

亜硝酸リチウムを用いた 塩害、中性化、ASRの補修技術について

一般社団法人コンクリートメンテナンス協会

技術委員長 江良和徳

亜硝酸リチウムを用いた補修技術

2

亜硝酸リチウムとは



亜硝酸リチウム40%水溶液

3

亜硝酸リチウム

【Lithium Nitrite ; LiNO₂】

- ・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）



亜硝酸イオン
 NO_2^-

不動態被膜の再生により
鉄筋腐食を抑制する



『塩害・中性化対策』

リチウムイオン
 Li^+

アルカリシリカゲルを
非膨張化する

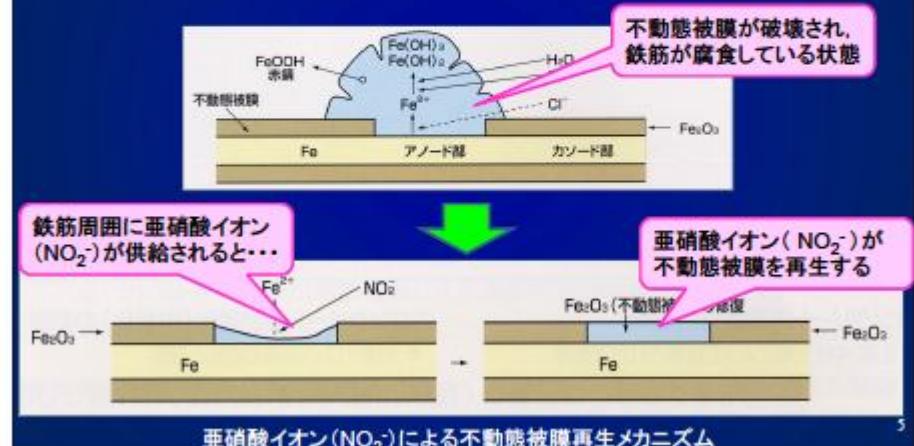


『ASR対策』

4

亜硝酸イオンによる鉄筋腐食抑制 ⇒ 不動態被膜再生

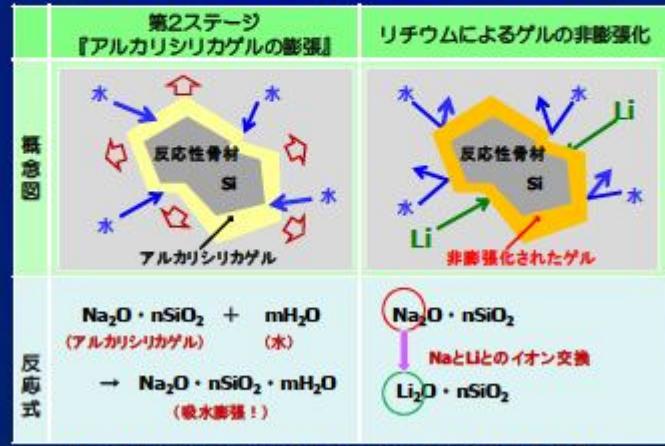
- ・塩害、中性化はいずれも不動態被膜の破壊による鉄筋腐食の問題
⇒ 塩害、中性化対策とは、共に鉄筋腐食を抑制すること
- ・亜硝酸イオン(NO_2^-)の防錆効果に関する研究は1960年代から多数報告



5

リチウムイオンによるASR抑制効果 ⇒ ゲル非膨張化

- ASRは反応性骨材周囲に生成したアルカリシリカゲルの吸水膨張
⇒ ASR対策とは、ゲルの吸水膨張を抑制すること
- リチウムイオン(Li^+)のASR膨張抑制に関する研究は1950年代から多数報告



6

亜硝酸リチウムを用いた塩害・中性化の補修

技術資料P.42



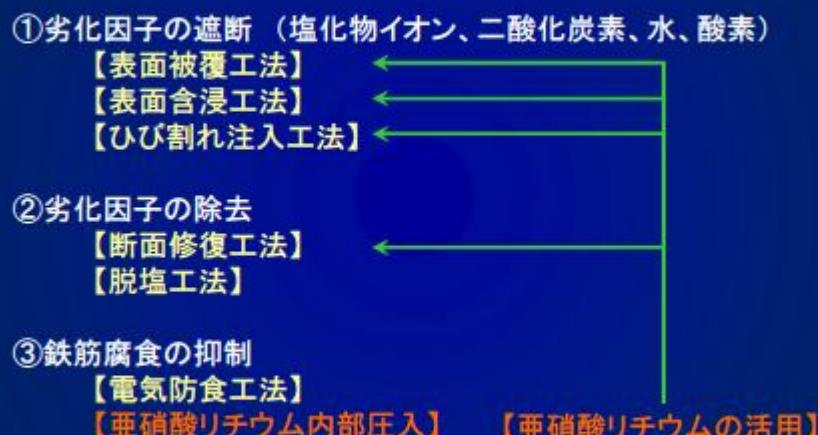
亜硝酸リチウム含有ペースト



亜硝酸リチウム含有モルタル

7

【塩害補修工法の種類と要求性能】

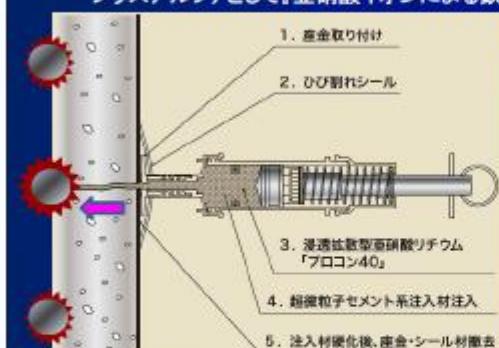


8

【ひび割れ注入工法】…リハビリシリンダー工法

技術資料P.47

『ひび割れ注入材による劣化因子の遮断』
プラスアルファとして『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』を付与



- 自動低圧注入器をひび割れに沿って設置する
- 亜硝酸リチウム水溶液を先行注入する ⇒ 鉄筋防錆
- 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

ひび割れを通じて鉄筋に亜硝酸イオンを供給する

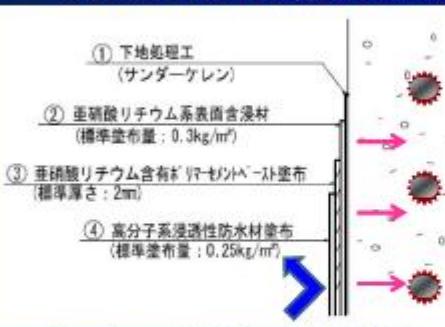
9

【表面被覆工法】

『表面被覆材による劣化因子の遮断』

プラスアルファとして『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』を付与

技術資料P.46



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

コンクリート表面から鉄筋に向けて亜硝酸イオンを浸透させる

10

【表面含浸工法】

『表面含浸材による劣化因子の遮断』

プラスアルファとして『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』を付与

技術資料P.45



- ①コンクリート表面を下地処理する
- ②亜硝酸リチウム水溶液を塗布し、内部へ含浸させる ⇒ 鉄筋防錆
- ③亜硝酸リチウムの溶出を防ぐために、ケイ酸リチウムを塗布する
⇒ 劣化因子の遮断

