

PCエクストラドーゾド橋の施工における品質向上への取り組み

磯部 善隆*1・畠中 保*2

概 要

白砂川橋（仮）は、群馬県のハッ場ダム建設に伴う整備事業の一環として、白砂川、国道、町道、そしてJR吾妻線の上空に、片持ち張出し架設工法にて新設する2径間連続PCエクストラドーゾド橋である。エクストラドーゾド橋は、構造的には桁橋と斜張橋との中間に位置しており、桁橋に比べ主桁の剛性が小さく、斜張橋に比べ主塔の高さが低いのが特徴である。エクストラドーゾド橋は、長所が多くある反面、通常の桁橋に比べて施工管理が複雑になることが想定された。エクストラドーゾド橋に対する実績が少ないことや、白砂川橋特有の形状や施工条件に起因する課題が考えられたからである。

本稿では、白砂川橋の品質上の課題に対して、事前に実施した取り組みについて報告する。
キーワード：エクストラドーゾド橋、影響値解析、3次元モデル、FEM解析

APPROACH TO QUALITY IMPROVEMENT IN THE CONSTRUCTION
OF PC EXTRADOSED BRIDGE

Yoshitaka ISOBE *1, Tamotsu HATAKENKA *2

Abstract

The Shirasunagawa Bridge (tentative name) is a two-span continuous PC extradosed bridge to be newly built to cross above the JR Agatsuma Line, a national highway and other structures by the cantilever construction method as part of the project accompanying the construction of Yanba Dam in Gunma Prefecture. Extradosed bridges are structurally positioned as a cross between a girder bridge and a cable-stayed bridge and characterized by lower rigidity of the main girder than that of girder bridges and lower height of the main tower than that of cable-stayed bridges. While extradosed bridges have many advantages, construction management is presumed to be more complicated than that for ordinary girder bridges. The reasons include the small number or past records of extradosed bridges and possible issues arising from the shape and working conditions peculiar to the Shirasunagawa Bridge.

This paper reports on the approach taken in advance to issues with the quality of the Shirasunagawa Bridge.

Keywords: extradosed bridge, influence value analysis, 3D model, FEM analysis

*1 Concrete and PC Group, Civil Engineering Technology Department, Civil Engineering Division

*2 Manager, Concrete and PC Group, Civil Engineering Technology Department, Civil Engineering Division

PCエクストラードーズド橋の施工における品質向上への取り組み

礪部 善隆*1・畠中 保*2

1. はじめに

白砂川橋（仮）は，群馬県のハッ場ダム建設に伴う整備事業の一環として，白砂川，国道，町道，そして JR 吾妻線の上空に，片持ち張出し架設工法にて新設する 2 径間連続 PC エクストラードーズド橋¹⁾である。完成イメージを図-1に示す。エクストラードーズド橋は，構造的には桁橋と斜張橋との間に位置しており，桁橋に比べ主桁の剛性が小さく，斜張橋に比べ主塔の高さが低いのが特徴である。エクストラードーズド橋は，長所が多くある反面，通常の桁橋に比べて施工管理が複雑になることが想定された。それは，エクストラードーズド橋に対する実績が少ないことや，白砂川橋特有の形状や施工条件に起因する課題が考えられたからである。

本稿では，白砂川橋の品質上の課題に対して，事前に実施した取り組みについて報告する。



図-1 完成イメージ¹⁾

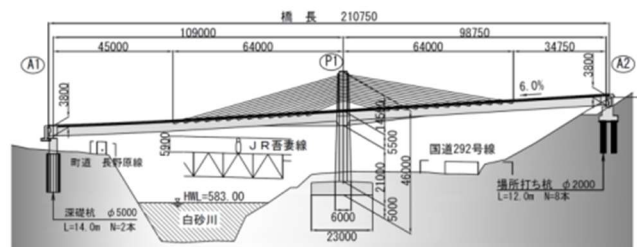
2. 工事概要

本橋の諸元を表-1に，全体一般図および主桁断面図を図-2，図-3に示す。本橋は，縦断勾配が 6.0%で，左右の支間長は 109.00m と 98.75m である。また，道路幅員は標準部で 16.0m で，起点側ではウェブ間隔が拡幅する構

