

# 「すぐに役立つ セメント系補修・補強材料 の基礎知識」のポイント ～断面修復工法と断面修復材を中心に～



一般社団法人セメント協会

## ■ 第1章 補修・補強対策の一般

### 第1章 補修・補強対策の一般

- 1.1 コンクリート構造物  
の補修・補強とは
- 1.2 維持管理の流れ
- 1.3 補修・補強工法の分類

## ■ 1.1節 コンクリート構造物の補修・補強とは

**補修**

- ・ 劣化進行を抑制
- ・ 耐久性能回復， 向上
- ・ 第三者影響度の除去または低減

**補強**

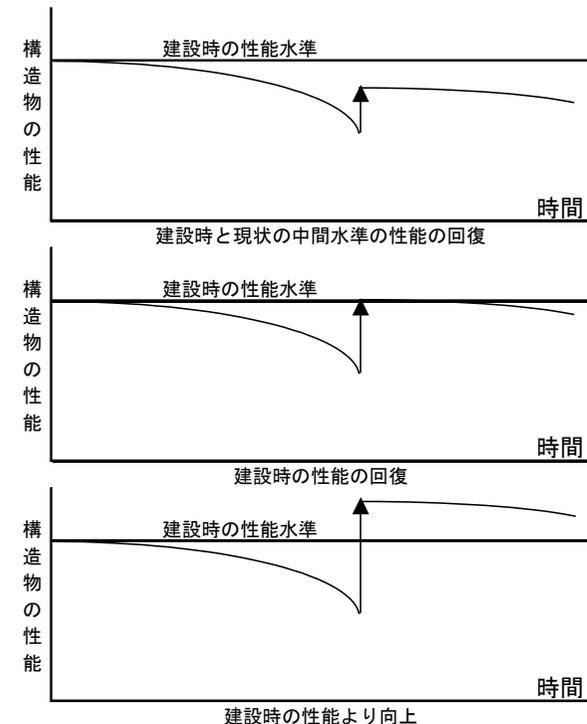
- ・ 力学的な性能低下を回復， 向上

### (目標とする性能水準の設定)

建設時と現状の中間水準の性能の回復

建設時の性能の回復

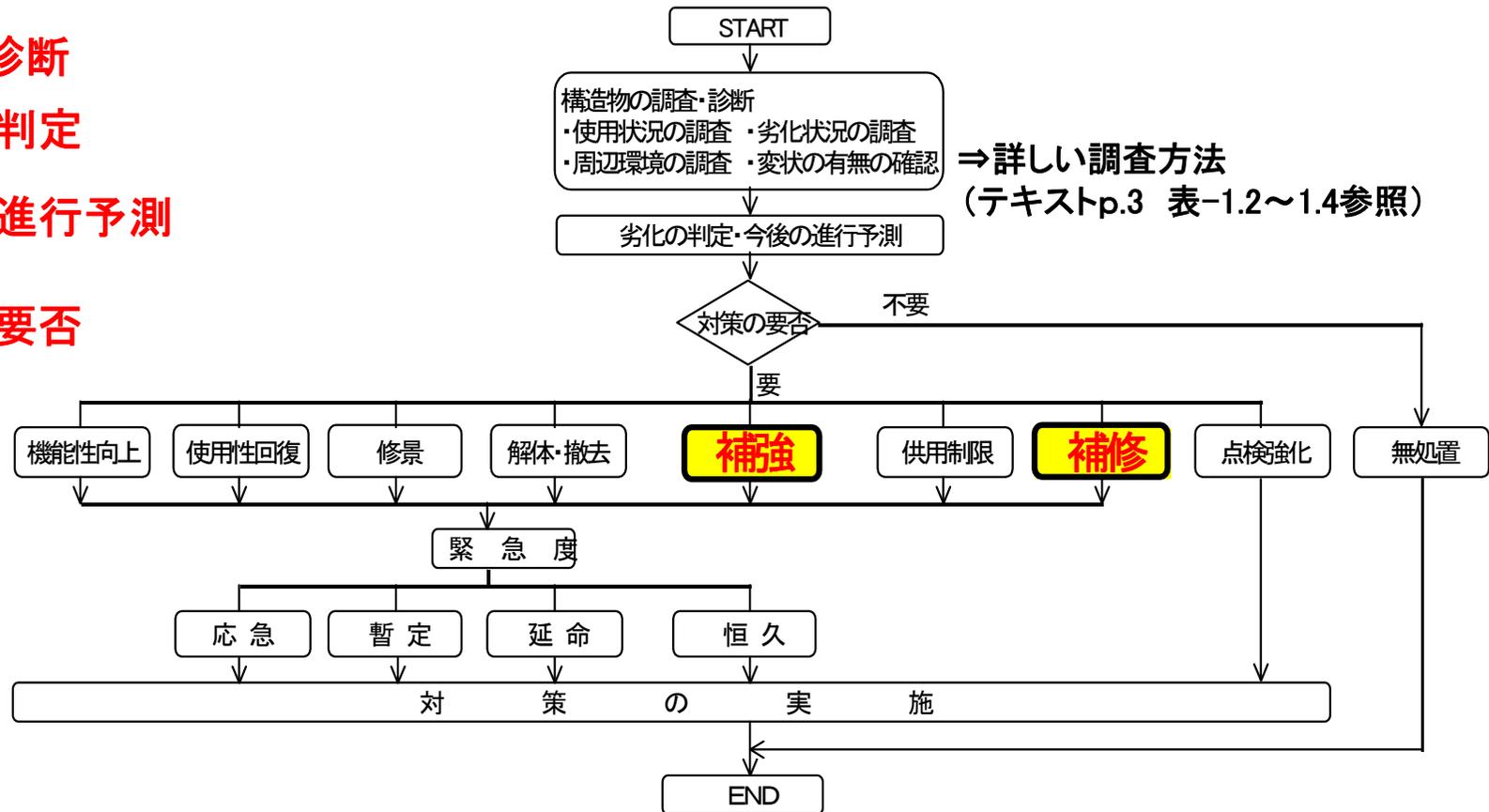
建設時の性能より向上



**性能に応じた材料および工法を選定することが重要**

## ■ 1.2節 維持管理の流れ

- 調査, 診断
- 劣化の判定
- 今後の進行予測
- 対策の要否
- 対策の検討



出典: 日本コンクリート工学協会: コンクリートの診断技術 '08

## 調査, 診断を実施

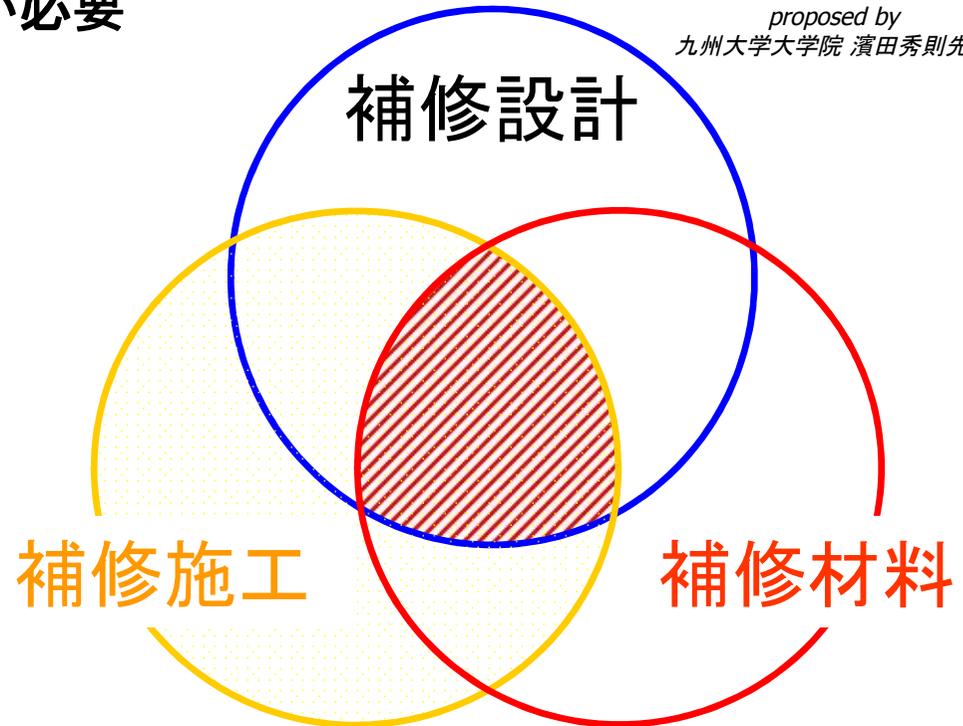
補修・補強対策が必要とされた構造物

## 適切な工法や材料の選定が重要

コンクリート構造物の補修・補強対策では、要求性能に応じた適正な材料の選定が必要

### (補修対策)

- 断面修復工法(材)
- 表面被覆工法(材)
- 表面含浸工法(材)
- ひび割れ注入工法(材)
- はく落防止工法(材)
- 電気化学的防食工法



proposed by  
九州大学大学院 濱田秀則先生

■ 補修における構造物の性能確保<sup>5</sup>

## ■ 第3章 補修工法の選定

### 第3章 補修工法の選定

- 3.1 劣化原因と現象
- 3.2 補修工法選定の方法
- 3.3 補修工法の選定例

## ■ 3.1節 劣化原因と現象

### 鉄筋コンクリートの主な劣化原因

劣化原因	劣化現象
中性化	コンクリートの中酸化による鉄筋近傍の pH 低下により鉄筋が腐食する現象
塩害	コンクリート中の内在塩化物イオンや外来塩化物イオンにより鉄筋不動態被膜が破壊され鉄筋が腐食する現象
凍害	コンクリート中の水分の凍結融解作用によりコンクリート組織がぜい弱化する現象、または、ぜい弱部からの外来劣化因子の進入により鉄筋が腐食する現象
化学的侵食	酸、アルカリのコンクリートへの進入によりコンクリートの組織が変質する現象、または変質部からの外来劣化因子浸入による鉄筋が腐食する現象
アルカリ骨材反応	コンクリート中のアルカリ成分と反応性骨材により生成したアルカリシリカゲルが吸水膨張することでコンクリートにひび割れが発生する現象、または発生したひび割れからの外来劣化因子により鉄筋が腐食する現象

