

建設省土木研究所 正員 栗林 栄一
 正員 岩崎 敏男
 正員 ○飯田 裕

まえがき

道路橋の振動特性に関しては、これまで多くの実験および解析が実施されてきている。ここでは実橋における多数の振動実験結果より得られた固有周期と減衰定数の関係、橋脚高さとの固有周期の関係を示すとともに、高い橋脚をもつ橋の振動特性について若干の考察を加えた。

1. 実橋における振動実験の結果

対象とした道路橋の振動実験の結果の一覧を表-1に示す。これらの実験結果より得られた固有周期 T (sec) と減衰定数 h の関係を図-1に示す。この図では一般橋と高い橋脚(橋脚高さ25m以上)をもつ橋の分類がなされている。ただし関門橋主塔の振動実験結果は高い橋脚をもつ橋に含まれている。図中右下り45°の直線は一般橋について最小2乗法から得た実験式で $h = 0.02/T$ なる関係があることがわかる。高い橋脚をもつ橋の場合、高次の固有周期および減衰定数も得られており、同一のケースに対する数値を直線で結んで示している。高い橋脚をもつ橋の場合、減衰定数の平均値は約0.01である。また図-2は、上部構造が架設された後の橋に対する振動実験の結果から得られた橋脚高さとの固有周期の関係を示したもので、全橋としての固有周期のうちからその橋脚が最も大きく変形するときの固有周期との関係を示している。このうち橋脚単独の実験結果が得られているものについてはこれを合わせて示している。

2. 高い橋脚をもつ橋の振動モデル

高い橋脚をもつ橋の1本の橋脚に注目して、図-3(b)に示す振動モデルを考える。この振動モデルでは、関係する上部構造を質量・ばね系に置き換えている。この系の固有周期は次式で与えられる。

$$T = \frac{2\pi \ell^2}{\alpha^2} \sqrt{\frac{\rho A}{EI}} \quad (1)$$

ただし α はこの系の固有値であって次の振動数方程式の根である。

$$\frac{1 + \cosh \alpha \cos \alpha}{\cosh \alpha \sin \alpha - \sinh \alpha \cos \alpha} = \mu \alpha - \frac{\chi}{\alpha^3} \quad (2)$$

ここで $\mu = \frac{M}{\rho A \ell}$, $\chi = \frac{k \ell^3}{EI}$

式(2)は、左辺、右辺の関数をそれぞれ $f(\alpha)$, $g(\alpha)$ と置き、 $\alpha - r$ 平面において、曲線 $r = f(\alpha)$, $r = g(\alpha)$ の交点として、図式に解くことができる。 $g_1(\alpha) = \mu \alpha$, $g_2(\alpha) = -\chi/\alpha^3$ とする。

図-3(a)に $f(\alpha)$, $g(\alpha)$, $g_1(\alpha)$, $g_2(\alpha)$ のグラフおよび α に対応する振動モードを示す。

