

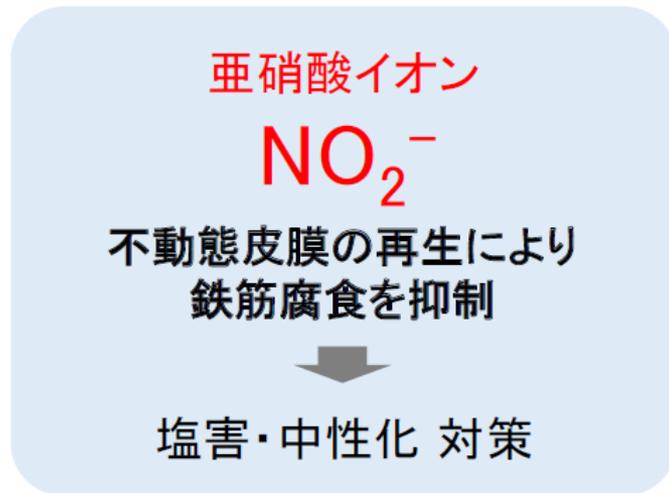
亜硝酸リチウムを用いた コンクリート補修技術

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/>

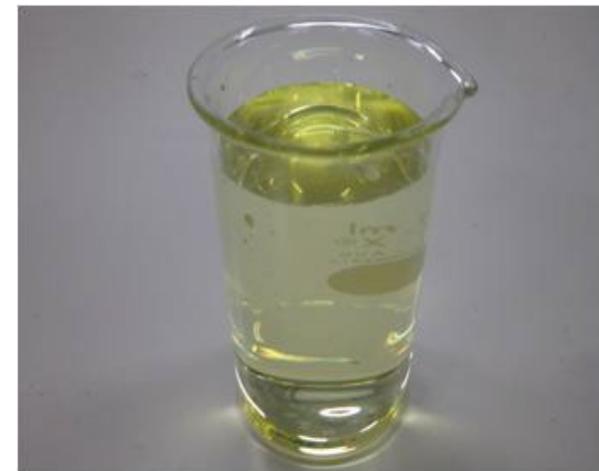
亜硝酸リチウムとは

- ・ 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

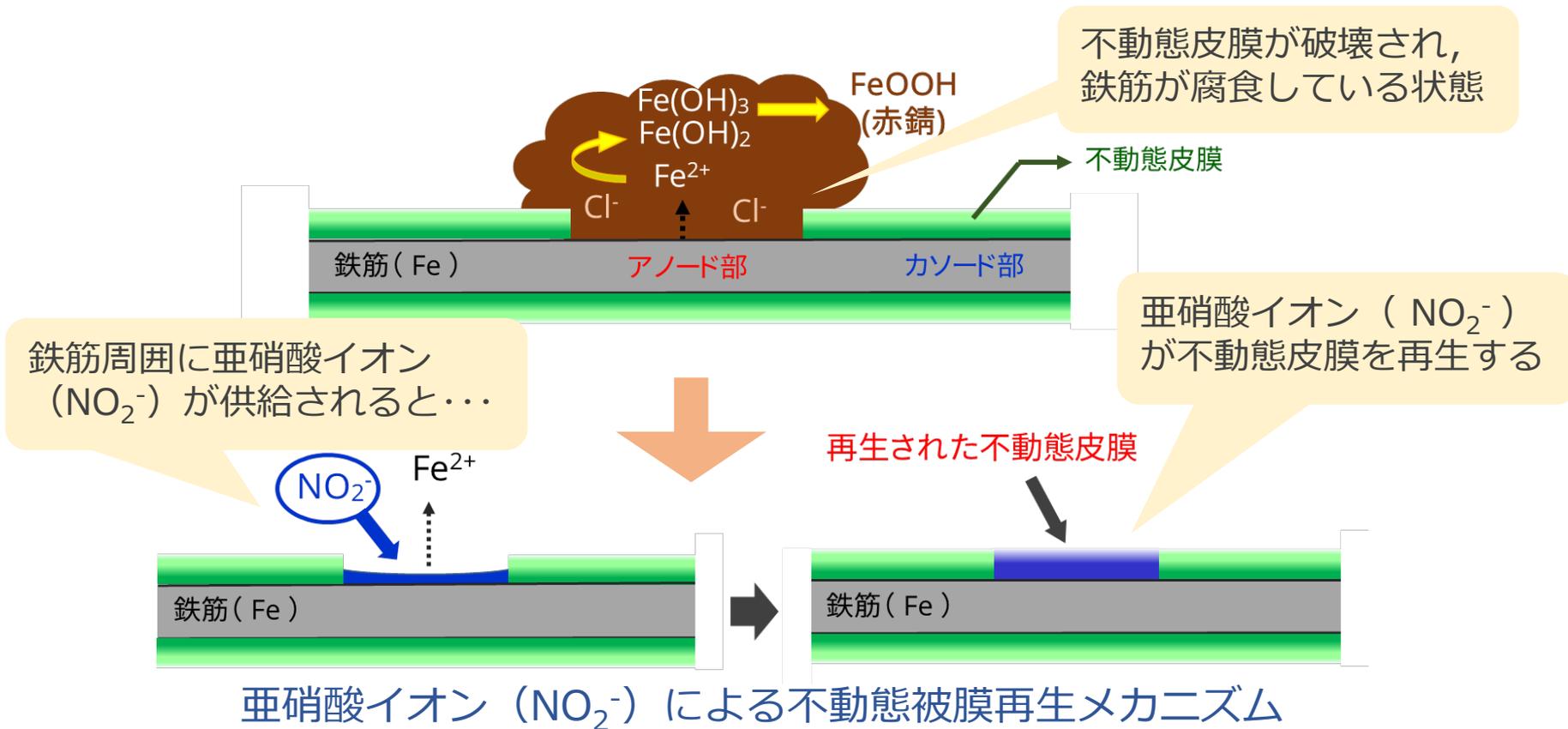


- ・ 亜硝酸イオン、リチウムイオンを含有する水溶液
- ・ 原材料は「天然ガス」と「リシア輝石」
- ・ 濃度は40%（限界濃度）

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

《化学式》

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

アルカリシリカゲル 水

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

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

《化学式》

$$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \quad \text{Li}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$$

