

広幅員を有するPRC波形鋼板ウェブ箱桁橋の設計 —伊佐布2号高架橋下り線工事 ACランプ高架橋—

(株) ピーエス三菱・(株) 錢高組共同企業体	正会員 ○水谷 亮太郎
中日本高速道路(株) 横浜支社	正会員 青木 圭一
(株) ピーエス三菱・(株) 錢高組共同企業体	正会員 秋山 博
(株) ピーエス三菱・(株) 錢高組共同企業体	正会員 友近 宏治

1. はじめに

伊佐布2号高架橋(PC 上部工)下り線工事は、第二東名高速道路吉原ジャンクション(仮称)付近に建設される3連の橋梁よりなるPC 上部工工事である(図-1)。そのうち、ACランプ高架橋はAランプおよびCランプへと接続するため起点側から終点側にかけて幅員が2倍以上に拡幅されるという特徴を有するPRC 3径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋である。以下では、本橋の構造計画および広幅員に対応すべく実施した設計検討に関して報告する。

2. 橋梁概要

吉原ジャンクションACランプ高架橋は、最大支間長 135.0m, AP1 橋脚高 60.0m, AP2 橋脚高 20.0m を有するPRC 3径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋であり、桁高は柱頭部で 8.5m, 中央径間中央で 4.3m, 端支点では桁高が制限されていたため 2.5m となっている。

当初は中央径間の中央から1室から2室箱桁構造に変化するPC箱桁橋として計画されていたが、詳細設計において経済性および構造特性を比較検討した結果、広幅員一室箱桁断面を有するPRC 波形鋼板ウェブ構造を採用した。

本橋は、伊佐布2号高架橋より吉原ジャンクションのAランプおよびCランプへの接続のためAP1 橋脚からAP3 橋脚に向けて大きく拡幅がなされている。AP1 橋脚から中央径間の中央部までの拡幅は張出床版のみによる拡幅とし、中央径間中央からAP3 にかけての更なる拡幅に対しては箱桁幅を広げることににより対応した。これにより、上部工の軽量化を図るとともにAP1 橋脚からの張出し施工部への拡幅対応型移動作業車の適用を不要として経済性を向上させている。

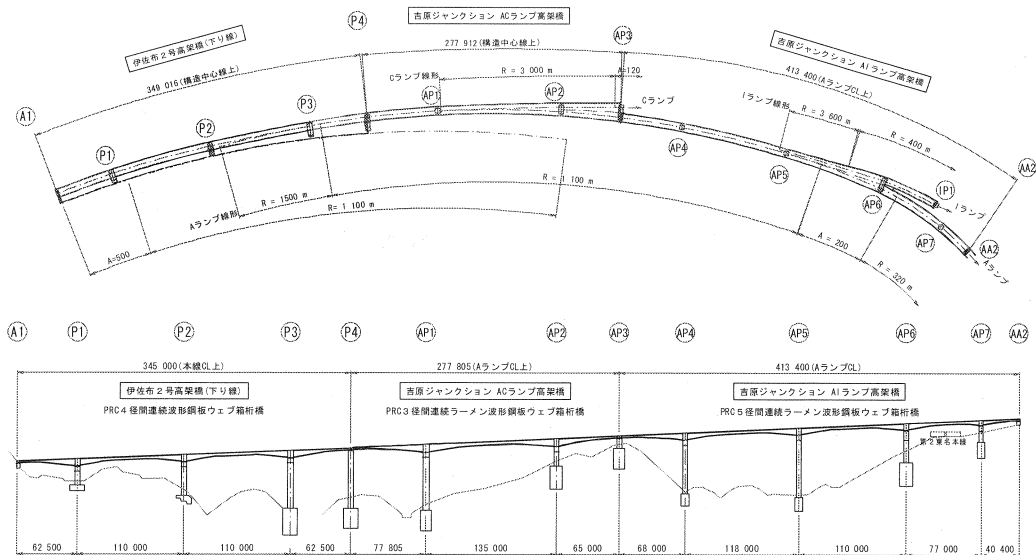


図-1 工事全体図

AP2 橋脚からの張出し架設には拡幅対応型の大型移動作業車 (容量: 3500kN・m) を用いることにより、当初計画されていた2室箱桁から1室箱桁とすることによる移動作業車能力の減少分を補うとともに、張出しブロック数を減じている。この結果、波形鋼板ウェブ箱桁橋形式の採用と大型移動作業車の採用により張出しブロック数は当初のPC箱桁構造と比べるとAP1 橋脚張出しで19ブロックから14ブロックに、AP2 橋脚張出しでは18ブロックから13ブロックへと各々5ブロックずつ大幅に減じることが可能となった。

