

新潟県コンクリート診断士会

令和4年度技術セミナー

亜硝酸リチウムを活用した 補修技術とその施工事例

2023年2月8日



極東興和株式会社

【第1部】

亜硝酸リチウムの概要と その活用方法

発表者：極東興和株式会社

技術本部 補修部

江良 和徳

MAIL era@kkn.co.jp

TEL 082-261-1204

【第1部】亜硝酸リチウムの概要とその活用方法

1. 亜硝酸リチウムとは
2. 亜硝酸リチウムを用いた各種補修技術
 - ひび割れ注入工
 - 表面含浸工
 - 断面修復工
 - 内部圧入工

【第2部】ASRリチウム工法 事例と施工手順の紹介

1. ASRリチウム工法 施工事例
2. ASRリチウム工法 施工手順
3. ASRリチウム工法 設計&施工時のポイント
 - 亜硝酸リチウム必要量の考え方
 - 試験加圧注入について
 - 冬季施工の対策
 - ASRリチウム工法後の効果確認

亜硝酸リチウムとは



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

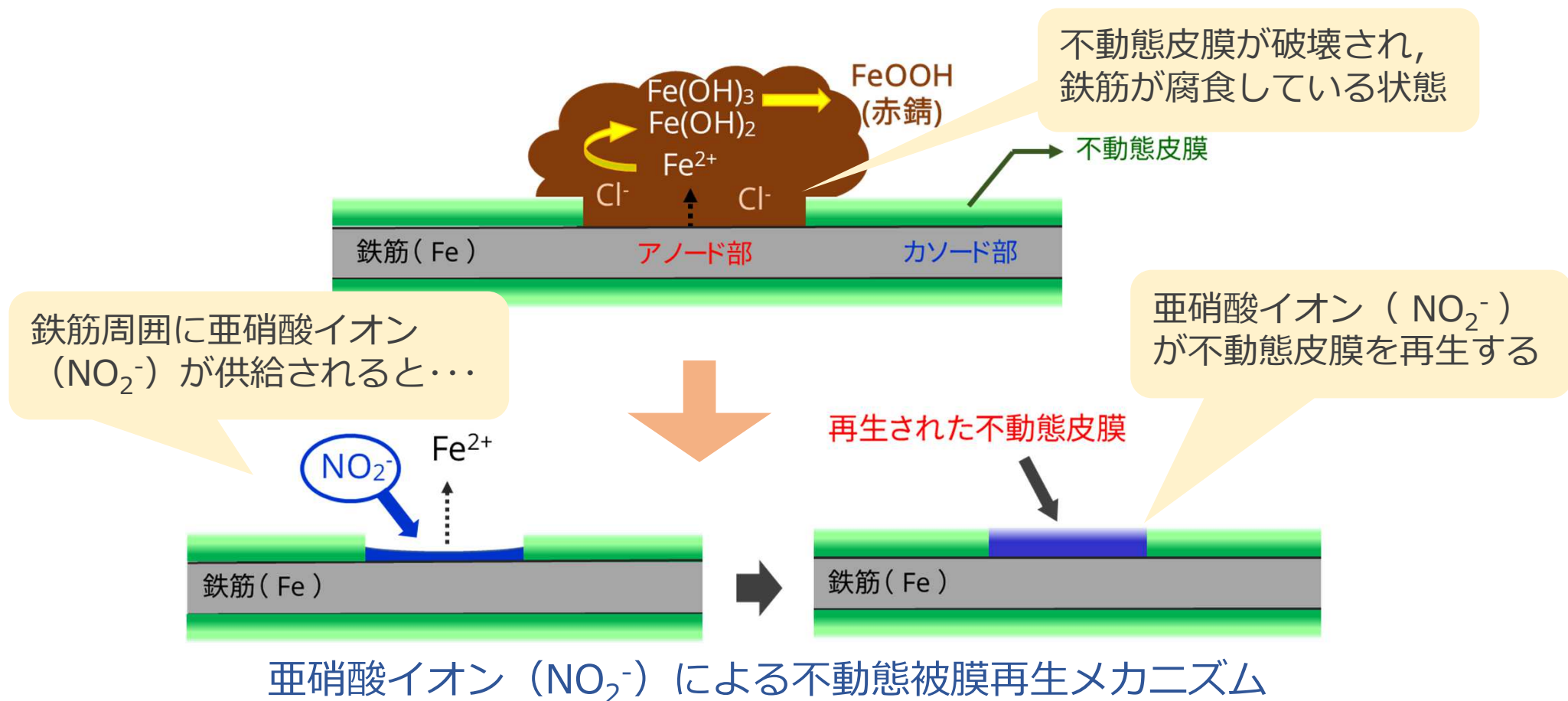


ASR 対策

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

亜硝酸イオンによる鉄筋腐食抑制効果
リチウムイオンによるASR膨張抑制効果

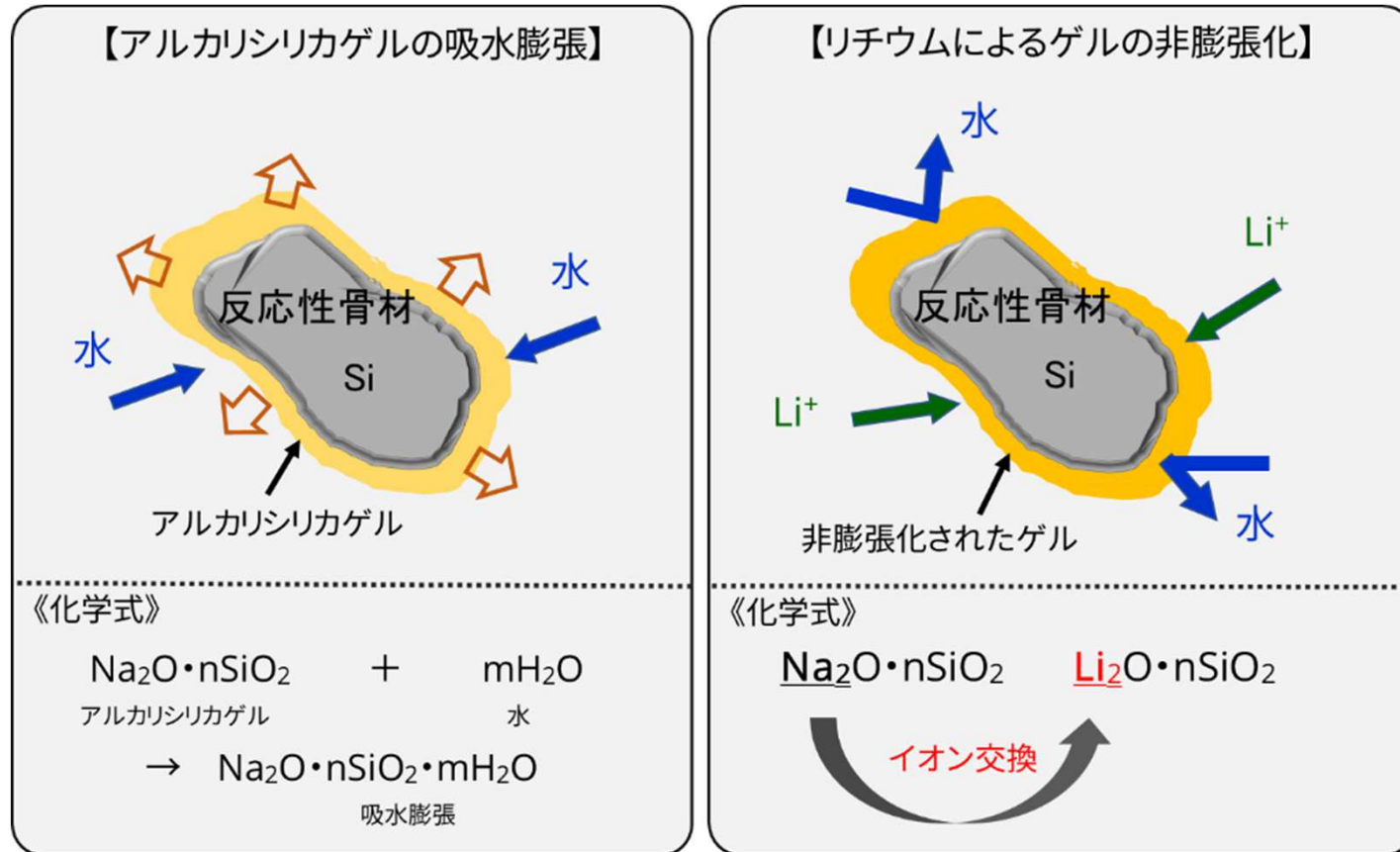
亜硝酸リチウムとは



- 亜硝酸イオンの存在により、鉄筋の腐食を抑制することができる
- あとは、鉄筋位置に亜硝酸イオンを供給する手段を考えればよい！

⇒ 亜硝酸リチウムを用いた各種補修工法

亜硝酸リチウムとは



リチウムイオン (Li⁺) によるアルカリシリカゲルの非膨張化

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

⇒ 亜硝酸リチウムを用いた各種補修工法

亜硝酸リチウムとは

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】

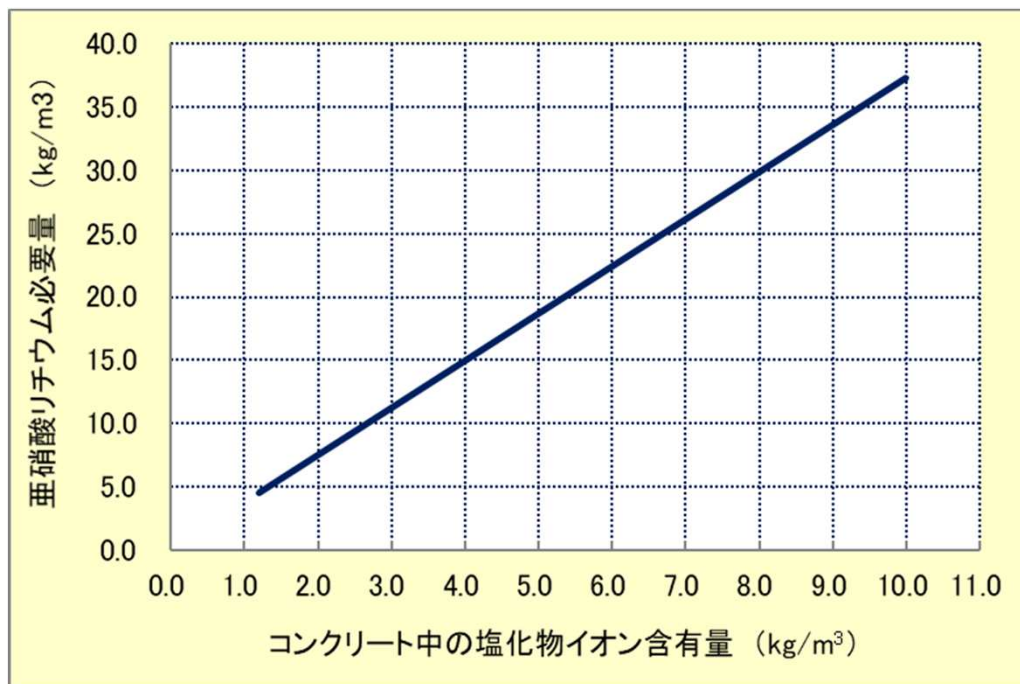
- ・ 鉄筋腐食を抑制しうる亜硝酸イオンの量
- ・ 過去の経験により一定量とする
- ・ 一律で亜硝酸リチウム $7.45\text{kg}/\text{m}^3$

【ASRの場合】

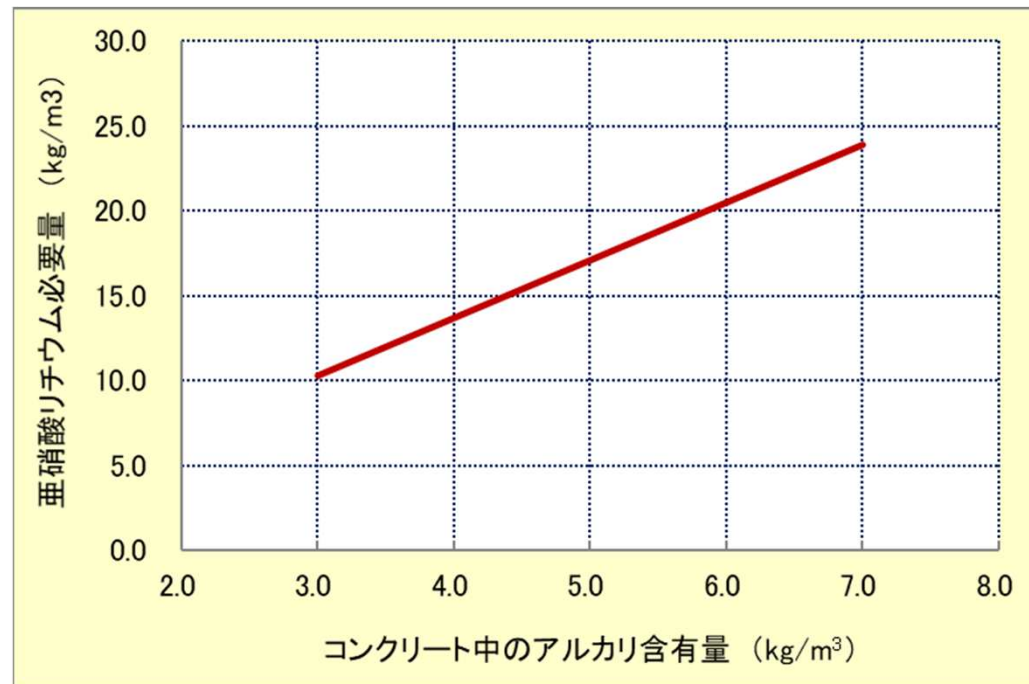
- ・ アルカリシリカゲルの膨張を抑制しうるリチウムイオンの量
- ・ $[\text{Li}^+]/[\text{Na}^+]$ モル比 = 0.8となる量
- ・ コンクリート中のアルカリ含有量（試験値）に応じて算定
例）アルカリ含有量 $4.0\text{kg}/\text{m}^3 \Rightarrow$ 亜硝酸リチウム $13.67\text{kg}/\text{m}^3$

亜硝酸リチウムとは

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。

亜硝酸リチウムとは

【問題 41】

鉄筋コンクリート部材に生じる劣化現象およびそれを抑制するための対策の目的と適用する工法の次の組合せのうち、不適当なものはどれか。

	劣化現象および対策の目的		適用する工法
(1)	中性化	二酸化炭素の浸入抑制	アクリル樹脂を用いる表面被覆工法
(2)	塩害	鋼材の腐食反応の抑制	外部電源方式を用いる電気防食工法
(3)	凍害	水分の浸入抑制	樹脂リシン吹付け材を用いる表面被覆工法
(4)	アルカリシリカ反応	反応の抑制	亜硝酸リチウムを用いる含浸工法

【2008年出題】

【問題 39】

鉄筋コンクリート部材の劣化機構と、適用する材料および補修工法に関する次の(1)～(4)の組合せのうち、最も不適当なものはどれか。

	劣化機構	適用する材料および補修工法
(1)	中性化	樹脂リシン吹付け材を用いた表面被覆工法
(2)	塩害	シラン系浸透性吸水防止材を用いた含浸工法
(3)	アルカリシリカ反応	亜硝酸リチウム溶液を用いた含浸工法
(4)	硫酸腐食	ポリウレタ樹脂を用いた表面被覆工法