## ■3.2節 補修工法選定の方法

【選定する際に考慮する項目】

構造物の種類、  
用途、使用環境

劣化状況

補修目的

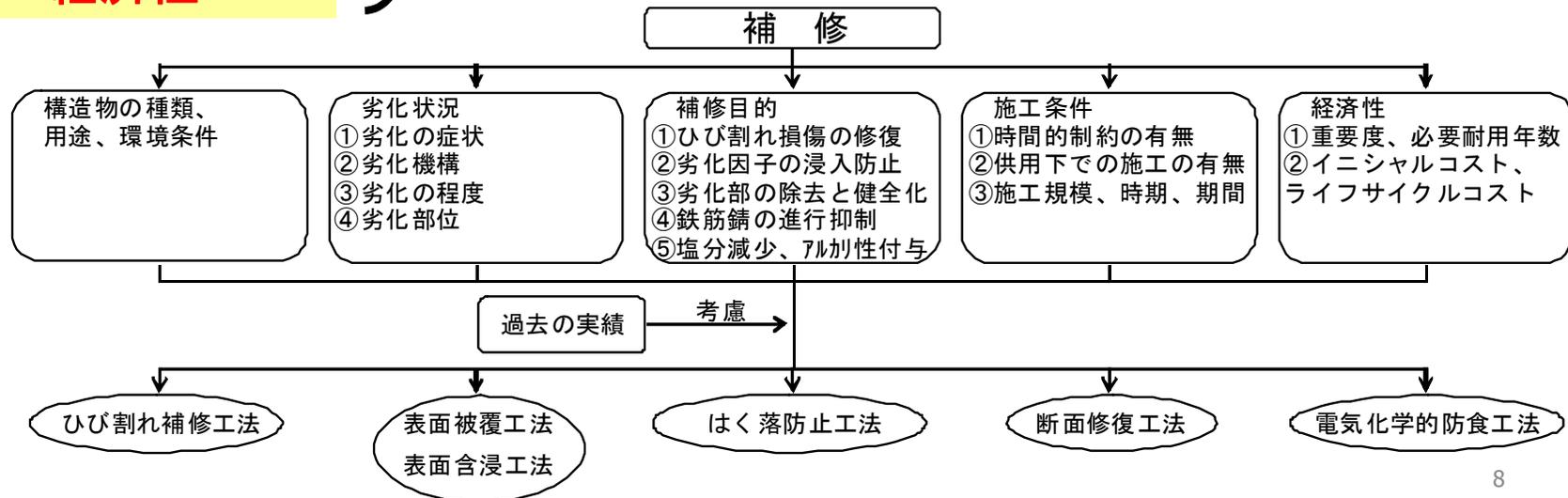
施工条件

経済性

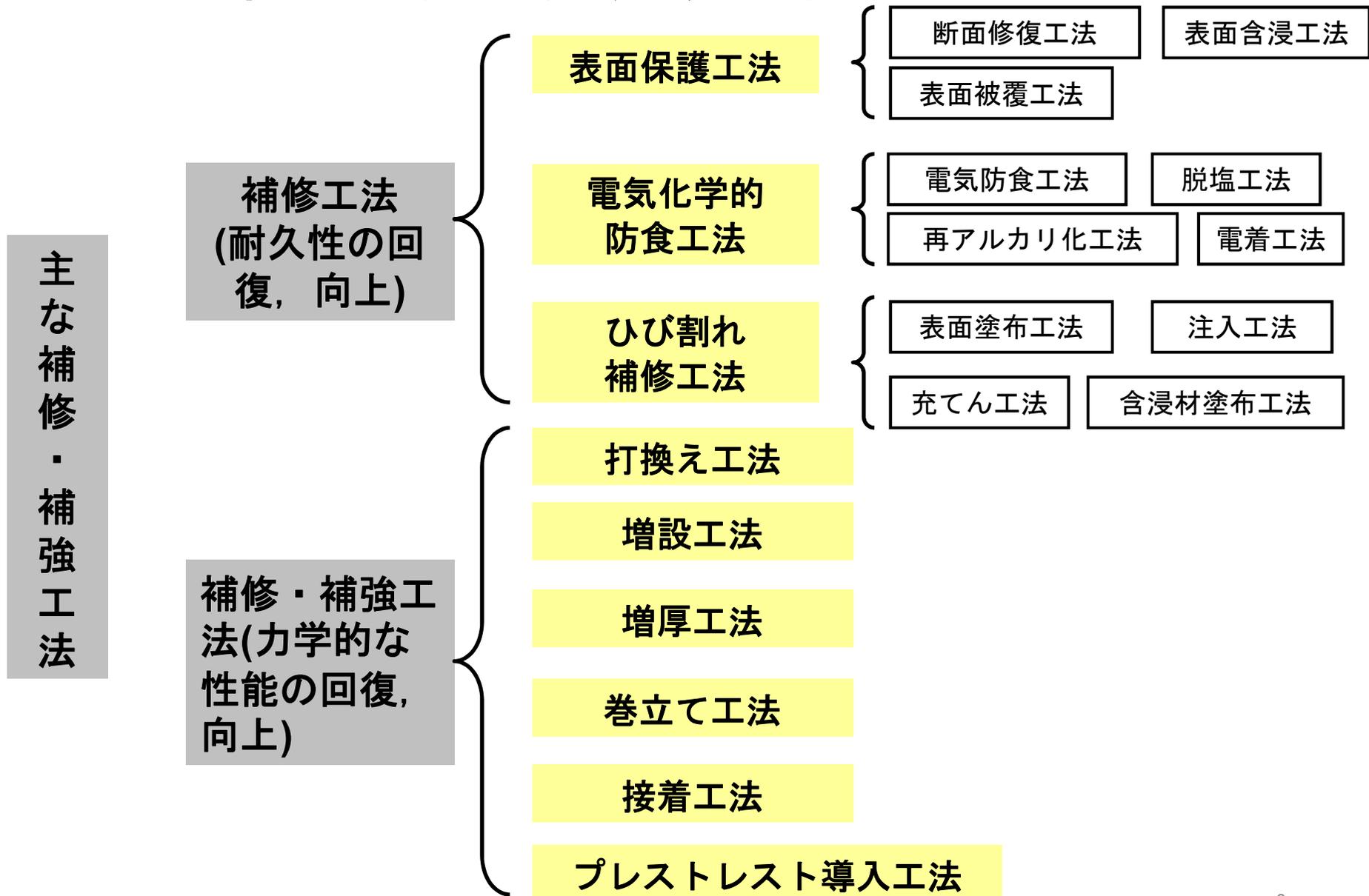
各項目を定性的、定量的に評価し、最終的な補修工法を選択

現状では体系的な選定フローが確立されていない

過去の補修実績とその効果を考慮して選択される場合もある。



## ■ 3.2節 補修工法選定例

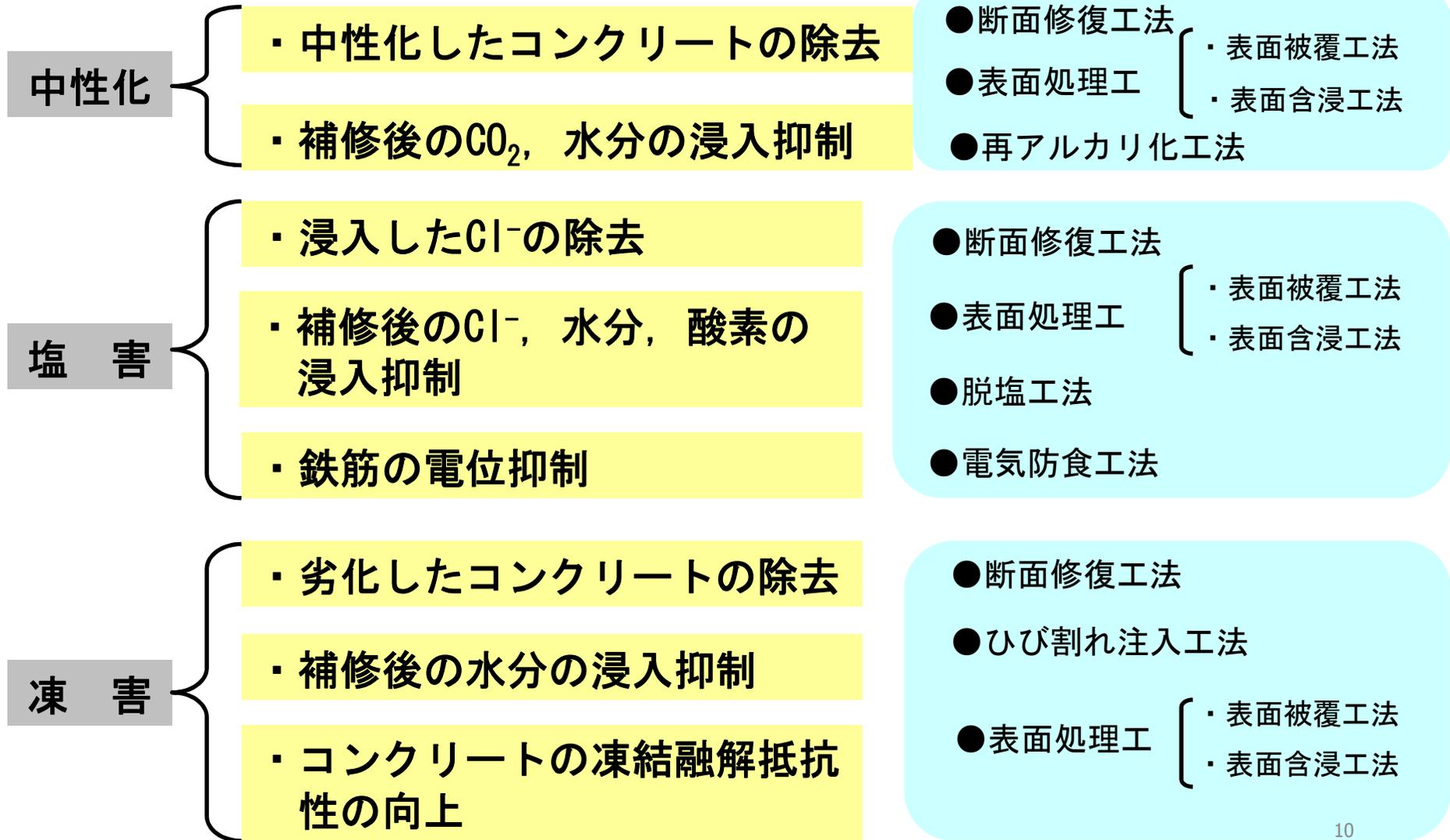


# 劣化原因に対する補修の方針と工法

●2007年制定コンクリート標準示方[[維持管理編] (土木学会)

## 補修の方針

## 補修工法 (の構成)



# 劣化原因に対する補修の方針と工法

●2007年制定コンクリート標準示方[[維持管理編] (土木学会)

## 補修の方針

## 補修工法 (の構成)

化学的 侵食	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 劣化したコンクリートの除去</li><li>・ 有害化学物質の浸入抑制</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 断面修復工法</li><li>● 表面処理工<ul style="list-style-type: none"><li>・ 表面被覆工法</li><li>・ 表面含浸工法</li></ul></li></ul>
アルカリ 反応	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 水分の供給抑制</li><li>・ 内部の水分の散逸促進</li><li>・ アルカリ供給抑制</li><li>・ 膨張抑制      ・ 部材剛性の回復</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 水処理 (止水, 排水処理)</li><li>● ひび割れ注入工法</li><li>● 表面処理工<ul style="list-style-type: none"><li>・ 表面被覆工法</li><li>・ 表面含浸工法</li></ul></li><li>● 巻立て工法</li></ul>
疲 勞	<ul style="list-style-type: none"><li>・ ひび割れ進展の抑制</li><li>・ 部材剛性の回復</li><li>・ せん断耐荷力の回復</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 水処理 (排水処理)</li><li>● 床版防水工法</li><li>● 接着工法      ● 増厚工法</li></ul>
すり 減り	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 減少した断面の復旧</li><li>・ 粗度係数の回復・改善</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 断面修復工法</li><li>● 表面処理工<ul style="list-style-type: none"><li>・ 表面被覆工法</li><li>・ 表面含浸工法</li></ul></li></ul>

