

コンクリート構造物の補修・補強に関するフォーラム2019

セメント系補修材料の基礎知識

～ひび割れ注入工法と断面修復工法を中心に～

一般社団法人セメント協会
コンクリート普及専門委員会
セメント系補修・補強材料推進WG

「セメント系補修・補強材料の基礎知識」 第二版



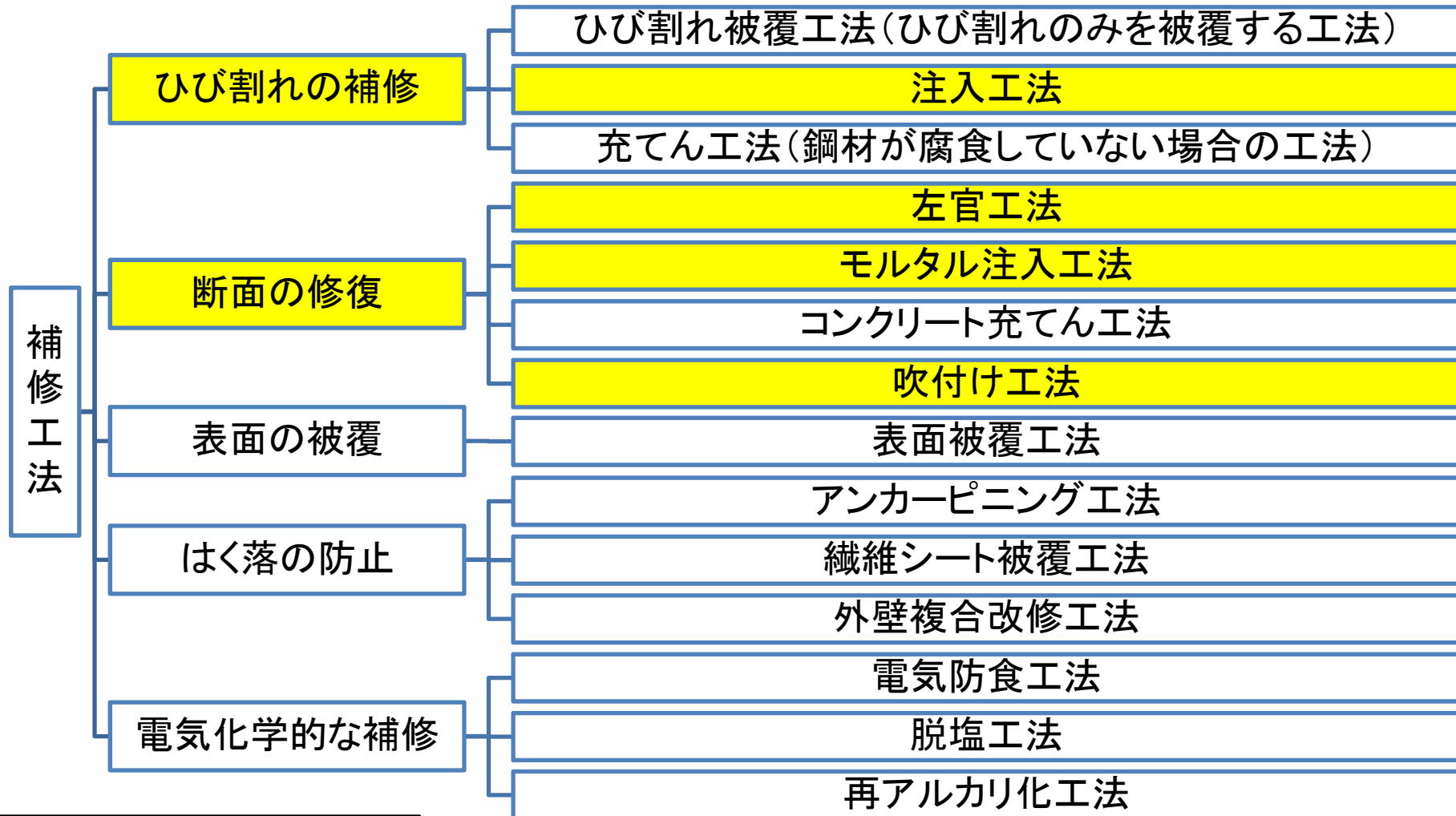
2006年8月に初版

- セメント系補修・補強用材料の選定において、わかり易く、活用し易い、実務的な技術資料
- 断面修復工法、グラウト工法を中心に材料・工法の解説

2011年8月に改定版

- ひび割れ注入材、表面被覆材、表面含浸材、電気化学的防食工法等の工法・材料の解説を追加
- 耐久性、ライフサイクルコストについて解説
- 補修・補強に関する現場での失敗事例を解説

セメント系補修工法の分類



本日、ご紹介する内容

ひび割れ注入工法

セメント系（無機系）の注入工法の位置づけ

評価 I で対象とするひび割れ （乾燥収縮や水和熱のひび割れなど竣工から数年内に収集するひび割れをさす）									
ひび割れ（乾燥収縮など）									
ひび割れ部の挙動									
小						大			
適用可能なひび割れ幅						適用可能なひび割れ幅			
0.2mm以下		0.2～1.0mm		1.0mm以上		0.2mm以下	0.2～1.0mm	1.0mm以上	
補修工法	ひび割れ被覆工法		注入工法		充てん工法		ひび割れ被覆工法	注入工法	充てん工法
	塗膜弾性防水材 or ポリマーセメントペースト		エポキシ樹脂注入材 or アクリル樹脂系注入材 or 注入用ポリマーセメント		ポリマーセメントモルタル or 可とう性エポキシ樹脂		塗膜弾性防水材	〈軟式系〉エポキシ樹脂注入材 or アクリル樹脂系注入材	シーリング材（ウレタン樹脂） （シリコン樹脂） or 可とう性エポキシ樹脂
補修材料									

出典：日本コンクリート工学協会：コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針-2013-、p.121を加筆修正

セメント系（無機系）ひび割れ注入材の特徴

役割

既存コンクリートと同質の注入材料でひび割れを充てんして、外部からの劣化要因から鉄筋を守る

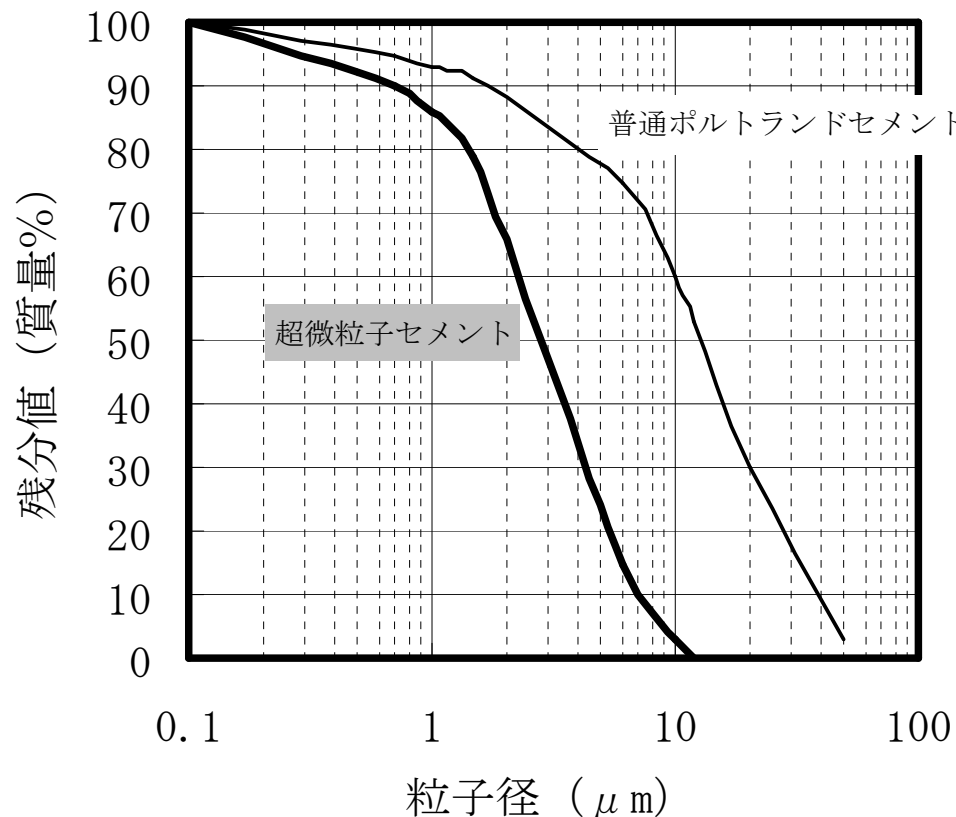
材料の特徴

ひび割れの隅々に注入材を充てんさせるために、

- 1) 通常のセメントよりも細かい（超微粒子セメント）
- 2) 流動性が持続できるように材料設計

セメント系(無機系)ひび割れ注入材の特徴

特徴1: 通常のセメントよりも細かい(超微粒子セメント)



