

海岸沿いにおけるロックシェットの補修対策技術の施工事例

久保 光¹

¹福井県丹南土木事務所鯖江丹生土木部 道路課 (〒916-0133福井県丹生郡越前町気比庄3-17)

1981年(S56)に建設された、海岸沿いに位置する午房ヶ平第一ロックシェットの詳細調査を行い、損傷状況について整理した。整理した結果を基に補修対策工法を検討した。検討した補修対策工法にて実際にロックシェット補修の施工を行った。追跡調査の結果、特に問題ないことがわかった。

キーワード ロックシェット補修、ひび割れ補修工法、断面修復工法、剥落防止工法

1. はじめに

老朽化した既設構造物を補修して長寿命化させる補修対策技術は、多種多様である。特に海岸部の土木構造物は塩害の影響を受けることから塩害対策が必要となることが多いと考えられる。一般国道305号は、石川県金沢市を起点として、福井県南条郡南越前町に至る延長約110kmの主要幹線道路であり、災害時における緊急物資の輸送に大きく寄与する第一次緊急輸送路線であるとともに、福井県内の区間については国定公園である越前海岸沿いを通る観光道路としても重要な路線である。当該箇所は、越前海岸の急峻な海岸線を通る区間であり、地形は凝灰角礫岩で受け盤方向の割れ目が発達し、斜面上部に大粒径の浮石が多量に分布し、落石崩壊等の危険性が高く、本路線以外には代替路線も無いことから、緊急に道路防災対策工事が施工されている。

本研究では、1981年(S56)に建設された、福井県越前町の国道305号海岸沿いに位置する午房ヶ平第一ロックシェットの詳細調査を行い、損傷状況について整理した。整理した結果を基に補修対策工法を検討し、施工を行ったので報告する。

2. 午房ヶ平第一ロックシェットの概要

表-1は、諸元を示す。図-1は、標準横断面を示す。写真-1は、午房ヶ平第一ロックシェット状況を示す(施工前)。上部工形式は、PC逆L式(T桁)、下部工形式は、重力式RC受台(山側は、一部L型式RC受台)である。コンクリートの設計基準強度は、上部工75N/mm²、下部工21N/mm²である。竣工は、1982年3月で約30年経過している。

表-1 午房ヶ平第一ロックシェット諸元

種別	道路用ロックシェット
構造形式	上部工形式 PC逆L式(T桁) スパン長11.5m~12.63m
	下部工形式 [山側]重力式RC受台, L型式RC受台 [海側]重力式RC受台
基礎形式	直接基礎
建築限界	高さ [車道部]4.500m [歩道部]2.500m
	幅員 [車道部]4.000m [歩道部]2.500m
落石条件	落石重量 1.0t
	落下高 20.0m
コンクリート設計基準強度	[上部工]75N/mm ² [下部工]21N/mm ²
PC鋼材	SWPR7A(主梁), SBPR17(柱), SBPR23(柱)
設計水平震度	kh=0.18
竣工年月	1982年3月(S57.3)

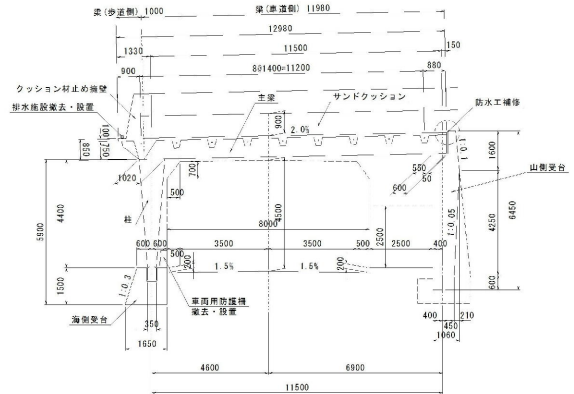


図-1 標準横断面図



写真-1 午房ヶ平第一ロックシェット状況 (施工前)

3. 調査方法

3.1 塩化物イオン含有量試験

本施設は海岸部に位置しており、このような箇所の構造物では、塩化物イオンがコンクリート躯体内に浸透することが知られている。この状況が続くと鉄筋位置での塩化物イオン濃度が鉄筋腐食発生限界量に達し、鉄筋の不動態被膜を破壊し腐食を生じさせることになる。このため、塩害の有無は劣化予測、健全度の評価、補修・補強の検討を実施する上で非常に重要なものであり、損傷の原因が塩害であるか否か判定する必要がある。塩害の判定は、塩害橋梁維持管理マニュアル(案)¹⁾に基づき限界塩化物イオン濃度 1.20kg/m^3 を基本とする。ただし、本施設では海側受台において、腐食発生限界塩化物イオン濃度 1.96kg/m^3 で鉄筋未発錆箇所が確認されたため、コンクリートの被り 115mm 以上確保の場合の腐食発生限界塩化物イオン濃度の閾値は 1.96kg/m^3 とする。

