



FUDO TETRA

(CI-CMC工法)

深層混合処理工法における自動打設システム

ジ オ パ イ ロ ッ ト オ ー ト パ イ ル

GEOPILOT[®]-AUTOPILE

株式会社 不動テトラ 地盤研究室(中国) 田中隼矢

01.はじめに

開発の背景・効果

02. GeoPilot[®] – AutoPile

システム構成・特徴

03. ICT地盤改良

建設現場の効率化



01

はじめに

■ (国土交通省) 建設現場の生産性向上を目指しi-Constructionの導入へ

■ 労働力過剰時代から労働力不足時代への変化

■ 生産性向上が遅れている土工等の建設現場

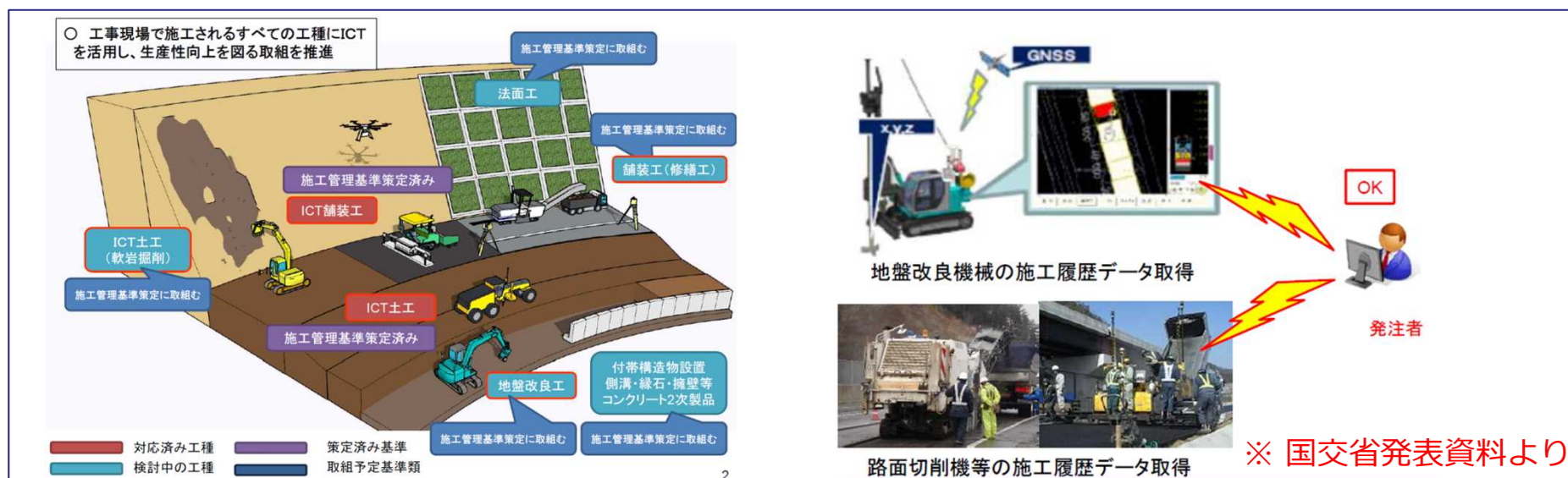
■ 依然として多い建設現場の労働災害

■ i-Construction の重要な施策

■ ICTの全面的な活用

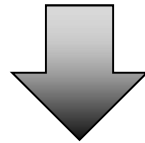
