

# アセットマネジメントに係る コンクリート橋の診断について

平成26年12月5日

(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. アセットマネジメントとコンクリートの劣化診断

§ 2. コンクリートの劣化の種類と原因

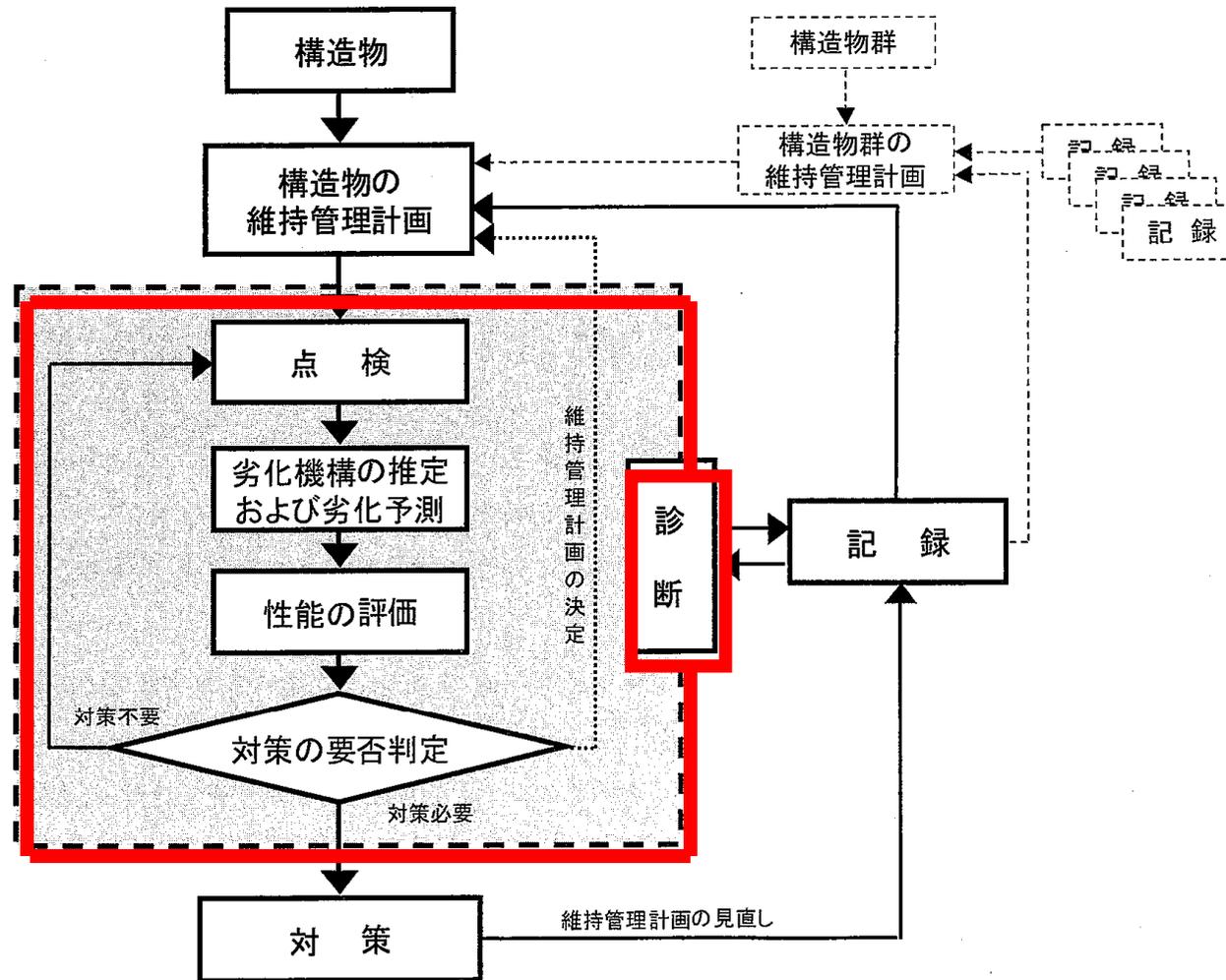
§ 3. コンクリートの劣化診断

## § 1. アセットマネジメントとコンクリートの劣化診断

### アセットマネジメントの定義

アセットマネジメントとは、「**資産管理**」を意味しており、橋梁、トンネル、舗装などの公共土木施設を『**資産**』ととらえ、その破壊、劣化を将来にわたって把握し、最も**費用対効果の高い**維持管理を行うことである。

# 維持管理における診断



解説 図 3.1.1 構造物の維持管理の手順

# アセットマネジメント導入の背景

## 近年の重大事故

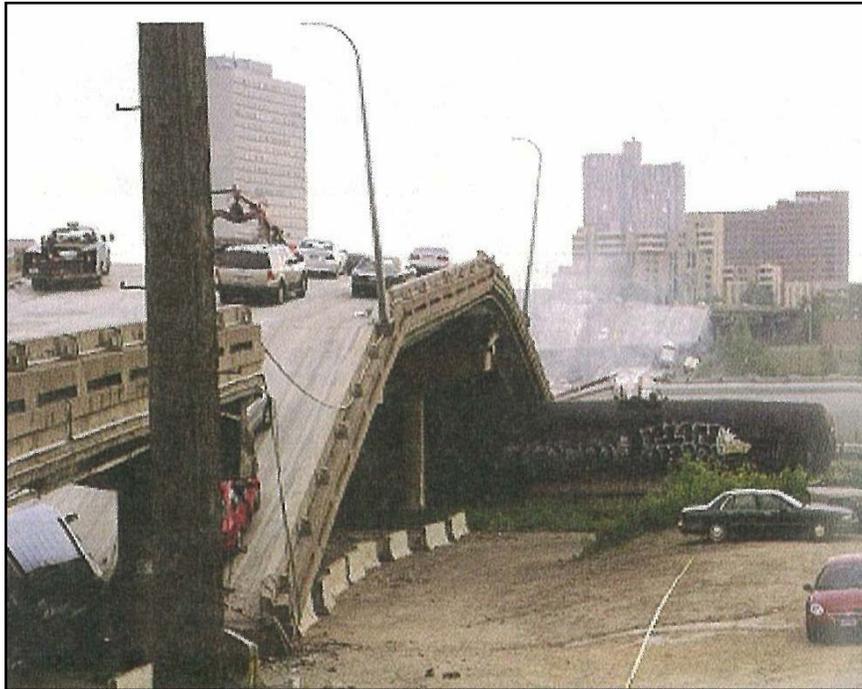


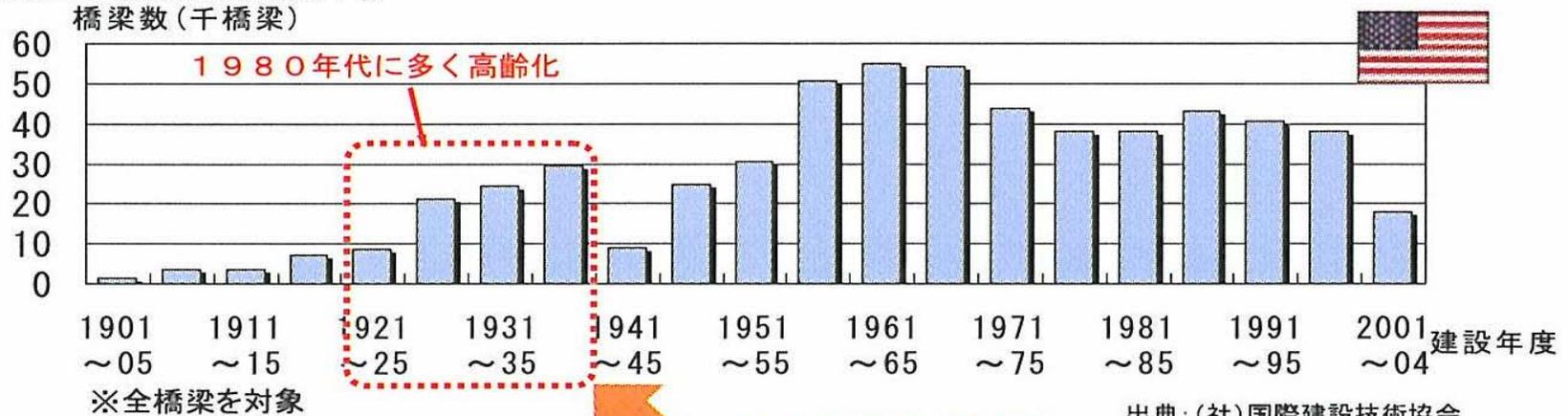
写真1 ミネソタの落橋  
(2007年)