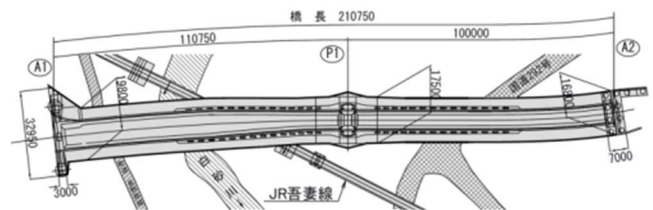
造となっており，幅員が最大 19.0m まで変化する。そのため，拡幅変化に対応した大型移動作業車を使用して張出し架設を行った。

表-1 白砂川橋概要

工事件名	吾妻線長野原草津口・群馬大津間白浜川Bo新設
工事箇所	群馬県吾妻郡長野原町大字長野原地先
発注者	東日本旅客鉄道(株) 上信越工事事務所
構造形式	2径間連続PCエクストラードーズド橋
橋長	210.75m
支間長	109.00m+98.75m
有効幅員	16.0m~19.0m
縦断勾配	↘ 6.0%
横断勾配	↙ 1.5%, 1.5% ↘ ~ ↙ 5.0%



側面図



平面図

図-2 全体一般図

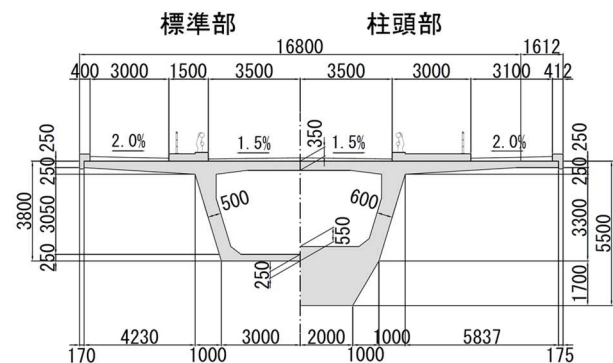


図-3 主桁断面図

*1 土木本部 土木技術部 コンクリート・PC グループ

*2 土木本部 土木技術部 コンクリート・PC グループ グループリーダー

3. 施工順序

施工順序を図-4に示す。P1柱頭部完了後、移動作業車を2基組み立て、1ブロックを施工する(STEP1)。最初の作業車移動後、主塔を構築し、2~15ブロックにかけて主桁と斜材ケーブルの施工を繰り返す。また、P1からの張出し架設と並行して、A1側径間を固定式支保工にて施工する(STEP2)。完成したA1側径間上に、3基目の移動作業車を組み立て、逆張出し架設にて4ブロックを施工する。A1逆張出し架設は一方向張出しのため、仮支柱を使用して施工する(STEP3)。本橋のP1張出し部は左右非対称構造のため、P1-A2間の17ブロック以降は、仮支柱を使用して施工する(STEP4)。A1-P1間の閉合後、P1-A2間の張出し架設を最終21ブロックまで施工する。A2側径間は吊支保工により施工し、外ケーブルの緊張により橋梁本体工が完了する(STEP5, 6)。

