

平成29年度 橋梁技術発表会
ここがポイント！
保全工事の設計・積算

～設計・積算〔施工〕の観点から
特殊な保全工事を紹介～



保全委員会

道下誠司 亀山誠司 竹内信弘 中川二郎
梅崎将昭 谷口好信

1

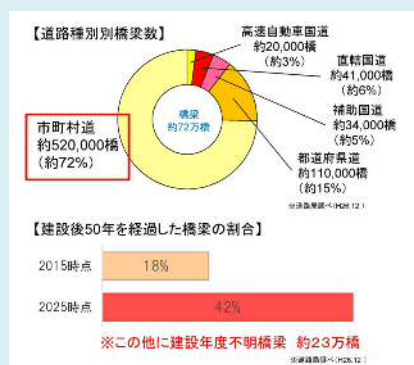
目次

1. はじめに
2. 事例紹介(その1) 構造系の変更
3. 事例紹介(その2) 床版取り替え
4. 事例紹介(その3) 当板補強
5. 事例紹介(その4) 古い橋の長寿命化
6. 事例紹介(その5) 耐候性橋梁の補修
7. ここがポイント！
8. おわりに

2

1. はじめに

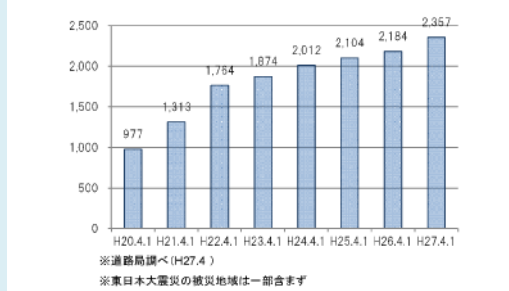
全国には約72万橋の橋梁がある。
 そのうち、52万橋は市町村管理で7割以上を占める。
 建設後50年を経過する橋梁の割合は、10年後に
 現在の18%から42%に急増する。



3

また、通行規制を行っている橋梁は年々増えており、
 現在2千橋を越えている。

【地方公共団体管理橋梁の通行規制等の推移(2m以上)】



今後、多くの橋梁を対象に、特殊な補修・
 補強工事(難易度が高い、大がかり)が
 必要になると予想される。

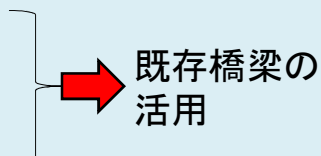
4

1) なぜ特殊な補修・補強工事が必要になるのか

【条件】

架替え工事が難しい

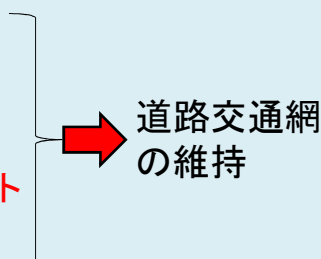
- ①課題が多い。
- ②デメリットが多い。



【目的】

既存橋梁を最大限に活用

- ①性能・機能の回復。
- ②長寿命化。
- ③ライフサイクルコストの最小化。



5

2) 特殊な補修・補強工事の課題（特徴）

- ①性能・機能の回復だけでなく、より長寿命化に配慮した設計が必要。
- ②構造変更を伴うものが多く、現場条件や施工方法を考慮した特殊な設計が必要。
- ③供用しながらの施工になることから、より高い安全性が求められる。
- ④特殊性が高いことから、標準歩掛が適用できない工種が多い。



過去の特殊な保全工事を例に、設計・積算時の留意点について述べる。

6

2. 事例紹介(その1) 構造系の変更

名神高速道路 下植野高架橋 補強工事

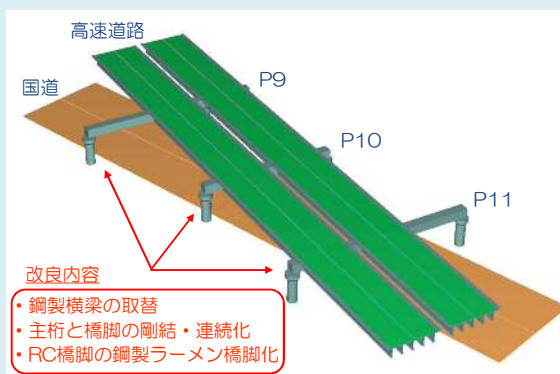
参考文献

- 1) 重交通路線を跨ぐ老朽化橋梁の大改造—名神高速道路・下植野高架橋—,
(土木学会誌 Vol.90, pp.54-57, 2005.7)
- 2) 名神高速道路下植野高架橋のリニューアル計画,
(橋梁と基礎Vol.38 No.12, pp.26-32, 2004.12)
- 3) 名神高速道路下植野高架橋の設計と施工,
(橋梁と基礎Vol.39 No.1, pp.21-28, 2005.1)

