

I-570 群杭基礎を有するLNG地上貯槽の動的相互作用効果について

大阪ガス 正会員 中島 一夫
 大林組技術研究所 正会員○松田 隆
 同上 正会員 後藤 洋三

1. はじめに

動的相互作用効果の評価については、有限要素法など全体系で解析する場合、自動的に組み込まれることになる。このとき、群杭基礎形式LNG地上貯槽のように数百本単位の群杭を有する場合、基礎を詳細にモデル化することは困難であり簡易化したモデルを用いることになるが、その解析モデル化の信頼性を確認しておく必要がある。この研究は、まず、全体モデルでの解析結果を群杭基礎形式LNG地上貯槽の地震観測結果と照合することで、解析モデルの再現性を確認し、更に、地盤との相互作用を考慮しない場合や群杭のモデル化を省略した場合に、どのような影響が現れるかを検討したものである。

2. 対象としたLNG地上貯槽とその地震観測の概要¹⁾

地震観測を実施している貯槽は大阪府高石市にある、最大貯槽量75000KL、内径57.6m、最大液深28.8mのLNG地上式貯槽である(図-1)。この貯槽は546本の鋼管杭(φ600mm)からなる群杭基礎で支持されており、二重スラブ形式の床版を介して上部荷重が基礎に伝達される形式になっている。

地震観測は、周辺地盤と貯槽内槽および床版の加速度と、杭頭付近のひずみについて行われている。今回、解析対象とした地震は、液深が最大であったときのもので、地表付近で最大7.1galであった。

3. 解析方法

解析には非軸対称振動を対称とした回転体有限要素法を用いた。内槽および外槽はシェル要素で、内液は液体要素でモデル化し、地盤側方にエネルギー伝達境界を下方に粘性境界を接続した。群杭は多重リング杭の仮定を適用してモデル化している。入力地震動が小さいことから、地盤物性は弾性体とし、その動的定数は微小ひずみ領域の値を用いることとした。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3%に設定した。解析ケースは表-1に示す3ケースである。

4. 解析結果

内槽側壁頂部(肩部R)応答の解析結果と観測結果を重ねて図-2、-3に示す。モデル1(実物再現)では、最大応答値を含め、両者の波形は良好に一致しており、解析モデルの妥当性が認められる。これに対してモデル2(相互作用なし、直接基礎)では、主要動付近での応答が観測結果の2倍程大きくなっており、卓越振動数も1Hz程度高い。このことから相互作用を考慮しないと、構造物の応答はかなり大きく算定されることが言える。群杭のモデル化が貯槽応答の算定に与える影響を、モデル3(群杭省略、直接基礎)のモデル1に対する応答の倍率で示す(図-4)。群杭の影響は振動数により異なるが、構造物の共振振動数(2Hz付近)では1より小さくなっており、その結果、模造物の応答は小さく算定されることが示されている(表-2)。図-5、-6に杭に発生するの断面力を示す。時刻歴波形および振動数特性とともに、解析結果は観測結果をほぼ再現していることが分かる。ただし、観測結果にみられる1.3Hzと1.6Hzにあるピークは、表面波などの上下動を伴う地震動によって貯槽がロッキングしたものと考えられ、せん断波の入力を対象としたこの解析手法では再現できない現象である。

5. おわりに

群杭を有する地上式LNG貯槽を対象とした動的応答解析の結果、相互作用を無視した場合、地上構造物の応答はかなり大きくなること、複雑な群杭のモデル化を省略した場合、応答は過小に評価されること、群杭モデル化におけるリング杭仮定の適用性が高いことなどが実測との比較により示された。

