

当別川橋（LB橋）の架設

Erection of Tobetsugawa Bridge (LB bridge)



川崎 順 永*¹
Norinaga KAWASAKI



坂根 秀 和*²
Hidekazu SAKANE



日比谷 篤 志*³
Atsushi HIBIYA



小 岳 弘 幸*⁴
Hiroyuki ODAKE



中垣内 龍 二*⁵
Ryuji NAKAGAITO

要 旨

4車線化にともない供用中の既設桁と近接した並列位置に架設するため、斜角の大きい桁の横取り架設を採用した軟弱地盤上のクレーンベント架設である。

キーワード：並列橋、軟弱地盤、横取り架設、大きい斜角、マジックライド、杭基礎

1. はじめに

本橋は北海道の当別バイパス事業における一般国道337号線の4車線化の一環として、すでに供用している当別川橋の下流側に新設する橋長333.0mのうち、271.623mの範囲に位置する鋼重約1600tの橋梁の製作・架設工事である。並列して供用されている既設橋は弊社を含めたJV工事にて平成14年に施工した。

- (1) 工 事 名：一般国道337号当別川橋架設工事
- (2) 発 注 者：北海道開発局札幌開発建設部
- (3) 工事場所：北海道石狩郡当別町
- (4) 工 期：自 平成21年10月10日
至 平成23年12月9日
- (5) 橋梁形式：2径間連続変断面鋼床版箱桁
- (6) 橋 長：271.6m（当該区間）
- (7) 支 間 長：136.3m+132.5m
- (8) 架設工法：クレーンベント横取り併用工法

橋梁の特徴としては、河川への阻害を考慮して、下部工の設置方向は流水方向と平行している。そのため、P1橋脚で58°、P2橋脚で45.5°、A2橋台で60°といった各支点で異なる斜角がついている。斜角が大きいため完成時に端支点部にアップリフトが生じるため、桁内にコンクリートを打設してアンカーブロックとする構造を採用している。

支間長は130mを超え、中間支点上において桁高は6.8mとなる（図-1、2）。

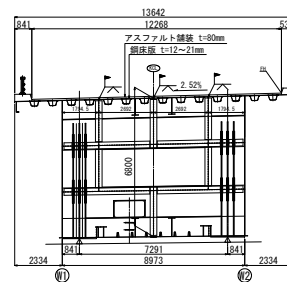


図-1 上部工断面図

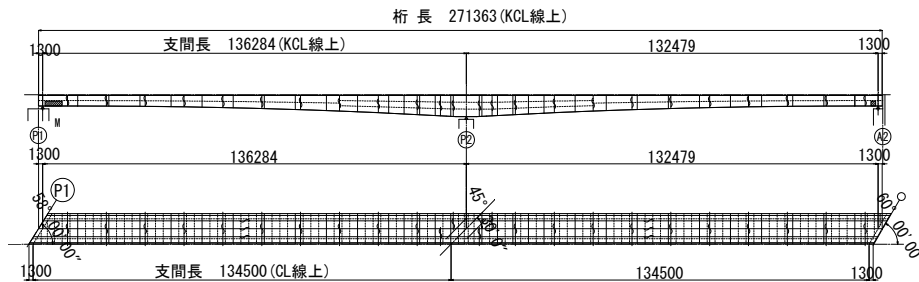


図-2 上部工一般図

*¹ 建設事業本部 建設工事本部 工事部 工事グループ 現場代理人
 *² 橋梁事業本部 橋梁工事本部 橋梁工事部 東京工事グループ
 *³ 建設事業本部 保全事業部 保全工事部 保全工事グループ

