

# PC橋の補修・補強技術

2025年12月2日 10:00～16:00

「橋梁維持補修(PC橋) 研修」

(公財)鳥取県建設技術センター



(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会  
中国支部

# 目次

1. 補修設計の留意点
2. 補修・補強工法の概要と特徴
3. P C 橋の補修・補強事例

# 1. 補修設計の留意点

## 1-1. 補修・補強の定義

### 補修

- ・劣化要因の除去、劣化進行の抑制
- ・第三者への影響を除去
- ・耐久性の回復、向上
- ・初期性能への回復

### 補強

- ・耐荷性や剛性などの力学的な性能の向上

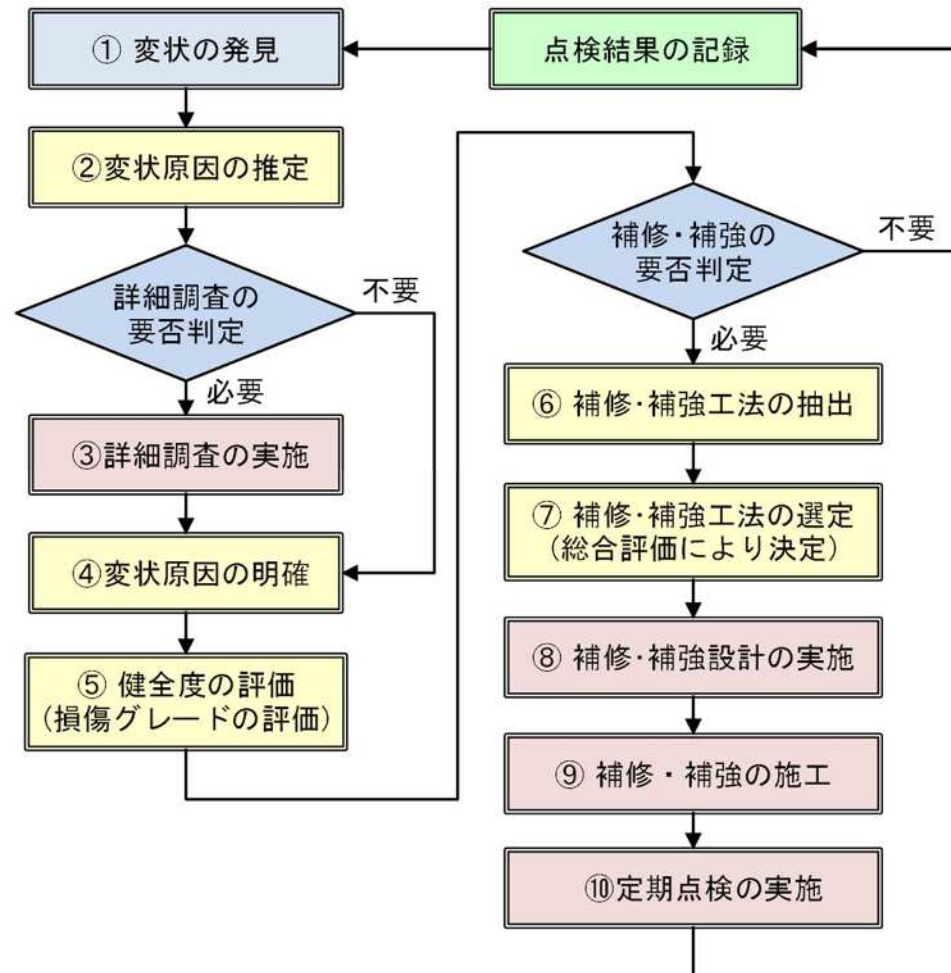
※コンクリート標準示方書 維持管理編

# 1-2. 補修・補強の留意点

## 一般構造物

- ① 変状原因を把握して、変状に適合した工法を実施する。
- ② 回復目標とする性能水準を定めて、適合した工法を実施する。
- ③ 現場条件を考慮して、補修・補強を実施する。

### 補修・補強設計の手順



※(一社)建設コンサルタンツ協会 橋梁補修設計マニュアル(案)より引用

# 1-2. 補修・補強の留意点

## PC構造物（特に留意する点）

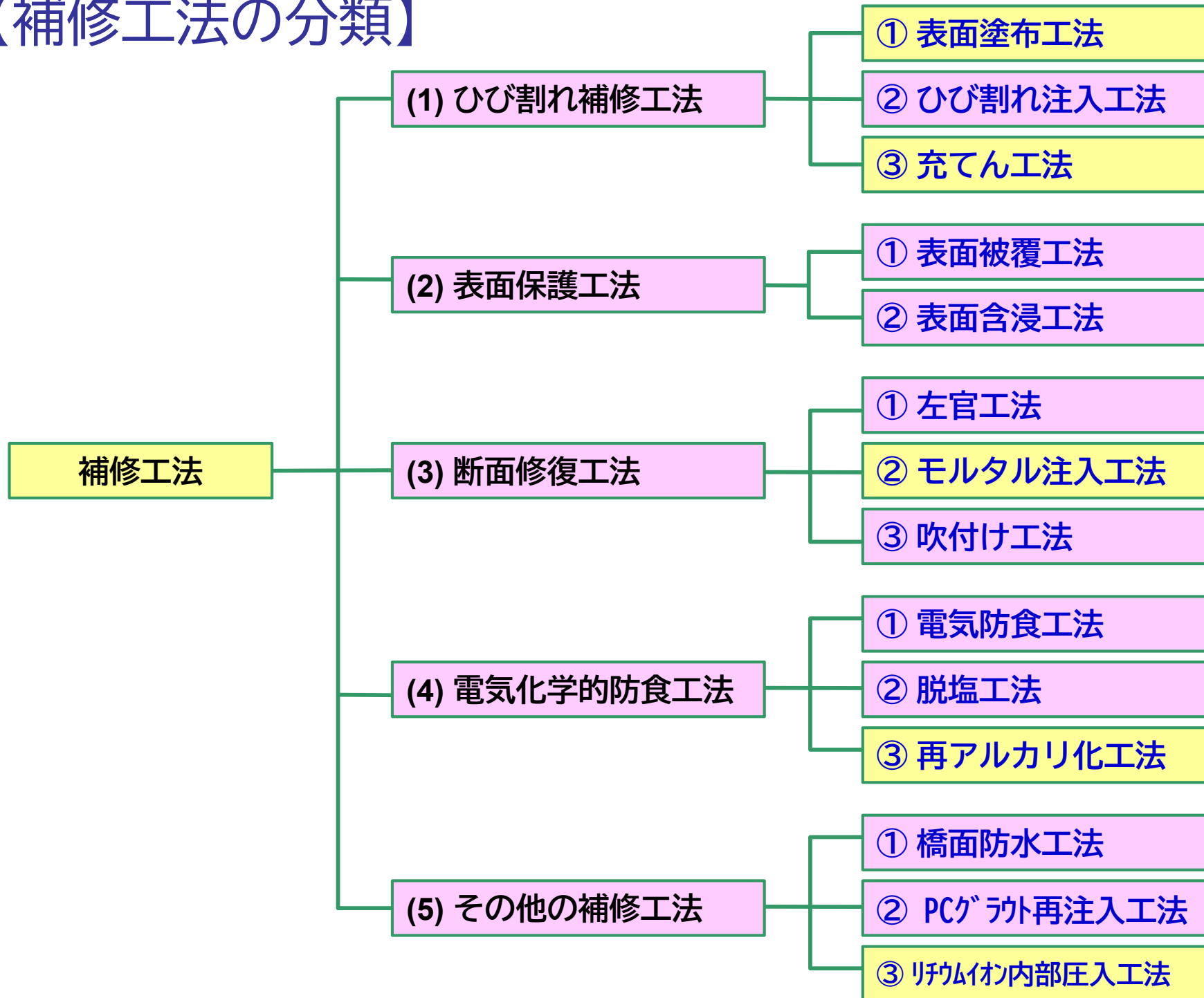
- ① 詳細調査や設計図書により、**構造物の応力状態を把握**する。
- ② 補修・補強した部分の応力状態が**許容応力度以内であることを確認**する。（はつりによるプレストレス解放）
- ③ 補修・補強によって、配置されているPC鋼材などを傷つけないように計画・施工する。
- ④ 施工途中段階における構造物の**応力状態を把握**する。
- ⑤ 補修・補強後の構造物の性能(耐荷性能, 供用性能, 耐久性能, 第三者影響度)について, 明確にしておく。
- ⑥ 補修・補強に選定した材料が, 構造物の置かれた環境と構造物の挙動に対応可能であることを確認する。

## 2. 補修・補強工法の特徴と留意点

### 2. 1 コンクリート構造物の補修工法

- (1) ひび割れ補修工法
- (2) 表面保護工法
- (3) 断面修復工法
- (4) 電気化学的防食工法
- (5) その他の工法

# 【補修工法の分類】



# (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

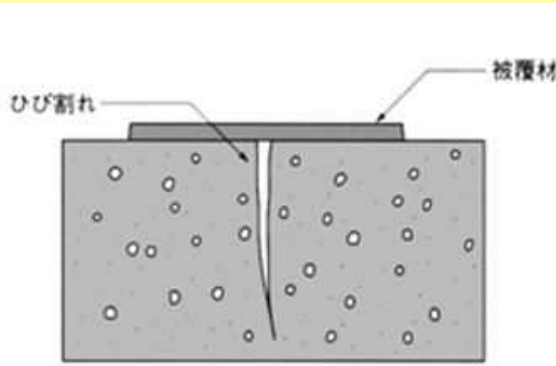
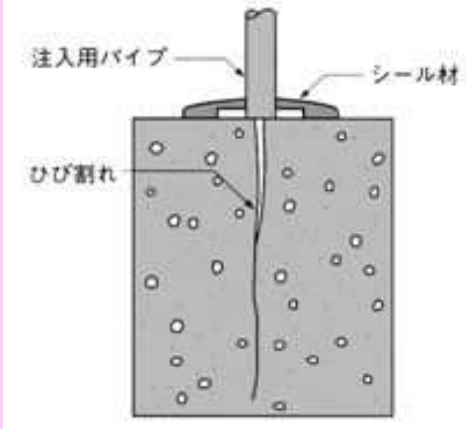

## 【効果】

- 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



# (1) ひび割れ補修工法

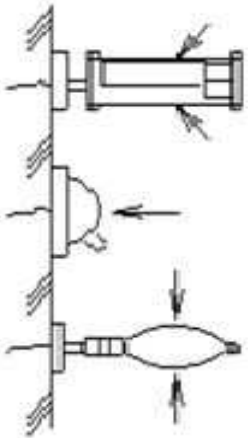
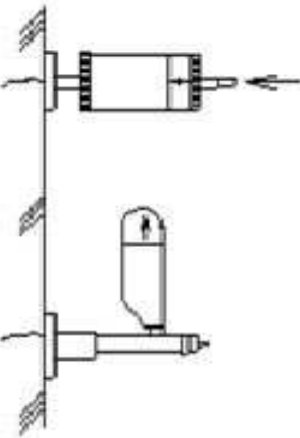
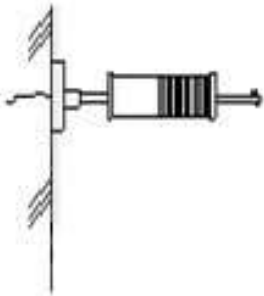
## 【ひび割れ補修工法の分類】

	①表面塗布工法	②注入工法	③充てん工法
概要図			
幅の目安	0.2mm未満	0.2～1.0mm程度	0.5mm以上
幅の変動	小		大

# (1) ひび割れ補修工法

## 【②ひび割れ注入工法の概要】

- 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
 <p>The diagram illustrates three stages of injection using rubber pressure. In the first stage, a cylindrical plunger is inserted into a crack. In the second stage, the plunger is pushed forward, compressing a rubber bulb behind it. In the third stage, the plunger is pulled back, drawing the material from the bulb into the crack.</p>	 <p>The diagram shows two stages of injection using compressed air. In the first stage, a nozzle is inserted into a crack. In the second stage, a small container of material is placed above the nozzle, and compressed air is used to blow the material into the crack.</p>	 <p>The diagram shows a single stage of injection using spring pressure. A cylindrical plunger with a coiled spring inside is inserted into a crack. The spring is compressed, forcing the material into the crack.</p>

## (1) ひび割れ補修工法

### 【留意事項】

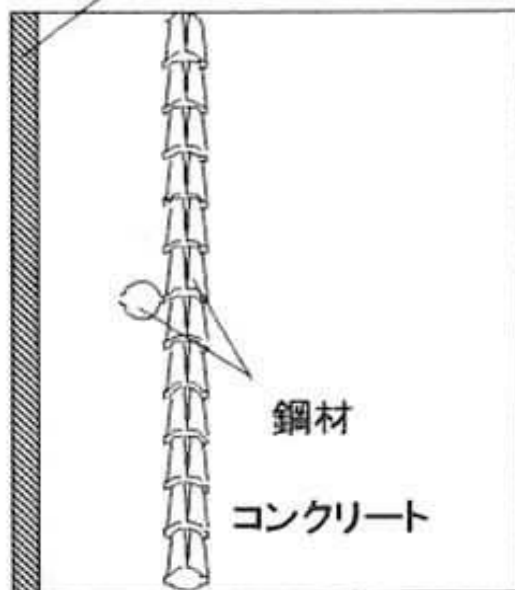
- 有機系材料を使用する場合は、ひび割れ内部を乾燥させる
- 無機系材料を使用する場合は、ひび割れ内部を湿潤状態とする
- 適切な材料、施工方法、機器などを選定
- 荷重作用等により開閉するひび割れへの適用には特に検討を要する

## (2) 表面保護工法

### 【概要】

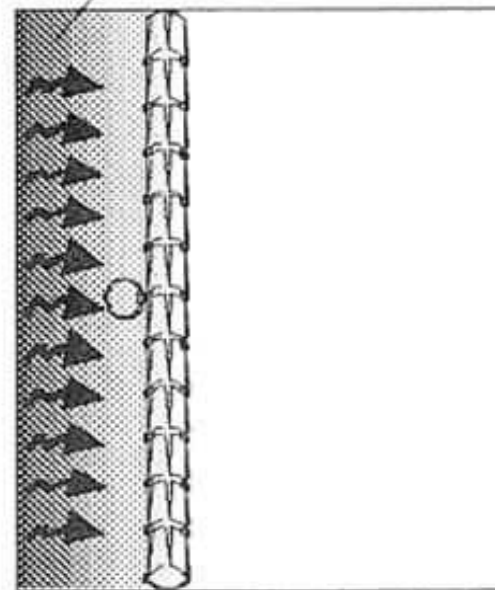
- コンクリートの劣化や鋼材の腐食の原因となる劣化因子の浸入を防止，抑制することを目的とする工法
- コンクリート表面を被覆する「①表面被覆工法」  
コンクリート表層部へ含浸させる「②表面含浸工法」

表面被覆材(有機系、無機系)



表面被覆工法

表面含浸材

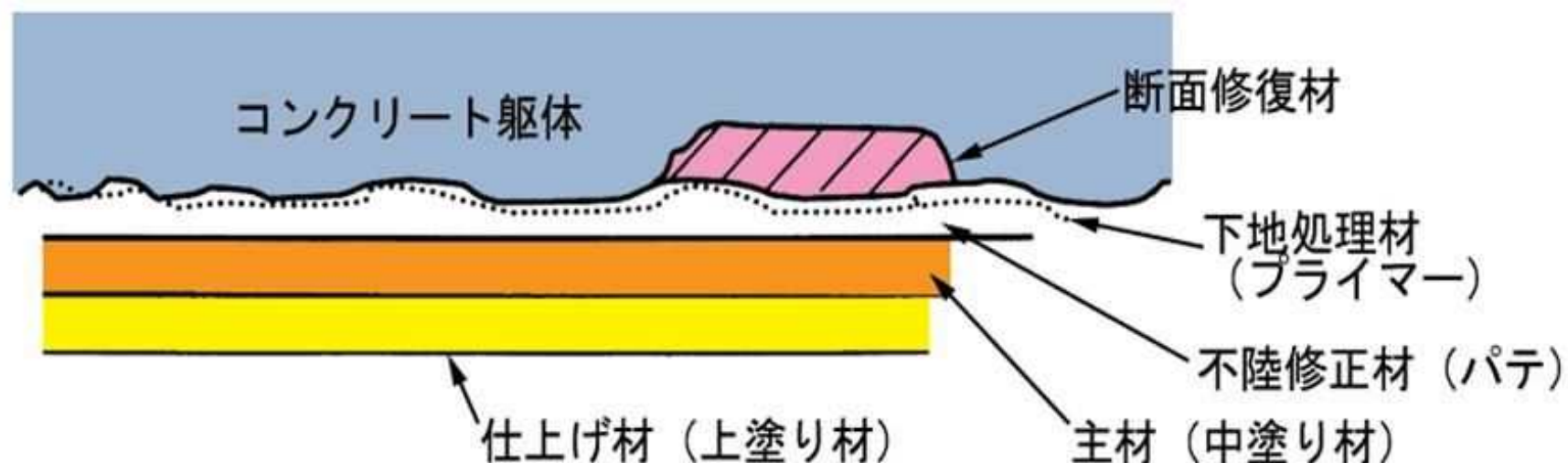


表面含浸工法

## (2) 表面保護工法

### 【①表面被覆工の概要】

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、二酸化炭素、酸素および塩分など）を遮断して、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

## (2) 表面保護工法

### 【①表面被覆工の施工状況】



塗布方法は、刷毛塗り、ローラー塗り、コテ塗り等で行う

## (2) 表面保護工法

### 【①表面被覆工の留意事項】

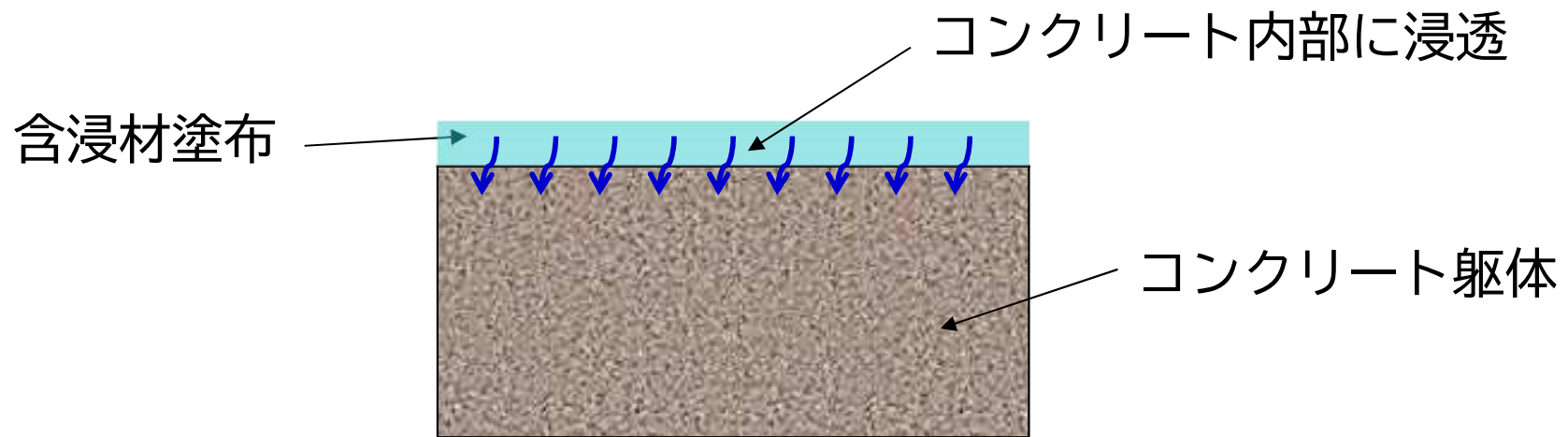
- 劣化因子がコンクリート中に侵入している場合は、劣化部を除去し、断面修復工と組み合わせて実施する必要がある
- 外気温やコンクリートの含水状態など、気象条件の影響を受けやすいので、これを考慮して施工時期や工期を設定する必要がある
- ✓ 施工時の気温 5℃以上
- ✓ 施工時のコンクリート表面含水率 8%以下

## (2) 表面保護工法

### 【②表面含浸工法の概要】

コンクリート表面に含浸材を塗布し、**コンクリート表層部に含浸させる**

含浸深さは数mm～数十mm（使用材料によって異なる）



表面含浸工法概念図

## (2) 表面保護工法

### 【②表面含浸工法の効果】

- 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

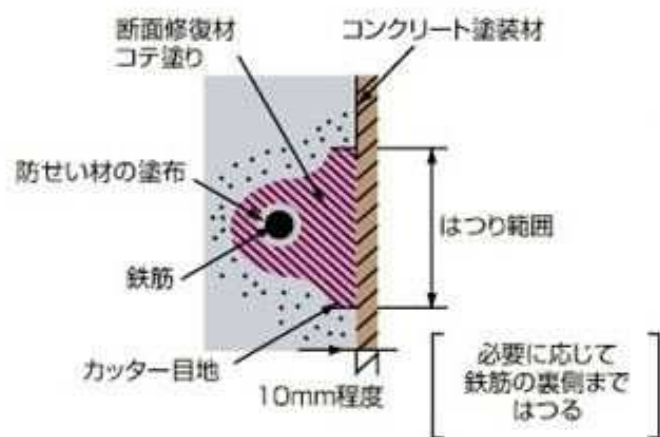
### 【②表面含浸工法の留意事項】

- 表面含浸材の種類により施工方法が異なるので材料メーカーの**取扱い説明書に注意**する
- シラン系材料は施工面を**乾燥**させ、反応型ケイ酸塩系材料は**湿潤状態**にする
- 表面含浸材の**耐用年数**に関して、さらなるデータ蓄積が望まれる

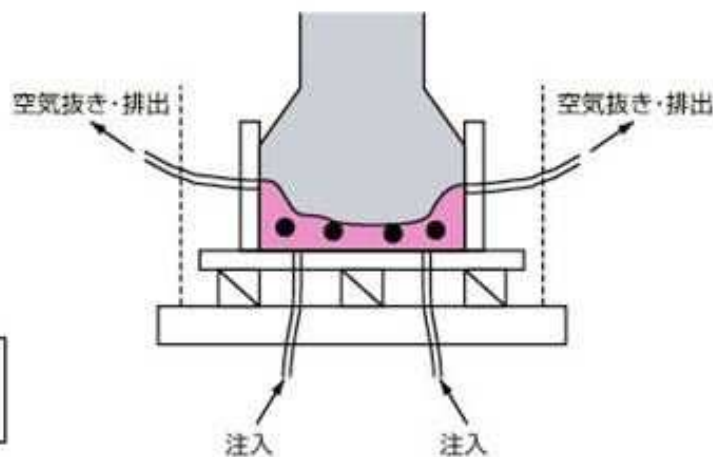
### (3) 断面修復工法

#### 【概要】

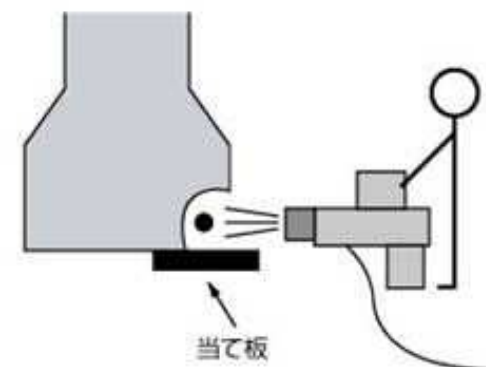
コンクリート構造物の劣化により欠損した部分の修復や、欠損はしていないが中性化，塩化物イオンなど劣化因子を含むかぶりコンクリートを除去した後の断面復旧を目的とした工法



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

## (3) 断面修復工法

### 【①左官工法の概要】

- 劣化部をはつり取り、ポリマーセメントモルタルのコーティングまたは左官仕上げにより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

