

# 超高強度繊維補強コンクリートを様々な形状のウェブ部材に用いた複合 PC はりの力学特性

東京工業大学大学院 学生員 千明 英祐  
 東京工業大学大学院 学生員 村田 裕志  
 東京工業大学大学院 フェロー 二羽淳一郎  
 太平洋セメント（株） 正会員 片桐 誠

## 1. はじめに

優れた流動性、高い圧縮強度および高い靱性といった特徴を持つ超高強度繊維補強コンクリート(以下 UFC)<sup>1)</sup>が国内で注目されている。また最近では、鋼とコンクリートのお互いの長所を活用した合理的な構造として、複合プレストレストコンクリート構造(以下、複合 PC 構造)<sup>2)</sup>が注目されている。本研究では UFC をウェブ部材に使用した複合 PC 構造を想定し、ウェブ部材を三角パネル、四角パネルおよびハウトラスの 3 種類の形式とする複合 PC はり(以下それぞれ、三角パネル型、四角パネル型およびハウトラス型)を作製した。これらの複合 PC はりにおいてウェブの形状が力学特性に与える影響を把握することを目的として、载荷実験を行った。また、複合 PC はりに対して、軽量化の観点から評価を行った。

## 2. 実験概要

図-1 に供試体の側面図ならびに断面図を示す。供試体の全長、フランジ幅およびウェブ厚は全ての供試体で一定とした。なお、軸方向鉄筋比を 1.86%、フランジに対するせん断補強鉄筋比を 0.63%とし、せん断スパン有効高さ比を 4.29 とした。また、プレストレスを導入するため、フランジ部には圧縮強度 60MPa 程度の高強度コンクリートを使用した。プレストレスは、上フランジ部の PC 鋼棒(φ13)2 本にそれぞれ 50kN ずつ、下フランジ部の PC 鋼棒(φ13)2 本にそれぞれ 75kN ずつ導入した。载荷は 3000kN 耐圧機を用いて、2 点静的単調载荷とし、荷重ならびにスパン中央の供試体のたわみを測定した。また、ウェブ部材の外側へのずれを防ぐために両端にスタブを設けており、ハウトラス型ならびに三角パネル型の場合、等モーメント区間において、四角パネル型の場合とほぼ同形状の四角形パネルを配置した。

## 3. 実験結果

図-2 に実験結果の荷重-たわみ曲線を示す。なお、

実験ではたわみが 30mm 程度になるまで载荷を行った。四角パネルは他の 2 つの供試体にくらべて、最大荷重が 2 倍以上高い値を示すことが確認された。また、三角パネル型、ハウトラス型の場合はいずれもたわみが 5mm を超えて荷重が一旦低下する傾向となったものの、その後すぐに回復し、たわみがおおよそ 30mm に達するまで荷重が維持されており、変形能力が高いことが確認された。複合 PC はりの初期剛性は、三角形パネル型ならびにハウトラス型の場合にはほぼ同じであるが、四角パネル型の場合には他の 2 つの供試体に比べて高くなっており、ウェブ形状が初期剛性に与える影響が大きいことが示された。

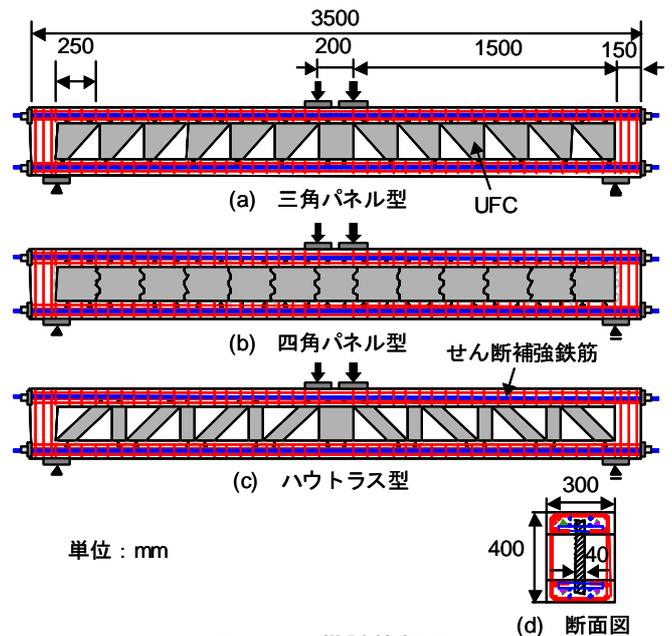


図-1 供試体概要

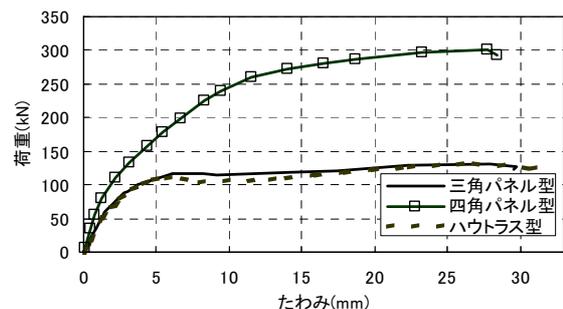


図-2 荷重-たわみ曲線

キーワード：超高強度、複合 PC はり、ハウトラス

連絡先：〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 M1-17 TEL03-5734-2584 FAX03-5734-3577