コンクリート表面から鉄筋に向けて亜硝酸イオンを浸透させる

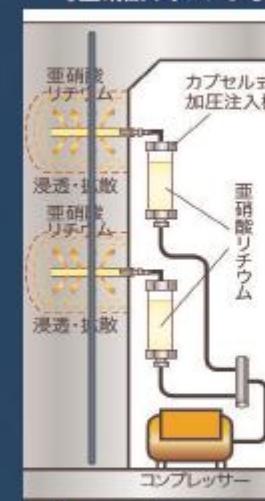
11

【亜硝酸リチウム系表面含浸工法】… リハビリガードシステム

(NETIS:CG-120005-A)

『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』

技術資料P.48



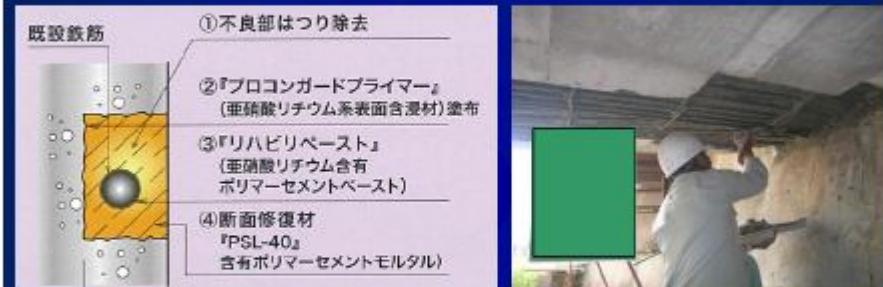
- ①コンクリートにφ10mm、L=100mm程度の削孔
を500mmの間隔で行う
- ②カプセル式加圧装置を設置して亜硝酸リチウム
水溶液を内部圧入する ⇒ 鉄筋防錆
- ③削孔箇所を充填材にて埋め戻す

削孔箇所から鉄筋周囲へ亜硝酸イオンを圧入する

12

【断面修復工法】

技術資料P.51



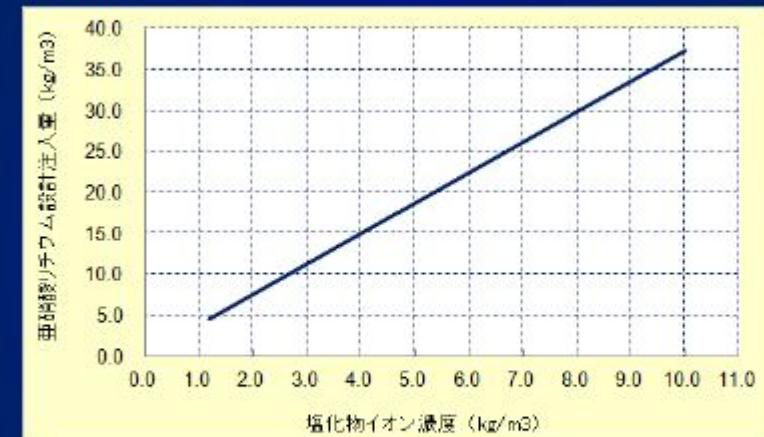
- ①かぶりコンクリートの不良部をはつりとり、鉄筋を露出させる
- ②露出した鉄筋の錆をケレンした後、防錆ペーストとして亜硝酸リチウム含有モルタルを塗布する ⇒ 鉄筋防錆
- ③ポリマーセメントモルタルにて断面欠損部を修復する

はつりだした鉄筋に直接亜硝酸イオンを供給する

14

【亜硝酸リチウム必要量の算定(塩害の場合)】

技術資料P.49



・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となる量

15

亜硝酸リチウムによる鉄筋防錆効果



16

亜硝酸リチウムを用いたASRの補修

技術資料P.52



ひび割れ注入工

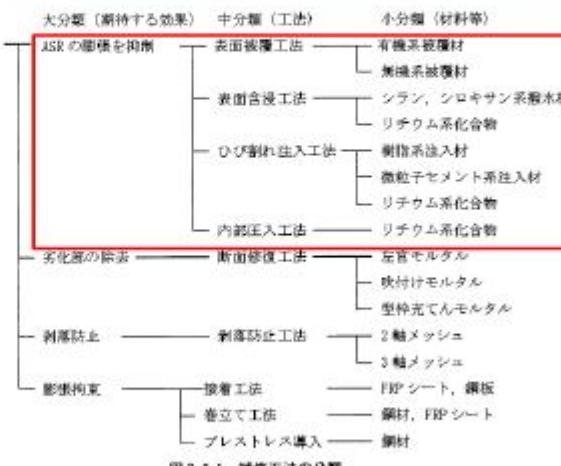
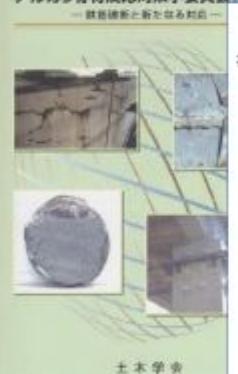
内部圧入工

