

ウェブに波形鋼板を用いたプレストレストコンクリートI型断面桁の曲げ挙動

オリエンタル建設(株) 正会員 工修 ○堀川 長洋
 日本大学 大学院 宮島 義之
 井戸鉄建(株) 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. 研究の主題

『波形鋼板ウェブ複合桁』において『均等質の理想体』と、同じ『梁の曲げ理論』を適用して良いのかという事を導くために、複合橋設計施工規準(案)に記載されている下記の3つの主題について着目し、2. 検討項目に示す3点の検討項目を挙げた。

主題1:『維ひずみは、断面の中立軸からの距離に比例するものとする。』 **【3.1.2 応力度の算出】**

主題2:『変位・変形量の検討においては、ウェブのせん断変形の影響を考慮するのがよい。』

【3.4.3 変位・変形量の検討】

主題3:『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。』

【4.3 せん断力に対する安全性の検討】

波形鋼板ウェブ複合桁の曲げ破壊まで検討できるように、**写真-1**の実験供試体を製作し、2点载荷実験を行い、曲げ破壊実験を行った。検討項目3点について実験値・予測値・FEM解析値の結果から、波形鋼板ウェブ複合桁の『梁の曲げ理論』の適用について述べる。

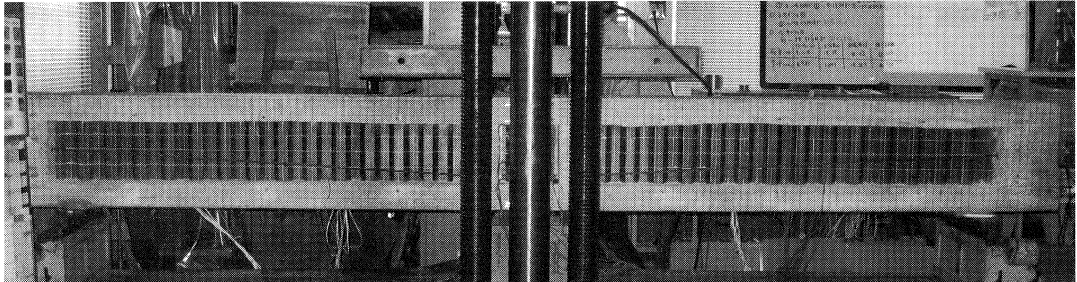


写真-1 供試体設置状況

表-1 使用材料

主鉄筋 (D6)		波形鋼板	
呼び名	SD295	呼び名	SS400
引張強度・fy	350.5 N/mm ²	波形鋼板厚	1.6 mm
弾性係数・Es	175.6 kN/mm ²	波形鋼板高さ	270 mm
公称断面積・As	31.67 mm ²	波高さ	16 mm
橋軸横方向1列の本数	4本	パネル幅	32 mm

PC鋼線	
呼び名	SWPD3
引張強度・fpy	1567.6 N/mm ²
弾性係数・Es	195 kN/mm ²
公称断面積・As	19.82 mm ²

2. 検討項目

本実験では、次の3点に着目した。

- 1) 曲げ破壊挙動
- 2) 軸方向ひずみの桁高方向分布
- 3) 波形鋼板ウェブのせん断力分担割合

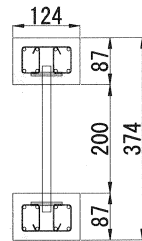


図-1 供試体断面 (mm)

3. 実験供試体

上・下フランジと波形鋼板ウェブからなるI型断面の供試体を製作した(図-1・2, 表-1)。上・下フランジともに1段4本のD6鉄筋を2段配置した。フランジと波形鋼板の接合方法は埋込み接合を用いた。桁中央部における波形鋼板間の接合は連結板

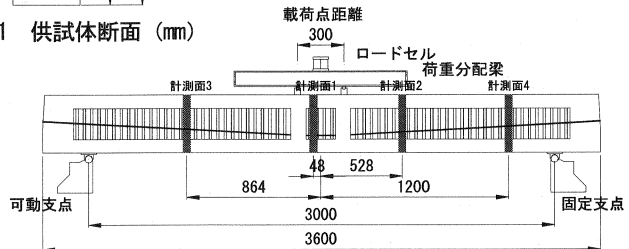


図-2 载荷実験装置 (mm)

