

基礎杭の施工状況に対応した根固め品質の確認実験 その1：目的と概要

			正会員	井上波彦*1	同	岡田憲幸*2	同	横山雅樹*3
			同	久世直哉*4	同	木谷好伸*3	同	林 隆浩*5
基礎杭	根固め	品質管理	同	土屋富男*6	同	野口裕介*7	同	石井 陽*8
サイクルタイム	掘削泥土		同	谷川友浩*6				

1. 研究の目的と概要

基礎杭の根固め部は支持力確保のために重要な部分であり、大臣認定工法が主流となっている。こうした工法の施工管理は認定ごとの指針類に基づき行われているが、工事監理の立場からは、各工法で共通の指標に基づく評価が有用と考えられる。根固め品質を管理するため根固め部の築造直後に未固結状態のソイルセメント（未固結試料）を直接採取して強度等の各種の試験を行う手法¹⁾が普及の段階にあるが、筆者らは既報²⁾において固化した根固め部（根固め改良体）の強度が根固め液と攪拌混合される原地盤の土質構成と関連が深いことを確認した。そこで、未固結試料のさらに前段階となる掘削直後（根固め液注入前）の泥土を品質管理の着眼点とし、掘削水使用量や掘削速度など基礎杭（既製杭）の施工サイクルタイムの中で影響を及ぼすと考えられる項目を変化させ、最終的に根固め改良体（コア試料）の品質に及ぼす影響を把握するための施工実験を行った。以下、本（その1）では実験計画など基本的な情報を、続く（その2）で泥土及び未固結試料の成分分析等の検討結果、（その3）でコア試料の品質の分析とまとめについて報告する³⁾。

2. 施工実験の諸元

2.1 対象地盤及び掘削方法

実験は米原市内で実施した。土質柱状図の抜粋を図1に示す。GL-20mのシルト混じり砂礫層を杭先端、その上下1mの範囲を根固め部の計画位置とした。施工に当たっては、ストレート系の埋込み杭を想定した掘削径700mmの機材を用い、統合的な管理装置を用いて掘削速度や根固め液流量を管理した。さらに、根固め部の泥土や未固結試料の採取のため、写真1に示す二工程型の採取器を用いた。図1に示す通り支持層の上部に粘土を含む層が存在し、施工条件によって根固め部への混入のおそれがある。また、支持層に含まれる砂礫分も、根固め部の攪拌の状況に応じた影響があるものと考えられる。

2.2 施工パラメータ

図2に既製杭の代表的な施工サイクルタイムを示す。縦軸をオーガー等の施工深度、横軸を時間軸として時系列で表現したものである。本施工実験では、根固めに関する品質の評価について、根固め部掘削後の泥土、



写真1 採取器（水圧式・二工程）

根固め部築造後の未固結試料、根固め改良体のコア試料のそれぞれに着目した分析を行うため、軸部掘削工程（図2中a.）及び根固め部築造工程（図2中c.）における以下の施工条件を変化させることとした。

泥土の品質に関する施工条件：

泥土の品質に影響を与える項目としては、軸部掘削速度及び掘削水の使用量を対象とした。軸部掘削速度（計画）は標準を2m/min、その1/2倍（1m/min）及び2倍（4m/min）の3段階とした。掘削水量（計画）については、掘削体積比として標準（75%）、少量（50%）及び多量（100%）の3段階とした。

未固結試料の品質に関する施工条件：

未固結試料の品質に影響を与える項目としては、根固め液注入及び攪拌工程とした。掘削後における根固め液の吐出位置（底部、根固め部の掘削時、反復時又は引上げ時）及び攪拌装置の回転方向（正転又は逆転）を変化させた。それぞれのイメージを図3に示す。軸部掘削の施工条件は標準の条件と原則同一とした。コア試料の品質に関する施工条件：

コア試料については未固結試料と同一の条件を対象とした。未固結試料の採取と同一の掘削孔について、根固め改良体からコア試料を採取するため、掘削孔の中心位置にあらかじめガイド管を挿入した。コア試料の分析ではコア採取率等の出来映えに関する項目についても検討するため、根固め全長（設計長2m）を含む試料を連続して採取することとした。

最終的な施工条件の一覧として、掘削水量、掘削速度及び根固め注入・攪拌方法の組合せを表1に示す。施工条件はNo.1～No.5の5パターン、No.1及びNo.6～No.10の6パターンで合計10パターンとなり、それぞれ

表1 施工条件一覧

No.	施工日	掘削水量	掘削速度	根固め注入法(図3)	実験ケースの位置づけ	試料採取(印)			
						プラント	泥土	未固結	コア
1	12/11	標準	標準	ア	標準				
2	12/9	標準	速	ア	掘削速度の影響(速い)				
3	12/11	標準	遅	ア	掘削速度の影響(遅い)				
4	12/10	少	標準	ア	掘削水の影響(少ない)				
5	12/11	多	標準	ア	掘削水の影響(多い)				
6	12/14	標準	標準	オ	根固め液で支持層掘削				
7	12/12	標準	標準	イ	根固め部の施工の影響				
8	12/14	標準	標準	エ	根固め部の施工の影響				
9	12/12	標準	標準	ウ	根固め部の施工の影響				
10	12/15	標準	遅	エ	1~9の結果を考慮して決定				

注：プラント試料は施工日ごとに1回(その日の最初のケース)の採取とした
 泥土採取用及び未固結試料・コア試料採取用の2種類計20個所の掘削孔を南北3m×東西3.9mの間隔でグリッド上に配置されるように計画した。

3. プラント強度に関する検討

3.1 根固め液及び杭周固定液の配合

根固め液及び杭周固定液は、同一配合とし、まとめて混練した。計画配合を表2に、計画注入量を表3に示す。

表2 根固め液及び杭周固定液の計画配合(1バッチ)