## ■ 第4章 断面修復工法と断面修復材

### 第4章 断面補修工法と断面修復材

- 4.1 断面修復工法の一般
- 4.2 断面修復材の一般
- 4.3 工法の種類と特徴
- 4.4 工法の選定
- 4.5 断面修復材の種類と特徴
- 4.6 断面修復材の選定
- 4.7 要求性能の分類と確認方法

## ■4.1節 断面修復工法の一般

### ●左官工法，充てん工法，吹付け工法

※過去に多く採用され，実績の多い工法

#### 【断面修復工法の特徴】

構造物を健全な状態に回復可能

劣化したコンクリート部分ならびに腐食した鉄筋部分を完全に除去

既存コンクリートの性状に近い

セメントモルタル  
ポリマーセメントモルタル

既存構造物あるいは建設時の水準以上とすることが可能

断面修復工法に使用する材料を適切に選択する

補強（力学的性能向上）も可能

鉄筋量の追加による構造物の耐荷性や耐震性等の向上

あらゆる劣化原因や劣化の進行過程に対応が可能

劣化原因（中性化，塩害，凍害，化学的腐食，アルカリ骨材反応），劣化の進行過程（潜伏期，進展期，加速期，劣化期）

他の補修工法との併用による相乗効果

他の補修工法との併用実績が多い

## ■4.3節 工法の種類と特徴

### 【断面修復工法の種類】

左官工法

充てん工法

吹付け工法

## ■ 左官工法

型枠を設置せずコテ等を用いて断面修復材を塗りつける施工法

- 型枠の設置が不要
- 断面修復箇所が小規模や点在している場合に適用（経済的理由）
- 施工方向：全ての方向に（下向き，横向き，上向き）適用可能



## ■ 充てん工法

型枠を設置し，流動性の高いモルタルやコンクリートを型枠の中に流し込む施工法

断面が10cm以上：コンクリート打継ぎ工法，プレパックス工法

断面が5cm程度：モルタル充てん工法

- 大規模（100m<sup>2</sup>以上）に適用
- 厚い面でも塗り重ねが不要
- 型枠を組むことで，構造体の側面や下面にも施工が可能

【側面充てんの施工】



【下面充てんの施工】



# ■ 吹付け工法 「すぐに役立つ セメント系補修・補強材料の基礎知識 第2版」 pp.31-32

型枠を設置せず，モルタルやコンクリートを圧縮空気や遠心力等により施工する施工法

●主に上向きや側面の断面修復に用いられる

## 湿式吹付け工法

- 吹付け設備が比較的コンパクト
- リバウンドが比較的少ない



## 乾式吹付け工法

- 施工能力が大きい
- 1層当たりの施工厚さが厚い(10cm以上)
- 長距離圧送が可能



## ■4.4節 工法の選定

### 条件による区分例

施工規模

施工面積

最小施工厚み

### 左官工法

施工規模:小規模(10m<sup>2</sup>以下)  
施工面積:0.5~1.0m<sup>2</sup>/箇所以下  
最小施工厚み:5mm以上  
重ね塗り時間:2時間程度