3.2 中性化深さ試験

中性化は、大気中の二酸化炭素がコンクリート内に侵入し炭酸化反応を起こすことによって細孔溶液のpHが低下する現象である。これにより不動態被膜の維持ができず鉄筋腐食の可能性が生じることになる。中性化の判定は、塩害橋梁維持管理マニュアル(案)¹⁾を参考に中性化残り 25mm を境とする。

3.3 圧縮強度試験

コンクリートの圧縮強度試験は、JIS A 1108に準拠し行う。コンクリートコアは山側受台から採取する。評価方法は、コンクリートの設計基準強度 21N/mm^2 を満足するか否かで判断する。

4. 調査結果及び考察

4.1 塩化物イオン含有量試験結果

表-2は、塩化物イオン含有量試験結果を示す。主梁、横梁、柱において限界塩化物イオン濃度 1.20kg/m^3 を超過したため塩害と判定した。受台(山側)は、低濃度であったことから、冬季の風の影響で飛来塩分が多い箇所は塩化物イオン濃度が高くなったと考えられる。

表-2 塩化物イオン含有量試験結果

調査地点	設計被り(mm)	実測被り(mm)	被り厚判定	鉄筋位置での全塩化物イオン含有量(kg/m ³)	閾値(kg/m ³)	塩害判定
主梁	23.5	19.0	×	4.66	1.20	×
横梁	23.5	10以下	×	8.12	1.20	×
柱	23.5	29.0	○	1.47	1.20	×
受台(山側)	84.0	93.0	○	0.81	1.20	○
受台(海側)	87.0	115.0	○	1.96	1.96	○

4.2 中性化深さ試験結果

表-3は、中性化深さ試験結果を示す。横梁・柱は、設計上必要な鉄筋被り厚を満足していないことがわかった。このため中性化残り 25mm を満足するか否かで判定することができない。しかしながら、中性化深さが $0\sim 3.5\text{mm}$ と非常に小さいことから中性化の影響は受けていないと考えられる。これは、部材がPC構造であり、高強度コンクリートを使用していることで内部が緻密になっていることよると推察される。

表-3 中性化深さ試験結果

調査地点	設計被り(mm)	実測被り(mm)	被り厚判定	中性化深さ(mm)	中性化残り(mm)	中性化判定
主梁	23.5	42.0	○	0.0	42.0	○
横梁	23.5	18	×	1.0	17.0	○
柱	23.5	22.0	×	3.5	18.5	○
受台(山側)	84.0	93.0	○	13.2	79.8	○
受台(海側)	87.0	115.0	○	21.0	94.0	○

4.3 圧縮強度試験結果

表-4は、山側受台の圧縮強度試験結果を示す。すべての供試体において、設計基準強度 21N/mm^2 以上を満足した。

表-4 圧縮強度試験結果

供試体No.	試験結果	平均
	(N/mm ²)	
山側受台①	43.2	51.7
山側受台②	67.9	
山側受台③	44.1	

5. 調査結果のまとめ

調査の結果、以下の知見を得た。

- (1) 塩化物イオン含有量試験結果、主梁、横梁、柱は、限界塩化物イオン濃度 1.20kg/m^3 を超過したため塩害と判定した。受台(山側)は、塩害の影響が小さい。
- (2) 中性化深さ試験の結果、中性化の影響は受けていない。
- (3) 山側受台の圧縮強度試験の結果、設計基準強度を満足した。

6. 補修対策工法の選定

6.1 補修工法選定基本方針

調査の結果、海側端部の主梁・横梁は塩害対策が必要である。柱より山側の主梁・横梁は、点在する小面積のコンクリート被り不足部において塩害鉄筋露出を受けており、設計上必要な被り厚を満足する部分は問題ないため今後も同様と考えられる。また、本部材がPC(プレキャストコンクリート)部材であることから、闇雲なはつりは望ましくない。このことから継続監視しつつ、剥離

