

新名神高速道路 安威川橋の計画と設計

八千代エンジニアリング(株) 正会員 ○横田 敏広
 西日本高速道路(株) 佐溝 純一
 西日本高速道路(株) 橋 豊
 八千代エンジニアリング(株) 正会員 上杉 泰右

1. はじめに

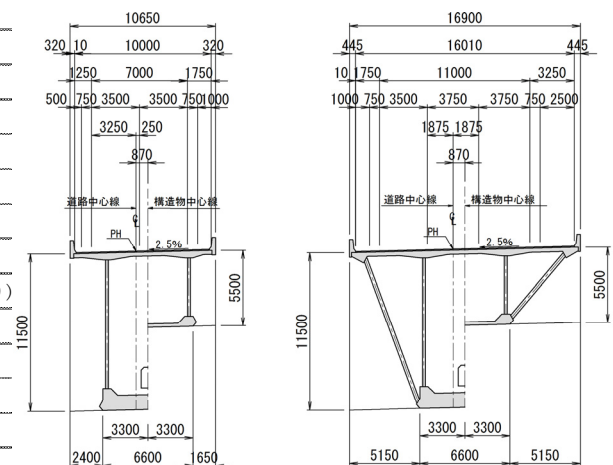
新名神高速道路の安威川橋は、将来拡幅計画を有する暫定4車線供用の橋梁であり、交差条件により決定する最大支間長は179.0mを有する。この支間長に対しては、一般的にエクストラード橋が採用されるが、本橋は上下線分離断面区間にあり、将来の床版拡幅を考慮すると暫定形でのエクストラード橋の採用が困難となるため、従来の箱桁橋を採用する必要があった。橋梁形式選定では最大支間長の縮小を図ったY字形橋脚について検討したが、交差道路上の施工性や第三者安全性に配慮して、従来の中空式柱式橋脚を採用した。また、波形鋼板ウェブについては製作・運搬、接合部構造、地震時の挙動などについて留意した計画とした。本稿は、最大支間179.0mを有する上り線について、前述の橋梁計画を中心に、上部工基本・下部工詳細設計の概要を報告するものである。

2. 橋梁概要

本橋の諸元を表-1、主桁断面図および橋梁側面図を図-1、2に示す。将来の床版拡幅量は片側2.75mであるため、完成形は施工実績の多いストラット構造によることで将来の合理的な床版拡幅と暫定形の主桁断面の縮小を図っている。また、波形鋼板の板厚や下床版厚は、床版拡幅時の補強が生じないよう完成形荷重に対して決定し、床版拡幅時の増加荷重に対しては外ケーブルを追加することで対応する計画である。

表-1 橋梁諸元

路線名	新名神高速道路 (近畿自動車道 名古屋神戸線)
橋名	安威川橋
所在地	大阪府 茨木市 大字車作～大字下音羽
道路規格	第1種第2級 B規格(暫定)、 第1種第1級 A規格(完成)
構造形式	(上り線)PRC8径間連続ラーメン混合桁橋(波形鋼板+箱桁) (下り線)PRC5径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋
橋長	(上り線)636.0m, (下り線)545.5m
支間割	(上り線)33.9m+3@50.0m+99.5m+179.0m+120.0m+50.4m (A1より) (下り線)44.4m+120.5m+170.0m+142.0m+65.4m (A1より)
平面線形	(上り線) R=10000m~A=1200 (上り線) R=16,000m~A=1200
縦断勾配	i=0.300%~1.900%
横断勾配	(上り線) i=2.500%~3.027%(片勾配) (下り線) i=2.500%~2.864%(片勾配)
斜角	90° 00' 00"
設計荷重	B活荷重



(暫定) (完成)
 図-1 主桁断面図 (波形鋼板ウェブ部)

