

長寿命化を考慮した豊川放水路分流堰の修繕について

川田明男¹

¹豊橋河川事務所 管理課（〒441-8149 豊橋市中野町字平西1-6）

豊川放水路分流堰は、扉体の一部が腐食・老朽化し、設備対策（長寿命化）が必要となった。設備診断検討した結果、扉体の全面更新でなく、扉体端部更新及び扉体中央部塗替方法を選択した。扉体端部更新使用材料選定にあたっては、既設開閉装置の開閉能力内に収まること及び感潮域であることを条件にステンレス鋼を比較し、新材料である二相ステンレス鋼を選定した。既存扉体中央部はS S材であるため、塗替メンテナンスの軽減、異種金属接触防止対策の観点で新技術塗装を施工した。これらについて報告する。

キーワード：部分更新，二相ステンレス鋼，異材溶接，異種金属接触腐食防止，長寿命化計画

1. はじめに

(1) 豊川放水路の役割

愛知県北設楽郡設楽町の段戸山を源とする豊川は、三河湾に注ぐ延長約77km、流域面積約724km²の一級河川である。流域内の年間平均降水量は、上流域で約2,400mm、下流域で約1,800mmと全国的に見ると多く、また、河道も急勾配なことから、上流で降った大量の雨が一気に下流の平地に流れるという特色がある。これに加えて、中下流部では川が大きく蛇行していることから、たびたび洪水に見舞われる水害の歴史を繰り返してきた。豊川は霞から溢れさせることで中心市街地を水害から守ってきたが、霞地区の農地開拓が進むことで洪水被害も拡大してきた。そこで、豊川流域の洪水被害を根本的に解決する手段として洪水時には二つの川で洪水調節する計画とした全長6.6kmの豊川放水路を建設した。

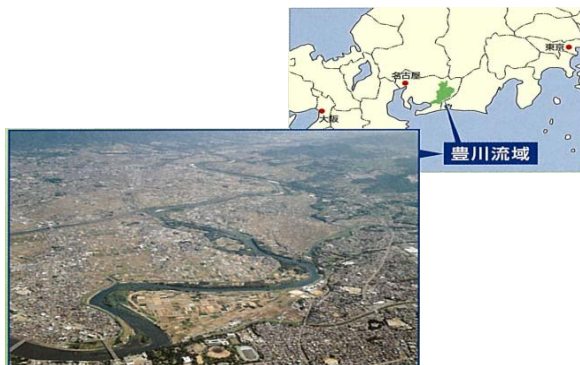


図-1 豊川の位置と中下流部の上空写真

(2) 豊川放水路分流堰の役割

豊川放水路の入り口となる豊川放水路分流堰は、昭和38年から工事が開始され昭和40年3月に完成し、有効幅員95mで、せき高3.5mの固定堰2連と、可動堰（D型シェル溢流門扉）1連からなり、本川計画流量4,100m³/sに対して1,800m³/sを分流するための施設です。常時の可動堰は、本川への自然流下と海水遡上を防止するため閉鎖されている。分流堰の可動堰は、純経間29.0m、有効高3.5mのシェル構造ローラーゲートであり、材質はSS41（現在の規格でSS400）にて製作された水門である。今回、豊川放水路分流堰の扉体修繕について紹介する。



図-2 豊川放水路分流堰建設当時の上空写真



図-3 豊川放水路分流堰の常時と洪水時の様子

2. 分流堰の現状把握と評価

扉体については、平成元年度に腐食の進行していた扉体下部の取替えを実施した程度で、塗装塗替を約10年ごとに実施しているのみであり、ほぼ建設当時の状態のままである。まずは現状の不具合状況を確認するため、目視確認と超音波探査を実施した。

(1) 腐食状況目視確認

扉体は、端部外面の腐食が著しくフロントローラ（SC49）及びサイドローラ（SC49）は図-4に示すように腐食が進行していて受金物は層状に劣化している。

一方、端部内面は主ローラ（SCA22）表面が錆びているが端部鋼材には目立った腐食が検出されない。扉体外面塗装（中央部）は全体的に白亜化しているが母材の劣化はない。扉体内面は底部の腐食が著しく補助桁は層状に剥がれている。また、水密ゴムの割れ・損傷は検出されず下流側には目立った漏水は生じていない状況であった。



図-4 扉体の劣化状況写真

(2) 超音波板厚測定確認

板厚測定はスキンプレート及びダイヤフラムについて行い、余裕厚2mmを上回る減少量を検出したのは、スキンプレート上流面のみであった。また、扉体中央断面は扉体上部と扉体底面のスキンプレートが板厚減少している傾向があった。

