

---

## 2流線式セメントスラリー噴射攪拌工法

**FTJ** (エフツインジェット)  
工法

NETIS登録番号：QS-040034-VE  
『平成26年度活用促進技術』

## 揺動式複流線固化材スラリー噴射攪拌工法

**FTJ-FAN** (エフティジェイ・ファン)  
工法

NETIS登録番号：HR-140015-A

---

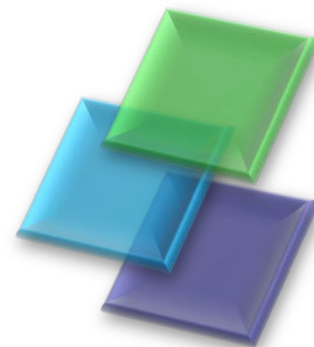


不動テトラ

---

# FTJ工法

---



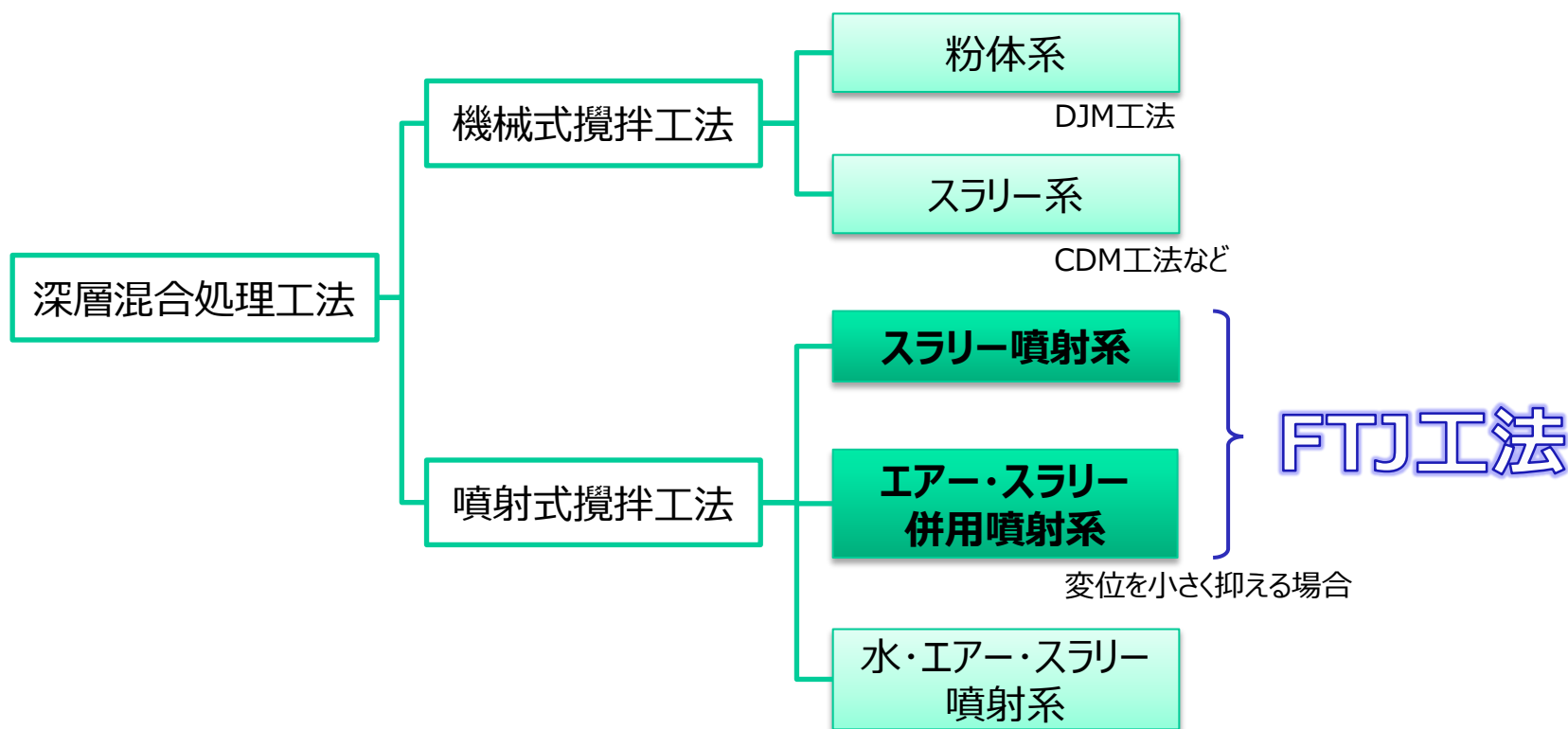


# 工法概要

深層混合処理工法は、地盤にセメント系固化材を注入・混合攪拌し、土を化学的に固結させる工法です。

**FTJ工法は深層混合処理工法のうち、スラリー噴射系の噴射式攪拌工法に分類されます。**

## 【深層混合処理工法の改良体系分類】

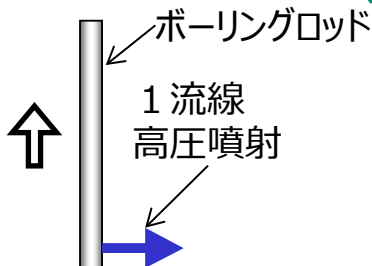




# 特徴 ①大径・高速化施工

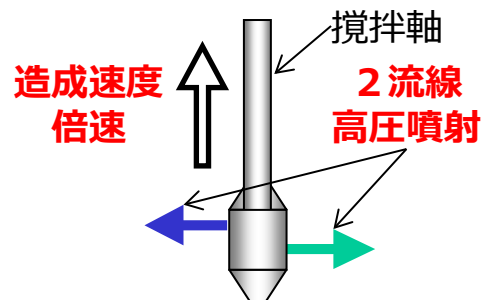
従来工法が噴射ノズル 1 箇所による施工であるのに対し、FTJ工法は**2本の噴流（2流線）**で**高圧噴射**を行うことで従来の高圧噴射工法より**高速化施工**が可能で、さらに**大径の改良体**を造成できます。

