

# 北陸新幹線における特殊 PC 橋の設計報告

## — PC シェルター桁他 2 橋 —

阿部 雅史\*

2014 年度に開業予定である北陸新幹線（長野・金沢間）の特殊 PC 橋梁のうち、弊社が担当した 3 橋（桑取川橋りょう；PC シェルター桁、姫川橋りょう；PC フィンバック橋、今村新田高架橋；移動式支保工架設の高架橋）について紹介する。

キーワード：新幹線、PC 橋、PC シェルター桁、フィンバック橋、移動式支保工、景観設計

### 1. はじめに

これまで弊社では数多くの PC 長大橋梁の設計を手掛けてきたが、そのなかで図 - 1 に示す北陸新幹線（長野・金沢間）における特殊 PC 橋梁 3 例について、設計報告を行う。

震災復興を背景にして、公共事業のコスト縮減が要請されるなかでの設計コンサルタントの役目としては、多機能（構造的、景観性、経済性 etc）な橋梁形式を提案し実行することが、ますます必要であると考えている。

本稿では、上記に示した視点から生まれたもので、代表的な「特殊」PC 橋梁を紹介する。

紹介する橋梁は以下の 3 橋である。

#### ① 桑取川橋りょう

新潟県上越市に位置し、トンネル間の短い明かり区間（通称まばたき区間）の PC 桁である。これらの区間は超豪雪地帯であるが、雪害対策で用いるスノーシェルターを RC 構造とし、PC 下路桁と一体構造とした。桑取川橋りょうは、橋長 65 m で同構造のうち最長である。

#### ② 姫川橋りょう

新潟県糸魚川市と青海町との行政境に位置し、大規模河川の姫川を渡河する PC フィンバック橋である。これは、橋梁支点部に魚の背びれ（フィン）のようにウェブを頭出させた中路構造であり、鉄道橋として

は、在来線では仙石線鳴瀬川橋梁に採用されていたが、新幹線では本橋で初めて採用したものである。

#### ③ 今村新田高架橋

新潟県糸魚川市須沢地内、今村新田地内、田海地内に位置する延長 1 588 m の 4 径間 5 連、5 径間 5 連からなる PC 連続箱桁橋である。架設工法は、経済性、工期などより、移動式支保工による架設工法を採用した。全 45 径間のうち、終点方の JR 営業線近接部を含め 16 径間を一般的な固定式支保工、残る 29 径間は 1 基の移動式支保工により架設した。

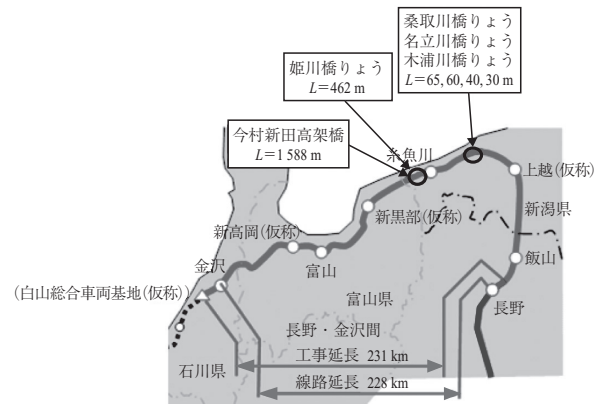


図 - 1 位置図

## 2. PC シェルター桁（桑取川橋りょう他 2 橋）

### 2.1 橋梁概要

本橋は、北陸新幹線上越～糸魚川区間のトンネルまばたき区間 189 k 060 m ～ 203 k 049 m（新潟県上越市）の超豪雪地帯の 3 工区（桑取川橋りょう、名立川橋りょう、木浦川橋りょう）に位置することから、PC スノーシェルター桁（RC シェルター付き PC 下路桁）を提案した（図 - 2）。

〔設計諸元〕

線 名：北陸新幹線（長野・金沢間）  
橋 梁 形 式：単純 PC 下路桁（RC シェルター付き）・  
9 連  
橋 長：65, 60, 40, 30m（4 種類）  
総 幅 員：11.5 m



\*1 Masashi ABE

八千代エンジニアリング(株)  
設計技術第三課 主任

○特集／設計報告○

主桁構造：O型断面 桁高9.4 m  
 PC下路桁部 桁高7.0 m  
 RC頂版部 桁高2.4 m  
 平面線形：直線～ $R = 6000$  m  
 列車荷重：標準活荷重P-16  
 設計最高速度： $V = 260$  km/h  
 軌道構造：スラブ軌道（貯雪式）  
 支承構造：ゴム支承  
 ストッパー構造：ダンパーおよび鋼角ストッパー

