

長期間塩害環境下に曝された巻立て橋脚の塩害に対する耐久性能に関する一考察

(国研) 土木研究所 正会員 ○瀧本 耕大
 同上 正会員 内田 雅一
 同上 正会員 川井 菜緒

(国研) 土木研究所 正会員 石田 雅博
 同上 正会員 桐山 孝晴

1. 目的

現在、コンクリート橋の塩害対策には種々のものが適用されているが、長期間経過した後の効果検証の事例は上部構造を対象としたもの(例えば¹⁾)が多く、下部構造の耐震補強対策として行われる橋脚の RC 巻立ての施工やそれに用いたエポキシ樹脂塗装鉄筋(以下、EP 筋)の採用による耐久性能確保策の効果検証の報告はない。そこで本報では、撤去橋梁の解体調査等の各種調査結果に基づき、塩害環境下に曝された橋脚の RC 巻立てにおける塩害対策の効果検証の結果を報告するとともに、RC 巻立ての設計段階における耐久性能確保のための留意点について考察する。

2. 対象橋梁および RC 巻立ての概要

対象橋梁(表-1 に橋梁諸元、写真-1 に架替え前の対象橋梁と対象橋脚、写真-2 に対象橋脚の近景を示す。)は、北陸地方の日本海沿岸に 1970 年に架橋された。厳しい塩害環境下に置かれるため、上部構造は塩害による損傷が著しく、2018 年より架替え工事に着手してい

表-1 対象橋梁諸元

橋長	L=110.0m
上部構造	4径間単純 PCポステン T桁橋
下部構造	逆T式橋台、壁式橋脚(RC)
基礎形式	場所打ち杭
供用開始年次	1970年(昭和45年)



写真-1 対象橋梁・対象橋脚
 (出典: 北陸地方整備局の資料に一部加筆)



写真-2 対象橋脚

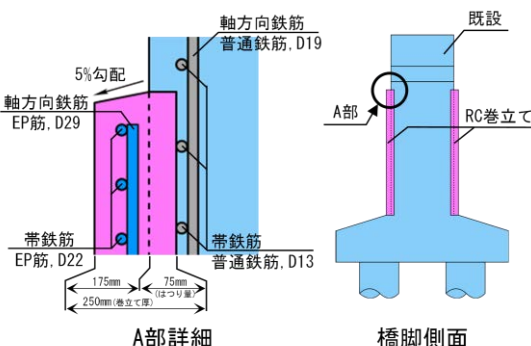


図-1 調査対象の橋脚

る。調査対象の橋脚は 2007 年に耐震補強として RC 巻立てが施工された。その際、塩害対策として、塩分が浸透した既設部の表面コンクリートをはつりによって除去し、巻立て部は EP 筋を採用するとともに、より密実なコンクリートとするために設計基準強度を 30 N/mm² として設計された。また、図-1 に示すとおり、巻立て部の天端には 5%の水処理勾配を設け、新旧コンクリートの境界への水の浸入リスクを低減する配慮がなされた。なお、はつり深さの設定に直接結びつく調査結果等は確認できなかったため、はつり深さが実際の塩分浸透の状況を踏まえたものか否かは判断できない。巻立てコンクリートの外観は、乾燥収縮と思われる微細なひび割れはあるものの健全な状態であった。

3. 調査結果および考察

3.1 試料採取位置

後述する試験で用いるコンクリートコアおよび鉄筋の採取位置は、風向きや既往文献²⁾を参考に塩分が供給され易いと考えられる海側寄りの位置を選定した。

3.2 塩化物イオン含有量試験

コンクリート内部の塩分量の分布を確認するため、塩化物イオン含有量試験を実施した。図-2 に塩化物イオン含有量試験の結果と、RC 巻立ての施工から 100 年経過後の塩分濃度分布の推定値を示す。塩分濃度分布の将来予測手法はフィックの拡散法則に則っている。

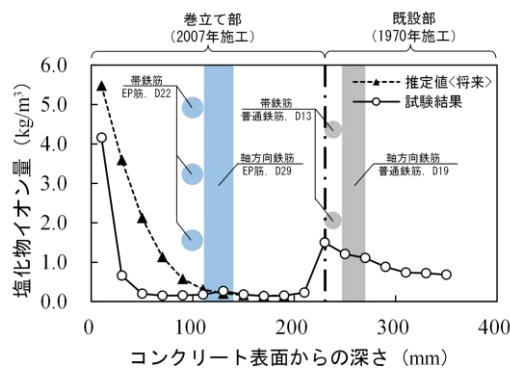


図-2 塩化物イオン濃度の分布

キーワード 沿岸部橋梁, 塩害対策, RC 巻立て, エポキシ樹脂塗装鉄筋, 効果検証

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 TEL 029-879-6773



(a) 巻立て部の EP 筋 (軸方向鉄筋)



