

地震時の地盤変形が杭基礎に及ぼす影響（その2：地盤の三次元効果の検討）

東電設計（株） 正会員 西村友次，佐藤正行，福田靖大
東京電力（株） 正会員 嶋田昌義，志村 聡，弘重智彦

1．はじめに

2次元 FEM によって有限な奥行きを持つ杭基礎の解析を行う場合，単位奥行き当たりの等価な曲げ剛性を持つ梁要素でモデル化することがよく行われる．具体的には，奥行き方向の杭の曲げ剛性の合計を基礎の奥行き幅で除したり，杭一本の剛性を奥行き方向の杭間隔で除すといった取り扱いがなされる．しかし実際には，このような基礎は奥行き方向に存在する地盤の挙動の影響を受けると考えられ，2次元解析を行う際には杭の等価な曲げ剛性の設定法について十分に検討を行う必要がある．本研究では，その1の研究¹⁾で杭基礎に対してもその適用性がほぼ確認された地盤応答震度法を用い，2次元解析と3次元解析の結果を比較する事によって，2次元解析における杭の有効幅について検討した．3次元の解析には杭の非線形性が考慮できる GPILE-3D¹⁾を用いた．

2．解析モデル

想定した地盤 - 杭基礎構造物の3次元 FEM モデルを図-1 に示す．杭は直径 1.0m と 1.2m の2種類の RC 杭を想定した．3次元モデルではモデルの対照性から，基礎中心を通る縦断面で切った半分のモデルとし，側面の境界条件は全て加震方向の自由度を持つ水平ローラーとしている．地盤構成，地盤物性及び構造物の物性，2次元のモデル，解析方法等についてはその1²⁾を参照されたい．なお，2次元モデルの奥行き有効幅については，杭径 D に対しての 2D～4D 程度を考慮して杭1本当たり 1m～4m とし（例えば，φ100 の杭配置と基礎の奥行き幅から計算される杭1本当たりの標準的な有効幅は 8m/3 本=2.67m となる），設定した有効幅ごとに，単位奥行き当たりの杭の曲げ剛性，床版の剛性及び上部構造物の重量を設定した．

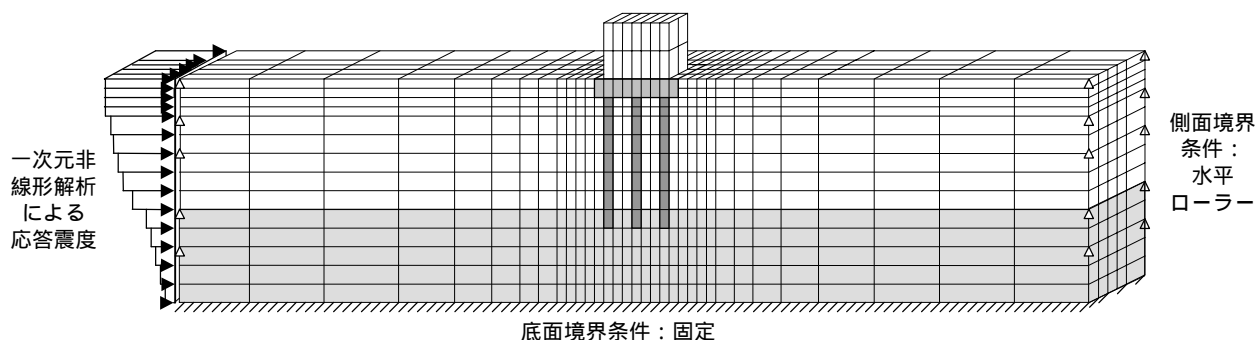


図 - 1 3次元地盤応答震度法の概念図

3．解析結果

杭径が 1.0m の場合について3次元解析結果によるモーメント分布を図-2 に，杭1本当たりの有効幅を 2.67m としたときの2次元解析結果によるモーメント分布を図-3 に示す．また，図-2 に示した杭頭の A1 及び A2 点及び地中のモーメント極大点である B1 及び B2 点のモーメントに関して，有効幅と杭径の比を横軸に，3次元解析結果に対する2次元解析結果の比を縦軸として整理したものを図-4 に示す．図-4 によると，2次元解析により A1 及び A2 点に生じた曲げモーメントは，有効幅の増大に伴って若干減少するものの，ほぼ一定値となっている．しかし，いずれの有効幅においても三次元解析による結果をわずかに下回る結果となっている．これに対して B1 及び B2 点の曲げモーメントは有効幅の増大に伴って大きくなっており，標準的な有効幅比（2.67）では，三次元解析の 1.1 倍程度の若干安全側の値となっている．

キーワード： 杭，地盤応答震度法，2次元 FEM 解析，3次元 FEM 解析，M-φ 関係

連絡先： 〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 TEL 03-5818-7794 FAX 03-5818-7608

