

パイルド・ラフトの沈下挙動に関する実用計算法 (その1 コラム置換法の構築)

正会員
同
同

○土屋 勉*
池田隼人**
永井 宏***

パイルド・ラフト 沈下

実用計算法

1. はじめに

性能設計の考え方が普及するのに伴って、軟弱地盤における基礎として、パイルド・ラフトの有効性が指摘されるようになった。しかし、実用的な沈下計算法が整備されていないことが障害となって、本工法の実施例は少ないのが現状である。

本論文では、当研究室で従来提案してきた計算法¹⁾に改良を施し、新たに等価コラムという概念を導入した簡便な実用計算法(コラム置換法、以下CEMと略称)を構築する。

2. コラム置換法(CEM)の概要

図1は、上部構造/杭/地盤の一体解析に関する考え方を示したものである。上部構造-杭-地盤の連結部では、鉛直方向の変位と反力のみを考慮した2つのインターフェイス(杭頭 Int-A, 杭先端 Int-B)を設けており、相互作用システムは式(1)のような剛性方程式で表される。

$$\{P\} = ([\alpha] + [Ce] + [\beta] + [\gamma]) \cdot \{\delta\} \quad \cdots \cdots (1)$$

$\{P\}$: 上部構造の荷重ベクトル

$\{\delta\}$: 基礎の沈下ベクトル

$[\alpha]$: 上部構造の剛性マトリックス

$[Ce]$: 置換コラムの軸方向剛性マトリックス

$[\beta]$: 杭先端以浅地盤のせん断剛性マトリックス

$[\gamma]$: 杭先端以深地盤の剛性マトリックス

(1) $[\alpha]$ マトリックス

上部構造の剛性評価としては、施工進展を考慮²⁾することを原則とする。RC骨組みの場合には、その階のコンクリート打設時点では剛性が0で、次の階の施工時点で所定の剛性が発現すると仮定する。上部構造を基礎底板や格子梁で代表させる場合には、基礎施工時点は剛性が0なので、1階施工時点以降が解析の対象範囲となる。なお、上部構造の剛性マトリックスは変位成分と回転角成分を有するが、鉛直方向の変位成分以外はサブストラクチャー法を用いて別途消去する。

(2) $[Ce]$ マトリックス

杭とそれを取り囲む杭先端以浅の地盤のモデル化にあたっては、これらの軸方向剛性が等価になるように置換した円柱コラムで評価する。なお、杭間隔が広い場合や杭配置が複雑な場合には、地盤のみのコラムを設定することもできる。図2のような多層地盤の場合は、地盤のみで等価

な変形係数 E_s を算出した後、杭との面積比を考慮してコラムの等価変形係数 E_{equ} を以下のように算出する。

$$E_s = \frac{\ell_1 + \ell_2 + \cdots + \ell_n}{\frac{\ell_1}{E_{s1}} + \frac{\ell_2}{E_{s2}} + \cdots + \frac{\ell_n}{E_{sn}}} \quad \cdots \cdots (2)$$

$$E_{equ} = \frac{E_p \cdot A_p + E_s \cdot A_s}{A_p + A_s} \quad \cdots \cdots (3)$$

また、コラムがラフト外周部に位置する場合には、杭の周面摩擦力が外側領域に伝達するものとして、図3に示す軸力分布を仮定する。この場合の等価コラムのヤング係数

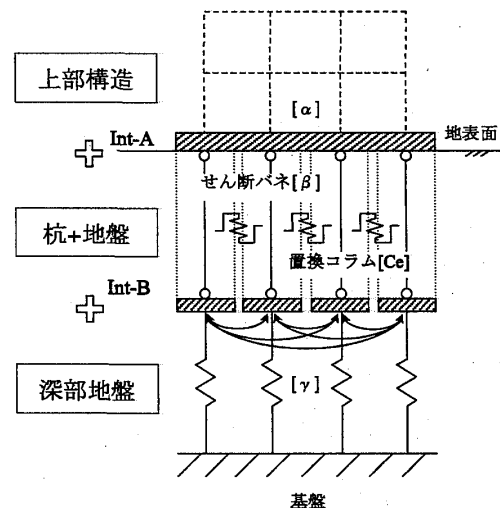


図1 一体解析の考え方

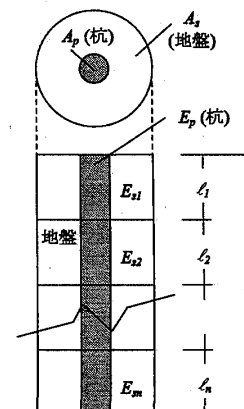


図2 置換コラム

A Practical Approach on behavior of Settlement of Piled-Raft Foundation (Part1).

TSUCHIYA Tsutomu, IKEDA Hayato and NAGAI Hiroshi

は、一般部である式(3)を次のように補正したものである。

$$E_{\text{辺部}} = \frac{1}{\left(1 + \frac{3}{4}\right) \cdot \frac{1}{2}} E_{\text{equ}} = \frac{8}{7} E_{\text{equ}}, E_{\text{隅角部}} = \frac{1}{\left(1 + \frac{2}{4}\right) \cdot \frac{1}{2}} E_{\text{equ}} = \frac{4}{3} E_{\text{equ}} \quad \dots\dots(4)$$

