

橋梁の維持管理に関する新技術フォーラム2025

橋梁の長寿命化を実現する 亜硝酸リチウム補修技術の最前線

一般社団法人コンクリートメンテナンス協会

専務理事/技術委員長 江良和徳

主な内容

はじめに

- コンクリート構造物の劣化機構
- 亜硝酸リチウムの基礎知識

1. 亜硝酸リチウムを用いた補修技術

- 表面含浸工法
- ひび割れ注入工法
- 断面修復工法
- 内部圧入工法
- 簡易型内部圧入工法
- 床版防水工法

2. 亜硝酸リチウムを活用した軍艦島の塩害補修への取り組み

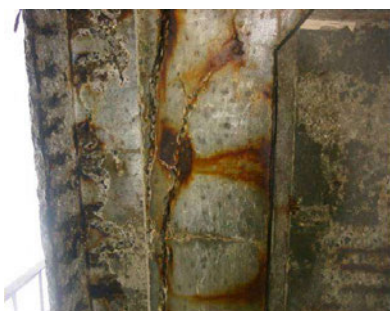
- 供試体暴露実験
- 試験施工

2

はじめに

3

塩害による劣化の事例



4

塩害による劣化のメカニズム

【原因】

- ・種々の原因で塩化物イオンがコンクリート中に浸入
- ・侵入した塩化物イオンはコンクリート表面から内部へ浸透



【劣化の進行】

- ・塩化物イオンが鉄筋位置に到達
- ・塩化物イオン量が腐食発生限界を超えると、鉄筋の不動態皮膜が破壊
- ・そこに水、酸素が供給されることにより鉄筋が腐食



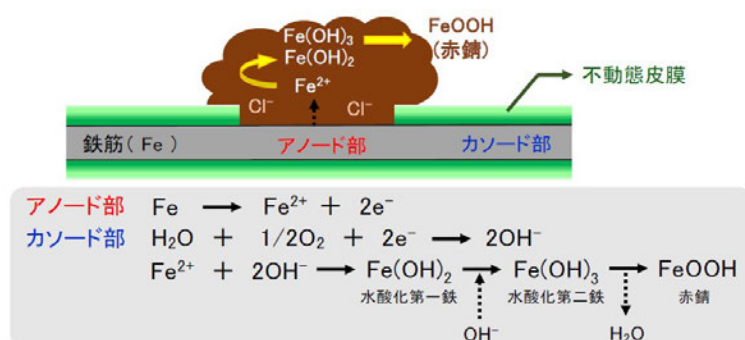
【性能低下】

- ・ひび割れ、コンクリートの浮き・はく離、鉄筋露出など
- ・コンクリートと鉄筋との付着が低下
- ・鉄筋断面の減少

5

不動態皮膜と鉄筋腐食（塩害）

- ・コンクリート中（強アルカリ環境）にある鉄筋は、不動態皮膜によって腐食から保護されている
- ・しかし、腐食発生限界を超えた塩化物イオンの存在下では、不動態皮膜が破壊され、鉄筋は腐食しやすい環境に晒される
- ・そこに水と酸素が供給されると鉄筋は腐食する（腐食生成物の体積膨張）



6

中性化による劣化の事例



7

中性化による劣化のメカニズム

【原因】

- ・大気中の二酸化炭素がコンクリート中に浸入
- ・二酸化炭素がセメント水和物と炭酸化反応
- ・細孔溶液中のpHが低下(pH=11以下)



【劣化進行】

- ・中性化領域がコンクリート表面から内部に向かって進行
- ・中性化領域が鉄筋付近まで到達すると不動態皮膜が破壊
- ・そこに水、酸素が供給されることにより鉄筋が腐食



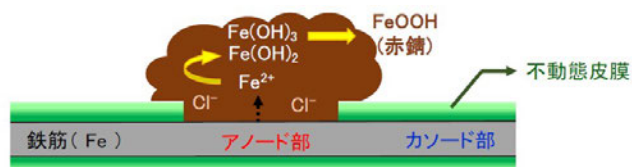
【性能低下】

- ・ひび割れ、コンクリートの浮き・はく離、鉄筋露出など
- ・コンクリートと鉄筋との付着が低下
- ・鉄筋断面の減少

8

不動態皮膜と鉄筋腐食（中性化）

- ・コンクリート中(強アルカリ環境)にある鉄筋は、**不動態皮膜**によって腐食から保護されている
- ・しかし、**鉄筋周囲のpH低下(中性化残り10mm未満)**により不動態皮膜が破壊され、鉄筋は腐食しやすい環境に晒される
- ・そこに**水と酸素**が供給されると鉄筋は腐食する(腐食生成物の体積膨張)



【水の浸透の影響】

- ・**中性化によりpHが低下しても、水の影響がなければ腐食しにくい**
- ・同一部材、同一コンクリート品質であっても中性化深さに差が生じる
- ・塩害環境では中性化残り10mm以上であっても腐食開始

9

ASRによる劣化の事例



10

ASRによる劣化のメカニズム

【原因】

- ・コンクリート中は高アルカリ環境
- ・コンクリート構造物は雨水や地下水などによる水分供給
- ・コンクリートの骨材としての反応性骨材の使用



【劣化の進行】

- ・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
- ・コンクリート内部へ水分が侵入
- ・アルカリシリカゲルの吸水膨張によりコンクリートにひび割れ発生



