

清水建設(株) 正会員 ○鈴木 健

清水建設(株) 正会員 福武毅芳 大槻 明

1. はじめに 二次元有限要素法によって杭基礎の解析を行う場合、二次元平面ひずみでモデル化された地盤中の杭は、奥行き方向に無限に続く矢板のような状態で解析される。特に、円形に配列された杭基礎では、このような杭のモデル化に疑問の余地が残る。この問題を説明するため、本研究では、文献1)で述べた円形の杭基礎モデルに対して、有限要素法による二次元および三次元解析を行い、三次元解析より手軽な二次元解析により、どの程度三次元解析結果を評価できるか比較検討した。

2. 解析手法 解析に用いたプログラムは、二次元解析ではALiSS²⁾、三次元解析ではHiPER³⁾である。両者とも有効応力法に基づいた非線形地盤・建屋相互作用解析コードで、液状化現象を非排水条件下で評価している。ALiSSとHiPERは、表1に示すような違いがあるが、両者の解析結果の差異の主な要因は次元と考えられる。構成式⁴⁾は両者ともに同じである。

表1 解析プログラムと解析条件の相違点

コード名	次元	積分法	Δt (秒)	ソリッド要素の ガウスの積分点	はり要素
ALiSS	二次元	陰解法	0.0020	4点	チモシェンコ
HiPER	三次元	陽解法	0.0005	1点	ベリチコ

3. 解析モデル化と解析条件 モデル化の概念図を図1に示す。解析条件は文献1)と同じである。円形の杭基礎・地盤系を二次元平面ひずみ問題に置換するにあたっては、以下のように行った。① 構造物:円筒形構造物(直径 $D=25\text{m}$)を二次元平面ひずみ(矩形)へ変換する際には、接地面積が同じになるように一辺の長さ $D' (=22.16\text{m})$ を設定した(図1参照)。② 杭:円形基礎における杭配列を、図2に示すようにグループ分けし、数本ずつまとめて(杭の断面積や断面二次モーメントを足し合わせ)、それぞれのグループを一本のはり要素でモデル化した。③ 地盤奥行き:三次元効果がある程度正確に表現できるように、図1に示すような地盤の奥行きを調節^{5,6)}し、各杭の荷重分担率が三次元モデルと等価になるように杭間の地盤剛性を補正した。

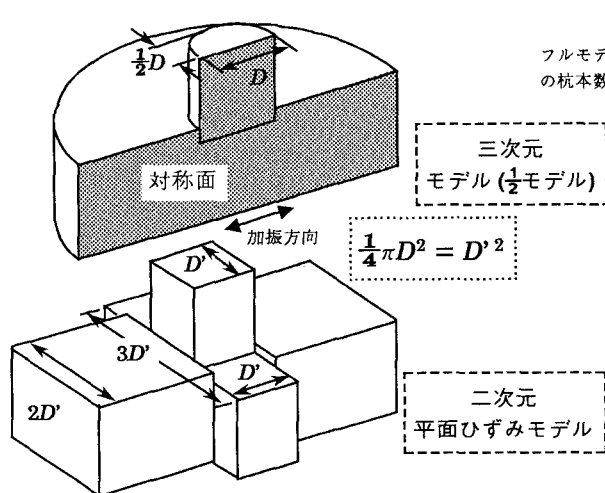


図1 モデル化の概念

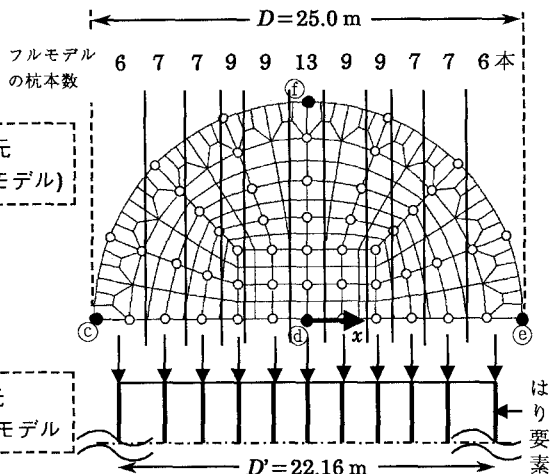


図2 はり要素による杭の二次元化

4. 解析結果 図3に基盤と構造物頂部のフーリエスペクトル比の比較を示す。二次元と三次元の結果はほぼ一致しており、構造物の応答に関しては差異は無いことが分かる。図4には、最大過剰間隙水圧比のコンターについて、二次元結果と三次元の対称面の結果の比較を示す。両者はほぼ一致しているが、三次元の方が

