

# CI-CMC-HG工法

Contrivance Innovation - Clay Mixing Consolidation - Hard Ground  
(工夫) (革新) (深層混合処理工法) (硬質地盤)

---

超硬質地盤に適応した大径・低変位の深層混合処理工法  
【NETIS登録番号：QS-200009-A】

(株) 不動テトラ 赤木俊介



1. 深層混合処理工法とは

2. CI-CMC工法とは

3. CI-CMC-HG工法とは

4. 施工実績紹介

・最近のトピック：ICT施工対応について



## 1. 深層混合処理工法とは

## 2. CI-CMC工法とは

## 3. CI-CMC-HGとは

## 4. 施工実績紹介

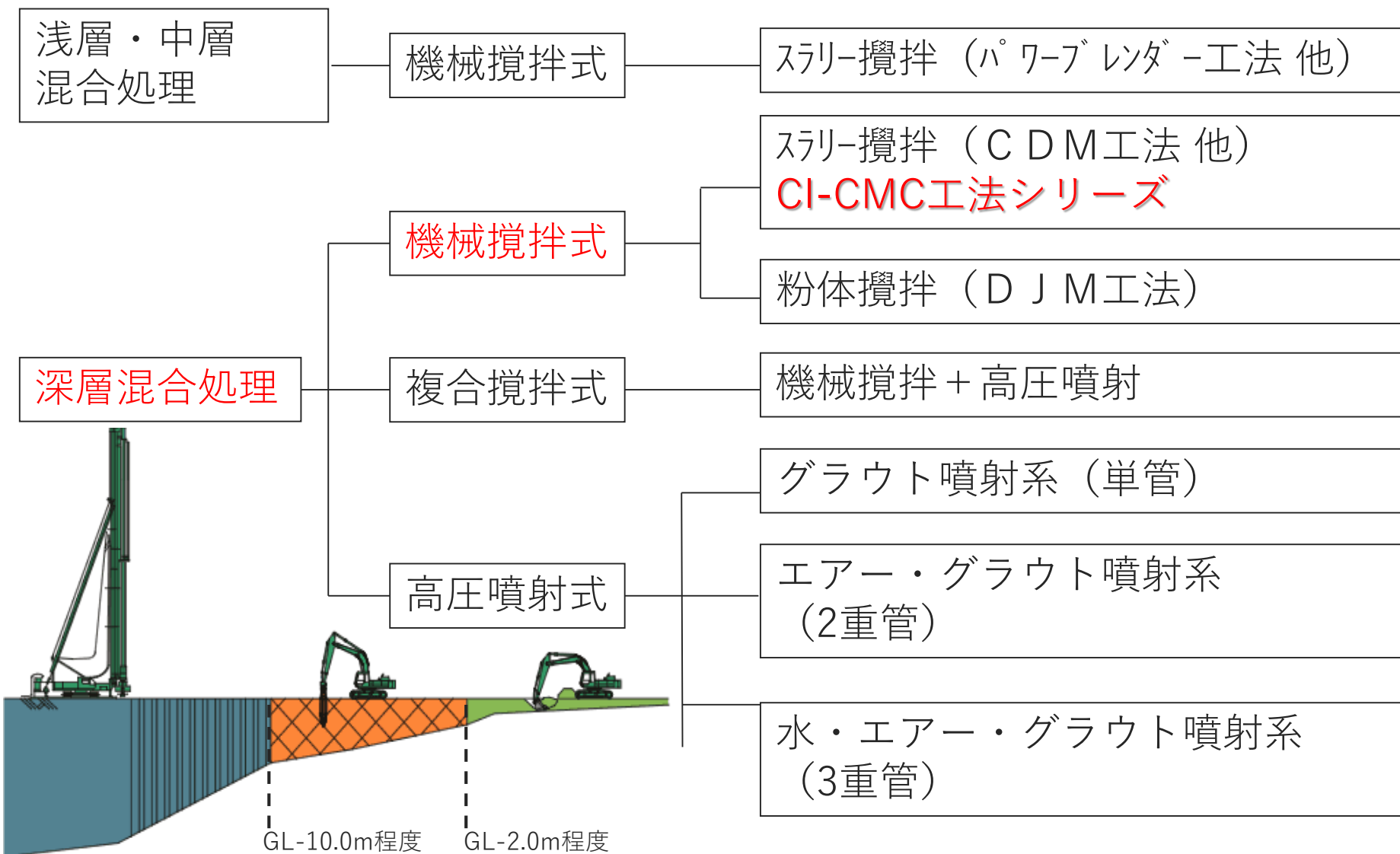
- ・最近のトピック：ICT施工対応について



# 地盤を固める工法の種類

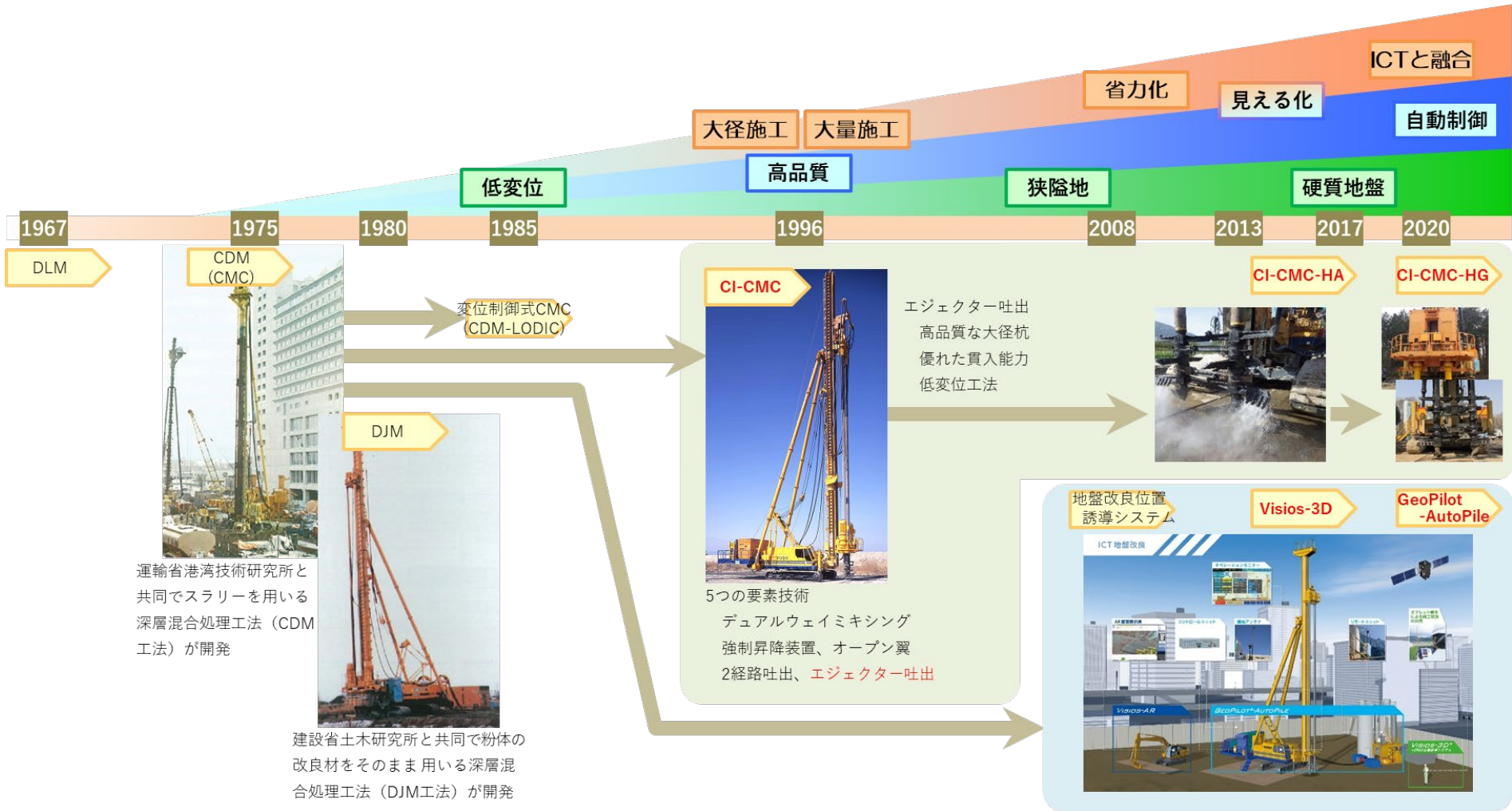
## 1. 深層混合処理工法とは

4



# 深層混合処理工法の変遷

## 1. 深層混合処理工法とは



1. 深層混合処理工法とは

**2. CI-CMC工法とは**

3. CI-CMC-HGとは

4. 施工実績紹介

・最近のトピック：ICT施工対応について



### CI-CMC工法

Cotrivance Innovation-CMC

国交省積算基準スラリー攪拌工Φ1600×2軸（変位低減型）に制定

大径・低変位の深層混合処理工法



2017年 New Release

### CI-CMC-HA工法

Cotrivance Innovation-CMC-Hard ground & Air control

