

新日本製鐵 正 儀賀 俊成

//

雨宮 栄一郎

ツカサコンサルタント 正 小島 省三

1. まえがき

単杭の解析には、地盤を弾塑性体とした Broms, 山肩の複合地盤反力法, 地盤の非線形性を考慮した久保の式, また この両者の考え方を含んだ Matlock, Reese の提案がある。これらの提案式は、土質定数や土の圧縮試験結果から地盤反力(p)と杭変位(y)との関係を決定するものであり、最近多くの成果に基づき妥当性が確認されている。また 群杭においては、杭相互の干渉を考慮した群杭解析が必要であり、Mindlin の解を基本とした杉村, Poulos 等の方法が提案されている。しかし これらの方法では地盤に発生する引張応力を認めた形で群杭効果を論じていることから、地盤の力学特性に忠実でない。また 複雑な地盤を一樣弾塑性体と仮定することから、適当地盤の弾性係数を推定しなければならないという問題もある。

著者は、地盤の力学的特性を出来るだけ忠実に表現できるような $p \sim y$ 関係を用い、また 地盤の引張強度を無視した形での三次元群杭効果を考慮する立場から、群杭解析法を体系づけたのでここに概要報告する。

2. 杭解析

図-2(a)に示すように、杭は要素分割され 各節点に設けた地盤反力バネによって支持されると仮定した。

(1) 地盤反力～杭変位の関係

(a) 杭軸直角方向

粘性土に関しては Matlock, 砂質土には Parker & Reese の論文を参考にした。1 例として粘性土に関する $p \sim y$ 関係を図-1 に示す。この時 地盤反力係数 E_s は、(1)式で定義される。

$$E_s = p/y \quad (1)式$$

(b) 杭軸方向

N 値, 粘着力等から $p \sim y$ 関係を決定した。

(2) 地盤反力バネ係数

地盤反力バネ係数は、杭に分布している地盤反力係数を各要素の節点へ等価に置換することにより求めた (図-2(a))。この置換方法として次の 2 つの方法を検討した。

(a) 幾何学的な置換

図-2(b)は、杭のある変形状態における地盤反力係数の分布である。この図のように、節点 i における杭軸直角方向の地盤反力バネ係数 $(K_s)_i$ を、(2)式で求めることにした。なお 杭軸方向に関しても同様に行なった。

