

# PC板を用いた波形鋼板ウェブ橋の新しい張出し架設工法

## すぎたにがわ —杉谷川橋—

大阪支店	技術部	小林 仁
大阪支店	PC工事部	當真正夫
大阪支店	PC工事部	高瀬秀敏
大阪支店	PC工事部	杉浦一毅

**概要：**杉谷川橋は、建設中の新名神高速道路のなかで滋賀県南部に位置する橋梁である。当初は波形鋼板ウェブ橋による1室箱桁橋を、移動作業車を用いた張出し施工により構築する、近年ではすでに一般的といえる工法で計画されていたが、積極的な省力化、コストダウンのための取り組みとして、波形鋼板ウェブ橋の新しい構造ならびに施工法を提案し採用されている。

**Key Words：**波形鋼板ウェブ，PC板，合成構造，新接合方法，新型架設機，省力化

### 1. はじめに

杉谷川橋は新名神高速道路の大津 JCT から名古屋方面に約 15km の位置に建設される橋梁である。架橋地点は甲南トンネル東坑口のある山の中腹部と甲南パーキングエリアが建設される丘陵地にはさまれた地形となっている。トンネル坑口に近い位置関係にあることから、上下線2つの橋梁で構成されており、このうち上り線は別発注工事によりすでに完成している。

下り線施工にあたり、従来の移動作業車を用いた張出し施工から、コスト削減に関する新しい施工方法と構造変更を提案し、これに沿った設計ならびに性能確認試験を行った。

本稿ではこの新工法を用いた構造概要ならびに施工概要について報告する。

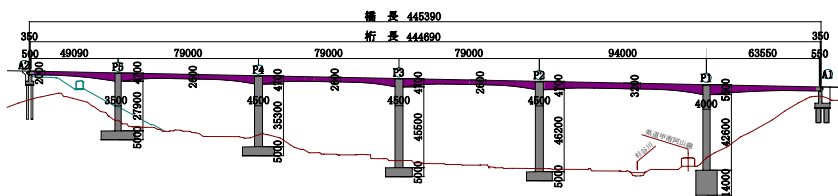


図-1 全体一般図



写真-1 杉谷川橋 (手前が下り線)

工事名：第二名神高速道路 杉谷川橋 (PC 上部工) 下り線工事

構造形式：PC6 径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋

橋長：445.39m 有効幅員：11.6m

縦断勾配：2.0% 横断勾配：2.5% 平面線形：R=4500m



小林 仁



當真正夫



高瀬秀敏



杉浦一毅

## 2. 構造概要

### 2.1 概要

当初設計における波形鋼板は、上下にフランジプレートを有する波形鋼板ウェブと、これを介してアングルジベルにて一体化される上下床版コンクリートという、波形鋼板ウェブ箱桁橋のいわば一般的な部材構成であった。

下り線を施工するにあたり、波形鋼板ウェブの上下フランジを有効利用した工法として、以下の2点に着目した機能を付加することとした。構造模式図を図-2および図-3に示す。

①ウェブフランジを連続化，高剛性化することで波形鋼板ウェブに曲げ耐荷力を付与し，波形鋼板ウェブに架設時荷重を負担させる。これにより，架設機の小型化，施工荷重低減による必要PC鋼材量の低減が可能である。

