

論文・報告

棧4号橋の設計・製作・架設

～構造の合理化，製作・架設の工夫～

Design, Fabrication and Construction of KAKEHASHI No.4 Bridge

吉田 賢二 *1
Kenji YOSHIDA岡田 正信 *2
Masanobu OKADA森井 茂幸 *3
Shigeyuki MORII井上 康太朗 *4
Koutarou INOUE得永 孝樹 *4
Takaki TOKUNAGA大井 祥之 *5
Yoshiyuki OI

棧4号橋は、総延長距離2.7kmの棧改良事業の1つとして計画された上路式鋼ローゼ橋である。本橋の特徴としては、鋼・コンクリート合成床版の適用による床組構造の簡略化および床版の疲労耐久性の向上、支柱間の対傾構の省略、支柱と補剛桁との結合に支承を適用したことなどが挙げられる。また、本橋の架設については、架設地点の地形が木曾川に浸食されたU字谷であり、河床と路面との高低差が30～40m程度と大きいことから、ケーブルエレクション斜吊り工法が採用されている。本報告では、設計概要、工場製作、現場施工について述べる。

キーワード：上路式鋼ローゼ橋，合成床版，合理化構造，ケーブルエレクション斜吊り工法

1. まえがき

棧改良事業は、1997年11月25日に直径3m程度の岩塊が落石防止柵を突き破り国道19号の車道上に落下し、2日間の通行止めを余儀なくされたことを発端としている。その後、早期に抜本的な対策が必要であると判断され、1999年度より図1に示す範囲における棧改良事業が着手された。棧改良事業には、木曾川渡河部の橋梁のほか、トンネルなどが含まれており、本工事は2006年度より着手することになった。

本報告では、設計概要として構造の合理化、構造解析方法、耐震設計の概要について紹介し、工場製作としてアーチリブと支柱の交差部の製作、アーチリブ・補剛桁の仮組立、アーチリブ架設後のキャンバー調整について述べ、現場施工としてアーチリブの架設、支柱の架設、補剛桁の架設、鋼・コンクリート合成床版（SCデッキ）の架設などについて報告する。