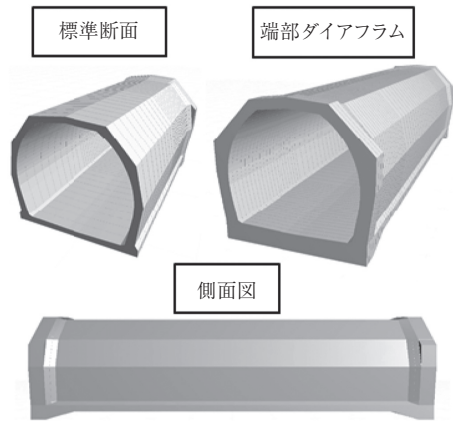


図 - 2 PC シェルター桁構造

2.2 橋梁計画

(1) 径間割の検討

径間割を決定するうえでの交差条件には、河川および堤防上の管理用道路、さらに県道が存在する。

これらの交差位置との建築限界確保をコントロールポイントとして、3工区において径間割を行った。

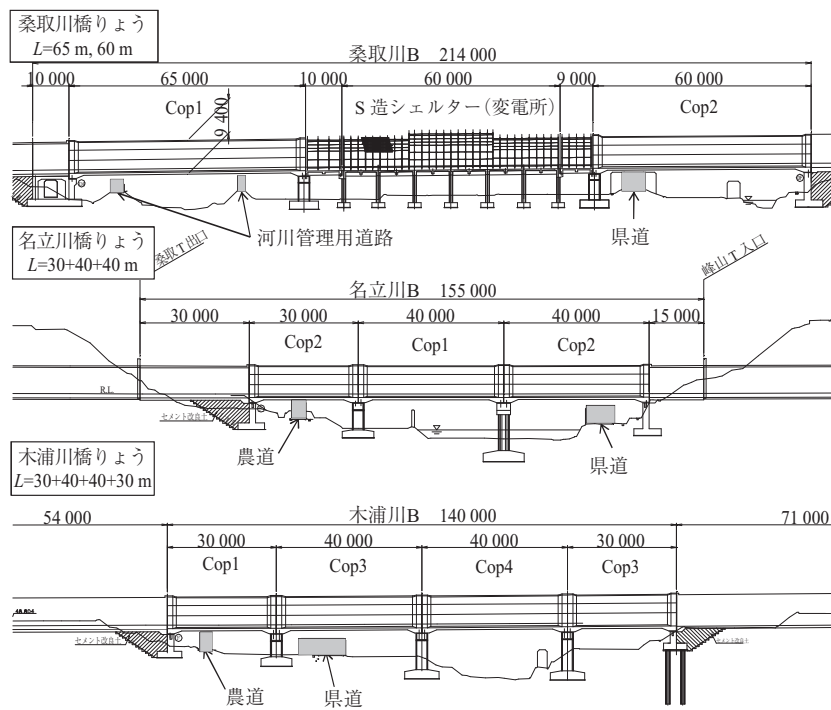


図 - 3 橋りょう全体図

縦断線形が低く設定されており、桁下空頭確保を目的として、下路桁形式を採用した。各工区における桁部分のすべてに対して同形式の桁を採用した。橋長は、 $L = 65, 60, 40, 30$  mの4種類である（図 - 3）。

(2) 上部工構造形式の検討

ここでは、RCシェルター付きPC下路桁形式の選定に関して、構造形式決定における留意点は以下のとおりである。

① 超豪雪地帯（架設環境）

架設箇所は、山間部のトンネルまばたき区間に位置するため、積雪深さは、設計上の160 cm（2年確率）より多いとされ、超豪雪地帯に位置する。よって、雪害対策としては鋼製シェルターの設置対象区間である。

② 桁下空頭の制限

交差条件としては、河川、堤防上管理用道路および県道があるが、河川規模から河川内への橋脚配置は不可能であるため、橋長は $L = 65$  mと長大スパンとなった。また、まばたき区間のため縦断RLの変更は難しく、下路桁形式による桁下空頭の確保が求められる。

③ 橋梁のライフサイクルコスト（LCC）低減

鋼製スノーシェルターの設置工は、これまでの実績から初期コストは110万円/m程度であり、さらに鋼製シェルターの維持管理コストも必要となる。シェルター部分をRC造とし、下路桁断面に付加することで、LCCの低減を図る。

(3) 桁形状の検討

既往の同種桁として、PC下路箱桁形式（実績：上越新幹線の戸座川橋りょう、津軽海峡線のコモナイ川橋りょう）があるが、これらの断面形状は矩形であり、頂版隅部を含む格点部において、応力集中が生じやすく、頂版外

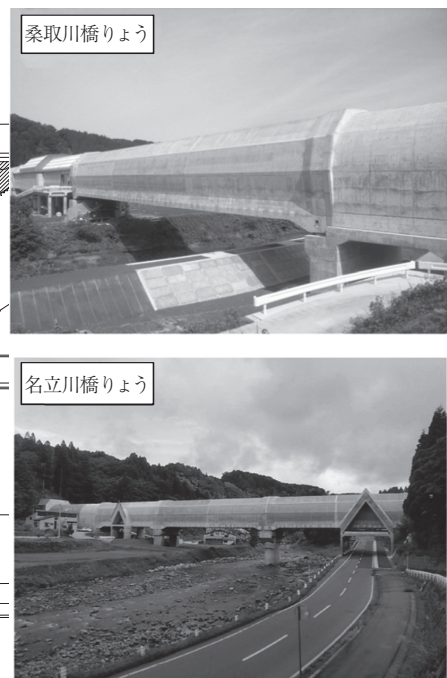


写真 - 1 PC シェルター桁

側へのクラック発生が懸念される。この断面特性を改善するため、頂版部は半アーチ形状を採用した(図-4)。

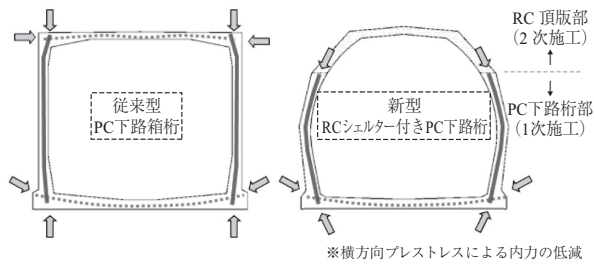


図-4 2段階施工および横方向プレストレス概念図

#### (4) 主桁分割構造の検討

主桁は施工性とプレストレスの導入効果の向上のため、下路桁断面でプレストレス導入後に、支保工解体後、頂版の施工を行う2段階施工を採用した(図-4)。また、この2段階施工により、一括施工を行った従来のPC下路箱桁に比べて、横方向のプレストレス(下スラブ横締め、ウェブ鉛直締め)による2次力を断面内に発生させない効果も確認できた。

一方、桁断面が大きいことから通常の桁に比べて剛性が高いため、コンクリート材料費の低減と下路桁ウェブ部および頂版の分割施工時の温度昇降による拘束クラック対策(水和熱発生抑制)を目的として、PC下路桁部は35 N/mm<sup>2</sup>、頂版部は27 N/mm<sup>2</sup>とし、セメント量を低減させた。とくに、RC頂版部については、普通ポルトランドセメントの使用を原則とした。

