

パイルド・ラフトの杭頭荷重分担率の略算法

正会員 〇渡辺和博*1
同 土屋 勉*2

パイルド・ラフト 杭頭荷重 簡易計算法
鉛直荷重 軟弱地盤

1. はじめに

筆者らは、単杭の沈下と群杭効果による沈下増分を計算する簡易沈下計算法¹⁾を提示した。本法を用いる場合には、杭の荷重分担率 ϕ が予め適切に算定されていることが前提になっている。

本報告では、鉛直荷重が作用するパイルド・ラフトの諸元を種々変化させた解析結果に基づいて、杭の荷重分担率 ϕ を略算する方式について検討する。

2. ハイブリッド解析による杭頭荷重分担率

2.1 ハイブリッド解析モデル

図-1 にパイルド・ラフトの解析に用いたハイブリッドモデル²⁾(以下、HYM と略記)を示した。すなわち、杭には線要素、ラフトには薄板要素を用いた有限要素法を適用し、地盤を介したこれらの相互作用については、Mindlin 解を導入した境界要素法を適用し、両者を結合する方法である。

解析を行ったパイルド・ラフトの形状を図-2 に示す。ラフト面に単位の等分布荷重 w が作用する正方形で、杭が等間隔に配置されているパイルド・ラフトを対象とする。解析の際に変化させた因子は、表-1 に示すとおりで、杭間隔 s/d 、杭長 L/d 、杭と地盤のヤング係数比 E_p/E_s 、杭本数 n であり、太枠で囲んだ基本モデルを設定した。したがって、ある因子を変化させる場合、他の因子は全て基本モデルの値をとるものとする。

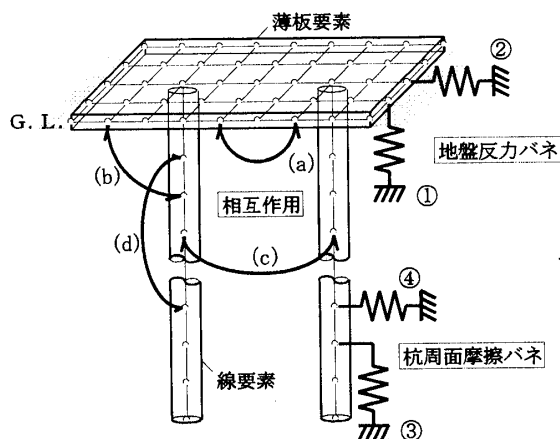


図-1 ハイブリッドモデル

なお、ラフトと地盤の相対剛性 K_{rs} の影響は小さかったので、本報告では $K_{rs}=0.1$ と一定とした。

2.2 解析結果

表-2 の a) は、ハイブリッド法による解析結果であるが、記号の意味を以下に示す。

$$\phi_{ana} = \left(\frac{P_p}{P_p + P_r} \right) \dots\dots\dots (1)$$

ϕ_{ana} : ハイブリッド法による杭頭荷重分担率
 P_p : 杭頭荷重の合計
 P_r : ラフト部の負担荷重

表中の a) によると、標準モデルの杭頭の荷重分担率は 51.4% となった。パイルド・ラフトの諸元を変化させると、杭間隔 s/d が狭い程、杭長 L/d が長い程、杭のヤング係数 E_p/E_s が大きい程、杭本数 n が多い程、杭頭の荷重分担率が高くなる傾向がみられる。

表-1 解析因子

杭間隔 s/d	5	10	20
杭長 L/d	12.5	25	50
変形係数 $\log(E_p/E_s)$	3	4	5
杭本数 $n^{1/2}$	1	3	5

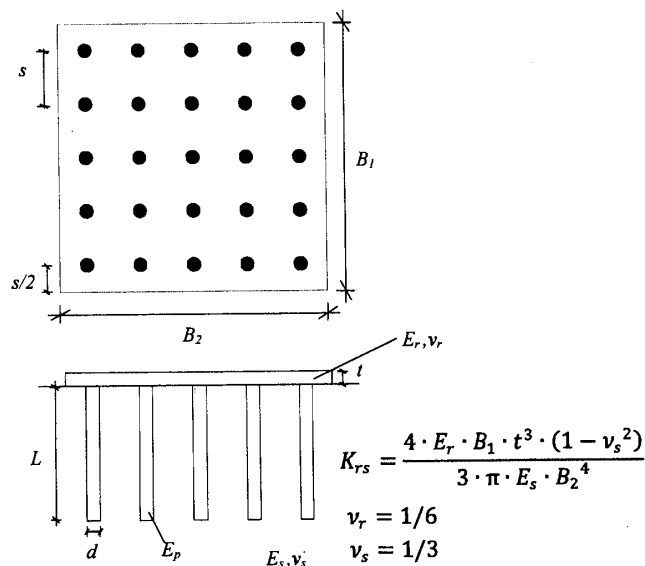


図-2 解析モデル

$$K_{rs} = \frac{4 \cdot E_r \cdot B_1 \cdot t^3 \cdot (1 - \nu_s^2)}{3 \cdot \pi \cdot E_s \cdot B_2^4}$$

$\nu_r = 1/6$
 $\nu_s = 1/3$

An estimating method of load carried by pile head for piled raft foundation.