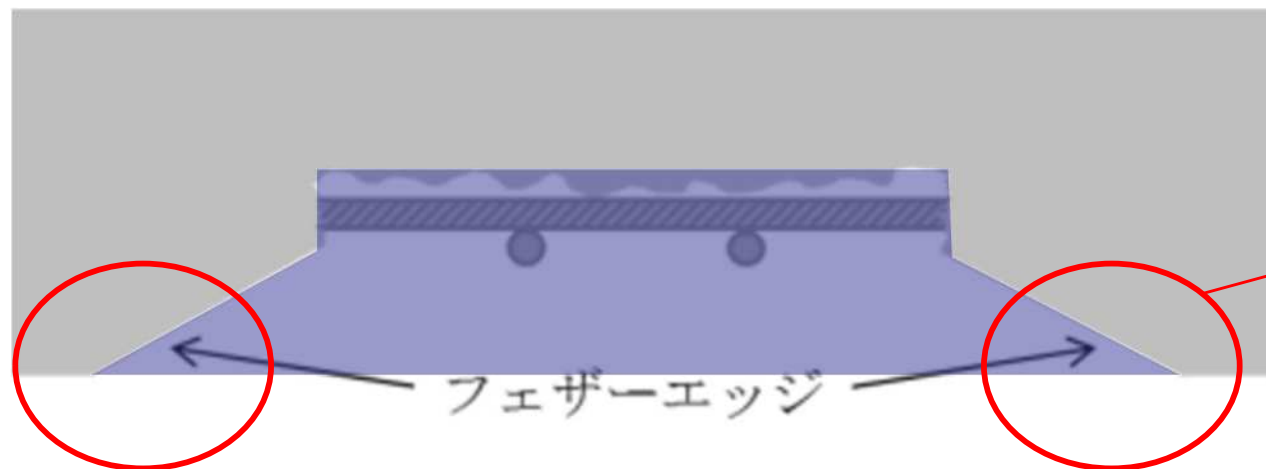
### 【①左官工法の留意事項】

- 1層の**塗り重ね厚**を薄くする
- 収縮しない材料を使用する
- 露出した**鉄筋の防錆処理**を行う
- はつり境界には**カッター**を入れる



左官工法施工状況

### (3) 断面修復工法

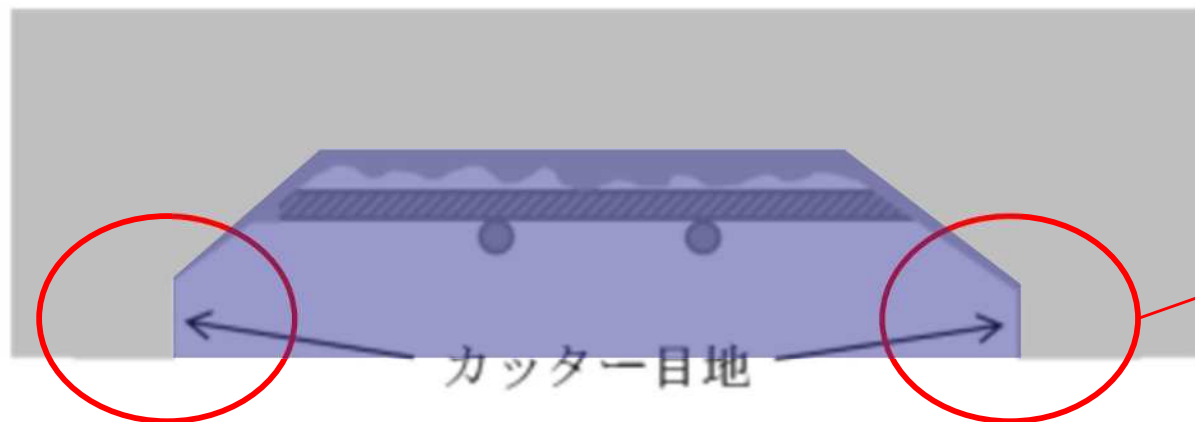


(1) フェザーエッジの例  
(断面修復材が薄くなり、ひび割れ生じやすい)

修復材の端部が薄く（フェザー状）仕上げられている状態。

このような形状では、ひび割れが生じやすく耐久性が低下。

薄い部分は応力集中や乾燥収縮の影響を受けやすく、剥離や欠損の原因になる。



(2) 良い例

修復材の端部が一定の厚みを保ち、しっかりと面取りされている状態。

応力が分散され、ひび割れや剥離のリスクが低減される。

耐久性・接着性ともに向上し、長期的な性能維持が可能。

## (3) 断面修復工法

### 【③吹付け工法の概要】

- 劣化部をはつり取り、**ポリマーセメントモルタル**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

## (3) 断面修復工法

### 【③吹付け工法の概要】

#### [乾式吹付け工法]

- 水を**加えず**に混練りしたモルタルに粉末状の急結剤を加え、吹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
- 1層あたりの吹付け厚：**100mm程度**

#### [湿式吹付け工法]

- 水を**加えて**混練りした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
- 1層あたりの吹付け厚：**30mm程度**



## (3) 断面修復工法

### 【③吹付け工法の留意事項】

#### [乾式吹付けの場合]

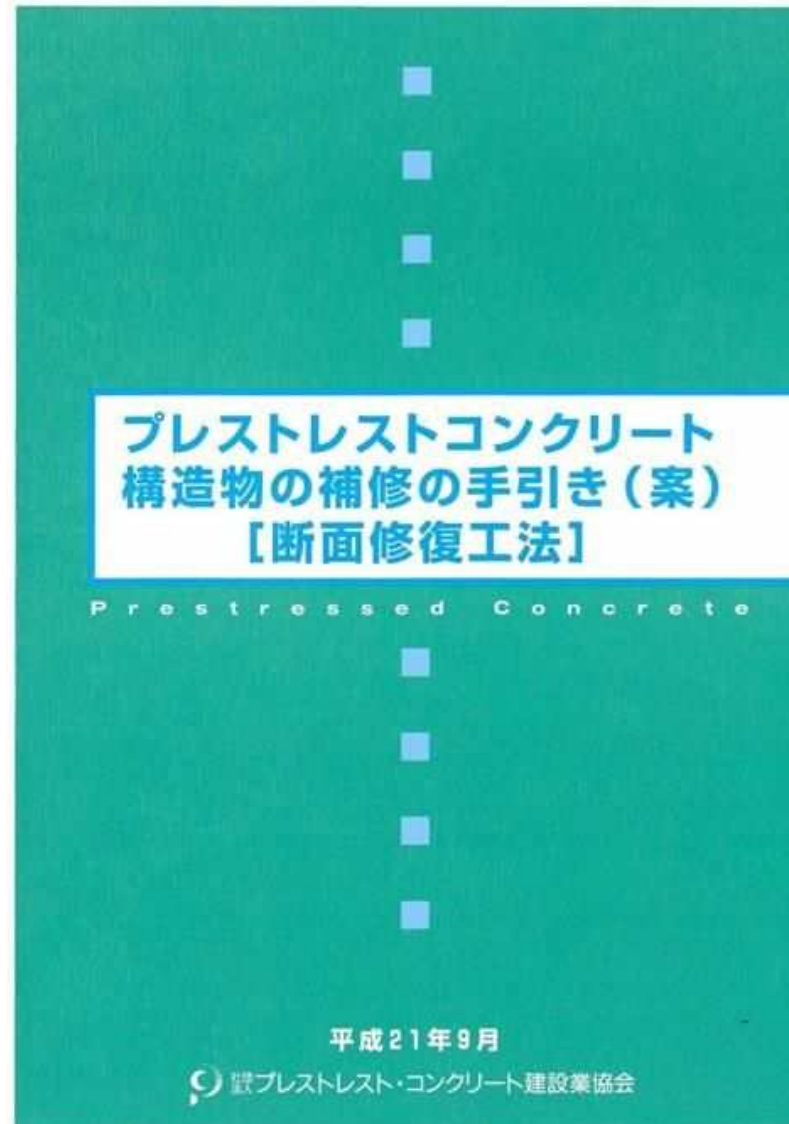
- 材料のリバウンドが多く、粉塵や騒音対策も必要
- ノズル部で水を加えるためノズルマンの操作によって品質が変動しやすい
- 圧送能力〔水平150～200m, 鉛直100～150m〕

#### [湿式吹付けの場合]

- 吹付け材料の流動性や粘性によって、ポンプの負荷や吹付け材の品質が左右される
- 圧送能力〔水平100m, 鉛直30～50m〕

### (3) 断面修復工法

PC建協にて発刊している断面修復工法の手引き



問合せ先：プレストレスト・コンクリート建設業協会 事務局 まで

## (4) 電気化学的防食工法

### 【概要】

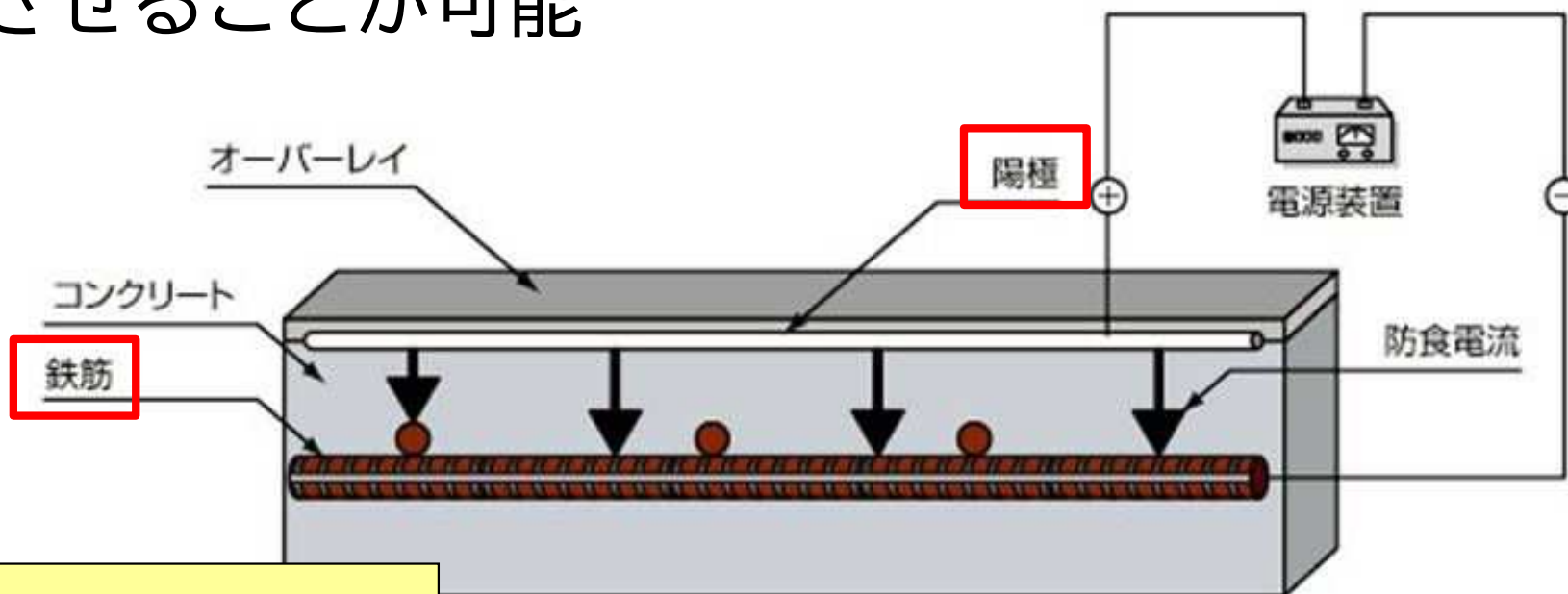
コンクリート中の鋼材と表面付近に設置した陽極との間に直流の電流を流すことによって、鋼材の腐食に代表される劣化を抑制する

工 法	対象とする劣化機構
①電気防食工法	塩害・中性化
②脱塩工法	塩害
③再アルカリ化工法	中性化

## (4) 電気化学的防食工法

### 【①電気防食工法の概要】

コンクリート中の鋼材に**防食電流**を**供用期間中**を通じて流す工法で、**鋼材の腐食進行を停止**させることが可能



通電期間：供用期間中  
電流密度：1～30 mA/m<sup>2</sup>

電気防食概念図

(出典：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針)

## (4) 電気化学的防食工法

### 【①電気防食工法の施工状況】



線状陽極材の設置例



面状陽極材の設置例

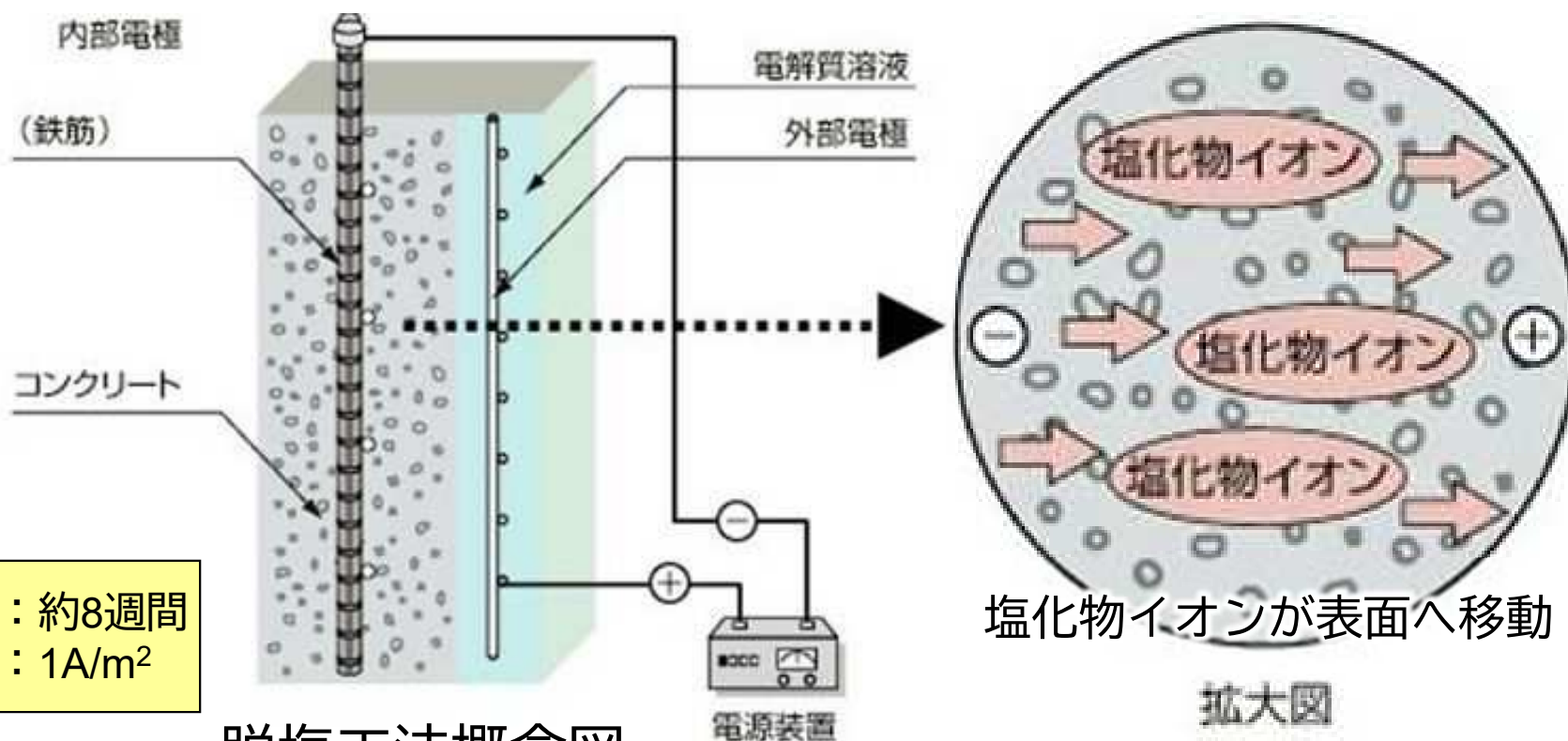
### 【①電気防食工法の留意事項】

- 供用期間中、防食電流を供給し続ける必要がある
- 適用後には配電設備等の定期的な維持管理が必要

## (4) 電気化学的防食工法

### 【②脱塩工法の概要】

コンクリート表面に**電解質**を介して外部電極を設置し、コンクリート中の鋼材を陰極として**直流電流を流し**、コンクリート中の**塩化物イオン**を取り除く工法



通電期間：約8週間  
電流密度：1A/m<sup>2</sup>

脱塩工法概念図

(出典：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針)

## (4) 電気化学的防食工法

### 【②脱塩工法の施工状況】



外部電極の設置



通电時の状況

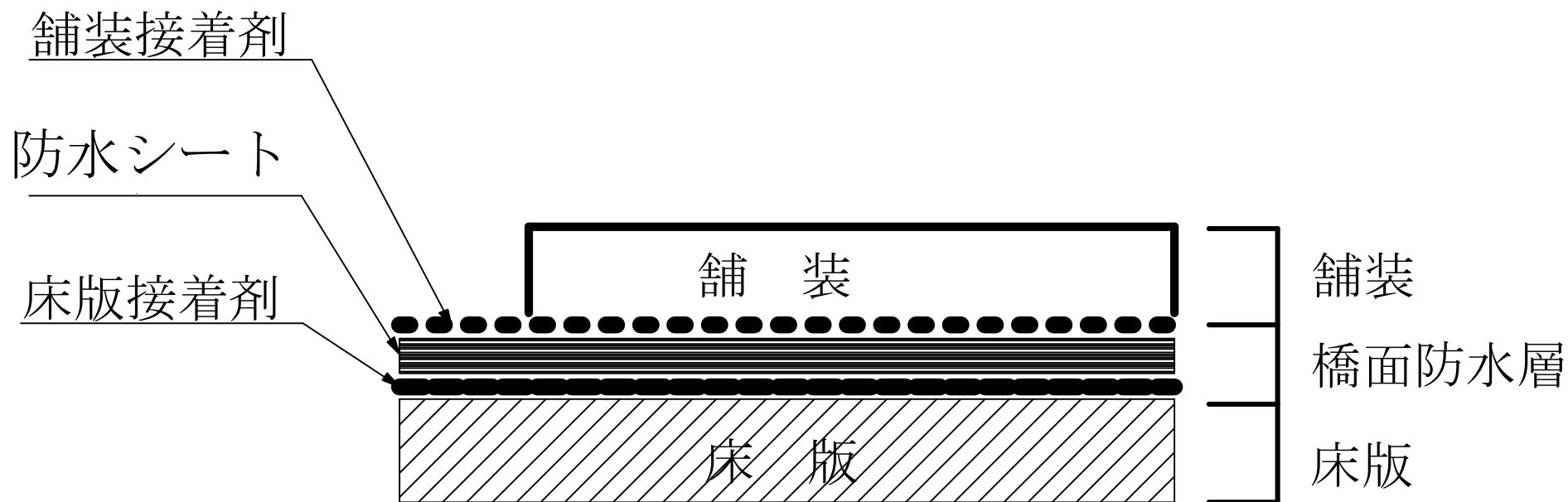
### 【②脱塩工法の留意事項】

- **PC鋼材**が存在する場合は**水素脆化**が起こらないような電流量の設定と通电方法の検討が必要
- 施工後は新たな塩化物イオンの浸入防止を目的として**表面被覆**を施すことが必要

## (5) その他の補修工法

### 【①橋面防水工の概要】

- 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浸入を防止する
- 橋面防水工にはシート系と塗膜系の2種類がある



シート系橋面防水工の概念図

## (5) その他の補修工法

### 【①橋面防水工の施工状況】



シート系橋面防水工の例



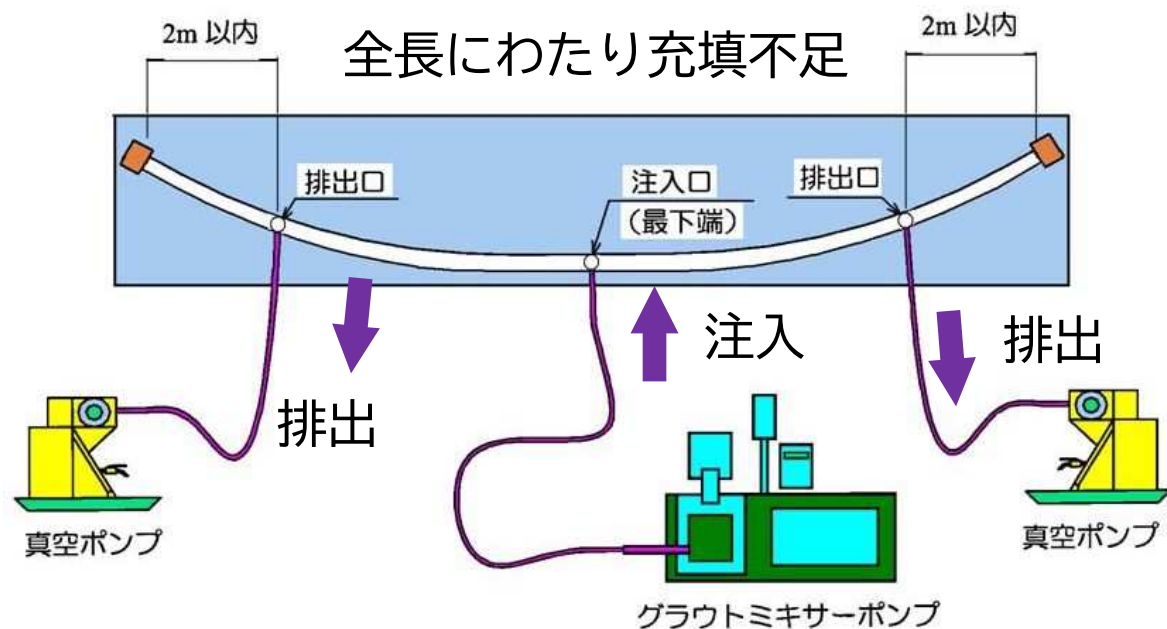
塗膜系橋面防水工の例

※**コンクリートの劣化には必ず水が介在しているため**  
**橋面防水工の果たす役割は極めて大きい**

## (5) その他の補修工法

### 【②PCグラウト再注入工法の概要】

PCグラウトの**充てんが不完全**な範囲に対し、グラウト材を再注入することにより、**PC鋼材の健全性を確保**する



真空ポンプを用いたグラウト再注入の概念図



施工状況

## (5) その他の補修工法

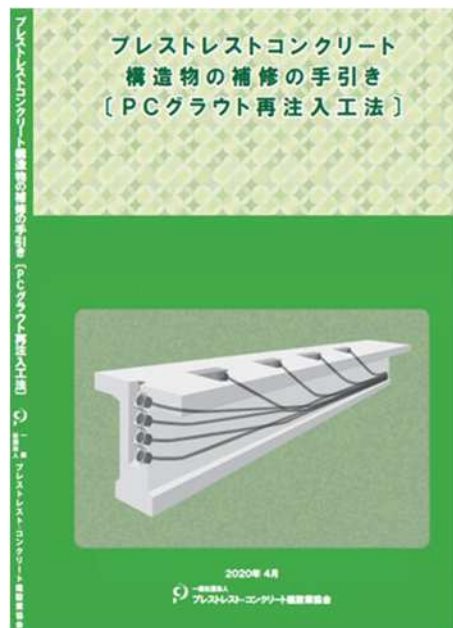
### 【②PCグラウト再注入工法の留意事項】

- 放射線透過法，電磁波レーダー法などの非破壊検査により，シーソおよび鉄筋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に注意する
- 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は事前に処理する

# PC建協にて発刊しているPCグラウト再注入マニュアル

## ■本マニュアルの発刊経緯

- PCグラウト充填不良による劣化損傷は橋梁ごとに状況が異なり，補修補強には柔軟な現場対応が求められる。
- 本マニュアルは，PCグラウト充填不足の調査計画立案やPCグラウト再注入の施工計画を作成する際に必要な情報を一冊にまとめ，2020年4月に発刊された。



申込方法：メールまたはFAXにて注文願います

【メールの宛先】 [pcken-syoseki@pcken.or.jp](mailto:pcken-syoseki@pcken.or.jp)

【Faxの宛先】 PC建協本部事務局 fax:03-3260-2518

購入時記入内容：

- ・書籍名「プレストレストコンクリート構造物の補修の手引き [PCグラウト再注入工法] (2020年4月)」
- ・数量 ・会社名 ・送付先住所 ・電話番号

詳しくは各支部にお問合せ願います。

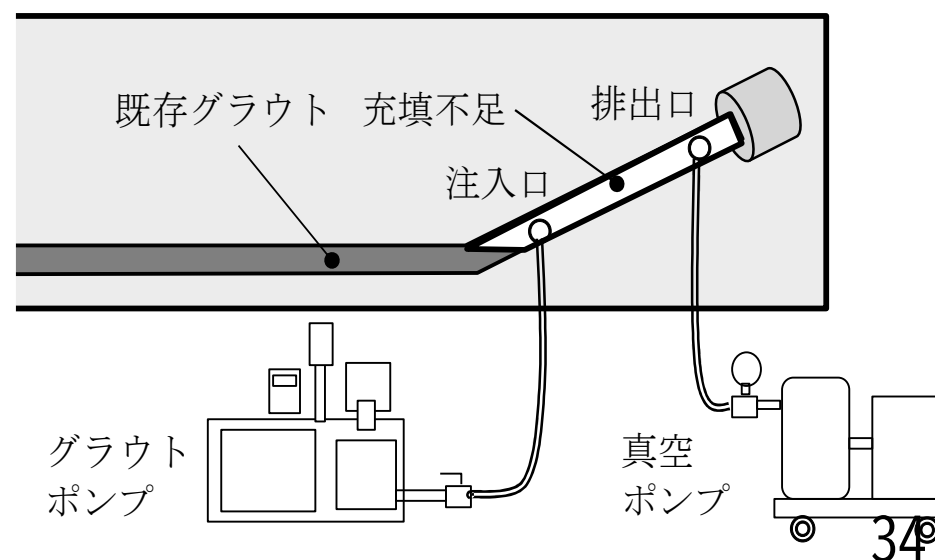
## ■本マニュアルの内容

- PCグラウト充填不足の調査・対策の手順，実施事項を明確にする。
- PCグラウト充填不足の調査から，PC鋼材の健全度評価や耐力評価に至るまでの基本となる考え方を示す。
- PCグラウト再注入の計画と施工に関する必要な情報を記載する。
- 最新の知見や有益な資料を巻末（付録1～5）にまとめる。

### 【目次】

第1章	総則
第2章	PCグラウト充填不足が疑われる 変状の確認
第3章	調査対象橋梁の特定
第4章	PCグラウト充填調査および対策 要否の判定
第5章	PCグラウト再注入の施工
第6章	PCグラウト再注入後の維持管理
付録資料1～5	