(3) 扉体の強度解析

扉体構造解析は以下に示す3ケースで実施し、図-5にまとめた。

○	建設当初	腐食代(2mm)を含む建設当初の設計板厚としたモデル
○	現在 (板厚減少)	板厚測定結果を反映した現在の板厚としたモデル
●	現在 (板厚減少+補剛材欠損)	板厚測定結果を反映した現在の板厚とし、底部補剛材を削除したモデル

扉体構造解析を行った結果、扉体内部の補剛材が欠損すると底面板・背面板に作用する応力が大きくなり、背面水平桁の強度が許容応力を超過する。また、板厚測定結果より、扉体の板厚は全体的に若干減少していたが、建設当初の応力状態とほぼ変化はない。このことから、扉体内底部補剛材を手当てすることによって、建設当初

の機能回復ができると考えられる。一方、扉体端部は建設以降の塗替塗装が行き届かなかったと推察される著しい劣化が認められ、早急な対応が必要との判断となった。

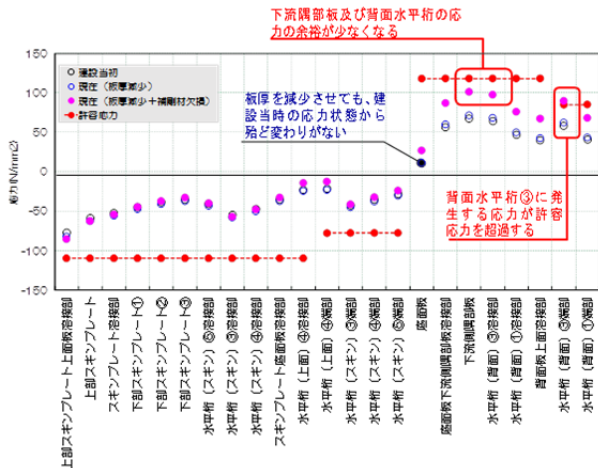


図-5 扉体構造解析結果

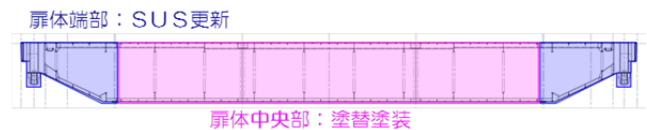
3. 修理方法の検討

(1) 扉体修繕方法の検討

扉体端部の修繕は、「扉体全体をステンレス鋼に更新する案」と「扉体端部のみをステンレス鋼に更新する案」との二案について、機能、信頼性、経済性、利便性、安全性等の比較・整理、定量的な効果検証を行い、修繕計画を立案・比較検討した。

扉体中央部は、内面補助桁の部分的な劣化が認められたが、補強等の対策によって機能を回復することができ、扉体を全面更新する案の修繕方針は得策ではない。

したがって分流堰扉体は、図-6のように「扉体端部のみをステンレス鋼に更新する案」とした。



扉体端部は、ステンレス鋼材に更新し、中央部は現材を流用して新技術塗料で塗替塗装を施す。
扉体内部補剛材は、経年劣化により欠損している部分のみ補強する。

図-6 扉体修繕方法イメージ図

(2) 三次元CADによる構造解析

豊川放水路分流堰は、シェル構造ローラゲートで複雑な構造であり、既設完成図書では扉体端部の強度計算がなく、応力状態を確認することができなかった。このため、応力状態を確認する目的で三次元CADを用いた実寸法のモデリングデータを作成し、図-7のように構造解析を行って切断位置が構造的な弱点になっていないことを確認した。

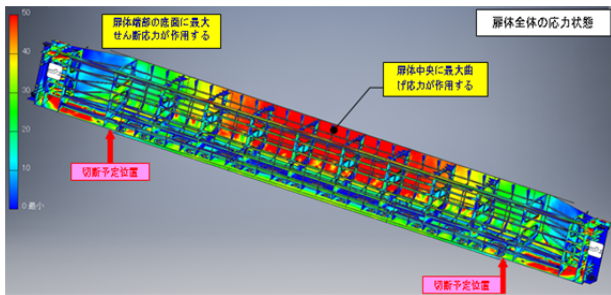


図-7 三次元CADによる構造解析

(3) 扉体端部主要材料の検討

ステンレス鋼は様々な種類があるが、海水若しくは汽水域では耐食性に優れるSUS316Lがよく使用される。SUS316Lは耐食性に優れる一方で、一般的に使用されるSUS304に比べると高価である。しかしながら、近年において耐食性及び経済性に優れるステンレス鋼の開発が進み、二相ステンレス鋼(SUS323L)が海水若しくは汽水域の水門に採用される事例がある。この二相ステンレス鋼(SUS323L)は、2015年9月24日にJIS規格(G 4304 G4305)改定により追加されている。

