

【資料】 ASR リチウム工法による ASR 補修

目的

『ゲルの膨張抑制』

概要

ASR はゲルの吸水膨張に起因しますので、外部からの水分を完全に遮断すれば以後の ASR 進行は抑制できます。しかし、水分を完全に遮断することは極めて困難であり、場合によっては再劣化を引き起こすこともあります。そこで、ゲルの吸水膨張性を消失させるために亜硝酸リチウムをコンクリート内部に加圧注入します。コンクリート全体の ASR ゲルにリチウムイオンが供給されるとゲルは非膨張化されるため、以後の吸水膨張反応は進行しません。

ASR リチウム工法は、ASR 劣化したコンクリート躯体に小径の削孔（φ10, 20mm）を行い、そこから亜硝酸リチウムを加圧注入してコンクリート内部に浸透させる工法です（図-1 参照）。加圧注入に先立ち、コンクリート表面に生じているひび割れを、ひび割れ注入工法および表面被覆工法により閉塞します。これは亜硝酸リチウム水溶液を加圧注入する際に表面への漏出を防止するための処置です。コンクリート表面の漏出防止工が完了した後、圧入孔を削孔します。削孔間隔は 500～1000mm とし、亜硝酸リチウム浸透範囲に斑ができにくいように千鳥配置とされます。注入圧力は対象構造物の劣化程度に応じて設定され、一般的に 0.5～1.5MPa の範囲とされます。内部圧入する亜硝酸リチウムの量は対象構造物のアルカリ含有量に応じて構造物毎に設定され、その量は Li/Na モル比 0.8～1.0 となる量とされます。内部圧入工が完了したら、圧入孔を充填して施工完了となります。リチウムイオン内部圧入工の施工状況を図-2 に示します。

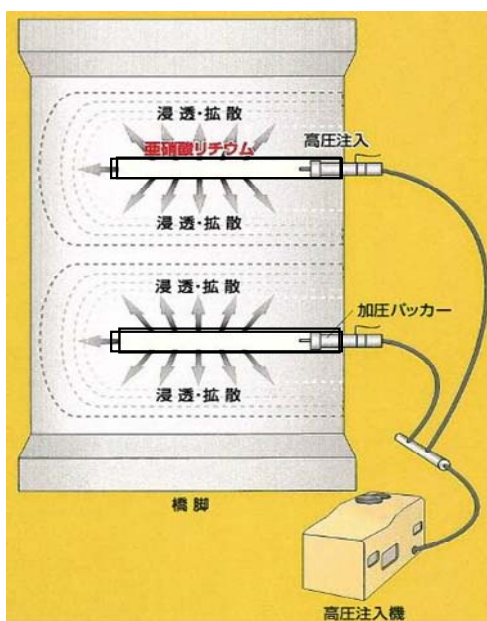


図-1 リチウムイオン内部圧入工の概念図



図-2 内部圧入工の施工状況

ASR リチウム工法における亜硝酸リチウムの浸透範囲の概念は図-3 に示したとおりです。ASR リチウム工法は亜硝酸リチウムのもつ ASR 抑制効果を最も積極的に活用する工法といえます。