NETIS : QS-160049-VE

NNTD : 1250

硬質地盤に適応した大径・低変位の深層混合処理工法



2020年 New Release

### CI-CMC-HG工法

Cotrivance Innovation-CMC-Hard Ground

NETIS : QS-200009-A

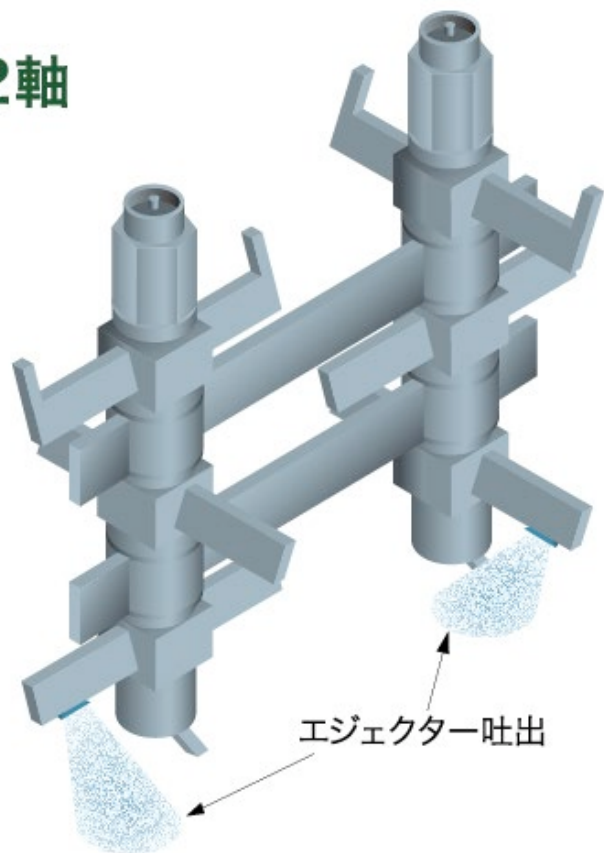
超硬質地盤に対応した深層混合処理工法



CI-CMC施工機械

CI-CMC工法の性能をそのままに硬質地盤～超硬質地盤に適用拡大

2軸



### エジェクター吐出

エアーを同伴した霧状のスラリー吐出方式  
霧状スラリーが土をほぐし攪拌域の流動性を高める

#### エジェクターの効果

- 高い改良品質の施工を実現  
土の流動性向上による攪拌能率UP
- 優れた貫入能力を実現  
土の流動性向上による貫入・攪拌負荷低減
- 周辺変位の大幅な低減を実現  
エアリフト効果による排土機構

▶▶▶ 大径化 & 高品質 & 低変位を両立

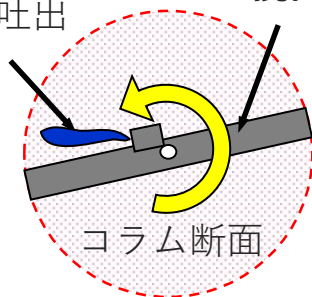




エジェクター吐出状況

### 従来の吐出方式

スラリー  
低圧吐出

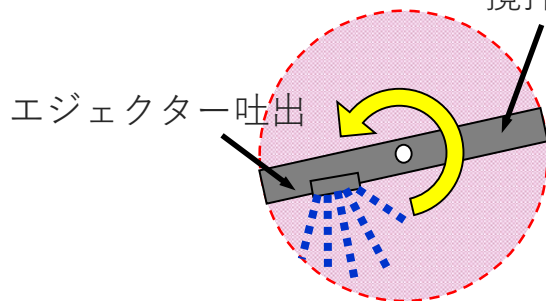


- ・ 固化材の分布にムラ
- ・ 回転負荷が大きい

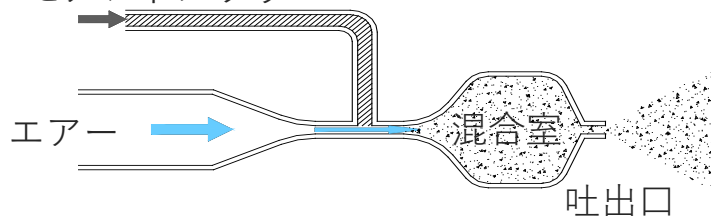


### エジェクター吐出方式

エジェクター吐出



セメントスラリー

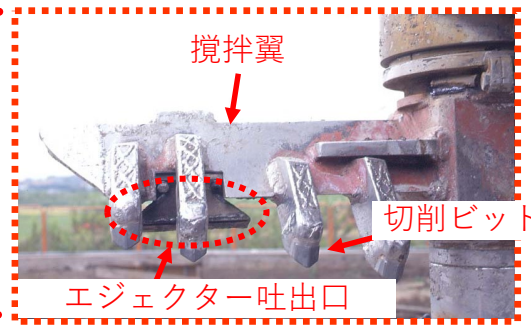
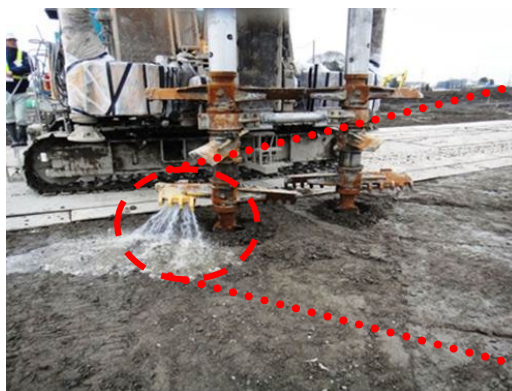


