

# 大口径かつ硬質地盤へ対応する 深層混合地盤改良施工システム

## 『DCS工法』

日特建設株式会社 金舛 能史



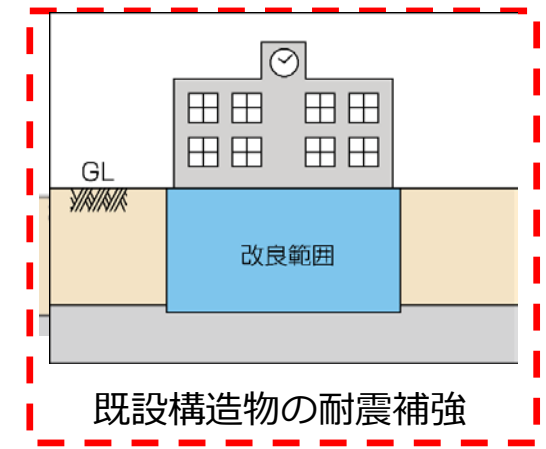
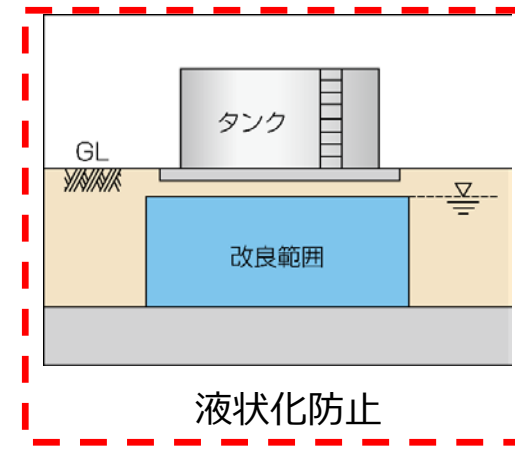
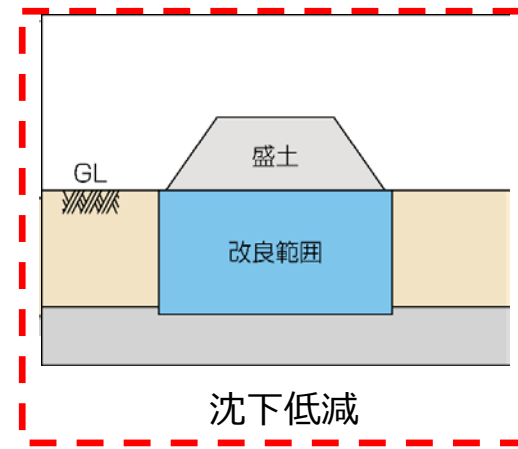
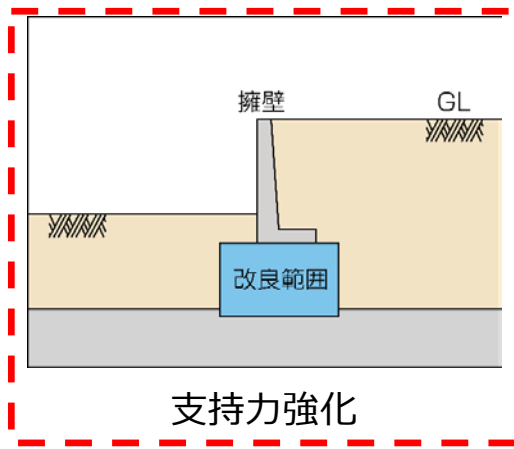
## 本日の内容

1. はじめに
2. DCS工法の概要
3. 大口径DCS工法の施工事例
4. 施工管理へのICTの導入
5. おわりに

## 1.はじめに

軟弱地盤対策は、劣悪な地盤条件のもとに多くの人口を擁する我が国において、活発な産業活動を進める上で避けて通ることの出来ない重要課題とされています。建設工事が大規模化するに伴って、地盤改良の必要性も飛躍的に高まり、多くの技術開発がなされ、改良範囲も浅い地盤から深い地盤へと広がってきました。深層混合処理工法は数多くの地盤改良工法の中で重要な位置を占めています。

近年では、軟弱地盤における「支持力強化」、「沈下低減」、「液状化防止」、「既設構造物の耐震補強」を目的として、「大口径」、「大深度」、「硬質地盤」などに対応可能な深層混合処理工法の適用が増えています。



## 2. DCS工法の概要

## ● 概要

深層混合処理工法は1960年代後半に（旧）運輸省港湾技術研究所が開発した粉体の石灰を地中に混入して、柱状の改良体を造成するDLM工法（Deep Lime Mixing）に始まったとされています。

DCS工法は、スラリー状に混練したセメントあるいはセメント系固化材を原位置地盤に注入しながら、原位置土と固化材の相対攪拌機能により改良体を造成する深層混合処理工法です。



