

水平荷重を受けるパイルド・ラフトの杭頭荷重分担率の略算法

正会員 ○渡辺和博<sup>\*1</sup>  
同 土屋 勉<sup>\*2</sup>  
同 永井 宏<sup>\*3</sup>

パイルド・ラフト 杭頭荷重 簡易計算法  
水平荷重 軟弱地盤

1. はじめに

パイルド・ラフト基礎で支持された建造物の設計においては、建造物に作用する種々の外力に対する杭とラフトそれぞれの荷重分担を適切に評価することが重要である。前報<sup>1)</sup>では、鉛直荷重が作用するパイルド・ラフトのハイブリッド解析結果に基づいて、杭頭の鉛直荷重分担率の略算法を提示した。

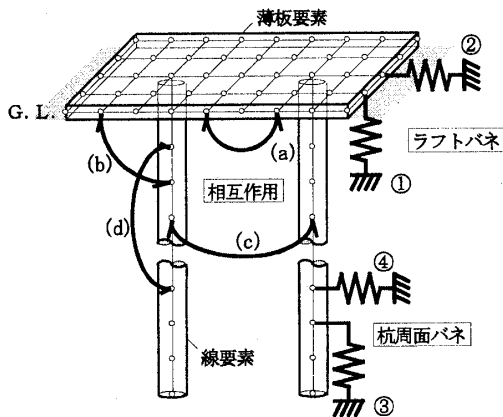
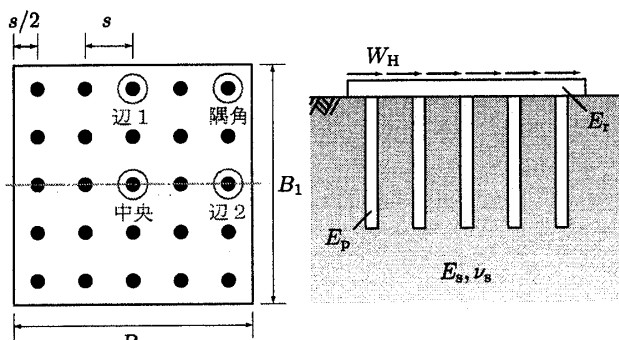


図1 ハイブリッドモデル



$$\nu_r = 1/6, \nu_s = 1/3, K_{rs} = \frac{4E_r B_1 t^3 (1 - \nu_s^2)}{3\pi E_s B_2^4} = 0.1$$

図2 解析モデル

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 $\sqrt{n}$	1	3	5

本報告では、水平荷重が作用するパイルド・ラフトについて、杭頭の水平荷重分担率の略算法を検討する。

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<sup>2)</sup>(以下、HYMと略記)を示した。

解析を行ったパイルド・ラフトの形状を図2に示す。ラフト面に水平等分布荷重  $W_H$  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。

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  $K_{rs} = 0.1$  で一定とした。

2.2. 解析結果

表2の a)は、HYM による解析結果であるが、記号の意味を以下に示す。

$$\psi_{ana} = \frac{H_p}{H_p + H_r} \dots \dots \dots (1)$$

$\psi_{ana}$ : HYM による杭頭の水平荷重分担率  
 $H_p$ : 杭頭が負担する水平荷重の合計  
 $H_r$ : ラフト部が負担する水平荷重

表2 HYM による解析結果

	a) $\psi_{ana}$	b) $H_{rp}$	c) $\beta$
$s/d$	5	23.2%	3.310
	10	10.2%	8.804
	20	4.6%	20.739
$L/d$	12.5	9.1%	9.989
	25	10.2%	8.804
	50	10.4%	8.615
$\log(E_p/E_s)$	3	6.1%	15.393
	4	10.2%	8.804
	5	16.0%	5.250
$\sqrt{n}$	1	10.2%	8.804
	3	27.0%	2.704
	5	32.3%	2.096

An estimating method of pile head load for piled raft foundation subjected to lateral load.

