

「鋼構造物の長寿命化技術」に関する講習会

# 阪神高速道路の長寿命化に向けて

2016年6月22日(水)

阪神高速道路株式会社

田畑 晶子

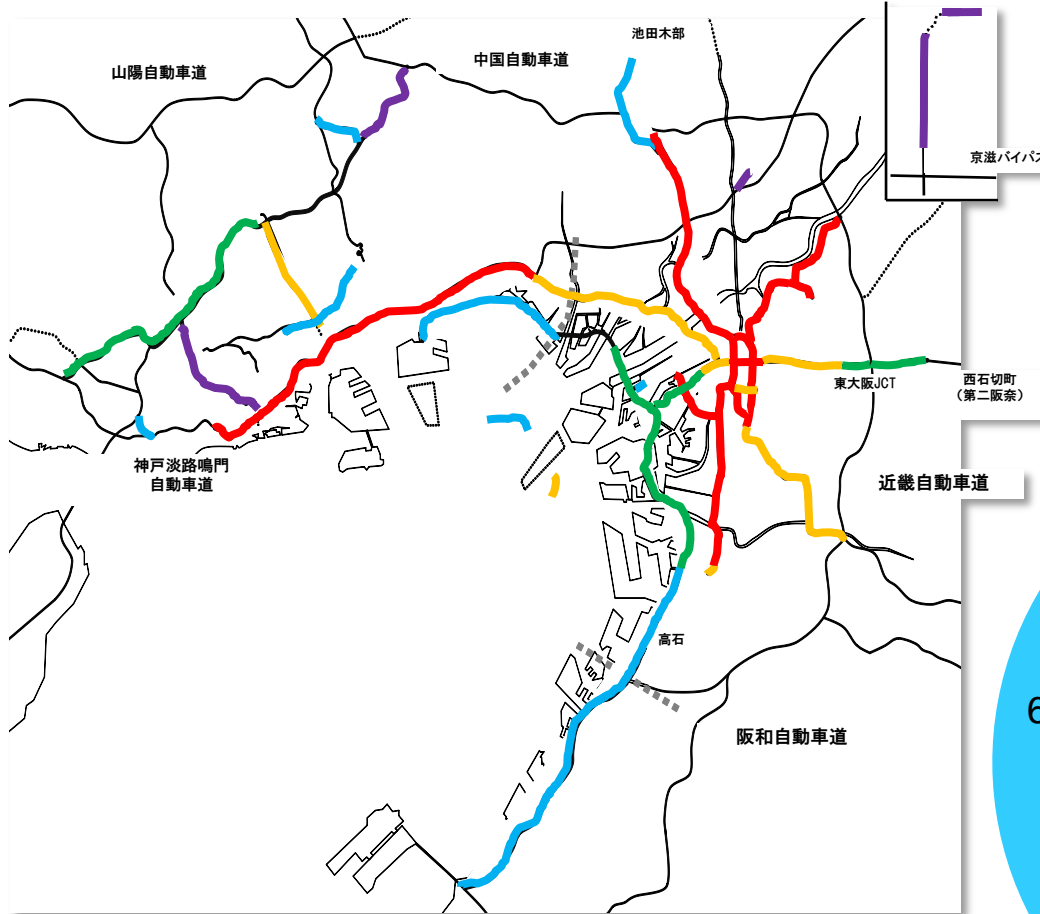
1. 維持管理の現状  
— 阪神高速道路の供用環境 —
2. 橋梁の損傷状況と対策例  
— 様々なデータから見た構造物の状況と日常の対策例 —
3. 維持管理上の課題と取り組み  
— 現状から見る課題と実践 —
4. 長寿命化に向けて  
— 大規模修繕の実施上の課題と取り組み —



# 1. 維持管理の現状

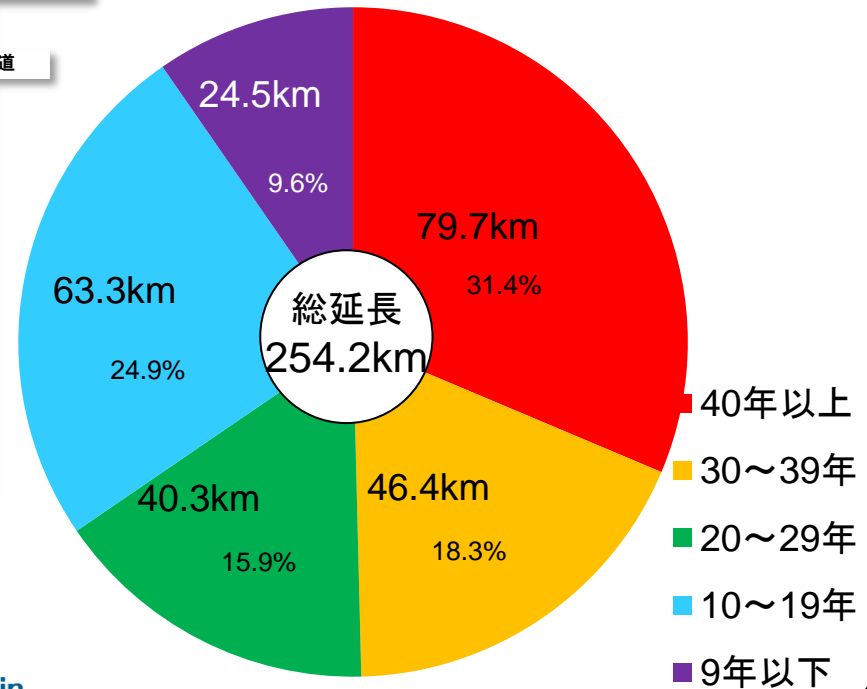
— 阪神高速道路の供用環境 —

# 1. 維持管理の現状 阪神高速の供用状況



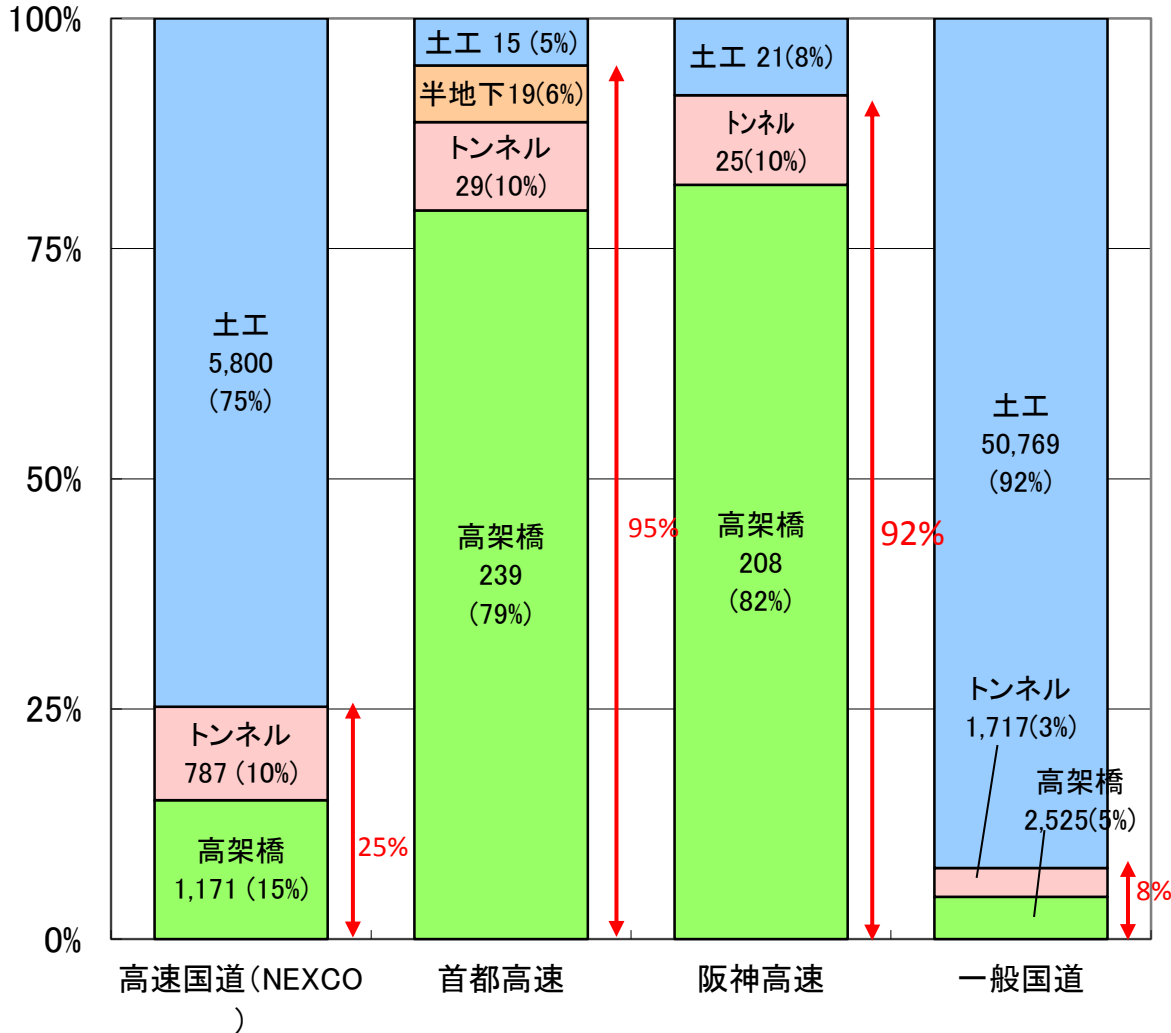
総延長254.2kmのうち、

- ✓ 経過年数40年以上が約**30%**  
(約80km)
- ✓ 30年以上が約**50%**  
(約130km)



- 40年以上 大阪池田線、守口線、森小路線、堺線、神戸西宮線等
- 30~39年 大阪堺線、東大阪線、松原線、大阪西宮線等
- 20~29年 大阪東大阪線、湾岸線、北神戸線等
- 10~19年 大阪池田線延伸部、東大阪線、湾岸線、北神戸線等
- 9年以下 北神戸線、神戸山手線、京都線

# 1. 維持管理の現状 構造物比率

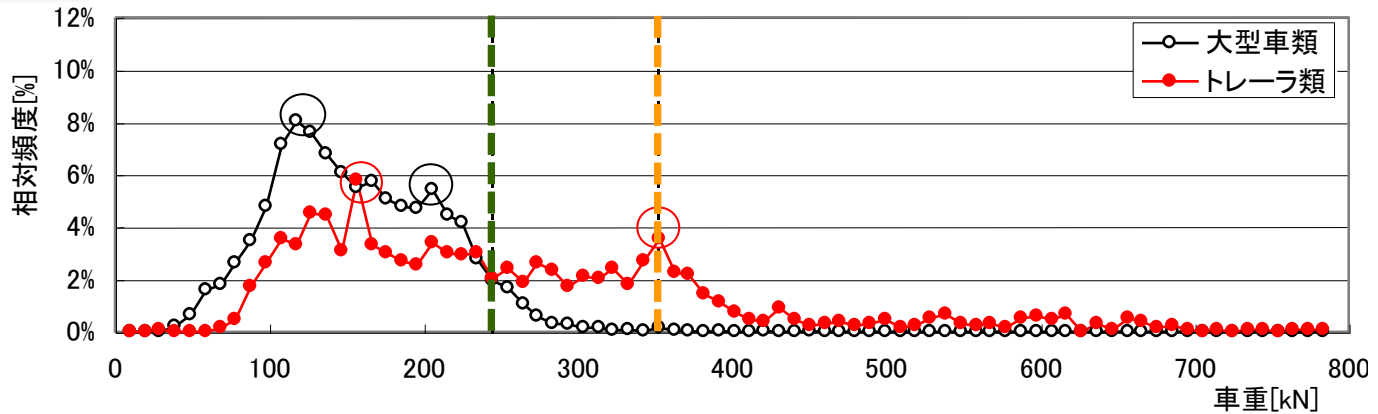


橋梁やトンネルなどの構造物比率が92%と高い

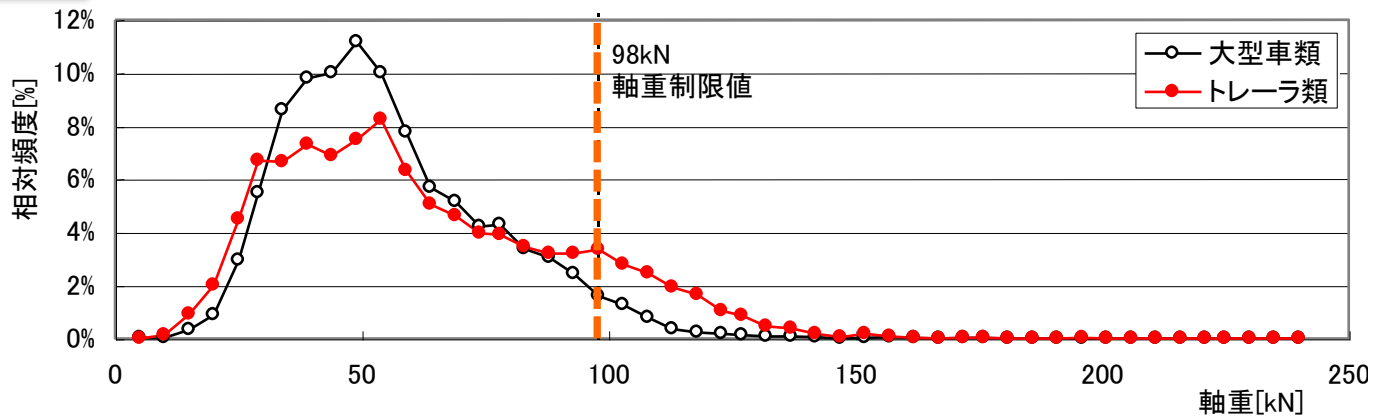
NEXCO : 高速道路便覧2011より  
 首都高速 : H24.4時点  
 阪神高速 : H24.10時点  
 一般国道 : 道路統計年報2011より