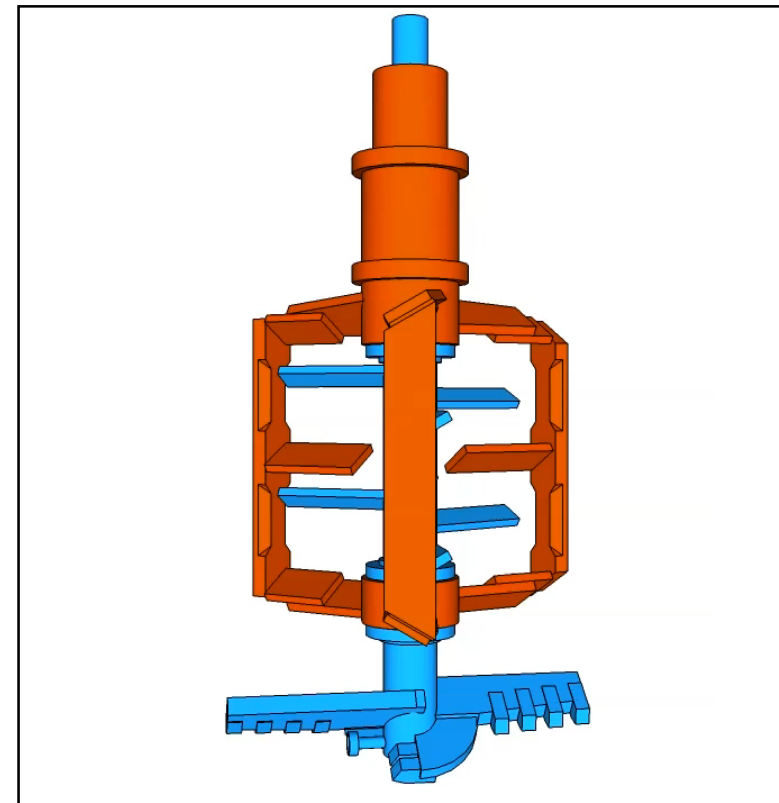
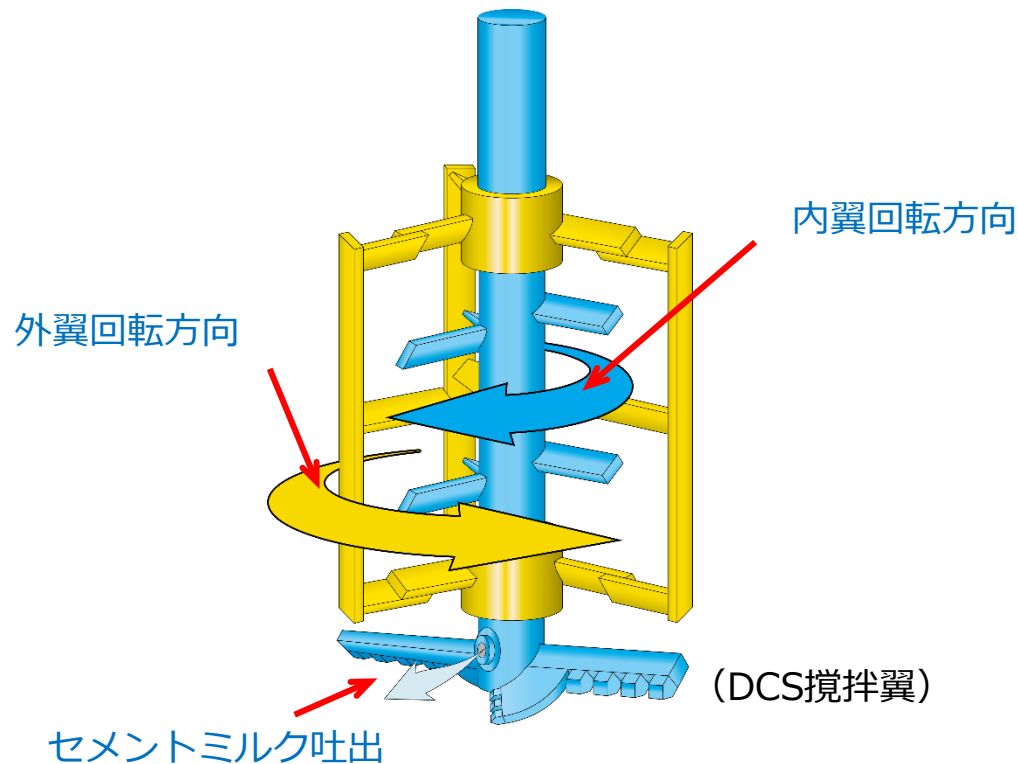
CS工法施工機-



## ●DCS工法の攪拌機構

DCS工法の先端攪拌翼は、従来の深層混合処理工法の攪拌機構である水平攪拌翼の一方向から、**相対攪拌式**を採用しており、外翼と内翼が逆方向に回転することで、**地盤のつれ回り・共回り現象**を解消し強制的に混合攪拌します。これにより地盤中に**高品質の改良体**を造成することを可能にしています。

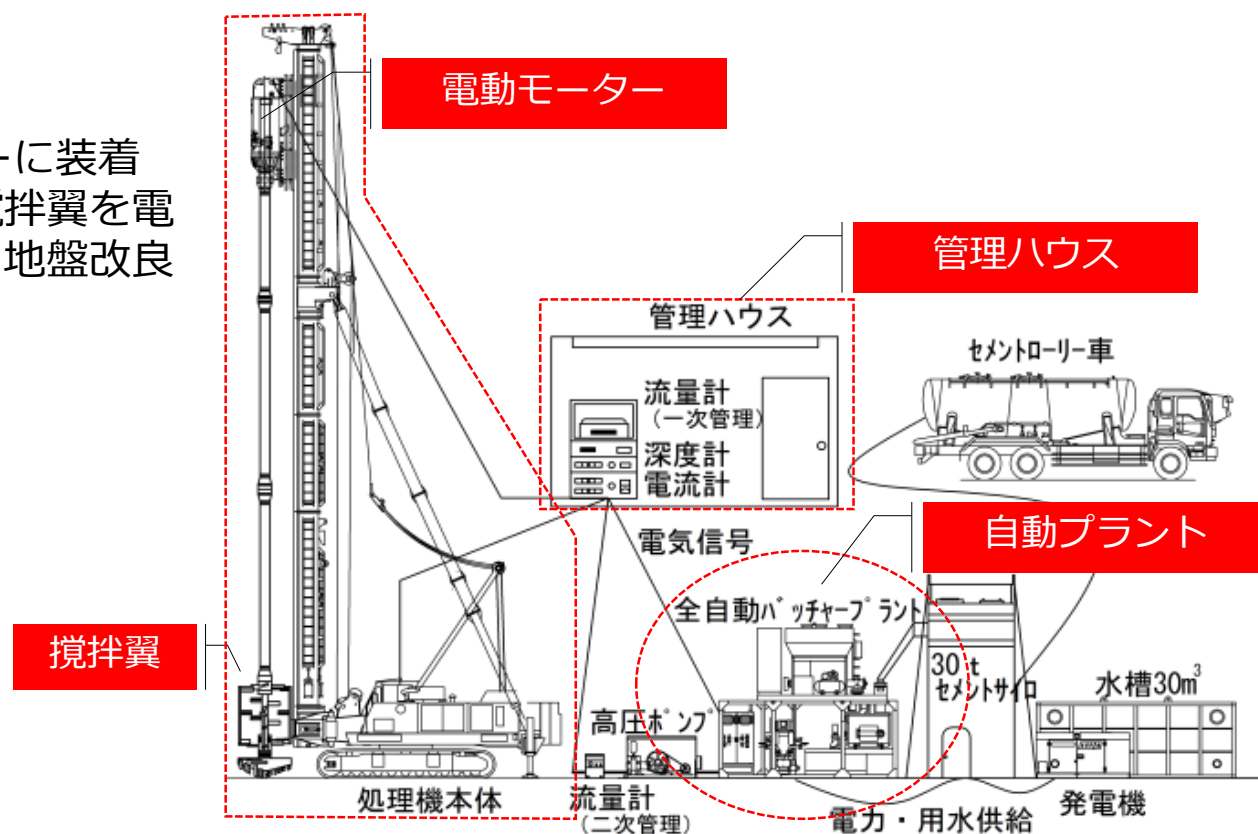
また外翼・内翼共に回転軸となるロッドに固定されているので剛性が高く、硬質地盤にも貫入することが出来ます。



