

## 波形鋼板ウェブエクストラードP C箱桁橋の振動特性

三井住友建設(株) 技術研究所 ○ 正会員 高木康宏 同左 正会員 藤田 学  
技術部 正会員 益子博志 P C設計部 正会員 飯島基裕

### 1. はじめに

日見橋は、九州横断自動車道長崎大分線の起点として、長崎 IC から 4km に位置し、中央支間長 180m を有する国内でも最大級の 3 径間連続エクストラード橋である。また、本橋は、主桁構造に波形鋼板ウェブを吊り構造に採用した世界初の橋梁である。本構造形式により、さらなる支間の長大化が可能となることから、今後の耐震および耐風設計においてその振動特性を把握することは非常に重要となる。また、完成直後の振動特性を把握することは、今後の供用中の維持管理を行う上でも重要である。そこで、面内曲げの固有振動数および減衰定数などの振動特性を把握することを目的として、車両踏台落下法による振動実験を行った。

### 2. 実験方法

図-1 に車両落下位置および加速度計位置を示す。本橋では、車両踏台落下法および常時微動による振動計測を行った。車両は 10t クレーン（車両重量 12.8t）を使用し、20cm の高さから前輪を落下させた。落下位置は、面内振動モードを励起させるため、中央支間の L/2 および P2 橋脚から L/4 の 2 箇所とし、それぞれ、ねじれが生じないよう幅員の中央とした。車両落下実験による減衰定数は自由減衰法により、各モードの最大振幅点位置の加速度波形より算出した。

### 3. 固有値解析結果

表-1 に示すように 2 次元ファイバーモデルによる固有値解析を実施した。モデル断面は実験時の状態を再現し、主桁のせん断変形に関しては波形鋼板ウェブによる変形量も考慮した。また、実験時の主桁および主塔コンクリートの弾性係数は材齢 28 日材料試験値から推定した。本実験による加振力では主桁の振幅は微小であり、また、落橋防止装置、上陽力防止装置および橋軸直角方向移動制御装置等による拘束もあることから、ゴム支承の変形が非常に小さいものと推察される。そこで、ゴム支承の支持条件によるパラメーター解析を行った。同時に波形鋼板のせ

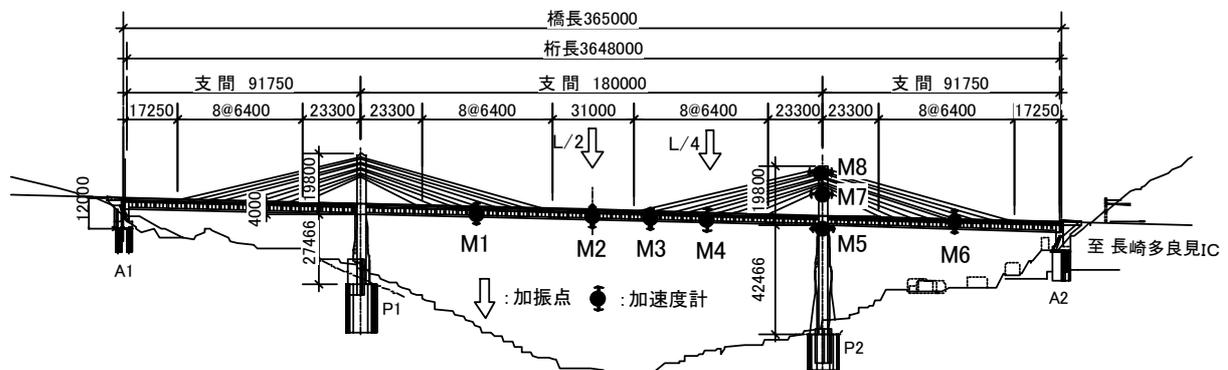


図-1 加振点・加速度計位置

表-1 解析結果

解析 case	波形鋼板のせん断変形	両桁端		対称 1 次			逆対称 1 次		
		水平	回転	振動数 (Hz)	有効質量比(%)		振動数 (Hz)	有効質量比(%)	
					橋軸	鉛直		橋軸	鉛直
1	考慮	free	free	0.70	1.09	11.34	0.95	55.61	0.31
2	考慮	fix	free	<b>0.71</b>	<b>0.01</b>	<b>11.93</b>	<b>1.49</b>	<b>0.01</b>	<b>0.25</b>
3	考慮	fix	fix	0.72	0.01	14.10	1.63	0.08	0.01
4	無視	free	free	0.70	1.14	11.33	0.96	56.20	0.32

キーワード：波形鋼板，エクストラード橋，振動実験，固有値解析

〒329-0432 栃木県河内郡南河内町仁良川 1750 TEL 0285-48-2611 FAX 0285-48-2655

せん断変形を無視した解析も行った。

その結果、面内曲げ1次モードに対称1次、2次モードに逆対称1次のモード形状を示し、鉛直方向の有効質量比はいずれの解析ケースにおいても同程度の値を示した。また、波形鋼板のせん断変形の有無による固有振動数の差異は小さかった。これは、既往の研究<sup>1)</sup>と同様に、高次ほどせん断スパン長が短くなり、その影響が大きくなるものの、低次ではその影響が小さいためであると考えられる。

