

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正員 ○村 田 基代彦

同 上 正員 中 村 兵 次

同 上 正員 水 谷 進

1. まえがき

群杭に鉛直荷重が作用する場合の支持機構は、杭から地盤へ伝達される応力（周面摩擦力、先端反力）が相互に干渉するため、複雑なものとなる。この問題に対して、Poulos¹⁾らがミンドリンの第一解を用いた計算法を提案し、これを山肩らが改良²⁾³⁾しているが、ミンドリンの第一解は均一な半無限弾性体における解であるため、この方法を多層地盤へ適用することには問題が多い。この点を改善するため、杭からの作用力による地盤変位をミンドリンの解を用いるかわりに軸対称有限要素法により求め、その結果を数式化して、従来と同様に応力の釣合条件と変位の適合条件を用いて計算する方法を導いた。また、この方法による計算結果と実測値との比較を行ったところ、よい一致をみた。

2. 計算方法

(1) 計算上の仮定

本計算方法では次の仮定を設ける。

- ①杭は弾性体とし、フーチングは剛とする。
- ②地盤は弾性体であって、その応力・変位伝達機構は軸対称有限要素法により表現できるものとする。
- ③杭と地盤の間には、相対変位は生じないものとする。

(2) 計算方法

計算の手順を図1に示す。軸対称有限要素法により変位伝達関数を作成し、式(1)～式(6)に示す応力の釣合条件と変位の適合条件によって杭の軸力と沈下量を計算する。

応力の釣合条件式

$$W_o = \sum_{i=1}^n P_i \quad (\text{全作用荷重} = \text{杭頭反力の合計}) \quad (1)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^m F_{ij} \quad (\text{杭頭反力} = \text{周面摩擦力と杭先端反力の合計}) \quad (2)$$

$$N_i = \sum_{j=1}^m F_{ij} \quad (\text{杭各点の軸力と周面摩擦力・杭先端反力の関係}) \quad (3)$$

変位の適合条件式

$$\delta s_{ij} = \delta p_{ij} \quad (\text{地盤の沈下量} = \text{杭の沈下量}) \quad (4)$$

$$\delta s_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij}^{(j')} \cdot F_{ij'} \quad (i \text{ 杭 } j \text{ 点の地盤の沈下量}) \quad (5)$$

$$\delta p_{ij} = \delta o - \sum_{k=1}^m \left\{ (Q_k / AE) \cdot \left(\sum_{l=k+1}^m F_{il} \right) \right\} \quad (i \text{ 杭 } j \text{ 点の杭の沈下量}) \quad (6)$$

ここに、 $g_{ij}^{(j')}$ は変位伝達関数であり、(3)で述べる。その他の記号は図2、図3を参照されたい。

(3) 変位伝達関数の作成方法

図1に示すように、群杭のうち1本の杭に着目して地盤モデルを作成し、軸対称有限要素法を使用して、地盤の変位（沈下）を求める（図4参照）。格点 j に単位の鉛直力を作用させたときの格点 j を通る水平面の沈下量を、杭中心からの水平距離 r の関数として、 $f_{jj}(r)$ とする。 $f_{jj}(r)$ としては種々の形が考えられるが、ここで

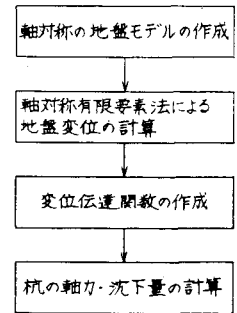


図1 計算の手順

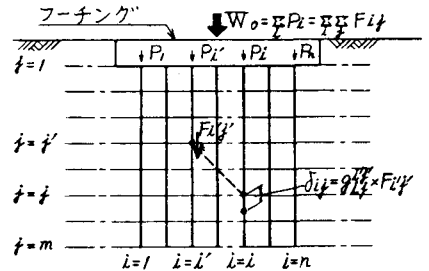


図2 解析モデルの概念

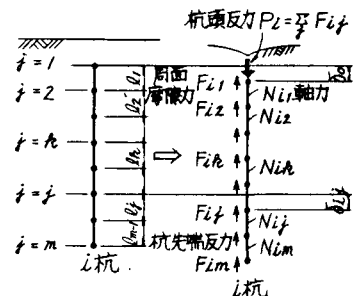


図3 杭の応力と沈下

変位伝達関数 $g_{ij}^{(1)}$ は式(8)で考えられる。

$$f_{jj'}(r) = \frac{C_4 r^2 + C_5 r + C_6}{r^3 + C_1 r^2 + C_2 r + C_3} \quad (7)$$

