

# 高齢化トラス橋の診断と長寿命化

## 本日の講演内容

- 1) 高齢化PJと新都市研究会について
- 2) 淀川大橋の概要と補修履歴
- 3) トラス斜材部の補強設計
- 4) 横桁き裂部の補修設計と補修フロー

CVV委員(日本橋梁建設協会) 夏秋 義広

平成28年7月19日(火)

「新都市社会技術融合創造研究会」

## 高齢化を迎えた長大橋梁の 診断と長寿命化に関する研究プロジェクト

【体制】 産：(社)日本橋梁建設協会、(社)建設コンサルタント協会近畿支部  
(社)日本非破壊検査工業会、(財)海洋架橋・橋梁調査会、阪神高速道路(株)  
官：国土交通省近畿地方整備局(道路部、大阪国道事務所、近畿技術事務所)  
学：関西大学 坂野昌弘(プロジェクトリーダー)、京都大学 宇都宮智昭(幹事長)

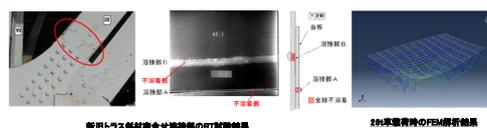
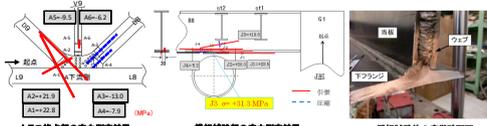
大阪国道事務所管内には、昭和初期に建設され、既に80年以上供用され続けて高齢化を迎えた橋梁が数棟存在する。昭和40年代の団塊の世代の橋梁群とは材料も構造特性も異なり、しかも記録がほとんど残っていないこれらの橋梁に対しても長寿命化対策を進めていく必要がある。

本プロジェクトでは、これら的高齢化橋梁の中で、特に重要な路線に架設され、また周辺の土地利用状況等から架け替えが困難な長大橋梁を対象として、現状を把握し、健全性の評価・診断を行い、予防保全も含めた最適な補修・補強対策を提案し、その効果を検証した上で、今後100年以上の長寿命化を目指した維持管理方針案を策定することを目的とする。



対象橋梁

平成22-23年度の成果： 健全性評価・診断、解析や実験による劣化予測、劣化シナリオの作成。



平成24年度の計画： 解析や実験による補修・補強対策の検討、および効果の検証。  
今後100年以上の長寿命化を目指した維持管理方針案の策定。

(連絡先: 関西大学 坂野昌弘 [pe03032@kansai-u.ac.jp](mailto:pe03032@kansai-u.ac.jp))

## 研究会の目的 | 新都市社会技術融合創造研究会



研究会の目的

活動内容

プロジェクト

プロジェクト募集

### 目的

社会資本の整備、維持、管理に関わる産・学・官の連携・協力による新しい技術の研究・普及等に関する事業を行い、もって都市再生と地域連携による経済活力の回復に貢献し、国民生活の質の向上、安全で安心出来る暮らしの確保、環境の保全・創造に寄与することを目的としています。本研究会では、有識者、国交省関係機関、民間団体等からなる「プロジェクト選定・評価委員会」を設置して、プロジェクトの募集、プロジェクトチームの設置、評価やその支援措置等を行うほか、テクニカルアドバイザーを置いて、プロジェクトチームの活動に必要な技術的支援を行います。また、新しい道路技術の普及や広報のためのセミナーや研究成果報告会を開催しています。

新都市社会技術融合創造研究会



## プロジェクト | 新都市社会技術融合創造研究会



研究会の目的

活動内容

プロジェクト

プロジェクト募集

### 継続中のプロジェクト

- 舗装アセットマネジメント高度化に関する研究
- FRP製簡易展開式橋梁検査足場の開発に関する研究
- ひび割れ計測機と飛行ロボットによる橋梁点検手法に関する研究
- 橋面より実施する簡易な橋梁点検システムに関する研究
- 鋼橋の疲労亀裂破壊調査の効率化に関する研究
- 橋梁の排水施設構造の改善に関する研究
- 環境に配慮した歩道舗装に関する研究
- 道路盛土における排水施設点検・管理手法に関する研究
- ゲリラ豪雨に対応した道路のり面監視方法に関する研究
- 降雨特性に応じた道路通行規制のあり方に関する研究

### 終了したプロジェクト

- 道路巡回効率化システムに関する研究
- 高齢化を迎えた長大橋梁の診断と長寿命化に関する研究
- ゲリラ豪雨時における道路斜面安定性評価に関する研究
- 橋梁の延命化シナリオ策定の実践・検証に関する研究
- ナノセンサデバイスを活用した道路管理手法に関する研究
- 道路付帯施設・情報管理施設のアセットマネジメントに関する研究
- 走行型計測技術による道路トンネル健全性評価の実用化検討に関する研究
- 構造物における海塩粒子の付着量推定と腐食劣化予測手法の開発に関する研究
- 都市環境改善舗装の普及に向けた維持管理手法に関する研究(交差点部における舗装の耐久性向上及び補修に関する研究)
- アーテカルバードを積極的に含む景観性に優れた盛土構造の耐震性能評価と災害復旧に関する研究
- 都市環境改善舗装の普及に向けた維持管理手法に関する研究(排水、透水性舗装の沿道環境改善機能に関する研究)

