コンクリート橋の補修・補強

～　補修・補強技術とその事例　～

平成28年1月

(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会
中部支部

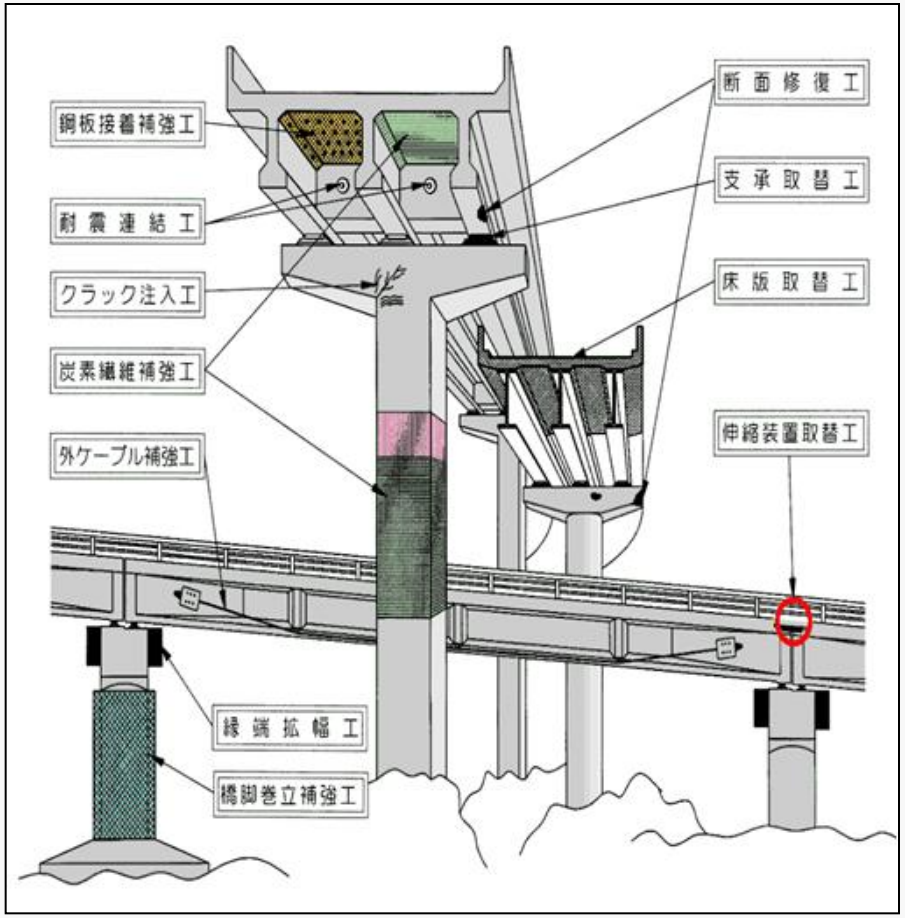
コンクリート橋の補修・補強

1　補修・補強の定義

2　補修技術の紹介

3　補強技術の紹介

4　機能向上技術の紹介



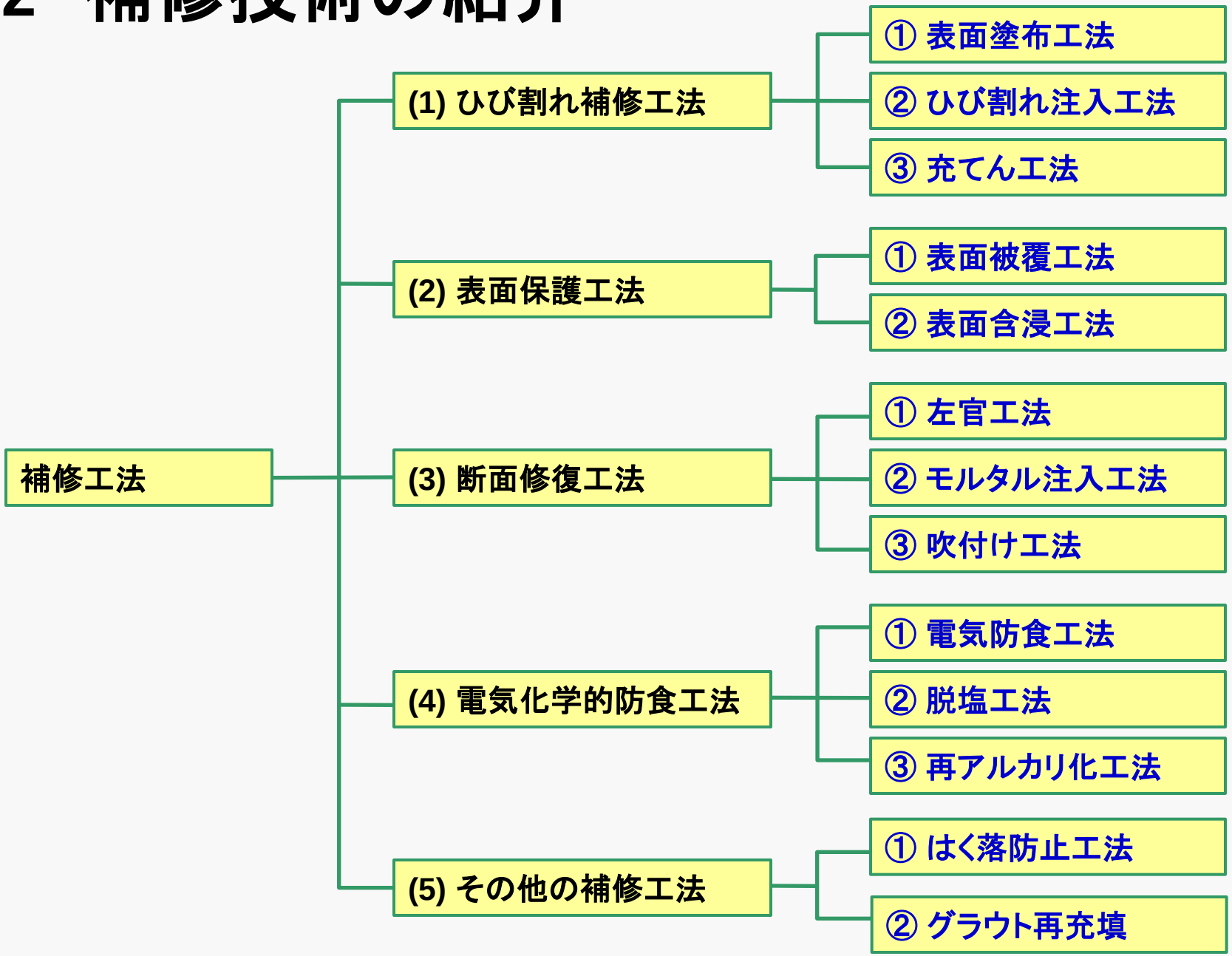
1　補修･補強の定義

コンクリート標準示方書「維持管理編」では、下記の通り定義

補修：第三者への影響の除去あるいは、美観・景観や耐久性の回復もしくは向上を目的とした対策。ただし、供用開始時に構造物が保有していた程度まで、安全性あるいは、使用性のうち力学的な性能を回復させるための対策も含む

補強：供用開始時に構造物が保有していたよりも高い性能まで、安全性あるいは、使用性のうちの力学的な性能を向上させるための対策

2　補修技術の紹介


補修工法
(1) ひび割れ補修工法
① 表面塗布工法
② ひび割れ注入工法
③ 充てん工法
(2) 表面保護工法
① 表面被覆工法
② 表面含浸工法
(3) 断面修復工法
① 左官工法
② モルタル注入工法
③ 吹付け工法
(4) 電気化学的防食工法
① 電気防食工法
② 脱塩工法
③ 再アルカリ化工法
(5) その他の補修工法
① はく落防止工法
② グラウト再充填

(1)ひび割れ補修工法

【概要】

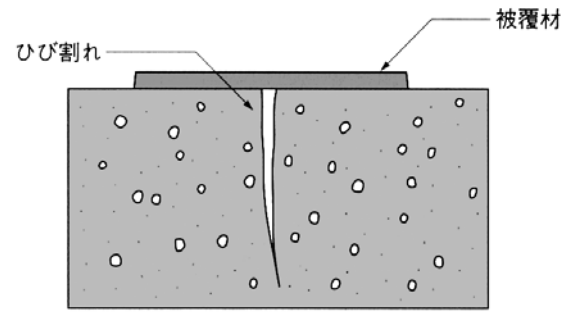
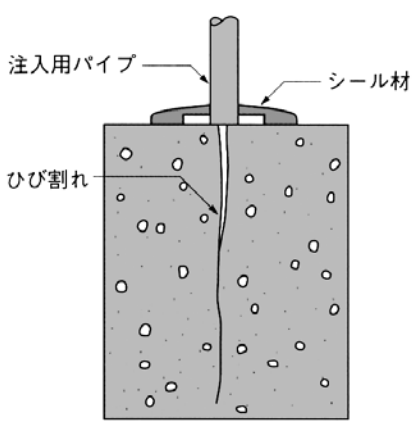
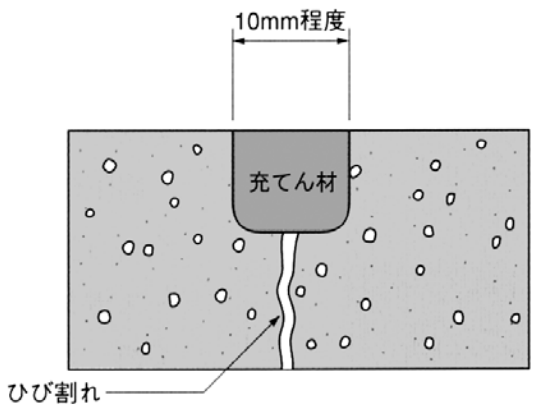
✓コンクリートに生じたひび割れを閉塞する

【効果】

✓ひび割れを通じて劣化因子(塩化物イオン、二酸化炭素、水など)がコンクリート内部に供給されることを防止する

フランジ部にひび割れが認められるT桁

ひび割れ補修工法の分類

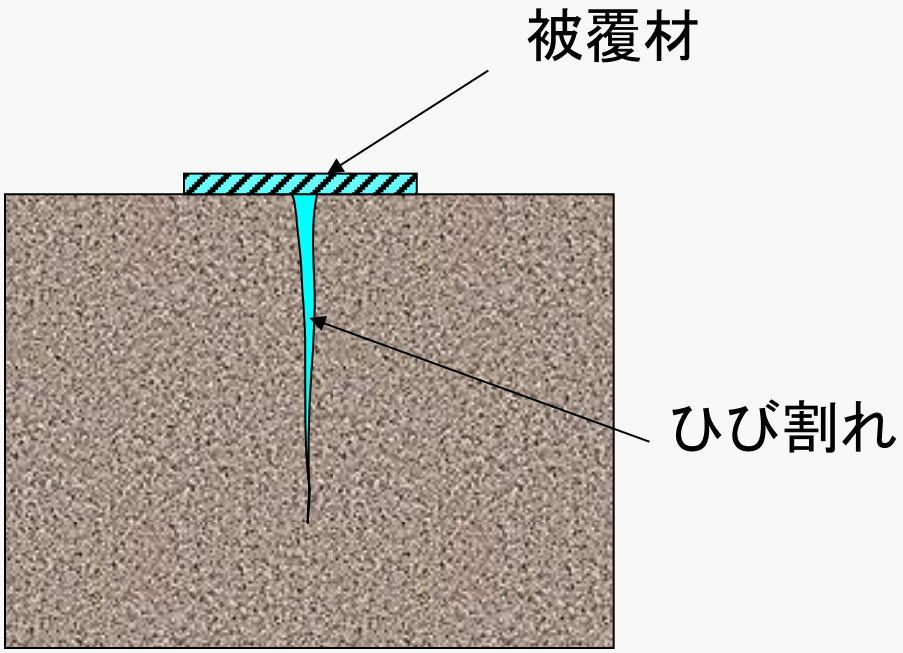
	表面塗布工法	注入工法	充填工法
概要図			
ひび割れ幅の目安	0. 2mm以下	0. 2～1. 0mm程度	1. 0mm以上
ひび割れ幅の変動	小～大	小～大	小～大

※ひび割れに応じて材料種別による対応が必要

①表面塗布工法

【概要】

- ✓微細なひび割れ（幅約0.2㎜以下）の上に塗膜を構成し、防水性、耐久性を向上させる工法
- ✓被覆範囲はひび割れ部分のみ



表面塗布工法の概要図

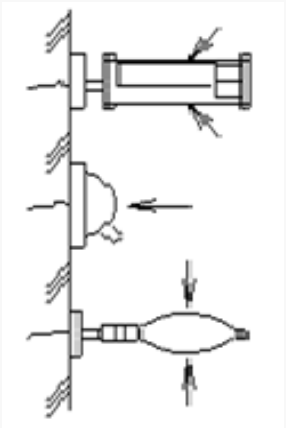
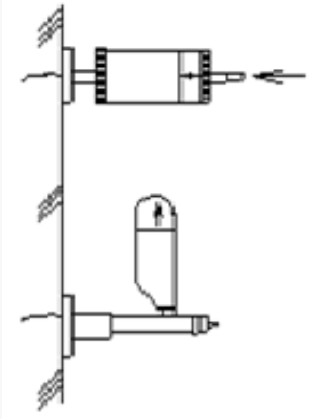
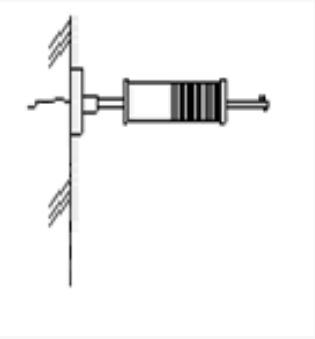
塗布工法によるひび割れ補修

