

平成30年度

様似漁港西護岸における親水施設としての補修方法検討について

室蘭開発建設部 浦河港湾事務所 工務課 ○平尾 隆朗
山口 圭太

様似漁港西護岸は親水施設として整備され、地域住民や道央圏からの釣り客などに利用されている。しかし、建設から20年以上経過し、塩害及び凍害による老朽化が進行しており、一部区間について立ち入り制限を行うなど利用に支障を来している状況である。

本施設の補修に当たっては、親水施設の機能を維持し、かつ、耐塩害性に配慮した方法を検討する必要がある。本報文では、補修方法として漁港で使用事例の少ない含浸材に着目し検討した結果について報告する。

キーワード：塩害対策、プレキャスト化、表面含浸材

1. はじめに

様似漁港は、日高地方に位置する第3種漁港であり、スケトウダラを対象とした沖合底引き網漁業、サケ定置網等の沿岸漁業が盛んである。また、日高沖の周辺海域で操業する道内外からのイカ釣り外来船の漁業前進基地でもあることから、日高中部圏域における流通拠点漁港として重要な役割を担っている。

親水施設は、写真-1に示すとおり、本漁港の西側に位置しており、平成5年から12年にかけて、既設西護岸を改良して整備したもので地元住民や道央圏からの釣り客に利用され親しまれている。しかし、護岸の改良から20年以上が経過しており、写真-2に示すように老朽化が進行し一部区間は立ち入り制限を行うなど利用に支障を来している状況である。

本報文では、本施設の補修方法として漁港での使用事例が少ない含浸材に着目し検討した結果について報告する。

2. 西護岸の老朽化調査結果について

当該施設は、A～F部で構成され、総延長が616.2mである。それぞれの延長は、A部が168.8m、B部が210.0m、C～F部が237.4mである。図-1にA及びB部の構造図を示す。A部は上部コンクリートがすべて有筋であり、天端にデッキ部、港内側に柱を設けている。B部は護岸の天端にA部と同様にデッキ部を設けており、上部コンクリートについてはデッキ部のみ有筋である。C～F部についてはB部断面の消波ブロックがない構造となっている。A部はフィッシャーマンズデッキ、B～F部は様似町が進める「アポイジオパーク」の取組の一つであるフットパ



写真-1 様似漁港全景 (平成30年9月撮影)



写真-2 立ち入り制限区間の老朽化状況 (A部)

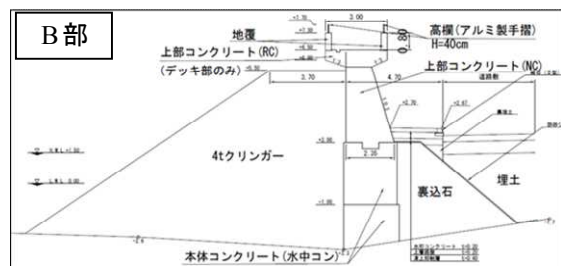
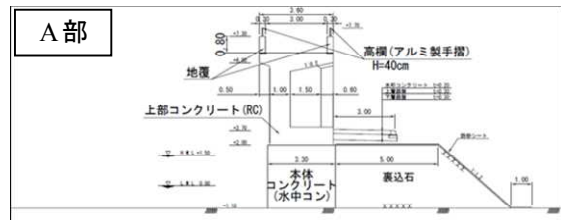


図-1 西護岸標準断面図

スの「様似八景コース」のルートとして利用されている。
 当該施設については、平成25、26年及び平成29年の計3回老朽化調査を実施している。平成25年にA～F部の陸上目視調査、平成26年にA部港外側の水上目視調査及びコンクリートコア調査、平成29年にB～F部港外側の水上・水中目視調査及びコンクリートコア調査を実施した。

(1) 目視調査結果について

調査結果を表-1及び写真-3に示す。目視調査により確認した変状状況を各区分・各部材ごとに評価した。A部については、高欄及び地覆は老朽化が著しく、上部コンクリート(有筋)は鉄筋が露出し、水中コンクリートは欠損が確認された。これに対しB部は上部コンクリート(無筋)で若干のコンクリート欠損やクラックがあるのみで、老朽化の進行は些少である。C～F部は、アルミ高欄の地覆コンクリートが欠損している状況で、A部ほどではないが老朽化が進行している。

