維持管理シナリオを考慮した
コンクリート補修工法選定の考え方

～　予防保全と事後保全　～

一般社団法人コンクリートメンテナンス協会
極東興和株式会社　事業本部

江良　和徳

https://www.j-cma.jp/

主な内容

1．コンクリートの劣化

- 塩害の劣化メカニズム
- 中性化の劣化メカニズム
- ASRの劣化メカニズム

2．コンクリート補修の基本的な考え方

- 塩害・中性化の補修工法選定
  予防保全の事例にて
  事後保全の事例にて
- ASRの補修工法選定
  事後保全の事例にて

はじめに

急増する「老朽化」と「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老朽化
- 塩害、中性化、ASRなどの劣化の顕在化
- 事後保全から予防保全への移行の重要性と難しさ

JCI予防保全研究委員会

委員長：竹田　宣典（広島工業大学），幹事長：江良　和徳（極東興和）

顧　問：十河　茂幸（近未来コンクリート研究会）

【WG1：体系化 WG】　主査：濱崎　仁（芝浦工業大学）

飯塚　弘道（旭化成ｱﾄﾞﾊﾞﾝｽ）　花房　賢治（BASF ｼﾞｬﾊﾟﾝ）

山本　誠　（住友大阪ｾﾒﾝﾄ）

【WG２：適用性 WG】　主査：山口　明伸（鹿児島大学）

宮内　博之（建築研究所）　都築　正則（大林組）

井上　真澄（北見工業大学）　審良　善和（鹿児島大学）

皆川　浩　（東北大学）　松沢　晃一（建築研究所）

【WG３：手順書 WG】　主査：田中　博一（清水建設）

野島　昭二（中日本高速ﾏｰｹﾃｨﾝｸﾞ）　上田　洋（鉄道総合技術研究所）

遠藤　裕丈（寒地土木研究所）　湯地　輝　（東洋建設）

位田　達哉（国士舘大学）　堤　知明　（国際廃炉研究機構）

JCI予防保全研究委員会の背景と目的

維持管理において，事後保全から予防保全への移行の重要性が広く認識されつつある。

現状では，変状が顕在化する前段階で積極的に補修対策を実施することは少ない。

その一因として，劣化の初期段階における調査，診断技術および補修技術の情報が体系化されておらず，予防保全維持管理を行うための具体的な方針が示されていないことが挙げられる。

①調査，診断，補修技術の情報収集，整理
②調査，診断，補修技術の適用性評価
③予防保全の実施状況の調査と実施手順

1. コンクリートの劣化

●塩害・中性化

塩害の劣化メカニズム

【原因】

・種々の原因で塩化物イオンがコンクリート中に浸入
・侵入した塩化物イオンはコンクリート表面から内部へ浸透

↓

【劣化の進行】

・塩化物イオンが鉄筋位置に到達
・鉄筋位置の塩化物イオン量が一定量（腐食発生限界）を超えると、鉄筋の不動態皮膜が破壊される
・そこに水、酸素が供給されることにより鉄筋が腐食

↓

【性能低下】

・ひび割れ、コンクリートの浮き・はく離、鉄筋露出など
・コンクリートと鉄筋との付着が低下
・鉄筋断面の減少

塩害の劣化事例

必ず鉄筋腐食の進行に伴ってコンクリート構造物（部材）の性能低下が生じる

中性化の劣化メカニズム

【原因】

・大気中の二酸化炭素がコンクリート中に浸入
・二酸化炭素がセメント水和物と炭酸化反応
・細孔溶液中のpHが低下（pH=11以下）

↓

【劣化進行】

・中性化領域がコンクリート表面から内部に向かって進行
・中性化領域が鉄筋付近まで到達すると不動態皮膜が破壊
・そこに水、酸素が供給されることにより鉄筋が腐食

↓

【性能低下】

・ひび割れ、コンクリートの浮き・はく離、鉄筋露出など
・コンクリートと鉄筋との付着が低下
・鉄筋断面の減少

中性化深さと水の浸透の影響

【中性化深さ】

・フェノールフタレイン溶液を吹き付けたときの非発色部分
・コア試料、はつり箇所、ドリル削孔による粉末等により試験を実施
・一般的に鋼材腐食発生限界は中性化残り10mm

