

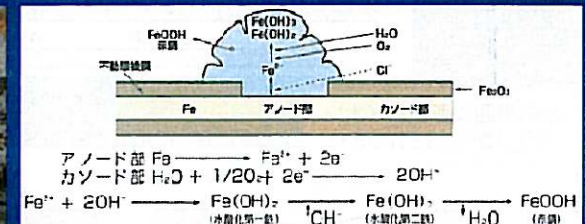
亜硝酸リチウムを用いた 塩害・ASRの補修技術

一般社団法人コンクリートメンテナンス協会

技術委員長 江良和徳

塩害

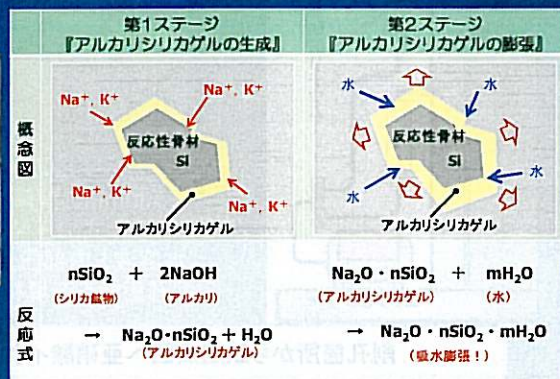
- ・種々の原因で塩化物イオンがコンクリート中に浸入
- ・鉄筋位置の塩化物イオン量が一定量を超えると、鉄筋の
不動態皮膜が破壊され、鉄筋腐食が生じる
- ・鉄筋が腐食するとコンクリートにひび割れ、はく離が生じる



- アノード反応 : 電子2個を鉄筋中に残し、鉄がイオンとなって溶出する反応
- カソード反応 : アノード反応によって生じる電子を消費する反応

アルカリシリカ反応(ASR)

- ・コンクリート中の反応性骨材が、アルカリ分と反応して
アルカリシリカゲルを生成
- ・アルカリシリカゲルが水分を吸収して膨張することにより、
コンクリートにひび割れが生じる



亜硝酸リチウム

【Lithium Nitrite ; LiNO_2 】

- ・リチウム系化合物のコンクリート補修材料
- ・原材料は「ナフサ」、「リシア輝石」
- ・外観は青色または黄色の透明水溶液
- ・濃度は40% (限界濃度)



亜硝酸イオン
 NO_2^-
 不動態被膜の再生により
鉄筋腐食を抑制する

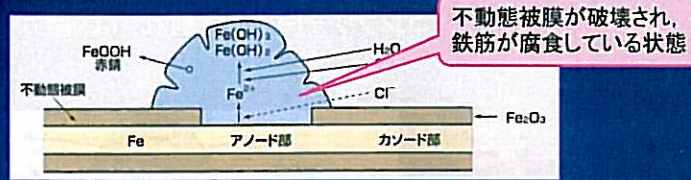
『塩害・中性化対策』

リチウムイオン
 Li^+
 アルカリシリカゲルを
非膨張化する

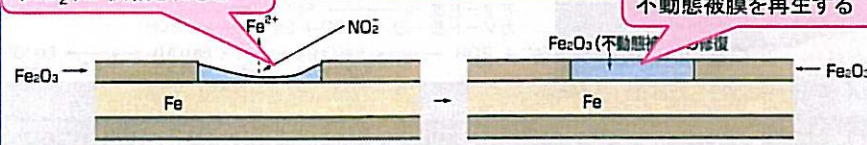
『ASR対策』

亜硝酸イオンによる鉄筋腐食抑制 ⇒ 不動態被膜再生

- ・塩害、中性化はいずれも不動態被膜の破壊による鉄筋腐食の問題
⇒ 塩害、中性化対策とは、共に鉄筋腐食を抑制すること
- ・亜硝酸イオン(NO_2^-)の防錆効果に関する研究は1960年代から多数報告



