

(157) 波形鋼板ウェブ複合桁の耐荷機構についての実験的研究

日本大学 大学院	正会員	○本田 智昭
(株)建設技術センター		加藤 澄恵
日本大学 理工学部	正会員	井戸 功誠
日本大学 理工学部	正会員	山崎 淳

1. はじめに

これまで大偏心外ケーブル橋の構造について、PC箱桁を用いて検討をしてきた。そして、更なる効率化・軽量化のために、PC箱桁のウェブに波形鋼板や鋼トラスを適用させた大偏心外ケーブル複合桁構造についての検討を始めた。[1][2]

大偏心外ケーブルPC桁に対し、波形鋼板ウェブ複合桁を適用した場合、断面保持の仮定や曲率と曲げの関係、せん断応力によるウェブの挙動や、また大偏心特有の問題点などは、まだ検討の余地が残されている。

本報告は、波形鋼板ウェブ複合桁に設計の前提となる基本的な理論を適用することに対する明確な根拠を得ることを目的とした研究の中で、波形鋼板ウェブ複合桁の特性を確認するために行った実験について報告するものである。

2. 実験概要

2-1. 実験目的

この実験の目的は、波形鋼板ウェブ複合桁の曲げが作用したときの軸方向ひずみの分布や、せん断作用時のウェブの鉛直方向のひずみなど、曲げやせん断に対する挙動を調べることにある。

可能な限り構造を簡易にするため、波形鋼板ウェブ構造の箱桁の、鋼板部分とその付近を取り出した形の供試体を用いて、载荷試験を行った。

2-2. 供試体

実験に用いた供試体は、上下コンクリート床版と波形鋼板を用いた1-webのI型断面の供試体である。供試体の形状は、図-1、2、3に示した。

主鉄筋はD10の異形鉄筋を使用し、床版とウェブとの接合部分は、ウェブを直接コンクリート床版に埋めこみ、波形鋼板に開けた穴にM6のネジ棒を通した。(図-4)

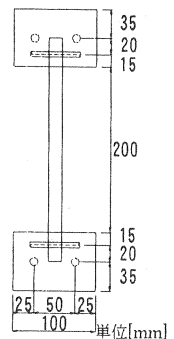


図-1 供試体断面図

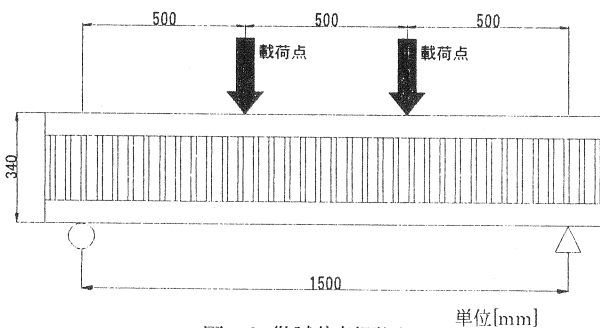


図-2 供試体側面図

2-3. 载荷方法

図-5に示したように、中央のジャッキによる集中荷重Fを、荷重分配梁を介して供試体の2点に1/2 Fずつ载荷する構造となっている。2点载荷を採用した理由は、純曲げ区間とせん断力が作用する区間にわ

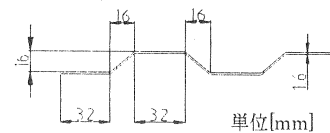


図-3 波形鋼板の形状

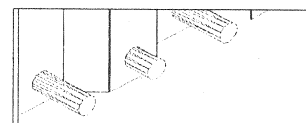


図-4 接合部分

けて、実験結果を検討することが可能であるためである。

荷重は計5サイクル行い、最大で $F=81.76$ [kN]まで荷重を行った。

それぞれのサイクルについては、表-1に示す。

	最大荷重	予定した桁の挙動
サイクル1	14.00 kN	ひび割れ前まで
サイクル2	15.83 kN	ひび割れ前まで
サイクル3	44.62 kN	下床版鉄筋降伏前まで
サイクル4	49.26 kN	下床版鉄筋降伏前まで
サイクル5	81.76 kN	破壊まで

