

コンクリート構造物の 健康寿命を延ばすための 亜硝酸リチウムの活用

一般社団法人コンクリートメンテナンス協会

江良 和徳

<https://www.j-cma.jp/>

1. 亜硝酸リチウム

- 亜硝酸リチウムの効果
- 必要量の考え方

2. 亜硝酸リチウムを用いた補修工法

- 亜硝酸リチウムを用いた各種補修工法
- 一般的な補修工法との使い分け、比較検討
- 各種補修工法の概算工事費

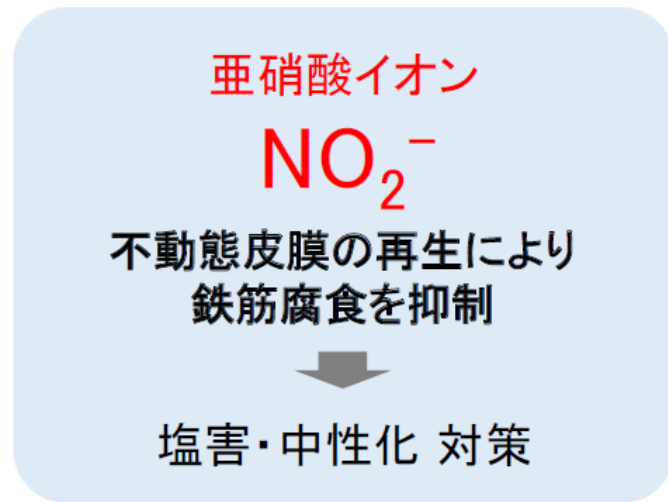
3. 施工事例

- 各種補修工法の施工実績数
- 劣化原因に応じた施工事例

1 . 亜硝酸リチウム

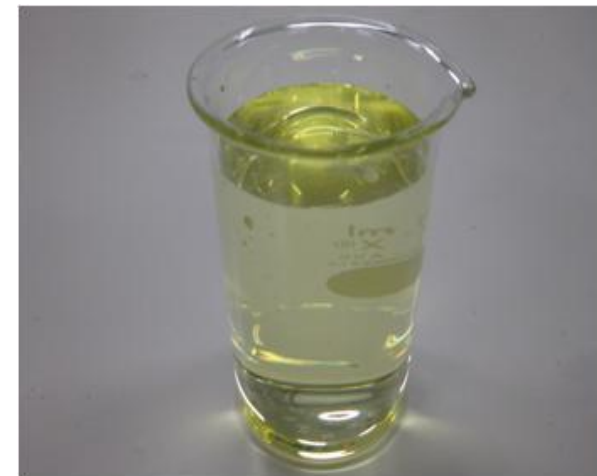
亜硝酸リチウムの効果

- ・ 亜硝酸イオンによる鉄筋腐食抑制効果
- ・ リチウムイオンによるASR膨張抑制効果

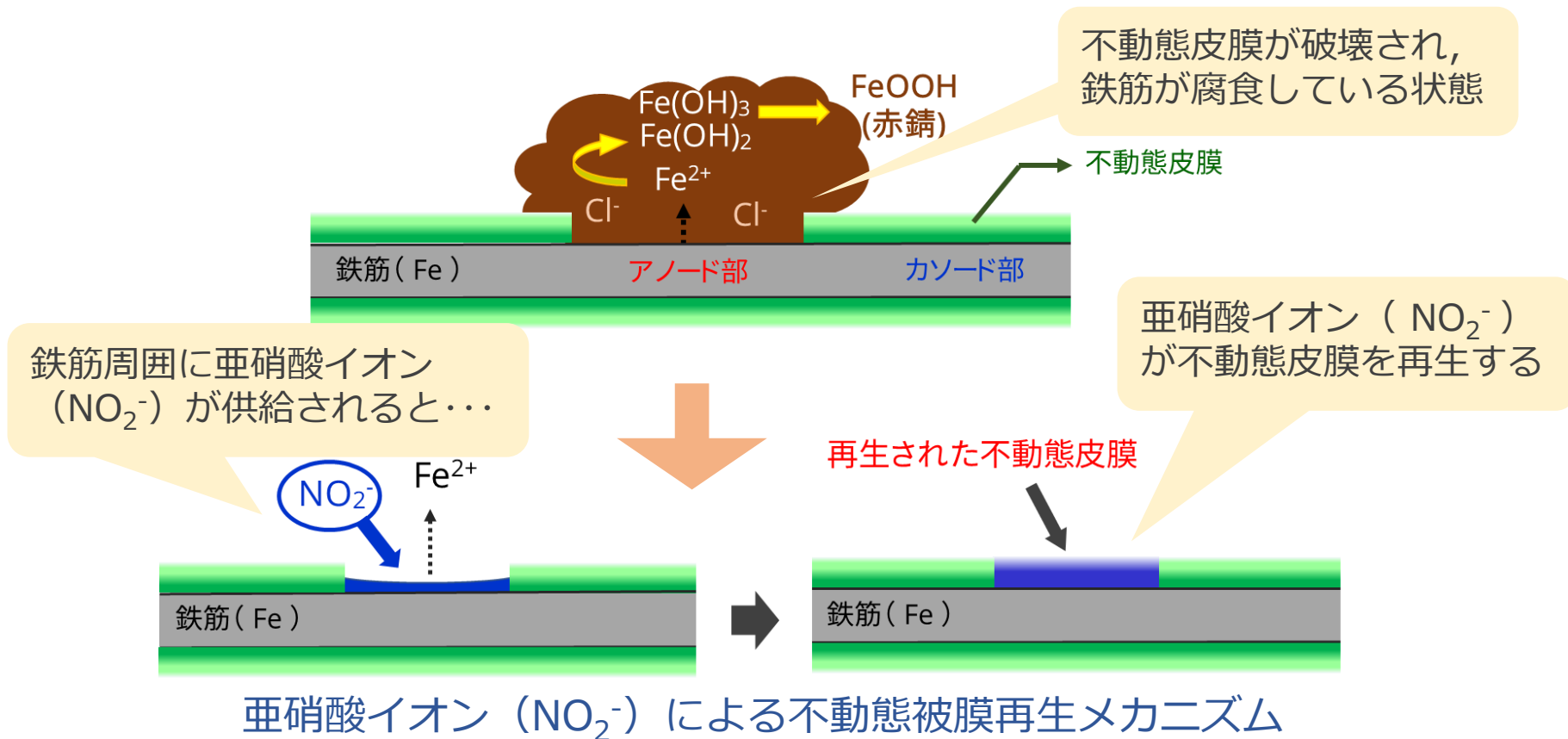


- ・ 亜硝酸イオン、リチウムイオンを含有する水溶液
- ・ 原材料は「天然ガス」と「リシア輝石」
- ・ 濃度は40%（限界濃度）

Lithium Nitrite ; LiNO_2



亜硝酸リチウムの効果（亜硝酸イオン）



- ・ 亜硝酸イオンの存在により、鉄筋の腐食を抑制することができる
- ・ あとは、鉄筋位置に亜硝酸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

亜硝酸リチウムの効果（リチウムイオン）

【アルカリシリカゲルの吸水膨張】



反応性骨材
Si

アルカリシリカゲル

水

水

《化学式》

$$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + m\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$$

アルカリシリカゲル 水 吸水膨張

【リチウムによるゲルの非膨張化】



反応性骨材
Si

非膨張化されたゲル

水

Li⁺

Li⁺

《化学式》

$$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \xrightarrow{\text{イオン交換}} \text{Li}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$$