#### (5) 連続化の検討

主桁は「RCシェルター付きPC下路桁」構造であり、筒形状の大きなO型断面である。連続化は乗り心地および耐震性を向上(自重軽減)させるだけでなく、支承部の数を減らせるなどのメリットがある。しかし、本桁については、スノーシェルター機能を付加する目的から桁高(H=9.4m)は一定であり、全体断面の曲げ剛性は通常の上路桁に比べて高剛性であるため、連続化によるメリットは少ないといえる。また、曲線ウェブ内における連続ケーブルの配置が煩雑となり施工性に劣ると考え、単純桁形式を基本とした。

### 2.3 PCシェルター桁(RCシェルター付きPC下路桁)の設計

#### (1) 設計上の留意点

- ① 主桁断面は、下路桁状態で緊張後に頂版部を打設して箱桁断面に移行する複合断面であり、各施工段階時での主桁評価を行うだけでなく、上下の材齢差についても合成桁として評価して設計を行った。
- ② 大断面構造であるため、主桁の解析について梁理論の適用が可能であるかを3次元FEM解析により事前に把握した。また、横方向モデルに関しては、O型の梁モデルに対する支点位置の妥当性について、同様のFEM解析モデルにより確認した。
- ③ 桁端部には明確な端横桁が存在しない構造であるた

め、端部ダイアフラム部の局部応力については、3次元FEM解析により評価した。

- ④ 主方向の鉛直打継位置は、スパン中央部を避け、かつ1日打設量を考慮して奇数分割を基本とした。また、水平方向は頂版部との境界面に加えて、下路桁のウェブ高(7.0m程度)を考慮してウェブ部も2段階打設を基本とした。
- ⑤ 水平方向の打継部は、3次元FEMモデルによる温度応力解析を実施し、打設後の収縮に対して旧コンクリートによる拘束の影響を評価し、ひび割れ防止鉄筋を配置した。
- ⑥ 日本海に面した厳しい塩害環境条件に位置するため、下路桁部はひび割れを許容しないPC構造とした。また、かぶり60mm(通常より10mm増)とした。

#### (2) 立体FEMによる構造解析

本橋における構造特性は、図-5に示す3次元モデルを用いてFEM解析を実施し、以下の3点について確認した。

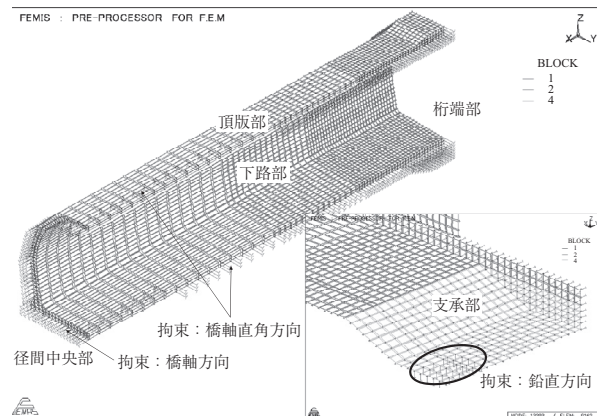


図-5 3次元FEM解析モデル

#### ① 梁理論の適用の妥当性評価

既往の下路箱桁断面では、せん断スパン比( $a/d$ ,  $a$ : 荷重作用位置,  $d$ : 有効高さ)が小さいため、主桁となるウェブ部には支点部付近において、ディープビーム性状が確認されている。本桁のようなO型断面の場合においても同様の傾向が見られるのか、また、主桁設計を梁理論による解析で問題ないかを確認した。

検討対象モデルは、 $L=65\text{m}$ 、 $40\text{m}$ の2ケースについて行った。性質の異なる荷重によって生じる橋軸方向応力度の分布(図-6)は、いずれも上下方向に層状となっており、全断面有効な構造であると言える。また、ウェブ部のせん断応力度分布(図-7)より梁理論時の線形分布と同様であることが確認された。

#### ② 局部応力の把握

円筒形状(O型断面)の変形は、荷重の载荷パターンによって3つ(自重、版上構造および列車、雪荷重)に分類される。筒形状の変形を把握することで、局部応力に対して鉄筋による補強を行った。

とくに桁端部においては、ウェブの折れ曲がりによる

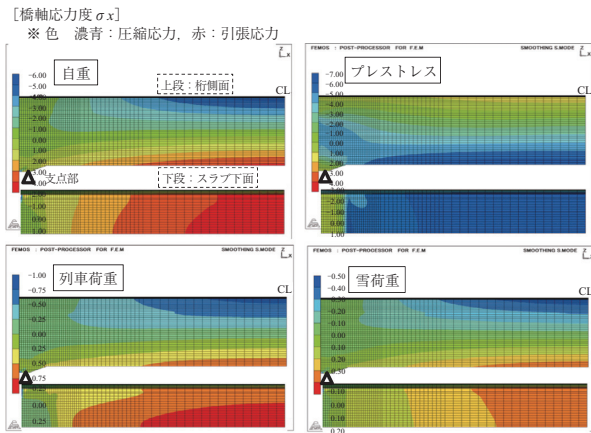


図 - 6 载荷荷重別の応力度分布 (橋軸方向)

注) 図 - 6 中の応力度分布は、断面内の構造系の変化 (1次施工 : 下路桁部施工, 2次施工 : 頂版部施工) を考慮した結果である。各モデルのFEM解析結果をディッシーガー簡易式 (道示I解 2.2.14) でクリープによる断面変化を考慮した。

$$\Delta R_{\phi} = (R_0 - R_1) (1 - e^{-\phi})$$

$\Delta R_{\phi}$  : クリープ変化による断面力  
 $R_0$  : 最終構造系を一度に施工した場合の断面力  
 $R_1$  : 架設段階を追って算出した断面力  
 $\phi$  : クリープ係数 ( $\phi = 1.5$ , 材齢 28 日)

