

パーク橋の振動特性

九州産業大学大学院 学生員○馬越一也 九州産業大学 正会員 水田洋司
 (株)構造技術センター 正会員 城 秀夫 極東工業(株) 正会員 柵田浩光

1. はじめに

本論文では、外ケーブルを有する歩行者専用吊床版橋(パーク橋)の振動実験と固有値解析を行い、その振動特性を明らかにしている。まず、外ケーブルと吊床版橋が連結されない状態で振動実験し、次に外ケーブルと吊床版橋が連結された状態で振動実験した。非連結、連結の状態は、吊材のターンバックルを緩めたり、締めたりすることで作り出した。固有値解析も2つの状態で実施し、固有振動数、固有モードの比較、実験値との比較検討を行った。振動実験にはサーボ型加速度計を用い、常時微動、自由振動、強制振動を計測した。計測した加速度波形はパソコンを用いて波形解析(分解能 25.0Hz)を行い、固有振動数、固有モードと減衰を求めた。

2. 振動実験

パーク橋は大分県速見郡山香町日指ダム湖周辺の公園内に架る吊床版橋である。図-1 に示すように、本橋の外側に外ケーブルとターンバックルを有する吊材を配置し、吊橋の機能を一部取り入れている。通常、外ケーブルと吊床版橋を連結する吊材のターンバックルは緩んでおり、連結されてない状態となっている。表-1 にパーク橋の諸元を示す。

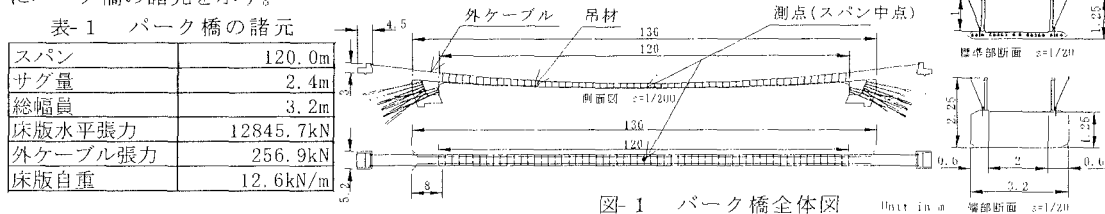


図-1 パーク橋全体図

振動実験は無荷重、無風状態での振動(常時微動)、スパン中点で成人男性2人(1.275kN)の屈伸、跳躍による人力加震後の振動(自由振動)、他岸に向かって成人男性1人(608N)が通常歩行(120m, 約0.56秒/歩)したときの振動(強制振動)を計測した。減衰は、常時微動ではハーフパワー法、自由振動では計測した波形の振幅比を用いて算出した。以下吊床版橋と外ケーブルを連結しない状態のモデルをmodel 1、吊材のターンバックルを締めて連結した状態のモデルをmodel 2とする。表-2 に示すようにmodel 1、model 2ともに、得られた加速度波形から求めた固有振動数に大きな変化は見られず、鉛直振動については減衰が大きくなっている。振動モードにもmodel 1、model 2の違いは見られなかった。図-2 に常時微動で得られたスパン中点での加速度波形を、図-3 にmodel 1の低次固有モードを示す。

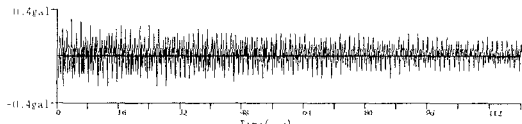


図-2 常時微動の加速度波形(スパン中点)

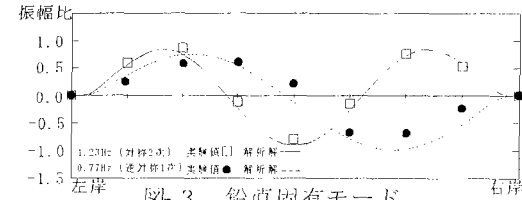


図-3 鉛直固有モード

表-2 各振動モードの固有振動数と減衰定数

実験値	model 1					model 2					備考
	常時微動		自由振動		強制振動	常時微動		自由振動			
	固有振動数 (Hz)	対数減衰率 (%)	固有振動数 (Hz)	対数減衰率 (%)		固有振動数 (Hz)	対数減衰率 (%)	固有振動数 (Hz)	対数減衰率 (%)		
鉛直振動	0.77	0.8	-	-	0.78 1.62	0.77	0.9	-	-	対称1次	
	0.79	0.8	0.78	0.1		-	-	0.78	0.5	逆対称1次	
	1.23	0.5	1.22	0.1		1.23	0.5	1.22	0.2	対称2次	
	1.64	-	1.61	-		1.62	-	1.61	0.2	逆対称2次	
面外水平 振動	0.95	0.7	-	-	0.95 1.65	0.95	0.8	-	-	対称1次	
	1.64	0.8	-	-		1.65	-	-	-	逆対称1次	
ねじり振動	1.61	0.4	1.61	0.4	-	-	-	-	-	対称1次	

3. 固有値解析

固有値解析に使用したソフトは九州産業大学構造工学研究室で開発したFortran用のもので回転慣性、モデルの幾何学非線形性も考慮している。解析モデルは両端固定の集中