*⁴ 建設事業本部 工務・計画本部 計画部 計画グループ 係長
 *⁵ 橋梁事業本部 技術本部 技術部 東京計画グループ サブリーダー

供用中の既設橋との離隔は最小で20mm程と非常に接近している。そのため本工事の架設には供用中の通行車両に対して安全を考慮した架設方法を採用する必要がある。

2. 架設概要

冬から春までは積雪および雪解け水による河川の出水による影響で工事ができず、2期にわたる施工であった。

(1) 架設工法

桁の架設は横取り架設併用のクレーンベント工法とした(図-3, 4)。前項の供用中の既設橋との離隔を考慮すると通行車両に対して安全を配慮する必要があること、また現場は河川敷内であり非常に軟弱な地盤であるため、ベント基礎は杭構造となり架設後のベント杭の撤去が困難なことが予想された。

そこで既設橋から下流側に3m離れた位置のベント上にクレーンで新設桁を架設し、ベントを解放して支点支持状態とした後に両橋梁間に位置するベント基礎杭を事前に撤去しておく。撤去後に各橋台・橋脚上に設置した軌条の上で桁を横移動して所定の位置に据え付ける横取り架設工法を併用した(図-5)。

当初桁はすべて550t吊のオルテレンクレーンで架設する計画であったが、問題点として上げられたのが、

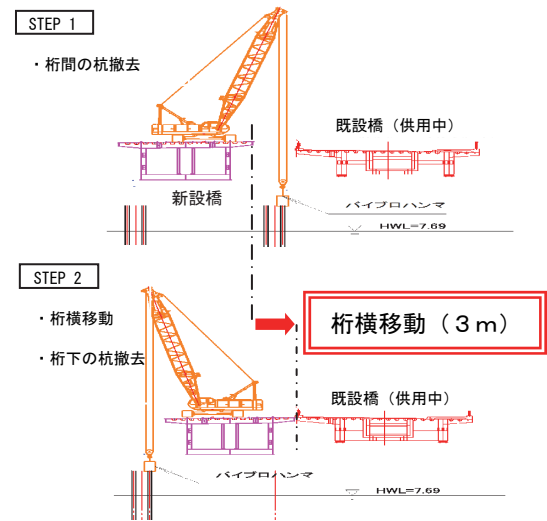


図-5 杭撤去の要領図

- (1) 使用料の高い油圧クレーンを架設期間中長期にわたり拘束してしまう。
- (2) クレーンの架設位置毎にアウトリガーの地盤養生として多量の杭基礎が必要となる。
- (3) クレーン(杭施工クレーンも含む)がそれぞれの施工位置まで移動するための走行路にも地盤養生が必要となる。

