

# 小型施工機による地盤改良自動打設システム

## GeoPilot<sup>®</sup>-AutoPile の適用範囲の拡大

吉 浦 彰 洋

従来、オペレータがレバーを操作したり、ダイヤルを回したりして運転していた地盤改良施工機の操作を、モニター上のアイコンを数回タッチするだけで自動打設する「GeoPilot<sup>®</sup>-AutoPile（ジオパイロット・オートパイル）」（以下「本システム」という）を2020年に大型施工機に適用して開発・実用化した。

近年では激甚化、頻発化する気象災害や大規模地震に対応すべく、既設の堤防、道路やライフラインなどの地盤改良の需要が増加しており、狭隘地でも施工が可能な小型施工機の需要が増えてきている。そこで、大型施工機に続いて、小型施工機での自動打設システムを開発した。本稿では、小型施工機による地盤改良自動打設システムの概要や、特徴に関して紹介する。

キーワード：地盤改良，生産性の向上，安全性の向上，自動打設システム，i-Construction，操作簡素化

### 1. はじめに

日本が直面する大きな問題である少子高齢化により、生産年齢人口が年々減少しており、建設現場の生産性向上が喫緊の課題となっている。特に建設業界においては高齢化率が他業界に比べて高く、高い技能を有したオペレータの定年退職による技術者の減少が大きな問題となっている。

国土交通省においても、建設現場の生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す「i-Construction」を推進しており、2022年には、急速に進展するデジタル技術を活用し、建設施工の自動化・自律化及び遠隔化を進めるために、関係する業界、行政機関及び有識者からなる分野横断的な「施工機械施工の自動化・自律化協議会」も設置され、生産性向上や働き方改革の重要なキーワードとして、自動化が挙げられている。

地盤改良機では、攪拌翼の昇降や回転、速度の調整、固化材スラリー吐出量の調整などを、レバーやダイヤル、スイッチを操作して行う必要があり、複雑な操作方法を習得するまでに長い期間がかかる。現在課題となっている将来の担い手を確保するには、操作方法の簡素化や、習熟期間の短縮が重要となる。

2020年に地盤改良の自動打設システムを開発した際は、大型施工機のみ対応していたため、施工場所が広いところ限定されていたが、今回、小型施工機にも対応したことで、道路を共用しながらの既存地下ライフラインの補強工事や、河川堤防や高架下などの狭

隘地での自動打設も可能となり幅広い施工条件での自動打設が可能となった。河川堤防での小型施工機の施工状況を写真—1に示す。



写真—1 河川堤防での小型施工機の施工状況

### 2. システムの概要

本システムは、これまでオペレータが手動で行ってきた地盤改良施工機の操作を自動化した自動打設システムである。これまで、オペレータがレバーを操作して攪拌軸の昇降や速度の調整を行ったり、土層ごとにダイヤルやスイッチで固化材スラリー流量を調整したりしていたものを、すべて自動化した。これにより、操作方法が簡素化されて習熟期間の短縮につながることが可能となり生産性向上につながる。自動化項目の一例を表—1に示す。

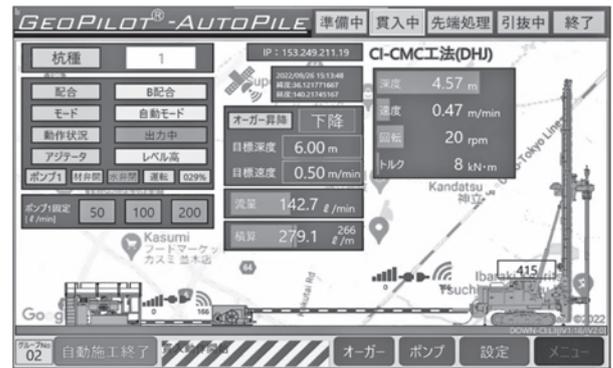
表一 自動化項目

自動化項目	
打設項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>・オーガーマーターの回転制御</li> <li>・攪拌軸の昇降制御、速度制御</li> <li>・軸チャックの掴み替え制御</li> </ul>
プラント項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スラリープラントの作業、状態監視</li> <li>・スラリーポンプの流量制御</li> <li>・材料弁と水弁の開閉制御</li> </ul>
安全面項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リーダーおよび本体の傾斜監視</li> <li>・ポンプ圧力の監視（噴射式工法）</li> </ul>

