

支承部の摩擦に伴う 斜張橋の減衰特性

○建設省土木研究所 正会員 運上 茂樹

〃 〃 川島 一彦

〃 〃 吾田 洋一

(株)ピーエスコンクリート 〃 久保 明英

1. まえがき

既往の斜張橋の実橋振動実験結果によれば、固有振動数及び固有振動モード形は通常用いられる線形骨組モデルを用いた固有値解析によりかなりよい精度で推定することが可能であるが、地震応答に大きな影響を及ぼす減衰特性については、設計上仮定される値よりも小さな値が得られる場合が多く未解明な点が多い。本論では、可動支承部に作用する摩擦力が斜張橋の減衰特性に及ぼす影響を解析的に検討した結果を報告する。

2. 解析条件

解析対象橋は、図-1に示す橋長380mの2径間連続斜張橋モデルとした。減衰定数は、図-2に示すような橋軸方向に卓越する2つの固有振動モードに着目し、これらのモード形に相似な初期変位及び初期加速度を与えて自由振動を生じさせ、この応答波形の自由減衰により求めた。摩擦力は、厳密にはその抗力の変化に伴ない振動中に変化するが、本検討では死荷重反力と摩擦係数から定まるクーロン型摩擦力としてモデル化した。このように支承部だけにクーロン型の摩擦力が作用する場合の全体系の対数減衰率は、1サイクル中のエネルギー損失より近似的に次式で求められる。

$$\delta = \frac{2\pi h}{\sqrt{1-h^2}} = \log_e \frac{U_{j,n}}{-\Delta E + \sqrt{(\Delta E)^2 - U_{j,n}(2\Delta E - U_{j,n})}} \quad \dots\dots (1)$$

ここで、 $U_{j,n} = \omega_j^2 \cdot (a_{j,r,0})^2 / \{2(\phi_{j,r,0})^2\}$, $\Delta E = \sum F_r \cdot a_{j,r,n}$

ここに、 δ 、 h 、 $U_{j,n}$ 、 ΔE は、それぞれ対数減衰率、減衰定数、運動エネルギー、吸収エネルギーを示し、 ω_j 、 $a_{j,r,0}$ 、 $\phi_{j,r,0}$ 、 F_r 、 $a_{j,r,n}$ は、それぞれ固有振動数、節点 r_0 の時刻 t_n における振幅、節点 r_0 の固有モード値、節点 r に作用する摩擦力及び時刻 t_n における振幅を示す。

3. 解析結果

図-3及び図-4は、それぞれ5次及び6次振動モードについての節点1の自由振動波形及びこれより算出した減衰定数を示したものである。これによれば、減衰波形は摩擦の作用する系に特有の直線的な減衰性状を示すがうねりを生じている。これは、5次及び6次の近接したモードが出現したために生じたものである。減衰定数は振幅の減少とともに増加し、また、モードによっても異なる。図-5は、提案式(1)による結果と応答計算結果との比較を示したものであるが、提案式(1)はうねりによる差は生じているものの応答計算結果とよく一致しており、等価な減衰定数の算定式として使うことが可能と考えられる。減衰定数は、振動の振幅に応じて変化し表-1に示すような値となる。振幅が10cmでは約0.2~1%程度の値となる。

4. 結 論

支承部の摩擦力に伴う斜張橋の減衰特性に関して検討した結果、減衰定数は振幅に依存し、振幅が小さくなると大きくなる傾向を有する。減衰定数は、振動モードにより変化し、摩擦係数が0.1の場合には、振幅が5cm以上では1%以下、振幅が5cm以下で数%の値となる。また、提案式(1)は応答計算結果とよく一致し、各モードごとの摩擦による減衰定数の簡易な推定式として有効である。

