

地盤 - 基礎体 - 構造物の相互作用を考慮した送電線鉄塔系の安定性解析

長岡技術科学大学 学。中市翔也
東北大学 正 池田清宏 正 山川優樹

1. はじめに

現在、電気エネルギーは重要なライフラインとなっており、私たちの暮らしにおいて不可欠なものとなっている。しかし、過去にはこの重要なライフラインの一端を担う送電線鉄塔が倒壊する事故が多発した。その際には気候変動に伴う風荷重の増大を原因であると特定し鉄塔基礎設計法¹⁾は改定されている。しかし、近年のますますの風荷重の増大、軟弱地盤や傾斜地盤への鉄塔建設、鉄塔の大型化に伴う荷重レベルの増大など、まだ多くの課題が残されている。

本研究室行われてきた昨年度までの研究^{7) 8)}では、送電線鉄塔基礎として一般的に用いられている逆T字型基礎の引揚支持力、特に引揚荷重の水平分力の影響について、有限変形 FEA プログラム⁶⁾による数値解析により検討を行ってきている。鉄塔基礎の引抜きに関する既往の研究^{2) 3) 4)}における解析対象は、そのほとんどが一基の基礎体とその周辺地盤のみであり、引揚荷重について基礎体に静的に作用させていた。

そこで本研究では、送電線鉄塔の上部構造と下部構造の相互作用について検討を行う。鉄塔に作用する風荷重等により鉄塔基礎に作用する引揚荷重のメカニズム、鉄塔に作用する荷重状態による複数の基礎体の変位挙動について検討を行う。

2. 基礎体の近接に伴う支持力低減効果

解析に使用する有限要素モデルを図-1 に示す。地盤、基礎体ともに 3 次元ソリッド要素によりモデル化している。

基礎体の形状は、簡略化の為に柱体部およびフーチング部ともに四角柱として、地盤中に 2 本設置されている。また、境界条件としては基礎体の柱体部周面、フーチング側面および底面については剥離を考慮している。基礎体の大きさは根入れ深さ 8000mm、柱体部断面 1000mm × 1000mm、フーチング部高さ 1000mm、フーチング部断面 3000mm × 3000mm とした。隣接する二基基礎体の基礎体中心感覚を 3500mm から 12000mm により検討を行った。地盤は弾塑性-非関連流れ則に伴う Drucker-Prager、基礎体は基礎体の破壊を考慮しないため弾性体とし Neo-Hooke モデルを適用する。また、地盤および基礎体の自重による初

期応力を考慮している。

このモデルに対して、二つの基礎体上部を同時に引揚げ、近接による引揚抵抗力の低減があるかを検討した。

解析を行った結果、得られた荷重変位曲線を図-2 に示す。最も近接している基礎体の中心間隔 3500mm から、離れるにしたがって引揚支持力は徐々に増加し、12000mm の時には同じ条件で解析を行った単杭の解析と等しくなった。これにより逆T字型送電線鉄塔においても近接した基礎の影響により、引揚支持力の低下を引き起こし、ある一定の距離以上になると、近接による引揚支持力の低減効果がなくなることが確認された。

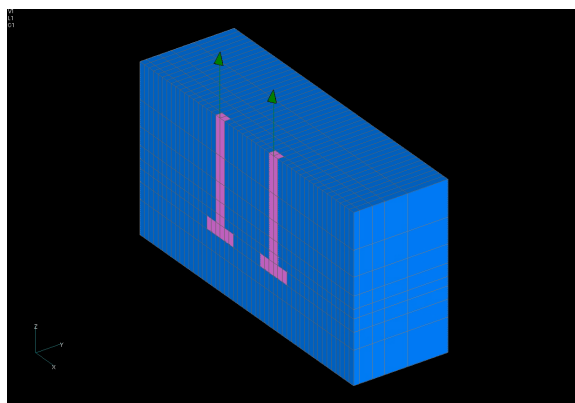


図- 1 群杭解析モデル

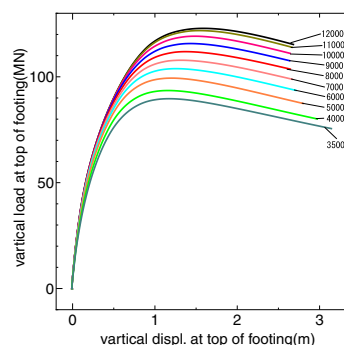


図- 2 近接効果による引揚支持力の低減

3. 引揚荷重の水平分力の影響

鉄塔から基礎体へと作用する鉛直引揚荷重の算定は鉄塔単体での有限要素解析結果を用いて行う。数値解析に用いる有限要素モデルを図-3 に示す。なお、鉄

塔モデルは timoshenko はり要素により構成されており，構成則は von-Mises モデルを使用している．塑性化に伴う硬化は SS400 材に相当するように設定し，はり要素の弾性係数は $200GPa$ ，ポアソン比 $\nu = 0.3$ とした．このモデルは支柱材下端部は変位・回転をすべて拘束しており，図の荷重方向に対して静的な荷重を作用させる．