## エアありの場合の比較



改良径 :  $\phi 1.0 \sim \phi 2.0 \text{m}$   
噴射圧力 : 20MPa  
噴射流量 : 60ℓ/分  
施工時間 : 16~38分/m

従来工法



改良径 :  $\phi 2.0 \text{m} \sim$   
噴射圧力 : 30MPa  
噴射流量 : 300ℓ/分  
施工時間 : 4分/m以上

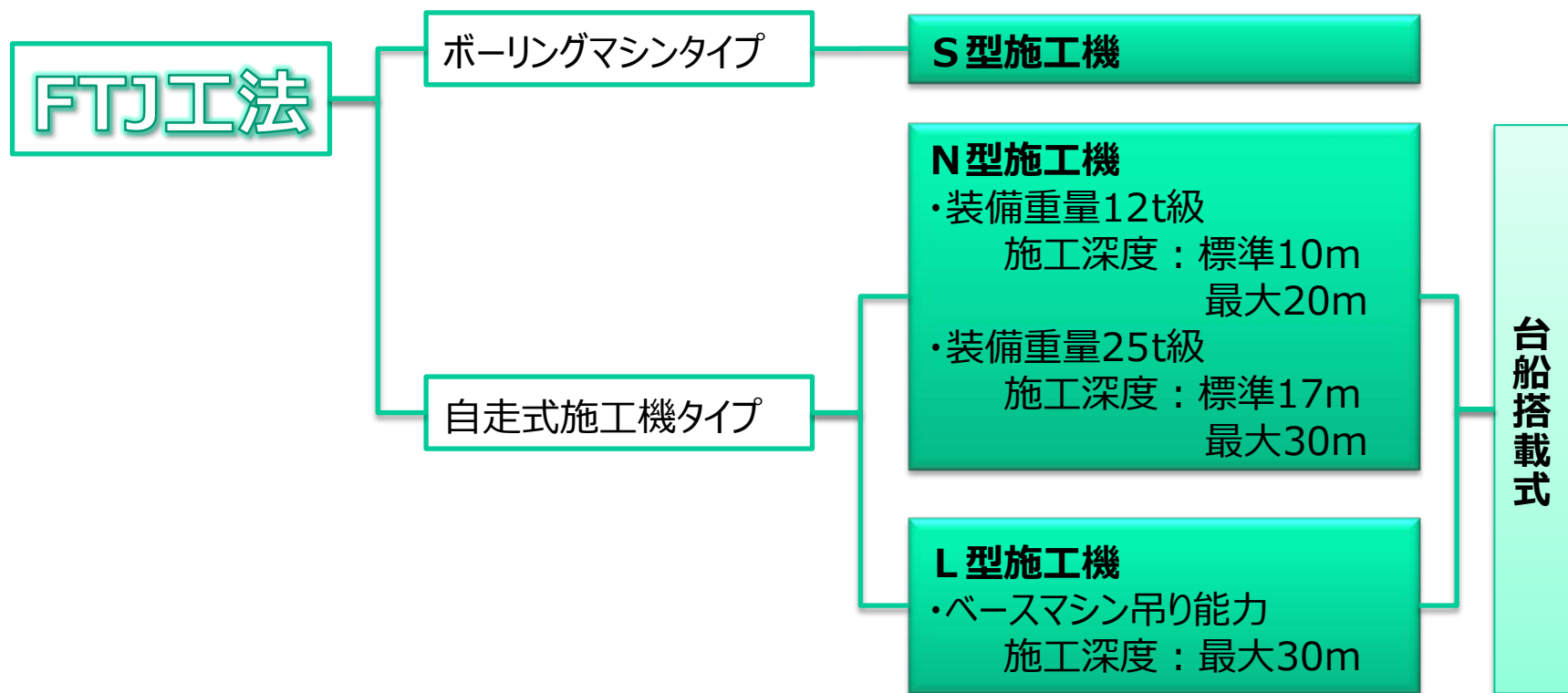
FTJ工法 ※N型施工機の場合



## 特徴② 多彩な施工機械のバリエーション

超小型・小型～大型のクローラ型施工機、ボーリングマシン、台船搭載式まで、施工条件に合わせて**多彩な施工機**を有します。

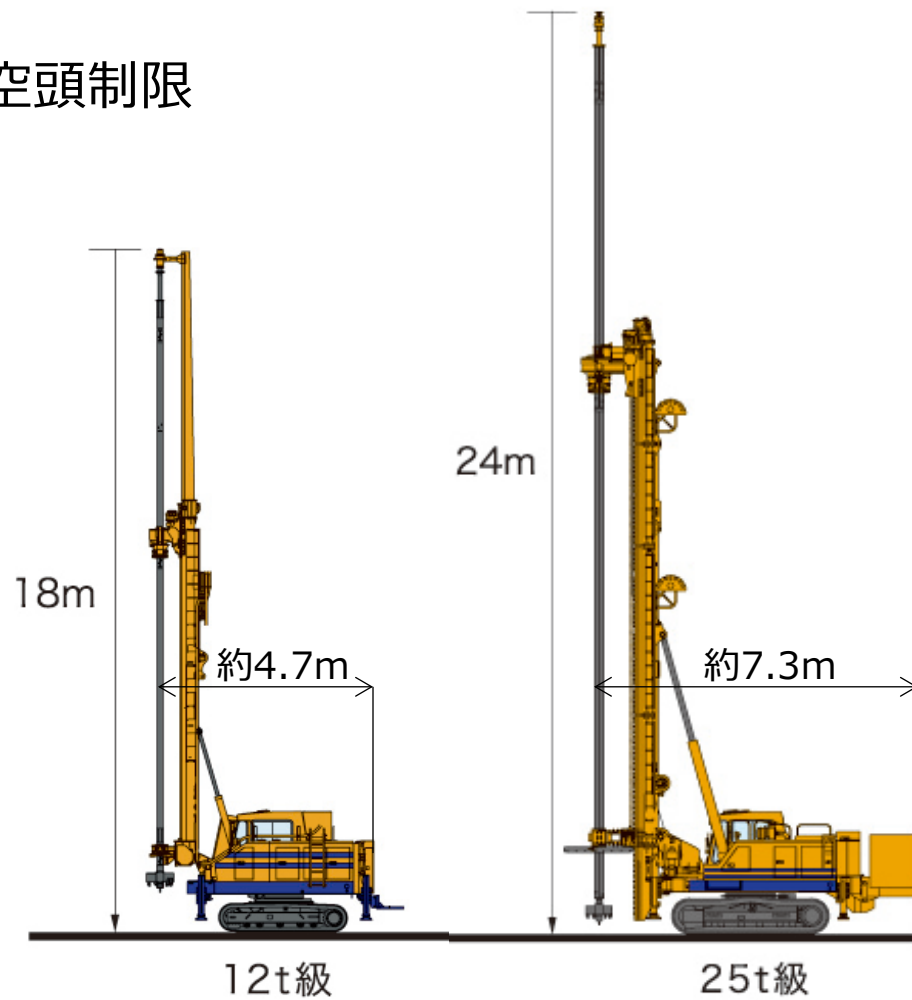
特に、クローラ型の場合、自走可能なため**機動性・施工能力に富んでおり、条件によっては仮設費の縮減が可能です。**



# ～N型施工機～

## 【特長】

- 小型の施工機であり狭隘地、空頭制限下の施工可能