発生毎に対応していくこととする。主梁下は車道であり、再剥離が想定されることから、剥落防止対策を実施することとする。

浄後、所定の配合にて混合攪拌したエポキシ樹脂(1種)充填材を空気が入らないようにヘラ等を用い充填した。

6.2 補修補強工法の検討

6.2.1 ひび割れ補修工法の検討

ひび割れ補修工法の検討は文献²⁾に準じ以下の2つとした。

(1) 注入工法

0.2mm～0.5mm程度のひび割れ部分に樹脂系の材料を注入して、防水性、耐久性を向上させる工法である。

(2) 充填工法

0.5mm～1.0mm程度以上の比較的大きな幅のひび割れ、かつ、鋼材が腐食していない場合の補修に適する工法で、ひび割れに沿ってU字形又はV字形にカットし、その部分に補修材を充填する工法である。

6.2.2 断面修復工法の検討

断面修復工法は、塩害対策として実施する断面修復工法および塩害の影響はないが損傷しているために断面修復する工法の2種類とする。塩害対策として実施する断面修復工法は、塩分吸着材混入モルタルを用いることで塩化物イオンを吸着するN-SSI工法(NETIS KK-100009-V)を採用した。

6.2.3 剥落防止工法の検討

維持管理において、再劣化の確認が重要となることから可視性があり遮塩性能、経済性に優れるビニロン繊維剥落防止工法を採用する。

6.2.4 表面処理工法の検討

塩害の再劣化が想定される部分は、経済性、施工性、維持管理性を踏まえ、ハイブリット型(高分子浸透性防水材料)を採用する。塩害対策の必要が無い山側受台等については、安価である程度の耐塩分性能が期待できる表面含浸工法(シラン系)を予防保全的に用いる。

7. 補修対策工法の施工

7.1 ひび割れ補修工法

写真-2は、注入工法の状況を示す。接着剤は2液型エポキシ樹脂系接着剤を用いた【NETIS登録:QS-99009-V】。下地処理後、シール材を用い30cmピッチで注入口座金を取り付けた。注入は、注入材を充填した注入器具を用いた(写真-2)。注入完了後は、接着剤が完全に硬化するまで養生を行い、接着剤の硬化確認後、注入器具をハンマー等で除去し、シール材・座金はディスクサンダーにて除去した。

写真-3は、充填工法の状況を示す。U型(幅10mm、深さ10mm～15mm程度)に溝切りを行い、溶剤にてU型部を洗

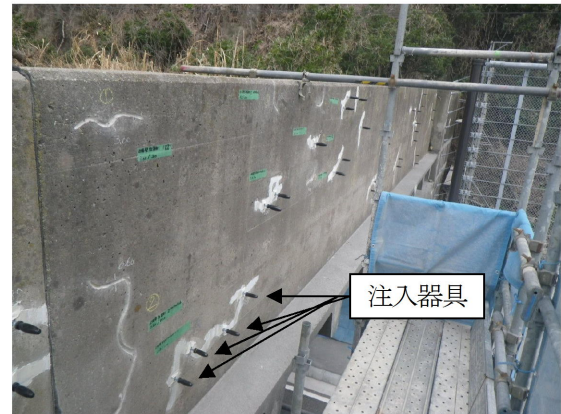


写真-2 午房ヶ平一ロックシェッド状況 (施工前)



写真-3 充填工法の状況 (パテ仕上げ)

7.2 断面修復工法

電動ピック等を用いてコンクリートの浮き部及び脆弱部を完全に除去した。研り深さは、鉄筋表面が露出するまでとした。写真-4は、塩分吸着材混入モルタルを吹付工法にて断面修復している状況を示す。

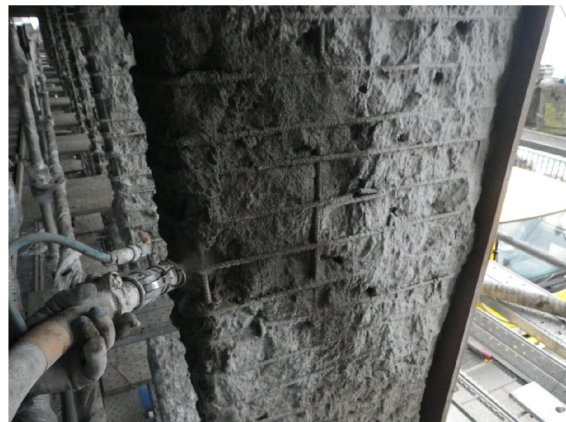


写真-4 断面修復状況 (吹付工法)

