

JR 吾妻線第三吾妻川橋りょうの施工

鉄道橋で初めての複合中路アーチ橋の施工

白 神 亮・長 沼 清

JR 吾妻線第三吾妻川橋りょうは、河川増水によるリスクを低減するため、鋼製アーチを仮設栈橋上で地組した後、500 t (4900 kN) 油圧ジャッキ 4 台によるアーチ一括架設方法 (リフトアップ) を採用した。鋼管の接続は溶接構造とし、景観に配慮した構造とした。また、鋼管表面には亜鉛・アルミニウム擬合金溶射を施し、メンテナンスフリーにも配慮した。

キーワード：鋼製アーチ、リフトアップ、アーチ一括架設、亜鉛・アルミニウム擬合金溶射、メンテナンスフリー

1. はじめに

JR 吾妻線第三吾妻川橋りょうは、吾妻線岩島駅～長野原草津口間約 10.4 km のうち付替区間の終点 (大前) 方で吾妻川を渡河している橋りょうである。本橋りょうのアーチ部材は鉄筋コンクリート (以下、RC と呼ぶ) 構造のアーチ基部とコンクリート充填鋼管 (以下、CFT と呼ぶ) 構造のアーチリブからなる鋼・コンクリート複合アーチ構造を採用しており、国内では極めて施工例の少ない形式となっている。そこで、本稿では第三吾妻川橋りょうの施工について報告する。

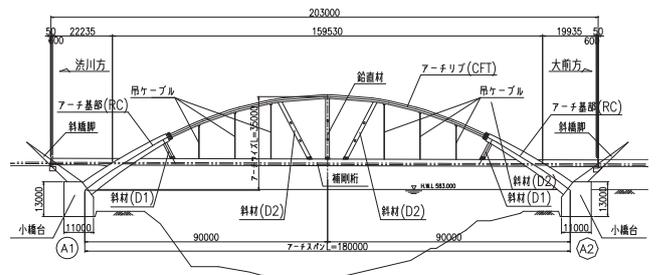


図-1 橋りょう概要

2. 橋りょう概要

(1) 全体構造

本橋りょうは橋長 203 m の単線、終点方に向かい 3% の下り勾配の橋りょうである。橋りょう形式はバスケットハンドル型複合中路アーチ構造 3 径間 PC 下路

連続桁橋である。設計条件を表-1 に、橋りょう概要を図-1 に示す。

(2) 特徴

構造形式の決定に当たっては、施工性・経済性・景観などの面から検討を行った。

その結果、高い剛性を確保した上でなるべく自重を減らすためアーチリブを CFT 構造とし、アーチ基部は大きな圧縮力に耐えられるよう RC 構造とした。また、中路アーチ橋とすることで最大支間長を短くし、構造的に有利なものとした。

表-1 設計条件

橋梁形式	バスケットハンドル型複合中路アーチ構造 3 径間 PC 下路連続桁橋
線路規格	4 級線 (単線)
列車荷重	EA-17
設計速度	100 km/h
軌道線形	直線・縦断勾配 下り 3%
軌道構造	50N レール弾性バラスト軌道構造
構造種別	アーチリブ : 鋼・コンクリート複合構造 (φ 1,400 鋼管にコンクリート充填)
	アーチ基部・斜橋脚 : RC 構造
	補剛桁 : PC 構造
	斜材・鉛直材 : 鋼構造
支間長	22,235 m + 15,953 m + 19,935 m

3. 施工概要

(1) 施工ステップ

施工ステップ図を図-2 に示す。河川内に仮設栈橋を施工後、橋台、アーチ基部の施工と平行して仮設栈橋内でアーチリブとアーチタイの一括地組みを行った。アーチタイとは、アーチリブ地組み後のリフトアップの際に、アーチリブの形状保持などのために必要と

なる仮設鋼材である。次に、地組みをしたアーチリブをリフトアップ設備により2回に分けてリフトアップし一括架設を行った。アーチリブをリフトアップした後、アーチ基部と閉合し、アーチリブ内にコンクリートを充填してアーチ構造を完成させた。その後、移動作業車と固定支保工を利用して補剛桁の施工を行った。最後にアーチタイを撤去した後、現場での塗装・防錆処理を行った。以下、各施工ステップでの特徴について記述する。