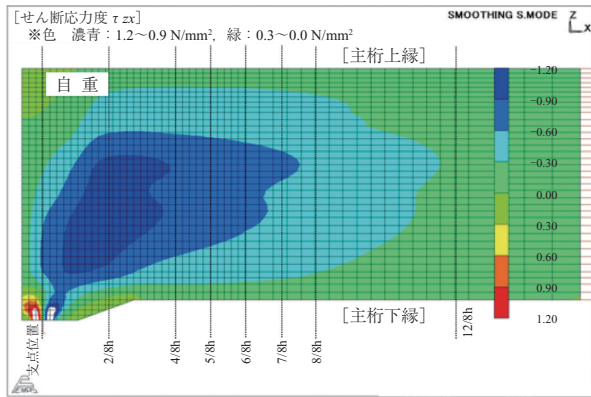


図 - 7 せん断応力度分布 (L = 40 m, 自重成分)

腹圧力の影響から、外側に開きながら潰れるような変形となることが確認できた (図 - 8)。ウェブのせん断力の流れによるものであり、桁長のそれぞれに対して必要な補強鉄筋を配置した (図 - 9)。

### ③ 施工時ひび割れの把握

水平目地の箇所 (下路桁と頂版, ウェブ 2 段階打ち部) については、温度応力によるひび割れのうち、とくに耐久性上問題となる貫通ひび割れが生じる可能性が高いことが確認された。このため、ウェブ部と頂版側面部については、温度応力に対する補強鉄筋を配置した。

ひび割れ幅の評価としては、軸引張力に対するひび割れ幅算出式として、ドイツの DIN 式 ( $w = s \cdot \varepsilon$ , ここで、 $s$ : ひび割れ間隔,  $\varepsilon$ : 温度拘束ひずみ) を用いることとした。また、ひび割れ幅の制限値は施工時の不確定要素等を考慮して 0.15 mm 以下とし、補強鉄筋は D16 ctc100 を配置した。

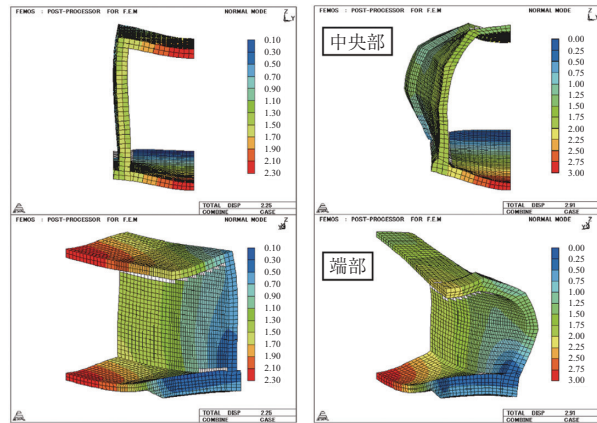


図 - 8 主桁変形図 (自重)

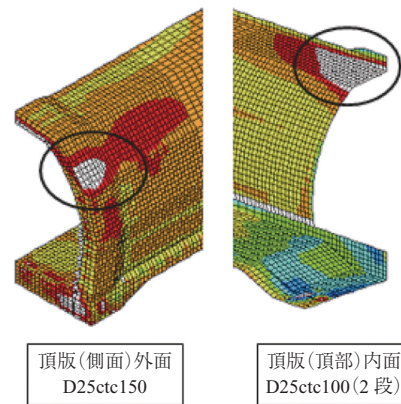


図 - 9 桁端部の局部応力 (L = 65 m)

### (3) 景観設計

桁の頂版形状の半アーチ型の採用については前述に示すとおりであるが、この曲線部の内面、外面の設定については、隣接する明かり巻きトンネルや変電所部の鋼製スノーシェルターなどの内側および外側形状に連続するように配慮した。また、大型断面による圧迫感の軽減と全景の景観性向上のため、斜ウェブ形状を採用した。

また、端部のダイアフラム形状 (拡幅部) は、本桁が隣接して配置される工区 (写真 - 1 下) を対象として、連続性を配慮した形状とした。

ちなみに、写真の三角屋根は交差道路上の落雪防護工であり、本桁とは一体化していない。

### 2.4 今後の提案

本橋は、主桁部分を PC 下路桁と RC 頂版部の 2 段階に分けることで、プレストレスの導入効率の向上のほかに、頂版部の施工時には下路桁上に枠組支保工を設置することが可能であり、結果として、桁下支保工の設置期間を短くできるメリットがある。

しかし、実施工した頂版部では、初期ひび割れが内側下面側に橋軸方向に多数確認された。この下路桁部は圧縮フランジが存在しないため、ねじり剛度が低く、施工時に支保工を設置した際に、ウェブが内側に倒れるような主桁変形を生じたものと考えている。それにより、支保工の高さ調整において、想定した頂版位置と実際の位置の差が大き

く支保工が脱型し易い状態であったことが原因であると考えている。

この結果から、頂版部の下路桁部と一体化構造については、頂版部をプレキャスト化することで頂版下面の曲面部の施工性改善に繋がると考えている。

また、下路桁部の桁高は、最大桁長の  $L = 65$  m の設計結果より決めた高さであるが、これより短い桁に対しては、各桁長に応じて PC 下路桁部と RC 頂版部の施工範囲を最適化することが桁の品質向上にも繋がると考えている。

下路桁断面部は、ウェブを直にした凹型の形状がもっとも施工性に優れるが、桁重量が大きくなる傾向となる。その点からも、頂版部はプレキャスト化して無駄のない曲線形状とすることが必要と考えている。

### 3. PC フィンバック橋 (姫川橋りょう)

#### 3.1 橋梁概要

本橋梁の構造形式は、上部構造が7径間連続 PC フィンバック中路箱桁、下部構造が P1 及び P8 橋脚を直接基礎、P2～P7 橋脚を1ロットケーソン基礎（ニューマチックケーソン基礎）としている。フィンバック橋の構造上の特徴は以下のとおりである。