2. 工事概要

本橋の工事概要を下記に、橋梁全景および全体一般図をそれぞれ写真1、図2に示す。

工事名 2006年度 19号棧4号橋鋼上部工事
路線名 一般国道19号

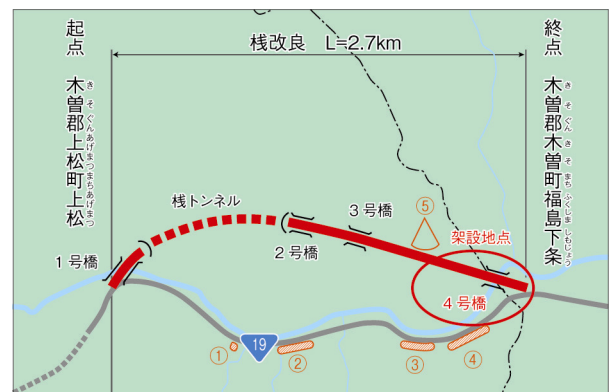


図1 棧改良事業の範囲



写真1 橋梁全景

*1 川田工業㈱ 橋梁事業部技術部大阪技術部設計二課

*2 川田工業㈱ 橋梁事業部工部部東京工部部富山工部部 工事長

*3 川田工業㈱ 生産本部富山工場生産技術一課

*4 川田工業㈱ 橋梁事業部工部部東京工部部富山工部部

*5 川田工業㈱ 橋梁事業部工部部東京工部部富山工部部 係長

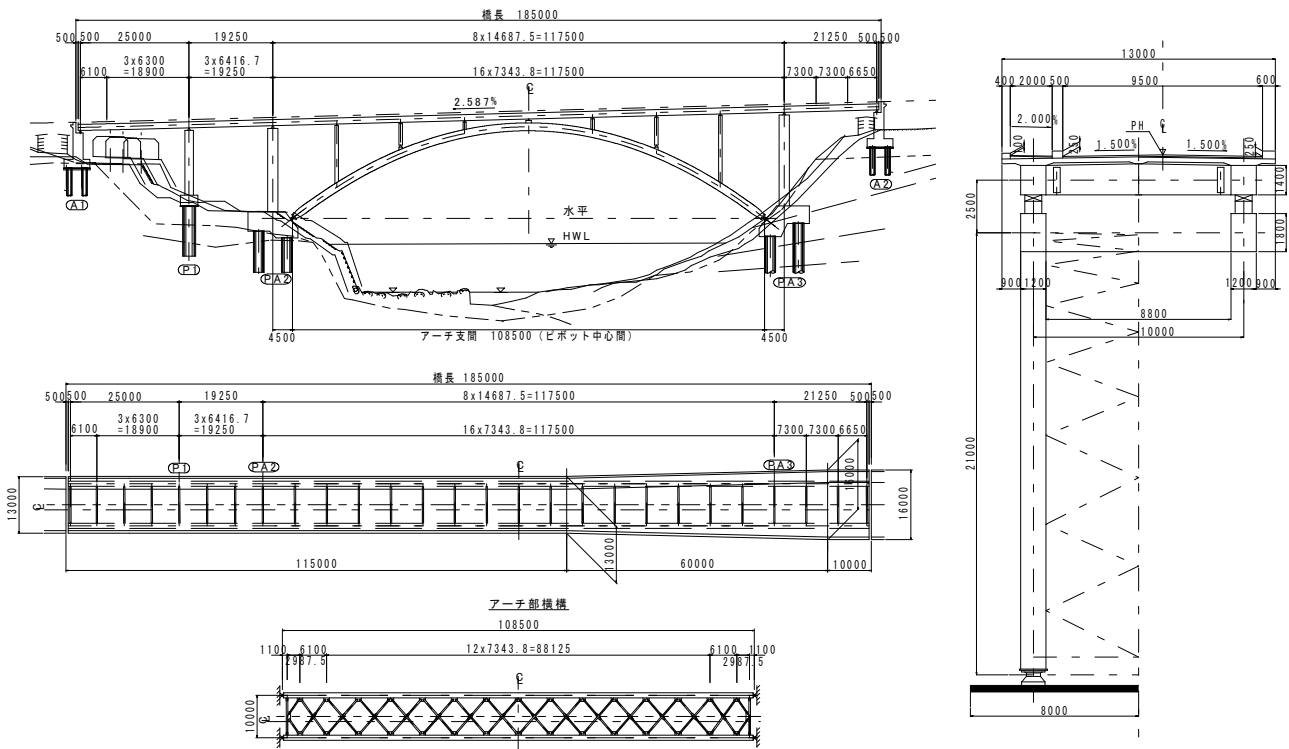


図2 全体一般図

工事箇所	長野県木曾郡上松町上松～木曾福島町下条
道路規格	第3種第2級
形式	上路式鋼ローゼ橋
橋長	185.0m
支間	25.0+19.25+8×14.688+21.25m アーチ支間 108.5m
総幅員	13.0～16.0m
床版形式	鋼・コンクリート合成床版 (SCデッキ)
鋼重	912 t
架設工法	ケーブルクレーンを用いたケーブルエレクション斜吊り工法

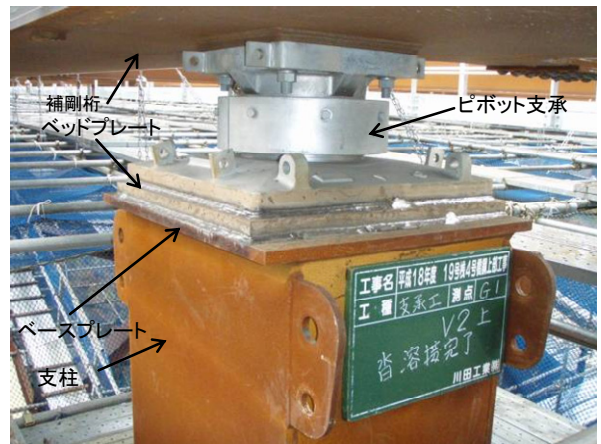


写真2 支柱上端と補剛桁の連結構造

3. 設計概要

(1) 構造概要

本橋に適用された合理化構造の概要を以下に述べる。

①床版形式および床組構造の簡略化

死荷重の軽減、疲労耐久性の向上、型枠の設置・解体作業の削減による工期短縮を目的として、床版形式は鋼・コンクリート合成床版（以下、SCデッキ）を採用している。SCデッキの採用により、最大張出し長 2.4m の床版拡幅に対して縦桁等の増設が不要となり、床組構造を簡略化している。

