

# 防潮水門の劣化調査・診断及び補修設計

株式会社有明測量開発社 設計部 酒井 宏明

高度成長期である昭和40年代は、一般的にコンクリート構造物の劣化進行が早いと言われている。宮崎川防潮水門は昭和47年に竣工しており、劣悪な環境条件の中でゲート固定梁部に激しい損傷が確認され崩落の危険があった。そこで、目視による概略調査を行い補修対策に向けての詳細調査の提案を行った。詳細調査では様々な角度から劣化原因を究明し、「塩害」であるものと診断された。また、補修設計においては、確実性やLCCを視野に入れた対策工の立案を行ったが、緊急的業務であることや予算の確保が困難であることより、応急的対策工法で対処するものとした。対策工は上記観点から、鉄筋腐食の原因除去として、鉄筋背面までのコンクリートを除去しポリマーセメントモルタルによる断面修復工法を採用した。また、ゲート固定部分は既設梁部分を除去し、後打アンカーによりゲートを固定する対策を実施する計画とした。

**キーワード**； 既設構造物の維持管理，劣化調査・診断，補修設計

## 1. はじめに

熊本県玉名郡長洲町の宮崎川河口（有明海）に位置する宮崎川防潮水門は、昭和47年に竣工しており、その間、若干の補修（クラック充填）は実施されているものの大規模な補修履歴は確認されないところである。近年、沿岸部の飛沫帯という過酷な環境により損傷の進行が激しく、ゲート部分の崩落の危険性があった。そこで、既設構造物の健全度調査・診断からLCC（ライフサイクルコスト）縮減を主眼とした補修設計までを行った。



写真-1 宮崎川防潮水門全景(補修前)

## 2. 概略調査

### (1) 時代背景

一般的に昭和40年代の構造物は劣化進行が早いと言われている。その理由としては、高度成長期における大量生産の中での、材料不足、機械打設（ポンプ車）、労働力不足が海砂の使用、水セメント比の増大、技術者不足を呼び、耐久性の低いコンクリート構造物が量産されていたものと考えられる。

当防潮水門においても、骨材中に貝殻の破片が混入しており、海砂を使用したものと思われた（写真-2）。また、コンクリートの塩化物量がJISにより

規制されたのが昭和51年であることを踏まえると当膨張水門のコンクリート中には、内在塩分が混入していることも否めない。



写真-2 骨材中の貝殻

### (2) 環境条件

当該構造物は沿岸部の飛沫帯に位置しており、塩分、水分、酸素の供給を常に繰り返している環境であることから、耐久性の観点において非常に厳しい環境に曝されているものといえる。

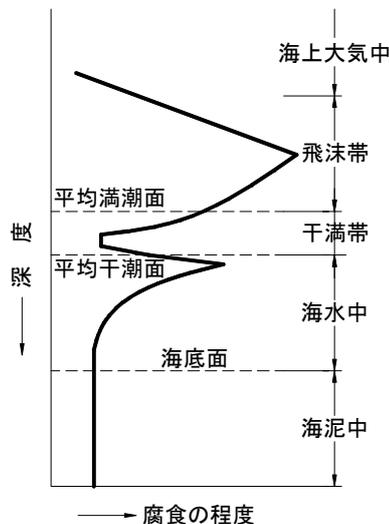


図-1 海洋環境の違いによる鋼材腐食の程度<sup>1)</sup>

### (3) 外観目視調査

激しい劣化(鉄筋腐食膨脹, かぶりコンクリートの剥落)はゲート固定梁部に集中しており, 腐食膨脹は約2~3倍程度(劣化期)となっているため, 以前より腐食は進行していたと思われた。また, 骨材周辺に白色のエフロレッセンスが確認でき, コンクリート自体がポーラスである可能性があった。さらに, ゲート固定部は流水によるゲートの振動等で劣化状況が激しく, 崩落の危険性が高かった。



写真-3 ゲート固定梁部

## 3. 詳細調査

### (1) 調査内容

概略調査後に水門全体を視野に入れた補修対策に向けての詳細調査の提案を行ったが, 発注者との協議の結果, 応急的に最小限の調査内容を実施するものとした。以下に実施調査内容を示す。

