

杭の鉛直ばね定数の簡易算定法の提案

(その5 : 均一径掘削方式プレボーリング拡大根固め工法杭の共通算定式)

正会員 ○阪上浩二* 同 小椋仁志**
同 三町直志***

鉛直ばね定数 杭頭沈下量 長期荷重
載荷試験 既製コンクリート杭 プレボーリング工法

1. はじめに

前報(その4)¹⁾では4種類のプレボーリング拡大根固め工法による杭について、長期荷重時の杭頭鉛直ばね定数の算定法を提案し、さらに各工法共通の算定式も提案した。本報では、引き続いて均一径掘削方式の拡大根固め工法による杭についても算定式を作成したので報告する。

2. 各工法の鉛直ばね定数Kaoの算定式

本報で対象とする工法は、図1のように深さ方向に均一な掘削径を持つプレボーリング拡大根固め工法である。杭径+(100~250mm)の拡大掘削径で、杭頭まで掘削する。杭にはストレート杭、ST杭、拡頭杭、等が使われる。この工法に分類されるB工法(BASIC)、F工法(HiFB)、KII工法(HybridコーティングII)、G工法(ジロック)、S工法(Hyper-ストレート)、およびM工法²⁾⁴³⁾のうち拡大掘削を伴わない拡大比 $\omega=1.0$ の載荷試験データを開発者から提供いただき、Kaoの算定式を作成した。



基本となる算定式は、前報と同じ(1)式である。誘導過程等は、前報等^{1)~4)}を参照されたい。各工法のKaoを算定する際に用いる定数等を、表1に示す。

$$Kao = \gamma R_{ao} / S_{ao} = \gamma / \{ (1/K_{as} + 1/K_{apo}) + \{ \lambda a \times (D_p / A_p) / k_{app} \} \} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 γ : 補正係数 (表1)

R_{ao} : 長期許容支持力 (kN) $R_{ao} = R_{uo} / 3$

R_{uo} : 各工法の認定式による極限支持力 (kN)

S_{ao} : 長期荷重時の杭頭沈下量 (mm)

- K_{as} : 周面ばね (kN/mm)
- K_{apo} : 先端ばね (kN/mm)
- L_c : フリクションカット部分の杭体長さ (m)
- $m = (\xi + \eta) (1 - \lambda a) + 2\lambda a$
- ξ, η : 周面摩擦力の分布係数
 $\xi = 0.5, \eta$ は Z_c から求める (算定式は表1)
- Z_c : 杭の中間深さ $Z_c = L_c + L_s / 2$ (m)
- L_s : 杭の摩擦力が作用する部分の長さ (m)
 $L_s = L - L_c - L_p$
- L : 杭体の全長 (m)
- L_p (図1では L_1) : 杭先端上方部分の根固め部長さ (m)
- D_p : 根固め部に位置する杭体の外径 (mm)
M工法 : 節部径、他の工法 : 杭体外径
- λa : 長期時先端伝達率
 λa は λu から求める (算定式は表1)
- λu : 極限時先端伝達率 $\lambda u = R_{up} / R_{uo}$
- R_{up} : 各工法の認定式による極限先端支持力 (kN)
- C_s : 杭周部の圧縮剛性 (kN)
 $C_s = \rho_A A \times \rho_E E + (A_s - \rho_A A) E_s$
- A : 杭体の平均換算断面積 (mm^2)
- ρ_A : 杭体の実測断面積比 (表1)
- E : 杭体のヤング係数 $E = 40,000 N/mm^2$
- ρ_E : 杭体の実測ヤング係数比 (表1)
- D_e : 掘削径 (mm) (各工法の値)
- A_s : 掘削閉塞断面積 (mm^2) $A_s = D_e^2 \times \pi / 4$
- L_n : 杭周部の長さ (m) $L_n = L - L_e$
- E_s : 杭周充填材のヤング係数 (N/mm^2) (表1)
- C_p : 根固め部の圧縮剛性 (kN)
 $C_p = \rho_A A_p \times \rho_E E + (A_s - \rho_A A_p) E_p$