【2011年出題】

【問題 36】

含浸材中の主成分とその含浸材を用いた塗布工法に期待される効果に関する次の(1)～(4)の組合せのうち、不適当なものはどれか。

	含浸材中の主成分	期待される効果
(1)	亜硝酸リチウム	鉄筋表面の不動態化
(2)	けい酸ナトリウム	コンクリート表層の緻密化
(3)	アルキルアルコキシシラン	二酸化炭素の侵入防止
(4)	けい酸リチウム	中性化したコンクリートのアルカリ性の回復

【2013年出題】

亜硝酸リチウムを活用した各種補修技術

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, 櫛原弘貴,
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

亜硝酸リチウムを活用した各種補修技術

【共通編】

- 1章 総則
- 2章 亜硝酸リチウムの特性
- 3章 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

本指針（案）の目次構成

亜硝酸リチウムを活用した各種補修技術

亜硝酸リチウム併用型ひび割れ注入工法 『リハビリシリンダー工法』



REHABILI 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

プロコン40 **ひび割れ低圧注入**
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低圧注入!
ひび割れ低圧注入「リハビリシリンダー工法」は、注射筒型のひび割れ注入器「リハビリシリンダー」を用いてコンクリートのひび割れを充填、閉塞させる補修技術です。「リハビリシリンダー」に内蔵された特殊スプリングにより、シリンダー内部にセットしたひび割れ注入材を最後まで一定圧力で自動注入することができます。

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

塩害・中性化・ASRによるひび割れに対応!
一般的なひび割れ注入工法の目的は、ひび割れ閉塞とそれに伴う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(優良技術)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
底金取付状況
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

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

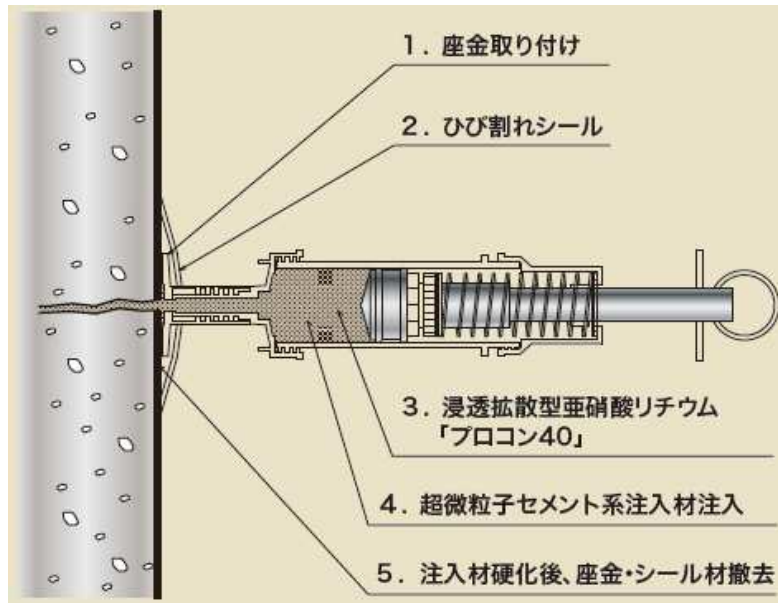
1. 施工面を高圧洗浄またはディスクサンダー等により下地処理します。
2. リハビリシリンダーを固定する底金をひび割れに沿って250mm間隔で設置します。
3. 底金部のひび割れをポリマーセメントモルタルにてシールします。
4. リハビリシリンダーに「プロコン40」を充填し、底金にセットしてひび割れ内に先行注入します。
5. 超微粒子セメント系注入材をリハビリシリンダーに充填し、底金にセットしてひび割れに本注入します。
6. 注入材が硬化した後、リハビリシリンダーと底金を撤去し、シール材を除去します。

工法概念図

ひび割れ注入工

1. 底金取り付け
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、底金・シール材撤去

亜硝酸リチウムを活用した各種補修技術



- 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』

亜硝酸リチウムを活用した各種補修技術

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



REHABILITATION
プロコンガード
リハビリ工法

亜硝酸リチウムとシラン・シロキサン系表面含浸材を併用した塩害・中性化・ASR補修技術
亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法
プロコンガードシステムS