17

ASR補修工法

124

アルカリ骨材反応対策小委員会報告書



「アルカリ骨材反応対策小委員会報告書」平成17年8月より

18

【ASR補修工法の種類と要求性能】

①劣化因子の遮断（水分）

【表面被覆工法】

有機系被覆材
無機系被覆材

【表面含浸工法】

シラン系撥水材（内部からの水分透散）
表面改質剤（コンクリート表層部の緻密化）

【ひび割れ注入工法】

樹脂系注入材（ひび割れ遮断性）
超微粒子セメント系注入材

②ゲルの非膨張化

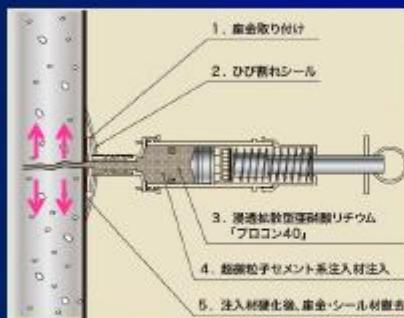
【亜硝酸リチウム内部圧入】 【亜硝酸リチウムの活用】

19

【ひび割れ注入工法】 … リハビリシリンダー工法

技術資料P.60

『ひび割れ注入材による劣化因子（水分）の遮断』
（NETIS:CG-110017-A）
プラスアルファとして『リチウムイオンによるゲルの非膨張化』を部分的に付与



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

ひび割れ周辺のコンクリートにリチウムイオンを供給する

20

【表面被覆工法】

『表面被覆材による劣化因子（水分）の遮断』
プラスアルファとして『リチウムイオンによるゲルの非膨張化』を部分的に付与

①下地処理（高圧水洗ケレン）

②浸透拡散型亜硝酸リチウム
「プロコン40」

③亜硝酸リチウム含有ペースト

④アクリル系エマルジョン塗料など



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

コンクリート表層部にリチウムイオンを浸透させる

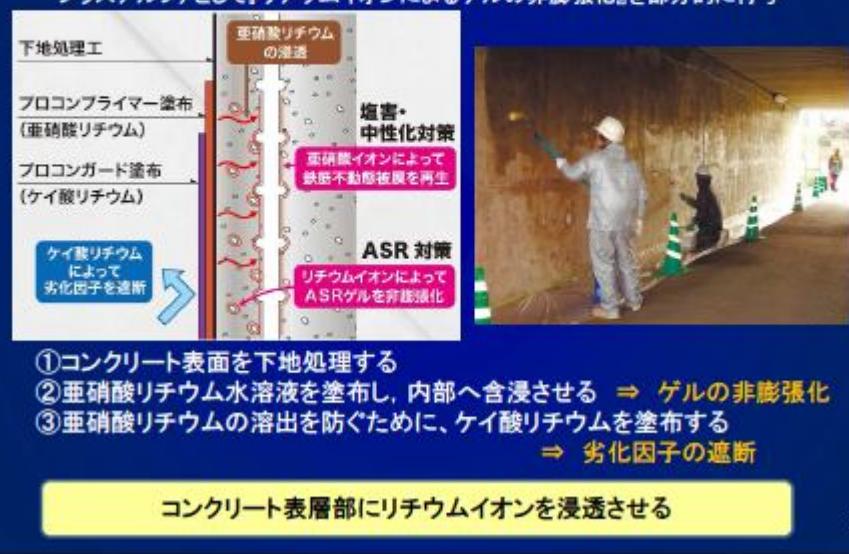
21

【表面含浸工法】

技術資料P.58

『表面含浸材による劣化因子の遮断』

プラスアルファとして『リチウムイオンによるゲルの非膨張化』を部分的に付与



- ①コンクリート表面を下地処理する
- ②亜硝酸リチウム水溶液を塗布し、内部へ含浸させる ⇒ ゲルの非膨張化
- ③亜硝酸リチウムの溶出を防ぐために、ケイ酸リチウムを塗布する
⇒ 劣化因子の遮断

コンクリート表層部にリチウムイオンを浸透させる

22

【亜硝酸リチウム内部圧入工法】… ASRリチウム工法

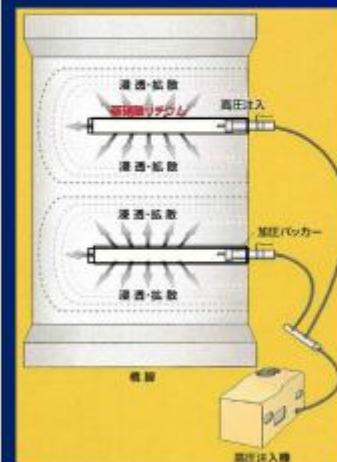
技術資料P.61

『リチウムイオンによるゲルの非膨張化』

(NETIS:KK-010026-A)

・コンクリートに削孔して、亜硝酸リチウム40%水溶液を加圧注入。

注入量 : Li/Naモル比0.8となるLiNO₂
 削孔径 : φ10mm, 20mm, 38mm
 削孔間隔 : 500mm, 750mm, 1000mm
 注入圧力 : 0.5MPa～1.5MPa
 注入期間 : 20日～40日程度



- ①ひび割れ注入および表面被覆により、コンクリート表面のひび割れを閉塞する
- ②コンクリートに小径の削孔を行い、圧入孔とする
- ③油圧式圧入装置、配管、バッカーを設置して、亜硝酸リチウムを加圧注入する
- ④所定の量の亜硝酸リチウムをコンクリート内部に圧入した後、削孔箇所を無収縮グラウト材にて埋め戻す

削孔箇所からコンクリート内部全体へリチウムイオンを圧入する

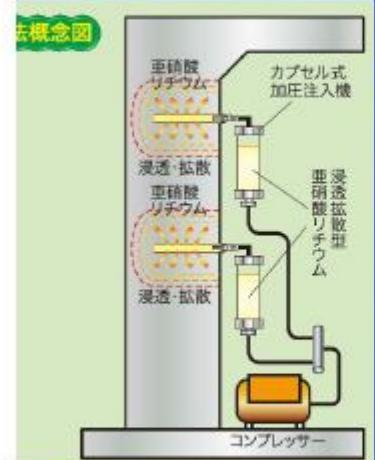
23

【亜硝酸リチウム内部圧入工法】… リハビリカプセル工法

技術資料P.62

『リチウムイオンによるゲルの非膨張化』

(NETIS:CG-120005-A)



・コンクリートに削孔して、亜硝酸リチウム40%水溶液を加圧注入。

・小規模施工において経済性向上

注入量 : Li/Naモル比0.8～1.0となるLiNO₂
 削孔径 : φ10mm, 20mm
 削孔間隔 : 300mm～500mm
 注入圧力 : 0.5MPa～1.0MPa
 注入期間 : 4日～10日程度

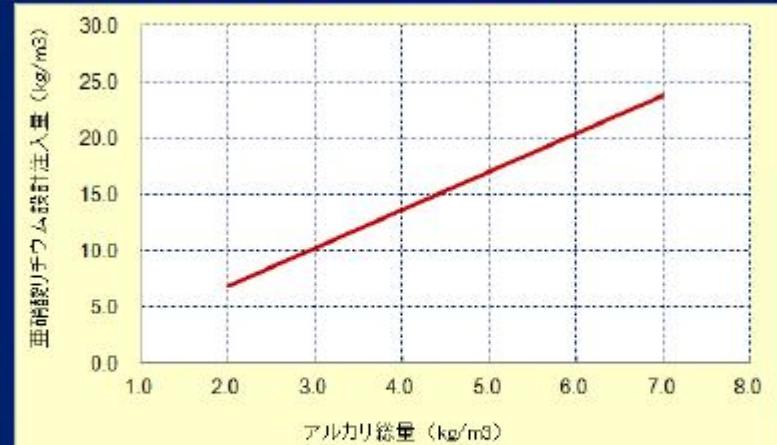
- ①ひび割れ注入および表面被覆により、コンクリート表面のひび割れを閉塞する
- ②コンクリートに小径の削孔を行い、圧入孔とする
- ③コンプレッサー、配管、バッカーを設置して亜硝酸リチウム水溶液をコンクリート内部へ加圧注入する
- ④所定の量の亜硝酸リチウムをコンクリート内部に圧入した後、削孔箇所を無収縮グラウト材にて埋め戻す

削孔箇所からコンクリート内部全体へリチウムイオンを圧入する

24

【亜硝酸リチウム必要量の算定(ASRの場合)】

技術資料P.63



・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

25

施工手順と適用事例

26

施工手順

(1) 塩害で劣化した橋台の補修

採用された工法：表面含浸工法『プロコンガードシステム』
(亜硝酸リチウム系+ケイ酸リチウム系)

【対象構造物】

- ・山間部にあるRC橋台

【塩害による劣化状況】

- ・幅0.1~0.2mmのひび割れ
- ・塩化物イオン含有量1.8kg/m³
- ・鉄筋腐食度はごく軽微



①下地処理工

コンクリート表面を高圧洗浄し、表面の汚れや油分などを除去する

27

【塩害の抑制方針】

- ・劣化因子の遮断
- ・将来的な鉄筋腐食抑制
(不動態被膜再生)

表面含浸工

【使用材料】
・亜硝酸リチウム系表面含浸材
『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
『プロコンガードプライマー』

