

節杭を用いたプレボーリング拡大根固め工法の根固め部に関する模型実験  
(その7: 根固め径が支持力に与える影響)

正会員 石川 一真\*<sup>1</sup> 同 伊藤 淳志\*<sup>3</sup>  
同 永井 雅 \*<sup>2</sup> 同 小椋 仁志\*<sup>4</sup>

埋込み杭 節杭 模型実験  
根固め部 支持力

1. はじめに

同名論文(その6)の結果をもとに、本報では D シリーズ実験から得られる第 2 限界抵抗力を用いて、根固め径の影響について検討する。

2. 第 2 限界抵抗力による評価

表 - 1 に D シリーズの実験のうち、根固め径をパラメータとしたものを示す。ここで比較するのは、根固め径  $D_e$  が 42.5、64、85mm の 3 種類である。杭は節杭であり、根固め強度は 13.4~21.2  $N/mm^2$ 、下方長さは 0mm である。

これらの実験種類について、図 - 1 (a)に杭頭荷重  $P_o$  - 杭頭沈下量根固め径比  $S_o/D_e$  関係の比較図を示す。これは沈下量を根固め径で正規化したものであり、根固め部も杭と見なした場合である。これは、杭本来の性能を表していると考えられる。 $S_o = 0.1D_e$  時の荷重を第 2 限界抵抗力  $P_{ou}(0.1D_e)$ とし、図中に示す。

同図(b)に杭頭荷重  $P_o$  - 杭頭沈下量杭径比  $S_o/D_o$  関係の比較図を示す。ここでは、沈下量を杭径で正規化している。これは、根固め部には許容応力度を設定できないといった法規上の制限から、根固め部を杭でないとして整理した場合である。実際の工法開発の際には、図 - 1 (a)ではなく図 - 1 (b)の方法で支持力の評価が行われるのが一般的である。 $S_o = 0.1D_o$  時の荷重を第 2 限界抵抗力  $P_{ou}(0.1D_o)$ とし、図中に示す。これは、設計上の極限支持力となる。また、同図(a)で求めた  $P_{ou}(0.1D_e)$ も示す。これより、根固め径が大きい場合は設計上の極限支持力  $P_{ou}(0.1D_o)$  ( ) を上回る荷重が作用した場合でも、根固め部が壊れなければ、 $P_{ou}(0.1D_e)$  ( ) まで支持力が増大することが分かる。よって、根固め部を拡大掘削している工法は、現状の支持力評価方法においては杭本来の性能を使いきっておらず、その実力に対して余裕のある設計支持力を採用していることになる。

表 - 1 実験種類

実験	杭種	上載圧 $p_u(kN/m^2)$	根固め部			圧縮強度* <sup>2</sup> ( $N/mm^2$ )	加圧後 相対密度 Drc(%)
			径 De(mm)	上方 長さ* <sup>1</sup> L <sub>U</sub> (mm)	下方 長さ* <sup>1</sup> L <sub>L</sub> (mm)		
D-3-1	節杭	600	64	100	0	21.2	88.0
D-3-2	節杭	600	64	100	0	20.0	85.0
D-4	節杭	600	85	100	0	13.4	84.8
D-7	節杭	600	42.5	100	0	14.3	87.4

\*1杭先端からの長さ \*2養生期間21~28日

なお、根固め部の破壊状況は、同図(c)に示す通りであって、D-3-1、D-3-2 では割裂破壊が起こり、D-4 では下側の節によるパンチング破壊と上側の節による割裂破壊が同時に起こっていた。D-7 は根固め部の先端の角が欠けた程度であった。

