

(12) 波形鋼板ウエブPC橋のせん断力分担率と床版の付加曲げについて

日本道路公団 名古屋建設局 水口 和之  
 日本道路公団 名古屋建設局 芦塚憲一郎  
 (株)ピー・エス 名古屋支店 正会員 大浦 隆  
 (株)ピー・エス 名古屋支店 正会員○日高 重徳

1. はじめに

一般に、波形鋼板ウエブを用いたPC橋では曲げと軸力に対しては床版コンクリートのみを有効断面とし、せん断力に対しては波形鋼板ウエブのみを有効断面として設計されている。実際、床版コンクリートの圧縮・引張は梁理論により求めることができ、平面保持の法則がほぼ成り立つことが実験的にも確認されている<sup>1)</sup>。しかしこうした実験において、ウエブに生じるせん断力が計算から求められる値よりも一様に小さくなる傾向がある<sup>1) 2)</sup>。その原因の一つとして、床版コンクリートがせん断力の一部を負担していると考えられる。せん断変形が大きくなるといわれる<sup>4)</sup>。波形鋼板ウエブ橋においてせん断力の分担割合を把握できれば、波形鋼板ウエブの厚さをより薄く、経済的な設計が可能となる。また、張出し施工における上げ越し管理の際にも重要な参考資料となりうる。そこで本検討では東海北陸自動車道「本谷橋」をモデルとし、立体要素を用いた線形FEM解析により波形鋼板ウエブ・上床版・下床版が各々どれだけのせん断力を負担するのかを調べることにした。

また中間支点上などで、波形鋼板のせん断変形を床版コンクリートが拘束するために床版部分に付加的な曲げ応力が生じるといわれている<sup>3) 4)</sup>。床版コンクリートに局所的な応力が作用することは危険側にも成り得るため、この付加曲げについても検討する。

2. せん断力の分担率

2.1 解析概要

解析モデルは図-1に示すように本谷橋の中間支点付近の断面を等断面・等桁高(桁高5m、L=24m)とした半断面モデルで、一方の桁端を完全固定、他方を自由とする片持ちモデルである。ただし、横桁は設けていない。解析ケースを表-1に示すが、Case1は自由端側のウエブ上に100(tf)集中荷重を載荷している。Case2では同モデルの全要素に自重を与え、Case3では波形鋼

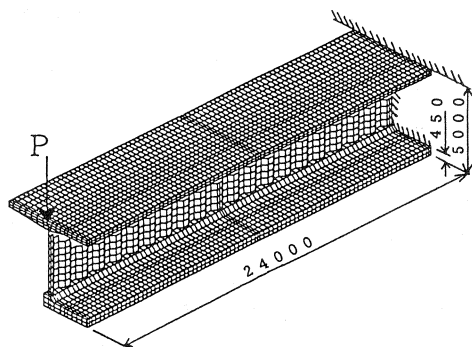


図-1 解析モデル(半断面モデル)

表-1 解析モデルと荷重

	桁高	載荷荷重
Case 1	5 m	100(tf)集中載荷
Case 2	5 m	自重(分布)載荷
Case 3	3 m	100(tf)集中載荷
Case 4	3~5 m	100(tf)集中荷重

表-2 材料物性

コンクリート	圧縮強度	400(kgf/cm <sup>2</sup> )
	弾性係数	3.1×10 <sup>5</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )
	単位重量	2500(kgf/m <sup>3</sup> )
波形鋼板	弾性係数	2.1×10 <sup>6</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )
	厚さ	12(mm)
	単位重量	7850(kgf/m <sup>3</sup> )

板部分のみ短くすることで桁高を3mとしたモデルと比較を行った。さらにCase4は自由端の桁高は3m、固定端の桁高を5mとし、その間直線的に桁高を変化させたモデルであり、同様に自由端のウェブ上に100(tf)集中荷重を載荷した。このときコンクリート床版厚は一定とし、波形鋼板ウェブの高さを変化させた。いずれのケースも、床版コンクリートの断面形状は一定である。(図-2)

## 2. 2 解析結果

解析の結果を表-3に示す。固定端から桁高分(4.8m)離れた断面で、(各要素のせん断応力×面積=せん断力)として求めた。自重を載荷したモデルは、百分率により全荷重の合計が100(tf)になるように換算している。この解析結果からCase1~Case3に示す等桁高の場合には、桁高によって多少の差があるものの波形鋼板ウェブが概ね70~85%程度のせん断力を負担し、コンクリート床版は15~30%程度負担する結果となった。このことから、設計せん断力から平均せん断応力度により波形鋼板ウェブの必要厚さを求める際、全せん断力をウェブで負担するという従来の仮定は安全側の設計となっており、妥当であるといえる。一方、Case4に示すような桁高が変化する場合には、波形鋼板ウェブとコンクリート床版とがおおよそ半分ずつ負担する結果が得られた。こ