- 単軸施工
- クローラタイプのため機動性がの規模が小さい
- 経済性に優れる



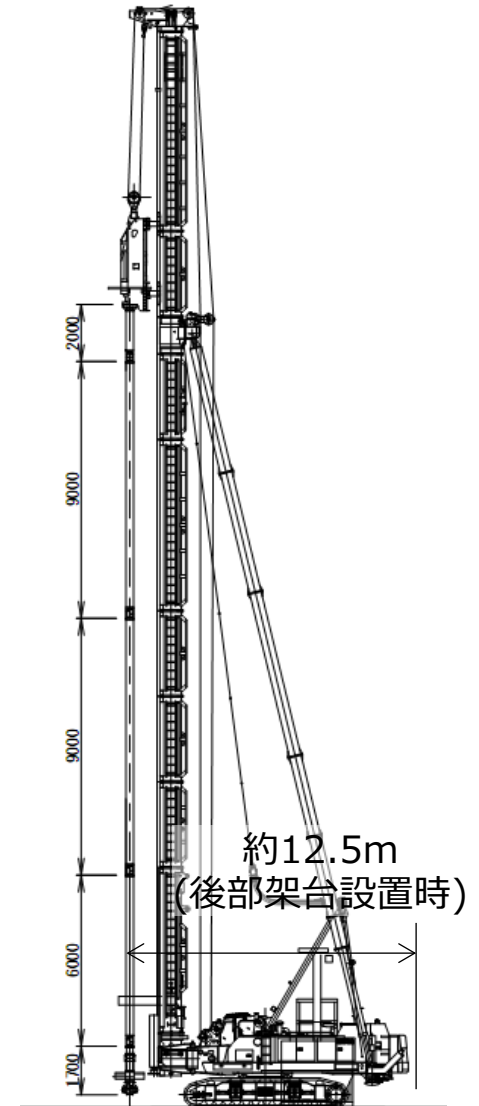
自走式小型杭打ち機（N型）



# ～ L 型施工機～

## 【特長】

- クラウ式の大径ベースマシンであり、貫入能力が高い
- 機械攪拌翼部を有するため大断面（4.2～8.1m<sup>2</sup>）の改良体
- 経済性に優れる





# ～ S 型施工機～

## 【特長】

- 軽量であるため仮設足場上からの施工が可能
- 軸が小径であるため、地中埋設物からの離隔が小さい
- 障害物や硬質部分の削孔が可能







# ～台船搭載式～

## 【特長】

- 各種地盤改良工法のノウハウを活かし、台船施工が可能です。  
(N型、L型)





## 特長③ 幅広い用途と目的

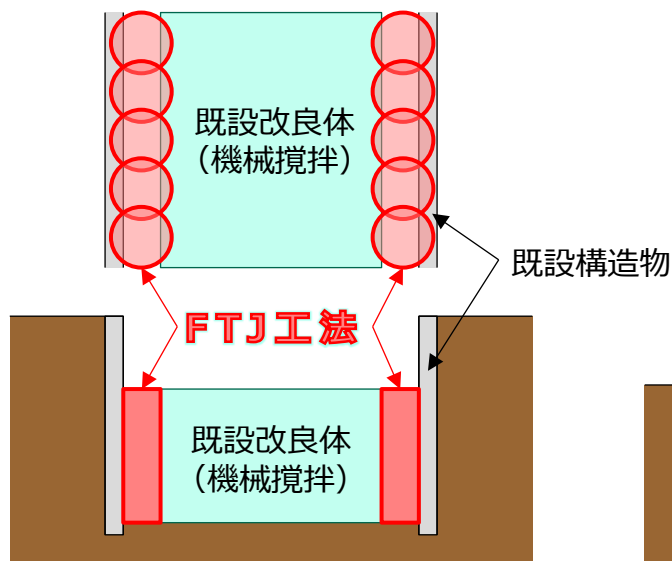
既設構造物と地盤改良体の間詰め対応や、止水目的の底盤改良など幅広い用途に適用可能です。