WATANABE Kazuhiro, TSUCHIYA Tsutomu, NAGAI Hiroshi

表中の a)によると、基本モデルであるラフト付き単杭の杭頭水平荷重分担率は  $\psi_{ana} = 10.2\%$  となった。ラフト付き単杭の諸元を変化させると、杭間隔  $s/d$  が狭い（ラフト幅が狭い）ほど、杭と地盤のヤング係数比  $E_p/E_s$  が大きいほど、杭本数  $n$  が多いほど、杭頭の水平荷重分担率が高くなる傾向が見られる。ただし、杭長  $L/d$  の影響は極めて小さい。

図2の25本杭（他の諸元は基本モデル）における各杭の水平荷重分担率は、中央部：20.4%、辺部1：32.0%、辺部2：34.8%、隅角部：47.3%となった。杭全体の平均値  $\psi_{ana} = 32.3\%$  と比較すると、隅角部では約1.5倍となったが、辺部では平均値にほぼ等しい結果となった。

### 3. 杭頭荷重分担率の略算

上記のHYM解析結果に基づいて杭頭の水平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。

$$H_{rp} = \frac{H_r}{H_p} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$H_{rp}$ : ラフトと杭の荷重負担比

$$\beta = \frac{H_{rp}}{H_{rp}^*} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$\beta$ : 各モデルの  $H_{rp}$  と基本モデルの  $H_{rp}^*$  の比

$H_{rp}^*$ : 基本モデルの荷重負担比

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  $H_{rp}^*$  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  $H_{rp}$  を算定するものである。

$$H_{rp} = \beta \cdot H_{rp}^* \quad \dots\dots\dots (4)$$

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

$f_s$ : 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

$H_{rp}^* = 8.804$  (基本モデルの荷重負担比)

表2の  $\beta$  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。なお、杭長  $L/d$  変化による影響は極めて小さいため、杭長による荷重分担率は修正しない。

$$\left. \begin{aligned} f_s &= 0.048 (s/d)^{1.32} \\ f_L &= 1 \\ f_{Ep} &= 18 \log(E_p/E_s)^{-2.10} \\ f_n &= n^{-0.46} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

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

$$\psi_{cal} = \frac{1}{1 + H_{rp}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

### 4. 略算法の適用性

上記の(6)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  $\psi_{ana}$  と略算結果  $\psi_{cal}$  を比較した結果を図3に示す。両者の水平荷重分担率は、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。

表3 検討モデル

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
$\sqrt{n}$	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
$\sqrt{n}$	4	4	4	4	4	4	4	4

$\phi$  [%] 0% 20% 40% 60% 80% 100%

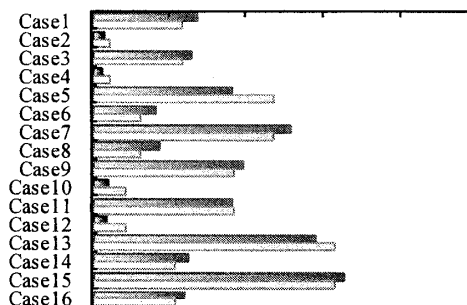


図3 杭頭荷重分担率  $\phi$  の比較

### 5. おわりに

均一地盤に設置された正方形平面のパイルド・ラフトに限定されているが、杭頭の水平荷重分担率の簡単な計算法を誘導した。今後、地盤構成や平面形状に関して適用範囲の拡大を図るとともに、パイルド・ラフトを構成する杭体応力の簡易計算法を検討する予定である。

#### 参考文献

- 1) 渡辺和博, 土屋勉: パイルド・ラフトの杭頭荷重分担率の略算法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2010.9.
- 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 同 教授・工博  
 \*3 同 助教・博士(工学)

\*1 Graduate Student, Muroran Institute of Technology  
 \*2 Professor, Muroran Institute of Tech., Dr.Eng.  
 \*3 Assistant Professor, Muroran Institute of Tech., Dr.Eng.