

斜面上深礎杭の基礎・地盤剛性比が水平支持力特性に及ぼす影響について

(株) 白石
東京工業大学

正会員 ○ 彭芳楽 大内正敏 孫徳新 金井塚淳一
正会員 日下部治

はじめに

斜面上に設置された深礎杭の水平力特性に影響を与える因子としては、斜面の傾斜角、法肩までの距離のほかに、周辺地盤の剛性・強度もその一つである。本報告は、No-tension 効果を取り入れた三次元弾塑性 F E M¹⁾を用いて、杭基礎・地盤の剛性比を変化させ、斜面上深礎杭基礎の水平支持力特性および塑性破壊メカニズムに対する影響を検討する。

解析概要

三次元 FEM 解析モデル概要を図-1に示す。傾斜角度 50° を想定した岩盤地盤に杭径 3m、杭長 7m の深礎杭を設置し、斜面谷側方向へ水平載荷を行った。杭前面から法肩までの距離は 0.8m である。地盤モデルは一層地盤とし、杭中心を通る奥行き方向に垂直な面を対称面として、1/2 モデルを用いた。深礎杭基礎の物性値は弾性体(弾性係数 $E=2.8 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.17$)、岩盤は、完全弾塑性体($E=5.6 \times 10^5 \text{ kN/m}^2$ 、 $\nu=0.3$ 、粘着力 $c=100 \text{ kN/m}^2$ 、内部摩擦角度 $\phi=42^\circ$)である。そして、降伏規準は Mohr-Coulomb 式で、塑性ひずみ計算は関連流れ則を用いた¹⁾。非線形計算方法は Newton-Raphson 法を用いた。また、岩盤と深礎杭及び岩盤相互間の引張り破壊を考慮するため、要素の最大引張り強度を粘着力の半分の値に設定し、応力再分配法により、要素の応力状態を制御した。

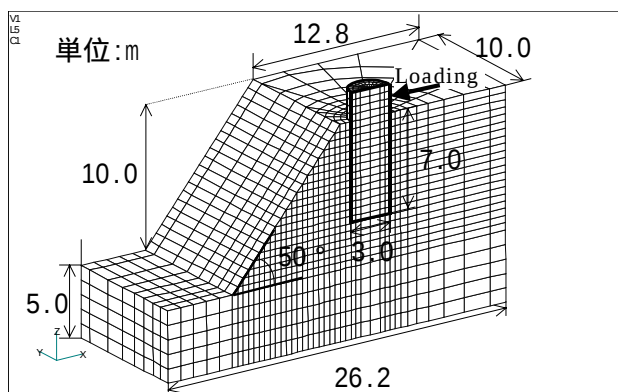


図-1 三次元 FEM 解析モデル概要図

引張り破壊した要素については、弾性係数を $1/100$ に低減させた。従来、設計上基礎・地盤の相対剛性は βI と表示されるが、ここで FEM を用いるため、基礎・地盤の弾性変形係数を直接に比較する。したがって、解析ケースは杭基礎・地盤の剛性比 $\eta = E_p/E_s = 2, 10, 20, 50, 100, 378$ に設定させた。

解析結果と考察

(1) 水平荷重～変位の関係

図-2は、杭頭の水平荷重～水平変位関係について、各解析ケースの解析結果および基礎・地盤の剛性比が 50° の時(深礎杭の剛性はコンクリート相当)の実験結果を示す。図-2に示すように水平載荷の場合では、剛性比 $\eta=50$ の場合に F E M で得られた結果が実験結果に良く一致している²⁾。基礎・地盤の剛性比が増加すると、各ケースで同じ変位レベルに対する水平支持力は大きくなる。ただし、基礎・地盤の剛性比が 50 以上の場合には杭頭の水平荷重～水平変位関係がほぼ一致している。このことにより、基礎・地盤の剛性比がある程度以上になると、水平支持力に及ぼす影響がほぼなくなる。図-3は、各ケースの降伏・極限水平荷重と基礎・地盤の剛性比の関係を示す。ここで、降伏・極限荷重は Weibull 曲線方法²⁾によって求めた値である。基礎・地盤の剛性比が 50 以下の場合では、水平降伏・極限荷重はその

