

ママチ川橋における支承取替と主桁連結の設計

戸田建設株式会社

正会員 ○吉田聡一郎 木下真二

島津勝則 今井均

小林靖宜

東日本高速道路株式会社北海道支社

成田厚志

兼重仁

針原拳太

1. はじめに

ママチ川橋は道央自動車道千歳 IC～新千歳空港 IC 間に位置する橋梁で、橋長 336.3m の 8 径間（4 径間×2 連）の非合成鈑桁橋である。ママチ川橋は、建設から約 45 年が経過しており、床版の老朽化による劣化が進行していることから、床版取替工事が必要となった。また、現在の支承構造は支承高さの高いピン支承や 1 本ローラー支承が用いられている耐震性の低い支承構造となっており、支承取替が望ましい形式であることが分かった。さらに、掛け違い部における耐震性・走行性・維持管理性（伸縮部の漏水対策）の向上¹⁾を目的に、主桁連結も併せて本工事で実施する計画とした。本稿は、ママチ川橋の支承取替および主桁連結について本橋梁の現場状況に応じた計画・設計について報告するものである。

2. 工事概要

工事名称：道央自動車道ママチ川橋床版取替工事

工事場所：北海道千歳市平和～北広島市大曲並木（図-1）

発注者：東日本高速道路株式会社 北海道支社

上部構造：鋼 4 径間連続非合成鈑桁×2 連（A1～P4、P4～A2）

支承構造：橋台 ピン支承，橋脚 ローラー支承

下部構造：ラーメン橋脚（過年度工事で耐震補強済）

工種：床版取替（約 8,000 m²）

支承取替（72 基）

主桁連結（P4 橋脚掛け違い部）

鋼桁塗替塗装（23,000m²）



図-1 現場位置図

3. 支承取替

(1) 支承取替概要

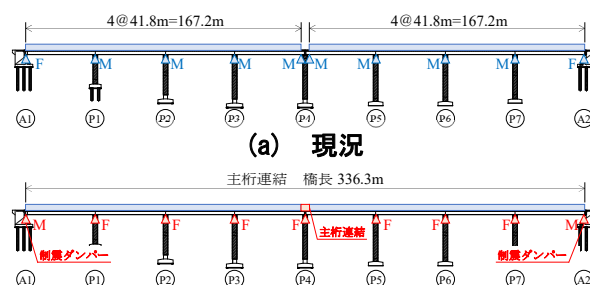
ママチ川橋の既設支承を写真-1 に示す。写真-1 (a) は橋台部の固定支承（ピン支承），写真-1 (b) は橋脚部の可動支承（ローラー支承）であり、ママチ川の既設支承は、前述した通り、支承高が高く、腐食が進行していることから支承取替が望ましいことが確認されている。特に、P4 の掛け違い部の支承については、伸縮装置から流れてくる雨水が原因で、ベースプレートだけでなく、支承全体で腐食が進行している。

ママチ川橋の支承取替後の支承構造を検討した結果、上部工の変位抑制が期待できる多点固定支承に変更するとともに、制震ダンパーによる耐震性の向上を期待できる「多点固定・制震併用構造」を採用するこ



(a) ピン支承（橋台） (b) ローラー支承（橋脚）

写真-1 既設支承



(b) 工事完成後

図-2 橋梁概要図

キーワード：多点固定支承，コンクリートブラケット，主桁連結，分割施工

連絡先：〒104-0031 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設株式会社 土木技術統轄部 TEL 070-4374-4233

とが適していると判断された。図-2 に現況の橋梁概要図，工事完了後の橋梁概要図を示す。支承条件について，F は Fix（固定支承），M は Move（可動支承）を示している。また，P1～P7 橋脚については，過年度に耐震補強工事として RC 巻き立て工法を実施している。本章では，①支承取替を実施する際に必要なジャッキアップ方法の選定，②施工時の桁伸縮量への対応，の 2 点について説明する。なお，支承取替の施工時期に関しては，後述する通り令和 6 年の交通開放時期の一年間としている。

(2) ジャッキアップ方法の選定

支承取替におけるジャッキアップ方法には，橋座面で直接支持する「主桁支持工法」，鋼製ブラケットやコンクリートブラケットを用いて支持する「下部工付きブラケット工法」およびベント（仮設支持構造物）を構築して支持する「ベント工法」など様々な支承取替工法が挙げられる²⁾。これらの工法の中から，ママチ川橋の特徴（以下 2 点）を踏まえた比較検討を行い適切なジャッキアップ工法を選定した。比較検討表を表-1 に示す。なお，橋台部のブラケットについては，制震ダンパーブラケットと兼用する計画であるため検討対象外としている。

