

『重要構造物の劣化とメンテナンス』

～ コンクリート構造物について ～

平成27年1月20日

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

1

主な内容

はじめに

1. コンクリートの主な変状
2. 劣化原因に応じたコンクリートの補修
3. 亜硝酸リチウムを用いた補修技術

おわりに

2

はじめに

3

急増するコンクリート構造物の劣化

- ・高度経済成長期に大量に建設された社会資本ストックが、まもなく50年を迎える
- ・その当時は、塩害やASRに対する知見が十分でなかった

著しく劣化したコンクリート構造物の急増



個々の状況に応じて最適な補修技術・補修材料を選定することが重要

4

1. コンクリートの主な変状

5

変状の種類

【初期欠陥】

施工時に発生した変状

(乾燥収縮、ジャンカ、コールドジョイント、砂すじ、etc.)

【損傷】

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

【劣化】

時間の経過に伴って進行するもの

(中性化、塩害、凍害、化学的侵食、ASR、疲労、etc.)

6

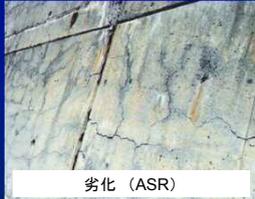
例えば、『ひび割れ』



初期欠陥 (乾燥収縮)



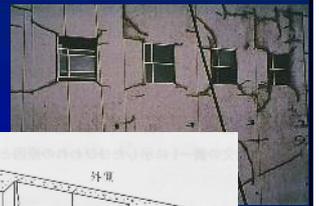
損傷 (車両衝突)



劣化 (ASR)

7

【初期欠陥】 乾燥収縮



CL 環境湿度・温度の変化

① 湿上部分が乾きあるいは高温になり膨張した場合、スの字形にひび割れが生ずる。

② 湿上部分が低温あるいは乾燥状態になり、収縮した場合、逆スの字形となる。

C2. 部材断面の温度・湿度の差

外側が高湿または高温、内側が低湿または乾燥の場合、ひび割れは拘束部間または中央、または拘束部材間接部付近の低湿または乾燥側に発生する。

初期の段階では、ひび割れは貫通していないが、繰返し作厚により時間がかつと貫通することがある。

8

【初期欠陥】 不適切な打継処理によるコールドジョイント



9

【初期欠陥】 かぶり不足による鉄筋腐食



10

【初期欠陥】 不十分な締固めによる豆板



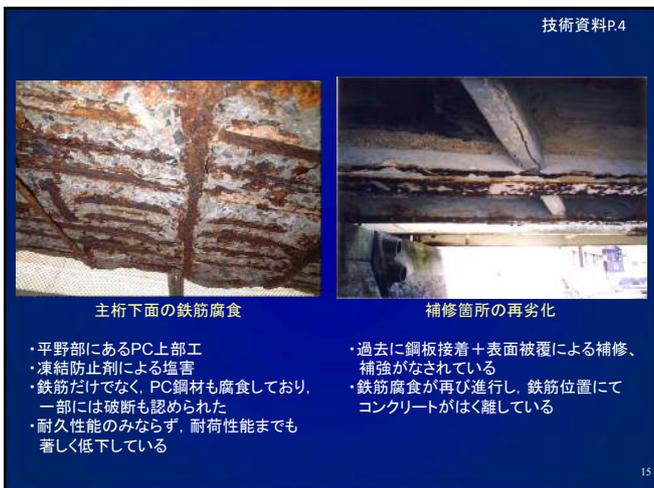
11

【損傷】 車両衝突による衝撃

損傷・劣化原因	衝撃荷重
構造物・部位	道路橋T桁
構造物の立地条件	内陸部

道路橋T桁に、トラックに積載したバックホーが衝突して損傷した。

12



技術資料P.3

塩害の劣化原因と進行

原因

- ・種々の原因で塩分がコンクリート中に浸入
- ・浸入した塩分は、塩化物イオンとしてコンクリート表面からコンクリート内部へ浸透
- ・塩化物イオンが鉄筋位置に到達

劣化進行

- ・鉄筋位置の塩化物イオン量が一定量を超えると、鉄筋の不動態皮膜が破壊され、鉄筋腐食が生じる
- ・鉄筋が腐食するとコンクリートにひび割れ、はく離が生じる

塩分の侵入

- ・沿岸地域における飛来塩分の浸透(外来塩分)
- ・山間部積雪地帯における凍結防止剤の散布(外来塩分)
- ・洗浄不十分な海砂の使用(内在塩分)