■ BIM/CIM, 情報化施工

■ 3次元モデル化

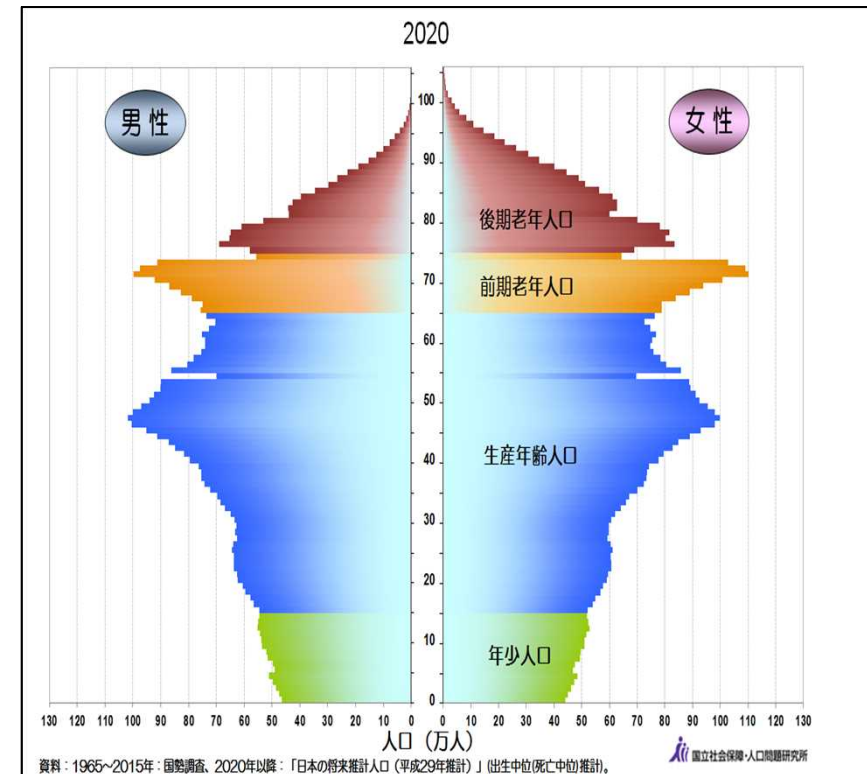


開発の背景

- ・ 少子高齢化による生産年齢人口の減少
- ・ 高い技能を有したベテランオペレータの定年退職
- ・ 地盤改良機の複雑な操作方法を習得するまでの長い期間



■ 将来の担い手確保のためには、
操作方法の簡素化と習熟期間の
短縮が必要



出典：国立社会保障・人口問題研究所HP
「人口ピラミッド画像」

オペレーター教育プラン



1年目

機械センター勤務

資格免許の取得

5種類程度の技能講習

必要部品の把握

補助機械オペレーター勤務

補助機械オペとして、現場の流れを把握

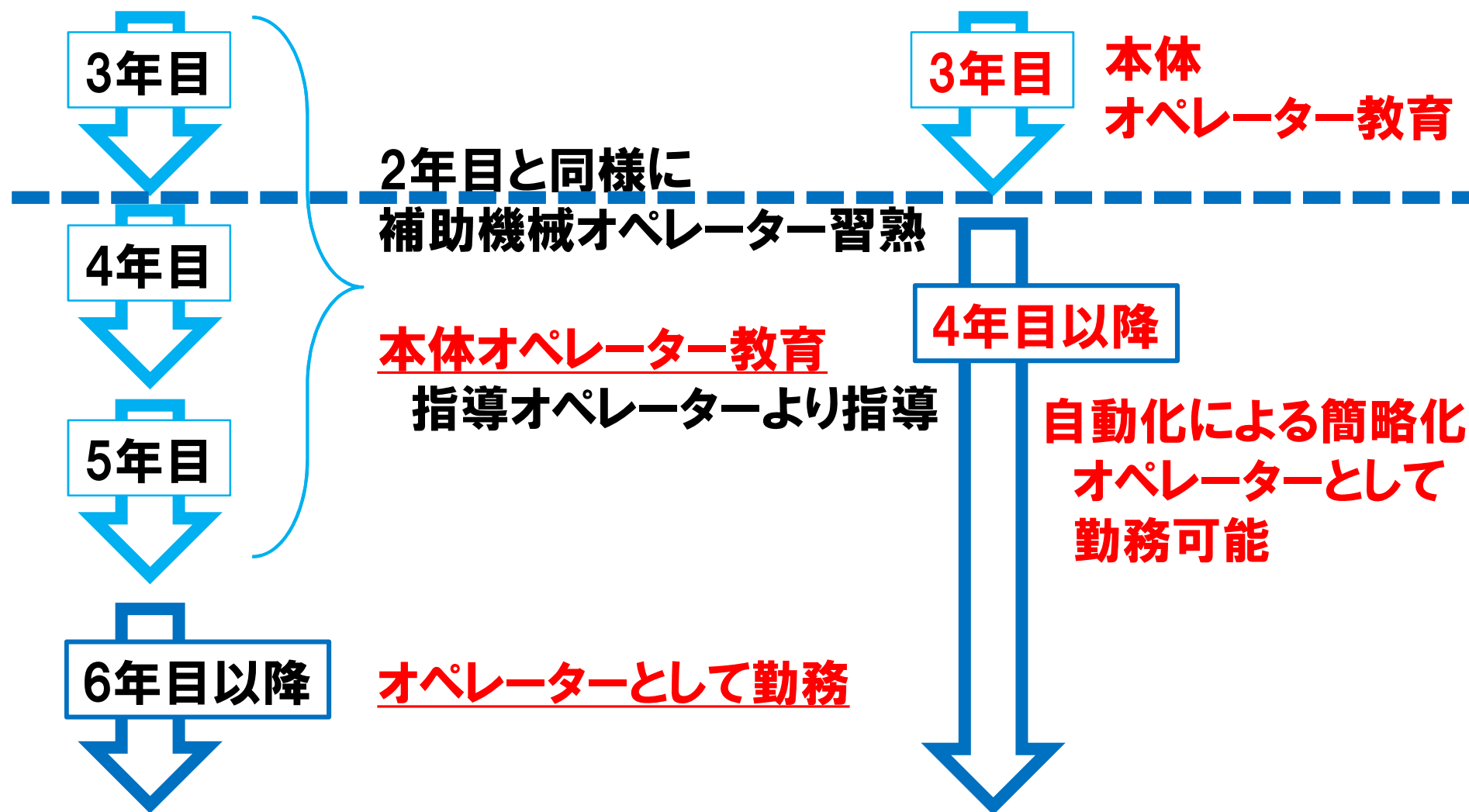
2年目

補助機械オペレーター習熟

工法による違いを把握

3点式杭打ち機にのるための資格取得

