

高知県でのコンクリート構造物の 補修・補強事例



平成26年9月12日

高知県土木部道路課

国道担当チーフ 道倉 直樹

1.道路の老朽化対策の本格実施に関する提言

社会資本整備審議会 道路分科会 H26.4.14

最後の警告—今すぐ本格的なメンテナンスに舵を切れ

静かに危機は進行している

高度成長期に一齐に建設された道路ストックが高齢化し、一齐に修繕や作り直しが発生する問題について、平成14年以降、当審議会は「今後適切な投資を行い修繕を行わなければ、近い将来大きな負担が生じる」と繰り返し警告してきた。

しかし、デフレが進行する社会情勢や財政事情を反映して、その後の社会の動きはこの警告に逆行するものとなっている。即ち、平成17年の道路関係四公団民営化に際しては高速道路の管理費が約30%削減され、平成21年の事業仕分けでは直轄国道の維持管理費を10~20%削減することが結論とされた。そして、社会全体がインフラのメンテナンスに関心を示さないまま、時間が過ぎていった。国民も、管理責任のある地方自治体の長も、まだ橋はずっとこのままであると思っているのだろうか。

この間にも、静かに危機は進行している。道路構造物の老朽化は進行を続け、日本の橋梁の70%を占める市町村が管理する橋梁では、通行止めや車両重量等の通行規制が約2,000箇所に及び、その箇所数はこの5年間で2倍と増加し続けている。地方自治体の技術者の削減とあいまって点検すらままならないところも増えている。

今や、危機のレベルは高進し、危険水域に達している。ある日突然、橋が落ち、犠牲者が発生し、経済社会が大きな打撃を受ける...、そのような事態はいつ起こっても不思議ではないのである。我々は再度、より厳しい言い方で申し上げたい。「今すぐ本格的なメンテナンスに舵を切らなければ、近い将来、橋梁の崩壊など人命や社会システムに関わる致命的な事態を招くであろう」と。

すでに警鐘は鳴らされている

平成24年12月、中央自動車道笹子トンネル上り線で天井板落下事故が発生、9人の尊い命が犠牲となり、長期にわたって通行止めとなった。老朽化時代が本格的に到来したことを告げる出来事である。この事故が発生した警鐘に耳を傾けなければならない。また昨今、道路以外の分野において、予算だけでなく、メンテナンスの組織・体制・技術力・企業風土など根源的な部分の変革が求められる事象が出現している。これらのことを明日の自らの地域に起こりうる危機として捉える英知が必要である。

2005年8月、米国ニューオーリンズを巨大ハリケーン「カトリーナ」が襲い、甚大な被害の様子が世界に報道された。実はこの災害は早くから想定されていた。ニューオーリンズの巨大ハリケーンによる危険性は、何年も前から専門家によって政府に警告され、前年にも連邦緊急事態管理庁（FEMA）の災害研究で、その危険性は明確に指摘されていたのである。にもかかわらず投資は実行されず、死者1330人、被災世帯250万という巨大な被害を出している。「来るかもしれないし、すぐには来ないかもしれない」という不確実な状況の中で、現在の資源を将来の安全に投資する決断ができなかったこの例を反面教師としなければならない。

橋やトンネルも「壊れるかもしれないし、すぐには壊れないかもしれない」という感覚があるのではないだろうか。地方公共団体の長や行政も「まさか自分の任期中は...」という感覚はないだろうか。しかし、私たちは東日本大震災で経験したではないか。千年に一度だろうが、可能性のあることは必ず起こると。笹子トンネル事故で、すでに警鐘は鳴らされているのだ。

行動を起こす最後の機会は今

道路先進国の米国にはもう一つ学ぶべき教訓がある。1920年代から幹線道路網を整備した米国は、1980年代に入ると各地で橋や道路が壊れ使用不能になる「荒廃するアメリカ」といわれる事態に直面した。インフラ予算を削減し続けた結果である。連邦政府はその後急ピッチで予算を増やし改善に努めている。それらの改善された社会インフラは、その後の米国の発展を支え続けている。

笹子トンネル事故は、今が国土を維持し、国民の生活基盤を守るために行動を起こす最後の機会であると警鐘を鳴らしている。削減が続く予算と技術者の減少が限界点を超えたのちに、一齐に危機が表面化すればもはや対応は不可能となる。日本社会が置かれている状況は、1980年代の米国同様、危機が危険に、危険が崩壊に発展しかねないレベルまで達している。「笹子の警鐘」を確かな教訓とし、「荒廃するニッポン」が始まる前に、一刻も早く本格的なメンテナンス体制を構築しなければならない。

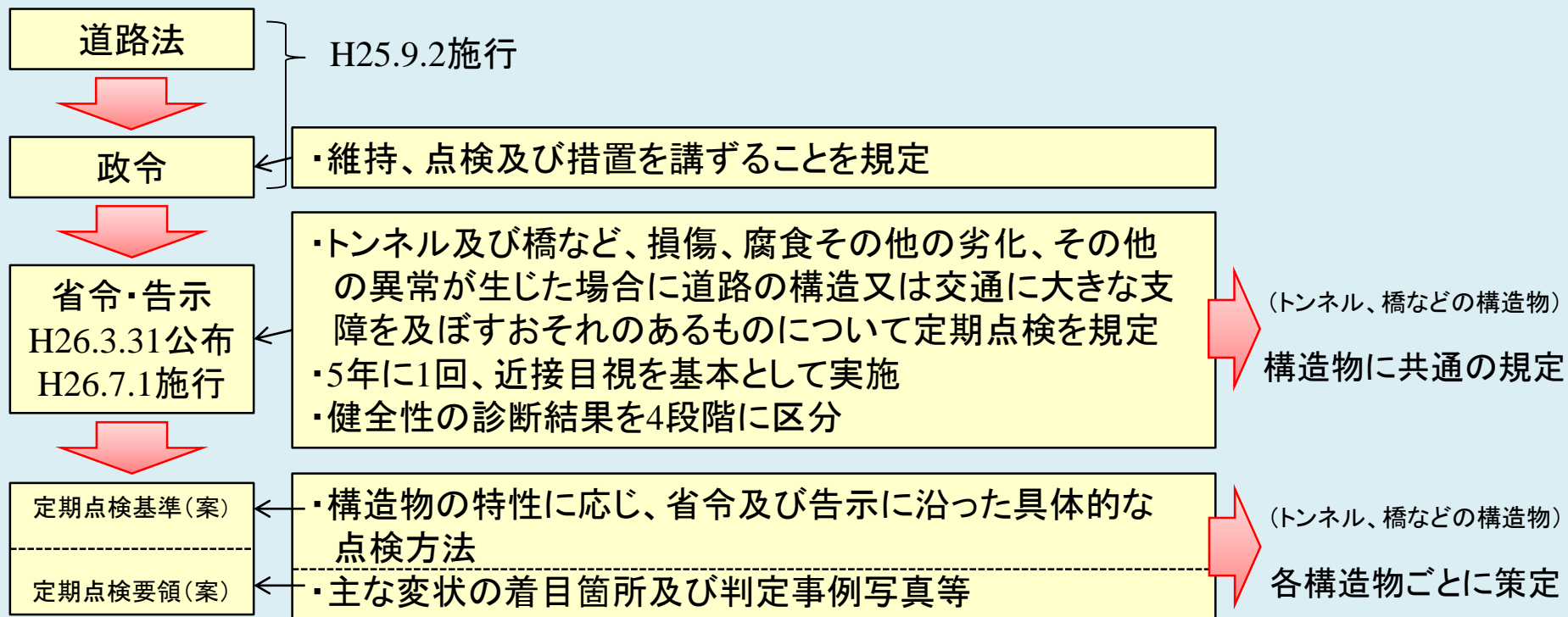
そのために国は、「道路管理者に対して厳しく点検を義務化」し、「産学官の予算・人材・技術のリソースをすべて投入する総力戦の体制を構築」し、「政治、報道機関、世論の理解と支持を得る努力」を実行するよう提言する。

いつの時代も軌道修正は簡単ではない。しかし、科学的知見に基づくこの提言の真意が、この国をリードする政治、マスコミ、経済界に届かず「危機感を共有」できなければ、国民の利益は確実に失われる。その責はすべての関係者が負わなければならない。

2. 省令・告示、定期点検基準(案)の体系

- (1) 省令及び告示で、5年に1回、近接目視を基本とする点検を規定、健全性の診断結果を4つに区分。
(トンネル及び橋などの構造物に共通)
- (2) 点検方法を具体的に示す定期点検基準(案)が策定。(トンネル及び橋などの構造物ごと)
- (3) 市町村における円滑な点検の実施のため、主な変状の着目箇所、判定事例写真等を加えたものを定期点検要領(案)としてとりまとめ。(トンネル及び橋などの構造物ごと)

法令・定期点検基準(案)の体系



3.高知県内の状況

施設名	定期点検要領の対象内容	施設数(H26.4月現在)			
		単位	高知県	県	市町村
トンネル	トンネル本体工及びトンネル内に設置されている付属物を取り付けるための金属類やアンカー等	本	281	199	82
道路橋	橋梁2.0m以上の橋梁、高架の道路等	橋	12,721	2,588	10,133
シェッド・大型カルバート等	ロックシェッド、スノーシェッド、大型カルバート等 ※大型カルバートとは、内空に自動車1台分の道路を有する程度の	本	45	40	5

高知県橋梁長寿命化修繕計画
(平成23年度策定)

道路トンネル



道路橋



シェッド、大型カルバート等



横断歩道橋



門型標識等



国、県、市町村

道路老朽化対策で連携

「メンテ会議」が発足

橋やトンネルなど道路施設の老朽化対策を連携して進めるため、国、県、市町村の県内全ての道路管理で組織する「県道路メンテナンス会議」が3日、発足した。市町村を中心に点検・補修業務の財源や技術者不足が課題となっており、同会議で情報共有や技術研修に取り組み、効果的な発注方法なども検討する。