# 1. 維持管理の現状 大型車の荷重特性

## 車重頻度分布



## 軸重頻度分布



構造物にとっては、**厳しい荷重状態**

# 1. 維持管理の現状 定期点検

## ➤ 損傷を早期発見し、将来の補修計画立案のための基礎資料



- ✓ 橋梁全般、カルバート: 1回／5年 近接目視
- ✓ 舗装 : 1回／5年 自動計測
- ✓ トンネル : 1回／5年 近接目視



# 1. 維持管理の現状 阪神高速の損傷の判定区分

判定区分		損傷状況
S	S1	機能低下が著しく、 <u>構造物の安全性</u> から緊急に対策の必要がある場合
	S2	<u>第三者への影響がある</u> と考えられ、緊急に対策の必要がある場合
A		機能低下があり、対策の必要がある場合
B		損傷の状態を観察する必要がある場合
C		損傷が軽微である場合
OK		上記以外の場合



# 1. 維持管理の現状 阪神高速の損傷の対策区分

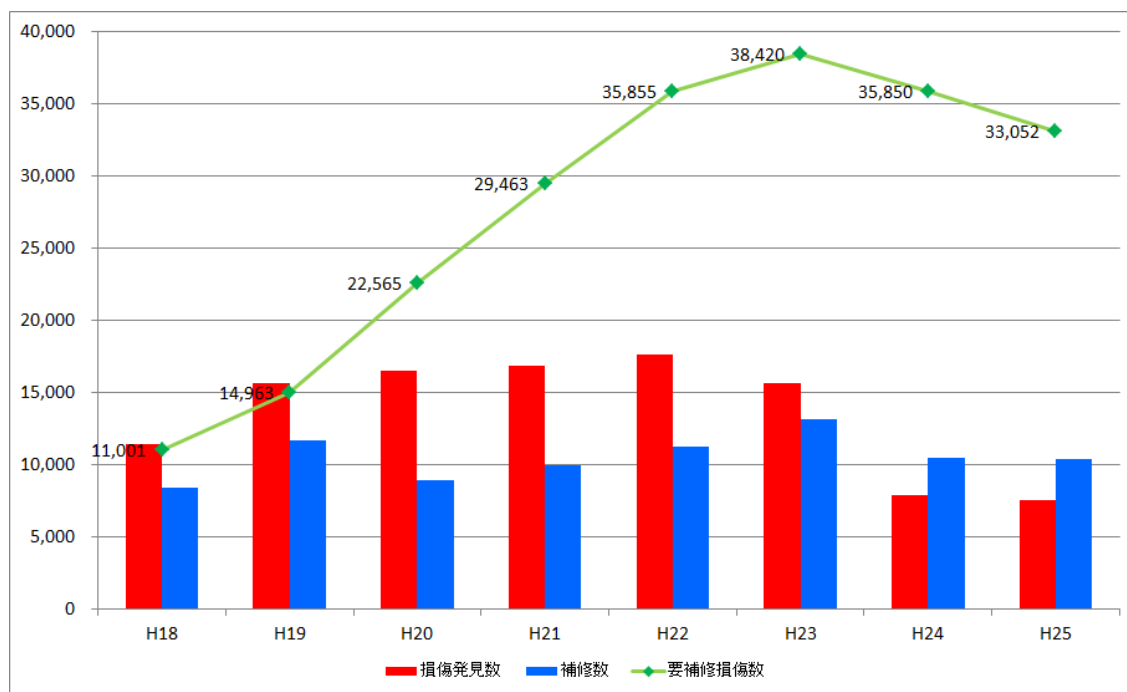
対策区分	対策の名称	対策の内容
T1	個別補修	<p>耐久性、使用性、機能性の回復や向上、第三者影響度の軽減ならびに部材や構造物の剛性などの力学的性能の回復および向上のために採られる対策。</p> <p><u>損傷の状況から速やかな対策が望まれるもの</u>、また速やかな補修を行うことが経済的であるものを対象。なお、損傷の状況に応じて、永久補修、応急補修の対応を選択する。</p>
T2	計画補修	<p>耐久性、使用性、機能性の回復や向上、第三者影響度の軽減ならびに部材や構造物の剛性などの力学的性能の回復および向上のために採られる対策。</p> <p><u>他の中長期的な対策計画と併せた対策</u>により、効率的に性能の回復が図れるものを対象。</p>
T3	点検強化	<p>点検項目などの追加により、損傷の進行状況を慎重に観察する対策。<u>非破壊検査等詳細調査を実施するもの。</u></p>



## 2. 橋梁の損傷状況と対策例

— 様々なデータから見た構造物の状況と日常の対策例 —

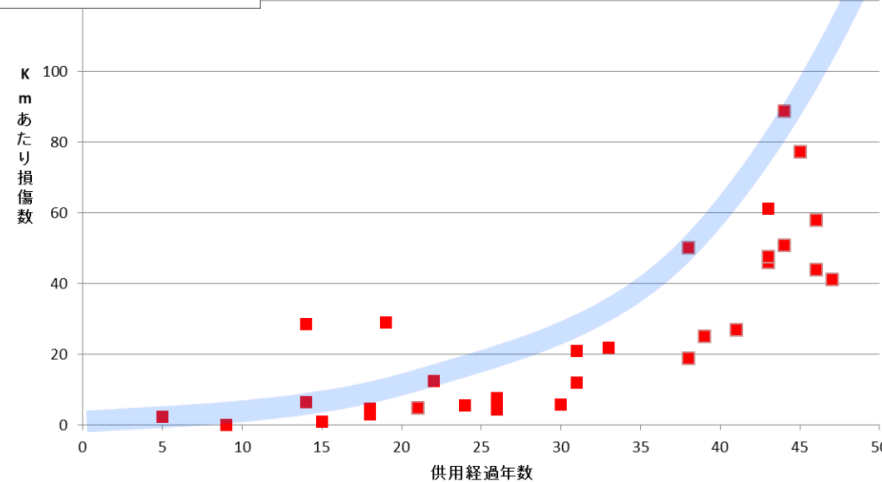
## 2. 橋梁の損傷状況と対策例 損傷発生状況(1)