超微粒子セメントの
最大粒径は、
普通ポルトランドセメントの
1/4程度

超微粒子セメントの粒度分布 測定例
(中村 他:MMCC研究報告、No.2(1989))

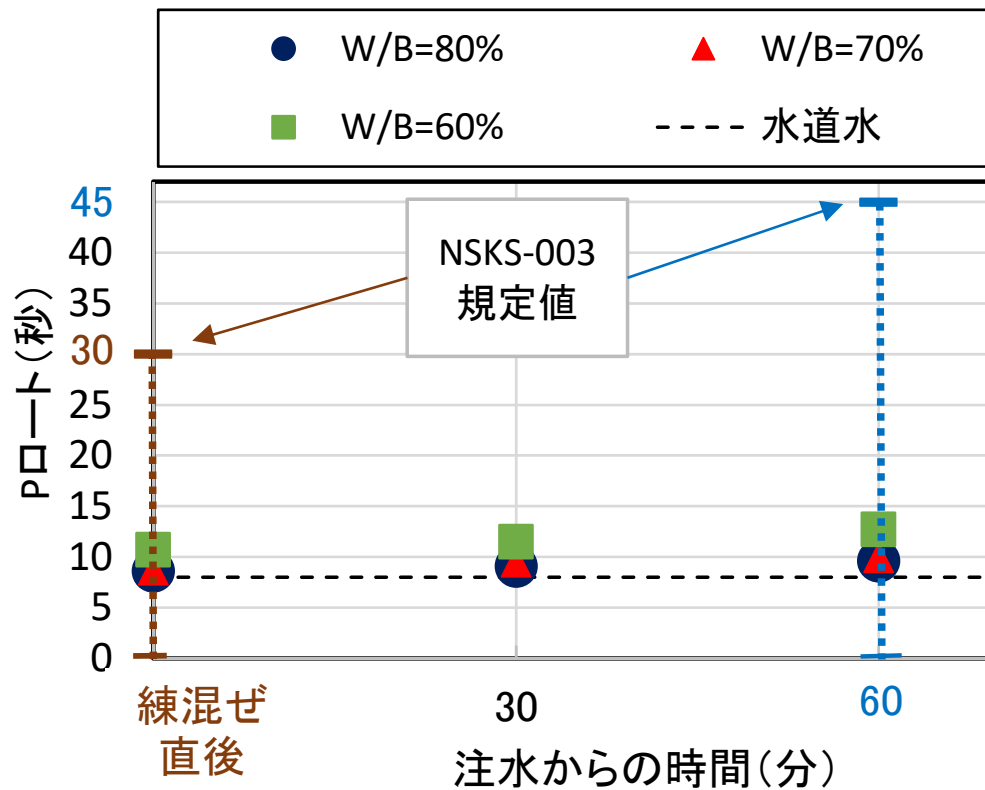
セメント系(無機系)ひび割れ注入材の特徴

特徴1: 通常のセメントよりも細かい(超微粒子セメント)



セメント系(無機系)ひび割れ注入材の特徴

特徴2: 流動性が持続する



W/Bによって、
流動性が異なるものの、
日本建築仕上材工業会の
規定値を十分に満足する。

セメント系(無機系)ひび割れ注入材の規格値一例

		NEXCO構造物 施工管理要領	日本建築 仕上材工業会	日本コンク リート工学会	鉄道総合 技術研究所	住宅都市 整備公団
流下時間		45秒以内	30秒以内			
流動性				25±5秒	25秒以下	25±5秒
ブリーディング率				2%以下	2%以下	
保水係数		30～65	0.30～0.65			
硬化収縮率		3.0%以下	3.0%以下	0.05%以下		0～3.0%
初期膨張率				2%以下		
モルタル 接着強さ	乾燥	4N/mm ² 以上	4N/mm ² 以上			
	湿潤					1N/mm ² 以上
付着力耐久性 保持率						0.5N/mm ² 以上
曲げ 強度	標準	4N/mm ² 以上	4N/mm ² 以上			5N/mm ² 以上
	温冷		4N/mm ² 以上			
圧縮強度		使用する構造物の 設計基準強度以上		15N/mm ² 以上	15N/mm ² 以上	
吸水率		15%以下	15%以下			15%以下