②下床版型枠へのプレキャストPC板の採用。

これにより下床版荷重の波形鋼板部材への直接載荷，底型枠の低減，工程短縮，桁底面の品質向上が期待できる。

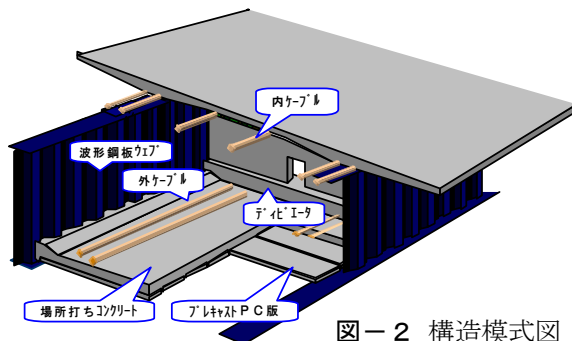


図-2 構造模式図

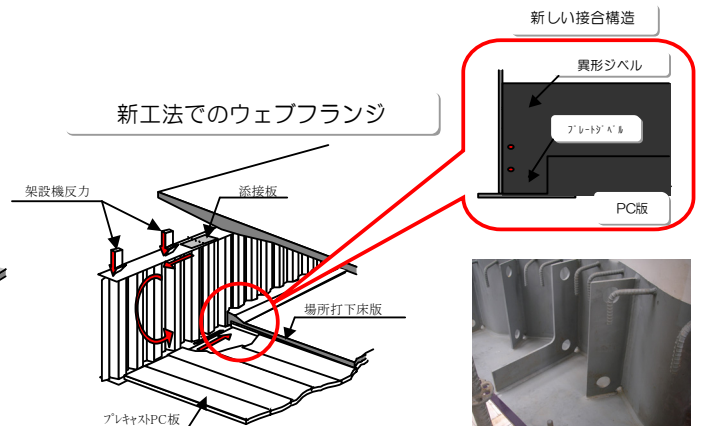


図-3 新しい波形鋼板ウェブフランジ構造

下床版施工にPC板を適用すると同時に、プレートジベルを用いた新しい接合方法を採用することにより、従来波形鋼板の下側に位置するコンクリート下床版部材を波形鋼板ウェブの内側に構築する構造とした。これにより、下床版配筋等の施工性が向上すると同時に、波形鋼板と型枠設備とのたわみ差によって生じる、波形鋼板埋込部の肌隙や空隙等の初期不良を解消することができる。

### 2.2 波形鋼板ウェブ

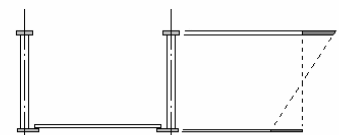
波形鋼板ウェブの設計は、通常の波形鋼板ウェブ橋と同じく主方向のせん断力は全て波形鋼板が負担するものとした。ただし、せん断力に対する有効高については、波形鋼板が下床版コンクリートの下縁まで延びている新しい構造形式のため、せん断力に対する有効高の検証が必要となる。

杉谷川橋では、FEMなどによる検討結果を踏まえ、せん断力に対する有効高は平均せん断応力度に対する検討、座屈に対する検討とともに上下鋼フランジ間距離とした。波形鋼板のせん断力分担率はFEMによると80%程度であったが、設計上、100%を負担させている。

フランジの設計は、架設時に生じる応力を低いレベルで抑え、構造系完成以降の増分応力を見込んで設計時の許容応力度を超過することがないように、フランジの厚さを決定している。また3ブロックの同時施工により、各ブロックで主方向の断面形状が異なるため、架設時の断面形態に応じた応力計算を行い、フランジの安全性を照査した。上床版打設、緊張により箱桁構造が成立した後は、通常の波形鋼板ウェブ橋と同様、鋼フランジ、ウェブを無視した設計を行っている。(図-4参照)

添接板の板厚、必要ボルト本数とも、継手位置のフランジ実

架設時の応力分布



箱桁構造成立後の応力分布 (上下鋼フランジは無視)

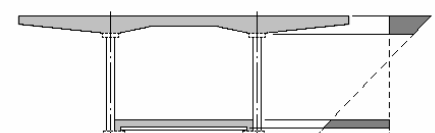


図-4 主桁の曲げ応力度分布

応力度と全強 75%応力度のうち大なる方を用いて設計している。また、母材および添接板のボルト孔は、現場施工性を考慮しφ26.5 拡大孔を使用している。

波形鋼板ウェブ部材は大阪市内の鋼橋メーカーの工場で作成し、1ブロック 4.8mを1～2分割で搬入、クローラクレーンおよび架設機の 2.8t 吊門型クレーンにて架設した。波形鋼板同士の接合は、上下フランジをハイテンションボルトによる2面摩擦接合、ウェブは隅肉溶接による重ね継手を採用している。施工状況を写真-2～4に示す。フランジプレートのボルト孔の余裕量から、架設時に許容される波形鋼板先端での高さ方向の誤差は±10mm程度であったため、たわみ計算値とブロック毎のたわみ実測値から次回搬入予定分の添接板の孔加工位置を指定することで、波形鋼板の架設精度を確保した。