(b) 既設部の普通鉄筋 (軸方向鉄筋)

写真-3 EP 筋および普通鉄筋の外観

塩化物イオン含有量試験の結果より、巻立て部の表面付近において、塩化物イオン濃度は 4.1 kg/m^3 と大きな値を示したものの、巻立て部の EP 筋位置では 0.18 kg/m^3 、既設部の普通鉄筋位置では 1.1 kg/m^3 となり、いずれの値も一般的な腐食発生限界塩化物イオン濃度 1.2 kg/m^3 よりも小さいことが分かった。また、推定した将来の塩分濃度分布から、少なくとも、橋脚表面から浸透する塩分によって既設部の普通鉄筋の腐食が急激に進行することは想定されない。

3.3 圧縮強度試験

コンクリートの品質を確認するため、巻立て部および既設部のコンクリートの圧縮強度試験を実施した。巻立て部は 57.9 N/mm^2 、既設部は 29.5 N/mm^2 となり、巻立て部のコンクリートは設計基準強度以上の緻密なコンクリートであることが確認された。

3.4 鉄筋の腐食調査

橋脚内部の鉄筋の腐食状況を確認するため、巻立て部および既設部から鉄筋を採取した。試料採取はかぶりコンクリートをはつとり、鉄筋を露出させ、純かぶりを計測した後に切断する手順で採取した。写真-3 に採取した鉄筋の外観を示す。EP 筋は腐食が全く確認されず、健全な状態を保っていた。普通鉄筋は、錆は生じていたものの全体的に薄い緻密な錆であり目視では浮き錆や断面減少は確認されなかった。この全体的な薄い錆が RC 巻立てを施工する前に生じていたのか正確に判断することはできないが、上述の塩化物イオン含有量試験結果から、普通鉄筋位置の塩化物イオン濃度は腐食発生限界値以下であるため、建設当初から発生していた黒錆と考えられる。

3.5 塗装鉄筋の塗膜厚試験および EPMA 法による面分析

エポキシ樹脂塗装の遮塩性を確認するため、採取した EP 筋の塗膜厚試験および EP 筋断面の EPMA 法による面分析を実施した。塗膜厚試験の結果、断面の平均塗

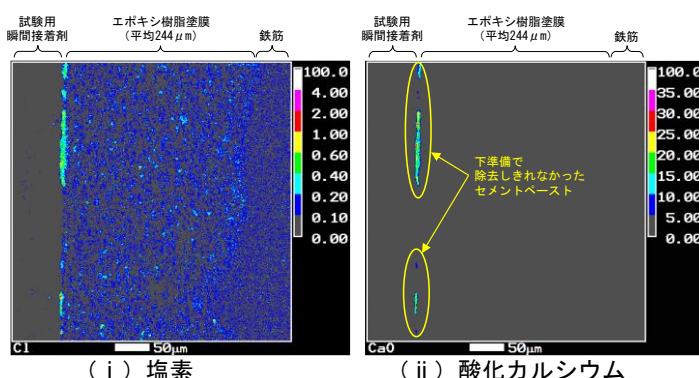


図-3 EPMA 法による面分析の結果 (質量パーセント濃度)

膜厚は $244 \mu\text{m}$ であり、JSCE-E102 に示される規格 ($220 \pm 40 \mu\text{m}$) を満たしていた。また、面分析の結果、図-3 に示すとおり、塗膜表面の除去しきれなかったセメントペースト (酸化カルシウムを含む) に相対的に濃度が高い塩素の分布を検出したが、塗膜および内部の鋼材には飛来塩による塩素の浸透は確認されなかった。

4. 結論

厳しい塩害環境下において、建設当初から 53 年、RC 巻立ての施工から 15 年経過した橋脚を対象とした今回の調査結果より、以下の知見が得られた。

- 巻立て部は密実性に優れる緻密なコンクリートであったため、飛来塩による橋脚内部への塩分浸透は少なかった。また、エポキシ樹脂塗装鉄筋位置での塩分量は少なかったが、エポキシ樹脂塗膜は十分な遮塩性を保持していることがわかった。
- 新旧コンクリートの境界に水を浸入させない対策や既設部の塩分除去など、細かな配慮によって耐荷性能の前提となる耐久性能を保持できることに留意する必要がある。

謝辞

本報における調査は、国土交通省北陸地方整備局高田河川国道事務所の皆様に御協力を賜った。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) (国研) 土木研究所構造物メンテナンス研究センター、(一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会：撤去橋梁を用いた既設 PC 橋の補修補強技術の高度化に関する共同研究報告書、共同研究報告書、整理番号第 566 号、2022。
- 2) 川村力、谷村幸裕、曾我部正道、鳥取誠一、長谷川雅志、東川孝治：鉄道構造物の調査に基づくコンクリート中への塩化物イオン浸透に関する研究、土木学会論文集、No. 781/V-66, pp. 193-204, 2005。