オペレーター教育プラン



施工の自動化



大型地盤改良機で初となる「自動打設システム」を開発・実用化

GEOPILOT[®]-AutoPILE

GeoPilot[®]-AutoPile（ジオパイロット・オートパイル）

※ GeoPilotは、不動テトラ／ソイルテクニカの自動化技術のシリーズ名です（商標登録済み）

共同開発

株式会社不動テトラ・株式会社ソイルテクニカ



02

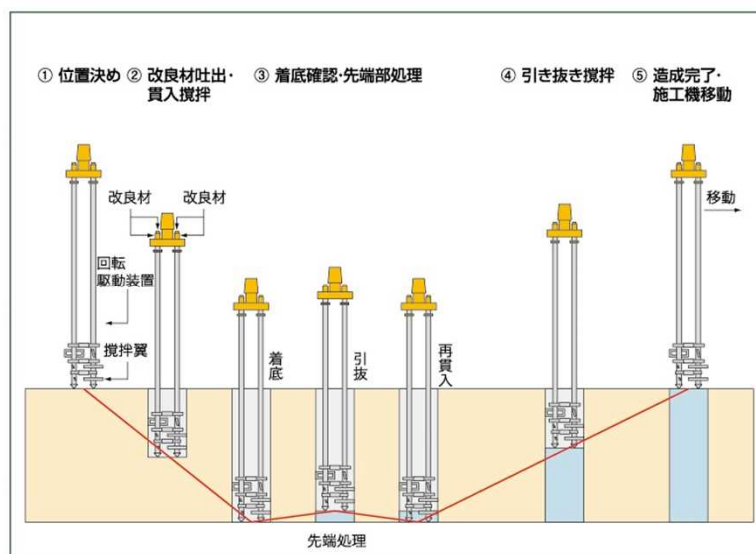
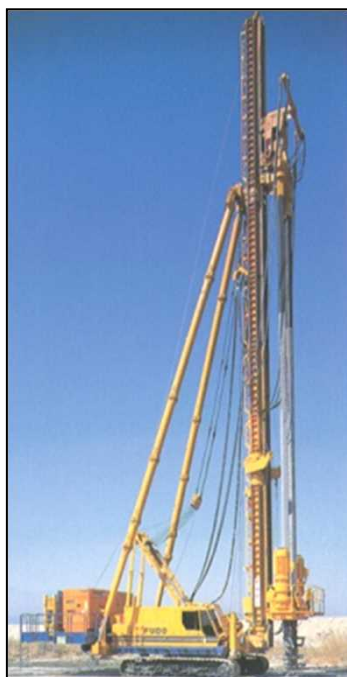
GeoPilot® – AutoPile

適用可能工法：CI-CMC工法

スラリー攪拌工（低変位型）φ1600×2軸



- CI-CMC工法は機械攪拌式深層混合処理工法の一つ。
- 地中に貫入した攪拌翼によりセメントなどの固化材と土を混合することで、地盤中に硬質な改良体を造成する工法。



