

I-162 鋼製ラーメン橋脚の大型起振機による振動実験

阪神高速道路公団 正員○鈴木 威, 上田芳夫
 阪神高速道路公団 正員 北沢正彦
 川崎重工業(株) 高枝新伍, 恒川昌宏

1. はじめに

高架道路によく用いられる鋼製ラーメン橋脚の振動特性を調べるため、阪神高速道路公団神戸湾岸線の橋脚2種類を選んで桁架設開始直前の状態において振動実験を行なった。実験は、建設省土木研究所殿所有の大型起振機(EX6300-HVF)を利用し、面内・面外2方向に関する正弦波定常加振応答を計測するものとした。以下にその結果を報告する。

2. 実験の概要

図1は、実験を行なった湾岸線のRP4橋脚とP42E橋脚の構造を示す。RP4は公団の標準的な2層ラーメン構造であり、高さ約33.6m、P42Eはスレンダーな1層ラーメン構造であり、高さ約28.7mのそれぞれ箱形断面による鋼製橋脚である。両橋脚とも柱には溶接接合、梁には高力ボルト接合が用いられている。下部構造は、直径1.5mの場所打ち杭基礎であり、RP4橋脚には $\ell=41.5\text{m} \times 22$ 本、P42E橋脚には $\ell=35.0\text{m} \times 18$ 本の杭が用いられている。実験当時、RP4は根巻きが未施工であり、アンカーボルトが露出していたが、P42Eは根巻き・中詰めとも打設養生済であった。

実験は、起振機を橋脚頂部中央に搭載し、面外、面内曲げの各々1次モードに対する固有振動数を中心として、正弦波加振を行なった。また、この加振の前後に常時微動計測を行なった。加振による振幅の目標は、頂部で約10mm程度または300gal程度を越えるものとした。特に、本実験期間中最初に行なったP42E橋脚の面外曲げ1次モードの実験では、振幅目標に達した後も更に加振力を増した実験を試みたが、加振力が600kgf以上では、加振振動数が共振点に近づくほど応答波形がビート状を呈するようになり、応答は頭打ちとなった。

3. 実験結果

表1に、常時微動計測から求めた両橋脚の振動特性をまとめた。計測した波形の最大加速度振幅は、1gal未満程度のランダムなものであった。表の対数減衰率は、外乱が一様でないため、加振実験との比較は難しいが、計測した波形からフーリエスペクトルを求め、ハーフパワー法で求めた。図2は、両橋脚に関する面外、面内曲げ1次の振動モード実験値を解析値と比較したものである。図3は、橋脚頂部の変位応答曲線であり、表2は、その結果をまとめたものである。

この表から、常時微動計測の結果も合わせると固有振動数は振幅の増大とともに、微少ではあるが直線的に減少する傾向が見られる。減衰特性については、加振実験の結果得られた対数減衰率は、常時微動計測による値を大きく上廻っている。また振幅の増大に伴ない、両橋脚においてRP4橋脚では面外、面内曲げモードとも直線的に増加しているが、P42E橋脚では面外、面内方向ともに単調な傾向はない。面内曲げモードの対数減衰率は両橋脚とも $\delta=0.104 \sim 0.118$ とほぼ同程度であるが、面外曲げではRP4橋脚で $\delta=0.031$ 、P42E橋脚で $\delta=0.072$ となっている。この両橋脚の減衰性には、実験当時の橋脚の施工状況などがかなり関与したのではないかと推察される。

図4は、実測された高橋脚に関し高さや固有振動数および減衰定数の関係を示し、図5は、最近の主な斜張橋および吊橋に関して実橋実験が行われた主塔構造に関し同様の関係を示すものであり、これに本実験の面外曲げ振動の結果を加えた。これら図からわかることは、本実験の橋脚の減衰定数は、高橋脚のそれよりかなり低くむしろ橋梁の塔構造物の特性に近い傾向にあることがわかる。