これは、与えられた荷重の多くが傾斜角度を持つ下床版に圧縮力となって流れた結果、波形鋼板ウェブの負担が軽減されたと考えられる。したがってこの結果から、桁高が変化する場合には波形鋼板ウェブの設計をする際のせん断力を、道示Ⅲに示される部材の有効高の変化を考慮する式により低減することができるといえる。このときCase4で波形鋼板ウェブの分担率は81.5%となる。

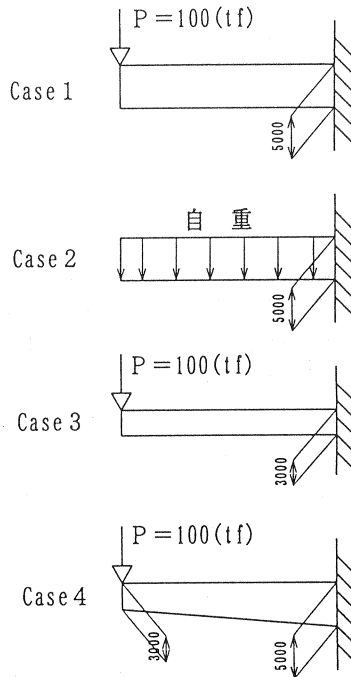


図-2 解析モデル

表-3 せん断力の分担

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
上床版	5.9 (tf)	5.8 (tf)	10.6 (tf)	3.9 (tf)
下床版	8.8 (tf)	8.6 (tf)	15.4 (tf)	42.8 (tf)
波形鋼板ウェブ	85.1 (tf)	85.6 (tf)	73.0 (tf)	52.5 (tf)

次に、Case1のモデルから得られたせん断応力度の高さ方向分布を図-3に示す。また、その検断断面の位置を図-4に示す。固定端(A-A断面)では一般的な2次放物線状に分布するが、桁高の1/2程度離れた(C-C断面)やD-D断面では、波形鋼板ウェブ橋に特有な高さ方向に一樣なせん断応力度分布となることが確かめられた。

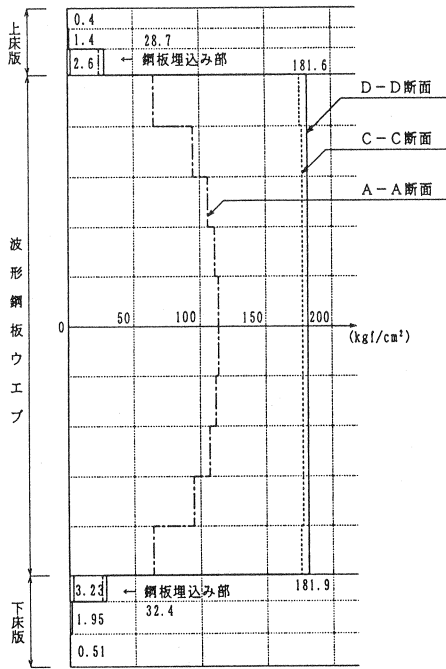


図-3 せん断応力度分布 (桁高 5m)

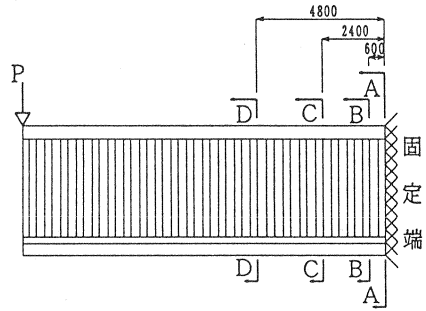


図-4 検討断面位置

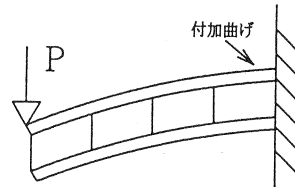


図-5 付加曲げの概念図

### 3. 付加曲げ

図-1と同じ解析モデルを用いて、固定端付近の軸方向ひずみを調べることでより床版に生じる付加曲げひずみを求めた(図-5)。断面内の高さ方向分布を図-6に示す。ここで得られた橋軸方向ひずみ分布を、はり理論による曲げひずみと局部的に発生した付加曲げによるひずみに分解することで求めることとした。