写真-2 波形鋼板架設状況



写真-3 フランジ添接ボルトトルク確認状況



写真-4 ウェブ添接部現場溶接状況

### 2.3 下床版

PC板の基本的な断面形状は、PCコンポ橋を参考に決定しているが(図-5参照)横断勾配に対する対処として下面にレアを設けている。これは、工場における部材切断、および溶接の作業性を考慮するとともに、PC板をあずける鋼フランジを波形鋼板に対し直交させたことによるものである。

鋼板下フランジには、PC板を介して下床版施工荷重が直接載荷されるため、プレートジベルを下フランジの補強リブとして考慮した設計を行っている。また、PC板固定アンカーの設置と下フランジやPC板の応力低減のため、PC板の桁架かり長を150mm確保している。フランジ添接部はPC板に切り欠きを設けることで、ボルト周辺のコンクリート充填性と、ウェブ溶接後に仮ボルトを高力ボルトに交換するための作業空間を確保した。

PC板を使用した合成構造のほとんどが上床版への適用であり、通常、PC板の剛性は横方向(直角方向)の設計において考慮される。しかし、下床版に作用する横方向の断面力は上床版に比べて小さく、積極的に合成構造とする必然性が低い。一方、PC板を主方向(橋軸方向)の抵抗断面として考慮することができれば、場所打ち床版厚を低減することが可能となり、より経済的な設計を行うことができる。このため、杉谷

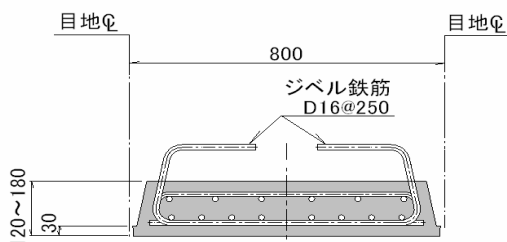


図-5 PC板標準断面図

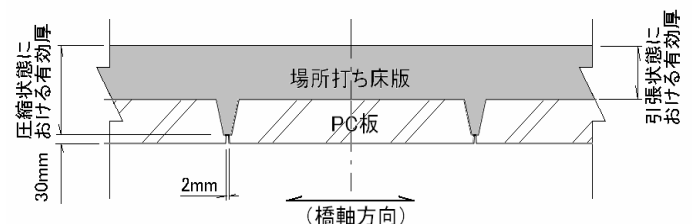


図-6 下床版の有効厚さ



川橋では主方向のみ PC 板の剛性を見込むこととした。ただし、PC 板は橋軸方向に不連続に配置されるため、下床版が引張を受ける状態や終局状態まで合成構造とするのは困難であると判断し、使用時の下床版が圧縮を受ける状態のみを有効とした。(図-6 参照)

なお、主方向の圧縮領域では、PC 板と場所打ち部が使用時において一体挙動していることを実験で確認している。

また、接合方法については施工に先立ち、3種類の接合構造に対して付着性能の確認試験を実施し、ジベル筋を用いた仕様に決定している。この詳細については技報第4号を参照されたい。

製作は施工場所から約5kmに位置する、(株)ピーエス三菱滋賀工場で行い、陸送により施工場所に搬入した。(写真-5, 6)



写真-5 PC板架設状況



写真-6 PC板現場搬入状況

### 3. 施工概要

#### 3.1 柱頭部工

波形鋼板が施工荷重を負担できる構造であることから、柱頭部施工のためのブラケット等仮設材に対してコンクリート施工荷重を考慮する必要が無く、足場としての検討を行えばよい。この結果、ブラケットを固定する PC 鋼棒が半分になるなど、従来と比較して仮設備を縮小することが可能となった。柱頭部の施工手順ならびに施工状況を図-7および写真7~9に示す。

- ① 波形鋼板の設置,
- ② 柱上横桁部の施工 (波形鋼板と柱部材の一体化)
- ③ PC 板の架設, 下床版の施工
- ④ 内部支保工の設置, 上床版の施工