プロコンガードシステムSとは
プロコンガードシステムSは、亜硝酸リチウムを主成分とする含浸材『プロコンガードプライマー』と、シラン・シロキサンを主成分とする含浸材『プロコンガードS』を組み合わせた亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法です。
従来の表面含浸材は主に劣化因子の遮断を目的としており、その適用範囲は劣化機構の潜伏期に相当する期間とされています。
プロコンガードシステムSは、劣化因子の遮断に加え、亜硝酸リチウムによる鉄筋防錆効果とアルカリシリカゲル膨張抑制効果を付加価値として備えています。したがって、劣化過程が潜伏期だけでなく、既に鉄筋腐食やASR膨張が生じつつある進展期や加速期前期などの段階であっても、1歩踏み込んだ予防保全対策として適用することができます。プロコンガードシステムS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させ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。

施工手順
①下地処理
サンダーケレン及び高圧水洗い等でコンクリート表面の脆弱層や汚れを除去する。
②『プロコンガードプライマー』の塗布
刷毛及びローラー等で規定量(標準塗布量0.3kg/m²)を塗布する。
③『プロコンガードS』の塗布
刷毛およびローラー等で有効成分規定量(標準塗布量0.18kg/m²)を塗布する。

施工の注意
■プロコンガードプライマーは規定量を必ず塗布して下さい。
■プロコンガードプライマー塗布後、乾燥状態を確認して下さい。(水分率6%以下)
■0℃以上で施工して下さい。

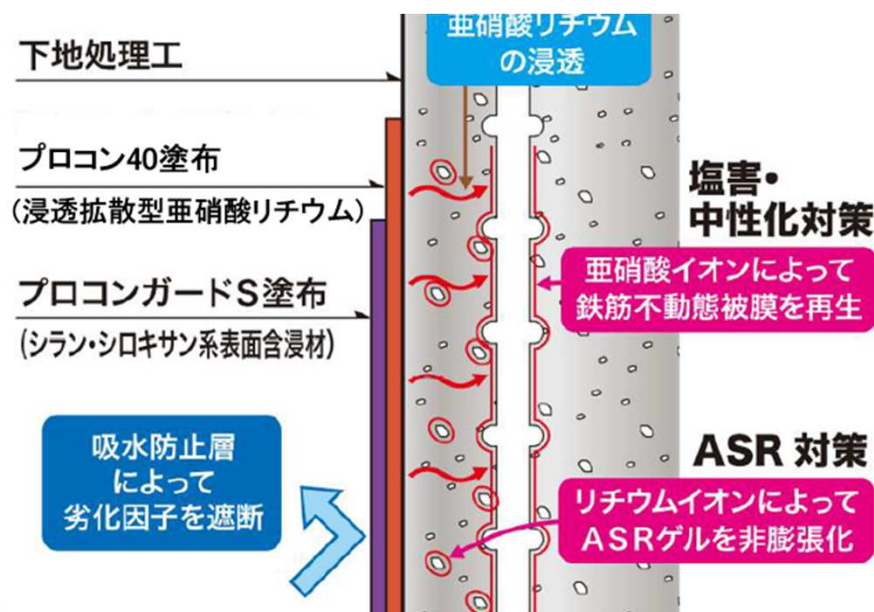
性状：ジェル状
吸水防止層：均一・高密度

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部で、吸水防止層を形成して、水分・塩化物イオン、二酸化炭素などの劣化因子の侵入を防ぎます。
劣化抑制メカニズム
■塩害、中性化の補修の場合、プロコンガードプライマー(亜硝酸リチウム系含浸材)に含まれる亜硝酸イオンが鉄筋位置まで浸透、拡散することで、鉄筋の不動態被膜を再生して防錆環境を形成し、以後の鉄筋腐食の進行を抑制します。
■特に塩害補修の場合には、亜硝酸イオン供給量(プロコンガードプライマー塗布量)を塩化物イオン量に応じて定量的に設定することができます。
■ASR補修の場合、プロコンガードプライマー(亜硝酸リチウム系含浸材)に含まれるリアウムイオンが浸透、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)

施工概念図
下地処理
プロコンガードプライマー塗布
プロコンガードS塗布
吸水防止層の形成
塩害・中性化対策
鉄筋位置まで浸透
鉄筋位置まで浸透
ASR対策
リアウムイオンが浸透
ASRゲルを非膨張化

亜硝酸リチウムを活用した各種補修技術



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

期待できる性能、効果

- 基本性能 : 『シラン・シロキサン系含浸材による劣化因子の遮断』
- 付加価値 : 『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』

亜硝酸リチウムを活用した各種補修技術

亜硝酸リチウム併用型断面修復工法 『リハビリり断面修復工法』

NETIS : CG-220003-A



REHABILI PSL-40 リハビリり工法 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

リハビリり断面修復工法

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!
リハビリり断面修復工法は、塩害・中性化・ASR等劣化したコンクリートの断面修復に適しています。塩化物イオン量、アルカリ濃度に応じ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、リハビリり断面修復工法を使用する場合は、劣化したコンクリートをハンマー取り露出したした鉄筋表面に防錆材として、『フロコガードプライマー』と『リハビリりベスト』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、鉄筋の腐食を長期間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
鉄筋防錆材: 『フロコガードプライマー』(亜硝酸リチウム系表面塗膜剤) 『リハビリりベスト』(亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントベスト)

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取りする。
2. 露出した鉄筋の表面をアイスクリンダー等によりクレンシ、入念に露を落とす。
3. はつきり面に『フロコガードプライマー』を塗布する。
4. 鉄筋防錆材として『リハビリりベスト』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。(配合量によって配合量を調整する。)

物性例

試験項目	材齢	亜硝酸リチウム		備考	
		20kg/m配合	55kg/m配合		
圧縮強度 (N/cm ²)	1日	21.4	20.3	40×40×160mm 試験体	
	7日	47.2	42.6		
	28日	60.3	57.2		
曲げ強度 (N/cm ²)	1日	4.7	4.7	40×40×160mm 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	40×40×160mm 試験体20℃, 60%RH	
	促進中性化深さ (mm)	28日	0		0

※試験有り、保証値ではありません。
※リハビリりベスト5%『PSL-40』を混入した、物性値です。

① 着工前、劣化の状況

- 着工前は、右図の下部の一部に養生シートが見られます。
- 左官工法による断面修復は、養生シートのコンクリート部分に施工することになります。

② はつきり完了

- 養生シートを除去し、断面修復作業を行います。
- 着工前の写真と比べると、コンクリートの劣化部分が除去され、断面修復作業が行われています。

③ 鉄筋クレン

- 鉄筋の表面をアイスクリンダー等によりクレンシ、露を落とします。

④ 鉄筋防錆材塗布

- 鉄筋防錆材として、『リハビリりベスト』を鉄筋表面に塗布します。

⑤ 断面修復

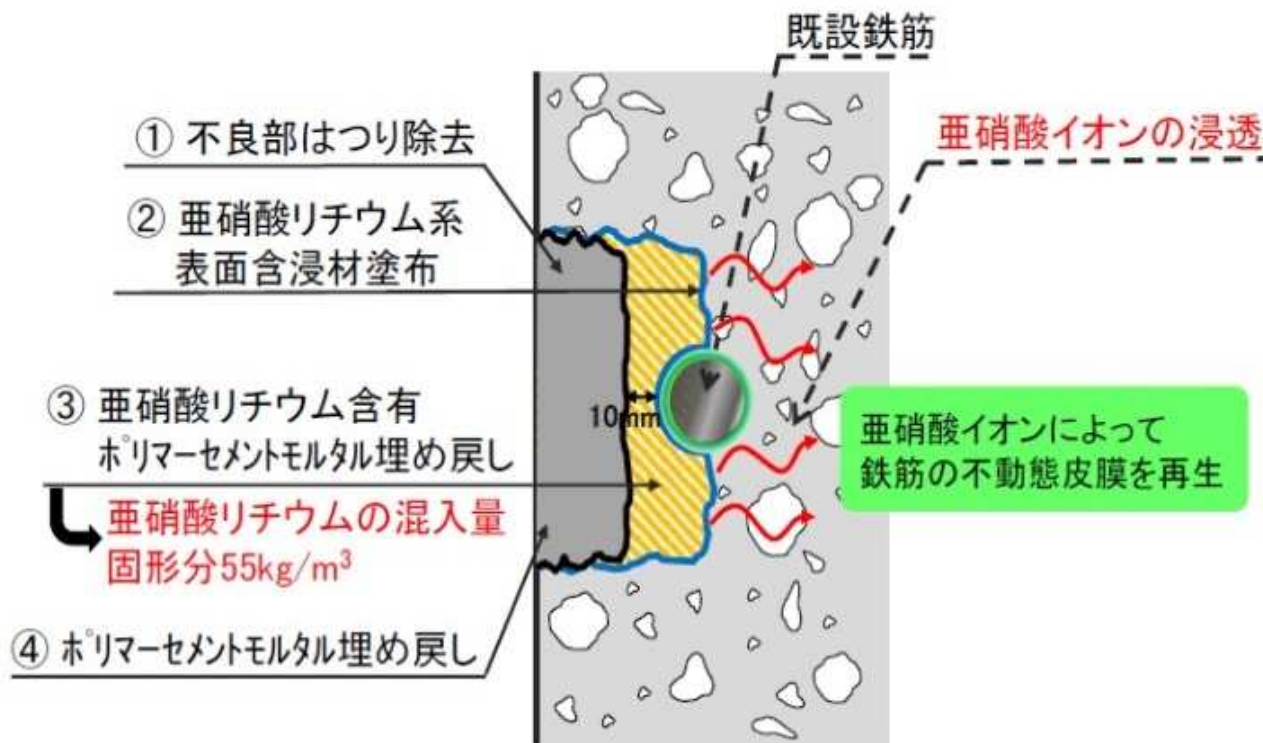
- 断面修復工法用亜硝酸リチウム40%水溶液を含有したポリマーセメントモルタルを用いて、左官工法にて断面修復します。

