

桶川第2高架橋の計画・設計

三井住友建設(株)・(株)ピーエス三菱JV 正会員 ○紙永 祐紀
 東日本高速道路(株) 関東支社 さいたま工事事務所 村田 賢士
 東日本高速道路(株) 関東支社 さいたま工事事務所 小島 卓也
 三井住友建設(株)・(株)ピーエス三菱JV 正会員 中積 健一

1. はじめに

桶川第2高架橋(PC上部工)工事は、圏央道の桶川加納ICと白岡菖蒲IC間に位置する本線部の外回り・内回り8橋とランプ橋1橋の合計9橋を施工する工事である。本橋では、世界で初めてとなるバタフライウェブ¹⁾を用いたリブ付きU形コアセグメントによるスパンバイスパン架設工法^{2) 3)}を採用し、セグメントの軽量化により製作・運搬・架設数の低減を図り、柱頭部のハーフプレキャスト化と合わせて、大幅な工期短縮を図った。本稿では、支間、幅員が標準的な橋梁である桶川第2高架橋の計画・設計について報告する。

2. 橋梁概要

本橋の橋梁諸元を表-1に、全体一般図および主桁断面図をそれぞれ図-1、図-2に示す。また、平成26年5月時点の桶川第2高架橋の全景を写真-1に示す。

表-1 橋梁諸元

工事名	首都圏中央連絡自動車道 桶川第2高架橋(PC上部工)工事	橋梁延長	3228m 内回り：1530m, 外回り：1,559m ランプ：139m
発注者	東日本高速道路株式会社 関東支社	有効幅員	10.51m~20.32m
工事場所	埼玉県桶川市加納~埼玉県久喜市菖蒲町下栢間	縦断勾配	↙ 0.3~2.109%, ↘ 3.0~0.84%
工期	平成25年2月26日~平成27年3月17日	横断勾配	-2.5%~4.0%
構造形式	PC5~PC13径間連続バタフライウェブ箱桁橋(8連) PRC4径間連続2主版桁橋(菖蒲Aオフランプ橋)	平面線形	R=∞~1500m