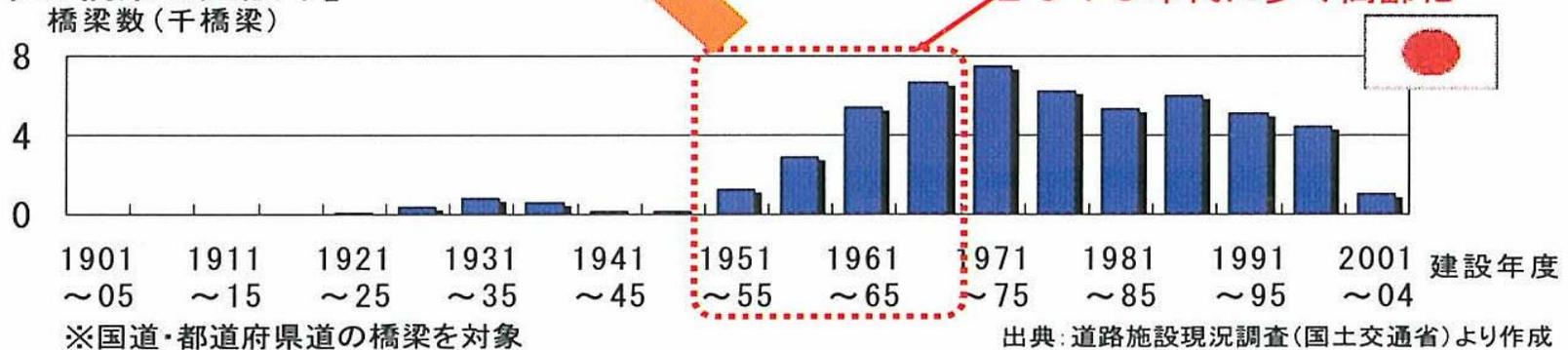
写真2 木曾川大橋の斜材破断  
(2007年)

# 荒廃する日本？

## 【米国の橋梁の建設年】



## 【日本の橋梁の建設年】

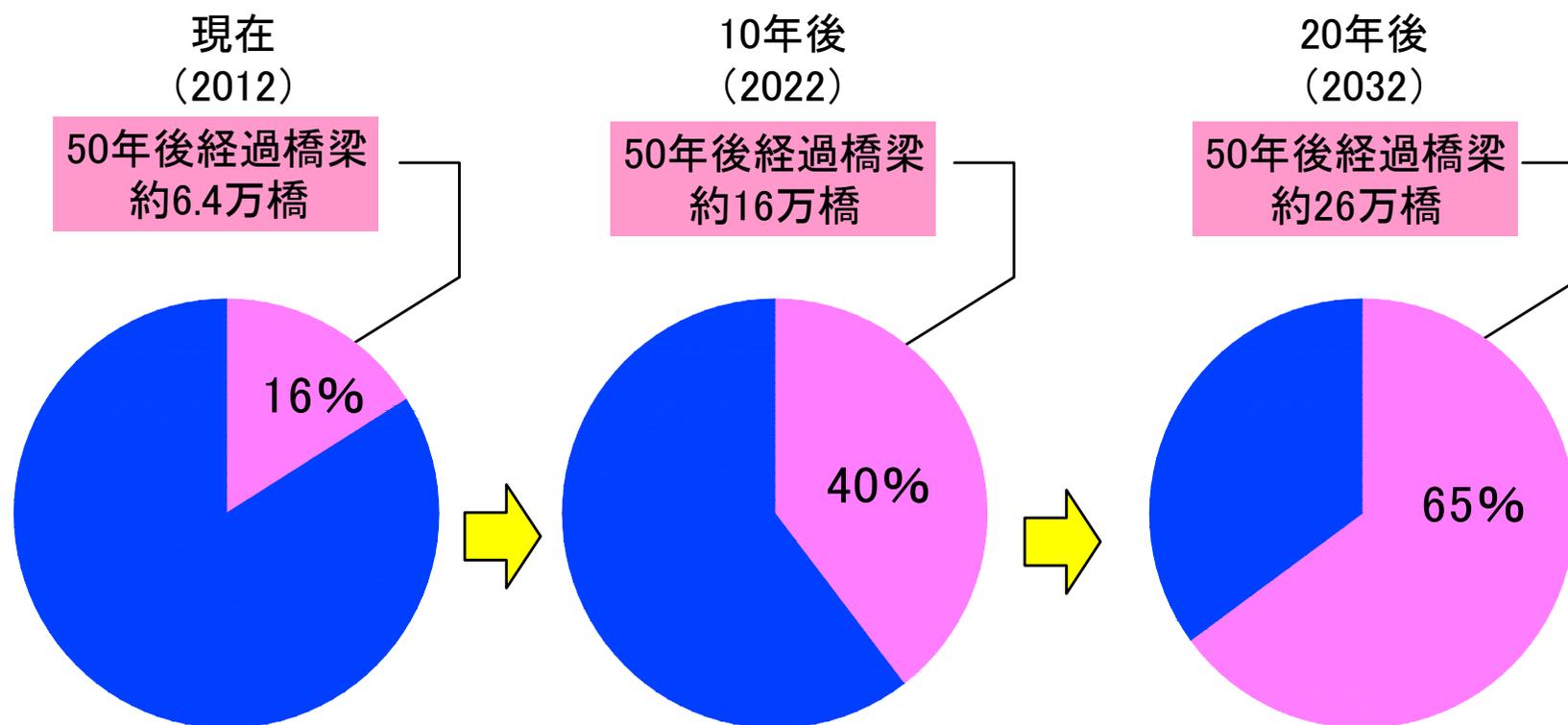


(国土交通省資料)

図一1 米国・日本の橋梁建設年次の比較

# 建設後50年以上の橋梁の推移

全国の2m以上の橋梁は約70万橋ある。そのうち市区町村管理の橋梁が7割を占めており、約30万橋は建設年度が不明である。  
グラフは、建設年度が判明している40万橋を対象に推定している。