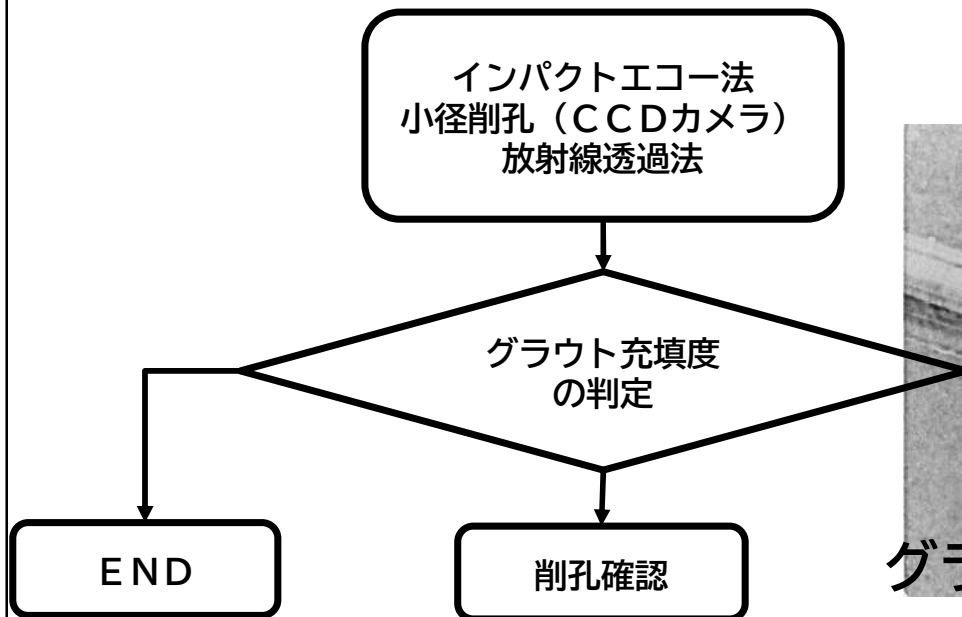
### 【PCグラウト再注入方法の例】



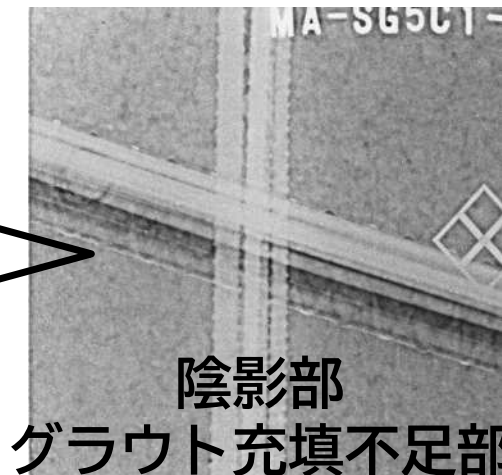
# 付録-1 PCグラウト充填調査および再注入事例



## PCグラウト充填調査フロー



放射線透過法  
撮影写真



削孔確認  
CCDカメラ撮影写真



# グラウト再注入施工状況

## グラウト再注入状況



## 流量確認



## 真空確認



## エア一確認



## 排出確認

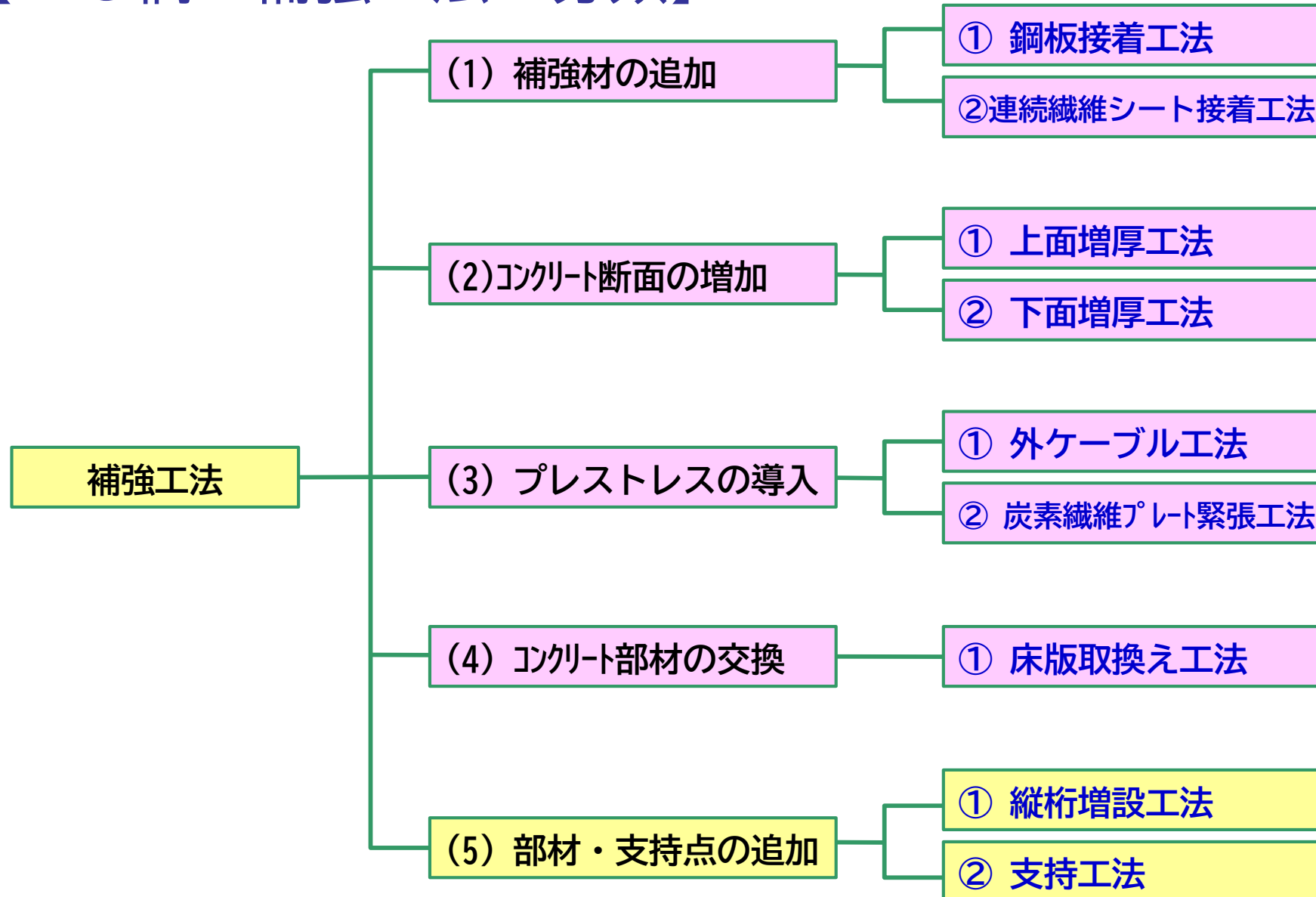


## 再注入圧力確認



# 2. 2 P C 橋の補強工法

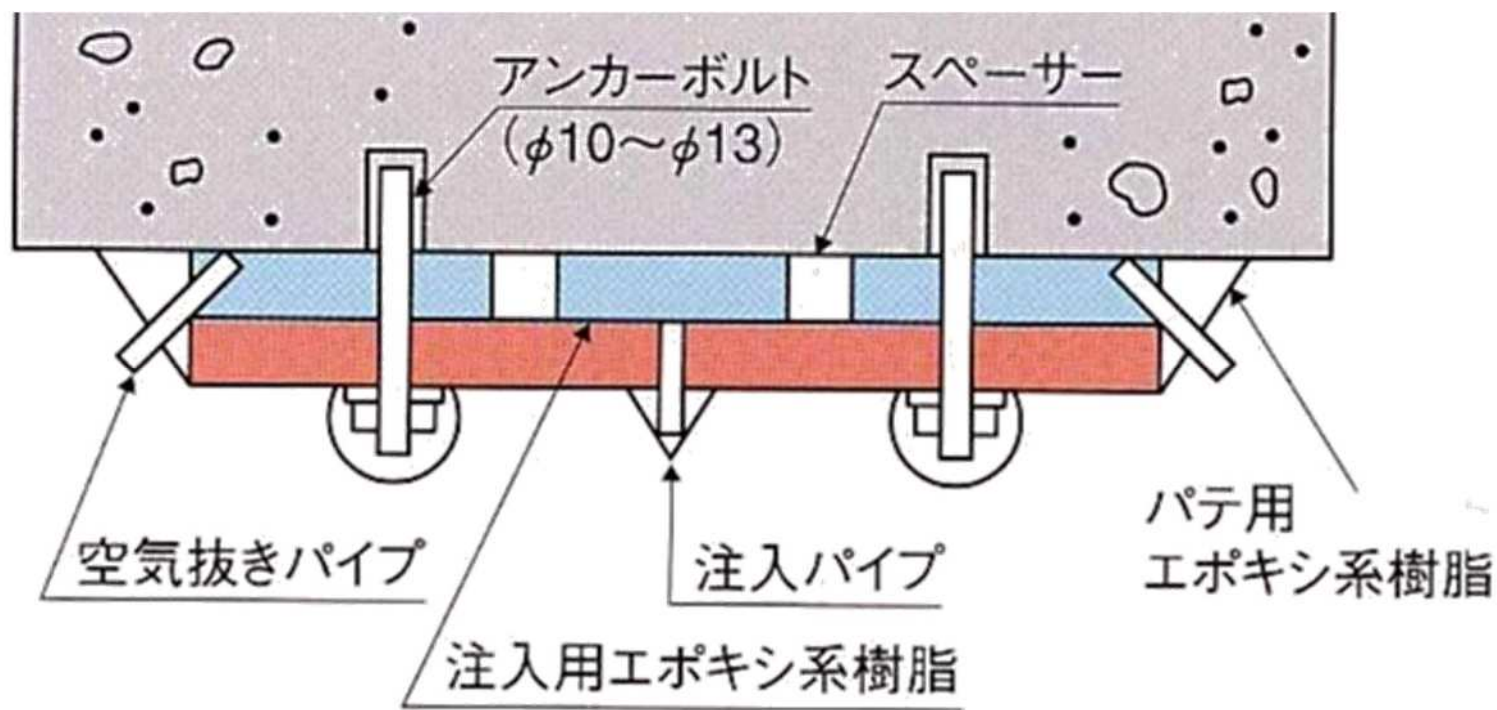
## 【P C 橋の補強工法の分類】



# (1) 補強材の追加

## 【①鋼板接着工法の概要】

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) 補強材の追加

### 【①鋼板接着工法の効果】

- 主桁や床版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、せん断力に対する補強効果がある



主桁下面の鋼板接着



床版下面の鋼板接着

## (1) 補強材の追加

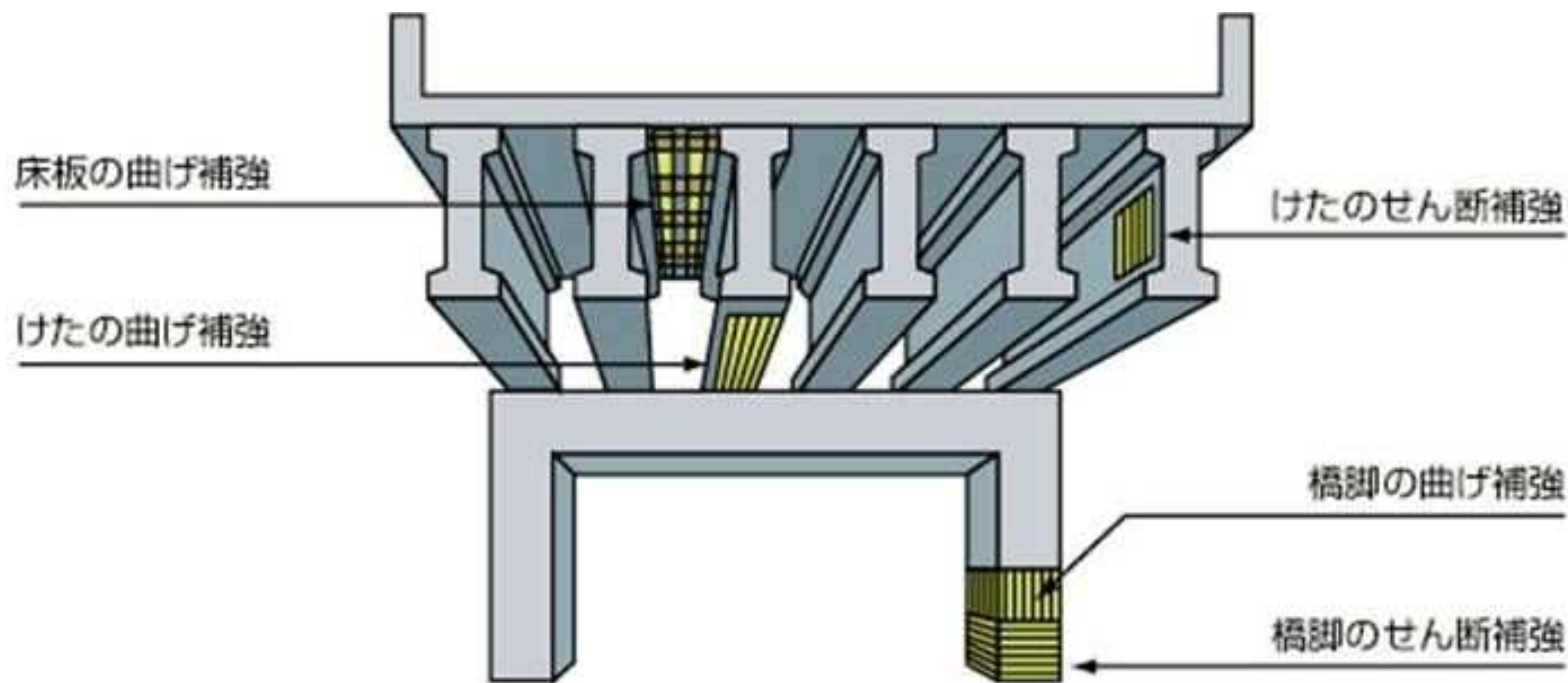
### 【①鋼板接着工法の留意事項】

- 床版下面に適用する場合は、**上面からの浸透水対策**が必要
- 施工後は**コンクリート表面の変状を確認できなくなる**ため、**劣化の進行が予測される箇所**には注意が必要
- **鋼板の防食**が必要

## (1) 補強材の追加

### 【②連続繊維シート接着工法の概要】

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、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



連続繊維シート接着 概念図

## (1) 補強材の追加

### 【②連続繊維シート接着工法の効果】

- ・ 主桁や床版の曲げ補強としての適用効果が高い
- ・ 主桁や箱桁等の側面に適用した場合は、せん断力に対する補強効果がある



連続繊維シート含浸接着状況



格子状の接着例

## (1) 補強材の追加

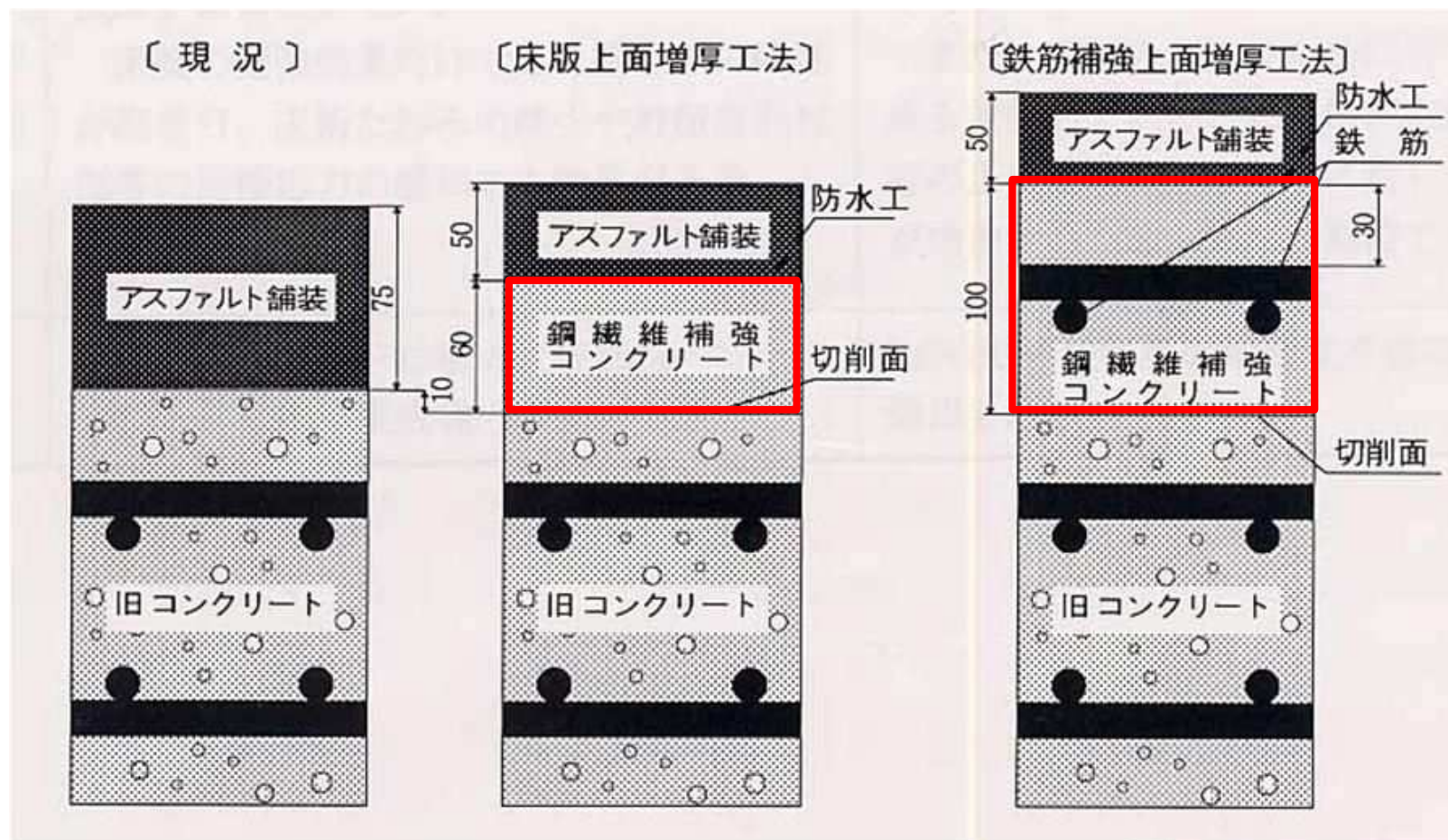
### 【②連続繊維シート接着工法の留意事項】

- 床版下面に適用する場合は、**上面からの浸透水対策**が必要
- PC部材の応力状態を改善する効果は期待できない
- 積層枚数や接着方法は実験等で確認された範囲で使用する
- 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上面増厚工法の概要】

コンクリート床版上面に、必要に応じて**補強鉄筋**を配置し、**鋼繊維補強コンクリート**を打設する



## (2) コンクリート断面の増加

### 【①上面増厚工法の効果】

- 中間支点上および支間中央部の曲げ補強として補強効果が高い
- 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

## (2) コンクリート断面の増加

### 【①上面増厚工法の留意事項】

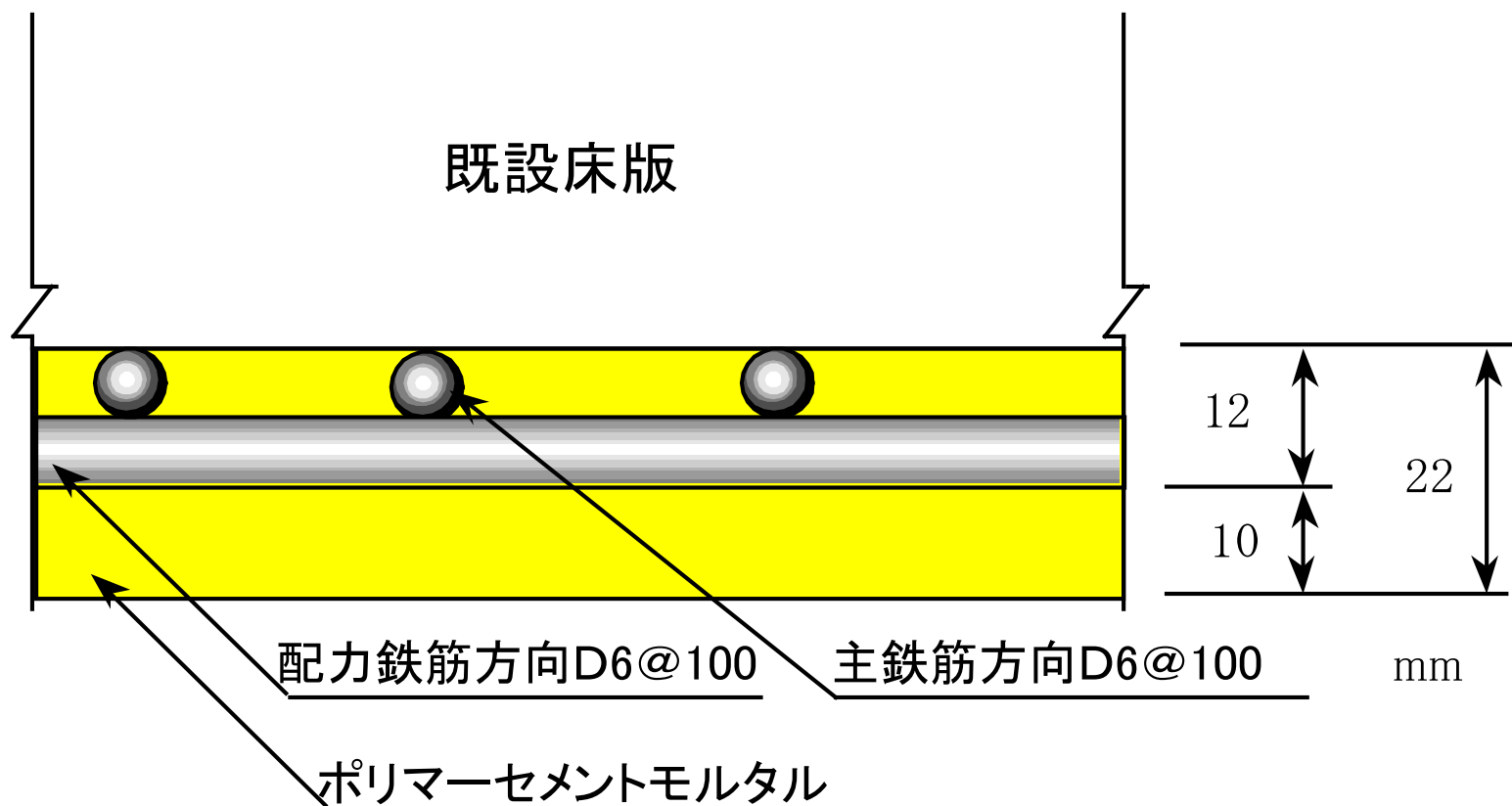
- 施工には**交通規制**が必要
- PC鋼材が上面に定着されている場合は切削に留意する
- **新旧コンクリートの一体化**が補強効果および長期耐久性を大きく左右するため、既設床版上面のはつり作業は入念に行う



## (2) コンクリート断面の増加

### 【②下面増厚工法の概要】

床版下面に引張補強材（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) コンクリート断面の増加

### 【②下面増厚工法の効果】

- 支間中央部の**曲げ補強効果**が期待できる



補強筋配置状況



ポ リマーセメントモルタル吹付け状況

## (2) コンクリート断面の増加

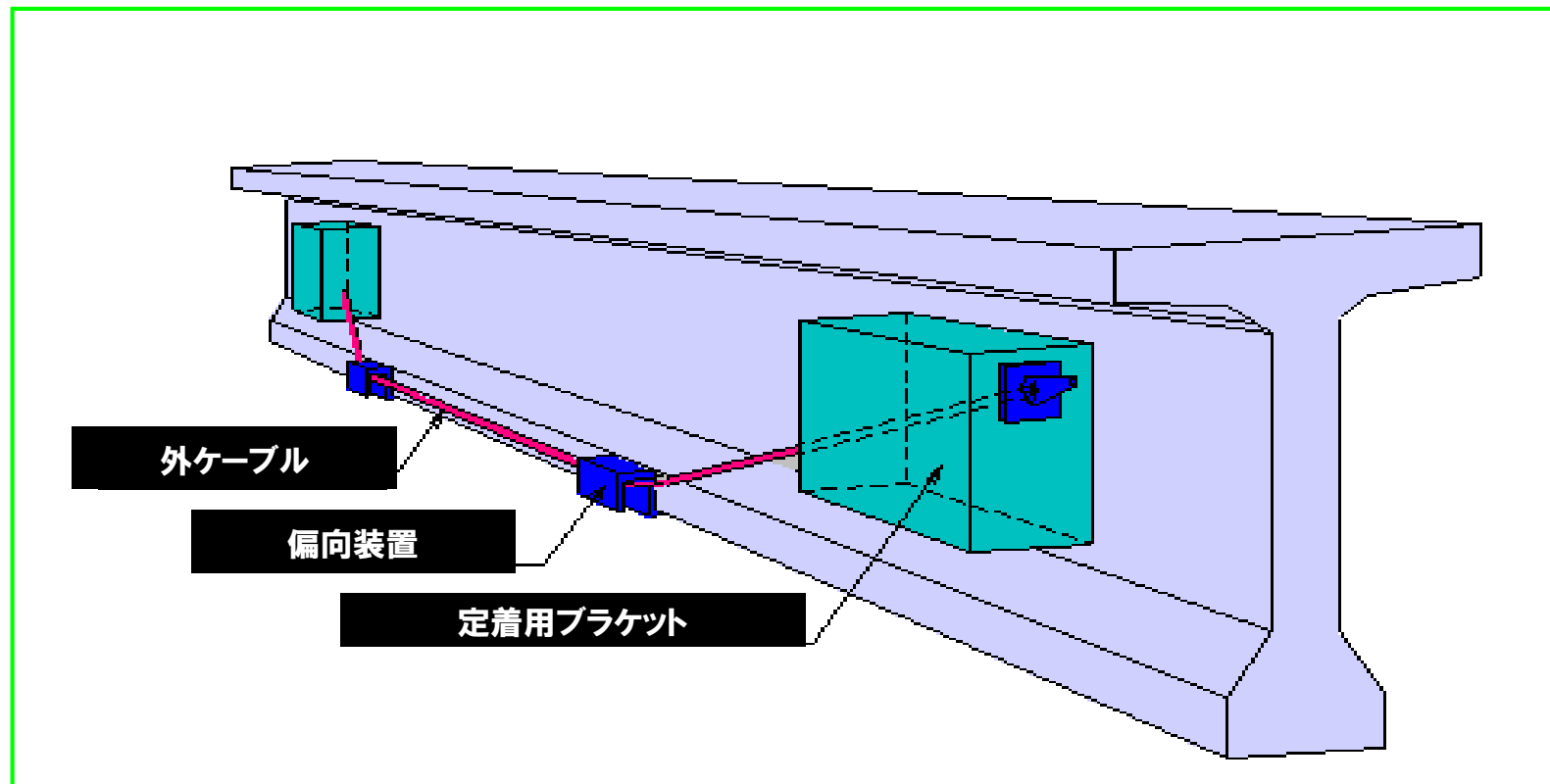
### 【②下面増厚工法の留意事項】

- 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、鉄筋と床版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外ケーブル工法の概要】

