

深礎基礎水平支持力評価手法の合理化

山岳地鉄塔基礎のコンパクト化を目指して

Rationalization of the Evaluation Method of the Horizontal Load Bearing Capacity of Deep Foundations

Aiming at more compact steel tower foundations in mountainous areas

(中央送変電建設所 設計技術G)

山岳地を通過する基幹送電線の鉄塔基礎はほとんどが深礎基礎であり、そのコンパクト化にはより合理的な水平支持力評価手法が必要である。一方、現行の支持力評価式は、土砂、軟岩地盤の一樣斜面を対象とした載荷試験に基づいて構築されており、様々な地盤や地形への適用を考慮して水平支持力を低減して用いていた。そこで、水平支持力評価式の合理化を図るため、急傾斜・硬質地盤での載荷試験を行うとともに3次元弾塑性数値解析を行い、基礎体周囲の支持力発生機構を再評価した。これにより、設計支持力の向上と設計バラツキの低減が図られ、深礎基礎のコンパクト化を図ることができた。また、本研究は東京電力㈱と共同で実施し、検討にあたっては「送電用鉄塔基礎の水平支持力研究会」を開催し、宇都前東海大学教授、國生中央大学教授をはじめ、委員の方々のご指導を賜った。

(Technical Section, Transmission and Substation Construction Office)

Steel tower foundations of trunk transmission lines passing through mountainous areas are mostly deep foundations. To make them more compact, we need a more rational technique for evaluating the horizontal load bearing capacity of such foundations. The currently used equations for evaluation of the bearing capacity are based on loading tests on uniformly inclined slopes of earth, sand or soft rock, which are applied to various types of ground and topography through reduction of the horizontal bearing capacity. In order to rationalize the equations for evaluation of the horizontal bearing capacity, we have conducted loading tests on steeper slopes of harder ground, carried out a numerical analysis of 3-dimensional elasto-plasticity and reevaluated the mechanism of the load bearing capacity generated in the peripheral surface of the foundation body. As a result, we have established an evaluation method that assures improved design bearing capacity and reduced design variation, thus enabling a more compact size for deep foundations. This study was conducted jointly with Tokyo Electric Power Co., Inc. We held the "Workshop on Horizontal Bearing Capacity of Transmission Steel Tower Foundations," in which we received guidance in this area from ex-Professor Uto of Tokai University, Professor Kokusyo of Chuo University, and others.

1 研究の背景

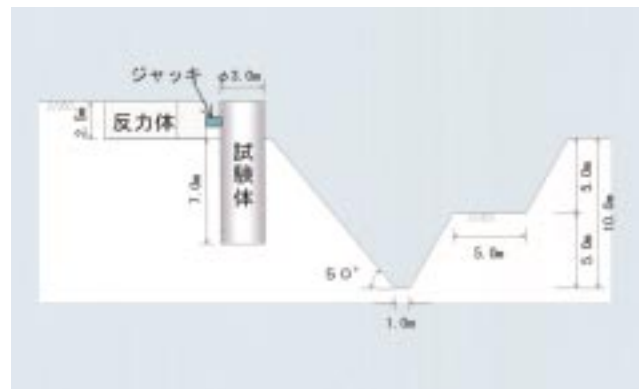
現行の支持力評価式は、土砂、軟岩地盤の一樣斜面を対象とした載荷試験に基づいて構築されており、様々な地盤や地形への適用を考慮して水平支持力を低減して用いていた。そこで、水平支持力評価式の合理化を図るため、載荷試験を行うとともに3次元弾塑性数値解析を行い、未解明であった急傾斜・硬質地盤の支持力特性の確認および基礎体周囲（前面、側面、底面）支持力の再評価を行った。