を用いた2面支圧接合を用いた。

PC鋼線を曲げて配置させるため、荷重点部に偏向部を設け、桁端部にて定着した。

4. 実験概要

荷重実験は、支間長 3000mm、荷重点距離 300mm 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、荷重は荷重分配梁を介し、供試体に伝達される。荷重実験は破壊に至るまで行った。

計測項目を表-2に示す。着目した3点を検討するため、荷重荷重、桁中央変位、計測面を設け、ひずみを計測した。また、図-4に示す通りπ型変位計を純曲げ領域(計測面1-標点間距離 100mm)・曲げせん断領域(計測面3-標点間距離 200mm)に取り付け、2点の標点間の変位を計測し、標点間の軸方向ひずみ分布を調べた。PC鋼線はSWPD3を2本配置し、梁1本当たり 21.81kN のプレストレス (以後、P/S) を導入した。

5. FEM 解析

FEM 解析は、有限要素法汎用構造解析プログラム『LUSAS Ver.13.6』を用いた。弾性範囲内での検討を行うため、荷重荷重 15kN (2点荷重のため、7.5kN を作用) で3次元線形解析を行った。図-5にモデル概要図を、図-6に解析メッシュ図、表-3に解析用値を示す。P/Sは、PC鋼線に 550N/mm² を与え、梁に 21.81kN の緊張力を導入した。

6. 結果

1) 曲げ破壊挙動

図-7と表-4に実験値と予測値の荷重変位関係を示す。荷重荷重 15.29kN の時に下フランジ部にひび割れが発生し、荷重荷重 54.73kN の時に最下部鉄筋が降伏した。荷重荷重 78.9kN の時に上フランジが圧壊した(写真-2参照)。実験値と予測値がほぼ一致した。

表-2 供試体断面 (mm)

計測番号	計測項目	計測機器
1	荷重荷重	ロードセル
2	桁中央の鉛直変位	変位計
3	標点間の軸方向ひずみ分布	π型変位計
4	フランジのひずみ	単軸ひずみゲージ
5	鉄筋のひずみ	単軸ひずみゲージ
6	波形鋼板ウェブのせん断応力度	3軸ひずみゲージ

注)計測番号4~6は、図-3内のゲージ番号に対応

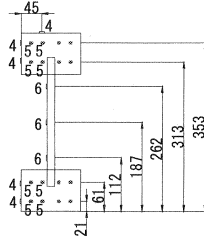


図-3 計測面ゲージ位置 (mm)

標点間距離 [100, 200]

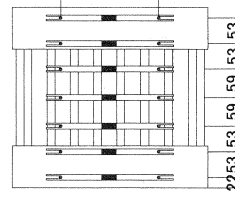


図-4 π型変位計設置図 (mm)

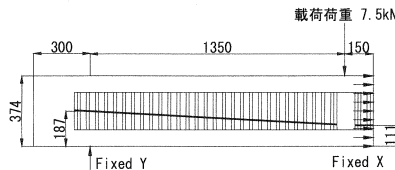


図-5 モデル概要図 (mm)

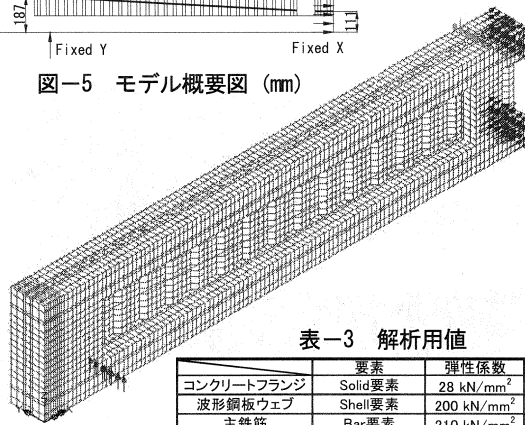


表-3 解析用値

要素	要素	弾性係数	ポアソン比
コンクリートフランジ	Solid要素	28 kN/mm ²	0.2
波形鋼板ウェブ	Shell要素	200 kN/mm ²	0.3
主鉄筋	Bar要素	210 kN/mm ²	0.3
PC鋼線	Thin Beam要素	195 kN/mm ²	0.3