7

1. 工事概要

- 供用開始：1963年
- 更新工事：2004年（供用から41年が経過）
- 更新目的：疲労損傷対策・車両大型化対策(B活荷重)・耐震補強
- 当初構造：鋼製横梁を有するゲルバー形式4径間単純合成钣桁橋
- 改良構造：4径間連続立体ラーメン橋
- 施工順序：鋼製横梁取替→RC橋脚撤去→鋼製橋脚施工
- 概要図等：



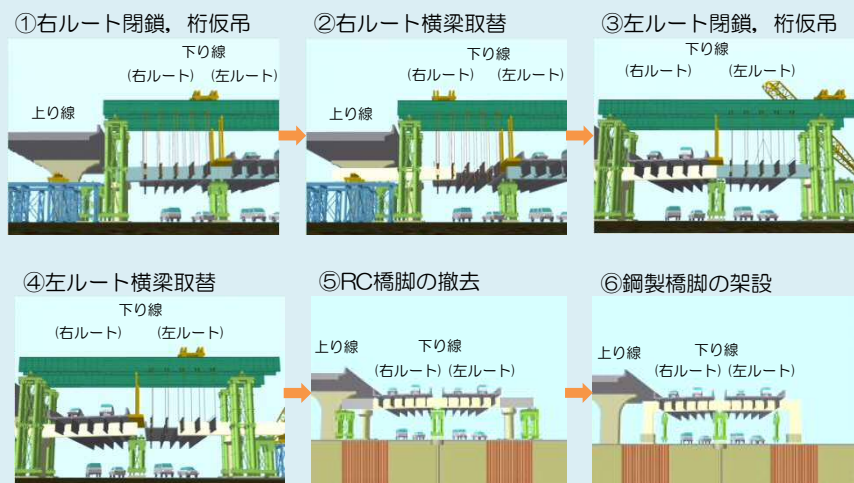
8

2.改良前後の写真

・鋼製横梁取替と主桁の剛結，RC橋脚の鋼製ラーメン橋脚化

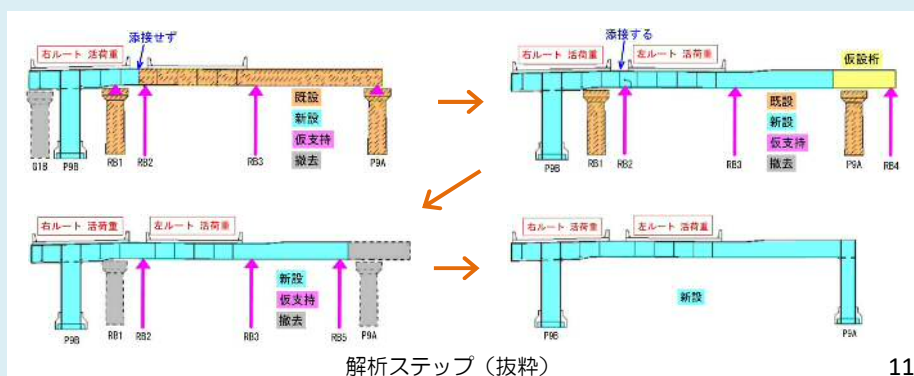


3.改良の手順



4.設計上の留意点

- 工事の進捗に伴って構造系が変化
⇒**ステップ解析**を実施し、死荷重断面力・変形量を算出する必要がある。
- 近接交通への配慮
⇒**施工途中の構造系**に活荷重・地震荷重などを考慮する必要がある。
⇒部材照査に**許容応力度の割り増しの有無**を検討する必要がある。
- 複雑な構造詳細
⇒**FEM解析**等により**ディテールの検討**が必要。



11

5.積算上の留意点

- 複雑な施工手順
⇒**工種ごとに設備ごとの使用期間**を明確にする必要がある。
- 特殊な仮設備
⇒**市場に無い場合、新規製作**が必要。
- 厳しい作業環境（**供用下施工・狭隘な作業空間**）
⇒**作業効率が悪い**ため、**実勢**に合った**施工歩掛り**の採用。



施工状況

12

3. 事例紹介(その2)

床版取り替え

西名阪自動車道 御幸大橋（下り線）床版取替Ⅱ期工事

参考文献

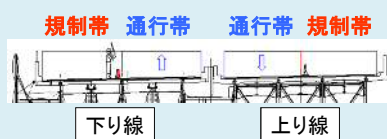
- 1) 西名阪自動車道 御幸大橋（下り線）床版取替Ⅱ期工事
（橋梁と基礎 vol.45 No.9, pp.15-21, 2011.9）