## 高齢化を迎えた長大橋梁の診断と長寿命化に関する研究 | 新都市社会技術融合...



研究会の目的

活動内容

プロジェクト

プロジェクト概要

### 高齢化を迎えた長大橋梁の診断と長寿命化に関する研究



プロジェクトリーダー

坂野 昌弘

関西大学  
環境都市工学部 教授

参加メンバー

(一社)日本橋梁建設協会、(一社)建設コンサル  
タツ協会、(一社)日本非破壊検査工業会、  
(一財)橋梁調査会、阪神高速道路(株)  
関西大学環境都市工学部都市システム工学科  
京都大学大学院工学研究科  
国土交通省 近畿地方整備局  
(道路部、大阪国道事務所、近畿技術事務所)

研究の目的

国土交通省大阪国道事務所管内には、昭和初期に建設され、既に80年以上供用され続けて高齢化を迎えた橋梁が数橋存在する。これらの高齢化橋梁の中で特に重要な路線に架設され、また周辺の土地利用状況等から架け替えが困難な長大橋梁を対象として、現状を把握し、健全性の評価・診断を行い、予防保全も含めた最適な補修・補強対策を提案し、その効果を検証した上で今後の長寿命化を目指す維持管理方針案を策定することを目的としている。

研究の概要

淀川大橋を対象として、各部材の健全・診断し、解析や実験によりそれらの劣化挙動を推定して、橋梁全体の劣化シナリオを作成。

その劣化シナリオに対して、解析や実験により、長寿命化をはかるための予防保全を含めた最適な補修・補強対策を検討。

以上の検討結果から、最適な補修・補強対策を提案し、実績においてそれらの効果を検証した上で長寿命化をめざした維持管理方針案を策定した。



研究期間

平成22年 7月～平成25年3月

研究内容詳細

平成25年11月20日  
研究成果報告会

## 高齢化を迎えた長大橋梁の診断と長寿命化に関する研究報告



1 近畿の道路橋の現状と課題

2-1 プロジェクト概要

2-2 発表論文リスト

3-1 腐食状況調査

3-2 非破壊検査(1)

3-3 非破壊検査(2)

3-4 補修補強設計(1)

3-5 補修補強設計(2)

4-1 応力計測(補修補強前)

4-2 応力計測(補修補強後)

4-3 応力計測(横桁縦桁端部)

5 FEMによる漸次崩壊挙動解析

6-1 疲労実験(当て板溶接部)

6-2 疲労実験(突合わせ溶接部)

6-3 疲労実験(横桁端部)

6 維持管理方針案

## 高齢化を迎えた長大橋梁の診断と長寿命化に関する 研究プロジェクト 報告書 目次(案)

- ▶ **1. プロジェクトの概要**
  - ▶ -高齢化を迎えた長大橋梁の長寿命化に関する研究プロジェクト(文献番号22)
  - ▶ -研究体制
  - ▶ -活動記録
  - ▶ -発表論文リスト
- ▶ **2. 点検調査と補修補強**
  - ▶ -淀川大橋の腐食状況調査(文献番号8)
  - ▶ -淀川大橋溶接補修部の非破壊検査と鋼材の成分分析(文献番号9)
  - ▶ -淀川大橋の補修・補強工事に適用した非破壊検査(文献番号18)
  - ▶ -高齢化長大橋の補修・補強設計(文献番号20)
  - ▶ -淀川大橋の調査・診断と補強設計(文献番号23)
- ▶ **3. 動的載荷試験と応力頻度計測**
  - ▶ -淀川大橋の動的載荷試験および応力頻度測定(文献番号10)
  - ▶ -淀川大橋補修・補強後の動的載荷試験および応力頻度測定(文献番号19)
  - ▶ -淀川大橋横桁および縦桁端部の実応力測定(文献番号30)

- ▶ **4. FEMによる漸次崩壊挙動解析**
  - ▶ -高齢化した長大トラス橋のモデル化と漸次崩壊挙動(文献番号21)
- ▶ **5. 模型実験による疲労挙動の検討**
  - ▶ -当板溶接補修部を有する鋼桁の疲労実験(文献番号7)
  - ▶ -新旧突合せ溶接部を有するトラス部材の疲労実験(文献番号17)
  - ▶ -1926年に架設された鋼単純上路トラス橋横桁端部の疲労挙動(文献番号25)
- ▶ **6. 維持管理方針案**
  - ▶ -淀川大橋の維持管理方針案
- ▶ **【報告書作成のスタンス】**
  - ▶ PJの研究報告書は、目次(案)に示す通り、その時々**に発表した論文**をそのまま添付したものである。すなわち、報告書としてPJ終了時に新たに**取りまとめたもの**はほとんどない。
  - ▶ ただし、**1. プロジェクトの概要**の「研究体制、活動記録、発表論文リスト」 および **6. 維持管理方針案** の「淀川大橋の維持管理方針案」については学会発表論文として取りまとめられていないので、文献番号で参照されていない。  
新都市社会HP等を参照のこと。

### ⑧参考文献リスト

- ▶ 7)水野,山岡,坂野,夏秋,増田:当板溶接補修部を有する鋼桁の疲労実験,土木学会 第66回年次学術講演会講演概要集CS7-008, pp.15-16,2011.9
- ▶ 8)夏秋,増田,河野,坂野:淀川大橋の腐食状況調査,鋼構造年次論文報告集第19巻,pp.651-656, 2011.11
- ▶ 9)河野,増田,夏秋,坂野:淀川大橋溶接補修部の非破壊検査と鋼材の成分分析,鋼構造年次論文報告集第19巻,pp.657-664, 2011.11
- ▶ 10)一ノ瀬,増田,夏秋,坂野:淀川大橋の動的載荷試験および応力頻度測定,鋼構造年次論文報告集第19巻,pp.665-670,2011.11
- ▶ 17)水野,坂野,夏秋,増田:新旧突合せ溶接部を有するトラス部材の疲労実験,土木学会 第67回年次学術講演会講演概要集CS5-011,pp.21-22,2012.9
- ▶ 18)森本,河野,増田,坂野:淀川大橋の補修・補強工事に適用した非破壊検査,鋼構造年次論文報告集第20巻,pp.663-670,2012.11