① 位置決め

施工機を所定位置にセットする。

② 改良材吐出・貫入攪拌

改良材を吐出しながら連続貫入する。

③ 着底確認・先端処理

先端部が支持層に到達したことを確認した後、改良材の吐出を停止し先端処理を行う。

④ 引き抜き攪拌

攪拌翼を逆回転させながら引き抜く。

⑤ 造成完了

地表面まで改良体を造成し、次の施工位置に移動する。

- 適用可能工法は今後、順次拡大していきます。

システム構成



地盤改良機とスラリー
プラントは無線で通信



スラリープラント



プラントモニター



リモートユニット

地盤改良施工機



オペレーションモニター

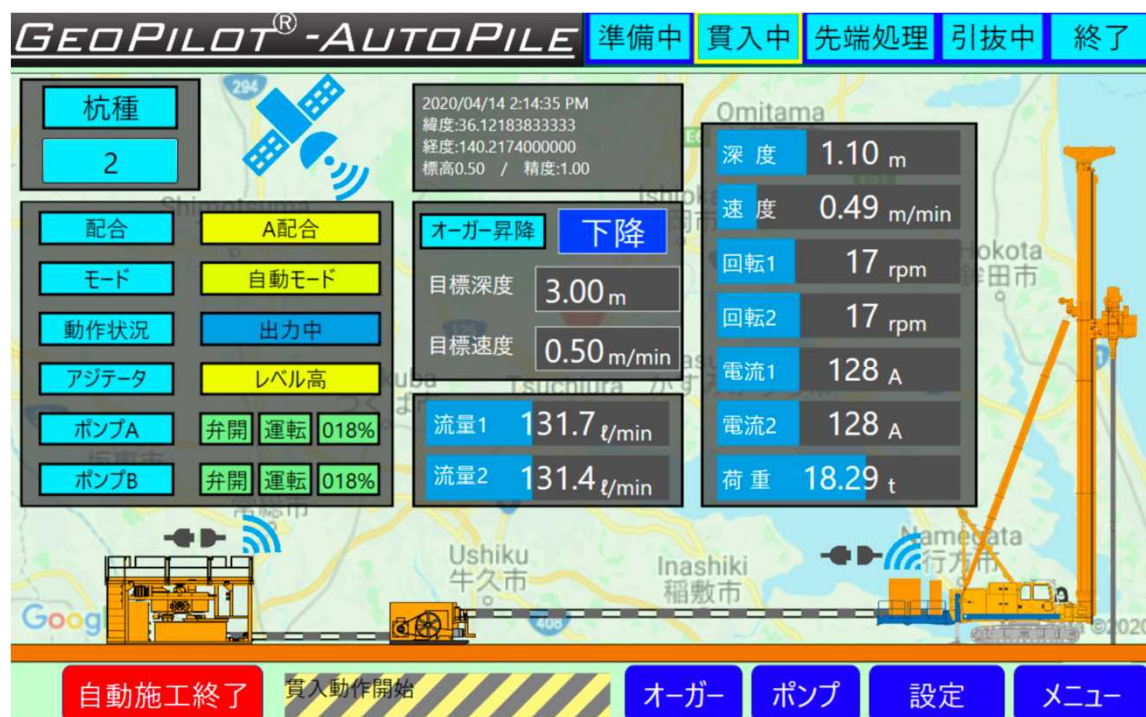


コントロールユニット



通信アンテナ

打設の自動化



オペレーションモニター メイン画面

■ 自動化した項目

ー 打設 ー

- ・ オーガーモーターの回転制御
- ・ 攪拌軸の貫入・引抜、速度制御
- ・ 改良杭の先端処理

ー プラント ー

- ・ スラリーポンプの流量調整
- ・ スラリープラントの状態監視

ー 安全 ー

- ・ 主巻吊りワイヤーの緩み防止
- ・ リーダーおよび本体の傾斜監視
- ・ ステーストローク長の差分監視

特徴① 操作の簡素化



施工機操作の比較

項 目	内 容	操 作	
		手動運転	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
	オーガーモータの回転	制御ボタンON	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	
貫入終了	攪拌軸の貫入停止	レバー中立操作	自 動
	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	
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	
引抜き開始	開始信号の送信	開始アイコンタッチ	自 動
	オーガーモータの停止	制御ボタンOFF	
	攪拌軸の引上げ	速度を確認しながら レバー操作	
引抜き終了	攪拌軸の引上げ停止	レバー中立操作	自 動
	オーガーモータの停止	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	終了アイコンタッチ

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**に置き換わります。これにより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ることで施工サイクルが効率化し、生産性の向上が見込めます。

