

パイルド・ラフト基礎の簡易算定法について

正会員 ○長尾俊昌*1 同 土屋勉*2

パイルド・ラフト基礎 簡易算定法 鉛直ばね
荷重分担

1. はじめに

建築基礎構造設計指針によれば、パイルド・ラフト基礎とは直接基礎と杭基礎を併用した基礎形式であり、荷重に対して直接基礎と杭基礎が複合して抵抗するものとされている。パイルド・ラフト基礎ではある程度の沈下を許容することから、その設計に際しては、基礎の沈下量ならびに杭とラフトの荷重分担を適切に評価することが必要となる。指針では、概略の沈下挙動を推定する方法として簡易算定法を推奨しているが、実務においてどの程度利用されているのかは不明である。本報では、上記の簡易算定法の適用性についてハイリット法¹⁾と比較することによって検討した結果について述べる。

2. 検討方法

基礎指針の簡易算定法は下式で示される。沈下剛性は、

$$\frac{k_r}{k_{pr}} = \frac{|1 - 0.64(k_r/k_p)|(k_r/k_p)}{1 - 0.6(k_r/k_p)} \quad (1)$$

ここに、 K_{rp} :パイルド・ラフト基礎の平均鉛直ばね定数
 K_r :摩擦群杭の平均鉛直ばね定数
 K_p :直接基礎の平均鉛直ばね定数

杭とラフトの荷重分担は、

$$\frac{P_r}{P_p} = \frac{0.2(k_r/k_p)}{1 - 0.8(k_r/k_p)} \quad (2)$$

P_r :摩擦群杭の分担荷重
 P_p :直接基礎の分担荷重

である。算定式は、基礎の平面規模が杭長に比べて大きく、平面形状が整形であり、荷重分布がほぼ均等で杭配置が規則的かつ杭径・杭長がほぼ等しい摩擦杭を用いる場合であることから、検討対象として図-1に示す杭配置のモデルを用いた²⁾。検討では、地盤及び基礎の剛性と杭長をパラメータとし、表-1の7ケースについてハイリット法(図-2)による計算結果との比較をまず行った(検討I)。次いで、 K_r 及び K_p を下記に示す方法で求めた場合の結果(試算法と称す)とハイリット法による結果を比較した(検討II)。

K_r の算定方法:直接基礎の平均鉛直ばね定数は平均沈下量 S_e を下式で評価して求めた。 I_s は0.88(剛基礎)とした。

$$S_e = I_s \frac{1 - \nu_s^2}{E_s} qB \quad (3)$$

ここに、 I_s :基礎底面の形状と剛性によって決まる係数
 ν_s :地盤のポアソン比、 E_s :地盤のヤング率、 q :荷重強度、 B :基礎の短辺長さである。

K_p の算定方法:文献3)を参考に杭の周面摩擦ばね K_{pz} を定め、杭軸剛性 $K_A (=AE/L)$ を考慮して杭頭ばね K_{ps} を求めた。

$$K_z^p = \frac{2\pi GL}{\ln(r_m/r_0)}, r_m = 2.5L(1 - \nu_s) \quad (4)$$

$$K_{ps} = \left(\frac{1}{K_z^p} + \frac{1}{K_A} \right)^{-1} \quad (5)$$

ここに、 E :杭体のヤング係数、 A :杭断面積、 L :杭長、 G :地盤のせん断剛性、 r_0 :杭半径である。(5)式で得た K_{ps} は単杭の沈下ばねであるから、これを用いて群杭ばね K_p を評価する必要がある。今回の検討では、ハイリット法を用いて求めた杭間隔と相互作用の大きさの関係(図-3)から、相互作用による平均的な倍率を一律に評価(図の近似曲線から相互作用の影響が最も大きい中心部の杭と最も小さい隅各部の杭の変位倍率を求めて単純平均)し、これを K_{ps} に乗じて K_p とした。今回のモデルでは平均倍率は3.42となった。

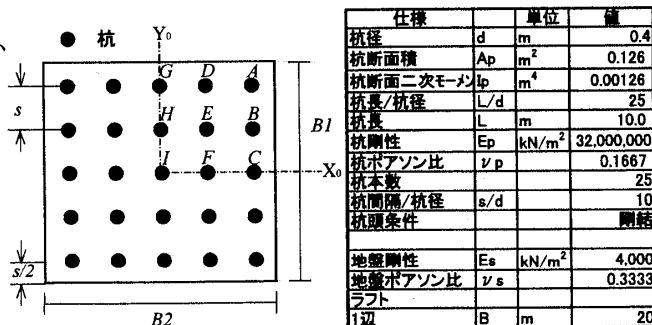


図-1 検討対象モデル

表-1 検討ケース

解析ケース	地盤 E(kN/m ²)	基礎梁剛性	杭長(m)
C-1	4000	標準*	10
C-2		10倍	
C-2 iv10		無し	5
C-2 nb			20
C-2s	40000	標準	10
C-2l			
C-3	400000		