(2) コンクリートコア調査の結果

各地点より採取したコンクリートコアを用いて一軸圧縮試験、塩化物含有量試験及び中性深さ試験を実施した。コンクリートコアは、A部5カ所(胸壁工2カ所、本体工3カ所)、B部3カ所(デッキ部)、C～F部3カ所(デッキ部)から採取した。コンクリート圧縮強度は全ての箇所において設計基準強度を満足している。

表-2-1は塩化物イオン含有量試験の結果より採取箇所

表-1 目視調査による変状状況

A部 (L=168.8m)		変状状況
高欄及び地覆		・アルミ製高欄の欠損 ・地覆コンクリートの著しい破損
上部コンクリート (RC)		・目地の開き ・コンクリートの剥離及び鉄筋の露出
水中コンクリート		・水際付近のコンクリートの剥離 ・岩着部のコンクリートの欠損
B部 (L=210.0m)		変状状況
高欄及び地覆		・変状なし
上部コンクリート (RC) (デッキ部のみRC)		・変状なし
上部コンクリート (NC)		・目地間で若干のC○欠損 ・港内側で3m未満のクラック
水中コンクリート		・変状なし
C～F部 (L=250.0m)		変状状況
高欄及び地覆		・地覆コンクリートの破損
上部コンクリート (RC) (デッキ部のみRC)		・変状なし
上部コンクリート (NC)		・港内側で3m未満のクラック
水中コンクリート		・変状なし



アルミ高欄の欠損状況

上部コンクリートの鉄筋露出状況

写真-3 西護岸A部の老朽化状況

における余寿命を算出したものである。平成30年時点でA部の上部コンクリート(有筋)1カ所は塩化物イオン濃度が腐食限界である2.0kg/m³を超過している可能性が高く、余寿命が限界に到達していると想定される。また、B部デッキについても、平成30年時点で余寿命が11年と想定され、構造物の耐用年数50年には満たない結果となっている。

表-2-2は中性化深さ試験の結果より採取箇所における余寿命を算出したものである。中性化深さに関しては、平成30年時点で全ての箇所について余寿命が50年以上で構造物に影響がない結果になっている。

以上の室内試験結果より、塩化物イオン濃度が腐食限界である2.0kg/m³を超過している可能性があるため上部工のうちRC部については補修を実施し延命化を図る必要がある。

3.補修方法の検討について

当該施設では、目視調査より変状が確認された高欄、上部コンクリート(有筋)及び本体コンクリートについて補修する必要があるため、これら3工種について補修方法の検討を行った。

(1) 高欄部

高欄部では目視調査より、アルミ製高欄自体は腐食が進行していないと考えられるが、建込み部である地覆コンクリートが破損している状況である。これにより、高欄の一部が落下しており、立ち入りを制限している状況である。このため、親水護岸としての利用を考慮し、正常な施設機能を回復するとともに、既設と同様の変状を防止する観点での補修が必要である。

変状の要因としては、アルミ製高欄の建込み部分や化粧型枠が破損している状況から、建込み部や化粧型枠の隙間から海水や雨水が浸入したことによる凍結膨張の繰

表-2-1 塩化物イオン含有量試験結果

採取箇所	調査年	鉄筋位置のイオン濃度		経過年数 (H30時点)	鉄筋腐食開始 (建設年から)	余寿命 (H30時点)
		計算値	設計値			
A部上部No1	H26	1.858	2.000	25年	22年	限界到達
A部上部No2	H26	0.238	2.000	25年	53年	28年
B部デッキNo1 (C部側)	H29	0.0000	2.000	18年	80年以上	50年以上
B部デッキNo2	H29	0.002	2.000	18年	80年以上	50年以上
B部デッキNo3 (A部側)	H29	1.432	2.000	18年	29年	11年
C部デッキ	H29	0.015	2.000	25年	80年以上	50年以上
E部デッキNo1	H29	0.046	2.000	25年	80年以上	50年以上
E部デッキNo2	H29	0.003	2.000	25年	80年以上	50年以上

表-2-2 中性化深さ試験結果

採取箇所	調査年	竣工年	被り厚	現在の中性化深さ	中性化速度係数	余寿命 (H30時点)
A部上部No1	H26	H5	70mm	3.0mm	-	-
A部上部No2	H26	H5	70mm	5.0mm	-	-
B部デッキNo1 (C部側)	H29	H12	62mm	2.8mm	0.679	50年以上
B部デッキNo2	H29	H12	62mm	0.4mm	0.097	50年以上
B部デッキNo3 (A部側)	H29	H12	62mm	0.0mm	0	50年以上
C部デッキ	H29	H5	62mm	6.0mm	1.225	50年以上
E部デッキNo1	H29	H5	62mm	2.3mm	0.469	50年以上
E部デッキNo2	H29	H5	62mm	2.9mm	0.592	50年以上