13

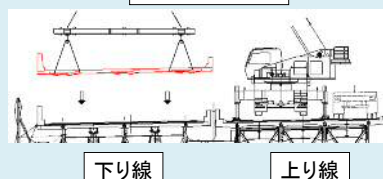
1. 工事概要

- 供用開始：1969年（供用後約40年経過）
- 施工期間：2011年2月28日～2012年3月12日（Ⅱ期工事）
- 更新目的：RC床版損傷による高耐久性床版（合成床版）への取替え
- 当初構造：合成鈹桁橋
- 改良構造：非合成鈹桁橋
- 施工条件：集中工事期間中（10日）の夜間通行止（約8時間）
で床版取替え作業、昼間は終日一車線交通開放
- 施工順序：次ページ参照
- 概要図等

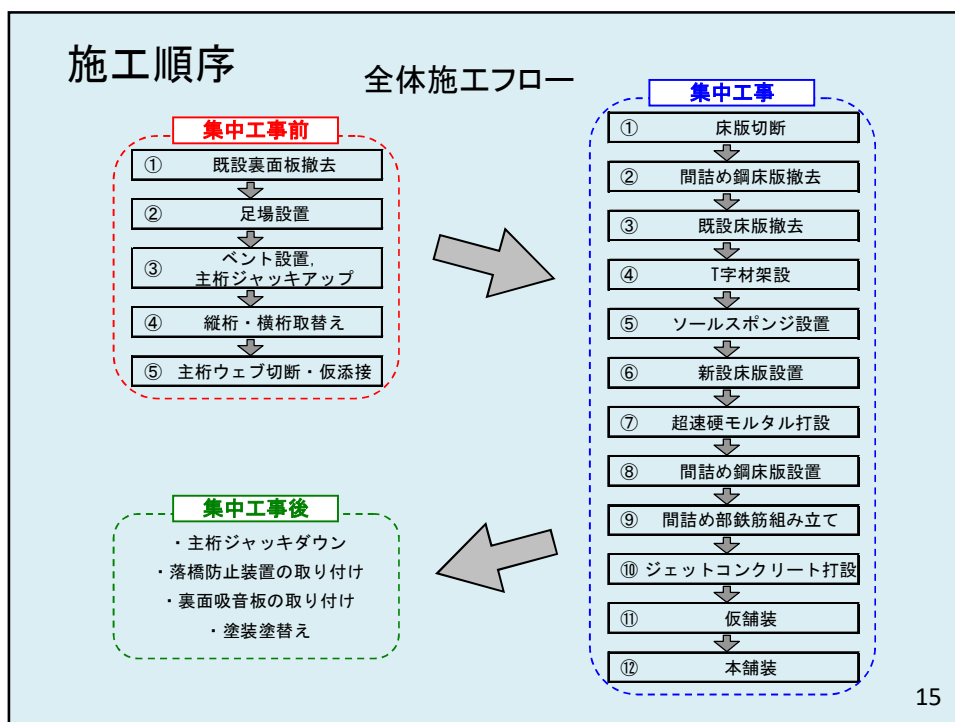
昼間：1車線開放



夜間：通行止め



14



2.概要写真

集中工事

既設床版撤去

- ・床版撤去用吊り金具を使用
- ・120t クレーンで撤去
- ・高床式セミトレーラーで搬出
- ・ウェブの仮添接ボルトはあらかじめ間引しておく
⇒撤去時間を短縮

新設床版設置

- ・専用の吊天秤を使用
- ・120t クレーンで新設床版を架設
- ・2台の120t クレーンで1日当たり3枚～4枚を架設

3.設計・施工上の留意点(1)

<課題>

合成桁なので**馬蹄形ジベル**が密に存在
 ⇒ **限られた時間内**に床版のみを取り替えることができない

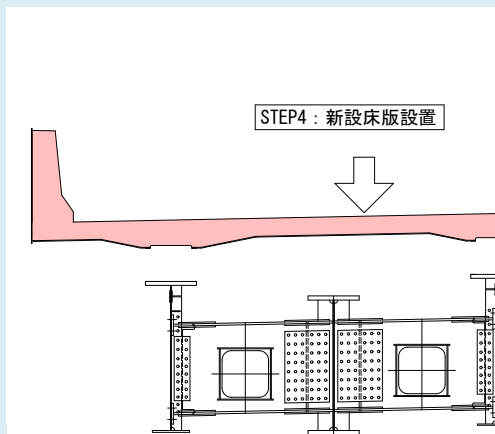
床版取替え工法

集中工事前

➢ 主桁ウェブを切断・仮添接

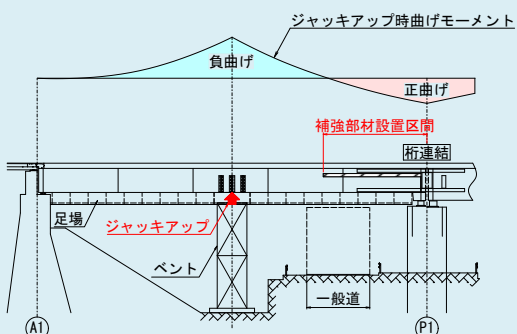
集中工事当日

- 床版と上フランジ・ウェブ上端(T字材)を同時に撤去
- 新設T字材と床版を設置
- 合成桁が非合成桁に変化



17

3.設計・施工上の留意点(2)