②ひび割れ注入工法

【概要】

✓幅0.2mm以上のひび割れに、有機系または無機系の材料を注入して、防水性、耐久性を向上させる工法

✓注入には、ゴム圧やスプリング圧などによる注入器具を用いる

ゴム圧による注入	圧縮空気による注入	スプリングバネによる注入
		

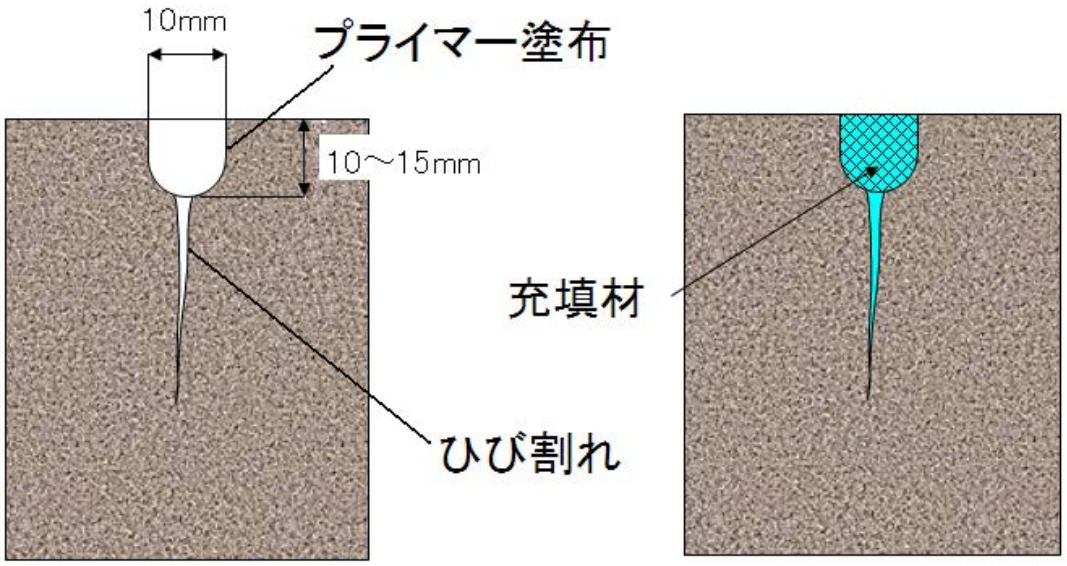
自動低圧注入器具の例

注入工法によるひび割れ補修

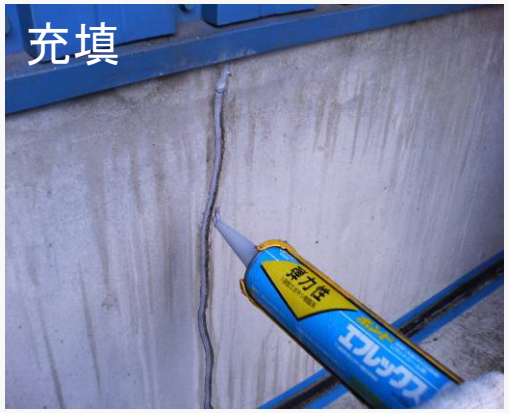
③ひび割れ充填工法

【概要】

- ✓幅0.5mm以上の比較的大きなひび割れや変動が大きいひび割れの補修に適する工法
- ✓ひび割れに沿ってU字形にコンクリートをカットし、その部分に補修材を充填する工法



ひび割れ充填工法の概要図



ひび割れ補修工法

【留意事項】

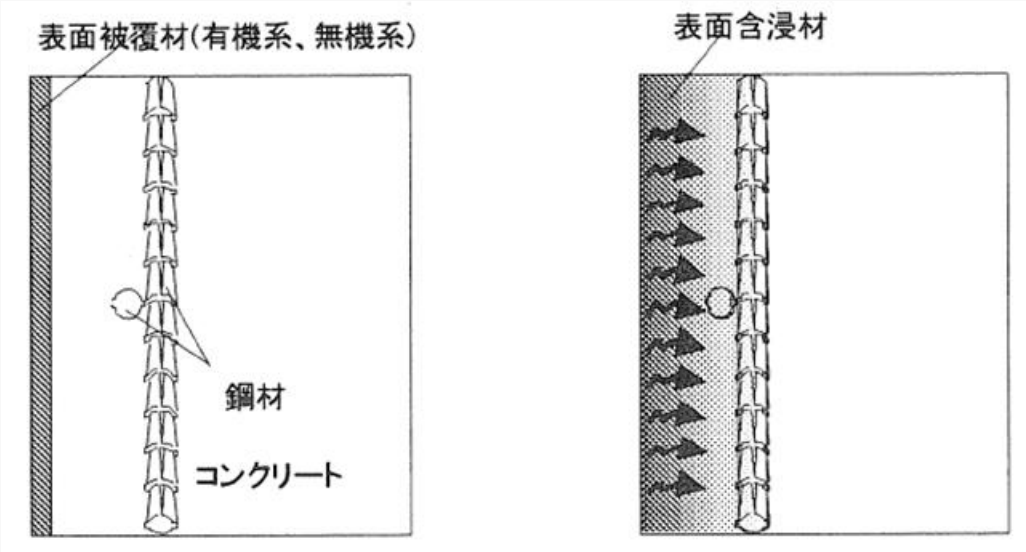
- ✓ひび割れ幅や変動に応じて工法・材料を使い分ける
- ✓有機系材料を使用する場合は、ひび割れ内部を乾燥させる
- ✓無機系材料を使用する場合は、ひび割れ内部を湿潤させる
- ✓適切な材料、施工方法、機器などを選定
- ✓橋梁のような荷重作用等により開閉するひび割れへの適用には特に検討を要する

(2)表面保護工法

【概要】

✓コンクリートの劣化や鋼材の腐食原因となる劣化因子の侵入を防止，抑制することを目的とする工法

✓コンクリート表面を被覆する「表面被覆工法」と，コンクリート表層部へ含浸させる「表面含浸工法」がある



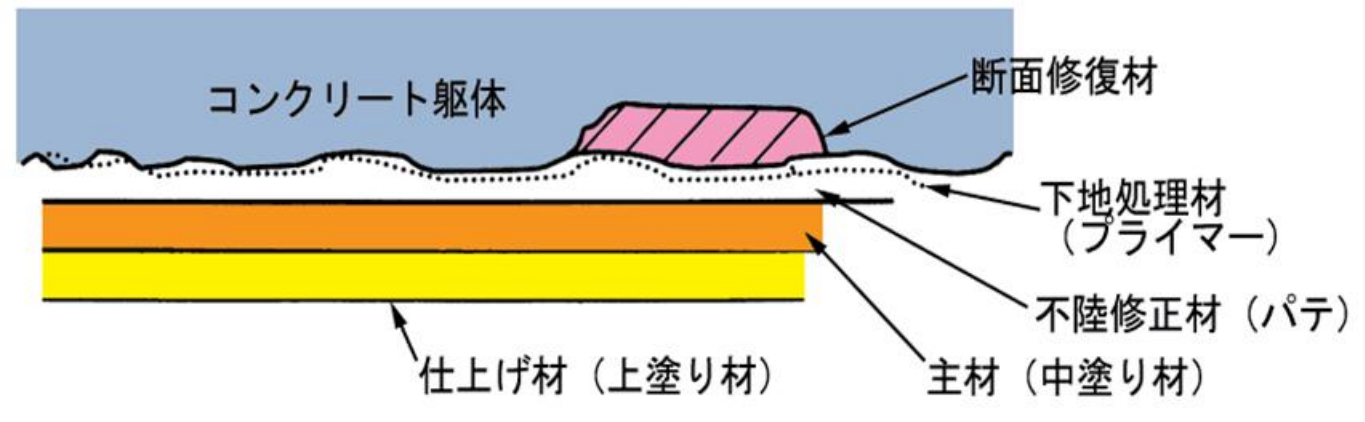
表面被覆工法　　表面含浸工法

中性化変状が認められる壁高欄

①表面被覆工法

【概要】

✓コンクリート構造物の表面を樹脂系やポリマーセメント系の材料で被覆することにより、劣化因子（水分、炭酸ガス、酸素および塩分など）を遮断、劣化進行を抑制し、構造物の耐久性能を向上させる工法



表面被覆工法の概念図

①表面被覆工法

塗布方法は、刷毛塗り、ローラー塗り、コテ塗り、エアスプレー等で行う

①表面被覆工法

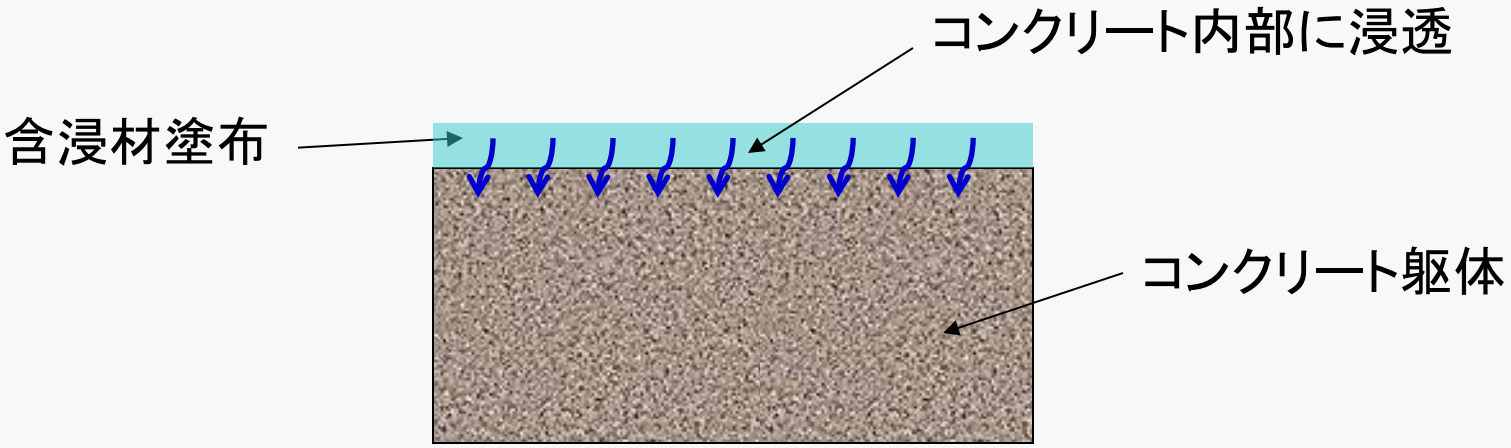
【留意事項】

- ✓劣化因子がコンクリート中に浸入している場合は、劣化損傷部を的確に除去し、断面修復工と組み合わせて実施する必要がある
- ✓外気温やコンクリートの含水状態など、気象条件の影響を受けやすいので、これを考慮し、施工時期や工期を設定する必要がある
- ✓塗布時の飛散など、環境に対して十分配慮する必要がある

②表面含浸工法

【概要】

✓コンクリート表面に含浸材を塗布することで、劣化因子の浸透を防止、コンクリートにアルカリ性を付与、鋼材の防錆効果を付与、ぜい弱部の強化などを行う工法



表面含浸工法概念図

②表面含浸工法

【効果】

目的に応じて、材料・効果は異なる。

✓防水効果付与　：　シラン系撥水材など
✓アルカリ性付与：　ケイ酸リチウム系など
✓防錆効果付与　：　亜硝酸リチウム系など
✓ぜい弱部の強化：　ケイ酸ナトリウム系など

表面含浸工法施工状況 （ローラー塗り，はけ塗りなど）

②表面含浸工法

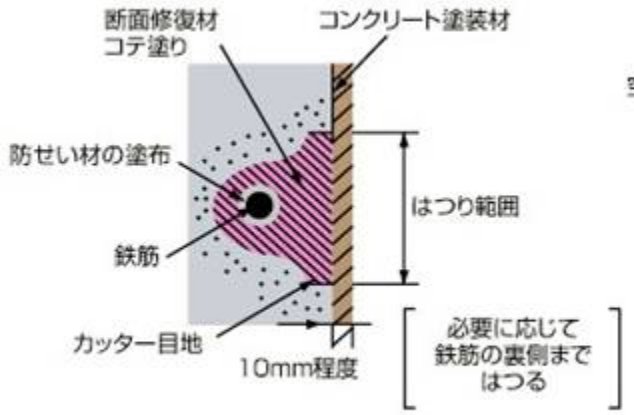
【留意事項】

- ✓外気温やコンクリートの含水状態など、環境条件の影響を受けやすいので、これを考慮し、施工時期や工期を設定する必要がある
- ✓表面含浸材の含浸深さや耐用年数に関して、留意が必要