- ▶ 19)一ノ瀬,夏秋,増田,坂野:淀川大橋補修・補強後の動的載荷試験および応力頻度測定,鋼構造年次論文報告集第20巻,pp.671-677, 2012.11
- ▶ 20)廣瀬,増田,坂野:高齢化長大橋の補修・補強設計,鋼構造年次論文報告集第20巻,pp.679-684,2012.11
- ▶ 21)西村,宇都宮,坂野,廣瀬,増田:高齢化した長大トラス橋のモデル化と漸次崩壊挙動,鋼構造年次論文報告集第20巻,pp.685-690, 2012.11
- ▶ 22)坂野:高齢化を迎えた長大橋梁の長寿命化に関する研究プロジェクト(3),土木学会第67回年次学術講演会講演概要集CS7-014, pp.27-28,2013.9
- ▶ 23)廣瀬,増田,坂野:淀川大橋の調査・診断と補強設計,土木学会第68回年次学術講演会講演概要集CS7-009,pp.17-18,2013.9
- ▶ 25)和田,坂野,夏秋,増田:1926年に架設された鋼単純上路トラス橋横桁端部の疲労挙動,土木学会 第68回年次学術講演会講演概要集CS7-011,pp.21-22,2013.9
- ▶ 30)一ノ瀬,夏秋,増田,坂野:淀川大橋横桁および縦桁端部の実働応力計測,鋼構造年次論文報告集,2013.

## 『高齢化を迎えた長大橋梁の診断と 長寿命化に関する研究プロジェクト』概要紹介

(配布資料はPJ研究報告会の2-1をコピーしたもの)

(平成22年度)



昭和初期に建設され、高齢化を迎えた長大トラス橋を対象として、各部材の健全性を評価・診断し、解析や実験によりそれらの劣化挙動を推定して、橋梁全体の劣化シナリオを作成する。



(平成23年度)

その劣化シナリオに対して、解析や実験により、長寿命化をはかるための予防保全を含めた最適な補修・補強対策を検討する。



(平成24年度)

以上の検討結果から、最適な補修・補強対策を提案し、実橋においてそれらの効果を検証した上で今後100年以上の長寿命化をめざした維持管理方針案を策定する。

【体制】 産：(社)日本橋梁建設協会、(社)建設コンサルタンツ協会近畿支部  
 (社)日本非破壊検査工業会、(財)海洋架橋・橋梁調査会、阪神高速道路(株)  
 官：国土交通省近畿地方整備局(道路部、大阪国道事務所、近畿技術事務所)  
 学：関西大学 坂野昌弘(プロジェクトリーダー)、京都大学 宇都宮智昭(幹事長)

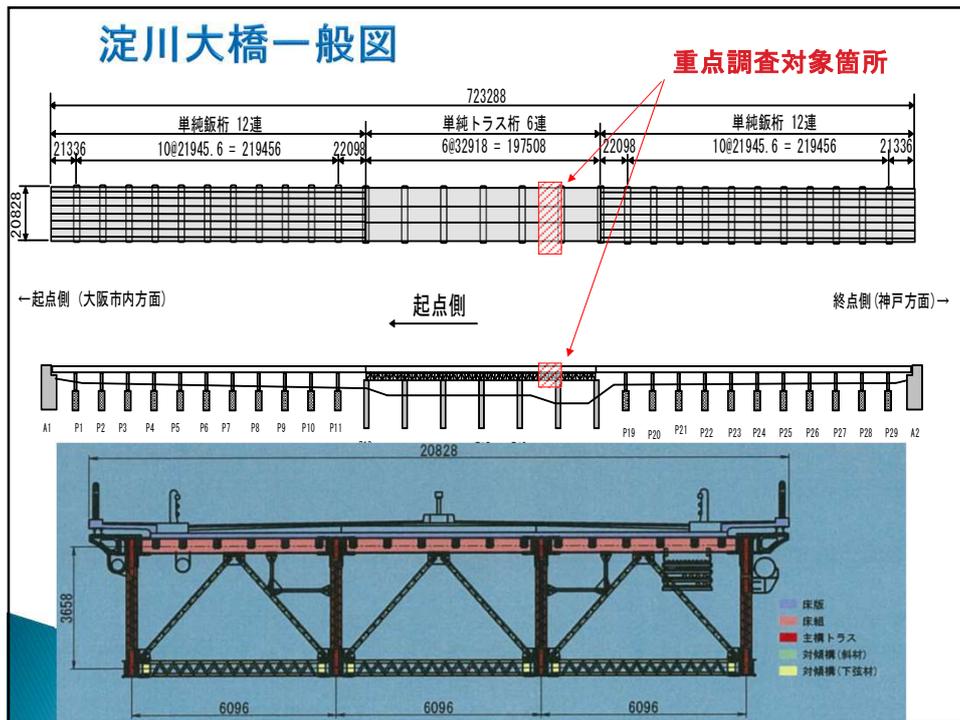
## 淀川大橋の諸元と主な履歴

### (1)諸元

- 国道2号が淀川を渡る箇所(直下にJR東西線)
- 淀川の河口から5.5kmに位置
- 橋長724m、幅員20.8m
- 単純桁12連+トラス6連+単純桁12連=30連
- トラス径間部の径間長32.9m、主構高4m(4主構)