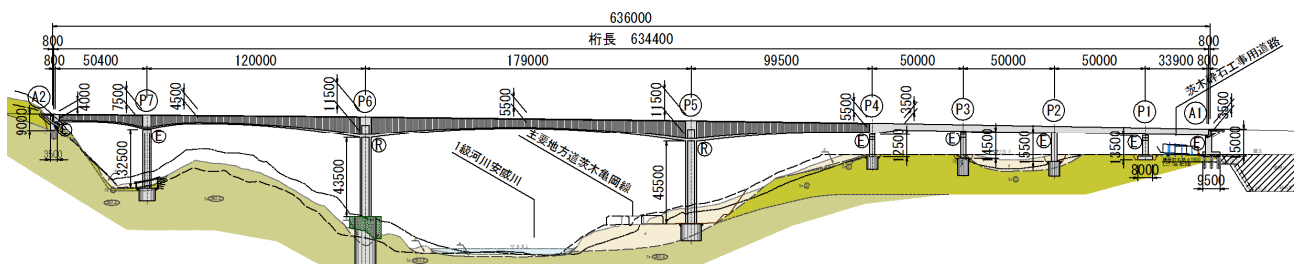


図-2 上り線 橋梁側面図

3. 橋梁計画

3.1 橋梁形式

(1) A2~P4 径間橋梁形式

本橋の交差条件である一級河川安威川および主要地方道により決定される最大支間長は P6~P5 径間で179.0mである。PRC 連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋の適用支間長は最大支間長 150m~160m 程度であり、本橋の最大支間長に対しては、一般的にはエクストラドーズド橋を採用した方が波形鋼板や接合構造の構造性、張出し架設時を含めた安全性などで合理的であると考えられる。しかし、本橋は上下線の分離断面区間にあり、将来の床版拡幅を考慮すると斜材を有するエクストラドーズド橋は暫定2車線整備時に相応の完成3車線対応を行う必要があるため、暫定整備の規模縮小を念頭に桁橋構造を採用する必要があった。採用に至る構造検討に関しては3.2に詳述する。P7, P4 橋脚位置は P6, P5 橋脚からの張出し架設に対して閉合区間を考慮した合理的な位置として計画した。

(2) P4~A1 径間橋梁形式

P4~A1 径間は採石場跡地で比較的平坦な地形であり、橋脚高も 15m以下と比較的低いことから、固定支保工施工とした。波形鋼板ウェブ橋や二主版桁橋との比較検討の結果、合理的となる4径間連続PRC箱桁構造を採用した。また、伸縮装置や支承個数の削減による維持管理性および走行性の向上を目的として、P4 橋脚の中間支点横桁を介して波形鋼板ウェブ箱桁と連続一体化した混合桁構造を採用した。

3.2 Y字形橋脚構造検討

P6~P5 径間の最大支間 179.0mは、桁橋構造における波形鋼板ウェブ橋の既往実績を大きく超えるため、設計支間の縮小を目的としたY字形橋脚 (図-3) について構造検討を実施した。

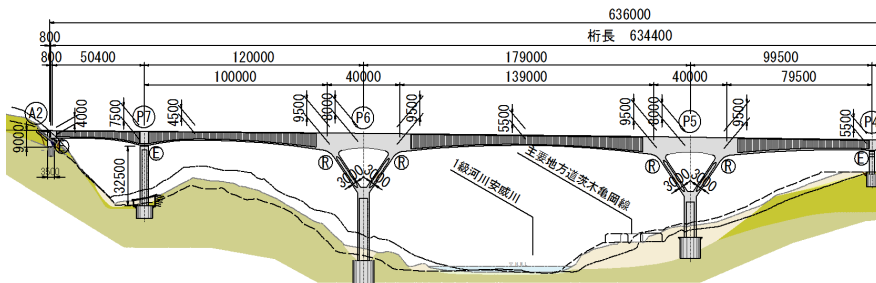


図-3 Y字形橋脚 (A2~P4 径間形式比較案)

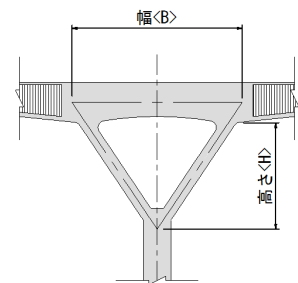


図-4 Y字形形状の設定

(1) Y字形橋脚の形状検討

Y字形橋脚の形状検討は既往の事例¹⁾を参考に、Y字部を構成する高さ$\langle H \rangle$と幅$\langle B \rangle$ (図-4) をパラメータとした構造検討を行った。図-5, 図-6 に死荷重時曲げモーメント図の比較を示す。

Y字形の差による構造特性として、以下①~③が確認できたため、既往実績を考慮したうえで、$\langle B \rangle = 40\text{m}$、高さ$\langle H \rangle = 25\text{m}$を採用して、従来構造と

