

Ⅲ-A424

拡底杭の引き抜き抵抗の算定と検証

茨城大学 工学部 フェロー会員 安原一哉
正 会 員 村上 哲
日立電線 (株) 正 会 員 ○山田 淳
三重県 前田祐司

1. まえがき

本文では、送電铁塔基礎として用いられているスクリーアーカー式杭基礎(Screw Anchor Pile Foundation、略称 SFP) の引き抜き抵抗力の算定法を提案し、模型実験による検証を行ったのでその結果を報告する。

2. 拡底杭の引き抜き力の算定法

拡底杭の引き抜き抵抗力を求めるためには、引抜き時の地盤の破壊モードがどのような様であるかを見極めることが重要である。過去の研究では、図-1a に示すように最大拡底羽根に沿って鉛直に破壊面が生じると仮定する場合¹⁾と、図-1b に示すように対数らせ線で近似する方法²⁾がある。著者ら^{3) 4)}による最近の密な砂地盤に対する引き抜き模型実験によれば、どちらかという図-2c に示すように杭先端と最大羽根端を結ぶ線に沿ってほぼ直線的なすべり面が確認されている。そこで本研究では、このような結果に基づいて図-2 に示すような铁塔基礎における破壊時の力の釣り合い式から SPF の経済的な設計に利用できる引き抜き抵抗力の算定式を誘導した。誘導の過程は概略以下の通りである。

1) 引き抜き抵抗力 T_u は、すべり線に沿うせん断力 F_v 、すべり線内の土塊の重量 W_o 、杭の自重 W_p の総和と釣り合わなければならない。すなわち、

$$T_u = W_p + W_o + F_v \quad (1)$$

2) すべり線に沿って生じる摩擦力を f_v とすると、

$$f_v = K' \alpha \gamma \tan \phi' \cos \delta \quad (2)$$

ここで、 α : 実験定数、($= 0.233$)、 γ : 砂の単位体積重量、 z : 表面からの深さ、 ϕ' : 土の有効内部摩擦角、 δ : すべり線と垂線のなす角、また、 K' は

$$K' = 1 + (K_o - 1) \tan^2 \delta \quad (3)$$

で与えられる定数である。

3) すべり面に沿う全せん断力 F_v は式 (1) を円錐全面積にわたって積分して得られるのでこれを実行すると以下の様になる。

$$F_v = \iint f_v ds dr = \frac{2}{3} \pi \gamma K' D L_1^2 \tan \phi'^2 \quad (4)$$

ここで、 D : 最大羽根の直径、 L_1 : 杭先端から最大

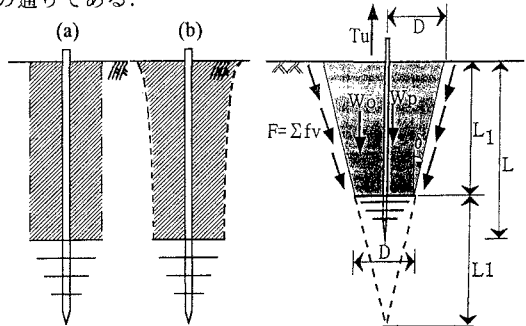


図-1 引き抜き時のすべり面

図-2 極限状態の力の釣り合い関係

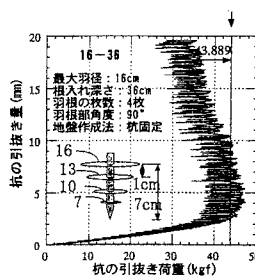
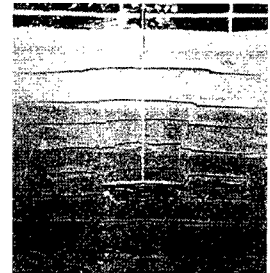


図-3 引き抜き荷重-引き抜き量曲線の例



*写真-1 引き抜き状況

キーワード：铁塔基礎／拡底杭／引抜き抵抗／模型実験／すべり線

連絡先：3 1 6 - 8 5 1 1 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL:0294-38-5166, FAX:0298-38-5268