- ① 桁圆心に対し、PC 鋼材の偏心量を大きくとることができ、長支間に対応が可能である。
- ② 桁下面一定のため、桁下空間を確保できる。
- ③ フィンバック部に曲面形状を採用することにより柔らかさを表現できる。
- ④ 冬季の厳しい環境（季節風）に対し、フィンによる防風効果が期待できる。

橋梁全景を写真 - 2、橋梁一般図を図 - 10 に示す。

〔設計諸元〕

線 名：北陸新幹線（長野・富山間）  
橋 梁 形 式：7 径間連続 PC フィンバック橋



写真 - 2 姫川橋りょう

橋	長：462 m
支	間：57 + 69 + 70 + 70 + 70 + 69 + 57 m
総	幅 員：13.3 m
主	桁 構 造：
径	間 部；中路箱桁断面 桁高 2.50 m
側	径 間；中路箱桁断面 桁高 1.50 m
	フィン高さ：2.176 ～ 5.150 m
平	面 線 形：直線
縦	断 勾 配：6.0 ‰～ leve l
斜	角：起点側・終点側 90.000°， 中間橋脚部 87°
列	車 荷 重：標準活荷重 P-16
設	計最高速度：P-16、 $V = 260$ km/h
軌	道 構 造：スラブ軌道
支	承 構 造：ゴム支承
ス	トッパー構造：ダンパーおよび鋼角ストッパー

#### 3.2 橋梁計画

##### (1) 上部工構造形式の検討

1 級河川の姫川は毎秒 5 000 t の計画高水流量を有し、出水期には飛騨山脈からの雪解け水により上流において過去数回の堤防崩壊を起こしている。

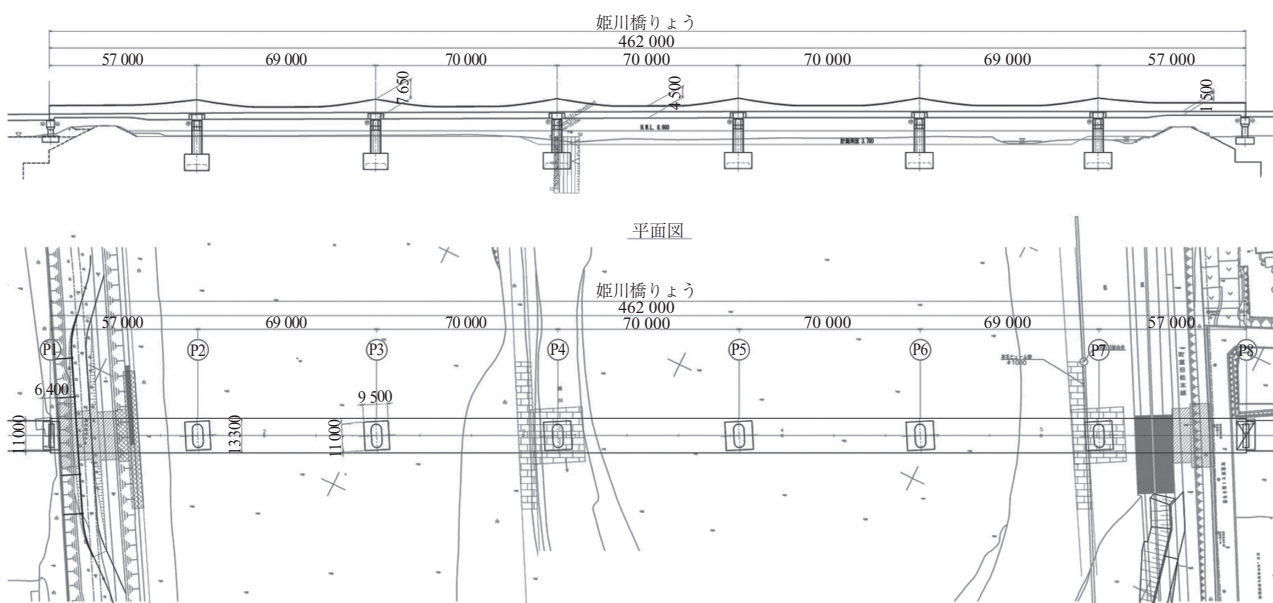


図 - 10 橋梁一般図

この河川に架橋する際に与えられた条件は、以下のとおりである。

- a) 上流に位置する国道 8 号姫川大橋を近接橋としてスパン割を行うこと。
- b) ピアアバット形式は極力採用しないこと。
- c) 河川管理用通路と新幹線桁下離隔は 4.5 m 以上確保すること。
- d) 右岸堤防上には桜堤（遊歩道）があり、景観を配慮すること。

これらの条件を満たすスパン割から側径間の桁下空頭確保が可能な構造形式として、7 径間連続 PC フィンバック橋（中路箱桁断面）を採用した。

フィンバック形式は、支点部において中路桁の橋面から飛び出たウェブ部の高さを確保する構造で、橋梁全体の見た姿が魚の背びれ（フィン）に似ていることから名づけられた。この形式は、大偏心ケーブル形式の橋梁に分類され、適用スパンは 60 ~ 80 m であり、エクストラード形式や斜材をコンクリートで保護した斜版橋などの適用スパン（ $L = 120$  m 以上）よりは小さい。

本橋架設位置は、海岸線より 700 m 以内と塩害対策も必要であることから、メンテナンス上の問題から外ケーブル方式の橋梁を避けることとした。

#### (2) 桁形状の検討

鉄道橋として、新幹線橋などの複線桁に対応する場合、フィン部の内面間距離が 12 m 弱と広幅員な形状となる。とくに支点部上ではフィン高が 5 m 以上となることから、フィン部自重による横方向の剛性確保が問題となり、3 室箱桁構造を採用した。