エアの使用・不使用を選択でき、

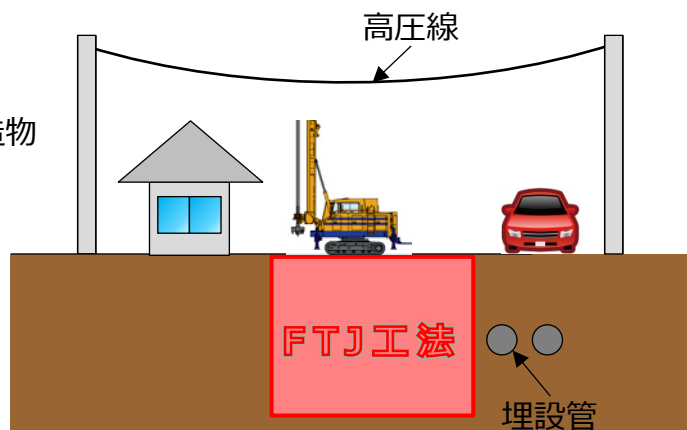
- ・エア使用の場合⇒低変位施工、高品質改良体の造成
- ・エア不使用の場合⇒水中施工

など、それぞれの特長に応じて施工仕様を選択可能です。

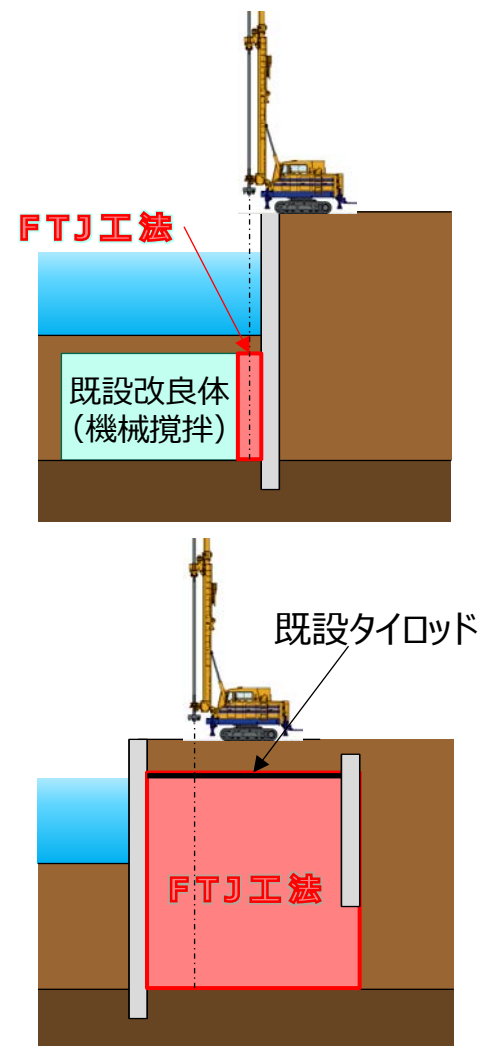
### 地中構造物への適用イメージ



### 市街地への適用例



### 港湾施設・河川への適用例





## 特長④ 幅広い適用地盤

改良対象層は、緩い砂質地盤、軟弱な粘性土地盤に適用できます。  
特殊施工により、貫入補助を要せずにN値50を超える硬質層も施工することができます。

※転石や巨礫、大きな障害物に関しては詳細な検討が必要です。

N型の例



硬質地盤対応型

軟弱地盤用



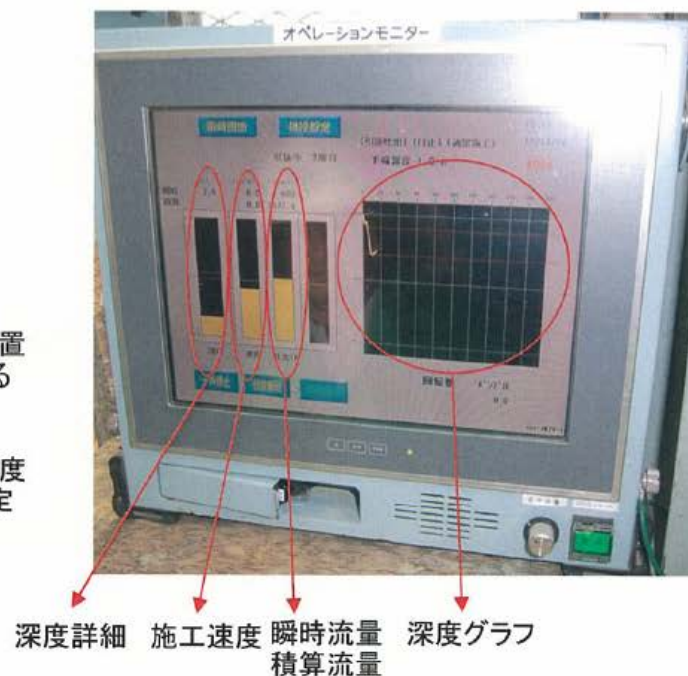
# 特長⑤ 確実な施工管理

FTJ工法は、設計仕様を満足する改良体の造成を確実にを行うため、深度毎の噴射量を表示できるシステム管理装置を装備しています。

FTJ-FAN工法



FTJ工法 (N型,L型)

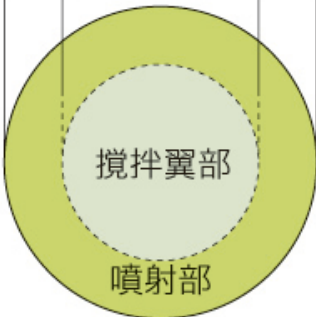
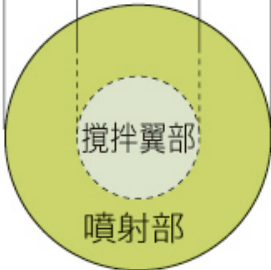