## ●DCS工法の施工方法

全装備120t~135t級の3点式杭打ち機を本体として、その本体のリーダーに沿って自由に上昇・下降させることのできる施工装置を装備し、先端または側面からスラリー状固化材を地盤中に注入して施工管理装置にセットした杵型複合相対攪拌翼をアースオーガにより外翼・内翼を逆方向に回転させることで、現位置土と固化材を混合しながら所定の深度まで貫入攪拌し地中に改良体を造成します。

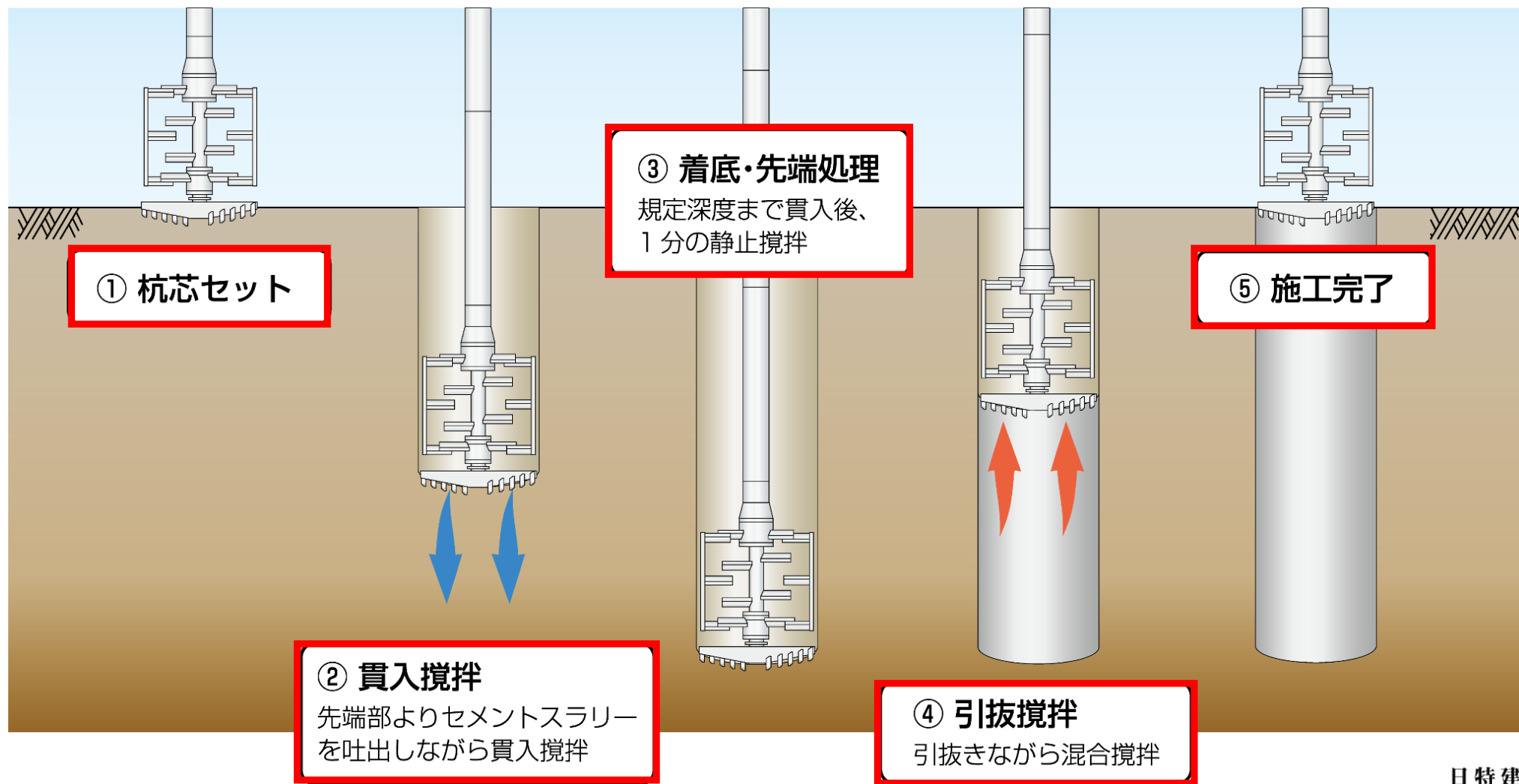
最大長さ36mのリーダーに装着した単軸攪拌ロッドと攪拌翼を電動モーターで回転させ、地盤改良をします。



