

埋込接合式波形鋼板ウエブを架設時有効利用した橋の設計・施工

— 第二東名高速道路 たばさわ 田場沢川橋 —

東日本支社	設計センター	中村淳一
東日本支社	設計センター	井筒浩二
東日本支社	土木部	今津正裕
東日本支社	設計センター	豊田正

概要：田場沢川橋は、東名高速道路「裾野 IC」より西北西へ 2km に位置する田場沢川が流れる谷部を横断する第二東名高速道路の橋梁である。本橋はストラット付波形鋼板ウエブ橋である。従来の移動作業車を用いた張出し工法から、波形鋼板ウエブのフランジを架設時に有効利用した工法を採用した。これにより架設機の軽量化、ブロック数の削減、工期短縮、PC 鋼材の低減が可能となる。同施工方法を採用した杉谷川橋での実績と架設機材を生かし、第二東名高速道路の 3 車線幅員で多く採用されているストラット付波形鋼板ウエブ構造に適用した。

Key Words：波形鋼板ウエブ、ストラット、合理化工法、新型架設機

1. はじめに

田場沢川橋は、東名高速道路「裾野 IC」より西北西へ 2km に位置する裾野市中東部に建設される橋梁で、東名高速道路沿津～裾野間を南北方向にほぼ併走して計画されている第二東名高速道路の橋梁である。

本橋は、橋長 229.5m の上り線ならびに橋長 201.0m の下り線からなる PRC3 径間連続ストラット付波形鋼板ウエブ箱桁橋であり、発注当初は、拡幅を考慮した暫定 2 車線の設計であったが、3 車線に変更となりストラット付構造となった。

本工事では、従来の移動作業車を用いた張出し工法から、波形鋼板ウエブのフランジを架設時に有効利用した張出し工法を採用した。同施工方法を採用した杉谷川橋^{1),2)} (2 車線ストラットなし) での実績と架設機材を生かし、第二東名高速道路の 3 車線幅員で多く採用されているストラット付波形鋼板ウエブ構造への適用をはかった。

本稿では、このような特徴の工事について、構造概要ならびに施工概要を報告する。

写真－1・2に完成予想図を示す。



写真－1 完成予想図①



中村淳一



井筒浩二



今津正裕



豊田正

2. 橋梁概要

本橋の橋梁諸元は下記の通りであり、**図-1**に全体一般図、**図-2**に標準断面図を示す。また**表-1**に使用材料を示す。

工事名：第二東名高速道路 田場沢川橋（PC 上部工）工事
 発注者：中日本高速道路（株）東京支社 沼津工事事務所
 構造形式：PRC3 径間連続ストラット付波形鋼板ウェブ箱桁橋
 橋長：上り線 229.500 m 下り線 201.000 m
 支間長：上り線 59.35+108.0+59.35 下り線 53.1+92.0+53.1m
 有効幅員：16.500 m（3車線）
 平面線形：上り線 R3200m 下り線 R3000m
 架設方法：片持ち張出し架設



写真-2 完成予想図②

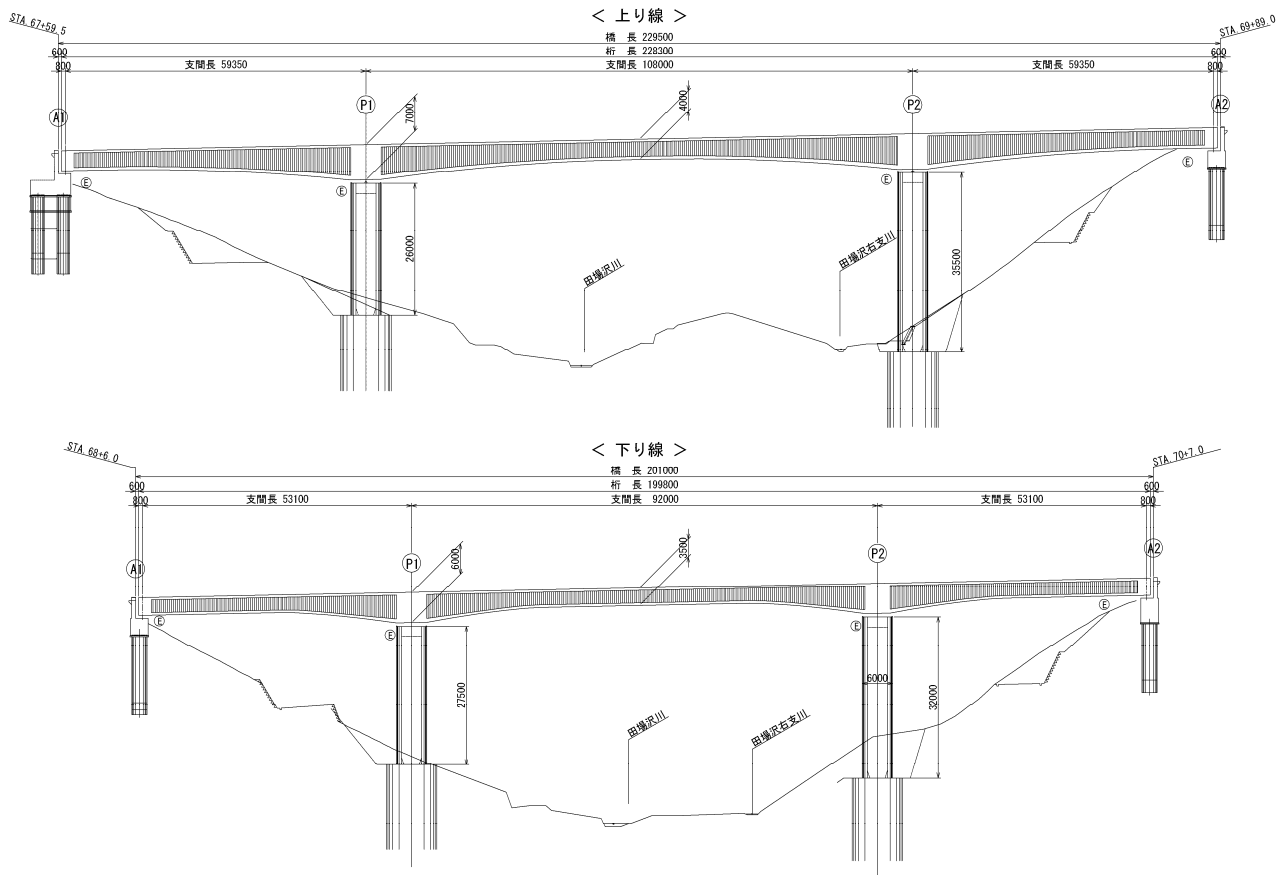


図-1 全体一般図

表-1 使用材料

項目	仕様	使用箇所
PC 鋼材	12S15.2B	架設内・下床版内ケーブル
	19S15.2B	外ケーブル（エポキシ被覆）
	1S28.6	横締め・床版先端
鋼部材	SM490YB	波形鋼板ウェブ（中央部）
	SM570	波形鋼板ウェブ（支点部）