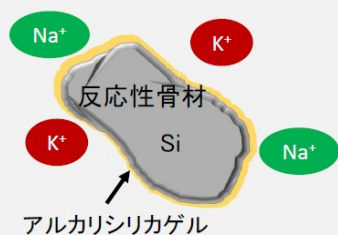
【性能低下】

- ・ひび割れ進展、白色ゲル析出、段差、異常変形など
- ・圧縮強度、静弾性係数の低下、鉄筋破断など
- ・ASRによるひび割れが鉄筋腐食の原因となる

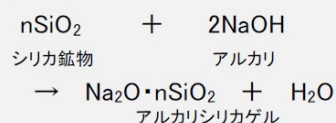
11

ASRによる劣化のメカニズム

第1ステージ 『アルカリシリカゲルの生成』



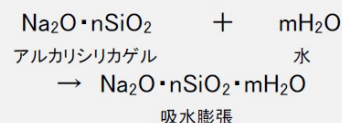
《化学式》



第2ステージ 『アルカリシリカゲルの膨張』

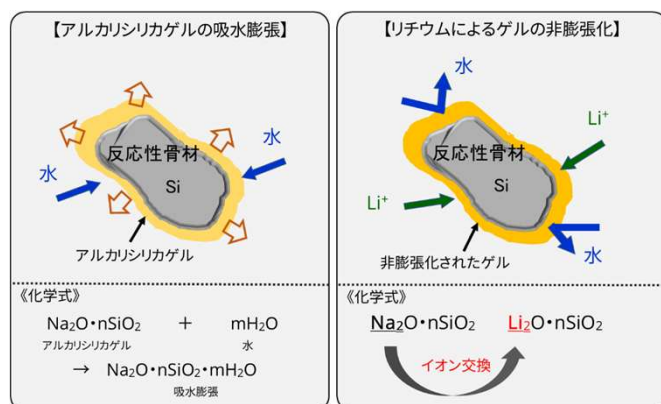


《化学式》



12

リチウムイオンによるASR膨張抑制効果



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

- ・リチウムイオンにより、アルカリシリカゲルが非膨張化される
- ・あとは、ゲルにリチウムイオンを供給する手段を考えればよい！

⇒ 亜硝酸リチウムを用いた各種補修工法

亜硝酸リチウム必要量の考え方

【塩害の場合】

- ・鉄筋腐食を抑制しうる亜硝酸イオンの量
- ・ $[\text{NO}_2^-]/[\text{Cl}^-]$ モル比=1.0となる量
- ・コンクリート中の塩化物イオン含有量(試験値)に応じて算定
 例)塩化物イオン $5.0\text{kg/m}^3 \Rightarrow$ 亜硝酸リチウム 18.67kg/m^3

【中性化の場合】

- ・鉄筋腐食を抑制しうる亜硝酸イオンの量
- ・過去の経験により一定量とする
- ・一律で亜硝酸リチウム 7.42kg/m^3

【ASRの場合】

- ・アルカリシリカゲルの膨張を抑制しうるリチウムイオンの量
- ・ $[\text{Li}^+]/[\text{Na}^+]$ モル比=0.8となる量
- ・コンクリート中のアルカリ含有量(試験値)に応じて算定
 例)アルカリ含有量 $4.0\text{kg/m}^3 \Rightarrow$ 亜硝酸リチウム 13.67kg/m^3

※上記の「亜硝酸リチウム」の量は「亜硝酸リチウム40%水溶液」としての量を示す

コンクリート診断士試験での出題傾向（亜硝酸リチウム）

【ERA調べ】

年度	設問	出題内容
2024年	択一式	・アルカリシリカ反応の膨張特性：選択肢に「リチウムイオンにはアルカリシリカ反応によるコンクリートの膨張を抑制する効果がある」
2023年	択一式	・RC床版の土砂化の原因：選択肢に「亜硝酸イオン」 ・断面修復の鉄筋防錆処理：設問文に「亜硝酸塩系の鉄筋防錆剤」
2022年	択一式	・(写真)変状に対する対策工選定：選択肢に「亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタル」
2019年	択一式	・(写真)変状に対する補修材料選定：選択肢に「亜硝酸リチウム」
2017年	択一式	・アルカリシリカ反応の特徴：選択肢に「リチウムイオンによる膨張抑制効果」
2015年	択一式	・表面含浸材の成分と効果：選択肢に亜硝酸カルシウム
2013年	択一式	・表面含浸材の成分と効果：選択肢に「亜硝酸リチウムによる鉄筋表面の不動態化」
2011年	択一式	・劣化機構と補修工法：ASRに「亜硝酸リチウムを用いた含浸工法」
2008年	択一式	・劣化現象と適用工法：ASRに「亜硝酸リチウムを用いた含浸工法」

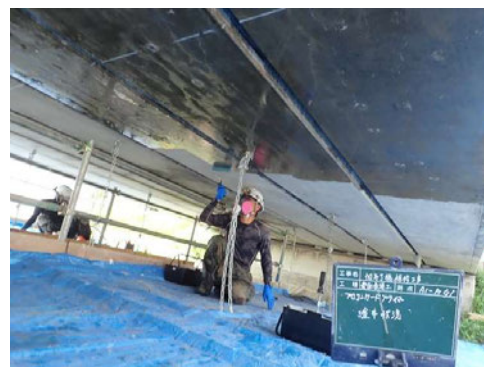
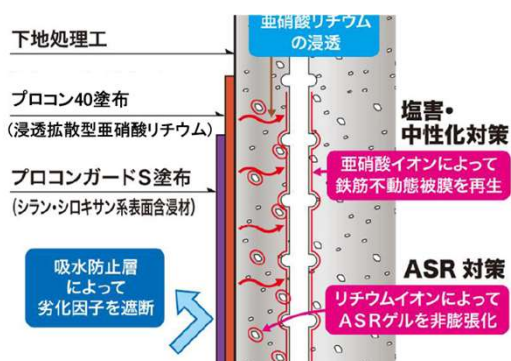
1. 亜硝酸リチウムを用いた補修技術

1.1 亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法 『プロコンガードシステムS』



19

亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法『プロコンガードシステムS』 NETIS:CG-190024-VR