また、橋脚高の高いAP1 柱頭部では、従来のブラケット支保工による施工方法に代わる柱頭部の合理化施工を採用している。¹⁾ 橋梁諸元および使用材料を表-1に、主要断面図を図-2に示す。

表-1 橋梁諸元および使用材料

道路規格	A 規格ランプ 設計速度 V=60km/h
構造形式	PRC 3 径間連続ラーメン 波形鋼板ウェブ箱桁橋
橋長	277.8m
支間	76.6m + 135.0m + 63.9m
有効幅員	8.50m~19.75m
平面線形	R=1100m(最急)
横断勾配	2.50% ~ -0.58%
断面	1 室箱桁
コンクリート	40N/mm ²
内ケーブル	SWPR7B 12S15.2L
外ケーブル	SWPR7B 19S15.2 (エポキシ被覆)
鉄筋	SD345, SD490
波形鋼板	SM490Y

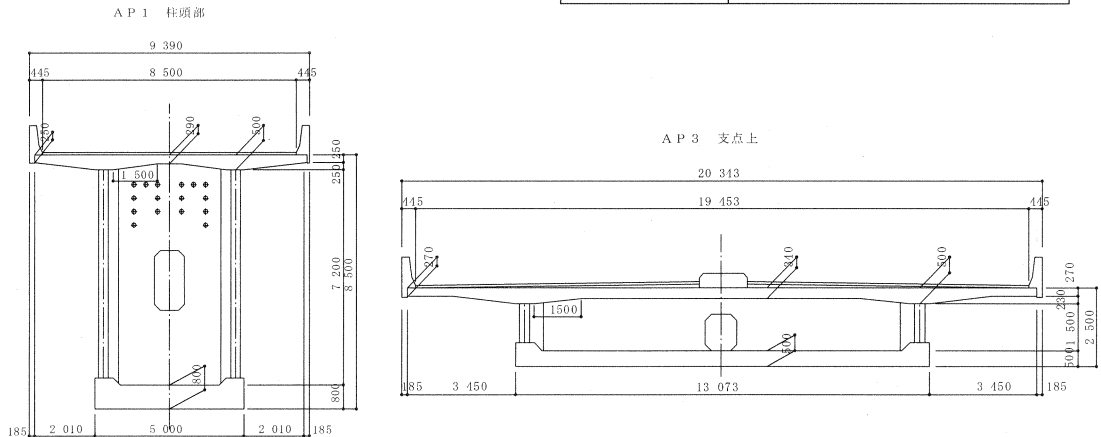


図-2 主桁断面図

3. 主方向曲げに対するフランジの有効幅

AP3 支点付近は床版支間が長い上に桁高も低く著しく扁平な断面となっている (図-2)。そこで、主方向曲げに対する有効幅の検討を3次元FEM解析により確認した。上下床版において、ウェブ接合位置とその他の位置では、橋軸方向応力度に若干の差異が見られるものの、おおむね均等に分配しており、上下床版の全幅が主桁フランジとして有効であることが確認された (図-3)。

4. 全体モデルによる横方向の照査

箱桁橋の横方向設計は、一般に主桁を単位長さのボックスラーメン構造として解析して断面力算出が行われている。しかし、本橋のような拡幅を有する広幅員一室断面においては、橋軸方向の主桁の変形や隔壁の変位拘束の影響により、ボックスラーメン解析とは異なった断面力となることが懸念された。そこで、終点側の側径間 (AP2~AP3) 全体をモデル化してFEM解析を行い、ボックスラーメン解析結果との比較検討を行い照査をおこなった。

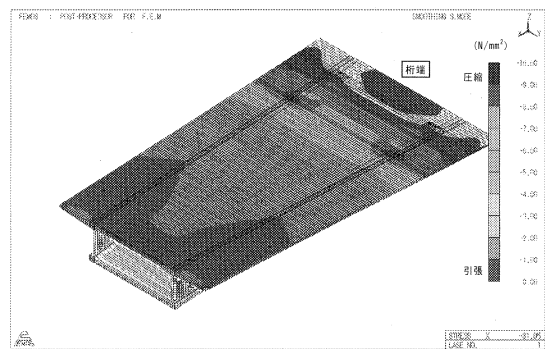


図-3 主方向曲げ応力度分布図

この結果、上床版にはボックスラーメン解析との大きな差異は認められなかったが、下床版については橋軸方向応力の影響と見られる橋軸直角方向の変形・曲げ応力が発生する箇所が見られた(図-4)。これは、桁高変化が2次曲線となる区間において顕著であり、下床版の橋軸方向応力の圧力線が腹圧力として下床版面に作用したためと考えられる。当該区間では、FEM解析結果から、下床版橋軸直角方向鉄筋を追加補強することとした。

