

法政大学 正員 山門 明雄
 “ “ 大地 幸三
 “ “ 〇年田 親弘

1. 内容 と 考 案

杭の計算モデルは図-1のように杭を分割し、各節点に集中バネを考慮するものとする。通常用いられている変形法での平面構造物の解式は(1)式のように表わされる。

$$DKD^T\delta = P \quad (1)$$

DKD^T : 平面構造物の剛性マトリックス

δ : 変位ベクトル

P : 外力ベクトル

水平方向に關する杭面反力 p_h (Kg/cm^2) は、水平方向変位 δ_x (cm) の l 葉に比例する関数で表わすことができるとすれば次のように書ける。

$$p_h = k_h \cdot \delta_x^l \quad (2)$$

k_h : 水平方向地盤反力定数 ($\text{Kg}/\text{cm}^{2+l}$)

杭幅 B (cm) とすれば水平方向の土の反力に關する定数 E_x ($\text{Kg}/\text{cm}^{1+l}$) は次のようになる。

$$E_x = B \cdot k_h \quad (3)$$

図-2のように $i-1$ 節点に於ける E_x を E_{xi-1} , i 節点に於ける E_x を E_{xi} とし、その中間は線型に変化するものとする。この分布バネをこれと等価な節点ごとの集中バネに置きかえたときの水平方向集中バネ定数 E'_{xi} (Kg/cm^l) は次のようになる。

$$E'_{xi} = \frac{1}{2} \cdot E_{xi} (L_{i-1} + L_i) \quad (4)$$

次に鉛直方向の杭周摩擦 f (Kg/cm^2) は、鉛直方向変位 δ_y (cm) の m 葉に比例する関数で表わせるとすれば次のようになる。

$$f = C_s \cdot \delta_y^m \quad (5)$$

C_s : 杭周摩擦杭定数 ($\text{Kg}/\text{cm}^{2+m}$)

したがって杭の周長を U (cm) とすれば、鉛直方向の土の反力を表わす定数 E_y ($\text{Kg}/\text{cm}^{1+m}$) は次のようになる。

$$E_y = U \cdot C_s \quad (6)$$

鉛直方向の集中バネ定数 E'_{yi} (Kg/cm^m) は水平方向と同様に次式で書ける。

$$E'_{yi} = \frac{1}{2} \cdot E_{yi} (L_{i-1} + L_i) \quad (7)$$

また杭先の地盤反力 p_{tip} (Kg/cm^2) は、杭先変位 $\delta_{y\text{tip}}$ (cm) の n 葉に比例する関数で表わすことができるとすれば次式になる。

$$p_{tip} = k_{tip} \cdot \delta_{y\text{tip}}^n \quad (8)$$

k_{tip} : 杭先地盤反力定数 ($\text{Kg}/\text{cm}^{2+n}$)

杭先面積を A_{tip} (cm^2) とすれば、杭先集中バネ定数 E'_{tip} (Kg/cm^n) は次式で表わせる。

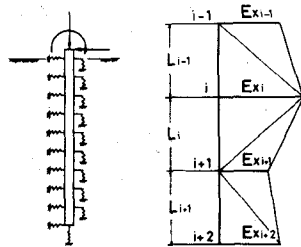


図-1

図-2

Test pile	A	
Outside diameter (mm)	600	600
Thickness (mm)	12	10
Cross-sectional area (cm ²)	246.1	209.8
Perimeter (cm)	198	198
Area of tip (cm ²)	282.7	282.7

表-1

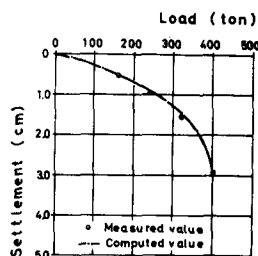


図-3

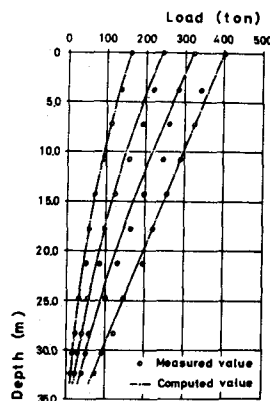


図-4

$$E'_{tip} = A_{tip} \cdot k_{tip} \quad (9)$$

い降反の土に生ずる水平方向の反力 $R_{xi}(kg)$ および鉛直方向の反力 $R_{yi}(kg)$ は、 $R_{xi} = -E'_{xi} \delta_{xi}$ 、 $R_{yi} = -E'_{yi} \delta_{yi}$ となる。また杭先の反力 $R_{ytip}(kg)$ は、 $R_{ytip} = -E'_{tip} \delta_{ytip}$ と成る。これを(1)式の左辺、ベクトル P に加えなければならないが、 P と分離して左辺に移項すれば杭の解式は(10)式となる。

$$DKD\delta + E_x \delta^2 + E_y \delta^m + E'_{tip} \cdot \delta^m = P \quad (10)$$

