

バタフライウェブ橋の設計と施工 —東九州自動車道 田久保川橋—

西日本高速道路(株) 九州支社 建設事業部 構造技術課 課長 ◎芦塚 憲一郎
 西日本高速道路(株) 九州支社 建設事業部 構造技術課 課長代理●前原 直樹
 西日本高速道路(株) 九州支社 延岡高速道路事務所 構造工事長 ○花田 克彦

1. はじめに

田久保川橋は、東九州自動車道の日向IC～都農IC間に位置する橋長712.5mのPC10径間連続箱桁橋である。本橋は、箱桁のウェブ部に蝶型形状をしたコンクリート製プレキャストパネルの「バタフライウェブ」を世界で初めて採用した新しい構造形式の橋梁である。本構造を採用することにより、上部工重量を従来のコンクリートウェブ箱桁橋に比べて約10%の軽量化が可能となり、PC鋼材重量の低減や支承の縮小化により建設コストの削減を図っている。

本稿は、新構造のバタフライウェブを本橋に採用した経緯と設計・施工の概要について述べる。

2. 橋梁概要

本橋の全体一般図および主桁断面図をそれぞれ図-1, 2に、橋梁諸元を表-1に示す。本橋の標準支間長は73.5mであるが、交差道路(市道)が横断するP1-P2径間の支間長は87.5mと最も長い。

また、本橋の橋長は712.5mと長く主桁の伸縮が橋脚に与える影響が大きいため、両端部の橋脚高さが比較的低いP1,P7,P8,P9橋脚は支承構造とし、その他の中間橋脚は剛結構造として構造を成立させている。

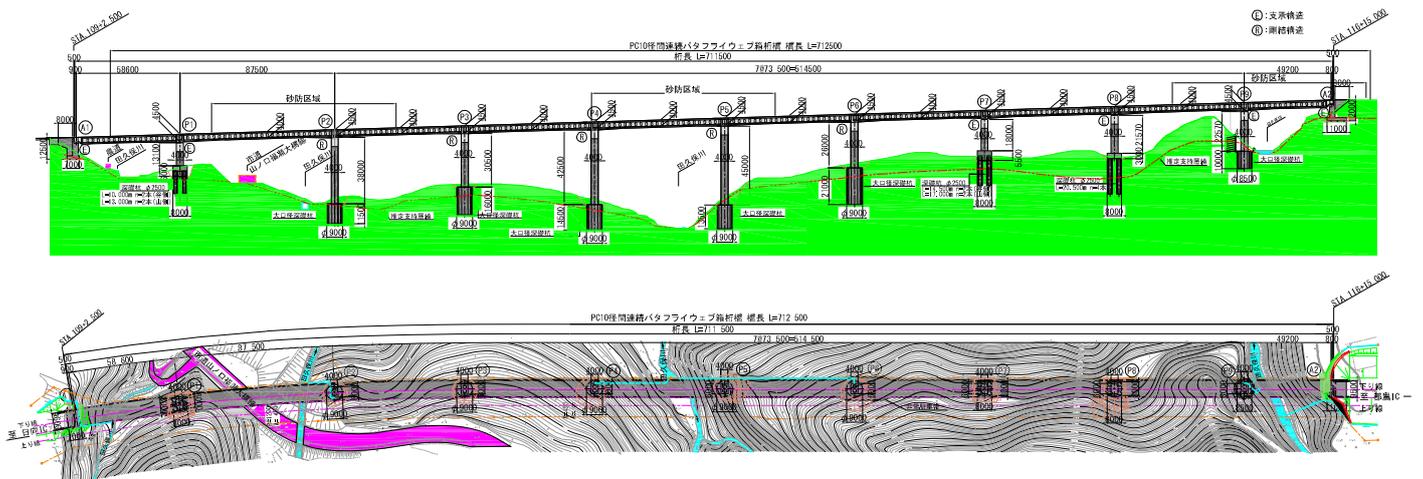


図-1 全体一般図

表-1 橋梁諸元

工事名	東九州自動車道 田久保川橋 (PC上部工) 工事
工事場所	宮崎県日向市東郷町山陰字日平～山ノ口
工期	平成22年8月19日～平成25年8月2日
構造形式	PC10径間連続バタフライウェブ箱桁橋
橋長	712.5m
支間長	58.6m+87.5m+7@73.5m+49.2m
有効幅員	9.26～9.46m(非常駐車帯部:12.750m)
縦断勾配	3%
横断勾配	4.5～-2.5%
平面線形	R=1200m～A=450m～R=∞

