

波形鋼板ウェブ複合桁のせん断力分担割合に関する実験

川田建設株式会社	正会員	工修	○東房	健太
日本大学 大学院	正会員		堀川	長洋
日本大学 理工学部	正会員	工修	井戸	功誠
日本大学 理工学部	正会員	Ph.D.	山崎	淳

1. はじめに

現在、波形鋼板ウェブ橋を設計する際に複合橋設計施工規準(案)<sup>1)</sup>(以後、規準(案))がある。そこには、せん断力に対する検討内容として「曲げに伴うせん断力はすべて波形鋼板ウェブで抵抗するものとしてよい。」と記されている。しかし、図-1に示す実験供試体を用いて2点載荷実験を行ったところ“ウェブのせん断破壊”、“上下床版の曲げ破壊”ではなく上床版のせん断破壊となった<sup>2)</sup>(写真-1参照)。

本報告では、実験での波形鋼板ウェブのせん断力の分担割合について検討し、FEM解析結果・規準(案)の背景となる理論に基づいて計算した結果と比較することである。

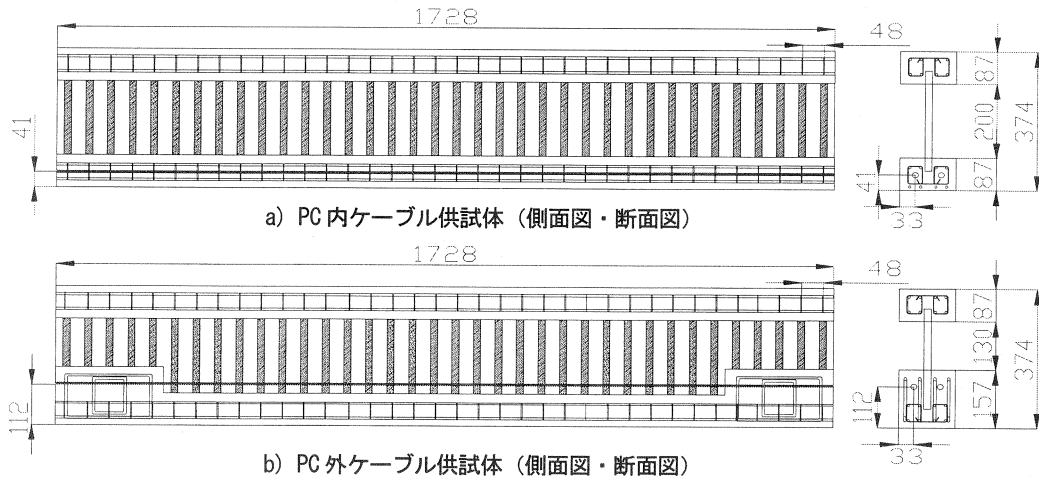


図-1 実験供試体 [単位 mm]

2. 研究結果

・実験による結果

本実験に用いた供試体では、鉄筋降伏までウェブ部分が約60%分担していた。

・FEM解析による結果

ウェブのせん断力分担割合は約60%となった。

・規準(案)の背景となる理論による計算結果

ウェブのせん断力分担割合は67.6%であった。

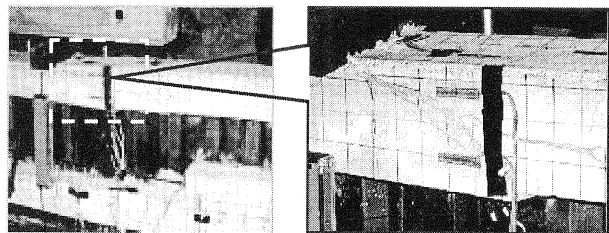


写真-1 上床版のせん断破壊状況

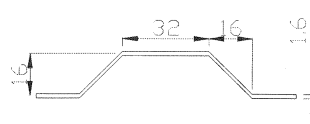


図-2 波形鋼板形状 [単位 mm]

