

平成28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

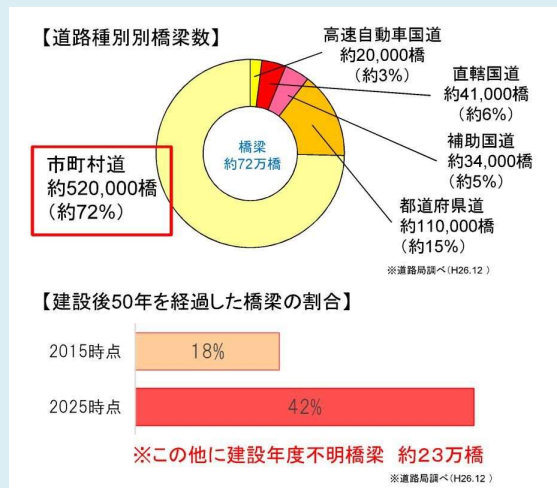
目次

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

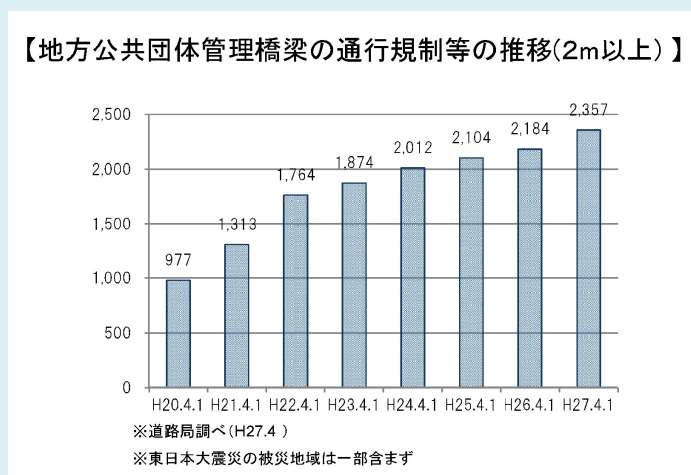
1. はじめに

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。



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。

既存橋梁の
活用

【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。

道路交通網
の維持

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。

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

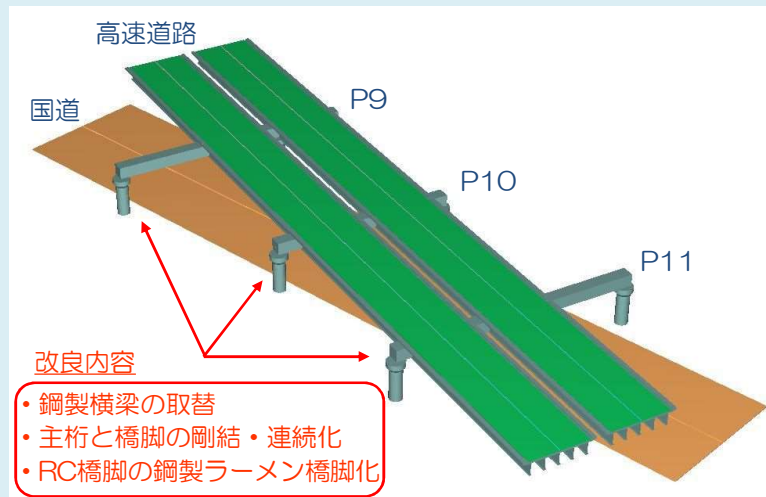
参考文献

- 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径間単純合成鈹桁橋
- 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：



