長瀬大橋の施工

~PC補剛桁を有するRC逆ランガーアーチ橋の施工報告~

Construction of NAGASE-OHASHI bridge

虎本 真一 Shinichi TORAMOTO

川田建設㈱大阪支店 事業推進部

梅田 隆朗 Takaaki UMEDA

川田建設(株)大阪支店 事業推進部技術課 吉岡 勝彦

Katsuhiko YOSHIOKA

川田建設㈱大阪支店 事業企画部課長

大竹 満

Mitsuru OTAKE

川田建設(株)本社機材部機材課係長

長瀬大橋は、国内で施工実績の少ないPC補剛桁を有するRC逆ランガーアーチ橋である。本橋の中央径間部(アーチ部)については、トラベラーによるトラス張出し架設工法により施工を行った。また、これまでの施工例ではアーチリブの鉛直材間(格点間)を一括施工としていたが、本橋ではアーチリブの鉛直材間(格点間)を3分割施工とした。トラス張出し架設工法は構造系が施工段階ごとに変化するため、その応力状態や挙動を計測し、設計値との比較を行うことにより、施工時の安全性の確認、設計計算の妥当性の確認および出来形管理を行うことが必要不可欠であった。本稿では、長瀬大橋の中央径間部(アーチ部)の施工について報告する。

1. はじめに

長瀬大橋は、京都府京丹波町地内を流れる由良川峡谷に架かる、PC補剛桁を有するRC逆ランガーアーチ橋である。この橋梁形式は国内の施工実績からみても数少ない形式である。本橋の中央径間部の架設工法としてトラス張出し架設工法を採用した。トラス張出し架設工法の施工状況を**写真1**に示す。



写真1 施工状況

2. 工事概要

キーワード:逆ランガー、トラス張出し架設工法、アーチリブ格点間3分割施工、仮設PC鋼材、情報化施工

路 線 名:和知地区集落道長瀬線

工期:自)平成15年10月11日

至) 平成19年3月20日

堤竹 済

事業推進部

川田建設㈱大阪支店

Wataru TSUTSUMITAKE

形 式:PC補剛桁を有する逆ランガー

アーチ橋

道路規格:第3種第4級

活 荷 重:A活荷重

橋 長:185.0 m

支 間 長: 22.250+21.750+120.100+19.500 m

アーチスパン:113.0 m

アーチライズ:(左) 24.759 m (右) 20.242 m

幅 員:全幅員7700 m

有効幅員 6 500 m

平 面 線 形 :R=∞

縦断勾配:3.997%

横断勾配:1.500%

角: $\theta = 90^{\circ}$

全体一般図を図1に示す。

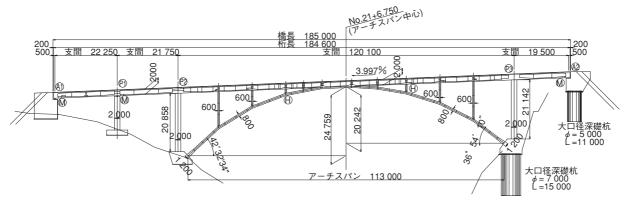
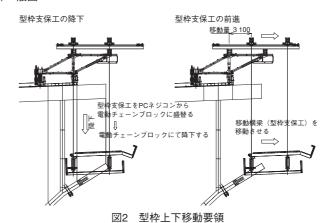


図1 全体一般図

3. アーチリブ格点間3分割の施工の採用

今回採用した移動作業車では、図2に示すように中型トラベラーに型枠前後移動装置を取付けることにより、補剛桁部分を施工する型枠とアーチリブ部分を施工する型枠を兼用できる構造とした。

型枠の上下移動については、15 ton吊り電動チェーンブロックを4台使用した。また、アーチリブ部分の従来の施工実績では格点間のアーチリブを一括施工していたが、本橋では、格点間のアーチリブを3分割して施工した。 図3にアーチリブ格点間3分割施工のステップ図を示す。