既設部材の外部にP C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

### (3) プレストレスの導入

#### 【①外ケーブル工法の効果】

- 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
- 既設主桁の耐荷力を回復または向上させる

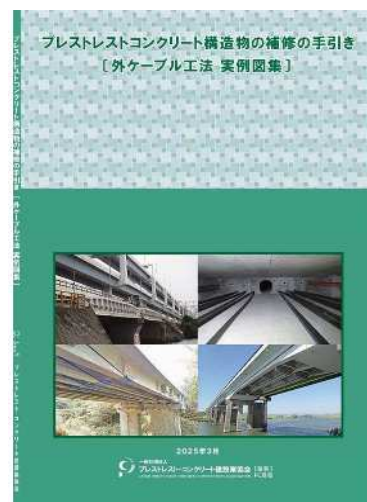
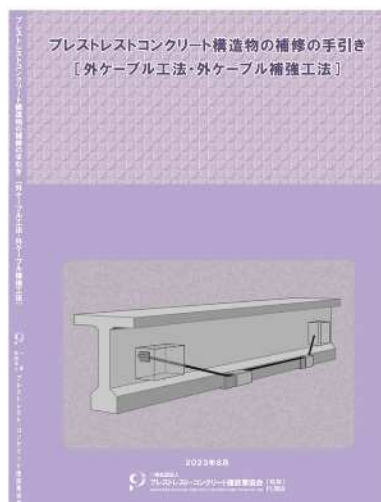


外ケーブル工法 施工例

## (3) プレストレスの導入

### 【①外ケーブル工法の留意事項】

- 定着部や偏向部の設計は適切な手法で実施
- 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PC鋼材または鉄筋を傷めないよう、あらかじめ非破壊検査により鋼材位置を探查する



PC構造物の補修の手引き (PC建協)

### (3) プレストレスの導入

#### 【②炭素繊維プレート緊張工法の概要】

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

#### 【②炭素繊維プレート緊張工法の留意事項】

- 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、あらかじめ非破壊調査により鉄筋位置を探查する
- 定着体の適切な保護対策が必要



炭素繊維プレート緊張材緊張



定着体が「グ」ウト充填



施工完了

## (4) コンクリート部材の交換

### 【①床版取換え工法の概要】

劣化の著しい鋼橋R C床版を**プレキャストP C床版**に取り替えることにより、耐荷性・耐久性の向上を図る



プレキャストP C床版設置状況

## (4) コンクリート部材の交換

### 【①床版取替え工法の特徴】

- 工場で製造したプレキャストPC床版を使用するため、品質・耐久性が高い
- 現場での施工期間、交通規制期間の短縮が可能
- プレキャストPC床版はRC床版に比べて床版厚を薄くできるため、床版自重の低減や床版厚の制限を受ける場合に有効

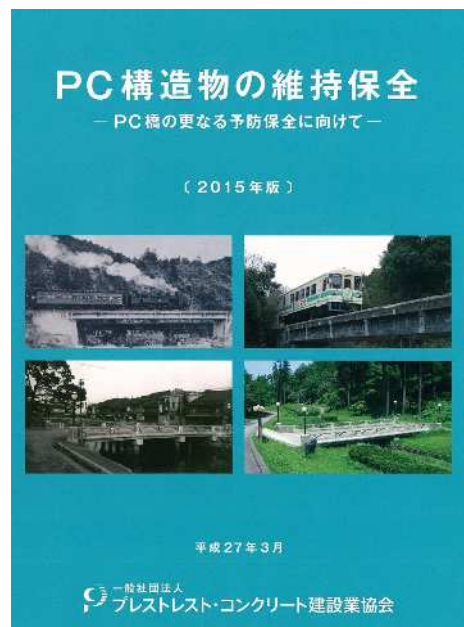
### 【①床版取替え工法の留意事項】

- 既設床版の切断、はつり作業は、鋼主桁を傷つけることのないよう慎重に行う
- プレキャストPC床版の架設では有害な応力や変形を生じないよう楊重し、設計図に示された位置に正しく敷設する
- 架設時においては床版自重・橋面荷重によるたわみを考慮して据付高さを調整する

# 3. PC橋の補修・補強事例

## 予防保全対策

No.	工法	目的	構造形式
事例-1	繊維シート接着工法	はく落防止対策	PC箱桁橋
事例-2	外ケーブル工法	B活荷重対応	PC床版橋
事例-3	炭素繊維プレート緊張工法	B活荷重対応	PCT桁橋
事例-4	下面増厚工法	B活荷重対応	PCT桁橋
事例-5	架替え工法	拡幅工事に伴う	PC床版橋



←2015年改訂「PC構造物の維持保全」

→改訂作業中（2025年12月予定）

PC橋の更なる予防保全に向けて

## 事後保全による対策事例

No.	工法	目的	構造形式
事例-6	断面修復工法（塩害）	塩害対策	RC床版橋
事例-7	断面修復工法（凍害）	凍害対策	PCT桁橋
事例-8	電気防食工法	塩害対策	PCT桁橋
事例-9	A S R抑制工法	A S R対策	橋台
事例-10	支承取替え	機能向上	PC合成桁橋
事例-11	注入工法+はく落防止	はく落防止対策	PC床版橋
事例-12	外ケーブル工法	B活荷重対応	PC箱桁橋
事例-13	床版取替え工法	耐荷力向上	鋼桁橋

## 事例－1：はく落防止対策

構造形式 : PRC8径間連続2主箱桁橋  
橋長 : 320.0m  
支間長 : 39.1+6@40.0+39.1m  
幅員 : 10.4m  
対策年次 : 平成20年(2008年)  
適用示方書 : 平成14年道示

市が管理する運動公園の近傍を通過する高速道路の新設橋で、開通後は桁下スペースが運動公園の駐車場として一般市民に開放される。  
長期的な安全性確保を目的として、ビニロン2軸メッシュを用いた剥落防止対策を施した。



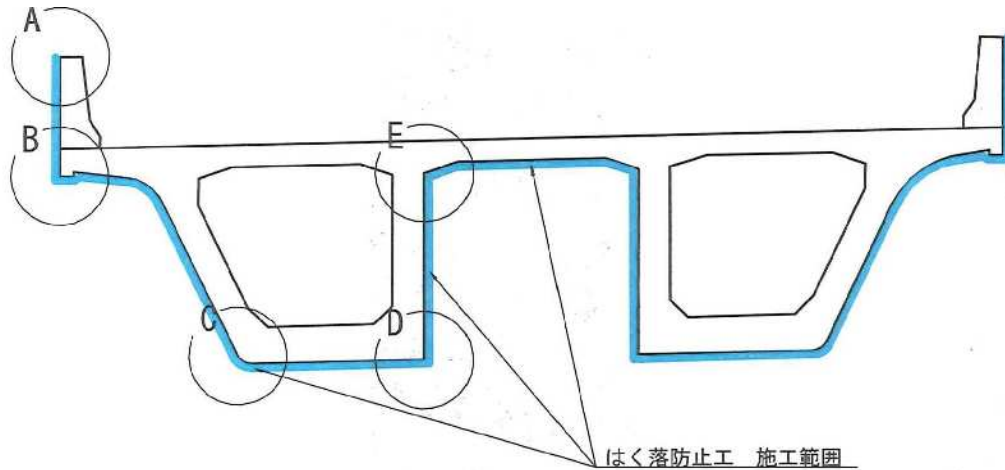
施工前



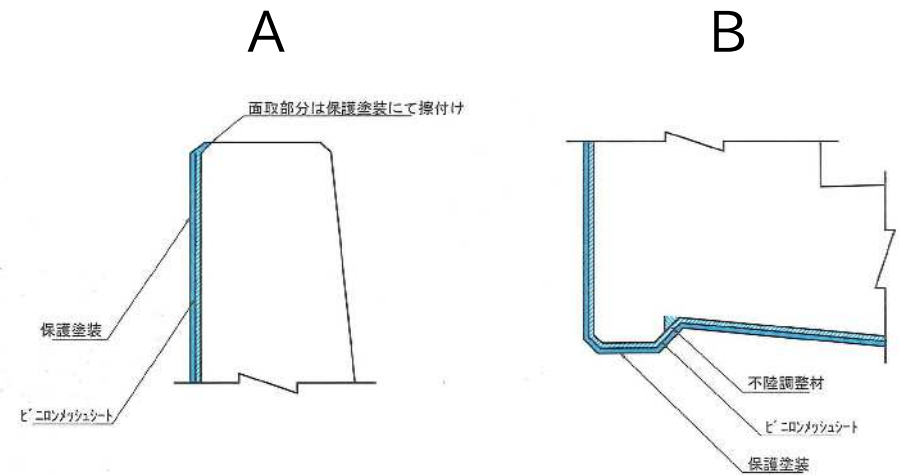
ビニロン2軸シート接着状況

# 事例-1：はく落防止対策

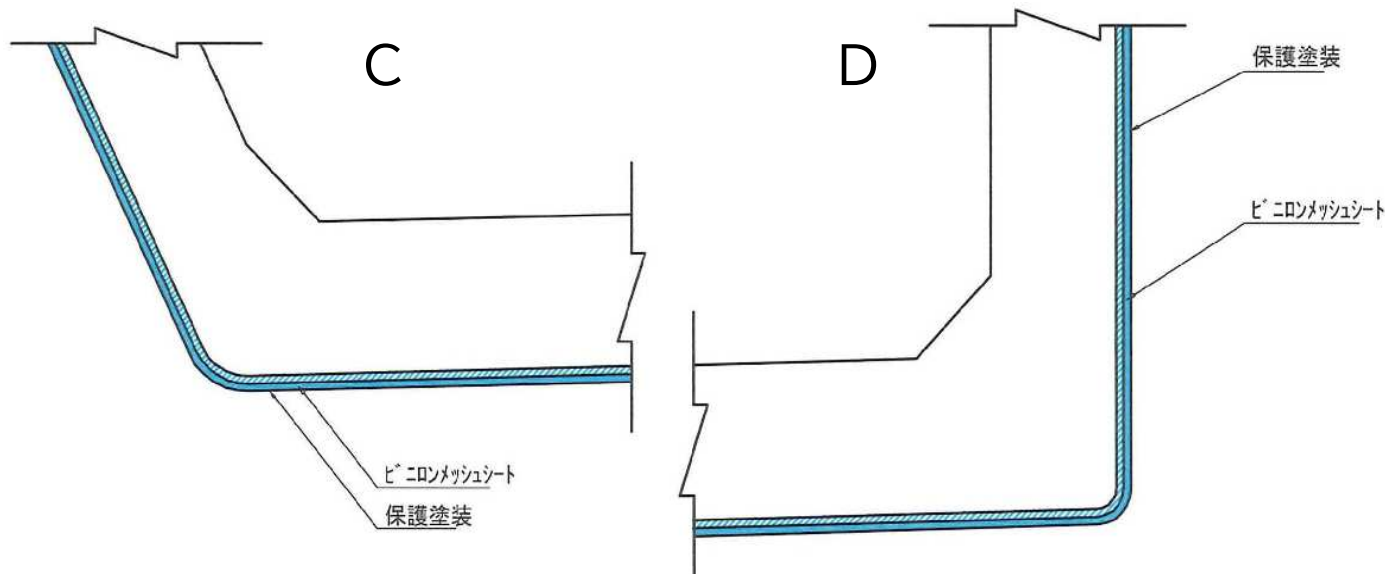
主桁標準断面図



施工詳細断面図（壁高欄、水切部）



施工詳細断面図（主桁）



## 施工手順

- ①素地調整
- ②プライマー塗布
- ③不陸修正
- ④繊維シートの接着
- ⑤保護塗装

## 事例－２：外ケーブル工法（床版橋）

構造形式：プレテンション方式単純床版橋  
橋長：9.0m  
支間長：8.3m  
幅員：9.8m  
竣工年次：不明  
適用示方書：不明  
対策年次：平成7年（1995年）

B活荷重への対応を目的として外ケーブル補強が行われた。

床版橋であるため、外ケーブルを定着する定着体の設置ができないことから、床版橋主桁間の間詰コンクリート部に斜めに削孔を行い、主桁下面に配置したPC鋼材を削孔した孔に通して橋面上にて緊張した。

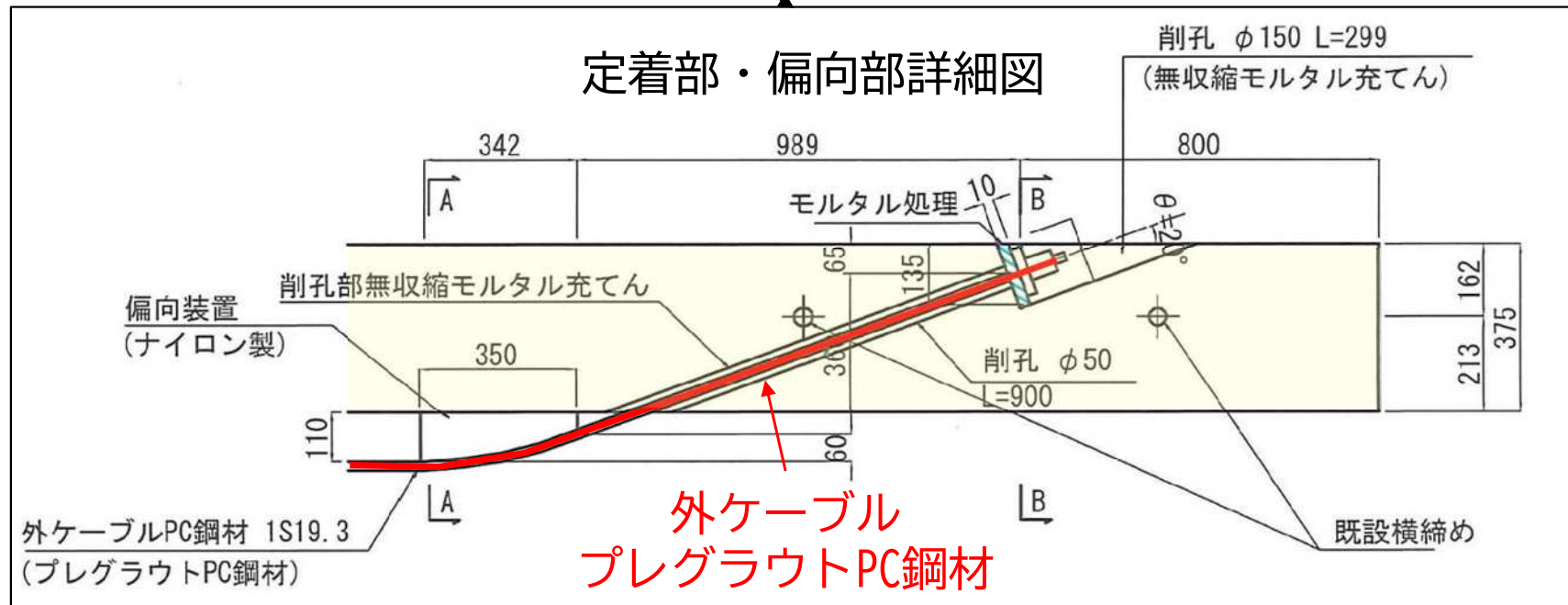
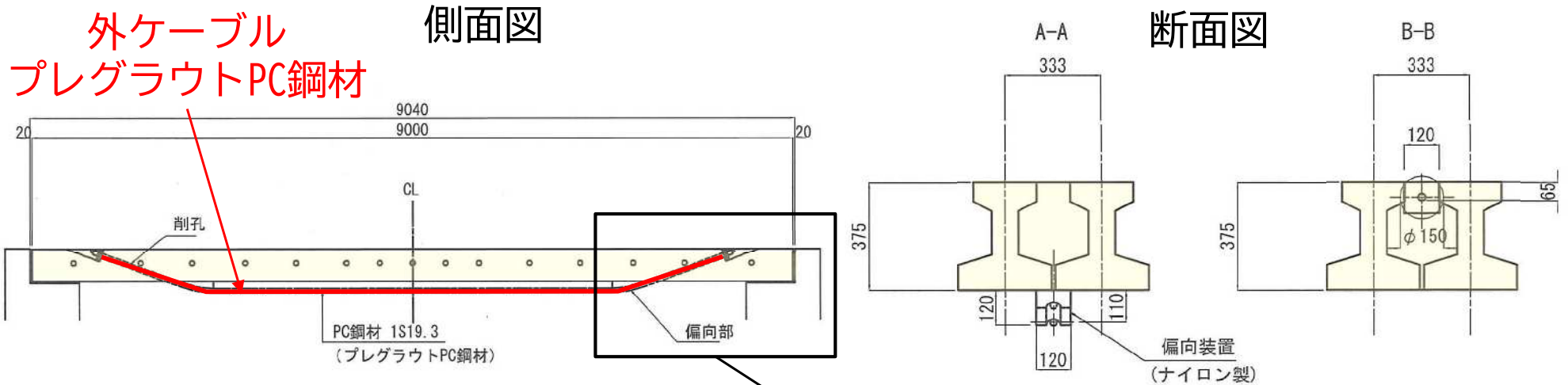


主桁間の削孔状況



偏向装置

# 事例-2：外ケーブル工法（床版橋）

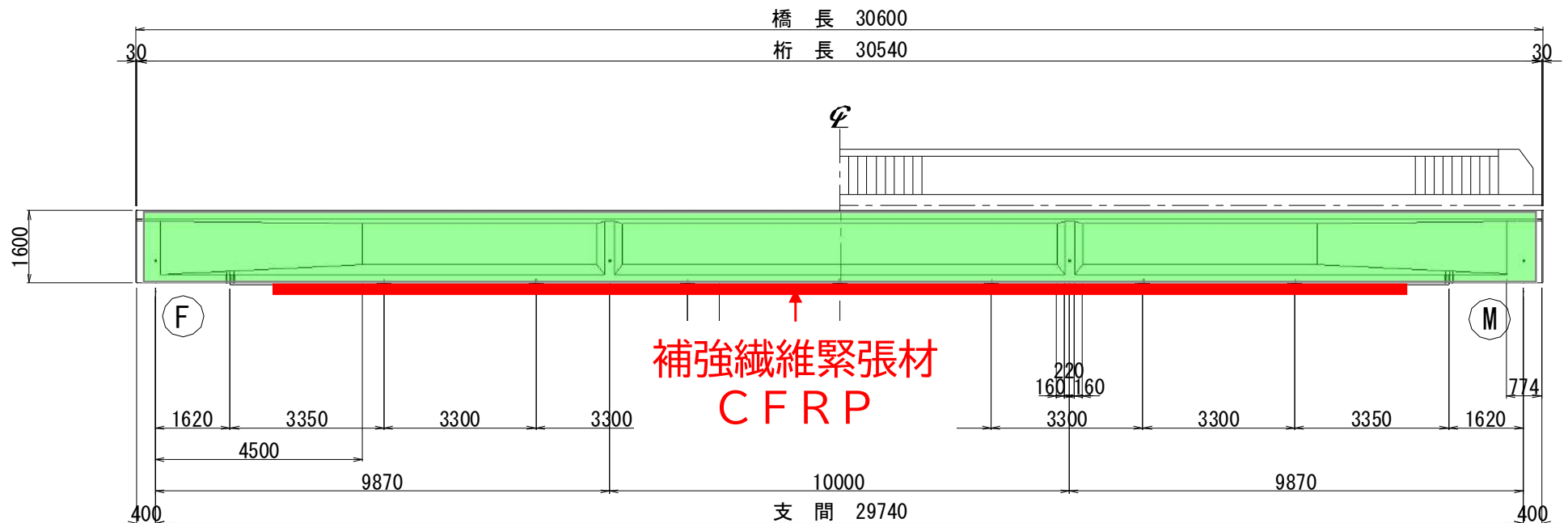


- 主桁間の間詰めコンクリート部を斜めに削孔し、主桁下面に配置したPC鋼材を孔に通して曲げ上げることで、橋面上にて緊張を行った。

# 事例－3：炭素繊維プレート緊張工法

**構造形式**：ポステンション方式単純T桁橋  
**橋長**：36.6m  
**支間長**：29.7m  
**幅員**：13.8m  
**竣工年次**：昭和55年（1980年）  
**適用示方書**：昭和53年道示  
**対策年次**：平成17年（2005年）

河川上に位置する橋梁であり、供用後約25年が経過していた。外観には特に目立った変状は見られなかった。帯状の炭素繊維プレートを補強材として主桁下面に配置し、所要のプレストレス量を導入してB活荷重に対応した。



## 事例－3：炭素繊維プレート緊張工法



## 事例－4：下面増厚工法

本橋は地方の都市部に架橋されている橋梁で大きな損傷は確認できないが、交通量がかかなり多く現状がT L-1 4での設計である為床版下面増厚による補強を実施した。

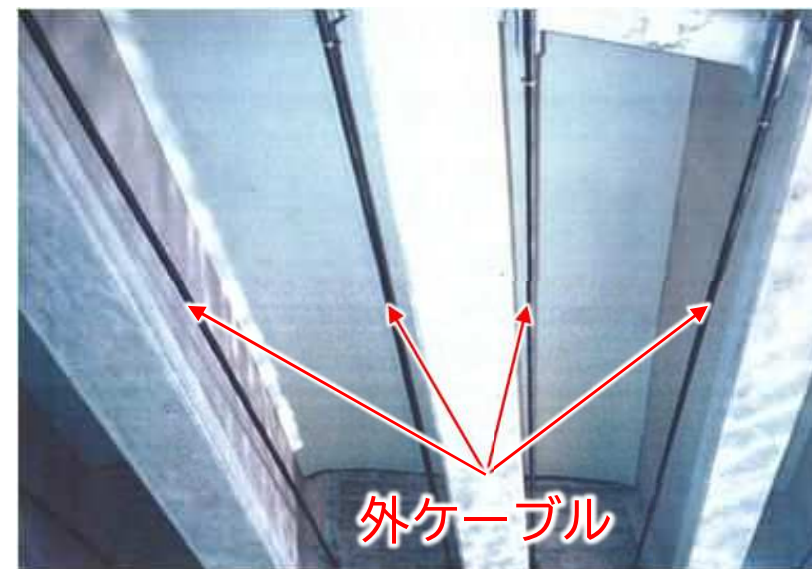
構造形式：ポストテンション方式PC単純T桁橋  
橋長：109.4m (3径間)  
支間長：35.6m  
幅員：9.3m  
竣工年次：昭和44年 (1969年)  
適用示方書：不明  
対策年次：平成16年 (2004年)