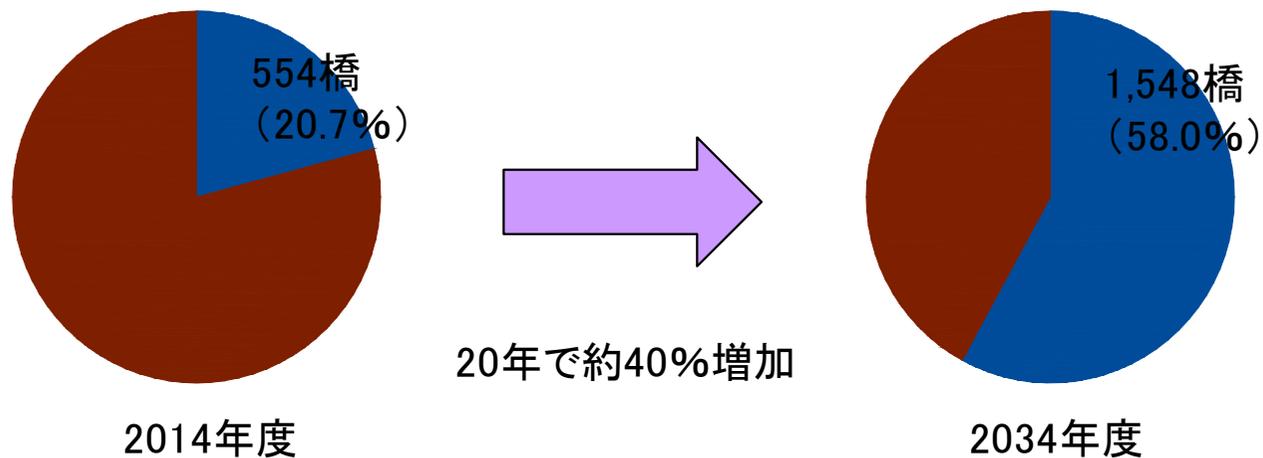


※国土交通省調べ(平成24年4月1日現在) 建設年度不明橋梁を除く

# 島根県の橋梁は？

## 高齢化橋梁(50年以上)の割合

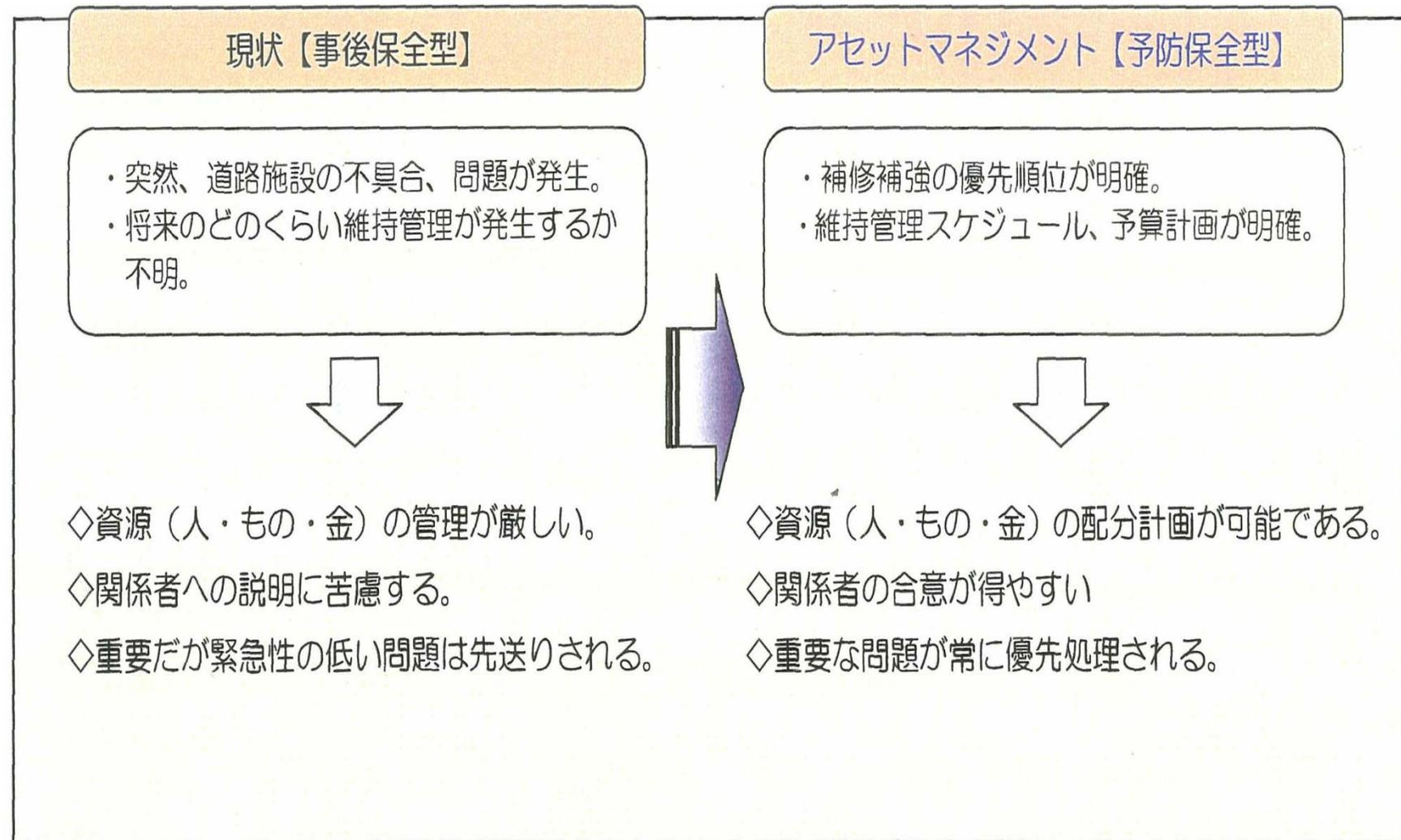
島根県管理橋梁数: 2,671橋



急速に進む橋梁の高齢化  
修繕・架替え費用の増大

「橋梁長寿命化修繕計画」の策定

# 現状の維持管理との比較



## § 2. コンクリートの劣化の種類と原因

### 変状の区分

### 劣化機構

コンクリートの劣化  
(材料的要因)

塩害, 中性化, アルカリ骨材反応  
凍結融解, 化学的侵食

コンクリートの損傷  
(構造的要因)

疲労, 衝撃, 地震, 火災,  
使用条件 (交通量, 過積載)

施工不良

鋼材かぶり不足, グラウト不良  
使用材料品質不良

# 1. 塩害

コンクリート中の鋼材が塩化物イオンによって腐食し、腐食生成物の体積膨脹で、コンクリートにひび割れ、はく離が生じる現象

## 塩化物イオンの進入径路

①使用材料の中にすでに含まれている場合

除塩が不十分な**海砂**を細骨材として使用

②構造物の完成後外部から侵入する場合

海岸地域などの**飛来塩分**

路面凍結防止で散布する**凍結防止剤**(塩化カルシウム等)

# 塩害損傷の特徴(その1)

## ①沿岸地域における飛来塩分による塩害

- ・コンクリート中に塩化物イオンが浸透・蓄積し、内部の鋼材が腐食することから始まる。

- ・錆の膨張圧により錆汁を伴うひびわれが発生し、ひびわれ発生以降は、塩化物イオンや酸素・水分の供給が容易になり、鋼材腐食が加速する。

- ・かぶりコンクリートがはく離・はく落し、内部鋼材がむき出しになると直接塩化物イオンが付着するため、急激に腐食が進行し、構造全体の耐荷性能が急速に低下する。

# 塩害(飛来塩分)の劣化現象例(1)

(かぶりコンクリートのはく落)



PCT桁鉄筋の露出



# 塩害(飛来塩分)の劣化現象例(2)



PCポストテンションT桁

軸方向鉄筋の露出

※ プレテンション桁では、  
PC鋼材の露出となる。

(著しい層状はく離)



RCT桁 主鉄筋の露出

構造性能に大きく影響

# 塩害（再劣化の事例 1）

## PC箱桁



表面被覆材のはがれ、  
錆汁の発生、鉄筋の露出

表面被覆材のふくれ



# 塩害(再劣化の事例2)



ポストテンションT桁橋

## 塩害損傷の特徴(その2)

### ②冬期の凍結防止剤の影響による塩害

凍結防止剤の塩化物イオンを含む水がコンクリートに付着、浸透。下記の部材、部位に発生しやすい。

- ・コンクリート橋の上面、鋼橋のRC床版  
→ 舗装にひびわれ
- ・コンクリート製の地覆、高欄
- ・コンクリート橋の桁端
- ・橋台や掛違い橋脚（特に橋座面）
- ・鋼製の支承、伸縮装置