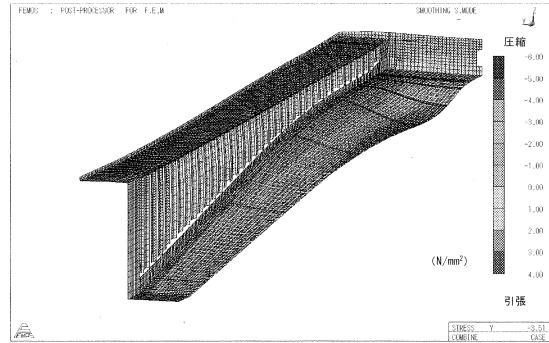


図-4 橋軸直角方向曲げ応力度分布図

5. 床版の設計

本橋は大きく幅幅がなされており、波形鋼板ウェブの中心間隔が4.400~12.473mに変化している。床版を設計する上では活荷重による設計曲げモーメントの値が設計結果に大きく影響するが、一般に床版支間が道路橋示方書Ⅲ(以下、道示Ⅲ)の適用範囲を超過する場合に道示Ⅲの曲げモーメント算出式を延長して適用した場合には過大な断面力が算出される。

このため、床版支間が道示Ⅲに示されている適用支間を超える箇所に関しては、別途先行工事におけるFEM解析による詳細な検討結果より、適用支間長が12mまでの設計断面力の算出式が得られていたことから本橋でもその結果を準用することとした²⁾。なお、床版支間が道路橋示方書の適用範囲にある箇所では道路橋示方書の式に拠った。

また、AP3 支点部では桁高が制限されており波形鋼板高さが低いため、レベル2地震時に対するせん断耐力を確保するとともに波形鋼板厚を抑制することも兼ねて裏打ちコンクリート(平均厚700mm)を設けて横方向の作用断面力を低減した。このため、中間床版の最大床版設計支間は11.741mとなった。中間床版の床版厚は、P4~AP2区間では290mm、AP2~AP3区間では340mmとした。

なお、本工事においては、幅員・床版支間が多種多様であることから、床版横締PC鋼材はSWPR19L1S19.8、1S21.8、1S28.6の3種類を条件に応じて使い分けた。

6. 波形鋼板ウェブ形状

波形鋼板と床版との接合方法は、経済性に優れたツインパーフォンドリブ接合を採用した。ツインパーフォンドリブの横方向曲げモーメント(首振りモーメント)には、ウェブ剛性が大きく影響する。従来、図-5(左)に示される波形鋼板高220mmのものが一般的に用いられてきたが、床版支間が大きくなる箇所では床版と波形鋼板の接合部に作用する横方向曲げモーメントが大きくなりツインパーフォンドリブの設計が困難となったため、ウェブ剛性を高めて作用モーメントを低減するために波形鋼板高330mmとしたものをAP2~AP3の支間に採用した(図-5(右))。

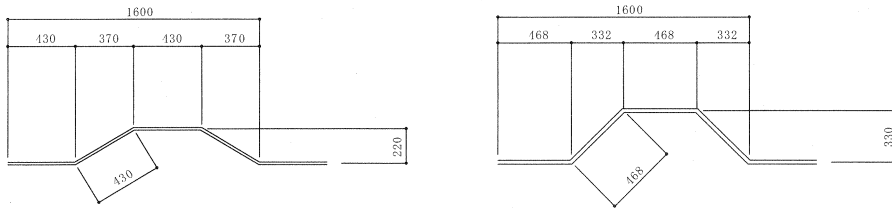


図-5 波形鋼板ウェブ形状

7. 耐震設計

本橋は、AP1の橋脚高が60m、AP2の橋脚高が20mの不等高橋脚を有するラーメン橋であり、両端支点には超高減衰ゴム免震支承(HDR-S)を用いて橋軸方向に関しては免震効果を見込んだ設計を実施した。橋軸直角方向に関しては、ゴム支承による弾性固定とした場合には橋脚高が高いこともあり、レベル2地震時のP4端支点における最大応答変位が1mを超えることとなり、支承の設計が著しく不合理となることからコンクリートブロックにより橋軸直角方向の変位を拘束することとした(橋軸方向の最大応答変位は0.559m)。