2 載荷試験の概要

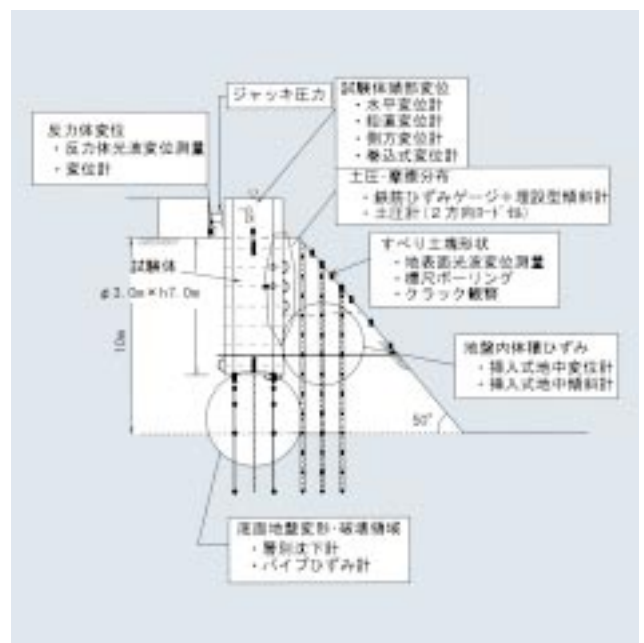
今回1/2サイズ試験体2体（埼玉県飯能市）と実サイズ試験体1体（愛知県春日井市）の載荷試験を実施した。代表例として、実サイズ試験の概要を第1図に示す。地盤はCL級砂岩主体の岩盤であった。試験体の形状は径(D)3m×長さ(h)7mとし、造成斜面の傾斜角は、中硬岩で深礎基礎が適用される最急傾斜を想定し50度とした。また、無限斜面と見なせるよう斜面高さを基礎底面から1・D深い10m、斜面幅を7・D（21m）とした。

次に、計測概要を第2図に示す。基礎に作用する地盤反力は、基礎の主鉄筋に取付けたひずみゲージと2方向ロードセル型土圧計により計測し、試験体の地盤反力分布を求めた。地表面の挙動は光波測量による変位量計測と目視による亀裂観察により捉え、前面地盤の挙動は、ボーリング孔を利用し、挿入式中変位計と挿入式中傾斜計により計測した。また、底面地盤の挙動は、層別沈下計とパイプひずみ計および土圧計により計測した。

載荷試験終了後、ワイヤーソーで垂直に切断した斜面を開削し、岩盤内部に発生した亀裂を観察した。



第1図 実サイズ試験サイトの概要図（断面図）



第2図 計測装置の配置

3 研究成果

急傾斜・硬質地盤での支持力特性

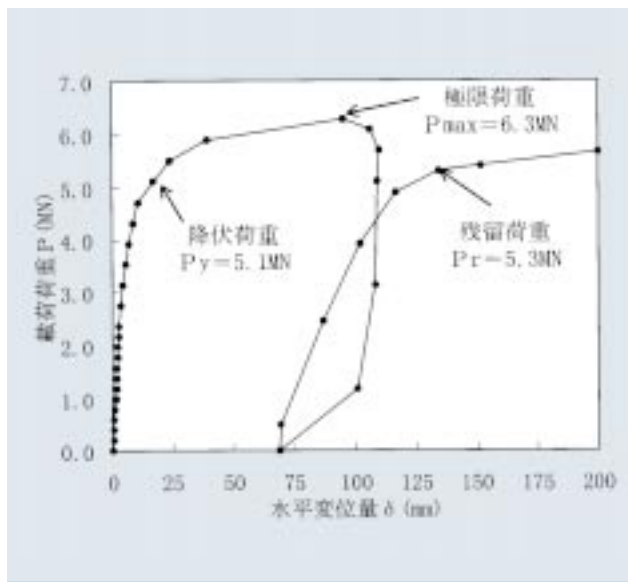
第3図に実サイズ試験での荷重 変位特性を示す。極限支持力としては、現行評価式の約1.6倍の支持力が計測され、降伏荷重以降のひずみ軟化現象は確認されなかった。

