

## 第3章 大規模な床版取替工事の事例

鋼道路橋の床版は、輪荷重を直接支持する部材であり活荷重の比率が大きく、大型車の影響が大きいことから、鋼橋の中で最も損傷しやすく、その取替えが行われた事例も多い。一方で、鋼鉄道橋においては、騒音問題の解決のため、床版を有する合成桁が多く建設されてきているものの、その損傷事例はほとんどなく、床版取替の事例はほとんどが鋼道路橋のRC床版である。

本調査では、鋼道路橋を対象として主な取替え要因ごとに代表的な事例を抽出するものとし、表-3.1に示す8つの事例について、構造概要、大規模工事に至った原因と経緯、設計・施工の概要を掲載した。床版取替を行うに至った原因と経緯は、既設RC床版の損傷、拡幅、国道昇格による床版耐力の向上であった。なお8つの事例は、1) 橋梁形式、2) 大規模工事後の床版形式、3) 交通規制方法に着目し、これらの条件を組み合わせて抽出した。

### 1) 橋梁形式からの事例選定

橋梁形式として非合成桁、活荷重合成桁、特殊橋梁（吊橋およびアーチ橋）の事例を収集した。

鋼道路橋における床版の役割は、橋梁形式によって様々である。まず桁橋において、非合成桁の場合、設計では桁で支えられた床版としての挙動のみを考慮しているが、合成桁の場合、設計では主桁の一部として床版が挙動することを期待しており、床版取替の際に床版を撤去すると主桁の構造系が変化することになる。このように、合成桁では床版の主桁作用を期待することから主桁上フランジは一般的に小さな断面で構成されており、既設床版を撤去する際には、施工段階に応じた主桁の応力度照査や座屈安全性に対する照査など、事前検討が必要となる。合成桁の床版取替では、これまで不適切な施工等によりトラブルを生じたり、最悪の場合には落橋に至った事例もあるため、本事例の事前検討や上部工補強および施工方法を参考にされたい。

また、複雑な構造形式の橋の場合は、死荷重として作用している床版を取替えることにより、その影響が変形や応力状態などに影響を及ぼすことが考えられる。吊橋の床版取替では、施工時の主塔断面力が過大にならないよう施工手順に工夫が施されていることや、アーチ橋の床版取替では、橋体の補強量を少なくできるような工夫が施されており、同種橋梁の床版取替の参考になると考えられる。

### 2) 大規模工事後の床版形式からの事例選定

床版形式として、近年事例が増加してきているプレキャストPC床版、プレキャスト合成床版、鋼床版の事例を収集することとした。

RC床版の損傷は、過積載車両の通行が影響していることが指摘されてきており、道路橋示方書などの設計基準において、RC床版の耐力向上のため床版厚の増大が図られてきており、平成5年道路橋示方書より、物流の国際化の観点から設計自動車荷重が改定(T-20からT-25へ変更)された。このため、取替える床版をRC床版で設計すると床版厚が増加し、死荷重増や前後の縦断修正などの不具合を生じることが問題となった。さらに近年では、耐震性能の面でも大規模地震に対する備えが要求されるようになってきており、補修・補強に際して上部構造の軽量化などが求められるようになってきた。

このような背景から、大規模工事後の床版形式は床版厚を抑えつつ耐久性を確保するためPC床版が採用される事例が多く、現道通行への影響抑制を目的にプレキャスト構造を採用するのが一般的である。合成床版は新設橋梁で場所打ちタイプでの採用事例が多くあるが、プレキャスト構造での採用事例はほとんど無く、現在のところ床版取替への採用事例は少ない。鋼床版は、最も床版の軽量化が可能であり、下部工等の既設構造物への負担軽減による耐震性の確保や拡幅への適用が容易である等の利点で選定されている。また非合成桁を合成桁化することによる上部工耐荷力向上にも寄与する結果となっている。一方、床版軽量化に伴う上部工キャンバー変化や取替え床版の逐次剛結の影響について、施工ステップを考慮した事前検討が重要となる。

これら取替床版タイプの選定の詳細や事前検討の項目は、個別の事例紹介を参考にされたい。

なお本事例では、鋼床版への取替えに伴い路面高を取替え前より高くする方法が採用されている。これは鋼床版の必要構造高が既設RC床版の床版厚+ハチ高より高くなるためであるが、路面高変更を回避するため既設桁に事前に設置した仕口と鋼床版を接合する方法もある。

## 3) 交通規制方法からの事例選定

本調査では交通規制方法として、通行止め（交通を迂回）、夜間通行止め（昼間交通開放）、半幅規制、交通切替えによる分割施工の4つの事例を収集した。供用下の路面を直接支える床版を取替える場合、交通規制が必要となるが、交通規制の可否は、交通量や迂回路の有無など、周辺を含む道路の状況によるものであるため、様々なパターンが存在すると考えられる。これら規制方法に伴う急速施工方法や施工手順、さらに現道走行車両に対する安全対策等、個別の事例紹介を参考にされたい。

表-3.1に床版取替事例一覧表を示す。この表には、題目、橋名、橋梁形式、床版形式、交通規制方法、その他キーワードを示した。これらの情報から、参考となる事例を見つけ出し役立てていただきたい。また個別の事例紹介において、詳細な内容まで記述できていない部分があるため、事例の文末に記した参考文献を合わせて参照されたい。

表-3.1 大規模な床版取替工事の事例一覧表

| 番号  | 題目   | ①橋梁形式         |        | ②床版形式<br>(大規模工事後) | ③交通規制<br>方法       | キーワード<br>(①～③<br>を除く) |
|-----|--|---------------|--------|-------------------|-------------------|-----------------------|
|     |  | 取替前           | 取替後    | 取替前：RC床版          |                   |                       |
| 3.1 | 非合成桁のプレキャストPC床版への取替（九年橋）                     | 非合成桁          |        | プレキャストPC床版        | 通行止<br>(上流側迂回)    | 床版損傷，拡幅，軽量PC          |
| 3.2 | 重交通路線における非合成桁のプレキャストPC床版への取替（九州自動車道 向佐野橋）    | 非合成桁          |        | プレキャストPC床版        | 交通切替え<br>(分割施工)   | 床版損傷，継手構造             |
| 3.3 | 活荷重合成桁のプレキャスト合成床版への急速取替（西名阪自動車道 御幸大橋）        | 活荷重合成桁        | 非合成桁   | プレキャスト合成床版        | 夜間通行止<br>(昼間交通開放) | 床版損傷，主桁ウェブ切断，間詰鋼床版    |
| 3.4 | 活荷重合成桁の外ケーブルによる主桁補強を併用したプレキャストPC床版への取替（獅子倉橋） | 活荷重合成桁        | 活荷重合成桁 | プレキャストPC床版        | 半幅規制              | 床版損傷，外ケーブル補強          |
| 3.5 | 非合成桁の鋼床版への取替（美川大橋）                           | 非合成桁          | 活荷重合成桁 | 鋼床版               | 半幅規制              | 床版損傷                  |
| 3.6 | 活荷重合成桁の鋼床版への取替（上川橋）                          | 活荷重合成桁        |        | 鋼床版               | 半幅規制              | 国道昇格(耐荷力向上)，拡幅        |
| 3.7 | 吊橋の鋼床版への取替（若戸大橋）                             | 吊橋<br>(補剛トラス) |        | 鋼床版               | 半幅規制              | 拡幅，橋形クレーン             |
| 3.8 | 上路アーチ橋の鋼床版への取替（裾花大橋）                         | 上路アーチ         |        | 鋼床版               | 夜間通行止<br>(昼間交通開放) | 床版損傷                  |

3.1 非合成桁のプレキャストPC床版への取替（九年橋）<sup>1)</sup>

|        |  |
|--------|--|
| 橋名     | 九年橋(岩手県道 254 号相去飯豊線)                   |
| 所在地    | 岩手県北上市九年橋                              |
| 供用開始年  | 左岸側:1922年 右岸側:1933年                    |
| 管理者    | 北上市                                    |
| 大規模工事年 | 2015年                                  |
| キーワード  | 非合成桁, 床版損傷, 拡幅, 床版取替, プレキャストPC床版, 通行止め |

3.1.1 大規模工事前後の構造概要

|      | 大規模工事前  | 大規模工事後  |
|------|---|---|
| 橋梁形式 | 左岸側:8径間単純4主非合成鈹桁<br>右岸側:9径間単純2主非合成鈹桁          | 左岸側:8径間連続4主非合成鈹桁<br>右岸側:9径間連続2主非合成鈹桁              |
| 橋長   | 334.0m  |   |
| 支間長  | 左岸側:22.3m, 8連<br>右岸側:16.8m, 9連                | 左岸側:22.4m×8<br>右岸側:17.2m×9                        |
| 主構間隔 | 左岸側:1.67m+1.80m+1.67m<br>右岸側:5.0m(縦桁間隔:1.25m) |   |
| 有効幅員 | 5.6m  | 6.5m  |
| 斜角   | 90度   |   |
| 床版   | 左岸側:RC床版(23cm)<br>右岸側:RC床版(20cm)              | 左岸側:プレキャストPC床版(16cm)<br>右岸側:高強度軽量プレキャストPC床版(16cm) |

本橋の大規模工事前後の状況を写真-3.1.1, 大規模工事前後の構造概要図を図-3.1.1に示す。

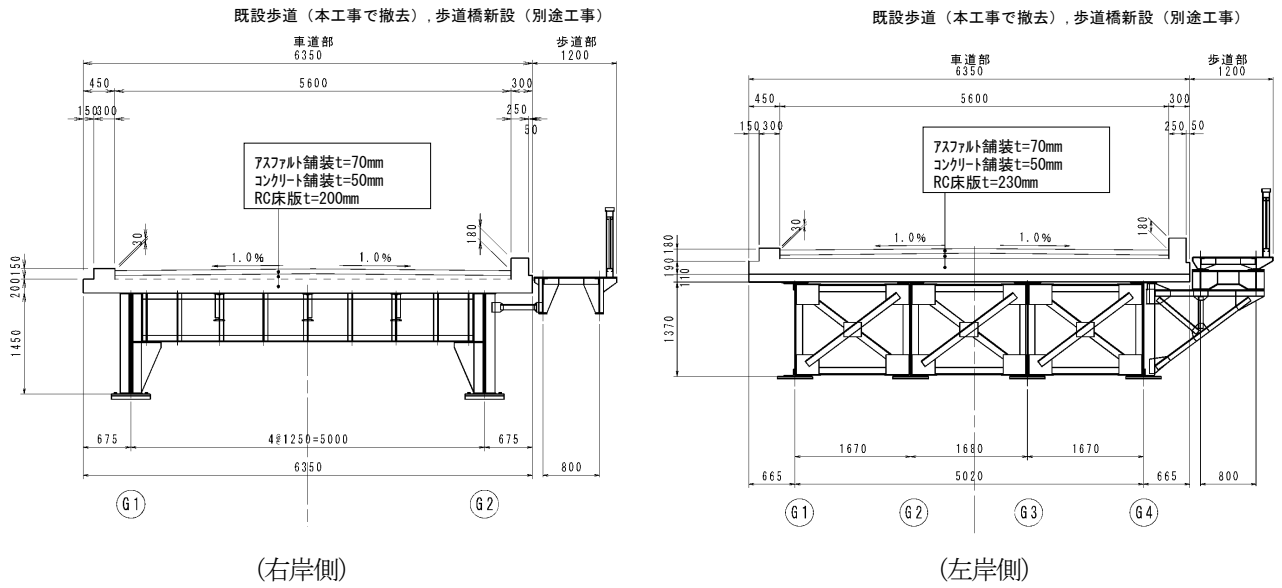


(1) 大規模工事前

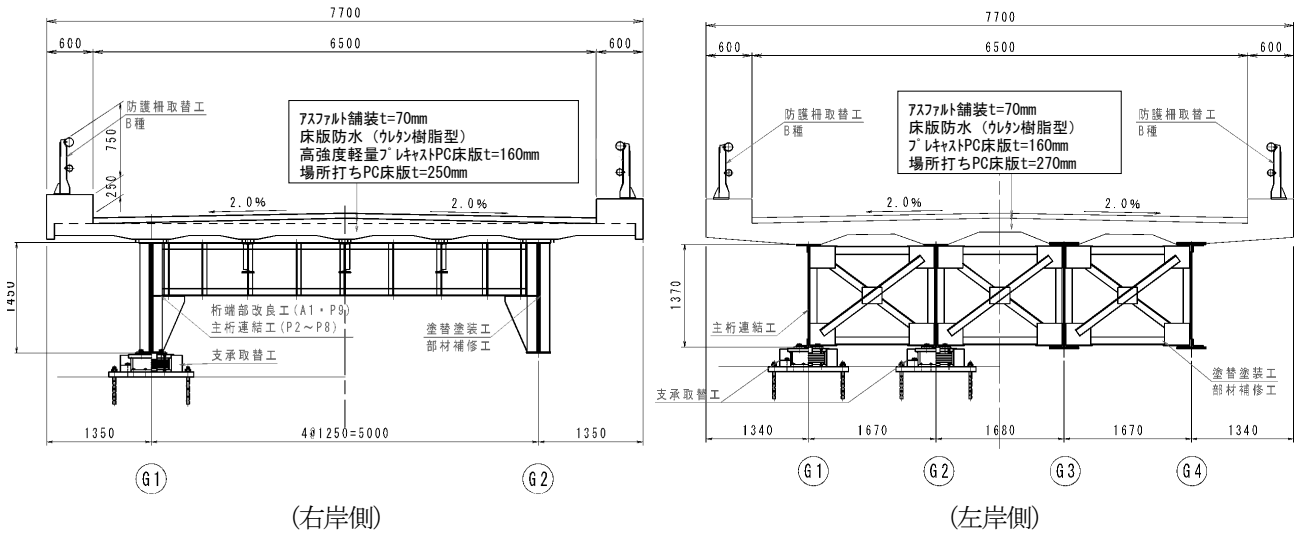


(2) 大規模工事後

写真-3.1.1 大規模工事前後の状況



(1) 大規模工事前



(2) 大規模工事後

図-3.1.1 大規模工事前後の構造概要図



### 3.1.2 大規模工事に至った原因と経緯

本橋は、1922年に国道4号線として供用が開始されて以来、国から県、県から市へと移管されて現在に至っている。その間、活荷重の増大や歩道部の拡幅、経年変化などに応じて桁の補強工事や床版の鋼板接着工事が行われていたが、下記に示すような損傷が顕在化していた。

- ・床版の損傷（床版の貫通ひび割れ、床版コンクリートの土砂化など）
- ・床版の貫通ひび割れや桁伸縮部からの漏水による鋼部材の腐食

鋼部材の腐食も床版の劣化が一因となっており、抜本的な床版の構造改良の必要性が確認され、歴史的鋼橋の保存と更なる長寿命化を目指し、床版の全面的な取替えという大規模工事を行った。

### 3.1.3 設計概要

本工事では、腐食した鋼部材の交換や当て板補強、桁連続化及び支承交換、全面的な塗装塗り替え、歩道部を分離した専用橋の別途架設など、多岐に及ぶ工種が実施されているが、ここでは床版取替えに着目して記述する。

本工事では既設橋脚への耐震補強が行われないことから、右岸側2主桁では下部工への死荷重反力を既設よりも小さくする必要があったため、床版形式は高強度軽量プレキャストPC床版を採用した。左岸側4主桁では荷重的な余裕もあり当初RC床版で計画していたが、東日本大震災からの復興へ向けて多数の工事が交錯しており、現地での労務者不足が予想されたため、事前に工場で作成することで現地での作業量を減らすことが可能となるプレキャストPC床版に変更して施工を行った。

2主・4主桁とも、支間中央部では継手が無筋であるプレキャスト床版を敷設後、橋軸方向にプレストレスを導入する構造であり、床版厚を平成24年道路橋示方書の最小床版厚16cmとした。中間支点上は場所打ちPC床版とし、2主桁では床版厚25cm、4主桁では床版厚27cmを採用した。

また、既設舗装の撤去を行う際の橋梁上への大型路面切削機(写真-3.1.2)の大荷重載荷や、床版の撤去(写真-3.1.3)により、床版による主桁上フランジの固定効果が一時的に無くなった不安定な状態など、各架設ステップでの安全性を確認する必要があったため、綿密な事前調査・計画に基づいた各架設系の構造計算を行い、その安全性を確認している。例えば、橋梁上へクレーンを設置することを考えた場合、桁連続化後の方が構造の安定が得られるため、桁連結工を先行して行った後、床版の撤去・架設を行った。



写真-3.1.2 大型路面切削機



写真-3.1.3 床版撤去状況

### 3.1.4 施工概要

#### (1) 工事内容の概要

本工事では、凍結防止剤による塩害対策や凍害対策として、ケイ酸塩系の表面含浸工を床版の下面や地覆の表面に施工した。また、プレキャスト床版は、撤去時と同様に橋梁上にクレーンを設置して順次敷設するが、PC床版を主桁に定着するためのスタッドについては、PC床版にあらかじめ設けておいたスリットを利用して後施工とすることで、PC床版敷設時の作業性を高めている（写真-3.1.4）。



写真-3.1.4 スタッドの施工

床版劣化の要因の一つとして床版防水の不備も挙げられており、高い防水性能と長期的な耐久力（30年）を期待できるウレタン樹脂を使用した防水システム（図-3.1.2、写真-3.1.5）を適用した（NEXCO仕様グレードII）。

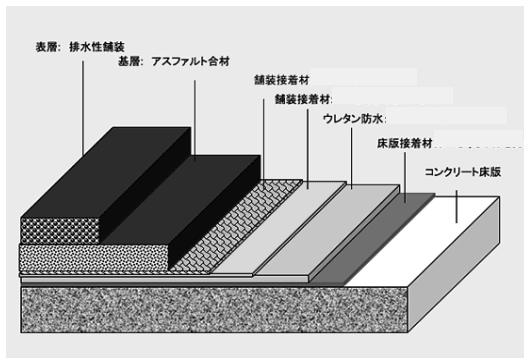


図-3.1.2 防水システム



写真-3.1.5 ウレタン吹付け

#### (2) 交通規制状況

工事期間中（2013年9月～2015年6月）は全面交通止めとし、上流側に架橋されている新九年橋などに交通を迂回させた上で工事を行った。

#### (3) 使用設備と施工方法

既設床版を主桁からはく離する際は、専用に製作した梁と床版をPC鋼棒で締結し、梁の両端部でジャッキを扛上して床版をはく離している（写真-3.1.6）。



(1) 床版はく離梁



(2) ジャッキ扛上により桁とはく離

写真 3.1.6 使用設備

本工事の全体施工フローチャートを図-3.1.3に示す。

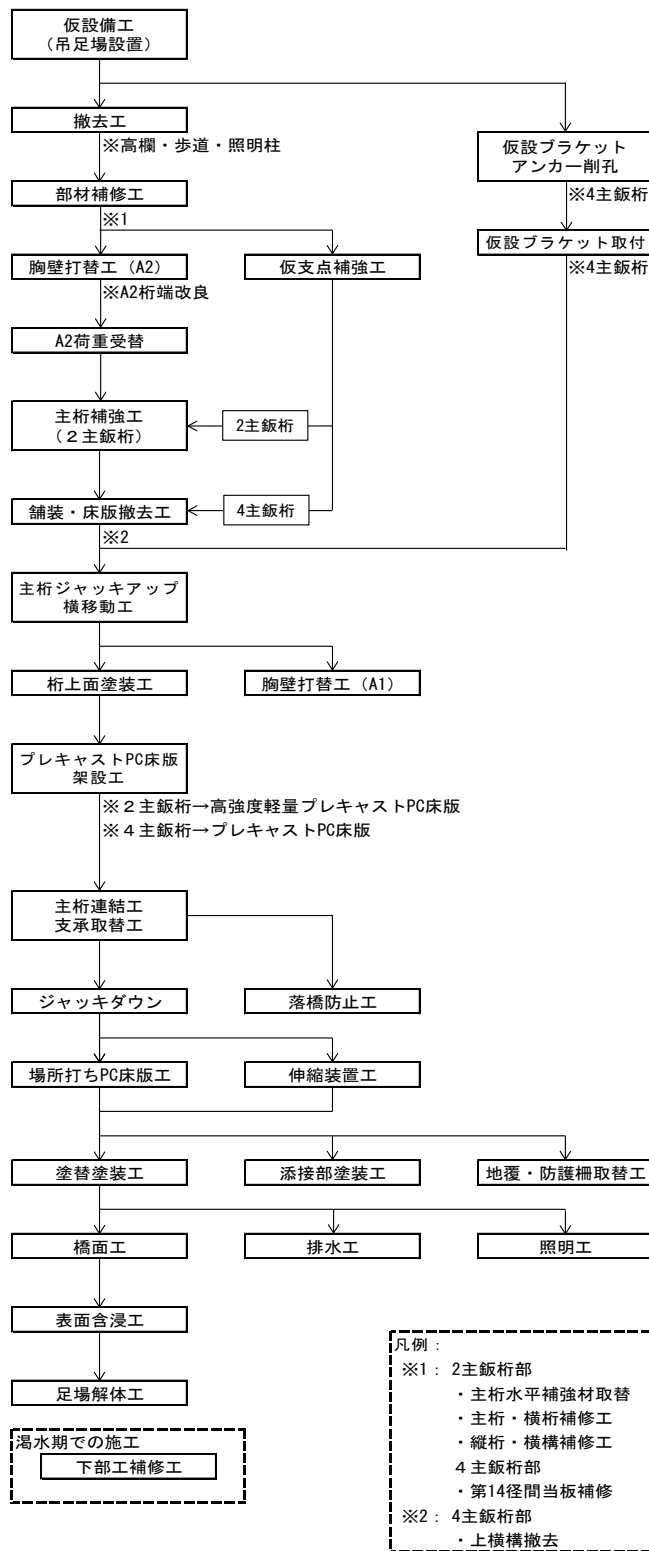


図-3.1.3 施工フローチャート (全体)

参考文献

- 1) 柿沼 努, 池田 大介, 貞島 健介, 亀田 隆志, 杉澤 康友, 遊田 勝 : 九年橋長寿命化対策工事の設計と施工, 橋梁と基礎, Vol.49 No.12, pp.17-22, 2015.12

3.2 重交通路線における非合成桁のプレキャストPC床版への取替（九州自動車道 向佐野橋）<sup>1)~3)</sup>

|        |   |
|--------|---|
| 橋名     | 九州自動車道 向佐野橋                                     |
| 所在地    | 福岡県太宰府市大字向佐野                                    |
| 供用開始年  | 1975年   |
| 管理者    | 西日本高速道路株式会社                                     |
| 大規模工事年 | 2010年   |
| キーワード  | 非合成桁, 床版損傷, 床版取替, プレキャストPC床版, 交通切替え(分割施工), 継手構造 |

## 3.2.1 大規模工事前後の構造概要

|      | 大規模工事前                              | 大規模工事後                |
|------|-------------------------------------|-----------------------|
| 橋梁形式 | 4径間連続5主非合成鉄桁 2連 (中間支点剛結)            |                       |
| 橋長   | 153.0m                              |                       |
| 支間長  | 37.5m+38.0m+38.0m+38.5m             |                       |
| 有効幅員 | 11.725m                             |                       |
| 斜角   | 73度                                 |                       |
| 床版   | RC床版 (床版厚 27cm)<br>※当初 21cm, 増厚 6cm | プレキャストPC床版 (床版厚 24cm) |

本橋の大規模工事時の状況を写真-3.2.1, 一般図を図-3.2.1に示す。



写真-3.2.1 大規模工事時の状況<sup>1)</sup>



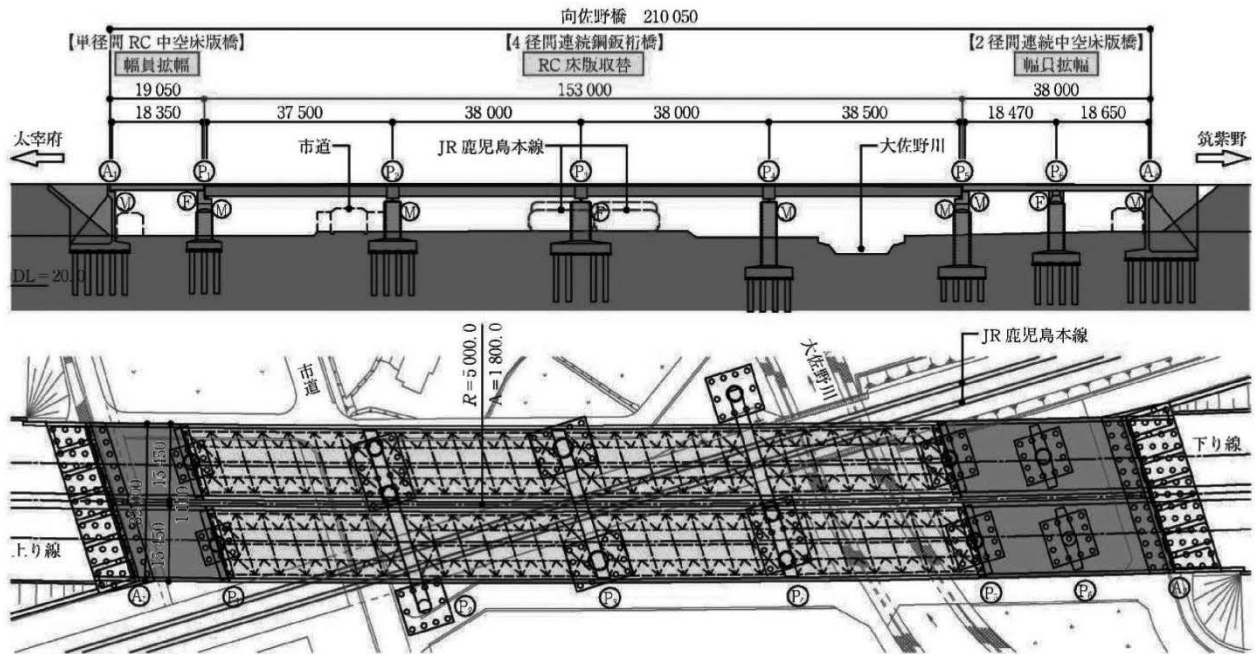


図-3.2.1 一般図<sup>1)</sup>

### 3.2.2 大規模工事に至った原因と経緯

本橋は1975年に供用が開始されたが、1985年には遊離石灰が確認され始め、1990年にはコンクリートのはく離が生じていた。これらの損傷に対して、1990年にはエポキシ樹脂による下面の補修、1990年と1994年には上面の部分打ち替え、1995年には上面の増厚を行ったが、1997年にかぶりコンクリートの落下（3m×1mの範囲）が発生しており、さらに2000年に剥落防護用の床鋼板を設置している。しかし、2003年頃からは路面のポットホールが多発し路面補修の頻度が急増し始めたため、詳細調査を行い床版の健全度評価を行ったところ、上り線で88%、下り線で37%の床版が、「劣化が大きく早急な補修が必要」と判定され、抜本的な対策が必要と判断された。