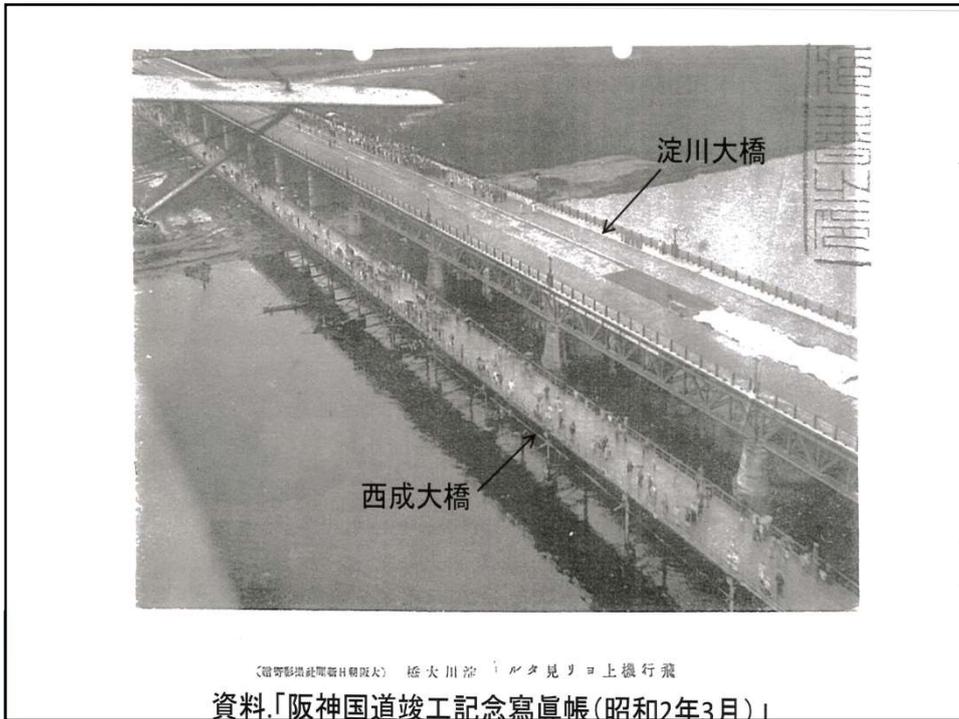
### (2)主な履歴

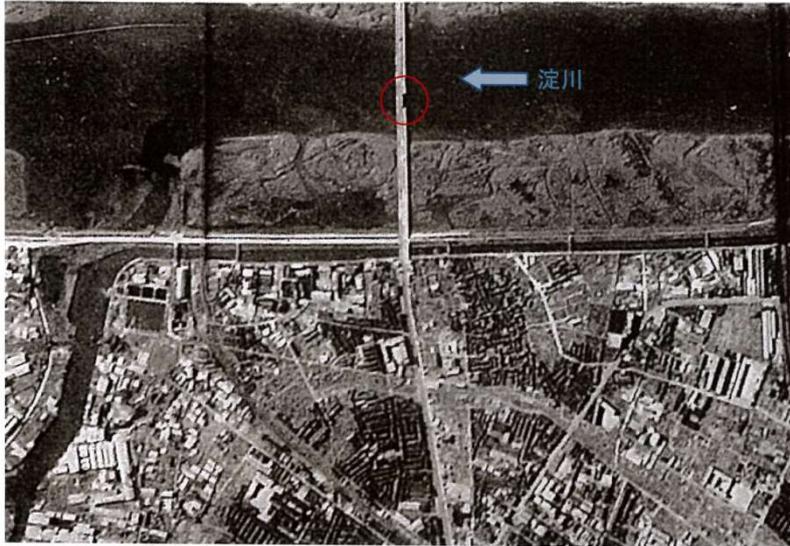
- 大正15年(1926年,90年前)竣工、リベット構造&輸入鋼材
- 昭和20年(1945年)大阪大空襲、淀川大橋も被害
- 昭和34年(1959年,57年前)バイパス材による補修
- 昭和50年(1975年)軌道部の撤去,床版上面増厚
- 平成2年(1990年,26年前)塗替え塗装
- 平成7年(1995年)兵庫県南部地震で損傷した支承取換え
- 平成16年(2004年)落橋防止工事



### 「参考資料: 既存資料で振り返る淀川大橋」より抜粋







昭和22年の福島区とその周辺

資料「写真で見る福島の今昔」

-16-



空襲で破壊された淀川大橋

資料「写真で見る福島の今昔」

-17-

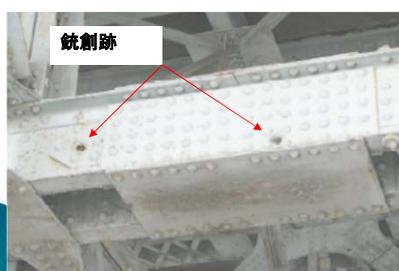
### ▶ 損傷状況および既往の補修補強



トラス斜材の銃創跡



斜材のバイパス補強



トラス下弦材の銃創跡



横桁補修部(損傷部のウェブ側に疲労き裂)

### 3-4 補修補強設計(1)紹介:文献20)参照

#### — バイパス材を有するトラス斜材部の補強設計 —

##### (1)当時の補修手順(推定)

- ・バイパス材の設置(現場溶接)
- ・旧斜材の撤去(ガス切断?)
- ・現場溶接による斜材の取り付け
- ・カバープレートによる現場溶接部の補強?(バイパス材存置)