補強部材

問題点

- 床版撤去時に上フランジが一時的に無い
- ウェブ上端側に圧縮力が作用すると床版撤去時に鋼桁が**座屈**

対策

主桁をジャッキアップした状態で床版取替え
 ・支間部・・・**負曲げが作用**

座屈の危険性なし

・P1支点・・・**正曲げが作用**

座屈の危険性あり
 ⇒補強部材設置

18

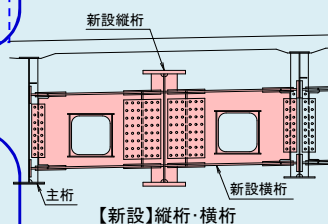
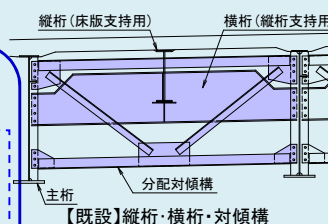
3.設計・施工上の留意点(3)

<課題> 架設時・完成時の断面力に対して
主桁断面を補う補強が必要

- 【理由】
- > 床版撤去時に主桁断面が一時的に無い
 - > 振動対策(鋼桁の剛性UPが必要)
 - > 現橋がB活荷重に未対応
 - > 床版取替で「合成桁」⇒「非合成桁」

鋼部材の取替え

- > 主桁間に主桁相当の剛性を有する縦桁を設置
⇒ 縦桁に断面力を分配, 主桁断面力を低減
- > 既設の縦桁・横桁を新設部材に取替え
⇒ 縦桁上の床版はつり作業が省略される
⇒ 集中工事の作業時間短縮に寄与
- > 主桁をジャッキアップした状態で縦桁を設置
⇒ ジャッキダウンで縦桁が死荷重断面力を負担



19

4.積算上の留意点

- 「集中工事期間中(10日)の夜間通行止(約8時間)での床版取替え作業」と「昼間の終日一車線交通開放」という条件を守るため、床版取替え工事の実物大の模擬訓練を実施。試験体製作や模擬訓練の費用は標準的な積算がない。
⇒ 実状にあわない。
- 小規模数量での積算では、実態にあった積算にならない。
(1人工にならない作業でも、1日単位での支払いが生じる。)

20

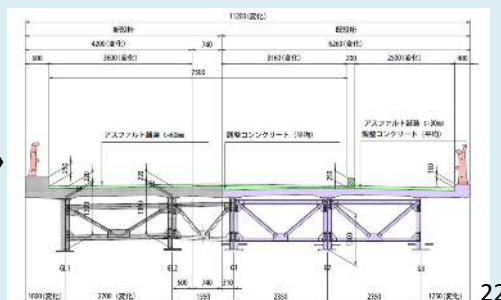
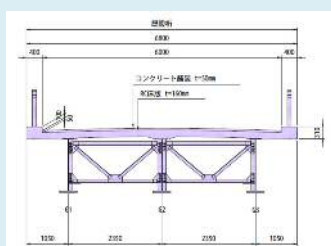
4. 事例紹介(その3) 当板補強

京都府 順気橋 拡幅工事

21

1. 工事概要

- 供用開始：1967年(昭和42年)
- 更新工事：2012年(供用から45年が経過)
- 橋長：35.300m
- 更新目的：幅員拡幅およびB活荷重対応
- 当初構造：3主合成桁(鋼単純合成鉄桁橋)
- 改良構造：5主合成桁(増設桁+当板補強)
- 施工順序：仮設ケーブル設置・緊張→既設桁当板補強
→仮設ケーブル撤去→増設桁設置→橋面工
- 概要図等：



22

2.改良前後の写真

・幅員拡幅，B活荷重対応に伴う当板補強

改良前



改良後



改良前



改良後



23

3.当板補強の手順

①芯出し



②孔明・素地調整



③死荷重解放（※1）



※1：仮設ケーブル緊張，負曲げ導入 ⇒ 死荷重の正曲げを相殺
 ※2：仮設ケーブル解放 ⇒ 補強部材が死・活荷重の正曲げを負担
 注意）仮設ケーブルの緊張・解放は必ず行う作業ではない。

