

広幅員一面吊り長大エクストラードズド橋の斜材張力の主桁伝達に関する検討

大成建設(株)・(株)ピーエス三菱JV 正会員 工修 ○新庄 皓平
 大成建設(株) 正会員 博(工) 細谷 学
 西日本高速道路(株) 福田 雅人
 大成建設(株) 正会員 高次 渉

1. はじめに

本橋は橋長606mのPRC7径間連続波形鋼板ウェブエクストラードズド橋であり、P4～A2区間がエクストラードズド橋区間389m (以下ED橋) である (図-1)。また、図-2に示すように上下線一体断面であるため広幅員 (全幅員は暫定形: 25.150m, 完成形: 35.400m) であり、かつ一面吊りの構造である。同様の構造をもつ揖斐川橋 (エクストラードズド橋・コンクリートウェブ) ¹⁾ や矢作川橋 (斜張橋・波形鋼板ウェブ) ²⁾ などでも検討項目となっている下記の2点に関して、本橋においても3次元FEM解析により検討を行ったので、その結果を報告する。

- ・斜材張力の有効伝達長: 主桁の設計にあたって、斜材張力によるプレストレスが主桁断面全体に伝達されたと見なせる有効伝達長を把握する必要がある。
- ・斜材張力によるせん断力の内外ウェブの分担率: 図-2に示すように本橋のED橋区間は3室箱桁構造であり、かつ一面吊りの構造であるため、斜材張力によるせん断力が各ウェブに均等に作用しない可能性がある。

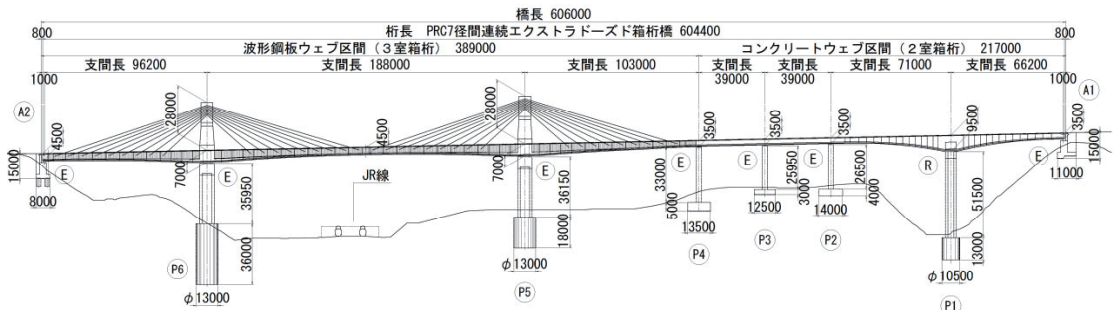


図-1 橋梁一般図

2. 検討に用いたモデル

いずれの検討事項に対しても、各斜材緊張時における張出し形状を再現した3次元FEM解析モデルを用いた。図-3にS1ケーブル緊張時の解析モデルならびに拘束条件を示す。モデルは両検討とも同じものを用いている。本解析では片側張出し分をモデル化し、橋軸直角方向には半断面とする1/2モデルとした。また、図-3に示すように斜材定着部は内側セルに配置しており、鋼殻構造となっている。また、事前検討を行い、斜材張力によるせん断力が主桁にスムーズに伝達されるように各斜材定着部の外側セルには鋼製ダイヤフラムを設置している。なお、コンクリート部材 (主桁など) はソリッド要素、鋼部材 (波形鋼板ウェブ、斜材定着部、鋼製ダイヤフラム) はシェル要素でモデル化した。

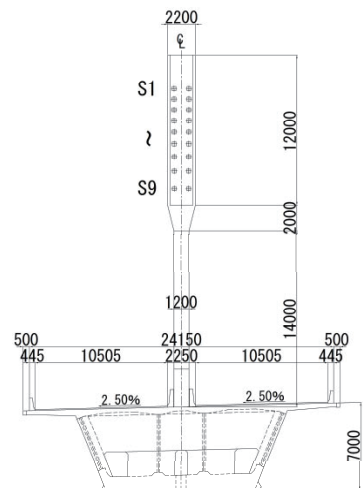


図-2 断面図 (主塔部)

