

## 景観に配慮したフィンバック形式のJR東北本線衣川橋りょう施工報告

鹿島・銭高共同企業体 (鹿島建設㈱) 正会員 ○工 藤 宏 生  
 東日本旅客鉄道㈱ 東北工事事務所 工事管理室 鈴木 慎 一  
 東日本旅客鉄道㈱ 東北工事事務所 東北・北課 池 野 誠 司  
 鹿島・銭高共同企業体 (鹿島建設㈱) 佐々木 敏 郎

### 1. はじめに

JR東北本線平泉・前沢間に改築中の衣川橋りょうは、フィンバック(魚の背びれ)形式の変断面壁を有する4径間連続P R C下路ラーメン橋である。本工事は、一閑遊水地事業の一環で、衣川の堤防改修に伴い、東北本線の既存鉄橋を軌道高さで約4 mこう上する必要から、国土交通省の委託を受けたJR東日本が20 m上流にコンクリート橋を別線方式で新設するものである。また、建設地周辺の平泉文化遺産を世界遺産に登録申請していることから、“古都平泉のイメージにふさわしい事業”を目指し、景観に配慮した設計が求められた。当初、フィン頂部が鋭角な形状で計画されたが(図-1)、景観設計の見直しにより、フィン頂部の高さは4.6 mから4.1 mに低減され、主ケーブル定着突起と上フランジが内向きに変更された(図-2)。



図-1 計画当初のフィンバック形状

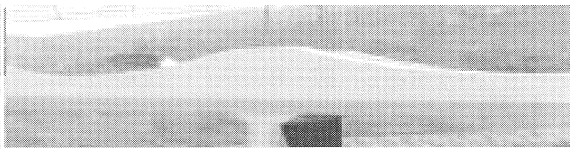


図-2 景観設計見直し後のフィンバック形状

### 2. 工事概要

表-1 橋りょう諸元

工事名	東北本線平泉・前沢間衣川橋りょう改築工事
工事位置	岩手県西磐井郡平泉町平泉地内
構造形式	4径間連続P R C下路ラーメン橋
橋長	162.240m (桁長 162.100m)
支間長	32.750 + 2 × 47.500 + 32.750
幅員	全幅 11.4m, 内空 9.1m
フィン	高さ 2.0m ~ 4.1m
線形	直線区間
設計速度	130km/h (最高速度)
設計荷重	E A - 1 7 (複線交流電化区間)
P C鋼材	主方向 19S15.2, 横方向 12S12.7
架設工法	固定式支保工架設

