

埋立地盤におけるパイルド・ラフト基礎建物の静的水平載荷解析  
(その2：静的水平載荷解析の解析概要と解析結果)

正会員 ○園田 隆一\*  
正会員 松本 樹典\*\*  
正会員 Kitiyodom Pastsakorn \*\*\*

パイルド・ラフト 水平荷重増分解析 Rankine の受働土圧  
最大水平抵抗 地盤定数 水平力分担率

1. はじめに

その1では、埋立地盤に建てられたパイルド・ラフト基礎建物を対象として、建物および地盤概要を説明するとともに、静的水平載荷解析を行う際の初期応力状態を設定するため、常時荷重に対する沈下解析を行った。その2では、静的水平載荷解析の解析概要と解析結果について報告する。

2. 静的水平載荷解析

2.1 解析概要

地盤および下部構造の解析モデルは、沈下解析で用いたものと同じである。

杭周面地盤の最大水平抵抗は、砂質土では式(1)、粘性土では式(3)により算出した。

$$q_{h(sand)} = \alpha_p K_p \sigma_v' \quad (1)$$

$q_{h(sand)}$ : 砂質土の最大水平抵抗

$\alpha_p$ :  $K_p$  の補正係数

$\sigma_v'$ : 有効土被り圧

$K_p$ : Rankine の受働土圧係数

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'} \quad (2)$$

$\phi'$ : 有効内部摩擦角 (30° とした。)

$$q_{h(clay)} = \lambda c_u \quad (3)$$

$q_{h(clay)}$ : 粘性土の最大水平抵抗

$\lambda$ :  $c_u$  の補正係数

$c_u$ : 粘性土の粘着応力

ラフト底面のせん断強度は、式(4)より算定した。

$$\tau_u = c' + \sigma' \tan \phi_f' \quad (4)$$

$\tau_u$ : ラフト底面のせん断強度

$c'$ : ラフト底面の有効粘着力 (0 とした。)

$\sigma'$ : ラフト底面の垂直応力

$\phi_f'$ : ラフトと地盤間の有効摩擦角 (30° とした。)

解析ケースと解析パラメータを表1に示す。杭先端、杭周面およびラフト下の地盤定数  $G_0$  の低減率は、沈下解析で用いた値 (それぞれ 0.2, 0.5, 0.5) に同じとした。相互

作用を計算する場合の  $G_0$  の低減率は 1.0 とした。 $\alpha_p$  および  $\lambda$  は建築基礎構造設計指針 (2001) に示された値を参考として設定した。Case2 の  $\alpha_p=1.0$  は、ボーリング No.2 で行われた孔内水平載荷試験 (測定深度 GL-5.3m) より得られた極限圧力  $P_L=234.1\text{kPa}$  に近似させるために採用した。本位置における  $\alpha_p K_p \sigma_v'$  は、270.7kPa である。

表1 解析ケースと解析パラメータ

Analysis case	$\alpha_p$	$\lambda$
Case 1	3.0	9.0
Case 2	1.0	2.5

$\alpha_p=3.0$ ,  $\lambda=9$  および  $\alpha_p=1.0$ ,  $\lambda=2.5$  とした場合の砂質土の最大水平抵抗と粘性土の最大水平抵抗の算定結果を図1に示す。図1には有効土被り圧  $\sigma_v'$  も示す。なお、粘性土の粘着力はボーリング No.2 で行われた一軸圧縮試験より得られた一軸圧縮強度  $q_u$  の1/2とした。