図-6 FEM 解析メッシュ図

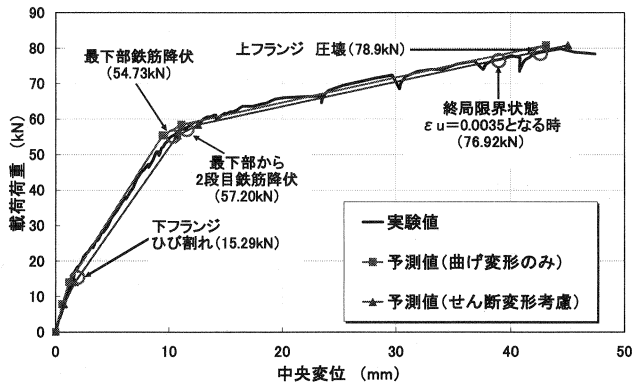


図-7 荷重変位関係

写真-3 に実験終了時の供試体のたわみ状況を示す。

表-4 荷重変位関係

	実験値		予測値(曲げ変形のみ)		予測値(せん断変形考慮)		
	載荷荷重	変位	載荷荷重	変位	載荷荷重	変位	せん断変形の割合
ひび割れ	15.29 kN	1.58 mm	14.05 kN	1.20 mm	14.05 kN	1.71 mm	29.8%
最下部鉄筋降伏	54.73 kN	10.02 mm	55.40 kN	9.43 mm	55.40 kN	10.75 mm	12.3%
最下部から2段目鉄筋降伏	57.20 kN	11.10 mm	58.44 kN	11.09 mm	58.44 kN	12.55 mm	11.6%
上フランジ 圧壊	78.90 kN	42.60 mm	80.86 kN	43.05 mm	80.86 kN	44.98 mm	4.3%

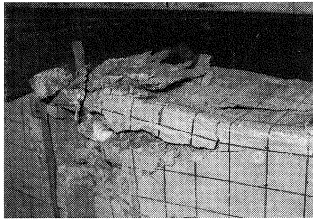


写真-2 上フランジ圧壊

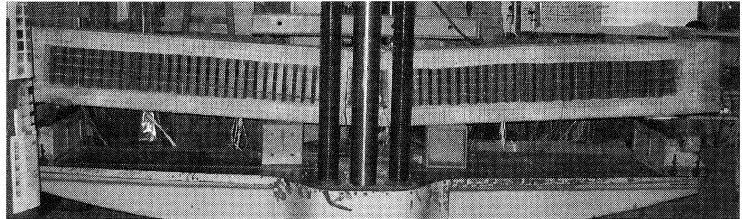


写真-3 供試体たわみ状況

予測値計算は、『平面保持の仮定』に基づいて、ファイバーモデルを用いて各状態の荷重と変位関係を算出した。変位は、『梁の曲げ理論』より算出した波形鋼板ウェブのせん断力分担割合の結果から波形鋼板のせん断変形を考慮して、算出した。

2) 軸方向ひずみの桁高方向分布

π型変位計による実験値・予測値・FEM解析値について、ひび割れ発生時の計測面1・計測面3の軸方向ひずみの桁高方向分布を図-8・9に示す。また、鉄筋降伏・上フランジ圧壊時の計測面3を図-10に示す。

図-8・9・10より、実験値・FEM解析値はほぼ直線分布を示した。予測値の分布形状とほぼ一致した。

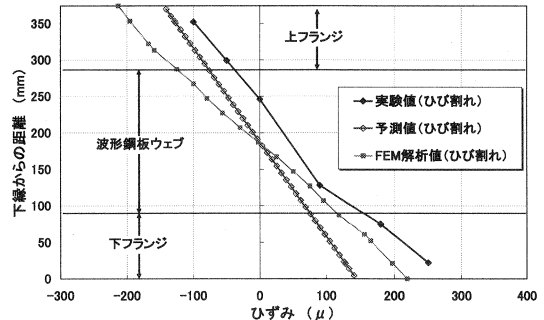


図-8 軸方向ひずみ分布 (計測面1 - ひび割れ)