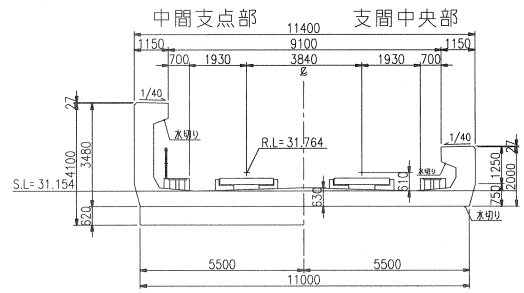


図-3 橋りょう断面図

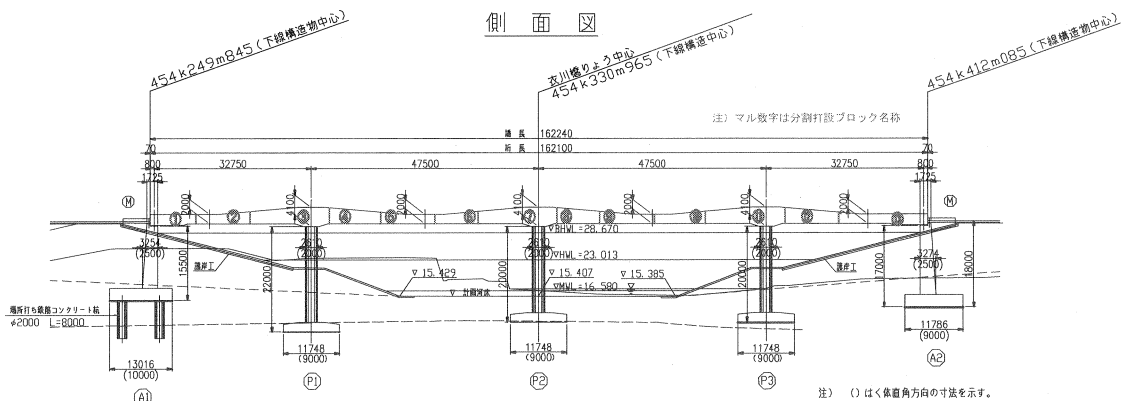


図-4 全体一般図

3. PC鋼材配置の課題

(1)横締定着部前面主ケーブル過密配置部

主桁支間中央付近の広い範囲で、シース外径φ102mmの主ケーブルが、スラブ横締ケーブル定着部に近接して過密配置される。このシースが、横締緊張時に大きな断面欠損となるため、FEM解析を実施した結果、4N/mm<sup>2</sup>を超える大きな引張応力が発生した。このため、図-5に示す補強筋を配置した。

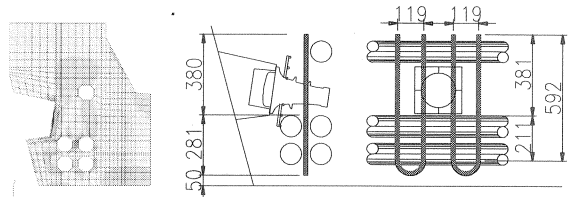


図-5 横締定着部前面FEM解析と補強筋配置

(2)フィン頂部主ケーブル過密配置部

橋脚支点において連続主ケーブルは、フィン頂部に集中配置され、緊張時、曲げ下げ区間で下向きの腹圧力が発生する。FEM解析を実施した結果、28mmのシース間で6N/mm<sup>2</sup>を超える大きな引張応力が発生した(図-6)。フィン頂部の破壊は、全体系に与える影響が大きいことから、载荷試験により補強検討を行った。試験体は、PC過密配置部を橋軸奥行き方向30cmの範囲で切り出したモデルとし、無筋モデルと、シース間に補強筋D19@300を配置した補強筋モデルを2体製作した(写真-1)。試験の結果、無筋モデルの場合、想定腹圧力90kNの1.22倍で脆性的に破壊が生じた。補強筋モデルの場合は、想定腹圧力载荷時でも、PC構造に対する斜め引張応力度の制限値以下であり、想定腹圧力の1.33倍まで弾性域であった。その後、2.22倍でクラックが発生、5.37倍で鉄筋が降伏した(図-7)。これにより補強筋D19@300の有効性を確認し、図-8に示すU型鉄筋を曲げ下げ区間(25.5m)に配置した。

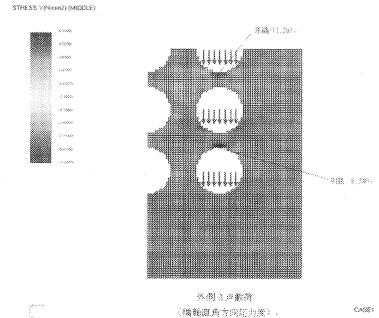


図-6 フィン頂部FEM解析

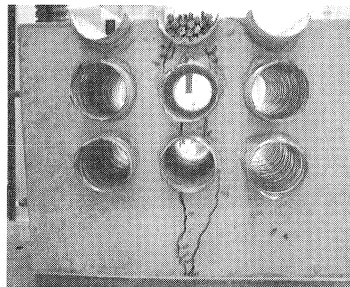


写真-1 フィン载荷試験体

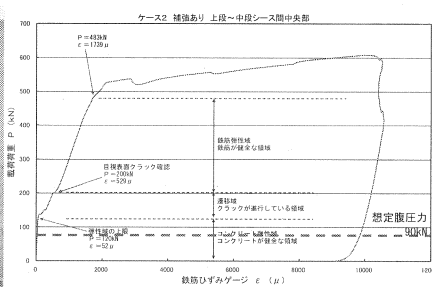


図-7 フィン载荷試験P-ε関係

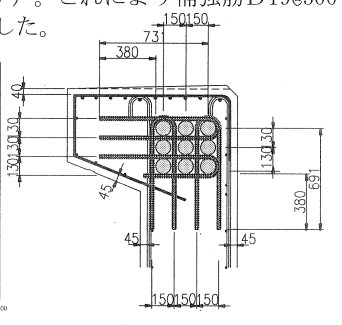


図-8 フィン補強筋配置

4. 施工計画

フィン部は、鉄筋・PC鋼材の配置スペースが限られ(写真-2, 3), 特に本橋ではバイブレーターや打設ホースの挿入部を確保するのが大変厳しい状況であった。今回、水平打継目を設けないよう、スラブとフィンは一体で打設する計画としたため、コンクリート充填性の確保が課題となった。