4. 実験結果

表-2 に実験結果、図-2 に周波数分析結果の一例（図-1 内の加速度計 M4）、図-3 に固有振動モードを示す。固有振動数は両桁端をピン構造とした case2 と非常に良く整合した。これより、実験時は微小振幅であったため、ゴム支承の橋軸方向変形量は非常に小さかったものと推察される。また、モード形状およびその次数も解析と一致した。これより、適切にモデル化することで実験結果を再現することが可能であると考えられる。

5. 他橋梁との比較

図-4 に他の橋梁<sup>1)</sup>との基本振動数比較、図-5 に減衰定数比較を示す。図内にはそれぞれ車両落下実験の最低次数の値を示す。他の橋梁とは PC 橋が 11 橋、波形鋼板ウェブ PC 橋が 5 橋、エクストラード PC 橋が 3 橋である。なお、図-4 に既往の研究<sup>2,3)</sup>より基本振動数と最大支間の相関式を、図-5 に斜張橋の振動実験データから導出した主塔曲げ変形の有無による固有振動数と減衰定数の相関式<sup>4)</sup>を示す。

本橋の基本振動数は既往の相関式の間中に位置しており、同支間規模の既設橋梁と同程度の値を示していると言える。また、減衰定数においても、他のエクストラード橋と同程度の値を示した。エクストラード橋のデータ数は極めて少ないものの、いずれも斜張橋の主塔曲げ変形ありの相関式と良く整合した。

6. まとめ

- ①実橋の材料特性、波形鋼板のせん断変形および桁端の支持条件を考慮した解析を行った結果、振動実験で得られた固有振動数と非常に良く整合した。
- ②基本振動数は、同支間規模の PC 橋およびエクストラード PC 橋と同程度の値を示した。
- ③対称1次モードの減衰定数は 0.007、逆対称モードでは 0.004 であった。対称1次モードの減衰定数は、他のエクストラード橋の最低次数のものと同程度の値を示した。

参考文献

1)角谷務・青木圭一・山野辺慎一・吉川卓・立神久雄：波形鋼板ウェブ橋の振動特性 その2－振動解析－，プレストレストコンクリート，pp35-43, Vol.45, No.3, 2003.3  
 2)加藤雅史・島田静夫：橋梁実測振動特性の統計解析，土木学会論文報告集，No.311, pp.49-58, 1981.7  
 3)日本道路協会：道路橋耐風設計便覧，1981.7  
 4)竹田哲夫，山野辺慎一，新原雄二：実測データに基づくPC斜張橋の減衰特性について，土木学会論文集，No.626, I-48, pp.147-161, 1997.7

表-2 振動実験結果

次数	モード	車両落下		常時微動
		振動数	減衰定数	振動数
1	対称1次	0.73Hz	0.007	0.72Hz
2	逆対称1次	1.48Hz	0.004	1.49Hz

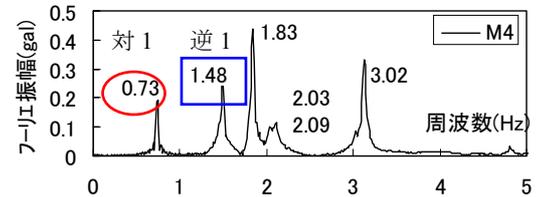
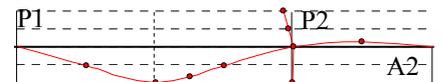


図-2 周波数分析結果



(a)対称1次モード



(b)逆対称1次モード

図-3 固有振動モード

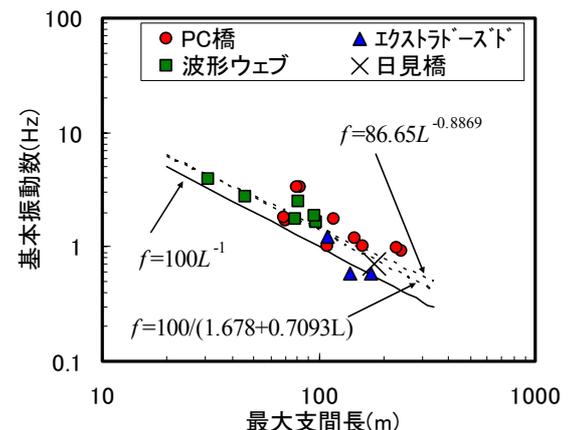


図-4 基本振動数比較

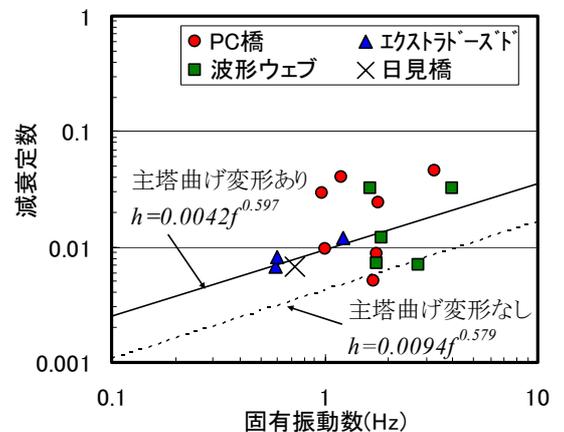


図-5 減衰定数比較