

RC 支柱式高欄の劣化原因の推定と補修方法の検討

JR 西日本 正会員○河井 勇樹 正会員 吉田 隆浩
デンカ株式会社 渡辺 亨 高木 聡史

1. はじめに

JR 西日本が管理する鉄道高架橋の RC 支柱式高欄 (写真-1) の一部において、変状が認められている。RC 支柱式高欄は、図-1 に示すとおり、工場製作されたプレキャスト PC 板 (以下、PC 板) を両端にある H 型の RC 支柱で挟み込み、RC 支柱が PC 板を支える構造となっている。主な変状は、RC 支柱の鉄筋腐食であり、劣化が進行すると耐荷力が低下する恐れが考えられる。そこで、本稿では、RC 支柱式高欄の劣化原因の推定と施工性および補修後の耐久性を考慮した補修方法について検討、追加した。

2. 劣化原因の推定

2-1. 調査概要

RC 支柱式高欄の劣化原因を推定するために、鉄筋のかぶり、中性化深さ、鉄筋腐食度、塩化物イオン量の調査を行った。調査対象は、飛来塩分の影響を受けない内陸部に位置する高架橋で表面被覆工法が施工されていない RC 支柱とし、RC 支柱 1 箇所あたりの変状面積が大きい橋りょう (写真-2) と小さい橋りょう (写真-3) を 2 橋りょうずつ選定した。また、測定位置によるばらつきを考慮して、1 橋りょうあたり上下線別に 3 箇所ずつ高欄外側より調査をした。塩化物イオン量については、コンクリート表面から深さ方向に 20mm 間隔で採取した試料を用いて、全塩化物イオン量を測定した。鉄筋腐食度は、既往の研究に示される判定指標¹⁾によって評価した。

2-2. 調査結果及び考察

中性化残りと鉄筋腐食度の関係を図-2 に示す。中性化残りが小さいと鉄筋腐食が進行している傾向が認められる。図-3、図-4 に塩化物イオン量と中性化深さの関係の一例を示す。ここで、深さ 80~100mm の測定結果は、中性化による移動濃縮の影響を受けていない建設時に混入されていた塩化物イオン量と考えられる。図-3 に示す変状面積が大きい橋りょうでは、塩化物イオン量が建設当時の 2 倍程度まで濃縮されている可能性があることがわかる。一方、図-4 に示す変状面積の小さい橋りょうでは、中性化の進行による塩化物イオンの移動濃縮の傾向がみられるものの、鉄筋近傍および建設当時の内在塩化物イオン量が少ないことがわかる。以上より、鉄筋近傍の塩化物イオン量が多いと鉄筋腐食が進行する傾向があると考えられ、鉄筋腐食の主原因は、内在塩化物イオンによる内的塩害と中性化の複合劣化であると推定した。

3. アラミドプレキャスト板による補修方法の検討

2. で示した調査結果から RC 支柱の鉄筋腐食の進行を抑止するためには、コンクリートの劣化部をはつり取り、内在する劣化因子 (塩化物イオン) を除去した後に、断面を修復すればよいと考えられる。以上より、塩化物イオンが内在する鉄筋背面のコンクリートまでをはつり取る必要があるが、PC



写真-1 RC 支柱式高欄

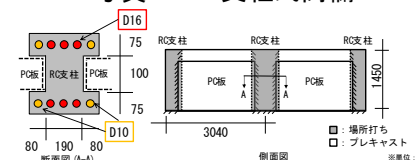


図-1 RC 支柱式高欄の概要



写真-2 調査箇所 (変状大)



写真-3 調査箇所 (変状小)

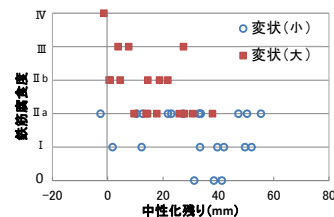


図-2 中性化残りと鉄筋腐食度の関係

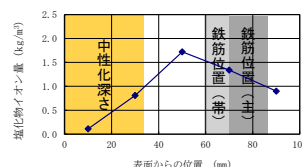


図-3 塩化物イオン量と中性化深さの関係 (変状大)

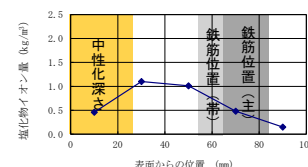


図-4 塩化物イオン量と中性化深さの関係 (変状小)

図-3 塩化物イオン量と中性化深さの関係 (変状大) では、深さ 80~100mm の測定結果は、中性化による移動濃縮の影響を受けていない建設時に混入されていた塩化物イオン量と考えられる。図-3 に示す変状面積が大きい橋りょうでは、塩化物イオン量が建設当時の 2 倍程度まで濃縮されている可能性があることがわかる。

一方、図-4 に示す変状面積の小さい橋りょうでは、中性化の進行による塩化物イオンの移動濃縮の傾向がみられるものの、鉄筋近傍および建設当時の内在塩化物イオン量が少ないことがわかる。以上より、鉄筋近傍の塩化物イオン量が多いと鉄筋腐食が進行する傾向があると考えられ、鉄筋腐食の主原因は、内在塩化物イオンによる内的塩害と中性化の複合劣化であると推定した。

