

## I-563 関西国際空港連絡橋橋脚における起振機実験結果の数値シミュレーション（その2）

関西国際空港㈱ 正会員 布施洋一 正会員 芦原栄治  
 ㈱大林組技術研究所 正会員○菊地敏男 正会員 後藤洋三

1. まえがき

本報では、表題の橋脚について実施された起振機実験結果を軸対称回転体FEMモデルにより数値シミュレーションし、地震応答計算に用いる動的解析モデルの設定法に関する結果を述べる。

2. 橋脚・地盤の概要

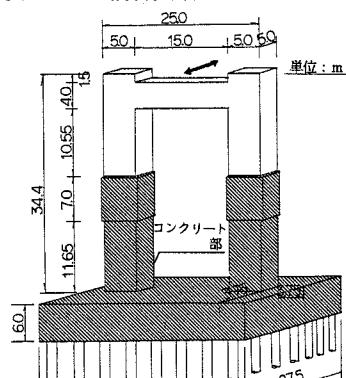
橋脚は図-1のように門型ラーメン構造であり、脚柱部の断面は $5 \times 5\text{ m}$ 、高さが34.4mである。フーチングの寸法は $32.7 \times 27.5\text{ m}$ で、 $\phi 1500\text{mm}$ の鋼管杭が56本打設されている。また、橋脚天端より15m下からはコンクリートが打設されており、合成構造となっている。橋脚付近の地盤状況は図-2のように、最上層に軟弱な沖積粘土層、次に砂礫層、その下に洪積粘土層を中心とした薄い砂層との互層が厚く堆積している。杭先端は深さ55m付近の洪積粘土層中に根入れしている。

3. 動的解析モデル

使用プログラムは、モデル化した地盤の側方にエネルギー伝達境界を有し、下方に粘性境界を有する軸対称回転体FEMである。図-2に1/2モデルの要素分割図を示す。脚柱部は分布質量をもつ梁要素として考え、横梁はその質量のみを脚柱部の節点に附加させた。実際のフーチングは矩形であるが、円形に変換する際は面積が等しくなる様に設定し、半径 $16.9\text{m}$ の回転体ソリッド要素とした。杭材はモデル化の都合上、図-3に示すようにフーチング中心のビーム材と実際の杭位置での縦バネとに分けてモデル化した。すなわち、56本の群杭は半径方向へ4群にまとめ、それぞれの群ごとに曲げ剛性とせん断剛性を等価にしたビーム材および回転変形剛性を等価にした縦バネ部材にモデル化し、両者を十分剛なバネで接続した。縦バネの位置は、杭がある位置（面積を等しくさせる）のフーチングおよび地盤に埋込み、杭がある位置における地盤の水平変位がビーム材に伝わるよう設定した。また、ビーム材はフーチング中心に設けた。フーチングならびに脚柱下部は合成構造であり、杭内はフーチング下-2mまでコンクリートが充填されているので、これらの部分は全断面有効として剛性評価した。海水の影響は海面下の脚柱部に附加質量として考慮した。地盤定数はPS検層結果などに基づくせん断剛性と密度を用いた。減衰は構造物を2%，地盤を一様に5%の履歴形とした。計算にあたり非線形の影響は考慮していない。

4. 数値シミュレーション結果

代表的な測点の共振曲線を実験結果と比較したものが図-4である。脚柱部における $1.4\text{Hz}$ 、 $3.4\text{Hz}$ 、付近のピークは実験値とよく一致している。しかし、実験値で見られる $12\text{Hz}$ 付近のピークは $15\text{Hz}$ 以上に見られ、実験値と一致し