高速噴射される  
霧状スラリー

土の破碎効果  
流動性増加

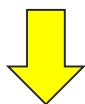


- ・ 固化材を均一に散布可能
- ・ 攪拌域の流動化により  
回転負荷が小さい



- エアーを用いてスラリーを霧状に吐出  
⇒ 「エジェクター吐出機構」の開発
- 大径・高品質な深層混合処理工法を実現

- 工期短縮
- 高品質
- 高強度
- 低コスト



- 低変位施工
- 硬質地盤対応

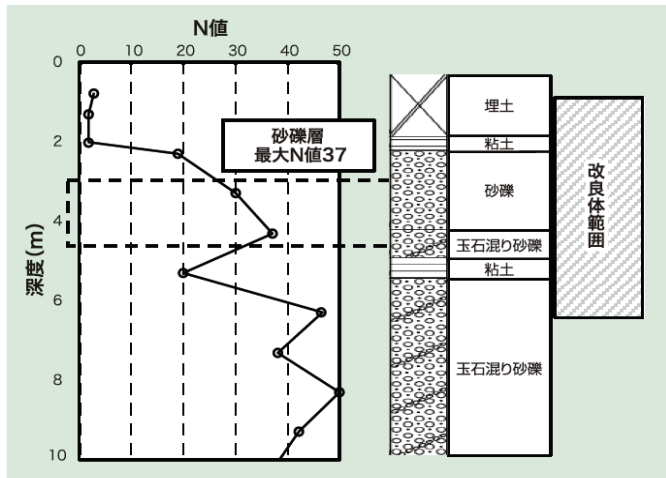


従来工法

霧状スラリーが土を破碎、土をほぐす ⇒ 攪拌域内の流動性が向上

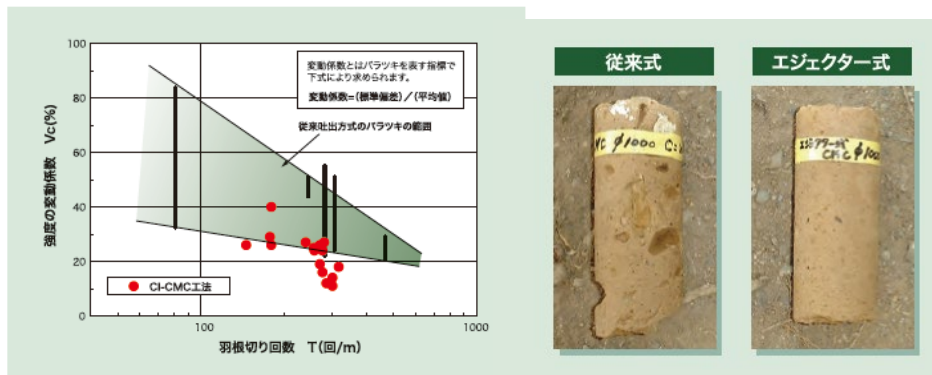
### 優れた貫入能力

N値35の地盤を貫入しており、貫入能力が優れていることがわかります。



### 高品質な大径杭

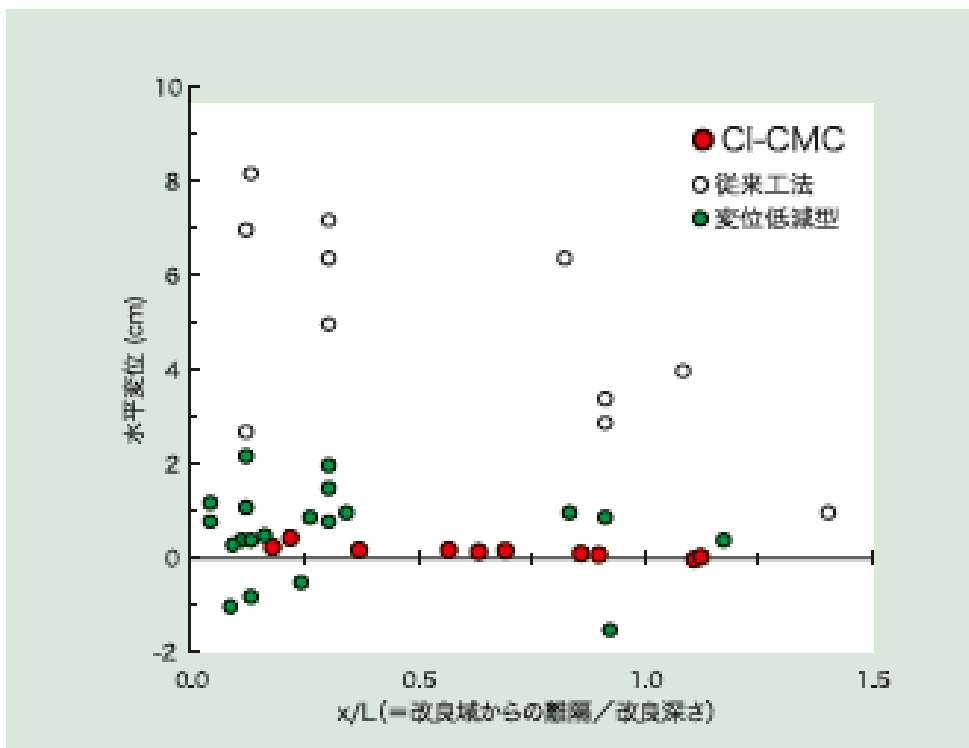
バラツキの極めて小さい高品質な改良体が造成されていることがわかります。  
HA工法では、エア量の制御により更に品質が向上します。



攪拌域内の流動性が向上・エアリフト効果 ⇒ 盛上りを攪拌域のみに限定

### 低変位工法

周辺変位が大幅に低減しています。

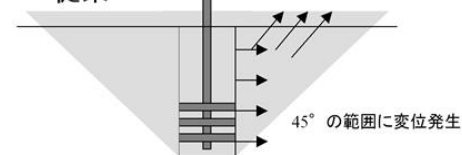


エアリフト効果で土が移動しやすくなりスムーズに上昇

市街地、近接施工への対応

周辺変位の減少

従来



45° の範囲に変位発生

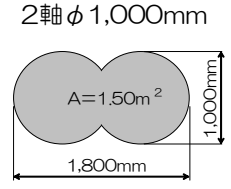
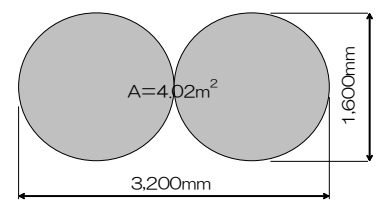
CI-CMC

エアリフト効果

自硬性排泥は盛土材として有効利用

攪拌域の流動化  
変位は攪拌域のみに



既存技術 (CDM工法)	CI-CMC工法
スラリー吐出のみ	霧状噴射の <b>エジェクター吐出</b>
<p>2軸φ1,000mm</p>  <p>A=1.50m<sup>2</sup> 1,800mm 1,000mm</p> <p>軸間距離=800mm</p>	<p>2軸φ1,000~1,600mm</p>  <p>A=4.02m<sup>2</sup> 3,200mm 1,600mm</p> <p>軸間距離=1600mm or 1400mm</p>
バラツキ 変動係数 15~50% (平均40%)	(所定の施工管理の下で) バラツキ 変動係数 $\leq 30\%$
砂質土 N値 $\leq 15$ 粘性土 N値 $\leq 8$	砂質土 N値 $\leq 35$ 粘性土 N値 $\leq 8$
水平変位 数cm~10cm程度	水平変位 <b>数mm</b>

