

ASRにより劣化した構造物のリチウムイオン内部圧入工による補修について

極東工業(株) 正会員 ○江良 和徳
 極東工業(株) 正会員 岡田 繁之
 極東工業(株) 正会員 三原 孝文

1. はじめに

アルカリ骨材反応(以下、ASRと称す)により劣化したコンクリート構造物の補修工法として、リチウムイオンを内部圧入する方法が提案されている¹⁾。この工法は、アルカリシリカゲルの膨張を抑制するために必要となる量のリチウムイオンを構造物内に圧入することを目的としている。本稿は、ASRにより劣化した擁壁の補修工法としてリチウムイオン内部圧入工を適用した事例について報告するものである。

2. リチウムイオン内部圧入工の施工仕様の検討

2.1 対象構造物

施工対象は昭和50年に建設された中国地方の下水道施設内のRC擁壁(写真-1)である。コンクリート表面に格子状のひび割れが広範囲に生じており、ひび割れ密度は平均 2.5m^2 、最大ひび割れ幅は 2.0mm であった。採取したコア試料による偏光顕微鏡観察の結果、本擁壁に使用された粗骨材は古銅輝石安山岩の碎石であることが判明した。この骨材は反応性の高いことやペシマム現象を有することで知られている。同じく採取したコア試料による促進膨張試験(JCI-DD2法)の結果、3ヶ月での膨張率が 0.081% に達しており、今後も有害な膨張が進行する可能性を示していた。



写真-1 対象構造物の劣化状況

2.2 リチウムイオン内部圧入工の施工仕様

施工に先立ち、コンクリートコア採取による室内試験を実施し、その結果を踏まえてリチウムイオン内部圧入工の施工仕様(リチウム注入量、注入圧力、注入時間)を以下のように検討した。リチウムイオン内部圧入工に使用するリチウム化合物として、亜硝酸リチウム(LiNO_2)40%水溶液を使用する。

【亜硝酸リチウムの設計注入量】

亜硝酸リチウムの注入量は、当該コンクリートのアルカリ総量試験結果より算出する。既往の研究²⁾³⁾によると、コンクリート中のアルカリ総量(Na_2O 換算)における Na^+ に対する Li^+ の割合(Li/Naモル比)が $0.5\sim 0.6$ 程度あればASRによる有害な膨張が抑制されることが知られている。本施工では、Li/Naモル比が 1.0 となる亜硝酸リチウム量を注入することとし、本擁壁のコンクリートのアルカリ総量試験結果 $5.5\text{kg}/\text{m}^3$ に対する亜硝酸リチウムの注入量を $23.508\text{kg}/\text{m}^3$ と算出した。

【上限注入圧力】

亜硝酸リチウムを内部圧入する際の注入圧力の上限値は、施工時の注入圧によりコンクリート内部のひび割れを助長しないよう、当該コンクリートの引張強度に応じて定める。本施工ではコンクリートの推定引張強度を圧縮強度の $1/10$ とし、それを安全率(3.0とする)で除したものを上限注入圧力とした。本擁壁のコンクリートの圧縮強度試験値は $20.9\text{N}/\text{mm}^2$ であり、そこから導かれる上限注入圧力を 0.7MPa と定めた。

【設計注入時間】

コンクリート内部へ一定量の亜硝酸リチウム水溶液を圧入するのに要する時間(注入時間)は、コンクリートの劣化程度により異なることが過去の施工事例から伺える³⁾。コンクリートの劣化程度は、コンクリートの圧縮強度と静弾性係数の低下の度合いを指標とした。当該擁壁コンクリートの設計基準強度 $21\text{N}/\text{mm}^2$

キーワード：ASR、亜硝酸リチウム、内部圧入、走査電子顕微鏡、残存膨張量

連絡先：〒732-0052 広島市東区光町2-6-31 極東工業(株)技術本部 Tel 082-261-1204 Fax 082-261-1269

に対し、圧縮強度試験値は 20.9N/mm^2 であり、圧縮強度は竣工当時から大幅な低下はみられていないといえる。しかし、本擁壁の静弾性係数の試験値は $0.877 \times 10^4\text{N/mm}^2$ であり、圧縮強度 21N/mm^2 に対応する静弾性係数の標準値が $2.35 \times 10^4\text{N/mm}^2$ であることを考えると、実に 37% にまで低下していたことがわかる。過去の施工実績における圧縮強度、静弾性係数と注入に要する時間との関係を整理した結果をもとに、本擁壁の圧縮強度と静弾性係数から経験的に推測する設計注入時間を 38 時間と設定した。ここで、圧入孔の設置間隔によっても 1 孔あたりの注入量が変わるため、その所要時間も変わる。本施工では圧入孔間隔を 500mm ピッチの千鳥配置、削孔径 $\phi 20\text{mm}$ として上記の設計注入時間を算出している。