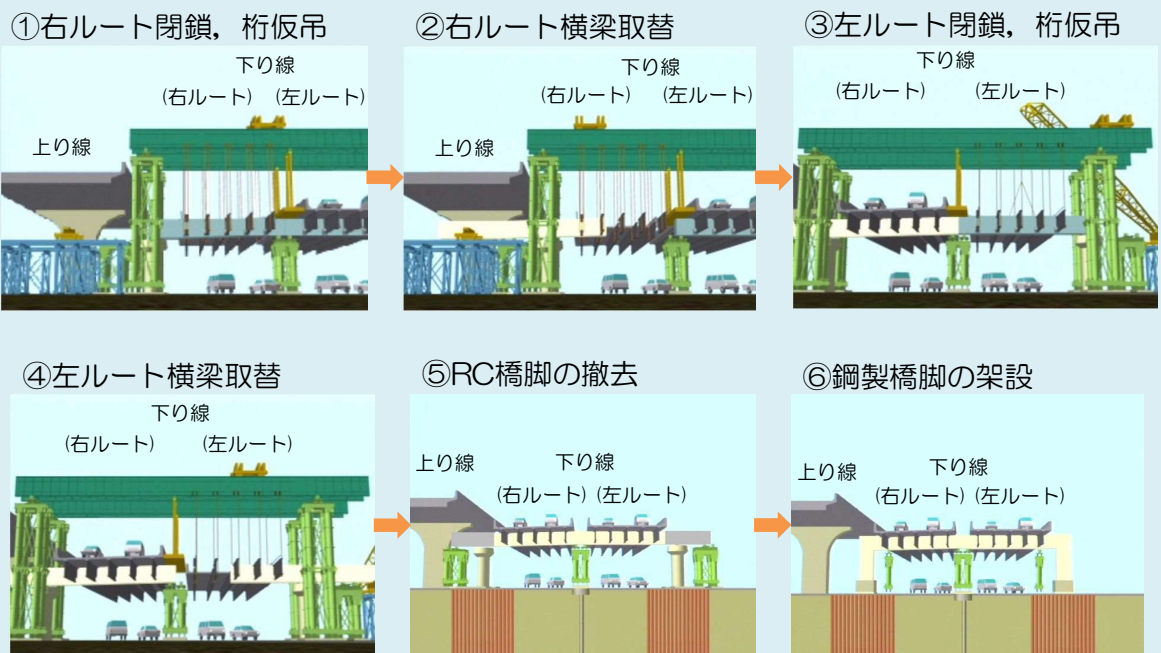
8

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

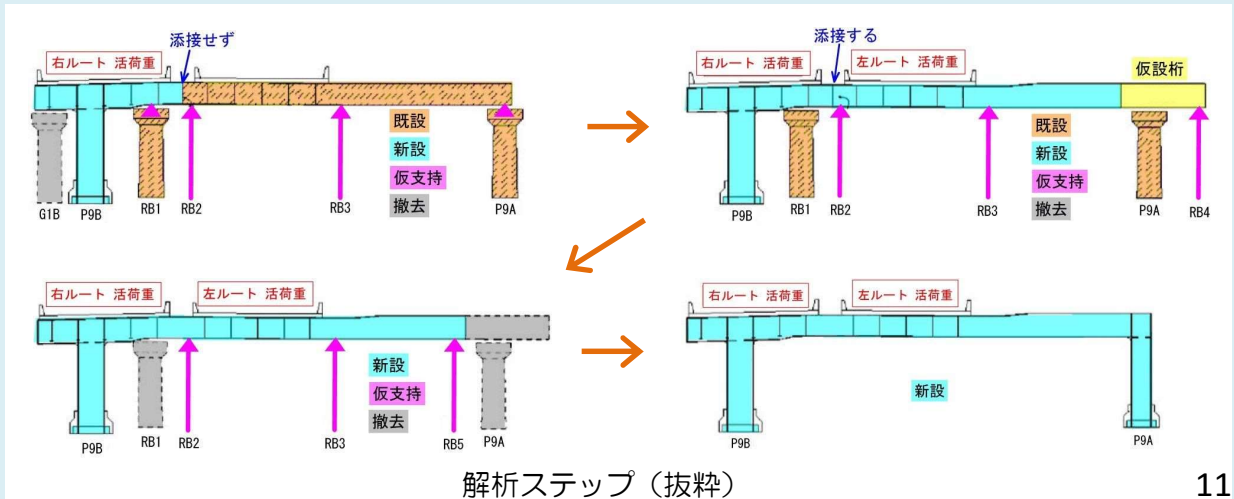


3.改良の手順



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・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