水平方向に関して篠原久保および運昇ハ横製鉄(株)は大規模な実験結果から杭面反力 p_h は水平方向変位 δ_x の0.5乗に比例する関数で表わせるとしている。鉛直方向の杭周摩擦抵抗については、水平方向の場合のように議論がなされていないので杭の鉛直載荷試験の実験結果を紹介し、杭周摩擦力の挙動がどのような傾向になっているかを検討する。実例として山形県出羽大橋にある鋼管杭載荷試験結果と実験データとして引用することにする。鉛直荷重に対する杭頭沈下量はダイヤルゲージで(図-3)。また地中部の軸力分布を調べるため杭周面にワイヤーストレインゲージを取りつけ測定されている(図-4)。試験杭の諸元に関しては表-1に示す通りであり、リードプロダクターと考慮したものになっている。土質柱状図は図-5の通りであり、試験杭は厚さの異なる鋼管を溶接して使用されている。変位 δ_y と杭周摩擦力 f の関係と調べるため、図-3、図-4の測定結果と利用して各深さで $\alpha \delta_y$ および f を求む対数目盛にプロットしてみると図-6と成る。変位の小さい間は δ_y と f と α 間に直線的な関係がみられ α の配は0.5となっている。このようなことから $f = C_s \delta_y^{0.5}$ で表わせる。しかしながら無制限に成立するものでなく変位の小さいときのみ成立し、それ以後は一定値になるような傾向がみられる。このような傾向は篠原久保も指摘している(図-7)。杭先地盤反力 p_{tip} について篠原久保は杭先変位の0.5乗に比例する関数を仮定している。またBCP委員会の実験結果によっても直線になるような傾向がみられる。このようなことを考慮しマトリックスで表示すれば、杭の解式は次式のように表わせる。

$$DKD\delta + E\delta^{0.5} = P \quad (11)$$

図-7のような非線型バネと処理するには、(11)式についてNewton-Raphson法で δ について解き、反力の限界値に対応する変位 $d(cm)$ (=直線の交点の2乗)と比較し、 δ の方が大きい場合は図-7の関係を満すようにバネ定数マトリックス E と外力ベクトル P を修正し、再びNewton-Raphson法で解くというような逐次計算を行えば解を得ることができる。変位ベクトル δ が求まれば各断面力も求めることができる。計算例として水平方向に関して既に発表しているので鉛直方向の前述の例と計算することにし、一層系の地盤とし、 $C_s = 0.52 \text{ Kg/cm}^{2.5}$ 、 $d = 0.89 \text{ cm}$ および $k_{tip} = 17.3 \text{ Kg/cm}^{2.5}$ として演算を行った結果を図-3、図-4に示した。

2. 結 論

①マトリックス法による杭の解法は線型非線型と問わず計算することができる。②集中バネを考慮していることからバネ定数がいろいろ変化しても解を得ることができる。③変断面の杭、短杭の計算も可能である。

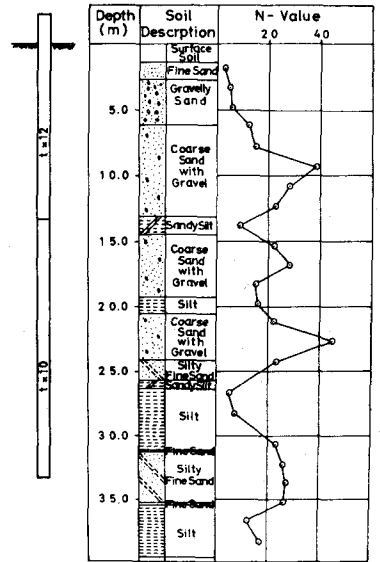


図-5

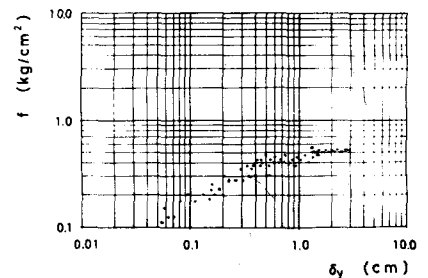


図-6

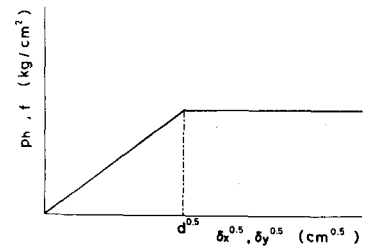


図-7