

# 北陸橋梁保全会議

---

- 橋梁保全に関する講演会 -

## PC橋の維持保全のあり方

2012年12月6日

(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会  
保全補修部会

# 講演内容

---

- 1 . PC橋の維持保全
- 2 . 補修・補強工事の現状と課題
- 3 . PC建協の強み・特色

# 1 . PC橋の維持保全

---

- 1 - 1 PC橋の特性
- 1 - 2 PC橋の維持保全の流れ
- 1 - 3 PC橋の劣化
- 1 - 4 PC橋の予防保全

# 1 - 1 PC橋の特性

- PC橋の特徴
- ・密実な高強度コンクリートを使用
  - ・プレストレスによりひび割れを制御



RC構造に比べて外部からの劣化因子が侵入しにくい！  
荷重によるひずみ変動が少なく、疲労耐久性に優れる！

つまり、

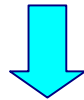
PC橋は本来、優れた耐久性を発揮する

ところが、

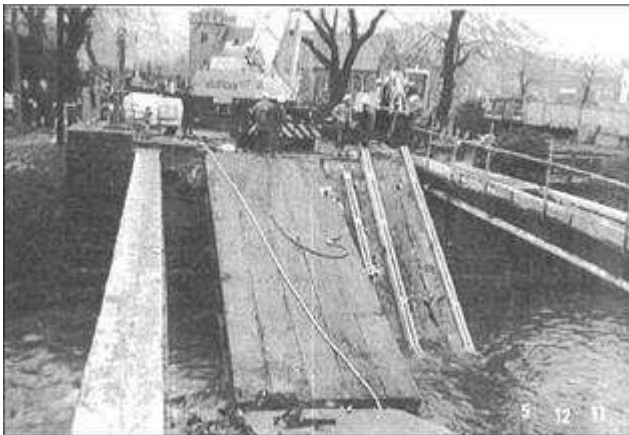
- ・中には劣化を生じ、落橋に至った橋梁も存在する
- ・劣化の理由はさまざまであるが、重大な劣化を生じた橋梁の劣化原因の大半は、『塩害』であり、塩分によるPC鋼材の腐食、破断に起因する

# 1 - 1 PC橋の特性

PC鋼材は腐食に敏感      耐荷性能に影響



- ・出来るだけ早期に損傷を発見
- ・適切な診断・対策を実施
- ・**予防保全的**に維持していくことが重要

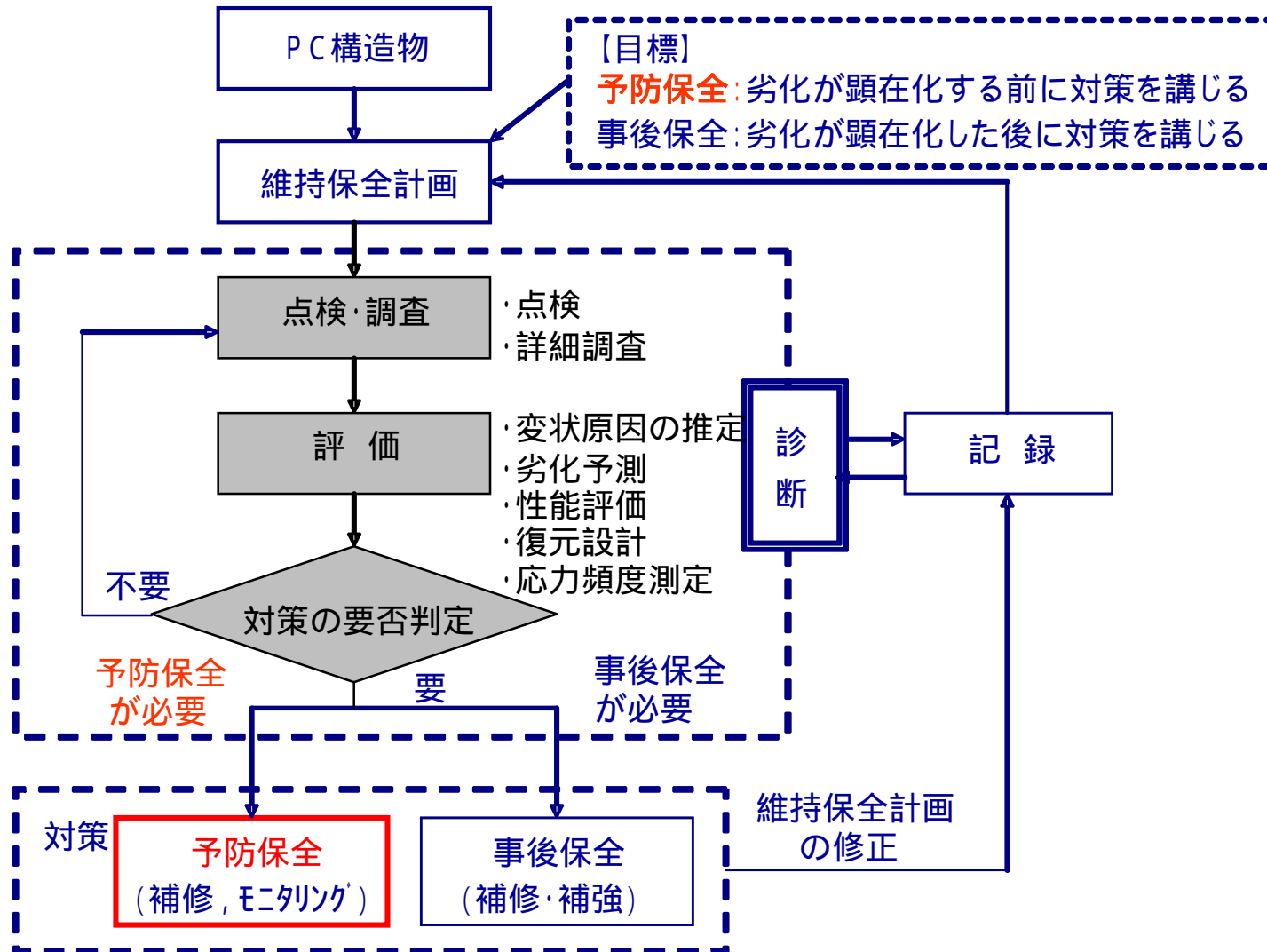


Ynys-y-Gwas橋の落橋



ノースカロライナ橋の落橋

# 1 - 2 PC橋の維持保全の流れ



# 1 - 3 PC橋の劣化

---

## 1 PC構造物の主な劣化機構

- (1) 中性化
- (2) 塩害
- (3) アルカリシリカ反応 (ASR)