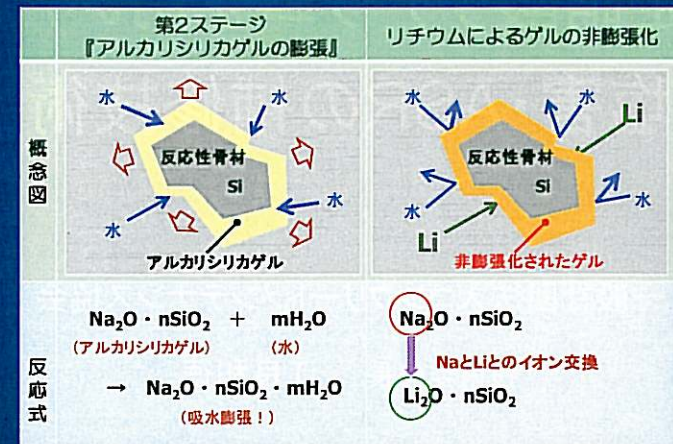
鉄筋周囲に亜硝酸イオン(NO_2^-)が供給されると...



亜硝酸イオン(NO_2^-)による不動態被膜再生メカニズム

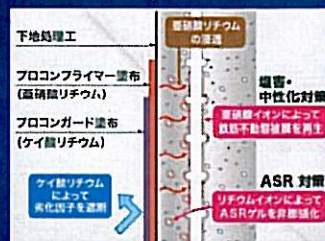
リチウムイオンによるASR抑制効果 ⇒ ゲル非膨張化

- ・ASRは反応性骨材周囲に生成したアルカリシリカゲルの吸水膨張
⇒ ASR対策とは、ゲルの吸水膨張を抑制すること
- ・リチウムイオン(Li^+)のASR膨張抑制に関する研究は1950年代から多数報告

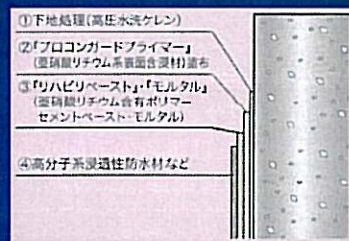


リチウムイオン(Li^+)によるアルカリシリカゲルの非膨張化

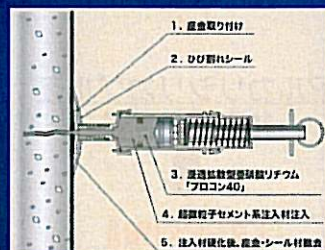
亜硝酸リチウムを用いた従来工法



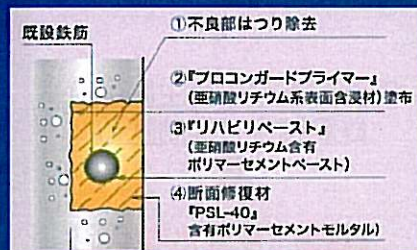
表面含浸工法



表面被覆工法



ひび割れ注入工法

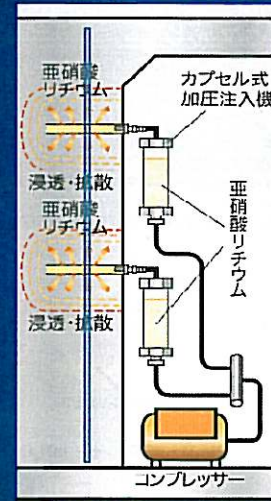


断面修復工法

【亜硝酸リチウム内部圧入工法(塩害補修)】 リハビリカプセル工法

『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』

(NETIS:CG-120005-A)



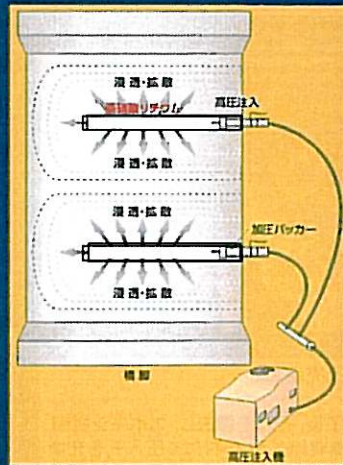
削孔箇所から鉄筋周囲へ亜硝酸イオンを圧入する



- ①コンクリートにφ10mm、L=100mm程度の削孔を500mmの間隔で行う
- ②カプセル式加圧装置を設置して亜硝酸リチウム水溶液を内部圧入する ⇒ 鉄筋防錆
- ③削孔箇所を充填材にて埋め戻す

