

車両走行による中央方杖支持式ラーメン橋の振動特性

金沢大学大学院 学生員 ○深田 宰史

金沢大学工学部 正会員 梶川 康男

中部復建(株) 正会員 大場 邦弘

1. まえがき

本橋は、愛知県岡崎市郊外の丘陵地に架設され、立体交差する道路・河川等の地形、用地の制約、環境の保全や景観への配慮等の設計条件を満足させるために、中央の橋脚部（P1）で4方向の鋼製橋脚を全方向回転自由な1支点で支持した、中央方杖支持式連続鋼床版箱桁ラーメン橋となった。本橋は、従来の構造形式とは異なった新構造形式であるために、設計段階の動的解析において、橋軸および橋軸直角方向に振動するモードが卓越したことから、設計で仮定したモデルが妥当なものか確認することが必要であると考えた¹⁾。

そこで本研究では、車両を用いた振動実験を行い、本橋の振動特性を把握し、その結果から構造全体の解析モデルを作成して、車両走行による動的応答解析を行い実験値と比較した。本橋の一般図を図-1に示す。

2. 実験概要

本橋において、総重量約196kN（約20tf）の3軸ダンブトラック1台を用いて、衝撃加振試験および車両走行試験を行った。衝撃加振試験では、ポイント1、3、5（図-2参照）の山側の外側車線および海側の内側車線（計6箇所）において試験車の前軸を踏台から落下させた。また、車両走行試験では、走行位置（山側、海側の各内側、外側車線）や走行速度（20、40、60km/h）を変化させた。実験では、サーボ型速度計（加速度・速度・変位変換可能）を10個、サーボ型加速度計を8個使用して振動速度、加速度と、支承部の橋軸方向の変位を測定した。測点配置図と衝撃加振ポイントを図-2

図と衝撃加振ポイントを図-2に示す。

3. 解析モデル

解析モデルは、図-3に示すような立体骨組構造とし、上部構造の鋼床版は平板シェル要素とし、他の部材はすべて梁部材とした。質量は、地覆、舗装および片側に設けた歩道マウントアップ部の質量も考慮した。また、下部構造はコンクリート橋脚とフーチングを梁部材としてモデル化し、橋脚下端部の境界条件はフーチング下端で固定とした。解析ケースは、表-1に示すように、橋台部における端支点の拘束条件を可動とするか否か、片側に設けた歩道マウントアップ部や地覆の剛性を考慮するか否か、また、モード形状に及ぼす影響をみるために、歩道部の質量を幅員方向に均等に配分した場合（C4とC5で比較）や、ヒンジ支承部を固定とした場合（C5とC6で比較）の計6ケースで解析した。

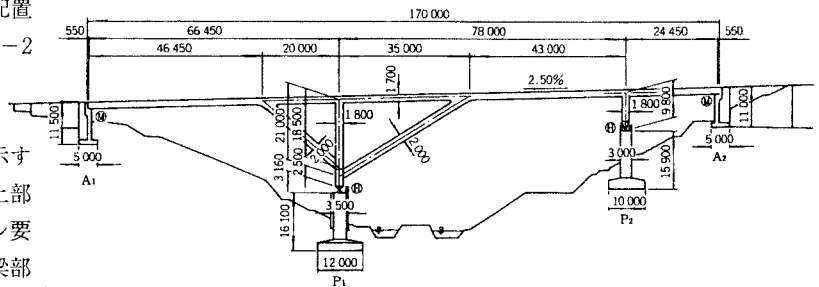


図-1 一般図

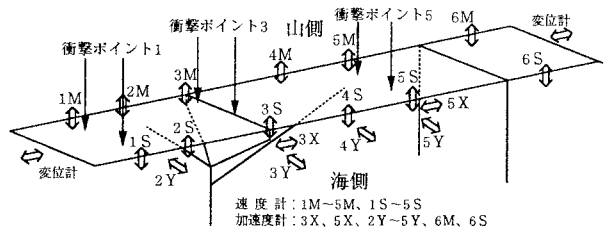


図-2 測点配置図

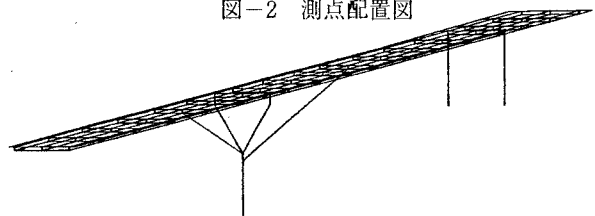


図-3 解析モデル図

4. 固有振動特性

表-1 に示した解析ケースによりサブスペース法を用いて固有値解析を行った。各解析ケースの固有振動数と実測の卓越振動数を表-2 に示す。また、比較として設計時のモデルにより得られた結果を同表に付記する¹⁾。さらに、振動モードの一例を図-4 に示す。これより本橋の場合には、モード形状を見てもわかるように、第1径間 (A1~P1) と第2径間 (P1~P2) において同位相または逆位相で曲げやねじれが連成し、さらに振動数が近接しているために、かなり複雑な振動性状となっており、解析ケース4 が実橋に最も近いといえる。

