

日本鋼管(株) 正員 横山幸満

" " 石井 紘

" " ○ 藤尾 順一

1. まえがき

杭基礎の計算では、フーチングスラブの撓性が問題となることは少なく、フーチングを剛体と仮定した「慣用法」あるいは「変位を考慮した計算法(変位法)」等が用いられている。しかし、地上式LNGタンク基礎にみられるような杭本数が数百本と大規模な杭基礎に荷重が集中する場合、杭の配置間隔が大きい場合あるいは杭径に比してスラブ厚が薄い場合等は、フーチングスラブの撓性が杭の反力分布に与える影響を無視することはできない。また、このような杭基礎の場合、スラブに生ずる断面力が問題となる。

本報告は、有限要素法によるフーチングスラブの剛性を考慮した杭基礎の計算方法と、計算プログラムの検証実験結果をまとめたものである。

2. 計算方法

本計算は、フーチングスラブの剛性が杭の剛性と比較して無限大と仮定できない場合を対象とし、スラブの版としての剛性を評価し杭基礎全体系として杭頭断面力およびスラブの断面力を求めることを目的とする。計算方法は、マトリクス有限要素法であり、杭およびスラブは次のようにモデル化する。杭は弾性一様地盤内の半無限長杭とし、杭頭剛性マトリクスを用いて杭頭に一節点を有する要素とする。杭頭の結合条件としては、剛結合とピン結合を考慮する。スラブは、平板の曲げ要素と平面応力要素を組み合わせた版要素とする。このとき、平面応力要素として面内回転成分を節点自由度として有する高次の変位仮定要素を用いる。これは、杭頭剛結合の場合の杭頭回転三成分と版要素の回転成分を合せて、両者の結合を完全にするためである。直杭の場合は杭の振りが、斜杭の場合は振りと曲げが版の面内回転と関係している。

3. 計算例

上記方法により杭基礎の計算を行なった一例を図1に示す。計算モデルは16本の直杭を2列に配したフーチング寸法 $8\text{m} \times 32\text{m} \times$ 厚 50cm の杭基礎で、杭の地上長を 5m 、水平方向地盤反力係数を 1kg/cm^2 とした。荷重は水平方向に $P=100\text{t}$ とした。スラブを剛体と仮定した計算と、スラブの剛性を考慮した本計算の結果を図1および表1に示す。図1はスラブ中心線の鉛直変位、表1は杭頭断面力である。スラブの剛性を考慮することにより、端部の杭の押込み・引抜力は剛体仮定の値の約2倍近い値となるが、曲げモーメント・せん断力は僅かながら減少している。スラブの面外曲げ剛性を考

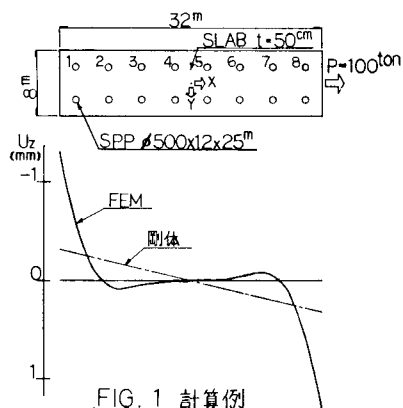
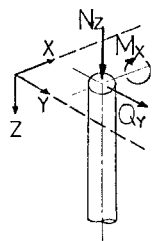


表1 杭頭断面力

	N_z (t)	Q_y (t)	M_x (tm)
1	-8.177 (-4.213)	6.031 (6.250)	-23.71 (-25.28)
2	0.912 (-3.099)	6.278 ()	-25.08 ()
3	0.920 (-1.806)	6.332 ()	-25.38 ()
4	0.166 (-0.602)	6.326 ()	-25.34 ()
5	-0.175 (0.602)	6.331 ()	-25.36 ()
6	-0.933 (1.806)	6.345 ()	-25.43 ()
7	-0.925 (3.009)	6.299 ()	-25.16 ()
8	8.212 (4.213)	6.059 ()	-23.82 ()

