

## 4. 橋梁維持補修の現状

(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会  
中国支部

## **【本日の説明内容】**

- 1. 構造物の維持保全の基本**
- 2. 対策事例**
- 3. 調査機材・技術の紹介**

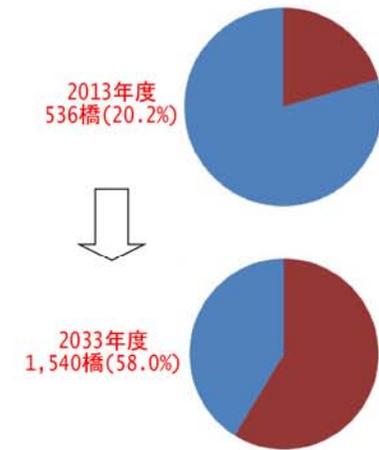
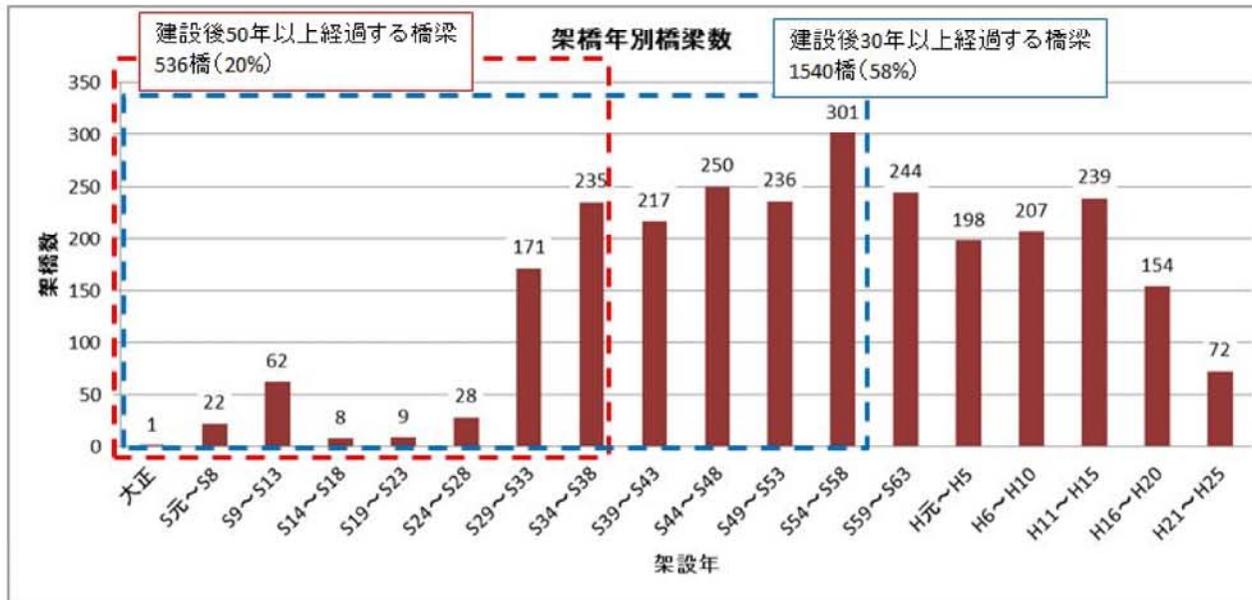
# 1. 構造物の維持保全の基本

---

---

# 島根県の橋梁の現況

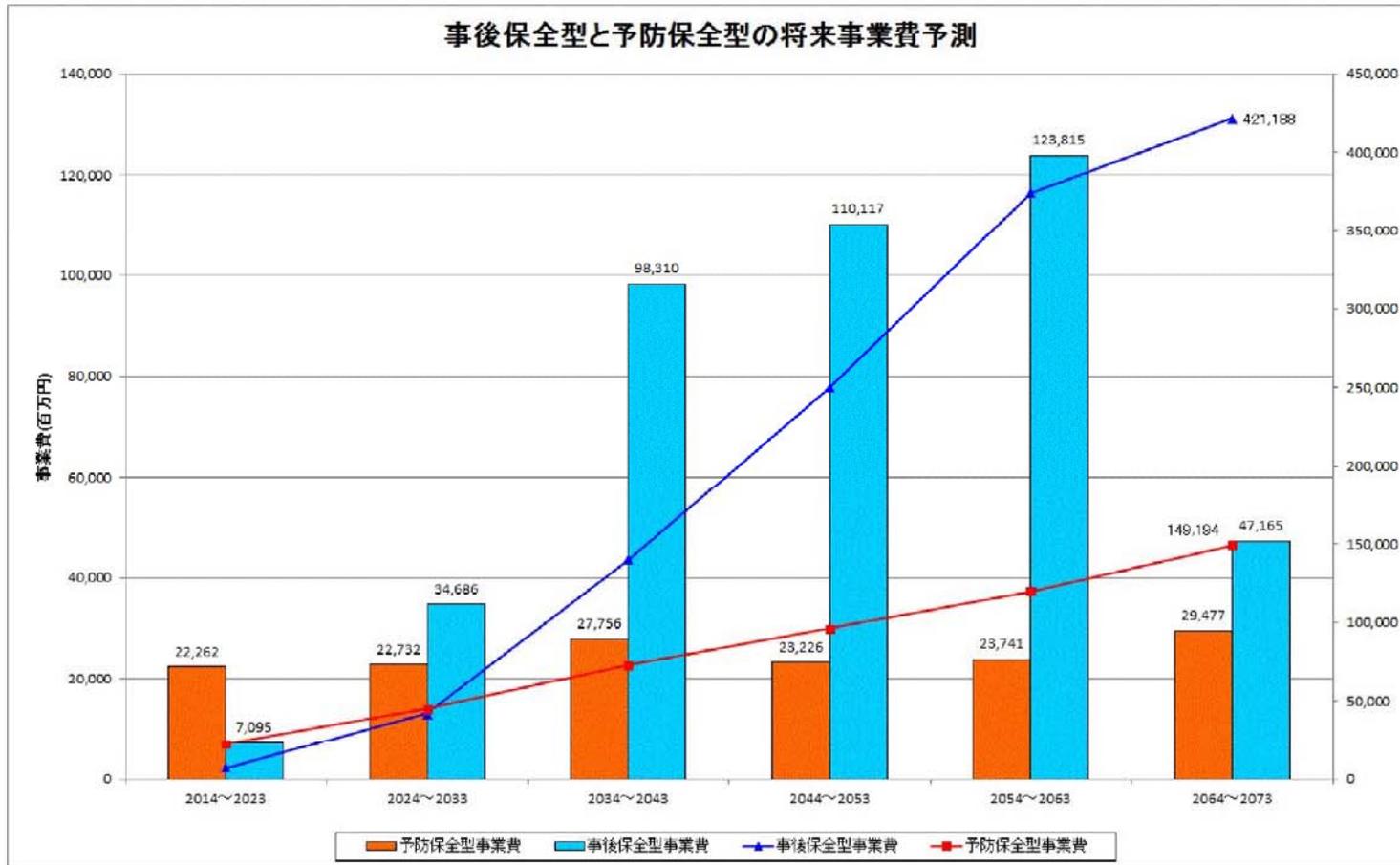
- ・島根県の管理する道路橋(2m以上)は2,654橋。(※計画対象は2648橋)
- ・このうち建設後50年以上経過する橋梁は20.2%存在し、20年後には58.0%に増大する。
- ・このような背景から、今後、増大が見込まれる橋梁の修繕・架替えに要する経費に対し、可能な限りのコスト縮減への取組みが不可欠。