✓ 「要補修損傷数」とは「損傷発見数」と「補修数」との差の累積

### Aランク損傷の推移

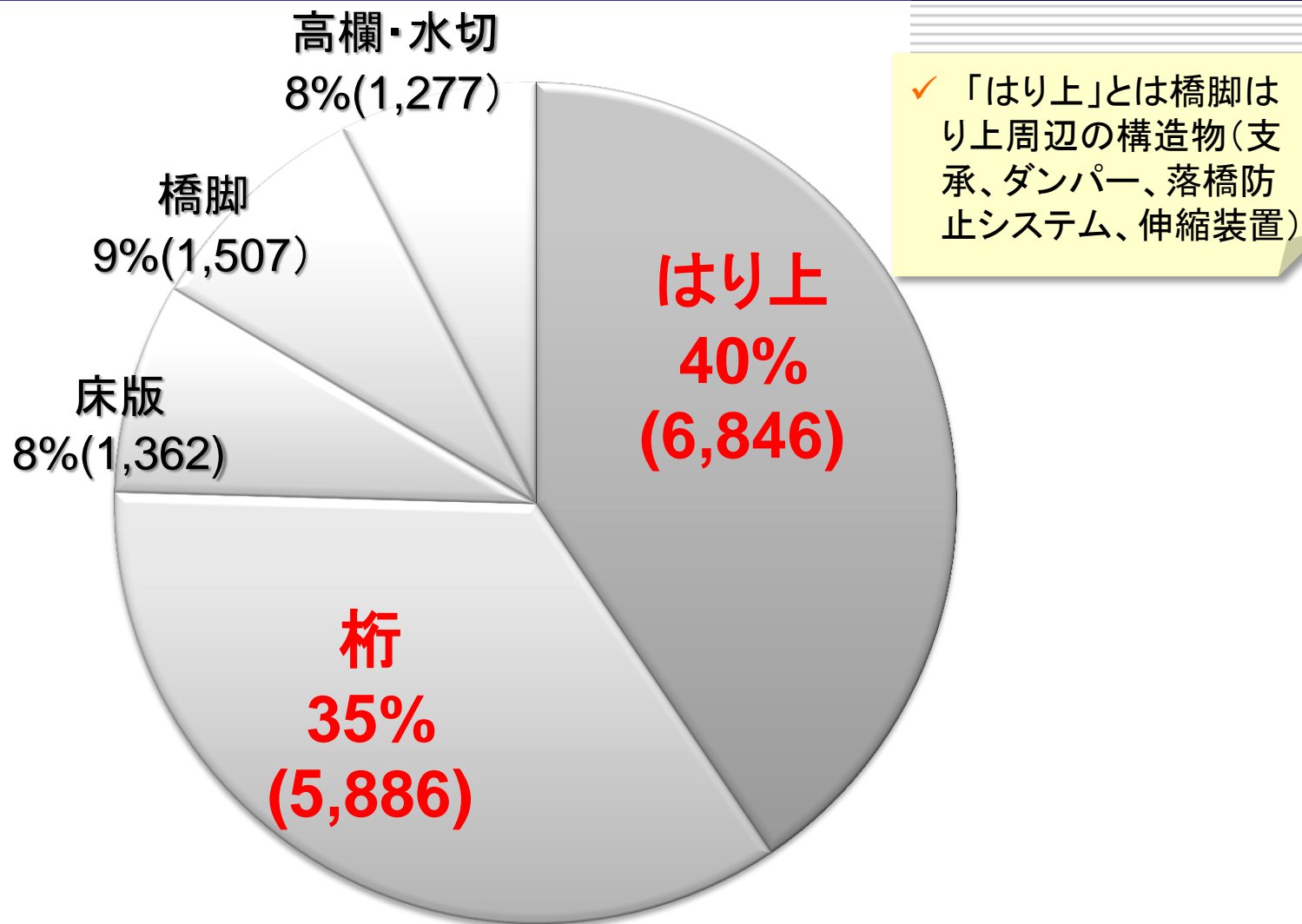
✓ 供用後概ね40年頃からKmあたりの損傷数が大きく増加する傾向が見られる



供用経過年数とKmあたり損傷数との関係



## 2. 橋梁の損傷状況と対策例 損傷発生状況(2)



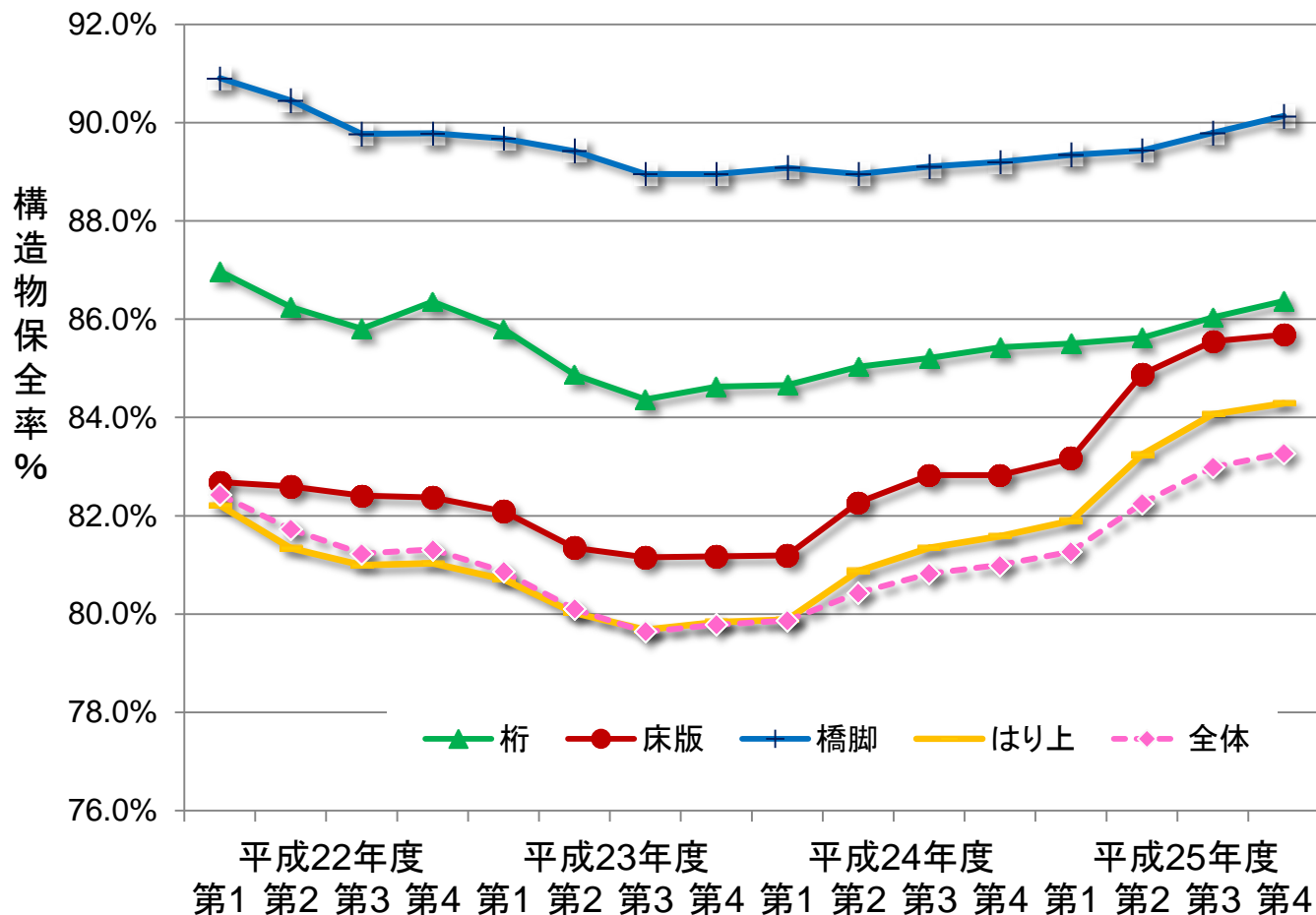
橋梁における主要5工種のAランク以上損傷の発生割合

( )は損傷数 12

## 2. 橋梁の損傷状況と対策例 損傷発生状況(3)

損傷数でなく、構造物保全率の状況は

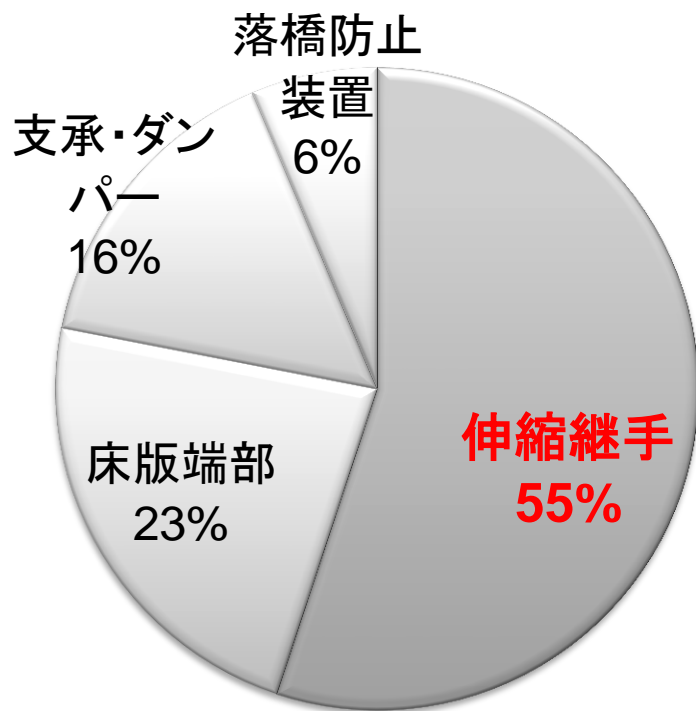
※ 構造物保全率(%) = 1 - 損傷のある構造物数 / 全構造物数



- ✓ 全体で**83%**(17%の構造物に損傷有)
- ✓ 最も低いのが **はり上 < 床版 < 桁 < 橋脚** の順
- ✓ 床版で**約85%**

※ 左記データにおける床版はRC床版のみ

## 2. 橋梁の損傷状況と対策例 損傷状況(はり上)



はり上におけるAランク以上損傷の割合

- ✓「伸縮装置」「床版端部」損傷が支配的
- ✓「伸縮装置」には「止水工の損傷」「漏水」が支配的



止水工(バックアップ材脱落)

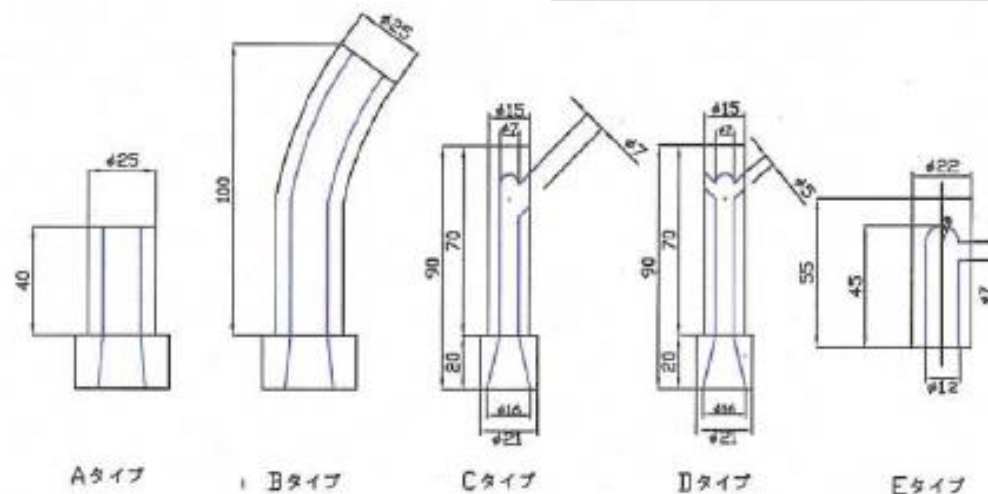


止水工(排水樋の破れ)

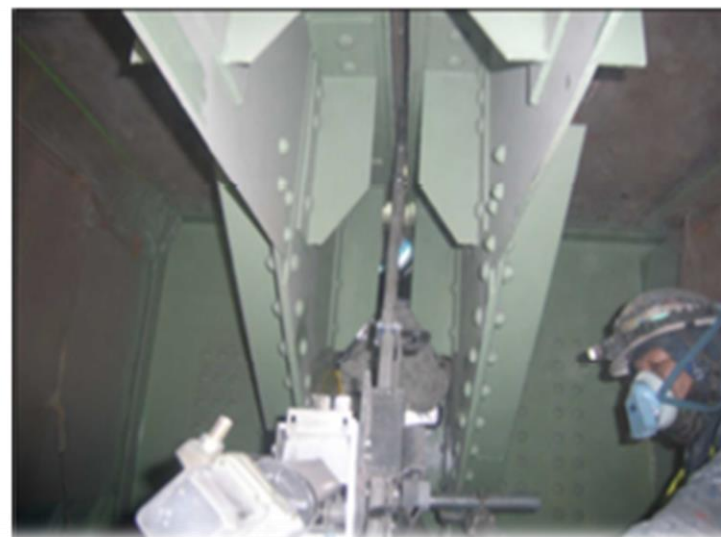
## 2. 橋梁の損傷状況と対策例 対策例(はり上)

### 遊間部の素地調整方法

- ✓ 伸縮継手遊間部の確実な素地調整を目指し、特殊ノズル及び自動遊間ブラスト装置を開発
- ✓ 遊間幅が40mm以上(ノズル径20mmのため)の場合はこれを採用することを基本とする



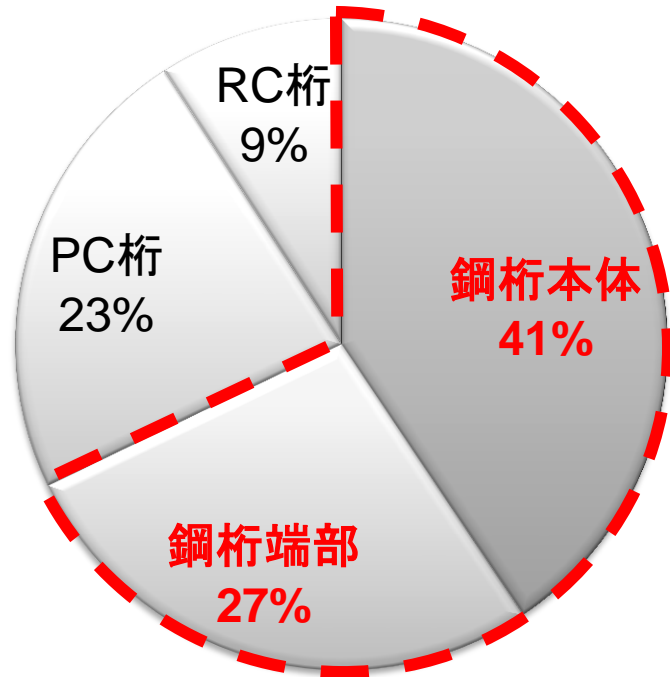
特殊ノズル計上図(採用はDタイプ)