# 標準改良仕様

施工機械・地盤条件・施工条件・施工方法・周辺環境等の諸条件により幅広いバリエーションから施工仕様を選択します。

| タイプ                           | L 型<br>※2軸施工可能                                                                    | N 型<br>※エア有無,攪拌翼選択可能                                                                                                                              | S 型<br>※エア有無選択可能                                                                                   |                                    |     |                                    |                                                                                                                 |     |                                |     |       |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------|-----|-------|
| 平面形状<br>模式図(mm) <sup>※1</sup> |  | <div>NAφ370例</div>                                              | <div>SA例</div>  |                                    |     |                                    |                                                                                                                 |     |                                |     |       |
| 改良径(mm)                       | エア無 1,700~2,400                                                                   | <table><tr><td>エア無</td><td>砂質土 1,600<br/>粘性土 1,500</td></tr><tr><td>エア有</td><td>2,000~<sup>※2</sup></td></tr></table>                             | エア無                                                                                                | 砂質土 1,600<br>粘性土 1,500             | エア有 | 2,000~ <sup>※2</sup>               | <table><tr><td>エア無</td><td>砂質土 900~1,200<br/>粘性土 900~1,400</td></tr><tr><td>エア有</td><td>2,000</td></tr></table> | エア無 | 砂質土 900~1,200<br>粘性土 900~1,400 | エア有 | 2,000 |
| エア無                           | 砂質土 1,600<br>粘性土 1,500                                                            |                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                    |     |                                    |                                                                                                                 |     |                                |     |       |
| エア有                           | 2,000~ <sup>※2</sup>                                                              |                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                    |     |                                    |                                                                                                                 |     |                                |     |       |
| エア無                           | 砂質土 900~1,200<br>粘性土 900~1,400                                                    |                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                    |     |                                    |                                                                                                                 |     |                                |     |       |
| エア有                           | 2,000                                                                             |                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                    |     |                                    |                                                                                                                 |     |                                |     |       |
| 切削距離(mm)                      | エア無 250~600                                                                       | <table><tr><td>エア無</td><td>攪拌翼(φ370mm) 615<br/>攪拌翼(φ600mm) 565</td></tr><tr><td>エア有</td><td>攪拌翼(φ370mm) 815<br/>攪拌翼(φ600mm) 700</td></tr></table> | エア無                                                                                                | 攪拌翼(φ370mm) 615<br>攪拌翼(φ600mm) 565 | エア有 | 攪拌翼(φ370mm) 815<br>攪拌翼(φ600mm) 700 | <table><tr><td>エア無</td><td>砂質土 450~600<br/>粘性土 450~700</td></tr><tr><td>エア有</td><td>945</td></tr></table>       | エア無 | 砂質土 450~600<br>粘性土 450~700     | エア有 | 945   |
| エア無                           | 攪拌翼(φ370mm) 615<br>攪拌翼(φ600mm) 565                                                |                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                    |     |                                    |                                                                                                                 |     |                                |     |       |
| エア有                           | 攪拌翼(φ370mm) 815<br>攪拌翼(φ600mm) 700                                                |                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                    |     |                                    |                                                                                                                 |     |                                |     |       |
| エア無                           | 砂質土 450~600<br>粘性土 450~700                                                        |                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                    |     |                                    |                                                                                                                 |     |                                |     |       |
| エア有                           | 945                                                                               |                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                    |     |                                    |                                                                                                                 |     |                                |     |       |
| 攪拌翼(mm) <sup>※1</sup>         | 1,200                                                                             | 370~600                                                                                                                                           | 110                                                                                                |                                    |     |                                    |                                                                                                                 |     |                                |     |       |
| 標準施工機 <sup>※1</sup>           | L型施工機                                                                             | N型施工機                                                                                                                                             | S型施工機                                                                                              |                                    |     |                                    |                                                                                                                 |     |                                |     |       |
| 吐出方式                          | 引抜吐出                                                                              | 引抜吐出                                                                                                                                              | 引抜吐出                                                                                               |                                    |     |                                    |                                                                                                                 |     |                                |     |       |
| 施工速度 <sup>※1</sup>            | 2.0(分/m)以上                                                                        | 4.0(分/m)以上                                                                                                                                        | 4.0(分/m)以上                                                                                         |                                    |     |                                    |                                                                                                                 |     |                                |     |       |

※1 改良体断面形状、攪拌翼、攪拌翼と施工機の組合せ、施工速度は、諸条件により変更、決定する場合があります。 ※2 φ3,500mmの実績があります。



# 噴射方式のタイプ°

---

F T J 工法は、適用条件に応じて

## ①スラリー噴射

## ②エア・スラリー併用噴射

の 2 種類を選定可能です。

### 【スラリー噴射方式の特徴】

- セメントスラリーを高圧で噴射するシンプルな方法。
- C D M 工法と同様に水中施工が可能（排出土砂少量のため）。
- スラリーの注入に伴い地盤隆起や変位が生じる。