WATANABE Kazuhiro, TSUCHIYA Tsutomu

3. 杭頭荷重分担率の略算法

ハイブリッド解析結果に基づいて杭頭荷重分担率の略算法を誘導するにあたり、以下の用語を定義して解析結果を表-2のb)~c)に整理した。

$$P_{rp} = \frac{P_r}{P_p} \dots\dots\dots (2)$$

P_{rp} : ラフトと杭の荷重負担比

$$\zeta = \frac{P_{rp}}{P_{rp}^*} \dots\dots\dots (3)$$

ζ : 各モデルの P_{rp} と基本モデルの P_{rp}^* の比

略算法の考え方は、次のように標準モデルのラフトと杭の荷重負担比 P_{rp}^* に各因子による修正係数 f を乗じて、種々の諸元を有するパイルド・ラフトの P_{rp} を算定するものである。

$$P_{rp} = \zeta \cdot P_{rp}^* \dots\dots\dots (4)$$

$$\zeta = f_s \cdot f_L \cdot f_{Ep} \cdot f_n \dots\dots\dots (5)$$

- f_s : 杭間隔 s/d に関する修正係数
- f_L : 杭長 L/d に関する修正係数
- f_{Ep} : 杭のヤング係数 E_p/E_s に関する修正係数
- f_n : 杭本数 n に関する修正係数
- $P_{rp}^* = 0.946$ (基本モデルの値)

表-2 の ζ と各因子の関係を、指数関数 ($y=ax^b$) で近似させた後、基本モデルに一致させるための係数を乗じた結果が下式である。

$$f_s = 0.0229 \cdot (s/d)^{1.64} \dots\dots\dots (6)$$

$$f_L = 40.5 \cdot (L/d)^{-1.15} \dots\dots\dots (7)$$

$$f_{Ep} = 2.03 \cdot \{\log(E_p/E_s)\}^{-0.511} \dots\dots\dots (8)$$

$$f_n = 2.05 \cdot (\sqrt{n})^{-0.653} \dots\dots\dots (9)$$

杭頭荷重分担率の略算値 ϕ_{cal} は、上記の P_{rp} を下式に代入して得られる。

$$\phi_{cal} = \frac{1}{(1 + P_{rp})} \dots\dots\dots (10)$$

4. 略算法の適用性

上記の(6)~(9)式は 1 つの因子のみを変化させて、他の因子は基本モデルと同じである。そこで、表-3 のように種々の因子を同時に変化させたモデルについて、ハイブリッド解析結果 ϕ_{ana} と略算結果 ϕ_{cal} を比較したのが図-3 である。両者の荷重分担率は、基本モデルの諸元から異なる同士を組み合わせたケースであっても、概ね 10%以内の差となっている。

5. おわりに

種々の諸元を有するパイルド・ラフトのハイブリッド解析結果を利用して、簡単な杭頭荷重分担率の計算法を誘導した。今後、これらの結果を簡易沈下計算法に利用すると共に、実測結果との比較を行う予定である。

表-2 HYM による解析結果

		a) $\phi_{ana}(\%)$	b) P_{rp}	c) ζ
s/d	5	73.6	0.359	0.379
	10	51.4	0.946	1.000
	20	22.4	3.464	3.664
L/d	12.5	28.8	2.472	2.615
	25	51.4	0.946	1.000
	50	66.5	0.504	0.533
$\log(E_p/E_s)$	3	45.4	1.203	1.272
	4	51.4	0.946	1.000
	5	51.7	0.934	0.988
$n^{1/2}$	1	32.3	2.096	2.217
	3	51.4	0.946	1.000
	5	57.2	0.748	0.791

表-3 解析因子

Case	1	2	3	4	5	6	7	8
s/d	5	20	5	20	5	20	5	20
L/d	12.5	12.5	50	50	12.5	12.5	50	50
$\log(E_p/E_s)$	3	3	3	3	5	5	5	5
$n^{1/2}$	2	2	2	2	2	2	2	2
Case	9	10	11	12	13	14	15	16
s/d	5	20	5	20	5	20	5	20
L/d	12.5	12.5	50	50	12.5	12.5	50	50
$\log(E_p/E_s)$	3	3	3	3	5	5	5	5
$n^{1/2}$	4	4	4	4	4	4	4	4

杭頭荷重分担率 ϕ
0% 20% 40% 60% 80% 100%

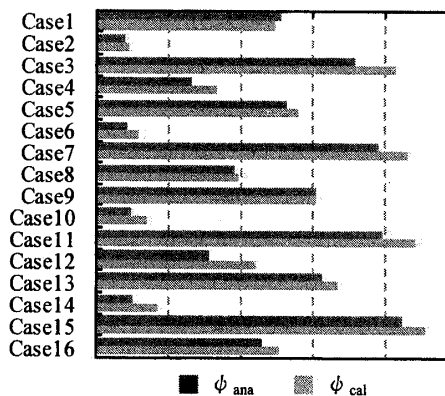


図-3 杭頭荷重分担率 ϕ の比較

参考文献

- 1) 大澤隆幸, 土屋勉: パイルド・ラフトの簡易沈下計算法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2010.9. (投稿中)
- 2) 土屋勉, 永井宏: 鉛直荷重を受けるパイルドラフトの応力・変形に関する解析的研究, 構造工学論文集, Vol.47B, pp.375-380, 2001.3.

*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.