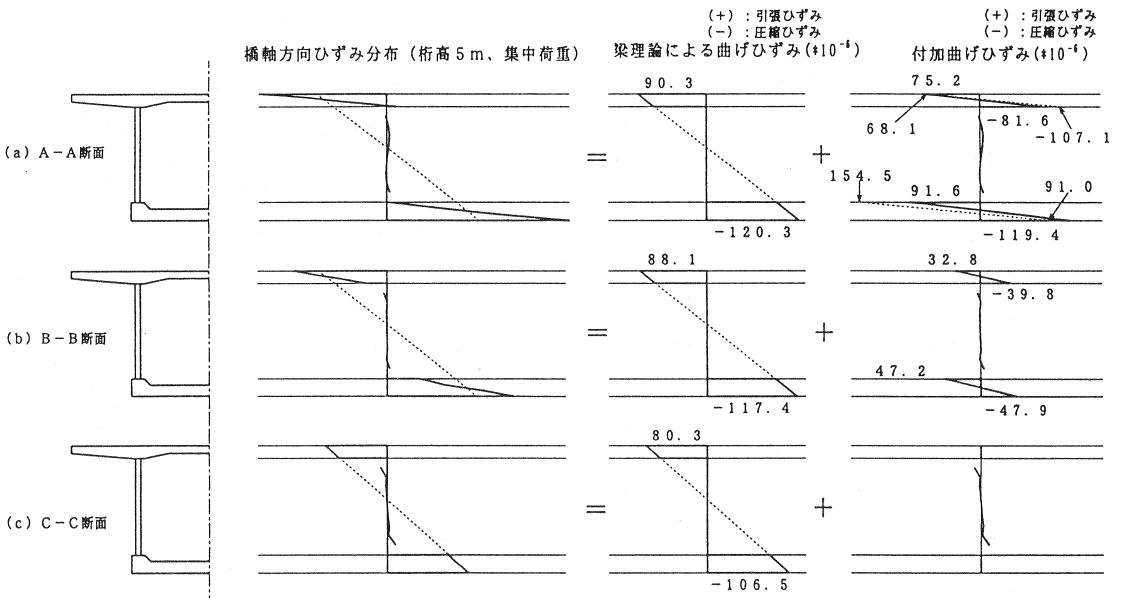


図-6 固定端付近の橋軸方向ひずみ分布

この結果から以下のようなことがわかる。

- ① 波形鋼板ウェブに軸方向ひずみはほとんど発生していない。
- ② 桁高の1/2程度離れたC-C断面では梁理論による結果とよく一致し、ほぼ平面保持の法則が成り立っている。
- ③ 固定端付近で特に顕著に付加曲げ応力が局部的に発生している。

この付加曲げにより生じる曲げモーメントを算定する式が、山崎ら<sup>4)</sup>によって提案されている。これをひずみに換算して同図中(図-6(a))A-A断面の付加曲げひずみの図中の点線)にプロットすると、本解析結果とよく一致する結果となった。

また、より詳しくこの付近の状態を調べるため、図-7に示すように固定側支点部に、実橋にある横桁を設けたモデルに改良した。このモデルを用い、A-A断面でのひずみ分布を図-8に示す。同じ位置でのひずみ分布である図-6(a)と比較すると、大きく低減されていることがわかる。付加曲げによるひずみは梁理論による曲げひずみの20~30%程度生じている。

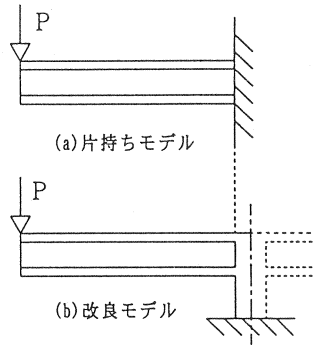


図-7 改良モデル

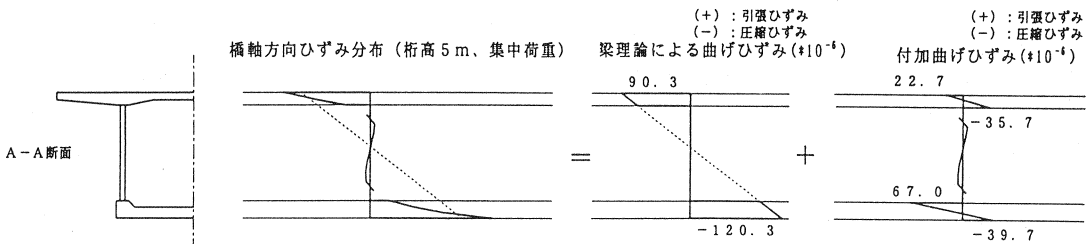


図-8 支点部に横桁を配置した時の橋軸方向ひずみ分布(固定端)

#### 4. まとめ

本研究では波形鋼板ウェブ橋において、床版コンクリートと波形鋼板ウェブのせん断力の分担率を求めることができた。等桁高であれば、せん断力は波形鋼板ウェブですべて受け持つという従来の設計法は安全側であり、適切なものであるといえる。一方、桁高変化がある場合にも、波形鋼板ウェブを設計する際のせん断力を道示Ⅲの部材の有効高の変化を考慮する式により低減すれば適切であるといえる。また中間支点部では、床版に局部的に大きな引張応力が生じ得るが、横桁の配置によって十分低減されることがわかった。

#### 参考文献

- 1) 加藤, 谷口, 依田, 佐藤: 本谷橋(波形鋼板ウェブPC箱桁橋)の模型実験, 第7回PCシンポジウム論文集, 1997.10
- 2) 花田, 加藤, 高橋, 山崎: 波形鋼板ウェブPC箱桁「松の木7号橋」の模型実験, 第5回PCシンポジウム論文集, 1995.10
- 3) Jacques Combault (大浦隆訳): ショール近くのモ-プレ高架橋, プレストレストコンクリート, Vol. 34, No. 1, PC技術協会, pp. 63-71, 1992
- 4) 山崎, 内田, 御子柴: 波形鋼板ウェブのせん断変形を考慮したコンクリートスラブの設計法の提案, 第8回PCシンポジウム論文集, 1998.10