

【第1部】

亜硝酸リチウムを用いたコンクリート補修工法 「リハビリ工法」の基本的な考え方

～ひび割れ注入、表面含浸、表面被覆、断面修復、内部圧入～

一般社団法人コンクリートメンテナンス協会

江良和徳

第1部 講演内容

1. リハビリ工法とは

リハビリ工法の概要
亜硝酸リチウムとは
リハビリ工法の適用範囲
塩害・中性化・ASR

2. リハビリ工法の基本的な考え方

ひび割れ注入工法	『リハビリシリンダー工法』
表面含浸工法	『プロコンガードシステム』
表面被覆工法	『リハビリ被覆工法』
断面修復工法	『リハビリ断面修復工法』
内部圧入工法	『ASRリチウム工法』
内部圧入工法	『リハビリカプセル工法』
亜硝酸リチウム製品	

1. リハビリ工法とは

【リハビリ工法の概要】

- ・コンクリート構造物の補修工法の総称
- ・補修材料として亜硝酸リチウムを使用または併用
- ・具体的には次の5工種6工法からなる

ひび割れ注入工法

表面含浸工法

表面被覆工法

断面修復工法

内部圧入工法

内部圧入工法

『リハビリシリンダー工法』

『プロコンガードシステム』

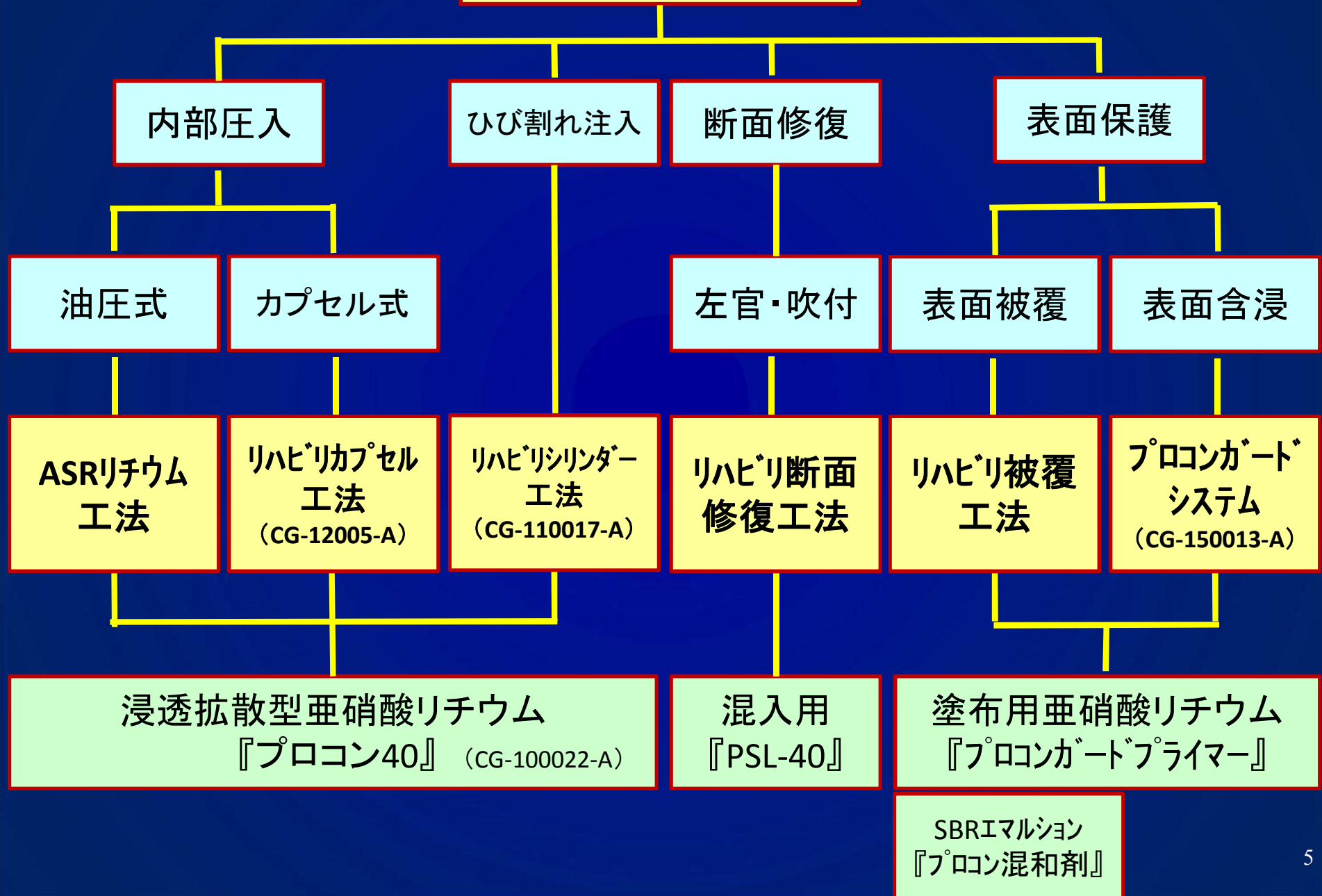
『リハビリ被覆工法』

『リハビリ断面修復工法』

『ASRリチウム工法』

『リハビリカプセル工法』

リハビリ工法



【亜硝酸リチウム】



亜硝酸リチウム40%水溶液

亜硝酸リチウム

【Lithium Nitrite ; LiNO_2 】

- ・リハビリ工法の核となるコンクリート補修材料
- ・外観は青色または黄色の透明水溶液
 - 黄色透明：浸透拡散型亜硝酸リチウム「プロコン40」
 - 青色透明：混入用「PSL-40」、塗布用「プロコンガードプライマー」
- ・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^+

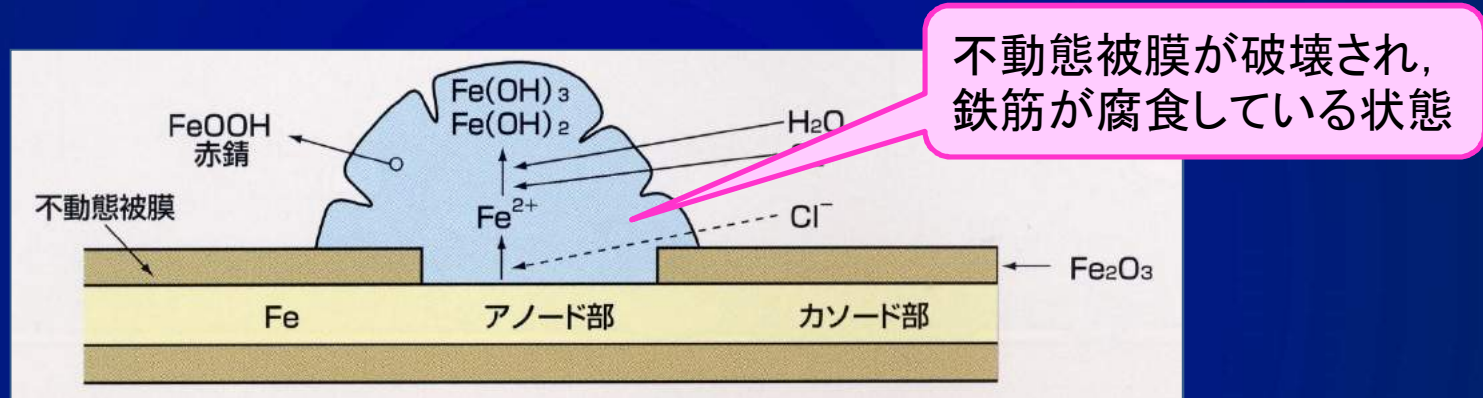
アルカリシリカゲルを
非膨張化する



『ASR対策』

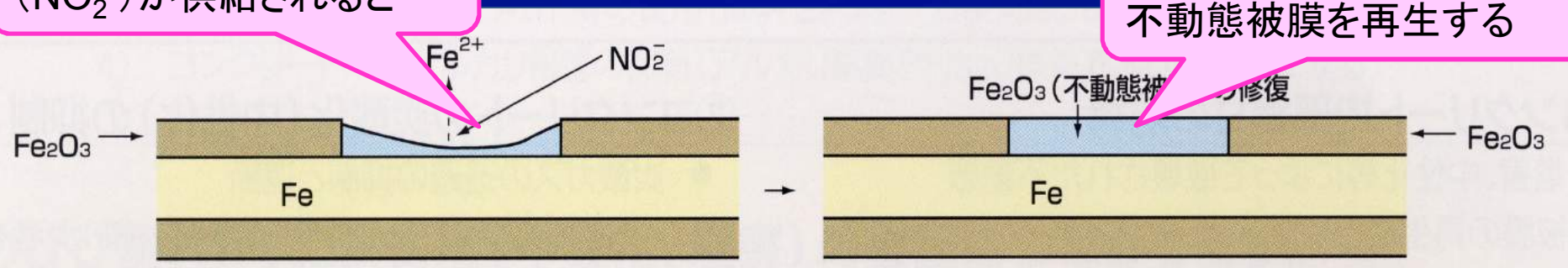
亜硝酸イオンによる鉄筋腐食抑制 ⇒ 不動態被膜再生

- ・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^-) が不動態被膜を再生する



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

	第2ステージ 『アルカリシリカゲルの膨張』	リチウムによるゲルの非膨張化
概念図		
反応式	$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + m\text{H}_2\text{O}$ <p>(アルカリシリカゲル) (水)</p> $\rightarrow \text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ <p>(吸水膨張!)</p>	$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ <p>NaとLiとのイオン交換</p> $\text{Li}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$

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

【リハビリ工法の区分】

- ・各補修工法の基本性能だけでなく、亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制効果、ASR膨張抑制効果をプラス

ひび割れ注入工法

表面含浸工法

表面被覆工法

断面修復工法

『リハビリシリンダー工法』

『プロコンガードシステム』

『リハビリ被覆工法』

『リハビリ断面修復工法』

- ・亜硝酸リチウムを、鉄筋腐食抑制効果、ASR膨張抑制効果のためだけに活用

内部圧入工法

内部圧入工法

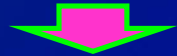
『ASRリチウム工法』

『リハビリカプセル工法』

【リハビリ工法の適用範囲】

- ・適用可能な劣化機構

塩害、中性化、ASR、凍害、疲労、(乾燥収縮など)



- ・特に適用効果の高い劣化機構

塩害、中性化、ASR

- ・適用可能な変状

変状なし(予防保全)、ひび割れ、鉄筋露出、鉄筋腐食、
コンクリートの浮き・はく離、など



- ・特に適用効果の高い状況

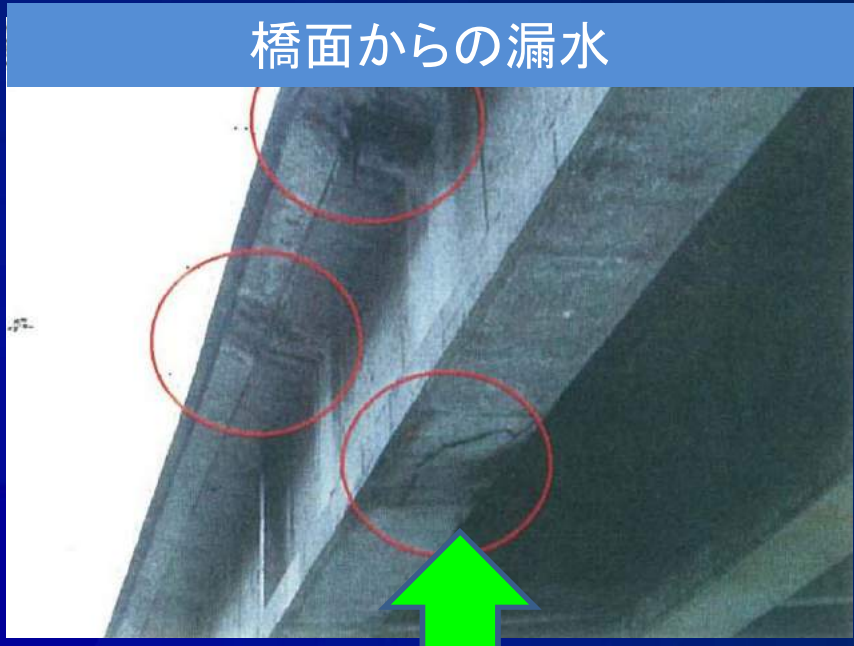
鉄筋腐食が進行中、もしくはその懸念がある
ASR膨張が進行中(残存膨張量が有害)