特徴①：過年度工事で橋脚に RC 巻き立て工法を実施していること

特徴②：橋脚高が約 23.0m と高い橋梁であること

まず初めに，経済性で優位となる主桁支持工法を検討した。主桁支持工法の場合，本体橋梁と RC 巻き立て部の打ち継ぎ目でのジャッキアップとなること，橋脚天端角部でのジャッキアップとなることから角欠けの懸念があること，および橋座面の施工スペースが狭隘になり支承アンカー配置を考慮した新設支承ベースプレートが設置できない可能性があること，以上の問題点を考慮して主桁支持工法の適用はできないと判断した。

次に下部工付きブラケットにおける鋼製ブラケットの適用を検討した。支点反力（死荷重＋活荷重）によるブラケットのアンカー照査を実施したところ，D51 の太径アンカーが必要となることが分かった。過年度工事において，RC 巻き立て工法を実施していることから，耐震補強鉄筋と既設橋脚本体の鉄筋（以降，既設鉄筋と称す。）を避けてアンカー削孔をする必要がある。また，アンカー削孔前に行う鉄筋探査を実施しても，巻き立てコンクリートの奥にある既設鉄筋の配置までは確認できないことを考慮すると，D51 の太径アンカーの削孔（鉄筋径＋10mm＝φ61mm）は非常に困難であると判断した。なお，竣工図を基に既設鉄筋と耐震補強鉄筋を復元して確認を行ったが，双方の鉄筋を完全に避けて削孔することは不可能であると考えられる（図-3）。そこで，アンカー径を小さ

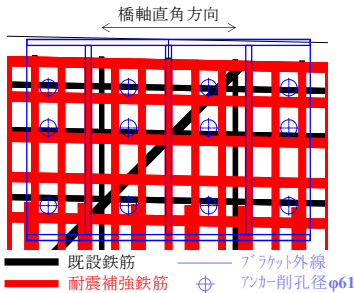


図-3 アンカー削孔復元図（鋼製ブラケット）

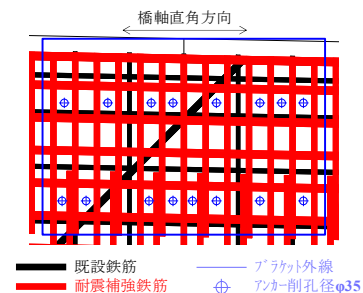
表-1 ジャッキアップ方法比較検討表

工法	主桁支持工法	下部工付きブラケット		ベント工法
		鋼製ブラケット	コンクリートブラケット	
側面図				
概要	- 耐震補強巻き立て部直上でのジャッキアップとなり角欠けの懸念がある。 - 橋座面の施工スペースが狭隘で施工不可。アンカー配置に制約が発生する。	- 鋼製ブラケットのアンカー径は D51 の太径で，耐震補強鉄筋と本体鉄筋を避けてアンカー削孔は難しい。 - 施工スペースが確保可能	- コンクリートブラケットのアンカー径は D25 で，耐震補強鉄筋と本体鉄筋を避けてアンカー削孔が可能である。（図-4 参照） - 施工スペースが確保可能	橋脚高の高い本橋梁では，経済性の観点から不利となるため，ベント工法は採用不可
判定	×	△	○	×

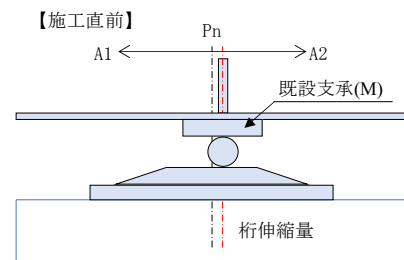
くする案として、コンクリートブラケットの適用を検討した。鋼製ブラケットに比べ、コンクリートブラケットは形状の自由度が高く、アンカー位置を柔軟に変更することができる。せん断力に抵抗するアンカー本数を増やすことで、コンクリートブラケットを採用する場合のアンカー径は D25 まで小さくすることができることから、**図-4** に示す通りアンカー削孔可能であると判断した。なお、**表-1** のベント工法については、橋脚高の高い本橋梁では、経済性の観点から不利と分かったため、採用は見送っている。以上より、ママチ川橋の 2 つの特徴を踏まえた検討結果から、構造安全性・施工性・経済性を考慮して、橋脚部のジャッキアップ方法には、コンクリートブラケットを用いることとした。