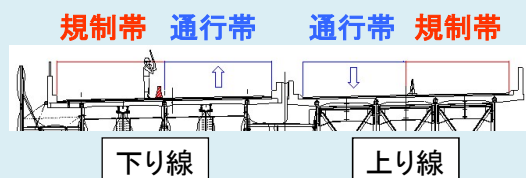
- 1) 西名阪自動車道 御幸大橋(下り線)床版取替Ⅱ期工事
(橋梁と基礎 vol.45 No.9, pp.15-21, 2011.9)

13

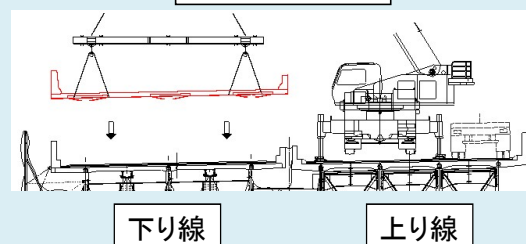
1. 工事概要

- 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



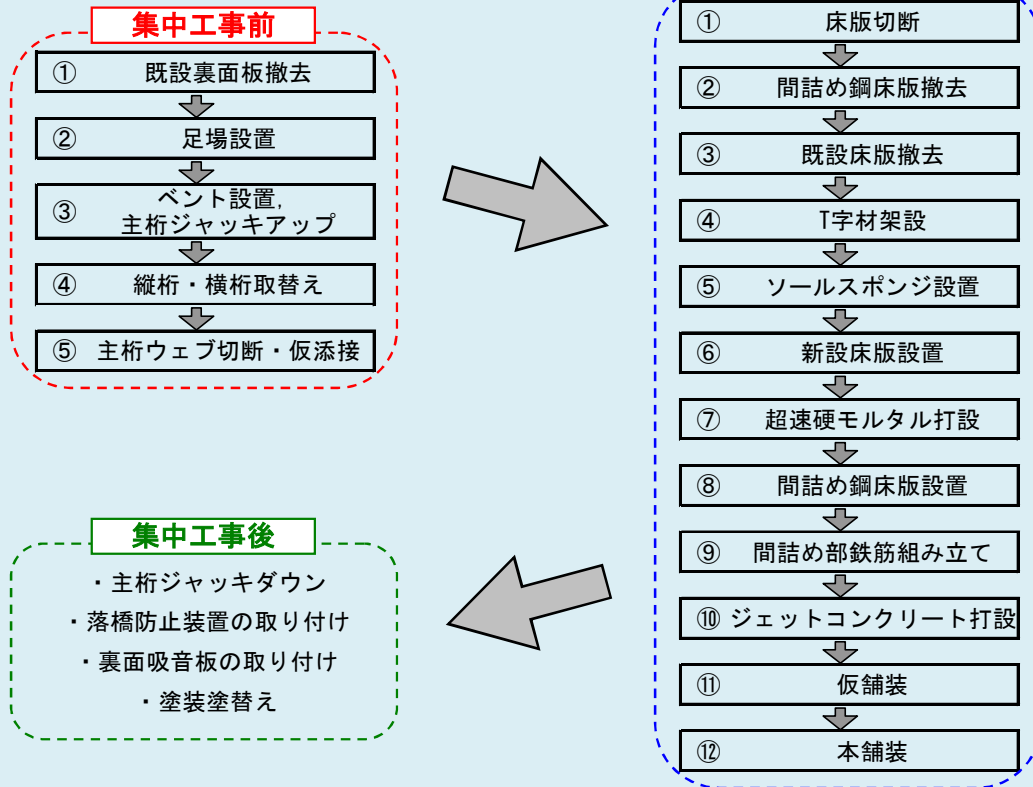
夜間：通行止め



14

施工順序

全体施工フロー



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



撤去床版



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

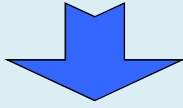


3.設計・施工上の留意点(1)