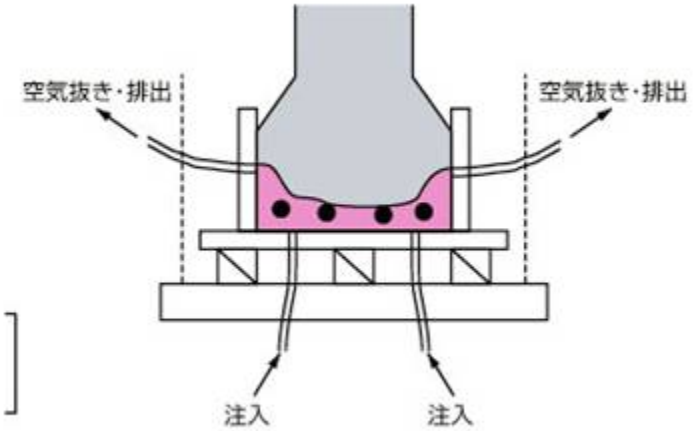
(3)断面修復工法

【概要】

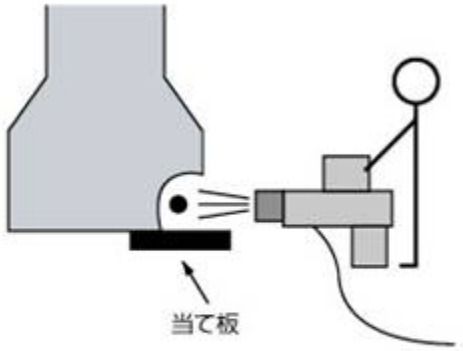
✓コンクリート構造物の劣化により欠落した部分の修復や，欠落はしていないが中性化，塩化物イオンなど劣化因子を含むかぶりコンクリートを除去した後の断面復旧を目的とした工法



①左官工法



②モルタル注入工法



③吹付け工法

断面修復工法の分類

出典：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針

①左官工法（小断面修復）

【概要】

✓劣化部をはつり取り、ポリマーセメントモルタルのコテ塗り左官仕上げにて断面を修復する工法

✓劣化状態が初期段階であり、鉄筋のかぶり程度の損傷や、構造物の局所的な部分に適用される

【留意事項】

✓１回の塗り厚を薄くする

✓収縮しない材料を使用する

✓打ち継ぎ面に接着剤を塗布

✓充分な養生を行う

左官工法施工状況

②モルタル注入工法（大断面修復）

【概要】

- ✓劣化部をはつり取り，その周囲に型枠を設置してモルタルを注入することで断面を修復する工法
- ✓修復面積がある程度大きく，鉄筋のかぶり以上を撤去した場合に適用される

劣化部分撤去完了状況

モルタル注入工法施工状況

②モルタル注入工法（大断面修復）

【留意事項】

- ✓注入モルタルの物性が、温度、湿度によって変動するので、試験練り等により、施工時の温度、条件に対するコンシステンシー、膨張率、硬化時間等を把握しておく
- ✓型枠は継目部のシールを入念に行い、注入圧力や膨脹圧力に耐える構造にする
- ✓注入作業は、空隙が残らないように注入孔及び排出孔を設ける
- ✓充てん状況の検査は、ビニルホースや型枠の検査孔にて確認する（施工後コアを抜いて確認する場合もある）
- ✓養生は、材料の収縮がないように入念に行う

③吹付け工法（大規模断面修復）

【概要】

- ✓劣化部をはつり取り、ポリマーセメントモルタルなどを圧縮空気によって吹付けることにより断面を修復する工法
- ✓劣化が進行し、断面修復範囲が大規模となる場合に適用されることが多い
- ✓「乾式吹付け工法」と「湿式吹付け工法」の2種類に分類される
- ✓環境に留意する必要がある

③吹付け工法（大規模断面修復）

【乾式吹付け工法】

✓空練りしたコンクリートやモルタルに粉体状の急結剤を加え、吹き付け機のノズル部に圧送して、ノズル部で水を加える方式

【湿式吹付け工法】

✓水を加えて混練りしたコンクリートやモルタルにポリマーディスバージョンを加えてノズル部に圧送する方式

③吹付け工法(大規模断面修復)

【留意事項】

乾式の場合

✓材料のリバウンドが多く、粉塵や騒音対策も必要

✓ノズル部で水を加えるためノズルマンの操作によって品質が変動しやすい

✓圧送能力　〔水平；150m～200m，鉛直；100～150m〕

湿式の場合

✓吹き付けの流動性や粘性によって、ポンプの負荷や吹き付け材の性状変化が左右される

✓圧送能力　〔水平；100m，鉛直30～50m〕

断面修復工における『はつり工法』

【概要】

断面修復工において、劣化したコンクリート不良箇所を除去するはつり工法は、

『人力施工（手ばつり）』

『ウォータージェット(WJ)工法』の2種類に分類される

✓人力施工(手ばつり)は、小規模のはつり作業に適用される

✓ウォータージェット工法は、広範囲のはつり作業に適している

【人力施工（手ばつり）】

✓電動ピックやハンドブレーカー等を用いて劣化部をはつり取る
✓マイクロクラックの発生や鋼材損傷が懸念される

【ウォータージェット工法】

✓ハンドガンまたはウォータージェットロボットによって劣化部をはつり取る
✓マイクロクラックは発生しにくい
✓鋼材を傷めることはない

ウォータージェットはつり工法

【留意事項】

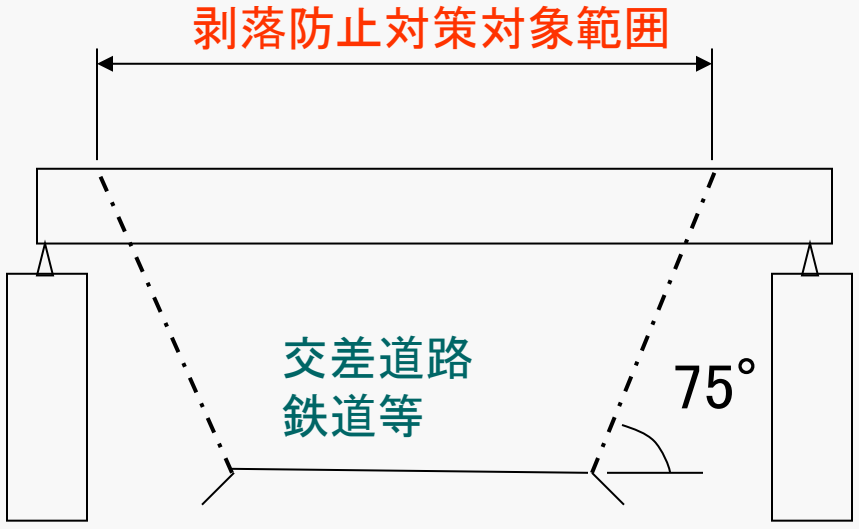
1. はつり施工規模における一日当りの給水量、排水量を把握し、適切な給水設備計画、排水設備計画を実施する
2. 汚濁水は処理排水するため、一日の処理排水量を設定し処理設備計画を行う
3. 現場における機械設備の設置スペースの確保に支障がないよう実施する
4. 施工条件、周辺環境条件、安全性を考慮して防音対策を適切に選定しなければならない