3. 斜材張力の有効伝達長に関する検討

斜材張力によるプレストレスの有効伝達長は、斜材角度や主桁断面形状によって異なるため、全9段の斜材に対してそれぞれの斜材緊張時の張出し架設状態のモデルを作成して検討を行った。ここでは、主桁の曲げによって生じる圧縮成分を排除するために斜材張力の水平成分のみを斜材定着位置に載荷している。なお、斜材張力は緊張直後を想定して $0.7P_u (=6800\text{kN})$ とした。

図-4にS1, S5, S9ケーブルを緊張した場合

の上床版および下床版の橋軸方向応力のコンター図を示す。ここでは着目する斜材定着部を有するブロックを含めた主塔側の3ブロックに着目している。図中の矢印は斜材張力の水平成分の載荷位置並びに載荷方向を示す。図-4より、斜材張力によるプレストレスが上床版に三角形状に広がっていくことが確認できる。図-5は張出し床版先端の上縁における橋軸方向応力度について、S1, S5, S9ケーブル緊張時に骨組解析で算出されたものと本FEM解析で算出されたものを比較した結果である。なお、有効伝達長は栗東橋での検討³⁾を参考に、張出し床版先端の上縁の応力度が、緊張力導入位置から骨組解析で算出される応力度の80%に達する位置までの距離とした。全斜材に対して有効伝達長を算出した結果を表-1に示す。これより有効伝達長は16~21m程度となっていることが分かる。これを踏まえて、詳細設計においては、斜材の定着位置から有効伝達長の採用値の区間で斜材張

