

岩盤斜面上における深礎杭基礎の圧縮支持力特性について

(株) 白石 正会員 ○金井塚淳一 彭芳楽 大内正敏
東京工業大学 正会員 日下部治

はじめに

斜面上に設置された深礎基礎の圧縮支持力は、斜面傾斜角、法肩までの距離、基礎根入れ深さによって、水平地盤に設置された深礎基礎に比べて低下する場合がある。これは、斜面の存在による杭周面拘束圧の低下やすべり面形状の差異などによるものと言われる。この問題については建築学会で研究成果がまとめられている¹⁾。ただし、現段階では根入れが長い深礎杭基礎を直接に対象とした、傾斜地盤における圧縮支持力への斜面影響の研究はほとんどない。本報告では、no-tension 効果を取り入れた弾塑性三次元 FEM 解析²⁾を用いて、斜面の傾斜角を変化させた深礎杭基礎の圧縮支持力特性を調べる。

解析概要

三次元 FEM 解析モデル概要を図-1 に示す。岩盤の傾斜地盤に設置された杭径 3m、杭長 7m の深礎杭に対して、鉛直荷重を行う場合について解析を行った。杭前面から法肩までの距離は 0.8m である。斜面上の面積（奥行き 10m × 12.8m）及び斜面高さ 10m は固定したまま、斜面角度を変化させ、荷重方向における地盤領域の長さを変化させた。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²⁾。そして、降伏規準は Mohr-Coulomb 式で、塑性ひずみの計算は関連流れ則を用いた。非線形計算方法としては 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。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。解析ケースは、斜面の傾斜角度を $\beta=0^\circ$ （水平地盤）、 15° 、 30° 、 50° 、 90° に

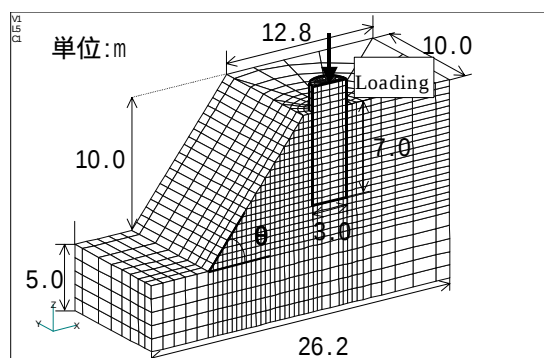


図-1 三次元 FEM 解析モデル概要図

解析結果と考察

鉛直荷重～変位関係：図-2 は、杭頭の鉛直荷重～変位関係について各ケースの解析結果を示す。斜面傾斜角度が大きくなると、同一荷重に対して杭の鉛直変位が大きくなり、鉛直支持力が低下する。

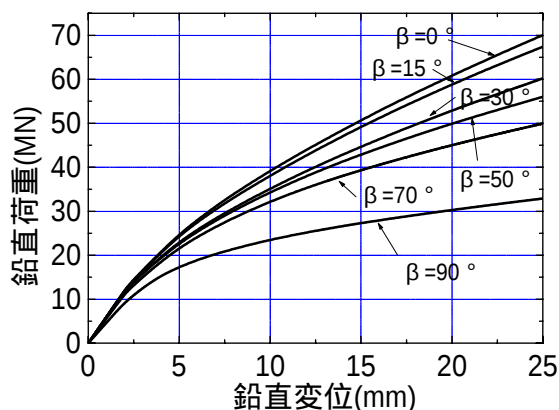


図-2 各ケースの杭頭鉛直荷重～変位曲線

変化させた。

斜面傾斜角～支持力低減率：図-3(a), (b) は各ケースの降伏・極限荷重および平坦地盤に対する圧縮支持力比～斜面角度との関係を示す。ここで、降伏・極限荷重は Weibull 曲線方法によって求めた値である³⁾。図-3 に示すように、極限荷重と降伏荷重の低減する様子はほぼ同様の傾向があり、両者とも平坦地盤に対する低減率は斜面 70 度に至るまで 5 割程度となっている。

斜面角度～降伏時の鉛直・水平変位：図-4(a) は、斜面角度～降伏時杭頭の鉛直、水平変位の関係を示す。

キーワード：深礎杭基礎、圧縮支持力、三次元 FEM、弾塑性、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: ouchi-m@shiraishi.com