⇒ 打設に伴う15の手順が、4回のタッチパネル操作だけに

特徴② 習熟期間の短縮



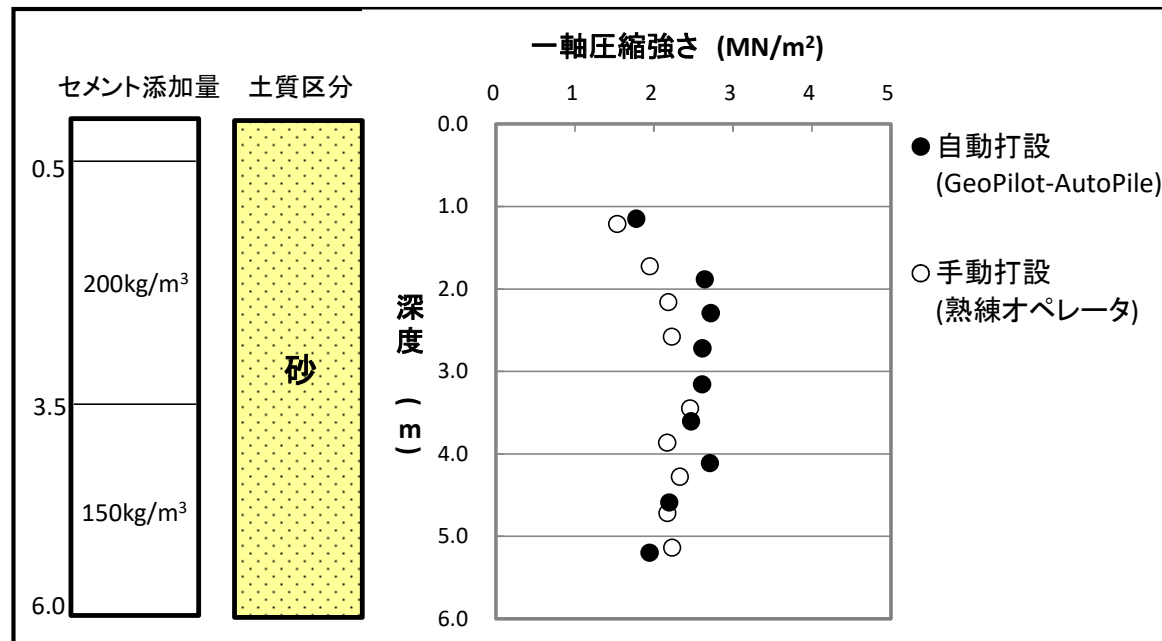
操作方法の指導



GeoPilot-AutoPile搭載状況

従来、施工ができるまでに3年程度かかっていたオペレータの**習熟期間を約3分の1**に短縮できます。これにより、若年オペレータや海外現地オペレータの活躍が期待できます。

特徴③ 確実な品質の提供



