

コンクリート構造物の 補修対策施工マニュアル

国立研究開発法人 土木研究所
先端材料資源研究センター
中村英佑



概要

- ✓ コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル（案）
土木研究所資料No.4343, 2016年8月
- ✓ コンクリート構造物の
補修方針の決定～工法の選定
- ✓ 表面被覆・含浸工法,
断面修復工法,
ひび割れ修復工法について,
材料・工法の選定や施工上の留意点
- ✓ 補修の不具合事例に学ぶ



マニュアル（案）の位置づけ

国交省等の技術情報

耐久性総プロ(1985-87)
補修指針(案)

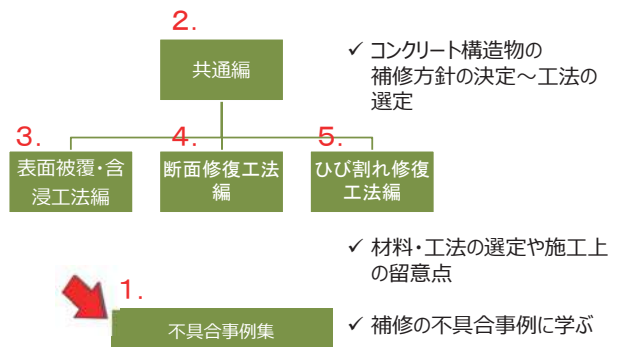


本マニュアル(案)
・基本理念
・工法選択
・各工法の留意点
(一気通貫)

学協会の指針類

土木学会
・コンクリート標準示方書
[維持管理編]
・表面被覆工指針
・吹付けコンクリート指針
コンクリート工学会
・ひび割れ補修指針

マニュアル（案）の構成



補修後の不具合事例

①劣化状況の判断(調査時など)に関する不具合

道路橋コンクリート床版

- ◇ 架設年次: 1970年代
- ◇ 補修年次: 1990年代
- ◇ 補修目的: 塩害対策
- ◇ 補修方法: 断面修復
+ 表面被覆

(ホリマーセメントモルタル+塗装)

- ◆ 再劣化状況:
 - ・表面被覆の剥がれ、錆汁
- ◆ 再劣化の主な原因:
 - ・塩分の除去不足、表面被覆による塩分の閉じ込め→塩害劣化
 - ・被覆材の損傷後に海水の浸入など



補修後の不具合事例

②材料選定(設計時など)に関する不具合

河川コンクリート堰堤

- ◇ 建設年次: 1960年代
- ◇ 補修年次: 1980年代
- ◇ 補修目的: 凍害対策
- ◇ 補修方法: 吹付けモルタル

- ◆ 再劣化状況:
 - ・表面に多数のひび割れ
 - ・モルタルの土砂化
- ◆ 再劣化の主な原因:
 - ・耐凍害性に劣る材料の使用
→凍害劣化



補修後の不具合事例

③ 工事管理(施工時など)に関する不具合

河川コンクリート樋門

- ◇ 建設年次: 1970年代
- ◇ 補修年次: 2000年代
- ◇ 補修目的: 凍害対策
- ◇ 補修方法: 断面修復
+ 全面表面被覆



◆ 再劣化状況:

- ・被覆のひび割れ、漏水、エフロレッセンス析出

◆ 再劣化の主な原因:

- ・下地処理不十分(微細な剥離)
- ・被覆が翌春(水分の閉じ込め)

→ 施工不良による初期欠陥+凍害

不具合事例に学ぶ

補修を成功させるためには・・・

- ① 劣化状況の判断
- ② 材料・工法の選定
- ③ 工事管理

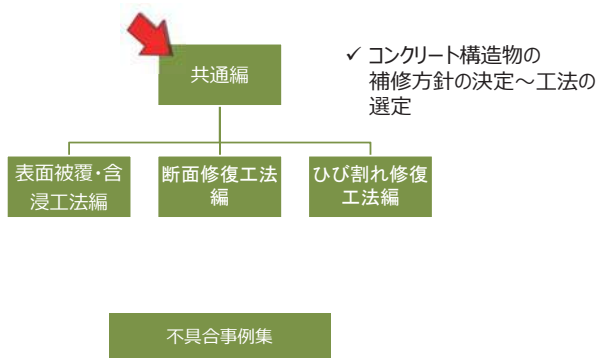
における

判断ミス、選定ミス、管理ミスをなくす。

コンクリート構造物の補修方針
の決定～工法の選定(共通編)