③当板補強



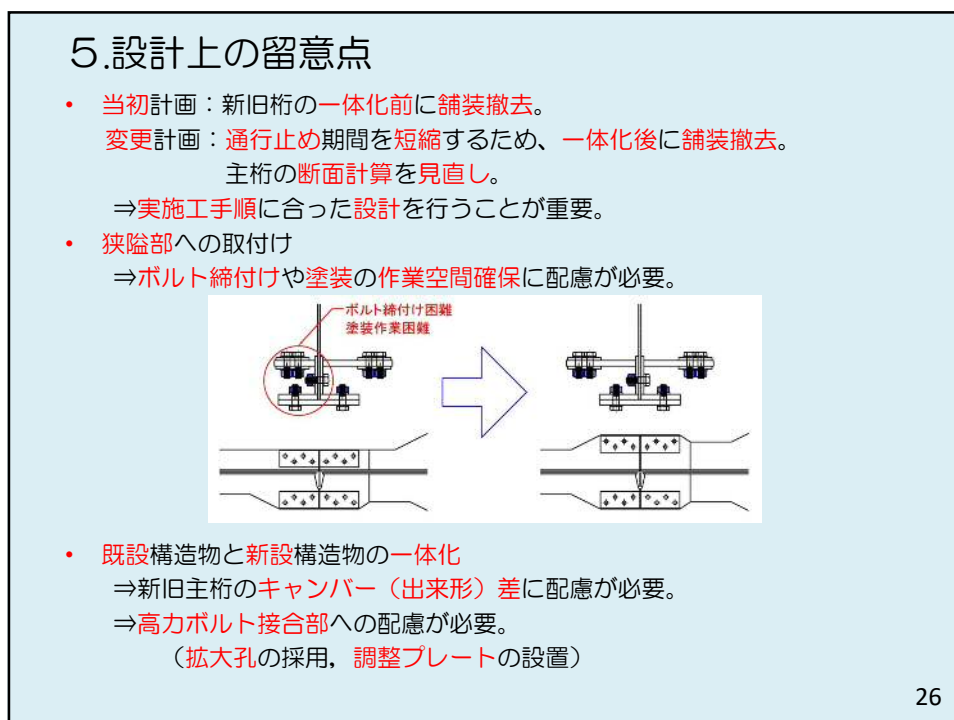
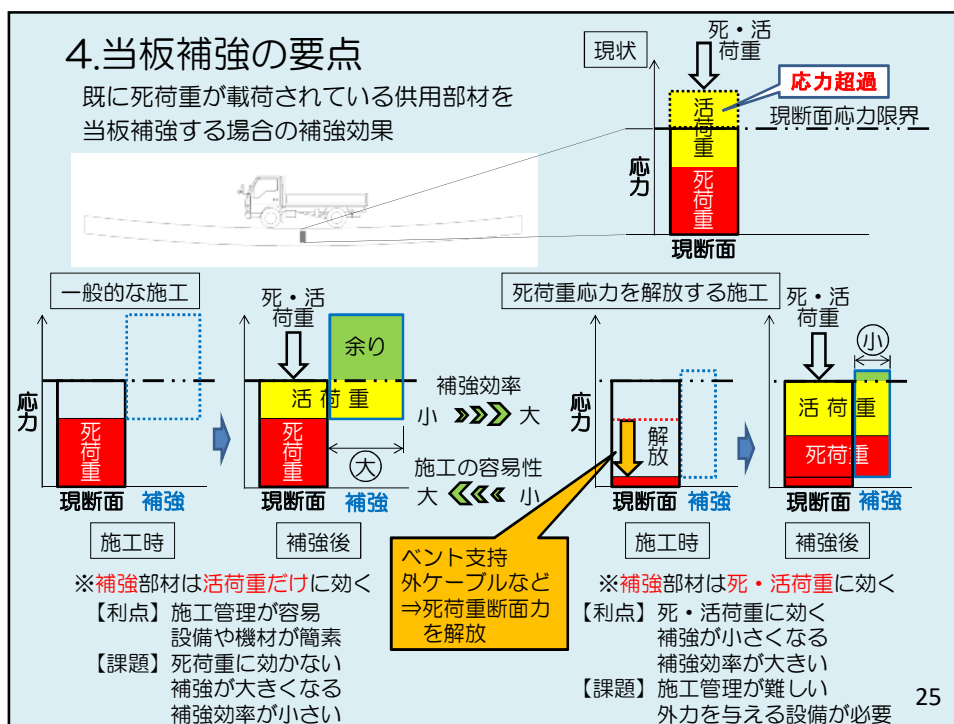
④高力ボルト締付