上述したRC床版の早期劣化については、以下に示す要因が推定された。

- 使用されているコンクリートは、水セメント比が約69%と推定され、コアの最小圧縮強度は15N/mm<sup>2</sup>、透水係数も最大で1.5×10<sup>-2</sup>cm/sであり、低品質で多孔質なものと判断された。
- RC床版は1972年道示（TL-20）で設計されており、現状の重交通に対して疲労耐久性が不足している。また上面増厚を行っているが層間剥離が生じており、既設床版との一体性が確保されていないため期待した性能が発揮できていない状態であった。
- 上述した層間に生じた滞水により、コンクリートの土砂化、鉄筋の腐食が促進されている。

抜本的な補修方法としては、床版上部の全面打ち替えやはく落防護用の床鋼板を利用した場所打ち合成床版への取り替えも検討されたが、LCCや車線規制期間に発生する渋滞による社会的影響度、施工性、維持管理性などを考慮した結果、プレキャストPC床版を用いて床版全幅を一括で取り替える案を選定した。



3.2.3 設計概要

(1) 鉄筋の継手構造

プレキャスト PC 床版の橋軸方向の接合方法には PC 構造と RC 構造があるが、本橋ではコストが比較的安く将来的に床版の部分取り替えも可能である RC 構造を採用している。RC 構造の場合、パネル間の一般的な継手方法としてループ継手が用いられている (図-3.2.2)。この継手構造の場合、継手内横方向鉄筋は床版の横から挿入するか、鋼桁位置でループ筋の鉄筋曲げ半径を小さくして横方向鉄筋を挿入する空間をつくる必要がある。しかし、本工事では周辺住宅への配慮として架設の遮音壁を側方に設置しており、かつ、交差対象である JR 線の上空での作業になるため、側方からの挿入はできないと判断された。また、鋼桁位置から挿入する場合も、鉄筋を湾曲させながらの挿入作業となるため困難を伴い、かつその作業で騒音が発生する恐れもある。そこで、本工事ではそれらの問題が発生しない継手構造を採用している (図-3.2.3)。

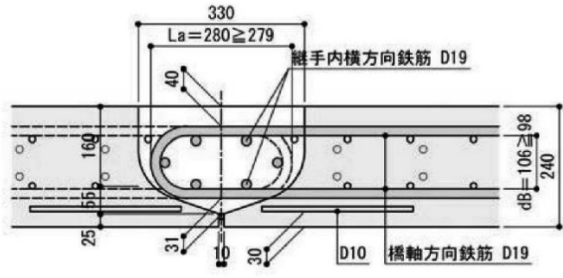


図-3.2.2 一般的な RC 継手構造<sup>1)</sup>

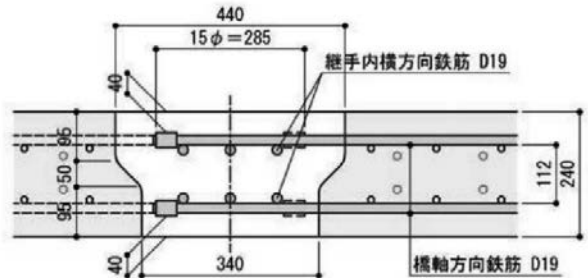


図-3.2.3 本工事での継手構造<sup>1)</sup>

本継手構造を写真-3.2.2 に示す。本構造は、鉄筋端に鋼管を圧着し、その部分が受ける支圧抵抗力と鉄筋の付着力との複合作用により定着することで、通常の重ね継手（継手長  $30\phi$ ）に比べて継手長を  $15\phi$  まで短くすることが可能となる。また、プレキャスト床版の端部上方をセットバックし、横方向鉄筋を仮配置しておく空間を設けておくことで、横方向からの鉄筋挿入作業を必要としない構造としている (図-3.2.4)。なお、本構造の採用にあたっては、ループ継手に対して実施された輪荷重走行疲労試験と同条件での試験を実施し、その疲労耐久性が同等であることを確認している。

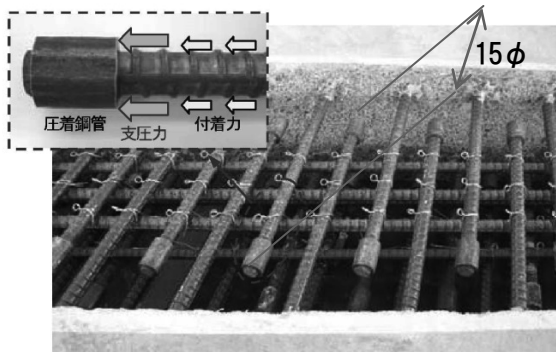


写真-3.2.2 鉄筋継手<sup>1)</sup>

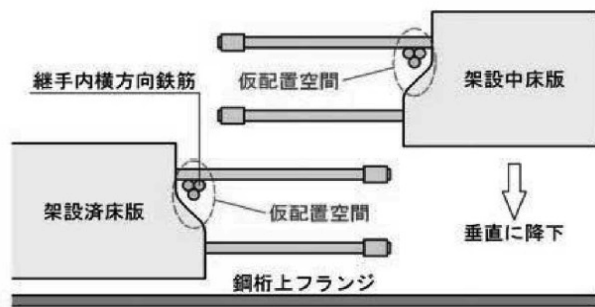


図-3.2.4 継手内鉄筋の設置方法<sup>1)</sup>

(2) プレキャスト PC 床版の配置

プレキャスト PC 床版は、主桁軸線に直角方向に割付配置することが標準的であるが、本橋では斜角方向に配置している (図-3.2.5)。

- 1) 既設 RC 床版の配筋が斜角方向であり、架設時のトラッククレーンやポルトレーラの荷重に対する床版の耐荷力を確保するため、床版撤去時の切断方向を主鉄筋方向と一致させる必要があった。
- 2) 斜角方向の割付をすることにより、桁端部の場所打ち床版のボリュームを少なくできるメリットがある。

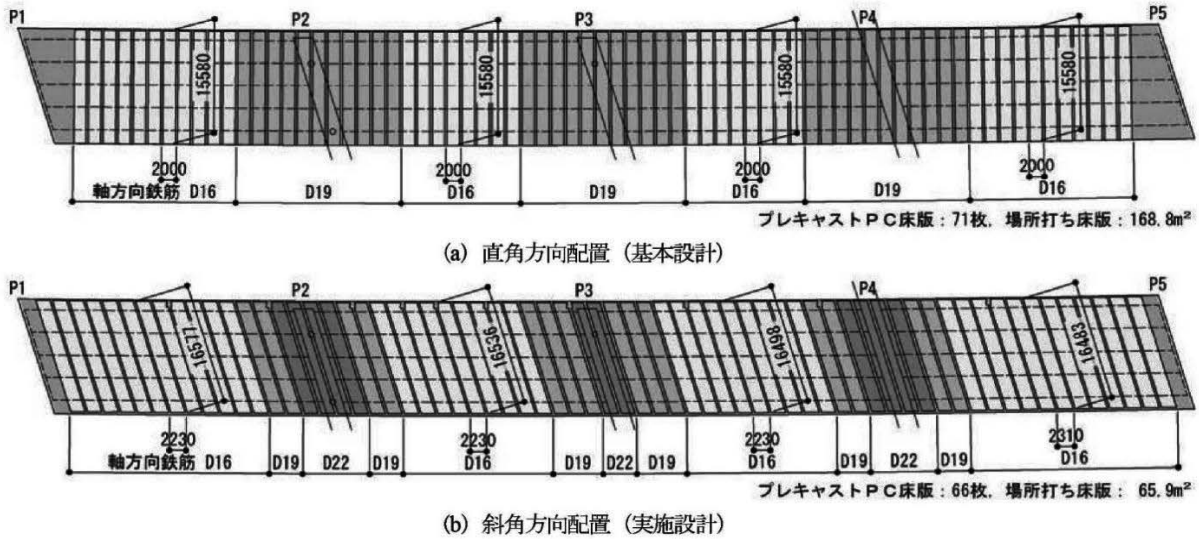


図-3.2.5 プレキャスト PC 床版の配置 (下り線)<sup>3)</sup>

また、本橋では中間支点直上にプレキャスト床版の間詰め部を配置する割付としている。中間支点位置は負の曲げモーメントが最大となるため、構造的に弱点になりやすい間詰め部を設けないことが一般的であるが、本橋の中間支点は箱桁横梁との剛結構造 (写真-3.2.3) であり、構造の不連続性に起因する付加的な曲げ応力により中間支点直上よりも主桁と横梁の接合部での床版応力度が高くなるため、横梁の腹板直上に間詰め部を配置しないことを優先した割付としている。



写真-3.2.3 中間支点 (箱断面横梁と剛結構造)<sup>1)</sup>

(3) 合成作用に対する設計

本橋は非合成桁橋ではあるが、中間支点付近のひび割れを抑制するために、床版としての作用と不完全合成桁としての合成作用とを組み合わせた鉄筋応力が  $140\text{N/mm}^2$  以下になるように橋軸方向鉄筋を配置している。不完全合成桁としての合成作用は、配置したスタッドジベルのフレキシビリティ定数が約 2 であることから、完全合成の場合の 60% とし、また、考慮する活荷重は B 活荷重の 50% をとし、レーン幅載荷としている。



3.2.4 施工概要

(1) 工事内容の概要

本工事の施工ステップを図-3.2.6に示す。プレキャストPC床版への取替え方法としては、床版の全幅を一括して行う方法と2分割して行う方法とが考えられるが、本工事では、社会的影響度や施工性を比較した結果、片側のラインで縮小幅員の上下2車線を供用し、もう片方のラインを一括で取り替える方法とした。ただし、既設のRC床版の全幅では縮小した車線幅員3.25mでも上下各2車線を確保できないことから、まず始めに中央分離帯部分に仮設の鋼床版を設けて必要な幅員を確保した(ステップ②)。その後、夏季混雑期明けに迂回路を設置し、下り線側での上下各2車線での供用を行った上で上り線の床版取替えを29日間で行った(ステップ⑤)。次いで迂回路の切り替えや仮設鋼床版の撤去、中央分離帯の壁高欄の施工を行った上で下り線の床版取り替えを30日間で行った。

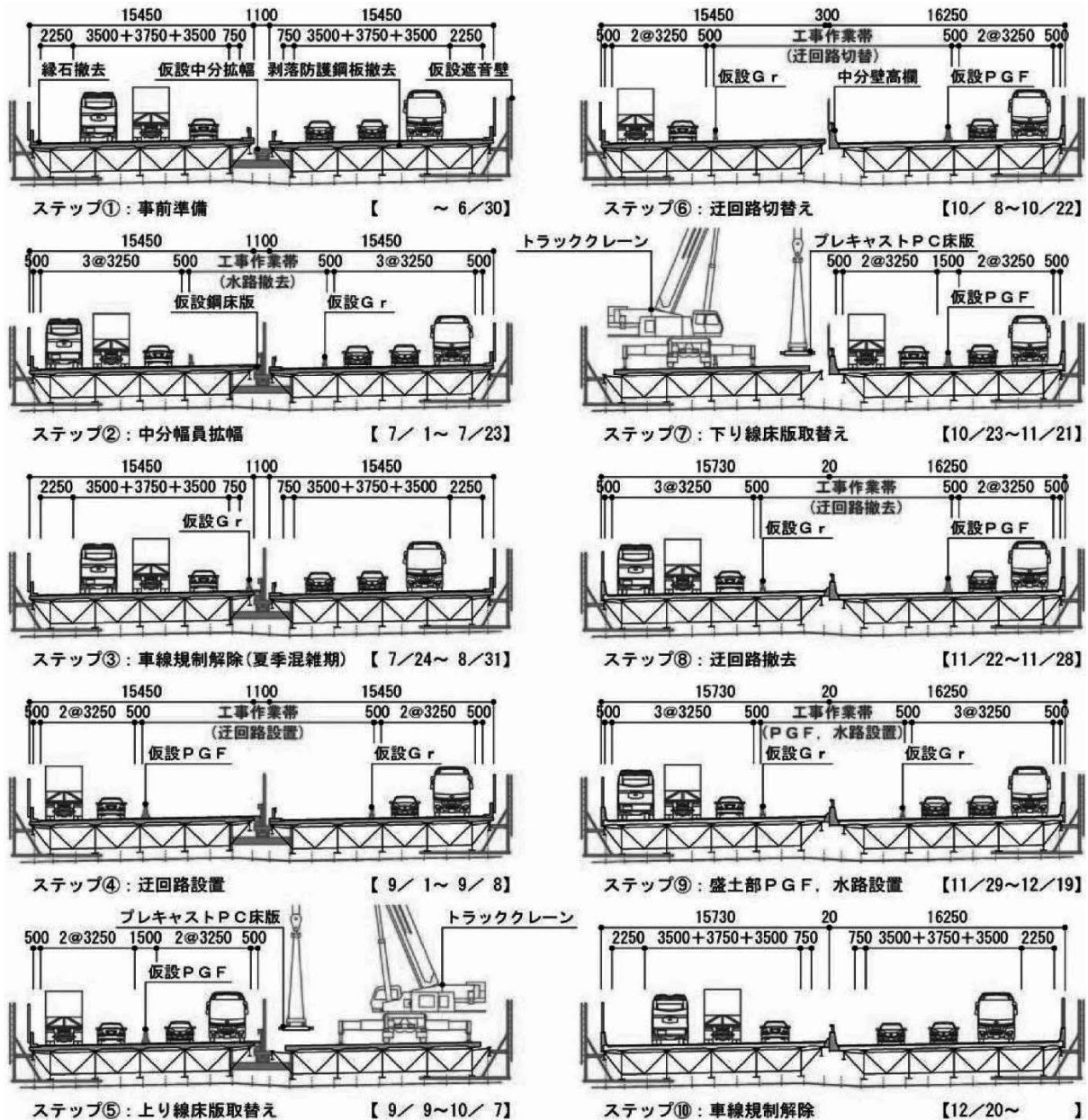


図-3.2.6 施工ステップ<sup>3)</sup>

プレキャスト PC 床版への取り替え概要を図-3.2.7に示す。取り替えはトラッククレーン2台を使用してP3橋脚から両側に向けて行った。1200kNトラッククレーンは、橋梁上の施工ヤードが3車線分と広く、車両の切り返しが可能であったため、作業半径を大きく確保できる車両後尾を架設側に向けて配置した。また、騒音が発生する恐れがあるRC床版の撤去や鋼桁上フランジのケレン作業は日中に行い、この作業による夜間の騒音問題が生じないように配慮している。一方、プレキャスト PC 床版は、一般道を運搬可能になる21:00以降にPC工場を搬出し、現場での架設を24:00に完了させ、その後の夜間作業にてスタッドジベルの溶植と無収縮モルタルの充填を行っている。

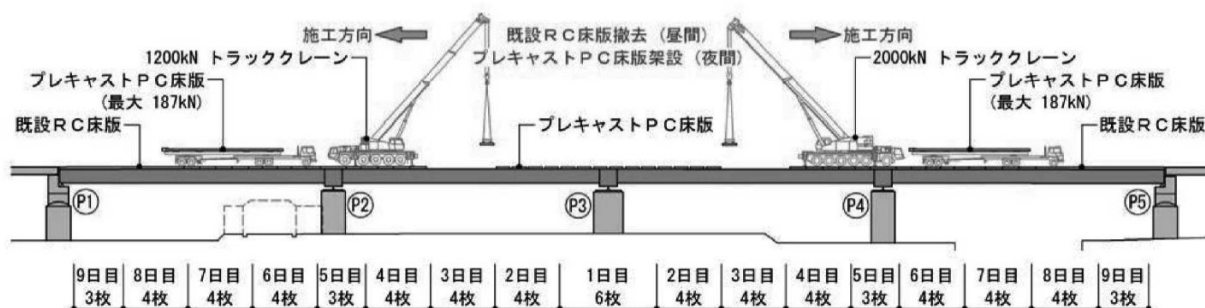


図-3.2.7 プレキャスト PC 床版への取替え概要<sup>3)</sup>

(2) 交通規制状況

本工事は、日交通量10万台という重交通区間の高速道路橋での床版取り替え工事であり、工事に伴う交通規制による社会的影響が大きいことから、規制期間の短縮を図り混雑期に与える影響を小さくする必要があった。前述したような様々な試みを行い、かつ、夏季混雑期に入る前に準備工を行うことで、縮小2車線で供用するステップ④～⑧の期間を短くすることが可能となった。その結果、夏季混雑期に車線規制を行うことなく、年末年始混雑期に入る前に主たる工事を完了して規制を解除している。

(3) 工程

主要工種の工程を図-3.2.8に示す。

| 工種           | 2010年              |    |    |    |    |     |     |     |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
|--------------|--------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|
|              | 5月                 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 仮設中分拡幅設置・撤去工 | [Gantt chart bars] |    |    |    |    |     |     |     |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| RC床版橋部中分拡幅工  | [Gantt chart bars] |    |    |    |    |     |     |     |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 迂回路工・迂回路復旧工  | [Gantt chart bars] |    |    |    |    |     |     |     |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 路面表示工        | [Gantt chart bars] |    |    |    |    |     |     |     |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 床版・壁高欄撤去工    | [Gantt chart bars] |    |    |    |    |     |     |     |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| プレキャスト床版架設工  | [Gantt chart bars] |    |    |    |    |     |     |     |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 場所打ち床版工      | [Gantt chart bars] |    |    |    |    |     |     |     |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 伸縮装置設置工      | [Gantt chart bars] |    |    |    |    |     |     |     |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 壁高欄工         | [Gantt chart bars] |    |    |    |    |     |     |     |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 排水工・床版防水工    | [Gantt chart bars] |    |    |    |    |     |     |     |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 舗装切削工・舗装工    | [Gantt chart bars] |    |    |    |    |     |     |     |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 施工ステップ(規制状態) | ①                  |    |    | ②  |    | ③   |     | ④   |  | ⑤ |  | ⑥ |  | ⑦ |  | ⑧ |  | ⑨ |  | ⑩ |  |

図-3.2.8 主要工種の工程<sup>3)</sup>

参考文献

- 1) 山本敏彦, 今村壮宏, 三浦泰博, 藤木慶博: 日交通量10万台区間におけるRC床版取替工事—九州自動車道・向佐野橋, コンクリート工学 Vol.49, pp.30-34, 2011 No.3
- 2) 角本周, 山本敏彦, 城戸靖彦, 三浦泰博: 九州自動車道・向佐野橋におけるRC床版取替工事, 第七回道路橋床版シンポジウム論文報告集, pp.43-48, 2012.6
- 3) 亀谷淳, 山本敏彦, 今村壮宏, 川崎啓司: 重交通区間における鋼橋RC床版取替工事—九州自動車道・向佐野橋—, プレストレストコンクリート技術協会第20回シンポジウム論文集, pp.489-492, 2011.10

3.3 活荷重合成桁のプレキャスト合成床版への急速取替（西名阪自動車道 御幸大橋（下り線）<sup>1)</sup>

|        |   |
|--------|---|
| 橋名     | 西名阪自動車道 御幸大橋(下り線)   |
| 所在地    | 奈良県北葛城郡河合町  |
| 供用開始年  | 1969年   |
| 管理者    | 西日本高速道路株式会社   |
| 大規模工事年 | 2010年(下り線), II期工事   |
| キーワード  | 合成桁, 床版損傷, 床版取替, プレキャスト合成床版, 夜間急速取替(昼間交通開放), 主桁ウェブ切断, 間詰鋼床版 |

3.3.1 大規模工事前後の構造概要

|      | 大規模工事前                        | 大規模工事後                |
|------|-------------------------------|-----------------------|
| 橋梁形式 | 鋼単純合成鉄桁+2@3 径間連続合成鉄桁          | 鋼単純非合成鉄桁+2@3 径間連続合成鉄桁 |
| 橋長   | 321.6m                        |                       |
| 支間長  | 25.2m + (3@49.0m) + (3@49.0m) |                       |
| 主構間隔 | 2@3.500m(縦桁補強あり 4@1.750m)     |                       |
| 有効幅員 | 9.10m                         |                       |
| 斜角   | 90°                           |                       |
| 床版   | RC床版(既設床版厚17cm+増厚5cm)         | 鋼コンクリート合成床版(21cm)     |

本橋の大規模工事前後の構造概要図を図-3.3.1に示す。

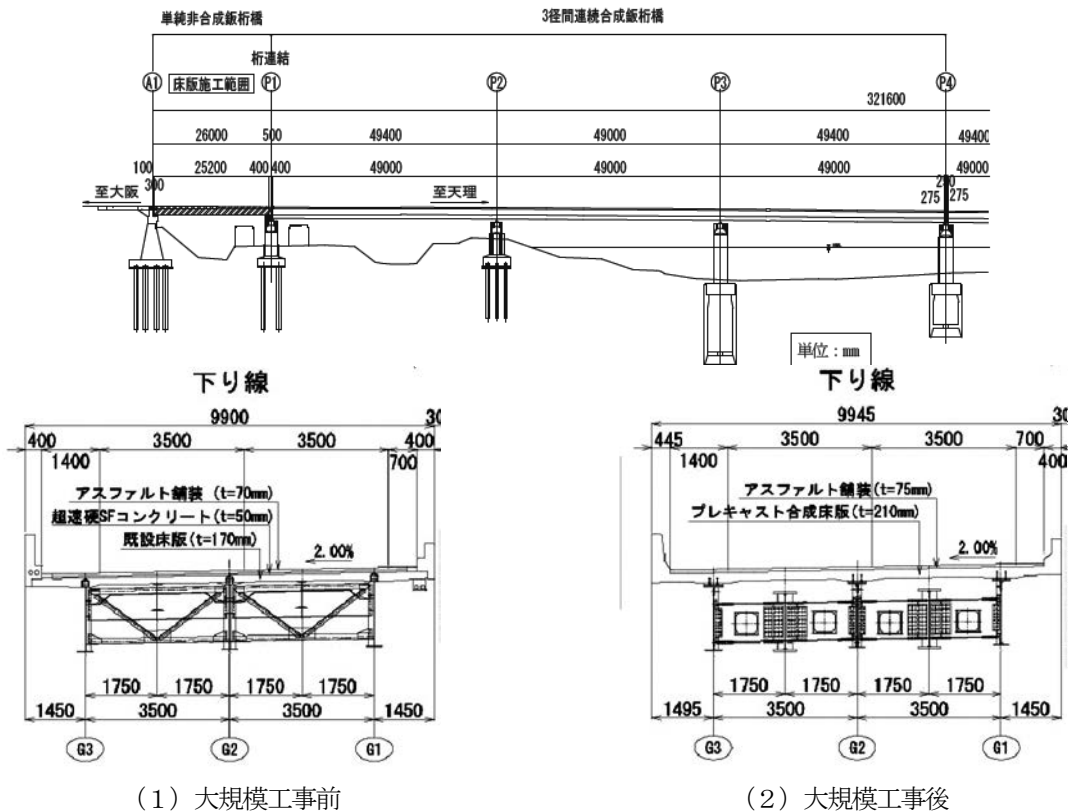


図-3.3.1 大規模工事前後の構造概要図<sup>1)</sup>



### 3.3.2 大規模工事に至った原因と経緯

本橋梁は、1979年頃から振動・騒音問題が発生したため、縦桁増設、床版上面増厚、桁連結、ジョイント補修、下面遮音板の設置など、多種多様な対策が施されてきた。2006年頃からは床版上面増厚の変状に起因すると推定される舗装路面のポットホール発生が頻発し、新たな振動・騒音の原因となったため、RC床版の補修を応急的に繰り返してきた。また、2010年頃には舗装路面、床版上面増厚部だけではなく旧床版の損傷も再び進行し始めてきたことから、抜本的な対策として高耐久な床版へ取替えることとなった（写真-3.3.1）。



