

(1) 本谷橋(波形鋼板ウェブPC箱桁橋)の横方向性状に関する実験的研究

日本道路公団	名古屋建設局	白鳥工事事務所	古田 公夫
日本道路公団	名古屋建設局	構造技術課	水口 和之
(株)ピー・エス	本 社	土木技術部	正会員 佐藤 幸一
	同 上		正会員 ○花房 禎三郎

1. はじめに

本谷橋は波形鋼板ウェブPC3径間連続ラーメン橋である。特徴としては施工の合理化、主桁自重の軽減、波形鋼板の高いせん断座屈強度等がある。波形鋼板ウェブPC橋は、従来のPC橋に比べウェブの横方向剛性が小さいため、床版支間の曲げモーメントがコンクリートウェブに比べ大きくなると考えられる。本谷橋の横方向の設計では、道路橋示方書Ⅲ(以下道示)5.5.1による床版支間曲げモーメントを、従来のPC橋では単純版の80%としているのに対し、フレーム解析により10%割増して90%としている。本研究では、模型桁による床版載荷実験とFEM解析の比較により、以下の手順で床版部の性状を検討するものである。

- ①床版載荷試験とFEM解析による床版の横方向性状および破壊耐力の検討
- ②床版載荷試験とFEM解析によるFEM解析モデルの妥当性の確認
- ③FEM解析による床版支間曲げモーメントの比較検討

2. 概要

2. 1 供試体

供試体は、曲げ実験に用いた本谷橋の中央径間中央部の1/2スケール模型体を使用した。実験全体図を図-1に供試体断面図を図-2に示す。

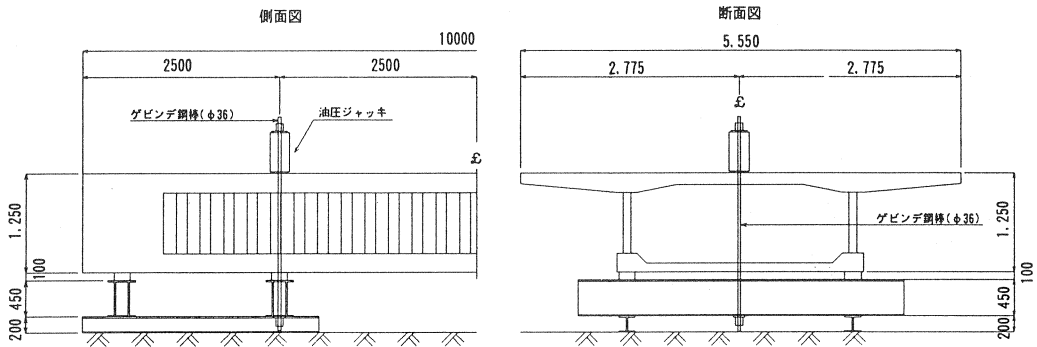


図-1 実験全体図

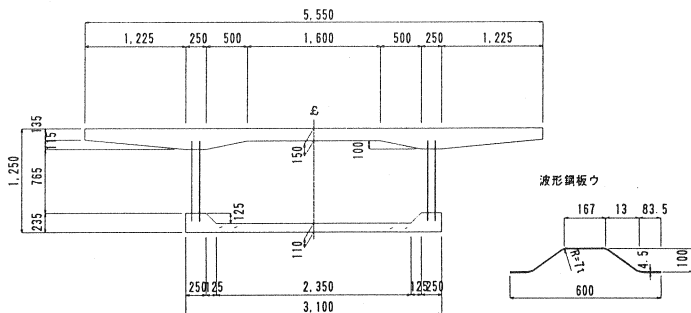


図-2 供試体断面図

① 荷重方法

荷重位置は桁端部より2.5mで床版支間中央部とした。
 荷重ピッチは2.5tfとし、破壊するまで荷重した。

② 使用材料

使用材料の設計値と実測値の物性を表-1に示す。

③ 計測方法

計測間隔は荷重ピッチごととし、計測内容は荷重、変位、コンクリートひずみ、鋼板ひずみ、接合部角度である。計測番号とその位置を図-3に示す。

表-1 使用材料 (単位: kgf/cm²)

