

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6: 荷重 - 沈下量関係と根固め部の破壊モード)

正会員 永井 雅 *¹ 同 伊藤 淳志*³
同 石川 一真*² 同 小椋 仁志*⁴

埋込み杭 節杭 模型実験
根固め部 荷重-沈下量関係 破壊モード

1. はじめに

前報¹⁻⁵⁾(同名論文(その1~5))では、根固め部を有する模型杭について、地盤内応力を再現できる加圧土槽を用いた載荷実験により、荷重 - 沈下量関係などについての検討結果を報告した。引き続き、パラメータを追加した実験を行ったので、その結果を報告する。本報では、(その6)として実験の概要、荷重 - 沈下量関係と根固め部の破壊モードについて述べる。

2. 実験概要

本実験に用いた実験装置と模型杭は前報と同じである。鋼管による土槽の寸法は 600×700mm、模型杭の寸法はストレート杭 30mm(杭径 D)、節杭 40mm(節部径 Do)-30mm(軸部径)である。模型地盤は多重フルイ付き空中落下法によって、初期相対密度 D_{ro} が実験毎に一定になるよう注意して作成した。この地盤に、地中応力を再現するため、所定の上載圧 p_v をジャッキにより加えた。載荷中は p_v が一定になるように、ジャッキを操作した。

表 - 1 に、今回新たに行った実験 (D シリーズ) の種類を示す。前報の実験 (C シリーズ) では上載圧は 300kN/m² を基本としていたが、D シリーズでは 600kN/m² とした。パラメータは、杭種、根固め径、下方長さ(根固め部下端と杭先端の距離)、圧縮強度(根固め部作成時に採取した試料による試験日の強度。養生期間は 21~28 日)である。根固め部のモルタルには淀川砂を使用した。根固め強度小さくしたケース (D-10、D-13) のみは、モル

タルの分離を抑えるために、粒径の小さい標準砂を使用した。

3. 節杭における下方長さや根固め部強度の影響

図 - 1 (a) に、節杭を用いた D-3-1、D-3-2、D-10、D-8、D-13 の杭頭荷重 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。上側の第二軸には、杭頭沈下量節部径比 S_o/D_o の目盛も示す。同図 (b) に破壊状況を示す。D-3-1、D-3-2 と D-10 は下方長さが 0mm、D-8 と D-13 は 25mm である。圧縮強度は D-3-1、D-3-2 と D-8 は 10 N/mm² 以上、D-10 と D-13 は 5 N/mm² 以下である。