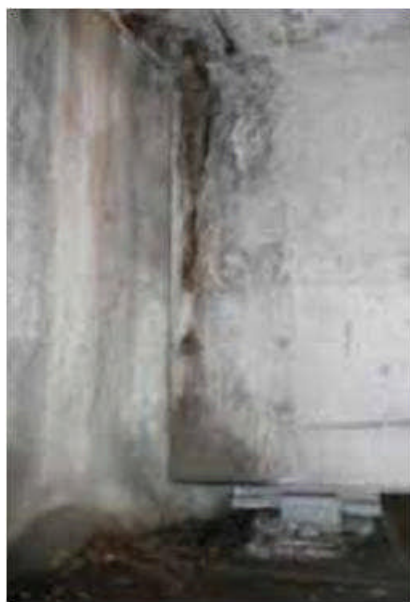
## 2 PC橋特有の劣化事例

- (1) PC橋桁端部の劣化
- (2) 不完全なPCグラウトによる劣化
- (3) 上縁定着されたPC鋼材の劣化

## PC橋の劣化事例(1) 【桁端部で発生した塩害】

上部工の掛け違い部では、伸縮継手からの漏水が桁端部に作用する。この漏水に凍結防止剤などに起因する塩化物イオンが含まれる場合は、桁端部において局所的な塩害を生じやすい。

塩化物イオンを含む桁端部の漏水は、PC定着具や端部付近のPC鋼材を腐食させる恐れがある。



塩化物イオンを含む桁端部の漏水による劣化，PC鋼材の腐食



## PC橋の劣化事例(2) 【充填が不完全なPCグラウト】

グラウト施工はPC構造物の耐久性に影響する最も重要な作業の一つである。グラウト充填が不十分でダクト内に空隙がある場合、空隙部に水分が滞留して凍結膨張して、コンクリート表面にシースに沿ったひび割れが生じる。ひび割れから酸素が供給され、鋼材の腐食が進行して、PC鋼材の破断に至るケースもある。



不完全な横締めグラウトによるPC鋼棒の突出



不完全な主げたのグラウトによるひび割れとエフロレッセンス

## PC橋の劣化事例(3) 【主桁上縁に定着されたPC鋼材の腐食】

平成5年より以前には、PCケーブルを主桁上縁に定着させる工法が採用されることがあった。

橋面の水が上縁定着後埋めコンクリートの継目などからシース内に浸入し、PC鋼材を腐食させることがある。この作用は、橋面に凍結防止剤が散布される場合に大きい。



上縁定着の後埋め部から浸入した水による変状

## 1 - 4 P C 橋の予防保全

P C 鋼材が劣化した後の補修はむずかしい

↓  
予防保全のカギは「**水と塩**」対策

- 1) P C 鋼材の腐食・破断に関するもの
  - a) 水の浸入対策  
防水工, 排水工, 漏水対策工
  - b) 塩害対策  
表面被覆, 電気防食, 脱塩工法
  - c) モニタリング  
腐食モニタリング
- 2) コンクリートの耐久性に関するもの
  - a) 防食対策  
表面保護
  - b) モニタリング  
外観観測, ひび割れ観測