建設後50年を経過する橋梁の割合

※島根県 橋梁長寿命化修繕計画より抜粋

# 事後保全型と予防保全型の将来事業費予測

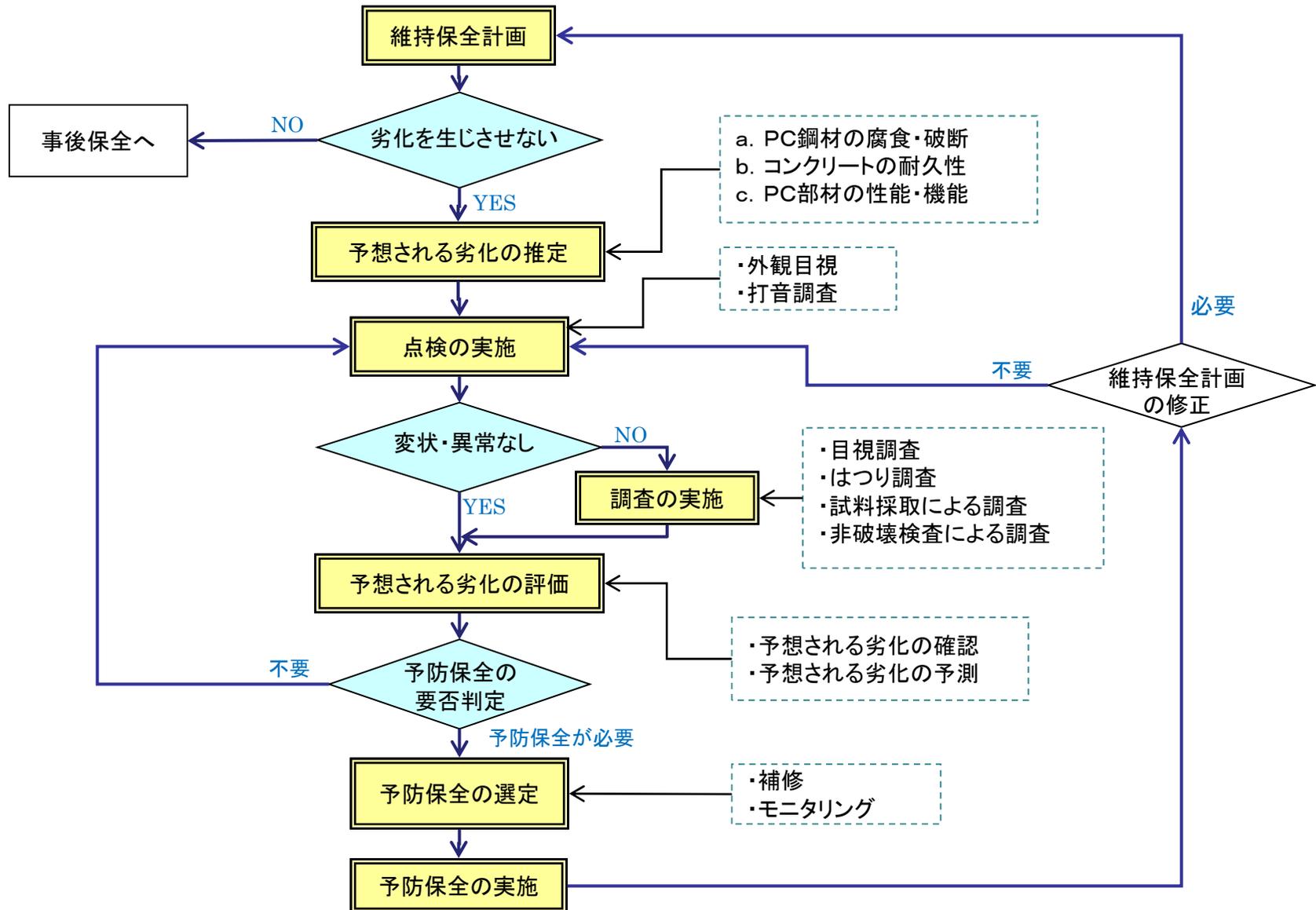


※数値は2, 6 4 8 橋分の試算結果です。

今後の事業費を確約するものではありません。

※島根県 橋梁長寿命化修繕計画より抜粋

# 1.1 予防保全と事後保全

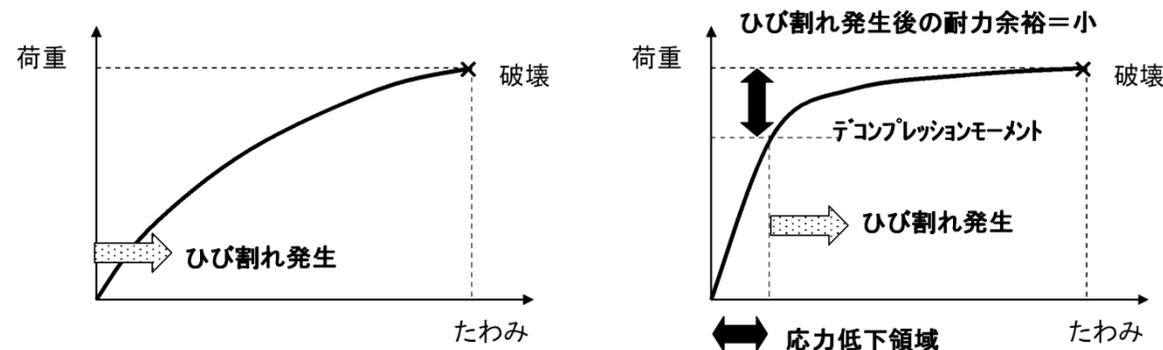


## 1.2 PC構造物の維持保全に対する考え方

- RC構造物はひび割れの発生を許容する
- PC構造物はひび割れの発生を許容しない

- PC構造物において、ひび割れの発生を耐荷性能の指標とすることは危険となる可能性がある
- PC構造物は、RC構造物に比べて大規模な構造物に適用されることが多い

**PC構造物の維持保全は『予防保全』が基本**



(a) RC 梁の場合

(b) PC 梁の場合

RC梁とPC梁の荷重たわみ曲線の概念図

# PC構造物の維持保全

— PC橋の予防保全に向けて —



(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会

## 2. 対策事例



## 2.1 予防保全対策の事例

### 2.1.1 耐久性向上を目的とした対策

事例 No	工法	概要
1	塩害対策 (コンクリート塗装)	<ul style="list-style-type: none"><li>• PC 単純床版橋</li><li>• 海岸線に位置する橋梁</li><li>• 塩害対策として、コンクリート塗装・かぶり確保・塗装鉄筋の採用</li></ul>
2	塩害対策 (構造形式、配合など)	<ul style="list-style-type: none"><li>• PC3 径間連続箱桁橋</li><li>• 海岸線に位置する橋梁</li><li>• 種々の塩害対策 (構造形式, かぶり, 配合など)</li></ul>
3	電気防食工法 (新設橋)	<ul style="list-style-type: none"><li>• PC 単純中空床版橋</li><li>• 海岸部に位置する橋梁</li><li>• 塩害に対する予防保全対策として、電気防食工法を採用 (新設橋)</li></ul>
4	橋面工機能改善	<ul style="list-style-type: none"><li>• PC 単純箱桁端</li><li>• 本橋を建設してから 26 年経過後に前後の橋梁を建設</li><li>• 前後の新設橋に合わせた橋面工の改修による機能改善 (壁高欄, 歩道)</li></ul>
5	はく落防止対策	<ul style="list-style-type: none"><li>• PRC8 径間連続 2 主箱桁橋</li><li>• 橋梁下を公園の駐車場として利用</li><li>• 繊維シート接着によるはく落防止対策</li></ul>

## 事例一：塩害対策(コンクリート塗装)

海岸部に位置し、冬季は直接波しぶきがかかる厳しい塩害環境下にあるため、コンクリート外周表面全体に対してコンクリート塗装(C種塗装系)を行った。

構造形式 : プレテンション方式PC単純床版橋  
橋長 : 13.8m  
支間長 : 13.2m  
幅員 : 25.8m  
対策年次 : 平成15年(2003年)  
適用示方書 : 平成8年道示



中塗り状況



コンクリート塗装完了



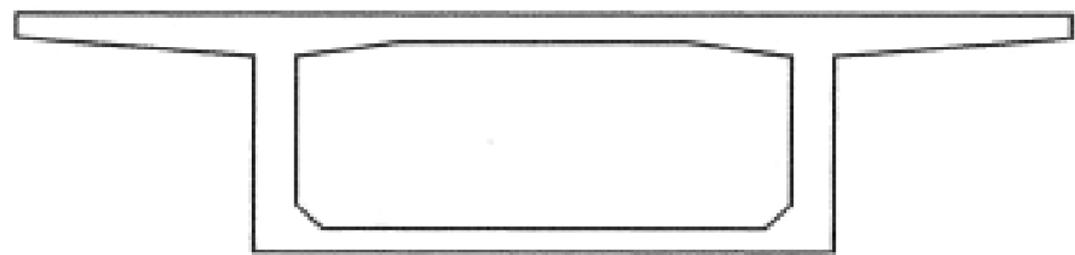
コンクリート塗装完了

# 事例一2 : 塩害対策(構造形式・配合など)

海岸部に位置し、冬季は波しぶきが橋梁全体および道路面にかかる過酷な塩害環境下にあるため、構造形式や配合など、さまざまな塩害対策を行った。

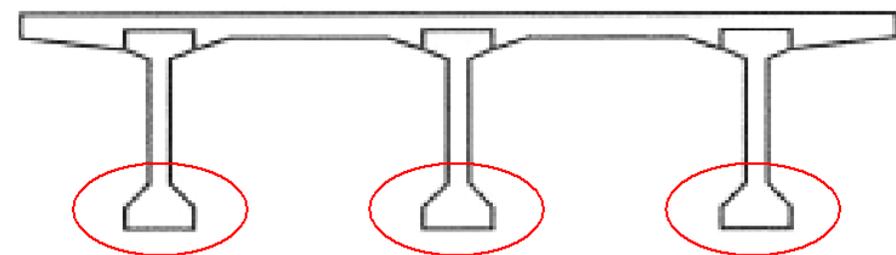
構造形式  
橋長  
支間長  
幅員  
対策年次  
適用示方

箱桁断面



鉄筋

例えば、T形断面

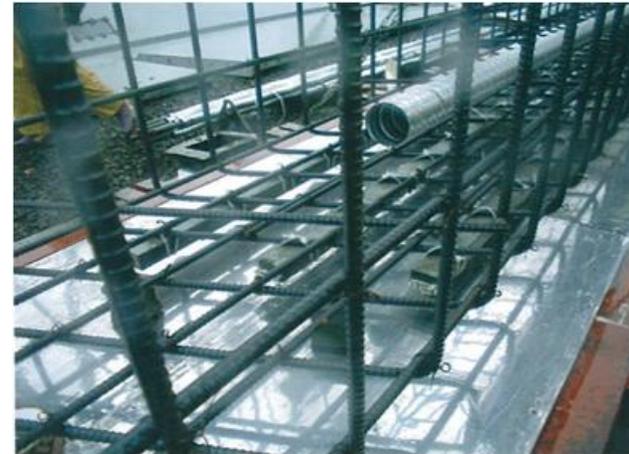


項	
構造形式	
鋼材の	
ひび割れ	
コンクリ	
鉄筋	
PC鋼材	
シー	硬質ポリエチレン製シー
支	ゴム支承(反力分散支承)を使用し、金属部分は常温溶射

## 事例一3 : 電気防食工法(新設橋)

海岸部に位置し、隣接する既設橋が塩害による劣化が問題になっていたため、新設橋においては予防保全対策として電気防食工法が適用された。

構造形式 : バイプル方式PC単純中空床版橋  
橋長 : 75.3m  
支間長 : 35.1m+38.2m  
幅員 : 21.0m  
対策年次 : 平成12年(2000年)  
適用示方書 : 平成8道示



線状B方式(带状チタン陽極材)



棒状(点状)方式  
(ロッド型チタン陽極材)



チタン溶射方式

## 事例一4 : 橋面工機能改善

高速道路と交差する跨道橋の交差部分は昭和52年に建設され, その前後の橋梁は平成15年度に建設された. そのため, 建設後26年経過して供用開始となる交差部分の橋梁に対し, 橋面工の機能改善を行った.

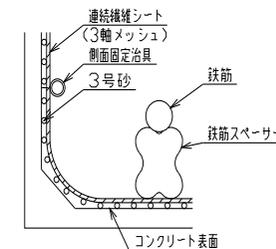
構造形式 : 単純箱桁橋(跨道橋部分)  
橋長 : 34.2m(完成68.2m)  
支間長 : 33.4m  
幅員 : 18.0m  
対策年次 : 平成15年(2003年)  
適用示方書 : 昭和48年道示



完成時全景(平成15年)



連続繊維シート(3軸メッシュ)詳細図



アラミドシートによるはく落防止

## 事例ー5 : 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

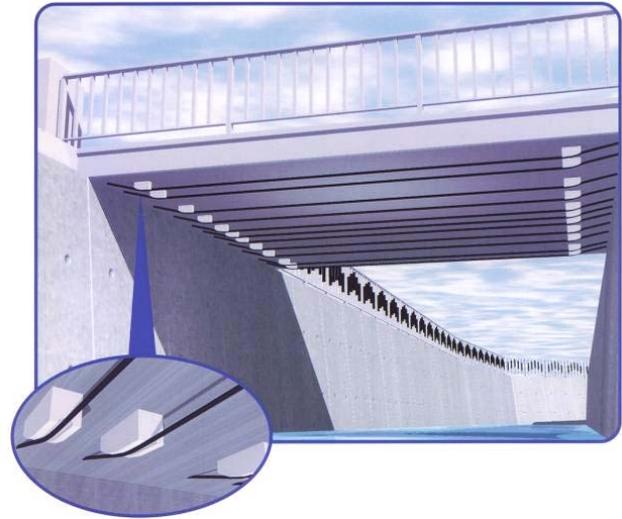
## 2.1.2 耐荷性向上を目的とした対策

事例 No	工法	概要
6	外ケーブル工法 (床版橋)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC 単純床版橋</li> <li>• B 活荷重対応</li> <li>• 主桁下面への外ケーブル配置</li> </ul>
7	炭素繊維プレート 緊張工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC 単純 T 桁橋</li> <li>• B 活荷重対応</li> <li>• 主桁下面への炭素繊維プレート配置, 緊張</li> </ul>
8	下面増厚工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC 単純 T 桁橋</li> <li>• B 活荷重対応</li> <li>• 主桁: 外ケーブル補強, 床版: 下面増厚補強</li> </ul>
9	耐震補強 (RC 巻立て, 落防設置)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC2 径間連続箱桁橋</li> <li>• 耐震補強</li> <li>• 橋脚: RC 巻立て, 落橋防止工: RC 突起</li> </ul>
10	架替え工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC 単純中空床版橋</li> <li>• 橋梁下道路の拡幅工事に伴う架替え (鋼橋から PC 橋へ)</li> <li>• 横移動による一括架設</li> </ul>