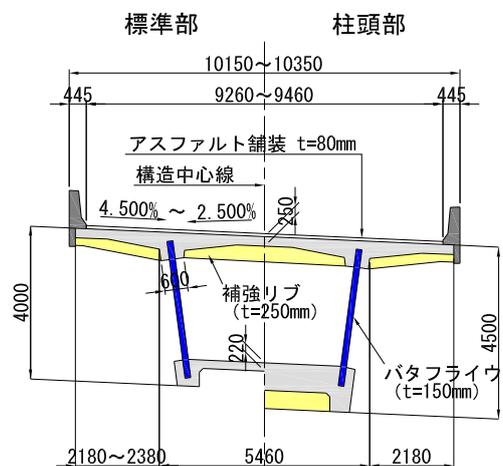


図-2 断面図

3. バタフライウェブ箱桁橋の特徴と採用に至った経緯

バタフライウェブ箱桁橋とは、通常のコンクリート箱桁のウェブ部分に蝶形状をしたプレキャスト製のコンクリートパネルを使用し、上部工重量の軽量化を目的とした新しい構造形式の橋梁である（図-3）。バタフライウェブ箱桁橋の構造特性は、図-4のとおりせん断耐力がパネル内で圧縮力と引張力に分解されて伝達し、ダブルワーレントラスのような挙動を示すことが解析および実験により明らかになっている¹⁾²⁾³⁾。引張力にはプレストレスで抵抗し、圧縮力には高強度コンクリートで抵抗する。

本橋において、基本設計時のコンクリートウェブ箱桁橋に対して、バタフライウェブ箱桁橋の適用性を比較検討した結果を表-2に示す。バタフライウェブパネルの使用による軽量化に加え、上下床版の主桁コンクリートに高強度コンクリート（ $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$ ）を使用してさらなる主桁のスリム化を図ることで、従来のコンクリートウェブ箱桁橋に比べ、上部工重量が約10%削減される。このため、PC鋼材の使用数量の削減、および支承の縮小により、コスト削減が可能となる。

また、施工性においては、通常のコンクリートウェブ箱桁橋に比べて主桁重量を軽減することができるため、張出し施工ブロック長さを6.0m（バタフライウェブパネル2枚分）に設定できる。本橋の標準支間長の場合、コンクリートウェブ箱桁橋では8ブロックであるのに対し、バタフライウェブ箱桁橋では5ブロックとなり、施工ブロック数を減じる事により工程短縮を図ることが可能となる。