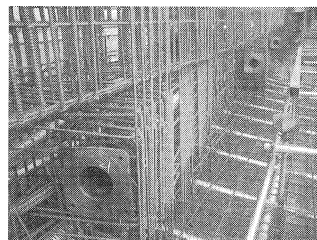


写真-2 定着突起部

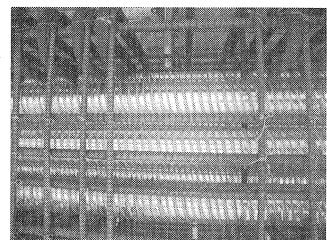


写真-3 シース配置状況

(1)コンクリート配合(表-2)

狭小な部位への充填性を考慮、スランブは18cmとし、アル骨対策として骨材は全て石灰石とした。また、材料分離対策として工業用タンカル(石灰石微粉末)を配合した。さらに、物理的に拘束を受ける部位には、セメントを一部膨脹材で置き換えた配合を用いた。

(2)コンクリート横流れ抑止対策

コンクリートの横流れを抑止するため、妻枠で橋軸方向に短くブロック分割する方針とし、更にブロック内は、ポンプ車を2台配置することで打設範囲を限定する計画とした。鋼材が過密配置される標準ブロック

表-2 主桁コンクリート配合表

40-18-20N 【下段：膨脹コンクリート(太平洋ハイパーエクスパン置換)】

粗骨材の最大寸法(mm)	水/セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
			水 W	セメント C	混和材①②	粗骨材	混和剤	
20	45.0	47.3	163	362	①砂②0	827	937	A E減水剤(高機能タイプ)
	47.7			342	①50+②20			

の1日当り打設量は、ポンプ車2台配置で100 m<sup>3</sup>前後と設定した。また、鋼材配置が比較的穏やかな側径間・橋脚ブロックは、150 m<sup>3</sup>~200 m<sup>3</sup>前後と設定した。さらにブロック継目は、鋼材配置が密な定着突起を避け、応力上問題ないことを確認した上で、全橋を13分割するブロック割(図-4)を決定した。

(3) コンクリート打設順序

ブロックの打設順序は、固定式支保工上での施工と、ラーメン構造による不静定力を考慮し、たわみの大きな支間中央部から先行打設、さらに橋脚ブロックを閉合した。また、側径間ブロックは、スラブに打ち下がる形状の桁端横桁が引掛りとなって、橋軸方向の収縮を拘束し、クラックの発生が懸念されたため、最後に打設する計画とした。拘束クラック対策として、橋脚ブロックと側径間ブロックは膨張コンクリートとした。また、打設順序や打設時期の気温、コンクリート配合などを考慮した3次元温度応力解析(図-9)を実施し、補強が不要である事を確認した。

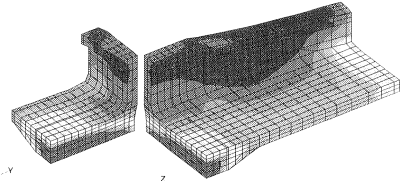


図-9 主桁3次元温度応力解析

(4) フィン型枠の打設窓

外枠には、高さ30cmの打設窓をブロック全長に配置する計画とした。フィンが高くなるブロックについては、打設高さが1.5m以内となるよう、打設窓を2段配置した。打設窓は、写真-4のように、打設時窓上側鉄筋かぶりの中へ格納しておく「隠し枠」方式を考案した。

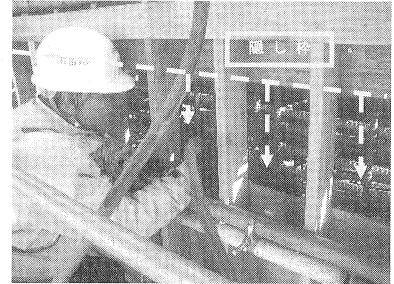


写真-4 「隠し枠」方式打設窓

(5) シース鉄筋過密配置部実規模打設試験

本施工に入る前に、シースと鉄筋が過密配置となる部位をモデル化した実規模打設試験(写真-5)を行い、前述「隠し枠」等の施工性や打設体制、充填性、振動器具等、実施工を多角的な視点で検証した。