こうなる前に対策を講じましょう

# (1) 水対策 橋面防水

- ・アスファルト舗装は保水性が高い
- ・床版上面に橋軸直角方向のひび割れが発生(ねじり)
- ・ひび割れに水が浸入し、磨耗劣化が加速



床版上面に防水工を設けることが重要

シート防水

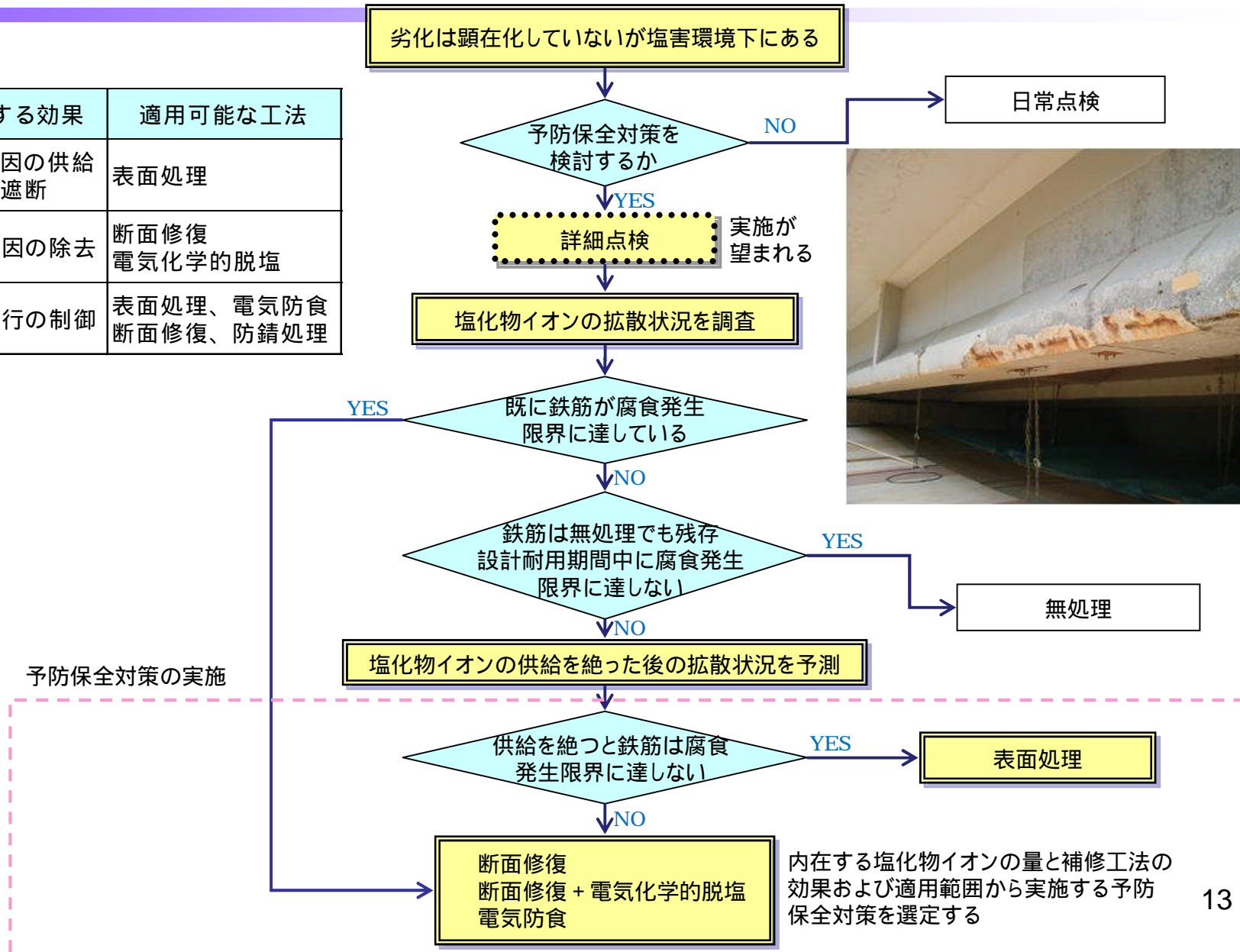


塗膜防水

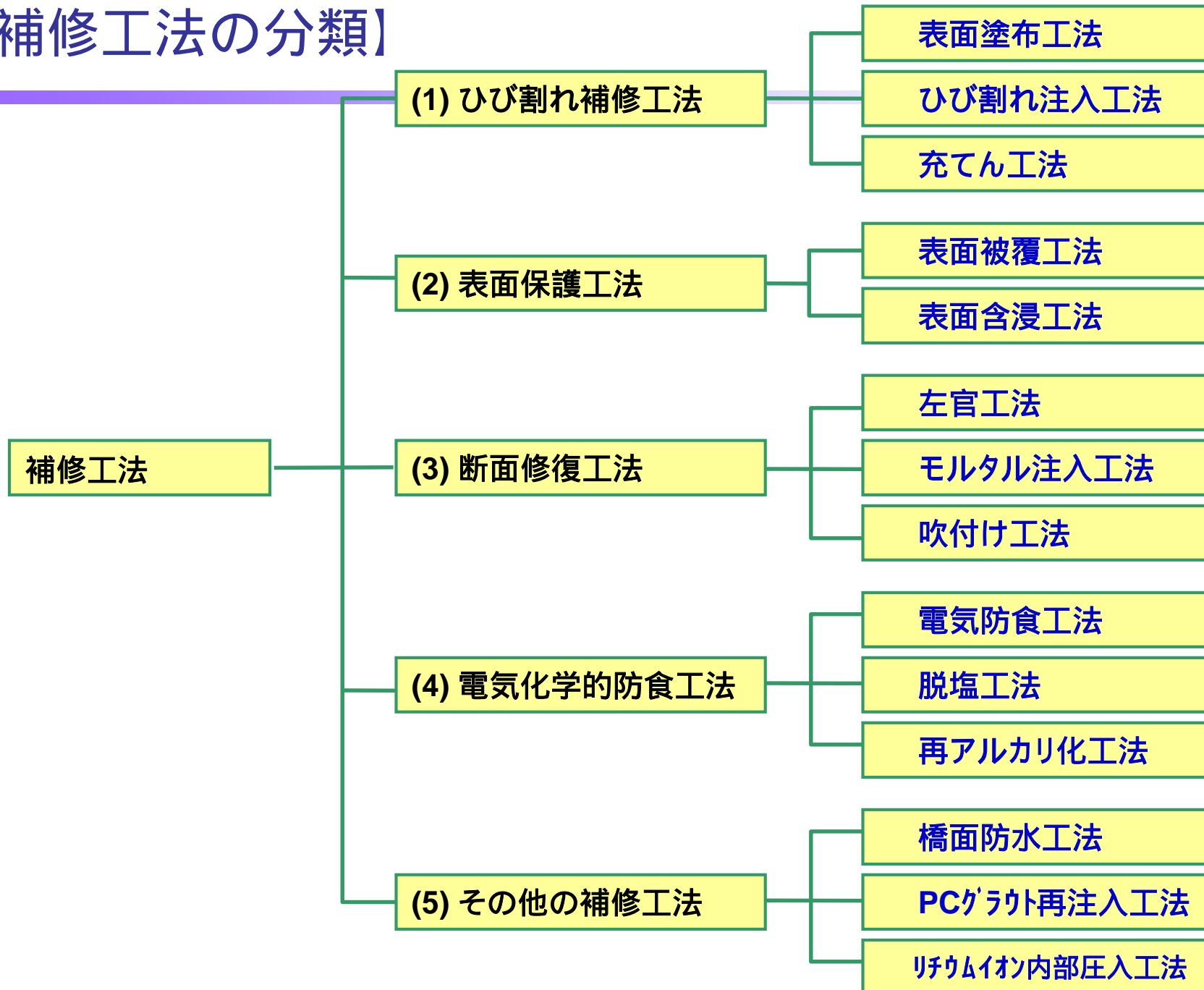


# (2) 塩害対策

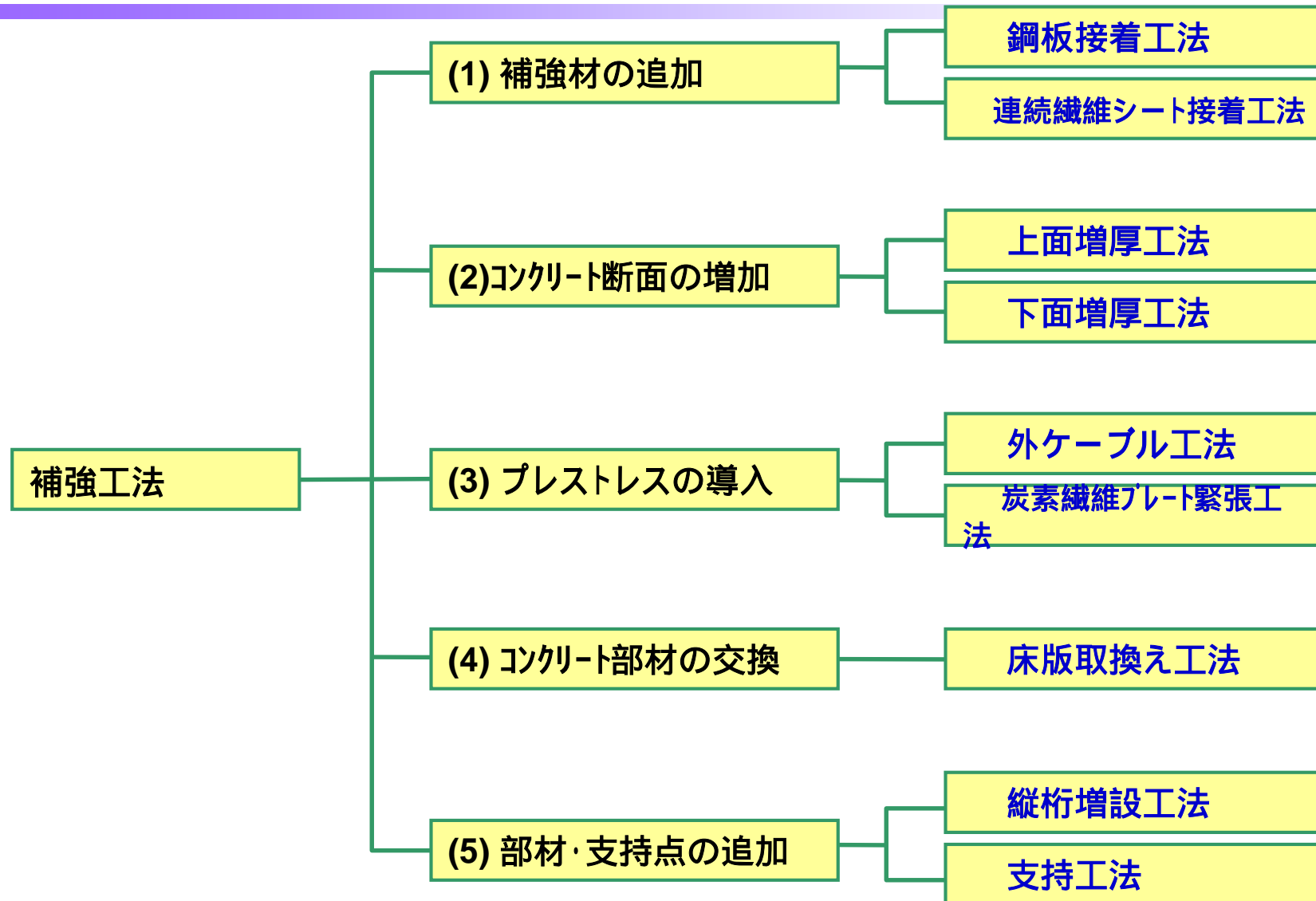
| 期待する効果     | 適用可能な工法                |
|------------|------------------------|
| 腐食要因の供給を遮断 | 表面処理                   |
| 腐食要因の除去    | 断面修復<br>電気化学的脱塩        |
| 腐食進行の制御    | 表面処理、電気防食<br>断面修復、防錆処理 |



# 【補修工法の分類】



# 【補強工法の分類】



## 2. 補修・補強工事の現状と課題

---

2-1 現状と課題

2-2 先駆的な事例

2-3 今後について



## 2 - 1 現状と課題 (1)

---

### 現状の補修・補強工事の実施形態

点検、計画 : 発注者、コンサルタント

調査、診断 : コンサルタント

補強設計 : コンサルタント

積算、発注 : 発注者

補強工事 : 建設会社  
(地元、補修専門、PC専業)

点検・調査、設計、  
積算、施工を分離  
した実施形態

## 2 - 1 現状と課題 (2)

### 補修・補強工事と新設工事の違い

- (1) 設計情報に反映する情報量が多く、個々の工事特有となる。