【水の浸透の影響】

・中性化が進行していても水の影響がなければ腐食しにくい
・同一部材であっても中性化深さに差が生じる
・塩害環境では中性化残り10mm以上であっても腐食開始

中性化の劣化事例

必ず鉄筋腐食の進行に伴ってコンクリート構造物（部材）の性能低下が生じる

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CO_2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が不足

・かぶりが小さいと早期に中性化領域が鉄筋位置へ到達

塩害の劣化過程

外観上のｸﾞﾚｰﾄﾞ	劣化過程	劣化の状態
グレードⅠ	潜伏期	外観上の変状が見られない，鋼材腐食発生塩化物イオン濃度以下
グレードⅡ	進展期	外観上の変状が見られない，鋼材腐食発生塩化物イオン濃度以上，腐食が開始
グレードⅢ-1	加速期前期	腐食ひび割れや浮きが発生，さび汁が見られる
グレードⅢ-2	加速期後期	腐食ひび割れの幅や長さが大きく多数発生，腐食ひび割れの進展に伴うかぶりコンクリートの部分的な剥離・剥落が見られる，鋼材の著しい断面減少は見られない
グレードⅣ	劣化期	腐食ひび割れの進展に伴う大規模な剥離・剥落が見られる，鋼材の著しい断面減少がみられる，変位・たわみが大きい

出典：2018年制定　コンクリート標準示方書［維持管理編］（土木学会）

［塩害の劣化指標］

潜伏期、進展期　⇒　塩化物イオン濃度

加速期以降　⇒　鋼材腐食量

腐食ひび割れ等の変状

中性化の劣化過程

外観上のｸﾞﾚｰﾄﾞ	劣化過程	劣化の状態
グレードⅠ	潜伏期	外観上の変状が見られない，腐食開始前
グレードⅡ	進展期	外観上の変状が見られない，腐食が開始
グレードⅢ-1	加速期前期	腐食ひび割れが発生
グレードⅢ-2	加速期後期	腐食ひび割れの進展とともに剥離・剥落が見られる，鋼材の断面欠損は生じていない
グレードⅣ	劣化期	腐食ひび割れとともに剥離・剥落が見られる，鋼材の断面欠損が生じている

出典：2018年制定　コンクリート標準示方書［維持管理編］（土木学会）

［中性化の劣化指標］

潜伏期、進展期　⇒　中性化深さ

加速期以降　⇒　鋼材腐食量、腐食ひび割れ等の変状

●アルカリシリカ反応（ASR）

ASRの劣化メカニズム

【原因】

・コンクリート中は高アルカリ環境
・コンクリート構造物は雨水や地下水などによる水分供給
・コンクリートの骨材としての反応性骨材の使用

↓

【劣化の進行】

・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
・コンクリート内部へ水分が侵入
・アルカリシリカゲルの吸水膨張によりコンクリートにひび割れ発生