1 橋脚の概要

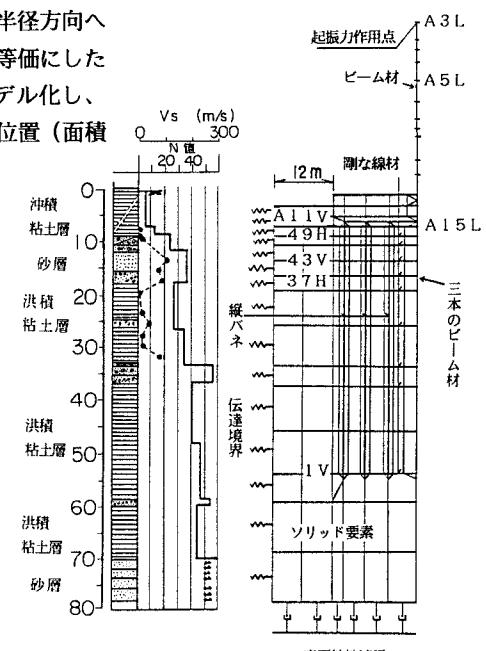


図-2 地盤状況と解析モデル

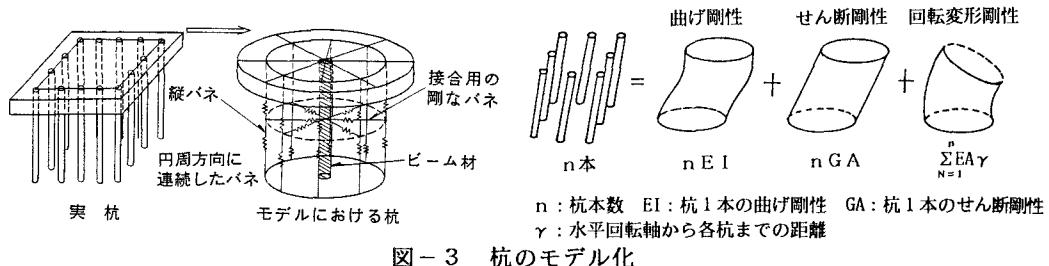


図-3 杭のモデル化

ない。これは橋脚横梁をモデル化しないことによると考えられる。また、フーチングと杭頭部付近の水平方向の振幅は、実験値に比較して20~30%程度大きいが、この原因は矩形のフーチングを円形に置き換えたこと、杭のモデル化をリング状に置き換えたこと、等によるものと考えられる。

2つの共振点におけるモードを示したもののが図-5である。モードは橋脚部の水平変位が最大となる時のものを示した。図中、左側は1.4Hz、右側は3.2Hzである。これらの図より、1.4Hzのモードは地盤の水平振動とフーチングのスウェイ振動が連成したものであり、3.2Hzのモードは橋脚部の1次曲げ振動とフーチングのロッキング振動が連成したものであり、実験結果とよく一致していることがわかる。

## 5.まとめ

解析から得られた結果をまとめると、以下の様になる。底面および側面の境界処理を適切に行なった軸対称回転体モデルによる解析は、特に地盤および構造物の物性値を操作することなく、1.4Hz、3.2Hz付近のピークの振動数と振幅を一致させることができた。これは、物性値と解析モデルの設定法が高い精度を有していることを示しており、動的解析の信頼性が確認された。

## （謝辞）

本報告については、山田善一 京都大学教授より適切な助言を頂きました。末筆ながら深謝致します。

## （参考文献）

- 本山、丸山：関西国際空港連絡橋橋脚における起振機実験とその解析、土木学会第20回地震工学研究発表会（1989年）
- 本山、丸山：関西国際空港連絡橋P11橋脚における起振機実験について、土木学会第44回年次学術講演会（平成元年10月）I部門
- 本山、丸山：関西国際空港連絡橋起振機実験結果の数値シミュレーション、土木学会第44回年次学術講演会（平成元年10月）I部門

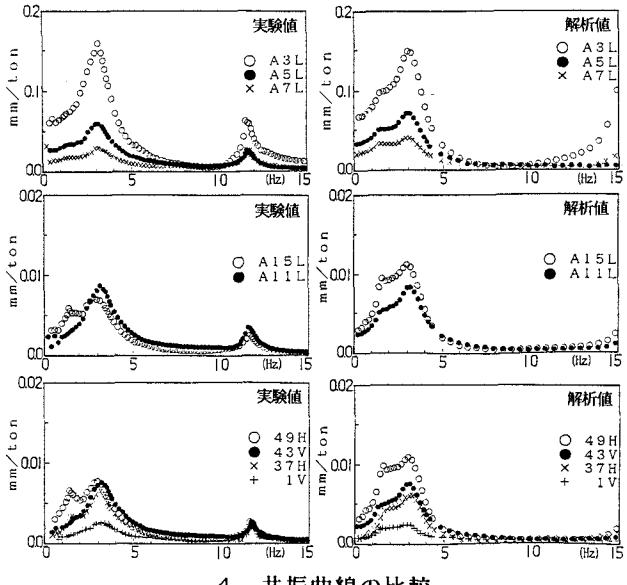


図-4 共振曲線の比較

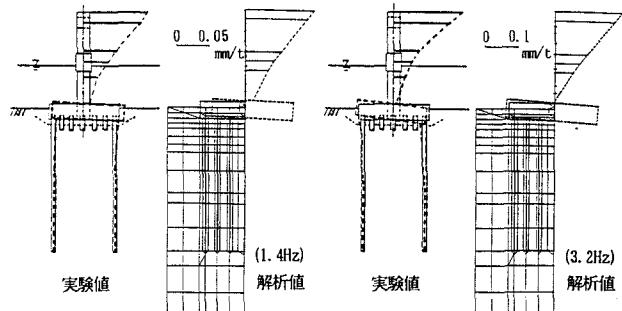


図-5 モードの比較