# 凍結防止剤の影響による塩害(その1)



舗装面に多くのひび割れ



床版下面に漏水・遊離石灰

鋼橋のRC床版の例



床版損傷(舗装はつり)

鉄筋位置での塩分濃度( $\text{Cl}^-$ )

1.44~3.70 $\text{kg}/\text{m}^3$

(腐食発生限界1.2 $\text{kg}/\text{m}^3$ 以上)

# 凍結防止剤の影響による塩害(その2)



橋面からの漏水跡

鋼橋のRC床版の例

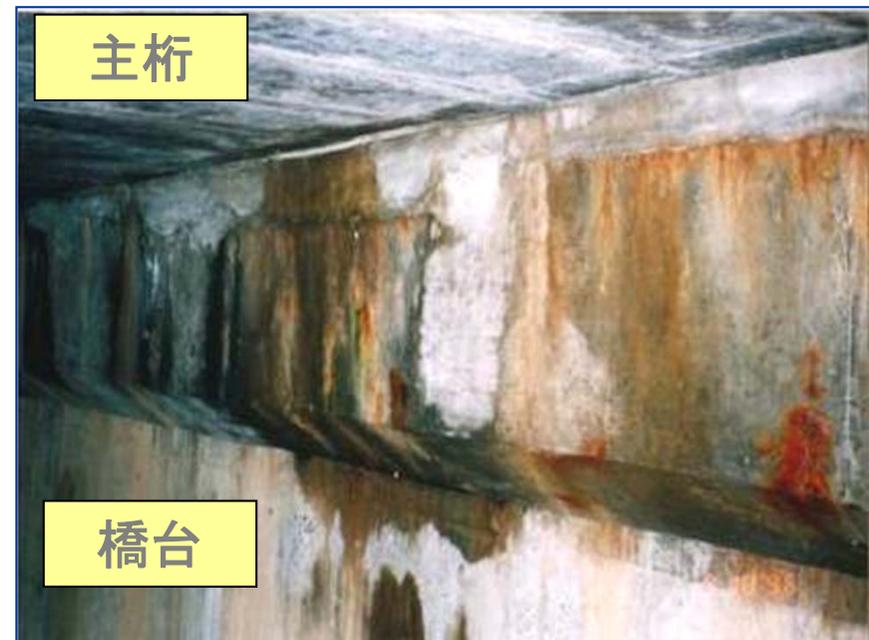


鉄筋の著しい腐食

# 凍結防止剤の影響による塩害(その3)

コンクリート桁の桁端

橋台



ひびわれから著しい錆汁

# 塩害環境下での点検時の留意点(その1)

- ①塩害による劣化進行は早い**ため、軽微なひびわれであって**も正確に記録する。****
- ②**錆汁を伴うひびわれ**は、鋼材が腐食している可能性があるため、ひびわれの周辺をたたき点検して、うき・はく離の有無を確認する。はく落の恐れがあるものは、桁下の状況に応じて**たたき落とす**とともに、露出した鋼材には**防錆処理**をするのがよい。
- ③PC橋において、**PC鋼線の破断**が確認された場合は交通規制等の緊急対策を講じるか否かを判断するため、**耐荷力を把握する詳細調査**を早急**に実施する必要がある。**

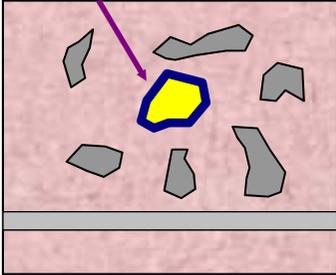
## 塩害環境下での点検時の留意点(その2)

- ④次回点検までの間に環境が変化する可能性もあるため、塩化物イオンの侵入経路や、海岸線からの距離などを記録しておく。
- ⑤すでに塩害補修が実施されているものは、表面被覆材のふくれ、うき、はく離、ひびわれ等を正確に記録する。

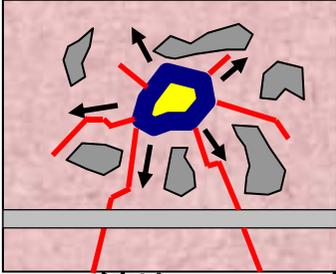
## 2.コンクリートのアルカリ骨材反応(ASR)

