

(株)大林組技術研究所 正会員○久保寺家光

同 上 正会員 菊地 敏男・後藤 洋三

### 1. はじめに

筆者らは大本数の群杭基礎を有する基礎-地盤-構造物の動的相互作用問題を効率的かつ精度良く解析するため、同心円上に配置されている杭をリング状の杭と仮定(以降、リング杭仮定)して処理する方法の検討を行ってきた。今回、この手法を用いた3次元回転体有限要素法で実橋脚の起振機実験<sup>1)</sup>の数値シミュレーションを行い、妥当性を検証した。また、杭頭動的バネの解析結果についても3次元薄層要素法<sup>2)</sup>により得られた解と比較し検討したので報告する。

### 2. リング杭仮定

図1、2にリング杭仮定の概念を示す。本手法は群杭が多重の同心円上に配置されているとし、同心円上の群杭がリング状の一つの要素として挙動をするものと仮定する。具体的には、群杭を多重の同心円でグループ分けし、各同心円の円周方向に(1)～(3)式に示す変位関数を定め、深さ方向には各杭ごとに、梁としての変位関数を定める。その後、同心円に属する個々の杭について仮想仕事の原理を適用して、それを加算して同心円を代表する要素剛性マトリックスを求めるもので、節点力と節点変位は(4)式となる。

$$u(\phi) = U^* \cos \phi, \quad \theta_u(\phi) = \Theta_u^* \sin \phi \quad (1)$$

$$v(\phi) = V^* \sin \phi, \quad \theta_v(\phi) = \Theta_v^* \cos \phi \quad (2)$$

$$w(\phi) = W^* \cos \phi, \quad \theta_w(\phi) = \Theta_w^* \sin \phi \quad (3)$$

$$\{P\}_i = [K_i] [CS_i] [A] \{U\} \quad (4)$$

ここで、 $u(\phi) \sim \theta_w(\phi)$ は全体座標系で $\phi$ における並進及び回転変位、 $U^* \sim \Theta_w^*$ は杭の部材座標系における最大並進変位、回転変位である。また、 $\{P\}_i$ ：節線力ベクトル、 $[K_i]$ ：剛性マトリックス、 $[CS_i]$ ：(直交→全体)座標変換マトリックス、 $[A]$ ：(円筒→直交)座標変換マトリックス、 $\{U\}$ ：節線変位ベクトル、である。

### 3. 解析方法

解析には回転体有限要素法によるプログラム『ABLE』<sup>3)</sup>を用いた。図3にメッシュ図を示す。群杭は7重の同心円にグループ分けし、多重リング杭の仮定を適用してモデル化した。橋脚は回転軸の中心に1本の柱としてモデル化し、その横梁相当高さに起振機相当の加振力を作用させて定常応答を求めた。地盤のせん断剛性はPS検層の結果から算定し、減衰は構造物で2%、地盤で5%に設定した。また地盤側方にエネルギー伝達境界を接続した。次に、杭頭動的バネを求める場合は、図3のモデルから橋脚のモデルを取り除きフーチングの質量をゼロとして、フーチングの中心底面に単位の水平加振変位を作用させて作用変位に対する反力を求めバネの値とした。同様の方法で薄層要素法によってもバネ値を求め比較した。

### 4. 解析結果とまとめ

図4に杭の水平動に関する共振曲線を示す。上側が実験値、下側が解析値である。この図から実験値と解析値とで良好な一致が見られ、このモデルが群杭の振動特性を良く捉えていることがわかる。図5に各共振点における杭に生じる軸歪と曲げ歪の分布を示す。図中の実線は実験値であり、点線は解析値である。解析結果における杭の歪分布は実験結果とはほぼ一致している。図6と図7に3次元FEMと薄層要素法で解析した動的バネを示す。両解法における水平バネについては振動数の低い領域ではほぼ一致しており、リング杭仮定の妥当性が認められるが、回転バネでは3次元FEMの方がやや大きくなっている。これは長方形のフーチングを回転体有限要素法でモデル化する際に面積等価で円形に置き換えているため断面2次モーメントが過大になったことが一因であると考えられる。