		設計値	実測値
コンクリート	σ_{c28}	400	450
	E	3.1×10^5	2.8×10^5
鉄筋 (SD345)	σ_u	5000	5650
	σ_y	3500	4200
	E	2.1×10^5	2.1×10^5
波形鋼板 (SM490)	σ_u	5000	5450
	σ_y	3300	4300
	E	2.1×10^5	2.1×10^5

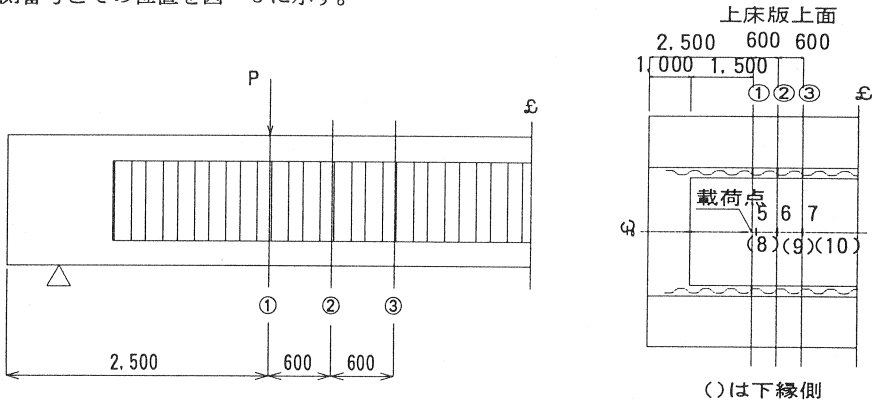


図-3 計測位置

2. 2 FEM解析

FEM解析では床版荷重試験モデルと、床版の性状を比較するため3ケースの床版解析モデル(波形ウェブモデル、コンクリートウェブモデル、単純版モデル)を用いた。

2. 2. 1 床版荷重試験モデル

① 解析モデル

解析モデルを図-4に断面を図-5に示す。モデル化には板要素を用いウェブの波形形状を表した。解析は線形静解析を行った。なお、コンクリート床版と波形鋼板ウェブとの接合部は剛結としている。

② 荷重条件

荷重は、模型体荷重位置と同じ位置の節点に集中荷重 ($P=10tf$) で荷重した。

③ 材料条件

コンクリート、および波形鋼板の物性には、表-1の実測値を入力した。

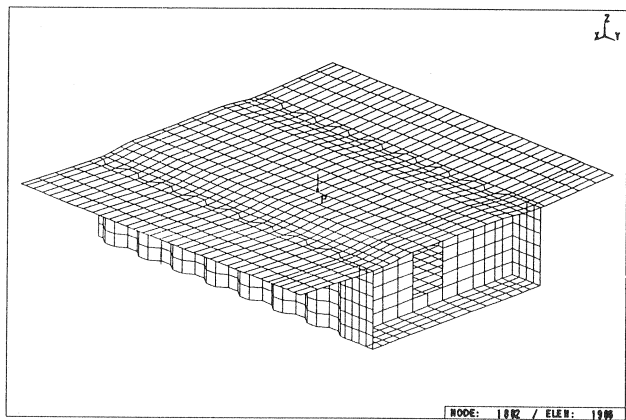


図-4 床版荷重試験解析モデル

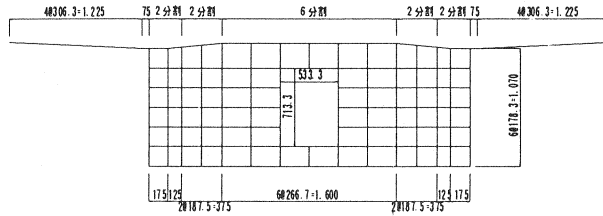


図-5 床版載荷試験モデル断面

2. 2. 2 床版解析モデル

①解析モデル

床版解析モデルは、床版の挙動のみを比較するため、載荷試験モデルより横桁をなくしている。コンクリートウェブモデルについてはウェブ形状をストレートにし、厚さは40cmとして解析を行った。各解析モデルを図-7に示す。