↓

【性能低下】

・ひび割れ進展、白色ゲル析出、段差、異常変形など
・圧縮強度、静弾性係数の低下、鉄筋腐食、鉄筋破断など

アルカリシリカゲルの生成と膨張

第1ステージ
『 アルカリシリカゲルの生成 』

《化学式》

$nSiO_2$ ＋ $2NaOH$

シリカ鉱物　　アルカリ

→ $Na_2O \cdot nSiO_2$ ＋ H_2O

アルカリシリカゲル

第2ステージ
『 アルカリシリカゲルの膨張 』

《化学式》

$Na_2O \cdot nSiO_2$ ＋ mH_2O

アルカリシリカゲル　　水

→ $Na_2O \cdot nSiO_2 \cdot mH_2O$

吸水膨張

ASRの劣化事例

ASRによるひび割れはゲルの吸水膨張に起因し、鉄筋腐食とは無関係に進行する。
ただし、ASRひび割れが起点となって鉄筋腐食が進行することもある。

ASRの劣化過程

外観上のｸﾞﾚｰﾄﾞ	劣化過程	劣化の状態
グレードⅠ	潜伏期	ASRによる膨張およびそれに伴うひび割れがまだ発生せず，外観上の変状が見られない
グレードⅡ	進展期	水分とアルカリの供給下において膨張が継続的に進行し，軽微なひび割れが発生する。変色，アルカリシリカゲルの滲出が見られる場合もある。しかし，鋼材腐食によるさび汁は見られない。
クレードⅢ	加速期	ASRによるひび割れが進展し，ひび割れの幅および密度，範囲が増大する。また，鋼材腐食によるさび汁が見られる場合もある。
グレードⅣ	劣化期	ひび割れの幅および密度がさらに増大し，段差，ずれや，かぶりの部分的な剥離・剥落が発生する。鋼材腐食が進行し，さび汁が見られる。外力の影響によるひび割れや鋼材の損傷が見られる場合もある。変位・変形が大きくなる。

出典：2018年制定　コンクリート標準示方書［維持管理編］（土木学会）

［ASRの劣化指標］

・ひび割れ状況

［劣化過程の留意点］

・あくまで調査時点での外観上のグレート

・将来の膨張性の有無は考慮されていない

2. コンクリート補修の基本的な考え方

●塩害・中性化の補修の考え方

塩害・中性化の一般的な補修工法

【劣化因子の遮断】

目的 ： 鉄筋周囲を腐食環境にさせない

工法 ： 表面含浸工法
表面被覆工法
（ひび割れ注入工法）

【劣化因子の除去】

目的 ： 腐食環境となった鉄筋周囲の環境を改善

工法 ： 脱塩工法
再アルカリ化工法

【鉄筋腐食の抑制】

目的 ： 既に腐食が開始している鉄筋の腐食反応そのものを抑制

工法 ： 電気防食工法
鉄筋防錆材（亜硝酸リチウム）の活用

【コンクリート脆弱部の修復】

目的 ： コンクリート浮き、はく離、鉄筋露出部の修復

工法 ： 断面修復工法

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例１：予防保全 ～

［条件］

・道路橋RCけた
・海岸線から300mに位置し、飛来塩分の影響を受ける
・定期点検および外観目視調査の結果、ひび割れ等の変状なし

［着目点］

・環境条件より塩害および中性化による劣化進行を想定
・塩化物イオン含有量試験および中性化深さ試験を実施
・「潜伏期」または「進展期」を判別
・工学的判断と維持管理シナリオに応じて工法選定

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例１：予防保全 ～

外観上のｸﾞﾚｰﾄﾞ	劣化過程	劣化の状態
グレードⅠ	潜伏期	外観上の変状が見られない，鋼材腐食発生塩化物イオン濃度以下
グレードⅡ	進展期	外観上の変状が見られない，鋼材腐食発生塩化物イオン濃度以上，腐食が開始
グレードⅢ-1	加速期前期	ひび割れや浮きが発生，さび汁が見られる
グレードⅢ-2	加速期後期	腐食ひび割れの進展 剥離・剥落が見られる，鋼材の著しい断面減少は見られない
グレードⅣ	劣化期	腐食ひび割れの進展に伴う大規模な剥離・剥落が見られる，鋼材の著しい断面減少がみられる，変位・たわみが大きい