- ①コンクリート表面を下地処理する
- ②亜硝酸リチウムを塗布し、内部へ含浸させる ⇒ 鉄筋防錆
- ③シラン・シロキサン系含浸材を塗布し、撥水層を形成する ⇒ 劣化因子の遮断

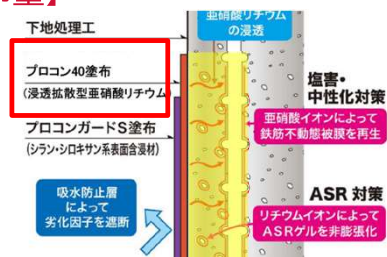
期待できる性能、効果

基本性能：『シラン・シロキサン系含浸材による劣化因子の遮断』
付加価値：『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』

20

亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法『プロコンガードシステムS』 NETIS:CG-190024-VR

【設計塗布量】



- ・亜硝酸リチウム標準塗布量 0.3kg/m^2
- ・塩害の場合には、 $[\text{NO}_2^-]/[\text{Cl}^-]$ モル比=1.0で必要量を算定できる。
- ・塗布した亜硝酸リチウムが鉄筋位置まで浸透した状態を仮定して塗布量を決める。
- ・下表にて簡易に設定することもできる。

『目標含浸深さ』と『塩化物イオン量』をパラメータとした設計塗布量の目安

塩化物イオン量 深さ	2.0kg/m ³ 未満	2.0～3.0kg/m ³	3.0～4.0kg/m ³	4.0～5.0kg/m ³	5.0kg/m ³ 以上
20mm 未満	0.30kg/m ²	0.30kg/m ²	0.30kg/m ²	0.40kg/m ²	要検討
20～30mm	0.30kg/m ²	0.40kg/m ²	0.50kg/m ²	0.60kg/m ²	要検討
30～40mm	0.30kg/m ²	0.50kg/m ²	0.60kg/m ²	0.80kg/m ²	要検討
40～50mm	0.40kg/m ²	0.60kg/m ²	0.80kg/m ²	1.0kg/m ²	要検討
50mm 以上	要検討	要検討	要検討	要検討	要検討

表面含浸工法の選定の着目点

一般的な表面含浸工(シラン、ケイ酸塩等)が適する場面

- ・劣化因子の侵入が腐食発生限界未満の場合の予防保全
⇒まだ鉄筋が腐食する理由は発生していない



以後の劣化因子の侵入抑制に全力を尽くす

プロコンガードシステムSが適する場面

- ・劣化因子が腐食発生限界を超えている場合の予防保全
- ・既に軽微な変状が発生している事後保全



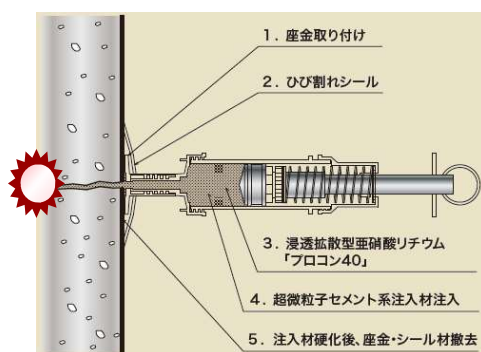
劣化因子の遮断に加え、鉄筋腐食抑制効果も付与

1.2 亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法『リハビリシリリンダー工法』



23

亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法『リハビリシリリンダー工法』 NETIS:CG-110017-A(掲載終了)



- ①自動低圧注入器をひび割れに沿って設置する
- ②亜硝酸リチウムを先行注入する ⇒ 鉄筋防錆
- ③超微粒子セメント系注入材を本注入 ⇒ ひび割れ閉塞、劣化因子遮断

期待できる性能、効果

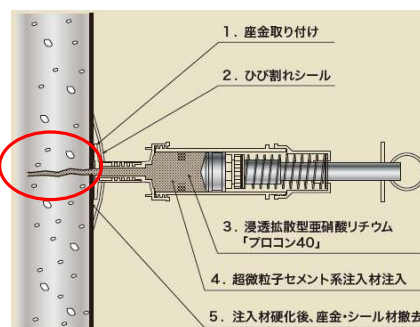
- 基本性能 : 『ひび割れ注入材による劣化因子の遮断』
- 付加価値 : 『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』

24

亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法『リハビリシリンダー工法』 NETIS:CG-110017-A(掲載終了)

【設計注入量】

- ・ひび割れ注入工における注入材の注入量はひび割れ空間体積で物理的に決まる。
- ・塩化物イオン量やアルカリ含有量に応じた定量的な算定はできない。



【ひび割れ注入材の注入量算定のために】

- ・ひび割れの幅、深さ、延長よりひび割れ空間体積を推定する
⇒ひび割れ体積に物理的に注入し得る量を注入量とする
- ・ひび割れ深さは推定値となる
⇒JCMAではひび割れ幅の200倍と仮定して算定している