$f(\alpha) = 0$, $f(\alpha) = \pm \infty$ なる点はそれぞれ片持梁、一端固定・他端ヒンジの梁の固有値を与えている。

$g(\alpha) = 0$ なる点は質量 M とばね k からなる1自由度系の固有値を与えている。 $g_1(\alpha) = 0$ なる点は、

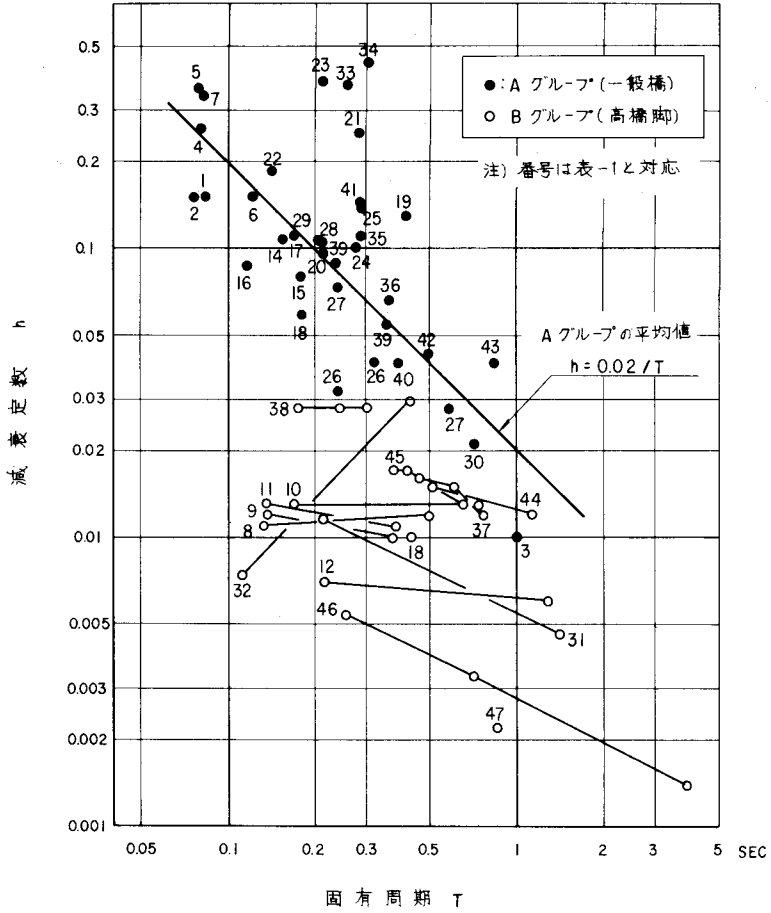


図-1 固有周期と減衰定数の関係

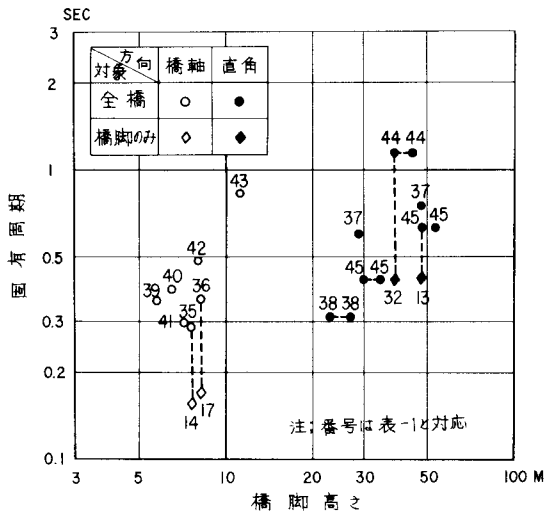


図-2 橋脚高さとの固有周期の関係

ばね $k = 0$ なる 1 自由度系の固有値 0 を, $g_2(\alpha) = 0$ なる点は質量 $M = 0$ なる 1 自由度系の固有値 ∞ を与えている, とみなすことができる。考えている系の各次の固有値は, 片持梁の各次の固有値を質量 M とばね k からなる 1 自由度系の固有値に近づけたものとなることわかる。図-2 に示されたように高い橋脚をもつ橋の上部構造架設後の橋軸直角方向の固有周期は橋脚単独の固有周期より長くなっているが, これはその系における 1 自由度系の固有周期が片持梁の第 1 次固有周期より長くなっていることに相当している。

あ と が き

一般橋の場合と高い橋脚をもつ橋の場合とでは減衰の性状が異なり, 前者においては基礎から地盤への地下逸散減衰, 後者においては履歴減衰あるいは構造減衰が主であると推定される。今後この点に関する考察を進めて行きたい。

参 考 文 献

- 1) 栗林栄一・岩崎敏男・小山田欣裕・飯田 裕：高い橋脚をもつ橋梁の地震荷重, 土木研究所資料第 548号, 建設省土木研究所, 昭和 44 年 12 月
- 2) 栗林栄一・岩崎敏男：橋梁の耐震設計に関する研究(Ⅲ)-橋梁の振動減衰に関する実測結果-, 土木研究所報告第 139号, 建設省土木研究所, 昭和 46 年 2 月

