

土木研究所版 「コンクリート構造物の 補修対策施工マニュアル」 (案)

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 (iMaRRC)
片平 博

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

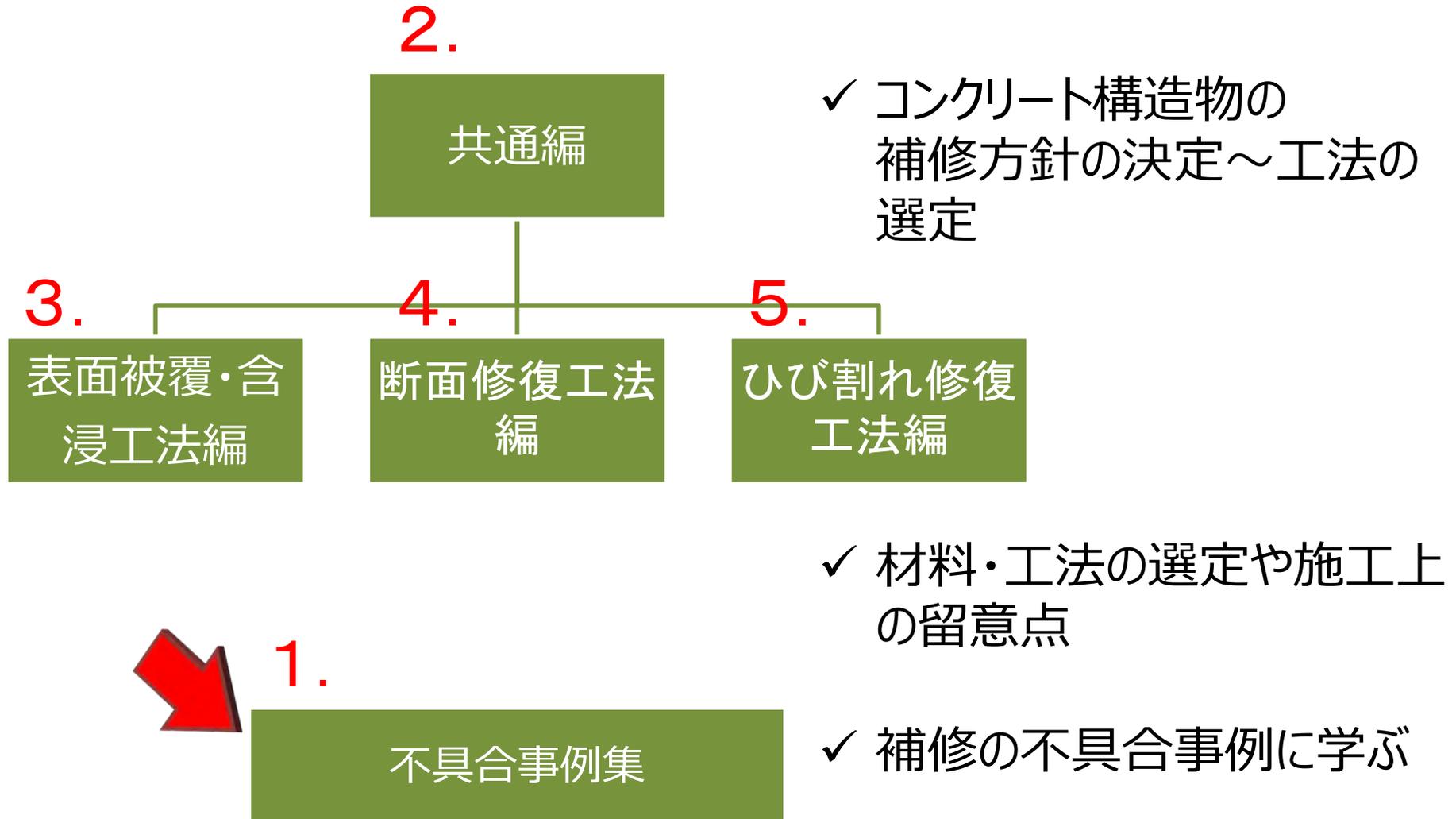
- ・コンクリート標準示方書
[維持管理編]
- ・表面被覆工指針
- ・吹付けコンクリート指針