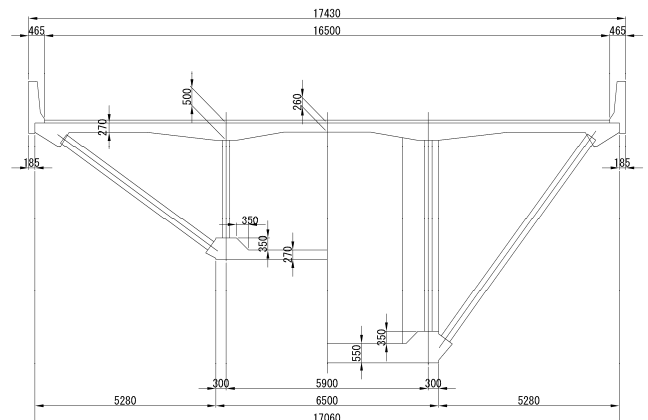


図-2 標準断面図

3. 構造概要

3.1 概要

本工法は、先行架設した波形鋼板ウェブに架設時荷重を負担させる。ウェブフランジを連続化することで剛性を確保し、波形鋼板を架設時に有効利用した工法である。本工法を採用するに際して、以下の課題があった。

図-3に示すように波形鋼板ウェブに架設機反力を載荷すると、曲げモーメントが作用し、上縁に引張、下縁に圧縮が生じる。上縁引張に対しては上フランジを添接板にて連続化し抵抗することができるが、下縁は標準接合方法を埋込接合(図-4)としているため圧縮に抵抗するフランジがない。

そこで、下側仮設圧縮材として図-5に示す3案について検討した。

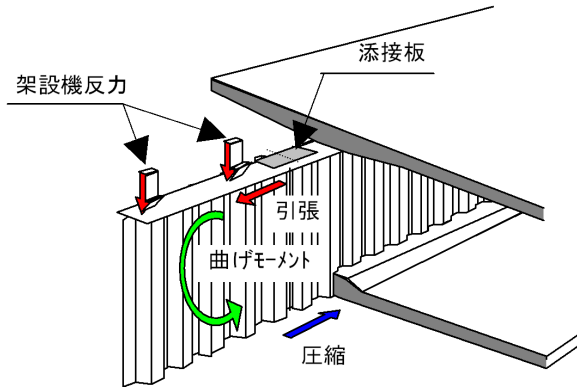


図-3 波形鋼板ウェブフランジ構造

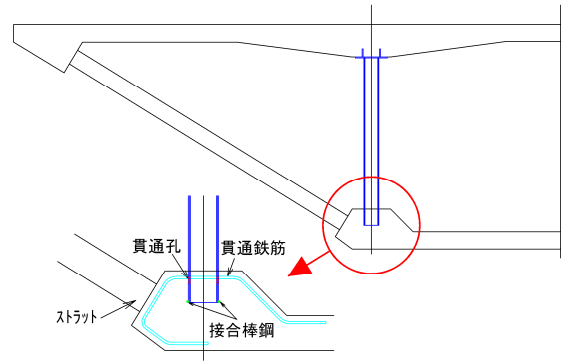
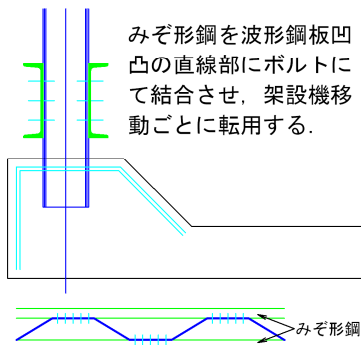
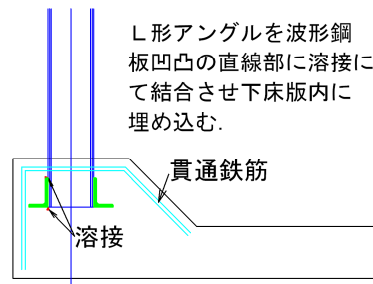


図-4 埋込接合

①案 桁外設置みぞ形鋼



②案 桁内埋込L形アングル



③案 桁内埋込フランジ

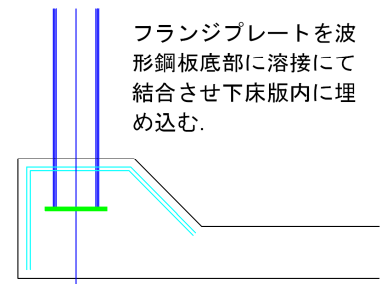


図-5 下側仮設圧縮材案

FEM 解析により検討した結果を以下に示す。また図-6に①案の FEM 解析モデルを示す。

- ①案: 一体挙動するにはみぞ形鋼をすべての直線部にボルト接合する必要があるが、設置撤去が困難である。
 - ②案: 曲げによる圧縮が伝達されるが、L形アングルを連続化する添接板ボルトの配置が困難である。
 - ③案: 図-7のように曲げによる圧縮も伝達されており、上フランジ同様連続化も可能である。
- よって、③案の桁内埋込フランジタイプを採用した。

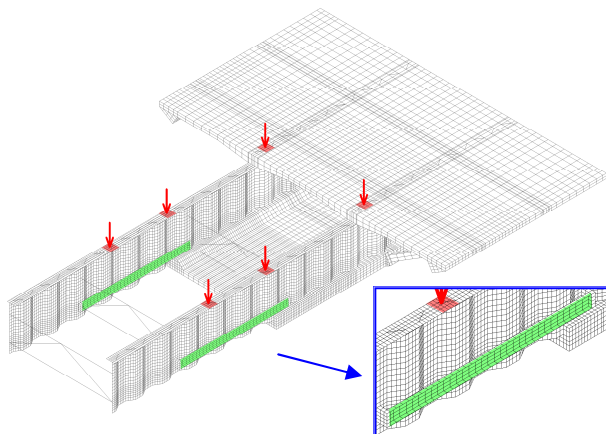


図-6 FEM 解析モデル (①案)