<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

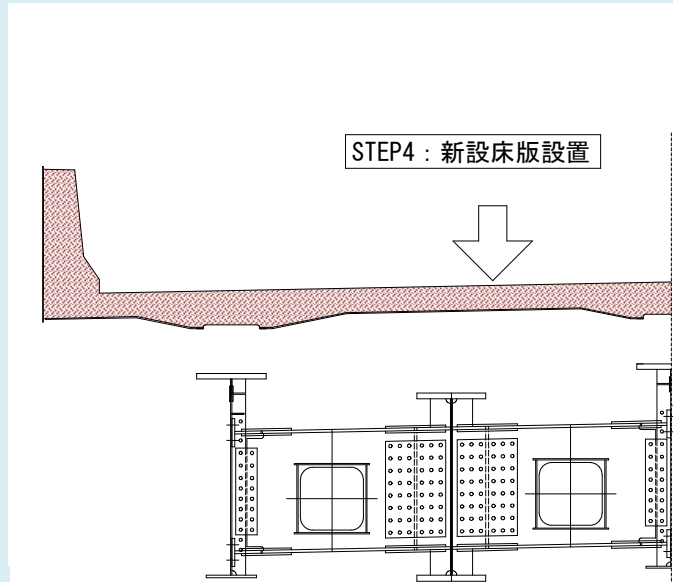


集中工事当日

➢ 床版と上フランジ・ウェブ上端(T字材)を同時に撤去

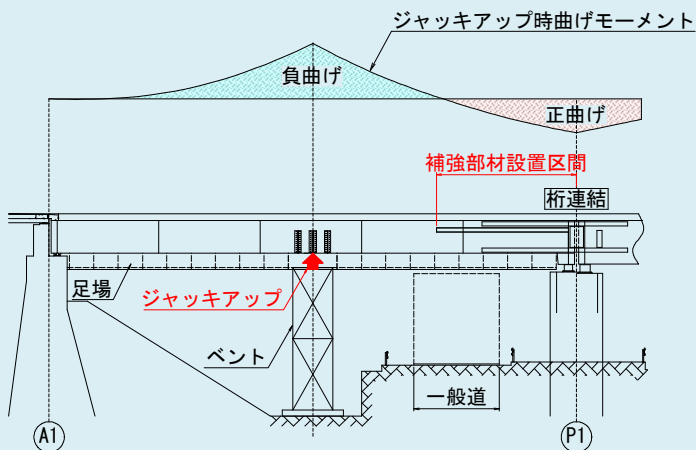
➢ 新設T字材と床版を設置

➢ 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

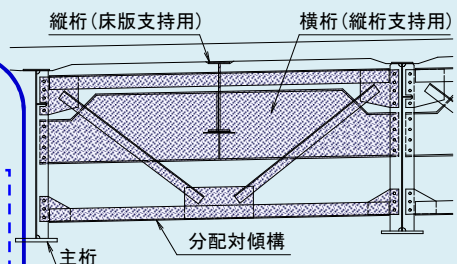
3.設計・施工上の留意点(3)

＜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

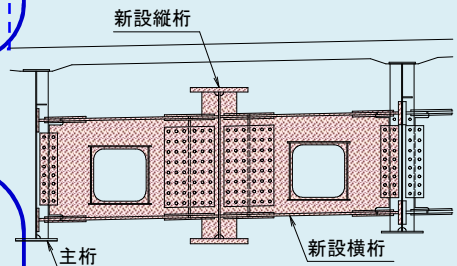
- 【理由】
- 床版撤去時に主桁断面が一時的に無い
 - 振動対策(鋼桁の剛性UPが必要)
 - 現橋がB活荷重に未対応
 - 床版取替で「合成桁」⇒「非合成桁」

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



【既設】縦桁・横桁・対傾構



【新設】縦桁・横桁



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、床版取替え工事の实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

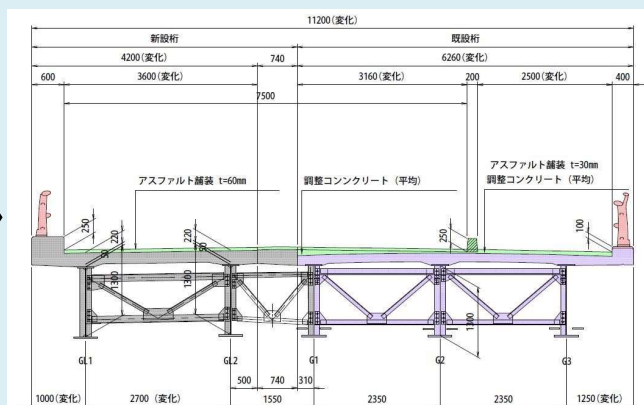
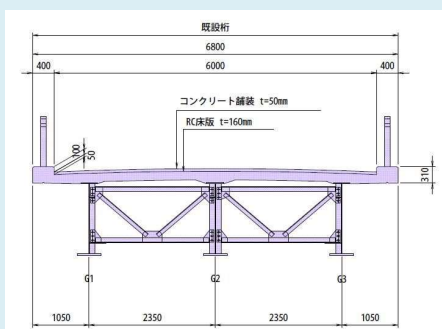
4. 事例紹介(その3) 当板補強

