

アルカリ骨材反応により劣化した コンクリート構造物の補修工法 ～ ASR リチウム工法～



所属名：極東工業株式会社
技術本部技術部
発表者：三原 孝文

1. はじめに

アルカリ骨材反応にはアルカリシリカ反応 (Alkali-Silica Reaction : 以下 ASR) とアルカリ炭酸反応およびアルカリシリケート反応とがあり、わが国で被害が主に報告されているのは ASR である。ASR によるコンクリート構造物の劣化については、コンクリート表面にひび割れという形で顕在化する劣化であるとされてきた。しかし近年、コンクリート中で生じる膨張圧により鉄筋が破断するという事例が多く報告され、ASR の進行は表面だけでなく構造的にも深刻な事態を及ぼす事が分ってきた。しかし、ASR という劣化は根本的な抑制が難しいとされており、対策工法の確立が急がれていた。

本稿では、亜硝酸リチウムを主成分とした ASR 抑制剤を加圧注入することにより、以後の ASR による劣化を抑制する「ASR リチウム工法」について施工事例と併せて報告する。

2. ASR の劣化メカニズム

ASR とは、有害な反応性骨材が使用された多くの構造物に潜在している劣化である。劣化メカニズムを以下に示す。

STEP- 反応性骨材は Na イオン、K イオンと反応すると吸水膨張性のゲル状物質 (アルカリシリカゲル) を生成する。

STEP- 水分が供給される事でアルカリシリカゲルが局部的容積膨張を生じる。

STEP- 膨張圧によりコンクリート構造物表面に特徴的なひび割れが生じる。また、過大な膨張が発生した時には、鋼材の降伏や破断が生じる。

(鉄筋量の少ない構造物では亀甲状写真-1 となり鉄筋や P C 鋼材等で膨張が拘束されている構造物では拘束 (主鋼材) 方向に沿ってひび割れが生じる写真-2。)



写真-1 亀甲状のひび割れ



写真-2 鋼材に沿ったひび割れ



写真-3 反応リム

3. ASR 補修工法

ASR を生じた構造物には従来、劣化因子の遮断を目的に表面保護工法が対策として講じられ

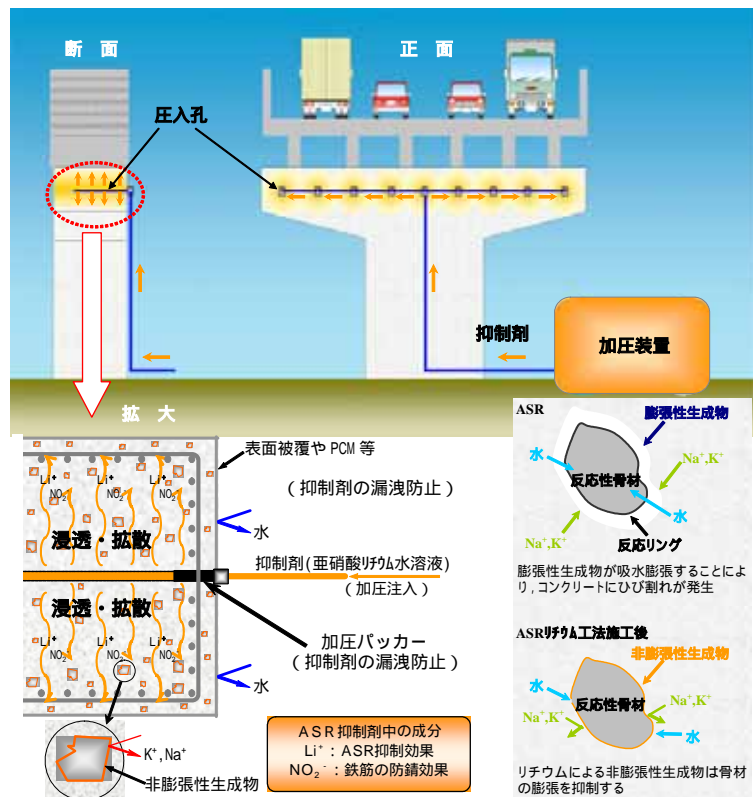
てきた。しかし、ASRの進行は表面だけではなくコンクリート内部においても何らかの対策を講じる必要がある事が分ってきた。抑制剤（亜硝酸リチウム）を用いた補修工法として ASR リチウム工法が提案されている。次項から ASR リチウム工法について詳述する。

4 . ASR リチウム工法

(1) 工法概要

ASR リチウム工法は、従来工法では困難であったコンクリート内部での ASR の膨張抑制を主目的とする。

構造物に削孔した小径の孔（圧入孔）より、亜硝酸リチウムを主成分とした抑制剤を加圧注入（圧入）することで、構造物内部コンクリートの微細ひび割れを介して抑制剤を劣化範囲に効果的に浸透拡散させる。これにより、構造物内部のコンクリートの将来的な膨張を低減させ、以後の ASR による劣化を抑制する工法である。工法の概要を図-1 に示す。