2012年に中央自動車道種子トンネル

(山梨県)で発生した天井板崩落事故を機に、国は道路施設の老朽化対策を強化。今月から全ての橋とトンネルを対象に5年に1度の目視点検を義務付け、スムーズな作業のために都道府県ごとに同会議の設置を進めている。

国土交通省土佐国道事務所や県によると、県内の橋(長さ20m以上)は約1万3千、トンネルは約100本、7割超は市町村管理だが、小規模な市町村は土木技術職員が揃って手薄で、12町村はゼロ。国の財政支援の内容もまだ固まっていないという。

高知市で開かれた初会合には、全34市町村の担当者ら約60人が出席した。

国土交通省は「日本の道路は高度経済成長期に集中整備され、急速な老朽化が進んだ」とし、義務付けられた点検業務の内容などを説明。意見交換では、市町村側から「職員の技術研修会を継続的に開いてほしい」などの要望が出た。

県は、市町村が希望すれば点検業務を一括して民間に発注する考えを説明した。同会議は今後、課題と対応策を整理し、現場見学会なども開く方針。

(小笠原敏浩)

高知新聞
平成26年7月4日

高知県橋梁長寿命化修繕計画策定の背景

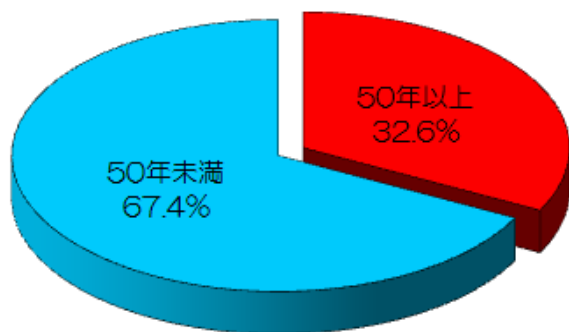
高知県管理橋梁：約2590橋（平成25年度末）
〔橋長15m以上の橋梁：約920橋
橋長15m未満の橋梁：約1570橋〕

高齢化橋梁※1数

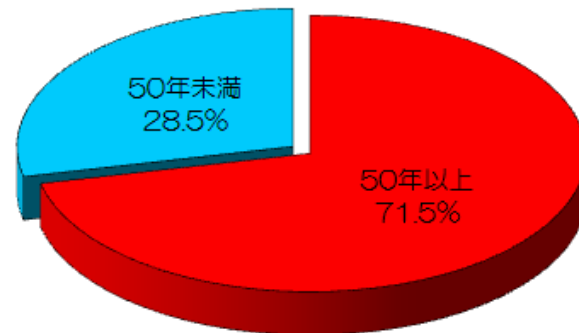
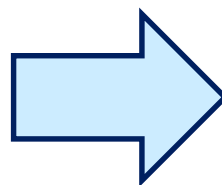
2011年（計画策定時点）：809橋（32.6%）

2031年（20年後）：1776橋（71.5%）

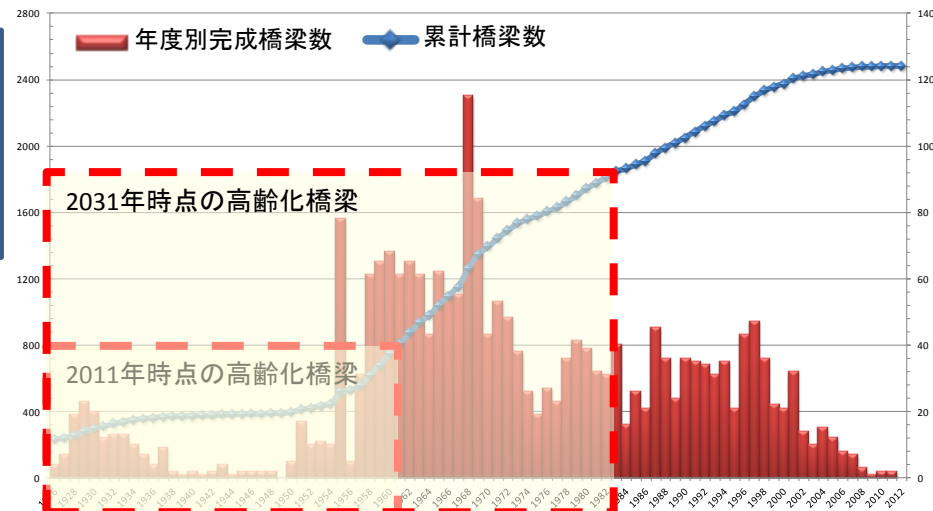
※1 高齢化橋梁：建設後一定以上の年月が経過した橋梁
一般的には50年以上を経過した橋梁を指す



2011年



2031年（20年後）



高度成長期（昭和29～49年）
完成橋梁数 1,127橋（約43.5%）

今後、高齢化橋梁の修繕・架替えにかかる費用は大幅に増大

点検調査⑤ 損傷写真						点検日	39674
フリガナ 橋梁名	ヤイガ 矢井賀	道路種別	主要地方道	路線名	(1025) 中土佐佐賀線	現道・旧道区分	現道
施設管理番号	39-1895	所在地	中土佐町矢井賀 ～ 中土佐町矢井賀			管理事務所	須崎土木事務所

径間番号	1
------	---

	写真番号	1
	部材名	主桁
	要素番号	0101 0102
	損傷の種類	剥離・鉄筋露出
	損傷程度	e
メモ		
塩害環境下で鉄筋が露出し、腐食している		
	写真番号	2
	部材名	床版
	要素番号	0301
	損傷の種類	剥離・鉄筋露出
	損傷程度	d
メモ		
	写真番号	3
	部材名	主桁
	要素番号	0101～ 0302
	損傷の種類	剥離・鉄筋露出
	損傷程度	e
メモ		
塩害環境下で鉄筋が露出し、腐食している		
	写真番号	4
	部材名	舗装
	要素番号	0101
	損傷の種類	
	損傷程度	
メモ		

■橋梁諸元

竣工：1961年
 橋種：単純PCT桁
 橋長：11.5m（単径間）
 幅員：6.1m（車道部幅員5.1m）

■修繕等の履歴

2009年(H21)：点検（定期点検1回目）
 2010年(H22)：部材損傷詳細調査、修繕設計
 2011年(H23)：桁断面修復、鉄筋取替、伸縮装置修繕、橋面修繕

■詳細調査（外部委託）



主桁のクラック幅等調査



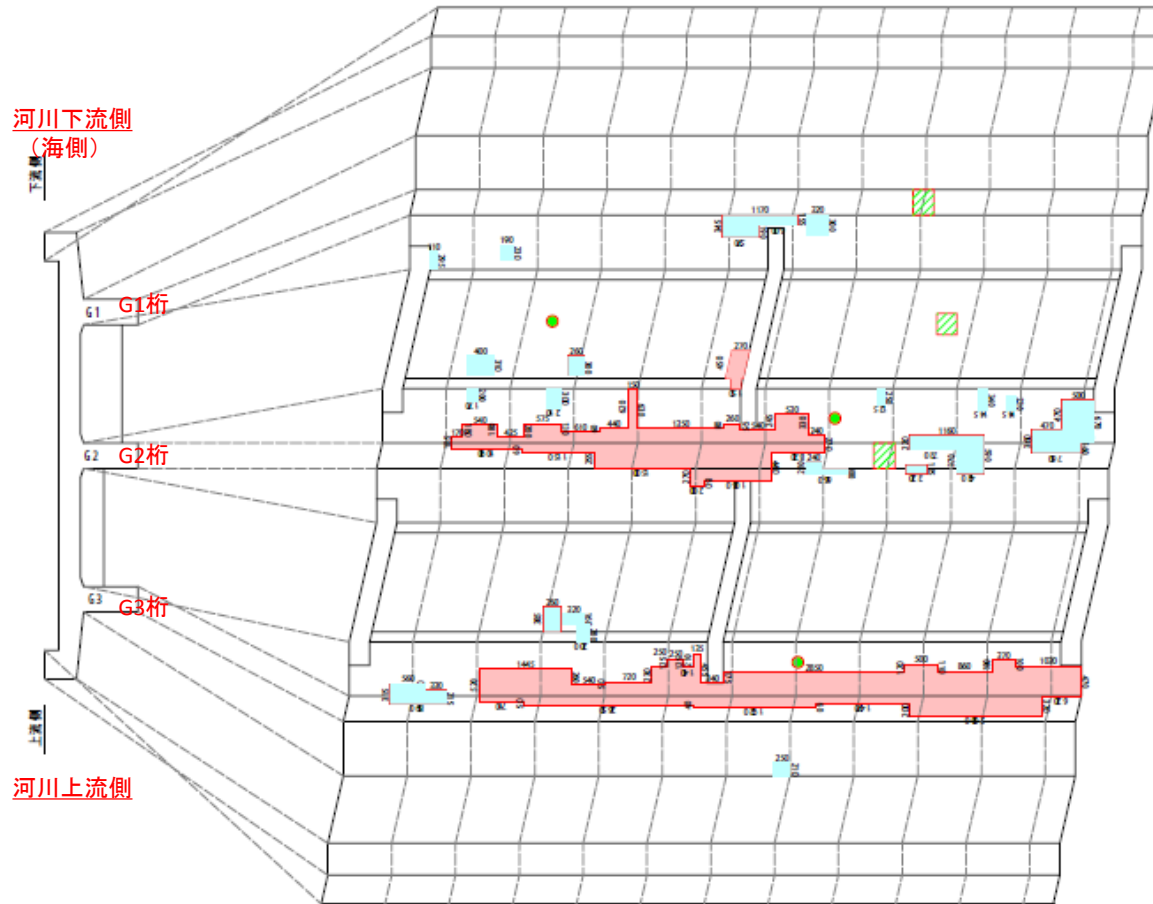
鉄筋の断面欠損調査



コンクリート強度等調査

矢井賀橋損傷展開図(その1) S=1/30

河川下流側
(海側)