改良体コア強度の比較

土層毎のスラリー添加量の切り替えや攪拌軸の昇降速度の管理が自動となり、施工誤差やオペレータの熟練度による**品質の差異が少なくなります。**



GeoPilot-AutoPile
による自動打設



熟練オペレータ
による手動打設

改良体コア写真

特徴④ 安全性の向上



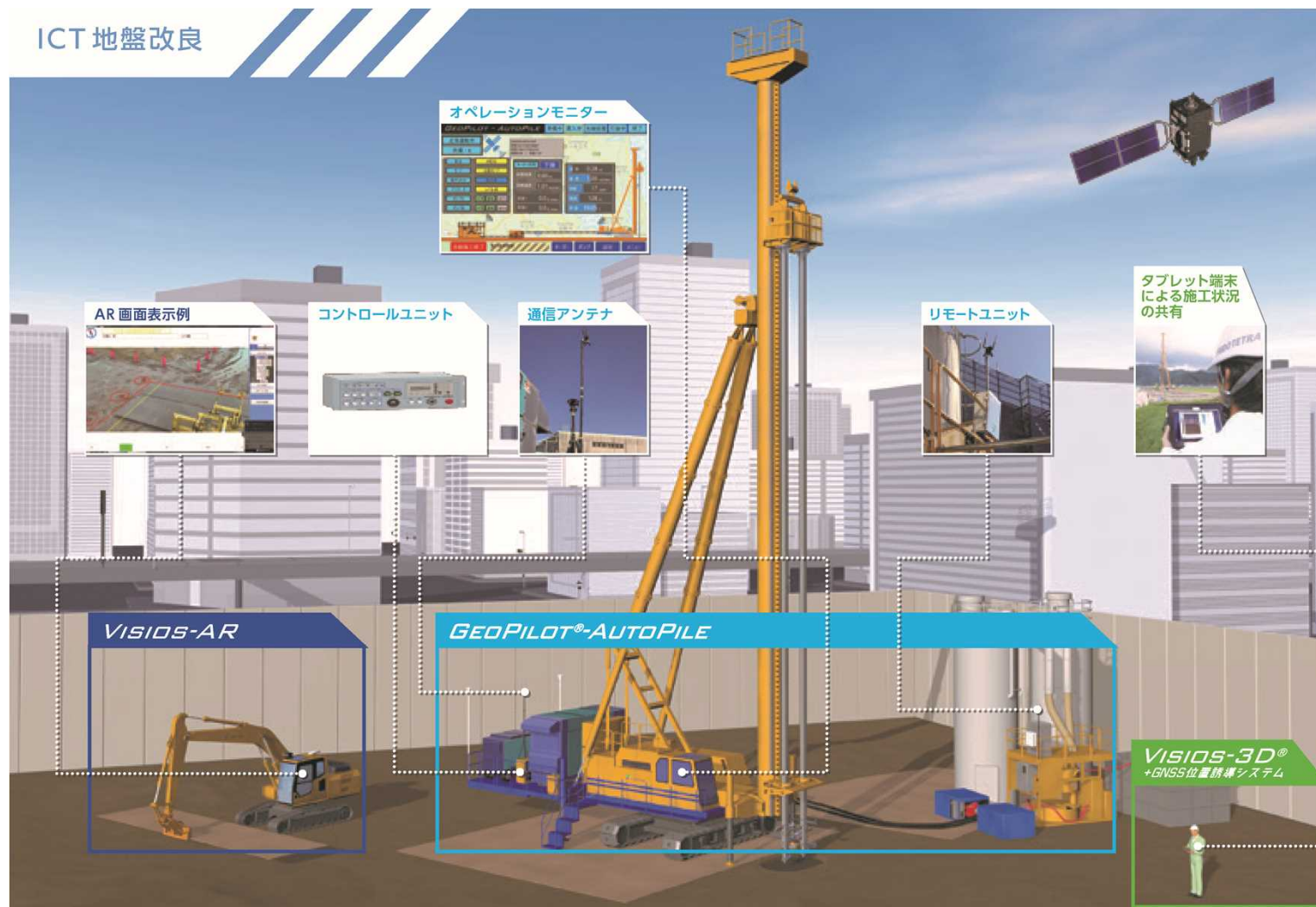
注意喚起 表示画面(例)