解析の結果から鉄塔下端の鉛直反力および水平反力を求め，それらの比から引揚傾斜角度を求める．荷重の作用方向や要素の種類を変えたいくつかのパターンについてこの引揚傾斜角度を求めたが，最大でも 6.6° であった．

昨年度馬郡によって行われた研究では，引揚傾斜角度の増大に伴って最大引揚荷重が減少する傾向について，さまざまな地盤形状について検討を行った．ここでその結果を図-5 に示す．この図-5 の赤線は本研究により求められた現実的な引揚傾斜角度である．

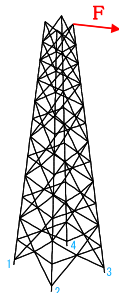


図- 3 鉄塔モデル

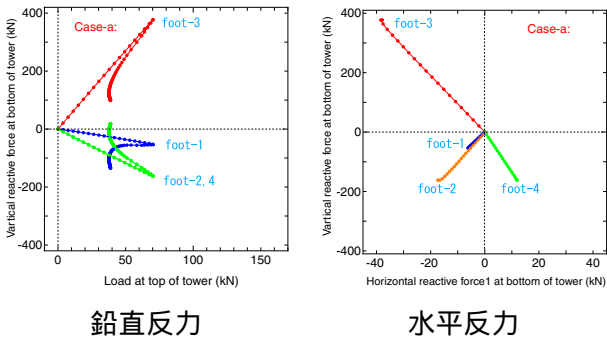


図- 4 鉄塔下部に生じる反力

4. まとめ

この研究により，杭基礎の群杭効果のように基礎体が近接することにより引揚支持力が低下することが確認でき，また，基礎体間の距離が長くなることで近接の効果がまったく現れなくなることが確認できた．鉄塔部材が座屈することにより荷重伝達状況

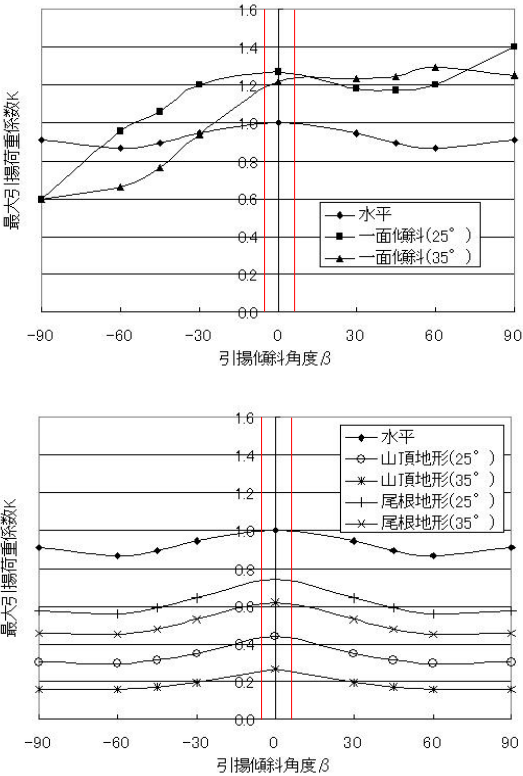


図- 5 最大引揚荷重と引揚傾斜角度

が変化する場合がある．また，引揚荷重の水平成分については，馬郡の研究⁸⁾による検討した引揚傾斜荷重 $\beta = -90 \sim 90^\circ$ という大きな水平荷重は，鉄塔として機能している段階では作用することはなく．小型の鉄塔で検討した結果でも， $\pm 7^\circ$ が最大であり，大型の鉄塔になるとさらに鉛直荷重が大きくなるために，図-5 の赤線の範囲での検討で十分に引揚荷重の水平分力については評価できているといえる．

参考文献

- 電気学会電気規格調査会標準規格，送電用支持物設計標準 (JEC-127)，1979.
- 松尾稔，新城俊也：粘性土中の基礎の引揚抵抗力に関する研究，土木学会論文集，Vol.137，pp.1-12，1967.
- 松尾稔：送電用鉄塔基礎の引揚抵抗力について，土木学会論文集，Vol.105，pp.9-18，1964.
- Sakai, T. and Tanaka, T.: Scale effect of a shallow circular anchor in dense sand, *Soils and Foundations*, Vol.38, pp.93-99, 1998.
- 桑本 寛之：逆 T 型基礎引揚字の变形局所化応答の三次元シミュレーション，東北大学工学部土木工学科卒業論文，2004.
- 山川優樹，寺田賢二郎，池田清宏，鳥居邦夫：圧縮場における弾塑性体の分岐解析とパスジャンプ挙動，土木学会論文集，No.701/III-58，pp.73-86，2002.
- 西岡弘文：三次元有限要素解析による逆 T 型送電線鉄塔基礎の支持力検討，長岡技術科学大学大学院工学研究科修士論文，2005.
- 馬郡正規：さまざまな地盤条件および荷重条件における逆 T 型送電線鉄塔基礎の支持力検討，長岡技術科学大学大学院工学研究科修士論文，2006.