改良材（固化材）は、水・セメントの自動計量、注入量も管理ハウスからの電気信号により、自在にコントロール出来ます。

## ● 施工手順

## DCS工法の基本サイクル





●DCS工法の適用範囲

DCS工法は、Φ2.5mの大口径まで取り揃えています。

改良径		Φ2.0m	Φ2.3m	Φ2.5m	
施工可能深度		≦50m			
通常土質	粘性土	N値	≦10	≦6	≦4
	砂質土	N値	≦30	≦20	≦15
	有機質土	N値	≦5	≦5	≦5
		N値	≦40	≦30	≦25
	礫質土	最大礫径	<300mm	<200mm	<150mm
		連続層厚	3.0m以下	3.0m以下	3.0m以下





●DCS工法の特長



Large

**大口径コラム**

優れた掘削・攪拌機能により、  
大口径コラムの造成を実現しました。  
(杭径φ1,000mm~φ2,000mm)



Deep

**大深度に対応**

ケーシングの継施工により、  
大深度の施工を実現しました。  
(最大深度50m)



Mixing

**優れた混合攪拌力**

内翼・外翼の逆回転構造により、  
セメント系スラリーと土壌の混練を  
強力に行います。



Hard

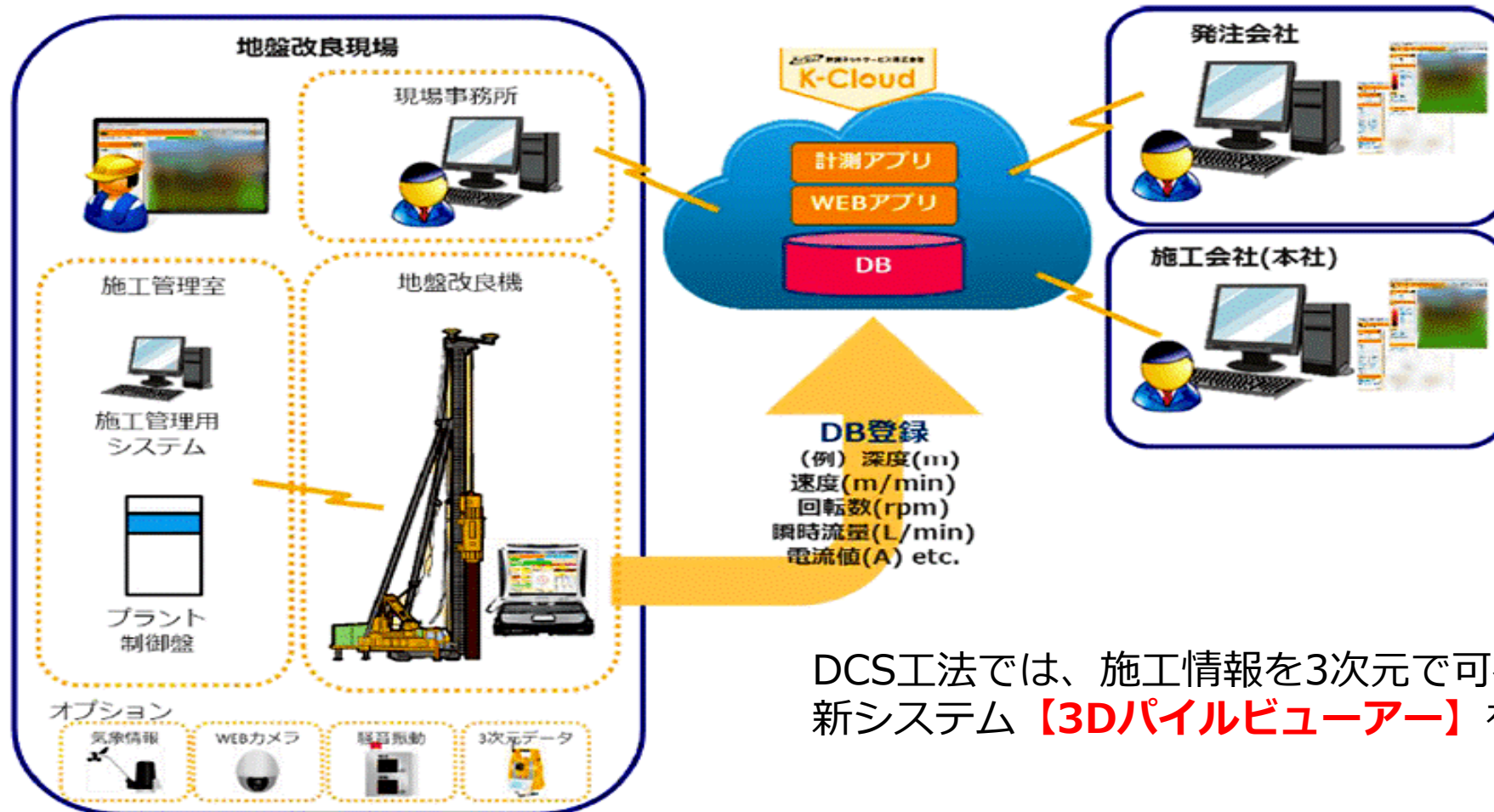
**硬質地盤に対応**

攪拌翼の構造を強化することで、  
礫層や転石が混入した地盤にも  
対応が可能です。

## 4. ICTの導入

## ● 導入目的

地盤改良工事は場所によって地質・土質条件の違いにより、その改良効果は大きく異なります。また、支持層への着底管理も要求されることもあり、施工箇所の地盤状況の把握が要されます。改良体の施工位置や施工仕様をリアルタイムに高い精度で管理する必要があります。



