

『亜硝酸リチウム設計・施工指針（案）』 の解説と活用

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/>

亜硝酸リチウム設計・施工指針（案）第2版

コンクリート構造物を対象とした 亜硝酸リチウムによる 補修の設計・施工指針（案）

第2版

- 亜硝酸リチウムの特性
- 亜硝酸リチウムを用いた補修設計の考え方
- 亜硝酸リチウムを用いた各種補修の設計・施工



2022年4月

一般社団法人 コンクリートメンテナンス協会

委員長：十河茂幸
幹事長：江良和徳
幹事：徳納 剛、 峯松昇司
編集委員：竹田宣典、 濱崎 仁、 牛島 栄、 小椋明仁、
岡田繁之、 真鍋英規、 福田杉夫、 須藤裕司、
勘田泰邦
アドバイザー：宮川豊章、 梶田佳寛、 添田政司、 松田 浩、
鎌田敏郎、 久田 真、 小林孝一、 上田隆雄、
久保善司、 山本貴士、 黒田 保、 井上真澄、
李 春鶴、 富山 潤、 川崎佑磨、 樋原弘貴、
高谷 哲、 平田隆祥、 谷口秀明、 野村昌弘、
内田博之、 堀 孝廣

編集委員会の構成

総ページ数：196頁
定価：¥3,800円

【共通編】

1. 総則
2. 亜硝酸リチウムの特性
3. 亜硝酸リチウムを用いた補修工法選定の考え方

【工法別マニュアル編】

1. 亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法の設計・施工
2. 亜硝酸リチウム併用型表面被覆工法の設計・施工
3. 亜硝酸リチウム併用型断面修復工法の設計・施工
4. 亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法の設計・施工
5. 亜硝酸リチウム内部圧入工法の設計・施工
6. 簡易型亜硝酸リチウム内部圧入工法の設計・施工

追加情報：亜硝酸リチウム併用型床版防水工法

【共通編】



1. 総則

1.1 適用の範囲

- (1) 本指針（案）は、コンクリート構造物の補修および維持管理において亜硝酸リチウムを活用する場合の設計、施工に関する標準を示すものである。
- (2) 本指針（案）は、主として塩害、中性化およびアルカリシリカ反応（以下、ASR と称す）で劣化したコンクリート構造物の補修および維持管理に対して適用する。
- (3) 本指針（案）は、変状がまだ顕在化していない段階の予防保全、および既に変状が顕在化している事後保全のいずれに対しても適用することができる。

-
- ・ 亜硝酸リチウムの特性を活かし、塩害・中性化・ASRで劣化したコンクリートの補修に特化した指針とした。
 - ・ 予防保全および事後保全に対応した指針とした。

1.3 用語の定義

本指針（案）では、以下のとおり用語を定義する。

維持管理： 構造物の供用期間において、構造物の性能を所要の水準以上に保持するための全ての行為。

予防保全： 構造物に劣化を発生あるいは顕在化させない、もしくは、性能低下を生じさせないための予防的処置を計画的に実施する維持管理。

事後保全： 構造物の性能低下の程度に対応して対策を実施する維持管理。



維持管理シナリオ： 対象構造物の供用期間を通じて実施される様々な措置、対策を総合的に勘案した維持管理の方針を指す。

維持管理シナリオの例

例1) 再劣化と再補修を繰り返す維持管理シナリオ

例2) 再劣化を許容しない維持管理シナリオ

2 . 亜硝酸リチウムの特徴



2.1 亜硝酸リチウムとは

(1) 本指針（案）で取り扱う亜硝酸リチウムとは、亜硝酸リチウム $[\text{LiNO}_2]$ を含有する水溶液状のコンクリート補修材を指す。

(2) 亜硝酸リチウムによるコンクリート補修に期待する効果は、主として亜硝酸イオン $[\text{NO}_2^-]$ による鉄筋腐食抑制効果およびリチウムイオン $[\text{Li}^+]$ による ASR 膨張抑制効果とする。



亜硝酸イオン



不動態皮膜の再生により
鉄筋腐食を抑制



塩害・中性化 対策

リチウムイオン



アルカリシリカゲルを
非膨張化



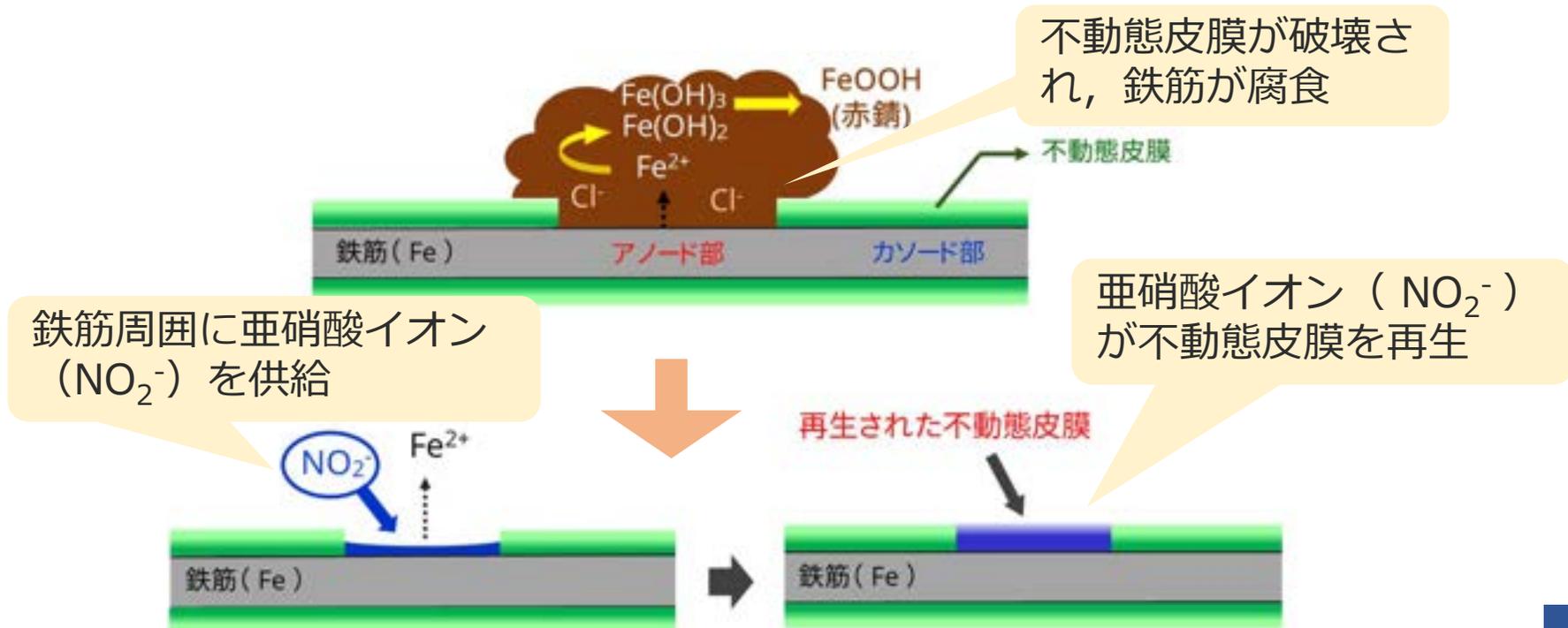
ASR 対策

Lithium Nitrite ; LiNO_2

2.2 亜硝酸リチウムによる鉄筋の腐食抑制効果

(1) 亜硝酸リチウムの成分である亜硝酸イオンとリチウムイオンのうち、鉄筋腐食の抑制に寄与するのは亜硝酸イオンであるため、塩害や中性化などによる鉄筋腐食に起因する劣化の補修においては亜硝酸イオンに着目した設計および施工を行う。

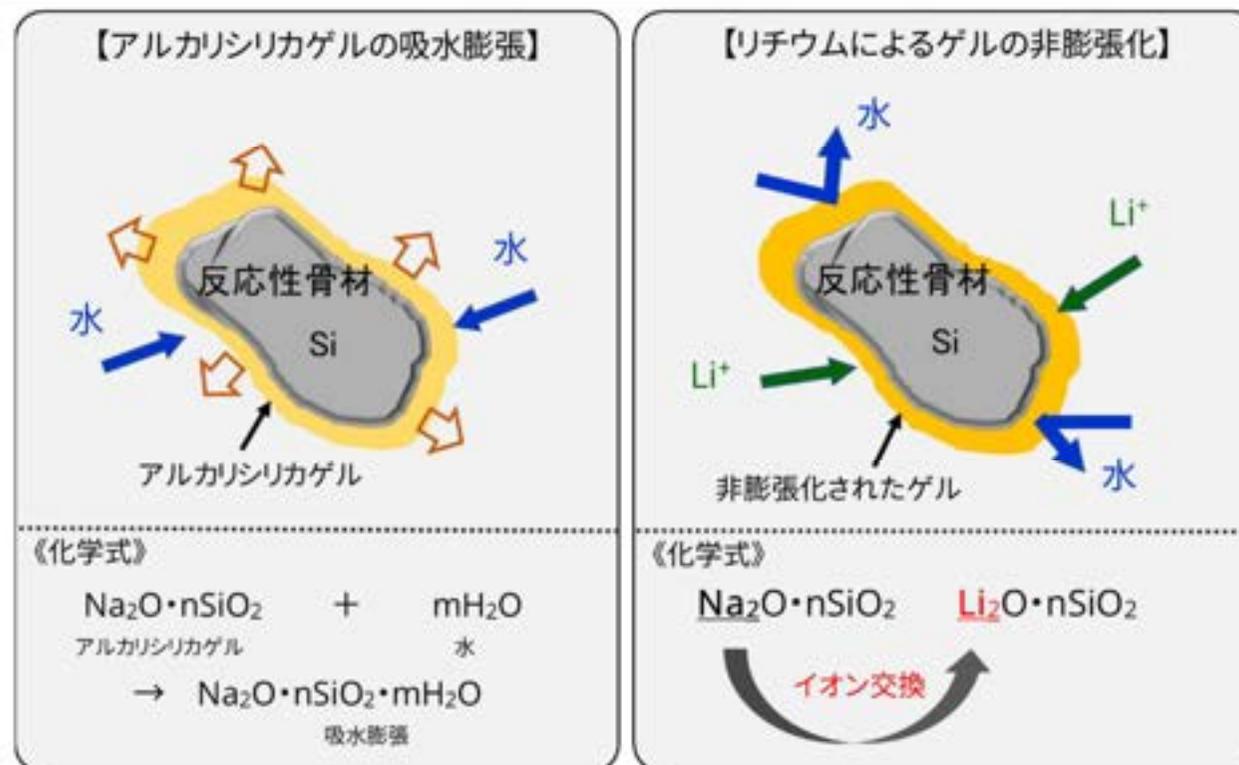
(2) 鉄筋腐食を抑制するために必要となる亜硝酸リチウム量は、コンクリート中の塩化物イオン含有量と供給する亜硝酸イオン量との比率で定めることとし、 $[\text{NO}_2^-]/[\text{Cl}^-]$ モル比が 1.0 となる亜硝酸リチウム量を基本とする。



2.3 亜硝酸リチウムによる ASR の膨張抑制効果

(1) 亜硝酸リチウムの成分である亜硝酸イオンとリチウムイオンのうち、ASR 膨張の抑制に寄与するのはリチウムイオンであるため、ASR による劣化の補修においてはリチウムイオンに着目した設計および施工を行う。

(2) ASR 膨張を抑制するために必要となる亜硝酸リチウム量は、コンクリート中のアルカリ含有量と供給するリチウムイオン量との比率で定めることとし、 $[Li^+]/[Na^+]$ モル比が 0.8 となる亜硝酸リチウム量を基本とする。



亜硝酸リチウム必要量の基本的な考え方

【塩害の場合】

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

【中性化の場合】

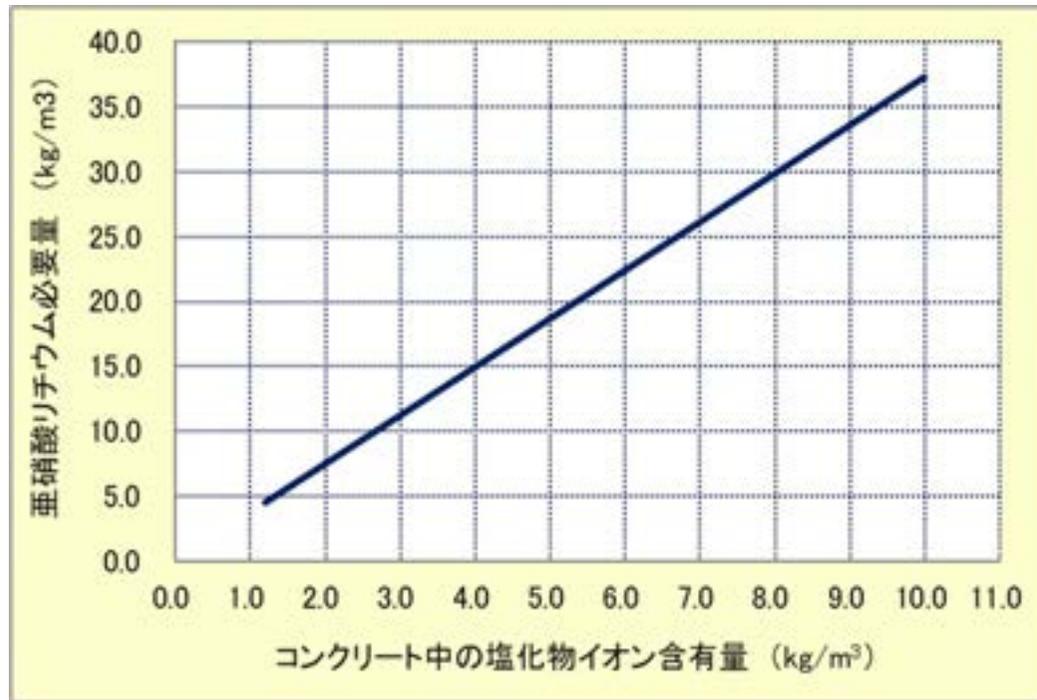
- ・ 鉄筋腐食を抑制しうる亜硝酸イオンの量
- ・ 過去の経験により一定量とする
- ・ 一律で亜硝酸リチウム $7.45\text{kg}/\text{m}^3$

【ASRの場合】

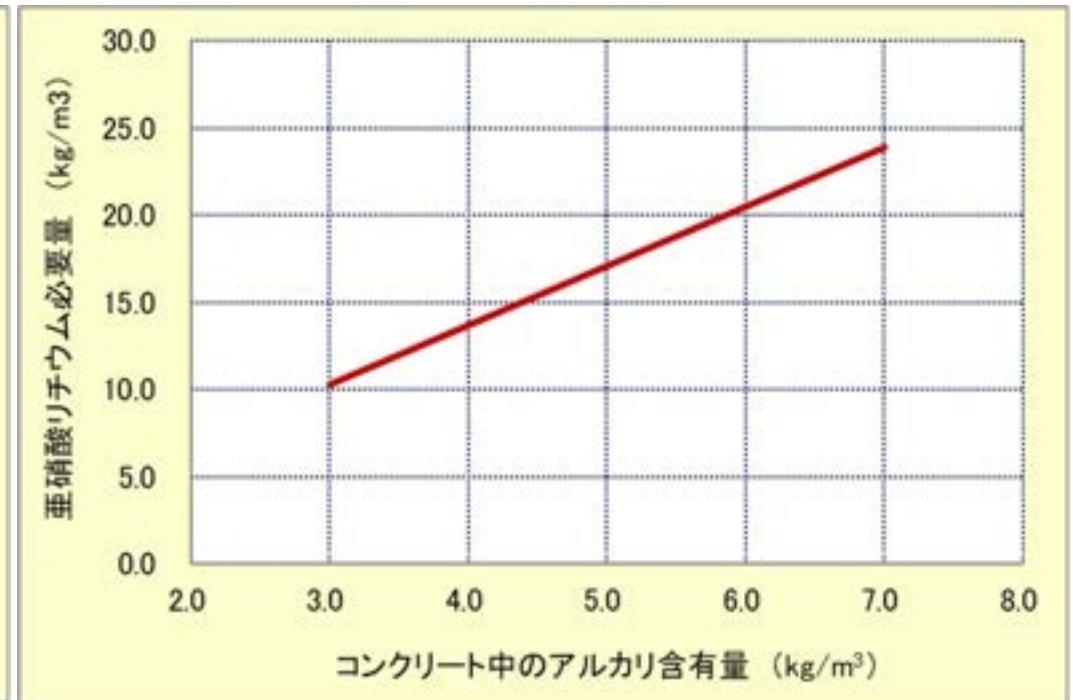
- ・ アルカリシリカゲルの膨張を抑制しうるリチウムイオンの量
- ・ $[\text{Li}^+]/[\text{Na}^+]$ モル比 = 0.8となる量
- ・ コンクリート中のアルカリ含有量（試験値）に応じて算定
例) アルカリ含有量 $4.0\text{kg}/\text{m}^3 \Rightarrow$ 亜硝酸リチウム $13.67\text{kg}/\text{m}^3$

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

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。

2.4 亜硝酸リチウムの品質

テキストP.20

使用する亜硝酸リチウムは浸透拡散型を標準とし、濃度、密度、pH、粘度および外観によって品質を確かめなければならない。

グレード		浸透拡散型
品質規格	濃度	40±1%
	密度	1.25±0.05 g/cm ³
	pH	9.0±1.0
	粘度	20mPa·s 以下
	外観	 淡黄色透明

2.5 亜硝酸リチウムの安全性

- (1) 亜硝酸リチウムを使用する場合には、亜硝酸リチウムの材料特性および材料安全性を十分に理解しておかなければならない。
- (2) 各種補修工法に亜硝酸リチウムを使用または併用する場合には、**周辺環境**に対する安全性を確保しなければならない。
- (3) 各種補修工法に亜硝酸リチウムを使用または併用する場合には、**作業員**に対する安全性を確保しなければならない。

-
- ・ 亜硝酸リチウムは、毒物、劇物には該当しない。
⇒ マウス経口投与による急性毒性試験を実施して確認されている
 - ・ 亜硝酸リチウムは権威ある「危険・有害物質リスト」に掲載なし
⇒ 亜硝酸は自然界にも普遍的に存在している
⇒ リチウムは医療分野でも使用されている
 - ・ 亜硝酸リチウムは権威ある「発がん性物質リスト」に掲載なし
⇒ ラットによる発がん性試験により安全性が確認されている

亜硝酸リチウムの安全性

亜硝酸リチウムに関連する法規制・基準類

亜硝酸リチウムの使用において**遵守すべき規準**

⇒ 水質汚濁防止法の排水基準などに対し、亜硝酸性窒素として監視する必要がある

法規制・基準等	基準値
水質汚濁に関する環境基準	亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素 ： 10mg/ℓ
水質汚濁防止法の排水基準	アンモニア性窒素， 亜硝酸性窒素， 硝酸性窒素の合計 ： 100 mg/ℓ
特定事業場からの下水の排除の制限に係る水質の基準 (工場排水が1/4以上の場合)	アンモニア性窒素， 亜硝酸性窒素， 硝酸性窒素の合計 ： 125 mg/ℓ

- ・ 上記の基準値を超える可能性があるのは、**不慮の事故または災害等**により保管中の亜硝酸リチウム水溶液が大量に流出するような場合のみ
- ・ 保管時に適切な管理が必要

参考：コンクリート診断士試験では（亜硝酸リチウム）

【ERA調べ】

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

3 . 亜硝酸リチウムを用いた 補修工法選定の考え方



3.1 塩害による鉄筋腐食の抑制を目的とした補修の考え方

3.1.1 基本的な考え方

(1) 塩害の補修工法を選定するにあたり、塩害の劣化メカニズムを十分に考慮し、現時点での劣化過程や将来の劣化予測に基づいて補修工法に要求する性能を定める。さらに、補修後の構造物をどのように維持管理していくかという方針（シナリオ）も十分に考慮して総合的に補修工法を選定する。

(2) 亜硝酸リチウムは、塩害のあらゆる劣化過程（潜伏期～劣化期）の補修に対しても適用することができ、劣化過程に応じて適切な補修工法を選定して使用または併用する。

塩害補修の基本的な考え方

- 工学的判断に基づく工法選定
- 維持管理シナリオに基づく工法選定



総合的に評価

3. 1. 2 塩害の劣化過程に応じた補修の考え方

(1) 塩害の劣化過程が**潜伏期**もしくは**進展期**と判定され、鉄筋の腐食が将来的に懸念されるコンクリート構造物の予防保全においては、鉄筋位置の**塩化物イオン含有量**に着目して補修設計を行うことを基本とする。

(2) 塩害の劣化過程が**加速期前期**と判定され、鉄筋腐食に起因するひび割れ等の変状が顕在化したコンクリート構造物の事後保全においては、既に破壊されている**不動態皮膜の再生**に着目し、**補修後の維持管理シナリオ**を考慮して補修設計を行うことを基本とする。