塩害





再劣化



橋面からの漏水



再劣化



PC鋼材破断

【塩害】とは

- ・種々の原因で塩分がコンクリート中に浸入し、塩化物イオンとしてコンクリート表面からコンクリート内部へ浸透し、鉄筋位置に到達
- ・鉄筋位置の塩化物イオン量が一定量を超えると、鉄筋の不動態被膜が破壊され、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
- ・ひび割れ、はく離箇所を通じて塩化物イオン、水、酸素の侵入が容易となり、鉄筋腐食がさらに加速する

腐食発生限界塩化物イオン量の例 : $2.0\text{kg}/\text{m}^3$

留意点

- ・塩害において、『塩化物イオン』は鉄筋腐食のトリガー
- ・鉄筋腐食が開始した時点で、劣化を進行させる因子は『塩化物イオン』⇒『水と酸素』にかわる

中性化



はく離・はく落



鉄筋露出



鉄筋露出



鉄筋に沿ったひび割れ

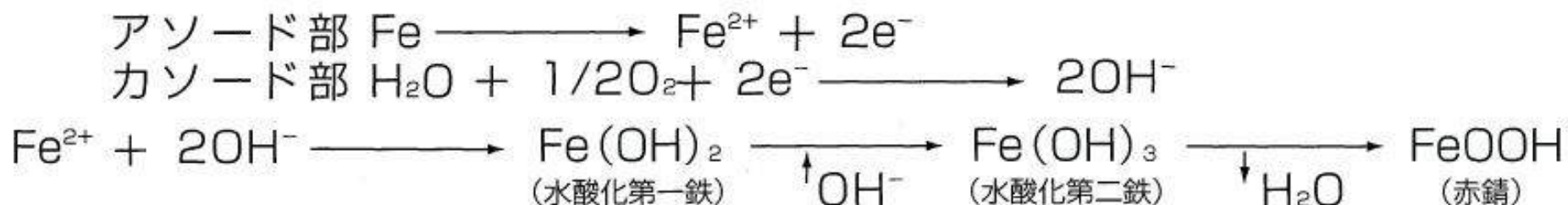
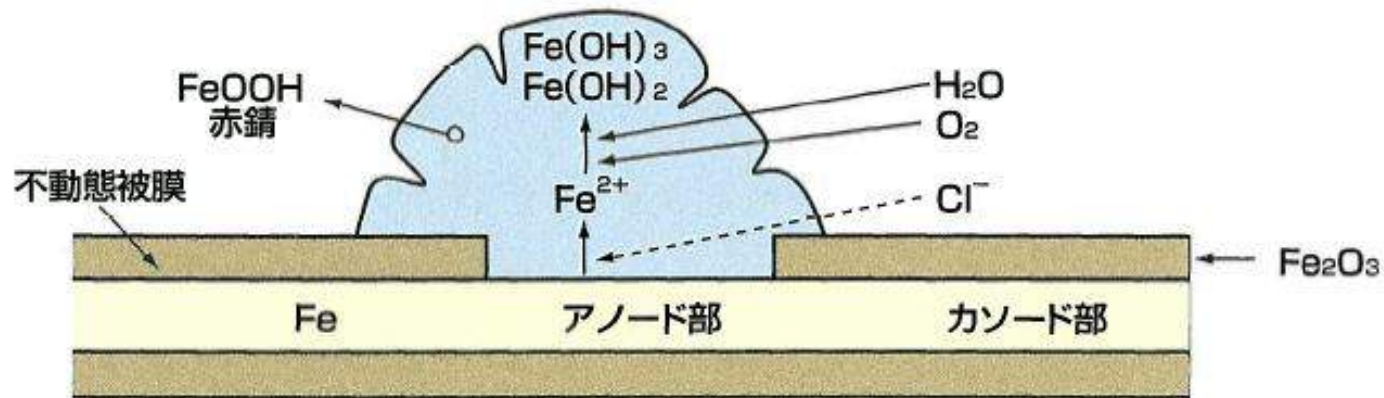
【中性化】とは

- ・大気中の二酸化炭素がコンクリート中 (pH=12以上) に浸入
- ・コンクリート中の水酸化カルシウムが二酸化炭素と反応し、炭酸カルシウムを生成 (炭酸化)
- ・その結果、コンクリート中のpHが低下 (pH=11以下) する
- ・中性化が鉄筋付近 (中性化残り10mm) まで到達すると、鋼材の不動態被膜が破壊され、鉄筋が腐食する
- ・鋼材が腐食するとコンクリートにひび割れ、はく離が生じる

留意点

- ・中性化において、『中性化領域』は鉄筋腐食のトリガー
- ・鉄筋腐食が開始した時点で、劣化を進行させる因子は『二酸化炭素』 ⇒ 『水と酸素』 にかわる

【鉄筋腐食】



- ・不動態被膜 ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) が破壊されると、鉄筋は腐食しやすい状態 (活性態) に
- ・活性態にある鉄筋表面ではアノード反応 (酸化反応) が進行し、鉄がイオン化
- ・そこで発生した電子を消費するためにカソード反応 (還元反応) が進行
- ・両反応の組み合わせにより、錆 ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) が生成、析出

【塩害の劣化過程】

表 2-1 塩害を受ける鉄筋コンクリート構造物の外観上のグレードと劣化の状態

構造物の外観上のグレード	劣化過程	劣化の状態
グレードⅠ	潜伏期	外観上の変化が見られない、腐食発生限界塩化物イオン濃度以下。
グレードⅡ	進展期	外観上の変化が見られない、腐食発生限界塩化物イオン濃度以上、腐食が開始。
グレードⅢ-1	加速期前期	腐食ひび割れが発生、錆汁が見られる。
グレードⅢ-2	加速期後期	腐食ひび割れの幅や長さが大きく多数発生、腐食ひび割れの進展に伴うかぶりコンクリートの部分的なはく離・はく落が見られる、鋼材の著しい断面減少は見られない。
グレードⅣ	劣化期	腐食ひび割れの進展に伴う大規模なはく離・はく落が見られる、鋼材の著しい断面減少が見られる、変位・たわみが大きい。

出典：「2013年制定 コンクリート標準示方書[維持管理編] 土木学会」

- 各劣化過程では何が起きているのか？
- 次の劣化過程に進行させないためには何をすればよいのか？

【中性化の劣化過程】

表 2-2 中性化による構造物の外観上のグレードと劣化の状態

構造物の外観上のグレード	劣化過程	劣化の状態
グレードⅠ	潜伏期	外観上の変化が見られない, 中性化残りが発錆限界以上.
グレードⅡ	進展期	外観上の変化が見られない, 中性化残りが発錆限界未満, 腐食が開始.
グレードⅢ-1	加速期前期	腐食ひび割れが発生.
グレードⅢ-2	加速期後期	腐食ひび割れの進展とともにはく離・はく落が見られる, 鋼材の断面欠損は生じていない.
グレードⅣ	劣化期	腐食ひび割れとともにはく離・はく落が見られる, 鋼材の断面欠損が生じている.

出典:「2013 年制定 コンクリート標準示方書[維持管理編] 土木学会」

- 各劣化過程では何が起きているのか？
- 次の劣化過程に進行させないためには何をすればよいのか？

1. 3 アルカリシリカ反応(ASR)



亀甲状ひび割れ



水平方向ひび割れ



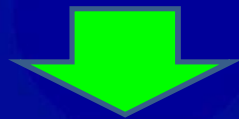
白色ゲル



PC鋼材に沿ったひび割れ

【ASR】とは

- ・コンクリート中は**高アルカリ**環境である
- ・コンクリート構造物は、雨水や地下水などにより**水分**を供給されやすい
- ・コンクリートの粗骨材として、アルカリ、水と反応して膨張する性質の**反応性骨材**が使用されることがある



- ・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

【アルカリシリカゲルの膨張】

	第1ステージ 『アルカリシリカゲルの生成』	第2ステージ 『アルカリシリカゲルの膨張』
概念図	<p>反応性骨材 Si</p> <p>アルカリシリカゲル</p>	<p>反応性骨材 Si</p> <p>アルカリシリカゲル</p>
反応式	$n\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH}$ <p>(シリカ鉱物) (アルカリ)</p> $\rightarrow \text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <p>(アルカリシリカゲル)</p>	$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + m\text{H}_2\text{O}$ <p>(アルカリシリカゲル) (水)</p> $\rightarrow \text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ <p>(吸水膨張！)</p>

【ASRの劣化過程】

表 2-3 ASRによる構造物の外観上のグレードと劣化の状態

構造物の外観上のグレード	劣化過程	劣化の状態
グレードⅠ	潜伏期	ASRによる膨張およびそれに伴うひび割れがまだ発生せず、外観上の変状が見られない。
グレードⅡ	進展期	水分とアルカリの供給下において膨張が継続的に進行し、ひび割れが発生し、変色、アルカリシリカゲルの滲出が見られる。しかし、鋼材腐食による錆汁は見られない。
グレードⅢ	加速期	ASRによる膨張速度が最大を示す段階で、ひび割れが進展し、ひび割れの幅および密度が増大する。また、鋼材腐食による錆汁が見られる場合もある。
グレードⅣ	劣化期	ひび割れの幅および密度がさらに増大し、段差、ずれや、かぶりの部分的なはく離・はく落が発生する。鋼材腐食が進行し錆汁が見られる。外力の影響によるひび割れや鋼材の損傷が見られる場合もある。変位・変形が大きくなる。

出典：「2013年制定 コンクリート標準示方書[維持管理編]」

- 各劣化過程では何が起きているのか？
- 次の劣化過程に進行させないためには何をすればよいのか？

2. リハビリ工法の基本的な考え方

2. 1 ひび割れ注入工法 『リハビリシリンダー工法』



NETIS:CG-110017-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-A

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器!
ひび割れ低圧注入『リハビリシリンダー工法』は、注射器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隙間なび割れにも浸透し、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持続し、注入材の充満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は、ひび割れ閉塞とそれに伴う劣化因子の遮断です。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。注入材によるひび割れ閉塞に加え、亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制効果およびASR膨張抑制効果を付与することができます。


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』
NETIS:CG-10002-A
注 入 圧 力：0.1MPa～0.2MPa程度
ひび割れ幅：0.2mm～10.0mm程度


施工手順

1. 施工面を塵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水注入します。
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。


施工事例



リハビリシリンダー設置状況



完全閉塞状況



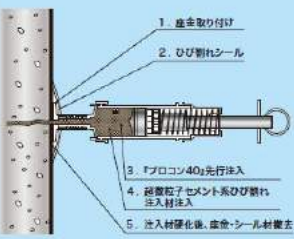
プロコン40先行注入状況



超微粒子セメント系注入材注入状況

工法概念図

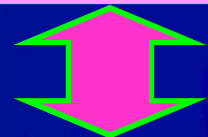
ひび割れ注入工



1. 座金取り付け
2. ひび割れシール
3. 『プロコン40』先行注入
4. 超微粒子セメント系ひび割れ注入材注入
5. 注入材硬化後、座金・シール材撤去

【一般的なひび割れ注入工法】

- 材料
- ・エポキシ樹脂系注入材（1種、2種、3種）
 - ・セメント系注入材
 - ・ポリマーセメント系注入材 など
- 目的
- ・ひび割れの閉塞
 - ・ひび割れを通じた劣化因子の侵入抑制



