

# 劣化機構に応じたコンクリート補修の 基本的な考え方

---

一般社団法人コンクリートメンテナンス協会  
極東興和株式会社

江良 和徳

# 本日の主な内容

---

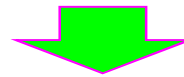
1. はじめに
2. 塩害・中性化補修の基本的な考え方
  - 塩害・中性化の劣化メカニズム
  - 塩害・中性化の補修工法選定
  - 潜伏期・進展期・加速期・劣化期
3. 亜硝酸リチウムを用いた補修技術
4. 建築分野での補修事例紹介
5. 劣化機構に応じた補修工法の選定の考え方

# 1. はじめに

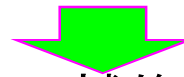
## 【これで十分でしょうか？】

例えば、

- ・ひび割れが生じている ⇒ ひび割れ注入
- ・コンクリートの浮き、はく離、鉄筋露出が生じている ⇒ 断面修復



これらは決して間違った判断ではない。選択肢としてはあり得る。  
ただ、これらの**対策工法で十分か否か**の根拠はあるか？



劣化の原因と程度によって、補修工法に**要求される性能**が異なる。  
劣化は進行する。**補修した箇所**も劣化は進行する。

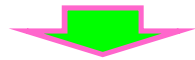


『劣化機構、劣化程度に応じた補修要求性能の設定』  
『ライフサイクルを考慮した維持管理方針(シナリオ)の策定』

## 【コンクリートの変状】

例えば「ひび割れ」を例にすると、

- ・下記の3枚はいずれも「ひび割れ」の写真
- ・しかし、土木学会ではこれらの原因を「初期欠陥」「損傷」「劣化」の3種類に区分



現象としては同じひび割れ。でも原因が異なれば対策方針が異なる。



## 【コンクリートの変状】

---

- ・コンクリートの変状は、「初期欠陥」、「損傷」、「劣化」の3種類に区分される

### 【初期欠陥】

施工時に発生した変状

(乾燥収縮、ジャンカ、コールドジョイント、砂すじ, etc.)

### 【損傷】

地震や衝突などによるひび割れや剥離など, 短時間のうちに発生し,  
時間経過によって進行しないもの

### 【劣化】

時間の経過に伴って進行するもの

(中性化, 塩害, 凍害, 化学的侵食, ASR, 疲労)

## 2. 塩害・中性化補修の基本的な考え方



## 【塩害】・・・劣化メカニズム

### 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
- ・浸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



### 劣化進行

- ・塩化物イオンが鉄筋位置に到達
- ・鉄筋位置の塩化物イオン量が一定量(腐食発生限界)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



### 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



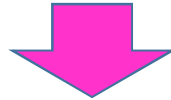
## 【塩害】 … 劣化事例



## 【中性化】…劣化メカニズム

### 原因

- ・大気中の二酸化炭素がコンクリート中 ( $\text{pH}=12$ 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て炭酸カルシウムを生成
- ・その結果, コンクリート中の $\text{pH}$ が低下 ( $\text{pH}=11$ 以下) する



### 劣化進行

- ・中性化領域はコンクリート表面から内部に向かって進行する
- ・中性化領域が鉄筋付近まで到達すると鋼材の不動態皮膜が破壊され, 鉄筋が腐食する

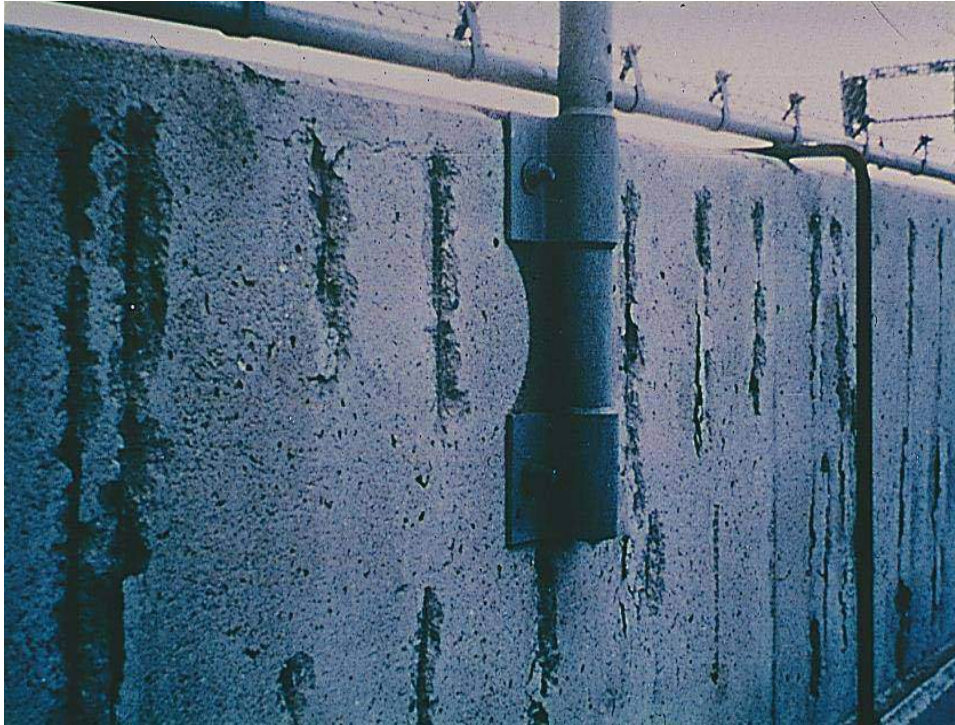


### 性能低下

- ・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



## 【中性化】… 劣化事例



壁高欄のコンクリートはく落

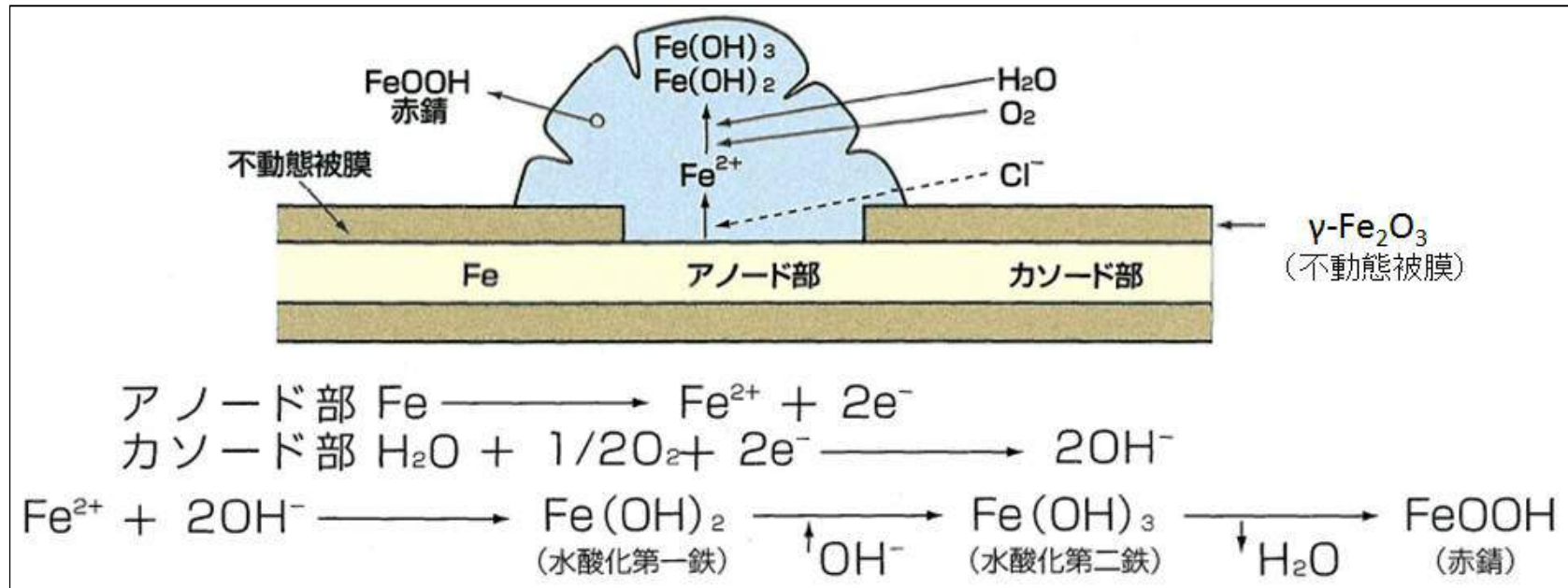
- ・道路橋壁高欄
- ・自動車の排気ガスによるCO<sub>2</sub>供給
- ・はく離箇所以外の鉄筋も腐食



張出し床版下面の鉄筋露出

- ・RC上部工の張出し床版下面
- ・もともと鉄筋かぶりが不足
- ・早期に中性化領域が鉄筋位置に到達

## 【塩害・中性化】 … 鉄筋腐食の模式図



- 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



この2種類の反応が同時に起こるのが鉄筋腐食反応



## 【塩害】・・・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】・・・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？

## 【塩害・中性化】 … 一般的な補修工法と要求性能

①劣化因子の遮断（塩化物イオン, 二酸化炭素, 水, 酸素の侵入を低減）

【表面含浸工法】

【表面被覆工法】

【ひび割れ注入工法】

②劣化因子の除去

【脱塩工法】（コンクリート中に浸入した塩化物イオンを除去；塩害）

【再アルカリ化】（中性化したコンクリートのアルカリ性を回復；中性化）

③鉄筋腐食の抑制（既に腐食が開始している鉄筋の腐食進行を抑制）

【電気防食工法】

【鉄筋防錆材（亜硝酸リチウム）の活用】

④コンクリート脆弱部の修復（コンクリート浮き、はく離、鉄筋露出部の修復）

【断面修復工法】

## 【塩害・中性化補修の基本的な考え方】 … 1. 潜伏期

### 【劣化の状態】

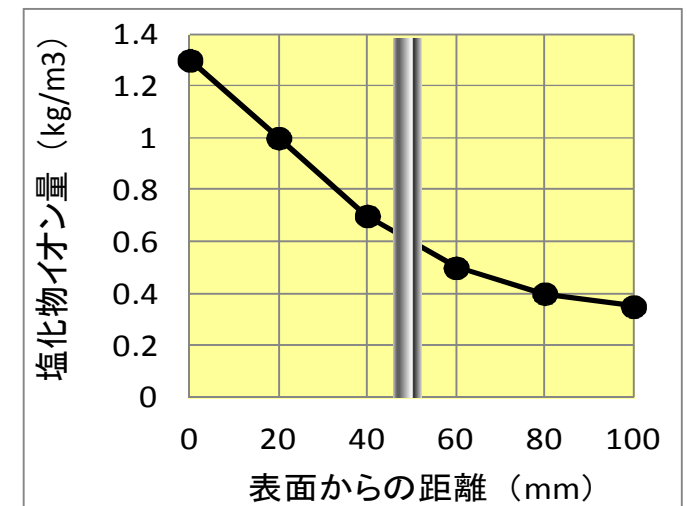
- ・外観上の変化は見られない
- ・腐食発生限界塩化物イオン濃度以下(塩害の場合)
- ・中性化残りが発錆限界以上(中性化の場合)  
⇒ まだ鉄筋腐食環境には陥っていない