『潜伏期』と『進展期』の違いは？

出典：2018年制定　コンクリート標準示方書［維持管理編］（土木学会）

［塩害の劣化指標］

潜伏期、進展期　⇒　塩化物イオン濃度

加速期以降　⇒　鋼材腐食量

腐食ひび割れ等の変状

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例１：予防保全 ～

劣化過程が
【潜伏期】
の場合

［劣化指標］
- 外観上の変化は見られない
- 腐食発生限界塩化物イオン濃度以下（塩害）
- 中性化残りが発錆限界以上（中性化）

　⇒ まだ鉄筋が腐食する理由はない状態

［補修工法の主たる要求性能］
- 塩化物イオンを侵入させない（塩害の場合）
- 二酸化炭素を侵入させない（中性化の場合）

　⇒ 劣化因子を遮断し、鉄筋腐食環境を作らない

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例１：予防保全 ～

劣化過程が【潜伏期】の場合

［維持管理シナリオに応じた補修工法の選定］

（１）経過観察シナリオ

・健全な状態で当面は性能低下の懸念はない
・劣化予測にて腐食発生限界を超えるまでの期間に余裕がある場合
　　⇒　点検強化、モニタリングによる継続的な状況把握が必須

（２）要求性能を満たす表面含浸工を定期的に行うシナリオ

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

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例１：予防保全 ～

参考 ： 一般的な表面含浸材の種類

種別		特長	備考
シラン系		・疎水性のアルキル基によりコンクリート表層部に吸水防止層（撥水層）を形成。 ・細孔を埋めないため呼吸性を損なわない。	・水分、塩化物イオンの遮断性は優れるものの、中性化を促進することもある。 ・ただし、材料選定次第では中性化へも適用可能。 ・滞水する部位では適用困難。
けい酸塩系	反応型 けい酸塩系	・けい酸ナトリウム系 ・けい酸カリウム系 ・水酸化カルシウムと反応し、C-S-Hゲルを生成して空隙を充填する。 ・水分供給により再度溶解。	・微細ひび割れであれば閉塞。 ・中性化が進行した領域ではカルシウム分が減少しており、緻密化の反応が困難。 ・ただし、カルシウム補助剤を併用するタイプもある。
	固化型 けい酸塩系	・けい酸リチウム系 ・材料自体の乾燥固化により空隙を充填する。 ・固化物は難溶性。	・微細ひび割れを閉塞。 ・表面硬度の向上。 ・劣化因子遮断性はやや低い。

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例１：予防保全 ～

劣化過程が
【進展期】
の場合

［劣化指標］
- 外観上の変化は見られない
- 腐食発生限界塩化物イオン濃度以上（塩害）
- 中性化残りが発錆限界未満（中性化）

　　⇒ 変状は生じていないが、鉄筋腐食は開始

［補修工法の主たる要求性能］
- 劣化因子をこれ以上侵入させない
- 鉄筋腐食をこれ以上進行させない

　　⇒ 鉄筋腐食は始まっているが、できるだけ
　　ひび割れを発生させたくない

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例１：予防保全 ～

劣化過程が【進展期】の場合

［維持管理シナリオに応じた補修工法の選定］

（１）経過観察シナリオ

・現時点で変状が生じているわけではないため、しばらく様子を見る
・ただし鉄筋は腐食環境にあり、将来的には変状が生じることを想定
　⇒　それほど長くは放置できない

（２）要求性能を満たす表面含浸工を定期的に行うシナリオ

・劣化因子を遮断して鉄筋腐食進行を遅らせる
・適用する材料には耐用年数があるため、定期的に再補修を行う
　⇒　既に不動態皮膜は破壊され、鉄筋腐食が開始しているため、
　　鉄筋腐食抑制効果を併せ持つ材料、工法を選択するのも有効