### 3. 研究内容

#### 3.1 荷重実験

##### 3.1.1 実験供試体

図-1a), b) に実験供試体を、波形鋼板の形状を図-2 に、使用材料を表-1 に示す。上・下フランジには、1 段 4 本の鉄筋(D6) を 2 段配置し、せん断補強鉄筋として #14 の針金を 48mm 間隔で配置した。フランジとウェブの接合方法には、図-3 のような埋め込み接合を用いた。今回、プレストレス (以後、P/S) 導入位置の違いにより 2 種類の供試体を作製した。下フランジ内に PC 鋼線を直線配置し、下フランジ端部で定着させたものを PC 内ケーブル供試体、PC 鋼線を下フランジ端部の突起部に直線配置し定着させたものを PC 外ケーブル供試体とする。

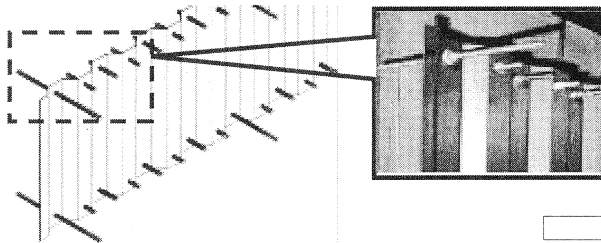


図-3 埋込み接合

##### 3.1.2 導入プレストレス

PC 内ケーブル供試体には 40.0kN, PC 外ケーブル供試体には、44.2kN を導入した。この P/S 導入量は、RC 供試体でのひび割れ発生荷重 (49.99kN) を載荷させた時にデコンプレッション状態となる量とした。

##### 3.1.3 荷重装置・計測位置

荷重装置・計測位置を図-4 に示す。支間長 1500mm, 荷重点距離 500mm, せん断スパン比 1.42 の単純梁 2 点荷重実験を行った。荷重はアムスラー試験機を用いた。ウェブのせん断力は、桁中央から両側 384mm の位置に計測断面を設け、3 軸ひずみゲージを用いて計測した。

##### 3.1.4 実験結果

図-5 にせん断力分担割合のグラフ、図-6 に荷重変位関係図を示す。最大せん断ひずみからウェブのせん

表-1 使用材料

#### 鉄筋 (D6)

降伏強度	$f_y$	350	$N/mm^2$
弾性係数	$E_s$	210	$kN/mm^2$
公称断面積	$A_s$	31.67	$mm^2$

#### モルタル

圧縮強度	$f_c$	39.1	$N/mm^2$
------	-------	------	----------

#### 波形鋼板 (SS400)

降伏強度	$f_u$	245	$N/mm^2$
弾性係数	$E_s$	200	$kN/mm^2$

#### PC 鋼線 (SWPD3)

引張強度	$f_{pu}$	1900	$N/mm^2$
弾性係数	$E_p$	223	$kN/mm^2$

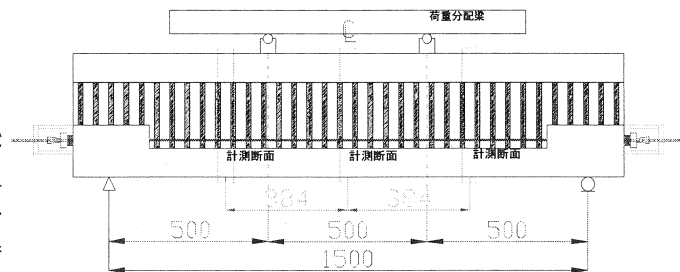


図-4 荷重装置・計測断面 [単位 mm]

例) PC 外ケーブル供試体

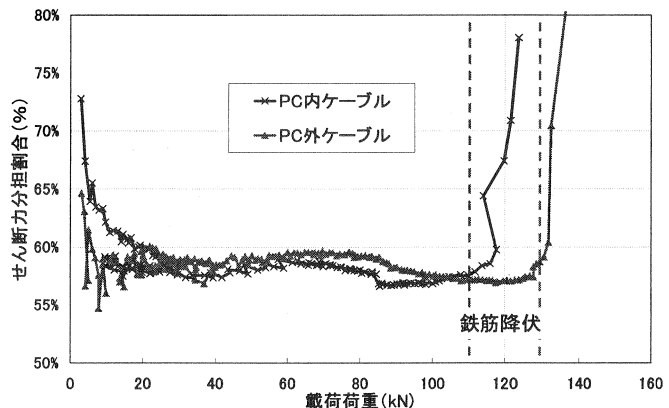


図-5 せん断力分担割合

断力を算出した。鉄筋降伏付近まで、ウェブに発生するせん断力は約60%であった。この60%である値で、せん断変形を考慮した値の予測値の計算を行うと、図-6の荷重-変位関係図のように予測値と近い値を示すことが得られ、予測値計算による確認ができた。