(1) ポットホールの発生と再劣化

(2) 床版下面の変状

写真-3.3.1 変状の状況<sup>1)</sup>

### 3.3.3 設計概要

#### (1) 設計上の条件（急速施工）

高速道路上において床版取替えを実施する場合、一般的に長期の通行止め規制が必要となるが、当該区間は年平均断面交通量が約6万台/日の重交通区間であり、社会的な影響が甚大となるため長期間にわたる通行止め規制は不可能であると判断した。よって、設計計画する際の施工条件として、取替え作業時間は、夜間のみの一時的な全面通行止め（上下線ともに8時間）として、昼間は1車線を開放（上り線全面開放，下り線1車線開放）する方法で規制計画することとした。

#### (2) 合成桁の対応

対象径間は、単純合成桁であったことから、上フランジには馬蹄形ジベルが密に配置されており、床版の撤去作業が難航することが想定されたため、主桁ウェブを工事規制前に事前に切断・仮添接しておくことで、工事規制時間帯には床版と上フランジ・ウェブ上端部材（以下、「T字材」という。）を同時に撤去し、新設のT字材、床版を設置する工法を計画した。床版取替えと同時に上フランジを取替える構造であるため、設計においては合成桁構造を非合成化することとした（図-3.3.2）。

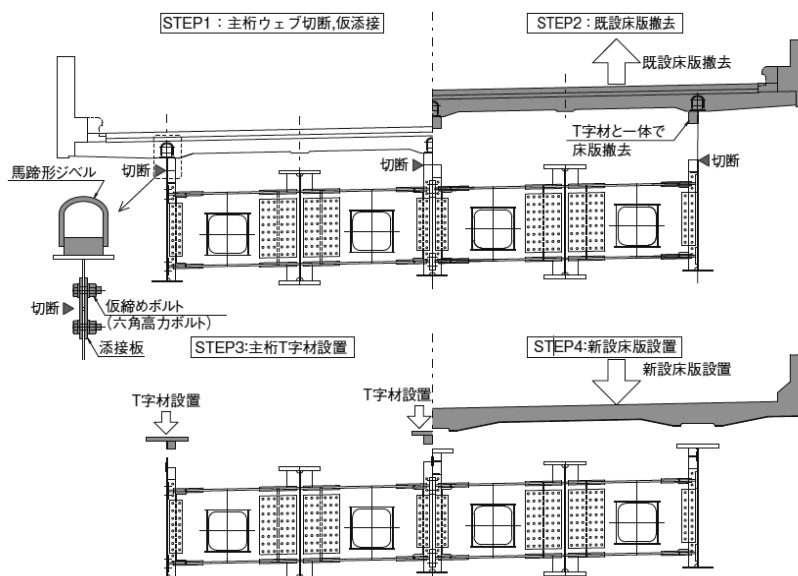


図-3.3.2 床版取替手順<sup>1)</sup>

本工法では、床版撤去時に上フランジが一時的に無い状態となるため、死荷重および架設時の荷重によりウェブ上縁側が座屈しないよう図-3.3.3に示すように支間中央で主桁をジャッキアップした状態で床版を取り替えた。なお、支間中央ではジャッキアップにより負曲げが生じ、P1 支点部では逆に主桁連結により正曲げが生じるため、補強部材（写真-3.3.2）を設置することで鋼桁の座屈を防止した。

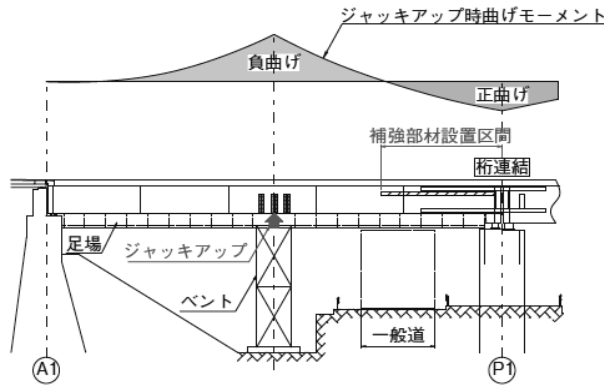


図-3.3.3 ジャックアップ要領<sup>1)</sup>

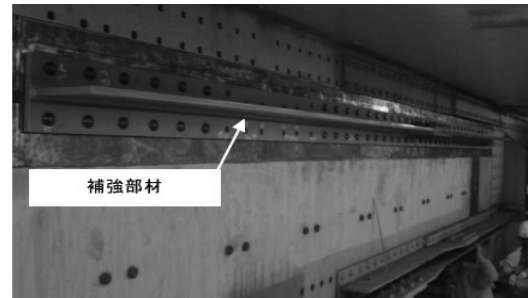


写真-3.3.2 主桁補強部材<sup>1)</sup>

床版取替え作業時には主桁断面剛性が一時的に著しく低下するため、過去に設置された増設縦桁を剛性の高い新たな縦桁および横桁に取り換えることとし、現行のB活荷重へも対応した。なお、縦桁・横桁の取替え作業は工事規制前に実施した。

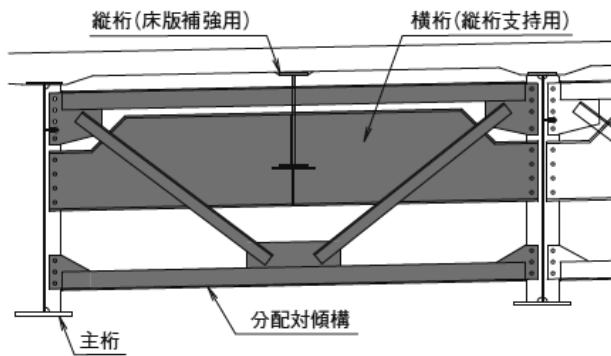


図-3.3.4 既設縦桁・横桁<sup>1)</sup>

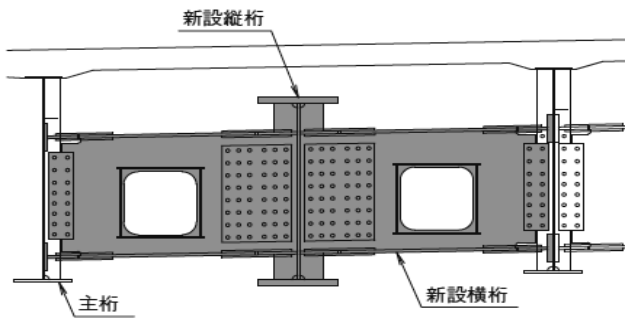


図-3.3.5 新設縦桁・横桁<sup>1)</sup>

(3) 床版形式の選定

一般のループ継手を有するPC床版と比較し、床版取替え時間の短縮が可能な床版形式として、合理化継手と称する継手構造を有したプレキャスト合成床版を採用した。合理化継手を採用することにより、間詰幅の縮小によるコンクリート打設量の減少、通常のループ継手の配筋作業で生じるループ継手内への鉄筋挿入作業の時間短縮などが図れた。

また、壁高欄については、現場への運搬枚数には制約が生じるものの、あらかじめ工場にて打設・設置することで現場における場所打ち施工時間の短縮を図った。

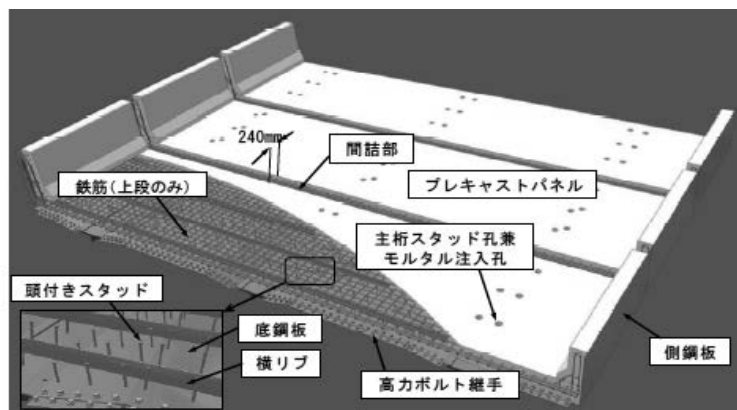


図-3.3.6 プレキャスト合成床版概要図<sup>1)</sup>

(4) 間詰め鋼床版を用いた交通解放

集中工事中は、1夜間ごとに2～4パネルの床版取替えを実施するため、既設床版と新設床版が一時的に混在する。昼間に1車線を交通解放するためには、新旧床版間に生じる継手部の隙間を埋める必要があった。そこで、本工事では図-3.3.7、写真-3.3.3に示す間詰め鋼床版を使用することで、新旧床版間の隙間を解消し、交通解放を可能とした。また、間詰め鋼床版は転用可能な構造とし、主桁との接合は新設T字材の添接ボルト孔を利用した。

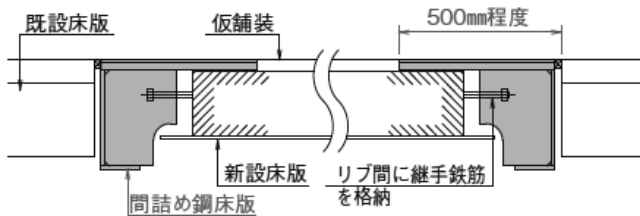


図-3.3.7 間詰め鋼床版の概要<sup>1)</sup>



写真-3.3.3 間詰め床版設置状況<sup>1)</sup>

3.3.4 施工概要

本工事の施工フロー、工程を図-3.3.8に示す。施工ステップは「集中工事前」、「集中工事」、「集中工事後」に大別される。以下に各ステップの概要を記す。

(1) 集中工事前

主桁ジャッキアップ、鋼部材の取り替え、主桁ウェブ切断・仮添接は集中工事以前に実施した。施工時の主な特徴、留意した事項は以下のとおりである。

- ・主桁のジャッキアップに際してはジャッキアップ前後のひずみが設計値通りの挙動を示していることを確認しながら作業を実施した。
- ・横桁の取り替えは供用しながらの作業となるため、交通流の影響に配慮し仮設対傾構を設置したうえで取り替え作業を実施した。
- ・主桁ウェブは先行してボルト孔あけした後にガス切断し、切断した部位から順次、仮添接した。切断・仮添接は車両走行中での施工であったため、垂直補剛材間隔(約1.2m)毎に行った(写真-3.3.4, 3.3.5)。

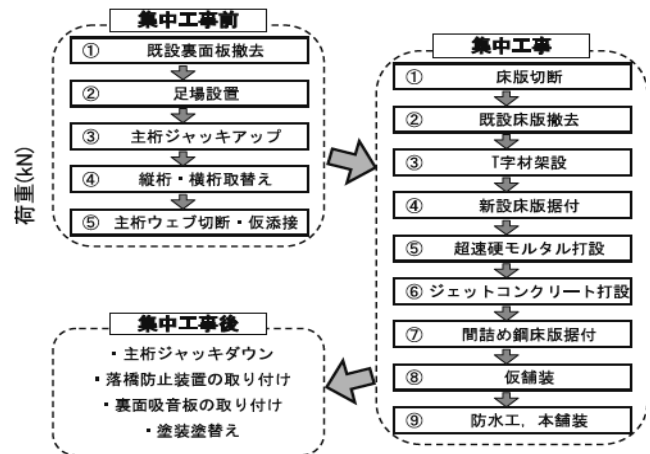


図-3.3.8 施工ステップ<sup>1)</sup>



写真-3.3.4 主桁ウェブ切断<sup>1)</sup>



写真-3.3.5 主桁ウェブ仮添接<sup>1)</sup>

(2) 集中工事中

集中工事期間の床版取替の施工状況を図-3.3.9に示す。通行規制を最小限とするため図中に示すように、120 t クレーン 2 台を用いた 2 パーティーによる施工で床版取替え期間の短縮を図り、1 夜間に 2~4 パネルの床版取替を実施した。

- ・既設床版の切断後、120 t クレーンにて床版と既設の T 字材を一体で撤去し、新設の T 字材を設置した後に新設床版を設置した。
- ・新設床版の設置後は、超速硬モルタルを床版上面から新設床版・主桁上フランジ間に流し込み、間詰部にはジェットコンクリートを打設した。新旧床版の隙間には前述の間詰鋼床版を設置することで日々の交通解放を実現した。
- ・床版取替後は日々の交通解放のために仮舗装を施し、すべての床版を取り換えた後に仮舗装を撤去し、床版防水工・本設の舗装を施工した。

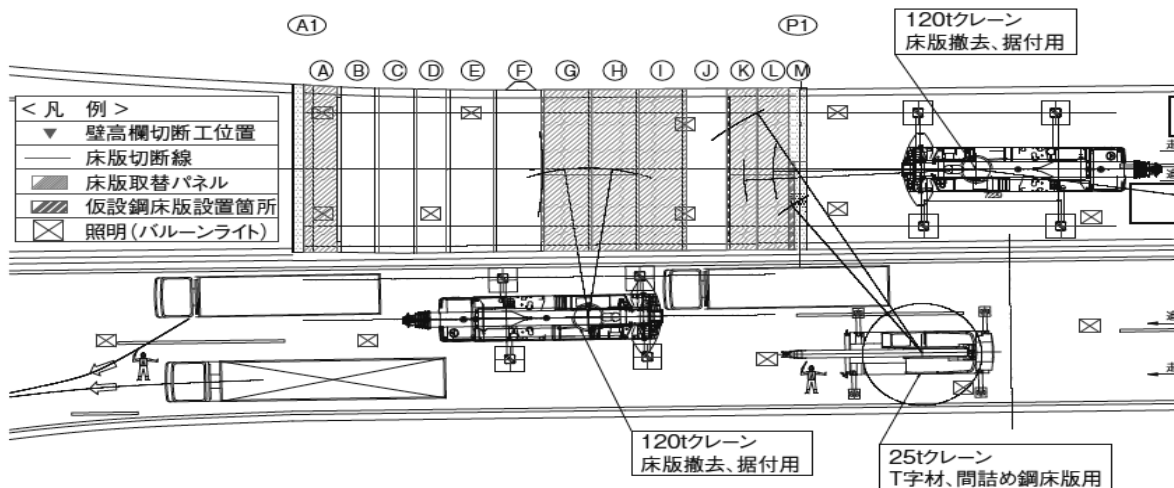


図-3.3.9 施工状況図<sup>1)</sup>

(3) 集中工事後

集中工事後は、主桁をジャッキダウンし主桁・縦桁にジャッキアップ時の反力を導入した。ジャッキダウンする際もジャッキアップ時と同様、主桁・縦桁下フランジのひずみを計測し、想定どおりの挙動を示していることを確認した。また、床版取替後に行った簡易計測により振動低減効果を確認した。工事の全体工程を図-3.3.10に、集中工事期間の工程を図-3.3.11に示す。

|       | 2010年 |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    | 2011年 |    |    |    |    |
|-------|-------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|-------|----|----|----|----|
|       | 3月    | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月    | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 |
| 準備工   |       |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |       |    |    |    |    |
| 詳細設計  |       |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |       |    |    |    |    |
| 工場製作  |       |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |       |    |    |    |    |
| 足場工   |       |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |       |    |    |    |    |
| ペント工  |       |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |       |    |    |    |    |
| 桁補強工  |       |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |       |    |    |    |    |
| 支承工   |       |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |       |    |    |    |    |
| 床版取替工 |       |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |       |    |    |    |    |
| 塗装工   |       |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |       |    |    |    |    |

図-3.3.10 工事全体工程<sup>1)</sup>

| 項目/曜日       |                                   | 規制        | 2/28(月)   | 3/1(火) | 3/2(水)     | 3/3(木)  | 3/4(金)  | 3/5,6<br>(土,日) |
|-------------|-----------------------------------|-----------|-----------|--------|------------|---------|---------|----------------|
| 1<br>週<br>目 | フレキシト<br>合成床版取替                   | 終日規制 (昼間) |           |        |            |         |         | 終日交<br>通開放     |
|             |                                   | 通行止 (夜間)  |           | 3パネル   | 4パネル       | 3パネル    | 2パネル    |                |
|             | その他<br>(床版切断, 落下物防止柵<br>場所打床版施工等) | 終日規制 (昼間) |           | A1場所打ち |            | P1場所打ち  | P1場所打ち  |                |
|             |                                   | 通行止 (夜間)  |           |        |            |         |         |                |
|             | 舗装<br>(仮舗装)                       | 終日規制 (昼間) |           |        |            |         |         |                |
|             |                                   | 通行止 (夜間)  |           | 3パネル   | 4パネル       | 3パネル    | 2パネル    |                |
| 項目/曜日       |                                   | 規制        | 3/7(月)    | 3/8(火) | 3/9(水)     | 3/10(木) | 3/11(金) |                |
| 2<br>週<br>目 | フレキシト<br>合成床版取替                   | 終日規制 (昼間) |           |        |            |         |         | /              |
|             |                                   | 通行止 (夜間)  |           |        |            |         |         |                |
|             | その他<br>(床版切断, 落下物防止柵<br>場所打床版施工等) | 終日規制 (昼間) | 走行車線      | 走行車線   |            |         |         |                |
|             |                                   | 通行止 (夜間)  |           |        | A1, P4伸縮取替 | 伸縮ミルク注入 |         |                |
|             | 舗装                                | 終日規制 (昼間) | 雨<br>舗装中止 | 走行車線   | 追越車線       |         |         |                |
|             |                                   | 通行止 (夜間)  | 走行車線      | 追越車線   |            |         |         |                |

図-3.3.11 集中工事期間工程<sup>1)</sup>

参考文献

- 1) 光田剛史, 木原通太郎, 山田秀美, 龍頭実, 水野浩, 原考志: 西名阪自動車道御幸大橋 (下り線) 床版取替えⅡ期工事, 橋梁と基礎, Vol.45, No.9, pp.15-20, 2011.9



3.4 活荷重合成桁の外ケーブルによる主桁補強を併用したプレキャストPC床版への取替え（獅子倉橋）<sup>1)</sup>

|        |  |
|--------|--|
| 橋名     | 獅子倉橋(一般国道 107 号)                             |
| 所在地    | 秋田県  |
| 供用開始年  | 1971 年                                       |
| 管理者    | 秋田県平鹿地域振興局                                   |
| 大規模工事年 | 2006 年                                       |
| キーワード  | 合成桁, 床版損傷, 床版取替, プレキャスト PC 床版, 半幅規制, 外ケーブル補強 |

## 3.4.1 大規模工事前後の構造概要

|      | 大規模工事前       | 大規模工事後                   |
|------|--------------|--------------------------|
| 橋梁形式 | 鋼単純合成鉄桁橋     |                          |
| 橋長   | 20.600m      |                          |
| 支間長  | 20.000m      |                          |
| 全幅員  | 9.300m       |                          |
| 有効幅員 | 8.500m       |                          |
| 活荷重  | TL-20        | B 活荷重                    |
| 床版形式 | RC 床版 (22cm) | プレキャスト PC 床版 (2 方向) 20cm |

本橋の補修一般図を図-3.4.1 に示す。

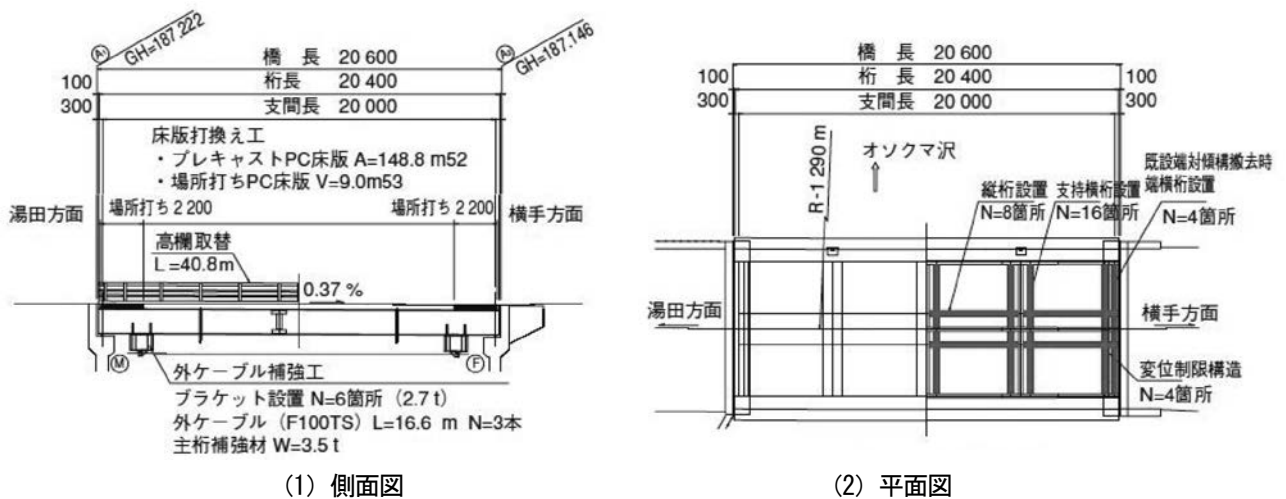


図-3.4.1 補修一般図<sup>1)</sup>

## 3.4.2 大規模工事に至った原因と経緯

経年劣化や大型車の交通量増大による損傷が見受けられるようになったため、外ケーブルによる主桁補強および、老朽化した床版を耐久性の高い PC 床版に取替えて、橋梁全体を B 活荷重対応させることとなった。

## 3.4.3 設計概要

本橋は、B 活荷重対応とするため、各主桁の下側にブラケットを設置して、外ケーブル補強を行った。また、床版も B 活荷重対応とするため、縦桁増設で床版支間を短くし、RC 床版から PC 床版への取替えを行った。

### 3.4.4 施工概要

#### (1) 主桁補強および増設縦桁設置

床版取替えに先立ち、主桁の補強及び増設縦桁を設置した。主な補強は、補強フランジを高力ボルトで添接し、外ケーブルにより主桁へ応力導入することで行った。増設縦桁は橋梁下面から架設し、既設 RC 床版との間に樹脂キャンバー材を設置した。外ケーブルによる主桁への応力導入は、「既設 RC 床版時」、「既設 RC 床版撤去時」、「プレキャスト PC 床版架設時」、「プレキャスト PC 床版架設完了時」の各施工サイクルに合わせて、主桁毎に緊張力を設定して行った。施工ステップを図-3.4.2 に示す。

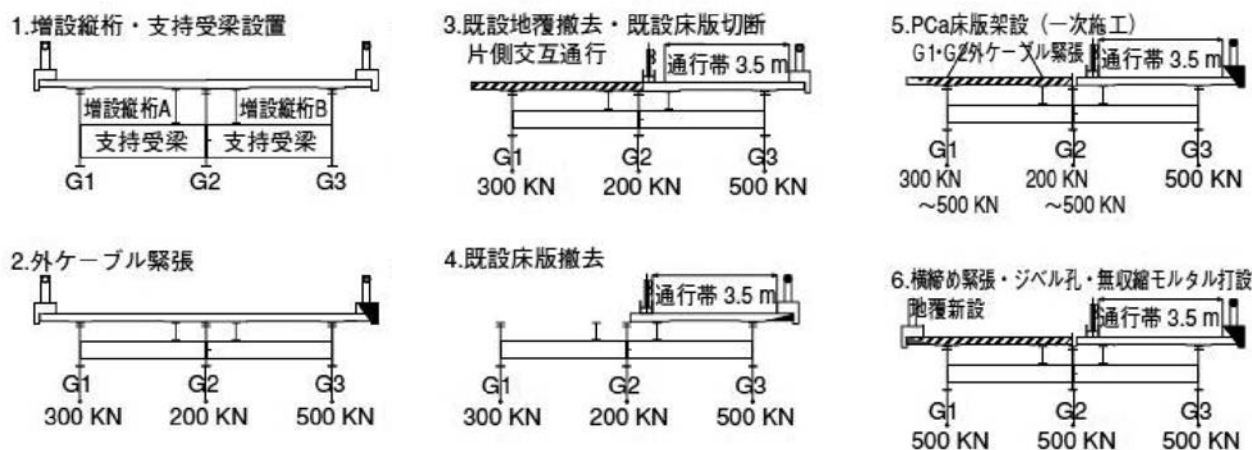


図-3.4.2 施工ステップ図<sup>1)</sup>

#### (2) 既設床版の撤去

一期線の既設床版は片側車線を供用させた状態での撤去となるため、クレーンを両橋台背面に据付けて行った。なお、50t 吊クレーンの作業半径と吊荷重を考慮した寸法に、コンクリートカッターとブレイカーを使って床版を分割してから、径間中央部から撤去した。

#### (3) プレキャスト PC 床版架設

鋼桁上フランジ上面を研磨後、床版撤去時と同様に、50t 吊クレーンを両橋台背面に設置し、径間中央部からプレキャスト PC 床版を架設した。プレキャスト PC 床版架設後、橋軸方向の PC 鋼材の緊張を行い、端部場所打ち部の床版及び地覆コンクリートの打設を行った上で一期線を供用させた。

なお、二期線の施工も、片側交互通行の条件下にて、一期線側のプレキャスト PC 床版上を供用して、一期線と同様に、既設 RC 床版の撤去・プレキャスト PC 床版の架設及び橋面工を行った。



写真-3.4.1 既設 RC 床版撤去<sup>1)</sup>



写真-3.4.2 プレキャスト PC 床版架設<sup>1)</sup>

#### 参考文献

1) 大西敏彦,今井平佳,安田敬弘:外ケーブルとプレキャスト床版 ~獅子倉橋の主桁補強と床版取替え工事~, 川田技報 Vol.26, 2007

3.5 非合成桁の鋼床版への取替（美川大橋）<sup>1)</sup>

|        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| 橋名     | 美川大橋(石川県道 25 号金沢美川小松線)          |
| 所在地    | 石川県白山市美川南町                      |
| 供用開始年  | 1972 年                          |
| 管理者    | 石川県 石川土木総合事務所                   |
| 大規模工事年 | 2013 年                          |
| キーワード  | 非合成桁, 床版損傷, 拡幅, 床版取替, 鋼床版, 半幅規制 |

## 3.5.1 大規模工事前後の構造概要

|      | 大規模工事前                                   | 大規模工事後  |
|------|--|---|
| 橋梁形式 | 2 径間連続非合成鉄桁 (2 連)<br>3 径間連続非合成鉄桁 (1 連)   | 2 径間連続鋼床版鉄桁 (2 連)<br>3 径間連続鋼床版鉄桁 (1 連)              |
| 橋長   | 398.0m                                   |   |
| 支間長  | 51.0+58.6<br>58.6+59.0+58.6<br>58.6+51.0 |   |
| 主構間隔 | 2.300m+3@3.000m+0.900m                   | 2.300m+3@3.000m+2.300m                              |
| 有効幅員 | 11.4m<br>(3.0m(歩道)+0.4m+8.0m(車道))        | 12.8m<br>(3.0m(歩道)+0.4m+7.0m(車道)+0.4m+<br>2.0m(歩道)) |
| 斜角   | 86 度~84 度                                |   |
| 床版   | RC 床版<br>(床版厚 20cm (歩道部 16cm) )          | 鋼床版<br>(デッキプレート厚 12mm, バルブリップ)                      |

本橋の橋梁一般図を図-3.5.1, 大規模工事前後の構造概要図を図-3.5.2 に示す.