### 【補修工法の主たる要求性能】

- ・塩化物イオンを侵入させない(塩害の場合)
- ・二酸化炭素を侵入させない(中性化の場合)  
⇒ 鉄筋の腐食環境をつくらない

※この段階で何らかの対策を実施するのが最も上流の予防保全





## 【塩害・中性化補修の基本的な考え方】 … 1. 潜伏期

### 【維持管理シナリオに応じた補修工法の選定】

#### (1) 経過観察

- ・しばらく様子を見る
- ・劣化予測にて腐食発生限界を超えるまでの期間に余裕がある場合  
⇒ 点検強化、モニタリングによる継続的な状況把握が必須

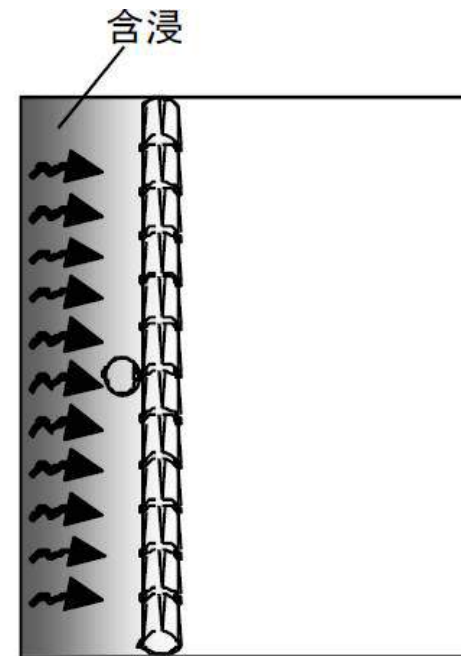
#### (2) 要求性能を満たす表面保護工を定期的に行う

- ・劣化因子を遮断して鉄筋腐食環境を作らないための予防保全
- ・適用する材料には耐用年数があるため、定期的に再補修を行う  
⇒ 劣化因子遮断性を途切れさせない  
⇒ 軽微な処置を繰り返すことで塩害劣化させない

## 【参考：表面含浸工法】

目的：劣化因子の侵入抑制

- ・シラン系含浸材 ➡ 撥水効果付与
- ・けい酸塩系含浸材 ➡ コンクリートの緻密化

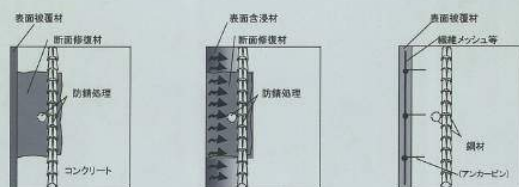


- ・ハケ, ロールにより塗布含浸する
- ・含浸深さは数mm～数十mmで, 使用材料によって異なる

## 【参考：表面含浸工法】

119 コンクリートライブラリー

### 表面保護工法 設計施工指針（案）

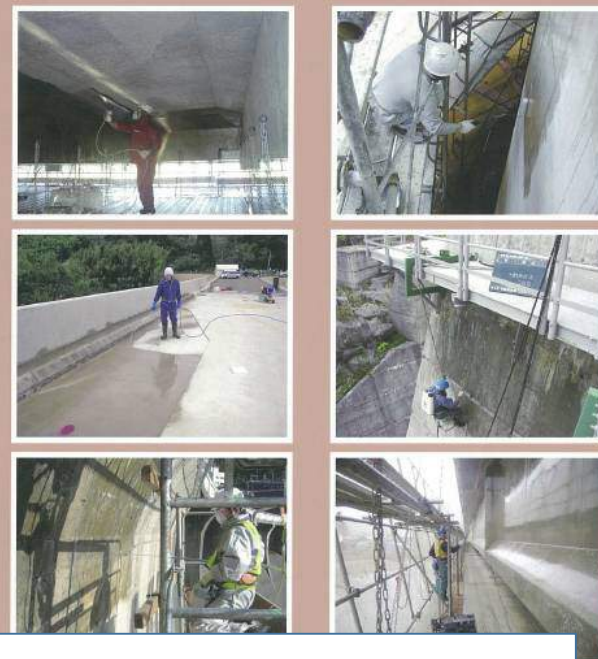


### けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案） P.27より抜粋

『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。』

137 コンクリートライブラリー

### けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）



## 【参考：表面含浸工法】

| 種別    |              | 特長                                                                                                                                                 | 備考                                                                                                       |
|-------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| シラン系  |              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・細孔を埋めないため呼吸性を損なわない。</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・環境によっては中性化を促進することもある。</li> <li>・滞水する部位では適用困難。</li> </ul>         |
| けい酸塩系 | 反応型<br>けい酸塩系 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・けい酸ナトリウム系</li> <li>・けい酸カリウム系</li> <li>・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。</li> <li>・水分供給により再度溶解。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・微細ひび割れを閉塞。</li> <li>・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。</li> </ul>  |
|       | 固化型<br>けい酸塩系 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・けい酸リチウム系</li> <li>・材料自体の乾燥固化により空隙を充填する。</li> <li>・固化物は難溶性。</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・微細ひび割れを閉塞。</li> <li>・表面硬度の向上。</li> <li>・劣化因子遮断性はやや低い。</li> </ul> |

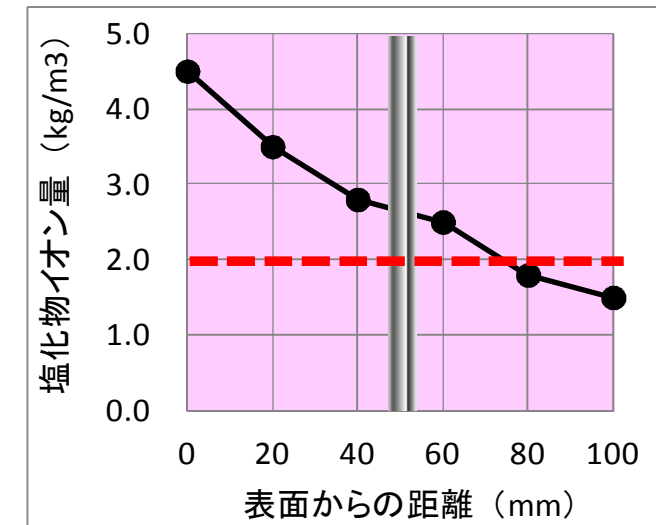
## 【塩害・中性化補修の基本的な考え方】 … 2. 進展期

### 【劣化の状態】

- ・外観上の変化は見られない
- ・腐食発生限界塩化物イオン濃度以上（塩害の場合）
- ・中性化残りが発錆限界未満（中性化の場合）  
⇒ 不動態皮膜の破壊、鉄筋腐食が開始

### 【補修工法の主たる要求性能】

- ・塩化物イオン、二酸化炭素、水、酸素をこれ以上侵入させない
- ・鉄筋腐食の進行速度を抑制する  
⇒ 鉄筋腐食を遅らせ、変状をできるだけ顕在化させない



※まだ変状が生じる前なので予防保全の範疇



## 【塩害・中性化補修の基本的な考え方】 … 2. 進展期

### 【維持管理シナリオに応じた補修工法】

#### (1) 経過観察

- ・現時点で何ら変状が生じていないので、しばらく様子を見る
- ・ただし鉄筋は腐食環境にあるため、将来的には変状が顕在化することを想定  
⇒ **それほど長くは放置できない**

#### (2) 要求性能を満たす表面保護工を定期的に行う

- ・劣化因子を遮断して鉄筋腐食進行を遅らせる
- ・適用する材料には耐用年数があるため、定期的に再補修を行う  
⇒ **既に塩化物イオン濃度は腐食発生限界を超えているため、鉄筋腐食抑制効果を併せ持つ材料、工法を選択するのも効果的**

【参考：付加価値のある表面含浸工法の例】

| 種別                    | 特長                                                                                                                                                                  | 備考                    |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 鉄筋腐食抑制タイプ<br>含浸系表面保護材 | <ul style="list-style-type: none"><li>・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。</li><li>・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。</li></ul>                           | 劣化因子遮断<br>＋<br>鉄筋腐食抑制 |
| 亜硝酸リチウム併用型<br>表面含浸材   | <ul style="list-style-type: none"><li>・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。</li><li>・2層目のけい酸塩系含浸材が表面で乾燥固化し、劣化因子を遮断。</li><li>・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。</li></ul> | 劣化因子遮断<br>＋<br>鉄筋腐食抑制 |

## 【塩害・中性化補修の基本的な考え方】 … 3. 加速期前期

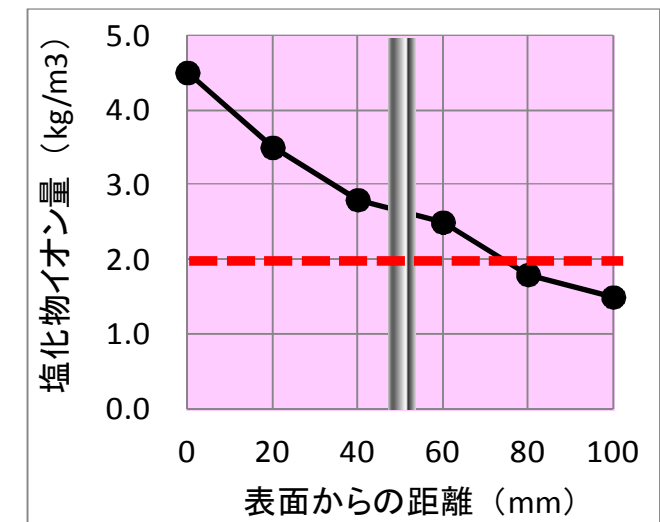
### 【劣化の状態】

- ・腐食ひび割れや浮きが発生
  - ・錆汁が見られることもある
- ⇒ 既に鉄筋腐食が進行している



### 【補修工法の主たる要求性能】

- ・塩化物イオン、二酸化炭素、水、酸素をこれ以上侵入させない
  - ・鉄筋腐食の進行を抑制する
- ⇒ これ以上の変状の増大を防ぐ



※ 既にひび割れ等が発生しているため、ここからは事後保全

## 【塩害・中性化補修の基本的な考え方】 … 3. 加速期前期

### 【維持管理シナリオに応じた補修工法】

#### (1) ひび割れ注入、表面保護、部分断面修復など最小限の補修を定期的に行う

- ・劣化因子を遮断して劣化の進行速度を遅らせる
- ・これらの対策では再劣化する可能性がある
- ・外観変状がまだ比較的軽微な段階では本シナリオがLCCでも有利となることが多い
  - ⇒ 補修のイニシャルコストを最小とし、必要に応じて再補修を繰り返すという選択
  - 各工法に鉄筋腐食抑制効果を併せ持つ材料を選択するのも効果的