腐食発生限界塩化物イオン濃度

- ・鋼材位置におけるコンクリート中の塩化物イオン濃度が 2.0kg/m^3 を超えると、鉄筋の腐食がはじまる

留意点

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

【鉄筋の腐食】

アノード部 $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$

カソード部 $\text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$

$\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{OH}^-} \text{Fe}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{FeOOH}$

(水酸化第一鉄) (水酸化第二鉄) (赤錆)

- アノード反応 : 電子2個を鉄筋中に残し、鉄がイオンとなって溶出する反応
- カソード反応 : アノード反応によって生じる電子を消費する反応

この2種類の反応が同時に起こるのが鉄筋腐食反応

【劣化】 中性化 技術資料P.16

壁高欄のコンクリートはく落

張出し床版下面の鉄筋露出

- ・道路橋壁高欄
- ・自動車の排気ガスによるCO₂供給
- ・はく離箇所以外の鉄筋も腐食

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

19

技術資料P.15

中性化の劣化原因と進行

原因

- ・大気中の二酸化炭素がコンクリート中(pH=12以上)に浸入
- ・コンクリート中の水酸化カルシウムが二酸化炭素と反応して炭酸カルシウムを生成
- ・その結果、コンクリート中のpHが低下(pH=11以下)する

↓

劣化進行

- ・中性化は一般的にコンクリート表面から進行する
- ・中性化が鉄筋付近まで到達すると、鋼材の不動態皮膜が破壊され、鉄筋が腐食する
- ・鋼材が腐食するとコンクリートにひび割れ、はく離が生じる

20

中性化の反応

$$\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

(水酸化カルシウム) (二酸化炭素) (炭酸カルシウム) (水)

中性化の影響範囲

中性化残りが10mmよりも小さくなったら、その鉄筋は腐食環境にある(塩化物イオンの影響がある構造物では15mmとされる)

留意点

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

21

技術資料P.27

【劣化】 アルカリシリカ反応(ASR)

擁壁のASR劣化

橋台のASR劣化

- ・亀甲状のひび割れ
- ・表面からは雨水、背面から地下水伸縮継手からは橋面水が供給
- ・橋台の両端部(雨がかり)の進行が著しい場合がある

22

橋脚のASR劣化

ASRによる鉄筋破断

- ・亀甲状のひび割れ
- ・白色ゲル析出
- ・表面からは雨水、伸縮継手からは橋面水が供給
- ・曲げ加工部の加工硬化による脆化
- ・ひずみ時効による脆化の進行
- ・水素脆化による割れ
- ・ASR膨張による鉄筋の曲げ戻し

23

技術資料P.26

ASRの劣化原因と進行

原因

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

↓

劣化進行

- ・コンクリート中の反応性骨材が、アルカリ分と反応してアルカリシリカゲルを生成
- ・アルカリシリカゲルが水分を吸収して膨張することにより、コンクリートにひび割れが生じる

24

ASR劣化の進行過程

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

2. 劣化原因に応じた コンクリートの補修

2.1 塩害の補修

【塩害】補修工法の種類と要求性能

- 劣化因子の遮断
(コンクリート中への塩化物イオン、水、酸素の侵入を低減)
【表面被覆工法】
【表面含浸工法】
【ひび割れ注入工法】
- 劣化因子の除去
(既にコンクリート中に侵入した塩化物イオンを除去)
【全断面修復工法】
【脱塩工法】
- 鉄筋腐食の抑制
(既に腐食が開始している鉄筋の腐食進行を抑制)
【電気防食工法】
【亜硝酸リチウムによる鉄筋防錆】

