

Ⅲ-B19

三次元FEMと比較した簡易化BEM・軸対称FEMによる群杭沈下解析例

(株)ジオトップ 正会員 平山 英喜

1. まえがき

群杭の沈下解析は、三次元問題である。しかし、三次元FEMが、非常に複雑で困難であるために、簡易化BEM(ミンドリン解を用いた弾性解法)や、軸対称FEMによる簡便法が、提案されてきた。本報では、Ottaviani¹⁾により結果が公表されている三次元FEMによる解析例を、簡易化BEMと軸対称FEMによって解析し、結果を比較する。

2. 解析条件

2.1 Ottavianiによる三次元FEM

Ottavianiによる解析例の条件を図-1に示す。この図において、杭・フーチング・地盤は、線形弾性体としている。杭・フーチングのヤング率 E_c 、ポアソン比 ν_c は、 $E_c=2 \times 10^5$ [kgf/cm²]、 $\nu_c=0.25$ である。杭は $D=1$ [m]の正方形断面で、杭長 $L=20$ [m]・ 40 [m]の2ケースである。杭間距離 S は 2 [m]、すなわち杭中心間隔は 3 [m]である。剛な底面境界条件までの地盤厚さ H は、 $H/L=1.5$ 、すなわち $H=30$ [m]・ 60 [m]の2ケースである。地盤のポアソン比 ν_s は、 $\nu_s=0.45$ である。地盤のヤング率 E_s は、 $E_s=10^2 \sim 10^3$ [kgf/cm²]、すなわち $E_c/E_s=200 \sim 2000$ 、の範囲を対象としている。

2.2 簡易化BEM

杭-土-杭間の相互作用を、ミンドリン解を用いて計算する弾性解法である。解析法の詳細な解説と、実用のための総括的各種図表が、文献²⁾にまとめられている。

群杭の各杭の荷重が等分布の場合、ある1本の杭の単杭としての荷重-沈下関係に、他の杭からの相互作用の影響を重ね合わせて、群杭中でのその杭の沈下を計算することができる。本報では、群杭の中で全体の平均的挙動を示す外周中央の杭を解析対象とする。杭は、断面積が 1 [m²]の円形断面杭とする。

2.3 軸対称FEM

群杭基礎を軸対称条件で近似的に解析する方法として、図-2に示すように、条件の等しい杭のグループを、リングで置き換える方法が提案されている³⁾。

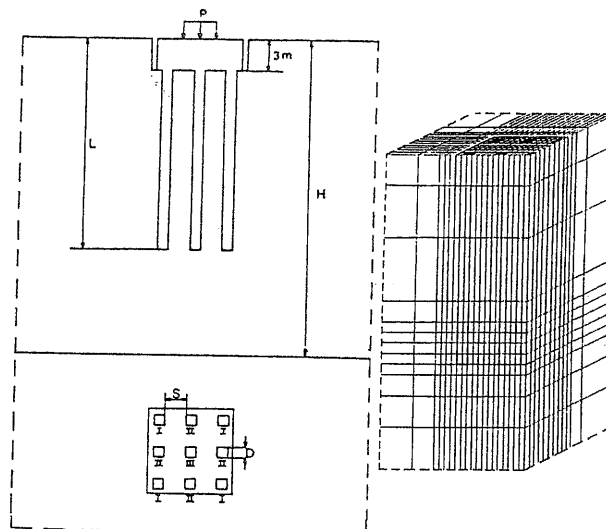


図-1 Ottavianiによる解析例の条件¹⁾

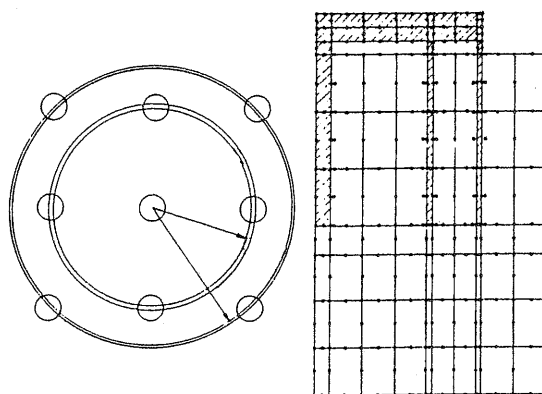


図-2 軸対称FEMによる群杭基礎の近似的解析法³⁾

リングの厚さは、対応するグループの杭の総体積と等しくなるように、すなわち杭先端面積が等しくなるように、設定する。

フーチングは、三次元FEM解析と対応して地面と接している場合と、簡易化BEM解析と対応して接していない場合を考える。

3. 解析結果とその考察

Ottavianiによる解析結果は、 E_c/E_s をパラメータとしてまとめられている。それと比較して、簡易化BEM解析および軸対称FEM解析による結果をまとめる。

キーワード：群杭、沈下、三次元解析、弾性解析、FEM、BEM

〒541-0043 大阪市中央区高麗橋2-1-10 (株)ジオトップ 研究開発部 TEL:(06)226-0871 FAX:(06)226-0992

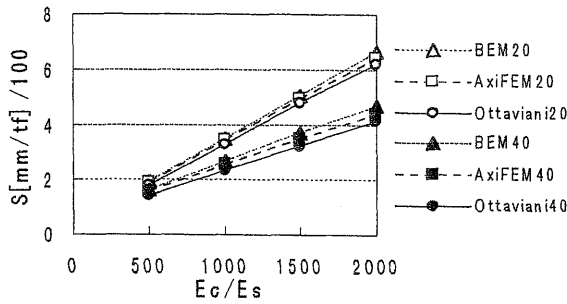


図-3 単杭の沈下解析結果
(注：凡例の20,40は杭長を表している。)