(3) $[\beta]$ マトリックス

隣接するコラム間では両者の沈下差(相対沈下)によって、せん断力が伝達されると仮定する。すなわち、各杭頭荷重を建物平面の相対沈下に応じて各杭先端に再配分させるため、図4および式(5)に示すような隣接する杭間地盤を壁状せん断変形体(幅 B 、高さ L 、奥行き W)に置換した時のせん断剛性マトリックスを設定する。ここで、せん断剛性 G の寄与する境界面積を考慮するために、有効幅係数 SW ($0 \leq SW \leq 1$)を導入した。

$$\begin{Bmatrix} P_i \\ P_j \\ P_k \\ P_l \end{Bmatrix} = SW \left(\frac{W \cdot L \cdot G}{B} \right) \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{6} & -\frac{1}{3} & -\frac{1}{6} \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{3} & -\frac{1}{6} & -\frac{1}{3} \\ -\frac{1}{3} & -\frac{1}{6} & \frac{1}{3} & \frac{1}{6} \\ -\frac{1}{6} & -\frac{1}{3} & \frac{1}{6} & \frac{1}{3} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta_i \\ \delta_j \\ \delta_k \\ \delta_l \end{Bmatrix} \quad \dots\dots(5)$$

(4) $[\gamma]$ マトリックス

杭先端以深の地盤モデルについては、Mindlin 解を利用して求めた全コラム間の変位影響係数 I_{ij} の逆マトリックスである。なお、 I_{ij} の対角要素では円形等分布荷重が作用するとして Mindlin 解を積分している。杭先端以深の多層地盤のモデル化にあたっては、別途予備計算を行った結果を参考にして、地盤層厚 $H/L > 3$ のときは Steinbrenner 方式を、 $H/L \leq 3$ のときは鏡像原理方式を採用する。

3. FEM解析値との比較

図5に示すパイルド・ラフトについて、本論文のCEMと三次元有限要素法(以下FEMと略称)の値を比較する。上部構造は薄板要素で構成されたラフトに等分布荷重 w が作用するモデルである。

図6は、(a)ラフト中央部沈下量 S_F と(b)中央-隅角間変形角 θ_{AF} について、地盤の変形係数 E_s を変化させて比較したものである。ここで、FEM解析値との近似度を理解しやすくするために、図中には $\pm 10\%$ の誤差範囲を示してある。CEM計算値として $SW=0.5$ および0の2通りを示したが、 S_F に SW に関わらずFEM解析値に良く近似した。 θ_{AF} については、 E_p/E_s の広い範囲に渡り $SW=0$ のモデルの近似度が良好であった。

4. まとめ

本論文では、パイルド・ラフトの沈下予測するために、極めて簡便なコラム置換法を構築したが、FEM解析値との近似度は良好であった。

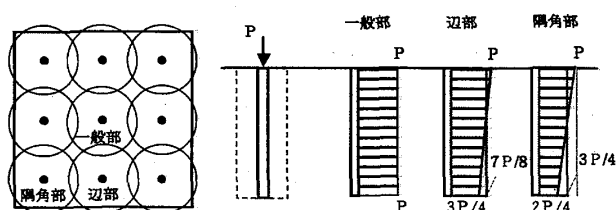


図3 置換コラムの軸力分布

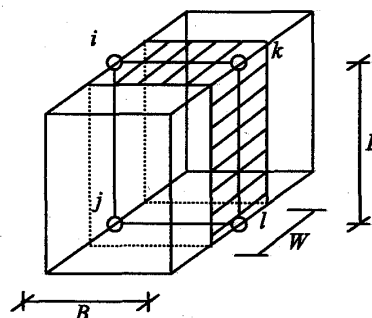


図4 杭間地盤のせん断モデル

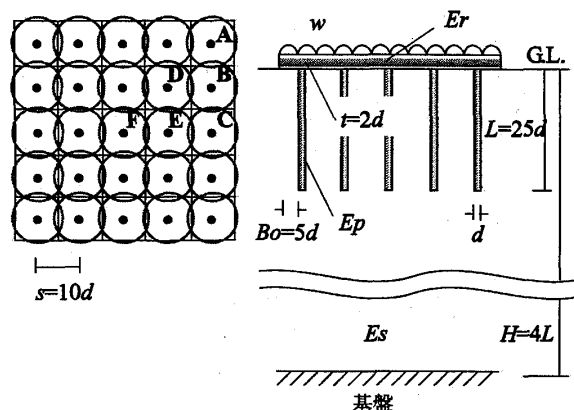
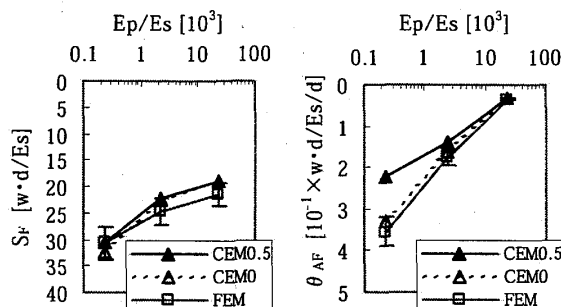


図5 解析モデルの諸元



(a) 中央部沈下量 S_F (b) 中央-隅角変形角 θ_{AF}

図6 地盤の変形係数 E_s の影響

参考文献

- 1) 土屋, 谷岡: 摩擦杭で支持された建物の簡易沈下計算法, 日本建築学会構造系論文集, No.489, pp33-39, 1996.11.
- 2) 土屋, 大築, 小橋: 建築構造物の施工進展を考慮した沈下過程解析, 日本建築学会構造系論文報告集, No.376, pp62-70, 1987.5.

* 室蘭工業大学 教授・工博

** (株) 日本設計・修士(工学)

*** 舞鶴工業高等専門学校 助手・博士(工学)

* Professor, Muroran Inst. of Tech., Dr.Eng.

** NIHON SEKKEI Co., Ltd., M.Eng.

*** Research Associate, Maizuru National College of Tech., Dr.Eng.