⑥ 断面修復完了

- 断面修復作業完了後、養生シートを除去し、断面修復作業が行われています。

施工概念図

亜硝酸リチウムを活用した各種補修技術



- ① はつり深さは鉄筋を半分程度露出させる程度まで
- ② 露出した鉄筋表面をケレンした後、亜硝酸リチウムを塗布する ⇒ 鉄筋防錆
- ③ 亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタルにて、鉄筋を10mm覆う厚さまで断面を修復する ⇒ 鉄筋防錆
このときの亜硝酸リチウム混入量は $137.5\text{kg}/\text{m}^3$ （固形分で $55\text{kg}/\text{m}^3$ ）
- ④ 残りの表層部分をポリマーセメントモルタルにて埋め戻す

亜硝酸リチウムを活用した各種補修技術

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 : CG-120005-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-120005-VR

簡易型高压注入 リハビリカプセル工法

特徴

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

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

施工仕様

圧入装置:カプセル式加圧注入機『リハビリカプセル』
抑制剤:浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液『プロコン40』
注入量:コンクリートのアルカリ総量(ASRの場合)や塩化イオン量(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. 施工面を高压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リングを行い、圧入時の『プロコン40』の漏れを防ぎます。
3. 鉄筋探査を行った後に圧入孔を削孔します。
4. リハビリカプセル、コンプレッサーを設置します。
5. 全圧入孔に対し本加圧注入工を行い、『プロコン40』の設計量を内部圧入します。
6. エポキシ樹脂等により全圧入孔を充填します。
7. 表面を仕上げ後施工完了です。

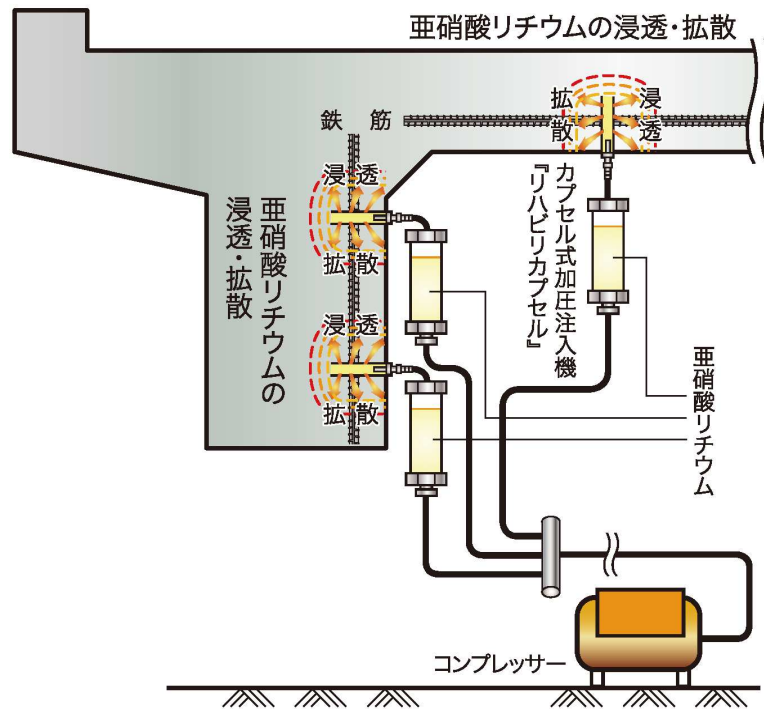
施工事例

リハビリカプセル工法施工状況
リハビリカプセル設置状況

工法概念図

亜硝酸リチウムの浸透・拡散

亜硝酸リチウムを活用した各種補修技術



- 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抑制』

亜硝酸リチウムを活用した各種補修技術

亜硝酸リチウム内部圧入工法 『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』
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
圧入孔：削孔径はφ10mmまたはφ20mm(削孔深さに応じて決定)
削孔間隔は500mm～1,000mm(削孔寸法や構造物に応じて決定)
削孔深さは300mm～4,000mm

施工手順

1. 施工箇所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. 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削孔します。
4. リハビリ圧入機、射圧ホース、加圧バ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. 全圧入孔に対して一度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終了です。

補修効果の検証

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

養生期間 (日)	ASR補修後 (残存膨張率 %)	ASR補修前 (残存膨張率 %)
0	0.000	0.000
10	0.010	0.010
20	0.020	0.010
30	0.030	0.010
40	0.040	0.010
50	0.050	0.010
60	0.055	0.010
70	0.058	0.010
80	0.060	0.010
90	0.062	0.010
100	0.063	0.010
110	0.064	0.010
120	0.064	0.010
130	0.064	0.010
140	0.064	0.010
150	0.064	0.010

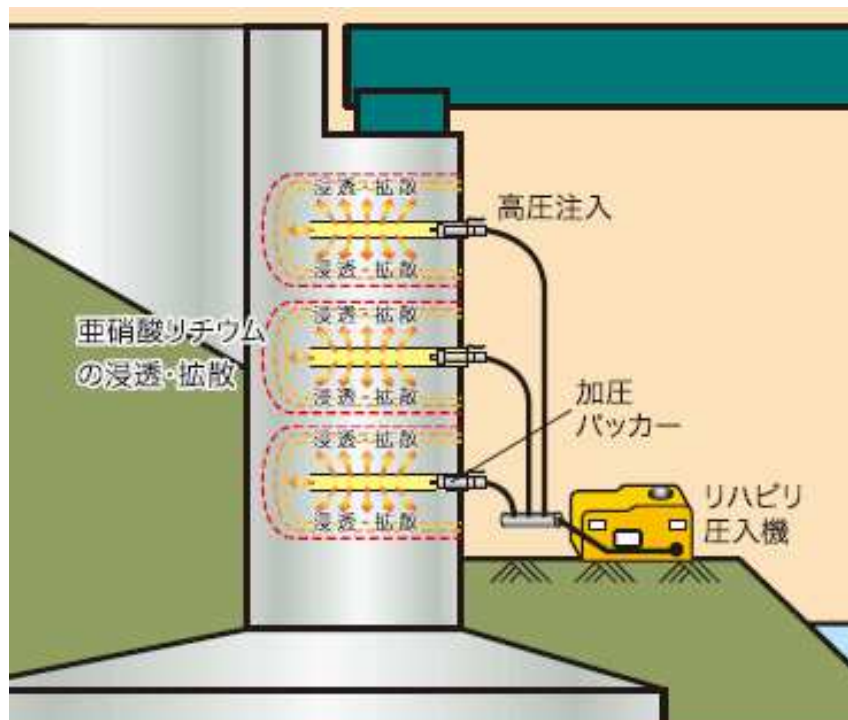
施工事例

工法概念図

極東興和株式会社

20

亜硝酸リチウムを活用した各種補修技術



- ①コンクリートにφ20mmの削孔を750mm間隔で行う
- ②圧入装置にて亜硝酸リチウムを部材全体に内部圧入する

⇒ アルカリシリカゲルの非膨張化

期待できる性能、効果

基本性能 : 『リチウムイオンによるアルカリシリカゲルの非膨張化』

【第2部】

ASRリチウム工法 事例と施工手順の紹介

発表者：極東興和株式会社

技術本部 補修部 補修営業課

鬼村 果穂

MAIL k-onimura@kkn.co.jp

TEL 03-5974-5150

紹介する主な内容

【第1部】亜硝酸リチウムの概要とその活用方法

1. 亜硝酸リチウムとは
2. 亜硝酸リチウムを用いた各種補修技術
 - ひび割れ注入工
 - 表面含浸工
 - 断面修復工
 - 内部圧入工

【第2部】ASRリチウム工法 事例と施工手順の紹介

1. ASRリチウム工法 施工事例
2. ASRリチウム工法 施工手順
3. ASRリチウム工法 設計&施工時のポイント
 - 亜硝酸リチウム必要量の考え方
 - 試験加圧注入について
 - 冬季施工の対策
 - ASRリチウム工法後の効果確認

事例①工事概要

工事場所：新潟県内 某ダム

管理者：農林水産省 北陸農政局

一次下請：極東興和株式会社

工法：ASRリチウム工法

概略数量：(右ピア・堰柱部)面積=59.2m²、圧入孔数=56孔

(当初) (左ピア・堰柱部)面積=77.0m²、圧入孔数=49孔

(左側側壁)面積=8.5m²、圧入孔数=19孔

事例①工事概要



事例①調査・診断結果



事例①調査・診断結果

促進膨張試験結果(カナダ法)

施設名	調査箇所	材齢別膨張率(%)				判定
		0日	7日	14日	21日	
笹ヶ峰ダム	洪水吐左岸側壁	0.000	0.043	0.109	0.161	無害と有害の両者が存在する
	左ピア上流側	0.000	0.115	0.297	0.446	潜在的に有害な膨張率
	右ピア上流側	0.000	0.094	0.229	0.330	潜在的に有害な膨張率
	右ピア下流側	0.000	0.117	0.258	0.381	潜在的に有害な膨張率
	右ゲート部下流側	0.000	0.098	0.239	0.337	潜在的に有害な膨張率

膨張率>0.2%
(試験日数14日)

アルカリ含有量試験結果

調査位置	Na ₂ O		K ₂ O		Na ₂ O _q (全アルカリ量)		Na ₂ O _{eq} (アルカリ総量)
	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%	kg/m ³
洪水吐左岸側壁	0.92	0.092	0.47	0.047	1.23	0.123	4.32
左ピア上流側	0.71	0.071	0.52	0.052	1.05	0.105	3.62
右ピア上流側	0.78	0.078	0.48	0.048	1.10	0.110	3.81
右ピア下流側	0.47	0.047	0.30	0.030	0.67	0.067	2.32
右ピアゲート部下流側	0.78	0.078	0.49	0.049	1.10	0.110	3.83

