

大阪市建設局 正会員 ○藤澤 悟

三井造船(株) 正会員 井上浩男

三井造船(株) 正会員 中地映司

1. まえがき 新木津川大橋は、中央部がニールセン形式、両端部がフィーレンディール形式の中路式バランスドアーチ橋であり、中央支間305mはアーチ橋として日本最大である(図-1参照)。本橋はアーチ橋ではあるが、長大橋特有のフレキシブルな変形挙動が予想されるため、設計に際しては、耐震設計のほかに風洞試験¹⁾を実施し耐風安定性の検討を加えた。完成後に設計計算の妥当性の検証と動的挙動の把握を目的として、載荷試験および振動試験を実施するとともに、耐風安定性確認のため風による橋体の振動観測を約半年間実施した。本報では、それらの結果を報告する。

2. 静的載荷試験 中央径間および側径間にそれぞれ20tfトラックを6台(合計荷重 120tf) 載荷し、補剛桁のたわみ、補剛桁およびアーチリブの応力度、ケーブル張力、可動査移動量を計測した。計測結果を計算値と比較して表-1に示す。本橋の中間支点は、P11が可動、P12が固定となっている。表-1中の計算値1とは、P11の可動査が設計条件通りに挙動するとした場合を、計算値2とは、P11の可動査に摩擦抵抗力を考慮した場合を示す。

計測値を計算値1と比較すると、アーチリブの応力度、ケーブル張力は良く一致しているものの、補剛桁の応力度には若干差異が見られ、また、補剛桁のたわみおよび可動査移動量は、計算値のそれぞれ80%、30%程度となっている。可動査の移動量は、死荷重反力による摩擦抵抗により計算値より小さくなったものと考えられるが、まったく移動していない訳ではないので、構造系として中間支点が2点固定となっていることではない。計算値2との比較では、補剛桁・アーチリブの応力度、ケーブル張力、補剛桁のたわみ、可動査移動量は、非常に良く一致していることから、P11の可動査は橋軸方向にバネ支点として挙動しているものと考えられる。

3. 車輛走行試験および起振機による振動試験 走行速度、方向、台数、間隔等をパラメータとした12の走行ケースで車輛走行試験を実施した結果、計測された中央径間の補剛桁の衝撃係数は、 $i=0.010\sim0.071$ であった。設計時に用いた衝撃係数($i=0.076$)は、道路橋示方書に従いニールセン部の支間長(アーチリブと補剛桁の交点間距離)を用いて算出しているが、計測値はすべてこれを下回っていることから、衝撃係数の妥当性が確認された。なお、衝撃係数と走行速度との相関は認められず、また車輛走行に伴う可動査の移動は観測されなかった。

固有値解析は、中間支点を1点固定、1点可動とした場合と、2点固定とした場合の2ケースについて実施した。その結果を表-2に示す。起振機による加振位置は、固有値解析の結果を参考にして中央支間の1/4点、1/2点、3/4点の3ヶ所とした。表-3に振動試験結果を示す。中間支点の可動査は全く移動しておらず、固有振動数は、中間支点を2点(P11、P12)固定とした解析結果に良く一致した。また、構造減衰は風洞試験で用いた仮定値0.03の2倍近く大きく、実橋では風洞試験より風による振動が発生しにくい条件であることが確認された。

4. 風による振動観測 平成6年9月22日～平成7年4月5日の期間、風による橋体の振動観測を実施した。データの採取は、瞬間風速が10m/secを超えた時点より風向・風速・振動変位のデータを10分間記録する方法で実施した。測定結果の一例として図-2に原波形を、図-3にランニングスペクトル解析結果を示す。

風による振動観測結果より、風による振動は微小振幅ながら中間支点を2点固定とした支点条件の解析値に近い振動数(2次～4次)が確認された。また、ランニングスペクトル処理により、風速の変化に対応し

Satoru FUJISAWA, Hiroo INOUE, Eiji NAKAJI

て応答の現れるモードの変化が認められ、さらに風洞試験結果から予想される風速域とほぼ一致することから渦励振域にあるものと認められるものの、振幅は大きくはならず非常に小さいことが確認された。また強風域では、応答が風速の自乗に比例して増加する傾向にあり、ガスト応答と認められるもののその振幅は小さく（平均風速 40m/secと仮定しても概算で振幅65mm程度）、構造減衰の大きさ、乱れの強さ、風向・風速の安定度などから、現状の耐風安定化策なしの状態で問題ないものと考えられる。

5. まとめ 本橋では、死荷重反力による摩擦抵抗により、中間支点の可動軸が設計通りには移動せず、静的には中間支点（P11）の可動軸が橋軸方向にバネ支持された状態に近く、また、動的には中間支点が2点固定に近い挙動を示すことがわかった。構造減衰は、風洞試験に用いられた仮定値の2倍近く大きく、また現地風の特性も考慮すれば、総合的に本橋の耐風性は問題ないと判断できる。