25

ひび割れ注入工法の選定の着目点

一般的なひび割れ注入(エポキシ樹脂等)が適する場面

- ・ひび割れの発生原因が鉄筋腐食に起因しない場合
例)乾燥収縮ひび割れ、温度ひび割れなど



亜硝酸リチウムを併用する理由はない

リハビリシリンダー工法が適する場面

- ・ひび割れの発生原因が鉄筋腐食に起因する場合
例)塩害、中性化などによるひび割れ



ひび割れの閉塞に加え、鉄筋腐食抑制効果も付与

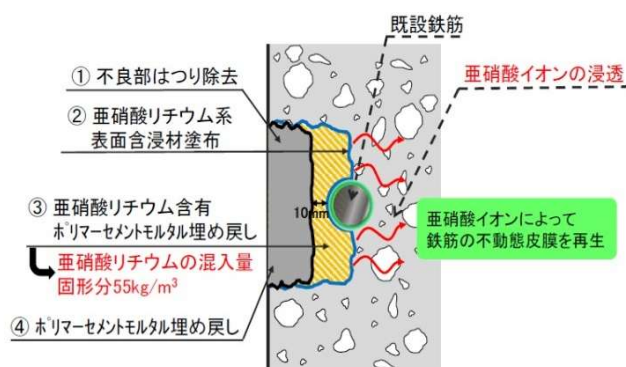
26

1.3 亜硝酸リチウム併用型断面修復工法 『リハビリ断面修復工法』



27

亜硝酸リチウム併用型断面修復工法『リハビリ断面修復工法』 NETIS:CG-220003-A



- ①はつり深さは鉄筋を半分程度露出させる程度まで
- ②露出した鉄筋表面をケレンした後、亜硝酸リチウムを塗布する ⇒ 鉄筋防錆
- ③亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタルにて、鉄筋を10mm覆う厚さまで断面を修復する ⇒ 鉄筋防錆
このときの亜硝酸リチウム混入量は137.5kg/m³(固形分で55kg/m³)
- ④残りの表層部分をポリマーセメントモルタルにて埋め戻す

28

亜硝酸リチウム併用型断面修復工法『リハビリ断面修復工法』 NETIS:CG-220003-A

仕様	Type 1	Type 2
はつり深さ	鉄筋背面まで	鉄筋の中心まで
概念図		
概要	1層構造 ①亜硝酸リチウム含有ポ リマーセメントモルタル (全範囲)	2層構造 ①亜硝酸リチウム含有ポ リマーセメントモルタル (鉄筋を10mm覆う厚さまで) ②ポ リマーセメントモルタル単体
混入量	塩化物イオン含有量に応じて設定(塩化物イオンに対してモル比1.0として算出)	塩化物イオン含有量に関わらず一律 (亜硝酸リチウム固形分55kg/m ³)

亜硝酸リチウム併用型断面修復工法『リハビリ断面修復工法』 NETIS:CG-220003-A

【Type1, Type2の使い分け】

●亜硝酸リチウム併用型断面修復の仕様は、
「鉄筋背面まではつり(Type1、モル比1.0混入)」
を基本方針とする。

●ただし、このType1を採りにくいケースへの対応策として、
「鉄筋半分まではつり(Type2、55kg/m³混入)」
の仕様も選択することができる。

例)・鉄筋背面まではつり出すと部材としての安全性が確保できない場合
・過密配筋等で鉄筋背面側のはつり作業が困難な場合
・鉄筋背面側のコンクリートが脆弱化していない場合 など

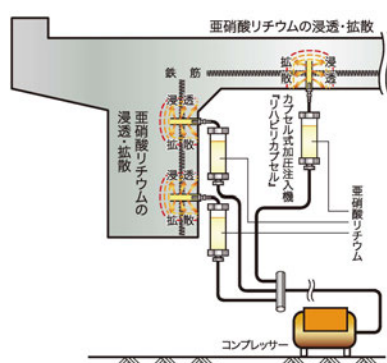
1.4 簡易型亜硝酸リチウム内部圧入工法 『リハビリカプセル工法』



31

簡易型亜硝酸リチウム内部圧入工法 『リハビリカプセル工法』

NETIS:CG-120005-A(掲載終了)



- 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カプセル式圧入装置にて亜硝酸リチウムを鉄筋周囲に内部圧入する
⇒ **不動態皮膜の早急かつ確実な再生**

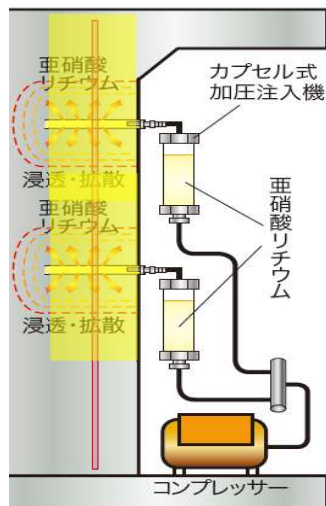
期待できる性能、効果

基本性能：『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』

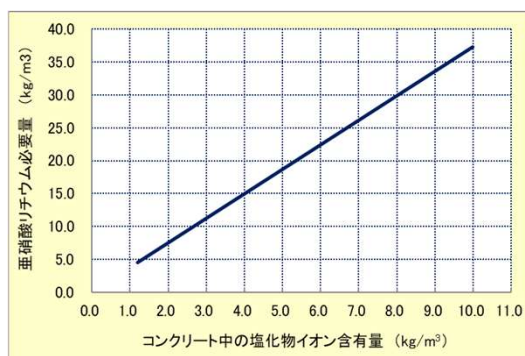
32

簡易型亜硝酸リチウム内部圧入工法『リハビリカプセル工法』

NETIS:CG-120005-A(掲載終了)



- ・塩害補修の設計圧入量は $[\text{NO}_2^-]/[\text{Cl}^-]$ モル比=1.0で定量的に算定する。
- ・中性化補修では一律で 7.42kg/m^3 とする(経験値)。
- ・圧入対象コンクリート範囲は表層 $100\sim 200\text{mm}$ 程度とし、鉄筋かぶりに応じて構造物毎に設定する。
- ・圧入による浸透には1週間～2週間程度を要する。



簡易型亜硝酸リチウム内部圧入工法『リハビリカプセル工法』

NETIS:CG-120005-A(掲載終了)

