

資料 No.3

技術審議会  
長期維持管理技術委員会(平成29年度 第1回)  
平成30年 3月30日

# 維持管理マネジメント高度化検討状況 (PC桁)

# 背景と目的

## 背景

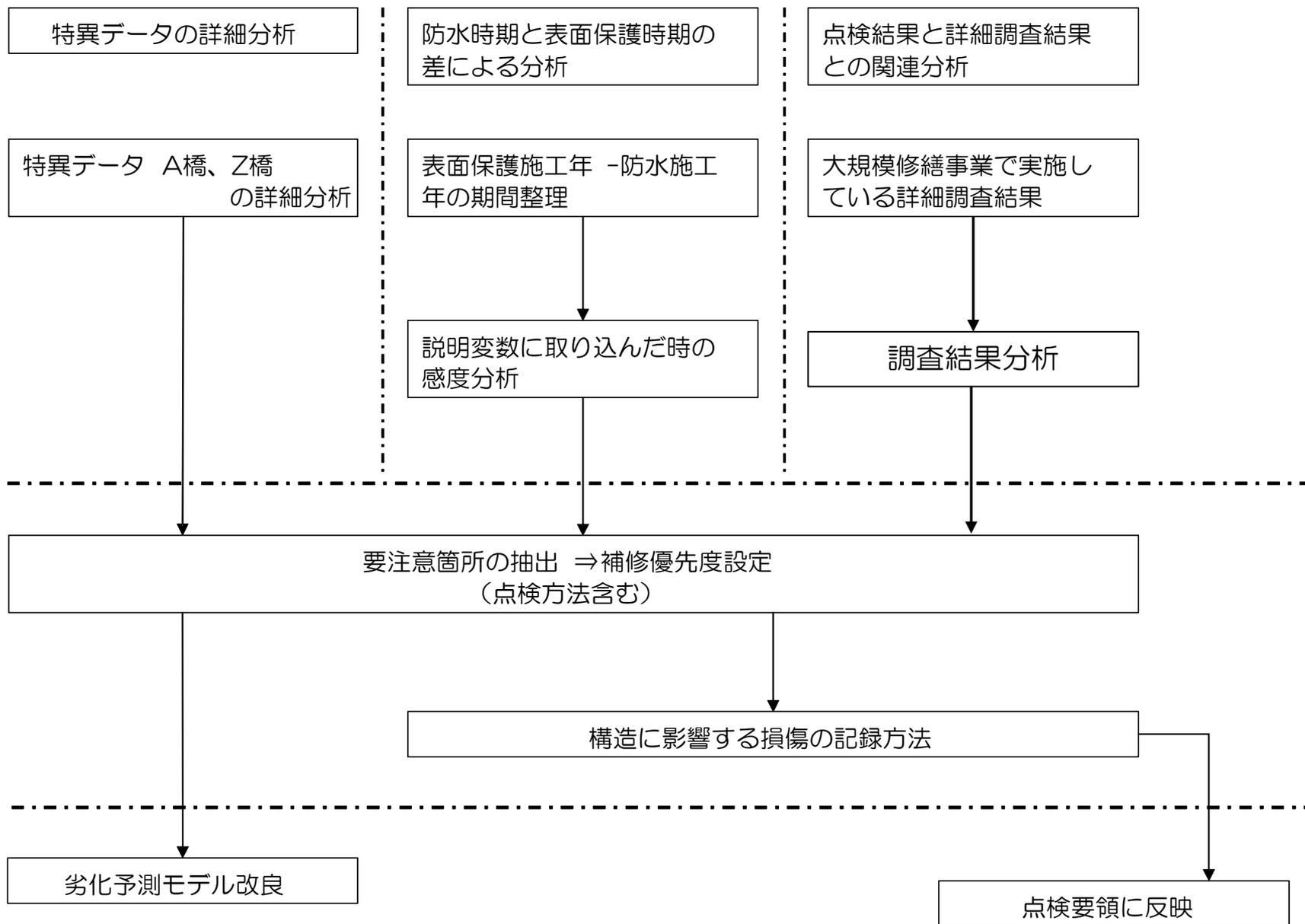
- ① 平成26年度には、工種単位に外観変状と変状の数に基づく性能評価方法(安全性、耐久性、使用性)について検討
- ② 平成28年度には、PCポステンT桁の主桁ひび割れ数の進展モデルを構築し、劣化予測および優先度評価を実施した。



- 劣化予測値（ひび割れ損傷数）と実際の損傷数の乖離が極端に大きい結果となった2径間について、その要因を確認する必要がある。
- 防水層が未施工で桁に表面保護塗装を施している場合は、桁内部で滞水し損傷を誘発させていることが考えられるため、その影響を把握する必要がある。
- 詳細調査により把握した内部損傷（PC鋼材の腐食）の状況と、外観目視との関係を把握し、要注意箇所や点検時の留意点を抽出し、点検精度を高める必要がある。

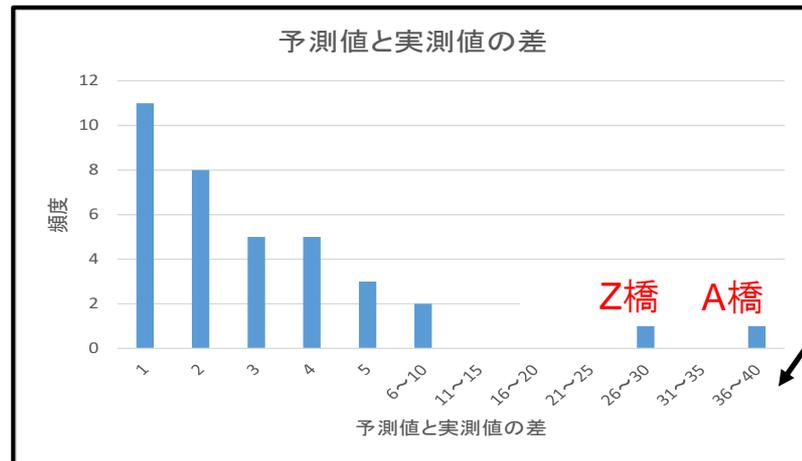
## 目的

- ① 対象の2径間について、詳細情報を元に損傷が多発している要因を検討
- ② 床版防水、表面保護塗装の施工時期の違いによる影響の検討
- ③ 内部損傷と外観変状の関係性を把握
- ④ 検討結果を踏まえて、劣化モデル改良や点検要領への反映事項を検討



## 動機

損傷発生件数が予測値を大きく上回った2径間（A橋、Z橋）の要因検討



昨年度実施した劣化予測値と実測値の差

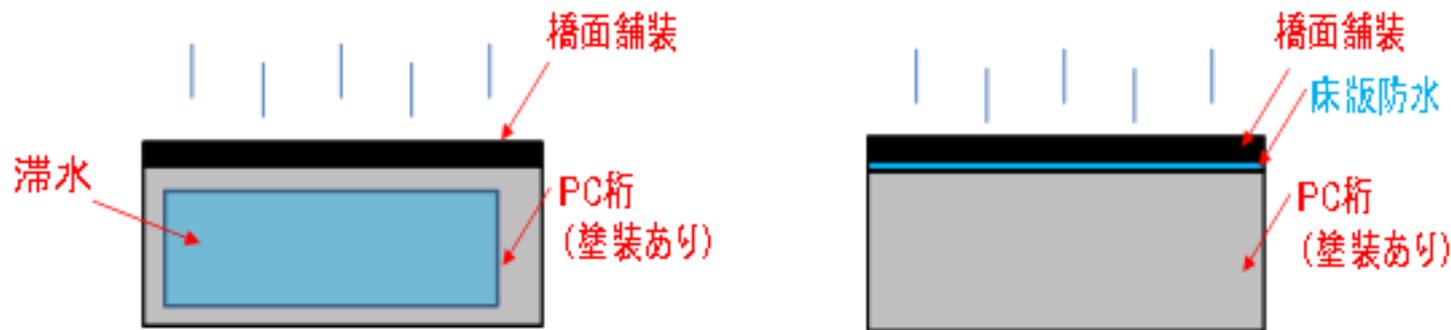
## 検討内容

- ① 点検履歴、補修履歴の確認
- ② 過年度の詳細調査結果の確認
- ③ 大規模修繕工事の詳細調査結果の確認（A橋のみ）

# 防水時期と表面保護時期の差による分析

## 動機

床版防水が未施工の状態では表面保護塗装を施すと、PC桁内部で滞水し損傷を誘発する可能性



## 検討内容

- ① 表面保護と防水層の施工時期の違いがPC桁の損傷発生に与える影響を検討
  - ・ 表面保護○、防水層○ 施工時期の違いが損傷発生に与える影響
- ② 表面保護と防水層の施工時期の違いがPC桁の損傷発生に与える影響を検討
  - ・ 表面保護○、防水層× 表面保護施工後の損傷発生状況

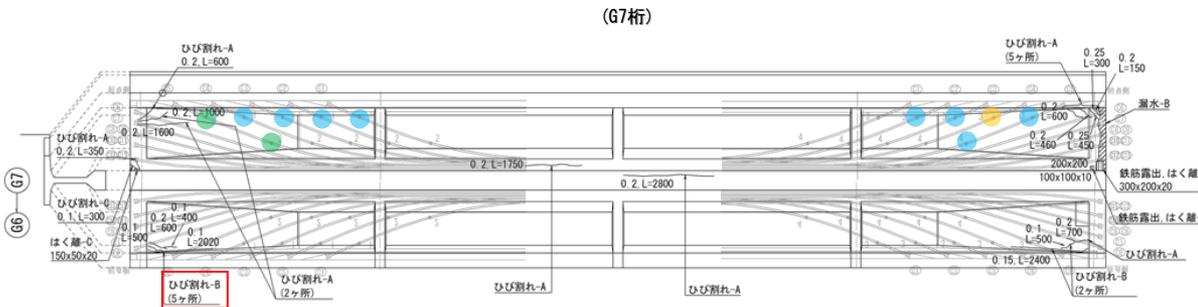
注記) ○ : 施工有り × : 未施工

# 点検結果と詳細調査結果の関連分析

## 動機

昨年度の業務において、主たる損傷と位置付けたPC主桁ひび割れ0.2mmの損傷が発生する原因として、PCグラウト充填不良に伴うPC鋼材やシースの腐食を想定している。今年度、大規模修繕工事に伴い鋼材の腐食調査を実施しているため、その結果と外観変状の関係を把握する。