1. 補剛桁L1ブロック施工 2. アーチリブDL1-1ブロック施工 3. 補剛桁L2ブロック施工 4. アーチリブDL1-2ブロック施工

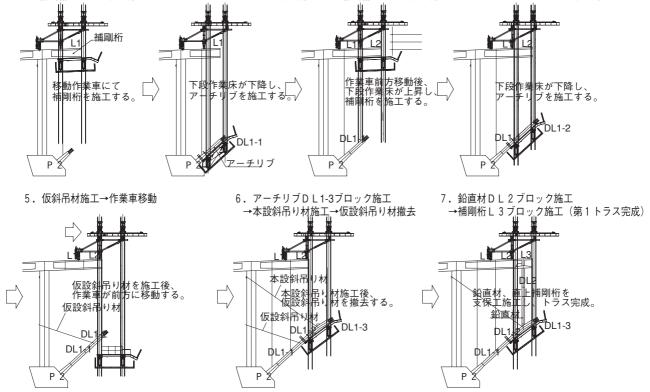


図3 改良型トラベラーによるアーチリブ格点間3分割施工ステップ図

4. アーチリブ3分割施工の利点

格点間のアーチリブを3分割で施工したことにより、 以下のような利点があった。

- ・架設機械重量の軽量化
- ・アーチリブ部の施工性向上
- ・アーチリブ部への荷役設備の簡略化
- ・移動作業車の組立解体スペースの縮小
- ·工程短縮

(1) 架設機械重量の軽量化

これまでに施工実績のある一体型移動作業車を採用した場合、図4に示す大型トラベラーが必要となり、架設機械の総重量は1800kN程度となる。これに対し今回は、図5に示す改良型中型トラベラーで施工可能となり、全重量1120kN(約35%減)にすることができた。

次に、補剛桁とアーチリブが一体化する中央閉合部付近の施工では、必要が無くなった型枠前後移動装置を撤去することにより、さらに架設機械重量を920 kNに軽減して施工することができた。これにより、最大張出し時の架設機械重量による曲げモーメントも低減できた。

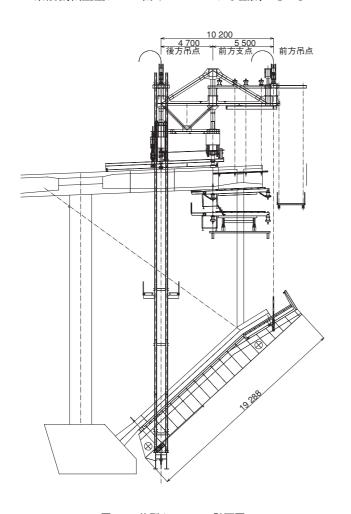


図4 一体型トラベラー計画図

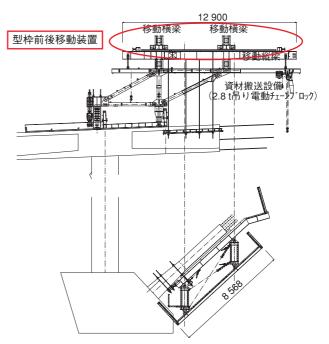


図5 改良型中型トラベラー (今回採用した移動作業車)

(2) アーチリブ部の施工性向上

アーチリブー括施工の場合,アーチリブの最大施工ブロック延長は約14.5 m・最大高低差 約10.0 mとなる。これに対し,今回採用したアーチリブ格点間3分割施工では,最大施工ブロック延長が約5.4 m・最大高低差 約4.3 mとなった(**写真2**)。

また、アーチリブのコンクリート打設では、アーチリブ天端部に伏せ型枠(**写真4**)を設置しながらのコンクリート打設作業となる。施工ブロックが短くなることにより、コンクリート打設作業を行いながら設置する伏せ型枠の組立工数が少なくなり、コンクリート打設時の施工性の向上が図れた。さらに、分割施工時に各ブロックごとに作業床を設けることによりアーチリブ鉄筋組立(**写真3**)の施工性が向上した。

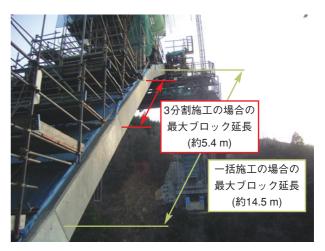


写真2 アーチリブの施工ブロック





写真3 アーチリブ鉄筋組立

写真4 伏せ型枠組立状況

(3) アーチリブ部への荷役設備の簡素化

アーチリブの施工ブロック延長を短くすることで,ア ーチリブ部への長尺物の荷下ろし作業が無くなった。

つまり、資機材をクレーン付トラックによりトラベラー背面まで運搬した後、**図5**に示すトラベラーに取り付けた2.8 ton吊り電動チェーンブロックにて施工箇所に荷下ろすことが可能となり、作業効率が向上した(**写真5**)。



写真5 資機材運搬状況

(4) 移動作業車の組立解体スペースの縮小

アーチリブの施工ブロック延長を短くしたため、架設機械部材も短くなり、架設機械の組立作業に必要な現場スペースの縮小が図れた。

本橋梁の立地条件から、移動作業車組立については、P2橋脚部とP3橋脚部の2カ所にブラケット式組立用構台 (写真6)を設置して行った。また、解体については、比較的傾斜の緩やかなP2橋脚前面部の斜面に梁支柱式解体用構台 (写真7)を設置して行った。P3側のトラベラーについても中央閉合完了後P3側からP2側に前進させ、この解体用構台を使用して解体作業を行った。