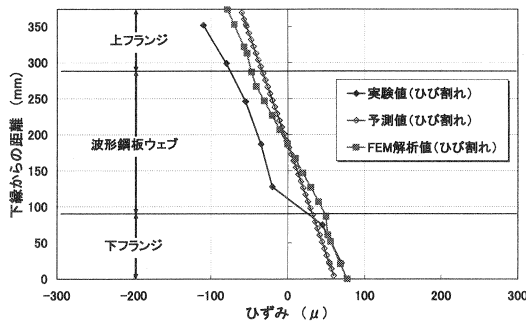


図-9 軸方向ひずみ分布 (計測面3 - ひび割れ)

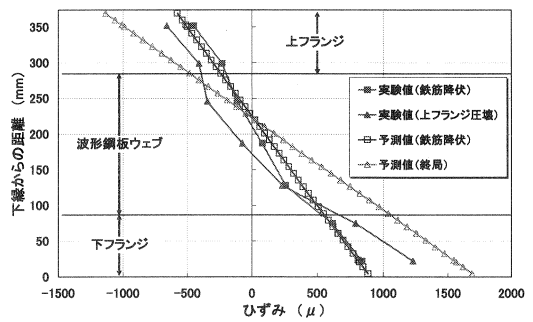


図-10 軸方向ひずみ分布 (計測面3)

3) 波形鋼板ウェブのせん断力分担割合

図-11に、曲げせん断領域(計測面2・3・4の平均値)での載荷荷重とせん断力分担割合の関係を示す。

表-3 に、載荷荷重 10kN・50kN・78kN 時の平均せん断力分担割合と『梁の曲げ理論』より算出した予測値を示す。実験値と『梁の曲げ理論』より算出した予測値が約 67% でほぼ一致した。

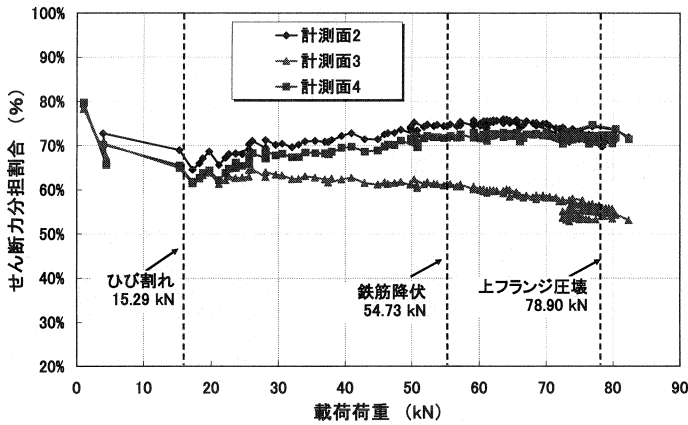


図-11 せん断力分担割合

表-3 せん断力分担割合

載荷荷重	実験値	予測値
10 kN	66.5%	67.6%
50 kN	67.5%	66.7%
78 kN	66.4%	

7. 結論と根拠

波形鋼板ウェブ PC 複合桁の曲げ破壊実験を行い、以下の結論と根拠を得た。

- 1) 荷重変位関係より、実験値と予測値がほぼ一致し、載荷荷重 78.9kN の時に上フランジで圧壊した (図-7)。
- 2) 軸方向ひずみの桁高方向分布で、純曲げ領域・曲げせん断領域に設置した π 型変位計の実験値・FEM 解析値がほぼ直線分布を示し、予測値の分布形状とほぼ一致した (図-8・9・10)。
- 3) この供試体では、波形鋼板ウェブのせん断力分担割合は計測面 2 で 60~70%・計測面 3 で 50~70%・計測面 4 で 60~70% のせん断力を分担し、実験値と予測値がほぼ一致していた (図-11, 表-3)。

これらの結果から、波形鋼板ウェブ複合桁において、『均等質の理想体』と同じ『梁の曲げ理論』を適用しても良いという結論を得た。

謝辞

本実験は、日本大学大学院理工学研究科在学中に行いました。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] 堀川長洋・東房健太・井戸功誠・山崎淳: 波形鋼板ウェブ複合桁の I 型断面供試体の曲げ破壊実験, 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 pp311~314, 平成 16 年 10 月, (社) プレストレストコンクリート技術協会
 [3] 鈴木愛・東房健太・井戸功誠・山崎淳: 波形鋼板ウェブ複合桁のせん断力分担割合に関する一考察, 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 pp315~318, 平成 16 年 10 月, (社) プレストレストコンクリート技術協会