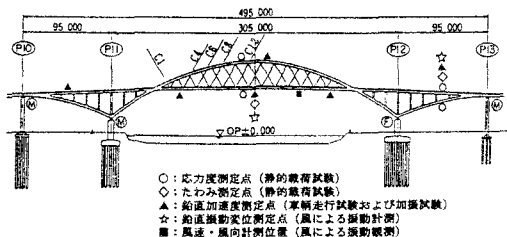


図-1 一般図

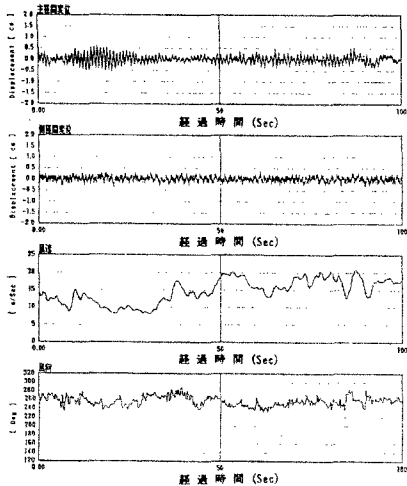
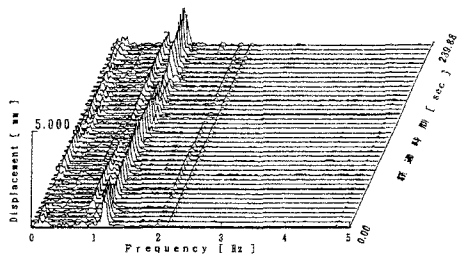
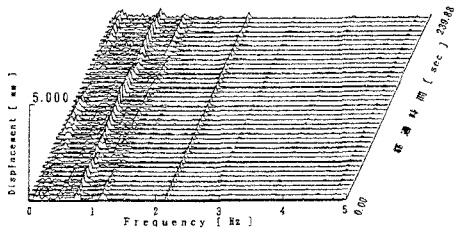


図-2 振動観測の原波形



(1) 中央径間変位フーリエスペクトル



(2) 側径間変位フーリエスペクトル

図-3 ランニングスペクトル解析結果

表-1 静的載荷試験結果

			計測値	計算値1	計算値2
中央径間 載荷時	補剛桁	たわみ(mm)	-34	-42	-31
		σ_u (kg/cm ²)	6	33	14
	アーチ リブ	σ_u (kg/cm ²)	83	95	76
		σ_l (kg/cm ²)	-97	-99	-95
	ケーブル張力	σ_l (kg/cm ²)	-49	-55	-52
		C 1 (ton)	2.05	1.13	1.20
		C 4 (ton)	-0.85	-0.78	-1.44
		C 6 (ton)	-3.15	-3.02	-3.58
		C 8 (ton)	-4.50	-4.34	-4.76
		C12 (ton)	2.25	2.53	2.32
	可動軸移動量	P10 (mm)	-2	-13	-5
		P11 (mm)	-5	-18	-6
P13 (mm)		0	-5	-1	

計算値1：中間支点の可動軸が設計通りに挙動した場合
計算値2：中間支点の可動軸に摩擦抵抗力を考慮した場合

表-2 固有値解析結果

モード次数	1点固定、1点可動		2点固定	
	固有振動数 (Hz)	振動 モード	固有振動数 (Hz)	振動 モード
1次	0.470	面内（たわみ）	0.541	面外（たわみ）
2次	0.524	面外（たわみ）	0.641	面内（たわみ）
3次	0.701	面内（たわみ）	0.881	ねじり
4次	0.817	ねじり	1.183	面内（たわみ）
5次	1.143	面外+ねじり	1.178	面外+ねじり
6次	1.222	面内（たわみ）	1.276	面内（たわみ）
7次	1.284	面内（たわみ）	1.455	ねじり
8次	1.343	ねじり	1.493	面内（たわみ）
9次	1.570	ねじり	1.613	面内+ねじり
10次	1.666	面内（たわみ）	1.667	面内（たわみ）

表-3 振動試験結果

モード次数	固有振動数(Hz)		対数減衰率		常時振動
	計測値	解析値	自由減衰	共振曲線	
2次	0.735	0.641	0.072	0.075	0.135
4次	1.110	1.183	0.074	0.067	0.099
6次	1.249	1.276	0.063	0.071	0.063
8次	1.361	1.493	—	—	0.052
10次	1.670	1.667	0.090	0.071	0.060

注：他のモードは、精度良い計測できず。

参考文献

1) 中西, 川村, 井上, 池ノ内: 3径間連続補剛アーチ橋の耐風安定性に関する検討, 土木学会第44回年講