$$(K_s)_i = 0.5(E_s)_i(d_{i-1} + d_i) \quad (2)式$$

(b) エネルギー法による置換

杭要素の剛性マトリックスの中に、地盤支持されている効果を導入すると、(3)式のように求められた。(3)式は、杭軸直角方向に関するものである。

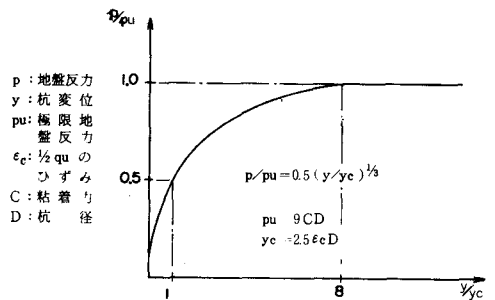


図-1 Matlock の提案式

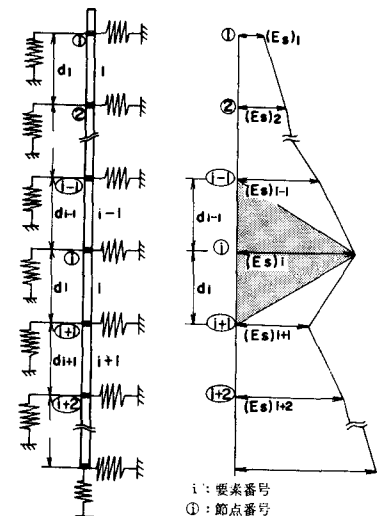


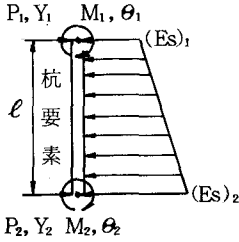
図-2(a)解析モデル

図-2(b)地盤反力係数の分布

$$\mathbf{F} = [\mathbf{S}] \cdot \mathbf{Y} \quad (3\text{式})$$

$$\mathbf{F} = [P_1, M_1, P_2, M_2]$$

$$\mathbf{Y} = [Y_1, \theta_1, Y_2, \theta_2]$$



$$A = (Es)_1 \cdot l / 420$$

$$B = \{(Es)_2 - (Es)_1\} \cdot l^2 / 840$$

$$C = EI / l^3$$

EI; 杭の曲げ剛性

$$[\mathbf{S}] =$$

	$156A + 72B$ +12C	$l(22A + 14B)$ +6C	$54A + 54B$ -12C	$l(-13A - 12B)$ +6C
	$l^2(4A + 3B)$ +4C	$l(13A + 14B)$ -6C	$l^2(-3A - 3B)$ +2C	
対			$156A + 240B$ +12C	$l(-22A - 30B)$ -6C
称				$l^2(4A + 5B)$ +4C

(3)非線形解析

杭変位に従属して変化する地盤反力バネ係数(Ks)を用いると、節点における地盤反力と杭変位の関係は、(4)式ようになる。この関係を用いた非線形解析を、図-3に示すように割線係数法で行なった。

$$P = (Ks) \cdot Y \quad (4\text{式})$$

また 収束の判定は、地盤反力(縦軸)と杭変位(横軸)の両方に関して行ない、全節点において収束判定基準が満たれるまで反復計算を行なうようにした。

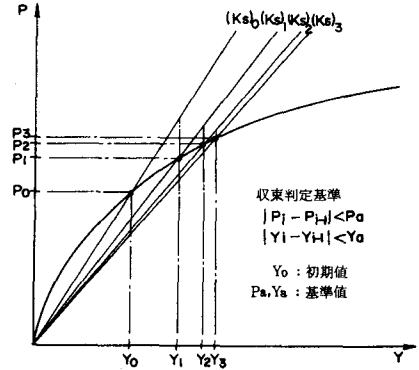


図-3 割線係数法

3. 群杭効果

群杭効果の表現としては、杉村、Penzien 等の論文を参考にして、地盤反力バネ係数を低減する方法を採用した。解析には Mindlin の解を用いたが、次にあげるような仮定を設けた。

- (a)地盤は、杭を無視した半無限一様弾性体と仮定した。
- (b)杭の付加変位は、杭軸線に位置する地盤の変位をもって表わした。
- (c)節点における地盤反力を荷重とした。
- (d)杭相互の影響に関しては、荷重の方向性を考慮した。例えば、図-4(a)に示す任意の杭 i, j については、図-4(b)に示す簡単な地盤反力分布をもって検討できる。つまり j 杭に対する i 杭の影響は、 (P_1^i, P_2^i, P_3^i) の荷重であり、逆に i 杭に対する j 杭の影響は、 (P_1^j, P_2^j) のみを考えることにした。また 軸方向変位に関しては、変位を求めようとしている点より深い位置における荷重は、考慮しないことにした。このようにして、杭の付加変位が求められたら、図-5に示すように(5)式で地盤反力バネ係数を低減した。

$$(Ks)_G = P_G / (Y_s + \Delta Y) \quad (5\text{式})$$

4. あとがき

この解析法のキーポイントは、 $p \sim y$ 関係をどのように設定するかにある。今後、現場実験結果との比較考察等を行ない、より確実な解析法に完成していきたい。

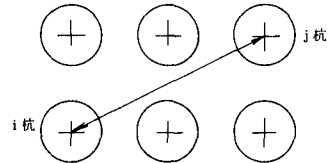


図-4(a)杭配置

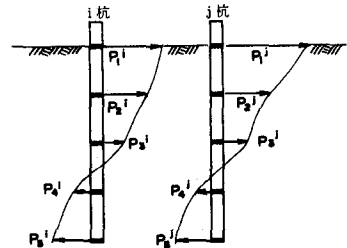


図-4(b) 地盤反力の分布

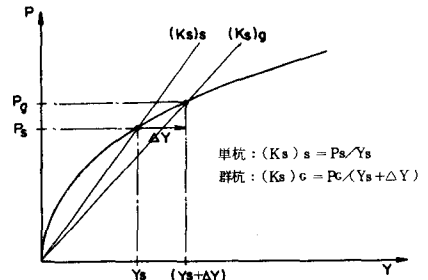


図-5 地盤反力バネ係数低減