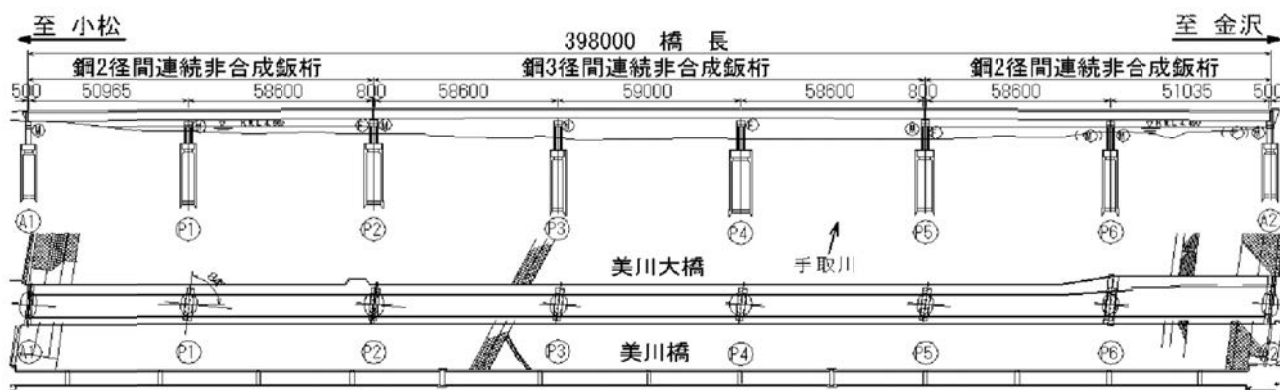
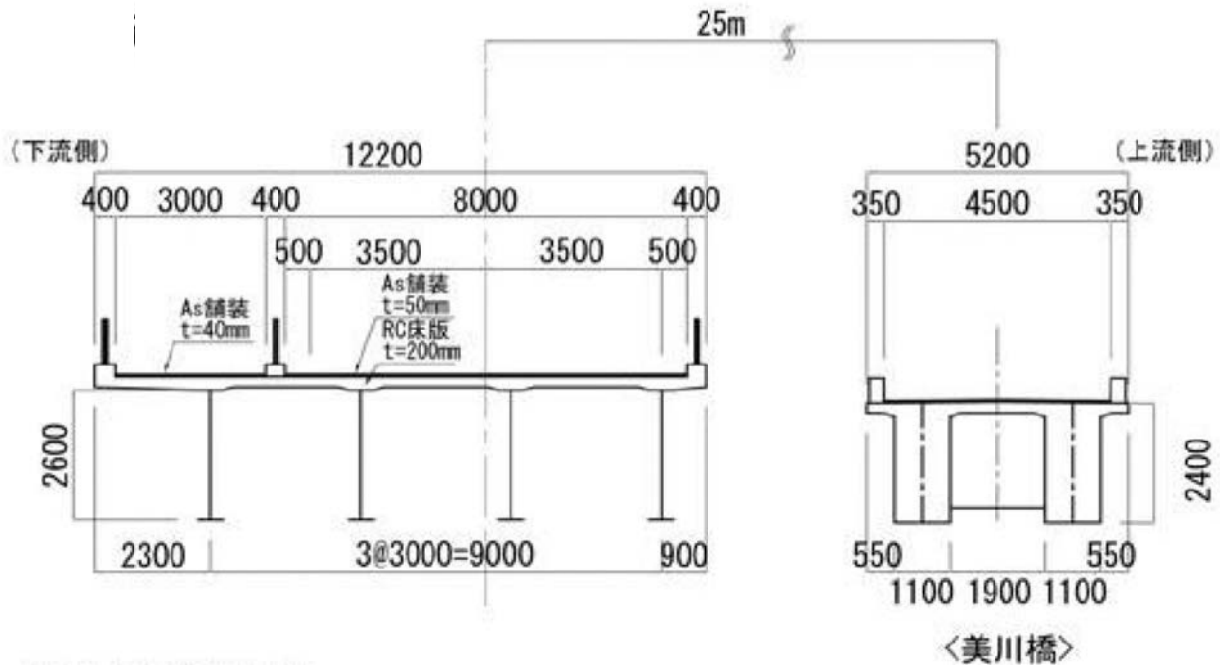
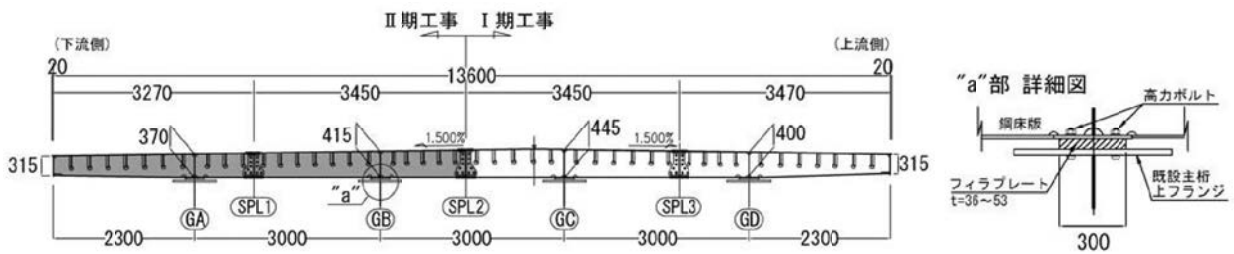
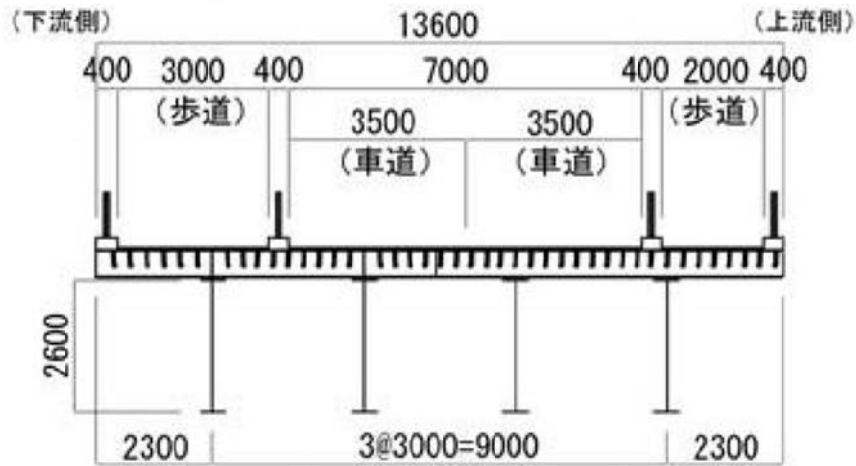


図-3.5.1 橋梁一般図<sup>1)</sup>



(1) 大規模工事前



(2) 大規模工事後 (右岸側)

図-3.5.2 大規模工事前後の構造概要図<sup>1)</sup>

### 3.5.2 大規模工事に至った原因と経緯

本橋は、一級河川手取川の河口から 200m 程度の位置に架かる橋梁であり、1972 年供用が開始されてから今日までの補修補強の経緯は以下の通りである。

1987 年 自転車歩行者道の右側拡幅 (P6~A2 間下流側幅員拡幅橋の架設)

1996~1997 年 沓座拡幅及び落橋防止工, 支承交換, 支承リフレッシュ工, 桁補強工 (B 活荷重対応)

1997 年 A1~P3, P5~A2 桁補強工, P5 支承交換, P3・P6 支承清掃工

また供用中の美川大橋には下記に示す課題があった。

- ・本橋の RC 床版は、経年劣化による多数のひび割れ発生やコンクリートの剥落に加え、今後塩害による鉄筋腐食が急速に進行することが懸念された。
- ・上流側の美川橋 (歩道橋) は、過去の河川協議にて早急に撤去することとなっており、一方で地元白山市からは、安全面・利便性の観点から美川橋撤去前に美川大橋上流側にも歩道設置の要望があった。
- ・RC 床版のままで上流側歩道の拡幅を行った場合、上部工の重量が大きくなり、橋脚の耐震補強が困難となるため、軽量化が一つの条件であった。

これらの課題を解決できる方法として、構造的な施工性及び既設橋脚への影響という観点から比較検討を行った結果、既設 RC 床版を鋼床版へ取替えることになった。

### 3.5.3 設計概要

#### (1) 道路幅員構成

既設 RC 床版を鋼床版へ取替えるにあたり、最適な幅員構成について①完成時の主桁の応力度に着目した幅員、②施工に着目した幅員の 2 点から検討した結果、主桁の応力度を許容値以下に収めることができ、また施工時に 2 車線を確保できる幅員 13.6m (全幅員) を採用した (図-3.5.2)。

なお、2 車線通行を確保して床版を取替えるにあたり、施工途中段階において既設床版中央の中間床版が張出床版となること、また歩道として設計された床版厚の薄い下流側の張出床版に輪荷重が作用することになるため仮設縦桁およびブラケットによる補強を行った (図-3.5.3, 写真-3.5.1)。

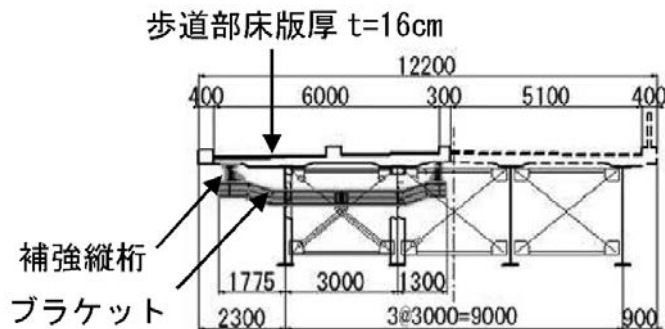


図-3.5.3 下流側床版補強図<sup>1)</sup>



写真-3.5.1 床版補強ブラケット<sup>1)</sup>

#### (2) 主桁の応力度照査

既設橋は非合成桁であったが、鋼床版へ取替えるにあたっては主桁との合成効果を考慮して以下の方針で応力度照査を行った。

- 1) 鋼床版を取り付けるまでの前死荷重 (撤去荷重及び鋼床版自重) に対しては既設主桁の断面のみで負担する。
- 2) 鋼床版と主桁を連結後に載荷する後死荷重 (舗装, 地覆, 防護柵) 及び活荷重に対しては鋼床版を含めた合成断面で負担する。
- 3) 応力度照査はステップ毎に 1), 2) の応力度を足し合わせて行う。



(3) 段階施工を考慮した安全性の確認

床版取替は交通切り回しを考慮した段階施工となり各施工段階で構造系が異なるため、図-3.5.4 に示す施工ステップを考慮して、上流側施工時及び下流側施工時の途中段階における各部材の安全性を確認した。

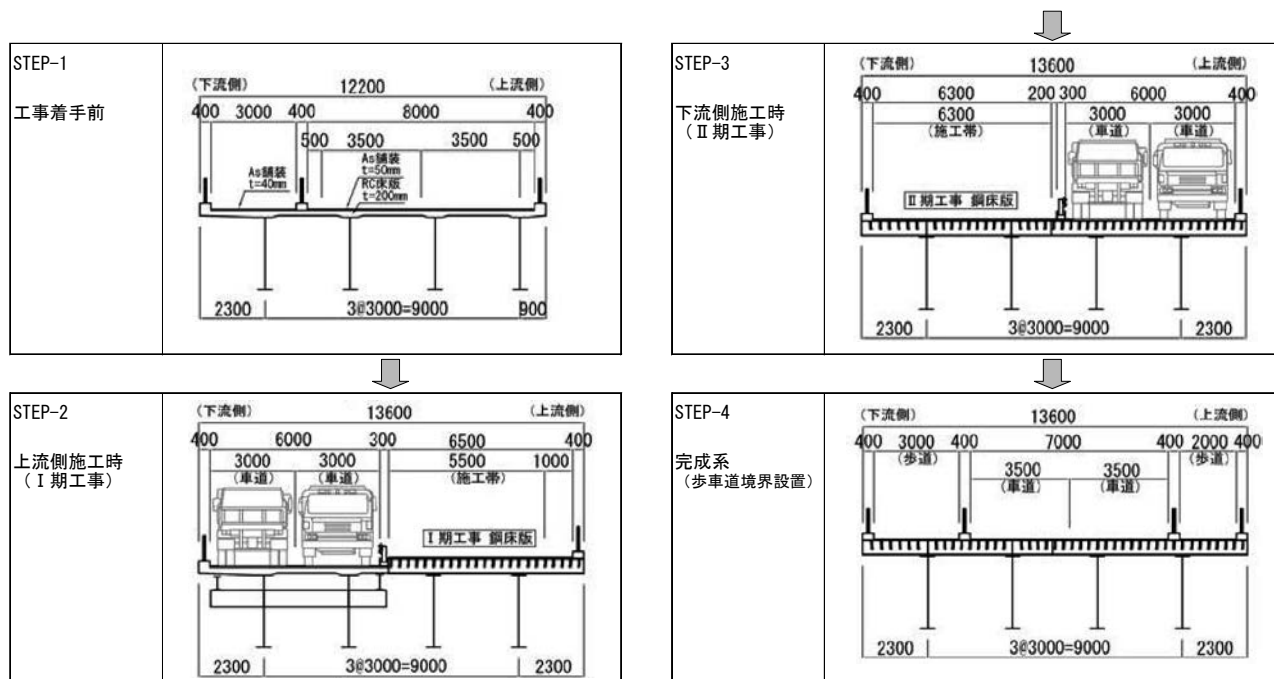


図-3.5.4 施工ステップ図<sup>1)</sup>

3.5.4 施工概要

(1) 現地計測と部材出来形精度の確保

製作に先立ち既設橋の支間長・主桁間隔・そり及び垂直補剛材間隔等の計測、完成図に明記されていない補剛材等の細部構造調査を行い、製作への反映を行った。I期工事とII期工事との境界は高力ボルト接合する構造であり、II期工事の部材製作にはI期工事の製作ブロック毎のボルト孔位置・横桁及び横リブ位置の計測結果を反映し、II期工事のブロック仮組立においてI期工事の仮組立出来形との照合を行った。なお現地で生じる架設誤差に対しては高力ボルト孔を全て26.5φの拡大孔にて誤差吸収を行った。

(2) 現場施工における課題と対策

通行車線を常時2車線確保し、残り6.5mの狭小な規制帯内での施工となることや、通行車両に近接した施工となることから、安全確保のために既設RC床版撤去による開口部を最小限とするため、図-3.5.5に示す施工手順と図-3.5.6に示すサイクルによる架設とし、1サイクル当りの開口部(既設RC床版の撤去範囲)を鋼床版1ブロック分とした。また先行架設された鋼床版上に床版取替え施工用クローラークレーンが設置され、構造上の安全を確保する必要性から、既設主桁と新設鋼床版の高力ボルト接合は、架設直後に逐次剛結する施工とした。なお逐次剛結することによる影響について応力は許容値以内であり変形量も施工上支障にならないことを確認した。

また本橋は沿線工場への貨物輸送や生活道路となっているため、交通規制期間を短縮し右折レーンを早期に解放する必要があった。そのため、右折禁止期間となるII期工事はクローラークレーンを2台使用する2班体制(図-3.5.7)とするとともに、P5~A2間の橋面工を先行して施工(図-3.5.8)することで右折レーンの規制期間を短縮する施工とした。

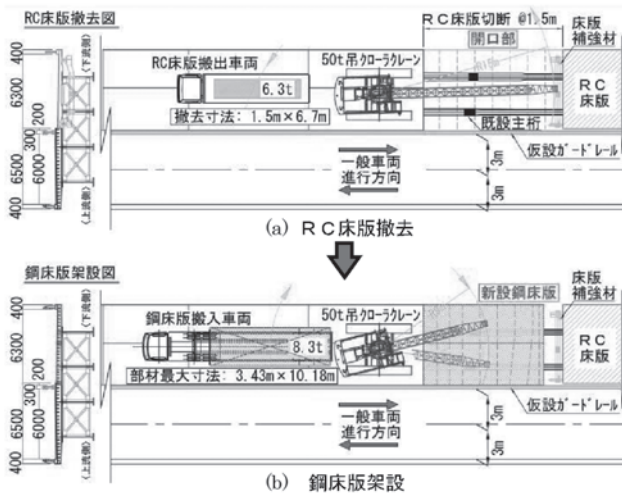


図-3.5.5 架設ステップ図 (Ⅱ期工事) 1)

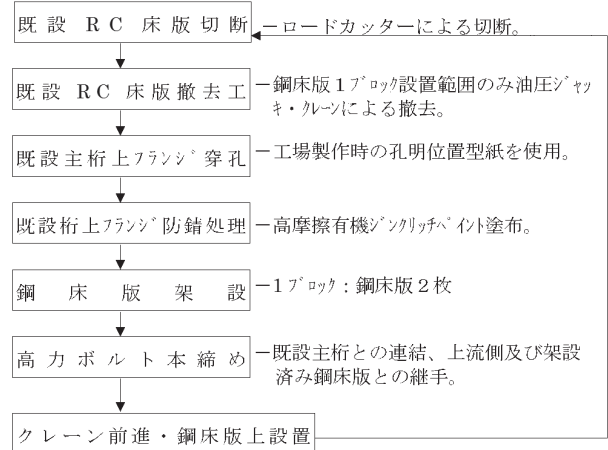


図-3.5.6 鋼床版架設フロー図 1)

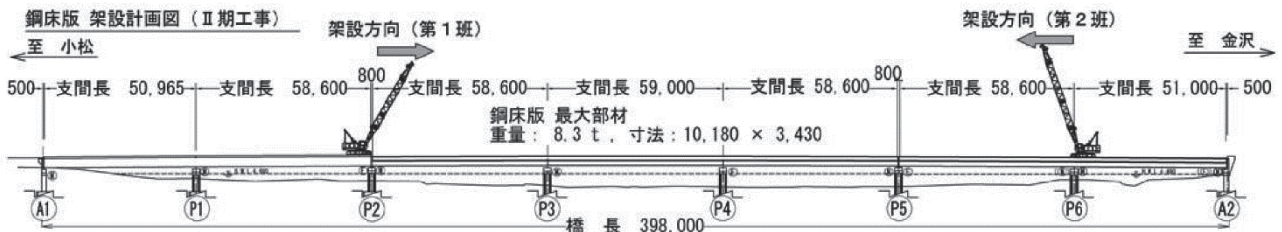


図-3.5.7 施工要領図 (Ⅱ期工事) 1)

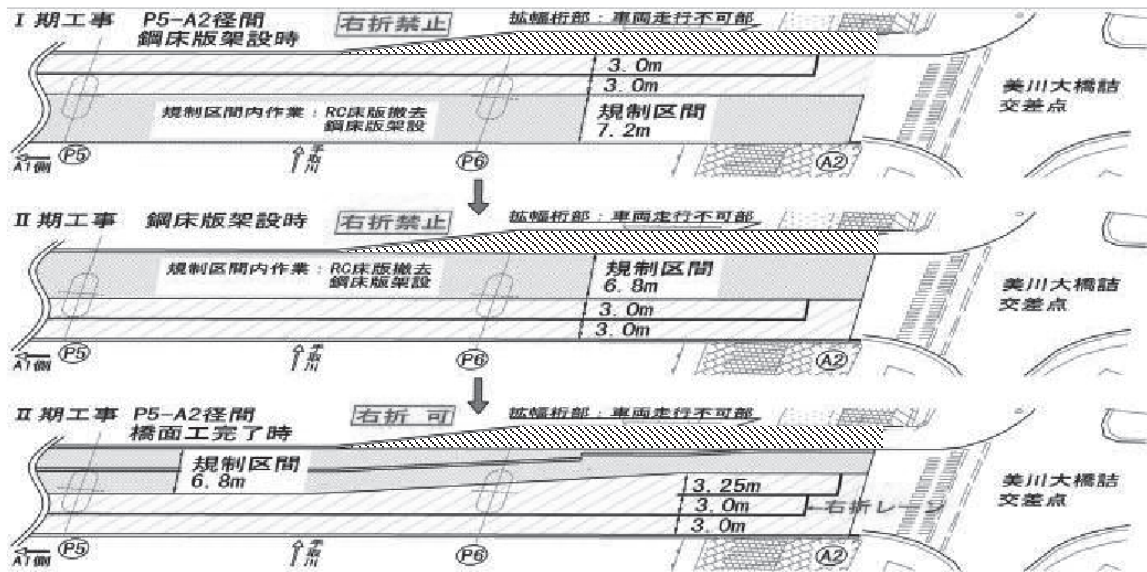


図-3.5.8 右岸側右折レーン規制図 1)

(3) 既設 RC 床版の補修

Ⅰ期工事では、歩道部床版に車両を走行させることになるため、施工に先立ち既設 RC 床版の健全度調査を行い、排水柵付近などでコンクリート劣化による損傷が認められた箇所について、床版打ち替えと断面修復による補修を行い、既設 RC 床版の耐荷力を確保した上で床版取替え施工に着手した。

(4) 既設RC床版の撤去

既設RC床版は、コンクリートカッターにより橋軸方向1.5m幅で帯状に切断した後、ジャッキアップして撤去した(図-3.5.9, 写真-3.5.2, 3.5.3)。なおコンクリートカッターは、主桁損傷を予防するため上フランジから2cm程度を残した位置までとし、主桁上フランジの高力ボルト位置を避けた位置で切断した。

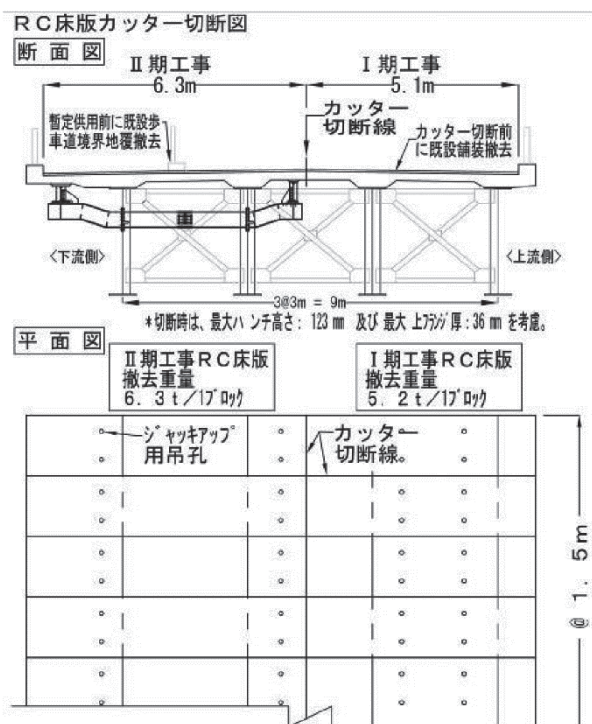


写真-3.5.2 ジャッキアップ状況<sup>1)</sup>



写真-3.5.3 RC床版撤去状況<sup>1)</sup>

図-3.5.9 既設RC床版切断図<sup>1)</sup>

(5) 鋼床版の架設

鋼床版の架設は、図-3.5.5, 3.5.6に示したように1ブロック(横断方向に2分割)を単位作業量として、1サイクルを4日として繰り返し施工した。I期工事とII期工事の鋼床版の接合は、既設主桁間のたわみ差を小さくするため既設の横桁及び対傾構を設置したまま行った。この際、既設の横桁及び対傾構には片側供用下での荷重差によって応力を生じることになるが、その値は既設RC床版の撤去範囲を最小限として荷重差を小さくしたため許容値以内とすることができ、以上の結果、既設主桁間のたわみ差を受けることなく接合することができた。写真-3.5.4に既設上フランジ穿孔及びワイアプレート設置状況、写真-3.5.5に鋼床版架設状況を示す。



