

I-235 首都高速荒川斜張橋の振動実験

首都高速道路公団 正員 矢作 枢

〃 〃 〇大野惣平

橋長大橋設計センター 〃 柴田定昭

1 まえがき

今春3月開通した首都高速7号線は、江戸川区小松川において荒川・中川両放水路を横断するが、この荒川大橋（通称）は単純支持活荷重合成桁7連と3径間連続斜張橋とから成る。荒川放水路の中央部に位置する斜張橋は、スパン $60.3\text{ m} + 160\text{ m} + 60.3\text{ m}$ 、巾員 17.9 m であり、首都高速道路としては現在のところ最長の橋梁である。主桁は2工桁と1箱桁とから成るが耐風安定性を増すために厚さ 2.3 m のデッキプレートで下フランジ間を覆っている。この主桁はプレファブパラレルワイヤーストランド (P.P.W.S.) を使用したケーブルと主桁に剛結されたフレキシブルタワーによって、橋軸線上に一面吊りの形式で補剛されている。

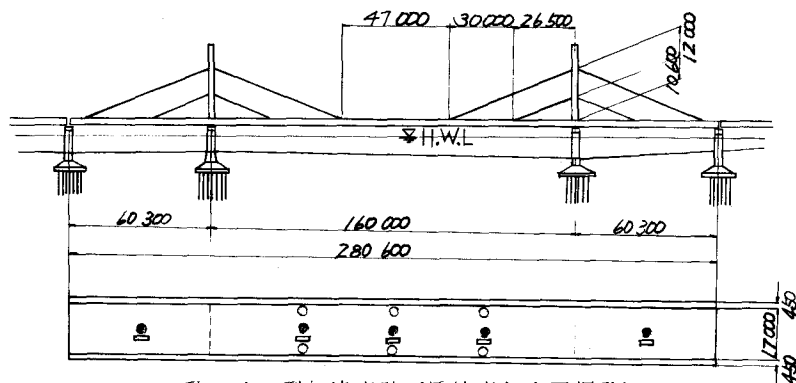
この種の橋梁は比較的振動周期が長く、減衰が小さいと予想されるため、振動実験を行ってその特性を確認するとともに今後の設計研究のための資料を得ておくことも重要である。昭和45年11月、本橋の竣工直前（鋼床版舗装施工前）に起振機による振動実験を実施したので、その結果を報告する。

2 実験の種類・方法

振動実験は、つぎの項目を対象にして行った。

- (1) 鉛直方向強制振動による固有振動数、振動波形の測定
- (2) 橋軸直角水平方向 〃 〃
- (3) ねじれ方向 〃 〃
- (4) 上記3方向の自由振動減衰率の測定

図-1 橋の諸元、計器配置



□ 動コイル型加速度計 (橋軸直角水平振動)

● 抵抗線歪ゲージ型加速度計 (鉛直振動)

○ 〃 〃 (ねじれ振動)

実験には建設省土木研究所の2連式起振機を使用し、中央スパンの約 $L/2$ 点、 $L/4$ 点に設置・加振して各々の方向の対称振動、逆対称振動を励起させた。この起振機は、振動数の範囲が $0.2 \sim 10 \text{ c/s}$ 最大加振力 $2 \times 15 = 30 \text{ t}$ であり、2つの加振体の重錘位置、開き角度を変えることにより、両加振体の振動方向、加振力の大きさを変化させることができる。

振動測定用計器は(1)、(3)に対しては歪ゲージ式加速度計を、(2)に対しては動コイル型加速度計を使用した。その配置は図-1に示すとおりである。振動波形の測定に際しては、橋が共振されている状態で、図-1のように配置された計器の1つまたは1組を所定の間隔で橋軸線に沿って移動してその都度測定し、波形の計測の正確化を計った。