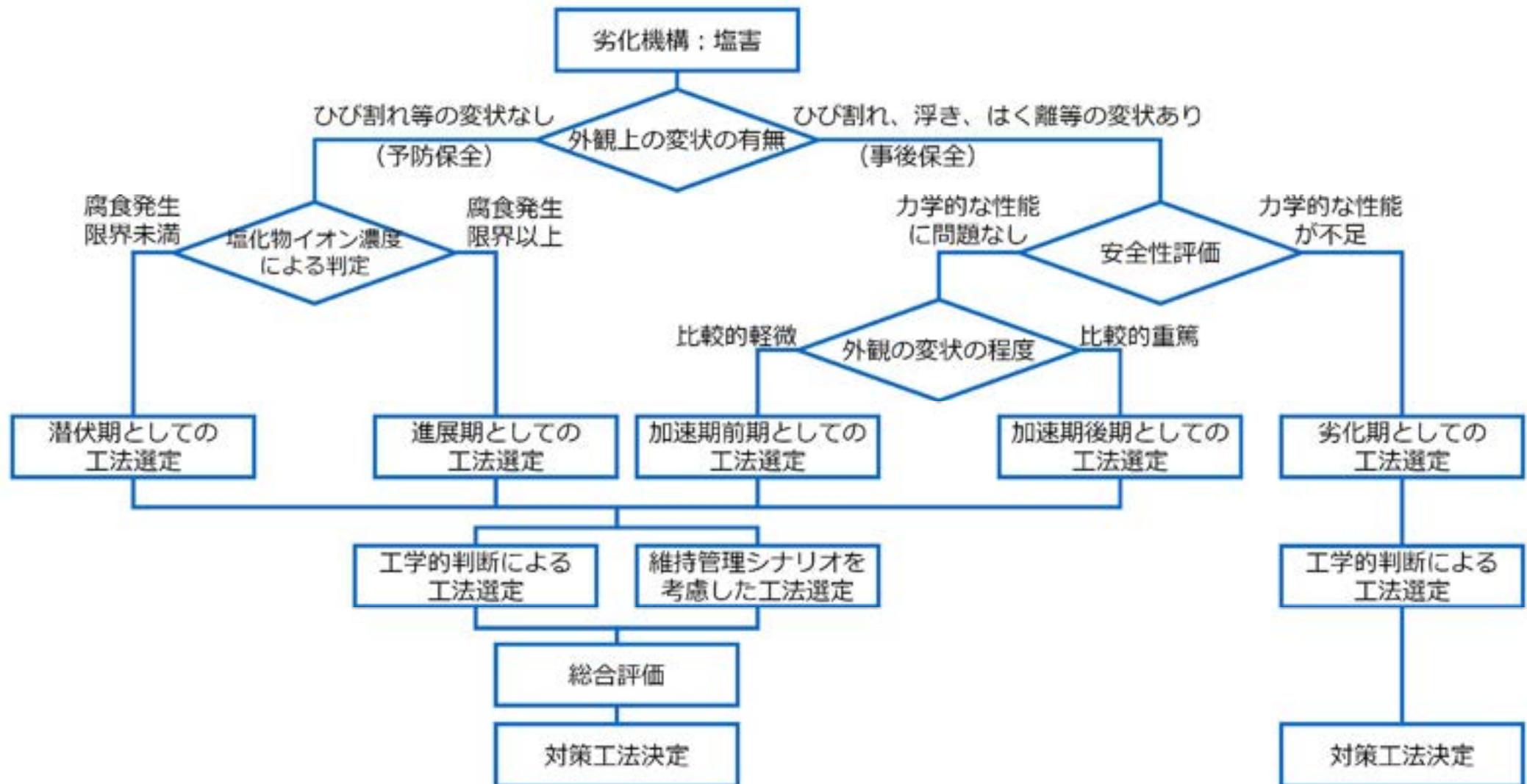
(3) 塩害の劣化過程が**加速期後期**と判定され、著しい鉄筋腐食に起因するひび割れや浮き、はく離等の変状が大きく顕在化したコンクリート構造物の事後保全においては、既に破壊されている**不動態皮膜の再生**に着目し、**補修後の維持管理シナリオ**を考慮して補修設計を行うことを基本とする。

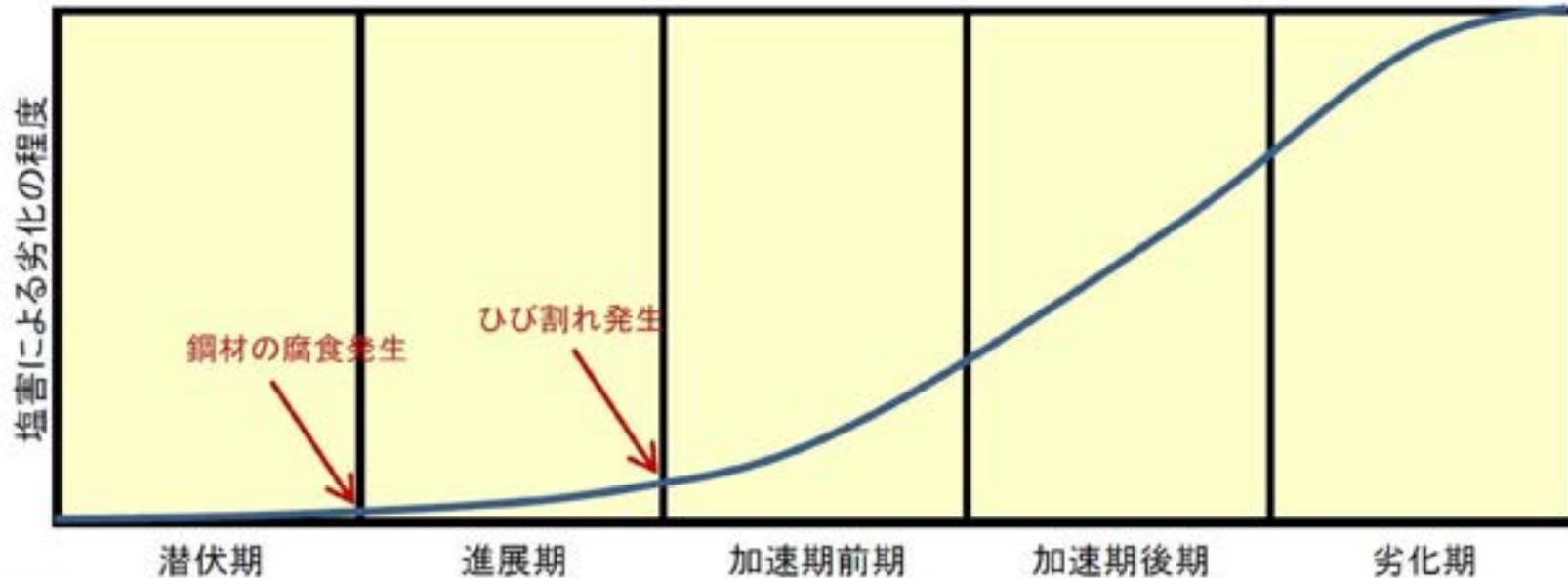
(4) 塩害の劣化過程が**劣化期**と判断されるコンクリート構造物の維持管理においては、**補修だけでなく補強や供用制限、解体・撤去など広範囲の検討**を行わなければならない。

3.1.2 塩害の劣化過程に応じた補修の考え方（抜粋）

（2）について

塩害における**加速期前期**は、鉄筋の腐食膨張圧によってひび割れやコンクリートの浮きなどが発生している状態を指しており、塩害の場合では鉄筋位置での塩化物イオン量は腐食発生限界濃度を超えていることは言うまでもない。したがって、加速期前期における対策工への要求性能として、『鉄筋腐食の進行抑制』を十分に考慮する必要がある。ただし、さらなる劣化因子（塩化物イオン、水分、酸素など）の侵入は許容すべきではないため、『劣化因子の侵入抑制』も要求性能として掲げる。鉄筋腐食の進行によってひび割れやコンクリートの浮きなどの変状が生じているため、まずはひび割れ注入工、部分断面修復工および表面保護工（表面含浸工または表面被覆工）を組み合わせて劣化因子の侵入を抑制することで鋼材腐食速度を緩和させ、これ以上の変状の増大を阻止することを考える。ここで重要なのは、これらの工法の組み合わせは鉄筋腐食反応を完全に停止させ得るものではないため、将来的には再劣化を生じる可能性を考慮しておかなければならない、という点である。つまり、現時点での劣化状況に対して最小限の対策を講じ、再劣化が生じれば速やかに再補修を行うという維持管理のサイクルを想定する考え方となる。ここで、適用する各工法に鉄筋腐食抑制効果を併せ持つ工法を選択することにより、『鉄筋腐食の進行抑制』という効果が付加され、再劣化が生じるまでの期間を少しでも延長し得る可能性があるため、より適用性が高いと考えられる。鉄筋腐食抑制効果を併せ持つ各種補修工法として、亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法の概念と施工状況を図 3-3 および写真 3-2 に、亜硝酸リチウム併用型表面被覆工法の概念と施工状況を図 3-4、写真 3-3 に、亜硝酸リチウム併用型断面修復工法の概念と施工状況を図 3-5、写真 3-4 に示す。





	潜伏期	進展期	加速期前期	加速期後期	劣化期
劣化の状態	<ul style="list-style-type: none"> ・外観上の変化なし ・塩化物イオン濃度が腐食発生限界未満 	<ul style="list-style-type: none"> ・外観上の変化なし ・塩化物イオン濃度が腐食発生限界を超え、鉄筋腐食が開始 	<ul style="list-style-type: none"> ・腐食ひび割れ発生 ・錆汁 ・コンクリートの浮き 	<ul style="list-style-type: none"> ・腐食ひび割れが大きく進展 ・コンクリートの部分的な剥離、剥落 ・鋼材の著しい断面減少は見られない 	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模な剥離、剥落 ・鋼材の著しい断面減少 ・変位、たわみ
工法選定の例	<ul style="list-style-type: none"> ・存置、経過観察 ・表面含浸工法 ・表面被覆工法 	<ul style="list-style-type: none"> ・存置、経過観察 ・表面含浸工法 ・表面被覆工法 ・断面修復工法 ・脱塩工法 ・(内部圧入工法) ・(電気防食工法) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ注工法 ・表面含浸工法 ・表面被覆工法 ・断面修復工法 ・内部圧入工法 ・電気防食工法 ・(脱塩工法) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ注工法 ・表面被覆工法 ・断面修復工法 ・内部圧入工法 ・電気防食工法 	<ul style="list-style-type: none"> ・断面修復工法 + 各種補強工法 ・撤去、新設 ・供用制限

※ ()内は維持管理シナリオによって選択される可能性のある工法を示す
 赤字は亜硝酸リチウムを併用可能な工法を示す

3.3 ASRの膨張抑制を目的とした補修の考え方

3.3.1 基本的な考え方

(1) ASRの補修工法を選定するにあたり、劣化メカニズムを十分に考慮し、現時点での劣化程度や将来の劣化予測（残存膨張性の有無）に基づいて補修工法に要求する性能を定める。さらに、補修後の構造物をどのように維持管理していくかという方針（シナリオ）も十分に考慮して総合的に補修工法を選定する。

(2) 亜硝酸リチウムは、ASRのあらゆる劣化過程（潜伏期～劣化期）の補修に対しても適用することができ、劣化過程に応じて適切な補修工法を選定して使用または併用する。

ASR補修の基本的な考え方

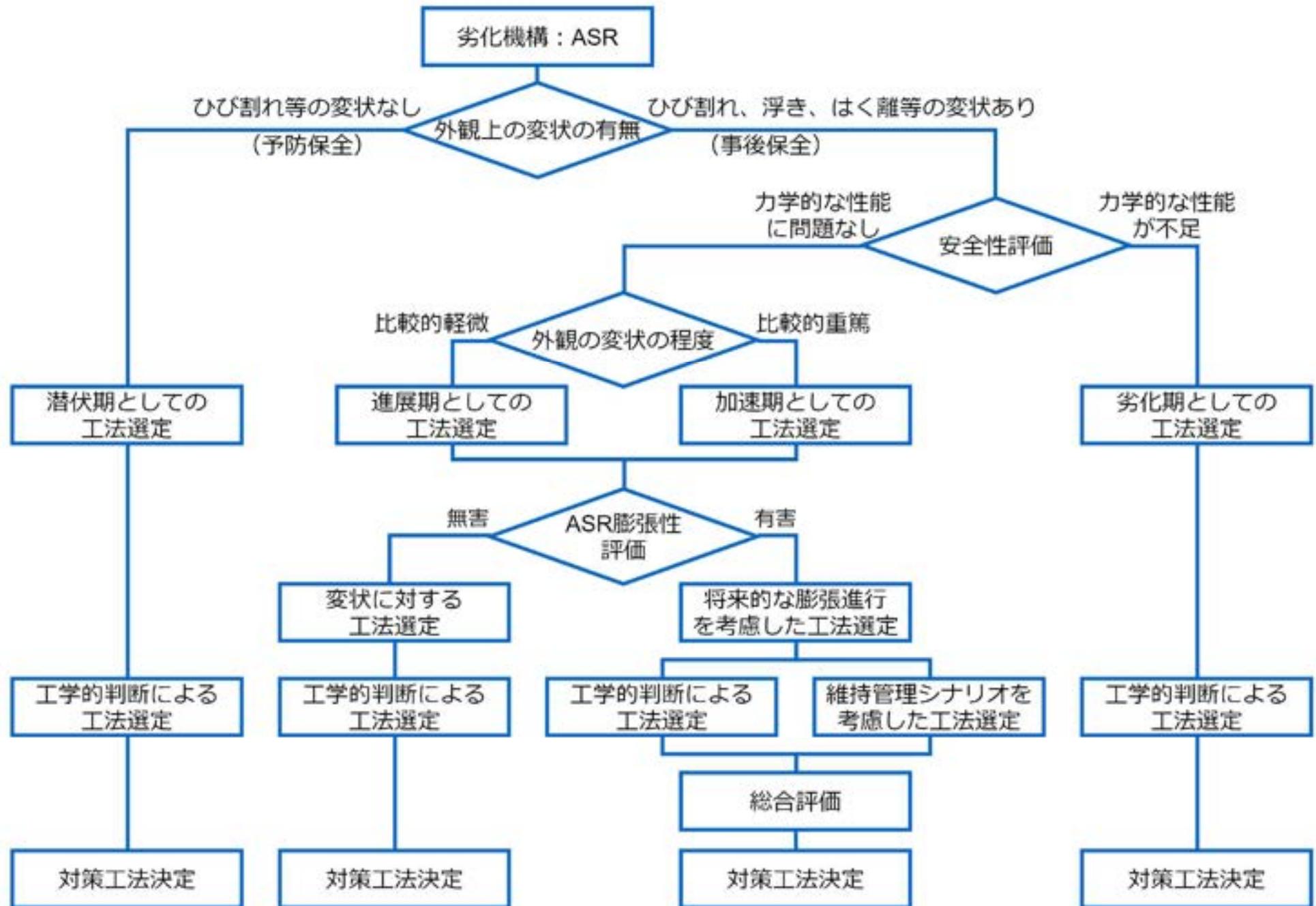
- 工学的判断に基づく工法選定
- 維持管理シナリオに基づく工法選定

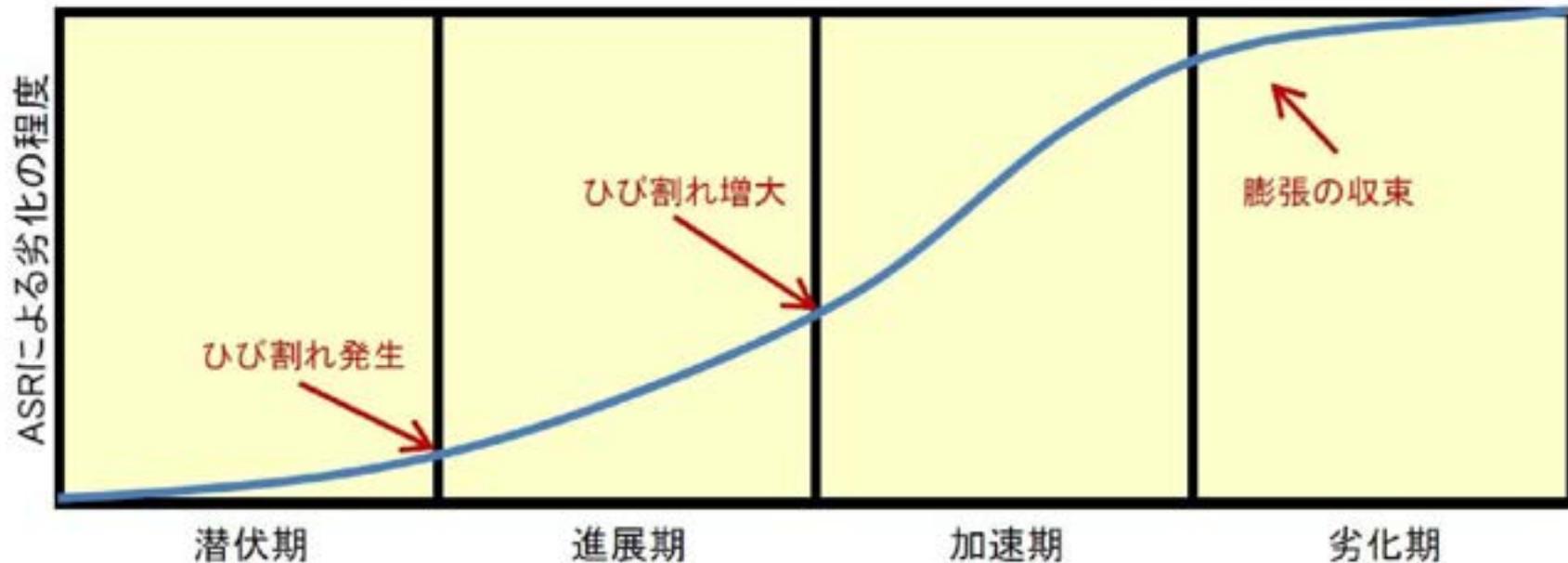


総合的に評価

3.3.2 ASR 膨張抑制を目的とした補修の考え方

- (1) ASR の劣化過程が**潜伏期**と判定され、ASR 膨張進行が将来的に懸念されるコンクリート構造物の予防保全においては、劣化因子である**水分に着目**して補修設計を行うことを基本とする。
- (2) ASR の劣化過程が**進展期**と判定され、既に ASR 膨張によるひび割れ等の変状が顕在化したコンクリート構造物の事後保全においては、**ASR の残存膨張性（膨張性の将来予測）**に着目し、**補修後の維持管理シナリオ**を考慮して補修設計を行うことを基本とする。
- (3) ASR の劣化過程が**加速期**と判定され、既に ASR 膨張による著しいひび割れ等の変状が広範囲に顕在化したコンクリート構造物の事後保全においては、**ASR の残存膨張性（膨張性の将来予測）**に着目し、**補修後の維持管理シナリオ**を考慮して補修設計を行うことを基本とする。
- (4) ASR の劣化過程が**劣化期**と判断されるコンクリート構造物の維持管理においては、**補修だけでなく補強や供用制限、解体・撤去**など広範囲の検討を行わなければならない。





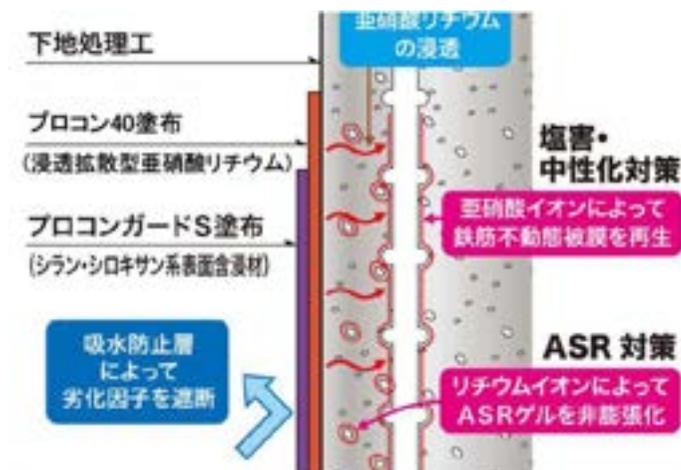
	潜伏期	進展期	加速期	劣化期
劣化の状態	・外観上の変化なし	・膨張ひび割れ発生 ・ゲル滲出	・膨張ひび割れの進展 ・ひび割れ幅、密度、範囲の増大 ・強度、弾性係数の低下 ・鋼材腐食による錆汁	・膨張ひび割れ増大 ・ずれ、段差 ・強度、弾性係数の著しい低下 ・剥離、剥落 ・鉄筋破断 ・変位、変形
工法選定の例	・防水工 ・表面被覆工法 ・表面含浸工法	・防水工 ・表面被覆工法 ・表面含浸工法 ・ひび割れ注入工法 ・内部圧入工法	・防水工 ・表面被覆工法 ・表面含浸工法 ・ひび割れ注入工法 ・内部圧入工法 ・補強による膨張拘束	・防水工 ・断面修復工法＋ 各種補強工法 ・鉄筋破断箇所の補修

※ あらゆる劣化グレードにおいても水処理は実施すべきである
 赤文字は亜硝酸リチウムを使用可能な工法を示す

【工法別マニュアル編】

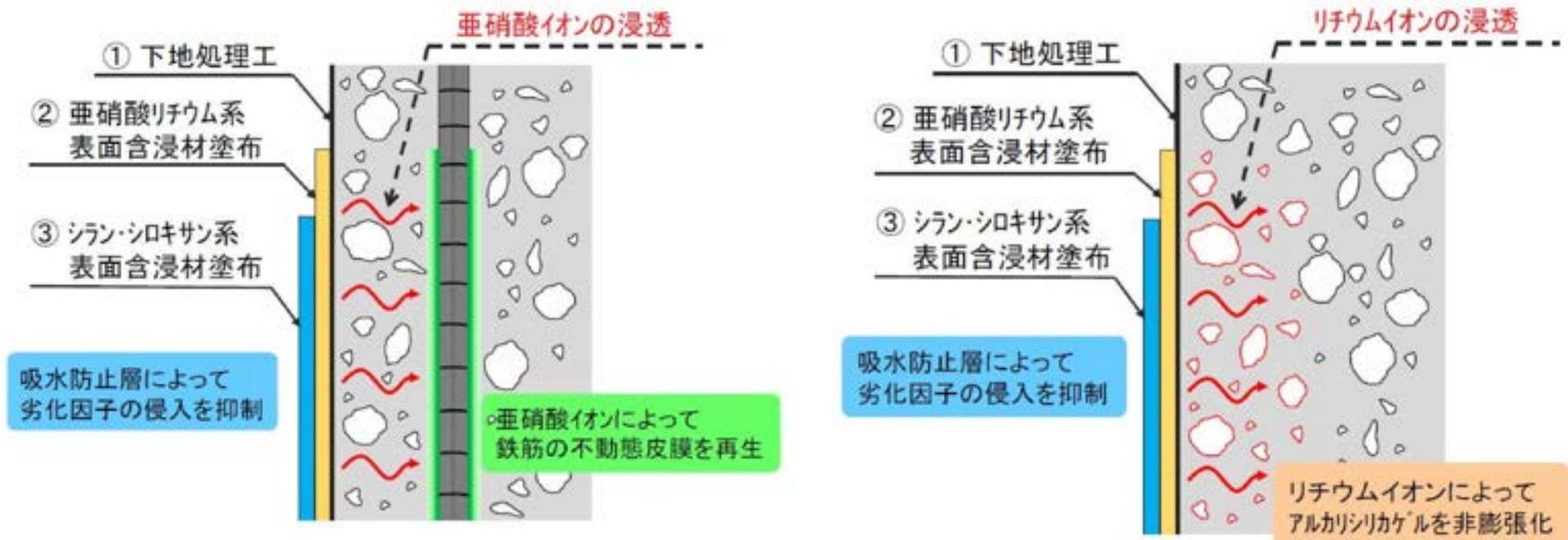


1 . 亜硝酸リチウム併用型 表面含浸工法の設計・施工



(1) 本マニュアル(案)は、コンクリート構造物の耐久性向上を目的としてコンクリート構造物の表面に適用する亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法(以下、本工法と称す)の設計、施工および維持管理に関する標準を示すものである。