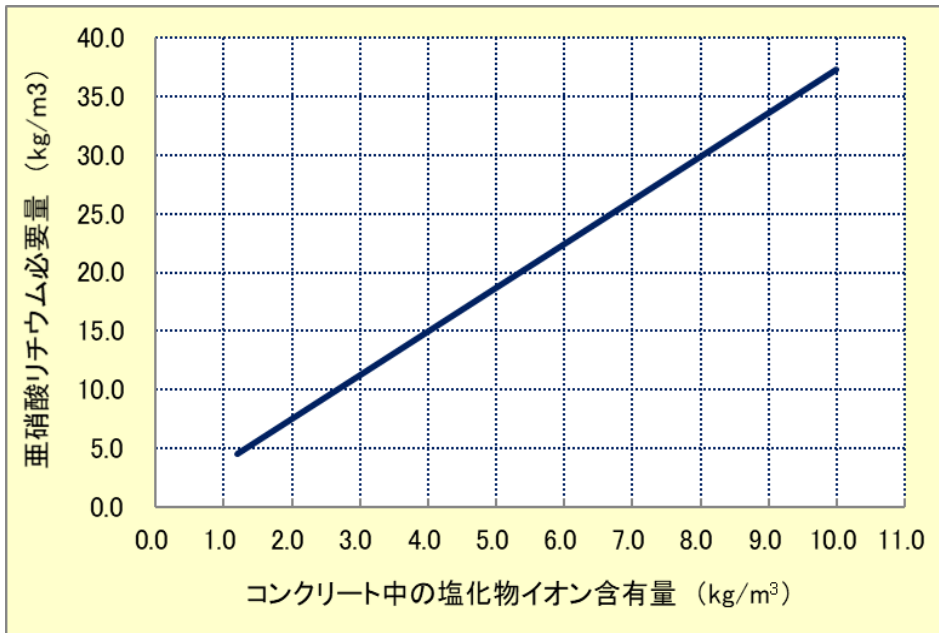
イオン交換

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

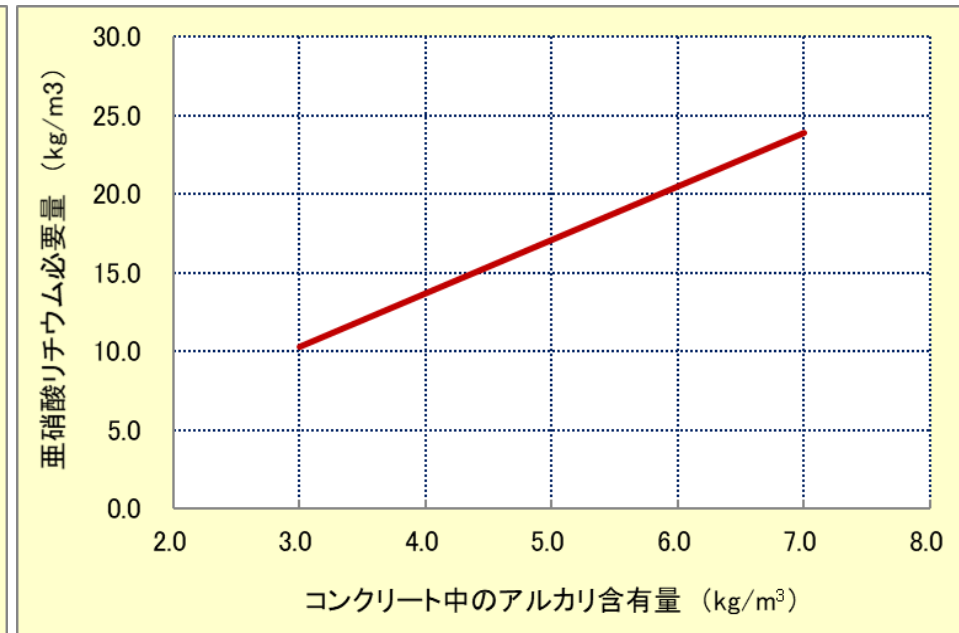
- ・ リチウムイオンの存在により、アルカリシリカゲルが非膨張化する
- ・ あとは、ゲルにリチウムイオンを供給する手段を考えればよい！

⇒ 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基本的な考え方



亜硝酸リチウム必要量【塩害】



亜硝酸リチウム必要量【ASR】

- ・ 塩化物イオン量やアルカリ含有量から、亜硝酸リチウム必要量を算出。
- ・ ただし、補修工法によって亜硝酸リチウムの物理的な供給可能量が異なる。



- ・ 工法毎にどのように亜硝酸リチウムを供給し得るのかを考慮して設計する。

2. 亜硝酸リチウム を用いた補修工法

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』



REHABILI
プロコン40
リハビリ工法

浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液『プロコン40』を用いた塩害・中性化・ASR補修技術 NETIS:CG-110017-VR

**ひび割れ低圧注入
リハビリシリンダー工法**

特 徴

スプリング圧による自動低圧注入機!

ひび割れ低圧注入『リハビリシリンダー工法』は、注射機型のひび割れ注入器『リハビリシリンダー』を用いてコンクリートのひび割れを充填、閉塞させる補修技術です。『リハビリシリンダー』に内蔵された特殊スプリングにより、シリンダー内部にセットしたひび割れ注入材を最後まで一定圧力で自動注入することができます。

流動性に優れた超微粒子セメント系注入材!

ひび割れ低圧注入『リハビリシリンダー工法』に使用する注入材は超微粒子セメント系注入材です。そのスラリーは粘性が低く流動性に優れているため微細なひび割れにも浸透し、緻密な硬化体を形成します。また、超微粒子セメント系注入材に先立って浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液を先行注入することによってひび割れ内部の湿潤状態が長期間持続し、注入材の充填性がさらに向上します。

塩害・中性化・ASRによるひび割れに対応!

一般的なひび割れ注入工法の目的は、ひび割れ閉塞とそれに伴う変化因子の遮断です。しかし、『リハビリシリンダー工法』は単にひび割れを閉塞させるだけの工法ではありません。使用材料として超微粒子セメント系注入材に浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液を併用しますので、注入材によるひび割れ閉塞に加えて、亜硝酸リチウムによる致密化効果と抑制効果およびASR膨張抑制効果を付与することができます。

公共土木施設の長寿命化に資する技術に登録!!

『リハビリシリンダー工法』は、広島県の公共土木施設の長寿命化に資する技術の区分3(推奨技術)に登録されています。

施工仕様

注 入 装 置: 自動低圧注入器『リハビリシリンダー』
注 入 材: 超微粒子セメント系ひび割れ注入材 + 浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液『プロコン40』
注 入 圧 力: 0.1MPa～0.2MPa程度
ひび割れ幅: 0.2mm～1.0mm程度

施工手順

1. 施工面を高圧洗浄またはディスクサンダー等により下地処理します。
2. リハビリシリンダーを固定する座金をひび割れに沿って250mm間隔で設置します。
3. 座金間のひび割れをポリマーセメントモルタルにてシールします。
4. 『リハビリシリンダー』に『プロコン40』を充填し、座金にセットしてひび割れ内に先行注入します。
5. 超微粒子セメント系注入材をリハビリシリンダーに充填し、座金にセットしてひび割れに本注入します。
6. 注入材が硬化した後、リハビリシリンダーと座金を撤去し、シール材を除去します。

工法概念図

ひび割れ注入工

リハビリシリンダー設置状況

座金設置状況

『プロコン40』先行注入状況

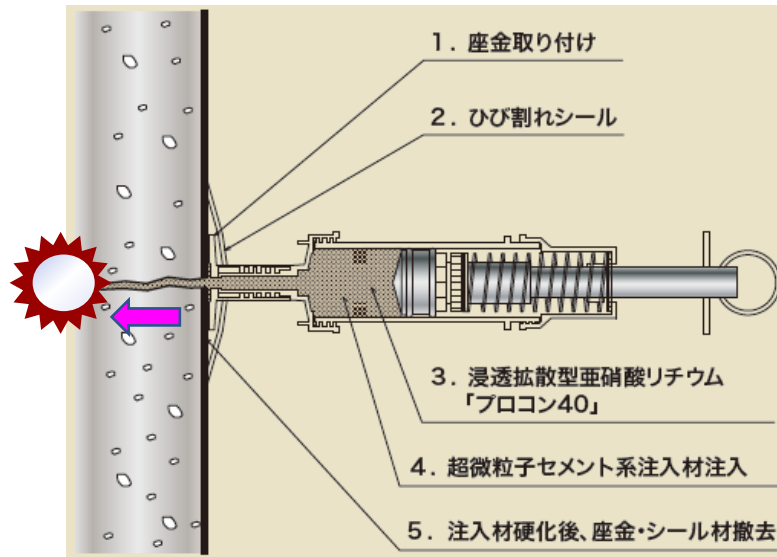
超微粒子セメント系注入材本注入状況

2017年 8月

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亜硝酸リチウム水溶液を先行注入する ⇒ 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』