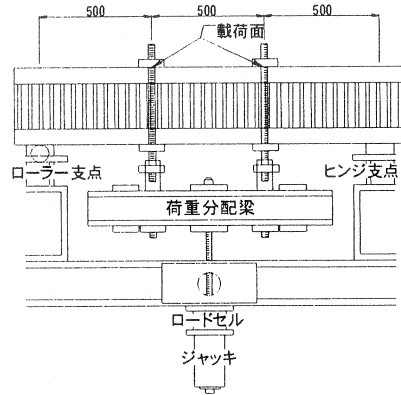


図-5 荷重装置

2-4. 計測

図-6に示すように、3つの断面A, B, Cを検査断面として、各断面で上床版、ウェブ鋼板、下床版内の鉄筋のひずみをひずみゲージを用いて計測した。

また、断面Bの下床版の下面での鉛直方向の変位を、変位計にて計測した。

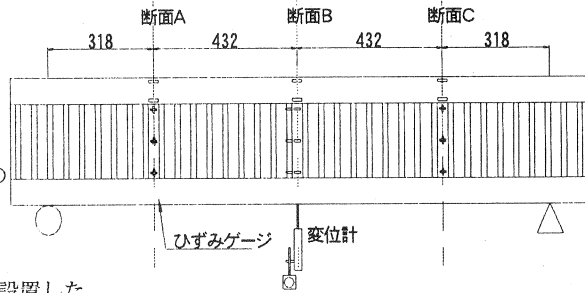


図-6 計測位置

2-4-1. 断面A, Cの計測箇所

ウェブ鋼板に3箇所づつ(桁高の1/4, 1/2, 3/4の点)、鉛直方向のひずみと、軸方向のひずみを測るためのゲージを設置した。

上床版には、上面と下面の軸方向のひずみ、そして側面にも軸方向のひずみを測るためゲージを設置した。

(図-7)

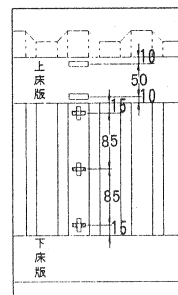


図-7 断面A, Cでのひずみゲージの位置

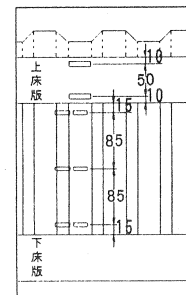


図-8 断面Bでのひずみゲージの位置

2-4-2. 断面Bの計測箇所

ウェブ鋼板は、3箇所(桁高の1/4, 1/2, 3/4の点)の軸方向のひずみを計測した。また、隣接した斜方向パネルも同様に3箇所軸方向のひずみを計測した。

上床版は、断面A, Cと同じように上下面と側面の軸方向のひずみを計測した。(図-8)

3. 実験結果

3-1. 破壊までの流れ (1~5サイクルを通して)

荷重 $F=15.83$ [kN] (初ひび割れ)

下床版下面の、スパン中央付近に初ひび割れが発生。

以後、荷重に伴って下床版のスパン中央付近にひび割れが増えていく。

荷重 $F=20.00$ [kN] (ひび割れ後)

このあたりから、ひび割れが下床版上面にも発生しはじめる。

また、断面Cとヒンジ支点との間の区間にもひび割れが発生しはじめる。

載荷重 $F = 58.31$ [kN]