# 事例-6 : 外ケーブル工法(床版橋)

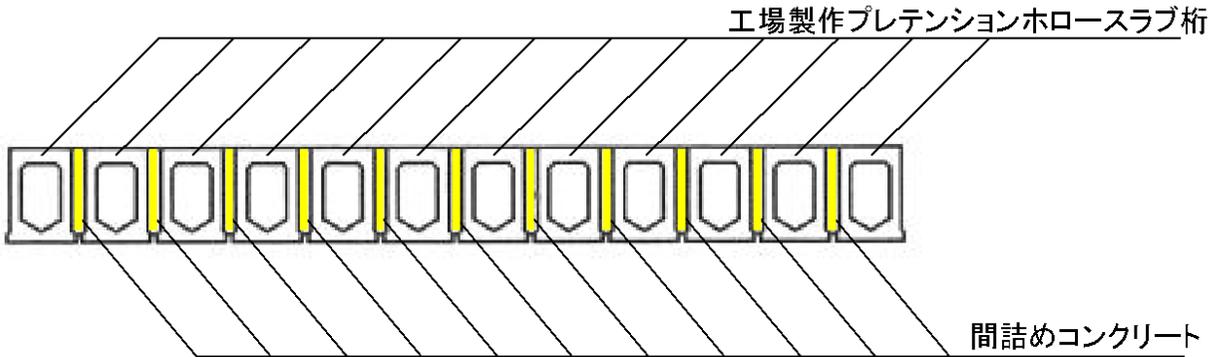
B活荷重への対応を目的として外ケーブル補強が行われた。床版橋であるため、外ケーブルを定着する定着体の設置ができないことから、床版橋主桁間の間詰コンクリート部に斜めに削孔を行い、主桁下面に配置したPC鋼材を削孔した孔に通して橋面上にて緊張した。

- 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)



外ケーブル補強工法の概要図

プレテンション方式単純PC床版橋



※奥行き方向=車両進行方向

## 事例一七：炭素繊維プレート緊張工法

構造形式 : ポスト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)

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を導入してB活荷重に対応した。



炭素繊維プレートによる補強状況

## 事例一8 : 下面増厚工法

二等橋(TL-14)で設計された既設橋に対し、B活荷重対応の補強工事を実施した。主桁の曲げに対しては外ケーブルで、床版上下面は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

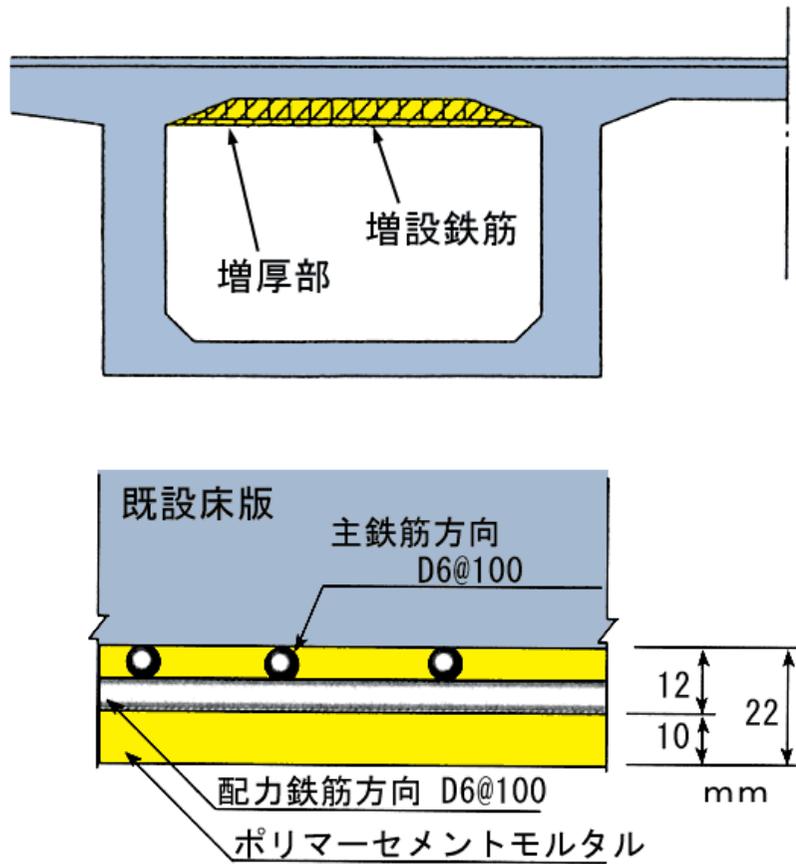


補強筋配置状況



補強後の状況

# 床版下面増厚工法



## 事例一9：耐震補強(RC巻立て・落橋防止装置)

高速自動車道に架橋されているOV橋の橋脚耐震補強他関連工事である。  
橋脚の耐震補強としてRC巻立て工を、落橋防止装置としてRC突起を設置した。

構造形式 : PC2径間連続箱桁橋  
橋長 : 79.4m  
支間長 : 21.5~33.1m  
幅員 : 7.5m(車道)  
竣工年次 : 平成3年(1991年)  
適用示方書 : 昭和53年道示  
対策年次 : 平成17年(2005年)



