

清水建設	大崎研究室	正員	○ 新宅正道
同		正員	近藤 司
同		正員	竹脇尚信

1. はじめに

近年、軟弱地盤上で杭基礎を有するタンクやサイロのような軸対称構造物の検討が増加している。これらの基礎は数100本の杭から成ることが多く、構造物の地震時挙動は周辺地盤～杭基礎～構造物系の相互作用により複雑な挙動をすると考えられる。一方、これらの構造物に対する動的解析モデルとしては軸対称FEMを用いるのが一般的であると考えられているが、杭基礎のモデル化についてはいくつかの問題があり、適切なモデル化が困難な状態にあると判断される。そこで、杭基礎について軸対称シェル要素と軸対称ソリッド要素を用いて二通りの基本的なモデルを考え、実測データと比較検討しモデル化の妥当性および問題点について検討する。

2. 杭基礎のモデル化

構造物が軸対称であることより、杭基礎のモデル化としては基本的にはつぎに述べる二通りのモデルが考えられる。

(a). 軸対称シェル要素によるモデル化

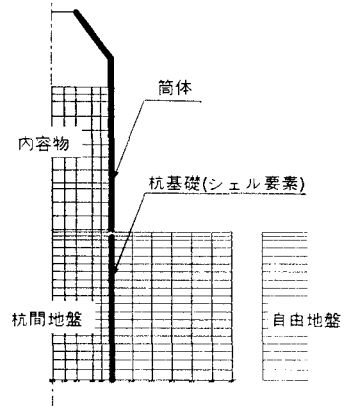
このモデル化は、「なんらかの方法」で杭基礎の基本的動特性を抽出し、その特性を杭基礎に対応する軸対称シェル要素に置換する方法である。ここで用いた手順の概略を以下に示す。

- ① 杭の配置を基礎中心で二分し、杭間地盤は考慮せず、杭の剛性および基礎スラブを用いて2次元フレームモデルを作成する。
- ② フレームモデルの一次固有周期および水平単位荷重による水平変位を算定する。
- ③ 杭基礎のみに相当する軸対称シェル要素を設定し、一次固有周期および水平変位が②で算定した結果に近似するよう繰り返し計算を行い、剛性・シェル厚および単位重量を設定する。なお、今回はシェル要素をタンクやサイロの筒体位置のみに設定し、杭間の地盤は軸対称ソリッド要素として基礎スラブ下に配置する。

(b). 軸対称ソリッド要素によるモデル化

このモデル化は、杭と杭間地盤の物性値のみに着目し、面積比による等価な剛性および単位重量を算定する方法である。ポアソン比は等価剛性に占める杭の剛性が支配的であることより、杭のポアソン比をそのまま用いる。

軸対称シェル要素によるモデル化



軸対称ソリッド要素によるモデル化

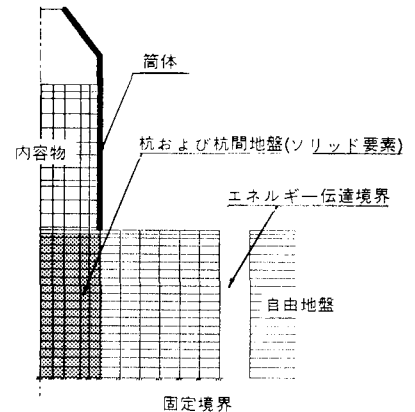


図-1 解析モデル

周辺地盤～杭基礎～構造物系の解析モデルを図-1に示す。同モデルは、次節で検討するサイロであり、内容物満杯の状態をモデル化している。解析領域の境界条件として下方境界は杭先端を固定境界とし、側方はエネルギー伝達境界とした。サイロ筒体は軸対称シェル要素、内容物はソリッド要素でモデル化した。

3. 実測との比較検討

実測例として2ケース取り上げる。ケース(1)は臨海地区の埋立地に設置された燃料タンクであり基礎杭として鋼管杭(約700本)を使用しており、伝達特性は地震観測記録よりを算定した。ケース(2)は軟弱地盤地域に設置されたサイロであり場所打杭(約40本)を使用しており、常時微動記録より特性を算定した。図-2にケース(1)のタンク床板および自由地盤の伝達特性を、図-3にケース(2)のサイロ筒体および自由地盤のの伝達特性を示す。図-4に設定したモデルによる解析結果を示す。