エジェクター吐出

大径施工

高品質

硬質地盤対応

低変位施工

コストの縮減が可能

あらゆる条件での  
大量施工の実現

# 目次（説明内容）

---

1. 深層混合処理工法とは

2. CI-CMC工法とは

**3. CI-CMC-HG工法とは**

4. 施工実績紹介

・最近のトピック：ICT施工対応について



### 超硬質地盤に対応したCI-CMC工法を開発



施工状況全景



①超硬質対応モーター



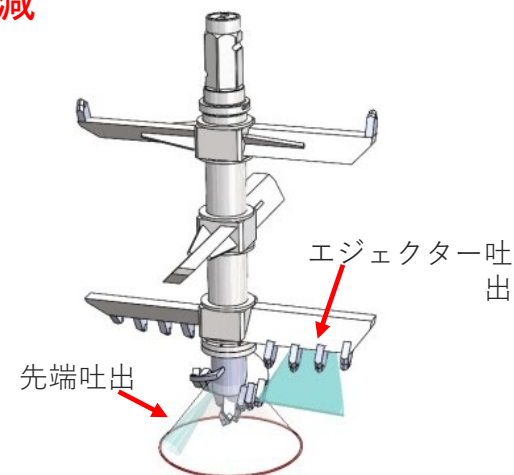
②スラリー吐出機構  
(先端吐出)

#### ① 硬質モーターの導入

- ・最大トルクが従来モーターの2倍
  - ・回転数を任意にコントロール可能  
(硬質層のみで高トルク施工が可能)
- ⇒貫入能力の向上  
N値50を超える地盤への適用

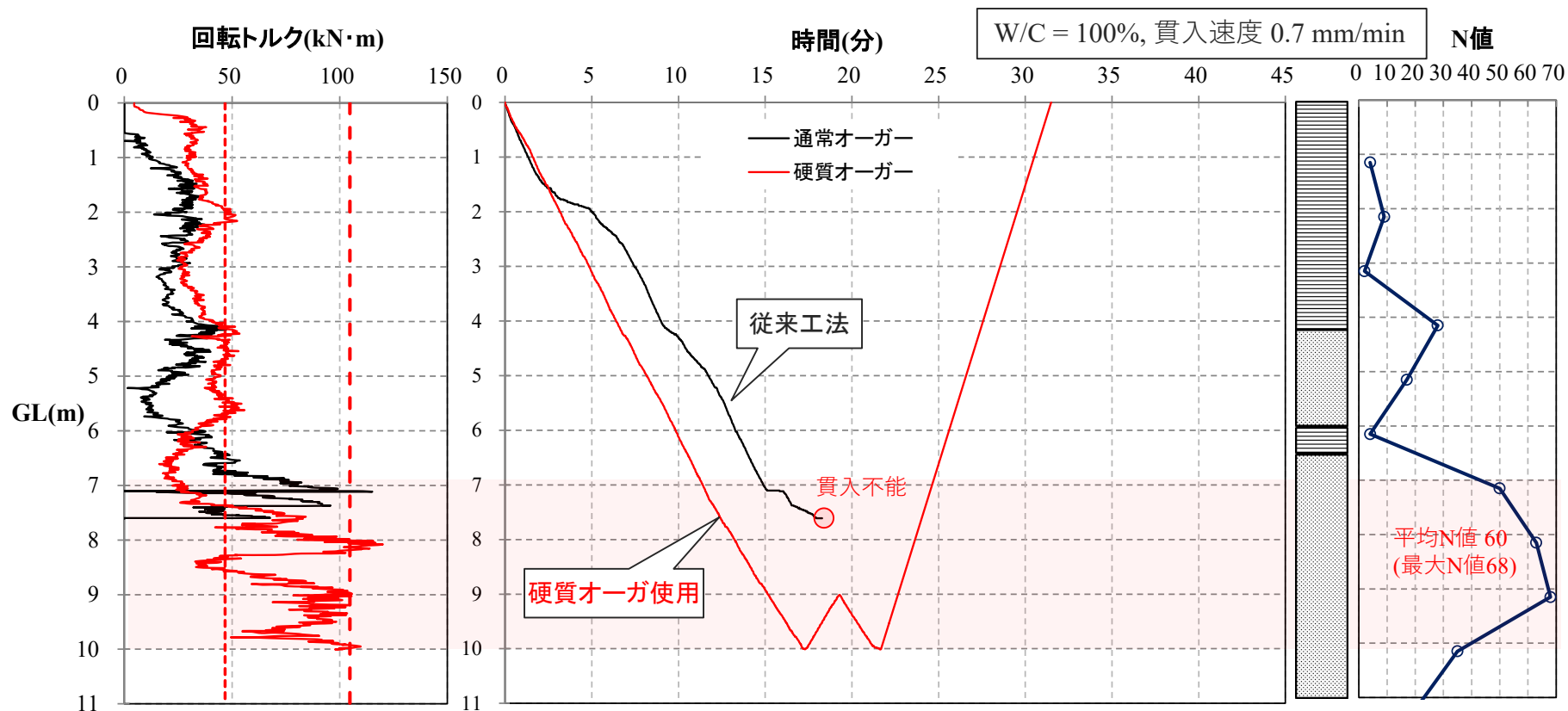
#### ② 先端吐出機構の併用

- ・先端ビットから圧縮エアや固化材スラリーを吐出可能
- ⇒貫入抵抗の低減



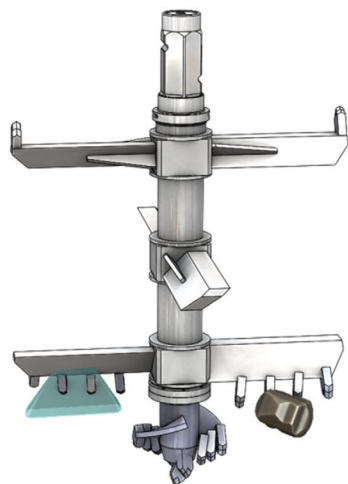


従来の工法では回転トルクの最大値50kN・mを大きく超え貫入不可能であったが、硬質対応オーガーでは機械負荷の少ない安定した貫入が可能となった

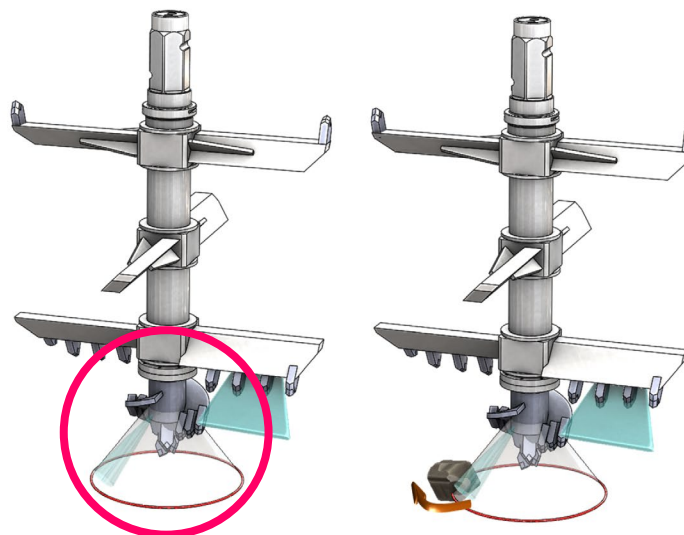


放射状の**先端吐出**により、地盤の切削を補助

【従来】



【CI-CMC-HG工法】



【先端吐出機構の効果】

- ① 貫入能力の向上
- ② 攪拌翼の摩耗の低減
- ③ 攪拌域の流動性向上による障害物の回り込み  
(従来は転石が動きづらく、翼に当たった際に貫入困難)