落橋防止装置



橋脚補強前



橋脚補強後

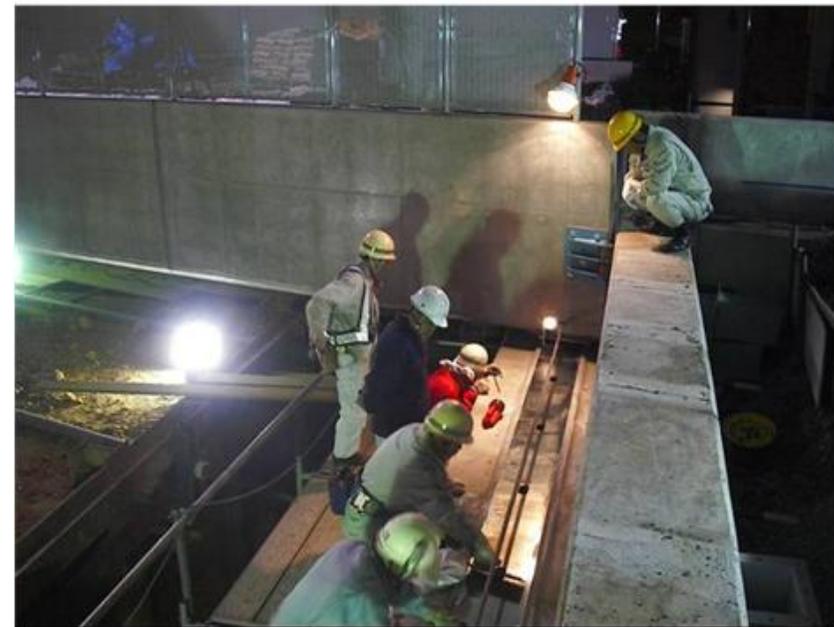
## 事例－10：架替え工法

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

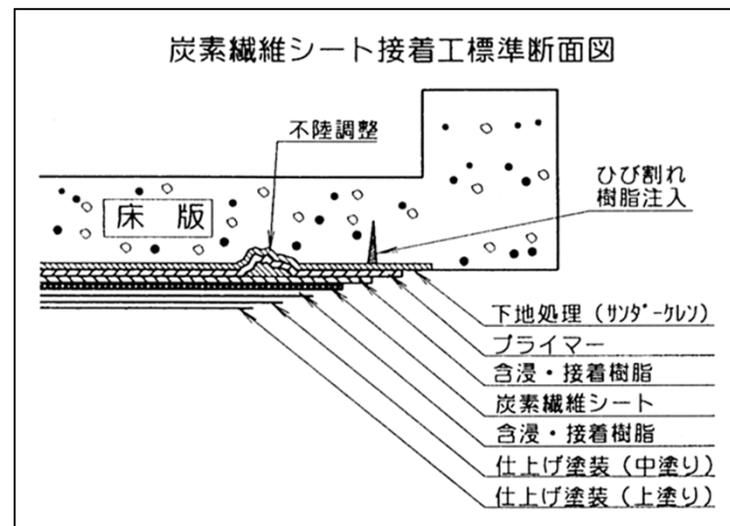


主桁の一括横移動状況

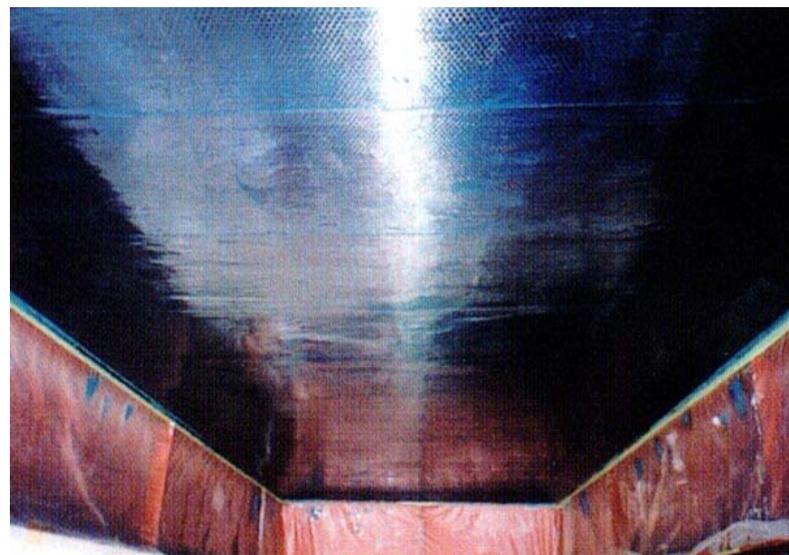
# 連続繊維シート接着工法

## ◆床版補強例

荷重変更への対応  
疲労寿命の向上(剥落防止)  
ひび割れ部分の耐力向上  
ひび割れの進行防止



炭素繊維シート貼付工



シート貼付完了

## 2.2 事後保全対策の事例

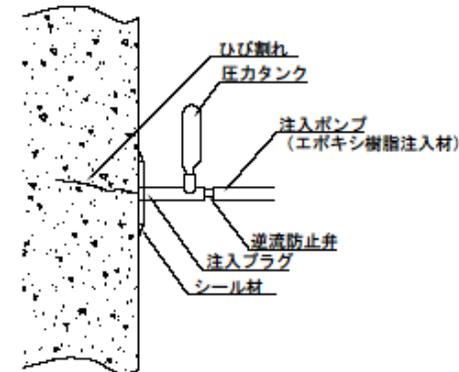
### 2.2.1 耐久性向上を目的とした対策

事例 No	工法	概要
11	ひび割れ補修工法 (注入工法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋脚</li> <li>・ASRによる亀甲状ひび割れ，コンクリートのはく離・はく落</li> <li>・ひび割れ注入，鉄筋防錆処理，断面修復</li> </ul>
12	断面修復工法 (塩害)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・RC5 径間連続中空床版橋</li> <li>・塩害（凍結防止剤）による鉄筋腐食，コンクリートはく落</li> <li>・ウォータージェットによるはつり，電気防食，断面修復（吹付け）</li> </ul>
13	断面修復工法 (凍害)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・RC10 径間連続コンクリートゲルバーT 桁橋</li> <li>・スケーリング，凍結防止剤による鉄筋腐食，コンクリートはく落</li> <li>・ウォータージェットによるはつり，鉄筋防錆，断面修復（吹付け）</li> </ul>
14	電気防食工法 (塩害再劣化)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PC 単純 T 桁橋</li> <li>・塩害による再劣化（塗装の膨れ，はく落）</li> <li>・3 種類の電気防食工法採用</li> </ul>
15	電気防食工法 (塩害)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PC 単純中空床版橋</li> <li>・塩害による PC 鋼材の腐食</li> <li>・陽極材に炭素繊維シートを採用</li> </ul>
16	脱塩工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PC 単純 T 桁橋</li> <li>・塩害による再劣化，塩分含有量：最大値 15.6kg/m<sup>3</sup></li> <li>・抜本的な対策として脱塩工法を採用</li> </ul>
17	ASR 抑制工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・RC 単純中空床版橋</li> <li>・ASR による橋台コンクリートの亀甲状ひび割れ，白色ゲルの析出</li> <li>・亜硝酸リチウム水溶液を加圧注入する ASR 抑制工法を採用</li> </ul>
18	支承取替え (機能向上)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PC9 径間連結合成桁橋</li> <li>・交通量の増加による経年劣化，単純桁の連結化による剛性低下</li> <li>・走行性向上，騒音・振動の低減を目的としたゴム支承への取替え</li> </ul>
19	PC タンク補修 (断面修復，保護塗装)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PC 円筒形タンク</li> <li>・かぶり不足，中性化によるドーム部の浮き・はく落・鉄筋腐食</li> <li>・ポリマーセメントによる断面修復，エポキシ樹脂系による保護塗装</li> </ul>
20	はく落防止対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・RC3 径間連続中空床版橋</li> <li>・長期的な载荷による曲げひび割れ</li> <li>・エポキシ樹脂によるひび割れ注入，連続繊維シートによるはく落防止</li> </ul>

## 事例-11 : ひび割れ補修工法(注入工法)

海岸地域の橋脚であり、コンクリート表面にASRによる亀甲状のひび割れ、ゲルの析出、はく離・はく落がみられた。防水性および耐久性の向上を目的として、エポキシ樹脂注入材によるひび割れ注入工を施工した。

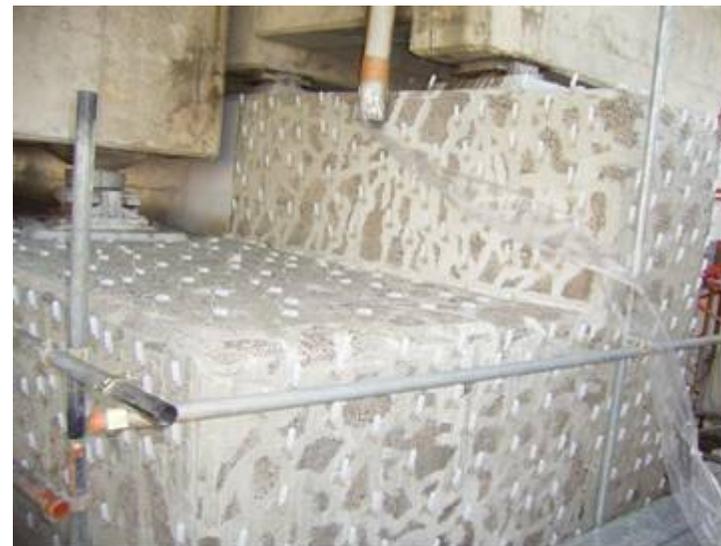
構造形式 : 小判型橋脚  
長さ : 25.3m  
幅 : 2.9m  
竣工年次 : 昭和50年(1975年)  
適用示方書 : 昭和47年道示  
対策年次 : 平成17年(2005年)



ひび割れ注入工概要図



変状の状況



エポキシ樹脂注入完了

## 事例－12：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－13：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、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。



変状の状況



吹付けによる断面修復の状況

## 事例-14 : 電気防食工法(塩害再劣化)

海岸地域の橋梁であり、昭和61年に断面修復およびコンクリート塗装による補修を実施しているが、塩害の再劣化による塗装の膨れやひび割れ、コンクリートはく落が見られた。そこで、既存の塗装材を除去し、下フランジに電気防食工を施工した。

構造形式 : プレテンション方式PC単純T桁橋  
橋長 : 340.0m  
支間長 : 19.3m  
幅員 : 11.4m  
竣工年次 : 昭和46年(1971年)  
適用示方書 : 昭和43年道示  
対策年次 : 平成7年(1995年)



着工前状況



電気防食施工状況



完了

## 事例-15 : 電気防食工法(塩害)

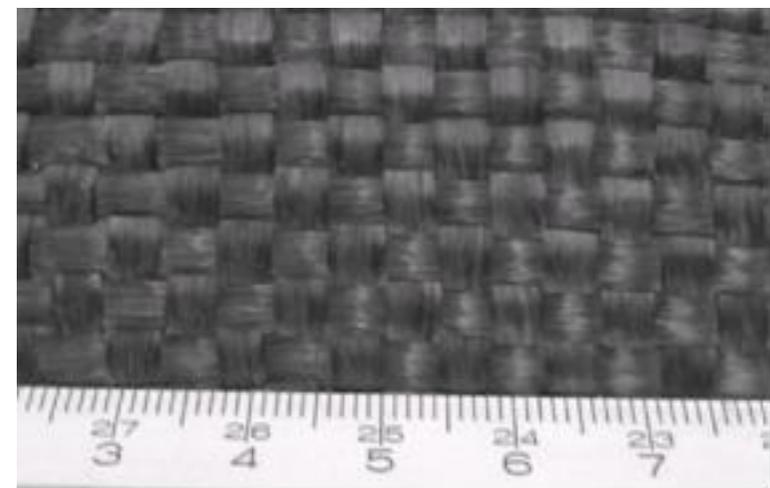
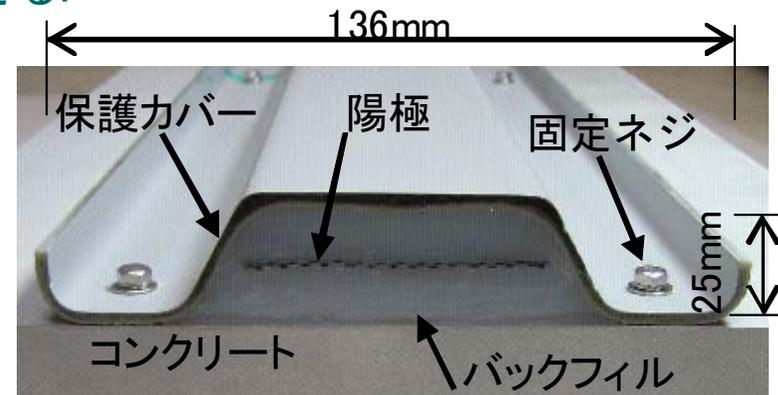
海岸地域の橋梁であり、耳桁のPC鋼材の腐食が見られた。維持管理費の削減を考慮した適切な塩害対策を検討した結果、陽極材に炭素繊維シートを用いた外部電源方式の電気防食工法が採用された。

本工法はバックフィルを介したイオン伝導によりコンクリートに電気を流すため、陽極設置の施工が容易で工期短縮を図ることができる。

**構造形式** : プレテンション方式単純中空床版橋  
**橋長** : 15.0m  
**支間長** : 14.1m  
**幅員** : 5.0m  
**竣工年次** : 不明  
**適用示方書** : 不明  
**対策年次** : 平成17年(2005年)



施工完了



陽極ユニット(上)と炭素繊維シート(下)

## 事例－16：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－17 : 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。

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。その結果、施工後の残存膨張量が施工前に比べて大幅に低減されていることが確認された。



変状の状況



ASR抑制工法の施工状況

# リチウムイオンによるASR抑制効果 ⇒ ゲル非膨張化

- ・ASRは反応性骨材周囲に生成したアルカリシリカゲルの吸水膨張  
⇒ ASR対策とは、ゲルの吸水膨張を抑制すること
- ・リチウムイオン(Li<sup>+</sup>)のASR膨張抑制に関する研究は1950年代から多数報告

	第2ステージ 『アルカリシリカゲルの膨張』	リチウムによるゲルの非膨張化
概念図		
反応式	$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + m\text{H}_2\text{O}$ <p>(アルカリシリカゲル) (水)</p> $\rightarrow \text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ <p>(吸水膨張!)</p>	$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ <p>↓ NaとLiとのイオン交換</p> $\text{Li}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$

リチウムイオン(Li<sup>+</sup>)によるアルカリシリカゲルの非膨張化

## 事例一18 : 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)



既設鋼製支承



支承取替え状況



水平反力分散ゴム支承

## 事例－19 : PCタンク補修(断面修復・保護塗装)

**構造種別** : 水道用PC円筒形タンク  
**側壁** : 下端固定円筒形シェル(PC部材)  
**ドームリング** : リング梁(PC部材)  
**ドーム** : 静定球形シェル(RC部材)  
**底版** : 底版一層円形スラブ(RC部材)  
**基礎形式** : 直接基礎  
**竣工年次** : 昭和56年(1981年)  
**対策年次** : 平成15年(2003年)