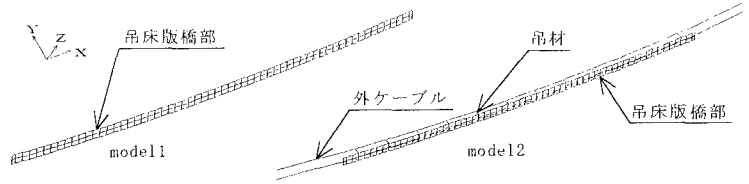


図-4 解析モデル

質量系3次元骨組構造として扱った。図-4に示すように解析モデルは実験時と同様に model 1 には外ケーブルを考慮せず、model 2 に初期軸力 0N の吊材で吊床版部と連結された外ケーブルをモデル化した。図中、X は橋軸方向、Y は鉛直方向、Z は面外水平方向であり、矢印の方向を正に採っている。model 1、model 2 について固有振動数、固有モード、刺激係数を算出した。固有振動数、刺激係数を表-3、低次振動の固有モードを図-5に示す。解析結果から両モデル

表-3 解析結果

解析値	model 1				model 2				備考
	固有振動数 (Hz)	X	Y	Z	固有振動数 (Hz)	X	Y	Z	
鉛直振動	1次	0.752	0.00	-11.58	0.763	0.00	-11.38	0.00	対称1次
	2次	0.893	0.91	0.00	0.813	0.92	0.00	0.00	逆対称1次
	3次	1.242	0.00	-5.95	1.264	0.00	5.96	0.00	対称2次
	4次	1.655	0.47	0.00	1.674	-0.48	0.00	0.00	逆対称2次
面外水平振動	1次	0.932	0.00	0.00	0.933	0.00	0.00	11.64	対称1次
	2次	2.414	0.00	0.00	2.412	0.00	0.00	0.00	逆対称1次
	3次	4.875	0.00	0.00	4.873	0.00	0.00	4.55	対称2次
	4次	7.725	0.00	0.00	7.724	0.00	0.00	0.00	逆対称2次
ねじり振動	1次	1.606	0.00	0.00	1.603	0.00	0.00	1.95	1次
	2次	3.013	0.00	0.00	3.002	0.00	0.00	0.00	2次
	3次	4.206	0.00	0.00	2.49	4.186	0.00	2.45	3次
	4次	5.704	0.00	0.00	5.674	0.00	0.00	0.00	4次
ケーブルの振動	1次	-	-	-	0.675	0.00	2.47	0.00	1次
	2次	-	-	-	0.679	0.00	0.00	-1.65	2次
	3次	-	-	-	1.209	0.00	0.00	0.00	3次

model 2 では外ケーブルのみが揺れる振動数が出てくる。

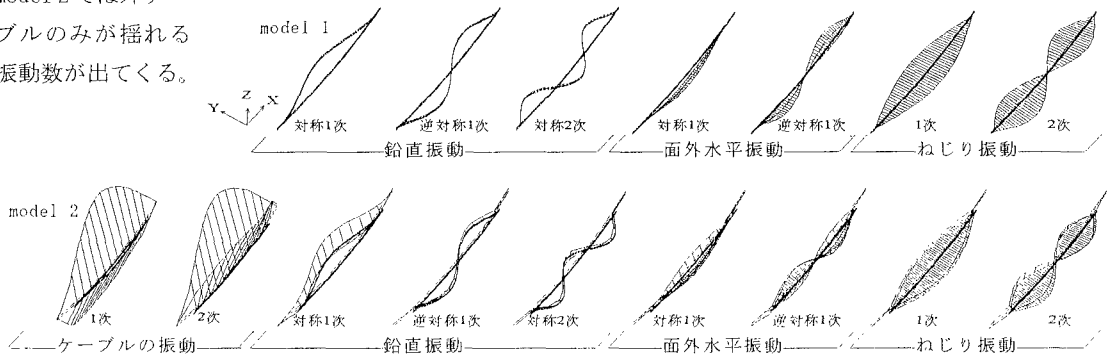


図-5 固有モード

4. 実験値と解析値の比較

表-4に実験値と解析値の固有振動数の比較をモデル別に示す。固有モードは図-3に示している。実験値と解析値の固有振動数は面外水平2次を除いて大きな違いは見られず、解析で得られた固有振動数、固有モードは十分な精度を期待できそうである。

表-4 実験値と解析値との比較

固有振動数 (Hz)	model 1		model 2	
	実験値	解析値	実験値	解析値
鉛直振動	0.77	0.7520	0.77	0.7633
	0.79	0.8026	-	0.8131
	1.23	1.2491	1.28	1.2642
	1.64	1.6554	1.62	1.6743
面外水平振動	0.95	0.9323	0.95	0.9334
	1.64	2.4141	1.65	2.4118
ねじり振動	1.61	1.6055	-	1.6034

5. 結論

外ケーブルと吊床版橋を吊材で結合した場合と結合しない場合の固有振動数、固有モードに大きな変化は見られないが、若干減衰が高くなった。これらのことから、外ケーブルが吊床版橋の固有振動数、固有モードに及ぼす影響はほとんどないと考えられる。外ケーブルによるエネルギー吸収効果は極めて小さいが、これは吊材のターンバックルを締めた数が少なかった(全吊材の1/5を締めた)ことにも一因があるかもしれない。

参考文献 (1) 水田洋司 他4名, 吊床版歩道橋の静的特性について, 九州橋梁・構造工学研究会, 土木構造・材料論文集第14号, pp. 55~60, 1998年12月。