コンクリート工学会

- ・ひび割れ補修指針

最新の研究成果

マニュアル（案）の構成



1. 不具合事例集

補修後、早期に再劣化の事例(25例)



このような不具合は・・・

①劣化状況の判断(調査時など)ミス

塩分浸透範囲の見誤り、劣化の進行

②材料選定(設計時など)ミス

凍害環境で吹きつけ(NonAE)

③工事管理(施工時など)ミス

結露、養生不足

吹きつけモルタルの土砂化→



↑塩分除去不足



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

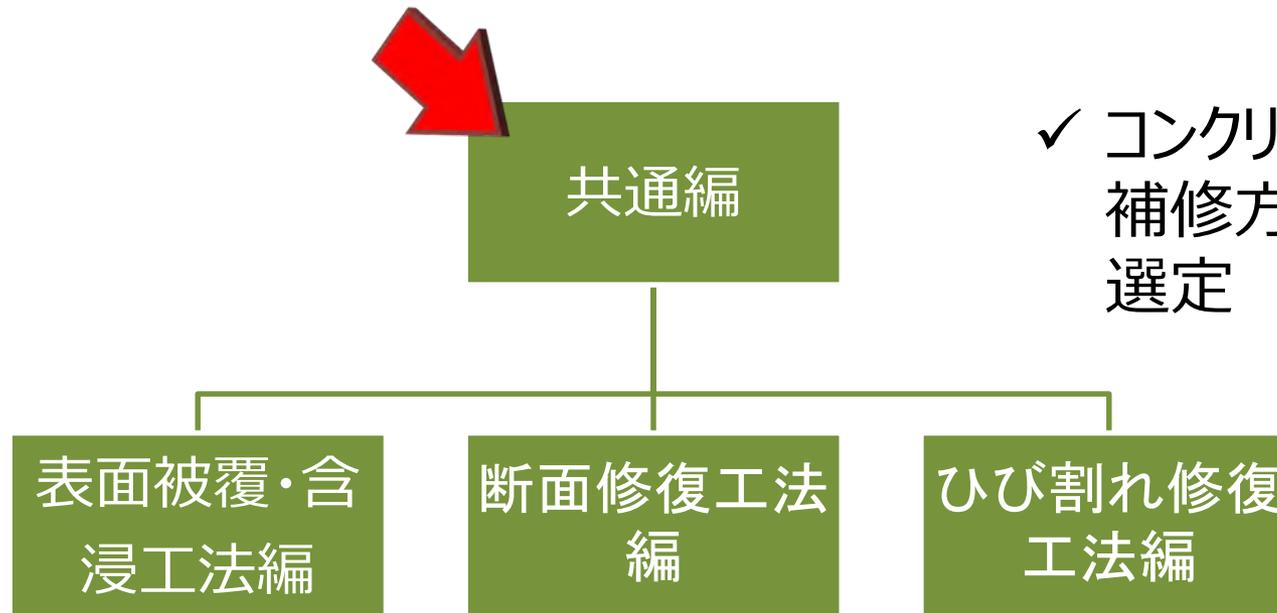
における

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



✓ コンクリート構造物の補修方針の決定～工法の選定

不具合事例集

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必要な物性は何か？
 - － 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