これらを経済性と施工性から考慮した結果、架設に使用する重機をクローラクレーンに変更することで走行路と架設位置の地盤養生を兼用することとした。

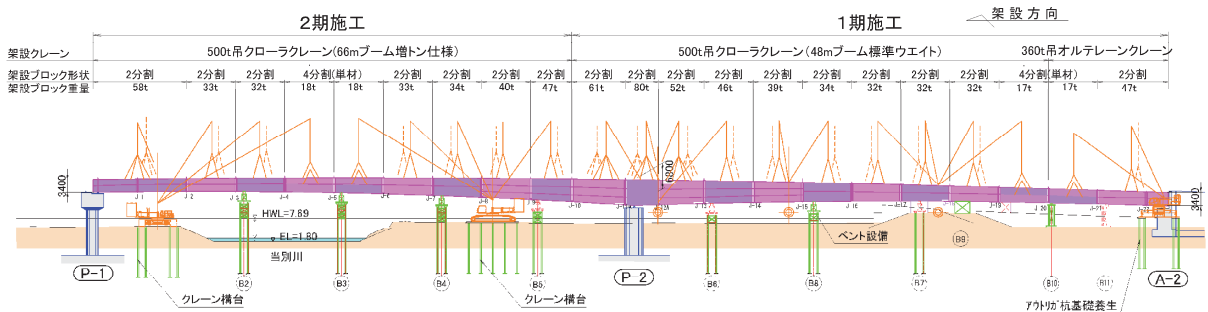


図-3 架設側面図

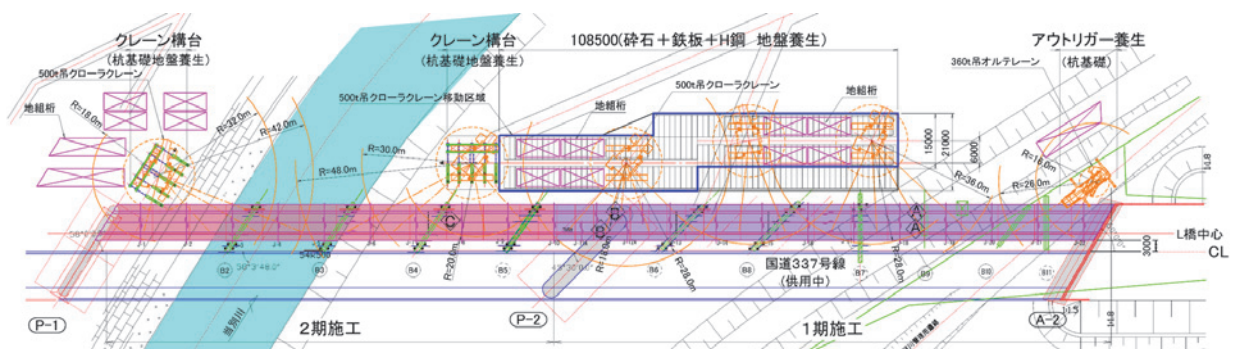


図-4 架設平面図

(2) 作業ヤードの補強

施工場所は地表面より下方約35m以上においてまでN値が10以下の砂質土層・粘性土層からなる軟弱地盤のため、架設作業時におけるクレーン載荷重による地盤の安定性と、先行設置したベント杭への桁架設時のクレーン載荷重による影響が懸念された。そこで実施工に先立ち地盤変位やベント杭の変位・応力状態を確認するために2次元FEM解析の実施も含めて検討を行った。

1) クレーン走行路および架設位置

クローラクレーンの移動および架設箇所は碎石と敷鉄板により補強した状態で地盤安定計算を行った。しかし結果は碎石高500mmと敷鉄板だけではNGとなったため、さらに荷重を分散させるためH-300鋼を敷設することで所用の安全を確保した(写真-1)。

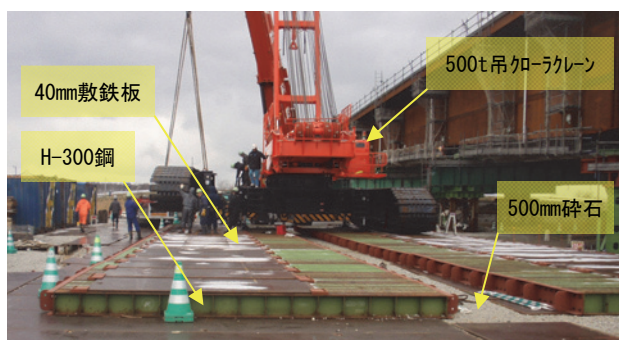


写真-1 走行路および架設補強

ただし、河川法面に近いクレーン設置箇所での地盤安定計算結果は、上記養生を行っても円弧すべりに対して所定の安全率を得ることができなかったため、杭基礎によるクレーン構台を設置した(写真-2)。



写真-2 クレーン構台

またA2付近の架設は河川管理用道路があり、大型のクローラクレーンの進入が困難なため、360t吊トラッククレーンを使用し、据え付け箇所のアウトリガー位置に基礎杭を打設して補強した(写真-3)。

