

広幅員部を有する波形鋼板ウェブPC箱桁橋の設計 —東九州自動車道 水無橋—

極東工業(株) 技術本部 技術部 正会員 ○正岡 稔之  
 西日本高速道路(株) 九州支社 大分工事事務所 棚林 誠  
 西日本高速道路(株) 九州支社 大分工事事務所 徳安 芳典  
 極東工業(株) 技術本部 技術部 正会員 谷 慎太郎

1. はじめに

水無橋は、東九州自動車道津久見 I. C. ~佐伯 I. C. 間の大分県佐伯市弥生大字床木に位置する橋長 335m の PC 5 径間連続ラーメン橋である。上部工構造形式は波形鋼板ウェブ箱桁橋であり、張り出し架設工法により施工を行う。本橋の特徴の 1 つとして、橋梁終点側に弥生 P. A. が設置される関係により、橋梁内で幅員が大きく変化することが挙げられる。本稿では、本橋の広幅員部における断面形状の決定とそれに起因して行った以下の検討について報告を行う。

- ・ねじりに対する検討
- ・T 荷重による床版断面力の算出方法に関する検討

2. 橋梁概要

水無橋の工事概要を表-1 に示す。また、図-1 に橋梁側面図、図-2 に橋梁断面図、図-3 に P3-A2 径間平面図を示す。

表-1 工事概要

発注者	西日本高速道路(株) 九州支社 大分工事事務所
工事名	東九州自動車道 水無橋(PC上部工)工事
工事場所	大分県佐伯市弥生大字床木
構造形式	5径間連続波形鋼板ウェブ PCラーメン箱桁橋
橋長	335.000m
支間	53.100m+2@87.500m+71.000m+34.100m
有効幅員	9.770m~15.020m
縦断勾配	2.00%
横断勾配	4.500%~3.089%
工期	平成16年11月16日~平成19年1月4日

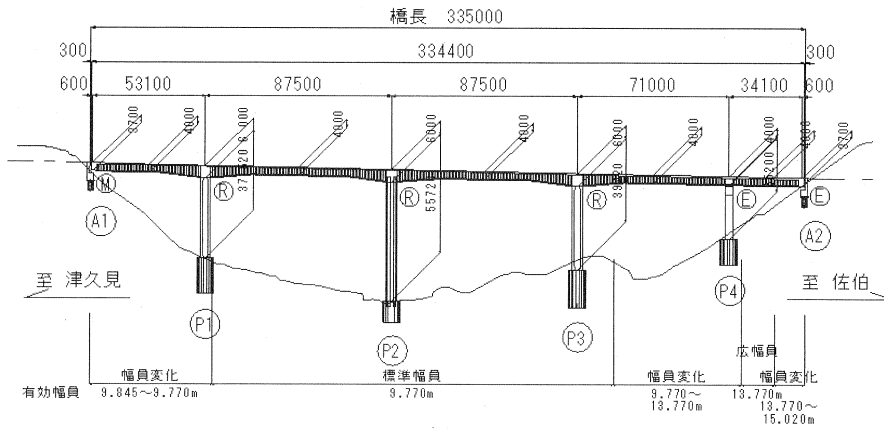


図-1 橋梁側面図

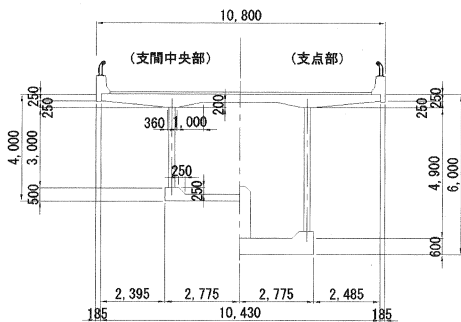


図-2 橋梁断面図

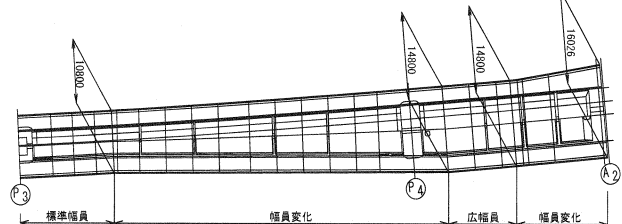


図-3 P3-A2 径間平面図

### 3. 断面形状の検討

#### 3-1 検討概要

広幅員部について、中間床版支間長を道路橋示方書(以下、道示)Ⅲ<sup>1)</sup>のT荷重による床版の設計曲げモーメント算出式における適用支間内とすることを条件として断面構成を決定する場合は、2室断面とする必要があった。しかし、コンクリートウェブの箱桁橋における既存の実績では、広幅員箱桁橋に1室断面を採用した事例もあったため、両者の比較検討を行った。図-4に検討を実施した各ケースの断面形状を示す。