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-WR

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機『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度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(優良技術)に登録されています。

施工事例



2017年
登録

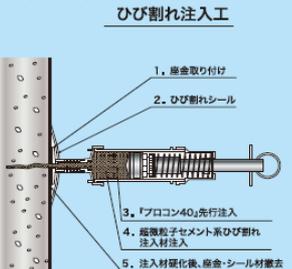
加工仕様

注入装置:自動低圧注入機『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産金をひび割れに沿って250mm間隔で設置します。
3. 産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、産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、産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産金を撤去し、シール材を除去します。

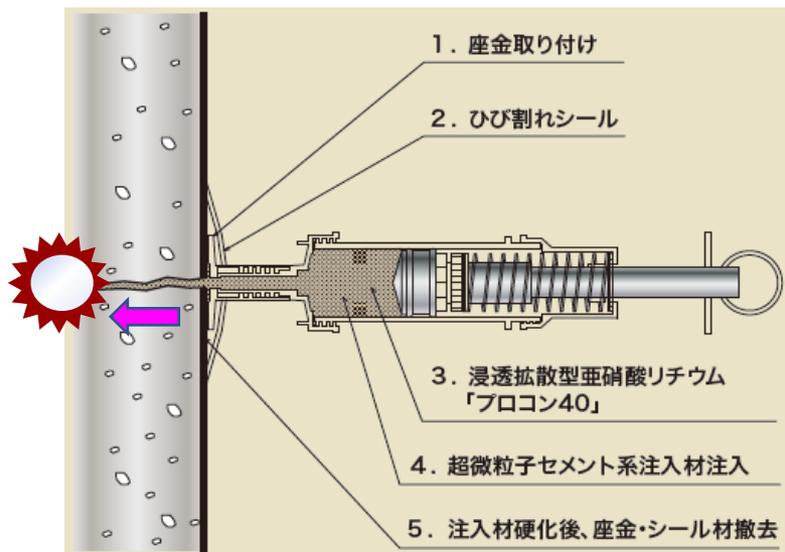
工法概念図



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)