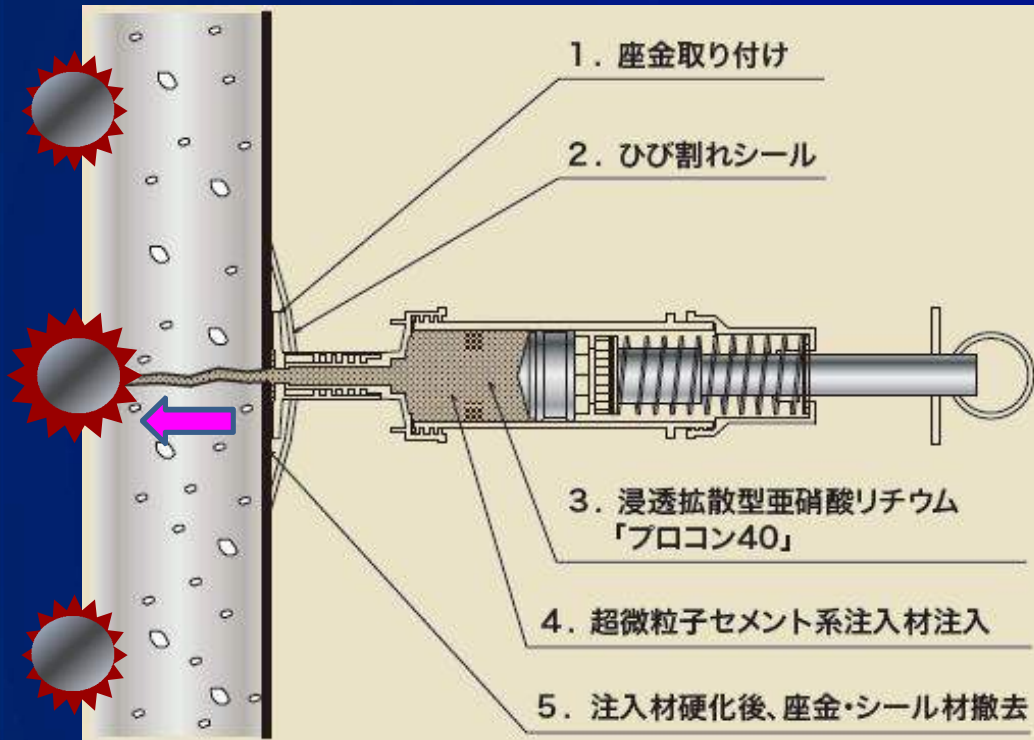
【リハビリシリンダー工法】

- 材料
- ・セメント系注入材＋浸透拡散型亜硝酸リチウム
- 目的
- ・ひび割れの閉塞
 - ・ひび割れを通じた劣化因子の遮断
 - ・亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制（塩害・中性化）
 - ・亜硝酸リチウムによるASR膨張抑制（ASR）

【リハビリシリンダー工法】 塩害・中性化に対して

『ひび割れ注入材による劣化因子の遮断』

プラスアルファとして『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』を付与



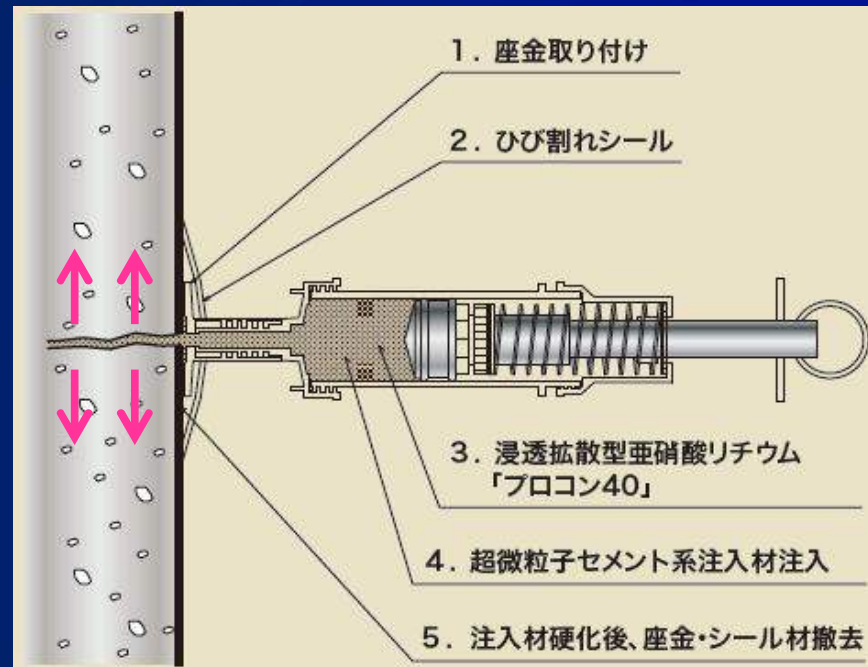
- ① 自動低圧注入器をひび割れに沿って設置する
- ② 亜硝酸リチウム水溶液を先行注入する ⇒ 鉄筋防錆
- ③ 超微粒子セメント系注入材を本注入 ⇒ ひび割れ閉塞、劣化因子遮断

優位性 : ひび割れを通じて鉄筋に亜硝酸イオンを供給する

【リハビリシリンダー工法】 ASRに対して

『ひび割れ注入材による劣化因子(水分)の遮断』

プラスアルファとして『リチウムイオンによるゲルの非膨張化』を部分的に付与



- 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 ⇒ ゲルの非膨張化
- 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

優位性 : ひび割れ周辺のコンクリートにリチウムイオンを供給する

【リハビリシリンダー工法のメリット】

- ・単なる劣化因子の遮断だけでなく、**亜硝酸リチウムの効果**を付与できる
 - 塩害・中性化 : 鉄筋腐食抑制
 - ASR : ASRゲル膨張抑制
- ・無機系であるため、**ひび割れ内部が湿潤**でも施工可能
- ・超微粒子セメント系であるため、**微細なひび割れ**にまで注入可能
- ・浸透拡散型亜硝酸リチウム『プロコン40』(NETIS:CG-100022-A)を使用

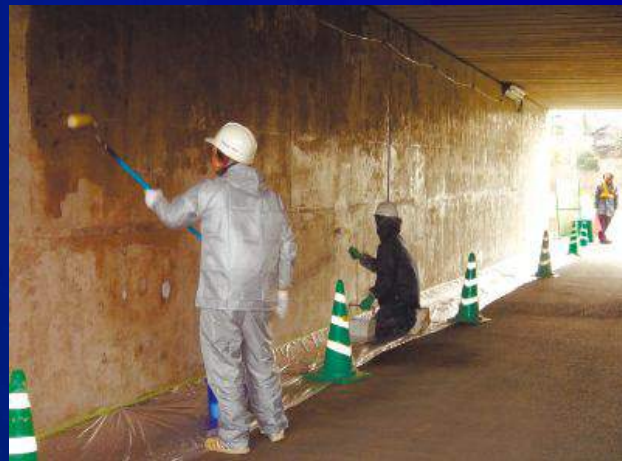
【リハビリシリンダー工法のデメリット】

- ・無機系であるため、**ひび割れ追従性**はない
- ・無機系であるため、エポキシ樹脂系に比べて**付着強度**が低い

【リハビリシリンダー工法の適用限界】

- ・**主たる目的**はあくまで「ひび割れの閉塞、劣化因子の侵入抑制」
- ・超微粒子セメント系注入材 : 注入可能ひび割れ幅 0.2mm~30.0mm
- ・浸透拡散型亜硝酸リチウム : **プラスアルファの効果の限界**
 - 鉄筋腐食抑制効果はひび割れの範囲のみに限定される
 - ASR膨張抑制効果はひび割れの周囲のみに限定される
 - 亜硝酸リチウムの物理的な注入可能量に限界がある

2. 2 表面含浸工法 『プロコンガードシステム』



NETIS:CG-150013-A

REHABILITATION
プロコンガード
リハビリ工法

亜硝酸リチウム系表面含浸工法 プロコンガードシステム

コンクリートの補修は二つの考え方があります。一つは劣化因子を内部に侵入させない工法。そして、もう一つは限界値を超えた劣化因子が既に入ったコンクリートの補修対策工法です。従来からの表面含浸材の工法は、劣化因子を内部に侵入させない工法です。

特 徴

- 遮塩性が高い。
- 遮水性が高い。
- コンクリート表面の性状をかえない。
- 高い安全性。
- 施工性が良く、簡単。
- 塩害・中性化対策として：劣化因子（塩化物イオン・二酸化炭素）の侵入抑制効果に加えて、劣化因子が発錆限界を超えて発錆雰囲気（鉄筋コンクリート）に対し、亜硝酸イオンによる鉄筋腐食抑制効果が期待できる。
- ASR対策として：劣化因子（水分）の侵入抑制に加えて、リチウムイオンによるASR膨張抑制効果が期待できる。

プロコンガードシステムとは

- プロコンガードシステムとは、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、ケイ酸リチウムを主成分とする含浸材「プロコンガード」の二つを組み合わせた表面含浸工法です。
- 従来の含浸工法は、劣化因子の侵入抑制はできませんが、塩害・中性化の場合、劣化因子が鉄筋腐食限界を超えている場合の対策効果は期待できません。また、ASRの場合、ゲルの膨張そのものを抑制する効果は期待できません。
- 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「プロコンガードプライマー」が鉄筋の防錆効果（塩害・中性化の場合）、及びASRゲルの膨張抑制効果（ASR対策の場合）を付与し、ケイ酸リチウム系含浸材「プロコンガード」が更なる劣化因子の侵入を抑制します。

下地処理工

「プロコンガードプライマー」塗布
(亜硝酸リチウム系表面含浸材)

プロコンガード塗布
(ケイ酸リチウム系表面含浸材)

ケイ酸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状態を再生

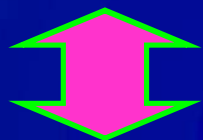
ASR対策
リチウムイオンによってASRゲルを非膨張化

JSCE-K571-2004「表面含浸材試験方法(案)」による透水係数試験の結果

30

【一般的な表面含浸工法】

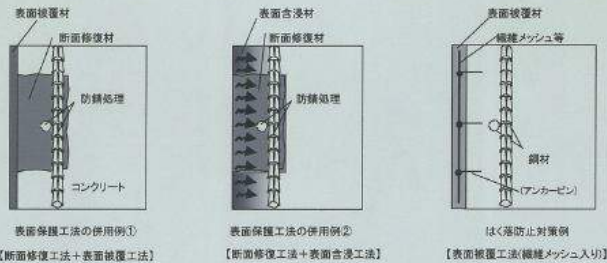
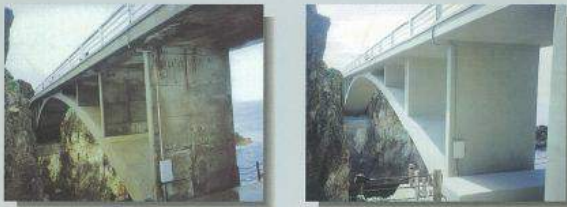
- 種類
- ・シラン系含浸材
 - ・けい酸ナトリウム系含浸材(反応型けい酸塩系)
 - ・けい酸リチウム系含浸材(固化型けい酸塩系) など
- 目的
- ・コンクリート表面からの劣化因子の侵入抑制



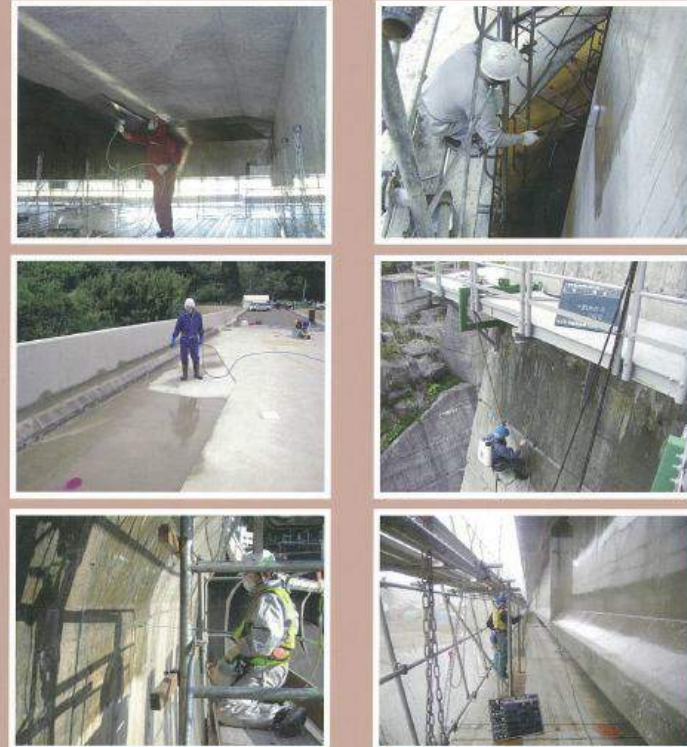
【プロコンガードシステム】

- 種類
- ・亜硝酸リチウム系含浸材+けい酸リチウム系含浸材
- 目的
- ・コンクリート表面からの劣化因子の侵入抑制
 - ・亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制 (塩害・中性化)
 - ・亜硝酸リチウムによるASR膨張抑制 (ASR)

