



地盤改良工法の遠隔操縦・自動化施工

—省人化・安全性向上で安定した施工品質を確保—

株式会社不動テトラ 地盤事業本部 技術部 柳崎 直樹

1

発表内容

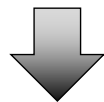
1. はじめに
2. 深層混合処理工法 CI-CMC工法
3. 自動打設システム GeoPilot®-AutoPile
4. 遠隔操縦システム
5. 現場実装

2

1. はじめに

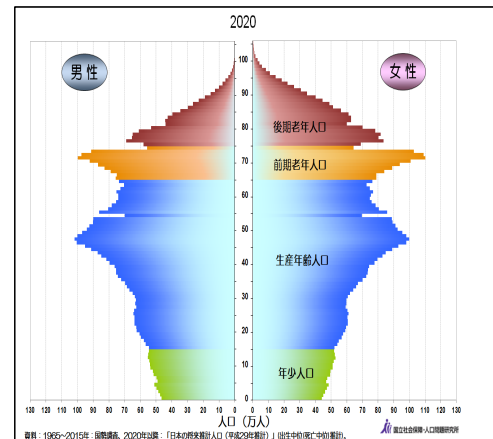
建設業が抱えている問題

- ・ 少子高齢化による生産年齢人口の減少
- ・ 高い技能を有した熟練オペレータの引退
- ・ 施工機（地盤改良機）の操作方法習得までの長い期間



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と同時に
省人化による生産性向上を目指す必要がある。



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」

1. はじめに

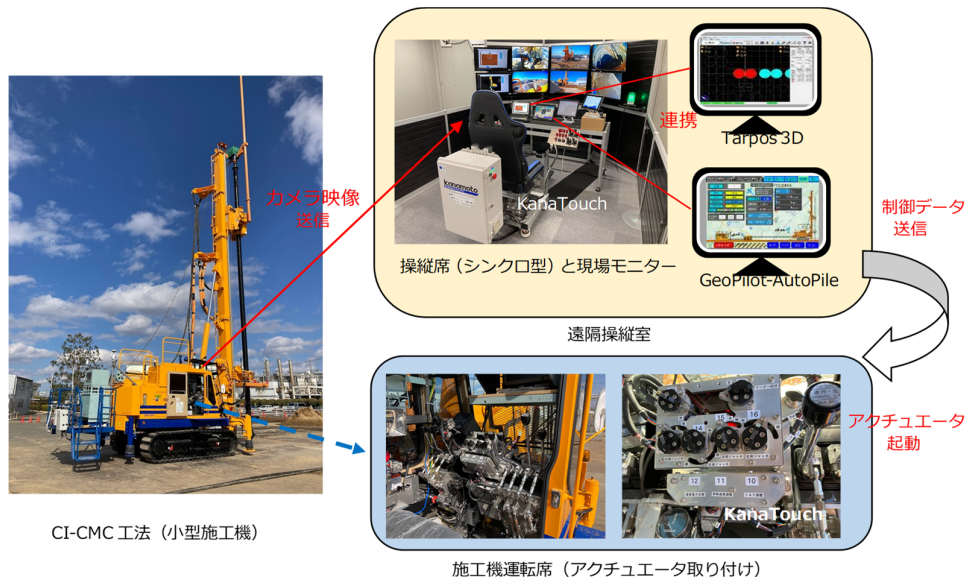
i-Constructionの推進と自動化の歩み

- 2016年
国交省がi-ConstructionというDX推進の枠組みを提唱
ICTの全面的な活用、全体最適の導入、施工時期の平準化など
- 2022年
建設機械施工の自動化・自律化協議会発足
- 2024年
i-Construction2.0を策定
施工、データ連携、施工管理をそれぞれオートメーション化することで、2040年度までに建設現場の生産性1.5倍向上を目指す