劣化過程

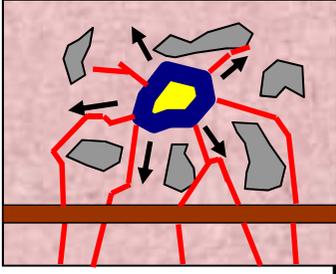
反応性骨材



ASRによる膨張



ひび割れ

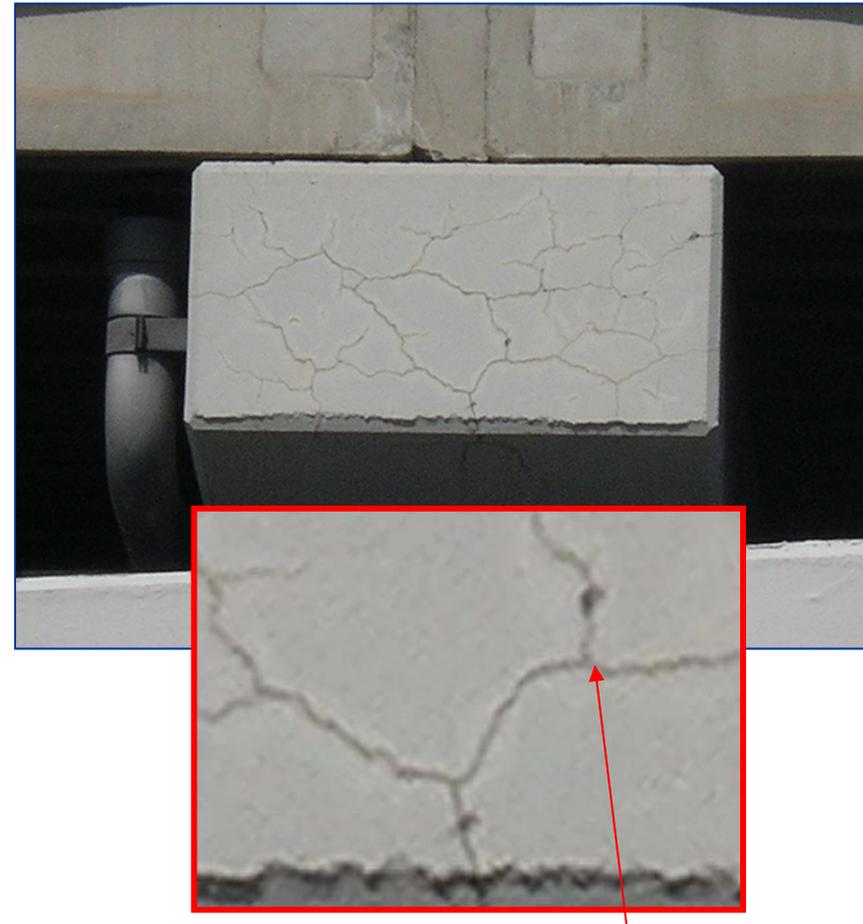


ひび割れ増加、  
鋼材の腐食



# ASRによる損傷の特徴(1)

無筋や鉄筋量の少ないコンクリート表面では、**網状のひびわれ**が全面に発生する場合が多く、**120度の角度で3本のひびわれ**が発生することが多い



120° の角度で3本のひびわれ

## ASRによる損傷の特徴(2)

内部膨張力は拘束力の小さい方向に作用するため、外部からの拘束力がある場合は**拘束方向にひびわれが発生する**



橋脚の柱部



橋脚の梁部

## ASRによる損傷の特徴(3)

ひびわれ部は変色したり、白色のゲルや錆汁が滲出することがある



橋脚横梁



橋台

## ASRによる損傷の特徴(4)

ひびわれ幅は、乾燥収縮等のひびわれに比べて大きい。コンクリート表面が**内部の膨張力**で盛り上がり、ひびわれ部に段差が生じる場合がある

橋脚横梁



## ASRによる損傷の特徴(5)

同一構造物の中でも、水分の供給が多い環境条件にある部位にひびわれが多く発生する

アルカリシリカゲルは吸水すると膨張する



橋 台



橋 脚

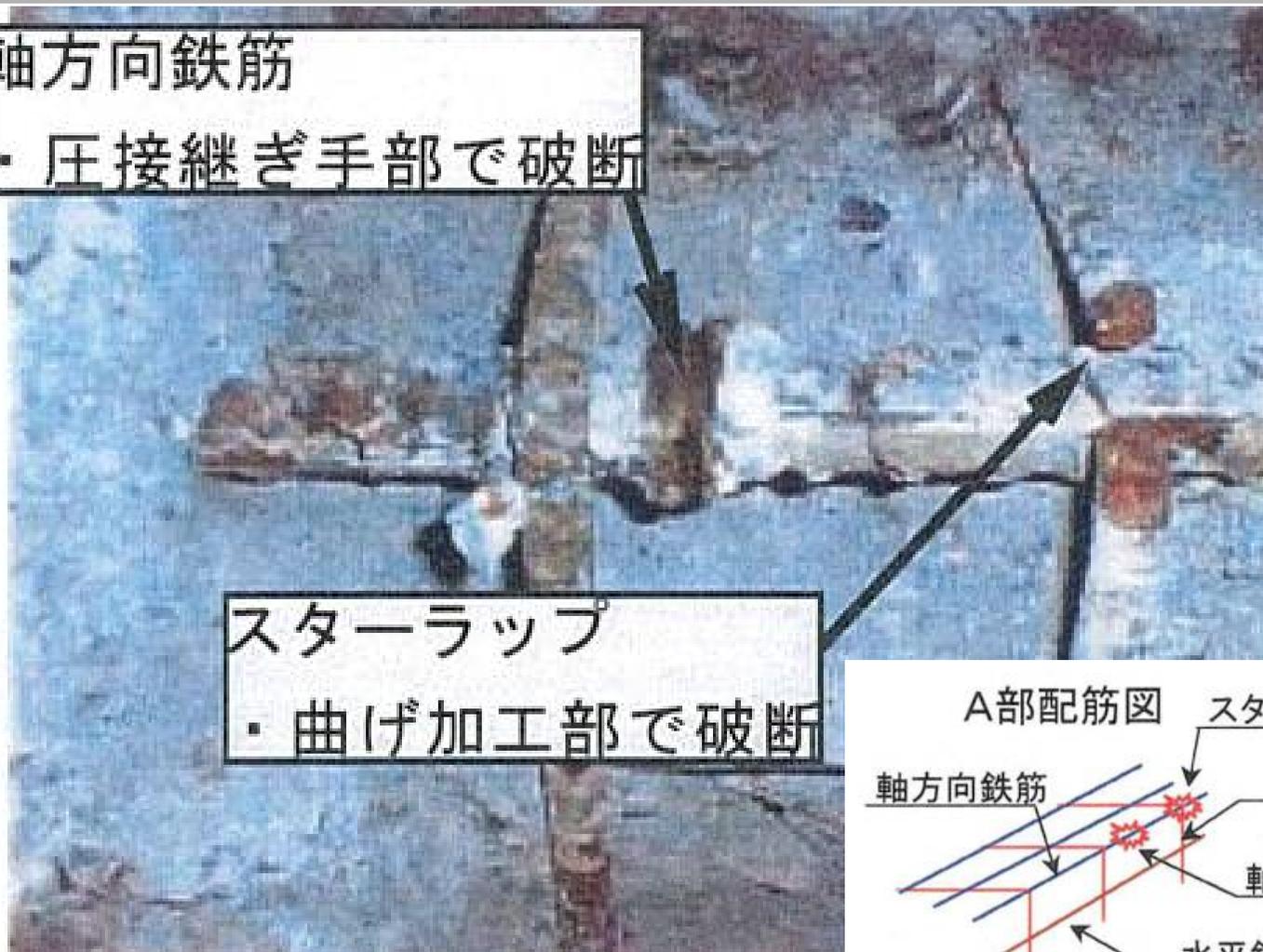
# 橋脚梁部 ASRによる鉄筋の破断(1)

アルカリ骨材反応によって鉄筋が破断  
していた例が報告されている

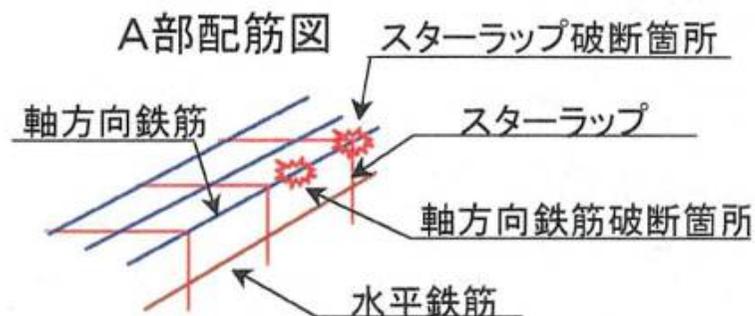


# 橋脚梁部 ASRによる鉄筋の破断(2)

軸方向鉄筋  
・ 圧接継ぎ手部で破断



スターラップ  
・ 曲げ加工部で破断



## ASRと考えられる場合の点検時の留意点(その1)

- ①ひびわれの形態、滲出物の有無を観察する。
- ②ひびわれを手でさわり、盛り上りの有無を把握する。
- ③水分の進入経路を把握する。  
(伸縮装置からの漏水等)
- ④第三者被害が考えられる箇所のうきやはく離は、ハンマー等によりたたき落とし、露出した鋼材に対しては防錆処理を行う。

## ASRと考えられる場合の点検時の留意点(その2)

- ⑤無筋コンクリートでも発生する損傷である。
- ⑥アルカリ骨材反応によって鉄筋が破断していた例が報告されている。こうした場合はコンクリートをはつり内部の鉄筋の状況を観察する詳細調査を実施する必要がある。

