

飛来塩分環境下のPC橋梁上部工予防保全対策工法の検証

東日本高速道路(株) 正会員 ○ 花谷 仁志 東日本高速道路(株) 正会員 東田 典雅
東日本高速道路(株) 小野塚 和博 (株)ネクスコ・エンジニアリング新潟 後藤 和浩

1. はじめに

北陸自動車道親不知海岸高架橋は、新潟県糸魚川市に位置し、親不知ICを併設する全長3,373mの海中・海浜部を通過するPC橋である。昭和60年から昭和62年にかけて建設され、上部工の鉄筋かぶり70mm確保や表面積の小さい上部工型式を採用するなど、日本海からの波浪や飛来塩分等の厳しい塩害環境への対応が実施されている。しかし、建設後の塩分浸透追跡調査の結果、上部工コンクリートについて想定以上の塩分浸透が確認されたことから、平成16年度から平成19年度にかけて、一部の上部工(図-1)において予防保全対策工事を実施した。本稿では、上記の予防保全対策工事の効果を検証し、今後予防保全対策を実施する区間の対策方針を報告する。

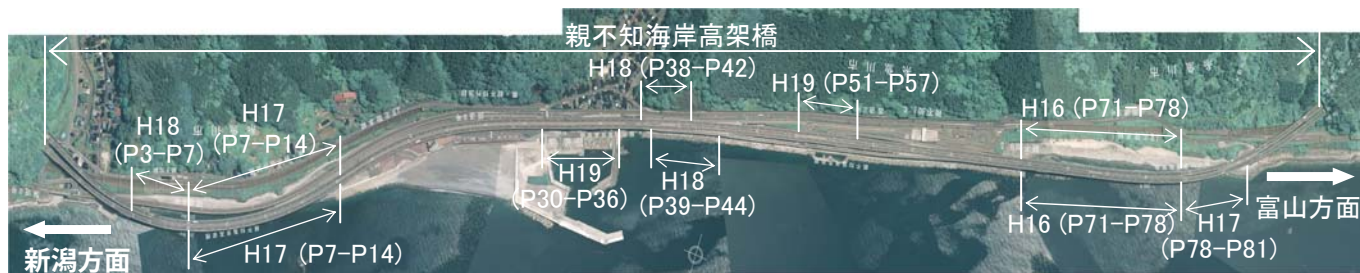


図-1 親不知海岸高架橋 概要

2. 予防保全対策工法の概要

本橋の予防保全にあつては、コンクリート内部に浸透した塩化物イオン(以下「Cl⁻」)量を測定し、Cl⁻の拡散予測を行う。その上で、将来鋼材位置でのCl⁻濃度が発錆限界(1.2kg/m³)以下となるよう対策工法を選定する。また、対策後コンクリート塗装を行い、塩分浸透を抑制する。対策は図-2の対策工法選定フローに基づき実施してきた。すなわち、発錆限界を超えない場合は「コンクリート塗装」、発錆限界を超える場合は「防錆剤混入モルタルによる補修+塗装」を検討、それでも発錆限界を超える場合は「脱塩工法+塗装」を採用することとした。