着工前の状況



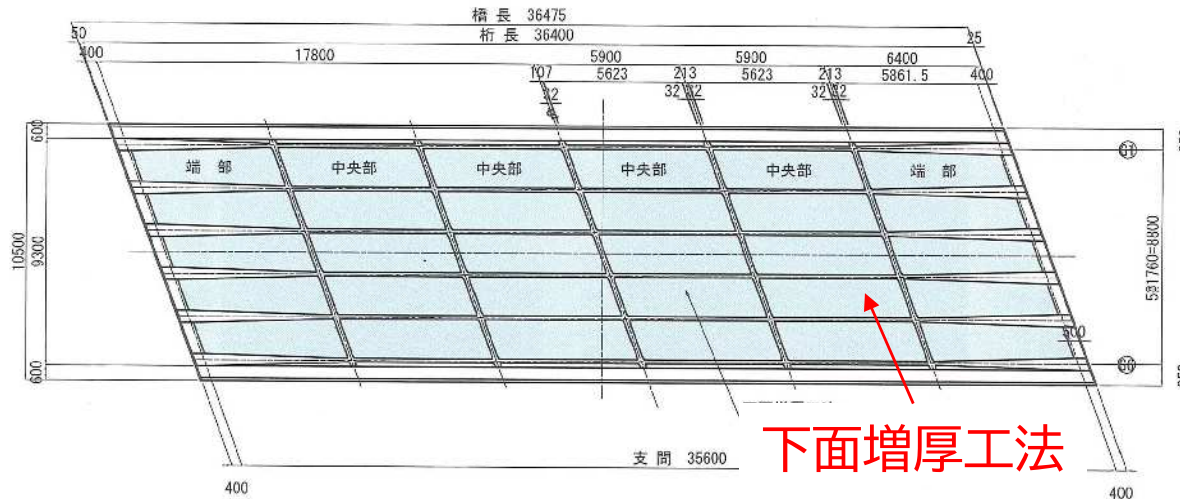
補強筋配置状況



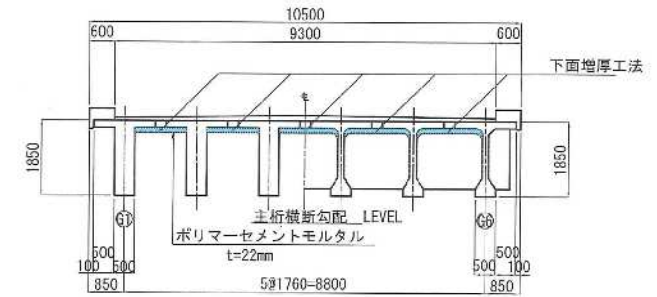
補強後の状況

# 事例－４：下面増厚工法

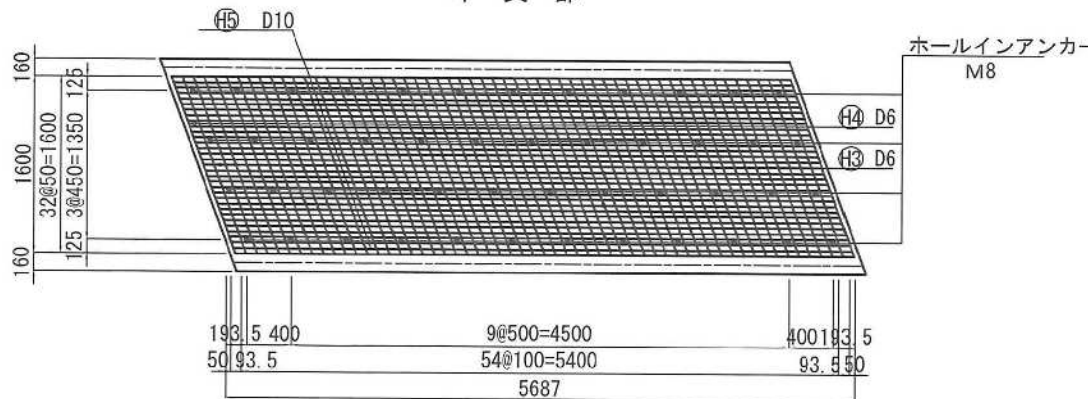
平面図



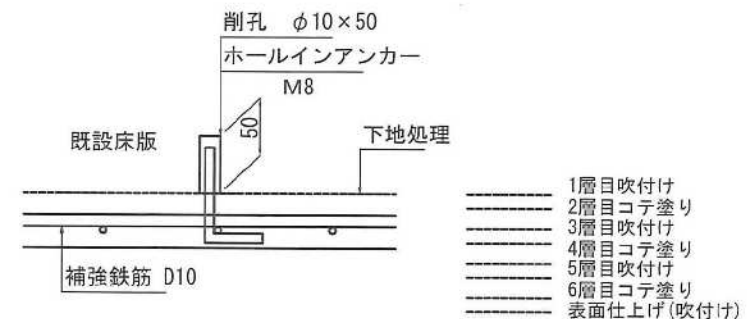
断面図



中央部



下面増厚詳細図



- 既設面に補強材を配置した上で、増厚材料には付着性が良いポリマーセメントモルタルなどを使用し、吹付けや左官工法により部材厚を増加させる。B活荷重対応の床版補強工事として実施。主桁の曲げ補強は外ケーブル工法で対処。

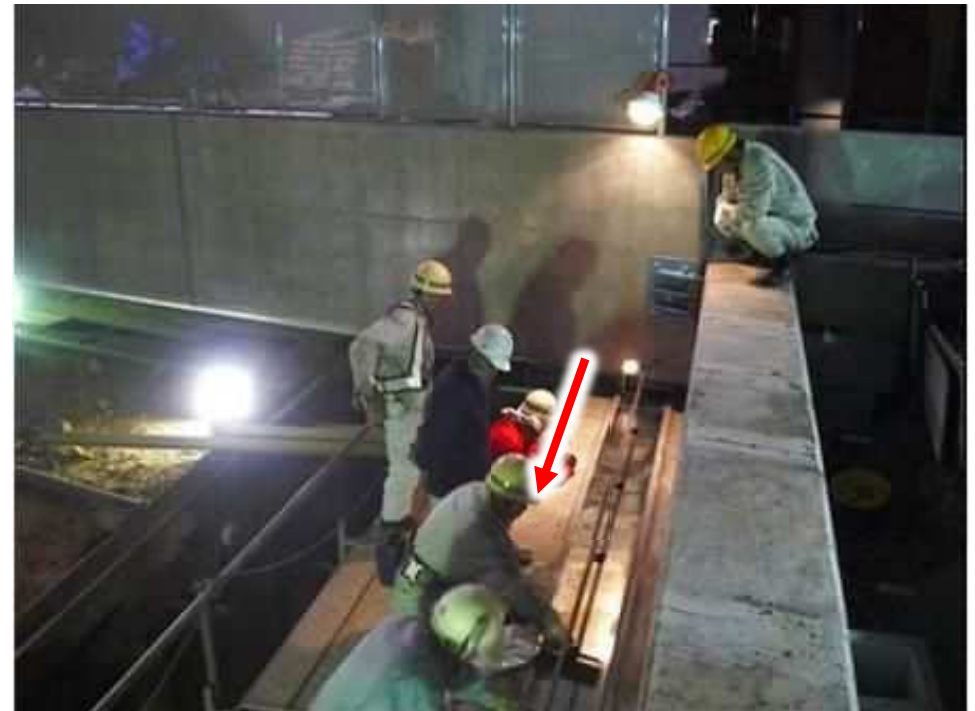
## 事例－5：架替え工法

構造形式：プレテンション方式PC単純床版橋  
橋長：16.7m  
支間長：15.9m  
幅員：8.7m  
竣工年次：不明  
適用示方書：不明  
対策年次：平成16年（2004年）

鉄道橋下の県道の拡幅工事のため、旧橋の鋼橋をプレテンション方式PC単純中空床版橋に架け替えることになった。架け替えは、H鋼により仮支柱を組立後、主桁架設・橋面施工を完了させ、一括に主桁を横移動させ施工した。

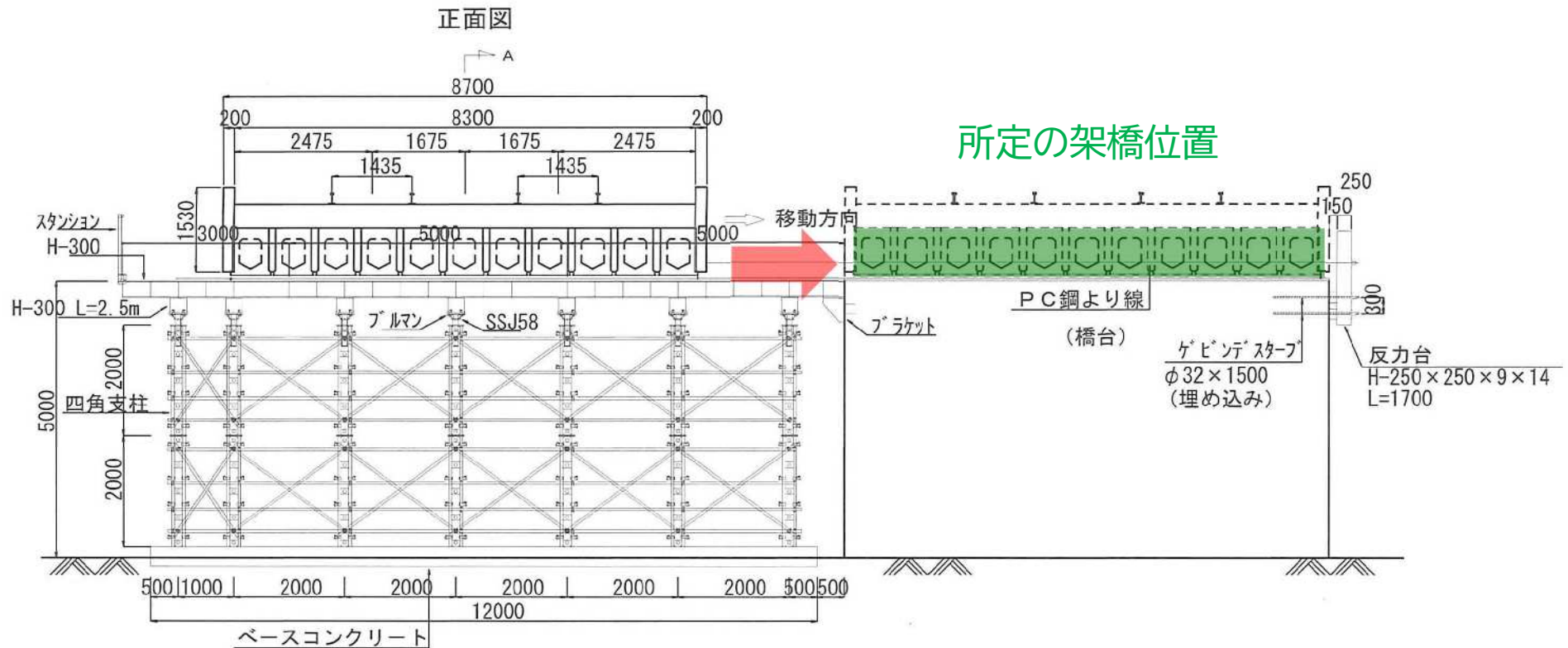


主桁の架設状況



主桁の一括横移動状況

# 事例－5：架替え工法



- 横移動にはφ21.8mmのPC鋼線を使用し、ジャッキにて渡し板上の主桁を引き込み移動させ、主桁横移動後に落橋防止装置およびアンカーをセットした。

## 事例－6：断面修復工法（塩害）

構造形式：RC5径間連続中空床版橋  
橋長：220.2m  
支間長：14.2～14.8m  
幅員：24.4m  
竣工年次：昭和49年（1974年）  
適用示方書：不明  
対策年次：平成17年（2005年）

寒冷地域の橋梁で、凍結防止剤による塩害により、床版端部に大規模な浮き、はく離が発生していた。

コンクリートの劣化範囲をウォータージェットにより除去し、鉄筋断面減少が20%程度を超える鉄筋については新たに鉄筋を配置した。

また、電気防食工法を施した上で、防錆剤混入モルタルの吹き付けによる断面修復を行った。



変状の状況



吹き付けによる断面修復の状況

## 事例－7：断面修復工法（凍害）

構造形式：10径間RCゲルバーT桁橋  
橋長：300.0m  
支間長：20.0～30.0m  
幅員：7.0m  
竣工年次：昭和12年（1937年）  
適用示方書：不明  
対策年次：平成19年（2007年）

内陸部の寒冷地域の橋梁で供用後70年が経過しており、冬季は凍結防止剤が散布される。凍害により、コンクリート表面にはスケーリング、ひび割れ、はく離が発生していた。

コンクリートの劣化範囲および脆弱な範囲をウォータージェットにより除去し、鉄筋の錆を除去して防錆処理剤を塗布した後、ポリマーセメントモルタルを吹き付けて断面修復した。

損傷状況



吹付け状況



断面修復完了



## 事例－8：脱塩工法

構造形式：ポストテンション方式PC単純T桁橋  
橋長：1,098.7m  
支間長：20.0m  
幅員：17.0m  
竣工年次：昭和40年（1965年）  
適用示方書：不明  
対策年次：平成17年（2005年）

本橋は海岸線に隣接しており，塩害による劣化が著しい．これまでに断面修復工および表面被覆工による補修を繰り返しているが，そのたびに再劣化を生じるため，抜本的な対策として脱塩工法が採用された．

脱塩工法の適用にあたり，①はつり時の応力照査，②ASR助長の有無，③水素脆化の防止，について詳細に検討している．



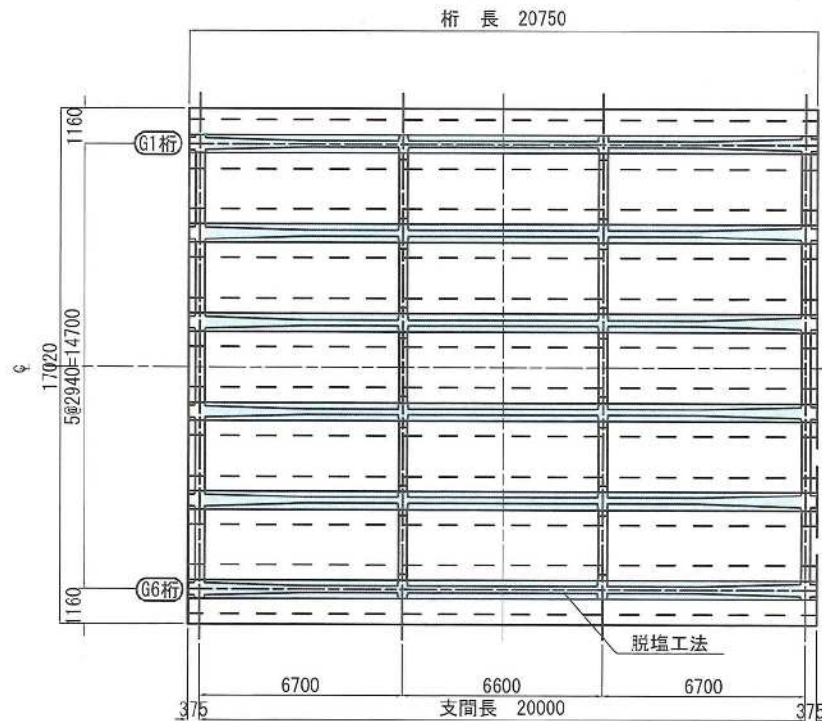
変状の状況



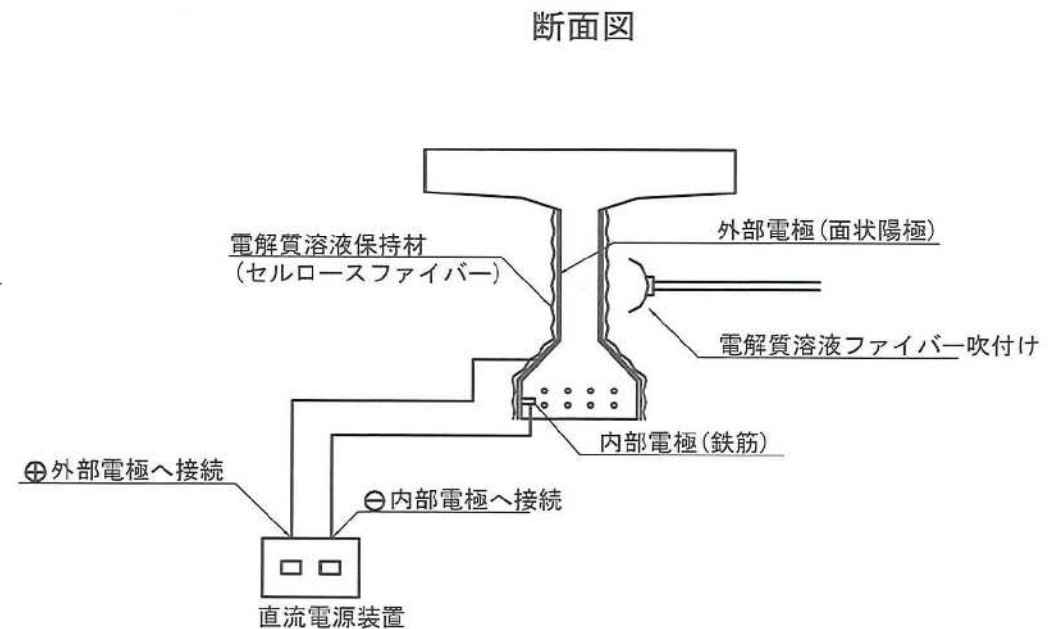
外部電極の設置

# 事例－8：脱塩工法

平面図



脱塩工法詳細図



- ASRIに対しては、施工前にコアを採取し、カナダ法及び模擬脱塩実験により安全性を確認
- PC鋼材の水素脆化を防止するために断続的な通電を実施しており、月曜日の朝から金曜日の夕方まで通電し、金曜日の夕方から月曜日の朝まで通電休止期間を設け鋼材に吸蔵されている水素を発散させながらの施工

## 事例－9：ASR抑制工法

構造形式：逆T式橋台  
橋長：12.0m  
支間長：11.4m  
幅員：12.5m  
竣工年次：昭和50年（1975年）  
適用示方書：不明  
対策年次：平成17年（2005年）

竣工後約30年が経過した橋梁の橋台に、ASRによる亀甲状ひび割れ、白色ゲル析出などがみられていた。また、残存膨張量も大きかった。（カナダ法による試験の結果、14日間で0.13%の膨張）そこで、コンクリート内部に亜硝酸リチウムを内部圧入するASR抑制工法を施工した。



変状の状況



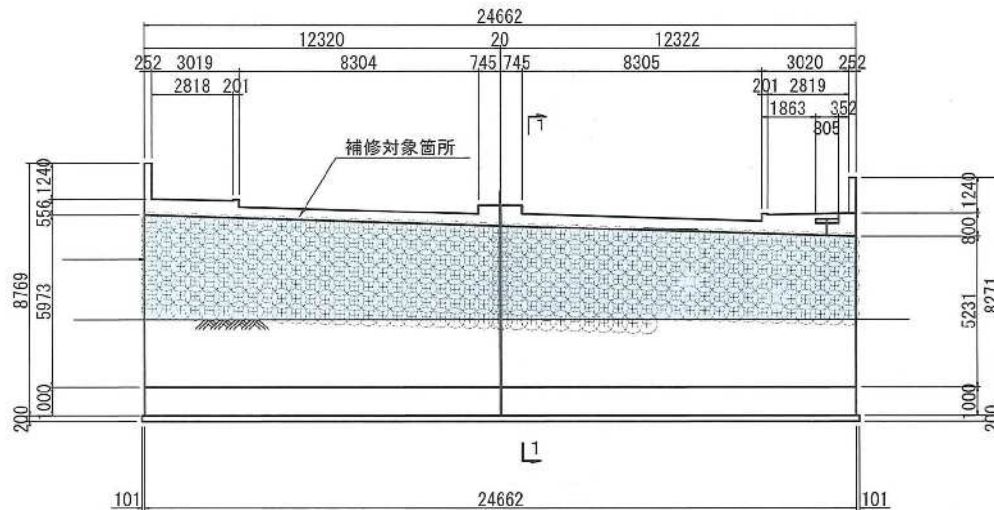
ASR抑制工法の施工状況

# 事例－ 9 ： ASR抑制工法

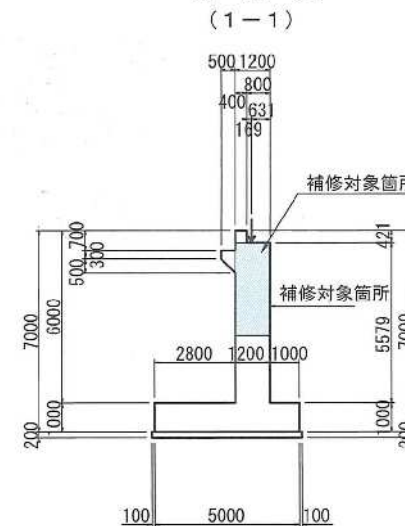
凡 例

	補修対象箇所
	抑制剤注入範囲

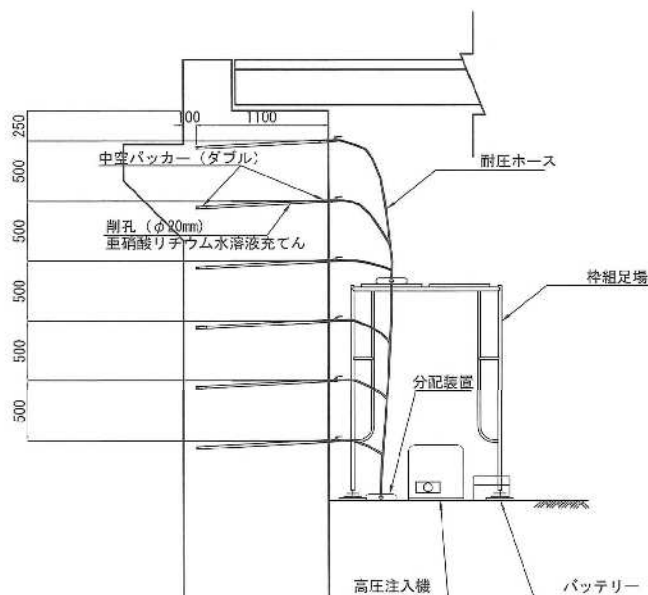
正面図



断面図



補修詳細図



- 橋台躯体コンクリートにφ20mmの削孔を500mm間隔で行い、そこから亜硝酸リチウム水溶液を加圧注入する工法。
- 油圧式圧入装置を使用し注入圧力は0.7MPa～1.0MPa、注入時間は50～60時間とした。
- 施工前の残存膨張量が有害レベルであったのに対し、施工後に測定した残存膨張量は無害レベルであった。

## 事例-10 : 支承取替え (機能向上)

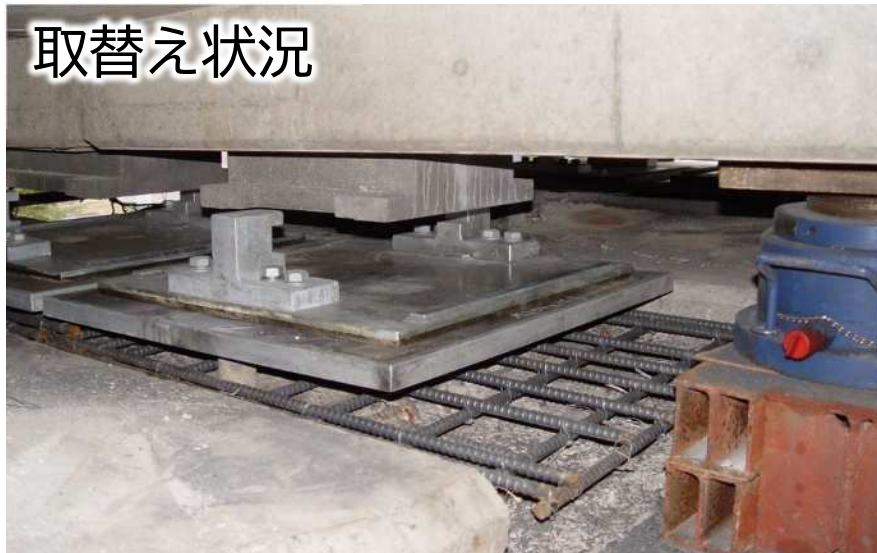
架橋当時は9連のPC単純合成桁であったが、車両の走行性の向上と伸縮装置から発生する騒音・振動の低減を目的として連結化が行われた。それに伴い、温度変化による水平力の低減と耐震性の向上を目的として、既設鋼製支承の水平反力分散 ゴム支承への取替えを行った。

構造形式 : PC9径間連結合成桁橋  
橋長 : 227.7m  
支間長 : 9@25.3m  
幅員 : 28.0m  
竣工年次 : 昭和46年 (1971年)  
適用示方書 : 不明  
対策年次 : 平成18年 (2006年)

鋼製支承 (既設)



取替え状況

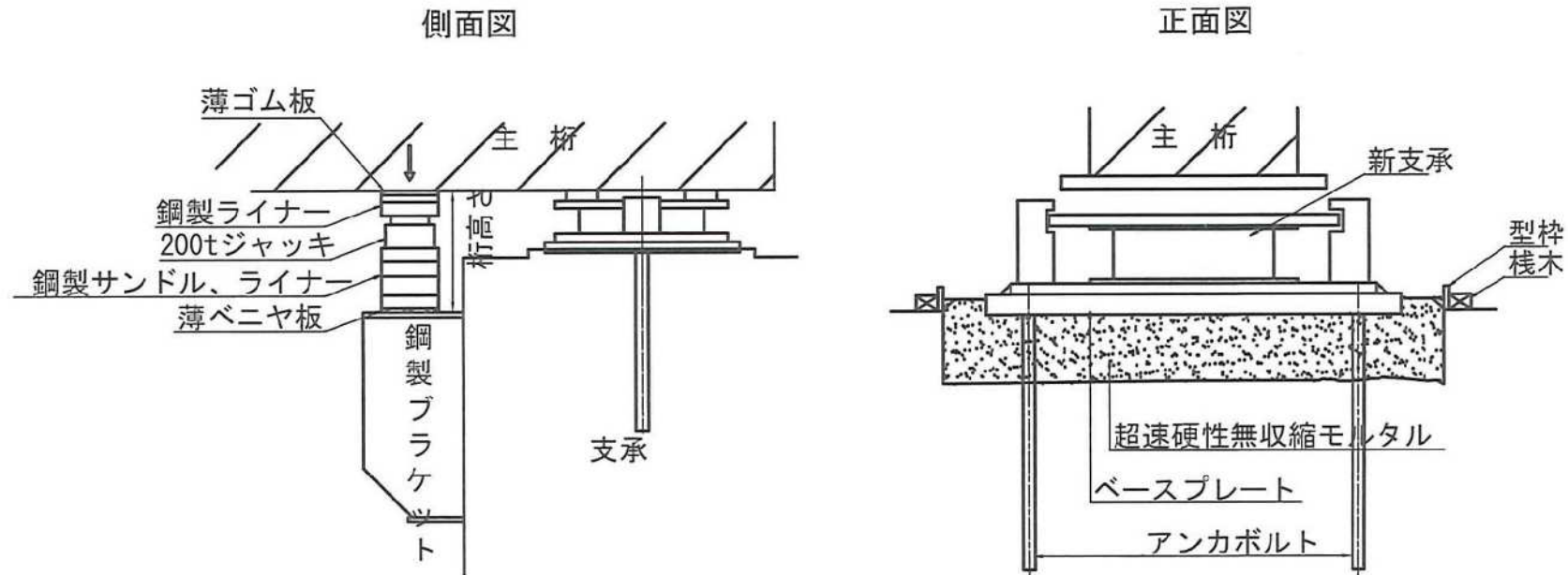


ゴム支承 (新設)