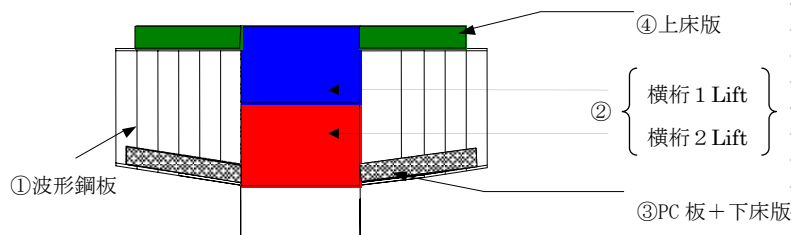


図-7 柱頭部施工手順



写真-7 柱頭部施工状況



写真-8 柱頭部横桁 2 Lift 施工状況



写真-9 柱頭部下床版施工状況

### 3.2 張出施工

張出施工に用いる移動作業車には、新しい断面構造を施工するために適したものであると同時に、張出施工サイクルを合理化し施工日数を短縮できる構造が求められた。本工法では先行して架設した波形鋼板ウェブに施工荷重を載荷することが可能であるため、従来の張出架設機のように大きな転倒モーメントを負担する構造とする必要が無い。そこで荷重を波形鋼板に対して鉛直に伝える主脚と、これらを繋ぐ軽量のトラス梁から構成される単純な構造とすることで、従来の架設機と比較して3割程度の軽量化を実現した。(図-8) また従来の施工サイクルにおいて同時作業の困難であった、波形鋼板工、下床版工、上床版工の施工ブロックを前後にずらして同時施工が可能な構造とすることで、張出施工サイクル日数を1.5~2日短縮している。(表-1)

		サイクル日数(実働)											
サイクル工種		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
コンクリート打設・養生		■		■									
緊張・架設機移動				■		■							
波形ウェブ架設/溶接/検査					■		■						
PC板設置									■				
型枠組立						■		■		■			
鉄筋PC組立・打設準備								■		■		■	

表-1 張出施工サイクル比較



写真-10 張出施工状況

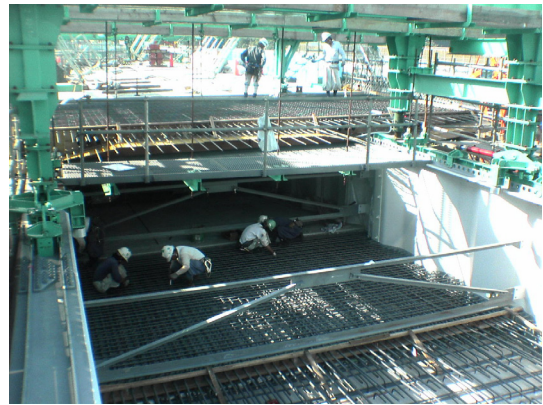


写真-11 張出施工状況

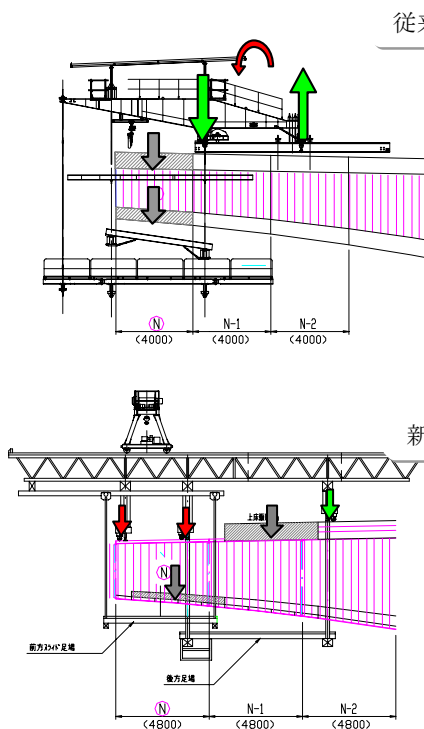


図-8 張出架設機

従来型架設機



新型架設機



写真-12 張出架設機



### 3.3 側径間施工

A1側側径間閉合部は直下の地形が急峻であり固定支保工の構築が困難であった。よって、波形鋼板を架設、上下フランジを接合し、支承および端支点横桁を施工することで、波形鋼板ウェブと既設橋体を連続構造化し、これにコンクリート等の施工荷重を負担させる方法を採用した(写真-13)。側径間施工手順を図-9に示す。ウェブフランジを接合した時点より連続構造として挙動し、上床版の施工荷重により下床版に引張応力が発生するが、波形鋼板ウェブが十分な曲げ剛性を有しているため閉合部施工時荷重による増加応力は $0.8\text{N/mm}^2$ 以下と十分小さく、仮設PC鋼材等の補強をせず施工することが可能であった。なお、型枠および足場設備には架設機を利用している。



