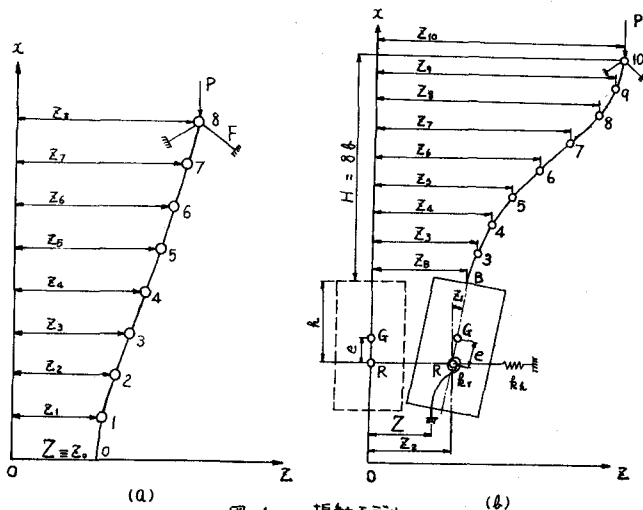


長大つり橋の主塔の地震応答について

関西大学工学部 正員 高岡宜善
同 上 ○佐藤端治

1. まえがき

長大つり橋の主塔の地震応答を研究する際に、振動系として、(a)主塔シャフトのみに注目し、その下端は基礎地盤に固定されているものとする(図-1,a) (b)主塔シャフト+主塔基礎工に注目し、主塔基礎工の回転および並進運動を考慮する(図-1,b) の2つの場合をとりあげ、各場合の応答を比較すると、両者の間に大きな相違が生ずる場合があるのに気がつく。すなわち(b)の場合には、主塔基礎工を支える地盤の弾性常数如何によつては応答値が非常に大きくなり、このような場合には応答スペクトル手法を用いて計算した応答の最大値は実際の最大値を実用上充分なる精度で近似していない。この報告においては、まず上記の(a)ないしは(b)の各振動系についてそれらの固有振動周期を調べ、(b)の場合においては基礎地盤の弾性常数を変化させることにより、系の固有振動数および振動型のうち、2つのものが接近したりあるいは分離したりする可能性のあることを示す。



(a)

図-1 振動モデル

(b)

つぎに、実在地震動の地動変位を

入力として用いた場合の応答の最大値と、地震応答スペクトル線図から計算した二乗和平方根応答を比較する。

2. 振動系の固有振動周期

図-1,a および b に示すように、主塔を自由度8ないし10の集中質量質点系で置換した場合の固有振動周期は表-1のようになる。(b)の場合に、基礎地盤の弾性常数は表-2の3組の値を用いた。表-1から、(b)の場合の固有周期は(a)の場合のそれらに、第2次および第7次の固有振動周期が新たに加わった形になっており、残りの8つの固有周期は、(a)の場合のそれらとほとんど一致していることがわかる。そして、第2次および第7次の振動型においては、いずれも主塔基礎工の回転角が大きくなっている。したがって、上記の2つの振動型は主

振動次数 n	図-1,a の 振動系の T_n	図-1,b の振動系の T_n ばね定数の組		
		I	II	III
1	1.286	1.298	1.294	1.385
2	—	0.6354	0.4975	1.129
3	0.4706	0.4661	0.4501	0.4685
4	0.2595	0.2597	0.2596	0.2598
5	0.1781	0.1793	0.1793	0.1793
6	0.1398	0.1408	0.1408	0.1408
7	—	0.1159	0.1166	0.1308
8	0.1142	0.1139	0.1140	0.1143
9	0.0925	0.0926	0.0925	0.0926
10	0.0737	0.0737	0.0737	0.0737

表-1 固有振動周期 T_n (Sec) の比較

塔基礎工のロッキングに起因するものであると考える。図-2は、図-1(b)から主塔基礎のめを取り出した振動系を示したものである。この2自由度系の固有円振動数はつぎのようになる。

$$\left. \begin{matrix} \omega_x^2 \\ \omega_z^2 \end{matrix} \right\} = \frac{1}{2} (\omega_x^2 + \omega_p^2) \mp \sqrt{\frac{1}{4} (\omega_x^2 - \omega_p^2)^2 + k^4}$$