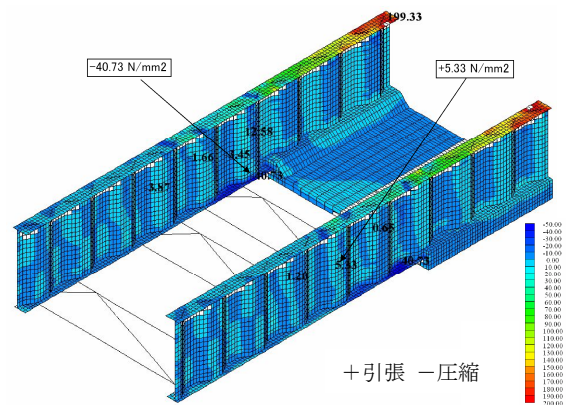


図-7 橋軸方向応力分布図 (③案)

3.2 架設時波形鋼板ウェブフランジ

図-8に示すように、最前方の先行波形鋼板架設・前方の下床版施工と後方の上床版施工の3ブロックを同時施工するため、各ブロックで主方向の抵抗断面が上下フランジ付波形鋼板ウェブ断面→波形鋼板+下床版断面→完成断面と変化する。波形鋼板ウェブフランジの設計は、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。完成断面以降では、通常の波形鋼板ウェブ橋と同様に、波形鋼板ウェブは橋軸方向の曲げおよび軸力に抵抗しないと考慮してよく、平面保持の法則に従っていると考えられるため、上下鋼フランジおよびウェブを無視した設計を行っている。

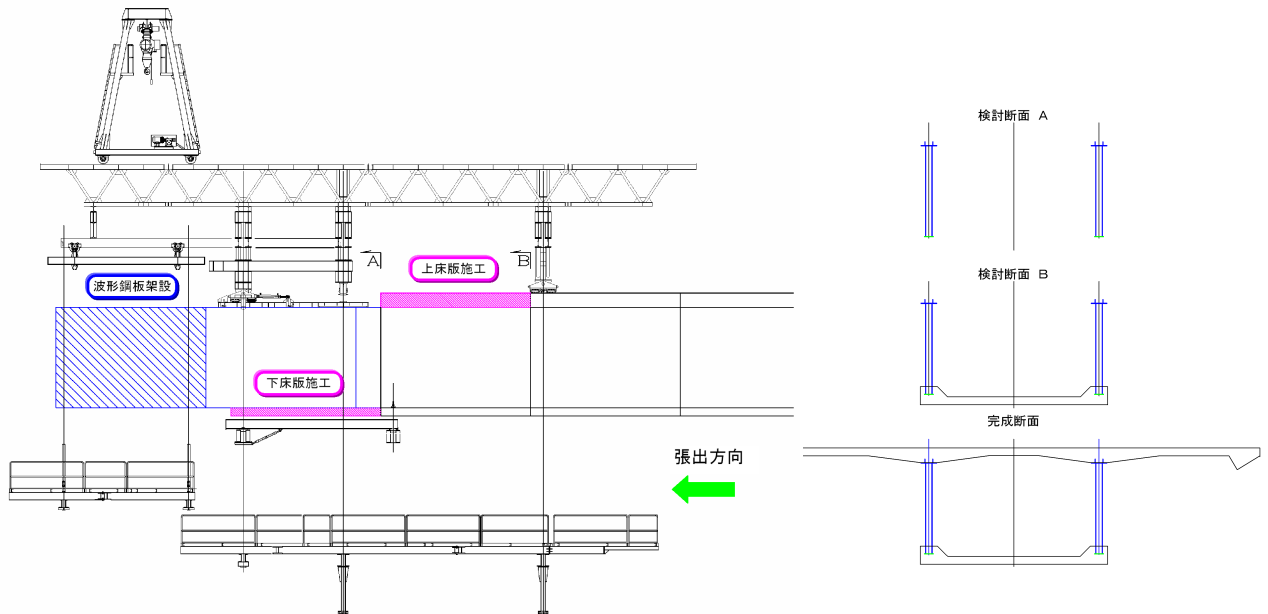


図-8 架設機施工方法および抵抗断面変化図

3.3 床版およびストラットの設計

3.3.1 設計概要

上床版はプレグラウト PC 鋼材 (1S28.6) によりプレストレスを導入した PRC, 下床版は RC 部材として設計を行った。また、ストラット部材は繊維補強コンクリートを使用した。橋梁断面図とストラット断面図を図-9に示す。

3.3.2 床版横方向の計算

床版横方向の計算は支間中央部および中間支点部に加え、桁高変化部の3箇所において検討した。

床版の設計断面力は他のストラット付波形鋼板ウェブ同種橋梁における FEM 解析により算出された断面力を使用する。しかし、本橋と同種橋梁の FEM 解析モデルを比較すると、壁高欄形状および桁高が異なる。このため、他橋の FEM 解析結果を本橋に摘要する際には、壁高欄形状の違いについては全壁側の値を用い、桁高の違いは直線補間により補正を行った。

計算の結果、ウェブ直上において衝突荷重時の負曲げが卓越するため、図-10に示す横締め PC 形状 (ctc625) とした。

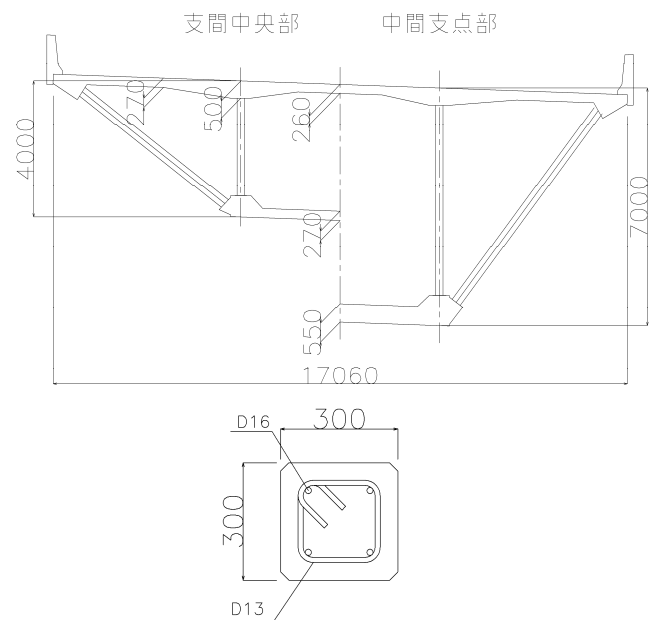


図-9 断面図・ストラット断面図

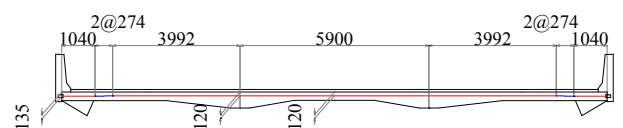


図-10 横締め PC 鋼材形状図

3.3.3 型枠支保工の拘束を考慮した温度応力解析

上床版打設時において、型枠支保工の設置および架台によりストラット受け面が固定されているため、床版の自己・乾燥収縮による変形が拘束される。これにより床版には橋軸直角方向に引張応力が発生することが予想できる。図-11に型枠支保工が床版の収縮を拘束する概念図を示す。

