

既製杭を用いた地中熱利用の工法開発 第2報 実証試験

地中熱 工法検証 実用化

正会員 ○小松 吾郎* 正会員 菅 一雅*
非会員 今 広人* 正会員 永坂 茂之**
非会員 田村 稔** 正会員 木村 崇**
非会員 進 一寛***

1. はじめに

第1報では、建物基礎杭（既製コンクリート杭）中空部へのチューブ挿入作業の省力化について検討を行い、既製コンクリート杭とチューブを一体で施工する新工法（A工法）の概要を述べた。

本報では、実際の既製コンクリート杭を用いた実証試験を行って施工性とチューブ品質を確認し、実用的な工法であることを裏付けたので、その結果を報告する。

2. 概要

2014年7月末に千葉県八街市にて表1に示す3試験を行った。試験仕様はCASE1 杭長8m、CASE2 杭長24m（杭長8m×3本）CASE3 杭長20m（杭長10m×2本）を使った3種類の試験を行い、施工性および採熱チューブの品質の確認を行った。

表1 試験概要

実験 CASE	CASE1	CASE2	CASE3
使用杭	PHC杭φ700A種 杭長8m	PHC杭φ700A種 杭長24m (8m+8m+8m)	PHC杭φ700A種 杭長20m 2set (10m+10m)
施工仕様	改良体径φ800mm 改良体長L=9.4m	改良体径φ800mm 改良体長L=25.4m	改良体径φ800mm 改良体長L=9.4m
採熱チューブ工法	新工法(A工法)	新工法(A工法)	杭No1 従来工法(B工法) 杭No2 新工法(A工法)
検証内容	杭内スパイラルの伸長時の破損状況確認	継杭時の施工性確認 回転埋設時・伸長時の破損状況確認	施工性確認 採放熱実験実施

実施した建物基礎杭は既製コンクリート杭を用いた埋め込み杭工法でプレボーリング拡大根固め工法に分類される施工法を採用した。図1に地盤概要及び杭設置図を示す。地盤は浅層部が関東ローム層や粘土層であり、深度6m以深は砂質土で良好な支持層であった。チューブの設置範囲は杭先端より杭頭までとして、新工法

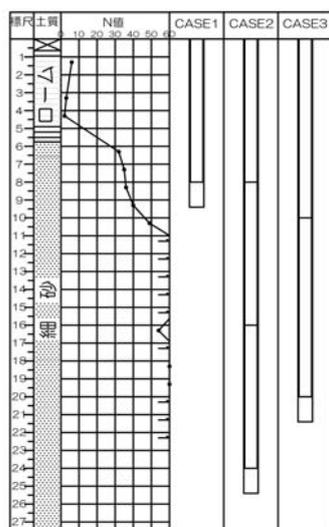


図1 地盤概要図

（以下、A工法）のスパイラルチューブ及び従来工法（以下、B工法）のダブルUチューブは杭全長に配置されている仕様にした。

使用した既製コンクリート杭はPHC杭A種であり、外径はφ700mm、内径はφ490mmであり、掘削径はφ800mmでソイルセメント改良体はφ800mmとなる。継手方法に関しては機械式継手であるPJ（ペアリングジョイント）¹⁾及びTPJ（トリプルプレートジョイント）¹⁾を用い、その接合時間は実測3分程度であった。

図2に本実験で実施した基礎杭施工の工法概要を示す。適宜、掘削液を注入しながら所定深さまで掘削した後、杭周固定液を注入しながら掘削底まで掘削混合攪拌を行う。その後根固め液を注入しながら根固め部を築造し、引上げ過程で杭周固定液を再注入して掘削孔内に充填させソイルセメント改良体を築造する。その後ソイルセメント採熱チューブの設置についてB工法では、杭周固定液と掘削土が混合されたソイルセメント内に数十kgの錘を付けた採熱チューブを杭定着後に挿入することになる。

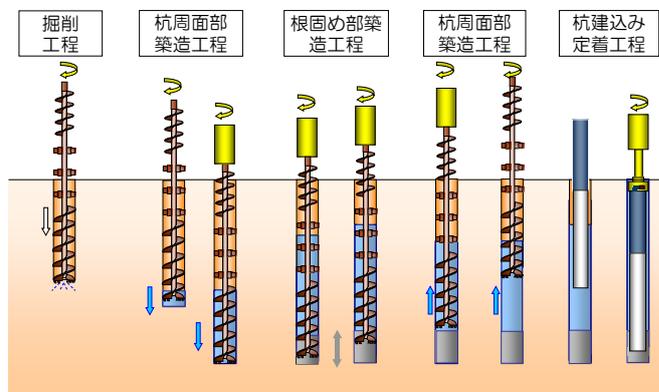


図2 基礎杭施工概要

A工法では、予め地上で杭中空部にスパイラル状の採熱チューブを設置しておき、プレボーリング拡大根固め工法の施工時に杭の挿入と同時にスパイラルの採熱チューブを伸長させて対象範囲に設置することになる。根固め部に採熱チューブのような異物となる物が混入する事で埋込み杭の支持力に影響すると考えら