上段 --- FEM
(下段) --- 剛体



慮することによる影響は顕著であるが、面内剛性による影響は少ない。

4. 模型実験

i) 実験目的 本実験は、前記した杭と版のような異種の要素を含んだ構造計算結果の妥当性を検証することを目的として行なった。

ii) 実験模型 図2に示す。版要素部分

として厚22mmの鋼板を用い、樁要素として下端剛結の円柱15本と配した。樁要素として杭ではなく柱を用いたのは、模型地盤を用いたときの計算モデル化の不確実性を避けるためである。載荷は、図中のholeに水平力を与える。

iii) 測定項目 鋼板上下面2方向の歪、柱の軸方向歪および振りによる歪、鋼板四隅の3方向変位と測定する。

iv) 計算値と実験値の比較 数値計算は、版要素分割を柱間で四分分割とし、歪gage位置と要素重心と一致させて行なった。模型全体に振りが生ずるように水平載荷したときの計算値と実験値の比較を図3～6に示す。印が測定歪より求めた実験値、線分が本計算による値である。図3は版のX軸直角方向断面の曲げモーメントと図2に示すLineでPlotしたもの、図4は同じくY軸直角断面の曲げモーメントである。両者の変化の様子は一致し、値もほぼ一致している。図5、6は柱①⑥の曲げモーメントである。曲げモーメントの変化は一致しているが、値が同じようにずれる傾向がある。表2に柱の振りモーメントを示す。

表2 振りモーメント (kg·cm)

柱	FEM	実験
⑥	-4868	-4364
②	-4847	-4474
⑩	-4843	-4364

実験値が計算値より10%程小さく、面内剛性を考慮したことによる差と確かめるまでに至らなかった。

5. あとがき

スラブの面外剛性が低下すると、その影響は小規模な杭基礎でも顕著に現われる。杭間四分分割程度でほぼ実用的な計算結果が得られることが判った。当日は、杭本数500程度のLNG地上式タンク杭基礎の計算結果と報告する。

参考文献 横山幸福 くい構造物の計算法と計算例 山海堂 52.11

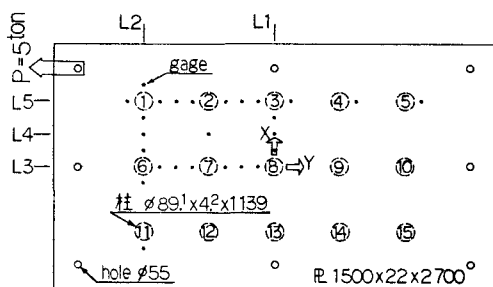


FIG. 2 実験模型

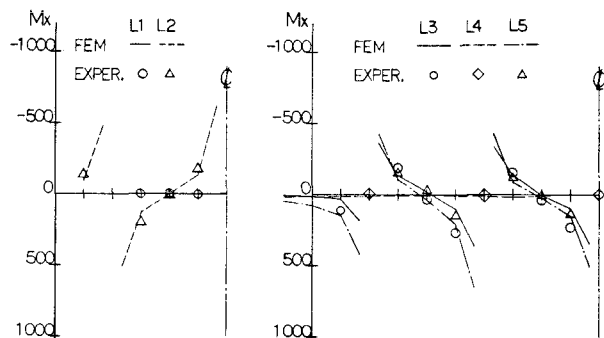
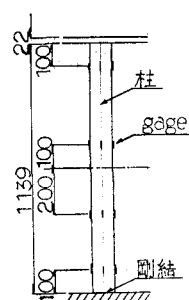


FIG. 3 版の曲げモーメント M_x (kg/cm)

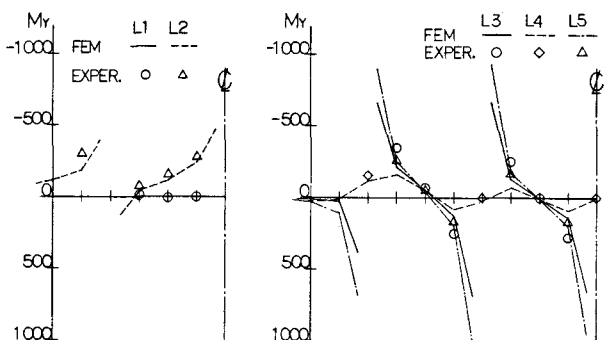


FIG. 4 版の曲げモーメント M_y (kg/cm)

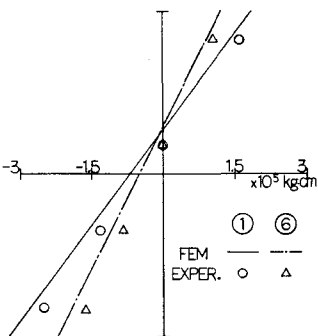


FIG. 5 柱の曲げモーメント M_x

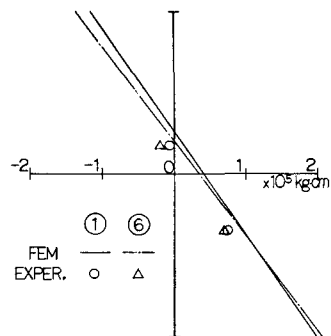


FIG. 6 柱の曲げモーメント M_y