

## 長崎自動車道 日見夢大橋二期線の斜材定着隔壁に関する設計報告

(株)ピーエス三菱 正会員 ○香田 真生  
 (株)ピーエス三菱 正会員 古村 豊  
 (株)ピーエス三菱 正会員 藤田 知高  
 西日本高速道路(株) 宮永 憲一

キーワード：波形鋼板ウェブ，PCエクストラードーズド橋，2面吊り，斜材定着隔壁

### 1. はじめに

日見夢大橋は，長崎自動車道の起点である長崎ICから約4km地点に位置する3径間連続波形鋼板ウェブPCエクストラードーズド橋である。一期線は平成16年に完成しており，吊り形式の主桁構造に波形鋼板ウェブを適用した世界初の構造<sup>1)</sup>が採用された橋梁である。現在，暫定2車線で供用されており，二期線の建設によって，長崎芒塚ICから長崎多良見IC間が4車線化される計画となっている。

波形鋼板ウェブPCエクストラードーズド橋の建設事例は，数少ない現状である。本構造において，斜材張力を主桁に伝達するための斜材定着隔壁は，構造上重要な部位のひとつである一方で，検討事例が限られていることから，本稿では斜材定着隔壁の設計に着目した報告を行う。

### 2. 橋梁概要

#### 2.1 工事概要

本橋の工事概要を以下に示す。

工 事 名：長崎自動車道 日見夢大橋(PC上部工) 工事

構造形式：3径間連続波形鋼板ウェブ

PCエクストラードーズド箱桁橋

橋 長：373.5m (支間長 91.0m+182.0m+98.0m)

有効幅員：9.750m (全幅 12.600m)

桁 高：4.000m (等桁高)

詳細設計で決定した上部工の主な使用材料を表-1に示す。架設工法は，超大型の移動作業車を使用したブロック長6.4mの張出し施工である。

表-1 上部工の主な使用材料

コンクリート	主桁	$\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ (50N/mm <sup>2</sup> )
	主塔	$\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$
鉄筋		SD345
PC鋼材	主桁	12S15.2, 19S15.2, 19S15.7 1S28.6 (プレグラウト)
	斜材	19S, 27S, 31S15.2
波形鋼板ウェブ		SM490Y, SM400

#### 2.2 構造概要

全体一般図および基本設計時の主桁断面図をそれぞれ図-1および図-2に示す。本橋は斜材間距離が11.2mで2面吊りする構造であり，基本設計では，斜材定着隔壁は鉄筋コンクリート構造とする設計で

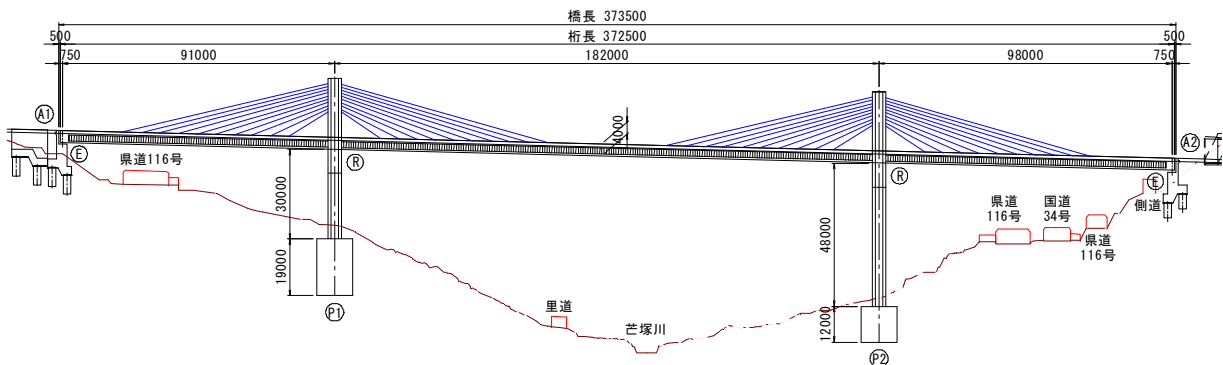


図-1 全体一般図 (側面図)