アルカリ総量
>3.0kg

事例①調査・診断結果

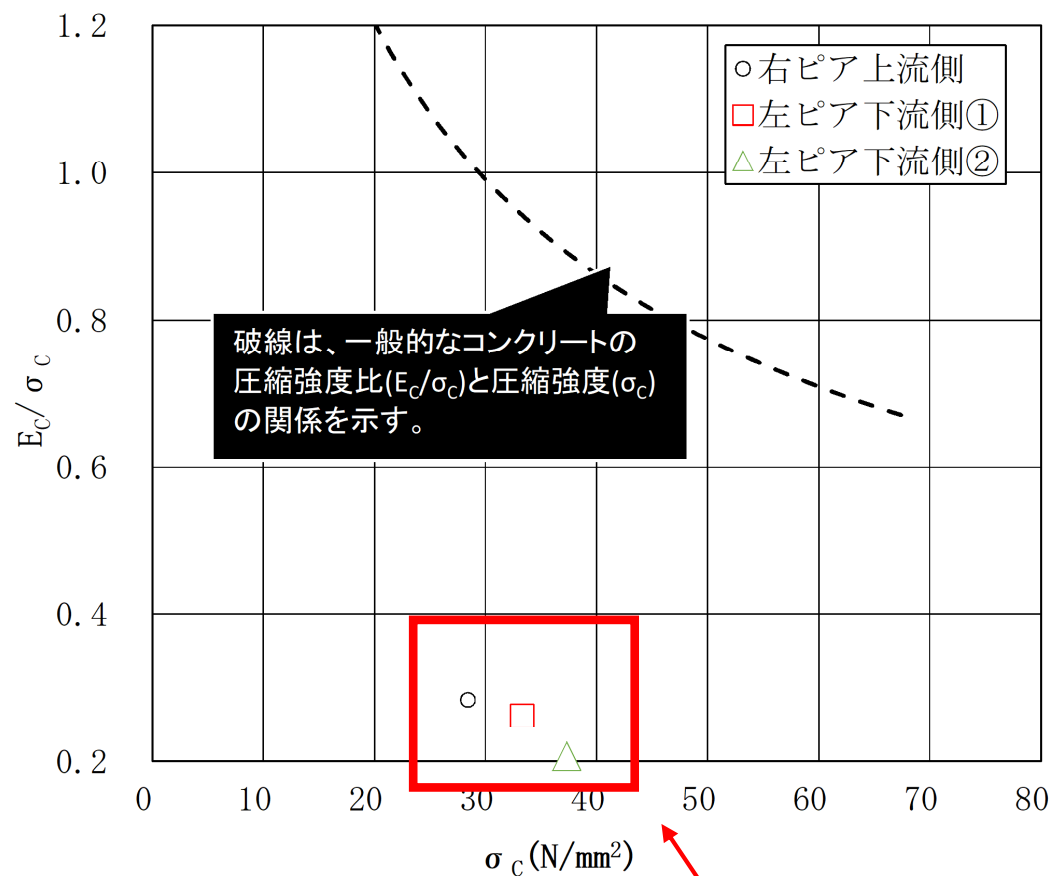
診断結果

- ・ 亀甲状のひび割れ
- ・ 促進膨張試験(カナダ法) $>0.2\%$
- ・ アルカリ総量 $>3.0\text{kg}$
- ・ ASR反応を起こすと圧縮強度は低下せず、静弾性係数の低下が顕著である



**ASR劣化が発生しており、
潜在的に有害な状態である
(補修の必要性：大)**

圧縮強度と圧縮強度比の関係



圧縮強度に比べ、
静弾性係数は大きく低下

事例① ASRリチウム工法の採用理由

	ひび割れ注入工法 + 表面被覆工法	ひび割れ注入工法 + 表面含浸工法	ひび割れ注入工法 + ASRリチウム工法
シナリオ	再劣化と再補修を繰り返す		再劣化を許容しない
概念図			
特長	水分侵入を抑制	水分侵入を抑制	ASRゲルを非膨張化
長所	ひび割れ追随性がある	モニタリング性に優れる	ASR膨張を確実に抑制
短所	ASR膨張は止まらない モニタリング性に劣る	ASR膨張は止まらない ひび割れ追随性はない	イニシャルコストが高価
経済性	イニシャルコスト：安価 LCC：高価	イニシャルコスト：安価 LCC：高価	イニシャルコスト：高価 LCC：安価

事例②工事概要

工事場所：新潟県内 某跨線橋

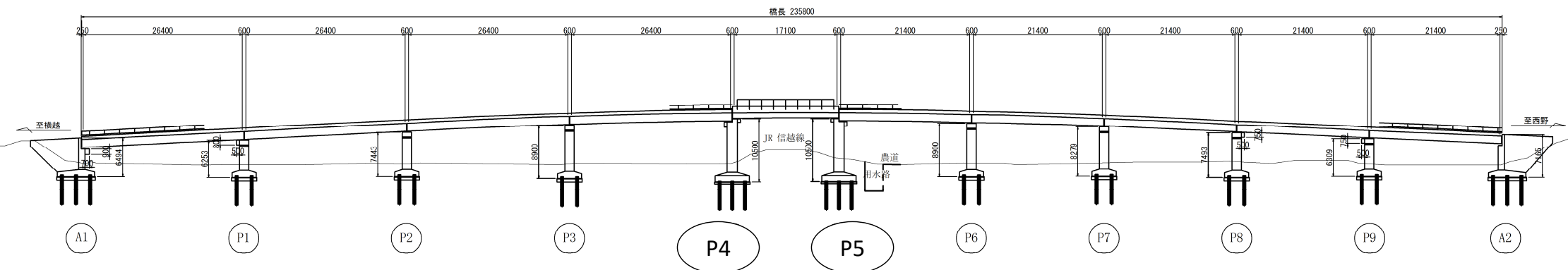
管理者：新潟市

一次下請：極東興和株式会社

工法：ASRリチウム工法

概略数量：(P4橋脚,P5橋脚)

面積=350m²、圧入孔数=276孔



事例②工事概要



鉄道

事例②調査・診断結果



事例②調査・診断結果

促進膨張試験結果(JCI-DD2法,カナダ法)

調査年	部位	試験方法	膨張量 (%)	判定
平成 8 年	A1 橋台	JCI-DD2 法	0.026	無害
	P4 橋脚	JCI-DD2 法	0.015	無害
平成 27 年	P4 橋脚	カナダ法	0.044	無害

試験結果はいずれも無害だが、長期継続する膨張の可能性

アルカリ含有量試験結果

調査年 (部位)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	等価 Na ₂ O 量	
			(%)	(kg/m ³)
平成 8 年 (A2 橋台)	0.10	0.11	0.17	3.75
平成 27 年 (P4 橋脚)	0.082	0.030	0.102	2.28
平均値	—	—	0.136	3.015

アルカリ総量
>3.0kg

事例②調査・診断結果

圧縮強度と圧縮強度比の関係

調査年	部位	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (N/mm ²)	
平成 8 年	A2 橋台	26.4	4.90×10 ³	道示の 1/5.4
	P7 橋脚	29.3	9.41×10 ³	道示の 1/3.0
平成 27 年	P4 橋脚	21.4	6.18×10 ³	道示の 1/3.8

圧縮強度に比べ、静弾性係数は大きく低下

診断結果

- 亀甲状のひび割れ
- 促進膨張試験(JCI-DD2法,カナダ法)いずれも無害判定
- アルカリ総量>3.0kg(平均値)
- ASR反応を起こすと圧縮強度は低下せず、静弾性係数の低下が顕著である
- 偏光顕微鏡観察ではASR反応性骨材や、ひび割れがゲルで充填されている状況が観察されている



ASR劣化が発生しており、潜在的に有害な状態である
(補修の必要性：大)

事例② ASRリチウム工法の採用理由



水分侵入抑制が困難
(橋台背面からの侵入)