河川上流側

コンクリート桁の各種試験結果

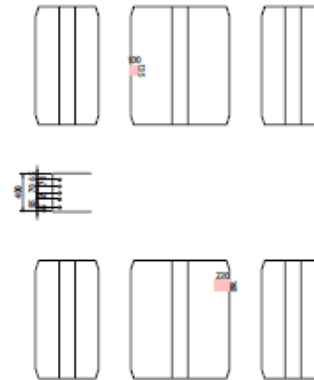
圧縮強度 : 設計値以上

中性化試験 : 中性化深さ最大18mm

(参考: 主桁側面 鉄筋がぶり35mm)

塩化物含有量: C= 1.2kg/m³を超える深さ最大60mm

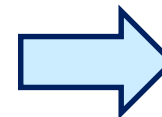
※ C= 1.2kg/m³=腐食発生限界塩化物イオン濃度



凡例

- 剥離・浮き
- 鉄筋露出
- コア採取箇所
- はつり出し調査箇所

桁・床版を中心に広範囲の剥離・浮き
特にG2、G3桁を中心に鉄筋露出



断面修復・表面保護を施工



施工前



桁断面のハツリ



鉄筋の取替・防錆材コーティング



施工完了



コンクリート表面保護



断面修復

調査設計 + 補修工事 ⇒ 数千万円

これまでの対症療法的な修繕は困難

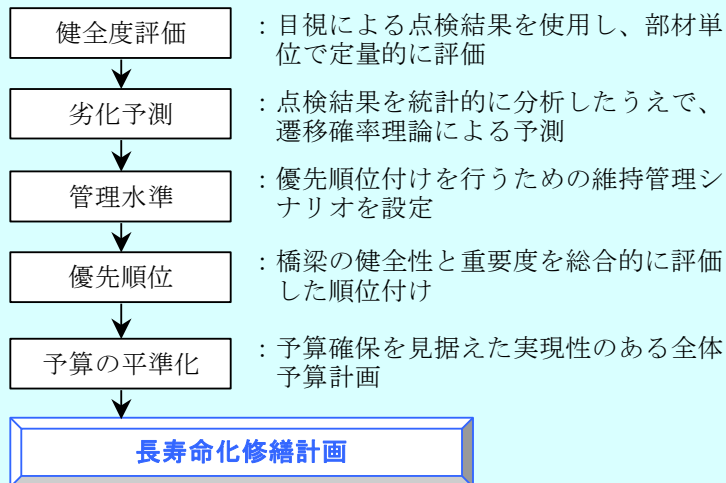
- ・補修の必要な橋梁の急増
- ・大規模橋梁の補修の本格化

⋮

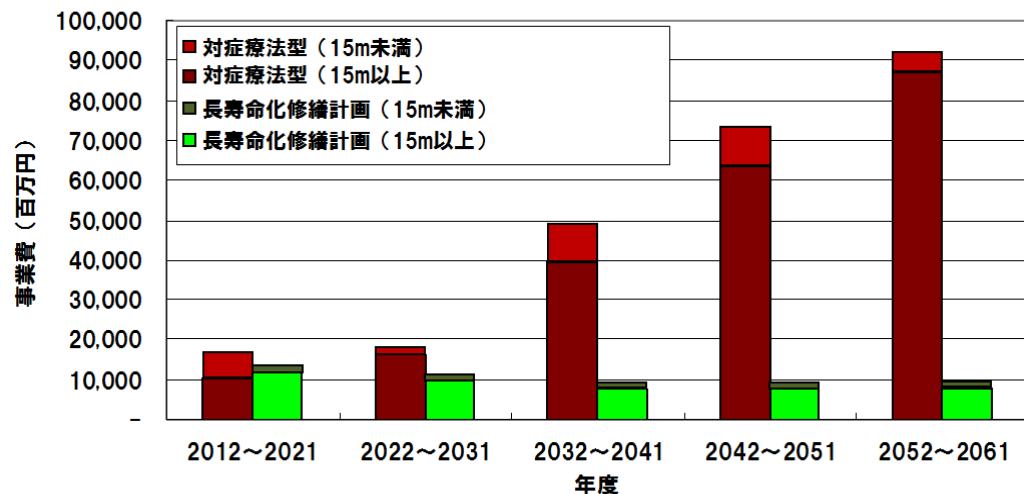
点検・調査の蓄積と劣化予測
長寿命化による既存施設の有効活用

長寿命化修繕計画策定事業

現時点での暫定的手法に基づき計画を策定



長寿命化修繕計画の効果



(単位：億円)

維持管理手法	全体	橋長 15m 以上	橋長 15m未満	備考
対症療法的手法（従来）	2,499	2,160	339	
長寿命化修繕計画	589	450	139	
効果(コスト削減率)	76%	79%	59%	

予防的保全による修繕費の削減と平準化

耐震補強の実施状況

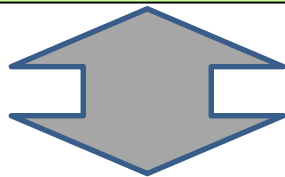
ステップ1) 緊急輸送道路

落橋等の甚大な被害の発生を防止し、損傷を限定的なものにとどめることで、緊急輸送道路としての機能の確保

今後

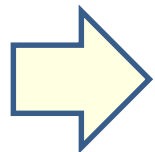
ステップ2) 緊急輸送道路以外

孤立集落の発生や避難路への指定の有無、復旧期間等を考慮し、橋梁耐震計画を策定し、耐震補強を実施



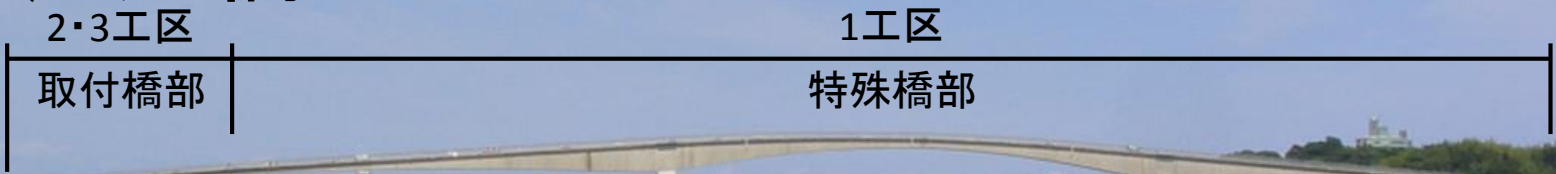
補修と耐震補強を同時に行い、さらにコスト縮減
(足場工、交通誘導員…)

橋梁の補修と予防保全による長寿命化



県道春野赤岡線 浦戸大橋

浦戸大橋



昭和47年6月
 浦戸大橋 完成

平成21年度
 橋梁点検を実施

平成22～23年度
 耐震補強および橋梁補修設計

平成24年度～
 大規模地震による落橋等の被害を防止する耐震補強と
 老朽化に伴う損傷の補修工事を併せて実施

約40年経過

橋 梁 名	浦戸大橋【うらどおおはし】
路 線	県道春野赤岡線
所 在 地	高知県高知市浦戸～種崎
交差条件	航路（平均満潮面+40m）
橋 長	915.600m
総径間数（支間割）	特殊橋部：5径間（55.500m＋130.000m＋230.000m＋130.000m＋55.500m） 取付橋部：11径間（41.000m×2＋36.000m×2＋30.000m×2＋25.000m＋18.700m＋19.000m×2＋18.680m）
幅 員	全幅：8.500m（地覆0.25m＋歩道0.75m＋車道6.5m＋歩道0.75m＋地覆0.25m）
上部工形式	特殊橋部：P C 5 径間連続ラーメン箱桁橋（中央ヒンジ付き） 取付橋部：P C 単純 2 室箱桁橋× 7 連 R C 4 径間連続中空床版橋
下部工形式	R C 柱式橋脚（中空断面）：P2, P3 R C 柱式橋脚（充実断面）：P1, P4～P15
基礎工形式	深礎杭基礎（P1），直接基礎（P2, P11～P15） ケーソン基礎（P3, P4～P10）

昭和29年



浦戸湾



浦戸から種崎、御量瀬方面を望む(昭和39年)



