

下床版にPC板を使用した新しい波形鋼板ウェブ箱桁橋の設計 —新名神高速道路 杉谷川橋(下り線)—

(株)ピーエス三菱 大阪支店 技術部	正会員 ○小林 仁
西日本高速道路(株) 関西支社	正会員 芦塚 憲一郎
西日本高速道路(株) 関西支社	高橋 章
(株)ピーエス三菱 大阪支店 技術部	正会員 畑仲 俊治

1. はじめに

波形鋼板をウェブに用いた橋梁は国内実績ですでに100橋を上回っている。西日本高速道路(株)においても、建設中の新名神高速道路において波形鋼板ウェブ構造を多く採用している。高強度で軽く、プレストレスの導入効率に優れるという、波形鋼板の構造上の優位性については広く知られるところであるが、これらの特性を施工中にも有効利用することで、さらなるコストダウンが可能になると考えられる。杉谷川橋(下り線)では、実績のある鋼フランジの連続化^{1), 2)}に加え、下床版にプレキャストPC板を使用する新しい施工方法を採用した。PC板の使用により、架設中のコンクリート重量は全て波形鋼板に負担させることができ、架設資機材の大幅な軽量・簡素化と工期短縮が可能となった。本稿では、こうした新しい構造に対する設計面での取り組みに加え、安全性を確認するため行った実験の結果について報告を行うものである。

2. 工事概要

工 事 名：第二名神高速道路 杉谷川橋 (PC上部工) 下り線工事

工 期：平成17年7月～平成19年7月

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

支 間 割：49.09+3@79.0+94.0+63.55

有効幅員：11.46m

平面線形：R=4500m

勾 配：縦断2.0%，横断2.5%

標準断面図を図-1、全体一般図を図-2に示す。

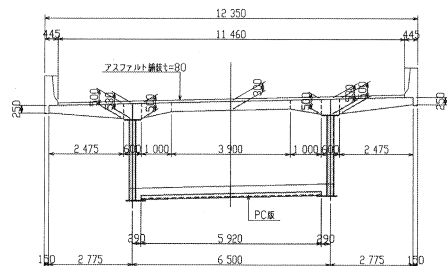


図-1 標準断面図

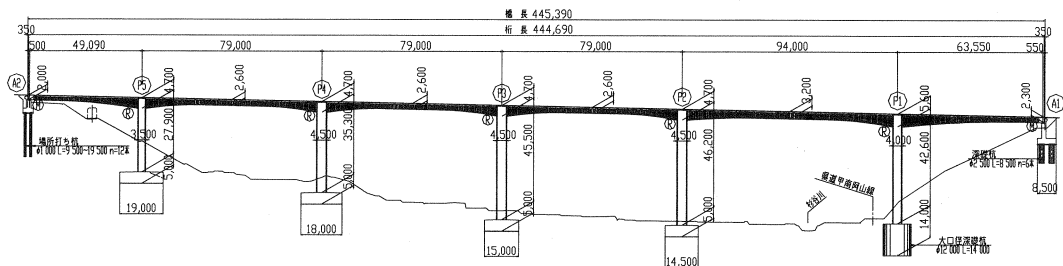


図-2 全体一般図

3. 新工法の特長

(1) プレキャストPC板の使用

波形鋼板の上下鋼フランジを連続化し、施工中の荷重を波形鋼板に負担させた事例はすでに存在するが、杉谷川橋(下り線)ではわが国で初めて、下床版コンクリート重量をPC板を介して波形鋼板に伝播させる方法を採用した。

PC板の使用により下床版施工時の足場が不要となり、作業に対する安全性が高くなる。また、埋設型枠

として断面の一部に見込むことで、合理的な設計が可能となる。さらに、耐久性上の留意点であるトリプルコンタクトポイントを箱桁内に限定することができ、維持管理性にも優れると思われる。