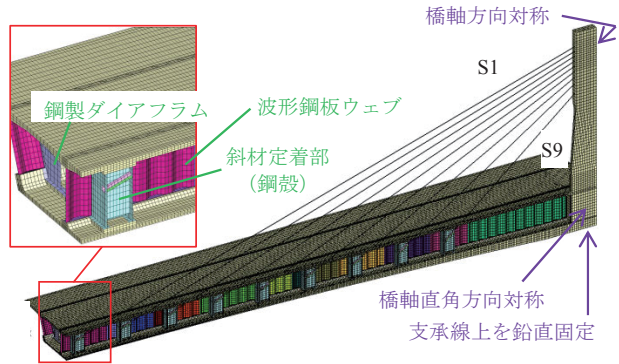


図-3 FEM 解析モデル

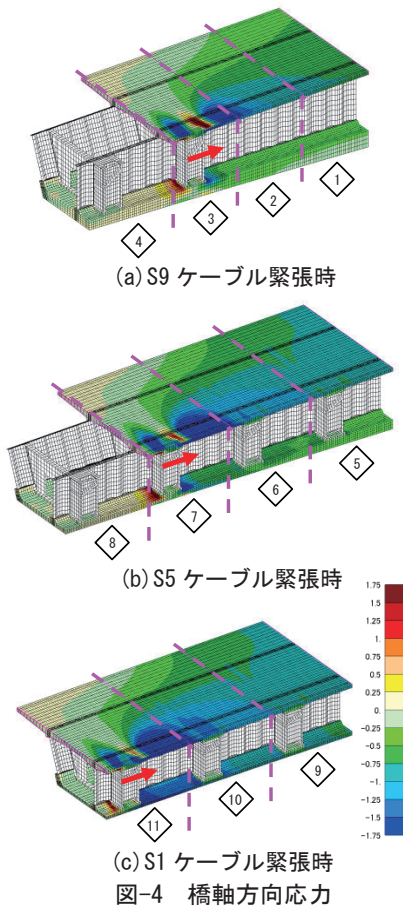


図-4 橋軸方向応力

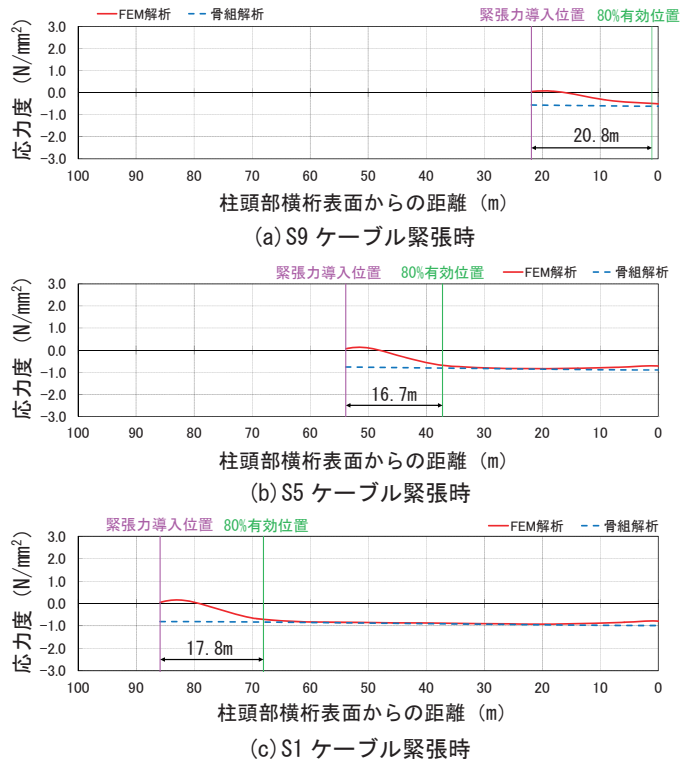


図-5 斜材張力の有効伝達長

表-1 有効伝達長の集計 (単位: m)

斜材		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
有効伝達長	解析値	17.8	17.3	17.1	16.9	16.7	16.3	16.0	18.1	20.8
	採用値	18.0	18.0	18.0	17.0	17.0	17.0	16.0	19.0	21.0

力によるプレストレスが0~100%の三角形分布となるとした。図-6に示す斜材張力によるプレストレスが伝達する角度 θ ($=\tan^{-1}$ (有効伝達長/全幅員の半分)) を計算すると30° ~37° 程度となる。これはH24道路橋示方書⁴⁾にてプレストレスの広がり角度として推奨されている33° 40' に近い値となっている。なお、本橋とは有効伝達長の求め方が異っている可能性があるが、揖斐川橋¹⁾ や矢作川橋²⁾ ではいずれも θ は45° 程度であり、これと比較すると、本橋の場合はやや小さな値となっている。

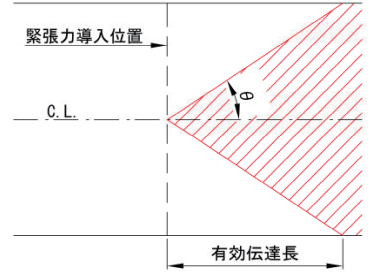


図-6 有効伝達長模式図

4. 斜材張力によるせん断力の内外ウェブの分担率に関する検討

S1, S5, S9ケーブル緊張時の張出し架設モデルをそれぞれ用いて、3次元FEM解析を行い、斜材張力によるせん断力の各ウェブの分担率を検討した。載荷荷重として斜材張力0.7Pu (=6800kN) を斜材定着部に斜材軸の方向に作用させた。

波形鋼板ウェブに生じるせん断応力のコンター図を図-7に示す。これより、緊張力を導入したブロック(図-7の矢印付近)では内ウェブの方が外ウェブよりもせん断応力大きい、ここから主塔側に1ブロック以上離れると、外ウェブ、内ウェブのせん断応力が概ね均等に分布していることが分かる。これは、斜材張力導入位置に設けている鋼製ダイヤフラムによってせん断力が外ウェブに伝達されているためと考えられる。