・劣化状況・補修方針・補修方法を対応化

外観変状なし (塩分量が 発錆限界以下)			外観変状なし (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 法例	劣化 現象	補修 方針	補修方 法例	劣化 現象	補修 方針	補修方 法例	劣化 現象	補修 方針	補修方 法例
なし (鉄筋位置 における塩 分量が閾値 以下)	劣化因子の遮断	水処理	鉄筋腐食 開始, ひび割れ 無し	劣化因子 の遮断	水処理*	鉄筋腐食, ひび割れ 発生	劣化因子 の遮断, 水分の浸 入抑制	水処理*	鉄筋腐食, ひび割れ 進展	劣化因子 の遮断, 水分の浸 入抑制	水処理*
		表面含浸			表面含浸*			表面含浸*			表面含浸*
		表面被覆			表面被覆*			表面被覆*			表面被覆*
不動態 皮膜の 保護・復 元	脱塩	断面修復	不動態皮 膜の保 護・復元	断面修復	鉄筋腐食 開始, ひび割れ 無し	鉄筋腐食, ひび割れ 発生	不動態皮 膜の保 護・復元	断面修復	鉄筋腐食, ひび割れ 進展	不動態皮 膜の保 護・復元	断面修復
		脱塩		脱塩				脱塩			脱塩
鉄筋防 食	電気防食	電気防食	鉄筋防食	電気防食	鉄筋腐食 開始, ひび割れ 無し	鉄筋腐食, ひび割れ 発生	鉄筋防食	電気防食	鉄筋腐食, ひび割れ 進展	鉄筋防食	電気防食
								防錆剤			防錆剤
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、その後に実施			剥離、剥 落	コンクリート の復元	断面修復	剥離、剥 落	コンクリート の復元	断面修復
							アンカー、巻 立て	剥落防止		アンカー、巻 立て	剥落防止
						*断面修復が行われる場合は、その後に実施			鉄筋の腐 食	鉄筋の回 復	鉄筋の交 換
									耐力の低 下	構造的補 強	補強、再 構築

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）

塩 害

劣化状態	変状なし (塩分量が発錆限界以下)	変状無し (鉄筋腐食が始まる)	ひび割れや浮き、錆汁	耐力値低下が懸念される劣化
水処理	・実施が基本	・実施が基本	・実施が基本	<ul style="list-style-type: none"> ・補修内容は同左、ただし、延命措置と考え、再構築を計画する
表面含浸	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・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） 	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	
表面被覆	<ul style="list-style-type: none"> ・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滞水が生じ塩分浸透が促進 	<ul style="list-style-type: none"> ・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） 	<ul style="list-style-type: none"> ・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		<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・同左 	

共通編：選定上の留意点

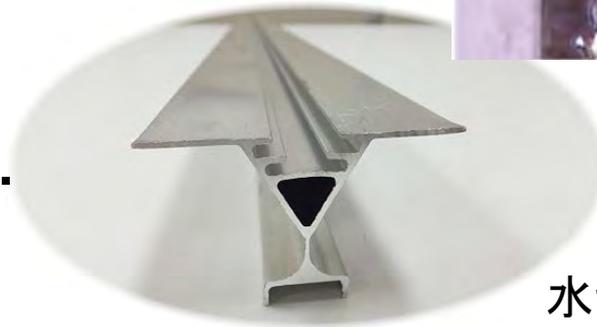
- どの工法を選択するか？選定上の留意点（塩害の例）

塩 害

劣化状態	変状なし (塩分量が発錆限界以下)	変状無し (鉄筋腐食が始まる)	ひ
水処理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実施が基本 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実施が基本 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実
表面含浸	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同 ・ 断 る場 に実
表面被覆	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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滞水が生じ塩分浸透が促進 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同 ・ 断 る場 に実

共通編：水処理について

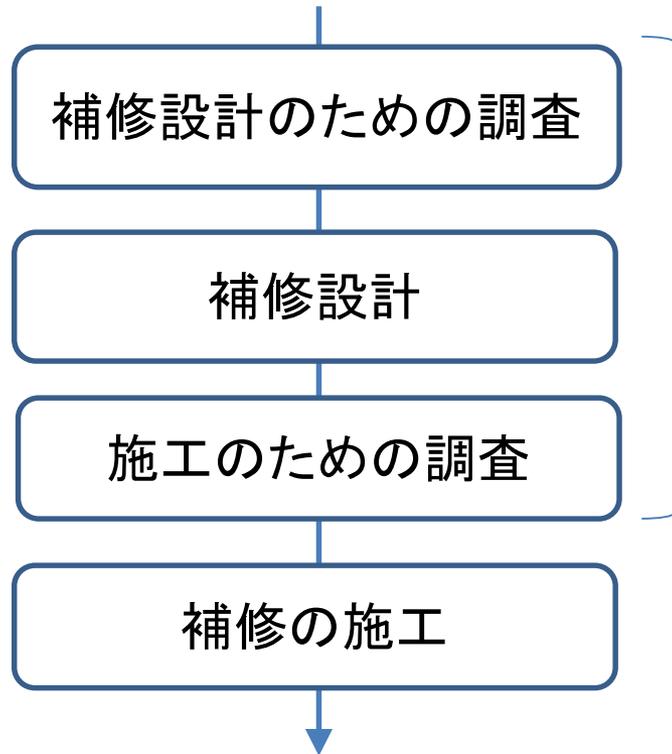
- 排水溝，排水管の清掃
(ゴミ，落ち葉，土砂の排除)
- 構造物の上面に，
僅かな勾配を設ける。
- 水切りの設置
- 配水管の位置，径，長さ，向き工夫
- 橋梁の桁間，桁端から下部工への雨水の落下
対策
- 道路床版における表面防水層の設置



