コンクリート高架橋の変状診断と対策工

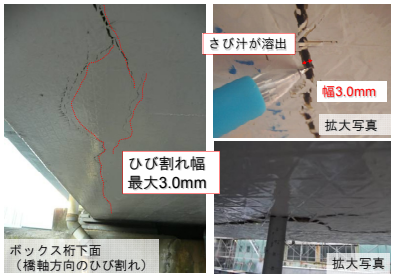
東海旅客鉄道株式会社　正会員　○上西　寿康
正会員　森谷　啓一郎
正会員　三尾　康太

１．はじめに

平成 23 年 10 月に、笠寺高架の下り線 RC ボックス桁下面にひび割れを発見した。コンクリートコアを用いて詳細な調査を行った結果、ひび割れは中性化と内的塩害による複合劣化であることが判明し、対策として塩分吸着剤を用いた全断面修復工を施工した。本稿では、ひび割れの発生原因と対策工について報告する。

２．ひび割れの概要

当該高架橋は、下り線が昭和 49 年 11 月（経年 38 年）、上り線が昭和 51 年 2 月（経年 36 年）に竣工している。今回のひび割れは、桁下面全体に発生し、幅が最大 3.0mm で錆汁が溶出していた。鉄筋腐食による耐荷力減少が懸念されたため、たわみ測定を実施したところ、測定値は許容値内であった。なお、ひび割れ周辺のコンクリート浮きに対しては、以前に実施していた剥落防止対策が有効に機能し剥落を免れた（写真－１）。以上より、現状では列車運行に影響がある変状ではないと判断したものの、変状の進行を抑止するためには対策を講じる必要があると考えた。そのため、ひび割れが発生した原因について詳細な調査を行い、対策工の選定をすることとした。



写真－１ ひび割れの状況

３．変状の原因究明

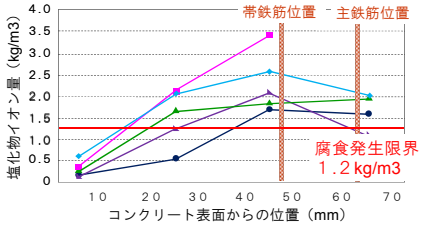
今回発見したひび割れは、主鉄筋に沿った橋軸方向に発生しており、材料を起因とした中性化・塩害の可能性が考えられたため、中性化試験、塩化物含有量試験、コンクリートの基本的な物理特性（圧縮強度・静弾性係数、水セメント比）の測定を実施した。

1) 中性化について

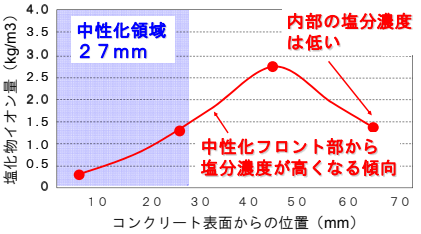
中性化の進行は、最大 27.0mm であり経年 38 年における理論値 16.6mm と比較して進行速度が速いことを確認した。なお、変状過程は中性化残りが 10mm 以上であることから、潜伏期内と推定した。

2) 塩害について

塩化物含有量試験は、コンクリート表面から 40～50mm の位置で塩化物イオン量が最大 3.48kg/m3 を示し、鉄筋近傍で腐食発生限界値を超過していることを確認した（図－１）。また、今回得られた塩化物イオン量のデータを平均化し中性化試験結果と照合すると中性化フロント部分から塩化物イオン量が増加傾向であることがわかった。その結果から、塩分濃縮現象が起こっていたと推定した（図－２）。



図－１ 塩化物含有量試験結果



図－２ 塩化物含有量試験結果（平均値）

3) コンクリート等の基本的な物理特性について

3-1) 圧縮強度試験・静弾性係数について

圧縮強度試験の結果は、一部で設計基準強度を下回るものがあり、かつ静弾性係数は、標準値に比べ 50%

キーワード　高架橋　コンクリート　中性化と内的塩害　複合劣化　全断面修復工　分割施工
連絡先　〒453-8520　愛知県名古屋市中村区名駅一丁目 3 番 4 号　ＴＥＬ052-564-2486