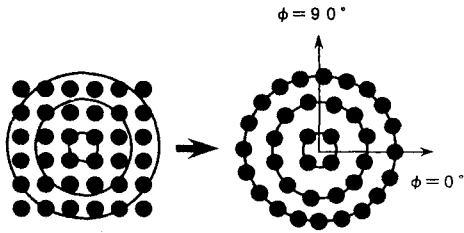


図1 リング杭仮定概念図

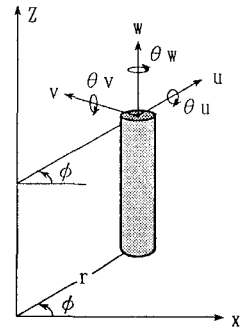


図2 座標系

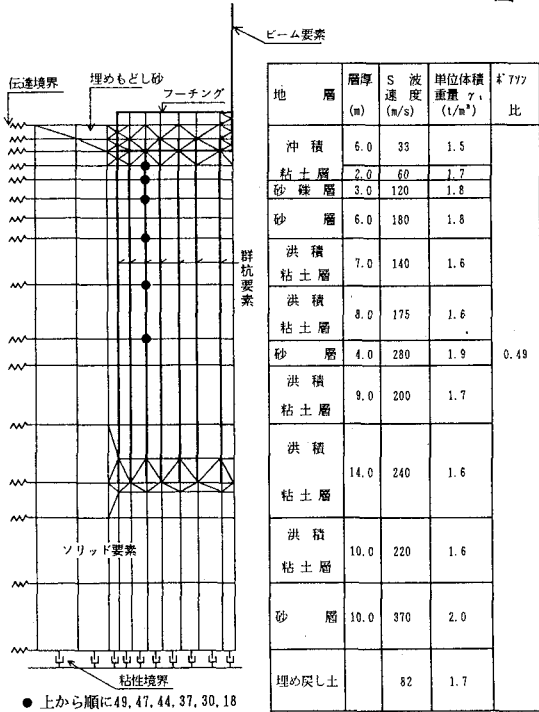


図3 解析モデル

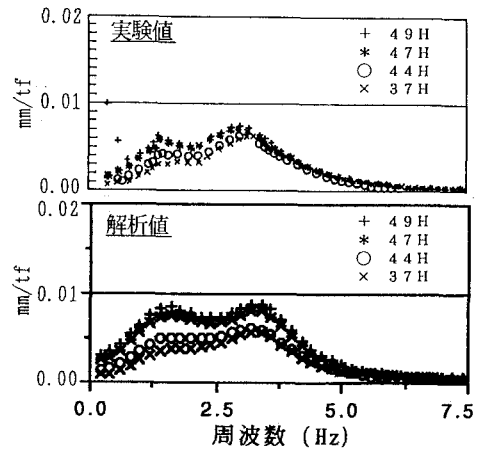


図4 杭の共振曲線

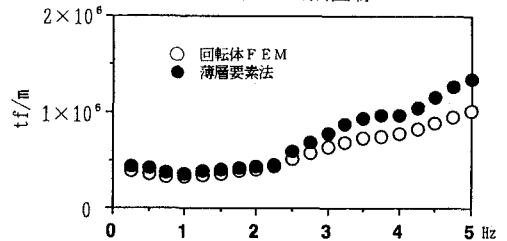


図6 水平バネ（絶対値）

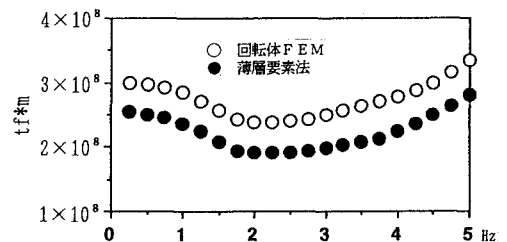


図7 回転バネ（絶対値）

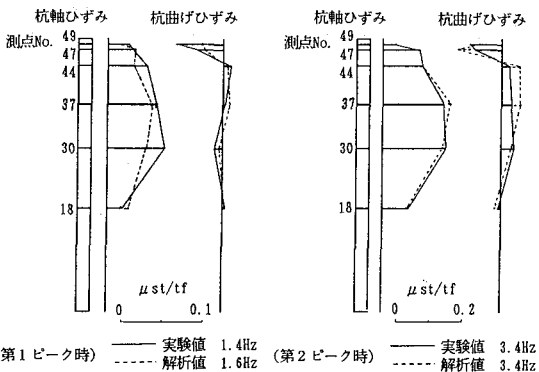


図5 杭の歪

- 参考文献 1) 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、第20回地震工学研究発表会（1989年）  
 2) 例えば田治見、下村：3次元薄層要素法による建物-地盤系の動的解析、日本建築学会論文報告集、第243号、pp.41-51、（1976年）  
 3) (株)大林組情報システムセンター：ABLE（1990年）