

パイルド・ラフトの簡易沈下計算法

正会員
同○大澤隆幸*1
土屋 勉*2パイルド・ラフト
Mindlin 解簡易計算法
軟弱地盤

鉛直荷重

1. はじめに

近年、パイルド・ラフト基礎の沈下や支持力に関する研究の進展に伴い、中・高層建築物への施工例¹⁾が増えてきている。今後、住宅や比較的小規模な構造物に対しても普及を図ることを視野にいと、より簡便な沈下計算法の構築が必要である。

本報告では、パイルド・ラフトの沈下を簡便に算定することを目的として、単杭の沈下量に群杭効果による沈下増分を加算する算定方式について検討する。

2. 計算法の考え方

図-1 は簡易計算法の概念であって、単杭の沈下量と群杭効果による沈下の和として計算される。このとき、パイルド・ラフトを構成する各杭頭に作用する荷重分担率 ϕ 、杭先端面深度への応力分散係数 η が必要となる。

2. 1 単杭の沈下

単杭の沈下は主として杭近傍の地盤変形に起因して発生すると考えて、荷重分担率 ϕ に応じた杭頭荷重を作用させて沈下計算を行う。図-2 に示す荷重伝達法を用いるのを基本としている。近傍地盤については、Randolph²⁾ による杭の沈下計算法を利用して、杭周面と杭先端のバネ定数を(1)式および(2)式のように逆算して用いた。なお、一般地盤のバネ定数は無限大と仮定した。

a) 杭周面の近傍バネ (k_s)

$$k_s = \frac{E_s}{4d(1 + \nu_s)} \quad \dots\dots (1)$$

ここで、 E_s : 杭周面地盤の変形係数
 ν_s : ポアソン比、 d : 杭径

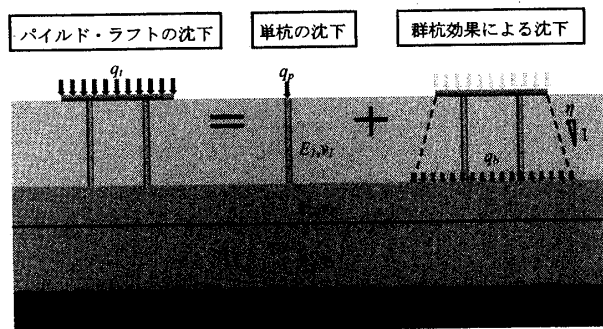


図-1 簡易沈下計算法の概念

b) 杭先端の近傍バネ (k_b)

$$k_b = \frac{4E_b}{\pi(1 - \nu_b^2)d} \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 E_b : 杭先端地盤の変形係数
 ν_b : ポアソン比

2. 2 群杭効果による沈下増分

群杭効果は、杭先端深度に矩形等分布荷重 q_b を作用させた時の沈下増分として、図-3 のように Mindlin の第一解を積分した(3)式³⁾で計算する。

$$\xi = \frac{q_b}{16\pi(1 - \nu)G} \int \left[\frac{(z - D)^2}{R_1^3} + \frac{3 - 4\nu}{R_1} + \frac{5 - 12\nu + 8\nu^2}{R_2} + \frac{(3 - 4\nu)(z + D)^2 - 2(z + D)D + 2D^2}{R_2^3} + \frac{6(z + D)^2 z D}{R_2^5} \right] dr d\theta \quad \dots\dots (3)$$

ここで、 $R_1 = \sqrt{r^2 + (z - D)^2}$, $R_2 = \sqrt{r^2 + (z + D)^2}$

ξ : 鉛直変位、 G : せん断弾性係数、
 ν : ポアソン比、 z : 計算点の深度
 D : 載荷点の深度
 r : 計算点の載荷点からの水平距離

なお、杭先端以深が多層系地盤の場合には、Steinbrenner の近似解⁴⁾にならって、杭先端以深の各層の圧縮量を合計する。

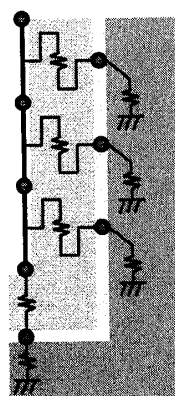


図-2 荷重伝達法

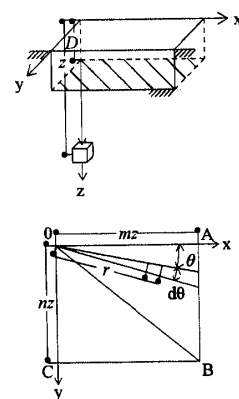


図-3 矩形分布荷重の沈下

3. 適用例と考察

3. 1 パイルド・ラフトと地盤の概要

計算法の適用を試みたパイルド・ラフト⁵⁾を図-4に示す。敷地は北海道厚真町の海岸沿いであって、表層(火山灰)の下に泥炭層や軟らかいシルトや緩い砂が分布する軟弱地盤(図-5)である。図中の変形係数はスウェーデン貫入試験結果等を参照して設定した。