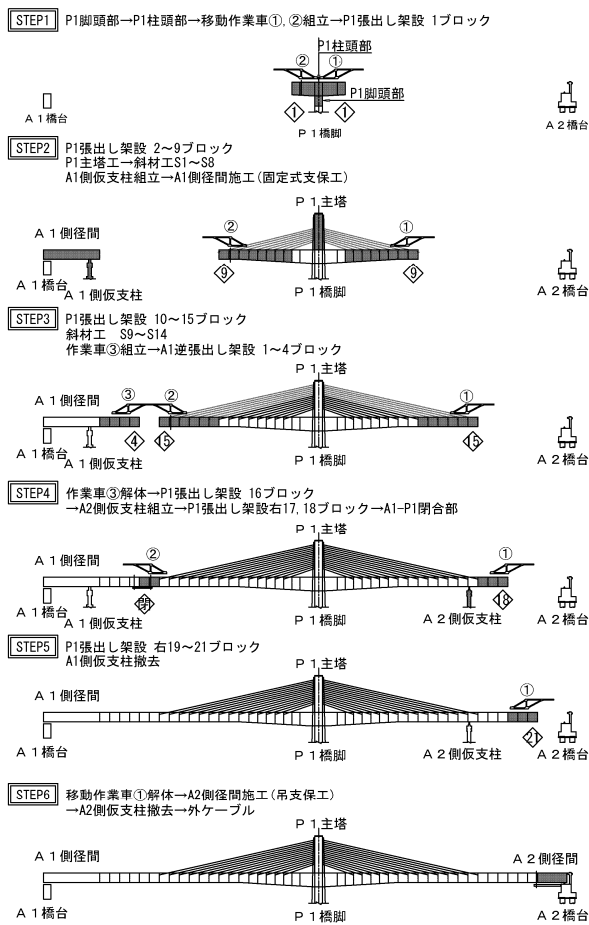


図-4 施工順序図

4. 品質向上への取り組み

4.1 橋面高さ管理

本橋は、張出し架設で施工されるエクストラドローズ橋であり、架設時における橋面高さの精度管理が重要となる。エクストラドローズ橋は通常、同スパンの桁橋と比べて主桁剛性が小さいため、設計条件との差異による主桁の変形量が大きくなることが想定された。そこで、橋面高さの精度に大きな影響を及ぼす誤差要因について、影響値解析により検討を行い、施工中の管理に反映することとした。

まず、最も影響を受けやすいと考えられる、部材間の温度差に対する影響値解析を行った。解析の対象部材として、日射の影響を受けやすい主桁床版と斜材ケーブルを選定した。図-5は、片持ちによる最大張出しとなる16ブロック施工時の、部材間温度差による主桁の変形量を示したものである。斜材の上面と下面の温度差が+15℃で、上床版と下床版の温度差が+5℃という施工条件下では、張出し先端で約-35mmのたわみ量を生じることがわかる。