(2) 本マニュアル(案)で対象とする表面含浸工法は、**亜硝酸リチウム系表面含浸材**および**シラン・シロキサン系表面含浸材**の2種類の組み合わせによるものとする。



2章 使用材料

- (1) 使用する亜硝酸リチウム系表面含浸材およびシラン・シロキサン系表面含浸材は、併用にあたり互いに性能を阻害しないことが確認された材料でなければならない。
- (2) 亜硝酸リチウム系表面含浸材は浸透拡散型亜硝酸リチウムを用いることとし、その品質は、濃度、密度、pH、粘度および外観によって確かめなければならない。
- (3) シラン・シロキサン系表面含浸材の品質は、成分、有効成分量、粘度および密度によって確かめなければならない。

表 2-1 亜硝酸リチウム系表面含浸材の性状

グレード	浸透拡散型
有効成分量（濃度）	亜硝酸リチウム 40±1%
外観	淡黄色透明 

表 2-3 シラン・シロキサン系表面含浸材の性状

成分	シラン・シロキサン系
有効成分量（濃度）	90%以上
外観	白色ジェル状 

3.1 適用可能な劣化過程

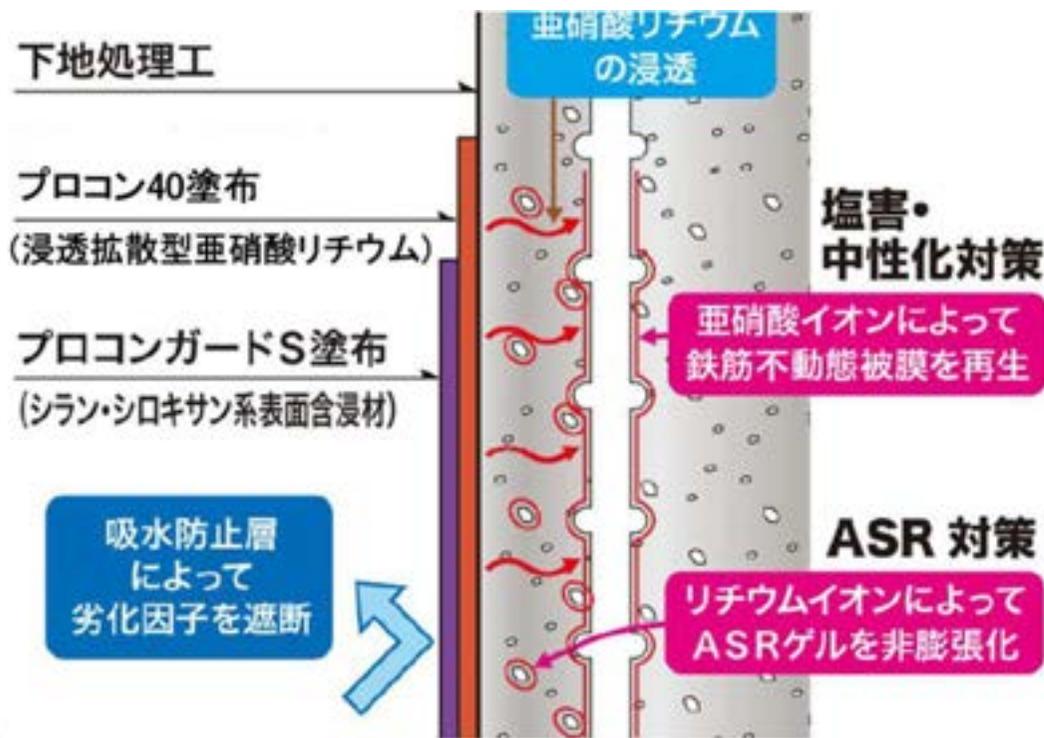
(1) 亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法の設計にあたっては、亜硝酸リチウム系表面含浸材による鉄筋腐食抑制効果および ASR 膨張抑制効果、シラン・シロキサン系表面含浸材による劣化因子の遮断効果を正しく認識し、劣化機構と劣化過程に応じて設計しなければならない。

(2) 亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法を塩害または中性化により劣化したコンクリート構造物に対して適用する場合、適用可能な劣化過程は『進展期』および『加速期前期』を標準とする。

(3) 亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法を ASR により劣化したコンクリート構造物に対して適用する場合、適用可能な劣化過程は『進展期』および『加速期』を標準とする。

-
- ・ 潜伏期には一般的な表面含浸工法
 - ・ 進展期を超えたら亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法

亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法

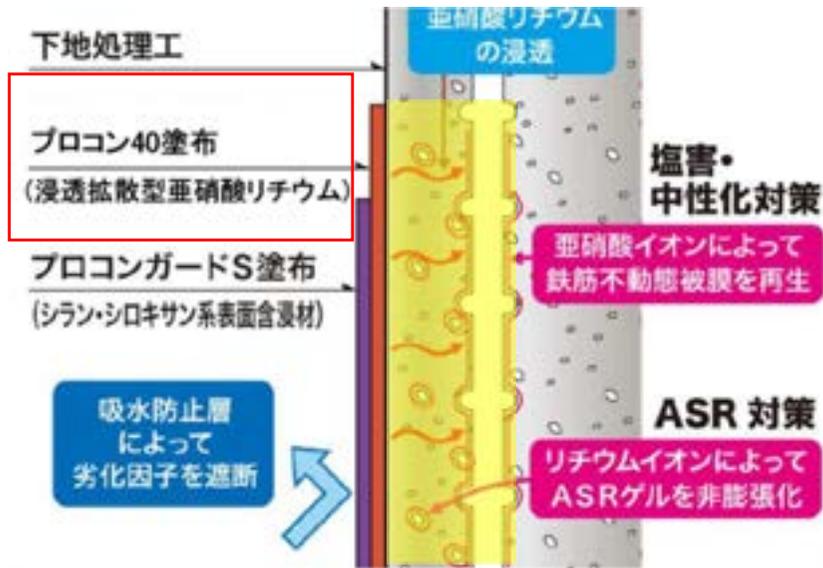


- ①コンクリート表面を下地処理する
- ②浸透拡散型亜硝酸リチウムを塗布し、内部へ含浸させる ⇒ 鉄筋防錆
- ③シラン・シロキサン系含浸材を塗布し、撥水層を形成する ⇒ 劣化因子の遮断

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』

- (1) 亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法における亜硝酸リチウム系表面含浸材の標準塗布量は 0.3kg/m^2 とする。
- (2) 亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法を塩害補修として適用する場合、塩化物イオン量に応じて亜硝酸リチウム必要量を算出することで、標準塗布量を超える設計塗布量を設定することができる。
- (3) 亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法を中性化補修として適用する場合、亜硝酸リチウム系表面含浸材の設計塗布量は過去の施工実績等を考慮して設定することができる。
- (4) 亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法をASR補修として適用する場合、亜硝酸リチウム系表面含浸材の塗布量は標準塗布量 0.3kg/m^2 とする。
- (5) 亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法におけるシラン・シロキサン系表面含浸材の塗布量は、劣化機構に関わらず 0.18kg/m^2 とする。



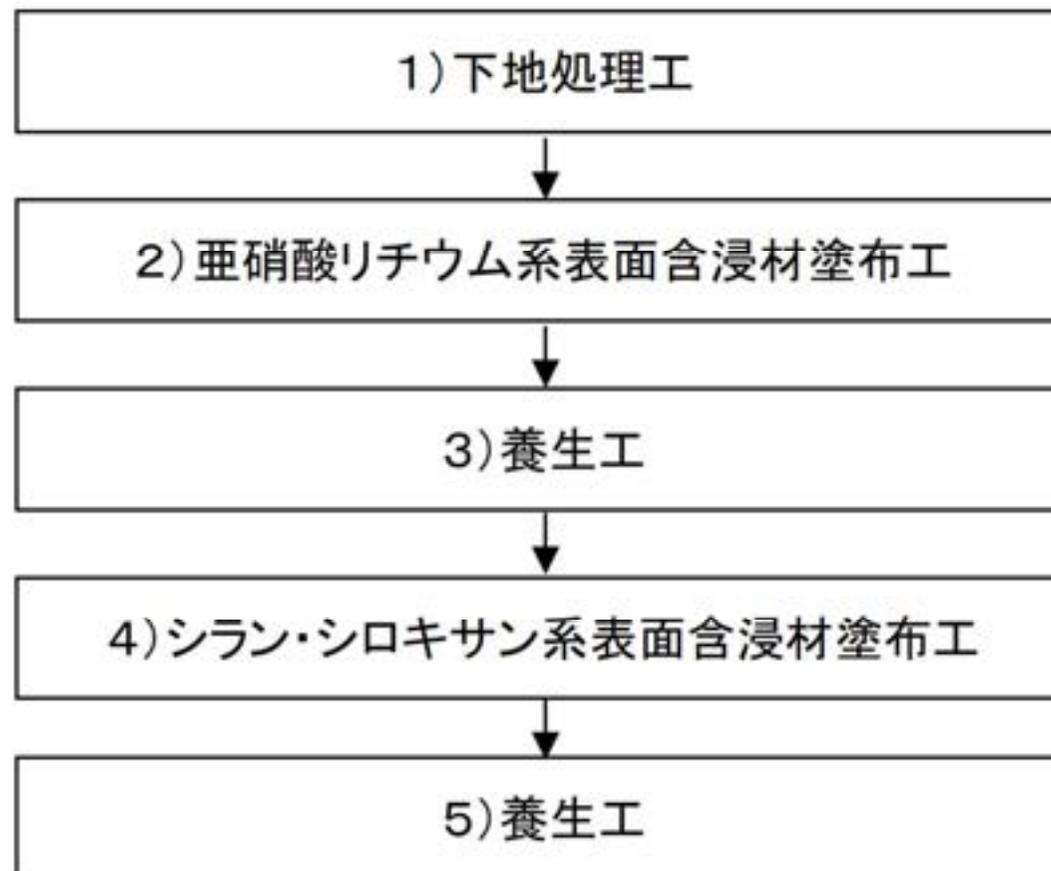
- ・ 亜硝酸リチウム標準塗布量 0.3kg/m^2
- ・ 塩害の場合には、 $[\text{NO}_2^-]/[\text{Cl}^-]$ モル比 = 1.0 で必要量を算定できる。
- ・ 塗布した亜硝酸リチウムが鉄筋位置まで浸透した状態を仮定して塗布量を決める。
- ・ 下表にて簡易に設定することもできる。

『目標含浸深さ』と『塩化物イオン量』をパラメータとした設計塗布量の目安

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

4.2 施工手順

亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法の施工は以下の施工フローに準じて適切に行わなければならない。



亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法の施工手順



写真 4-1 下地処理工の施工状況



写真 4-2 亜硝酸リチウム系表面含浸材塗布工の施工状況



写真 4-3 コンクリート表面水分率の測定状況



写真 4-4 シラン・シロキサン系表面含浸材塗布工の施工状況

5.2 品質管理

(1) 亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法の品質管理は、使用する表面含浸材の品質を確認することによって行うことができる。

(2) 表面含浸材の品質は、透水量、吸水率、透湿度、中性化に対する抵抗性、塩化物イオン浸透に対する抵抗性によって確認することができる。

5.3 出来形管理

亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法の出来形を管理するために、使用材料の検収や塗布面積の測定などを施工順序に従い実施し、その都度結果を管理方法に定められた方法により記録しなければならない。

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
NETIS:CG-190024-A

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Sは、亜硝酸リチウムを主成分とする含浸材「プロコン40」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)がコンクリート表面層部で、防水止層を形成して、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40(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機構を形成し、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40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40(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

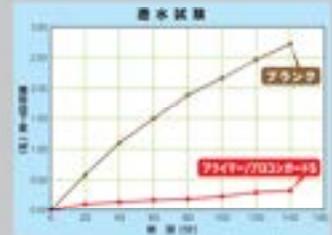
- 塩害補修:劣化因子(塩化物イオン)の侵入遮断+鉄筋腐食抑制(不動態皮膜再生)
- 中性化補修:劣化因子(二酸化炭素)の侵入遮断+鉄筋腐食抑制(不動態皮膜再生)
- ASR補修:劣化因子(水分)の侵入遮断+ASR膨張抑制(ゲルの非膨張化)

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油膜等を汚れを除去する。
- 2.プロコン40の塗布
刷毛及びローラー等で規定塗布量(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規定塗布量(標準塗布量0.15kg/m²)を塗布する。

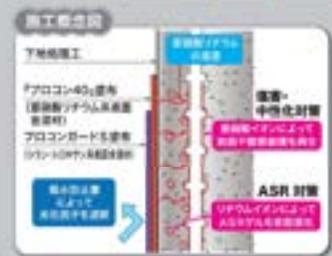
施工注意

- プロコン40は指定塗布量必ず遵守して下さい。
- プロコン40,塗布直後、表面状態を確認して下さい。(水色発色)
- 9℃以下で施工して下さい。



性能・試験結果 土木学会 表面含浸材の試験方法(案) JSC-E-K 571-2013による試験結果

試験項目	基準(グレードA)	実測値
含浸深さ試験	—	16.2mm
透水量試験	80%以上	84%
吸水率試験	80%以上	86%
透湿度試験	80%以上	64%
中性化に対する抵抗性試験	30%以上	100%
塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験	80%以上	100%



性能・試験結果 土木学会 表面含浸材の試験方法(案) JSC-E-K 571-2013による試験結果

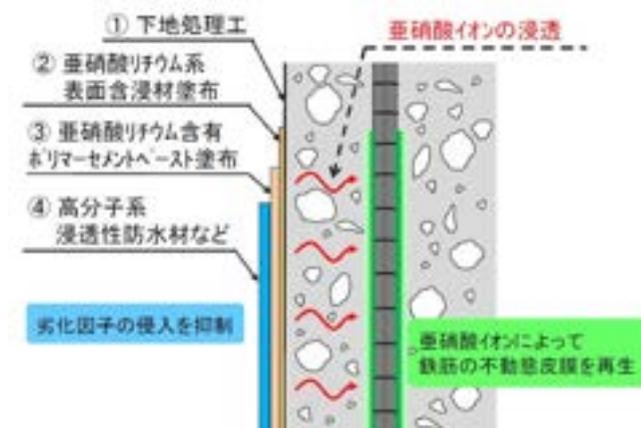
試験項目	基準(グレードA)	実測値
含浸深さ試験	—	16.2mm
透水量試験	80%以上	84%
吸水率試験	80%以上	86%
透湿度試験	80%以上	64%
中性化に対する抵抗性試験	30%以上	100%
塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験	80%以上	100%



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	<p>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</p>	<p>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)</p>	<p>下地処理工 プロコン40塗布 (浸透拡散型重硝酸リチウム) プロコンガードS塗布 (シラン-シロキサン系表面含浸材)</p> <p>塩類腐りチウム の浸透</p> <p>塩害・ 中性化対策 重硝酸イオンによって 鉄筋不動態皮膜を再生</p> <p>ASR 対策 リチウムイオンによって ASRゲルを非晶質化</p> <p>吸水防止層 によって 劣化因子を遮断</p>
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	6,600円/m ²

2 . 亜硝酸リチウム併用型 表面被覆工法の設計・施工



参考：『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、『リハビリモルタル』(亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタル)を使用します。『リハビリモルタル』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、硫酸イオンなど)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、ポリマーセメントモルタル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抑制効果等をコンクリート表面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：作業機(ローラー)による塗布
 塗布材：『リハビリモルタル』(亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタル(プロコン40混入))
 設備機：『プロコン40』(浸透拡散型亜硝酸リチウム)

施工手順 標準仕様

1. 施工面を高圧水洗またはディスクラ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40』を塗布します。(標準塗布量:0.3kg/m²。層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『リハビリモルタル』をコブまたはローラー、刷毛で塗布します。(標準塗布量:2mm厚で約3kg/m²。塗り上げ後の重量!)
 4. 高分子系浸透性防水材料等を用いて上塗りを行い、『リハビリモルタル』層を保護します。
- ※ リハビリモルタル配合比/モルキープ#20:キープジョンK-100:水:プロコン40=25kg:1.6kg:4.6kg:3.2kg



① 亜硝酸リチウム塗布

● 下地処理工完了後、コンクリート表面全体にプロコン40を塗布する。



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モルタル塗布
 ● 亜硝酸リチウム含有ポリマーセメン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

● 高分子系浸透性防水材料など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モルタル層を保護する。

使用材料

- モルキープ#20 (プレミックスモルタル、森トクヤマエムテック社製)
 キープジョンK-100 (EVA系、トクヤマエムテック社製)
 プロコン40 (亜硝酸リチウム40%水溶液、補修技術研製)

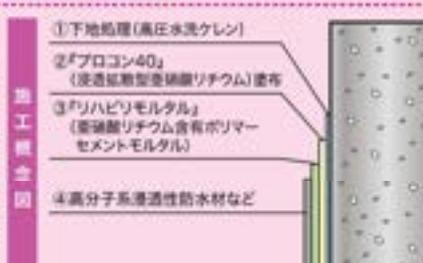
リハビリモルタル試験成績

項目	材料	リハビリモルタル	備考
硬化体密度(g/cm ³)		1.4	4×4×16cmの試体を容積256で算出した値
圧縮強度(N/cm ²)	1日	2.2	JIS A 1171:2000 に準拠
	7日	6.5	
	28日	8.8	
曲げ強度(N/cm ²)	1日	1.0	試験条件:標準配合、20°C±2°C封鎖養生
	7日	2.4	
	28日	2.9	
付着強度(N/cm ²)		1.5	
硬化収縮率(%)		-0.02	



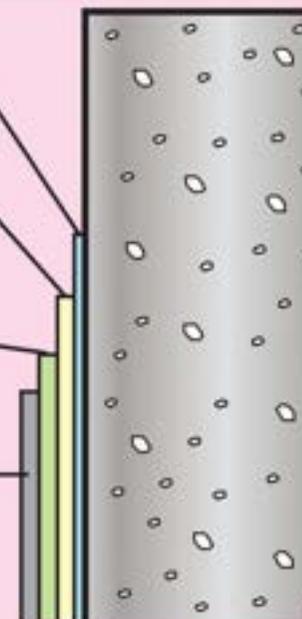
④ 工事完了

● 表面被覆工により劣化からの劣化因子(水分)を遮断するとともに、コンクリート表面部は亜硝酸リチウムによって塩害・中性化・ASR対策を行う。



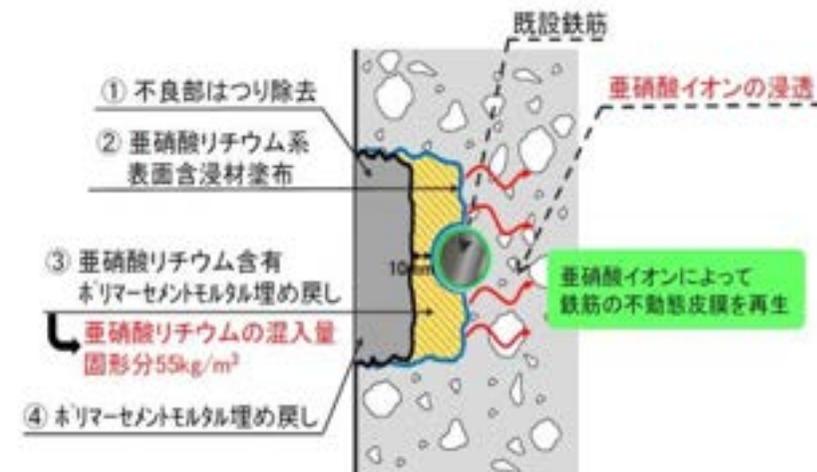
施工概念図

- ① 下地処理(高圧水洗ケレン)
- ② 『プロコン40』(浸透拡散型亜硝酸リチウム)塗布
- ③ 『リハビリモルタル』(亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタル)
- ④ 高分子系浸透性防水材料など



亜硝酸リチウム40%水溶液を混入したポリマーセメントモルタルを塗布

3 . 亜硝酸リチウム併用型 断面修復工法の設計・施工



1章 総則

1.1 適用範囲

(1) 本マニュアル（案）は、塩害、中性化およびアルカリシリカ反応（以下、ASR と称す）等により劣化したコンクリート構造物に対し、その対策として亜硝酸リチウム併用型断面修復工法（以下、本工法と称す）を適用する場合の設計、施工および維持管理に関する標準を示すものである。