この挙動に着目した温度応力解析を行い、床版に発生する応力を把握するとともに、必要であれば補強鉄筋を配置することとした。なお、型枠支保工が設置されている期間がコンクリート打設日から2日間であるということ、また打設日の3日後には床版へプレストレスが導入されることを考慮し、プレストレス導入前の若材齢に着目した検討を行った。

3.3.4 解析結果

図-13に橋軸直角方向応力度-経過日数関係を示す。図-13のように、型枠支保工による拘束を解除するまで引張応力度は上昇し、張出し床版側の下面に比較的大きな引張応力が発生することが確認できた。

この結果を受け、本橋では床版横方向の計算結果および型枠支保工による拘束を考慮した温度応力解析結果の両者を比較検討し、床版の配筋を決定した。

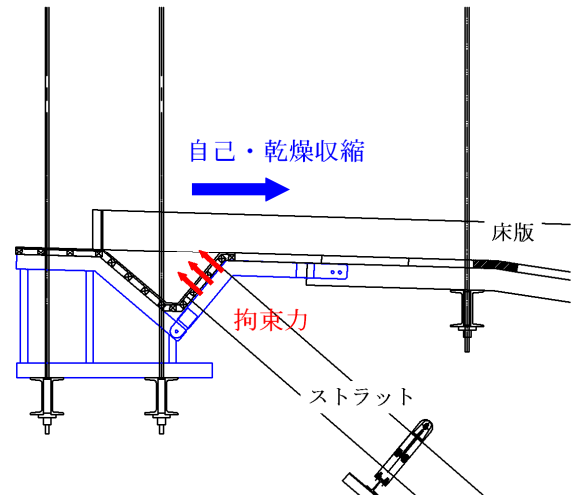


図-11 収縮と拘束の概念図

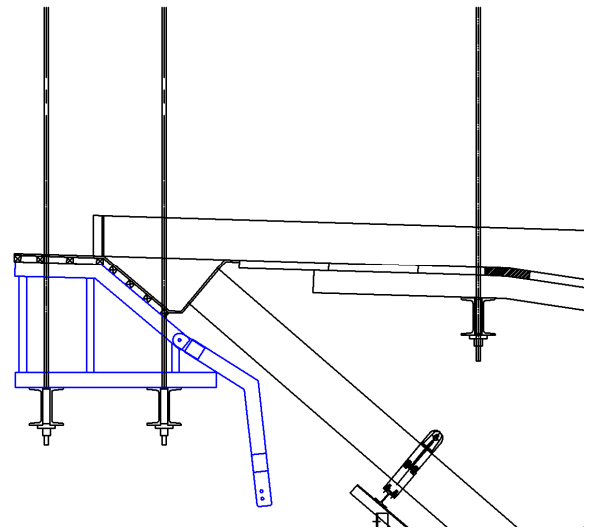


図-12 型枠支保工の拘束解除

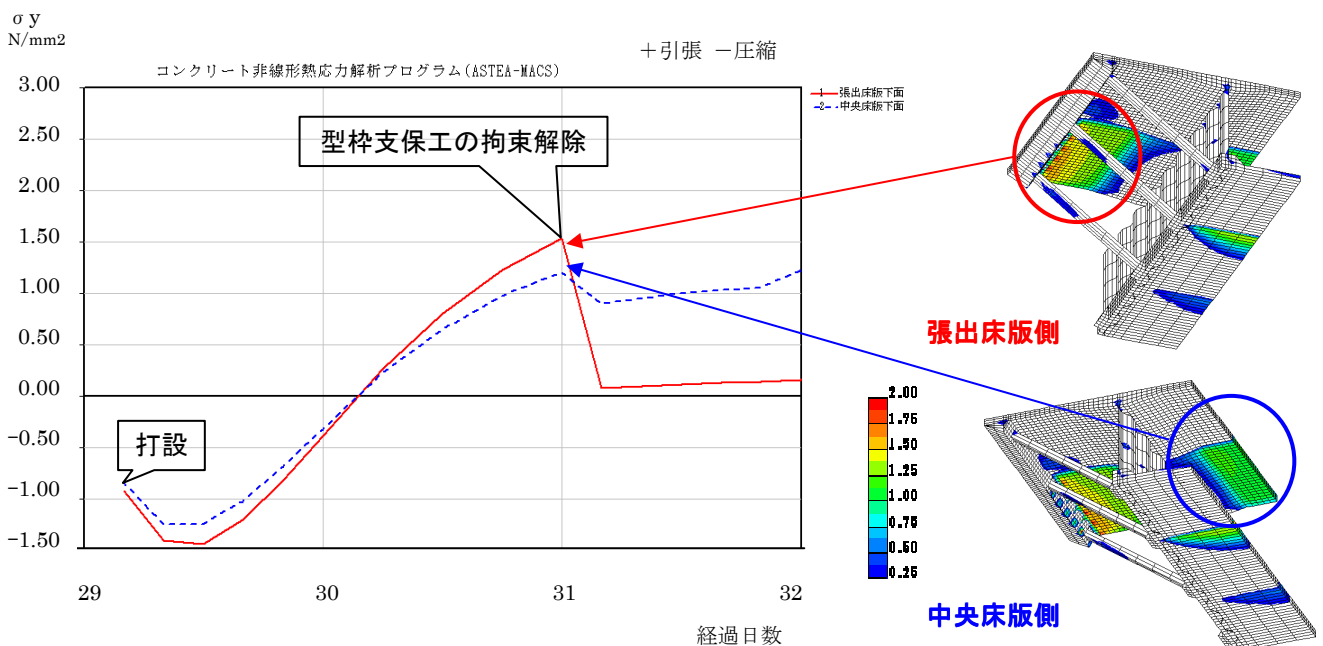


図-13 橋軸直角方向応力度-経過日数関係

4. 施工概要

4.1 柱頭部工

4.1.1 施工手順

図-14に示すように、1BL 波形鋼板を先行架設し、架設機組立を行い、0BL 上床版施工を張出し施工サイクル(3ブロック施工)の一部として架設機施工(張出し工)とすることで、図-15のように柱頭部ブラケットで負担するコンクリート施工荷重を低減し、ブラケットを大型化することなく柱頭部長を標準の12.0mから16.8mにすることが可能となった。