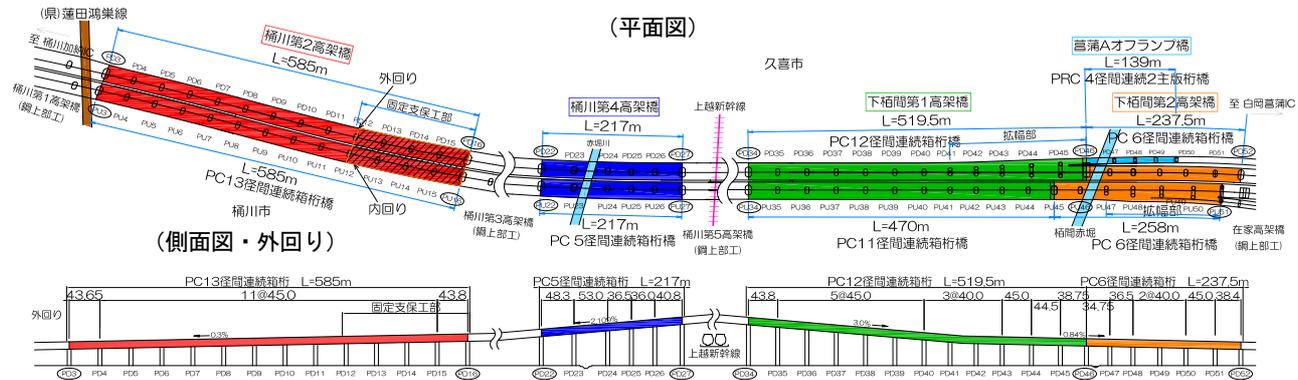


図-1 全体一般図

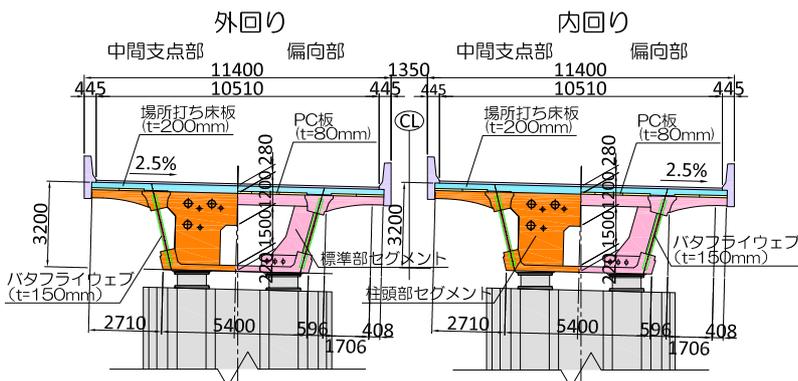


図-2 主桁断面図



写真-1 桶川第2高架橋全景

3. 工期短縮のための方策

3. 1 バタフライウェブを用いたリブ付きU形コアセグメントの採用

本橋は都市内高架橋であり現場内に製作ヤードを建設できないことから、工場製のプレキャストセグメント工法を採用している。セグメントは一般公道を運搬するため、重量と寸法が制限（重量 300kN 未満，幅 3.0m 未満）される。

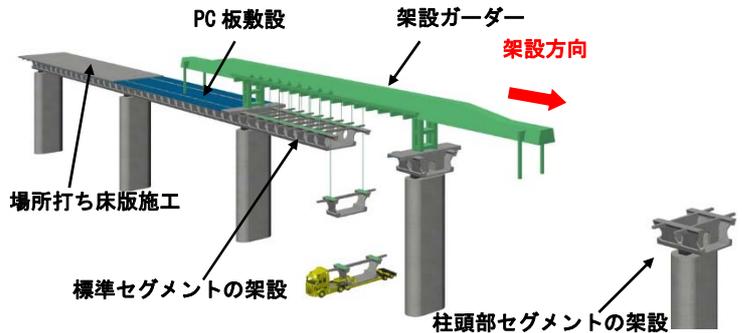
本橋ではセグメントの製作・架設日数の短縮を目的に、セグメントの軽量化対策として、上床版を後打ち施工するリブ付きU形コアセグメント（写真－2）を採用した。リブ付きU形コアセグメントは、新名神高速道路古川高架橋で採用された工法であるが、ここでは、さらなる軽量化を図るためウェブ部をバタフライウェブとした。上床版はセグメント架設後、リブ上にPC板を敷設しこれを型枠兼用として厚さ 200mm の場所打ちコンクリートを打設する（図－3）。

表－2 に主桁断面比較表を示す。リブ付きU形コアセグメントとすることによってセグメント重量を軽減できるが、古川高架橋のようにコンクリートウェブのままでは、PC板、場所打ち床版で構成される上床版の部材厚が増し、上部工重量が大きくなり下部工への負担が増加する。それに対しウェブ部をバタフライウェブとし軽量化を図ることで、上部工重量を全断面のセグメントに対し約 3%小さくすることができる。

また、全断面セグメントの場合、重量制限を満たすにはセグメント数が 23 個になるのに対して、リブ付きU形コアセグメントでは14個となる。セグメントの軽量化により1径間の主桁架設重量が半減されることから、架設ガーダーの軽量化が図れ、セグメントの製作・運搬・架設数が約 2/3 となり工期短縮が図れる。また、ウェブが連続していないことから、セグメント間の接合面は上ウェブと下床版のみとなり、接着剤塗布面積が大幅に減少し、架設スピードが向上する。



写真－2 リブ付きU形コアセグメント



図－3 施工順序図

表－2 主桁断面比較表

	標準案：全断面セグメント (コンクリートウェブ)	リブ付きU形コアセグメント (コンクリートウェブ) 【古川】	リブ付きU形コアセグメント (バタフライウェブ) 【桶川】
主桁断面図			
セグメント割付け			
セグメント長 (平均値)	1.900 m (1.00)	2.780 m (1.46)	2.780 m (1.46)
1径間あたり セグメント個数	23 個 (1.00)	14 個 (0.61)	14 個 (0.61)
1径間あたり セグメント重量	6664 kN (1.00)	4049 kN (0.61)	3594 kN (0.54)
1径間あたり 接着剤塗布面積	132 m ² (1.00)	46 m ² (0.34)	34 m ² (0.25)
1径間あたり 完成時主桁重量	8530 kN (1.00)	8915 kN (1.05)	8300 kN (0.97)