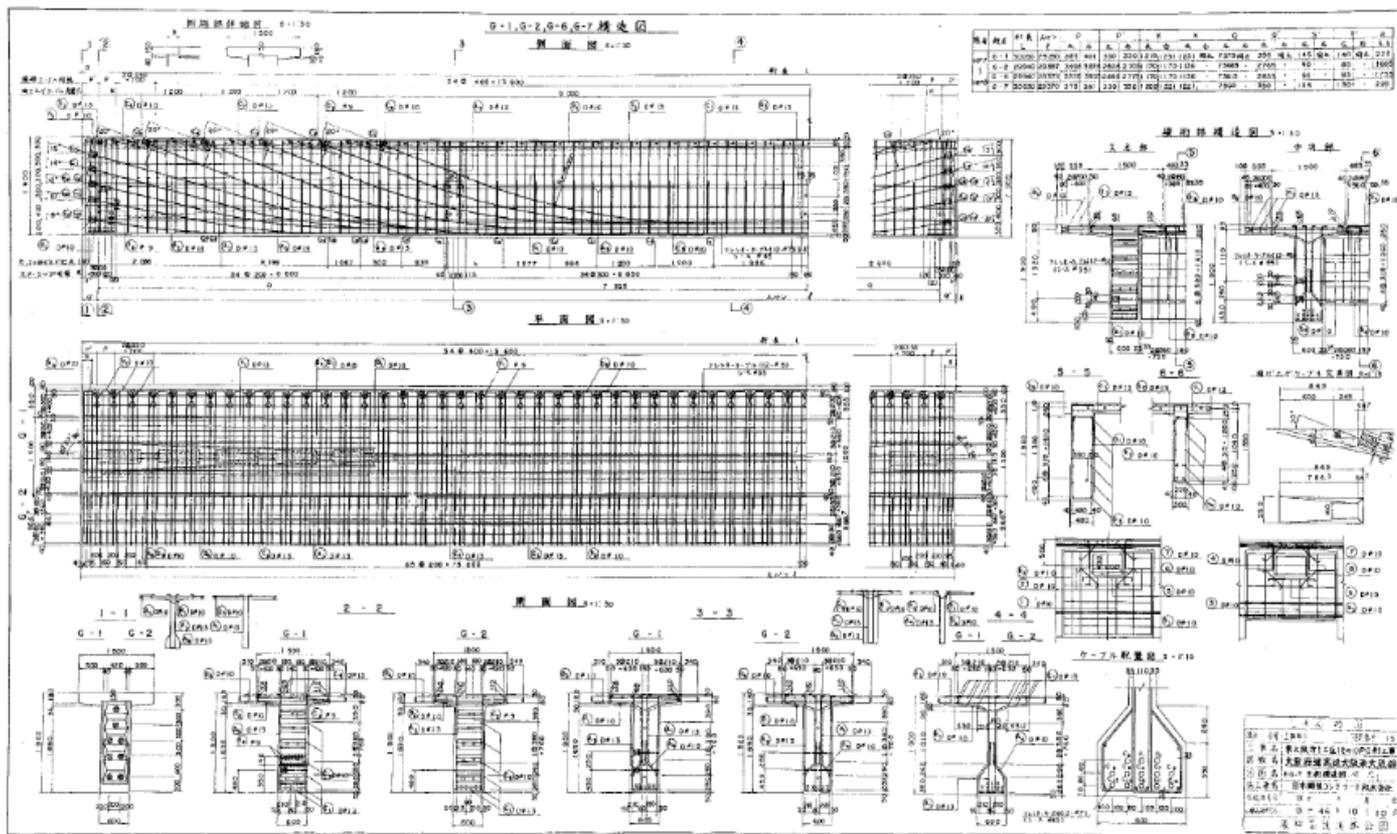
◆腐食判定 Ⅰ (質量減少量1%) Ⅱ (質量減少量1~2.5%程度) Ⅲ (質量減少量10%程度未満) Ⅳ (質量減少量10%以上)



## 検討内容

- ① 内部損傷 (PC鋼材の腐食) と外観変状の照合
- ② PC鋼材の腐食が認められる場合の外観変状

# 特異データの詳細分析 (A橋)



## 【A橋】

- 東大阪線第1工区（その1）PC桁工事において建設（昭和46年竣工）
- 同一工区 A橋～F橋
- PC 単純T桁（PC鋼材は上縁定着構造と端部定着構造）
- 構造上、A橋のみ異なる点は見当たらない

## A橋 同一工区内の損傷集計（Aランク／純増分集計）

径間・点検項目	PC主桁ひび割れ0.2以上	PC主桁空洞	PC主桁シーブス露出	PC間詰鉄筋露出	PC主桁鉄筋露出	PC主桁漏水・遊離石灰	PC間詰漏水・遊離石灰	PC横桁空洞	PC主桁はく離・欠落	合計
F橋	7	1	0	1	0	4	2	0	0	15
E橋	0	1	1	3	0	0	1	3	0	9
D橋	1	0	0	2	0	1	0	1	0	5
C橋	0	2	3	0	3	0	0	0	3	11
B橋	1	3	3	0	1	0	0	0	1	9
A橋	19	0	0	0	1	0	1	0	0	21
合計	28	7	7	6	5	5	4	4	4	70

### 【A橋】

- ・ PC主桁ひび割れ0.2mm以上の損傷発生が顕著である。
- ・ その他 目立った損傷は見受けられない。
- ・ ひび割れ0.2mm以上の損傷が生じやすい何らかの条件が影響している可能性がある。

## A橋 ひび割れ分類

ひび割れの種別	判定要素		判定	備考
	ひび割れの幅	ひび割れの間隔		
① ② <b>種別②</b> ③ <b>種別③</b> ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ <b>種別⑯</b> ⑰ <p>⑱ 横桁などのひび割れ</p>	0.2mm以上	—	A	
	0.1mm以上0.2mm未満	—	B	
	0.1mm未満	—	C	
	0.2mm以上	50cm未満	A	
	0.2mm以上	50cm以上	B	
	0.1mm以上0.2mm未満	50cm未満	B	
	0.1mm以上0.2mm未満	50cm以上	C	
	0.1mm未満	—	C	

【種別②】 12/18件



【種別③】 3/18件



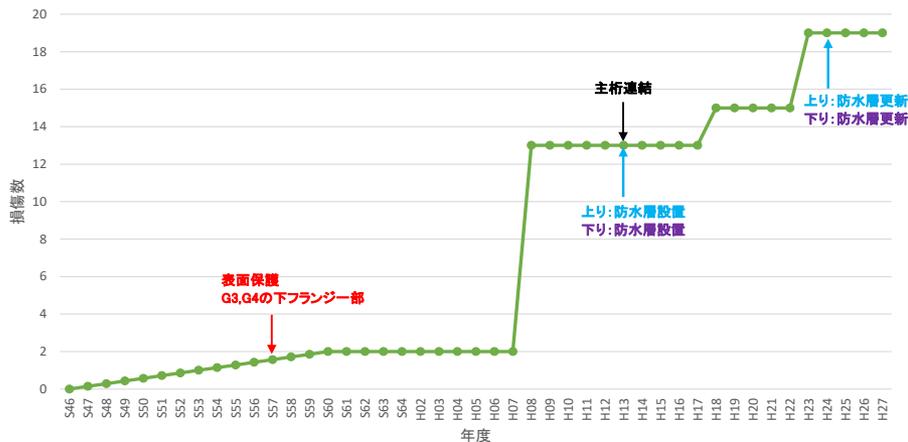
【種別⑯】 3/18件



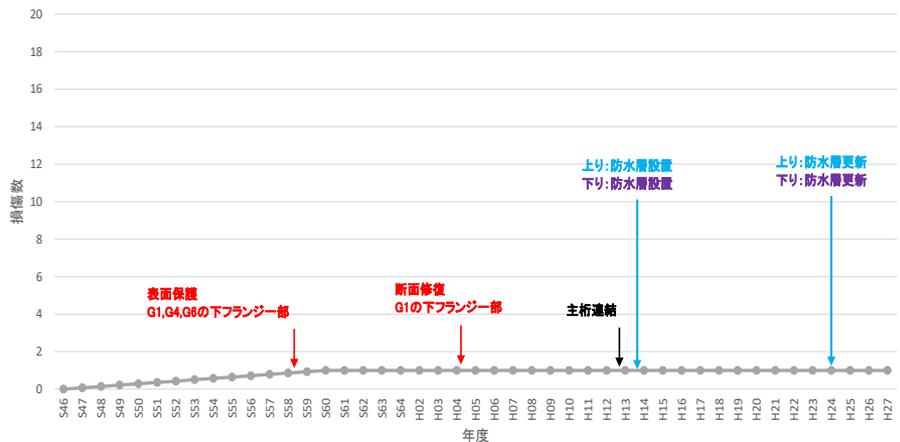
注記) A橋のひび割れ損傷数は19件であるが、その内、損傷写真が存在し正確に分類できたものが18件である。

## A橋・D橋（損傷件数と補修履歴）

A橋 損傷発生状況と補修履歴



D橋 損傷発生状況と補修履歴



### 【A橋】

- ➡ 表面保護 昭和57年（部分）
- ➡ 主桁連結 平成13年
- ➡ 橋面防水 平成13年,平成24年

### 【D橋】

- ➡ 表面保護 昭和57年(部分),平成4年(部分)
- ➡ 主桁連結 平成13年
- ➡ 橋面防水 平成13年,平成24年

- ・ 補修履歴は、断面修復、主桁連結、防水層設置である。
- ・ 同一工区内で、同時期に同補修が実施されており、特別な補修履歴は見当たらない。（A橋の補修履歴は他の径間と変わらない）

# A橋\_過去の詳細調査結果

## 【昭和58年度 詳細調査】

- ひび割れ損傷が顕在化したため詳細調査を実施
- 詳細調査実施事項

外観調査、ひび割れ深さ、コンクリート伝播速度、コンクリート反発度、中性化、ハツリ調査（シーす・PC鋼材の状況）、配筋調査、配合推定

調査項目	調査方法	測定点数	調査箇所	C橋		B橋		A橋	
				G4	好	G4	好	G3	G4
外観損傷調査	目視 (フラッシュ灯使用)	各行 損傷全般	ウエーブ	良	好	良	好	良	好
ひび割れ幅の経時変化測定 (2ヶ月後)	コンタクトゲージ	2~4 点/1桁	LFlg側面	ひび割れ 0.04~0.25 若干漏水跡あり	ひび割れ 0.04~0.3 ブラウト注入済+若干発生跡あり	ひび割れ 0.04~0.3 補修部に若干漏水跡あり	ひび割れ 0.04~0.3 補修部に若干漏水跡あり	ひび割れ 0.04~0.3 補修部に若干漏水跡あり	ひび割れ 0.04~0.3 補修部に若干漏水跡あり
ひび割れ深さの測定	超音波パルス法	3~14 点/1桁	LFlg側面	初期値 57.12.8 測定 58.2.3 (-10.6)	初期値 57.12.8 測定 58.2.3 (-9.9)	初期値 57.12.8 測定 58.2.3 (-9.9)	初期値 57.12.8 測定 58.2.3 (-9.9)	初期値 57.12.8 測定 58.2.3 (-9.9)	初期値 57.12.8 測定 58.2.3 (-9.9)
コンクリートの伝播速度測定	同上	12~22 点/1桁	ウエーブ	V = 4380~4640 m/s	V = 4380~4640 m/s	V = 4020~4580 m/s	V = 4020~4580 m/s	V = 4090~4620 m/s	V = 4090~4620 m/s
コンクリートの反発硬度測定	シュミットハンマー N型					R = 96.5~50.9 (R=44.5)	R = 96.5~50.9 (R=44.5)	R = 98.6~50.9 (R=45.7)	R = 98.6~50.9 (R=45.7)
シーす内グラウト状況調査	超音波パルス法	8 測線/1桁	ウエーブ	経年変化は差度セシ↑	経年変化は差度セシ↑	C1とC2でフルで高さ方向の位置が若干ずれている (h=2.5~5.0cm)。C1 (約180m/s) C2 (約150m/s) の伝播速度の低下が見られた。	C1とC2でフルで高さ方向の位置が若干ずれている (h=2.5~7.5cm)。C1 (約180m/s) C2 (約120m/s) の伝播速度の低下が見られた。	C1とC2でフルで高さ方向の位置が若干ずれている (h=2.5~7.5cm)。C1 (約180m/s) C2 (約120m/s) の伝播速度の低下が見られた。	C1とC2でフルで高さ方向の位置が若干ずれている (h=2.5~7.5cm)。C1 (約180m/s) C2 (約120m/s) の伝播速度の低下が見られた。
スラップ間隔及びハビリ測定	ボマーゲージ使用	20 箇所/1桁	ウエーブ	d'=2.0~9.5 cm P=17~25 cm	d'=3.0~9.5 cm P=19~25 cm	d'=2.7~9.2 cm P=18~25 cm	d'=2.7~9.2 cm P=18~25 cm	d'=1.0~9.6 cm P=35~43 cm	d'=1.0~9.6 cm P=35~43 cm
中性化調査及び材料分析	フェノールフタレイン液浸透度測定 配合推定 全塩素	中性化/1箇所/1桁 配合推定/1桁 全塩素/10桁	中性化	差=8% (コア) 配合比 1:1.30 全塩素 0.040%	差=9.1m/m (フランジ側面) 配合比 1:1.30 全塩素 0.040%	差=7 m/m (コア) 配合比 1:1.30 全塩素 0.015%	差=5.7 m/m (フランジ側面) 配合比 1:1.30 全塩素 0.015%	差=5.7 m/m (フランジ側面) 配合比 1:1.30 全塩素 0.015%	差=5.7 m/m (フランジ側面) 配合比 1:1.30 全塩素 0.015%
ハツリによるシーす内グラウト及びPC鋼線の状況 (目視による)		1箇所/1桁	シーす露出及び漏水箇所	スパン中央部 フランジ底面空露部のシーす露出箇所あり。また、PC鋼線は良好であった。	スパン中央部 フランジ側面空露部にはシーす内グラウト未充填の箇所あり。PC鋼線は錆着している箇所あり。また、フランジ底面空露部にはシーす内グラウトは良好。PC鋼線の錆着は生じている。	スパン1/4 フランジ側面補修部のハツリ部は、シーすは充填され、PC鋼線は錆着している箇所あり。また、フランジ側面には、シーす内グラウトが若干不足している箇所あり。PC鋼線は良好であった。	スパン中央部 フランジ底面のハツリ部は、ブラウト、PC鋼線共良好に見られた。	スパン中央部 フランジ底面のハツリ部は、ブラウト、PC鋼線共良好に見られた。	スパン中央部 フランジ底面のハツリ部は、ブラウト、PC鋼線共良好に見られた。