次に、部材間温度差以外の影響についても解

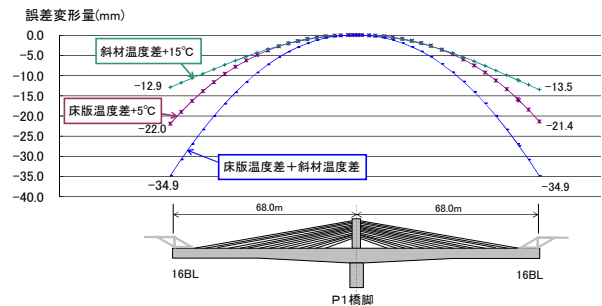


図-5 部材間温度差による主桁変形量

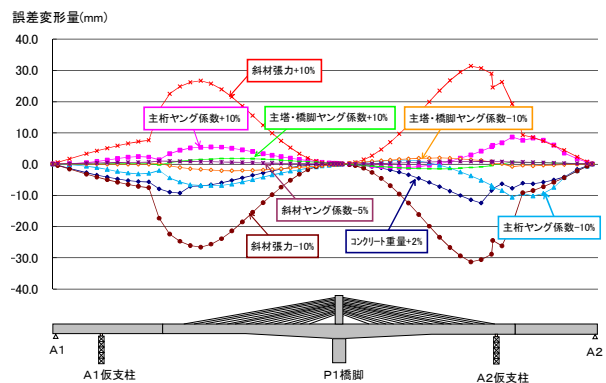


図-6 誤差要因別の主桁変形量

析を行った。図-6は要因別の主桁変形量を示したものである。グラフより斜材の張力誤差による影響が大きいことがわかる。

以上より、部材間の温度差と張力誤差を重点的に管理することで、橋面高さを精度よく管理できるといえる。そこで、以下の計測計画を立案した。温度管理として、主桁の上下床版(図-7)と斜材のダミーケーブル(写真-1)の上下面にそれぞれ熱電対を設置し、常時計測を行い、温度計測結果より適切な温度補正を行う。張力管理として、斜材緊張時にマンメーターによる圧力管理を適切に行うことで、斜材の張力を精度よく管理することが可能である。ただし、斜材の緊張において橋面高さに異常が生じた場合は、加速度計による斜材の張力計測などを行い、他のケーブルで斜材導入張力の補正を行う計画とした。

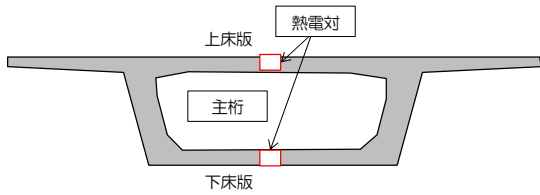


図-7 床版温度計測位置



写真-1 斜材ダミーケーブル

4.2 3次元モデルによる鉄筋・PC鋼材干渉チェック

本橋のP1柱頭部は、橋脚や主塔の接続部であり、鉄筋やPC鋼材が高密度で配置されているため、部材同士が干渉することが想定された。部材の干渉により、無理な施工によるコンクリートの充填不良などの品質トラブル、手直し、手戻りによる工程ロス等の問題が生じる懸念がある。そこで、3D-CADを使用して、鉄筋・PC

鋼材の干渉チェックを実施した。しかし、干渉箇所の検索を人力作業で行ったため、施工時にチェック漏れが判明し、部材の配置や加工形状の修正等の対応による工程ロスを生じた。P1柱頭部の3次元モデルを図-8に示す。

P1柱頭部と同様、鉄筋・PC鋼材が高密度で配置されるA1側径間に対して、P1柱頭部での実績を踏まえ、干渉箇所の自動チェック機能を有するソフトを使用した。図-9にA1側径間の3次元モデルを示す。干渉箇所に対して、図-10に示す鉄筋・PC鋼材干渉チェックシートを作成し、部材の配置や加工形状の変更等、具

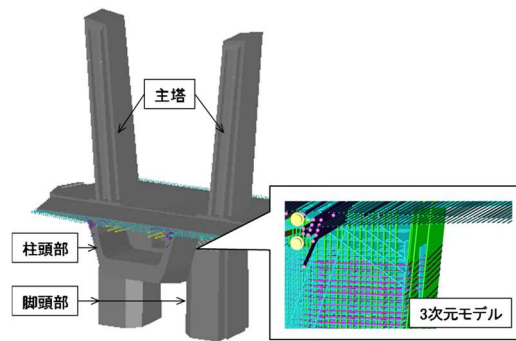


図-8 P1柱頭部の3次元モデル

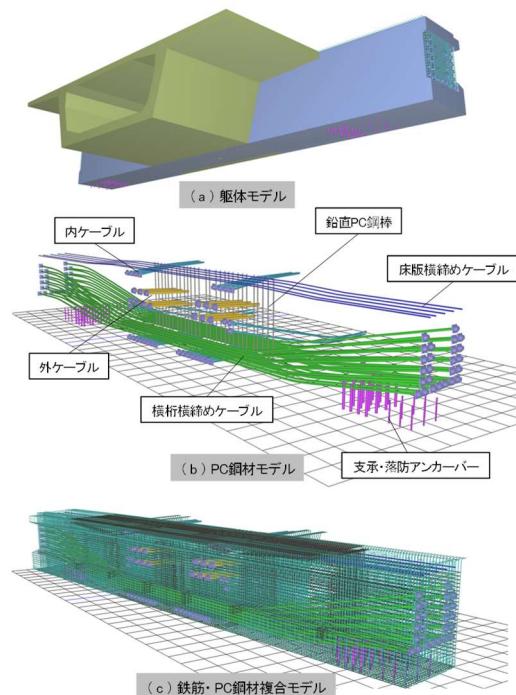


図-9 A1側径間の3次元モデル

イメージ	種類	部材名称	干渉数	対処方法
	内ケーブルシース	691-693 L側のみ	3	内ケーブル配置変更
	鉛直PC鋼棒	-		
	横桁横締め鋼材シース	Y 101 201 301 401 501 102 202 302 402 502 203 204	47	鉄筋加工長変更
	横桁横鉄筋	B49		