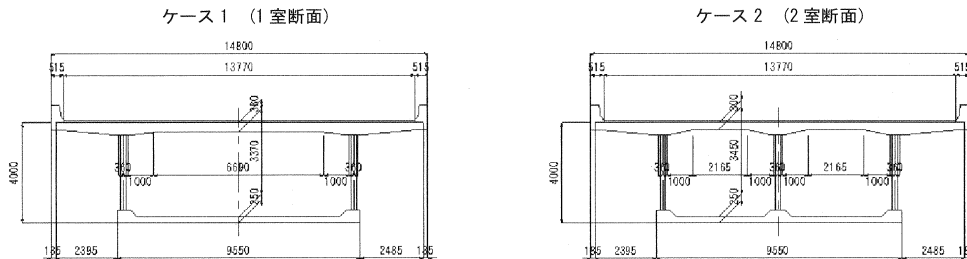


図-4 検討断面形状図

#### 3-2 検討結果

比較検討の結果を表-2に示す。なお、工費算出に考慮した各種数量は、P4-A2径間部のみのものでしている。また、両ケースにおける主桁重量の相違は2%程度であり、主ケーブル配置本数に差異がないことから、主ケーブルは工費算出に考慮していない。1室断面としたケース1においては、2室断面としたケース2と比較し、床版横締めPC鋼材が増となるが、波形鋼板重量が減となり、合計工費としては1室断面としたケース1が優位であった。波形鋼板重量については、最小板厚によりウェブ厚が決定される区間の重量が支配的であり、ウェブ数の少ない1室断面のケースが少ない結果となっている。以上より、次項以降に述べる課題に対する検討を行うことを前提に広幅員となるP4-A2径間部においても標準部と同様に1室箱桁断面を採用した。

表-2 P4-A2径間断面形状比較検討結果

項目	単位	ケース1(1室断面)		ケース2(2室断面)		
		数量	金額(千円)	数量	金額(千円)	
コンクリート	P2-2 m3	451	15,650	439	15,233	
	P2 m2	1,100	28,710	1,110	28,971	
横締めPC鋼材	1528.6S kg	4,390	6,278	3,050	4,362	
経済性	製作	t	26	9,100	36	12,600
	輸送	t	130	130	36	180
	架設	t	26	2,145	36	2,970
	架換	t	26	1,300	36	1,800
	小計			12,675		17,550
合計			63,312		66,118	
			(比率)		(比率)	
			1.00		1.04	
構造的・施工性		<ul style="list-style-type: none"> <li>中間床版支間長は道示による活荷重断面力算出式の適用範囲を超えるため、算出方法の検証が必要。</li> <li>2117であるため、各ケーブルのせん断力の分担率やねじり剛性の算出が比較的明確。</li> <li>ケースと比較し、ケーブル数が少ないため、渡りケーブルの架設、接合部等の施工工数が少ない。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>中間床版支間長は道示による活荷重断面力算出式の適用範囲内。</li> <li>3917であるため、各ケーブルのせん断力の分担率やねじり剛性の算出について検証が必要。</li> <li>ケースと比較し、ケーブル数が多いため、渡りケーブルの架設、接合部等の施工工数が多い。</li> </ul>		
判定		○		△		

### 4. ねじりに対する検討

#### 4-1 検討概要

波形鋼板ウェブ橋は、通常のコンクリートウェブ橋と比較し、ウェブの軸方向剛性が小さいことによりねじりに対する断面変形が大きくなることが知られている。<sup>2)</sup> 本橋の広幅員部においては、その影響がさらに大きいと考えられた。

本橋のねじりモーメントに対する設計については、「波形鋼板ウェブPC橋計画マニュアル(案)」<sup>3)</sup>によるねじり常数算出式およびせん断応力度算出式を用いている。これらの算出式は純ねじり挙動を基本としているため、ねじりによる断面変形を隔壁などで抑制する必要があった。そこで、広幅員部に着目した3次元線形FEM解析を行い、断面変形が生じないとした棒解析値(純ねじり挙動)とねじり挙動の比較を行って隔壁配置を決定した。