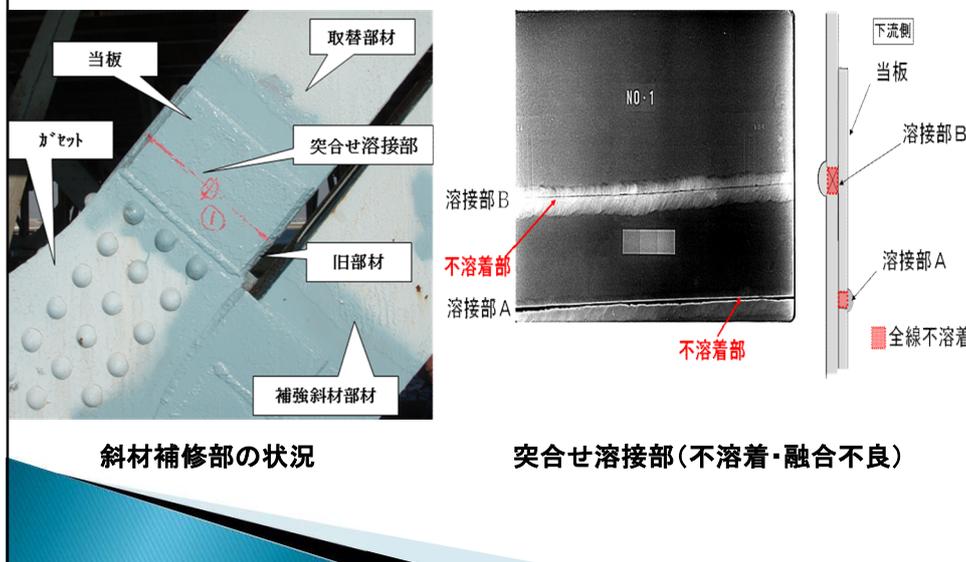
##### (2)非破壊検査による確認

- ・カバーPLに隠された突合せ溶接部に溶込不良を確認(X線)
- ・成分分析結果から溶接に適さない鋼材(P,Sが多い)
- ・X線デジタル画像処理での溶込量推定(コア抜きで確認)

##### (3)溶込み不良部の補強

- ・補強設計図作成
- ・原寸図による設計図の現地確認
- ・工事指示図の作成
- ・現場施工(コア抜き)

## 斜材既往補修部の非破壊検査結果

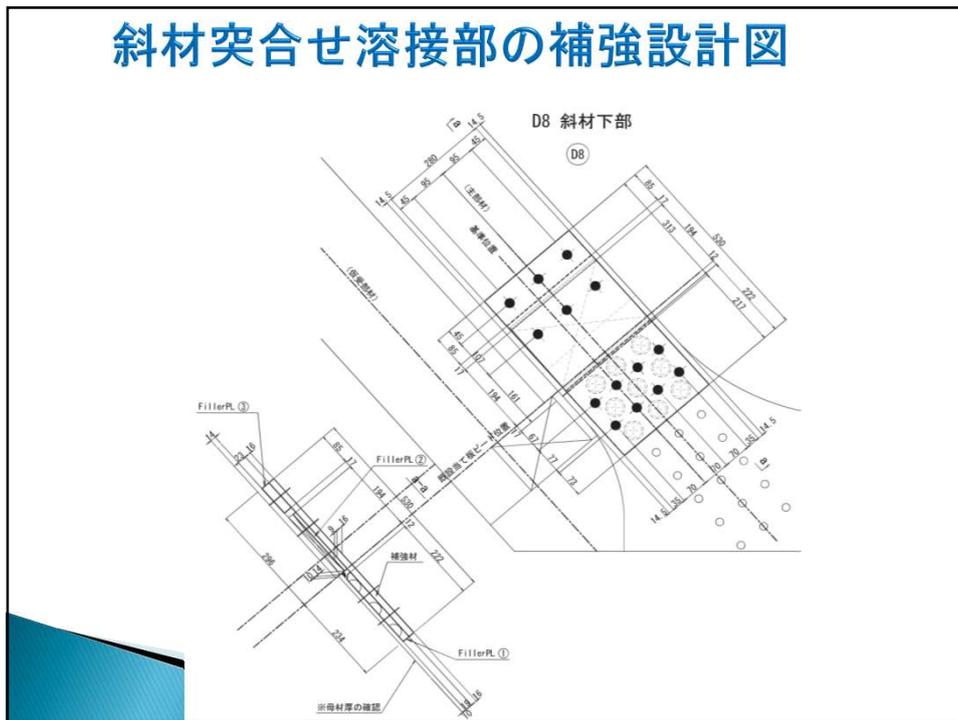


## 既設鋼材の化学分析結果

分析値 部材名	化学成分(wt%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
No. 1 St1 (B10-B11 間縦桁)	0.031	<0.01	0.39	0.045	0.059	0.03	0.03	0.01	<0.02	<0.002
No. 2 St1 (B9-B10 間縦桁)	0.044	<0.01	0.48	0.11	0.090	0.03	0.04	0.04	<0.02	<0.002
No. 3 G1-V10 垂直材/P	0.21	<0.01	0.46	0.023	0.053	0.62	0.03	0.03	<0.02	<0.002
No. 4 G1-L9 下弦材・主桁	0.17	<0.01	0.48	0.015	0.051	0.30	0.03	0.01	<0.02	<0.002
No. 5 G1-D8 補強斜材	0.17	0.07	0.64	0.013	0.033	0.17	0.04	0.04	<0.02	<0.002
No. 6 G1-D7 補強斜材	0.15	0.07	0.62	0.013	0.023	0.16	0.04	0.04	<0.02	<0.002
No. 7-1 G2-D9 斜材カバーP	0.19	0.03	0.64	0.036	0.061	0.04	0.14	0.11	<0.02	<0.002
No. 7-2 G2-D9 斜材腹板	0.18	<0.01	0.48	0.022	0.065	0.38	0.02	0.02	<0.02	<0.002
JIS-1種 <sup>(1)</sup> JIS-SS41 <sup>(2)</sup>	-	-	-	<0.06	<0.06	-	-	-	-	-
JIS-SS41 <sup>(3)</sup>	-	-	-	<0.050	<0.050	-	-	-	-	-
JIS-SM41 <sup>(4)</sup>	<0.23	-	>2.5×C	<0.040	<0.040	-	-	-	-	-
現行-SM400A	<0.23	-	>2.5×C	<0.035	<0.035	-	-	-	-	-