【亜硝酸リチウム内部圧入工法(ASR補修)】 ASRリチウム工法

『リチウムイオンによるゲルの非膨張化』



・コンクリートに削孔して、亜硝酸リチウム40%水溶液を加圧注入。

注入量 : Li/Naモル比0.8となる LiNO_2
削孔径 : $\phi 10\text{mm}$, 20mm , 38mm
削孔間隔 : 500mm , 750mm , 1000mm
注入圧力 : $0.5\text{MPa} \sim 1.5\text{MPa}$
注入期間 : 20日～40日程度

- ①ひび割れ注入および表面被覆により、コンクリート表面のひび割れを閉塞する
- ②コンクリートに小径の削孔を行い、圧入孔とする
- ③油圧式圧入装置、配管、パッカーを設置して、亜硝酸リチウムを加圧注入する
- ④所定の量の亜硝酸リチウムをコンクリート内部に圧入した後、削孔箇所を無収縮グラウト材にて埋め戻す

削孔箇所からコンクリート内部全体へリチウムイオンを圧入する

9

亜硝酸リチウム内部圧入工法(塩害補修)の施工手順

採用された工法 : 亜硝酸リチウム内部圧入工法
『リハビリカプセル工法』

【対象構造物】

- ・鋼橋のRC床版

【塩害による劣化状況】

- ・幅 $0.1 \sim 0.4\text{mm}$ のひび割れ
- ・塩化物イオン含有量 3.0kg/m^3 (内在塩分の可能性大)
- ・鉄筋腐食により一部断面欠損

【塩害の抑制方針】

- ・鉄筋腐食抑制 (不動態被膜の再生)



①着工前(劣化状況)

10

亜硝酸リチウム内部圧入工法

【使用材料】

- ・ひび割れ注入材、ポリマーセメントペースト



②表面漏出防止(ひび割れ注入)

コンクリート表面からの漏出防止として、ひび割れ注入工を実施する(幅 0.2mm 以上)



③表面漏出防止(表面シール)

同様に、幅 0.2mm 未満のひび割れやジャンカ等に対し、表面シールを行う

11

亜硝酸リチウム内部圧入工法

【使用機材】

- ・鉄筋探査機、ダイヤモンドコアドリル($\phi 10\text{mm}$)