あった。また、コンクリート隔壁と波形鋼板ウェブは分離された形状となっており、主桁と隔壁が接合される隅角部において、応力集中が生じる懸念があった。

### 3. 斜材定着隔壁構造の選定

#### 3.1 過去の設計手法の整理

供用されている同種橋梁について、斜材定着隔壁の設計手法を整理した結果を表-2に示す。過去の事例では鋼製ダイヤフラムが採用されており、斜材の鉛直分力を鋼部材のみで負担する設計方法となっている。

#### 3.2 本橋における斜材定着隔壁構造の選定

詳細設計において、基本設計の構造を含む、3通りの隔壁構造(図-3)を比較・検討した。第1案は基本設計

の構造、第2案は第1案をベースとし、隔壁とウェブを一体化した上でプレストレスによる補強を行う構造、および第3案は鋼製ダイヤフラムを用いた構造とした。過去の設計事例では、鋼製ダイヤフラムは非合成構造としての設計であったが、本橋では、より合理的な構造とするため、鋼部材とコンクリートの合成効果を考慮した設計方法とした。以降、第3案は鋼・コンクリート複合隔壁と称す。

FEM解析結果より、第1案はコンクリート部材に生じる引張応力度が大きく、耐久性上の課題が残るひび割れが発生する応力レベルであった。第2案は、引張応力度は緩和できるが、許容ひび割れ幅以下となる応力レベルまでの低減はできなかった。また、補強によって主桁重量が基本設計の4%増加となるため、橋脚の耐震設計を考慮すると、さらに補強を加えることが困難であった。第3案は鋼部材の応力度は許容値に収まり、またコンクリート部材に生じる引張応力度も抑制できる結果が得られた。よって、構造的および耐久性を勘案し、主桁重量が3%の減少となる第3案を採用した。

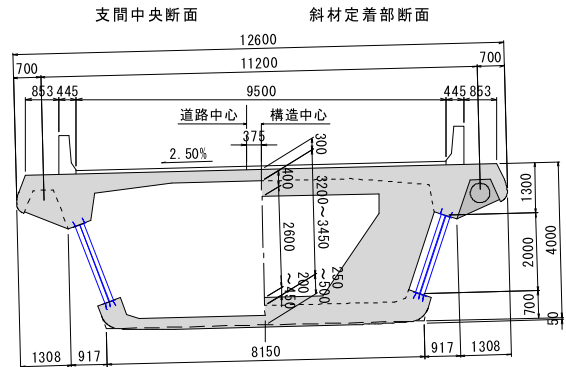


図-2 主桁断面図 (基本設計)

表-2 過去の同種構造における斜材定着隔壁の設計方法

隔壁の設計条件	橋梁名	
	波形鋼板ウェブPCエクストラード橋	
斜材定着隔壁の構造	日見夢大橋一期線 <sup>1)</sup>	近江大鳥大橋 <sup>2)</sup>
斜材の鉛直分力に対して	鋼部材で負担	鋼部材で負担
斜材の軸力に対して	コンクリートで負担	コンクリートで負担