### 充てん工法

施工規模:大規模(100m<sup>2</sup>以上)  
施工面積:欠損部容積数10m<sup>3</sup>程度  
最小施工厚み:10mm以上

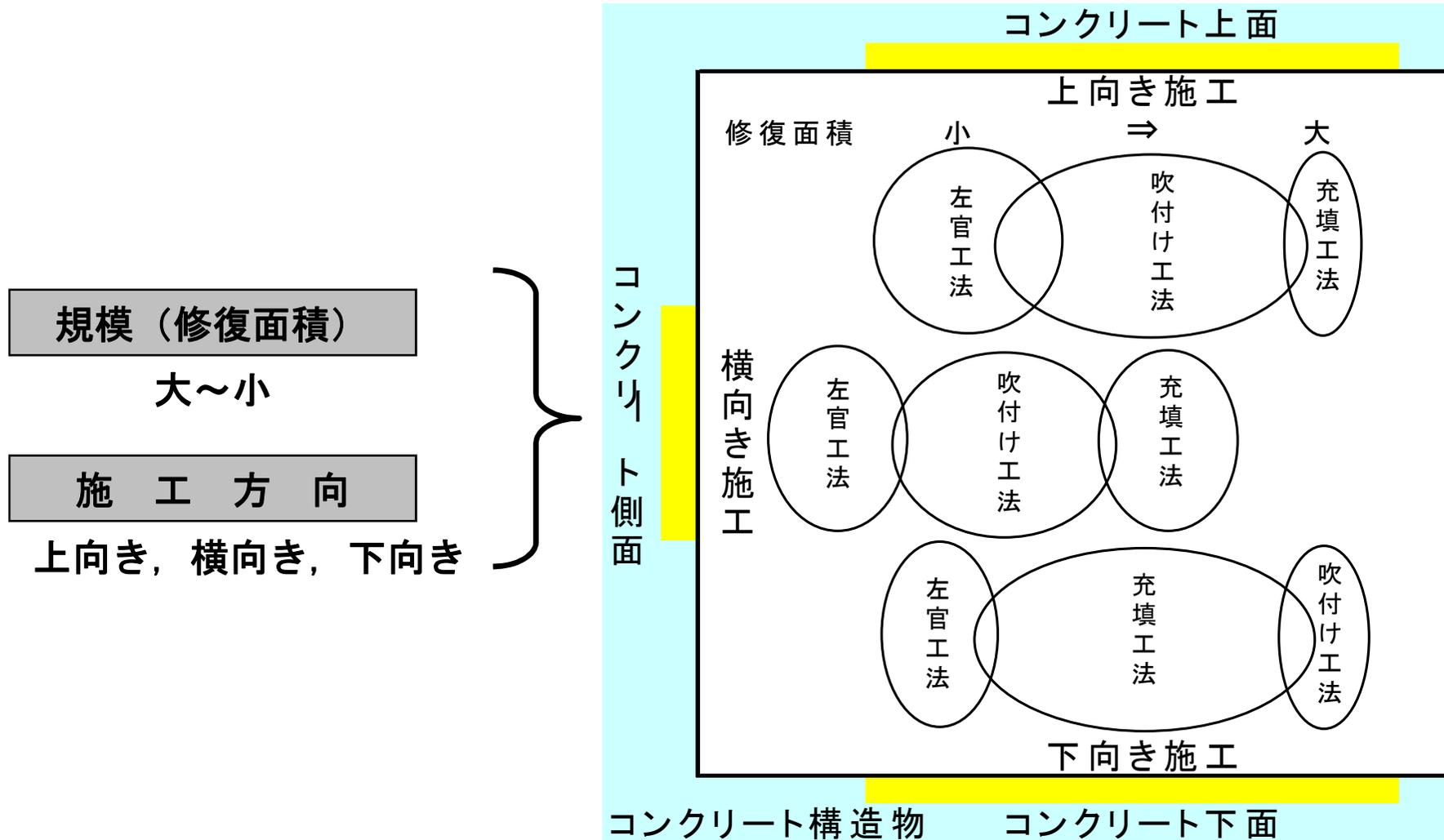
### 吹付け工法

施工規模:中~大規模(10~100m<sup>2</sup>)  
施工面積:10m<sup>2</sup>/箇所以上  
最小施工厚み:10mm以上

断面修復工法の種類

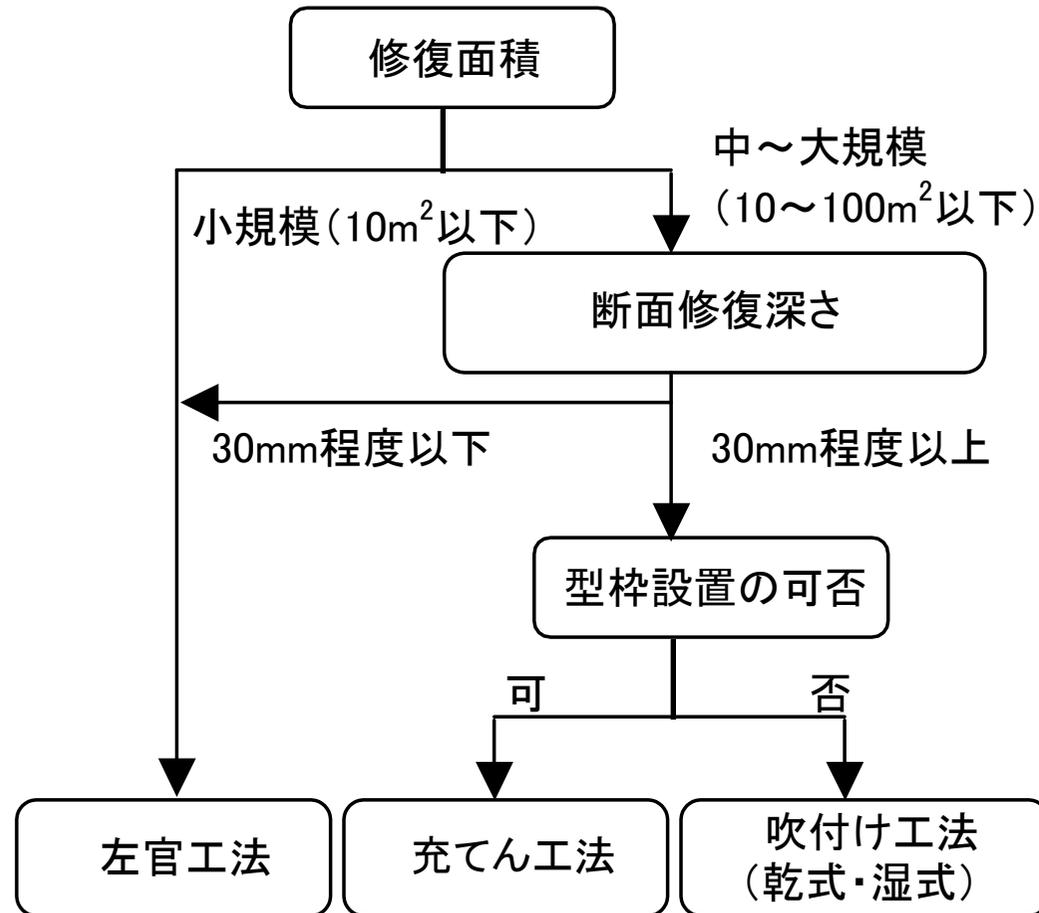
## ■4.4節 工法の選定

### 規模（修復面積）・方向による区分例



## ● 施工工法の選定の一例

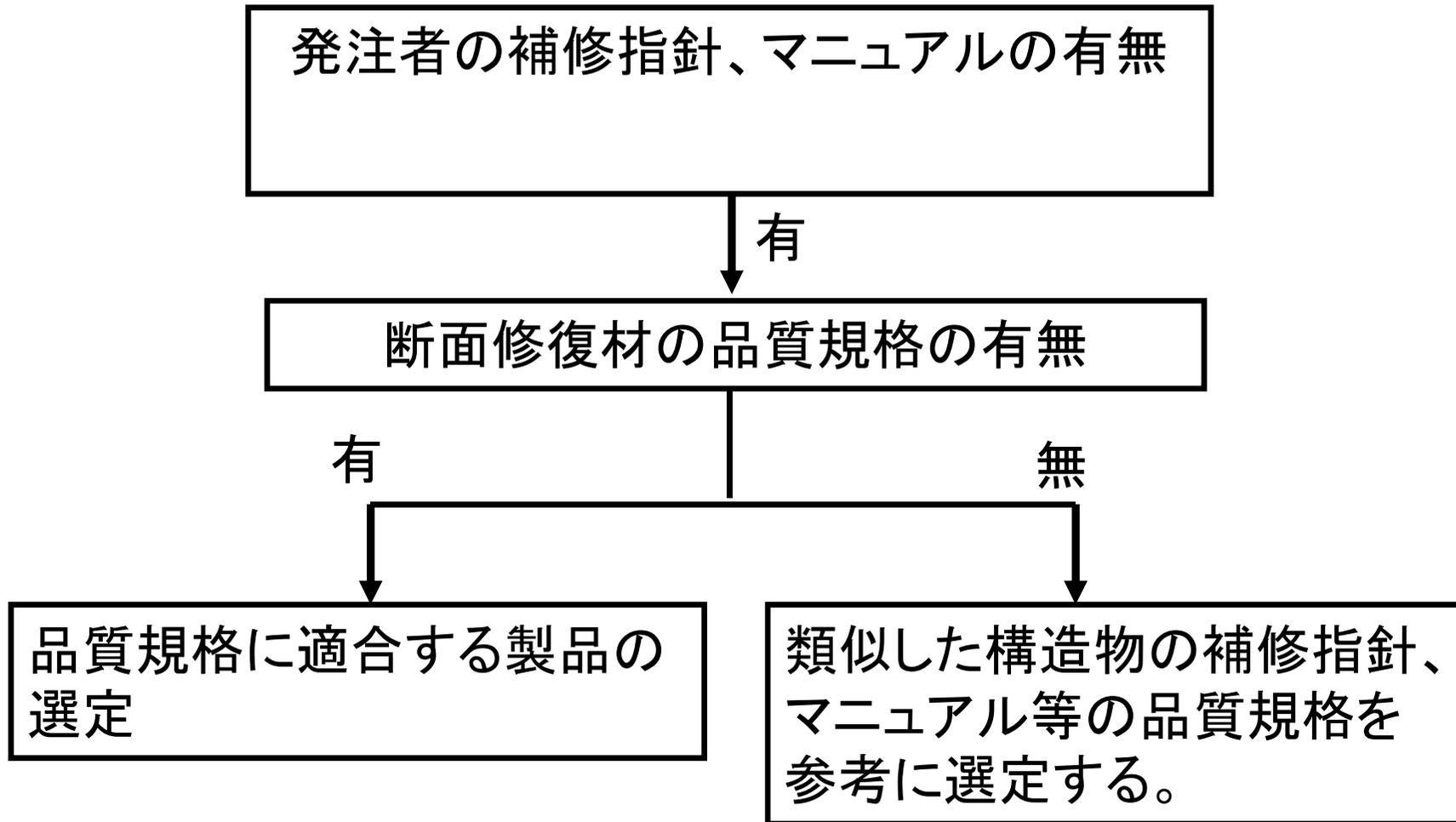
修復面積  
断面修復深さ  
型枠設置の可否  
による分類例



- 構造物の立地条件、環境条件により異なる場合がある。
- 1箇所施工面積が小さくても箇所数が多い場合に吹付け工法が選定される場合がある

## ■ 4.6節 断面修復材の選定

### 断面修復材を選定するまでの流れ



\* 考慮すべき要求性能があれば抽出・追加する。