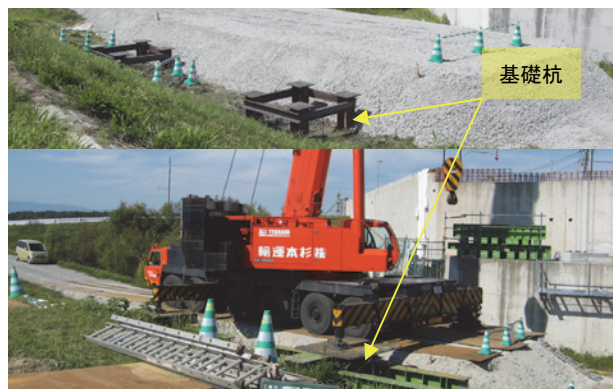


写真-3 アウトリガー基礎杭

2) ベント基礎杭

解析の結果は杭体に作用する曲げモーメントおよびせん断力に対して応力度上は満足したものの、杭天端および地中部に作用する水平変位および地盤沈下量は比較的大きな結果となった。そこで、1ブロックにおいて断面で左右2分割して架設することで、吊上げ重量を減らしたり、クレーンとベント杭の離れを大きくとるなどして、余裕度を大きくとるための架設計画の見直しをおこなった。結果は当初に比べて以下のように変位量が減少し、裕度ならびに沈下量の抑制が可能となった。図-6、7に解析のモデルおよび結果を示す。

- ・ベント杭水平変位：杭天端変位 31mm→22mm
：地中部最大 49mm→44mm
- ・クレーン載荷位置での地盤沈下量 240mm→210mm

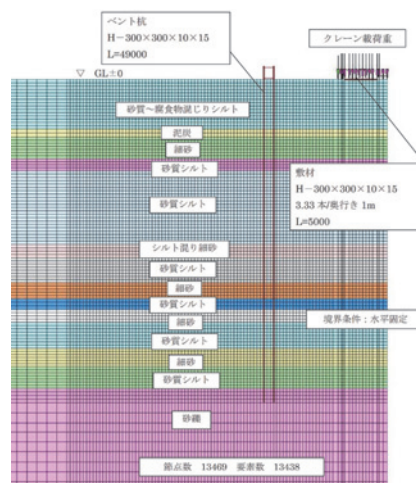


図-6 解析メッシュ図

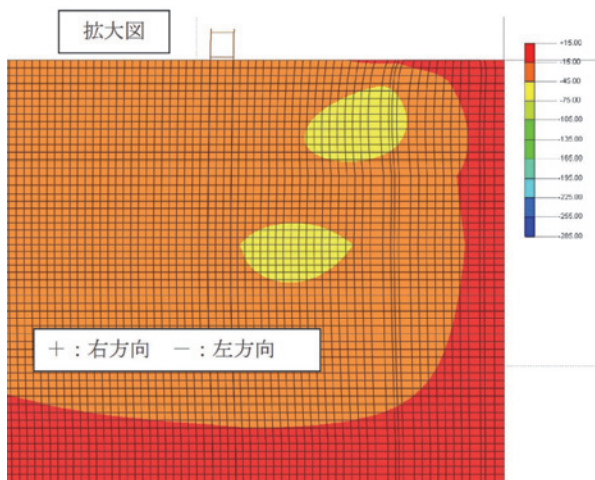


図-7 X方向変位コンター図

(3) 杭施工（設置）

ベントおよびクレーン構台の基礎杭には300~400mmサイズのH形鋼を使用した。河川敷内の非常に軟弱な地盤であることから、杭周りの付着力は期待せず、支持層まで打ち込むこととした。そのため打ち込み深さは最大で50mと非常に深い値となった。杭の施工は架設と兼用のクレーン走行路から150t吊クローラクレーンによって施工し（写真-4）、河川内は架設用の構台から架設に使用した500t吊クローラクレーンで施工した。



写真-4 ベント杭設置

(4) 桁形状管理

1) 溶接キャンバー

本橋の主桁現場継ぎ手は鋼床板のみが溶接であり、製作時に溶収縮を考慮した付加キャンバーが付けられている。施工は2期にわたり不安定な状態で架設が中断するため主桁の設置高さは極力低く安定させておく必要がある。また架設途中に出水対策により一部のベントを撤去することや、溶接によるデッキ収縮からベント受け