各斜材の緊張力を載荷した際の内ウェブ、外ウェブのせん断力と柱頭部横桁表面からの距離の関係を図-8に示す。せん断力は波形鋼板ウェブに作用するせん断応力を高さ方向に積分して算出している。緊張力を導入したブロックのせん断力について、内ウェブの方が外ウェブより大

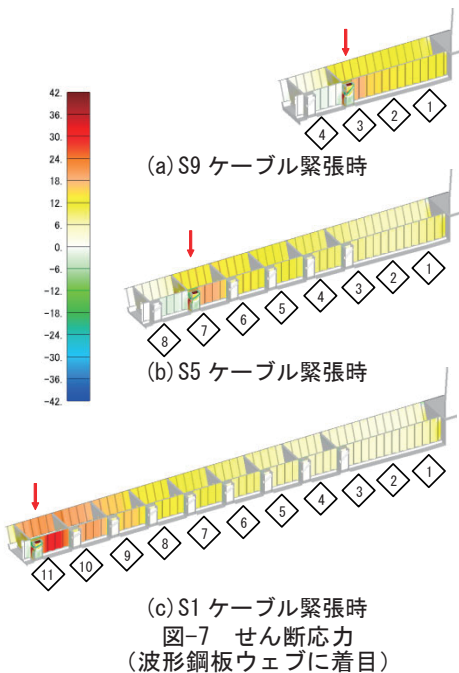


図-7 せん断応力 (波形鋼板ウェブに着目)

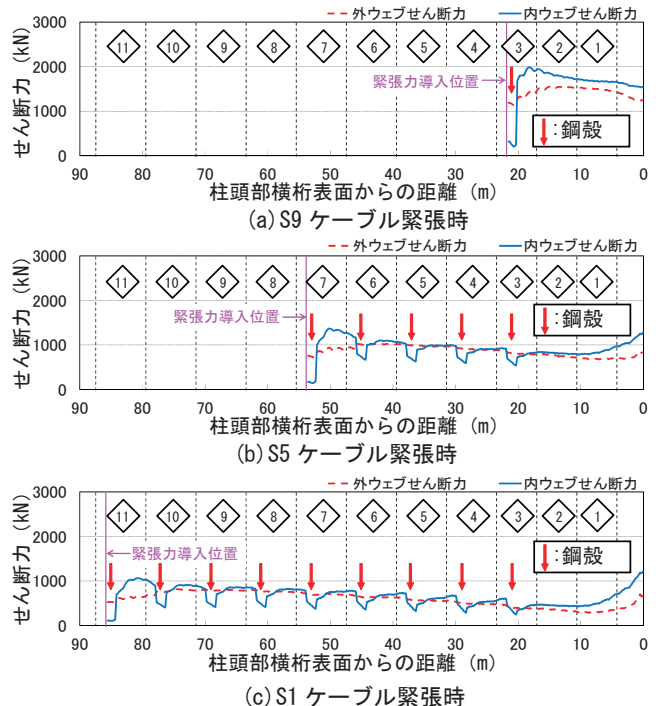


図-8 斜材張力によるウェブのせん断分担

きいのは前述のとおりである。なお、図-8の矢印で示した斜材定着部の鋼殻近傍において、外ウェブが負担するせん断力が内ウェブより大きくなる箇所があるが、これは、せん断力の一部を斜材定着部の鋼殻が負担するため、内ウェブの負担が小さくなるものと考えられる。

各ブロック先端における内ウェブおよび外ウェブに作用するせん断力と分担率を表-2に示す。これより、波形鋼板ウェブのせん断分担率は、外ウェブ：内ウェブ=5：5~4：6程度となっていることが分かる。詳細設計においては、斜材張力によるせん断力の分担率は自重によるせん断力を打ち消す方向に作用することを踏まえて、外ウェブ検討時には外ウェブ：内ウェブ=4：6、内ウェブ検討時は外ウェブ：内ウェブ=5：5とした。