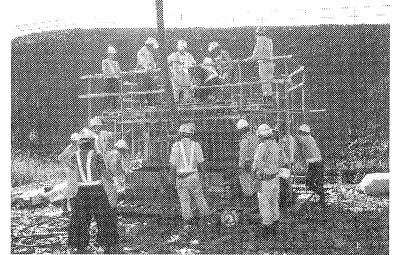


写真-5 実規模打設試験

(6) フィン上面傾斜部コンクリート流動抑止対策

フィン上面傾斜部において、コンクリートの流動を抑止するため、フィン上面に脱着可能な捨て枠を設置する計画とした。パイプレーター挿入孔の施工性確認と、型枠設置撤去方法確認のため、最も勾配が急な部位をモデル化した施工性確認試験を実施した(写真-6)。試験の結果、打設後1時間程度の脱枠で均し作業が可能であることを確認し、実施工に反映した。

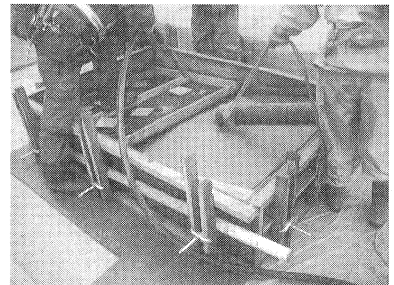


写真-6 フィン捨て枠施工試験

(7) 吹き出し押さえ枠試験

スラブとフィンを一体で打設するため、フィン内枠は浮き枠となる(図-10)。スランプ18cmのコンクリート吹き出しを押さえるため、ハンチ型枠を延長する計画とし、詳細仕様の決定を目的とした試験を行った(写真-7)。吹き出し押さえ枠の幅は20cmと30cmを、充填性向上のために設けたエア抜き用の孔はφ6mm@5cm間隔とφ9mm@10cm間隔をそれぞれ2パターン比較した。更に、ハンチ部アバタ対策として、「透水型枠シート(フィルターシート)」、「型枠用塗装合板裏面」、「表面」を3パターン

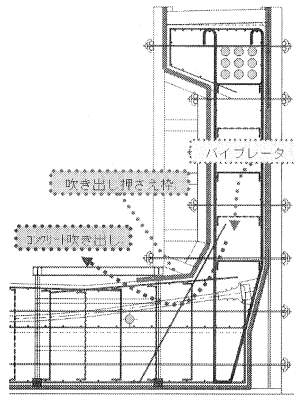


図-10 吹き出し押さえ枠

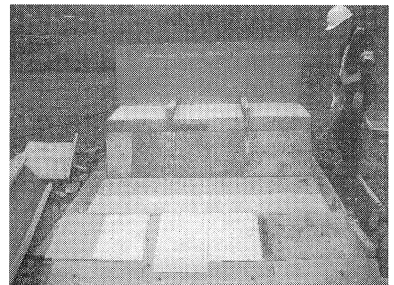


写真-7 吹き出し押さえ枠試験

比較した。吹き出し押さえ枠の幅は、30cmの方が、エア抜きの孔はφ6mm@5cm間隔の方が良好な結果となった。型枠用塗装合板の場合、裏面、表面どちらもアバタが散見されたが、透水型枠シートを用いた場合、表面色は艶のため黒っぽくなるものの、アバタは皆無であった。確認のため、同表面を数ミリ切削してみたが問題となるようなアバタは確認されなかった。

## 5. 施工実績

### (1) コンクリート打設 (写真-8)

打設は、2台のポンプ車により、2班体制で行った。2班それぞれのフィン内枠・外枠・型枠内部に目が行き届くよう、JV職員全員が無線機を携帯し、打設管理を行った。バイブレーターはφ50、φ40、φ30のフレキシブルタイプ、φ40、φ30の棒状タイプ、軽便バイブレーター、壁パイプと多種多様なバイブレーターを鋼材配置や型枠形状に応じて使い分けた。作業員の混乱を少なくするため、1人の役割が2種類以下になるよう配慮した。