ドームの内側において、鉄筋に沿ったかぶりコンクリートの浮き・はく離が見られ、鉄筋の表面には腐食が認められた。劣化原因は中性化と推定される。コンクリート劣化部分をウォータージェット工法により除去し、鉄筋を防錆処理した後、繊維補強モルタルにて断面修復した。さらに、アルカリ回復材塗布および表面保護工を施工した。



ドーム内側の変状



断面修復後の保護塗装状況

## 事例-20 : 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



ひび割れ注入状況



連続繊維シート貼付け状況

## 2.2.2 耐荷性向上を目的とした対策

事例 No	工法	概要
21	外ケーブル工法 (箱桁橋)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PC3 径間連続箱桁橋</li> <li>・ B 活荷重対応</li> <li>・ 上床版・主桁せん断に対して炭素繊維シート接着補強，主桁に対して外ケーブル補強</li> </ul>
22	炭素繊維プレート 緊張工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ RC3 径間連続箱桁橋</li> <li>・ 耐荷力不足・経年劣化による曲げひび割れ</li> <li>・ ひび割れ部への樹脂注入，炭素繊維プレート緊張工法による耐荷力の向上</li> </ul>
23	コンクリートゲルバー橋 の補強工法 (大偏心ケーブル)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PC3 径間有ヒンジラーメン 2 主箱桁橋</li> <li>・ クリープ，ASR などの複合的要因による中央ヒンジ部のたれ下がり</li> <li>・ たわみ回復効果を目的に再緊張が可能な大偏心ケーブルによる補強</li> </ul>
24	床版取替え (凍害，漏水)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 鋼単純非合成鉄桁橋</li> <li>・ 目地部からの漏水，凍結融解によるはく離・はく落，鉄筋腐食</li> <li>・ 抜本的な対策として PC 床版への取替え (橋軸直角方向：PC 構造，橋軸方向：RC 構造)</li> </ul>
25	床版取替え (塩害，はく離)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 鋼(3+2)径間連続非合成鉄桁橋</li> <li>・ 凍結防止剤による劣化進行，上面増厚部と既設部とのはく離</li> <li>・ 抜本的な対策として PC 床版への取替え (橋軸直角方向：PC 構造，橋軸方向：PC 構造)</li> </ul>
26	床版取替え・部分打換え (凍害，塩害，はく離)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 鋼(3+5)径間連続非合成鉄桁橋</li> <li>・ 凍結防止剤による劣化進行，上面増厚部と既設部とのはく離</li> <li>・ 損傷度が低い：SFRC による部分打換え</li> <li>・ 損傷度が高い：PC 床版への取替え (橋軸直角方向：PC 構造，橋軸方向：RC 構造)</li> </ul>

## 事例-21 : 外ケーブル工法(箱桁橋)

構造形式 : PC3径間連続箱桁橋  
橋長 : 99.6m  
支間長 : 30.7+37.4+30.7m  
幅員 : 7.5m  
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)

竣工後約45年が経過しており、交通量が年々増加していた。コンクリートの曲げひび割れが多く見られ、部分的にはく離による補修後や漏水跡も見られた。主桁のたわみも大きく、剛性低下が懸念された。

曲げひび割れを抑制して主桁剛性を改善する必要があると判断し、外ケーブル工法による補強を行った。それに加えて、繊維シート接着によるせん断補強も行った。



変状の状況



外ケーブル配置後の箱桁内部の状況

## 事例-22 : 炭素繊維プレート緊張工法

構造形式 : RC3径間連続箱桁橋  
橋長 : 63.6m  
支間長 : 19.5+23.8+19.5m  
幅員 : 12.0m  
竣工年次 : 昭和51年(1976年)  
適用示方書 : 不明  
対策年次 : 平成16年(2004年)

竣工後約28年が経過しており、交通量が年々増加していた。コンクリートの曲げひび割れ、遊離石灰、錆汁が多く見られ、部分的にはく離も見られた。主桁のたわみも大きく、剛性低下が懸念された。

曲げひび割れを抑制して主桁剛性を改善する必要があると判断し、炭素繊維プレート緊張材を緊張接着し、耐荷力を向上させた。



変状の状況



炭素繊維プレートの緊張作業状況

## 事例-23 : コンクリートゲルバー橋の補強工法(大偏心ケーブル)

構造形式 : PC3径間連続有ヒンジラーメン  
2主箱桁橋

橋長 : 154.0m

支間長 : 44.0+65.0+44.0m

幅員 : 19.0m

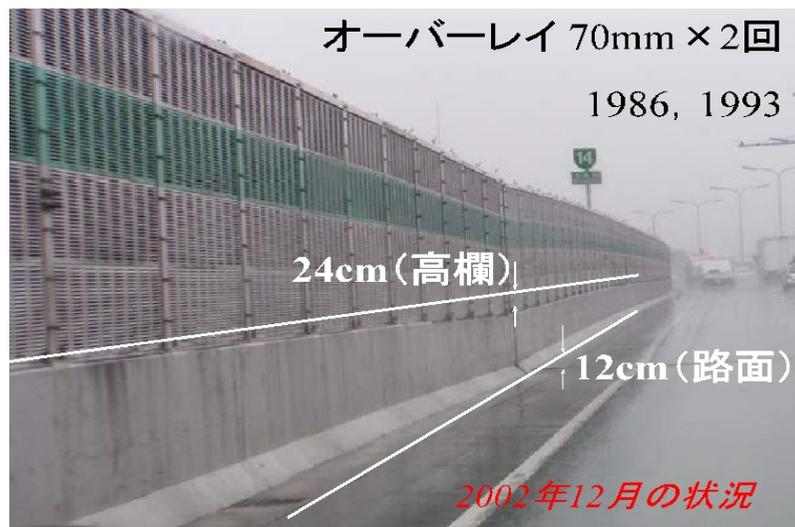
竣工年次 : 昭和54年(1979年)

適用示方書 : 昭和43年道示

対策年次 : 平成16年(2004年)

本橋の中央ヒンジ部で約24cmという大きな垂れ下り量が確認された。舗装のオーバーレイ(厚さ70mm)も昭和61年と平成5年の2回実施されている。

本橋の対策工として、たわみ回復効果が期待でき、垂れ下りが進行した場合にも再緊張が可能な外ケーブル工法が採用された。外ケーブルは、中央ヒンジ部に設けた鋼製ストラットを偏向装置とした大偏心タイプとした。

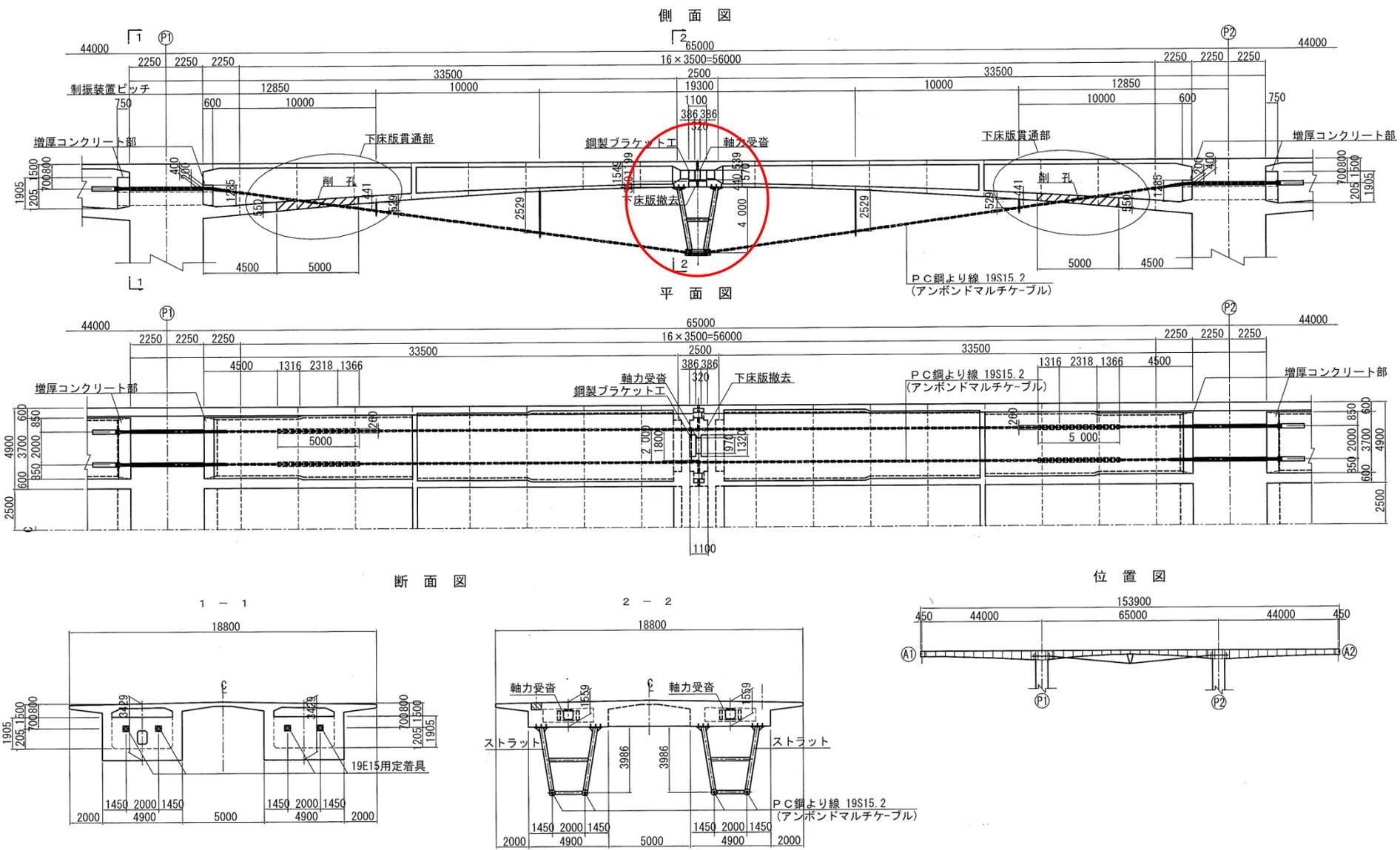


既設橋の垂れ下りの状況



補強後の状況

# 事例-23 : コンクリートゲルバー橋の補強工法(大偏心ケーブル)



## 事例一24 : 床版取替え(凍害, 漏水)

構造形式 : 鋼単純非合成鈹桁橋  
橋長 : 18.3m  
支間長 : 17.9m  
幅員 : 4.8m  
竣工年次 : 不明  
適用示方書 : 不明  
対策年次 : 平成20年(2008年)

山間部の寒冷地域に架橋されている橋梁で, RC床版下面には漏水, 遊離石灰を伴うコンクリートの浮きやはく離・はく落, 鉄筋腐食が見られた。

劣化の著しい既設床版の抜本的な対策として, PC床版への取替えを行った。まず, 既設RC床版を切断・撤去し, 既設の鋼桁上に工場で製作されたプレキャストPC床版を設置し, スタッドジベルを用いて接合を行った。