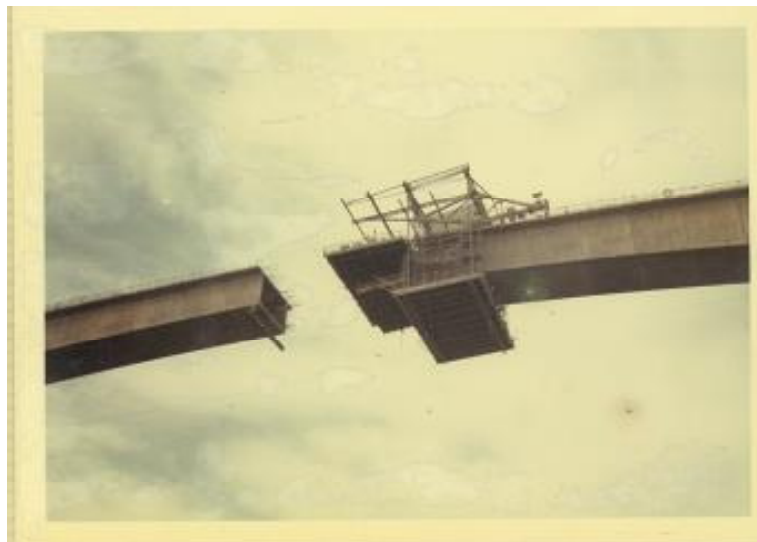
桂浜

昭和39年

昭和46年12月7日



昭和47年2月2日



昭和47年4月2日



昭和47年7月完成



完成から約40年経過
来る南海トラフ地震への備え



補修・耐震補強を併せて実施

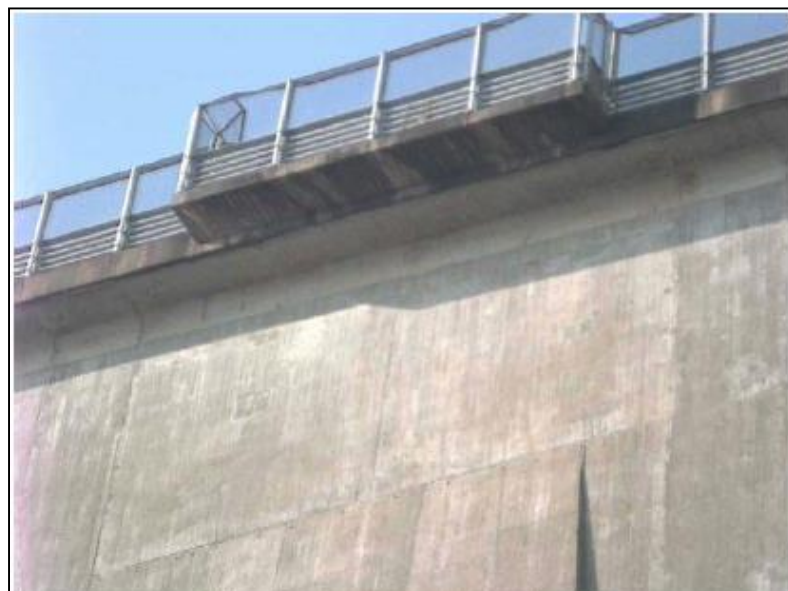
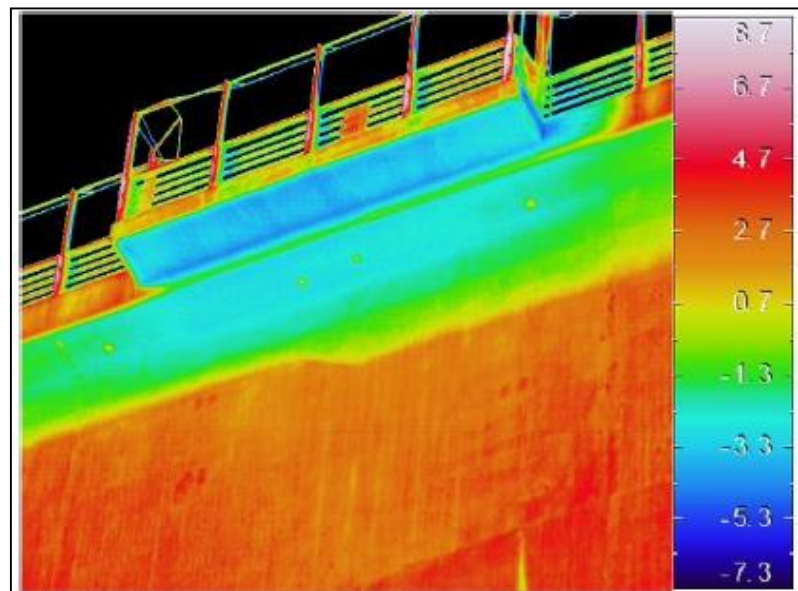


特殊橋部の点検写真(遠景)

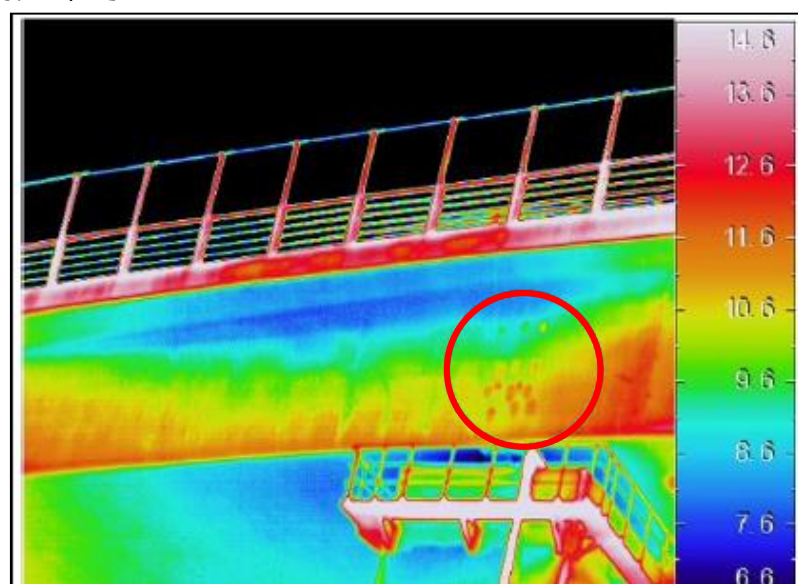


ラジコンヘリ撮影写真
(上空から見た浦戸大橋)

損傷なし



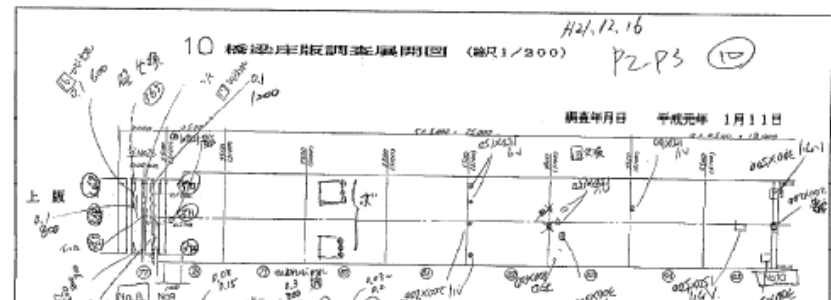
損傷あり



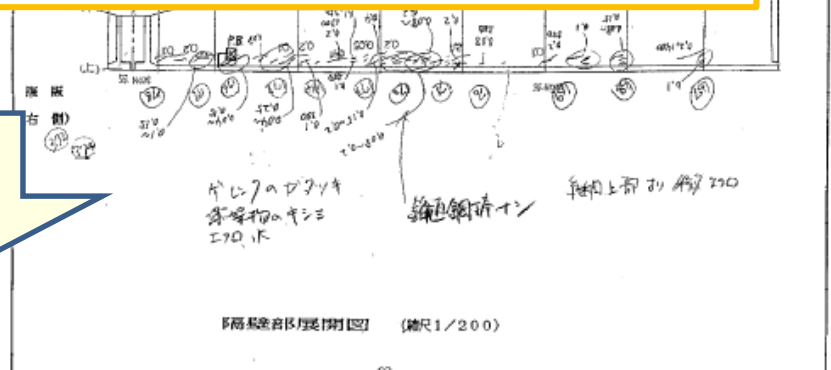
点検状況



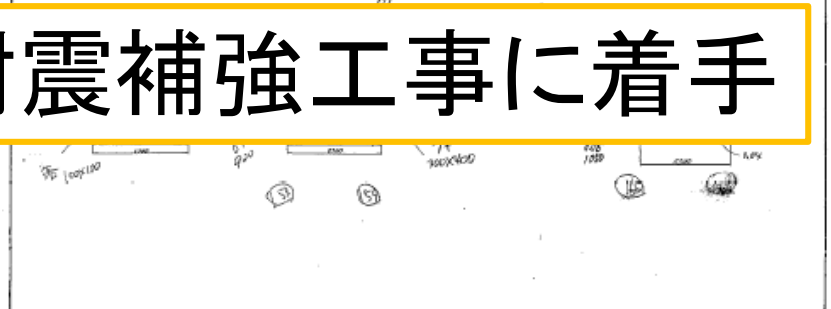
点検結果メモ



点検・調査結果をもとに補修・耐震設計
(平成22～23年度)



浦戸大橋橋梁補修・耐震補強工事に着手



工事概要(1工区:特殊橋部)

落橋防止構造(PCケーブル)

想定以上の地震が発生した場合でも橋桁が、橋台から外れて、落ちてしまわないようケーブルでつなぎます。



中央ヒンジ取替

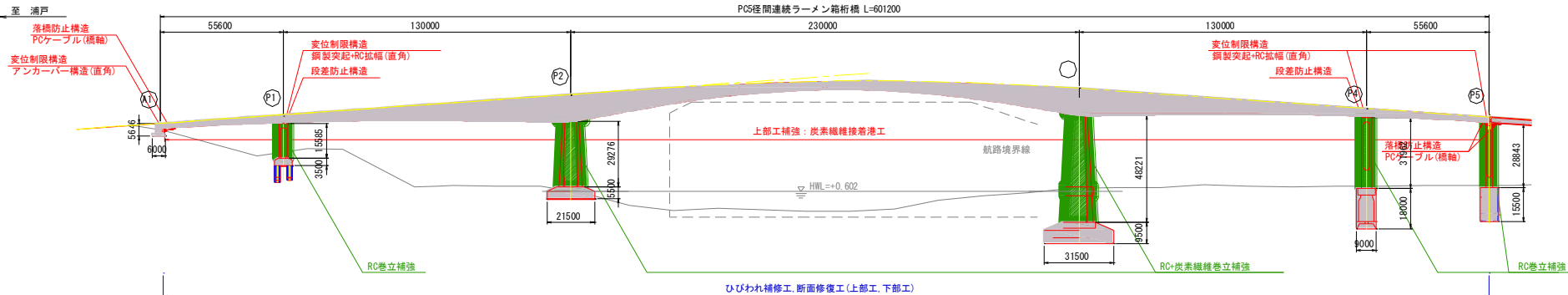
大規模地震にも耐えられるように中央ヒンジ支承を交換します。

上部工補強

大規模地震にも耐えられるように橋桁を補強します。(炭素繊維接着工)