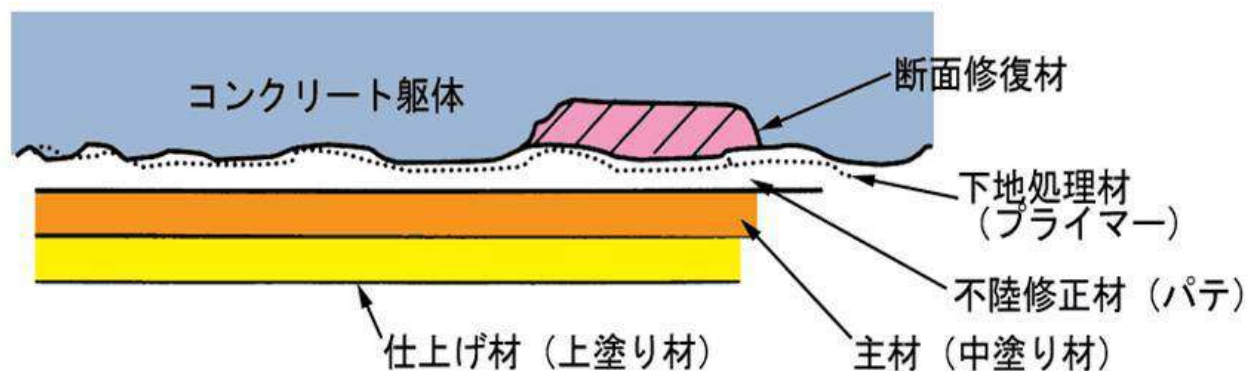
#### (2) 鉄筋腐食を根本的に抑制し、将来的な再劣化を許容しない

- ・電気防食工法（鉄筋腐食を根本的に抑制）
- ・亜硝酸リチウム内部圧入工法（鉄筋腐食を根本的に抑制）
- ・全断面修復（塩化物イオンを含むコンクリートを完全に除去）
  - ⇒ これらの工法を適用すれば、再劣化のリスクを限りなく低減できる
  - 構造物の重要性や費用対効果を十分に検討したうえで適用

## 【参考：表面被覆工法】



- ・コンクリート表面を有機系，無機系などの材料にて被覆することにより，コンクリート表面からの劣化因子の侵入を防ぐ
- ・仕様，グレードなど，被覆材の種類が豊富
- ・ハケ，コテ，ローラーにより塗布する





## 【参考: ひび割れ注入工法】



- ・ひび割れを閉塞することにより、ひび割れを通じた劣化因子の侵入を遮断する
- ・セメント系, ポリマーセメント系, 樹脂系などの種類がある
- ・適用可能なひび割れ幅  
0.2mm～10.0mm程度

### ※ひび割れ注入工とひび割れ充填工

- ・ひび割れ幅が大きいものには経済性の理由によりひび割れ充填工法(Uカット)を適用する場合もある
- ・しかし、鉄筋腐食抑制の観点からはひび割れ充填工法よりもひび割れ注入工法の方が抑制効果が高いと考えられる
- ・劣化要因に応じた工法選定を行うことが重要

## 【参考：断面修復工法（部分断面修復）】



- ・鉄筋腐食によるコンクリートの浮き, はく離, 鉄筋露出が発生
- ・それらの変状箇所を部分的にはつり取り, 断面修復材にて埋め戻す
- ・はつりとした範囲からは塩化物イオンが除去されている(限定的)
- ・境界面付近にマクロセル腐食を生じる可能性もある

### ※部分断面修復と全断面修復

- ・浮き、はく離、鉄筋露出など、コンクリート脆弱部のみを抽出して、最小限の範囲のみはつりとり、断面を修復する工法を部分断面修復と称す。
- ・浮きやはく離の有無に関わらず、全断面をはつりとして全断面を修復する工法を全断面修復と称す。

## 【塩害・中性化補修の基本的な考え方】 … 4. 加速期後期

### 【劣化の状態】

- ・ひび割れ本数、幅、長さの増大。
- ・コンクリートの浮き、はく離、はく落が見られる。  
⇒ 鉄筋腐食が著しく進行し、その速度が最大

### 【補修工法の主たる要求性能】

- ・鉄筋腐食の進行を根本的に抑制する  
⇒ 鉄筋腐食を抑制し、確実に構造物の性能低下を防ぐ



※ 典型的な事後保全

## 【塩害・中性化補修の基本的な考え方】 … 4. 加速期後期

### 【維持管理シナリオに応じた補修工法】

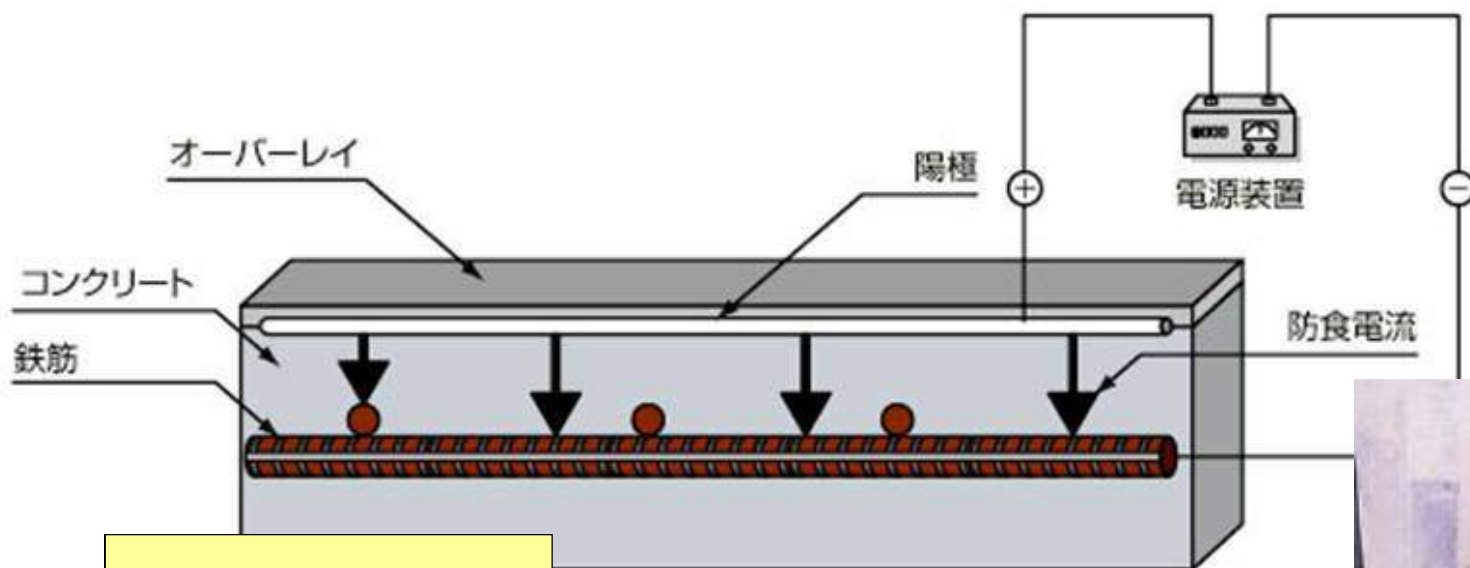
#### (1) ひび割れ注入、表面保護、部分断面修復など最小限の補修を定期的に行う

- ・劣化因子を遮断して劣化の進行速度を遅らせる
- ・これらの対策では早期に再劣化することを覚悟
- ・外観変状が甚大な段階ではLCCで劣ることもある
  - ⇒ 残存供用年数が少ない場合などでは適用されることもある
  - 再劣化と再補修を繰り返すたびに、保有性能は低下し続けることを認識

#### (2) 鉄筋腐食を根本的に抑制し、将来的な再劣化を許容しない

- ・電気防食工法（鉄筋腐食を根本的に抑制）
- ・亜硝酸リチウム内部圧入工法（鉄筋腐食を根本的に抑制）
- ・全断面修復（塩化物イオンを含むコンクリートを完全に除去）
  - ⇒ これらの工法を適用すれば、再劣化のリスクを限りなく低減できる
  - イニシャルコストでは高価となるがLCCでは優れる場合が多い