点での付加応力の影響を考慮する必要があった。そのため架設ステップ毎の形状管理を検討した。この検討は特に本橋のように斜角のきつい主桁においては適切に行わないと完成形ではほぼ支点反力がゼロとなる支承の場合、浮き上がってしまう可能性があるため、各ウェブ毎に個別に検討をし、現場において入念に管理を行った。図-8に検討図を示す。

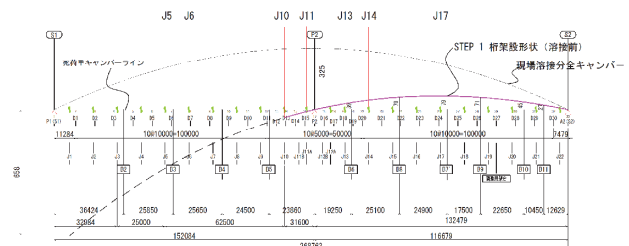


図-8 溶接キャンバー検討図

2) 架設変形形状

本橋は大型橋梁であり、断面で縦横分割となる（図-1）。これを地組立てしてクレーンベント架設を行っているが、前項のクレーンの地盤反力によるベント杭への影響を回避するため、当初よりも地組立ての分割数を増やして架設をおこなっている。

その結果、左右分割（コの子）での地組み立て架設（写真-5）は施工上特に支障はなかったが、クレーンの作業半径が届かないため上下左右に4分割まで細かくした場合（写真-6）、ベントの受け点から張り出すと断面中心側の下フランジがウェブから大きく張出しているため自重でたわみ、形状を合わせることが困難となった。そこで架設時に仮の支保工で先端を受けるとことでたわみを取り、次のベント受け点まで左右片側（コの子）の架設を先行させて形状を安定させた後もう片方の跳ね出しブロックを架設していく順序で添接作業にあたった。



写真-5 2分割架設状況



写真-6 4分割架設状況

(5) 現場溶接管理

本橋梁は、鋼床版の継手は標準部が板厚12mmの現場溶接でありその溶接方法としてサブマージアーク溶接を採用している。支点上の鋼床版については最大で板厚21mmのため一部ガスシールドアーク溶接とした。

通常、現場での鋼床版サブマージアーク溶接の場合ガスシールドアーク溶接と異なり一般に風防設備を必要としないが、本橋梁の架橋地点周辺は遮蔽物がなく、また河川上で風の通り道になりやすいなどの地理的条件から、サブマージアーク溶接の際も風防設備を用いて溶接作業を行った。その写真を写真-7に示す。



写真-7 溶接風防設備

風防設備には型枠足場を流用し、溶接作業中は鋼床版の吊金具や手すりなどで強固に固定して不意の突風にも十分注意した。風防設備を設置することによってより溶接品質を確保することが出来るが、別途定めた溶接時の気象条件（気温・風速）を超える場合には作業を中止し

た。

現場溶接部の非破壊検査は超音波探傷試験を溶接継手全線に行い、合わせて端部や交差部は放射線透過試験を用いてクロスチェックを行い、溶接品質の確保に努めた。

また、鋼床版の疲労についての配慮から外観検査時の判定基準を厳しくした。また、工場製作時に溶接にて設置している鋼床版上の吊金具の撤去については、撤去完了後有害な傷が残っていないか磁粉探傷試験を行った。その状況を写真-8に示す。