上部工のレベル2地震時の照査では、端支点の桁高が2.5mに制限されたため側径間の桁高が低い箇所では、通常用いられるSD345の鉄筋による補強では耐力の確保が困難となった。このため、下床版ケーブルによる補強等も検討したが、経済性と施工性の観点から側径間の一部に高強度鉄筋SD490(D29)を用いて曲げ耐力を向上させた。なお、高強度鉄筋の継手には土木学会コンクリート標準示方書の照査式により必要な配力筋を配置した上で重ね継手を用いた。

橋軸方向の照査では、許容曲率を最外縁鉄筋が降伏曲率の3倍となる状態を制限値とした。橋軸直角方向に関しては、床版の最外縁PC鋼材が弾性限界に達する場合と最外縁鉄筋が降伏曲率の3倍の曲率に達する場合のより厳しい方で決定することとしたが、結果としては橋梁全体に渡り最外縁PC鋼材が弾性限界に達する状態がクリティカルとなった(図-6)。

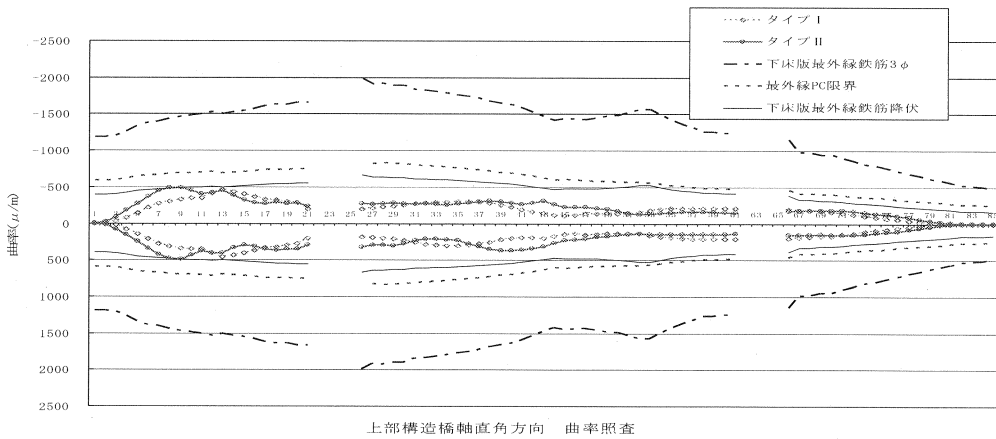


図-6 上部工の橋軸直角方向の応答曲率と制限値

8. まとめ

本報告では、主として本橋の最大の特徴である広幅員1室波形鋼板ウェブ箱桁構造に対して実施した検討事項に関して報告を行った。要約すると以下のとおりである。

- (1) AP2~AP3 区間では床版厚を340mmに増厚(標準部:290mm)
- (2) AP2~AP3 区間の波形鋼板形状に波形鋼板ウェブ高330mmのタイプを採用
- (3) AP2 張出し施工部に大型移動作業車を適用
- (4) 全体系のFEM解析により下床版横方向応力を照査し、追加補強を実施
- (5) 拡幅部のフランジの有効幅として上下床版全幅が有効であることを確認
- (6) AP3 端支点近傍に裏打ちコンクリートを設けてレベル2地震時の耐力を確保するとともに床版支間を低減
- (7) レベル2地震に対する上部工の照査より高強度鉄筋SD490 D29を用いて補強

このほか、AP1 柱頭部におけるブラケット支保工を設けず、波形鋼板に荷重を負担させて柱頭部の施工を行う合理化施工や直線変化と2次曲線の併用による桁下曲線など非常に特徴ある構造を採用しているがこれらに関しては、別途報告^{1),3)}する。

本報告が、同様な広幅員を有する波形鋼板ウェブ橋の設計・施工の参考に資すれば幸いである。

参考文献

- 1) 武村ほか：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, プレストレストコンクリート技術協会, 2006. 10.
- 2) 西澤ほか：広幅員に対応した波形鋼板ウェブ箱桁橋の設計～第二東名中一色橋橋(下り線)～, 第14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, プレストレストコンクリート技術協会, 2005. 11.
- 3) 川除ほか：分岐構造を有するPRC波形鋼板ウェブ箱桁橋の設計—伊佐布2号高架橋下り線工事 AIランプ高架橋—, 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, プレストレストコンクリート技術協会, 2006. 10.