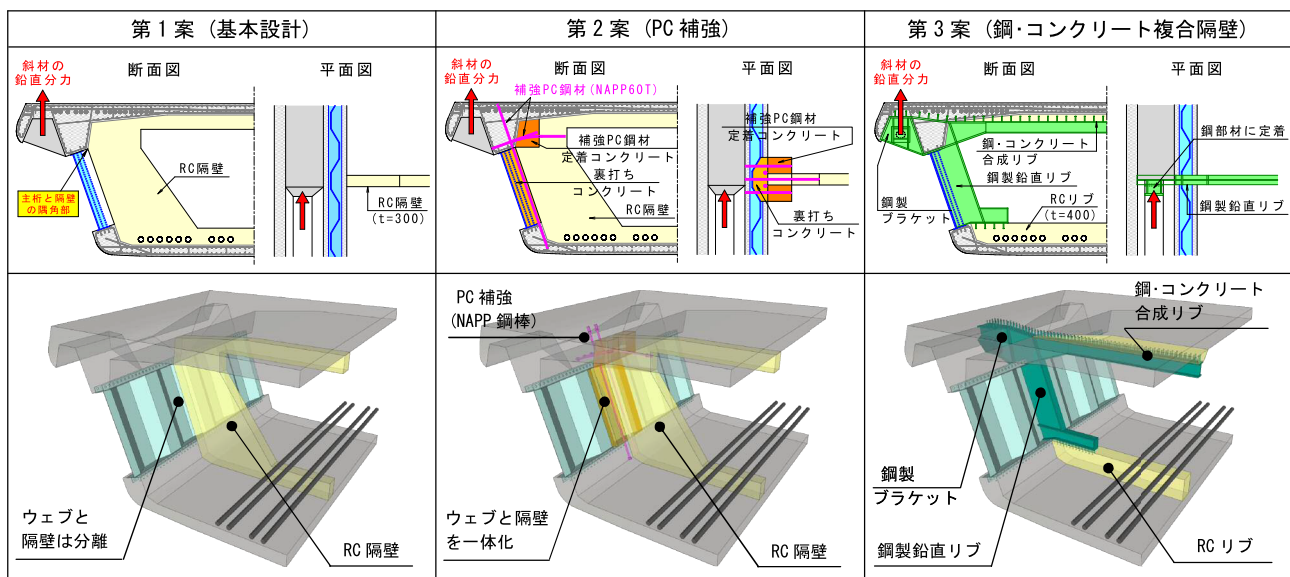


図-3 斜材定着隔壁構造の比較

#### 4. 斜材定着隔壁の設計

##### 4.1 斜材定着隔壁の設計方法

すべての斜材定着隔壁に対して、BOXラーメンモデルによる骨組解析を行った。主な決定要因となった解析モデルを図-4に示す。載荷荷重は $0.6 \times Pu$ の斜材張力の鉛直方向分力のみとし、鉛直リブ軸線位置に鉛直分力と釣り合う等分布荷重を載荷する方法としている。また、モデルの有効幅は、道路橋示方書に示される中間横桁の有効幅に関する規定を準用し、波形鋼板ウェブはモデルには考慮しない設計方針とした。つまり、上床版、下床版および鉛直リブを解析モデルに考慮した。

発生応力度の制御は、表-3に示す条件を制限値とし、設計を行った。なお、鋼部材とコンクリートの合成効果を考慮しているため、床版は、床版作用と隔壁作用の組み合わせを考慮し、床版横方向設計における許容値に対する余裕量を考慮して、隔壁設計における制限値を定めた。

##### 4.2 FEM解析を用いた検討

骨組解析による設計の妥当性および本構造の安全性を確認するため、FEM解析を行った。解析モデルの一例を図-5に示す。逐次解析は行っていないため、斜材張力の再現性が比較的高い最大張出し時を想定し、全長で87.8mの片持ち梁モデルとした。各斜材種類において鉛直分力が最大となるブロックに着目し、着目ブロックの前後1ブロックまでをソリッドおよびシェル要素でモデル化し、それ以外はビーム要素でモデル化した。本稿では、第8ブロックに着目した結果について報告する。荷重の載荷方法は2通りとし、Case1は、斜材張力のみを載荷する条件とし、Case2は、斜材張力に加え主桁や隔壁の自重、移動作業車および床版横締め荷重を載荷する条件とした。第8ブロックに着目した解析結果の一例および解析結果の比較表をそれぞれ図-6および表-4に示す。骨組解析とFEM解析Case1が同様の載荷条件であり、両解析における上床版の応力度は近い値となったが、そのほかの検討部位はFEM解析の方が小さな値となった。解析モデルへの波形鋼板ウェブ考慮の有無が影響している一方で、FEM解析で斜材張力