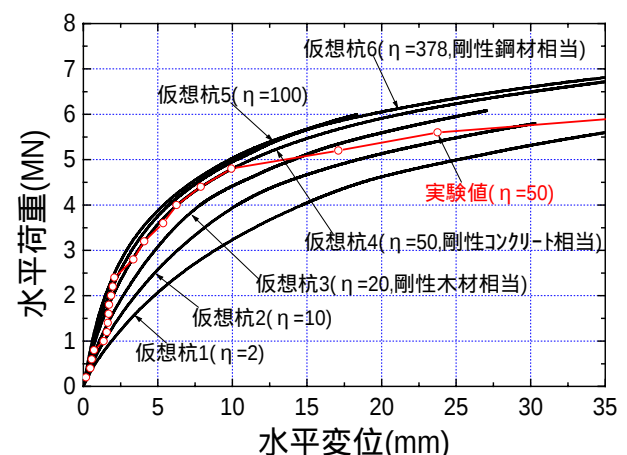


図-2 各ケースの杭頭水平荷重～変位曲線

キーワード：深礎杭基礎、地盤剛性、三次元 F E M、弾塑性、支持力、破壊メカニズム

連絡先：〒101-8588 東京都千代田区神田岩本町 1-14、(株) 白石技術本部、Tel: 03-3253-9118, Fax: 03-3253-7427

E-mail: peng@shiraishi.com

Submitted to JSCE2002

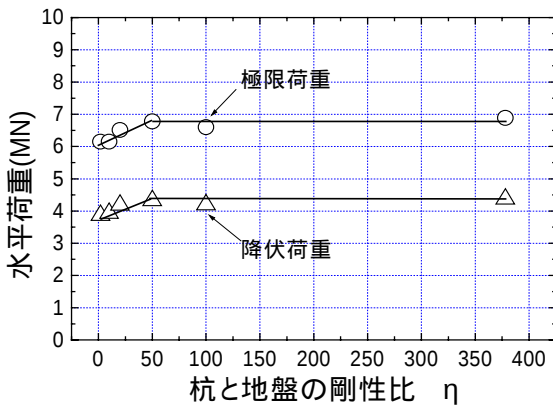


図-3 水平降伏・極限荷重～剛性比の関係

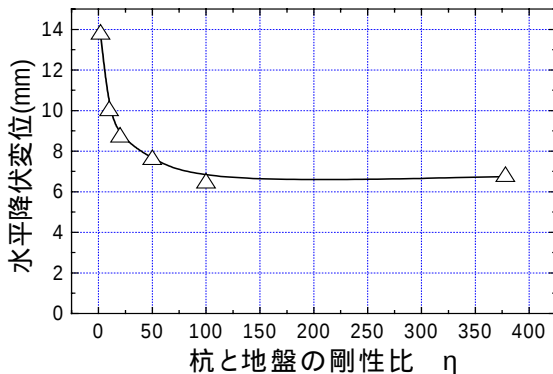


図-4 水平降伏変位～剛性比の関係

剛性比の増加に伴い、やや大きくなるが、その剛性比が50以上になると、水平降伏・極限荷重はほとんど増加しない。図-4は、各ケース降伏変位～基礎地盤の剛性比の関係を示す。基礎・地盤の剛性比が100以下の場合には、降伏水平変位が減少するが、100以上になると、降伏水平変位はほぼ一定値となる。ただし、本研究では杭自体の構造耐力は考慮されて

ない。

(2) 変形破壊メカニズム

図-5(a)～(f)は、各解析ケースで得られた降伏時での塑性ひずみ領域をそれぞれ示す。図-5に示すように、基礎・地盤の剛性比が小さいほど、杭前面の塑性領域は斜め下方へも広がり、杭前面地盤での水平抵抗分担が増加している。一方、基礎・地盤の剛性比が大きくなると、杭前面の圧縮破壊領域が減少し、杭背面の底面上では圧縮破壊が発生し、杭の回転中心位置は上昇している。