DCS工法では、施工情報を3次元で可視化・評価する新システム【**3Dパイルビューアー**】を導入しています。

● 3Dパイルビューアー

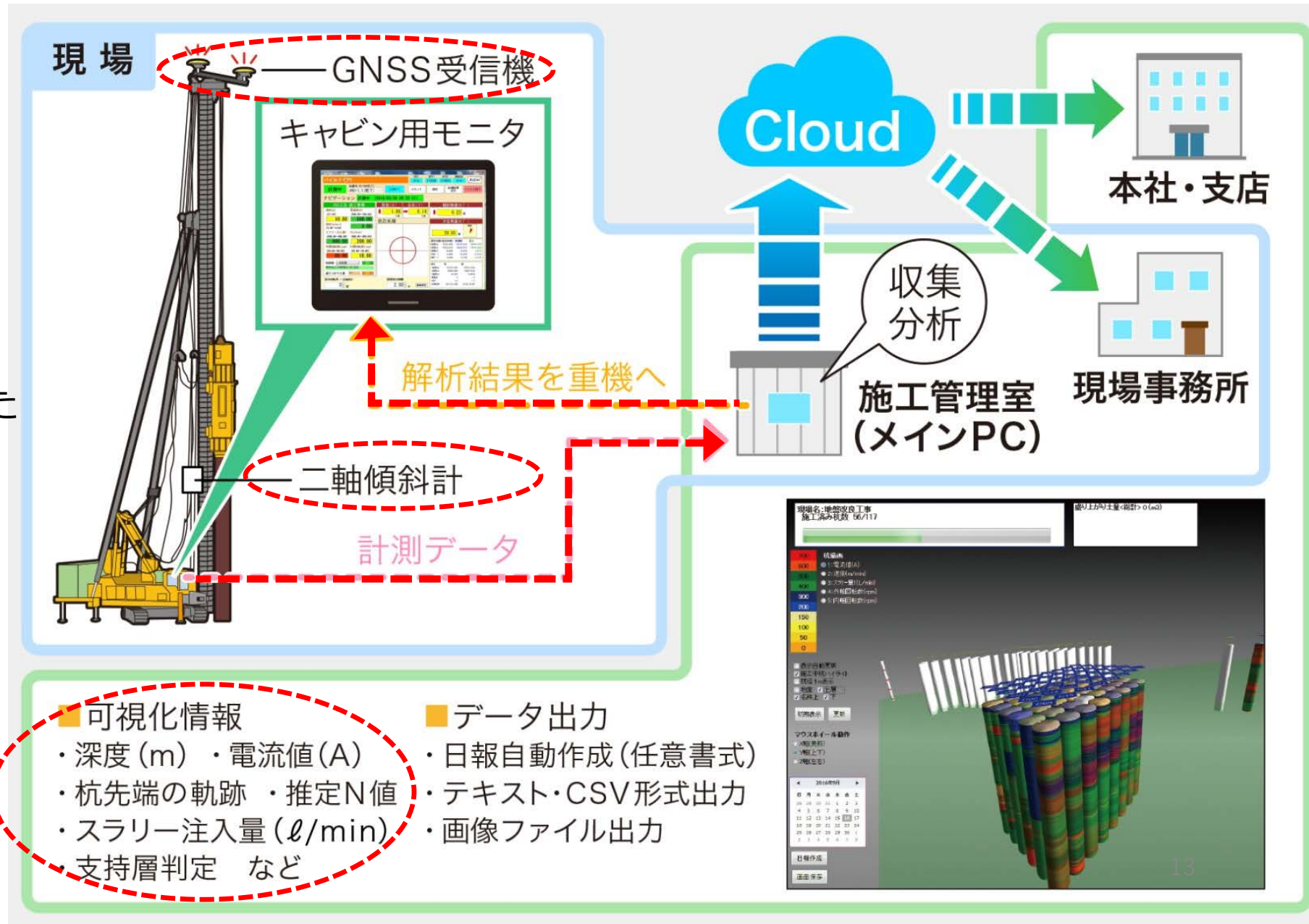
主に2つの機能から構成

① 位置誘導

- ・ GNSSまたはTSを利用した位置誘導

② 可視化・評価・記録

- ・ 改良体・杭の施工情報をリアルタイムに可視化・評価・記録



●位置誘導機能

GNSSと傾斜計を利用し、改良体の設計位置に攪拌翼を正確に誘導する機能です。

GNSS受信機 (2基)



傾斜計 (2軸)



データ通信アンテナ  
施工機→メインPC

施工状況

杭誘導管理システム

DCS: OK    GPS1: FIXED    GPS2: FIXED    傾斜計: OK X:0.02 Y:0.10

計測中    杭番号 (21/621完了)    f45    計測終了    0セット    設定    計測結果出力    システム終了

ナビゲーション 計測中 (2016/08/05 14:44:37)

DCS工法 施工管理		前後 (X)	左右 (Y)	傾斜角差分 (°)																						
深度(m) (10.24)	電流値(A) (400.00~600.00)	↑ 0.13 cm	← 3.38 cm	↓ 0.10 度																						
9.26	205.97	杭芯先端		方位角差分 (°)																						
速度(m/min) (3.00~4.00)	0.57			262.89 度																						
スラリー注入量1 (200.00~400.00)	2(L/min) (200.00~400.00)			設計																						
339.42	0.00	<table border="1"> <thead> <tr> <th>設計位置 (杭芯先端)</th> <th>実測値</th> <th>差分</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X座標(m)</td> <td>167840.3698</td> <td>167840.3365</td> <td>-0.0333</td> </tr> <tr> <td>Y座標(m)</td> <td>5690.6688</td> <td>5690.6745</td> <td>0.0057</td> </tr> <tr> <td>Z座標(m)</td> <td>9.2500</td> <td>34.7211</td> <td>25.4711</td> </tr> <tr> <td>方位(°)</td> <td>0.0000</td> <td>262.8928</td> <td>262.8928</td> </tr> <tr> <td>傾斜(°)</td> <td>0.0000</td> <td>-0.0980</td> <td>-0.0980</td> </tr> </tbody> </table>		設計位置 (杭芯先端)	実測値	差分	X座標(m)	167840.3698	167840.3365	-0.0333	Y座標(m)	5690.6688	5690.6745	0.0057	Z座標(m)	9.2500	34.7211	25.4711	方位(°)	0.0000	262.8928	262.8928	傾斜(°)	0.0000	-0.0980	-0.0980
設計位置 (杭芯先端)	実測値	差分																								
X座標(m)	167840.3698	167840.3365	-0.0333																							
Y座標(m)	5690.6688	5690.6745	0.0057																							
Z座標(m)	9.2500	34.7211	25.4711																							
方位(°)	0.0000	262.8928	262.8928																							
傾斜(°)	0.0000	-0.0980	-0.0980																							
外翼回転数(rpm) (60.00~70.00)	内翼回転数(rpm) (60.00~70.00)	GPS																								
4.98	13.35	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>①</th> <th>②</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X座標(m)</td> <td>167840.6418</td> <td>167840.0640</td> </tr> <tr> <td>Y座標(m)</td> <td>5689.4920</td> <td>5689.5668</td> </tr> <tr> <td>Z座標(m)</td> <td>34.7236</td> <td>34.7228</td> </tr> </tbody> </table>				①	②	X座標(m)	167840.6418	167840.0640	Y座標(m)	5689.4920	5689.5668	Z座標(m)	34.7236	34.7228										
	①	②																								
X座標(m)	167840.6418	167840.0640																								
Y座標(m)	5689.4920	5689.5668																								
Z座標(m)	34.7236	34.7228																								
杭情報 6.異物混入    保存	盛り上がり土量    保存	表示回転角    自動設定    誘導表示距離																								
		282 度		2.00 m    画像保存																						