図一にシステム構成を示すが、地盤改良施工機には、「オペレーションモニター」、「コントロールユニット」、「通信アンテナ」、固化材スラリーを作成するスラリープラントには、「リモートユニット」、「プラントモニター」、「通信アンテナ」を設置することで自動打設システムが構成される。

「オペレーションモニター」は、オペレータが自動打設を行うためのモニターであり、このモニター上で自動打設を行う杭種（深度や吐出量などが登録された情報）を選択して、自動施工開始ボタンを押すことで自動打設が開始される。モニター上には、施工に必要なセンサー情報（深度、流量、速度、回転数など）や、スラリープラント状況（固化材の配合状況や弁の開閉状況、ポンプの稼働状況など）、現在の施工状況（貫入などのサイクル状況、目標深度、目標速度など）を確認できる（図一）。

「コントロールユニット」は、前述した攪拌軸の昇降や回転、またポンプの流量調整など、これまでオペレータが手動で行っていた内容を、オペレーションモニターの杭種に従い自動で動かすものである。施工機の自動操作はもちろんのこと、「通信アンテナ」を通



図一 オペレーションモニター

して無線でスラリープラントに設置してある「リモートユニット」を経由することで、スラリープラントに設置してあるポンプや弁の開閉などの自動制御を行っている。

### 3. システムの特徴

#### (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一に示す。

#### (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



図一 自動打設システム概要

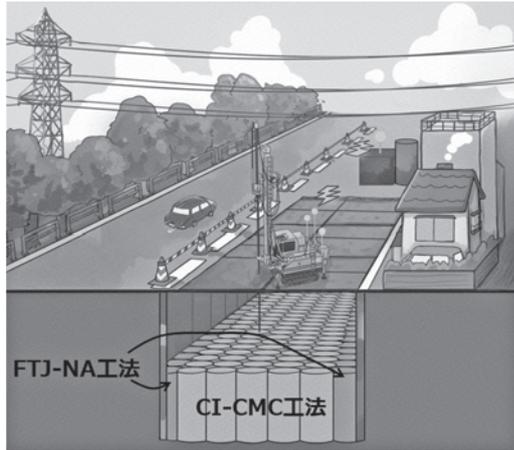


図-3 小型施工機による施工イメージ図

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-4）。

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-5）。

(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、



図-4 CI-CMC工法とFTJ-NA工法

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-6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。

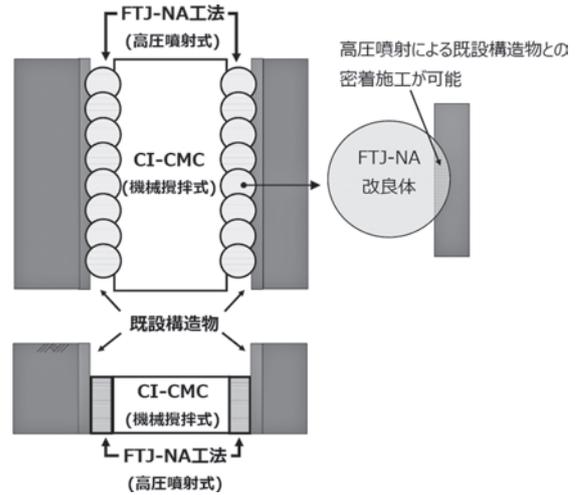


図-5 CI-CMC工法とFTJ-NA工法の施工イメージ

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	
軸チェックの掴み替え	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	
	グラウトポンプの停止	制御ボタンOFF	
	終了信号の送信	終了アイコンタッチ	終了アイコンタッチ
先端処理	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	
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	
	軸チェックの掴み替え	別表	
引抜終了	攪拌軸の引上げ停止	レバー中立操作	
	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	
軸チェックの掴み替え	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	
	ガイドを開ける	スイッチ操作	自動	
	クランプを開ける	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		
	クランプを閉める	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

