

吊橋主塔と基礎岩盤の連成振動について (その2)

長大橋設計センター 正 ○ 友沢武昭
 神戸大学工学部 正 北村泰秀
 神戸大学工学部 正 畑中元弘

1. まえがき

吊橋主塔の動的解析において、基礎部のロッキンブ振動を考慮する場合、従来一般に地盤バネに置き換えて、基礎部と塔部の連成振動を考へる方法がとられていたが、最近構造物とその周辺地盤に有限要素法を適用して、振動解析を行なった論文がみられる。筆者等は前年度関西支部における発表に続けて、有限要素法を用いて主塔と地盤の連成振動に注目し、従来行われていた地盤バネとの比較を行った。

2. 解析モデル

主塔および周辺地盤に対し前回の発表と同様の考え方により、二次元問題として取り扱い、図-1に示す要素分割を用いた。塔部については、図に示す要素分割でたわみ角理論による剛性マトリックスを用いて、梁の曲げあるいは縦振動理論値とよく一致することと前回において確かめたのでこの分割を用いることにし、基礎部および周辺地盤については図に示す5種の分割を考へ基礎部振動の固有周期と比較してオ工種分割を用いることにした。解析に用いた岩盤および側方土の条件は、岩盤部： $E=10^4 \sim 10^6 \text{ t/m}^2$ (6種)、 $\nu=0.17$, $\gamma=2.2 \text{ t/m}^3$ 、側方土部： $E=5.0 \times 10^3 \text{ t/m}^2$, $\nu=0.3$, $\gamma=1.8 \text{ t/m}^3$ とした。なお各種の要素分割について、弾性範囲内で解析を行なった場合で、外力として一方向のみを考へる場合には基礎中央軸上の節点に滑動支点を設定することにより、系の対称性を利用して方程式の元数を約半分に節約することができる。

3. 計算結果

基礎部分割としてオ工種分割を使用し、これと塔部分割とを結合した塔-基礎-地盤系、およびオ工種分割のみを使用した基礎-地盤系について岩盤弾性係数を $10^4 \sim 10^6 \text{ t/m}^2$ の範囲で変化させた場合の固有周期の遷移状況を図-2に示す。同図において、塔部振動は塔部自体の曲げ振動の1次と、基礎-地盤系における基礎部振動とはほぼ近い1次と現れられることがわかる。また、同図中で R_1, R_2, R_3 なる曲線は岩盤弾性係数の平方根に反比例する直線とほぼ平行になっており、これは従来の地盤バネによる効果と傾向が似ている。一方、 R_4, R_5 なる曲線上の点は側方土の1次、2次水平振動と、基礎のロッキンブ振動の相互作用によって現れるのではないかと考えられる。図-3には、基礎部正

条件	平面系						縦向
周期	I	II	III	IV	V	VI	
1次固有周期	1.16	1.72	1.67	1.70	2.10	1.76	
ロックンブ1次	1.04	1.22	1.24	1.39	1.21	1.25	
ロックンブ2次	0.63	0.70		0.79	0.70		

表-1 各種分割に対する固有周期 (sec)
 (岩盤部： $E=2.0 \times 10^5 \text{ t/m}^2$ 使用)