リハビリシリンダー工法の概算工事費

国土交通省の標準歩掛に準拠して積算する

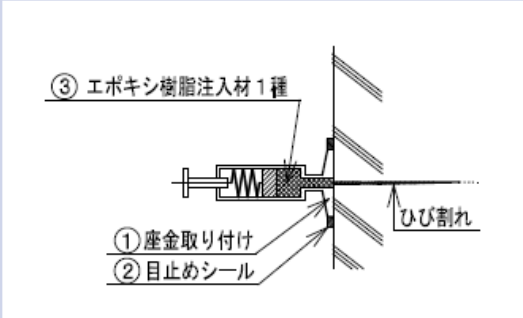
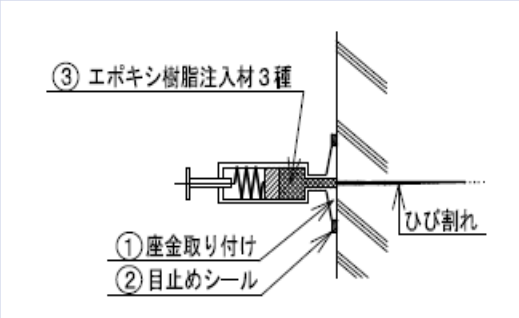
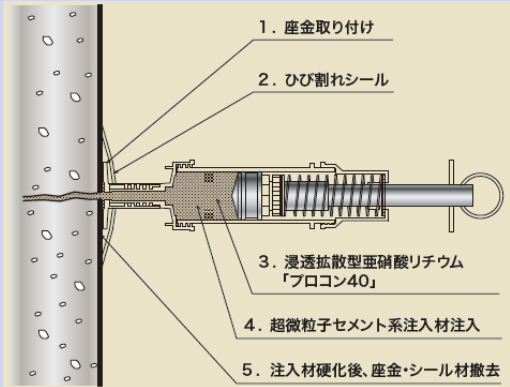
- ・ 1構造物あたりひび割れ述べ延長25m以上の場合の積算例
(ひび割れ幅0.2～1.0mm、深さ120mmの場合)

10mあたり

名称	単位	数量	単価	金額
土木一般世話役	人	0.58	23,000	13,340
特殊作業員	人	0.96	21,900	21,024
普通作業員	人	0.71	19,600	13,916
亜硝酸リチウム	kg	1.17	8,000	9,360
超微粒子セメント系注入材	kg	1.06	1,500	1,590
シーリング材	kg	2.26	300	678
注入器	本	40	360	14,400
諸雑費	%	20		9,656
計				83,964
1mあたり				8,396

※労務単価：広島県 令和5年度

リハビリシリンダー工法の比較検討の例

	エポキシ樹脂 1種	エポキシ樹脂 3種	リハビリシリンダー工法
概念図			
特長	エポキシ樹脂1種注入材	エポキシ樹脂3種注入材	亜硝酸リチウム + 超微粒子セメント系注入材
長所	付着性に優れる 湿潤面硬化型もある	付着性に優れる ひび割れ追従性がある	不動態皮膜の再生あり コンクリートと物性が近い
短所	不動態皮膜の再生なし ひび割れ追従性がない	不動態皮膜の再生なし	付着性に劣る ひび割れ追従性がない
経済性	7,800～8,200円/m	7,900～8,300円/m	8,300円/m

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-A



REHABILI

プロコンガード

リハビリ工法

亜硝酸リチウムとシラン・シロキサン系表面含浸材を併用した塩害・中性化・ASR補修技術

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

プロコンガードシステムSとは

プロコンガードシステムは、亜硝酸リチウムを主成分とする含浸材『プロコンガードプライマー』と、シラン・シロキサンを主成分とする含浸材『プロコンガードS』を組み合わせた亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法です。

従来の表面含浸材は主に劣化因子の遮断を目的としており、その適用範囲は劣化機構の潜伏期に相当する期間とされています。

プロコンガードシステムSは、劣化因子の遮断に加え、亜硝酸リチウムによる鉄筋防錆効果とアルカリシリカゲル膨張抑制効果を付加価値として備えています。したがって、劣化過程が潜伏期だけでなく、既に鉄筋腐食やASR膨張が生じつつある進展期や加速期前期などの段階であっても、1歩踏み込んだ予防保全対策として適用することができます。プロコンガードシステムは他の表面含浸工法と同様にコンクリートの外観を変えることはありませんので、施工後の経過観察、モニタリング性に優れています。

特 徴

劣化因子の遮断

■プロコンガードS(シラン・シロキサン系含浸材)がコンクリート表層部で、吸水防止層を形成して、水分・塩化物イオン、二酸化炭素などの劣化因子の侵入を防ぎます。

劣化抑制メカニズム

■塩害、中性化の補修の場合、プロコンガードプライマー(亜硝酸リチウム系含浸材)に含まれる亜硝酸イオンが鉄筋位置まで浸透、拡散することで、鉄筋の不動態被膜を再生して防錆環境を形成し、以後の鉄筋腐食の進行を抑制します。

■特に塩害補修の場合には、亜硝酸イオン供給量(プロコンガードプライマー塗布量)を塩化物イオン量に応じて定量的に設定することができます。

■ASR補修の場合、プロコンガードプライマー(亜硝酸リチウム系含浸材)に含まれるリチウムイオンが浸透、拡散したコンクリート表層部では、アルカリシリカゲルが非膨張化され、以後のASR膨張の進行を抑制します。

期待される効果

- 塩害補修:劣化因子(塩化物イオン)の侵入遮断+鉄筋腐食抑制(不動態被膜再生)
- 中性化補修:劣化因子(二酸化炭素)の侵入遮断+鉄筋腐食抑制(不動態被膜再生)
- ASR補修:劣化因子(水分)の侵入遮断+ASR膨張抑制(ゲルの非膨張化)

施工手順

①下地処理

サンダーケレン及び高圧水洗い等でコンクリート表面の脆弱層や汚れを除去する。

②『プロコンガードプライマー』の塗布
刷毛及びローラー等で規定量(標準塗布量0.3kg/m²)を塗布する。

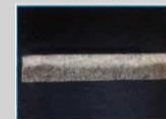
③『プロコンガードS』の塗布
刷毛およびローラー等で有効成分規定量(標準塗布量0.18kg/m²)を塗布する。

施工の注意

- 『プロコンガードプライマー』は規定量を必ず塗付して下さい。
- 『プロコンガードプライマー』塗布後、乾燥状態を確認して下さい(水分率約5%以下)
- 0℃以上で施工して下さい。

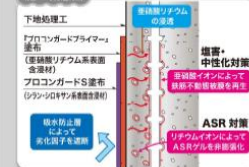


性状:ジェル状



吸水防止層:均一・高密度

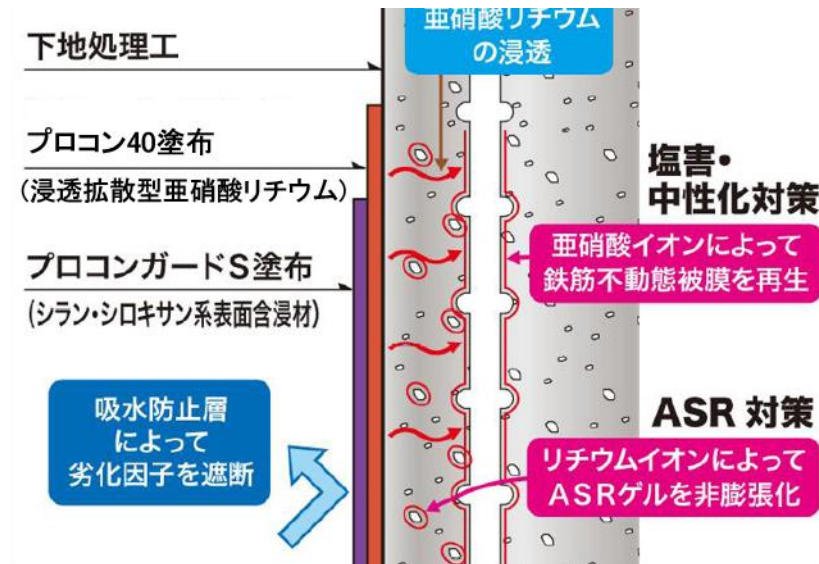
施工概念図



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-A



- ①コンクリート表面を下地処理する
- ②浸透拡散型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』