3. 施工

検討した施工仕様（リチウム注入量、注入圧力、注入時間）に基づいてリチウムイオン内部圧入工を施工した。ただし、設計注入時間はあくまで経験式から得られた参考値として位置づけ、実際の圧入作業時における注入速度管理の指標として用いた。すなわち、 $0.5\sim 0.7\text{MPa}$ の範囲内に調整した注入圧力にて亜硝酸リチウム設計注入量を加圧注入し、その注入速度を常時監視することにより、設計注入時間から大幅な逸脱がないように注入管理した。実際の注入圧力は平均 0.6MPa 、設計注入量の注入に要した時間は約 32 時間（1 日 8 時間施工で 4 日間）であった。

4. リチウムイオン内部圧入工の効果確認

【走査電子顕微鏡観察】

施工前に採取したコア試料と、リチウムイオン内部圧入工完了の 7 日後に採取したコア試料にて走査電子顕微鏡観察を行ったところ、施工前（写真-1）、施工後（写真-2）ともに共通して非晶質のゲルやロゼット状に結晶化したゲルが認められた。これらはいずれも典型的な ASR の生成物として知られているものである。今回の観察の範囲内では反応生成物にリチウムを供給したことによる形態上の変化は認められない。リチウムはゲル内に進入し、そのなかのアルカリと置換してゲルの組成のみを変化させ、ゲル非膨張性させているものと推察される。

【促進膨張試験】

上記と同様に、施工前に採取したコア試料と、リチウムイオン内部圧入工完了の 7 日後に採取したコア試料にて促進膨張試験（JCI-DD2 法）を実施し、施工前後の膨張傾向を比較した。両試料の温度 40°C 、相対湿度 100% 中での促進膨張試験の結果を図-1 に示す。施工前の膨張率が 0.081% であったのに対し、リチウム圧入後は 0.018% にまで低減していることが確認できた。

5. おわりに

今後、リチウムを供給したアルカリシリカゲルの形状変化と組成変化の両面から分析を行う予定である。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートライブラリー124 アルカリ骨材反応対策小委員会報告書，pp. III-17，2005
- 2) 斎藤・北川・榎場：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」Vol. 41，No. 468，pp. 1375-1381，1992. 9

- 3) ASR リチウム工法協会：アルカリ骨材反応抑制工法 ASR リチウム工法 技術資料，pp. I-4-3，2005. 7



写真-2 リチウム圧入前のゲル

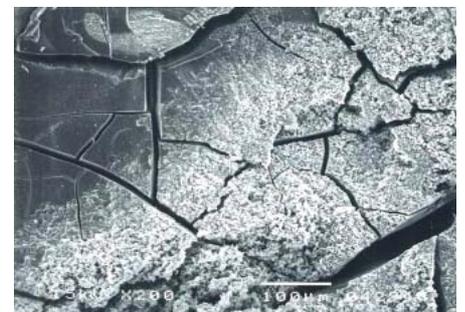


写真-3 リチウム圧入後のゲル

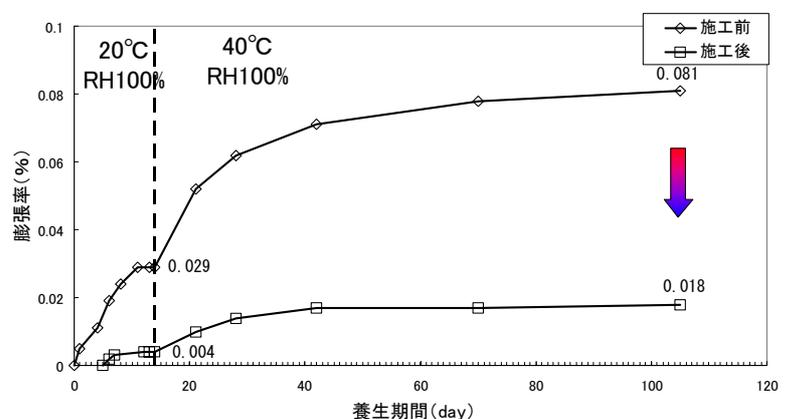


図-1 リチウム圧入前後の残存膨張量