羽根端間での鉛直距離である。したがって、式(1)は

$$T_u = W_p + W_o + \frac{2}{3} \pi K' D L_1^2 \tan \phi'^2 \quad (5)$$

3. 拡底杭の引き抜き特性に関する模型実験による算定式の検証

式（5）の検証のために行った実験の詳細は前報に譲るが、(i) 杭の根入れ深さ L を固定して、スクリュウ羽根の最大径 D を変化させた実験と (ii) 最大径 D を固定して杭長 L を変化させた実験を行った。実験結果の一例と破壊の様子を図-3 と写真-1 に示した。この事例では破壊のモードが全般せん断破壊に近くなっていることが分かる。次に、模型実験で得られた最大引き抜き抵抗力を拡底杭長・径比(L/D) に対してそれぞれプロットした結果を示したものが図-4a,b に示されている。図中には、式（5）による計算結果も実

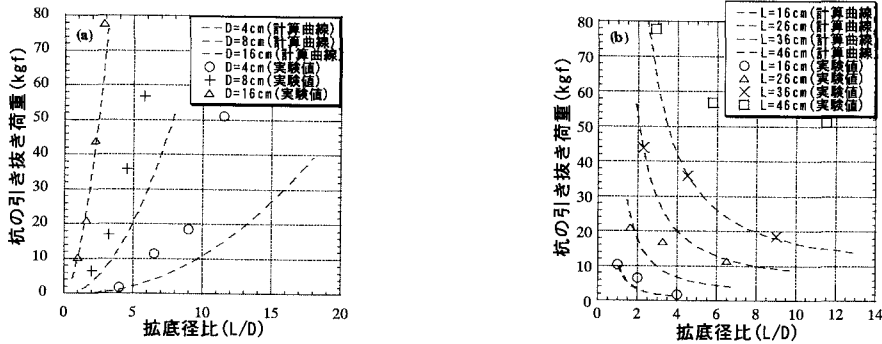


図-4 極限引き抜き荷重—拡底径比関係

線で図示している。これから次のようなことが指摘される。

1) いずれも L/D の小さな領域では計算値は実験値と良く一致しているが、 L/D が大きくなると測定値の方が過大になっている。特に、試験(i)では、固定した D が小さいほど、また、試験(ii)では固定した L が大きいほどその傾向が顕著である。

2) 上記のことを踏まえると、 L/D が大きくなる領域では図-2 で仮定した破壊のモードが異なること（図-5 参照）に起因している可能性がある。したがって、このことを数値実験等の方法で検証する必要がある。

4. まとめ

スクリュウアンカー式の拡底杭の引き抜き力算定式を提案してこれを検証した結果、拡底杭長・径比(L/D) が小さい範囲では模型実験における引き抜き力を良く予測できたが、(L/D) が大きくなると計算値より実験値の方が大きくなる傾向が見られた。このことから、算定式は破壊モードを考慮して適用する必要があることが分かった。これを踏まえ次回は、引き抜き時の挙動に関する剛塑性 FEM 解析結果について報告したい。

引用文献

- 1) Meyerhof, G. G. and Adams, J.I. : The ultimate uplift capacity of foundations, Canadian Geotechnical J., 5(4), 225 - 244, 1968.
- 2) 松尾：送電用鉄塔基礎の引揚げ抵抗力について、土木学会論文集、第105号、pp. 9-18, 1964.
- 3) 山田・安原・村上：拡底杭による足場鉄塔基礎の引き抜き抵抗力の評価、第31回地盤工学研究発表会講演集、Vol. 2, 1599 - 1600, 1996.
- 4) 山田・安原・村上・柳橋：杭形状の違いによる拡底杭の引抜き抵抗力、第33回地盤工学研究発表会講演集、Vol. 2, 1437- 1438, 1998.

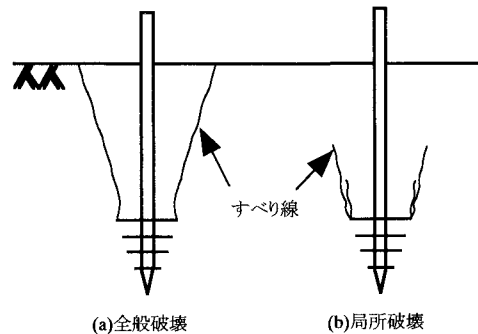


図-5 破壊形態の模式図