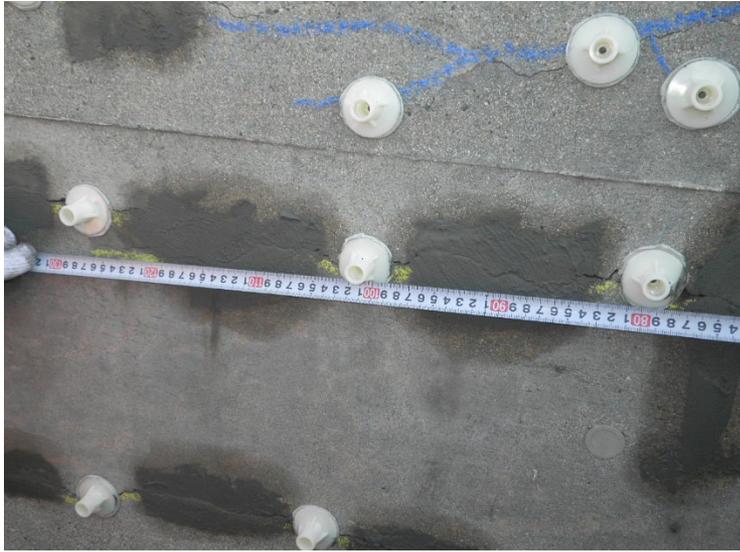
- ①自動低圧注入器をひび割れに沿って設置する
- ②亜硝酸リチウム水溶液を先行注入する ⇒ 鉄筋防錆
- ③超微粒子セメント系注入材を本注入 ⇒ ひび割れ閉塞、劣化因子遮断

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』

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の施工状況】



亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法

□□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ S □ NETIS □CG-190024-A



REHABILITATION プロコンガード リハビリ工法

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、その適用範囲は各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(不動態皮膜再生)
- 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(不動態皮膜再生)
- 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)

2024.09
改訂

施工手順

- ①下地処理
ランダー・レン及び高圧水洗い等でコンクリート表面の塵埃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。

施工の注意事項

- 『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(水分率測定等)。
- 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

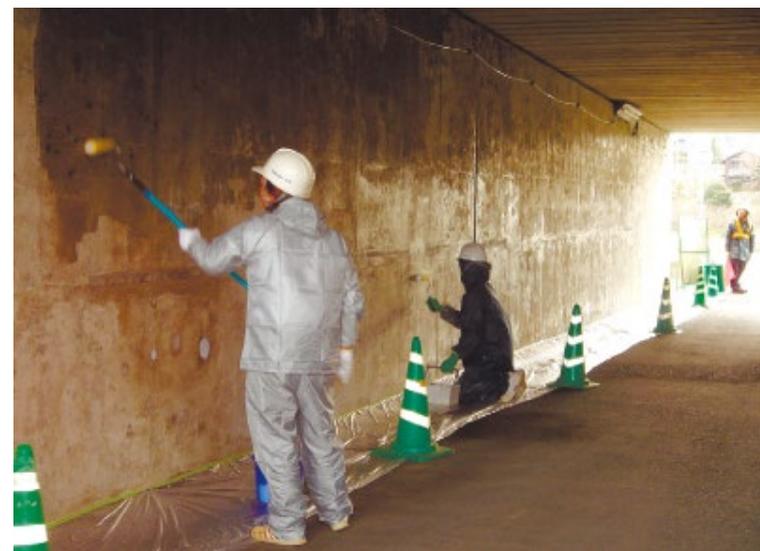
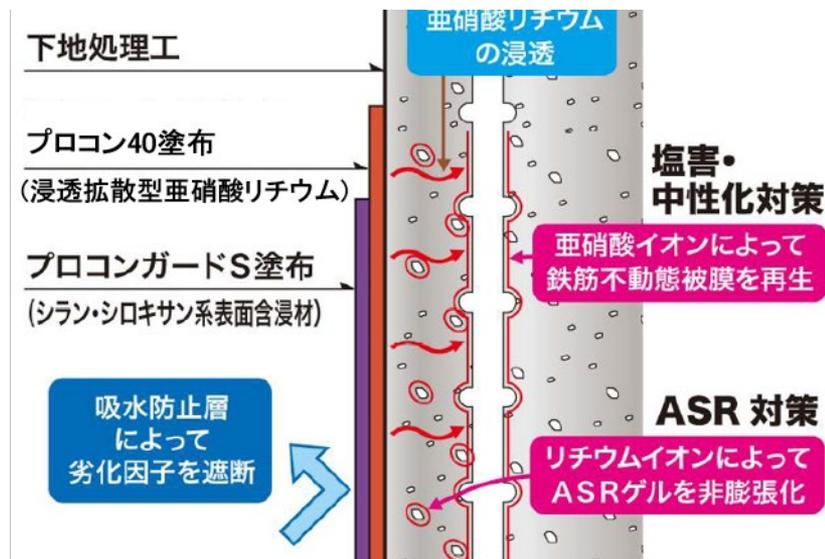
施工概念図