①劣化因子の遮断

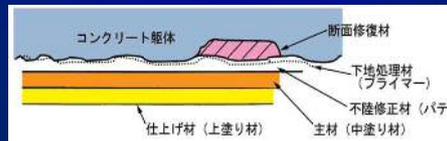
【表面被覆工法】



・コンクリート表面を有機系、無機系の材料にて被覆することにより、コンクリート表面からの劣化因子(塩化物イオン、水、酸素)の侵入を防ぐ

・仕様、グレードなど、被覆材の種類が豊富

・ハケ、コテ、ローラーにより塗布する



①劣化因子の遮断

【表面含浸工法】



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

- ・撥水効果付与 : シラン系など
- ・ぜい弱部の強化 : けい酸塩系など

①劣化因子の遮断

【ひび割れ注入工法】



自動低圧注入器による注入状況

・ひび割れを通じた劣化因子(塩化物イオン、水分、酸素)の侵入を遮断する

・セメント系、ポリマーセメント系、樹脂系などさまざまな種類がある

・適用可能なひび割れ幅
0.2mm～30.0mm

※ひび割れ注入工とひび割れ充填工

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

②劣化因子の除去

技術資料P.9

【部分断面修復】



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

【全断面修復】



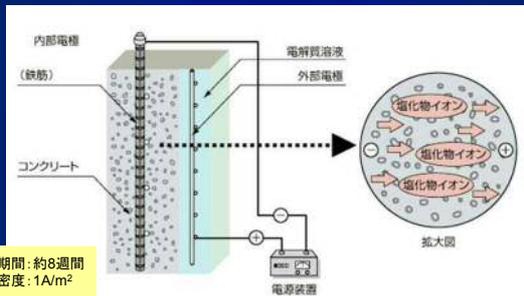
- ・鉄筋位置での塩化物イオン濃度が腐食発生限界を超えている
- ・かぶり範囲のコンクリートを全てはつり取り、断面修復材にて埋め戻す
- ・「劣化因子の除去」という要求性能を満たすための断面修復工法はこの全断面修復工法を指す

31

②劣化因子の除去

技術資料P.10

【脱塩工法】



通電期間: 約8週間
電流密度: 1A/m²

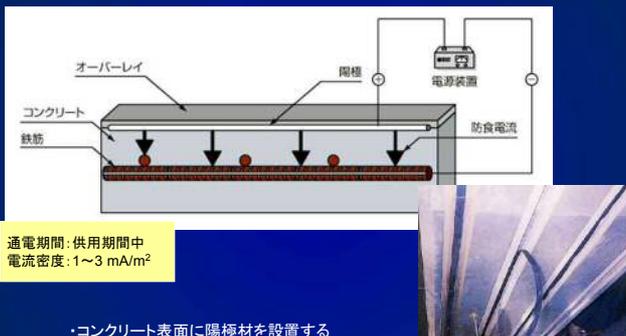
- ・コンクリート表面に電解質を介して外部電極を設置する
- ・コンクリート中の鋼材を陰極として直流電流を流す
- ・コンクリート中の塩化物イオンを陽極側へ電気泳動させて取り除く

32

③鉄筋腐食の抑制

技術資料P.11

【電気防食工法 — 外部電源方式】



通電期間: 供用期間中
電流密度: 1~3 mA/m²

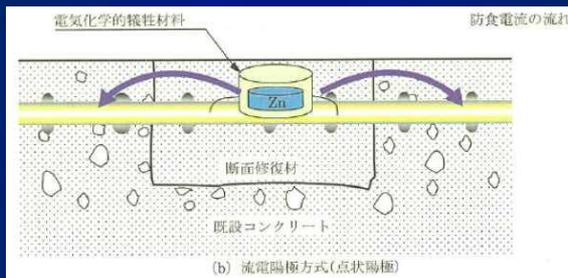
- ・コンクリート表面に陽極材を設置する
- ・コンクリート中の鋼材を陰極として直流電流(防食電流)を流す
- ・この防食電流が流れている期間は鋼材の腐食が進行しない

33

③鉄筋腐食の抑制

技術資料P.11

【電気防食工法 — 流電陽極方式】



- ・外部電源不要
- ・犠牲陽極材と鉄筋の金属的性質の違いにより防食電流が自然に流れる
- ・犠牲陽極材の寿命は15~20年とされている
- ・断面修復部のマクロセル腐食抑制としての適用も多い

34

③鉄筋腐食の抑制

技術資料P.12

【亜硝酸リチウムによる鉄筋防錆】



- ・亜硝酸リチウムには鉄筋腐食抑制効果がある

【使用方法】

- ・ひび割れ注入材と併用する
- ・表面被覆材に混入する
- ・断面修復材に混入する
- ・内部圧入する

- ・各補修工法の本来の目的(劣化因子の遮断、除去)に加え、亜硝酸リチウムによる鉄筋防錆効果を付与することができる

- ・詳細は後半にて!