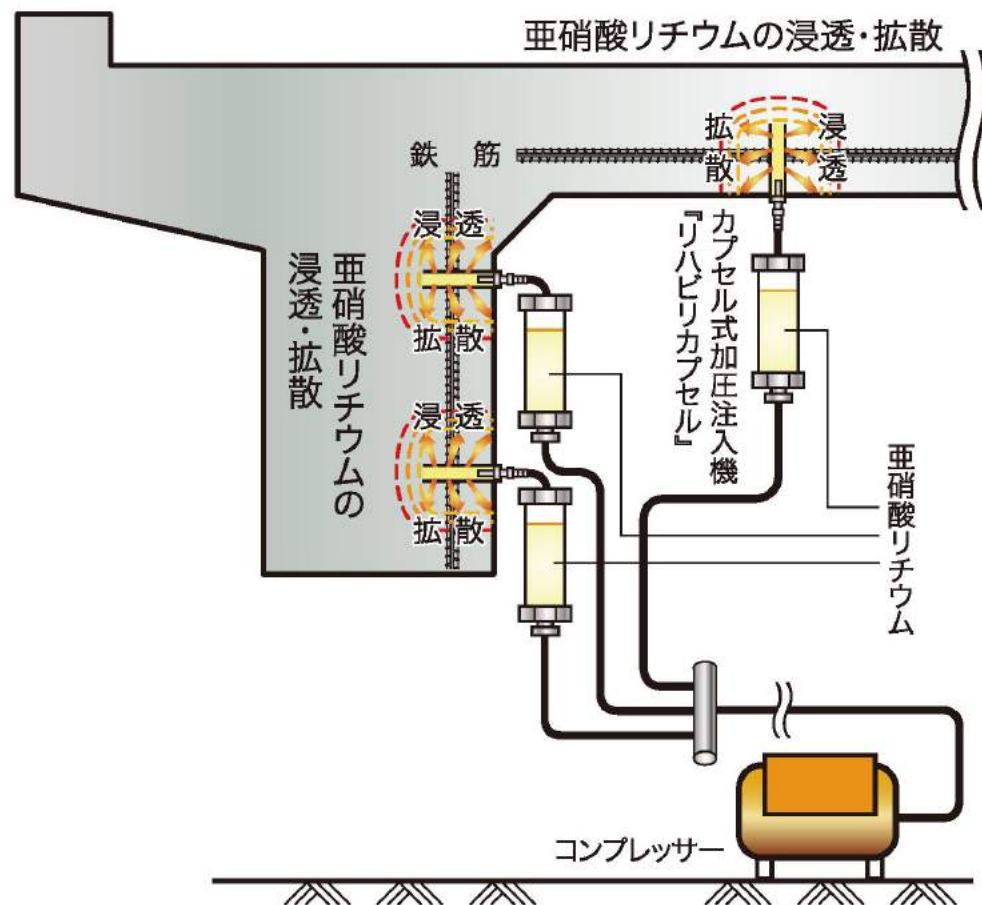
## 【参考：電気防食工法】



- ・コンクリート表面に陽極材を設置する
- ・コンクリート中の鋼材を陰極として直流電流(防食電流)を流す
- ・この防食電流が流れている期間は鋼材の腐食が進行しない



## 【参考：亜硝酸リチウム内部圧入工法】



- 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

不働態皮膜を早急かつ確実に再生する

亜硝酸イオンによる鉄筋腐食抑制効果のみを目的とした工法

## 【参考：断面修復工法（全断面修復）】



- ・鉄筋位置での塩化物イオン濃度が腐食発生限界を超えている場合
- ・かぶり範囲のコンクリートを全てはつり取り、断面修復材にて埋め戻す
- ・「劣化因子の除去」という要求性能を満たすための断面修復工法はこの全断面修復工法を指す

### ※部分断面修復と全断面修復

- ・浮き、はく離、鉄筋露出など、コンクリート脆弱部のみを抽出して、最小限の範囲のみハツリとり、断面を修復する工法を部分断面修復と称す。
- ・浮きやはく離の有無に関わらず、全断面をハツリとって全断面を修復する工法を全断面修復と称す。

## 【塩害・中性化補修の基本的な考え方】 … 5. 劣化期

### 【劣化の状態】

- ・大規模なはく離、はく落。鉄筋の著しい断面減少。
- ・変位、たわみの発生。  
⇒ 耐久性能だけでなく耐荷性能も低下

### 【補修工法の主たる要求性能】

- ・耐荷性、剛性の回復  
⇒ 構造物の安全性を確保

※ 補修だけでなく、補強まで必要となる  
また、供用制限、架け替えなども検討

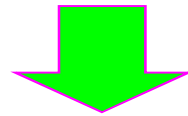


## 【塩害・中性化補修の基本的な考え方】 … 5. 劣化期

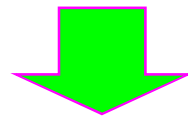
---

### 【維持管理シナリオに応じた補修工法】

構造物の安全性が損なわれている場合



維持管理シナリオを選択する余裕はない



工学的に必要と判断される対策を速やかに採るべき

### 3. 亜硝酸リチウムを用いた補修技術



## 【亜硝酸リチウム】

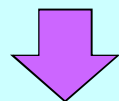
- ・リチウム系化合物のコンクリート補修材料
- ・原材料は「ナフサ」, 「リシア輝石」
- ・外観は青色または黄色の透明水溶液
- ・濃度は40% (限界濃度)

Lithium Nitrite ;  $\text{LiNO}_2$



亜硝酸イオン  
 $\text{NO}_2^-$

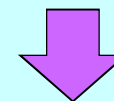
不動態被膜の再生により  
鉄筋腐食を抑制する



『塩害・中性化対策』

リチウムイオン  
 $\text{Li}^+$

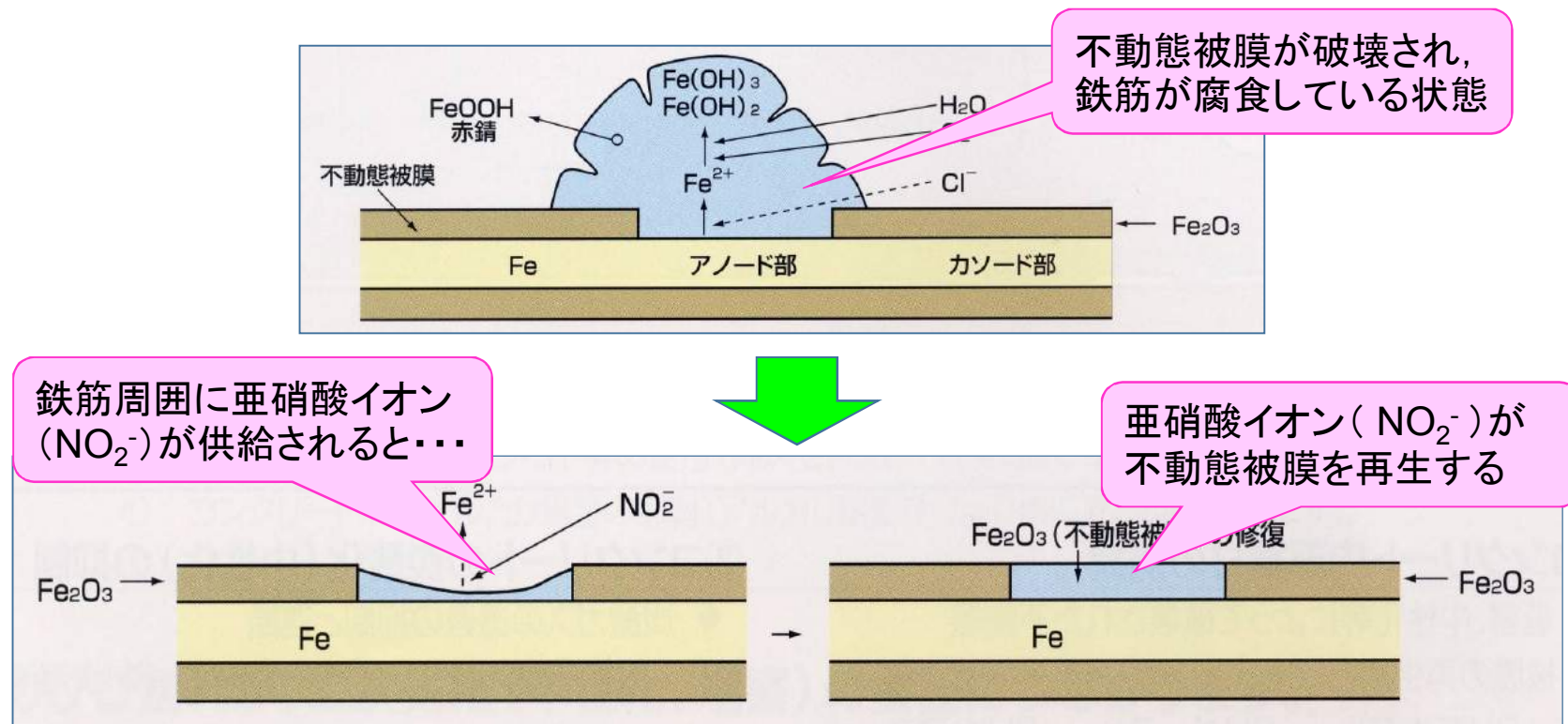
アルカリシリカゲルを  
非膨張化する



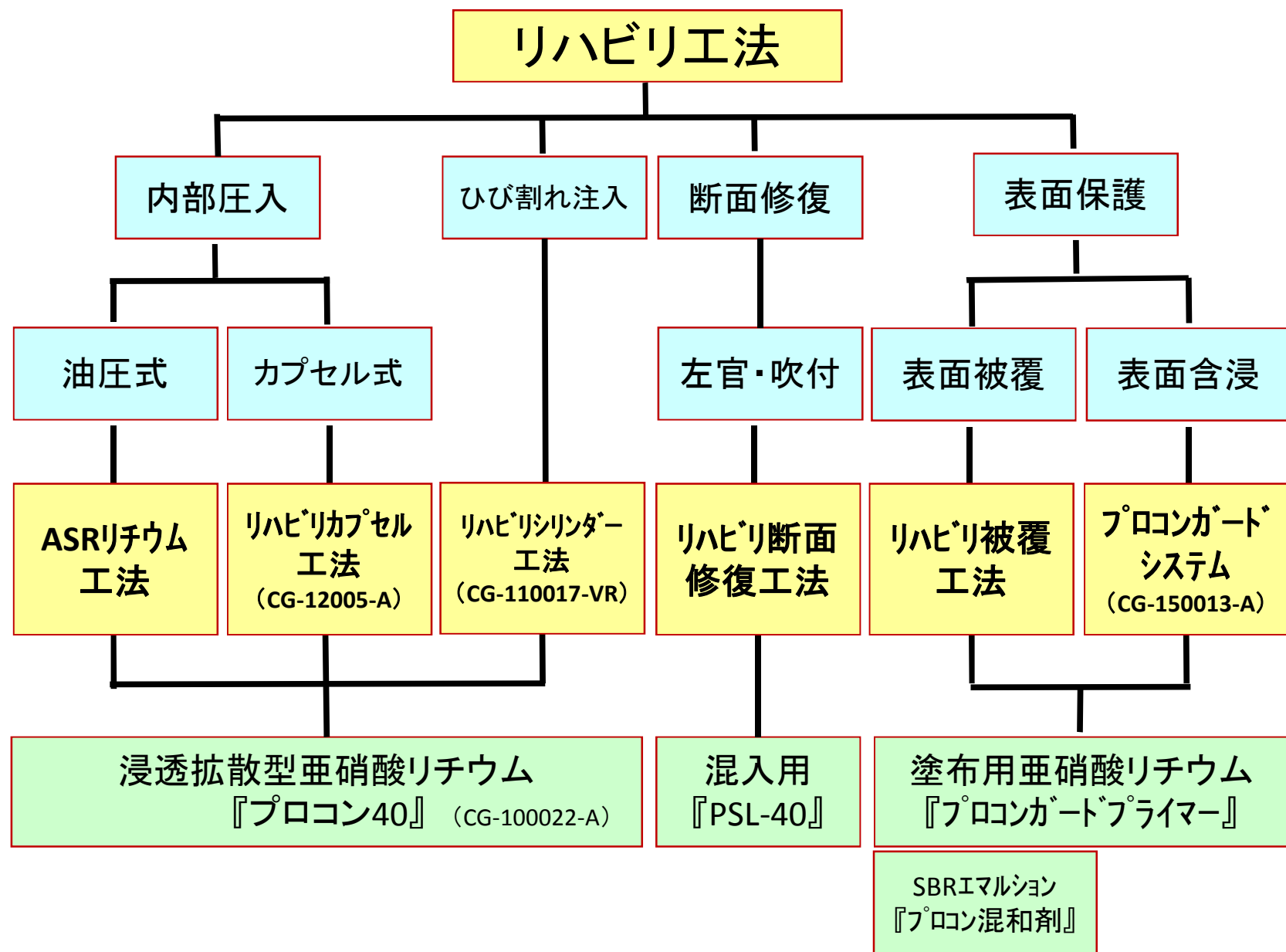
『ASR対策』

## 【亜硝酸リチウム】… 亜硝酸イオンによる鉄筋腐食抑制

- ・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, 共に鉄筋腐食の抑制を図ること
- ・亜硝酸イオン( $\text{NO}_2^-$ )の防錆効果に関する研究は1960年代から多数報告