また架設機荷重による波形鋼板ウェブ横桁接合面の肌すきを防止するため、柱頭部横桁を挟んで中央側と側径間側の波形鋼板ウェブ上フランジをPC鋼材にて連結した(図-14 STEP-2参照)。

柱頭部施工状況写真を写真-3に示す。

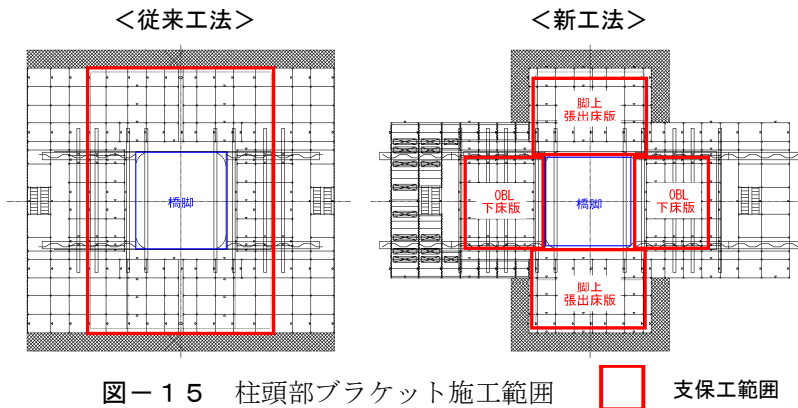


図-15 柱頭部ブラケット施工範囲 支保工範囲



写真-3 柱頭部施工状況

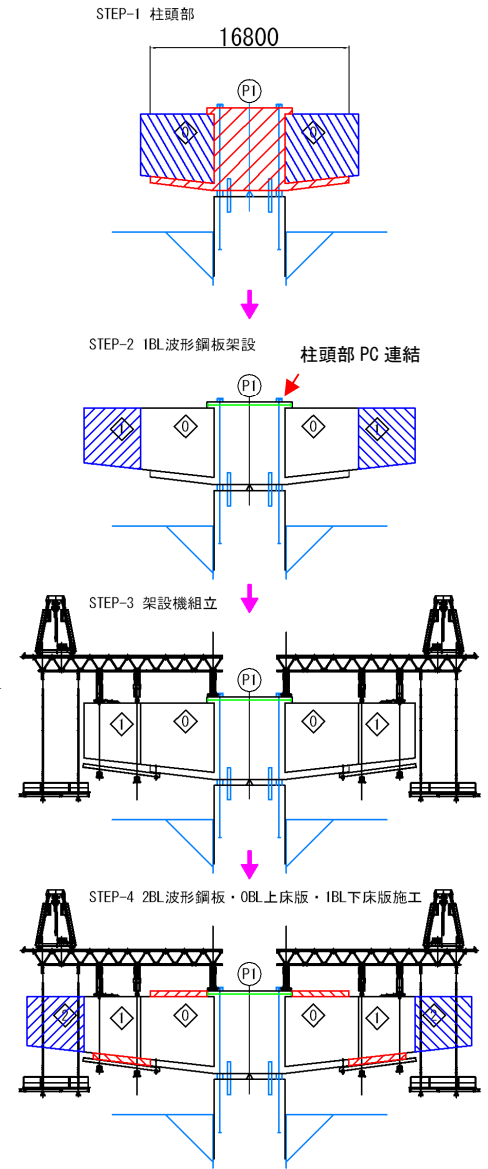


図-14 柱頭部施工方法

4.1.2 コンクリート打設リフト割

柱頭部コンクリートは図-16に示すように、3リフトに分割し、図-17の手順にて打設する。

本橋は連続桁構造であるため、柱頭部横桁部を中空断面とすることが困難である。よって柱頭部横桁部はマスコンクリートとなり大きな温度応力の発生が考えられる。

そこで図-18のように、通常高さ 2.00m 程度とする人孔を外ケーブル定着体としての機能を満足する範囲内で高さを 3.75m に上げた。これにより 1 リフト目のコンクリートを人孔の左右で分け、打設高さを確保することで 2 リフト目の打設量を少なくし、図-18のように温度応力を低減することができた。

また裏打ちコンクリートは、通常上下床版打設後に上床版に打設孔を設けて高流動コンクリートにて打設されるが、本工法では裏打ち直上の OBL 上床版が後施工であるため、普通コンクリートにて打設することが可能である。