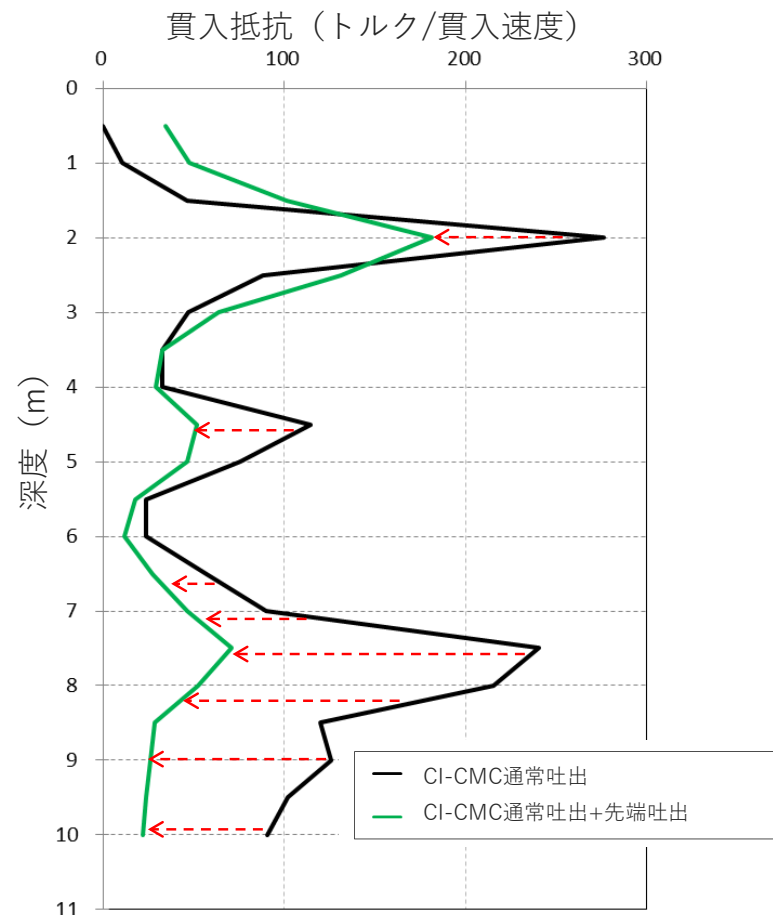
### 転石対応能力の向上



試掘した転石の例

高トルク施工かつ、先端吐出による流動性向上により、転石介在地盤にも適用性が拡大

### 施工負荷の低減



先端吐出を採用することで、施工負荷が平均で2~4割低減



# 目次（説明内容）

---

1. 深層混合処理工法とは

2. CI-CMC工法とは

3. CI-CMC-HG工法とは

**4. 施工実績紹介**

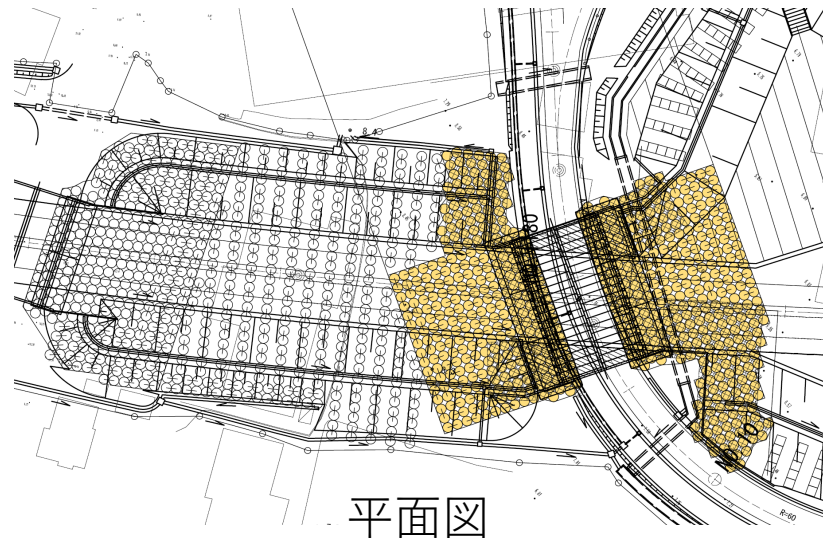
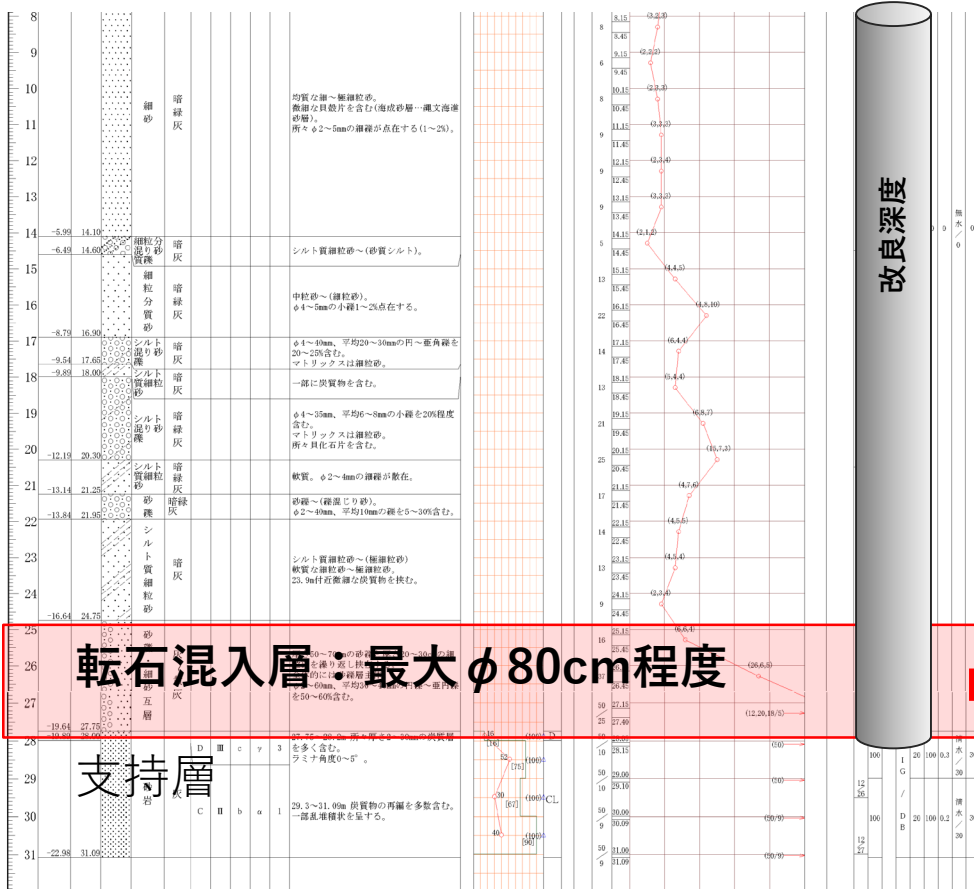
・最近のトピック：ICT施工対応について