解体用構合

写真6 トラベラー組立状況

写真7 トラベラー解体状況

(5) 工程短縮

工程上クリティカルとなるP3側のトラベラー組立開始からトラベラー解体完了までの工程を比較すると、アーチリブ格点間一括施工の場合(施工ブロック数は22ブロック)、計画工程は429日であったのに対し、アーチリブ格点間3分割施工の場合(施工ブロック数は29ブロック)、実施工程は352日であり、77日間の工程短縮となった。工程短縮の要因としては、アーチリブ3分割施工により架設機械設備が小型化され、その組立解体作業量が減少したことや施工ブロック長を短くしたため、作業性が向上したことが要因である。

5. 仮設PC鋼材

逆ランガーアーチのトラス張出し架設では**, 図6**に示すように4種類の仮設PC鋼材を配置して,架設時の安定を確保する必要がある。

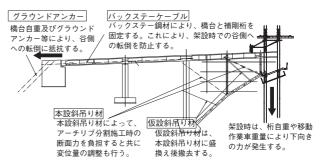


図6 架設用PC鋼材配置要領図¹⁾

(1) 仮設斜吊り材 (PC鋼棒 φ 32 mm)

仮設斜吊り材は、アーチリブ格点間3分割施工を実施するために配置した鋼材である。この鋼材については、本設斜吊り材を設置するまでの間、アーチリブの安定を確保するために配置するもので、本設斜吊り材の設置完了後は撤去した。

(2) 本設斜吊り材 (PC鋼棒 ϕ 32 mm)

本設斜吊り材は、架設時にトラスを形成し全体の剛性 を高める目的と、施工段階にあわせてに張力調整を行う ことにより、橋体の断面力を改善させる目的で配置した 鋼材である。





写真8 本設斜吊り材設置

写真9 本設斜吊り材張力調整

本設斜吊り材は、固定端をアーチリブと支柱の交点となる部分(格点)に埋設し設置した(**写真8**)。

本設斜吊り材の張力調整については,50 tonセンター

ホールジャッキ4台を使用し、12本配置されている本設 斜吊り材を3グループに分けて行った(**写真9**)。このと き、ロードセルをグループごとに1台配置し、計3本の本 設斜吊り材の張力を監視できるようにし、3グループす べての張力調整作業完了時に、それぞれの斜材張力が均 等になるように弾性変形のロスを考慮して行った。

なお,本設斜吊り材は完成後に撤去した。

(3) バックステーケーブル (19S15.2 mm)

中央径間部(アーチ部)の施工は移動作業車によるトラス張出し架設工法による施工であるため、架設時には上部構造物が谷側に転倒しようとする水平力が働く。この力に抵抗するために、バックステーケーブルを配置して上部構造物を橋台に固定した。このバックステーケーブルについても、架設時の安全性の確認を目的として、ロードセルを設置して常に張力の監視を行なった。

また、このバックステーケーブルの張力を解放すると、完成した橋体に大きな軸力が導入されるので、導入されれる軸力のバランスを考慮して、P2側、P3側にそれぞれ6ケーブル配置されているバックステーケーブルを1ケーブルごと同時に張力を解放した(**写真10**)。



写真10 バックステーケーブル張力解放作業状況

(4) グラウンドアンカー (F230TA,F310TA)

橋台を固定するグラウンドアンカーは、バックステーケーブルを介して架設時に上部構造物が谷側へ転倒しようとする作用水平力に対し、最終的に抵抗する重要な仮設PC鋼材である。

グラウンドアンカーの施工については、アンカー設置 位置におけるボーリング調査 (写真11) の結果よりアンカー長を決定した。この地質調査は今回必要となる周面 摩擦抵抗値1.0 MN/m²以上が期待できる『風化していない軟岩』層の位置を特定することを目的として実施した。また、ボーリング調査の結果に基づき、特定した地盤に 試験アンカーを施工し、引抜き試験 (写真12) を実施した。この引抜き試験により、アンカー設置地盤として必要な周面摩擦抵抗値以上を有していることを確認したう

えで実施工(写真13)を行った。

次に、A1橋台、A2橋台にそれぞれ10本配置したグラウンドアンカーの緊張については、施工ステップに応じて作用水平力とアンカー力をバランスさせながら、数回に分けて緊張作業を行った(**写真14**)。



写真11 地質調査実施状況

写真12 引抜き試験実施状況





写真13 グラウンドアンカー施工状況

写真14 グラウンドアンカー緊張状況

6. 情報化施工(計測工)

(1) 計測の目的

本橋では、各トラス格点までのアーチリブを分割施工 しながら張出して行くため、各施工段階ごとに変化する 応力状態や挙動を計測し、仮設PC鋼材(グラウンドア ンカー、バックステーケーブル、斜吊り材)の張力を確 認することが、架設時の安全管理上重要であった。