まとめ

No-tension 効果を取り入れた三次元弾塑性 FEMにより、斜面上深礎基礎の水平支持力に対する杭基礎・地盤剛性比の影響について検討を行った。その結果、傾斜方向の水平支持力は杭基礎・地盤剛性比が増加するに伴って大きくなるが、降伏荷重時にはこの剛性比がある程度以上になると影響が小さくなることが分かった。なお、杭基礎・地盤剛性比の増加により、降伏時には杭前面の塑性圧縮領域が減少し、同時に杭背面の底面上での圧縮塑性範囲が増加した。その剛性比が違いによって、深礎杭基礎の塑性破壊パターンが変化していることが認められた。

参考文献： 1) 大内・彭・金井塚・日下部：No-tension モデルを用いた斜面上深礎杭基礎の水平支持力に関する数値解析、応用力学論文集 Vol.5, pp.200-210, 2002. 2) 宇都・冬木・桜井：杭の載荷試験結果の整理方法、基礎工、Vol.10, No.9, 1982;

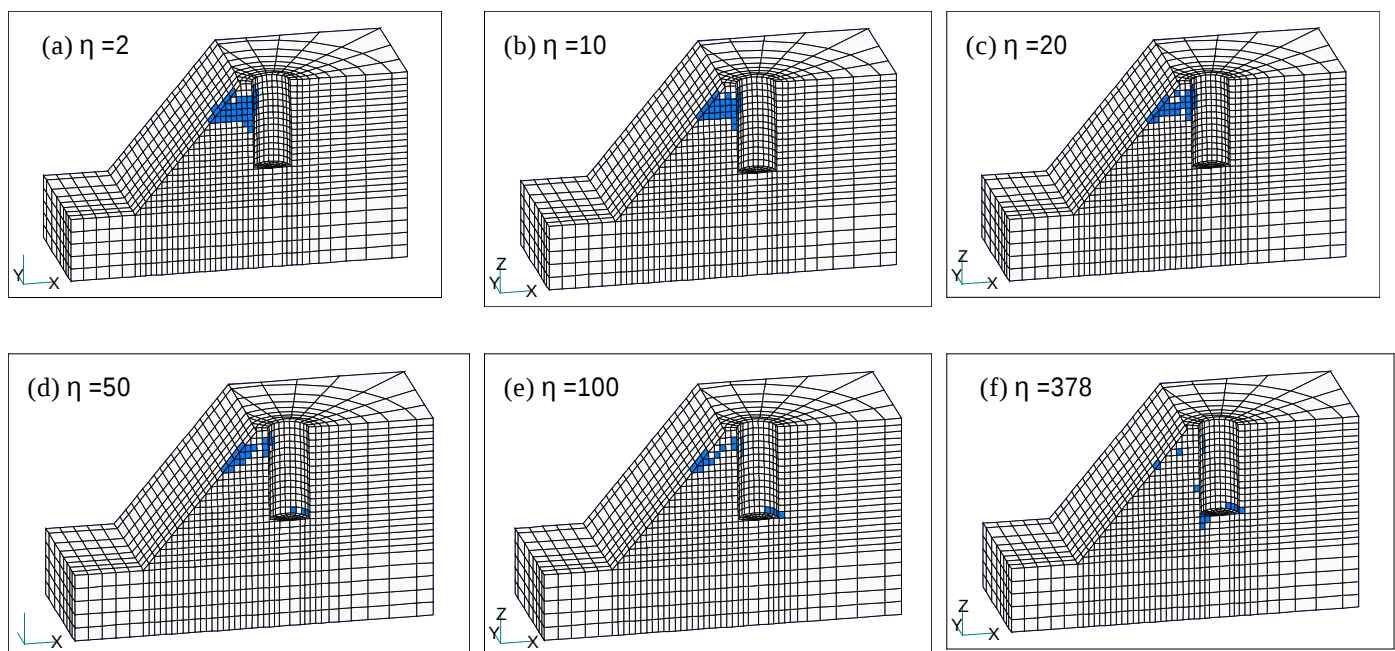


図-5 各ケース降伏時の塑性ひずみ分布