1. はじめに

地盤改良現場の省人化に向けた取り組み

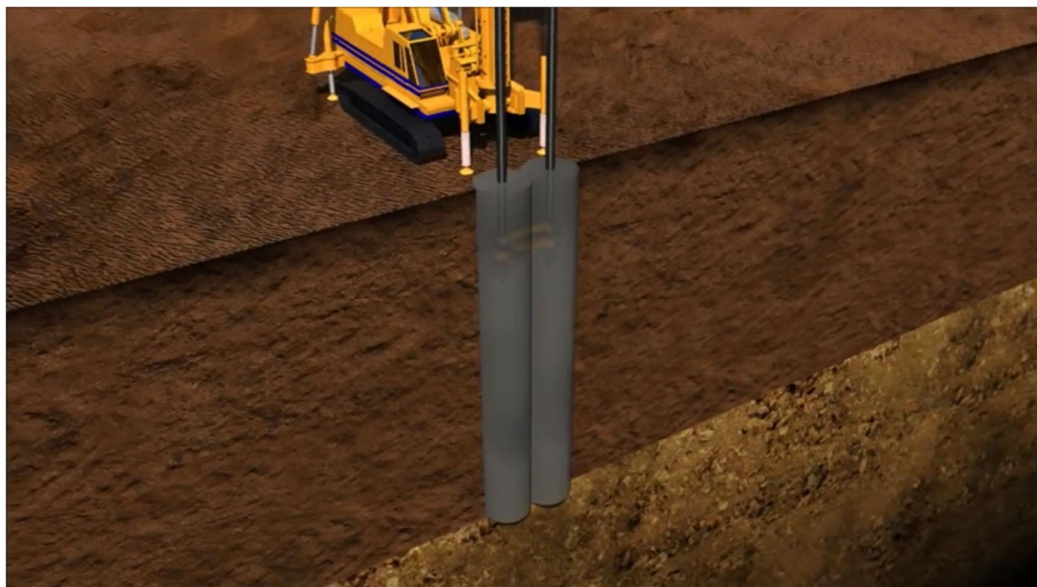
不動テトラでは、地盤改良の自動打設システム（GeoPilot-AutoPile）と、遠隔操縦技術（KanaTouch）の技術を組み合わせることで、現場の省人化に向けた取り組みを開始。



2. 深層混合処理工法 CI-CMC工法

工法概要と施工サイクル

CI-CMC工法は機械攪拌の深層混合処理工法で、攪拌翼からセメントスラリーを吐出しながら地中に貫入し、現地盤の土と混ぜ合わせることで地盤中に硬質な改良体を造成する工法。