材料・工法の選定や施工上の
留意点(工法別編)

マニュアル(案)の構成



共通編 補修方針の選定→補修工法の選定

<従来?>

- 既往の実績のみで工法を選定
 - 類似事例で塩害に対する補修として断面修復工法を適用した。
- スペック表で材料を選定
 - AはBよりも強度が10%高いのでAを選定。
 - AはBよりも塩化物イオンの拡散係数が20%小さいのでAを選定。

<望ましい姿>

- 補修方針を決めて工法を選定
 - 塩害で鉄筋が腐食しているので、塩分量の多いコンクリートを除去しよう。
 - 塩分の侵入は除去できる範囲に止まっているか?
 - 修復に用いる補修材に強度的性質はどの程度必要か?
 - 修復したあとの再劣化対策はどうか?

共通編 補修方針の分類

- コンクリート 構造物の維持管理と補修
ISO 16311 Maintenance and repair of concrete structures
- 補修方針がメカニズムごとに非常に原理的に分類されている

- 1 劣化要因の遮断
- 2 水分の侵入抑制
- 3 コンクリートの復元
- 4 構造的補強
- 5 表面改質/物理的抵抗性の向上
- 6 化学的抵抗性の向上
- 7 不動態皮膜の保護, 復元
- 8 含水率の増加抑制
- 9 カソード抑制
- 10 カソード防食(電気防食)
- 11 アノード域の制御

(対策の例)

- 2.1 撥水系表面含浸
- 2.2 表面含浸
- 2.3 表面被覆
- 2.4 外部パネルの設置
- 2.5 電気化学的処理

共通編 劣化要因や程度に応じた補修方針・補修工法(例)

塩害の例

- 劣化の段階を4段階: 与潜伏-進展-加速-劣化
- 外観変状に応じた、補修方針の設定
- 一般的な対策工法の例をメニューとして提示

劣化なし(塩分量が免補限以下)		劣化無し(鉄筋腐食が始まる)		ひび割れや浮き、錆汁		耐力低下が懸念される劣化		
劣化現象	補修方針	補修方法	劣化現象	補修方針	補修方法	劣化現象	補修方針	補修方法
劣化因子の遮断、水分の浸入抑制(1,2)	表面被覆	鉄筋腐食	劣化因子の遮断、水分の浸入抑制(1,2)	表面含浸*	表面被覆*	劣化因子の遮断、水分の浸入抑制(1,2)	表面含浸*	表面被覆*
不動態皮膜の保護・復元(7)	電気防食	剥離、ひび割れ	不動態皮膜の保護・復元(7)	電気防食	電気防食	不動態皮膜の保護・復元(7)	電気防食	電気防食
鉄筋防食(9~11)	電気防食	鉄筋防食(9~11)	鉄筋防食(9~11)	電気防食	電気防食	鉄筋防食(9~11)	電気防食	電気防食
同一構造物の他の部位で変状が確認された場合、あるいは予防保全として実施	断面修復が行われる場合は、その後に塩害	剥離、剥離	断面修復が行われる場合は、その後に塩害	剥離、剥離	剥離、剥離	剥離、剥離	剥離、剥離	剥離、剥離
		剥離、剥離		剥離、剥離	剥離、剥離	剥離、剥離	剥離、剥離	剥離、剥離