写真-13 側径間閉合部の施工

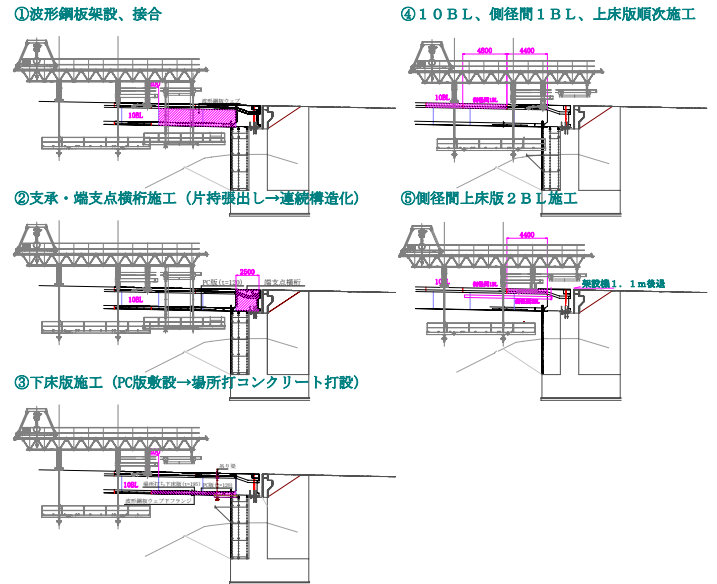


図-9 側径間施工要領図

### 3.4 中央閉合部工

中央閉合部も側径間と同様、波形鋼板を架設、接合することで連続構造とし、これに施工荷重を負担させる施工方法とした(写真-14)。図-8に中央閉合部施工手順を示す。



写真-14 中央閉合部施工状況

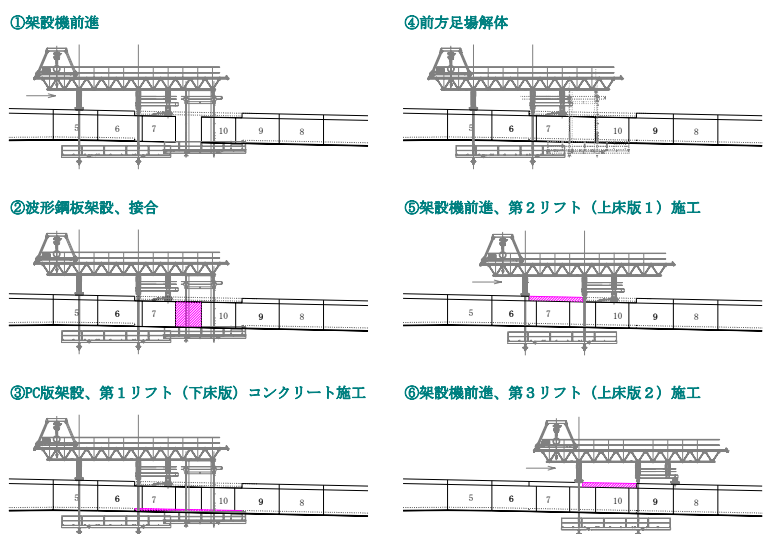


図-10 中央閉合部施工要領

### 3.5 主桁形状管理

今回採用した施工方法では、施工荷重のほとんどがコンクリート部材の無い断面剛性の小さい張出施工先端部に載荷されること、閉合部施工時において、コンクリート部材の施工や連続ケーブルの緊張を待たず、波形鋼板を接続した時点で十分な曲げ剛性を有する連続構造となるという点で、PC箱桁橋の延長として検討していた従来の波形鋼板ウェブ橋とはたわみ挙動が異なることが予想された。図-11に張出し施工時のたわみ管理概要図を示す。また既存の演算ツールでは、部材構築の進捗にともなう断面剛性の変化と、時間の経過に伴って変化するコンクリートのクリープや乾燥収縮による断面力を同時に再現することが困難であったことから、これらを忠実に再現できる演算ソフトウェアにより、詳細なたわみ挙動の解析を行った。