### (2) 外観打音調査, はつり調査

ゲート固定梁部は鉄筋腐食膨脹によるかぶりコンクリートの剥落および鉄筋露出が激しく, 現時点では劣化期にあり補修が困難な状況であった。

正面壁部のはつり調査の結果, 鉄筋径は水平方向がD16mm, 垂直方向がD13mmで, そのかぶりコンクリート厚はそれぞれ $t=50\text{mm}$ ,  $66\text{mm}$ であった。コンクリート標準示方書では, 特に激しい腐食性環境の梁部の最小かぶりコンクリート厚は $60\text{mm}^2$ とされており, 劣化の原因はかぶりコンクリート厚不足とは言えないものと考えた。



写真-4 水平鉄筋の純かぶり50mm

### (3) 強度試験

強度試験は全体の強度のバラツキ程度を反発硬度法(シュミットハンマー)で測定し, コンクリート自体の強度は圧縮強度試験で求めた。

反発硬度法は壁左岸側, 中央部, 右岸側の3箇所

で実施したが, 推定圧縮強度はほぼ $\sigma=21\text{N/mm}^2$ 程度とバラツキは少ない結果となった。また, 圧縮強度試験では $\sigma=25\text{N/mm}^2$ となり構造上問題となるような強度低下は無いものと考えられた。

なお, 当時の鉄筋コンクリート標準示方書では $\sigma \geq 18\text{N/mm}^2$ と規定されている。

### (4) 中性化試験

正面部壁部でコアを採取し, 中性化試験を実施した。

コア2本の試験による平均中性化深さは,  
 $d=(16.9+18.5)/2=17.7 \approx 18.0\text{mm}$ となった。

なお, はつり調査による鉄筋のかぶりは $t=50\text{mm}$ であるため, 中性化残りは $32\text{mm}$ 程度となる。これは, 塩分濃度を含む場合の腐食開始中性化残りは $20\text{mm}$ 程度といわれているため, 本ケースにおいては, 中性化による腐食の影響は低いものと考えられた。



写真-5 中性化の状況

### (5) 塩分濃度試験

塩分濃度は一般的に $1.2\text{kg/m}^3$ 以上で鉄筋腐食が生じる可能性があり,  $2.5\text{kg/m}^3$ 以上で鉄筋腐食が生じるとされている。

塩分濃度試験結果は, 表面から $70\text{mm}$ 程度(鉄筋位置付近)は塩分濃度が $2.5\text{kg/m}^3$ を超えており腐食を生じる環境にあるものと考えた。また, その深部においても $1.8\text{kg/m}^3$ 程度の濃度分布であった。これは, 当初概略調査時点で貝殻を混入していることが確認されていることを踏まえた結果, 当初から内在塩分を混入していたものと推定した。

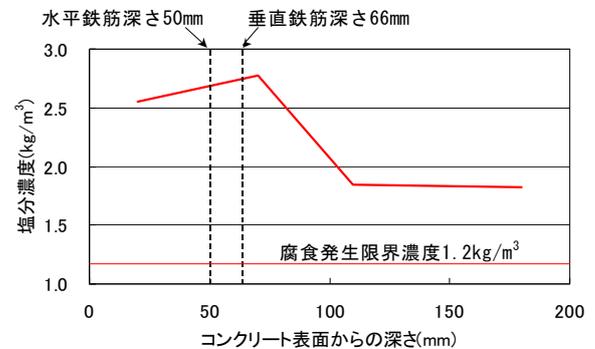


図-2 深さ方向の塩分濃度

## (6) 自然電位測定

はつり試験等で鉄筋の腐食状況は部分的に判断できるが、構造物全体に対しての腐食範囲および腐食程度は推定できないところであった。そこで、自然電位測定を実施することで、構造物全体に対する腐食範囲および腐食程度を推定するものとした。