③養生工

「プロコンガードプライマー」塗布完了後、12時間以上の養生期間をおく

②亜硝酸リチウム系含浸材塗布

「プロコンガードプライマー」をローラーにて塗布し、内部へ含浸させる

28

表面含浸工

【使用材料】
・ケイ酸リチウム系表面含浸材
『プロコンガード』

ケイ酸リチウム系表面含浸材
『プロコンガード』

⑤施工完了

④ケイ酸リチウム系含浸材塗布

「プロコンガード」をローラーで塗布し、内部へ含浸させる

29

『プロコンガードシステム』で期待される塩害抑制効果

- ・1層目の亜硝酸リチウム系含浸材
⇒ 亜硝酸イオンが鉄筋の不動態被膜を再生し、鉄筋腐食を抑制
- ・2層目のケイ酸リチウム系含浸材
⇒ 塩化物イオン、水、酸素等の劣化因子を遮断



(2) 塩害で劣化したRC床版の補修

採用された工法：亜硝酸リチウム内部圧入工法
『リハビリカプセル工法』

【対象構造物】

- ・鋼橋のRC床版

【塩害による劣化状況】

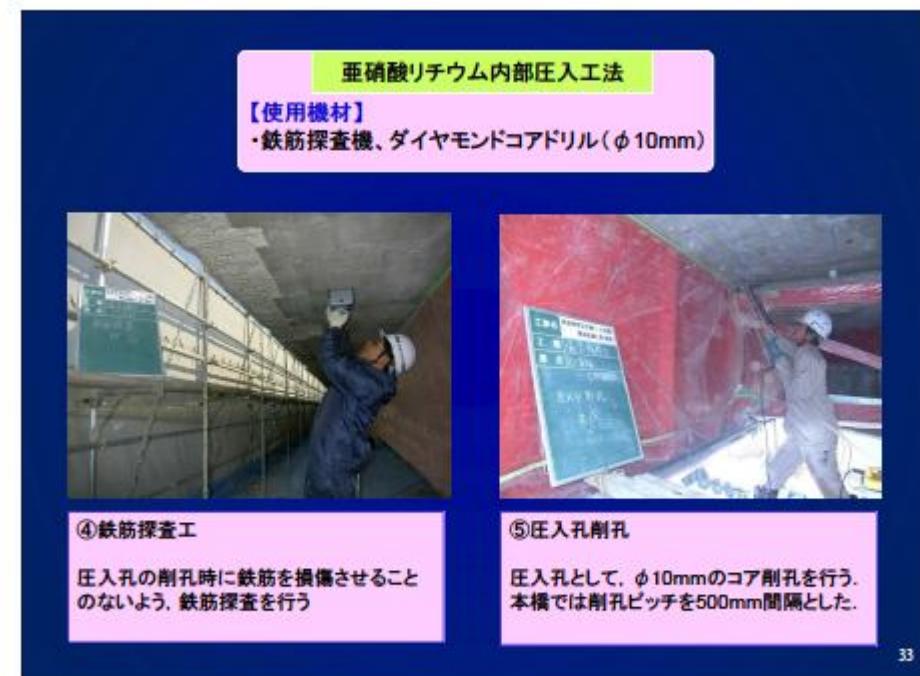
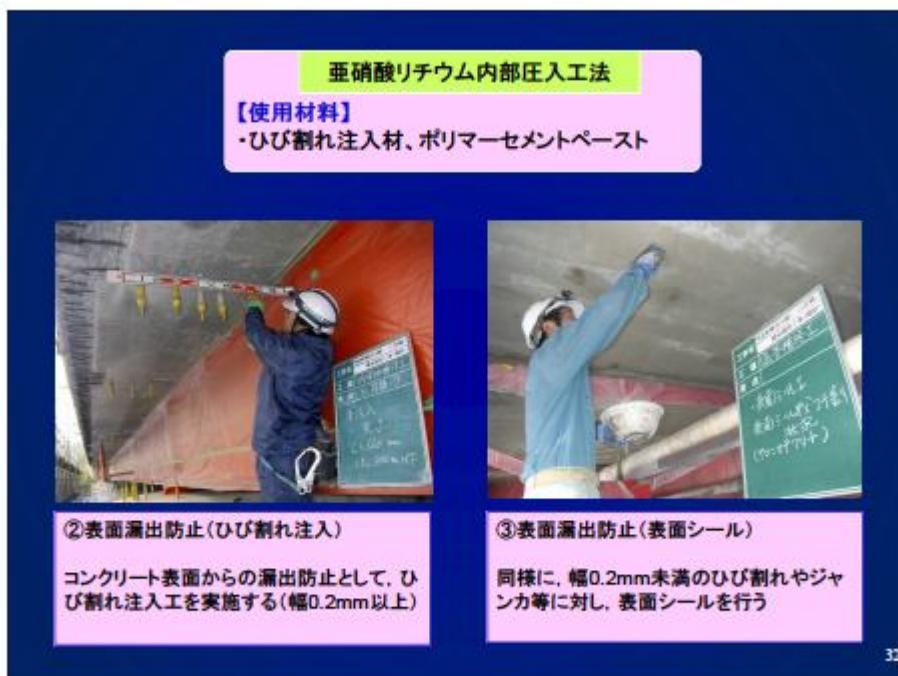
- ・幅0.1~0.4mmのひび割れ
- ・塩化物イオン含有量3.0kg/m³
(内在塩分の可能性大)
- ・鉄筋腐食により一部断面欠損



31

【塩害の抑制方針】

- ・鉄筋腐食抑制
(不動態被膜の再生)



亜硝酸リチウム内部圧入工法

【使用機材】

- ・カプセル式圧入装置



⑥加圧パッカーの設置

全圧入孔に加圧パッカー(接続用治具)を設置する。



⑦リハビリカプセル設置工

加圧パッカーにカプセル式圧入装置(リハビリカプセル)を設置し、圧入ホースと接続する

34

亜硝酸リチウム内部圧入工法

【使用材料】

- ・浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液



⑧内部圧入工

所定量の浸透拡散型亜硝酸リチウムを加圧注入する。
圧入対象はコンクリート表層150~200mm



⑨圧入孔充填工

圧入完了後、配管を撤去し、エポキシ樹脂または無収縮グラウト材にて圧入孔を充填する

35

亜硝酸リチウム内部圧入工法

【使用材料】

- ・高分子系浸透性防水材



⑩表面保護工

コンクリート内部への劣化因子の侵入抑制のため、表面含浸工または表面被覆工による表面保護を行う

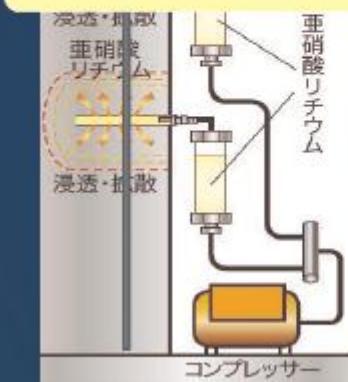


⑪施工完了

36

『リハビリカプセル工法』で期待される塩害抑制効果

- ・コンクリート表層部150~200mmの範囲に浸透した亜硝酸リチウム
⇒ 亜硝酸イオンが鉄筋の不動態被膜を再生し、鉄筋腐食を抑制
- ・コンクリート表面の表面保護工
⇒ 施工後の塩化物イオンの侵入を遮断(イオンバランスを保つ)