水切りの設置 NEXCO

共通編：補修工事前の調査

- 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、
構造物の劣化が進行
する恐れ

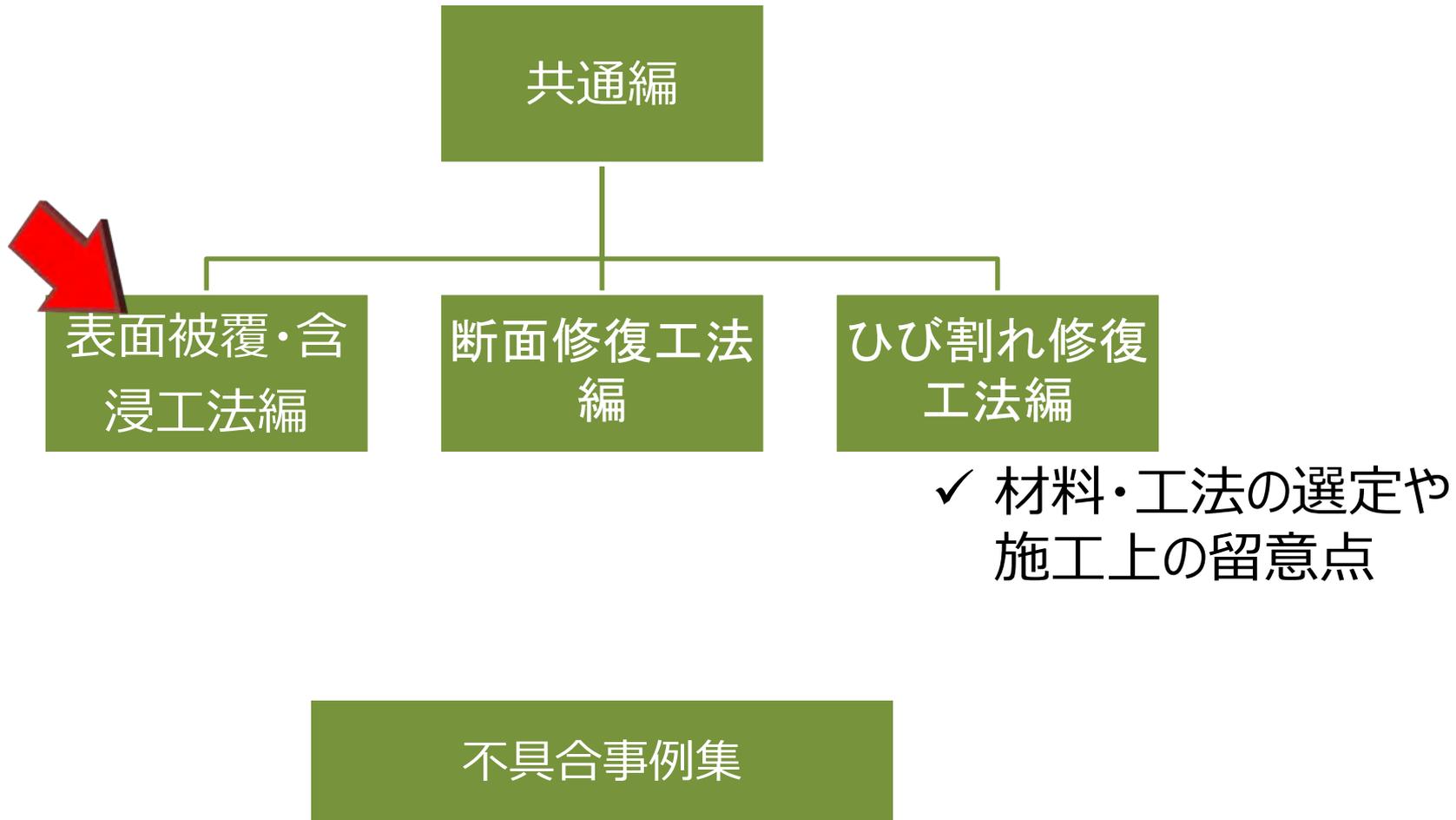
注視すべき項目

- ・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



- 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：

- 補修対象部位に供給される水分(塗膜に悪影響)