2. 深層混合処理工法 CI-CMC工法

CI-CMC工法の出来形



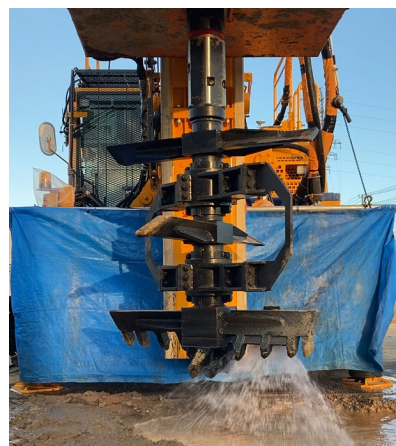
7

3. 自動打設システム GeoPilot-AutoPile

自動打設システムの開発のこれまで

2020年 大型地盤改良機で自動打設システムの開発・実用化

2022年 小型施工機への展開・実用化。以降、多数の現場で導入



CI-CMC工法

8

3. 自動打設システム GeoPilot-AutoPile

高まる小型機の需要

気象災害や大規模地震に対応すべく、既設の堤防や道路・ライフラインなどの小型機を使用しての地盤改良の需要が年々増加している。



河川堤防での地盤改良（CI-CMC工法）

9

3. 自動打設システム GeoPilot-AutoPile

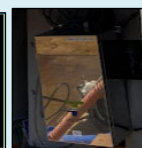
システム構成



施工機とプラントは
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

通信アンテナ

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

10

3. 自動打設システム GeoPilot-AutoPile

手動運転との操作比較

項 目	内 容	操 作	
		手動運転	GeoPilot-AutoPile
貫入開始	貫入開始指示	貫入開始ボタンタッチ	貫入開始ボタンタッチ
	オーガーモーター回転	制御ボタンON	自 動
	攪拌翼の貫入	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	
	グラウトポンプの停止	制御ボタンOFF	
	貫入終了指示	貫入終了ボタンタッチ	貫入終了ボタンタッチ
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	
引抜開始	引抜開始指示	引抜開始ボタンタッチ	引抜開始ボタンタッチ
	オーガーモータの停止	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	
引抜終了	攪拌軸の引上げ停止	レバー中立操作	
	オーガーモータの停止	制御ボタンOFF	
施工終了	施工終了指示	施工終了ボタンタッチ	施工終了ボタンタッチ

11

3. 自動打設システム GeoPilot-AutoPile

自動打設のメリット

オペレータは連続的なレバー操作が不要となり、**作業負担を低減**できる。
また、現場周辺状況の確認が可能となり、**安全性の向上**も図れる。



手動運転



自動運転

※動画は20倍速です。

12

3. 自動打設システム GeoPilot-AutoPile

国土技術開発賞にて優秀賞を受賞

国土技術開発賞 優秀賞

	受賞者	受賞技術名称	ものづくり日本大賞		受賞者	受賞技術名称	ものづくり日本大賞
第26回 (令和6年)	(株)横河ブリッジ	後方回転・ 自定式手延機解体装置		第13回 (平成23年)	(株)古畑建設 ウエダ産業(株)	パケットクラッシャー(FU-70)	
	(株)不動テトラ	地盤改良工法の 自動打設システム			(独)港湾空港技術研究所	赤外線による空港アスファルト 舗装の層間剥離現象検知	
	首都高速道路(株) ニデレキ(株)	高耐久超低騒音舗装			(株)フジタ	連続 SSRT	
第25回 (令和5年)	ジャパンパイル(株) 新日本空調(株)	既製杭を用いた地中熱利用技術		第12回 (平成22年)	(株)グリ		
	(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 戸田建設(株)	地下水対応型継手をを用いた 外殻先行型トンネル構築工法			(新日東) 東亜		
第24回 (令和4年)	東日本高速道路(株) (株)大林組	防水層にUFCを用いた プレキャストPC床版		第11回 (平成21年)	(株)新日東		
	五洋建設(株)	人工知能を用いた橋樑の 残存耐力評価技術			(財)池田		
第23回 (令和3年)	五洋建設(株) ジャイワット(株)	吸水性泥土改質材と改質土の 活用技術		第10回	(株)池田		
	清水建設(株)	化学的手法を用いた 基礎ぐい工事の施工品質検査技術					
第22回 (令和2年)	前田建設工業(株)	鋼製支保工建込みロボット					
	首都高速道路(株) (一財)首都高速道路技術センター	鋼橋の疲労き裂に関する 近接目視点検教育システム					

出典: 国土技術研究センターウェブサイト「国土技術開発賞」より一部抜粋
(URL <https://www.jice.or.jp/review/awards>)



表彰式の様子

4. 遠隔操縦システム

技術概要

地盤改良施工機本体と同一の操作環境を備えた遠隔操縦室からレバー操作等を行うことで、遠隔地から施工機を操作可能とする技術。
自動式杭打機タイプの地盤改良施工機では国内初の試み。