- 塩害においては、予防的対策がより重要となる

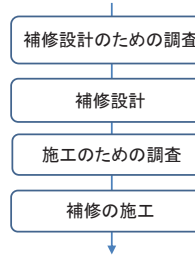
共通編：選定上の留意点

- どの工法を選択するか？選定上の留意点（塩害の例）

劣化状態	塩害			耐力低下が懸念される劣化
	変状なし (塩分量が免蝕限界以下)	変状無し (鉄筋腐食が始まる)	ひび割れや浮き、錆汁	
水処理	・実施が基本	・実施が基本	・実施が基本	
表面含浸	・全ての面を覆う必要あり ・表面被覆に比べ遮断性は低い ・性能に差がある ・耐久性の実証データは少ない ・表面被覆や断面修復の付着性を阻害する可能性	・同左 ・既に内部に入った塩分に対しては効果が無い（内部拡散の可能性）	・同左 ・断面修復工法が行われる場合には、断面修復後に実施	・補修内容は同左。ただし、延命措置と考えると、再構築を計画する
表面被覆	・全ての面を覆う必要あり ・定期的な塗り替えが必要。被覆材が劣化すると滲水が生じ塩分浸透が促進	・同左 ・既に内部に入った塩分に対しては効果が無い（内部拡散の可能性）	・同左 ・断面修復工法が行われる場合には、断面修復後に実施	
断面修復		・ハツリ規模に対する耐力の照査が必要 ・第三者被害が想定される箇所では剥落防止対策が必要	・同左	

共通編：施工のための調査

- 構造物の現況と補修設計条件の整合を確認することが重要



期間が経過した場合は、
構造物の劣化が進行する恐れ

注視すべき項目

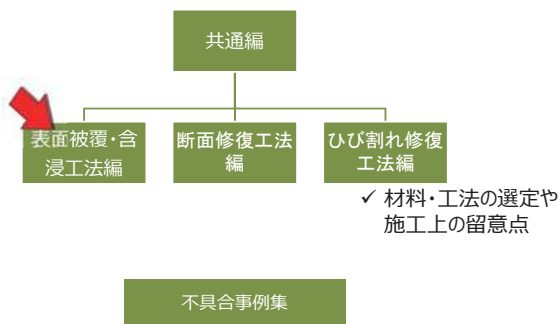
- ひび割れの有無やひび割れ幅
- ひび割れからの漏水(漏水跡)、析出物や錆汁の有無
- 浮き、剥離、剥落の発生範囲



ひび割れからの析出物の例

- 設計条件と施工条件とが整合しない場合、補修設計を変更

マニュアル（案）の構成



表面被覆・含浸工法：概要

■ 研究対象

- 工法：①表面被覆工法、②表面含浸工法

■ マニュアル(案)における提案

● 施工に着目

施工のための調査:

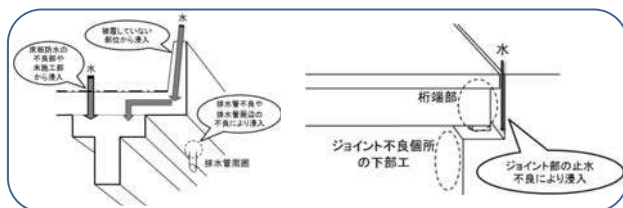
- 一 補修対象部位に供給される水分

施工管理:

- 一 作業環境: 温湿度、露点温度、含水状態
- 一 品質管理: 付着性試験(表面被覆)