【亜硝酸リチウム設計圧入量の算定例(塩害対策の場合)】

塩化物イオン量 3.00kg/m^3 の場合、亜硝酸リチウム設計圧入量は以下のとおりとなる。

- 1)算出に使用する原子量、式量は以下の通り
Clの原子量:35.45、 LiNO_2 の式量:52.94(Li=6.94、 $\text{NO}_2=46.00$)
- 2)コンクリート中の塩化物イオン(Cl^-)モル数を k_1 とすると、式2-1より、
 $k_1 = 3.00 / 35.45 = 0.085$
- 3)必要となる亜硝酸イオン(NO_2^-)のモル数を k_2 、必要量を x_1 とすると、式2-1より、
 $k_2 = x_1 / 46.00$
ここで、 $[\text{NO}_2^-]/[\text{Cl}^-]$ モル比を1.0とするため、 $k_2 = k_1 = 0.085$ となり、
 $0.085 = x_1 / 46.00$ よって $x_1 = 3.91$
- 4)これを亜硝酸リチウム(LiNO_2)の必要量 x_2 に換算すると、
 $x_2 = 3.91 \times 52.94 / 46.00 = 4.50$
- 5)これを亜硝酸リチウム40%水溶液の必要量 x_3 に換算すると、
 $x_3 = 4.50 / 0.4 = 11.25$

よって、塩化物イオン量 3.00kg/m^3 の場合の亜硝酸リチウム40%水溶液の設計圧入量は対象コンクリート 1m^3 あたり、 11.25kg/m^3 となる。

塩害補修工法の選定の着目点

一般的な塩害補修(ひび割れ注入、断面修復)が適する場合

- ・劣化程度が軽微な段階での必要最小限の補修⇒再劣化の可能性
- ・再劣化と再補修を繰り返しても、LCCで有利となる場合



一般的な各種工法に亜硝酸リチウムを併用すると効果的

リハビリカプセル工法が適する場合

- ・劣化程度が重篤で、以後の劣化進行を許容できない場合
- ・施工費は高額でもLCCでは安価となる場合⇒再劣化させない



リハビリカプセル工法による根本的な鉄筋腐食抑制

35

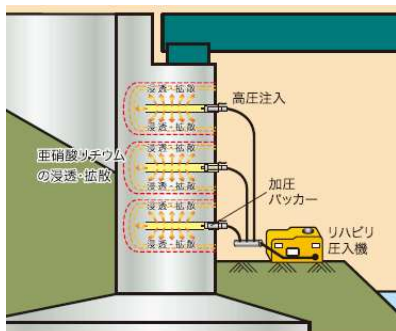
1.5 亜硝酸リチウム内部圧入工法 『リハビリ圧入工法』



36

亜硝酸リチウム内部圧入工法『リハビリ圧入工法』

NETIS:KK-010026-A(掲載終了)



- ①コンクリートにφ20mmの削孔を750mm間隔で行う
- ②圧入装置にて亜硝酸リチウムを部材全体に内部圧入する
⇒ アルカリシリカゲルの非膨張化

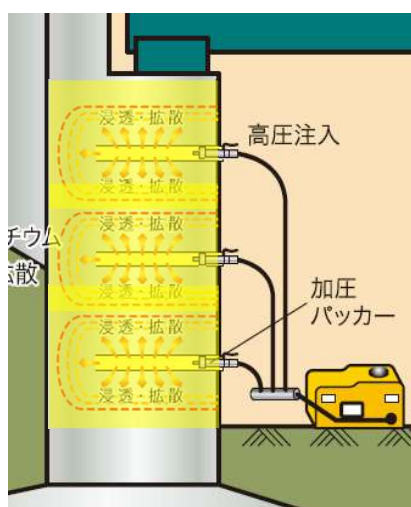
期待できる性能、効果

基本性能：『リチウムイオンによるアルカリシリカゲルの非膨張化』

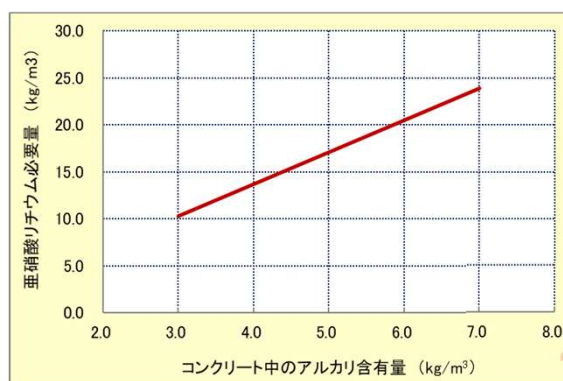
37

亜硝酸リチウム内部圧入工法『リハビリ圧入工法』

NETIS:KK-010026-A(掲載終了)



- ・ASR補修の設計圧入量、 $[\text{Li}^+]/[\text{Na}^+]$ モル比=0.8で定量的に算定する。
- ・圧入対象コンクリート範囲は部材全体とする。
- ・圧入による浸透には2週間～4週間程度を要する。