亜硝酸イオン( $\text{NO}_2^-$ )による不動態被膜再生メカニズム



# ひび割れ注入工法 『リハビリシリンダー工法』



NETIS:CG-110017-VR

**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。

**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リングします。
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、シーリング材を除去します。

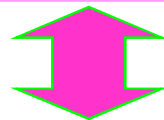
**工法概念図**

**ひび割れ注入工**

## 【リハビリシリンダー工法】 … 一般工法との違い

### 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）<br>・セメント系注入材<br>・ポリマーセメント系注入材 など |
| 目的 | ・ひび割れの閉塞<br>・ひび割れを通じた劣化因子の遮断                           |



### リハビリシリンダー工法

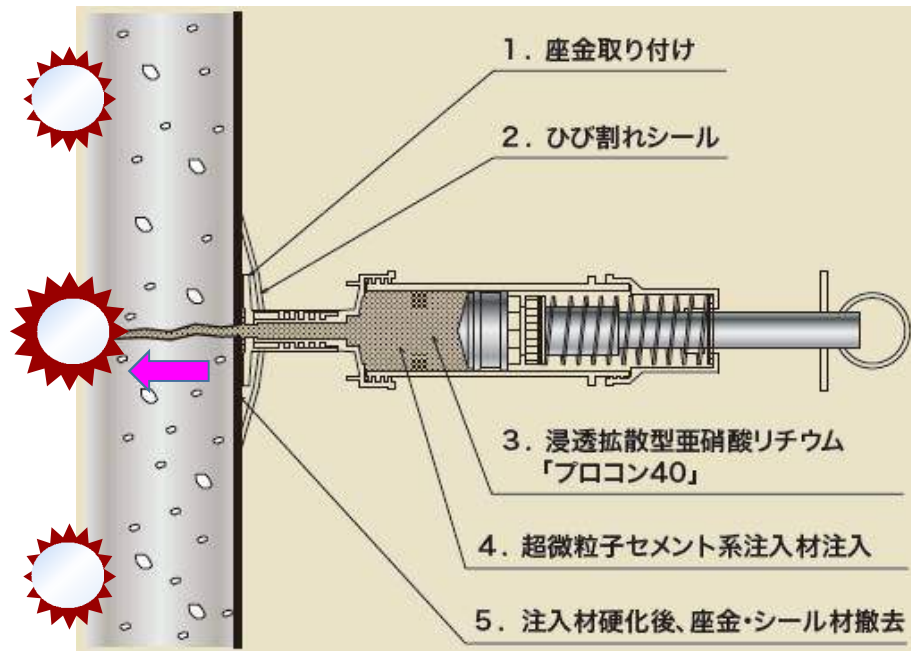
- |    |                                                           |
|----|-----------------------------------------------------------|
| 材料 | ・セメント系注入材 + 浸透拡散型亜硝酸リチウム                                  |
| 目的 | ・ひび割れの閉塞<br>・ひび割れを通じた劣化因子の遮断<br>・亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制（塩害・中性化） |



## 【リハビリシリンダー工法】 … 工法概要(塩害、中性化の補修の場合)

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』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

鉄筋腐食抑制効果を併せ持つひび割れ注入工法

# 【リハビリシリンダー工法】 … メリットとデメリット

## 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

## 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～10.0mm
- ・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

## 【リハビリシリンダー工法】 … 概算工事費

### 概算工事費の例

| ひび割れ幅<br>(mm) | ひび割れ深さ<br>(mm) | 延長<br>(m) | 施工費<br>(円) | 施工費<br>(円/m) |
|---------------|----------------|-----------|------------|--------------|
| 0.2～1.0       | 100            | 100       | 1,100,000  | 11,200       |
| 1.0～2.0       | 200            | 100       | 1,400,000  | 14,600       |
| 2.0～5.0       | 300            | 100       | 2,300,000  | 22,500       |

- ・施工規模はひび割れ延長100m以上を想定
- ・コンクリートメンテナンス協会標準歩掛による材工の直接工事費
- ・労務費はH29年度広島県単価

# 表面含浸工法 『プロコンガードシステム』



NETIS:CG-150013-A

**REHABILI**  
**プロコンガード**  
**リハビリ工法**

亜硝酸リチウムとけい酸リチウムを併用した  
塩害・中性化・ASR補修技術  
NETIS:CG-150013-A

**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**

**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、けい酸リチウムを主成分とする含浸材「プロコンガード」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兆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悪くす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(けい酸リチウム系含浸材)がコンクリート表面部を緻密化し、劣化因子(塩化物イオン、二酸化炭素、水分)の侵入を抑制します。

**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面部では、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(不働態被膜再生)
- 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(不働態被膜再生)
- 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)

**プロコンガードシステムHP仕様について**

本工法は条件(\*)によって施工後に白化現象を生じることがあります。白化現象を起こさない組合せとして以下のHP仕様もございます。

1層目: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)  
2層目:プロコンガードHP(高分子系浸透性表面保護材)

\*例えば、断面修復材の巻着やPC部材など、密着度の高い部位に適用する場合、また亜硝酸リチウム内部注入工法の施工後に適用する場合など。

**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塗膜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/m<sup>2</sup>)を塗布する。必要に応じて浸透促進剤を塗布する。
- ③「プロコンガード」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0.1kg/m<sup>2</sup>)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、乾燥状態を維持して下さい。(水分率8%以下)
- 「プロコンガード」を塗布して下さい。(乾燥の状況に応じて希釈して使用してください)
- 0℃以上で施工して下さい。

**性能試験**

浸透試験 JSCE-KS71-2004

中性化に対する抵抗性試験 JIS A 1152

グラフは実測結果であり、必ずしも当てはまりません。

**施工断面図**

下地処理  
「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  
(けい酸リチウム系浸透性表面保護材)

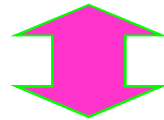
新設亜硝酸リチウムの浸透  
塩害・中性化対策  
亜硝酸イオンによって鉄筋の不働態被膜を再生

ASR対策  
リチウムイオンによってASRゲルの非膨張化

## 【プロコンガードシステム】 … 一般工法との違い

### 一般的な表面含浸工法

- |    |                                                                  |
|----|------------------------------------------------------------------|
| 種類 | ・シラン系含浸材<br>・けい酸ナトリウム系含浸材（反応型けい酸塩系）<br>・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<br>・亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制（塩害・中性化） |



## 【プロコンガードシステム】 … 工法概要(塩害、中性化の補修の場合)

基本性能 『けい酸リチウム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』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

鉄筋腐食抑制効果(表層部)を併せ持つ表面含浸工法

# 【プロコンガードシステム】 … メリットとデメリット

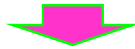
## プロコンガードシステムのメリット

- ・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
- ・亜硝酸リチウムとけい酸リチウム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。

## 【プロコンガードシステム】 … 概算工事費

### 概算工事費の例

| 仕様 | 亜硝酸リチウム系<br>含浸材<br>「プロコンガードプライマー」<br>塗布量(kg/m <sup>2</sup> ) | けい酸リチウム系<br>含浸材<br>「プロコンガード」<br>塗布量(kg/m <sup>2</sup> ) | 施工<br>面積<br>(m <sup>2</sup> ) | 施工費<br>(円) | 施工費<br>(円/m <sup>2</sup> ) |
|----|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|------------|----------------------------|
| 標準 | 0.3                                                          | 0.1                                                     | 100                           | 510,000    | 5,100                      |
| 限界 | 0.6                                                          | 0.1                                                     | 100                           | 650,000    | 6,500                      |

- ・施工規模は塗布面積100m<sup>2</sup>以上を想定
- ・コンクリートメンテナンス協会標準歩掛による材工の直接工事費
- ・労務費はH29年度広島県単価

# 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、酸害、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の目的は、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出来ます。そのため、特に塩害、中性化、ASRの補修対策として選んでいます。

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】標準仕様

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』（亜硝酸リチウム系表面含浸材）

【施工手順】標準仕様

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. 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/m<sup>2</sup>：極少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』をコテまたはローラー、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』層を保護します。

① 亜硝酸リチウム塗布

② リハビリ被覆材（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）塗布

③ 上塗り

④ 工事完了

●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。  
●リハビリ被覆材（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。  
●高分子系浸透性防水材料等を用いて上塗りを行い、亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントペースト・モルタル層を保護する。  
●工事完了後は、コンクリート表面に『リハビリペースト』『モルタル』層が形成され、耐久性が向上します。

施工概念図

- ①下地処理（高圧水洗クレン）
- 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
- ③『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）塗布
- ④高分子系浸透性防水材料など

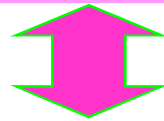
リハビリペースト・リハビリモルタル試験成績

| 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 <sup>3</sup> ) |     | 2.0      | 2.0      | 4.4x16cm試験体を密度255で算出した値 |
| 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )  | 1日  | 9.5      | 15.6     | JIS A 1171-2000<br>に準拠  |
|                            | 7日  | 23.7     | 30.9     |                         |
|                            | 28日 | 31.5     | 38.8     |                         |
|                            | 1日  | 2.8      | 4.6      |                         |
| 曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )  | 7日  | 5.9      | 8.1      | 試験条件：標準配合、20℃±2で封鎖養生    |
|                            | 28日 | 7.2      | 9.5      |                         |
| 付着強さ (N/mm <sup>2</sup> )  |     | 2.1      | 2.2      |                         |
| 硬化収縮率 (%)                  |     | -0.02    | -0.02    |                         |