### CI-CMC-HG工法施工実績一覧

No.	発注機関	施工場所	硬質・障害物地盤の詳細
1	国土交通省東北地方整備局 三陸国道事務所	岩手県久慈市	転石混じり砂礫層(転石径:最大80cm程度)
2	民間	青森県	支持層への根入れ(岩盤層へ50cm)
3	国土交通省関東地方整備局 利根川上流河川事務所	埼玉県久喜市	密実な硬質砂層(N値~50)
4	長野県	長野県坂城町	硬質礫層(N値30~50)
5	民間	北海道	支持層への根入れ(硬質砂層:N値50以上)
6	国土交通省九州地方整備局 熊本河川国道事務所	熊本県熊本市	旧築堤基礎の転石(30~40cm程度)

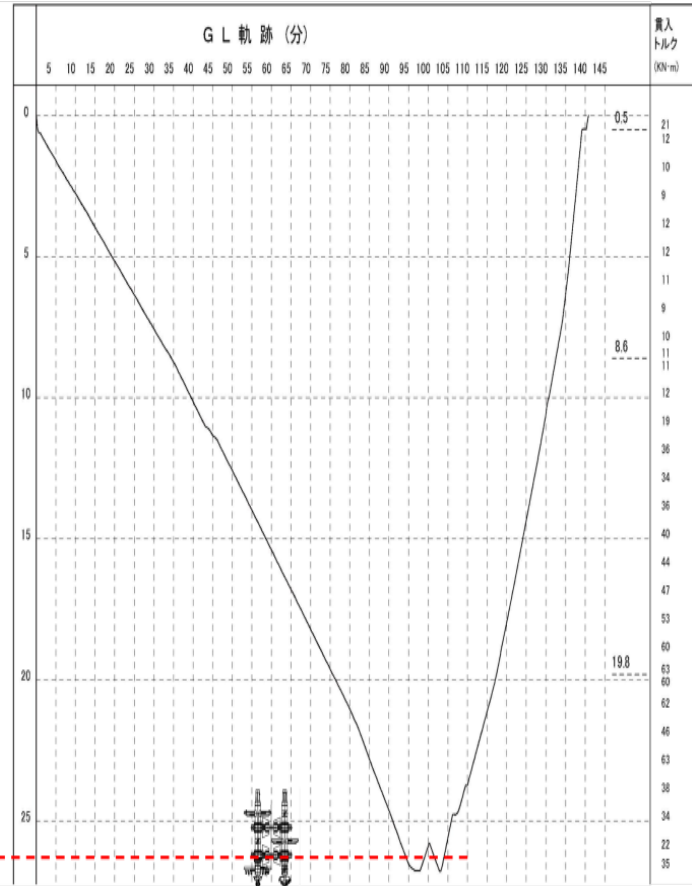
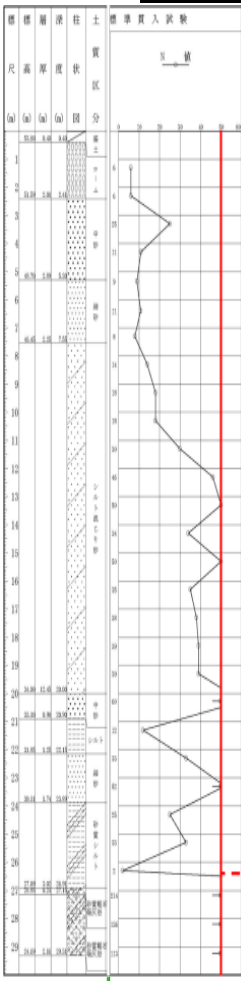
No.	発注機関	施工場所	硬質・障害物地盤の詳細
1	国土交通省東北地方整備局 三陸国道事務所	岩手県久慈市	転石混じり砂礫層(転石径:最大80cm程度)



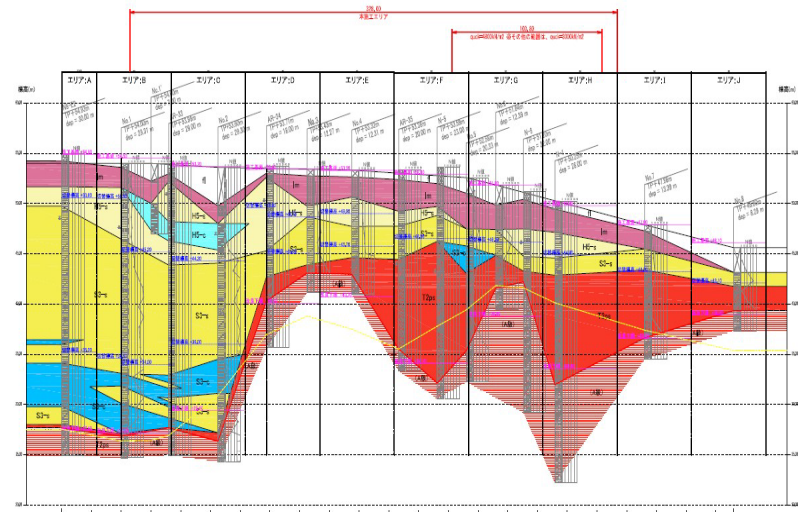
転石の様子



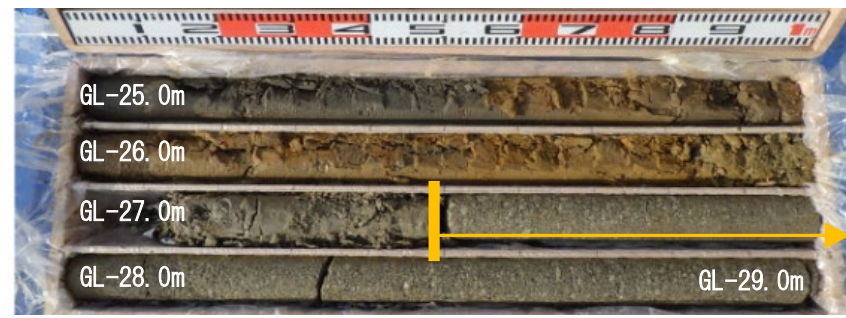
No.	発注機関	施工場所	硬質・障害物地盤の詳細
2	民間	青森県	支持層への根入れ(岩盤層へ50cm)



施工記録



地質想定縦断図



原地盤コア

ICT 地盤改良

オペレーションモニター

AR画面表示例

コントロールユニット

通信アンテナ

リモートユニット

タブレット端末による施工状況の共有

省力化

自動化

見える化

VISIOS-AR

GEOPILOT®-AUTOPILE

VISIOS-3D®  
+GNSS位置誘導システム

見える化 [リアルタイム施工管理システム+3次元モデル化システム]