液状化領域が地表面付近でやや広い。

端部の杭③と中心の杭④の深さ方向の断面力の比較を図5, 6に示す。杭③の杭頭付近では差異が見られ、二次元のモデル化の影響が表れている。杭③の二次元の最大せん断力を見ると、最大値は杭頭の下で要素で生じている。最大曲げモーメントを見ると、三次元では杭頭で急に大きくなっているが、二次元ではそれほど急激には大きくなっていない。中心杭④では二次元と三次元の結果はせん断力・曲げモーメントともに良く一致している。同図中には三次元解析による奥側の杭①の断面力も△印で示しているが、その断面力は二次元の結果より大きい。杭①の断面力は二次元では評価が困難で、二次元解析では危険側の結果となっている。図7に杭の最大断面力の比較を示す。三次元の結果は、対称面(図2のライン④~⑤)の杭の値である。三次元の結果は端部ほど大きな値となっているが、二次元の結果は必ずしもその傾向にない。この原因としては、図5, 6から分かるように二次元の杭③では杭頭付近での断面力の増加傾向が緩やかなためである。

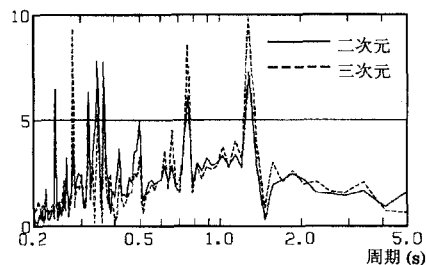


図3 フーリエスペクトル比
(構造物頂部/基盤)

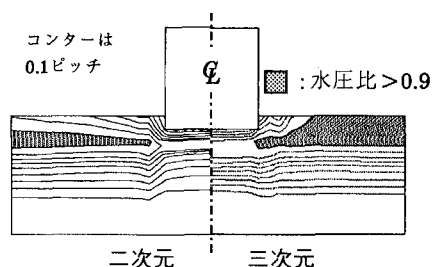


図4 最大過剰間隙水圧比のコンター

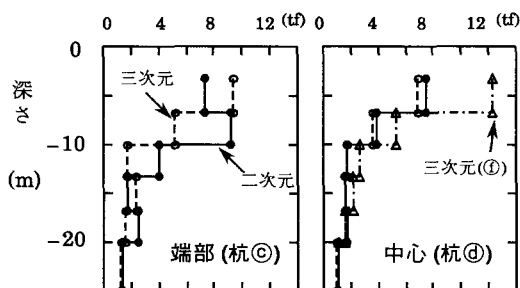


図5 杭の最大せん断力

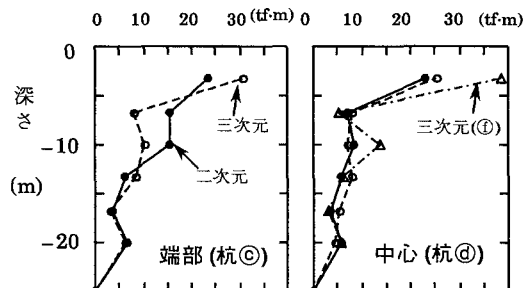


図6 杭の最大曲げモーメント

5. おわりに ここでの一連の結果は二次元でモデル化するときの基礎資料となると思われる。最後に、二次元モデル化と解析結果の考察に当たり、有益な助言をいただいた当社の清水勝美氏に感謝致します。

参考文献 1) 福武・大槻・鈴木: 円筒形構造物の杭基礎の液状化挙動(その1: 三次元解析), 第49回土木学会年次講演会 I, 1994 2) Fukutake, K., Ohtsuki, A., Sato, M. and Shamoto, Y.: Analysis of saturated dense sand-structure

system and comparison to results from shaking table test, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, Vol.19, pp.977-992 (1990) 3) 大槻・福武・藤川・佐藤: 液状化時群杭挙動の三次元有効応力解析, 土木学会論文集 I (投稿中) 4) 福武・大槻: 三次元液状化解析による部分改良地盤の効果の予測, 地盤の液状化対策に関するシンポジウム, 土質工学会, pp.205-210 (1991) 5) 大平・田蔵・中松・清水: 地盤反力の三次元的効果を考慮した群杭基礎構造物の二次元有限要素法解析モデルの作成方法, 土木学会論文集, No.356/I-3号, pp.303-312 (1985) 6) 横山・泉・西橋・杉原: 杭基礎構造物の地震時挙動と連成振動解析(その1), 第18回土質工学研究発表会, pp.595-598 (1983)

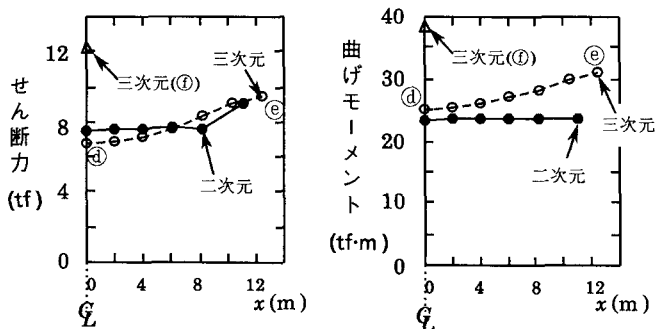


図7 杭の最大断面力