5. 車両走行時の振動特性

解析ケース4 のモデルを用いて車両走行による動的応答解析を行った。なお、3 次モード解析に用いた車両モデルは文献2) を参考にして3 軸の立体車両モデルを用いた。図-5(a)(b)に、試験車が海側の外側車線を走行速度 40km/h で走行した時の測点4 S (図-2 参照) の実験と解析の加速度波形をそれぞれ示す。また、そのスペクトルを図-6(a)(b)に示す。これより、実験値と解析値においては3次、4 次モードがともに励起し、特に海、山側の外側車線を走行した際には、実験、解析ともに第2径間 (P1~P2) において、4 次モードの励起が顕著にみられた。

6. まとめ

(1) 本橋では、第1 および第2 径間がともに同位相または逆位相で曲げおよびねじれ振動が連成し、さらに振動数が近接しているために、かなり複雑な振動性状になっている。

(2) 固有値解析および車両走行による応答解析から、本橋の振動実験により得られた値と比較的よい一致を示しており、本橋の橋脚まで含めた構造全体のモデル化について妥当性が確かめられた。

＜参考文献＞ 1)大場・田中・梶川：高隆寺大橋（中央方杖支持式ラーメン橋）の振動特性，橋梁交通振動に関するコロキウム論文集 PART B, pp.167-174, 1995.
2)山田・川谷：桁端補強工法による橋梁交通振動軽減の解析的研究，構造工学論文集, Vol.43A, pp.737-746, 1997.

表-1 解析ケース

		c1	c2	c3	c4	c5	c6
端支点拘束条件	可動	○	○				
	固定			○	○	○	○
歩道・地盤剛性	考慮	○		○			
	非考慮		○		○	○	○
歩道部質量	G3付加	○	○	○	○		
	均等配分					○	○
ヒンジ支承	ヒンジ	○	○	○	○	○	
	固定						○

表-2 卓越振動数の比較 (単位:Hz)

次数	実測値	設計値	C1	C2	C3	C4	C5	C6	振動モード
1	---	0.77	0.96	0.94	---	---	---	---	橋軸方向移動
2	---	1.12	1.44	1.32	---	---	---	---	P1橋脚曲げによる面外
3	1.71	1.53	---	---	1.75	1.71	1.81	1.82	たわみ逆対称1次
4	1.90	---	1.93	1.88	1.92	1.88	---	---	第1径間たわみ、第2径間ねじれ
5	2.00	---	1.82	1.79	2.28	2.20	1.89	1.91	ねじれ逆対称1次
6	2.10	1.66	---	---	---	---	2.02	2.08	ねじれ対称1次
7	2.25	---	2.13	2.11	2.05	1.98	2.29	2.30	第1径間ねじれ、第2径間たわみ
8	2.44	1.93	2.50	2.47	2.48	2.44	2.37	2.38	たわみ対称1次
9	2.74~2.88	2.65	3.24	3.16	3.20	3.12	3.16	3.16	たわみ逆対称2次

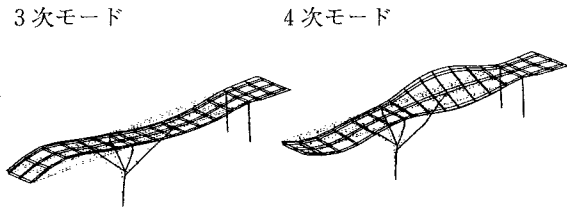
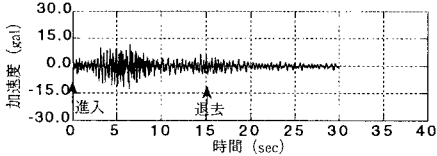
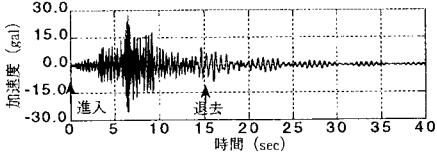


図-4 振動モード図

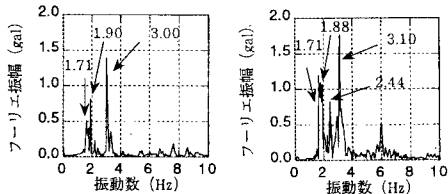


(a) 実験値



(b) 解析値

図-5 測点4 Sの加速度波形



(a) 実験値

(b) 解析値

図-6 図-5のスペクトル