

第二名神高速道路 錐ヶ瀧橋 (上り線) の設計

(株)富士ピー・エス	技術本部	正会員	○坂本 健俊
中日本高速道路(株)	中部地区	名古屋工事事務所	忽那 幸浩
中日本高速道路(株)	中部地区	建設事業部	柳野 和也
(株)富士ピー・エス	技術本部	正会員	堤 忠彦

1. はじめに

錐ヶ瀧橋 (PC 上部工) 上り線工事では、通常現場打ちで施工される2室箱げたの中ウェブをプレテンション方式のプレキャストウェブに置き換えた、プレテンションウェブ PC 箱げた橋を国内初の試みとして採用している。プレテンションウェブ PC 箱げた橋の設計は、基本的には「プレテンションウェブ設計施工ガイドライン (案) (PC 技術協会)」¹⁾ に準じて行うことが出来る。したがって本橋では、特にプレテンション部材を2室箱げたの中ウェブに使用する場合の設計上の課題に対し、有限要素法 (FEM) を用いた解析を実施して種々の検討を行っている。また、終局荷重時のせん断圧縮破壊耐力の算定においては、ウェブにプレストレスを導入することの効果を非線形 FEM 解析により考慮し、これを適切に評価して、合理的な設計方法を提案している²⁾。

本橋では、プレテンションウェブ PC 箱げた橋の概要と、錐ヶ瀧橋上り線工事で提案した方法により実施した設計内容および結果について報告する。

2. 工事概要

工事名：第二名神高速道路

錐ヶ瀧橋 (PC 上部工) 上り線工事

路線名：高速自動車国道近畿自動車道名古屋神戸線

工事位置：【自】三重県亀山市安坂山町字小そう

(至) 三重県亀山市安坂山町字錐ヶ瀧

構造形式：(東橋) PC5 径間連続ラーメンストラット付 2室箱桁橋

(中橋) PC4 径間連続ラーメン 2室箱桁橋

(西橋) PC5 径間連続ラーメン 1室箱桁橋

設計荷重：B 活荷重

橋 長：445m+327m+485m=1,257m

架設工法：張出し架設工法

支間長：(東橋) 57.5m+3@109.0m+57.5m

有効幅員：(東橋) 12.309~15.670m

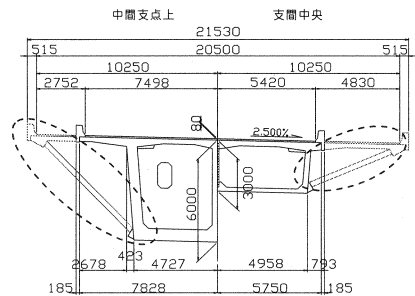
(中橋) 65.0m+2@ 98.5m+65.0m

(中橋) 11.375~12.309m

(西橋) 70.0m+3@115.0m+70.0m

(西橋) 11.375m

工 期：平成 16 年 1 月 29 日～平成 19 年 3 月 13 日



* 破線部分は、将来拡幅時の追加断面

図-1 中橋標準断面図 (暫定系)

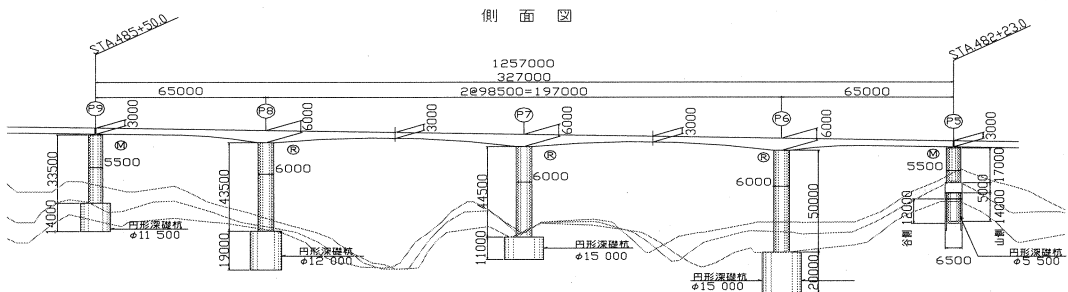


図-2 中橋側面図

3. プレテンションウェブ橋の概要

3.1 プレテンションウェブ橋の特徴

プレテンションウェブ橋とは、現場打ちで施工される PC 箱げた橋のウェブをプレテンション方式のプレキャスト部材に置き換えたプレテンションウェブ合成桁橋である。

高強度コンクリートを使用したプレテンション部材を使用することで、高いせん断抵抗性が確保され、ウェブ厚を薄く出来ることにより、主げた自重の軽減が可能になり上下部構造の規模が縮小され、橋梁建設の低コスト化が期待できる。また、プレキャスト部材を品質管理の行き届いた工場で製作することにより、高品質化が期待でき、耐久性の向上が図れる。さらに、ウェブを施工するための型枠作業やコンクリート打設が不要となり大幅な現場施工の省力化が図れる。

