

維持管理に配慮した海岸道路の波覆工補修設計

協和設計株式会社 小長谷 克明

論文要旨

本稿は、海岸道路に越波対策として設置されている波覆シェッド(上部工)及び海岸擁壁(下部工)の補修設計事例である。波覆工は昭和46年に1期施工120mが竣工、昭和57年に60mが竣工された延長180mの鋼製門形式構造の波飛沫に対するシェッドである。塩害の厳しい環境下であるため、概ね15年間隔で、一部取替、補修工事が実施されている。

更新時期を向かえた波覆工の長寿命化、耐久性向上のため、構造形式、材料、維持管理方法などを見直し、ライフサイクルコストを削減した補修設計報告である。

キーワード: 塩害, ZAM 鋼板, 亜硝酸リチウム, 水洗い

まえがき

波覆工は越波防止柵などの壁構造では対応できない越波に用いられる構造で、側部パネル、屋根パネルで道路を覆う越波対策である。

越波を直接受ける波覆工は腐食損傷が激しく、これまで長期現道規制する取替え更新が数回行われ、撤去・処分・取替材料等多額の補修費用を要している。



写真-1 越波状況

本稿の波覆工補修設計は、耐久性向上のため、構造形式の見直しなども視野に入れた検討を行い、ライフサイクルコストの削減を図った。

1. 構造物の現状

(1) 波覆シェッド(上部工)

波覆シェッドは溶融亜鉛めっきによる防錆処理が施された鋼構造で、先行整備された区間の外面パネルの腐食が激しく、断面欠損により穴あきが散見される。

支柱は外面パネルが欠損している箇所、溶融亜鉛めっき劣化度基準¹⁾の劣化度Vまで進行し、一部支柱のウェブは欠損、フランジは減厚が確認される。

(2) 海岸擁壁(下部工)

海岸擁壁は波覆シェッド支柱の基礎用リブが追加され、先行整備区間は、のちにリブを覆う増厚補強が施されている。

損傷状況は堅壁のひび割れ、うき、底版の剥離、鉄筋爆裂が見られる。室内試験から、表面鉄筋位置で塩化物イオンが鉄筋の腐食発生限界を超えていること、一部で

アルカリ骨材反応が発生している可能性があることが確認されている。



写真-2
パネル腐食状況



写真-3
支柱腐食状況



写真-4
先行整備区間擁壁



写真-5
延伸区間擁壁



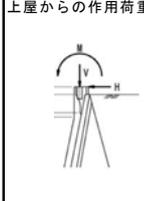
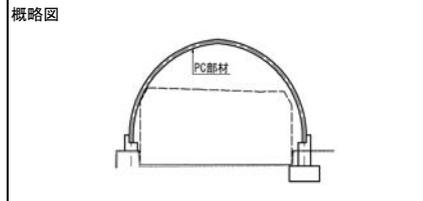
写真-6 全景

2. 構造形式

太平洋沿岸 20m までの場所に位置し塩害対策区分 S²⁾の環境下にある当該構造物の対策工は、上部工の取替え、構造形式の変更も含めて検討を行った。

塗装鉄筋、表面保護などの塩害対策を施したコンクリート構造への上部工の変更は、現況の更新サイクルの改善が期待できるため、コンクリート構造の適用可否について検討を行った。検討の結果、コンクリート構造においても安定計算は許容値を満足したが、死荷重増により鋼構造に比べて約 10~15 倍の荷重が作用し、損傷を受けた下部擁壁に更に負荷がかかる状態となる。

表-1 コンクリート構造の作用荷重

| 上屋からの作用荷重 | | 概略図 | | |
|---|---------|---|-----------|-----------|
|  | |  | | |
| | | V (kN) | H (kN) | M (kN・m) |
| 上屋からの作用荷重 | 常時 | 2,239 (162) | 434 (47) | 434 (27) |
| | 風荷重時 | 2,331 (166) | 509 (196) | 509 (263) |
| | 衝突時 | 2,239 (162) | 506 (119) | 15 (42) |
| | 地震時(L1) | 2,369 (164) | 703 (68) | 668 (82) |
| | 地震時(L2) | 2,412 (165) | 792 (74) | 746 (100) |