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主鈹桁橋(鋼単純合成鈹桁橋)
- 改良構造：5主鈹桁橋(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



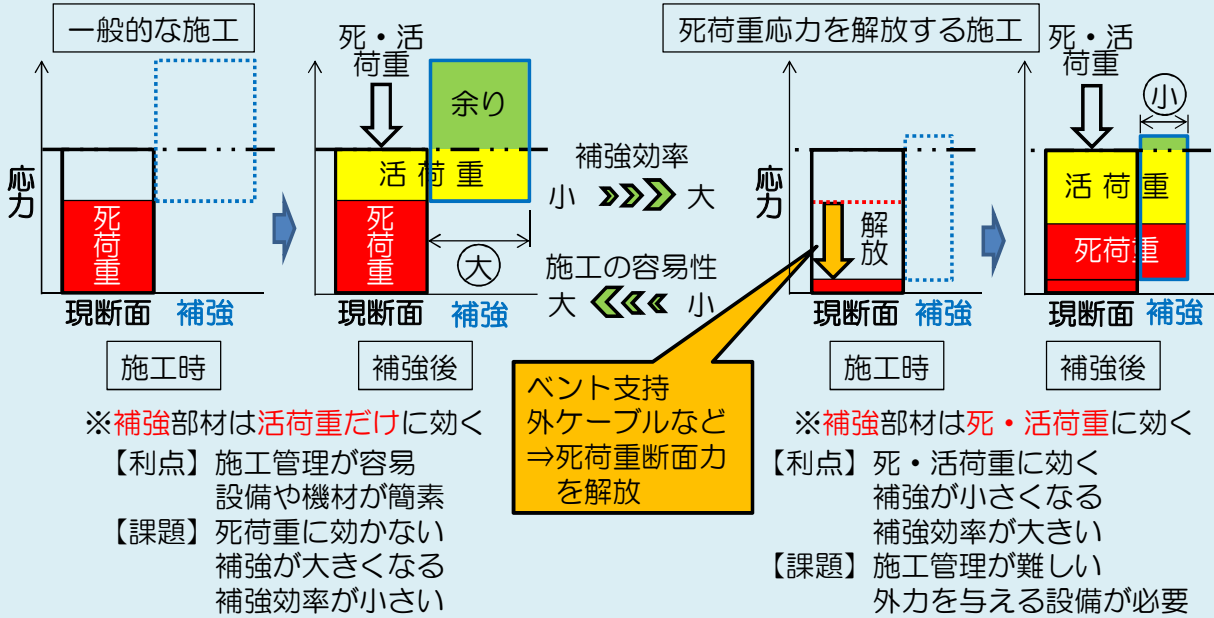
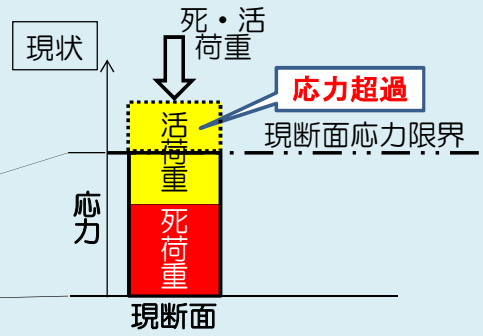
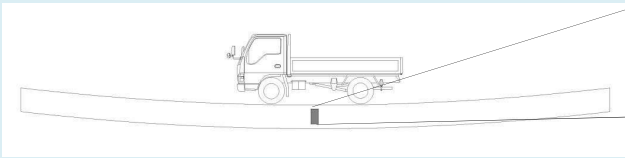
⑤死・活荷重載荷（※2）