表面被覆・含浸工法：施工のための調査

補修対象部位に供給される水分に関する調査



水分によって変状が生じやすい箇所の例

硬化前に補修材料が水と接触すると硬化後の品質が悪くなり、所定の性能が得られない

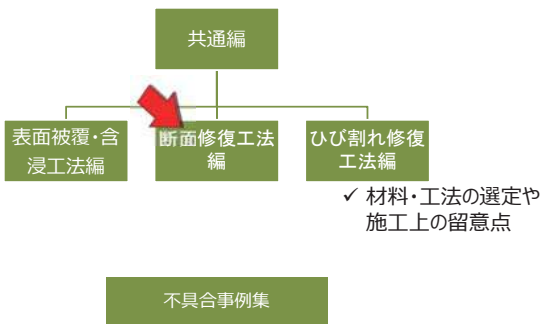
⇒ 施工前に、水掛かりの状況の把握、適切な水処理

表面被覆・含浸工法：必要な施工管理項目の例

管理項目	表面被覆工法		表面含浸工法		
	樹脂系	PCM系	シラン系	けい酸塩系	
作業環境	気象条件	○	○	○	○
	温湿度	○	○	○	○
	露点温度	○	△	○	△
	風	○	○	○	○
	粉じん等	○	○	○	○
	飛来塩分	○	○	○	○
	照度	○	○	○	○
	養生環境、時間	○	○	○	○
	施工数量	○	○	○	○
	施工工程の進捗	○	○	○	○
作業工程	表面含水率(コンクリート面)	○	○	○	△
	塗布予定面の状態	○	△	○	△
	塗り重ね面の状態	○	○	○	○
	補修材料の種類、配合、攪拌方法、可使用時間、塗装間隔	○	○	○	○
	補修材料の使用量	○	○	○	○

○: 必要, △: 選定した補修材料の種類に応じて判断

マニュアル（案）の構成



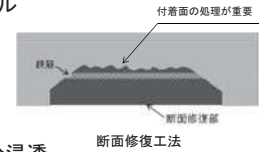
断面修復工法：概要

■研究対象

- 工法：①左官、②充填、③吹き付け
- 材料：①セメントモルタル、②ポリマーモルタル
③ポリマーセメントモルタル
④高流動コンクリート

■マニュアルにおける提案

- 修復材単体の性能評価方法
強度、耐凍害性、中性化、塩分浸透
- 下地との付着性状評価方法
付着試験方法の整理
一般環境での耐久性、水中での耐久性
- 養生の重要性

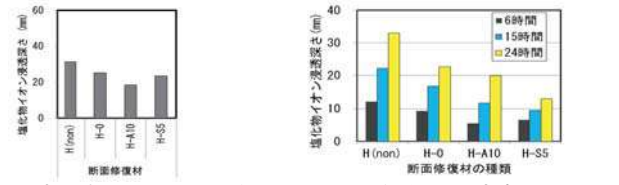


4. 断面修復工法 断面修復材の要求性能と照査方法

具体的な性能	要求性能	照査方法と留意点	
		セメントモルタル、ポリマーセメントモルタル (メーカー開発のプレミックス品)	高流動コンクリート
材料	-	・プレミックス品は下記の各性能を照査	・JIS規格を満足
施工性	適切な施工が可能	・製造メーカーの配合に従い、粘性、流動性を確認	・高流動コンクリートの配合設計・施工指針(土木学会)を参照
耐凍害性 (凍害地域)	部材に求める性能と同等	・凍結融解試験(JIS A 1148) ・コンクリートのW/Cによる見なし規定はNG(空気量管理が困難なため)	・凍結融解試験(JIS A 1148) ・W/Cによる照査(ただしAEコンクリートであること)
中性化抵抗性	部材に求める要求と同等	・中性化促進試験(JIS A 1153)	・中性化促進試験(JIS A 1153) ・W/Cによる照査
塩分浸透抵抗性 (塩害地域)	部材に求める要求性能と同等以上	・浸漬試験(JSCE-G 572) ・電気泳動法、ポリマーを含まない配合で試験 ・W/Cがコンクリートより5%以上小さい	・浸漬試験(JSCE-G 572) ・電気泳動法 ・W/Cによる照査
ひび割れ抵抗性	ひび割れが生じない	・暴露試験 ・乾燥湿潤試験	・長さ変化試験(JIS A 1148) (類似配合の既存結果の確認で可)
強度	養生終了時の強度確認 標準養生28日の圧縮強度も試験により確認(要求性能)	・試験方法は口40mm、φ50mm、φ100mm、φ150mm、φ200mm、φ250mm、φ300mm、φ350mm、φ400mm、φ450mm、φ500mm、φ600mm、φ700mm、φ800mm、φ900mm、φ1000mm、φ1100mm、φ1200mm、φ1300mm、φ1400mm、φ1500mm、φ1600mm、φ1700mm、φ1800mm、φ1900mm、φ2000mm、φ2100mm、φ2200mm、φ2300mm、φ2400mm、φ2500mm、φ2600mm、φ2700mm、φ2800mm、φ2900mm、φ3000mm、φ3100mm、φ3200mm、φ3300mm、φ3400mm、φ3500mm、φ3600mm、φ3700mm、φ3800mm、φ3900mm、φ4000mm、φ4100mm、φ4200mm、φ4300mm、φ4400mm、φ4500mm、φ4600mm、φ4700mm、φ4800mm、φ4900mm、φ5000mm、φ5100mm、φ5200mm、φ5300mm、φ5400mm、φ5500mm、φ5600mm、φ5700mm、φ5800mm、φ5900mm、φ6000mm、φ6100mm、φ6200mm、φ6300mm、φ6400mm、φ6500mm、φ6600mm、φ6700mm、φ6800mm、φ6900mm、φ7000mm、φ7100mm、φ7200mm、φ7300mm、φ7400mm、φ7500mm、φ7600mm、φ7700mm、φ7800mm、φ7900mm、φ8000mm、φ8100mm、φ8200mm、φ8300mm、φ8400mm、φ8500mm、φ8600mm、φ8700mm、φ8800mm、φ8900mm、φ9000mm、φ9100mm、φ9200mm、φ9300mm、φ9400mm、φ9500mm、φ9600mm、φ9700mm、φ9800mm、φ9900mm、φ10000mm	・長さ変化試験(JIS A 1148) (類似配合の既存結果の確認で可)