## 事例-10 : 支承取替え (機能向上)

### 支承取替え要領



- 橋脚にブラケットを設置し、そこから桁をジャッキアップした状態で沓座モルタルをはつり、既設鋼製支承を撤去する。下沓を設置した後、沓座モルタルを打設し、最後に上沓を設置する要領で行った。
- 本工事では通行止めが不可能であったため、支承取替えは交通規制により車両を通行した状態で行った。

## 事例-11 : 注入工法+はく落防止対策

都市部の交通量の多い橋梁であり、供用後約45年が経過していた。床版下面に橋軸直角方向のひび割れが多数見られており、特に、支間中央付近に集中していた。桁下を一般道路が交差しているため、ひび割れ部にエポキシ樹脂の注入を行ったうえで、連続繊維シートによるはく落防止を行った。

構造形式 : RC3径間連続中空床版橋  
橋長 : 27.0m  
支間長 : 26.9m  
幅員 : 14.4~15.3m  
竣工年次 : 昭和38年(1963年)  
適用示方書 : 不明  
対策年次 : 平成20年(2008年)



着工前状況



## 事例－12：床版取替え・部分打換え

寒冷地域に架橋されている橋梁であり共用後34年が経過している。床版下面に遊離石灰を伴ったひび割れ，コンクリートの浮きが多く見られた。比較的損傷度の低い範囲は鋼繊維補強コンクリートによる部分的な床版打換えを，損傷度の高い範囲はプレキャストPC床版による床版取替えを行った。

構造形式：3+5径間連続非合成鈹桁橋  
橋長：316.8m  
支間長：50.0+55.0+50.0m, 5@32.0m  
幅員：8.7m  
竣工年次：昭和49年（1974年）  
適用示方書：昭和47年道示  
対策年次：平成20年（2008年）



既設床版の損傷状況



プレキャストPC床版設置



部分打換え

## PC技術を用いた構造物の 補修・補強事例集



令和5年12月

## 目 的

新技術・新工法の紹介

## 記載内容

工事概要、補修・補強前の変状状況、補修補強の考え方、当該工事に対する評価と今後の課題

## 対象者

道路管理者・設計会社ならびに建設会社の補修・補強の担当技術者

## 特 徴

1. 補修・補強事例の参照を補助する一覧表
2. 事例ごとに参考文献を示している
3. 事例ごとに補修・補強の考え方を示している
4. 事例ごとに工事の評価を示している
5. 巻末で補修・補強工事を実施する際に有益な書籍を紹介している

## 補修・補強事例一覧

### 1 断面修復工法 (2例)

1. 1 PC合成桁橋の桁端狭隘部の劣化部除去と断面修復工事
1. 2 PC T桁橋の桁端部の吹付け工法による断面修復工事

### 2 電気化学的防食工法 (5例)

2. 1 プレテンション方式PC T桁橋の電気化学的脱塩工事
2. 2 ポストテンション方式PC T桁橋の電気化学的脱塩工事
2. 3 バックフィルを有する陽極材を用いたプレテンション方式PC合成スラブ桁橋の電気防食工事
2. 4 流電陽極材を使用した電気防食工事
2. 5 中性化したRC T桁の再アルカリ化工事

### 3 打換工法 (2例)

3. 1 外ケーブルを用いたPC連続合成桁橋の一次床版の打替工事
3. 2 中空PC鋼棒と外ケーブルを併用したPC連続合成桁の一次床版の打替工事

### 4 取替工法 (15例)

4. 1 RC中空連続床版橋のPC連結桁橋への架替工事
4. 2 PC箱桁橋の多点支承の取替工事
4. 3 点検可能な遊間を確保するためのパラペット取替工事
4. 4 プレキャストPC床版を用いたPC合成桁橋の床版取替工事
4. 5 中間支点上をPC鋼材で補強したトラス橋の床版取替工事
4. 6 斜角45度の鋼単純合成箱桁橋の床版取替工事
4. 7 橋軸方向目地に緊張力を導入するPC床版による床版取替工事
4. 8 横断勾配変化が大きな鋼トラス橋の床版取替工事
4. 9 グレーチング床版を有するトラス橋の床版取替工事
4. 10 床版撤去架設機を用いた車線ごとの分割施工による床版取替工事
4. 11 床版撤去架設機を用いた半断面施工による床版取替工事
4. 12 鋼桁の外ケーブル補強を伴う床版取替工事
4. 13 斜角を有する鋼鈹桁橋にセットバックジョイント構造を適用した床版取替工事

4. 14 プレキャストPC床版の目地にコッター式継手を適用した床版取替工事

4. 15 ローゼアーチ橋の破断した吊材の取替工事

### 5 増厚工法 (1例)

5. 1 PC箱桁橋の床版増厚による中央径間耐震補強工事

### 6 巻立て工法 (1例)

6. 1 プレキャストパネルと横拘束PC鋼材を用いた橋脚の耐震補強工事

### 7 接着工法 (1例)

7. 1 腐食ガス環境にあるアーチ橋の炭素繊維シート接着による耐震補強工事

### 8 プレストレス導入工法 (4例)

8. 1 PC連結ケーブルによる橋脚耐震補強工事
8. 2 PC床版橋(沈下橋)への炭素繊維プレート緊張工法の適用工事
8. 3 外ケーブルによる長大PC箱桁橋のゲルバーヒンジ部連続化工事
8. 4 下部工新設を伴うPCゲルバー橋の連続化工事

### 9 拡幅 (2例)

9. 1 供用中の高速道路におけるPC橋の床版拡幅工事
9. 2 下部工への影響を最小限にしたゲルバーT桁橋の耐荷性向上と拡幅工事

### 10 グラウト再注入 (1例)

10. 1 PCグラウト再注入工法の適用工事

## 参考図書

事例一覧表例

No.	タイトル	工 法	対象箇所	構造形式	架橋環境	
					地域	所在地
1.1	PC橋の桁端狭隘部の劣化部除去と断面修復工事	断面修復工法	桁端部	プレテンPC単純T桁橋	山間部	宮城県
1.2	PCT桁橋の桁端部の吹付け工法による断面修復工事	断面修復工法	主桁	ポステンPC単純T桁橋	河口部	福岡県
2.1	プレテンション方式PCT桁橋の電気化学的脱塩工事	電気化学的防食工法	主桁	プレテンPC単純T桁橋	沿岸部	新潟県
2.2	ポステンション方式PCT桁橋の電気化学的脱塩工事	電気化学的防食工法	主桁	ポステンPC単純T桁橋	沿岸部	静岡県
2.3	バックフィルを有する陽極材を用いたプレテンション方式PC合成スラブ桁橋の電気防食工事	電気化学的防食工法	主桁	RC単純T桁橋	沿岸部	高知県
2.4	流電陽極材を使用した電気防食工事	電気化学的防食工法	主桁	プレテンPC単純T桁橋	沿岸部	兵庫県
2.5	中性化したコンクリート桁の再アルカリ化工事	電気化学的防食工法	主桁	RC単純T桁橋	河口部	山口県
3.1	外ケーブルを用いたPC連続合成桁橋の一次床版の打替工事	打換え工法 プレストレス導入工法	床版	PC連続合成桁橋	山間部	長野県
3.2	中空鋼棒と外ケーブルを併用したPC連続合成桁の一次床版の打替工事	打換え工法 プレストレス導入工法	床版	PC連続合成桁橋	山間部	岩手県
4.1	RC中空連続床版橋のPC連結桁橋への架替工事	取換え工法	主桁	RC連続中空床版橋	市街地	和歌山県
4.2	PC箱桁橋の多点支承の取替工事	取換え工法	支承	PC箱桁橋	平野部	大分県

## 4-4 プレキャストPC床版を用いたPC合成桁橋の床版取替工事

### 概要

本橋は、北陸自動車道の富山IC～立山ICに位置し、1980年に供用を開始したPC単純合成桁橋(橋長21,800m、有効幅員10,500m)である(図1)。既設RC床版下面に凍結防止剤の散布の影響による塩害劣化が見られ、既設床版を全面取替える工事を実施することとなった。この床版取替の工期短縮を図るため、プレキャストPC床版(以下、PC床版)を用いた床版取替を実施した。

### 構造諸元

1. 橋 長: 21,800m
2. 径間長: 21,100m
3. 斜 角: 左65° 50'
4. 荷 重: B活荷重
5. 建設年: 1980年
6. 構造形式: PC単純合成桁
7. 建設材料(取替後):
  - コンクリート: 50N/mm<sup>2</sup>
  - 鉄筋: SD345
  - PC鋼材: SWPR7B IS15.2

### 補修・補強諸元

1. 劣化・損傷の種目: 凍結防止剤による塩害劣化
2. 発生した部材: PC合成桁における床版部材
3. 補修・補強年度: 2020年度
4. 補修・補強工法: 床版取替え
5. 補修・補強後の使用上の制約: なし
6. 参考文献:
  - 1) 佐藤秀哉ほか、プレキャスト床版を用いたPC合成桁の床版取替-中央自動車道 高野川橋、プレストレストコンクリート工学会, 第30回シンポジウム論文集, pp.601~604, 2021年10月
  - 2) 原健吾ほか、PC合成桁橋の床版取替工法に関する検討、プレストレストコンクリート工学会, 第30回シンポジウム論文集, pp.621~624, 2021年10月

### 劣化・損傷の内容

I桁筋と場所打ちRC床版で構成されるPC合成桁である本橋は、供用開始から40年が経過しており、RC床版下面に凍結防止剤の散布の影響による塩害劣化やひび割れが見られた。

## 補修の考え方

### 補修・補強の考え方および補修・補強の方法

PC床版を用いたPC合成桁の床版取替は、既往に1事例しかなかったため、本工事において、基礎技術と設計手法を検討した。

PC合成桁上桁のスターラップが現場打ちのRC床版内でフック定着される。この鉄筋は、主桁上フランジ上面端部から延長された鉄筋とともに主桁と床版の接合面に生じる水平せん断力に対するずれ止め鉄筋として構成される。既往のPC合成桁における床版取替では、これら上桁から突出している鉄筋を再利用するため、床版撤去時にこの鉄筋を残置させていた。鋼橋の床版取替のように、PC床版を用いるためには、主桁上面から突出する鉄筋がPC床版と干渉するため、切断撤去する必要があるが、前述の通り、床版コンクリートに定着する必要があるため、フック定着に代えて、機械式定着として鋼管を圧着固定する圧着定着を現場施工で構成する構造とした(写真1~3)。

また、切断した主桁スターラップの一部は主桁とPC床版の一体化を図るため、先端に既存の製品のねじ式機械式定着を取り付けた鉄筋を鋼管で圧着固定する圧着接合定着の構造とした(図2)。ずれ止め鉄筋として不足する鉄筋量は、主桁上フランジにあて施工アンカーで鉄筋を配置した。なお、上記の構造は、圧着に関する基礎知識および床版取替をモデル化した桁試験を実施し、設計手法との適合性を確認した。

### 工事の評価と今後の課題

本工事でのPC床版を用いたPC合成桁橋の床版取替は、道路橋示方書などで規定される主桁と床版の一体化が図れており、過去に前例の無い工法で、

PC床版の適用ならびに工期短縮が図れた。今後は、床版内の軸方向鉄筋がせん断のトラス耐荷機構で引張強材となる連続桁構造への適用拡大が課題となる

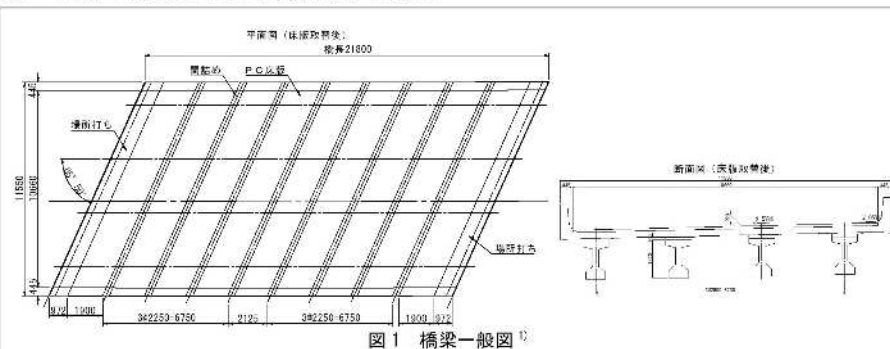


図1 橋梁一般図

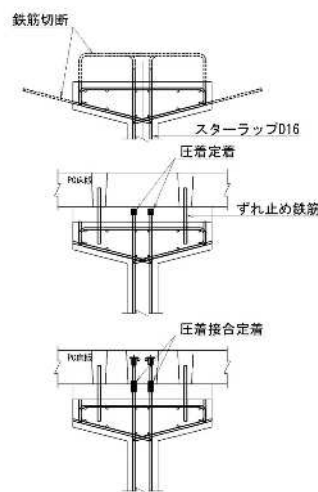


図2 圧着定着・圧着接合定着



写真1 既設床版撤去完了状況



写真2 圧着鋼管定着作業状況



写真3 圧着定着完了状況

## 2-1 プレテンション方式PCT桁橋の電気化学的脱塩工事

### 概要

本工事は、すでに塩害による劣化・損傷が進行しているプレテンションPC桁に対し、これまで実績のなかった電気化学的脱塩を行うために必要な情報の収集を目的として試験施工を行った工事である。<sup>1)</sup>

### 構造諸元

- 橋 長：340.020m
- 径 間 割：20.010m+15@20.000m+20.010m
- 幅 員：11.353m（全幅員）
- 斜 角：90度
- 荷 重：TL-20
- 建 設 年：1972年
- 構造形式：プレテンション方式PC17径間単純T桁橋
- 建設材料（建設時）：
  - コンクリート：500kg/cm<sup>2</sup>
  - 鉄筋：SD30
  - PC鋼材：φ10.8（11S G3536）

### 補修・補強諸元

- 劣化・損傷の題目：塩害による鋼材腐食
- 発生した部材：PC桁
- 補修・補強年度：2001年度
- 補修・補強工法：脱塩
- 補修・補強後の使用上の制約：なし
- 参考文献：
  - 1) 徳光 広まか、塩害を受けた供用中のプレテンションPCT桁の電気化学的脱塩工事報告、日本材料学会、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、第2巻、pp.213～218、2002年10月

### 劣化・損傷の内容

1972年の供用開始後10年を経過して以降、鋼材腐食によるひび割れと浮きが顕著となり（写真1～4）、1982年に断面修復、1991年に断面修復と保護塗装が実施され、再劣化を繰り返している。

### 劣化・損傷の原因

本橋は日本海の沿岸線に位置し（図1）、常時飛来塩分にさらされる環境にあり、塩害による鋼材腐食によりPC桁にひび割れや浮きが発生した。複数回の補修が実施されているが、すでに浸透した塩化物イオンを残したまま補修されたため再劣化が生じたと考えられた。

### 補修・補強の考え方および補修・補強の方法

電気化学的脱塩をPC桁に対し実施する場合には、PC鋼材の水素脆化が懸念されるため、本工事では間欠通電方式を採用した。また、脱塩工法はパネル工法を採用した（図2、写真5～6）。

脱塩後の塩化物イオン濃度は、2.5kg/m<sup>3</sup>前後となり一般に腐食限界塩化物イオン濃度と言われる1.2kg/m<sup>3</sup>を上回ったが、脱塩前後の全塩化物イオン濃度と可溶性塩分濃度の関係から、鋼材への腐食性の高い可溶性塩分から排出されているため、脱塩することにより鋼材に対する腐食性が小さくなったと推察した。

脱塩前の断面修復において、安定した脱塩を行うため断面修復材は既設コンクリートと同等の電気抵抗を有する

## 工事の評価と課題

### 工事の評価と今後の課題

本橋における脱塩は試験施工であり、本橋は脱塩19年後に解体された。解体された桁を分析した結果、鋼材付近の塩化物イオン濃度の変化は確認されず、鋼材に新たな腐食はなかった。このことから、塩害対策として脱塩工法が有効であることが確認された。

今後はPC桁の脱塩について、より安全で効率的な手法を開発すると共に、脱塩後の腐食性と最適脱塩量について研究を進めてゆく。



図1 架橋環境



写真1 橋梁下面全景



写真2 主桁劣化状況（浮き）



写真3 主桁劣化状況（ひび割れ・剥離）



写真4 PC鋼材腐食状況

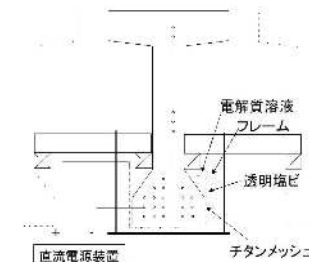


図2 脱塩システム概要（パネル法）



写真5 脱塩状況



写真6 脱塩状況

## 参考図書例

### 一般社団法人 プレストレスト・コンクリート建設業協会

- ・PC技術の変遷, 2003.11
- ・プレストレストコンクリート構造物の補修の手引き(案)[断面修復工法], 2009.9
- ・PC構造物の維持保全ーPC橋の更なる予防保全に向けてー, 2015.3
- ・プレストレストコンクリート構造物の補修の手引き[PCグラウト再注入工法], 2020.4
- ・PCアシスタント(2020年版)ープレストレストコンクリート技術者の必携書ー, 2020.8
- ・プレストレストコンクリート構造物の補修の手引き[外ケーブル工法・外ケーブル補強工法], 2023.8

### 公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会

- ・プレキャストPC床版による道路橋更新設計施工要領, 2018.3
- ・既設PCポストテンション橋保全技術指針, 2022.1
- ・PC構造物高耐久性化ガイドライン, 2015.3
- ・コンクリート構造診断技術, 2023.1

# 1-1 PC合成桁橋の桁端狭隘部の劣化部除去と断面修復工事

## 概要

本工事は、伸縮装置の損傷等により遊間部から凍結防止剤を含んだ水が桁端部に回ることによるコンクリートの劣化に対して、PC桁端狭隘部の調査方法および規制時間を短縮し、早期の交通開放を目的とした補修工法の試験工事である。

### 構造諸元

1. 橋長：75.0m
2. 径間割：2@37.0m
3. 幅員：8.5m
4. 斜角：75° 37' 18" ~69° 52' 43"
5. 荷重：TL-20, TT-43
6. 建設年：1990 年
7. 構造形式：PC2 径間連続合成桁橋
8. 建設材料（建設時）：
  - コンクリート：400kg/cm<sup>2</sup>（主桁）  
350kg/cm<sup>2</sup>（1次床版）  
240kg/cm<sup>2</sup>（2次床版）
  - 鉄筋：SD30
  - PC 鋼材：SWPR7A 12T12.4

### 補修・補強諸元

1. 劣化・損傷の題目：伸縮装置からの漏水による塩害，凍害
2. 発生した部材：PC 桁端側面部，桁端狭隘部
3. 補修・補強年度：2011 年度
4. 補修・補強工法：桁端狭隘部のウォータージェットによるはつりと塩分吸着剤を添加し，早期に強度が確保できる断面修復材を用いた補修
5. 補修・補強後の使用上の制約：なし

## 劣化・損傷の内容

腐食ひび割れやさび汁が見られる箇所があること（写真1），採取した試料の塩化物イオン濃度の測定結果は4～7 kg/m<sup>3</sup>であり，鋼材の腐食発生限界濃度を大きく上回る値であった。

## 劣化・損傷の原因

伸縮装置の損傷等により，遊間部から凍結防止剤を含んだ漏水が桁端部に回り，長年にわたり塩害や凍結融解作用等の繰返し受け，桁端部面のコンクリートに劣化が生じた。



写真1 桁端部主桁側面



写真3 塩化物イオン含有量測定試料採取

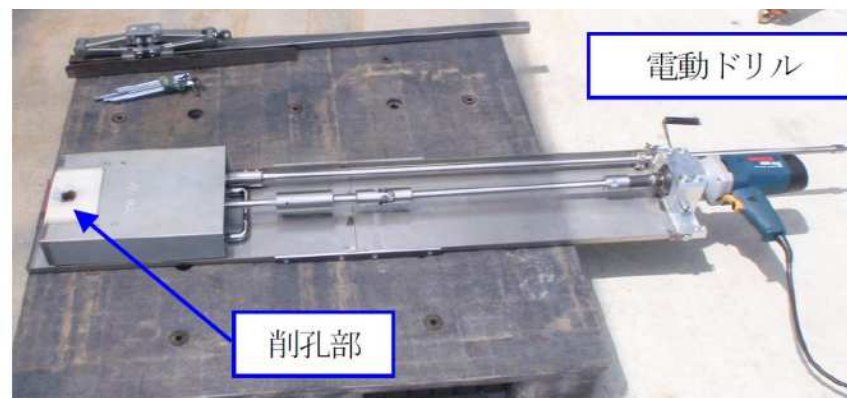


写真7 試料採取装置

## 補修・補強の考え方および補修・補強の方法

プレストレストコンクリート橋においては、桁端部にはPC鋼材の定着装置が配置されているため、構造上非常に重要な部分であり、早急な対応が求められている。しかし、狭隘部のために調査が困難で未対応のまま供用されているのが現状である。このような現状を踏まえ、PC 橋桁端狭隘部の調査方法、および規制時間を短縮し早期の交通開放を目的として、以下の調査・補修を行った。

- ① 狭隘部コンクリート表面の劣化状況・塩化物含有量調査技術
  - ・ビデオスコープによる桁端狭隘部の調査（写真2）
  - ・桁端狭隘部コンクリートの塩化物イオン含有量測定試料採取（写真3）
- ② 狭隘部コンクリート部の補修技術
  - ・ウォータージェットによるはつり（写真4，写真5）
  - ・塩分吸着剤を添加し、早期に強度が確保できる断面修復材を用いた補修



写真4 はつり状況



写真5 ハツリ後のPC鋼材定着部



写真6 施工完了

## 2-1 プレテンション方式PCT桁橋の電気化学的脱塩工事

### 概要

本工事は、すでに塩害による劣化・損傷が進行しているプレテンションPC桁に対し、これまで実績のなかった電気化学的脱塩を行うために必要な情報の収集を目的として試験施工を行った工事である。

#### 構造諸元

1. 橋長：340.020m
2. 径間割：20.010m+15@20.000m+20.010m
3. 幅員：11.353m（全幅員）
4. 斜角：90度
5. 荷重：TL-20
6. 建設年：1972年
7. 構造形式：プレテンション方式PC17径間単純T桁橋
8. 建設材料（建設時）：  
コンクリート：500kg/cm<sup>2</sup>  
鉄筋：SD30  
PC鋼材：φ10.8（JIS G3536）

#### 補修・補強諸元

1. 劣化・損傷の題目：塩害による鋼材腐食
2. 発生した部材：PC桁
3. 補修・補強年度：2001年度
4. 補修・補強工法：脱塩
5. 補修・補強後の使用上の制約：なし



図1 架橋環境

## 補修・補強の考え方および補修・補強の方法

初期調査としてアルカリ骨材反応試験を行い、骨材膨張が無いことを確認した。また、損傷が集中している箇所においては損傷部の除去を行う前に主桁の応力状態およびたわみの算定を行い、施工時の許容はつり厚さを確認した上ではつり作業を実施した。  
(写真1)。

脱塩はファイバー方式で行い(写真2, 写真3, 写真4, 写真5), 通電量はクランプメータにより計測し(写真6), 通電管理を行った。施工の結果, 12週間の通電期間により当初の8kg/m<sup>3</sup>程度の内在塩分量が1.0kg/m<sup>3</sup>程度まで減少し, 目標であった2.5kg/m<sup>3</sup>以下かつ施工前の70%以上の脱塩率の条件を通電期間内に達成した。

脱塩後は保温養生を実施し, コンクリート表面から深さ50mmまでの位置において, 基準値(水分率8%)以下の状態となったことを確認し, 表面被覆工を施工した(写真7)。



写真1 橋梁下面全景



写真2 主桁劣化状況（浮き）



写真3 主桁劣化状況（ひび割れ・剥離）



写真4 PC鋼材腐食状況

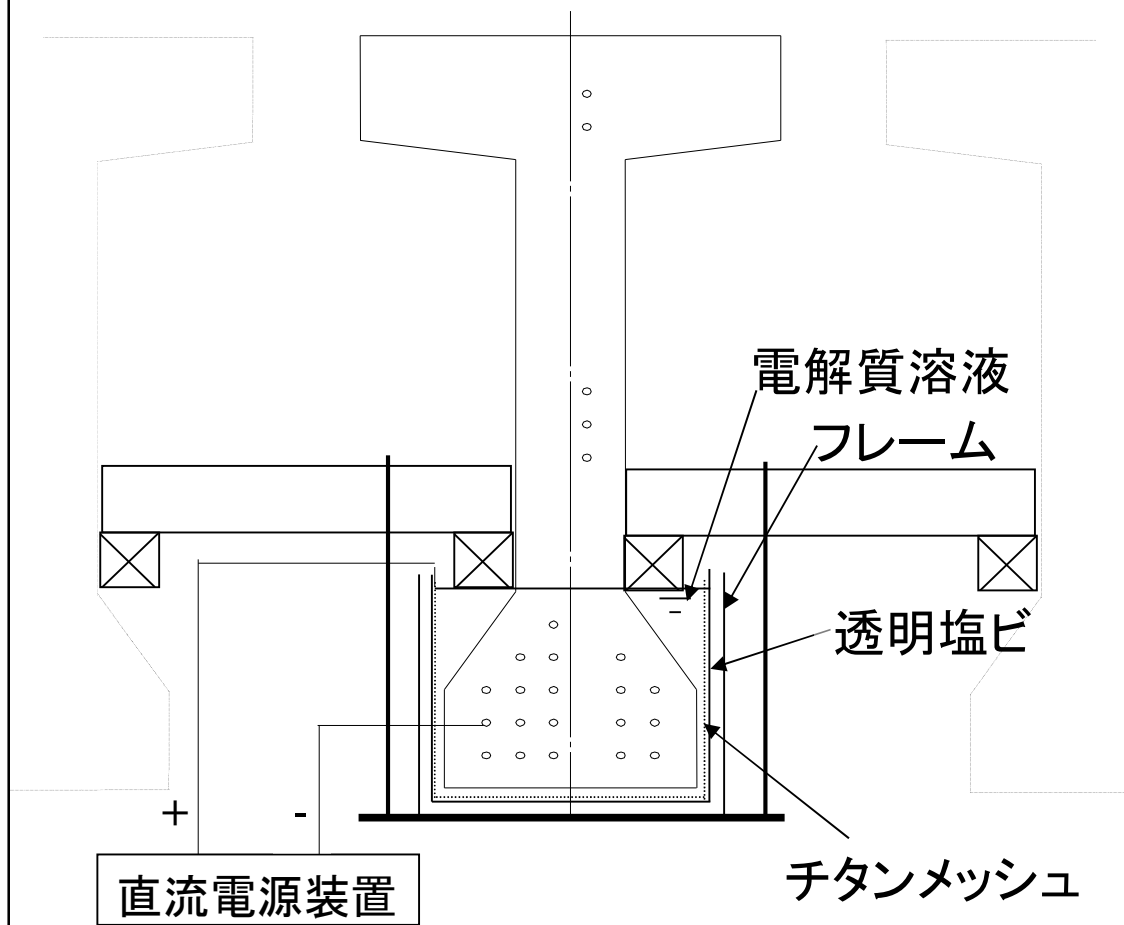


図2 脱塩システム概要（パネル法）



写真5 脱塩状況



写真6 脱塩状況

## 4.5 中間支点上をPC鋼材で補強したトラス橋の床版取替工事

### 概要

本工事は、既設橋梁に及ぼす影響を極力小さくすることを目的として、床版厚を220mmとし構造成立性を確保するために、中間支点上をPC鋼材にて補強した、鋼2径間連続非合成トラス橋の床版取替工事である。