35

2.2 中性化の補修

技術資料P.17

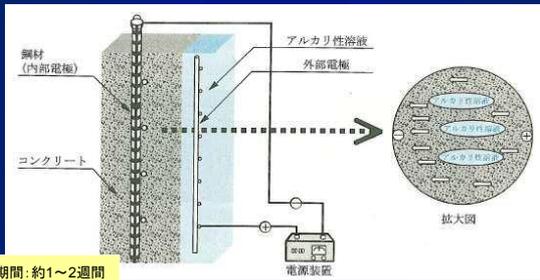
【中性化】補修工法の種類と要求性能

- ①劣化因子の遮断
(外部からの二酸化炭素、水、酸素の侵入を低減)
【表面被覆工法】
【表面含浸工法】
【ひび割れ注入工法】
- ②中性化領域の回復
(既に中性化したコンクリートのアルカリ性を回復)
【断面修復工法】
【再アルカリ化工法】
- ③鉄筋腐食の抑制
(既に腐食が進行している鉄筋を防錆)
【電気防食工法】※
【鉄筋防錆材(亜硝酸リチウム)の活用】

※劣化進行が早い場合に適用される

36

【再アルカリ化工法】



通電期間: 約1~2週間
電流密度: 1A/m²

- ・コンクリート表面にアルカリ性溶液を介して外部電極(陽極材)を設置する
- ・コンクリート中の鋼材を陰極として直流電流を流す
- ・アルカリイオンを陰極側へ電気泳動させてアルカリ性を回復させる

2.2 ASRの補修

【ASR】補修工法の種類と要求性能

- ①劣化因子の遮断
(外部からの水分の浸入を低減)
【表面被覆工法】
【表面含浸工法】
【ひび割れ注入工法】
- ②ゲルの非膨張化
(アルカリシリカゲルの膨張性を消失、低減)
【内部圧入工法】
- ③コンクリートの膨張拘束
(外部拘束によりASR膨張を物理的に抑制)
【部材接着工法・巻立て工法】

①劣化因子の遮断

【表面被覆工】



表面被覆工(無機系)



表面被覆工(有機系)

- ・コンクリート表面を有機系、無機系の材料にて被覆することにより、コンクリート表面からの劣化因子(水分)の浸入を防ぐ
- ・水分を遮断することにより、アルカリシリカゲルの吸水膨張を抑制する
- ・ASR対策としての実績は最も豊富
- ・膨張に追従させるため、伸び能力の高い柔軟型の有機系被覆材を使用することも
- ・無機系被覆材+亜硝酸リチウムの組合せも可能

①劣化因子の遮断

【表面含浸工法】



表面含浸工(シラン系)

- ・コンクリート表面にシランなどの撥水系表面含浸材を塗布することにより、表面から内部へ含浸させ、コンクリート表層部に撥水層を形成する
- ・外部からの水分を遮断する一方で、内部からの水分逸散は阻害しない
- ・ASR対策としての実績が増えている
- ・劣化進行が比較的軽微な段階で適用すると効果が高い
- ・以後のモニタリングも容易

①劣化因子の遮断

【ひび割れ注入工法】



自動低圧注入器(スプリング圧タイプ)



自動低圧注入器(ゴム圧タイプ)

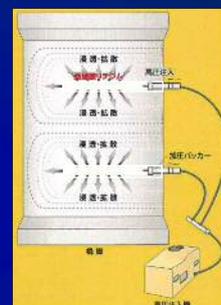
- ・ひび割れを通じた劣化因子(水分)の浸入を遮断する
- ・セメント系、ポリマーセメント系、樹脂系などさまざまな種類がある
- ・膨張に追従させるため、伸び能力の高い樹脂系注入材を選定することも
- ・セメント系注入材+亜硝酸リチウムの組合せが可能

②ゲルの非膨張化

【内部圧入工法】



亜硝酸リチウム内部圧入工施工状況



- ・コンクリート内部に亜硝酸リチウムを加圧注入し、アルカリシリカゲルにリチウムイオンを供給する
- ・リチウムイオンがアルカリシリカゲルを非膨張化するため、以後のASR膨張は抑制される
- ・詳細は後半にて!

