

根固め部に混入する地盤材料が杭の支持力特性に及ぼす影響 (その2: 加圧土槽試験の結果と考察)

正会員 ○久世直哉*1 同 井上波彦*3 同 木谷好伸*2
同 横山雅樹*2 同 塚田義明*4 同 土屋富男*5

基礎杭 根固め 支持力
未固結試料 品質検査 拘束圧

1. 加圧土槽試験の結果

①Dc/Dp, W/Cの違いについて (図1(a))

ストレート形状の埋込み杭工法の範囲を想定した $D_c/D_p = 1.0$ (case2) から 1.3 (case1) (D_c : 根固め径, D_p : 杭径) では、初期剛性 (杭先端沈下 S_t が $0.1D_p (= 3.8\text{mm})$ までの杭先端荷重 P_t と S_t との関係) に有意な差は無かった。また、基本配合 (W/C=60%、記号: N2) である case1 に対して、根固めを鋼製としたもの (case10) および W/C=80% としたもの (case3、記号 N3) は、初期剛性に有意な差は無かった。また、載荷後の掘り出しにより根固め供試体を目視観察した結果と 2. に示す圧縮強度試験結果との対比により、case2 は根固めの圧縮強度、case1 および case3 は根固めの支圧強度に達することで根固めが破壊し、荷重低下が生じたと推察される (写真 1)。なお、case1,2,3 は、いずれも根固めの破壊により荷重が低下した後、沈下の増加に伴い荷重が再び増加する挙動を示した (図中の大きなプロット点 (P_{exp}) は、載荷中に根固めが割れたような音がして荷重が低下した直前の点を示している)。

②砂、礫の影響について (図1(b))

基本配合である case1 と比較して砂や礫が体積比で 40% 混入したもの (case4: S4、case5: G4) は、初期剛性に有意な差は無かった。また case1 と同様に、根固めの支圧強度に到達直後に荷重が低下し、その後、沈下の増加に伴い荷重が再び増加する挙動を示した。

③粘土および粘土塊の影響について (図1(c)、図1(d))

基本配合である case1 と比較して、粘土が体積比で 10% 混入したもの (case6: C1) の初期剛性は同等であった。しかし、粘土が体積比で 20% 混入したもの (case7: C2) および粘土塊が体積比で 5%、10% 混入したもの (case8: Cb1、case9: Cb2) は、初期剛性が相対的に低く、混入割合が増加すると共に初期剛性が低下する傾向であった。また、case6 から case9 のいずれにおいても根固めの破壊状況は支圧型であり、根固めの支圧強度到達直後に荷重の低下もしくは沈下の増大が生じ、その後、荷重が再び増加する挙動を示した。なお、case9 は、杭先端沈下量が $0.1D_p$ に到達する前に、支圧強度に達して荷重が低下した。