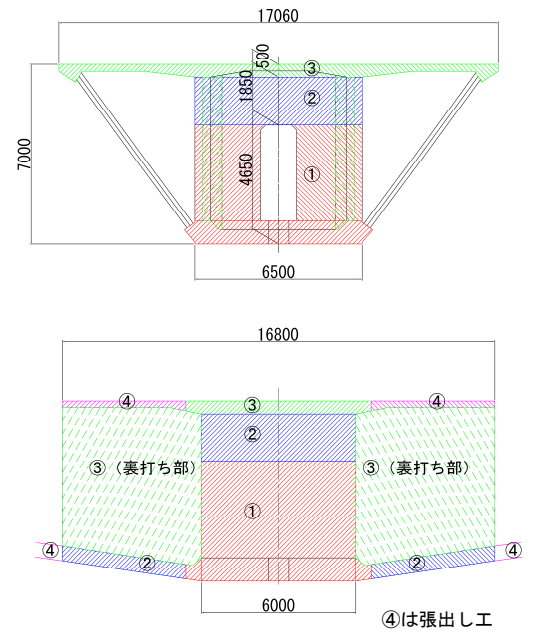


図-16 柱頭部打設リフト割図

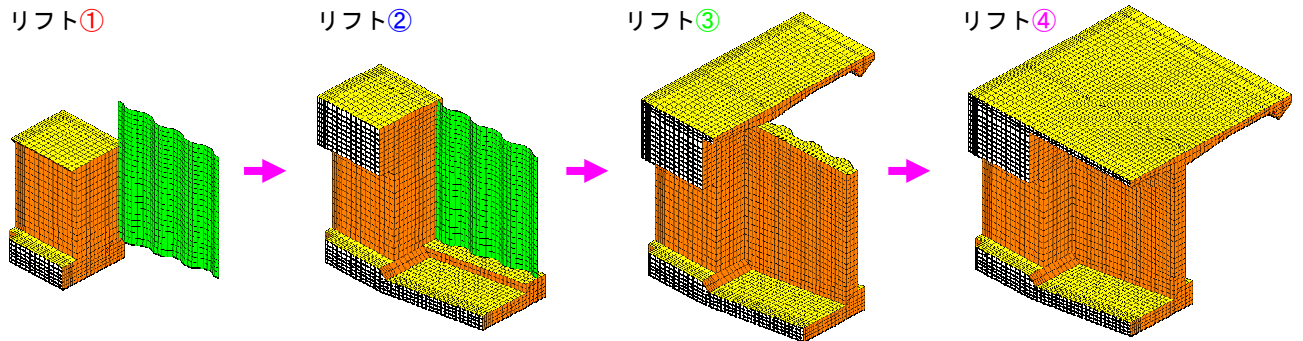


図-17 柱頭部打設順序図

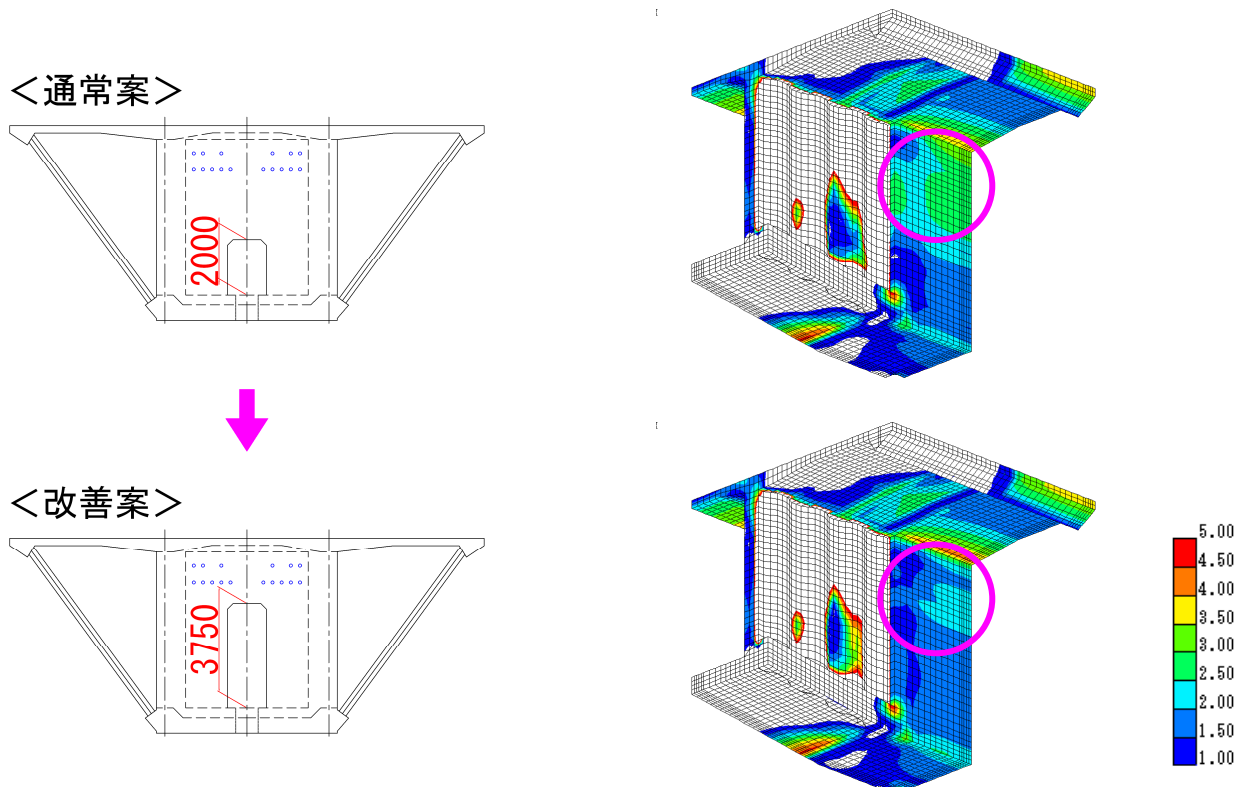


図-18 柱頭部人孔高さの違いによる温度応力分布図 (ピーク時)

4.2 張出し工

計画サイクル日数を図-19、張出し施工手順を図-20に示す。

本工法で張出し施工に用いる架設機は、先行架設した波形鋼板ウェブに架設機反力を载荷するため、図-21に示すように、従来型架設機のように転倒モーメントを負担する必要がなく、架設機の軽量化ができる。

本工法は波形鋼板ウェブ同士の接合に溶接接合を用いた場合でも、溶接作業および検査工程に左右されることなく床版施工が可能であるという特徴を有しているが、本橋では経済性からボルト接合を採用している。ボルト孔は、架設ブロック端にある孔は、上げ越し調整を考慮して拡大孔φ26.5とし、ブロック内は通常孔φ24.5とした。

また、張出し施工ブロック4.8mにストラットを4.0m間隔で配置すると、小口からストラットまでの距離が離れる箇所が生じる。片持ち床版に過度な変形が生じるため、仮設ストラットを用いて支持することとした。

杉谷川橋で使用された架設機を写真-4に示す。

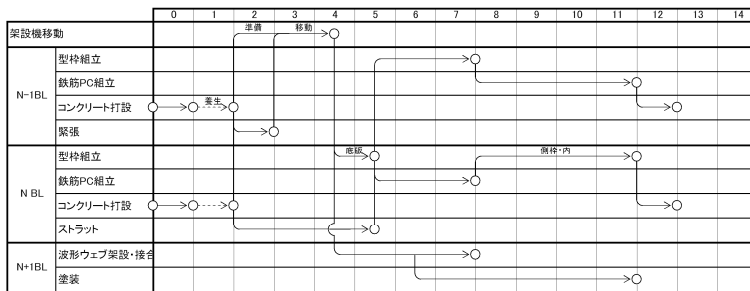
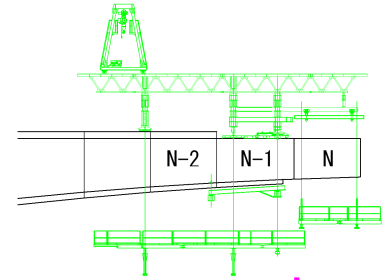
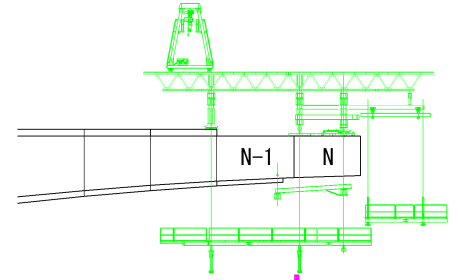