#### 4-2 FEM解析

検討対象はP4-A2径間とし、横桁付根位置で完全固定としたモデルにより解析を行った。(図-5)。載荷荷重については、単位荷重とし、1N/mm<sup>2</sup>の偏載荷重を鉛直方向に載荷した(図-6)。解析ケースは隔壁箇所数をパラメータとした3ケースとした(図-7)。

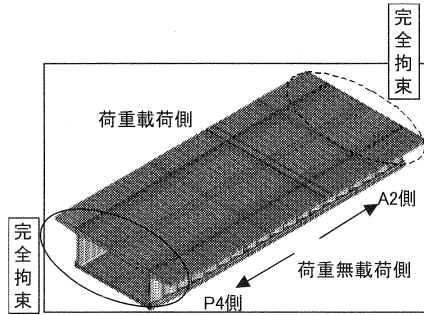


図-5 解析モデル図

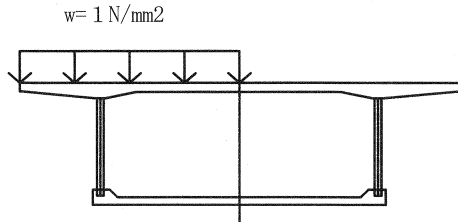


図-6 荷重図

### 4-3 検討結果

図-7は、各設計断面位置でのねじり角をプロットしたグラフである。

ケース1, 2では、棒解析値とFEM解析の結果との差異が大きく、純ねじり挙動を逸脱していると考えられた。ケース3の解析結果は、偏差0%~3%程度とよく一致し、純ねじり挙動を示していると判断した。よって、P4-A2径間にはケース3の隔壁配置(3箇所/支間)を採用した。

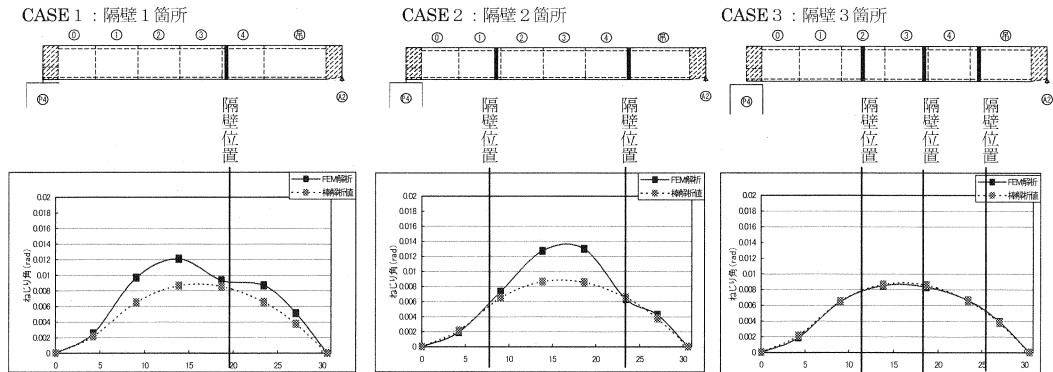


図-7 ねじり挙動検討結果

## 5. T荷重による床版断面力の算出方法に関する検討

### 5-1 床版橋軸直角方向の検討

#### (1) 検討概要

本橋の標準幅員部の床版断面力算出については、道示式の適用範囲内であるため、道示式を適用している。ただし、中間床版中央の断面力は、「波形鋼板ウェブPC橋計画マニュアル(案)」より、道示式を基本とした単純版の90%とする式により設計を行っている。広幅員部においても同様な式を適用すれば、設計手法の整合を図ることができる。本検討では、広幅員となる箇所に着目し、T荷重による床版曲げモーメントを3次元線形FEM解析により算出した。そして、FEM解析結果と道示式を比較することにより、道示式を適用することの安全性を確認した。

#### (2) 解析条件

検討モデルは橋軸方向長を応力分布に影響を及ぼさない長さとし、中間床版支間長の2倍以上とした。荷重条件は、図-8の6ケースとし、道示ⅢによるT荷重を載荷した。尚、道示式においては、解析により得られた理論値に対して10%~20%の安全率を考慮しているため、FEM解析による設計曲げモーメントは20%の割り増しを行った。