### (2) 連続主ケーブル挿入

桁両端部に定着される約165mの連続主ケーブルは、3箇所ノフィン頂部において“山越し”があるため、プッシングマシンでは挿入困難と考え、3t低速ウインチ(φ18×200m鋼芯ワイヤー)で引込み作業を行った。ケーブルは工場で所要長さに切断し、引込先端部それぞれのケーブル中心線を延長、折り曲げ加工・鉄帯止めして19本束ね、引込治具を設置した。約3.5tの重量となる工場切断ケーブルは、1組毎ドラムに巻いた状態で現場搬入し、ブレーキ付きアンダーローラーに乗せて挿入作業を行った(写真-9)。これにより、一日2~3本の連続主ケーブルが挿入出来た。

### (3) 主ケーブル緊張

固定式支保工で製作される下路桁は、主ケーブルを途中定着するスペースが少なく、過半数が桁端部に定着される連続主ケーブルとなっている。連続主ケーブルは配置形状に伴うダクトとの摩擦による緊張力の損失が大きいため、桁中央設計断面における導入力の確保が課題となった。その対策として、シースは肉厚タイプを使用し、摩擦低減を図るとともに、設計導入力を確保出来ない場合も想定し、P2橋脚フィン部に、追加ケーブル(12S12.7×2本)を挿入・緊張出来るよう、予備ダクトを予め設置しておいた。

連続主ケーブルの緊張は、偏心が大きい大容量タイプのケーブルで、ねじり剛性が低い広幅員の下路桁に一度に大きな緊張力を導入することになる。そのため、緊張作業は、橋体に極力不必要なねじりを加えないよう、4組のジャッキ・ポンプを用いて、上下流の同形状ケーブルをほぼ同時に両引き緊張した。緊張の結果、摩擦係数は全て $\mu = 0.3$ 以下となり、設計導入力を確保できたことから、追加ケーブルは不要となった。

### (4) スラブ横締めケーブル寒中グラウト

全ての緊張作業が完了したのは2月中旬、厳冬期であった。このため、スラブ上面と下面を防炎シートで覆い、ジェットファーンネスで給熱養生しながらスラブ横締めケーブルの寒中グラウトを行った。養生温度は5日間5℃以上とした(写真-10)。

## 6. おわりに

本橋は、2007年5月現在(写真-11)、橋面ダクト工、PCケーブル定着部防水工、仮設栈橋撤去工を鋭意施工中であり、アプローチ部の工事完成後2008年5月に下り線、同年11月に上り線を使用開始する計画となっている。なお、最後に本橋の施工にあたり、関係各位に多大な御指導・御支援を頂きました。ここに記し謹んで謝意を表します。

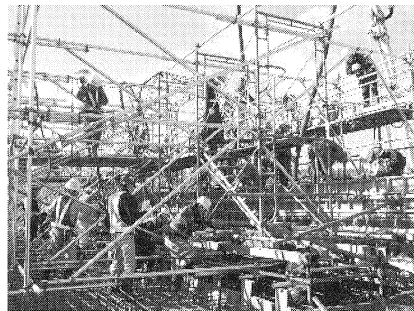


写真-8 コンクリート打設状況

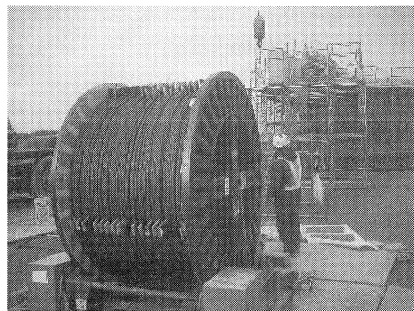


写真-9 連続主ケーブル挿入状況



写真-10 横締め寒中グラウト状況

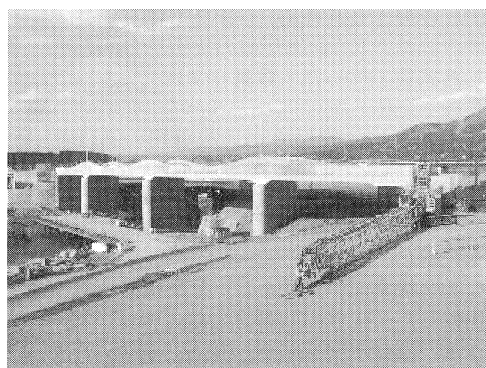


写真-11 衣川橋りょう全景(2007年5月)