- (2) 施工の制約が多い。付随工事が多い。
- (3) 厳密な調査が困難なため、設計変更が必要不可欠である。
- (4) 施工の選択肢が多い。但し、基準が未整備のものも多い。

#### 空間的な制約

- ・狭隘な空間での作業
- ・障害物  
(ライフライン、近隣施設等)

#### 時間的な制約

- ・夜間工事が多い。

#### その他制約

- ・騒音対策(住居区)



狭隘空間での既設支承撤去作業

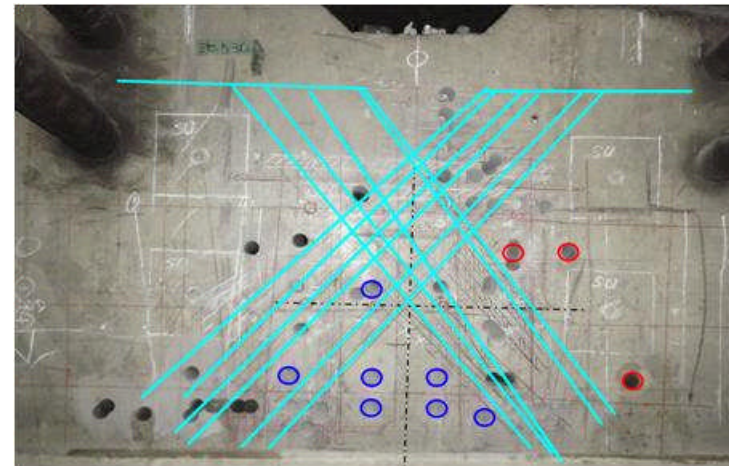
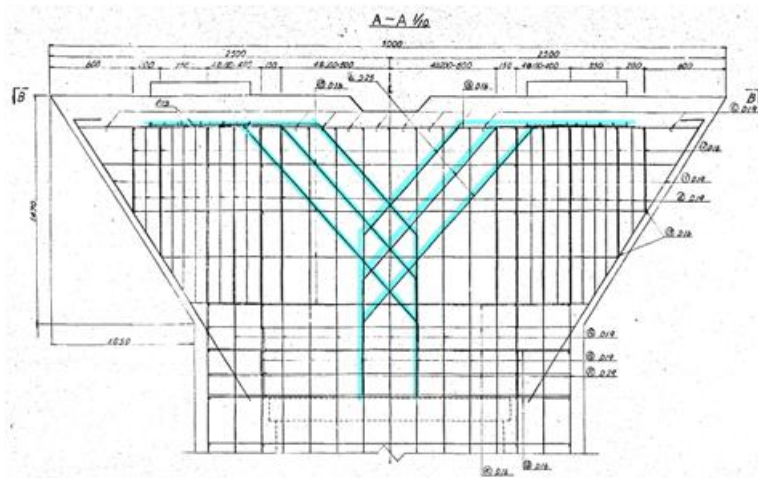
次ページで説明

## 2 - 1 現状と課題 (3)

厳密な調査が困難なため、設計変更が必要不可欠

構造物の形状・寸法が補修設計すべて一致することは希であり、工事を適正に遂行するためには寸法等の事前調査を行い、設計変更することが多い。

特に、鋼材配置は直接測定できない。  
工事実施段階で非破壊調査により確認



設計図書(左)と実構造物(右)の配筋状態の違い(RC橋脚の例)

## 2 - 1 現状と課題 (4)

### 現状の実態形態の課題

補修・補強工事の特性によって生じる、工事契約および工事実施上の課題を ~ に示す。

設計・積算の実態との乖離  
設計変更の困難性  
小規模な発注規模  
不適切な施工による構造物の耐久性低下

現状の補修・補強工事は、点検・調査、設計、積算、施工を分離した実施形態であることが影響。

## 2 - 2 先駆的な事例 (1)

---

現状の補修・補強工事における課題を改善するために実施されている先駆的な事例を紹介。

国交省 (総合評価方式:高度技術提案型、詳細設計照査)

