

波形鋼板ウェブを有する5径間連続PC箱桁橋の振動特性

ドーピー建設工業（株） 正会員 立神久雄
金沢大学工学部 正会員 梶川康男
金沢大学大学院 ○福岡幸治

1. まえがき

波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋とは、上床版と下床版にコンクリートを、ウェブ部材に波形鋼板を用いた合成構造である。本橋梁形式は、一般的な PC 橋に比べ自重を 25% 程度軽減できるだけでなく、プレストレス導入効果についても優れており、PC 構造として合理的な合成構造といえる。

波形鋼板ウェブにはコンクリート製

ウェブとは異なり PC ケーブルを通すことが出来ないため、ケーブルを箱桁内に配置する外ケーブル方式を採用している。外ケーブル方式は、施工性と経済性で多くの利点を持っているが、その反面、固有の問題として PC ケーブルの振動とそれに伴う定着部での疲労などが考えられ、振動についての検証が必要とされる。

また、本形式橋梁の実橋の動的挙動については、ほとんど研究されていないのが現状である。そこで本研究では、建設当時、日本国内では 2 橋目であった、波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋（秋田県の銀山御幸橋）を対象として、車両が走行した際の橋体の固有振動特性、波形鋼板の挙動、外ケーブルの振動特性を把握するために以下に示す振動実験を行った。

2. 振動実験の概要

本橋は、5 径間連続波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋で、橋長 210.0m、支間長 27.4m+3×45.5m+44.9m を有した、連続桁としては国内で初めての道路橋である（図-1 参照）。

振動実験は、橋体完成直後（実験 1）、橋面（舗装、地覆、高欄）完成直後（実験 2）、および供用 2 年後（実験 3）の 3 回に渡り行った。計測器としてサーボ型加速度計、サーボ型速度計、圧電型加速度計および変位計を図-2 に示すように配置し、①既知重量（194.53 kN）の大型ダンブトラックを実験車両として用いて車両走行実験、②外ケーブルを人力によって加振して、加振後の自由減衰波形を計測した人力加振実験を行った。

3. 全体構造の振動特性

本実験と固有値解析から得られた、本橋の卓越振動数と減衰定数を表-1 に、振動モード図を図-3 に示す。減衰定数は、Half-power Method（Case1）と Filter 処理により直接読み取る方法（Case2）の 2 通りで求めた。Case1 の減衰定数は、少し大きめの値となったが、走行試験のデータ処理方法については、なお検討中である。また、面外の振動モードとしては、P3 橋脚の橋脚高が他の橋脚と比較して低いため、この P3 橋脚を節とした面外振動モードが最低次に出現した。

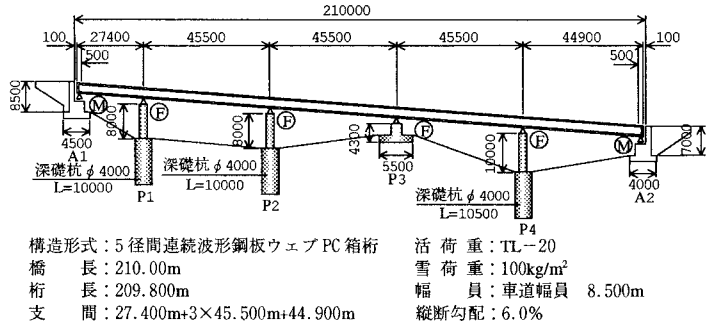


図-1 一般図と構造概要

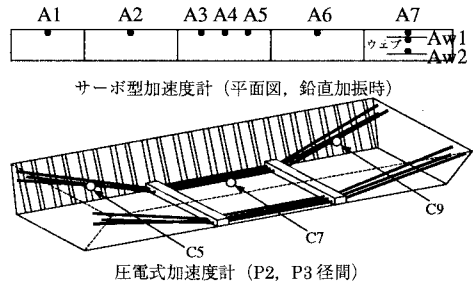


図-2 測点配置図

表-1 卓越振動数と減衰定数

次数	実験値			解析値	
	振動数 (Hz)	減衰定数			振動数 (Hz)
		Case1	Case2		
鉛直 1 次モード	2.998	0.0215	0.012	2.850	
鉛直 2 次モード	3.497	0.0240	0.011	3.420	
鉛直 3 次モード	4.401	0.0146		4.412	
鉛直 4 次モード	4.779	0.0114		4.732	
面外 1 次モード	1.891			2.233	