②支柱間の対傾構の省略

支柱の座屈照査において各支柱単体の有効座屈長を採用していることから、左右の支柱を連結する対傾構は省略されている。

③支柱上端部の結合条件

支柱上端部と補剛桁との結合条件は、全支柱ピン結合、アーチ中央部 3 支柱をピン結合（他の支柱は剛結合）、全支柱剛結合の 3 ケースを設計条件として比較設計が行われ、最も鋼重が軽減できる全支柱ピン結合が採用されている。実際の施工では写真 2 に示すように支柱天端にピボット支承またはゴム支承が設置されている。

(2) 構造解析

道路示方書¹⁾の規定では、構造解析を行うにあたり、骨組線の変位の影響を照査し、変位の影響を無視できない場合は有限変位理論により解析しなければならない。本橋の場合は、照査結果により変位の影響を考慮する必

要があり、活荷重による断面力は線形化有限変位理論を適用して算出している。線形化有限変位理論は、死荷重と載荷位置を固定した活荷重によるアーチリブの軸力に伴う幾何剛性を考慮し、活荷重の影響線載荷を行うものである。また、終局荷重時の照査においても、線形化有限変位理論を適用している。

(3) 耐震設計

上落式鋼ローゼ橋のような地震時の挙動が複雑な橋梁については、震度法による耐震設計に加えて、道路示方書²⁾で規定されている動的解析による耐震設計を行う必要がある。本橋の地震時の損傷レベルは、レベル2地震動に対して限定された範囲内にとどめ、地震発生後も応急復旧により緊急車両等が通行できる耐震性能2を耐震設計の目標としている。大規模地震に対して全ての構造部材を弾性域にとどめることは合理的な設計ではないため、本橋の耐震設計では、免震支承および橋脚基部に塑性化を許容してエネルギー吸収を図ることで合理的な耐震設計を行っており、その他の部材は弾性域内にとどめている。整理すると下記のとおりとなる。

- ①上部構造の主要部材であるアーチリブ、補剛桁、支柱はレベル2地震動においても弾性域内にとどめている。
- ②塑性化を許容する部材は、免震支承および橋脚基部に限定してエネルギー吸収を図っている。
- ③鋼製支承は、レベル2地震動に対する耐力を有するタイプB支承としている。
- ④レベル2地震動に対する橋軸直角方向の支承は、全て固定支持とし、橋軸直角方向への過度な変位を抑えている。
- ⑤耐震設計は、上下部構造を一体とした全体系モデルでの動的解析により照査を行っている。

4. 工場製作

以下に工場製作において特に留意した部位の製作方法について述べる。

(1) アーチリブと支柱の交差部の製作

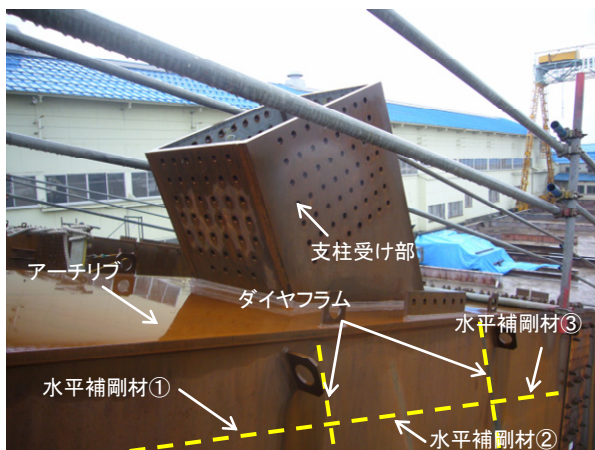
写真3に示すようにアーチリブにおいて、支柱受け部にはダイヤフラムや支柱バックアップ材が密集しており、溶接作業が容易ではないと考えられたため、模型を作成して溶接作業の事前確認を行った。この結果、ダイヤフラム間のウェブの水平補剛材を分割し、ダイヤフラムや支柱バックアップ材の溶接作業の完了後に水平補剛材②を取り付ける手順を採用した。さらに、分割した水平補剛材①②③はダイヤフラムに完全溶込み開先溶接を行うことで連続性を確保した。