②荷重条件

荷重はT荷重とし、床版支間中央に最大曲げモーメントが発生するように床版支間方向に2組載荷した。載荷位置図を図-6示す。

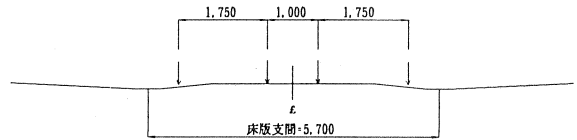


図-6 T荷重載荷位置図

③材料条件

コンクリート、および波形鋼板の物性には、表-1の設計値を入力した。

③拘束条件

ウェブ直下の節点に対し、単純支持となるよう鉛直変位および鉛直軸まわりの不要回転自由度を拘束する。

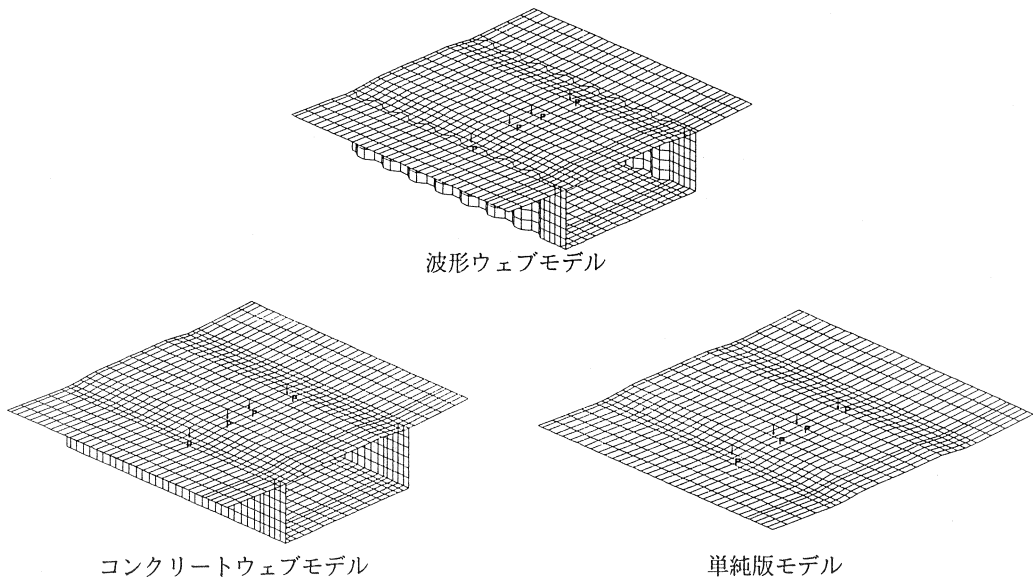


図-7 床版解析モデル（3ケース）

3. 実験および解析結果

3. 1 床版載荷実験結果

破壊に至るまでの過程を表-2に示す。ひび割れ発生荷重は設計荷重7.23tfの約2~3倍であった。また最終破壊形態は押し抜きせん断破壊であり、その時の荷重は55tfであった。なお、設計荷重は、供試体の上床版支間中央下縁ひずみが、本谷橋の床版の設計支間曲げモーメント(単純版の90%)によるひずみと同じとなる荷重とした。

