

飛来塩分による塩害環境下にあるPC桥梁の塩害劣化の実態

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 ○正会員 茶谷 直希, 武内 道雄, 有馬 直秀
中日本高速道路 金沢支社 稲葉 尚文, 本庄 正樹

1. はじめに

海岸部に建設されたコンクリート構造物は、海洋からの波しぶきや潮風等による飛来塩分により塩分が浸透蓄積し、鋼材の腐食およびこれに伴うひび割れ、浮き、はく離等の劣化が顕著に発生する事例が多く報告されている。写真-1 に示す桥梁は、塩害環境下にある桥梁の一つで、供用後8年頃に塩害による劣化が発生した。その後、数回にわたり塩害補修を実施したが、再劣化が生じ、部分的な鉄筋腐食、ひび割れ、浮きおよびはく離等が顕在化している。本報告では、再劣化した構造物に対して行った追跡調査について報告するものである。

2. 対象桥梁の概要

対象桥梁は、昭和47年に供用した上下線を有する、橋長約547mのPC8径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋である。本橋は河口部に位置し、海洋からの飛来塩分を直接受ける過酷な塩害環境下にある。また、建設当時は海岸から30m程度に位置していたが、海岸浸食により、現在は汀線付近にあり、塩害を助長している。

3. 過去の塩害補修について

塩害補修および追跡調査の経緯を図-1 に示す。本橋は供用後8年頃に塩害による劣化が発生し、昭和58年～昭和60年に第1次塩害補修として部分的な断面修復工および表面被覆工を行ったが、数年後に再劣化している。このため、平成6年～平成9年に第2次塩害補修を行った。補修に先立ち、劣化状況を把握するとともに補修方法を検討するため、詳細調査を実施している。詳細調査の結果を整理すると次のとおりである。

- 1) 赤外線調査結果より、表面塗装工およびコンクリートの浮き、はく離等の変状率が経年的に増加しており、塩害による劣化が進行性であることが確認された。変状率の経年変化を図-2 に示す。
- 2) 鉄筋位置付近の塩化物イオン量は、鋼材腐食発錆限界塩化物イオン量 1.2kg/m^3 (以下発錆限界量) を上回り、 $1.0\sim 2.0\text{kg/m}^3$ と高い値を示していた。
- 3) 本橋の劣化は主に内部に蓄積残留した塩分により



写真-1 海岸部に架設された橋梁

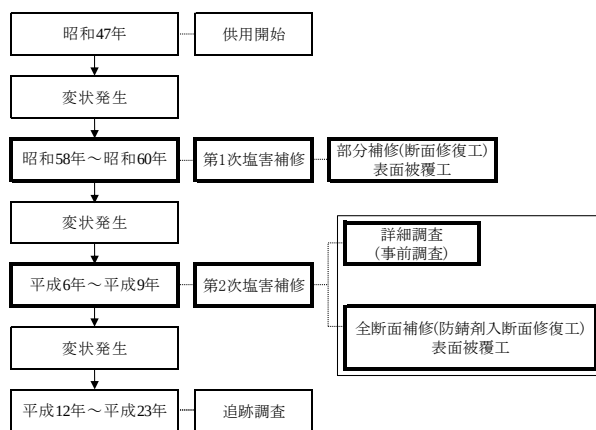


図-1 塩害補修および追跡調査の経緯

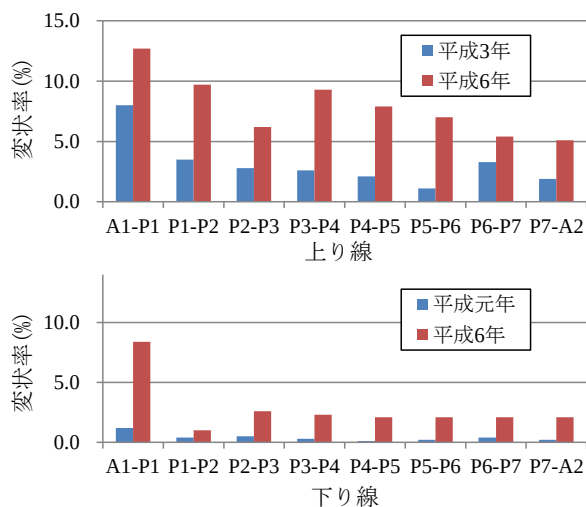


図-2 変状率の経年変化

キーワード：塩害、飛来塩分、断面修復、亜硝酸リチウム、プレストレストコンクリート橋
連絡先：〒920-0025 石川県金沢市駅西本町 3-7-1 電話 076-264-7872

生じているものであると推察された。詳細調査結果より、第2次塩害補修では、主桁全面にわたり鉄筋かぶり部分のコンクリートをはつり取り、鉄筋より内側に残留する塩分に対する防錆方法として、防錆材を混入した断面修復材により復旧した。既設コンクリートと断面修復材の一体化を図るため、ウェブについてはジベル鉄筋、下床版および張出部にはジベル鉄筋に加え炭素繊維で補強した。

4. 追跡調査の概要と結果

第2次塩害補修から数年後にコンクリートの表面塗装にひび割れが発生した。このため、補修から3年後の平成12年より劣化の進行状況および補修後の経過について追跡調査を行っている。追跡調査の結果を整理すると次のとおりである。