* 試験方法などの詳細については、各規格をご参照ください。

セメント系(無機系)ひび割れ注入材の試験法一例

■ 流下時間

- 漏斗等を使用し、注入材の施工性を評価
- 練り混ぜ直後、60分後の流動性を測定



Pポート試験機

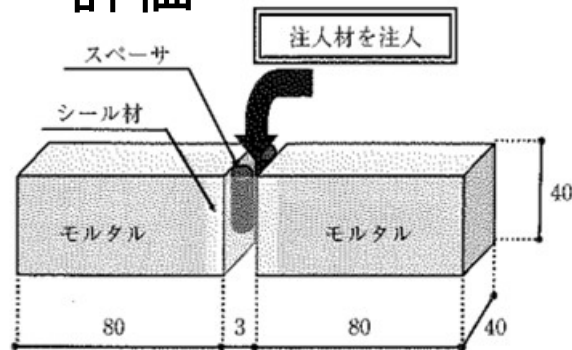
■ 収縮率

- 材料の硬化に伴う収縮の程度を測定

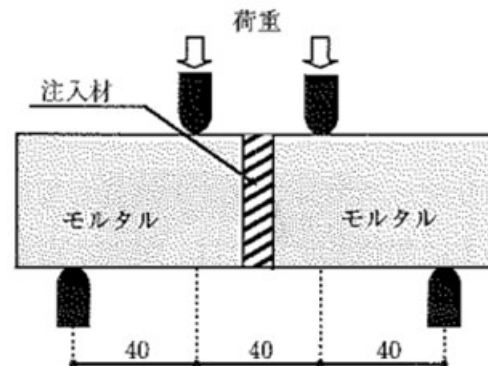


■ 接着強さ

- コンクリート等と注入材の接着性を評価



接着強さの試験体



接着強さの試験方法

■ 曲げ強さ 膨張収縮率測定状況

- 注入材の曲げ強さを評価する試験

セメント系（無機系）のひび割れ注入材の施工


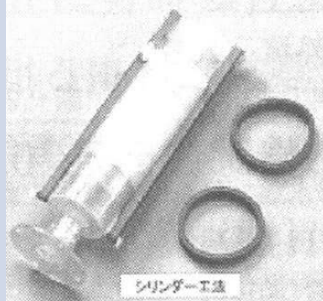


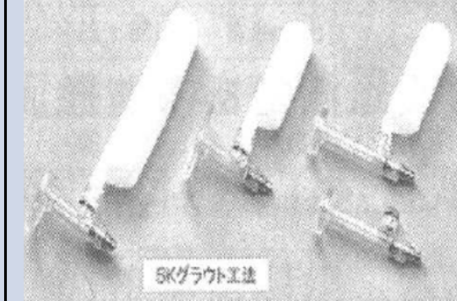
①手動式・機械式注入工法

ひび割れにアルミパイプ等の注入器具を取り付けて、ひび割れを補修する方法

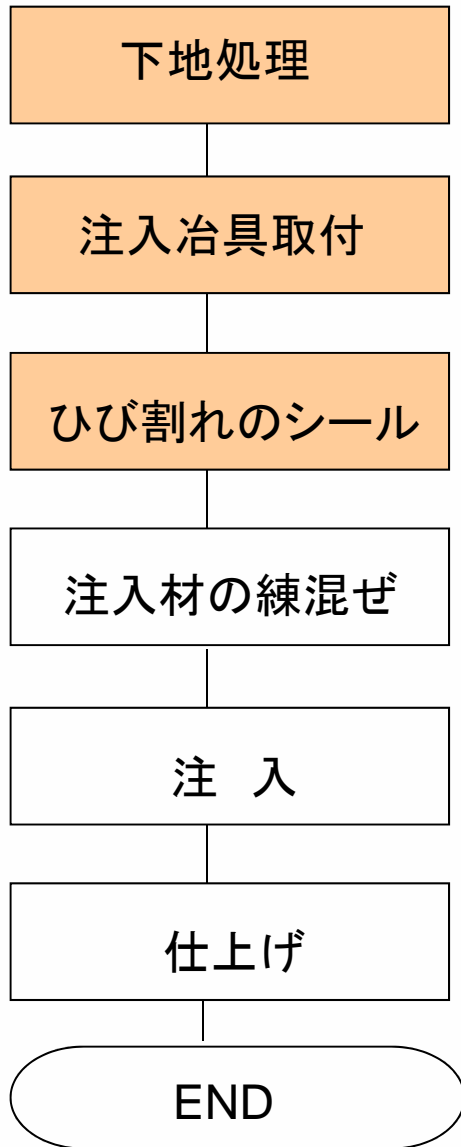
②自動式低圧注入工法

ゴム、ばねの復元力や空気圧を利用した専用器具を使用して、低圧・低速で注入材を注入する方法

表 自動式低圧注入工法の種類(セメントジャーナル:コンクリートのひび割れがわかる本)

ゴムの復元力を利用			ばねの復元力を利用	空気圧を利用
				
スライズ工法	シリンダー工法	DGインジェクター	マイクロプセル工法	SKグラウト工法

セメント系（無機系）のひび割れ注入材の施工手順



■下地処理

表面の油分・ほこりを注入治具の付着を阻害しない様、十分に除去



■注入治具取付

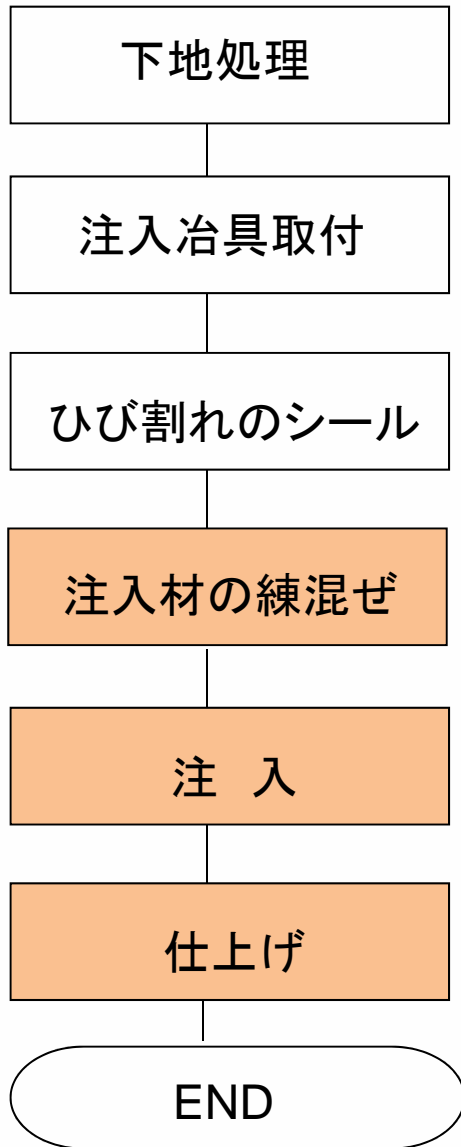
プレートの設置間隔は25cmを目安に注入治具をエポキシ樹脂で貼付け



■ひび割れのシール

注入材が漏れない様、治具の間のひび割れを止水材等で隙間無くシール

セメント系（無機系）のひび割れ注入材の施工手順



■注入材の練混ぜ

高速ハンドミキサー等で十分に練り混ぜて、目詰まり防止の為、細かい網（ストッキング）に材料を通し、練りダマを分離する



■注 入

躯体内部が乾燥している場合、事前にクラック内部へ水通しを行う。作業中は、注入材が噴出す恐れがある為、メガネ等の保護具を必ず着用する



■仕上げ

注入材の硬化を確認後、注入治具を除去し、表面をサンダー等で平滑に仕上げる

セメント系（無機系）のひび割れ注入材の施工手順



断面修復工法

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

既存コンクリートの性状に近い

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

補強（力学的性能向上）も可能

あらゆる劣化原因や劣化の進行過程に対応が可能

他の補修工法との併用による相乗効果

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

セメントモルタル
ポリマーセメントモルタル

断面修復工法に使用する材料を適切に選択する

鉄筋量の追加による構造物の耐荷性や耐震性等の向上

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実績が多い 17

断面修復工法の種類と特徴

■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



断面修復工法の種類と特徴

■ 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流し込む工法

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（100m²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】