以上より、杭の支持力確保のためには、土の成分を把握することが有用であると考えられる。

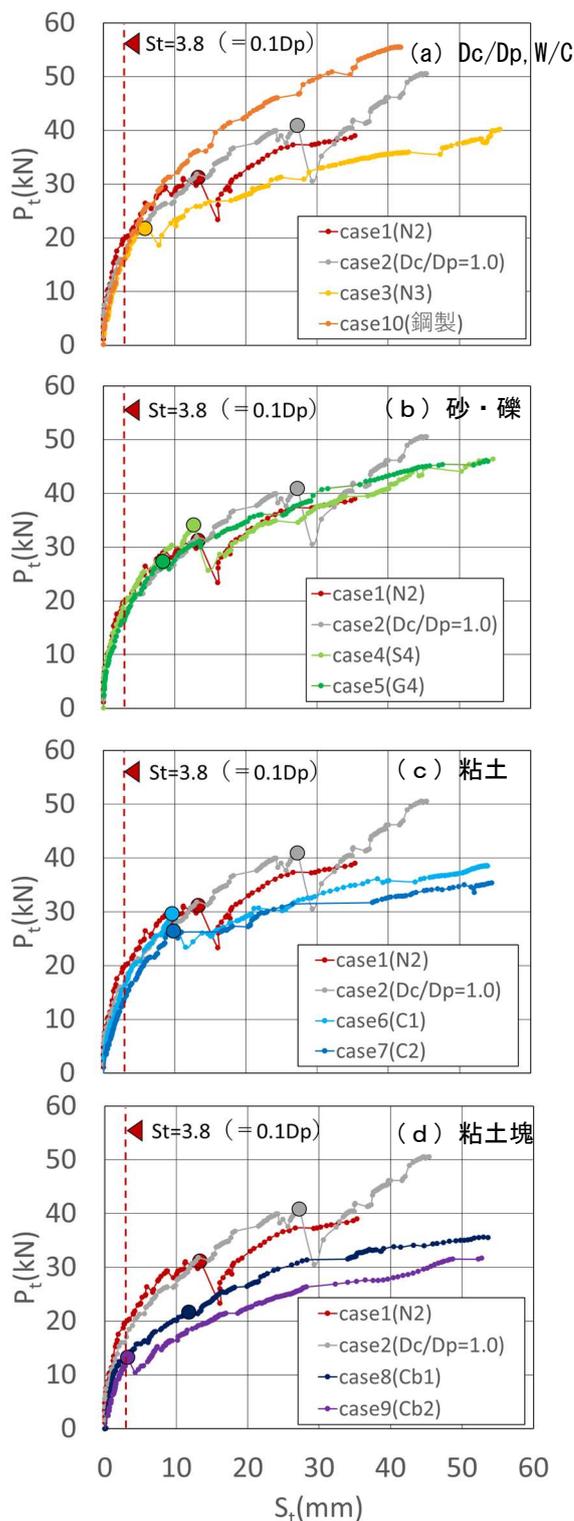


図1 杭先端荷重と杭先端沈下の関係

The Effect of Soil Materials Contaminated in Grouted Pile Base on Vertical Bearing Capacity (Part 2 Result and Discussion of Pressurized Soil Tank Test) KUZE Naoya, YOKOYAMA Masaki, INOUE Namihiko, TSUKADA Yoshiaki, KIYA Yoshinobu, and TSUTIYA Tomio

2. 根固め供試体の圧縮強度および支圧強度

加圧土槽試験に用いた根固め供試体について、別途、一軸圧縮試験を行い、圧縮強度と支圧強度を把握した。

(1) 試験体

試験体は、case1、case3 から case9 に使用した根固め供試体と同じ仕様とし、圧縮強度と支圧強度の確認にそれぞれ6体ずつ使用した。試験体の製造日、養生方法、試験日は、加圧土槽試験に用いた根固め供試体と同じとした。

(2) 試験方法

一軸圧縮試験は、「コンクリートの圧縮強度試験方法 (JIS A 1108:2018)」に準じて行った。なお、載荷板と試験体寸法の関係は表1に示す通りとし、根固め供試体の直径 (D_c) と載荷板の直径 (D_L) との比率が、加圧土槽試験における根固め径 (D_c) と杭径 (D_p) との比率と同じになるように設定した。

表1 試験条件

確認事項	D_c (mm)	D_L (mm)	D_c/D_L
圧縮強度	50	50	1.0
支圧強度	50	38.1	1.3

(3) 試験結果と考察

試験結果一覧を表2に、根固めの破壊状況を写真1に示す。加圧土槽試験における根固めの破壊状況、および加圧土槽試験において荷重低下した時点が根固めの支圧強度に到達時の載荷荷重を超えた付近であったこと (図2) から、土槽試験における根固め供試体の破壊は、支圧強度に達することによるものと推察される。