プロコンガードシステムSの概算工事費

コンクリートメンテナンス協会歩掛に準拠して積算する

- ・ 1構造物あたり施工面積100m²以上の場合の積算例
(亜硝酸リチウム標準塗布量の場合)

100m²あたり

名称	単位	数量	単価	金額
土木一般世話役	人	2.0	23,000	46,000
特殊作業員	人	6.0	21,900	131,400
普通作業員	人	2.0	19,600	39,200
亜硝酸リチウム系含浸材	kg	33.0	8,000	264,000
シラン・シロキサン系含浸材	kg	19.8	9,700	192,060
諸雑費	%	5		10,830
計				683,490
1m ² あたり				6,835

※労務単価 : 広島県 令和5年度

使用材料のロス率 (JCMA)

⇒亜硝酸リチウム系含浸材 : 10%

シラン・シロキサン系含浸材 : 10%

プロコンガードシステムSの比較検討の例

	けい酸塩系含浸材	シラン系含浸材	プロコンガードシステムS
概念図	① 下地処理工 (サンダーケレン) ② ケイ酸ナトリウム系表面含浸材	① 下地処理工 (サンダーケレン) ② シラン系表面含浸材 (標準塗布量: 0.2kg/m²)	下地処理工 プロコン40塗布 (浸透拡散型亜硝酸リチウム) プロコンガードS塗布 (シラン・シロキサン系表面含浸材) 吸水防止層 によって 劣化因子を遮断 亜硝酸リチウムの浸透 塩害・ 中性化対策 亜硝酸イオンによって 鉄筋不動態被膜を再生 ASR 対策 リチウムイオンによって ASRゲルを非膨張化
特長	組織の緻密化、改質	撥水効果、吸水防止	鉄筋腐食抑制 撥水効果、吸水防止
長所	劣化因子を遮断 微細なひび割れは閉塞	劣化因子を遮断 実績が豊富	劣化因子を遮断 不動態皮膜の再生あり
短所	不動態皮膜の再生なし	不動態皮膜の再生なし	2工程となる
適用範囲	基本的に『潜伏期』	基本的に『潜伏期』	『進展期』、『加速期前期』
経済性	4,000～5,000円/m ²	3,000～4,000円/m ²	6,800円/m ²

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



REHABILI
プロコン40
リハビリエ法

浸透拡散型亜硝酸リチウム『プロコン40』
を用いた塩害・中性化・ASR補修技術
**リハビリ
断面修復工法**

NETIS : CG-220003-A

特徴

亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタルによる劣化部の修復！

リハビリ断面修復工法は、塩害・中性化・ASRで劣化したコンクリートの断面修復に適しています。断面修復材はポリマーセメントモルタルに鉄筋腐食抑制効果をもつ亜硝酸リチウムを混入して塗布する部分と、ポリマーセメントモルタル単体を塗布する部分の2層構造とします。ポリマーセメントモルタルは付着力に優れたものを使用し、母材コンクリートとの一体性を確保することが出来ます。また、左官工法、運式吹き付け工法での施工が容易で、組織が緻密であるため中性化も進行しにくくなり、耐久性に優れます。

亜硝酸リチウムによる塩害・中性化抑制効果の付与！

塩害や中性化などで劣化したコンクリート構造物に対し、リハビリ断面修復工法を適用する場合、まず、劣化したコンクリートをハツリ取り、露出した鉄筋断面に防錆材として、プロコン40を塗布します。その後、浸透拡散型亜硝酸リチウム『プロコン40』を混入したポリマーセメントモルタルで断面修復します。このときの『プロコン40』の混入量は一律137.5kg/m³で、これは亜硝酸リチウム固形分で55kg/m³に相当します。これにより、鉄筋周囲の亜硝酸リチウムによる防錆雰囲気を持続させ、鉄筋の腐食を長期にわたって抑制します。

施工仕様

補修方法：左官工法・運式吹き付け工法による断面修復
断面修復材：(1層目)浸透拡散型亜硝酸リチウム『プロコン40』
含有ポリマーセメントモルタル
(2層目)ポリマーセメントモルタル
鉄筋防錆剤：浸透拡散型亜硝酸リチウム『プロコン40』

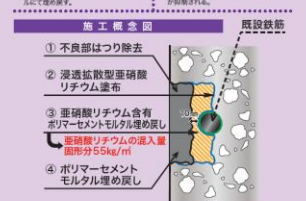
施工手順

1. コンクリートの脆かな部分を電動ピック等ではつり取ります。はつり深さは、鉄筋断面の半分が露出する程度とします。
2. 露出した鉄筋の露出面をデイスランダー等によりケレンし、入念に錆を落とします。
3. プロコン40を、鉄筋断面およびはつり面に塗布します。
4. 『プロコン40』を137.5kg/m³(亜硝酸リチウム固形分で55kg/m³相当)含有したポリマーセメントモルタルを用いて、はつり面から鉄筋を10mm厚まで修復します。
5. 残りの断面をポリマーセメントモルタルで修復します。

亜硝酸リチウム55kg/m³配合 物性値

試験項目	試験方法	基準値	試験結果
硬化時間	JIS R 5201	断面修復材の硬化時間は1時間以上であること	48時間34分
断面修復材の外観	JIS A 6909	断面修復材は均一で、われ、はがれ、ふくれはないこと	われ、はがれ、ふくれは見られない
硬化収縮性	JIS A 1129-3	断面修復材の硬化収縮率は0.05%以下であること、硬化に伴う亀裂により反りかえりが無いこと	0.045%以下の反りかえりは見られない
熱膨張性	JIS K 6911	断面修復材の熱膨張係数は2.0×10 ⁻⁶ /℃以下であること	0.86×10 ⁻⁶ /℃
コンクリートとの付着性	JSCC K 561	コンクリートと断面修復材との付着強度は1.5N/mm ² 以上であること	塗布後：2.4N/mm ² 圧入破壊：3.7N/mm ²
圧縮強度	JIS R 5201	補修設計で定めた設計基準強度以上であること	60.6N/mm ²

