

I-182 長大トラス橋の模型振動実験

建設省土木研究所 正員 〇上田 治
建設省土木研究所 小山 達彦
日本道路公団東京第二建設局 青野 健人

1. 概要

長大橋の耐震設計は静的計算による安全性の照査だけでは不十分であり、実験・動的解析等によって把握される動的応答特性を考慮して設計する必要がある。関越自動車道沼田地区に建設が計画されている片品川橋は、図-1に示したような径間連続トラス橋3連(A橋、B橋、C橋)からなる長大橋で、高橋脚($H_{max}=69m$)の曲線橋($R=2,200m$)であり、地震時には複雑な挙動を示すものと考えられる。そこで、応答を考慮した修正震度法で耐震設計された片品川橋の模型振動実験を行ってその振動特性を調査した。また、片品川橋の合理的な動的解析モデルを求めるために、片品川橋模型を対象としていくつかの解析モデルを設定し、それらのモデルによる動的解析の結果と実験結果の比較を行った。

2. 実験および解析方法

片品川橋模型は表-1の相似比に従って主にABS樹脂で製作した。その場合、橋脚下端と梁台を介して振動台に固定し、基礎の変形は考慮していない。また、床版の剛性は半分を考慮した。振動実験においてはA橋とB橋の挙動に着目することとし、C橋の上部構造は全体の剛性と相似させた簡易な模型(ボックス断面)としてB橋に接続させた。振動実験は建設省土木研究所の大型振動台($6m \times 8m$)を用いて、次のような条件で実施し、代表箇所の加速度およびひずみを測定した。なお、入力地震記録波は相似則に従って時間軸を $1/10$ にしている。

(1) 加振方向

- 1) 橋軸方向
- 2) 橋軸直角方向
- 3) 斜方向

(2) 入力波

- 1) 正弦波(入力加速度: 20 gal 、入力周波数: 30 Hz 以下)
- 2) 静内記録波(根室半島沖地震、 $M=7.4$ 、1973年6月17日)
- 3) 隴溝記録波(十勝沖地震、 $M=7.9$ 、1968年5月16日)

片品川橋模型の動的挙動を表現する解析モデルとして表-2に示したような条件で多質点系モデルを設定し、それぞれのモデルによる動的解析の結果と実験結果の比較を行った。橋軸方向については、主構が大規模であることから上部構造の質点位置と下弦材位置とした場合と中立軸位置とした場合、さらに曲線の影響を考慮してP1橋脚上の可動支承を可動とした場合と固定とした場合を考えた。橋軸直角方向については、下部構造と上部構造の連結材の剛性として支点上およびその両隣の対傾構の剛性を考慮した場合と支点上の対傾構の剛性だけを考慮した場合を考えた。さらに3次元解析モデルによる解析を行って2次元モデルの解析結果との比較を行った。

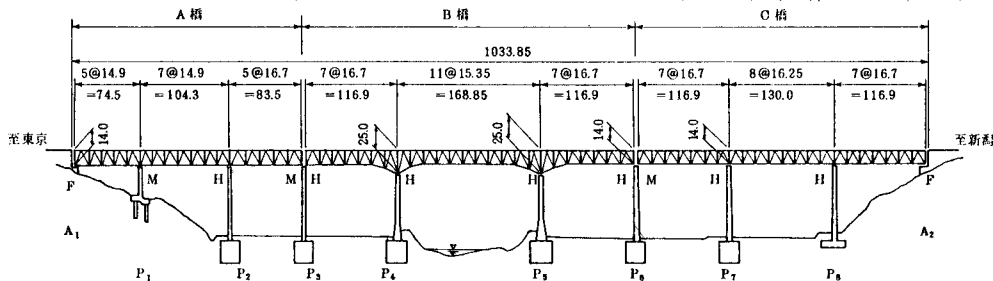


図-1 片品川橋一般図

表-1 片品川橋模型振動実験における相似比

項 目	相似比(模型/実橋)
長 さ	1/100
弾性係数(下部構造)	1/15
密 度	100/15
時 間	1/10
加 速 度	1
断 面 剛 性 E A	1/(15×10 ⁴)
断 面 剛 性 E I	1/(15×10 ⁸)