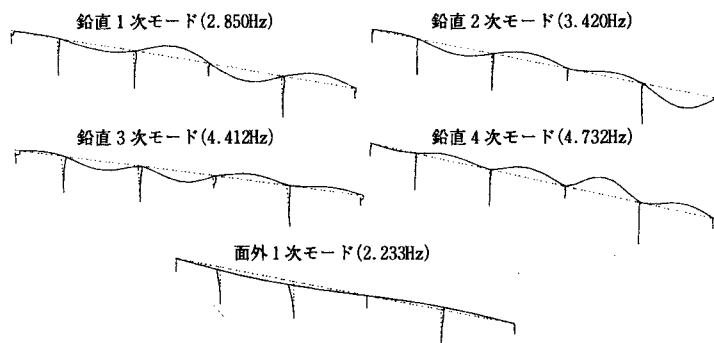


図-3 振動モード図

4. 波形鋼板ウェブの振動特性

試験車両が、走行速度 40km/h で走行した時の波形ウェブ（測点 Aw1, 図-2 参照）とその直上の床版上（測点 A7）の加速度波形とスペクトルを図-4 に示す。図-4 から加速度は床版上では 30~70gal, 波形ウェブでは床版上の 1/3 程度の 10~20gal となっており、車両走行により大きな振動は生じていない。

また加速度スペクトルを見ると、ほぼ床版上と同じ振動数の卓越が見られ、ウェブのみが、板厚方向などの面外に単独に振動するような挙動が全く生じていないことから、交通振動による接合部などの疲労の問題は無いと考えられる。唯一、床版上の鉛直方向で観測されていない、約 1.9Hz 前後に卓越振動数が見られるが、この振動数は、橋梁全体が橋軸直角水平方向に振動する振動モードと考えられ、図-3 に示した面外 1 次振動モードの可能性が高い。

5. 外ケーブルの振動特性

表-2 に、外ケーブルの固有振動数の解析値と実験値（橋体完成後）の比較を示す。また、図-5 に試験車両が走行した時の外ケーブルと、その直上の床版上の加速度波形とスペクトルをそれぞれ示す。

これより、外ケーブルは主桁とともに振動しているため、外ケーブルの測点 C7（図-2 参照）では、床版上で卓越している振動数と同様な卓越が見られた。さらに、このスペクトルからは、ケーブル固有の振動数の卓越が観測された。この振動数は、表-2 に示した解析値と比較的よく一致していた。

また、外ケーブルと主桁および車両の振動との共振の可能性が考えられているが、スペクトルを見る範囲では、共振の問題は発生していない。また、フィルタ処理により、外ケーブル固有の振動数による、加速度の振幅量を求めた結果（図-5 (c) 参照）大きな振幅で振動していないことがわかった。

参考文献 1) 近藤, 清水, 大浦, 服部: 波形鋼板ウェブを有する PC 橋—新開橋—, プレストレスコンクリート Vol.37, No.2, pp.69~78, 1995.3. 2) 水口, 芦塚, 古田, 大浦, 滝, 加藤: 本谷橋の設計と施工, 橋梁と基礎, Vol.32, No.9, pp.2~10, 1998.9.

表-2 外ケーブルの応答値

		C5	C7	C9
振動数 (Hz)	解析値	8.40	8.38	8.40
	実験値	8.77	8.52	8.98
減衰定数		0.00135	0.00172	0.00085
変位 (mm)	Max	1.12	1.45	1.21
	Min	-0.58	-0.73	-0.64
加速度 (gal)	Max	238	184	334
	Min	-74	-80	-133
局所応力 (kgf/mm ²)		0.0019	0.0030	0.0022

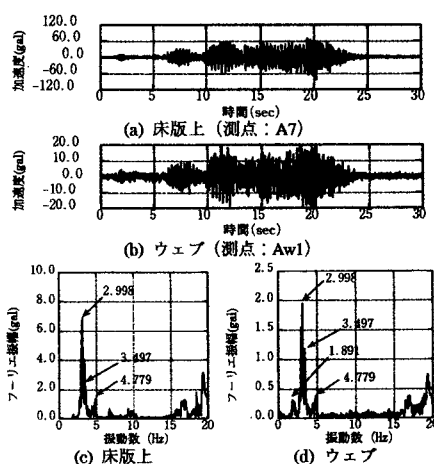


図-4 加速度波形とスペクトル

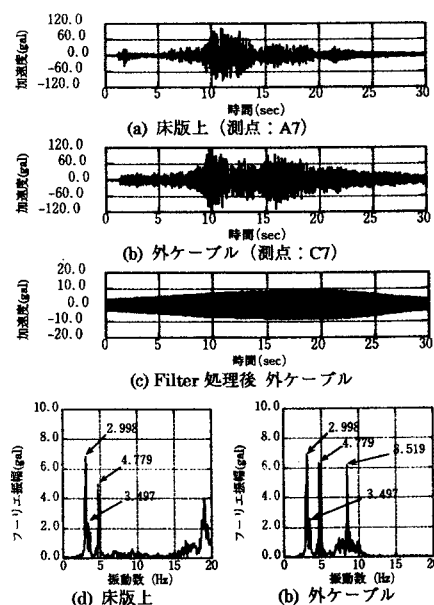


図-5 加速度波形とスペクトル