以下であった。

3-2)水セメント比について

耐久性と相関の高い水セメント比の推定を水量指数法（鉄道総研法）により行った。その結果、設計値は54%であるところ 60～65%を示していた。また、コンクリートコアを目視観察したところ、セメント硬化体に気泡や空隙があったことから、脆弱なコンクートであると推定した。

4)詳細調査のまとめ

調査の結果、コンクリートが脆弱であるために中性化速度が速く、内在する塩分を濃縮したために鉄筋腐食が発生したと考えられる。以上より、本変状は、中性化と内的塩害の複合劣化であると結論づけた。

４．対策工

1)対策工法の選定

対象とする桁下面は浮きが生じ全体的に塩化物イオンが多量に含まれる脆弱なコンクリートであるため、対策工法には、塩分吸着剤を用いて鉄筋裏まではつり取る全断面修復工を選定した。コンクリート除去が必要な範囲は、3段の主鉄筋のうち、1,2 段目までの 100㎜ としたが、全断面の同時施工により耐荷力に影響が出ることが考えられたため、照査を行うこととした（図－３）。

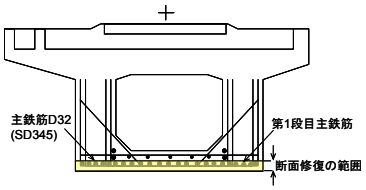


図-3 RC ボックス桁の断面図

2)施工方法の検討

耐荷力照査は、建設当時の設計標準に準じて許容応力度法により行った。全断面をはつり取ると、第１段目主鉄筋を評価に入れることができないため、作用曲げモーメントが抵抗曲げモーメントを上回る結果となった。この結果から、全断面の同時施工は桁の耐荷力低下により支保工や列車の徐行といった措置が必要となるため、分割による施工方法を検討することとし、分割施工時の桁の耐荷力照査を行った。

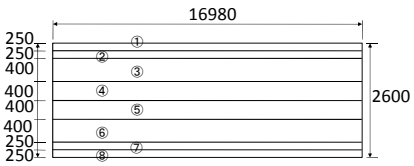


図-4 分割施工

3)分割施工範囲の検討

桁の軸方向への全断面はつり取りを想定して耐荷力照査を行った結果、第1 段目の主鉄筋量を 7/8 まで減じても耐荷力に問題がないことがわかった。しかし、この結果に基づいて分割範囲を設定すると、分割数が多くなり、コストの増大や打継ぎ不良の発生が懸念された（図－４）。そのため、維持管理標準を参考にして、短期間の施工という条件下で再検討した結果、2/3 まで第１段目の主鉄筋量を減じることができるとわかった。

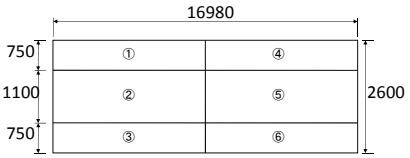


図-5 6分割施工図（最終）

4)分割施工範囲のまとめ

これまでの検討結果から、分割施工範囲は、主鉄筋量を 2/3 残した状態で施工することとした。この場合、はつり箇所の鉄筋を全長に渡って解放することから更に桁中央部で分割した。なお、桁端部は狭隘部であるため特殊な機器を用いて施工することとした（図－５）。以上のように、支保工や列車徐行といった措置が不要で最適な分割施工図を決定し、全断面修復工を実施した（写真－２）。

写真－２ 施工状況写真

５．まとめ

ひび割れが発生した原因を追及し、適切な変状診断並びに、変状メカニズムを解明することができた。また、検査に基づいた最適な対策工を検討し、無事故で全断面修復工を完了した。

今後は、施工後の状態について定期的に検査を行い対策の有効性を検証していく所存である。