(2) 膨張抑制効果

リチウムが ASR による膨張を抑制するメカニズムは、“リチウムイオンが、反応性骨材との間で不溶性のゲル（非膨張性生成物）を生成するため、膨張性アルカリシリカゲルの生成を防止し、膨張を抑制する”と既往の研究で考えられており、コンクリート中のアルカリ量に対してモル比 0.5 ~ 1.5 の範囲でリチウムが存在することにより、ASR 膨張抑制効果を期待できるとの報告がある。

(3) 施工事例

1) 工事概要

対象構造物：道路橋下部工（RC 橋脚・橋台）
 工期：平成 15 年 9 月～平成 16 年 10 月
 路線名：国道 2 号
 施工数量：橋脚 7 基 橋台 2 基 A 250 m²

2) 劣化状況

対象構造物には、ASR による特徴的な劣化が確認された。劣化状況は、コンクリート表面に亀甲状のひび割れが見られるほか、劣化の著しい箇所では、鉄筋の破断も確認された。（写真-4，5）

図-1 工法概要図



写真-4 ひび割れ状況



写真-5 鉄筋破断状況

3) 施工手順

施工フローを図-2に示す。工種の概要を以下に示す。

下地処理工：施工面を高圧洗浄し、表面を平滑にし、微少なひび割れを確認しやすい状況とする。

事前調査工：ひび割れの延長、幅を計測し、ひび割れ注工の実施箇所を決定する。コアを採取し施工に必要な試験（アルカリ含有量・圧縮強度）を実施する。

表面漏出防止工：幅0.2mm以上のひび割れに無機系注入材によるひび割れ注入を実施。幅0.2mm未満のひび割れにポリマーセメントモルタルによりシールを実施する。（写真-6）

鉄筋探査工：圧入孔が既設鉄筋と干渉しないように鉄筋探査工を実施し、削孔位置を決定する。

削孔工：削工径は20mmとし、削工間隔は縦横それぞれ50cm間隔で実施。削工深さは躯体の厚みにより異なる。（写真-7）

加圧パッカー設置：18mmの加圧パッカーを設置し、圧入工全箇所の試験加圧を行い、圧入孔からの亜硝酸リチウムの不当漏れの有無を確認する。

加圧注工：必要量の抑制剤（亜硝酸リチウム）を注入を実施した。中空パッカーと高圧注入機本体の圧力ゲージにより、施工中の圧力管理を実施。（写真-8）

浸透確認：圧入工から25cm離れた箇所からコアを採取し、亜硝酸リチウムに反応し茶褐色に変色する試薬をコア表面に噴霧し、変色状況により浸透状況の確認を行った。コアの採取は5㎡に1箇所の割合で実施する。