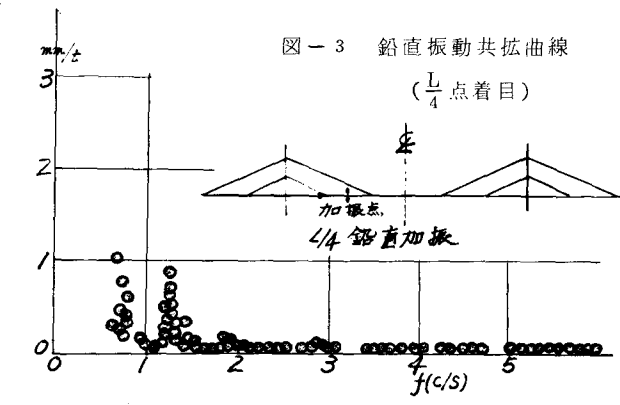
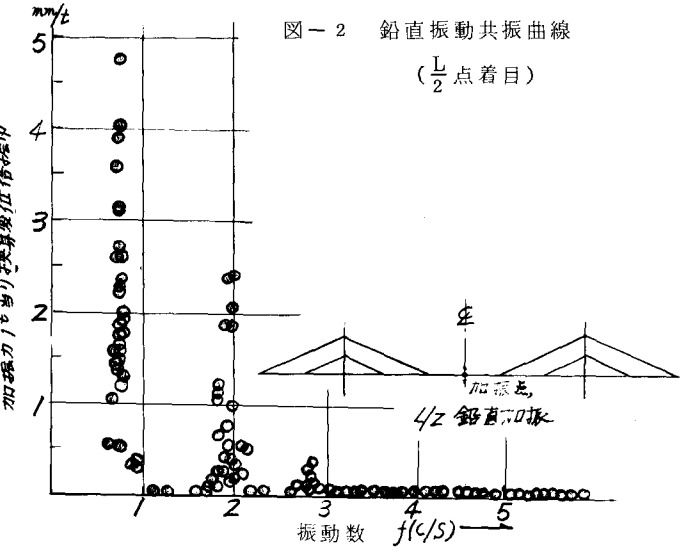
3 実験結果および考察

3-1 固有振動数

振動試験の結果から得られた加振力 1 t 当りの共振曲線のうち代表的なものを図2~5に示す。

鉛直、ねじれとも、低サイクルの振動ではかなり顕著にピークが現われている。3次以上の振動数は共振曲線のスケールを拡大しても知ることができるが、対称・逆対称振動の区別をつけるため2つの計器による結果の位相のズレを角度に換算して図-6に示した。すなわち、図-6は一例として中央径間の $L/4$ 点と $3L/4$ 点での振動変位に着目し、これらが完全に同位相で振動しているときを 0° 、全く逆位相で振動しているときを 180° と定義して示したものである。対称、逆対称振動の様子、共振点振動数が比較的よく判別できる。

本橋の測定結果から推定される固有振動数を計算値と対比して表-1に示す。鉛直および橋軸直角水平方向振動に対する計算値は、主桁上に17個の質点を取りモーダル解析の手法を用いて算出したものである。質点には舗装を除く主桁関係の重量を分割して集中させた。また橋軸直角



水平振動の計算はケーブルの効果を無視した振動モデルで行ったものである。ねじれ振動に対しては中央スパンのみを取り出し側径間の曲げねじれの影響を省略した近似計算の結果を示した。

3-2 振動波形

共振点付近の振動波形の測定値を図-7の●で示し、計算結果を実線で示す。計算された振動モードは正規化されているため、実測波形のうちで最大値付近の一点だけを対応させて比例計算によって描いたものである。実験・計算両値は比較的高サイクルの振動まで合致しており、計算上でとられた剛性・質量等の評価の仕方はほぼ妥当であったと推定される。なお、ねじれ振動の計算では曲げねじれの影響を省略したものであるが、実際、中央径間加振時に側径間は低サイクルの範囲（1次，2次）ではほとんど励振されていなかった。