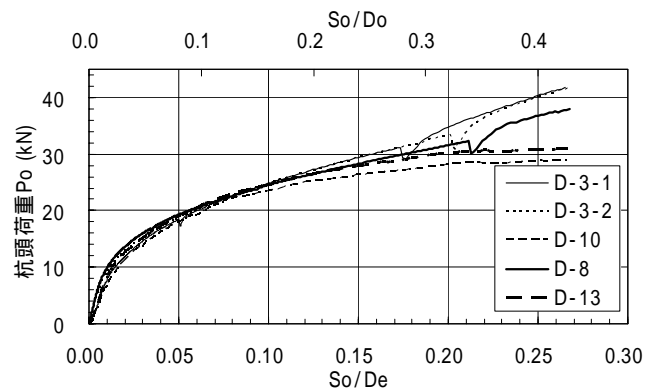


図 - 1 (a) P_o - S_o/D_e 関係、P_o - S_o/D_o 関係の比較

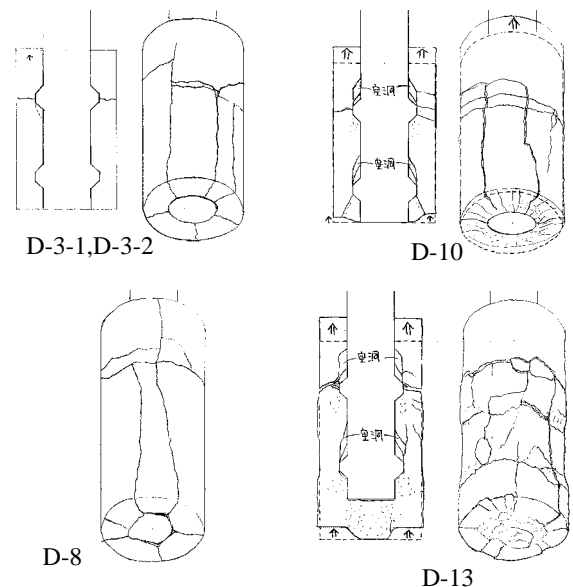


図 - 1 (b) 根固め部の破壊状況

表 - 1 実験種類

実験	杭種	上載圧 p _v (kN/m ²)	根固め部				加圧後 相対密度 D _{rc} (%)
			径 D _e (mm)	上方 長さ* ¹ L _U (mm)	下方 長さ* ¹ L _L (mm)	圧縮 強度* ² (N/mm ²)	
D-1	ストレート杭	600					91.7
D-2	ストレート杭	600	64	100	0	19.8	85.9
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-5	節杭	600	64	100	0	4.3	81.7
D-7	節杭	600	42.5	100	0	14.3	87.4
D-8	節杭	600	64	100	25	10.7	79.8
D-10	節杭	600	64	100	0	3.3	85.7
D-12	ストレート杭	600	64	100	25	12.0	87.7
D-13	節杭	600	64	100	25	4.1	81.2
D-14	ストレート杭	600	64	100	40	12.6	93.8
D-15	ストレート杭	600	64	100	60	14.7	89.3

*¹杭先端から5の長さ *²養生期間21~28日

Model Tests on Enlarged Base of Pre-boring and Grouting Method with Nodular Pile
(Part6. Load-Settlement Curve and Fracture Mode of Enlarged Base)

NAGAI Masaru, ISHIKAWA Kazuma, ITO Atsushi and OGURA Hitoshi

図 - 1 (a)より、同じ条件の試験である D-3-1 と D-3-2 はほとんど同じ荷重 - 沈下量関係を示すことが分かる。また、表 - 1 に示す加圧後相対密度のばらつきも小さい。前報の C シリーズでは地盤の密度にばらつきがあったが、D シリーズは精度のよい実験であったと言える。したがって、改めて下方長さや圧縮強度が支持力特性に与える影響について検討することとした。図 - 1 (a)(b)より以下の事が指摘できる。

設計上の極限支持力を評価する沈下量比の $So=0.1D_0$ までの間は、根固め部は破壊していない。また、荷重沈下性状もほぼ同じになっている。これより、実用上重要になる $So = 0.1D_0$ において、下方長さおよび圧縮強度の影響はほとんどないといえる。

圧縮強度が 10 N/mm^2 以上の場合は、下方長さに関わらず根固め部は割裂破壊を起こしている。その際、杭頭荷重は一時的に減少するが、その後回復している。これは、前報でも報告したように、周囲の地盤によって拘束されているために、根固め部は破壊しても、その抵抗が維持されるものと判断される。

圧縮強度が 5 N/mm^2 以下の場合は、杭頭荷重の急激な減少はないが、D-13 は $So = 0.2D_e$ 付近において、また D-10 は $So = 0.08D_e$ 付近において $P_o - So/D_e$ 関係が不自然に曲がっている。これは、図 - 1 (b)から分かるように、節部の下根固め部を圧縮しながら杭が沈下したためである。同様の現象は、C シリーズの実験でも確認されている。

4 . ストレート杭における下方長さの影響

図 - 2 (a)に、ストレート杭を用いた D-2、D-12、D-14、D-15 の $P_o - So/D_e$ 、 So/D 関係の比較図を示す。同図(b)は破壊状況である。これらは、下方長さを 0、25、40、60mm としたもので、杭径に対する下方長さの比 L_L/D は 0、0.83、1.33、2 となる。圧縮強度は、 $12.0 \sim 19.8 \text{ N/mm}^2$ である。これらの図より、以下の事が分かる。

最大荷重、残留荷重および $So=0.1D$ における荷重は、いずれも下方長さが長いと大きくなる傾向があった。これは、根固め部の周面積が増えたことによって、摩擦力が増大したためと考えられる。

