

9. 小型施工機による地盤改良自動打設システムの開発

GeoPilot®-AutoPile の適用範囲の拡大

株式会社不動テトラ ○伊藤 竹史
株式会社不動テトラ 廣畑 憲史
株式会社不動テトラ 今給黎 健一

1. 「GeoPilot®-AutoPile」 小型機タイプの概要

「GeoPilot®-AutoPile (ジオパイロット・オートパイル)」は2020年に開発された大型地盤改良機による機械攪拌式深層混合処理工法の自動打設システムで、既に実際の現場での実績を重ねており、省力化施工やオペレータの習熟期間の短縮により、若手人材等の活躍の場を広げることに貢献している。本稿では新たに開発した「GeoPilot®-AutoPile」の小型機タイプの紹介を行う。小型機タイプでは機械攪拌式深層混合処理工法に加えて、高圧噴射攪拌工法の自動化施工を実現した。これにより、狭隘地施工や地中構造物への密着施工など難易度の高い工事においても安全な施工、確実な品質の提供を効率的に行うことができる。

本システム構成は図1に示す通りで、地盤改良施工機本体に設置するコントロールユニットにより、施工機本体の動作を自動制御すると同時に、通信によりスラリープラントやポンプの自動制御を行うことで自動化施工を実現した。



図1 自動打設システム概要

2. 「GeoPilot®-AutoPile」 小型機タイプの特長

(1) 幅広い施工条件に適応

小型施工機による自動施工が可能となったことで、狭隘地や空頭制限下での施工に対応できるようになった。自動化によるオペレータの作業負担が軽減することにより、狭隘地で輻輳する重機や近接する既設構造物への影響に注力することが可能となる安全性も向上する。小型施工機による施工イメージ図を図2に示す。

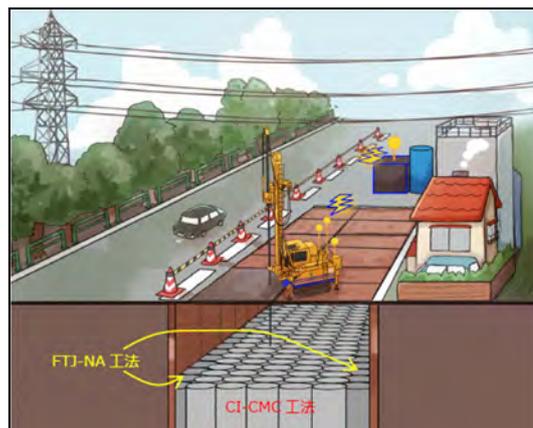


図2 小型施工機による施工イメージ図

(2) 用途に合わせて選べる2つの工法

本システムは、機械攪拌式深層混合処理工法の「CI-CMC 工法」と、高圧噴射攪拌工法の「FTJ-NA 工法」の2つの工法に適応している。同一施工機で攪拌軸のアタッチメント部を変更する軽微な仕様変更で2工法を施工することが可能のため、施工条件より最適で低コストの施工方法の提供が可能となる(図3)。



図3 アタッチメント部変更により2種類の工法を選択

例えば地中構造物を建設する際の掘削底面の底盤改良等では、土留め鋼矢板への密着施工が必要となる箇所では高圧噴射式の FTJ-NA 工法を用い、その他の箇所は高圧噴射式より安価な機械攪拌式の CI-CMC 工法を用いることが可能となる(図4)。

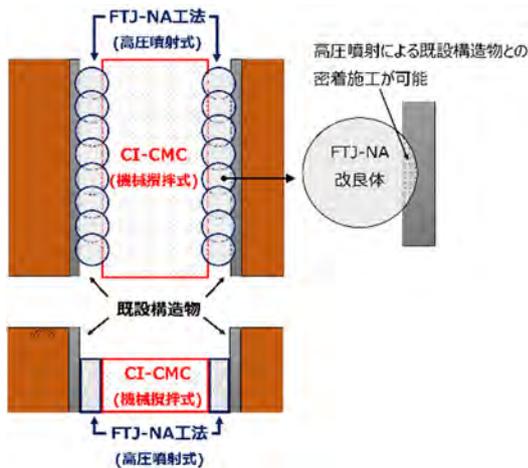


図4 機械攪拌式改良と高圧噴射式改良の併用のイメージ

(3) 操作の簡素化による生産性の向上

施工中に管理計器を監視しながらオペレーターが行っていた操作が、コントロールユニットからの制御に置き換わることで、オペレーターの作業負担が軽減するとともに、手戻り作業が無くなり、施工サイクルが効率化し、生産性の向上が見込める。特に高圧噴射攪拌工法では1本の打設が数時間に及ぶこともあり、長時間のレバー操作、ダイヤル操作を行う必要があったが、自動打設により作業負担が大幅に軽減した。