自動遊間ブラスト装置による素地調整

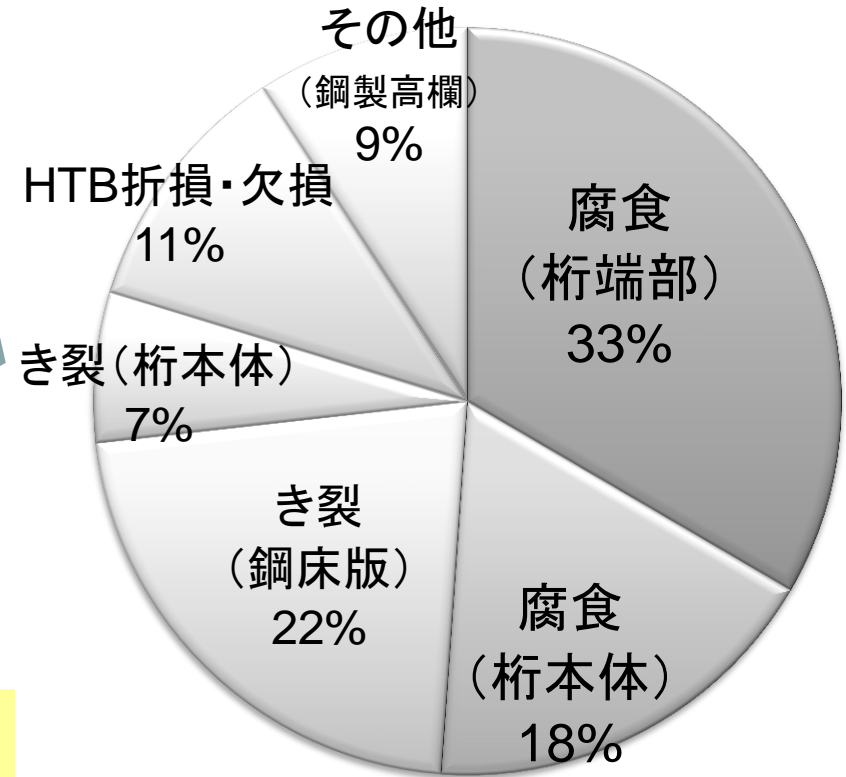


## 2. 橋梁の損傷状況と対策例 損傷状況(桁)



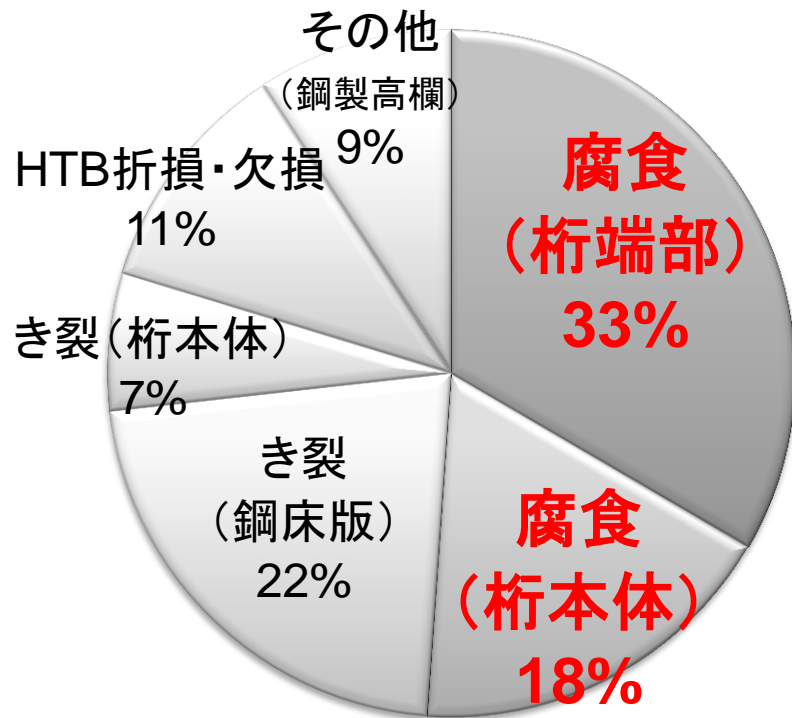
桁種別におけるAランク以上損傷の割合

- ✓ 桁における損傷の約7割が「鋼桁」
- ✓ 「鋼桁」はうち「腐食(桁端部)」、「き裂(鋼床版)」が支配的



鋼桁におけるAランク以上損傷の割合

## 2. 橋梁の損傷状況と対策例 損傷状況(鋼桁)

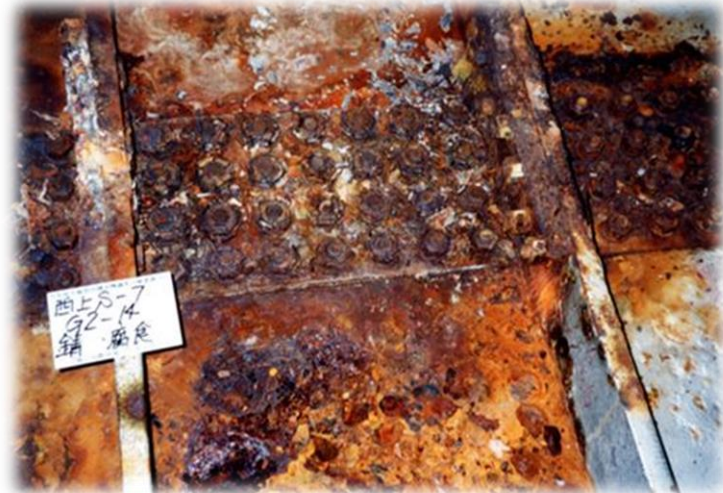


鋼桁におけるAランク以上損傷の割合

- ✓ 腐食うち「桁端部」損傷が支配的
- ✓ 腐食うち「ボルト添接部」の腐食割合が高い



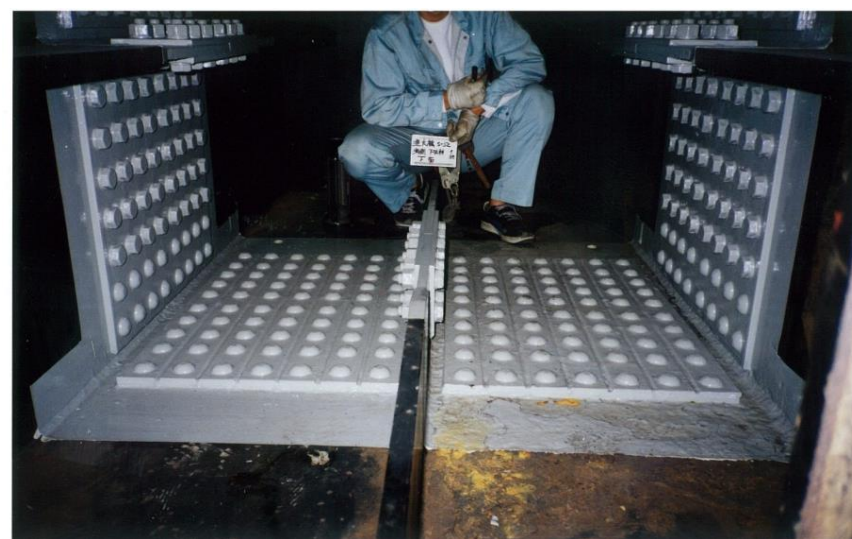
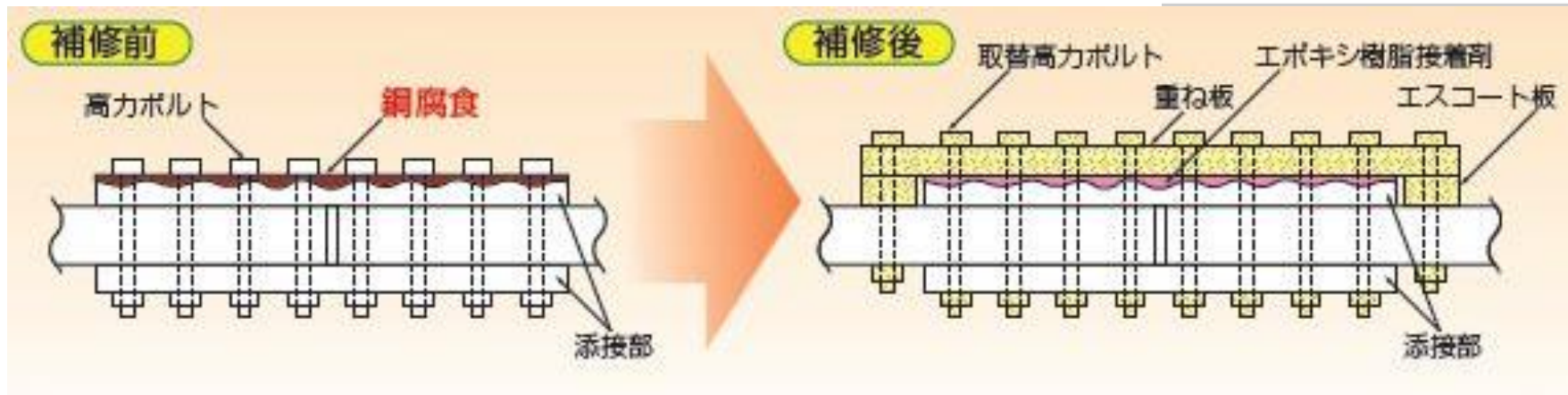
主桁端部下フランジの断面減少



鋼床版桁内下フランジの腐食

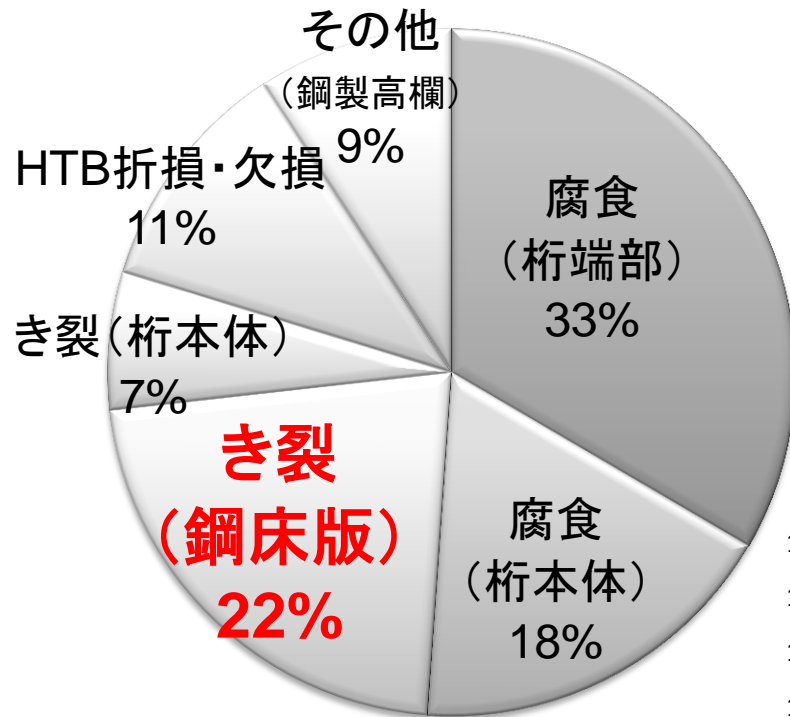


## 2. 橋梁の損傷状況と対策例 対策例(鋼桁)



応力方向に沿った1行単位でボルトを抜き取り、既設の添接板に短冊状のあて板鋼板を接着剤とともに重ね合わせる**補強添接板工法**を実施。

## 2. 橋梁の損傷状況と対策例 損傷状況(鋼床版)

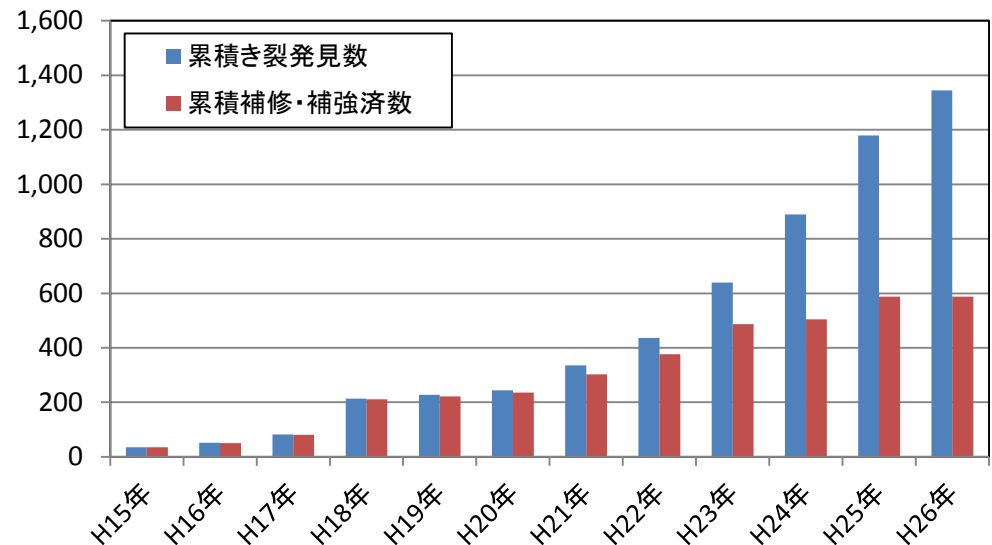


鋼桁におけるAランク以上損傷の

- ✓ 「き裂」は「鋼床版」損傷が支配的
- ✓ 近年、湾岸線などの大型車交通量の多い区間で著しく増加



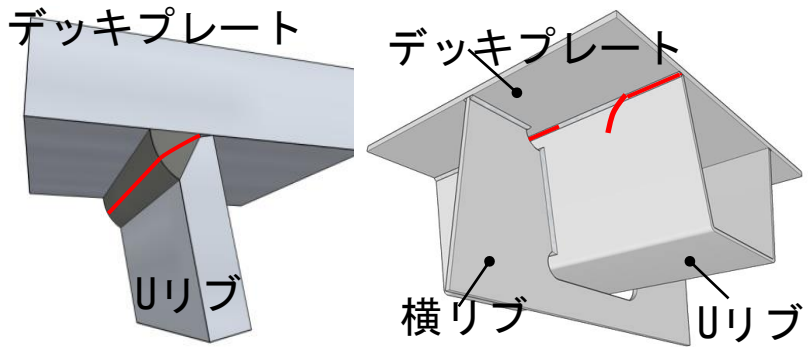
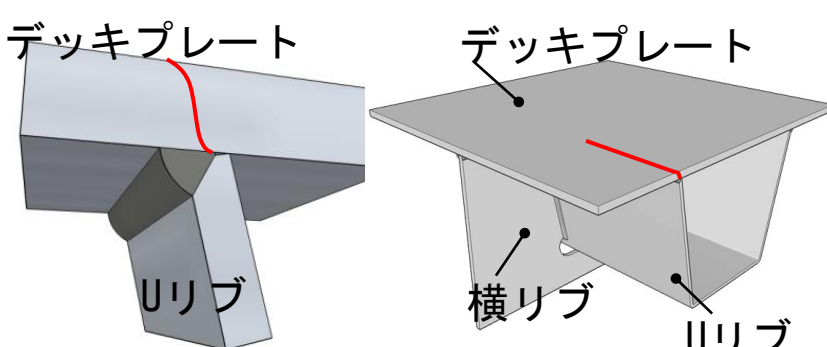


鋼床版のデッキプレートとUリブ溶接部のき裂



Uリブとデッキプレートとの溶接部のき裂発見数と補修・補強の状況



## 2. 橋梁の損傷状況と対策例 対策例(鋼床版)

<h3>デッキとUリブ溶接ビード貫通き裂</h3>	<h3>デッキプレート貫通き裂</h3>
 <p>デッキプレート</p> <p>デッキプレート</p> <p>Uリブ</p> <p>横リブ</p> <p>Uリブ</p>	 <p>デッキプレート</p> <p>デッキプレート</p> <p>Uリブ</p> <p>横リブ</p> <p>Uリブ</p>
<h3>補修溶接</h3>  <p>工種 溶接作業 K9 ア-7 H23.12.</p>	<h3>SFRC舗装(予防保全の場合)</h3> 