測定結果は、腐食範囲が全体的に広がっていることが確認できるとともに現状の損傷状況とほぼ一致しており、腐食度も激しいものであった。

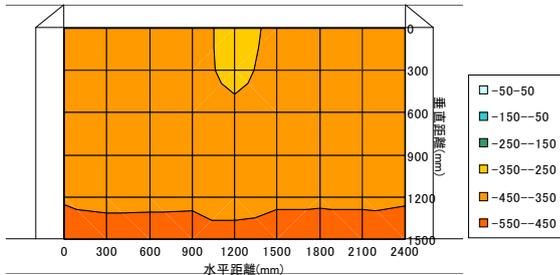


図-3 自然電位分布図

表-1 鉄筋腐食度の評価基準

自然電位	腐食度	評価基準
-250mV < E	I	腐食がなく黒皮の状態
-350mV < E ≤ -250mV	II	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態
-450mV < E ≤ -350mV	III	鉄筋表面に薄い浮き錆が広がって生じておりコンクリートに錆が付着している状態
E ≤ -450mV	IV	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが断面欠損は比較的小さい状態
	V	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態

## 4. 試験結果からの総合評価

試験結果から、当水門の劣化原因は内在塩分と飛来塩分による塩害であるものと判断した。

また、環境上も飛沫帯という塩害を受け易い環境であるとともに上部スラブコンクリートが雨水による付着塩分洗い流し効果を抑制していることも塩分の濃縮を促進したものと考えられた。

このように、施工した時代背景、梁部の施工性、環境条件が複合した結果、ゲート固定梁部の劣化進行を早めたものと判断した。

以上の状況から、まず、ゲート崩落の危険性があるゲート固定梁部の補修設計を行った。

## 5. 補修工法の選定

補修工法は、確実性、LCC、施工性から電気防食工法が有利であるものと考えた。しかし、今回の補修の主旨はゲートの崩落防止であり、緊急性を要するとともに全体を視野に入れた予算が確保できないこと、さらには、全体調査を実施していないこと等を踏まえた結果、応急的対策工法で対処するものとした。

対策工は上記観点から、鉄筋腐食の原因除去として、鉄筋背面までのコンクリートを除去し、ポリマーセメントモルタルによる断面修復工法を採用した。また、ゲート固定部分は既設梁部分を除去し、後打アンカーによりゲートを固定する対策を実施する計

画とした。但し、将来的には断面修復部周辺のマクロセル腐食は否めないところであった。

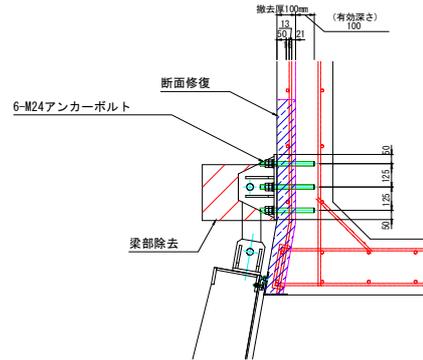


図-4 補修工断面図

## 6. おわりに

宮崎川防潮水門と近接して、菜切川防潮水門（昭和42年竣工）と裏川防潮水門（平成2年竣工）が在るが、現在、劣化が進行している状況である。

高度成長期に量産された社会資本ストックの更新時期は2025年頃にピークを迎えると言われているが、財政事情が厳しい今後においては、全ての施設を短期間で造り替えることは困難性を極め、見過ごされた施設は急激な機能低下と事故発生に繋がるものと考えられる。

今回の業務から感じたことは、もっと早い時期に対処していれば補修の規模は小さく出来たのではないかということであり、“予防保全”の重要性を認識した。

このようなことから、今後の財政事情と連動した維持管理システムの構築が重要な課題であると考えられる。



写真-6 宮崎川防潮水門全景(補修後)

## 参考文献

- 1) 土木学会海洋工学委員会，海岸施設設計便覧小委員会：海岸施設設計便覧[2000年版]，(社)土木学会，p. 529, 2000.
- 2) 土木学会コンクリート委員会，コンクリート標準示方書改訂小委員会：2002年制定 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]，(社)土木学会，p. 120, 2002. (2007. 6. 7提出)