

Ⅲ-B6 引抜き力が作用する場所打ち杭の軸方向バネ定数算定方法の提案

東電設計(株) 正会員 岩本 亜理 正会員 小松崎 茂

東京電力(株) 仲吉 慶洋 正会員 小宮山茂樹 正会員 河村 直明

1. まえがき

送電用鉄塔基礎は、変位量が制約される構造物である。そのために、筆者らは変位量に着目した支持力評価算定法を実規模載荷試験から提案してきた¹⁾。提案法による基準変位量算定式は、式(1)で表される。上式は、杭の載荷試験データから得られた各層の周面摩擦力～変位関係を宇都らが提案する Weibull 曲線で近似し、得られた Weibull 曲線の基準変位量を全層の相加平均で求めた変位量を杭頭における基準変位量としたものである。ここで、基準変位量は図-1に示すとおり $0.63f_{max}$ における変位量である。

$$S_o = \frac{\sum_{i=1}^n \pi \cdot D \cdot f_{max_i} \cdot \ell_i \cdot S_{o_i}}{\sum_{i=1}^n \pi \cdot D \cdot f_{max_i} \cdot \ell_i} \quad (1)$$

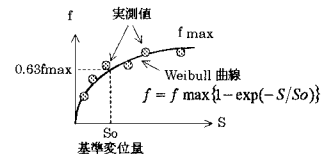


図-1 Weibull 曲線と基準変位量

ここで、 S_o ：杭頭の引抜き荷重～変位関係における基準変位量、 f_{max_i} ： i 層の極限周面摩擦力度、

ℓ_i ： i 層の層厚、 S_{o_i} ： i 層の周面摩擦力～変位関係における基準変位量、 D ：杭径

提案法で算定した杭頭部における基準変位量は、実測値に対して若干小さめに評価された。引抜き力が作用する場所打ち杭の荷重～変位関係は、勾配変化点となる降伏変位量以下であっても、コンクリートクラックによって、勾配が緩くなる方向に変化することが確認されている²⁾。従って、式(1)で算出される変位量が小さく算出される原因の一つとして、クラックに伴う断面剛性の低下を表現していないことが考えられた。

本論文では、杭軸方向バネ定数の合理的な評価方法の確立を目的として、地盤のせん断バネならびに杭体断面剛性の低下を考慮したバネモデル設計法による算出方法を提案するとともに、算出した杭軸方向バネ定数を実測値と比較した結果からその妥当性を評価したものである。

2. 杭軸方向バネ定数の算定

2.1 バネモデル設計法の概要

ここで設定したバネモデル設計法は、Seed & Reese などによる解析法に準じたもので、独立した微小な要素に鉛直変位～周面摩擦力関係を表すせん断バネを設置し、杭先端に強制変位量を与えたときの杭頭の軸力と変位量を求めるものである。図-2にモデル図を示す。地盤と杭の間の非線形せん断バネは、載荷試験で得られたひずみゲージ間の杭周面摩擦力と変位量の

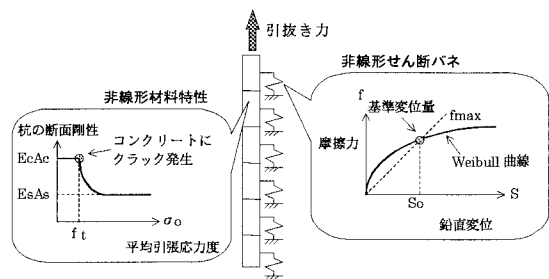


図-2 バネモデルの概要

関係を Weibull 曲線で近似したものを適用した。引抜き時の地盤のせん断特性は、地盤強度、杭と地盤の相互作用、土被り等の影響を受ける。既往の試験結果によれば、土被りの浅い箇所においてはひずみ軟化現象が確認されている³⁾。本解析では、ひずみ軟化したデータは、ピーク強度を無視し、軟化後の残留強度をモデル化した。杭の断面剛性は、コンクリートの発生応力が引張強度以内の場合にはコンクリートの断面剛性を、応力度を超えた場合には鉄筋の断面剛性に漸近するとした。

キーワード：場所打ち杭、杭基礎、杭頭鉛直バネ定数、

連絡先：〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 TEL(03)5818-7577

〒100-0011 東京都千代田区幸町 1-5-3 TEL(03)3501-8111

コンクリートの断面剛性から鉄筋の断面剛性に漸近するモデルは式(2)で定義した⁴⁾。

$$EcAe = \left(\frac{ft}{\sigma_o} \right)^m Ec \cdot Ac + \left\{ 1 - \left(\frac{ft}{\sigma_o} \right)^m \right\} Es \cdot As \quad (2)$$