ここに、 ω_x および ω_p は並進および回転運動の連成作用がない場合のそれぞれの円振動数である。また k は連成の度合いを表わし、 $k=0$ ならば主塔基礎工は並進ないしは回転運動をそれぞれ単独に行なう。図-3は ω_x および ω_z が、 ω_x および ω_p ならびに k （したがってまた基礎地盤の弾性常数）によってどのように変化するかを図示したものである。式(1)によって、主塔基礎工のめを取り出したときの固有振動周期を計算すると表-3のようになる。これらの数値は、表-1に示すところの、各地盤係数の組に対する第2次および第7次振動周期に近い。

3. 実在地震動による応答

図-1, bの場合の計算結果の1例として、図-4および図-5に、El Centro 40 (N-S)に対するたわみおよび曲げモーメントの最大値、 Z_{max} および M_{max} 、ならびに応答スペクトル線図から二乗和平方根法によって求めた $(\bar{Z})$ および $(\bar{M})$ を示す。減衰常数は $\gamma=5\%$ とした。これらの図およびその他の計算結果から、固有振動数および振動型が接近する場合には応答 R_{max} と $(\bar{Z})$ との差が大きくなることめかる($R=Z$ ないし M)。

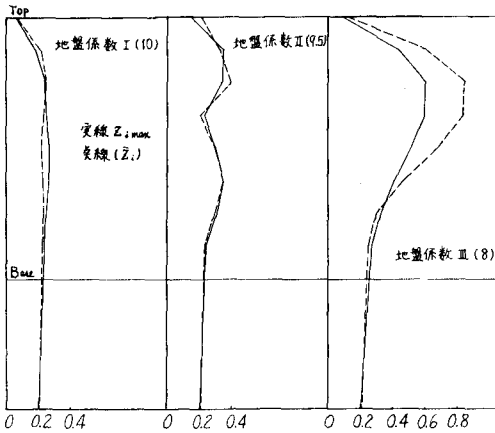


図-4 たわみ

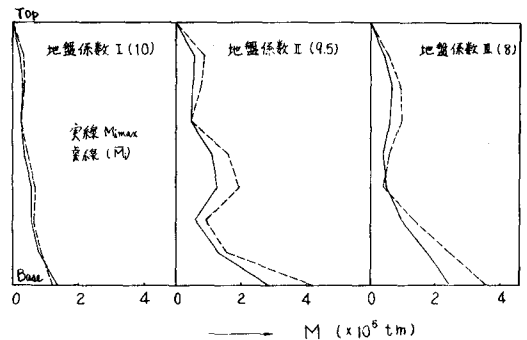


図-5 曲げモーメント

組	回転ばね定数 k_r (t/m)	水平ばね定数 k_x (t/m)	備考 (Kg/cm ³)
I	136.668×10^8	87.00×10^8	$K_y = 30; K_H = K_{HV} = 10$
II	250.594×10^8	82.65×10^8	$K_y = 55; K_H = K_{HV} = 45$
III	36.450×10^8	69.60×10^8	$K_y = 8; K_H = K_{HV} = 8$

表-2 基礎地盤のばね定数

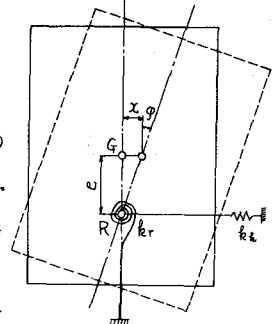


図-2 主塔基礎工の振動モデル

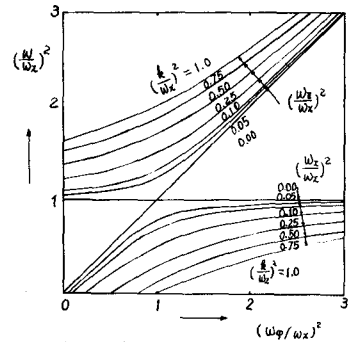


図-3 連成係数と連成振動数および連成度との関係

ばね定数の組	T_x	T_z
I	0.6287	0.1136
II	0.4732	0.1129
III	1.201	0.1309

表-3 主塔基礎工の固有振動周期