写真-3.5.4 既設上フランジ穿孔及びワイアプレート設置状況<sup>1)</sup>



写真-3.5.5 鋼床版架設状況<sup>1)</sup>

(6) 自転車歩行用 拡幅橋の嵩上げ

鋼床版は工場製作の簡略化と施工性を考慮して取替え前よりも路面高が25cm程度高くなる構造であったため、自転車歩行用拡幅橋の嵩上げを行った(図-3.5.10)。



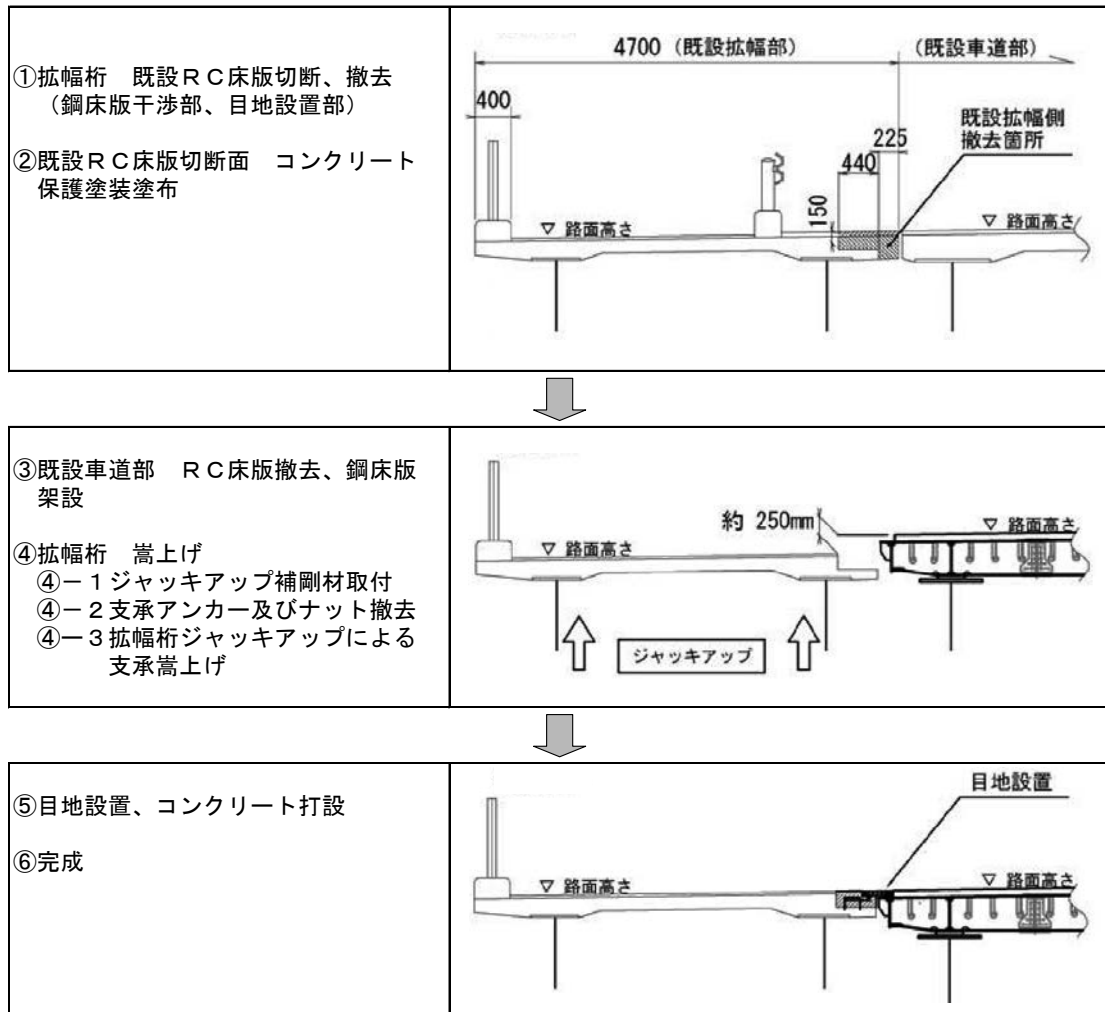


図-3.5.10 拡幅桁 嵩上フロー図<sup>1)</sup>

(7) 交通規制状況

前述した通り、床版取替え施工は片側を通行規制した半幅施工とした。図-3.5.11 に全体工程と交通規制形態を示す。

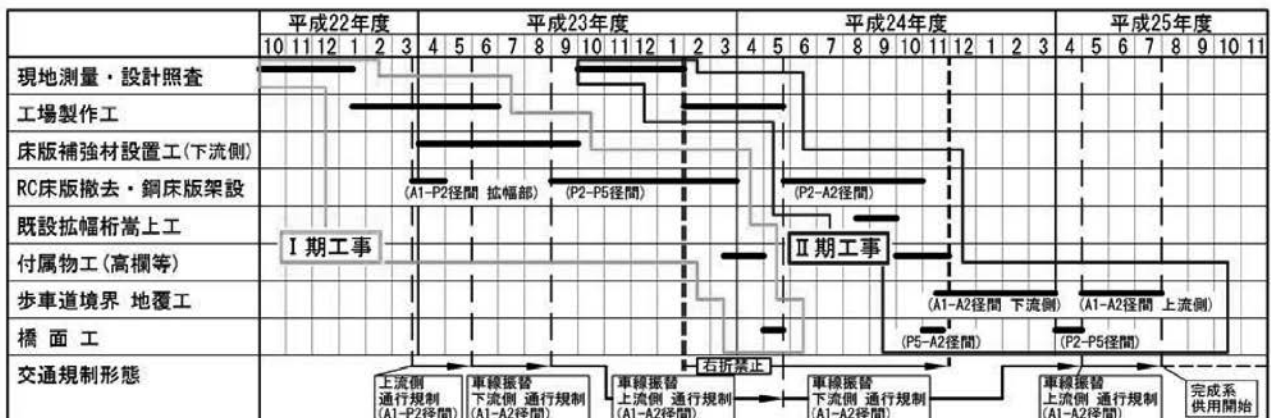


図-3.5.11 全体工程及び交通規制形態<sup>1)</sup>

参考文献

1) 藤江 剛敏, 本野 貴史: 美川大橋 (供用期間40年を経過した橋梁) の床版取替え工事, 第1回北陸橋梁保全会議報文集, pp.357-362, 2013.11

3.6 活荷重合成桁の鋼床版への取替（上川橋）<sup>1)</sup>

|        |  |
|--------|--|
| 橋名     | 上川橋(一般国道274号)                          |
| 所在地    | 北海道上川郡清水町人舞                            |
| 供用開始年  | 1964年(1993年国道昇格)                       |
| 管理者    | 北海道開発局 帯広道路事務所                         |
| 大規模工事年 | 2009年                                  |
| キーワード  | 合成桁, 国道昇格(床版耐力向上), 拡幅, 床版取替, 鋼床版, 半幅規制 |

3.6.1 大規模工事前後の構造概要

|      | 大規模工事前                 | 大規模工事後                     |
|------|------------------------|----------------------------|
| 橋梁形式 | 単純合成鉄桁(8連)             | 単純鋼床版鉄桁(8連)                |
| 橋長   | 270.0m                 |                            |
| 支間長  | 33.150m×8連             |                            |
| 主構間隔 | 1.150m+2@2.450m+1.150m | 2.150m+2@2.450m+2.150m     |
| 有効幅員 | 6.0m                   | 8.0m                       |
| 斜角   | 90度                    |                            |
| 床版   | RC床版<br>(床版厚17cm)      | 鋼床版<br>(デッキプレート厚12mm, Uリブ) |

本橋の橋梁一般図を図-3.6.1, 大規模工事前後の構造概要図を図-3.6.2に示す。

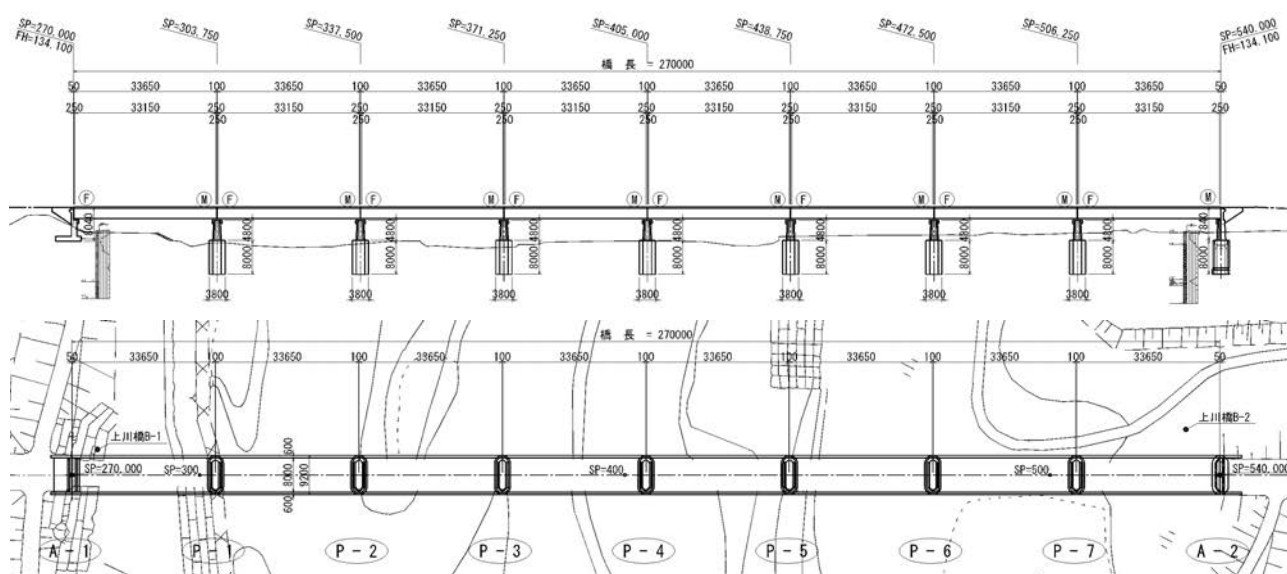


図-3.6.1 橋梁一般図<sup>1)</sup>



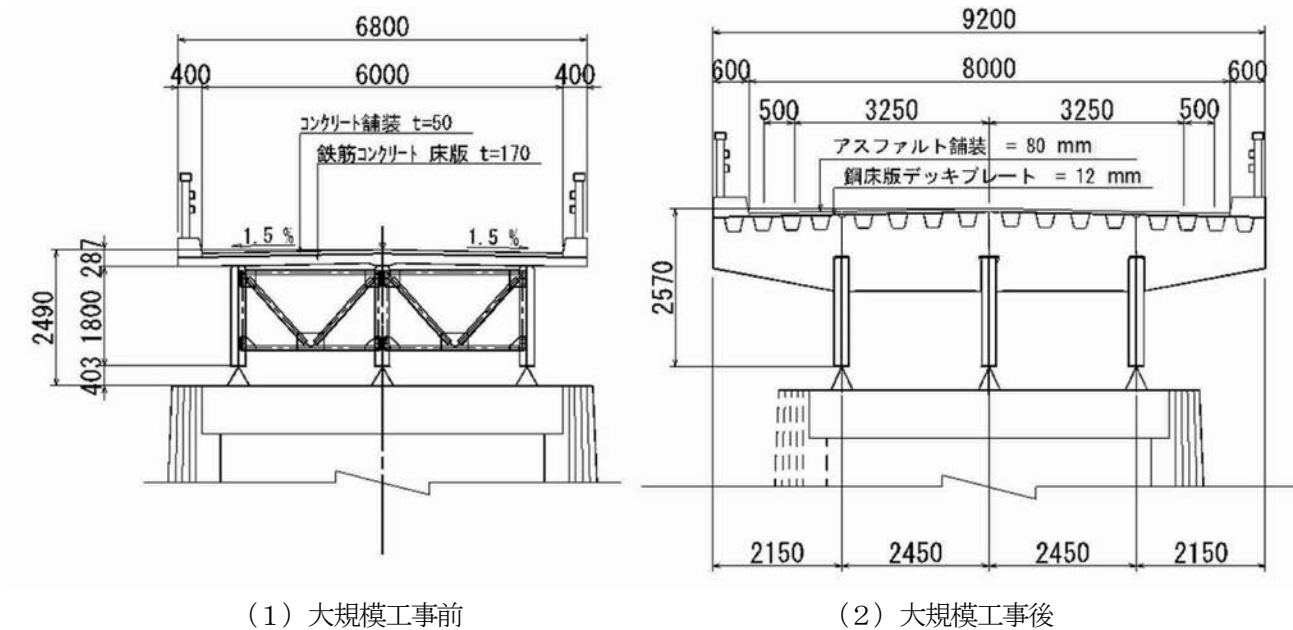


図-3.6.2 大規模工事前後の構造概要図

### 3.6.2 大規模工事に至った原因と経緯

本橋は、1964年に道道として完成し、1993年に国道274号に昇格した。完成当初は二等橋（TL-14）として設計され、これまで床版の繊維補強や地覆の補修補強がなされてきた。近年の車両大型化により建設時の有効幅員6mでの対面通行が困難な状況であり、この状況を解消するため拡幅することとなった。

主構造は健全な状態であったが、平成14年道示に準拠しB活荷重を載荷した場合、大幅な応力超過となる状況であった。また下部工は耐荷力低下を伴う損傷は見られず、躯体コンクリートはコア採取による圧縮強度試験により設計基準強度以上の強度が確認されていたものの、上部工死荷重及び活荷重増となる場合には躯体及び基礎工に補強が必要となる状況にあった。

これらの条件から、桁増設による拡幅は困難と判断され、既設RC床版を鋼床版に取替えるとともに桁高を増加し、既設桁下フランジに当て板補強する拡幅案を採用した。

### 3.6.3 設計概要

#### (1) ベント設置期間の検討

本橋は合成桁であり、床版を撤去する場合、上フランジ断面は非合成桁に比べ小さく、そのまま床版を撤去すると座屈のおそれがあり、施工途中の応力が主桁に導入されることが課題となる。このため、全工程においてベントで主桁を支持し、床版取替え及び桁補強を行う計画であったが、河川内での施工であり増水時には河川内からベントを撤去する必要があった。このことから、施工途中の荷重状態及び桁の応力状態を把握し、ベントが必要な施工ステップを明らかにするため、以下に示す検討を行った。

- 1) 各施工ステップにおける以下に示す構造系と荷重の変化を考慮した解析（ベント無しでの応力照査）を実施
  - 主桁剛性：合成桁 → 鋼桁 → 鋼床版桁
  - 横桁剛性：対傾構 → 横桁
  - 荷重：撤去する既設の舗装・高欄・地覆・RC床版  
新設する補強材・鋼床版桁・舗装・高欄
  - 施工位置：左右半断面ずつ（剛性・荷重とも変化）
  - 構造系：ベント支持の有無

2) 検討の結果、表-3.6.1に示すように既設RC床版が撤去され抵抗断面が鋼桁のみとなり新設床版の荷重が載荷される鋼床版設置時に最大応力が発生しベント支持が必要となること、既設の舗装・地覆・高欄・RC床版の撤去、主桁補強用の孔明、補強材設置の各施工ステップでは既設の対傾構を残置することでベント支持を必要としないことが明らかになった。

表-3.6.1 床版撤去時の荷重と抵抗断面<sup>1)</sup>

| 施工ステップ毎の床版状況<br>RC床版撤去時（鋼床版架設時） | RC床版撤去前<br>（鋼床版設置後） | 床版撤去時<br>（鋼床版設置時）                | 床版撤去後<br>（鋼床版設置前）           |
|---------------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 概要図<br>（RC床版撤去時の概要図）            |                     |                                  |                             |
| 荷重                              | RC床版（鋼床版）＋鋼桁        | RC床版（鋼床版）＋鋼桁                     | 鋼桁                          |
| 抵抗断面（剛性）                        | RC床版（鋼床版）＋鋼桁        | 鋼桁                               | 鋼桁                          |
| 施工ステップでの応力状態                    | 抵抗断面が合成桁であり耐荷力が大きい  | 抵抗断面が小さく作用する荷重が大きいためもっとも不利な状況となる | 抵抗断面が小さいが作用する荷重も小さく問題とはならない |

3) 最大応力は、活荷重が載荷されないため95N/mm<sup>2</sup>程度であるが、上フランジが床版で固定されないため横倒れ座屈による許容応力度低減で79N/mm<sup>2</sup>（施工時割増し1.25考慮）であった。

4) 上記の対策として応力を低減するため図-3.6.3に示す施工順序とした。このことで徐々に荷重を軽減し、上フランジの座屈を防止しながら応力度を軽減させることができ、ベント設置期間を大幅に短縮することが可能となった。

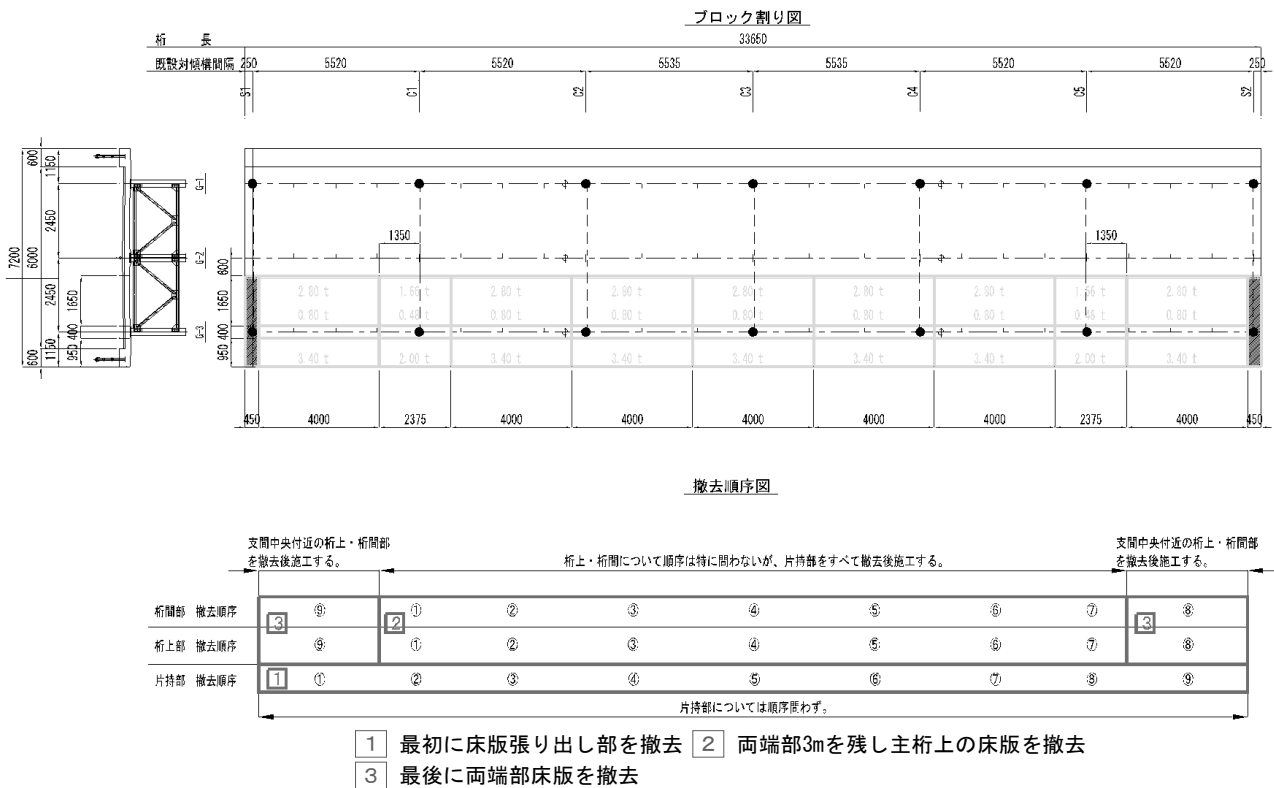


図-3.6.3 床版取替え順序平面図（上り線施工時）<sup>1)</sup>

## (2) 鋼床版の交通解放についての検討

本工事は片側交互通行により半断面ずつ床版取替えを行う工事であり、3主桁のうち G1・G2 桁の2主桁上の RC 床版を撤去し、残り G3 桁のみ鋼床版桁となる状況で片側交通解放することになる(図-3.6.4)。この構造系では活荷重が偏載された場合の G2 桁と G3 桁の接合部や各部局部応力を含めた応力状態や変形性状が格子解析では表現できていない可能性があり、不安定な構造となる懸念があったため、立体 FEM 解析による検証を行った。

検討の結果、鉛直たわみと各部応力ともに問題ないことを確認した。

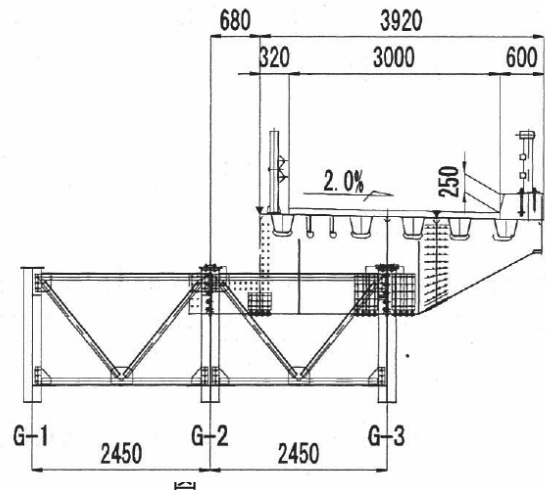


図-3.6.4 片側交通解放時の断面図<sup>1)</sup>

## 3.6.4 施工概要

## (1) 交通規制

本橋の床版取替え施工時に全面通行止めとするには迂回路が必要となるが、最も近い橋梁を利用しても10km程度の道程となり、迂回路として適していないため、片側交互通行とし、反対側で床版取替え及び主桁補強を行った。

## (2) 施工ステップ

本工事は施工ステップを図-3.6.5に示す。

Step 1～2: 吊足場を設置後、下り線側(ステップ図の左側)での片側交互通行とし、上り線側(同右側)の床版を撤去する。

Step 3～4: 既設桁に鋼床版取付け用のボルト孔明け及び補強板取付けを行う。

Step 5～8: ベント位置で既設桁をジャッキアップし、鋼床版架設及び高力ボルト本締め後、ジャッキダウンする。

Step 9～13: 鋼床版上を舗装し、交通規制を切り替え(鋼床版上を交通解放)後、下り線側の床版撤去、既設桁への鋼床版取付け用ボルト孔明け及び補強板取付けを行う。