また、架設時と完成時で大きく構造系が変化する本橋のような構造では、完成時での部材応力度やたわみ量を許容範囲内におさめるため、計測管理による実測値を施工段階ごとの設計値との比較を行い、施工状態を確認することが、出来形管理上重要であった。

以上のことから,架設時の安全確認と設計計算の妥当 性の確認および出来形管理を目的として,架設時計測を 行った。

(2) 計測項目, 計測頻度

本橋の架設時に実施した計測項目を**表1**に示し、計測器 配置図を**図7**に示す。計測値は自動的に計測用コンピュー タに転送させ、情報をビジュアル化した(**写真15**, **16**)。





写真15 計測値の情報化

写真16 トータルステーションによる計測

表1 計測項目一覧表1)

計測対象	計測位置	測定項目	計測器	計測分類と計測目的
グラウンドアンカー	A1·A2橋台	グラウンドアンカーの鋼材張力	センターホール型荷重計	アンカー張力を管理することにより安全を確認する。
バックステー	A1-P2径間•P3-A2径間	バックステーの鋼材張力	センターホール型荷重計	ステー張力を管理する事により安全確認と
				設計値との比較による妥当性検証。
架設斜吊材	P2・P3張出 第1~3トラス斜吊材	斜吊材張力	センターホール型荷重計	斜吊材張力を管理することにより張力推移と
				施工時の応力状態及び異常有無の確認。
		斜吊材温度	熱電対	上越し温度補正用。
エンドポスト	P2·P3橋脚上下端	鉄筋応力	鉄筋計	施工段階毎の応力度を逐次測定することで、
				設計値との比較による安全確認。
		変位	トータルステーション	架設時形状管理と脚上端変位の上越し計算補正用。
支柱材	P2側第1、第2支柱材	鉄筋応力	鉄筋計	施工段階毎の応力度を逐次確認することで、
				設計値との比較による安全確認。
				架設斜吊材緊張によるトラス形成時の支柱材発生軸力を確認する。
補剛桁	P2·P3張出	鉄筋応力	鉄筋計	架設斜吊材張力による補剛桁応力度の状態を確認し
	(柱頭部・3BL・6BL)	コンクリート応力	コンクリート有効応力計	設計値と比較。
アーチリブ	スプリンギング 第1~3支柱材位置	鉄筋応力	鉄筋計	架設斜吊材によるアーチリブ応力度の状態を確認し設計値と比較。
		コンクリート応力	コンクリート有効応力計	施工段階毎の応力状態を逐次確認。
		変位	トータルステーション	アーチリブ形状管理。
橋台・アーチアバット	A1·A2橋台	傾斜	固定式傾斜計	下部の変位(水平,沈下等)や傾斜の状態を施工段階
	P2・P3アーチアバット	変位	トータルステーション	毎で逐次計測し、変状の有無を監視する。

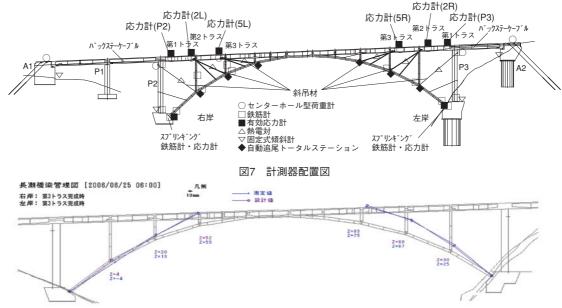


図8 アーチリブ変位量管理図

(3) 計測結果

計測結果の一例として、**図8**にアーチリブの変位量の管理図を示す。この管理図は、アーチリブの変位量を各施工段階ごとに設計値と実測値の差異が視覚的に確認することができるように作成したものである。

また、架設PC鋼材の張力管理では、施工段階ごとの変化や日変化等をリアルタイムに計測することにより架設時の安全確認を行った。

各種計測結果は、測定誤差と思われる若干の誤差があるものの、設計値とほぼ一致していた。このことにより施工時の安全が確保されていたことと、設計計算の妥当を確認できた。

このように、計測結果を情報をビジュアル化することにより、迅速に施工へ反映させた結果、目標とする管理 値以内の構造物を無事完成させることができた。

7. おわりに

今回採用したアーチリブ格点間3分割施工はトラス張出し架設工法における合理的な施工方法の1つであると考える。

また、本橋で実施した情報化施工は、架設時の安全確認や出来形管理に有効であった。特にトータルステーションによる変位計測は、今後も同様な橋梁の施工の際に必要不可欠なツールであると思われる。

本報告が今後の同様な橋梁計画の一助となれば幸いである。

最後に、本工事を無事完成させるために貴重なご助言 ご指導を頂きました関係各位に深く感謝します。 参考文献

1) 梅田・大久保・五島・湯浅:長瀬線橋りょうの設計, 第15回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, プレストレストコンクリート技術協会, pp. 277~280, 2006. 10