3-3

共振時に起振機の加振力を急速に0にし、その後の自由減衰振動を記録して片振巾の変化を波数毎に示したものが図-8である。この図から対数減衰率を求めた結果も付記してある。一般橋梁（スパン100m以下）の対数減衰率は、橋種，スパン等によって変わるが、概ね0.05～0.3の範囲にあり、本橋の場合は比較的小さい。しかし、斜張橋の形式をと

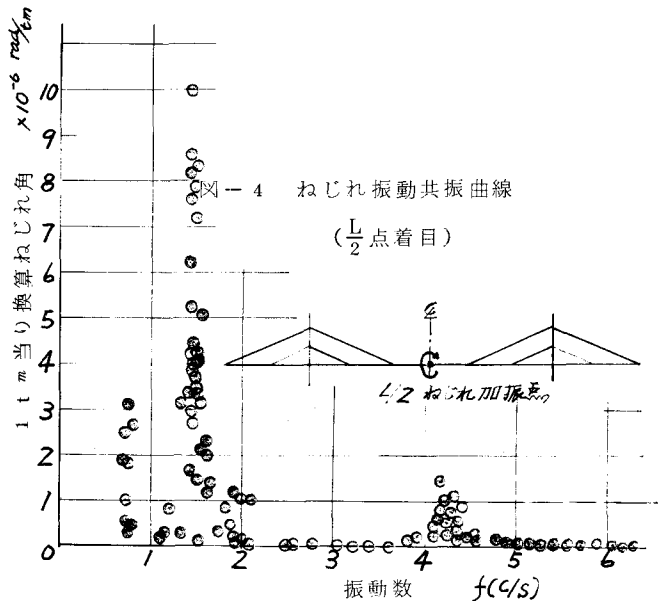


図-4 ねじれ振動共振曲線

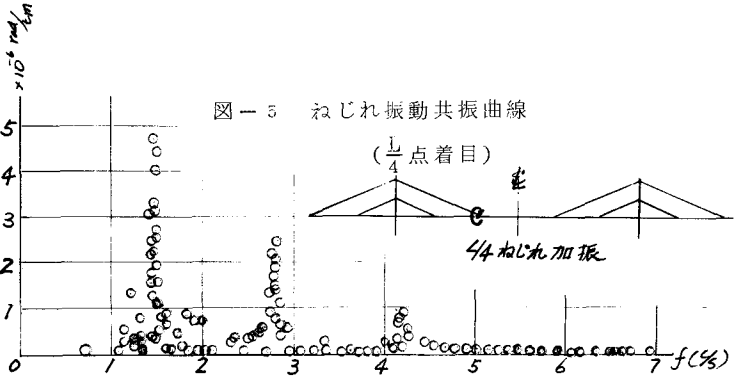


図-5 ねじれ振動共振曲線

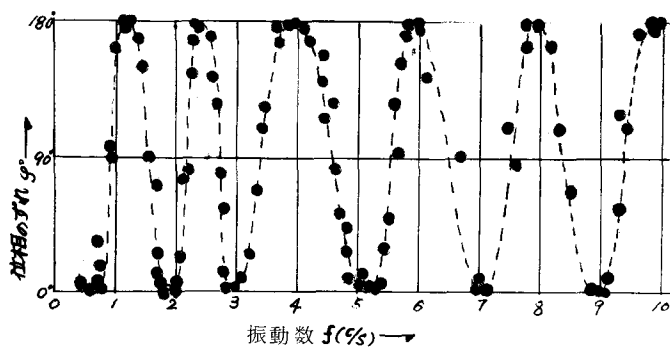


図-6 $\frac{L}{4}$ 点と $\frac{3L}{4}$ 点の位相のずれ（鉛直方向）

表－1 固有振動数比較

方	対	称	振	動	逆	対	称	振	動
向	次	数	1次	2次	3次	4次	1次	2次	
鉛	実	験	0.75C/S	191C/S	283C/S	536C/S	125C/S	241C/S	
直	計	算	0.745	187	272	534	120	237	
橋	実	験	1.80	8.65	—	—	5.24	—	
軸	計	算	1.77	8.39	124	25.5	4.92	9.25	
直									
角									
水									
平									
ね	実	験	1.45	4.24	—	—	2.80	—	
じ	計	算	1.63	4.90	8.17	11.44	3.27	6.54	
れ									