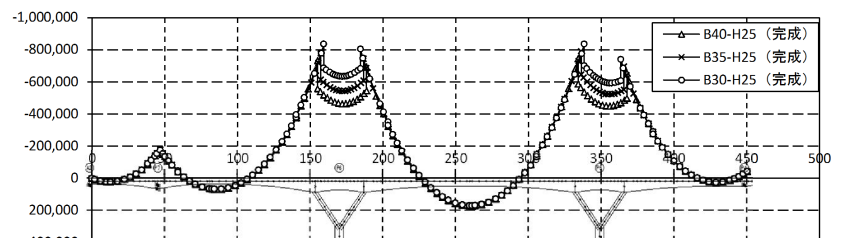


図-5 死荷重時曲げモーメント図 幅$\langle B \rangle$比較

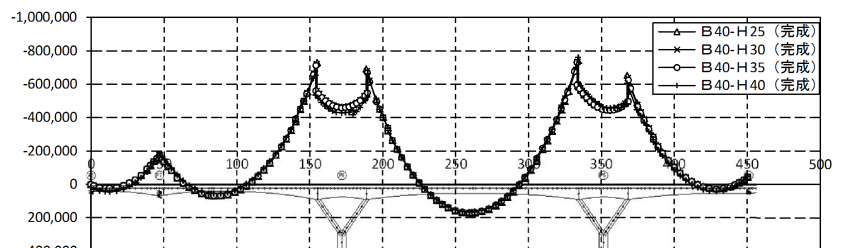


図-6 死荷重時曲げモーメント図 高さ$\langle H \rangle$比較

の比較を実施するものとした。

- ① 最大支間部中央の正の曲げモーメントは、Y字形状に寄らずほぼ等しい。
- ② 支点部近傍の負の曲げモーメントは、幅=40m で最も低減し、高さ<H>の影響は小さい。
- ③ 各案のY字部斜材の構造特性としては、圧縮が卓越し、応力状態は同等である。

(2) Y字形橋脚の支間縮小効果と適用性

本橋の主桁のPRC制限手法は、死荷重時の方法C²⁾(フルプレストレス)に対して、設計荷重時が主桁下縁で方法A²⁾(ひび割れ幅照査)であることから、最大支間部に必要となるプレストレス量(PC鋼材量)は、死荷重時に決定される。図-7に、Y字形橋脚と従来橋式橋脚の死荷重(主桁自重+橋面)による暫定時の曲げモーメント図を示す。ここでは、橋脚形状による構造性を比較するため、プレストレス2次力を除いている。支間中央部の正の最大曲げモーメントについては、暫定時で約7%、完成時で約10%程度の低減効果があるが、支間長の比(179m/139m)程の低減効果は発揮されないことを確認した。これは、本橋の施工が張出し架設工法によるため、死荷重時の曲げモーメントは閉合後のクリープの影響はあるものの、張出し架設時の断面力(図-8)が支配的となっていることが要因と考えられる。また、支点部近傍の負の曲げモーメントに対しては大きな差があるものの、いずれの橋脚形式においても、張出し架設時に必要となる上床版内ケーブルおよび閉合時に緊張する外ケーブルによって十分なプレストレスが得られており、構造性に問題がないことを確認した。

一方で施工性については、Y字形橋脚とするとY字斜材部および柱頭部の施工時に自重を支える大規模な支保工設備が必要となり、交差道路上での施工性および第三者安全性などを考えると、一般的な施工方法で対応可能である柱式橋脚の方が優位と考えられる。

以上の支間縮小効果と施工性を総合的に考えた結果、従来構造である柱式橋脚に対して、次項3.3に示す支点部近傍のせん断力および波形鋼板ウェブに対する構造検討を実施し、既往実績を超えるPRC連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋の実現性を検証することとした。

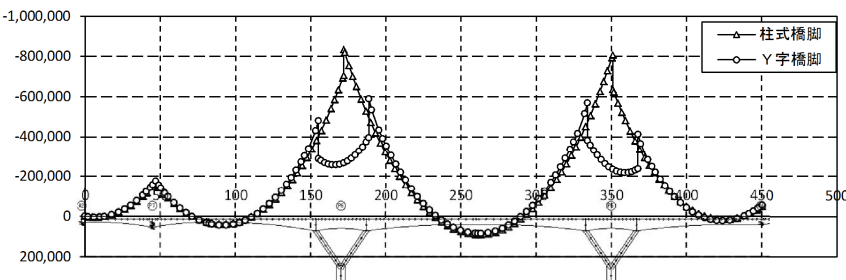


図-7 暫定時 死荷重(主桁自重+橋面)曲げモーメント分布

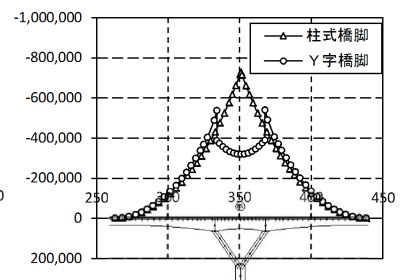


図-8 最大張出し時曲げモーメント分布

3.3 柱式橋脚と最大支間 179m の採用

表-2に示すとおり、柱式橋脚の場合にはY字形橋脚に比べて支点部近傍のせん断力が30%程度増加することから、せん断力を受け持つ波形鋼板の構造性が課題となる。本橋の形式検討では、以下①~④の設計方針と構造性を確認することで、柱式橋脚と最大支間179mの波形鋼板ウェブ橋を採用するものとした。