(3) 施工時の桁伸縮量への対応

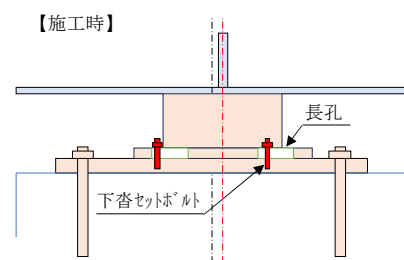
支取替において、温度の影響で常に動いている既設の可動沓を固定沓へ取り換える場合、橋脚中心軸と既設の主桁支点部垂直補剛材の中心軸に誤差（上下芯ずれ）が発生するため、温度変化による桁伸縮量を考慮して設計を行う必要がある（**図-5(a)**）。そこで、桁伸縮量（1 点固定支持条件）の経過観測と脚付きフレーム解析の結果から、建設当時の基準気温と施工時の予想気温との温度差による上下芯ずれ量を予測した。その結果、上下芯ずれ量は大きい箇所でも 6.0mm 程度であることから本工事では、**図-5(b)** に示すように下沓とベースプレートのセットボルトを長孔に変更することで対応できると判断した。構造物に生じる予想伸縮量と実際の伸縮量との差異を考慮し、安全性および施工性を確保するため、長孔の余裕量は 40mm と設定し、工事全体としてのリスクを最小限に抑えることを目指した。実際に下沓に長孔を設けて施工した様子を**写真-2** に示す。長孔を設けたことにより、支承設置時の微細な位置調整が可能となり、支承の設置作業を円滑かつ効率的に進めることができた。



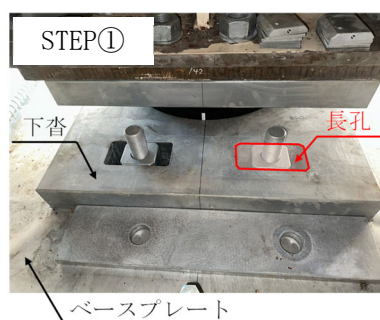
**図-4 アンカー削孔復元図
(コンクリートブラケット)**



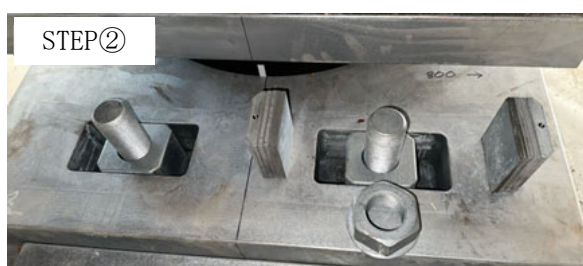
(a) 芯ずれ概要図 (施工直前の様子)



**(b) 下沓セットボルト孔の長孔概要図
図-5 桁伸縮量への対応**



(a) 支承設置状況



(b) 長孔と隙間埋め PL の設置準備



(c) 隙間埋め PL (フィラー) 設置完了



(d) 支承設置完了

写真-2 支承設置・完了

4. 主桁連結化

(1) 主桁連結概要

掛け違い部の耐震性・走行性・維持管理性の向上を目的に、P4 橋脚の既設伸縮装置を撤去し、主桁連結を実施することとした（図-2 P4 橋脚）。実際に当現場の掛け違い部においては伸縮装置からの漏水による腐食が確認されていた。主桁連結を実施することで、地震時の応答性能の向上が期待されるとともに、伸縮装置がなくなることによる維持管理作業の負担軽減と効率化にも寄与することとなる。

支取替後の支承構造を上部工の変位抑制が確保できる橋脚の多点固定構造へと変更するため、P4 橋脚の支承構造は、現況の2支承線を見直し、1支承線の構造とすることが必要である。これは、2 支承線を維持したまま主桁連結をした場合、隣接する支承同士の影響により過大な作用力（偶力）が生じる恐れがあるためである（図-6）。一方、P4 橋脚の支承構造を1 支承線へ変更すると、主桁連結部材に P4 の支点反力が作用することとなる（図-7）。以上を踏まえ、本章ではママチ川の既設鋼桁の状況や交通規制期間を考慮した主桁連結化の計画・設計について説明する。

(2) 主桁連結化の工法検討

主桁連結化の代表的な工法として、「鋼桁主桁連結工法」³⁾が挙げられる（図-8）。鋼桁主桁連結工法は、既設鋼桁の腹板に連結板（モーメント PL とシャー PL）を取り付けることで主桁の連続化を図る工法であるが、2 支承線での連続化を想定しており、連結部に下フランジ（荷重支持点）を有する構造ではないため、鋼桁主桁連結工法を採用することは難しい。