表－2 他橋梁との比較

	尾道大橋		豊里大橋		荒川大橋		
形式	3径間連続斜張橋(2面吊り)		同左(1面吊り)		同左(1面吊り)		
スパン割	85.0M+215.0M+85.0M		80.5M+216.0M+80.5M		60.3+160.0M+60.3M		
巾員	1.04M		2.03M		1.79M		
床板・主桁	鋼床板、プレートガタ2主桁		鋼床板、逆台形箱桁		鋼床板、1箱桁+2桁		
主塔	ロッキング		ロッキング		フレキシブル		
固有振動数	対称	逆対称	対称	逆対称	対称	逆対称	
鉛直たわみ	1次	0.58C/S 1.38 (0046~0086)	0.92C/S 16.2	0.52C/S 192 (0.051)	1.22C/S 2.48	0.75C/S 191 (0.051)	1.25C/S 241 (0.034)
	2次	—	—	333 (0.087)	—	283	—
	3次	—	—	—	—	—	—
ねじれ	4次	1.66 (0016~0031)	2.94	1.43 (0.071)	3.25 (0.083)	1.45 (0.032)	2.30
	5次	—	—	4.08	—	4.24	—

ここに()内に示した数字は対数減衰率を示す。

る他橋の実験結果とほぼ同値をとるようである。

4. あとがき

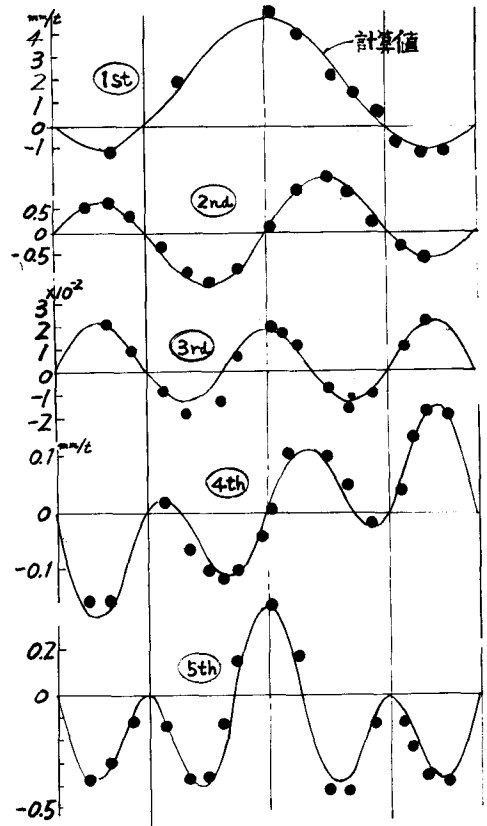
以上、荒川斜張橋の振動実験の結果について報告したが、表－2に示すとおり本橋の固有振動特性はこの種の形式をもつ他橋の実験結果と比較して平均的な値を示しているといえる。

最後に本橋の実験計画およびその実施・解析にあたり終始御指導、御助言をいただいた建設省・土木研究所振動研究室の栗林室長、構造研究室の成田室長をはじめとする方々に深く謝意を表する次第である。

参考文献：

- (1) 大久保，成田：吊橋および斜張橋の振動実験 土木技術資料 12-2
- (2) 小松，小林：豊里大橋の振動特性について オ25回年次学術講演会講演集

図－7 振動波形(鉛直方向)



図－8 減衰率(鉛直方向)