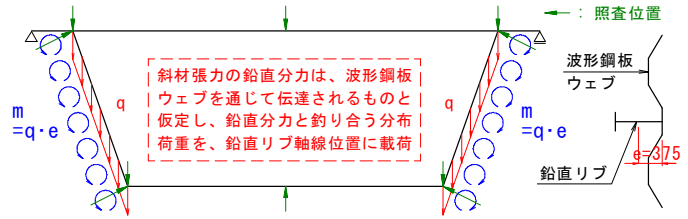


図-4 BOX ラーメンモデルの骨組解析

表-3 発生応力度の制御方法

照査位置	部材	制限値
上床版 (合成リブ)	コンクリート	圧縮 $6\text{N/mm}^2$ , 引張 $0.5\text{N/mm}^2$
	鋼部材	引張 $140\text{N/mm}^2$ , せん断 $80\text{N/mm}^2$
RCリブ	コンクリート	圧縮 $6\text{N/mm}^2$ , 引張 $3.0\text{N/mm}^2$ ※
鉛直リブ ブラケット	鋼部材 (SM490Y)	引張 $210\text{N/mm}^2$ , せん断 $120\text{N/mm}^2$

※ 補強鉄筋を配置して、許容ひび割れ幅以下に制御

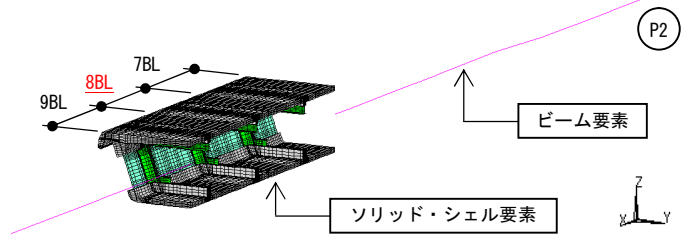


図-5 FEM 解析モデル(第8ブロック着目)

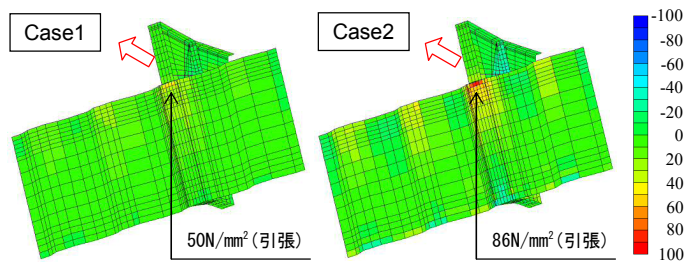


図-6 FEM 解析結果(鋼部材の部材鉛直方向応力)

表-4 骨組解析とFEM解析による検討結果の比較

照査位置 (橋軸直角方向)	比較した部材	着目 応力度	骨組解析 ( $\text{N/mm}^2$ )	FEM解析 ( $\text{N/mm}^2$ )	制限値 ( $\text{N/mm}^2$ )
上床版(合成リブ)	コンクリート(PRC)部材	曲げ引張	0.45	0.42 (Case1)	0.50
下床版(RCリブ)	コンクリート(RC)部材	曲げ引張	2.78	1.29 (Case2)	3.0
鉛直リブ	鋼部材	曲げ引張	205	86 (Case2)	210
		せん断	44	35 (Case2)	120

によって波形鋼板ウェブに生じる応力度は、板厚設計への影響がないことを確認した。以上より、骨組解析による設計を行うことで、本隔壁構造の安全性を確保できることが確認された。

### 5. ねじり剛性の確認

斜材定着隔壁は、斜材張力を主桁に伝達する機能に加え、主桁のねじり剛性を補剛し、ゆがみ変形を防止する機能を有する必要がある。波形鋼板ウェブ橋は面外剛性が通常のPC橋より小さいため、ねじりモーメントが作用した場合の断面変形が大きくなる傾向があることが報告されており、これに対し、一般的にはコンクリート隔壁を20~30mの間隔で配置することで、面外剛性が確保されている。