表2 一軸圧縮強度および支圧強度

試験 case	記号	材料試験				土槽試験
		圧縮荷重	圧縮強度	支圧荷重	支圧強度	低下荷重
		P_{qu} kN	q_u N/mm ²	P_b kN	f_b N/mm ²	P_{exp} kN
1	N2	41.2	21.0	29.2	25.7	31.2
3	N3	27.4	14.0	18.4	16.2	22.2
4	S4	48.1	24.5	30.8	27.1	34.1
5	G4	32.3	16.5	24.9	22.0	27.2
6	C1	47.0	23.9	28.8	25.4	29.7
7	C2	42.5	21.6	22.6	19.9	26.4
8	Cb1	24.5	12.5	21.4	18.9	21.6
9	Cb2	17.7	9.0	12.2	10.8	13.3

ここで、 P_{qu} : 根固め供試体が圧縮破壊に至った時の荷重 (kN) , q_u : 根固めの圧縮強度 (N/mm²) ($=P_{qu}/(A_c \times 1000)$) , A_c : 根固め供試体の断面積 (mm²) ($=D_c^2 \times \pi/4$) , P_b : 根固め供試体が支圧破壊に至った時の荷重 (kN) , f_b : 根固めの支圧強度 (N/mm²) ($=P_b/(A_p \times 1000)$) , A_p : 根固め供試体の支圧面積 (mm²) ($=D_L^2 \times \pi/4$)



(a)加圧土槽試験 (b)一軸圧縮試験 (支圧載荷)

写真1 根固めの破壊状況

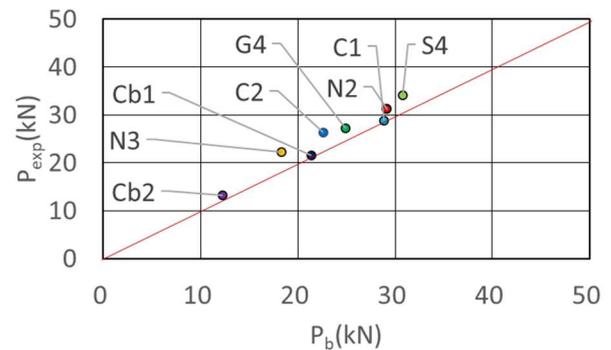


図2 加圧土槽試験の低下荷重と材料試験の支圧荷重の関係

3. まとめ

根固めに混入する土の種類と量に着目して、埋込み杭工法における支持力特性に影響を及ぼす要因について検討した結果、砂と礫は体積比で40%程度まで混入しても、荷重-沈下関係に有意な差が生じなかった。一方、粘土および粘土塊は一定量以上混入すると杭の鉛直剛性が低下し、沈下量が0.1D_p時の支持力が低下するおそれがあると言える。この結果より、施工時における未固結試料の成分分析により混入する土やセメントの量を把握することで、杭の支持力確保のための品質検査と位置付けることができると考えられる。

また、根固めの高さを確保した埋込み杭工法において、根固めの破壊で決まる杭の支持力は、根固めの支圧強度で、精度良くかつ実測値よりもやや小さめに評価することができると考えられる。土槽実験における支圧破壊時の支持力が、支圧強度から算定される支持力よりもやや大きくなる理由は、拘束圧の影響¹⁾によるものと推察される。

【謝辞】本検討は、(一社)建築基礎・地盤技術高度化推進協議会「根固め改良体の品質管理指針検討委員会」による事業の一環として行われたものです。関係各位に謝意を表します。

【参考文献】1)久世直哉, 井上波彦, 横山雅樹, 平山勇治, 依田侑也, 二本幹夫: 基礎杭の根固め部の三軸応力下における圧縮強度特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造1, pp. 401-402, 2022.9

*1 ベターリビング, *2 三谷セキサン, *3 国土技術政策総合研究所, *4 旭化成建材, *5 竹中工務店

*1 Center for Better Living, *2 MitaniSekisan Co.,Ltd., *3 NILIM, *4 ASAHI KASEI Construction Materials Corp., *5 TAKENAKA Corp.