- ① 波形鋼板に水平継手が生じない範囲で支点部の桁高を極力高く設定する方針とした。接合部を含めた鋼板高さは、低床式セミトレーラーによる運搬制約より9.8m以下とし、上下床版の必要部材厚を踏まえて支点部桁高をH=11.5mとした。
- ② 波形鋼板は非弾性域を考慮した座屈照査の結果、設計上の必要な最大板厚はt=22mmであったが、

表-2 P5橋脚支点部の設計せん断力比較 (単位:kN)

	死荷重時			終局荷重時		
	Y字形橋脚	柱式橋脚	比率	Y字形橋脚	柱式橋脚	比率
暫定時	18,566	23,443	1.26	33,447	44,440	1.33
完成時	23,649	29,652	1.25	43,176	56,887	1.32

注：比率は柱式橋脚/Y字橋脚を示す。

座屈パラメータ $\lambda_s^2 < 1.0$ を確保する方針とし最大板厚を $t=25\text{mm}$ とした。また決定した板厚、材質については既往実績³⁾と同等であることを確認した。

③ 本橋は平面線形より直線橋扱いとして設計しているが、活荷重については格子解析を実施し、ねじりモーメントによる板厚増加は 1mm 程度と影響が小さいことを確認した。ただし、ねじり剛性に配慮して、中間横桁間隔を 20m 程度の間隔で比較的密に配置する計画とした。

④ 接合部に作用する単位長さあたりの設計せん断力は、ウェブ高や主桁の断面剛性の影響を受ける²⁾。本橋は桁高 $H=11.5\text{m}$ を有し主桁剛性が比較的高いことから、接合部の設計断面力は既往の基本設計実績と同等であることを確認した (表-3)。

表-3 接合部設計せん断力比較

橋梁名	水平方向せん断力 H_v (kN/m)	鉛直せん断力 H (kN/m)	支間長/桁高
安威川橋	2,790	3,162	中央支間179m/桁高11.5m
実績-A	2,632	2,993	側径間長95m/桁高9.5m
実績-B	2,830	3,183	中央支間164m/桁高9.5m, 3室

4. 設計総括

4.1 設計結果概要

L2 地震時における主桁の耐力確保および座屈照査に懸念があったが、非線形動的解析を実施した結果、波形鋼板、PC 鋼材、主鉄筋などに対して大きな鋼材量の増加や高強度材料の必要性もなく耐震性を確保することができている。これは最大支間部の桁高を 5.5m~11.5m、桁高支間比で 1/32~1/15 と比較的高くした効果であり、張出し架設も上床版内ケーブルのみで対応できたことから、妥当な桁高設定であったと考えられる。なお、最大支間部の P5P6 橋脚は架設地震時および完成形 L1 地震時で決定され、主鉄筋に SD490、帯鉄筋に SD390、コンクリートは $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ とすることで寸法縮小を図っている。

4.2 詳細設計に向けた課題と最大適用支間

長支間化に対しては、変形の増大に伴う付加曲げ応力の発生、実績を超える波形鋼板のせん断座屈挙動の確認、架設時の上げ越し管理や閉合時の桁変形などの更なる課題が挙げられる。これらの実験や FEM を要する項目に関して、基本設計では適切な桁高設定や裏打ちコンクリート、横桁配置などで構造的配慮を実施しているが、詳細設計では更なる安全性の検証が必要となる。上記の想定課題に加えて、本橋の PC 鋼材配置本数や波形鋼板の寸法などを踏まえると、前述の制約条件が無い限り、本橋のような 180m 級の支間長に対しては、エクストラロード橋の方が構造的・施工性などで合理的であると考えられ、従来箱桁形式を採用する場合は、本橋が波形鋼板ウェブ橋の最大適用支間に近いと推定される。

5. おわりに

本稿は、安威川橋について長大支間を有する波形鋼板ウェブ橋の計画と上部工基本設計成果を中心に報告したもので、現在は上部工詳細設計および下部工工事が進んでいる。1993 年に新開橋 (支間長 30m、単純桁) において国内で初めて波形鋼板ウェブが採用されてから約 20 年が経過し、この間、100 橋以上の波形鋼板ウェブ橋が建設されている。本稿の作成にあたり、PC 橋の新技术・新工法に取り組んできた諸先輩方々に深く感謝の意を表すとともに、本報告が今後の同種橋梁の設計の一助となれば幸いである。

<参考文献>

- 1) 澁谷・藤田・松村・木村・山田・堀江 ハツ場ダム湖面 3 号橋上部工の施工-Y 字形橋脚構造を有する PC5 径間連続ラーメン橋- ; 橋梁と基礎, Vol. 43, 2009. 2 月号
- 2) 西日本高速道路株式会社 設計要領第二集 橋梁建設編; H22. 7
- 3) 熱海・山越・五十嵐 裏高尾橋工事 (波形鋼板ウェブ製作) 報告; 宮地技法第 25 号, 2010