施工管理：

- 作業環境：温度湿度、露点温度、含水状態

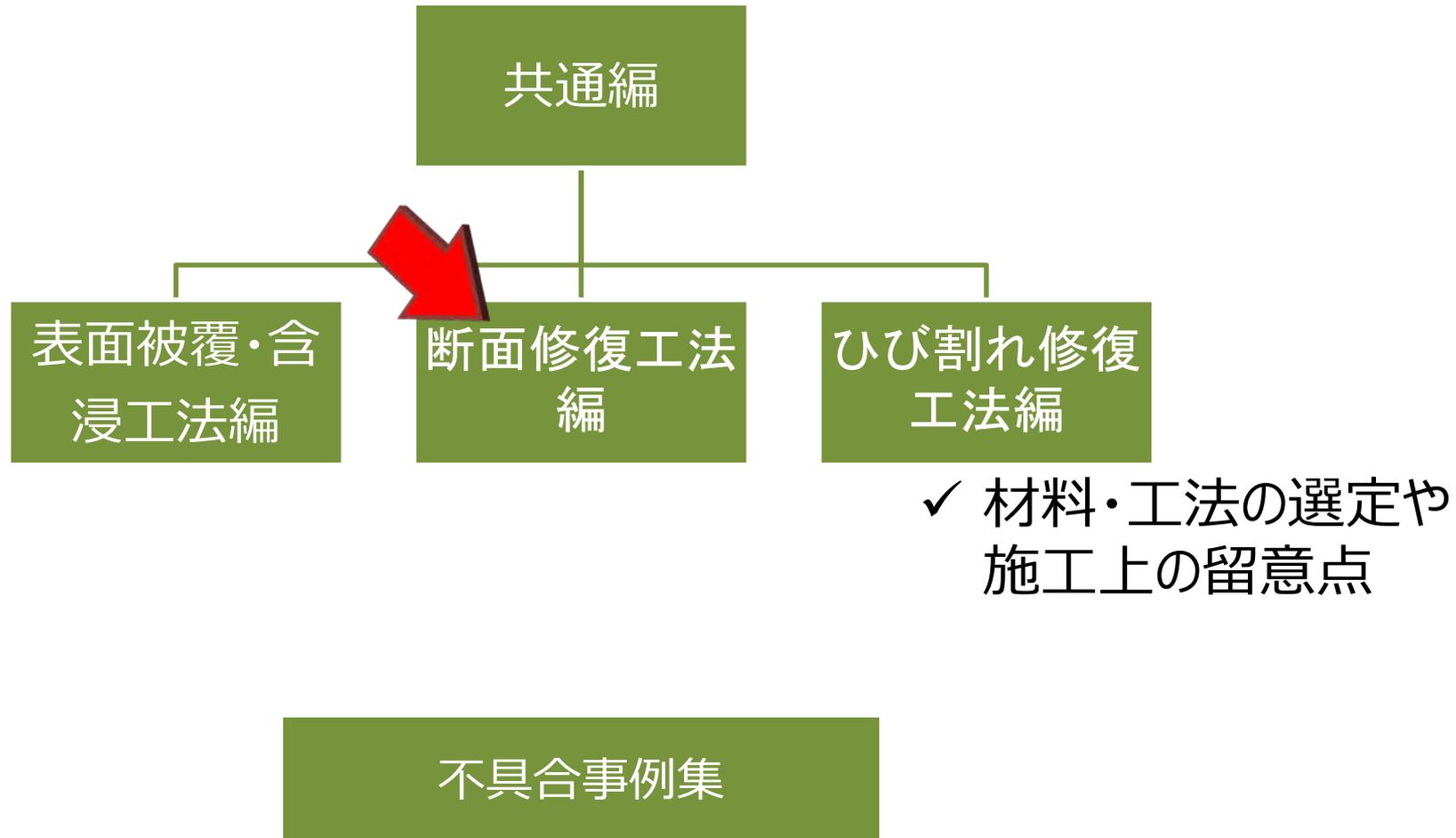
表面被覆・含浸工法：必要な施工管理項目の例

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	○			○
作業工程	施工数量	○			○
	施工工程の進捗	○			○
	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