高速道路会社

NEXCO (総合評価方式:標準型、調査・詳細設計付き)

首都高 (技術提案価格交渉方式、調査・実施設計付き)

## 2 - 2 先駆的な事例 (2)

### 国土交通省

#### 通常

- ・基本は、設計、施工分離の実施形態
- ・実質的に設計変更ができないことが多い。

#### 最近

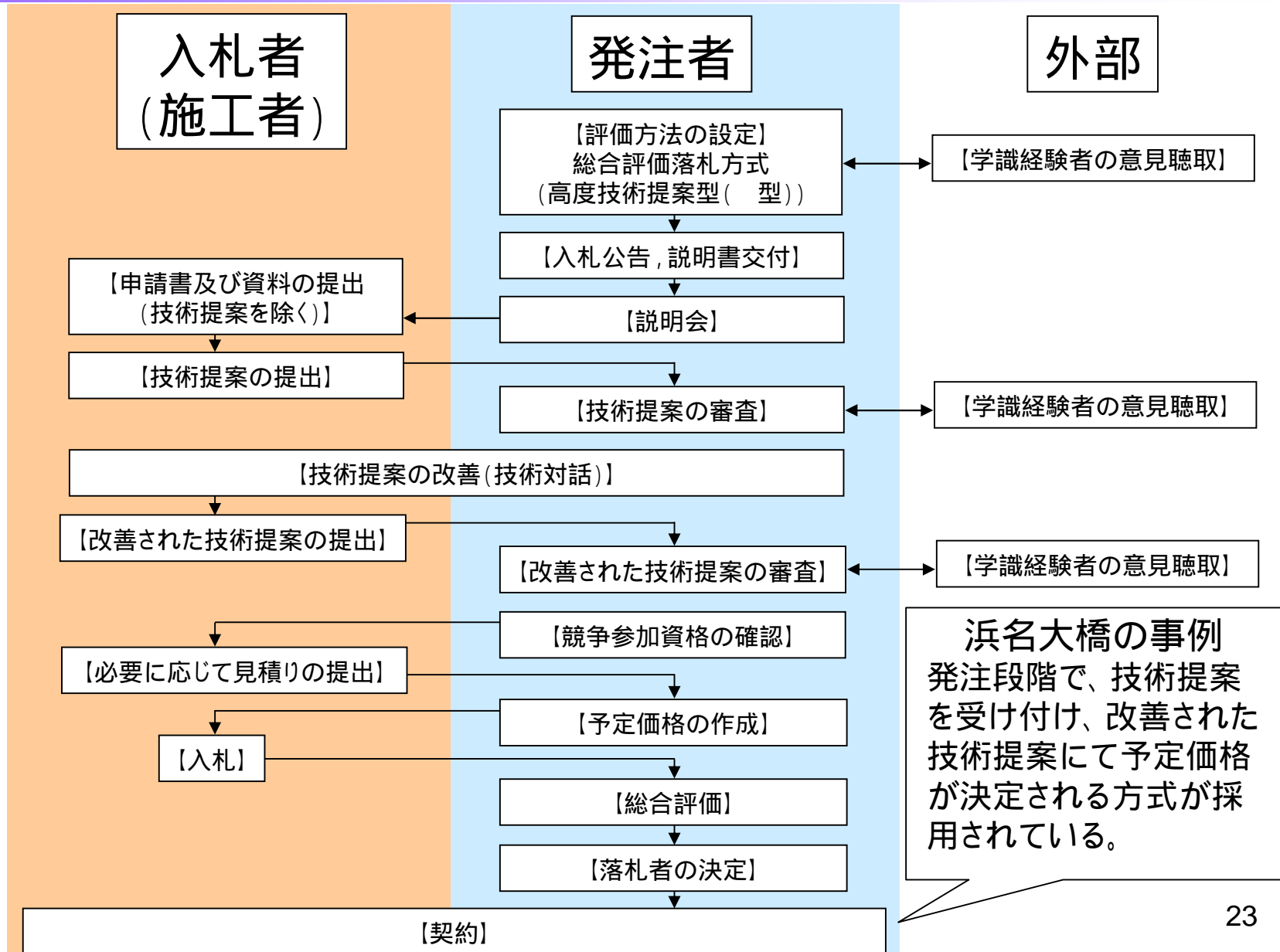
- 技術対話方式の試行工事  
(設計変更を前提として技術提案を受け付ける)
- 施工体制確認型の試行工事  
(施工体制をチェックしたうえで契約後の施工提案を受け付ける)

国土交通省における先駆的な実施形態事例

| 工事名  | 1号浜名大橋耐震補強工事   | 赤塚高架橋耐震補強工事   |
|------|--|---|
| 発注者  | 中部地整   | 関東地整  |
| 工事形態 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・総合評価落札方式<br/>(高度技術提案型 型)</li> <li>・設計変更を前提に設計・積算を行い入札</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・総合評価落札方式<br/>(標準 型)</li> <li>・施工体制確認型総合評価落札方式の試行工事</li> </ul> |

## 2 - 2 先駆的な事例 (3)

発注  
~  
契約



## 2 - 2 先駆的な事例 (4)

### NEXCO (コンクリートアーチ橋耐震補強工事の事例)

【発注方式】総合評価方式(標準型)

・施工実績および配置技術者の要件

- a) RCアーチ橋もしくは、PCラーメン箱桁橋の施工を実施した工事
- b) 躯体高さ20m以上のコンクリート橋脚の施工を実施した工事

・技術提案項目の例

RCアーチ部材の炭素繊維巻き立て補強の品質、施工管理  
橋脚のRC巻き立て補強の品質、施工管理  
橋脚の炭素繊維巻き立て補強の品質、施工管理

【発注の特徴】

- ・施工会社、配置技術者の施工実績について、**PC技術を有する業者に有利な要件設定**となっており、技術力の劣る不適格な業者が参加しにくい。
- ・技術提案項目は参加会社の**技術力を反映**できる内容であり、技術点で差がつきやすい。
- ・**詳細調査工および詳細設計**が工事に含まれるため、構造物の劣化状況に応じた補強設計が可能で設計変更もしやすい。



## 2 - 2 先駆的な事例 (5)

首都高速道路株式会社

技術提案価格交渉方式(簡易提案・見積もり審査タイプ)