この結果をたわみ管理に反映することで、精度良く主桁の形状管理を行うことができた(図-12)。

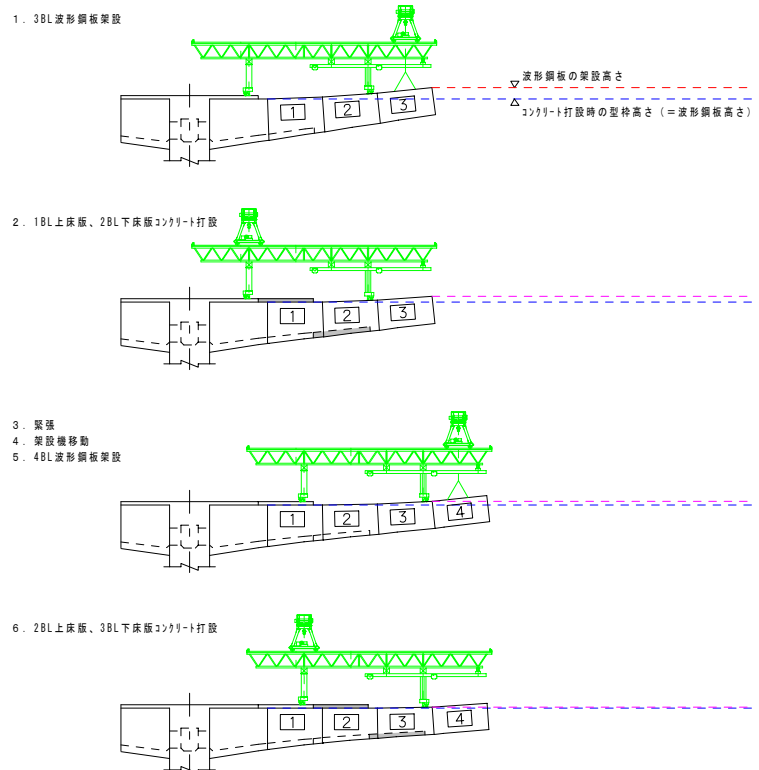


図-11 張出し施工時たわみ管理要領図

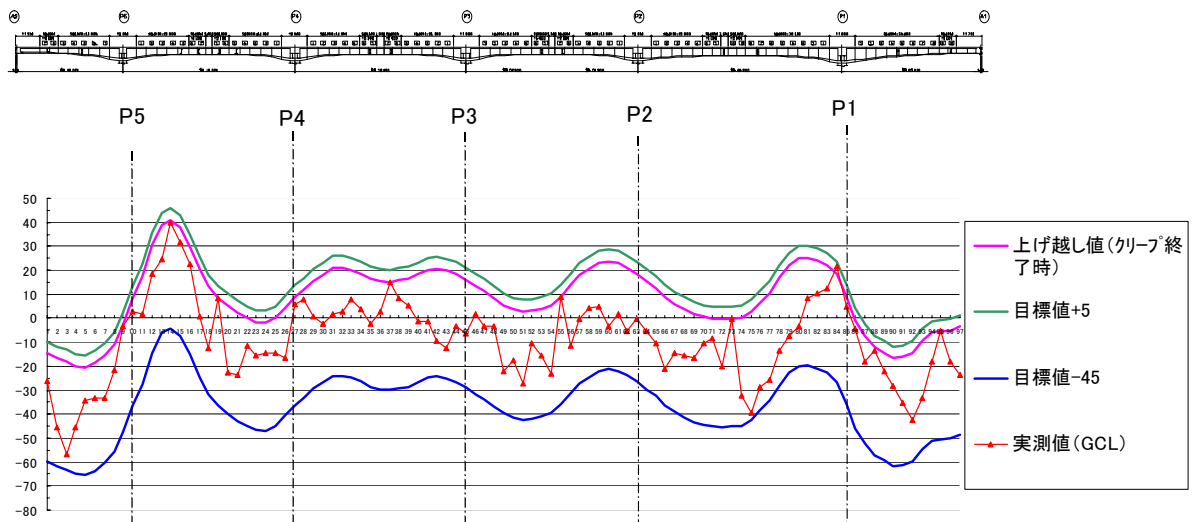


図-12 上げ越量グラフ (橋面工完成時)

