

パイルド・ラフトの簡易沈下計算法 (応力分散係数の検討)

正会員 ○米田大希*1
同 土屋 勉*2
同 永井 宏*3

パイルド・ラフト 沈下分布 簡易計算法
鉛直荷重 軟弱地盤

1. はじめに

パイルド・ラフト基礎を採用した中・高層建築物の施工例が増えているが、住宅等の小規模構造物への展開を視野にいとると、簡便な沈下計算法が必要である。

筆者らは、図1に示すような単杭の沈下量に群杭効果による沈下増分を加算する方式¹⁾について検討している。昨年度は、単杭の沈下計算に必要な杭頭荷重分担率 ψ の算定式²⁾を提案した。本報告では、群杭効果による沈下計算に必要な応力分散係数 η について検討する。

2. 簡易計算法の考え方

パイルド・ラフトの沈下 S_{cal} は、(1)式のようにラフトに配置された各位置の単杭の沈下量 S_p と群杭効果による沈下量 S_g の和で求められる。

$$S_{cal} = S_p + S_g \quad \dots\dots\dots (1)$$

単杭の沈下 S_p 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 ψ に応じた杭頭荷重を作用させて計算する。図2に示す荷重伝達法を用いるのを基本とする。

群杭効果による沈下 S_g は、図1のように建物全荷重が η の角度で杭先端深度に分散した矩形等分布荷重 q_b を作用させ、図3のように Mindlin 解を積分して計算する。したがって、ラフトの剛性は無視されるが建物の相対沈下計算においては安全側の配慮と考えられる。

3. 応力分散係数 η の誘導

η を誘導するにあたって設定したパイルド・ラフトの解析モデルと解析の際に変化させた因子を図4に示した。変化させた因子は、杭間隔 s/d 、杭長 L/d 、杭と地盤のヤング係数比 $\log(E_p/E_s)$ 、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。

ハイブリット解析法³⁾(以下、HYM と略記) で得られたパイルド・ラフト平面の平均沈下量 S_{ana} から、(1)式による単杭の沈下計算値 S_p を差し引いた値が、群杭効果による平均沈下量 S_g となる。この S_g にできるだけ近似するように杭先端面に作用する q_b (図1参照) の荷重域を設定することを試みる。

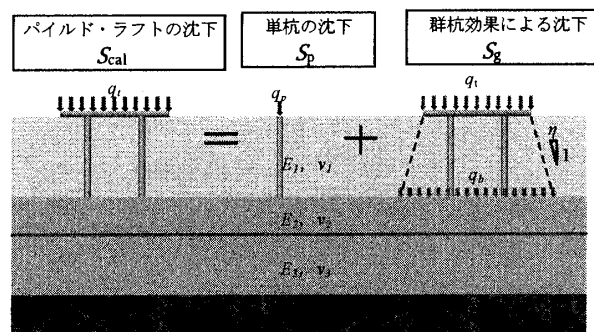


図1 簡易沈下計算法の概念

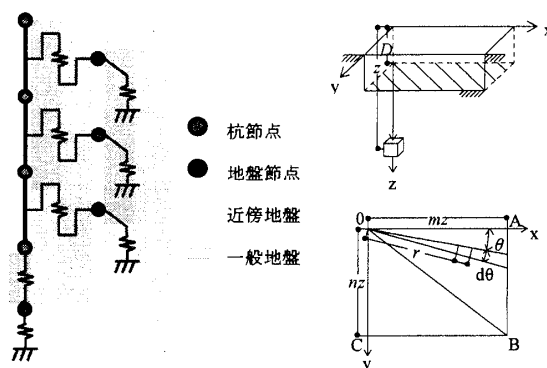


図2 荷重伝達法

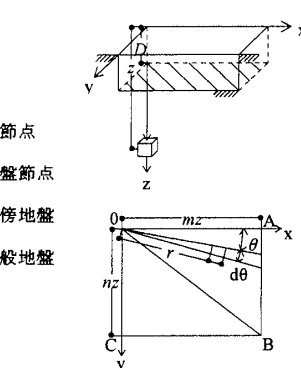


図3 矩形分布荷重の沈下

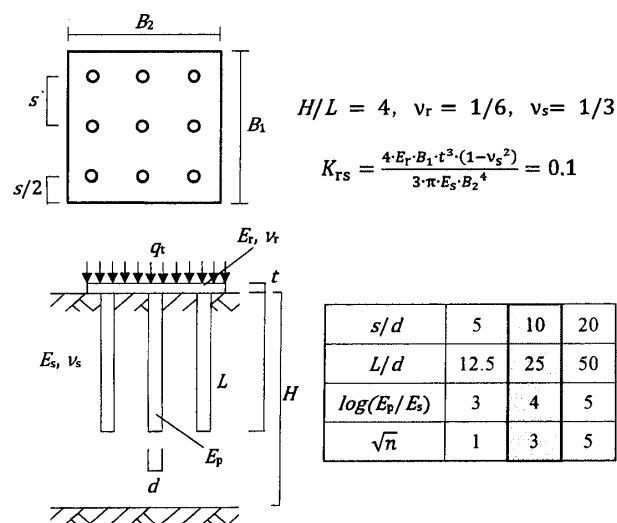


図4 解析モデル

A simplified approach for estimating settlement of piled raft.
-A study of diffusion coefficient-