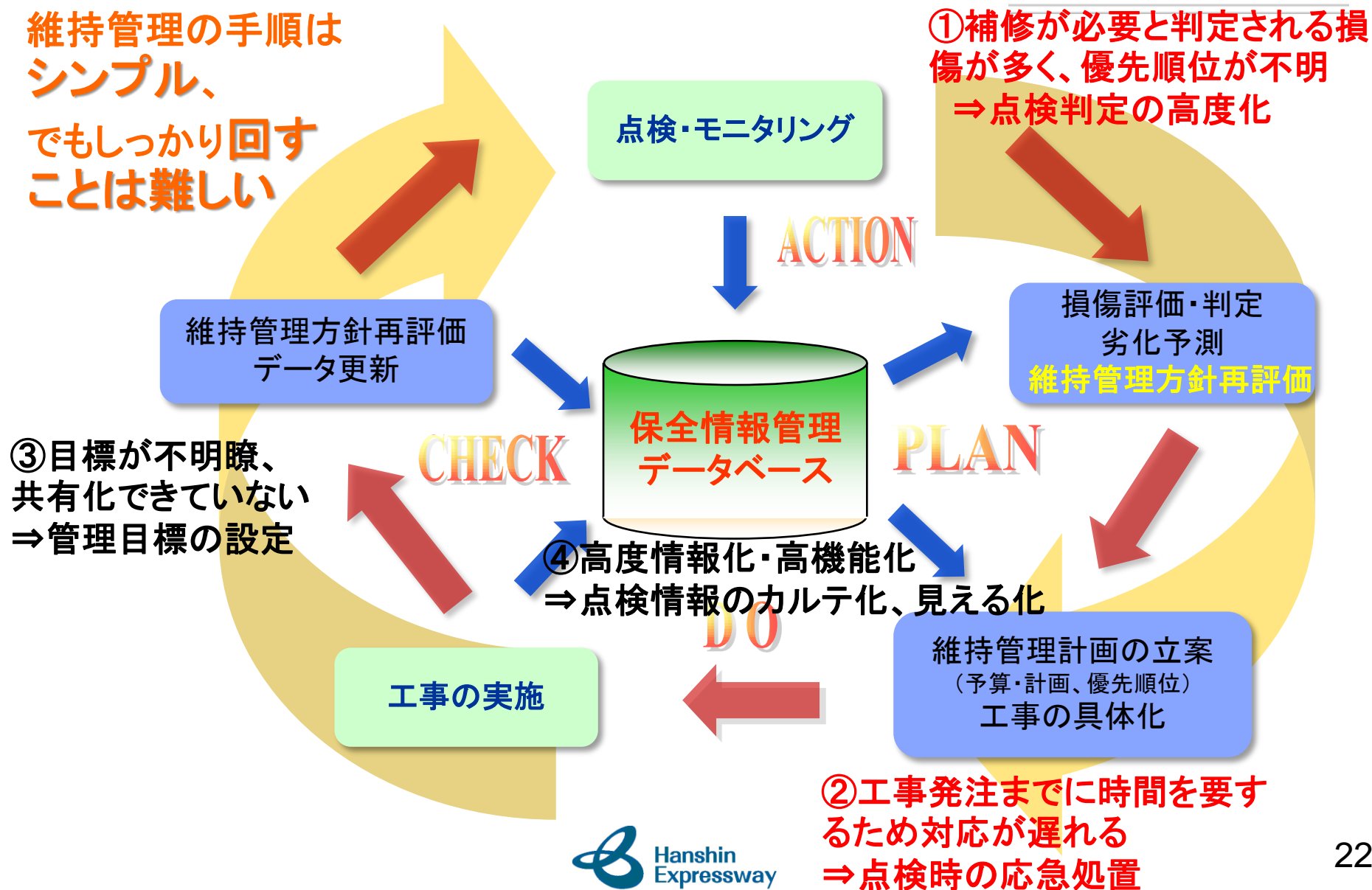


# 3. 維持管理上の課題と取組

—現状から見る課題と実践—

### 3. 維持管理上の課題と取組 PDCAの難しさ

維持管理の手順は  
シンプル、  
でもしっかり回す  
ことは難しい





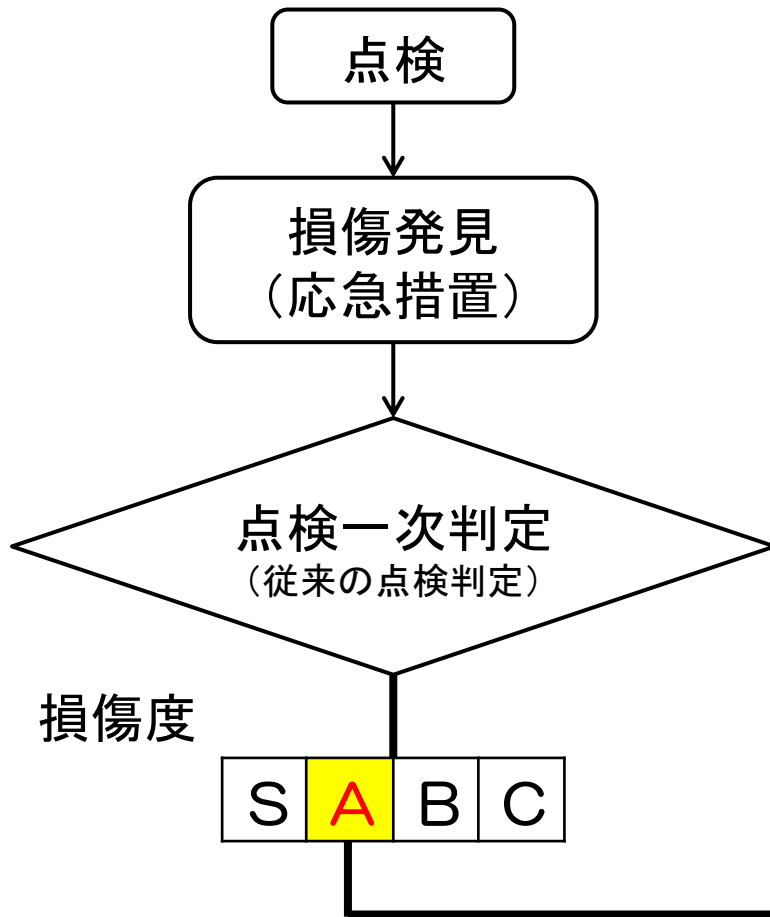
### 3. 維持管理上の課題と取組 解決の視点

課 題	解決の視点
点検判定の高度化	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ <b>二次判定(進行性・冗長性)による健全度評価</b></li><li>✓ 優先度を踏まえた対策判定</li></ul>
多機能化	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ <b>点検時の応急措置の導入</b></li></ul>
目標設定	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ 管理水準・目標値の設定、共有</li></ul>
情報の高度化	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ 点検情報のカルテ化、見える化</li></ul>

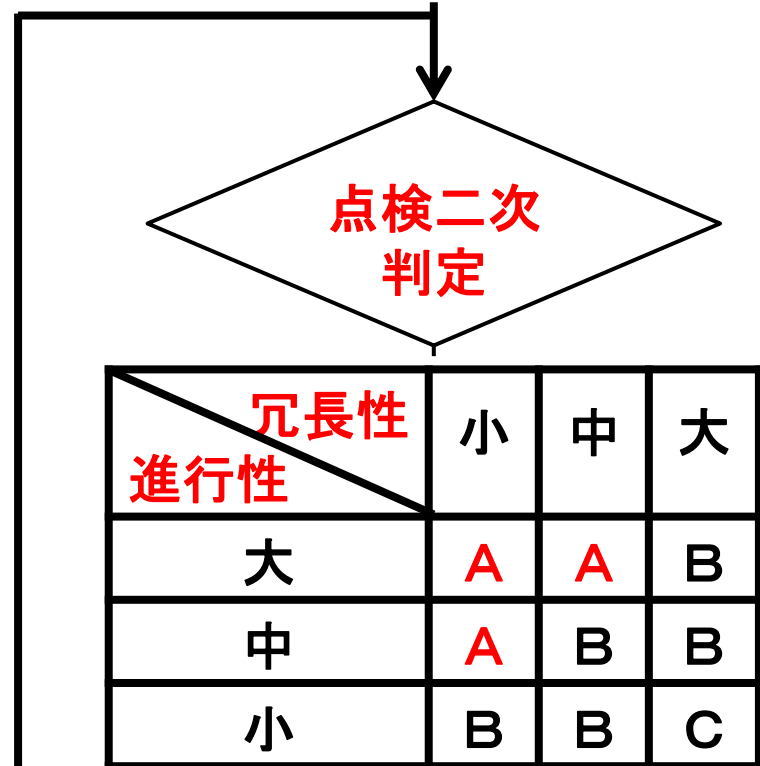
### 3. 維持管理上の課題と取組 点検判定の高度化

#### ➤ 点検二次判定の導入

「損傷度」から「健全性」の判断



Aランクのみ



効率的な対策要否の  
絞り込み

※点検5工種のみ(検査路など付属構造物以外)

### 3. 維持管理上の課題と取組 点検判定の高度化

- ✓ **進行性** 部材がいつ機能を失う状態になるか、また、それが通常の点検周期で発見でき、適切な措置をとるのに余裕のある早さで進行するか否かを評価（損傷の原因や進行度合い(環境)、他部材への影響など）
- ✓ **冗長性** 発見された損傷が進行し、部材が破断（機能喪失）状態に達したとき、構造物全体が崩壊等、構造物としての機能を失う状態になる部材での損傷か否かを評価（損傷部材や損傷部位、安全性など）

平成24年 2月制定  
平成24年 10月改訂  
平成25年 4月改訂  
平成26年 1月改訂  
平成26年 12月改訂  
平成27年 7月改訂

#### 進行性・冗長性を考慮した 点検2次判定マニュアル

1. はり上点検
2. 桁点検
3. 橋脚点検
4. 床版点検
5. 高欄水切り点検

平成27年7月

損傷事例に基づき標準化

### 3. 維持管理上の課題と取組 点検判定の高度化

H24.12月～H25.1月の例

判定区分	1次判定	2次判定	比率
A	2216	997	45.0%
B		1054	47.6%
C		165	7.4%
計	2216	2216	100.0%



門構トラス材の破断

### 3. 維持管理上の課題と取組 点検時の応急措置の導入

これまででは

- ・ 「点検」と「補修」とは切り離して考えていた
  - 時間的ロス: 損傷発見後に、別途補修工事に対応
  - 経済的ロス: 点検費、補修費が非効率

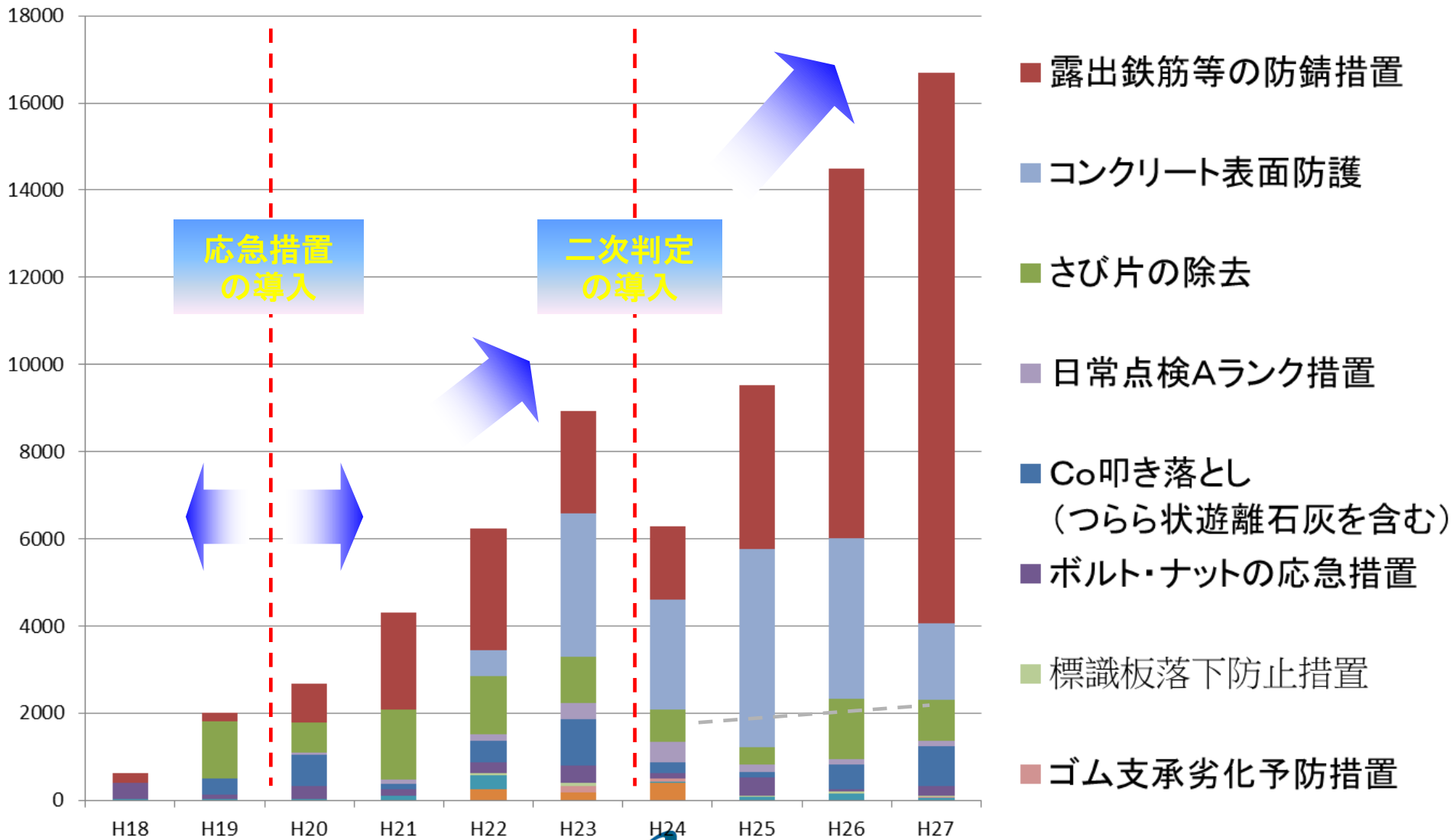
これからは

体制面・費用面ともに効率化を図る必要

→ 「接近点検」を最大限利用した応急措置の実施

### 3. 維持管理上の課題と取組 点検時の応急措置の導入

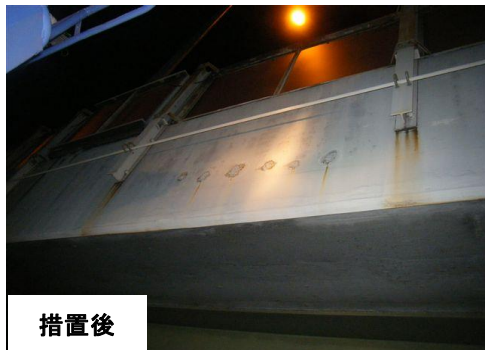
#### ➤ 点検時応急措置数の推移 (H18～H27)