(2) 本マニュアル（案）は、断面修復工法のうち汎用性の高い左官工法を対象とするものである。

左官工法



充填工法

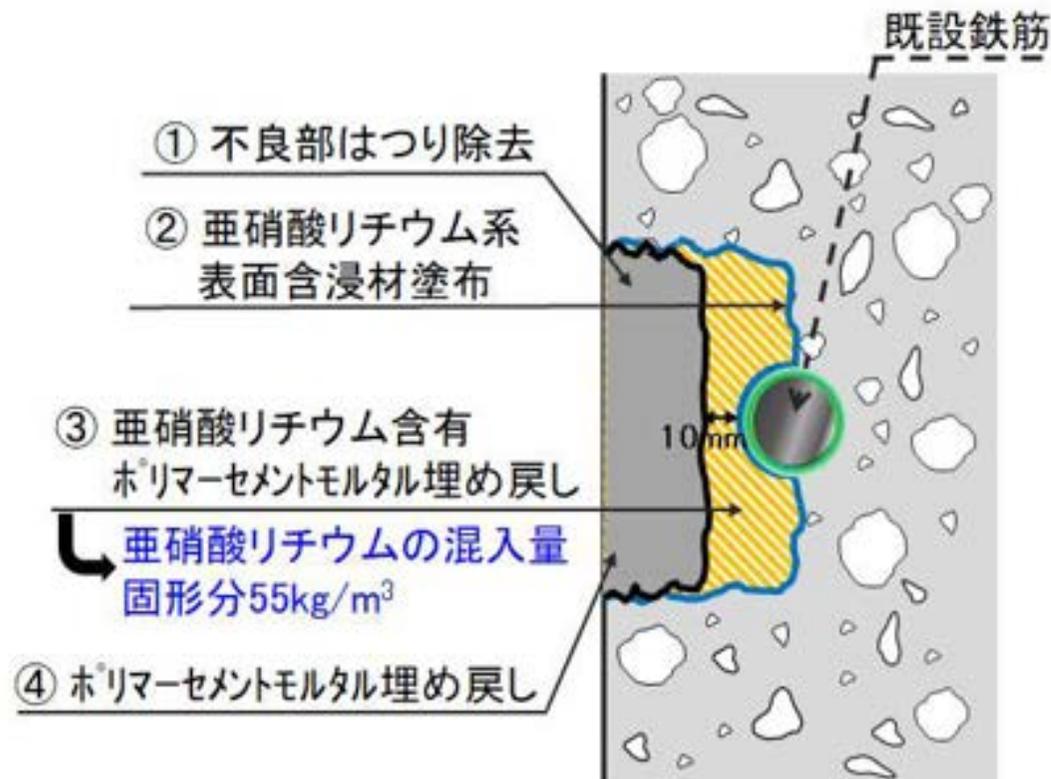


吹付け工法



1.2 工法概要

本工法は、ポリマーセメントモルタル系断面修復材を用いて型枠を設置せず金ゴテや木ゴテ等を用いて人力により断面修復材を塗布する工法である。このとき、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層構造とする。



鉄筋背面側コンクリートの脆弱化の状態に応じて2種類

はつり深さ	Type1: 鉄筋背面側まで	Type2: 鉄筋の中心部まで
<p>概念図</p>	<p>① 不良部はつり除去</p> <p>② 亜硝酸リチウム系表面含浸材塗布</p> <p>③ 亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントペースト塗布</p> <p>④ 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</p> <p>亜硝酸リチウムの混入量 : $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^- = 1.0$</p>	<p>① 不良部はつり除去</p> <p>② 亜硝酸リチウム系表面含浸材塗布</p> <p>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</p> <p>④ ポリマーセメントモルタル埋め戻し</p> <p>10mm</p> <p>亜硝酸リチウムの混入量 固形分 $55\text{kg}/\text{m}^3$</p>
<p>概要</p>	<p>1層構造</p> <p>① 亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタル (全範囲)</p>	<p>2層構造</p> <p>① 亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタル (鉄筋を10mm覆う厚さまで)</p> <p>② ポリマーセメントモルタル単体 (残り範囲)</p>
<p>混入量</p>	<p>塩化物イオン含有量に応じて設定 (塩化物イオンに対してモル比1.0)</p>	<p>プロコン40: $137.5\text{kg}/\text{m}^3$ (亜硝酸リチウム固形分 $55\text{kg}/\text{m}^3$)</p>

Type1, Type2の使い分け

- 亜硝酸リチウム併用型断面修復の仕様は
「鉄筋背面まではつり（Type1、モル比1.0混入）」
を基本方針とする。
- ただし、このType1を採りにくいケースへの対応策として
「鉄筋半分まではつり（Type2、55kg/m³混入）」
の仕様も選択することができる。

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

2章 使用材料

(1) ポリマーセメントモルタルに混入する亜硝酸リチウムは浸透拡散型亜硝酸リチウムを用いることとし、その品質は、濃度、密度、pH、粘度および外観によって確かめなければならない。

(2) ポリマーセメントモルタルは、上記の亜硝酸リチウムの混入が可能なものを使用しなければならない。その品質は亜硝酸リチウムを固形分で 55kg/m^3 混入した状態で確かめなければならない。

(3) プライマーは、亜硝酸リチウム系表面含浸材を用いるものとする。

-
- ・ 使用するポリマーセメントモルタルは、亜硝酸リチウムの混入が可能なものを選定する。
 - ・ その品質は亜硝酸リチウムを固形分で 55kg/m^3 混入した状態での試験値をもって確認する。
 - ・ 品質規格を満足するポリマーセメントモルタルの例
リペアミックスJ1
マスターエマコS990CI など

3章 設計

3.1 一般

- (1) 本工法の設計にあたっては、亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制効果および ASR 膨張抑制効果を正しく理解し、劣化機構と劣化程度に応じて設計しなければならない。
- (2) 本工法を塩害または中性化により劣化したコンクリート構造物に対して適用する場合、適用可能な劣化過程は『加速期』および『劣化期』とする。
- (3) 本工法を ASR により劣化したコンクリート構造物に対して適用する場合、適用可能な劣化過程は『劣化期』とする。

-
- ・ 塩害、中性化で生じた浮き、剥離箇所の補修
⇒ 加速期前期、後期および劣化期
 - ・ ASRの補修で生じた浮き、剥離箇所の補修
⇒ (加速期)、劣化期

3.2 亜硝酸リチウム設計混入量

(1) 本工法を塩害または中性化の補修として適用する場合、断面修復材に混入する亜硝酸リチウム量は固形分で 55kg/m^3 となる量を標準とする。このとき、はつり深さは防錆対象の鉄筋中心部までとし、亜硝酸リチウムを混入する断面修復材の塗布厚さは防錆対象とする鉄筋表面かぶり厚さ+10mm までの範囲とする。

(2) 本工法を塩害の補修として適用する場合で、かつ、はつり深さを防錆対象の鉄筋背面側までとする場合には、塩化物イオン量に応じた亜硝酸リチウム必要量を算出して断面修復材への混入量を設定することができる。

(3) 本工法を ASR 補修として適用する場合、コンクリート中のアルカリ金属イオンの量を測定することで断面修復材への亜硝酸リチウムの必要量を設定することができる。

• 亜硝酸リチウム設計混入量

Type1 : NO_2/Cl モル比=1.0となる量

Type2 : 固形分で 55kg/m^3 の量

4章 施工

4.1 施工一般

(1) 本工法の施工は、設計図書に基づいて立案した施工計画に従い適切に行う。

(2) 本工法の施工計画では、下記の工種について詳細な検討を行いこれらの具体的な施工方法や手順を定めるものとする。

- 1) 準備工
- 2) 劣化部除去工
- 3) 既設鋼材の防錆処理工
- 4) プライマー工
- 5) 断面修復工
- 6) 仕上げ・養生工

(3) 施工計画は、設計図書と現地の整合を十分に確認したうえで立案し、不整合がある場合は設計内容の見直し等を行う⁴⁾。

(4) 施工中に施工計画の遵守が困難になった場合は作業を中断し補修設計を見直す。

(5) 本工法の施工は、適切な技能を有する技術者によって行うことを基本とする。

亜硝酸リチウム併用型断面修復工法の施工フロー

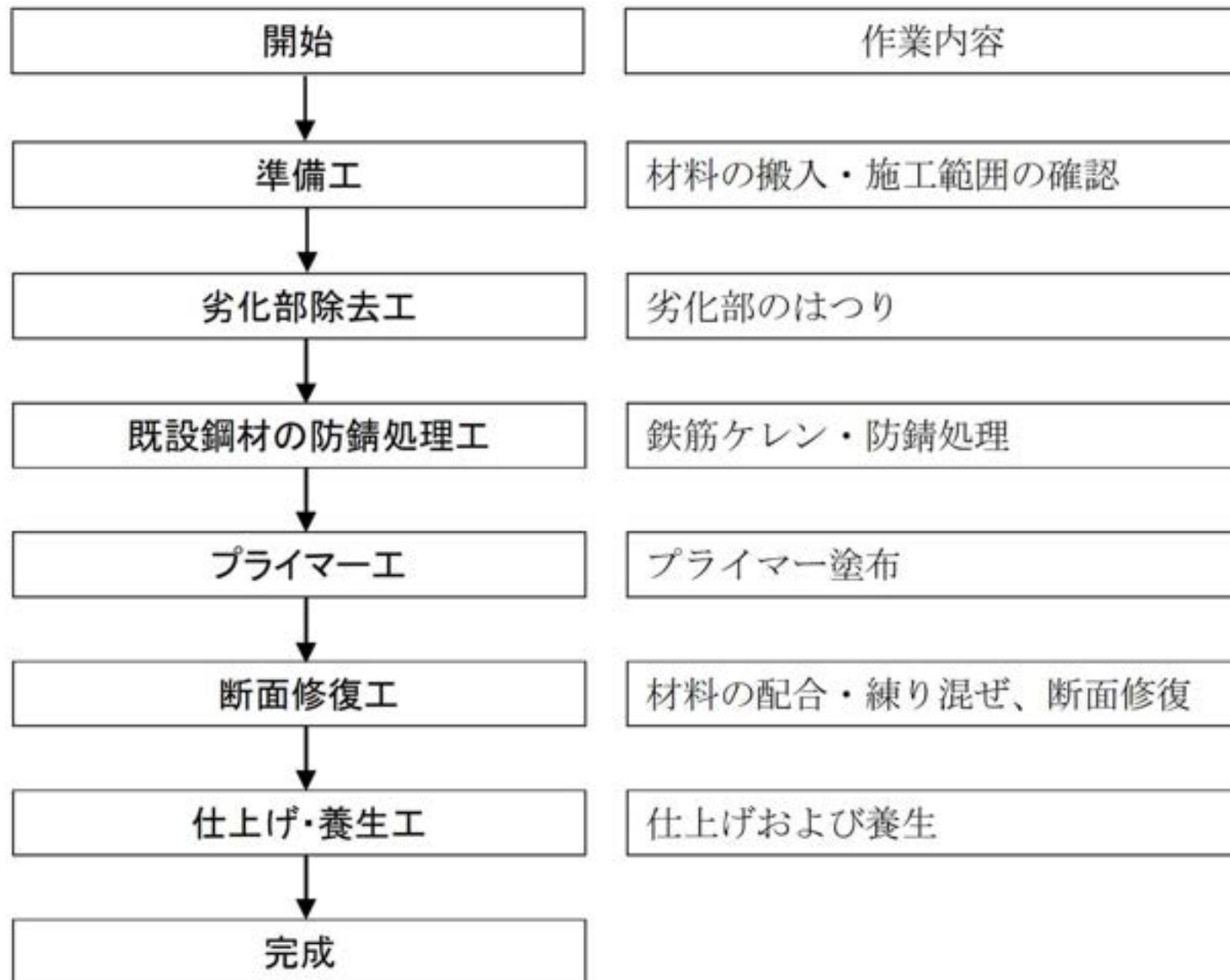


図 4-1 断面修復工の標準施工フロー

亜硝酸リチウム併用型断面修復工法の施工手順



写真 4-1 人力によるはつり作業状況



写真 4-3 鉄筋ケレン状況



写真 4-4 鉄筋防錆処理状況



写真 4-5 断面修復状況

REHABILITATION 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

プロコン40

リハビリり断面修復工法

NETIS : CG-220003-A

特長

浸透拡散型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!

リハビリり断面修復工法は、塩害・中性化・ASR等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浸透拡散型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、自研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、左記工法、薄式吹き付け工法での施工が可能です。断層が固定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。

浸透拡散型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、リハビリり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ワリ取り、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1.37.5kg/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、鉄筋表面の亜硝酸リチウムによる防錆効果が持続させ、鉄筋の腐食を長期にわたって抑制します。

施工仕様

修 繕 方 法 左記工法・薄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』

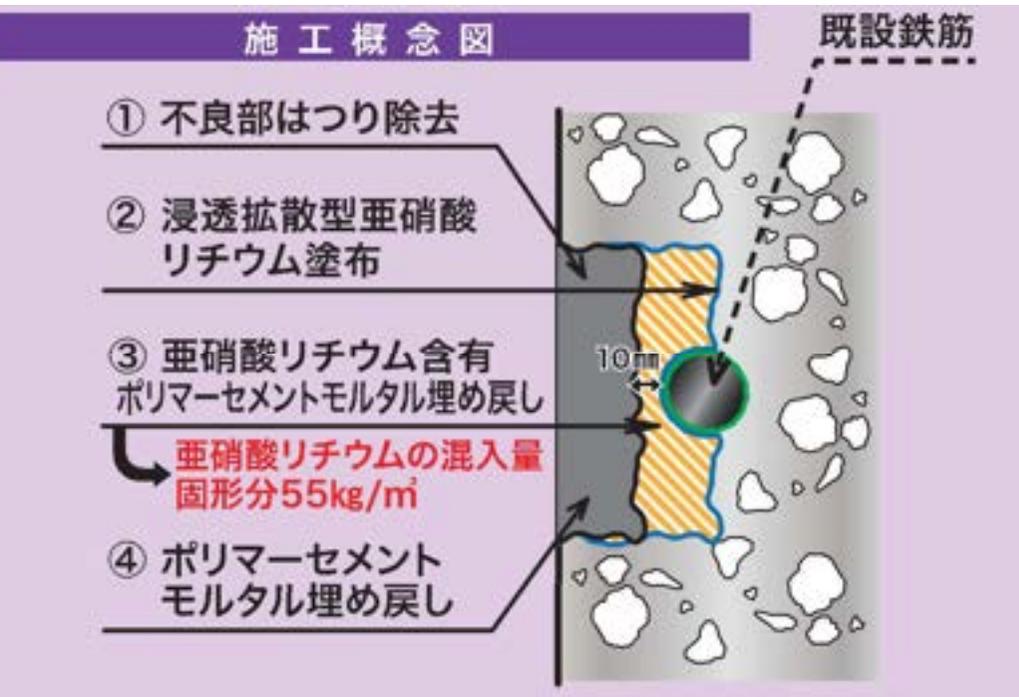
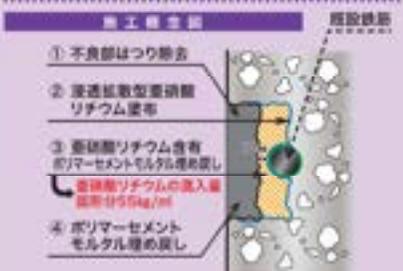
施工手順

- 1.コンクリートの断面劣化部を電動ピック等ではつき取り、はつき深さは、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、入気口を塞ぎます。
- 3.『プロコン40』を、鉄筋表面およびはつき面に塗布します。
- 4.『プロコン40』を1.37.5kg/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、はつき面から鉄筋を10㎜覆う厚さまで修復します。
- 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 物性例

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	4時間34分
断面修復材の付着	JIS A 8809	断面修復材は剥がれて、ひびき割れ、よれのないこと	ひびき割れ、よれ、剥がれなし
硬化係数	JIS A 1129-3	断面修復材の硬化係数は100%以下であること。硬化係数が数値により劣りかより劣らないこと	0.048%以下 かつ劣りかより劣らない
熱 膨 張 係 数	JIS K 8913	断面修復材の熱膨張係数は $5.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下であること	$0.86 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
コンクリートとの付着性	JICE 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	付着強度 2.4N/mm ² 剥離強度 3.7N/mm ²
圧 縮 強 度	JIS R 5201	断面修復材の設計圧縮強度は1.5N/mm ² 以上であること	60.6N/mm ²

※試験例であり、保証値ではありません。
※リペグメントス J1 とプロコン40を混入した物性値です。

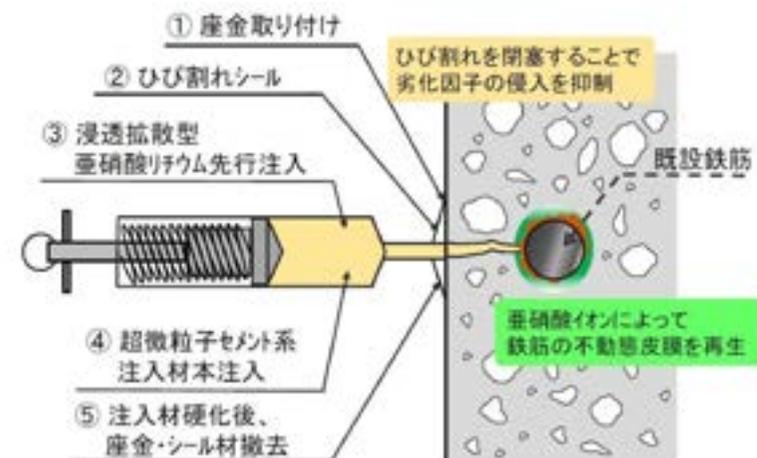


リハビリ断面修復工の比較検討の例

	Type1: 鉄筋背面側まで	Type2: 鉄筋の中心部まで
概念図	<p>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ペースト塗布 ④ 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</p> <p>亜硝酸リチウムの混入量 :NO₂⁻/Cl=1.0</p>	<p>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</p> <p>亜硝酸リチウムの混入量 固形分55kg/m³</p>
はつり深さ	鉄筋背面側まで (例; かぶり50mmの場合で深さ80mm)	鉄筋中心の深さまで (例; かぶり50mmの場合で深さ60mm)
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	235,000円/m ² (材料単価は安いですが施工量が多い)	190,000円/m ² (材料単価は高いが施工量が少ない)

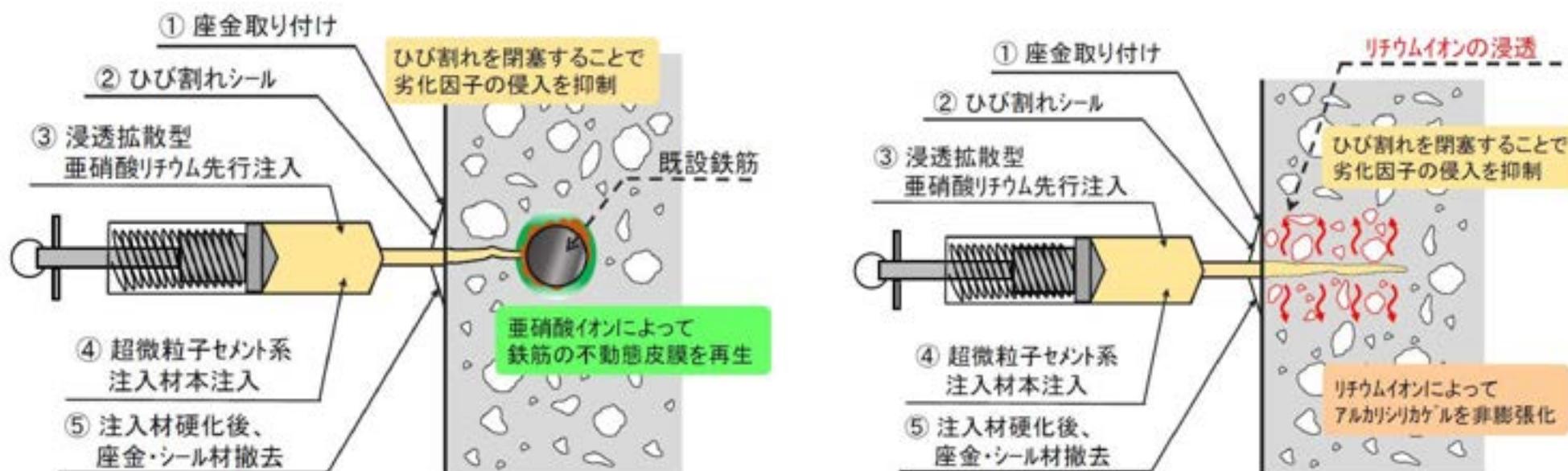
4 . 亜硝酸リチウム併用型

ひび割れ注入工法の設計・施工



(1) 本マニュアル(案)は、コンクリート構造物の耐久性向上を目的としてコンクリート構造物のひび割れ補修に適用する亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法の設計、施工および維持管理に関する標準を示すものである。

(2) 本マニュアル(案)で対象とするひび割れ注入工法は、**亜硝酸リチウム**および**超微粒子セメント系注入材**の2種類の組み合わせによるものとする。



- (1) 使用する亜硝酸リチウムおよび超微粒子セメント系ひび割れ注入材は、併用にあたり互いに性能を阻害しないことが確認された材料でなければならない。
- (2) 亜硝酸リチウムは浸透拡散型グレードのものを使用する。その品質は、濃度、密度、pH、粘度および外観によって確かめなければならない。
- (3) 超微粒子セメント系ひび割れ注入材の品質は、コンシステンシー、ブリーディング率、圧縮強さ、曲げ強さ、接着強さによって確かめなければならない。

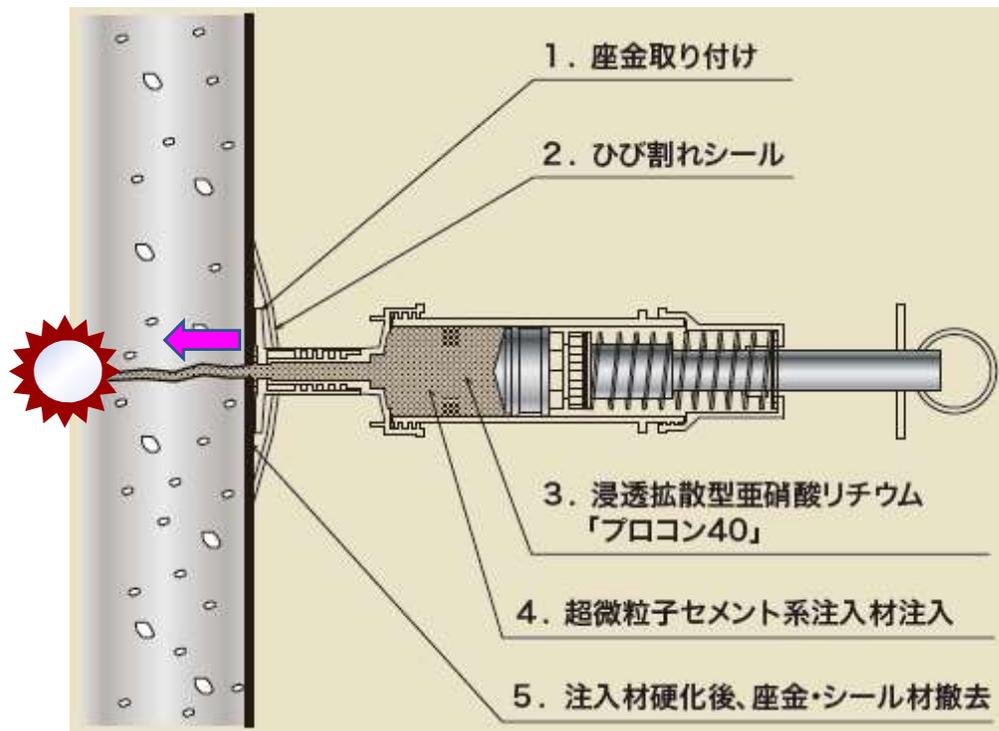
表 2-3 超微粒子セメント系注入材の物性

試験項目	単位	測定値		備考
単位容積質量	kg/ℓ	1.64		JIS A 1174
P 漏斗 流下時間	秒	直後	10.9	JSCE-F521
圧縮強さ	N/mm ²	材齢 28 日	36.7	JIS R 5201 準用
曲げ強さ	N/mm ²	材齢 28 日	4.2	