下床版と波形鋼板ウェブとの間の隙間が発生。下床版のひび割れが全体的に広がりはじめる。

載荷重 $F = 81.76$ [kN]（破壊）

C断面の位置で下床版コンクリートのせん断ひび割れが大きく広がり（図-9）、下床版コンクリートが破裂するように飛散して、破壊した。（図-10、11、12）

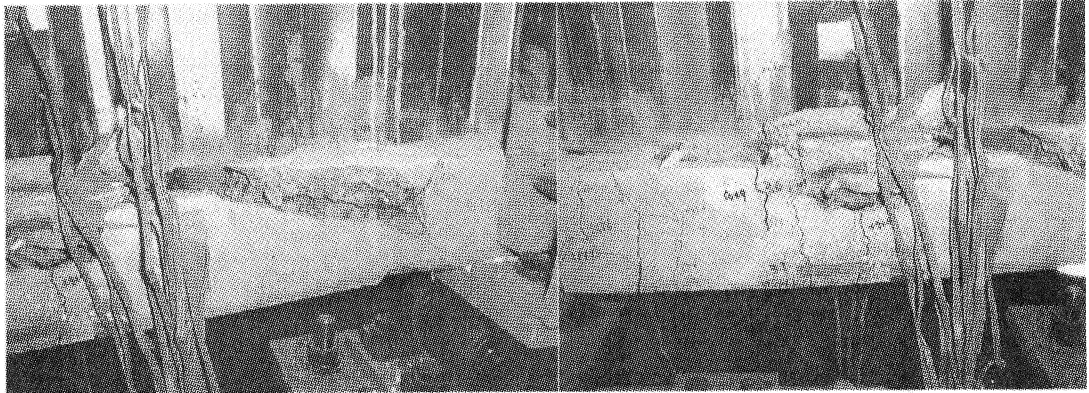


図-9 破壊状況
ヒンジ支点付近

図-10 破壊状況
断面C付近

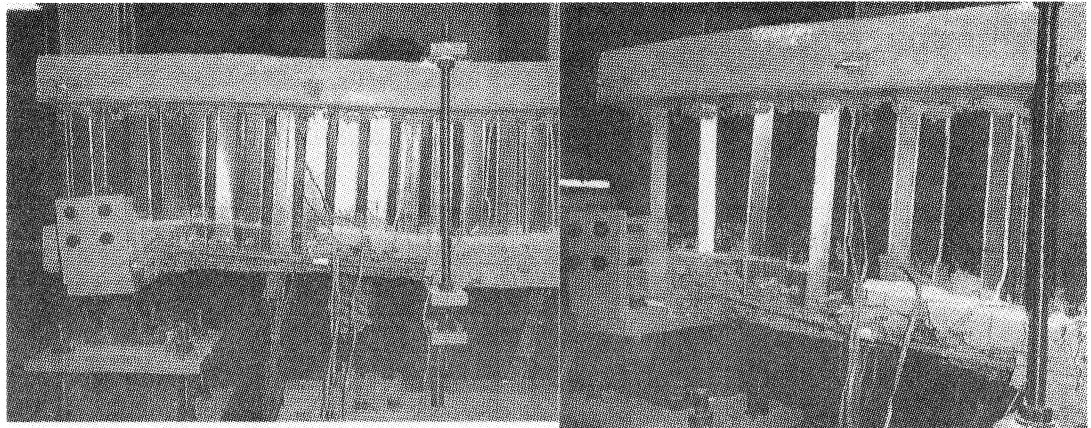


図-11 破壊状況
断面C-ヒンジ支点間

図-12 破壊状況
断面C-ヒンジ支点間

3-2. 予測値との比較

表-2 実験の予測値と結果

予測値	載荷荷重 (kN)	実験結果	載荷荷重 (kN)
初ひび割れ	18.83	初ひび割れ	15.83
下床版鉄筋の降伏	53.55	下床版鉄筋の降伏	55.00
終局限界状態	96.79	破壊	81.76

この予測値は、曲げに対しては波形鋼板ウェブが抵抗しないという条件で、梁理論に基づき求めたものである。

3-3. グラフ

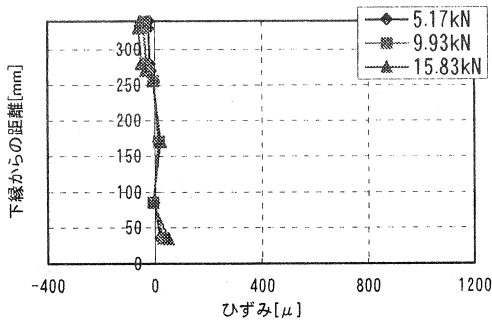


図-13 断面Aでのひずみ分布
(ウェブ鋼板のデータ有り)

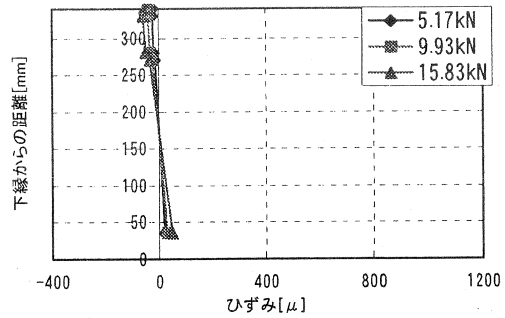


図-14 断面Aでのひずみ分布
(ウェブ鋼板のデータ無し)

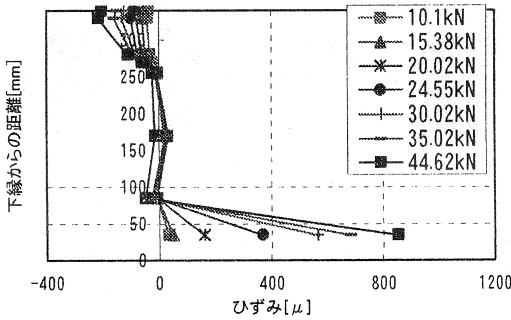


図-15 断面Aでのひずみ分布
(ウェブ鋼板のデータ有り)

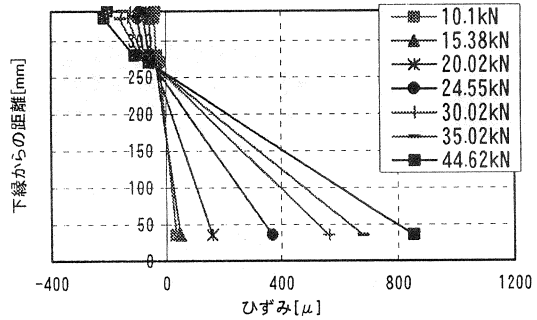


図-16 断面Aでのひずみ分布
(ウェブ鋼板のデータ無し)