ここで、 $EcAe$ ：杭の断面剛性、 Ec ：コンクリートの弾性係数、 Ac ：コンクリートの断面積、 Es ：鉄筋の弾性係数、 As ：鉄筋の断面積、 ft ：コンクリートの引張強度、 σ_o ：コンクリート断面に作用する引張応力

2.2 バネモデル設計法の妥当性の検証

提案したバネモ

デル設計法は、杭の断面剛性の低下を合理的に評価することを主目的としている。図-3に実測値と計算値のひび割れ発生深度を比較したもの

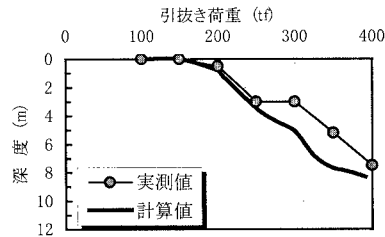


図-3 ひび割れ発生深度の比較

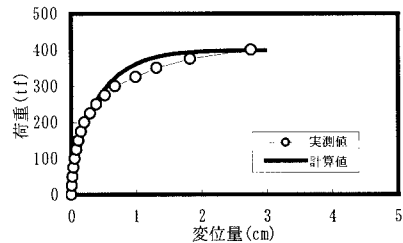


図-4 杭頭荷重～変位関係の比較

を示す。比較した杭は、泥岩層に根入れされた杭径 1m、杭長 11.1m の場所打ち杭である²⁾。実測値のひび割れ発生深度は、ひずみゲージの値が急激に大きくなった点の深度とした。また、計算値に使用した引張強度はコンクリートの室内試験結果を使用した。同図より、杭頭付近のひび割れ発生荷重は、計算値と実測値がよく整合する。深い部分におけるひび割れ発生荷重の計算値は、実測値よりも小さめの評価となった。計算から得られた杭頭の鉛直荷重～変位関係を実測値と比較した結果を図-4に示す。同図より、ひび割れ発生荷重となる 200tf において勾配変化点が見られる。全体的な傾向としては計算値と実測値は良く一致しており、バネモデル設計法の妥当性が確認された。

2.3 杭軸方向バネ定数の算定結果

実測値から得られた K_v (実測 K_v) とバネモデル設計法で求めた計算 K_v を比較した結果を図-5に示す。ここで、実測 K_v は、図-6に示すとおり Weibull 曲線で近似した杭頭荷重～変位関係の基準変位量における割線勾配とした。また、計算 K_v は降伏引抜き力 ($P_{max}/1.5$) における割線勾配とした。計算 K_v は実測 K_v に対してわずかに小さめの評価となる傾向にあるものの、比較的良く一致する結果となった。

3. あとがき

杭軸方向バネ定数の推定精度向上のために提案したバネモデル設計法は、場所打ち杭の軸方向バネ定数を精度良く推定可能であるという結果となった。なお、計算 K_v が実測値に対して小さくなる原因は、残留強度を対象としたせん断バネとしたためであると考えている。また、バネモデル設計法で考慮したひび割れ発生箇所は、コンクリート強度を精度良く推定できれば実測値と良く合う結果となった。また、ひび割れ発生に伴って荷重～変位関係に勾配変化点が見られることも確認された。

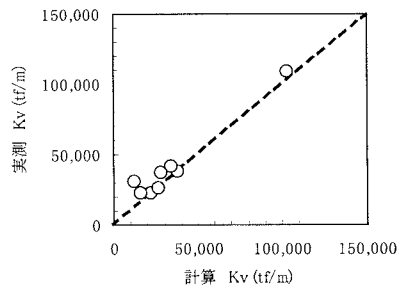


図-5 計算 K_v と実測 K_v の比較

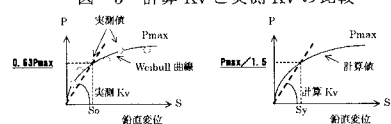


図-6 実測 K_v と計算 K_v の算定方法

参考文献：1)小宮山茂樹他：礫層における場所打ち杭の支持力算定方法に関する一提案，電力土木，1995.11

2)仲吉慶洋他：泥岩層における場所打ち杭の引抜き挙動の違いについて，土木学会第 52 回年次学術講演会，1997

3)鬼頭伸也他：砂礫層における場所打ち杭の押込み時と引抜き時の挙動の違い，第 31 回地盤工学研究発表会，1997

4)高橋秀明他：引抜き力を受ける杭の非線形せん断バネ定数の同定，構造工学論文集 Vol.43A，1997.3