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ます。必要に応じてオペレータの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**します。

自動化システムは、当社の熟練オペレーターの意見を取り入れて開発されています。



03 ICT地盤改良



Visios-3D[®] + GNSS位置誘導システム



Visios-3D[®] は、地盤改良の施工状況を、これまでよりも高いレベルで可視化できる新しい施工管理システムです。

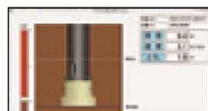
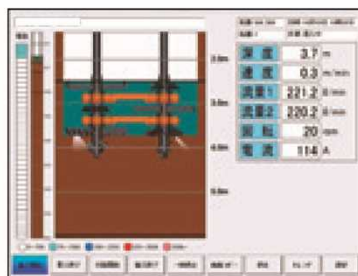
「リアルタイム施工管理システム」と「3次元モデル化システム」により、複数のスタッフによる施工状況の確認や、視覚的な施工情報の把握が可能となりました。この開発により、地盤改良工事の信頼性が向上しました。

国交省の新しいICT地盤改良要領(正式名：施工履歴データを用いた出来形管理要領(固結工(スラリー攪拌工)編)に対応しています。

特 長

① 施工状況の可視化

管理モニターに、地盤内の施工状況がリアルタイムにアニメーション表示されます。深層混合処理工法では、スラリー投入や原地盤との攪拌状況などを、砂杭系の工法では、砂の投入やケーシングの打ち戻しなど、地中内での各改良体の造成状況を適切に把握することが可能です。



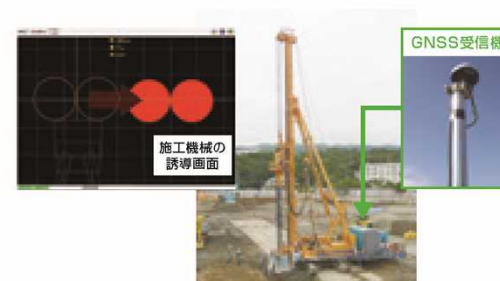
② 施工状況の共有と確認

オペレータの施工支援画面と同じ情報を、クラウドサーバーにより、タブレット端末や事務所に設置したパソコン等で複数の現場スタッフがリアルタイムに見ることができます。



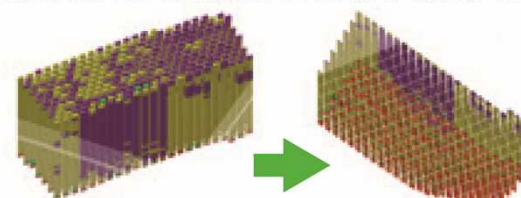
③ GNSS位置誘導システム

GNSS(全球測位衛星システム)の併用が可能で、打設位置まで施工機を誘導でき、施工の精度が格段に向上します。



④ 施工情報を3次元モデル化(BIM/CIMに対応)