公募により入札参加者を募る。平成20年より試行

簡易な技術提案、配置予定技術者を記載した書類(技術資料)および見積もり(工事内訳書)を提出してもらう。《10社程度》

書類審査後、総合評価により選定(上限3社)

見積り等について交渉

妥当性を確認後に予定価格に反映した上で、入札(総合評価)

落札者決定

設計・積算:実態を反映しやすい。  
設計変更:発注者と施工者の間で合意しやすい。

## 2 - 3 今後について

---

先駆的な補修・補強工事実施形態を踏まえると、以下の点についてさらに改善されていくことが望まれる。

総合評価方式による技術力の評価

価格交渉による予算と実態の整合

調査、詳細設計付きによる設計と実態の整合

## 3 . PC建協の強み・特色

---

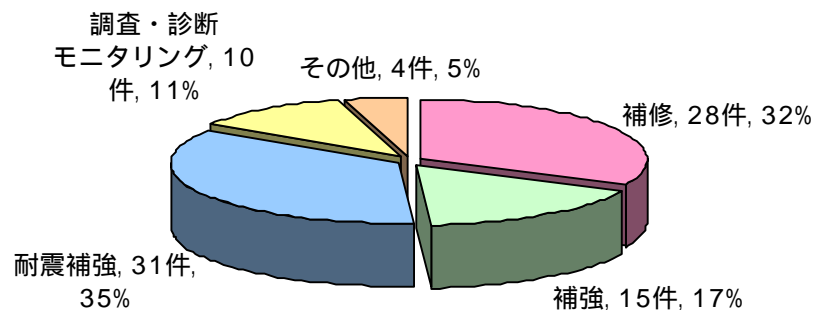
3 - 1 PC橋の保全に関する特化技術

3 - 2 PC建協の保全工事に対する取組み

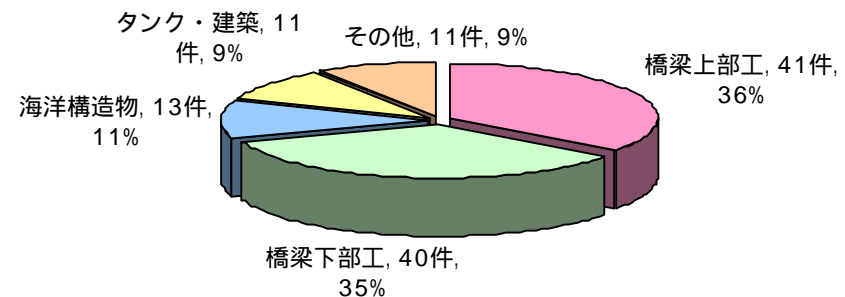
# 3 - 1 PC橋の保全に関する特化技術

## (1) PC建協会員会社の特化技術アンケート

- PC建協会員32社に対して、補修、補強、耐震補強、調査・診断、モニタリングなどの保有技術に関するアンケートを実施



分類とその件数



対象構造物とその件数

回答78件の一部で分類や対象構造物を跨ぐものがあるため、分類については88件、対象構造物については116件について割合を表示

PC建協会員は、補修、補強、耐震補強、調査・診断、モニタリングなどの保全事業を包括する独自技術を保有している

# 3 - 1 PC橋の保全に関する特化技術

## (2) 補修技術

| 工種        | 主な技術・工法  |
|-----------|--|
| 支承取替      | 支承取替時の主桁のジャッキアップやこれを行わずに反力を盛り替える工法や支承取替に対応した支承装置など       |
| 伸縮取替      | 止水構造を有し橋梁本体に与える漏水による影響を抑止する工法など                          |
| 床版連結      | 高靱性複合材料を用いた床版連結工法など                                      |
| PCグラウト再注入 | 既設PC橋グラウト充填不良部へのグラウトの再注入工法など                             |
| 表面被覆      | 中性化や塩害、ASRによる劣化を抑制する表面保護材や劣化・損傷の補修、予防保全を図る被覆工法、はく落防止工法など |
| 電気防食脱塩    | 線状陽極材を用いた外部電源方式による電気防食工法や電気泳動による脱塩工法など                   |
| 断面修復      | 断面修復における修復材やはつり工法など                                      |
| その他       | リチウムイオン圧入によるASRの非膨張化やシート接着によるはく落防止工法など                   |

一般的なコンクリート構造物にも適用できる技術でも、PC構造物への適用にはPCの知識が必要

# 3 - 1 PC橋の保全に関する特化技術

## 1) PC上部工の補修技術



### PCグラウトの再注入

既設PC橋グラウト充填不良部へのグラウトの再注入工法

## 2) 橋梁上・下部工及び海洋構造物の補修技術



### 電気化学的脱塩

コンクリート中に存在する塩化物イオンを電気泳動によりコンクリートの外部に抜き出すことで、塩害に対する耐久性を確保する工法

# 3 - 1 PC橋の保全に関する特化技術

## 3) コンクリート構造物の補修技術



### リチウムイオン圧入によるASR抑制

ASRにより劣化したコンクリート構造物に対して小径の圧入孔を削孔、亜硝酸リチウムを内部圧入することでアルカリシリカゲルを非膨張化させ、以後のASR膨張を抑制する工法

# 3 - 1 PC橋の保全に関する特化技術

## (3) 補強技術

| 工種        | 主な技術・工法  |
|-----------|--|
| プレストレスの導入 | 既設橋への定着突起の設置や構造物に直接定着することで定着突起を不要とする工法、大偏心配置によるヒンジ部の補強や炭素繊維シート緊張接着工法など |
| 繊維シート接着   | 炭素繊維やアラミド繊維シート接着による床版補強工法など(桁下面やウェブに対しても適用が可能)                         |
| 下面増厚      | 湿式・乾式吹付けによる床版下面増厚工法  |
| 床版取替      | 通常のプレキャストPC床版や軽量化により既設鋼主桁などの負荷を軽減した床版取替工法、床版継ぎ手部の構造など                  |