⑤死・活荷重載荷（※2）



24



6.積算上の留意点

- 腐食による凹凸が激しい箇所への当板補強
⇒接触面の密着性を確保するため不陸調整材が必要。
- 「積算基準にない工種」や「小規模工種」の積算
⇒「橋梁架設工事の積算 (一社)日本建設機械施工協会」
「橋梁補修補強工事 積算の手引き (一社)日本建設機械施工協会」
の活用。

27

5. 事例紹介(その4) 古い橋の長寿命化

東京都 蔵前橋・白鬚橋長寿命化工事

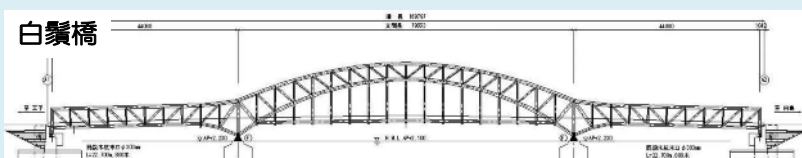
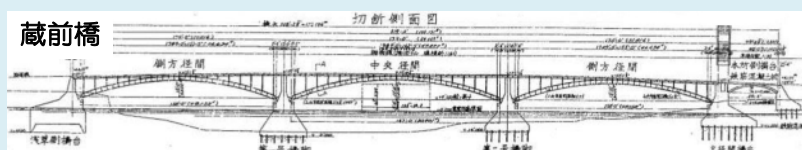
参考文献

- 1) 蔵前橋のバックルプレート床版の耐久性向上
(橋梁と基礎 vol.50 No.5, pp.35-39. 2016.5)
- 2) 白鬚橋の長寿命化設計と鋼床版取替え工事
(橋梁と基礎 vol.50 No.5, pp.41-46. 2016.5)

28

1. 工事概要

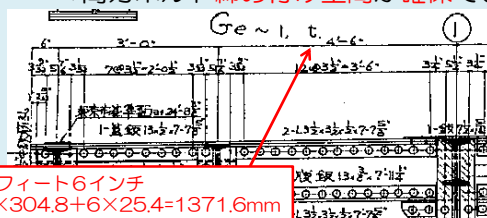
- 供用開始：蔵前橋1927年（昭和2年），白鬚橋1931年（昭和6年）
- 補修工事：2013年（供用から80年以上経過）
- 補修目的：耐久性向上・耐震性確保 ⇒ **耐用年数200年**が目標
- 構造形式：蔵前橋 上路式鋼2ヒンジアーチ橋×3連
白鬚橋 バランスド・プレースドリブ・タイドアーチ
- 施工内容：床版の更新（コンクリート打替え，鋼床版への取替え）
各部材の取替え，支承塗り替え



29

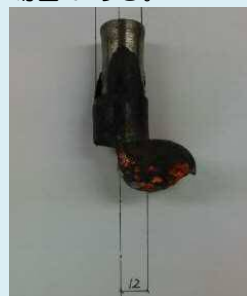
2. 設計上の留意点（その1）

- 既設橋梁図面について
 - ⇒ **手描き図**および**インチ表示**で読解に時間がかかる。
 - ⇒ **メートル単位**への変換および図面の**CAD化**が必要。
 - ⇒ 数値が読み取れない場合は**現地計測**による**図面の復元**が必要。
- 既設リベット孔の利用について（補修・補強部材の設置など）
 - ⇒ 既設**リベット頭**の位置を**全て計測**する必要がある。
 - ⇒ 既設**リベット頭**と**軸**に**偏心**があると正確な孔位置が分からない。
 - ⇒ 高力ボルト **締め付け空間**が**確保**できない場合がある。



1インチ(in) (") = 25.4mm (1/12フィート)
1フィート(feet) (') = 304.8mm

インチ表記の既設橋梁図面



12mm偏心した既設リベット 30

2.設計上の留意点（その2）

- 計画高水位に近い部位の防食について（アーチ支承部など）
⇒腐食環境レベルに合った塗料（防食方法）の採用が必要。
- 取り替え部材の腐食要因低減について
⇒排水勾配をつけるなどの水が溜まりにくい構造を採用する。



