

岩盤斜面上における深礎杭基礎の引揚支持力特性について

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

はじめに

送電用鉄塔基礎では、圧縮支持力よりむしろ上部工からの引揚、水平力に対する支持力が問題となる場合が多い。このような基礎では支持力だけでなく、変位量の制限もある。引揚、水平力に対する基礎の支持力および変形量は、基礎の周辺地盤の力学的性質に強く左右される。本報告では、no-tension 効果を取り入れた弾塑性三次元 FEM 解析¹⁾を用いて、引揚力を受ける通常の地盤無補強および補強の深礎基礎を対象として解析する。そして、両者の解析結果を比較しながら、斜面上の深礎基礎の引揚支持力特性を調べる。

解析概要

図-1 は三次元 FEM 解析モデル概要を示す。傾斜角度 50° を想定した岩盤斜面に杭径 3m、杭長 7m の深礎杭を設置した。地盤は C_1 級岩盤で、杭前面から法肩までの距離は 0.8m である。地盤は対称性を考慮して 1/2 モデルとし、地盤の FEM 解析領域は幅 26.2m × 奥行き 10m × 高さ 15m である。地盤補強の場合には引揚支持力の増加を図るため、補強材は下斜め 25 度に 4 段（1 段当たり 5 本）打設した。構成要素は、8 節点 6 面体アイソパラメトリック要素であり、節点数は 6626、要素数は 5874 である。地盤補強の場合では補強材は棒要素にしている。表-1 に解析に用いたパラメータを示す。深礎杭、補強材は弾性体で、岩盤は完全弾塑性体である。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。非線形計算方法は Newton-Raphson 方法を用いた。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。

表-1 解析に用いた物性値

	深礎杭	地盤	補強材
変形係数 E (MN/m^2)	2.8×10^4	556.0	2.0×10^5
ポアソン比 ν	0.17	0.3	0.1
単位体積重量 γ (kN/m^3)	24.0	24.0	77.0
粘着力 c (MN/m^2)	--	0.10	--
内部摩擦角度 ϕ (度)	--	42.0	--
引張破壊強度 σ_t (kN/m^2)	--	0.05	--

解析結果と考察

引揚鉛直荷重～変位関係：図-2 は、補強無・補強有の深礎杭における杭頭の引揚鉛直荷重～変位関係を示す。補強無深礎杭基礎の解析値と比較すると、補強有の方は引揚支持力が大きくなる。表-2 は、補強無・補強有の深礎杭の引揚鉛直降伏・極限荷重及び降伏変位を示す。ここで、降伏荷重及び変位は $\log p - \log \delta$ 方法で求めた値で、極限荷重は Weibull 曲線方法²⁾で求めたものである。補強無の基礎に比較すると、補強の方は降伏荷重が

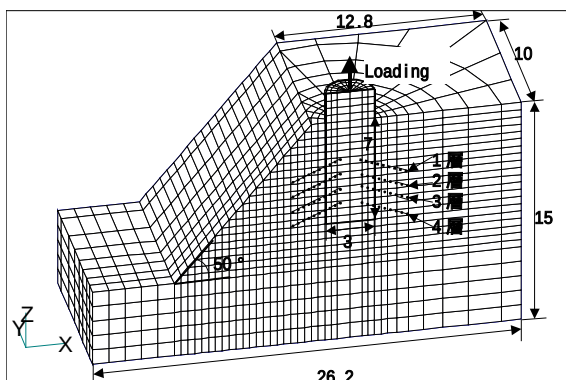


図-1 三次元 FEM 解析モデル概要図

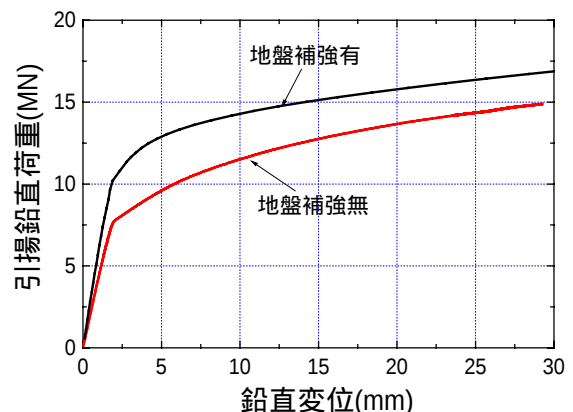


図-2 引揚鉛直荷重～変位曲線

キーワード：深礎杭基礎、引揚支持力、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

1.45 倍、極限荷重が 1.24 倍となっている。ただし、両者の降伏変位はほぼ同様である。図-3 は、各载荷段階による補強材に発生する軸力の推移を示す。図より、载荷初期から終局荷重まで補強材の軸力が低減せず、増加し続けている。降伏以後は、地盤の引張り破壊のため、軸力の増加率が大きくなっている。

表-2 降伏・極限荷重および降伏変位

	降伏荷重 P_y (MN)	降伏変位 (mm)	極限荷重 P_u (MN)
地盤補強無	7.53	1.82	16.40
地盤補強有	10.95	1.91	20.26
補強有 / 補強無	1.45	1.05	1.24