3.1 設計一般

- (1) 亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法の設計にあたっては、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、超微粒子セメント系注入材によるひび割れ閉塞効果を正しく認識し、劣化機構と劣化過程に応じて設計しなければならない。
- (2) 亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法を塩害または中性化にて発生したひび割れの補修として適用する場合、期待される亜硝酸リチウムの主たる効果はひび割れの起点となっている腐食鉄筋に対する不動態皮膜再生となる。
- (3) 亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法を ASR にて発生したひび割れの補修として適用する場合、期待される亜硝酸リチウムの主たる効果はひび割れ周辺部のアルカリシリカゲルの非膨張化となる。

亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法



- 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

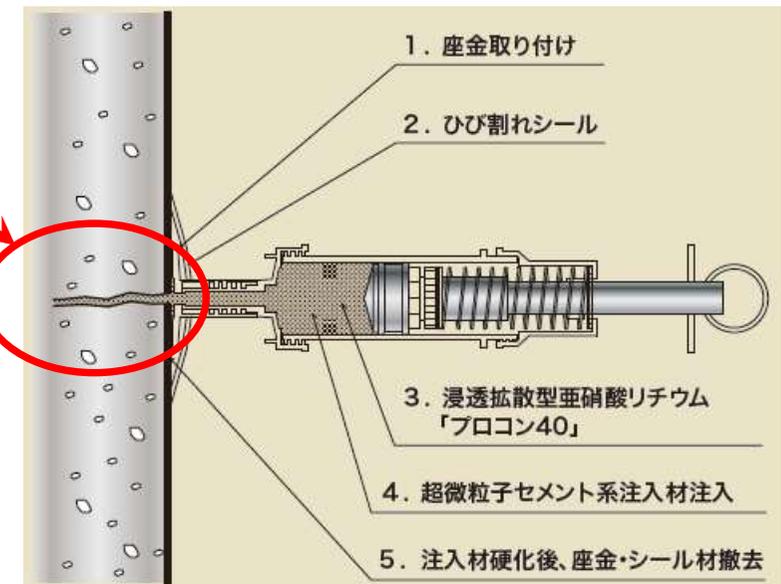
- 基本性能 : 『ひび割れ注入材による劣化因子の遮断』
付加価値 : 『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』

亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法における亜硝酸リチウムおよび超微粒子セメント系注入材の設計使用量は、劣化機構によらず一律に注入対象のひび割れ体積にて算出し、それに適切なロス率を見込むこととする。

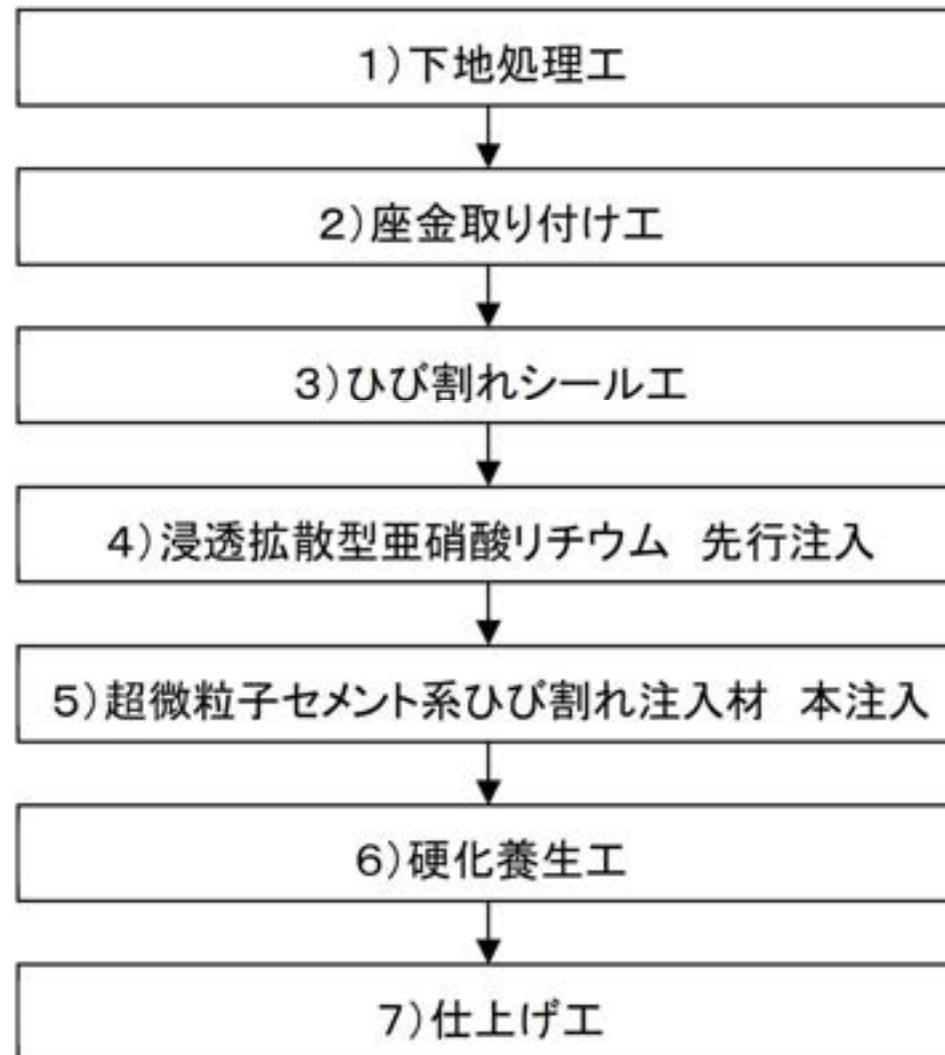
ひび割れ注入工における注入材の注入量はひび割れの体積で物理的に決まる。塩化物イオン量やアルカリ含有量に応じた定量的な算定はできない。

【ひび割れ注入材の注入量算定のために】

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



亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法の施工は以下の施工フローに準じて適切に行わなければならない。



亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法の施工手順

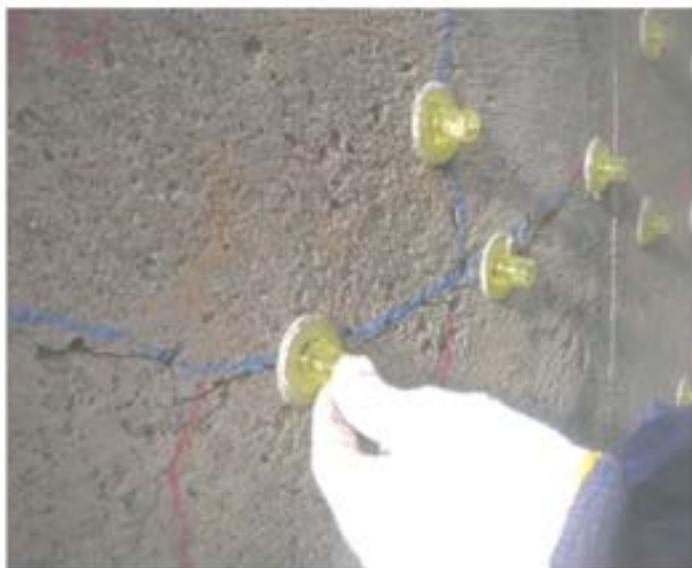


写真 4-2 座金取り付け工の施工状況



写真 4-3 ひび割れシール工の施工状況



写真 4-4 浸透拡散型亜硝酸リチウム先行注入の施工状況



写真 4-5 超微粒子セメント系ひび割れ注入材本注入の施工状況

参考：『リハビリシリンダー工法』

REHABILI

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

プロコン40

亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法

リハビリ工法

リハビリシリンダー工法



特徴

スプリング圧による自動注入!

ひび割れ注入「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狭小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「プロコン40」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維持され、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!

一般的にひび割れ注入工法の目的は、ひび割れ現象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「プロコン40」を使用しますので、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、国土省の公共土木施設の長寿命化に資する技術の区分3(補修技術)に登録されています。

施工事例



リハビリシリンダー設置状況

座金設置状況



プロコン40先行注入の状況

超微粒子セメント系注入材本注入の状況

施工仕様

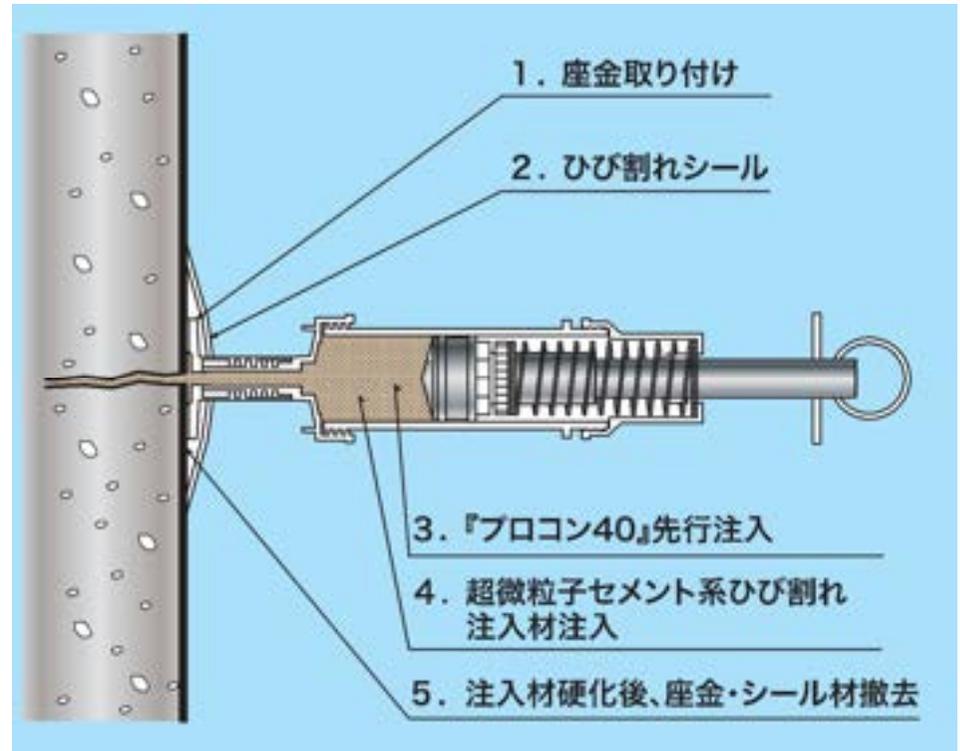
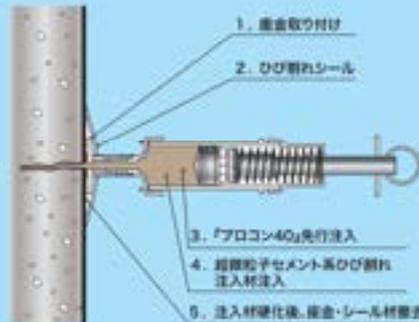
- 注入装置：自動注入器「リハビリシリンダー」
- 注入材：超微粒子セメント系ひび割れ注入材 + 浸透拡散型亜硝酸リチウム「プロコン40」
- 注入圧力：0.1MPa～0.2MPa程度
- ひび割れ幅：0.2mm～10.0mm程度

施工手順

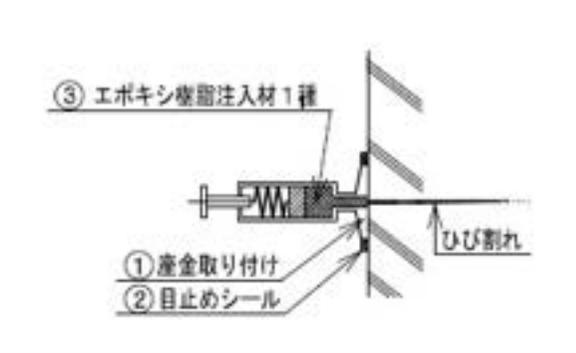
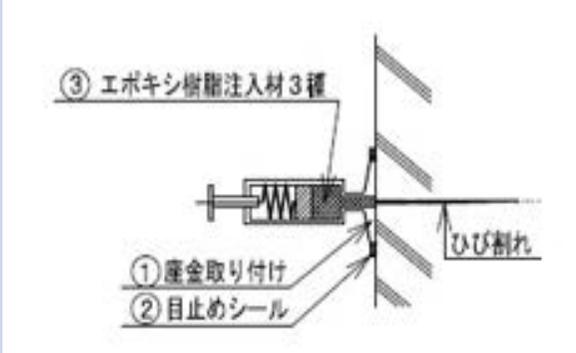
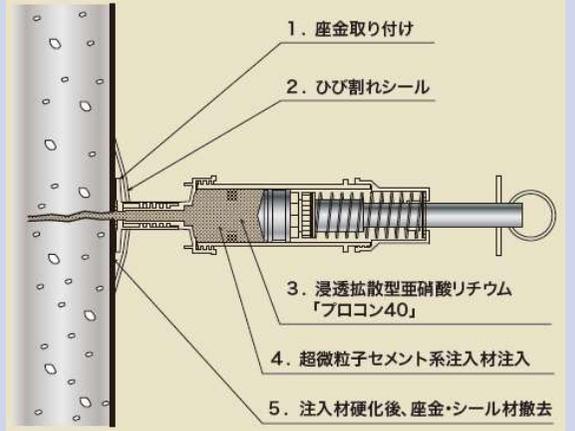
1. 施工面を高圧洗浄またはディスクサンダー等により下地処理します。
2. リハビリシリンダーを固定する座金をひび割れに沿って250mm間隔で設置します。
3. 座金箇所のひび割れをポリマーセメントペーストにてシーリングします。
4. リハビリシリンダーに「プロコン40」を充填し、座金にセットしてひび割れ内に先行注入します。
5. 超微粒子セメント系注入材をリハビリシリンダーに充填し、座金にセットしてひび割れに本注入します。
6. 注入材が硬化した後、リハビリシリンダーと座金を撤去し、シーリング材を除去します。

工法概念図

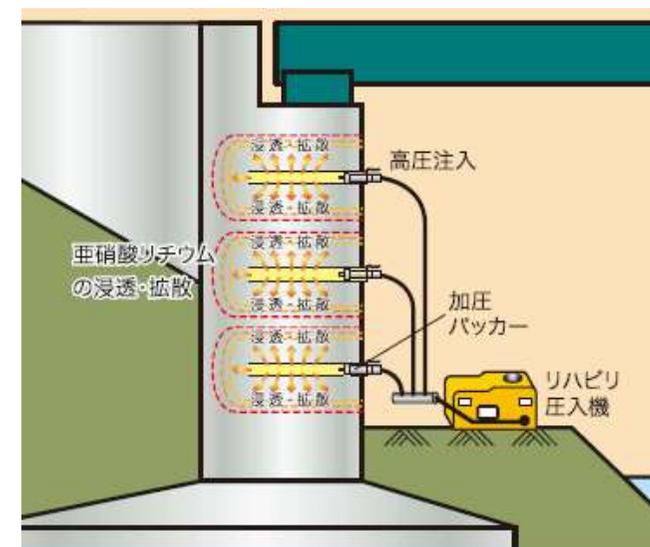
ひび割れ注入工



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 ひび割れ追随性がある	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 ひび割れ追随性がない	不動態皮膜の再生なし	付着性に劣る ひび割れ追随性がない
経済性	8,000～9,000円/m	8,000～9,000円/m	8,800円/m

5 . 亜硝酸リチウム内部圧入工法 の設計・施工



1.1 適用範囲

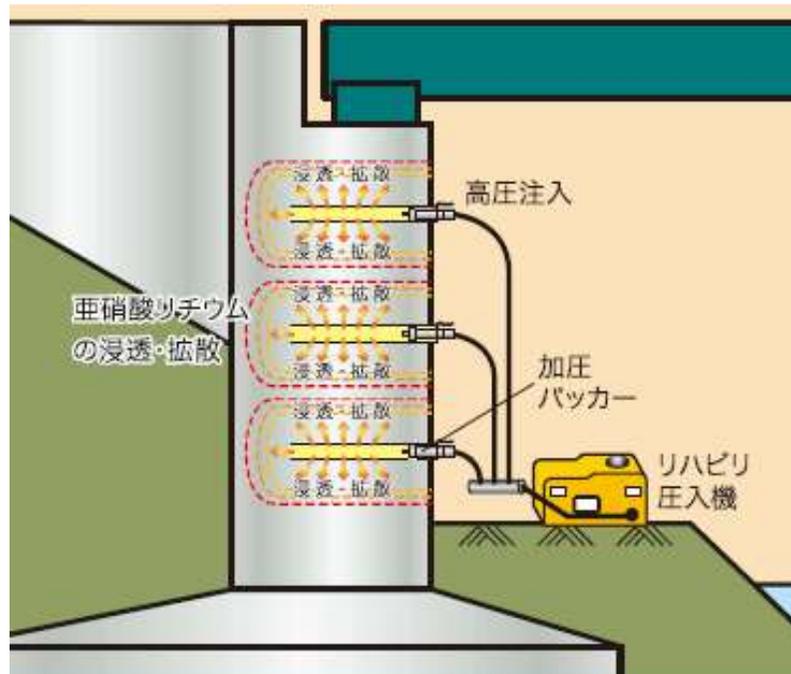
(1) 本マニュアル（案）は、亜硝酸リチウムを主成分とする抑制剤をコンクリートへ内部圧入する亜硝酸リチウム内部圧入工法（以下、本工法と称す）の設計および施工の標準を示すものである。

(2) 本工法は、**主としてアルカリシリカ反応**（以下、ASR と称す）で劣化したコンクリート構造物の補修工法として適用することを基本とする。



1.2 工法概要

本工法は、コンクリート内部での ASR の膨張抑制を主目的として、構造物に削孔した小径の孔（圧入孔）より、亜硝酸リチウムを主成分とした抑制剤を加圧注入（圧入）することで、構造物内部コンクリートの微細ひび割れを介して抑制剤を劣化範囲に効果的に浸透拡散させ、構造物内部のコンクリートの将来的な膨張を低減することにより、以後の ASR による劣化を抑制する工法である。



- 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

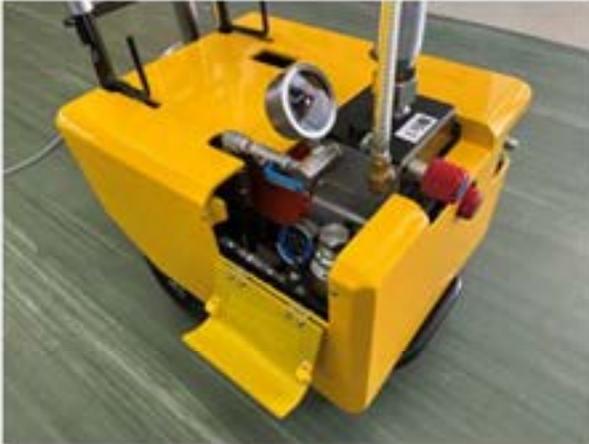
2.1 抑制剤

- (1) 本工法に用いる抑制剤は、亜硝酸リチウムを主成分とする水溶液とする。
- (2) 本工法においては、コンクリート中の抑制剤の浸透性が極めて重要であるため、浸透性に優れた浸透拡散型亜硝酸リチウム 40%水溶液を使用する。

2.2 抑制剤圧入システム

- (1) 本工法における抑制剤圧入システムは、圧入装置、加圧パッカー、耐圧ホース、分配器により構成する。
- (2) 抑制剤圧入システムへの加圧は圧入装置を用いて行うこととする。

表 2-4 圧入装置

	油圧式	電動ポンプ式	
圧入装置写真			
能力	<ul style="list-style-type: none"> • 圧力供給原理; 油圧シリンダー • 圧力範囲; 0.5MPa~2.0MPa • 併用装置;バッテリー 	<ul style="list-style-type: none"> • 圧力供給原理; 電動式ポンプ • 圧力範囲; 0.5 MPa~5.0MPa • 併用装置;抑制剤タンク 	<ul style="list-style-type: none"> • 圧力供給原理; 電動式ポンプ • 圧力範囲; 0.5MPa~3.0MPa • 併用装置;抑制剤タンク

3.2 設計抑制剤量

テキストP.138

- (1) 本工法における抑制剤の必要量は、コンクリート中のアルカリ総量に応じて算出するものとし、リチウムイオンとナトリウムイオン（等価アルカリ量）のモル比（ Li^+/Na^+ モル比）が0.8となる量の抑制剤量を設計抑制剤量と定める。
- (2) 抑制剤の濃度は、亜硝酸リチウム有効成分40%を標準とする。ただし、施工時外気温が 0°C を下回る場合には適切な対処を施さなければならない。