変位制限構造

想定以上の地震が発生した場合でも橋桁がずれるのを防ぐために、ずれ止めとなる突起等を設置します。



鉄筋コンクリート巻立補強

大規模地震にも耐えられるように橋脚を太く補強します。



下部工補強

大規模地震にも耐えられるように橋脚を補強します。(炭素繊維接着工)

ひびわれ補修工・断面修復工

橋全体のひびわれや、コンクリートが欠けている部分を直します。

段差防止構造

想定以上の地震が発生した場合に橋桁を支える台(支承)が壊れても、橋桁が下がらないように、代わりに支える台を設置します。



工事概要(2・3工区: 取付橋部) ※平成26年3月完成

変位制限構造

想定以上の地震が発生した場合でも橋桁がずれるのを防ぐために、ずれ止めとなる突起等を設置します。



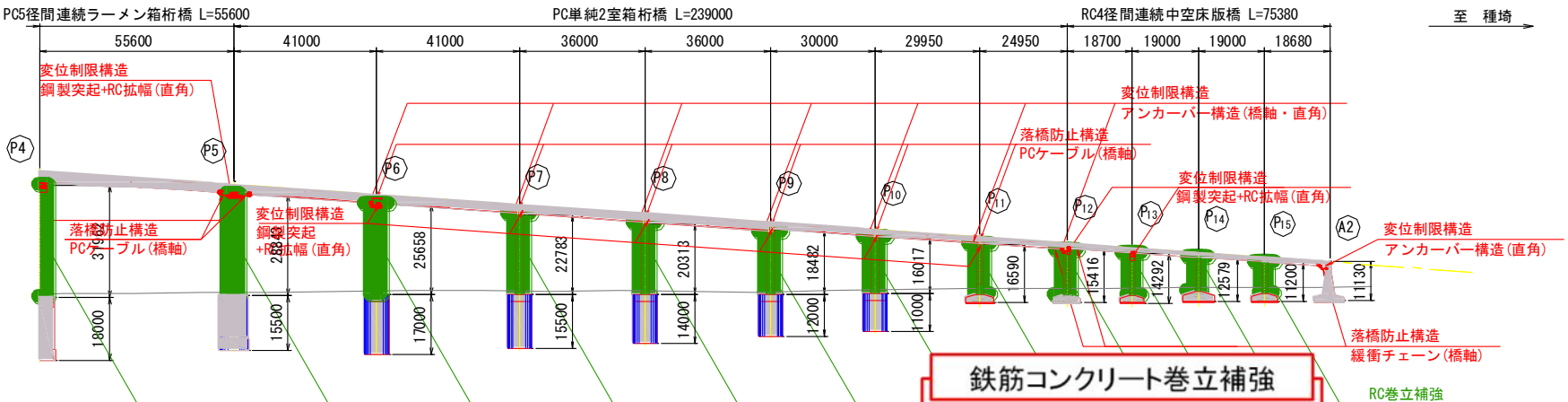
落橋防止構造(PCケーブル)

想定以上の地震が発生した場合でも橋桁が、橋台から外れて、落ちてしまわないようケーブルでつなぎます。



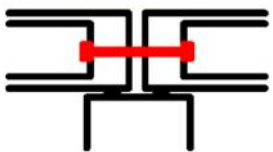
落橋防止構造(緩衝チェーン)

想定以上の地震が発生した場合でも橋桁が外れて落ちないようにチェーンでつなぎます。



落橋防止構造(桁連結)

想定以上の地震が発生した場合でも橋桁が落ちてしまわないように、桁同士をケーブルでつなぎます。



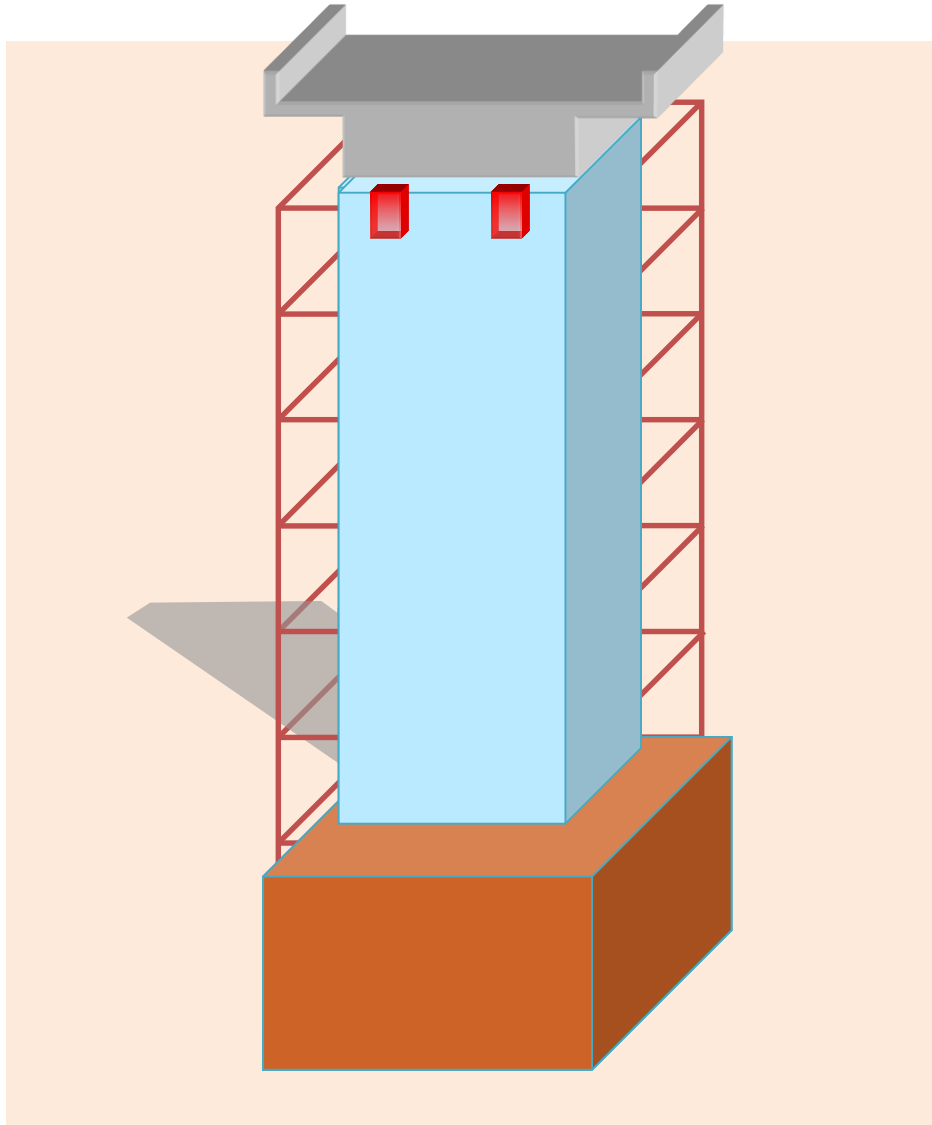
ひびわれ補修工, 断面修復工(上部工, 下部工)

鉄筋コンクリート巻立補強

大規模地震にも耐えられるように橋脚を太く補強します。



橋脚RC巻立て



- ①掘削
- ②橋脚外周足場組立
- ③コンクリート面はつり
- ④橋脚巻立て補強
- ④落橋防止装置取付
- ⑤橋脚外周足場解体
- ⑥完成

施工状況

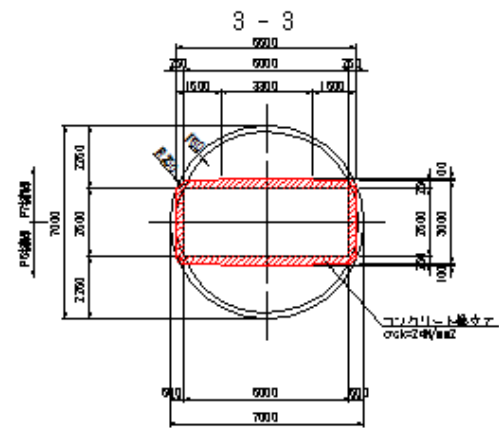
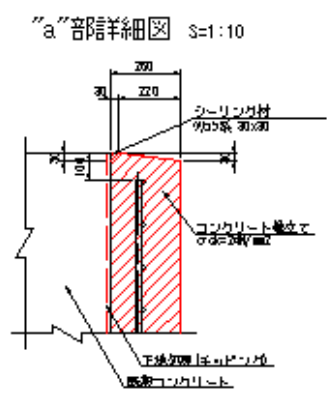
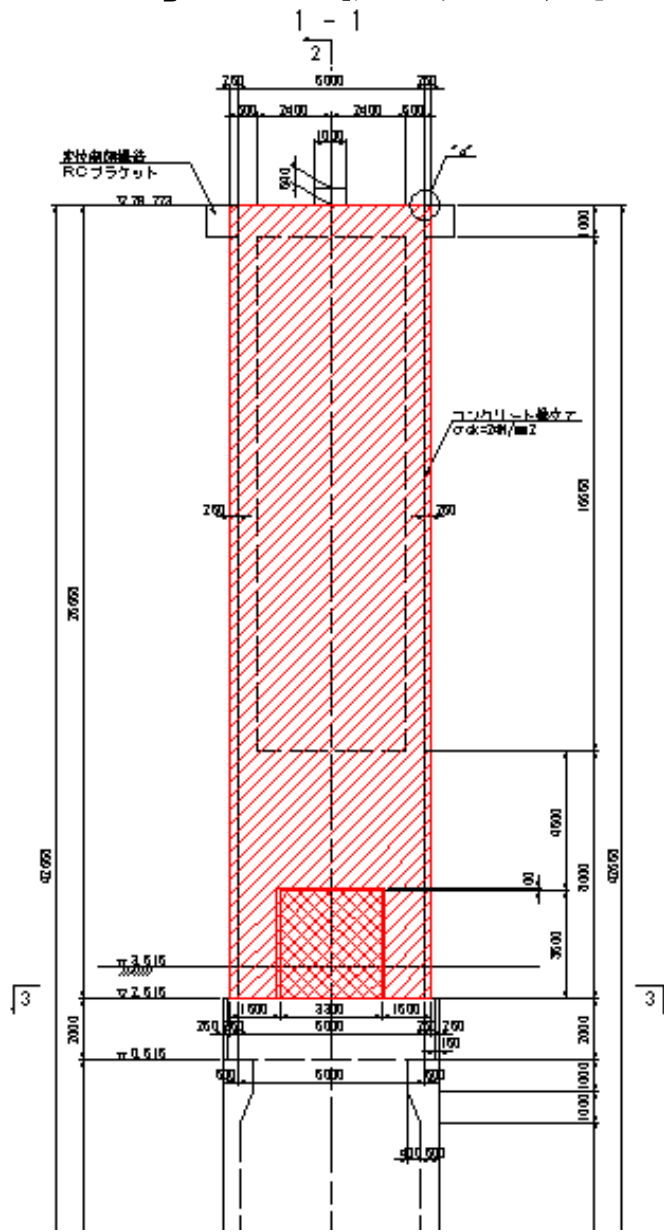