## ビジオス-スリーディー VISIOS-3D<sup>®</sup>+GNSS位置誘導システム

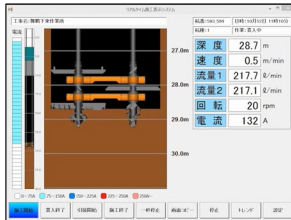
Visios-3Dは、地盤改良の施工状況をこれまでよりも高いレベルで可視化できる新しい施工管理システムです。

「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。

### 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、地盤内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

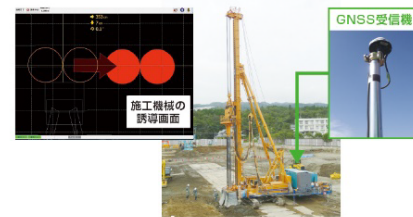
オペレータの施工支援画面と同じ情報を、クラウドサーバーにより、タブレット端末や事務所内に設置したパソコン等で複数の現場スタッフがリアルタイムに見ることができます。



### 『ICT地盤改良工（深層混合処理工）』に対応

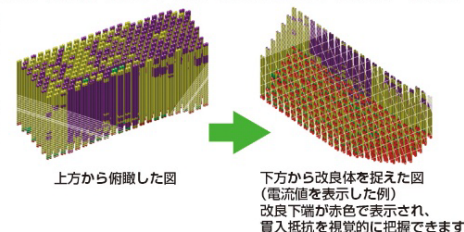
#### ③ GNSS位置誘導システム

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。



省力化 [建設重機に取付可能なガイダンスシステム]

ビジオス-アー  
**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

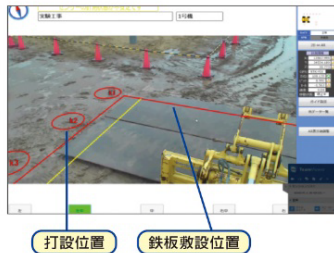
カメラ・GNSS・傾斜計・タブレットPCによって構成されており、バックホウやタイヤショベルなどの汎用的な建設重機に取り付け可能です。



### 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。



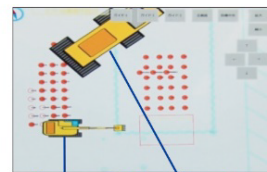
### ③測量作業の省力化

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。

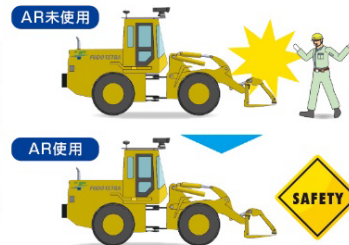
施工中に地表面が乱されても位置出し等、やり直しが発生しないため、測量作業が軽減されます。

### 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。



自動化 [大型地盤改良機で初の自動打設システム]

ジオパイロット-オートパイル

## GEOPILOT®-AUTOPILE

GeoPilot®-AutoPileは、新たに開発した地盤改良工法の自動打設システムです。従来、オペレータが管理計器を見ながら行っていた打設操作を、コントロールユニットが施工機を制御して自動で打設を行います。スラリープラントと施工機本体は無線で交信でき、オペレータが操縦席に座りながらプラントの状況を把握できます。

### 特長

#### ① 操作の簡素化

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します。



GeoPilot®-AutoPile搭載状況

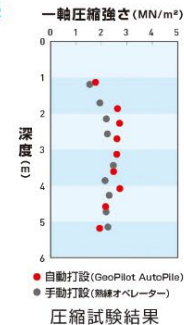
#### ② 習熟期間の短縮

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。これにより若手オペレータの活躍が期待できます。



#### ③ 確実な品質の提供

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

熟練オペレーターによる手動打設

改良体コア写真

#### ④ 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ます。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します。

御清聴ありがとうございました



# 以降予備スライド



## 従来の機械攪拌式深層混合処理工法 + 特殊なスラリー吐出機構

品質を落とさずに大径化を実現した工法

# CI - CMC

**C**ontrivance **I**nnovation - **C**lay **M**ixing **C**onsolidation  
(工夫) (革新) (従来の深層混合処理工法)





### CI-CMC工法の性能そのままに超硬質地盤に適用拡大

品質を落とさずに大径化を実現した工法

# CI-CMC-HG

**C**ontrivance **I**nnovation - **C**lay **M**ixing **C**onsolidation

(工夫)

(革新)

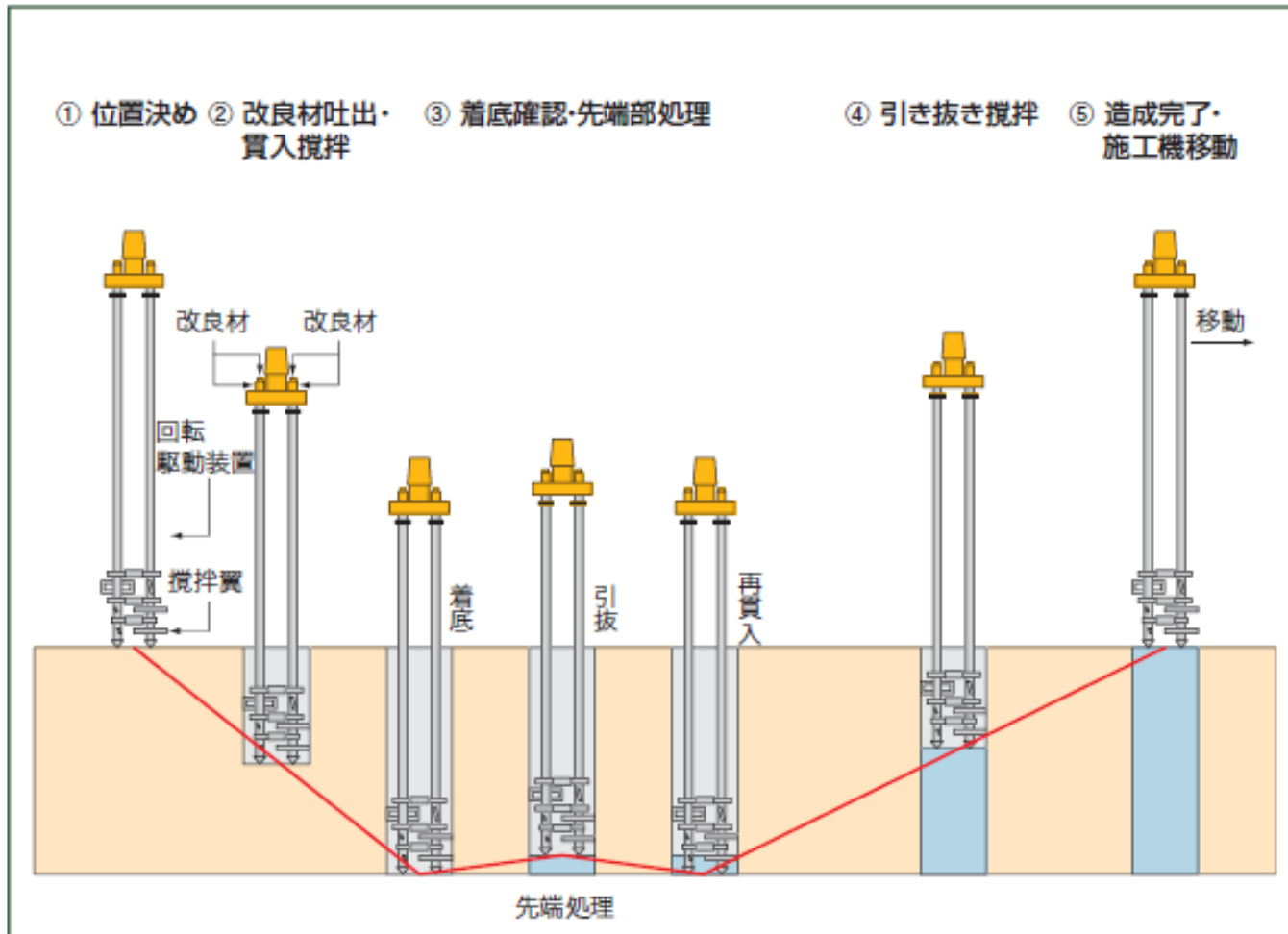
(従来の深層混合処理工法)