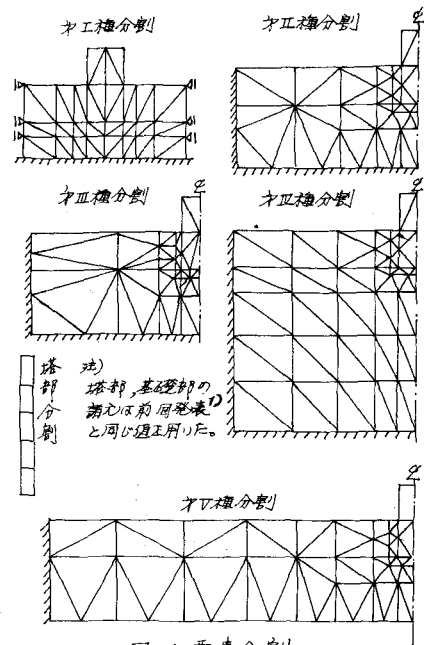


図-1 要素分割

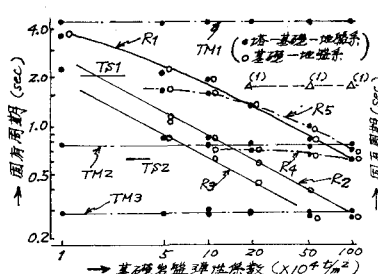


図-2 固有周期の遷移図

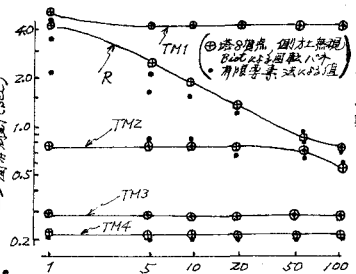


図-3 傾点系モデルと有限要素法の比較

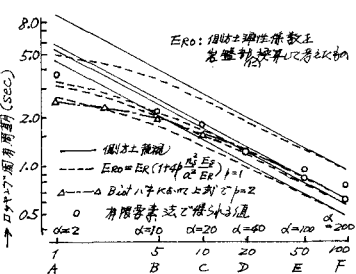


図-4 各種履歴解析法による固有周期遷移図

剛体と考へ、これに側方土の影響を無視し、岩盤部のみのバネ効果として *Biot* 式による回転バネを考へた場合の固有周期遷移図を示した。回転バネを考へた場合には図-2中の R_4, R_5 なる曲線上の点は現われていない。図-4は剛基礎を2,3の回転バネで支へた場合と、有限要素法で求めた固有周期の変化を比較したものであるが、 R_5 上の固有周期の変化はこれらの地盤バネと傾向がよく一致している。図-5は *Vernon* 地震による系の応答(地盤-基礎系)を *Runge-Kutta* 法により求めたもので、図-6には第II種分割による応答値と剛基礎に *Biot* の回転バネおよび地盤反力係数より求めた水平バネを考へた場合の基礎天端(A点)の応答値を比較を示した。図-5から基礎部天端の応答(A点)はC点の応答にD点(岩上)の短周期応答が乗った形で現われており、図-6で地盤バネによるものと比較した場合、地盤バネによるものは短周期応答がそれぞれ独立した形で振動しており、加速度応答の波形は有限要素法によるものと大きく異なる。つまり図-7に塔-基礎-地盤系の地震応答の例を示す。この場合、図-1に示した塔部分割を用いると縦振動の影響により計算ステップが非常に短くなるので、図-7では基礎部に第II種分割、塔部に水平方向振動のみを表す傾点系要素を用いて応答を求めた。地盤バネを用いた場合との比較などについては講義時によする。

参考文献:

- 1) 友沢 他, 吊橋主塔と基礎岩盤の座成振動について, 土木学会西部昭44年年次學術講演概要
- 2) 前田 他, 矢矧周辺の応力分布について, 同上.

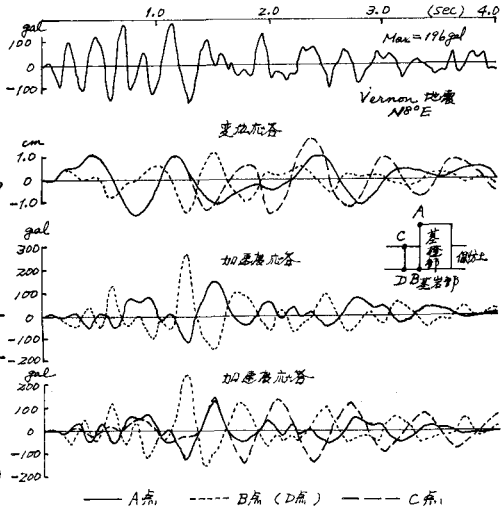


図-5 地震応答図

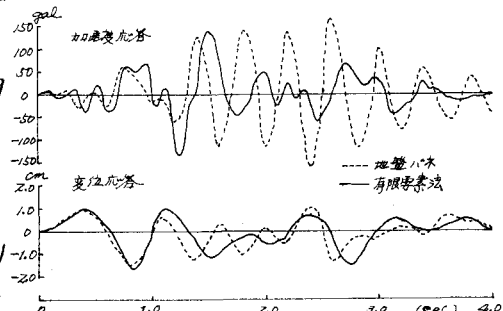


図-6 有限要素法と地盤バネ系の応答比較

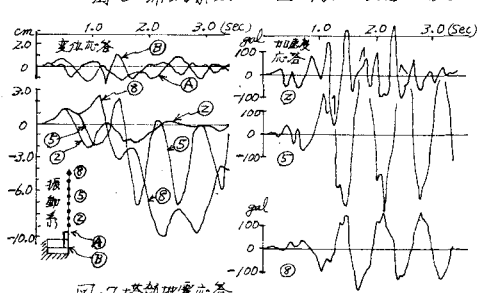


図-7 塔部地震応答