参考規格 (1) JIS-1種:大正14年3月(1925)決定・第20号-69  
 (2) JIS-SS41:昭和13年12月(1938)決定・第430号-G56  
 (3) JIS-SS41:昭和27年(1952)制定  
 (4) JIS-SM41:昭和27年(1952)制定

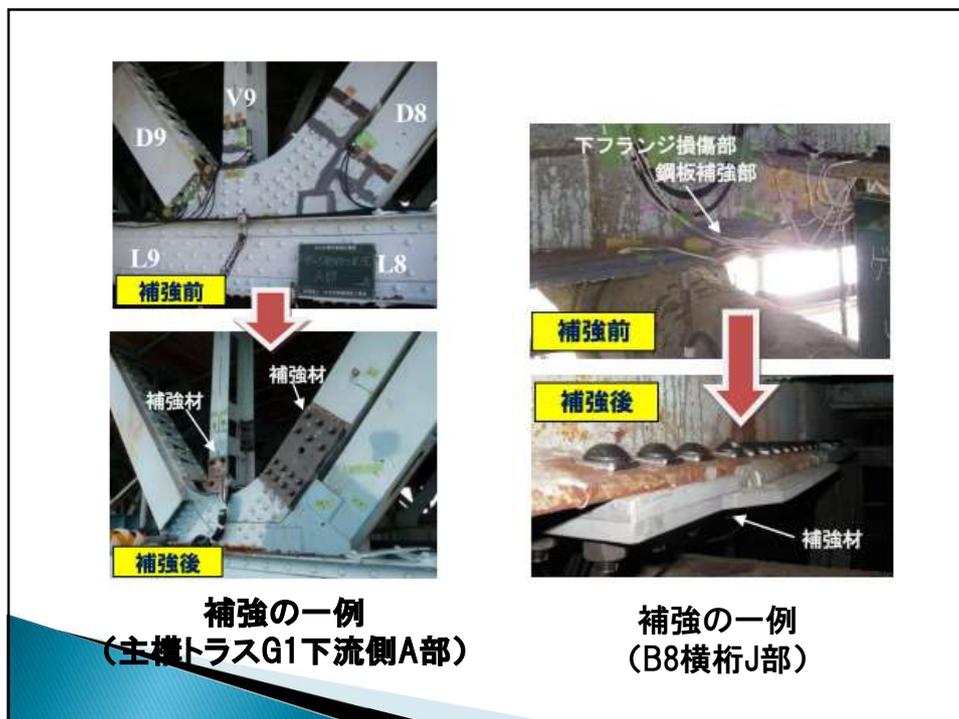
## 斜材突合せ溶接部の補強設計図



## 原寸図による細部確認







### 3-5補修補強設計(2)紹介:文献23)参照

— 横桁き裂部の補修設計&き裂補修フロー —

#### (1)横桁き裂

- ・H23年のトラス部補修 工事中に現場調査で発見
- ・亀裂のある横桁の隣横桁には当て板が溶接され・・・
- ・ストップホールと当て板による応急処置

#### (2)非破壊検査による全数確認

- ・当て板に隠された母材にも亀裂を確認(X線)
- ・該当箇所全数の調査(磁粉探傷試験)
- ・約半数に亀裂を確認(発現箇所にも規則性なし)
- ・き裂のない特定箇所径間が存在(部分架替え箇所)

#### (3)き裂補修のフロー

- ・亀裂の大きさに応じた補修案を策定
- ・補修案に従い現場施工(工事発注)

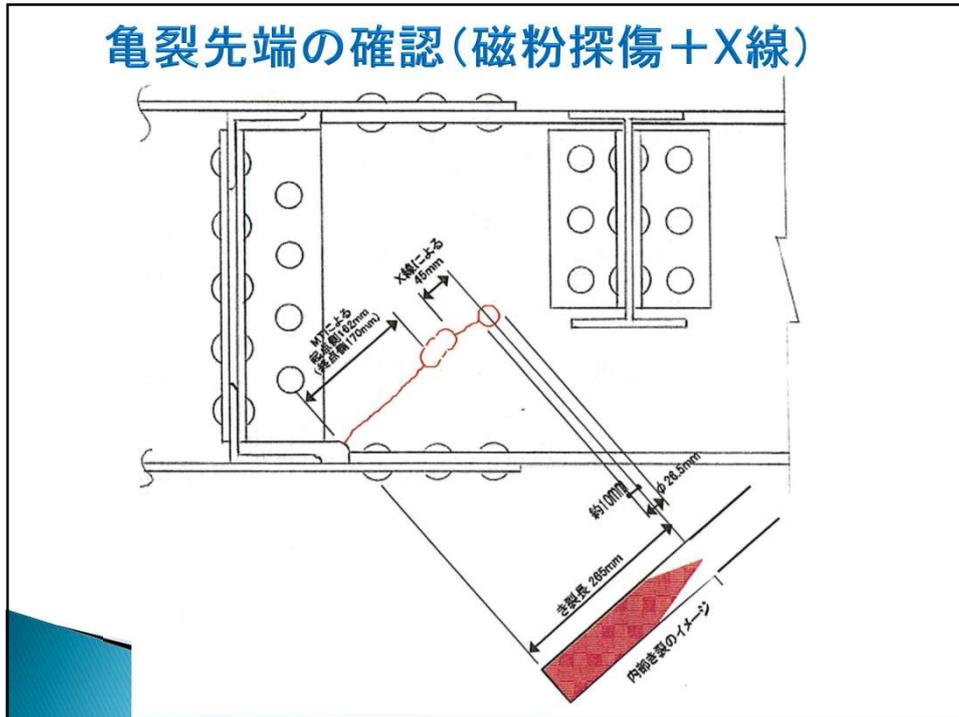
横桁端部のき裂状況 (S15, B9)