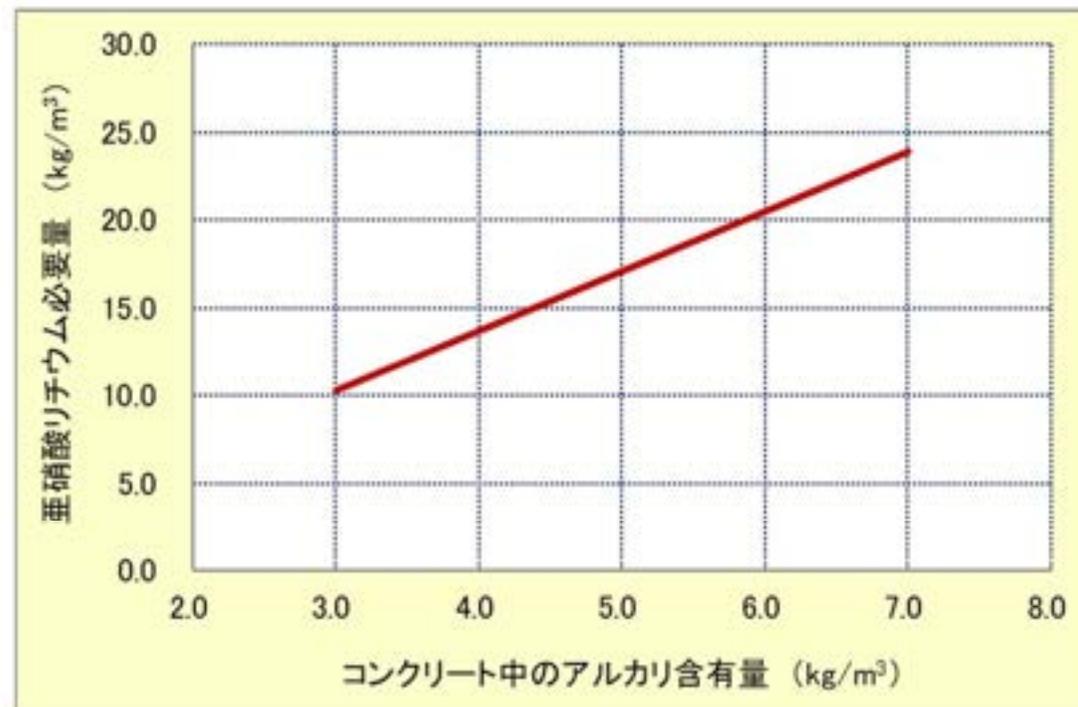


図 3-1 設計抑制剤量(ASR の場合)

施工時外気温が0℃を下回る場合の適切な処置

【対処1 構造物の保温養生】

- ・ 対象構造物全体を覆い、ヒーターで保温する
- ・ 圧入装置や分配器などの金属部品を断熱材で覆う



【対処2 冬季用添加剤】

- ・ 内部圧入工に使用する亜硝酸リチウムに添加すると、外気温-7℃まで**結晶化**を防ぐことができる



- (1) 本工法の注入圧力は **0.5MPa** を標準とする。
- (2) 施工時に注入圧力を上げる場合には、劣化した躯体コンクリートに対して圧入により悪影響を与えないよう、コンクリートの引張強度に応じて定めた **上限注入圧力** までとする。
- (3) 以上より、設計注入圧力は 0.5MPa～上限注入圧力の範囲とし、その範囲は構造物毎に定める。

【注入圧力の初期値】

- ・コンクリート中の亜硝酸リチウムの浸透が得られる圧力
- ・コンクリート表面への過度な漏出がない圧力
⇒ **0.5MPaを基本とする**

【注入圧力の上限】

- ・浸透が遅い場合には現場で注入圧力を上げることができる
- ・ただし、劣化したコンクリートに悪影響を与えない範囲まで
⇒ **上限注入圧力は構造物毎に定める**

表 3-2 上限注入圧力の設定例

圧縮強度 (N/mm ²)	推定引張強度 (N/mm ²)	上限注入圧力 (MPa)
15	1.50	0.50
17	1.70	0.57
19	1.90	0.63
21	2.10	0.70
23	2.30	0.77
25	2.50	0.83
27	2.70	0.90
29	2.90	0.97
31	3.10	1.03
33	3.30	1.10
35	3.50	1.17
37	3.70	1.23
39	3.90	1.30
41	4.10	1.37
43	4.30	1.43
45	4.50	1.50

対象コンクリートの推定引張強度
 = 圧縮強度/10
 ※実構造物の試験結果より



上限注入圧力
 = 推定引張強度/安全率
 ※ただし、安全率を3とする

3.5 設計圧入日数

- (1) 設計圧入日数 (= 圧入に要する時間) は、対象構造物の設計抑制剤量、圧入孔数、設計注入圧力、**コンクリート圧縮強度**をパラメータとして算出する。
- (2) ただし、ここで算出される設計圧入日数は経験式にて推定される目安値であり、圧入日数を規定または制限するものではない。

$$\text{圧入に要する時間 } t \text{ (hour)} = Q/q \text{ (hour)}$$

ただし、

$$q = 2\pi \cdot k_{\alpha} \cdot L \cdot \frac{10^6 \cdot P}{\rho g} \cdot \frac{1}{\ln(4L/D)} \quad (\text{m}^3/\text{hour})$$

ここに、

Q : 圧入孔 1 孔あたりに圧入する抑制剤量 (m³)

q : 時間当たりの圧入量 (m³/hour)

k_α : 抑制剤の圧入のしやすさに関するパラメータ

$$k_{\alpha} = h(f'_c) = 7 \times 10^{-6} \cdot e^{-0.0892 f'_c}$$

f'_c : コンクリートの圧縮強度

P : 設計注入圧力 (MPa) (1MPa=10⁶ N/m²)

ρ : 抑制剤の密度 (=1,250) (kg/m³)

g : 重力加速度 (=9.8) (m/sec²)

L : 部材厚 (m)

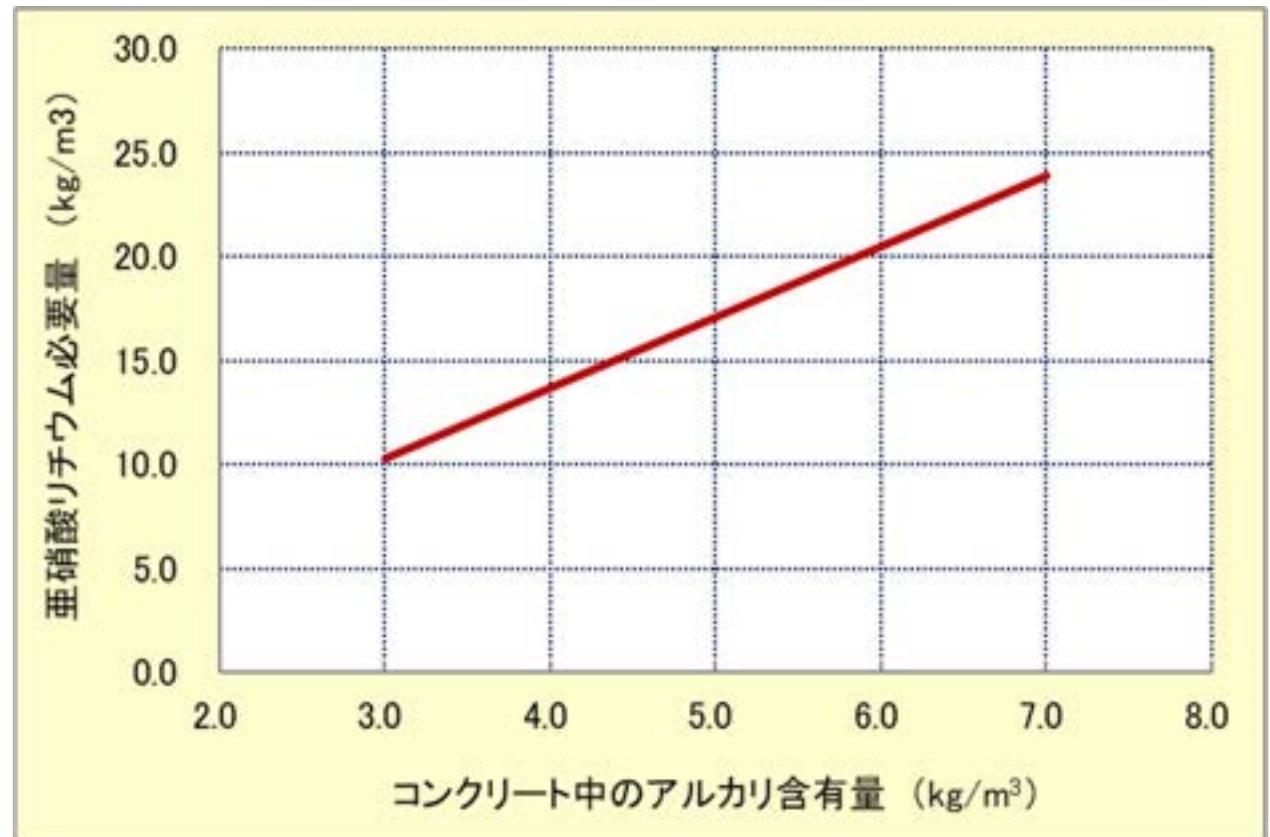
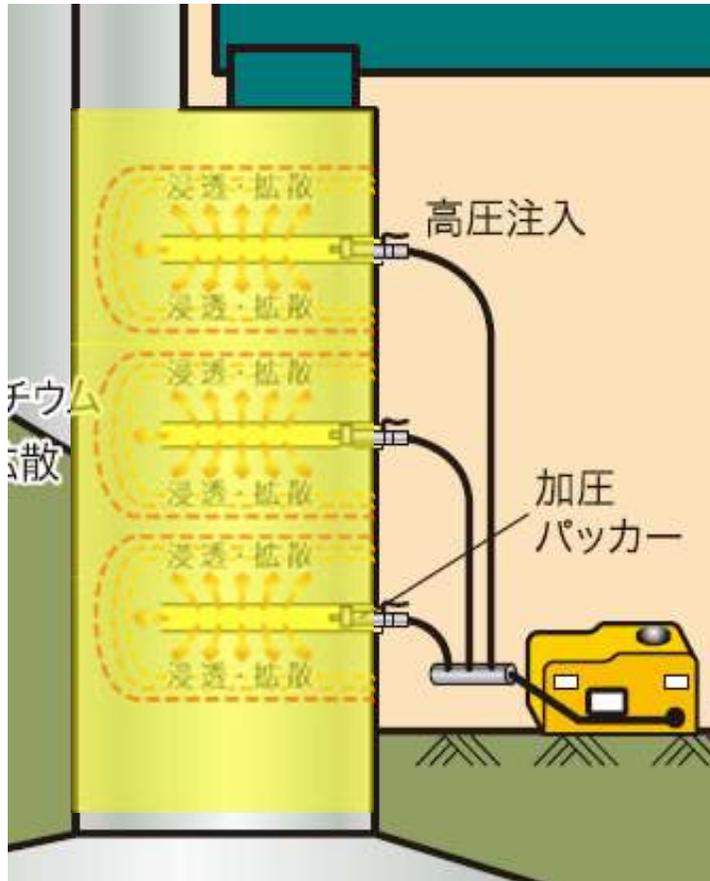
D : 圧入孔径 (m)

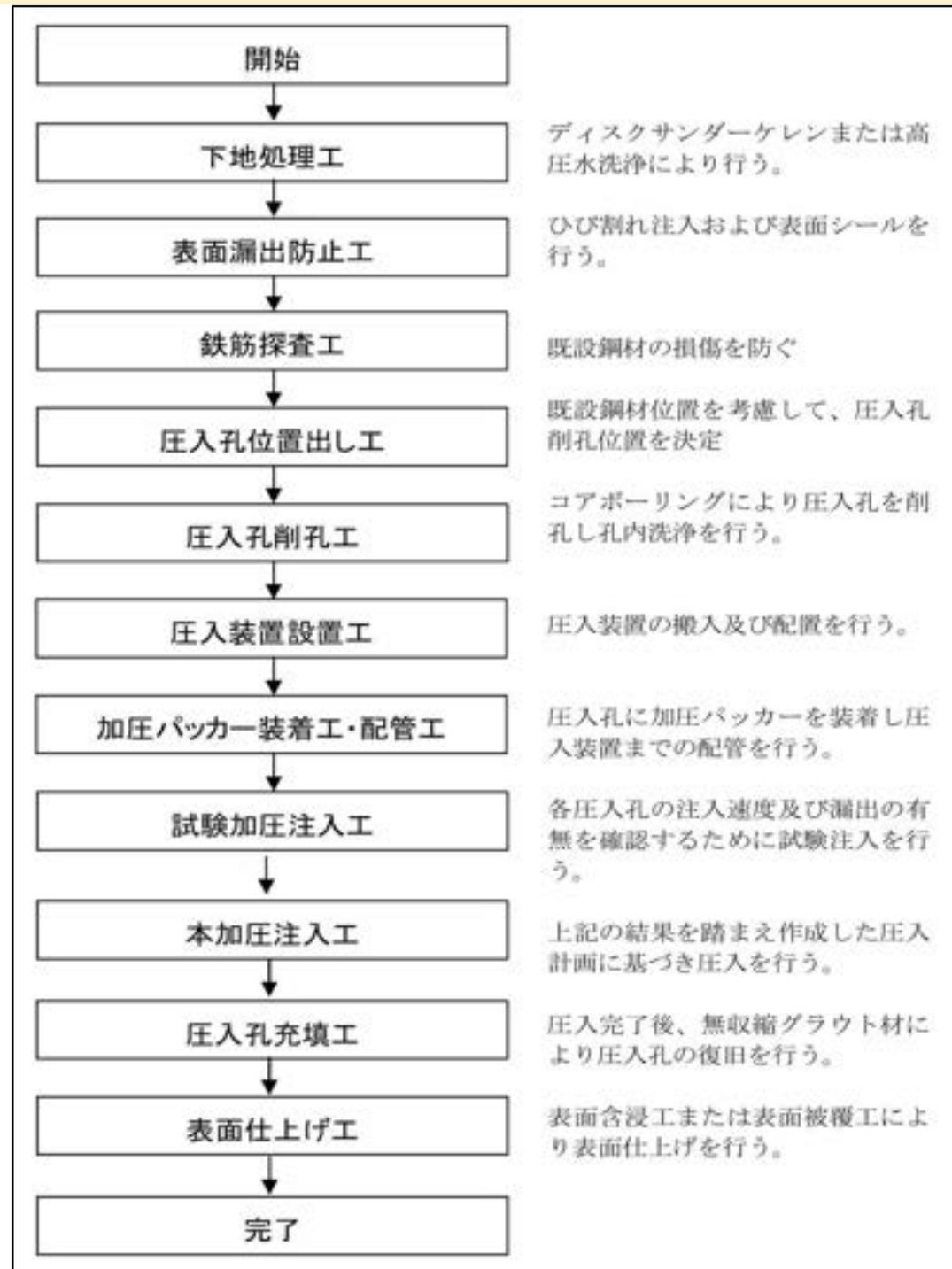
設計圧入日数の算出用Excelシート

亜硝酸リチウム内部圧入工 設計圧入日数の算定		【ASR対策】	
1. 条件(入力)			
名称, 位置	Sample		
対象コンクリート体積	100.00	m ³	
アルカリ総量	4.00	kg/m ³	(暫定値)
塩化物イオン量	2.00	kg/m ³	(試験値)
コンクリート1m ³ 当り設計抑制剤量	13.63	kg/m ³	(多い注入量を選定)
設計抑制剤量	1363.00	kg	
圧入孔間隔	0.750	m	
圧入孔本数	250	本	
圧縮強度	27.0	N/mm ²	(試験結果)
・圧入工の設定値			
P: 設計注入圧力	0.5	MPa	
ρ: 抑制材の密度	1250	kg/m ³	
g: 重力加速度	9.8	m/sec ²	
L: 部材厚	1.000	m	
D: 圧入孔径	0.020	m	
V: 1圧入孔当りに圧入する抑制剤量	0.00436	m ³	
2. 結果			
圧入のしやすさに関するパラメータ			
	$ka = 7 \times 10^{-6} \times e^{-0.0692fc}$		
	ka = 6.29714E-07		
時間当たりの圧入量 (m ³ /hour)			
	$q = 2\pi \times ka \times L \times (P/\rho g) \times (1/\ln(4L/D))$		
	q = 3.048E-05 m ³ /hour		
抑制剤の圧入に要する時間			
	t = V/q		
	144	hour	
	18	日 (8 時間/日)	

リハビリ圧入工法の設計

- ASR補修の設計圧入量、 $[Li^+]/[Na^+]$ 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。





亜硝酸リチウム内部圧入工法の施工手順



写真 4-1 表面漏出防止工(ひび割れ注入工)

写真 4-2 表面漏出防止工(表面シール工)



写真 4-4 鉄筋探査状況



写真 4-5 削孔状況(ダイヤモンドコアドリル)

亜硝酸リチウム内部圧入工法の施工手順

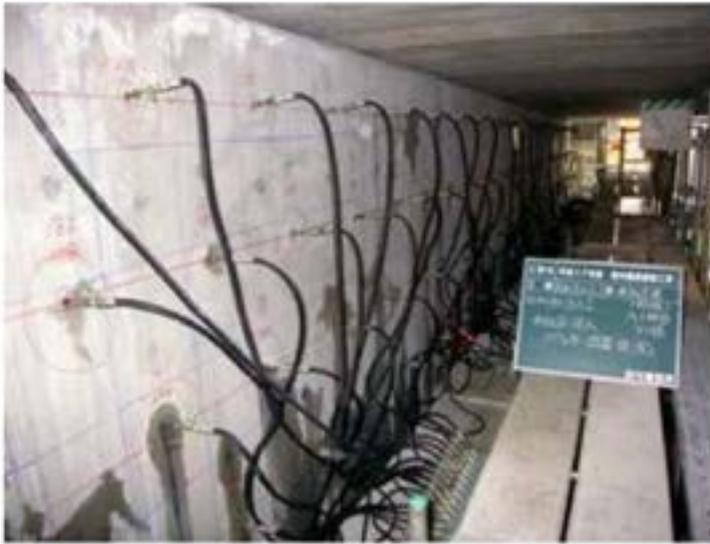


写真 4-6 加圧パッカー装着及び配管状況



写真 4-7 圧入孔充填状況

5.1 標準施工管理項目

本工法の施工においては、事前に作成した施工計画書に基づき、必要な項目について適切な施工管理を行うことにより所定の品質を確保しなければならない。

表 5-1 標準施工管理項目

工程	管理時期	管理項目	管理方法	管理基準	頻度
材料 検収	材料 受入時	材料品質	品質検査証明書	—	搬入時及び ロット毎
		材料数量	目視	設計数量	全数
圧入孔 削孔	削孔前	削孔数	目視	設計数量	全数
	削孔時	削孔長	スケール	-30mm ~+50mm	全数
内部 圧入工	圧入中	注入圧力	圧入機圧力ゲージの確認	設定圧力	全圧入孔毎 ／毎日
		抑制剤圧入量	圧入機内の抑制剤減量	設計数量	
		圧入時間	累積圧入時間	設計 圧入日数	
		躯体表面からの 漏出の有無	目視	—	

参考：『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『プロコン40』
を用いた増害・中性化・ASR補修技術
**亜硝酸リチウム内部圧入工
リハビリ圧入工法**



特徴

根本的なASR抑制対策！

亜硝酸リチウム内部圧入工「リハビリ圧入工法」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『プロコン40』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架橋化するため、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！

亜硝酸リチウム内部圧入工「リハビリ圧入工法」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。劣化したコンクリートに浸透拡散型亜硝酸リチウム『プロコン40』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：流注式圧入装置「リハビリ圧入機」
- 材 質：浸透拡散型亜硝酸リチウム『プロコン40』
- 注 入 量：コンクリートのアルカリ総量（ASRの割合）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：割孔径はφ10mmまたはφ20mm（割孔深さに応じて決定）
割孔間隔は500mm～1,000mm（割孔径や構造物毎に決定）
割孔深さは300mm～4,000mm

施工事例

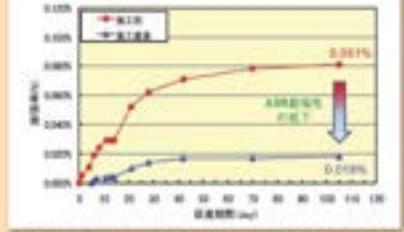


施工手順

1. 施工面を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. 切り裂き注入孔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. 鉄筋検査を行った後に圧入孔を閉鎖します。
4. リハビリ圧入機、加圧ホース、加圧バ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1方向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。

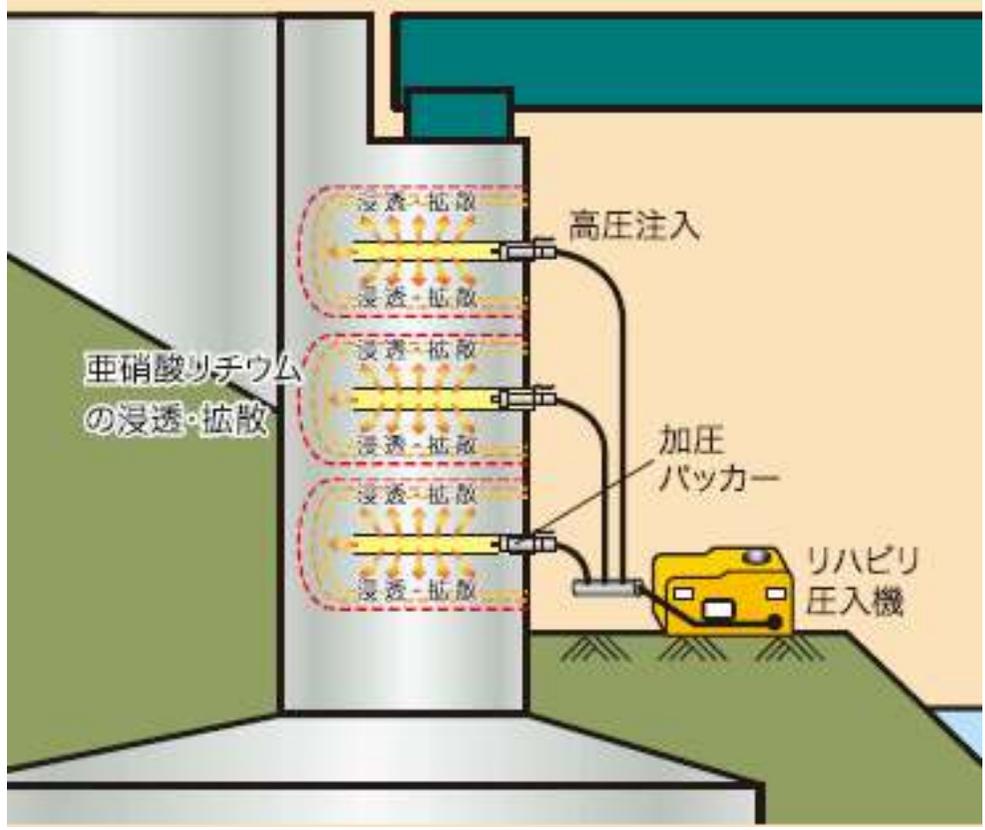
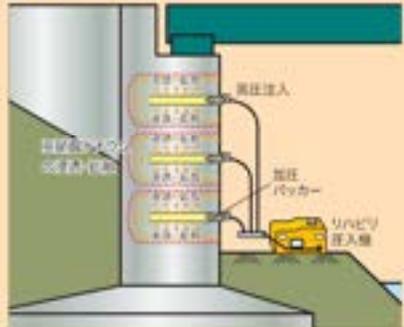
補修効果の検証