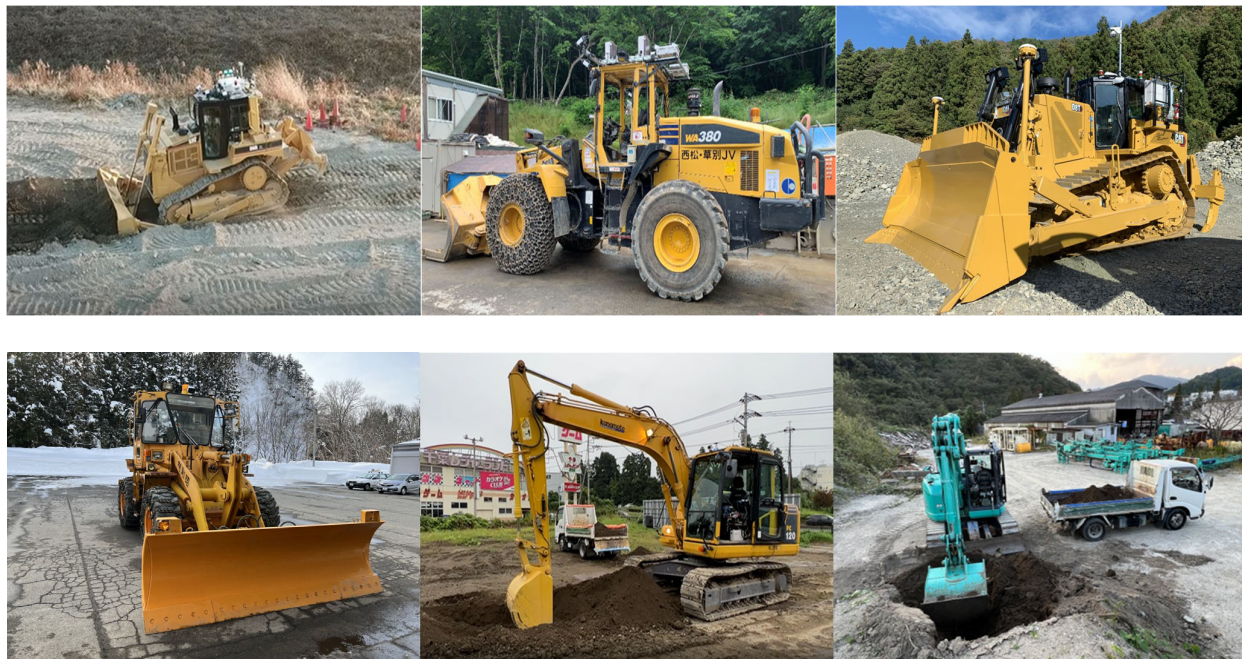


遠隔操縦室

4. 遠隔操縦システム

KanaTouchについて

既存の建設機械を遠隔操作、自動化するための後付けシステム

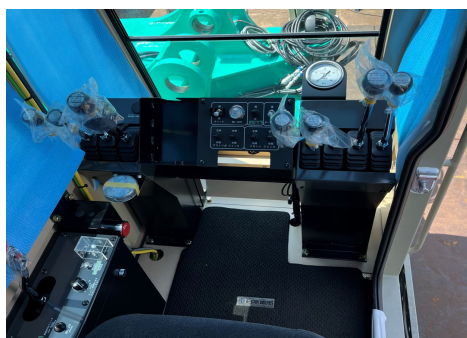


15

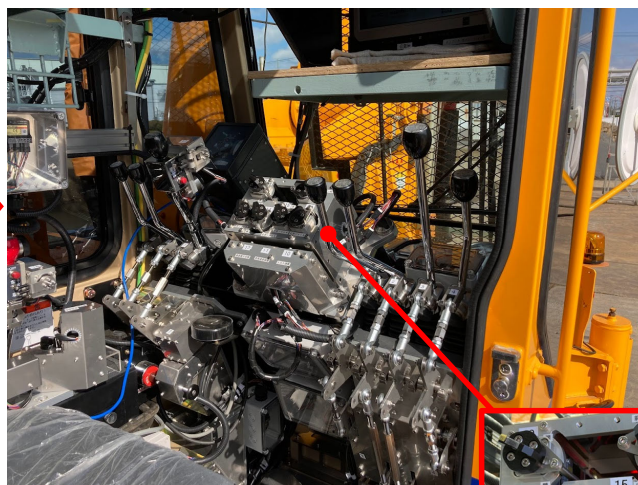
4. 遠隔操縦システム

KanaTouchの後付型操作装置

運転席の各操作レバー、ダイヤル、スイッチにアクチュエータを取り付け



通常の運転席



アクチュエータ取り付け後



16

4. 遠隔操縦システム

アクチュエータの配置一覧

No	操作機器	操作内容	タイプ	方式	アクチュエータ
1	走行レバー（左）	中立から前後	比例	操作レバーを直接作動	回転or直動式電動モーター
2	走行レバー（右）	中立から前後	比例	操作レバーを直接作動	回転or直動式電動モーター
3	オーガー回転	中立から前後	多段階	操作レバーを直接作動	回転or直動式電動モーター
4	ウインチ	中立から前後	比例	操作レバーを直接作動	回転or直動式電動モーター
5	リーダー傾斜（前後）	中立から前後	比例	操作レバーを直接作動	回転or直動式電動モーター
6	リーダー傾斜（左右）	中央から前後	比例	操作レバーを直接作動	回転or直動式電動モーター
7	オーガー上下	中立から前後	比例	操作レバーを直接作動	回転or直動式電動モーター
8	旋回レバー	中央から前後	比例	操作レバーを直接作動	回転or直動式電動モーター