### 構造諸元

1. 橋長：171.410m
2. 径間長：85.009m+85.001m
3. 幅員：9.900m
4. 斜角：92° 48' 8" (A1),  
88° 51' 59" (A2)
5. 荷重：B活荷重
6. 建設年：1974年
7. 構造形式：鋼2径間連続非合成トラス橋
8. 建設材料(取替え後)：  
コンクリート：50N/mm<sup>2</sup> (取替え床版)  
鉄筋：SD345  
PC鋼材：1S19.3 (プレグラウト)

### 補修・補強諸元

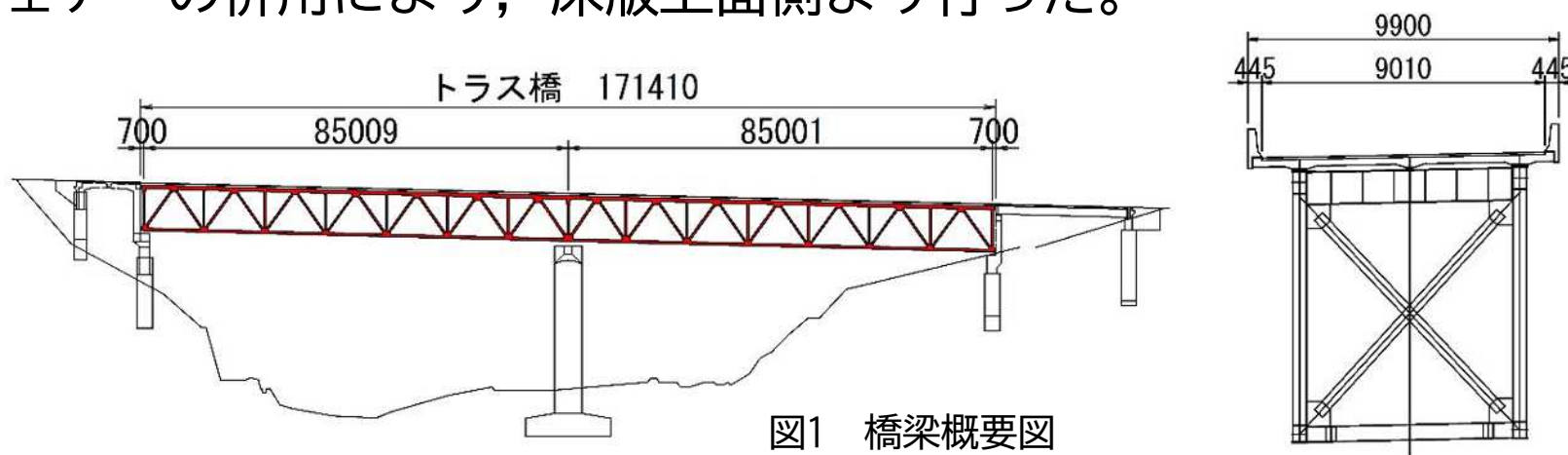
1. 劣化・損傷の題目：塩害による鋼材腐食，漏水
2. 発生した部材：床版，トラス主構
3. 補修・補強年度：2020年度～
4. 補修・補強工法：床版取替え，トラス桁の補修および補強，耐震補強，支承取替え
5. 補修・補強後の使用上の制約：なし



## 補修・補強の考え方および補修・補強の方法

本橋はトラス橋であることから、一般的な鈹桁とは異なり、中間支点付近に主桁作用による曲げ引張ではなく、トラス機構による軸力が卓越する構造である。そのため、T荷重による床版作用時の応力度に加え、軸引張力により、鉄筋応力度が著しく大きくなる結果となることから、応力度緩和のため床版厚を厚くする対策も考えられるが、死荷重の増加による下部工耐震ならびに既設トラス桁への影響を鑑みると、増加させることは望ましくないとの事から、中間支点部にPC鋼材を配置して、軸力に対して抵抗する構造を採用する事とし、床版厚を220mmとした。

PC鋼材の設置範囲は鉄筋応力度が許容応力度を超える範囲、かつ、プレストレスの分布も考慮して定め、橋軸方向に1S19.3のプレグラウトPC鋼材を最大で28本、軸力が低下する範囲にはその半分の14本を配置する事とした。緊張は間詰め部の橋軸方向鉄筋をジャッキに支障となる部分のみを機械継手とし、緊張後に接続することとして、ジャッキはカーブチェアーとストレートチェアーの併用により、床版上面側より行った。



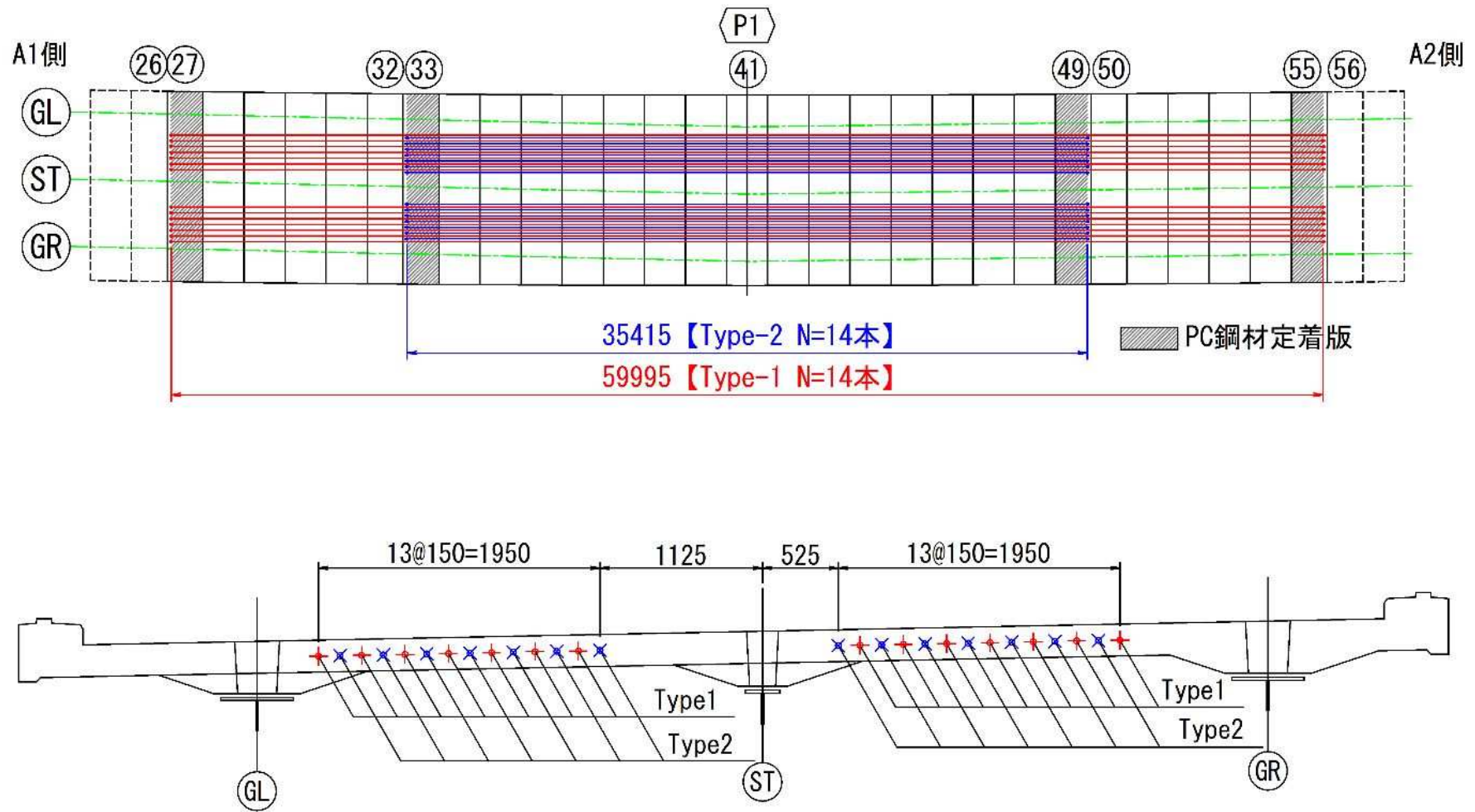


図2 PC鋼材配置図

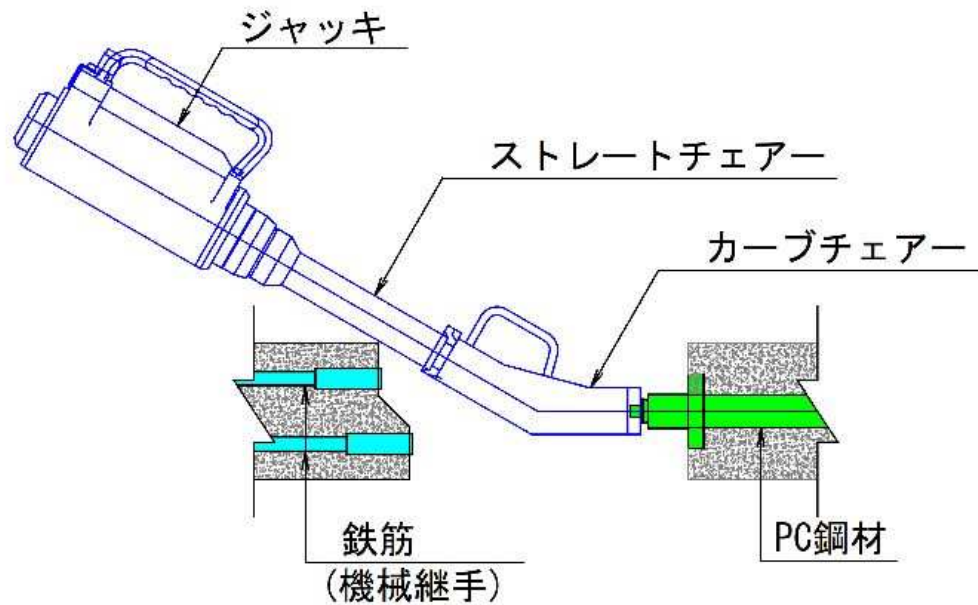


図3 定着版背面間詰め部模式図



写真1 間詰め部の定着プレート



写真2 PC鋼材緊張



写真3 PC鋼材定着

## 5-1 PC箱桁橋の床版増厚による中央径間耐震補強工事

### 概要

橋長500m のPC3径間有ヒンジラーメン箱桁橋である。建設後約40年が経過し、過去の健全度および耐震性能評価の結果、様々な劣化や損傷が確認され、耐震性能の向上が必要となった。

本工事では、主桁の耐震補強として、箱桁橋の中央径間の下床版上面に補強筋を配しポリマーセメントモルタルを吹付けることで部材耐力を増加させた。

#### 構造諸元

1. 橋長：500.000m
2. 径間割：132.000m+236.000m+132.000m
3. 幅員：8.500m(有効幅員)
4. 斜角：90°
5. 荷重：TL-20
6. 建設年：1975 年
7. 構造形式：PC3 径間有ヒンジラーメン箱桁橋
8. 建設材料（建設時）：  
コンクリート：400N/mm<sup>2</sup>  
鉄筋：SD295  
PC 鋼材：SBPR95/120φ32

#### 補修・補強諸元

1. 補修・補強の目的：耐震性向上
2. 補強した部材：中央径間下床版
3. 補修・補強年度：2013 年
4. 補修・補強工法：ポリマーセメントモルタル吹付け
5. 補修・補強後の使用上の制約：なし

## 補修・補強の考え方および補修・補強の方法

当初設計では、主桁の増厚補強として下床版の上下面それぞれ45mmのポリマーセメント吹付けが計画されていた。しかし、下床版下面への吹付けは上向き施工となることから供用下での大型車両等の通行による振動等で付着力が阻害される危険性がある。

これらのことから、下床版上面のみを増厚補強することとした。曲げ補強鉄筋が必要量配置でき、必要な断面性能を満足するよう、下床版の上面のみ105mmの増厚とした。また、曲げ補強鉄筋は、箱桁内の隔壁を削孔してPC鋼棒を配置し、支圧板と溝形鋼で定着することで連続化を図った（図3、写真1）。

吹付けの施工は、時間制約や冬季の強風の影響を考慮して吊り足場を設置し、橋脚部に設けたモルタルミキサで練り混ぜ、ウインチ牽引台車によって中央ヒンジ部に配置したモルタルポンプへ運搬して行った（図4、写真2）。

吹付けは、下床版増厚105mmを3層、壁面が4層の施工とした。いずれも1層目（写真6）は既設コンクリートと鉄筋の隙間を充填し（約25mm）、中間層の本吹きは100mmを超えない厚さにて施工した。仕上げ吹きは剥落の減少および打ち継ぎ箇所への抑制のため、15mm程度とした。各層の打ち継ぎ時間間隔は180分以上（気温5℃～10℃）とした（図5、写真3）。

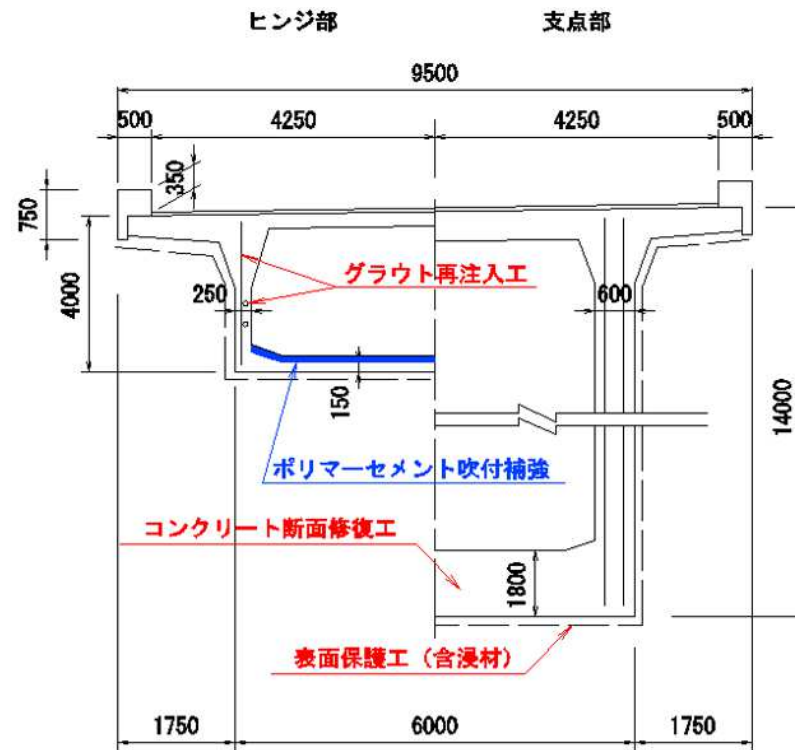


図1 断面図

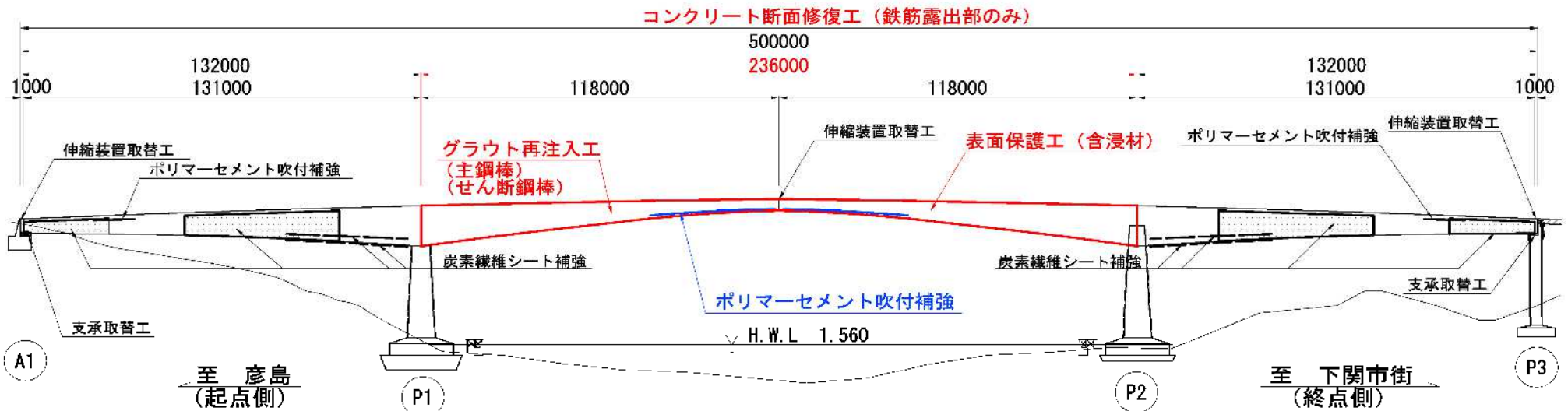


図2 全体一般図

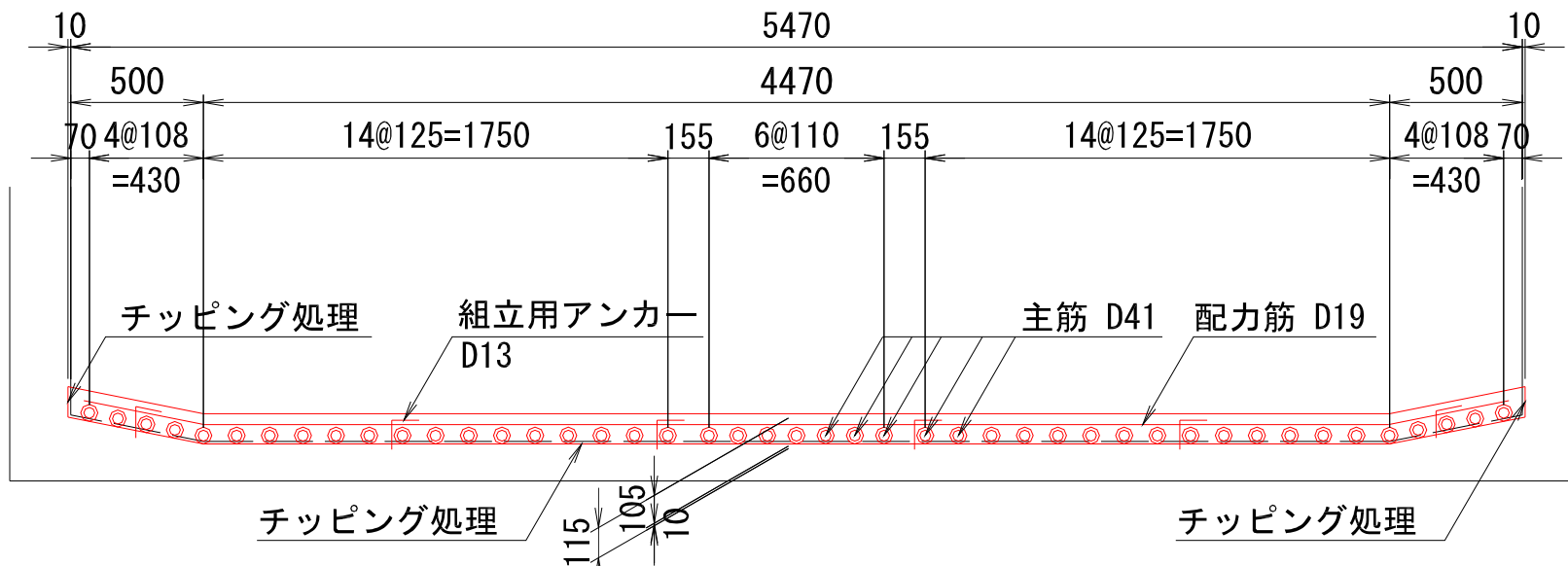


図3 増厚補強（箱桁内下床版上面）



削孔状況



鉄筋運搬（桁内）



写真1 鉄筋組立状況（箱桁内下床版上面）

モルタル運搬台車



写真2 吊足場の状況（内部に吹付機材を配置）

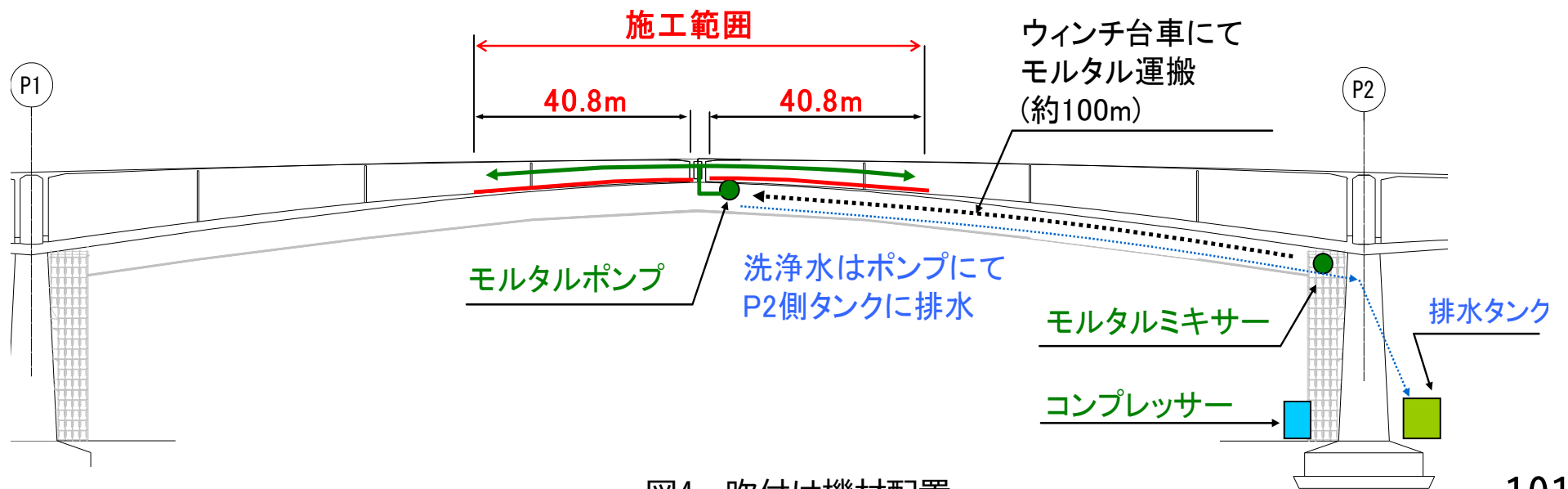


図4 吹付け機材配置

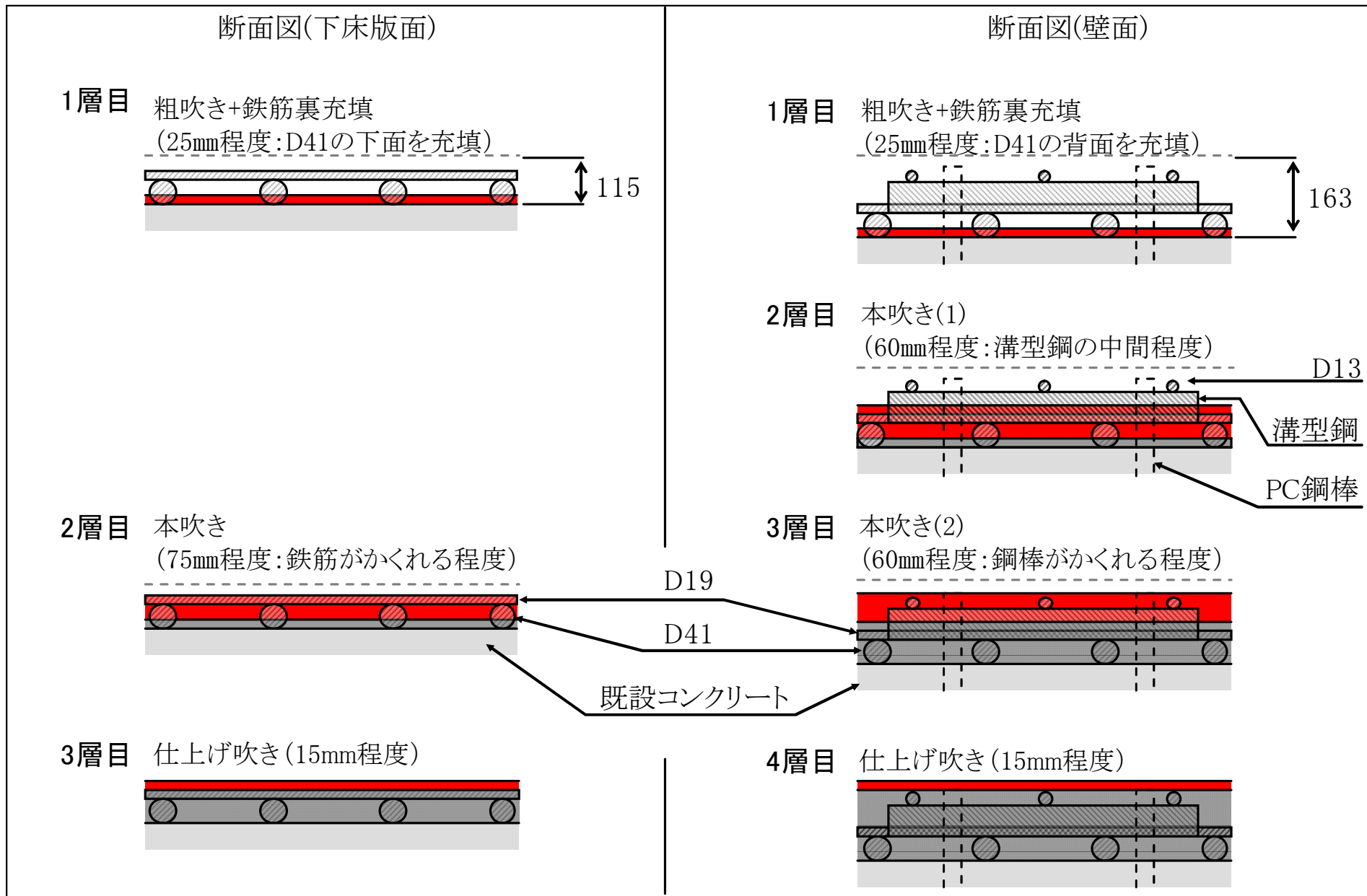


図5 吹付け要領



写真3 吹付け完了（箱桁内下床版上面）

# 9-2 下部工への影響を最小限にしたゲルバーT桁橋の耐荷力向上と拡幅工事

## 概要

供用より63年が経過した本橋は、現況幅員では大型車の相互通行が困難なため拡幅が計画された。本工事では、河川の制約により下部工の補強を最小限に抑えて拡幅を行う必要があり様々な対策を講じて施工を実施した。