【FRPカバー】
この中に潤滑
機能を有する
強力防錆剤を
充填

蔵前橋

支承軸部の防錆対策



蔵前橋

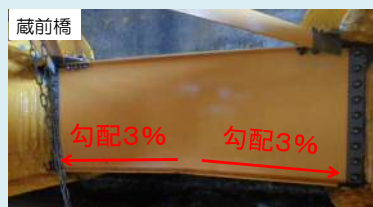
超長期防食の特殊塗料塗布（下塗り）



蔵前橋

水が溜まる

旧端横桁



蔵前橋

勾配3%

勾配3%

新端横桁

31

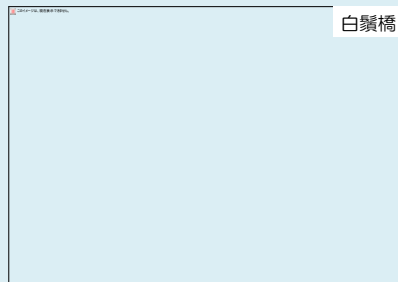
3.積算上の留意点（その1）

- 現場調査について
⇒長寿命化工事は橋梁全体の腐食損傷調査が必要で、膨大な労力と費用がかかる。（調査作業、報告書作成、補修設計）
- RC床版撤去について
⇒実情に合った積算
例）狭い常設規制帯内での撤去になるため小割りが必要。
小割りのためカッター切断長が大幅に増加。
床版の吊り孔やカッター使用不可箇所のコア削孔等が未計上。



白鬚橋

吊り孔用のコア削孔



白鬚橋

小割りにした床版撤去

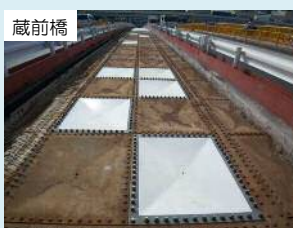
32

3.積算上の留意点（その2）

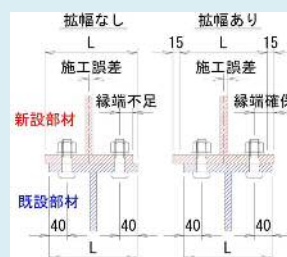
- 特有部材の取替えについて（バックルPLなど）
 - ⇒ 構造的特徴（技術）を残すために特別注文部材となる。
 - ⇒ 形状管理値がないため試験などで決定する必要あり。
- 既設部材への新設部材設置について
 - ⇒ 設置時の施工誤差対応として新設部材の寸法拡幅などが必要。
 - ⇒ 高力ボルト孔の取り合い精度確保には現場孔明けなどが必要。
- 間接費について
 - ⇒ 協議・現場調査・再設計等による工期延伸で間接費が増加する。



バックルPL 製作



バックルPL 取替え完了
(塗装部材が取替えたもの)



新設部材の寸法拡幅(例)

白鬚橋

33

6. 事例紹介(その5) 耐候性橋梁の補修

一般国道173号 法塚橋緊急補修工事

参考文献

- 1) 腐食損傷が生じた耐候性鋼橋（国道173号 法塚橋）の緊急補修工事
（橋梁と基礎 vol.50 No.7, pp.11-16. 2016.7）

34

1. 工事概要

- 供用開始：1989年
- 補修工事：2015年（供用から26年が経過）
- 補修目的：**重度の腐食が生じた耐候性橋梁の緊急補修**
- 構造：2径間連続非合成鋼桁橋 耐候性裸仕様
- 施工順序：詳細調査（腐食マップ、さび評点・原因特定）
→補修計画→補修工事

- 着工前写真：



35

2. 詳細調査

- 補修・補強を検討する上では、**損傷原因の特定・排除**が重要
- 損傷原因を特定するための各種詳細調査を実施
 - ・ 架橋位置の**環境調査**
 - ・ 既設鋼材の成分分析
 - ・ 生成**さびの外観調査**（評点は1～5, 1と2が異常レベル）
 - ・ 付着塩分量測定
 - ・ **さび構成成分分析**



36

3.腐食損傷原因

要因①: 鋼桁支点部における湿気の供給



要因②: 植生の近接



要因③: 塩分の付着



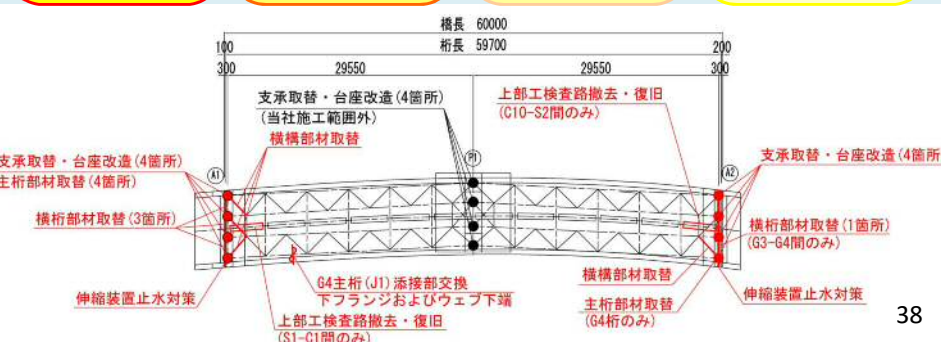
37

4.補修・補強計画

優先すべき事項を抽出し、補修・補強計画を立案
(今できることを速やかに行う)