図-10 鉄筋・PC鋼材干渉チェックシート

体的な対処方法を決定した。以上のように、3次元モデルを効率的に使用し、施工に反映することで、品質トラブルや工程ロスを発生することなく施工を行った。

5. FEM解析によるコンクリート品質の向上

5.1 斜材定着突起

斜材定着突起は、大容量の斜材の緊張力を伝達し、主桁と一体となる構造的に重要な部材であり、この部分の品質が斜材定着部の耐久性に大きく影響する。斜材定着突起は、主桁ウェブと張出し床版に接続する構造であり、床版横締め鋼材、斜材、主桁の鉛直鋼棒によるプレストレス力が影響するため、局所的な応力が発生すると考えられる。そこで、斜材定着突起部に発生している応力状態を把握するため、3次元FEM解析による応力検討を実施した。解析モデルを図-11に示す。引張応力度の制限値は、一般的に採用されている 3.0N/mm^2 (主応力度)とし、制限値を超える応力度が発生した場合は補強を行い、有害なひび割れの発生を防止した。

解析結果を図-12に示す。斜材定着突起とウ

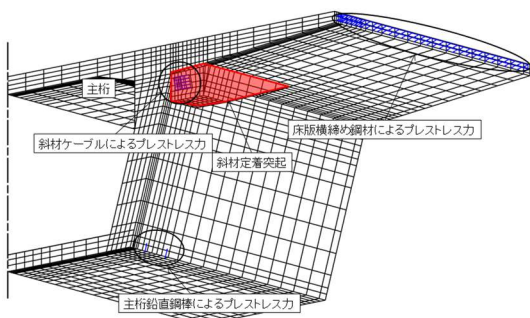


図-11 斜材定着突起のFEM解析モデル

ェブ接合部付近において、主応力度で最大 7.2N/mm^2 の引張応力度が発生していることがわかった。対策として、橋軸直角方向と鉛直方向にそれぞれPC鋼材による補強を行った。橋軸直角方向は、横締めPC鋼材(NAPP40T)を各箇所2本ずつ新たに配置した。斜材定着突起は、狭小な場所に位置するため、プレテンション方式で専用の小型機器を用いてプレストレスを導入できるNAPPユニットを採用した。また、鉛直方向はウェブに1列ずつ鉛直PC鋼棒($\phi 32$)を追加した。対策の結果、引張応力度を 3.0N/mm^2 以下に制御し、有害なひび割れが発生しないことを確認した。

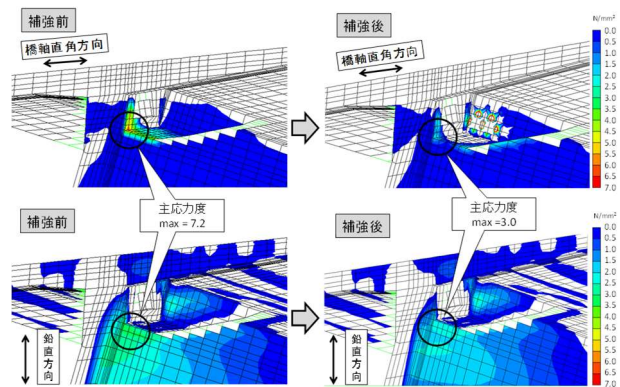


図-12 斜材定着突起のFEM解析結果

5.2 目地開き防止

本橋の上床版片持ち部の張出し長は4m以上あり、現設計の橋軸方向の内ケーブルやPC鋼棒の配置では、張出し端部においてプレストレス不足による目地開きが発生する懸念があった(図-13)。