- ・塩分濃度が高い場合
- ・鉄筋腐食が進行している場合
- ・直ちに鉄筋を防錆したい場合

根本的な鉄筋腐食抑制効果

37

(3) ASRで劣化した擁壁の補修

採用された工法：ひび割れ注入工法+表面被覆工法
『リハビリシリンダー工法』

【対象構造物】

- ・擁壁

【ASRによる劣化状況】

- ・亀甲状ひび割れ発生
- ・最大ひび割れ幅:3.0mm

【ASRの抑制方針】

- ・外部からの水分供給の遮断
- ・アルカリシリカゲルの非膨張化



①着工前(劣化状況)

38

(1)ひび割れ注入工

【使用材料】

- ・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



②下地処理(高圧洗浄)

コンクリート表面を高圧洗浄する



③自動低圧注入器の設置

自動低圧注入器『リハビリシリンダー』を
250mm間隔で設置し、注入器の間のひび
割れをシールする

39

(1)ひび割れ注入工

【使用材料】

- ・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



④先行注入(亜硝酸リチウム水溶液)

浸透拡散型亜硝酸リチウムを先行注入し、
ひび割れ面をプレエッティングする

⑤本注入(超微粒子セメント系注入材)

先行注入の後、超微粒子セメント系ひび割
れ注入材をひび割れに本注入する

40

(1)ひび割れ注入工

【使用機材】

- ・ディスクサンダー



⑥注入器撤去

注入器を撤去し、ディスクサンダーにて表面
を平滑に仕上げる

⑦ひび割れ注入工完了

ひび割れからの水分浸入を遮断
ひび割れ周辺のゲルを非膨張化

41

(2) 表面被覆工

【使用材料】
・ポリマーセメントモルタル系表面被覆材
・亜硝酸リチウム

⑧ 亜硝酸リチウム塗布
亜硝酸リチウム系含浸材をコンクリート表面に塗布し、含浸させる

⑨ 亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントペースト塗布
アボリマーセメントモルタル系表面被覆材に亜硝酸リチウムを混入し、コンクリート表面に塗布する

42

(2) 表面被覆工

【使用材料】
・ポリマーセメントモルタル系表面被覆材
・亜硝酸リチウム

⑩ 上塗り
アクリルウレタン系塗装材や高分子系浸透性防水材などを用いて表面保護

⑪ 施工完了
表面からの水分浸入を遮断
コンクリート表層部のゲルを非膨張化

43

『リハビリシリンダー工法』で期待されるASR抑制効果

- ・ひび割れ注入工および表面被覆工により、外部からの水分供給を遮断
⇒ ゲルの吸水膨張反応が抑制され、ASRの進行が抑制される
- ・補修材料中のリチウムイオンがコンクリート中に拡散し、ゲルを非膨張化
⇒ コンクリート表面近くにあるゲルは非膨張化され、ASRの進行が抑制される

コンクリート
水分
水分
・残存膨張量が小さい場合
・劣化進行が穏やかな場合
・再劣化を許容しうる場合
経過観察を行い、再劣化したら速やかに再補修を繰り返す維持管理シナリオ

44

技術資料P.93

(4) ASRで劣化した橋台の補修

採用された工法：亜硝酸リチウム内部圧入工法
『ASRリチウム工法』

【対象構造物】
・橋台

【ASRによる劣化状況】
・亀甲状ひび割れ発生
・最大ひび割れ幅: 6.0mm
・残存膨張量: 0.081% (JCI-DD2法)
0.15% (カナダ法)

【ASRの抑制方針】
・アルカリシリカゲルの非膨張化

① 着工前(劣化状況)

45

亜硝酸リチウム内部圧入工法

【使用材料】

- ・ひび割れ注入材、ポリマーセメントペースト



②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)



③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

46

亜硝酸リチウム内部圧入工法

【使用機材】

- ・鉄筋探査機、ダイヤモンドコアドリル



④鉄筋探査工

圧入孔の削孔時に鉄筋を損傷させることのないよう、鉄筋探査を行う



⑤圧入孔削孔

圧入孔として、φ20mmのコア削孔を行う。本横台では削孔ピッチを500mm間隔とした。

47

亜硝酸リチウム内部圧入工法

【使用機材】

- ・油圧式圧入装置



⑥圧入装置の設置

圧入孔に加圧パッカー、耐圧ホースをつなぎ、圧入装置まで配管する



⑦試験加圧注入工

全孔を1孔ずつ試験的に加圧注入する
背面への漏出など不適切な孔を検出し各孔の圧入速度を測定する

48

亜硝酸リチウム内部圧入工法

【使用材料】

- ・浸透拡散型亜硝酸リチウム40%水溶液



⑧本加圧注入工

所定量の浸透拡散型亜硝酸リチウムを加圧注入する



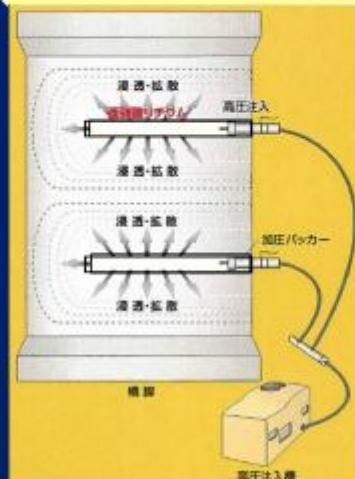
⑨圧入孔充填工

圧入完了後、配管を撤去し、無収縮グラウト材にて圧入孔を充填する

49

『ASRリチウム工法』で期待されるASR抑制効果

- ・内部圧入されたリチウムイオンがコンクリート浸透部にまで浸透
⇒ コンクリート内にあるASRゲルは非膨張化され、ASRの進行が抑制される

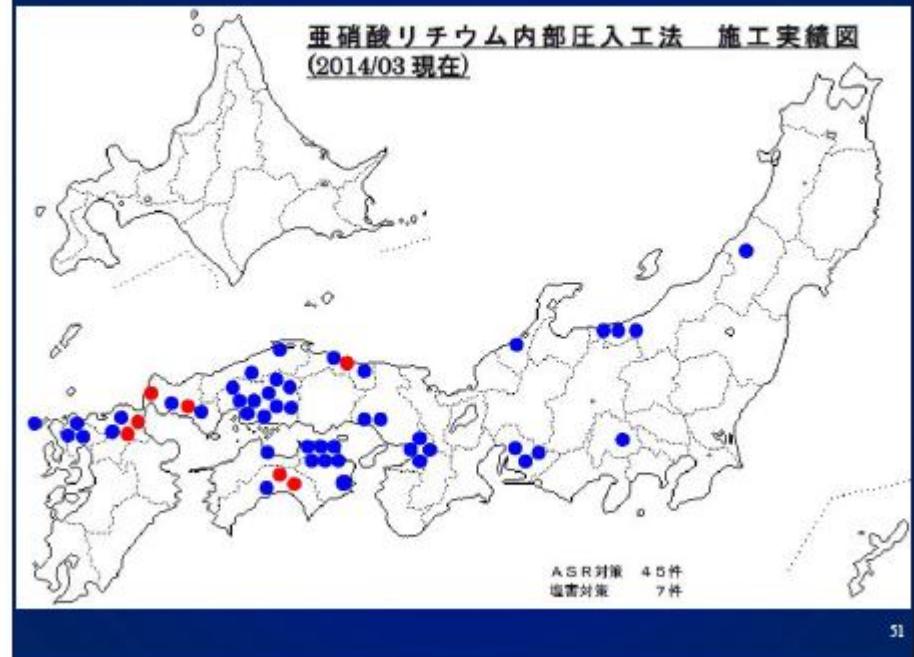


- ・残存膨張量が大きい場合
 - ・過去の補修が再劣化している場合
 - ・構造物の重要度が高い場合
- ↓
根本的なASR抑制効果

※ASRリチウム工法の詳細については、ASRリチウム工法協会のHP (<http://www.asrli.jp/>) もご参照ください。

50

亜硝酸リチウム内部圧入工法 施工実績図 (2014/03 現在)