検討の結果、バタフライウェブ箱桁橋が最適な橋梁形式として採用に至った。



図-3 完成イメージ

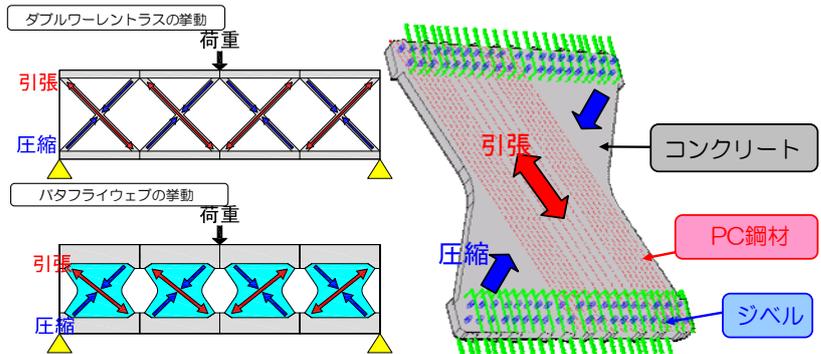


図-4 バタフライウェブの構造特性

表-2 コンクリートウェブとの比較

	側面図(ブロック割)・断面図	上部工重量	PC鋼材	張出しブロック長	経済性
コンクリートウェブ		153,000 kN (1.00)	250 t (1.00)	2.5~4m 8ブロック	○
バタフライウェブ		138,800 kN (0.90)	210 t (0.84)	6m 5ブロック	◎

4. バタフライウェブの設計

4. 1 バタフライウェブパネルの使用材料と形状

バタフライウェブは、高強度繊維補強コンクリート（ $\sigma_{ck}=80\text{N/mm}^2$ ）を使用し、鉄筋を配置しない無筋構造としている。鋼繊維を使用することによりせん断耐力の向上を図り、また、パネル内には、引張が作用する方向にPC鋼材が配置され、プレテンション方式でプレストレスを与えている。プレテンションPC鋼材

はφ15.2のストランドを使用している。

バタフライウェブのパネル形状は、桁高と蝶型形状のくびれサイズおよび運搬を考慮して1パネル長さを2.9mとした。桁高は4.0~4.5mに変化しているが、パネルの大きさは全て同一形状とした。最も大きなせん断力が作用する柱頭部付近の下床版厚さを大きく設定することにより、パネルからのせん断力負担分を軽減している。プレテンションPC鋼材量は死荷重時で引張応力度を発生させず、設計荷重時でひび割れが発生しないように決定した。

パネルの厚さは、プレテンションPC鋼材の必要本数が配置可能でかつ終局荷重時に作用する圧縮力に対して抵抗できる厚さとして150mmに設定した。バタフライウェブの形状図を図-5に示す。

4.2 パネルと上下床版との接合方法

パネルと上下床版との接合は鋼管ジベルと鉄筋によって一体化している。鋼管ジベルは、既往の研究⁴⁾によりせん断耐力を実験により得ているが、これは母材が鋼部材の場合の実験である。本橋では、母材が高強度繊維補強コンクリート($\sigma_{ck}=80\text{N/mm}^2$)であることから、ジベル強度が母材強度で決定することも考えられたため、高強度繊維補強コンクリート($\sigma_{ck}=80\text{N/mm}^2$)と主桁コンクリート($\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$)の接合部を模擬した2面せん断試験を行い、鋼管ジベル1個当たりのせん断耐力を求めて、必要本数を配置した。

また、パネルの上下端を主桁コンクリート内に埋め込む長さは、プレテンションPC鋼材によるプレストレスの有効伝達長(端部からの付着定着長)が十分確保されていることを試験により確認した。

4.3 リブ付き床版構造

パネルが橋軸方向に不連続であり、パネル板厚が薄いため一般的なコンクリートウェブの箱桁断面に比べて横方向の剛性が小さい。このため、パネル間の継ぎ目となる位置に3m間隔で上床版を補強するリブを設け、ウェブパネルの変形および横方向に発生する引張応力度を抑制した(図-2, 3)。