3. 亜硝酸リチウムを用いた補修技術

3.1 亜硝酸リチウムとは



亜硝酸リチウム40%水溶液

亜硝酸リチウム

【Lithium Nitrite ; LiNO_2 】

- ・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』

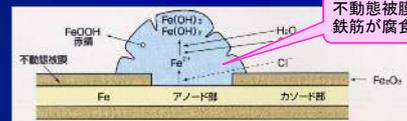
リチウムイオン
 Li^+

アルカリシリカゲルを
非膨張化する

『ASR対策』

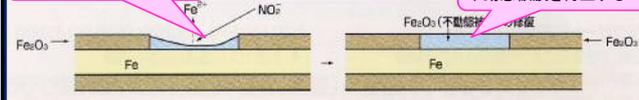
亜硝酸イオンによる鉄筋腐食抑制 ⇒ 不動態被膜再生

- ・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



不動態被膜が破壊され、
鉄筋が腐食している状態

鉄筋周囲に亜硝酸イオン
(NO_2^-)が供給されると...

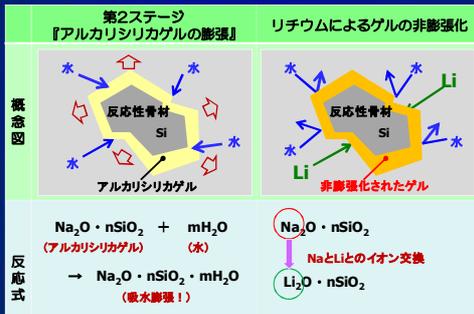


亜硝酸イオン(NO_2^-)が
不動態被膜を再生する

亜硝酸イオン(NO_2^-)による不動態被膜再生メカニズム

リチウムイオンによるASR抑制効果 ⇒ ゲル非膨張化

- ・ASRI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



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

3.2 塩害・中性化の補修



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

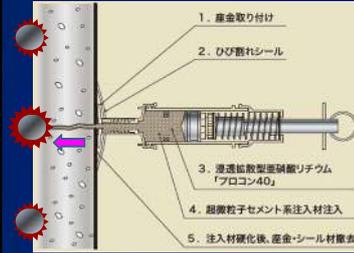
【塩害補修工の種類と要求性能】

- ①劣化因子の遮断 (塩化物イオン、二酸化炭素、水、酸素)
 - 【表面被覆工法】 ←
 - 【表面含浸工法】 ←
 - 【ひび割れ注入工法】 ←
- ②劣化因子の除去
 - 【断面修復工法】 ←
 - 【脱塩工法】 ←
- ③鉄筋腐食の抑制
 - 【電気防食工法】 ←
 - 【亜硝酸リチウム内部圧入】 ←
 - 【亜硝酸リチウムの活用】 ←

【ひび割れ注入工法】・・・リハビリシリンダー工法

(NETIS:CG-110017-A)

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

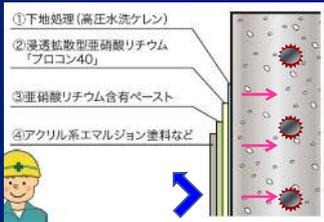


- ①自動低圧注入器をひび割れに沿って設置する
- ②亜硝酸リチウム水溶液を先注入する ⇒ 鉄筋防錆
- ③超微粒子セメント系注入材を本注入 ⇒ ひび割れ閉塞、劣化因子遮断

ひび割れを通じて鉄筋に亜硝酸イオンを供給する

【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

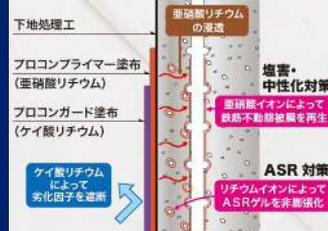


- ①コンクリート表面を下地処理する
- ②亜硝酸リチウム水溶液を塗布し、内部へ含浸させる ⇒ 鉄筋防錆
- ③亜硝酸リチウムを含有したポリマーセメントモルタル系表面被覆材にてコンクリート表面をコーティングする ⇒ 鉄筋防錆、劣化因子の遮断
- ④被覆層の保護のために、上塗りを行う