断面修復工法の種類と特徴

■ 吹付け工法

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

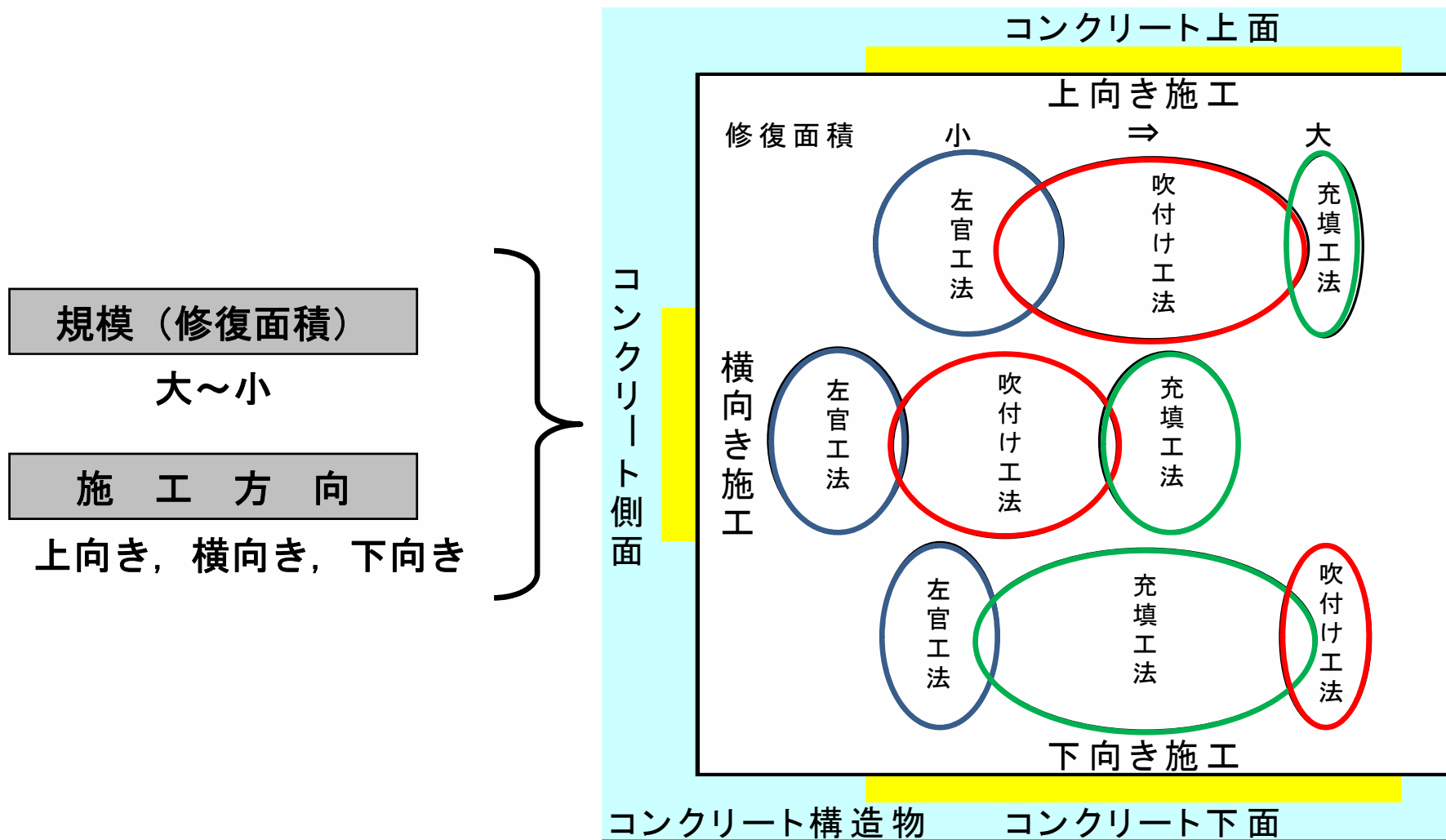


乾式吹付け工法

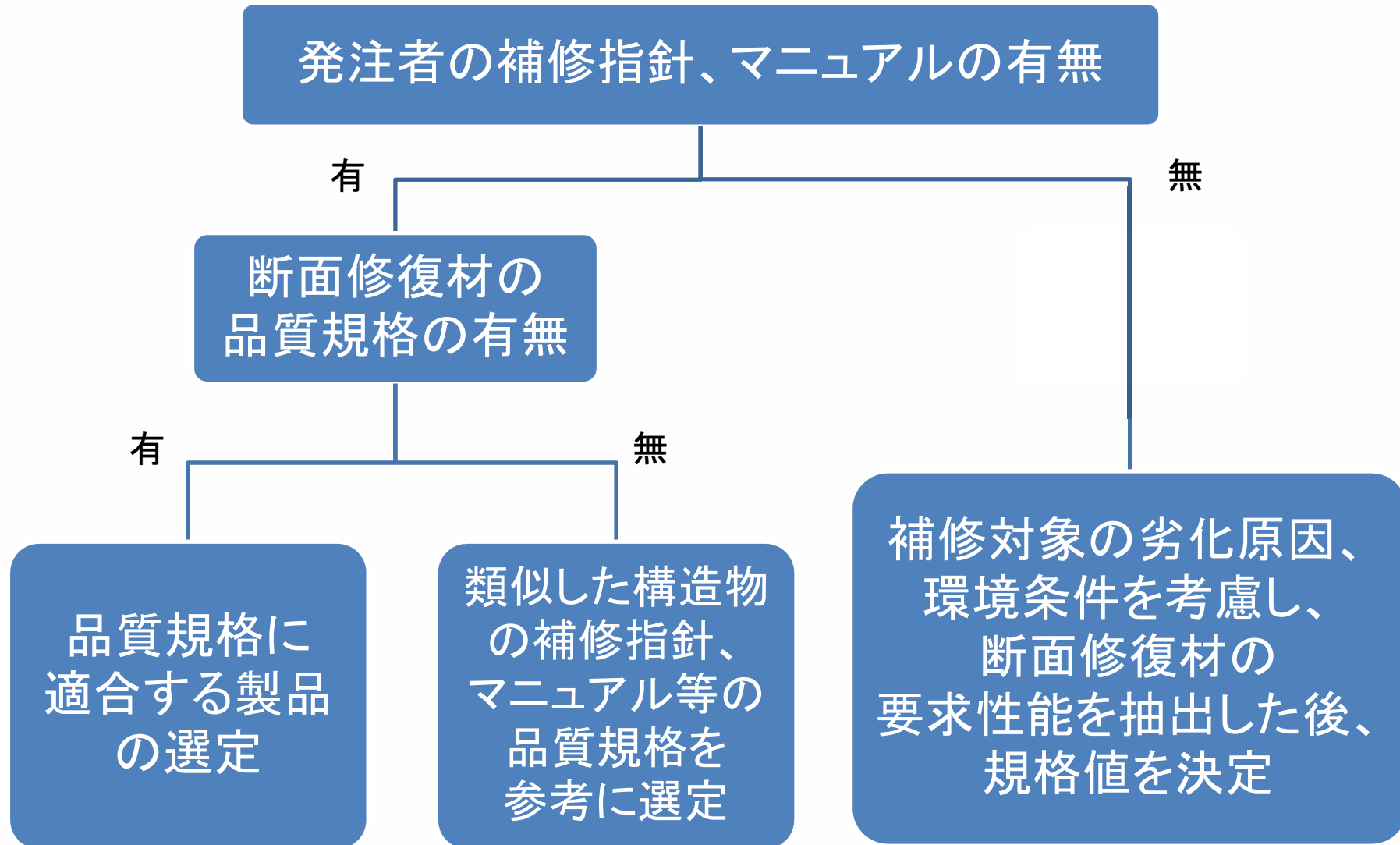
- 施工能力が大きい
- 1層当たりの施工厚さが厚い(10cm以上)
- 長距離圧送が可能