表1 各工法のKaoの算定に用いる定数や式

工法名	M工法($\omega=1$)	B工法	F工法	KII工法	G工法	S工法
データ数(先端:粘土)	10(4)	24(13)	20(0)	12(0)	12(0)	9(0)
実測断面積比 ρ_A	1.07	1.07	1.07	1.05	1.07	1.07
実測ヤング係数比 ρ_E	1.1	1.1	1.1	1.07	1.1	1.1
E_s (N/mm^2)	2,000	2,000	455	1,000	1,500	1,500
E_p (N/mm^2)	6,000	6,000	12,000	10,000	12,000	12,000
λa の算定式	$\lambda a = 0.6\lambda u$	$0.95\lambda u$	$0.52\lambda u$	$0.42\lambda u$	$0.63\lambda u$	$0.25\lambda u$
η の算定式	$\eta = 0.55 - 0.01Z_c$	$0.6 - 0.01Z_c$	$0.6 - 0.002Z_c$	0.6	$0.43 + 0.001Z_c$	0.6
k_{app} の算定式	$k_{app} = 0.015N_p$	$0.07N_p$	$0.02N_p$	$0.02N_p$	$0.03N_p$	$0.01N_p$
補正係数 γ	1.35	1.15	1.25	1.06	1.4	1.15
相関係数	0.348	0.286	0.797	0.562	0.403	0.870
50%の確率の範囲	0.71~1.26倍	0.68~1.28	0.74~1.13	0.72~1.21	0.66~1.24	0.87~1.16

An estimating method for vertical stiffness of pile head (Part 5 : Common formula for root enlarged and solidified prebored pile (Uniform diameter bored type)) SAKAGAMI Koji, OGURA Hitoshi and MIMACHI Tadashi

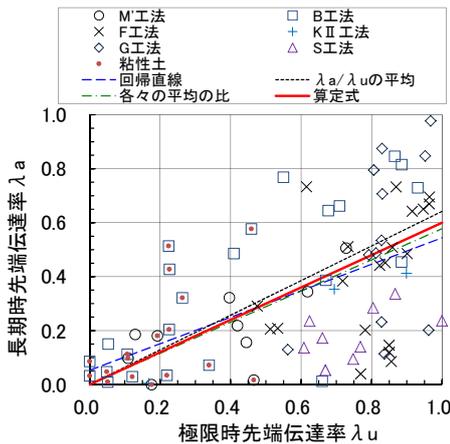


図2 先端伝達率 λ_a と λ_u の関係

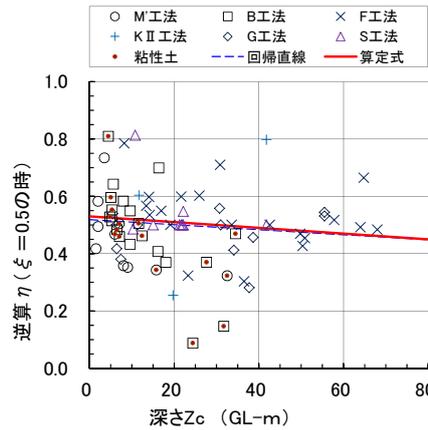


図3 $\eta - Z_c$ 関係

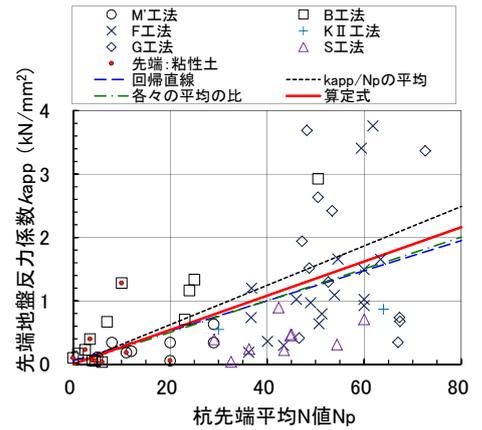


図4 $k_{app} - N_p$ 関係

A_p : 根固め部に位置する杭体の換算断面積 (mm^2)

M 工法 : 軸部断面積、他の工法 : 杭体断面積

E_p : 根固め材のヤング係数 (N/mm^2) (表 1)

k_{app} : 先端地盤反力係数 (kN/mm^2)

k_{app} は N_p から求める (算定式は表 1)

N_p : 杭先端平均 N 値 (各工法の認定式による)

以上の定数や算定式を用いて、(1) 式から K_{ao} を算定した。表 1 に、算定値と载荷試験による実測値との相関係数と、算定値が 50% の確率で入る範囲を示す。得られる K_{ao} は、実用上は満足できる範囲に入っている。