P1橋脚巻立コンクリート
鉄筋組立状況



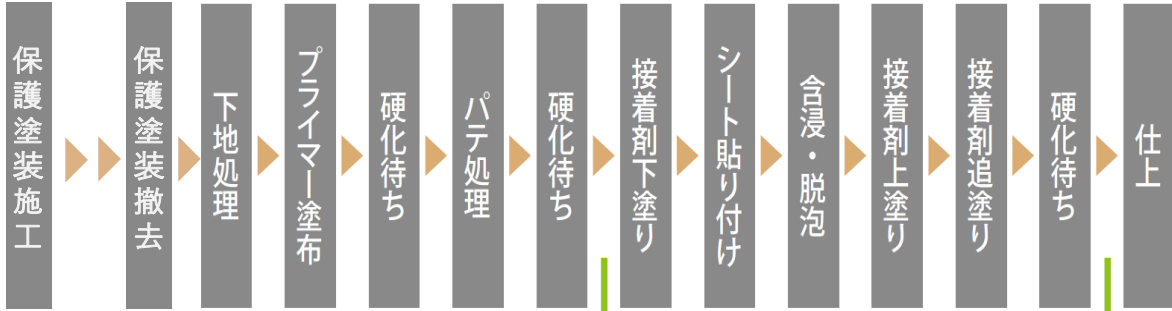
巻立コンクリート下地処理状況
既設橋脚には保護塗装がされており、
下地処理に併せて保護塗装を撤去

工事の状況(取付橋部) H26.3月完成



炭素繊維シート貼付け

施工ステップ



H7～H8

積層繰り返し (1層/日)

プライマー塗布作業 プライマー塗布完了



パテ処理作業

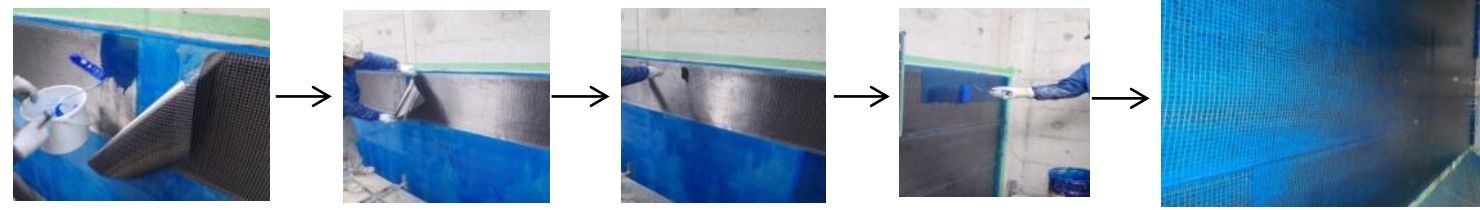


パテ処理完了



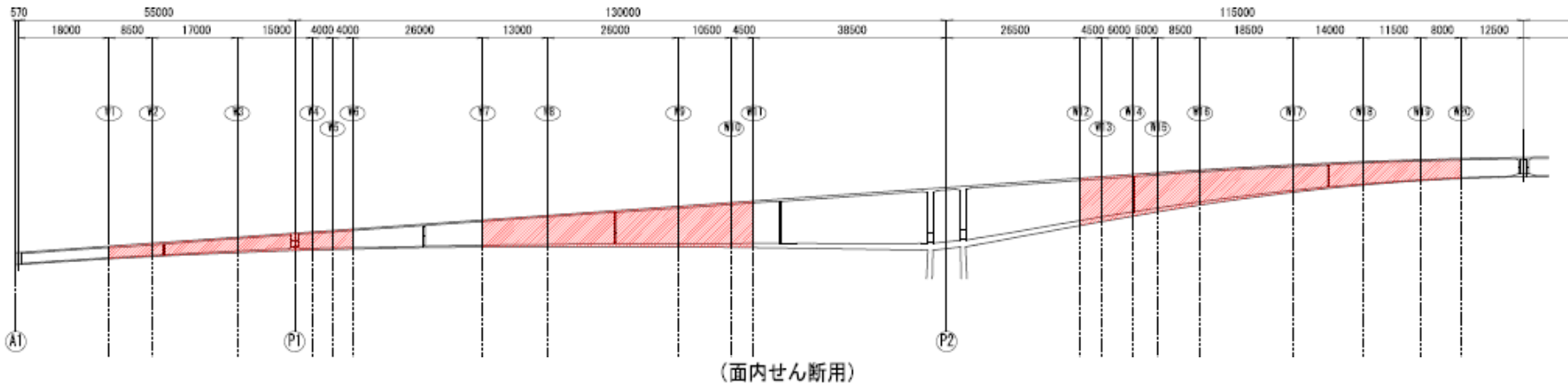
貼付作業

貼付完了

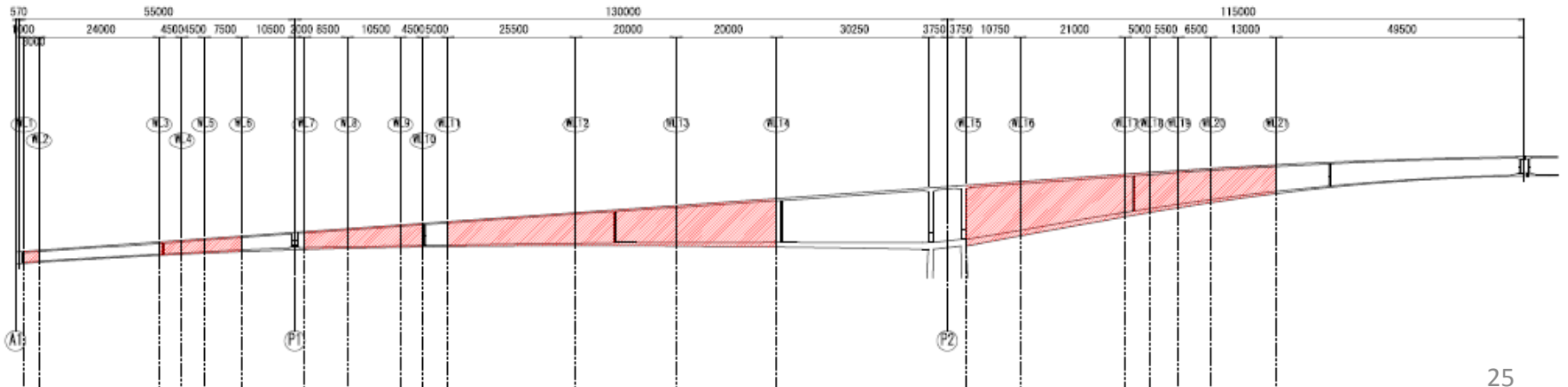


炭素繊維シート貼付け図(特殊橋部 箱桁外側)

浦戸大橋 上部工炭素繊維シート補強図
(面外曲げ用)
側面図 S=1:500



側面図 S=1:500



炭素繊維シート貼付け状況(特殊橋部 箱桁外側)

施工前



点検状況



足場架設状況



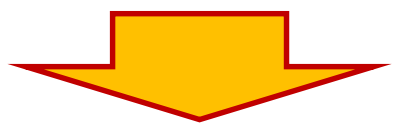
足場拡大写真



炭素繊維シート貼付け状況(特殊橋部 箱桁外側)



足場架設状況(P5～P4)



炭素繊維シート貼付け状況(特殊橋部 箱桁外側)

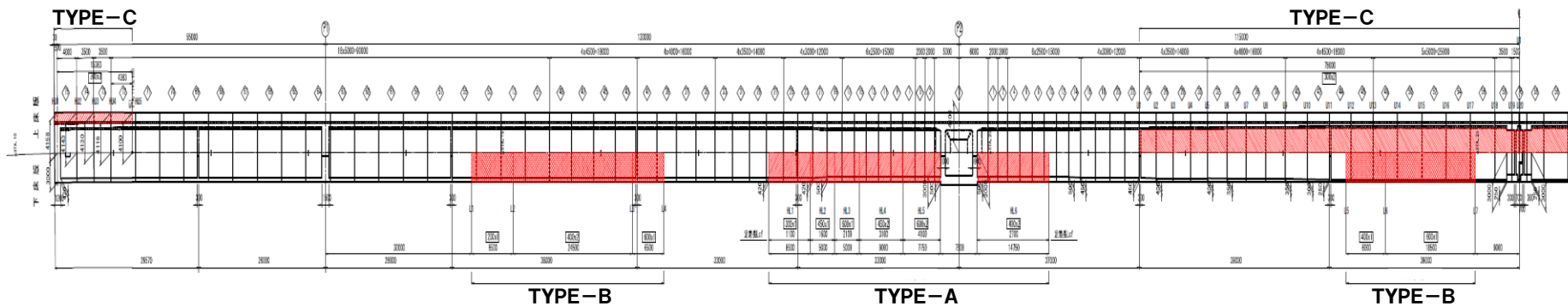


炭素繊維シート貼付け完了（特殊橋部 箱桁外側）



炭素繊維シート貼付け図(特殊橋部 箱桁内側)