7.3 剥落防止工法

可視性があり遮塩性能、経済性に優れるビニロン繊維

シート【NETIS登録:KT-110052-A】を使用する予定であったが、施工箇所は平面が少なく凹凸があるため、見栄えも悪く隙間もでき貼付けることが困難であることがわかった(写真-5は、ビニロン繊維シートを貼付けた状況を示す)。そこで、凹凸に対応できる特殊有機短繊維を混合したアクリル樹脂を塗布する方式の剥落防止工法【NETIS登録:KT-120082-A】に変更した。剥落防止に使用する材料は、剥落防止の押抜き試験(JSCE-K 533)にて基準値1.5kN以上を満足しなければならない。写真-6は、樹脂の塗布回数の違いによる可視状況を示す。2回塗布までは可視性が良いが3回目になると可視性が低下することがわかる。しかしながら、押し抜き試験の基準値1.5kNを満足するには3回塗布する必要がある。この1.5kNは、約50kg程度のコンクリート片の剥落を想定し、安全率を見込んだ値としている。1.0kNの場合、約33kg程度のコンクリート片の剥落に対応できることになる。本ロックシェッドの場合、殆どの剥落は小片かつ薄いと考えられ、33kgに対して小さく、押し抜き試験1.0kNにより、ある程度の大きさの剥離まで対応できるものと考ええる。写真-7は、凹凸に対応できる特殊有機短繊維を混合したアクリル樹脂を塗布する方式の剥落防止工法の施工後の状況を示す。凹凸部にも塗布でき背面コンクリートの可視性を確保できていることがわかる。



写真-5 ビニロン繊維シートを貼付けた状況

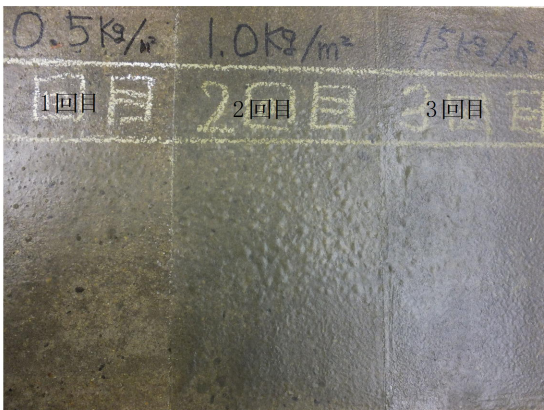


写真-6 樹脂の塗布回数による可視状況



写真-7 樹脂を塗布する剥落防止工法施工後の状況

7.4 表面処理工法

塩害の再劣化が想定される柱部分は、ハイブリット型(高分子浸透性防水材料)【NETIS登録:CB-030003-V】で施工した。塩害対策の必要が無い山側受台、クッション材止擁壁、袖擁壁、海側受台については、表面含浸工法(シラン系)【NETIS登録:QS-100008-A】で施工した。

8. まとめ

調査結果を基に、補修補強工法を検討し施工した結果、得られた知見は以下の通りである。

- (1)ひび割れ補修工法は、注入工法と充填工法を問題なく施工することができた。
- (2)塩害対策として実施する断面修復工法は、塩分吸着材混入モルタルを用いることで塩化物イオンを吸着するN-SSI工法が、有効であることがわかった。
- (3)剥落防止工法は、凹凸がある場合は、凹凸に対応できる特殊有機短繊維を混合したアクリル樹脂を塗布する方式の剥落防止工法が、有効であることがわかった。
- (4)表面処理工法

塩害の再劣化が想定される柱部分は、ハイブリット型(高分子浸透性防水材料)で施工したが問題となることはなかった。塩害対策の必要が無い部分は、表面含浸工法(シラン系)で施工したが特に問題となることはなかった。

施工後、3ヶ月を経過したが、特に問題はみられない。冬期は、越波する区間でもあるため、今後も追跡調査を実施し、ロックシェッドの安全性を検証していきたいと考える。

謝辞：本研究にあたり、中央測量設計株式会社の安本倫章氏、野坂和典氏、株式会社大生の廣川裕貴氏、久富産業株式会社の兼上智博氏、有限会社和光の小林源一郎氏、竹内将貴氏、アオキ塗装株式会社の青木吉弘氏にご協力

いただいた。また、福井県工事検査課の梶村周平氏には貴重な助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 塩害橋梁維持管理マニュアル（案）：橋梁塩害対策検討会（国土交通省）発行，2008.4
- 2) 設計要領 第二集 橋梁保全編：東日本高速道路株式会社・中日本高速道路株式会社・西日本高速道路株式会社，2012.7
- 3) コンクリートのひびわれ、補修・補強指針：日本コンクリート工学協会，2013.4