24

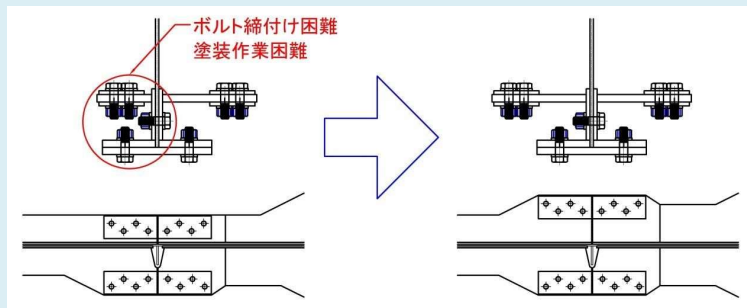
4.当板補強の要点

既に死荷重が载荷されている供用部材を当板補強する場合の補強効果



5.設計上の留意点

- 当初計画：新旧桁の一体化前に舗装撤去。
変更計画：通行止め期間を短縮するため、一体化後に舗装撤去。
主桁の断面計算を見直し。
⇒実施工手順に合った設計を行うことが重要。
- 狭隘部への取付け
⇒ボルト締付けや塗装の作業空間確保に配慮が必要。



- 既設構造物と新設構造物の一体化
⇒新旧主桁のキャンバー（出来形）差に配慮が必要。
⇒高力ボルト接合部への配慮が必要。
（拡大孔の採用、調整プレートの設置）

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。

5. 事例紹介(その4) 古い橋の長寿命化

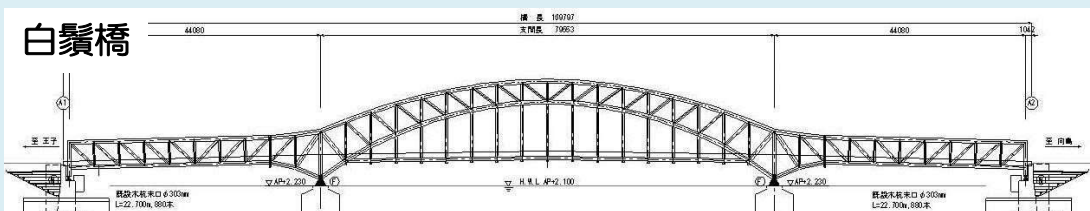
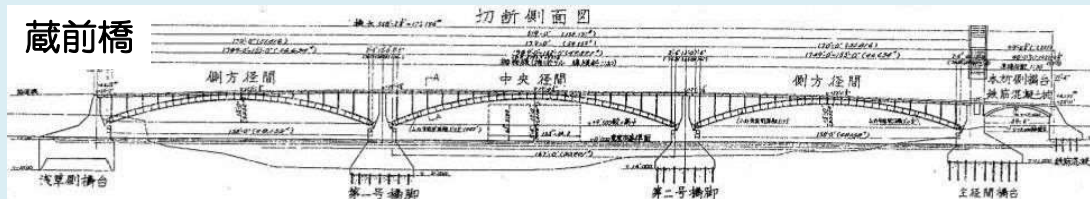
東京都 蔵前橋・白鬚橋長寿命化工事

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)

1.工事概要

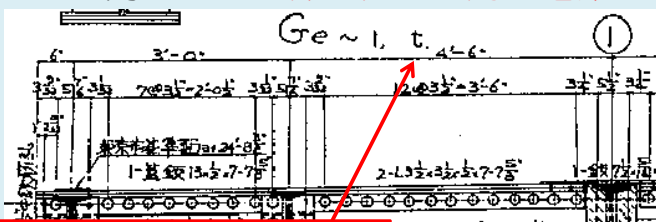
- 供用開始：蔵前橋1927年（昭和2年），白鬚橋1931年（昭和6年）
- 補修工事：2013年（供用から80年以上経過）
- 補修目的：耐久性向上・耐震性確保 ⇒ **耐用年数200年**が目標
- 構造形式：蔵前橋 上路式鋼2ヒンジアーチ橋×3連
白鬚橋 バランスド・ブレースドリブ・タイドアーチ
- 施工内容：床版の更新（コンクリート打替え，鋼床版への取替え）
各部材の取替え，支承塗り替え