### 3. 凍害

コンクリート中の水分が凍結と融解を繰り返し、ひびわれの発生や表層部のはく離により、表層に近い部分から破壊し、しだいに劣化して行く

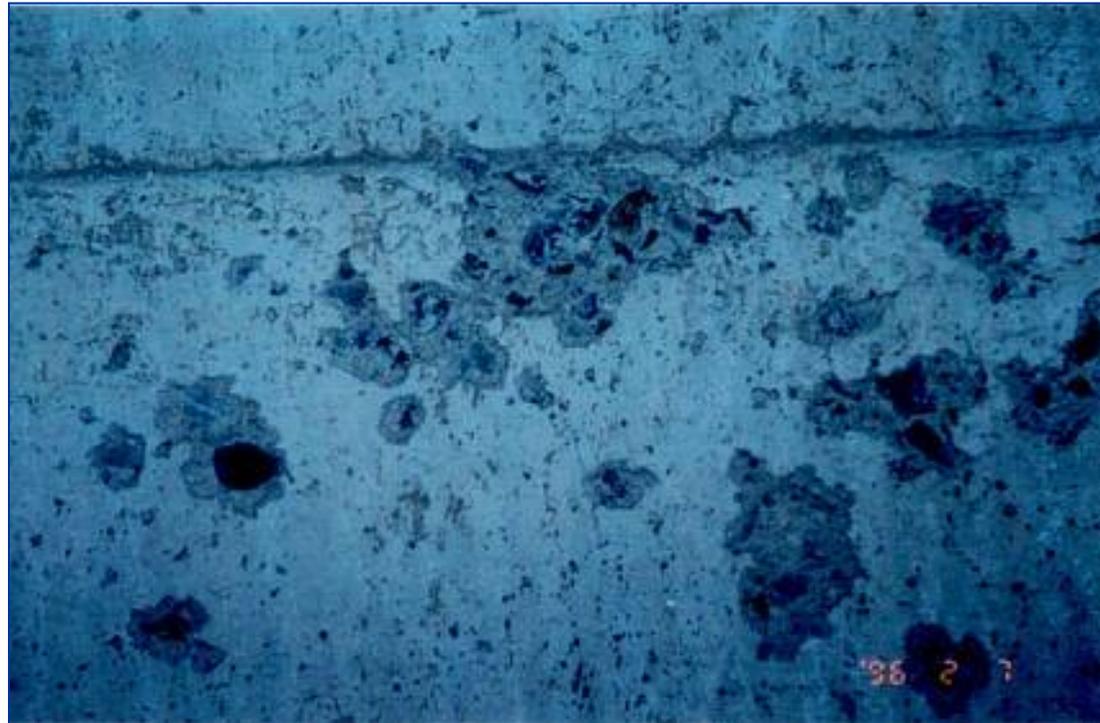


# 凍害による損傷の特徴(1)

## ポップアウト

表層下の骨材粒子の膨張によってできた表面の円錐状のはく離(骨材の品質:多孔質で吸収性の大きい粗骨材)

橋 台



## 凍害による損傷の特徴(2)

### スケーリング

表面が薄片状にはく離・  
はく落

(ペースト部分の劣化)



橋脚

# 凍害が考えられる場合の点検時の留意点

- ① スケーリングははく落しやすいため、たたき点検を行い、スケーリングの範囲を把握する。
- ② 第三者被害が考えられる箇所ではく離の恐れがあるものは、ハンマー等によりたたき落とし、露出した鋼材に対しては防錆処理を行う。
- ③ 水分の進入経路を把握する。  
(伸縮装置からの漏水等)
- ④ 無筋コンクリートでも発生する損傷である。

# § 3. コンクリートの劣化診断



## [維持管理編:本編]

- 1章 総 則
- 2章 要求性能
- 3章 維持管理の方法

## [維持管理編:標準]

- 1章 総 則
- 2章 維持管理計画
- 3章 点 検
- 4章 劣化機構の推定
- 5章 予 測
- 6章 性能の評価および判定
- 7章 対 策
- 8章 記 録
- 9章 要求性能レベルの変更への対応

- 10章 プレストレストコンクリート

## [維持管理編:劣化現象・機構別]

- 1章 総 則
- 2章 水掛かり
- 3章 ひび割れ
- 4章 鋼材腐食
- 5章 中性化
- 6章 塩 害
- 7章 凍 害
- 8章 化学的侵食
- 9章 アルカリシリカ反応
- 10章 疲 労
- 11章 すりへり

## [維持管理編:付属資料]

# 用語の定義 pp.5(抜粋)

## 1.3 用語の定義

維持管理：構造物の供用期間において、構造物の性能を所要の水準以上に保持するための全ての行為。

診断：点検、劣化予測、評価および判定を含み、維持管理において構造物や部材の変状の有無を調べて状況を判断するための一連の行為の総称。

# 用語の定義 pp.5(抜粋)

## 1.3 用語の定義

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

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

## 3.3 診断

### 3.3.1 一般

- (1) 構造物の診断にあたっては、維持管理計画に基づいて点検を実施し、その結果から劣化状態の確認、劣化機構の推定、劣化予測ならびに構造物の性能評価を行い、対策の要否を適切に判定しなければならない。
- (2) 診断には、初期の診断、定期の診断、および臨時的の診断があり、それぞれの目的に適した診断を、維持管理計画の策定時に定めた診断の計画に基づき、十分な知識と経験を有する技術者が実施するものとする。

## 3.3.2 初期の診断

- (1)初期の診断は、構造物の初期状態を把握することを目的に実施する。(※初期:維持管理を開始する初期)
- (2)初期の診断では、**初期点検**結果を基に劣化機構の推定、劣化予測、構造物の性能の評価および対策の要否判定などを実施し、**維持管理計画の妥当性を確認**しなければならない。
- (3)初期の診断において、応急処置あるいはその他の対策が必要と判定された場合には、適切に実施しなければならない。

**初期点検, データ(初期値), 初期欠陥**

## 3.3.3 定期の診断

- (1)定期の診断は、供用中の構造物の性能を評価し、対策の要否を判定するために実施する。
- (2)定期の診断では、日常点検あるいは定期点検により、損傷や劣化の有無とそれらの経時変化を把握するとともに、劣化機構の推定および劣化予測を行い、構造物の性能を評価し、対策の要否を判定しなければならない。
- (3)定期の診断の結果を基に維持管理計画の妥当性を確認し、必要に応じて維持管理計画の見直しを行わなければならない。

日常点検(1回/数日~1回/週程度)、定期点検(1回/数年程度)

## 3.3.4 臨時の診断

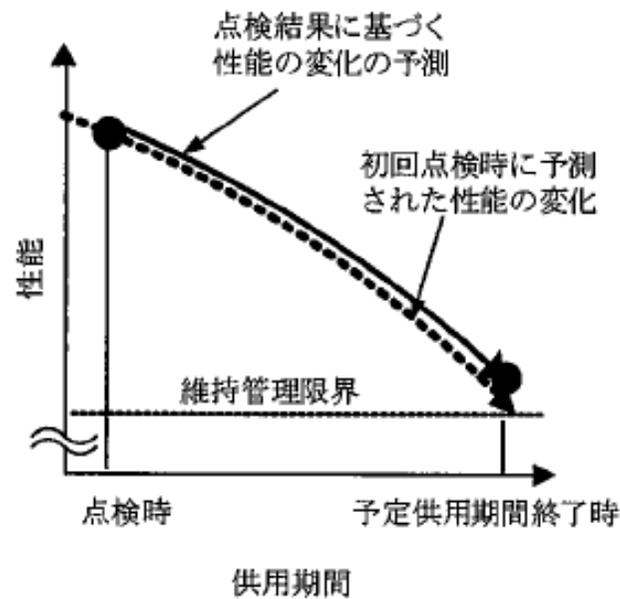
- (1)臨時の診断は、偶発的な外力が構造物に作用した場合など、緊急に診断が必要となるような状況が生じた場合に実施するものとする。
- (2)臨時の診断は、臨時点検あるいは緊急点検により、損傷や劣化などによる変状の程度を把握して構造物の性能を評価し、対策の要否を判定することを目的として実施するものとする。
- (3)臨時の診断において、構造物の倒壊など、対人傷害や社会的、経済的に重大な影響が発生すると予測される場合には、可能な限り早急に適切な処置を講じなければならない。