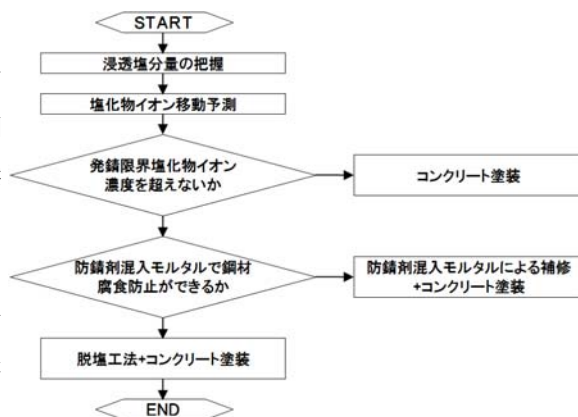


図-2 対策工法選定フロー

3. 予防保全対策工法の検証

3-1 防錆剤混入ポリマーセメントモルタルを用いた対策工法

過年度の予防保全対策においては防錆剤として亜硝酸リチウム水溶液を原液換算で55kg/m³混入したポリマーセメントモルタル(以下「PCM」)を使用している。防錆剤混入PCMを既設コンクリートに貼付、または断面修復することで、亜硝酸イオンが既設コンクリートに浸透し、鋼材位置での防錆雰囲気を形成することを目的としている。①対策実施後4年経過時点でCl⁻及び亜硝酸イオンの深さ分布状況調査を行った結果を報告する。Cl⁻については、全調査箇所において補修当時と比較して、深さによる変化が緩やかになり、再拡散の状況が確認された。さらに、②かぶりコンクリート部分で発錆限界(1.2kg/m³)を超える箇所において、今後のCl⁻拡散シミュレーションを行った結果、100年後の鋼材位置でのCl⁻量は0.7~0.8kg/m³となり、発錆限界を超えないと推察された(図-3)。③亜硝酸イオンについては、浸透分布状況から拡散係数(Dc)を推定した結果、補修設計値(0.3×10⁻⁸cm²/s)に対して0.1~0.3×10⁻⁸cm²/sで

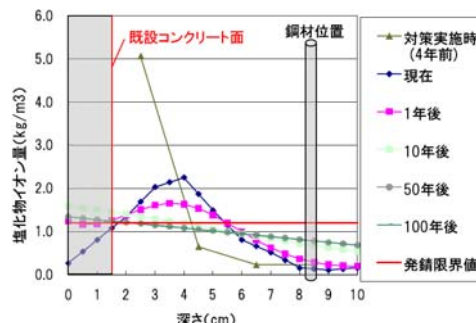


図-3 塩分調査結果(上り線 P40-P41)

キーワード PC上部工、予防保全、塩害対策

連絡先 〒943-0173 新潟県上越市大字富岡字引田 東日本高速道路(株)新潟支社上越管理事務所 TEL 025-522-1141

あった(図-4)．④拡散係数が設計で用いている値より小さい場合、防錆雰囲気形成される前に発錆限界を超えることも考えられること、期間が短くサンプル数も少ないことから、今後とも調査を継続し設計手法について検証する必要がある。

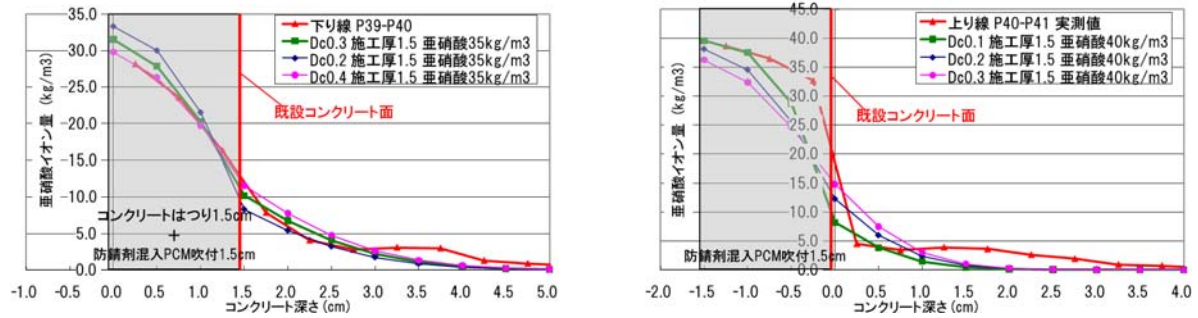


図-4 亜硝酸イオン浸透状況(左:はつり 1cm+防錆剤混入 PCM1cm, 右:防錆剤混入 PCM1cm)

3-2 脱塩工法

脱塩工法は、コンクリート表面と鋼材の間に直流電流を一定期間流し、電気泳動によりコンクリート中の Cl^- をコンクリート外に抽出することを目的としている。脱塩工法実施後 5 年経過時に Cl^- 量調査を行い、脱塩前・脱塩後と比較した。5 年経過時は脱塩後に比べ Cl^- の減少が見られ、その分布は山状の傾向を示している。コンクリート塗装により外部からの塩分浸透が抑制され、残留塩分が徐々に浸透しながら平衡状態へ向かっていることがわかる。また、鋼材位置での Cl^- 量が発錆限界以下であり、鋼材腐食には至っていないと推察される。しかし、かぶりコンクリート部分に発錆限界以上の Cl^- が残留していること、鋼材位置での Cl^- が脱塩後よりも増加していることから、今後とも継続的なモニタリングが必要であると考えられる。