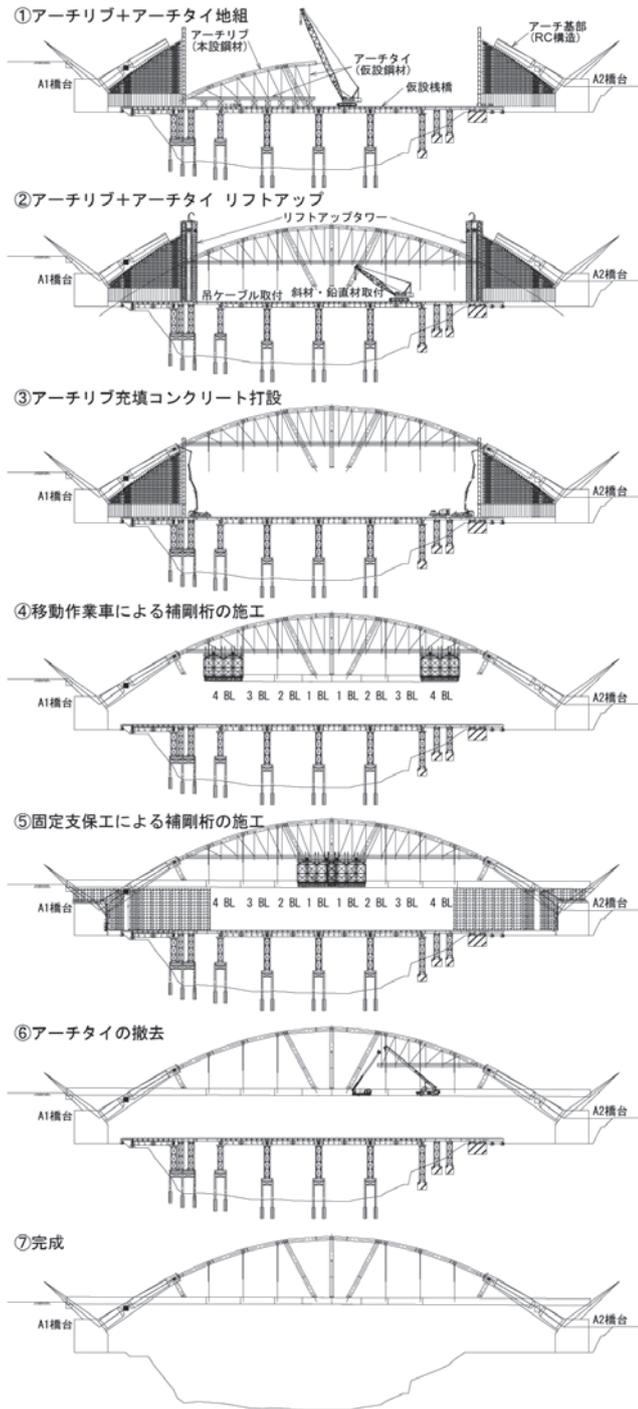


図-2 施工ステップ図

(2) 仮設栈橋工

仮設栈橋の高さや下部構造は、過去15年の気象データに基づき不等流解析により水位の検討を行い決定した。仮設栈橋の鋼管杭は河川内を瀬替し河川を切り廻して鋼管杭を打設した。

(3) 橋台の構築

本橋りょうの橋台は11.0m × 23.0m × 13.0mとマッシブなコンクリートであるため温度ひび割れの発生が懸念された。そのため、温度応力解析を行うとともに打設リフト割を検討した結果、図-5に示すように2リフト以降は中央の断面変化点で分割し、当初計画4ブロックを、合計10ブロックに分割して打設した。このコンクリート打設計画で温度応力解析を行った結果、ひび割れ指数が表面部で0.44~0.91、内部で0.90~1.69となり特に内部での温度ひび割れの発生の可能性を低減することができた(図-3, 4)。