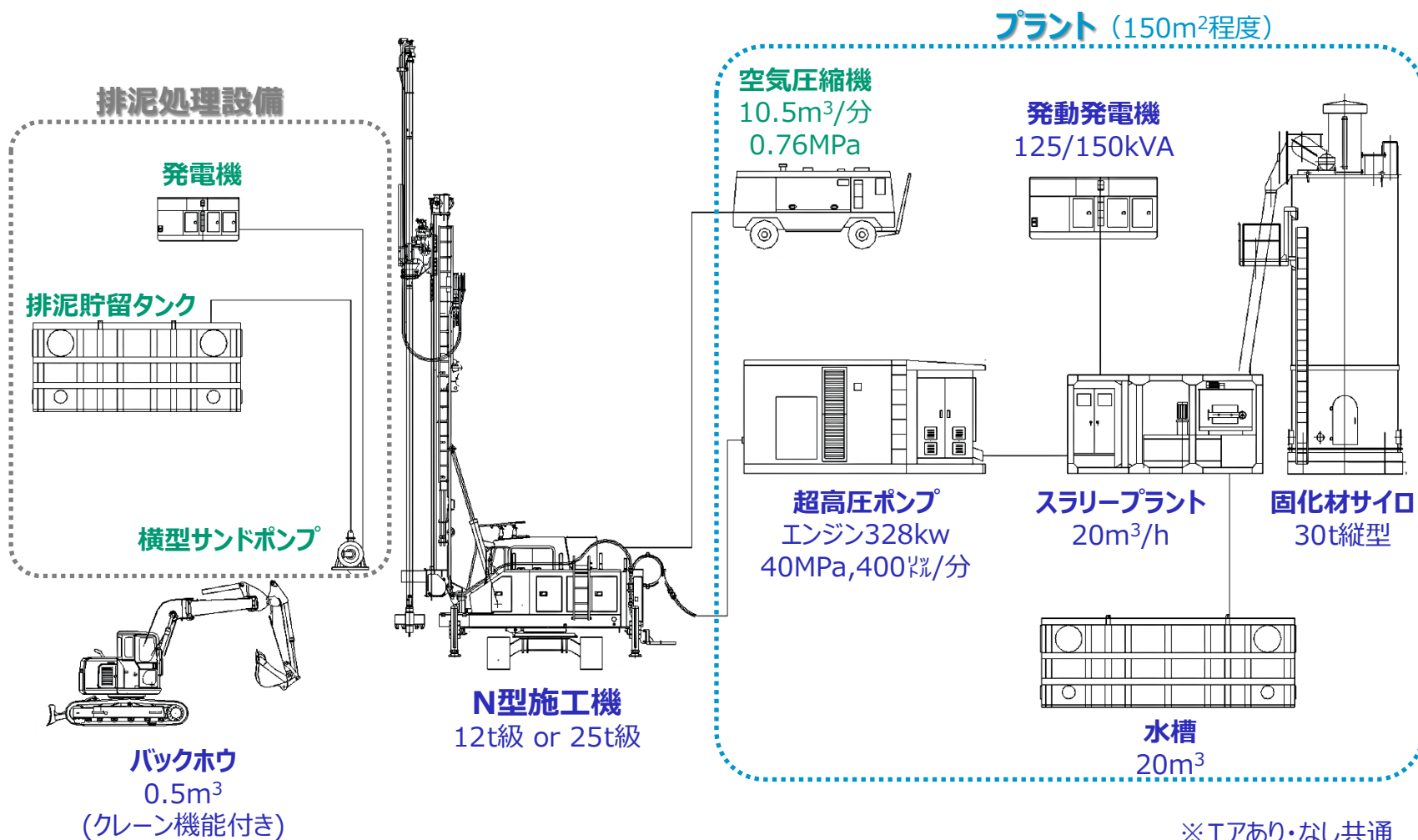
### 【エア・スラリー併用噴射方式の特徴】

- セメントスラリーに空気を沿わせることにより、地下水位以下での切削力が向上する。（気水噴流）
- 切削に使用した空気が切削土を地表に運搬するエアリフト効果となり、周辺地盤変位を小さく抑えることができる。
- 空気を伴うため排出泥土が発生する。