解析では、杭、ラフト、基礎梁は弾性とした。

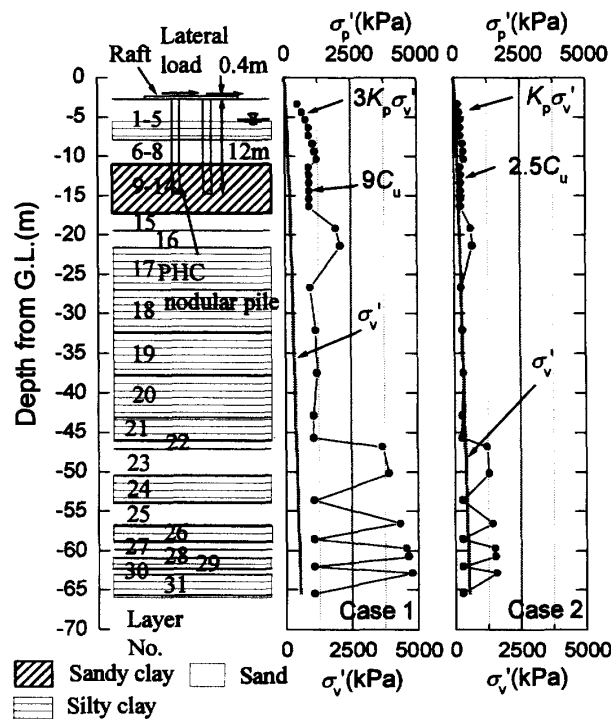


図1 杭周面地盤の最大水平抵抗圧力と解析モデル

A case study of piled raft foundation in reclaimed ground and its static lateral loading analysis (Part II: Outline of analysis and analysis result)

SONODA Ryuichi, MATSUMOTO Tatsunori, KITIYODOM Pastsakorn

水平荷重は $xy$ 方向に載荷し、水平震度  $K_h=0.45$  まで載荷した。入力水平荷重は、ラフト節点入力鉛直荷重（その1、図4を参照）に比例した荷重を杭が取付くラフト節点に作用させた。解析ステップは、15ステップとした。

2.2 解析結果

図2と図3に、Case 1の水平変位-水平抵抗力関係と水平変位-水平抵抗力の分担率をそれぞれ示す。また、図4と図5に、Case 2の水平変位-水平抵抗力関係と水平変位-水平抵抗力の分担率をそれぞれ示す。水平変位は、ラフトの重心位置に近い節点 ( $x=27.9m, y=17.625m$ ) の水平変位とした。図2と図4の図中、実線は全水平抵抗力 ( $Q_{Total}$ )を、○は杭が負担した水平抵抗力 ( $Q_{Piles}$ )を、●はラフトが負担した水平抵抗力 ( $Q_{Raft}$ )を示す。図3と図5の図中、○は杭の水平抵抗力分担率を、●はラフトの水平抵抗力分担率を示す。

Case 1では、図2より、 $K_h = 0.2$ 程度までは杭とラフトの水平変位-水平抵抗力関係はどちらも線形となる。その後水平力が大きくなるにつれて、ラフト底面のすべり破壊が生じる。ラフトの水平変位-水平抵抗力関係は非線形となり、杭の負担水平力が増加する。図3より、杭の水平抵抗力分担率は、 $K_h = 0.2$ 程度まではほぼ一定で65%となる。これは、杭の鉛直荷重分担率66%にほぼ等しい。最終  $K_h = 0.45$ 時点では、杭の水平抵抗力分担率は76%となり、杭の水平抵抗力分担率が徐々に増加する。この時点で杭周面地盤の破壊は生じていない。

Case 2では、図4より、 $K_h = 0.2$ の水平荷重に到達する前に、杭とラフトの水平変位-水平抵抗力関係は非線形となる。 $K_h = 0.3$ 時点でラフトの水平抵抗力はほぼ最大に達する。図5より、杭の水平抵抗力分担率は、当初66%から始まり、その後、杭周面地盤の破壊が生じるにつれて杭の水平抵抗力分担率が下がり34%となる。ラフト下地盤の破壊が生じ始めた後、 $K_h = 0.2$ 時点で50%となる。その後水平力が大きくなるにつれて、ラフトの水平抵抗力分担率は下がり、 $K_h = 0.45$ 時点では、杭の水平抵抗力分担率は71%となる。

Case 1とCase 2より、杭周面地盤の最大水平抵抗の違いにより、パイルド・ラフト基礎の水平荷重時の挙動は大きく異なることがわかった。また、 $K_h = 0.45$ 時点では、Case 1とCase 2のどちらも、杭の水平抵抗力分担率は70%程度となっている。