*: 梁幅×梁せい=4.0×0.75(m)

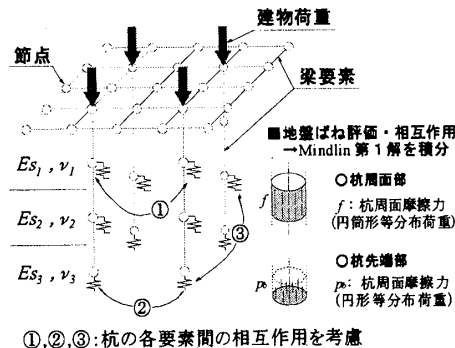


図-2 ハイリット法の概要

Study on Simplified Evaluation Method of Piled Raft Foundations subjected to Vertical Load

NAGAO Toshiaki, TSUCHIYA Tsutomu

3. 検討結果

検討Ⅰ：表-2にハイブリッド法により求めた各ケースの最大・最小・平均沈下量を示す。沈下の値は杭頭に相当する節点の値であり、平均沈下量は全ての節点の単純平均値である。表-3には、ハイブリッド法により得られた K_r と K_p （荷重を平均沈下で除して算定。 K_{pr} も同様）を用い(1)・(2)式により得られた結果(簡易算定法)とハイブリッド法との結果を比較した結果を示す。基礎指針によれば、簡易算定法の適用範囲は、基礎幅が杭長に比べて大きくかつ $K_r/K_p \leq 1$ の範囲と言えるが、検討を行った範囲では簡易算定法による K_r/K_{pr} は良い意味で適用範囲に鈍感であり、ハイブリッド法との対応は非常に良い。一方、 p_r/p_p は適用範囲に敏感であり、適用範囲を逸脱すると極端な値となることが分かる。検討Ⅱ： K_r および K_p を試算法により求め、簡易算定法により K_r/K_{pr} と p_r/p_p を算定した結果を表-4に示す。ハイブリッド法による結果との比較により、簡易算定法の適用範囲でも、 C_1 の(地盤の変形係数が小さい)場合には適用性は悪くなる。表-5には試算法によるばね値のハイブリッド法に対する比を示すが、 K_r/K_{pr} と p_r/p_p の適用性が悪いケースでは、 K_p の算定値がハイブリッド法と大きく異なっていることが分かる。即ち、群杭の鉛直ばね定数の算定精度が簡易算定式の結果に大きな影響を及ぼしていると言える。 K_p の算定では、地盤ばねに加え杭剛性や地盤の相互作用の影響を正しく評価する必要があり、今回の方法ではケースによっては十分な精度を確保できなかったためと思われる。

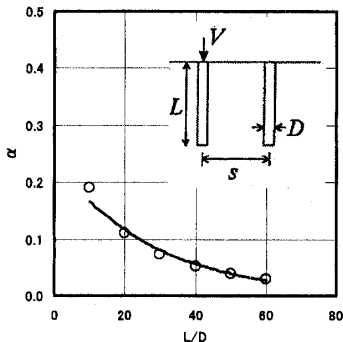


図-3 杭間隔と相互作用係数 α の関係

4. まとめ

本報告では、パイルド・ラフト基礎の鉛直挙動を簡易に予測する簡易算定法の適用性について検討した結果について示した。ハイブリッド法により評価した直接基礎および杭基礎の鉛直ばねを用いることで、簡易算定法によるパイルド・ラフト基礎の鉛直ばねは、適用範囲を超えてハイブリッド法と良い整合を示すことが確認された。一方、直接基礎および杭基礎の鉛直ばねを個別の方法で評価した場合には、適用範囲内であってもハイブリッド法との整合が悪くなる場合があり、群杭基礎の鉛直バネの設定に課題があることが分かった。

本報告は、「パイルド・ラフト基礎の設計法検討小委員会・鉛直WG」で実施した内容をまとめたものである。WGメンバー各位に謝意を表します。

参考文献

- 1)長尾俊昌, 篠崎洋三, 渡邊徹, 桑原文夫:パイルド・ラフト基礎の沈下挙動に関する研究, 日本建築学会大会学術梗概集, pp.809-810, 1998
- 2)土屋勉, 永井宏, 池田篤則:地震力を受けるパイルドラフトの挙動に関する解析的研究, 構造工学論文集Vol.48B, pp.343-350, 2002.
- 3)KITIYODOM Pastsakorn, MATSUMITO Tatsunori: RECENT DEVELOPMENT IN SIMPLIFIED DEFORMATION ANALYSIS PROGRAM PRAB FOR PILED RAFT FOUNDATIONS, Jour. Of Engineering Geology 10, pp.509-515,2002

