

# 中国自動車道 常国橋他 2 橋床版取替工事の 設計・施工

桐川 潔\*1・寺嶋 浩二\*2・仲子 大樹\*3・中原 翔太\*4

常国橋他 2 橋床版取替工事は、冬季の凍結防止剤の散布による塩害劣化により損傷が顕在化した既設 RC 床版を、プレキャスト PC 床版に取替えを実施した工事である。本工事では、中国自動車道吉和 IC～六日市 IC 間に位置する全 6 橋（10 連）にて床版取替えを主とした鋼桁の補修や耐震補強工事などの大規模更新工事を実施した。

対象橋梁には、中国自動車道では初の鋼箱桁橋やトラス橋も含まれており、既設床版撤去後の鋼箱桁上フランジの補修や、鋼トラス橋の床版撤去方法など、各種検討や確認試験を行いながら設計・施工を行った。本報告では、鋼箱桁橋や鋼トラス橋などの床版取替え工事における検討および実施した各種項目について報告する。

キーワード：プレキャスト PC 床版、MuSSL 工法継手、橋上架設機、鋼箱桁橋、鋼トラス橋

## 1. はじめに

常国橋他 2 橋床版取替工事は中国自動車道の吉和 IC～六日市 IC 間に位置する鋼箱桁橋(2 連)、鋼トラス橋(2 連)、鋼鈹桁橋(6 連)の既設 RC 床版をプレキャスト PC 床版に取替える工事である。これらの橋梁は、供用開始後約 40 年が経過しており、冬季の凍結防止剤の散布による塩害から、既設 RC 床版の劣化が顕在化し、抜本的な対策としてプレキャスト PC 床版（以下、PCaPC 床版）への床版取替えを実施することとなった。

本報告では、中国自動車道で初の鋼箱桁橋における床版取替工事である常国橋（鋼箱桁橋）と、浦石橋（鋼トラス橋）において検討および実施した各種項目について報告する。

常国橋（写真 - 1）は、鋼箱桁橋であり、既設 RC 床版を撤去するまで、鋼箱桁上面の劣化が確認できないことから、床版取替工事中に鋼箱桁上面に劣化が確認された場合は、補修・補強により作業が中止となり、工程の遅延が懸念された。そのため、事前に非破壊検査により鋼箱桁上フランジ厚を計測し、劣化状況を推定した。また、施工時に、鋼箱桁上面に劣化が生じた場合であっても、その補修・補強時間を確保できるよう、既設 RC 床版を全面撤去し、橋上架設機による PCaPC 床版の架設を実施した。その他、一般的な PCaPC 床版の間詰めコンクリートを打込むためには、間詰め部下縁に底型枠が必要となるが、鋼箱桁では、型枠の撤去が困難であり間詰めコンクリートの漏れが懸念されることから、底型枠を必要としない、アゴ付き形状の MuSSL 工法継手<sup>1)</sup>を採用した。

浦石橋（写真 - 2）は鋼トラス橋であり、詳細調査により下弦材の劣化が確認され、床版取替前に下弦材の補修を実施する必要性が生じた。また、鋼トラス橋は既設 RC



写真 - 1 常国橋（全景）



写真 - 2 浦石橋（全景）

床版と上弦材の中央部に設置されているスラブアンカーにより接合されており、既設床版撤去時に過大な引抜き力が発生した場合は上弦材の座屈が懸念された。そのため、

\*1 Kiyoshi KIRIKAWA：ピーエス三菱・富士ピー・エス JV（株）ピーエス三菱

\*2 Kouji TERASHIMA：ピーエス三菱・富士ピー・エス JV（株）ピーエス三菱

\*3 Daiki NAKAKO：西日本高速道路（株）中国支社 千代田高速道路事務所

\*4 Shota NAKAHARA：西日本高速道路（株）中国支社 千代田高速道路事務所

FEM 解析と既設 RC 床版の引剥がし試験により、既設 RC 床版の撤去方法を検討した。

## 2. 工事概要

### 2.1 常国橋（上り線）

常国橋（上り線）は、橋長 182.0 m の 3 径間連続箱桁橋である。床版取替え工事のほか、耐震補強設計も行い、落橋防止システムの設置や、橋脚の耐震補強工事も実施した。