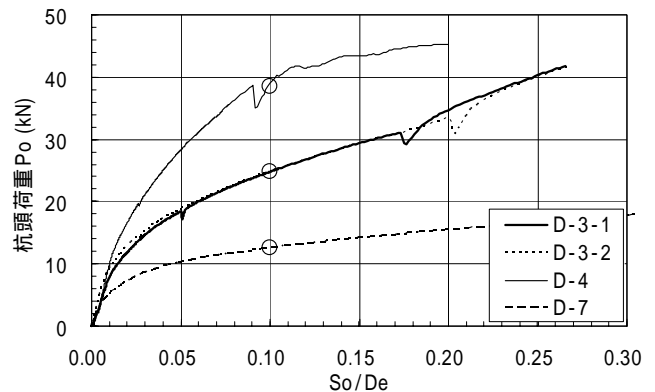


図 - 1 (a) Po - So/De 関係

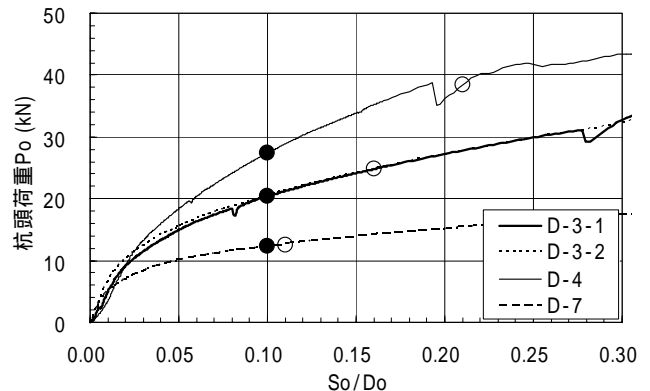


図 - 1 (b) Po - So/Do 関係

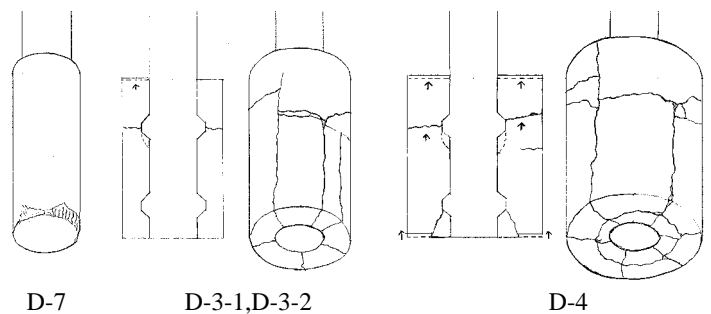


図 - 1 (c) 根固め部の破壊状況

Model Tests on Enlarged Base of Pre-boring and Grouting Method with Nodular Pile  
(Part7. Influence of Enlarged Base Diameter upon Bearing Capacity)

ISHIKAWA Kazuma, NAGAI Masaru, ITO Atsushi and OGURA Hitoshi

### 3. 支持力度による評価

次に、単位面積当たりの支持力によって、根固め径の影響を検討する。前報<sup>1)</sup>(同名論文(その5))でも同様な検討を行っているが、地盤のばらつきが大きかったため、上載圧と相対密度から推定したN値を用いて補正していた。しかし、ここで検討対象とする実験の相対密度は84.8~88.0%の範囲に収まっていること、上載圧(600kN/m<sup>2</sup>)が推定式<sup>2)</sup>の適用範囲(50 p<sub>v</sub> 300kN/m<sup>2</sup>)を外れていることから、推定N値は用いずに検討を行う。

図-2にSo=0.1De時の荷重を杭断面積で評価した支持力度 Pou(0.1De)/Ap と根固め径 De の関係を示す。これを式  $y=ax^b$  で近似すると  $b=1.63$  となる。杭頭荷重 Pou が根固め部の先端面の抵抗 Ppu のみで発揮されており、かつ Ppu がその底面積に比例 (=根固め径の2乗に比例) するならば、 $b=2$  となるはずである。しかし、ここでは Pou に根固め周面の摩擦力 Pfu (=根固め径に比例する) も含めて検討しているために、 $b$  は2より小さくなっている。

$y=ax^b$  の  $b$  を2と仮定し、式  $y=cx^2+dx$  に近似することで Ppu と Pfu を分離することを試みた。その結果、 $y=2.96x^2+108x$  が得られ、Ppu(0.1De)/Ap および Pfu(0.1De)/Ap と De との関係は図-2のようになった。Pou に占める Ppu の割合は、おおむね50%から70%の間で変化している。

図-3にSo=0.1Do時の荷重を杭断面積で評価した支持力度 Pou(0.1Do)/Ap と根固め径 De の関係 ( $y=126x^{1.16}$ ) を示す。周面摩擦力度は、载荷の初期において最大値に達していると考えられるので Pfu(0.1Do)/Ap = Pfu(0.1De)/Ap とし、Pou(0.1Do)/Ap から Pfu(0.1Do)/Ap を減じた値を Ppu(0.1Do)/Ap とした。これを式  $y=ax^b$  で近似すると  $b=1.3$  となった。0.1Do~0.1De間の先端面支持力の増大を無視することで、 $b=2$  は1.3になった。

杭断面積で評価した支持力度 Ppu(0.1Do)/Ap を根固め部底面積での評価 Ppu(0.1Do)/Ae に変えて、式  $y=ax^b$  で近似すると  $b=-0.7$  となった。径が異なる杭の同一沈下量における先端面の支持力度は、地盤を様な半無限弾性体と仮定した即時沈下量の算定式 ( $S_E=((1-s^2)I_{sq}B)/E_s$ ; 建築基礎構造設計指針<sup>3)</sup>)より、杭径に反比例する ( $b=-1$ ) ことが指摘されている<sup>4)</sup>。本実験でも、これを示唆する結果となった。

