

日本鉄道施設 協会誌

12

December
2011
Vol.49



The Journal of Japan Railway Civil Engineering Association

アルカリシリカ反応により劣化した 架道橋橋台の補修対策

愛知環状鉄道 施設区
主任

青山 智之
AOYAMA Tomoyuki

はじめに

愛知環状鉄道株式会社は、東海道本線岡崎駅と中央本線高蔵寺駅間、45.3kmを結ぶ第三セクター鉄道である。その大部分は、昭和47年から昭和53年の間の高度経済成長に施工されたものであり、当社においてもコンクリート構造物の一部にアルカリシリカ反応（以下、ASRと記す）の発生がみられる。とりわけ、橋梁下部工（橋台）は、外的要因である橋台背面からの水の遮断が困難であり、従来の表面被覆工などのコンクリート表面部に対する対策工では補修効果が不十分であることが懸念されていた。

ここにASR補修工法として採用した亜硝酸リチウム内部圧入工の施工概要および抑制効果の確認について報告する。

1. 工事概要

(1) 橋梁諸元

愛知県豊田市の貝津駅～保見駅間に位置する第二東保見架道橋（写真-1）は、昭和52年に竣工した橋梁であり、橋台表面に多数のひび割れが発生していた。橋台の機能維持を図るための対策が急務であると判断し、平成22年度に詳細調査業務を行ったうえ、補修工

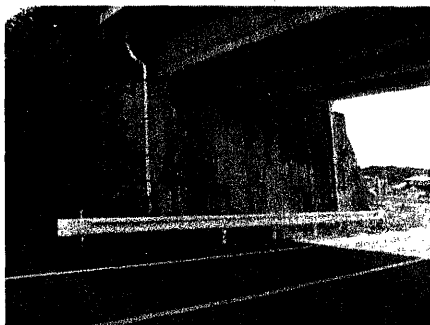


写真-1 第二東保見架道橋 A2橋台

事を実施した。本橋の橋梁諸元を表-1に示す。

表-1 橋梁諸元

橋梁名	第二東保見架道橋
施工場所	愛知県豊田市
橋長	16.60m(支間長 15.80m)
斜角	90° R=∞
幅員	9.70m
桁高	1.50m
上部構造形式	単純桁橋 RC 橋
下部構造形式	RC直接基礎

(2) 劣化要因

本橋台の表面には幅0.2～5.0mmの亀甲状ひび割れが発生しており、その一部には白色ゲルの析出も見られた（写真-2）。また、採取したコア破断面には、骨材周囲に反応リムが認められた。採取したコアの圧縮強度が 31.4N/mm^2 であるのに対し、静弾性係数は 15.8kN/mm^2 と低い値を示した。白色析出物を対象に走査電子顕微鏡（SEM）による形態観察およびエネルギー分散型分光器（EDS）による元素組成分析を行った結果、析出物の元素組成はケイ素（Si）、ナトリウム（Na）およびカリウム（K）を含んでおり、アルカリシリカゲルであると推察され、本橋台の劣化要因はアルカリシリカ反応であると判定した。



写真-2 ひび割れ状況

2. 施工概要

(1) 工法概要

本橋で採用したASR補修工法は、コンクリートにφ20mmの注入孔を1,250mm間隔で削孔し、そこから亜硝酸リチウムを0.5~1.0MPaの圧力で内部圧入する工法である。本工法により、ASRで生成しているアルカリシリカゲル ($\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$) と、内部圧入にて供給されたリチウムイオン (Li^+) とが化学反応して膨張反応が収束するため、以後のASRの進行を根本から抑制することができる。工法概要図を図-1に示す。

