

(162) 波形鋼板ウェブPC橋(中野高架橋 その2工事)の設計概要

(株)ピー・エス	正会員	○田中 寛規
阪神高速道路公団	非会員	小林 寛
川田建設(株)	非会員	高岡 努
大阪工業大学	正会員	小林 和夫

1. はじめに

中野高架橋(その2)工事は、阪神高速道路北神戸線有馬JCT～西宮山口JCTのほぼ中間点に架設される4径間連続波形鋼板ウェブPC箱桁橋であり、現在、施工が進められている。

波形鋼板ウェブ橋は建設コストの縮減と施工の合理化が図れるため、合理的な複合構造として注目されている。本橋の構造特性については、以下の事項が挙げられる。

- ①平面曲線を有する波形鋼板ウェブ橋である。
- ②波形鋼板に耐候性鋼板を使用した。
- ③波形鋼板とコンクリート上床版の接合には、パーフォボンドリブ+スタッド接合方法を採用した。
- ④波形鋼板どうしの継手についてすみ肉溶接を採用した。
- ⑤床版横方向設計にパーシャルプレストレストコンクリート構造(以下、PPC床版)を採用した。
- ⑥非常駐車帯部にコンクリートリブ付き床版を採用した。

本文では、主に波形鋼板どうしの現場すみ肉溶接継手および非常駐車帯部の床版横方向設計について報告するものである。

2. 橋梁概要

本橋の工事概要は、以下に示す通りである。橋梁の構造一般図および使用材料はそれぞれ図-1、表-1に示す。また、本橋の主桁架設については固定式支保工施工であり、橋長をほぼ3等分する分割施工方法を採用している。なお、施工手順を図-2に示す。

- ・工事名 : 中野工区PC桁(その2)工事
- ・道路規格 : 第2種第2級
- ・活荷重 : B活荷重
- ・形式 : 4径間連続波形鋼板ウェブPC箱桁橋
- ・橋長 : 本線東行き 253.8 m
本線西行き 253.7 m
- ・支間 : 本線東行き 67.5 m + 83.9 m + 60.5 m + 39.8 m
本線西行き 66.0 m + 82.1 m + 59.5 m + 43.9 m
- ・有効幅員 : 標準部 8.45 m、非常駐車帯部 10.95 m
- ・平面曲線 : $R = 440 \text{ m} \sim A = 300 \text{ m}$
- ・横断勾配 : 4.0% ~ 2.0%
- ・縦断勾配 : 4.0% → VCL = 100 m ← 2.5%

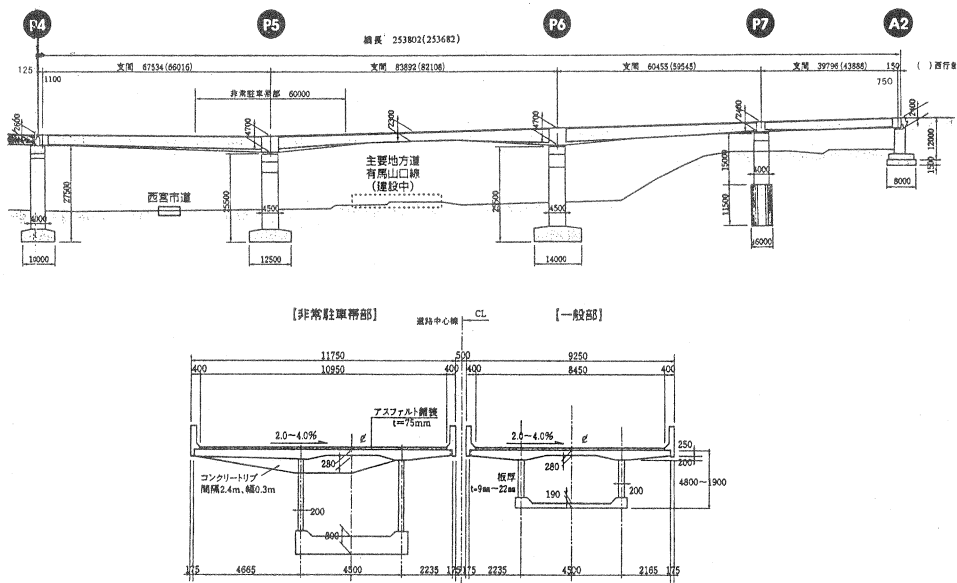


図-1 構造一般図

表-1 使用材料一覧表 (東西合計)