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



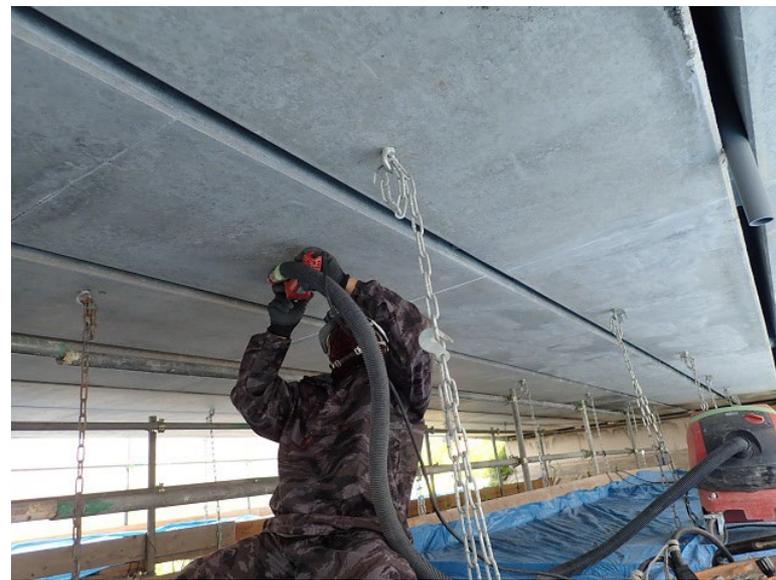
- ①コンクリート表面を下地処理する
- ②浸透拡散型亜硝酸リチウムを塗布し、内部へ含浸させる ⇒ 鉄筋防錆
- ③シラン・シロキサン系含浸材を塗布し、撥水層を形成する ⇒ 劣化因子の遮断

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』

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の施工状況】



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
リハビリ工法

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、湿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、露出した鉄筋表面に防錆剤として、『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・湿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. コンクリートの脆弱な範囲を電動ピック等でハツリ取り、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ィスクサンダー等によりケレンし、入念に磨き落とします。
3. 『プロコン40』を、鉄筋表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. 残りの範囲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 物性例

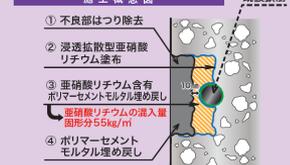
試験項目	試験方法	産 産 値	試験結果
硬化時間	JIS R 5201	断面修復材の硬化時間は1時間以上であること	4時間34分
断面修復材の外観	JIS A 6909	断面修復材は均一で、われ、はがれ、ふくれのないこと	われ、はがれ、ふくれは見られない
硬化収縮率	JIS A 1129-3	断面修復材の硬化収縮率0.06%以下であること (硬化中に発生熱により反りかえりが無いこと)	0.049%反り 反りかえりは見られない
熱膨張性	JIS K 6911	断面修復材の熱膨張係数は2.0×10 ⁻⁶ /℃以下であること	0.86×10 ⁻⁶ /℃
コンクリートとの付着率	JSCC K 561	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	湿潤時: 2.4N/mm ² 乾燥時: 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