写真1 杭先端部

れることより、本工法では根固め部には採熱チューブを設置しない仕様を標準としている。しかし、当実験では施工性とチューブ品質を確認することを目的としているため、根固め部に挿入される杭先端部分に写真1に示すように杭先端部に鋼材の固定金具を用いて固定した。杭の回転埋設時の採熱チューブのねじれを発生させないためにスィベル機構を取り入れている。写真2、写真3に試験状況を示す。掘削混合攪拌、杭中空部に採熱チューブを挿入した杭を挿入して、沈着時には回転操作を行った。



写真2 掘削状況



写真3 杭埋設状況

3. 試験結果と考察

表2に実験内容と結果の一覧を示す。

表2 実験内容と結果一覧

実験 CASE	CASE1	CASE2	CASE3
使用杭	PHC杭φ700A種 杭長8m×1本	PHC杭φ700A種 杭長24m (8m+8m+8m)	PHC杭φ700A種 杭長20m (10m+10m)
内容	・空堀(セメント充填無し)した孔に杭挿入 ・チューブ伸長を最大 ・孔から抜き出し地上に横置き→外観検査	・実際の杭施工 ・施工および固定金具等の改善点抽出 ・スパイラルチューブの水圧テスト	・フック付替え確認 ・杭外壁に温度センサー取付 →挿入速度遅め、杭回転なし
結果	・杭挿入時間35秒 ・伸長具合問題なし ・ピッチ維持良好 ・チューブ破損なし ・成功	・チューブ用フック付替え可能 ・杭継手接続 3分以内 ・杭回転 約15分(長時間)、過度な伸長+500mm →水圧テスト合格	・施工性良好 ・チューブ品質問題なし ※採熱実験を実施中

CASE1はCASE2の予行練習であり、杭内でのスパイラルチューブの伸長、ピッチ維持ともに正常であることを確認したものである。杭挿入時間は杭長8mで35秒程度であった。

実験後に引き抜いた杭を地上に横置きして杭内の状況を確認した。さらに、杭内からチューブを取出してチューブ外観を確認したところ、チューブ被覆に杭内壁と擦れた跡があったが許容範囲内であり品質に問題なかった。

CASE2では、施工性の確認と杭回転および上下移動、および過度な伸長による破損状態を確認した。

チューブ伸長用の作業は順調に行え、杭回転・上下移動

が約15分間継続されたがチューブ破損は無かった。また、吊ベルトが切断するまで過度に約500mm伸長させた後でもチューブの破損が無いことを水圧テストにて確認した。以上より、実用可能な新工法を確立したと考える。

CASE3のスパイラルチューブは採熱実験用であり、杭外壁に温度センサーを設置したために沈設時の杭回転は行わなかったが、杭接合やチューブ伸長のためのフック付替え等の施工性を再確認したものである。9月より開始した採熱実験にてチューブ品質に問題が無いことが分かっている。

2016年度まで継続して実験を行い、新工法の採熱効率向上の確認、放熱・採熱特性を把握する予定である。

4. 実用化検討

表3に採熱チューブを利用した事例でのコスト比較表を示す。ボアホール型の標準的な費用想定を基準として実施例とA工法での費用想定を比較する。単位深さあたりの費用については、ボアホール型に対して既製杭型が66%、52%と大きくコスト減となっている。これは、掘削工事が不要であることが影響している。A工法と実施例を比較すると、A工法では杭施工と同時作業で採熱チューブを設置できるため設置工事費を大きく削減でき、杭工事増分も低費用で同等程度に抑えられる。また、単位深さあたりの費用でも20%減、金額にして1万円/m以下を目指せることが想定できた。

表3 コスト比較

件名	基準 (想定)	実績例	新工法(A工法) (想定)	
方式	ボアホール型 (ダブルU)	基礎杭(既製杭)型 杭内水充填 (ダブルU)	基礎杭(既製杭)型 杭内セメント充填 (スパイラル)	
単位深さあたりの費用	100	66	52	
内訳	掘削工事	74%	-	-
	配管材(PE管)	20%	35%	77%
	設置工事	6%	53%	13%
	杭工事増分	-	12%	10%

5. まとめ

- 1) 実際の杭を用いた実証試験を行い、施工性およびチューブの品質に大きな問題が無いことを確認し工法を確立できた。
- 2) 新工法は、従来よりも採熱チューブの設置工事を削減でき、単位深さあたりの費用でも20%減を目指せることが想定できた。

参考文献

- 1) 総合土木研究所：建築基礎にかかわる最近の技術認証、基礎工 Vol.42、pp84-85、2014.2

* ジャパンパイル株式会社
**新日本空調株式会社
***株式会社イノアック住環境

* JAPAN PILE CORPORATION
** SHIN NIPPON AIR TECHNOLOGIES CO.,LTD
***INOAC Housing & Construction Materials Co.,Ltd.