29

2.設計上の留意点（その1）

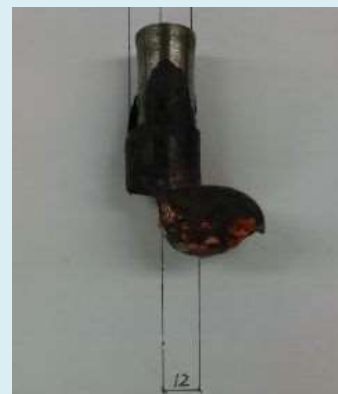
- 既設橋梁図面について
 - ⇒ **手描き図**および**インチ表示**で解説に時間がかかる。
 - ⇒ **メートル単位**への変換および図面の**CAD化**が必要。
 - ⇒ 数値が読み取れない場合は**現地計測**による**図面の復元**が必要。
- 既設リベット孔の利用について（補修・補強部材の設置など）
 - ⇒ 既設**リベット頭**の位置を**全て計測**する必要がある。
 - ⇒ 既設**リベット頭**と**軸**に**偏心**があると正確な孔位置が分からない。
 - ⇒ 高カボルト**締め付け空間**が**確保**できない場合がある。



4フィート6インチ
4×304.8+6×25.4=1371.6mm

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

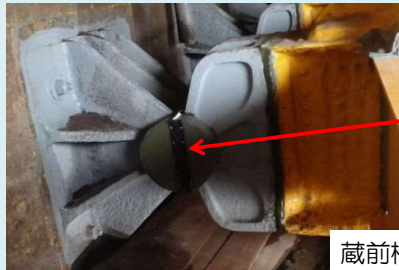
インチ表記の既設橋梁図面



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。



蔵前橋

支承軸部の防錆対策

【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

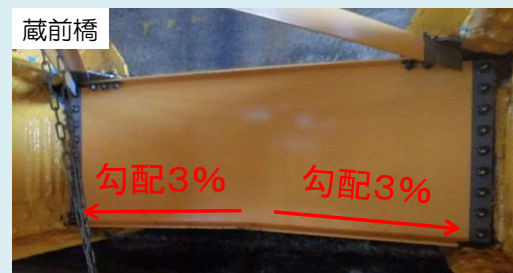
超長期防食の特殊塗料塗布（下塗り）



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

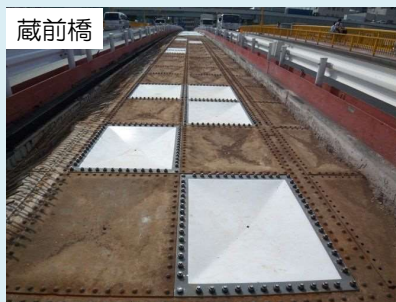
32

3.積算上の留意点（その2）

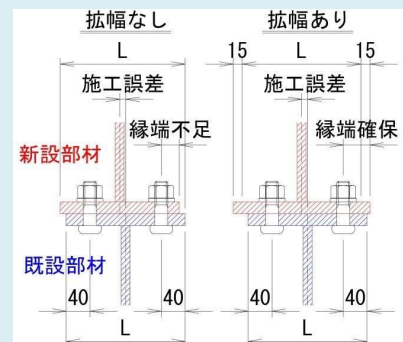
- 特有部材の取替えについて（バックルPLなど）
 - ⇒**構造的特徴（技術）を残すために特別注文部材**となる。
 - ⇒**形状管理値がないため試験などで決定する必要あり。**
- 既設部材への新設部材設置について
 - ⇒設置時の**施工誤差対応**として**新設部材の寸法拡幅**などが必要。
 - ⇒**高力ボルト孔の取り合い精度確保**には**現場孔明け**などが必要。
- 間接費について
 - ⇒協議・現場調査・再設計等による**工期延伸**で**間接費が増加**する。



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）

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径間連続非合成鈹桁橋 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