38

ASR補修工法の選定の着目点

一般的なASR補修(ひび割れ注入、表面保護)が適する場合

- ・劣化程度が軽微な段階での必要最小限の補修⇒再劣化の可能性
- ・再劣化と再補修を繰り返しても、LCCで有利となる場合



一般的な各種工法に亜硝酸リチウムを併用すると効果的

リハビリカプセル工法が適する場合

- ・施工費は高額でもLCCでは安価となる場合⇒再劣化させない
- ・過去に実施した一般的な補修が再劣化している場合



リハビリ圧入工法による根本的なASR膨張抑制

39

1.6 亜硝酸リチウム併用型床版防水工法 『リハビリ床版防水工法』



40

亜硝酸リチウム併用型床版防水工法『リハビリ床版防水工法』

【床版防水工の重要性】

- ・水はコンクリート構造物のあらゆる劣化の劣化因子
- ・床版防水工がないと、床版の鉄筋は腐食環境に陥りやすい



道路橋の維持管理には床版防水工が極めて重要

【亜硝酸リチウムとの併用効果】

- ・凍結防止剤を散布する路線では塩化物イオンによる鉄筋腐食
- ・水分遮断だけでなく、鉄筋防錆効果をプラスすることでさらなる長寿命化



亜硝酸リチウム塗布＋床版防水工を組合わせた
『リハビリ床版防水工法』

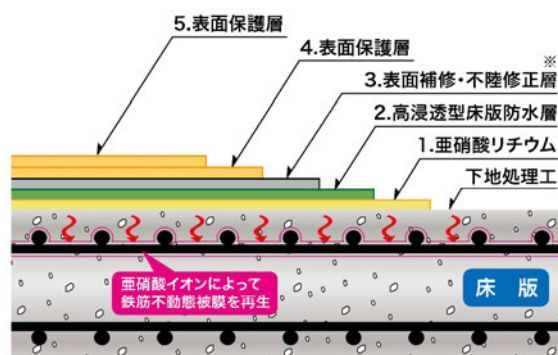
41

亜硝酸リチウム併用型床版防水工法『リハビリ床版防水工法』

種別	コンクリート舗装用	一般舗装用塗膜型
概念図		
概要	小規模橋梁に多いコンクリート舗装に対し、コンクリート面に直接適用する床版防水工法	一般橋梁に多いアスファルト舗装に対し、舗装の下の床版コンクリート面に適用する床版防水工法
備考	2024年度より施工開始	2025年度より施工開始

42

亜硝酸リチウム併用型床版防水工法『リハビリ床版防水工法(コンクリート舗装用)』

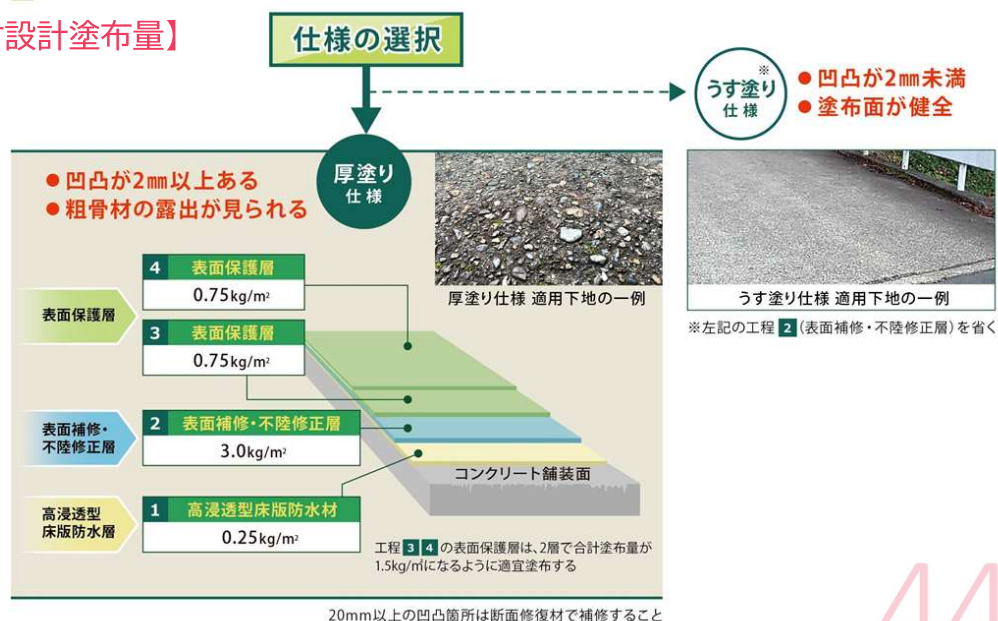


- ・既設コンクリート舗装をはつらず、下地処理の後、**舗装の上に直接施工可能**
- ・極低粘度の防水材が**高い防水性**を実現
- ・防水材は**幅0.05～2.0mm程度のひび割れに浸透、充填**し、表面のひび割れを補修可能
- ・凹凸の激しいコンクリート舗装表面も、凹凸深さ20mmまでの表面補修と不陸修正が可能※
- ・VOCを一切使用しない、**完全な水性材料**で施工性が良く、**早期の交通開放が可能**
- ・亜硝酸イオンによる**鉄筋腐食抑制効果**を付与

43

亜硝酸リチウム併用型床版防水工法『リハビリ床版防水工法(コンクリート舗装用)』

【床版防水材設計塗布量】



44

亜硝酸リチウム併用型床版防水工法『リハビリ床版防水工法(コンクリート舗装用)』

【リハビリ床版防水工法(コンクリート舗装用)の品質】

項目	単位	基準値	試験値	試験方法
防水性試験 I	ml	0.2以下	0.0	道路橋床版防水便覧
すべり抵抗性	BPN	60以上	78	舗装施工管理要領 舗装設計施工指針
路面標示塗料との接着性 (23℃)	N/mm ²	なし	2.69	建研式引張試験

45

亜硝酸リチウム併用型床版防水工法『リハビリ床版防水工法(コンクリート舗装用)』



写真 4-2 亜硝酸リチウム系表面含浸材塗布工の施工状況



写真 4-3 高浸透型床版防水材料(1層目)塗布工の施工状況

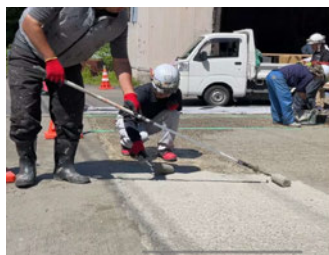
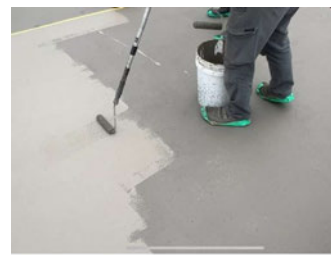
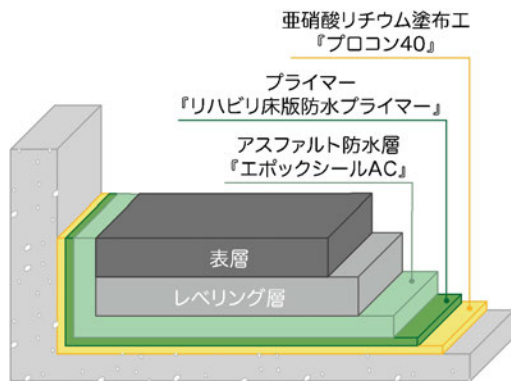
写真 4-4 表面補修・不陸修正材(厚塗り仕様 2層目)塗布工の施工状況
(左: 砂骨ローラーでの施工 右: 金鋏での施工)