※試験前であり、保証値ではありません。
※リハビリ工法『1』に『プロコン40』を混入した物性値です。



- 1 着工前、劣化の状況
- 2 はつり完了
- 3 鉄筋ケレン
- 4 鉄筋防錆材塗布
- 5 断面修復
- 6 断面修復完了

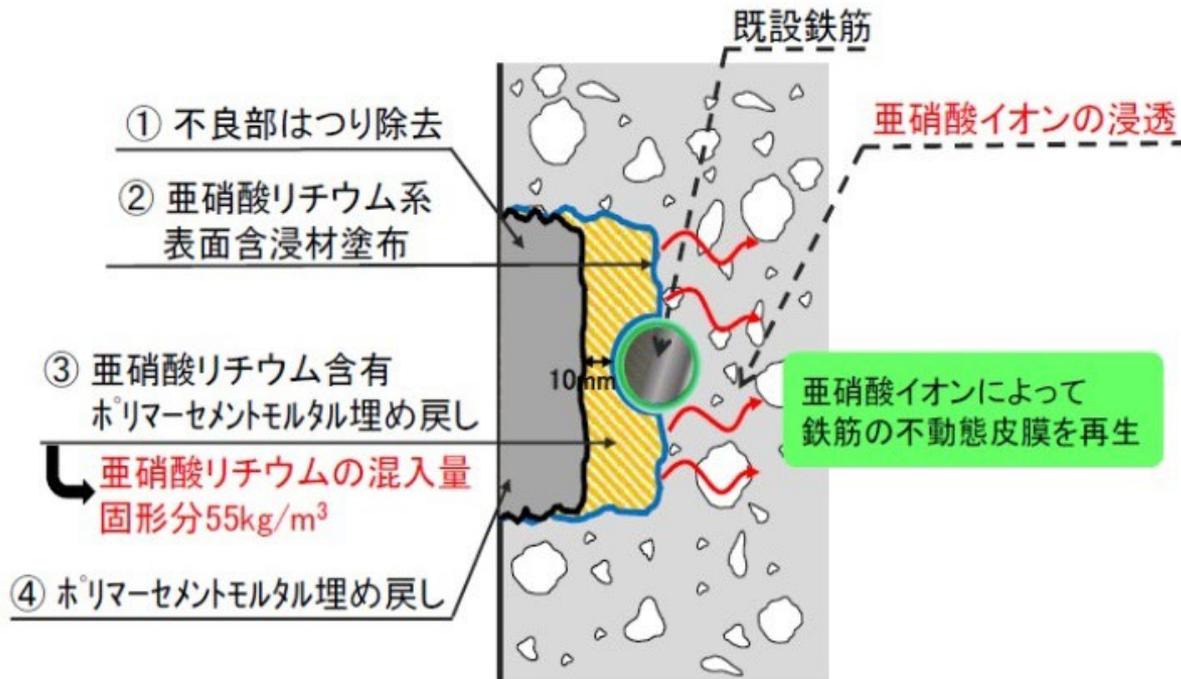
施工概念図



NETIS : CG-220003-A
NEMA 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:082-541-0153 http://www.j-cma.jp

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

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の施工状況】



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

簡易型高压注入 リハビリカプセル工法



特徴

根本的なASR抑制対策！

簡易型高压注入『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を根本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の原因であるアルカリシリカ反応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！

簡易型高压注入『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トなど、部材厚の小さな構造物の補修や桁梁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