種別	仕様	数量
コンクリート	$\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$	3276 m ³
鉄筋	SD 345	627 t
P C 鋼材	内ケーブル 12 S 12.7 B	72 t
	" 12 S 15.2 B	7 t
	外ケーブル 19 S 15.2 B	48 t
	横締め (標準幅員部) 1 S 21.8 (非常帯部) 1 S 28.6	24 t 5 t
波形鋼板	SMA 490 CW	280 t

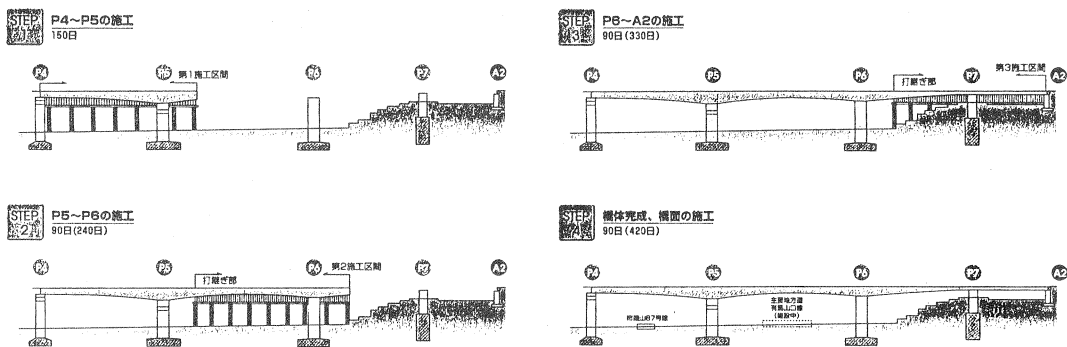


図-2 施工手順

3. 波形鋼板のすみ肉溶接継手

波形鋼板どうしの継手方法については従来、国内において高力ボルトによる一面摩擦接合や突き合わせ溶接接合が採用されている。フランスのドール橋では波形鋼板どうしを重ねてすみ肉溶接をおこなう方法を採用している。本橋では、架設時の誤差吸収など施工合理化の観点より、現場溶接による一面重ね継手すみ肉溶接方式を採用することとした。

波形鋼板の現場すみ肉溶接継手の採用に当たっては、単純梁型試験体による載荷実験をおこない、継ぎ手部の耐力およびウェブ継ぎ手部の応力状態を確認している¹⁾。載荷実験およびFEM解析による結果を以下にまとめる。それらの結果をふまえ、実橋における継ぎ手部詳細を図-3に示す形状にて採用している。