破壊状況を写真-1、および写真-2に示す。

表-2 破壊に至るまでの過程

載荷荷重	桁の外観状況
7.23tf(設計荷重)	変化なし
15tf~20tf	床版下面にひびわれ発生
55tf	押し抜きせん断により破壊

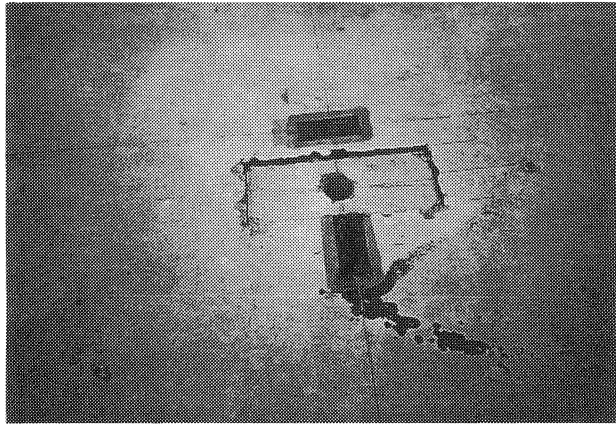


写真-1 破壊状況(床版上面)

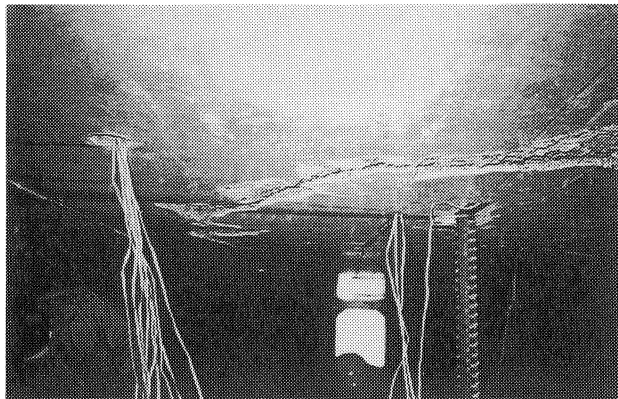


写真-2 破壊状況(床版下面)

3. 2 実験結果とFEM解析の比較

(1) 荷重と変位

床版支間中央部の荷重と変位の関係を図-8に示す。上床版下縁にひび割れの発生した載荷荷重20tf付近までは線形挙動を示しており、実験値とFEM解析値はよく一致している。

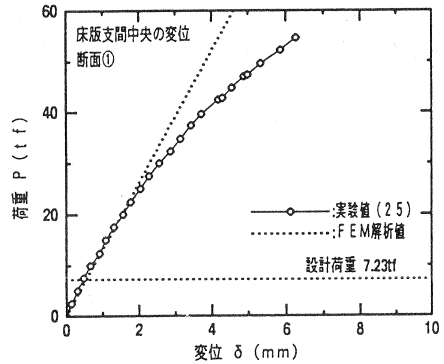


図-8 荷重-変位

(2) 上床版ひずみ

床版支間方向(橋軸直角方向)の上床版上縁のひずみを図-9に下縁のひずみを図-10に示す。線形範囲内で、実験値と解析値とはよく一致している。床版下縁ひずみは、各計測位置とも250 μ 程度までは線形挙動を示しており、それ以降大きく変化していることから、始めに載荷点部の下縁コンクリートが250 μ 付近でひび割れが発生したと思われる。これに対し、コンクリート標準示方書による供試体のひび割れ発生限界ひずみは100 μ であり十分な余裕があった

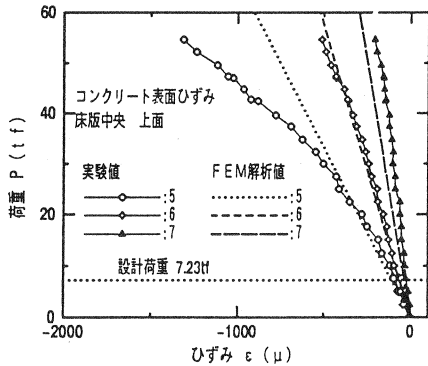


図-9 上床版上縁ひずみ

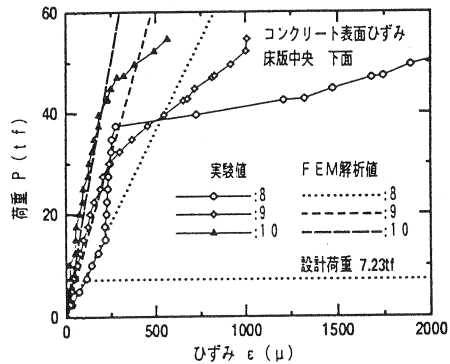


図-10 上床版下縁ひずみ

(3) 波形鋼板ひずみ

波形鋼板ウェブの鉛直方向ひずみを図-11に示す。最終荷重までほぼ線形性を保っている。計測位置は①断面の接合部付近の外・内面であり、ここは波型形状が入っているところであり、両方の値が圧縮側となっているのがわかる。実験値とFEM解析値はほぼ一致している。