劣化の状況



プレキャストPC床版設置完了

## 事例-25 : 床版取替え(塩害, はく離)

構造形式 : 3+2径間連続非合成鈹桁橋  
橋長 : 150.0m  
支間長 : 3@30.8m, 2@28.0m  
幅員 : 8.7m  
竣工年次 : 昭和50年(1975年)  
適用示方書 : 昭和47年道示  
対策年次 : 平成20年(2008年)

寒冷地域に架橋されている橋梁であり, 冬期には凍結防止剤の散布が行われていた。床版下面に漏水や遊離石灰, コンクリートのはく落や鉄筋の腐食が見られた。平成9年に上面増厚補強が実施されたが, 補強後も床版の劣化が低減されず, 抜本的な対策として, プレキャストPC床版への取替えを行った。平日は終日対面通行を, 土日は全面交通開放を行いながら, 4週間で72枚(1390m<sup>2</sup>)の床版の取替えを行った。



劣化の状況



プレキャストPC床版設置

## 事例一26 : 床版取替え・部分打換え(凍害, 塩害, はく離)

寒冷地域に架橋されている橋梁であり, 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)



変状の状況



プレキャストPC床版設置



部分打換え

### 3. 点検機材・技術の紹介

---

---

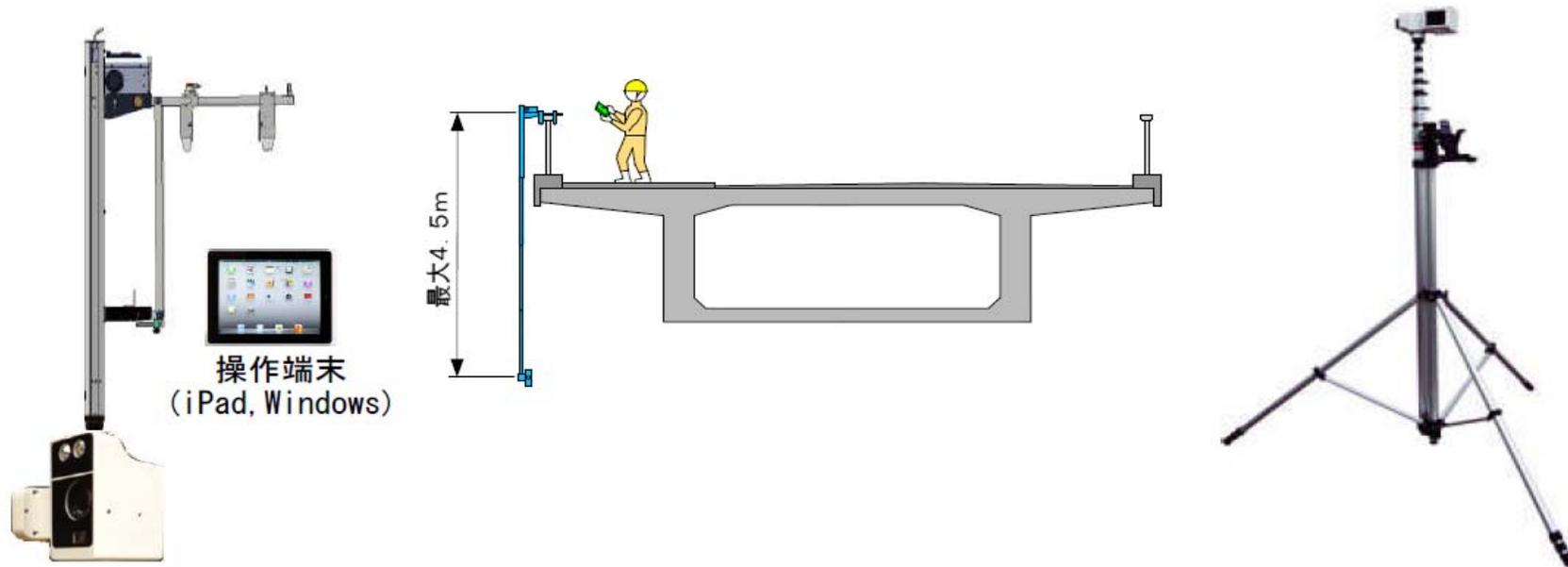
- 橋梁点検ロボットカメラによる近接調査
- 漏洩磁束法によるPC鋼材の破断調査

# 橋梁点検ロボットカメラによる近接調査

## ■概要

老朽化を迎えた社会インフラ構造物を、永く健全に供用していくためには点検が不可欠であり、作業の効率化・迅速化が求められている。

橋梁の点検では、上部構造の下面を近接目視する際、地上から梯子や足場を組立ての調査や橋梁点検車を使用していた。しかし、作業の安全性や交通規制および費用の面で問題が多く、近接目視の代替で点検する装置が開発された。



# ラインナップ

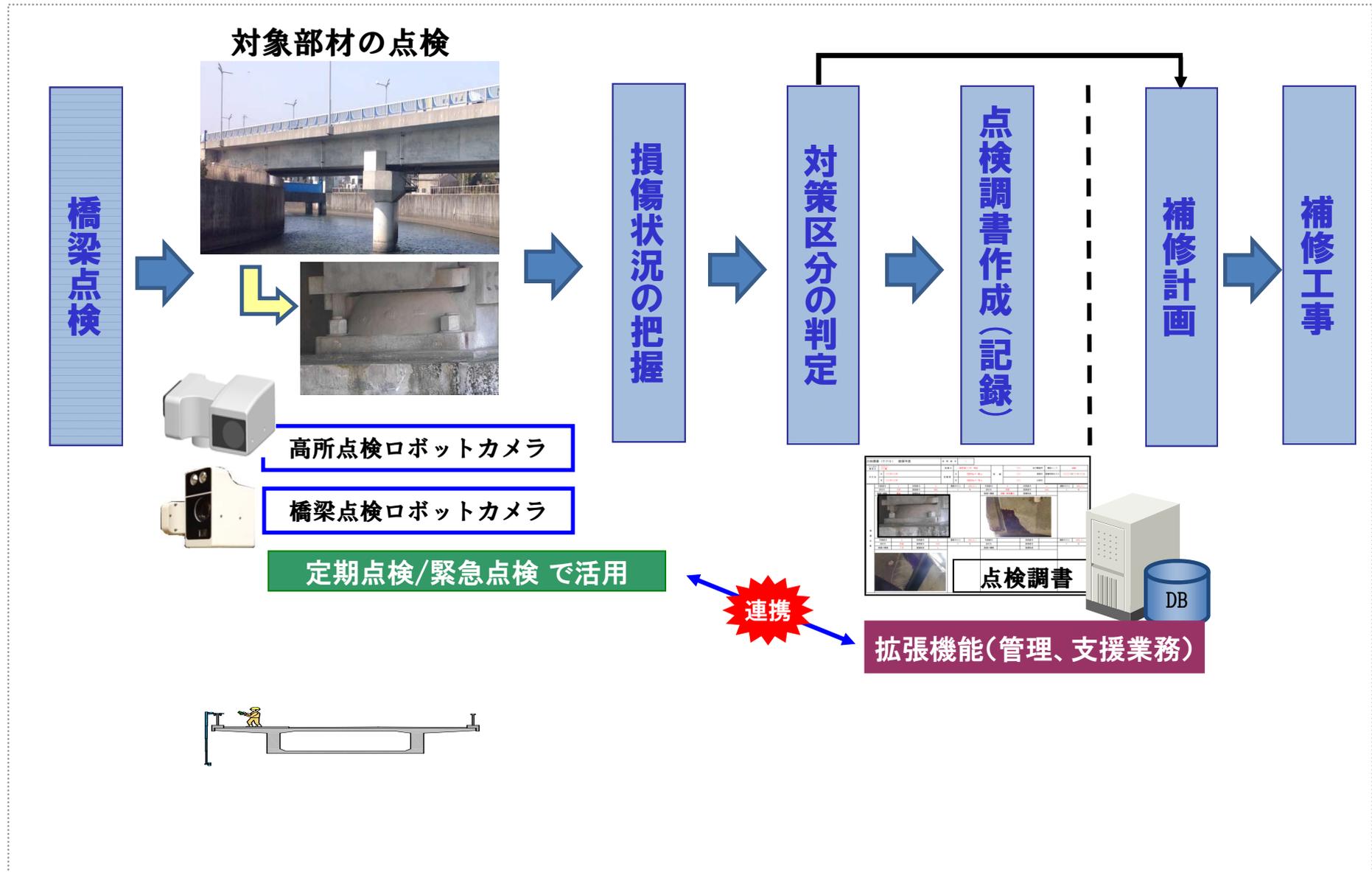
## 高所点検ロボットカメラ



## 橋梁点検ロボットカメラ



# 橋梁点検における位置付け



# 橋梁点検ロボットカメラ 概要と特徴

最大4.5m伸張するポールユニットの先に搭載したカメラ装置を、橋上から操作して、対象物の映像を記録（静止画・動画）することができる装置です。  
※ポールユニット基部は、橋の高欄の笠木に設置します。



## 特徴

### ■ 安心・安全

- ・ 橋面から点検調査が可能、作業中の転落事故などの危険性を軽減

### ■ 効率的作業

- ・ 点検時、交通規制が軽減
- ・ 現場で点検を実施しながら、点検調書の入力が可能（後方システムとの連携した場合）

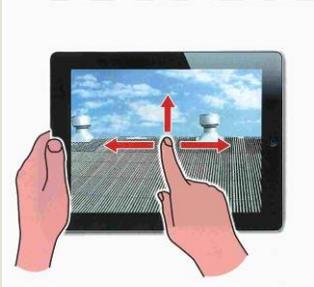
### ■ よく見える

- ・ 光学倍率(30倍)
- ・ 映像補正（コントラスト補正、霧除去）
- ・ 手振れ補正 「見る」を強力にサポート

### ■ 誰でも使える簡単操作

- ・ ポールユニットは伸縮自在で容易に設置
- ・ 指で操作するだけの簡単操作端末
- ・ 動画を撮影しながら静止画撮影

## タブレット端末での主な操作

No.	主要操作	動作
1	フリック	 <p>画面(1画面, 1/2画面, 1/4画面)単位で, 上下左右に移動することで, 点検漏れ低減できる。</p>
2	ダブルクリック	 <p>ダブルタップした位置が画面の中心になるように移動。</p>
3	ピンチアウト/イン	 <p>ピンチした領域が画面表示されるよう移動しながら拡大・縮小する。</p>