(2) アーチリブ・補剛桁の仮組立

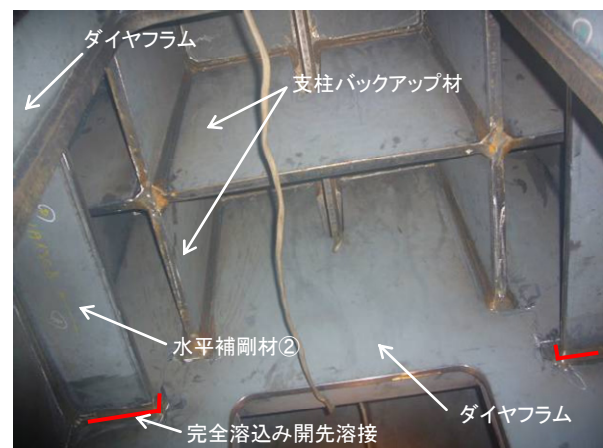
アーチリブの仮組立について全体仮組立は工場内の設備等の問題により困難であったため、写真4に示すように2分割仮組立を実施した。分割箇所には重複仮組立部材を設けて取り合い確認を実施した。さらに、2分割した仮組立における計測結果により全体組立形状のシミュレーションを行った。また、写真5に示すように補剛桁の仮組立については全体仮組立を行い、全ての継手部での取り合いおよび全体組立形状の確認を行った。

(3) アーチリブ架設後のキャンパー調整

アーチリブ架設後のキャンパー調整を支柱の高さにより実施する必要があったが、支柱構造や製作工程などにより、支柱本体での測量結果の反映が困難であった。キャンパー調整量が最大で20mm程度であったため、写真2に示すようにベースプレート上面に現場溶接されるベッドプレートを調整プレートとし、板厚を調整することで対応した。

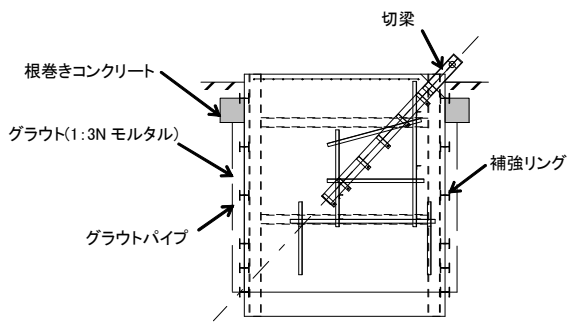


(a) アーチリブと支柱の交差部の外観状況

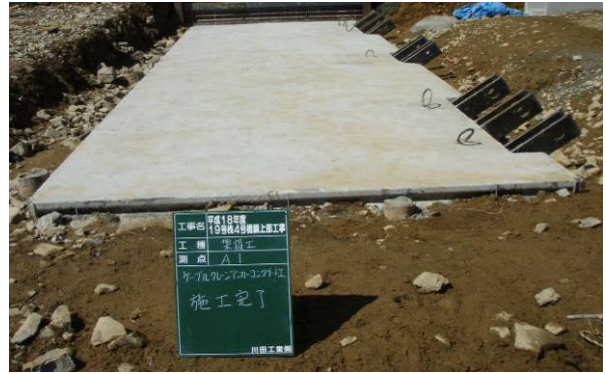


(b) アーチリブと支柱の交差部の内部状況

写真3 アーチリブと支柱の交差部



(a) ケーブルアンカーコンクリート構造図



(b) ケーブルアンカーコンクリート施工状況

写真6 ケーブルアンカーコンクリート



写真7 アーチリブの架設



写真8 アーチリブの閉合架設

開始され各種構造物が整備されていること、左岸A2側においては国道19号に対して近接施工となることにより、オープン掘削が不可能であった。よって、写真6に示すように矩形式深礎にて対応した。

斜吊り設備については、矩形式深礎にてコンクリートアンカーを構築したのち、荷取りヤードにて斜吊り鉄塔の地組立を行い、ケーブルクレーンにて所定の橋脚に架設した。

(2) アーチリブの架設

アーチリブは横支材が省略された合理化構造であったため、部材両端に間隔保持用の仮支材を設置し地組立を行い、両岸に設置した荷取りヤードから写真7に示すように右岸A1側、左岸A2側より交互に架設した。

図3に示すように閉合部材を除く片側あたり6ブロックの架設における斜吊り索については、最初の3ブロックを一般的な先端1点吊りで行った。残り3ブロックについては、アーチリブ形状の精度向上を目的に多段吊りの施工を採用し、架設ステップ毎に中間斜吊り索F3と先端の斜吊り索(F4またはF5)にて形状管理を行った結果、閉合直前における調整をほとんど行わず、写真8に示すように無事閉合することができた。また、出来形についても十分な精度を得ることができ、支柱架設時および補剛桁架



写真9 支柱の架設



写真10 補剛桁架の架設

設時における高さ調整量は最大20mm程度であった。

(3) 支柱・補剛桁の架設

支柱とアーチリブの取り合いは、ボルト添接タイプと支承を支柱台座に溶接するタイプの2種類に分類される。2タイプともに写真9に示すように支柱の上下端に間隔保持用の仮支材を設置し、面組部材として架設を行った。また、支承を支柱台座に溶接するタイプについては面組部材を架設する前に台座に支承を仮溶接している。