(5)その他の補修工法

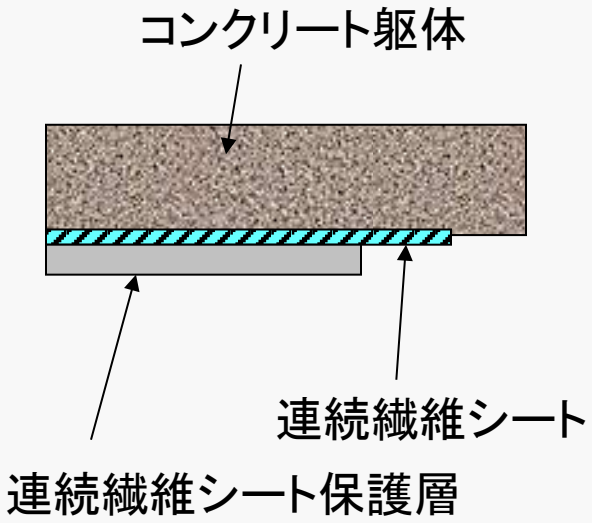
①はく落防止工法

【概要】

✓橋梁の床版下面（張出床版、水切り部）、壁高欄外側など、劣化したコンクリートの表面に連続繊維シートを接着しコンクリート片のはく落を防止する



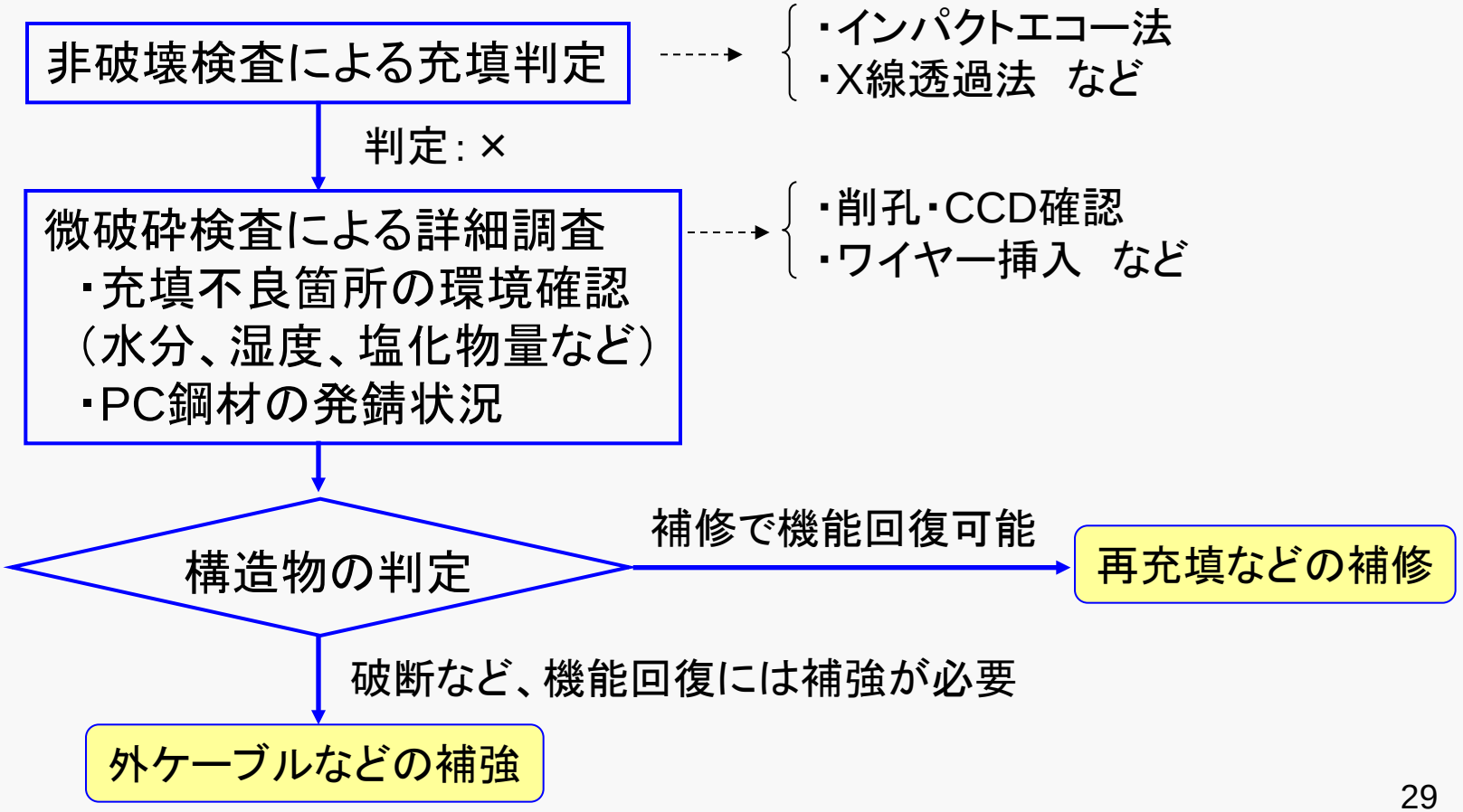
剥落防止対策範囲の例



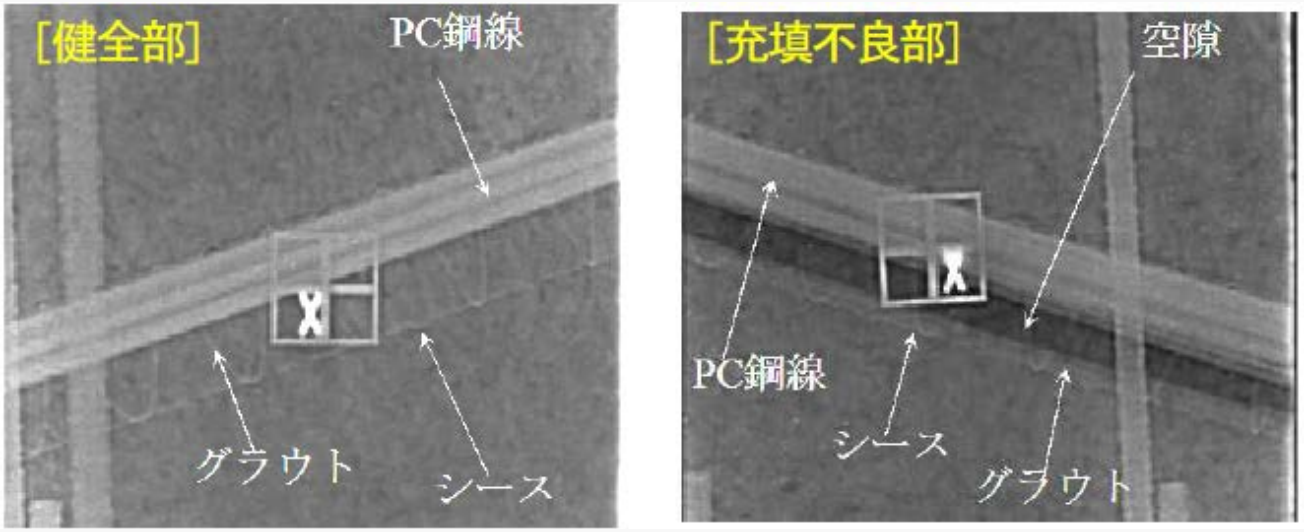
②グラウト再充填

◎ PC橋は、プレストレスを喪失すると構造が成立しない

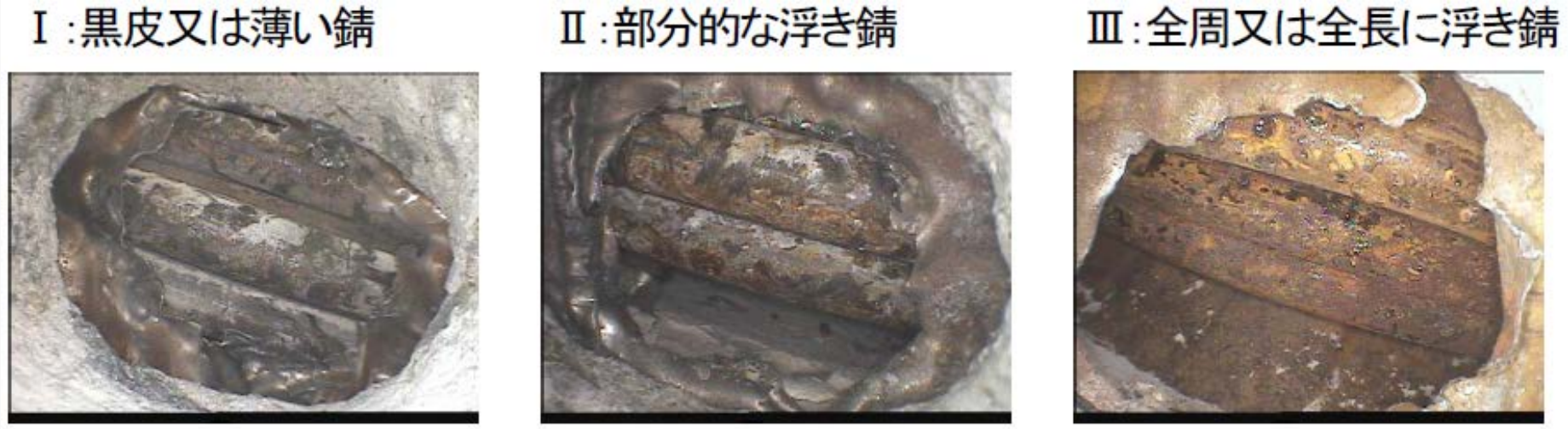
◎ 充填不良が疑われる変状に対しては、調査が必要



調査例



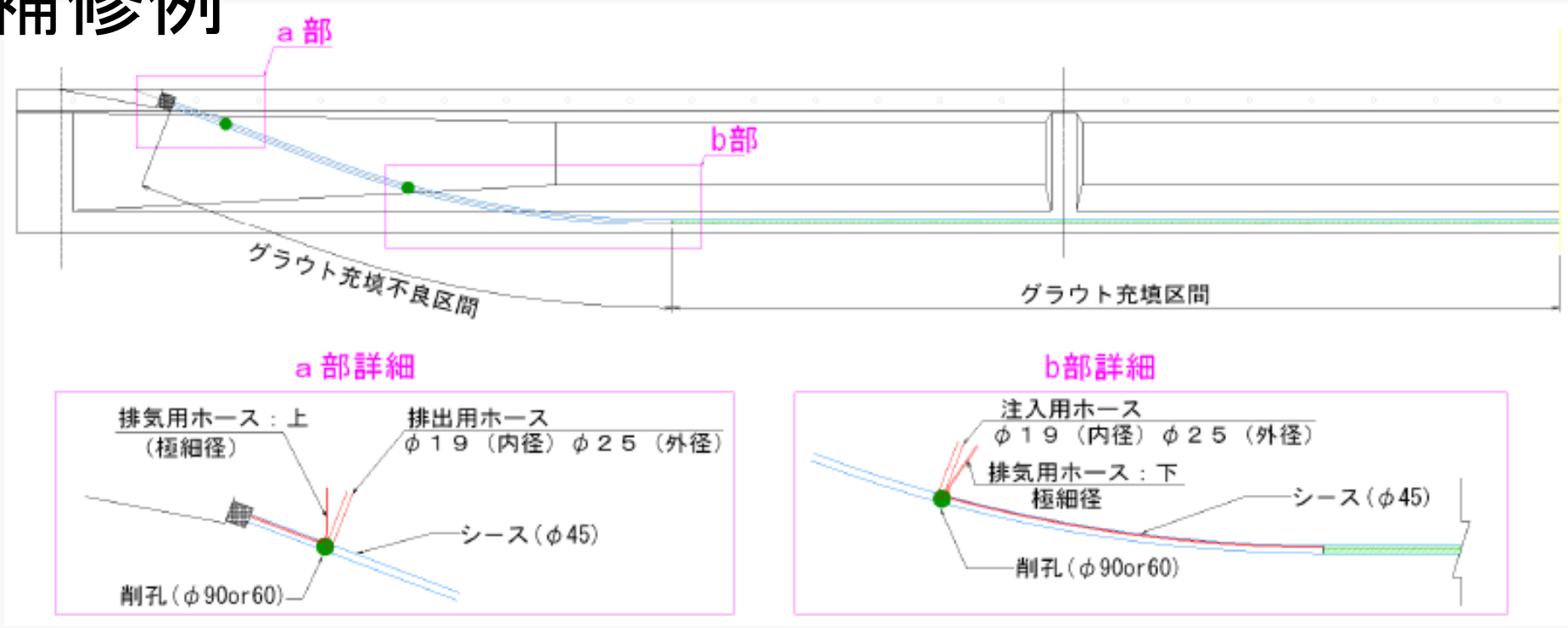
X線透過法によるPC鋼材投影写真



削孔・CCDによる鋼線撮影写真

※出典　近畿地整　2013研究発表会資料より

補修例



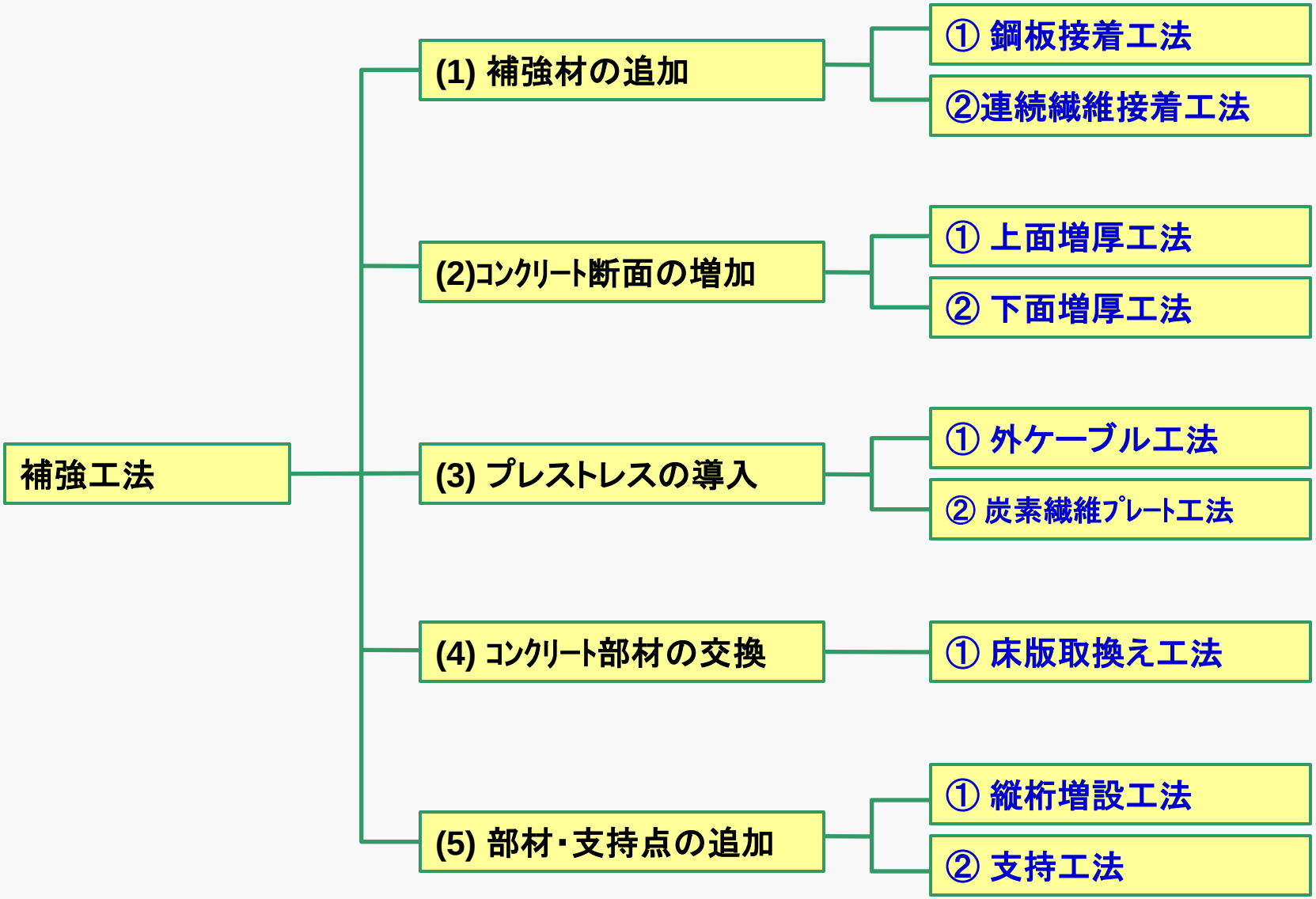
※出典　近畿地整2013研究発表会資料より

②グラウト再充填

【留意事項】

- ✓ 非破壊検査によりシースの位置を事前に確認する
- ✓ 削孔によりPC鋼材を損傷させないよう注意する
- ✓ シース内の残留空気・水をできるかぎり排除する
- ✓ グラウト再注入を阻害するひび割れ等の変状を事前に処理する
- ✓ 削孔は、耐久性上支障がないように適切なあと処理を行う