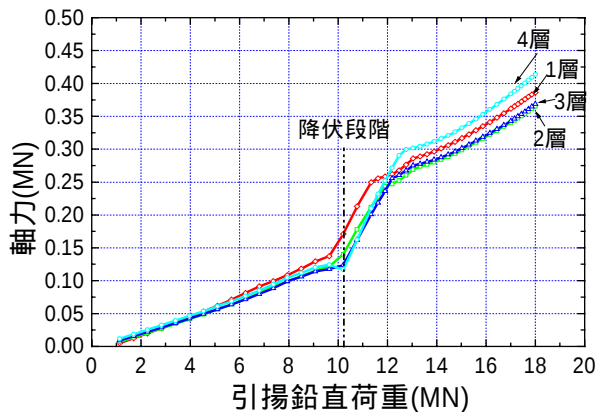


図-3 载荷段階による各層補強材軸力の推移

周辺地盤の引張破壊領域：図-4,5 は、载荷段階による地盤補強無と補強有における引張破壊領域図をそれぞれに示す。ここで、 δ_y は鉛直降伏変位である。両者ともに、载荷の増加により、引張破壊領域が広くなり、進行性破壊を示している。ただし、通常の補強無に比べると、補強有の場合は引張補強材があるため、引張破壊領域がより大きく、地盤が広い範囲で引揚抵抗を分担しており、引揚支持力増大の原因と考えられる。

まとめ

三次元弾塑性 FEM により、斜面上深礎杭基礎の鉛直引揚支持力に対する地盤補強無および補強有の影響について検討を行った。その結果、地盤が補強された斜面上深礎杭基礎の支持力は、無補強の場合に比べてかなり増加し、補強材の配置によって地盤がより広い範囲で引揚载荷重を分担していることが明らかとなった。今後、三次元解析により、実規模の引揚载荷試験をシミュレートし、設計実務レベルでの検討を行う予定である。

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：杭の载荷試験結果の整理方法、基礎工、Vol.10, No.9, 1982;

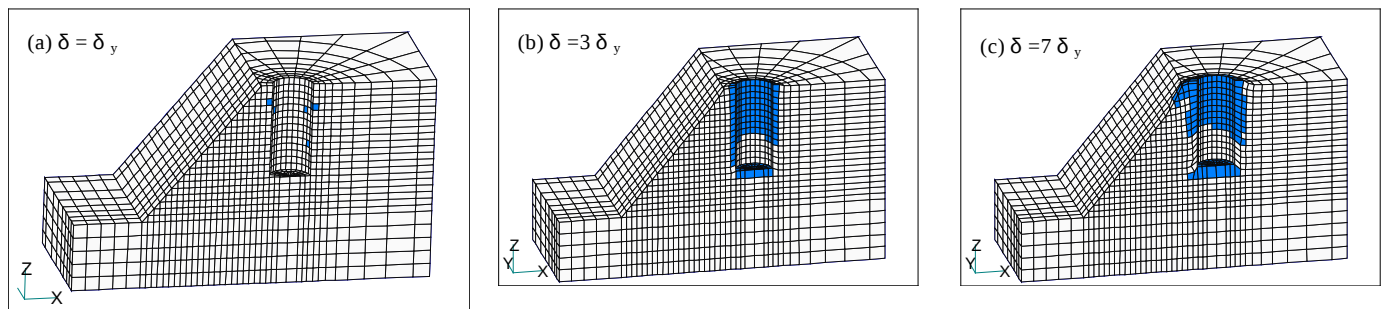


図-4 地盤無補強の引張破壊領域

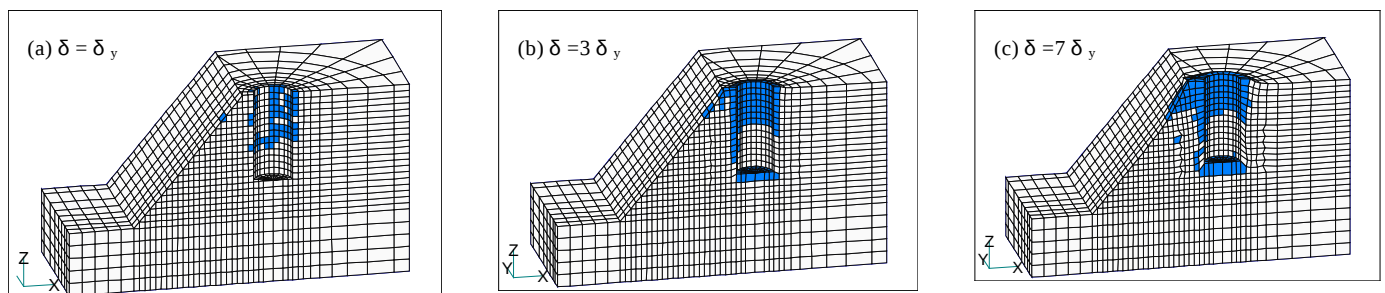


図-5 地盤補強の引張破壊領域