Step 14～17: ベント位置で再びジャッキアップし、残りの鋼床版を架設及び高力ボルト本締め後、ジャッキダウンする。

Step 18～20: 最後に下り線側の舗装を行い、施工完了となる。

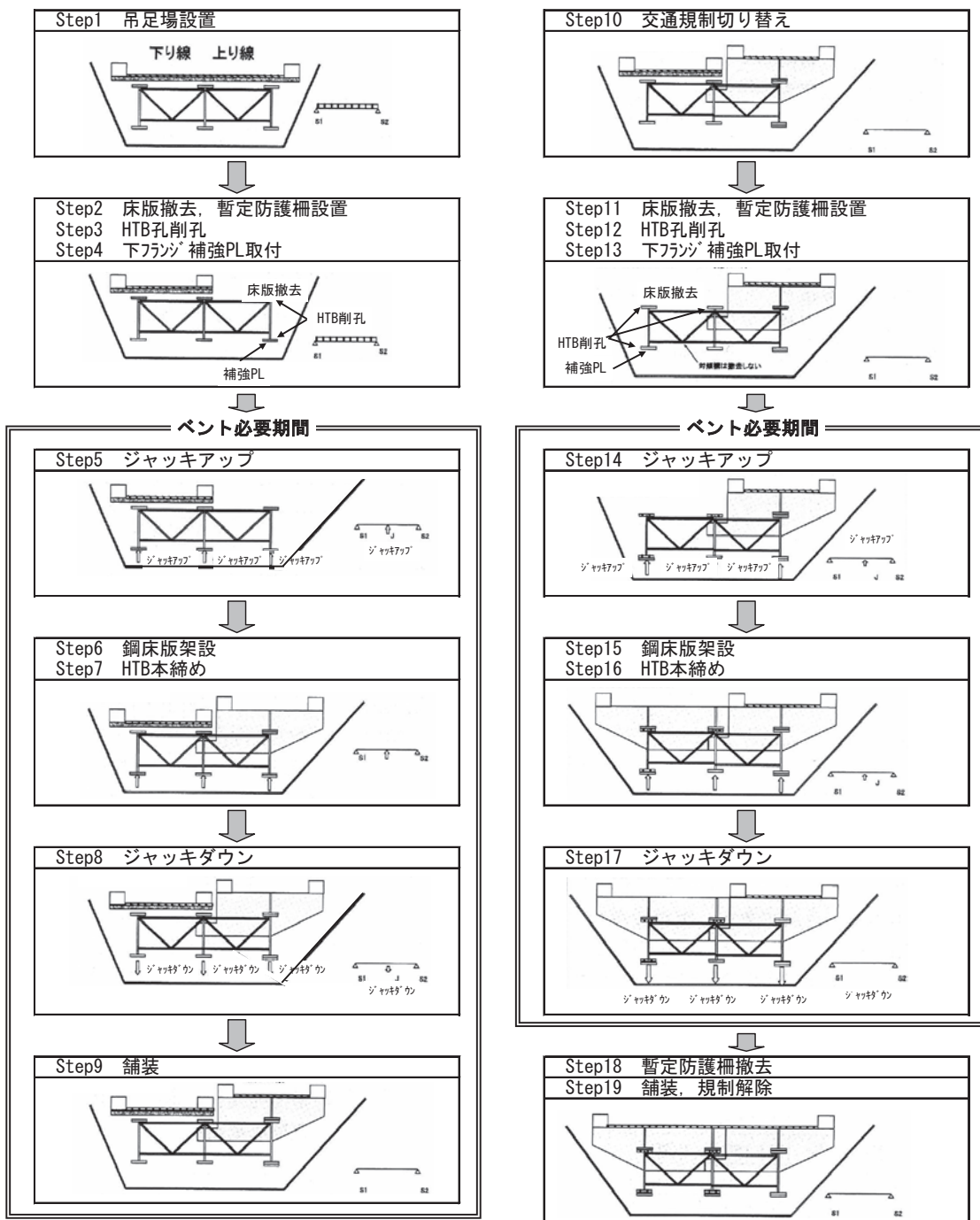


図-3.6.5 施工ステップ<sup>1)</sup>

(3) 使用設備と施工方法

既設 RC 床版の撤去及び鋼床版架設は、路下に設置した 25t ラフターで行った。なお図-3.6.6 に示すように、高水敷を除く河川内は、大型土のうを設置して河川の切替えを行い、河川内に仮道を構築して施工した。



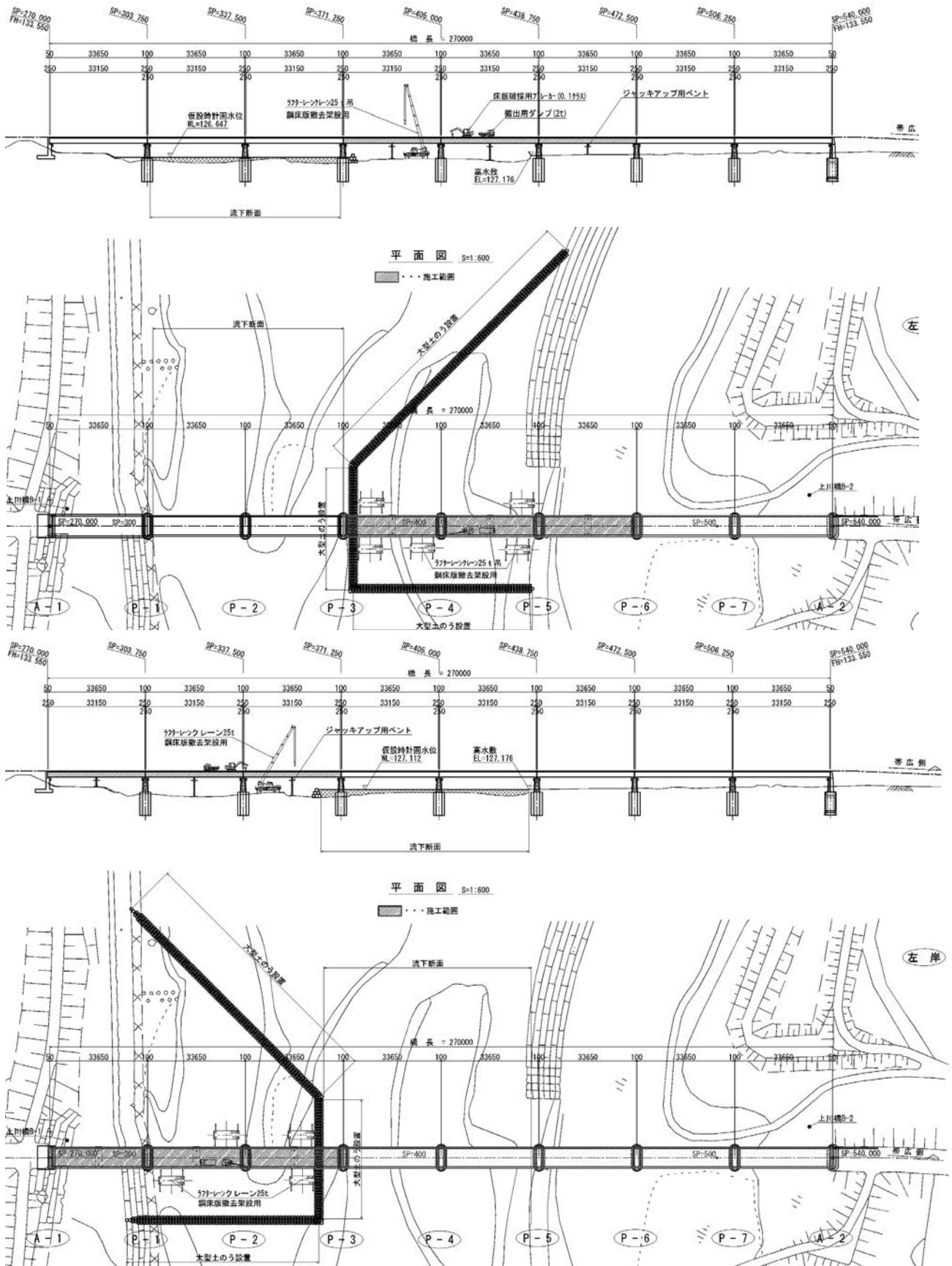


図-3.6.6 河川内の施工要領図

参考文献

- 1) 酒井 武志, 川村 達也, 大野 正人: 供用化における合成桁橋の鋼床版化と主桁補強 (上川橋拡幅工事), 平成 21 年度 土木学会北海道支部 論文報告集 第 66 号, A-11, 2009.9



## 3.7 吊橋の鋼床版への取替(若戸大橋)

|        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| 橋名     | 若戸大橋(一般国道199号)                  |
| 所在地    | 福岡県北九州市若松区～戸畑区                  |
| 供用開始年  | 1962年                           |
| 管理者    | 北九州市道路公社(大規模工事当時 日本道路公団)        |
| 大規模工事年 | 1987年～1990年                     |
| キーワード  | 吊橋, 拡幅, 床版取替, 鋼床版, 半幅規制, 橋形クレーン |

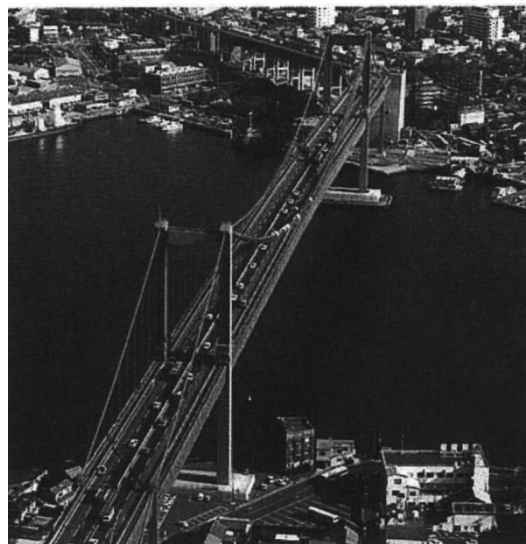
## 3.7.1 大規模工事前後の構造概要

|      | 大規模工事前                         | 大規模工事後                       |
|------|--------------------------------|------------------------------|
| 橋梁形式 | 吊橋(3径間2ヒンジ補剛トラス吊橋)             |                              |
| 橋長   | 680.3m                         |                              |
| 最大支間 | 367.0m                         |                              |
| 主塔高さ | 85.0m                          |                              |
| 床版   | RC床版<br>(床版厚 車道部16cm, 歩道部12cm) | 鋼床版<br>(デッキプレート厚12mm, ハルブリブ) |
| 有効幅員 | 歩道3.0m+車道9.0m+歩道3.0m           | 車道15.2m                      |

大規模工事前後の状況を写真-3.7.1, 構造概要図を図-3.7.1に示す.

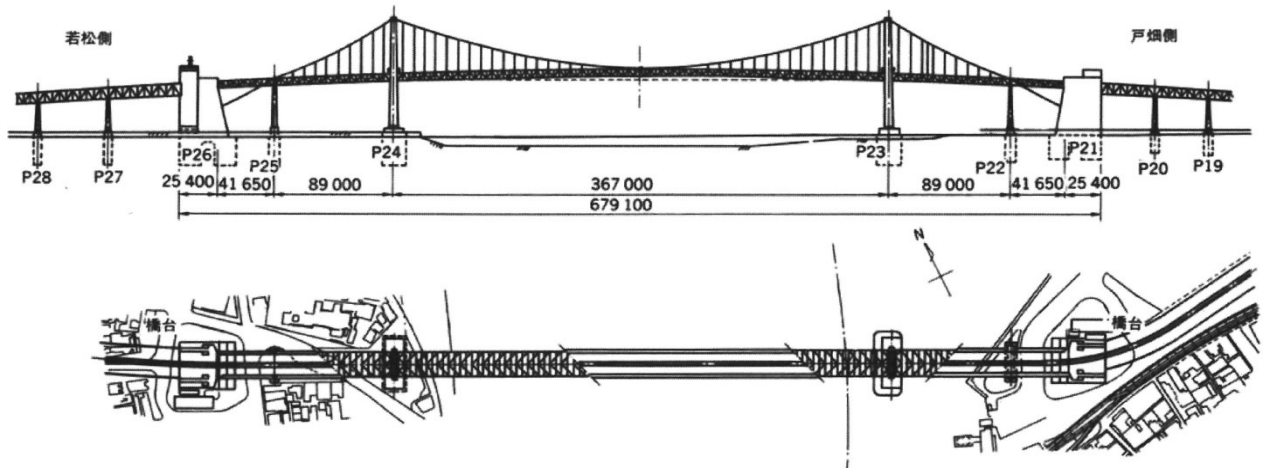


(1) 大規模工事前<sup>1)</sup>

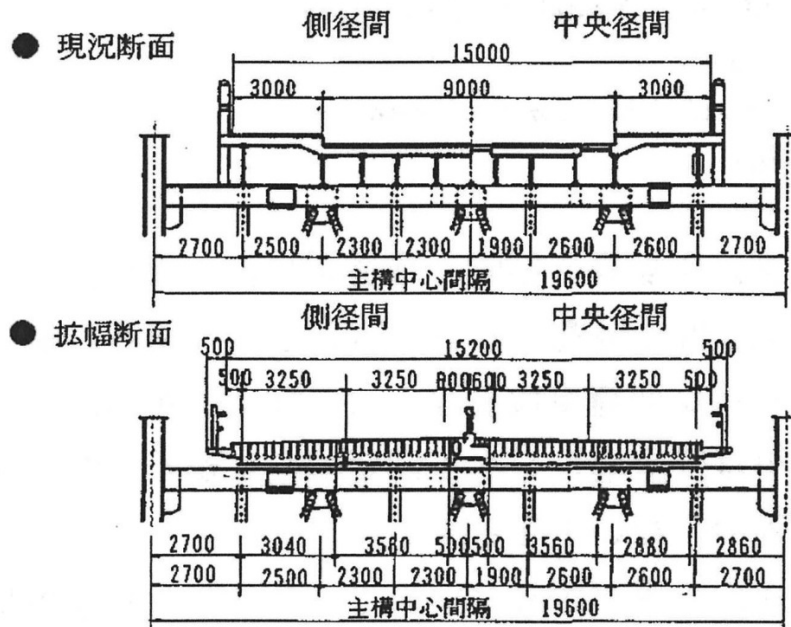


(2) 大規模工事後<sup>2)</sup>

写真-3.7.1 大規模工事前後の状況



(1) 一般図 (大規模工事後) ③



(2) 断面図 (大規模工事前後) ④

図-3.7.1 大規模工事前後の構造概要図

### 3.7.2 大規模工事に至った原因と経緯<sup>2),3),5)</sup>

1962年9月の開通以来、若戸大橋は北九州の幹線道路としての役割を果たしてきたが、モータリゼーションの発達により当初約6,700台/日だった交通量も、大規模工事計画当時には約36,000台/日に達し、慢性的な交通渋滞を引き起こすようになった。

この渋滞を解消するために改築前2車線であった若戸大橋を4車線に拡幅する工事が事業化された。拡幅工事に際して、長期間の完全通行止めは北九州幹線道路網の機能低下を引き起こすことが予想され、そのための社会的・経済的効果のマイナス面を考慮すると完全通行止めとすることは許されない状況であった。そのため、現交通を確保しながら吊橋を拡幅するという日本では先例のない工事を行うこととなった。

3.7.3 設計概要<sup>3),5)</sup>

拡幅工事は、若戸大橋の全長 2.1km のうち、吊橋部 600m については車道の両脇にある歩道を廃止して車道化することで4車線化を行った。

(1) 床版形式の検討

床版形式は、①RC床版、②RCプレキャスト床版、③人工軽量コンクリート床版、④I形鋼格子床版、⑤オープンタイプI形鋼格子床版、⑥PC埋設型枠床版、⑦鋼床版、の7タイプの中から、死荷重の軽減、走行性、工費、工期、工法等の総合判断から鋼床版を採択することとなった。

(2) 鋼床版構造

1) 鋼床版縦桁配置

縦桁の位置及び本数は、経済性のほか以下に以下の事項に留意して、図-3.7.1(2)のように決定した。

- ・主横トラス上弦材上面には、多数の部材がリベットやボルトで取付けられており、スペースが限られるため、縦桁は可能なかぎり最小本数とする。
- ・新設縦桁の設置位置は、偏載による曲げモーメントの発生を避けるため、主横トラスの格点位置とする。
- ・工事は1期、2期に分けて行い、2期工事では新設鋼床版上に2車線分の幅員を確保するため、1期工事で設置する新設鋼床版部は2本以上の縦桁で支える。
- ・鋼床版舗装のひび割れが縦桁上に発生している例が多いことから、縦桁直上への輪荷重の載荷を避ける。
- ・隣接縦桁の浮き上がりを避ける桁配置とするとともに、輪荷重による負反力の発生を避ける。
- ・横リブとグレーチング受梁とを分離することで製作・施工を合理化する。

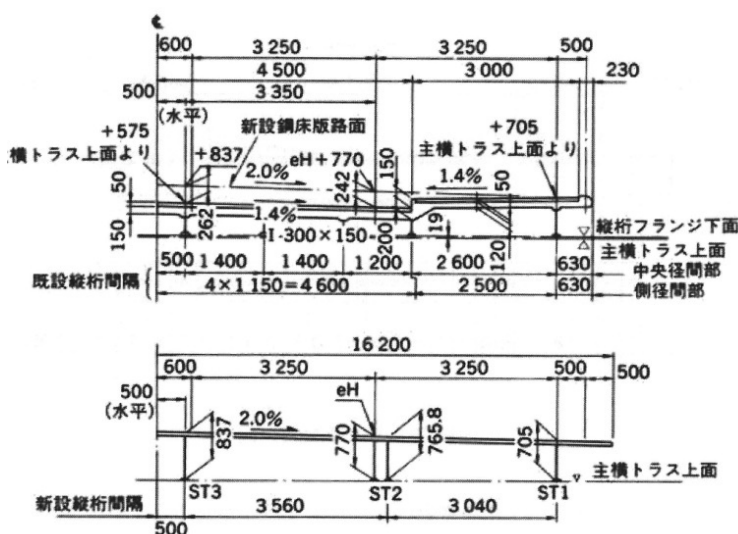


図-3.7.2 縦桁高の設定<sup>3)</sup>

縦桁高さの設定を図-3.7.2に示す。縦桁の高さは、新設縦桁の断面、剛度、経済性および鉛直面へ投影した高さが既設断面と大きく変わらないように、ST1桁での路面高さを既設橋に合わせ、既設橋の計画高よりも262mm高い計画高を採用した。

2) 鋼床版構造

本橋の新設鋼床版では現場での施工性を最優先に検討を行った。

- ・デッキプレート厚は道路橋示方書および本州四国連絡橋公団の基準<sup>7)</sup> (以下、本四基準と称する) により、12mmとする。
- ・鋼床版の縦リブには、継手構造の簡素化、舗装の耐久性、縦桁高さの制約から、開リブ(バルブリブ)を用いる。
- ・横リブの配置は本四基準、ならびに縦リブの応力照査から主横トラス間隔(4m程度)の1/2(2m程度)とした。

### 3) 支承構造, 連続径間数の検討

支点反力を格子モデルにより計算した結果, 縦桁スパンが比較的短く(4.2m 程度), 死荷重が小さいため端支点到に負反力が生じることとなったため, 種々検討の結果, 床組は以下の構造として設計した.

- ・端支点到での大きなモーメントの発生を回避するため, 桁の回転を拘束しないようにゴム支承を用いる(図-3.7.3(1))が, この場合, 負反力問題を解決する必要がある.
- ・端支点到に十分な死荷重反力を生じさせるため, 中間支点的の死荷重反力の一部を端支点到にシフトする. その結果, 中間支点到に生じる負反力はボルトによる締め込み(プレストレス)で対処する(図-3.7.3(2)).
- ・中間支点を固定するので, 水平方向移動が主横トラスにより拘束される. 温度差応力の観点から, 連続径間数は6径間(25m 程度)を標準とする.

このようにして決定された鋼床版の径間割を図-3.7.4 に示す.

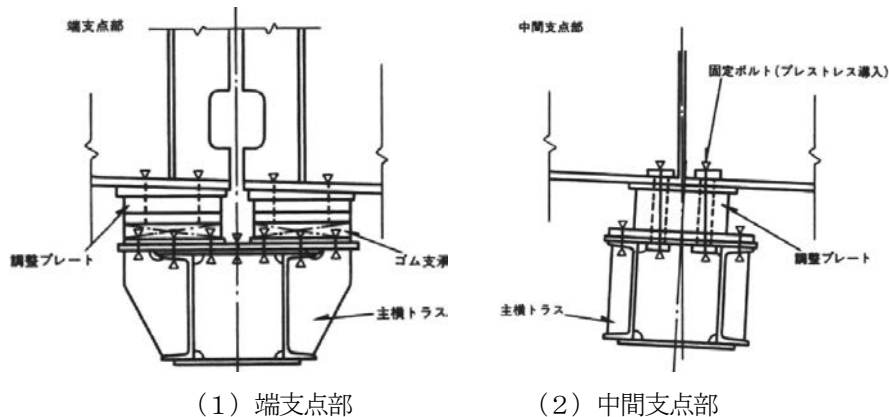


図-3.7.3 縦桁支点到部の構造<sup>3)</sup>

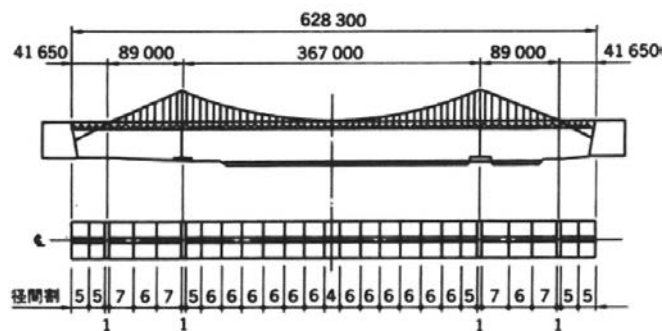


図-3.7.4 鋼床版桁の径間割<sup>3)</sup>

### (3) 吊橋本体の応力的検討

幅鋼床版化にともなう吊橋本体に対する許容応力度の取り扱い, 当工事の設計基準によつた. 主な要点は以下の通りである.

#### 1) 鋼材の許容応力度

適用示方書は, 昭和 37(1962)年の建設時は「鋼道路橋示方書(昭和 31 年)」であるが, 数度の改定を経ており, 使用鋼材である SS400 の許容応力度も昭和 39(1964)年の鋼道路橋示方書で  $1,300\text{kgf/cm}^2(125\text{N/mm}^2)$  から  $1,400\text{kgf/cm}^2(135\text{N/mm}^2)$  に改定されている. このため, 鋼材の許容応力度は昭和 39(1962)年の鋼道路橋示方書によることとする. また, 応力の超過が大きくない場合は部材の補強を行わない方がよいとの観点から, 許容応力度に対し, 圧縮について 20%, 引張について 30%の割り増しを考慮した.

#### 2) 死荷重

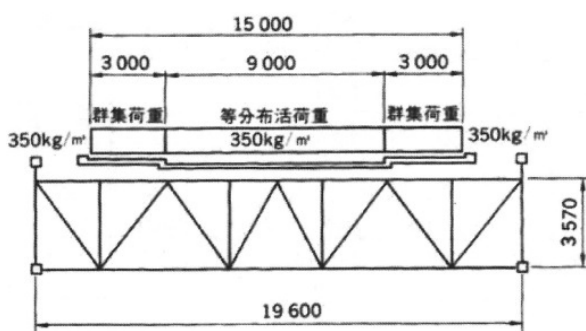
RC 床版を撤去し鋼床版化するため, 床組死荷重は減少する. 吊橋本体の補強による増加を考慮しても, 死荷重強度は建設時に比べ減少することは明らかであった.