表面保護工法 設計施工指針（案）



けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針(案)



けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針(案) P.27より抜粋

『本指針(案)では、けい酸塩系表面含浸工法が単独で適用できる範囲を、劣化過程が潜伏期までにある構造物を原則とした。』

【一般的な表面含浸工法】・・・適用可能範囲は基本的に潜伏期

種別	特長	備考
シラン系	<ul style="list-style-type: none"> 疎水性のアルキル基によりコンクリート表層部に吸水防止層(撥水層)を形成。 細孔を埋めないため呼吸性を損なわない。 	<ul style="list-style-type: none"> 環境によっては中性化を促進することもある。 滞水する部位では適用困難。
けい酸塩系	反応型 けい酸塩系 <ul style="list-style-type: none"> けい酸ナトリウム系 けい酸カリウム系 水酸化カルシウムと反応し、C-S-Hゲルを生成して空隙を充填する。 水分供給により再度溶解。 	<ul style="list-style-type: none"> 微細ひび割れを閉塞。 中性化が進行した領域ではカルシウム分が減少しており、反応困難。
	固化型 けい酸塩系 <ul style="list-style-type: none"> けい酸リチウム系 材料自体の乾燥固化により空隙を充填する。 固化物は難溶性。 	<ul style="list-style-type: none"> 微細ひび割れを閉塞。 表面硬度の向上。 劣化因子遮断性はやや低い。

【付加価値のある表面含浸工法の例】

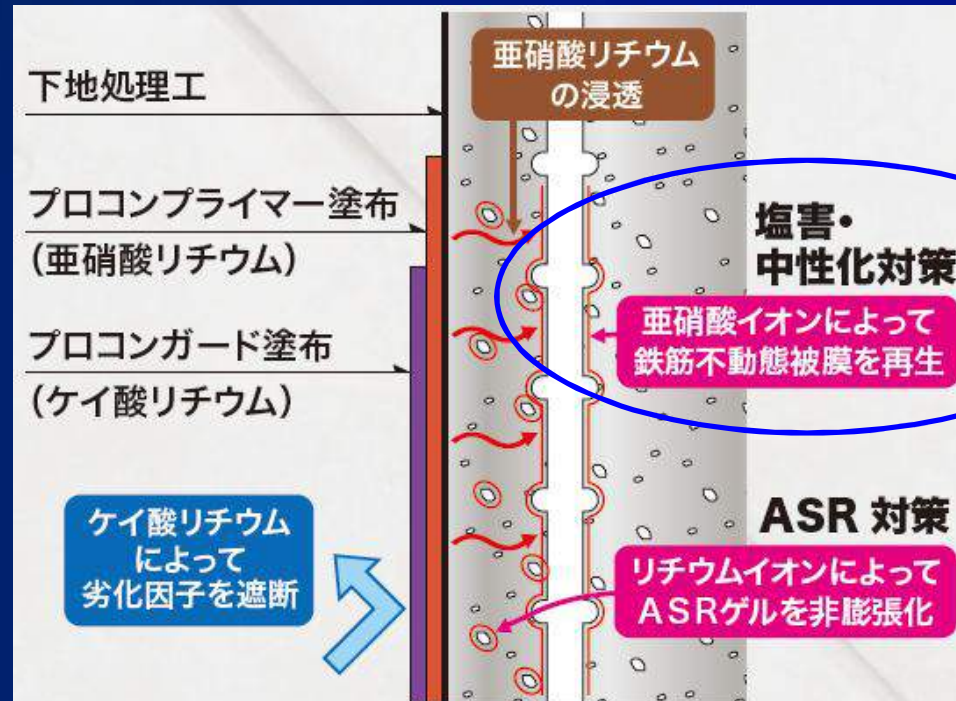
・・・適用可能範囲は潜伏期、進展期、加速期前期

種別	特長	備考
鉄筋腐食抑制タイプ 含浸系表面保護材	<ul style="list-style-type: none">・コンクリート表面に塗布するだけで深く浸透し、塩化物イオンの侵入を阻止する吸水防止層を形成。・さらに、鉄筋のまわりに不動態皮膜にかわる保護層を形成し腐食を抑制。	劣化因子遮断 ＋ 鉄筋腐食抑制
亜硝酸リチウム併用型 表面含浸材 『プロコンガードシステム』	<ul style="list-style-type: none">・1層目の亜硝酸リチウム系含浸材により鉄筋不動態皮膜を再生して鉄筋腐食を抑制。・2層目のけい酸リチウム系含浸材が表面で乾燥固化し、劣化因子を遮断。・塩化物イオン濃度に応じて亜硝酸リチウム塗布量を設定。	劣化因子遮断 ＋ 鉄筋腐食抑制

【プロコンガードシステム】 塩害・中性化に対して

『表面含浸材による劣化因子の遮断』

プラスアルファとして『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』を付与



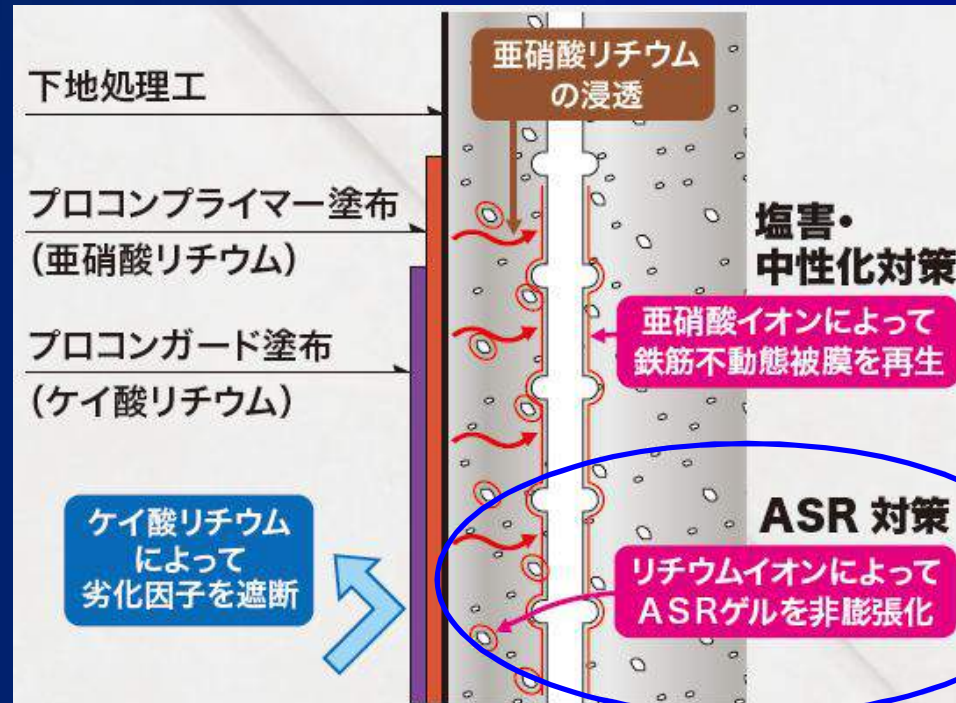
- ①コンクリート表面を下地処理する
- ②亜硝酸リチウム系含浸材を塗布し、内部へ含浸させる ⇒ 鉄筋防錆
- ③劣化因子の侵入を抑制するために、けい酸リチウム系含浸材を塗布する ⇒ 劣化因子の遮断

優位性 : コンクリート表面から鉄筋に向けて亜硝酸イオンを浸透させる

【プロコンガードシステム】 ASRに対して

『表面含浸材による劣化因子の遮断』

プラスアルファとして『リチウムイオンによるゲルの非膨張化』を部分的に付与



- ①コンクリート表面を下地処理する
- ②亜硝酸リチウム系含浸材を塗布し、内部へ含浸させる ⇒ **ゲルの非膨張化**
- ③劣化因子の侵入を抑制するために、けい酸リチウム系含浸材を塗布する ⇒ **劣化因子の遮断**

優位性 : コンクリート表層部にリチウムイオンを浸透させる

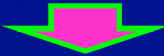
【プロコンガードシステムのメリット】

- ・単なる劣化因子の遮断だけでなく、**亜硝酸リチウムの効果**を付与できる
塩害・中性化 : 鉄筋腐食抑制
ASR : ASRゲル膨張抑制
- ・亜硝酸リチウムと固化型けい酸塩系とを組み合わせることにより、**中性化**に対する抵抗性が向上

【プロコンガードシステムのデメリット】

- ・**2種類**の材料を塗布しなければならない
- ・施工技能や環境条件によってはコンクリート表面の**白化現象**を生じることがある

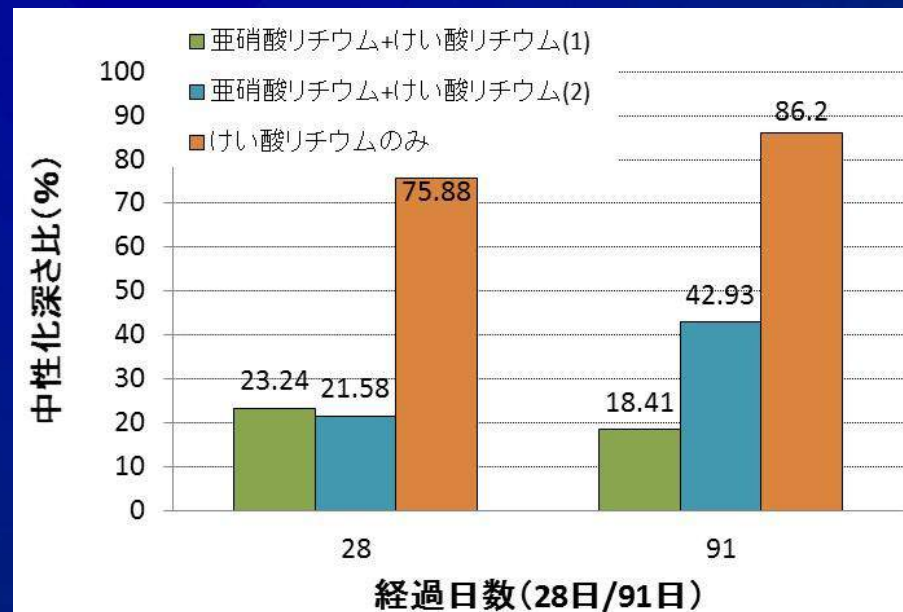
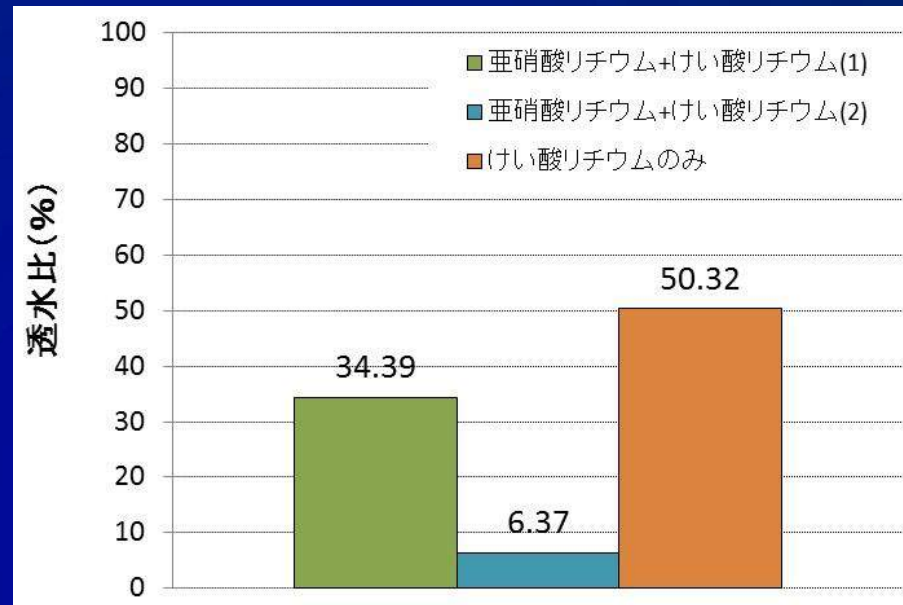
【プロコンガードシステムの適用限界】