表-2 斜材張力によるウェブのせん断分担率の集計

縦目位置	横桁表面からの距離 m	S9斜材張力 (鉛直分力) 4531 kN				S5斜材張力 (鉛直分力) 2826 kN				S1斜材張力 (鉛直分力) 2149 kN			
		内ウェブ		外ウェブ		内ウェブ		外ウェブ		内ウェブ		外ウェブ	
		せん断力 kN	せん断分率 %	せん断力 kN	せん断分率 %	せん断力 kN	せん断分率 %	せん断力 kN	せん断分率 %	せん断力 kN	せん断分率 %	せん断力 kN	せん断分率 %
11BL先端	87.450												
10BL先端	79.450									1028	679	60%	40%
9BL先端	71.450									893	806	53%	47%
8BL先端	63.450									862	806	52%	48%
7BL先端	55.450									816	754	52%	48%
6BL先端	47.450					1271	931	58%	42%	778	699	53%	47%
5BL先端	39.450					1076	1023	49%	49%	718	634	53%	47%
4BL先端	31.450					996	971	51%	49%	649	564	54%	46%
3BL先端	23.450					919	889	51%	49%	574	486	54%	46%
2BL先端	17.050	1943	1482	57%	43%	843	796	51%	49%	472	386	55%	45%
1BL先端	10.650	1725	1531	53%	47%	798	711	53%	47%	439	310	59%	41%

S5ケーブル緊張時のモデルを用いて、8ブロックの自重のみを載荷した際に波形鋼板に発生するせん断応力を図-9に示す。これより、自重によるせん断応力は内ウェブ、外ウェブに概ね均等に作用していることが確認できたため、詳細設計においては、自重によるせん断力は各ウェブに均等に作用することとした。

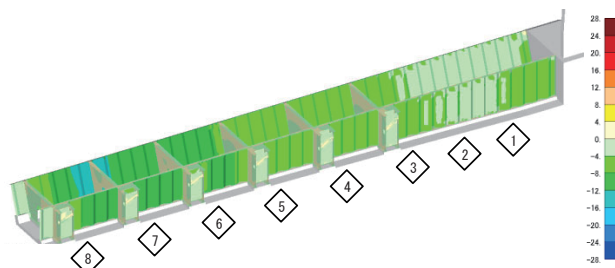


図-9 せん断応力 (8ブロックの自重のみ載荷)

5. まとめ

本橋では既往の知見をもとに3次元FEM解析により、斜材張力の有効伝達長および斜材張力によるせん断力のウェブの分担率について検討を行い、下記の結果を得た。

- ・本橋においては、斜材張力によるプレストレスの有効伝達長は16~21m程度であった。また、そのプレストレスの広がり角度は平均30~37°程度であり、道路橋示方書にて推奨されているプレストレスの広がりと同程度であった。
- ・斜材張力により波形鋼板ウェブに発生するせん断力の分担率は外ウェブ：内ウェブ=5：5~4：6程度となることが確認された。詳細設計では、この結果を考慮し、内外ウェブのせん断力の分担率は外ウェブ検討時には外ウェブ：内ウェブ=4：6、内ウェブ検討時は外ウェブ：内ウェブ=5：5とした。

参考文献

1. 小松秀樹, 藤田真実, 佐伯信昭, 神谷裕司: 木曾川橋・揖斐川橋におけるキャンチレバー架設時の検討, プレストレストコンクリート技術協会 第9回シンポジウム論文集, 1999年10月, p. 603-608
2. 上東泰, 忽那幸浩, 垂水祐二, 山本徹, 奥山元: 矢作川橋の上部工の設計, 橋梁と基礎, 2005年2月, p. 17-25
3. 宮内秀敏, 安川義行, 中園明広, 森拓也, 張建東: 第二名神高速道路栗東橋の計画と設計 - 波形鋼板ウェブPCエクストラードロード橋-, 橋梁と基礎, 2003年12月, p. 9-18
4. 社団法人 日本道路協会, 道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編, 平成24年3月