セメント C (kg)	水 W (ℓ)	練り上げ量 V (ℓ)	水セメント比 W/C (%)
735	438	670	60

表3 根固め液及び杭周固定液の計画注入量

掘削径 (mm)	掘削長 (m)	計画注入量 (ℓ)		
		根固め液	杭周固定液	合計
700	21.0	770	1000	1770

3.2 圧縮強度試験結果

図4に、各施工日ごとに実施したプラント強度に関する試験結果を示す。試料は根固め液注入時にバッチャープラントミキサー排出孔から採取し、温度測定、マッドバランス測定及びガイドライン⁴⁾に準じた圧縮強度試験(材齢28日)を実施した。圧縮強度(平均)は31.4~39.0N/mm²、密度は1.72~1.73g/cm³であり、これらは同ガイドラインの条件(強度20N/mm²以上、密度1.71~1.79g/cm³)を満たしている。強度には水温やセメントミルクの温度との関連が見られ、既報²⁾におけるW/C=60%のセメントミルク強度43.2N/mm²より数値が低いのが、供試体作成や養生など現場状況の違いの影響が考えられる。

4. まとめ

基礎杭の根固め品質の確保に関する手法を構築するため、軸部及び根固め部の施工条件の違いが根固め改良体の特性に及ぼす影響を把握することを目的とした施工実験を計画した。続く(その2)(その3)では特に図3の根固め部の築造工程の違いに着目し、表1の施工No.1及びNo.7~No.10を比較した結果を報告する。

【謝辞】本(その1)~(その3)の検討は、(一社)建築基礎・地盤技術高度化推進協議会(ALLF)「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ある。実験の実施に当たっては、丸門建設(当時)平出真平氏及び津田裕也氏、前田製管(当時)吉田智氏にご尽力いただいた。また、これらの検討の一部に(国研)建築研究所課題「基礎ぐいの先端根固め部の品質確保に関する研究」によるものを含んでいる。関係各位に謝意を表します。

【参考文献】1)パイルフォーラム：根固め部の未固結試料採取・調査・試験マニュアル(Ver.2.0)、2014.10 2)井上他：杭の根固め部の品質に混入土が及ぼす影響、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造、pp.451-452、2020.9 3)井上、依田、久世他：基礎杭の施工状況に対応した根固め品質の確認実験(その1)~(その3)、日本建築学会大会学術講演梗概集、2021(投稿中)、4)(一社)コンクリートパイル建設技術協会：COPITA型プレローリング杭工法の施工ガイドライン(土木)、2016.3

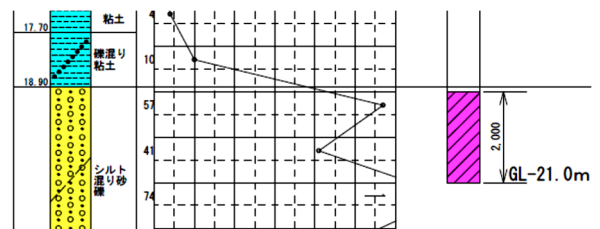


図1 対象地盤の概要と根固め部の計画位置

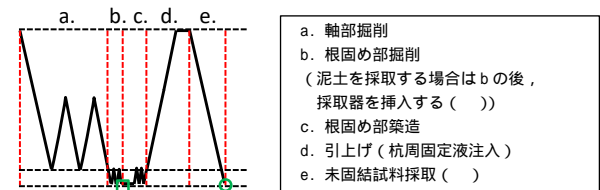


図2 施工サイクルタイムの例

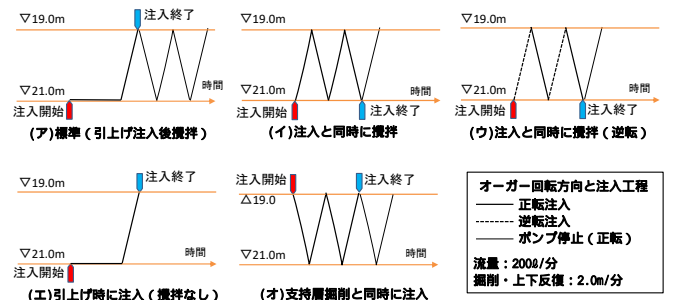


図3 根固め液の注入法(計画イメージ)

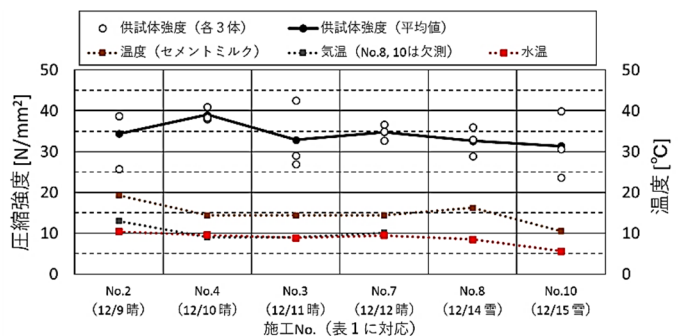


図4 プラント強度試験結果(計画 W/C=60%)

*1 国土技術政策総合研究所 *2 ホクコンマテリアル *1 NILIM *2 Hokukon Material Co.,Ltd. *3 Mitani Sekisan Co.,Ltd.
 *3 三谷セキサン *4 ベターリビング *5 丸門建設 *4 Center for Better Living *5 Marumon Construction *6 Takenaka Corp.
 *6 竹中工務店 *7 大成建設 *8 日本建築センター *7 Taisei Corp. *8 Building Center of Japan