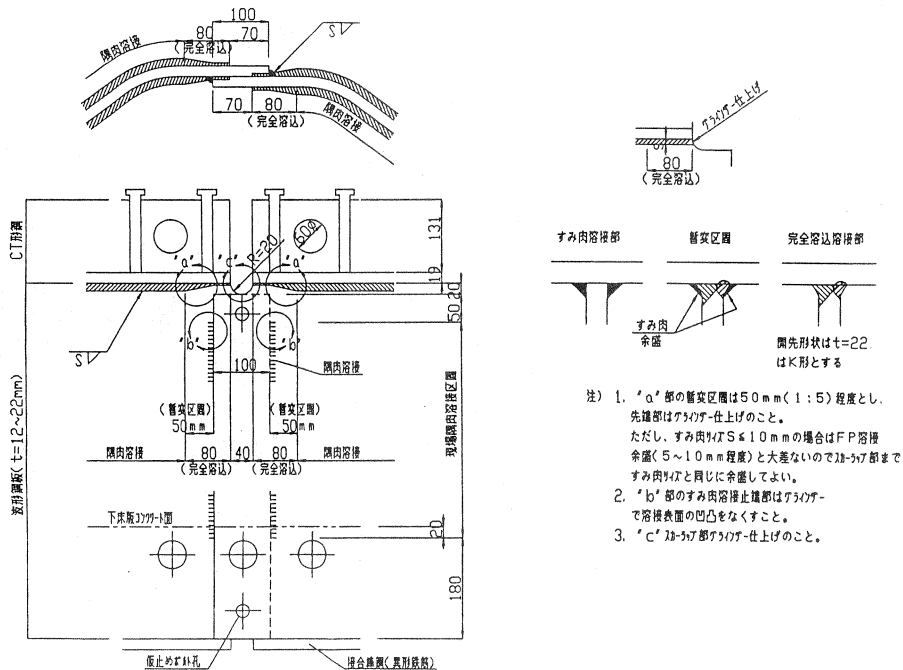


図-3 波形鋼板のすみ肉溶接継手部の詳細

- ① FEM解析結果によれば、継手部のスカラップ半径が小さいほど局部応力が小さくなる傾向を示している。本橋では、施工性等を考慮して、スカラップの切り欠き半径を $R=20\text{mm}$ と設定している。また、CT形鋼は継手部では不連続とした。
- ② 波形鋼板ウェブとCT形鋼(鋼フランジ)の溶接については、基本的にすみ肉溶接とする。継手部近傍では溶接止め端の欠陥を防ぐため、局部的に疲労等級の高い完全溶け込み溶接とし、すみ肉溶接との間では一定の漸変区間を設けた。
- ③ 実験結果より、床版接合部の近傍では波形鋼板ウェブに局部的に大きい軸応力を生じている。また、溶接施工性を考慮してスカラップ水平部分にまわし溶接を行わないほうが良いと判断し、波形鋼板のすみ肉溶接はスカラップから5cm程度下げた位置にて溶接を止めることとした。
- ④ すみ肉溶接の重ね継ぎ手長については現場施工による誤差吸収を考慮し、すみ肉溶接の重ね継ぎ手長を10cmと決定している。また、すみ肉溶接施工時での鋼板どうしの密着性を確保するために、重ね継ぎ手位置に仮止めボルトを約50cm間隔に配置することとした。

本橋における現場溶接作業に関しては、国内においてすみ肉溶接継手を採用した施工例がないため、施工上の問題点の把握と支保工足場上での溶接作業性を検証する目的で、実物大の供試体による溶接施工性試験をおこない、実橋での作業手順を決定している²⁾。溶接作業の概要は、図-4および写真-1に示す通りである。また、図-5に溶接管理のフローチャートを示す。

なお、波形鋼板の防錆については、外面では耐候性鋼板に安定錆促進材を塗布することとし、主桁内面では、結露対策として塗装仕様としている。

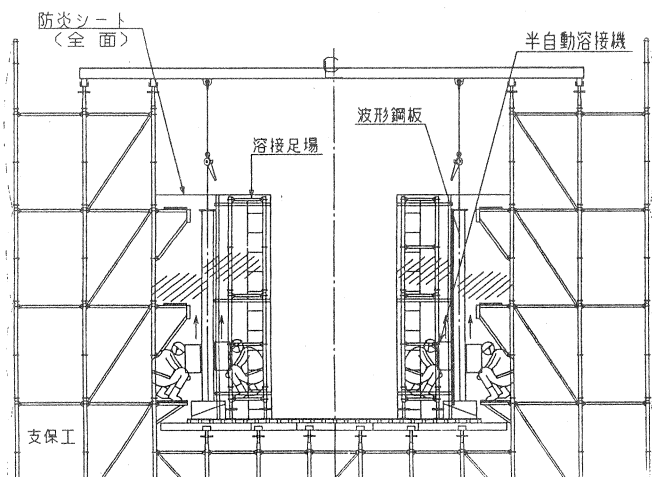


図-4 波形鋼板架設および溶接作業概要図

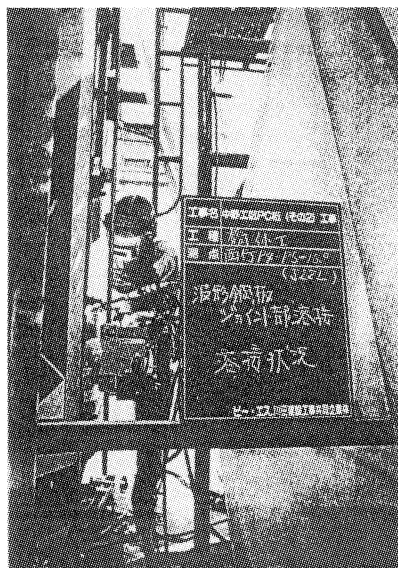


写真-1 すみ肉溶接作業状況

すみ肉溶接作業は、半自動溶接機を使用し、溶接作業の効率および溶接により生じるひずみの影響を少なくする観点から、一継ぎ手の両面を同時に下方から上方に向かっておこなうこととしている。また、すみ肉溶接部の非破壊検査方法については、渦流探傷検査にて溶接欠陥箇所の検出をおこなった後、磁粉探傷検査にて種類および程度を調査し、溶接部欠陥に対する判定をおこなうこととしている。なお、渦流探傷検査について、施工性試験にて溶接部のマクロ試験結果との比較により検出精度を確認し、溶接部表面欠陥の検出能力に優れること、波形鋼板に対して前処理の手間がないことで施工性が良好になることが確認されている。

