

鉄筋コンクリート桁の変状原因の究明と修繕方法の検討

東海旅客鉄道株式会社 岡崎保線区 正会員 ○山上 正遵
東海旅客鉄道株式会社 岡崎保線区 加山 晴彦

1. はじめに

コンクリート構造物は、その供用期間中に様々な要因により変状が発生する。変状は多種多様であるため、長期的に供用するためには、変状の原因を的確に捉え、その原因に対し適切な処置を行うことが重要である。本稿では、鉄筋コンクリート桁に発生した変状に対し、原因究明と健全度評価、効果的な対策工の検討・実施を行った成果として、原因が塩害と中性化の複合劣化であることを明らかにするとともに、対策工として亜硝酸リチウム内部圧入工法を選定し、鉄筋コンクリート桁内部の鉄筋腐食環境を改善した内容について報告する。

2. 変状の概要と原因分析

変状が発生した橋りょう(図-1)の構造形式は、鉄筋コンクリートT桁橋りょう1連からなり、延長は12.9mである。上下線とも昭和37年11月の竣功で経年51年になる。変状は、下り線桁下面全体に主に橋軸方向のひび割れによる変状が生じている。また、打音検査の結果から、一部ではあるが浮きも生じている。変状の原因分析を目的とし、図-2に示す部位で試料を採取し、中性化試験と塩分含有量試験を行った(表-1)。

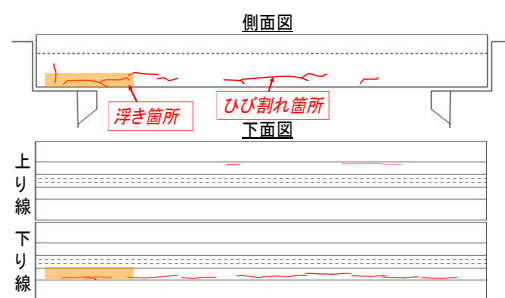


図-1 変状概要

表-1 試験項目一覧

採取部位／採取手法	中性化試験	塩分含有量試験		
	試料数	箇所	分割数	試料数
▲: 桁側面／コア	4	4	4	16
●: 桁下面／ドリル	4	4	2	8
○: 桁下面／ドリル	2	—	—	—
合計	10	—	—	24

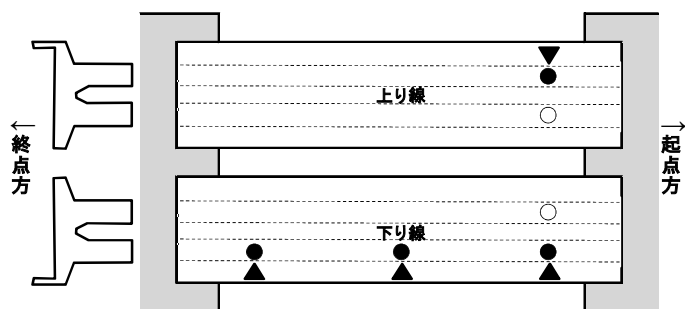


図-2 試料採取部位略図

図-3に、下り線終点方側面部(▲)の中性化試験及び塩分含有量試験結果を示す。横軸にコンクリート表面からの位置、縦軸に塩化物イオン濃度を取り、中性化残り及び中性化領域を図示した。塩分含有量試験の結果、中性化領域と中性化が進行していない範囲との境界付近から塩化物イオン濃度が高くなっていることがわかる。これは、中性化の進行に伴いコンクリート内部へ移動した塩化物イオンが濃縮する「塩分濃縮現象」であり、中性化と塩害の複合劣化に特徴的な現象である。この塩分濃縮現象により、主鉄筋近傍の塩化物イオン濃度が極めて高くなり、鉄筋の腐食が加速、進行したと推察できる。加えて100mmの深さの構造物内部においても塩化物イオン濃度が 2.8kg/m^3 と発錆限界塩化物イオン濃度 1.2kg/m^3 を超過していることから、外部からの塩分に起因するものではなく、骨材などに含まれる内在塩分が建設当初から混入されていた可能性があるといえる。