写真 4-5 表面保護材塗布工の施工状況

46

亜硝酸リチウム併用型床版防水工法『リハビリ床版防水工法(一般舗装用塗膜型)』



■標準塗布量

防錆剤 0.3kg/m ²	浸透拡散型亜硝酸リチウム「プロコン40」を標準塗布量0.3kg/m ² 塗布する。
プライマー 0.25kg/m ²	リハビリ床版防水プライマーを標準塗布量0.25kg/m ² 塗布する。
アスファルト防水層 1.2kg/m ²	エポックシールACを標準塗布量1.2kg/m ² 塗布する。

- ・亜硝酸リチウムを併用する**鉄筋腐食抑制効果**をもつ床版防水工法
- ・特殊改質アスファルトを塗布することで**表層アスコンとの一体化**を図る
- ・床版への付着性の高い塗膜形成により、**良好な防水性**を保持
- ・珪砂の散布が不要
- ・プライマーの乾燥が早く、**施工時間**に制約が多い維持工事に適する
- ・ブリストリングの発生が少ない

47

亜硝酸リチウム併用型床版防水工法『リハビリ床版防水工法(一般舗装用塗膜型)』

【リハビリ床版防水工法(一般舗装用塗膜型)の品質】

試験項目	試験方法	試験結果	規格値
針入度(円錐針) mm	舗装試験法便覧 A102	1	1~5
軟化点 °C	JIS K 2207	109.5	80.0以上
破断時の伸び率 %	JIS A 6021	822	300以上
耐アルカリ性(23°C)	JIS K 5600 6-1	異常なし	異常のないこと
耐塩水性(23°C)	JIS K 5600 6-1	異常なし	異常のないこと

(社)日本道路協会「道路橋床版防水便覧 表・付3.8 に準拠

48

亜硝酸リチウム併用型床版防水工法『リハビリ床版防水工法(一般舗装用塗膜型)』



①下地処理工



②亜硝酸リチウム塗布工



③プライマー塗布工



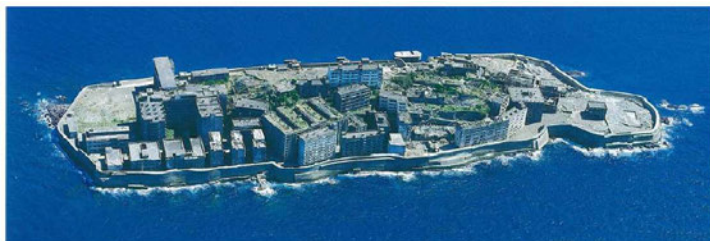
④アスファルト防水層

2. 亜硝酸リチウムを活用した 軍艦島の塩害補修への取り組み

50

軍艦島(端島)の保全への取組みの経緯

軍艦島の外観



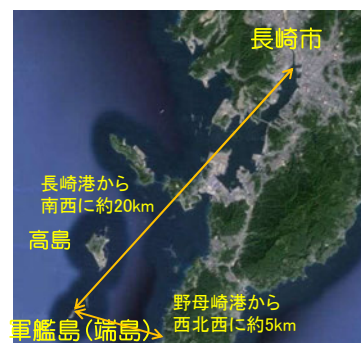
北西側の航空写真

北西側軍艦島 (09/6, 10月撮影) 旧高島町資料より



南東側の航空写真

南東側軍艦島 (09/6, 10月撮影) 旧高島町資料より



51

軍艦島(端島)の保全への取組みの経緯



52

軍艦島(端島)の保全への取組みの経緯

軍艦島内の建築物の現状



30号棟外観(2018年)



30号棟外観(2021年)



地獄段(16号棟横・S40頃)



地獄段(現在)

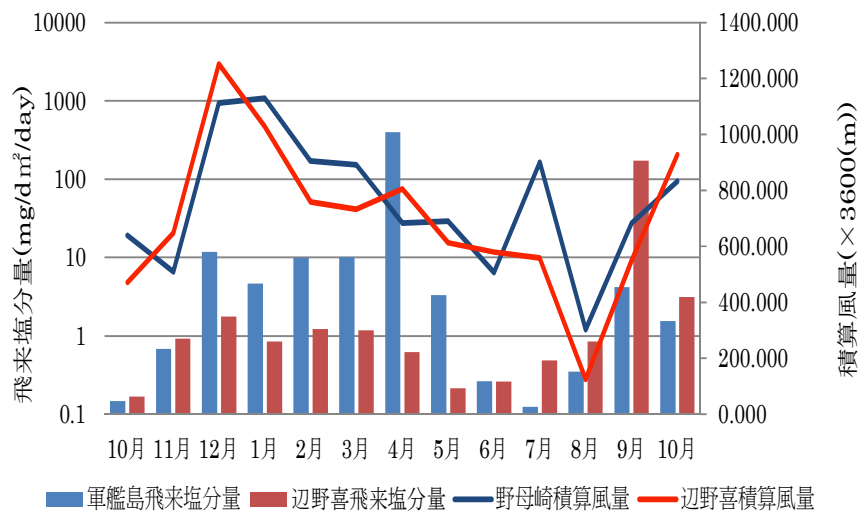
軍艦島(端島)の保全への取組みの経緯



軍艦島16～19号棟(日給社宅) 内部状況

軍艦島(端島)の保全への取組みの経緯

飛来塩分量の比較（軍艦島 vs 沖縄）



端島病院と辺野喜(沖縄)の飛来塩分量比較

55

軍艦島(端島)の保全への取組みの経緯

- ・2014年10月 端島全体が国の史跡指定を受ける
- ・2015年7月 世界文化遺産「明治日本の産業革命遺産製鉄・製鋼、造船、石炭産業」の構成資産として端島の炭鉱施設が登録