- ・一般的な表面含浸工法の適用範囲は基本的に「潜伏期」

- ・プロコンガードシステムは潜伏期を超えて「進展期」や「加速期前期」まで適用可能。**予防保全から軽微な変状の事後保全**まで適応。
- ・ただし、含浸深さ(=亜硝酸リチウムの効果)は表層の数10mm程度。
- ・また、亜硝酸リチウムの物理的な塗布可能量に限界がある。

【参考】 プロコンガードシステム施工後の白化現象の例



【参考】亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法の基本性能に関する基礎実験 ～広島工業大学にて～



2.3 表面被覆工法 『リハビリ被覆工法』



REHABILI
プロコン混和剤
リハビリ工法

表面被覆用亜硝酸リチウムSBRエマルジョン
『プロコン混和剤』を用いた『リハビリペースト』『モルタル』
による塩害・中性化・ASR補修技術

リハビリ被覆工法

【特徴】
亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントペースト・モルタルによる劣化因子の遮断！
リハビリ被覆工法のリハビリ被覆材には、『リハビリペースト』『モルタル』（亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントペースト・モルタル）を使用します。『リハビリペースト』『モルタル』は付着性に優れているため、母材コンクリートとの一体性を確保することができます。また、組織が緻密であるため、劣化因子（水分、塩化物イオン、酸素、二酸化炭素など）の侵入を防ぐことができます。

亜硝酸リチウムによる塩害・中性化・ASR抑制効果の付与！
従来の表面被覆工法は、コンクリート表面から侵入してくる劣化因子を遮断することです。しかし、ポリマーセメントペースト系表面被覆材と亜硝酸リチウムを組み合わせることにより、表面被覆工本来の劣化因子遮断効果に加えて亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制効果及びASR膨張抑制効果をコンクリート表層部に付与することができます。そのため、特に塩害、中性化、ASRの補修対策として適しています。

目的に応じた上塗りを選択により、耐久性の向上！
補修目的に応じて、アクリルゴム、ポリマー系塗膜、高分子系浸透性防水材料等を使い分けることにより、構造物の耐久性を向上させることができます。

【施工仕様】
補修方法：左官工法・ローラーによる塗布
被覆材：『リハビリペースト』『モルタル』（亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントペースト・モルタル（プロコン混和剤混入））
防錆剤：『プロコンガードプライマー』（亜硝酸リチウム系亜硫酸系塗料）

【施工手順】標準仕様
1.施工面を養生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.コンクリート表面全体に『プロコンガードプライマー』を塗布します。（標準塗布量0.3kg/m²、毎分量によって塗布量を調整する。）
3.コンクリート表面全体に『リハビリペースト』『モルタル』をコブまたはローラー、刷毛で塗布します。
4.高分子系浸透性防水材料等を用いて上塗りを行い、『リハビリペースト』『モルタル』を保護します。

① 亜硝酸リチウム塗布

●下地処理完了後、コンクリート表面全体に亜硝酸リチウムを塗布する。

② リハビリ被覆材（リハビリペースト・モルタル）塗布

●亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントペースト・モルタルをコンクリート表面全体に塗布する。

③ 上塗り

●目的に応じた浸透性防水材料などを用いて上塗りを行い、表面被覆材を保護する。

④ 工事完了

●目的に応じた浸透性防水材料などを用いて上塗りを行い、表面被覆材を保護する。

施工概念図

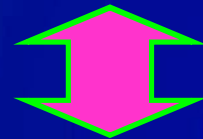
リハビリペースト・リハビリモルタル試験成績

項目	材料	リハビリペースト	リハビリモルタル	備考	
硬化体密度 (g/cm ³)	1日	2.0	2.0	4×4×16cmの試体各3個で25℃で測定	
	7日	9.5	15.6		
圧縮強度 (N/mm ²)	7日	23.7	30.9		JIS A 1171-2000 標準値
	28日	31.5	38.8		
引張強度 (N/mm ²)	1日	2.8	4.6	試験条件：標準配合、20℃±2℃で試験実施	
	7日	5.9	8.1		
付着強度 (N/mm ²)	7日	7.2	9.5		試験条件：標準配合、20℃±2℃で試験実施
	28日	2.1	2.2		
硬化収縮率 (%)		-0.02	-0.02		

必要塗布量	方法	面積	厚み	比率	配合比	配合量	必要塗布量
リハビリペースト（標準仕様用）	ローラー	1m ²	2mm	100	135	20	1.35kg
リハビリペースト（標準仕様用）	ローラー	1m ²	2mm	100	130	20	1.30kg
リハビリペースト（標準仕様用）	ローラー	1m ²	2mm	100	120	20	1.20kg
リハビリペースト（標準仕様用）	ローラー	1m ²	2mm	100	120	20	1.20kg

【一般的な表面被覆工法】

- 種類
- ・有機系（エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ウレタン樹脂など）
 - ・無機系（ポリマーセメントモルタル系） など
- 目的
- ・コンクリート表面からの劣化因子の侵入抑制
 - ・美観性向上



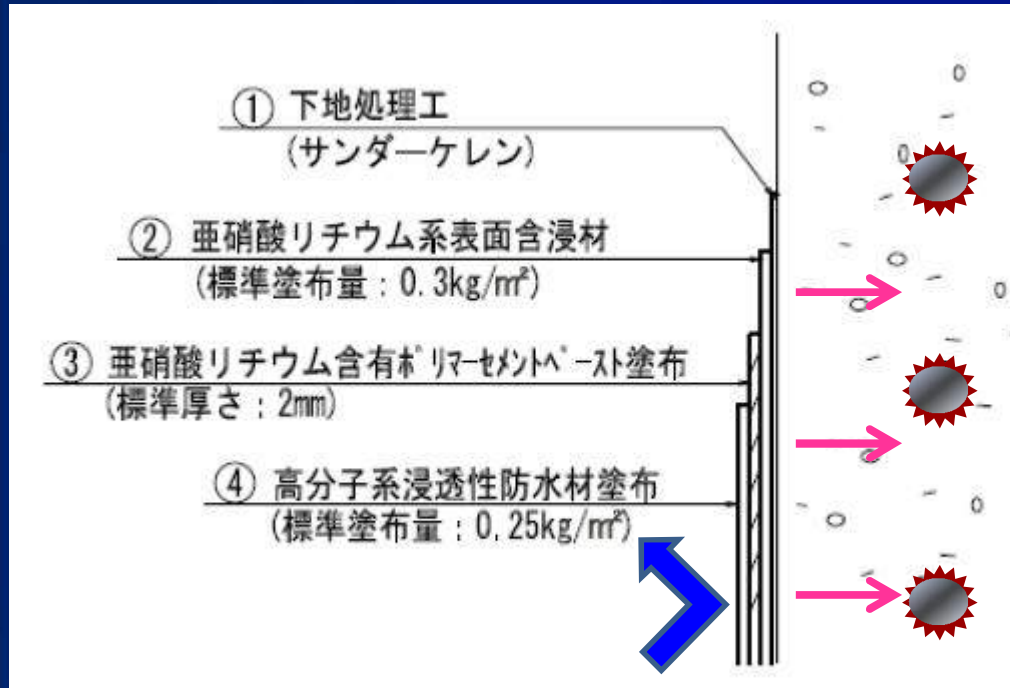
【リハビリ被覆工法】

- 種類
- ・亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントペースト
＋高分子系浸透性防水材（例）
- 目的
- ・コンクリート表面からの劣化因子の侵入抑制
 - ・美観性向上
 - ・亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制（塩害・中性化）
 - ・亜硝酸リチウムによるASR膨張抑制（ASR）

【リハビリ被覆工法】 塩害・中性化に対して

『表面被覆材による劣化因子の遮断』

プラスアルファとして『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』を付与



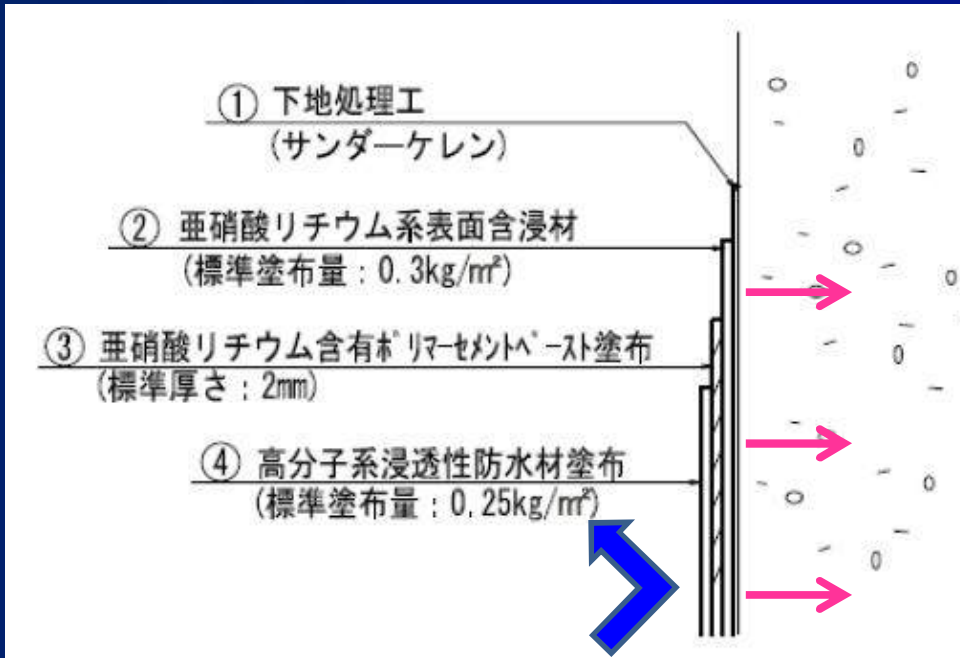
- ①コンクリート表面を下地処理する
- ②亜硝酸リチウム系含浸材を塗布し、内部へ含浸させる ⇒ 鉄筋防錆
- ③亜硝酸リチウムを含有したポリマーセメントモルタル系表面被覆材にて
コンクリート表面をコーティングする ⇒ 鉄筋防錆、劣化因子の遮断
- ④被覆層の保護のために、上塗りを行う

コンクリート表面から鉄筋に向けて亜硝酸イオンを浸透させる

【リハビリ被覆工法】 ASRに対して

『表面被覆材による劣化因子(水分)の遮断』

プラスアルファとして『リチウムイオンによるゲルの非膨張化』を部分的に付与



①コンクリート表面を下地処理する

②亜硝酸リチウム系含浸材を塗布し、内部へ含浸させる ⇒ **ゲルの非膨張化**

③亜硝酸リチウムを含有したポリマーセメントモルタル系表面被覆材にて
コンクリート表面をコーティングする ⇒ **ゲルの非膨張化、劣化因子の遮断**

④被覆層の保護のために、上塗りを行う

コンクリート表層部にリチウムイオンを浸透させる

【リハビリ被覆工法のメリット】

- ・単なる劣化因子の遮断だけでなく、**亜硝酸リチウムの効果**を付与できる
 - 塩害・中性化 : 鉄筋腐食抑制
 - ASR : ASRゲル膨張抑制

【リハビリ被覆工法のデメリット】

- ・無機系であるため、ひび割れ追従性はない

【リハビリ被覆工法の適用限界】

- ・**主たる目的**はあくまで「劣化因子の侵入抑制」
- ・亜硝酸リチウムによる**プラスアルファの効果の限界**
- ・亜硝酸リチウムの含浸深さ(=亜硝酸リチウムの効果)は表層の数10mm程度の範囲に限定される。
- ・亜硝酸リチウムの物理的な塗布可能量には限界がある。
- ・一般的な表面被覆工法と同様に、コンクリート表面を覆うため、以後のモニタリング性は低下する。