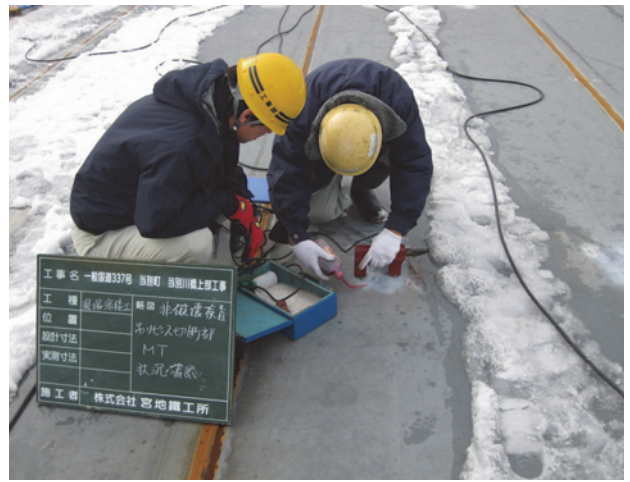


写真-8 磁粉探傷試験

(6) 杭施工（撤去）

桁組み立て完了後、ベント基礎杭の撤去を河川内は60t吊クローラークレーンを横取り前の桁上に乗せて施工した（写真-9, 10）。



写真-9 杭抜き状況



写真-10 杭材撤去状況

杭基礎の撤去は設置したときと同じ能力のバイプロハンマーによる引き抜き作業を試みたが、引き抜くことができず、能力の大きなバイプロハンマーを採用することとなった。おそらく最も時間の経過したもので設置から1年以上が経過しており、杭周りの地盤の締固まりで付着力が増加したためと予想される。そのため、過負荷により安全装置が作動し、バイプロハンマーの停止により撤去作業の効率が低減し、また周囲の地盤振動が大きくなり、周辺環境の悪化が懸念された。

そこで、地盤改良などで薬液注入などに使用されるウォータージェットを使用し（写真-11）、高圧水によって杭まわりの地盤を取り除き、杭基礎周りの付着力を低減させることで、杭を設置したときよりも小さな能力のバイプロハンマーによる撤去作業が可能となるとともに、地盤振動も低減でき、周辺環境への負荷を軽減することができた。



写真-11 ウォータージェット使用状況

(7) 横取り架設

当初計画では、河川内で支点反力の最も大きい中間支点であるP2橋脚が端支点と斜角が大きく異なっているため、横取り方向を両端部に合わせた場合に橋脚の構造中心方向が異なり、RC橋脚上での横取り設備の設置位置（荷重載荷位置）が橋脚縁端に近く、橋脚の品質を確保することが困難と予想された。

これを回避するには、本来支点反力の最も大きい中間支点において横取り方向を一致させる事が好ましいが、本橋のように横取り桁の端部が橋台本体に干渉して配置することができない場合は橋台よりも高い位置に桁を組み、横取り後にジャッキダウンする方法がある。しかし橋脚・橋台上が狭く架設位置も高くなるため、長期の桁組み立て時や、横取り時不安定な状態となることが懸念された。

そのため、桁降下量を最低限に抑え、かつ安定した桁横移動を行うため、横取り方向はA2橋台部の斜角に合わせた60°を基準とし（図-9）、以下の2点について対策を講じた。

- (1) P1橋脚部の斜角58°に対し、横取り軌条設置角度を+2°調整し横取り方向と同じ斜角60°として設定
- (2) P2橋脚部は軌条設置角度を橋脚構造中心角と同じ斜角45°30′と設定し、横取り方向および、それに交差する方向の2軸において移動が可能な重量物移動装置であるマジックスライドを使用することで、斜角60°方向への横取りに対応

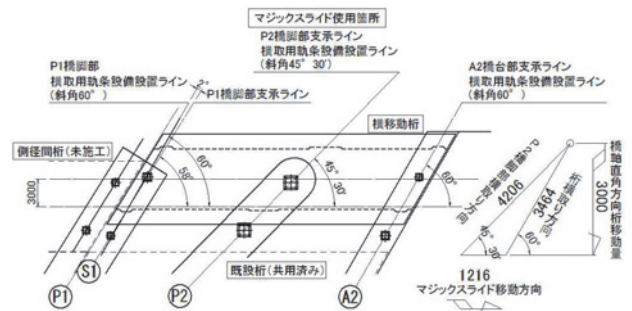


図-9 横取りライン

ここでマジックスライドとは各横取りラインで横取り方向が異なる（各横取りラインが平行でない）場合において、横取りの進捗に伴う各受点間隔の変化に追従可能な二軸のスライド装置のことである。