り返しや海水の浸入による鉄筋腐食が変状要因と推察された。

このため、補修方法として、以下に挙げる2つの条件を前提に検討を行った。

- ①海水等の浸入防止
- ②耐塩害性の確保

①については、変状要因が建込み部からの海水の浸入と推察されるため、海水の浸入を防止することを目的とする。②については、A部上部コンクリートで建設から30年経過せずに塩化物イオン濃度が腐食限界を超過している実態があり、高欄に関しても、耐塩害性を確保することとした。

補修方法の検討として、①に関しては、地覆と高欄で部材を分けずにコンクリート高欄とすることで対応した。コンクリート高欄の施工方法として場所打ち式またはプレキャスト構造の2つが考えられた。②に関しては、普通コンクリートの表面に含浸材を塗布する方法、普通コンクリートで内部鉄筋を通常の鉄筋ではなくエポキシ樹脂で塗装された鉄筋を使用する方法、または混和材として高炉スラグ微粉末を混入しより緻密な特殊コンクリートで施工する方法の3つの塩害対策が考えられた。

このため、上記2つの施工方法と3つの塩害対策の組み合わせで以下に示す5案を比較し高欄の補修方法を検討した。

- A：普通コンクリート(場所打ち)+含浸材
- B：普通コンクリート(プレキャスト)+含浸材
- C：普通コンクリート(プレキャスト)+エポキシ鉄筋
- D：特殊コンクリート(場所打ち)
- E：特殊コンクリート(プレキャスト)

比較結果を表-3に示す。A~Eの案を比較した結果、耐塩害性については、普通コンクリートを使用したA及びBよりもエポキシ鉄筋を使用したC、特殊コンクリートを使用したD、Eの方が耐塩害性がより優れる結果となった。

施工性に関しては、場所打ちよりもプレキャストの方が、コンクリート打設における施工手間の簡略化により現場作業時間の大幅な短縮が可能のためB、C及びEが優

れる結果となった。

経済性に関しては、Cが最も安くなるのに対して、Cと比較すると、含浸材を使用するA及びBは約30%、D及びEは約1%程度高い結果となった。

これらの結果より、C及びEが耐塩害性、施工性及び経済性について同程度に優れているため、使用実績を考慮してCの普通コンクリート(プレキャスト)+エポキシ鉄筋を採用した。ここで、採用したプレキャスト構造については隙間が生じそこから海水等が浸入する可能性があるため、その対策として、図-2に示すように既設上部工との間にゴムスポンジパッキン材を使用することで止水性を確保した。

(2) 上部コンクリート(RC)

上部コンクリートについては、A部ではコンクリートが剥離し鉄筋が露出している箇所や鉄筋位置で塩化物イオンが腐食限界を超過している箇所が見られる。さらに目地が開き海水が噴き出している箇所が確認されている。このためA部は、早急に補修を実施し、塩害の進行を阻止する必要がある。一方、B~F部については、現状実施しているコンクリートコア試験の結果だけで判断すると早急な補修は必要ないと思われるものの、コンクリートコアの採取箇所が最も波当たりの激しい港外側側面ではなくデッキ上面での調査結果のみのため不十分と考えられる。このため、平成31年度に追加調査を実施し判断することとした。

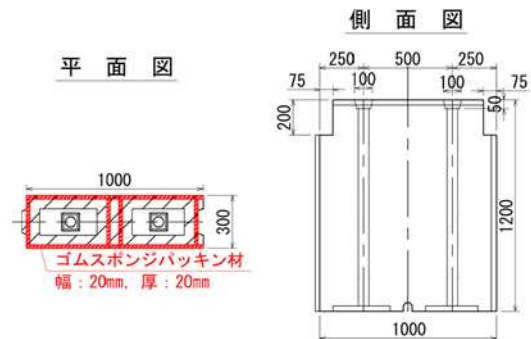


図-2 高欄部の構造図

表-3 高欄部の補修方法の比較

	A 普通コンクリート(場所打ち) +含浸材	B 普通コンクリート(プレキャスト) +含浸材	C 普通コンクリート(プレキャスト) +エポキシ鉄筋	D 特殊コンクリート (場所打ち)	E 特殊コンクリート (プレキャスト)
圧縮強度	◎	◎	◎	◎	◎
耐塩害性	○	○	◎	◎	◎
耐久性	50年 (含浸材の更新必要)	50年 (含浸材の更新必要)	50年以上	50年以上	50年以上
施工性	△(1.8m/日)	◎(8.9m/日)	◎(9.1m/日)	△(2.0m/日)	◎(9.1m/日)
経済性 (1m当たり)	129.3%	133.7%	100.0%	101.3%	100.9%
使用実績	○	○	○	△	△
総合評価	△	△	◎	○	○