2. 4 断面修復工法 『リハビリ断面修復工法』



REHABILI
PSL-40
リハビリ工法

断面修復工法用亜硝酸リチウム40%水溶液「PSL-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**

【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。亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタルに適合した量の断面修復工法用亜硝酸リチウム40%水溶液を含有したポリマーセメントモルタルを使用します。ポリマーセメントモルタルは付着性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、湿式吹付工法での施工が可能です。断続が簡単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は、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材として、「プロコンガードプライマー」と「リハビリペースト」を塗布します。その後、断面修復工法用亜硝酸リチウム40%水溶液を含有したポリマーセメントモルタルで断面修復をすることによって、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・湿式吹付工法による断面修復
断面修復材：断面修復工法用亜硝酸リチウム40%水溶液「PSL-40」含有ポリマーセメントモルタル
鉄筋防錆剤：「プロコンガードプライマー」(亜硝酸リチウム系表面塗布材)「リハビリペースト」(亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントペースト)

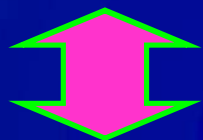
【施工手順】
1. コンクリートの脆弱な範囲を電動ピック等でハツリ取ります。
2. 露出した鉄筋の表面をアスチクサンダー等によりケレンし、入念に錆を落とします。
3. はつり面に「プロコンガードプライマー」を塗布する。
4. 鉄筋防錆材として「リハビリペースト」を鉄筋表面に塗布します。
5. 「PSL-40」含有ポリマーセメントモルタルを用いて、左官工法にて断面修復します。(層分厚によって適合量を調整する。)

物 性 例				
試験項目	材 質	亜硝酸リチウム 20kg/m ³ 配合	亜硝酸リチウム 55kg/m ³ 配合	備 考
圧縮強度 (N/mm ²)	1日	21.4	20.3	40x40x160mm 試験体
	7日	47.2	42.6	
	28日	60.3	57.2	
曲げ強度 (N/mm ²)	1日	4.7	4.7	40x40x160mm 試験体
	7日	8.5	8.3	
	28日	9.4	9.3	
長さ変化率 (x10 ⁻⁴)	28日	-4.3	-4.7	40x40x160mm 試験体20℃,60%RH
	28日	0	0	
	28日	0	0	
※試験前であり、保証値ではありません。 ※リハビリペーストSP「PSL-40」を投入した試験体です。				



【一般的な断面修復工法】

- 材料 ・ポリマーセメントモルタル系
- 目的 ・コンクリート浮き、はく離部の修復
・劣化因子(塩化物イオン)の除去



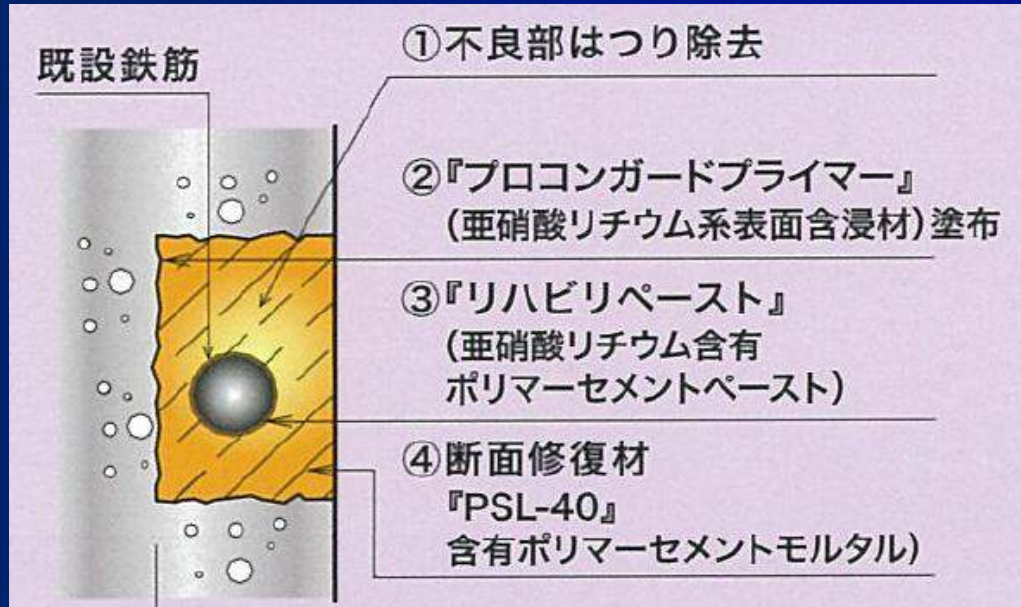
【リハビリ断面修復工法】

- 材料 ・亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタル
- 目的 ・コンクリート浮き、はく離部の修復
・劣化因子(塩化物イオン)の除去
・亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制 (塩害・中性化)
・亜硝酸リチウムによるマクロセル腐食抑制

【断面修復工法】

『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』

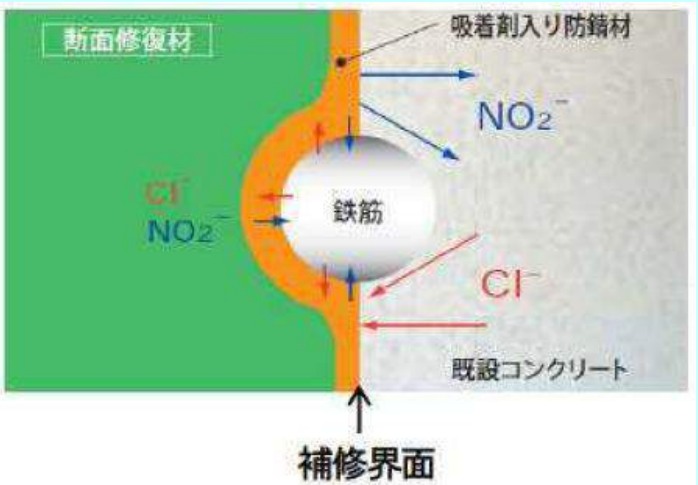
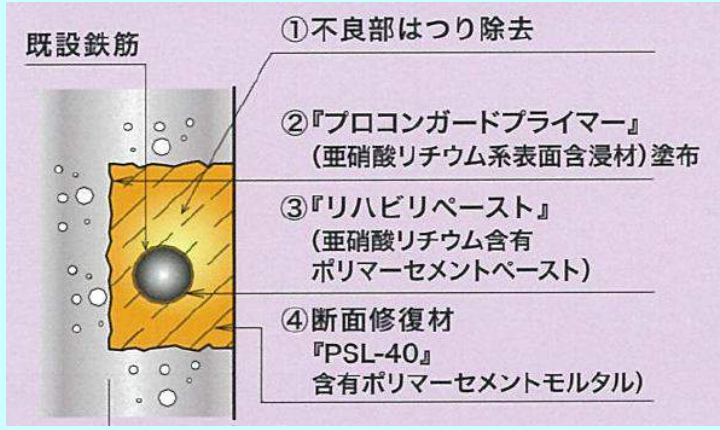
『コンクリート劣化部の除去』およびそれに伴う『内部の塩化物イオンの除去』



- ①かぶりコンクリートの不良部をはつりとり、鉄筋を露出させる
- ②露出した鉄筋の錆をケレンした後、亜硝酸リチウム系含浸材および亜硝酸リチウム含有ペーストを塗布する ⇒ 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断面欠損部を修復する

はつりだした鉄筋に直接亜硝酸イオンを供給する

【付加価値のある断面修復工法の例】

種別	特長	備考
<p>塩分吸着剤を配した断面修復工</p>	 <p>The diagram shows a cross-section of a concrete repair. A central steel rebar (鉄筋) is surrounded by a repair material (断面修復材) in green. The repair material contains salt adsorbents (吸着剤入り防錆材) that adsorb chloride ions (Cl⁻) and nitrite ions (NO₂⁻) from the surrounding concrete (既設コンクリート). This process releases nitrite ions into the concrete, creating a high corrosion-resistant environment. The repair interface (補修界面) is clearly marked.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート中の塩化物イオンを塩分吸着剤により吸着固定し、かつ亜硝酸イオンをコンクリート中に放出する。 ・長期的にわたりコンクリート中に高い防錆環境を創出するコンクリート体質改善型断面修復技術
<p>亜硝酸リチウム併用型断面修復工</p>	 <p>The diagram illustrates a four-step repair process for a steel rebar (既設鉄筋):</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 不良部はつり除去 (Remove the defective part) ② 『プロコンガードプライマー』 (亜硝酸リチウム系表面含浸材) 塗布 (Apply Procon Guard Primer, a surface impregnation material containing lithium nitrite) ③ 『リハビリペースト』 (亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントペースト) (Apply Rehab Paste, a polymer cement paste containing lithium nitrite) ④ 断面修復材 『PSL-40』 含有ポリマーセメントモルタル (Apply repair material PSL-40, a polymer cement mortar containing lithium nitrite) 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートをはつりとり、鉄筋を露出させる ・鉄筋の錆をケレンした後、亜硝酸リチウム系防錆材を塗布 ・亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタルにて断面欠損部を修復する ・塩化物イオン量に応じて亜硝酸リチウム混入量を設定

【リハビリ断面修復工法のメリット】

- ・浮き、はく離部を単に断面修復するだけでなく、**亜硝酸リチウムの効果**を付与できる
 - 塩害・中性化 : 鉄筋腐食抑制
- ・特に塩害の場合、塩化物イオン濃度に応じて**亜硝酸リチウム混入量**を定量的に設定することができる。

【リハビリ断面修復工法のデメリット】

- ・亜硝酸リチウム混入量が多くなると、単位当たりの施工費が**高価**となる

【リハビリ断面修復工法の適用限界】

- ・一般的な断面修復工法と同様に、**補修効果は断面修復した範囲に限定**される。(あたりまえですが。)
- ・劣化原因が塩害や中性化の場合、浮きはく離範囲(=断面修復範囲)**以外**でも鉄筋腐食は進行している。



リハビリ断面修復工法と他工法とを組み合わせた**総合的な補修**

2.5 内部圧入工法(その1) 『リハビリカプセル工法』



NETIS:CG-120005-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-A

**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折損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。

施工仕様

圧入装置:カプセル式高圧注入機『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:剛孔径はφ10mm
剛孔間隔は500mmを標準とする
(部材寸法や構造規模に応じて決定)
剛孔深さは75mm~250mm

施工手順

1. 施工面を高圧洗浄またはディスクラ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開孔します。
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. 本加圧注入工完了後、着色反応試験により『プロコン40』の浸透状況を確認します。
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、施工完了です。