$L_L = 2D$ は割裂破壊を、 $L_L = 0D$ 、 $0.83D$ 、 $1.33D$ はパンチング破壊をしていた。 $L_L = 0D$ 、 $0.83D$ は $So=0.1D_e$ の時に破壊している。これらは、倉知ら⁶⁾の実験とほぼ同じ傾向を示している。

$So=0.1D_e$ は杭径 D で評価すると $So=0.2D$ となる。すなわち、設計上の極限支持力を評価する $So=0.1D$ の時には、根固め部は破壊していない。このことは、ストレート

ト杭においても、圧縮強度が 12 N/mm^2 以上の場合は、下方長さが 0 であっても、実用とする範囲では問題がないことを示唆している。

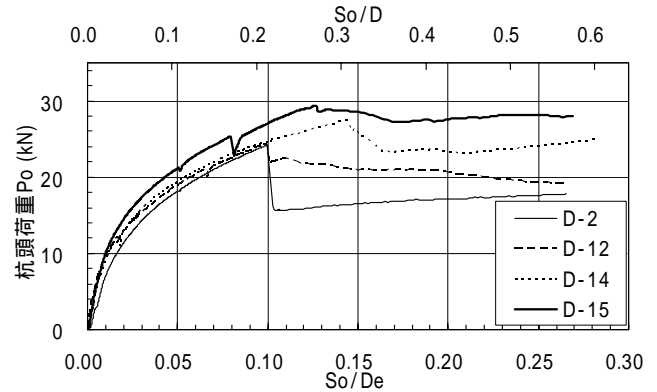


図 - 2 (a) $P_o - So/D_e$ 関係、 $P_o - So/D$ 関係の比較

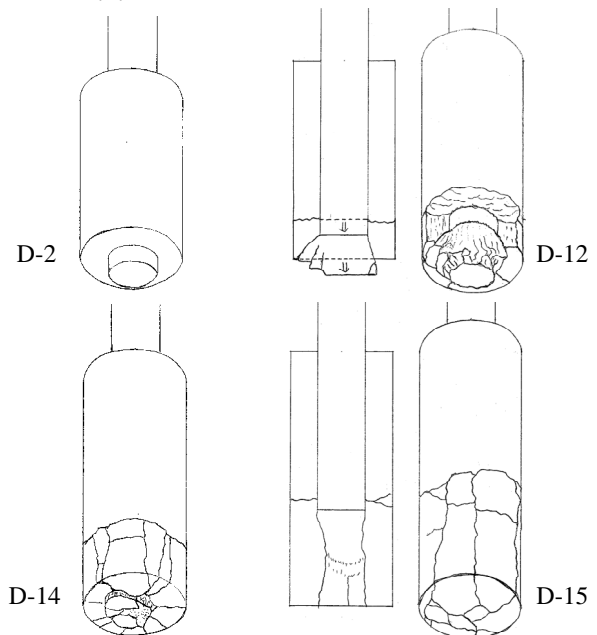


図 - 2 (b) 根固め部の破壊状況

5 . おわりに

前報に引き続き、荷重 - 沈下量関係や根固め部の破壊モードについて検討を行った。その結果、節杭では根固め部の圧縮強度が小さい場合や、下方長さが 0 の場合でも、実用とする範囲では影響がないこと等がわかった。

【参考文献】

- 1~3) 永井雅, 中野恵太, 石川一真, 伊藤淳志, 小椋仁志, 山崎雅弘: 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1)~(その3), 日本建築学会大会講演梗概集, pp.591-596, 2008.9
- 4), 5) 永井雅, 石川一真, 伊藤淳志, 小椋仁志: 1~3) と同名(その4), (その5), 日本建築学会大会講演梗概集, pp.423-426, 2009.8
- 6) 倉知禎直, 日下部治, 上野勝利, 加倉井正昭, 横山幸満: 根固め杭の先端支持力に及ぼす形状の影響, 第 27 回土質工学研究発表会, pp.1559-1562, 1992.6

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

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