〔参考文献〕 川島一彦：動的解析における摩擦力のモデル化に関する一考察 土木学会論文報告集第309号

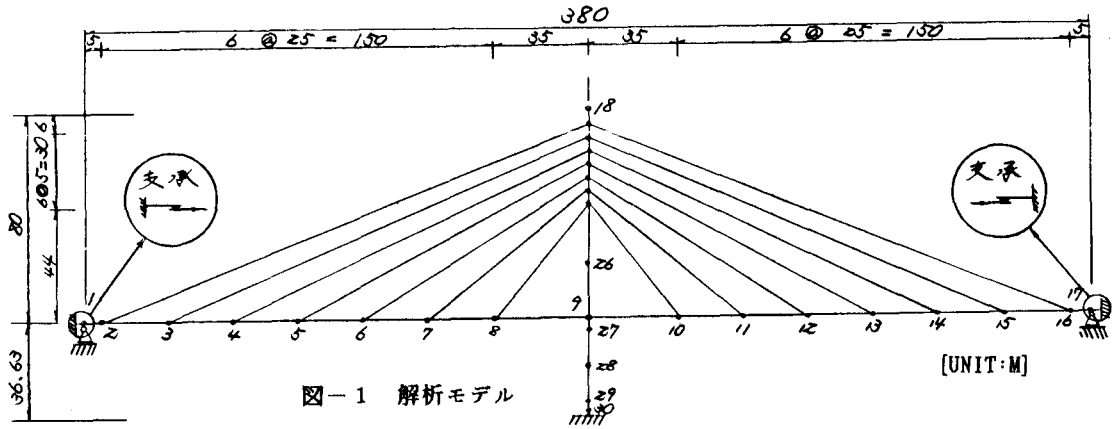


図-1 解析モデル

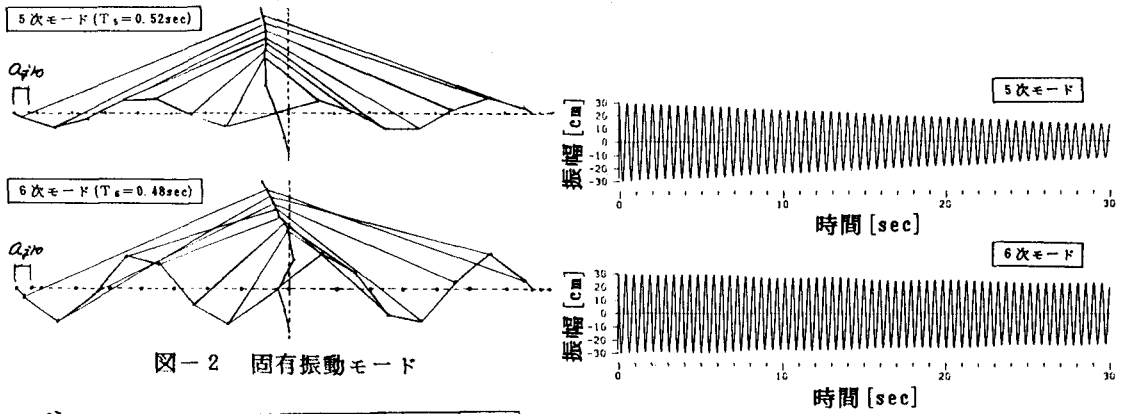


図-2 固有振動モード

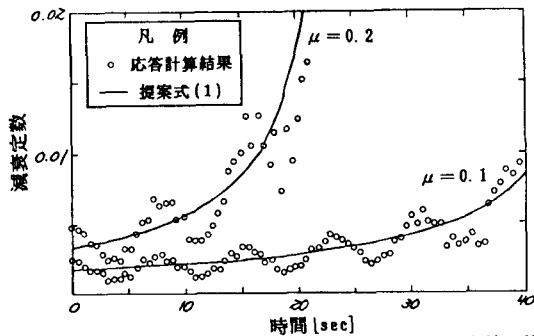


図-4 応答計算結果と提案式(1)による減衰定数の比較

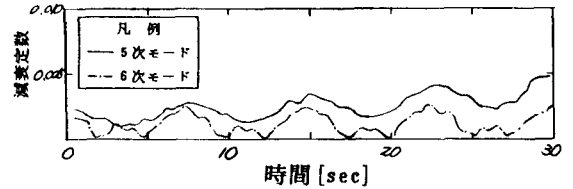


図-3 自由振動波形及び減衰定数

表-1 提案式(1)により求めた減衰定数

振動モード	摩擦係数 μ	支承位置（節点1）の振幅 $a_{j,0}$ [cm]				
		30	20	10	5	1
5 次モード	0.1	0.0018	0.0025	0.0050	0.0101	0.0586
	0.2	0.0033	0.0050	0.0101	0.0210	0.1509
6 次モード	0.1	0.0007	0.0010	0.0020	0.0041	0.0216
	0.2	0.0014	0.0020	0.0041	0.0083	0.0465