3. 共通算定式の作成

前節で述べた 6 種類の施工法の载荷試験データから、根固め部のストレート掘削のプレローリング拡大根固め工法に共通して適用できる算定式を作成する。作成に使用したデータは 78 件 (M 工法 10 件 (うち先端地盤が粘性土 4 件)、B 工法 24 件 (同 13 件)、F 工法 20 件、KII 工法 3 件、G 工法 12 件、S 工法 9 件) である。掘削径は 400~1,250mm、杭体の全長は 4~70m の範囲に分布している。

共通算定式では、表 1 に示した定数や式を下記に変更して鉛直ばね定数 K_{ao} を求める。

$\rho_A = 1.07$ 、 $\rho_E = 1.1$ (文献²⁾による)

$E_s = 1,500 \text{N/mm}^2$ 、 $E_p = 10,000 \text{N/mm}^2$ (各工法の間中値)

$\lambda_a = 0.6\lambda_u$ (図 2 による)

$\eta = 0.53 - 0.001Z_c$ (図 3 による)

$k_{app} = 0.027N_p$ (図 4 による)、 $\gamma = 1.25$

R_{uo} 、 R_{up} 、 N_p の平均範囲 : 各工法の認定式の値

以上の条件で求めた K_{ao} の算定値と载荷試験による実測値の相関図を図 5 に示す。相関係数は 0.484 とあまり良い相関ではないが、 $\ln(\text{実測値}/\text{算定値})$ の平均は -0.061、標準偏差は 0.402 となり、算定値は 50% の確率で実測値の 0.72~1.23 倍の範囲に入ることになる。共通算定式でも、実用上は満足できる精度の K_{ao} が得られるといえる。

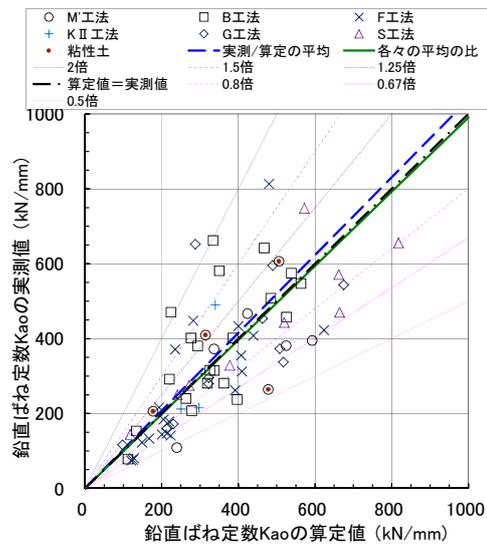


図5 K_{ao} の算定値と実測値

4. おわりに

本報では、6 種類のストレート掘削方式のプレローリング拡大根固め工法による杭の長期荷重時の鉛直ばね定数の算定方法と、それらを統合した共通算定式について述べた。JSCA 基礎地盤系部会では、これまで作成した算定式を構造設計用のツールとして提供する予定である。

最後に、貴重な载荷試験データを提供して頂いたジャパンパイル(株)、日本ヒューム(株)、三谷セキサン(株)、(株)トーヨーアサノおよび日本コンクリート工業(株)の関係各位に深く感謝します。

参考文献

- 1) 阪上浩二・小椋仁志・三町直志 : 杭の鉛直ばね定数の簡易算定法の提案 (その 4: プレローリング拡大根固め工法杭の共通算定式)、日本建築学会大会 (東海) 講演梗概集 B-1、pp.463-464、2013.8
- 2) 小椋仁志・本間裕介 : プレローリング (拡大) 根固め工法杭の鉛直ばね定数の簡易算定法の提案 (その 1: 算定方法の検討)、(その 2: 算定結果の検討)、第 46 回地盤工学研究発表会講演集、pp.1233-1236、2011.6
- 4) 阪上浩二・小椋仁志・三町直志 : 杭の鉛直ばね定数の簡易算定法の提案 (その 1: プレローリング (拡大) 根固め工法杭)、日本建築学会大会 (東海) 講演梗概集 B-1、pp.463-464、2012.9

* (株)山下設計構造設計部

** (一社)日本建築構造技術者協会基礎地盤系部会・工博

*** (株)日本設計構造設計部

Yamashita Sekkei Inc. Structural Design Dept

Japan Structural Consultants Association (JSCA), Dr.Eng.

NIHON SEKKEI, Inc. Structural Engineering Dept.