### 4. おわりに

根固め径が支持力に与える影響について検討した結果、根固め部を拡大掘削している工法は、実際の極限支持力に対して余裕のある設計支持力を採用していることが確認できた。また、根固め部の先端面支持力と周面摩擦力

を分離し、その比率や先端面の支持力度についても検討した。今後は、地盤のN値も含めた検討を行いたい。

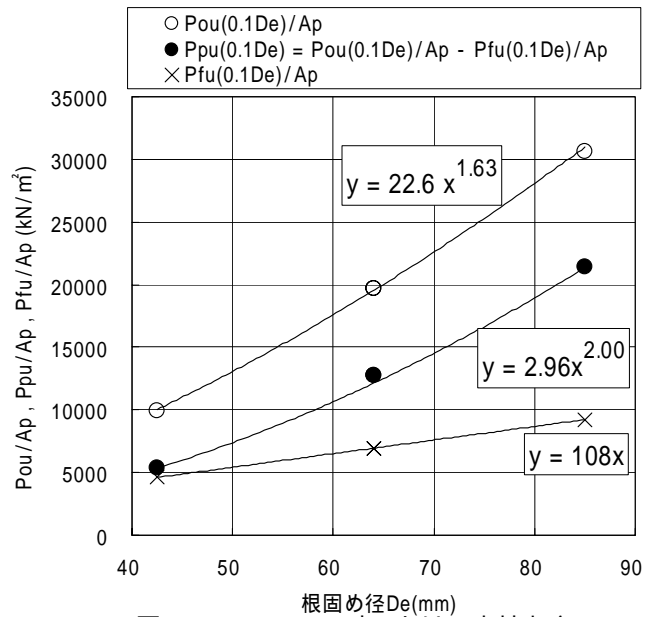


図-2 So=0.1De時における支持力度

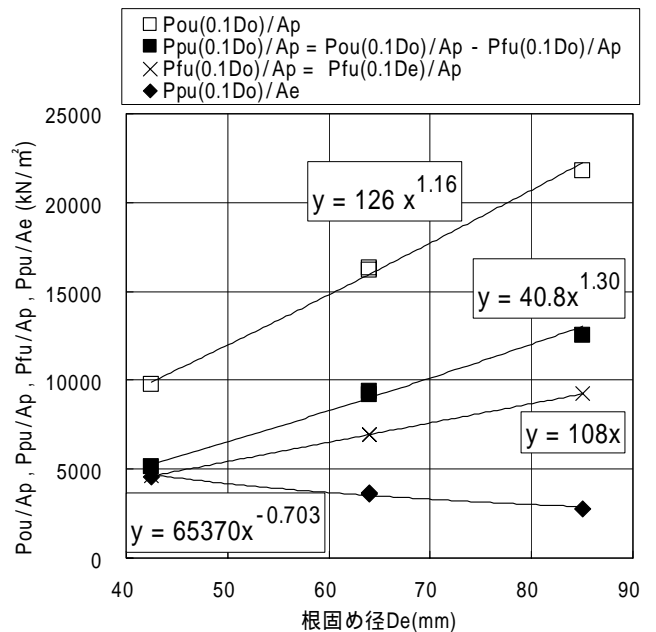


図-3 So=0.1Do時における支持力度

### 謝辞

本実験を行うに当たり多大な協力をいただいた関西大学学部卒業生の當内佑季氏、中山暁絵氏に謝意を表する。

### 【参考文献】

- 1) 石川一真, 永井雅, 伊藤淳志, 小椋仁志: 節杭を用いたプレボーリング拡大根固め工法の根固め部に関する模型実験(その5), 日本建築学会大会講演梗概集, pp.425-426, 2009.8
- 2) 濱田晃之: 砂地盤における動的貫入試験に関する実験的研究, 関西大学大学院修士論文, 平成元.3
- 3) 日本建築学会: 建築基礎構造設計指針, pp.123-124, 2001
- 4) 杉村義広: 建築杭基礎雑考, 総合土木研究所, pp.51-56, 2009

\*1 ジャパンパイル(株)  
 \*2 関西大学大学院  
 \*3 関西大学 准教授・工博  
 \*4 ジャパンパイル(株)・工博

JAPAN PILE CORPORATION  
 Graduate School, Kansai Univ.  
 Assoc. Prof., Kansai Univ., Dr. Eng.  
 JAPAN PILE CORPORATION, Dr. Eng.