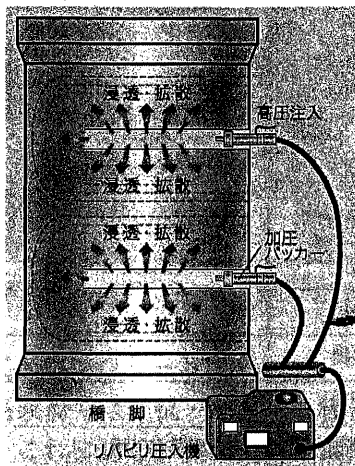


図-1 亜硝酸リチウム内部圧入工 概要図

亜硝酸リチウムの必要量は、既往の研究成果に基づき、対象構造物のアルカリ総量 (Na_2O 換算) における Na^+ に対して、 Li^+ のモル比が0.6となるように定めた。注入圧力や圧入時間などの施工仕様はコンクリートの物性や劣化状態に応じて設定する必要があるが、本工事においては表-2に示す施工仕様とした。

表-2 施工仕様

亜硝酸リチウム 必要量	6.42kg/m ³ (Li/Na モル比=0.6)
削孔径	φ20mm
削孔間隔	@1,250mm (計28孔)
圧入圧力	1.0MPa
圧入時間	240時間

(2) 施工手順

本橋台におけるASR補修工事の施工フローチャートを図-2に示す。また、図-2中の各工種の概要について以下に記す。

① 準備工

圧縮強度試験の結果からASR抑制剤の本加圧注入工

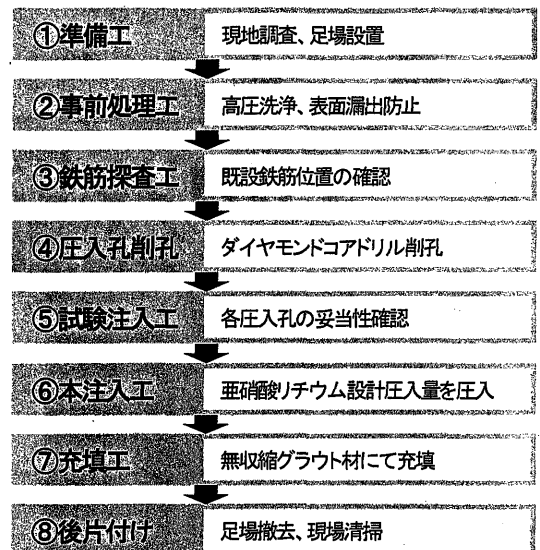


図-2 施工フローチャート

の上限圧力を、アルカリ総量試験の結果から亜硝酸リチウムの必要供給量を設定した。

② 事前処理工 (亜硝酸リチウムの表面漏出防止)

コンクリート表面の幅0.2mm以上のひび割れに超微粒子セメント系注入材を注入し、幅0.2mm未満のひび割れはポリマーセメントモルタルにて表面シールを行った。

③ 鉄筋探査工

圧入孔の削孔に先立ち、橋台表面の鉄筋探査を行い、削孔作業による既存鉄筋への干渉を防いだ。

④ 圧入孔削孔工

削孔径はφ20mm、削孔位置は1,250mm間隔の千鳥配置とした。削孔時に躯体コンクリートへのダメージを最小限とするために、ダイヤモンドコアドリルを用いた。

⑤ 試験注入工

全ての圧入孔にパッカーを設置し、1箇所ずつ試験的に加圧注入を行って各圧入孔の妥当性を確認した。また、各圧入孔の実際の圧入速度を測定し、本加圧注入の計画に反映させた。

⑥ 本注入工

圧入圧力を1.0MPaと設定して内部圧入工を行った(写真-3)。圧入孔数は28孔で、圧入装置のセット数



写真-3 内部圧入工 施工状況

は1台とした。設計圧入量を圧入するために要した時間は約240時間であった。

⑦ 圧入孔充填工

本注入完了後、圧入孔からパッカーを撤去し、無収縮グラウト材にて入念に充填、復旧した。

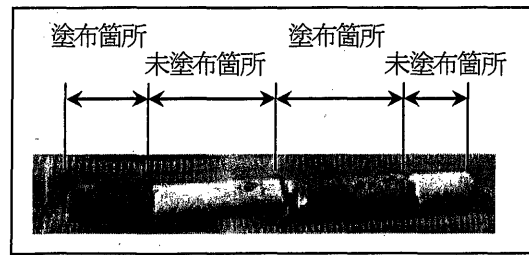


図-4 採取コアの呈色反応状況 (孔から+500mm)