従来行われてきた手動操作と本システムの自動操作の手順比較を図-5に示す。手動操作では、オーガモータの昇降・速度制御、回転制御やスラリー流量制御を、管理計器を確認して実施していたが、本システムでは、開始する際に打設する杭種番号を選択し、貫入や引抜などの各サイクルの開始時と終了時にアイコンタッチするだけで打設することが可能となる。

小型機では、自身のリーダーの高さ以上の施工長を満足させるため、オーガの軸チャックで攪拌軸を掴み替えながら貫入・引抜を行う。軸チャックの掴み替え時は攪拌軸が落下しないよう、下部クランプの開閉、オーガのチャックの開閉など多くの操作を必要とするが、自動化することで、効率的で安全な作業を確保できる。

(4) 習熟期間の短縮

従来、地盤改良工事では、施工技術を習得するために約3年の年月を要していたが、本システムでは、打設中の操作は、アイコン操作のみとなるため、習熟期間を約3分の1に短縮できる。これにより、若手オペレーターや海外オペレーターの早期活躍が期待できる。

項目	内容	操作		
		手動操作	GeoPilot [®] -AutoPile	
貫入開始	開始信号の送信	開始アイコンタッチ	開始アイコンタッチ	
	オーガモータの回転	制御ボタンON 回転速度調整	自動	
	攪拌軸の貫入	速度を確認しながら レバー操作		
セメントスラリー吐出	流量調整	規定量になるように ダイヤル調整		
軸チャックの掴み替え	別表	別表	自動	
貫入終了	攪拌軸の貫入停止	レバー中立操作		終了アイコンタッチ
	ダクトポンプの停止	制御ボタンOFF		
	終了信号の送信	終了アイコンタッチ		
長所処理	攪拌軸の引上げ	速度を確認しながら レバー操作	自動	
	攪拌軸の再貫入	速度を確認しながら レバー操作		
	開始信号の送信	開始アイコンタッチ		開始アイコンタッチ
引抜開始	オーガモータの停止	制御ボタンOFF	自動	
	攪拌軸の引上げ	速度を確認しながら レバー操作		
	軸チャックの掴み替え	別表		別表
引抜終了	攪拌軸の引上げ停止	レバー中立操作	終了アイコンタッチ	
	オーガモータの停止	制御ボタンOFF		
	施工終了	終了信号の送信		終了アイコンタッチ

項目	内容	操作		
		手動操作	GeoPilot [®] -AutoPile	
軸チャックの掴み替え	掴み替え開始信号の送信	開始アイコンタッチ	開始アイコンタッチ	
	ガイドを閉める	スイッチ操作	自動	
	クランプを閉める	スイッチ操作		
	チャックを開ける	スイッチ操作		
	オーガを上げる	掴み替え位置を確認しながら レバー操作		
	チャックを閉める	スイッチ操作		
	クランプを開ける	スイッチ操作		
	ガイドを開ける	スイッチ操作		
	掴み替え終了信号の送信	終了アイコンタッチ		終了アイコンタッチ

図5 手動操作と自動操作の操作比較

(5) 施工誤差の無い確実な品質の提供

深層混合処理工法では、土層ごとに固化材スラリーの添加量が異なるため、流量や昇降速度の切り替えが必要となる。手動操作の場合、オペレーターがスイッチで流量を切り替えたり、レバーで昇降速度を変更したりする必要があり、オペレーターによって施工誤差が見られることがある。自動打設の場合は、流量や昇降速度の切り替えは自動で行われるため、誰が操作しても同様の品質となるため、施工誤差やオペレーターの熟練度による品質の差異が無くなる。

(6) 安全性の向上

本体に取り付けた各種センサーからのデジタル情報により、施工機の状態を監視し続けることで、必要に応じてオペレーターへ注意喚起を図ることや、コントロールユニットから適切な制御を行うため安全性が向上する。注意喚起の表示画面例を図-6に示す。



図6 注意喚起の表示画面例