キャビン用モニタ (誘導管理システム)

# ● 施工情報の可視化機能

攪拌翼先端の軌跡、電流値、スラリー量、回転数などの施工情報をリアルタイムに3次元で可視化します。

The screenshot displays a 3D visualization of pile construction data. On the left, a control panel includes a legend for '杭描画' (Pile Drawing) with parameters like current (A), speed (m/min), slurry volume (L/min), and rotation (rpm). Below this is a calendar for February 2017 and buttons for '初期表示' (Initial Display) and '表示設定' (Display Settings). The main 3D view shows a grid of piles labeled C04 through C51, with a red arrow pointing to a specific pile labeled '電流値表示' (Current Value Display).

On the right, a detailed data window for 'C46' is shown, including coordinates and a construction period. It features three charts: '推定N値' (Estimated N-value), '(事前調査N値)' (Pre-survey N-value), and '1:電流値(A)' (Current value). Below these are charts for '2:速度' (Speed), '3:スラリー量' (Slurry volume), and '4:軸回転数' (Shaft rotation). A diagram shows a rig at the '現場' (Site) with a 'GNSS受信機' (GNSS receiver) and '二軸傾斜計' (Two-axis inclinometer). A red arrow points from the rig to a 'Cloud' icon, which is connected to '本社・支店' (Headquarters/Branches) and '現場事務所' (Site Office). A '施工管理室 (メインPC)' (Construction Management Room) is shown with '収集分析' (Collection/Analysis) and '解析結果を重機' (Analysis results to heavy machinery). A '計測データ' (Measurement data) box is also present. Below the rig, there are options for 'データ出力' (Data output), '報告自動作成 (任意書式)' (Automatic report generation), 'テキスト・CSV形式出力' (Text/CSV output), and '画像ファイル出力' (Image file output).

At the bottom, there are charts for '6:X座標(m)' (X-coordinate) and '7:Y座標(m)' (Y-coordinate). A red callout box contains the text: 'クラウドを利用し関係者間でリアルタイムに情報共有' (Share information in real-time among stakeholders using the cloud). Another red callout box contains: '電流値から地盤の推定N値を換算' (Convert estimated N-value from current value). A '杭施工情報' (Pile construction information) table is at the bottom.

日	時	深度(m)	障害物	状況
2016/09/05	13:14:04	10m	障害物 転石による貫入不可	(施工終了)
2016/09/06	13:15:04	10m	障害物ありは硬質層あり	(施工継続)
2016/09/06	13:16:04	10m	極めて軟弱な層あり	