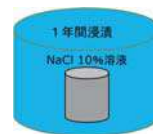
耐久性総プロ時の検討では、強度、ひび割れ抵抗性のみ

断面修復工法：塩分浸透抵抗性



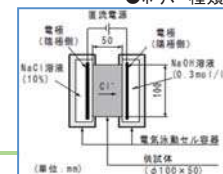
(1) 浸漬試験 (NaCl:10%、1年)

- 時間がかかる

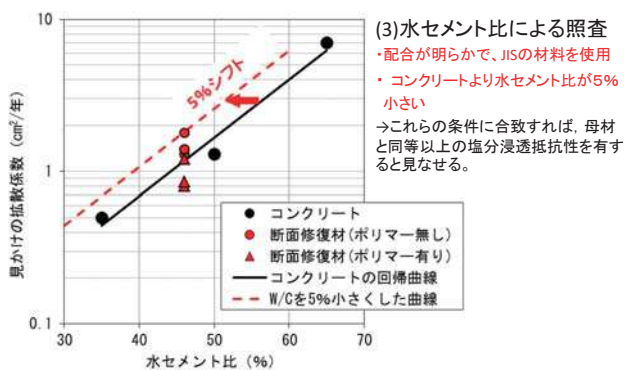


(2) 電気泳動 (非正常法)

- 通電によってClを強制浸透(短時間)
- ポリマー種類によっては浸漬と合わない (Nonポリマー配合で試験)



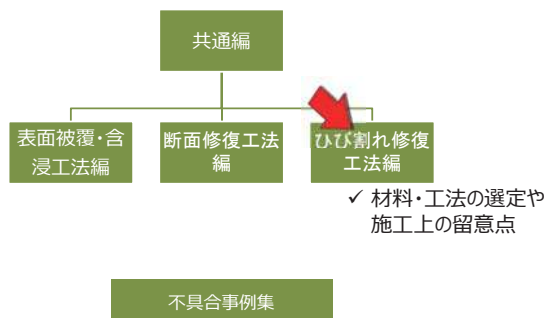
断面修復工法：塩分浸透抵抗性



(3) 水セメント比による照査

- ・配合が明らかで、JISの材料を使用
- ・コンクリートより水セメント比が5%小さい
- これらの条件に合致すれば、母材と同等以上の塩分浸透抵抗性を有すると見なせる。