## 【リハビリ被覆工法】 … 一般工法との違い

### 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）<br>・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<br>・美観性向上                        |



### リハビリ被覆工法

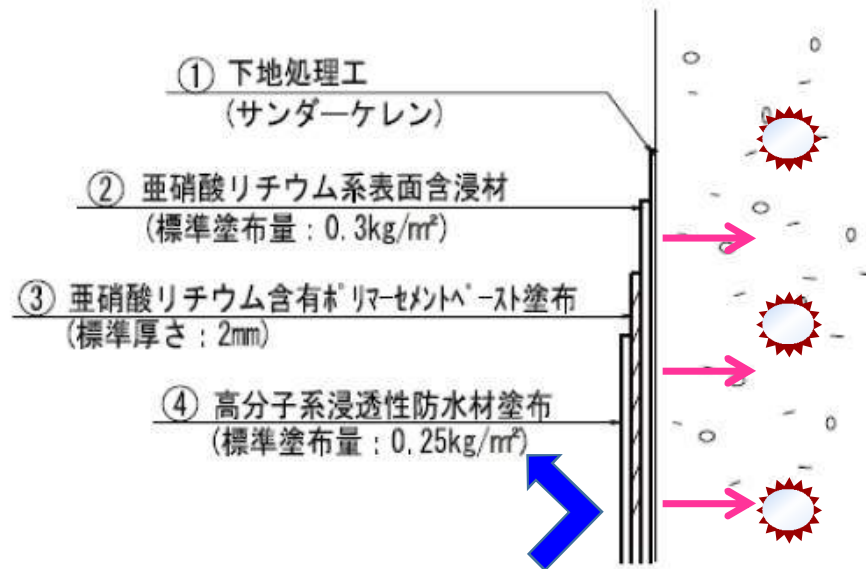
- |    |                                                              |
|----|--------------------------------------------------------------|
| 種類 | ・亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントペースト<br>＋高分子系浸透性防水材（例）                     |
| 目的 | ・コンクリート表面からの劣化因子の侵入抑制<br>・美観性向上<br>・亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制（塩害・中性化） |



## 【リハビリ被覆工法】 … 工法概要(塩害、中性化の補修の場合)

基本性能 『けい酸リチウム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』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

鉄筋腐食抑制効果(表層部)を併せ持つ表面被覆工法

# 【リハビリ被覆工法】 … メリットとデメリット

---

## 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。

## 【リハビリ被覆工法】 … 概算工事費

### 概算工事費の例

|     | 仕様(標準)                                | 塗布量                             | 施工面積<br>(m <sup>2</sup> ) | 施工費<br>(円) | 施工費<br>(円/m <sup>2</sup> ) |
|-----|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|------------|----------------------------|
| 1層目 | 亜硝酸リチウム系含浸材<br>『プロコンガードプライマー』         | 0.3kg/m <sup>2</sup>            | 100                       | 1,050,000  | 10,500                     |
| 2層目 | 亜硝酸リチウム含有<br>ポリマーセメントペースト<br>『RVペースト』 | 4.0kg/m <sup>2</sup><br>(t=2mm) |                           |            |                            |
| 3層目 | 高分子系浸透性防水材<br>『アイゾールEX』               | 0.25kg/m <sup>2</sup>           |                           |            |                            |

- ・施工規模は塗布面積100m<sup>2</sup>以上を想定
- ・コンクリートメンテナンス協会標準歩掛による材工の直接工事費
- ・労務費はH29年度広島県単価

# 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

【物性】  
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ンマー取りで除去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『リハビリベース』を塗布します。その後、断面修復工法用亜硝酸リチウム40%水溶液を注入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料』『リハビリベース』『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はつきります。  
2. 露出した鉄筋の表面をディスクサンダー等によりクレンシ、入念に錆を落とします。  
3. はつきり面に『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『リハビリベース』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。（過分量によって混合量を調整する。）

| 物 性 例                         |     |                                            |      |
|-------------------------------|-----|--------------------------------------------|------|
| 試験項目                          | 材 質 | 亜硝酸リチウム<br>20%配合<br>55kg/m <sup>3</sup> 配合 | 備 考  |
| 圧縮強度<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | 1日  | 21.4                                       | 20.3 |
|                               | 7日  | 47.2                                       | 42.6 |
|                               | 28日 | 60.3                                       | 57.2 |
| 曲げ強度<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | 1日  | 4.7                                        | 4.7  |
|                               | 7日  | 8.5                                        | 8.3  |
|                               | 28日 | 9.4                                        | 9.3  |
| 収縮変化率<br>(×10 <sup>-4</sup> ) | 28日 | -4.3                                       | -4.7 |
| 促進中性化<br>深さ(mm)               | 28日 | 0                                          | 0    |

※試験値であり、保証値ではありません。  
※リハビリモルセットSPにPSL-40を投入した、物性値です。

① 着工前、劣化の状況

●施工前、鉄筋露出部や一部は鉄筋露出が確認できます。  
●また、劣化した鉄筋の周囲にコンクリートの浮きや剥離が確認されます。

② はつきり完了

●鉄筋露出部をハンマーで除去し、鉄筋が露出します。  
●また、劣化した鉄筋の周囲にコンクリートの浮きや剥離が確認されます。

③ 鉄筋クレン

●露出した鉄筋の表面をディスクサンダー等によりクレンシ、入念に錆を落とします。

④ 鉄筋防錆材塗布

●鉄筋防錆材として、『プロコンガードプライマー』と『リハビリベース』を鉄筋表面に塗布します。

⑤ 断面修復

●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用いて、左官工法にて断面修復します。

⑥ 断面修復完了

●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用いて、左官工法にて断面修復します。

施工概要図

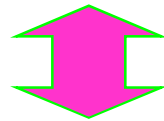
①不良部ははつきり除去  
②『プロコンガードプライマー』  
（鉄筋防錆剤）を鉄筋表面に塗布  
③『リハビリベース』  
（鉄筋防錆剤）を鉄筋表面に塗布  
④断面修復材  
『PSL-40』  
含有ポリマーセメントモルタル

50mm程度

## 【リハビリ断面修復工法】 … 一般工法との違い

### 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



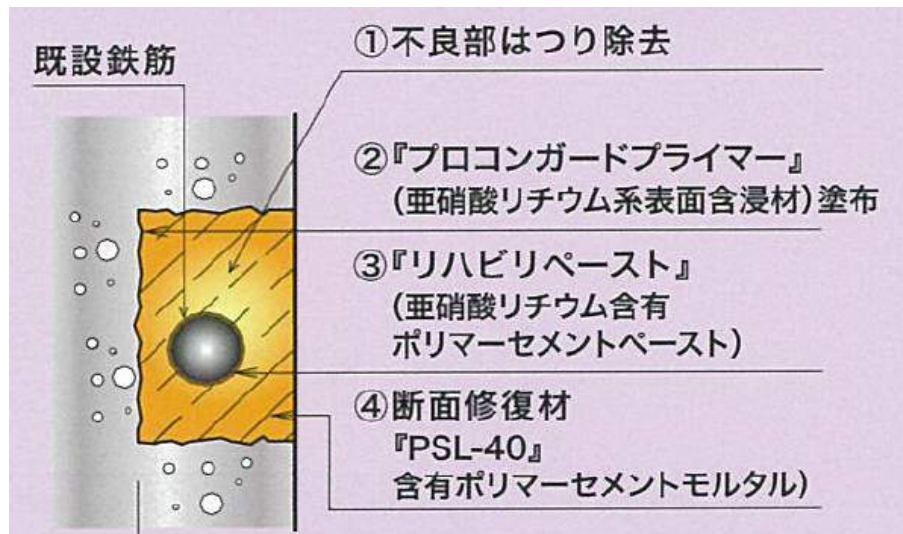
### リハビリ断面修復工法

- 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



## 【リハビリ断面修復工法】… 塩害、中性化の補修の場合

基本性能 『コンクリート脆弱部の除去と修復』およびそれに伴う『内部の塩化物イオンの除去』  
付加価値 『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』



- 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

鉄筋腐食抑制効果を併せ持つ断面修復工法

# 【リハビリ断面修復工法】 … メリットとデメリット

---

## 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**

## 【リハビリ断面修復工法】 … 概算工事費

### 概算工事費の例

- ・はつり、鉄筋ケレン、鉄筋防錆処理あり
- ・施工面積10m<sup>2</sup>、はつり深さ50mm、延べ施工量0.5m<sup>3</sup>

| 塩化物イオン<br>濃度<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 混入用亜硝酸リチウム<br>「PSL-40」混入量<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 施工面積<br>(m <sup>2</sup> ) | 施工費<br>(円/m <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 3.0                                  | 11.3                                              | 1                         | 119,500                    |
| 5.0                                  | 18.8                                              | 1                         | 121,400                    |
| 10.0                                 | 37.3                                              | 1                         | 125,800                    |

- ・国土交通省標準歩掛による材工の直接工事費
- ・労務費はH29年度広島県単価

# 内部圧入工法 『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！**

簡易型高圧注入「リハビリカプセル工法」は、酸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、大規模施工用の高圧式圧入装置「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断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。

**施工仕様**

圧入装置：カプセル式高圧注入機「リハビリカプセル」  
 拘 束：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. エボ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**