基礎体側面の地盤反力評価（第4図）

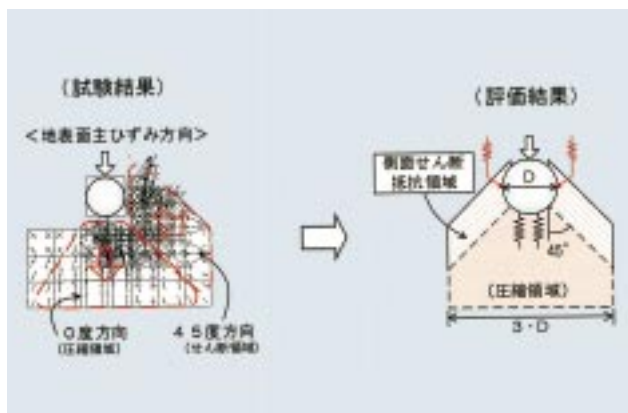
地表面変位から求めた主ひずみ方向が、基礎体中心から左右45度で領域を区分できることなどから、せん断抵抗力を側面支持力として見込むこととした。

基礎体底面の地盤反力評価（第5図）

基礎体底面の土圧等の計測結果から、基礎体の回転に伴う浮き上がり部は支持力に寄与しないものとし、網かけ部を支持力に見込むこととした。



第3図 荷重 変位特性（実サイズ試験）



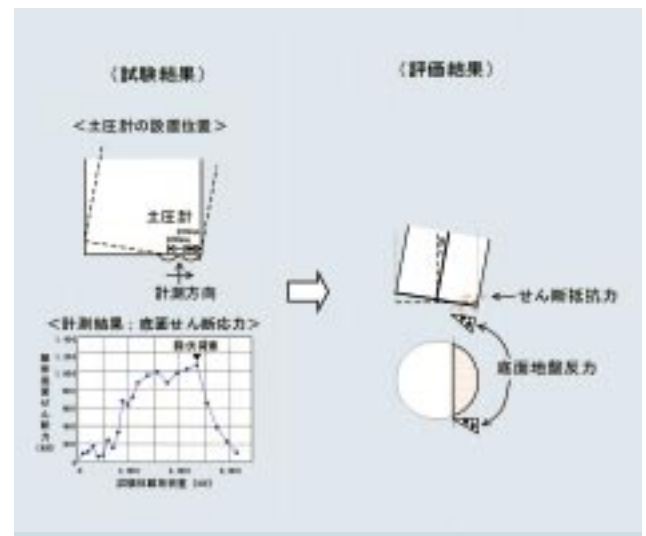
第4図 試験結果と評価結果（側面地盤）

新評価式の推定精度

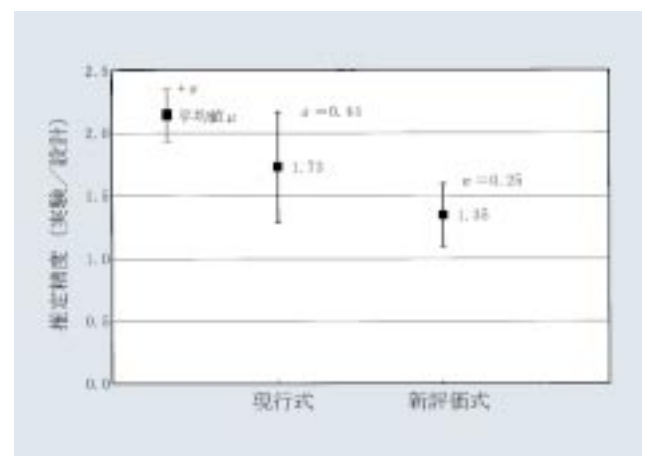
新評価式の精度を確認するため、今回を含めた既往載荷試験（8箇所11試験体）の極限支持力と新評価式の設計値の比較を行った結果を第6図に示す。新評価式の推定精度の平均値 μ は、現行式の $\mu = 1.73$ に対して $\mu = 1.35$ と大きく改善された。また、バラツキを評価する標準偏差 σ についても、現行式の $\sigma = 0.44$ に対して、 $\sigma = 0.25$ と大きく改善された。

4 今後の展開

今回構築した新しい水平支持力評価式で試算を行った結果、現行評価式に比べ基礎工事費が約10%削減できる見通しを得た。500kV第2浜岡幹線を始めとする今後建設予定の送電用深礎基礎設計に反映し、基礎体のコンパクト化、コストダウンを図る予定である。



第5図 試験結果と評価結果（底面地盤）



第6図 既往載荷試験との比較による現行式、新評価式の推定精度



執筆者 / 岡田英幸
Okada.Hideyuki@chuden.co.jp