YONETA Taiki, TSUCHIYA Tsutomu,
NAGAI Hiroshi

表1 η の算定結果

		HYM の S_g ($q_t \cdot d^2/E_s \cdot d$)	η	
			一致する η	誤差 $\pm 10\%$
s/d	5	4.3	0.201	0.143~0.265
	10	10.2	0.165	0.041~0.291
	20	19.5	0.193	0~0.392
L/d	12.5	8.8	0.379	0.198~0.554
	25	10.2	0.165	0.041~0.291
	50	9.5	0.136	0.071~0.200
$\log(E_p/E_s)$	3	10.4	0.141	0.015~0.268
	4	10.2	0.165	0.041~0.291
	5	10.0	0.192	0.071~0.316
\sqrt{n}	1	2.3	0.235	0.206~0.290
	3	10.2	0.165	0.041~0.291
	5	16.9	0.143	0~0.340

η の値を種々変化させた時の群杭の沈下量と HYM による解析結果を比較した結果を表1に示す。パイルド・ラフトの諸元を変化させると、杭長 L/d が短いほど、杭と地盤のヤング係数比 $\log(E_p/E_s)$ が大きいほど、杭本数 n が少ないほど η は大きくなる傾向がみられる。HYM の平均沈下量 S_g に対する略算法の誤差を $\pm 10\%$ 許容した場合の η の範囲も示したが、ほとんどのモデルで応力分散係数 η は0.2を含むことが分かる。

4. ハイブリッド解析結果との比較

単杭の沈下計算値 S_p と応力分散係数 η の値を 0.2 とした群杭効果の沈下計算値 S_g を加算した沈下量 S_{cal} について、HYM によるパイルド・ラフトの解析結果と比較することで計算精度の検証を行う。

表2は、種々変化させたパイルド・ラフトの諸元を有するモデルに対して、沈下計算値 S_{cal} と HYM による解析値 S_{ana} を比較した結果であるが、以下の事項が明らかになった。

(1) 平均沈下について

パイルド・ラフトの沈下をラフト平面で平均した値について、 S_{cal} と S_{ana} の比を示したものが図5(a)である。両者の比は 0.92~1.07 であり、いずれも $\pm 10\%$ 以内の誤差に収まっている。

(2) 相対沈下について

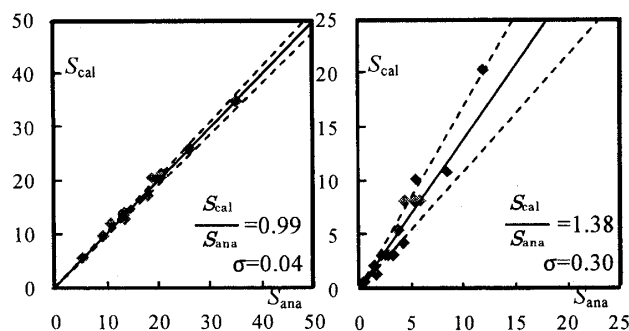
ラフト隅角部とラフト中央部の沈下量との差について、 S_{cal} と S_{ana} を同様に比較したものが図5(b)である。簡易計算法の S_{cal} ではラフト剛性を無視しているため、両者の比の平均は 1.38 で、安全側の値となっている。

5. まとめ

本報告での検討結果は、以下のように要約される。

表2 杭頭荷重分担率および沈下算定結果

Case	諸元					杭頭荷重 分担率 ψ_{cal} (%)			平均沈下 ($q_t \cdot d^2/E_s \cdot d$)			相対沈下 ($q_t \cdot d^2/E_s \cdot d$)		
	s/d	L/d	$\log(E_p/E_s)$	\sqrt{n}		S_{cal}	S_{ana}	$\frac{S_{cal}}{S_{ana}}$	S_{cal}	S_{ana}	$\frac{S_{cal}}{S_{ana}}$	S_{cal}	S_{ana}	$\frac{S_{cal}}{S_{ana}}$
1	5	25	4	3		76.7	5.4	5.5	0.98	0.7	0.5	1.40		
2	10	25	4	3		51.4	13.3	13.5	0.99	3.2	2.8	1.14		
3	20	25	4	3		25.3	26.0	26.0	1.00	10.9	8.5	1.28		
4	10	12.5	4	3		32.3	13.6	12.7	1.07	5.5	3.8	1.45		
5	10	50	4	3		70.1	10.9	11.9	0.92	1.4	1.7	0.82		
6	10	25	3	3		47.7	13.5	14.0	0.96	3.2	3.3	0.97		
7	10	25	5	3		54.2	13.4	13.4	1.00	3.2	2.2	1.45		
8	5	25	4	5		82.1	9.4	9.6	0.98	2.2	1.5	1.47		
9	10	25	4	5		59.6	20.4	20.7	0.99	8.2	5.4	1.52		
10	20	25	4	5		32.1	35.0	35.0	1.00	20.4	12.0	1.70		
11	10	12.5	4	5		40.0	18.0	17.1	1.05	10.2	5.5	1.85		
12	10	50	4	5		76.6	18.8	20.5	0.92	4.3	4.3	1.00		
13	10	25	3	5		56.0	20.6	21.3	0.97	8.2	5.9	1.39		
14	10	25	5	5		62.3	20.5	20.6	1.00	8.2	4.4	1.86		



(a) 平均沈下

(b) 相対沈下

図5 S_{cal} と S_{ana} 比較(単位: $q_t \cdot d^2/E_s \cdot d$)

- ①. パイルド・ラフトの簡易計算法に適用する応力分散係数として、 $\eta = 0.2$ を適用できる。
 - ②. パイルド・ラフトの平均沈下に関する簡易計算値は、HYM 解析値に対して概ね 10%以内の誤差である。
 - ③. パイルド・ラフトの相対沈下に関する簡易計算値は、HYM 解析値よりも大きめとなる。
- 今後は、正方形以外のパイルド・ラフト平面形状や均一地盤以外の地盤構成を有する場合に対して、簡易計算法の拡張を図る予定である。

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.
- 2) 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.
- 3) 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 助授・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.