施工の規模・方向による分類



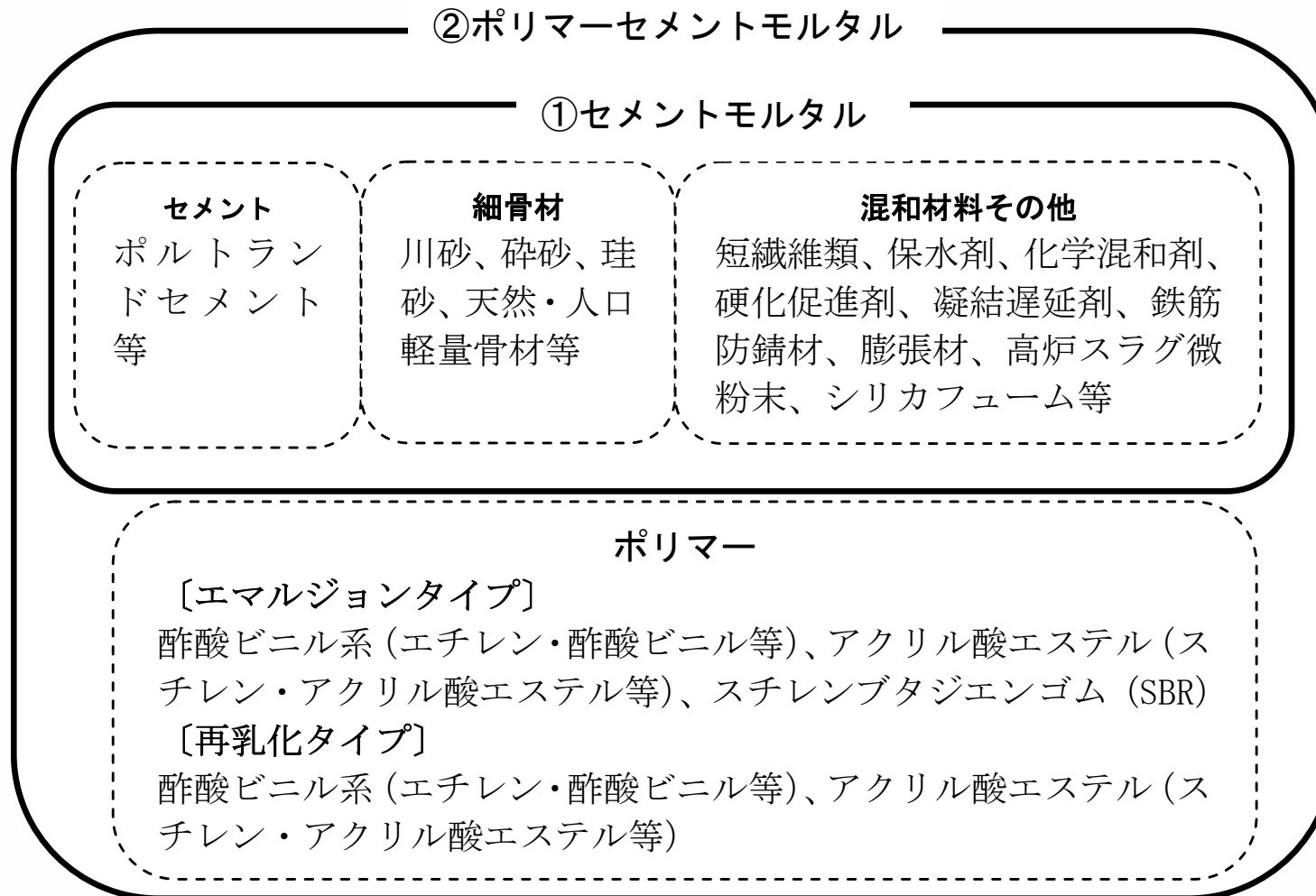
断面修復材の選定フローの一例



* 考慮すべき要求性能があれば、抽出・追加する

断面修復材の種類

セメントモルタルとポリマーセメントモルタルの材料構成



セメントモルタルとポリマーセメントモルタルの特徴

出典:土木学会:コンクリートライブラリー, 表面保護工法設計施工指針(案)[工法別マニュアル編], No.119

セメント モルタル

- ① 構造体コンクリートと同等以上の強度、同等の弾性係数、熱膨張率が得られる。
- ② 練混ぜ、施工が容易で大断面の施工に適する。
- ③ 電気抵抗性が低い。

ポリマー セメント モルタル

- ① 構造体コンクリートとの接着(付着)力が大きく、乾燥収縮が小さい。
- ② 練混ぜ、施工が容易で大断面の施工にも適する。
- ③ 曲げ、引張強度が大きい。
- ④ 劣化因子の浸入に対する抵抗性に優れる。

セメントモルタルとポリマーセメントモルタルの特徴

出典: 土木学会: コンクリートライブラリー, 表面保護工法設計施工指針(案) [工法別マニュアル編], No.119

種類	セメントモルタル	ポリマーセメントモルタル 小←P/C→大	ポリマーモルタル (エポキシ樹脂系)
性能			
施工方法の種類	左官・充てん・吹付け工法 (3種類)		> 左官工法 (1種類)
弾性係数	高 ←		→ 低
曲げ/圧縮強度比	低		→ 高
引張/圧縮強度比	低		→ 高
接着性 (付着性)	可		→ 良
湿潤面接着性	可	可	不可もある
熱膨張係数	小		→ 大
耐火、耐熱性	大 ←		→ 小
価格	安		→ 高

注) 本表基本性能の比較では、繊維を混入していないプレーンの状態を示している。

断面修復工の要求性能(力学的性能)

■ 圧縮強度試験

角柱供試体
(JIS A 1171, JIS R 5201)



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
(JIS A 1132, JIS A 1108)



円柱供試体の型枠



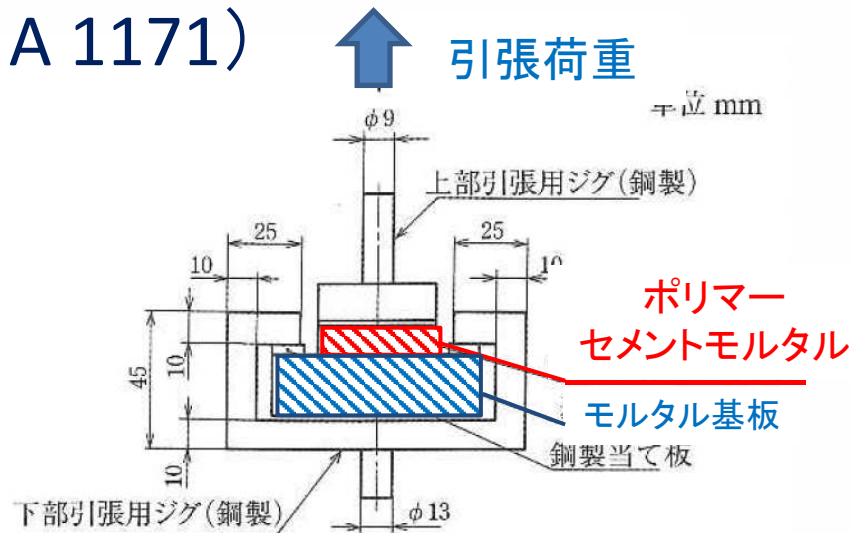
円柱供試体による測定状況

〈評価での留意点〉

- ・供試体の形状および寸法が違うため、同一材料を使用しても強度値が異なる。
- ・環境温度によって、強度発現性が異なる(試験室と実現場では強度値が異なる)。

断面修復工の要求性能(力学的性能)

■ 接着強度試験 (JIS A 1171)



■ 接着強度試験 (その他の試験方法)



油圧式簡易引張試験機



建研式引張試験機

- 基材にコンクリート平板を使用
- 試験時にカッターで切込みを入れるが、若材齢では接着強度に影響する可能性がある

断面修復工の要求性能(力学的性能)

〈接着強度の評価における留意点〉

破断箇所と接着強度値により評価が大きく異なる。

強度値が不十分な場合 ～破断状況と評価の一例～



既存コンクリートが破壊

既存コンクリートの表層部の引張強度が十分でないことが原因と考えられます

既存コンクリート破壊と断面修復材の界面での破壊

既存コンクリート表面の処理方法や断面修復材の左官作業時のコテ圧不足、吹付け作業時の吹付け圧不足などが原因と考えられます

断面修復材の凝集破壊

配合・練混ぜなど、種々の原因により断面修復材の強度が十分でないことが考えられます

断面修復工の要求性能(ひび割れ抵抗性)

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)

〈長さ変化の評価における留意点〉

試験方法により
養生条件が異なる

(JIS A 1171, NEXCO試験法432等)



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

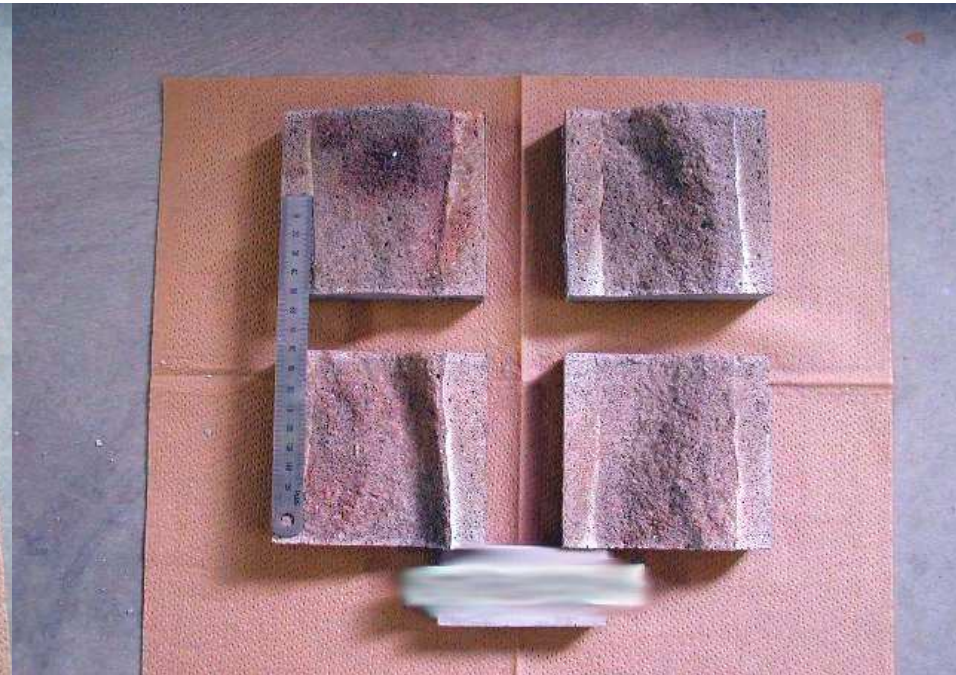
断面修復工の要求性能(耐久性能)