本橋に適用する隔壁構造のねじり剛性に関して、中間隔壁を設置しない場合 (Case1)、厚み300mmのコンクリート隔壁を約20m間隔で配置した場合 (Case2)、および鋼・コンクリート複合隔壁を6.4m間隔で配置した場合 (Case3) の3通りを、FEM解析により確認した。解析条件の概要図を 図-7 に示す。解析モデルは、最大張出し時の長さ85.6m (柱頭部の幅を考慮) の片持ち条件としたが、斜材のモデル化は行っていない。なお、Case3はコンクリート偏向部 (ディビータ) もモデルに考慮した。

張出し先端の図心位置に、13500kN・mのねじりモーメントを作用させた。これは、道路橋示方書を参照し、ねじりモーメントによって生じる上・下床版のせん断応力度が設計荷重時の許容値 (0.55N/mm<sup>2</sup>) となる荷重レベルを想定<sup>3)</sup> し、算出した値である。解析結果は、隔壁のないCase1のねじり変形量を1.00とすると、Case2は0.99、Case3は0.98の比率となった。

Case2とCase3の比較より、Case3は面外剛性が確保されていると判断した。また、Case1とCase3の差は2%であり、主桁自体が十分な面外剛性を有している条件であったと考えられる。一方、設計計算において、設計荷重時の上部工に生じるねじりモーメントの最大値は4400kN・mであり、FEM解析での作用力に対して十分に小さいことなどから、ねじり変形に伴うそり応力度も問題とならないことが確認された。

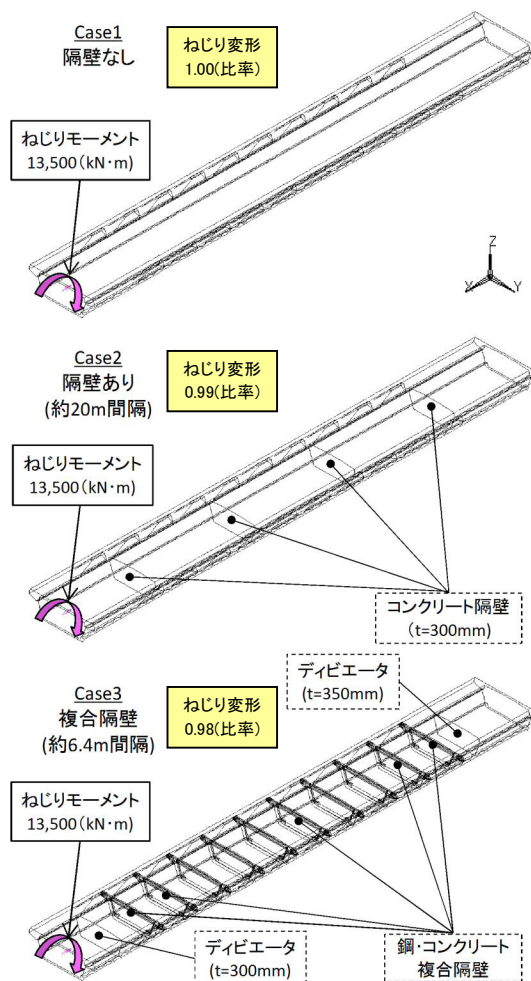


図-7 FEM 解析によるねじり検討の概要図

### 6. まとめ

建設事例が少ない波形鋼板ウェブPCエクストラード橋に関して、斜材定着隔壁に着目し、本橋における設計方法を報告した。本稿が、今後の類似構造の設計の一助となれば幸いである。

### 参考文献

- 1) 佐川, 酒井, 岡澤, 益子, 春日, 田添: 日見橋 (仮称) の設計と施工, 橋梁と基礎, 2003, No.6
- 2) 藤田, 福原, 宇佐美, 張: 栗東橋の設計概要, 第12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, 2003年10月
- 3) 上平, 立神, 本田, 園田: 波形鋼板を有するPC箱桁橋のせん断およびねじり特性に関する研究, プレストレストコンクリート, Vol.40, No.3, May. 1998, pp. 16-25