(2) 新しい架設機による張出し施工

施工中の荷重は波形鋼板に負担させるため、張出し架設における従来型の移動作業車は不要となる。本橋では、足場・作業荷重のみを負担する架設機を新規製作した。新しい架設機はトラスガーダーを主構とし、前方脚を波形鋼板の上フランジ、後方脚を既設ブロックの上床版で支持する構造である。

本橋ではこの架設機により3ブロックの同時施工を計画した(図-3)。

前方ブロック(N+1)では波形鋼板の架設とPC板の敷設、中間ブロック(N)では下床版の施工、後方ブロック(N-1)では上床版の施工と架設ケーブルの緊張を行う。作業が1ブロックに集中しないため施工性に優れ、サイクル工程の短縮が可能である。

さらに、架設機から主桁に作用する反力が従来型の移動作業車に比べ小さく、施工ブロック長を通常施工より大きくすることが可能となる。本橋ではブロック長を当初設計の最大4.0mから4.8mに拡張し、施工ブロック数を減少することができた。

このように、新しい架設機を使用することで、張出し架設の施工の合理化および施工日数の大幅な短縮が可能となる。

(3) 柱頭部施工の合理化

本橋では、柱頭部施工においても波形鋼板に施工時の荷重を負担させることとした。これによりブラケット支保工は不要となり、支保材数量の低減と、設置・撤去に要する日数の短縮を図っている。

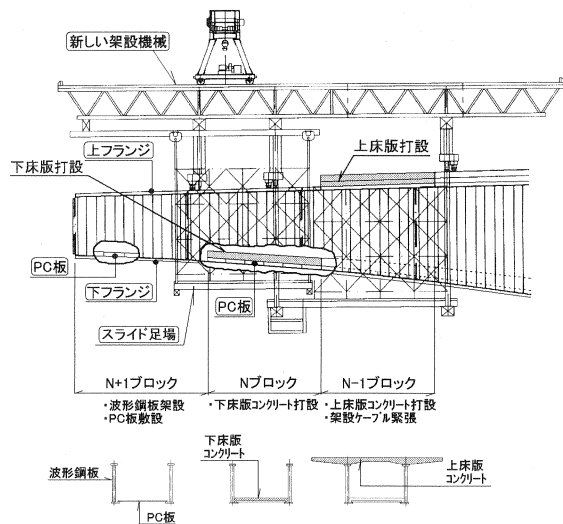


図-3 新しい架設機による施工のイメージ図

4. 設計

(1) 曲げモーメントに対する設計

曲げモーメントに対する設計は、以下の方針によっている。

- ・主方向設計時：PC板を断面性能に見込む(圧縮領域のみ)
- ・主方向終局時、横方向：PC板を断面性能に見込まない

下床版に作用する横方向の断面力は小さく、積極的に合成構造とする必然性が薄いため、主方向のみPC板の剛性を見込むこととした。ただし、図-4に示すとおり、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。

架設時の検討については、図-3の横断面図に示すとおり各ブロックで主方向の断面形状が異なるため、断面形態に応じた応力計算により鋼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としている。

なお、鋼フランジ同士の接合には、高力ボルト継手を使用している。

(2) せん断力に対する設計

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もに、上下鋼フランジ間距離とした。前者についてはFEMにより安全性を確認

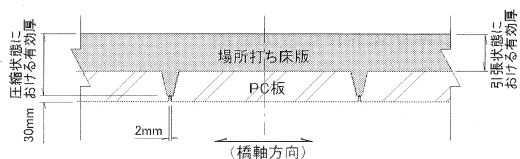


図-4 下床版の有効厚さについて

している。

なお、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。

(3) PC板

PC板の基本的な断面形状は、PCコンポ橋を参考に決定した(図-5)。また、板厚は埋設型枠としての強度から決定され、120mm~180mmの6種類となった。併設されるPC板のキャンパー量に差があると目違いが生じるため、PC板の厚さに関わらずキャンパー量が一定になるよう、PC鋼材により調整を行っている。