橋梁諸元を表 - 1 に示す。また、橋梁側面図および断面図を図 - 1 および図 - 2 に示す。

表 - 1 工事概要および橋梁諸元（常国橋上り線）

工事名	中国自動車道（特定更新等） 常国橋他 2 橋床版取替工事
発注者	西日本高速道路(株) 中国支社
施工者	ピーエス三菱・富士ピー・エス 特定建設工事 共同企業体
構造形式	3 径間連続箱桁橋
橋長	182.0 m
支間長	52.4 m + 76.0 m + 52.4 m
有効幅員	9.810 m
横断勾配	5.00 %
工期	2017 年 5 月～ 2021 年 7 月（2018 年施工）

### 2.2 浦石橋（上り線）

浦石橋（上り線）は、橋長 217.5 m の 3 径間連続トラス橋である。上り線と下り線が隣接した橋梁であり、また、桁高も 8.0 m と高いことから、中央分離帯側下弦材の詳細調査が困難であり、施工前年度に、全面吊り足場を設けて

詳細調査を実施、鋼トラスの劣化状況を確認した。

橋梁諸元を表 - 2 に示す。また、橋梁側面図および断面図を図 - 3 および図 - 4 に示す。

表 - 2 工事概要および橋梁諸元（浦石橋上り線）

工事名	中国自動車道（特定更新等） 常国橋他 2 橋床版取替工事
発注者	西日本高速道路(株) 中国支社
施工者	ピーエス三菱・富士ピー・エス 特定建設工事 共同企業体
構造形式	3 径間連続非合成トラス橋
橋長	217.25 m
支間長	72.0 m + 72.0 m + 72.0 m
有効幅員	9.250 m
横断勾配	6.00 %
工期	2017 年 5 月～ 2021 年 7 月（2019 年施工）

## 3. 常国橋（鋼箱桁橋）における各種検討

### 3.1 現地計測

常国橋は鋼箱桁橋であり、これまで床版取替え工事が実施されてきた鋼桁橋とは異なる挙動や、ねじりなどによる変形が発生していることも懸念された。そこで、3D レーザースキャナを用いて、3 次元計測を実施した。3 次元計測結果を図 - 5 に示す。従来のトランシットを用いた計測と比較し、足場の無い状態においても、桁下のラインや高さを計測することが、可能であった。また、非接触での計測であることから、片側車線規制で、車線内を車両が走行している状態でも橋面の計測を行うことが可能であった。