A部のみ老朽化が著しい要因としては、B～F部の調査結果がデッキ部のみであるため比較は難しいが、構造上の違いから推察すると、A部は最も沖側に位置しており、消波工は堤体前面ではなく離れた箇所にて設置されている。一方、A部に隣接するB部は、消波工で被覆されており、C～F部は、施設前面の水深が浅く、離岸堤背後に位置する。このため、A部は潜堤があるものの実質は直立堤と変わらず他の区間と比較し波浪の作用が大きく塩害の進捗が顕著と考えられた。

補修方法については、劣化部(塩害を受けている部位)のコンクリートを除去した上で断面修復を行う方法と含浸材を塗布し不動態被膜を修復する方法が想定される。しかし、断面修復案では自重が作用している鉄筋を露出することになり、変状や新たな塩分の付着が懸念されるため、含浸材を塗布する方法を採用した。

含浸材については、鉄筋位置での塩化物イオン含有量により使い分ける必要があり、塩化物イオン含有量<腐食限界値の箇所については標準タイプ(シラン系、ケイ酸塩系)、塩化物イオン含有量≧腐食限界値の箇所については鉄筋腐食抑制タイプ(シラン系腐食抑制タイプ、亜硝酸リチウム+ケイ酸リチウム)を使用する必要がある。また、含浸材は滞水及び波浪の影響がある範囲には使用できない種類があるため、港外側・港内側・デッキ部の箇所ごとにおいても使い分ける必要がある。

標準タイプのシラン系及び鉄筋腐食抑制タイプのシラン系鉄筋腐食抑制タイプは滞水及び波浪の影響がある範囲には使用できないが、標準タイプのケイ酸塩系及び鉄筋腐食抑制タイプの亜硝酸リチウム+ケイ酸リチウムは使用することが可能である。

このため、本施設では、**図-3**に示すように、標準タイプについては、港内側でシラン系、港外側・デッキ部でケイ酸塩系を使用する。鉄筋腐食抑制タイプについては、港内側でシラン系鉄筋腐食抑制タイプ、港外側・デッキ部で亜硝酸リチウム+ケイ酸リチウムの含浸材を使用することとした。

(3) 本体コンクリート

本体コンクリートについては、**写真-4**に示すように、

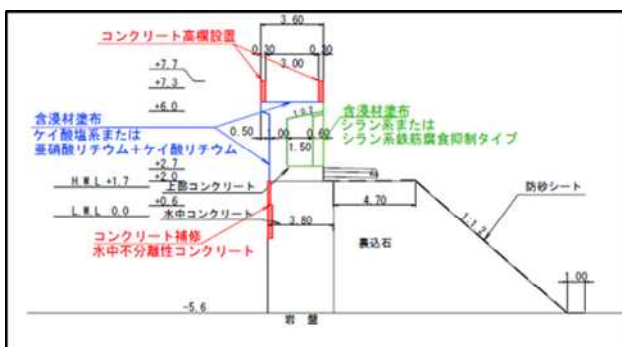


図-3 含浸材塗布範囲

静水面付近において広範囲で断面の欠損が確認されているのに加え、岩着部では最大1mを超える欠損が確認されており構造上の観点からも早急な補修を要する。

老朽化の要因として静水面付近に欠損が集中している状況から判断すると、凍結融解及び波浪の複合的な繰返し作用が一因と推察された。

補修方法は、水中コンクリートの平均水面より上の水上部と平均水面より下の水中部で使用する補修材料を使い分ける必要がある。水上部については、一般的な補修材料として使用される無収縮モルタルによる補修を行う。ただし、既設コンクリートとの附着性を確保するために用心鉄筋を配置する。水中部は、水中でも施工可能な水中不分離性コンクリートとエポキシ樹脂系のパテ材の比較を検討した結果、経済性に優れている水中不分離性コンクリートを使用することとした。また、施工の際に、補修箇所が10cmより浅い箇所については、直ぐに剥離する可能性があることから、既設コンクリートをはつり10cm以上確保した上で補修を行うものとする。