施工事例

リハビリカプセル工法施工状況

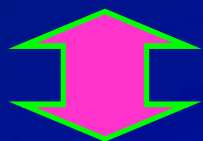
リハビリカプセル機設置状況

工法概念図

50

【一般的な内部圧入工法】

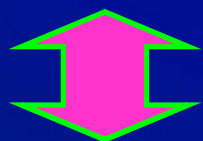
該当なし



【リハビリカプセル工法】

材料 ・浸透拡散型亜硝酸リチウム

目的 ・基本的に、
亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制（塩害・中性化）



根本的な鉄筋腐食抑制という
同じ目的で適用される工法

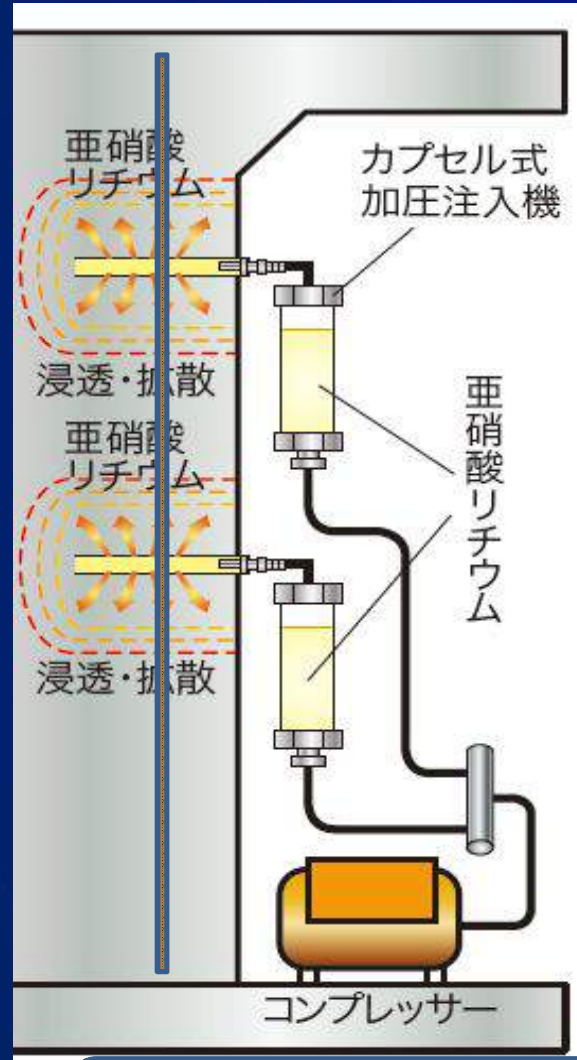
【電気防食工法】

目的 ・防食電流の通電による鉄筋腐食抑制（塩害・中性化）

【リハビリカプセル工法】・・・塩害・中性化に対して

『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』

(NETIS:CG-12005-A)



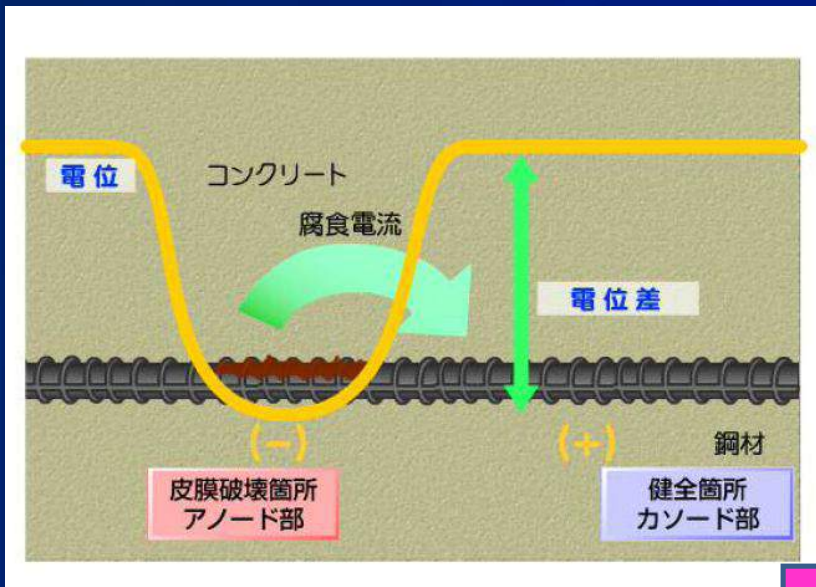
- ①コンクリートにφ10mm、L=100mm程度の削孔を500mmの間隔で行う
- ②カプセル式加圧装置にて浸透拡散型亜硝酸リチウムを部材表層部に内部圧入する
- ③削孔箇所を充填材にて埋め戻す



以後の鉄筋腐食を根本的に抑制する

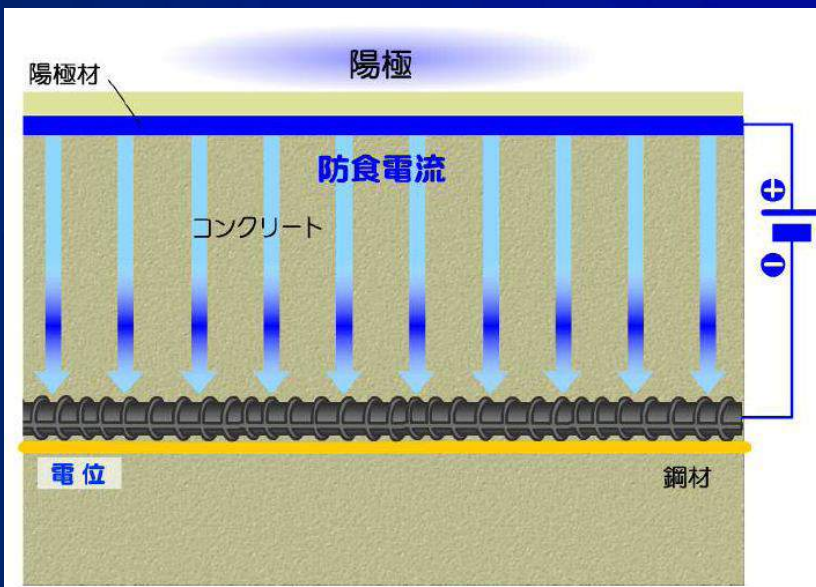
削孔箇所から鉄筋周囲へ亜硝酸イオンを圧入する

【電気防食工法の概念】



鉄筋腐食

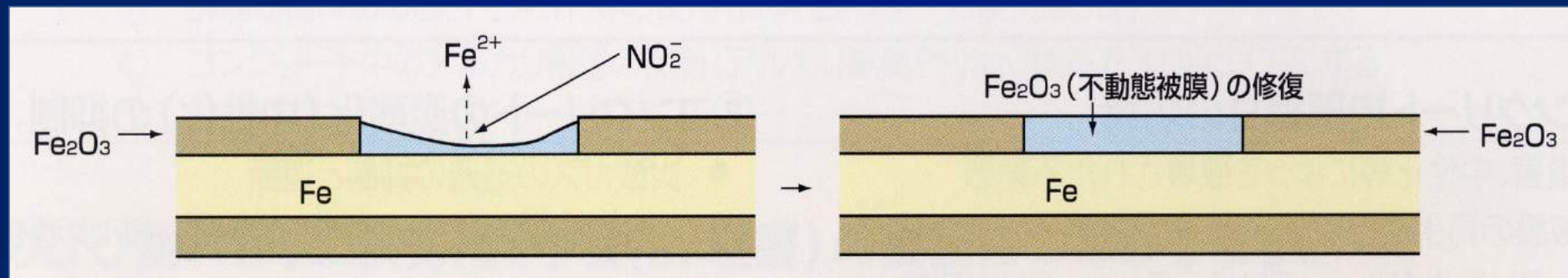
- ・不動態皮膜が破壊された箇所では鉄がイオン化する**アノード反応**、健全な箇所では酸素が還元される**カソード反応**が起こる
- ・アノード部でイオン化した鉄は錆へと変化
- ・このときアノード部とカソード部では**電位差**が生じ、**腐食電流**が流れる



電気防食

- ・コンクリート表面に陽極材を設置し、鉄筋を陰極として微弱な防食電流 (5~30mA/m²程度) を流す
- ・防食電流はカソード部に優先的に流れるため**電位差が解消**され、**腐食電流が消失**し鋼材表面での化学反応が停止

【亜硝酸イオンによる鉄筋腐食抑制の概念】



抑制根拠 : 亜硝酸イオンが不動態被膜を再生し、鉄筋腐食を抑制する

基本方針 : 不動態被膜を再生するために必要な亜硝酸イオンを供給する

【劣化要因が塩害の場合】

既往の研究により、以下の亜硝酸イオン量があればOK

$[NO_2^-] / [Cl^-]$ モル比 = 1.0となる量

例)

鉄筋位置での塩化物イオン濃度	亜硝酸リチウム必要量	亜硝酸リチウム40%水溶液必要量
1.2kg/m ³	1.97kg/m ³	4.48kg/m ³
5.0kg/m ³	7.47kg/m ³	18.67kg/m ³
10.0kg/m ³	14.94kg/m ³	37.34kg/m ³

これだけの量の亜硝酸リチウムをコンクリート中に供給できる工法は内部圧入だけ

【リハビリカプセル工法のメリット】

- ・亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制効果を最も積極的に活用する工法。
- ・塩害の場合、塩化物イオン濃度に応じて亜硝酸リチウム圧入量を定量的に設定することができる。



- ・腐食発生限界を超える塩化物イオン存在下でも鉄筋を腐食させない。

【リハビリカプセル工法のデメリット】

- ・亜硝酸リチウム圧入量が多くなると、単位当たりの施工費が高価となる

【リハビリカプセル工法の適用限界】

- ・高強度コンクリートへの適用不可
(上限の圧縮強度: 40N/mm²)
- ・塩化物イオン濃度が過度に含まれている場合は適用不可
(上限の塩化物イオン濃度: 10kg/m³程度)
- ・浮き、はく離の著しい範囲には断面修復工法を施す必要がある。



リハビリ断面修復工法とリハビリカプセル工法とを組み合わせた
総合的な塩害補修

2.6 内部圧入工法(その2) 『ASRリチウム工法』



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!

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』
※TBS/CO-100022-A
 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物毎に決定
 注 入 孔: 孔 径 は φ10mm 又は φ20mm (※孔 径 並 に 決 定)
 注 入 孔 間 隔 は 500mm ~ 1,000mm (※材 寸 法 や 構 造 物 状 態 に 応 じて 決 定)
 注 入 深 さ は 300mm ~ 4,000mm

施工事例

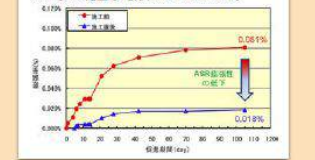


施工手順

1. 施工面を高圧洗浄またはアイスクラ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リングを行い、圧入時の『プロコン40』の露出を防ぎます。
3. 鉄筋検査を行った後に圧入孔を穿孔します。
4. リハビリ圧入機、配圧ホース、加圧パッカーを設置します。
5. 全圧入孔に対して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. 全圧入孔に対して1回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. 本加圧注入工完了後、呈色反応試験により『プロコン40』の浸透状況を確認します。
8. 無収縮グラウト材により全圧入孔を充填します。
9. 表面を仕上げて施工完了です。

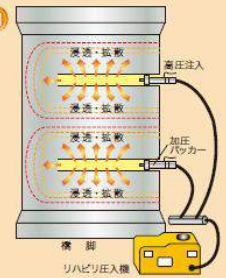
補修効果の検証

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量検査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。