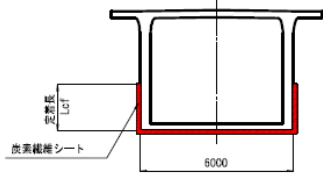
浦戸大橋 上部工炭素繊維シート補強図



TYPE-A

下床版下面貼付け

(面外せん断用)



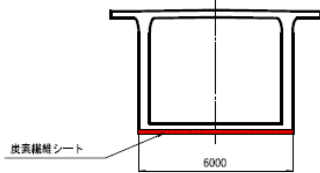
シート貼付け延長=6000+定着長(Lcf)x2

繊維方向：鉛直

TYPE-B

下床版下面貼付け

(面内曲げ用)



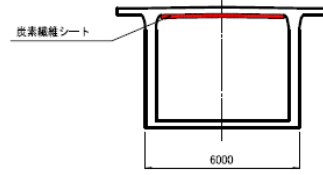
シート貼付け延長=6000

繊維方向：水平

TYPE-C

上床版下面貼付け

(面内曲げ用)



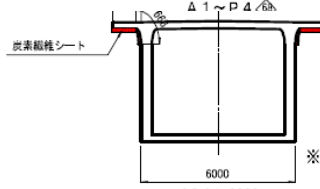
シート貼付け延長=6000-(ウェブ厚+200)

繊維方向：水平

TYPE-D

上床版下面貼付け

(床版曲げ補強用)



シート貼付け延長=(L2+668)x2

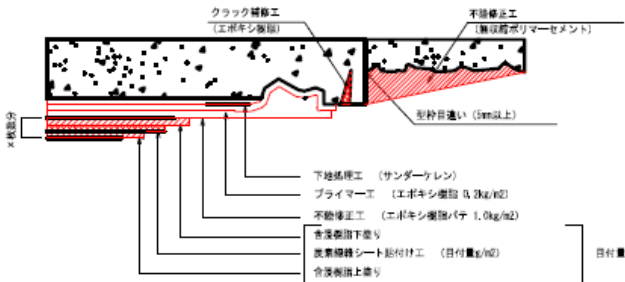
繊維方向：水平

※ L1寸法は、図面参照。

L2=L1-3200

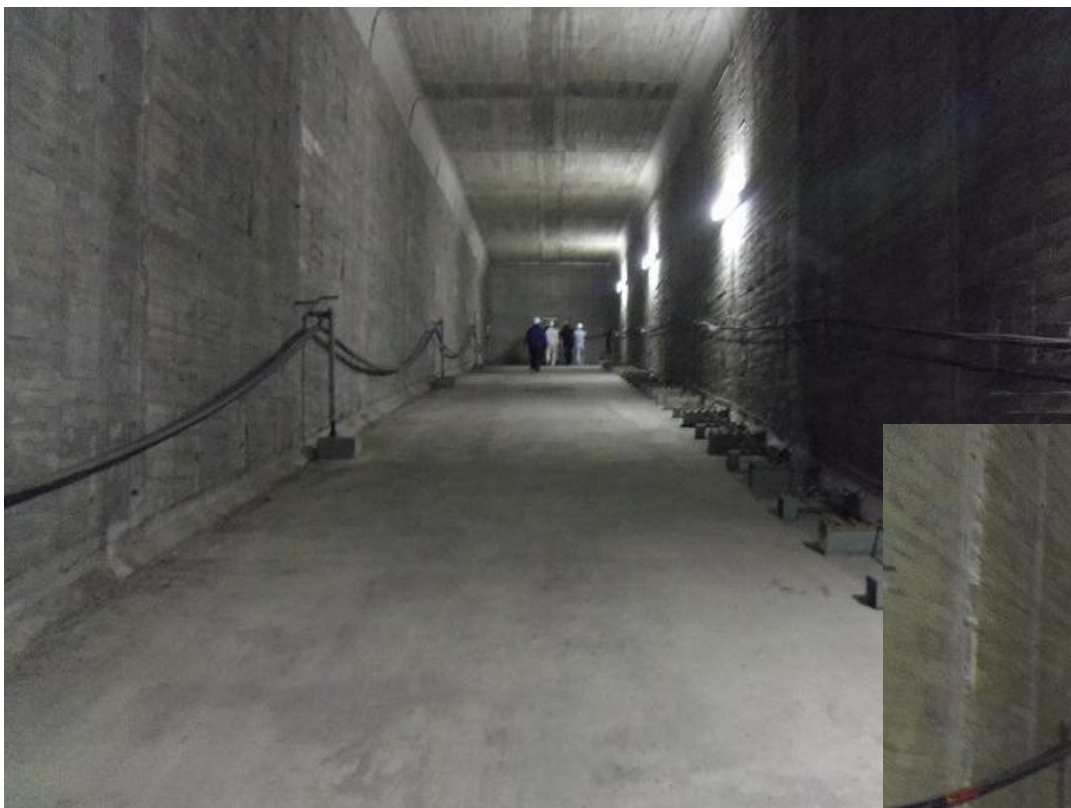
炭素繊維シート 断面詳細図

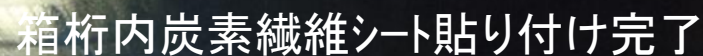
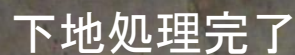
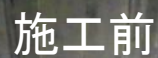
目付量(g/m2)×枚数

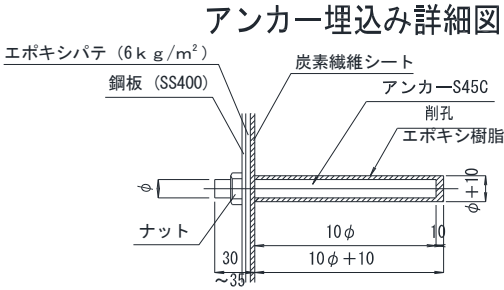
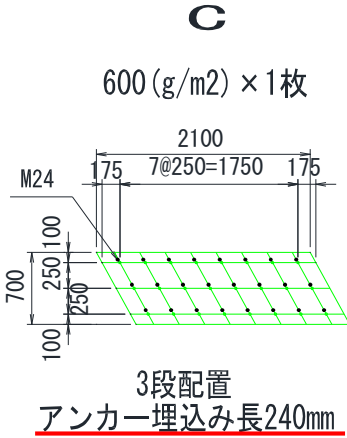
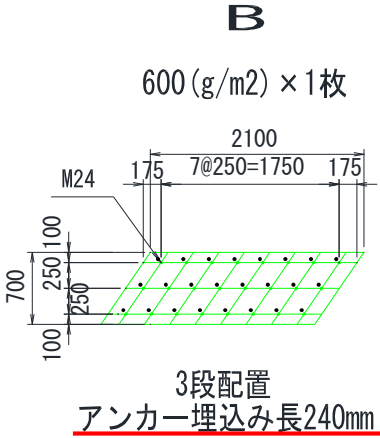
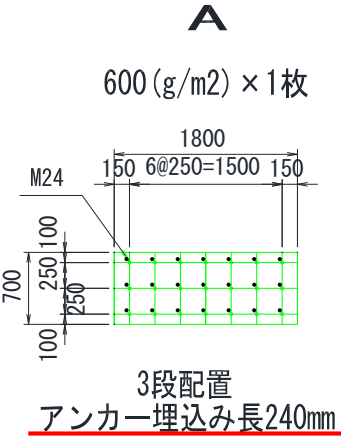
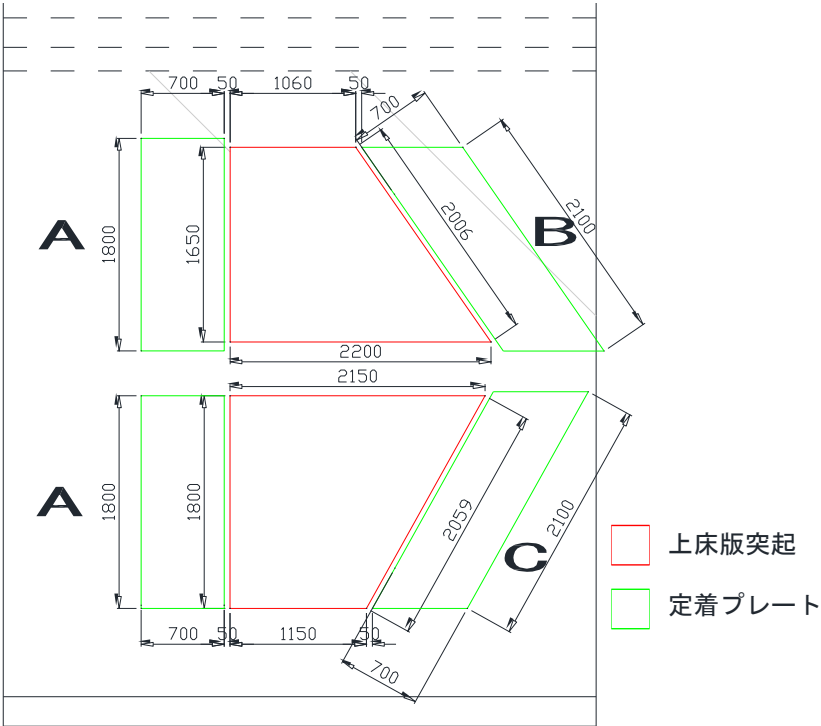