## ■ 4.7節 要求性能の分類と確認方法

### 断面修復の要求性能 力学的性能（**圧縮強度**）

#### ● 圧縮強度試験（供試体の形状，養生が異なる）

JIS A 1171, JIS R 5201

JIS A 1132, JIS A 1108



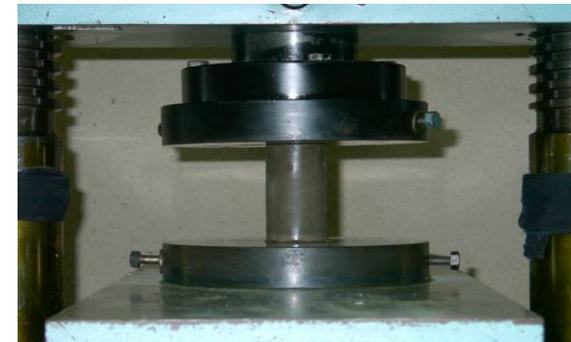
角柱供試体の型枠



角柱供試体による測定状況



円柱供試体の型枠



円柱供試体による測定状況

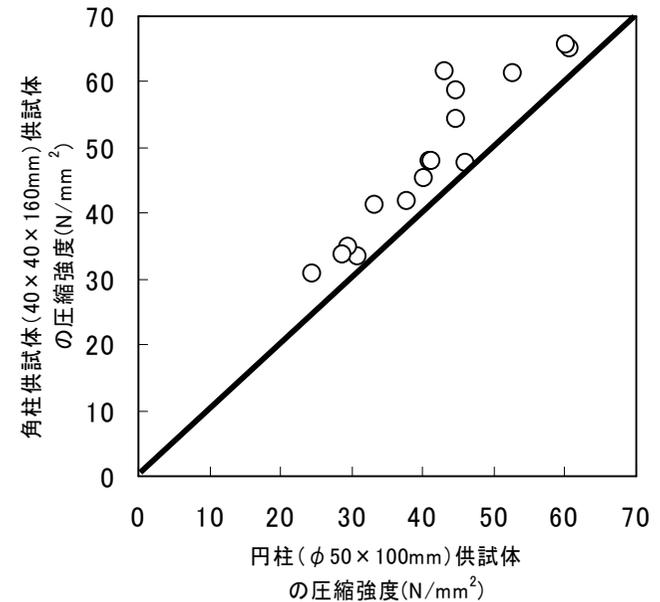
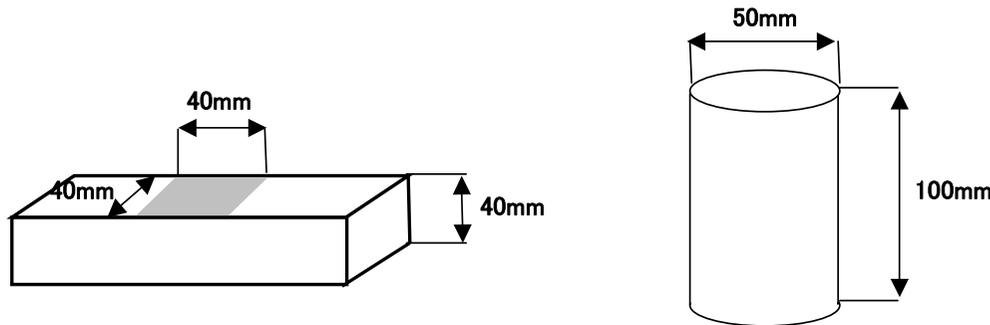
## ■ 4.7節 要求性能の分類と確認方法

### 断面修復の要求性能 力学的性能（**圧縮強度**）

● 評価における留意点

供試体の形状および寸法の影響

試験方法	供試体寸法 (mm)	H/D	圧縮強度の傾向
JIS R 5201 JIS A 1171	40×40×160の 角柱供試験体	1	円柱供試体より 高い
JIS A 1108	φ50×100の円 柱供試体	2	角柱供試体より 低い