3.2 錐ヶ瀧橋の構造

(1) 構造概要

錐ヶ瀧橋上り線では、2室箱桁の中ウェブにプレテンションウェブを適用している。(図-3)

(2) プレテンションウェブ構造

プレテンションウェブ部を計画するに当たっては、プレキャスト化の範囲や構造寸法の設定、また、上下床版コンクリートとの接合方法、ウェブとウェブの接合方法等の構造上の問題のほか、製作や架設方法を十分に検討する必要があった。プレテンションウェブと上下床版の接合部は、ずれ止め鉄筋とコンクリートせん断キーを併用した構造としている。また、ウェブとウェブの接合方法は、コンクリート多段せん断キーを用いたドライジョイント方式(エポキシ樹脂系接着剤塗布)としている。(図-4)

4. プレテンションウェブ橋の設計

設計全体のフローを図-5に示す。FEM解析を用いたせん断力分担比率およびせん断耐力に関する検討結果²⁾を反映して、実構造物の設計を行った。ここでは、中橋についてプレテンションウェブを使用した P8~P5 径間におけるプレテンションウェブの設計結果を述べる。

4.1 せん断設計

(1) 分担せん断力の算出

設計で用いたウェブ厚比率とせん断力分担比率の関係を図-6に示す。図中の2点が解析結果によるものである。この関係により、各設計断面のウェブ厚比率に対するせん断力分担比率を求め各ウェブの分担せん断力を算出した。

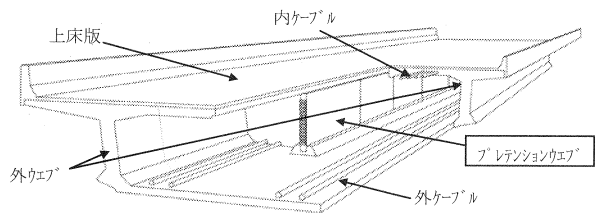


図-3 錐ヶ瀧橋構造概要図

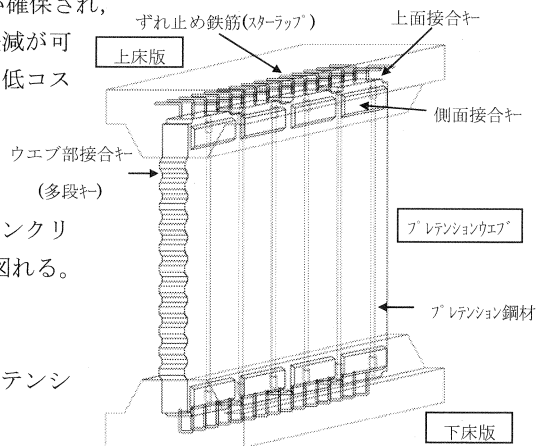


図-4 プレテンションウェブ構造図

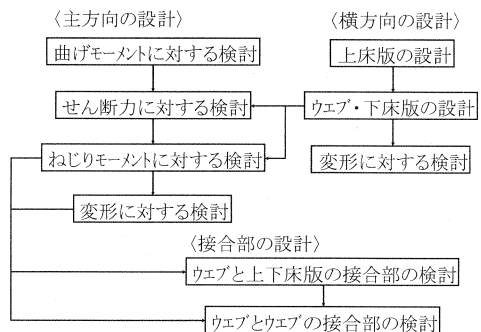


図-5 設計全体フロー

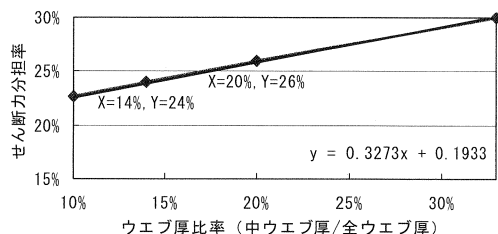


図-6 せん断力分担比率

(2) プレテンションウェブ厚の決定

圧縮破壊耐力を求める場合の平均せん断応力度の最大値を $\tau_{max}=8.0N/mm^2$ とし、ウェブ厚を決定した。その結果、すべての区間においてウェブ厚が 150mm となった。ただし、柱頭部は桁高が 6.0m であり、1~3BL についてはプレテンションウェブの座屈に対する安全性を考慮して、桁高に対して過度に薄くならないようにウェブ厚 200mm としている。図-7に、プレテンションウェブの圧縮破壊耐力の照査結果を示す。