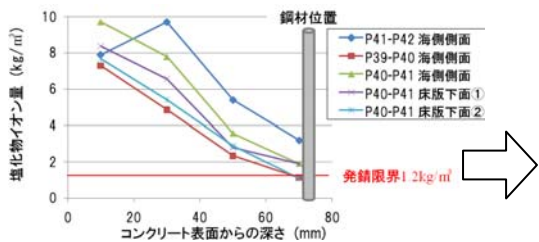


図-5 脱塩工法実施前

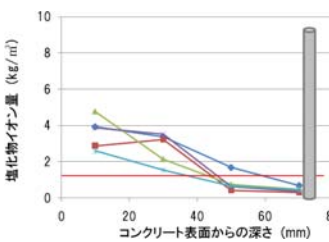


図-6 脱塩工法実施後

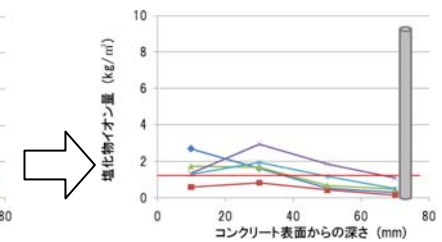


図-7 5年経過時点

3-3 経済性の観点からみた対策工法の選定

以下に予防保全対策工法選定の一例を示す。表-1 は今後予防保全対策を行う箇所の Cl^- 量である。拡散シミュレーションにより、「はつり 5cm+(防錆剤混入 PCM1cm+PCM4cm)+コンクリート塗装」の対策が必要との結果であった。その上で、施工規模が大きい場合には上記対策工法と脱塩工法の経済比較を行うとよいと考えられる。脱塩工法は、商用電源受電設備が必要で小規模施工に向かないが、はつり深さが概ね 3cm 以上、施工面積が数百 m^2 以上の場合には脱塩工法が経済的に有利となる(図-8)。

4. まとめ

以上の追跡調査結果より、①予防保全対策はいずれも鋼材位置での発錆限界を下回っており、対策工法の有効性が確認できた。②亜硝酸イオンの拡散係数は、補修設計値 $0.3 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ に対して同等もしくは若干小さな値となっている。経過年数が短くサンプル数が少ないことから、継続的な調査を実施し設計手法について検証を行ってきたい。③今後の予防保全対策工法選定においては、図-2 の対策工法選定フローをベースとし必要なはつり深さがおおむね 3cm 程度以上で施工面積が数百 m^2 を超える場合には、脱塩工法の採用を検討するのがよいと考えられる。

参考文献

- 野上克宏他:飛来塩分環境下の PC 上部工に予防保全として適用した表面保護工の検証,土木学会第 66 回年次学術講演会(平成 23 年)
野上克宏他:脱塩工法を適用した塩害環境下にある橋梁上部工の調査結果,土木学会第 67 回年次学術講演会(平成 24 年)

表-1 塩分調査結果(単位:kg/m³)

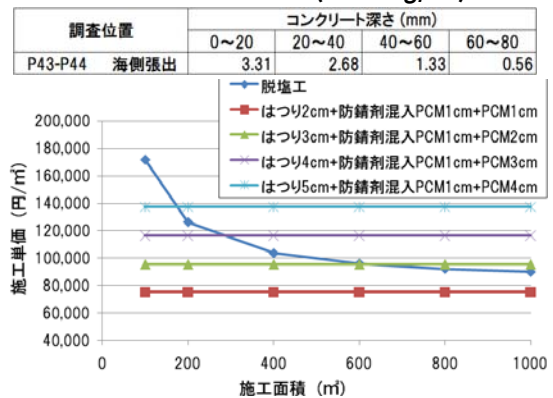


図-8 経済比較