さらに箱桁部の形状は、外側ウェブは、景観上の要望から斜ウェブにしておき、底版幅を狭くすることで自重軽減にも配慮した。

フィン高の設定は、除雪可能な高さ  $RL + 4.5$  m（豪雪時にロータリー式ラッセル車を使用）を限界高さとした。また、側径間のフィン高は、隣接する桁式高架部の高欄天端に一致させ連続性を確保した。

フィン部の天端は、積雪および落雪を防ぐ目的から、外側へ勾配を付けた。また、スパン中央部ではフィン高が  $RL + 0.5$  m と小さいため、日本海側特有の強風（観測値最大 30 m/sec）対策として、透明アクリル板（厚さ 15 mm、ナイロンコード補強）を天端に設置した。

#### (3) 架設工法の検討

河川上の橋梁の架設方法のなかで、施工時になるべく河

川への影響を低減させる工法としては、一般的には張出し架設や押し出し工法等が考えられるが、フィンバック形式は桁が大断面であり、かつフィン部が変化する構造のため、施工規模から梁式支保工による固定支保工架設（瀬替え）を採用した。

#### (4) 基礎構造の検討

架設地点の地質は、姫川の氾濫源として堆積した沖積層（最大 400 mm の玉石が混入する  $N$  値 50 以上の玉石層）であり、堤内地に位置する P1 および P8 橋脚は支持層が浅い位置にあることから直接基礎とし、河川内の橋脚については、施工精度および施工性で有利なニューマチックケーソン形式を採用することとした。

### 3.3 PC フィンバック橋の設計

#### (1) 設計上の留意点

- ① フィン高は、支点部においては除雪可能高（ $RL + 4.5$  m）以下とし、側径間は隣接する桁式高架橋部の高欄天端高に合わせる。
- ② 側径間は、堤防上の管理用通路高を確保するために、箱桁部は標準部に対し 1.0 m 低い断面とする。
- ③ 上部工は、施工規模、河道切替え（瀬替え）を考慮し 3 渇水期施工で行われる。
- ④ 主方向ケーブルはカップリングによる連続配置を基本としているが、1 渇水期内で施工される箇所では一部をスルー配置とすることで、フィン断面の欠損率を小さくしている（ケーブルおよび鉄筋の防錆対策が必要となる）。
- ⑤ 箱桁部の外側ウェブに斜ウェブを採用したことにより、自重およびフィン部に配置した PC ケーブルによる腹圧力により支点部上床版には軸引張りが生じるため、上床版に横締め PC ケーブルを配置して軸引張りに抵抗させている（立体 FEM 解析実施）。
- ⑥ コンクリート打設は 1 回により行うことが耐久性からは望ましいが、支点部では箱桁部 16.4 m<sup>2</sup>、フィンバック部 9.3 m<sup>2</sup> と大断面であり、箱桁部とフィンバック部の 2 回打ちとした。このため、打継部の拘束および温度勾配の影響を把握するために、立体 FEM 解析による温度解析を行い、ひび割れ幅制御用の補強筋量を算出している。

#### (2) 立体 FEM による構造解析

本橋における構造特性は、図 - 12 に示す 3 次元モデルを用いて FEM 解析を実施し、以下の 3 点について確認した。

- ① PC 鋼材定着位置におけるプレストレスの有効領域の評価  
 広幅員のために実施したが、ウェブ定着 PC 鋼材によるプレストレス分布を確認した結果、通常の上路桁の場合に用いる算出式による影響範囲（=（桁高 + 主桁間隔）/ 2）とおおむね同じ結果であったため、その式により無効長を評価した。
- ② 中間支点上の曲げ下げ PC 鋼材による腹圧力の影響（横方向の断面力把握とその影響範囲）  
 上床版にはフィンの自重および PC 鋼材の腹圧力に

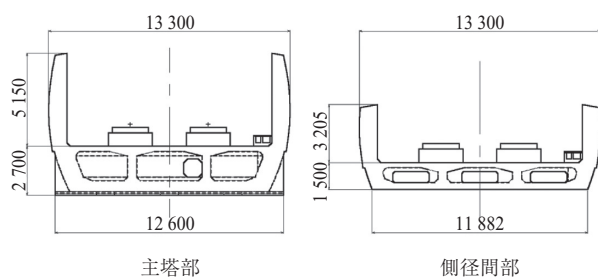


図 - 11 主桁断面図

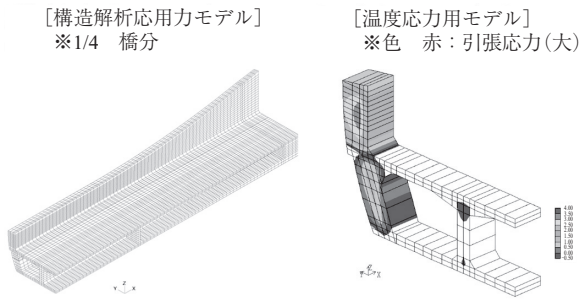


図 - 12 3次元 FEM 解析モデル  
(左：構造応力用，右：フィン部の温度応力解析用)

より軸引張力が生じることが確認されたため、中間支点部の上床版には横締め PC 鋼材を配置した (図 - 13)。また、FEM 解析結果に基づき、これらの荷重の影響範囲を求め、表 - 1 に示した横方向 4 種類の設計断面の境界を決定した。

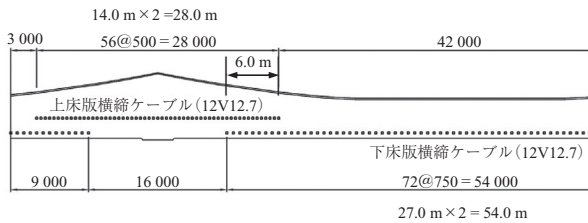


図 - 13 横締め PC 鋼材の配置

表 - 1 各横方向部材の構造

	上床版	下床版	ウェブ
中央径間中央	RC 構造	PC 構造	RC 構造
中間支点	PC 構造	RC 構造	RC 構造
側径間中央	RC 構造	PC 構造	RC 構造
端支点	PC 構造	PC 構造	RC 構造