9	エンジン回転数ダイヤル	ダイヤル回転	比例	ダイヤルを直接作動	回転or直動式電動モーター
10	トルク調整	ダイヤル回転	比例	ダイヤルを直接作動	回転式電動モーター
11	昇降速度調整	ダイヤル回転	比例	ダイヤルを直接作動	回転式電動モーター
12	速度最大切り替えスイッチ	トグルスイッチ	ON / OFF	スイッチを直接作動	回転式電動モーター
13	アウトリガー（1）	中立から上下	上 / OFF / 下	スイッチを直接作動	回転式電動モーター
14	アウトリガー（2）	中立から上下	上 / OFF / 下	スイッチを直接作動	回転式電動モーター
15	アウトリガー（3）	中立から上下	上 / OFF / 下	スイッチを直接作動	回転式電動モーター
16	アウトリガー（4）	中立から上下	上 / OFF / 下	スイッチを直接作動	回転式電動モーター
17	緊急停止ボタン（復帰無）	緊急時押す	ON / OFF	スイッチを直接作動	回転式電動モーター
18	オーガー早送りスイッチ	トグルスイッチ	ON / OFF	スイッチを直接作動	回転式電動モーター
19	旋回ブレーキスイッチ	トグルスイッチ	ON / OFF	スイッチを直接作動	回転式電動モーター
20	チャック開閉スイッチ	引上トグルスイッチ	ON / OFF	スイッチを直接作動	回転式電動モーター
21	ロッドクランプ開閉スイッチ	引上トグルスイッチ	ON / OFF	スイッチを直接作動	回転式電動モーター
22	ロッドガイド開閉スイッチ	トグルスイッチ	ON / OFF	スイッチを直接作動	回転式電動モーター
23	リーダー前後スイッチ	トグルスイッチ	上 / OFF / 下	スイッチを直接作動	回転式電動モーター