## 5.おわりに

大口径・大深度深層混合処理工法である**DCS工法**は、ICT施工管理の一環として、施工情報可視化システム**3Dパイルビューアー**を導入しています。

**DCS工法**は優れた品質の得られる“**深層混合 地盤改良施工システム**”として、

**地盤改良工事の「信頼性」と「生産性の向上」**を図っています。



# 新工法の紹介

# N. ロールコラム工法 (高圧噴射併用機械攪拌工法)



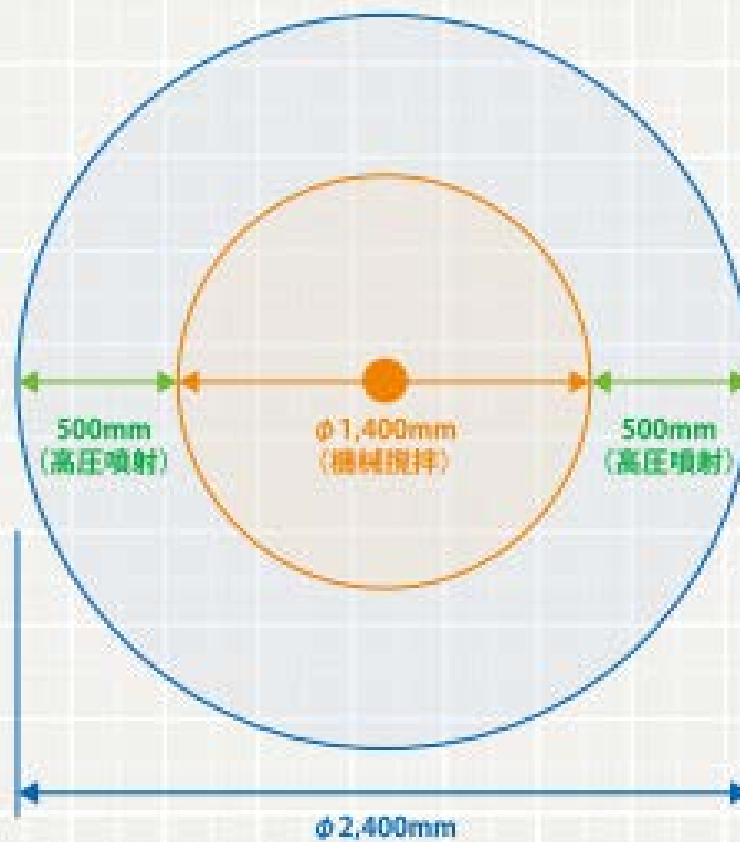
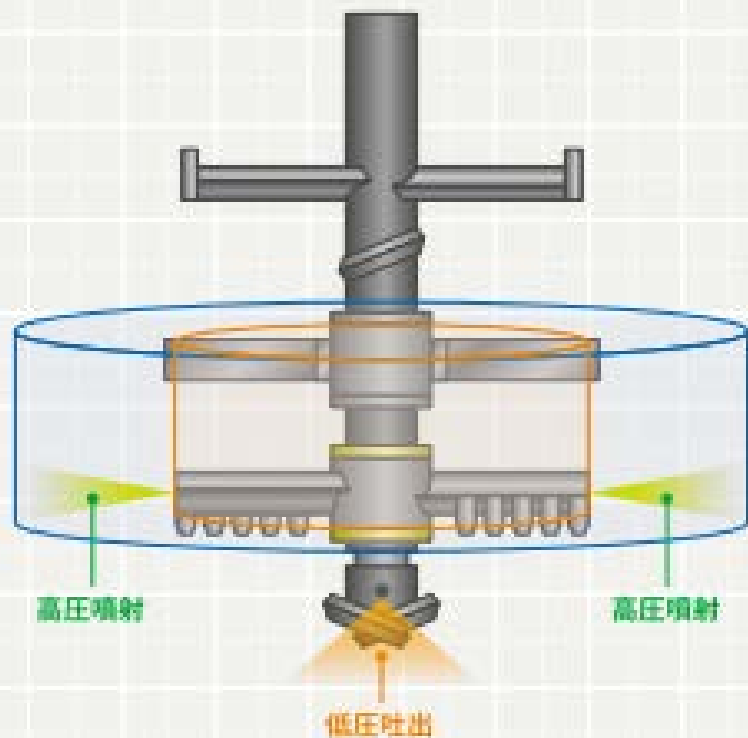
## ● 工法の概要