3. ASR抑制効果の確認

(1) 亜硝酸リチウムの浸透状況

亜硝酸リチウム内部圧入工がASR抑制効果を発揮するためには、各圧入孔から半径600mm程度の同心円状の範囲に亜硝酸リチウムが浸透している必要がある。そこで本橋では、圧入完了後のコンクリート内部における亜硝酸リチウムの浸透状況を確認するために、呈色反応試験を実施した。

まず、内部圧入工が完了した後、ひとつの圧入孔位置から+100mm、+200mm、・・・、+600mmのように100mm間隔で6本のコンクリートコア(φ20mm)を採取した(図-3)。次にそれらのコア表面に、亜硝酸リチウムと反応すると無色透明から茶褐色へと変色する呈色液を塗布した。採取したコアに茶褐色の変色が見られたら、その位置まで亜硝酸リチウムが浸透していたと判定することができる。

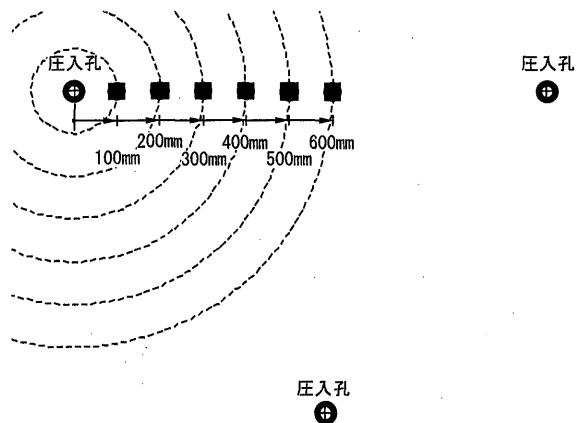


図-3 圧入孔と呈色反応試験コア採取位置との関係

呈色反応試験は全28孔の圧入孔から無作為に選定した3箇所にて行い、採取した全18本の試料において茶褐色の呈色反応が確認できた。これらは、圧入孔から半径600mmの同心円状の範囲に亜硝酸リチウムが浸透していることを定性的に示すものである。コアの着色状況例を図-4に示す。図-4中のコア白色部分は、比較のために呈色液を塗布していない箇所である。

(2) リチウムイオン定量分析

内部圧入によって浸透した亜硝酸リチウムがどれだけの量でコンクリート中に分布しているかを定量的に

確認するために、ICP発光分光分析によりリチウムイオン定量分析を行った。分析用試料は呈色反応試験後のコア試料(1箇所分、6試料)とし、呈色液の影響を受けていない図-4のコアの白色部分を用いた。分析結果を表-3に示す。

表-3 リチウムイオン定量分析結果

試料 (圧入孔から の距離)	Li含有量 の分析値 (kg/m ³)	圧入したLi の理論値 (kg/m ³)	分析値 /理論値
+100mm	0.62	0.33*	1.88
+200mm	0.26		0.79
+300mm	0.31		0.94
+400mm	0.33		1.00
+500mm	0.55		1.67
+600mm	0.33		1.00

分析した6試料のうち、圧入孔+200mmと+300mmの試料において理論値をわずかに下回っていたものの、その他の試料については、圧入孔からの距離に関わらず、理論値と同等もしくはそれ以上のLi量が検出された。これらは、圧入孔から半径600mmの同心円状の範囲に、概ねASR抑制に必要な量以上の濃度で亜硝酸リチウムが浸透していることを定量的に示すものである。

おわりに

亜硝酸リチウムはASR抑制効果に加え、鉄筋腐食抑制効果(不動態被膜の再生)を備えていることが知られている。したがって、将来的に本橋台のコンクリートの中性化が進行し、鉄筋周囲が腐食環境となった場合においても、本工事でコンクリート内部に亜硝酸リチウムを内部圧入していることから、鉄筋腐食反応は生じないと推察される。本工法はASRと中性化または塩害の複合劣化に対しても効果が期待できると考えている。

本論が同種構造物の維持保全対策の一助となれば幸いである。