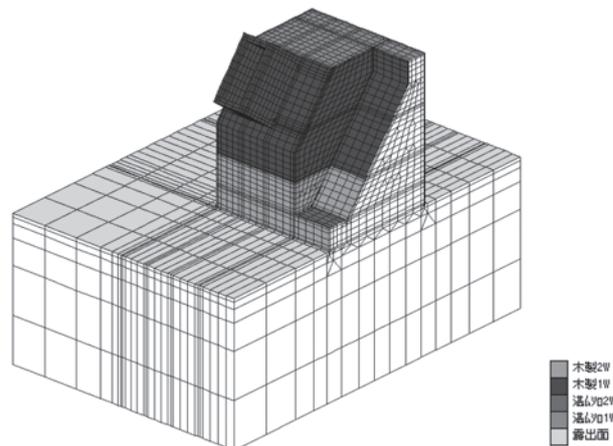


図-3 温度応力解析モデル

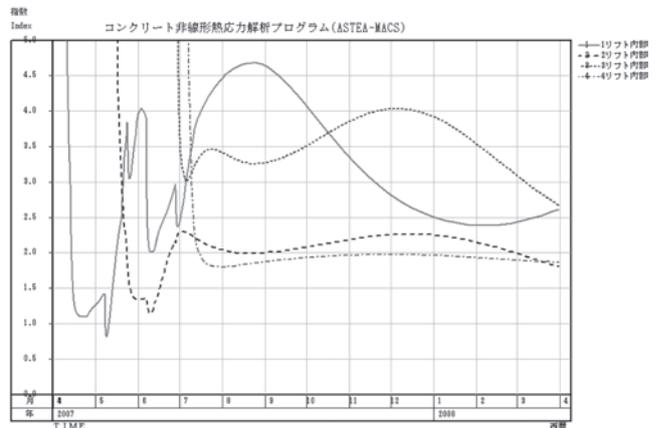


図-4 10分割打設・ひび割れ指数履歴図

(4) アーチ基部の構築

①底版型枠の高さ調整

アーチ基部の形状を図-6に示す。アーチ基部は

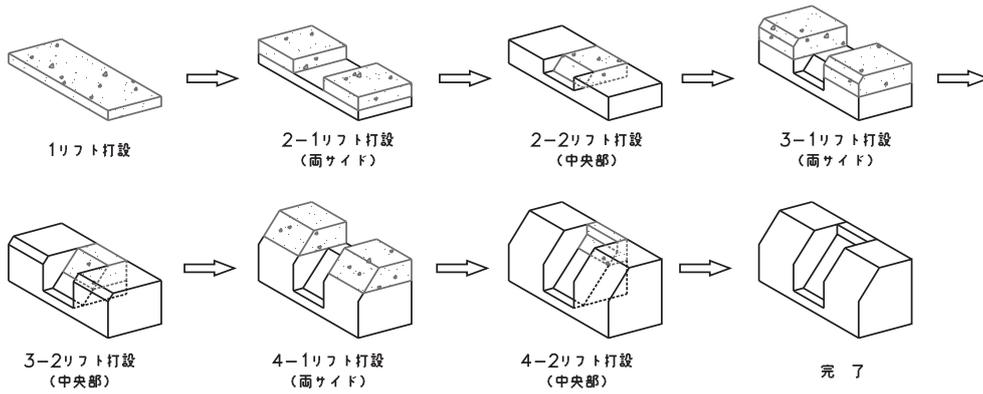


図-5 打設リフト割

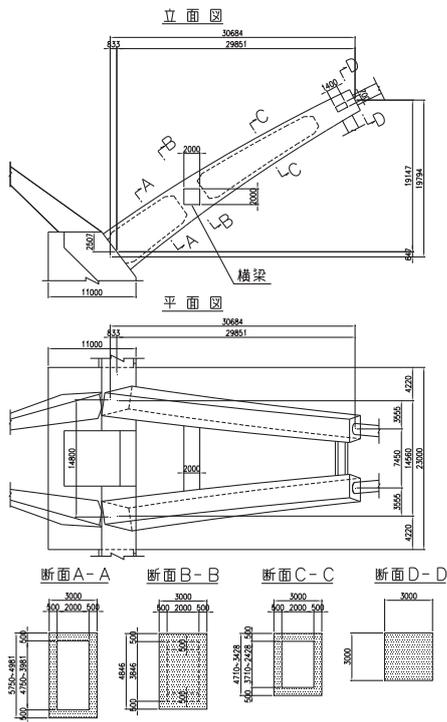


図-6 アーチ基部形状図



写真-1 底版型枠設置状況

壁厚 500 mm の中空矩形断面を基本とした RC 構造であり、途中に補剛桁を受けるための横梁が設けられている。また二本のアーチ基部が曲線を描きながら近づきつつ、さらに橋軸方向及び橋軸直角方向に傾斜する

という複雑な形状をしている。そのため、橋軸直角方向についてはあらかじめ傾斜に合わせた楕形の底版型枠を用いることとした(写真-1)。

②アーチ基部コンクリート打設

コンクリート打設にあたっては、アーチ基部に軸力を作用させるため、部材軸に直交する断面でブロック割を行う必要があった。また、アーチ基部が傾斜しているため特に側壁部ではコンクリート打設の際、バイブレーターの挿入範囲が限定され、締固め不足によるジャンカなどの不具合発生が懸念された。そこで、あらかじめバイブレーター挿入位置にガイドとなるスパイラル鉄筋(図-7)を設置して、その中にバイブレーターを挿入することにより確実に締固めが行えるようにした。