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例１：予防保全 ～

参考 ： 鉄筋腐食抑制効果を併せ持つ表面含浸材の例

種別	特長	備考
鉄筋腐食抑制タイプ 含浸系表面保護材	・コンクリート表面に塗布するだけで深く浸透し、塩化物イオンの侵入を阻止する吸水防止層を形成。 ・さらに、鉄筋のまわりに不動態皮膜にかわる保護層を形成し腐食を抑制。	劣化因子遮断 ＋ 鉄筋腐食抑制
亜硝酸リチウム併用型 表面含浸材	・1層目の亜硝酸リチウム系含浸材により鉄筋不動態皮膜を再生して鉄筋腐食を抑制。 ・2層目のシラン・シロキサン系含浸材が撥水効果を発揮し、劣化因子を遮断。 ・塩化物イオン濃度に応じて亜硝酸リチウム塗布量を設定。	劣化因子遮断 ＋ 鉄筋腐食抑制

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例2：事後保全 ～

[条件]

- 海上部に位置するRC構造物
- 鉄筋位置での塩化物イオン量は腐食発生限界を超えている
- ひび割れ、錆汁、コンクリートの浮き・はく離、鉄筋露出等の変状が見られる

[着目点]

- 変状の規模、鉄筋腐食の程度等を調査
- 「加速期前期」または「加速期後期」を判別
- 工学的判断と維持管理シナリオに応じて工法選定

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例２：事後保全 ～

外観上のｸﾞﾚｰﾄﾞ	劣化過程	劣化の状態
グレードⅠ	潜伏期	外観上の変状が見られない，鋼材腐食発生塩化物イオン濃度以下
グレードⅡ	進展期	外観上の変状が見られない，鋼材腐食発生塩化物イオン濃度以上，腐食が開始
グレードⅢ-1	加速期前期	腐食ひび割れや浮きが発生，さび汁が見られる
グレードⅢ-2	加速期後期	腐食ひび割れの幅や長さが大きく多数発生，腐食ひび割れの進展に伴うかぶりコンクリートの部分的な剥離・剥落が見られる，鋼材の著しい断面減少は見られない
グレードⅣ	劣化期	ひび割れの進展に伴う大規模な剥離・剥落が見られる，鋼材の[illegible]変位，たわみが大きい

『加速期前期』と『加速期後期』の違いは？

管理編］（土木学会）

［塩害の劣化指標］

潜伏期、進展期　⇒　塩化物イオン濃度

加速期以降　⇒　鋼材腐食量

腐食ひび割れ等の変状

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例２：事後保全 ～

劣化過程が
【加速期前期】
の場合

［劣化指標］
- 腐食ひび割れやコンクリートの浮き・はく離の程度
- 鉄筋腐食量、腐食速度

⇒ ひび割れを通じた劣化因子の直接侵入により鉄筋腐食が加速

［補修工法の主たる要求性能］
- 劣化因子（特に水、酸素）をこれ以上侵入させない
- 鉄筋腐食をこれ以上進行させない

⇒ 変状は軽微な段階なので、
ひび割れも浮き剥離も増やしたくない

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例２：事後保全 ～

劣化過程が【加速期前期】の場合

［維持管理シナリオに応じた補修工法の選定］

（１）変状に応じた必要最小限の補修を定期的に行うシナリオ

・ひび割れ注入工、部分断面修復工、表面保護工による必要最小限の補修
・ただし、これらの対策では再劣化する可能性がある
・外観変状がまだ軽微な段階では本シナリオがLCCでも有利となることが多い
　⇒ 補修のイニシャルコストを最小とし、必要に応じて再補修を繰り返す
　　各工法に鉄筋腐食抑制効果を併せ持つ材料を選択するのも効果的

（２）鉄筋腐食を根本的に抑制し、将来的な再劣化を許容しないシナリオ

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

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例２：事後保全 ～

「変状に応じた必要最小限の補修を定期的に行うシナリオ」で適用される補修工法

表面保護工（表面含浸工）

表面保護工（表面被覆工）

ひび割れ注入工

部分断面修復工

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例２：事後保全 ～

劣化過程が
【加速期後期】
の場合

［劣化指標］

・腐食ひび割れやコンクリートの浮き・はく離の程度
・鉄筋腐食量、腐食速度
　　⇒ ひび割れや浮き剥離を通じ、腐食鉄筋への劣化因子の供給が増大
　　⇒ 劣化速度がさらに加速し、変状の範囲拡大