亜硝酸リチウム内部圧入工の適用事例

技術資料P.99

【一の宮橋（鳥取県）】

区分 : 塩害補修
対象 : 道路橋RC床版
工法 : リハビリカプセル工法



外観変状 : 鉄筋に沿ったひび割れ。一部には錆汁、浮きはく離も見られる。
はつり調査の結果、軽微な断面減少にまで進行した鉄筋腐食が見られた。
塩化物イオン量 : RC床版 ... 3.0kg/m³ (内在塩分の可能性大)

採用理由…高い内在塩分と鉄筋腐食が確認されたため、劣化因子遮断では不十分

52

亜硝酸リチウム内部圧入工の適用事例

技術資料P.100

【柳川橋（山口県）】

区分 : 塩害補修
対象 : 道路橋橋台
工法 : ASRリチウム工法



外観変状 : ひび割れ、錆汁、鉄筋腐食
塩化物イオン量 : 2.4~2.7kg/m³ (内在塩分の可能性大)

採用理由…橋台前面側だけでなく背面側の鉄筋腐食も抑制する必要がある

53

亜硝酸リチウム内部圧入工の適用事例

技術資料P.101

【陶橋（香川県）】

区分：ASR補修
対象：道路橋橋台
工法：ASRリチウム工法



外観変状：亀甲状ひび割れ、漏水
残存膨張量：0.081% (JCI-DD2法)

採用理由…水分の遮断が困難であり、残存膨張量も大きいため

54

【施工前(2005年9月撮影)】



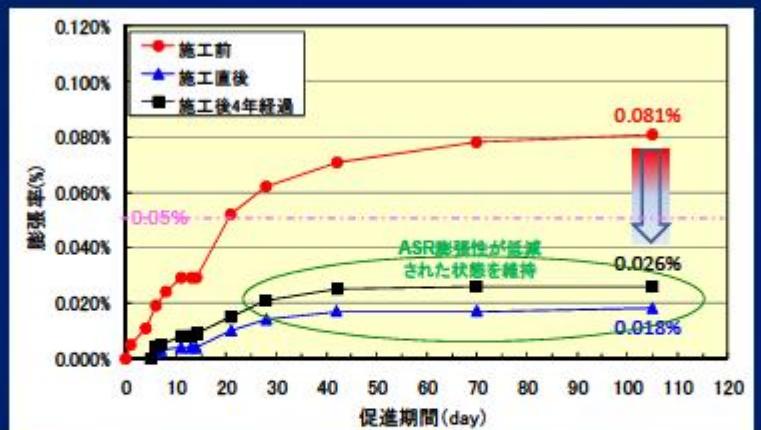
【施工後6年経過(2011年8月撮影)】



施工前状況と施工後6年経過時の状況

55

残存膨張量試験(JCI-DD2法)による補修効果の検証



・施工前(赤)と施工直後(青)を比較すると、リチウムイオン内部圧入工を施工することによりASR膨張性が低減されることがわかる。

・施工直後(青)と施工後4年経過時(黒)を比較すると、圧入後4年経過してもASR膨張性が低減された状態で維持されていることがわかる。

56

亜硝酸リチウム内部圧入工の適用事例

技術資料P.102

【一ツ橋（愛媛県）】

名 称：臨海道路橋耐震補強工事(一ツ橋)
場 所：愛媛県西条市北条
施 工：平成23年9月～平成24年6月
発 注：愛媛県東予地方局建設部



外観変状：橋脚、橋台に亀甲状ひび割れ。
一部のひび割れから錆汁。

落橋防止：ASRで劣化した橋脚、橋台に対し、新たに落橋防止装置(端端拡幅)を設置する。
ASR膨張によるコンクリートと鉄筋の付着低下が懸念された。

採用理由…落橋防止装置の性能を確保するため、ASR膨張を抑制する必要があった

57

亜硝酸リチウム内部圧注入の適用事例

【東宮新橋（山形県）】

名 称：一般県道喜平河崎線 東宮新橋 橋梁補修工事

場 所：上山市金生

施 工：平成25年11月～平成26年3月

発 注：山形県村山総合支庁



- 既往のASR補修(ひび割れ注入+表面保護)の再劣化
- 施工前の残存膨張量 0.28% (カナダ法)
⇒ ASR膨張を根本的に抑制せざるを得ない

58

・施工後の残存膨張試験結果 (JCI-DD2法)
0.006%
0.025%



亜硝酸リチウムを用いた 補修工法の選定事例

60

亜硝酸リチウムを用いた補修工法の選定事例

技術資料P.69

【塩害補修比較表を例として】

塩害補修(1) 【劣化程度が軽微、予防保全的対策】

塩害補修(2) 【劣化程度が重篤、根本的な鉄筋腐食抑制】

【ASR補修比較表を例として】

ASR補修(1) 【残存膨張量が小さい場合】

ASR補修(2) 【残存膨張量が大きい場合】

61

【塩害補修(1) 劣化程度が軽微な場合の例 (予防保全的な対策)】技術資料P.69

条件

- ・道路橋RCけた
- ・海岸線から700mに位置し、飛来塩分の影響を受ける
- ・幅0.1~0.2mm程度の微細ひび割れ
- ・塩化物イオン濃度2.1kg/m³
- ・はつり調査の結果、鉄筋腐食はほとんど認められない



補修工法選定の方針

- ・既に腐食発生限界を超えた塩化物イオンが侵入している
 - ・ただし、鉄筋腐食はまだ顕在化していない
 - ・そこで、これ以上の塩化物イオンの侵入を抑制するとともに、鉄筋腐食の原因となる水、酸素の侵入を抑制する。
- ⇒ 主たる要求性能は『劣化因子の遮断』とする
- ・ただし、塩化物イオン濃度から判断して将来的な鉄筋腐食が懸念される
 - ・単なる劣化因子の遮断だけでなく、鉄筋腐食抑制効果も加味した補修工法が望ましい。

(亜硝酸リチウムをプラスアルファ)