4.今後の課題について

上部コンクリート(RC)の補修方法の検討において含浸材を塗布する方法を採用することとした。しかし、含浸材は標準タイプ・鉄筋腐食抑制タイプの両方とも橋梁において実績があるが、波浪の影響が大きい漁港施設での使用実績がない。このため、実際に当該施設において、試験的に上部1スパンのみに含浸材の塗布を行い有効性の確認を行う。上部1スパンの内、波浪の影響が大きい箇所と影響のない箇所に含浸材を塗布し、含浸材の浸透深さについてコンクリートコアを採取し室内試験により比較・検証を行う。

また、標準タイプより鉄筋腐食抑制タイプの方が単価が2~3倍と高価であるため、コンクリートの塩化物イオン濃度が腐食限界を超過している範囲と非超過範囲で使い分ける必要がある。しかし、既存データの室内試験結果だけで当該施設全体を評価するには調査結果が不足しているため、追加でコンクリートコアを採取し評価する。A部においては、上部工全体がRC部材であり、港外



水際付近の欠損

岩着部の欠損

写真-4 本体コンクリート欠損状況

側の調査結果しかなく港内側には柱及び護岸下を歩行できる通路があるが港内側の調査結果はない。B～F部については、デッキ部だけの調査結果しかない。このため、A部においては港内側の劣化状況の確認が必要であり、B～F部については、より劣悪と考えられる港外側での調査が必要である。次年度の調査では、図-4に示すとおり、A部では、港外側・港内側・デッキ部それぞれ1箇所/50mの頻度でコンクリートコアを採取し塩化物イオン含有量試験及び中性化深さ試験を実施する予定である。B～F部については、港外側・デッキ部でそれぞれ1箇所/50mの頻度でA部と同様に調査を実施する予定である。

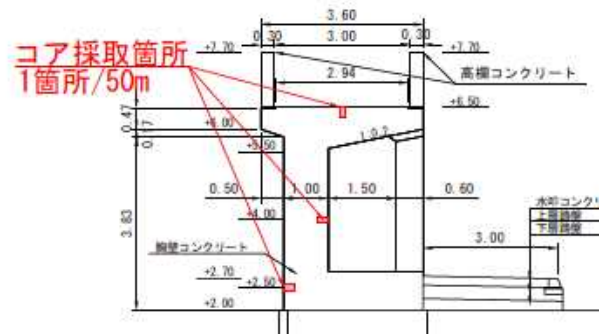
5.まとめ

様似漁港西護岸は、親水護岸として利用されているが塩害により老朽化しているため、親水施設としての機能の維持や耐塩害性に配慮した補修方法の検討を行った。この結果、高欄部は、普通コンクリート製のプレキャスト部材で補修し内部鉄筋はエポキシ鉄筋を使用することとした。上部コンクリート（RC）は含浸材の塗布により耐塩害性を確保し、本体コンクリートについては、水上部を無収縮モルタル、水中部を水中不分離性モルタルで補修を行うこととした。また、次年度に含浸材の試験施工及びコンクリートコア採取による追加調査を実施し含浸材の種類及び塗布範囲を決定する予定である。

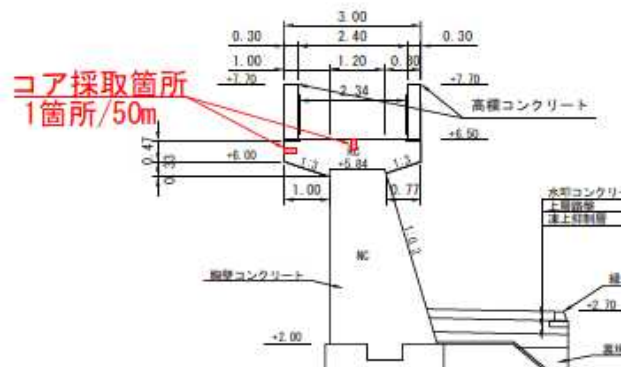
この調査によって含浸材の有効性が確認されれば今後の港湾や漁港施設における新たな補修方法として活用されるものと思われる。

参考文献

- 1) コンクリートライブラリー112 エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針 [改訂版] 土木学会
- 2) コンクリートライブラリー119 表面保護工法 設計施工指針（案） 土木学会
- 3) コンクリートライブラリー151 高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計施工指針



西護岸 A 部



西護岸 B～F 部

図-4 コンクリートコア採取箇所