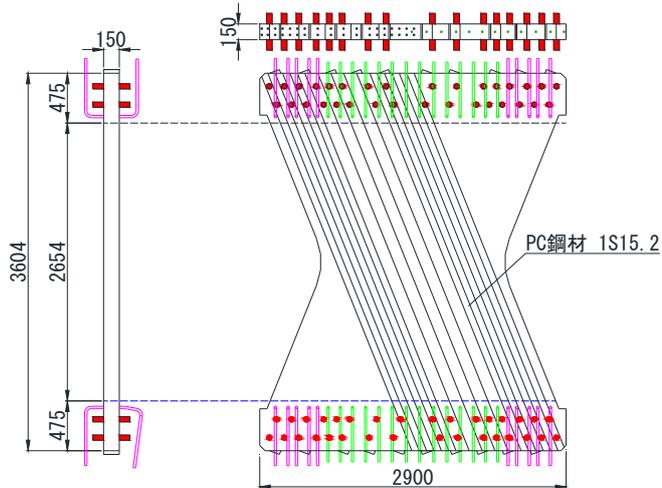


図-5 バタフライウェブの形状



写真-1 バタフライウェブの製作

5. バタフライウェブの製作と架設

バタフライウェブの製作は、プレテンション設備が整った佐賀県内の工場で作成し、架橋現場までトレーラにて運搬を行う。ウェブパネルの全枚数は、444枚であり、形状や厚さは一定であるが、使用される部位によって配置するプレテンションPC鋼材や鋼管ジベルの量が異なる。工場での製作は、プレテンションPC鋼材の配置本数が同じタイプのパネルを製作するため、架設スピードに合わせたサイクル工程で製作を行っている。製作に先立ち、実物大の打設試験を行い施工性の確認を行った。パネルの製作状況を写真-1に示す。

主桁の張出し施工要領図を図-6に示す。1ブロックあたりにバタフライウェブを4枚(片側2枚)架設し、上下床版コンクリートの打設を行う。また、バタフライウェブパネルどうしは橋軸方向に離れて設置されるため、パネル間の接合作業が不要となり施工性の向上が図られる。張出し架設状況を写真-2に示す。

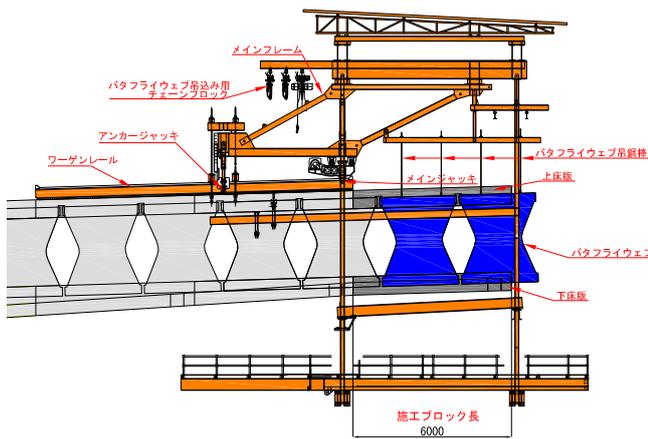


図-6 主桁の施工要領



写真-2 張出し架設状況



写真-3 全景 (平成 24 年 6 月中旬)

6. おわりに

田久保川橋において、世界初となる新構造のバタフライウェブ橋を採用した経緯と設計・施工の概要について述べた。バタフライウェブ橋は主桁の軽量化に加え、張出しブロック数の低減など工程短縮が図ることができ、上部工のみならず下部工も縮小できるため、これまでのコンクリートウェブ箱桁橋と比較して自然環境への影響も低減できる。また、ウェブパネルは鉄筋を使用せずに工場製作された高品質な製品であるため、塩害や中性化に起因する鉄筋腐食が生じず高い耐久性を有することから維持管理が軽減でき、建設コストおよび維持管理コストの大きな削減につながる構造と考える。

本工事は平成 24 年 6 月現在、最大支間部となる P1-P2 径間の閉合および P8 の張出し施工が完了し、現在は P3 と P9 の張出し施工を行っているところである (写真-3)。平成 25 年 8 月の完成に向けて、品質管理、安全管理に細心の注意を払い努力していく所存である。バタフライウェブ橋の適用は、コストの縮減や維持管理面などの観点から意義ある取り組みと考えている。本工事の成果が今後の橋梁計画に少しでも参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 片, 高木, 中積, 春日: 新しいウェブ形式を有する複合橋に関する研究; 第 13 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.413-416, 2004.10
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 竹之井, 篠崎, 三加, 浅井: 高強度コンクリートジベルを用いた鋼・コンクリートの接合方法に関する基礎的研究; 第 19 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.49-54, 2010.10