優先度 (大) ←

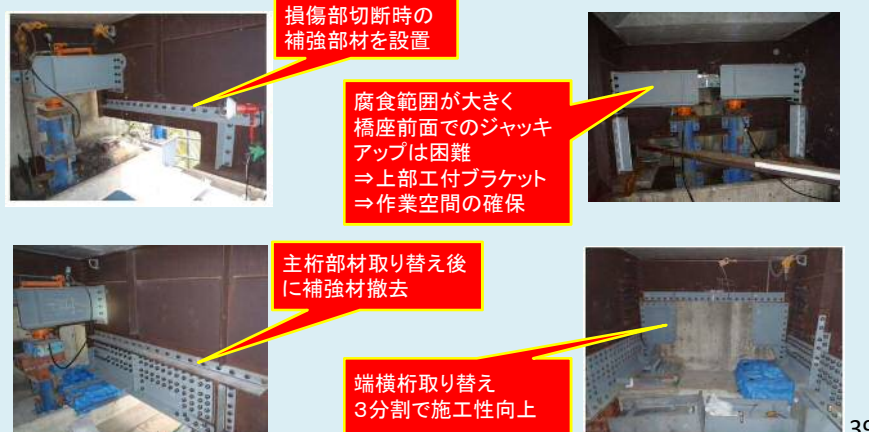
<p>【緊急対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> 仮受点補強材の設置 毎日の変位確認 (道路管理者) 桁端部止水対策 	<p>【応急対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> 仮受支点の盛り替え (主桁ジャッキアップ) ※毎日の変位確認終了 	<p>【恒久対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> 支承受換 主構造損傷部材の交換 橋台天端構造の改造 	<p>【予防保全対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> 水切り板の設置 桁端塗装 (下塗り塗装以降は別業者施工) コンクリート表面保護工
--	---	--	---



38

5.設計上の留意点

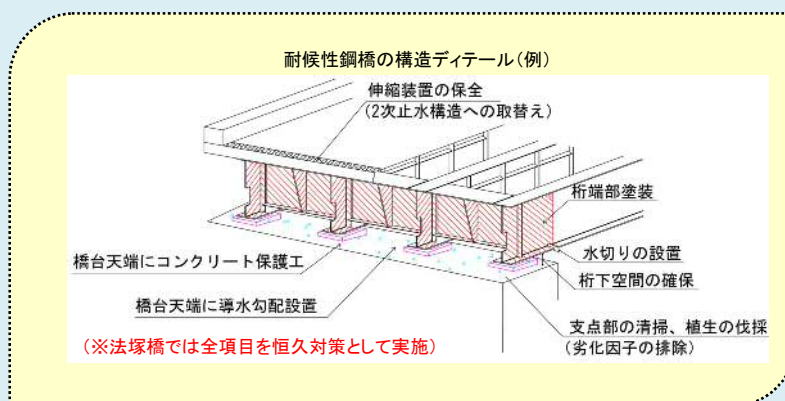
- 要求項目（緊急・応急・恒久・予防保全対策）を整理し、今できることの中で優先順位の決定。
- 原因を把握し排除することが重要で同じことを繰り返さない。
- 架橋位置の環境や特色に配慮した適切なディテールの採用。



39

6.積算上の留意点

- 積算基準との乖離が大きい工種（施工規模が小さく、複数回に分かれるような作業）や歩掛がない工種が存在する。
⇒実績に即した対応が必要。
- 緊急補修工事の積算は詳細調査・設計費・施工の作業量が確定した段階で実績の考慮が必要。



40

7. ここがポイント！

「1. はじめに」
で説明

特殊な補修・補強工事の課題(特徴)

- ①性能・機能の回復だけでなく、より**長寿命化**に配慮した**設計**が必要。
- ②**構造変更**を伴うものが多く、**現場条件**や**施工方法**を考慮した**特殊な設計**が必要。
- ③**供用**しながらの施工になることから、より**高い安全性**が求められる。
- ④**特殊性**が高いことから、**標準歩掛**が**適用**できない**工種**が多い。



これらの課題（特徴）と5つの事例の留意点を踏まえた総合的ポイントは次の**4項目**

41

特殊な補修・補強工事のポイント

ポイント①

品質・安全の確保（専門的技術力が必要）

➡**鋼橋上部工事**で発注（詳細設計付も含む）

ポイント②

施工条件の変更に伴う**確実な設計変更**

➡発注時の**詳細な条件明示**

42

特殊な補修・補強工事のポイント

ポイント③

設計・検討に時間がかかる

➡ 適正工期の設定（複数年工期の採用）

ポイント④

特殊な工種が多く歩掛がない

➡ 橋梁架設工事の積算や見積りの採用

43

8. おわりに

今後の保全工事の設計・積算の
参考になれば幸いです。

ご清聴ありがとうございました。

44