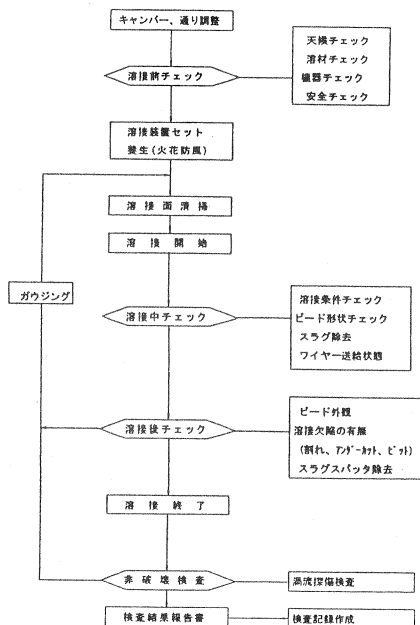


図-5 溶接管理フローチャート

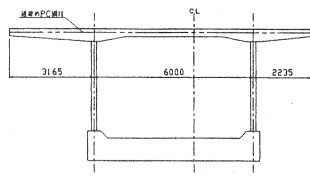
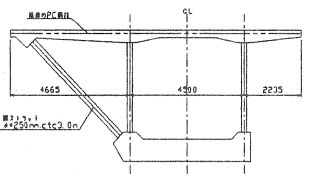
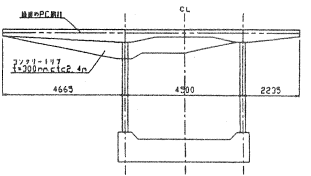
4. 非常駐車帯部の横方向設計

本橋では、擦り付け区間を含め 60 m にわたる非常駐車帯部を有している。施工性および経済性を比較した結果より張出し床版にコンクリートリブ付き床版構造を採用している。なお、本橋における横方向の設計手法としては、立体 FEM 解析によりコンクリートリブ形状および横締め PC 鋼材量を決定することとした。

(1) 非常駐車帯部床版構造の選定

非常駐車帯部の有効幅員は最大で 10.95 m であり、標準幅員に対して 2.5 m 拡幅した橋面構成となる。床版構造の選定については、構造的、施工性、経済性および景観性等を考慮して比較検討することとした。比較概要は表-2 に示す通りである。

表-2 非常駐車帯構造比較

	構造1: 箱桁構造(ウェブ間隔による調整)	構造2: 鋼管ストラット構造	構造3: コンクリートリブ付き床版構造
断面図			
構造的	<ul style="list-style-type: none"> ・道示式適応支間となる ・拡幅点で波形鋼板の折り曲げ加工が必要 ・自重の増加、PC鋼材量の増加 	<ul style="list-style-type: none"> ・横方向の設計手法(FEM解析) ・鋼ストラット接合部について(下床版側)複雑な鉄筋配置となる ・コンクリートウェブ構での実績は少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・横方向の設計手法(FEM解析) ・コンクリートウェブ構での実績は多数存在する
施工性	・良好である	・施工性は煩雑	・施工性は若干煩雑
景観性	・景観上好ましくない	・良好	・良好
判定	△	○	◎

構造形式について比較した結果、構造1では主桁断面の増加に伴い自重が増加し、また、床版横締め鋼材量も他の形式に比べ増加することとなった。一方、構造2の鋼管ストラット構造では、下床版側の鋼管ストラット接合部に着目すると、接合鋼材および鉄筋配置等が密になり、施工上煩雑となることが予想された。また、防錆処理等の耐久性についても考慮する必要がある。以上より、本橋においては、主桁の軽量化が図れ、かつ、経済性および施工性に優れたコンクリートリブ付き床版構造を採用することとした。

(2) コンクリートリブ付き床版構造の設計

非常駐車帯部のコンクリートリブ付き床版については、最大張出長が 4.665 m であり、道路橋示方書Ⅲ⁴⁾ (以下、道示) 照査式での適応支間長を越えるため図-6 に示すような 3次元 FEM 解析モデルを用い、床版横方向設計をおこなうことにした。なお、FEM 解析における活荷重の載荷方法として、図-7 の活荷重載荷モデルに示すように、T 荷重 ($t=10tf$) をコンクリートリブ間に載荷した場合とリブ直上に載荷した場合の 2 ケースについてそれぞれの応力状態を照査することとした。