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

【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



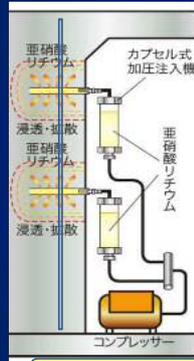
- ①コンクリート表面を下地処理する
- ②亜硝酸リチウム水溶液を塗布し、内部へ含浸させる ⇒ 鉄筋防錆
- ③亜硝酸リチウムの溶出を防ぐために、ケイ酸リチウムを塗布する ⇒ 劣化因子の遮断

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

【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-A)

『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』

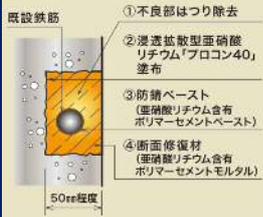


- ①コンクリートにφ10mmの削孔を500mm程度の間隔で行う
- ②小型の加圧装置を設置して亜硝酸リチウム水溶液を内部圧入する ⇒ 鉄筋防錆
- ③削孔箇所を無収縮グラウト材にて埋め戻す

削孔箇所から鉄筋周囲へ亜硝酸イオンを圧入する

【断面修復工法】

『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』
『コンクリート劣化部の除去』およびそれに伴う『内部の塩化物イオンの除去』

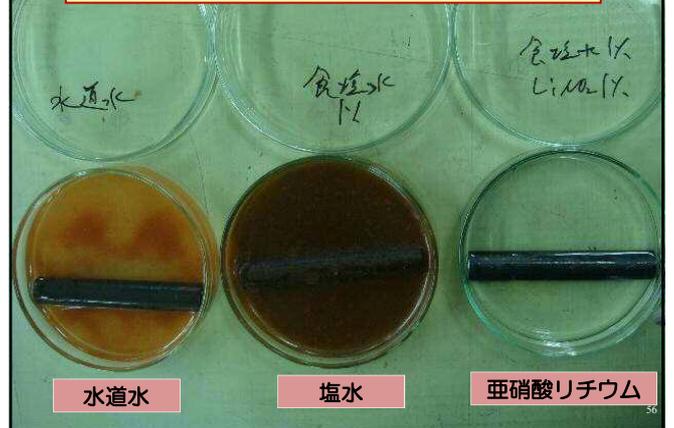


- ①かぶりコンクリートの不良部ははつり取り、鉄筋を露出させる
- ②露出した鉄筋の錆をケレンした後、防錆ペーストとして亜硝酸リチウム含有モルタルを塗布する ⇒ 鉄筋防錆
- ③ポリマーセメントモルタルにて断面欠損部を修復する

はつりだした鉄筋に直接亜硝酸イオンを供給する

55

亜硝酸リチウムによる鉄筋防錆効果



56

3.3 ASRの補修

技術資料P.50



ひび割れ注入工



内部圧入工

57

【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（内部からの水分逸散）

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（ひび割れ追従性）

超微粒子セメント系注入材

②ASRゲル膨張の抑制

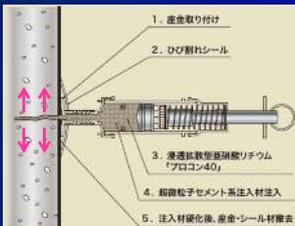
【亜硝酸リチウム内部圧入】 【亜硝酸リチウムの活用】

58

【ひび割れ注入工法】・・・リハビリシリンダー工法

技術資料P.58

『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

59

【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

60

(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

【塩害の抑制方針】

- ・鉄筋腐食抑制
(不動態被膜の再生)



①着工前(劣化状況)

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

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(φ10mm)



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、φ10mmのコア削孔を行う。本橋では削孔ピッチを500mm間隔とした。

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

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

浸透拡散型亜硝酸リチウム『プロコン40』



『リハビリカプセル』



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

亜硝酸リチウム内部圧入工法

【使用材料】

- ・高分子性浸透性防水材料



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、表面含湿工または表面被覆工による表面保護を行う



⑪施工完了

(3)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】

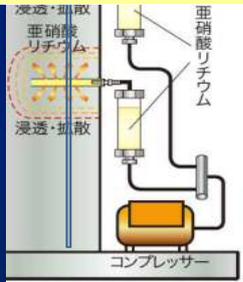
・アルカリシリカゲルの非膨張化



①着工前(劣化状況)

『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

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カ等に対し、表面シールを行う

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。本橋台では削孔ピッチを500mm間隔とした。

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

圧入孔に加圧バッカー、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する各孔の圧入速度を測定する

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

『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。

79



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

81