62

技術資料P.70

【塗装補修工法比較表の例 (劣化程度が軽微な場合)】

第1章 鋼製構造工法(ガラスルーフ裏面)	第2章 鋼製構造工法(ラジカル)	第3章 鋼製構造工法(ガラスルーフ)	第4章 鋼製構造工法(ガラスルーフ)
塗装系	塗装系	塗装系	塗装系
1.001 ・表面からの飛来塩分の吸着 2.001 ・塗装材による塗膜形成 3.001 ・ラジカルによる塗膜形成	1.001 ・表面からの飛来塩分の吸着 2.001 ・ラジカルによる塗膜形成 3.001 ・ラジカルによる塗膜形成	1.001 ・表面からの飛来塩分の吸着 2.001 ・ラジカルによる塗膜形成 3.001 ・ラジカルによる塗膜形成	1.001 ・表面からの飛来塩分の吸着 2.001 ・ラジカルによる塗膜形成 3.001 ・ラジカルによる塗膜形成
工法概要	工法概要	工法概要	工法概要
【特徴】 ・表面からの飛来塩分の吸着 【特徴】 ・塗装材による塗膜形成 【特徴】 ・ラジカルによる塗膜形成	【特徴】 ・表面からの飛来塩分の吸着 【特徴】 ・塗装材による塗膜形成 【特徴】 ・ラジカルによる塗膜形成	【特徴】 ・表面からの飛来塩分の吸着 【特徴】 ・塗装材による塗膜形成 【特徴】 ・ラジカルによる塗膜形成	【特徴】 ・表面からの飛来塩分の吸着 【特徴】 ・塗装材による塗膜形成 【特徴】 ・ラジカルによる塗膜形成
特徴	特徴	特徴	特徴
【特徴】 ・表面からの飛来塩分の吸着 【特徴】 ・塗装材による塗膜形成 【特徴】 ・ラジカルによる塗膜形成	【特徴】 ・表面からの飛来塩分の吸着 【特徴】 ・塗装材による塗膜形成 【特徴】 ・ラジカルによる塗膜形成	【特徴】 ・表面からの飛来塩分の吸着 【特徴】 ・塗装材による塗膜形成 【特徴】 ・ラジカルによる塗膜形成	【特徴】 ・表面からの飛来塩分の吸着 【特徴】 ・塗装材による塗膜形成 【特徴】 ・ラジカルによる塗膜形成
特徴詳細	特徴詳細	特徴詳細	特徴詳細
【特徴】 ・表面からの飛来塩分の吸着 【特徴】 ・塗装材による塗膜形成 【特徴】 ・ラジカルによる塗膜形成	【特徴】 ・表面からの飛来塩分の吸着 【特徴】 ・塗装材による塗膜形成 【特徴】 ・ラジカルによる塗膜形成	【特徴】 ・表面からの飛来塩分の吸着 【特徴】 ・塗装材による塗膜形成 【特徴】 ・ラジカルによる塗膜形成	【特徴】 ・表面からの飛来塩分の吸着 【特徴】 ・塗装材による塗膜形成 【特徴】 ・ラジカルによる塗膜形成

63

【塗害補修(2) 劣化程度が重篤な場合の例 (根本的な対策)】技術資料P.73

条件

- ・栈橋RC床版
- ・海岸線から300mに位置し、飛来塩分の影響を受ける
- ・幅0.5~1.0mm程度のひび割れが見られる
- ・ひび割れの一部からは銹汁の滲出が認められる
- ・コンクリートの浮き、はく離が生じている
- ・塩化物イオン濃度4.5kg/m³
- ・鉄筋は著しく腐食しており、断面減少箇所も認められる



補修工法選定の方針

- ・塩化物イオンの影響により鉄筋不働態皮膜が破壊され、著しい鉄筋腐食が生じている
 - ・劣化因子の遮断では鉄筋腐食の進行を止めることは困難であり、再劣化のリスクが高い
- ⇒ 主たる要求性能は『鉄筋腐食の抑制』を第1に考える
- ・鉄筋腐食を根本的に抑制する工法…電気防食工法、亜硝酸リチウム内部圧入工法
 - ・これらの工法を適用することによって、以後の再劣化リスクを低減することが可能

(亜硝酸リチウムによる根本的な塗害補修)

64

技術資料P.74

【塗装補修工法比較表の例 (劣化程度が重篤な場合)】

第1章 電気防食工法	第2章 全面塗装工法	第3章 電気防食工法	第4章 電気リチウム内部圧入工法
塗装系	塗装系	塗装系	塗装系
1.001 ・電極を直接接する方法 2.001 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 3.001 ・電極を直接接する方法	1.001 ・電極を直接接する方法 2.001 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 3.001 ・電極を直接接する方法	1.001 ・電極を直接接する方法 2.001 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 3.001 ・電極を直接接する方法	1.001 ・電極を直接接する方法 2.001 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 3.001 ・電極を直接接する方法
工法概要	工法概要	工法概要	工法概要
【特徴】 ・電極を直接接する方法 【特徴】 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 【特徴】 ・電極を直接接する方法	【特徴】 ・電極を直接接する方法 【特徴】 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 【特徴】 ・電極を直接接する方法	【特徴】 ・電極を直接接する方法 【特徴】 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 【特徴】 ・電極を直接接する方法	【特徴】 ・電極を直接接する方法 【特徴】 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 【特徴】 ・電極を直接接する方法
特徴	特徴	特徴	特徴
【特徴】 ・電極を直接接する方法 【特徴】 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 【特徴】 ・電極を直接接する方法	【特徴】 ・電極を直接接する方法 【特徴】 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 【特徴】 ・電極を直接接する方法	【特徴】 ・電極を直接接する方法 【特徴】 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 【特徴】 ・電極を直接接する方法	【特徴】 ・電極を直接接する方法 【特徴】 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 【特徴】 ・電極を直接接する方法
特徴詳細	特徴詳細	特徴詳細	特徴詳細
【特徴】 ・電極を直接接する方法 【特徴】 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 【特徴】 ・電極を直接接する方法	【特徴】 ・電極を直接接する方法 【特徴】 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 【特徴】 ・電極を直接接する方法	【特徴】 ・電極を直接接する方法 【特徴】 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 【特徴】 ・電極を直接接する方法	【特徴】 ・電極を直接接する方法 【特徴】 ・コンクリート内部に電極を埋設して接続する方法 【特徴】 ・電極を直接接する方法

65

【ASR補修(1) 残存膨張量が小さい場合】

技術資料P.77

条件

- ・RC擁壁
- ・平野部、建設後35年経過
- ・幅0.2~3.0mm程度の亀甲状ひび割れ
- ・圧縮強度22.0N/mm²、静弾性係数8.9kN/mm²
- ・残存膨張量0.021%(JCI-DD2法:13週)



補修工法選定の方針

- ・ASR補修の基本は劣化因子(水分)の遮断

⇒ 主たる要求性能は『劣化因子の遮断』とする

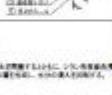
- ・ただし、ASR膨張が完全に収束しているか否かを判定することは容易ではない
- ・そこで、単なる劣化因子の遮断だけでなく、ASRゲルの非膨張化を部分的にでも加味した補修工法を選定しておくことが望ましい。

(アシロ酸リチウムをプラスアルファ)

66

技術資料P.78

【ASR補修工法比較表の例（残存膨張量が小さい場合）】

	表面修復工法	背面修復工法
第1案 表面修復工法(簡易型) + リブ削り込み工法(エボキシ樹脂)	第2案 表面修復工法(複数点接着封縫型) + DDI削り込み工法(エボキシ樹脂)	第3案 背面修復工法(複数点接着封縫型) + リブ削り込み工法(エボキシ樹脂)
		
【参考】 表面修復工法によるひび割れの遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する方法である。他の注入式接着剤も同様である。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【参考】 DDI削り込み工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。	【参考】 表面修復工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。	【参考】 背面修復工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。
第2案 背面修復工法 + リブ削り込み工法(エボキシ樹脂)	第3案 背面修復工法 + リブ削り込み工法(エボキシ樹脂)	第4案 背面修復工法(複数点接着封縫型) + リブ削り込み工法(エボキシ樹脂)
		