3. 2 柱頭部のハーフプレキャスト化

柱頭部の工程短縮対策として、通常は柱頭部もプレキャストセグメントとして計画するが、横桁部も全てプレキャスト化すると過大な重量となることから、隔壁を有する2分割のハーフプレキャスト化とし、横桁は場所打ちとした。隔壁内には外ケーブルや内ケーブルの定着体や偏向管が埋め込まれており、架設現場での作業の簡素化を図っている。図-4に柱頭部の施工ステップを示す。セグメントの架設後、目地コンクリートを打設し、場所打ちコンクリートにより横桁を中詰めする。柱頭部セグメントの全景を写真-3に示す。柱頭部ウェブパネルは、将来の維持管理においてパネル表面を目視確認できるように横桁の中に埋め込んでいない。支点反力は横桁を介してウェブにせん断力が伝達していることをFEM解析にて確認している。

柱頭部セグメントの製作においては、製作サイクルの短縮および、定着体回りの過密配筋によるコンクリートの未充填防止のため、隔壁部をプレキャスト部材とし、平置きでコンクリート打設を行った。柱頭部セグメントは、隔壁、ウェブパネルを設置後、径間セグメントと同様に下床版と上ウェブ・リブを打設する。

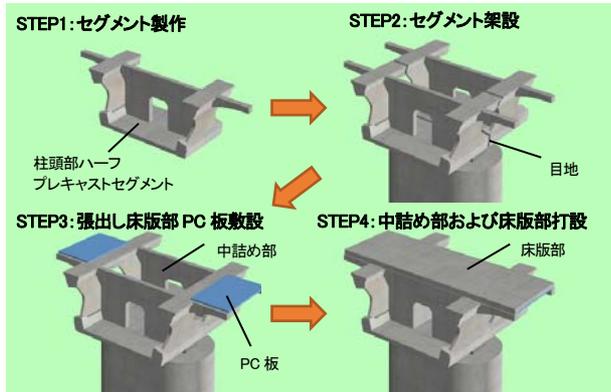


図-4 柱頭部の施工ステップ

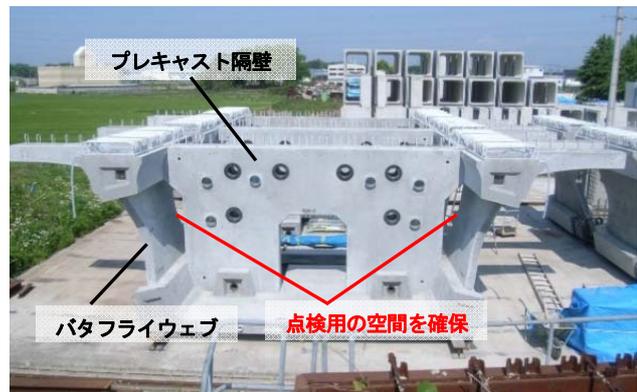


写真-3 柱頭部セグメント

3. 3 工期短縮について

1径間のセグメント数の減少により、架設のサイクル日数は全断面セグメントの13日間に対して8日間に短縮が可能となる。本橋でスパンバイスパン架設で施工する区間は9径間あることから、施工日数として5日×9径間=45日の短縮となる。また、柱頭部のハーフプレキャスト化による施工日数の減と架設ガーダーの軽量化による組立て日数の減により、合計で約3ヶ月の工期短縮が可能となった。

セグメントの製作は、小山工場と茨城工場の2工場で行った。ウェブパネルは小山工場にて全数を製作し、茨城工場に運搬しセグメントに組み込んでいる。径間セグメントの製作は、両工場ともショートラインマッチキャスト方式で行い、製作台は3基あり、柱頭部セグメントの製作台は1基とした。

4. 接合部の設計

パタフライウェブの設計は既往の報告⁴⁾により行った。ここでは、セグメント継ぎ目部のせん断の設計について述べる。図-5にせん断キーの配置図を示す。せん断キーの検討は架設時と終局荷重時に対して行った。

4. 1 架設時の検討

架設時のセグメント間のせん断力は上ウェブと下ウェブのみで伝達されるため、四隅のウェブに設けたせん断キーで抵抗するものとして設計を行った。せん断キーに作用するせん断力は、U形コアセグメント、PC板、場所打ち床版の重量を考慮し、床版施工時の偏載荷重によるねじりモーメントによるせん断力も考慮した。検討の結果、せん断キーに作用するせん断力は、プレストレスによる摩擦抵抗力 ($0.3P_c \times \cos \theta$, ただし、 P_c は有効緊張力、 θ はプレストレスの配置角度) 以下となり、十分に安全であることを確認した。