17

4. 遠隔操縦システム

遠隔操縦席

施工機本体に設置したジャイロセンサーの信号から、リアルな感覚を再現



- ・ 走行中の感触
- ・ 施工機の傾斜
- ・ 削孔中の振動 等

18

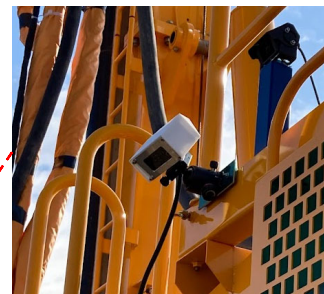
4. 遠隔操縦システム

施工機本体設置のカメラ

施工機の周辺状況を遠隔操縦者に伝えるために9か所に設置



アウトリガー監視（4カ所）



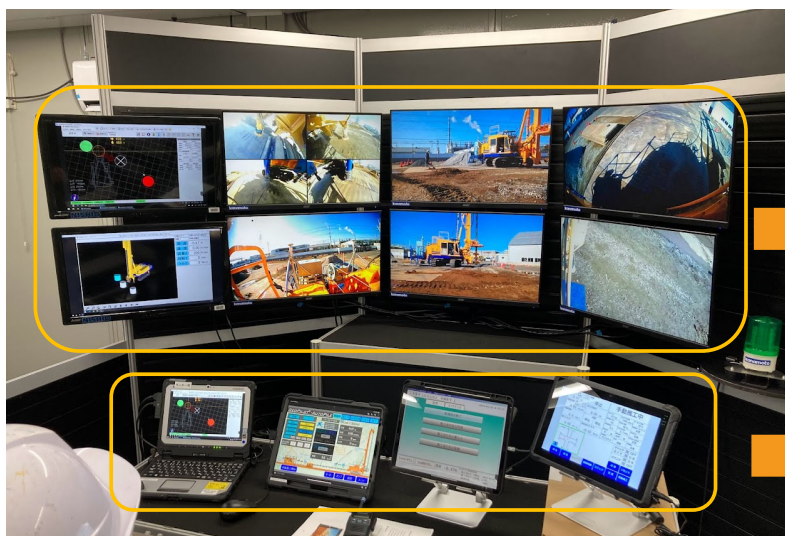
施工機周辺監視（3カ所）



俯瞰カメラ（2カ所）

4. 遠隔操縦システム

遠隔操縦室からの状況確認



施工管理モニタ 遠隔カメラモニタ(6台)

誘導画面 Visios-3D	アウトリガー 4分割表示	俯瞰1	右前方
3D施工管理	後方	俯瞰2	左前方

誘導画面 Visios-3D	自動打設 システム	施工管理 システム	本体管理 システム
-------------------	--------------	--------------	--------------

施工管理タブレットパソコン

4. 遠隔操縦システム

通信仕様

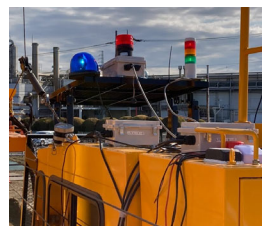
LTEや5Gを使用しているため距離は無制限
電波の不安定な場所では衛星通信（スターリンク）の併用も可能