$$g_{ij}^{ij'} = f_{jj'}(r_{ii'}) \quad (8)$$

ここに、 g_{ij} : i 杭 j 点位置の地盤に単位の鉛直力
を与えたときの i 杭 j 点位置での地
盤の沈下量

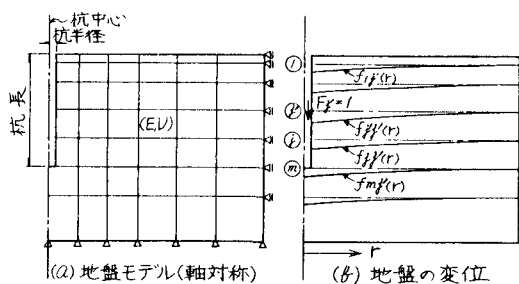


図4 変位伝達関数の説明

r_{ii} : i 杭と i 杭の
水平距離

3. 実測値との比較

この方法の適用性を検討するため新潟県西蒲原郡潟東村で実施された群杭の鉛直載荷試験⁴⁾に対して、この方法により計算した。

載荷試験地点の地盤状況および試験杭の種類・形状・配置は、図5に示すとおりである。荷重はフーチング上のサイロ内にバラスト（総重量 $W = 295.6^t$ ）を積載すること

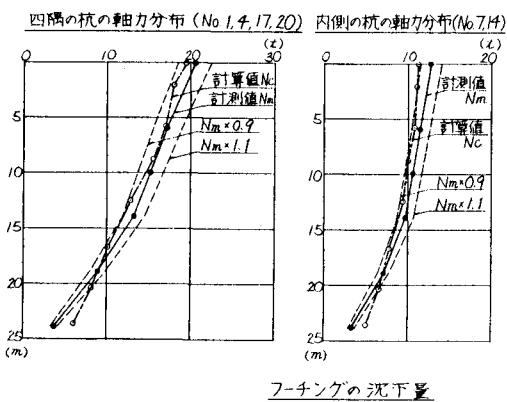
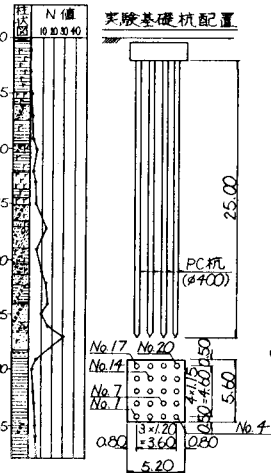


図5 実測値との比較(実測値:バラスト載荷直後)

によって与えられている。有限要素法をとして弾性解析を使用するので、バラスト載荷直後の沈下および軸力分布に着目して計算した。計算結果を図5に示すが、フーチングの沈下および杭の軸力ともに実測値をほとんどよく説明することができた。なお、変位伝達関数を求めるための有限要素法では、地盤定数を次のように設定した。

變形係數 $E = 2 \times 25 \cdot N$ (砂質土), $8 \cdot E_{50}$ (粘性土)

ここに、N：標準貫入試験のN値

E_{50} : 三軸圧縮試験における50%強度に対する変形係数

ポアソン比 $\nu = 0.4$ (砂質土), 0.45 (粘性土)

4. あとがき

軸対称有限要素法を使用した群杭の鉛直荷重に対する杭の軸力・沈下量の計算方法と適用例について述べた。その結果、当地点に対しては適用できることがわかった。

今回提案した計算方法は、一応、地盤を弾性として扱える範囲に対するものであるが、今後、①地盤の降伏条件を考慮した計算 ②ネガティブフリクションの計算 ③圧密沈下量等の計算 もできる方法に拡張していきたいと考えている。

参考文献

- 1) Poulos,H.G and Davis,E.T:The Settlement Behaviour of Single Axially Loaded Incompressible Piles and Piers, *Geotechnique*,Vol.18, No.3,1968
- 2) 土肩・八尾：マサツ群ぐい基礎の沈下に関する理論解について，第9回土質工学研究発表会，1974
- 3) 伴野・山下・宮川・吉田：摩擦抗基礎の沈下解析法と実測結果への適用例，土と基礎，1982.2
- 4) 立花・奥田・中村：マサツ群グイ基礎の鉛直載荷試験と解析例，第12回土質工学研究発表会，1977