※試験値であり、保証値ではありません。
※リハビリエ法は、『1』と『プロコン40』を混入した物性値です。



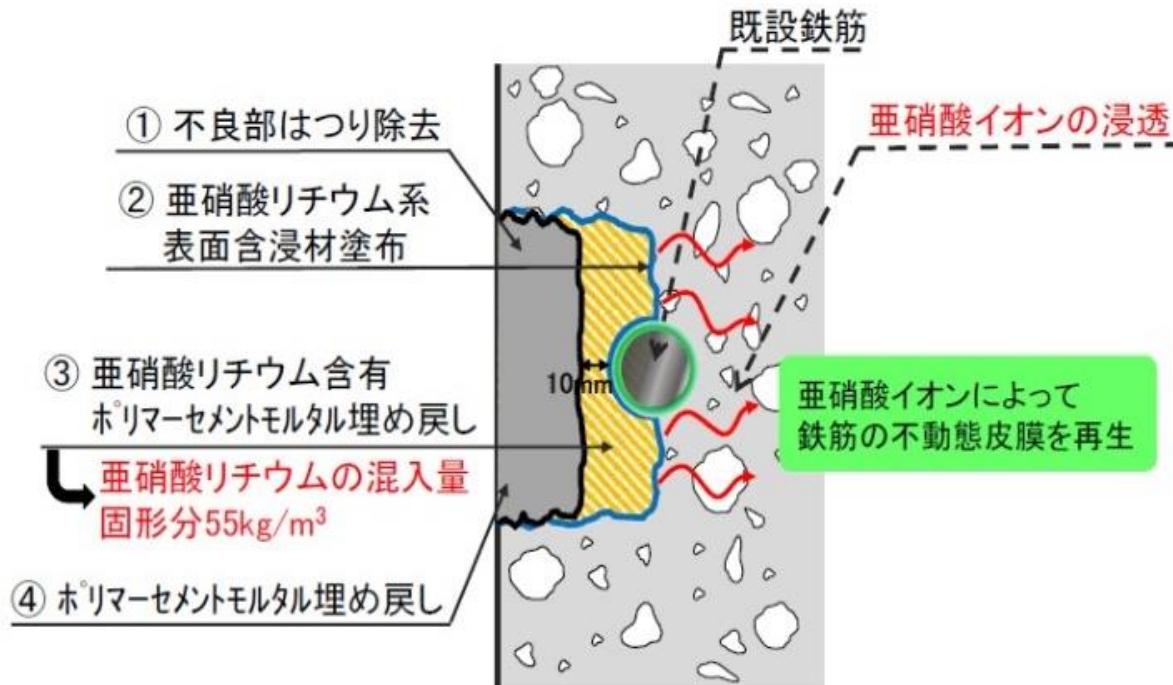
一般社団法人コンクリートメンテナンス協会

事務局/〒730-0053 広島市中区東千田町2-3-26
TEL:082-541-0133
http://www.j-cma.jp

2022.10
改訂

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

リハビリ断面修復工法の概算工事費

国土交通省の標準歩掛に準拠して積算する

- ・単位あたりの施工歩掛は1層目も2層目も共通
- ・ただし単位あたりの材料費が1層目と2層目で異なる
- ・それを踏まえた1構造物あたり断面修復工の積算例

条件：述べ体積0.1m³以上、左官工法

鉄筋かぶり50mm、はつり深さ65mm

(鉄筋ケレン・防錆処理含む)

施工面積10m²あたり（体積0.65m³あたり）

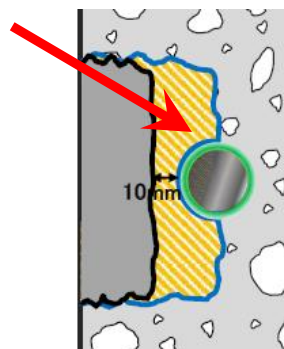
名称	単位	数量	単価	金額
断面修復工 1層目 t=25mm (亜硝酸リチウム混入)	m ³	0.25	3,974,987	993,747
断面修復工 2層目 t=40mm (亜硝酸リチウムなし)	m ³	0.40	2,676,987	1,070,795
計				2,064,542
深さ65mmの場合の1m ² あたり				206,454

※労務単価：広島県 令和5年度

リハビリ断面修復工法の単価表

【1層目】

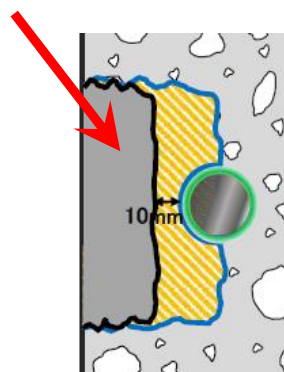
亜硝酸リチウム混入
体積0.1m3あたり



名称	単位	数量	単価	金額
土木一般世話役	人	2.3	23,000	52,900
特殊作業員	人	3.8	21,900	83,220
普通作業員	人	2.5	19,600	49,000
ポリマーセメントモルタル	m3	0.118	527,250	62,216
亜硝酸リチウム	kg	16.225	8,000	129,800
諸雑費	%	11		20,363
計				397,499
1m3あたり				3,974,987

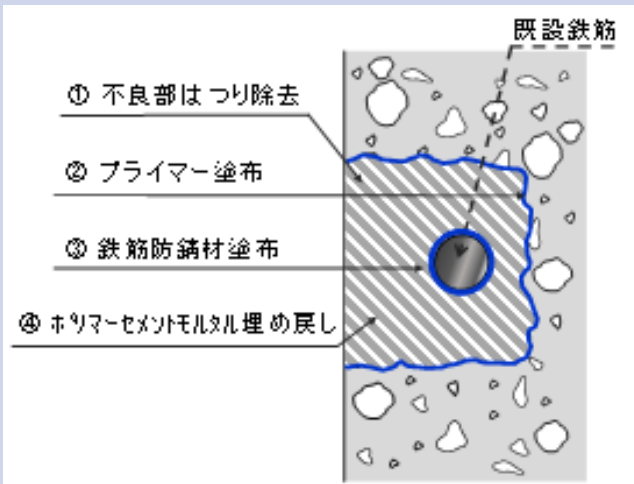
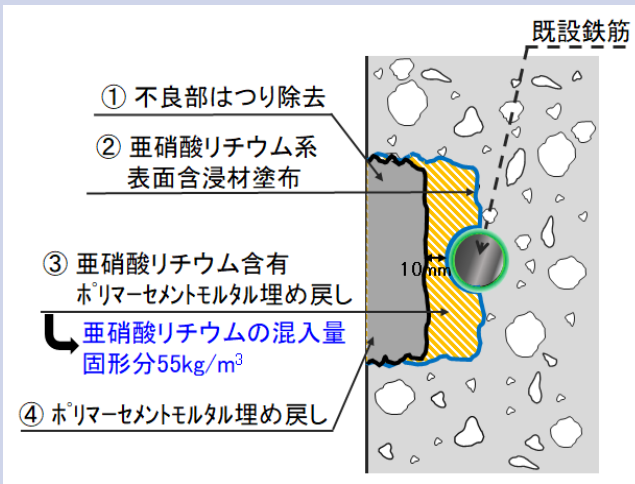
【2層目】

亜硝酸リチウムなし
体積0.1m3あたり



名称	単位	数量	単価	金額
土木一般世話役	人	2.3	23,000	52,900
特殊作業員	人	3.8	21,900	83,220
普通作業員	人	2.5	19,600	49,000
ポリマーセメントモルタル	m3	0.118	527,250	62,216
亜硝酸リチウム	kg	0	8,000	0
諸雑費	%	11		20,363
計				267,699
1m3あたり				2,676,987

リハビリ断面修復工の比較検討の例

	一般的な断面修復工法	リハビリ断面修復工法
概念図	 ① 不良部はつり除去 ② プライマー塗布 ③ 鉄筋防錆材塗布 ④ ポリマーセメントモルタル埋め戻し 既設鉄筋	 ① 不良部はつり除去 ② 亜硝酸リチウム系表面含浸材塗布 ③ 亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタル埋め戻し ④ ポリマーセメントモルタル埋め戻し 既設鉄筋 10mm 亜硝酸リチウムの混入量 固形分55kg/m³
はつり深さ	鉄筋背面側まで (例; かぶり50mmの場合で100mm)	鉄筋中心の深さまで (例; かぶり50mmの場合で65mm)
長所	実績が豊富 断面修復材の配合が1種類	はつり作業、断面修復材量を最小化 工期の短縮
短所	はつり作業量が多い 断面修復材量が多い	断面修復材の配合が2種類となる
経済性	270,000円/m ² (材料単価は安いが施工量が多い)	210,000円/m ² (材料単価は高いが施工量が少ない)

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』



REHABILI
プロコン40
リハビリ工法

浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液『プロコン40』
を用いた塩害・中性化・ASR補修技術 NETIS:CG-120005-VR

簡易型高圧注入 リハビリカプセル工法

特 徴

根本的なASR抑制対策！

簡易型高圧注入『リハビリカプセル工法』は、アルカリシリカ反応（ASR）によって著しく劣化した小規模なコンクリート構造物または部位の鉄筋腐食を効果的に治療する補修技術です。劣化した範囲全体に浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液を内部圧入することにより、ASRの原田であるアルカリシリカゲルを非膨張化するため、以後のASR劣化の進行を根本的に抑制することができます。

効果的な鉄筋防錆対策！

簡易型高圧注入『リハビリカプセル工法』は、塩害や中性化によって著しく劣化した小規模なコンクリート構造物または部位の鉄筋腐食を効果的に治療する補修技術でもあります。鉄筋近傍のコンクリートに浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液を内部圧入することにより、鉄筋周囲に不動態被膜を再生するため、以後の鉄筋腐食反応を効果的に抑制することができます。