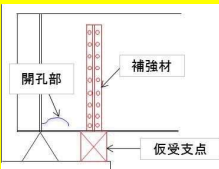
4.補修・補強計画

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** ←

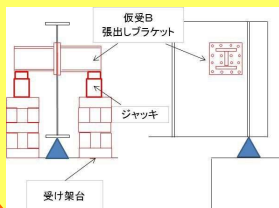
【緊急対策】

- 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



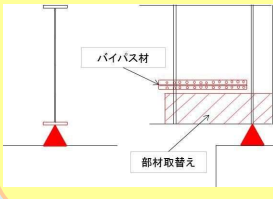
【応急対策】

- 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



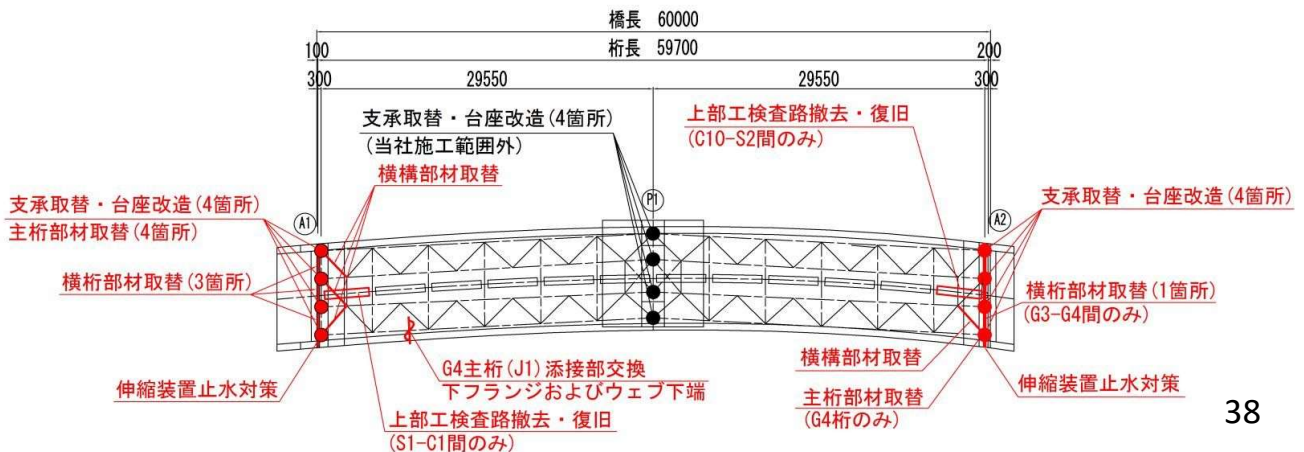
【恒久対策】

- 支承交換
- 主構造損傷部材の交換
- 橋台天端構造の改造



【予防保全対策】

- 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



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。



損傷部切断時の補強部材を設置

腐食範囲が大きく橋座前面でのジャッキアップは困難
⇒上部工付ブラケット
⇒作業空間の確保



主桁部材取り替え後に補強材撤去

端横桁取り替え
3分割で施工性向上

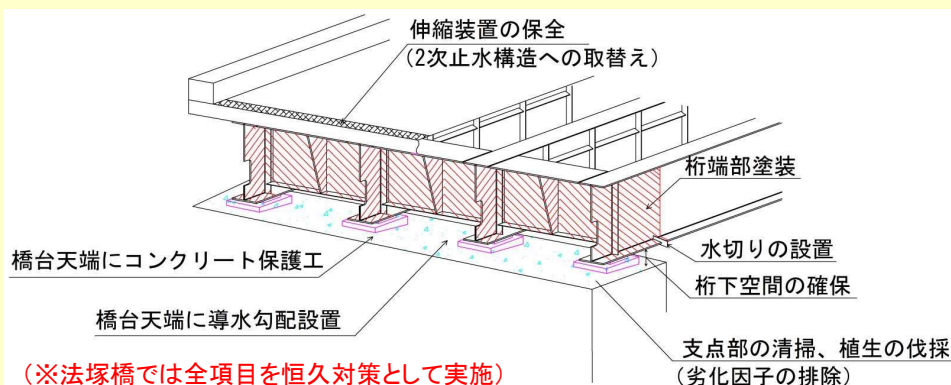


39

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。

耐候性鋼橋の構造ディテール(例)



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