再劣化

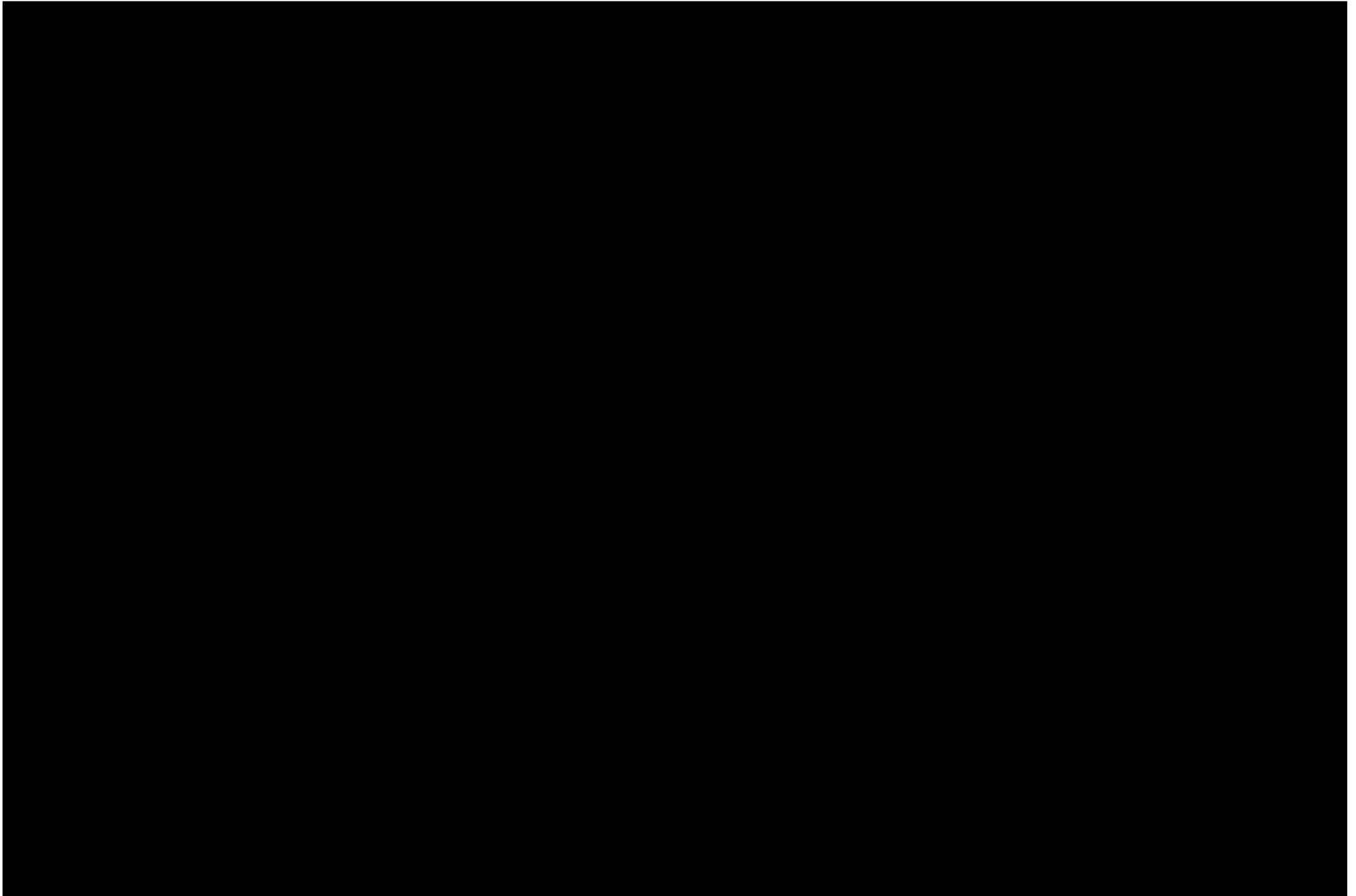


水分侵入抑制が困難
(伸縮装置部)



交差条件によりアプローチ困難
(跨線橋)