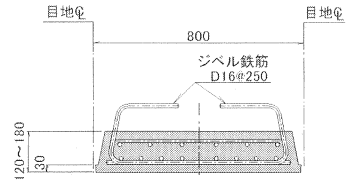


図-5 PC板標準断面図

PC板は、鋼フランジに工場溶植したボルトにより固定する。また、横断勾配に対する対処として、PC板の下面にレアを設けている。

(4) 下床版コンクリートと波形鋼板の接合

波形鋼板と下床版の接合部は新しい接合構造による必要があり、複数の接合構造を提案し、実験により性能比較を行った。

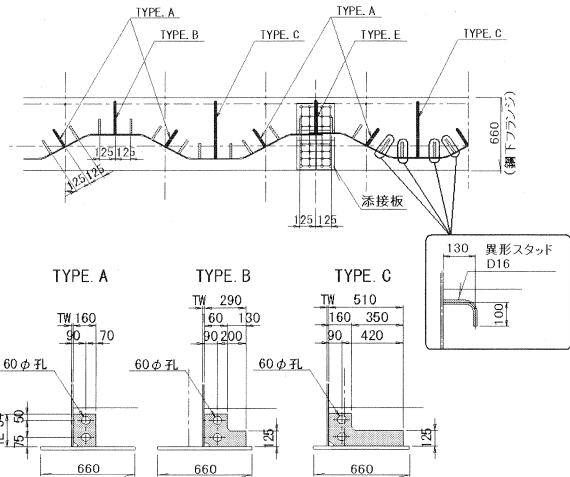


図-6 波形鋼板と下床版の接合部構造

提案した接合構造の詳細、実験の内容については文献^{3)~5)}で詳しく報告されているため割愛する。

本橋では、図-6に示すプレートジベル構造を採用している。標準的な孔あき鋼板ジベルの設計手法が適用できることに加え、波形鋼板と鋼フランジ間の補強リブを兼ねることができ経済的である。

5. PC板の合成効果確認実験

(1) 実験方法

下床版に用いたPC板について、主方向の抵抗断面として考慮することが可能であることを確かめるため、供試体による実験を行った。

供試体は最大の圧縮力が作用するP1下床版をモデル化した。構造図を図-7に示す。下床版の圧縮応力の分布は長方形に近似されるため供試体は等断面の梁形状とし、プレストレスにより軸圧縮応力を与えた。導入応力度は場所打ちコンクリート ($\sigma_{ck}=40N/mm^2$) の設計時許容応力度 $14N/mm^2$ を目標とした。

PC板の表面処理については、図-8に示す4つのタイプを選定した。供試体の各高さに設置したひずみゲージにより軸方向ひずみを計測し、解析値との比較により合成の程度を判断することとした。計測位置を図-9に示す。また、PC板と場所打ち部の界面に亀裂変位計を設置し、水平方向および鉛直方向の目開き量についても計測を行った。