報告書抜粋

A橋において、ひび割れや漏水跡、シーす腐食が確認されているが他の径間も同様の状況である。反発度や伝播速度なども他の径間と比べて有意な差は見られない。



A橋 G3桁の損傷

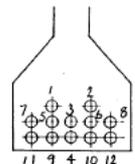
## 外観調査

報告書抜粋

管理番号 A橋

R.C 及び P.C 桁切欠部概略図及び損傷状態図

S = 1/50



A橋

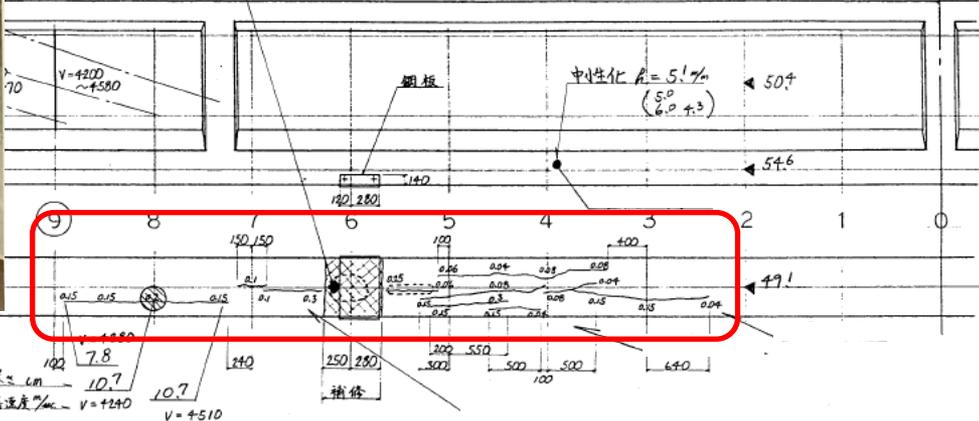
G3

G4側

(側面は両側失良好)

ハツリ箇所 PC鋼線 錆著しい (No.4)  
ガラント良好

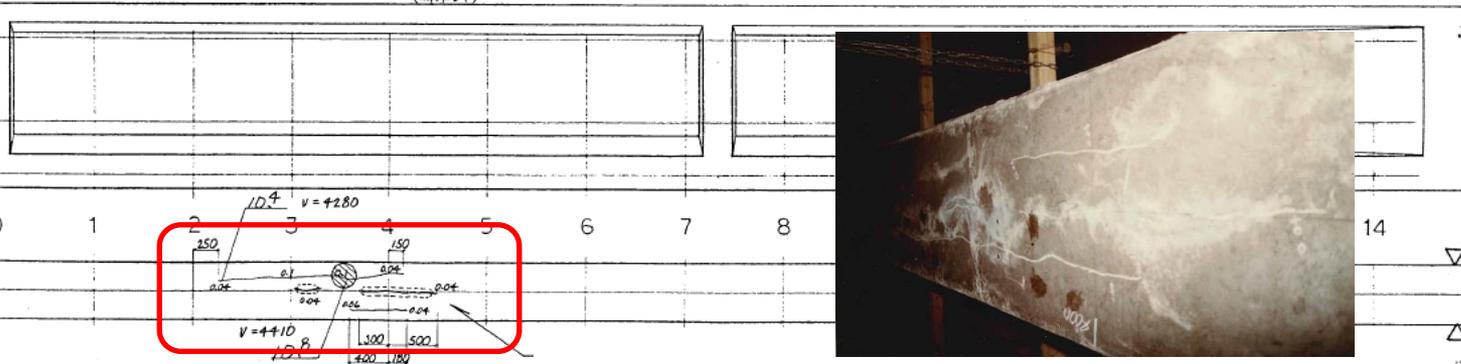
● --- コンクリートゲージ 標点  
▶ --- シェットハンマー



XXXX --- 補修箇所

==== 漏水箇所 (漏れ跡)

深=cm 7.8  
任意速度% V=+240  
V=+510



## 配合推定

報告書抜粋

### 4) コンクリートの材料分析及び中性化について

#### a 材料分析について

配合推定による配合比は Y橋 G3を除き富配合(配合設計では1:4.1)となっている。

PC桁におけるコンクリートは高強度( $f_c = 700 \text{ kg/cm}^2$ )なものであり、この富配合は強度に対しては安全側になっていると思われるが、反面では水和熱が高く養生によっては乾燥収縮が大きい為、ひびわれ発生の原因となりやすい。

試料	骨材量(%)	セメント量(%)	配合比 セメント:骨材
No.1	72.3	24.0	1:3.0
No.2	75.4	21.0	1:3.6
No.3	75.7	21.4	1:3.5
No.4	82.8	15.7	1:5.3

※近年、**吸水率の高い骨材**の影響により、**乾燥収縮**が促進され損傷が顕在化する事例が確認されている。このため**骨材品質に問題**がある可能性も考えられる。

# A橋\_過去の詳細調査結果

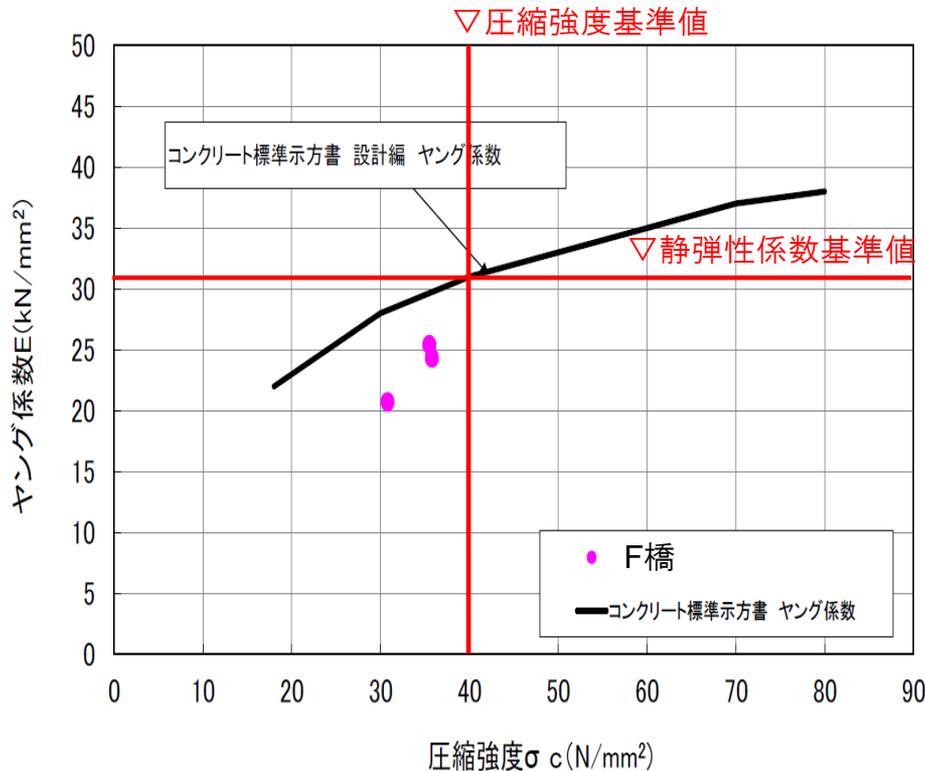
【平成23年度 詳細調査】

- ・ F橋（A橋同一工区）、ひび割れ損傷が顕在化したため詳細調査を実施
- ・ 詳細調査実施事項

コア物性値、グラウト充填調査、塩分、中性化、膨張量試験、岩種判定

## コア物性値

報告書抜粋



【コア物性値】  
 圧縮強度，静弾性係数とも設計基準強度を下回る．特に静弾性係数は実圧縮強度に対する標準値よりも更に低い状態である。

## 報告書抜粋

### グラウト充填調査、鋼材目視調査

桁ケーブル	削孔箇所	グラウト充填	ケーブル腐食	ケーブルに沿うひび割れ	備考
G3	支間中央	△ 又は ▲	鋼材を確認できず	有 (遊離石灰)	・シーズ開削時に水が噴出 ・鋼材の状態確認できず
	桁端	×	表面に赤錆	有 (遊離石灰)	・シーズ開削後に水が噴出 ・IE法: 充填不良の可能性
G4	C1 桁端	△	健全	無 (遊離石灰)	・シーズ開削時に水が流出 ・IE法: 充填不良の可能性
	C3 桁端	▲	鋼材を確認できず	有 (遊離石灰)	・シーズ開削時に水が流出 ・シーズが腐食 ・IE法: 充填不良



**【グラウト充填調査】**  
削孔調査により、グラウト充填不良やシーズ内の滞水が確認された。

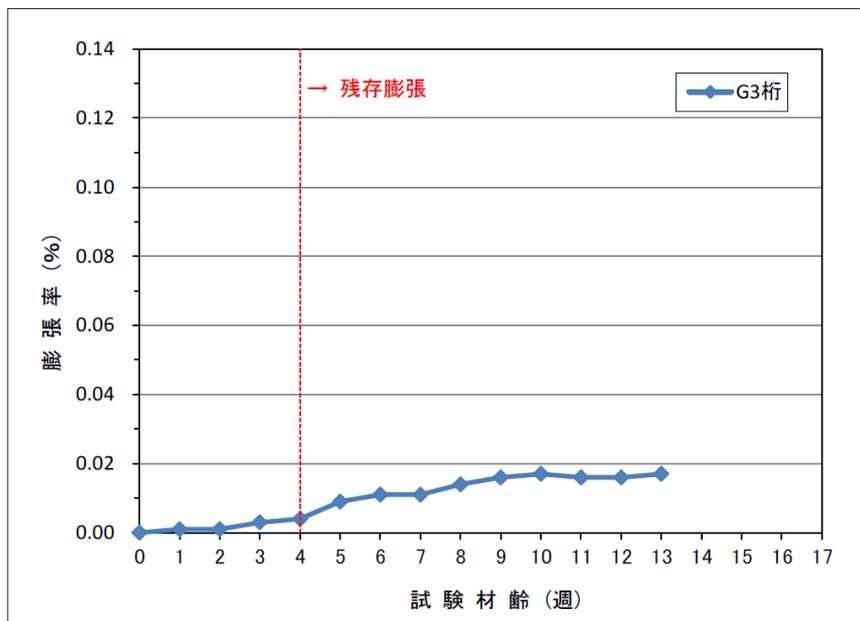
# A橋\_過去の詳細調査結果

## 【平成23年度 詳細調査】

報告書抜粋

- ・中性化や塩分量については、損傷の発生要因にならない程度であることを確認。
- ・ASRに関する調査では、膨張量は低いものの有害骨材が確認された。

### 膨張量試験



### 岩種判定

岩種	構成比率 (%)	偏光顕微鏡による観察所見	有害鉱物あるいは有害な状況
チャート	40	組織全体が <b>潜晶質石英</b> と <b>カルセドニー質石英</b> で構成された岩石である。生物微化石の痕跡を多量に含み、これを <b>カルセドニー質石英 (微小石英)</b> が充填している。石英脈が無数に認められる。	潜晶質石英 ルセドニー質石英 (微小石英)
泥岩	40	0.05mm 以下級の石英粒子を多く含むシルト質な泥岩である。粘土鉱物はモンモリロナイトやイライトで、一部 <b>微細な白雲母</b> が生成している。	微細な白雲母
砂岩	20	0.5mm 以下級の石英および長石類の砂粒、ならびに泥岩の岩片砂粒で構成された砂岩である。石英粒子は二次成長し、弱い <b>波動消光現象</b> を示している。	波動消光を示す石英