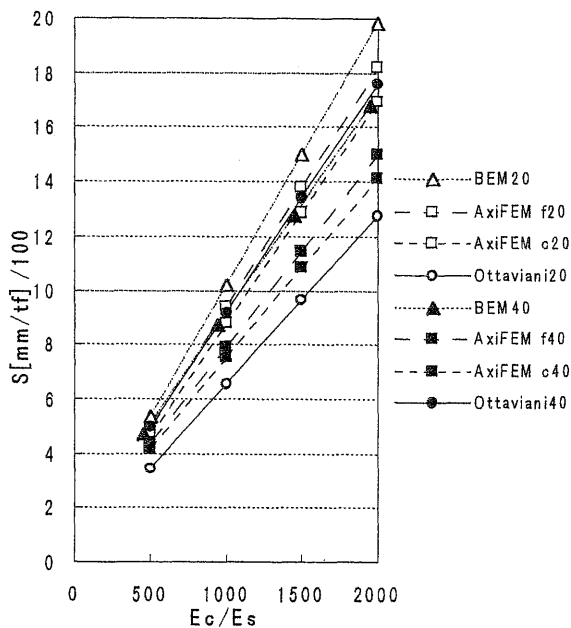


図-4 群杭の沈下解析結果
(注：凡例のAxiFEM(軸対称FEM)で、フーチングが接地していない場合をf (free standing)、接地している場合をc (contact)で表している。)

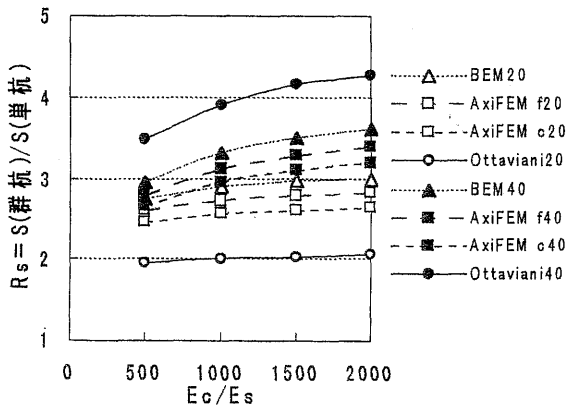


図-5 沈下比 $R_s = (\text{群杭の沈下量}) / (\text{単杭の沈下量})$

図-3に、単杭の沈下量と E_c/E_s の関係を示す。群杭の沈下量(荷重は杭1本当たりの値)と E_c/E_s の関係を図-4に示す。図-3と図-4から、沈下に関する群杭と単杭の沈下比 $R_s = (\text{群杭の平均沈下量}) / (\text{群杭の平均荷重での単杭の沈下量})$ が計算できる。 R_s と E_c/E_s の関係を図-5に示す。

図-3の結果から、図の読みとり誤差や要素分割等に起因する数値解析上の誤差の影響はありうるが、全体に非常によく一致していることが分かる。したがって、単杭に関しては、簡易化BEM解析はFEM解析とほぼ一致する結果を与える。

しかしながら、群杭に関しては、図-4および図-5の結果に見られるように、簡易化BEM解析結果とOttavianiによる解析結果は、かなり異なっている。

Ottavianiの結果では、群杭では $L=40[m]$ の方が沈下が大きくなっており、単杭と異なる傾向が得られている。これに関して、同じ $H/L=1.5$ であっても、 $L=40[m]$ の場合の方が杭先端層の厚さが2倍あり、群杭ではその広範囲の領域で大きな応力増分が生じるので、沈下が大きくなると考察している¹⁾。

軸対称FEM結果は、簡易化BEM解析結果に近い結果を与えている。フーチングの接地圧の有無の影響も小さいことが分かる。また、杭先端以深の層での応力・ひずみの分布に関して、 $L=20[m]$ と $40[m]$ の場合で、特に顕著な相違は見られない。

簡易化BEM解析結果とOttavianiによる解析結果のかなり大きな相違の要因として、簡易化BEM解析では、杭体の存在を無視してミンドリン解を用いていることが考えられる。しかし、三次元FEM解析において、数値解析上の問題があった可能性も考えられる。

4. あとがき

三次元FEMも、かなり実用的になりつつある。今後、より多くの解析例で、簡易化BEMや他の簡便法との比較検討が必要と考えられる。

参考文献

- 1) Ottaviani, M.: Three-dimensional finite element analysis of vertically loaded pile groups, *Geotechnique*, Vol. 25, No.2, pp.159-174, 1975.
- 2) Poulos, H.G. and Davis, E.H.: *Pile Foundation Analysis and Design*, John Wiley and Sons, 1980.
- 3) Pressley, J.S. and Poulos, H.G.: Finite element analysis of mechanisms of pile group behaviour, *Int. Jour. for Numerical Methods and Analytical Methods in Geomechanics*, Vol.10, pp.213-221, 1986.