リハビリカプセル圧入装置状況

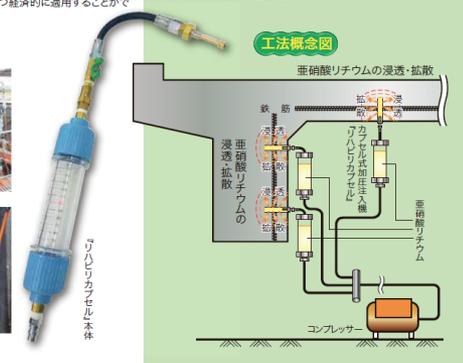
施工仕様

- 圧入装置：カプセル式圧入機『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。

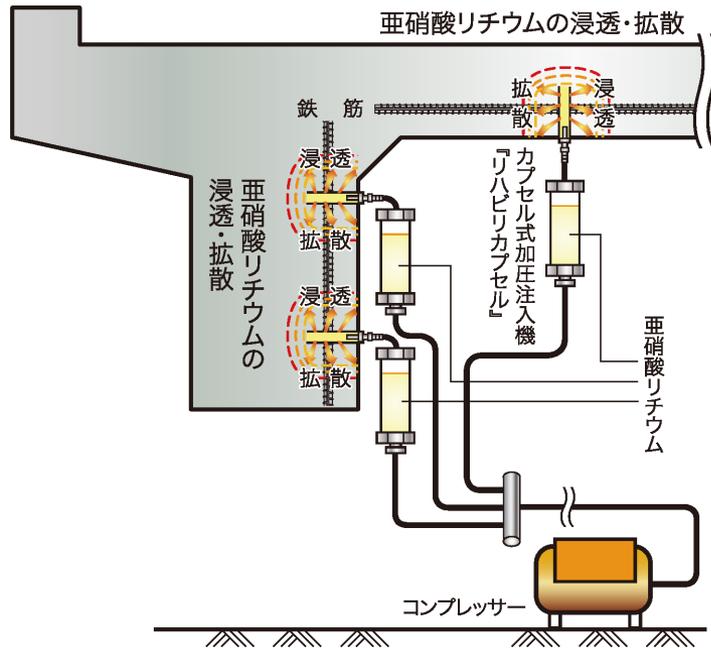
工法概念図



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



亜硝酸リチウム内部圧入工法 『リハビリリ圧入工法』



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カガスを非亜酸化するため、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

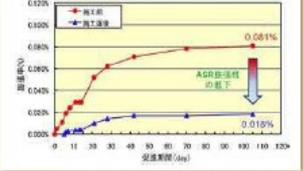
圧入装置：油圧式圧入装置『リハビリ圧入機』
 抑制剤：浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液『プロコン40』
 注 入 量：コンクリートのアルカリ総量(ASRの場合)や劣化イオン量(塩害の場合)に応じて定量的に決定
 注入圧力：0.5MPa～1.5MPaの範囲内でコンクリートの劣化程度に応じて構造物毎に決定
 圧 入 孔：孔径はφ10mmまたはφ20mm(断面積に応じて決定)
 別孔間隔は500mm～1,000mm(部材寸法や構造物に応じて決定)
 別孔深さは300mm～4,000mm

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地肌粗面します。
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、副圧ホース、加圧パッカーを設置します。
5. 全圧入孔に対し1孔毎に試験加圧注入工を行い、圧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. 後面を仕上げで施工完了です。