(3) 設計荷重時の照査

プレテンション鋼材は SWPR7B1S15.2B を使用している。プレテンション鋼材の付着定着長を 30φ とし (確認実験により決定) ³⁾、斜引張応力度の照査を行った。その結果、柱頭部付近においてプレテンション鋼材間隔が $c_{tc}125mm$ 、その他は $c_{tc}250mm$ という結果となった。図-8、9に照査結果を示す。斜引張応力度は、下記の式により表され、主方向の曲げとせん断のほか、横方向曲げおよび、プレテンション鋼材による圧縮応力度を考慮しており (σ_y) ¹⁾、プレストレスの効果があることが分かる。また、

$$\sigma_t = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_x + \sigma_y) - \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4 \cdot \tau_s^2} \right\}$$

ここに、 σ_x : 主方向の合成応力度

σ_y : 横方向の合成応力度

* プレテンション鋼材による
プレストレスを考慮

τ_s : 主方向のせん断応力度

また、従来は照査していなかった斜圧縮応力度の照査も行い、薄いウェブへの過度のプレストレスの導入を制限している。

(4) 終局荷重時の照査

斜引張破壊耐力の照査を行い、斜引張鉄筋量を決定した。プレテンションウェブの場合の斜引張破壊耐力は、下記の式により表される。式中の S_{pi} は、前項 (設計荷重時の照査) で決定した鋼材量でのプレテンション鋼材が負担できるせん断力である。