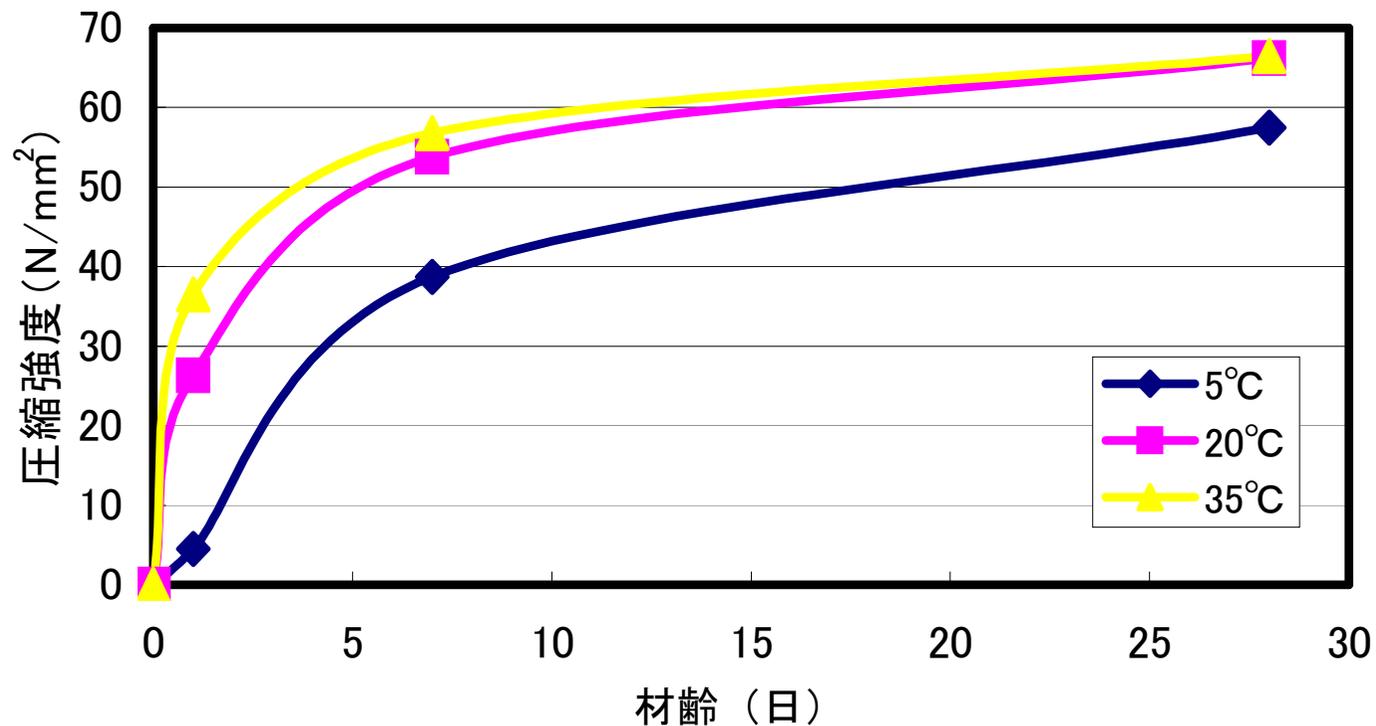
**円柱供試体（φ5×10cm）は、  
角柱供試体と比べ強度が低い傾向**

## ■ 4.7節 要求性能の分類と確認方法

断面修復の要求性能 力学的性能（**圧縮強度**）

### ● 環境温度

環境温度により強度発現が異なる



冬場の強度確認は、注意が必要

## ■4.7節 要求性能の分類と確認方法

断面修復の要求性能 力学的性能（**接着強度**）

### ●接着強度試験（JIS A 1171）

基材にはモルタル（20×70×70mm）を使用



## ■4.7節 要求性能の分類と確認方法

断面修復の要求性能 力学的性能（**接着強度**）

### ●その他の試験方法

建研式引張試験機



油圧式簡易引張試験機



- 基材にコンクリート平板を使用した試験に使用する。
- 試験時にカッターで切り込みを入れるが、若材齢では接着強度に影響する場合がある。

## ■4.7節 要求性能の分類と確認方法

断面修復の要求性能 力学的性能（**接着強度**）

### ●接着強度の評価における留意点



既存コンクリートが破壊



既存コンクリートと断面修復材  
の界面での破壊

破断箇所および接着強度の値により評価が大きく異なる。  
⇒ (p.49, 表-4.8)