# フィールド試験

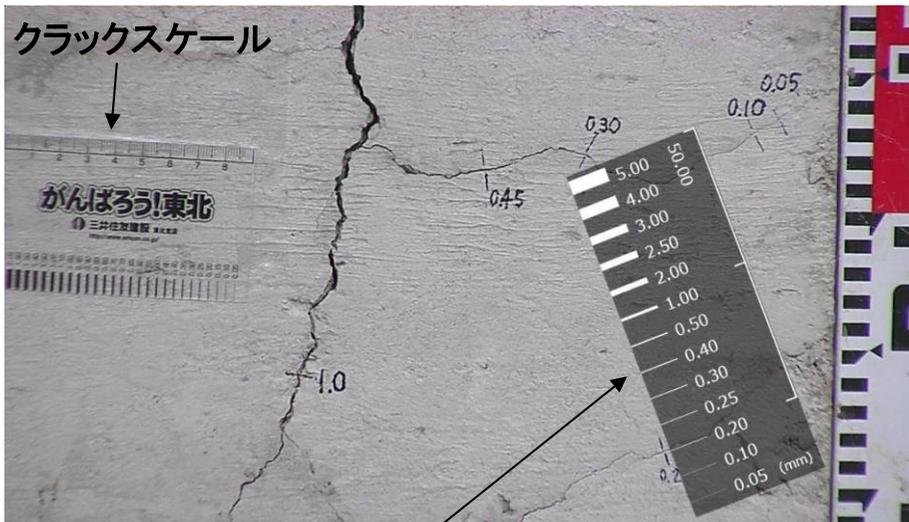


試験状況

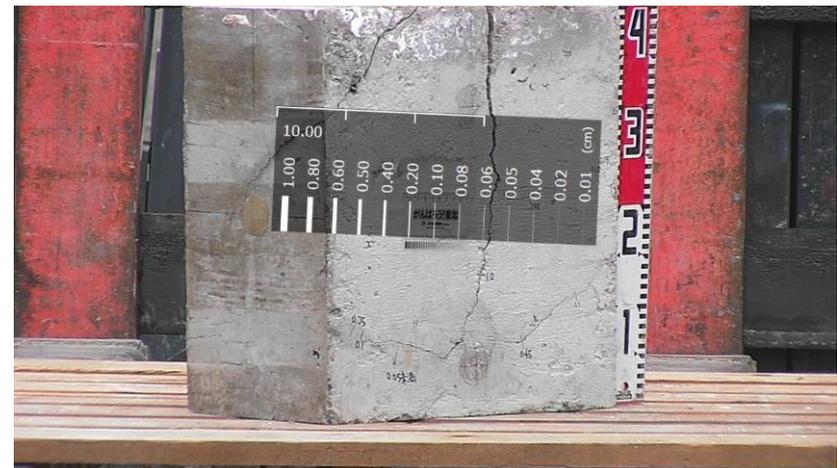


対象物(試験体)

試験体の貼った  
クラックスケール

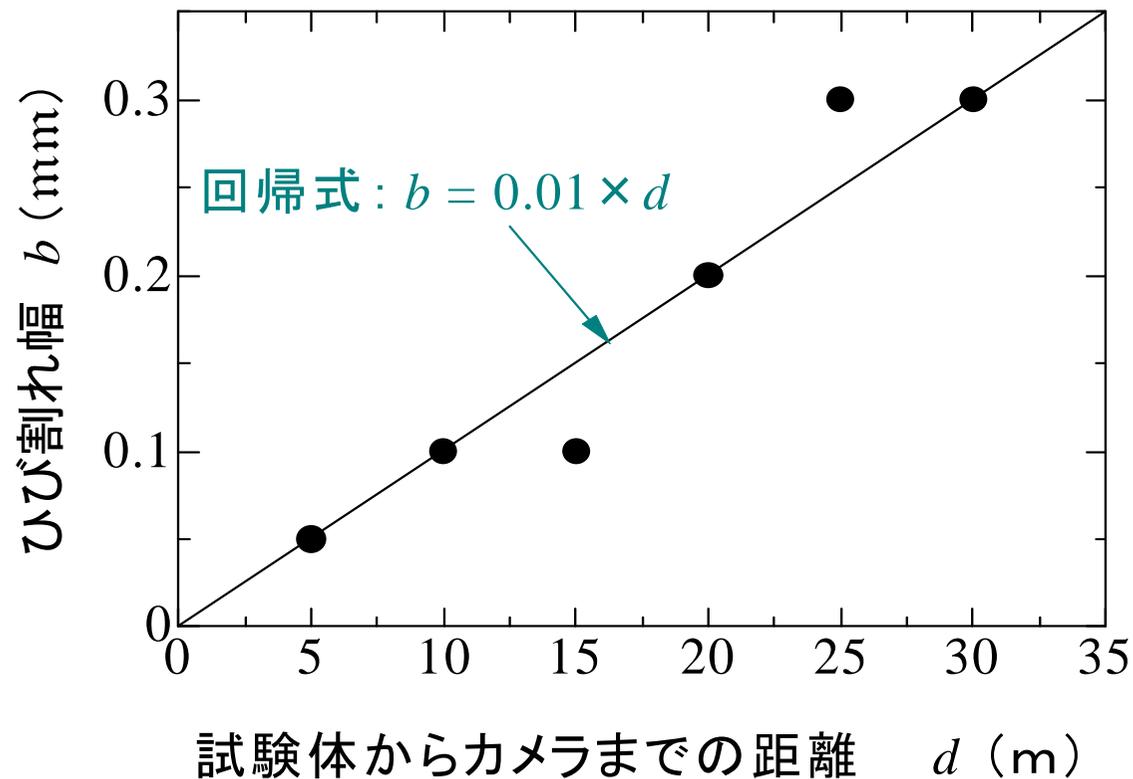


モニター画面に表示させたクラックスケール



対象物を45度傾けて設置

フィールド試験により確認した、カメラから対象までの距離と、クラックスケールによる視認可能なひび割れ幅の関係を下図に示す。

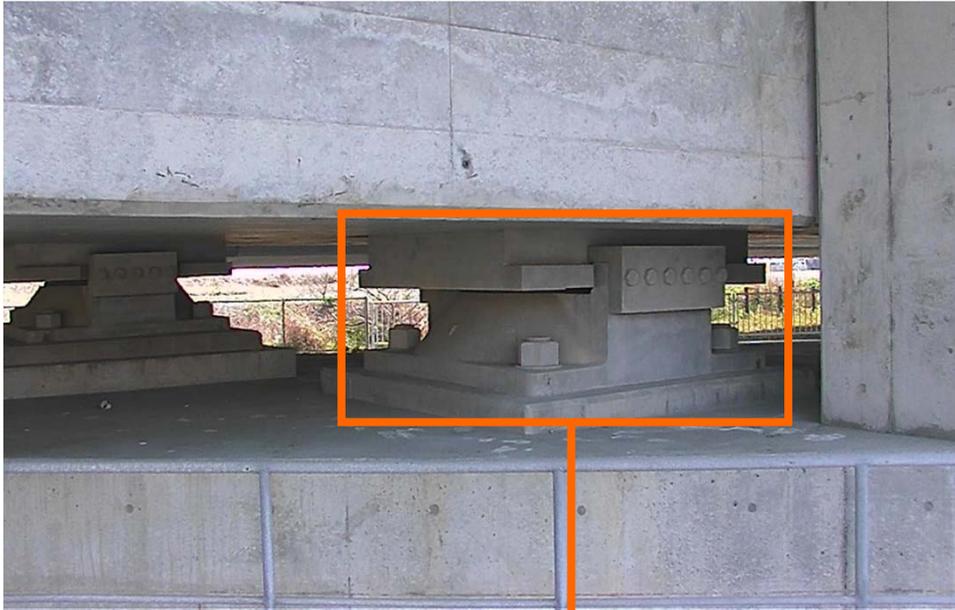


対象までの距離と視認可能なひび割れ幅の関係

# 浜川大橋の点検



# 光学30倍ズームでの撮影画像



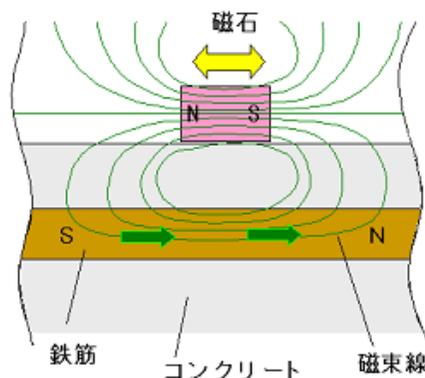
# 漏洩磁束法によるPC鋼材の破断調査

## ■概要

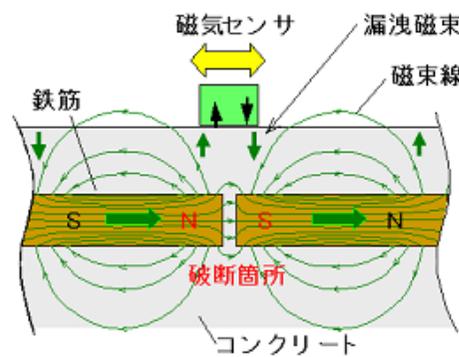
既設のPC橋において、PC鋼材の腐食・破断が報告され問題が生じている。しかし、コンクリート内部に配置されたPC鋼材の破断の有無を、コンクリート外観の変状により把握することは困難であり、部分的なハツリにより確認する方法が取られていた。そこで、構造物への影響も考え、RC構造物等の鋼材破断調査で実績のある「漏洩磁束法」を用いて、ポストテンション桁橋実橋への適応性について実施した。

## ■原理

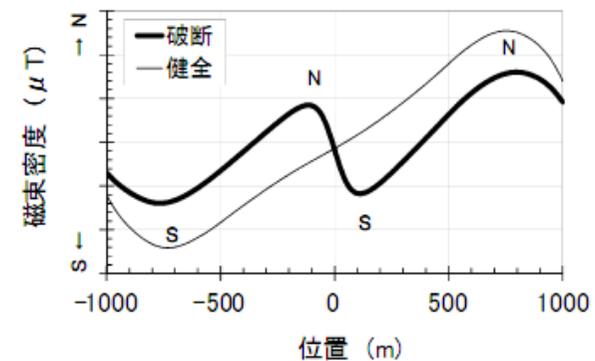
鋼材が強磁性体であることを利用し、表面から永久磁石を内蔵した磁石ユニットで鋼材を着磁し、磁束密度分布波形から破断箇所付近に発生する漏洩磁束の有無を判定することで、健全性を診断する。鋼製シーす内部であっても可能。



(1) 磁石ユニットによる鉄筋の着磁



(2) 磁気計測ユニットによる磁束密度分布測定



(3) 測定結果の波形(磁束密度分布)