### 3. 維持管理上の課題と取組 点検時の応急措置の導入

#### ➤ 代表的な点検時応急措置の事例・材料(1)

##### ① 露出鉄筋等に対する防錆措置



SRI防食スプレーK



1液型エポキシ樹脂塗料

変性エポスプレー  
NEXT

H26より変更



2液型エポキシ樹脂塗料



# 3. 維持管理上の課題と取組 点検時の応急措置の導入

H25年度

	構造物	応急措置工種	製品名
1	コンクリート 構造物	防錆措置	SRI防食スプレーK
2		表面防護	かため太郎
3	鋼構造物	防錆措置	フッ素塗料
4	ゴム支承	ゴム支承亀裂補修+ オゾン劣化予防	HBコート



「鋼板巻き立部」は広範囲でも塗布



H26年度

	構造物	応急措置工種	製品名
1	コンクリート 構造物	防錆措置	変性エポスプレーNEXT
2		表面防護	かため太郎
3	鋼構造物	防錆措置	変性エポスプレーNEXT
4	ゴム支承	ゴム支承亀裂補修+ オゾン劣化予防	HBコート



「鋼桁端部」は、手のひらサイズを塗布

### 3. 維持管理上の課題と取組 点検時の応急措置の導入

#### ➤ 代表的な点検時応急措置の事例・材料(2)

②コンクリートはく離に対する表面防護



かため太郎  
(表面防護)



潜在硬化型エポキシ樹脂

### 3. 維持管理上の課題と取組 点検時の応急措置の導入

#### ➤ 代表的な点検時応急措置の事例・材料(3)

③ ゴム支承き裂に対するオゾン劣化補修



## HBコート

(ゴム沓き裂+オゾン劣化補修)



クロロプレンゴム系

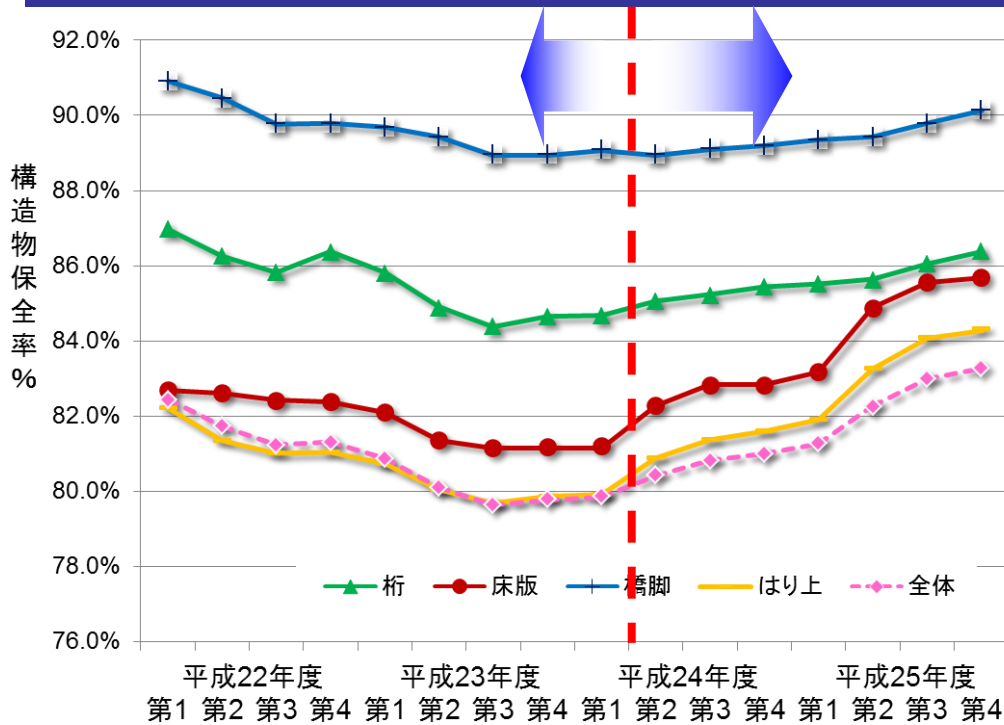
### 3. 維持管理上の課題と取組 点検時の応急措置の導入

#### ➤ 点検時の応急措置前後の判定

## 応急措置前後で1次判定が変更されるもの

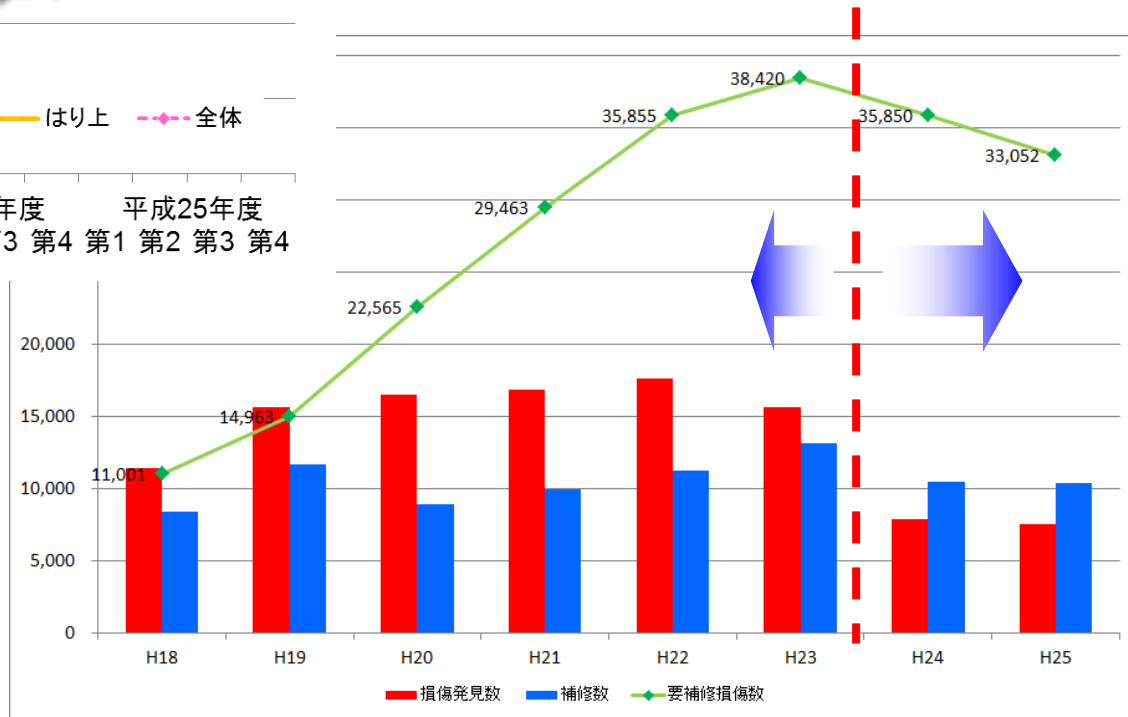
損傷	措置内容	1次判定 (措置前)		1次判定 (措置後)
コンクリートはく離、浮き	叩き落とし	S2	⇒	A~C
普通ボルト損傷(緩み・欠損)	増締め、ボルト取替	A~C		OK
ゴム支承き裂	HBコート塗布	A		OK
鋼材さび腐食(B,Cランク)	浮き錆除去+防錆措置	B,C		OK
標識板落下防止ワイヤー欠損	ワイヤー取付	A		OK

# 3. 維持管理上の課題と取組 取り組みの成果



✓ 二次判定の導入(診断)、及び  
応急措置の実施により、構造物  
全体の管理レベルは向上

構造物保全率



### 3. 維持管理上の課題と取組 まとめと今後の課題

- 二次判定の導入、及び応急措置の実施により、**構造物全体の管理レベルは向上**
  - ✓ 副次効果として、点検員が補修をする視点から構造物をよく見るようになる
  - ✓ 点検員の任務はあくまでも損傷の見極めと正確な判断（補修のみに力点が傾かないこと）
- **マニュアルに頼らない**、構造物全体の健全度を診断できる**技量が必要** ⇒ **診断技術者の育成**
- 点検員の**技量に左右されない材料・工法**の導入
- **速乾性、即効性の材料**の開発と適用範囲



## 4. 長寿命化に向けて

—大規模修繕の実施上の課題と取り組み—



## 4. 長寿命化に向けて 「大規模修繕」選定の考え方

	選定対象構造		選定基準			
	構造種別	対象構造	道示 ・ 基準	損傷状況		
				損傷内容	損傷の判定ランク	
床版	RC床版	鋼板補強済み	【道示】 昭和48以前	補強鋼板の損傷 (不良音・漏水)	潜在的弱点を有する径間	Aランク(更新) B・Cランク
					上記以外	A～Cランク
	鋼床版(疲労)	Uリブ	【道示】 平成14以前	鋼床版の損傷 (疲労亀裂)	-	
桁	PC桁	ポステン	【基準】 昭和60以前	主桁部の損傷 (漏水・シース露出)	-	
	鋼桁(疲労)	活荷重比の高い桁	【道示】 昭和48以前	-	-	
	鋼桁(腐食)	桁端部	【道示】 昭和54以前	桁端部の損傷	(繰り返し発生) Aランク	
脚	RC橋脚	柱・梁	-	柱・梁の損傷 (ASR判定等)	劣化度Ⅳ, Ⅲ	

## 4. 長寿命化に向けて 「大規模修繕」 -RC床版(1)計画・課題

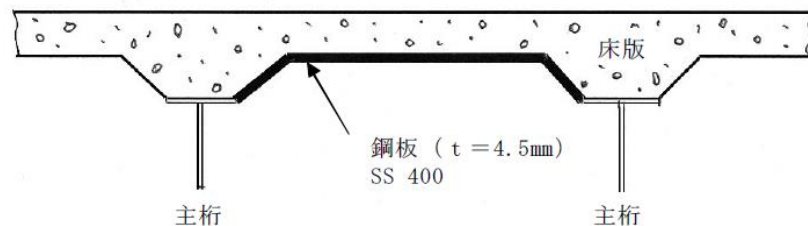
- 鋼板で補強されたRC床版(約6.5万パネル／全14万パネル)の**再劣化**が顕著

### ■ 事業計画

- ✓ 床版取り替え、補強、防水工など

### ■ 課題

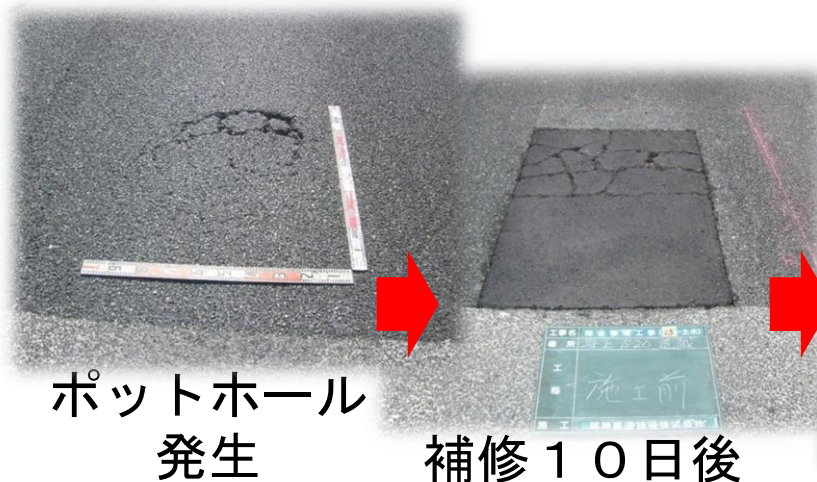
- 床版内面の調査手法
- 健全度評価
- 防水工の高機能化
- 施工法(急速撤去)



RC床版の鋼板接着補強概要  
(鋼板4.5mm、エポキシ樹脂厚 4mm)



