

コンクリート床版付き波形鋼板ウェブ試験体の起振機振動実験

日本道路公団	正会員	垂水 祐二 ^{*1}	正会員	青木 圭一 ^{*1}
鹿島建設	正会員	山野辺 慎一 ^{*2}	正会員	沖見 芳秀 ^{*2}
矢作川橋(PC・鋼複合上部工)西工事JV			正会員	山内 明夫 ^{*2}

1. はじめに

波形鋼板ウェブを用いた PC 橋の長大化に伴い、耐震・耐風安全性を確保するためには、動的特性の評価が重要となる。本研究では、桁長 12.2m の PC 床版付き波形鋼板ウェブ試験体を用いて、振動特性の把握を目的とした起振機実験を行い、梁モデルによる解析と比較することで、解析方法の妥当性について検討した。

2. 実験と解析の方法

試験体¹⁾の波形形状は、波長を実橋の約 1/4 縮尺に相当する 400mm とし、波高は 30mm、ウェブ高さは 1,200mm である。図-1 に示すように、単純支持(1 方ピン-他方ピンローラ)した試験体支間中央において、鉛直方向加振によってウェブに対する面内振動モードを、水平方向加振によって面外振動モードの振動特性を計測した。加振には電磁式起振機を用い、起振力は全加振振動数帯域において 1,800N とした。また、各共振点において起振機を停止した後の自由減衰波形から、減衰定数を求めた。

解析は、梁要素による有限要素法²⁾を適用した。要素を試験体断面の図心位置に配置し、各要素の軸剛性とねじり剛性は PC 床版のみを、曲げ剛性は PC 床版と鋼フランジを考慮した。面内モデルでは、せん断変形は波形鋼板のみに生じ、断面内のせん断力はすべて波形鋼板が負担すると仮定して、せん断剛性を考慮した。

3. 振動特性の比較

実験での卓越振動数を固有値解析と比較して表-1 に示す。図-2 の面内加振の共振曲線では、参考のため、せん断変形を考慮しない要素による解析結果(減衰定数はひずみエネルギー比例型減衰で 0.02 とした)も示した。振動数は、低次においては梁モデルによる固有値解析結果とよく一致しているが、鋼板ウェブの変形の影響を無視することはできず、要素の剛性マトリックスではせん断変形を考慮する必要があることが分かる。

面内モードにおけるせん断分担率の影響を調べるため、別途、床版と波形ウェブを詳細に 3 次元要素でモデル化した解析により、自重や面内の各振動モードでの変形状態におけるせん断分担率を求めた結果を、図-4 に示す。せん断分担率は、変形状態により 70～85% 程度の範囲にある。これによる固有振動数の変化を見るために、せん断分担率を変化させた場合の各次の振動数の変化を見たものが、図-5 である。せん断分担率の影響は比較的大きいものの、変形状態による違いの範囲では、振動数に与える影響が小さいことがわかる。

一方、図-2, 3 の高次モードにおいては、実験値と解析値とで多少の差があり、こうした高次モードでは PC 床版と波形鋼板ウェブをそれぞれ別々にモデル化する必要があると考えられた。

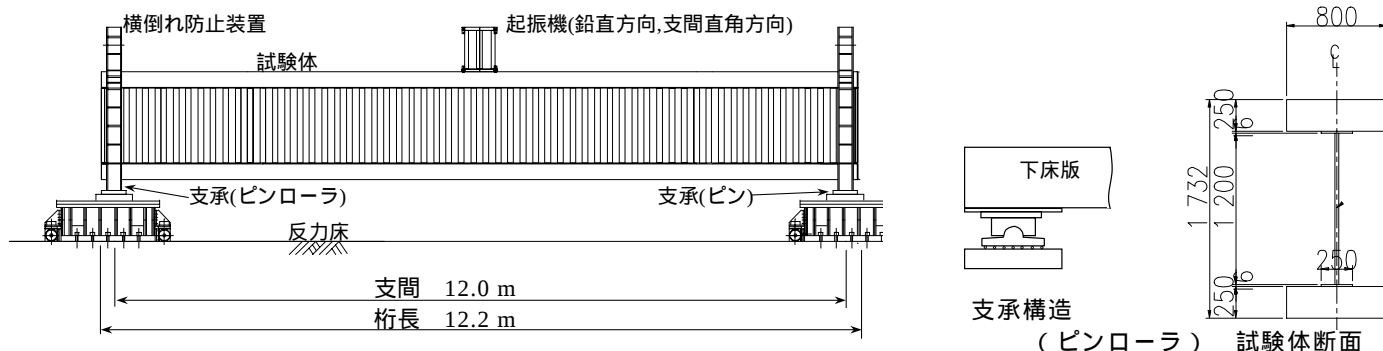


図-1 振動実験の概要

キーワード：波形鋼板ウェブ，振動実験，FEM 解析

連絡先 *1 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 2-18-19

*2 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1

TEL054-222-1699 FAX052-232-3719

TEL 0424-89-7062 FAX 0424-89-7078

表-1 固有振動数の比較

加振方向	実験結果			解析結果	
	モード形状	固有振動数	減衰定数 *	固有振動数	有効質量比
鉛直方向 (ウェブ面内方向)	曲げ対称 1 次	18.1 Hz	0.0146 (0.0167)	16.8 Hz	0.779
	曲げ対称 2 次	71.5 Hz	0.0233 (0.0220)	61.4 Hz	0.086
水平方向 (ウェブ面外方向)	面外たわみ対称 1 次	8.8 Hz	0.0276 (0.0254)	8.4 Hz	0.779
	ねじれ対称 1 次	15.0 Hz	0.0188 (0.0168)	14.3 Hz	0.000