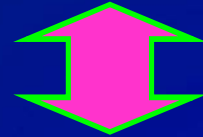
ASRリチウム工法施工前後の残存量検査試験結果(JCH-D02法)の例

工法概念図



【一般的な内部圧入工法】

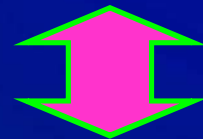
該当なし



【ASRリチウム工法】

材料 ・浸透拡散型亜硝酸リチウム

目的 ・基本的に、
亜硝酸リチウムによるASR膨張抑制（ASR）



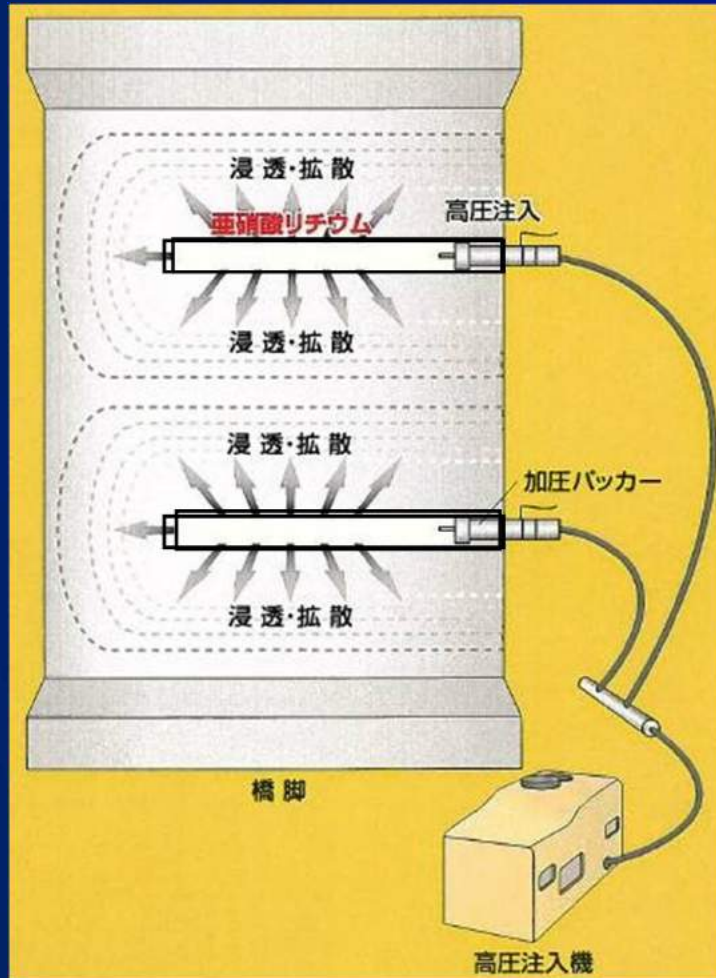
根本的なASR膨張抑制という
同じ目的で適用される工法

【新技術】

該当なし

【ASRリチウム工法】・・・ 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。

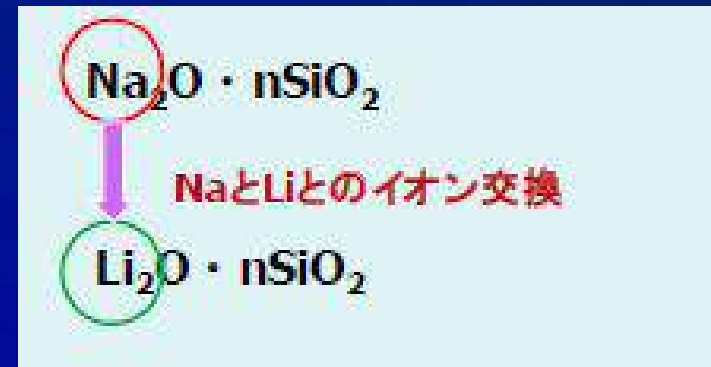
注入量 : Li/Naモル比0.8となる LiNO_2
削孔径 : $\phi 10\text{mm}$, 20mm , 38mm
削孔間隔 : 500mm , 750mm , 1000mm
注入圧力 : $0.5\text{MPa} \sim 1.5\text{MPa}$
注入期間 : 20日～40日程度

- 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、浸透拡散型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



【リチウムイオンによるASR膨張抑制の概念】



抑制根拠 : リチウムイオンがASRゲルを非膨張化し、ASR膨張を抑制する

基本方針 : ASRゲルを非膨張化するために必要なリチウムイオンを供給する

既往の研究により、以下のリチウムイオン量があればOK

$[\text{Li}^+] / [\text{Na}^+] \text{モル比} = 0.8 \text{となる量}$

例)

コンクリート中のアルカリ総量	亜硝酸リチウム必要量	亜硝酸リチウム40%水溶液必要量
3.0kg/m ³	4.10kg/m ³	10.26kg/m ³
4.0kg/m ³	5.47kg/m ³	13.68kg/m ³
5.0kg/m ³	6.84kg/m ³	17.10kg/m ³

これだけの量の亜硝酸リチウムをコンクリート全体に供給できる工法は内部圧入だけ

【ASRリチウム工法のメリット】

- ・亜硝酸リチウムによるASRゲル膨張抑制効果を最も積極的に活用する工法。
- ・アルカリ総量に応じて亜硝酸リチウム圧入量を定量的に設定することができる。



- ・ASR膨張を根本的に抑制する唯一の工法であり、再劣化が生じない。

【ASRリチウム工法のデメリット】

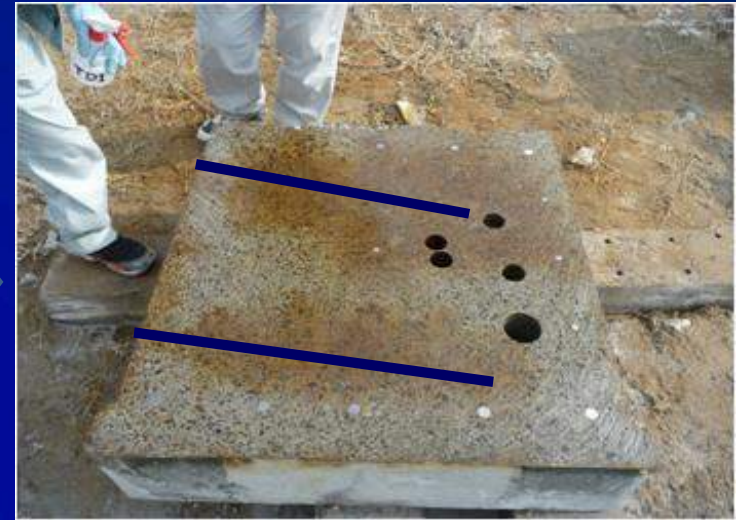
- ・施工工期が長く、単位当たりの施工費が高価となる
- ・圧入後の表面仕上げによっては、ひび割れからの漏水や遊離石灰の析出などが目立つ場合もある

【ASRリチウム工法の適用限界】

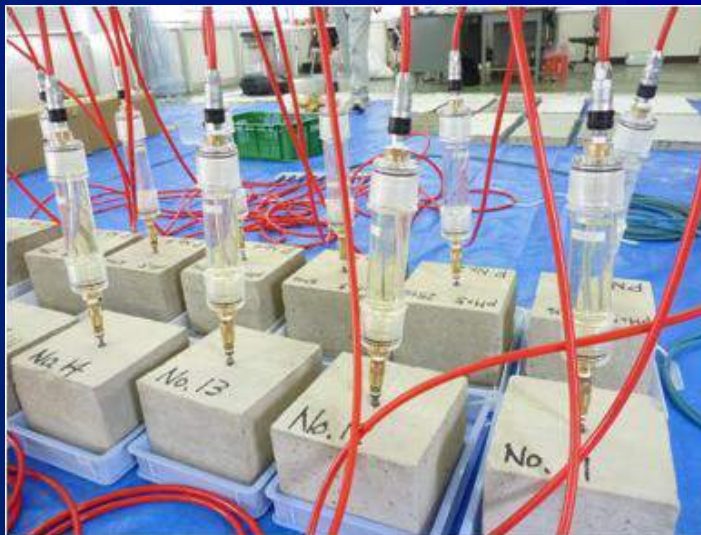
- ・高強度コンクリートへの適用不可
(上限の圧縮強度: 40N/mm²)
- ・残存膨張量が無害の構造物に対しては適用する意味がない

参考 : 亜硝酸リチウムの浸透深さ(内部圧入工の場合)

油圧式



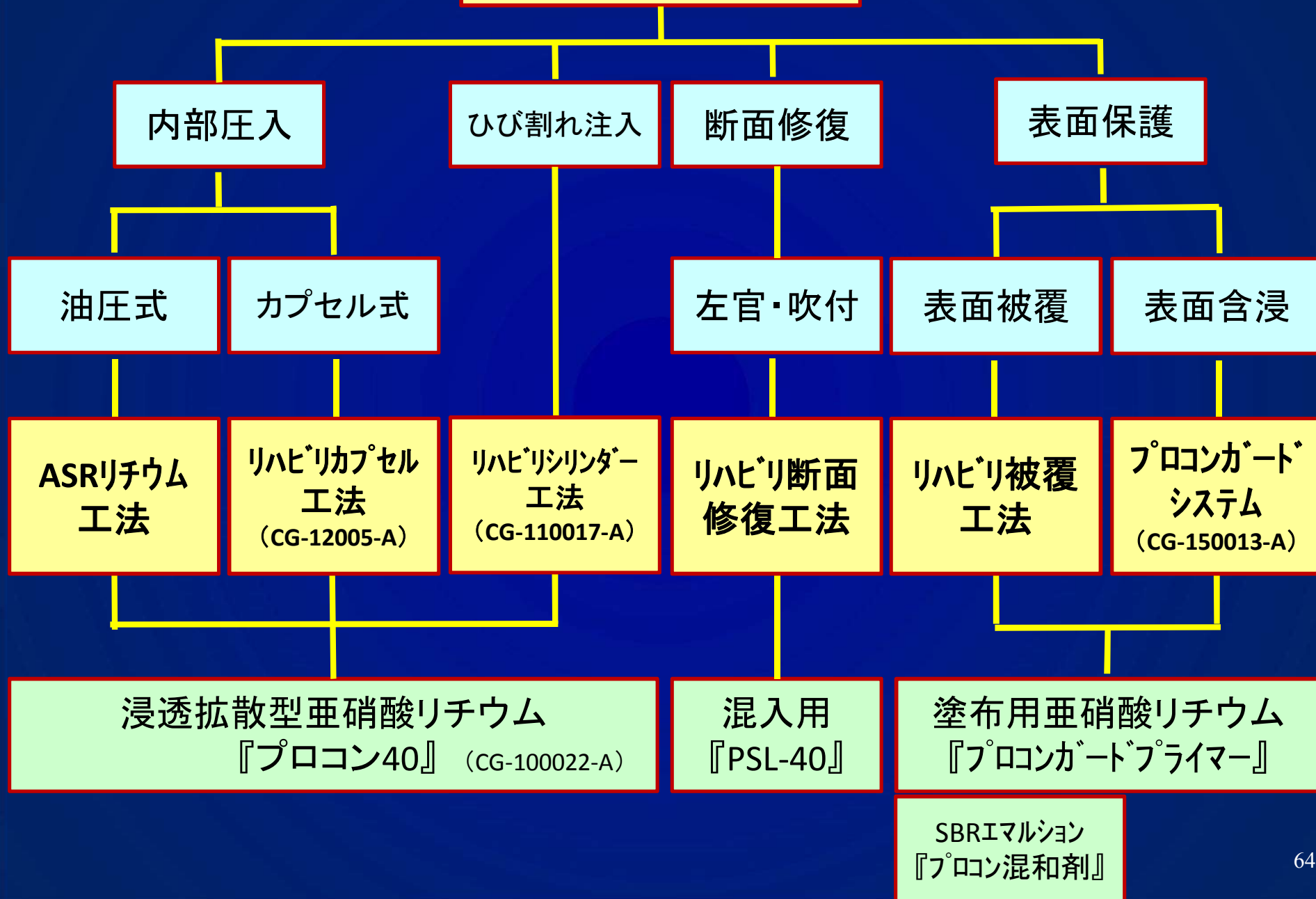
カプセル式



2.7 亜硝酸リチウム製品



リハビリ工法



【プロコン40】

- 名称 : 浸透拡散型亜硝酸リチウム
用途 : ・内部圧入「リハビリカプセル工法」
「ASRリチウム工法」の抑制剤
・ひび割れ注入「リハビリシリンダー工法」の先行注入材
外観 : 黄色透明
特徴 : 亜硝酸リチウム製品として唯一の
NETIS登録技術 (NETIS:CG-100022-A)



【PSL-40】

- 名称 : 断面修復混入用亜硝酸リチウム
用途 : ・断面修復「リハビリ断面修復工法」の
ポリマーセメントモルタルに混入
外観 : 青色透明
特徴 : ポリマーセメントモルタル1m3に対し、
最大55kg(亜硝酸リチウム有効成分
として)まで混入



【プロコンガードプライマー】

名称 : 表面含浸・表面被覆用亜硝酸リチウム

用途 : ・表面含浸「プロコンガードシステム」の第1層目
・表面被覆「リハビリ被覆工法」の第1層目
断面修復「リハビリ断面修復工法」のハツリ面への塗布

外観 : 青色透明

特徴 : 塗布施工専用の亜硝酸リチウム



【プロコン混和剤】

名称 : 亜硝酸リチウム含有SBRエマルジョン

用途 : ・表面被覆「リハビリ被覆工法」の亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントペースト用混和剤

外観 : 乳白色

特徴 : RVパウダーと配合して使用