注) コンクリートの品質に悪影響を及ぼす可能性のある有害鉱物、あるいはその特徴を赤字で表示した。

#### 【膨張量試験】

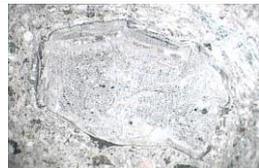
膨張率0.02未%未満  
(阪神高速基準0.1%以上)

#### 【岩種判定】

潜晶質石英、ルセドニー質石英、微細な白雲母、波動消光を示す石英などを確認

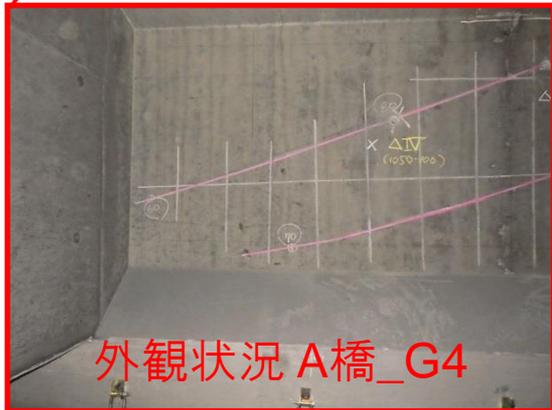
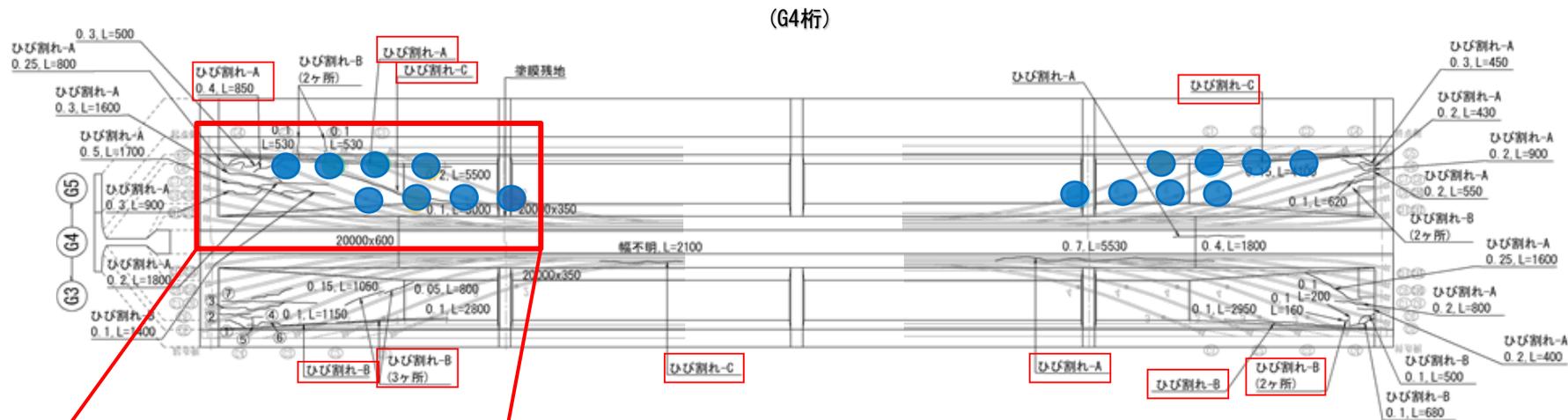
## 大規模修繕工事 詳細調査実施内容

- ・ 外観変状、グラウト充填調査、微破壊試験などが実施されている
- ・ 微破壊試験後は、PC鋼材の腐食判定を実施している（I～IV）

腐食 グレード	鋼材の腐食状況		設計考慮断面積 A <sub>p</sub>
— (鋼材見えず)		グラウトが完全に充填されており、鋼材の状態が確認できない(グラウトに覆われていることからPC鋼材は健全と判断する)	1.00A <sub>p</sub>
I		質量減少率 1%未満に相当する腐食	1.00A <sub>p</sub>
II		質量減少率 1～2.5%程度に相当する腐食	0.94A <sub>p</sub>
III		質量減少率 10%程度未満に相当する腐食	0.85A <sub>p</sub>
IV		質量減少率 10%程度以上に相当する腐食	0 (破断とみなす)

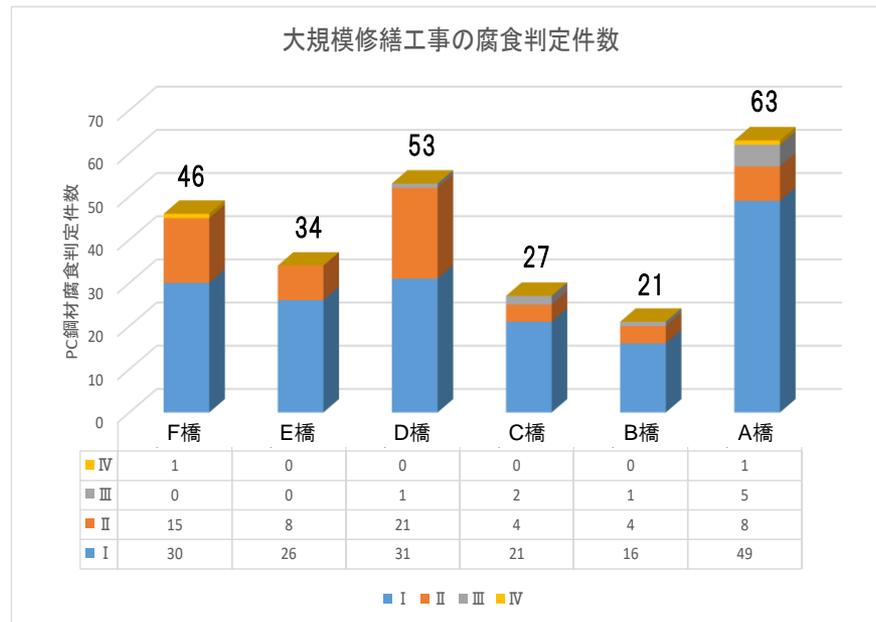
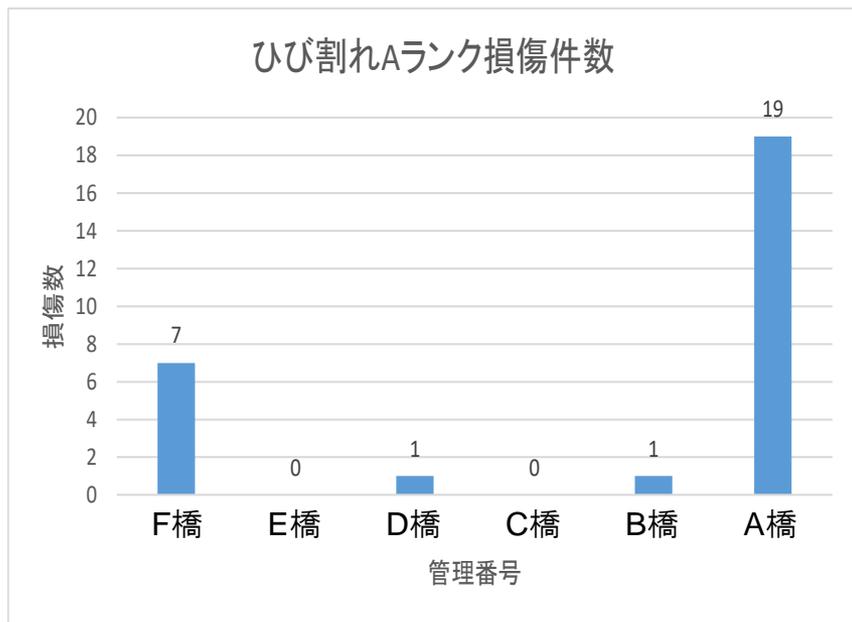
## 大規模修繕工事 詳細調査の事例 (A橋 G4)

● : IEによる充填調査、微破壊調査箇所を示す



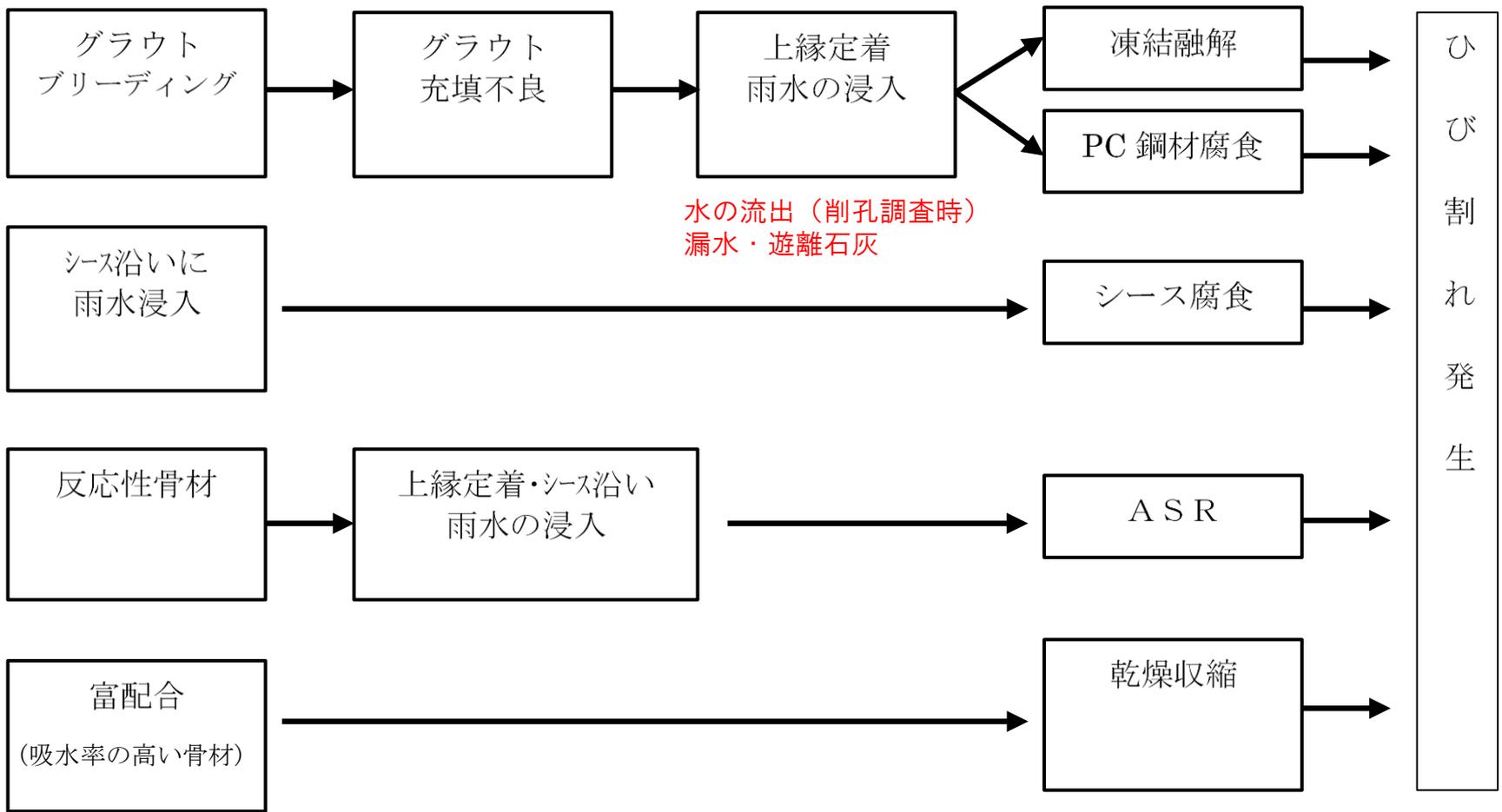
## 大規模修繕工事 詳細調査

### 微破壊検査後の腐食判定結果



- A橋のPC鋼材腐食判定件数は、同一工区内において、ひび割れAランク損傷の件数ほど突出している状況ではないが、工区内で最多である。
- 腐食判定が最も厳しいグレードIVも1件含まれている。

## 想定される損傷発生要因



## 【結論】

ひび割れが発生する要因として、水の浸入に伴う凍結融解、PC鋼材やシースの腐食、あるいは、ASR、乾燥収縮などが考えられた。これらの中で、主要因がある可能性もあるが、複合的に生じている可能性もあり絞りきれない。