※()は鋼構造での作用荷重

再構築を必要とする損傷に至っていない既設擁壁の補修再利用を踏まえ、上部構造の更新は鋼構造を基本に防錆機能を向上させる仕様の検討を行うこととした。

3. 補修方針

(1) 波覆シェッド(上部工)

1) 外面パネル

外面パネルの防錆仕様は、溶融亜鉛めっきの寿命が約 15 年であることが補修履歴から明らかであり、耐久性向上のため、パネル材料および防食方法を検討した。

鋼板の防食法は、下図のように被覆、耐食性材料の使用、環境改善、電気防食の 4 つに大別される。

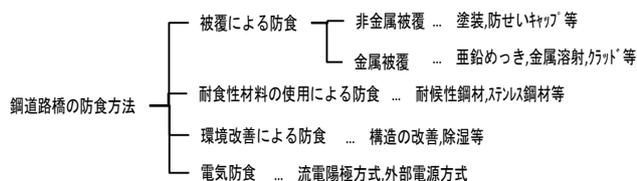


図-1 鋼板の防食方法³⁾

これらのうち、電気防食は著しく経済性に劣ること、耐候性鋼材は海岸環境では適用不可であることより検討対象外とし、塗装被覆、金属被覆、ステンレス鋼材などを対象に比較検討を行った。環境改善については、海水が滞水しにくい構造細目を検討した。

2) 骨組部材

骨組部材の補修方針は、腐食による著しい断面欠損が生じている部材の取替えと既設支柱の再防錆とした。防錆仕様は既設の溶融亜鉛めっきは海岸環境での適用性が低いいため、ふっ素樹脂塗装を上塗りに採用した。

(2) 海岸擁壁(下部工)

表面鉄筋位置で鉄筋腐食発生限界濃度 (1.2kg/m³) を超える塩化物イオン (6.8kg/m³) が浸透していることが確認されていた。しかし、表面鉄筋は圧縮側であり RC 擁壁の主鉄筋である背面鉄筋の現状と将来予測をフィックの拡散方程式⁴⁾により予測した。検討の結果、背面鉄筋が将来的にも腐食発生の可能性が低いことを推定し、塩化物イオンが内在する状態での表面鉄筋再劣化防止と健全部の予防保全を補修方針とした。

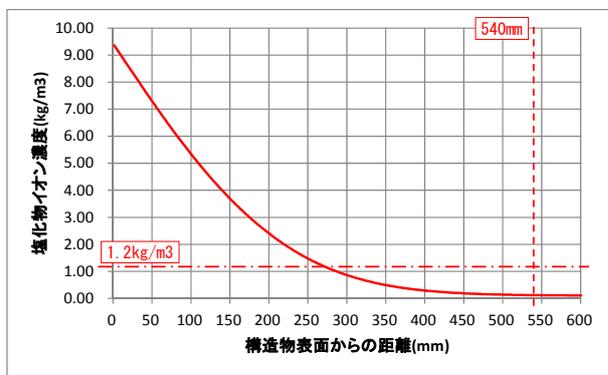


図-2 塩化物イオン拡散予測結果(50年)

海岸擁壁の補修方針は「塩化物イオンが内在する状態での鉄筋腐食抑制」と、「さらなる飛来塩分などの劣化因子浸入抑制」から、表面保護工併用の断面修復を検討した。

4. 材料選定

(1) 外面パネル

外面パネルは鋼板の防食法に加え、非鉄金属および非金属を比較し、溶融亜鉛めっきと同程度のコストで 4 倍の耐食性を有する ZAM (Zn-Al-Mg 合金めっき) 鋼板⁵⁾を採用した。

(2) 下部擁壁補修

1) 断面修復工

塩化物イオンが内在する状態で断面修復を行った場合、未補修部との電位差からマクロセル腐食による再劣化が懸念される。再劣化防止のため、亜硝酸リチウムを添加したポリマーセメントモルタルを採用した。