3　補強技術の紹介

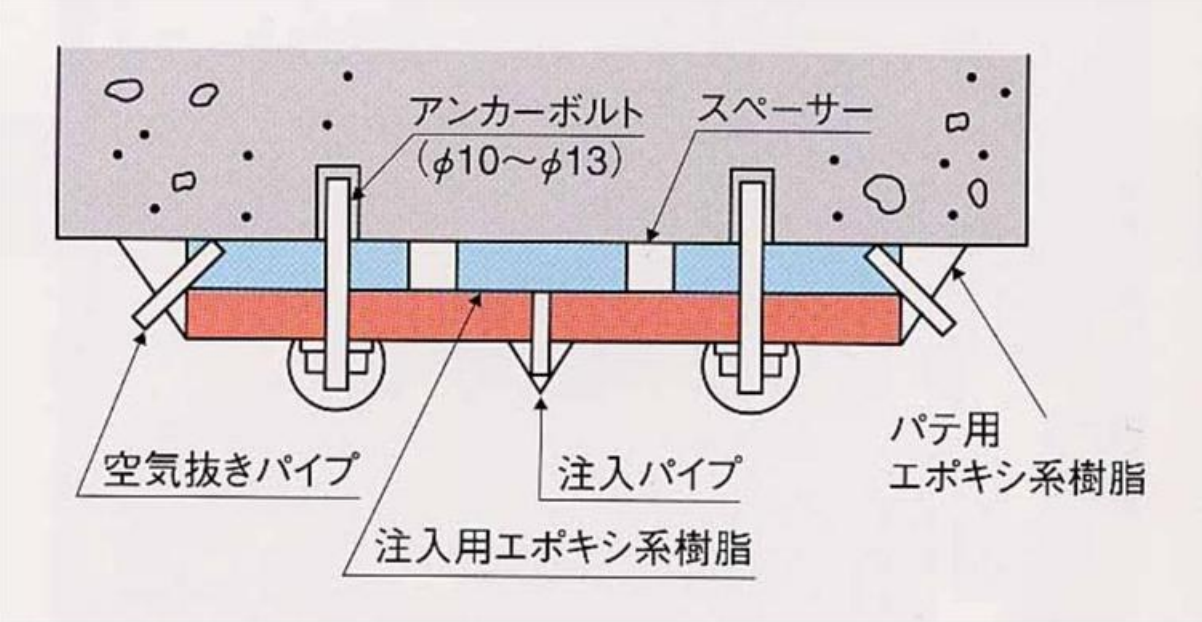

補強工法
(1) 補強材の追加
① 鋼板接着工法
②連続繊維接着工法
(2)ｺﾝｸﾘｰﾄ断面の増加
① 上面増厚工法
② 下面増厚工法
(3) プレストレスの導入
① 外ケーブル工法
② 炭素繊維ﾌﾟﾚｰﾄ工法
(4) ｺﾝｸﾘｰﾄ部材の交換
① 床版取換え工法
(5) 部材・支持点の追加
① 縦桁増設工法
② 支持工法

（1）補強材の追加

①鋼板接着工法

【概要】

✓ 鋼板をアンカーボルト等で固定し、コンクリートとの隙間に接着剤を注入することにより、鋼板とコンクリートを一体化する



工法概念図

①鋼板接着工法

【効果】

- ✓ 支間中央部の曲げ補強としての適用効果が高い
- ✓ 箱桁等の側面に適用した場合は、せん断力に対して補強効果がある
- ✓ ひび割れ発生の防止、あるいは抑制に効果がある

主桁下面の鋼板接着

床版下面の鋼板接着

①鋼板接着工法

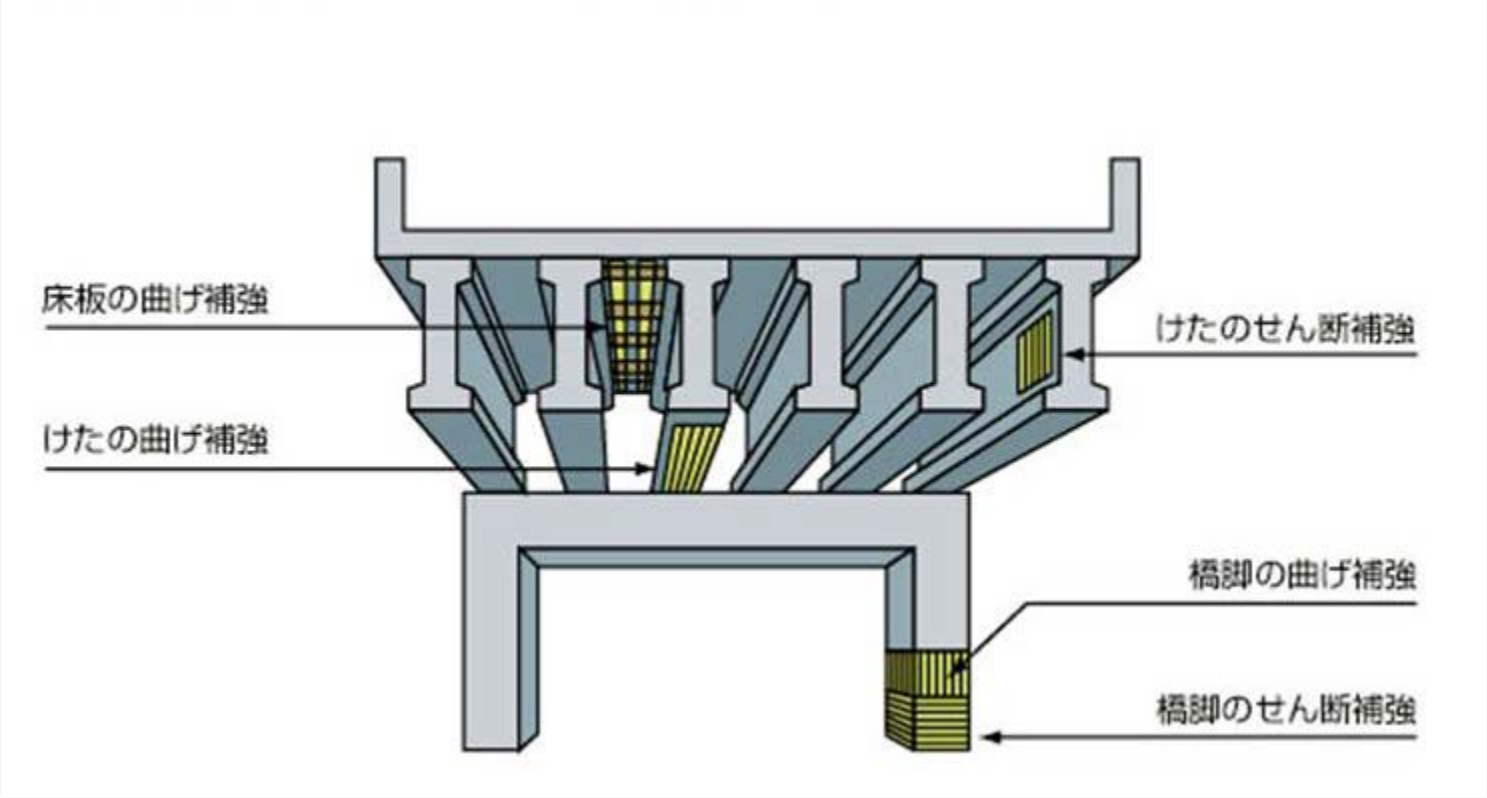
【留意事項】

- ✓ 部材下面に適用する場合は、上面からの浸透水対策が必要
- ✓ 施工方法によってはコンクリート表面の損傷状況を確認できない場合がある
- ✓ 鋼板の防食が必要
- ✓ 一体化するための注入作業が重要

②連続繊維接着工法

【概要】

✓コンクリート部材の，主として引張応力や斜引張応力作用面に連続繊維シートを接着して，既設部材と一体化させることにより必要な性能の向上を図る



連続繊維補強概念図

②連続繊維接着工法

【効果】

- ✓ 支間中央部の曲げ補強としては適用効果が高い
- ✓ 押抜きせん断力に対しては適用効果が低い
- ✓ ひび割れ発生の防止、あるいは抑制に効果がある

連続繊維含浸接着状況

格子状の接着例

②連続繊維接着工法

【留意事項】

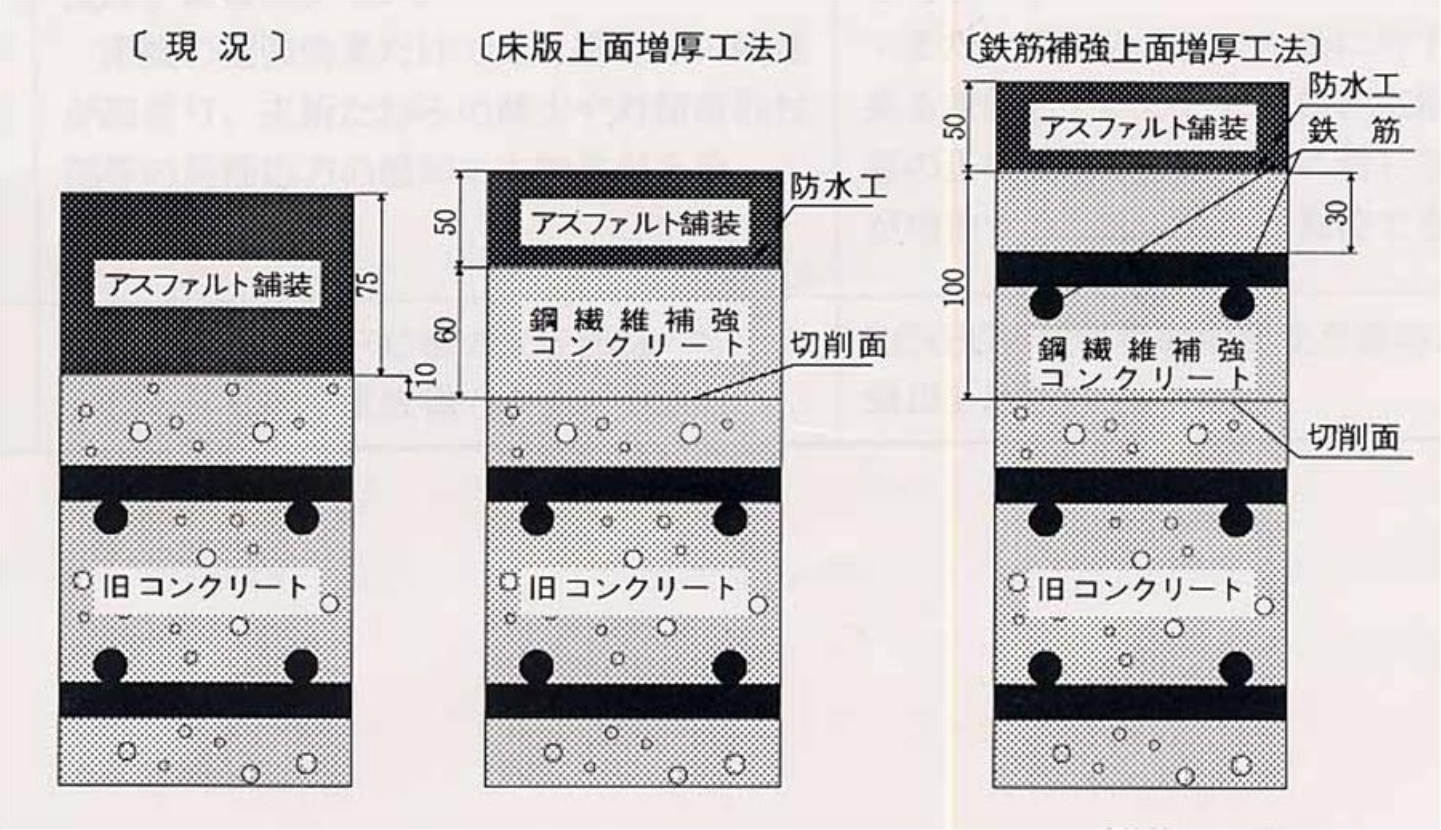
- ✓ 部材下面に適用する場合は、上面からの浸透水対策が必要
- ✓ 施工方法によってはコンクリート表面の損傷状況を確認できない場合がある
- ✓ 必要となる補強量は連続繊維シートの積層枚数によって調整する
- ✓ 紫外線劣化を防ぐために，表面保護工を併用する

(2)コンクリート断面の増加

①上面増厚工法

【概要】

✓部材上面に補強鉄筋を配置して鋼繊維補強コンクリートを打設する



①上面増厚工法

【効果】

- ✓中間支点上の曲げ補強であるが、支間中央部においても補強効果が期待できる
- ✓せん断力や押抜きせん断力に対しても補強効果が高い

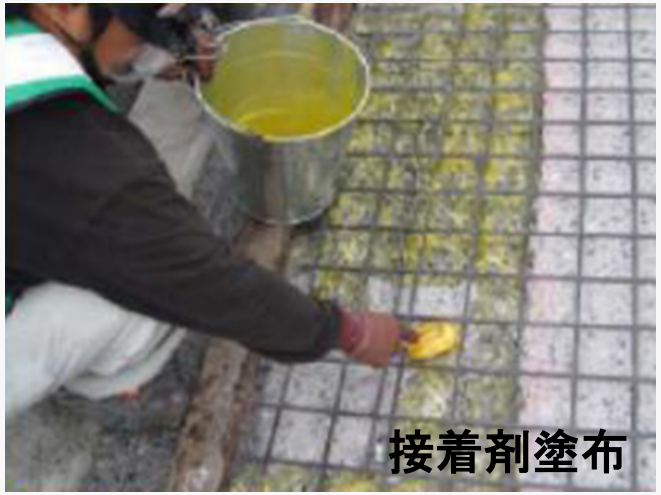
床版上面切削状況

鋼繊維ｺﾝｸﾘｰﾄ打設状況

①上面増厚工法

【留意事項】

- ✓ 施工には交通規制が必要
- ✓ ＰＣ鋼材が上面に定着されている場合は切削方法に留意が必要
- ✓ 新旧コンクリートの一体化が補強効果及び長期耐久性を左右するため，特に入念な施工を行うことがポイント