目付量g/m2×枚数

施工前（特殊橋部箱桁内）



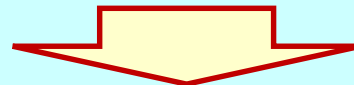




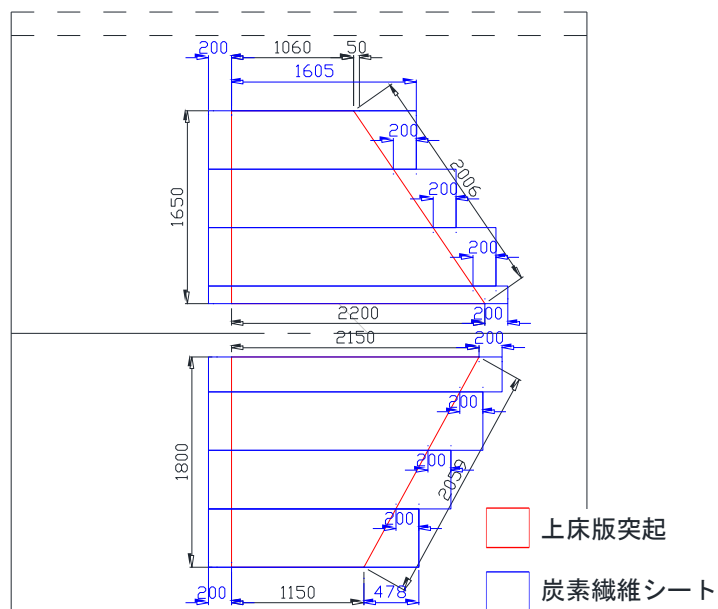
➡ 既設床版厚が250mmに対し埋込み長240mmは床版貫通のおそれ 33

貼り付け方法の再検討

既設床版 ($t=250\text{mm}$) 貫通のリスクを避け、
削孔作業が不要な方法を検討



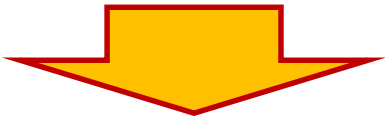
重ね継手長 ($L=200\text{mm}$) を確保し、
橋軸方向の連続性を確保することで
床版の削孔を不要とする。



施工状況(特殊橋部箱桁内)



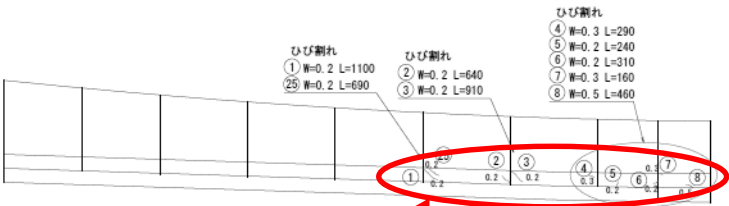
箱桁内炭素繊維シート貼り付け完了



浦戸大橋橋梁補修・補強工事

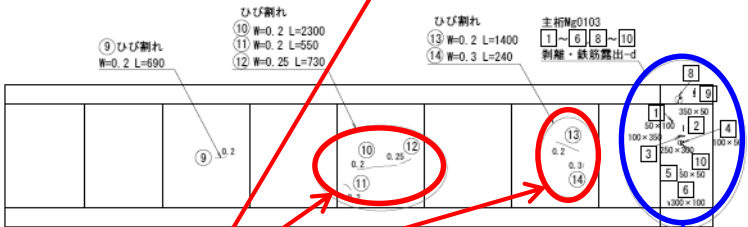
(P2~P3 No. 9)

P2側 腹版（西側） 中央ヒンジ



底版下面

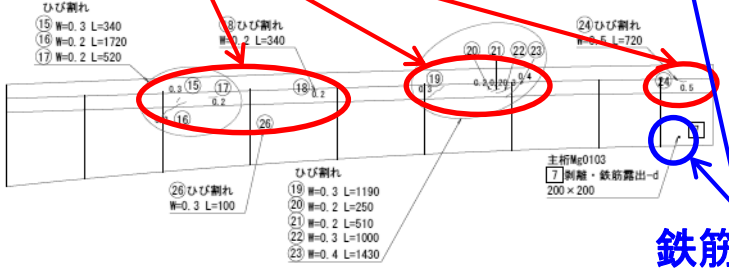
69 70 71 72 73 74 75 76 77



ひび割れ

腹版（東側）

69 70 71 72 73 74 75 76 77



鉄筋露出

点検結果



写真番号	3
部材名	横桁
要素番号	Cr0104
損傷の種類	06ひび割れ
損傷程度	e
メモ	
W=0.50 L=1440	



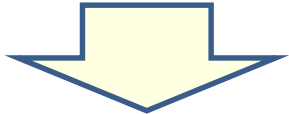
写真番号	4
部材名	床版
要素番号	Ds9203
損傷の種類	07剥離・鉄筋露出
損傷程度	d
メモ	
鉄筋露出	

BoxNo. No. 1 No. 2 No. 3 No. 4 No. 5 No. 6 No. 7 No. 8 No. 9 No. 10 No. 11 No. 12 No. 13 No. 14 No. 15 No. 16 No. 17 No. 18 No. 19 No. 20 No. 21 No. 22 No. 23 No. 24 No. 25 No. 26 No. 27 No. 28 No. 29 No. 30 No. 31

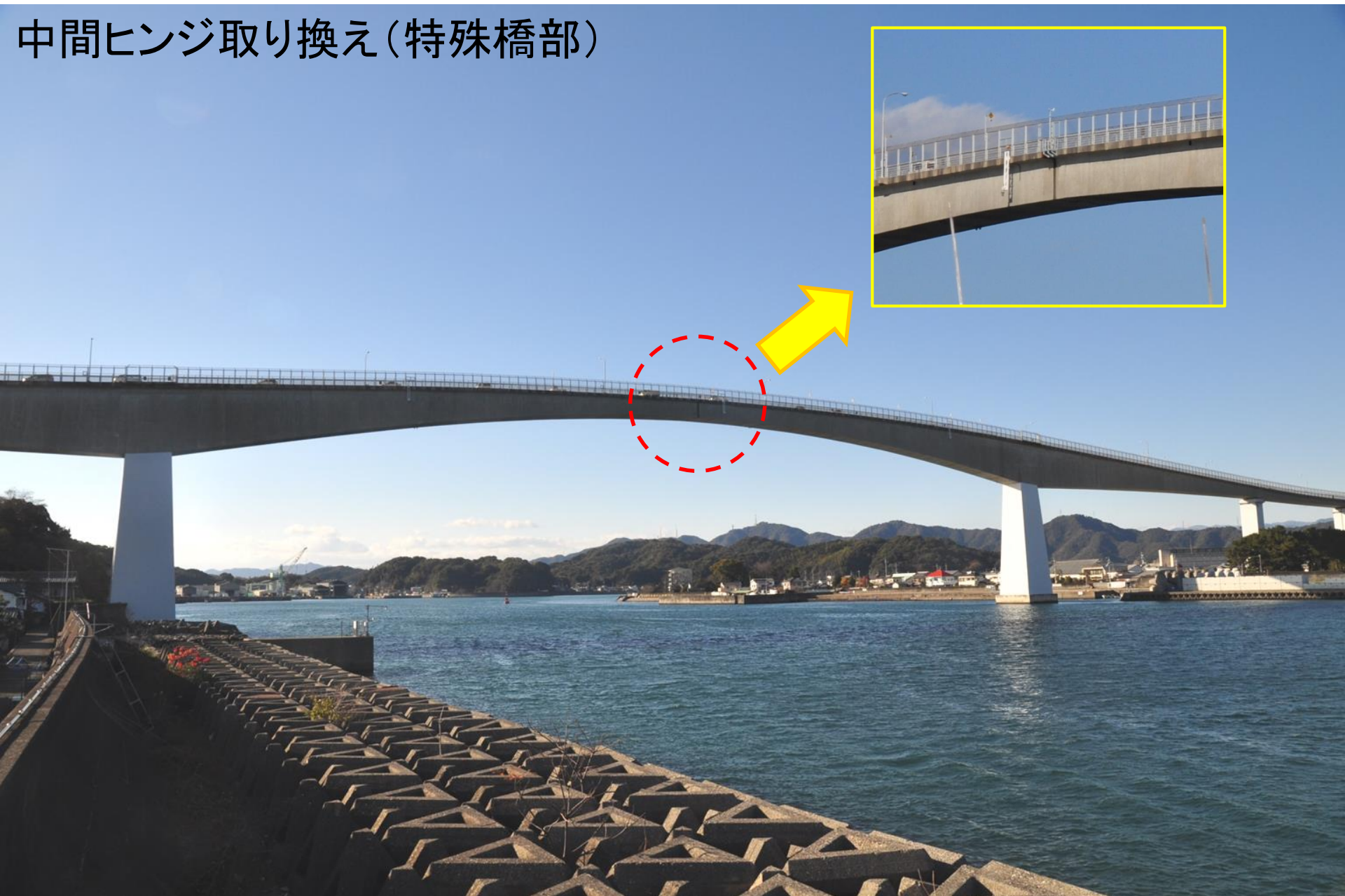


補修状況(断面修復)

施工前



中間ヒンジ取り換え(特殊橋部)



ヒンジ部(1-2工区)



点検結果

写真番号	11
部材名	ゲレンク支承
要素番号	
損傷の種類	21異常な音・振動
損傷程度	e
メモ	
中央ヒンジ部 車両通行時のガタツキ	

現在の状況(取付橋部 平成26年3月完成)

橋脚RC巻立て



橋脚RC巻立て



落橋防止工
変位制限構造(橋軸方向)



落橋防止工
変位制限構造(橋軸・橋軸直角方向)



炭素繊維シート貼付け
(箱桁内部)



炭素繊維シート貼付け



橋脚RC巻立て



平成27年度完成を目指し
施工中

ご清聴ありがとうございました。