亜硝酸リチウムの成分のうち、亜硝酸イオンは鉄筋の不動態皮膜を生成する働きがある。また、リチウムイオンはアルカリシリカゲルを非膨張化する効果があるとされておりアルカリ骨材反応が発生している可能性がある当該構造物に有用な材料と考える。

2) 表面保護工

表面保護工は表面被覆と表面含侵に大別される。このうち、補修跡が不可視となる表面被覆は、当該構造物の補修規模が大きく経過観察が必要と考え対象外とした。

表面含浸工法には撥水層を形成するシラン系とコンクリートを緻密化するケイ酸塩系の含侵材があり、ともに劣化因子浸入抑制に効果がある。ひび割れ補修を伴う当該構造物ではコンクリート緻密化によるひび割れ閉塞効果を期待し、ケイ酸塩系を選択した。

また、ケイ酸塩系含侵材について、塩害環境下であることを考慮し新技術 (NEITS) から鉄筋腐食抑制効果を併せ持つ表面含侵工法を採用した。

5. 景観・構造細目

(1) 景観検討

当該地は、高台から海岸線および岩礁が一望できる立地である。現況、鋼製パネルに覆われ閉塞された空間となっている波覆工について景観性向上の検討を行った。

対象道路は歩道のない2車線道路であり、歩行者の通行が少なく、一般車および観光バス等の車両通行が主であることより、運転手からの視点を対象に海側壁版に透光性材料を適用し内部景観の向上を図る方針とした。

透光板材料は、同路線の越波防止柵で採用されているポリカーボネート折板 (以下ポリカ板) を基本構造とし、ポリカ板の標準支間 2m に対応するため、波覆工標準支間 3.6m の間に追加支柱を設ける構造とした。

ポリカ板の設置高さは現況の通行状況を踏まえ、中型観光バスで景色を確認できる 1.5m を採用した。



図-3 透光板設置イメージ図



図-4 中型観光バス視認性

(2) 構造細目

現況パネル部材のデッキプレートは波板構造で、排水勾配が付されているものの滞水しやすい構造であるため、打ち上がった海水が速やかに排水できる構造として溝形鋼とフラットパネルによるパネル構造を採用した。

また、溝形鋼 (支持材) とパネル材を別構造とすることで、支間部でのパネル接続が可能となり、支柱への塩害リスクを低減した。

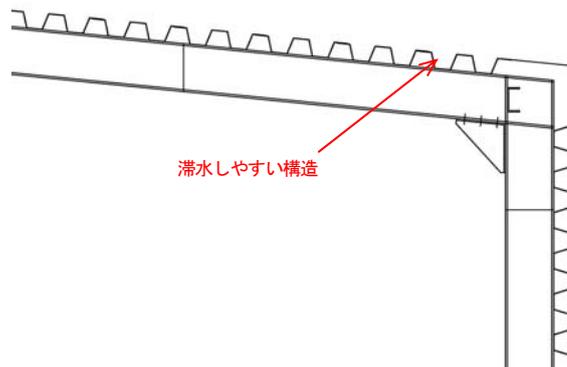


図-5 現況構造

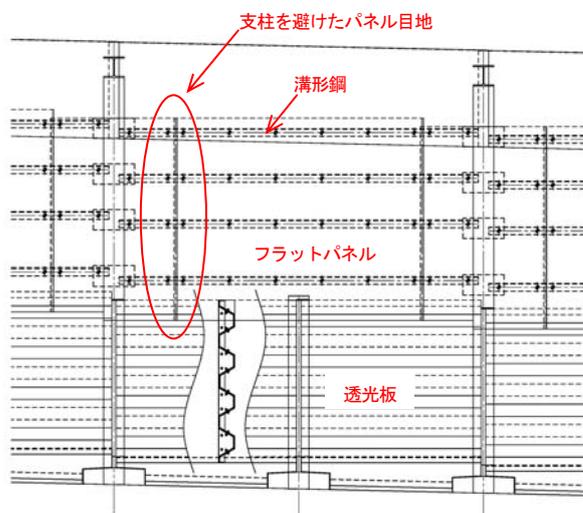
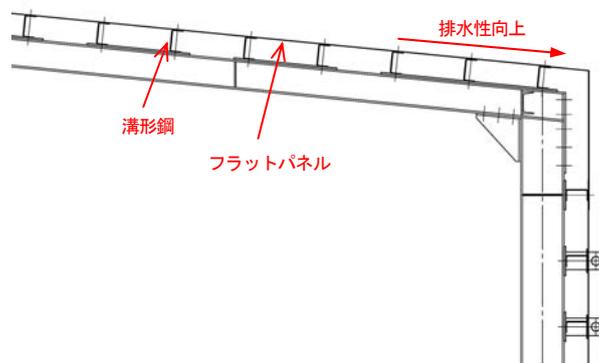