4. おわりに

振動実験により、湾岸線の鋼製橋脚の振動特性を調べ、他の実験例とも比較しその傾向がわかった。

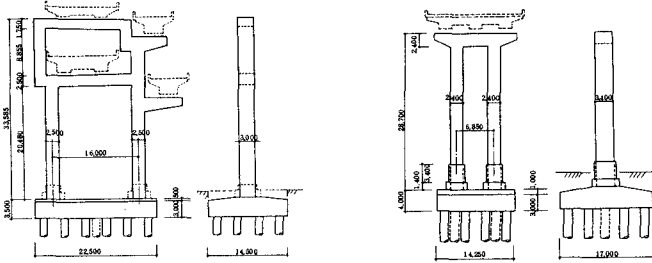


図1 RP4橋脚(左)とP42E橋脚(右)の構造

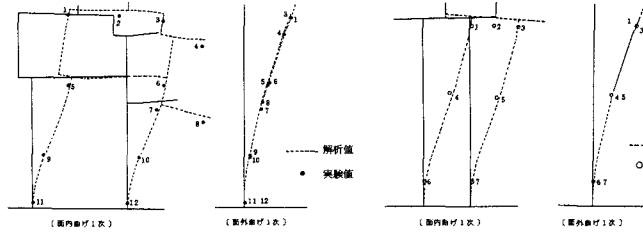


図2 定常加振実験の振動モード

表1 常時微動計測結果

常時微動計測	RP4橋脚		P42E橋脚		
	固有振動数 f (Hz)	対数減衰率 δ (-)	固有振動数 f (Hz)	対数減衰率 δ (-)	
曲げ1次モード	面外	1.781	0.023	2.750	0.024
		1.767	0.017	2.745	0.034
		1.758	0.024	2.775	0.018
	平均	1.770	0.021	2.758	0.025
面内		2.758	0.008	3.180	0.022
		2.748	0.010	3.157	0.018
				3.200	0.019
	平均	2.753	0.009	3.182	0.020

表2 定常加振実験結果

定常加振実験	RP4橋脚				P42E橋脚				
	加振力 F (kgf)	最大応答振幅 (mm)	固有振動数 f (Hz)	対数減衰率 δ (-)	加振力 F (kgf)	最大応答振幅 (mm)	固有振動数 f (Hz)	対数減衰率 δ (-)	
曲げ1次モード	面外	150	9.36	1.751	0.027	100	1.30	2.755	0.082
		300	18.5	1.743	0.031	200	2.97	2.728	0.074
		400	21.8	1.741	0.032	300	4.89	2.720	0.102
		600	28.0	1.733	0.035	500	8.18	2.724	0.067
	平均			1.742	0.031	700	11.41	2.711	0.068
面内		400	3.15	2.742	0.110	250	1.66	3.155	0.106
		1600	5.92	2.731	0.118	500	3.60	3.150	0.098
		2400	8.37	2.730	0.125	750	5.21	3.135	0.102
						1000	6.84	3.134	0.104
	平均			2.734	0.118	1500	9.88	3.120	0.108
								3.139	0.104

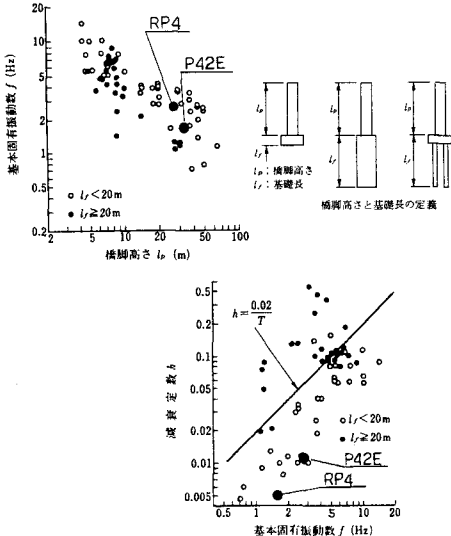


図4 高橋脚の動特性の関係¹⁾

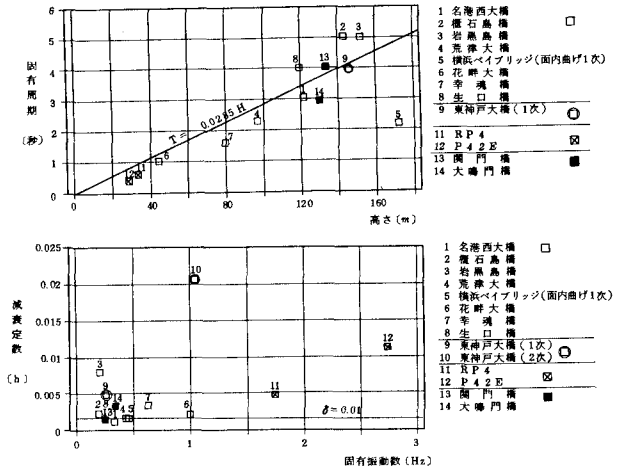


図5 大型主塔構造の動特性の関係²⁾

[参考文献] 1) 土木学会編, 「ライフライン施設」, 動的解析と耐震設計第4巻
2) 本四技報, 「榎石島橋実橋振動実験」他