図-19 張出し施工サイクル (計画)

STEP-1 N-2_BL緊張



STEP-2 架設機移動



STEP-3 N+1_BL波形鋼板架設
N_BL下床版施工
N-1_BL上床版施工

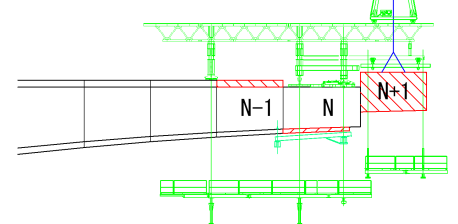
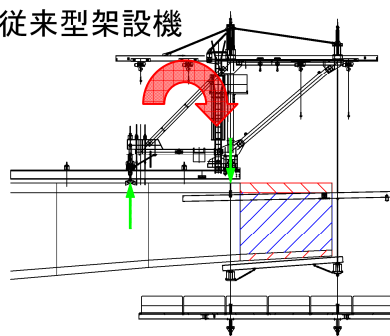


図-20 張出し施工手順図

従来型架設機



新型架設機

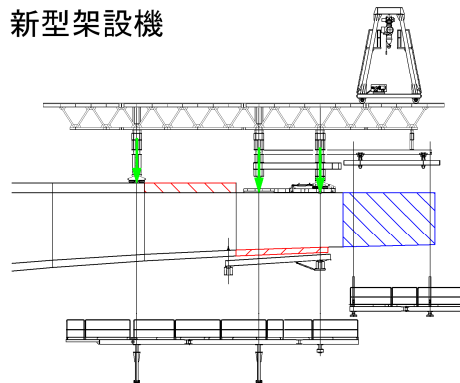


図-21 従来型と新型架設機



写真-4 架設機 (杉谷川橋)

4.3 中央閉合工

中央閉合は図-22に示すように、張出し工で用いた架設機をそのまま使用し、まず閉合部波形鋼板ウェブを架設し、ウェブフランジを接合することで連続構造とする。

次に架設機移動および閉合部下床版・P2側上床版施工荷重に対して波形鋼板ウェブフランジで抵抗させる。

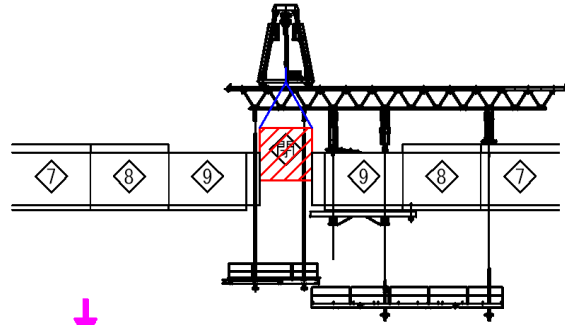
その後、中央径間外ケーブルを部分緊張し、閉合部および P1 側上床版を施工し、中央閉合部施工を完了する。

最終張出しブロック上床版に架設 PC 鋼材が配置されないため、完成系で支間中央主桁下縁に必要な連続 PC 鋼材が減少する。

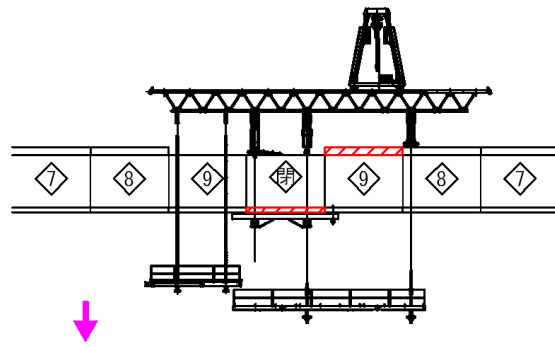


写真-5 中央閉合施工状況 (杉谷川橋)

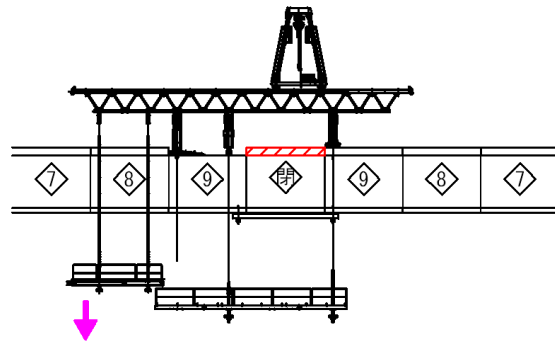
STEP-1 中央閉合部波形鋼板架設



STEP-2 架設機移動、中央閉合部下床版・P2L-9BL上床版打設、部分緊張



STEP-3 架設機移動・中央閉合部上床版打設



STEP-4 架設機移動・PIR-9BL上床版打設

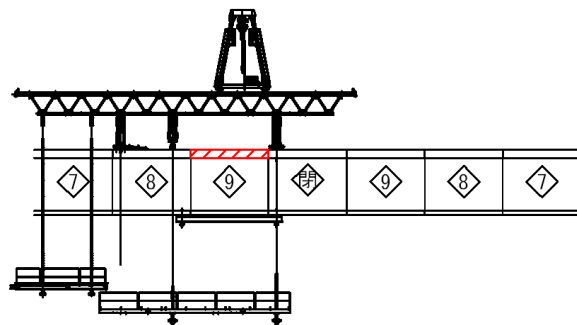


図-22 中央閉合部施工手順図

5. 従来工法との比較

今回、上り線詳細設計完了後に従来工法との比較を行った。その結果概要を以下に示す。
 新工法を採用することでの変更点を数量の増減項目ごとに分けると下記の通りである。