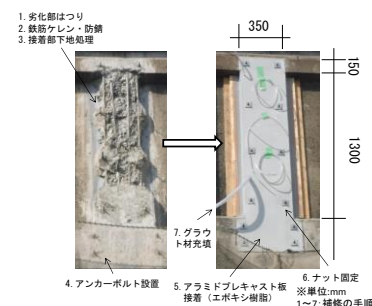


写真-4 AFRP 工法

キーワード 高欄, 補修, 中性化, 塩化物イオン量, 複合劣化

連絡先 〒673-0016 兵庫県明石市松の内 西日本旅客鉄道(株) 神戸新幹線土木技術センター TEL 078-928-0532

板を支えるかかりを失うため完全にはつり取ることができない。そこで、既往の断面修復工法に代わる新たな補修方法として写真-5に示すアラミドプレキャスト板による補修方法（以下、AFRP 工法）を検討した²⁾。AFRP 工法は、劣化部の鉄筋表面までのはつり落とし、鉄筋ケレン、防錆処理の後に RC 支柱の形状に加工したアラミドプレキャスト板をエポキシ樹脂接着及びアンカーボルトにより RC 支柱に固定し、型枠の下部よりセメント系無収縮グラウト材（以下、グラウト材）を充填する方法である。なお、AFRP 工法は、劣化因子を完全に除去できないが、外面のアラミドプレキャスト板が永久型枠となり、劣化部にグラウト材を充填することで水と酸素の供給を遮断できれば再劣化しないと考えられる。また、中性化の進行を抑止することが可能となるため、補修後の耐久性を確保できると考えられる。しかし、型枠内のグラウト材の充填性については、十分な検討がなされていなかったため、充填性の確認を行った。

4. グラウト材の充填性確認試験

4-1. 試験概要

型枠内へのグラウト材の充填性を確認するために RC 支柱を模擬した実寸大の供試体を作製し、グラウト材の充填性確認試験を実施した。供試体の母材コンクリートは、対象橋りょうと同等の配合条件（設計基準強度 24N/mm²，水セメント比 53%）とし、充填時の様子が目視できるように透明のアクリル製型枠を使用した。施工時の RC 支柱劣化部の凹凸とアラミドプレキャスト板の最小の隙間が 5mm であるため、供試体と型枠の隙間が 5mm，10mm，20mm となるよう断面変更点を設けた。また、高欄内側における夜間の施工間合いの短さを考慮し、より短時間で施工できるようにするため、充填方法の異なる 3 種類の方法について検討した。一つ目の方法は、現在採用されている型枠下部充填法（図-5）で、ポンプ圧送によって型枠の下部より充填する方法である。二つ目の方法は、型枠上部充填法で、型枠の上部に注入口と排出口を設置し、ポンプ圧送により充填する方法（写真-5）である。三つ目の方法は、ホッパー充填法で、ポンプを使用せずホッパーを型枠上部の注入口に設置し、グラウト材の自重により充填する方法（写真-6）である。以上に示した 3 種類の充填方法のグラウト材の充填時間をそれぞれ計測した。

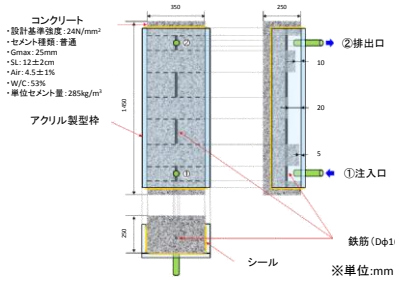


図-5 RC 支柱模擬供試体（型枠下部充填法）



写真-5 型枠上部充填法



写真-6 ホッパー充填法

4-2. 試験結果及び考察

充填性確認試験の結果の代表例を写真-7に示す。5mm，10mm，20mmのいずれの断面変更点においてもエア溜まりは確認されず、全ての充填方法において隙間無く充填できることを確認した。以上より、施工時に RC 支柱とアラミドプレキャスト板との最小隙間 5mm 以上を確保できれば、確実にグラウト材を充填でき、補修後の耐久性も確保できると考えられる。次に、各充填法の型枠内充填に要した時間を表-1に示す。型枠下部充填法と型枠上部充填法では、充填時間は同等で、グラウト材の注入位置を変えるだけでは施工速度の向上は望めないと考えられる。一方で、ポンプを使用しないホッパー充填法においては、最も早く型枠内に充填することができ、より短時間での施工が期待できる。

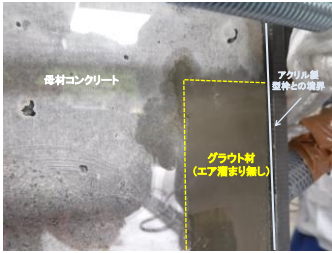


写真-7 エア溜まりの確認

表-1 各充填法の充填に要した時間

充填方法	型枠内充填に要した時間
型枠下部充填法(現状の方法)	3分55秒
型枠上部充填法	3分27秒
ホッパー充填法	56秒

5. まとめ

- (1)RC 支柱式高欄調査の結果、鉄筋近傍の塩化物イオン量が多いと鉄筋腐食が進行する傾向にある。鉄筋腐食の主な原因は、内在塩化物イオンによる内的塩害と中性化の複合劣化であると推定した。
- (2)施工時の最小隙間 5mm 以上を確保できれば、確実にグラウト材を充填でき、再劣化を防ぐことができると考えられる。施工性の検討については、ポンプを使用する充填方法に大きな差はなく、ホッパーを使用する充填方法が施工時間を短縮できることが判明した。

謝辞：本稿を執筆するにあたり、ご協力頂きました飛島建設株式会社の皆様に感謝の意を表します。

参考文献：

1)鳥取誠一 他：鉄筋腐食からみた既設鉄道高架橋の耐久性評価，コンクリート構造物のリハビリテーションに関するシンポジウム論文集，pp.49-54，1998
2) 望月泰彦 他：アラミドプレキャスト板による高架橋劣化部の補修，とびしま技報，58 号，pp.87-88，2009.9