

再変状を生じた RC ラーメン高架橋柱基部の劣化損傷について

JR 東日本 構造技術センター

正会員 ○秋山 啓太

JR 東日本 高崎土木技術センター

正会員 原田 悟

JR 東日本 構造技術センター

正会員 松田 芳範

1. はじめに

温暖地に位置する鉄道高架橋において高架橋柱の基部で浮きやかぶりコンクリートの剥離といった劣化損傷が生じた。当該構造物は主に RC ラーメン高架橋で構成されており、劣化損傷はその柱 GL 付近で発生したものである。当該変状箇所は数年前に同様の劣化損傷が発生したことから補修履歴を有し、当時の調査からコンクリート及び周辺土壤に塩化物が含有していたことから、塩害補修用の亜硝酸系材料を用いて補修が行われたものである。変状の再発にあたり劣化損傷の原因について検討を行ったので報告する。

2. 劣化状況

現地および聞き取り調査により現状の状況把握を実施し以下の事項を確認した。写真-1 に浮きが認められたかぶりコンクリートのハツリ後の鉄筋腐食状況を示す。

帯鉄筋は断面欠損を伴うほどの腐食が認められたが主鉄筋は帯鉄筋ほどの断面欠損は生じていない。かぶりコンクリートは特に脆弱な状態とはなっておらず材料劣化は生じていない。前回補修に使用した断面修復材（ポリマーセメントモルタル）の打ち継ぎ面において界面剥離が生じていた。

前回補修箇所に隣接する未補修箇所において浮きが生じていた。前回の補修では、最外縁の帯鉄筋までのはつり及び断面修復が行われているが主鉄筋を含めた補修が行われていなかった。今回の調査において劣化が生じている高架橋 1 ブロック内の柱 2 本（以下、柱 1、柱 2 とする）からコアを採取し、コンクリート内の含有塩分量及び中性化深さについて調査を行うこととした。採取位置は、柱の劣化が顕在化していない健全部の GL 付近、地上部（GL+450 mm 及び GL+500 mm）、地中部（GL-420 mm 及び GL-240 mm）とした。

3. コア調査結果

含有塩化物の分析は、JIS A 1154 付属書 1 にしたがって試料を調整し、蛍光 X 線分析装置を用いて分析した。中性化深さの測定は、採取コアにフェノールフタレイン溶液を噴霧し赤色を呈しない範囲とした。図-1、2 に調査結果を示す。その結果、GL 付近の塩化物量が地中部、地表部に比べ高かった。また、コンクリート表面から 90～110 mm、180～200 mm 付近において 0.45 kg/m³ 前後の内在塩分が含有していることが判った。なお、この傾向は、前回補修時における調査でも確認されている。

中性化深さは、平均で柱 1 で 11 mm、柱 2 で 15 mm であった。柱 2 では、含有塩化物量のピークが深さ 20～40 mm にあり、中性化の影響が考えられる。

劣化箇所の実かぶり厚は 45～47 mm（設計値 50.5 mm）となっており、この深さの GL 付近の含有塩化物量は、柱 1、2 でそれぞれ 0.782 kg/m³、0.840 kg/m³ であり、いわゆる鋼材の腐食発生限界といわれる 1.2 kg/m³ より低い値である。なお、前回調査において周辺土壤に含まれる塩化物量は最大 1260ppm であったが塩化物の由来は不明である。

4. 劣化原因

劣化損傷の状況調査及び採取コアの分析結果より、

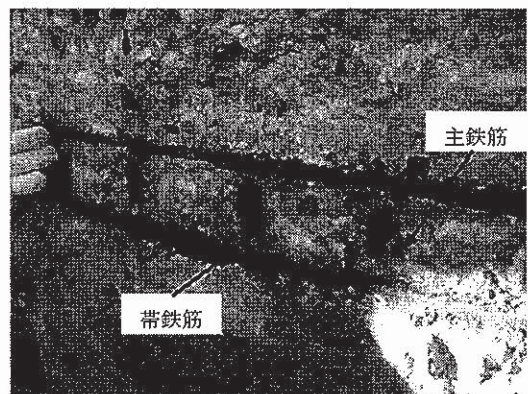


写真-1 GL 付近 鉄筋腐食状況（はつり後）

キーワード コンクリート、塩化物、水

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木二丁目 2 番 2 号 東日本旅客鉄道株式会社 建設工事事務 構造技術センター