横桁端部のき裂状況 (S15, B9)



### 亀裂先端の確認(磁粉探傷+X線)

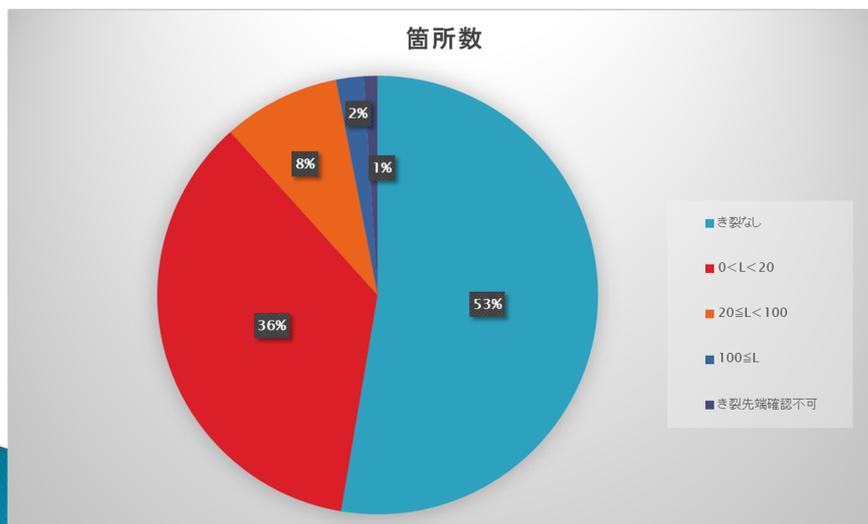


### 応急処置状況(ストップホールと当て板施工)



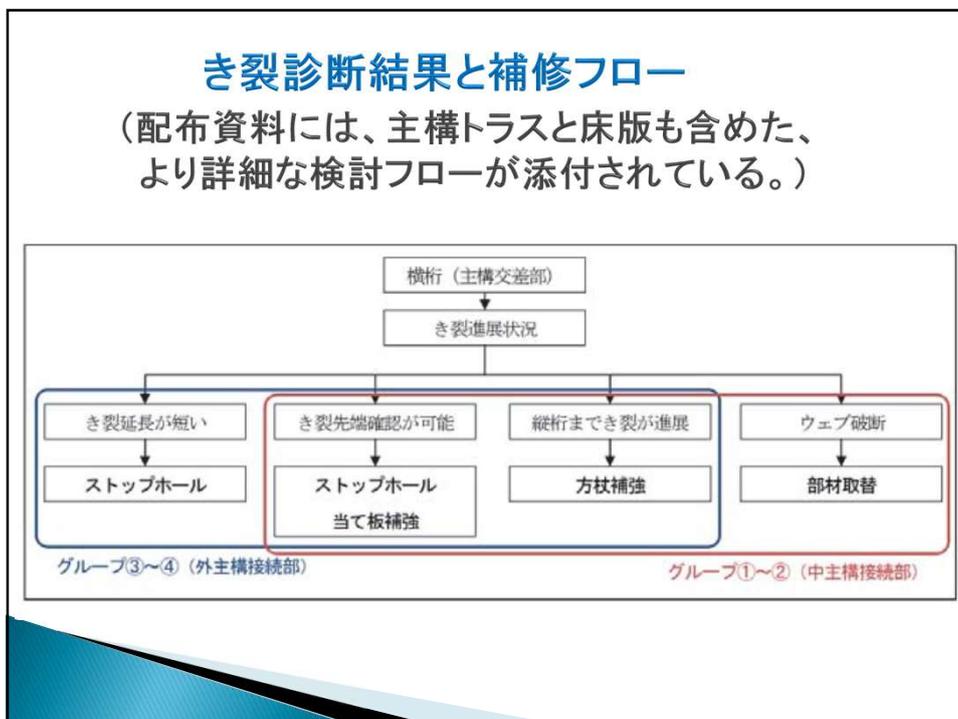
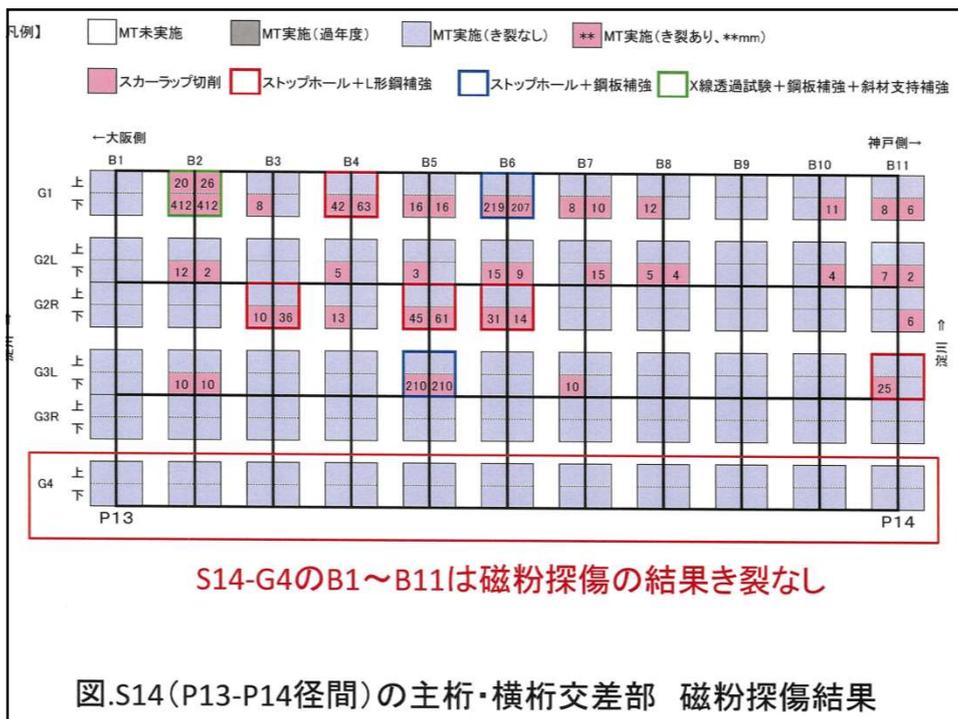
## 磁粉探傷試験結果(全径間,足場施工)