マニュアル（案）の構成



ひび割れ修復工法：概要

■研究対象

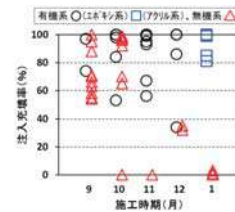
- 工法: ①ひび割れ注入工法
1) 低圧注入, 2) 高圧注入
②ひび割れ充填工法
- 材料: ①樹脂系(エポキシ, アクリル)
②セメント系

■マニュアルにおける提案

- ひび割れ注入工法の設計・施工における留意点
 - ・環境条件における施工時の留意点
 - ・材料選定時の留意点
- 注入施工時の一般的な留意点
- ひび割れ注入工法の析出物対処方法の提案
- 付属資料: 注入後の品質管理方法(案)

ひび割れ修復工法：設計・施工の現状

- ①ひび割れ幅や部位による定型的な材料選択
- ②ひび割れ深さを考慮していない数量設計
- ③析出物による注入工法の敬遠



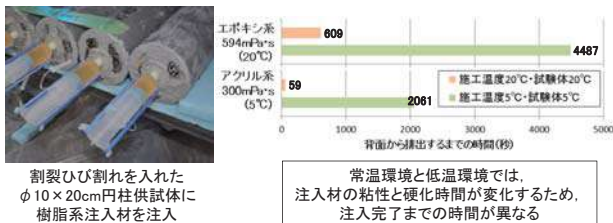
深さ10cmまでの注入材の注入充填率(注入充填率が低いケースも多い)



析出物があると、注入出来ないとの理由でUカット充填工法を採用する事例も多い

ひび割れ修復工法 ひび割れ注入材の性質

- ・注入材は施工温度に影響し易い
 - 粘性や硬化時間が温度によって変化する
- ・粘度が低いと注入し易く、粘度が高いと注入し難い
 - 粘度の低い注入材は、ひび割れ幅が広いと流下しやすい
 - 粘度の高い注入材は、ひび割れ幅が狭いと入りにくい



割裂ひび割れを入れたφ10×20cm円柱供試体に樹脂系注入材を注入

ひび割れ修復工法 ひび割れ注入材の選定の留意点

現在の材料選定の目安

建設省総プロ(S63)やJIS規格、ひび割れ補修指針(JCI)など

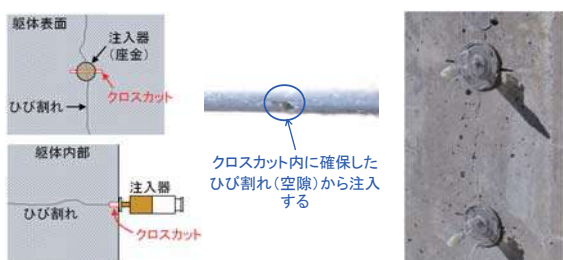
本マニュアルにおける材料選定の目安の提案

ひび割れ幅や深さ	・低粘度or中粘度or高粘度	→	ひび割れ幅や深さ(貫通)	・有機or無機 ・超低粘度or低粘度or中粘度or高粘度
挙動の有無	・有機or無機 ・軟質or硬質	→	挙動の有無	・有機or無機 ・軟質or硬質
施工環境(寒冷)	・冬用 ・低粘度	→	施工環境(寒冷)	・有機or無機 ・超低粘度or低粘度 ・一般用or冬用
施工環境(湿潤)	・有機湿潤用or無機	→	施工環境(湿潤)	・有機or無機 ・一般用or湿潤用
劣化原因		→	劣化原因	・有機or無機 ・軟質or硬質

ひび割れ修復工法 ひび割れ注入工法の施工技術

☆クロスカットによる注入口の確保

- = 表面ひび割れ閉塞を部分的に除去可能
- = 注入口の確保可能→閉塞深さ調査後を利用できる



コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)

- ・土木研究所先端材料資源研究センター(iMaRRC)のホームページからダウンロードできます。
 - Topページ
 - iMaRRCの活動
 - 近年の主な研究成果
 - <https://www.pwri.go.jp/team/imarrc/activity/tech-info.html>