そこで、筆者らは表-2 に示す通り、鋼桁主桁連結工法を参考にした中

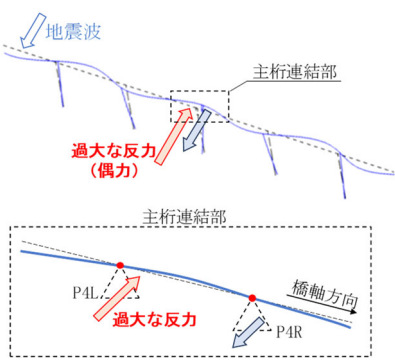


図-6 偶力発生イメージ図

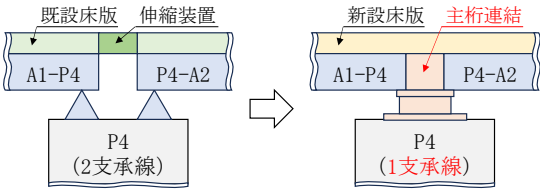


図-7 P4 掛け違い部の構造変更概要図

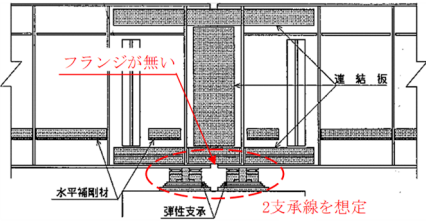


図-8 鋼桁主桁連結工法³⁾

表-2 主桁連結方法比較検討表

	A 案	B 案
完成側面図		
構造的性	・上下部に切欠きを有する連結部の桁高が低い主桁構造であり、応力集中を伴う構造上弱点の多く有する構造である。[△]	・主桁全断面で接続するため、主桁に連続性があり、応力集中箇所を有しない構造である。[○]
維持管理性	・腐食が進行している伸縮装置受桁を残置するため、補修補強が必要となる。[△]	・腐食が進行している伸縮装置受桁を全撤去するため補修補強が必要ない。[○]
施工性	・既設主桁（下フランジ）の切断・撤去が必要[△] ・交通規制が必要ない[○]	・既設主桁（全断面）の切断・撤去が必要[△] ・交通規制が必要[△]
判定	△	○

中央連結材のみで連結させる方法（A 案）と主桁の全断面を切断し再構築する方法（B 案）を比較検討し、適切な連結方法を選定した。

A 案は、伸縮装置を残置させた状態で、支承取替および主桁連結を実施することが可能である（表-3(a)）が、上下部に切欠きを有し、主桁部材に連続性がない構造である。非連続性による応力集中は、疲労き裂の発生や進展を促進し、疲労強度を低下させる要因となり得るため、本工事において A 案は不採用とした。

B 案については、主桁の上フランジまでの改造（既設伸縮受桁の撤去）を想定しているため、主桁に連続性があり、応力集中箇所を有しない構造であるものの、交通規制が必要である。R7 年度の交通規制期間中には主桁連結の影響を考慮した場所打ち部の床版取替を実施する予定であり、予定されている工種に加え、全断面の主桁連結と P4 支承取替工事を新たに追加することは、工程上難しいことが分かった（表-3(b)）。そこで、前年の R6 年度中に P4 支承取替工事までを行えるように、主桁連結の上下半分分割施工を行うこととした（表-3(c)）。

(3) 主桁連結の分割施工

主桁連結の分割施工について、R6 年度施工終了時点の側面図を図-9(a)に示す。同図に示すように、R6 年度中に主桁連結の下半構築と P4 支承取替を実施することで、R7 年度の施工量を大幅に減らすことが可能となる（表-3(b), (c)）。R7 年度に発生する追加工事は主桁連結の上半構築だけとなり（図-9(b)の赤着色）、工程上問題なく施工できることを確認した。なお、R6 年度の部材設計を行う際は、交通開放中であることを考慮し、施工時の許容値割り増しを行わない設計方針とした。また、連結部下半構築の際は、一時的に図-9(a)のハッチ箇所が急激な断面変化が発生するため、応力集中補正係数⁴⁾を見込んで設計を行った。