臨時点検, 緊急点検

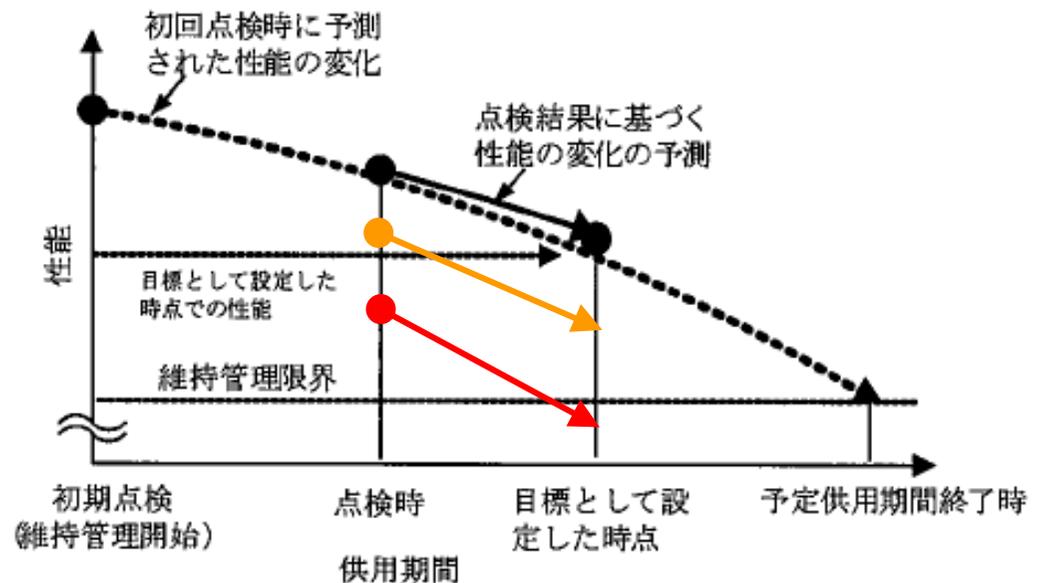
## 6.2.2 性能評価の方法

- (1) 構造物の性能の評価は、評価すべき性能に応じて、適切な評価方法を選定するとともに、その手法に適合するように変状を適切にモデル化して行うことを原則とする。
- (2) 性能の評価は、点検時のみならず、予定供用期間終了時あるいは任意の時点の状態を予測して行うことを原則とする。

# 性能の評価および判定 pp.63



(性能評価の基本)



(予定供用期間が長い場合の性能評価)

解説 図 6.1.1 予定供用期間と性能評価(概念図)

# 補修および補強の設計 pp.79

解説 表 7.3.1 耐久性の回復もしくは向上を目的とした補修の方針と工法

劣化機構	補修の方針	補修工法等	目標とする性能を満たすために考慮すべき要因
中性化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 中性化したコンクリートの除去</li> <li>・ 補修後の CO<sub>2</sub>, 水分の侵入抑制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 断面修復工法</li> <li>・ 表面処理工法</li> <li>・ 再アルカリ化工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 中性化部除去の程度</li> <li>・ 鋼材の防錆処理</li> <li>・ 断面修復材の材質</li> <li>・ 表面処理材の材質と厚さ</li> <li>・ コンクリート中のアルカリ量</li> </ul>
塩害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 侵入した Cl<sup>-</sup>の除去</li> <li>・ 補修後の Cl<sup>-</sup>, 水分, 酸素の侵入抑制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 断面修復工法</li> <li>・ 表面処理工法</li> <li>・ 脱塩工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 侵入部除去の程度</li> <li>・ 鋼材の防錆処理</li> <li>・ 断面修復材の材質</li> <li>・ 表面処理材の材質と厚さ</li> <li>・ 脱塩工法適用箇所の Cl<sup>-</sup>量の除去程度</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 鋼材の電位制御</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気防食工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 陽極材の品質</li> <li>・ 分極量</li> </ul>
凍害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 劣化したコンクリートの除去</li> <li>・ 補修後の水分の侵入抑制</li> <li>・ コンクリートの凍結融解抵抗性の向上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水処理（止水, 排水処理）</li> <li>・ 断面修復工法</li> <li>・ ひび割れ注入工法</li> <li>・ 表面処理工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 断面修復材の凍結融解抵抗性</li> <li>・ 鋼材の防錆処理</li> <li>・ ひび割れ注入材の材質と施工法</li> <li>・ 表面処理材の材質と厚さ</li> </ul>
化学的侵食	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 劣化したコンクリートの除去</li> <li>・ 有害化学物質の侵入抑制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 断面修復工法</li> <li>・ 表面処理工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 断面修復材の材質</li> <li>・ 表面処理材の材質と厚さ</li> <li>・ 劣化コンクリートの除去程度</li> </ul>

# 補修および補強の設計 pp.79

解説 表 7.3.1 耐久性の回復もしくは向上を目的とした補修の方針と工法

劣化機構	補修の方針	補修工法等	目標とする性能を満たすために考慮すべき要因
アルカリシリカ 反応	<ul style="list-style-type: none"> <li>水分の供給抑制</li> <li>内部水分の散逸促進</li> <li>アルカリ供給抑制</li> <li>膨張抑制</li> <li>部材剛性の回復</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水処理（止水，排水処理）</li> <li>ひび割れ注入工法</li> <li>表面処理工法</li> <li>断面修復工法</li> <li>巻立て工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れ注入材の材質と施工法</li> <li>表面処理材の材質と厚さ</li> <li>断面修復材の材質</li> </ul>
疲労 (道路橋鉄筋コ ンクリート床板 の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れ進展の抑制</li> <li>部材剛性の回復</li> <li>押抜きせん断強度の回復</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水処理（排水処理）</li> <li>床版防水工法</li> <li>接着工法</li> <li>増厚工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既設コンクリート部材との一体性</li> </ul>
すりへり	<ul style="list-style-type: none"> <li>減少した断面の復旧</li> <li>粗度係数の回復・改善</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>断面修復工法</li> <li>表面処理工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>断面修復材の材質</li> <li>付着性</li> <li>すりへり抵抗性</li> <li>粗度係数</li> </ul>

# 補修および補強の設計 pp.80

解説 表 7.3.2 安全性や使用性の力学的な性能の回復あるいは向上を目的とした工法の例と適用部材

工法の概要	主な工法の例*1	適用部材					
		全般	はり	柱	スラブ	壁*2	支承
接着	接着工法		◎	○	◎	○	
巻立て	巻立て工法			◎		○	
プレストレスの導入	外ケーブル工法		◎	○	○		
断面の増厚	増厚工法		○		◎		
部材の交換	打換え工法		○	○	◎	◎	◎
はり（桁）の増設	増設工法		◎		◎		
壁の増設	増設工法					◎	
支持点の増設	増設工法		◎		◎		○
免震化	免震工法	◎					◎

◎：実績が比較的多いもの，○：適用が可能と考えられるもの

\*1：接着工法：鋼板接着工法，連続繊維接着工法（連続繊維シート接着工法，連続繊維板接着工法）

巻立て工法：鋼板巻立て工法，連続繊維巻立て工法（連続繊維シート巻立て工法，連続繊維板巻立て工），RC巻立て工法，  
モルタル吹付け工法，プレキャストパネル巻立て工法

プレストレス導入：外ケーブル工法，内ケーブル工法

増厚工法：上面増厚工法，下面増厚工法，下面吹付け工法

増設工法：はり（桁）増設工法，耐震壁増設工法，支持点増設工法

\*2：壁式橋脚を含む

# プレストレストコンクリート pp.98, 99

## 10.1 総則

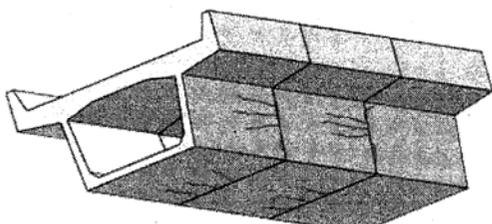
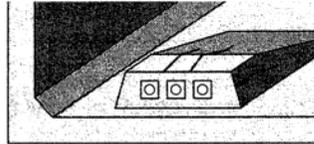
- (1)この章は、プレストレストコンクリート構造物に特徴的な維持管理の標準を示す。
- (2)プレストレストコンクリート構造物の維持管理は、**PC構造に特有の劣化**に留意して行わなければならない。

