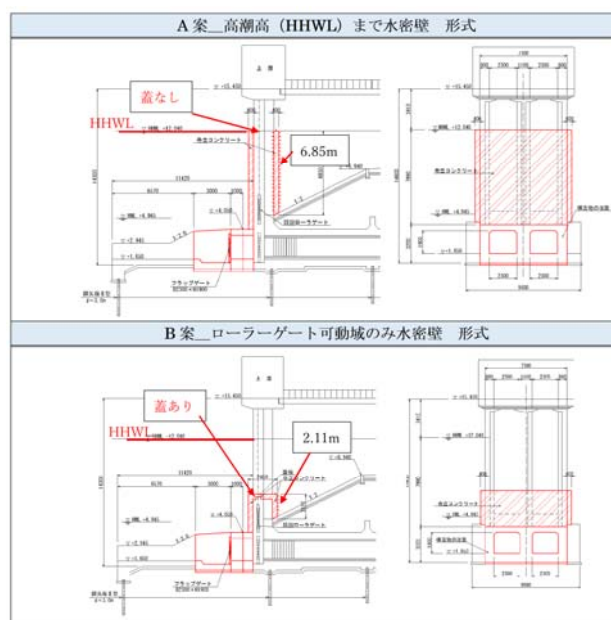


図-2 フラップゲート形式比較

表-3 水密壁形状比較



3. フラップゲート設置に伴う改良について

(1) フラップゲート形式の比較検討

フラップゲートの形式について、新技術も踏まえ、通常のフラップゲート、リンクアップゲート、フロートフラップゲート、オートゲートの4形式を比較したが、当該区間は図-1に示すように、HHWLがT.P. +12.04mと高く、設計水深が10mを超えることから、許容できる水深の観点から、リンクアップゲート、オートゲートの2案に絞られ、納入実績と全閉検知の可否より、オートゲート（図-2）を最良案とした。

(2) オートゲートの水密性確保

既設ローラーゲートの機能を確保しつつHHWLに対してオートゲートの水密を図る必要がある。水密を確保する方法としてHHWLまで水密壁を立てる案と水密壁上部に蓋をする2案比較（表-3）を行った。比較の結果、経済性

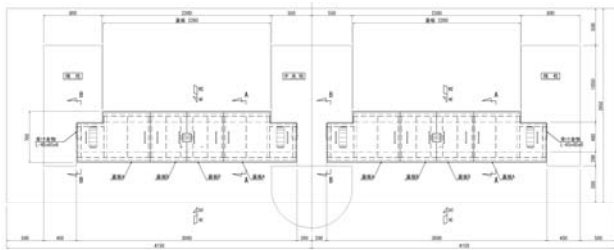


図-3 水密蓋構造

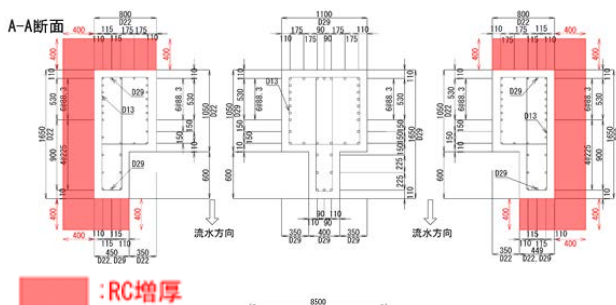


図-4 耐震対策内容

および既設ローラーゲートの維持管理性に優れるB案のローラーゲート可動域のみに水密壁を設置する案が最適案となった。

B案の水密壁上部には維持管理時にローラーゲートを出し入れするための水密蓋（図-3）を設けた。

(3) 水密壁による耐震性の向上

本施設は津波対策と合わせて、耐震性を確保する耐震対策も合わせて実施した。既設ローラーゲートの機能を確保しつつ、フラップゲート（オートゲート）の水密を図るため、水密壁を設けるが、この水密壁は門柱の耐震性能向上にも寄与する。

耐震対策として、図-4に示すように「曲げ補強対策：RC増厚工法」「せん断補強対策：RMA工法」を採用したが、水密壁部分をRC増厚工法の一部と考慮することで曲げ補強対策量の低減を図った。

4. 操作要領の改定

(1) 現行の操作規則

津波警戒態勢に関しては従前のものと変更は生じない。また水位条件も、既設ローラーゲートに対する操作を行う場合（地震及び津波以外の高潮、洪水時の対応）に変更はないので、現行の操作規則はそのまま運用する。

(2) 加筆事項

操作員の安全性確保の観点より、新たに以下の事項を加筆した。

- (4) 気象庁が津波警報または大津波警報を発表したときは、樋管の点検、整備及び操作を行っている場合には、操作員の退避を指示すること。
- (5) 操作員が津波警報または大津波警報を入手し、緊急を要する場合には、操作員は指示を待たずに退避できるものとする。

5. まとめと今後の展望

東日本大震災での操作員の被災を契機に、沿岸施設を中心に施設の自動閉塞化、遠隔化が促進されている一方、これらの施設整備は実際に管理を担当する地元自治体に対して、ランニングコストを含めた大きな負担となっている。一方、地方を中心に自助努力による防災への意識が高く、当面操作員の確保が可能な自治体も多くあり、操作員の安全性を確保しつつ、被災時に確実な施設操作を実施していくことが重要である。

本報告では、ランニングコストの増大要因となる機器を極力減らす一方、操作員の安全確保を目的とした施設整備を合わせて実施することで、トータルコストの低減を目指した。

今後長期的に見れば、自動閉塞、遠隔化は自然の流れであるが、従前の操作員による操作との併用方式も、過渡期としては、十分考慮すべき方法となり得ると考えられる。

参考文献

- 1) 静岡県第4次地震被害想定（第一次報告）（平成25年6月27日公表），II-116,119,2013.
- 2) 農林水産省 農村振興局・水産庁、国土交通省 水管理・国土保全局・港湾局編：津波・高潮対策における水門・陸間等管理システムガイドライン，pp.4-14, 2015.

(2020. 4. 2受付)