プレストレス導入工法などPCに特化した技術でも鋼橋への適用も可能



# 3 - 1 PC橋の保全に関する特化技術

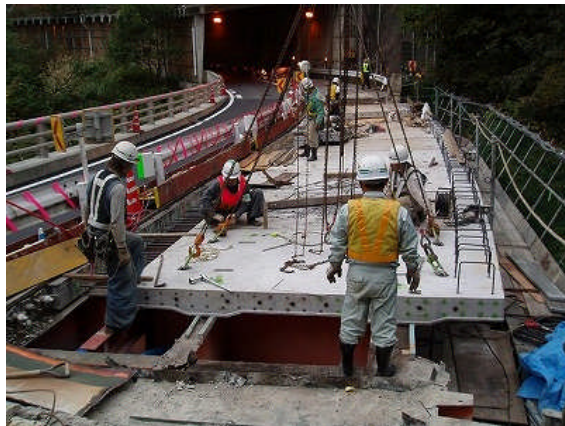
## 1) 橋梁上・下部工の補強技術



### 炭素繊維シートを用いたプレストレスの導入

炭素繊維プレートを緊張して部材に定着ならびに接着することにより各部材にプレストレスを導入するコンクリートおよび鋼構造物補強工法

## 2) 橋梁上部工の補強技術



### 軽量プレキャストPC床版による床版取替

単位重量 $20.5\text{kN/m}^3$ の高強度軽量プレキャストPC床版を用いることで、従来のRC床版に比べて約20%床版自重を軽減し、鋼主桁や下部工の荷重負担、これに対する補強の軽減を可能とした床版取替工法

# 3 - 1 PC橋の保全に関する特化技術

## (4) 耐震補強

| 工種    | 主な技術・工法   |
|-------|---|
| 免震・制震 | すべり支承と水平力ダンパーによる免震化や減衰装置による制震化、脚連結による変形抑制や外ケーブル補強、部材設置工法など        |
| 巻き立て  | 鋼板・鋼製パネルやFRP・アラミドシート、ポリマーセメントモルタル、鉄筋コンクリート、PC鋼材などの巻き立てによる耐震補強工法など |
| その他   | ゴム支承、機能分離型支承、機能合体型ゴム支承、せん断補強、接合部プレストレス導入工法など                      |

補修技術である表面被覆や電気防食などといった技術も含め、下部工の補修・補強工事についても対応が可能

# 3 - 1 PC橋の保全に関する特化技術

## 1) 橋梁下部工の耐震補強



### アラミド繊維シートによる巻き立て補強

アラミドシートを既設RC橋脚の表面に含浸接着樹脂を用いて貼り付けることにより、橋脚の曲げ耐力、せん断耐力、じん性の向上を図る工法

## 2) 橋梁下部工の耐震補強



### 水中施工による巻き立て補強

高強度のPC鋼材を帯鉄筋として用い耐荷力と変形性能が改善・向上する既設水中橋脚の耐震補強工法

# 3 - 1 PC橋の保全に関する特化技術

## (5) 調査・診断、モニタリング

| 工種   | 主な技術・工法  |
|------|--|
| 圧縮強度 | 衝撃弾性波の伝搬速度によるコンクリート圧縮強度の推定                     |
| 既存応力 | 削孔したコアの応力解放によるコンクリート構造物の有効応力の推定など              |
| ひび割れ | ひび割れのモニタリング、画像処理など                             |
| 内部探査 | 床版内部の劣化損傷の検知、インパクトエコー法・広帯域超音波法によるPCグラウトの充填探査など |
| 鋼材腐食 | 鋼材の腐食グレード、外観変状の将来予測や電位差の測定によるモニタリング技術          |

PC橋を維持するうえでの課題である現状の把握について、調査・診断、モニタリング技術を保有、または新技術を開発中

# 3 - 1 PC橋の保全に関する特化技術

## 1) 床板の調査・診断、モニタリング



### 舗装路面からの床板内部調査

舗装路面からの調査で、床版内部の様々な劣化損傷や状況を検知、診断する技術

## 2) PCグラウトの調査・診断、モニタリング



### 広帯域超音波法によるグラウト充填探査

広帯域(2.5kHz ~ 1000kHz)の超音波を一度に対象構造物に発信し、反射波を解析することでPC部材のグラウト充てん探査を非破壊で行う技術

## 3 - 2 PC建協の保全工事に対する取組み

### (1) 補修・補強技術資料の整備

- 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]



平成21年9月

#### 第1章 総則

一般 / 用語の定義

#### 第2章 補修設計

一般 / 補修範囲の設定 / 補強の必要性および補強方法の検討  
補修材料と工法 / 他工法との併用 / 補修後の維持管理計画

#### 第3章 施工

一般 / 施工準備 / 断面はつり / はつり面の処理 / 既設鋼材の処理  
断面修復 / 追加プレストレス / 他工法の施工 / 品質管理

#### 第4章 補修後の状態確認

#### 第5章 記録

## 3 - 2 PC建協の保全工事に対する取組み

### (1) 補修・補強技術資料の整備

- 外ケーブル方式によるコンクリート橋の補強マニュアル(案)
- 外ケーブル方式によるコンクリート橋の補強事例集



[コンクリート橋の補強マニュアル(案)]

- 第1章 総則
- 第2章 使用材料
- 第3章 設計
- 第4章 施工
- 第5章 維持管理
- 第6章 外ケーブル方式による補強設計例

[コンクリート橋の補強事例集]