(2) 結果と考察

実験結果は、選定したタイプごとに大きな差は見られなかった。実橋に採用したTYPE-3 (ジベル鉄筋0.2%) の実験結果を図-10に示す。

断面①では、実験値、解析値ともにひずみが直線分布とならず、PC板遊間に大きな圧

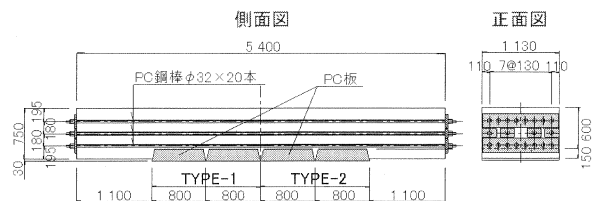


図-7 供試体構造図

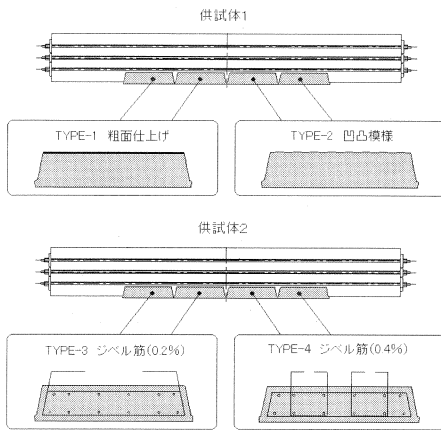


図-8 PC板の表面処理

実験では4つの表面処理方法に明解な性能差は見られなかったが、下床版においてPC板と場所打ち床版

を合成させた事例がなく、より安全性が高いと思われるジベル筋接合を採用することとした。なお、鉄筋量による性能差が確認されなかったため、示方書で規定される0.2%の鉄筋量を配置することとした。

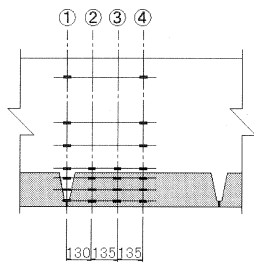


図-9 ひずみゲージ位置

縮ひずみが生じる結果となった。ひずみ量は供試体下縁の理論値に対し1.27倍のオーダーとなり、応力は使用時の許容値を超過した。しかし、FEMによると局所的な応力集中であり、供試体に損傷は確認されなかった。ひずみ分布は①から遠ざかるに従い、直線分布に近づいた。

①を含む全ての断面において、実験値と解析値はよい精度で一致している。解析ではPC板と場所打ち部を一体化させており、使用時の圧縮状態下では両者の合成が確認されたと判断される。

また、初等梁理論による軸方向ひずみは、PC板遊間の近傍を除き概ね実験値、解析値と一致した。これより、応力の算定にあたり標準的な設計手法の適用が可能であると判断される。

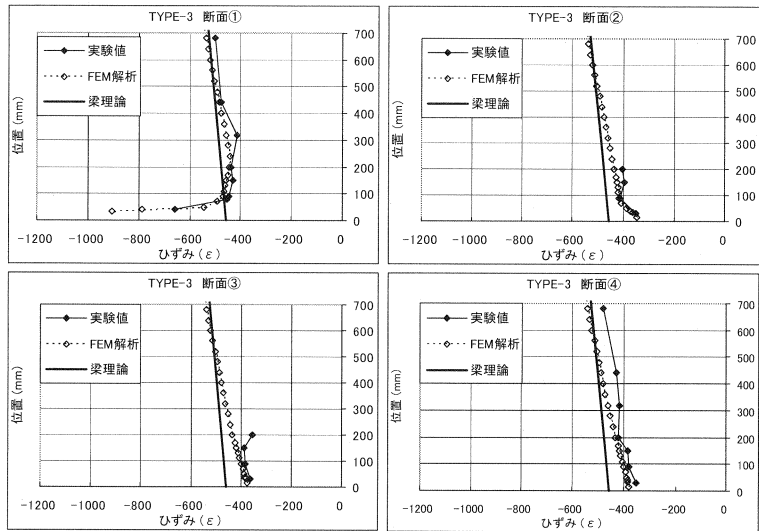


図-10 実験結果 (TYPE-3)

5. まとめ

今回、PC板を使用した新しい張出し架設工法を提案し、コスト縮減と工期短縮を図った。本稿執筆時(平成19年5月末)では橋体が完成し、7月の竣工に向けて施工が進められている。本橋で採用された新しい施工方法が、同規模橋梁における計画の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 井手ほか：栗東橋の施工と計測，プレストレストコンクリート，Vol148，No.5，2006
- 2) 村尾ほか：信楽第七橋，津久見川橋の設計と施工，橋梁と基礎，2004.2
- 3) 志道ほか：波形鋼板と下床版の新接合方法の提案とずれせん断力に対する挙動確認実験
- 4) ピヤマハントほか：波形鋼板と下床版の新接合構造に関する面外曲げ耐力の算定式と確認実験
(3)，4)とも) 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
- 5) 森ほか：波形鋼板ウェブを用いた新しい押し出し工法の開発，プレストレストコンクリート，Vol149，No.2，2007