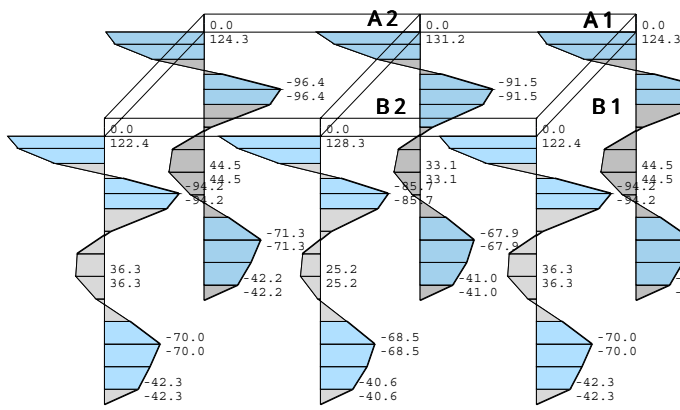


図 - 2 3次元解析結果の曲げモーメント分布

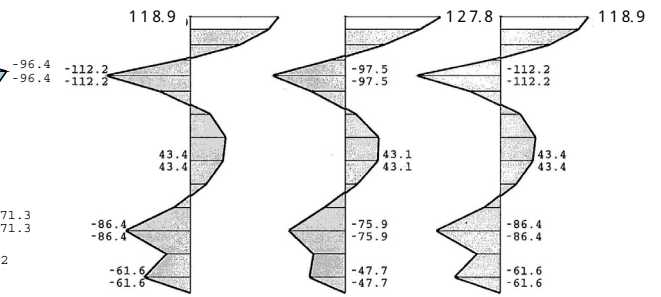


図 - 3 2次元解析結果の曲げモーメント分布

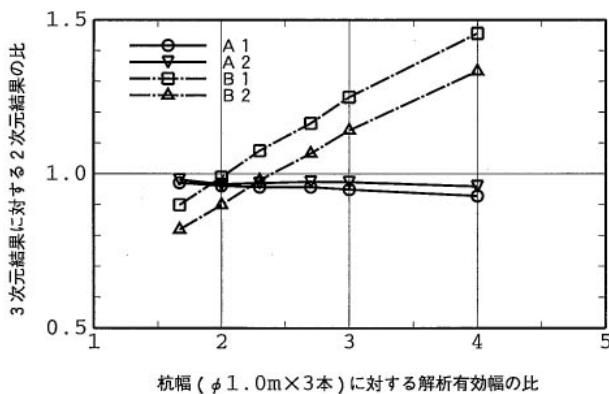


図 - 4 3次元解析結果に対する2次元解析結果の曲げモーメント比と有効幅の関係 (杭径 1.0m)

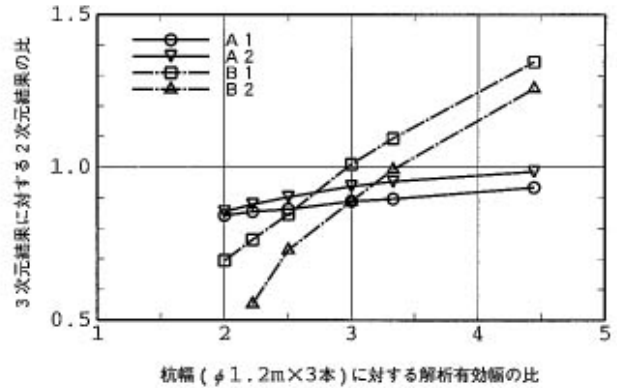


図 - 5 3次元解析結果に対する2次元解析結果の曲げモーメント比と有効幅の関係 (杭径 1.2m)

図-5 には、杭径が 1.2m とし、杭径が 1.0m の場合よりも相対的に杭基礎の剛性が高い場合の解析結果についても示している。この結果を見ると、A1、A2 及び B1、B2 のいずれの点においても曲げモーメントは有効幅の増大に伴って大きくなっている。しかし、A1 及び A2 点では、解析を行った有効幅の範囲においては、三次元解析結果を常に下回る結果となっている。一方、B1 及び B2 点では、有効幅比 3.3 程度以上で 3 次元解析結果を上回るが、標準的な有効幅比である 2.22 では、3 次元解析結果を大きく下回る結果となっている。これは、相対的に地盤が軟らかい場合には、奥行き方向の地盤の影響が大きくなり、2 次元解析で 3 次元的な挙動を模擬的に表現することが難しくなることを示していると思われる。

4. まとめ

2 次元及び 3 次元の地盤応答震度法による奥行き方向の基礎幅を有する杭基礎の解析結果の比較から、2 次元解析結果で考慮する杭の有効幅に関する検討を行った。検討の結果、杭の挙動評価を行う場合、杭基礎が相対的に固くなると基礎の奥行き方向に存在する地盤の影響が大きくなり、2 次元解析によって杭に生じる発生モーメントを模擬することが難しくなることが分かった。今後は、杭基礎の剛性～地盤剛性、基礎幅～奥行き方向の基礎幅等の相互関係に着目して、2 次元解析の適用限界について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 足立紀尚・木村亮・張鋒・亀井広之：3 次元弾塑性 FEM による実杭大変形水平載荷試験に関する挙動解析，第 30 回土質工学研究発表会講演集，pp1491-1494，1995
- 2) 福田ら：地震時の地盤変形が杭基礎に及ぼす影響（その 1：2 次元地盤応答震度法の適用性），第 55 回土木学会年次学術講演会，2000，（投稿中）