## 10.2 維持管理計画

- (1)維持管理計画は、2章によるほか、**PC構造の特徴および技術の変遷等を考慮して策定**しなければならない。
- (2)維持管理限界は、維持管理区分、**PC構造の特徴を考慮して適切に設定**する。

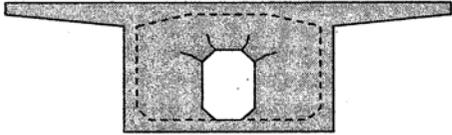
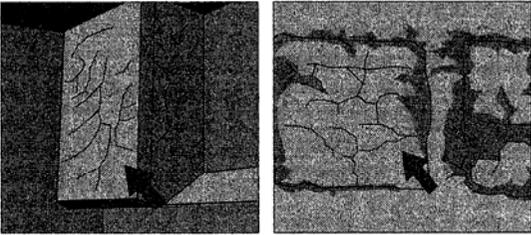
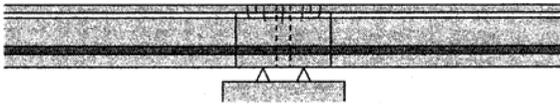
# プレストレストコンクリート[点検] pp.101

解説 表 10.3.2 ひび割れに着目した点検の例

分類	ひび割れパターンの例	ひび割れ発生要因
PC 構造特有のひび割れ	位置：PC 桁側面，下面 状況：PC ケーブルに沿ったひび割れ 	ポストテンション方式の PC グラウト充填不足部分が存在するケーブルでは、その部分に水や塩化物イオンの侵入により、水の凍結膨張圧あるいはシースや PC 鋼材が腐食することが原因で PC ケーブルに沿ったひび割れが生じる。
	位置：PC 桁の施工目地部近傍 状況：目地部ひび割れ・開口，目地に対して直角に生じるひび割れ 	施工目地では、新旧コンクリートのクリープ、乾燥収縮差の影響や水和熱による拘束温度応力等によるひび割れが生じやすい。
	位置：PC 鋼材定着部 状況：定着部あるいはその周辺部のひび割れ 	定着具本体の局部支圧応力や周辺部位への曲げ応力がコンクリートの引張強度を超えることでひび割れが発生する。発生要因は、コンクリートの圧縮（支圧）強度不足，補強鉄筋不足，コンクリート部材厚不足，定着位置の不備等が考えられる。

# プレストレストコンクリート[点検] pp.101

解説 表 10.3.2 ひび割れに着目した点検の例

分類	ひび割れパターンの例	ひび割れ発生要因
コンクリート構造物としてのひび割れ	位置：横桁の開口部付近 状況：隅角部からのひび割れ 	乾燥収縮の拘束応力やコンクリートの水和熱に伴う内部拘束応力がコンクリートの引張強度を超えることでひび割れが発生する。通常、ひび割れ発生を想定して、補強筋を配置している。
	位置：ダイヤフラム（左下）や PC 鋼材後埋め部（右下） 状況：比較的方向性のないひび割れ 	乾燥収縮により微細ひび割れが発生し、その後、水の侵入と内部鋼材の腐食により、ひび割れが顕著になる。この部位は、PC 部材本体ではないものの、PC 鋼材定着部を保護している部分であり、水の侵入がある場合には、予防的な対策（漏水対策および表面保護対策等）が必要となる。
	位置：プレキャスト連結桁の中間支点部 状況：桁上縁の鉛直ひび割れ 	RC 構造として設計されるため、持続荷重の載荷によりひび割れが発生する。ただし、乾燥収縮やクリープの異常進行によりひび割れ幅が拡大する可能性もあることに注意を要する。

# プレストレストコンクリート [詳細調査] pp.103

解説 表 10.3.3 PC 構造特有の変状に応じた詳細調査の事例

調査項目	調査手法の例		評価内容の例
PC 鋼材の 状態	外観調査	水しみ, エフロッセンス, ひび割れ等の発生状況から水の侵入経路と PC 鋼材の配置との相関を確認する.	PC 鋼材の配置や PC 鋼材の腐食範囲を推定する.
	はつり調査 削孔調査	コンクリートはつりまたは削孔を行い, PC 鋼材の状態を目視または工業用内視鏡を用いて確認する.	調査位置における PC 鋼材の腐食状況や破断本数を特定する.
	電磁波レーダ法	コンクリート表面から電磁波を放射して鋼材境界面からの反射波画像を確認する.	調査位置における PC 鋼材の位置やかぶりを推定する.
	放射線透過法	コンクリート表面から X 線等を使って放射線透過写真を撮影する.	
	振動法	外ケーブルを振動させ, 固有振動数を計測する.	得られた固有振動数や測定電圧より, 外ケーブル張力を推定する.
	磁歪法	外ケーブル外周に磁歪センサを取り付け, ケーブルの磁束密度を変化させて発生した誘導電流の電圧を測定する.	
PC グラウトの 状態	放射線透過法	コンクリート表面から X 線等を使って放射線透過写真を撮影する.	調査位置における PC グラウトの充填状況を推定する.
	衝撃弾性波法 (インパクトエコー法)	PC 鋼材が配置されている部分のコンクリート表面に鋼球打撃により弾性波を入力し, その反射波を振動センサで受信し周波数スペクトル解析を行う.	
	超音波法 (広帯域)	コンクリート内に高強度で広帯域の周波数を有する超音波を入力し, 起生波を全て収録する. 収録した起生波をフィルタリングし, 特定したシースからの反射波特性を分析する.	

# プレストレストコンクリート [詳細調査] pp.103

解説 表 10.3.3 PC 構造特有の変状に応じた詳細調査の事例

調査項目	調査手法の例		評価内容の例
PC グラウトの状態	衝撃弾性波法 (打音振動法)	PC 鋼材両端の定着部近傍のコンクリート表面にセンサを取り付け、入力センサ側をハンマ等で打撃し、弾性波伝搬速度や入力側と出力側のエネルギー減衰および周波数特性を測定する。	直線配置 PC 鋼材 (横締め等) における PC ケーブル 1 本ごとのグラウトの充填状況を推定する。
	通気法 (空圧法)	内ケーブルに対して削孔した穴を利用し、通気または圧縮空気を送り込むことにより、PC グラウトの充填不足部の体積やシース内の密実性を把握する。	PC グラウトの充填不足部分を推定し、シース内の密実性を把握する。
プレストレスの状態	コア切込み法	2 方向のひずみゲージを貼り付け、コアを切り込むことによって解放されるひずみを測定する。	調査位置における乾燥収縮、クリープひずみの影響を除去し、応力を推定する。
	スリット法	コンクリートを部分的に切削し、応力解放した際のひずみを光学的ひずみ計測装置により測定する。	撮影した範囲内の任意の位置・方向のひずみを画像解析し、応力を推定する。
	フラットジャッキ法	PC 部材に切削した溝にフラットジャッキを挿入し、応力の解放によって生じた変形量を復元させるために要する圧力を測定する。	調査位置におけるプレストレスを直接的に評価する。
	鉄筋解放ひずみ法	プレストレスが導入されている方向の鉄筋を切断した時のひずみを測定する。	調査位置における鉄筋解放ひずみを応力に換算してプレストレスを評価する。

ご清聴ありがとうございました.