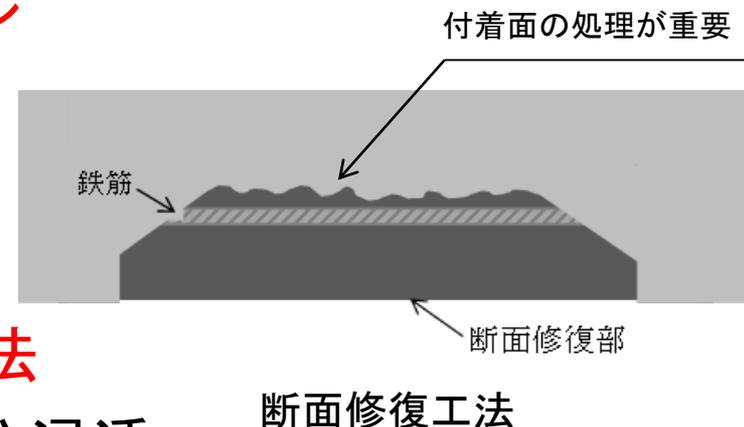
断面修復工法：概要

■ 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

- 断面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
- 下地コンクリートとの付着性状評価方法
下地処理（水湿し、プライマー）とセットで評価
付着試験方法、一般、水中環境での耐久性評価法の提案
- 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	・試験方法は□40mm, ϕ 50mm, ϕ 100mmいずれでも可(試験方法は資料編に掲載)	・JIS A 1108(ϕ 100mm)による
標準養生28日の圧縮強度も試験により確認(要求性能は設定しない)			

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	
		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)
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	各種の性能評価試験方法を提案	W/Cの照査でOK ・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	・試験方法は□40mm, φ50mm, φ100mmいずれでも可(試験方法は資料編に掲載)	・JIS A 1108(φ100mm)による
標準養生28日の圧縮強度も試験により確認(要求性能は設定しない)			

マニュアル（案）の構成

共通編

表面被覆・含
浸工法編

断面修復工法
編

ひび割れ修復
工法編

- ✓ 材料・工法の選定や
施工上の留意点

不具合事例集

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

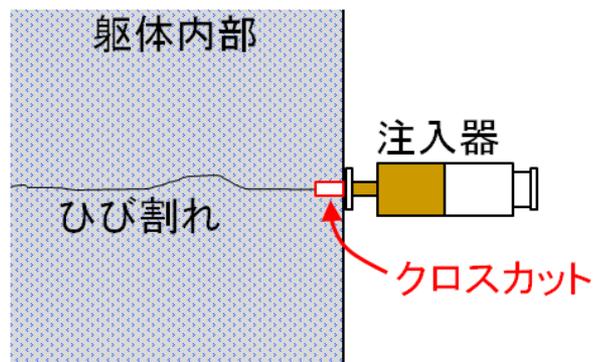
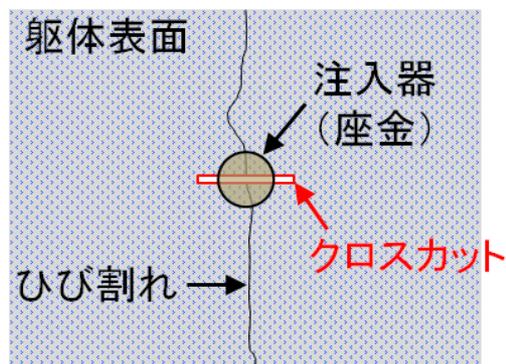
- 材料選定時の留意点（超低粘度etc）
- 注入施工時の留意点（躯体温度、可使時間etc）
- ひび割れ注入工法の析出物対処方法の提案

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



クロスカット内に確保した
ひび割れ(空隙)から注入
する



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>