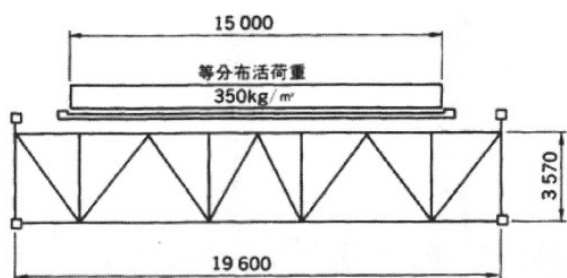
3) 設計活荷重

本橋の吊構造(ケーブル, 補剛トラス, ハンガーロープ, 主塔)の建設時の設計活荷重は, 歩道も含めた床版全幅(15m)について 350kgf/m<sup>2</sup>(3.4kN/m<sup>2</sup>)の等分布活荷重を載荷して行なわれている(図-3.7.5)。本荷重は, 本四基準, 道路橋示方書による荷重よりも大きな値となるため, 拡幅後も同様の活荷重載荷が採用された。そのため, 拡幅後の補強は不要となった。

一方で, 主横トラスに対する設計活荷重は, 図-3.7.6 に示すように, 建設時には T-20 の 3 車線載荷で歩道部に 500kgf/m<sup>2</sup> (4.9kN/m<sup>2</sup>) の群集荷重であったが, 拡幅後は T-20 の 4 車線載荷となった。このため, 鋼床版(6 径間連続が基本型)の架け違い部(不連続支点)において斜材及び垂直材の補強が必要となった。

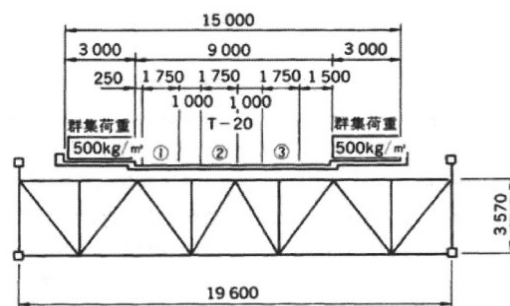


(1) 建設時

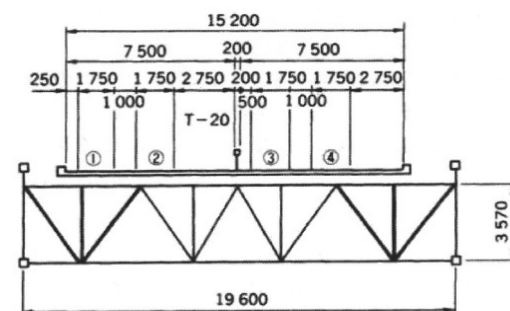


(2) 拡幅時

図-3.7.5 吊構造の設計活荷重<sup>3)</sup>



(1) 建設時



(2) 拡幅時

太線は建設時許容応力度超過部材

図-3.7.6 主横トラスの設計活荷重<sup>3)</sup>

4) 耐風安定性の検討

断面の変更にともない, 耐風特性の変化が考えられたため, 実験的な検討を行った。

実験の結果, 風速 40m/s 付近でのねじれフラッター振動を抑えるため, 鉛直スタビライザー(高さ 1m)の設置を行い, 壁高欄(高さ 1m)を組み合わせることで十分な安全性を確保できることを確認した。

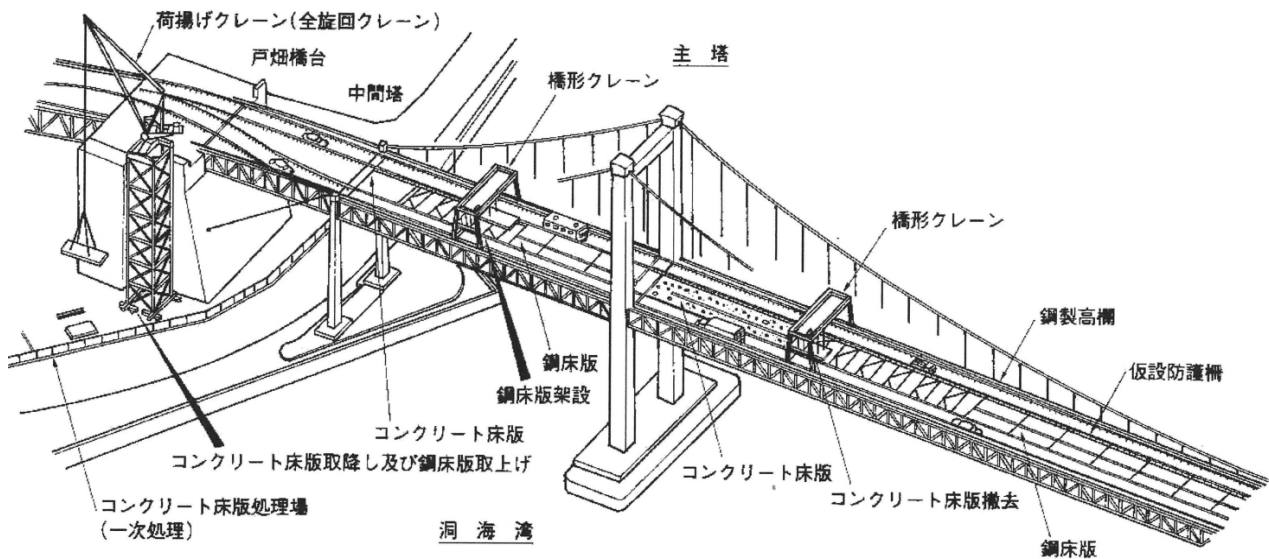
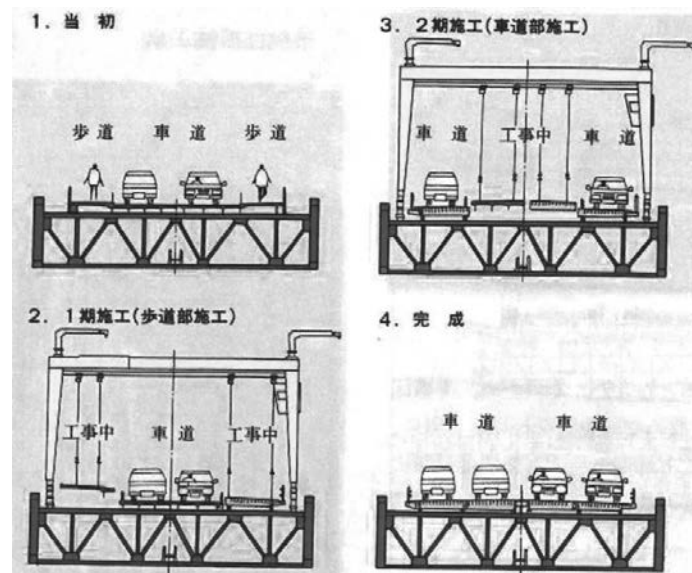
3.7.4 施工概要<sup>2)-6)</sup>

(1) 工事内容の概要

工事においては, 現交通を確保しながら行うことが最も重要なポイントであった。そのため, 十数回の交通切り回し, 夜間の交通規制を行うとともに, 大型機械の導入により作業ヤードと車両通行帯とを分離することで安全性, 施工性の向上と工期の短縮を図った。施工の概要図を図-3.7.7 に示す。

床版の撤去, 架設には荷場クレーンおよび橋形クレーン等の大型機械を導入し, 工期短縮を図るとともに, 作業ヤードと一般車両の通行帯を分離することで走行性・工事安全性の向上を図った。工事は, 現況交通流を常時確保するため 1 期・2 期に分けて行われた。1 期施工では, 歩道部の RC 床版を鋼床版に置き換え, 2 期施工では, 1 期施工終了後に交通の切り替えを行い, 車道部の RC 床版を鋼床版に置き換え, 1 期施工分との連結を行って全面を鋼床版化した(図-3.7.8)。



図-3.7.7 施工の概要図<sup>3)</sup>図-3.7.8 工事手順<sup>2)</sup>

## (2) 施工要領

## 1) RC床版の撤去

## (1次処理)

- ・RC床版をダイヤモンドカッターで切断する。
- ・切断時に使用する水は、切断線直下に予め樋を設置し、集水して排水する。
- ・吊金具は、吊点に孔径36mmのコアを抜き、孔径32mmの全ネジのロッドを貫通させて座金、ナットで固定する。
- ・切断した床版は、橋形クレーンで吊上げて運搬し、戸畑側橋台上で全旋回クレーンに吊替えて橋台下へ取りおろす。

## (2次処理)

- ・橋台下でトラックに積載可能な大きさに再度切断する。

## (3次処理)

- ・産業廃棄物処理場へ搬出し、最終的な処理を行う。

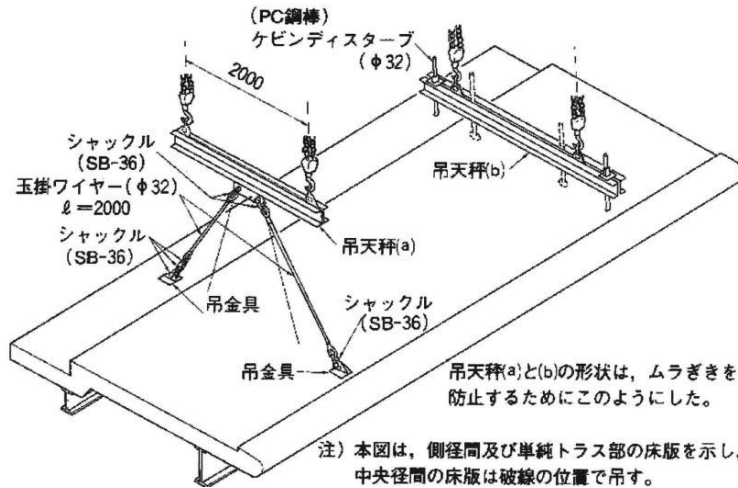


図-3.7.9 撤去床版の吊上要領<sup>5)</sup>

2) 主横トラスの改造, 補強

主横トラスの改造, ならびに鋼床版架違い部の補強を行った。主な改造および補強の概念は, 図-3.7.10 の通りである。

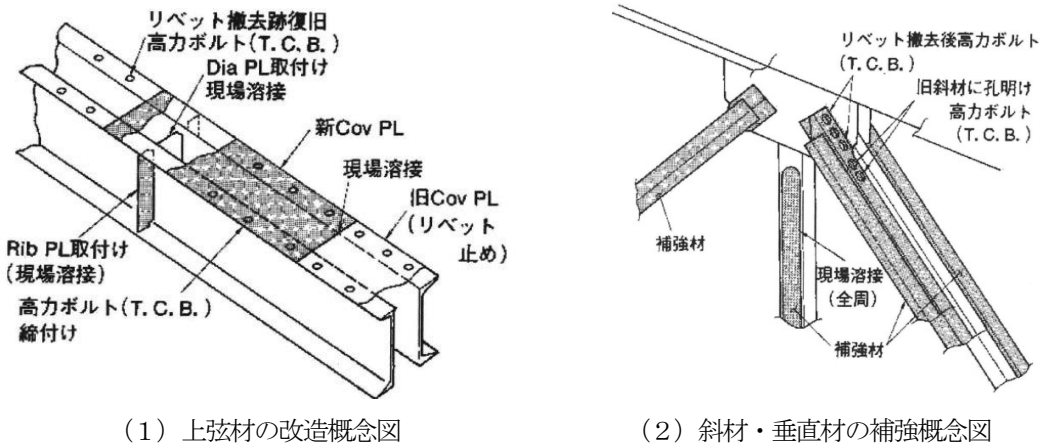


図-3.7.10 主横トラス部材の改造・補強の概念図<sup>5)</sup>

3) 鋼床版の架設

鋼床版は1期, 2期ともに2分割で搬入し, 現場では製作キャンバー状態で縦リブボルトを仮締めし, デッキプレートは開先調整を行なってサブマージアーク溶接を行う。

鋼床版の据付完了~中間固定沓のボルト締め完了までの間に, ゴム沓に過大な水平変位(縦断方向)が発生しないようにレバーブロックで仮固定を行う。

(3) 鋼床版の出来形管理

設計の項で説明したように, 負反力に対処するために鋼床版の端支点と中間支点で異なる支持方法が選択され, 端支点では死荷重反力をできる限り大きく導入することとした。このため, 鋼床版の施工においては形状をあわせるよりも目標反力を端支点に導入することに主眼を置いた調整方法や作業手順を定めた。

また, 鋼床版の舗装としてグースアスファルトを使用した。支点の施工順序が高温のグースアスファルトの舗装によって鋼床版のキャンバーに与える影響を確認する試験を行って, 施工手順を決定している。

このようにして決定した鋼床版の架設フローを図-3.7.11 に示す。

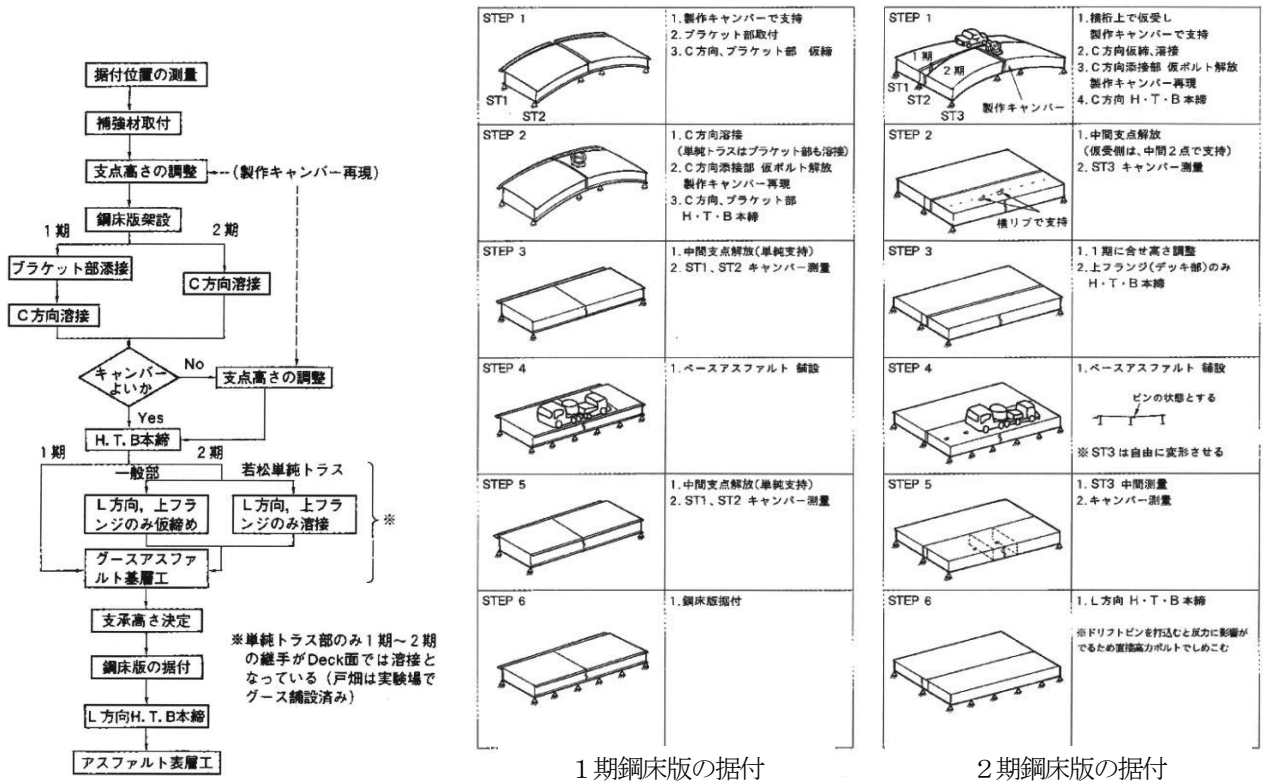


図-3.7.11 鋼床版の架設フロー<sup>5)</sup>

(4) 施工時の全体形状計測

本工事では、床版の取替にともない変化する吊橋全体の形状を把握しながら正確かつ安全に施工することが求められた。吊橋の形状を管理しながら工事を進めて行くには、多点を正確かつ同時に測定できなければならない。精度の面からすれば、光波距離計が最良な測定方法であるが、多点同時測定が不可能であり、また障害物があると照準できないので不適當である。そのため、吊橋の全体形状を多点同時測定することを目的として水レベル連通管方式による計測システムを採用し、各施工段階での変位をチェックしながら作業を進めた。

このシステムは、図-3.7.12 に示すように、基準タンクの水位と各測定点のフロートの水位の変化量を電氣的に測定し、吊橋の形状を自動記録するものである。

測定結果の一例を図-3.7.13 に示す。図は着工前を初期値とし、相対的な変形量を示したものである。

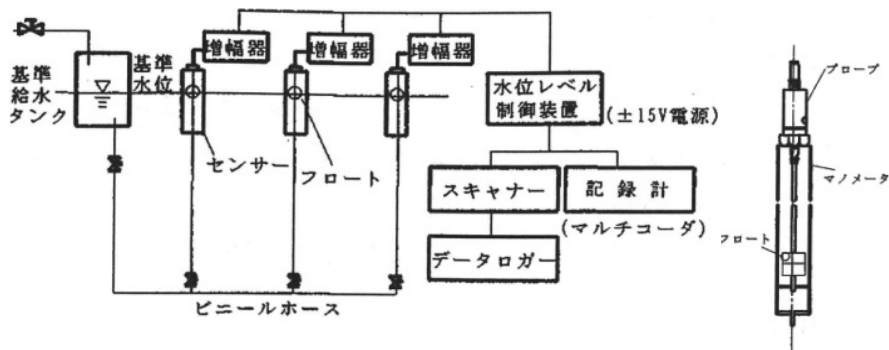


図-3.7.12 形状測定システム(連通管式水レベル計測)<sup>4)</sup>

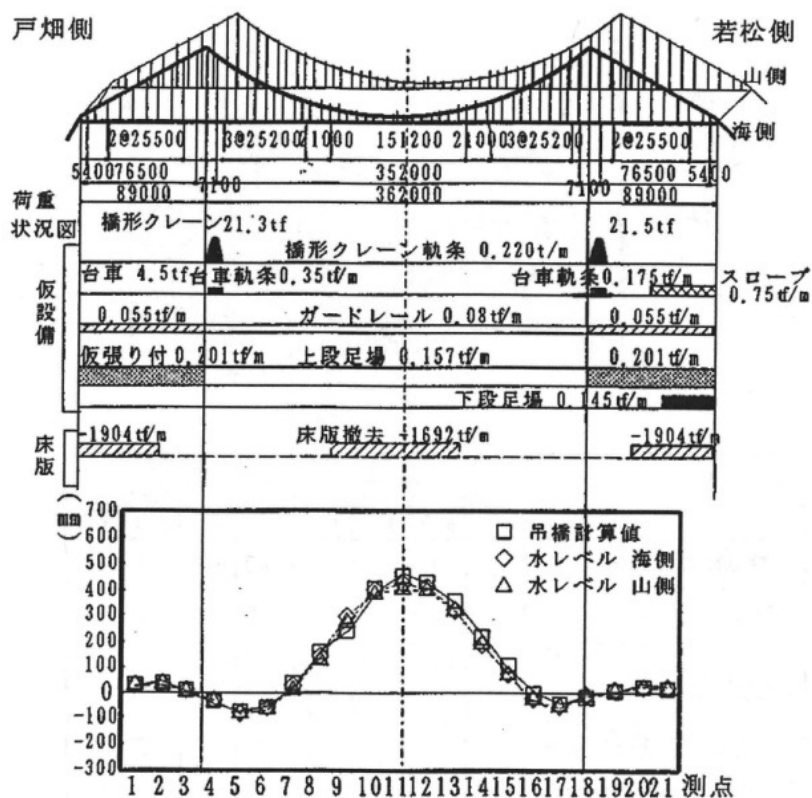


図-3.7.13 形状測定結果の例<sup>4)</sup>

参考文献

- 1) (一社)日本橋梁建設協会 HP：橋梁年鑑データベース，若戸大橋 詳細データ，  
<http://www.jasbc.or.jp/kyoryodb/detail.cgi?id=1079>
- 2) 石井孝男：若戸大橋の拡幅工事，土木学会誌，pp.2-5，1990.4
- 3) 宮下泰，坂東正治，加藤靖：若戸大橋の鋼床版拡幅工事，日立造船技報，Vol.32，No.1，pp.104-110，1991.5.
- 4) 石井孝男，金子鉄男，讃岐康博，杵本正信：若戸大橋拡幅工事における形状観測と振動特性について，土木学会論文集，第427号，VI-14，pp.123-131，1991.3
- 5) 金子鉄男：若戸大橋の拡幅工事，横河橋梁技報 No.20，pp.125-139，1991.1.
- 6) 中野慶太，石井孝男，岩井文明：床版置き換えに伴う吊橋形状変化(若戸大橋)，土木学会第44回年次学術誌演会，I-257，pp.566-567，1989.10.
- 7) 本州四国連絡橋公団：鋼床版設計要領・同解説，1989.4.



## 3.8 上路アーチ橋の鋼床版への取替(裾花大橋)

|        |                                      |
|--------|--------------------------------------|
| 橋名     | 裾花大橋(一般国道 406 号)                     |
| 所在地    | 長野県長野市                               |
| 供用開始年  | 1966 年                               |
| 管理者    | 長野県                                  |
| 大規模工事年 | 1998 年(床版取替)                         |
| キーワード  | アーチ橋, 床版損傷, 床版取替, 鋼床版, 夜間全止め(昼間交通開放) |

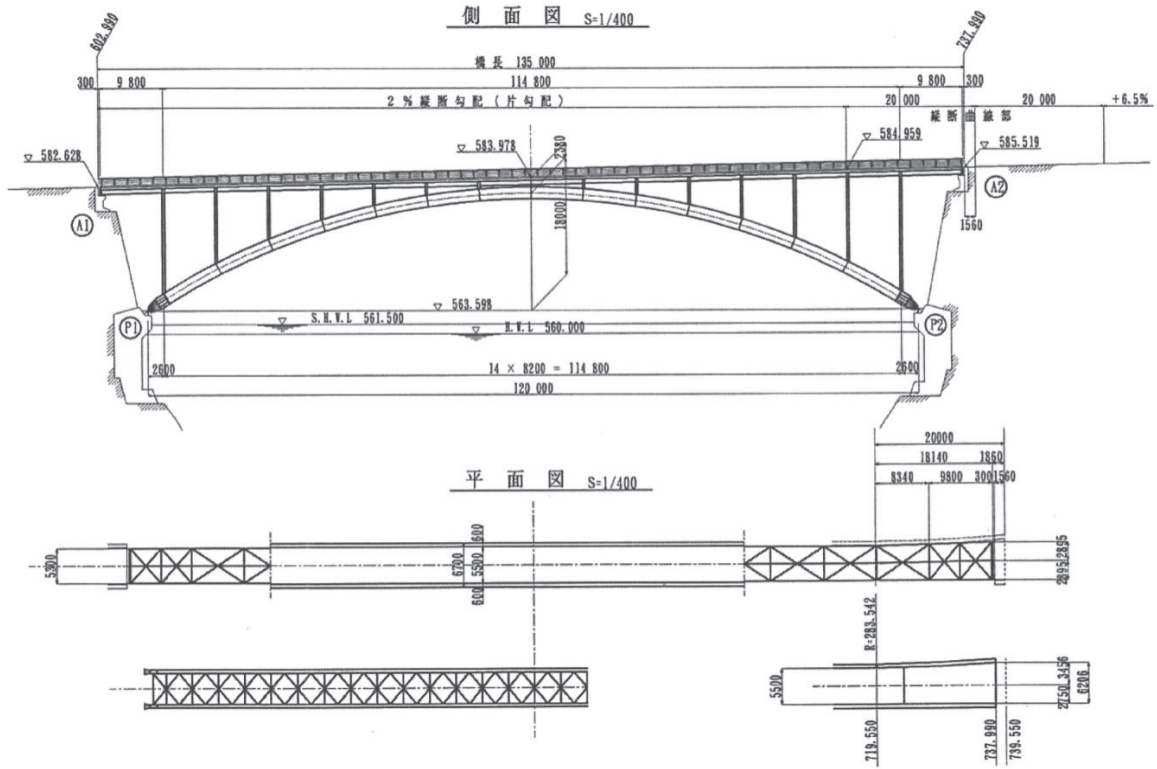
## 3.8.1 大規模工事前後の構造概要

|        | 大規模工事前           | 大規模工事後                     |
|--------|------------------|----------------------------|
| 橋梁形式   | 上路式鋼 2 ヒンジアーチ橋   |                            |
| 橋長     | 135.0m           |                            |
| アーチ支間長 | 120.0m           |                            |
| アーチライズ | 18.0m            |                            |
| 主構間隔   | 5.3m             |                            |
| 有効幅員   | 5.5m(左岸側拡幅あり)    |                            |
| 斜角     | 90 度             |                            |
| 床版     | RC 床版 (床版厚 15cm) | 鋼床版 (デッキプレート厚 14mm, バルブリブ) |

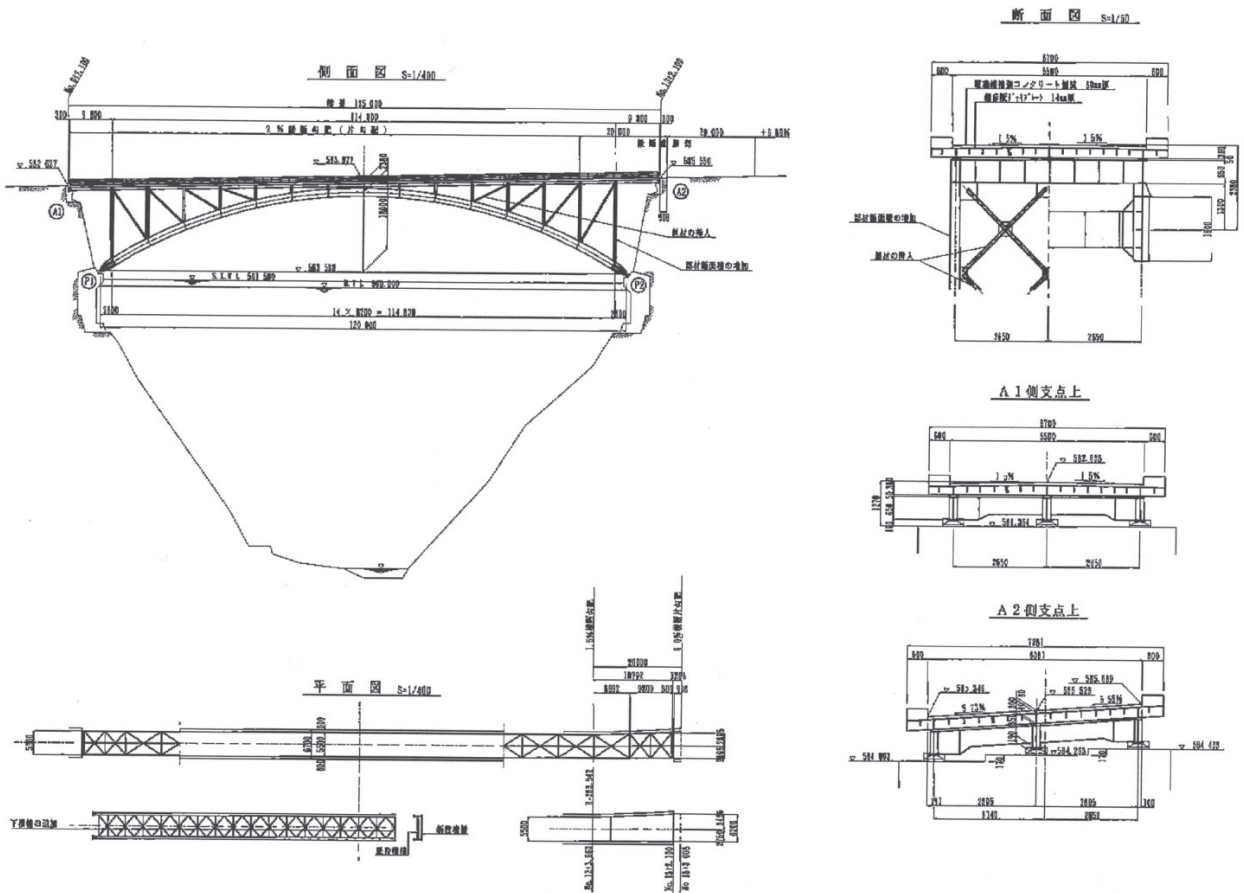
大規模工事後の状況を写真-3.8.1, 大規模工事前後の構造概要図を図-3.8.1 に示す。