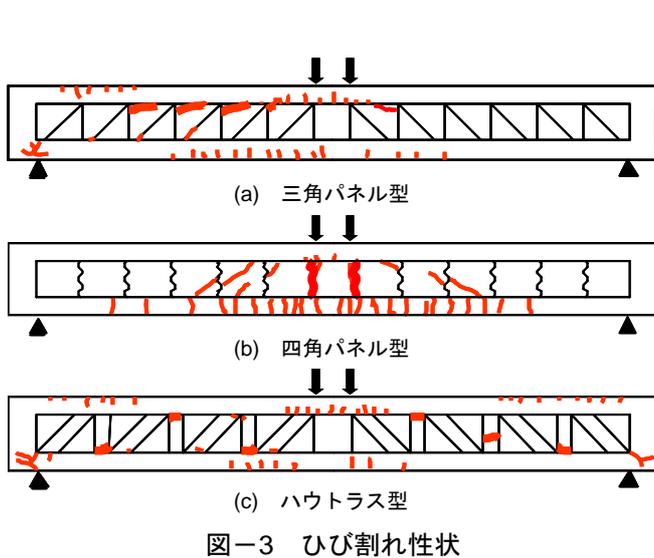


図-3 ひび割れ性状

図-3 にひび割れ性状を示す。三角パネル型ならびにハウトラス型では、圧縮強度に比べ引張強度が低い UFC の特性により、引張応力が作用するパネルの鉛直辺側ならびにトラスの縦部材にひび割れが発生・拡大した。四角パネル型では下フランジの曲げひび割れが拡大するとともに、中央のパネルにおいて両側のキー接合部が開口した。また、ウェブパネルに載荷点から支点に向け斜めひび割れが発生した。せん断補強のない鉄筋コンクリートはりの場合、斜めひび割れが発生するとせん断に対して抵抗できず、すぐに終局状態となるが、UFC を用いたウェブ部材では鋼繊維の架橋効果が発揮され、脆性破壊を防止できることが分かる。

4. 本構造の評価

(1) 試計算の条件

橋梁上部構造の軽量化は、下部構造に対する負担が減ること、自重の減少によりスパンの長大化が可能となることなどの利点が挙げられる。そこで実験を行った構造がどの程度軽量化に貢献するかを検討するため、実験より得られた、三角パネル型、四角パネル型、およびハウトラス型複合PCはり、それぞれ同等な耐荷力を有する普通コンクリートを使用したI型PCはりにおいてウェブ重量を試計算し、比較検討した。試計算の対象としたI型PCはりの概要を図-4に示す。I型PCはりの上フランジ部ならびに下フランジ部の断面形状、鉄筋の条件はUFCを使用した複合PCはりと同様であり、ウェブ部材の厚さ $b_w$ をパラメータとした。コンクリートの圧縮強度は、複合PCはりにおけるフランジ部コンクリートの圧縮強度と同一の60MPaとした。また重量を求めるため、鉄筋コンクリートならびにUFCの

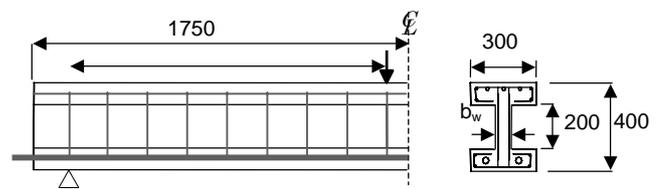


図-4 I型PCはり概要図 単位:mm

表-1 試計算結果

	$P_m$ [kN]	$b_w$ [mm]	$A^{*1}$ [kg]	$B^{*2}$ [kg]	$(A-B)/A$ [%]
三角パネル型	131.0	44.7	71.5	41.8	41.6
四角パネル型	300.6	183.3	293.3	64.0	78.2
ハウトラス型	132.2	46.0	73.6	32.0	56.5

\*1: 通常のコンクリートを使用したI型PCはりのウェブ重量

\*2: UFCを使用した複合PCはりのウェブ重量

密度を、それぞれ $2.5t/m^3$ とした。設計に際し、I型PCはりのせん断耐力は、コンクリート標準示方書<sup>3)</sup>に示されている式を用いて算出した。

(2) 試計算結果

表-1 に試計算の結果を示す。I型PCはりのウェブ厚 $b_w$ は、複合PCはりと同耐力を同一にするという条件のもとで、試計算により得られた値である。また、 $A$ はI型PCはりのウェブ重量、 $B$ は複合PCはりのウェブ重量を示しており、重量低減率を $(A-B)/A$ で表した。これより、複合PC構造とした全ての供試体において40%以上のウェブ重量の低減が可能であることが分かる。このように、本研究で提案したUFCをウェブ部材に用いた複合PC構造は、上部構造の軽量化に寄与できることが明らかとなった。

5. 結論

- (1)ウェブ部材にUFCを用いた複合PCはりは、高い変形能力を有する。
- (2)ウェブ部材の形状が、構造の性能に大きく影響する。
- (3)本研究で載荷実験を行った複合PCはりは、同等な耐荷力を有するI型PCはりに比べ、ウェブ部材の重量を40%以上軽量化することが可能である。

参考文献

- 1)土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)，コンクリートライブラリー，113，2004.
- 2)園田恵一郎：複合構造の発展の経緯と今後の展望，土木学会 第5回複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集，pp.1-8，2003.
- 3)土木学会：コンクリート標準示方書(構造性能照査編)，2002.