### 構造諸元

1. 橋長：357.900m
2. 径間割：17.860m+14@23.020m+17.770m
3. 幅員：5.500m→6.500m（有効幅員）
4. 斜角：90°
5. 荷重：T-9（補強前），A活荷重（補強後）
6. 建設年：1951年
7. 構造形式：RC16 径間連続ゲルバーT桁橋
8. 建設材料（建設時）：  
コンクリート：30N/mm<sup>2</sup>，鉄筋：SR235

### 補修・補強諸元

1. 補修・補強の目的：床版の拡幅
  2. 補強した部材：RC床版，RC桁
  3. 補修・補強年度：2014年
  4. 補修・補強工法：断面修復，ゲルバー受桁再構築，吊桁の鋼床版鋅桁取替え
- 活荷重対策：外ケーブル補強（主桁），炭素繊維シート補強（主桁），CFRPロッド工法（床版）  
耐震対策：ポリマーセメントモルタル吹付工法（橋台および橋脚），支承取替え，ダンパー設置

着手前（全景）



鋼材腐食・断面欠損



ひび割れ



## 補修・補強の考え方および補修・補強の方法

交通量増加に伴う幅員の拡幅と耐荷力の向上が求められた。

本橋の架橋当時の設計自動車荷重はT-9荷重が採用されていたが、交通量の増加および自動車の大型化を考慮しA活荷重に対応できる耐荷力を有するよう補強設計を行った。

河川の制約条件により、下部工の大規模な補強が行えないことから、拡幅後の死荷重の軽減、支承条件の入れ替えおよび可動橋脚へダンパーの設置等をおこない、耐震性をH14年度の道路橋示方書に対応させた。

死荷重の軽減として、コンクリート吊桁（RC）の鋼桁への架け替え（写真3）、上面増厚補強にCFRPロッドと樹脂モルタルを使用（写真2）、高欄をアルミ製高欄に変更等を実施した。

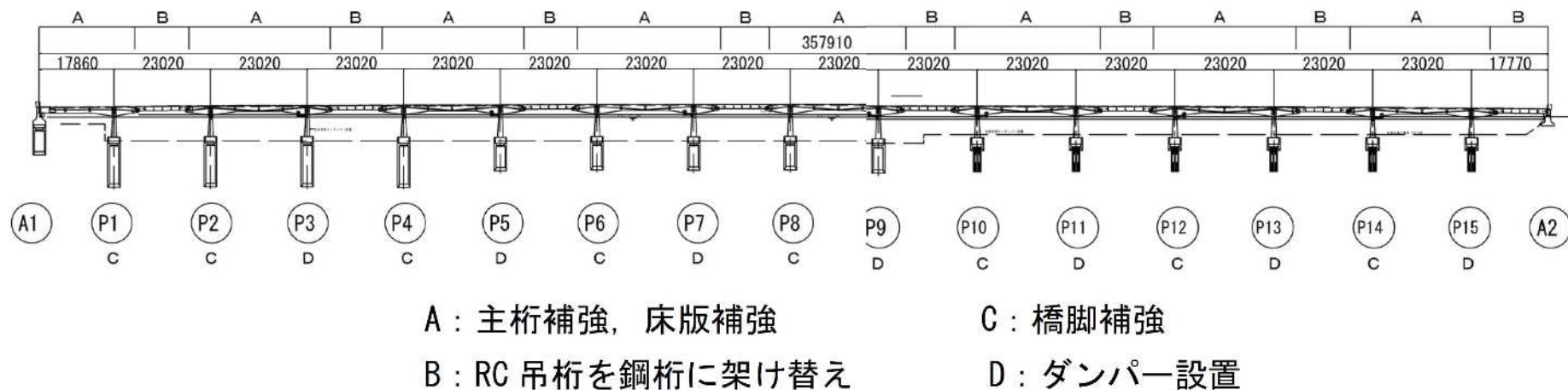
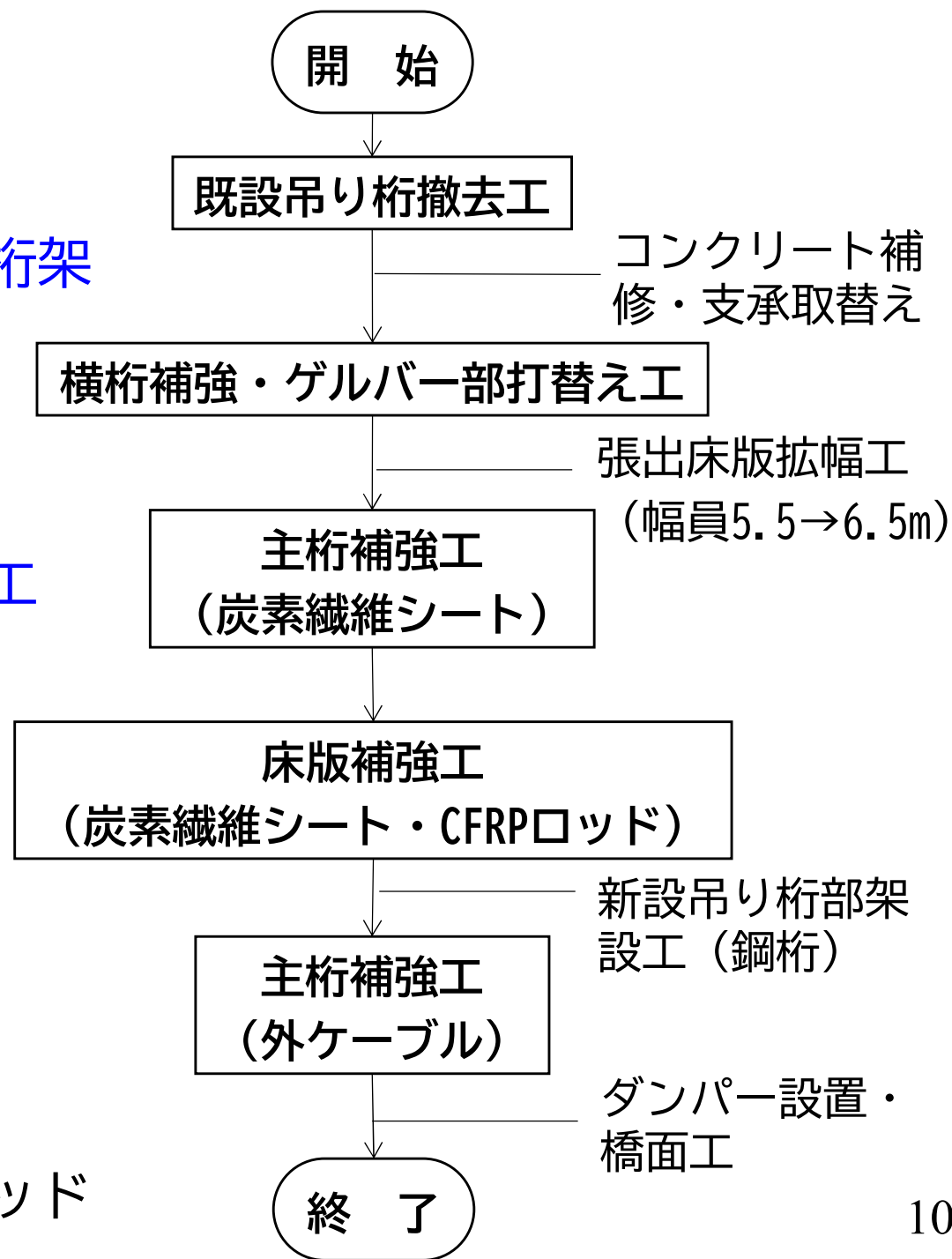


図1 補強概要図

## ■主な工種

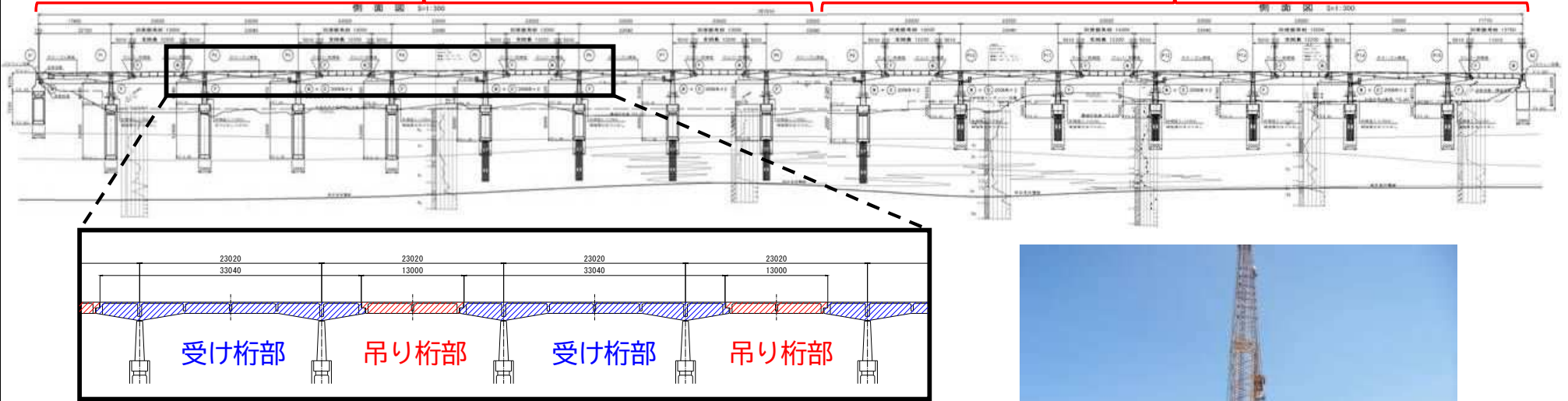
- (1) コンクリート補修  
ひび割れ注入・断面修復
- (2) 既設吊り桁の撤去・鋼桁架設  
RC桁→鋼桁
- (3) 横桁補強工：増厚
- (4) ゲルバーヒンジ部補強工  
打替え
- (5) 主桁補強工（曲げ）  
外ケーブル
- (6) 主桁補強工（せん断）  
炭素繊維
- (7) 床版補強  
下面：炭素繊維，  
上面：上面増厚＋CFRPロッド



# ■施工範囲

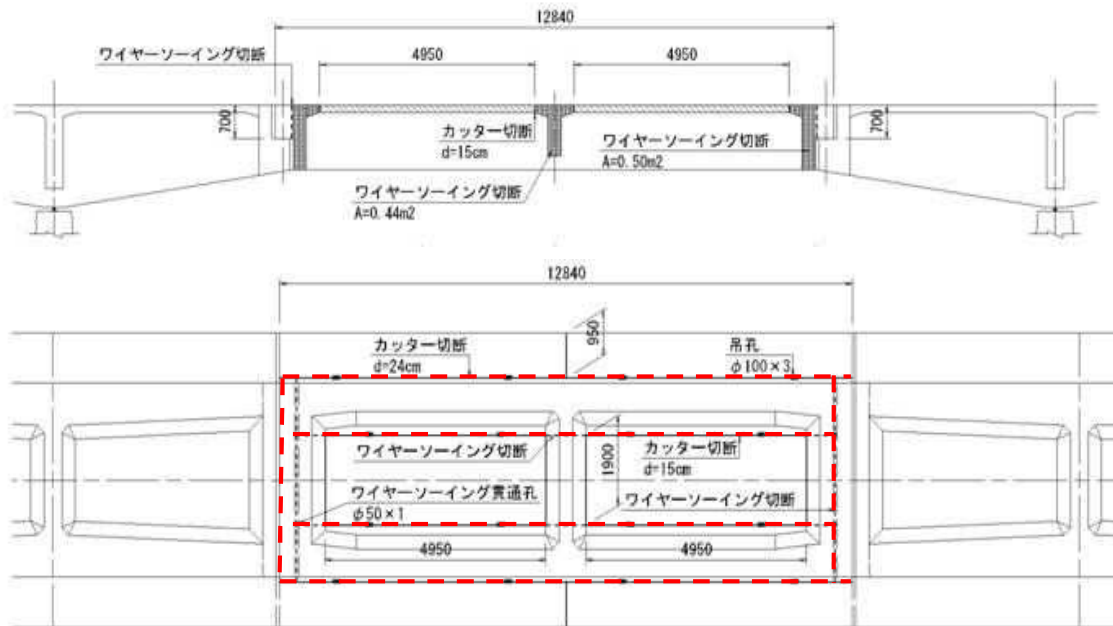
1工区

2工区



# ■施工状況

## (2) 既設吊り桁の撤去・鋼桁架設

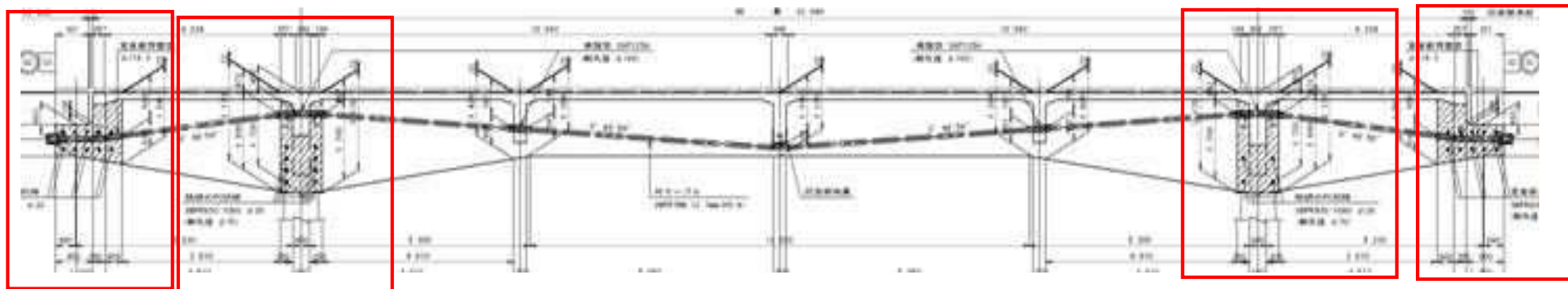


クレーンによる吊り桁の撤去状況



ワイヤーソーによる切断状況

### (3) 横桁補強工 (増厚)



既設横桁に  
鉄筋・シース組み立て状況



増厚完了



緊張・グラウト状況

## (4) ゲルバーヒンジ部補強工 (打替え)

既設ゲルバーヒンジ部撤去  
鉄筋・シース組み立て状況



緊張状況



打替え完了



グラウト状況



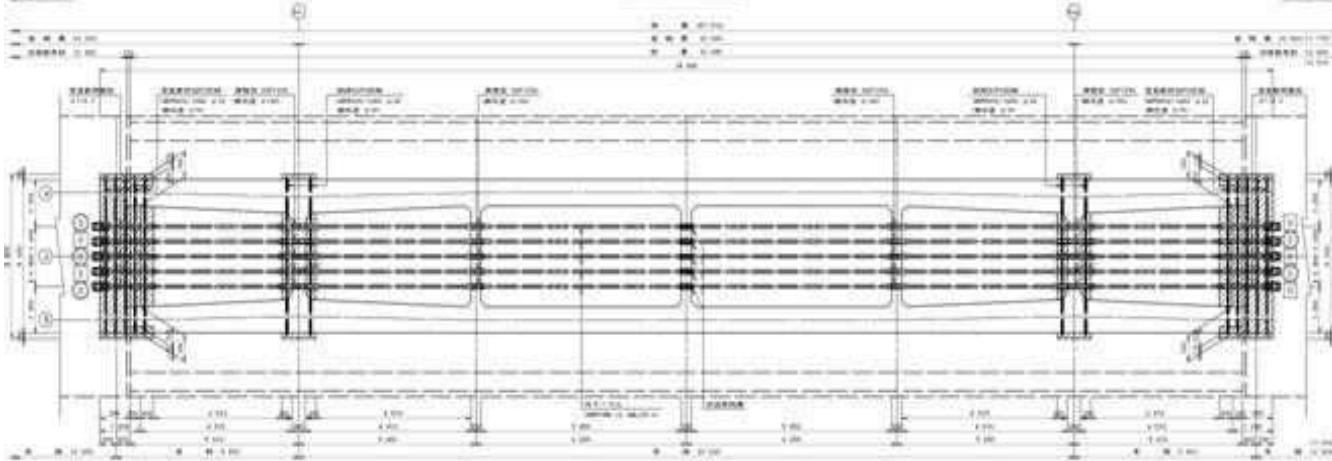
# (5) 主桁補強工 (曲げ：外ケーブル)

主桁補強工  
(外ケーブル)

側面



平面



外ケーブル配置状況

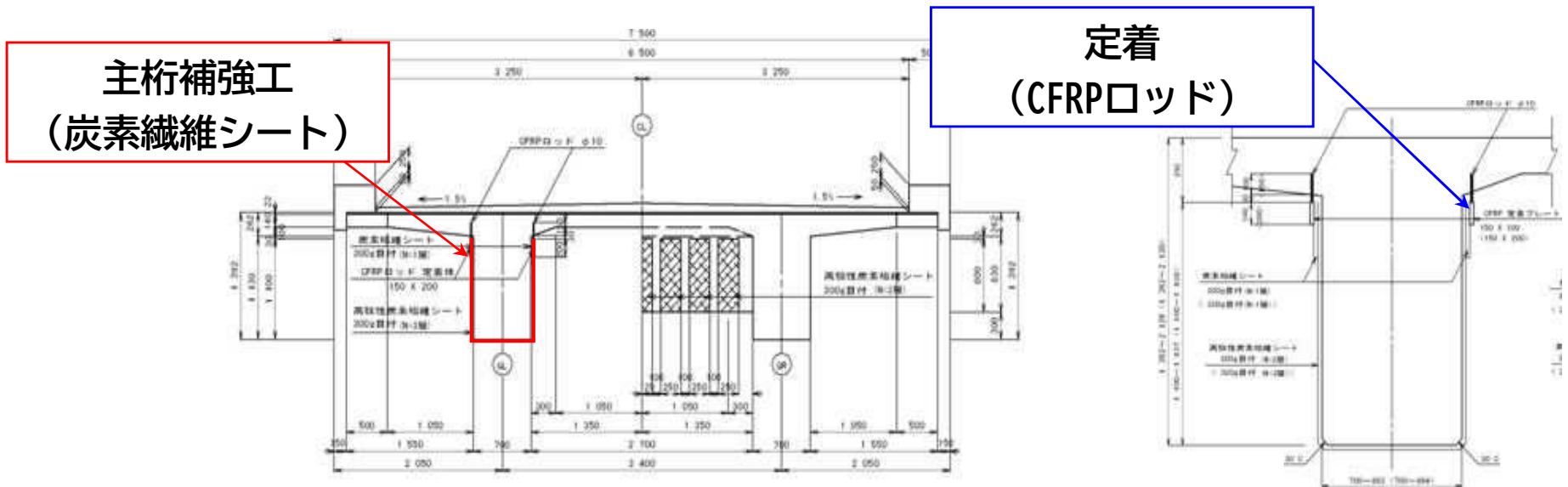


偏向箇所状況

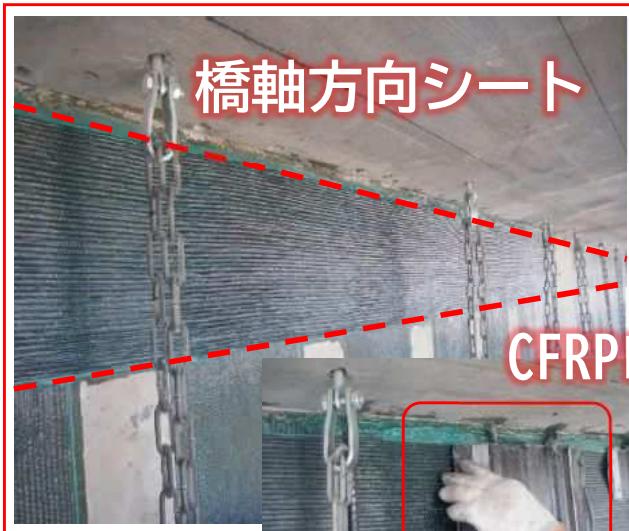


緊張状況

# (6) 主桁補強工 (せん断：炭素繊維シート接着)



炭素繊維シート接着状況



橋軸方向シート

CFRPロッド+プレート



CFRPロッド+プレートによる固定状況



完了

# (7) 床版補強工 (下面：炭素繊維シート接着， 上面：上面増厚保+CFRPロッド)





写真1 外ケーブル補強・炭素繊維シート補強



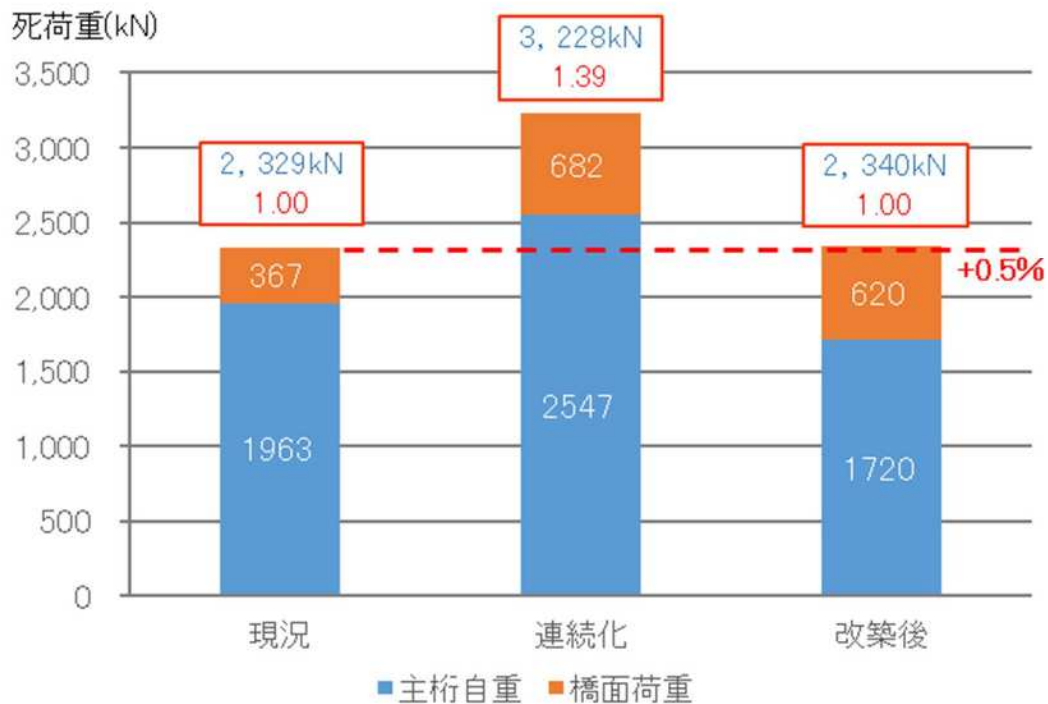
写真2 CFRP ロッドと樹脂モルタルによる床版上面補強



下地処理状況



CFRP ロッド工法概念図



死荷重の増減





写真3 鋼製吊り桁の架設状況



写真4 完成



図2 拡幅前と拡幅後（イメージ図）

ご清聴ありがとうございました