写真-3.8.1 大規模工事後の状況<sup>1)</sup>



(1) 大規模工事前一般図<sup>2)</sup>



(2) 大規模工事後一般図<sup>3)</sup>

図-3.8.1 大規模工事前後の構造概要図

### 3.8.2 大規模工事に至った原因と経緯<sup>2)</sup>

1962年の建設当時、2等橋(TL-14)として設計されたが、30年以上を経過した時点で、通行荷重の増加・交通量の増加によりRC床版の劣化が激しく、また橋体振動も大きいため、1995,1996年度に現橋調査及び橋体応力測定・耐荷力検討が行われた。

本橋の床版及び橋体部材の点検調査の結果は以下の通りであった。

- ①現橋のRC床版のひび割れ密度調査からは、早急に床版打ち替えが望ましい部分が全体の40%、できるだけ早く補修・補強する必要がある部分が60%であった。
- ②現橋の床版は耐荷力が $T=12\text{tf}$ であり、A活荷重載荷の場合は鉄筋・コンクリートともに過応力状態となる。
- ③本橋の交通状況は大型車の混入率が26.3%と比較的高く、この比率は将来的にも変わらないと考えられる。
- ④橋体部材の点検結果では、アーチ主構には変状が見られなかったが、垂直材とアーチ主構の格点部において「リベットの弛み・リブの溶接割れ」の箇所が数箇所認められた。

また、橋体工における実働応力を把握するため、次の2種類の応力測定を行った。

#### ①荷重強度既知の試験車による橋体工に発生する応力の測定

・活荷重がTL-14の場合

垂直材のみ 最大16%応力超過

・活荷重がA活荷重の場合

垂直材：最大57%応力超過

アーチ部材(1/4点)：最大15%応力超過

#### ②実橋交通下における24時間の橋体工応力頻度測定

- ・設計荷重(TL-14)に対し、殆どの部材が応力超過状態
- ・応力超過率は部材によって異なるが、110%～188%であった。
- ・現桁の通行車両重量は大きいもので30tf～40tf位と想定される。

以上の点検調査結果から、本橋の床版は打替が望ましく、桁にも補強及び制震対策が必要と判断した。

それを受けて、平成8年道路橋示方書を適用してA活荷重載荷の橋梁として蘇生することとした。

### 3.8.3 設計概要<sup>2)</sup>

#### (1) 補強工法の選定

補強工法の選定は、以下の4案について比較検討を行った。

- ①現橋の床版を再利用、②RC床版に取替、③PC床版に取替、④鋼床版に取替

なお、活荷重はA活荷重とし、TL-14やA活荷重の低減は実勢交通からみて考えないこととした。

検討結果は表-3.8.1の通りである。比較検討の結果、現橋のアーチ部材の補強の必要性がない④の鋼床版案が採用された。

表-3.8.1 補強法一覧<sup>2)</sup>

|     | 床版補強法    | 活荷重  | 橋体補強       | 結果 |
|-----|----------|------|------------|----|
| 工法① | 現橋床版を再利用 | A活荷重 | アーチ・垂直材    |    |
| 工法② | RC床版に取替  | A活荷重 | アーチ・垂直材・縦桁 |    |
| 工法③ | PC床版に取替  | A活荷重 | アーチ・垂直材・縦桁 |    |
| 工法④ | 鋼床版に取替   | A活荷重 | 垂直材        | ◎  |

#### (2) 鋼床版構造

鋼床版デッキプレートの厚さは、舗装に悪影響を及ぼすたわみを抑えるため、版自身の剛性を増すこととして厚さは $t=14\text{mm}$ とした。鋼床版の縦リブは、RC床版から鋼床版に取替えた場合の構造高さを極力おさえる目的で、バルブリブを使用した。

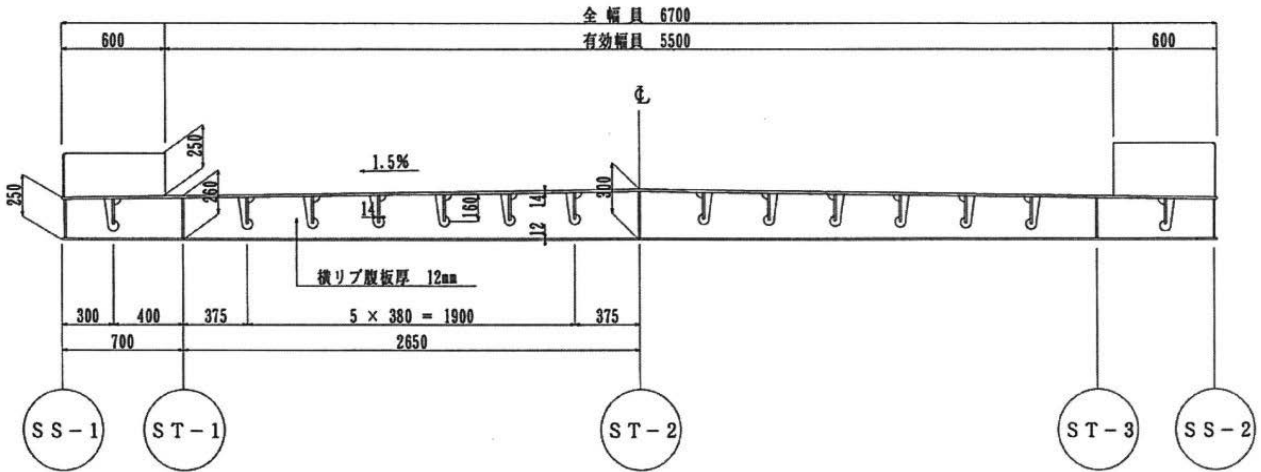


図-3.8.2 鋼床版概要図<sup>2)</sup>

鋼床版は、施工サイクルを考え横長の版を順次取替える工法を取ったため、基本的には現橋の床桁間隔を1ブロックとして設計が行われ、現橋床桁上での鋼床版の継手は、エンドプレートをボルトで閉じる継手(トジ継手)を採用した。

鋼床版は、現橋縦桁上にて、高カボルトで取り付ける構造とした。横リブ位置で縦桁との接合を行い、鋼床版と縦桁の接合点を増やすことで、合成効果を期待した。高さ調整は、図-3.8.3 に示すように、接合位置のフィラープレートによって行った。

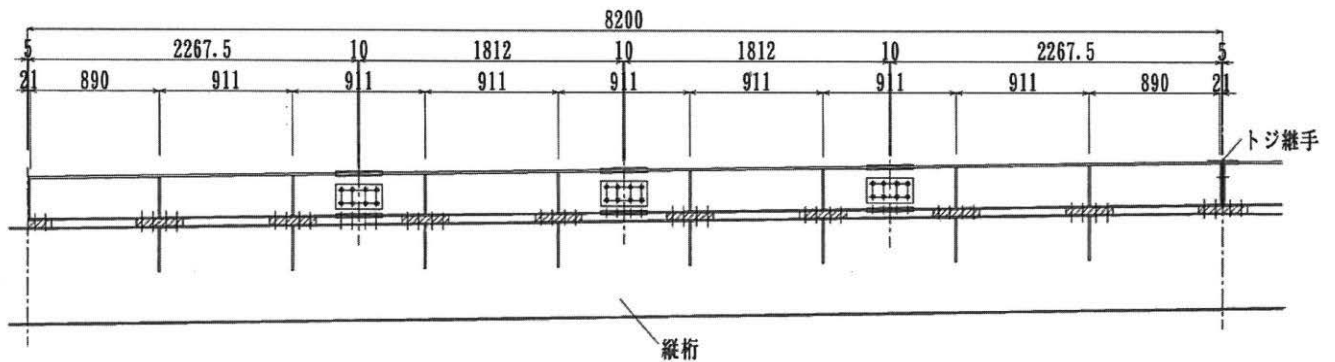


図-3.8.3 鋼床版の設置図<sup>2)</sup>

### (3) 橋体の補強

RC床版から鋼床版に取替えてA活荷重にて橋体の応力計算を行い、強度の不足している部材は補強することとした。また、制震対策として、垂直材間に斜材を封入して橋梁全体の変形を拘束することとした。

数値解析により、各部材の補強の要否を判断し、図-3.8.4 に示す垂直材、支柱対傾構、下横桁の補強を行うこととした。



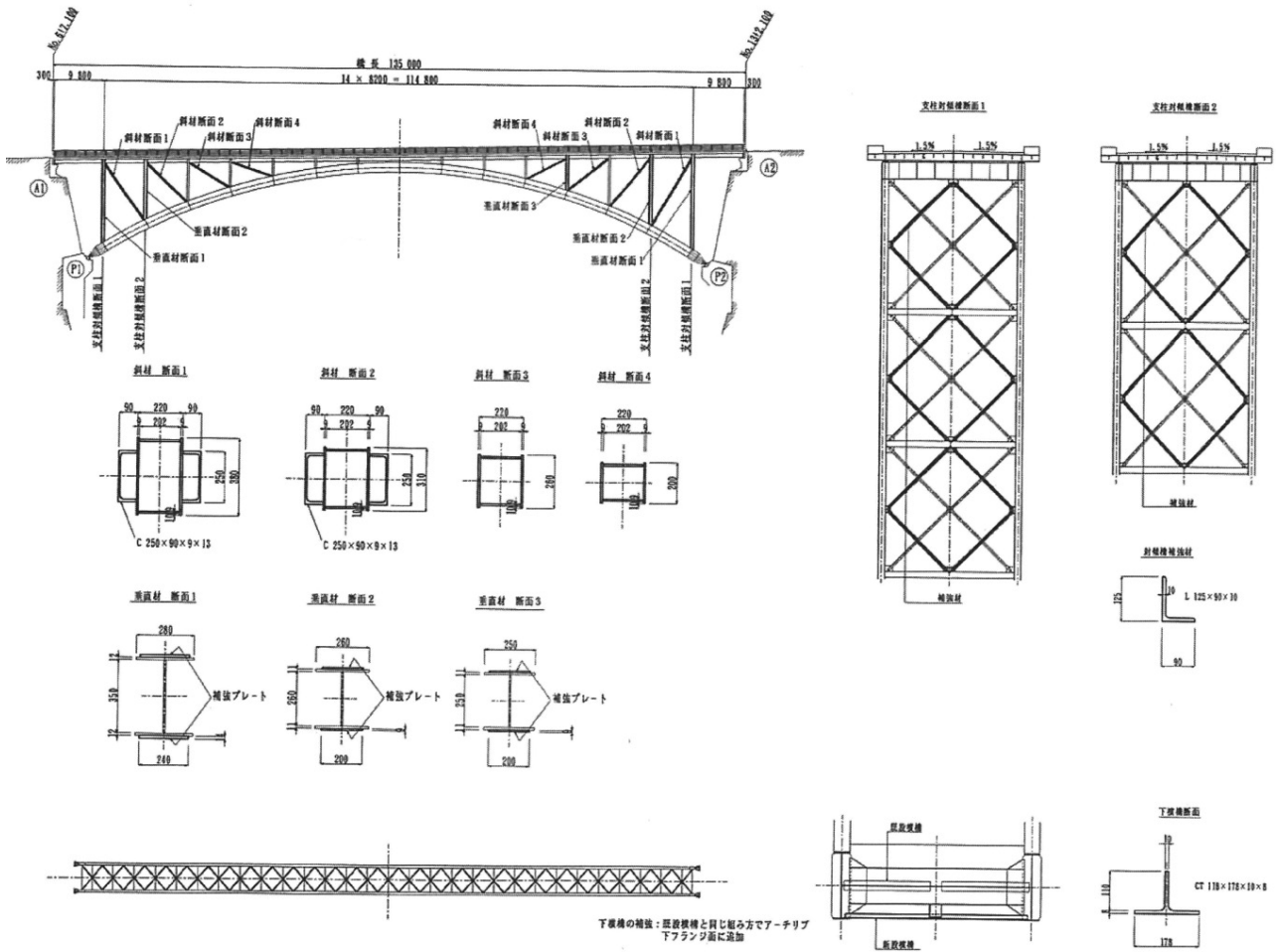


図-3.8.4 補強部材<sup>2)</sup>

3.8.4 施工概要<sup>3)</sup>

本工事の主たる施工内容および施工時期を表-3.8.2に示す。

表-3.8.2 施工内容とその時期<sup>3)</sup>

| 工種    | 項目・数量       |                     | 施工時期               |
|-------|-------------|---------------------|--------------------|
| 仮設工   | 補剛桁吊足場      | 904.5m <sup>2</sup> | H9.6月中旬<br>～8月中旬   |
|       | アーチ桁吊足場     | 866.7m <sup>2</sup> |                    |
|       | 垂直材など補強足場   | 499.0m <sup>2</sup> |                    |
|       | 作業構台        | 2基                  |                    |
| 橋体補強工 | 垂直材補強       | 4.620t              | H9.7月中旬<br>～9月中旬   |
|       | 対傾構補強       | 3.274t              |                    |
|       | アーチ部下横構追加   | 10.962t             |                    |
|       | 新設斜材追加      | 20.927t             |                    |
|       | 支承交換        | 6基                  |                    |
| 床版取替工 | RC床版撤去      | 149m <sup>2</sup>   | H10.6月中旬<br>～7月下旬  |
|       | 鋼床版架設       | 242.154t            |                    |
|       | 伸縮装置        | 2基                  |                    |
|       | 地覆コンクリート    | 51m <sup>2</sup>    |                    |
|       | 高欄          | 270m                |                    |
| 橋台拡幅工 | 橋台拡幅(A1・A2) | 2基                  | H10.8月下旬<br>～10月下旬 |
|       | 親柱          | 4基                  |                    |
| 橋面工   | 橋面防水舗装      | 742.5m <sup>2</sup> | 10月下旬              |
|       | すり付け舗装      | 110.0m <sup>2</sup> |                    |

本橋は、生活道路として重要な路線であり、なおかつ上流には碎石採取場があるのでダンプトラックなど大型車両の通行が頻繁である。一方で、夜間の交通量は非常に少ない。このため、橋体補強は全面通行止めを行わずに工事を行ったが、床版の取替えでは夜間全面通行止めとし、昼間は交通解放することとした。

施工方法は、①現橋RC床版を撤去、②鋼床版の架設、を1サイクルとして、このサイクルを繰り返すこととした。図-3.8.5に架設工法の概要を、図-3.8.6に施工手順を示す。

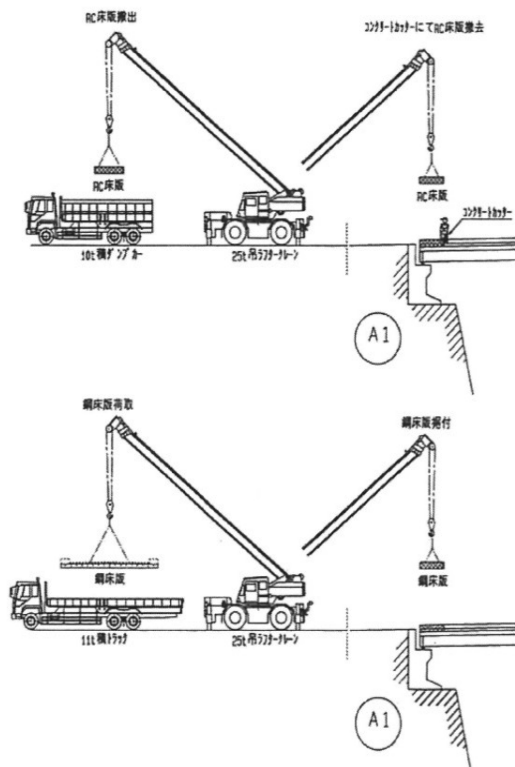


図-3.8.5 床版取替方法<sup>2)</sup>

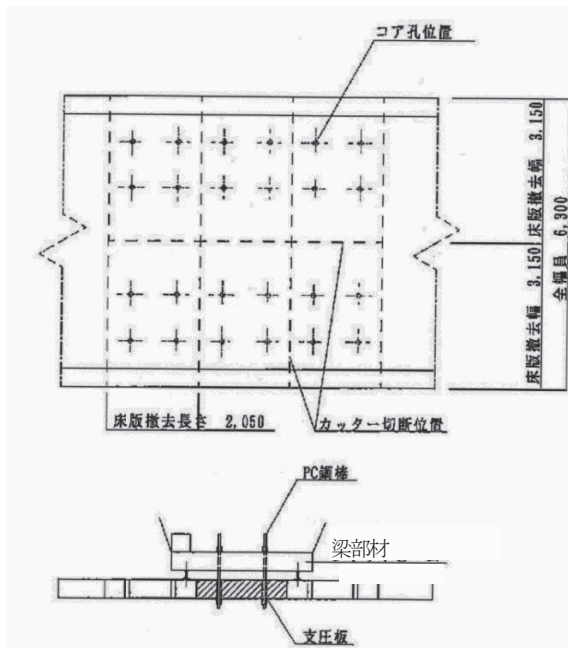
| 工種・時間  | 21時 | 22時 | 23時             | 24時        | 1時        | 2時 | 3時 | 4時 | 5時  | 6時 |
|--------|-----|-----|-----------------|------------|-----------|----|----|----|-----|----|
| 準備工    | 準備工 |     |                 |            |           |    |    |    |     |    |
| 交通規制   |     | 開始  |                 |            |           |    |    |    | 解除  |    |
| カッター切断 |     |     | 床版切断            |            |           |    |    |    |     |    |
| 床版撤去   |     |     |                 | ジャッキアップ・撤去 |           |    |    |    |     |    |
| 桁上処理   |     |     |                 |            | ケガキ・ケレン調整 |    |    |    |     |    |
| 架設     |     |     |                 |            |           |    | 架設 |    |     |    |
| 高力ボルト  |     |     |                 |            |           |    |    |    | 本締め |    |
| 規制時間   |     |     | 交通規制 22:00~5:00 |            |           |    |    |    |     |    |

図-3.8.6 施工手順（サイクル工程）<sup>3)</sup>

(1) 工事内容の概要

RC床版 (t=160mm, 全重量580tf) を鋼床版 (デッキプレート厚14mm, バルブリブ, 全重量310tf) に取替えた。デッキプレート厚を14mmとしたのは疲労に対する配慮のためである。また、工期短縮のため、基層舗装 (t=40mm, エポキシアスファルト混合物) を現場ヤードにて架設前に施工した。取替鋼床版の構造は図-3.8.2の通りである。

床版の取替工事は、昼間交通を開放する必要があったために、図-3.8.7、写真-3.8.3に示すようにジャッキを用いた撤去工法を採用し、夜間全面通行止め(22:00~翌朝5:00)により行った。限られた時間の中で床版撤去→既設桁ケレン・ケガキ・ボルト孔明け→塗装→鋼床版架設→ボルト本締め→安全設備→交通開放の工程を実施しなければならないので、各々の工程において工程管理の充実が図られた。

図-3.8.7 RC床版の撤去方法<sup>3)</sup>写真-3.8.3 ジャッキを用いた工法によるRC床版撤去状況<sup>3)</sup>

その例として、孔明け機(アトラー)、サンダーは3台ずつ(既設縦桁3本)用意し、順次作業を進めた。なおRC床版を撤去した後、直ちに鋼床版を架設しないと翌朝の交通開放が出来ないので、雨が降ってきたときには、ブルーシートで仮設ドームを作り、養生を施した。

床版の撤去方法の詳細は以下の通りである。

- ① コンクリートカッターで舗装・床版を橋軸直角方向および道路センターで橋軸方向に切断する。
- ② 次に所定の位置に、撤去のための梁部材用のPC鋼棒用のコア孔(50φ)をあける。
- ③ 撤去用の梁部材を切断・削孔した床版に跨がせ、コア孔との真上に据付ける。
- ④ 頭の部分にナットをねじ込んだPC鋼棒を撤去用の梁部材上の支圧板を通して床版下面まで貫通させ、下面で支圧板とナットをセットする。
- ⑤ ジャッキアップし、既設桁と床版を縁切りする。この時スラブアンカーが離れずに残った場合は、ガス切断する。
- ⑥ 撤去用の梁部材を取り外し、床版貫通孔を利用して、クレーンでブロックを丸ごと撤去・搬出する。

この方法で床版を撤去すると、手はつり部分が無く、コンクリート殻も発生しないので容易に床版撤去ができ、1晩に2～3パネルの施工が可能になった。

既設桁の上フランジ上面は、床版内なので無塗装状態であり、鋼床版架設後は隙間が約50mmと狭いため後からの塗装が難しくなるので、鋼床版架設前にケレン・塗装するしかない。このためタールエポキシ樹脂塗料を厚塗りの1回だけ塗布した。

既設桁と鋼床版の取合は、高カボルトで連結される。昼間は交通開放しなければならず、既設桁との連結および鋼床版同士の連結部は本締めしてしまうため、全体を通しての調整ができない。よって完成形状を見据え、高さおよび通りに注意して部材を据え付けたが、出来形は既設桁の形状に左右される結果となった。

また、本工事でジャッキを用いた撤去工法を採用したのは、できるだけ夜間の通行止め期間を短くしてほしいと地元住民や道路管理者から要望があったためである。当初の施工方法(図-3.8.8参照)の場合、床版撤去に手はつり箇所があるため、1晩に1ブロックの施工が限界で約3ヶ月強かかってしまう。期間を短くするには床版撤去時の手はつりを無くし、かつ安全に施工できる工法を選定する必要がある。検討の結果、安全且つ迅速に施工できるジャッキを用いた撤去工法を採用した所、通行止め期間を約半分の1月半で床版取替は完了した。

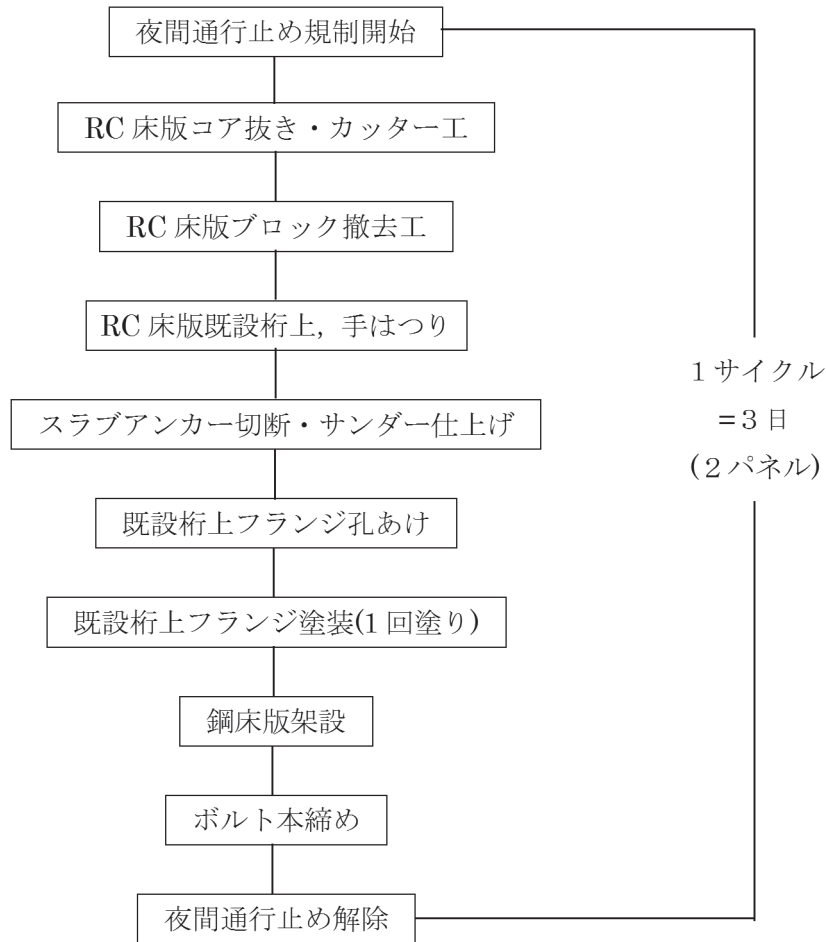


図-3.8.8 当初の施工計画<sup>3)</sup>

地覆コンクリートは、普通コンクリートになっていたが、交通開放して車両が走行すれば橋が大きく揺れるので、硬化前のコンクリートに悪影響(クラックなど)があると考えられたため、夜間全面通行止めにして超早強コンクリートを打設した。打設回数は、3時間の養生を置くために深夜2時まで打ち終わるように上流側、下流側各2回、合計4回の打設が行われた。また、今回のように交通開放しながらの施工の場合は、コスト面および施工性を考慮して、コンクリートではなく鋼製地覆とした方が良いと思われる。

高欄は、地覆部にアンカーボルトを埋め込み、支柱を止める構造なので、支柱ベースプレートの孔を長孔にすることで通りの調整を行った。

参考文献

- 1) 小笠原照夫, 井口 進, 奥村 学, 川畑篤敬, 齊藤史朗, 林 暢彦: 日本と米国における取替え鋼床版事例の調査報告, (一社)日本橋梁建設協会平成 27 年度技術発表会, 2015.9
- 2) 永見研二, 高橋亘: 裾花大橋の補修設計について, 宮地技報, No.13, pp.89-93, 1997.1
- 3) 冠敬, 黛泰宏: 橋体の補強および鋼床版への取替工事(裾花大橋), 宮地技報, No.14, pp.68-73, 1998.12