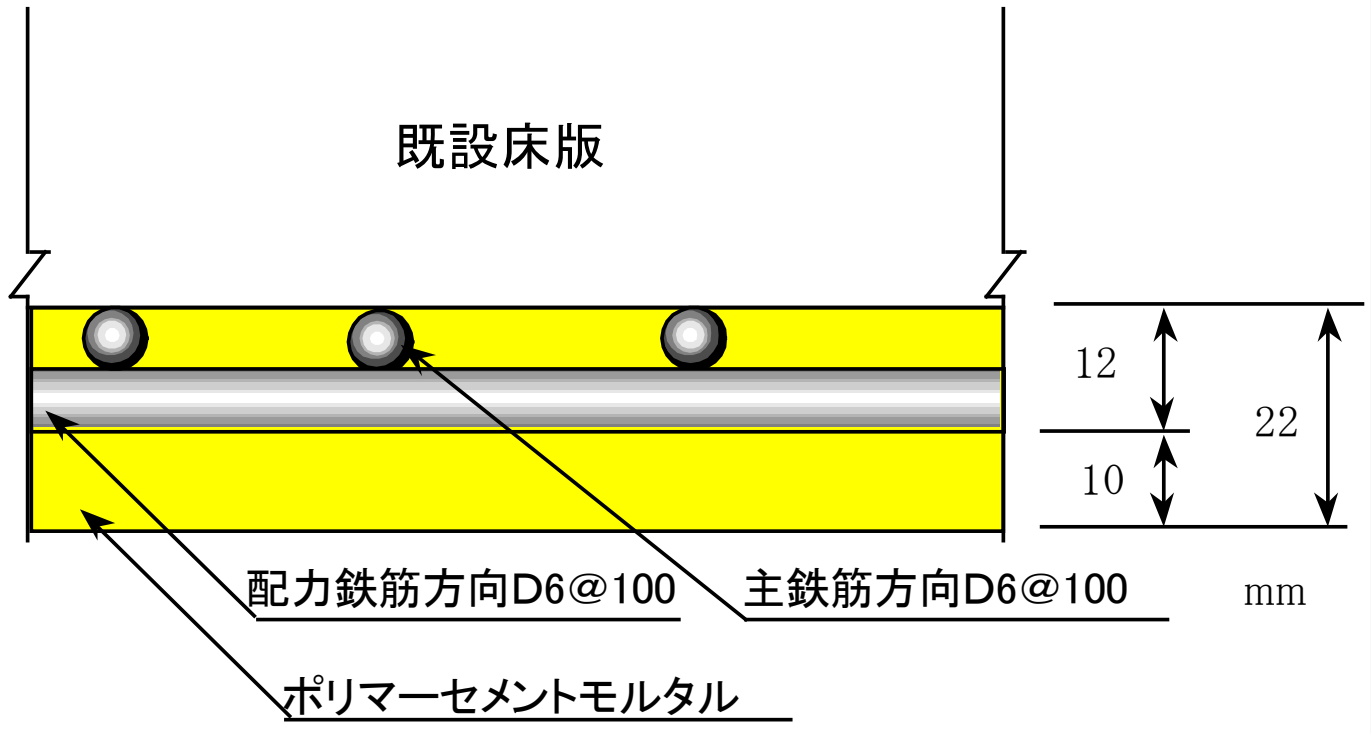


接着剤塗布

②下面増厚工法

【概要】

✓部材下面に引張補強材（鉄筋、ＦＲＰ材等）を配置してポリマーセメントモルタルを吹付け、既設コンクリートと一体化する



②下面増厚工法

【効果】

- ✓ 支間中央部の曲げ補強であるが、桁側面に適用した場合はせん断力に対して補強効果がある
- ✓ ひび割れ発生の防止、あるいは抑制に効果がある

補強筋配置状況

ﾎﾟﾘﾏｰｾﾒﾝﾄﾓﾙﾀﾙ吹付け状況

②下面増厚工法

【留意事項】

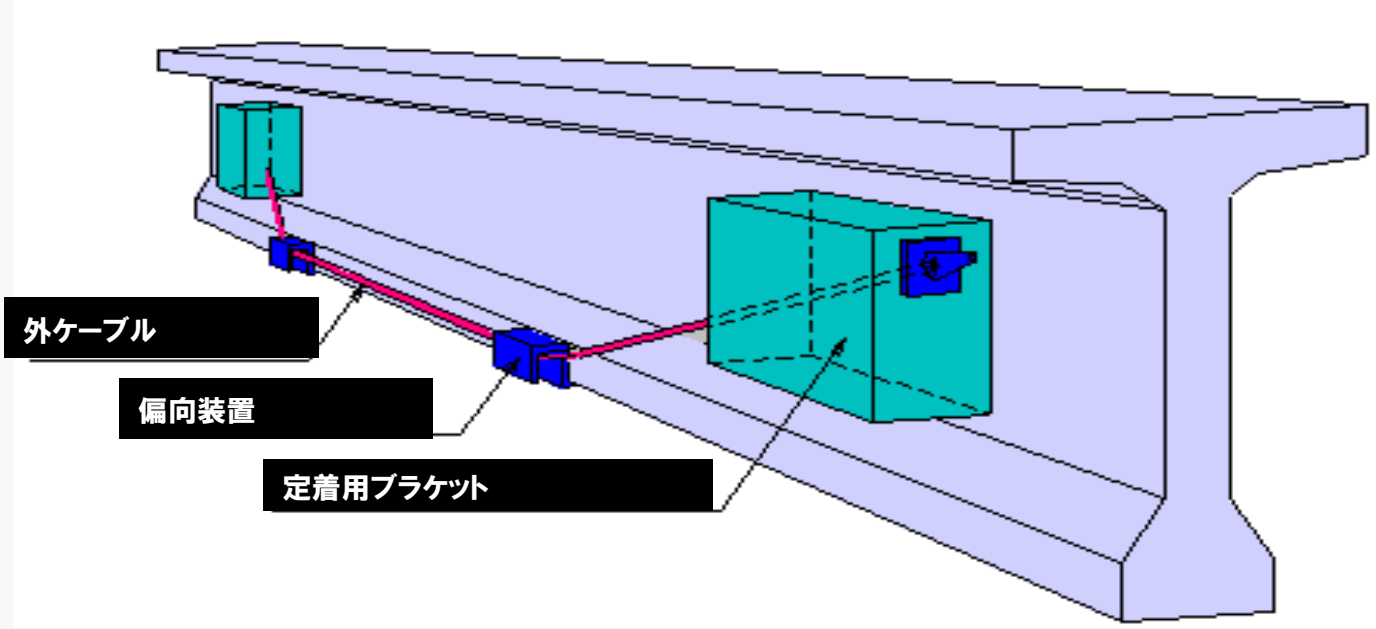
- ✓ 新旧コンクリートの一体化はポリマーセメントモルタルの付着力に対する依存度が高い
- ✓ 上向き作業となるため、入念な施工が必要
- ✓ 補強材を鉄筋とする場合、鉄筋と部材下面との隙間にポリマーセメントモルタルが十分に行き渡るよう入念に作業を行う

(3)プレストレスの導入

①外ケーブル工法

【概要】

✓既設部材の外側にＰＣ鋼材を追加配置し、緊張することにより所定のプレストレスを導入する



外ケーブル工法概念図

①外ケーブル工法

【効果】

✓ 活荷重および死荷重による部材の応力状態が改善される
✓ コンクリートのひび割れ発生が抑制される

外ケーブル工法　施工例

①外ケーブル工法

大偏心外ケーブル工法による<u>たわみ改善</u>事例

①外ケーブル工法

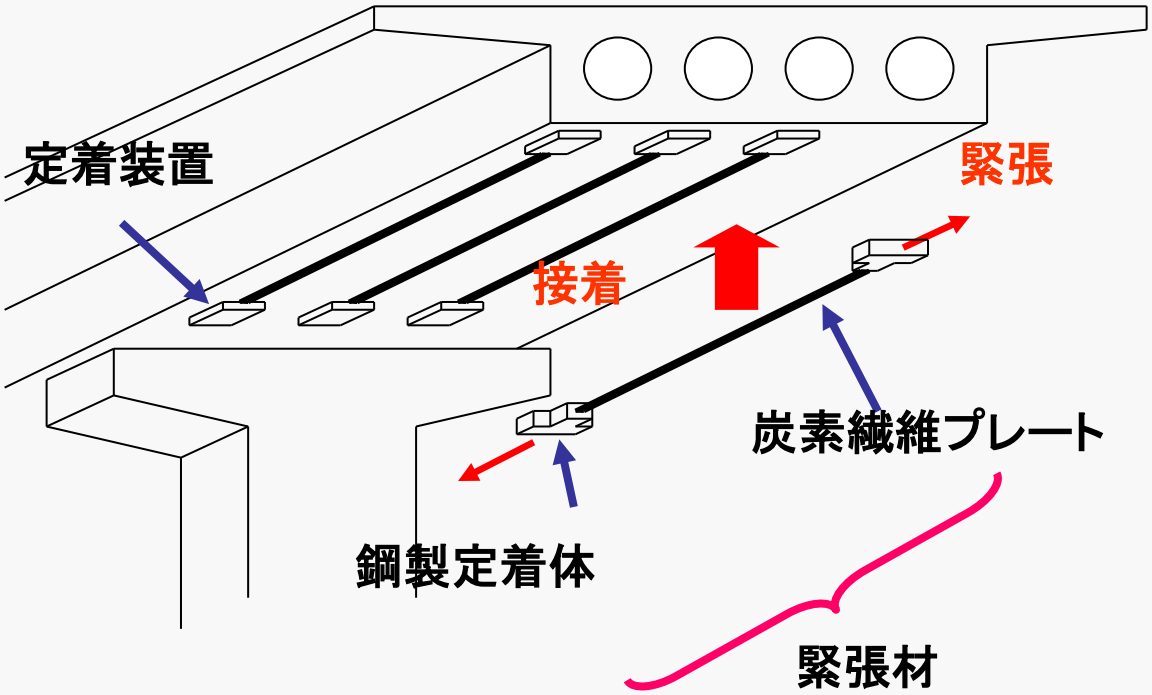
【留意事項】

- ✓ 定着部や偏向部の設計は適切な手法で実施する
- ✓ 外ケーブルや定着体は防錆処理が必要
- ✓ 部材の一部を削孔する場合は、既設の鉄筋等を傷めないよう、あらかじめ非破壊検査により鉄筋位置を探査する