$$S_{us} = S_c + S_s + S_p + S_{pi}$$

ここに、

S_c : コンクリートが負担できるせん断力

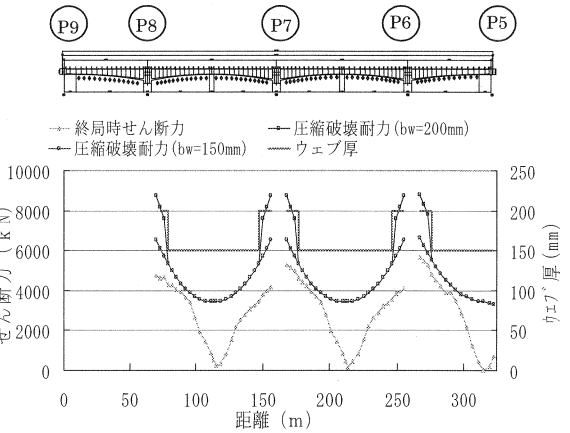


図-7 圧縮破壊耐力の照査結果

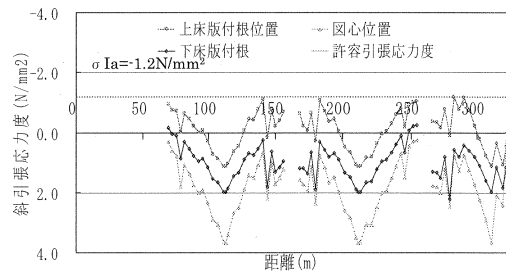


図-8 斜引張応力度の照査結果

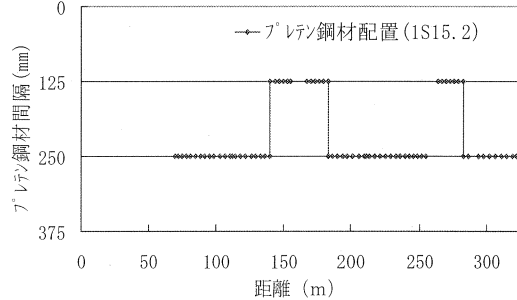


図-9 プレテンション鋼材間隔

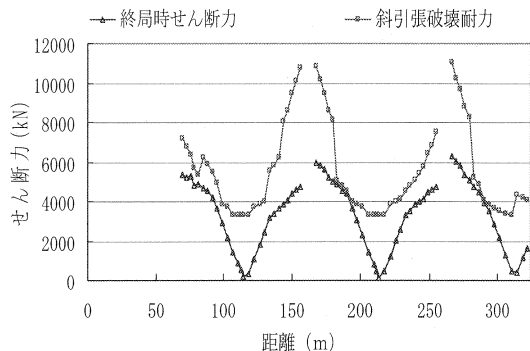


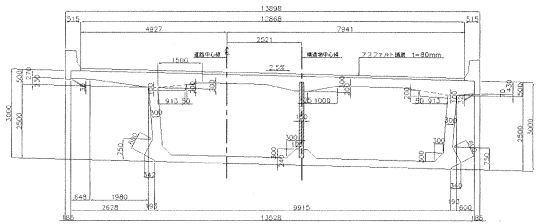
図-10 斜引張破壊耐力の照査結果

S_s : 斜引張鉄筋が負担できるせん断力

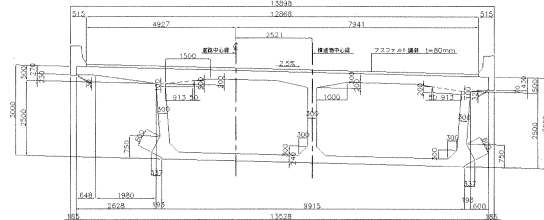
S_p : PC 鋼材引張力のせん断力作用方向の分力 S_{pi} : プレテンション鋼材が負担できるせん断力
 計算した結果、全ての区間において、D13etc250mm という結果となり、斜引張破壊耐力についても、プレテンション鋼材の効果が有効である結果となった。(図-10)

5. 従来構造との比較

図-11に、プレテンションウエブ構造と従来構造(場所打ちウエブ)の標準断面図、表-1にウエブ厚比較表を示す。従来構造の場合の中ウエブ厚は、500~300mm、プレテンションウエブ厚は、200~150mmとなる。暫定系の主桁自重反力を比較すると、プレテンションウエブ構造が従来構造と比べて、中橋で2.8%の減、東橋で3.0%の減となった。表-2に、主桁自重反力を比較表を示す。また、上部工重量が減ったことにより、プレテンションウエブ構造の暫定系(暫定施工時に必要)・将来系(将来拡張時に追加)を合計した連続ケーブル(外ケーブル)本数も従来構造と比べて減っている。



プレテンションウエブ構造



従来構造(場所打ちウエブ)

図-11 標準断面の比較

表-1 ウエブ厚の比較

	ウエブ厚(mm)			
	柱頭部		支間中央	
	外ウエブ	中ウエブ	外ウエブ	中ウエブ
プレテンションウエブ構造	600	200	300	150
従来構造	600	500	300	300

表-2 主桁自重の比較(暫定系)

	主桁自重反力合計(kN)	
	中橋梁	東橋梁
従来構造	132,857	194,335
プレテンションウエブ構造	129,099	188,433
差	-3,758	-5,902
比率	-2.8%	-3.0%

本橋では、プレテンションウエブの採用を中ウエブに限定している。これは、本橋が一部ストラットに支持された床版構造を有する主げた構造として施工するため、外ウエブに適用した場合には、ストラット受け台を含めたプレキャストウエブとする必要があり、製造が煩雑となることと、施工が煩雑となる中ウエブのみに適用しても、現場作業の省力化への効果が大きいと判断したためである。全ウエブをプレテンションウエブとした場合は、上部工重量の軽減効果が大きくなることから、さらなる橋梁建設の低コスト化および、大幅な現場施工の省力化が期待できる。

6. おわりに

本橋は、設計VEとして国内初のプレテンションウエブ橋の適用を実施した橋梁である。プレテンションウエブ橋は、自重の軽減による低コスト化、構造物の高品質化・耐久性の向上、現場施工の省力化等から今後大いに発展することが期待される構造形式であると考えられる。また、本橋は現在施工中であり、実橋計測を行っているため、最終的に設計の妥当性を評価する予定である。

最後に、本橋の設計に際し、多大なるご指導をいただいた関係各位に深く謝意を表す次第である。

【参考文献】

- 1) 社団法人プレストレストコンクリート技術協会:プレテンションウエブ設計施工ガイドライン(案),平成15年11月
- 2) 忽那幸浩,柳野和也,堤忠彦,篠原貴:設計VEによる新技術の適用-第二名神高速道路 錐ヶ瀧橋-,プレストレスト・コンクリート,Vol.47, No.3, P16~24
- 3) 岡篤司,中須誠,山田菊雄,柳野和也:プレテンションウエブの性能確認に関する実験報告,第15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