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(JCI-DD2)の例

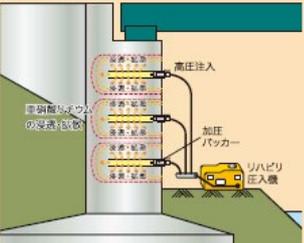
施工事例





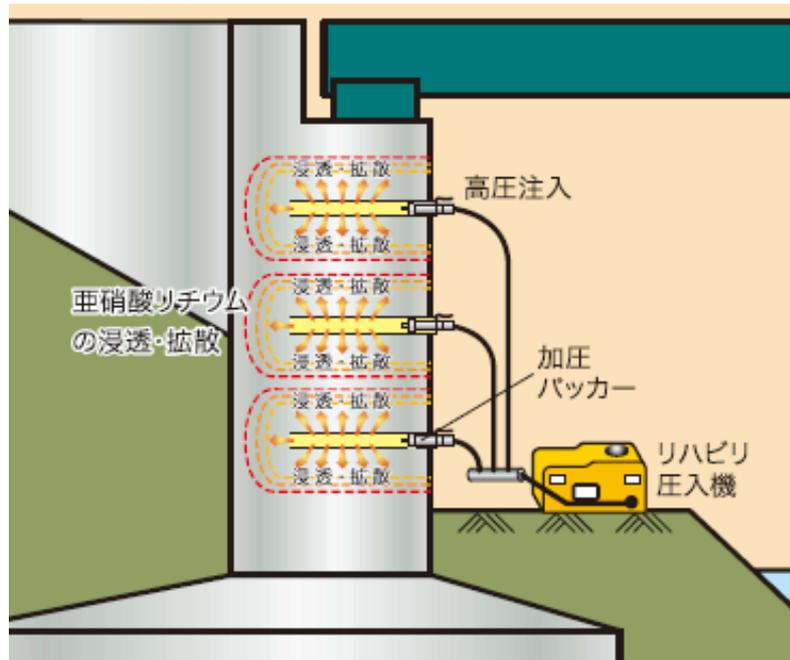

実際のASR補修事例 入念供試体によるASR抑制効果検証実験

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

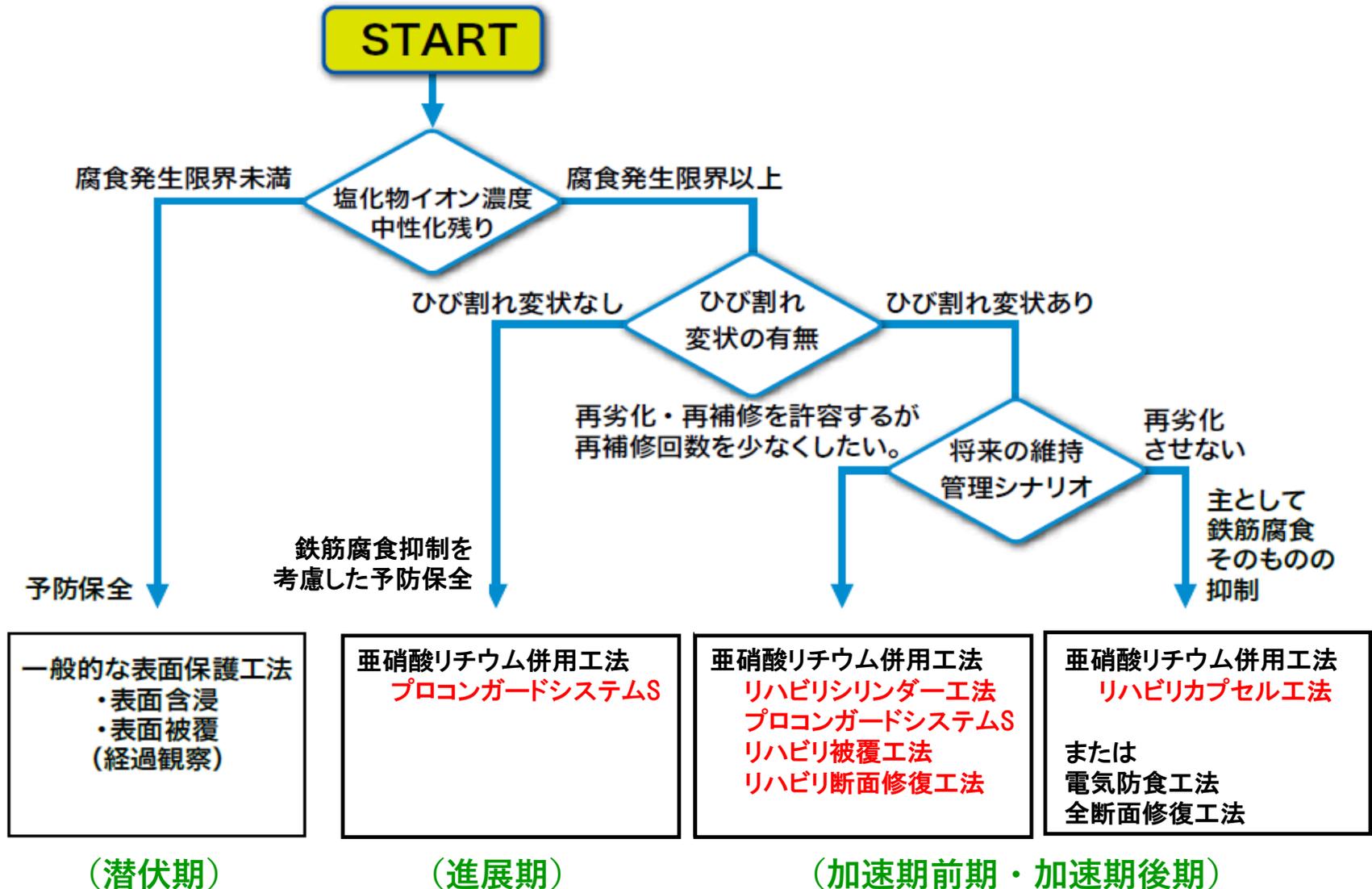
基本性能 : 『リチウムイオンによるアルカリシリカゲルの非膨張化』

リハビリ圧入工法の施工状況



劣化機構と維持管理シナリオに応じた補修工法選定

【塩害・中性化補修の場合】



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