②炭素繊維プレート緊張工法

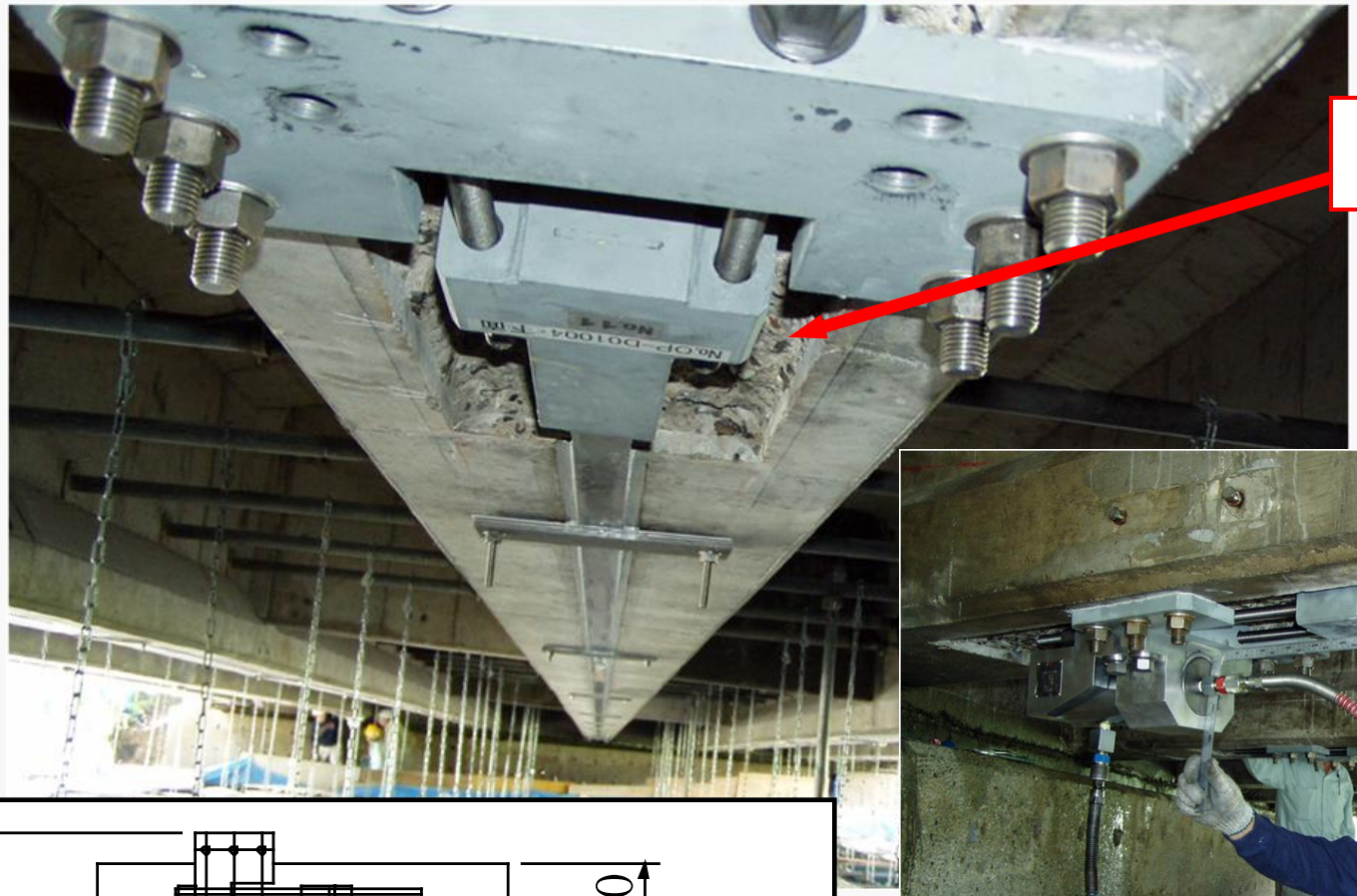
【概要】

✓既設部材の外側に炭素繊維プレート緊張材を追加配置し、緊張することにより所定のプレストレスを導入する

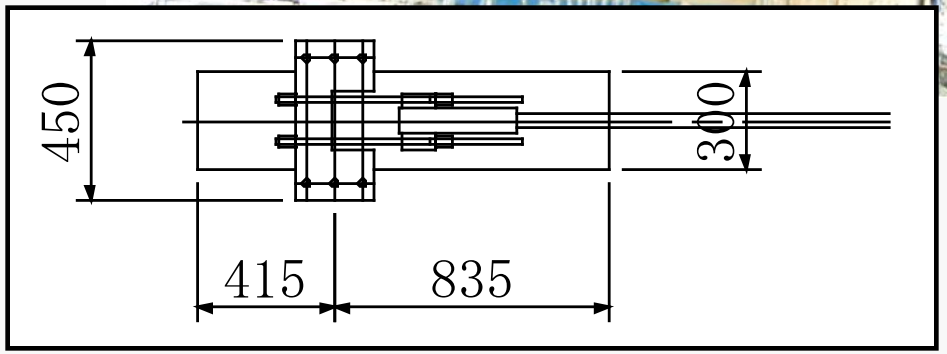


炭素繊維プレート緊張工法概念図

②炭素繊維プレート緊張工法



緊張状況

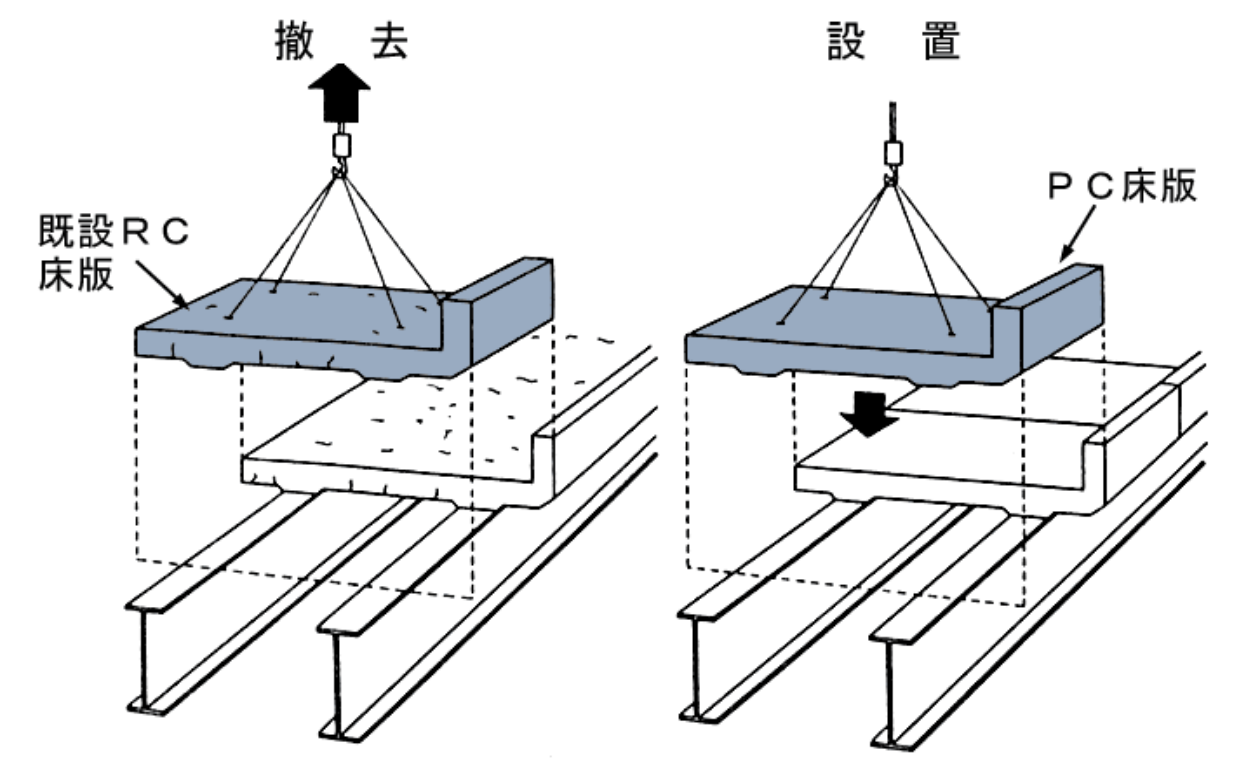


（4）コンクリート部材の交換

①床版取換え工法

【概要】

✓劣化・損傷したＲＣ床版の一部もしくは全部をコンクリートで打ち換えたり、プレキャスト部材に交換する工法



①床版取換え工法

【効果】

プレキャストPC床版を採用することで、

✓工期短縮

✓交通への影響を最小化

✓耐久性の向上

既設RC床版撤去

床版取替え施工状況

4　機能向上技術

①主桁連結化

②支承取換え

③伸縮装置取換え

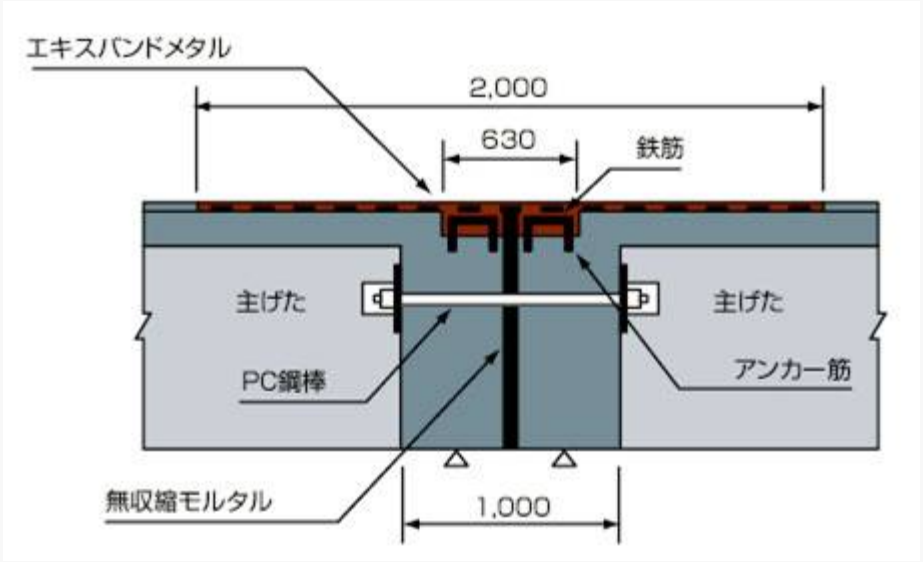
④落橋防止装置取付け

⑤橋面防水工

①主桁連結化

【概要】

- ✓単純桁を連結して連続化することにより、伸縮装置部の車両走行時の騒音問題解消、ジョイントレス構造による走行性改善、維持管理費用の軽減を目的として行う工法
- ✓桁端部や橋脚の劣化防止対策としても用いられている



主桁連結概念図

主桁連結施工例

①主桁連結化

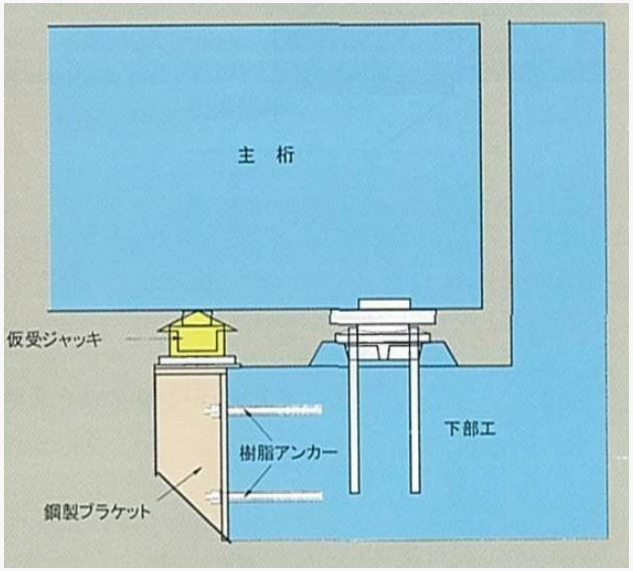
【効果】

- ✓ 車両の走行に起因する振動や騒音を抑制することができる
- ✓ 車両走行性を向上させることができる
- ✓ 伸縮装置からの漏水を防止することができる
- ✓ 耐震性能を向上させることができる