簡易な圧入装置にて合理的に補修対策！

簡易型圧入装置『リハビリカプセル』は、大規模施工用の油圧式圧入装置『リハビリ圧入機』と同等の圧入性能を有する小容量タイプの装置です。したがって、床版やボックスカルバートなど部材厚の小さな構造物の補修や桁端のみの部分的な補修のように、施工規模が小さい場合に合理的かつ経済的に適用することができます。

施工事例



リハビリカプセル工法施工状況



リハビリカプセル設置状況

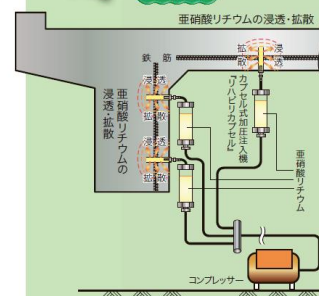
施工仕様

圧入装置：カプセル式加圧注入機『リハビリカプセル』
抑 制 剤：浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液『プロコン40』
注 入 量：コンクリートのアルカリ総量（ASRの場合）や塩化物イオン量（塩害の場合）に応じて定量的に決定
注入圧力：0.1MPa～0.5MPaの範囲内でコンクリートの劣化程度に応じて構造物毎に決定
圧 入 孔：削孔径はφ10mm
削孔間隔は500mmを標準とする
（部材寸法や構造規模に応じて決定）
削孔深さは75mm～250mm

施工手順

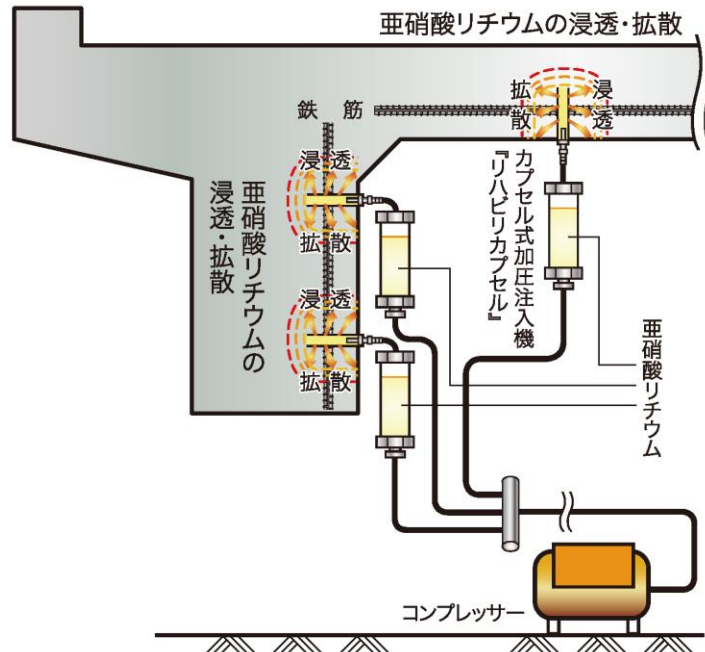
1. 施工面を高圧洗浄またはディスクサンダー等により下地処理します。
2. ひび割れ注入および表面シールを行い、圧入時の『プロコン40』の漏出を防ぎます。
3. 鉄筋検査を行った後に圧入孔を削孔します。
4. リハビリカプセル、コンプレッサーを設置します。
5. 全圧入孔に対し本加圧注入工を行い、『プロコン40』の設計量を内部圧入します。
6. エポキシ樹脂等により全圧入孔を充填します。
7. 表面を仕上げて施工完了です。

工法概念図



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掲載終了)



- ① コンクリートに $\phi 10\text{mm}$ 、 $L=100\text{mm}$ 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根本的抑制』

リハビリカプセル工法の施工状況



床版橋への圧入



橋脚への圧入



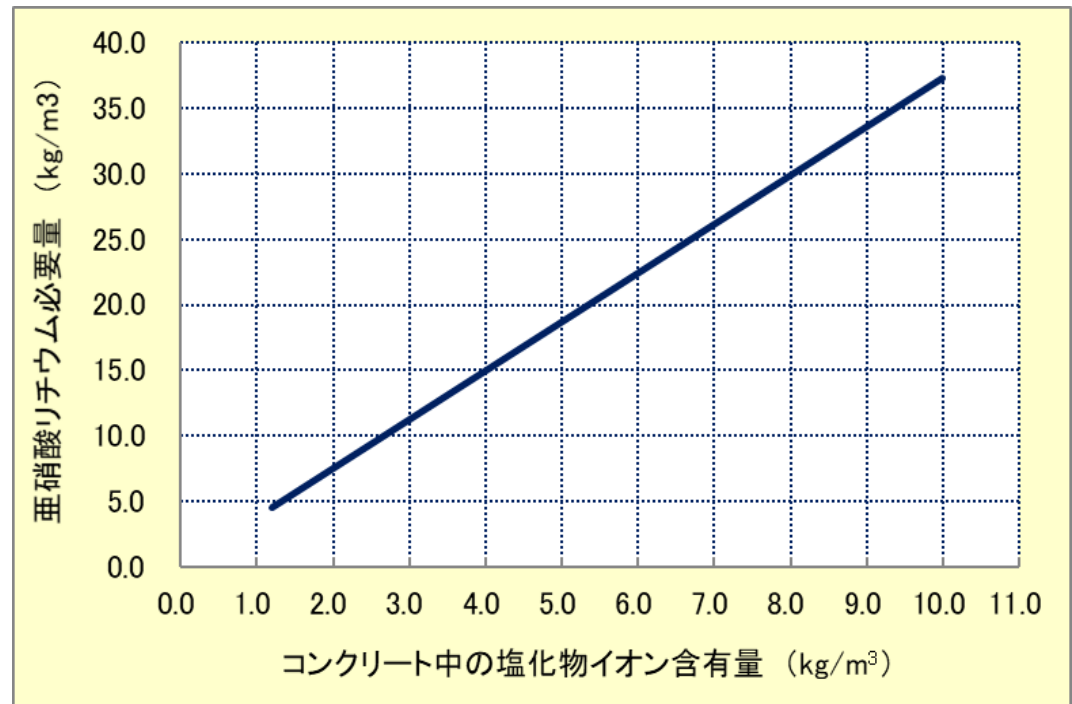
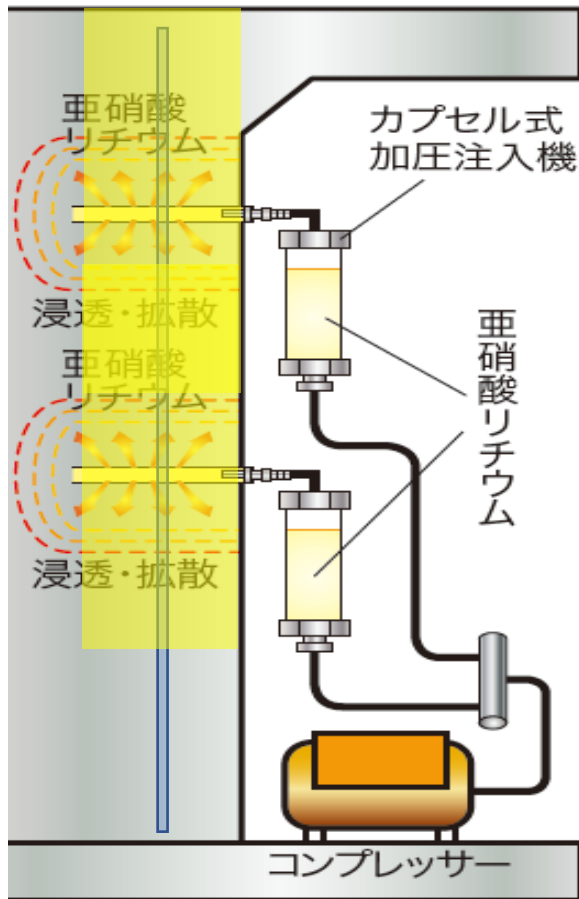
圧入孔の削孔



コンプレッサ

リハビリカプセル工法の設計

- 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 7.45kg/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。