# 機械構成

## N型の場合



※エアあり・なし共通  
※エアありの場合

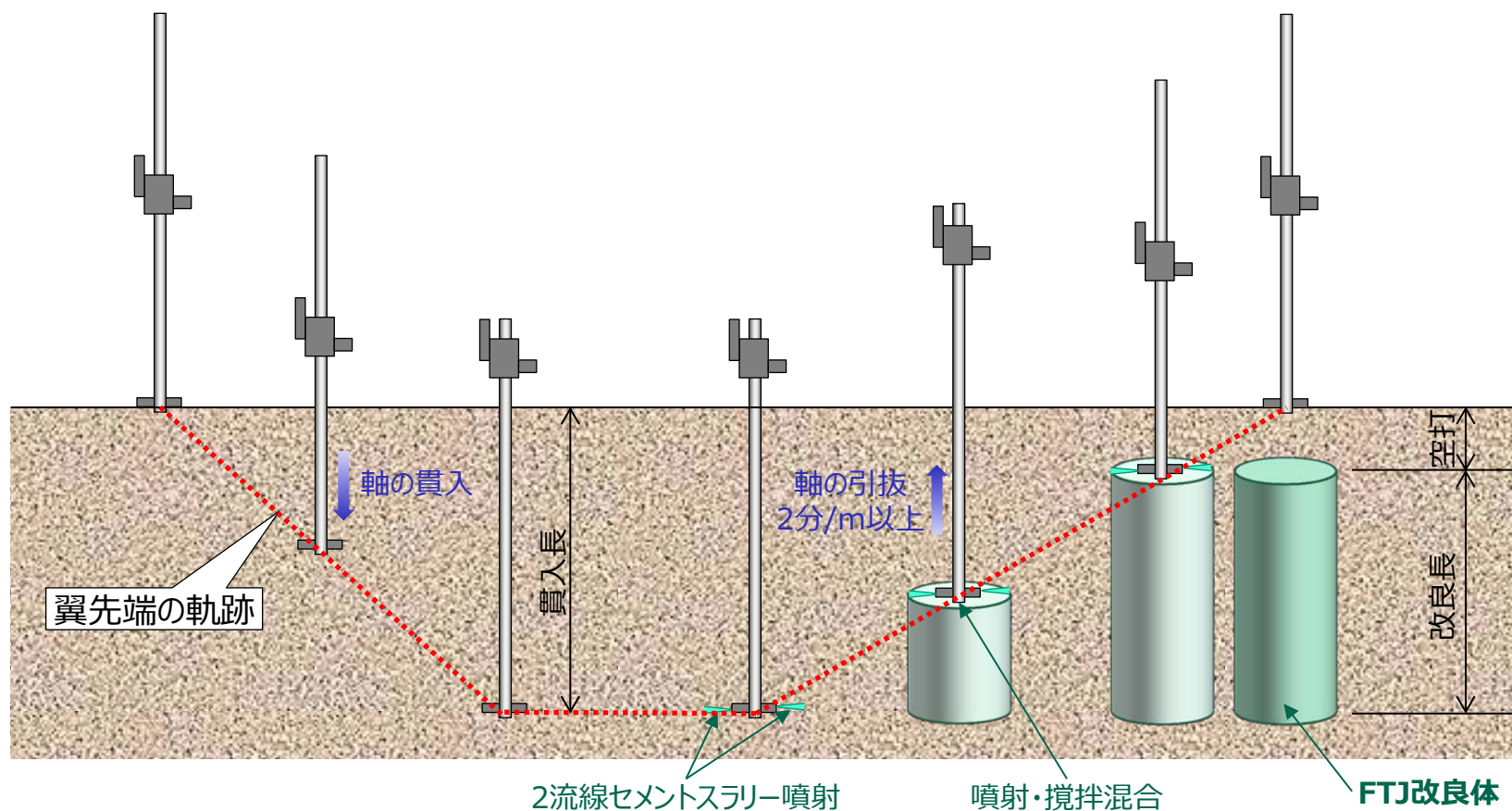


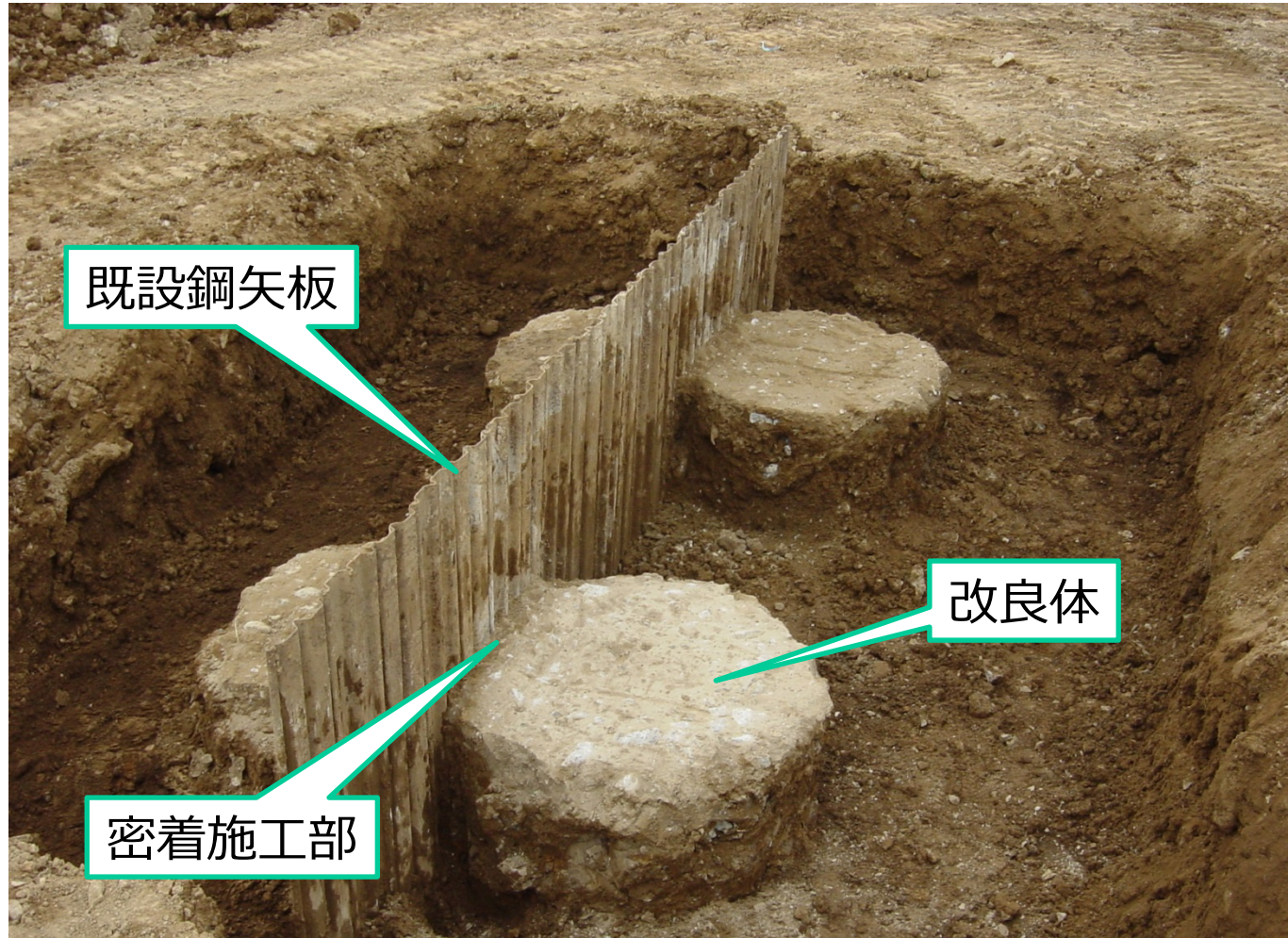


# 施工方法

## N型の場合

- ①位置決め ②貫入 ③貫入完了 ④セメントスラリー  
噴射 ⑤引拔・造成 ⑥造成完了





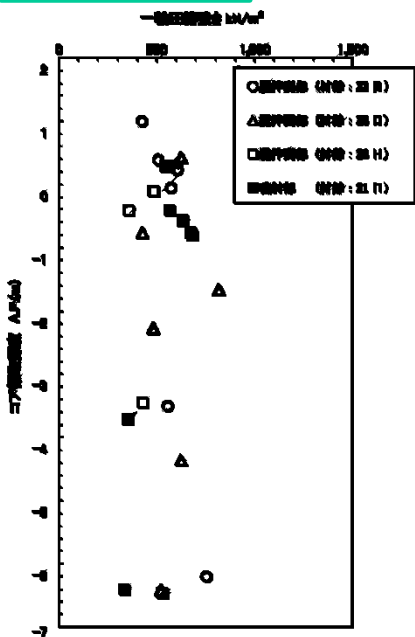


# 改良体の品質

## 設計強度

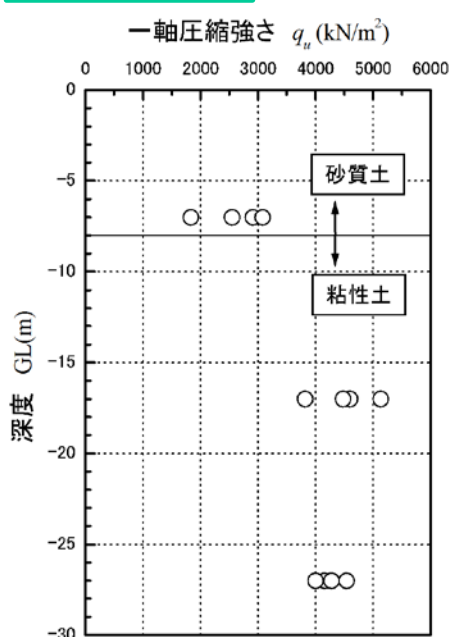
改良目的に応じて設計強度を設定します。標準的には $q_{uck}=200\sim1,000\text{kN/m}^2$ です。（配合条件を変更することにより必要に応じて大きな強度を設定可能です）

### エアなしの事例



|        |                        |
|--------|------------------------|
| 改良径    | Φ1.3m                  |
| 改良長    | L=7.1~7.6m             |
| 固化材添加量 | C=160kN/m <sup>3</sup> |