## 【劣化モデルへの反映】

今年度の検討では損傷発生要因の特定に至らなかった。このため、現時点で既存モデルの改良可否は判断できていない。しかし、考えられる損傷要因は、水の浸入を伴うものが多く、この点について、昨年度検討した劣化モデルは、「上縁定着の有無」や「防水層を施工するまでの年数」を説明変数としており、考慮できている要素もあると考えられる。但し、今後の検討で要因の絞込みに至った場合は、劣化モデルの再考に取り組む。

## 【要注意箇所の抽出等】

詳細調査の結果、PC鋼材の腐食が認められた箇所では、削孔時に出水を伴う場合があった。その箇所の外観変状として、顕著な漏水遊離石灰を伴うことが多い。このため、点検時に顕著な漏水遊離石灰が認められる場合は、内部鋼材の腐食に留意する必要がある。



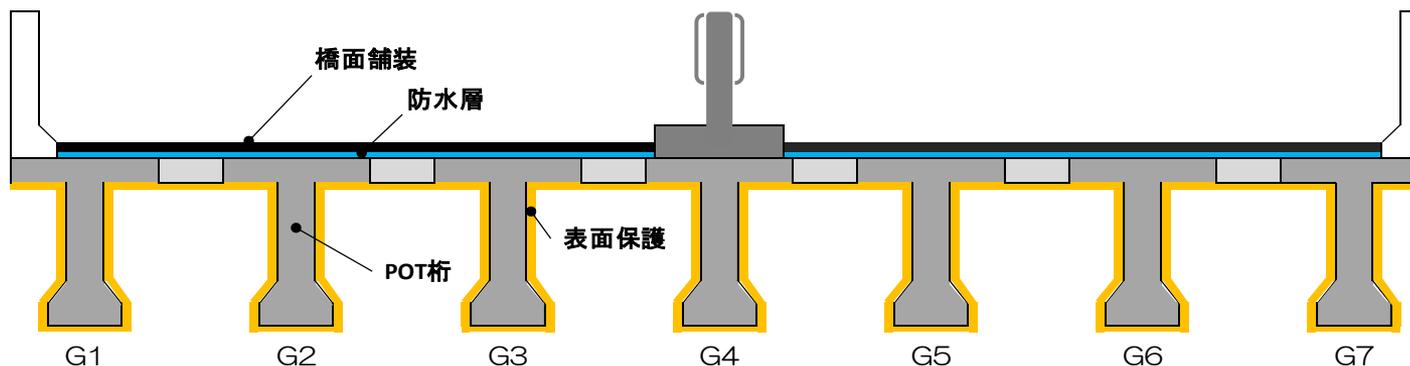
# 防水時期と表面保護時期の差 による分析

## 対象条件

本検討では、部分的に表面保護が施工された構造物は検討から除外し、下図の条件に該当する構造物を抽出し分析を実施した。

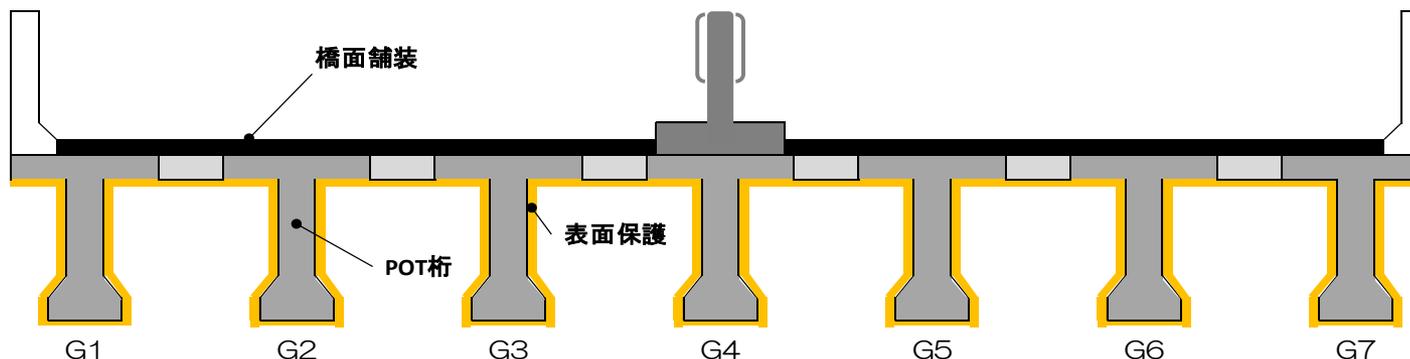
### 表面保護 (全面) ○・防水層 (全面) ○ (122径間)

検討  
対象①



### 表面保護 (全面) ○・防水層 (全面) × (23径間)

検討  
対象②



# 対象とする点検項目

## 対象条件

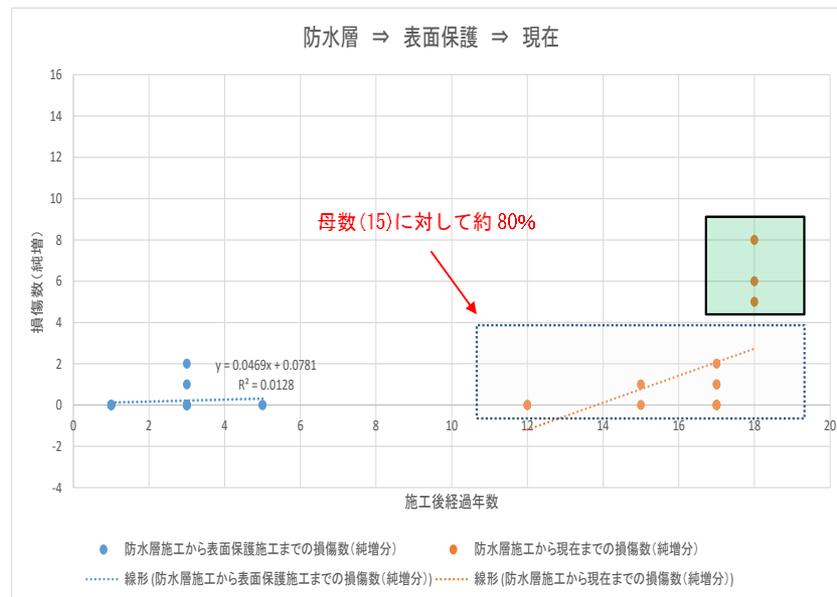
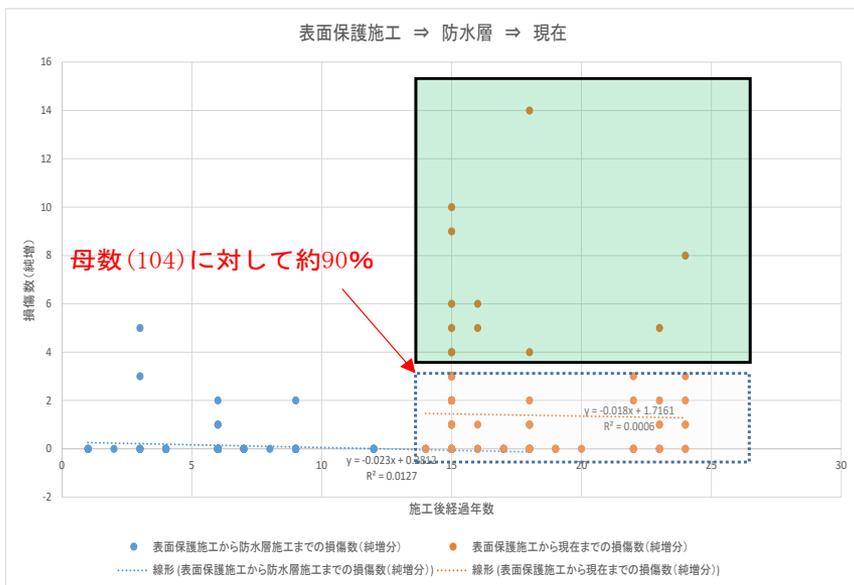
対象とする点検項目は、「**上面からの水の浸入に起因し発生することが考えられる損傷**」と昨年度の検討で主たる損傷と位置付けた「**主桁ひび割れ0.2mm以上**」

主桁	PC主桁ひび割れ0.2以上	PC主桁シーす露出	PC主桁はく離・欠落	PC主桁鉄筋腐食
	PC主桁鉄筋露出	PC主桁漏水・遊離石灰	PC主桁定着部露出	
	PC主桁空洞	PC主桁豆板	PC主桁跡埋コンクリート損傷	PC主桁ひび割れ0.1~0.2
	PC主桁補修箇所の損傷	PC主桁ひび割れ0.1未満	PC主桁その他	PC主桁支承付近の損傷
横桁	PC横桁漏水・遊離石灰	PC横桁鉄筋腐食	PC横桁はく離・欠落	PC横桁シーす露出
	PC横桁定着部露出	PC横桁鉄筋露出		
	PC横桁アンカーボルト露出	PC横桁空洞	PC横桁補修箇所の損傷	PC横桁跡埋コンクリート損傷
	PC横桁ひび割れ	PC横桁その他		
間詰	PC間詰漏水・遊離石灰	PC間詰鉄筋腐食	PC間詰はく離・欠落	PC間詰鉄筋露出
	PC間詰シーす露出			
	PC間詰空洞	PC間詰ひび割れ	PC間詰補修箇所の損傷	PC間詰その他

- ① 表面保護と防水層の施工時期の違いがPC桁の損傷発生に与える影響を検討
- ・ **表面保護○、防水層○** 施工時期の違いが損傷発生に与える影響
  - ・ 表面保護○、防水層× 表面保護施工後の損傷発生状況

表面保護施工後 ⇒ 防水層 ⇒ 現在 データ数104

防水層 ⇒ 表面保護施工後 ⇒ 現在 データ数15



## (施工後1~15年)

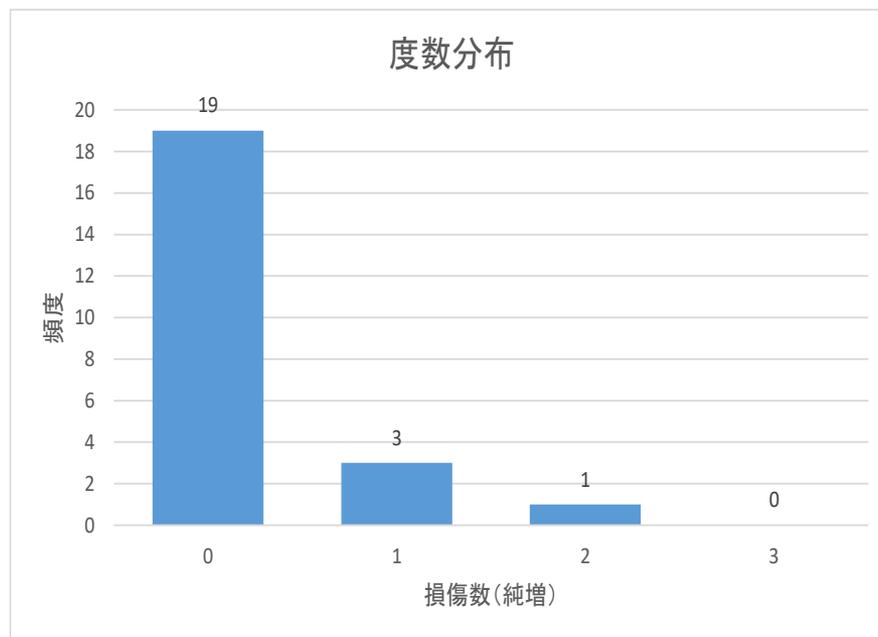
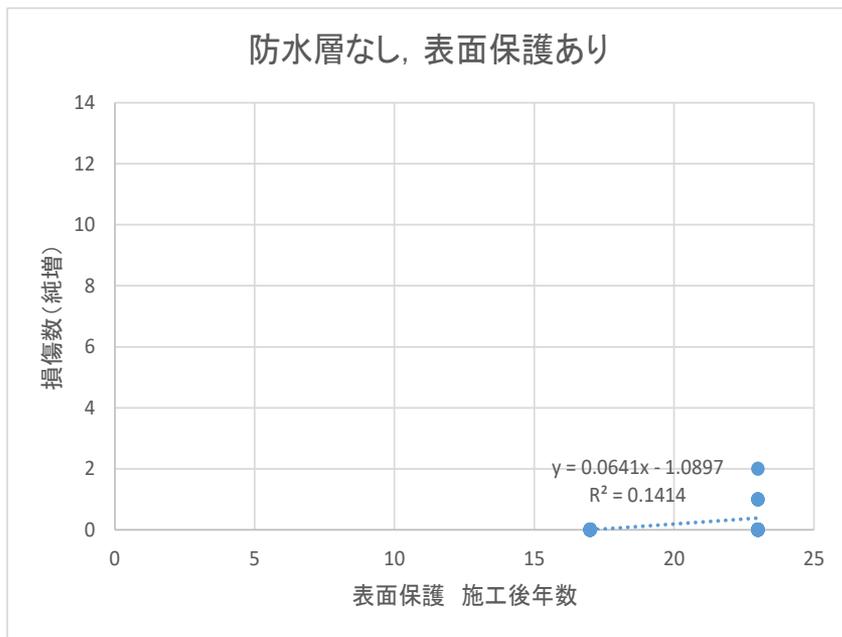
- ・ 表面保護、防水層、何れを先に施工した場合でも顕著に損傷が増加する傾向は見られない
- ・ 考えられる理由：表面保護による劣化抑制効果，表面保護の影響により損傷が潜在化する