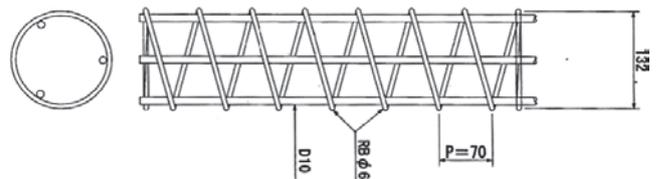


図-7 スパイラル鉄筋 (バイブレーターガイド)

(5) アーチリブのリフトアップ (写真-2, 3)

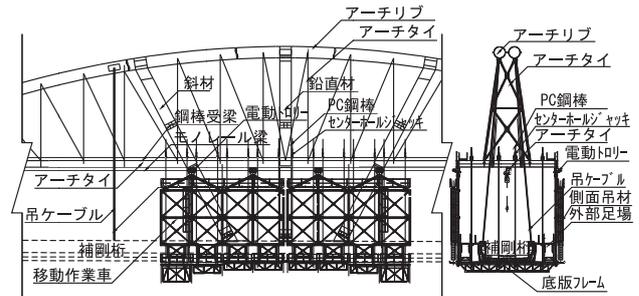
アーチ基部の構築と平行して、栈橋上でアーチリブを地組みし、組み終わった状態でアーチリブをリフト



写真-2 第1回リフトアップ状況



写真一三 第2回リフトアップ状況

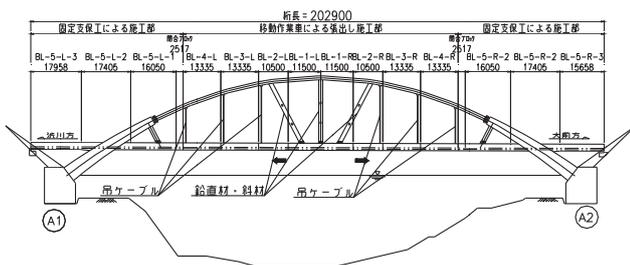


図一九 移動作業車設置概要

アップした。斜材・鉛直材を取付ける（図一2の②）ため、リフトアップは2回に分けて行った。リフトアップ高さは1回目が約12.3m、2回目が約13.5mで合計約25.8mであり、リフトアップ荷重は1回目が約740t、2回目が約840tであった。リフトアップにあたり栈橋上に鋼製支柱（□300×300）8本で構成されるリフトアップタワーを4箇所（A1・A2側各2箇所）組立てた。それぞれのリフトアップタワー上方に500t（4900kN）油圧ジャッキを1台ずつ設置し、PC鋼より線（φ15.2×22本）を介してアーチリブをリフトアップした。

(6) 補剛桁の構築

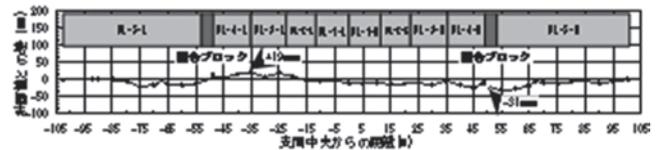
補剛桁は、アーチ部材、斜材、鉛直材、吊ケーブルにより支持されている。補剛桁の施工は、図一8に示すような施工ブロックに分割し、L側・R側ともBL-1からBL-4は移動作業車による張出し工法、BL-5および閉合ブロックについては固定支保工により施工を行った。移動作業車は仮設栈橋上で組立て、4台のリフトアップジャッキ（490kN）を用いてリフティングし、図一9に示すようにアーチタイの主縦梁下に設置したモノレール梁に接続した。移動作業車の底板はアーチタイ上に配置した鋼棒受梁から1BL当り32本のPC鋼棒（φ32mm）で吊下げられる形で配置した。高さ調整などは32台のセンターホールジャッキ（490kN）を用いて行った。移動作業車の移動は、4台の電動トローリーを用いて行った。



図一八 補剛桁施工ブロック割

① 上げ越し管理

補剛桁の上げ越し管理では、クリープ終了時に設計値となるように設定した値に、景観上のキャンパー量（桁端部で0mm、支間中央で30mmとなる2次曲線）を加算したものを施工時の上げ越し量とした（図一10）。本橋りょうの支間長は159mと長いこと、アーチリブ材による吊構造であるため温度変化により桁高が変化するなど特殊な条件であるため、管理値は同時期に施工した第二吾妻川橋りょうの管理値を引用し、設計値+30mm～-70mmとした。