［補修工法の主たる要求性能］

・鉄筋腐食の進行をこれ以上進行させない
　　⇒ これ以上の変状の増大は許容できない
　　⇒ これ以上の鉄筋断面減少は許容できない
　　⇒ 劣化期への転落は何としても回避したい

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例２：事後保全 ～

劣化過程が【加速期後期】の場合

［維持管理シナリオに応じた補修工法の選定］

（１）変状に応じた必要最小限の補修を定期的に行うシナリオ

・ひび割れ注入、部分断面修復に加え、表面保護による必要最小限の補修
・ただし、これらの対策では鉄筋腐食の原因を完全に取り除いていない
・早いサイクルで再劣化を繰り返すとLCCで劣ると考えられる
　⇒ 残存供用年数が少ない場合などでは適用されることもある
　　再劣化と再補修を繰り返すたびに、保有性能は低下し続けることも考慮

（２）鉄筋腐食を根本的に抑制し、将来的な再劣化を許容しないシナリオ

・ひび割れ注入工、部分断面修復工に加え、 以下のような対策を併用する
・電気防食工法　（鉄筋腐食を根本的に抑制）
・亜硝酸リチウム内部圧入工法　（鉄筋腐食を根本的に抑制）
・全断面修復　（塩化物イオンを含むコンクリートを完全に除去）
　⇒ これらの工法により再劣化のリスクを限りなく低減
　　イニシャルでは高価となるがLCCでは優れる

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例２：事後保全 ～

「将来的な再劣化を許容しないシナリオ」で適用される補修工法

電気防食工法

亜硝酸リチウム内部圧入工法

全断面修復工法

塩害・中性化の補修工法選定の例　～ 事例３：劣化期 ～

劣化過程が
【劣化期】
の場合

［劣化指標］
・大規模なはく離、はく落
・鉄筋腐食量、著しい断面減少、変位、たわみ
　　⇒ 耐久性能だけでなく耐荷性能も大きく低下

［補修工法の主たる要求性能］
・耐荷性、剛性の回復
　　⇒ 構造物の安全性確保が急務

［維持管理シナリオに応じた補修工法の選定］
・安全性を確保する対策を早急に採る以外にシナリオはない
　　⇒ 補修だけでなく、補強、供用制限、架け替えも検討

塩害・中性化の補修工法選定フロー

（潜伏期）　（進展期）　（加速期前期，加速期後期）

●ASRの補修の考え方

0.10
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0.00
膨張率（%）
0
20
40
60
80
100
120
促進期間（日）

ASRの一般的な補修工法

【劣化因子の遮断】

目的 ： アルカリシリカゲルに水分を与えない

工法 ： 表面含浸工法

表面被覆工法

（ひび割れ注入工法）

【アルカリシリカゲルの非膨張化】

目的 ： アルカリシリカゲルの膨張性そのものを消失、低減させる

工法 ： ASR抑制剤（亜硝酸リチウム）の活用

【コンクリート部材の膨張拘束】

目的 ： 外部拘束によりASR膨張を物理的に拘束

工法 ： 部材接着工法・巻立て工法

ASRの補修工法選定の例

～ 事例１：事後保全 ～

[条件]

- 平野部に位置する道路橋RC橋台
- 竣工後30年経過
- コンクリート表面に亀甲状のひび割れが多数発生している

[着目点]