# カタログの抜粋

コンクリートをはつらず**内部鋼材**の

## 健全

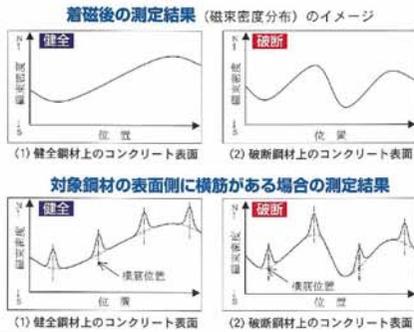
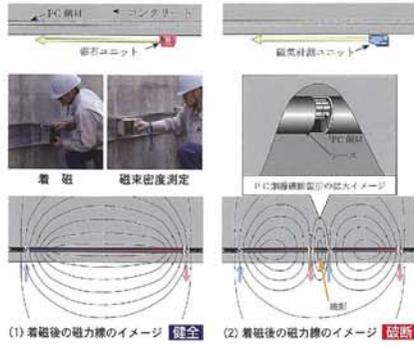


を  
非破壊で調査する**技術**です

M.EYEチェッカーによる  
鉄筋破断非破壊調査お受けしております。

### 診断原理 漏洩磁束法

- 鉄筋を磁石ユニットで着磁すると、その両端がS極、N極となります。
- 鉄筋に破断があれば、破断箇所の左右にN極、S極が現れます。これを磁気計測ユニットで測定し、破断の有無を検出します。



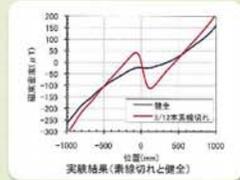
コンクリート構造物の鉄筋破断を非破壊で診断できる装置です。  
RC鉄筋直線部、曲げ加工部、PC鋼材の破断を診断できます。  
かぶり150mm程度までの鋼材を対象とします。  
無線接続したパソコン(別途用意)で測定データを表示、保存。



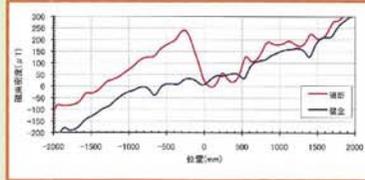
**磁石ユニット**  
鉄筋を鉄筋長手方向に着磁。



**磁気計測ユニット**  
コンクリート面において磁束密度を測定。



**鋼製シーす内PC鋼線実験結果**  
(健全と素線切れ)



**3 PCポストテンションT桁橋 測定結果**

## 橋梁などの一般コンクリート構造物用 M.EYEチェッカー

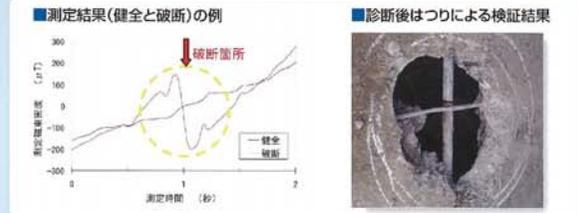


**1 PCT桁における着磁状況 (磁石ユニットを用いて)**



**2 PCT桁における磁束密度測定状況 (磁気計測ユニットを用いて)**

簡単な操作で、破断の有無と位置が判ります。  
携帯・無線型、軽量なので使いやすさが抜群です。  
測定結果はその場で確認でき、パソコンでも表示できます。



## コンクリート柱(CP)用 CPチェッカー-MBT

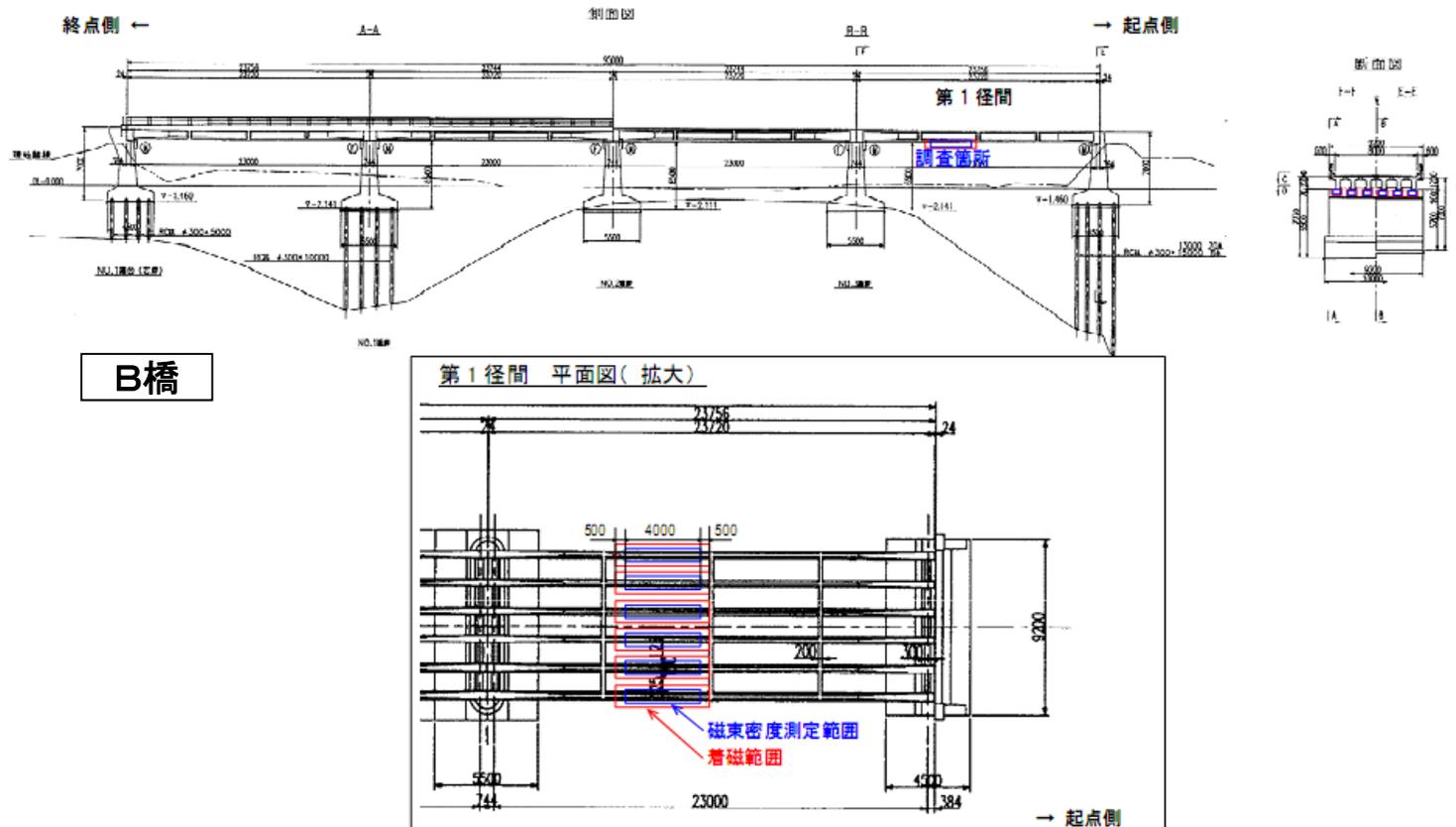


## ■調査実橋

調査は、東日本と西日本の2橋(A橋とB橋)について行われた。

A橋: 広範囲に浮きや剥落があり、PC鋼材の破断を伴うような激しい腐食が見られた箇所を対象に、2本の鋼材を調査。

B橋: 一部にPC鋼材の破断を伴うような激しい腐食が見られたが、その周辺の桁では外観に異常がなかった箇所を対象に、5本の鋼材を調査。

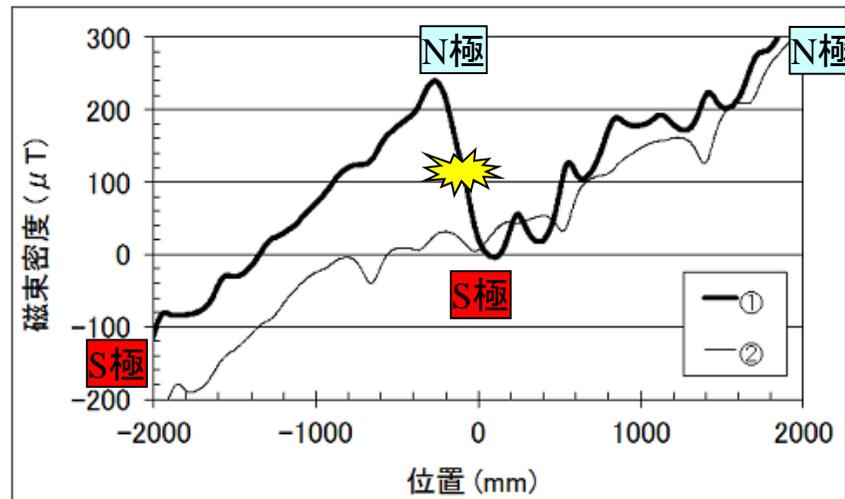


B橋

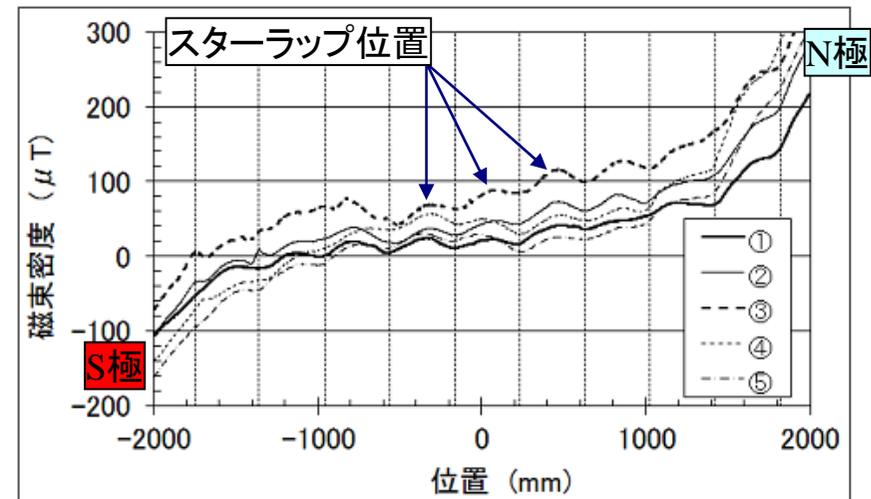
## ■調査結果

A橋: -200mm地点で上に凸(N極)、0mm地点で下に凸(S極)の極が反転した波形が得られ、-100mm地点で破断を示す典型的な波形である。ハツリ調査の結果、破断位置は一致していた。

B橋: 健全の特徴を有する典型的な健全波形であった。



(1) A橋(2本)



(2) B橋(5本)

レンタル料金

レンタル開始

レンタル期間と料金 例

レンタル期間	1週間	半月	1ヶ月	3ヶ月
レンタル料 ( )は税込み価格	570,000円 (615,600円)	750,000円 (810,000円)	1,070,000円 (1,155,600円)	2,190,000円 (2,365,200円)

※ 取扱説明、現地での指導などは別途費用がかかります  
詳細は下記までお問合せください

ご清聴ありがとうございました