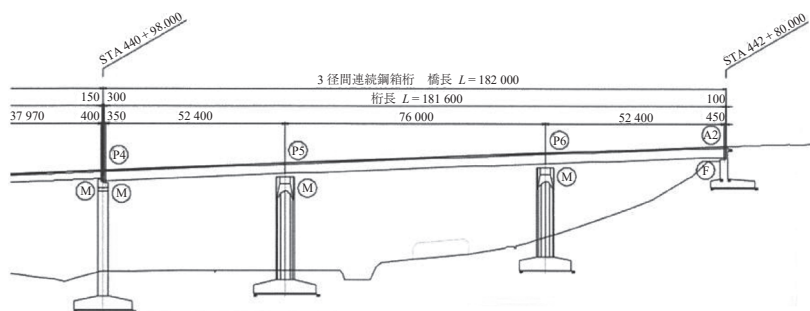


図 - 1 橋梁側面図（常国橋）

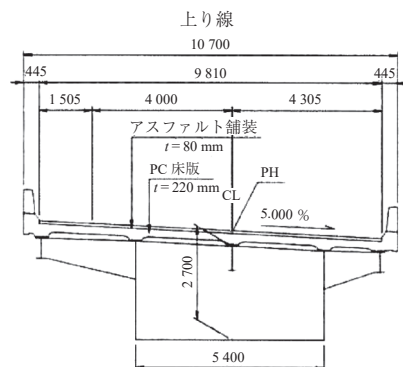


図 - 2 橋梁断面図（常国橋）

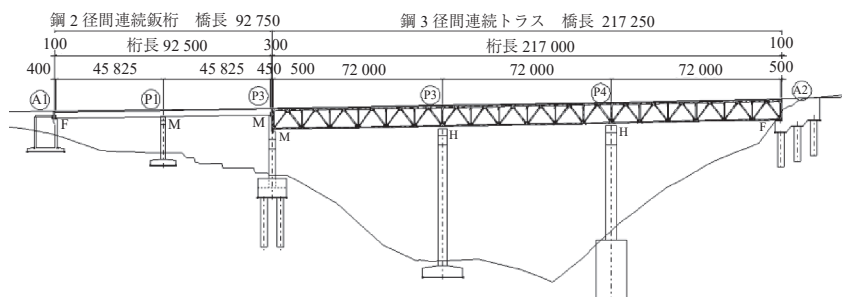


図 - 3 橋梁側面図（浦石橋）

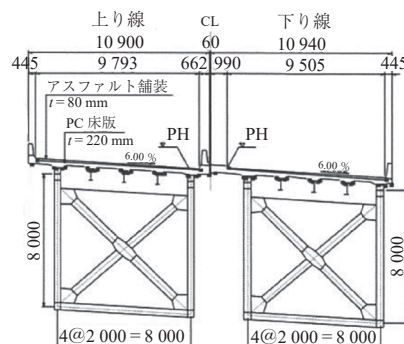


図 - 4 橋梁断面図（浦石橋）

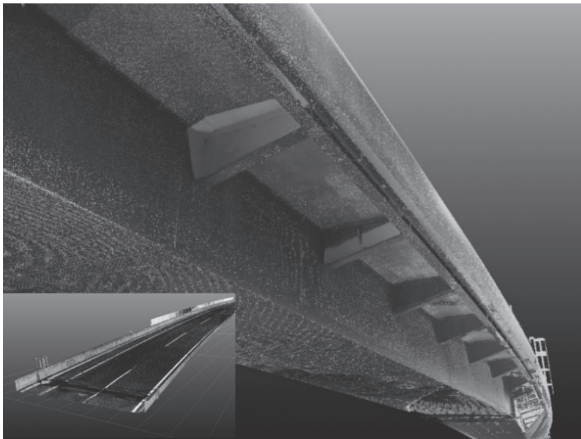


図 - 5 3次元計測結果

ただし、従来の手法による計測結果とは最大±1 cm 程度のばらつきが存在したことから、本工事では、従来手法で用いた値を使用し、3次元計測結果については、補助的な使用のみとなった。

### 3.2 鋼箱桁上フランジの厚さの事前調査

既設 RC 床版が劣化していることから、鋼箱桁上フランジと既設 RC 床版の間には、凍結防止剤に起因した塩水が浸入し、鋼箱桁上フランジにも劣化が生じていることが、想定された。また、鋼桁内部から鋼箱桁上フランジを確認したところ、数カ所ではあるが、添接板部に漏水跡が存在し、鋼箱桁上フランジに水が供給されていることも確認された。

しかし、鋼箱桁上フランジの劣化状況は既設 RC 床版を撤去するまで確認できず、撤去後、劣化が確認された場合は、鋼箱桁上フランジの補修が発生する。その場合、補修の程度によっては、規制期間内に床版取替えを実施できないことも懸念される。そこで、事前に劣化状況を確認するため、鋼箱桁内部より超音波板厚計を用いて、鋼箱桁の上フランジ厚の調査を行い、上フランジ厚の減肉量を測定した。調査箇所としては、橋軸直角方向には、水が滞水していると想定されるハンチと上フランジ部の接合個所や、添接板の重なる位置の5点、橋軸方向には200 mm 間隔で計測を行った。調査箇所を図 - 6、減肉量調査結果を図 - 7 に示す。

また、数カ所ではあるが、鋼箱桁上フランジ面のハンドホール部を削孔し、CCD カメラにより腐食状況も確認した。確認結果を写真 - 3 に示す。

図 - 7 に示すように、板厚の減少箇所は最大で -1.3 mm であり、また 1 mm 以上の減肉が想定される箇所も、3カ所程度であり、表面の錆は発生しているかもしれないが、大きな腐食肉肉は発生していないと想定された。また、写真 - 3 に示されるように、CCD カメラによる調査結果からも、鋼箱桁上フランジには大きな劣化が生じていないことも確認できた。