## (施工後15年以降)

- ・ 施工15年以降では、損傷が顕在化してくる径間がある (10~20%)

- ② 表面保護と防水層の施工時期の違いがPC桁の損傷発生に与える影響を検討
- 表面保護○、防水層○ 施工時期の違いが損傷発生に与える影響
  - **表面保護○、防水層× 表面保護施工後の損傷発生状況**

表面保護あり、防水層なし データ数23



- 表面保護を先行的に施工した場合においても損傷の発生を抑制できている
- 23年目において4径間で損傷発生が確認されているが、損傷数は少なく1～2件である。

## 【結論】

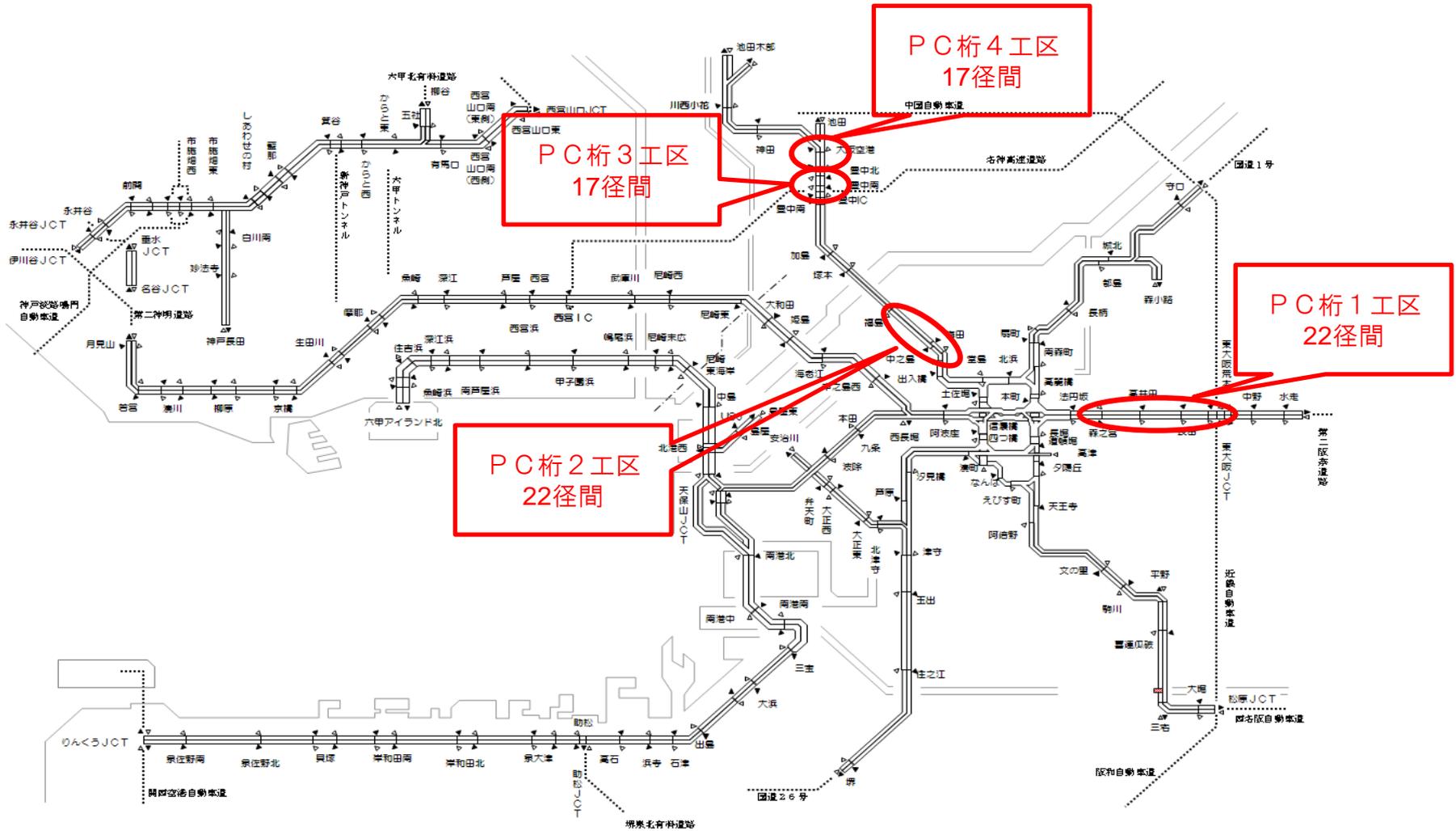
表面保護施工後、防水層を施工するまでの期間（プール期間）において、損傷が顕著に増加する傾向は確認できなかった。その理由としては、表面保護工による補修効果とも考えられるが一方で、表面保護塗装により桁躯体の状況を確認することができなくなっているため、潜在的に損傷が発生している可能性も考えられる。

## 【要注意箇所の抽出等】

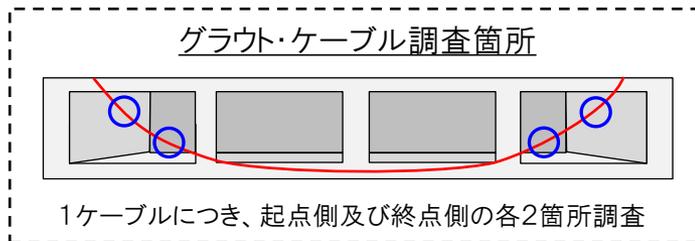
- 表面保護塗装は、上縁定着からの水の浸入を防ぐ補修ではない。したがって、漏水遊離石灰などの外観変状がある桁に対して表面保護塗装を施工しようとする場合は、防水層を先行的に施工するなど配慮が必要である。
- 一般的に表面保護塗装に使用される塗料には、躯体に生じるひび割れに追従するため「伸び性能」を有している。したがって、桁躯体にひび割れが生じている場合でも、塗膜の伸び性能により、表面保護塗装上にはひび割れが発生しないケースもあると考えられる。このため、表面保護塗装が施された桁の点検を行う際は、塗膜の状態にも留意する必要がある。
- 更に、表面保護塗装施工時に水分計を設置し、水分量の追跡を行うことや、点検窓を設けて点検時に含水率を計測する等の対応が考えられる。

# 詳細調査結果と外観変状 との関係整理

## 検討対象



## 調査概要



外観変状詳細調査  
(目視、打音)



ひび割れ、遊離石灰、豆板、空洞、  
漏水、錆汁、補強鋼板の状況

YES  
ケーブル損傷の疑いがある  
損傷がある

NO



シース付近のひび割れ、  
遊離石灰、錆汁等

インパ<sup>o</sup>外エコ(IE)法

グラウト充填状況調査  
(非破壊)

YES

グラウト  
充填不良の  
疑いがある

NO

END

微破壊調査

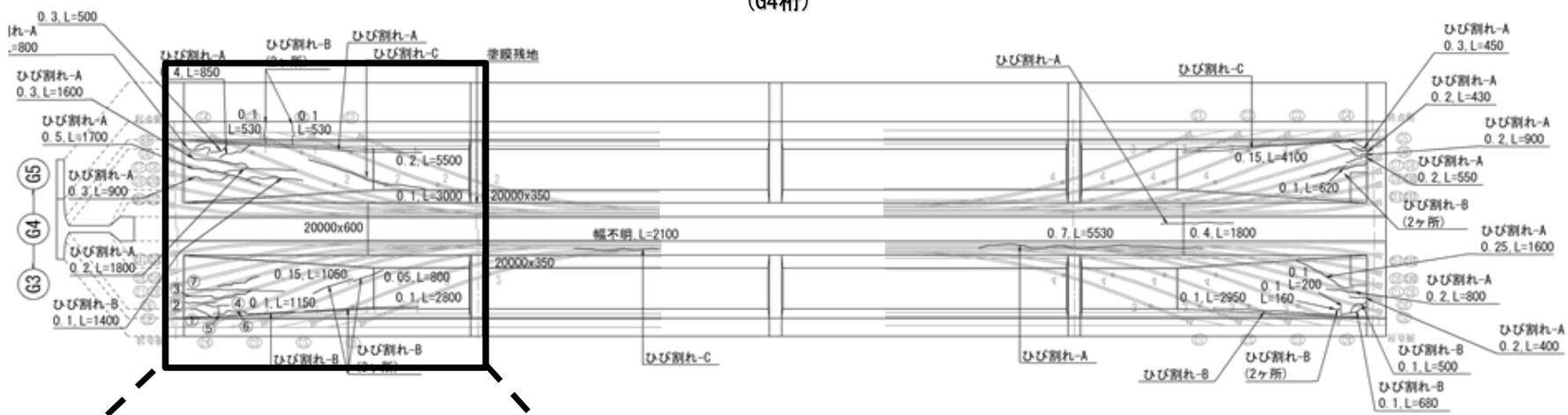
ケーブル  
腐食度判定

	ケーブル腐食状況
I	質量減少率1%未満に相当する腐食
II	質量減少率1~2.5%程度に相当する腐食
III	質量減少率10%程度未満に相当する腐食
IV	質量減少率10%程度以上に相当する腐食

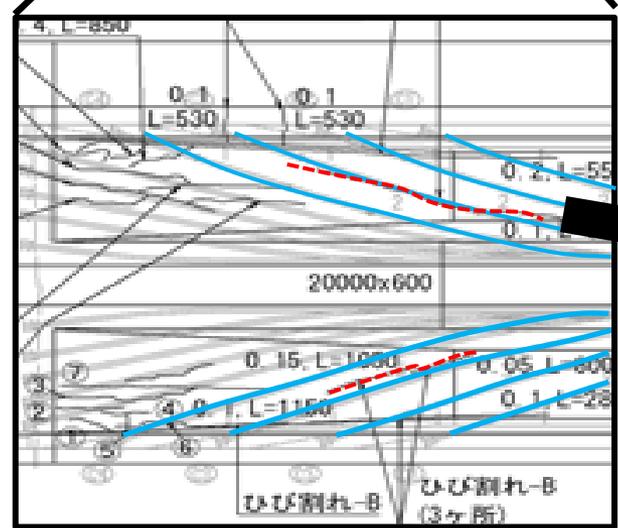
※「プレストレスコンクリート構造物補修の手引き(案)  
平成21年9月プレストレス・コンクリート建設業協会

## 外観調査

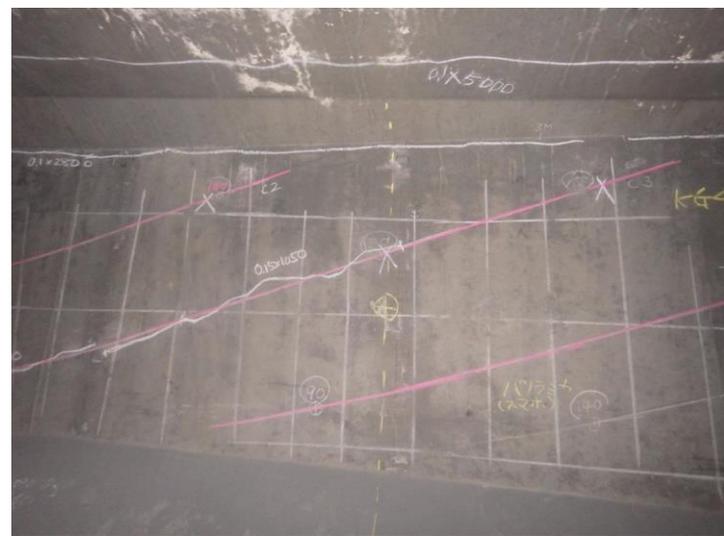
(G4桁)