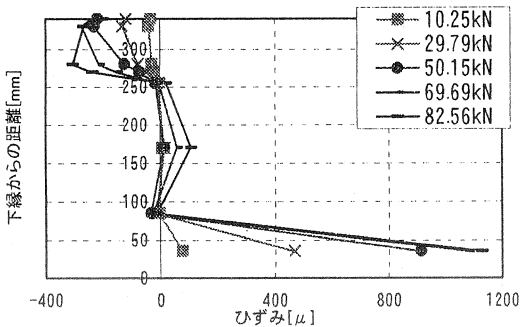


図-17 断面Aでのひずみ分布
(ウェブ鋼板のデータ有り)

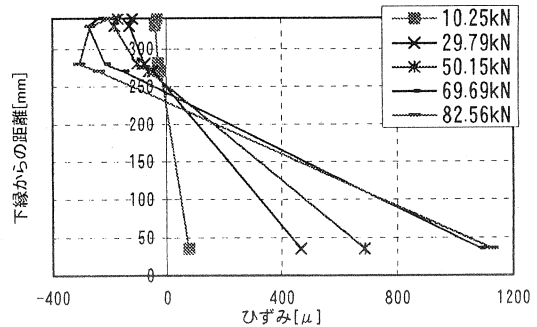


図-18 断面Aでのひずみ分布
(ウェブ鋼板のデータ無し)