劣化原因について検討を行った。

① 施工による要因

補修材の断面修復モルタルの打ち継ぎ界面における剥離は、ハツリ後の劣化部鋼材に最初に塗布する防錆ペースト及び一次断面修復モルタル施工後と次の断面修復モルタル施工までに時間が経過し、乾燥が進行して、ドライアウトが発生、収縮等により打ち継ぎ界面に剥離が生じたものと考えられる。また、補修箇所隣接した未補修部の劣化は、前回の補修において補修部と未補修部で電位差が生じたため、マクロセル腐食が生じたものと考えられる。

② 再劣化箇所の鉄筋腐食

コアの分析結果より、コンクリート中の鉄筋位置における含有塩化物量は腐食発生限界濃度以下となっている。しかし、現実には鋼材は腐食が進行しており、腐食状況として鋼材周囲に粘着性の腐食性生物が見られることなど塩化物によると考えられる劣化事象を呈していることから、塩化物も含めた複合劣化が考えられる。そのため次項において塩化物以外の要因について考察する。

5. 再劣化箇所の鉄筋腐食に関する考察

GL 付近の鉄筋位置での塩化物量は、 1.2 kg/m^3 より低い 0.8 kg/m^3 程度である。劣化部位が GL 面であり、降雨等により水の供給がある環境であることから水が腐食に影響を与えていると考えられる。写真-2 に水の影響により鋼材が腐食している参考例を示す。これは、コンクリート品質が同等でかぶり厚が同じである条件下において、鋼材の腐食に水の影響が大きいことを示している。特に GL より上の柱基部範囲において柱幅全面に腐食痕が見られる。これは GL 付近でコンクリート中に吸水された水分が毛細管現象によって吸い上げられた範囲と考えられ、この範囲で腐食していることが判る。しかし、再劣化が生じた箇所は断面修復材（断面修復モルタル）で施工されており、通常のコンクリートより吸水性が低く、コンクリート表面からの吸水、吸い上げは考えにくい。よって、地中部において補修箇所以外のところからコンクリートに吸水され、コンクリート内部を經由して水分がコンクリート母材と断面修復材の界面に水が供給されているのではないかと考えられる。さらに、乾湿の繰返しにより、塩分の濃縮や水と酸素が供給され、腐食が促進される環境が形成された

のではないかと考えられる。

6. まとめ

補修が行われた高架橋における再劣化損傷の原因について検討を行った。その結果、コンクリート中の含有塩化物が鋼材発生限界量より下回る箇所においても水が供給される環境では、いわゆる塩害環境と同様な腐食傾向を示すことが判った。このように低濃度の塩化物、水の供給と乾湿繰返しといった複合的な組合せが劣化を促進させているものと考えられる。また、変状とされる事象においては、施工不適切も含まれることから入念な施工が求められる。

参考文献

- 1) 構造物調査によるコンクリート変状の実態把握と耐久性関連技術/規定の包括的な改善 松田芳範, 東京大学学位論文, P31, 2012

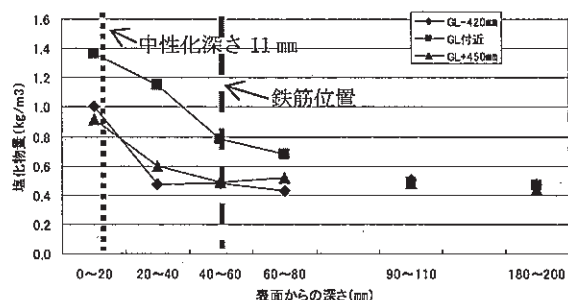


図-1 採取位置別塩化物量 (柱 1)

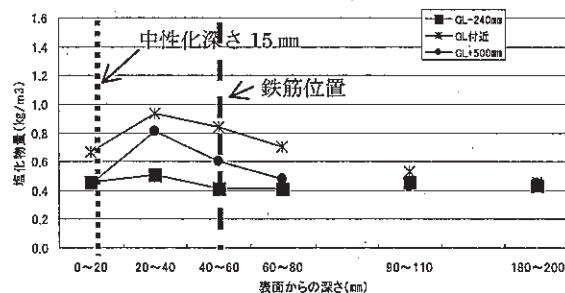


図-2 採取位置別塩化物量 (柱 2)

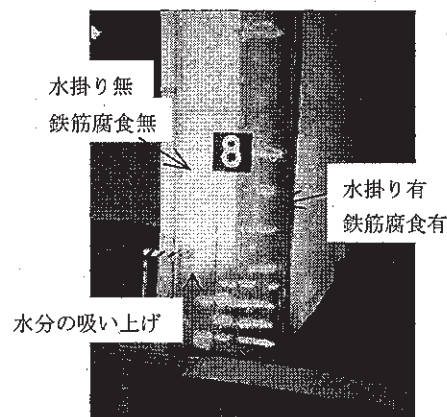


写真-2 水の影響による鉄筋腐食