### 4. まとめ

本工法での施工を実際に行って、その印象ならびに今後の課題と思われる事柄をまとめると、以下のとおりである。

- ① 下床版断面構造の変更による施工性に省力化については計画以上の成果があり、特に下床版ハンチを省略したことによる鉄筋型枠組立やコンクリート打設の作業性が向上した。
- ② 下床版橋軸方向鉄筋のラップ部分が波形鋼板ジョイント部まで到達するため、N+1ブロックの波形鋼板架設接合(溶接)後、鋼板接合部周辺のPC板架設が完了しないと、Nブロックの下床版が施工できなかった。これがサイクル施工上のクリティカルパスとなることから、各部材の継手位置や、ジ

ベル筋を使用せず PC 板を後から配置できる構造にするなど、今後の改良によりさらなる工期短縮が期待できる。

- ③ PC 板はコンクリート打設により最大 20mm 程度のたわみを生じており、これはおおむね計算値と一致している。しかしながら、打ち継ぎ部前後の PC 板下面に最大 10mm 程度の段差が生じた箇所があった。施工においてはたわみが生じても下床版の厚さを確保できるように管理していたものの、美観を含めた出来型に対して PC 板のたわみ制御方法を確立することは今後の課題といえる。
- ④ 新型架設機については、作業箇所が分離されることによって異種作業混在が低減され、従来型の張出架設機と比較して施工性や安全性が向上している。また、上床版より下床版施工が 1 ブロック分先行していることで、下床版への荷役やコンクリート打設等の作業性が向上している。
- ⑤ 波形鋼板ウェブフランジは、構造系完成以降の増分応力を見込んでも設計時の許容応力度を超過することがないようにフランジの厚さを決定した。さらなるコスト低減のためには、鋼フランジを仮設時のみ考慮する等、鋼部材数量を低減する設計思想を採用することが効果的であると考えられるが、下床版施工荷重に対する下フランジの剛性確保や破壊荷重時における有効断面としての取扱いなど、経済性と構造性を両立する合理的な設計方法の確立が今後の課題である。

平成 19 年 7 月現在本橋は竣工を迎え、現時点における経済効果の他に、品質や安全性の向上といった付加価値の存在を確認している。また今回の実績により、さらに経済性を高める手法等の知見を得ることができた。写真-15 に完成写真を示す。

総合評価型発注方式やプロポーザル案件が増加するなか、従来工法に対する優位性をもった構造を実績として有する意義は大きい。今後波形鋼板ウェブ橋の新形式としてさらなる発展をとげ、新しい提案を生み出す足がかりとなることを期待したい。



写真-15 完成写真(平成 19 年 7 月)

#### 謝辞

本構造採用にあたり、NEXCO 西日本関西支社構造技術課および大津工事事務所の方々の多大なご理解ご協力を頂いた。また新しい試みに対し多くのご提案を頂戴した。より良いものを造るための探求心に敬服するとともに、紙面を拝借し心よりお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 志道, 森, 大山, 依田: 波形鋼板と下床版の新接合方法の提案とずれせん断に対する挙動確認実験, 第 15 回プ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, 2006.10
- 2) ピヤマハント, 大山, 志道, 依田: 波形鋼板と下床版の新接合方法に関する面外曲げ耐力の算定式と確認試験, 第 15 回プ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, 2006.10
- 3) 森, 大山, 志道: 波形鋼板ウェブを用いた新しい押出し工法の開発, プレストレストコンクリート vol.49 No2, 2007.3
- 4) 芦塚, 高橋, 当真, 小林: 第二名神高速道路杉谷川橋(下り線)の設計施工-実橋への新工法の適用-, プレストレストコンクリート vol.49 No3, 2007.5