リハビリ圧入工法による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。



リハビリ圧入工法施工前後の残存膨張率比較結果 (LC1-D02法) の例

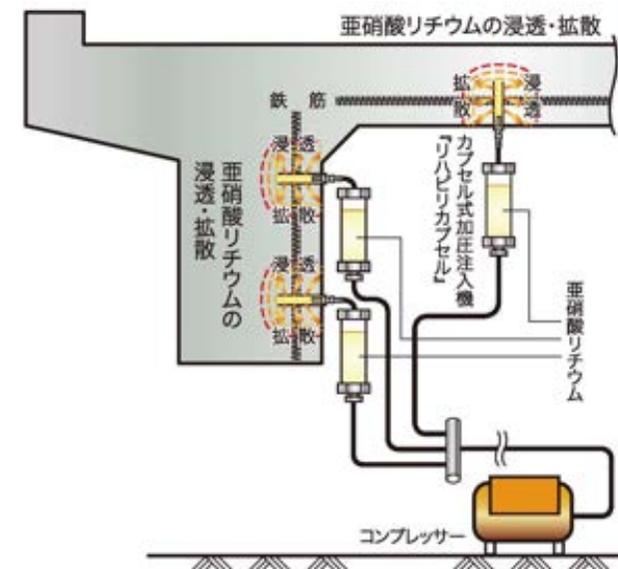
工法概念図



6 . 簡易型亜硝酸リチウム

内部圧入工法

の設計・施工



1.1 適用

(1) 本マニュアル（案）は、亜硝酸リチウムを主成分とする抑制剤をコンクリートへ内部圧入する補修技術『簡易型亜硝酸リチウム内部圧入工法』（以下、本工法と称す）の設計、施工および維持管理に関する標準を示すものである。

(2) 本工法は、**塩害、中性化およびASR**で劣化したコンクリート構造物の補修工法として適用することを基本とする。



1.2 工法概要

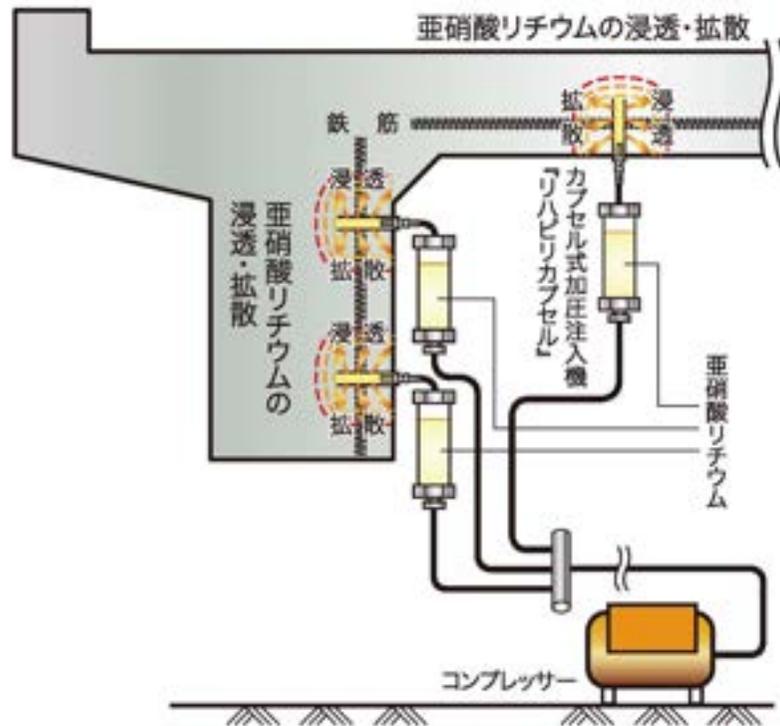
(1) 本工法は、対象コンクリート構造物に小径の圧入孔を削孔し、そこから亜硝酸リチウムを主成分とする抑制剤をコンクリート内部へ圧入する技術である。圧入システムはカプセル式圧入装置と加圧パッカー、注入ホース、分配器、コンプレッサーから構成される。

(2) 本工法を塩害および中性化の補修対策として適用する場合、その目的は亜硝酸イオンをコンクリート中の鋼材周囲に浸透させ、不動態皮膜を再生することによって以後の鋼材腐食を抑制することにある。

(3) 本工法をASRの補修対策として適用する場合、その目的はリチウムイオンをコンクリート中の反応性骨材周囲に生成しているアルカリシリカゲルに浸透させ、ゲルを非膨張化することによって以後のASR膨張を抑制することにある。

簡易型亜硝酸リチウム内部圧入工法

【リハビリカプセル工法】 (NETIS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』

2.1 抑制剤

- (1) 本工法に用いる抑制剤は、**亜硝酸リチウム**を主成分とする水溶液とする。
- (2) 本工法においては、コンクリート中の抑制剤の浸透性が極めて重要であるため、浸透性に優れた浸透拡散型亜硝酸リチウムを使用する。

2.2 抑制剤圧入システム

- (1) 本工法における抑制剤圧入システムは、**カプセル式圧入装置**、加圧パッカー、注入ホース、分配器により構成する。
- (2) 抑制剤圧入システムへの加圧はコンプレッサーを用いて行うこととする。



写真2-1 カプセル式圧入装置（標準容量 150ml）



写真2-2 加圧パッカー（パッカー径φ10mm）

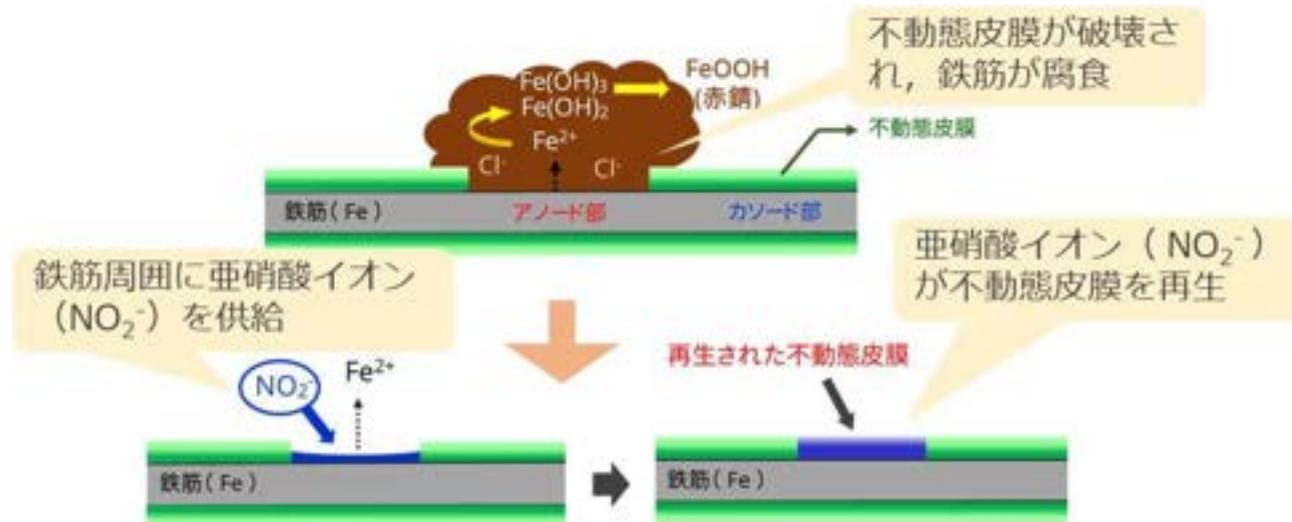


写真2-3 分配器（任意数の接続可能）

3.1 一般

(1) 本工法を塩害および中性化の補修対策として適用する場合、その目的は不動態皮膜再生による鉄筋腐食抑制にある。したがって、亜硝酸イオンを鋼材周辺に浸透させるための圧入仕様を定めなければならない。

(2) 本工法をASRの補修対策として適用する場合、その目的はゲルの非膨張化による膨張抑制にある。したがって、リチウムイオンを反応性骨材周囲のアルカリシリカゲルに浸透させるための圧入仕様を定めなければならない。



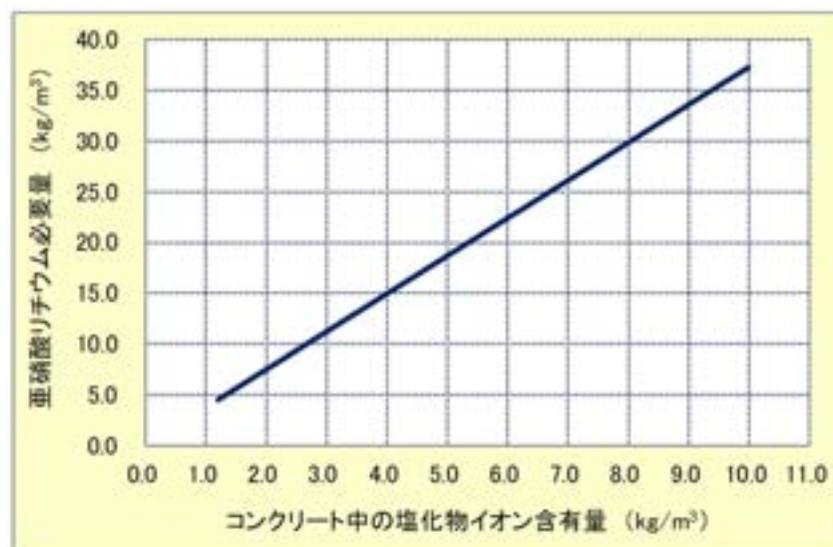
3.2 設計抑制剤量

テキストP.171

(1) 劣化機構が塩害の場合、抑制剤の必要量はコンクリート中の塩化物イオン濃度に応じて算出する。このとき、亜硝酸イオンと塩化物イオンのモル比 ($\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ モル比) が1.0となる抑制剤量を設計抑制剤量と定める。

(2) 劣化機構がASRの場合、抑制剤の必要量はコンクリート中のアルカリ総量に応じて算出する。このとき、リチウムイオンとナトリウムイオン（等価アルカリ量）のモル比 (Li^+/Na^+ モル比) が0.8となる量の抑制剤量を設計抑制剤量と定める。

(3) 抑制剤の濃度は、亜硝酸リチウム有効成分40%を標準とする。ただし、施工時外気温が 0°C を下回る場合には適切な対処を施さなければならない。



- (1) 圧入孔の寸法は内径 $\phi 10\text{mm}$ を標準とする。
- (2) 劣化機構が塩害または中性化の場合、圧入孔長は防錆対象とする鋼材のかぶり深さに応じて適切に定める。
- (3) 劣化機構が ASR の場合、圧入孔長は抑制剤を浸透させるコンクリートの範囲に応じて適切に定める。
- (4) 圧入孔の間隔は 500mm を標準とし、隣り合う圧入孔の間隔が等しくなるよう千鳥配置とすることが望ましい。

表 3-1 圧入孔長の設定の例

鋼材のかぶり深さ	圧入孔長
30mm 未満	75mm
30~70mm	100mm
70~120mm	150mm
120mm 以上	200mm

3.4 設計注入圧力

- (1) 本工法の注入圧力は0.5MPaを標準とする。
- (2) 施工時に注入圧力を上げる場合には、劣化した躯体コンクリートに対して圧入により悪影響を与えないよう、コンクリートの引張強度に応じて定めた上限注入圧力までとする。ただし、カプセル式圧入装置の耐圧性能を考慮して1.0MPaを上限と定める。
- (3) 以上より、設計注入圧力は0.5MPa～上限注入圧力（MAX=1.0MPa）の範囲とし、これを構造物毎に定める。

表3-2 上限注入圧力の設定例

圧縮強度 (N/mm ²)	推定引張強度 (N/mm ²)	上限注入圧力 (MPa)
15	1.50	0.50
17	1.70	0.57
19	1.90	0.63
21	2.10	0.70
23	2.30	0.77
25	2.50	0.83
27	2.70	0.90
29	2.90	0.97

対象コンクリートの推定引張強度
 = 圧縮強度/10
 ※実構造物の試験結果より

上限注入圧力 (Max1.0MPa)
 = 推定引張強度/安全率
 ※ただし、安全率を3とする

(1) 設計圧入日数 (=圧入に要する時間) は、対象構造物の設計抑制剤量、圧入孔数、設計注入圧力、**コンクリート圧縮強度**をパラメータとして算出する。

(2) ただし、ここで算出される設計圧入日数は経験式にて推定される目安値であり、圧入日数を規定または制限するものではない。

$$\text{圧入に要する時間 } t \text{ (hour)} = Q/q \text{ (hour)}$$

ただし、

$$q = 2\pi \cdot k_{\alpha} \cdot L \cdot \frac{10^6 \cdot P}{\rho g} \cdot \frac{1}{\ln(4L/D)} \quad (\text{m}^3/\text{hour})$$

ここに、

Q : 圧入孔 1 孔あたりに圧入する抑制剤量 (m³)

q : 時間当たりの圧入量 (m³/hour)

k_α : 抑制剤の圧入のしやすさに関するパラメータ

$$k_{\alpha} = h(f'_c) = 7 \times 10^{-6} \cdot e^{-0.0892 f'_c}$$

f'_c : コンクリートの圧縮強度

P : 設計注入圧力 (MPa) (1MPa=10⁶ N/m²)

ρ : 抑制剤の密度 (=1,250) (kg/m³)

g : 重力加速度 (=9.8) (m/sec²)

L : 部材厚 (m)

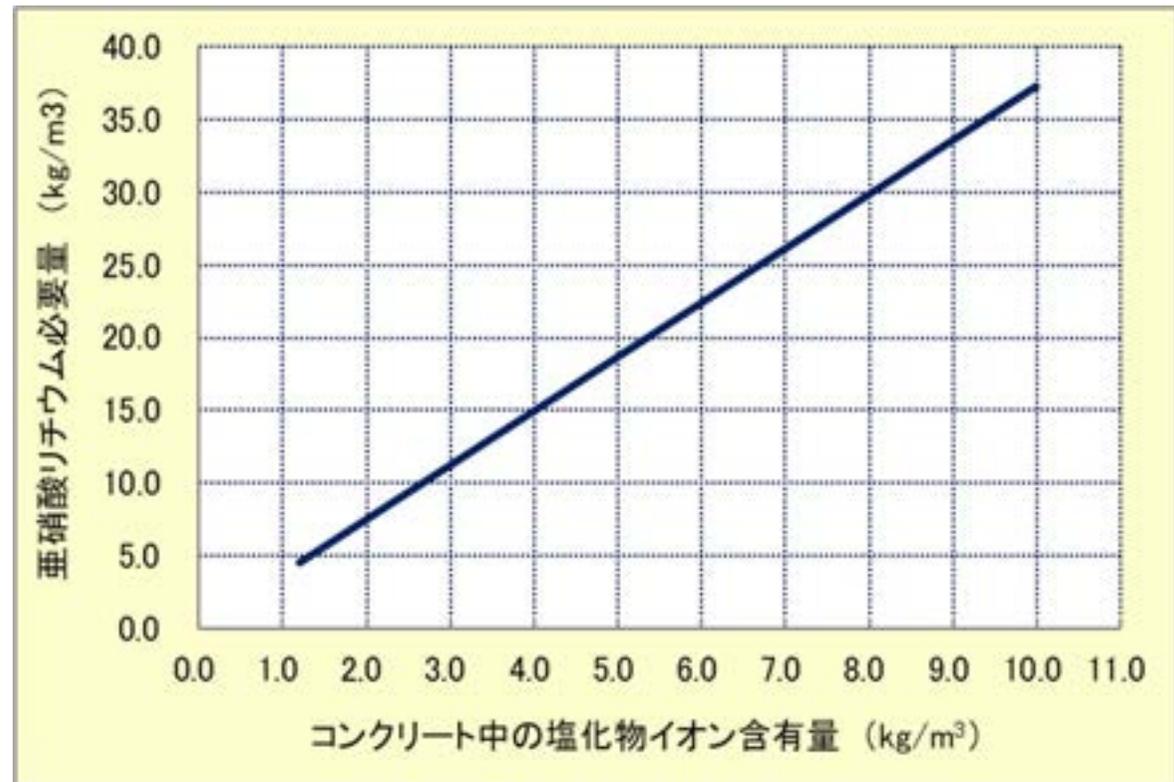
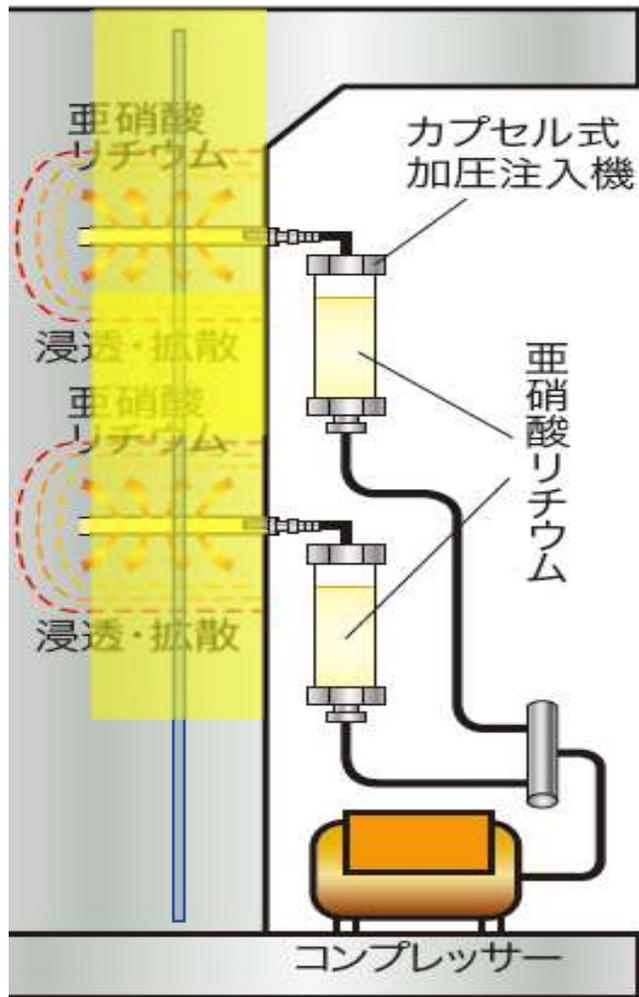
D : 圧入孔径 (m)

設計圧入日数の算出用Excelシート

簡易型亜硝酸リチウム内部圧入工 設計圧入日数の算定			
1. 条件(入力)			
名称, 位置	Sample		
対象コンクリート体積	10.00	m ³	
アルカリ総量	4.00	kg/m ³	(暫定値)
塩化物イオン量	4.50	kg/m ³	(試験値)
コンクリート1m ³ 当り設計抑制剤量	16.80	kg/m ³	(多い注入量を選定)
設計抑制剤量	168.00	kg	
圧入孔間隔	0.500	m	
圧入孔本数	400	本	
圧縮強度	27.0	N/mm ²	(試験結果)
・圧入工の設定値			
P: 設計注入圧力	0.5	MPa	
ρ: 抑制材の密度	1250	kg/m ³	
g: 重力加速度	9.8	m/sec ²	
L: 部材厚	0.300	m	
D: 圧入孔径	0.010	m	
V: 1圧入孔当りに圧入する抑制剤量	0.00034	m ³	
2. 結果			
圧入のしやすさに関するパラメータ			
	$k_a = 7 \times 10^{-6} \times e^{-0.08921c'}$		
	$k_a = 6.29714E-07$		
時間当たりの圧入量 (m ³ /hour)			
	$q = 2\pi \times k_a \times L \times (P/\rho g) \times (1/\ln(4L/D))$		
	$q = 1.012E-05$ m ³ /hour		
抑制剤の圧入に要する時間			
	$t = V/q$		
	34	hour	
	5	日 (8 時間/日)	

リハビリカプセル工法的设计

- 塩害補修の设计压入量は $[NO_2^-]/[Cl^-]$ 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）。
- 压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构造物毎に设计する。
- 压入による浸透には1週間～2週間程度を要する。



簡易型亜硝酸リチウム内部圧入工法の施工フロー

テキストP.180



簡易型亜硝酸リチウム内部圧入工法の施工手順



写真 4-1 表面漏出防止工(ひび割れ注入工)

写真 4-4 鉄筋探査状況



写真 4-5 削孔状況(ダイヤモンドコアドリル)

写真 4-6 リハビリカプセル設置状況

5.1 標準施工管理項目

本工法の施工においては、事前に作成した施工計画書に基づき、必要な項目について適切な施工管理を行うことにより所定の品質を確保しなければならない。

表 5-1 標準施工管理項目

工程	管理時期	管理項目	管理方法	管理基準	頻度
材料検収	材料受入時	材料品質	品質検査証明書	—	ロット毎
		材料数量	目視	設計数量	全数
圧入孔削孔	削孔前	削孔数	目視	設計数量	全数
	削孔時	削孔長	スケール	±20mm	全数
内部圧入工	圧入中	注入圧力	コンプレッサの圧力ゲージ目視	設定圧力	全圧入孔毎／毎日
		抑制剤圧入量	カプセル内の抑制剤減量	設計数量	
		圧入時間	累積圧入時間	設計圧入日数	
		躯体表面からの漏出の有無	目視	—	