表-2 ハイブリッド法による計算結果

解析ケース	直接基礎			杭基礎			パイルラフト基礎		
	最大沈下	最小沈下	平均沈下	最大沈下	最小沈下	平均沈下	最大沈下	最小沈下	平均沈下
C 1	3.73E-01	3.68E-01	3.71E-01	3.55E-01	3.52E-01	3.53E-01	3.24E-01	3.19E-01	3.21E-01
C 2	3.92E-02	3.57E-02	3.74E-02	3.85E-02	3.58E-02	3.71E-02	3.49E-02	3.14E-02	3.31E-02
C 2 iy10	3.73E-02	3.68E-02	3.71E-02	3.71E-02	3.68E-02	3.70E-02	3.30E-02	3.25E-02	3.27E-02
C 2 nb	4.58E-02	3.19E-02	3.88E-02	4.38E-02	3.25E-02	3.79E-02	4.02E-02	2.86E-02	3.41E-02
C 2s	3.92E-02	3.57E-02	3.74E-02	4.65E-02	4.43E-02	4.53E-02	3.86E-02	3.52E-02	3.68E-02
C 2l	3.92E-02	3.57E-02	3.74E-02	3.11E-02	2.88E-02	2.99E-02	2.90E-02	2.61E-02	2.75E-02
C 3	4.39E-03	3.28E-03	3.82E-03	5.27E-03	4.51E-03	4.88E-03	4.12E-03	3.10E-03	3.60E-03

表-3 簡易計算法の適用性(検討Ⅰ)

解析ケース	ハイブリッド			Kr/Kpr		Pr/Pp		
	Kr	Kp	Kpr	Kr/Kp	ハイブリッド	簡易法	ハイブリッド	簡易法
C 1	1.08E+05	1.13E+05	1.24E+05	0.953	0.867	0.868	0.740	0.803
C 2	1.07E+06	1.08E+06	1.21E+06	0.993	0.895	0.895	0.976	0.965
C 2 iy10	1.08E+06	1.08E+06	1.22E+06	0.997	0.884	0.898	0.983	0.987
C 2 nb	1.04E+06	1.06E+06	1.17E+06	0.982	0.885	0.888	0.964	0.915
C 2s	1.07E+06	8.82E+05	1.09E+06	1.213	0.985	0.997	1.994	8.152
C 2l	1.07E+06	1.34E+06	1.45E+06	0.789	0.735	0.750	0.828	0.443
C 3	1.05E+07	8.20E+06	1.11E+07	1.277	0.942	0.998	3.395	-11.879

表-4 簡易計算法の適用性(検討Ⅱ)

解析ケース	試算法					Kr/Kpr		Pr/Pp	
	Kr	KzP	Kp	KpG	Kpr	ハイブリッド	簡易法	ハイブリッド	簡易法
C 1	1.02E+05	2.13E+04	4.02E+05	1.48E+05	1.55E+05	0.867	0.659	0.740	0.310
C 2	1.02E+06	2.13E+05	4.02E+05	1.02E+06	1.13E+06	0.985	0.904	0.978	1.029
C 2 iy10	1.02E+06	2.13E+05	4.02E+05	1.02E+06	1.13E+06	0.884	0.904	0.983	1.029
C 2 nb	1.02E+06	2.13E+05	4.02E+05	1.02E+06	1.13E+06	0.895	0.904	0.964	1.029
C 2s	1.02E+06	1.26E+05	8.04E+05	7.97E+05	1.03E+06	0.985	0.997	1.994	-9.767
C 2l	1.02E+06	3.88E+05	2.01E+05	9.50E+05	1.08E+06	0.735	0.946	0.828	1.555
C 3	1.02E+07	2.13E+06	4.02E+05	2.47E+06	2.22E+06	0.942	4.603	3.395	-0.358

表-5 鉛直ばねの比較

解析ケース	試算法/ハイブリッド		
	Kr	Kp	Kpr
C 1	0.948	1.305	1.247
C 2	0.956	0.944	0.936
C 2 iy10	0.947	0.940	0.926
C 2 nb	0.986	0.963	0.966
C 2s	0.956	0.904	0.944
C 2l	0.956	0.710	0.743
C 3	0.976	0.301	0.200

*1大成建設株式会社

*2室蘭工業大学

*1 Taisei Corporation

*2 Muroran Institute of Technology