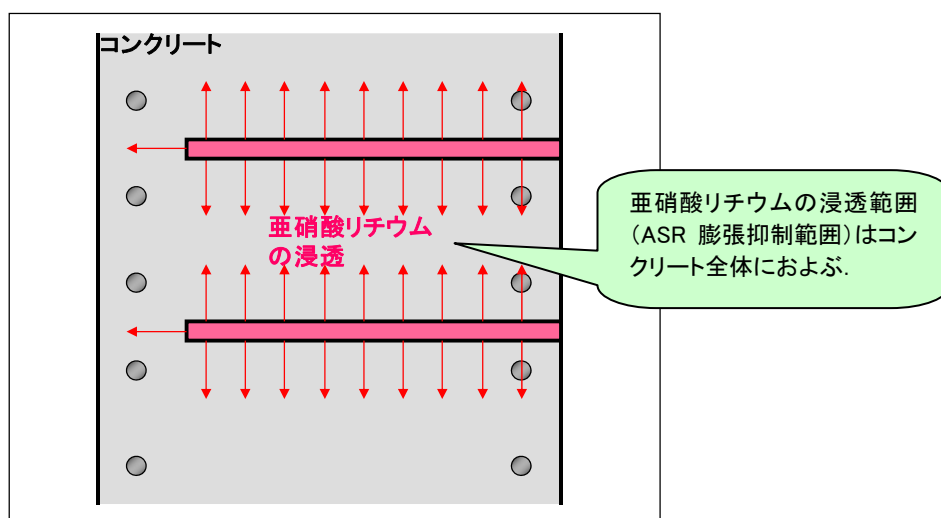


図-3 リチウムイオン内部圧入の場合

圧入仕様の設計

(1) 亜硝酸リチウム設計圧入量

亜硝酸リチウムの圧入量は、ASR 膨張を抑制するために必要となるリチウムイオン量に関する既往の研究成果に基づき、コンクリート中のアルカリ総量に応じて設定します。すなわち、対象構造物より採取したコア試料のアルカリ量分析結果からアルカリ総量（単位体積あたりの Na^+ および K^+ の量を Na_2O に換算した質量）を算出し、その Na^+ に対して抑制剤の Li^+ がモル比で 0.8~1.0 となる量（ Li/Na モル比=0.8~1.0）を設計圧入量とします。例えば、対象構造物のアルカリ総量が Na_2O 換算で $3.0\text{kg}/\text{m}^3$ の場合、亜硝酸リチウム（40%水溶液）の設計圧入量は $10.26\text{kg}/\text{m}^3$ （モル比 0.8）～ $12.82\text{kg}/\text{m}^3$ （モル比 1.0）となります。

(2) 設計注入圧力

設計注入圧力は、亜硝酸リチウムをコンクリート内部に効果的に浸透させることができ、かつ ASR 構造物内部のひび割れを助長することのない範囲に設定する必要があります。供試体実験および試験施工の結果、設計注入圧力を 0.5MPa ～ 1.5MPa の範囲に設定すると亜硝酸リチウムの過度な漏出・漏洩もなく所定の範囲内に浸透させることができることを確認しています。注入圧力の設定においては、ASR により強度が低下している構造物も多数存在することから、コンクリートコアの圧縮強度結果から推定される引張強度に対し、安全率を考慮して 3 で除したものを上限注入圧力として注入圧を制限しています。例えば、現状の圧縮強度が $21\text{N}/\text{mm}^2$ の場合、上限注入圧力は $0.7\text{N}/\text{mm}^2$ と設定されます。

(3) 圧入孔間隔と圧入時間

圧入孔の間隔はこれまでの施工実績を基に 500mm ～ 1000mm を標準としています。このとき、亜硝酸リチウムがコンクリート中に均一に行き渡りやすいように千鳥配置としています。

圧入に要する時間は、特に対象構造物の劣化程度によって大きく左右される項目であり、ASR劣化が進行している構造物ほど圧入期間が短くなる傾向にあります。これまでの施工実績によると、およそ10～20日程度（8時間/日とした場合）かけて亜硝酸リチウム設計圧入量を内部圧入しています。設計段階では、これまでの施工データからコンクリートの劣化程度、注入圧力および注入速度の関係を表す経験式を用いて亜硝酸リチウム圧入時間を推定しています。

(参考) 亜硝酸リチウム設計圧入量の算定

アルカリ総量 3.0kg/m³, Li/Na モル比=0.8 の場合

① コンクリート中のアルカリ総量 Z(Na₂O)

$$Z = 3.0 \text{ kg/m}^3$$

② Li⁺/Na⁺のmol比の設定

0.8 とする。

③ Na₂Oの分子量 = 62

Na₂Oのコンクリート中のmol数を k₁ とすると、

$$k_1 = 3.0 / 62 = 0.0483871 \text{ mol}$$

そのうち、Na⁺のmol数を k₂ とすると、

$$k_2 = k_1 \times 2 = 0.0967742 \text{ mol}$$

(Na₂Oの中にNa⁺は2つ存在するため)

④ 亜硝酸リチウムLiNO₂の分子量 = 53

Li⁺/Na⁺のmol比を 0.8 とするため、亜硝酸リチウムの必要mol数 k₃は、

$$k_3 = k_2 \times 0.8 = 0.0774194 \text{ mol}$$

コンクリート1m³あたりの亜硝酸リチウム必要量をXとすると、

$$X = k_3 \times 53 = 4.103 \text{ kg/m}^3$$

⑤ 使用する亜硝酸リチウム水溶液の濃度 = 40%

コンクリート1m³あたりの亜硝酸リチウム水溶液の必要量X'は、

$$\begin{aligned} X' &= X / 0.4 \\ &= 4.103 / 0.4 = 10.26 \text{ kg/m}^3 \\ & (= 8.2 \text{ ℓ/m}^3) \end{aligned}$$