参考：『リハビリカプセル工法』

REHABILI

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 NETIS-CG-120005-VR

プロコン40

簡易型亜硝酸リチウム内部圧入工

リハビリ工法

リハビリカプセル工法



特徴

効果的な鉄筋腐蝕対策！

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」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。鉄筋劣化のコンクリートに浸透拡散型亜硝酸リチウム「プロコン40」を内部圧入することにより、鉄筋周囲に不動態膜を再生するため、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。

根本的なASR抑制対策！

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」は、アルカリシカ反応（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。劣化した部位全体に浸透拡散型亜硝酸リチウム「プロコン40」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ゲルを再調整化するため、以後のASR発生を根本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！

カプセル式圧入装置「リハビリカプセル」は、大規模工場の塩圧式圧入装置「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、作業ボックスカナルなど部材厚の小さな構造物の橋脚や杭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



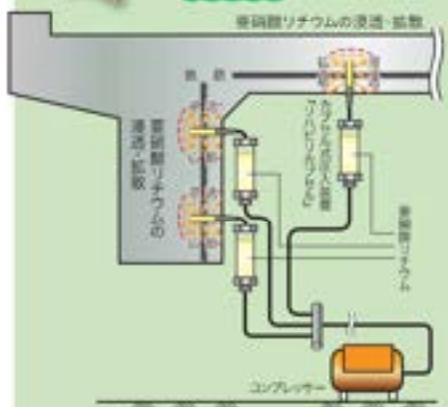
リハビリカプセル工法施工状況



リハビリカプセル設置状況



工法概念図

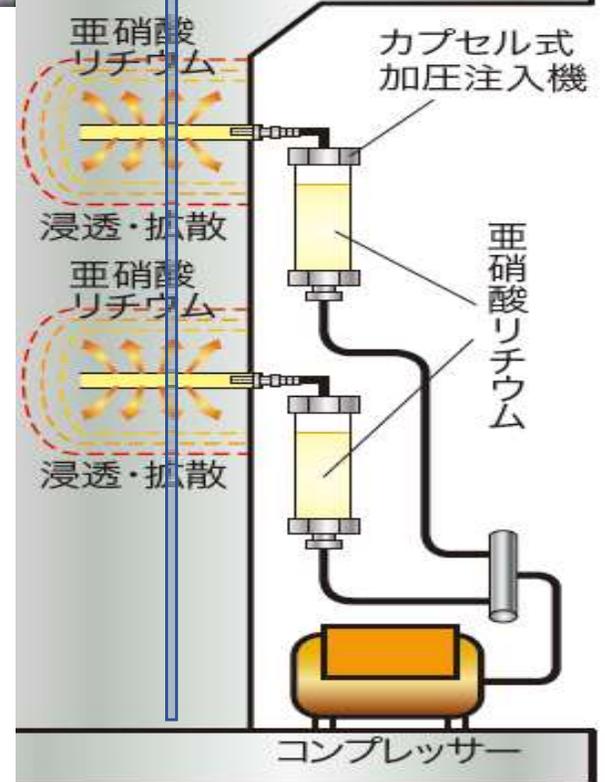
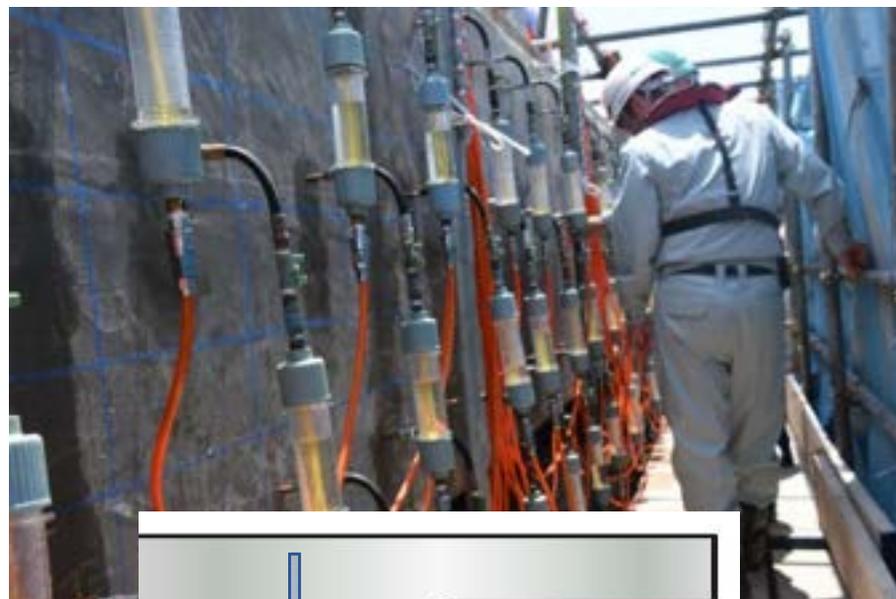


施工仕様

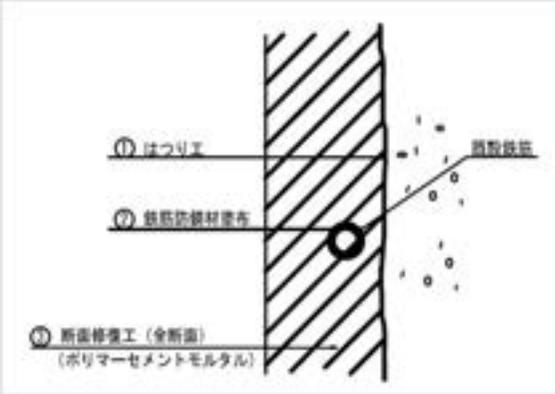
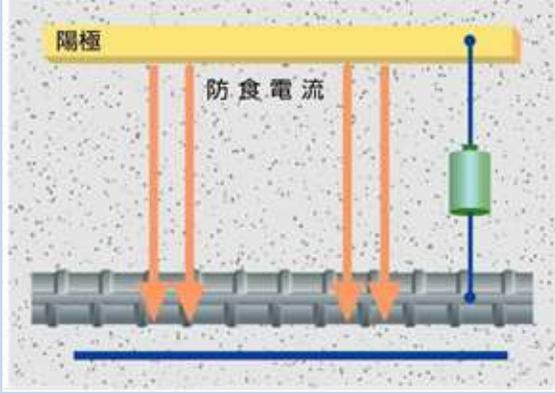
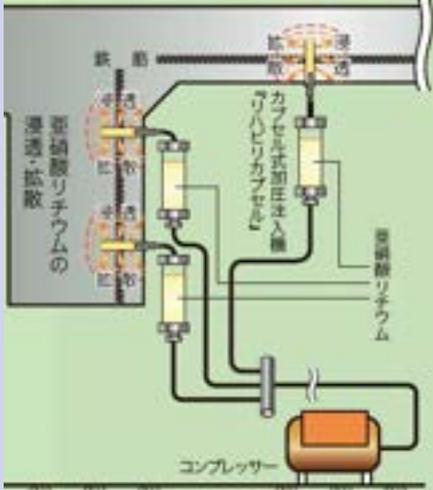
- 圧入装置：カプセル式圧入装置「リハビリカプセル」
 研 製 所：浸透拡散型亜硝酸リチウム「プロコン40」
 注 入 量：コンクリートのアルカリリチウム（ASRの場合）や塩化物イオン量（塩害の場合）に応じて定量的に決定
 注 入 圧 力：0.1MPa～0.5MPaの範囲内でコンクリートの劣化程度に応じて構造物毎に決定
 注 入 孔：前孔径はφ10mm
 前孔間隔は500mmを標準とする
 （部材寸法や構造条件に応じて決定）
 前孔深さは75mm～400mm

施工手順

1. 施工面を必要洗浄またはアースクランパ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. 鉄筋検査を行った後に圧入孔を前孔します。
4. リハビリカプセル、コンプレッサーを設置します。
5. 全圧入孔に対し半量圧注入を行い、「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。



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	 <p>① はつり工 ② 鉄筋防錆材塗布 ③ 断面修復工（全断面） （ポリマーセメントモルタル）</p>	 <p>陽極 防食電流</p>	 <p>亜硝酸リチウムの 浸透・拡散 カプセル式注入工 リハビリカプセル 亜硝酸リチウム コンプレッサー</p>
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。

[追加予定]

亜硝酸リチウム併用型床版防水工法

亜硝酸リチウム併用型床版防水工法のコンセプト

【床版防水工の重要性】

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



道路橋の維持管理には床版防水工が極めて重要

【亜硝酸リチウムとの併用効果】

- ・ 凍結防止剤を散布する路線では塩化物イオンによる鉄筋腐食
- ・ 単に水分を遮断するだけでなく、鉄筋防錆効果をプラス



亜硝酸リチウム塗布 + 床版防水工

コンクリート舗装用床版防水工

【HI-SPECシール工法（アイゾールテクニカ）】 <https://www.isol.co.jp/>

下地補修ができる高浸透型防水工法

HI-SPECシール工法

（CPタイプコンクリート舗装用）

水性エポキシ系 高浸透型床版防水材

低揮発性 VOCを一切含まない 水性材 環境対応



オールインワン型防水材 6つの特徴

1 高い防水性	2 ひび割れ補修効果
3 コンクリート舗装上に塗布	4 施工性が良い
5 高い耐摩耗性とすべり抵抗性	6 VOC（揮発性有機化合物）を完全に不使用

優れた浸透性を発揮

表層

防水材

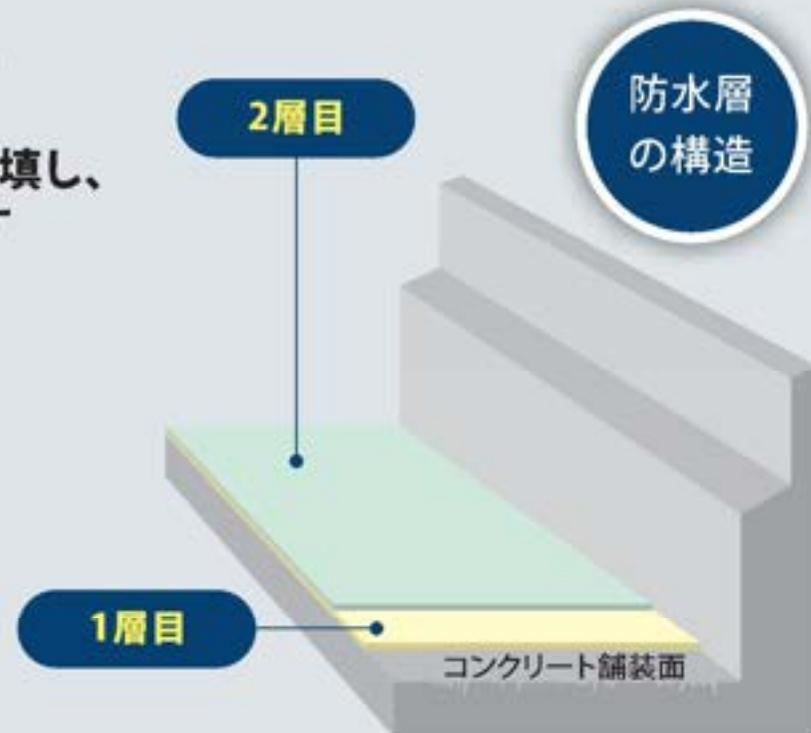
ひび割れに含浸している様子
コンクリート断面（EPMA画像）

コンクリート舗装用床版防水工

【HI-SPECシール工法（アイゾールテクニカ）】 <https://www.isol.co.jp/>

特長

- 1 低温化でも極低粘度(10~20mpa・s)の水性エポキシ樹脂で高い防水性を発揮します
- 2 幅0.1mm~2mm程度のひび割れに対して浸透・充填し、コンクリート舗装表面のひび割れを補修します
- 3 コンクリート舗装表面に塗布します
- 4 施工性がよく、早期の交通解放が可能です
- 5 耐摩耗性、すべり抵抗性に優れています
- 6 VOCを一切使用しない、完全な水性塗料です



■主成分

① HI-SPECシールL (CPタイプ)【液体】
主 剤 … 水性エポキシ樹脂 硬化剤 … 脂肪族ポリアミン
② HI-SPECシールP【粉体】
ポルトランドセメント、結晶性シリカ

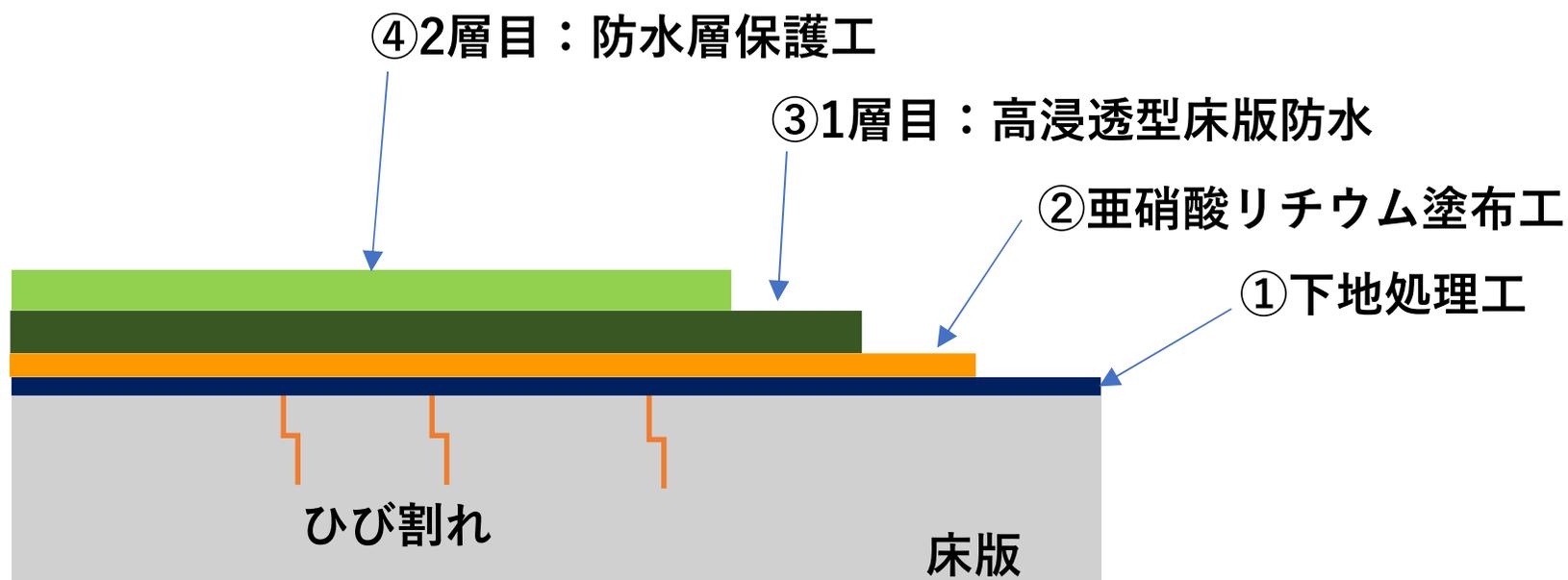
■標準塗布量

1層目 0.25kg/m ²	HI-SPECシールL (CPタイプ) を塗布する 主剤:硬化剤 = 1:1 重量比
2層目 0.8kg/m ²	HI-SPECシールL (CPタイプ) と HI-SPECシールPを混合攪拌したものを塗布する L主剤:L硬化剤:P=1:1:2 重量比

亜硝酸リチウム併用型床版防水工法（コンクリート舗装用）

【工法概要】

- ・コンクリート舗装用の床版防水工「HI-SPECシール工法」と亜硝酸リチウム「プロコン40」を組合わせた床版防水工法



【期待される効果】

- ・水分侵入の抑制
- ・微細なひび割れの閉塞
- ・鉄筋腐食抑制（不動態皮膜の再生）

亜硝酸リチウム併用型床版防水工法（コンクリート舗装用）

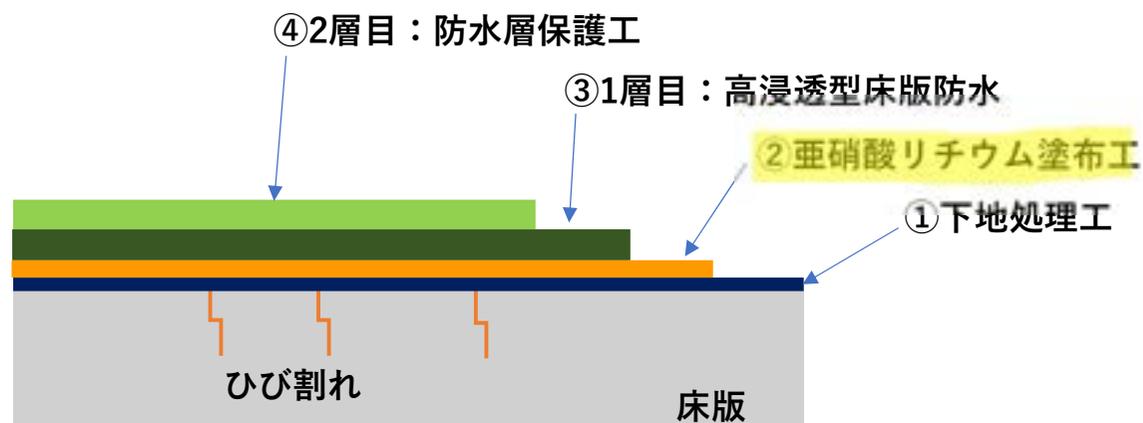
【施工例】

名称：矢賀橋

場所：広島県安芸高田市

環境：凍結防止剤散布

時期：2024年3月



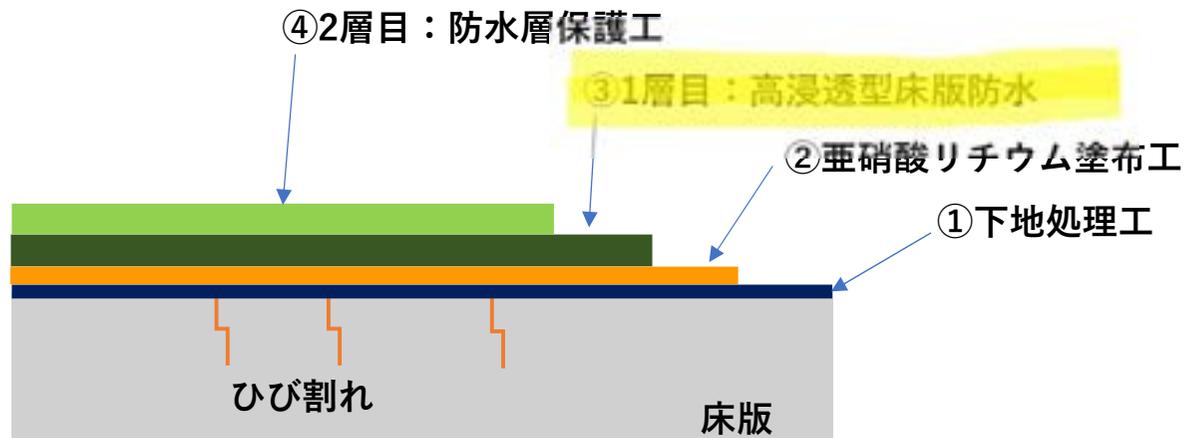
亜硝酸リチウム塗布後の状況

亜硝酸リチウム併用型床版防水工法（コンクリート舗装用）

【施工例】



高浸透型床版防水の施工状況

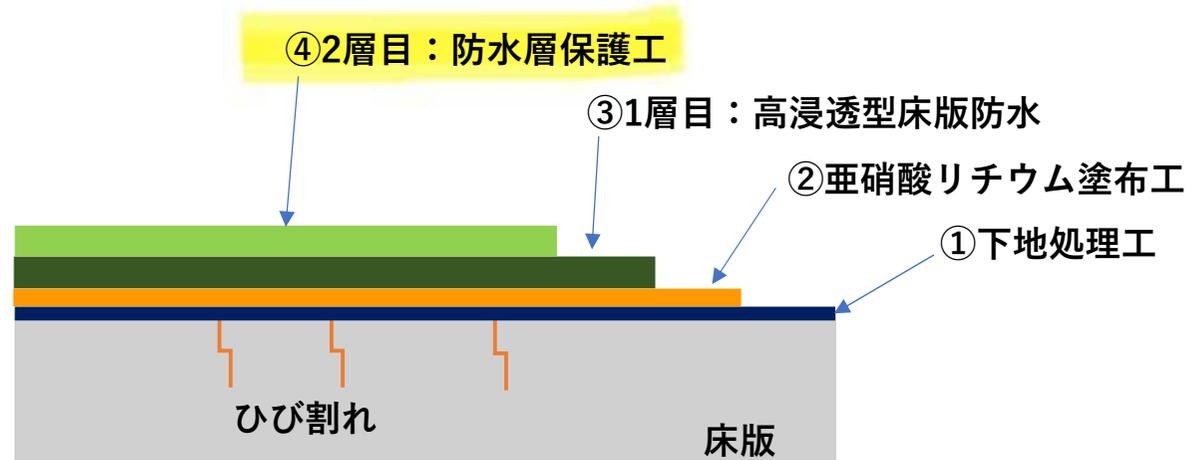


亜硝酸リチウム併用型床版防水工法（コンクリート舗装用）

【施工例】



防水層保護工の施工状況



亜硝酸リチウム併用型床版防水工法（コンクリート舗装用）

【施工後2ヵ月経過】



変状なし

亜硝酸リチウム設計・施工指針（案）第2版のススメ

【こんな方々におススメします】

- ・ 補修設計実務を行うコンサルタントの皆様
- ・ 補修工事を担う施工技術者の皆様
- ・ 建造物のオーナーである建造物管理者の皆様

【こんな場面でご活用ください】

- ・ 塩害、中性化、ASRの補修設計に！
- ・ 亜硝酸リチウムを用いた補修設計に！
- ・ 亜硝酸リチウムを用いた補修工事施工時に！
- ・ 建造物の維持管理シナリオ策定時に！

【詳しくはコンクリートメンテナンス協会事務局へ】

- ・ お問い合わせは下記へ

メール : info@j-cma.jp

協会HP : <https://www.j-cma.jp/>



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