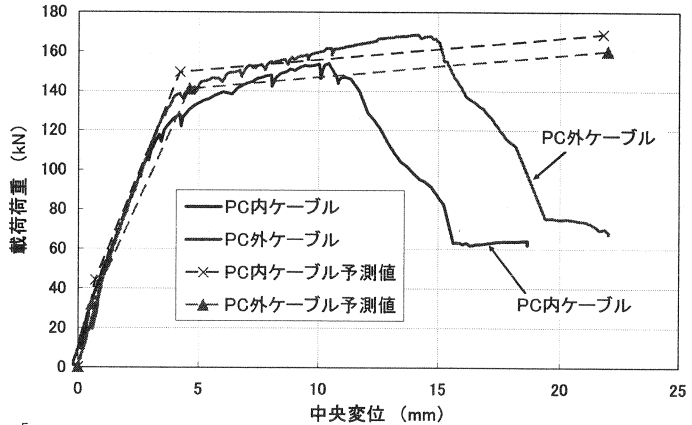


図-6 荷重 - 変位関係

### 3.2 FEM 解析結果

#### 3.2.1 解析方法

汎用 FEM 構造解析プログラム「LUSAS Ver. 13.5」を使用し、3次元線形解析を行った。

図-7にモデル概要図と、図-8に解析メッシュ図と解析要素を示す。対称軸をX方向、支点をY方向で拘束しプレストレスは外力として作用させた。今回、載荷荷重20kN時の解析を行った。

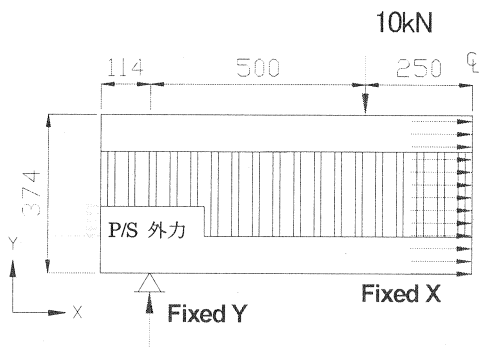


図-7 モデル概要[mm] (PC外ケーブル供試体)

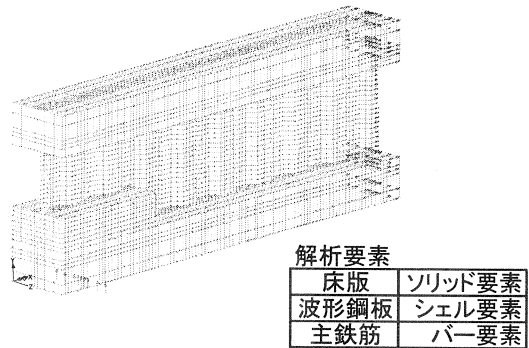


図-8 解析メッシュと解析要素 (PC外ケーブル供試体)

#### 3.2.2 解析結果

ウェブのせん断応力分布図を図-9に示す。図-9より、等分布に作用していることがわかった。表-2に、せん断力の分担割合を示した。

両供試体の波形鋼板ウェブのせん断力分担割合は、約60%であることがわかった。

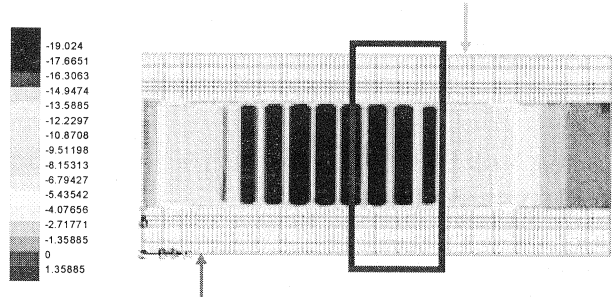


図-9 コンター (荷重20kN時) (PC内ケーブル供試体) [単位 N/mm<sup>2</sup>]