### 〔破断箇所を観察する〕

- ①基材コンクリート
- ②コンクリートと断面修復材の界面
- ③断面修復材の凝集破壊
- ④鋼製ジグのはく離

## ■4.7節 要求性能の分類と確認方法

### ひび割れ抵抗性試験（長さ変化試験方法）

#### 長さ変化の評価における留意点

ひび割れ抵抗性試験



長さ変化率試験方法

（直接モルタルの長さ変化を測定する）

試験方法により  
養生条件が異なる

（JIS A 1171, NEXCO試験法432等）  
⇒図-4.19



養生条件によりモルタル  
の乾燥収縮が異なる



長さ変化試験の測定状況例

## ■4.7節 要求性能の分類と確認方法

耐久性の項目と断面修復材の選定方法例⇒p. 50, 表-4. 9

中性化に対する抵抗性



中性化試験

塩化物イオンの浸透（塩害）に対する抵抗性



塩化物イオン  
浸透深さ試験

凍結融解に対する抵抗性



凍結融解抵抗性試験

化学的侵食に対する抵抗性



耐硫酸性試験等

## ■4.7節 要求性能の分類と確認方法

### 中性化試験



- 中性化促進環境槽内(CO<sub>2</sub>濃度5%)に静置した試験体を割裂し、試薬で中性化深さを測定する。この結果から中性化速度係数を算出。

### 塩化物イオン浸透深さ試験



- 塩水に浸漬した後、試薬で浸透深さを測定して評価
- 電気泳動による試験前後の濃度の差から評価

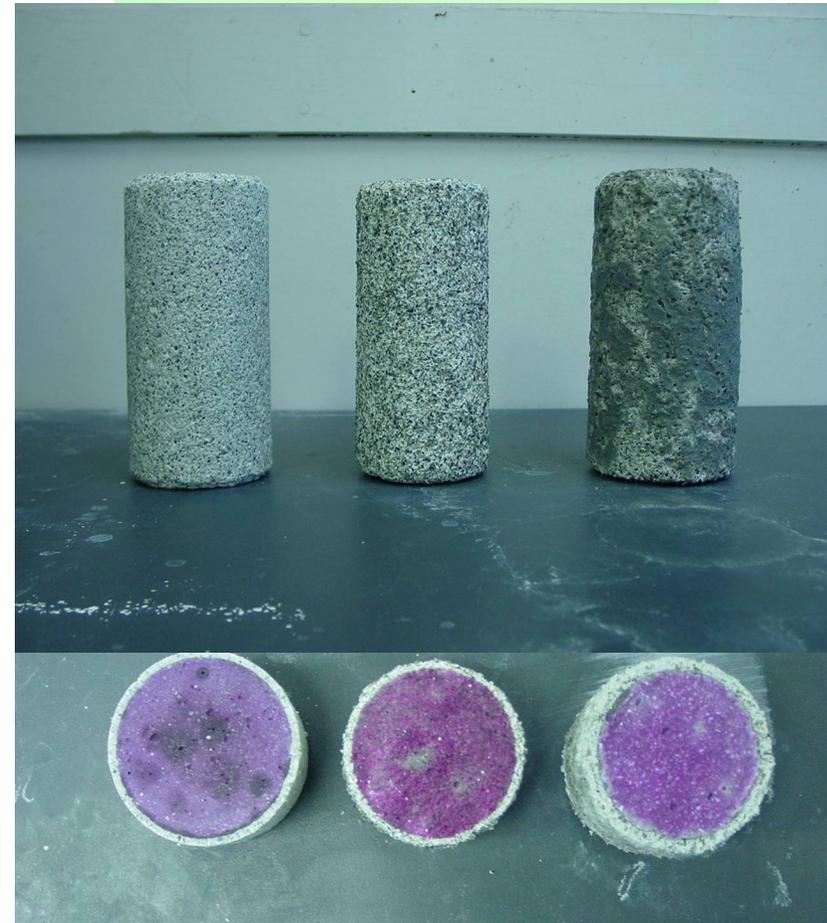
## ■4.7節 要求性能の分類と確認方法

### 凍結融解抵抗性試験



- 試験体温度が $+5\sim-18^{\circ}\text{C}$ となるように凍結融解を行った後，外観，共鳴振動（相対動弾性係数），質量変化から評価。

### 耐硫酸性試験



- 所定の濃度の薬品（硫酸）に浸漬後，浸透した深さから評価

## ■4.7節 要求性能の分類と確認方法

施工性能

モルタルのフレッシュ性状を確認する試験方法

フロー試験器具



スランプ試験器具



J<sub>14</sub>ロート試験器具



左官材、吹付け材の施工性能  
を主に評価する器具

充填材の施工性能  
を主に評価する器具

現場で試験困難

現場で簡易に試験可能

## ■ 第6章 施工要領の代表例

### 6.1 断面修復工法の代表的な施工要領

#### 6.1.1 施工工程

#### 6.1.2 前処理工

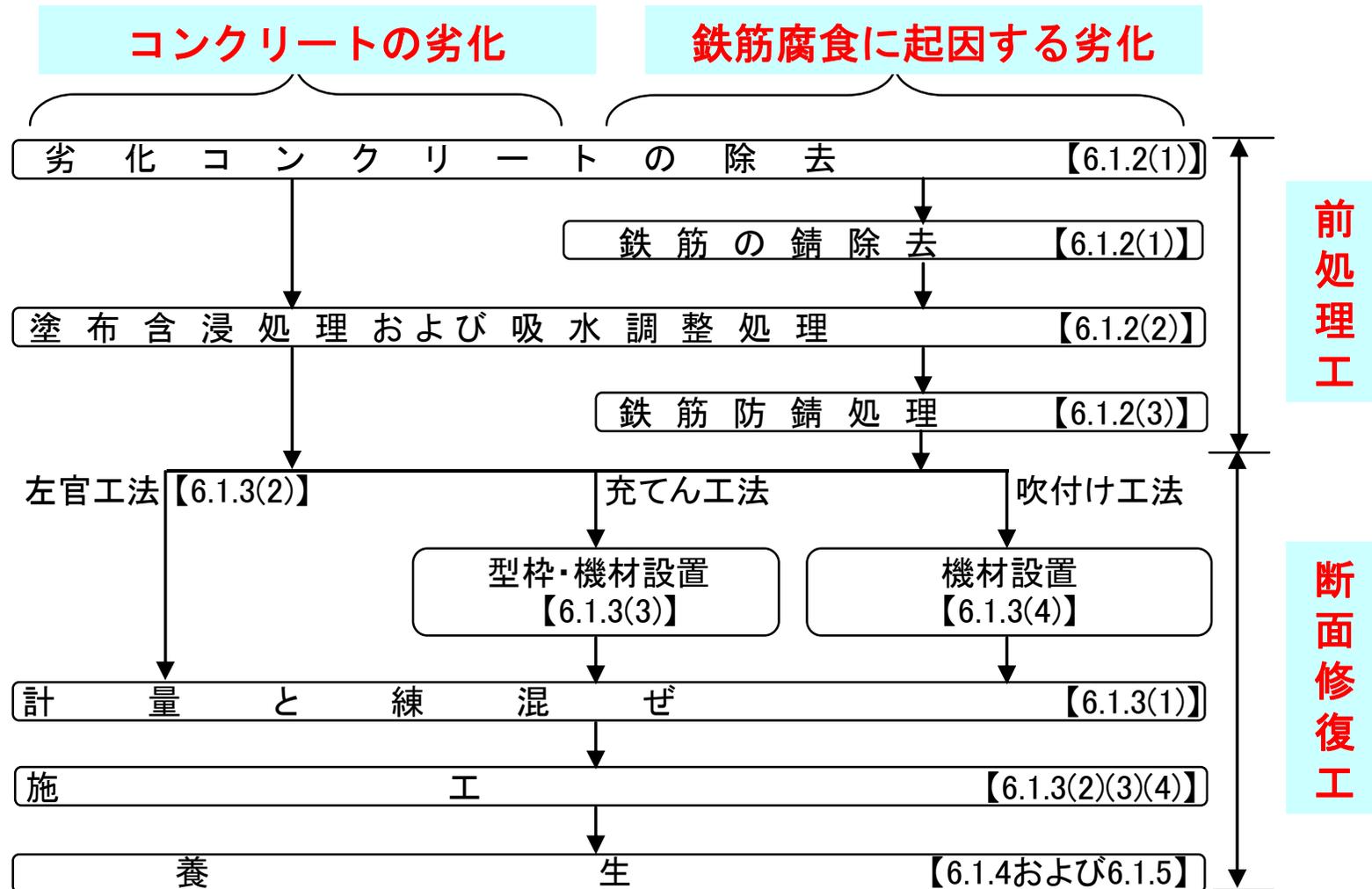
#### 6.1.3 断面修復工

#### 6.1.4 養生

#### 6.1.5 冬期・夏期における注意事項

## 6.1.1 施工工程

(断面修復工の施工フロー)



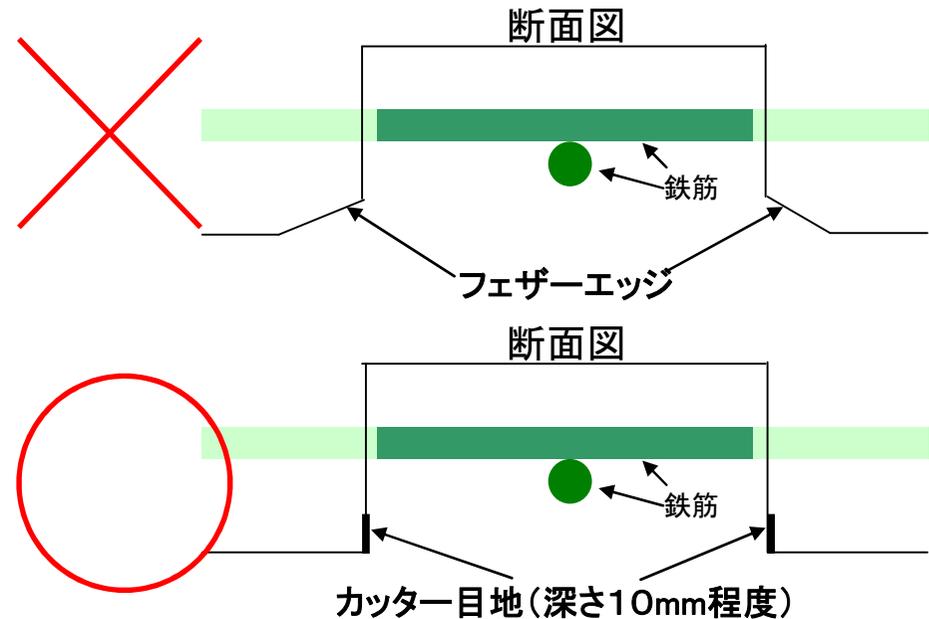
## ■6.1.2 前処理工 (劣化コンクリート除去の留意点)

### フェザーエッジの発生防止

フェザーエッジ部では断面修復材の厚みが薄くなり、はがれ、ひび割れ等の再劣化を起こしやすい。



はつり箇所周囲に  
10mm程度カッターを入れる



### 下地材のほこり等の除去



高圧洗浄等で下地に残るほこり、脆弱部は取り除く

はつり作業により生じる、下地材のほこり等は断面修復材の接着不良の要因となる。

## ■6.1.2 前処理工

### プライマー材(吸水調整材) , 防錆材(亜硝酸塩系) 使用の留意点

断面修復材とプライマーの組合せによっては、接着強度に差が生じる場合がある。



- プライマーは、施工要領書に記載された材料を使用。
- 希釈の有無、塗布量、塗布間隔を確認の上使用。

防錆材を断面修復材に添加した場合、断面修復材の物性（流動性、凝結時間等）が変化する場合がある。



- 防錆材（亜硝酸塩系）を断面修復材に添加する際は、製造業者に確認。

## ■6.1.2 前処理工

### 鉄筋の錆除去，防錆処理における留意点

鉄筋のほこりの除去

防錆材の付着を阻害



高圧洗浄でほこりを確実に除去

錆の再発生防止

錆を落とした鉄筋を放置すると，錆が再び生じる



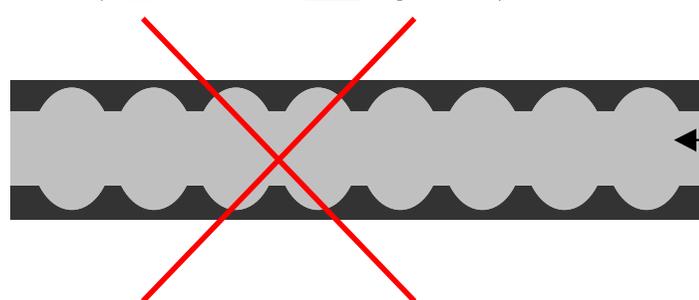
防錆材の塗布は，錆落とし後早めに行い，塗り残しがないように塗布

ポリマーセメント系防錆材の塗布方法



鉄筋の凹凸が鉄筋防錆材でなくならないように注意して塗布

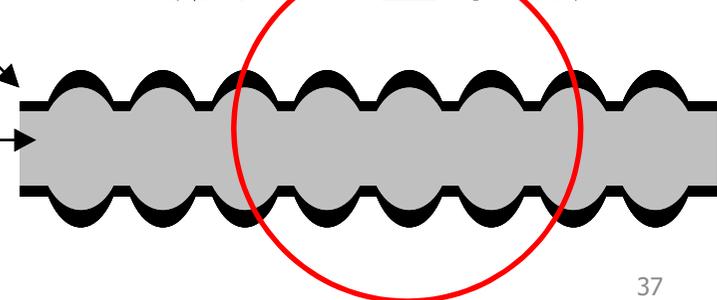
〔悪い 塗布例〕



防錆ペースト

鉄筋

〔良い 塗布例〕



## ■6.1.3 断面修復工

### ●練混ぜ水量が物性に与える影響

指 標	練混ぜ水量の 増加(過剰)	練混ぜ水量の 減少(不足)
流動性	上 昇	低 下
コテ押え	ダ レ	負荷増
吹付け	ダ レ	閉 塞
圧縮・曲げ強度	低 下	上 昇
接着・耐久性	低 下	上 昇※