- ASR膨張性を評価し、将来的な膨張進行の有無を評価
  ⇒ 促進養生試験、過去の点検結果との比較など
- ひび割れからの錆汁の有無（鉄筋腐食の可能性）を評価

ASRの補修工法選定の例

～ 事例１：事後保全 ～

外観上のｸﾞﾚｰﾄﾞ	劣化過程	劣化の状態
グレードⅠ	潜伏期	ASRによる膨張およびそれに伴うひび割れがまだ発生せず，外観上の変状が見られない
グレードⅡ	進展期	水分とアルカリの供給下において膨張が継続的に進行し，軽微なひび割れが発生する。変色，アルカリシリカゲルの滲出が見られる場合もある。しかし，鋼材腐食によるさび汁は見られない。
クレードⅢ	加速期	ASRによるひび割れが進展し，ひび割れの幅および密度，範囲が増大する。また，鋼材腐食によるさび汁が見られる場合もある。
グレードⅣ	劣化期	ひび割れの幅および[illegible]がさらに増大し，段差，ずれや，かぶりの部分的な剥[illegible]が発生する。鋼材腐食が進行し，さび汁が[illegible]割れや鋼材の損傷が見られる場

「劣化の状態」にASR膨張性の評価（大小）は含まれない

[illegible]コンクリート標準示方書［維持管理編］（土木学会）

［ASRの劣化指標］

・ひび割れ状況

［劣化過程の留意点］

・あくまで調査時点での外観上のグレート

・将来の膨張性の有無は考慮されていない

ASRの補修工法選定の例

～ 事例１：事後保全 ～

コンクリート表面の変状

ASR膨張性は有害か無害か？

［劣化指標］
- ASR膨張量
- ひび割れ幅、ひび割れ密度
- 鉄筋腐食度

［ASR膨張性の評価］
- 目視等による定期的な外観調査
- コア採取による促進養生試験
- ASRを促進させる環境作用評価

［補修工法の主たる要求性能］　～ 残存膨張性が有害の場合 ～
- 水分を侵入させない　（劣化因子の遮断）
- アルカリシリカゲルの膨張性を消失させる　（ゲルの非膨張化）

⇒　今後もASR膨張が進行することを前提とした対策

ASRの補修工法選定の例

～ 事例１：事後保全 ～

ASR膨張性が 【有害】 の場合

［維持管理シナリオに応じた補修工法の選定］

（１）変状に応じた必要最小限の補修を定期的に行うシナリオ

・ひび割れ注入工、表面保護工による必要最小限の補修
・ASR膨張性が有害であり、これらの対策では早期に再劣化する可能性を考慮
・外観変状が甚大な段階ではLCCで劣ることもある
　⇒ 残存供用年数が少ない場合などでは適用されることもある
　　鉄筋腐食抑制効果を併せ持つ材料、工法を選択することも重要

（２）ASR膨張を根本的に抑制し、将来的な再劣化を許容しないシナリオ

・亜硝酸リチウム内部圧入工　（ゲルの非膨張化による根本的なASR補修）
　⇒ この工法を適用すれば、再劣化のリスクを低減できる
　　ASR補修と同時に鉄筋腐食抑制効果も付与される
　　イニシャルでは高価となるがLCCでは優れる場合が多い

ASRの補修工法選定の例

～ 事例１：事後保全 ～

「将来的な再劣化を許容しないシナリオ」で適用される補修工法

亜硝酸リチウム内部圧入工法

ASRの補修工法選定フロー

（進展期，加速期）　（進展期，加速期）　（進展期，加速期）

おわりに

補修工法選定の考え方

工学的な判断

・劣化機構（メカニズム）と劣化過程（程度）に応じて補修工法を選定
　⇒　なぜ劣化が生じているのか？
　⇒　次の劣化過程に進行させないために何が必要？

&

時間軸の判断

・補修した後の維持管理シナリオ（方針）を考慮して補修工法を選定
　⇒　今後、どう維持管理していくつもりなのか？

これらを総合的に判断して

『適切な維持管理にて構造物の健康寿命を延ばす』

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