表-2 解析モデル一覧表

モデル		ケース	上部構造質点位置	上下部構造連結材	R ₁ 支承
2次元モデル	橋軸方向	ケース1	下弦材位置	—	可動
		ケース2 (図2-8)	中立軸位置	剛	可動
		ケース3	中立軸位置	剛	固定
	橋軸直角方向	ケース1	重心位置	支点上およびその両隣の対傾構の剛性考慮	固定
		ケース2 (図2-9)	重心位置	支点上の対傾構の剛性考慮	固定
		3次元モデル	ケース1	中立軸(橋軸方向)・重心(橋軸直角方向)	支点上の対傾構の剛性考慮

3. 実験および解析結果

片品川橋模型振動実験および解析によって以下のようなことが確認された。

- (1) 橋軸に対して斜め方向からの入力による片品川橋模型の振動モードは、橋軸方向の入力による振動モードと橋軸直角方向の入力による振動モードの一方が卓越して現われるか、もしくは両者が重ね合わさって現われているものであった。また、斜め方向からの入力による応答値は橋軸方向もしくは橋軸直角方向の入力による応答値に比べて小さい値となっていた。したがって、片品川橋の耐震設計は橋軸方向および橋軸直角方向について行えば十分であると考えられる。
- (2) 片品川橋はR=2,200mの曲線橋であり、一部の振動モードに曲線の影響が現われていたが、その影響は小さく耐震設計上とくに考慮する必要はないものと考えられる。
- (3) 支間中央の弦材、支点上の斜材において、橋軸方向の入力によって生じる上部構造の上下振動による応力が大きくることが確認されたが、応答を考慮した修正震度法ではこの上下振動による影響はとくに考慮してはいないため耐震設計上の配慮が必要である。
- (4) 橋軸直角方向の入力によって支点上の対傾構および横構に応力が集中することが確認されたが、これについては応答を考慮した修正震度法による耐震設計において支点上の部材に応力が集中する設計となっていることと整合している。
- (5) 2次元モデルによる解析結果は、橋軸方向についてはケース2のモデル、橋軸直角方向についてはケース2のモデル(表-2)による結果がそれそれの実験値に最も良く一致しており、3次元モデルによる解析結果と比べても橋軸方向および橋軸直角方向の振動が連成している一部の振動モード(6次、7次、8次)を除けば良く一致していた(表-3)。したがって片品川橋の動的解析は橋軸方向と橋軸直角方向について行い、橋軸方向については上部構造の質点位置を中立軸位置としたモデル、橋軸直角方向については支点上の対傾構だけの剛性を考慮したモデルによって解析するのが適切であると考えられる。

参考文献

- 1) 高速道路調査会：長大構造物の設計・施工に関する調査・研究(その3)報告書、昭和55年3月
- 2) 栗林栄一、上田治、萩原良二：大型振動台による橋梁模型振動実験例、日本天然会議、耐震耐震構造専門部会、1981年5月

表-3 固有振動数の計算値と実験における共振振動数の比較

次数	計 算 値 (Hz)			実 験 値 (Hz)			備 考
	3次元解析	2次元解析 (橋軸方向ケース2)	2次元解析 (橋軸直角方向ケース2)	橋軸方向 加振試験	橋軸直角方向 加振試験	斜 方 向 加振試験	
1次	7.80	—	7.96	—	8.40	8.35	B橋直角 方向振動
2 "	7.93	7.93	—	8.05	—	—	B橋橋軸 方向振動
3 "	10.46	10.46	—	11.20	—	—	P4~P5間 上下振動
4 "	10.67	—	10.56	—	10.8	10.7	B橋直角 方向振動
5 "	11.93	—	11.41	—	—	—	C橋直角 方向振動
6 "	12.50	—	12.47	—	11.6	11.7	A橋直角 方向振動
7 "	12.95	13.43	—	—	—	12.9	A橋橋軸 方向振動
8 "	13.92	—	13.29	—	12.2	12.9	A橋直角 方向振動
9 "	15.00	—	14.78	—	—	—	C橋直角 方向振動
10 "	15.08	15.10	—	16.8	—	16.8	B橋 上下振動