鋼板の浮き、はく離、腐食、漏水



ポットホール  
発生

補修10日後



床版上面が砂利化



鋼板が抜け落ち

# 4. 長寿命化に向けて 「大規模修繕」 -RC床版(2)取り組み状況

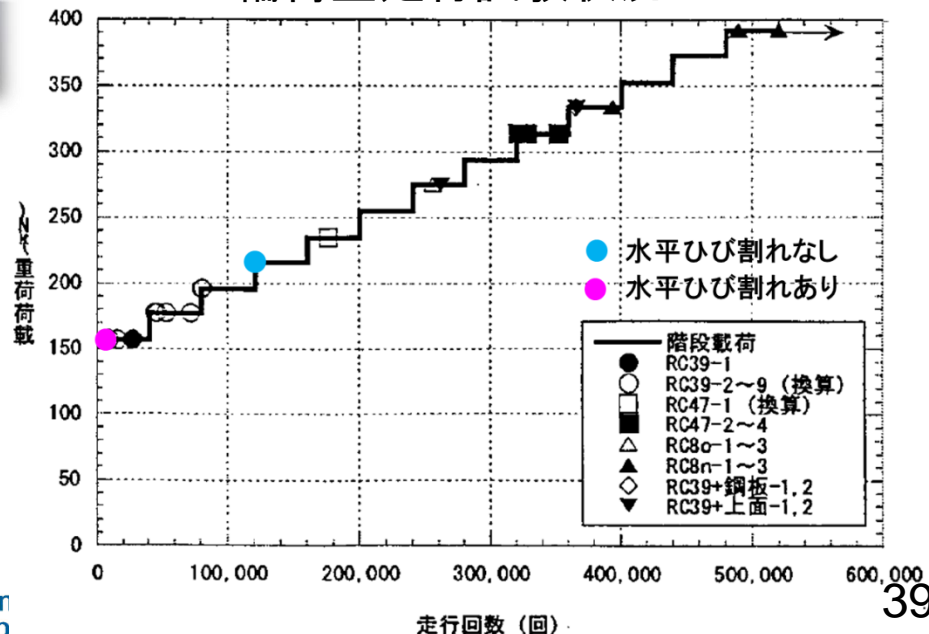
## ➤ 健全度評価(実橋床版の切出しによる調査と輪荷重疲労試験)



実橋からの切り出し



輪荷重走行試験状況



切り出し床版の水平ひび割れ



# 4. 長寿命化に向けて 「大規模修繕」 -鋼桁腐食(1)計画・課題

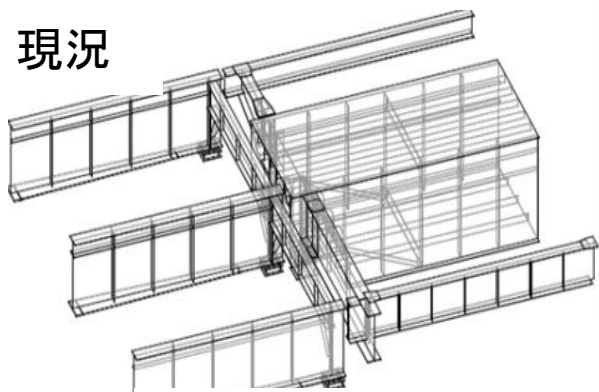
## ■ 事業計画

- ✓ ノージョイント化(桁連結、床版連結など)
- ✓ 桁端部改良

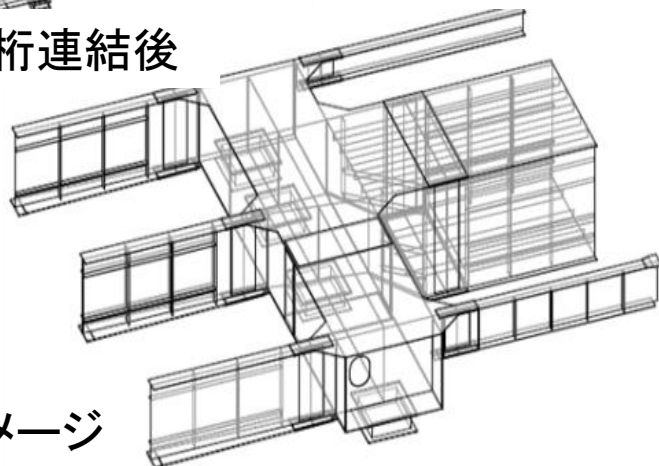
## ■ 課題

- 連結化工法の効率化

現況



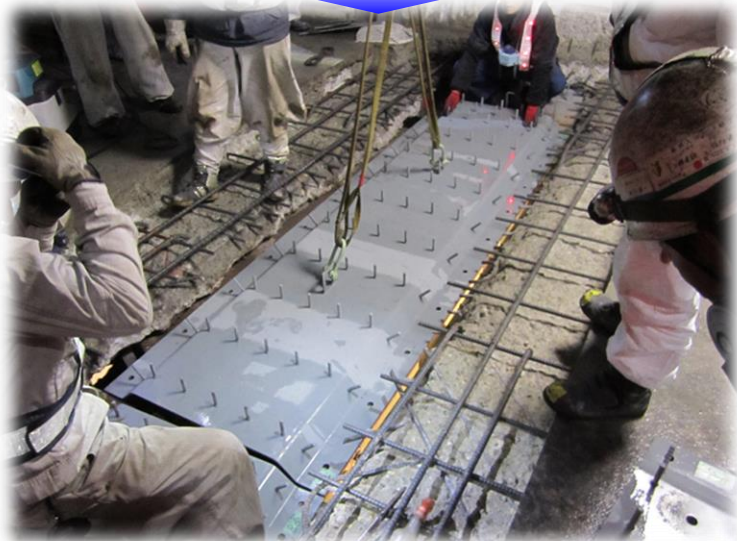
異種桁連結後



異種桁連結イメージ



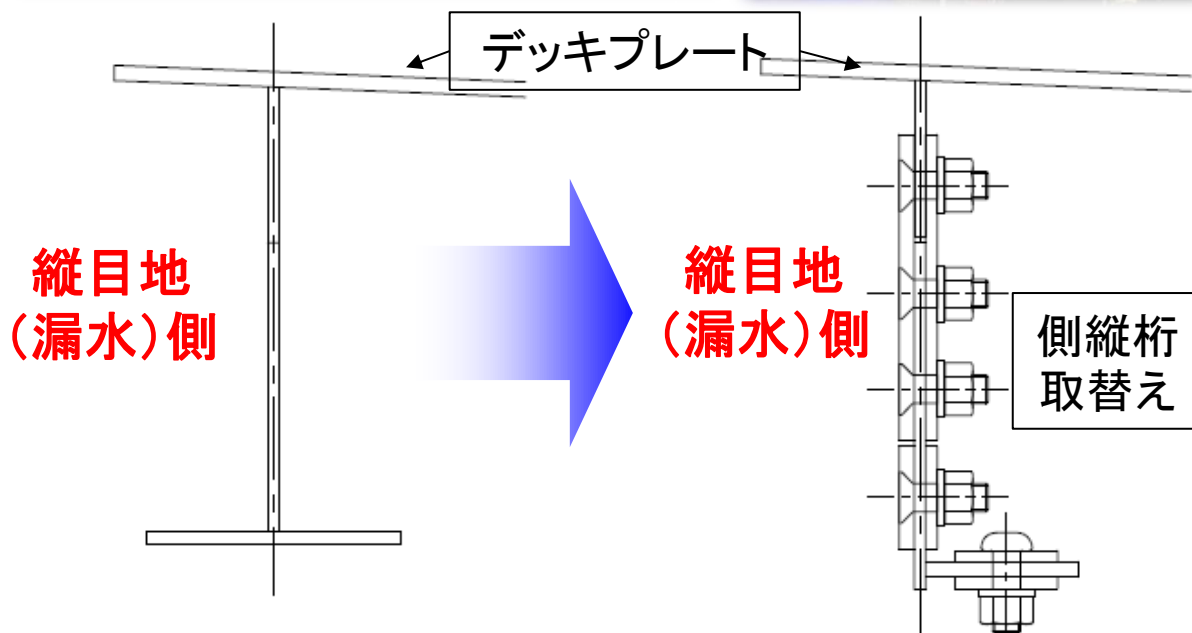
桁端マンホール設置例



床版連結工事例

## 4. 長寿命化に向けて 「大規模修繕」 -鋼桁腐食(2)取り組み状況

- 改良例(縦目地からの漏水により孔食した側縦桁の取り替え)



皿型ボルトで塗膜耐久性を向上<sup>41</sup>



# 4. 長寿命化に向けて 「大規模修繕」 -鋼床版(1)計画・課題

## ■ 事業計画

✓ SFRC補強、当て板など

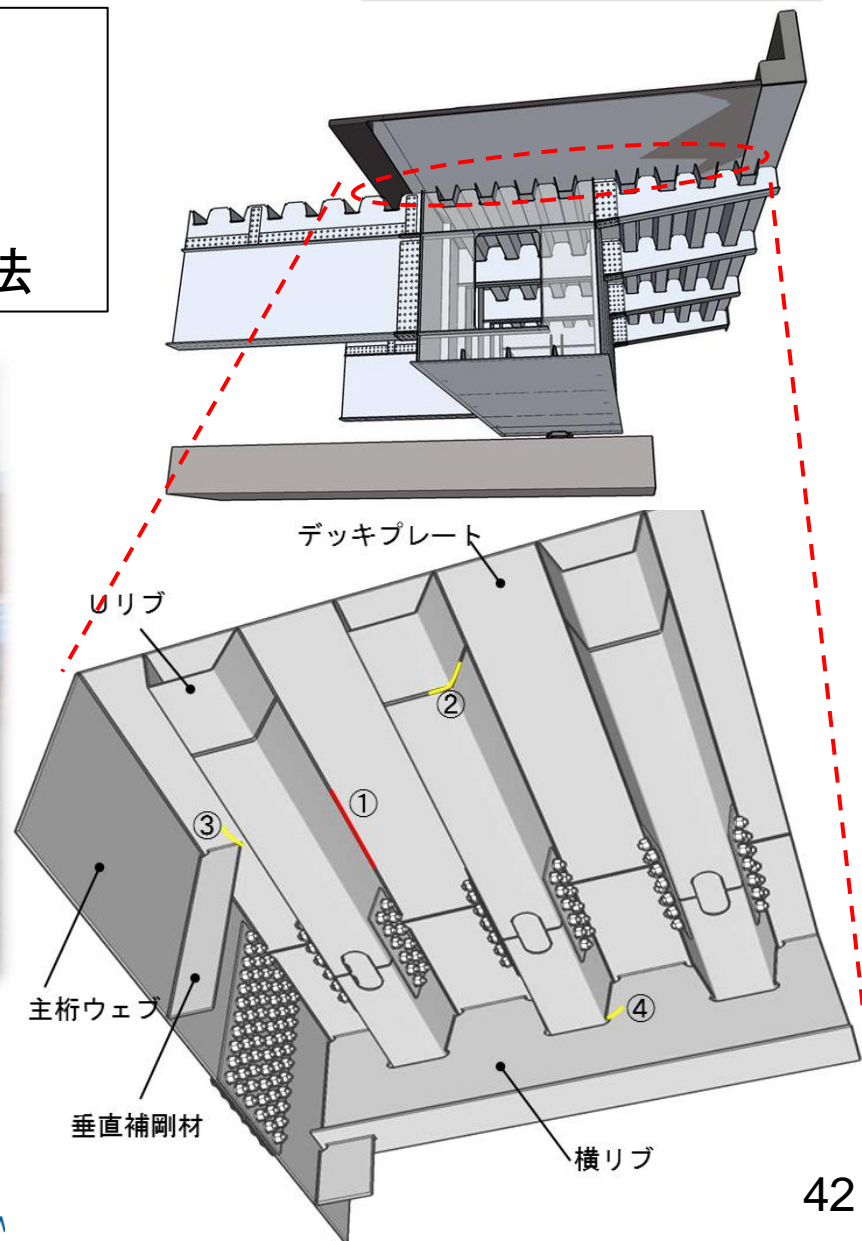
## ■ 課題

- 鋼床版下面から施工可能な対策工法



SFRC補強

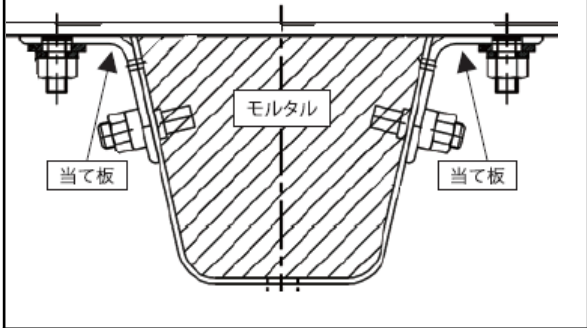
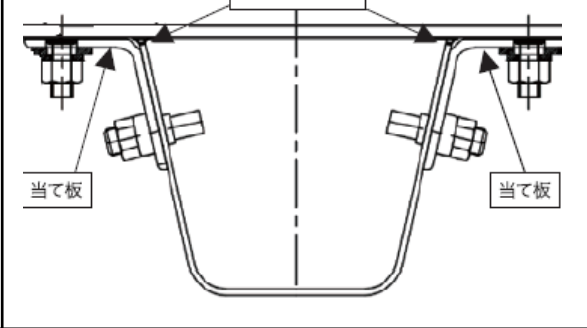
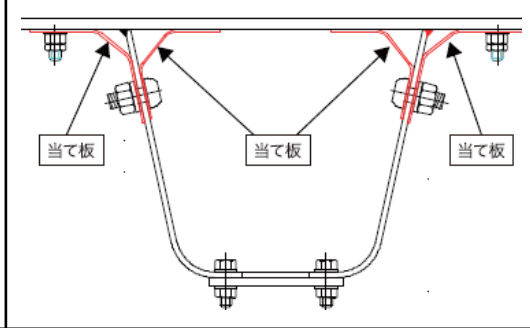
交通規制が必要、天候の影響大  
→ 工程管理難、代替工法の開発