本工事においては、マジックスライドを使用することで横取り方向と大幅に異なるP2橋脚の構造物中心線上

へ横取り軌条設備を設置することが可能となった。ただし、中間橋脚の1支点あたりの設計反力は5000KNを超える大反力であり、既存のマジックスライド（2000KN耐力）の耐荷重を大幅に超過するため、弊社の8000KN耐力のすべり沓を改造して新規のマジックスライドを開発・導入することで対応することとした。

今回開発したマジックスライドは、8000KN滑り沓上のスライド架台（天面にテフロン板貼付）に、横取り桁とボルト固定した桁受け梁を設置し、500KN200ストロークセンターホールジャッキにより、PC鋼棒を介して引き込むことにより、滑り沓進行方向と交差する軸上で桁移動を可能としている（図-10、写真-12）。

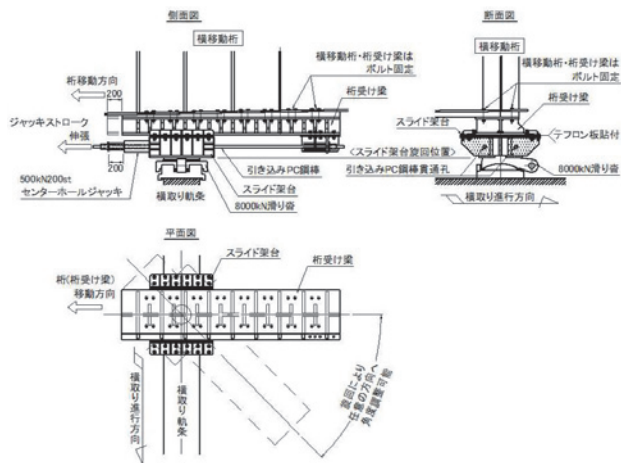


図-10 マジックスライド構造図

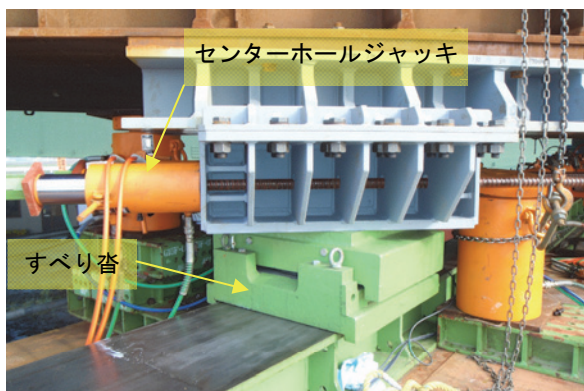


写真-12 マジックスライド

各橋脚、橋台部における横取り設備組合せおよび支点反力を図-11に示す。横取り駆動力として使用する水平ジャッキは両端部にて押引500KN1050st水平ジャッキを1台ずつ使用に対し、P2橋脚部においては1200KN1100st水平ジャッキを2台使用している（写真-13）。横取り桁は橋軸直角方向に対し3.0mの移動を行い、各支点部

における移動量はP1橋脚・A2橋台にて3.464m（斜角60°方向）、P2橋脚にて4.206m（斜角45°30′方向）、P2橋脚マジックスライド上にて橋軸方向に1.216m桁が移動することとなり、中間支点部のP2橋脚と両支点部のP1橋脚・A2橋台における横移動量に大きな差が生じる。