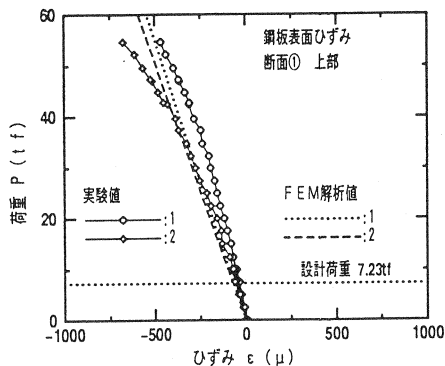


図-11 波形鋼板鉛直ひずみ

3. FEM解析による波形鋼板ウェブ橋と従来のPC箱桁橋の比較

床版載荷試験モデルのFEM解析値が実験結果とよく一致したことから、このモデルを基にして、波形鋼板ウェブ箱桁、従来のPC箱桁(コンクリートウェブ)、および単純版の3ケースで床版支間曲げモーメントをFEM解析により比較した。また同様に、道示式によって算出した結果とFEM解析結果を比較した。FEM解析ではT荷重を支間中央に最大曲げモーメントが発生するように載荷した。道示式には衝撃が含まれるため、FEM解析結果に衝撃係数を乗じている。このときの、床版支間方向の床版支間曲げモーメントの解析結果比較を表-3に示す。

表-3 床版支間曲げモーメントの比較(単位: kgf・m/m)

		波形ウェブ橋 (連続版)	PC箱桁橋 (連続版)	単純版
①	FEM解析	4626.2	3527.3	6271.2
②	道示式	単純版の90%(本谷橋) 8075.3	単純版の80% 7178.1	(0.12 ℓ +0.07)P 8972.6
	②/①	1.75	2.03	1.43

※道示式 $\ell=5.7\text{m}$ 、 $P=10,000\text{ kgf}$ で算出

※FEM解析結果には衝撃係数 $i=1+20/(50+\ell)=1.36$ を乗じた

各ケースとも道示の式と比較して安全率(②/①)は高くなっているが、これは箱桁断面であること、床版支間長が長いといった理由が考えられる。波形ウェブ橋のFEM解析結果は単純版とPC箱桁橋のほぼ中間に相当していることから、本谷橋において設計曲げモーメントをPC箱桁橋に対して割増したのは妥当といえる。

4. まとめ

- ①床版載荷実験の結果とFEM解析の結果はよく一致しており、ウェブと床版を剛結とし、平面要素を用いたFEM解析は妥当である。
- ②今回の静的載荷試験の範囲では、実験値とFEM解析値がよく一致したことから、埋込み接合部は剛結と考えてよい。
- ③FEM解析の結果、波形鋼板ウェブPC構造の床版支間の曲げモーメントは、従来のPC橋より大きくなり、FEM解析結果の比較によると単純版とPC箱桁橋のほぼ中間であった。
- ④波形鋼板ウェブ構造の床版支間部の曲げモーメントは、従来のPC橋より大きくなるため、現時点では床版の設計において割増しを考慮する必要があると思われる。
- ⑤今回は静的載荷試験に基づいた検討であり、ウェブの埋込み接合を含めた波形鋼板ウェブ構造の床版の耐久性・安全性の評価については、さらに疲労試験等により検討する必要がある。

[参考文献]

- 1) 加藤、谷口、依田、佐藤: 本谷橋(波形ウェブPC箱桁橋)の模型実験、第7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、pp741~746、平成9年10月