ASRリチウム工法 施工手順



ASRリチウム工法 施工手順

①下地処理工

②事前調査工

③ひび割れ注入工

④表面シール工

⑤鉄筋探査工

⑥圧入孔位置出し工

⑦圧入孔削孔工

⑧加圧パッカー装着工

⑨耐圧ホース配管工

⑩試験加圧注入工

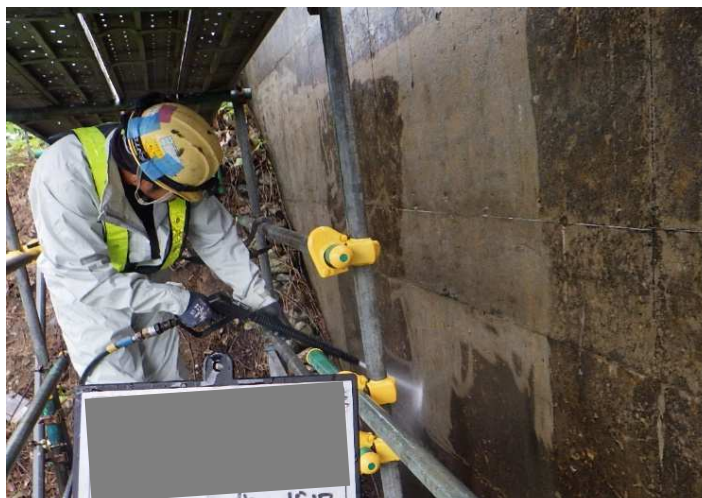
⑪本加圧注入工

⑫圧入孔充填工

⑬表面シール撤去工

⑭表面保護工

⑭完 成



高圧洗浄状況



サンダーケレン状況

ASRリチウム工法 施工手順

①下地処理工

②事前調査工

③ひび割れ注入工

④表面シール工

⑤鉄筋探査工

⑥圧入孔位置出し工

⑦圧入孔削孔工

⑧加圧パッカー装着工

⑨耐圧ホース配管工

⑩試験加圧注入工

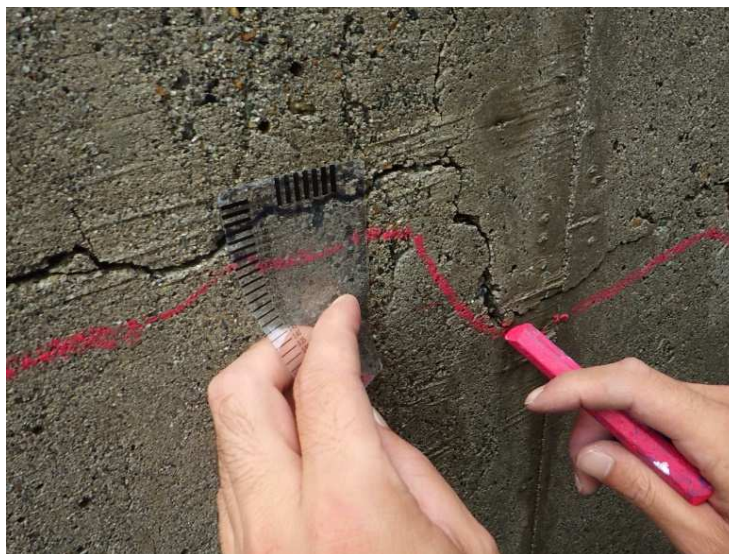
⑪本加圧注入工

⑫圧入孔充填工

⑬表面シール撤去工

⑭表面保護工

⑭完 成



ひび割れ箇所（0.2mm以上）の調査



コンクリートの剥離欠損箇所の調査

ASRリチウム工法 施工手順

①下地処理工

②事前調査工

③ひび割れ注入工

④表面シール工

⑤鉄筋探査工

⑥圧入孔位置出し工

⑦圧入孔削孔工

⑧加圧パッカー装着工

⑨耐圧ホース配管工

⑩試験加圧注入工

⑪本加圧注入工

⑫圧入孔充填工

⑬表面シール撤去工

⑭表面保護工

⑭完 成



0.2mm以上のひび割れに対して注入を行い、
ひび割れからの亜硝酸リチウム漏出を防止する

ASRリチウム工法 施工手順

①下地処理工

②事前調査工

③ひび割れ注入工

④表面シール工

⑤鉄筋探査工

⑥圧入孔位置出し工

⑦圧入孔削孔工

⑧加圧パッカー装着工

⑨耐圧ホース配管工

⑩試験加圧注入工

⑪本加圧注入工

⑫圧入孔充填工

⑬表面シール撤去工

⑭表面保護工

⑭完 成



ポリマーセメントモルタル塗装状況

コンクリート表面をポリマーセメントモルタルで塗装することで、亜硝酸リチウムの漏出を防止する

ASRリチウム工法 施工手順

①下地処理工

②事前調査工

③ひび割れ注复工

④表面シール工

⑤鉄筋探査工

⑥圧入孔位置出し工

⑦圧入孔削孔工

⑧加圧パッカー装着工

⑨耐圧ホース配管工

⑩試験加圧注复工

⑪本加圧注复工

⑫圧入孔充填工

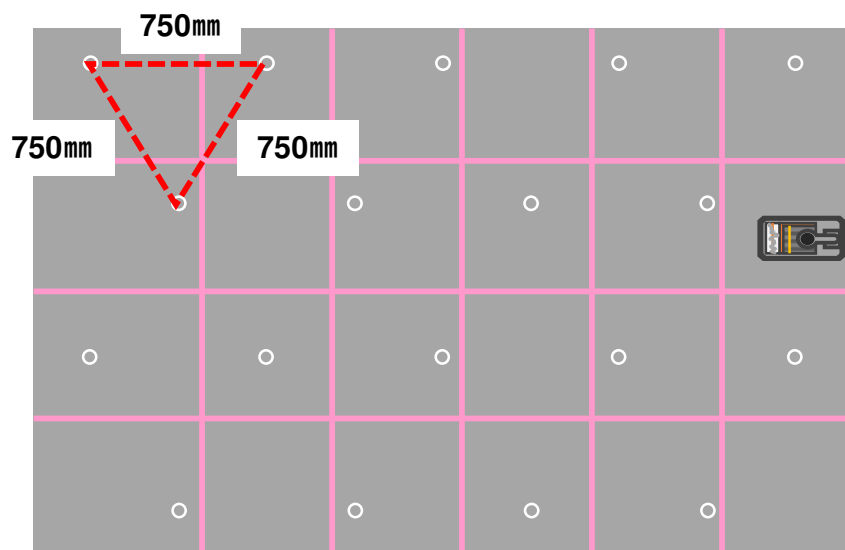
⑬表面シール撤去工

⑭表面保護工

⑭完 成



鉄筋探査状況



鉄筋と干渉しない位置に削孔箇所を設定

ASRリチウム工法 施工手順

①下地処理工

②事前調査工

③ひび割れ注复工

④表面シール工

⑤鉄筋探査工

⑥圧入孔位置出し工

⑦圧入孔削孔工

⑧加圧パッカー装着工

⑨耐圧ホース配管工

⑩試験加圧注复工

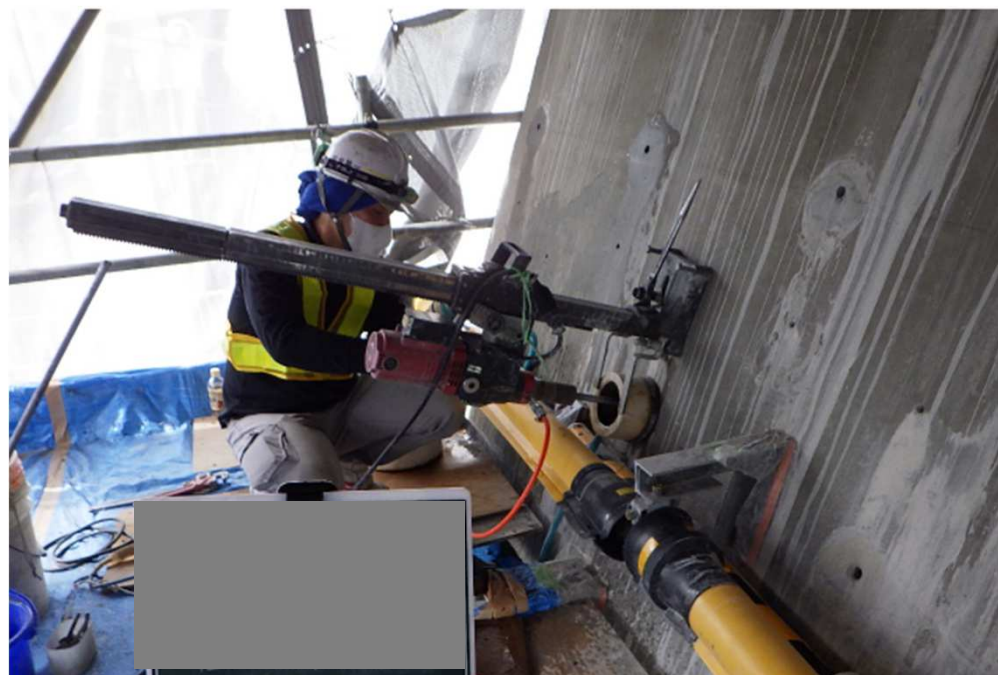
⑪本加圧注复工

⑫圧入孔充填工

⑬表面シール撤去工

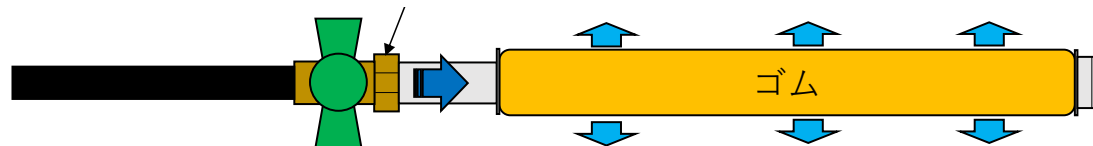
⑭表面保護工

⑭完 成



削孔状況

圧入孔をグラウトで埋め戻すため、削孔角度を設ける



ゴムの摩擦抵抗によって抜けを防止

ASRリチウム工法 施工手順

①下地処理工

②事前調査工

③ひび割れ注入工

④表面シール工

⑤鉄筋探査工

⑥圧入孔位置出し工

⑦圧入孔削孔工

⑧加圧パッカー装着工

⑨耐圧ホース配管工

⑩試験加圧注入工

⑪本加圧注入工

⑫圧入孔充填工

⑬表面シール撤去工

⑭表面保護工

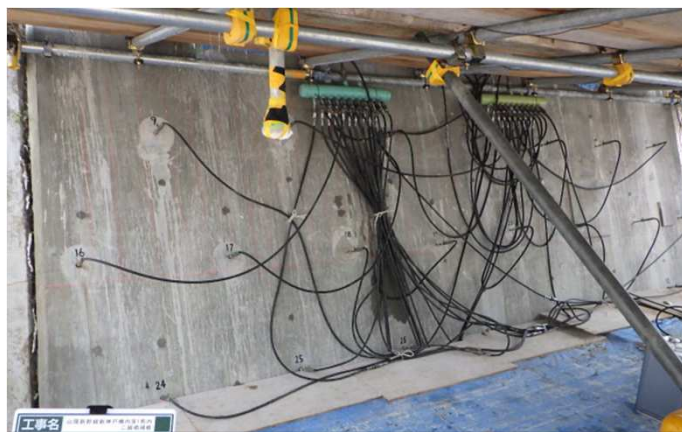
⑭完 成



加圧パッカー装着工



加圧パッカー



耐圧ホース配管工



廃液処理対策 樋設置

ASRリチウム工法 施工手順

①下地処理工

②事前調査工

③ひび割れ注入工

④表面シール工

⑤鉄筋探査工

⑥圧入孔位置出し工

⑦圧入孔削孔工

⑧加圧パッカー装着工

⑨耐圧ホース配管工

⑩試験加圧注入工

⑪本加圧注入工

⑫圧入孔充填工

⑬表面シール撤去工

⑭表面保護工

⑭完成

全孔を1孔ずつ試験的に加圧注入する

目的①：背面の漏水など、不適切な孔を検出

目的②：圧入速度を測定し、本加圧注入時の圧入時間の目安を決定する



注入量が極端に小さい場合

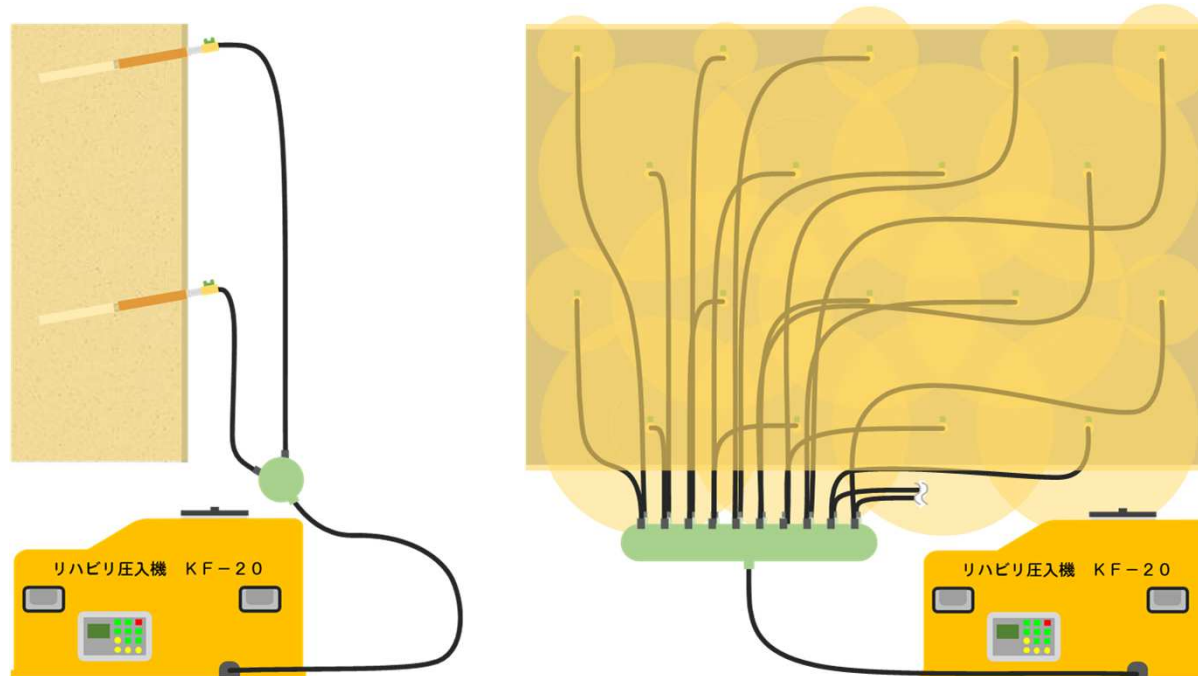


- ・削孔をやり直すor貫通孔を埋める
- ・パッカーやホース等を付け替える



ASRリチウム工法 施工手順

- ①下地処理工
- ②事前調査工
- ③ひび割れ注入工
- ④表面シール工
- ⑤鉄筋探査工
- ⑥圧入孔位置出し工
- ⑦圧入孔削孔工
- ⑧加圧パッカー装着工
- ⑨耐圧ホース配管工
- ⑩試験加圧注入工
- ⑪本加圧注入工**
- ⑫圧入孔充填工
- ⑬表面シール撤去工
- ⑭表面保護工
- ⑭完 成