④鉄筋探査工

圧入孔の削孔時に鉄筋を損傷させることのないよう、鉄筋探査を行う



⑤圧入孔削孔

圧入孔として、 $\phi 10\text{mm}$ のコア削孔を行う。本橋では削孔ピッチを 500mm 間隔とした。

12

亜硝酸リチウム内部圧入工法

【使用機材】

・カプセル式圧入装置



⑥加圧パッカーの設置

全圧入孔に加圧パッカー（接続用治具）を設置する。



⑦リハビリカプセル設置工

加圧パッカーにカプセル式圧入装置（リハビリカプセル）を設置し、圧入ホースと接続する

13

亜硝酸リチウム内部圧入工法

【使用材料】

・浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液



⑧内部圧入工

所定量の浸透拡散型亜硝酸リチウムを加圧注入する。
圧入対象はコンクリート表層150～200mm



⑨圧入孔充填工

圧入完了後、配管を撤去し、エポキシ樹脂または無収縮グラウト材にて圧入孔を充填する

14

亜硝酸リチウム内部圧入工法

【使用材料】

・高分子件浸透性防水材



⑩表面保護工

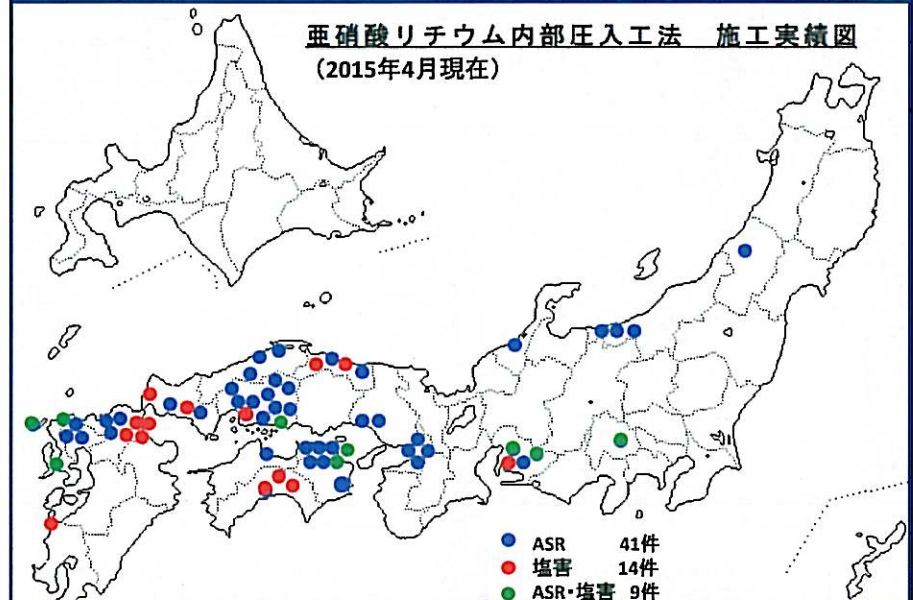
コンクリート内部への劣化因子の侵入抑制のため、表面含浸工または表面被覆工による表面保護を行う



⑪施工完了

15

亜硝酸リチウム内部圧入工法 施工実績図 (2015年4月現在)



16

【亜硝酸リチウムに関する最新動向】

News
Release



芝浦工業大学

SHIBaura INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Established 1927

2015年7月15日

～日本最古の鉄筋コンクリート構造物の崩壊を食い止める補修材料・工法を提案～ 世界遺産「軍艦島」の建築群を維持する研究発表

日本建築学会の研究チームが長崎県長崎市の軍艦島（端島）における鉄筋コンクリート造（RC造）建築物の補修について2011年から現地調査を行いながら取り組んできた研究を、芝浦工業大学（東京都江東区／学長 村上雅人）工学部建築学科 濱崎仁准教授が発表しました。



島内の至る所で鉄筋の腐食によるコンクリートの崩壊が進んでいる

今月5日、軍艦島の一部が「明治日本の産業革命遺産」としてユネスコ 世界文化遺産に登録されましたが、同島に現存する日本最古といわれるRC造集合住宅を含めた建築群は、長い年月に渡って人の手が入らず塩害や風雨にさらされる厳しい環境下に置かれたため、著しく劣化しています。鉄筋やコンクリートの老朽化による建築物の崩壊は刻々と進んでいますが、このように損傷が進んだ歴史的RC造建築物の保存は世界的にも例がなく、非常に困難な課題となっています。濱崎准教授は以上を解決するべく、歴史的価値を損なわずに経年の変化を抑えるコンクリート建築物補修工法として、『亜硝酸リチウム』を用いて鉄筋の腐食を治療する有効性を検討しました。

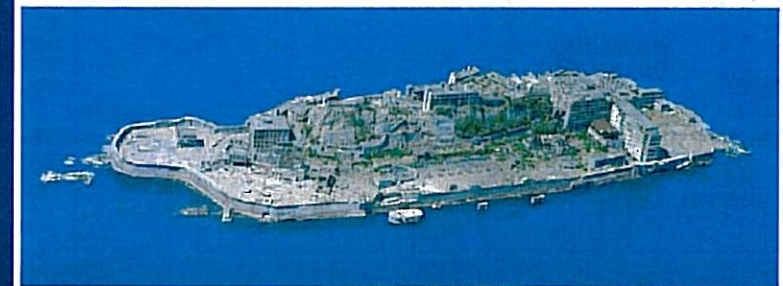
17

軍艦島（端島）



北西側の航空写真

（北西側航空写真 2014.10.10撮影）（写真提供：資料より）



南東側の航空写真

（南東側航空写真 2014.10.10撮影）（写真提供：資料より）

軍艦島の状況写真



16～19号棟



30号棟内観



65号棟外観



65号棟内観

19



（左）近代日本の輝き（右）軍艦島の建築物を維持する研究発表



【塩害で劣化したコンクリートの補修工法選定フローの例】