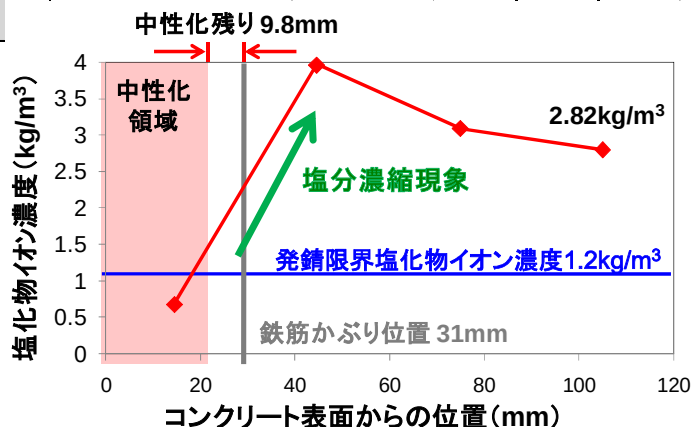


図-3 中性化・塩分含有量試験結果

キーワード 亜硝酸リチウム, 塩害, 中性化

連絡先 〒444-0837 愛知県岡崎市柱一丁目13番地2 東海旅客鉄道(株) 東海鉄道事業本部 岡崎保線区 TEL 0564-51-2119

以上の結果から、当該橋りょうは、建設当初から骨材などに含まれていた内在塩分により塩害腐食環境下にあったことに加え、中性化の進行による塩分濃縮現象に伴いもともと高かった主鉄筋近傍の塩化物イオン含有量がより高濃度になったことから、鉄筋腐食の進行が加速し変状が発生したと考えられる。

3. 対策工の検討

原因分析の結果から、当該橋りょうには、塩害と中性化の複合劣化が生じているものの、変状は初期段階であったことから、対策として、コンクリート内部の腐食環境を改善することとした。コンクリート内部の腐食環境を改善する工法のうち、「亜硝酸リチウム内部圧入工法」と「塩分吸着剤による補修」の比較検討を行った。「亜硝酸リチウム内部圧入工法」は、鉄筋コンクリート内部に供給する亜硝酸イオンが鉄イオンと反応し、アノード部からの鉄イオンの溶出を防止し、不動態皮膜として鉄筋表面に着床する。この反応によって再生する不動態皮膜によって鉄筋腐食が抑制されるものである。一方、「塩分吸着剤による補修」は、鉄筋に直接塩分吸着剤を設置することにより、物理的に鉄筋と塩分の接触を遮断するものである。比較検討の結果、劣化因子がコンクリート中に存在していても不動態皮膜再生効果が発揮され続けること、塩分吸着剤のように施工時に断面をはつる必要はなく僅かな削孔のみで施工可能であることなどの特徴に鑑み、亜硝酸リチウム内部圧入工法を採用することとした。

4. 対策の実施と効果の検証

図-4に施工概要図を示す。対象構造物に対し、直径10mm、削孔長さ100mmの削孔を500mm間隔で行い、削孔箇所から小型の加圧装置を用いて、鉄筋周囲へ亜硝酸リチウムをコンクリート表層から圧入し、鉄筋周囲に亜硝酸イオンを供給することで、破壊された不動態皮膜を再生するものである。写真-1に施工状況を示す。

亜硝酸リチウムの浸透状況を確認するためコアを採取し、呈色試験を行った。呈色試験の結果を写真-2に示す。呈色試験の結果、コアは呈色反応を示したことから、亜硝酸リチウムの浸透状況は良好であるといえ、鉄筋コンクリート桁内部の鉄筋腐食環境は改善されていることが確認できた。

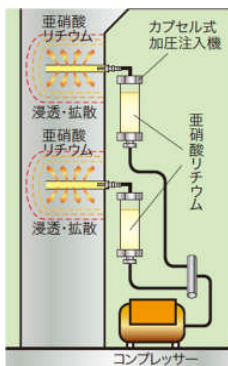


図-4 施工概要図



写真-1 施工状況

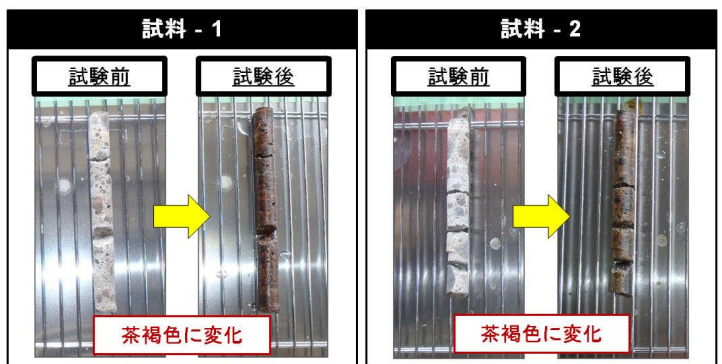


写真-2 呈色試験結果

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

(1) 鉄筋コンクリート桁の変状原因

当該橋りょうは、建設当初から骨材などに含まれていた内在塩分により塩害腐食環境下にあったことに加え、中性化の進行による塩分濃縮現象に伴いもともと高かった主鉄筋近傍の塩化物イオン含有量がより高濃度になったことから、腐食の進行が加速し、変状が発生したと考えられる。

(2) 劣化原因に対する対策工の検討・実施

鉄筋コンクリート内部の腐食環境を改善することを目的とした亜硝酸リチウム内部圧入工法を採用し実施した結果、亜硝酸リチウムの浸透状況が良好であることが確認でき、腐食環境を改善することができた。

参考文献

- ・鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編 コンクリート構造物），pp.249，2007.1
- ・コンクリートメンテナンス協会：コンクリート構造物の維持管理～技術資料～Ver.2.4，pp.27-37，2012.10