設計注入量から試験注入量を差し引いた量を注入

【基本管理項目】

- ①圧入速度
- ②注入圧力 設計注入圧:0.5MPa
- ③躯体表面からの漏出の有無
- ④圧入量
- ⑤圧入時間

ASRリチウム工法 施工手順

①下地処理工

②事前調査工

③ひび割れ注复工

④表面シール工

⑤鉄筋探査工

⑥圧入孔位置出し工

⑦圧入孔削孔工

⑧加圧パッカー装着工

⑨耐圧ホース配管工

⑩試験加圧注复工

⑪本加圧注复工

⑫圧入孔充填工

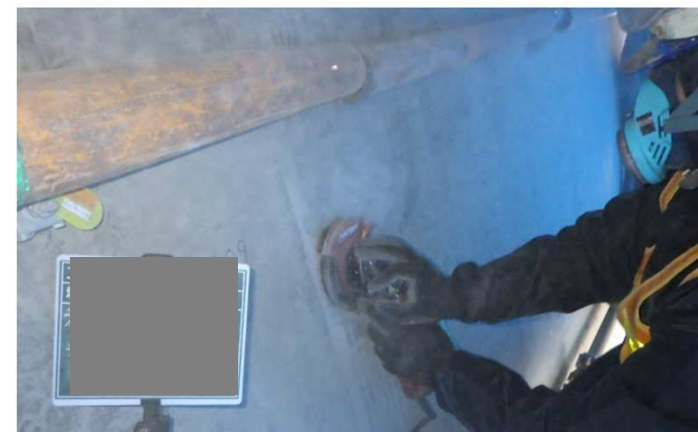
⑬表面シール撤去工

⑭表面保護工

⑭完 成



無収縮グラウト充填状況



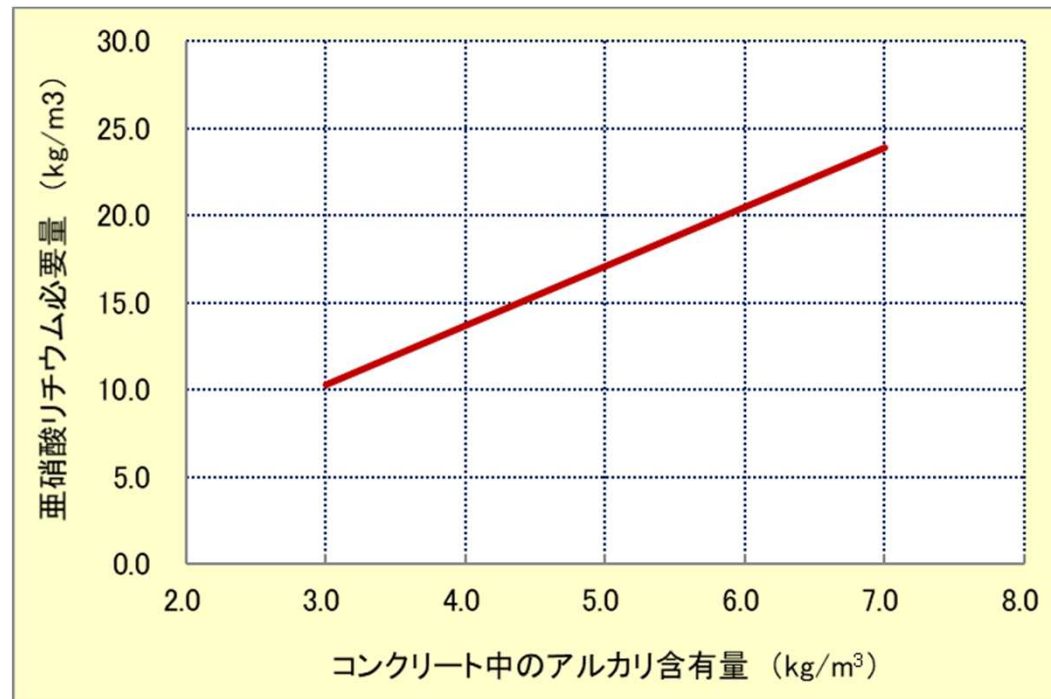
表面シール撤去工



高分子浸透性防水材料塗布

ASRリチウム工法 亜硝酸リチウム必要量の考え方

- ASRの場合には、 $[Li^+]/[Na^+]$ モル比=0.8で必要量を定量的に算定する。
- 圧入した亜硝酸リチウムがコンクリート中にある**全ての反応性骨材**に到達した状態を仮定して圧入量を決める。
- 圧入対象コンクリート範囲は、**部材全体**となる。
- 最大削孔深さは3,000mm程度。
- 圧入による浸透には、**2週間～3週間程度**を要することが多い。



ASRリチウム工法 試験加圧注入について

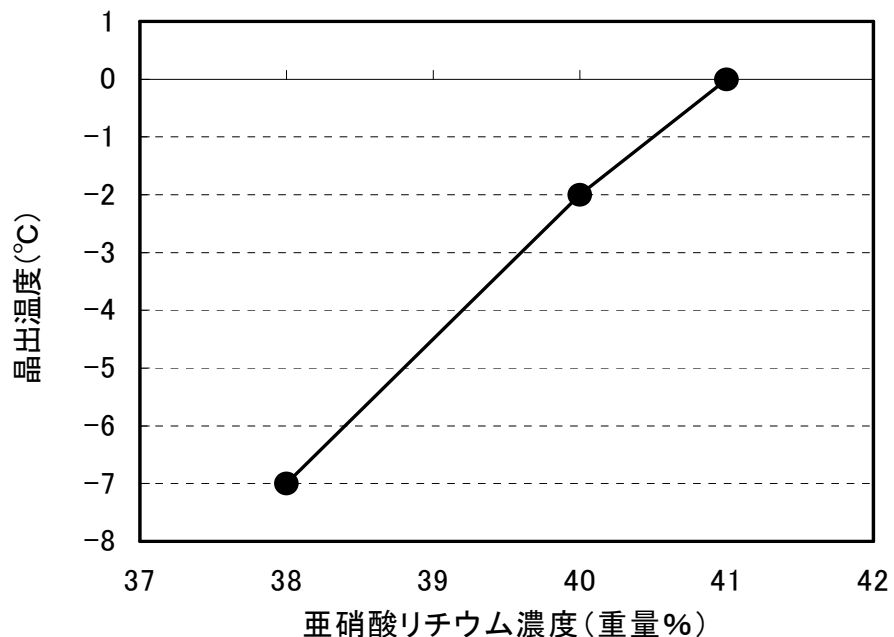
試験加圧注入の考え方(例)

- ・ 1孔当り設計圧入量=15.0kg
- ・ 試験注入時間=30分/5分刻みで記録

圧入孔 No	①試験注入量(kg)							②注入 速度 (kg/h)	③本加圧 注入量 (kg)	④目標 注入時間 (h)
	0	5	10	15	20	25	30			
1	0	1.6	2.9	4.1	4.4	4.7	5.0	3.6	10.0	2.8
2	0	2.4	3.7	5.0	6.0	7.0	8.0	12.0	7.0	0.6
3	0	0.3	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	14.0	11.7

ASRリチウム工法 冬季施工の対策

亜硝酸リチウムの濃度と析出温度の関係



外気温が0°Cを下回る施工環境の場合、
抑制剤の温度低下による溶解度の低下から
亜硝酸リチウムの再結晶化を生じる可能性がある

対策

- 亜硝酸リチウム水溶液の濃度を40%から38%に調整することで結晶析出温度を-2°Cから-7°Cにまで下げることが可能
- 現場での濃度調整作業を軽減するために冬季用添加剤を使用
- 足場内や圧入機等を保温養生する



ASRリチウム工法後の効果確認

年度	名称	発注者	残存膨張量 (%) 【施工前】	残存膨張量 (%) 【施工後】	備考
2002	日御碕地区 砂防	島根県	0.055	0.008	JCI-DD2法
2003	海田高架橋	中国地整	0.045	0.020	JCI-DD2法
2004	陶橋	四国地整	0.081	0.018	JCI-DD2法
2010	米岡小橋	鳥取県	0.064	0.029	JCI-DD2法
2012	湯村大橋	島根県	0.065	0.019	JCI-DD2法
2012	山内高架橋 第1工区	佐賀県	0.180	0.029	JCI-DD2法
2012	上関大橋	山口県	-	0.020	JCI-DD2法
2012	大橋	香川県	-	0.039	JCI-DD2法
2012	御山大橋	香川県	0.213	0.008	JCI-DD2法
2012	山内高架橋 第2工区	佐賀県	0.180	0.031	JCI-DD2法
2012	山内高架橋 第3工区	佐賀県	0.180	0.021	JCI-DD2法
2012	石川橋	香川県	-	0.007	JCI-DD2法
2012	楠川橋	香川県	0.133	0.026	JCI-DD2法
2013	東宮新橋	山形県	0.272	0.016	カナダ法
2013	中瀬橋	徳島県	0.136	0.024	カナダ法【施工前】 JCI-DD2法【施工後】
2013	鉄塔基礎 No.78	民間	-	0.003	JCI-DD2法
2014	仁多大橋	島根県	0.280	0.024	カナダ法【施工前】 JCI-DD2法【施工後】
2014	鉄塔基礎 No.69	民間	-	0.005	JCI-DD2法
2014	鉄塔基礎 No.75	民間	-	0.004	JCI-DD2法
2014	挿頭橋	綾川町(香川県)	0.047	0.038	JCI-DD2法
2014	灘橋	島根県	-	0.024	JCI-DD2法
2015	石井橋	島根県	0.092	0.016	JCI-DD2法
2015	今川立坑	大阪府	-	0.083	カナダ法
2016	奥谷橋	島根県	0.092	0.018	JCI-DD2法
2016	屋島大橋 1工区	高松市	0.296	0.084	カナダ法
2016	新呑谷橋 第1期	島根県	0.061	0.017	JCI-DD2法
2016	京見橋	兵庫県	0.051	0.020	JCI-DD2法
2017	新呑谷橋 第2期	島根県	0.061	0.011	JCI-S-001法
2017	花仙橋	島根県	0.210	0.004	カナダ法【施工前】 JCI-S-001法【施工後】
2017	嫁島高架橋	松江市	-	0.024	JCI-S-001法
2017	嫁島高架橋 その2	松江市	-	0.024	JCI-S-001法
2017	高砂大橋	高砂市	0.423	0.017	カナダ法【施工前】 JCI-S-001法【施工後】
2017	鉄塔基礎 No.40	民間	-	0.042	カナダ法
2018	小女良橋	島根県	0.116	0.067	カナダ法
2018	屋島大橋 3工区	高松市	0.296	0.063	カナダ法
2018	厳城橋 4工区	鳥取県	0.213	0.008	カナダ法
2018	滝谷川橋	島根県	0.334	0.032	カナダ法
2020	嫁島高架橋 その4	松江市	-	0.013	JCI-S-001法
2020	香字橋	民間	0.109	0.022	カナダ法

JCI-DD2法,JCI-S-001法 判定基準：0.05%を超えると有害

カナダ法 判定基準：0.2%以上は潜在的に有害、0.1~0.2%は有害と無害な骨材、0.1未満の場合は無害

ASR対策での内部圧入施工後には、ASR膨張性が無害域に低減されていることを確認している。

ASRリチウム工法後の効果確認



施工前（2005年）



施工後4年（2009年）



施工後14年（2019年）

- RC橋台
- 香川県
- 2005年施工（ASR補修）
- **施工後14年で再劣化なし**

ご清聴ありがとうございました

END