地盤改良の成果を3次元モデル化できます。オーガモーターの電流値、セメントスラリーの流量、攪拌翼の回転数などの色分け表示が可能であり、作成した3次元モデルを自在に回転することで、あらゆる角度から施工記録を確認できます。



上方から俯瞰した図

下方から改良体を捉えた図
(電流値を表示した例)
改良下端が赤色で表示され、
貫入抵抗を視覚的に把握できます

Visios-AR



Visios-AR は、拡張現実を利用した多目的施工支援装置です。地盤改良の現場で行われる鉄板敷設などの補助作業を、AR（拡張現実）を用いてガイダンスします。Visios-AR を用いることで、測量の省力化が図られるとともに、安全性が大幅に向上します。また、インターネットを介して、Visios-3D[®] や地盤改良機位置誘導システムとの連携も可能です。

特 長

①汎用的な建設重機に取り付け可能

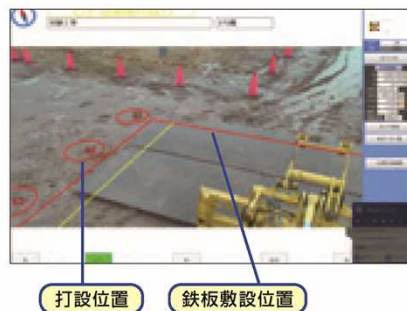
カメラ・GNSS・傾斜計・タブレットPCによって構成されており、バックホウやタイヤショベルなどの汎用的な建設重機に取り付け可能です。



②最新のAR（拡張現実）技術を採用

現実画像に、打設位置や敷鉄板の仮想画像を重ね合わせて表示できるAR（拡張現実）システムを採用しました。

打設位置や敷鉄板の位置以外にも、任意のガイダンス表示（例えば、地中の埋設物等）が可能です。精密な位置補正技術により、ARマーカーを使用せずに現実画像と仮想画像を合成できます。



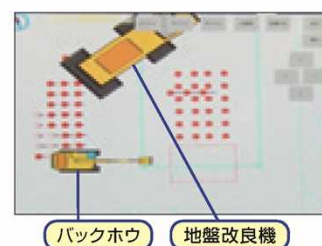
③測量作業の省力化

タブレットPCに表示されるガイダンス（打設位置や鉄板敷設位置の表示）は、画面上に仮想線で表示されています。

施工中に地表面が乱されても位置出し等、やり直しが発生しないため、測量作業が軽減されます。

④安全性の向上

GNSSシステムを利用し、施工機同士がお互いの位置情報を共有できる2D画面を活用することで、重機の接触災害を防止することができます。測量作業の軽減により、施工エリア内への作業員の立ち入りが減ることで、重機と人との接触災害を防ぐことにつながり、安全性が大幅に向上します。



※Visios-ARシステムは現在特許出願中です。



さらなる省力化の取り組み



■ 機材センターの入在庫管理システム



保管状況



バーコード



RFタグ



リーダライタ

■ スラリープラントアジテータの洗浄システム(メーカーとの共同開発)



アジテータ



これからの地盤改良



- 少子高齢化による生産人口の減少を見据え、建設現場は更なる効率化が求められており、効率化のために自動化施工に取り組んでいる。
- ICTは日々進化を続けていますが、本当に必要な技術を見定め、自動化などの技術を取り入れることが重要。しかし、自動化などにより経験・技能の低下を生じさせないような教育も必要となる。
- 地盤改良技術も、ICTと融合することで、より省力化、より安全に寄与し、現場運営の効率化と生産性を向上させる努力をしている。



ご清聴ありがとうございました