以上の調査結果より、鋼箱桁上フランジの補修については、ボルトの取替や塗替え塗装程度であり、当て板などの大規模な補修は発生しないと考え、施工計画を策定した。

実施工時に、既設床版撤去後の鋼箱桁上フランジ上面を確認したが、調査結果と同様、顕著な劣化は確認されなかった。

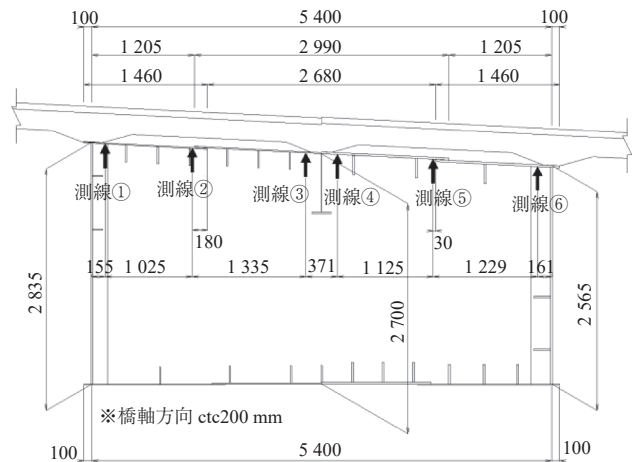


図 - 6 調査箇所 (断面)

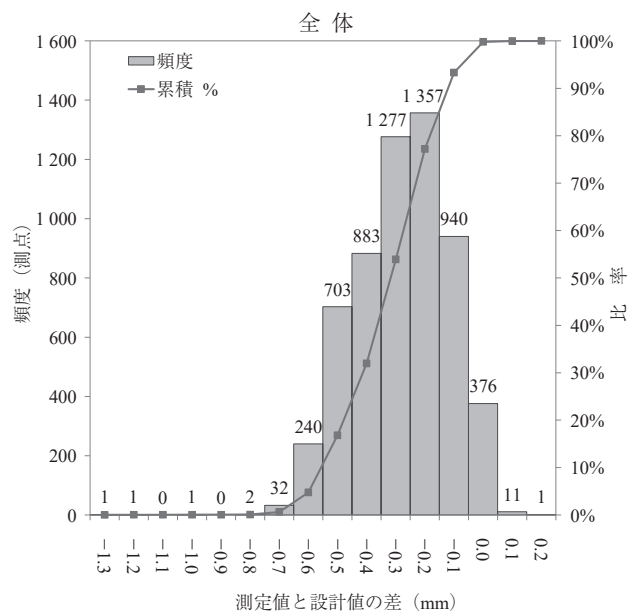


図 - 7 減肉量調査結果



写真 - 3 鋼箱桁上フランジ確認状況 (CCD)





写真 - 4 橋上架設機による架設状況

### 3.3 橋上架設機械の採用

PCaPC 床版による床版取替え工事の一般的な施工手順としては、既設 RC 床版の撤去、鋼桁上フランジのケレンおよび防錆塗装、PCaPC 床版の架設を 3 枚程度ごとに繰り返し実施する。しかし、常国橋のように、鋼桁上フランジに劣化が生じており補修を実施することが予想される場合や、大断面において塗替え塗装を実施する場合は、通常の手順に上記の工種が増加するため、規制期間内に工事を実施することは困難であると判断した。

そこで、鋼桁上フランジの補修および塗装期間を確保するため、既設床版を全面撤去し、補修および塗装後、橋上架設機を用いて、連続して PCaPC 床版を架設する計画とした。

橋上架設機については、旋回式のものを使用し、昼間施工にて実施した。また、1 日あたりの架設枚数は最大で 7 枚であった。架設状況を写真 - 4 に、架設概要を図 - 8 に示す。架設手順としては、起点側の健全な橋梁上にクレーンを設置し、そのクレーンを用いて、鋼桁上に設けた運搬台車に PCaPC 床版を積み込み、順次、終点側に設置した橋上架設機へと運搬を行った。運搬台車については、鋼桁のウェブ直上にレール軌道を設け、レール上を移動する。

### 3.4 薄型アゴ付きナット定着継手の採用

一般的な床版厚 220 mm の PCaPC 床版では、鋼桁上で間詰め部を打込む場合、間詰め部下面に型枠を設置することが困難であり、設置する場合には型枠が撤去できないことから埋設型枠を使用する必要がある。また、コンクリート打込み時に型枠と PCaPC 床版の止水が不十分であると、間詰めコンクリートの漏れも懸念された。そこで、220 mm の床版厚で、埋設型枠を必要としないアゴ付きの MuSSL 工法継手を採用した。MuSSL 工法継手を使用した PCaPC 床版の標準断面を図 - 9、その設置状況を写真 - 5 に示す。

ただし、鋼桁上フランジ面に設置するソールスポンジの配置確認および鋼桁と PCaPC 床版の隙間に無収縮モルタル充填する作業については、床版下面側に回り込めない作業環境であり、直接の目視確認を行うことが不可能である。そこで、現場施工を想定した施工性試験を事前に実施し、施工が可能であり、無収縮モルタルの漏れなどが発