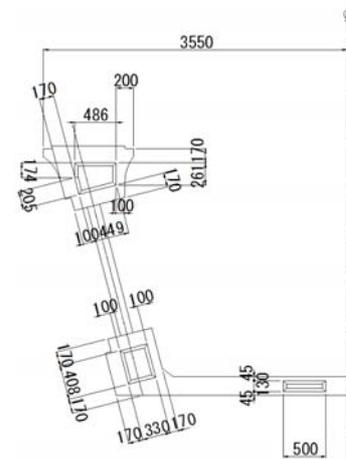


図-5 せん断キー形状

4. 2 終局荷重時の検討

終局荷重時のせん断耐力は、過去の実験⁵⁾によりコンクリート標準示方書のせん断伝達耐力式により算出可能であることが確認されている。終局時のせん断耐力は、鉄筋が連続して配置されている床版コンクリートと上ウェブ、下ウェブのせん断耐力の合計とした（図-6）。検討の結果、終局荷重時の作用せん断力 9607kN に対して、せん断耐力は 11537kN となり、安全率は $\alpha=1.2$ となる。

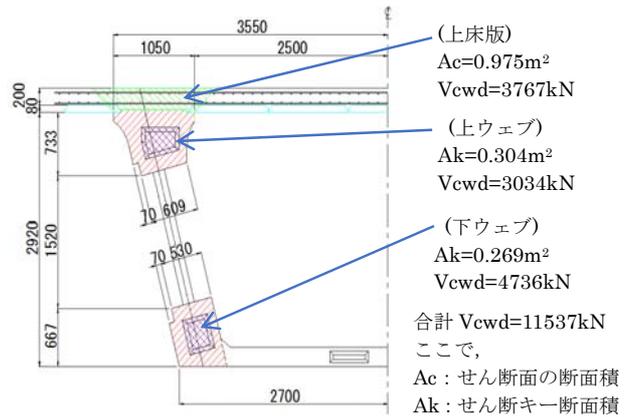


図-6 各部のせん断耐力

5. 固定支保工部の設計

終点側 P12～P16 間の 4 径間は、隣接する桶川第 3 高架橋の鋼桁送り出し架設ヤードとして橋面を使用する計画があり、早期に施工を完了する必要がある。引渡しの工期は受注から 8 ヶ月後であり、スパンバイスパン架設を行うためのセグメント製作、架設ガーダーの準備が間に合わないため、固定支保工による場所打ち施工とした（写真-4）。主桁はセグメント部と同様に、1 径間分のリブ付 U 形コア断面を先に構築し、支保工撤去後に上床版を施工する方法とした。リブと柱頭部隔壁もプレキャスト部材とし、現場での施工を省力化した（写真-5）。固定支保工に作用する荷重は、U 形コア断面部の重量のみに半減されるため、固定支保工の規模が縮減され、組立て解体日数の短縮が図れた。また、基礎杭を無くし地盤改良のみでの施工が可能となり、さらなる工期短縮が図れた。



写真-4 固定支保工部施工状況



写真-5 プレキャスト部材の使用

6. おわりに

本橋では U 形コアセグメントとバタフライウェブという 2 つの技術の融合により、セグメントのさらなる軽量化が図られ、架設設備の縮減を図ることでコストの縮減と工期短縮を実現した。本工事は平成 25 年 3 月に詳細設計を開始し、同 10 月からセグメントの製作を開始した（写真-6）。セグメントの架設は平成 26 年 1 月から開始し同 8 月には橋面工を含めた上部工の施工を完了する予定である。

本稿が今後の同種橋梁の計画・設計の参考になれば幸いである。



写真-6 セグメント架設状況

参考文献

- 1) 芦塚, 花田, 中積, 片: 東九州自動車道(仮称)田久保川橋の設計と施工; 橋梁と基礎, pp. 5-10, 2011-11
- 2) 池田, 春日, 水口, 室田: 古川高架橋の設計と施工(上); 橋梁と基礎, pp. 2-9, 2001-2
- 3) 池田, 山中, 水口, 中積: 古川高架橋の設計と施工(下); 橋梁と基礎, pp. 11-16, 2001-3
- 4) 永元, 片, 浅井, 春日: 超高強度繊維補強コンクリートを用いた新しいウェブ構造を有する箱桁橋に関する研究; 土木学会論文集 E Vol. 66 No. 2, pp. 132-146, 2010. 4
- 5) 片, 高木, 中積, 春日: 新しいウェブ形式を有する複合橋の接合部に関する研究, 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, pp. 527-530, 2006. 10