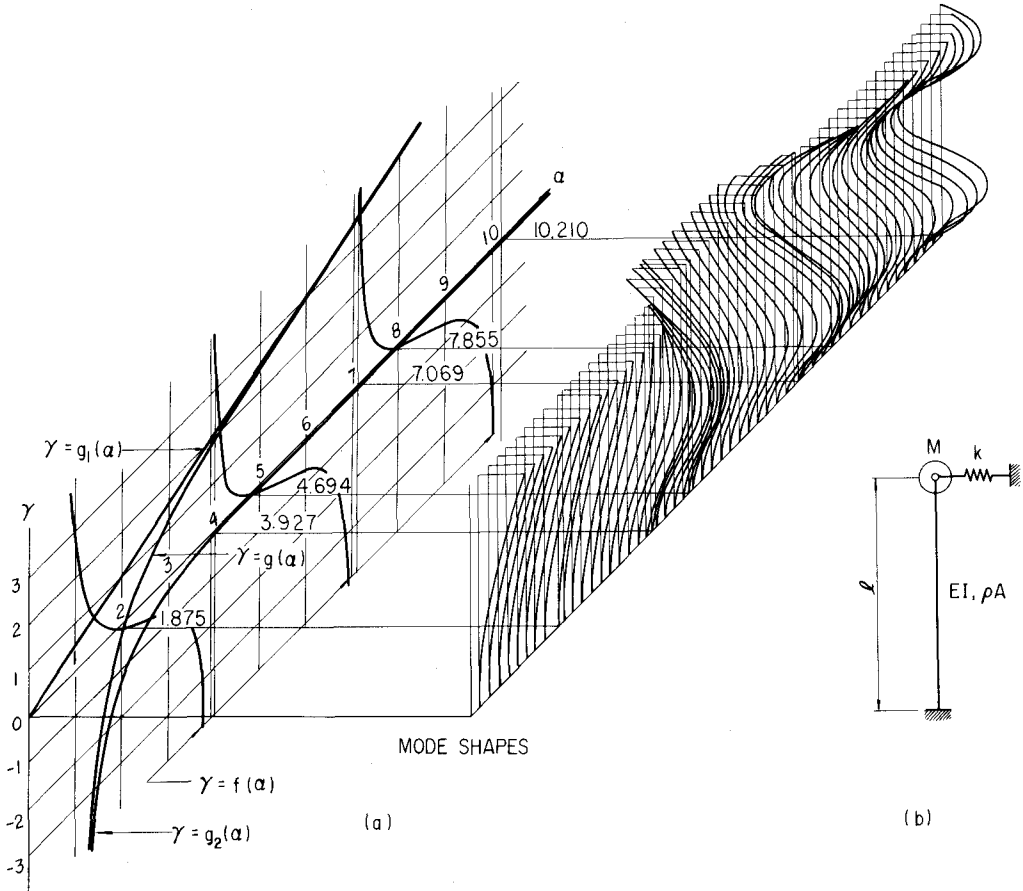


図 - 3

表 - 1 道路橋の振動実験結果一覧表

番号	対象	基礎種別	橋名	加振方向	減衰定数(h)		固有周期(T)		主要振動モード	グループ		
1 2	基	ケーソン基礎	鳥井大橋	Lg	0.15		0.083		回転 回転	A A		
Tr				0.15		0.077						
3 4 5 6 7	礎	くい基礎	琵琶湖大橋	Lg	0.01		1.000		曲げ 回転 回転 回転 A A A A A	A A A A A		
横吹橋				Lg	0.26		0.080					
			Tr	0.36		0.078						
			Tr	0.15		0.121						
新小松川大橋			Tr	0.336		0.081						
8 9 10 11 12 13	橋	直接基礎	四徳大橋	Lg	0.012①	0.011②	0.502①	0.135②	曲せん断 曲せん断 曲せん断 曲せん断 曲	B B B B B B		
Tr				0.010①	0.012②	0.370①	0.138②					
				Lg	0.013①	0.013②	0.735①	0.171②				
底沢橋			Tr	0.011①	0.013②	0.380①	0.138②					
			Lg	0.006①	0.007②	1.30①	0.216②					
			Tr	0.01		0.430						
14 15 16 17 18 19 20 21		礎	ケーソン基礎	吉田大橋	Lg	0.108		0.154		回転 回転 回転 回転 回転 回転 回転 回転	A A A A A A A A	
河大橋					Lg	0.08		0.179				
				安治川橋	Lg	0.0865		0.115				
新葛飾橋					Lg	0.111		0.172				
				平井大橋	Lg	0.0583		0.180				
木曾川橋					Lg	0.129		0.417				
	刀水橋			Tr	0.097		0.210					
Lg				0.25		0.286						
22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34	脚	くい基礎	浜松町高架橋	Lg	0.186		0.143		曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 曲げ	A A A A A A A A A A A A A A		
倉敷川橋				Lg	0.380		0.213					
			筏川橋	Lg	0.101		0.276					
庄内新川橋				Lg	0.140		0.288					
			信濃川大橋	Lg	0.0399		0.325					
Tr				0.0320	0.240		0.240					
			Lg	0.0735	0.242		0.242					
Tr				0.0275	0.582		0.582					
			港大橋	Lg	0.105		0.210					
Tr				0.090	0.235		0.235					
			福島橋	Lg	0.107		0.208					
Lg				0.021	0.710		0.710					
			横吹橋	Lg	0.0046①	0.0115②	1.40①	0.214②				
Tr				0.0295①	0.0074②	0.424①	0.113②					
長泥橋	Tr・Lg	0.366		0.261								
	Lg	0.435		0.308								
35 36 37 38	全	ケーソン基礎	吉田大橋	Lg	0.110		0.290		回転 回転 曲げ 曲げ	A A B B		
Tr				0.066	0.361							
			新葛飾橋	Tr	0.012①	0.015②	0.016③	0.758①			0.600②	0.458③
鳥井大橋				Tr	0.028①	0.028②	0.028③	0.306①			0.242②	0.176③
39 40 41 42 43 44	橋	くい基礎	汐留高架橋	Lg	0.055		0.354		曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 曲げ	A A A A A A		
Lg				0.040		0.392						
			筏川橋	Lg	0.144		0.288					
大橋				Lg	0.0431		0.493					
			琵琶湖大橋	Lg	0.040		0.833					
横吹橋				Tr	0.0121①	0.0151②	—	1.15①			0.507②	0.232③
45	橋	直接	底沢橋	Tr	0.013①	0.017②	0.017③	0.65①	0.419②	0.378③	曲げ	B
46 47				主塔基礎	関門橋	Lg	0.0014①	0.0033②	0.0057③	3.85①	0.714②	0.256③
Tr	0.0022①	—	—			0.855①	0.244②	0.161③	曲げ	B		

注) Lg : 橋軸方向 ① : 1次 ③ : 3次 Aグループ : 一般橋
Tr : 橋軸直角方向 ② : 2次 Bグループ : 高橋脚