図一十 閉合前上げ越し管理結果

② コンクリート打設

補剛桁のコンクリートは、スランプ18cmとして施工性・充填性を確保した。コンクリート配合を表一2に示す。

表一2 補剛桁コンクリート配合表（40-18-25N・H）

配合名	セメントの種類	水セメント比 W/C (%)	空気量 (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			高性能 AE 減水剤 (%)	
					水 W	セメント C	粗骨材 S 砕砂 S1 陸砂 S2		
補剛桁オールステージング部	普通 N	41.5	4.5	48.7	170	410	417 416	887	1.2
補剛桁張出し施工部	早強 H	41.5	4.5	48.7	170	410	417 416	887	1.2

以下にコンクリート打設時の対策例を示す。

(a) ウェブ外側ハンチの型枠

本橋りょうは図一11に示すように、ウェブ外側上部がハンチ形状となっているため、型枠をつけた状態では上方からのコンクリート投入・バイブレーターの挿入が困難であった。そこで、写真一4に示すような着脱可能なハンチ型枠とし、施工性の向上を図った。

(b) 生コン投入孔およびバイブレーター挿入孔

本橋りょうのウェブは最小部材幅が400mmとくび

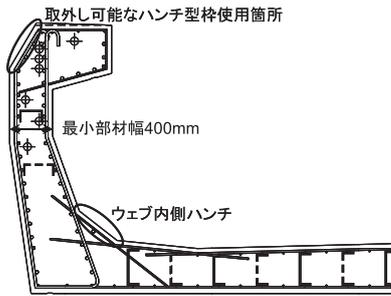


図-11 補剛桁断面図



写真-4 ハンチ型枠の設置

れた形状をしており、かつ鉄筋・PC鋼材が密に配置されているため、上方からのコンクリート投入およびバイブレーターの挿入が困難であった。また、ウェブ内側下部がハンチ形状をしており、上方からのバイブレーターだけでは直接コンクリートを締固めることが困難であった。

そこで、図-12に示すように、ウェブ内側型枠に生コンの投入孔を、外面型枠にバイブレーター挿入孔を設置することとした。挿入孔については、実物大の試験体によるコンクリート打設試験を行い、位置を決定した。また、斜材鋼棒や吊ケーブル、アーチ基部と干渉する施工ブロックでは挿入孔の位置を変更し、コンクリート打設前にバイブレーターの挿入確認を行いながら施工した。

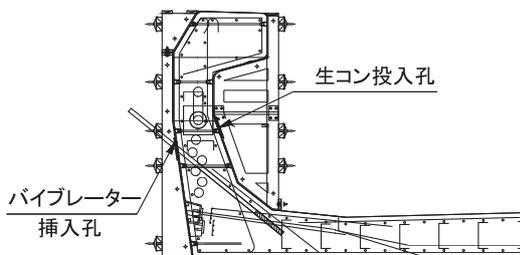


図-12 生コン投入孔・バイブレーター挿入孔



写真-5 第三吾妻川橋りょうの完成

(7) 塗装・防錆処理

本橋りょうの供用開始後、アーチリブについては足場の設置や高所作業車での作業が難しいため、メンテナンスをできる限り少なくすることが求められた。そのためアーチリブの防錆処理には亜鉛・アルミニウム擬合金溶射を行った。さらに、景観が重要な橋りょうであるため溶射の上に長期耐久性仕様のポリウレタン樹脂塗料を塗装した。これらの塗装・防錆処理については、アーチリブの工場製作の段階で行える箇所については工場で実施したが、アーチタイ撤去箇所など、現場での処理が必要な箇所については溶接部の仕上げを行った後、擬合金溶射と上塗り塗装を行った。

4. おわりに

第三吾妻川橋りょうは、景観デザインを重視した橋りょうであるため、設計、施工上での課題が多く発生したが、様々な工夫により無事に竣工を迎え、また、平成23年度土木学会田中賞作品部門を受賞した。最後に、第三吾妻川橋りょうの関係者の皆様に、この場を借りて感謝の意を表します。

JICMA

[筆者紹介]

白神 亮 (しらがりょう)
東日本旅客鉄道㈱
上信越工事事務所 高崎工事区
助役



長沼 清 (ながぬま きよし)
大成建設㈱
関東支店土木部
大成・東鉄・佐藤共同企業体
作業所長