中性化試験



- 中性化促進環境槽内(CO₂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

断面修復工の要求性能(耐久性能)

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

断面修復工の要求性能(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



J₁₄ロート試験器具



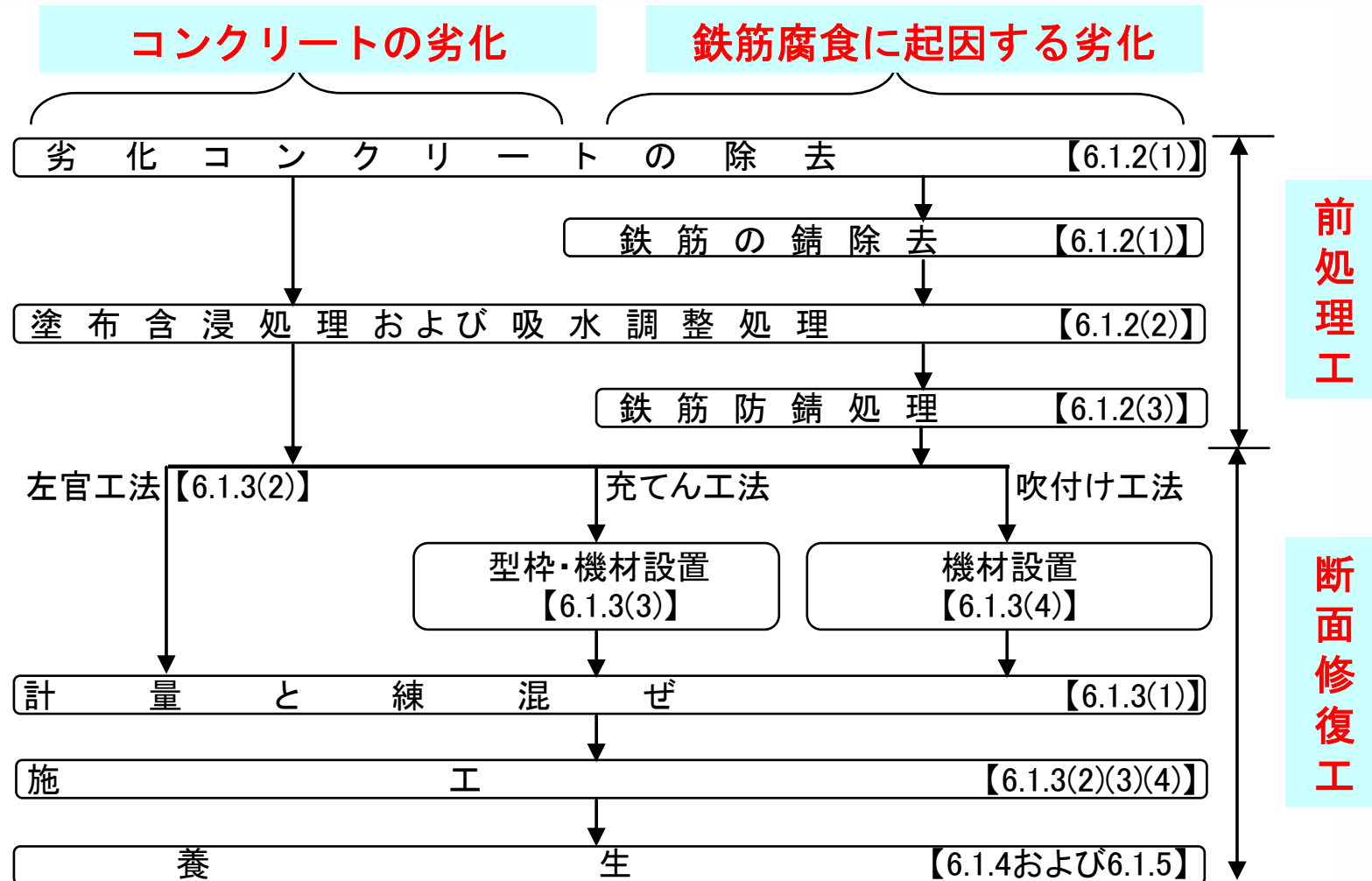
左官材、吹付け材の施工性能
を主に評価する器具

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

断面修復工の施工フロー

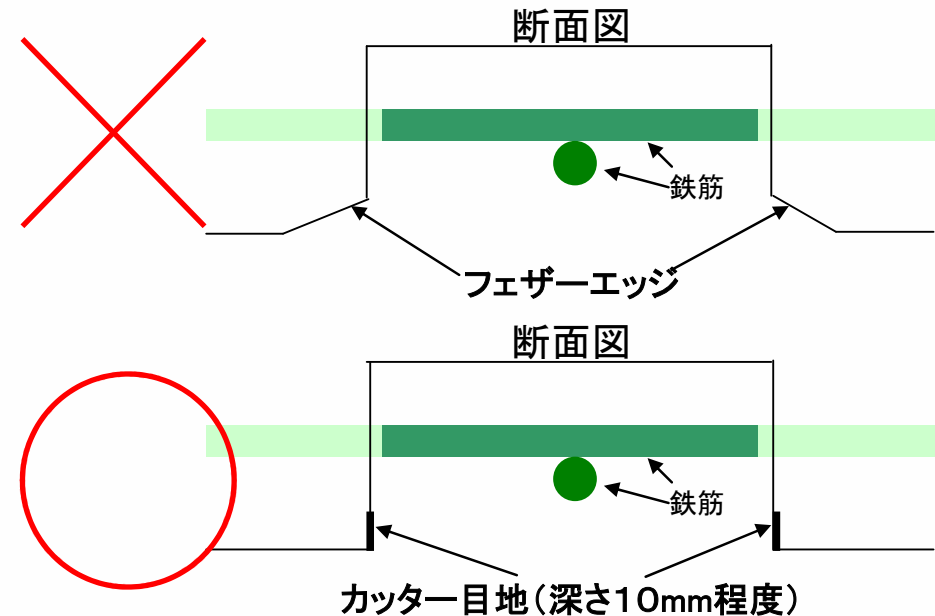


前処理工での留意点1

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。

前処理工での留意点2

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。

前処理工での留意点3

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

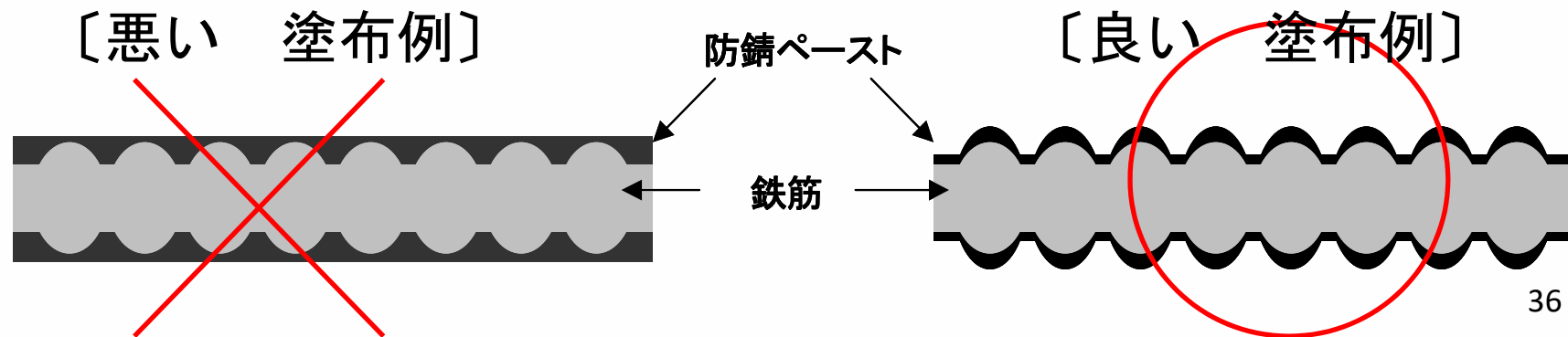
錆の再発生防止

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



断面修復工での留意点1

●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。

断面修復工での留意点2

●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



断面修復工での留意点3

●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

カゴタイプ



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

羽根の形状は練り混ぜる材料の種類に合わせ適宜選択

断面修復工での留意点4

●練混ぜ時間が性能に与える影響