支柱と補剛桁との取り合いについては、支承構造が採用されており、前述したように支柱上端のベースプレートにキャンバー調整用のベッドプレートを現場溶接後、支承を仮溶接し、写真10に示すように横組した補剛桁をアーチ径間中央部から左右の側径間に向けて架設を行った。補剛桁架設完了後、支承位置の再調整を実施し本溶接を行った。

(4) SCデッキパネルの架設

輸送の都合上、縦桁上で2分割されたSCデッキパネルを荷取りヤードにて地組立を行い、作業効率を図るため、写真11に示すように補助クレーンの天秤による1パーティー施工と主ケーブルクレーン相吊りの天秤による1パーティー施工の合計2パーティー施工とし、アーチ径間中央部から左右の側径間に向けて架設した。

(5) 床版鉄筋の運搬

床版鉄筋の運搬は当初ケーブルクレーンで計画されていたが、早期供用開始を目的とした本橋前後にある整備工事との連携調整からケーブルクレーンが使用不可となった。そのため施工方法の変更が必要となり、対策として写真12および図5に示すレール式台車設備により運搬作業の効率化を図った。今後の工事においても、鉄筋等の資材を人力によって運搬する計画の場合、運搬距離が長い条件となる橋梁については、作業の効率化を図る手段として有効な方法の1つになると考えられる。



写真11 SCデッキパネルの架設

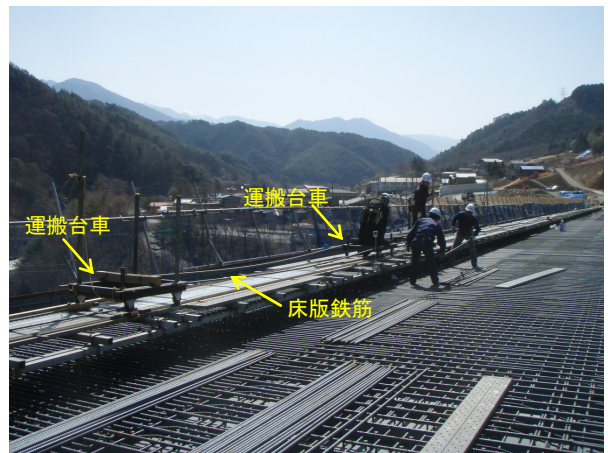


写真12 レール式台車による運搬作業状況

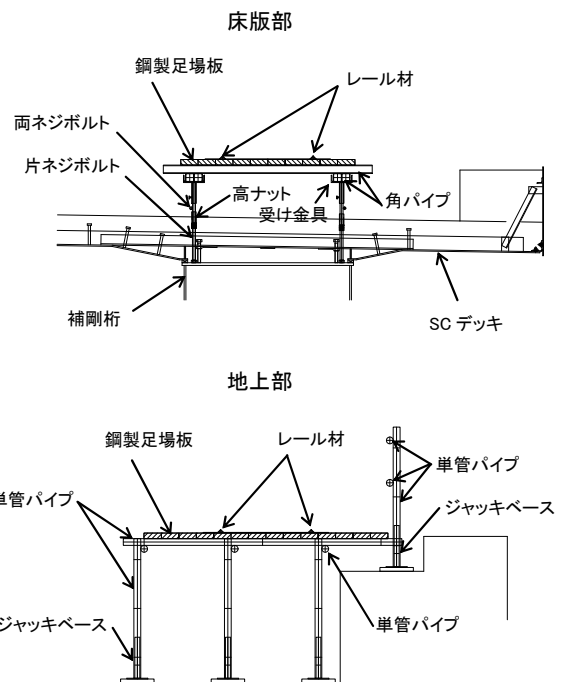


図5 レール式台車軌条設備構造図

6. あとがき

本橋は2009年7月27日に竣工し、現在、棧1号橋の架設工事および棧改良本線整備工事が行われており、今後、棧トンネル工事などが行われる予定となっている。

最後に本工事の施工にあたりご指導を賜りました国土交通省中部地方整備局飯田国道事務所、木曾維持出張所の皆様ならびに、ご尽力頂いた関係各位に紙面を借りて厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路示方書・同解説・Ⅱ鋼橋編，丸善，2002。
- 2) 日本道路協会：道路示方書・同解説・Ⅴ耐震設計編，丸善，2002。