遠隔操縦室



光インターネット回線

2軸フィードバック操作席



LTEルーター



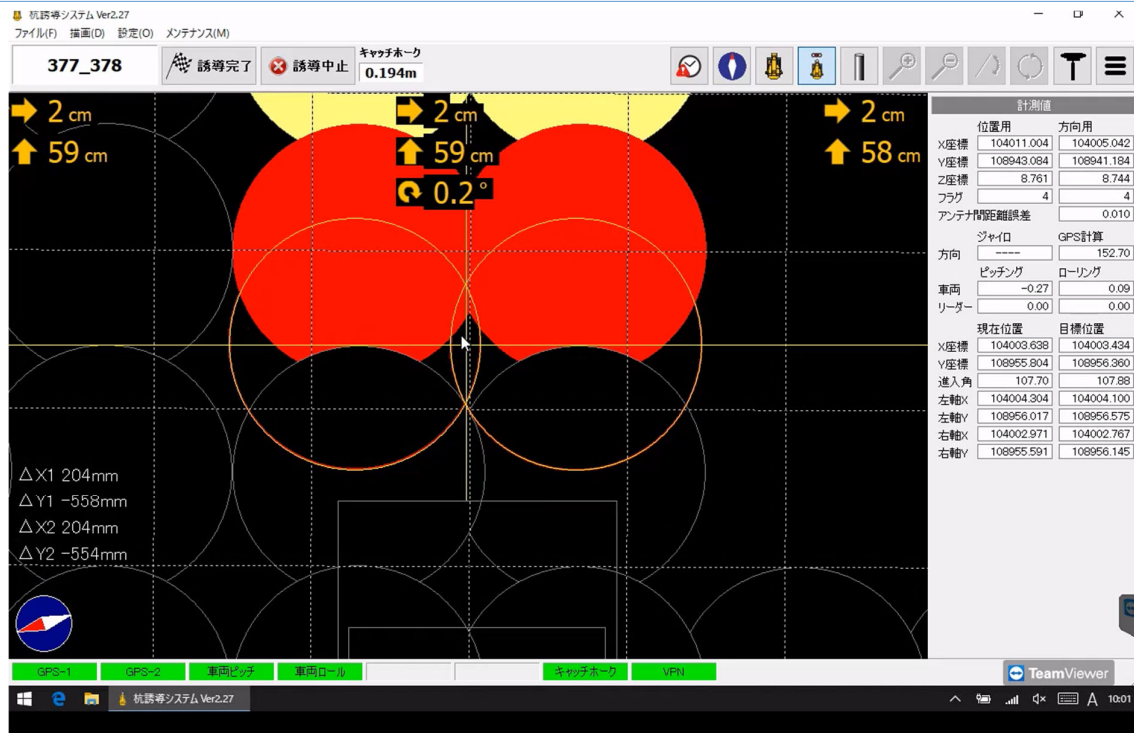
4. 遠隔操縦システム

遠隔操縦状況



4. 遠隔操縦システム

誘導状況



23

4. 遠隔操縦システム

期待される効果

- 無人化による対応現場の拡大
災害復旧地域や汚染された環境下、海外での施工が可能になる
- 省人化
オペレータは打設中に他の施工機の操作が可能となり
一人のオペレータで複数台の施工機を操作できる
- 安全性向上
オペレータは直接現場に出向く必要がなくなり
建設現場での重機と人との接触災害を防止できる
- 働き方改革の推進
快適な作業環境の提供が可能になり
高齢者や障がいのあるオペレータの活躍も期待できる

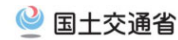
24

4. 遠隔操縦システム

国土交通省主催の現場検証に参画

「建設機械施工の自動化・遠隔化技術に係る現場検証」の実施者に選定

【①-a）、b）】安全ルール・機能要件の現場検証



- 今年度、安全ルールver2.0及び機械機能要件の策定を目的に、検証フィールドにおける自動施工機械の現場検証を実施。
- 本年7月に公募を開始し、21者からの応募を受付（昨年度は17者）
- 各フィールドにおいて現場検証を実施した。

公募結果一覧	
実施者（◎は代表者）	現場検証の内容
○ハイパイク、ジノ中国、中電工、土木研究所	建機の自動化・自律化運用に向けた超低遅延映像伝送技術およびレジリエントな無線通信技術
◎不動計、計研	地盤改良現場の無人化施工システム
○アス・アラビヤ	ハイブリッドラジコン重機RJ705 「神判」

出典：国土交通省ウェブサイト「建設機械施工の自動化・遠隔化」より一部抜粋
(URL https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000049.html)