- 1) 実橋から採取したコアの外観状況から、ひび割れは断面修復材に発生しており、既設コンクリートと断面修復材の界面で分離していた。
- 2) 補修から14年経過した実橋における塩化物イオンおよび亜硝酸イオンの濃度を分析した。分析結果を図-3、図-4に、塩化物イオン濃度と亜硝酸イオン濃度から算出したモル比を表-1に示す。分析結果より、ひび割れ幅が0.6mmでは浸透する塩化物イオン量が多く、鉄筋が腐食していた。亜硝酸イオン濃度は約 3kg/m^3 以下であり、モル比の算出結果から防錆雰囲気(モル比0.8以上)を形成できていないと判断できる。なお、P7~A2劣化部は、ひび割れからの塩化物イオンの浸透が多く、第2次塩害補修時の状況から変化しているため、モル比は参考値とした。
- 3) EPMA分析より、ひび割れから浸透する塩分の浸透状況について確認した。EPMA分析による塩素マッピングを図-5に示す。分析結果より、ひび割れが鉄筋位置付近まで達しており、鉄筋の腐食が懸念された。塩素イオンは 32kg/m^3 相当の浸透が確認された。また、ひび割れから左右10mm程度の範囲に浸透していた。

5. 今後の追跡調査について

本橋は、第2次塩害補修から21年経過しており、長期にわたり飛来塩分による塩害環境下にあった。そのため、塩害による劣化が顕在化しており、更なる劣化の進行が懸念される。今後においては、ひび割れの発生状況および表面被覆工の健全度を評価するとともに、補修方法を検討するための追跡調査を実施する予定である。

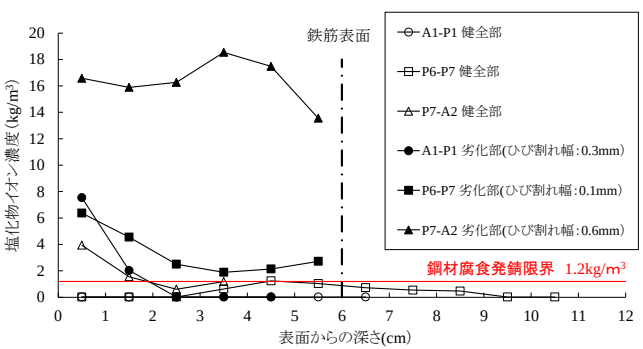


図-3 補修から14年経過時点の塩化物イオン濃度

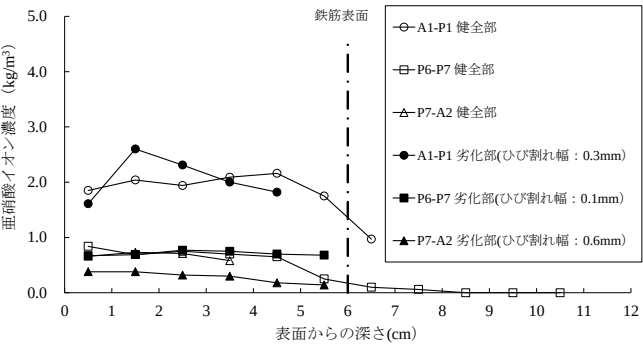


図-4 補修から14年経過時点の亜硝酸イオン濃度

表-1 亜硝酸イオン/塩化物イオンのモル比算出結果

調査箇所	表面からの深さ(cm)							
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
A1-P1 健全部	71.4	78.7	74.9	80.6	83.3	67.5	37.4	
A1-P1 劣化部(ひび割れ幅: 0.3mm)	0.2	1.0	89.1	77.2	70.2			
P6-P7 健全部	32.4	26.6	28.9	0.9	0.4	0.2	0.1	0.1
P6-P7 劣化部(ひび割れ幅: 0.1mm)	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2		
P7-A2 健全部	0.1	0.4	0.9	0.4				
P7-A2 劣化部(ひび割れ幅: 0.6mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

※黄色の着色はモル比が0.8を確保できない箇所

※赤枠は鉄筋位置

※P7~A2劣化部は参考値

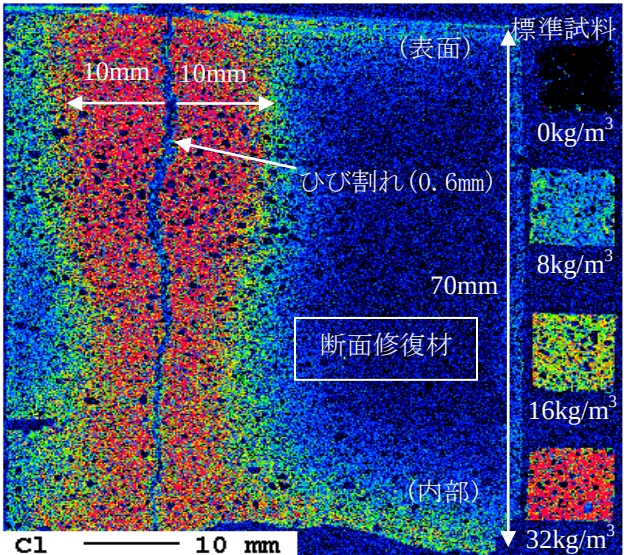


図-5 EPMA分析による塩素マッピング