生しないことを確認した。施工性試験の架設概要を図 - 10、施工性試験状況を写真 - 6 に示す。

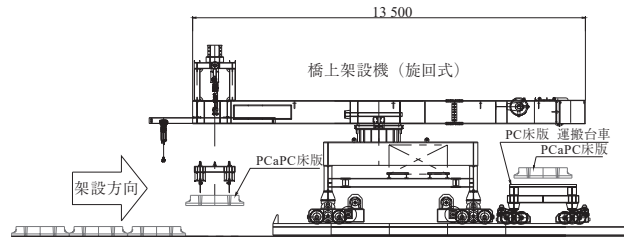


図 - 8 架設概要図

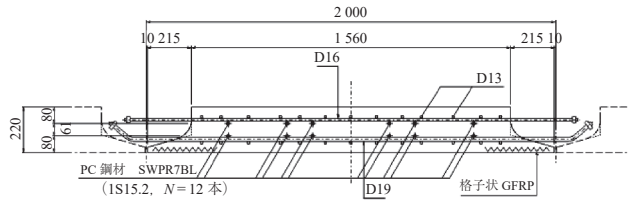


図 - 9 標準断面図 (MuSSL 工法継手)

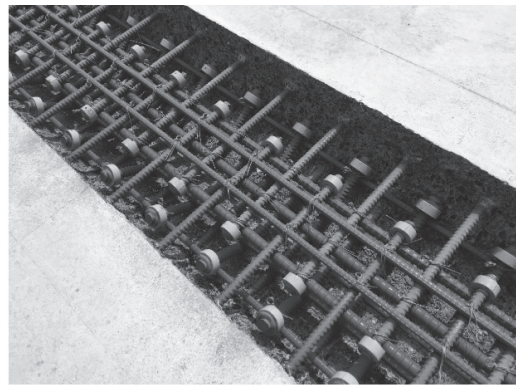


写真 - 5 MuSSL 工法継手

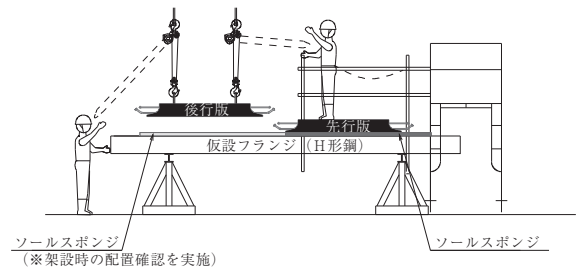


図 - 10 施工性試験概要図



写真 - 6 施工性試験状況



## 4. 浦石橋（鋼トラス橋）における各種検討

### 4.1 現地調査

浦石橋は図 - 4 に示すように、上下線が隣接しており、また、トラス橋であり桁高が高いことから、橋梁点検車による中央分離帯側への近接が不可能であり、詳細な近接目視調査が困難であった。そのため、損傷などが確認された場合は補修・補強対策を実施できるよう、床版取替えの前年度に、足場を設け、詳細調査を行った。詳細調査結果の抜粋を図 - 11 に示す。なお、腐食量が小さい箇所は腐食Ⅰ、腐食量が大きい箇所は腐食Ⅴと表記している。横断勾配の低い中央分離帯側の遊間からの漏水が、下弦材に直接降りかかり劣化させたケース（写真 - 7）と、既設 RC 床版からの漏水が斜材をつたわり、下弦材の格点部を劣化させるケース（写真 - 8）があった。そのため、下弦材隅角部に隙間が確認された箇所については、当て板補修を実施した。また、当て板補修を実施するまでの期間については、通行車両により鋼桁に作用する断面力が許容値を超過しないよう、応力状態をモニタリングにより確認することとした。モニタリング状況を写真 - 9 に示す。また、この計測値については、ある閾値以上の値を計測すると、あらかじめ指定された担当者に自動でメールが送信されるシステムとした。

