杭底部に設置した補強型基礎の支持力実験と解析

名古屋工業大学大学院	学生会員	西尾彰人	
名古屋工業大学大学院	正会員	中井照夫	檜尾正也
名古屋工業大学大学院	学生会員	西村 智	室谷夏子

はじめに送電鉄塔や風力発電施設は台風などの突風により、その基礎には引き抜きや押し込み荷重が作用し倒壊する恐れがある。これを防ぐ方法の一つとして補強材を放射状に設けた補強型基礎がある。本研究ではこの補強型基礎に注目し、最も効果的な補強材の設置方法を、アルミ棒積層体を用いた2次元モデル試験、弾塑性有限要素解析の両面から検討する。今までの研究で傾斜引き抜きに対してあまり効果を発揮しないことがわかっており、本研究では特に傾斜引き抜きでも効果が出る設置方法を得ることを目標とした¹⁾。

モデル試験の概要 図1に地盤材料としてアルミ棒積層体を用いたモデル 試験装置の概略図を示す。アルミ棒積層体は幅 100cm深さ 50cm で、長 さ 5cm 直径 1.6mm と 3.0mm のアルミ丸棒を重量比 3:2 で混合したもの であり、その単位体積重量はγ = 20.8kN/m³ である。実験ではモーターで 杭頭に強制変位を与え、杭頭上部に取り付けたロードセルにより引き抜き 抵抗力を計測している。このとき基礎に取り付けた鉛直変位計、水平変位 計により鉛直変位、水平変位及び回転角を算出する。基礎の補強パターン は図2のように 2 パターンあり、載荷パターンとしては (a)鉛直載荷時の 引き抜き、(b)傾斜 15°引き抜き、(c) 傾斜 30°引き抜きとした。補強材 は厚さ 0.1mm のアルミ板を用いている。補強材の表裏にひずみゲージを はることで、その断面に働く軸力や曲げモーメント等を計測している。 18cm **有限要素解析の概要**

有限要素解析はモデル試験と同じスケールで行い等方硬化型の subloading t_{ij} model²⁾を構成モデルとした。地盤と杭体の要素にはアイ ソパラメトリック要素を用い、地盤と基礎及び地盤と補強材との間の 摩擦挙動はジョイント要素³⁾を、補強材はビーム要素を用いることで 表現している。基礎は剛性の大きい弾性体とし、平面ひずみ条件、微 小変形理論、排水条件下で解析した。ここでジョイント要素の摩擦角 は摩擦試験を参考に杭体と地盤の間で $\delta=14^\circ$ 、補強材と地盤の間で $\delta=20^\circ$ とした。<u>表1</u>に解析で用いたアルミ棒積層体地盤のパラメータ ーを示す。また、図3に解析メッシュ図の一例を示す。

基礎底部設置時の基礎の挙動

図 4 ~ 図 5 に各引き抜きパターンでの荷重 ~ 変位 ~ 回転角関係を示す。-縦軸に引き抜き抵抗力と基礎の回転角を、横軸は水平変位と鉛直変位 の 2 乗和の平方根(ノルム)とし、回転角は反時計回りを正にとった。 鉛直引き抜きの時はどちらの設置角でも大きな補強効果を発揮し、特 に、設置角 60 ° で大きな効果があった。これは補強材に作用する土

圧が大きく、また引張補強材として有効に働くためには斜め下向きに設置した時が最も効果的であることが 主な理由として挙げられる。傾斜 15°引き抜きにおいても設置角 60°、90°共に鉛直引き抜き時と同程度

キーワード 補強型基礎 杭 模型実験 有限要素法 微小変形 連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学システムマネジメント工学科 TEL052-735-7157



水平変位

<u>図2</u> 基礎の補強・載荷パターン 解析パラメータ(アルミ棒積層体)





の抵抗力を発揮した。傾斜 30° 引き抜きでは設置角による抵抗力 の差はなくなったが、どちらも抵 抗力を発揮しており、傾斜角度が 大きくなっても補強材は十分機能 することがわかった。またどのパ ターンも解析結果は実験結果を定 性的にも定量的にも十分表現でき た。<u>図 7</u>~<u>図 9</u>に各載荷パターン における解析での補強材の軸力分 布を示す。縦軸に引張方向を正に とり、横軸に杭からの距離をとっ て整理し、設置角度による違いを 比較した。鉛直引き抜き、傾斜 15°引き抜きでは両側の補強材 で軸力が生じており、両側とも機 能していることがわかった。しか^{×0.} し、傾斜 30°引き抜きでは引き 抜く方向に(左側)の補強材の軸 力は生じず、右側の補強材で補強 効果を発揮しているとわかった。 また設置角による軸力の大きな違

いは見られなかったが設置角 60°の方が杭基礎近くで 大きな軸力を生じていた。また、補強材は薄いアルミ板 を用いており曲げ応力はほとんど生じない。図 10 に傾 斜 30°引き抜きの水平変位~鉛直変位関係を示す。縦 軸に鉛直変位、横軸に水平変位をとり整理した。どちら の設置角も補強材を設置したことで鉛直変位を抑えられ た。図 11,図 12 に傾斜 30°引き抜き時における補強 材なし、設置角 60°の地盤変形の様子を示す。60°設 置の時、補強材なしの結果と比べ変位をした領域に大き な差は無かった。これより補強材を設置することによる 地盤への影響はほとんど無いと言える。

<u>結論</u>

 1.補強材を杭底部に下向きに設置した場合、鉛直、傾 斜どちらの引き抜きに対しても補強効果を発揮される。
2.補強材を設置したことによる周辺地盤への影響はほ とんどない。

参考文献 1)足立・中井・檜尾・岡田他(2002):第 37 回地盤工学 研究発表会 pp1401-1402 2)Nakai&Hinokio(2004):S&F Vol,44,No.2 3)Nakai,T.,1985.Finite Element Computations for active and passive earth pressure of retaining wall. *Soil and Foundations* 25(3): 98-112.





right side



図11 地盤の変位の様子(補強材なし)



000 004 006 012 016 020 図12 地盤の変位の様子(補強材 60°設置)

-954-