

先端および中間部に拡径部を有する杭の支持力特性  
(その2 拡径間隔および拡径比の影響を考慮した支持力評価)

正 ○佐野大作\*<sup>1</sup> 正 森 利弘\*<sup>2</sup>  
正 矢島淳二\*<sup>3</sup> 正 大久保健治\*<sup>4</sup>  
正 飯田 努\*<sup>5</sup>

場所打ち杭 載荷試験 遠心載荷試験  
支持力 引抜き抵抗

1. はじめに

先端および中間部に拡径部を有する場所打ちコンクリート杭の支持力特性を把握するための遠心載荷試験<sup>1)</sup>、原位置載荷試験<sup>2)</sup>を実施してきた。本報ではこれらの結果を取りまとめ、支持力特性の評価方法・定式化について提案する。

2. 支持力特性評価の方針と影響要因

拡径部を有する杭の支持力特性の評価にあたっては前報<sup>3)</sup>に示すように、拡径部の傾斜部分における押込み支持力または引抜き抵抗の負担機構を拡径張出し部のリング状の投影面積分の支圧ではなく、傾斜部の側面における摩擦抵抗として定式化する。

支持力特性の定式化にあたっては、以下に示す3つの要因について、これらをパラメータとした遠心載荷試験を行ってその影響を定量的に把握した上で、原位置載荷試験により検証することとした。

- (1) 拡径比(軸径と拡大径の比)の影響
- (2) 設置間隔比(拡径部の設置間隔と拡径張出幅との比)の影響
- (3) 地盤強度(N値または一軸圧縮強度)の影響

3. 押込み支持力の評価

(1) 拡径比の影響

中間拡径部(下部傾斜部)における押込み方向の支持力は砂質土のみを対象として検討する。

図1に拡径比をパラメータとした遠心載荷試験から得られた押込み方向の負担荷重/Ns(Ns: 拡径部平均N値)と拡径比の関係を示す。図に示すように拡径比が大きくなると支持力が増加する傾向が見られるが、試験数が少ないことから、一定の傾向を見出すには至っていない。そこで、拡径比による補正は行わず、低減係数 $\eta_1$ (拡径比による支持力の低減)は一律に1.0として、実験の下限值により支持力を評価することが適切であると判断した(図1中の実線)。

(2) 拡径部設置間隔比の影響

図2に設置間隔比をパラメータとした遠心載荷試験から得られた負担荷重/Nsと設置間隔比の関係を示す。負担荷重/Nsは設置間隔比8.0で基準化している。設置間隔比が8.0を下回ると支持力が低下する傾向が見られたの

で、図2に示す実験結果に基づいて低減係数 $\eta_2$ (設置間隔比による支持力の低減)を式(1)のように、設置間隔比4.0では8.0に比べて15%低減する直線とした。

$$\eta_2 = 1.0 - 0.0375 [8.0 - L_1 / \{(D_2 - D_1) / 2\}]$$

$$4.0 \leq L_1 / \{(D_2 - D_1) / 2\} < 8.0 \quad (1)$$

なお、設置間隔が小さくなれば低減も大きくなると考えられるが、設置間隔が極端に小さくなることを避けるために最小設置間隔比は4.0とする。

(3) 支持力特性の定式化

図3に、拡径比および設置間隔比による影響を踏まえて評価した負担荷重  $q/(\eta_1 \cdot \eta_2)$  と  $N_s$  との関係を示す。原位置載荷試験結果を追記して示す。遠心載荷試験5ケースで負担荷重  $q/(\eta_1 \cdot \eta_2) = \beta \cdot N_s$  とした場合における $\beta$ の平均値(=56.0)と標準偏差 $\sigma$ (=7.0)を考慮したラインも示した。

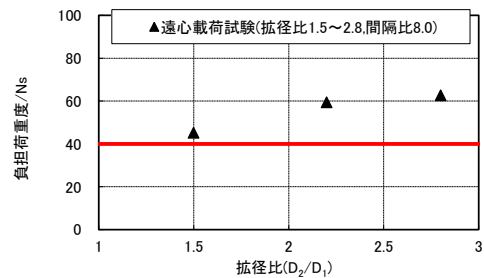


図1 負担荷重/Nsと拡径比の関係(押込み時)