③ 水平打継面の温度応力：

上床版とフィン部との水平打継面 (新コンクリート側) には、温度応力によるひび割れのうち、とくに耐久性上問題となる貫通ひび割れが生じる可能性が高いことが確認された (図 - 12)。このため、フィンバック部の温度応力に対して補強鉄筋を配置した。

ひび割れ幅の評価としては、軸引張力に対するひび割れ幅算出式として、ドイツの DIN 式 ( $w = s \cdot \varepsilon$ 、ここで、 $s$ ：ひび割れ間隔、 $\varepsilon$ ：温度拘束ひずみ) を用いることとした。また、ひび割れ幅の制限値は施工時の不確定要素等を考慮して 0.15 mm 以下とし、補強鉄筋は D19ctc125 を配置した。

3.4 今後の提案

複線用新幹線桁として、フィンバック形式を用いると、桁重量が予想以上に大きくなるのが分かっている。そのため、構造的および耐震性の点から、地盤条件としては支持層が比較的浅い良好な地盤への適用が望ましい。

また、PC フィンバック橋の桁自重軽減対策としては、各部材厚の最適化ではなく、支間中央部は鋼箱桁構造を適

用して混合桁構造にするなど、材料からのアプローチが必要である。

4. 移動式支保工架設の高架橋 (今村新田 BL)

4.1 橋梁概要

本高架橋の構造形式は、上部構造が 4 径間連続 PC 箱桁 (5 連) および 5 径間連続 PC 箱桁 (5 連)、下部構造が壁式橋脚、基礎形式は直接基礎および杭基礎を採用している。本高架橋における特徴は次のとおりである。

- ① 等桁高多径間連続 PC 箱桁を採用し、連続性を強調して桁下空間の開放感を確保した。
- ② 日本海側における冬季施工を考慮し、外面を防音パネルなどで囲った移動式支保工を採用し、通年施工を可能にした。
- ③ 施工済みの姫川橋りょう (フィンバック構造) との隣接桁は、移動式支保工上においてデットアンカーを用いた緊張を併用した。

[設計諸元]

- 線 名：北陸新幹線 (長野・金沢間)
- 橋 梁 形 式：4 径間連続 PC 箱桁橋・5 連  
5 径間連続 PC 箱桁橋・5 連
- 橋 長：1 588 m
- 支 間：2@35 + 3@32 m, 2@32 + 3@37 m  
2@32 + 2@37 m, 35 + 3@37 m  
4@37 m, 3@37 + 2@35 m  
3@35 + 37 m, 3@37 + 35 m  
5@35 m, 5@35 m

- 総 幅 員：11.7 ~ 11.8 m
- 主 桁 構 造：箱桁断面 桁高 2.20 m
- 平 面 線 形：直線 ~  $R = 6 000$  m
- 列 車 荷 重：標準活荷重 P-16
- 設計最高速度： $V = 260$  km/h
- 軌 道 構 造：スラブ軌道 (貯雪式)
- 支 承 構 造：ゴム支承
- ストッパー構造：ダンパーおよび鋼角ストッパー



写真 - 3 今村新田高架橋

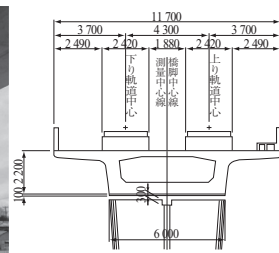


図 - 14 主桁断面図

4.2 橋梁計画

(1) 上部工構造形式の検討

前述の姫川橋りょうの隣接桁であり、国道 8 号および市街地と並行して設置されており、約 1.6 km のなかで複数の道路と河川を交差するため、景観性の配慮が求められた。鉄道高架橋では大きな交差条件が無ければ、ラーメン高架橋を適用することが多いが、本橋では周辺環境に配慮す

るため、中規模の  $L = 35\text{ m}$  前後に統一し、PC 箱桁の連続桁形式を採用した。対象延長  $1.6\text{ km}$  のなかに、連続 PC 箱桁を 4 径間 5 連、5 径間 5 連の計 10 連を配置した。

#### (2) 架設工法の検討

比較検討は、桁長  $4 @ 37\text{ m}$  の 4 径間連続桁の多連高架橋を対象に、固定式支保工架設、移動式支保工架設、および押し出し架設の 3 工法について比較を行った。検討した結果、以下の理由により移動式支保工架設を採用した。

- ① 桁式支保工の場合は、一般的に交差道路車道部に支柱を設置する必要があり、建築限界を確保することが難しい。それに対して、移動式支保工架設（ハンガータイプ）の場合では、桁下空間に制約されにくい特徴をもつ。国道 8 号上においても、通行止めをすることなく施工が可能となり有利である。
- ② 比較対象区間が約  $1.6\text{ km}$  と延長が長く、移動式支保工では型枠および支保工の転用回数が多くなるため、固定式支保工架設より経済性において有利となる。
- ③ 日本海沿岸域の冬季は厳しい施工環境が予想されるが、移動式支保工では架設桁を利用した上屋の設置が可能となり、外面を防音パネルなどで囲う形で施工ができる。よって、風雨等の気象条件にも左右されないため、工程管理がしやすく、かつコンクリートの品質（養生性能）も向上する。



写真 - 4 移動式支保工架設状況

### 4.3 移動式支保工架設桁の設計

#### (1) 設計上の留意点

- ① 国道 8 号の交差条件として、完成時の建築限界高で  $5.5\text{ m}$  確保することが求められたため、主桁高は  $H = 2.2\text{ m}$ （桁高 / スパン =  $1/17$  程度）とした。
- ② 移動式支保工を用いた架設工法は、型枠および支保工を部分的に解体・組立てを繰り返しながら、1 径間ずつ順次橋体を施工する工法である。そのため、主ケーブルはカップリング（接続具）による連続配置を基本とした。
- ③ 中間支点横桁の施工は、施工性、工期短縮の観点から、現場打ち先行打設とした。
- ④ 主方向の鉛直方向打継位置は、ケーブル接続具の配置と断面力分布（モーメントが交番する  $0.2L$  付近）を考慮し、各支点から  $7.5\text{ m}$  とした。