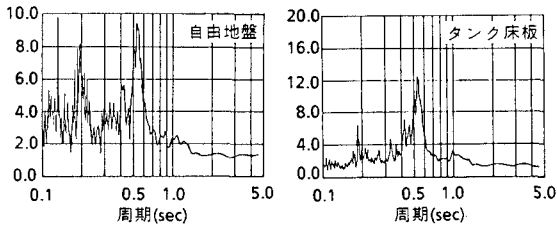


図-2 燃料タンクの伝達特性(実測結果)

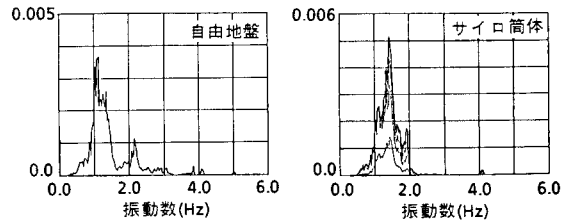
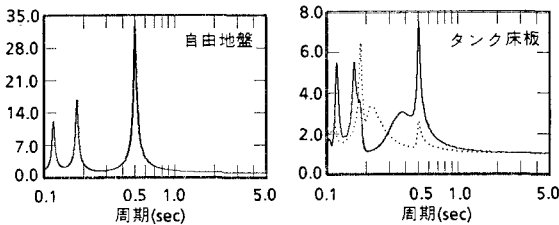
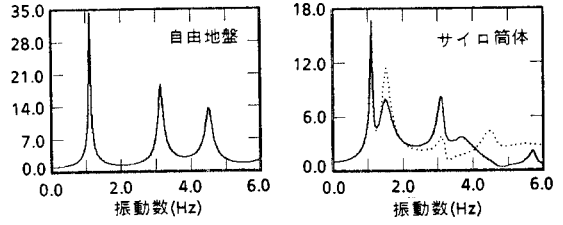


図-3 サイロのパワースペクトル(実測結果)



タンクモデルの伝達特性



サイロモデルの伝達特性

図-4 解析結果

——— 軸対称シェル要素によるモデル化
 軸対称ソリッド要素によるモデル化

燃料タンクについて検討する。自由地盤の伝達特性は観測記録とよい対応を示している。観測記録のタンク床板にみられる0.52秒の1次周期は地盤の1次周期に対応しており、タンク-杭基礎系の伝達特性はほぼ自由地盤に支配されていることがわかる。これに対して両モデルとも固有周期はほぼ再現していると思われるが、増幅の程度から判断するとソリッド要素による結果はかなり異なった形状となっており、シェル要素でモデル化した方が再現性が良いことがわかる。

つぎにサイロについてみる。これも自由地盤の伝達特性の再現は良いことがわかる。サイロ筒体については地盤の1次振動数1.1Hzと構造系の1.5Hzにピークがみられる。これに対して両モデルとも観測記録に対応した振動数成分を示すが、増幅の程度は両者とも観測記録と異なり地盤の影響を大きく評価した結果となっている。この結果に対してソリッド要素によるモデル化には改善の余地は少ないが、シェル要素によるモデル化はシェル要素を複数設定する方法により再現性を向上させられるものと考えられる。以上のことより、基本的な振動特性を再現するモデルとしてはシェル要素を用いた方が適切であると判断される。しかし、シェル要素のモデル化での検討すべき点としては、地震応答解析において円周方向に断面力が発生し応答結果を杭の検討に直接反映できないことなどが挙げられる。

4. まとめ

杭基礎を有する軸対称構造物に対して杭基礎をシェル要素でモデル化することにより、構造物の基本的な振動特性を表現できることが分かった。今後は、地震応答解析結果を杭基礎の検討に直接反映できるように、軸対称シェル要素に異方性を考慮するなどの工夫を加えていく予定である。