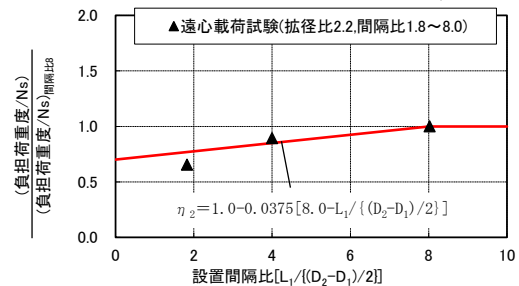


図2 負担荷重/Nsと設置間隔比の関係(押込み時)

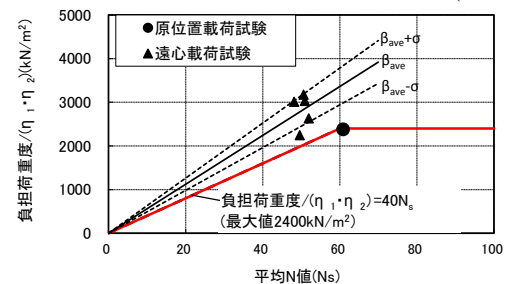


図3 負担荷重  $q/(\eta_1 \cdot \eta_2)$  と  $N_s$  の関係(押込み時)

原位置試験の結果は遠心载荷試験に比べて小さいが、拡径部の下方に砂質シルトが存在するなどの条件下での試験であったことが理由に考えられる。

遠心载荷試験では平均±1.0×標準偏差を考えた場合、1ケースのみがその範囲を下回る。また、原位置試験の結果も遠心载荷試験の下限値に近く、これら全ての結果の下限値となる、支持力係数 $\beta=40$ を採用した。

#### 4. 引抜き抵抗の評価

##### (1) 拡径比の影響

図4に拡径比をパラメータとした遠心载荷試験から得られた引抜き方向の負担荷重度/Nsと拡径比の関係を示す。引抜きでは、拡径比が大きくなると負担荷重度/Nsは低下する傾向が明らかに見られる。そこで、拡径比1.9の値を基準とし、式(2)のように拡径比1.9を超えた場合について低減係数 $\zeta_1$ によって支持力係数 $\lambda$ を下式で低減する。

$$\zeta_1 = 1.0 - (D_2/D_1 - 1.9) \quad 1.9 < D_2/D_1 \leq 2.2 \quad (2)$$

なお、拡径比2.8までの実験を実施しているが、施工性を考慮して上限は2.2とした。

##### (2) 拡径部設置間隔比の影響

図5に設置間隔比12.0で基準化した負担荷重度/Nsと設置間隔比の関係を示す。ここから式(3)のように低減係数 $\zeta_2$ によって支持力係数 $\lambda$ を下式で低減する。

$$\zeta_2 = 1.0 - 0.025 \times (12 - L_2 / \{(D_2 - D_1) / 2\}) \quad 8.0 \leq L_2 / \{(D_2 - D_1) / 2\} < 12.0 \quad (3)$$

設置間隔比12.0は遠心载荷試験で標準とした間隔比(=11.7)より設定した。設置間隔比が12.0を下回ると支持力が低下する傾向が見られ、その低下特性から $\zeta_2$ を定式化した。ただし、拡径部の設置間隔が極端に小さくなることを避けるために最小設置間隔比は8.0とした。

##### (3) 支持力特性の定式化(砂質土)

遠心载荷試験および原位置試験から、拡径比および設置間隔比による低減を考慮した負担荷重度/ $(\zeta_1 \cdot \zeta_2)$ とNsとの関係を図6に示す。遠心载荷試験のばらつきを考慮した上で、支持力係数 $\lambda$ を安全側に評価して8.0とした。