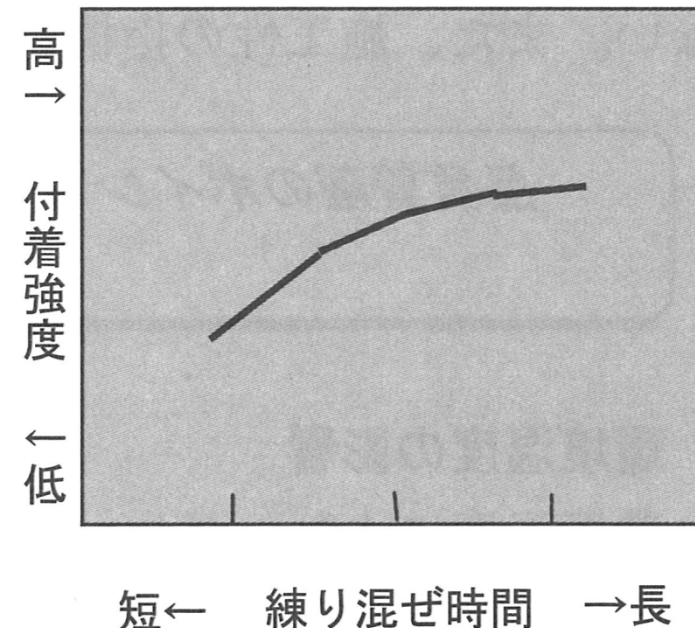
練混ぜ時間が短い場合、
接着強度が低くなる傾向

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

断面修復工での留意点5

●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〕

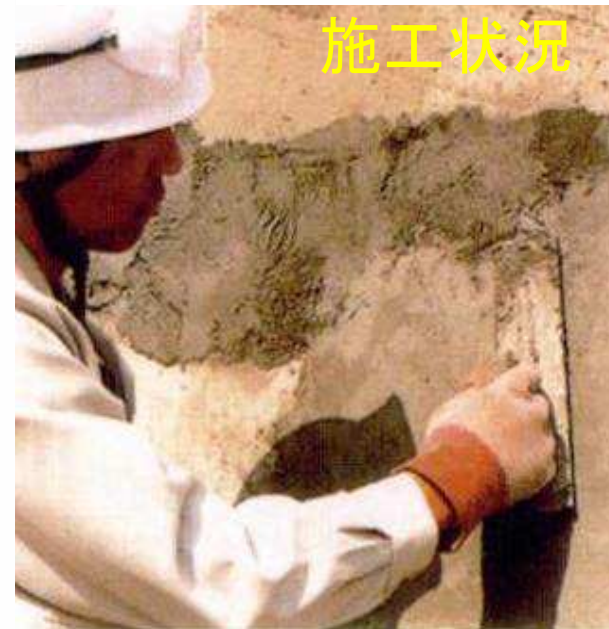
施工例のご紹介

■ 施工例(その1) 断面修復工法(左官工法)

劣化したRC構造物(橋梁)の欠損部

〈現場概要〉

- ☆ 高速道路の高架橋の鉄筋腐食による断面欠損。
- ☆ アルカリ性付与材および防錆ペーストを適用。
- ☆ ポリマーセメント系断面修復材(左官工法)で補修。

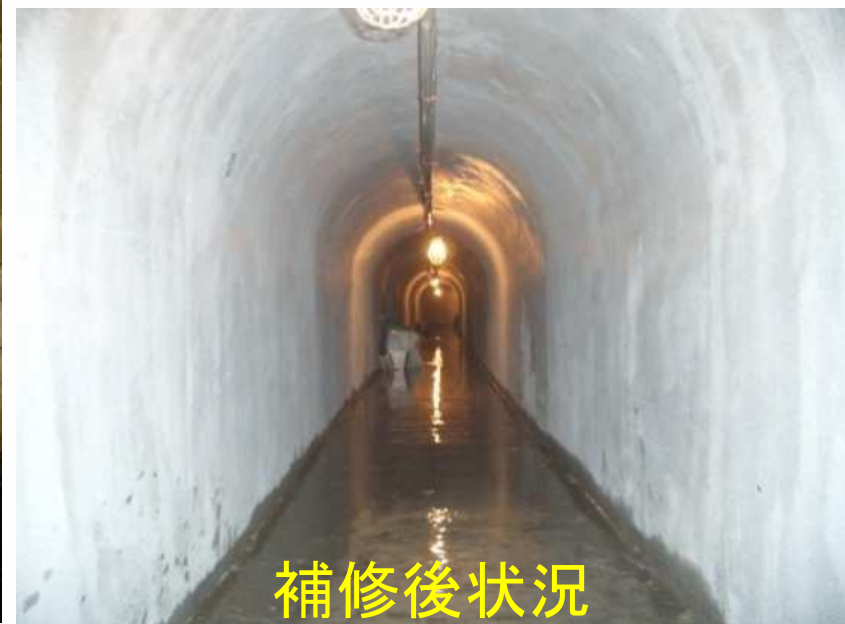


■ 施工例(その2) 断面修復工法(左官工法)

経年劣化した導水路

〈現場概要〉

- ☆ 磨耗により導水路の躯体コンクリート表面が劣化。
- ☆ 高圧洗浄機により脆弱部を除去し、止水を行った。
- ☆ ポリマーセメント系断面修復材(左官工法)で補修。



■ 施工例(その3) 断面修復工法(充てん工法)

融雪剤で凍害劣化した橋台

〈現場概要〉

- ☆ 東北地方山間部の道路橋台コンクリートが劣化。
- ☆ 融雪剤を含む水が路面から橋台側面に供給され劣化が促進。
- ☆ 高流動ポリマーセメント系断面修復材(充てん工法)で補修。



■ 施工例(その4) 断面修復工法(充てん工法)

化学的腐食により劣化した橋台

〈現場概要〉

☆北海道に所在する道路橋の強(pH=1.5)
と接触するフーチング部および橋台躯体
かぶり部が化学的腐食により劣化。

☆耐酸性セメントを用いた
コンクリート(充てん工法)で補修。

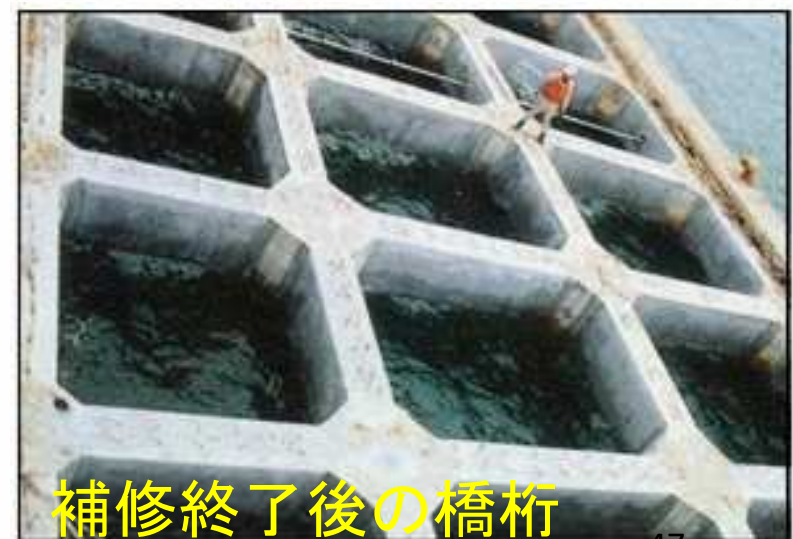


■ 施工例(その5) 断面修復工法(充てん工法)

塩害により劣化した栈橋

〈現場概要〉

- ☆ 栈橋の橋桁部のコンクリート劣化(塩害)部分をはつきり落とし、鉄筋を露出・防錆処理し、スターラップ筋を交換。
- ☆ 設計荷重増に伴う鉄筋量を増加させた後、充てん工法で補修。



■ 施工例(その6) 断面修復工法(湿式吹付け工法)