Submitted to JSCE2003

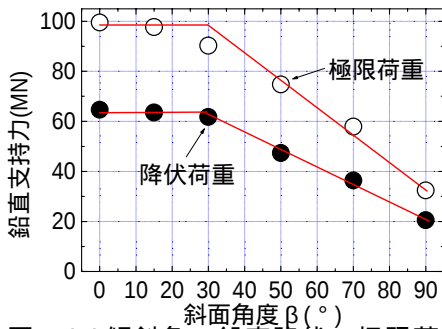


図-3(a)傾斜角～鉛直降伏・極限荷重

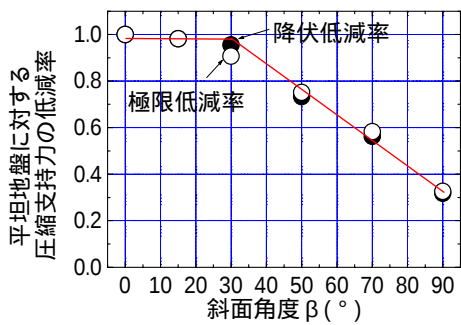


図-3(b)傾斜角～圧縮支持力低下率

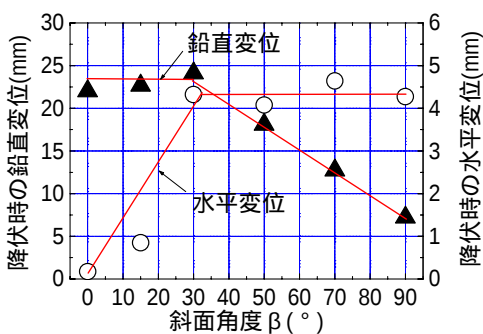


図-4(a)傾斜角～降伏時の鉛直変位

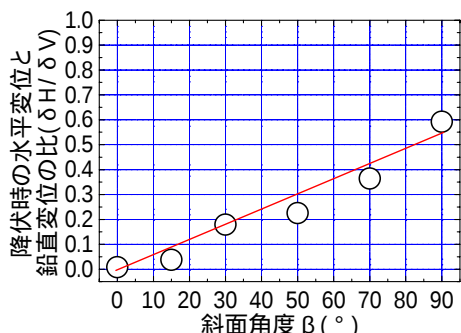


図-4(b)傾斜角～降伏時の水平変位

斜面角度が 0° （平坦地盤）から 30° まで、降伏変位の値はあまり変わらないが、 30° を超えると、降伏時の鉛直変位は斜面角度に対して線形的に減少する傾向が見られ、水平変位は斜面角度が 0° から 30° まで急激に増加するが、 30° を超えると、傾斜角の変化による影響が見られない。図-4(b)は斜面角度～降伏時杭頭の水平・鉛直変位比の関係を示す。斜面傾斜角 β が大きくなるほど、降伏時水平・鉛直変位比が

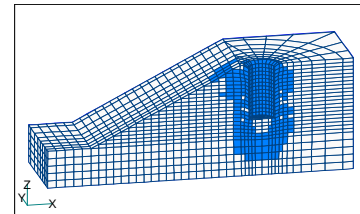
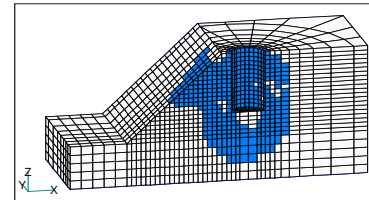
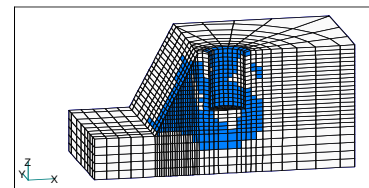
(a) $\beta = 30^\circ$ (b) $\beta = 50^\circ$ (c) $\beta = 70^\circ$

図-5 各ケースの降伏時の塑性ひずみ分布

大きくなり、杭の水平変位が著しくになっている。

斜面角度～塑性ひずみ分布：図-5(a)～(c)は、降伏時地盤の塑性ひずみの分布を示す。図-5に示すように、斜面傾斜角 β が大きくなるほど、杭前面の塑性破壊領域が斜め下方へ広がり、すべり角が大きくなっている。斜面の傾斜による周面拘束圧の違いによって、破壊パターンも変化し、杭前面のすべり形状には差がある。一方、杭底面直下の逆円錐形くさびの破壊領域は、傾斜傾斜角 β が大きくなるほど、その破壊領域が小さくなっている。

まとめ

三次元弾塑性 FEM により、斜面上深礎基礎の圧縮支持力における傾斜角の影響について検討を行った。その結果、圧縮支持力は平坦地盤に比べると、傾斜角の増加により降伏・極限荷重および降伏時の鉛直変位が低下し、特に傾斜角が 30° を超えると、圧縮支持力および降伏鉛直変位は急激に直線的に減少することが明らかとなった。

参考文献： 1) 日本建築学会構造委員会基礎構造運営委員会：傾斜地盤における基礎の耐力評価に関する研究の現状、1996。2) 大内・影・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。3) 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；