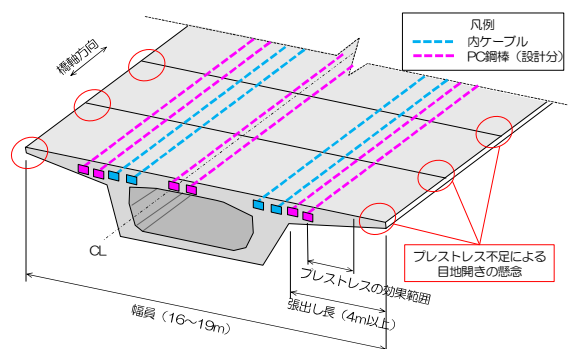


図-13 上床版目地開き概要

そこで、上床版に対して FEM 解析を行い、床版張出し端部の目地開きに対する検討を行った。検討の結果、張出し端部でプレストレスが不足していることがわかった。床版端部に開き止め PC 鋼棒 ($\phi 32$) を追加することにより、目地開きを防止することとした (図-14)。

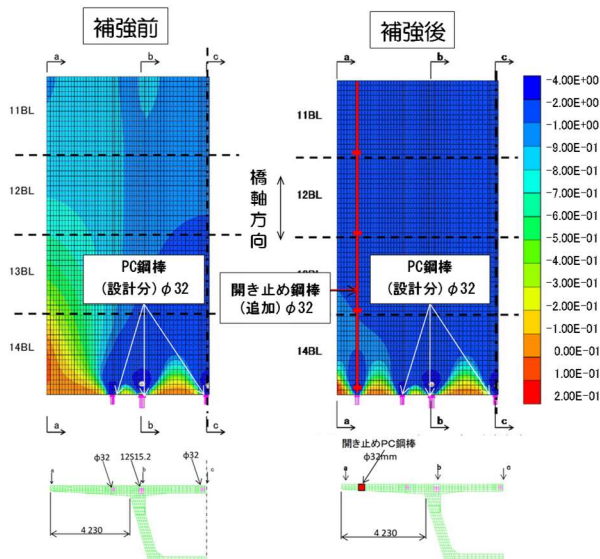


図-14 上床版の FEM 解析結果

6. まとめ

橋梁本體工事完了時の全景を写真-2に示す。

本橋の施工に際しては、本稿で示したように、事前の検討を十分に行うことで、発生する懸念のある品質トラブルを予見し、それらを未然に防ぐことが重要である。また、施工においては、事前の検討に対する妥当性を常に確認していくことが重要となる。

以下に今回の取り組みによって得られた知見を示す。

(1) 橋面高さの精度に対して、主桁の誤差変形に大きな影響を与える要因は、影響値解析により、部材間温度差と斜材張力誤差であることがわかった。

部材間温度差に対して、施工中に温度計測を行い、適切に温度補正をすること、斜材の張力誤差に対して、緊張中の圧力管理を適切

に行うことで、橋面高さを精度よく管理できるといえる。

(2) 本橋の P1 柱頭部や A1 側径間の端部横桁のように、鉄筋や PC 鋼材が高密度に配置される箇所においては、3次元モデルにより干渉箇所を予め特定し、部材の配置、加工形状の変更等の対処を行うことで、品質トラブルや工程ロスの防止に対して有効な手段であることがわかった。

(3) 斜材定着突起や主桁ブロック間の目地部に対する品質上の問題を事前に把握し、FEM 解析等による検討を行い、適切な対処方法を示すことができた。



写真-2 白砂川橋全景 (平成 27 年 10 月)

参考文献

- 1) 礪部善隆ほか：JR 吾妻線上空における 2 径間連続 PC エクストラドーズド橋の施工，第 24 回プレストレスコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.595-598，2015.10