リハビリカプセル工法の比較検討の例

	全断面修復工法	電気防食工法	リハビリカプセル工法
概念図			
特長	浮き剥離箇所以外も全て断面修復する	防食電流の通電により、鉄筋腐食を確実に停止	破壊された不動態皮膜を確実に再生修復する
長所	塩化物イオンも除去 メンテナンスは不要	はつり範囲は最小限 理論的信頼性が高い	はつり範囲は最小限 メンテナンスは不要
短所	はつり深さはかぶり次第 施工時の安全性に懸念	メンテナンスが必要	PCへの適用不可
経済性	150,000～ 200,000円/m ²	90,000～ 150,000円/m ²	70,000～ 90,000円/m ²

※概算工事費はあくまで目安であり、物件毎に積算が必要です。

亜硝酸リチウム内部圧入工法 『リハビリ圧入工法』



REHABILI
プロコン40
リハビリ工法

浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液『プロコン40』を用いた塩害・中性化・ASR補修技術

油圧式高圧注入
ASRリチウム工法

特 徴

根本的なASR抑制対策！
油圧式高圧注入『ASRリチウム工法』は、アルカリシリカ反応（ASR）によって劣化したコンクリート構造物を根本的に治療する補修技術です。コンクリート部材全体に浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液を内部圧入することにより、ASRの原因であるアルカリシリカゲルを非晶質化するため、以後のASR劣化の進行を根本的に抑制することができます。

効果的な鉄筋防錆対策！
油圧式高圧注入『ASRリチウム工法』は、塩害や中性化によって劣化したコンクリート構造物の鉄筋腐食を効果的に治療する補修技術でもあります。鉄筋近傍のコンクリートに浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液を内部圧入することにより、鉄筋周囲に不動態被膜を再生するため、以後の鉄筋腐食反応を効果的に抑制することができます。そのため、ASRと塩害による複合劣化対策としても効果的です。

施工仕様
圧入装置：油圧式圧入装置「リハビリ圧入機」
抑 制 剤：浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液『プロコン40』
注 入 量：コンクリートのアルカリ総量（ASRの場合）や塩化物イオン量（塩害の場合）に応じて定量的に決定
注入圧力：0.5MPa～1.5MPaの範囲内でコンクリートの劣化程度に応じて構造師に決定
圧 入 孔：圧孔径はφ10mmまたはφ20mm（圧孔深さに応じて決定）
間孔間隔は500mm～1,000mm（部材寸法や構造形態に応じて決定）
間孔深さは300mm～4,000mm

施工手順

1. 施工面を高圧洗浄またはディスクサンダー等により下地処理します。
2. ひび割れ注入および表面シールを行い、圧入時の『プロコン40』の漏れを防ぎます。
3. 仮設養生を行った後に圧入孔を開孔します。
4. リハビリ圧入機、配圧ホース、加圧/バックカーを設置します。
5. 全圧入孔に対し1孔毎に試験加圧注入工を行い、注入工の適合性を評価します。
6. 全圧入孔に対し一斉に本加圧注入工を行い、『プロコン40』の設計量を内部圧入します。
7. 無収縮グラウト材により全圧入孔を充填します。
8. 表面を仕上げて施工完了です。

補修効果の検証

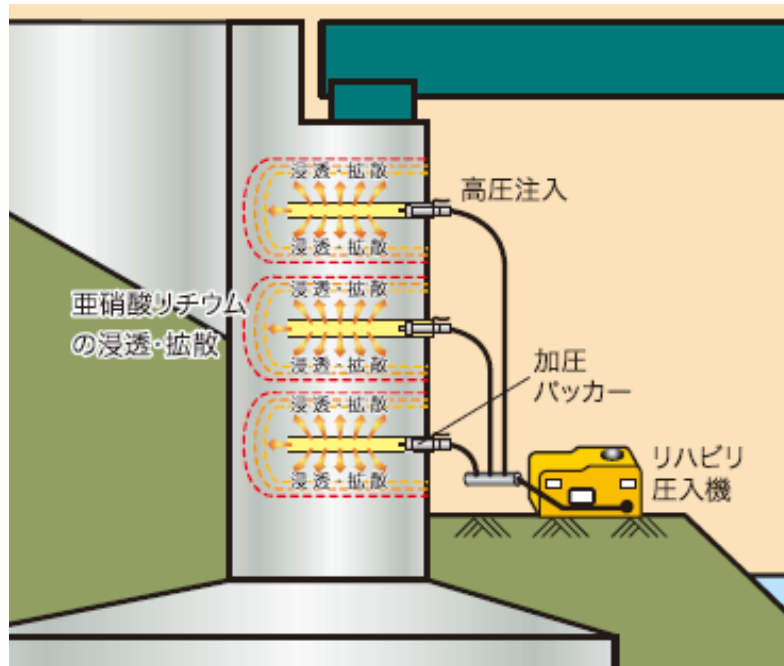
ASRリチウム工法によるASR補修を行う場合、本工法による補修効果は施工前後の残存膨張量を比較することによって定量的に評価することができます。

ASRリチウム工法施工前後の残存膨張量試験結果（JC-D02法）の例

工法概念図

亜硝酸リチウム内部圧入工法

【リハビリ圧入工法】



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

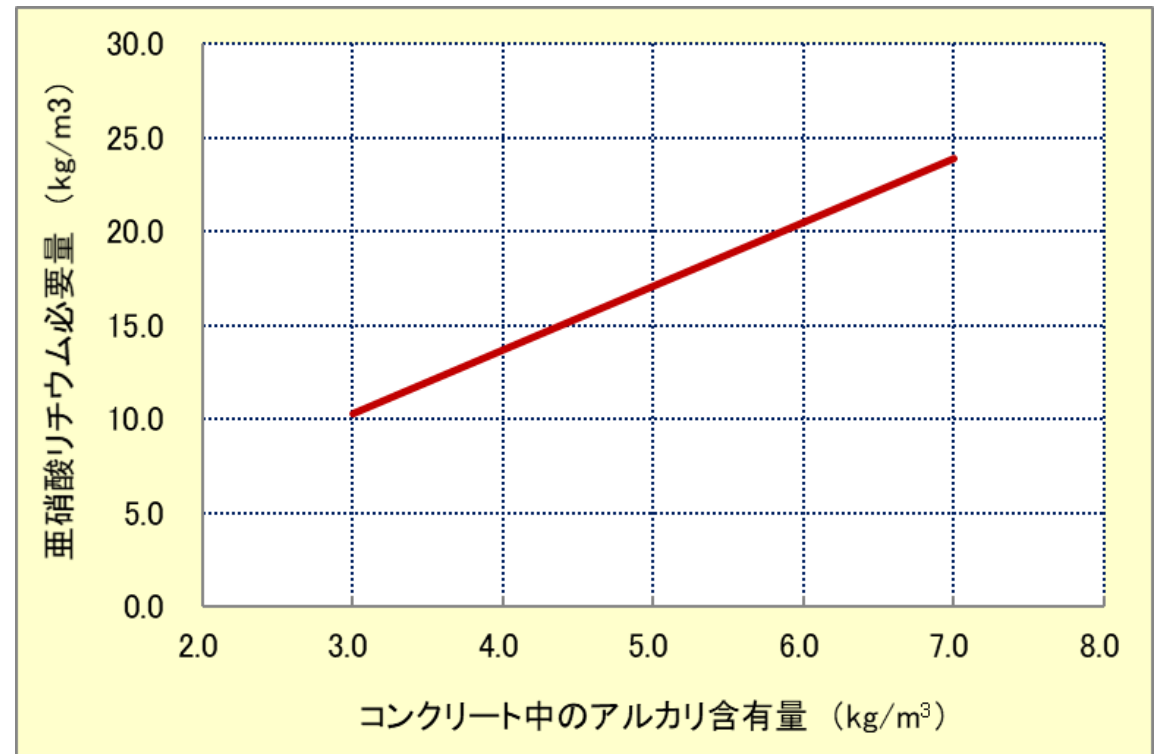
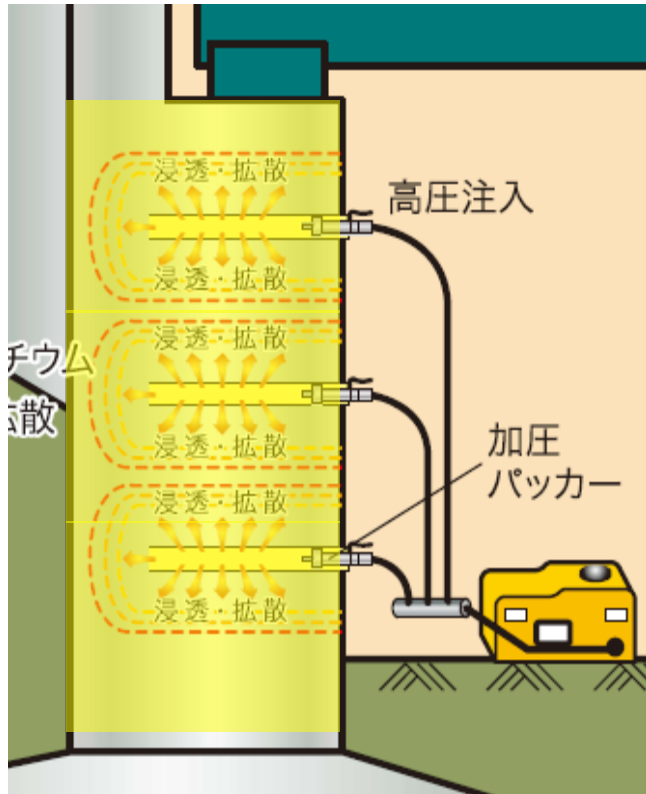
基本性能 : 『リチウムイオンによるアルカリシリカゲルの非膨張化』