亜硝酸リチウムの浸透・拡散

リハビリカプセル

コンプレッサー

**施工事例**

リハビリカプセル工法施工状況

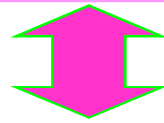
リハビリカプセル設置状況

リハビリカプセル本体

## 【リハビリカプセル工法】 … 一般工法との違い

### 一般的な内部圧入工法

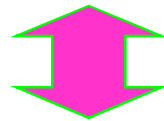
該当なし



### 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

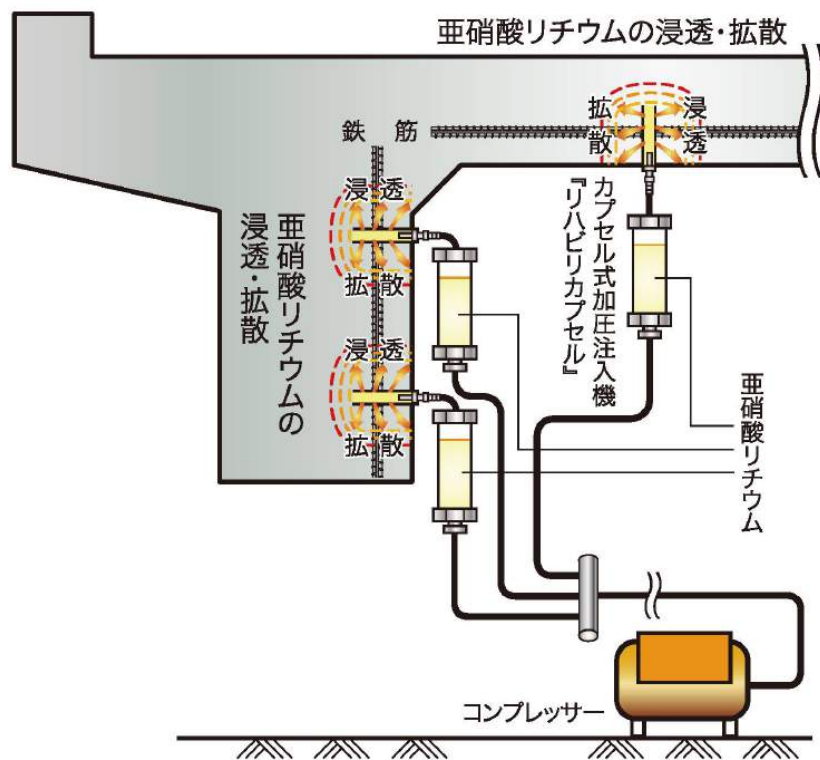
目的 ・防食電流の通電による鉄筋腐食抑制（塩害・中性化）



## 【リハビリカプセル工法】 … 工法概要(塩害、中性化の補修の場合)

基本性能 『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』

(NETIS:CG-120005-A)



- 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

不働態皮膜を早急かつ確実に再生する

亜硝酸イオンによる鉄筋腐食抑制効果のみを目的とした工法

## 【リハビリカプセル工法】 … メリットとデメリット

### 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。



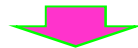
- ・腐食発生限界を超える塩化物イオン存在下でも鉄筋を腐食させない。

### 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

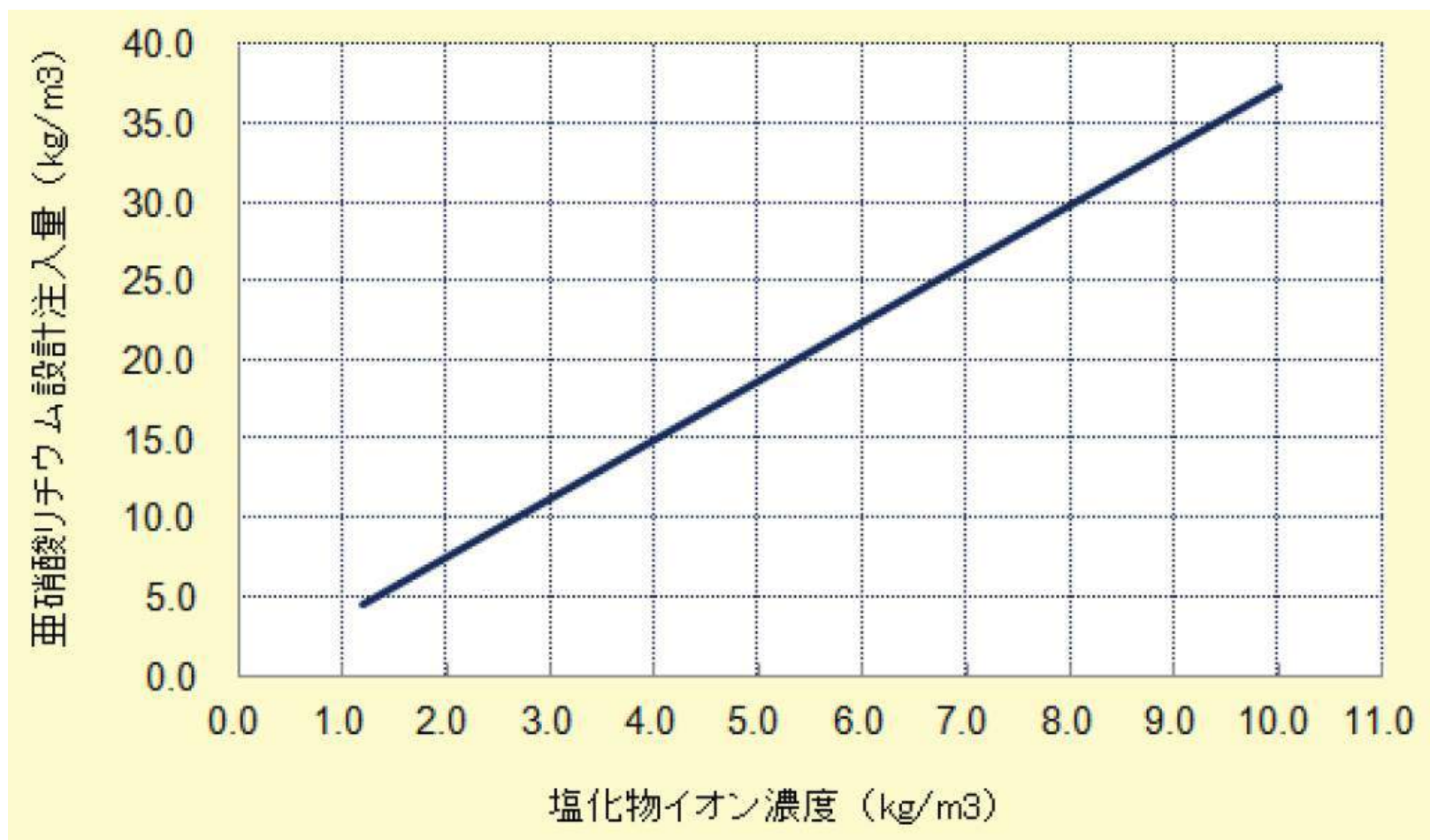
### リハビリカプセル工法の適用限界

- ・高強度コンクリートへの適用不可  
(上限の圧縮強度: 40N/mm<sup>2</sup>)
- ・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/m<sup>3</sup>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

## 【リハビリカプセル工法】 … 亜硝酸リチウム設計圧入量



塩化物イオン濃度と亜硝酸リチウム設計圧入量との関係

# 【リハビリカプセル工法】 … 概算工事費

## リハビリカプセル工法

### 積算資料

初版

2016年 4月 1日 発行

平成28年4月

一般社団法人コンクリートメンテナンス協会

1) 圧入孔数 400 孔以上

表 4.8.2 圧入歩掛

(400 孔当り)

| 名 称           | 規 格 | 単 位 | 数 量                | 摘 要 |
|---------------|-----|-----|--------------------|-----|
| 土 木 一 般 世 話 役 |     | 人   | $20 \times \alpha$ |     |
| 特 殊 作 業 員     |     | 人   | $80 \times \alpha$ |     |
| 普 通 作 業 員     |     | 人   | $40 \times \alpha$ |     |
| 諸 雑 費         |     | %   | 10                 |     |

(注) 1. 夜間作業を伴う場合は、別途見積りを行うものとする。

2.  $\alpha$  は施工対象構造物のコンクリートの圧縮強度に応じた作業効率であり、表 4.8.3 に示すとおりとする。

3. 諸雑費は、空気圧縮機運転費、ホース損料、分配器損料、取付け工具及び消耗材料等の費用であり、労務費の合計額に上表の率を乗じた金額を上限として計上する。

表 4.8.3 コンクリートの圧縮強度に応じた作業効率 ( $\alpha$ )

| 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | $10 \leq \sigma_c < 20$ | $20 \leq \sigma_c < 30$ | $30 \leq \sigma_c < 40$ |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| $\alpha$                  | 0.90                    | 1.00                    | 1.20                    |

2) 圧入孔数 400 孔未満

表 4.8.4 圧入歩掛

※ (圧入孔数当り)

| 名 称           | 規 格 | 単 位 | 数 量                | 摘 要 |
|---------------|-----|-----|--------------------|-----|
| 土 木 一 般 世 話 役 |     | 人   | $20 \times \alpha$ |     |
| 特 殊 作 業 員     |     | 人   | $80 \times \alpha$ |     |
| 普 通 作 業 員     |     | 人   | $40 \times \alpha$ |     |
| 諸 雑 費         |     | %   | 10                 |     |

(注) 1. 上記に示す歩掛を圧入孔数当りとして計上する。

2. 夜間作業を伴う場合は、別途見積りを行うものとする。

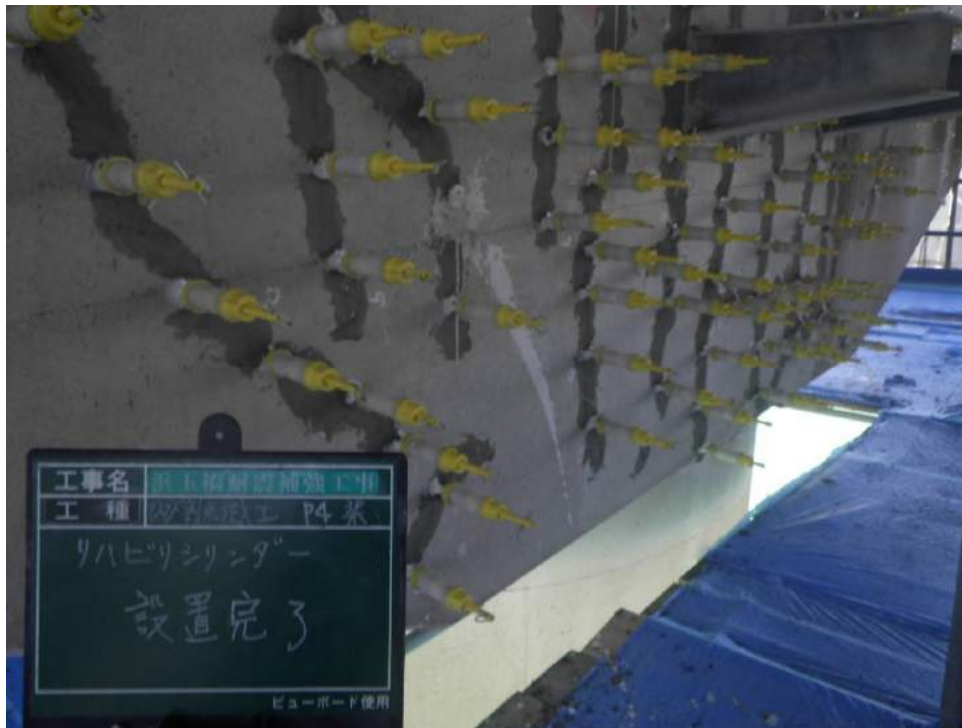
3.  $\alpha$  は施工対象構造物のコンクリートの圧縮強度に応じた作業効率であり、表 4.8.3 に示すとおりとする。