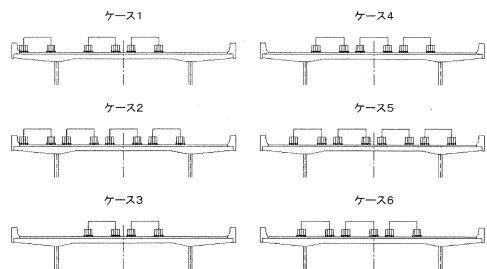


図-8 荷重ケース図

(3) 検討結果

検討結果を表-3に示す。

FEM解析により得られた応力から算出した断面力は、道示式と比較して中間床版中央位置で8割程度となり、中間床版側付根位置では5割程度となった。よって、道示式により算出される断面力は安全側となるため、広幅員部における床版の設計活荷重曲げモーメント算出には、道示式を適用した。

5-2 床版橋軸方向の検討

(1) 検討概要

前述したねじりに対する検討結果より、広幅員部における橋軸方向の隔壁配置純間隔(5.775m~6.4m)は橋軸直角方向の中間床版支間(9.050m)よりも狭くなるため、主たる床版支間方向は橋軸方向となることが想定される。そこで、3次元線形FEM解析により発生応力の状況を確認した。FEM解析結果と道示式を比較することにより、広幅員部における橋軸方向の設計曲げモーメントの算出方法について検討した。

(2) 解析条件

検討対象はP4-A2の1径間モデルとした。着目断面位置を図-9に示す。荷重条件については、図-10の4ケースとし道示ⅢによるT荷重を载荷した。尚、5-1の検討と同様にFEM解析による設計曲げモーメントには20%の割り増しを行った。

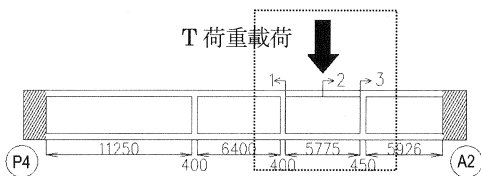


図-9 橋軸方向検討位置図

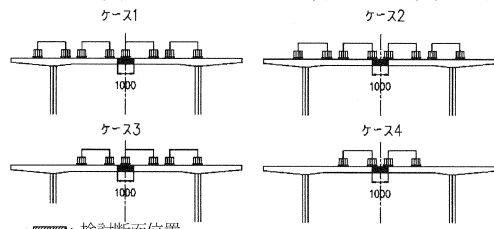


図-10 検討ケース図

表-3 検討結果

	(KN/m・m)	
	①中間床版付根	②中間床版中央
道示式	-182.552	127.929 <sup>※1</sup>
FEM <sup>※2</sup>	-85.433	96.471
FEM/道示式	0.468	0.754

・+の値を正曲げ、-の値を負曲げとする。

※1 単純版×90%

※2 荷重ケースのうち最大値

(3) 検討結果

検討結果を表-4に示す。

道示式の値とFEM解析結果には相違があるものの、以下の点を考慮し、正・負の曲げモーメントに対して道示式を適用した。

- ・道示式による計算は安全側の結果を与える。
- ・負曲げに対する連行载荷の影響が不明確である。
- ・補強が不十分で、橋軸直角方向に有害なひび割れが発生すると、断面力が再分配され、橋軸直角方向の曲げモーメントが増加することが考えられる。

表-4 検討結果

	(KN/m・m)		
	1 P4側隔壁付根	2 中間床版中央	3 A2側隔壁付根
道示式	-108.04	108.04	-108.04
FEM <sup>※1</sup>	-37.199	93.741	-39.010
FEM/道示式	0.344	0.868	0.361

・+の値を正曲げ、-の値を負曲げとする。

※1 荷重ケースのうち最大値

6. おわりに

本報告は、水無橋上部工詳細設計における検討概要を報告したものである。本報告が、今後の類似施工の一助となれば幸いである。最後に、本設計・施工にあたり、多大なるご指導、ご協力をいただいた関係各位に感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編・Ⅲコンクリート橋編, pp220-222, 平成14年3月
- 2) 依田, 大浦：波形鋼板ウェブを用いた合成PC箱桁のねじり特性について, 土木学会構造工学論文集, Vol. 39A, 1993年3月
- 3) 波形鋼板ウェブ合成構造研究会：波形鋼板ウェブPC橋計画マニュアル(案), 1998年12月