上縁定着にPC鋼材に沿って外観変状がある場合  
⇒ 微破壊調査 ⇒ PC鋼材腐食調査

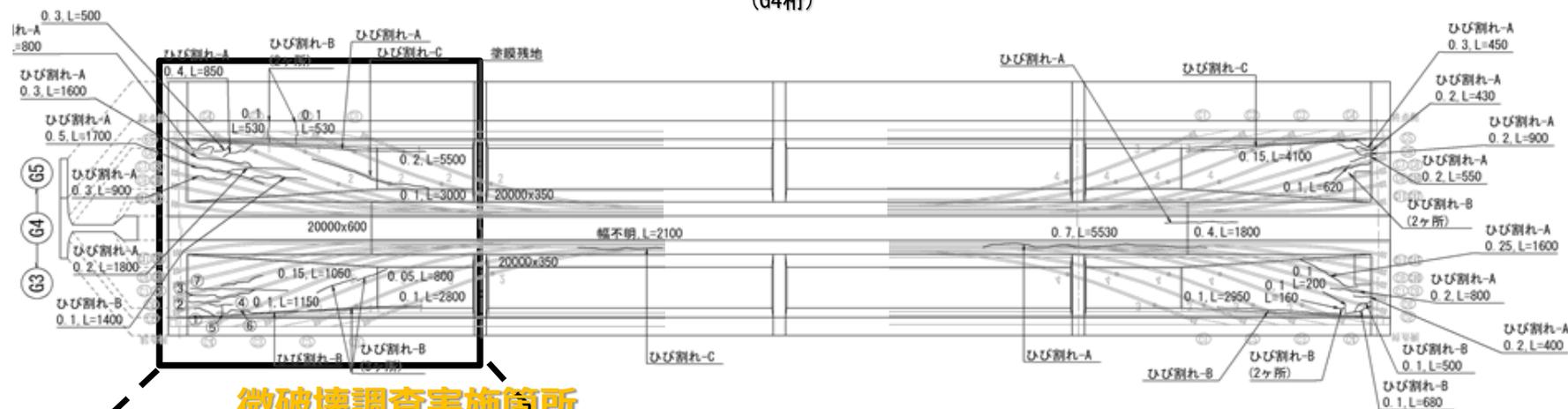


- 上縁定着ケーブル
- - - 外観変状 (ひび割れ)



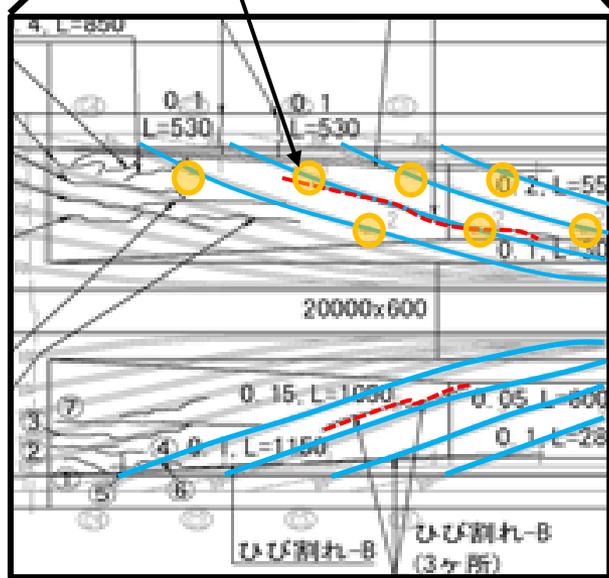
## 微破壊調査

(G4桁)



微破壊調査実施箇所

- ① 小径ドリルにて削孔しシースを開口
- ② 小型カメラにてシース内のPC鋼材を確認



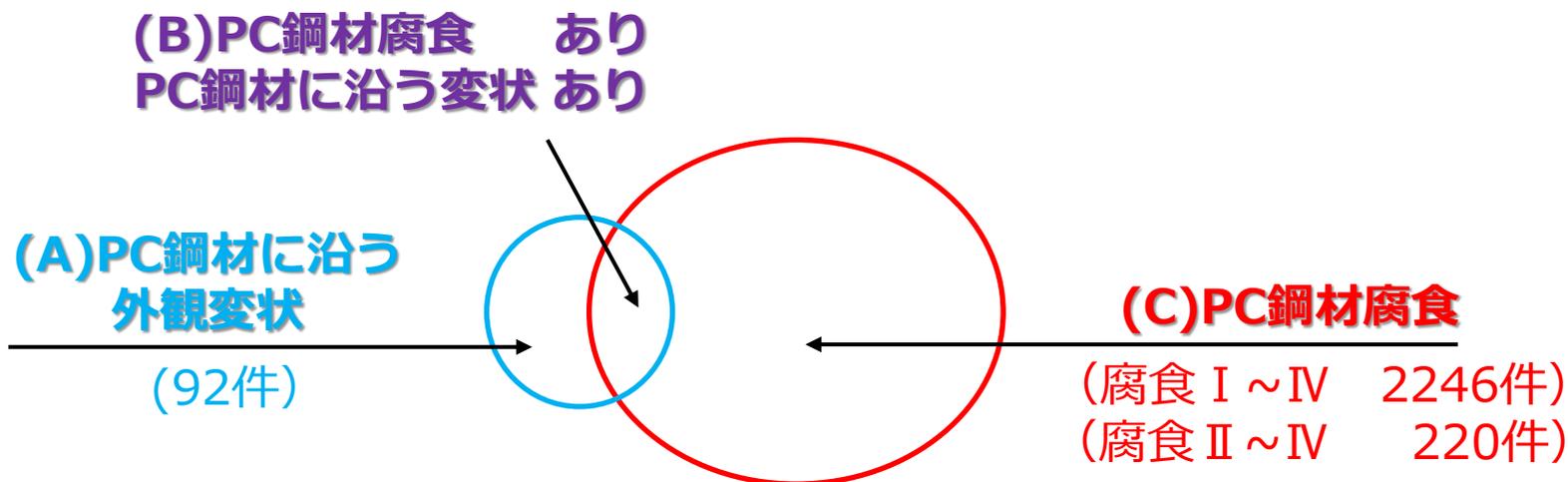
## 鋼材腐食 調査結果

a.調査箇所数	PC鋼材腐食箇所数		腐食発生率		PC鋼材に沿う 外観変状数
	b.腐食Ⅰ～Ⅳ	c.腐食Ⅱ～Ⅳ	Ⅰ以上 (b/a)	Ⅱ以上(c/a)	
7260	2246	220	31%	3%	92

## 分析方法

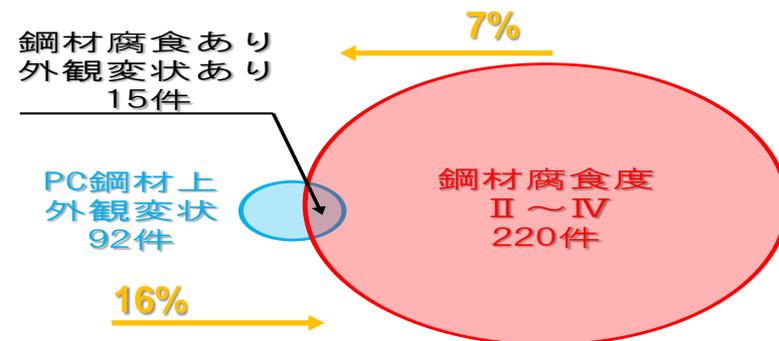
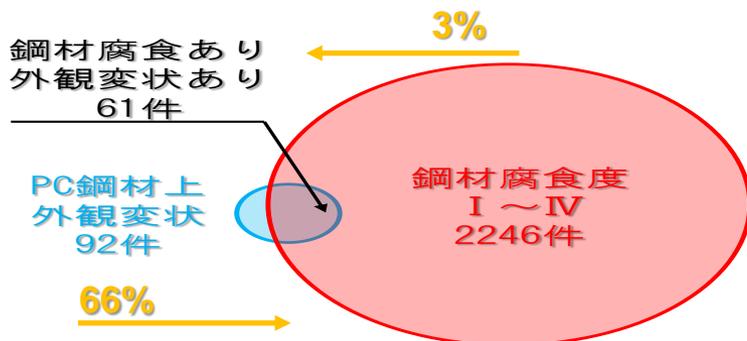
以下のケースで分析した。

- ① **PC鋼材腐食件数** の内の **外観変状数** (B) / (C)
- ② **外観変状件数** の内の **PC鋼材腐食件数** (B) / (A)

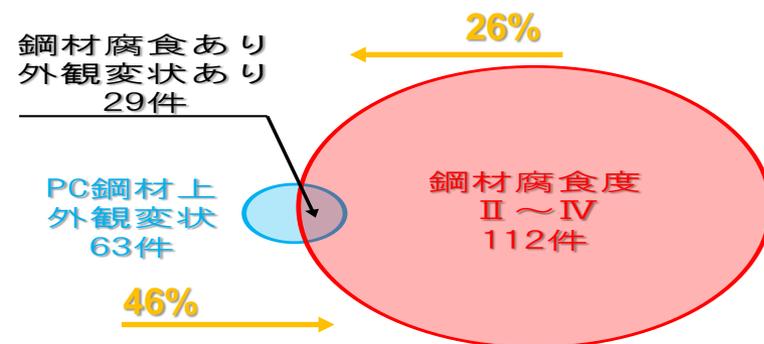
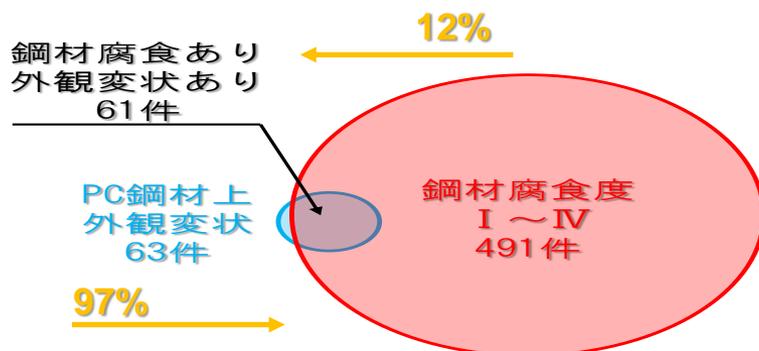


## 鋼材腐食と（詳細調査の）外観変状の照合(まとめ)

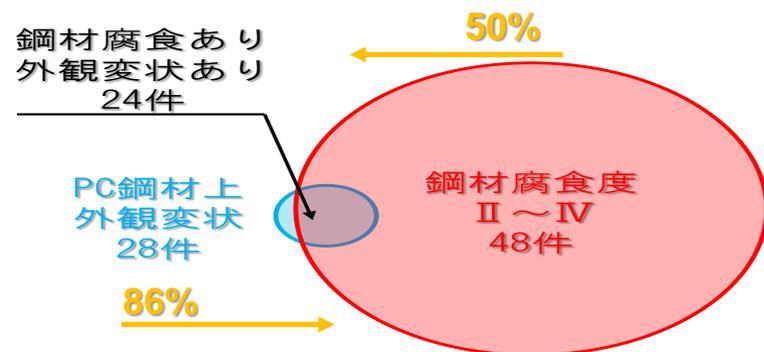
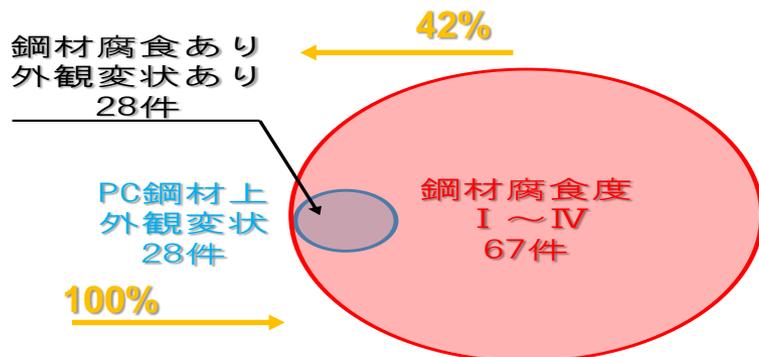
損傷単位