# 4. 長寿命化に向けて 「大規模修繕」 -鋼床版(2)取り組み状況

## ➤ 鋼床版下面対策に関する共同研究の実施(H27年度～)

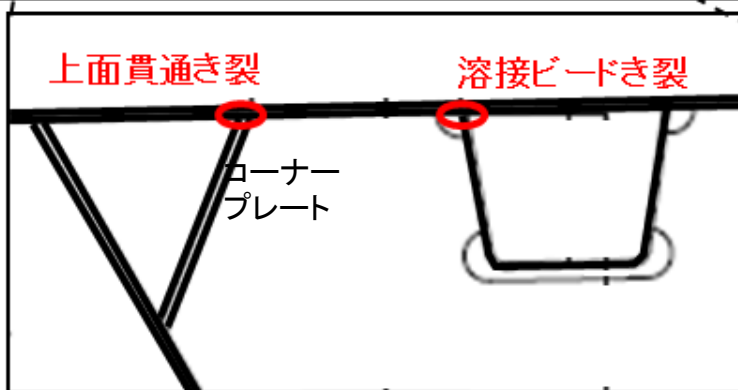
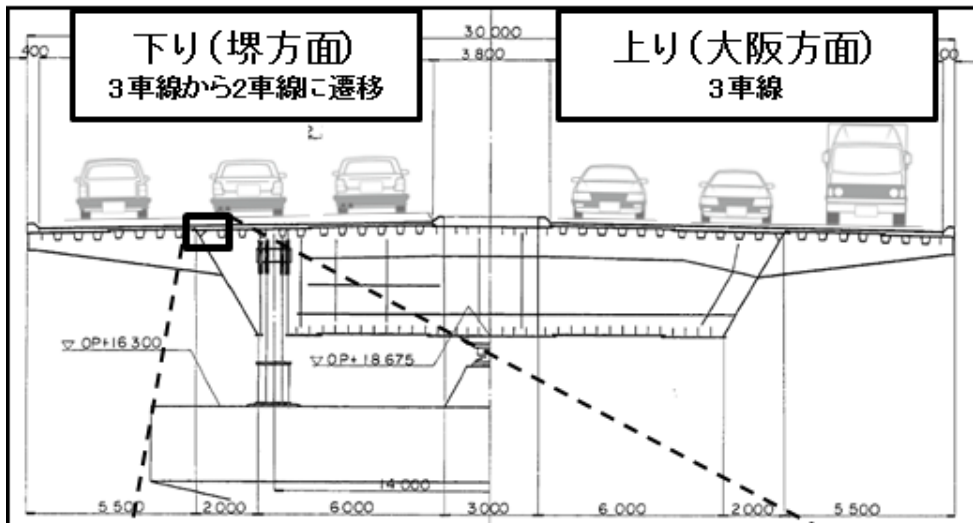
- 施工に関する共同研究(スタッドのトルシア化、自動切断機、モルタル充填性向上)
- 構造改善に関する共同研究

名称	モルタル充填 あて板工法	Uリブ切断 あて板工法	弾性あて板工法
補強概要			
	<p>◆ Uリブ内への軽量モルタル充填+あて板による補強</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・デッキ側:ねじ付きスタッド</li> <li>・Uリブ側:片面施工ボルト</li> </ul>	<p>◆ ビード近傍を切断し溶接接合からあて板ボルト接合へ改造</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・デッキ側:ねじ付きスタッド</li> <li>・Uリブ側:片面施工ボルト</li> </ul>	<p>◆ 薄鋼板(2.3mm)のUリブ内外面への接着接合による補強</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・デッキ側:接着剤+スタッド</li> <li>・Uリブ側:トルシアボルト</li> </ul>



# 4. 長寿命化に向けて 「大規模修繕」 -鋼床版(2)取り組み状況

## ➤ 対策例(長大斜張橋でのデッキプレート貫通き裂の補修)



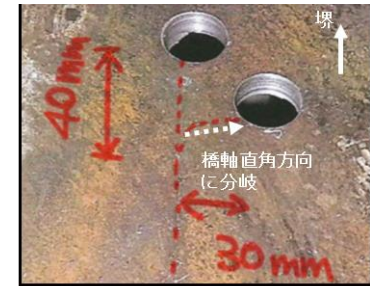
断面図とき裂発生位置



ビードき裂と貫通き裂(桁内)



貫通き裂と漏水(桁内)



貫通き裂とストップホール(デッキ上面)

あて板補修



舗装かぶり厚を確保するために皿型ボルトを使用



## 4. 長寿命化に向けて 「大規模修繕」 -鋼桁疲労(1)計画・課題

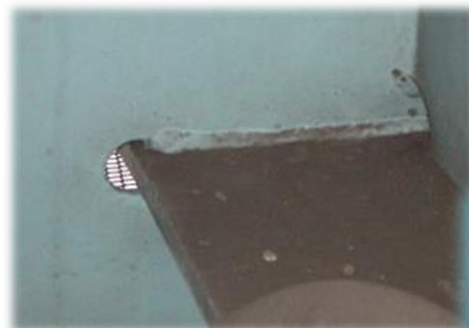
- 鋼橋の大半が疲労設計導入(H14)以前に建設され、疲労耐久性が不明

### ■ 事業計画

- ✓ 当て板、ピーニングなど

### ■ 課題

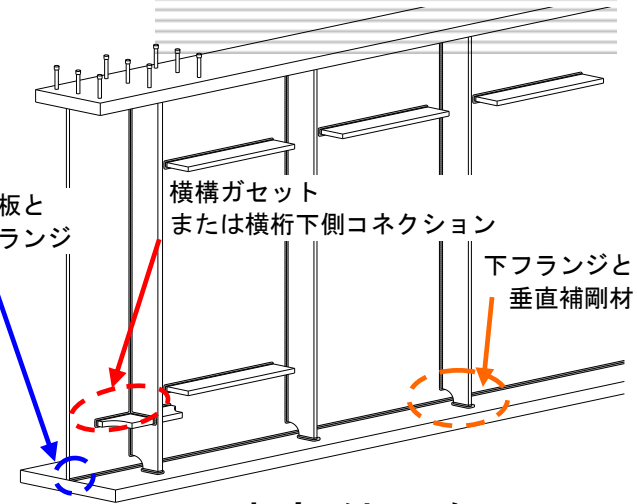
- 疲労強度等級の著しく低い継手の抽出と対策
- 既設鋼橋の性能評価(疲労照査)と対策優先度



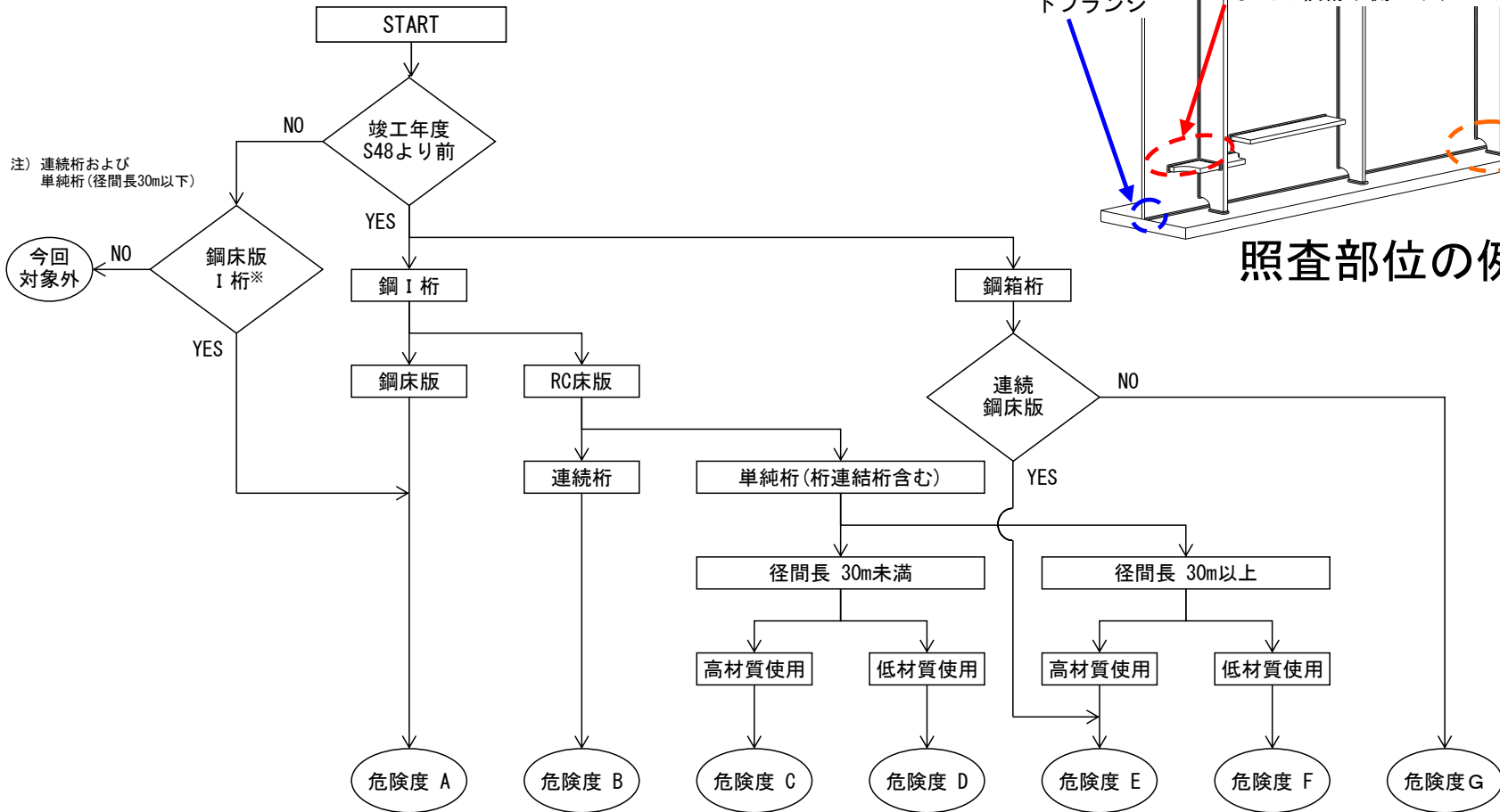
横桁貫通継手(H'等級)とあて板対策例

# 4. 長寿命化に向けて 「大規模修繕」 -鋼桁疲労(2)取り組み状況

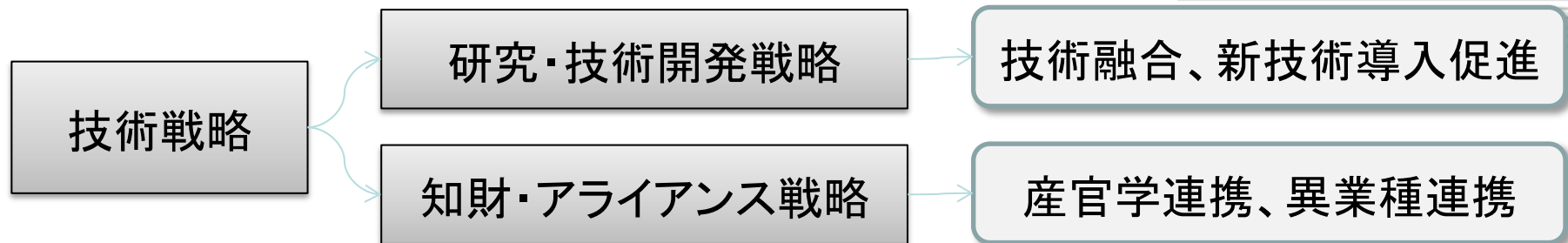
- 対策優先度：阪神高速の全鋼橋(2,462橋/4,613径間)  
うち、昭和48年以前(一部48年以降)の道示適用橋梁(1,821  
橋/2,044径間)の疲労危険度を検討



照査部位の例



## 4. 長寿命化に向けて 新技術導入・募集に向けた取り組み



### 新技術導入・募集

New

#### ホームページ

- 不特定多数
- 意思疎通が不完全
- 求める技術が固定化される

#### コミュニケーション型共同研究

- 意思疎通が可能
- シーズ的要素が組み込み易い
- 新たな価値の創造が期待

#### 従来型共同研究

- 内容が明確
- シーズ的要素が組み込みやすい

#### プロポーザル業務

- 内容が明確
- 成果が確定的になりやすい

幅広 ← 募集レベル → 限定的

# おわりに

- 様々な損傷が発生 → 今後も数、内容ともに増える可能性大(構造物も高齢化)。点検結果に対し、**柔軟な対応**ができること。**長寿命化の視点で考える技量**があること。
- 橋梁構造物に対する高度な技術力と愛情を持った医者が必要(**対応方針まで決められる**) → (サポート体制など) **幅の広い管理者間・産官学の連携**
- 補修には土木技術だけでなく、様々な分野との**技術融合が必要**(新技術、新材料)
- 我々の世代だけでなく、次の世代に引き継げる**貴重な社会資産であるという認識**(アセットマネジメント)