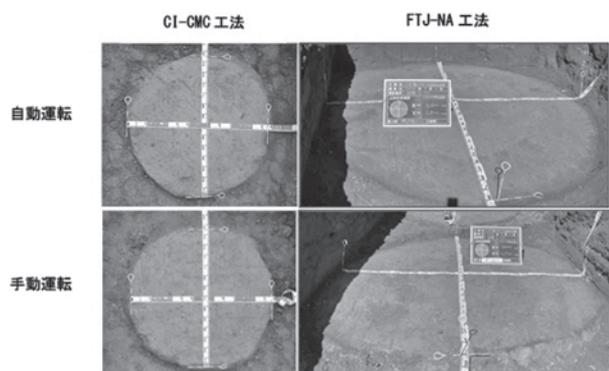
図-6 手動操作と自動操作の操作比較

#### (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、若手オペレータや海外オペレータの早期活躍が期待できる。

#### (5) 施工誤差の無い確実な品質の提供

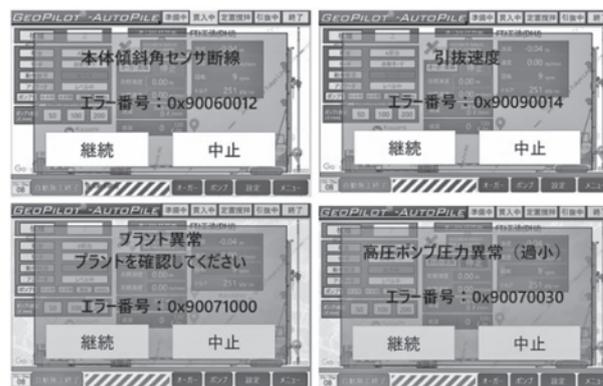
深層混合処理工法では、土層ごとに固化材スラリーの添加量が異なるため、流量や昇降速度の切り替えが必要となる。手動操作の場合、オペレータがスイッチで流量を切り替えたり、レバーで昇降速度を変更したりする必要があり、オペレータによって施工誤差が見られることがある。自動打設の場合は、流量や昇降速度の切り替えは自動で行われるため、誰が操作しても同様の品質となるため、施工誤差やオペレータの熟練度による品質の差異が無くなる。手動運転と自動運転でそれぞれ操作して打設した杭頭の出来形を図一七に示す。



図一七 手動運転と自動運転の出来形

#### (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一八に示す。



図一八 注意喚起の表示画面例

## 4. おわりに

本稿では、地盤改良自動打設システム「GeoPilot<sup>®</sup>-AutoPile」の小型施工機への適用に関して、システム概要および特徴について紹介した。

現在、建設現場では少子高齢化による担い手不足の影響で、オペレータをはじめとする建設事業の担い手不足が深刻化している。国土交通省においても、「施工機械施工の自動化・自律化協議会」が設置され、建設機械の自動運転技術は、今後益々重要性が高くなっていく。

本システムを用いることで、施工誤差の無い確実な品質の提供を行うとともに、担い手不足の課題を克服して生産性の向上につなげていきたい。

J C M A

#### 《参考文献》

- 1) 古庄哲士, 廣畑憲史: 新しい ICT 地盤改良, 基礎工, 2021年1月号
- 2) 国土交通省: 建設機械施工の自動化・自律化技術 ([https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei\\_constplan\\_tk\\_000049.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000049.html))

#### 【筆者紹介】

吉浦 彰洋 (よしうら あきひろ)  
 (株)不動テトラ  
 地盤事業本部 開発部 ICT推進室