【参考】 背面修復工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。	【参考】 背面修復工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。	【参考】 背面修復工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。
第3案 背面修復工法 + リブ削り込み工法(エボキシ樹脂)	第4案 背面修復工法(複数点接着封縫型) + リブ削り込み工法(エボキシ樹脂)	第5案 背面修復工法(複数点接着封縫型) + リブ削り込み工法(エボキシ樹脂)
		
【参考】 背面修復工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。	【参考】 背面修復工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。	【参考】 背面修復工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。

67

【ASR補修(2) 残存膨張量が大きい場合】

技術資料P.81

条件

- ・RC橋台
- ・平野部、建設後30年経過
- ・圧縮強度28.0N/mm²、静弾性係数12.8kN/mm²
- ・残存膨張量0.081%(JCI-DD2法:13週)
- ・幅0.2~6.0mm程度の亀甲状ひび割れ
- ・ひび割れからの漏水、白色ゲル析出



補修工法選定の方針

- ・ASR補修の基本となる劣化因子の遮断を主目的とする補修工法が適用できる条件は、

水分の遮断が十分に見込める場合か、残存膨張性が低い場合となる。

- ・本橋のように背面からの水分遮断が困難で、かつ残存膨張性が高い場合には、劣化因子の遮断を主目的とする補修工法を適用しても早期の再劣化リスクが高い

⇒ 主たる要求性能は『ゲルの非膨張化』とする

- ・ASRゲルを非膨張化する工法…アシロ酸リチウム内部圧入工法
- ・この工法を適用することによって以後の再劣化リスクを低減することが可能

(アシロ酸リチウムによる根本的なASR補修)

68

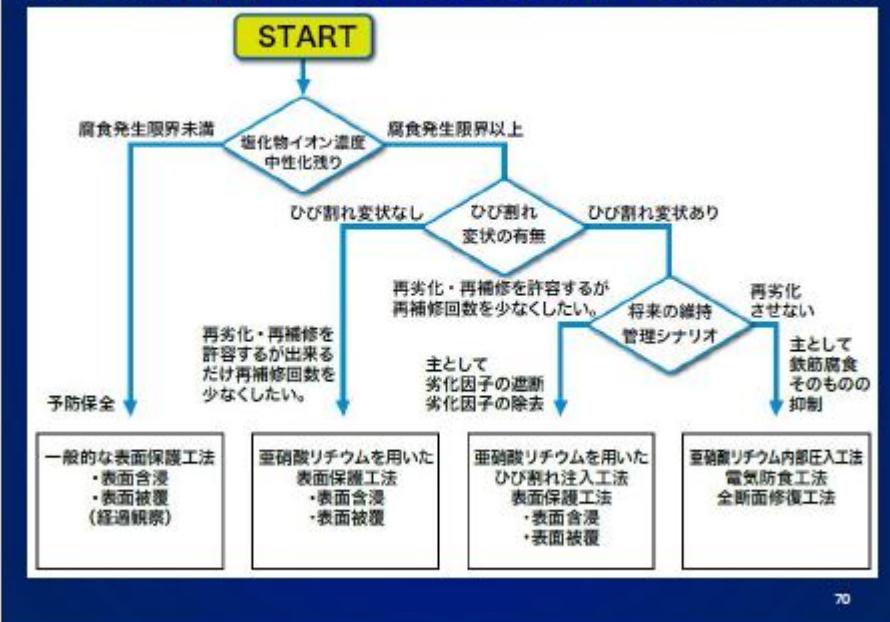
技術資料P.82

【ASR補修工法比較表の例（残存膨張量が大きい場合）】

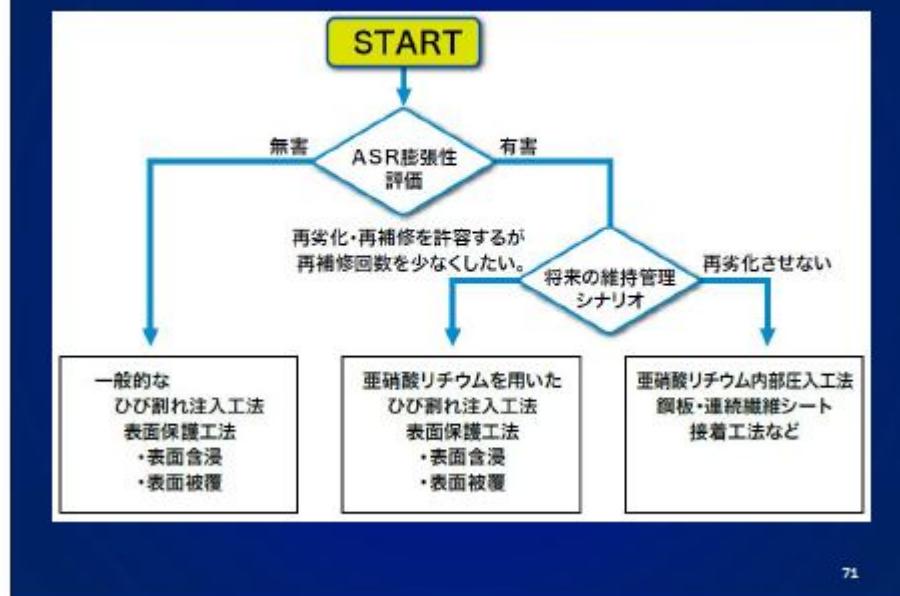
	表面修復工法	背面修復工法
第1案 表面修復工法(複数点接着封縫型) + リブ削り込み工法(エボキシ樹脂)	第2案 表面修復工法(複数点接着封縫型) + リブ削り込み工法(エボキシ樹脂)	第3案 背面修復工法(複数点接着封縫型) + リブ削り込み工法(エボキシ樹脂)
		
【参考】 表面修復工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。	【参考】 表面修復工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。	【参考】 背面修復工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。
第2案 背面修復工法 + リブ削り込み工法(エボキシ樹脂)	第3案 背面修復工法 + リブ削り込み工法(エボキシ樹脂)	第4案 背面修復工法(複数点接着封縫型) + リブ削り込み工法(エボキシ樹脂)
		
【参考】 背面修復工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。	【参考】 背面修復工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。	【参考】 背面修復工法にてひび割れを遮断するに、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【構造】 壁の内側にひび割れがあり、その奥に水が侵入している。このひび割れは、壁の内側から外側へ向かって走っている。 【施工】 壁の内側にひび割れを確認する。シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。 【特徴】 壁の内側にひび割れがある場合、シーラーを複数箇所(エボキシ樹脂)で接着する。

69

【塩害で劣化したコンクリートの補修工法選定フローの例】 技術資料P.66



【ASRで劣化したコンクリートの補修工法選定フローの例】 技術資料P.66



おわりに

コンクリートは安価で優れた構造材料として社会資本の根幹を成す
多くのコンクリート構造物は高齢化が進んでいるのが現状
適切な維持管理によって構造物の長寿命化、延命化を図ることが急務
維持管理分野の適切な知識と技術を有する技術者が、常に新しい知見を吸収し、活躍することによってのみ、既設コンクリート構造物の長寿命化、延命化が図られる

『持続可能な社会の形成』
これこそが今後我々が進むべき将来像