圧入孔充填工：充填には、ノンブリージングタイプグラウト材を使用した。注入管と排気管を設置し、ポンプでグラウトすることにより充填不良を防止する。

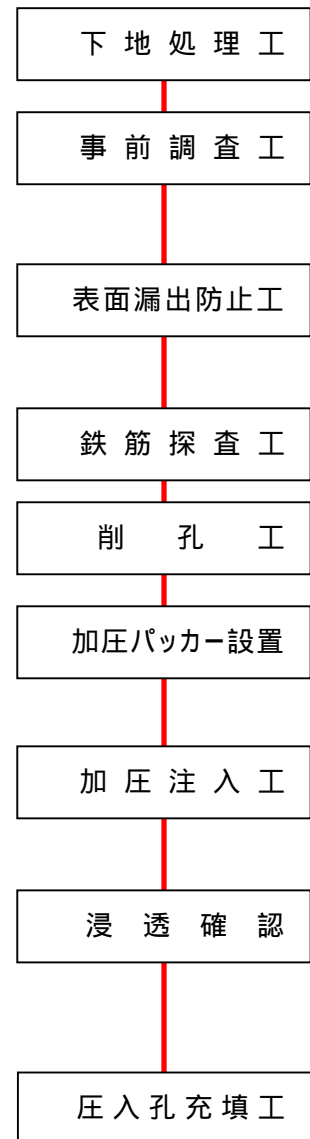


図-2 施工フロー



写真-6 表面漏出防止工



写真-7 削孔工

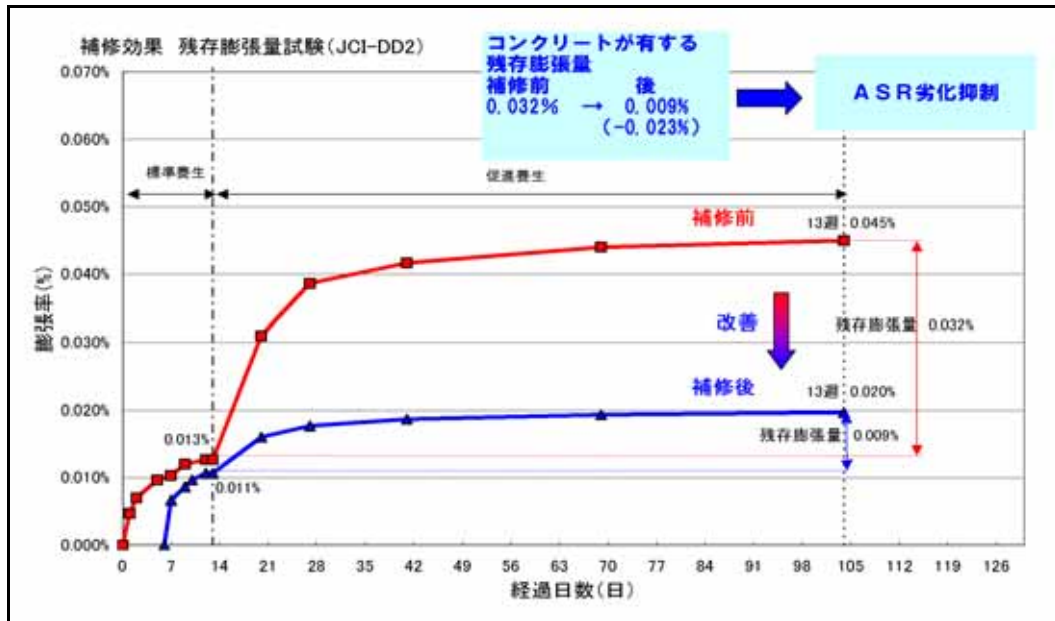


写真-8 加圧注工

4) 効果の検証

施工完了後において効果の検証を実施した。検証内容として、本工法の目的であるASR抑制効果を確認した。確認方法としては、施工前・後に採取したコア（100×250mm）で促進養生試験を実施し、コンクリートが有する残存膨張量を比較した。この残存膨張量の低減量がASR抑制効果である。今回の効果検証結果を表-1に示す。

表-1 残存膨張量試験結果



- ・ 今回の膨張量試験は、「JCI-DD2」による促進養生試験を実施した。
- ・ 施工前の残存膨張量が 0.032%であったのに対し施工後の残存膨張量は 0.009%に改善した。残存膨張量は-0.023%(-72%)の低減効果が確認された。

5) 追跡調査

今回実施した、ASR リチウム工法は新工法であり、長期的な効果の検証がなされていないのが実状である。そのため本工事箇所においては目視による定期的な外観調査に加え 1 cm 角のチップを躯体表面に十字に取り付けその離隔を継続的に測定することにより目視では確認出来ないコンクリート表面の小さな膨張傾向も確認することの出来るコンタクトチップ法により表面に膨張変形が生じていないかを継続的に計測している。

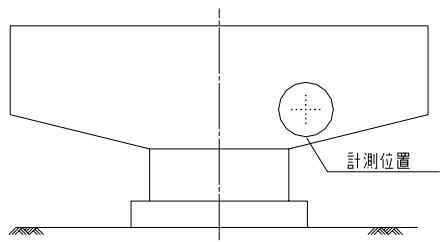


図-3 追跡調査位置図

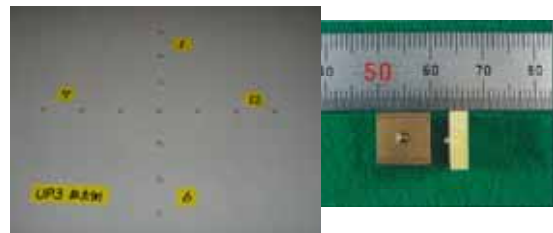


写真-9 コンタクトチップ貼付け状況

5. おわりに

根本的な抑制は困難であるとされてきた ASR に対し本稿では、ASR リチウム工法による抑制対策を紹介した。今後更にデータを蓄積することにより、より合理化を図り、幅広い ASR による劣化構造物へ適用できるように努力していきたい。

〔参考文献〕

斉藤、北川、榑場 亜硝酸リチウムによるアルカリ骨材膨張の抑制効果
「材料」(J.Soc.Mat.Sci.,Japan),Vol.41,No.468,pp.1375-1381,Sep.1992

平成 17 年 8 月 1 日 「リハビリ高圧注入工法」は「ASR リチウム工法」と改名しました。