図-13～図-18は、断面Aでの軸方向のひずみ分布を示している。それぞれ載荷重ごとにグラフをプロットした。

図-13、15、17は、上床版コンクリートのひずみ、ウェブ鋼板のひずみ、下床版鉄筋のひずみの値をプロットしたものである。

図-14、16、18は、図-13、15、17のグラフから、ウェブ鋼板のひずみデータを抜いた形でプロットしたものである。

※ひずみの値は、引張りを正とする。

図-19は、破壊までの荷重とスパン中央の鉛直変位との関係図である。

図-20は、図-21～図-24のグラフ中に使用したひずみゲージ番号の位置を示している。

図-21、22は、それぞれ断面Aでのウェブ鋼板の鉛直方向ひずみと軸方向ひずみである。

図-23、24は、断面Bでのウェブ鋼板の軸方向ひずみと、その隣接する斜方向パネルの軸方向ひずみを表している。

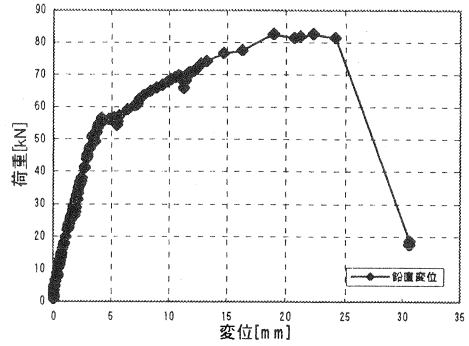


図-19 荷重-変位関係

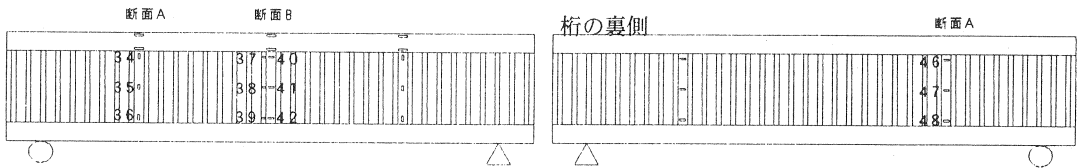


図-20 ひずみゲージ番号対応図

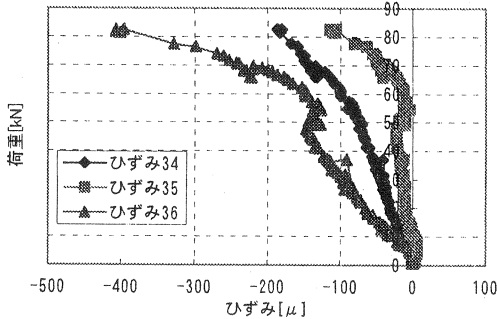


図-21 断面A ウェブ鋼板鉛直方向ひずみ

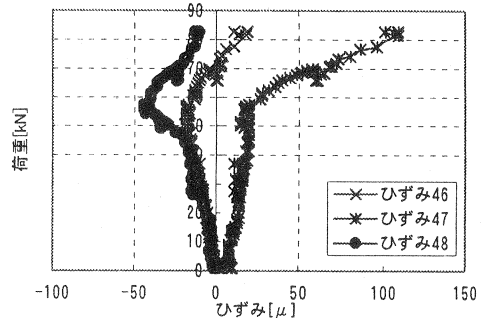


図-22 断面A ウェブ鋼板軸方向ひずみ

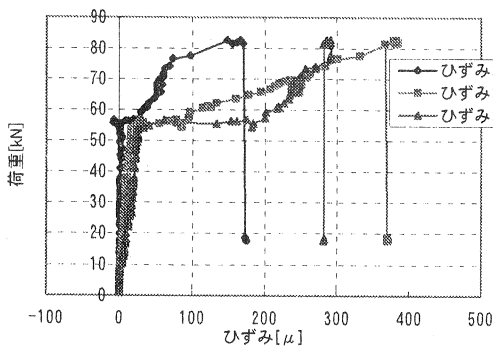


図-23 断面B 鋼板ひずみ(斜方向パネル)

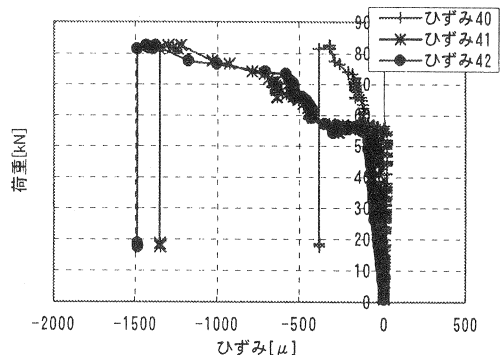


図-24 断面B 鋼板ひずみ(軸方向パネル)

3-4. 実験結果と考察

断面Aにおける軸方向のひずみ分布について (図-13~18)

【図-13,14】・【図-15,16】・【図-17,18】の3種類のグラフはそれぞれ、ひび割れ前・ひび割れ後・下床版鉄筋の降伏及び下床版の破壊まで、の3つの段階として分けている。この3種で比較すると、ウェブ鋼板の軸方向ひずみは、上床版コンクリートや下床版鉄筋に比べて、変動が少ない。しかし、若干ではあるが、下床版鉄筋が降伏点を越えた後に、断面中央でのひずみが大きくなっている。

荷重-変位関係について (図-19)

降伏点までは、ほぼ弾性的な挙動を示している。その後、脆性的な挙動となっている。また、降伏点 (5500[kgfl]) を確認した。

断面Aのウェブ鋼板の鉛直方向ひずみ、軸方向ひずみについて (図-21、22)

鉛直方向ひずみと軸方向ひずみを比較すると、全体的に軸方向ひずみの方が1/10程度と小さい値を示している。

鉛直方向ひずみは、“ひずみ35”番ゲージすなわち、断面中段の鉛直方向ひずみが、もっとも変化が少なく、小さい値を示している。このことからこの実験において、ウェブ鋼板が橋軸直角方向にたわんでいる可能性は少ないと考えられる。

桁中央での、軸方向パネルと斜方向パネルの、軸方向ひずみについて (図-23、24)

軸方向パネルと斜方向パネルを、絶対値で比較すると、約3倍の開きがあり、軸方向パネルの方が大きい。そして、斜方向パネルは引張り、軸方向パネルでは圧縮のひずみが発生している。

破壊について

下床版には、せん断力によるひび割れが生じていた。今回用いた供試体は、スターラップを一切使用していない。せん断力によって変形した波形鋼板ウェブは、橋軸直角方向への形状の変化をおこし、それによって下床版が破壊したと考えられる。

5. まとめ

今回は、予定している一連の実験のなかで最も基本的な挙動を確認する実験である。実験結果として基本的な性状や波形鋼板ウェブ特有の破壊現象も確認できた。今後は以下の点について検討していく。

- ・上床版の終局限界状態までの載荷試験
- ・せん断力による主応力に対する検討
- ・せん断力による波形鋼板の変形についての検討
- ・波形鋼板単体での軸方向の力に対する耐荷性能の検討

以上の課題を検討し、大偏心への適用とその問題点について検討を進めたい。

参考文献[1]: 井戸・大熊・張・山崎: 大偏心外ケーブル鋼トラス複合桁模型の設計・製作

P C技術協会第8回シンポジウム論文集、1998年10月、pp.579-584

[2]: 本田・大熊・井戸・山崎: 各種複合桁の耐荷性の比較

P C技術協会第9回シンポジウム論文集、1999年10月、pp.467-472