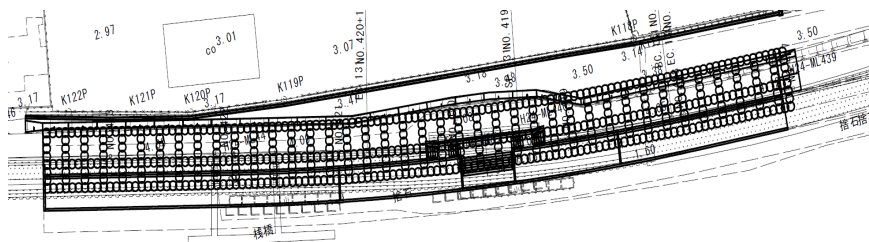
現場検証会の様子（2024年12月）

25

5. 現場実装

現場概要

- 工事名称 令和5-7年度中島上流堤防耐震対策工事
- 発注者 四国地方整備局 徳島河川国道事務所
- 受注者 兼子建設 株式会社
- 工法 CI-CMC-HA工法 Φ1300mm 数量565本 打設長11.5m 改良長10.5m
- 改良目的 河川堤防の液状化対策
- 工期 2025年2月～2025年5月（地盤改良）
- 適用技術 自動打設システム（GeoPilot-AutoPile）
遠隔操縦システム
施工の見える化システム（Visios-3D）
GNSS位置誘導システム（Tarpos3D）



5. 現場実装 現場の状況



現場掲示板



施工状況



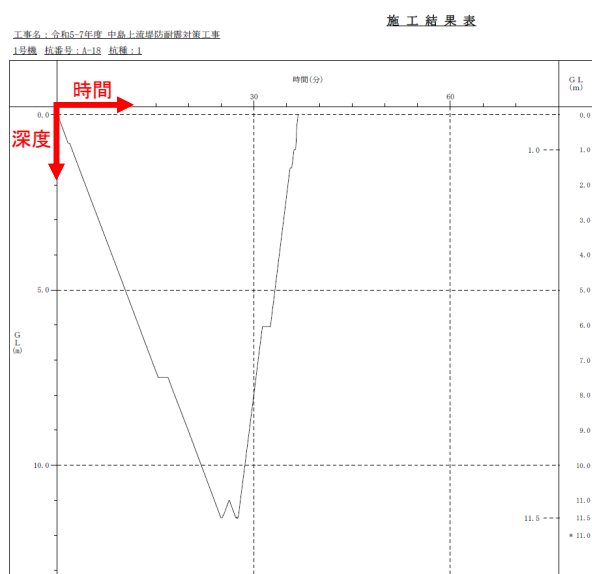
運転席(遠隔操縦システム搭載時)



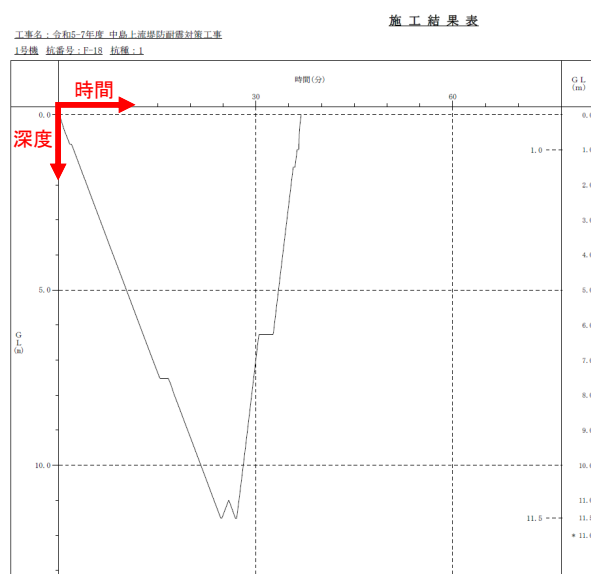
遠隔操縦室

5. 現場実装 施工サイクルの比較

施工時間や材料使用量は通常施工と同等であることを確認



通常施工(搭乗して手動打設)



遠隔操縦&自動打設

5. 現場実装

現場見学会を開催

国土交通省四国地方整備局のYouTubeチャンネルにて見学会の様子を公開中



【現場へ行こう!】日本初!「現場までゼロ距離」を可能にした河川堤防耐震工事を行っている現場の見学会に潜入!
(<https://www.youtube.com/watch?v=KJEk6VHjILg>)

29

5. 現場実装

おわりに



30



ご清聴ありがとうございました