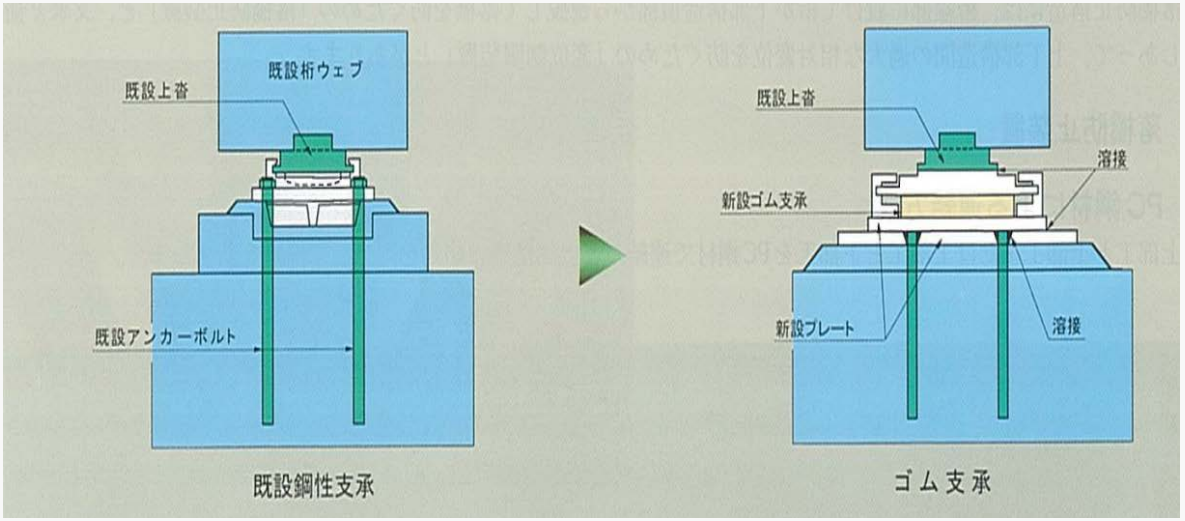
②支承取替え

【概要】

✓鋼製支承からゴム支承へ取替えることにより、橋梁全体の耐震性能を向上させる工法



支承の取替には
仮受けジャッキが必要
（橋面の高さに変化なし）



鋼製支承からゴム支承への変更
（上沓を変更しない例）

②支承取替え

既設鋼製支承

取替状況

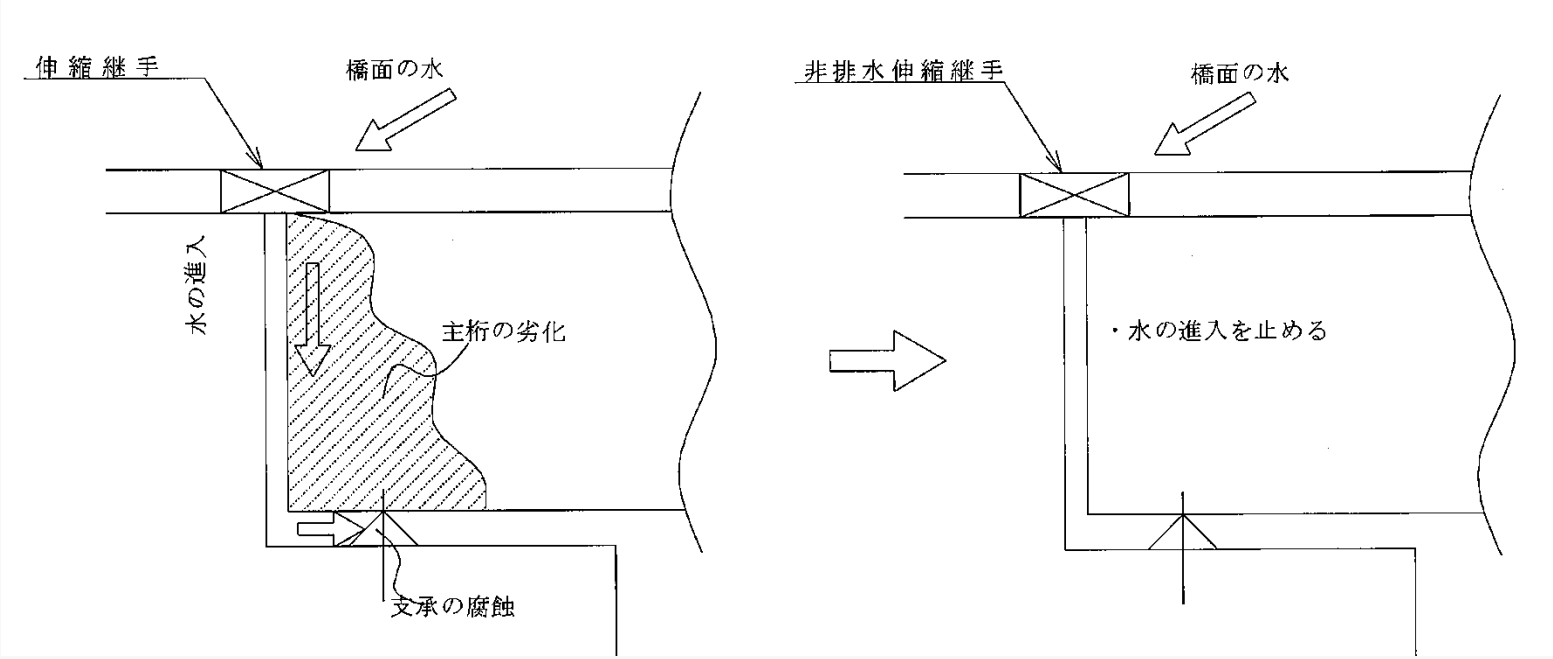
取替完了

※上沓転用による事例

③伸縮装置取替え

【概要】

✓伸縮装置を非排水型に交換し、伸縮装置の機能回復と伸縮装置部からの漏水による劣化の防止を目的とした工法



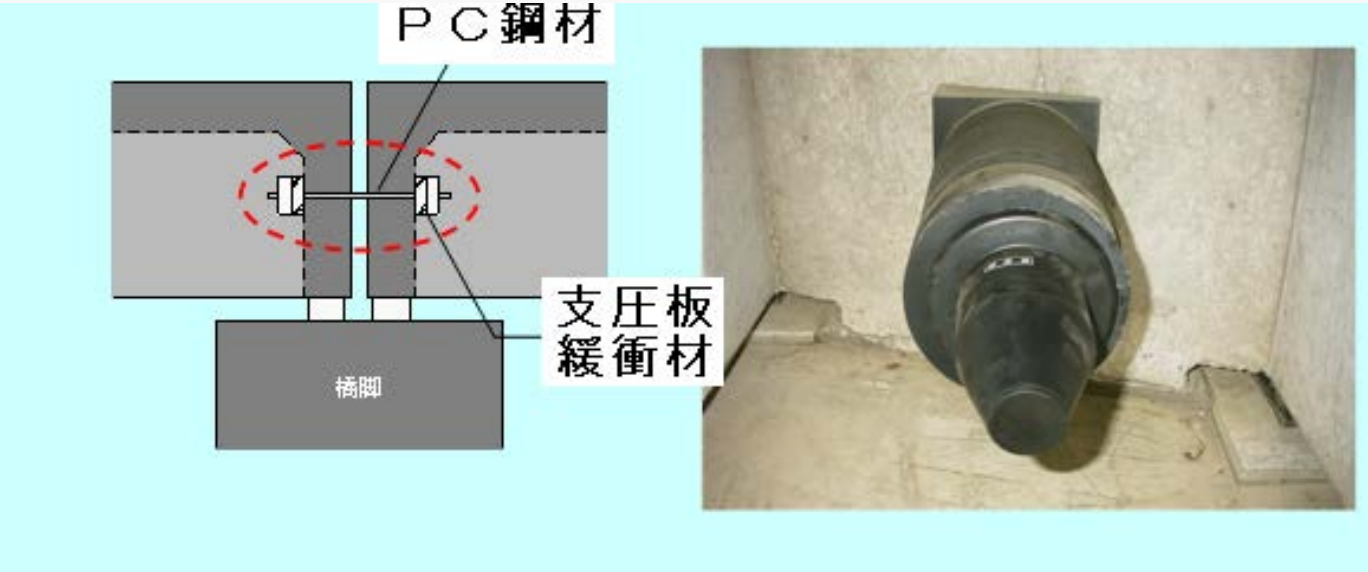
③伸縮装置取替え

伸縮装置取替えの施工例（シームレス型への変更例）

④落橋防止構造取付け

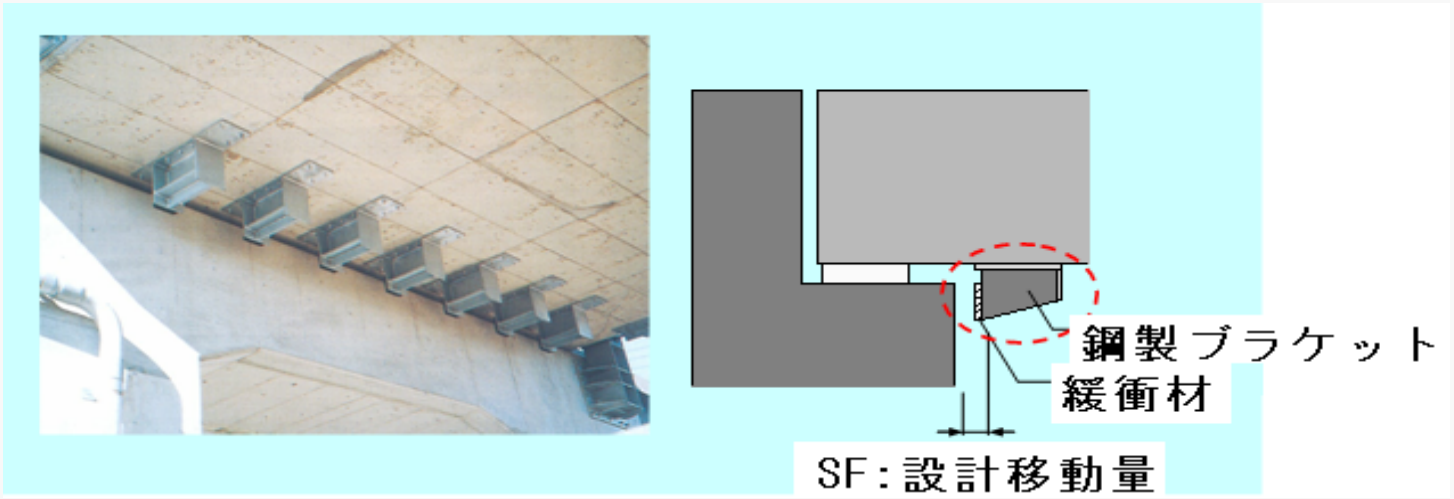
【概要】

✓落橋防止構造は、構造部材や地盤の破壊に伴う予測できない構造系の破壊が生じても、上部工の落下を防止する目的で設ける構造である

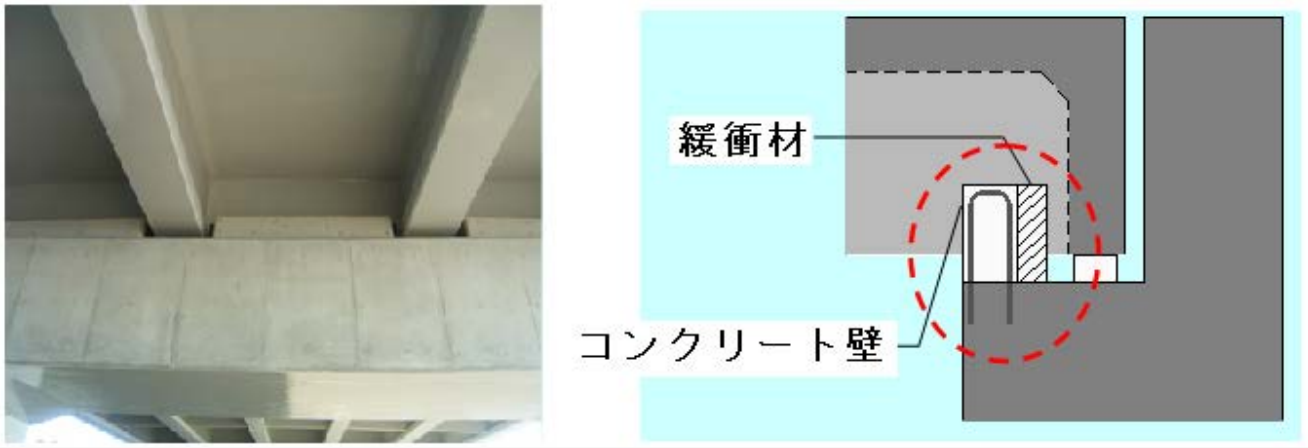


PC鋼材による連結方式の例

④落橋防止構造取付け



鋼製ブラケット方式の例



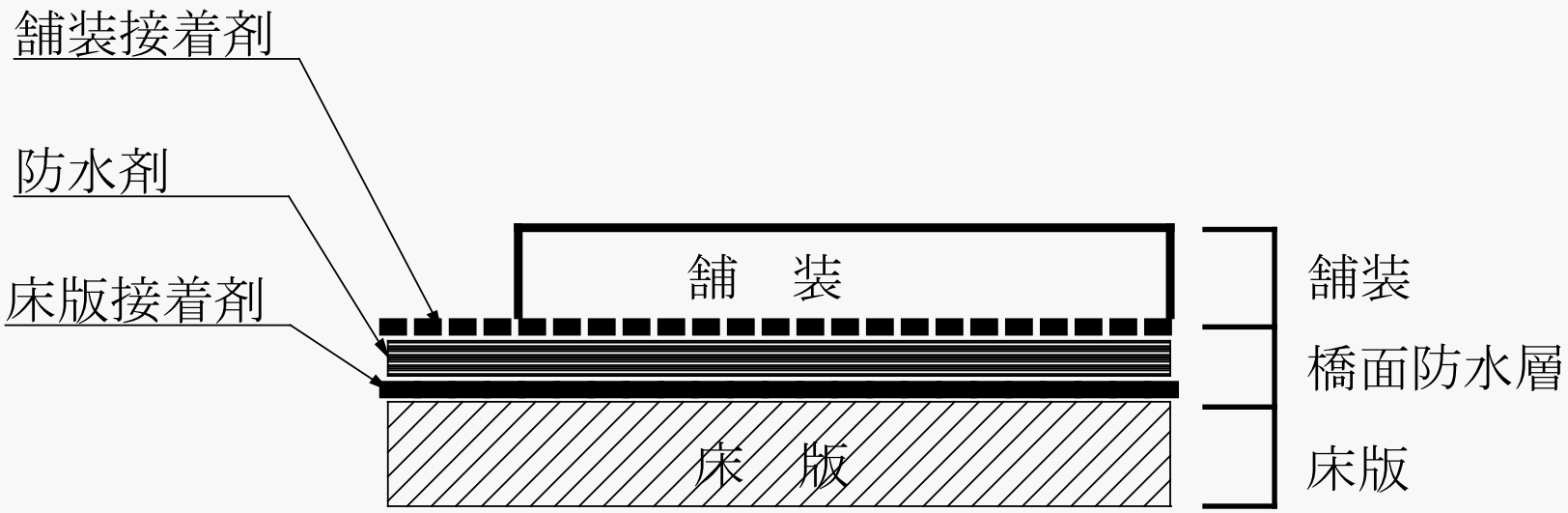
鉄筋コンクリート製壁方式の例

⑤橋面防水工

【概要】

✓床版と舗装との間に防水層を設けることにより、橋面から構造部材への水分侵入を防止する

✓橋面防水工にはシート系と塗膜系の2種類がある



橋面防水工の概念図

⑤橋面防水工

シート系橋面防水工の例

塗膜系橋面防水工の例

おわりに

定期点検が本格的に実施され、老朽化対策も本格化することが予想される中で、本日はコンクリート橋の補修・補強について講義させて頂きました。

本日の講義は、コンクリート橋を維持する上での基礎であり、ＰＣ橋の保全ではＰＣ鋼材の保全に特段の配慮が必要となります。

PC建協では、PCの利活用に関する相談窓口を設置しています（PC技術相談室）。建協のHPに詳細がございますので、是非ご活用下さい

ご清聴、ありがとうございました。

一般社団法人
プレストレスト・コンクリート建設業協会
JAPAN PRESTRESSED CONCRETE CONTRACTORS ASSOCIATION
［略称］PC建協