φ1400mmの攪拌翼先端に設けられた高圧ノズルから  
超高圧の硬化材を噴射し、大口径の柱状改良体を造成する工法です。

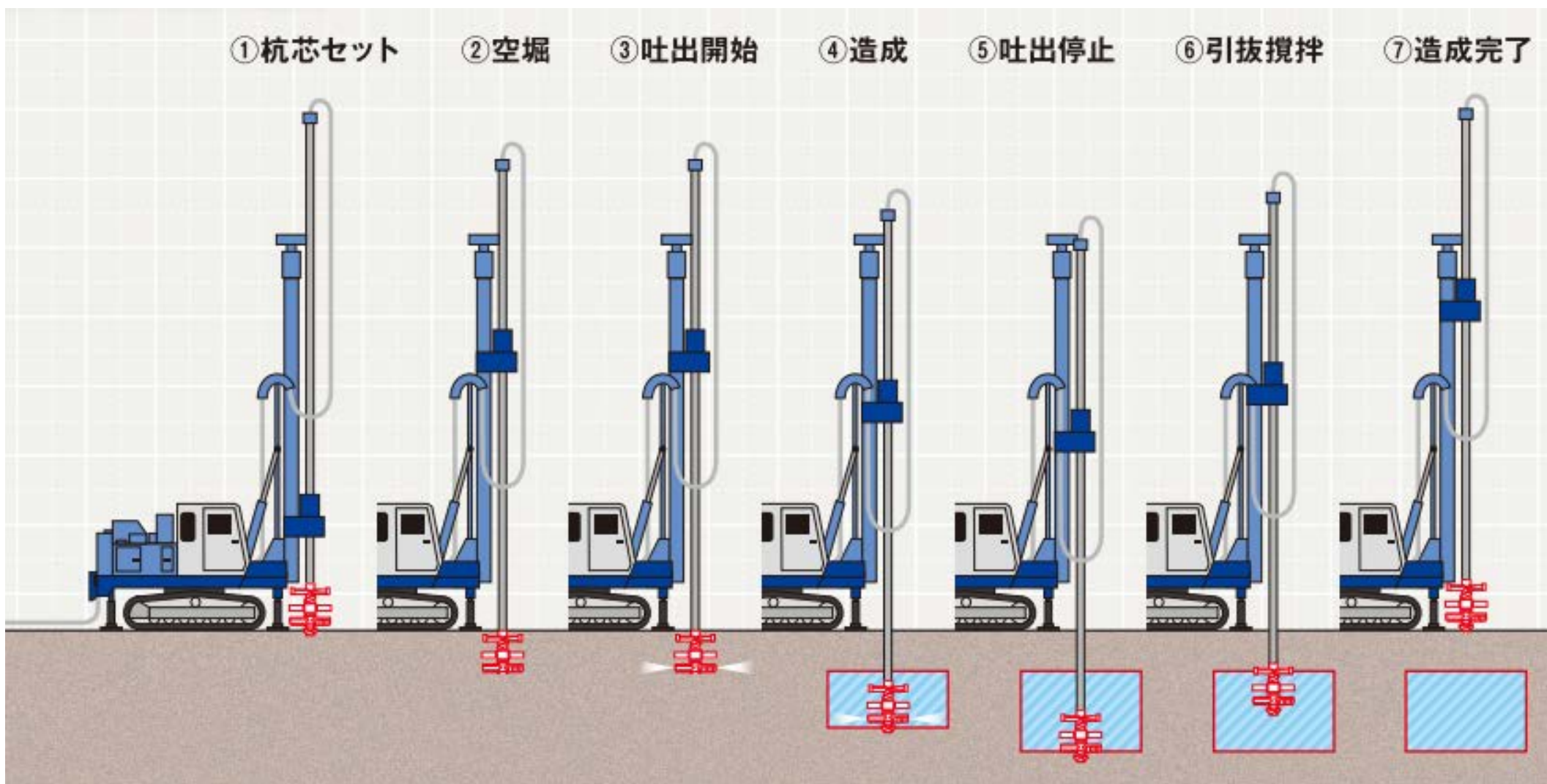
機械攪拌改良径 φ1400mm

高圧噴射切削距離 500mm×2方向

標準有効径 φ2400mm



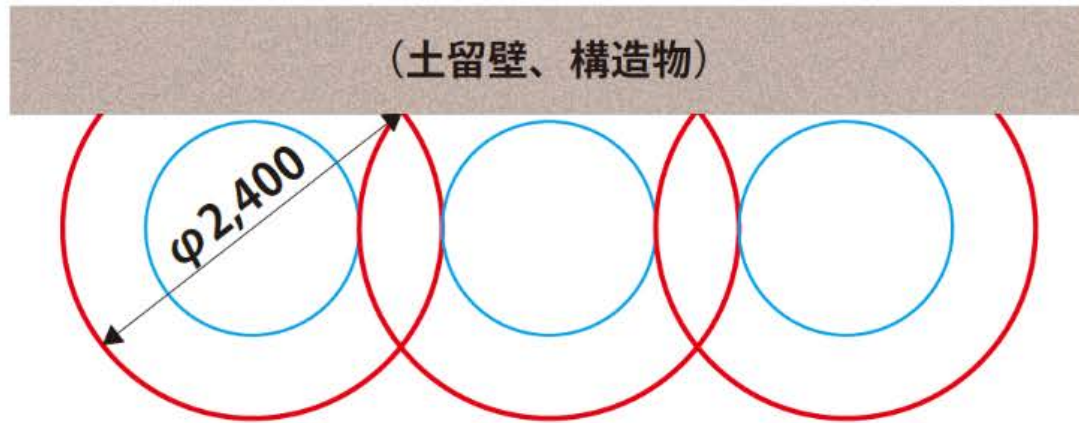
● 標準施工仕様（貫入吐出の場合）



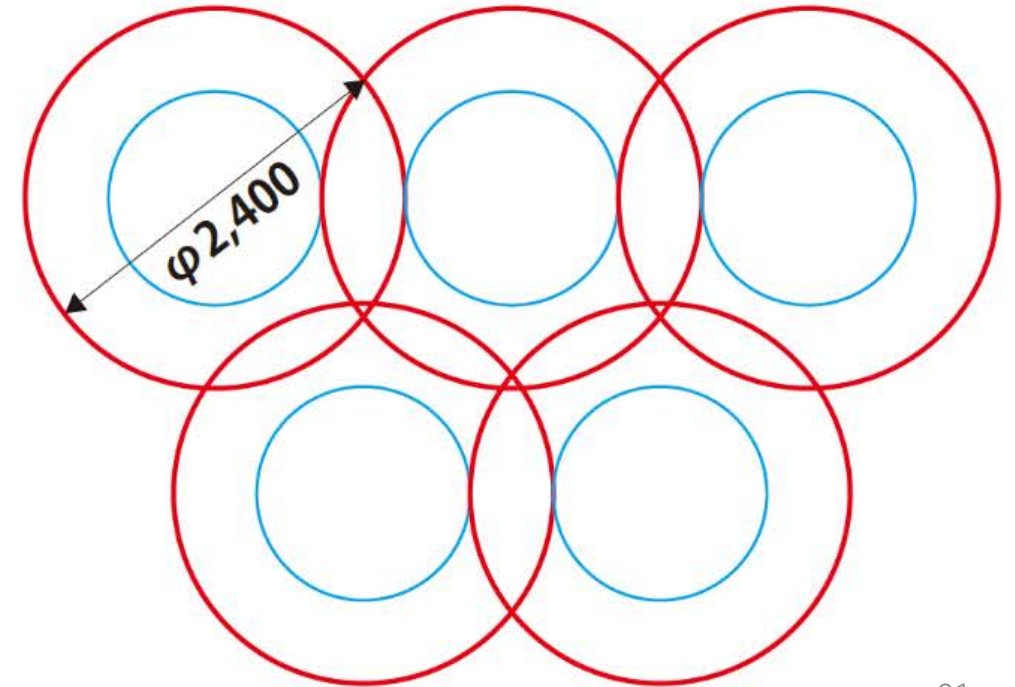
## ● 工法の特徴

高圧噴射を併用することにより従来は出来なかった 既設構造物とのラップ改良, 改良体同士のラップ改良 が可能となりました。

### ■ 土留壁との付着



### ■ 改良体同士のラップ



# 標準施工仕様（貫入吐出）

	速度	回転数	吐 出 量		
			高圧	低圧	合計
貫入 (改良)	4.0分/m	10rpm	350 ℓ /分 (45MPa)	100 ℓ /分	450 ℓ /分

## 標準適用土質

適用土質	有効径	N値	最大深度	設計基準強度
砂質土	φ 2400	N ≦ 15	GL-20m※	3.0MN/m <sup>2</sup>
粘性土		N ≦ 4		1.0MN/m <sup>2</sup>

※カタログ上でのGI-130Cの最大深度

## ● 工法の特徴

25tクラスの改良機（GI-130C）を使用するため機動性が高く、必要地耐力は大型施工機に比べ小さいのがメリットです。



## ●工法の特長

N.ロールコラム工法は、従来の機械攪拌工法と比較して、次のような特長を有しています。

### 特殊攪拌翼

特殊攪拌翼により、高圧噴射を併用して地盤を改良します。

### 構造物との付着

高圧噴射を用いることにより、既設構造物や土留め壁、改良体どうしの付着を得ることが可能です。

### ラップ施工

高圧噴射を用いることにより、改良体どうしのラップ施工が可能です。

### 経済的な施工

機動性の高い小型の改良機を使用し、大きな改良径を造成できるため、より経済的な施工が可能です。



**ご清聴、ありがとうございました。**