リハビリ圧入工法の施工状況



リハビリ圧入工法の設計

- ・ 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。



リハビリ圧入工法の比較検討の例

	ひび割れ注入工法 ＋ 表面被覆工法	ひび割れ注入工法 ＋ 表面含浸工法	ひび割れ注入工法 ＋ リハビリ圧入工法
シナリオ	再劣化と再補修を繰り返す		再劣化を許容しない
概念図	① 下地処理工 (サンダーケレン) ② プライマー塗布 ③ エポキシ樹脂系下塗 (1層) ④ アクリルゴム系中塗 (3層) ⑤ アクリルウレタン系上塗 (2層)	① 下地処理工 ② 亜硝酸リチウム系表面含浸材 (プロコンガードプライマー) ③ シラン・シロキサン系表面含浸材 (プロコンガードS)	高圧注入 加圧バッカー リハビリ圧入機 亜硝酸リチウムの浸透・拡散
特長	水分侵入を抑制	水分侵入を抑制	ASRゲルを非膨張化
長所	ひび割れ追随性がある	モニタリング性に優れる	ASR膨張を確実に抑制
短所	ASR膨張は止まらない モニタリング性に劣る	ASR膨張は止まらない ひび割れ追随性はない	インシャルコストが高価
経済性	インシャルコスト: 安価 LCC: 高価	インシャルコスト: 安価 LCC: 高価	インシャルコスト: 高価 LCC: 安価

3. 施工事例

亜硝酸リチウムを用いた各工法の施工実績

2023年3月現在

工法名	実績数	備考
リハビリシリンダー工法	833件	
プロコンガードシステムS	534件	プロコンガードシステム、プロコンガードシステムHP含む
リハビリ断面修復工法	480件	旧仕様の実績含む
リハビリカプセル工法	113件	
リハビリ圧入工法	127件	

■ 工事概要

工事名 : 広島ガス（株）海田基地
5,000tバース補修工事

工事場所 : 広島県安芸郡海田町

工事内容 : 以下のとおり

- ・ ひび割れ注入工 4,600m
- ・ 断面修復工 23.5m³
- ・ 表面保護工 2,050m²
- ・ 内部圧入工 755m²

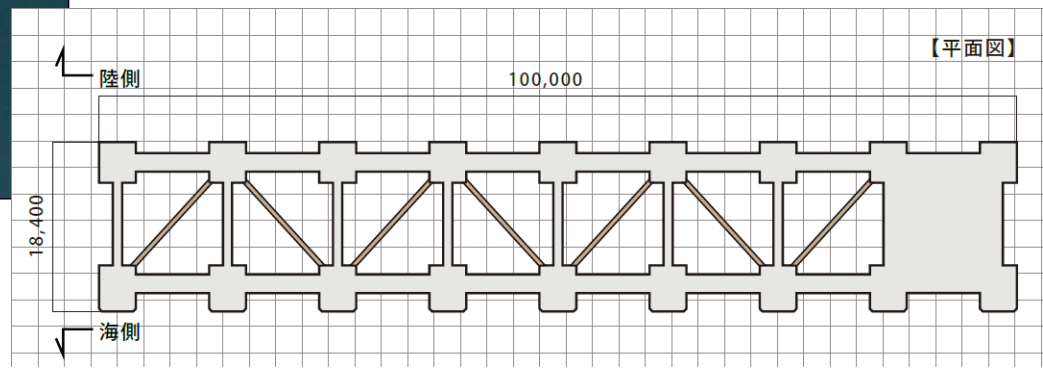
5,000tバースについて

- ・ 5,000t級の船舶が停泊可能設
- ・ バイオマスおよび石炭の受入れ施設

Concrete Maintenance
5,000t Berth
Repair
Construction

コンクリートメンテナンス
5,000tバース
補修工事

広島ガステクノ・サービス株式会社



【5,000tバース全景】



港湾構造物への適用事例 ～広島ガス5000tバース塩害補修～

【塩害による劣化状況】



鉄筋腐食
コンクリート剥落

塩化物イオン含有量
最大4.2kg/m³

【ASRによる劣化状況】



亀甲状ひび割れ
部材水平方向ひび割れ

アルカリ含有量
3.8kg/m³

【補修工法の比較検討】

- ・補修後の維持管理シナリオを考慮した補修工法の比較検討がなされた

シナリオ① 劣化原因を根本的に解決し、以後の再劣化を許容しない

⇒鉄筋腐食の進行を根本的に止める

ASR膨張の進行を根本的に止める



亜硝酸リチウム内部圧入工法を核とした補修

イニシャルコストでは高価だが、LCCでは安価となる

シナリオ② 必要最低限の対策を講じ、定期的に再補修を繰り返す

⇒ひび割れ、浮き、剥離等の変状への対処療法的補修を行う

補修後も再劣化することを想定し、定期的な再補修計画を設定



ひび割れ注入、断面修復、表面保護の組み合わせによる補修

【補修工法の選定】

- ・発注者の最終判断は『シナリオ①』
- ・採用された補修工法は以下のとおり

●事前処理として適用した工種

ひび割れ箇所 ⇒ 亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工
『リハビリシリンダー工法』

浮き剥離箇所 ⇒ 亜硝酸リチウム併用型断面修復工
『リハビリ断面修復工法』

●塩害、ASRの根本的な対策として適用した工種

コンクリート全体 ⇒ 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』

●表面仕上工として適用した工種

コンクリート表面全体 ⇒ 亜硝酸リチウム併用型表面保護工
『リハビリ被覆工法』

【リハビリシリンダー工法の施工状況】



【リハビリ断面修復工法の施工状況】



【リハビリカプセル工法の施工状況】



【5,000tバース補修工事 現場見学会】



工学的な 判断

- ・ 構造物の**変状の種類**に応じて補修工法を選定する
⇒ さまざまな補修工法に亜硝酸リチウムを併用可能
- ・ 各劣化の**メカニズム**に応じて必要な性能を考える
⇒ 不動態皮膜再生、ASRゲル非膨張化

&

時間軸の 判断

- ・ 再劣化と再補修を繰り返す**維持管理シナリオ**を選択
⇒ 必要最小限の各工法に亜硝酸リチウムを**併用**することで、**再劣化までの期間**を少しでも長く
- ・ 再劣化を許容しない**維持管理シナリオ**を選択した
⇒ 亜硝酸リチウム内部圧入を選択することにより、劣化進行の**根本的な抑制**が可能



『これら全てを駆使して構造物の健康寿命を延ばす』
『再補修工事を減らすことで脱炭素社会に寄与する』

ご清聴ありがとうございました



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