表-2 せん断力分担割合

検討部材	PC内ケーブル供試体		PC外ケーブル供試体	
	せん断力(kN)	分担割合(%)	せん断力(kN)	分担割合(%)
フランジ	8.1	40.5	7.8	39.0
波形鋼板ウェブ	11.9	59.5	12.2	61.0
合計	20.0	100.0	20.0	100.0

### 3.3 規準(案)の背景となる理論による計算結果

規準(案)の背景では、曲げに伴うせん断応力度を算出する際には、鋼プレートガーダー橋と同様に、断面に発生するせん断力は、ウェブで大部分を受け持つとされている<sup>3)</sup>。これは、梁の初等曲げ理論に基づいている。

図-10に軸応力の計算モデルを示す。“波形鋼板ウェブの軸方向ひずみは発生しない”，“平面保持の仮定は成立する”を計算条件に、曲げに伴うせん断応力を求めた。図-11は、任意荷重20kN作用時のせん断応力分布図である。ウェブ部分にはせん断応力が一定に分布していることがわかった。図-11をもとに、せん断力を求め、分担割合を図-12に示した。ウェブに発生するせん断力の割合は67.6%となった。

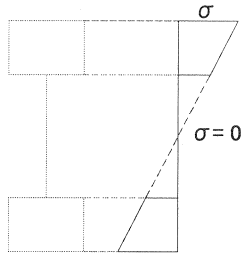


図-10 軸応力

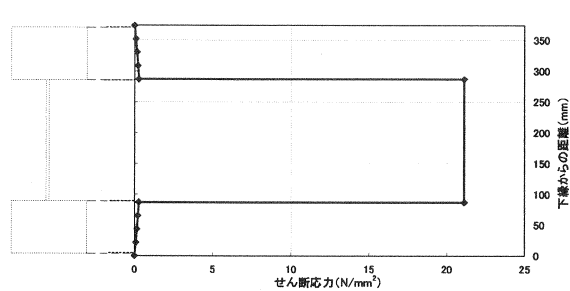


図-11 せん断応力分布

### 4. まとめ

規準(案)では、ウェブの受け持つせん断力は100%であるが今回の供試体で3つの研究結果では、ウェブが受け持つせん断力の割合が約60%である結果を得た。この断面によって、使用するウェブ厚の低減ができるのではないかと考えられる。

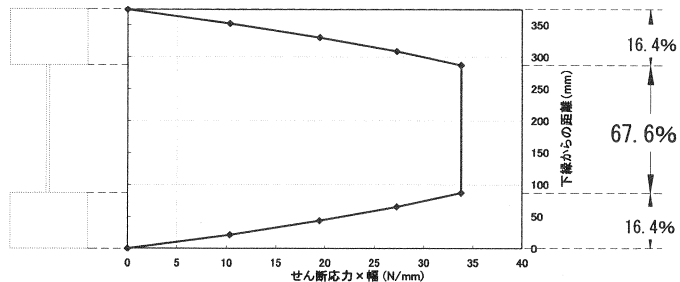


図-12 せん断力の分布

### 5. 今後の課題

今回、3.3では、全断面を有効として計算を行った。したがって、ひび割れ断面の場合についての検討も行う必要がある。

### 謝辞

実験は、日本大学大学院理工学研究科在学中に行った。実験に際し、御協力頂いた日本大学理工学部土木工学科卒業生に厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 複合橋設計施工規準(案)：平成11年12月，(社)プレストレストコンクリート技術協会
- 2) 堀川，東房，井戸，山崎：波形鋼板ウェブ複合桁の耐荷機構に関する実験的研究：第12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，(社)プレストレストコンクリート技術協会，pp. 545～548，平成15年10月
- 3) 2002年制定コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕：2002年3月，(社)土木学会
- 4) 道路橋示方書・同解説 I 共通編Ⅱ鋼橋編：平成8年12月，(社)日本道路協会