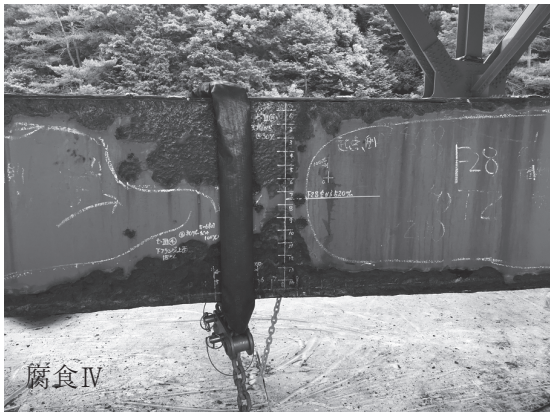


写真 - 7 下弦材中央部



写真 - 8 下弦材格点部

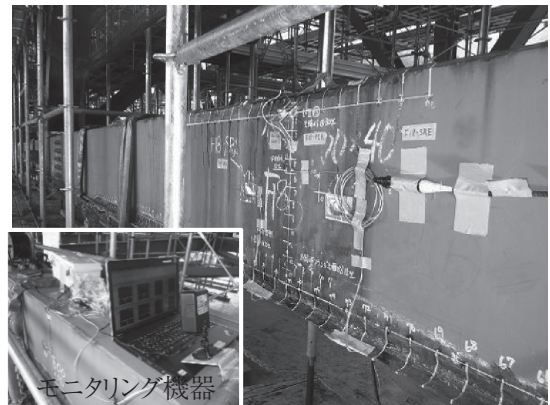


写真 - 9 モニタリング状況

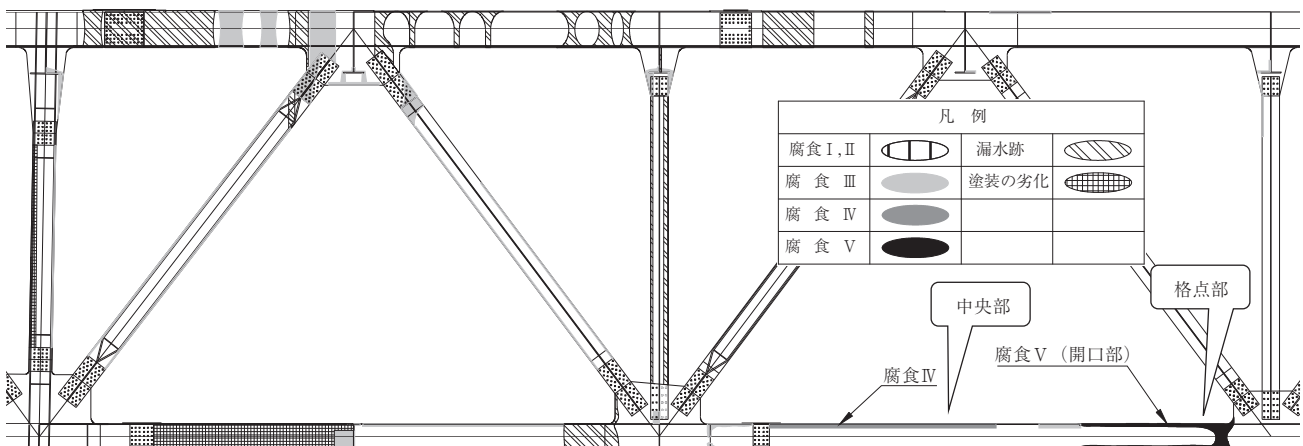


図 - 11 詳細調査結果（中央分離帯側 側面図）

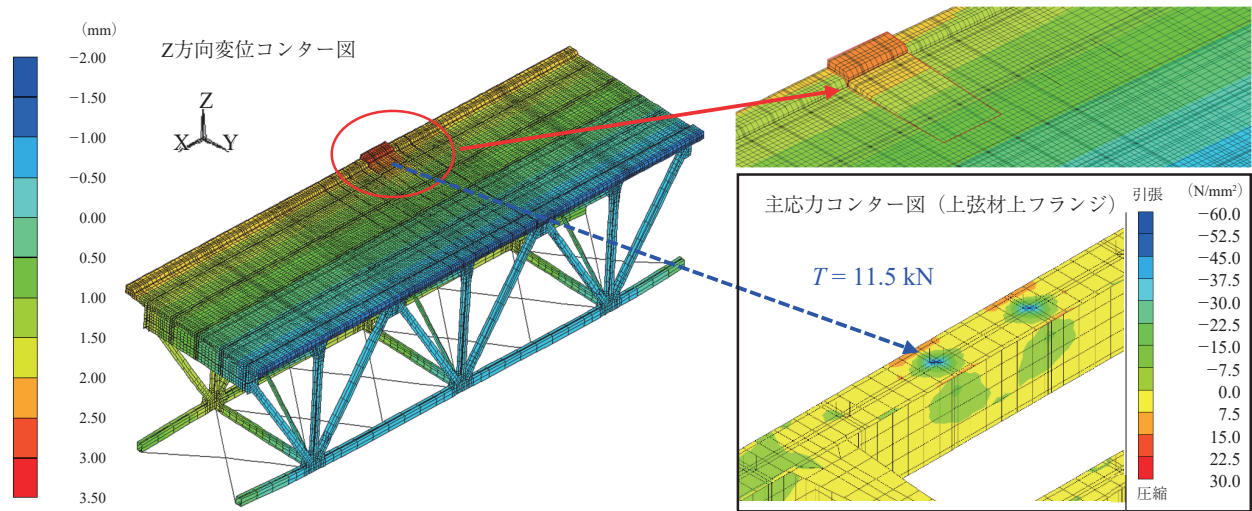


図 - 13 FEM 解析結果

解析結果を図 - 13 に示す。本解析は実際の施工に合せ、4 台のジャッキ（4 点）にて既設 RC 床版を引き剥がす状況をモデル化し、ジャッキ 1 台あたり 10 kN の荷重を載荷した場合

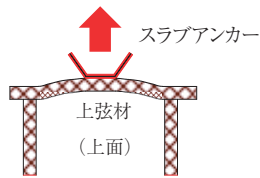


図 - 12 局部座屈

で、スラブアンカー位置に 11.5 kN の引張力が発生する結果となった。上弦材の最小板が 9 mm の場合の計算上の局部座屈荷重は 14.4 kN であるが、過去の施工事例から撤去時には計算値以上のジャッキ反力が必要となることから、従来の手法で引き剥がす場合は、上弦材の局部座屈が発生することも懸念された。

そこで、写真 - 10 に示すように、上弦材の上フランジに損傷を生じさせないように、スラブアンカーとの接合部を、側面よりワイヤソーにて切断することとした。ただし、この撤去方法は施工時間が長くなることから、すべての範囲で適用せず、従来の油圧ジャッキによる引剥がしと併用して施工を行った。