- **H**ard **G**round

(硬質地盤)



## CI-CMC工法はスラリーを吐出・攪拌しながら改良体を造成



### CI-CMC-HG工法は硬質地盤対応時の**問題解決のために開発された**

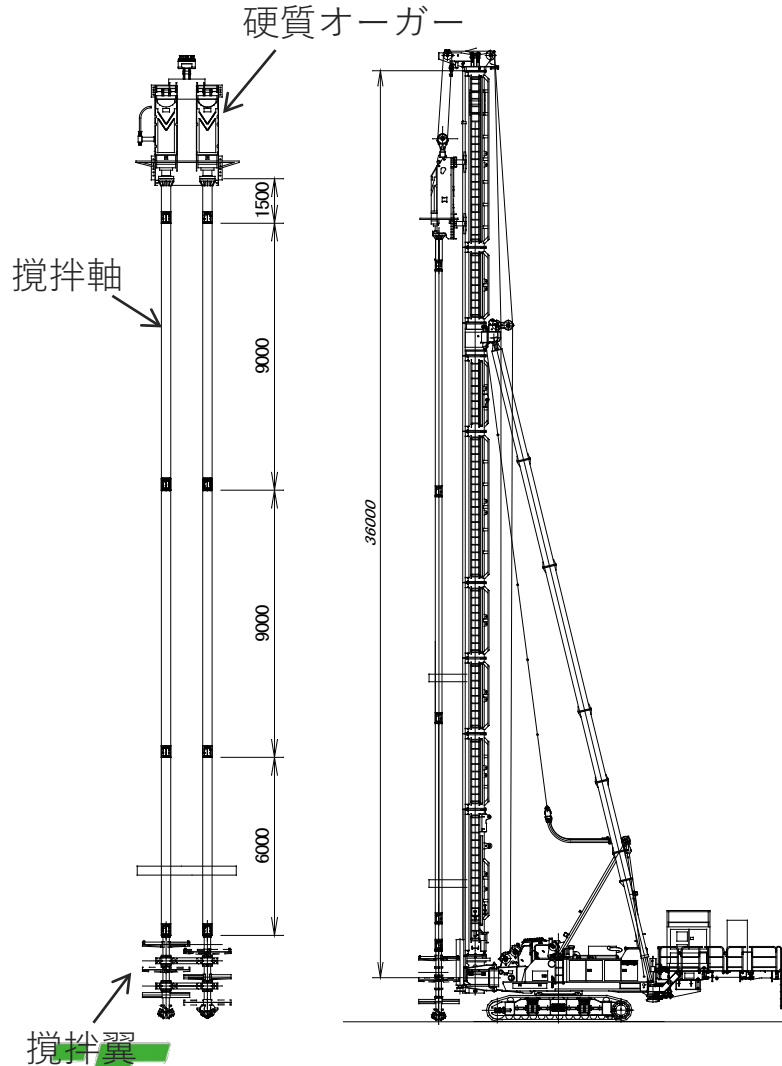


#### 問題点

- ・ 攪拌翼，軸，モータへの負担
- ・ スラリーロスの増加
- ・ 施工能率の低下
- ・ 修理費等の増大



硬質モータ（オーガー）の導入により最大トルク値が上昇



- ・ 最大トルクが従来モーターの2倍
- ・ 回転数を任意にコントロール可能  
(硬質層のみで高トルク施工が可能)

従来工法とのモータの比較

	CI-CMC工法	CI-CMC-HG工法
オーガー	90 KW	90 KW
発電機	600 KVA	800 KVA
最大トルク	50 kN・m	104 kN・m
回転数	18~36 min <sup>-1</sup>	3.3~29.5 min <sup>-1</sup>

# CI-CMC-HG工法

Contrivance Innovation - Clay Mixing Consolidation - Hard Ground  
(工夫) (革新) (深層混合処理工法) (硬質地盤)

超硬質地盤に適応した大径・低変位の深層混合処理工法

【NETIS登録番号：QS-200009-A】

- エジェクター吐出機構
- 先端吐出機構
- 高トルク超硬質オーガー




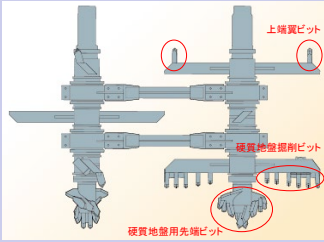

- 機械負荷の少ない安定した貫入
- 転石対応
- 岩盤への確実な根入れ



## 官民間問わず、転石対応、確実な根入れを可能とした実績あり

NO	地区	発注	最大N値	地盤	杭長	ピッチ
1	北海道	民間	N=50以上	岩盤根入れ	23m	1300
2	東北	民間	N=250	岩盤根入れ	23m	1600
3	東北	民間	N=250	岩盤根入れ	23m	1300
4	東北	国土交通省	N=50以上	転石+岩盤根入	20m	1600
5	関東	国土交通省	N=30	ビリ石層	30m	1600
6	中部	県	N=30	玉石200mm~300mm	15m	1600



工法	CI-CMC工法	CI-CMC-HA工法	CI-CMC-HG工法
NETIS	掲載期限終了	QS-160049-VE	QS-200009-A
概要	エジェクター吐出方式を搭載する機械攪拌式の深層混合処理工	CI-CMC工法から攪拌翼の改善により硬質地盤への適用性が拡大	CI-CMC工法から超硬質オーガー、先端吐出機構の搭載により、硬質地盤への適用性が大幅に拡大
模式図			
改良径	Φ1600×2軸 など	Φ1600×2軸 など	Φ1600×2軸
搭載技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>エジェクター吐出機構</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エジェクター吐出機構</li> <li>改良攪拌翼</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エジェクター吐出機構</li> <li>改良攪拌翼</li> <li>先端吐出機構</li> <li>高トルク超硬質オーガー</li> </ul>
適用地盤の目安 (砂の場合)	砂質土N<25 根入れN<35	砂質土N<25 硬質層N<50	砂質土N<50 (最大N<70)
周辺変位	変位低減型	変位低減型	変位低減型
備考	国交省積算基準スラリー攪拌工 Φ1600×2軸 (変位低減型) として制定	層厚3m程度までの硬質層にも対応 可能	硬質地盤や転石混入地盤へ適用拡大 左記工法からアタッチメント変更により 工法変更可能