※状況により低下：締め固め不足が発生した場合



- 練混ぜ水量は、製造業者が定めた範囲内で決定。
- フロー試験等で、材料の適切な硬さを判断する。

## ■6.1.3 断面修復工

### ●練混ぜ機械が性能に与える影響

アルミ製攪拌羽根のハンドミキサ

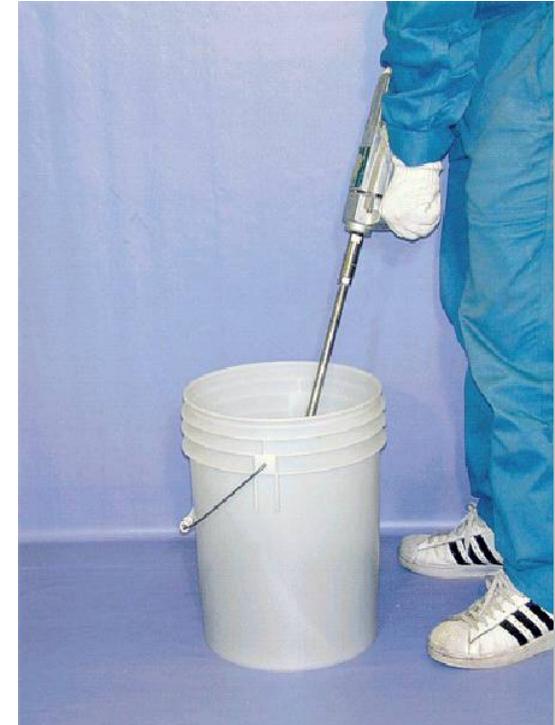
容器や骨材により削られ、アルミの粉が発生



アルミの粉がセメントのアルカリ成分と反応することで発泡（水素ガスが発生）し、断面修復材の強度低下を起こす場合がある。



アルミ製攪拌羽根の付いたハンドミキサは使用しない

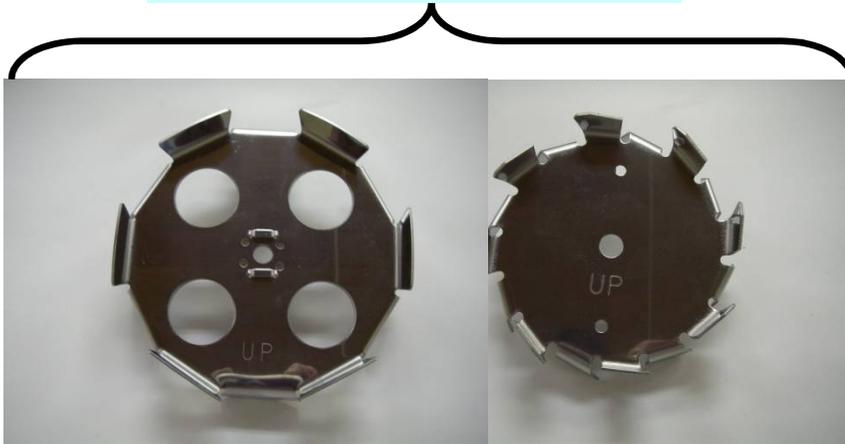


## ■ 6.1.3 断面修復工

### ● 練混ぜ機械が性能に与える影響

ハンドミキサの羽根の形状

ディスクタイプ



流動性の高い材料に適する  
充てん材(グラウト材)向き

スクリュータイプ



粘性の高い材料や繊維が入った材料に適する  
左官, 吹付け材向き

羽根の形状は練混ぜる材料の種類に合わせ適宜選択

## ■6.1.3 断面修復工

### ●練混ぜ時間が性能に与える影響

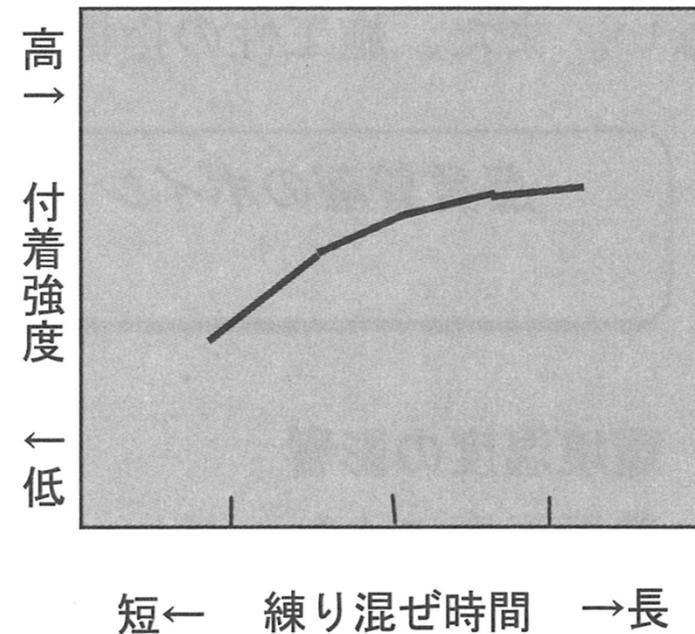
練混ぜ時間が短い場合、  
接着強度が低くなる傾向

ポリマーセメントモルタルでは、練混ぜ時間が短いと、ポリマーの性能が発揮されない場合があるため。



所定の性能を発揮させるため  
十分な練混ぜが必要

ただし、過剰な練混ぜは、エアの巻き込み等による強度低下をまねく場合もある。



適切な練混ぜ時間を確認

## ■6.1.3 断面修復工

### ●養生方法，冬期・夏期の注意事項

**強風・直射日光による乾燥ひび割れ防止**

シート養生，養生剤の塗布

**冬期，強度発現前の初期凍害防止**

- ・練混ぜ水に温水を使用
- ・シート養生，ヒーター養生

※急結の恐れがあるため水を40℃以上に加熱しない

**夏期，高温時の異常凝結防止**

- ・練混ぜ水に冷水を使用，冷却



〔シート養生状況〕

# セメント系補修・補強材料の製品紹介

各種工法・材料毎に製品名やタイプ（例えば、高強度・速硬・軽量）を整理しました。  
製品を検討する際にご活用下さい。

(ポリマー)セメントモルタル		左官工法・モルタル塗替え工法用				
		品名	タイプ	一材型 <sup>※1</sup>	二材型 <sup>※2</sup>	社名
補修工法	土木 建築	NEM-R1	高強度		※3	日鉄住金セメント㈱
		NEM-TP	高強度	●		
		NEM-RS	高強度		※3	
		NEM-RS (速硬型)	高強度、速硬		※3	㈱トクヤマエムテック
		リペアミックス	汎用	●		
		リペアミックスPRO	速硬、軽量	●		
		RF厚付モルタル	汎用		●	

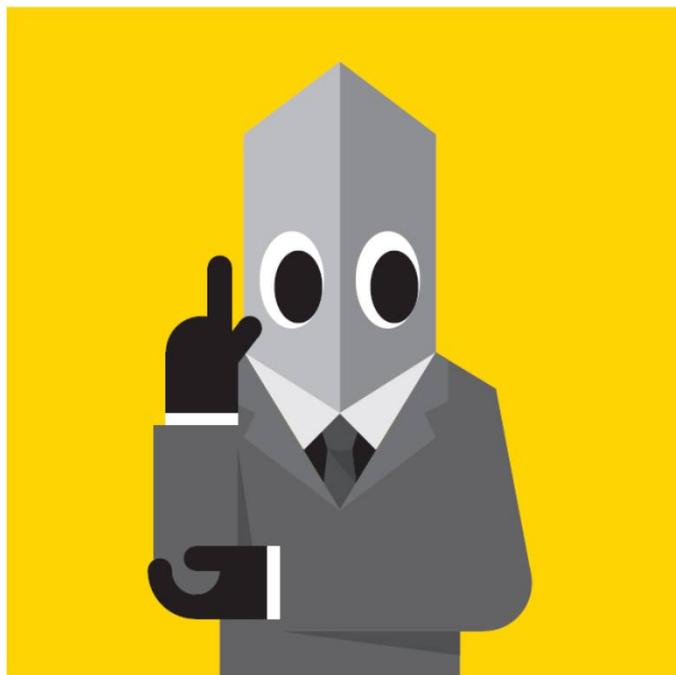
左官工法用(ポリマー)セメントモルタルの一例

本製品紹介は会場の出入口  
付近にございます。  
ご自由にお持帰り下さい。



製品紹介の表紙

ご清聴有難うございました。



セメント協会 オリジナルキャラクター  
「セメタローと申します」