

大阪ガス 正会員 柳 父 行 二
大阪ガス 正会員 頼 千 元

1. 目的 クリーンなエネルギーである天然ガスを貯蔵する地上タンクは埋立地盤に数百本の杭を打設し安定な構造物としている。多数の杭を持つ基礎の地震時挙動には、杭本数分のバネ効果が期待できないといういわゆる群杭効果の存在が指摘されている^①。この群杭効果に関するデータは杭頭に静的水平力を作用させた実験により得られたものであるが静的実験と動的実験では杭基礎挙動に差異のあることが明らかとなった^②。そこで杭本数の異なる模型を用いて静的ならびに動的実験を行ない、杭基礎の地震時挙動に静的群杭効果を適用することが妥当かどうかについて検討を行なった。

2. 模型 原型および模型の諸元ならびに相似比を表1に示す。模型の杭本数は141本、4本の3種類で、4本杭模型だけは杭間隔を4.26D(Dは杭径)から10Dに変更し杭頭拘束条件を合わせた単杭として取扱っている。模型概要を図1に示す。

3. 実験方法 スウェイによる杭の曲げ歪を精度良く測定するため断面形状を円形から矩形に変更すると共に杭表裏での2ゲージ法を採用した。計測点を図1に示す。外力条件は次の3種類でいずれも水平一方向である。

- (a) 貯槽底版での静的水平載荷試験
 - (b) 杭支持層での正弦波強制振動試験
 - (c) 杭支持層での地震波強制振動試験
- なお荷重はLNG満液時に相当する。

4. 実験結果 静的水平載荷試験の荷重一変位曲線を図2に、バネ効果の低減を表2に示す。杭本数が増えたと杭1本当りのバネ効果が小さくなることがわかる。

各実験方法による模型の杭曲げ歪モードを図3～7に示す。データは貯槽底版相対変位(DSLB)との比をとり規準化している。静的水平載荷試験(図3)では模型により杭挙動が大きく異なるが、動的試験(図4～7)ではいずれもほぼ同様となっている。

5. 考察 杭がたくさんあり間隔が固定であれば、杭と杭の間の地盤には水平方向相対変位がほとんど無く、したがって地盤反力もほ

表1 相似比

	原 型	模 型	相 似 比
長 間 隔	—	—	1/63.5
時 間 間 隔	—	—	1/3
重 力 加 速 度	—	—	1/1.7
重 力 加 速 度	—	—	1/1
貯槽底版直径	62000 mm	500 mm	相似則不成立
杭 直 径 (D)	609.6 mm	9.6 mm	1/63.5
(杭 厚 み)	—	2.0 mm	断面形状変更
杭 長	30000 mm	470 mm	1/63.5
杭 の 曲 げ 剛 性	$2.984 \times 10^{10} \text{ kg-cm}^2$	$1.9882 \times 10^4 \text{ kg-cm}^2$	1.239×10^6
杭 間 隔	2600 (4.26D)	40.9 (4.26D)	1/63.5
杭1本当り上載荷重(空液時)	85.6 t/本	81.8 g/本	1.455×10^3
地盤S波速度(埋立層)	60 m/s	2.885 m/s	1/21.71
(杭支持層)	160 m/s	7.559 m/s	1/21.71

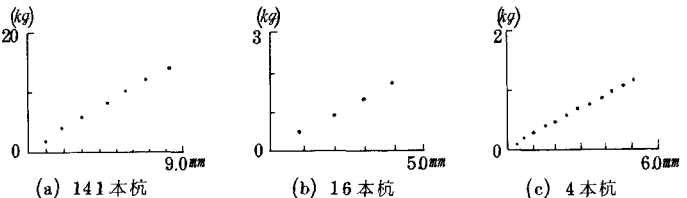
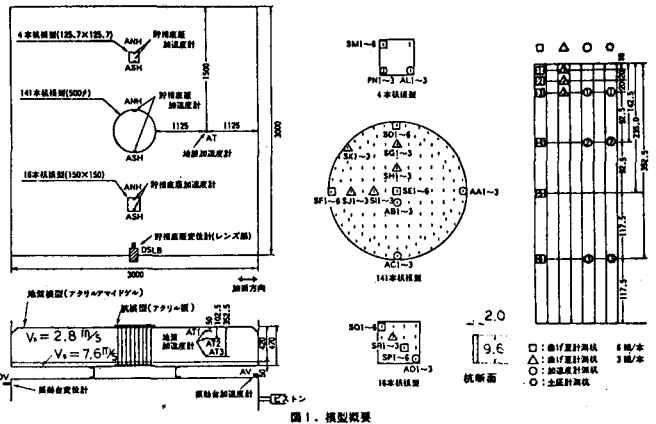


図2 荷重一変位曲線

表2 バネ効果の低減

杭本数 N	141 本	16	4
載荷荷重 F	14.0 kg	1.6	1.2
変 位 Δ	8.42 mm	3.69	5.27
バネ定数 kN	11.79 kg	27.07	56.93
群杭効果 ηN	0.207	0.475	1.00 *