4. 諸雑費は、空気圧縮機運転費、ホース損料、分配器損料、取付け工具及び消耗材料等の費用であり、労務費の合計額に上表の率を乗じた金額を上限として計上する。

※ 亜硝酸リチウム圧入量、圧入日数などによって工事費が大幅に変わります。  
個別案件毎にリハビリカプセル工法積算資料に準拠して積算する必要があります。  
具体的な積算についてはコンクリートメンテナンス協会へお問い合わせください。



## 【リハビリカプセル工法の施工手順】



①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)

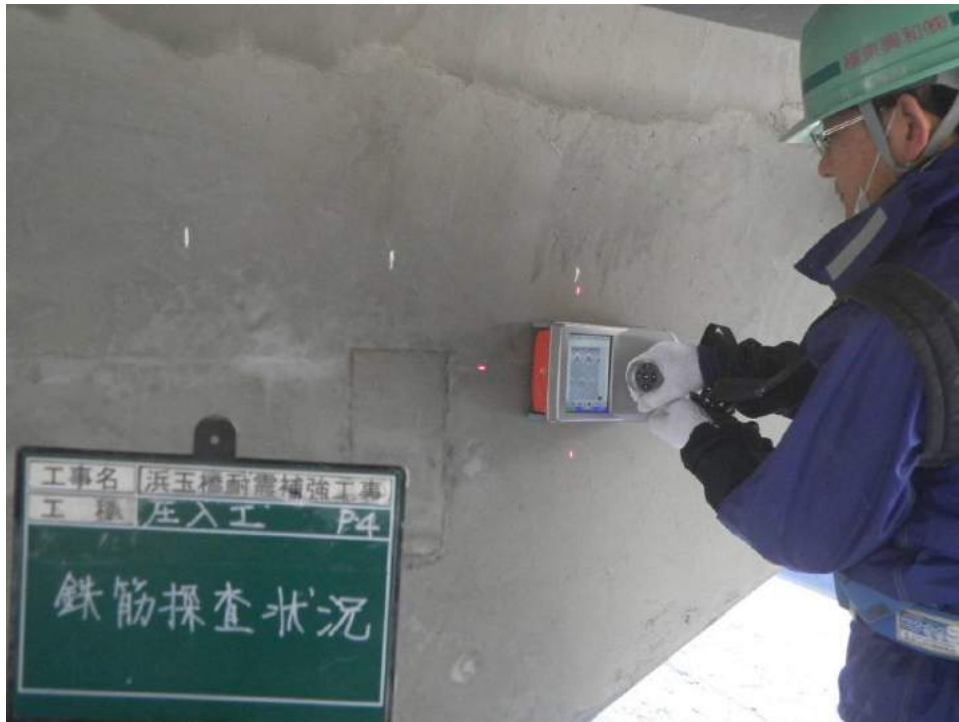


②表面漏出防止(表面シール)

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



## 【リハビリカプセル工法の施工手順】



③鉄筋探索工

圧入孔の削孔時に鉄筋を損傷させることのないよう、事前に鉄筋探索を行う



④圧入孔削孔

圧入孔としてφ10mmのコア削孔を行う。本橋では削孔ピッチを500mm間隔とした。

## 【リハビリカプセル工法の施工手順】



⑤リハビリカプセル設置工

圧入孔に加圧パッカー、リハビリカプセルを設置する



⑥配管工

リハビリカプセルとコンプレッサーとの間を耐圧ホースで接続する



## 【リハビリカプセル工法の施工手順】



⑦本注入工

リハビリカプセルに所定量の亜硝酸リチウムを充填し、本注入をおこなう



⑧圧入孔充填工

圧入完了後、配管を撤去し、エポキシ樹脂にて圧入孔を充填する

## 【リハビリカプセル工法】 … 施工状況



## 4. 建築分野での補修事例紹介



## 【事例1】 … 町庁舎の補修

件名: 鬼北町庁舎

場所: 愛媛県鬼北町

設計: (株)レーモンド設計

劣化: 中性化による鉄筋腐食

補修: 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」

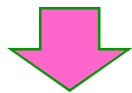
理由: 既に中性化が鉄筋位置まで進行

⇒ 劣化因子遮断のみでは不十分

⇒ 要求性能を『劣化因子の遮断＋鉄筋腐食抑制』

歴史的価値のある登録有形文化財であり、補修後も外観を変えられない

⇒ 表面含浸工法



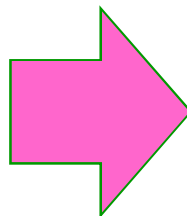
中性化補修として、単なる劣化因子の遮断にとどまらず、鉄筋腐食抑制効果も付与できる付加価値のある表面含浸工法を提案



## 【事例1】 … 町庁舎の補修



施工前



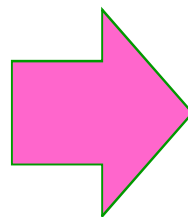
施工後



## 【事例1】 … 町庁舎の補修



施工前



施工後

## 【事例2】 … 老朽化したマンションのリニューアル(リファイニング)

件名: 林マンション

場所: 東京都大田区

設計: 青木茂建築工房

劣化: 中性化による鉄筋腐食

補修: **亜硝酸リチウム内部圧入工「リハビリカプセル工法」**

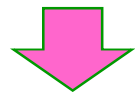
理由: 構造解析の結果、耐震性が不足

⇒ **耐震補強工事**

劣化診断の結果、中性化による鉄筋腐食が進行

再補修を想定しない根本的な鉄筋腐食抑制対策が必要

⇒ **亜硝酸リチウム内部圧入**



単なる耐震補強と外観内装リニューアルにとどまらず、  
将来的な鉄筋腐食抑制を保障するという付加価値を提案。

**リファイニング建築**





## 【事例2】 … 老朽化したマンションのリニューアル(リファイニング)



梁部材への亜硝酸リチウム内部圧入





## 【事例2】 … 老朽化したマンションのリニューアル(リファイニング)



林マンション リファイニング工事  
解体現場見学会（2017年10月16日）

参加者

午前の部;125名

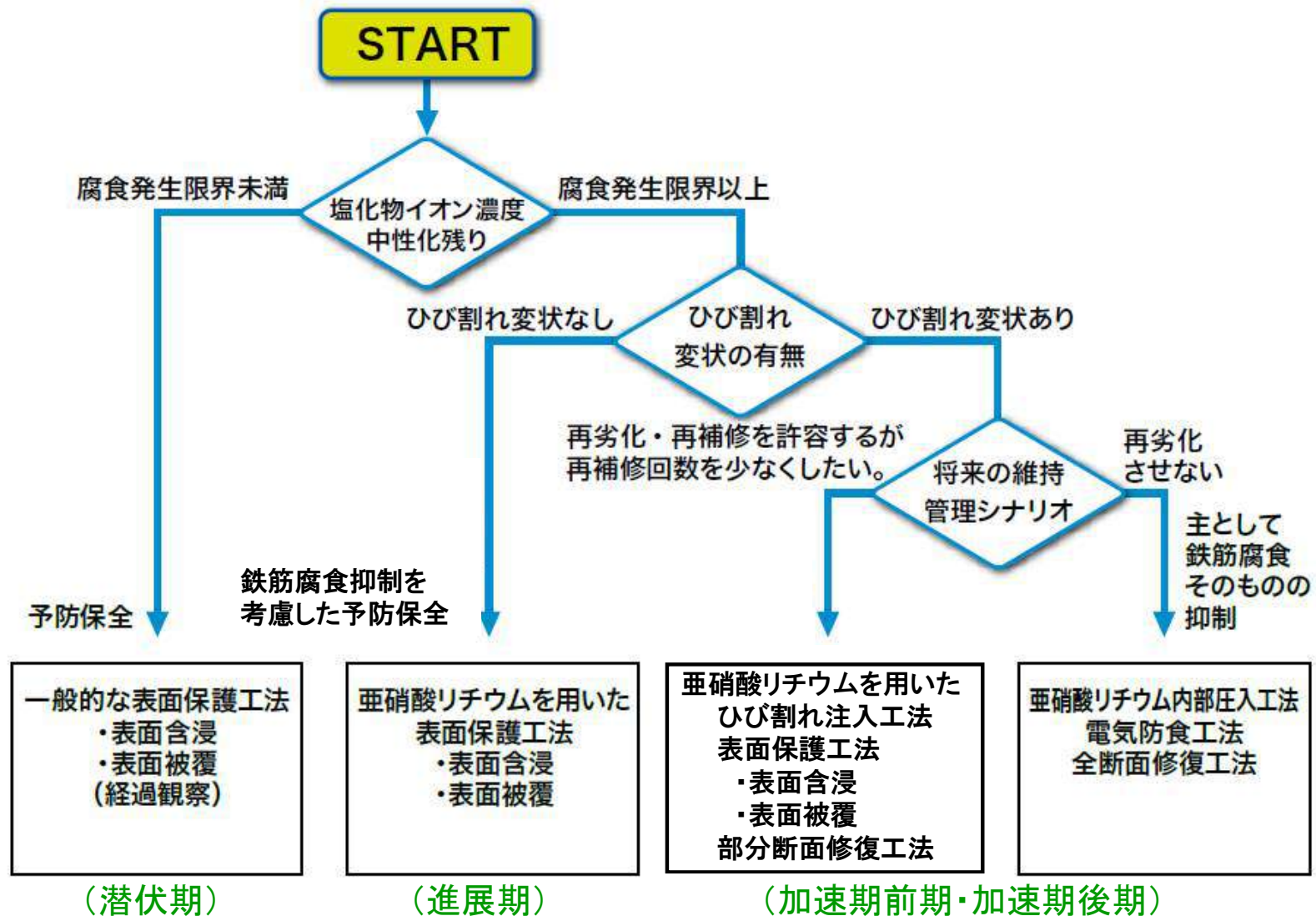
午後の部;157名

合計 282名



## 5. 劣化機構に応じた補修工法の選定の考え方

## 【塩害・中性化で劣化したコンクリートの補修工法選定フローの例】



ご清聴ありがとうございました

**END**