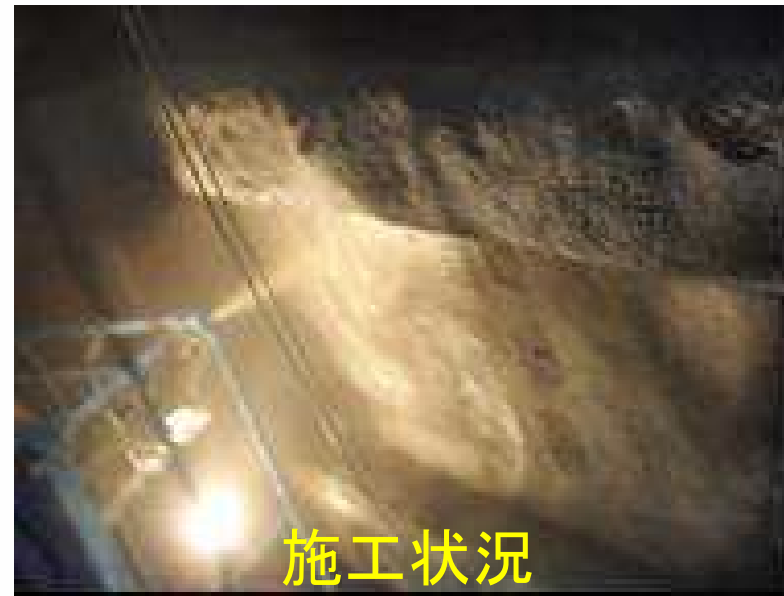
施工規模の大きい建築構造物

〈現場概要〉

☆ 施工後80年以上経過した大規模建築物

☆ 中性化等による劣化が進行。

☆ 炭酸ガスの遮断性に優れるポリマーセメントモルタルで補修。



■施工例(その7) 断面修復工法(湿式吹付け工法)

橋脚巻き立てによる耐震補強

〈現場概要〉

☆橋脚の耐震補強工事に、ポリマーセメントモルタルを巻き立てる工法が採用された。

☆湿式吹付け工法用断面修復材(ポリマーセメントモルタル)を使用。



■施工例(その8) 断面修復工法(乾式吹付け工法)

塩害により劣化した道路橋RC床版の下面

〈現場概要〉

- ☆寒冷地にあり、凍結防止剤として塩化カルシウムが散布されていた高架橋の床版端部。
- ☆凍結防止剤による塩害劣化が顕在化。
- ☆長距離圧送が可能な乾式吹付け工法が採用された。

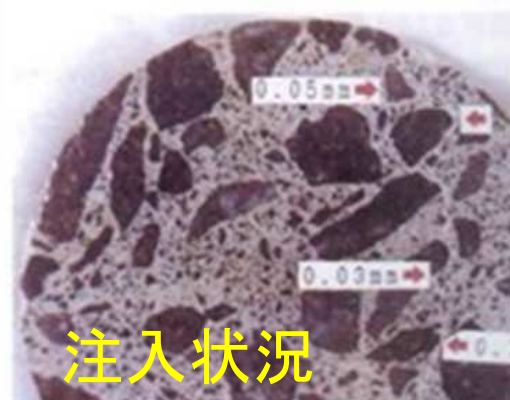


■ 施工例(その9) ひび割れ注入工法

漏水を伴うひび割れが発生したコンクリート壁面

〈現場概要〉

- ☆ダムの取水棟に発生した漏水を伴うひび割れを超微粒子セメントスラリーで補修
- ☆ひび割れ幅0.2~0.4mm、躯体厚さ3.0mの壁面に、手押しポンプで注入材を低圧注入。
- ☆ひび割れ内部の洗浄ののち、セメント比120%の低濃度スラリーを先行注入
- ☆ひび割れ幅によって60~80%の範囲(標準70%)で本注入



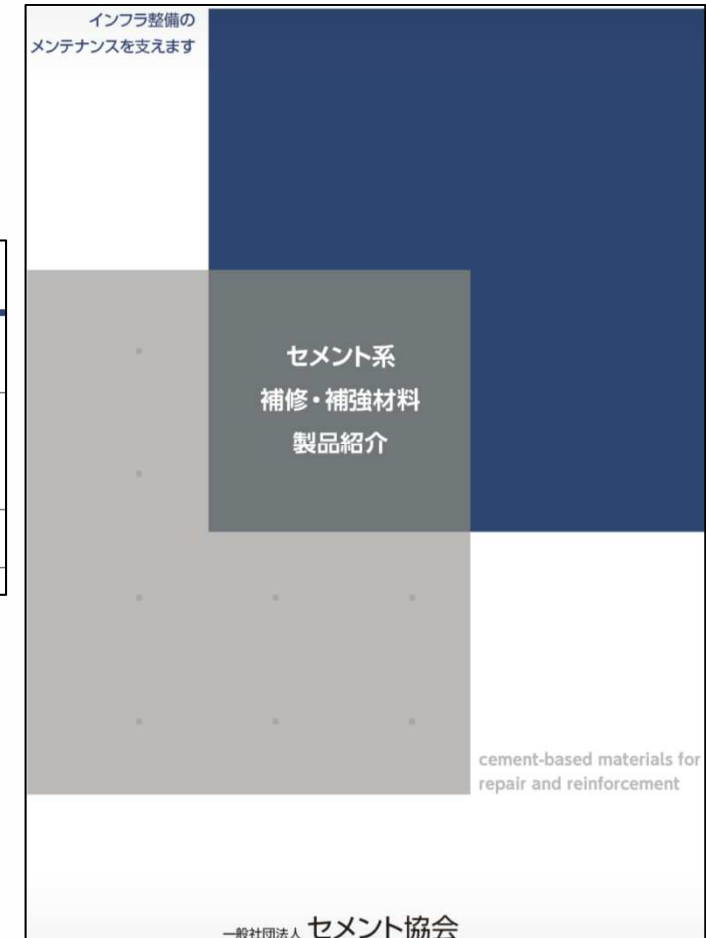
セメント系補修・補強材料の製品紹介

左官工法、吹付け工法等工法毎に整理した製品カタログを作成しました。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 ^{#1}	二材型 ^{#2}	社名
補修工法	土木	NEM-R1	高強度	●	※3	日鉄住金セメント㈱
		NEM-TP	高強度	●		
モルタル塗替え工法	建築	NEM-RS	高強度	●	※3	
		NEM-RS(速硬型)	高強度、速硬	●	※3	
		リペアミックス	汎用	●		㈱トクヤマエムテック
		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。ご自由にお持ち帰り下さい。



製品紹介の表紙

セメント系補修・補強材料の製品紹介

—お詫びと訂正箇所のご案内—

配布しております製品紹介に間違った表記がございます。
 謹んでお詫び申し上げますとともに下表のように訂正させていただきます。

掲載頁	正	誤
7,8, 裏表紙	日鉄高炉セメント株式会社	日鉄住金高炉セメント株式会社
4,5,6, 7,8,11, 裏表紙	日鉄セメント株式会社 https://cement.nipponsteel.com/	日鉄住金セメント株式会社 http://www.ns-cement.nssmc.com/

「廃棄物」と呼ぶか、
「資源」と呼ぶか。
それは未来への選択です。

私たちの暮らしを支え、
生命を守るインフラ。

セメントは、この国のインフラ整備に
欠かせない素材ですが、
単なる建築素材だけではなく、
役割を担っているのです。

セメントは、製造工程において
実にさまざまな廃棄物・副産物を
代替原料・熱エネルギーとして
有効活用しています。

その量、1年間に約2800万t。
わが国で発生する廃棄物等の
循環利用のうち1割強にあたります。
原料は1450℃という高温で焼かれ、
有害な物質も分解されます。
これだけ大量の廃棄物処理し、
二次的な廃棄物も出さない
産業は他にありません。

セメントの原料になった瞬間、
「廃棄物」はなくなります。
セメントをつくることは、
循環型社会という未来を
築くことでもあるのです。

セメントをつくる。
そのとき、
廃棄物は生まれ変わる。

ご清聴有難うございました