3. まとめ

埋立地盤に建てられた、パイルド・ラフト基礎建物を対象として静的水平載荷解析を行い、解析概要と解析結果について報告した。杭周面地盤の最大水平抵抗の違いがパイルド・ラフト基礎の水平変位-水平抵抗力関係に与える影響が示された。

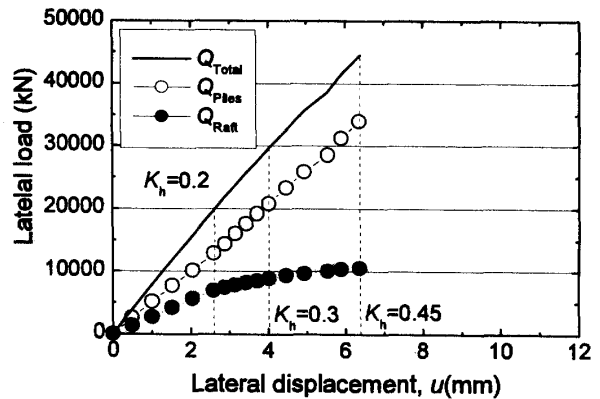


図2 水平変位-水平抵抗力関係 (Case 1)

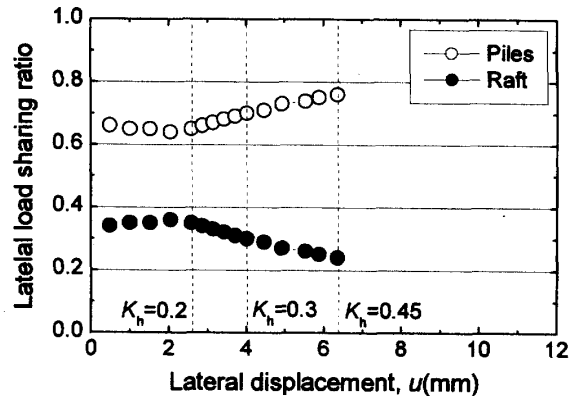


図3 水平変位-水平抵抗力の分担率 (Case 1)

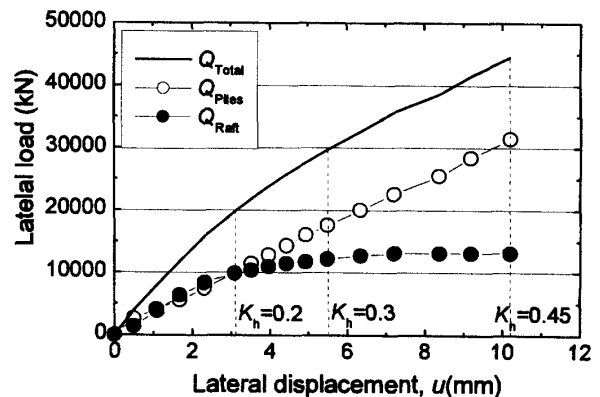


図4 水平変位-水平抵抗力関係 (Case 2)

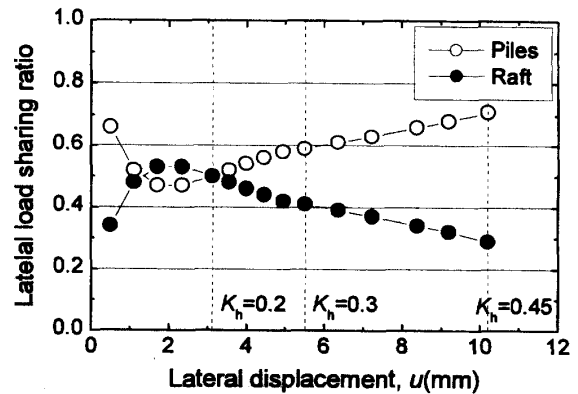


図5 水平変位-水平抵抗力の分担率 (Case 2)

\*金沢大学大学院 博士後期課程学生・工修  
 \*\*金沢大学大学院 教授・工博  
 \*\*\*金沢大学大学院 助教・工博

\*Doctor Student, Kanazawa University, M. Eng.  
 \*\*Professor, Kanazawa University, Dr. Eng.  
 \*\*\*Assistant Professor, Kanazawa University, Dr. Eng.