この施工範囲については、現地での引剥がし試験を行い、実際に引剥がし時に発生する油圧ジャッキあたりの荷重を計測（平均 160 kN）し、その荷重で引き剥がしても局部座屈の発生しない板厚の範囲（28 mm 以上）で設定した。



写真 - 10 既設床版撤去状況（水平切断）

### 4.3 地覆部の一体打込み

壁高欄については、PCaPC 床版架設後に現地にて打込みを行うが、現場施工の効率化を図るために、地覆部分については PCaPC 床版と一体で打込み製作することとした。写真 - 11 に製作状況を示す。一体打込みを行うと、端部表面にプレテンション PC 鋼材の切断部が発生するが、かぶりを確保した位置に切断用の縦孔を設け、上縁より切断する形式とし、端部表面に PC 鋼材が現れないものとした。

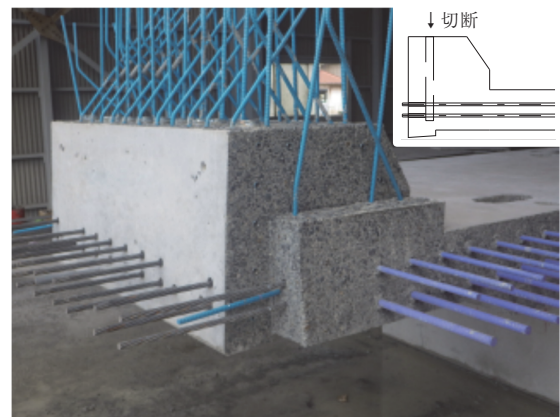


写真 - 11 地覆部の一体打設

## 5. おわりに

本工事は、鋼箱桁橋と鋼トラス橋を含み、さまざまな検討を必要としたが、無事、床版取替え工事を完了することができた。ご協力いただいた関係各位に感謝の意を表するとともに、本稿が今後の同種工事の参考となれば幸いである。

### 参考文献

- 1) 久徳貢大, 志道昭郎, 諸橋克敏: 新しい継手構造を適用したプレキャスト PC 床版の疲労耐久性確認試験, 第 27 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.375-378, 2018.11

【2021 年 7 月 1 日受付】