以上の主桁連結の計画・設計を踏まえた現場施工状況を写真-3に示す。本稿執筆時点は R6 年度の施工が完了しており、主桁部材の下部が連結されている状態である。連結化に際しては、施工中の温度伸縮を制御するために仮固定部材を設置するなど、部材製作から主部材設置まで手戻りを発生させないように綿密に施工計画を立案した（写真-3(a)）。仮固定装置を設置し、気温変化による桁伸縮を拘束した後に、写真測量（点群測量）を行い部材製作・設置を行った。その結果、既設部材と新設部材のウェブ遊間を 10mm とする非常に高精度な施工を行うことができた（写真-3(b)）。

表-3 交通規制実施状況と施工内容

(a) A 案採用時の施工内容

年度	R5	R6	R7
交通規制	有り	無し	有り
工種	床版取替	支承取替 主桁連結	床版取替 (場所打ち部)

(b) B 案採用時の施工内容

年度	R5	R6	R7
交通規制	有り	無し	有り
工種	床版取替	支承取替 (P4 除く)	床版取替 (場所打ち部) P4 支承取替 主桁連結

(c) B 案（分割施工）採用時の施工内容

年度	R5	R6	R7
交通規制	有り	無し	有り
工種	床版取替	支承取替 + 主桁連結 (下部)	床版取替 (場所打ち部) + 主桁連結 (上部)

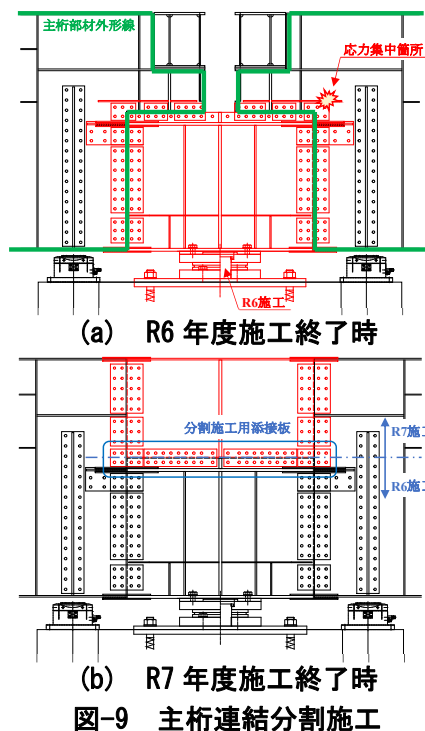
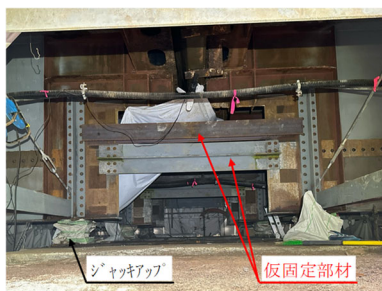
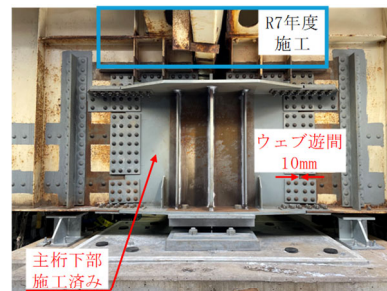


図-9 主桁連結分割施工



(a) 仮固定装置設置



(b) R6 年度施工終了時

写真-3 主桁連結施工状況

4. おわりに

ママチ川橋の支承取替・主桁連結について現場状況に応じた計画・設計を実施した。支承取替については、様々なジャッキアップ方法の中から、本橋梁の特徴を踏まえた工法の選定を行った。また、国内でも事例の少ない可動沓から固定沓への難易度の高い支承取替について、事前のジャッキアップ計画と支承のセットボルト孔に長孔を採用する工夫より、支承取替を無事に実施することができた。主桁連結については、応力集中を生じさせない連結方法を提案し、交通規制期間を遵守するための対策として、主桁連結の上下半分分割施工を選定した。今後も、耐震性向上を目的に支承取替や主桁連結化の事業が増加すると見込まれるなかで、本報告が参考となれば幸いである。

謝辞

本論文作成にあたり、東日本高速道路株式会社 北海道支社様にはご協力とご支援を賜りました。貴重なご意見や資料のご提供、各種調整において多大なるご尽力を頂きましたこと心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 東日本高速道路株式会社：設計要領第二集橋梁保全編，令和 5 年 10 月
- 2) 日本橋梁建設協会：支承部補修・補強工事施工の手引き，平成 25 年 1 月
- 3) 道路保全技術センター：既設橋梁のノージョイント工法の設計施工手引き（案），平成 7 年 1 月
- 4) 日本道路協会：鋼道路橋設計便覧，令和 2 年 9 月