#### (2) カップリング部の考え方

本高架橋のケーブル接続は、モノグリップ型カップラー（C12T13MH）を採用した。接続手順は、① 前ブロック端部への定着、② カップラーによるケーブル接続、③ 接続部カップラーシース組立て（写真 - 5）となる。



写真 - 5 カップラーによる PC 鋼材接続

一般的には、 $30 \sim 40\text{ m}$  規模の橋梁においてカップラーによる接続緊張を行う場合、目地部においては大きな緊張力差が見られず（ $5\%$  以下）、前ブロックの定着具の抜出しなどの心配はない。

しかし、最終径間では、施工目地位置の関係から施工長が最小で  $25\text{ m}$  程度と短いことから、セットロスの影響が広範囲となる。よって、所定の緊張力を導入するため端部緊張力を大きく引き越す必要があり、結果として、目地部では緊張力の差が  $20\%$  と大きくなった（図 - 15）。

引き越し作業の場合、接続部が引き越されると前径間も再緊張されて PC 鋼材が伸びるため、見かけの鋼材長が変化し通常の固定端から緊張端間での緊張管理が適用できないという懸念がある。また、構造上、引き越し時において接続部の状態が直接確認できないなどの施工管理上の問題も生じる。

よって、本橋では、引き越しを生じさせない緊張力になるよう端部緊張力を決定し、不足する緊張力に対しては下スラブ部に PC 鋼材を新たに追加した。

#### (3) 景観設計

市街地に計画されたため、周辺環境との調和が図れるように以下の点について景観性に配慮した。

- ① 橋脚く体形状は、張出し梁を無くし、傾きを一定勾配とした逆台形橋脚とし、 $R = 300\text{ mm}$  の面取りを施した。また、橋脚中央部には、凹状の切欠き部を設け、そこに角形排水管を設置する形とし、景観性向上に努めた。
- ② 上部工形状は、等桁高多径間連続桁形式を採用することで直線性を強調し、桁形状についても斜ウェブ、面取りを採用して圧迫感の少ない景観とした（写真 - 3）。



◇最終径間が短い場合の導入緊張力の分布

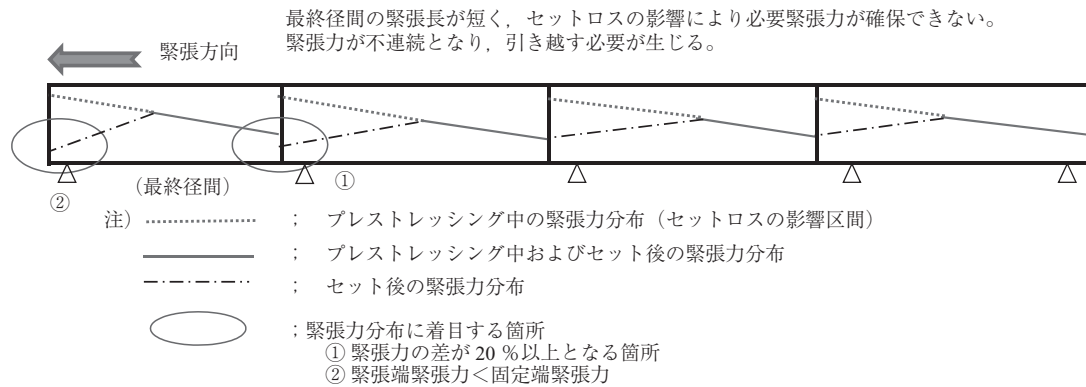


図 - 15 緊張力分布概念図

4.4 今後の提案

移動式支保工架設は、桁下の交差条件に左右されず、河川上などの通年施工を可能とする架設方法である。しかし、桁下高を一定にする必要があることから中スパン（40～70m）までが適用範囲にかぎられる。また、移動式作業台車等の改造費を含めた仮設費が高価であることから、一定規模以上の桁延長が無いと他の架設工法に比べて不利となる。一方向への片押し施工となるため、急速施工を行う場合は、移動式作業台車が複数必要となり、経済性に劣る。

移動式作業台車の上屋は、全天候型であることから、寒冷地などの冬季施工には温度管理が比較的容易となる。この点に着目し、適用を提案していきたい。

5. おわりに

これまで弊社は数多くの特殊橋梁設計に従事してきたが、どの橋梁計画・設計にも、「緻密な計算と先を見越した洞察力」が必要不可欠であると考えている。設計者とし

ては、施工される構造物に対し、社会的責任を負う必要があり、構造形式等の適用是非について、施工面も含めてフィードバックすることが前提にある。

今回紹介した橋梁には良い面もあれば、改善点もまだまだ見受けられる。これらの結果を真摯に受け止め、今後の橋梁設計に反映させていきたいと考えている。

PCシェルター桁については、山間部の豪雪地帯や超高速鉄道の安全対策用フードを設置する箇所など、今後も本桁が必要とされる場所（ニーズ）はあると考えている。

最後に、これらの設計にあたり、多大なるご指導をいただきました関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 井上, 伊藤, 河瀬, 後藤: フィンバック形のウェブを有するPC箱桁橋の計画・設計, 橋梁と基礎 Vol.38, No.12, 2004.12
- 2) 磯谷, 河瀬, 阿部, 後藤, 小林: 移動式支保工架設による連続PC箱桁橋の設計・施工, 橋梁と基礎 Vol.46, No.6, 2012.6 (予定)

【2012年2月20日受付】



刊行物案内

東日本大震災 PC 構造物災害調査報告書

平成 23 年 12 月

定 価 9,000 円 / 送料 500 円

会員特価 7,000 円 / 送料 500 円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会