3. 2 入力常数の検討

(1) 変形係数

単杭の載荷試験に基づいてパイルド・ラフトの計算に用いる変形係数を逆算する。図-6は単杭の載荷試験で得られた荷重～沈下曲線である。ここで、縦軸は杭頭荷重をパイルド・ラフトにおける杭の支配面積(1.82m×1.82m)で除したものである。図中の算定1は図-5に示す非排水状態の変形係数に基づいた単杭の算定結果であって、実測沈下よりもかなり大きいことから、変形係数が小さめに評価されている。そこで、パイルド・ラフトを構成する杭の荷重分担率 ϕ をパイルド・ラフト全荷重の50%および75%と仮定した場合を、それぞれ算定2および算定3として、変形係数の修正を施す。すなわち、算定2および算定3では、算定1の変形係数をそれぞれ2.24倍および1.63倍とした。

(2) 杭の荷重分担率 ϕ 、応力分散係数 η

図-7はパイルド・ラフトの長期間の荷重～沈下曲線について、実測値と比較したものである。図中の計算値は、図-5に示す排水状態の変形係数に単杭の載荷試験に基づいた上記の変形係数の倍率を乗じて求めたものである。

杭の荷重分担率 ϕ を50%および75%と仮定すると共に、杭先端面深度への応力分散係数 η を種々変化させて計算した。その結果、実験結果と比較的近似するのは、 $\phi=50\%$ で $\eta=0\sim0.1$ 、 $\phi=75\%$ で $\eta=0.3\sim0.7$ となった。

4. おわりに

単杭の沈下と群杭効果による沈下増分を加算する簡易沈下計算法を示した。本法では荷重分担率 ϕ と応力分散係数 η を適切に設定できれば、極めて簡単にパイルド・ラフトの沈下計算が可能となる。

参考文献

- 1) 加倉井正昭：建築分野における併用基礎の利用，基礎工，Vol.37，No.10，pp.2-9，2009.10.
- 2) Randolph and Wroth：Analysis of deformation of vertically loaded piles，ASCE，104(GT12)，pp1465-1488，1978.
- 3) 秋野矩之：地盤の剛性評価と建物の沈下予測 建物の即時沈下予測方法(その1)，日本建築学会構造系論文報告集，No.412，1990.6.
- 4) 建築基礎構造設計指針，日本建築学会，2001.10.
- 5) 青木涼，土屋勉：軟弱地盤におけるパイルド・ラフト基礎の載荷試験，日本建築学会大会学術講演梗概集，2010.9. (投稿中)

*1 室蘭工業大学大学院 博士前期課程

*2 室蘭工業大学大学院 教授・工博

*1 Graduate Student, Muroran Institute of Technology

*2 Professor, Muroran Institute of Tech., Dr.Eng.

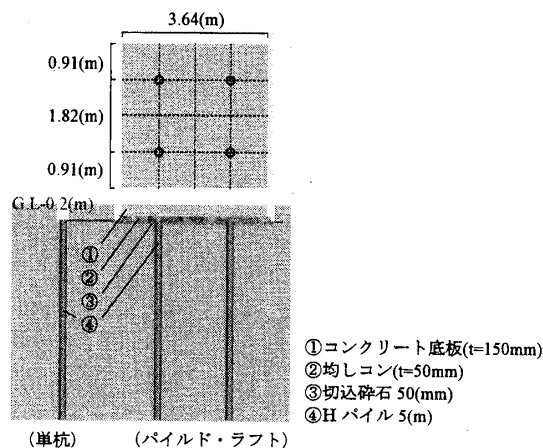


図-4 試験体

深度 (m)	土質名	換算 N 値	変形係数 (kN/m ²)
		0 5 10	非排水 排水
0.75	火山灰土		17260 17260
2.50	泥炭		1110 990
4.00	シルト		1210 1080
	シルト質細砂		8540 8540
6.00			8290 8290
8.50	シルト・砂互層		— 1990
11.00	シルト		— 2040

図-5 地盤構成

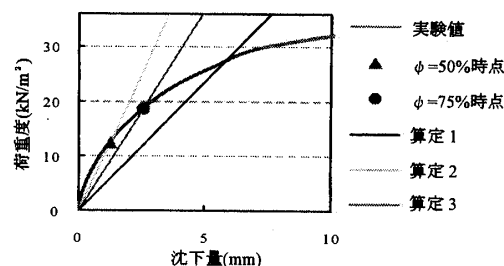


図-6 荷重-沈下曲線

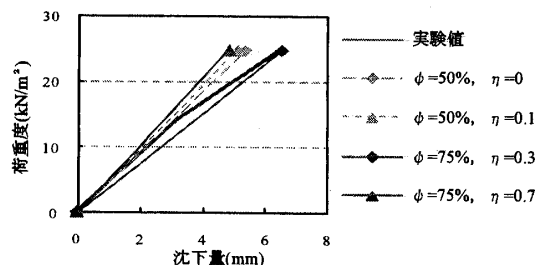


図-7 荷重-沈下曲線