桁単位



径間単位



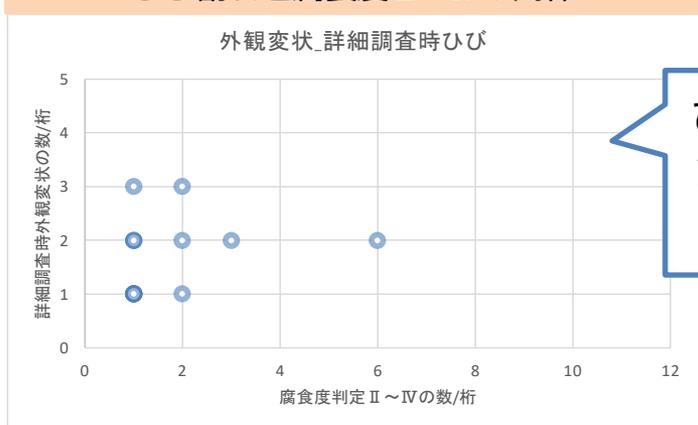
## (詳細調査の) 外観変状と鋼材腐食度 ~桁単位~

- ① 外観変状数と腐食度Ⅱ～Ⅳについては、「漏水・遊離石灰」との相関がみられる
- ② 一方で、ひび割れとの相関は高くない



桁単位では  
漏水、遊離石灰が鋼材腐食を知る手がかり

ひび割れと腐食度Ⅱ～Ⅳの関係

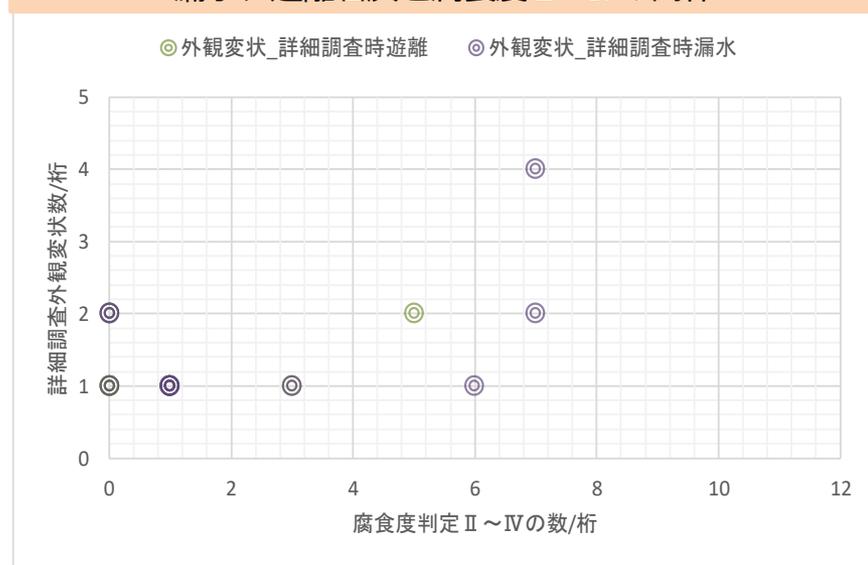


ひび割れと腐食度Ⅱ～Ⅳとの関連は小

相関係数

外観変項	腐食度判定					
	I	II	III	IV	OK	II~IV
外観変状なし	0.231922	0.112524	0	0	0.772945	0
外観変状 ひび割れ	0	0.247525	0.57735	0	0	<b>0.26546</b>
外観変状 浮き	-0.12446	0	0	0	-0.39396	0
外観変状 遊離石灰	-0.48809	0.944911	0	0	-0.51299	<b>0.86603</b>
外観変状 漏水	-0.51326	0.695219	0	0	0	<b>0.69522</b>
外観変状 漏水or遊離石灰	-0.50437	0.713012	0	0	0	<b>0.70931</b>
外観変状 全損傷	-0.16441	0.410587	0.447214	0	0	0.418641

漏水、遊離石灰と腐食度Ⅱ～Ⅳの関係

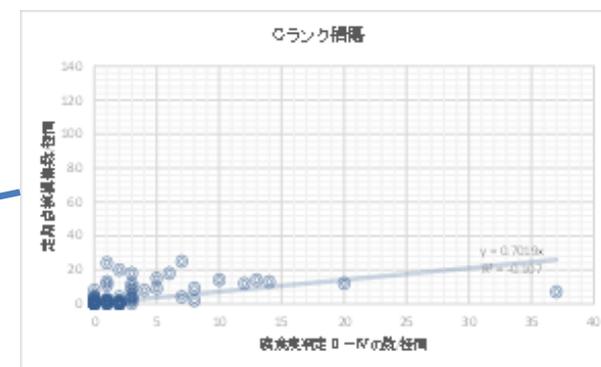
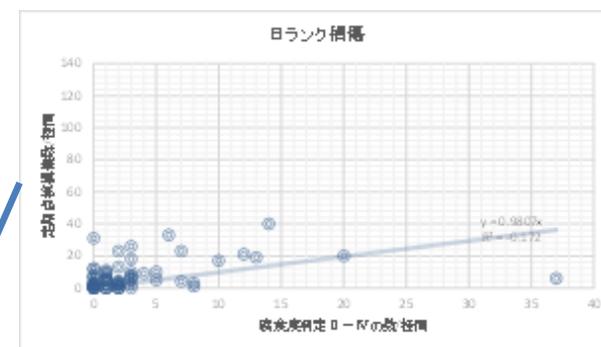
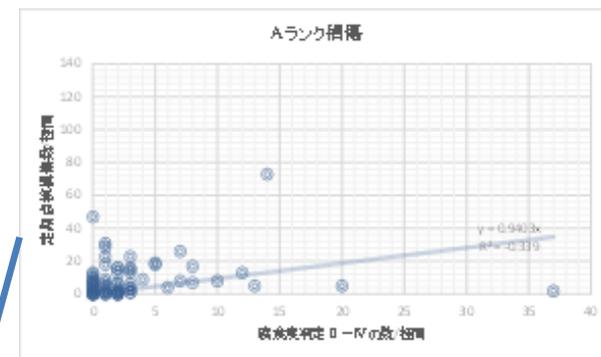
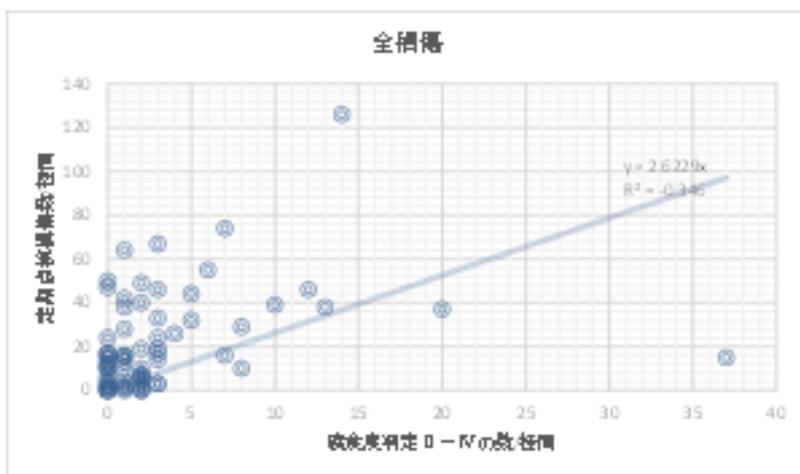


## (定期点検の) 外観変状と鋼材腐食度 ～径間単位～

- ① 定期点検の外観変状と腐食度判定Ⅱ～Ⅳを比較
- ② 径間単位では、総損傷数と腐食度判定Ⅱ～Ⅳの数との間に関連がみられる



径間単位では  
発生損傷数が鋼材腐食を知る手がかり



## 鋼材腐食が認められる箇所のひび割れ変状

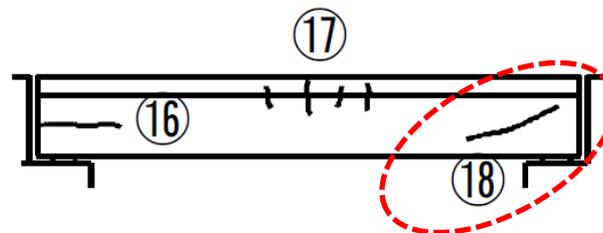
		腐食度判定					計
		I	II	III	IV	OK	
外観 変状	ひび	32	6	1	0	17	56
	浮き	2	0	0	0	7	9
	遊離	6	2	0	0	1	9
	漏水	6	6	0	0	6	18
計		46	14	1	0	31	92

- 鋼材腐食（I～IV）が確認された箇所に生じる変状の2/3程度はひび割れ（39/61箇所）

タイプ	件数
⑱	17
18	18
15	1
?	3
合計	39

- ← 明らかにひび割れ種別⑱と判断できる損傷
- ← 明確に分類できないが、ひび割れ種別の中で⑱が最も近い損傷
- ← 亀甲状ひび割れ
- ← 判断できなかった損傷

- ひび割れの多くはタイプ⑱（35/39箇所）



- 要注意箇所抽出のヒントになる可能性
- 今後、更にデータを蓄積し分析を進める

## 【結論】

腐食が生じたPC鋼材の配置上に外観変状が生じる割合は低く、今回の検討においては損傷単位の検証で3%程度であった。このため、外観変状よりPC鋼材の腐食を判断することは困難と考えられる。しかし、外観変状が生じた箇所を母数としたPC鋼材の腐食発生割合は比較的高く、今回の検討においては損傷単位で66%程度であった。

以上の結果より、外観変状が生じた箇所について、PC鋼材の腐食調査を行うことは有効と考えられる。一方で、外観変状を伴わないPC鋼材の腐食を判断あるいは想定することは困難であり課題と考えられる。これに対しては、対象範囲を損傷単位から桁⇒径間と拡大させることや、径間内での総損傷数および桁単位での漏水遊離石灰の有無などで、PC鋼材の腐食有無を想定できる可能性がある。

## 【要注意箇所の抽出等】

本検討では、PC鋼材が腐食している場合の外観変状の捉え方について、考えられる複数の可能性を示した。（複数の可能性：直接的にはPC鋼材上の変状であるが、その他、対象範囲の拡大や、桁単位での漏水遊離石灰の有無、および径間単位での総損傷数、桁端部に生じるシーす沿いのひび割れなど）

また、定期点検結果より、これらの条件に該当することが判明した場合、その後の対応（詳細調査の実施やその内容）についてフロー化するなど明確にすることが望ましい。

# 本検討結果の概要

## 検討結果の概要

### 1) 特異データの詳細分析

- ・雨水の浸入に伴う凍結融解、PC鋼材腐食、シーす腐食、あるいはA S Rや乾燥収縮など様々な要因が考えられ、絞り込みには至らなかった。

### 2) 防水時期と表面保護時期の差による分析

- ・表面保護を先に補修した場合でも損傷を誘発している傾向は認められない。
- ・但し、表面保護塗装により桁躯体の状況を確認できていない。（潜在的に損傷がある可能性）

### 3) 点検結果と詳細調査結果との関連分析

- ・外観変状と鋼材腐食を照合した結果、損傷単位では外観変状と鋼材腐食の相関は低い。
- ・PC鋼材が腐食している場合の外観変状の捉え方について、考えられる複数の可能性を示した。

## 結 論

### 1) 劣化予測モデルの改良

- ・現状では、損傷メカニズムについて明確に判断できていない。このため、過年度検討した劣化モデルの見直しは実施していない。

### 2) 点検要領への反映

- ・鋼材腐食が認められる箇所では漏水遊離石灰が確認されることがあり、特に顕著な漏水遊離石灰が認められる場合は、シーす内の滞水やPC鋼材の腐食に留意が必要である。
- ・表面保護が施されている場合は損傷が潜在化している事も想定され、塗膜の状態に留意が必要である。
- ・外観変状が認められる場合は、その範囲のみではなく桁や径間単位の範囲で鋼材腐食が生じている可能性があることに留意すべきである。