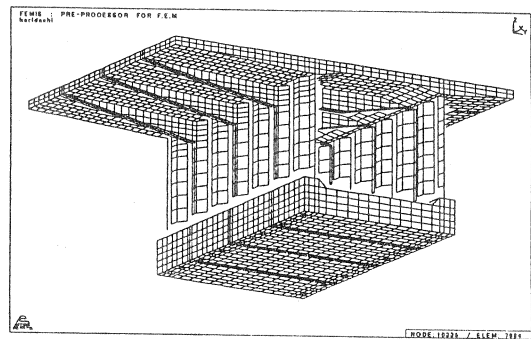


図-6 FEM解析モデル

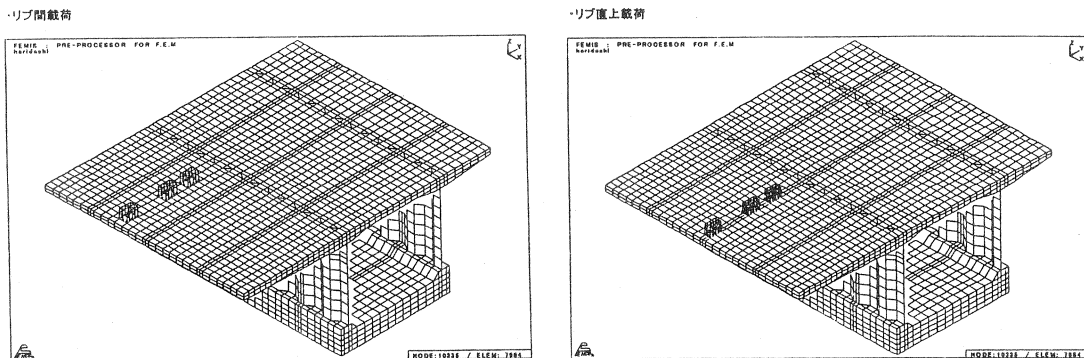


図-7 活荷重載荷ケース

コンクリートリブ付き床版形状およびP C鋼材配置を図-8に示す。また、解析結果は表-3に示す通りである。F E M解析結果による張出床版支点部の合成曲げ引張り応力度は約 -1.1N/mm^2 であり、本橋における床版横方向P P C構造での許容応力度 -1.5N/mm^2 以下である³⁾。以上の解析結果より、コンクリートリブ寸法は厚さ30cm、高さ60cm、リブ間隔2.4mとし、横締めP C鋼材は1 S 28.6を40cm間隔にて配置することとした。

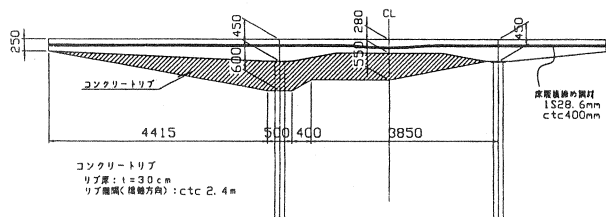


図-8 コンクリートリブ付き床版形状およびP C鋼材配置

表-3 解析結果

		道示式	FEM解析	
			リブ間載荷	リブ上載荷
死荷重	曲げモーメント	KN・m	-155.8	-
	上縁応力度	N/mm ²	-1.8	-2.0
	下縁応力度	"	4.8	4.9
活荷重	曲げモーメント	KN・m	-254.1	-
	上縁応力度	N/mm ²	-3.0	-3.3
	下縁応力度	"	7.9	5.5
prestress	曲げモーメント	KN・m	174.6	-
	軸力	KN	1064.8	-
	上縁応力度	N/mm ²	4.1	4.2
合計	上縁応力度	N/mm ²	-0.7	-1.1
	下縁応力度	"	9.4	7.7
				-0.4

おわりに

波形鋼板ウェブP C橋は合理的な橋梁構造として、自重の軽減、施工の省力化などの利点が挙げられる。また、本橋の主な構造特性については実験や解析などにより、その設計手法の妥当性を確認している。しかしながら、波形鋼板の設計手法の確立や波形鋼板接合形式の選定などについては、今後さらに実橋施工や実験、解析などによりさらに確立してゆく必要があるものと思われる。本報告が今後の波形鋼板ウェブP C橋の発展の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 井口, 小林 (寛), 蔵本, 松本, 中山, 栗田: 中野高架橋模型実験(その1) 隅肉溶接継手の力学的性状, 土木学会関西支部年次学術講演会, PP.1-49, 2000.6
- 2) 大西, 山本, 西向, 植村, 武田: 中野高架橋模型実験(その4) 波形鋼板隅肉溶接の施工性試験, 土木学会関西支部年次学術講演会, PP.1-52, 2000.6
- 3) 山中, 井口, 小林 (寛), 水田, 小林 (和): 中野高架橋模型実験(その2) 床版横方向に着目した静的載荷実験, 土木学会関西支部年次学術講演会, PP.1-50, 2000.6
- 4) 道路橋示方書・同解説Ⅲ: 日本道路協会, 1996.8