図-6 取替え構造

6. 維持管理方法

(1) 仮設構造取付用金具

海側支柱の天端スペースは 0~400mm 程度と狭く、かつ、仮設物を取付けられる構造でないため、今後の維持管理を考慮し、維持管理時の足場、擁壁点検時のロープアクセスの支点となる吊金具を設ける構造とした。



写真-7 現況擁壁天端状況

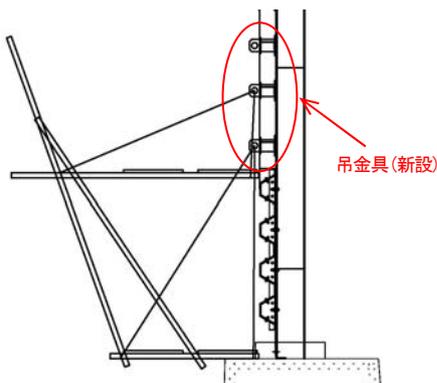


図-7 仮設構造取付金具

(2) 水洗いによる飛来塩分除去

今後の更新サイクル改善のため耐食性の高い材料・構造を選定してきたが、さらなる更新サイクル向上のため、波覆工の水洗いによる維持管理を提案した。

水洗い工は凍結防止剤の散布影響や飛来塩分の影響が大きい地域の橋梁で採用されつつあり、諸研究で一定の効果が確認されている。

水洗い作業は屋根へのアクセスは梯子で、海側壁へは補修時に設けた吊り金具を利用し、作業足場を構築しアクセスする計画とした。

水洗いサイクルは年1回が望ましいが、洗浄後1年間の塩分付着量が洗浄前の 50~90%という検証結果⁶⁾もあることより、少なくとも2年に1回実施することが望ましいと考える。

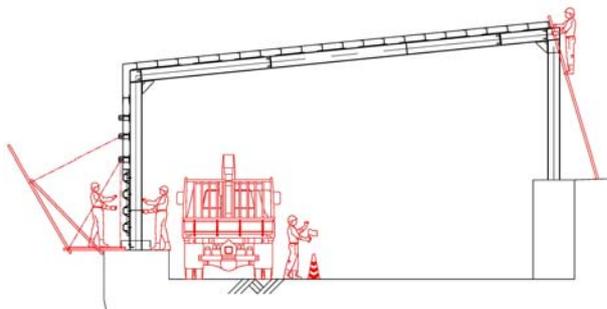


図-8 水洗い作業イメージ図

あとがき

塩害環境下の波覆工補修設計において、高耐食材料、排水性向上を考慮した構造、維持管理方法など維持管理更新サイクルの改善を検討し、現況構造より耐久性ある構造を提案できたと考える。ただし、設計段階であるため、今後、維持管理を行っていく中で想定どおりの効果が発揮されるか確認していく必要がある。

最後に、本補修計画にあたり多大なご指導・ご助言をいただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧資料集 H22.9 IV-17
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編 H24.3 175p
- 3) (社)日本道路協会：鋼道路橋防食便覧 H26.3 I-18p
- 4) (社)土木学会：コンクリート標準示方書[維持管理編] H20.3 112p
- 5) 日新製鋼(株)：ZAM 製品カタログ 10p
- 6) 新潟県：第7回新潟県橋梁長寿命化検討委員会資料1 H25.1.29 17p