参考文献 1)柳父ほか:群杭基礎を有するLNG地上式貯槽の地震応答とその解析、第7回日本地震工学会

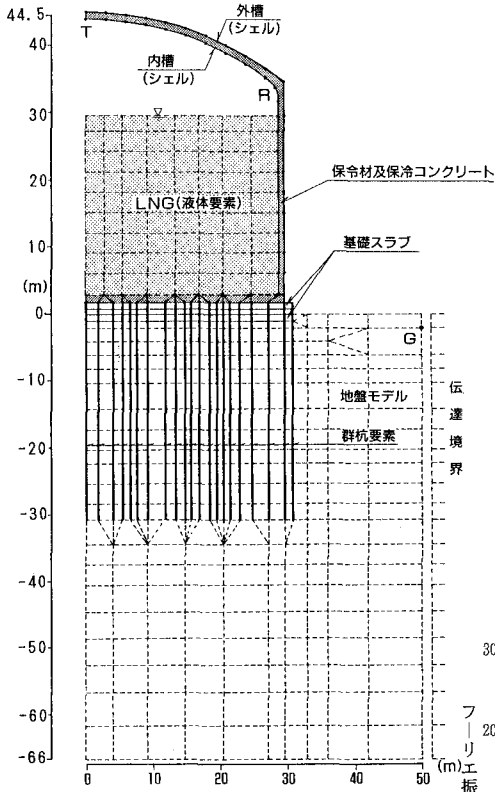


図-1 解析モデル

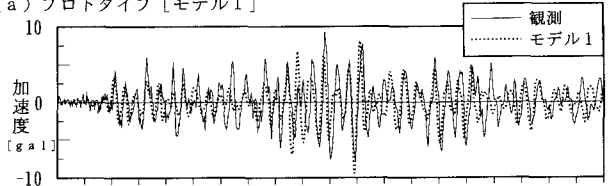
表-2 R部の最大応答値 (gal)

観測	モデル1	モデル2	モデル3
9.27	9.47	21.7	8.81

表-1 解析ケース

モデル1	プロトタイプ	実物を忠実にモデル化(図-1)
モデル2	基礎固定	基礎固定、相互作用なし。基礎入力
モデル3	杭なし	図-1から群杭要素を除去

(a) プロトタイプ [モデル1]



(b) 基礎固定 [モデル2]

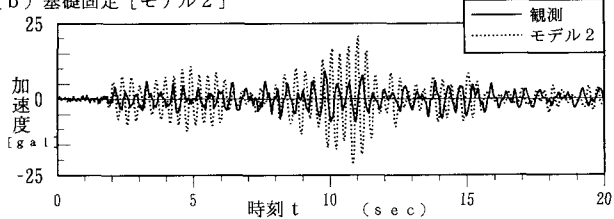


図-2 側壁頂部加速度

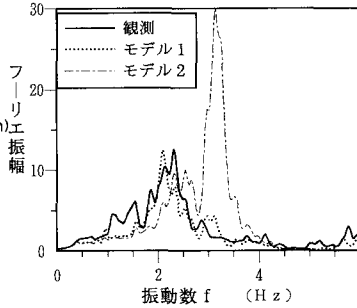


図-3 側壁頂部加速度

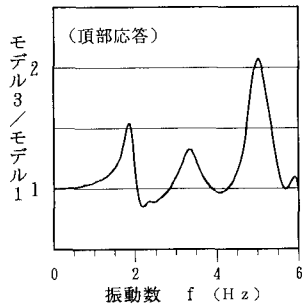
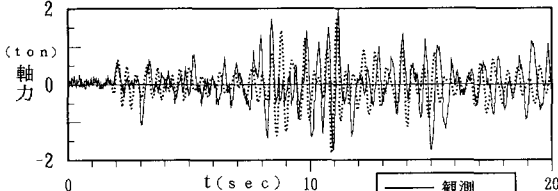


図-4 モデル3 / モデル1

(a) 時刻歴



(b) フーリエスペクトル

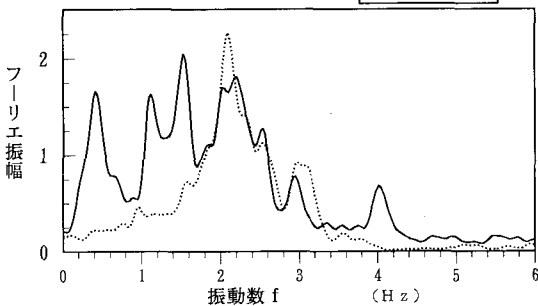
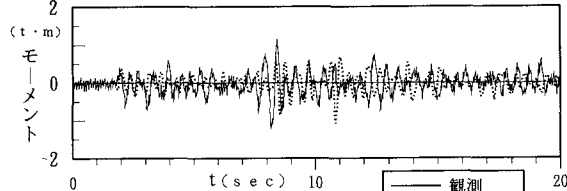


図-5 杭・軸力

(a) 時刻歴



(b) フーリエスペクトル

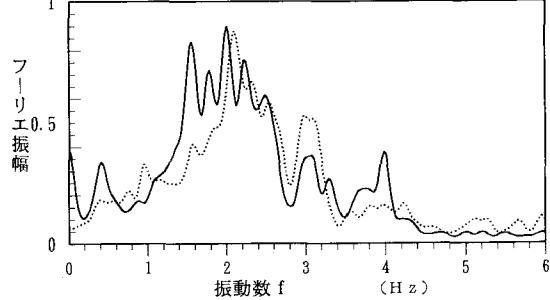


図-6 杭・曲げモーメント