以上を踏まえ、各ステンレス鋼の比較検討し、物理的性質、機械的性質、溶接性、耐食性、経済性等で総合判断して優位である二相ステンレス鋼(SUS323L)を扉体端部主要材料に採用した。

(4) 異材溶接の検討

二相ステンレス鋼の採用に伴い、端部扉体(SUS323L)と中央扉体(SS400)とが異材溶接となる。二相ステンレス鋼(SUS323L)の異材溶接における適用溶接材料は、図-8(日鐵住金溶接工業株式会社機関紙No. 38より)のとおり、SUS316L同等であり、既に溶接技術が確立されているため、異材溶接の問題はないと考えられる。

表2 二相ステンレス鋼の適用溶接材料

種類	溶接材料	適用溶接材料			
		被覆アーク溶接棒	TIG溶接棒	フラックス入りワイヤ	サブマージ溶接材料
リン二相鋼	UNS S32101	○	○	○	○
	UNS S32304	○	○	○	○
汎用二相鋼	UNS S31803	○	○	○	○
	UNS S32205	○	○	○	○
	SUS329J3L, DP8	○	○	○	○
	SUS329J4L, DP3	×	○	○	○
スーパー二相鋼	UNS S32750	×	×	○	○
	UNS S39274(DP3W)	×	×	×	○

注: ○: 適用可能な両金属系溶接材料, ○: 適用可能な溶接材料, ×: 適用できない

表3 異材溶接における適用溶接材料

鋼材の種類	リン二相鋼	汎用二相鋼	スーパー二相鋼
UNS S32101	○	○	○
UNS S31803	○	○	○
UNS S32304	○	○	○
UNS S329J3L, SUS329J4L	○	○	○
UNS S32750, DP3W	○	○	○

表4 表3における記号別の適用溶接材料

記号	溶接材料	被覆アーク溶接棒	TIG溶接棒	フラックス入りワイヤ	サブマージ溶接材料
A	DP8シリーズ	○-DP8	○YT-DP8	○SF-329J3LP	○Y-DP8 × ○BF-30
B	DP3シリーズ	○-DP3	○YT-DP3	○SF-DP3	○Y-DP3 × ○BF-30
C	DP3Wシリーズ	○-DP3W	○YT-DP3W	○SF-DP3W	—
D	309L	○-309L・R	○YT-309L	○SF-309L	○Y-309L × ○BF-300M
E	309MoL	○-309MoL・R	○YT-309MoL	○SF-309MoL	—

図-8 二相ステンレス鋼の適用溶接材料関係図

(5) 扉体防食塗料の検討

豊川放水路分流通は、洪水調節以外のメンテナンスのために扉体を引き上げて内外面塗替塗装を行うことが容易にはできない。しかし、近年においては、塗替塗装周期を長寿化化する重防食の新技術が開発されつつある。このため、内外面塗替塗装は「従来塗料を継続利用する案」と「重防食の新技術塗料を利用する案」とが考えられ、機能、信頼性、経済性、利便性、安全性等の比較・整理と定量的な効果検証を行い、修繕方法を検討した。

扉体中央部は、長寿化を図る新技術塗料の中でも感潮域で実績があり、25年程の耐用年数を確保できるマイティCFを採用し、塗替塗装時期を延長かつ延命化することとした。

(6) 異種金属接触による腐食防止の検討

扉体端部に二相ステンレス鋼(SUS323L)を採用し、扉体中央部はSS400材を流用するため、現場溶接継手部は異種金属で接合される。本来、異種金属腐食を防ぐために直接接触しないよう、絶縁させておく必要がある。しかし、絶縁させる事が難しい今回は、接触腐食に影響を及ぼす空気と水に完全に触れさせないことで対応することにした。

図-9に示すように扉体端部側に100~200mmオーバーラップして外面塗装を施し、異種金属部が接水して電位が生じないように表面を完全に被覆してしまうコーティング処理にて防食した。



図-9 塗装範囲の検討図

一方、扉体端部は、二相ステンレス鋼の素地のまま露出しても耐食性に支障はないが、修景美観に配慮する面においては課題が残る。このため、扉体内外面は、異種金属接触腐食の防止と景観への配慮のため、扉体中央部同様の塗装を全面に施すこととした。

4. おわりに

今後、河川用水門設備の老朽化に伴い、更新を必要とする設備数が増加していくと思われるが、更新においては現場の使用条件等を考慮して更新方法を選定していく必要がある。今回の検討で水門設備の補修工法についての知見を整理したことから、他の水門設備扉体修繕の補修における参考になれば幸いである。