*減衰定数は共振曲線からハーフパワー法による値。()内は自由振動減衰による値

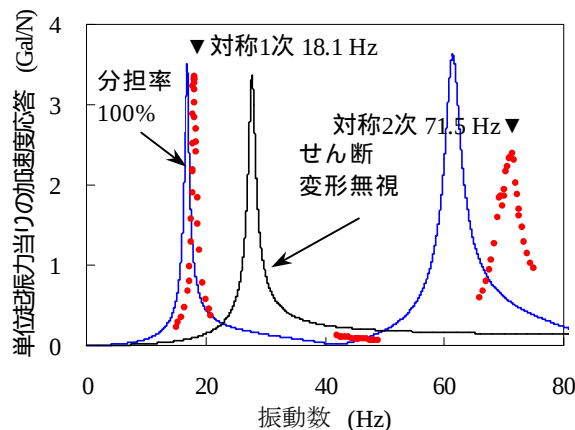


図-2 共振曲線（面内加振）

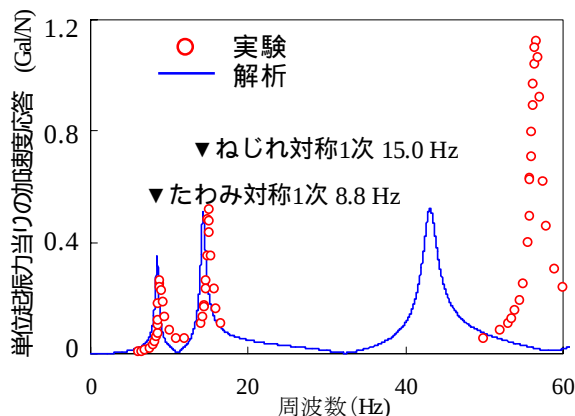


図-3 共振曲線（面外加振）

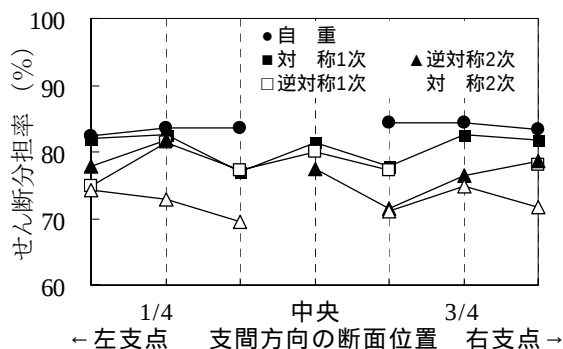


図-4 各変形形状におけるせん断分担率

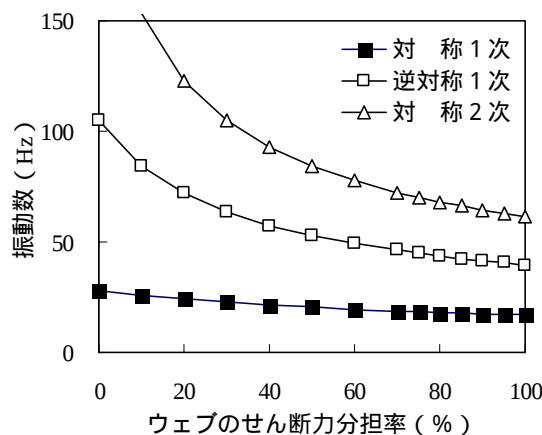


図-5 分担率の変化による固有振動数の変化

参考までに、面内振動の1次と2次モードの減衰定数から、梁(PC床版と波形鋼板ウェブ)の等価減衰定数を逆算した。その際、実験では支承位置で有意な変位が生じていたため、静的に鉛直荷重を作用させた時の支承反力-沈下関係の初期勾配に相当する支承部のバネを考慮した。歪エネルギー比例型減衰を仮定し、試験体と支承バネの等価減衰定数を求めると、せん断分担率75%において、それぞれ、0.011と0.125であった。試験体としての値ではあるが、波形鋼板ウェブPC桁の等価減衰定数は0.01程度であるといえる。

4. ま と め

波形鋼板ウェブPC主桁のモデル化の方法としては、梁モデル以外に、ウェブに直交異方性シェル要素を用いる方法、あるいは、シェル要素を用いてウェブを波形にモデル化する方法なども考えられるが、耐震・耐風で重要となる低次モードについては、ウェブのせん断変形を適切に考慮すれば、梁モデルが十分な精度で適用できることがわかった。

本検討は、(財)高速道路技術センターの「波形鋼板ウェブを有する鋼コンクリート複合構造橋梁の長支間化に伴う技術検討(委員長:渡辺英一京都大学教授)」の指導のもとに行われたものである。また、実験の実施にあたり、NKK基盤技術研究所の協力を得た。関係各位に感謝の意を表します。

[参考文献] 1) 垂水他：波形鋼板ウェブPC橋の軸力と曲げモーメントに対する設計に関する検討,土木学会年次学術講演会, 2002.10, 2) 沖見他：複合非線形フレーム解析システムの開発,土木学会誌, Vol.80, 1995