<数量減分>

- ①ブロック数の減少 : 図-24に示すように、従来架設機(最大能力 350t・m 最大ブロック長 4.8m)では、11BL となる。新型架設機では架設時荷重を波形鋼板ウェブフランジに負担させるためすべてのブロックを 4.8m とすることができ、柱頭部長を 16.8m とすることで9BLとなり 2BL 減らすことができた。
- ②工期短縮 : ブロック数が 2BL 減少し、柱頭部 0BL 上床版を張出工にすることにより工期短縮ができる。設備供用日数が減少する。
- ③架設機の軽量化 : 架設機本体が軽量化する。
- ④架設 PC 鋼材の減少 : 架設機の軽量化により架設 PC 鋼材量が減少する。
- ⑤連続 PC 鋼材の減少 : 最終張出しブロック上床版に架設 PC 鋼材が配置されないため、完成系で支間中央主桁下縁に必要な連続 PC 鋼材が減少する。
- ⑥床版先端 PC 鋼材の減少 : 床版先端(エッジビーム)に配置される PC 鋼材定着具数がブロック数減により減少する。
- ⑦仮固定 PC 鋼材の減少 : 架設機の軽量化により仮固定 PC 鋼材量が減少する。

<数量増分>

- ①波形鋼板ウェブフランジ : 新型架設機では架設時荷重を波形鋼板ウェブフランジに負担させるため、図-23に示すように、上フランジ幅と厚さの増加および下フランジの追加が必要となる。
- ②上下フランジ添接板 : 架設時荷重による曲げを伝達させるため、上下フランジをそれぞれ添接板ボルト接合が必要となる。
- ③波形鋼板フランジ重量増 : 上下フランジ重量が増すことにより、架設および運搬重量が増加する。
- ④柱頭部開き止め PC 鋼材 : 柱頭部横桁を挟んで波形鋼板ウェブ上フランジを PC 鋼材にて連結する。

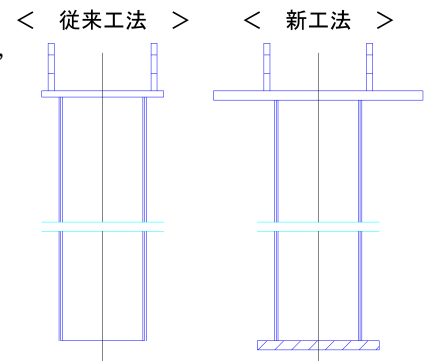


図-23 波形鋼板ウェブフランジ形状図

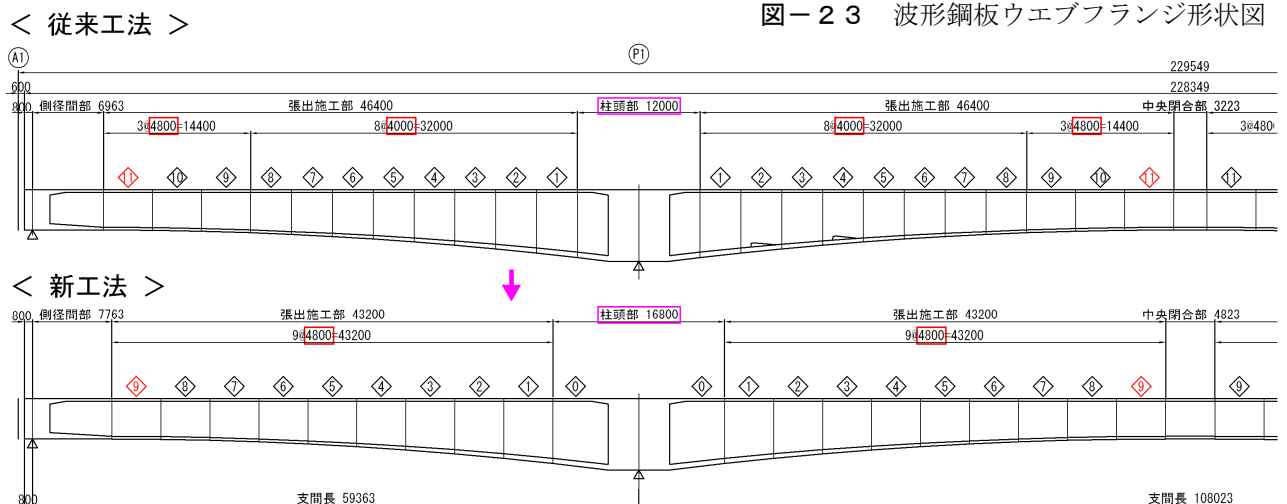


図-24 ブロック割図

6. まとめ

本稿では、第二東名高速道路田場沢川橋（PC 上部工）工事の構造概要ならびに施工概要を報告した。要約すると以下のとおりである。

- ①従来の移動作業車を用いた張出し工法から、波形鋼板ウェブフランジを架設時に有効利用した工法を採用した。同施工方法を採用した杉谷川橋での実績と架設機材を生かし、第二東名高速道路の3車線幅員で多く採用されているストラット付波形鋼板ウェブ構造への適用をはかった。
- ②波形鋼板ウェブに架設時荷重を負担させるため、従来の下側埋込接合にフランジを結合させた。
- ③柱頭部長を OBL 上床版架設機施工とすることで、標準の 12.0m から 16.8m とした。
- ④新型架設機では架設時荷重を波形鋼板ウェブフランジに負担させるためすべてのブロックを 4.8m とすることができブロック数を減らした。
- ⑤中央閉合部施工にも張出し施工で使用した架設機を用いる。
- ⑥従来工法と比較して架設機の軽量化、ブロック数の削減、工期短縮、PC 鋼材の低減が可能となった。

本工事は、平成 20 年 6 月現在、上り線柱頭部施工中であり、今後施工する張出し工・閉合工において設計で想定した事項を確認し、下り線施工に生かしていきたい。

今後、比較的支間長が長く、ブロック数が多い、桁高の高い橋梁において、本工法は従来工法に比べて十分な優位性があると考えられる。

謝辞

本橋の設計では、中日本高速道路（株）東京支社建設事業部構造チームおよび沼津工事事務所の方々の多大なご支援をいただいている。関係各位に、心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 高淵秀敏・奥隅豊栄・當間正夫・杉浦一毅：杉谷川橋の施工概要—PC 板を用いた波形鋼板ウェブ橋の新しい構造—，第 16 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，pp.323-326，2007.10
- 2) 小林仁・芦塚憲一郎・高橋章・畑中俊治：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）—，第 16 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，pp.327-330，2007.10
- 3) 武村浩志・青木圭一・三井貴行・川除達也：柱頭部合理化施工を採用した波形鋼板ウェブ橋の設計—伊佐布 2 号高架橋下り線工事—，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，pp.371-374，2006.10



写真－6 平成 20 年 6 月施工状況