*単杭とみなす

とんど発生しないと思われる。一方最外周杭から外側では模型地盤の型枠が固定境界となるため、静的水平載荷試験で杭が地盤を押すと水平方向相対変位が生じ地盤反力が発生する。

静的水平載荷試験での地盤反力が杭基礎の外側の地盤を主体とするなら、水平力の方向に杭が並んでも杭本数に比例した地盤反力が発生することはないであろう。杭本数が増えた場合にバネ効果が低減するのは地盤反力が杭本数に比例しないからではないだろうか。

動的試験では杭が地盤を押しその反力を地盤から受ける状態に加え地盤周有の振動を考慮する必要がある。模型地盤が十分大きい場合や実地盤のように半無限遠であれば地盤振動による水平方向相対変位を生じにくいと思われる。杭本数が異なっても杭曲げ歪モードが同等になるのは、杭基礎内外の地盤が共に水平方向相対変位を生ずることなく地盤振動に杭が拘束されるためではないだろうか。

図4～7のデータは貯槽底版相対変位との比をとっているため杭本数の増加に伴ない変位も増大するのではないかという疑問が残る。単純な振動方程式の解によれば変位は振動系の固有周期と加速度の関数で、固有周期は系の質量とバネ定数の関数となる。変位が大きくなるかどうかは杭本数より上部工質量の大小の問題と考える方が良いでしょう。

6. 結論 いわゆる群杭効果に関する情報は静的水平載荷試験特有のもので、杭基礎の地震時挙動に適用するのは妥当でないことがわかった。

杭基礎の地震時挙動は地盤振動が支配的であると思われる。今後は上部工質量がどの程度になると地盤振動に勝るかを調べる必要がある。

＜参考文献＞

- ①群ぐい基礎における水平地盤係数の低減効果 杉村 第7回土質工学研究発表会 S47-6
- ②円筒貯槽杭基礎の模型振動実験 頼、柳父 第17回土質工学研究発表会 S57-6

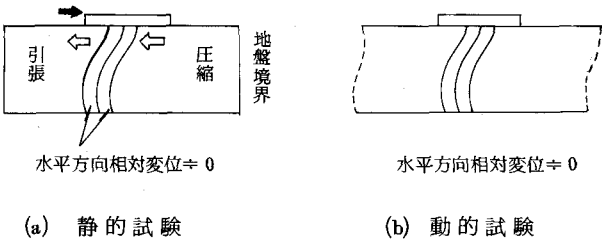


図8 地盤反力模式図

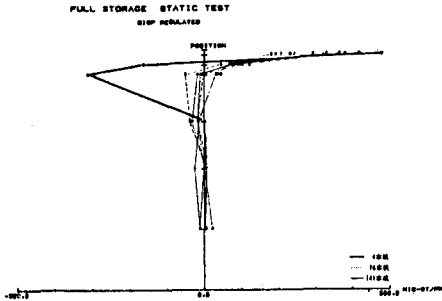


図3 西澤研究室 静的水平載荷による各模型の曲げ歪モード

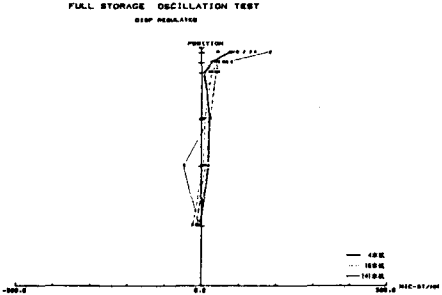


図4 西澤研究室 正弦波強制による各模型の曲げ歪モード

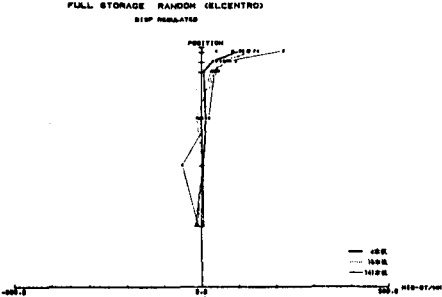


図5 西澤研究室 地震波強制(エルセントロ)による各模型の曲げ歪モード

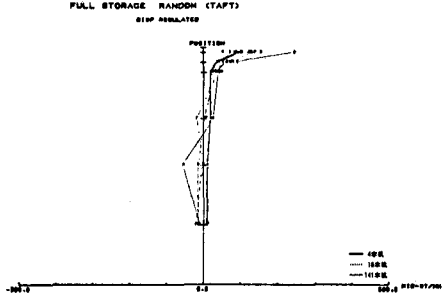


図6 西澤研究室 地震波強制(タフト)による各模型の曲げ歪モード

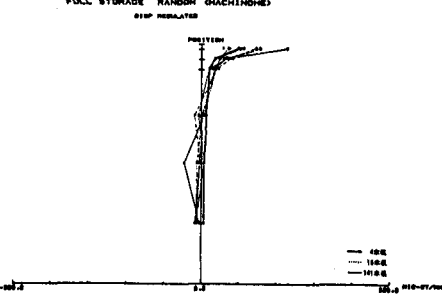


図7 西澤研究室 地震波強制(八戸)による各模型の曲げ歪モード