長崎市より日本建築学会、日本コンクリート工学会に対して研究委託
「軍艦島コンクリート劣化状況調査WG」
「供用不可まで劣化破損が進行したコンクリート構造物の補修・補強工法に関する研究委員会」
「危急存亡状態のコンクリート構造物対応委員会」 など

56

軍艦島(端島)の保全への取組みの経緯

軍艦島での屋外暴露試験(その1)

基材モルタル

W/C=70%・S/C=4.5・細骨材の10%を鉄粉で置換

Cl⁻= 1.2kg/m³(内在塩分・飛来塩分が比較的少ない部位を想定)

10kg/m³(内在塩分・飛来塩分が比較的多い部位を想定)

基材モルタルの形状・寸法

W×D×H=100×100×100mm

側面2面に補修を施し、残り4面を
厚膜表面被覆材でシール



軍艦島(端島)の保全への取組みの経緯

軍艦島での屋外暴露試験(その1)



16号棟－59号棟間
(飛来塩分の多い環境)



69号棟(端島病院)西側
(飛来塩分が中程度の環境)



17号棟居室内
(飛来塩分がない環境)

軍艦島(端島)の保全への取組みの経緯

軍艦島での屋外暴露試験(その2)

すでに劣化が進行した部材の補修・修復方法を検討するため、**鉄筋腐食が進行した状態**に対しての実験(屋外暴露試験)を実施中。

グレードⅠ	グレードⅡ	グレードⅢ
塩分量: $5\text{kg}/\text{m}^3$ 腐食促進なし	塩分量: $5\text{kg}/\text{m}^3 + \alpha$ 腐食ひび割れ発生	塩分量: $5\text{kg}/\text{m}^3 + \alpha$ かぶりコンクリート剥落
		

軍艦島(端島)の保全への取組みの経緯

軍艦島での屋外暴露試験(その2)



69号棟(端島病院)屋上から69号棟・65号棟前に移設

軍艦島(端島)の塩害補修試験施工

端島(通称「軍艦島」)における補修材の効果検証に関する試験施工

主催 公益社団法人 日本コンクリート工学会
長崎市役所 世界遺産室
対象 軍艦島 70号棟
(1958年建設、7階建て小・中学校)
参加 計11社 18工法
施工 2025年8月～10月(予定)
評価 施工後より各種試験、モニタリングを開始



軍艦島(端島)の塩害補修試験施工

【コンクリートメンテナンス協会の取り組み】



試験施工の対象構造物 2階8通り梁部材

主たる補修工法

名称: 亜硝酸リチウム内部圧入工法
『リハビリカプセル工法』

目的: はり部材の鉄筋腐食の進行抑制

併用する補修工法

名称: 亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法
『プロコンガードシステムS』

目的: 劣化因子の侵入抑制

亜硝酸リチウム内部圧入との相乗効果※

※『塩害環境下における暴露試験および促進試験による歴史的構造物の塩分腐食抑制と補修工法の提案』, 芝浦工業大学, 石山玲音, 2024年卒論

軍艦島(端島)の塩害補修試験施工 施工状況写真



はり下面のひび割れ状況

63

軍艦島(端島)の塩害補修試験施工 施工状況写真



鉄筋腐食状況

64

軍艦島(端島)の塩害補修試験施工 施工状況写真



ひび割れ注入工「リハビリシリンダー工法」 施工状況

65

軍艦島(端島)の塩害補修試験施工 施工状況写真



簡易型亜硝酸リチウム内部圧入工「リハビリカプセル工法」 施工状況

66

軍艦島(端島)の塩害補修試験施工 施工状況写真



供試体実験

67

軍艦島(端島)の塩害補修試験施工 施工状況写真



施工完了

68

まとめ

【塩害・中性化補修における亜硝酸リチウムの役割】

- ・亜硝酸イオンによる鉄筋腐食抑制
- ・一般工法に併用して付加価値をプラスすることで、再劣化までの期間を延ばす
- ・簡易型内部圧入工法に活用することで、再劣化リスクそのものの低減を図る

【ASR補修における亜硝酸リチウムの役割】

- ・リチウムイオンによるASR膨張抑制
- ・一般工法に併用して付加価値をプラスすることで、再劣化までの期間を延ばす
- ・内部圧入工法に活用することで、再劣化リスクそのものの低減を図る



【コンクリート構造物の長寿命化における亜硝酸リチウムの役割】

- ・補修後の維持管理シナリオに応じて、亜硝酸リチウムの活用方法を選択できる
 - [再劣化と再補修を繰り返す維持管理シナリオ]
 - ⇒ 一般工法に亜硝酸リチウムを併用してLCCを低減する
 - [再補修を許容しない維持管理シナリオ]
 - ⇒ 内部圧入工法として亜硝酸リチウムを活用して再補修を不要とする

69

ご清聴ありがとうございました

コンクリート構造物の補修に関するお問い合わせ、検討依頼は協会事務局まで！


 一般社団法人
コンクリートメンテナンス協会
<https://www.j-cma.jp/>

END

70