本工事における横移動は、横取り方向（斜角60°方向）に伸長するP1橋脚、A2橋台部の500KN1050ストローク水平ジャッキ、P2橋脚構造中心線方向（斜角45°30′方向）に伸長する、1200KN1100ストローク水平ジャッキおよび、マジックスライドに組み込まれた橋軸方向に伸長する500KN200ストロークセンターホールジャッキと3種類のジャッキが3方向に組み込まれることとなり、それぞれの動作速度を調整した上で連動させる必要がある。センターホールジャッキ200mmのストローク伸長に対し、500KN1000st水平ジャッキが576mm、1200KN1100st水平ジャッキが692mmのストローク伸長が必要になる。各々のジャッキに使用する必要油量も大きく異なり、可変ポンプユニットの使用だけでは3種類のジャッキのストロークの伸長速度を同調することが出来ないため、ポンプユニットとその電源となる発電機との間に電源の周波数を調整するインバーターユニットを使用することでジャッキの動作速度を微調整した。

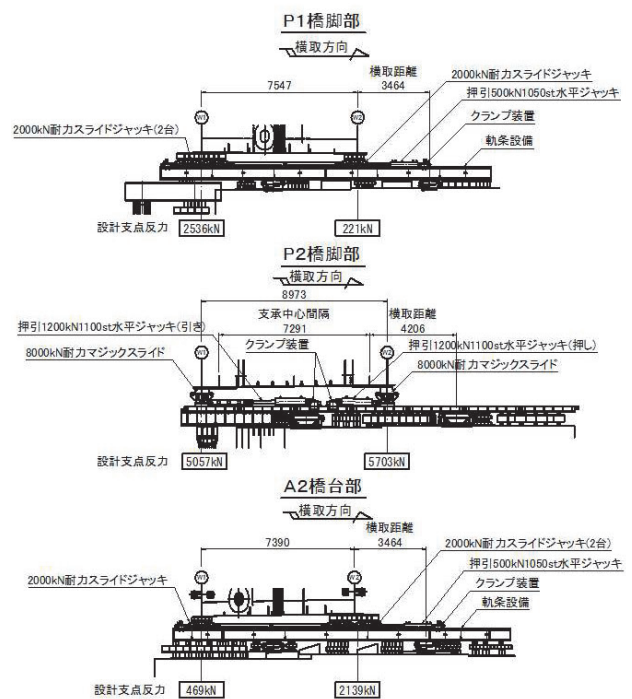


図-11 横取り設備図

また、各ジャッキのジャッキ伸長量を管理するため、ワイヤー式変位計を各ジャッキに取り付け、各橋脚、橋台部には斜角60°方向の桁横移動量を計測するためレーザー式距離計をそれぞれ設置し、ジャッキストローク伸長量および桁の横取り量を制御室にて常時確認し一元管理を行った(図-12)。



写真-13 P2横取り設備



図-12 ジャッキ管理画面

3. おわりに

本橋では、河川への阻害および河川環境への負荷を低減する目的から、RC橋脚の設置方向は流水方向と平行になり、結果として、各橋脚できつい斜角を有する構造系となった。

本橋の鋼桁架設では、様々な制約条件から最も反力の大きいP2中間支点での二軸スライド装置を用いた縦移動併用の横取り架設を実施したが、反力が大きい故に桁の移動作業においては、スムーズな移動と桁の安定性の確保が重要であった。また、桁架設時における軟弱地盤上での大型クレーンの傾斜防止対策として採用した各種地盤補強は有効に機能し、安全作業を確保でき、今後も有効な軟弱地盤対策であることを確認できた。

ウォータージェット併用による杭基礎の引き抜き施工については、撤去時の地盤振動の低減や機械の省力化に効力を発揮した。様々な課題を抱えながらも、これを克服し、本橋の架設は完了した(写真-14)。

当現場は北海道の積雪の多さと雄大な自然が記憶に残る現場であった(写真-15)。

最後に、本工事におきましてご指導賜りました北海道開発局札幌開発建設部の皆様、並びに各方面でご尽力いただきました関係者各位に誌面をお借りしまして、厚く御礼申し上げます。

2013.12.2 受付



写真-15 オジロワシ (天然記念物)



写真-14 架設完了