- ▶ 調査箇所数395箇所の「き裂長さ」別内訳



## 横桁端部の大型き裂の状況





## 床版の補修・補強対策について(最新の話)

### 2号淀川大橋老朽化対策に着手(RC床板から鋼床版に更新)

#### ■大規模更新に至った経緯

淀川大橋は、1926(大正15)年に架設された、橋長724.516mの建設後90年を迎える重要な路線に架設され、また周辺の土地利用状況等から架け替えが困難な長大橋梁である。

維持管理上の課題等から、過去に架け替えについて検討はしたものの、**当面の措置として今後100年以上の長寿命化を目指して、「新都市社会融合創造研究会」(産・学・官連携プロジェクト平成22～24年)の活動の一環として関西大学坂野教授をプロジェクトリーダーのもと、維持管理方針案を策定し、長寿命化計画に基づき予算要求したところ、採択され、今年度から4～5年かけて大規模更新(床板の更新)に着手することとなりました。**

#### ■維持管理上の課題

- ①河川構造令の課題
- ②台風等により高潮警報が出されると、堤防部において防潮鉄扉を閉めて海水の侵入を防ぐ必要があり、通行止め等に労力を要する。
- ③地震動に対する課題

#### ■架け替えの課題

- ①縦断を上げることによる周辺橋梁への影響。
- ②縦断を上げることによる沿道家屋、店舗の用地買収等困難が予想され長期化する可能性がある。
- ③膨大な事業費がかかる。

日刊建設工業新聞平成28年4月19日

## 「交渉方式」初採用へ

国交省、来月にも入札公告  
近畿整備局の橋梁床版工で

国土交通省は、技術力で企業を選定し、価格や工率を交渉して契約する「交渉方式」を採用する。近畿地方整備局が発注する「淀川大橋床版更新工事」が対象。5月にもWTO政府調達規定が適用される入札を公告し、手続を完了。建設後90年が過ぎたRC床版の更新工事。感震の強度、合いや腐食の不可視部分が多く、仕様書が困難なため同方式を採用することにした。

技術提案交渉方式は、改正公共工事品質確保促進法(公共工事品質確保)に基づく新たな入札契約方式の一つ。修繕工事などで仕様確定が困難な

たり、仕様の前提となる条件の確定が困難だったりする工事での導入を定めている。

国交省は、直轄工事対象にした同方式の運用ガイドラインを15年6月に策定。3類型のうち回は「設計交渉・施工タイプ」と呼ぶ方法で契約手続を進める。

公告後、参加希望者ら技術提案を交付し、優先交渉権者を決めて設計を契約。施工計画や応力状況の把握などをめめた設計が固まった段階で工事の価格交渉に入り、予定価格を決めて契約に向け、交渉がとまらなければ、その段階で次点候補者との交渉に切り替える。

同橋は橋長700mで上下4車線。工事は車線分の交通を確保しながら進める。構造物の金剛骨や交通規制短絡などを同時に満足させる術力を持った企業を選定する必要があり、同方式の適用は、一先、改善を図り、他の案件にも展開できるようにしたい(官房技術企画課と)としている。

## 6 維持管理方針案

- ▶ (配布資料にはPJ研究報告会の6をコピーして添付しているので、参照してください。)

- ▶ 淀川大橋維持管理方針案(目次)
- ▶ 1.維持管理上の課題(劣化シナリオ)
- ▶ 2.疲労損傷等に対する対策案
- ▶ 3.維持管理方針(点検)
- ▶ 4.維持管理方針(対策)
- ▶ 5.維持管理方針の見直し
- ▶ 6.他の橋梁への展開

## まとめ

### (1)調査

- ・竣工図(本体、添加物)のほかに補修履歴も
- ・復元図作成(現況把握)
- ・損傷調査(近接調査、足場等)

### (2)各種検査

- ・非破壊検査(内部欠陥、疲労き裂先端の確認)
- ・コア抜きによる成分分析(古い鋼材の場合)
- ・応力頻度計測(残存寿命の推定)

### (3)補修補強設計

- ・損傷原因の特定
- ・損傷要因を取り除く補修補強設計
- ・特に、疲労損傷に対しては対症療法だけではだめ！

END