##### (4) 支持力特性の定式化(粘性土)

原位置载荷試験により得られた中間拡径部における負担荷重度とquの関係、同じ形状の先行方法<sup>4)</sup>の試験結果と合わせて図7に示す。負担荷重度 $r=1/2 \cdot qu$ (最大値500kN/m<sup>2</sup>)とすると、実験結果は全てこれを上回ることから支持力係数 $\mu=0.5$ とした。なお、原位置試験によって確認されている最大の負担荷重度995kN/m<sup>2</sup>を考慮して本工法では $\mu \cdot qu$ の上限値を500kN/m<sup>2</sup>(qu=1000kN/m<sup>2</sup>)とした。

#### 5. まとめ

先端および中間部に拡径部を有する場所打ちコンクリ

ート杭の支持力特性について、拡径比や拡径部の設置間隔比の影響を考慮した支持力の定式化を提案した。

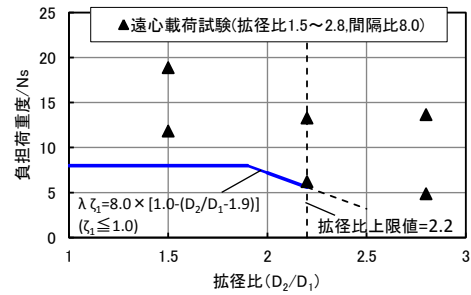


図4 負担荷重度/Nsと拡径比の関係(引抜き時)

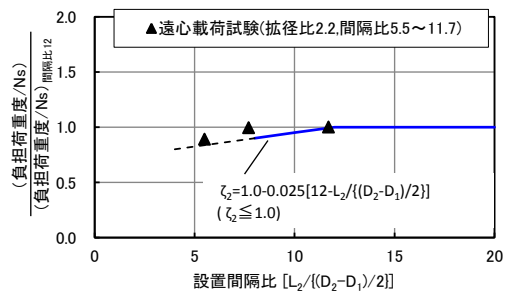


図5 負担荷重度/Nsと設置間隔比の関係(引抜き時)

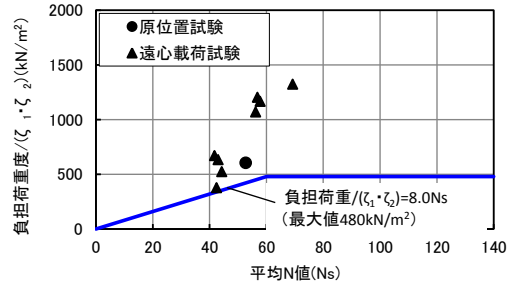


図6 負担荷重度 $q/(\zeta_1 \cdot \zeta_2)$ とNsの関係(引抜き時)

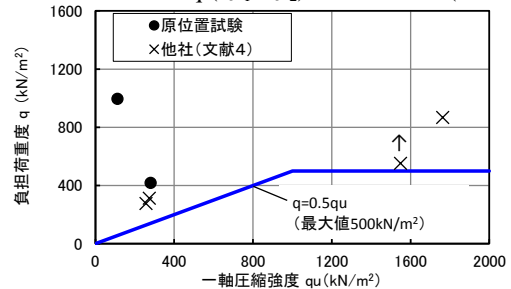


図7 負担荷重度 $q$ と $qu$ の関係(引抜き時)

#### 【参考文献】

- 金子ほか：先端および中間部に拡径部を有する杭の支持力特性に関する遠心模型実験(その1)～(その3)、日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.419-424, 2012.9.
- 森ほか、「先端および中間部に拡径部を有する杭の鉛直载荷試験(その1,2)」、日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.479-482,2013.9.
- 新井ほか、「先端および中間部に拡径部を有する杭の支持力特性」(その1)、日本建築学会大会学術講演梗概集,2014(神戸)；投稿中
- 平井ほか：拡径部を有する場所打ちコンクリート杭の原位置引抜き試験、基礎工、Vol.39, No.11, pp.60-63, 2011.11.

\*1 戸田建設      \*2 熊谷組      \*1 TODA CORPORATION      \*2 KUMAGAI GUMI Co.,Ltd.  
 \*3 東急建設      \*4 大豊建設      \*3 Tokyu Construction Co.,Ltd.      \*4 DAIHO CORPORATION  
 \*5 ジャパンパイル      \*5 JAPAN PILE Corporation