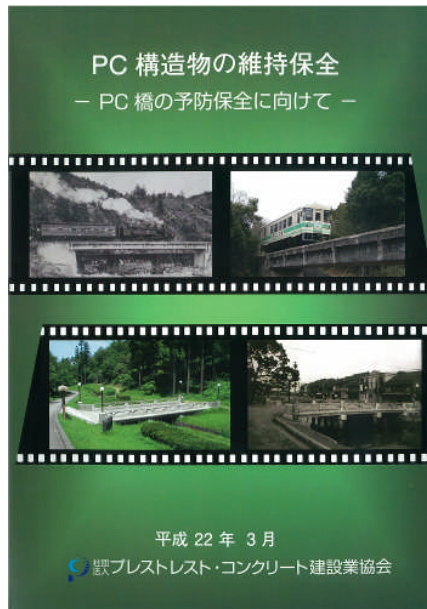
- 1. 概要
- 2. 外ケーブル補強の概要および図面

平成19年4月

# 3 - 2 PC建協の保全工事に対する取組み

## (1) 補修・補強技術資料の整備

- PC 構造物の維持保全 - PC 橋の予防保全に向けて -



平成 22 年 3 月

### 第1章 PC 構造物の維持保全の基本

維持保全に対する考え方 / PC 橋の耐久性 / 劣化の特長

### 第2章 PC 構造物の維持保全計画

概要 / PC 構造物の歴史と性能 / 維持保全計画の作成

### 第3章 PC 構造物の維持保全

概要 / 点検・調査 / 評価および対策の要否判定 /  
予防保全対策の選定 / 事後保全対策の実施

### 第4章 対策事例

予防保全対策の事例 / 事後保全対策の事例

### 第5章 維持保全に関する研究成果

研究成果の概要



## 3 - 2 PC建協の保全工事に対する取組み

### (2) 調査・診断技術の高度化

- 撤去橋梁(PC橋)を用いた臨床研究

独立行政法人土木研究所構造物メンテナンス研究センター(CEASAR)との協力協定



撤去橋梁を用いた振動計測



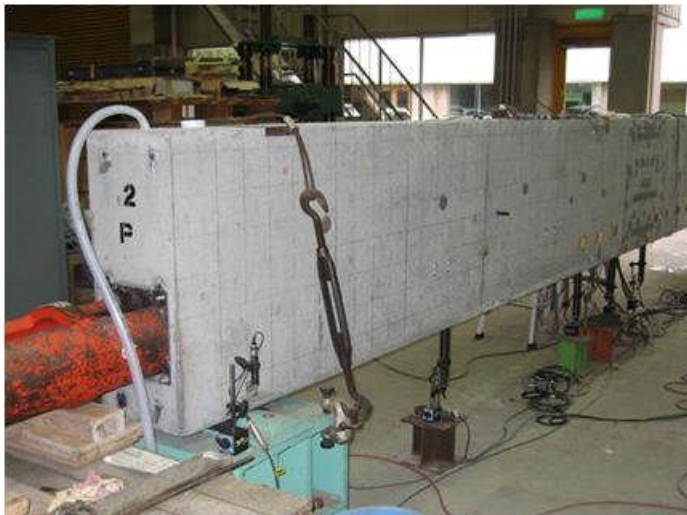
撤去橋梁の解剖調査

## 3 - 2 PC建協の保全工事に対する取組み

### (2) 調査・診断技術の高度化

- PC道路橋の健全度評価の高度化に関する共同研究

国土交通省国土技術政策総合研究所とPC建協との共同研究(平成19年～20年)



プレストレス量の非破壊調査



共同研究報告書(平成22年10月)

## 3 - 2 PC建協の保全工事に対する取組み

### (3) 保全に関する委員会への参画

#### 平成22年度に関わった委員会

| 主催    | 主催            | 委員会名                                  |
|-------|---------------|---------------------------------------|
| 国交省   | 東北地方整備局       | 道路橋の維持・補修マニュアル検討委員会                   |
| 国交省   | 中国地方整備局       | 中国地方橋梁保全意見交換会                         |
| 都道府県  | 北海道土木技術委員会    | コンクリート委員会 コンクリート維持管理小委員会              |
| 都道府県  | 埼玉県           | 埼玉県橋梁長寿命化修繕計画策定委員会                    |
| 都道府県  | 千葉県           | 千葉県橋梁長寿命化修繕計画策定委員会                    |
| 都道府県  | 神奈川県 東部漁港事務所  | 城ヶ島大橋長寿命化対策検討委員会                      |
| 都道府県  | 新潟県           | 「道路橋計画の手引き」「塩害対策マニュアル(案)」改訂会議         |
| 都道府県  | 岐阜県           | 岐阜県橋梁修繕検討委員会<br>岐阜県市町村橋梁長寿命化修繕計画検討委員会 |
| 市町村   | さいたま市         | さいたま市橋梁長寿命化修繕計画策定委員会                  |
| 市町村   | 御殿場市          | 御殿場市橋梁長寿命化計画懇話会                       |
| 市町村   | 北九州市          | 北九州市橋梁長寿命化対策検討会                       |
| 道路公社  | 名古屋高速道路公社     | 名古屋高速道路の維持・管理に関する委員会                  |
| NEXCO | 中日本高速道路 八王子支社 | PC橋補修補強検討会                            |
| NEXCO | 中日本高速道路 名古屋支社 | 百年道路計画 支社検討会                          |
| NEXCO | 西日本高速道路 中国支社  | 中国地区構造物補修技術検討会                        |

# 3 - 2 PC建協の保全工事に対する取組み

## (4) PC建協の新たな取組み

- 「PC技術相談室」の開設

「PC技術相談室」は、プレストレストコンクリート（PC）の利活用に関する相談窓口です。

**PC技術相談室**

長生橋(昭和27年)      矢部川橋(平成21年)

どうすれば、工期短縮できますか？

全体の積算は、どうすればよいのですか？

建築【ビル】でPCをどこに使うの？

補強のための昭和56年の復元設計はどうするの？

現地調査をおこなってアドバイスを！

人工地盤(ウトロ漁港)      技術的な課題を抱える事業主や設計者のご相談に、経験豊富なPC技術相談員がサポートします。

工程表を照査していただきたい。

|             |
|-------------|
| 計画・設計に関すること |
| 施工に関すること    |
| 積算に関すること    |
| 補修・補強に関すること |

様々な用途に使われるPC技術

橋      配水池      タワー      劇場

屋内プール      防災施設      運動場

\* 業務内容により、有償業務となることがあります。

(社) PC建協 PC技術相談室

TEL 03-3267-9099

E-mail pcsoudan@pcken.or.jp

# 3 - 2 PC建協の保全工事に対する取組み

## (4) PC建協の新たな取り組み

- 「橋梁管理データベース」の運用予定

| 橋梁管理データベース |                             |
|------------|-----------------------------|
| コード番号      | 0000001                     |
| 件名         | 鹿島橋                         |
| 住所         | 福島県須賀川市広表                   |
| 緯度         | 37° 16' 08"                 |
| 経度         | 140° 22' 22"                |
| 緯度・経度の信頼性  | <input type="radio"/> (手修正) |
| 対象水系・路線名称  | 鹿島川                         |
| 工期(白)      | 1993/03/01                  |
| 工期(至)      | 1993/03/01                  |
| 発注機関名      | 須賀川土木事務所                    |
| 請負者        | 株式会社津工建社                    |
| 橋梁形式       | T桁橋                         |
| 桁形式        | 単純桁                         |
| 区分         | プレテンション方式                   |
| 施工延長       | 19.87                       |
| 全橋長        | 19.87                       |
| 最大連続スパン数   | 1                           |
| 最大支間長      | 19.2                        |
| 橋格         | 01                          |
| 全幅員        | 27.1                        |
| 斜角         | 600000                      |
| 最小平面曲率半径   | 0                           |
| 架設位置(1)    | 河川                          |
| 架設位置(2)    |                             |
| 架設工法(1)    | トラッククレーン                    |
| 架設工法(2)    |                             |
| 緊張方法(1)    | その他                         |
| 緊張方法(2)    | その他                         |
| 備考         |                             |



- ・全国12万橋
- ・橋梁位置
- ・建設年
- ・橋梁諸元
- ・施工方法
- ・施工会社

# おわりに

---

- ・PC橋は丈夫で長持ち。
- ・上手に維持管理して長く使いましょう。



現在の第一大戸川橋梁  
建設後60年経っても現役

ご静聴ありがとうございました。