| 水固化材比  | W/C=1.5                |

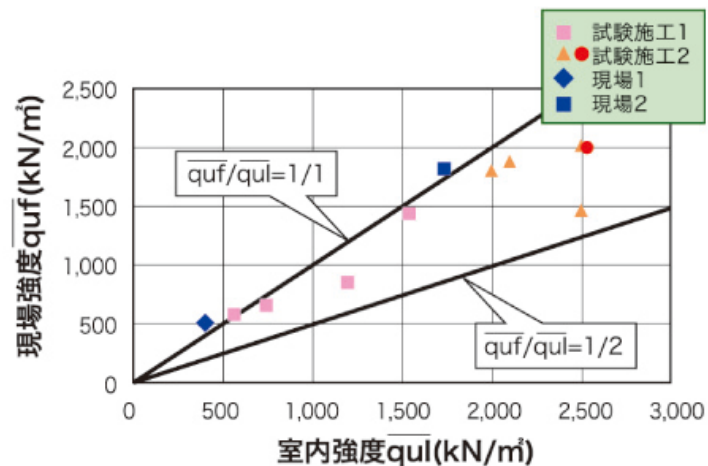
### エアありの事例



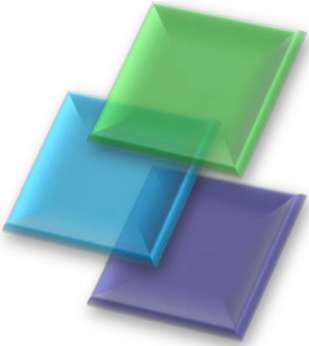
|        |                        |
|--------|------------------------|
| 改良径    | Φ2.0m                  |
| 改良長    | L=29m                  |
| 固化材添加量 | C=209kN/m <sup>3</sup> |
| 水固化材比  | W/C=1.5                |

## 現場/室内強度の比

現場強度と室内強度の比は、1/1～1/2と良好の結果が得られています。



---



# FTJ-FAN工法



---

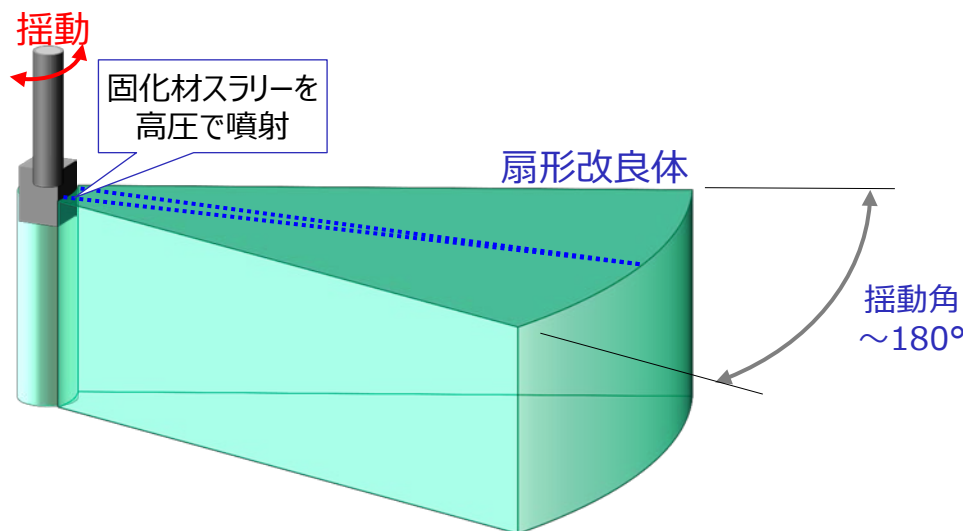




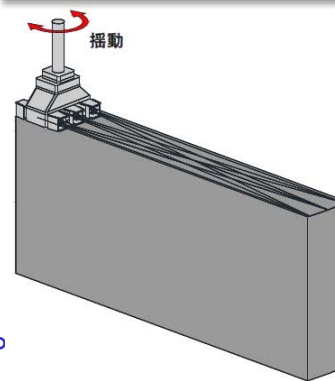
FTJ-FAN工法は、FTJ工法で開発された要素技術に揺動制御装置による噴射方向の制御を付加して、**扇形あるいは矩形（長方形）断面の改良体を造成する工法**です。

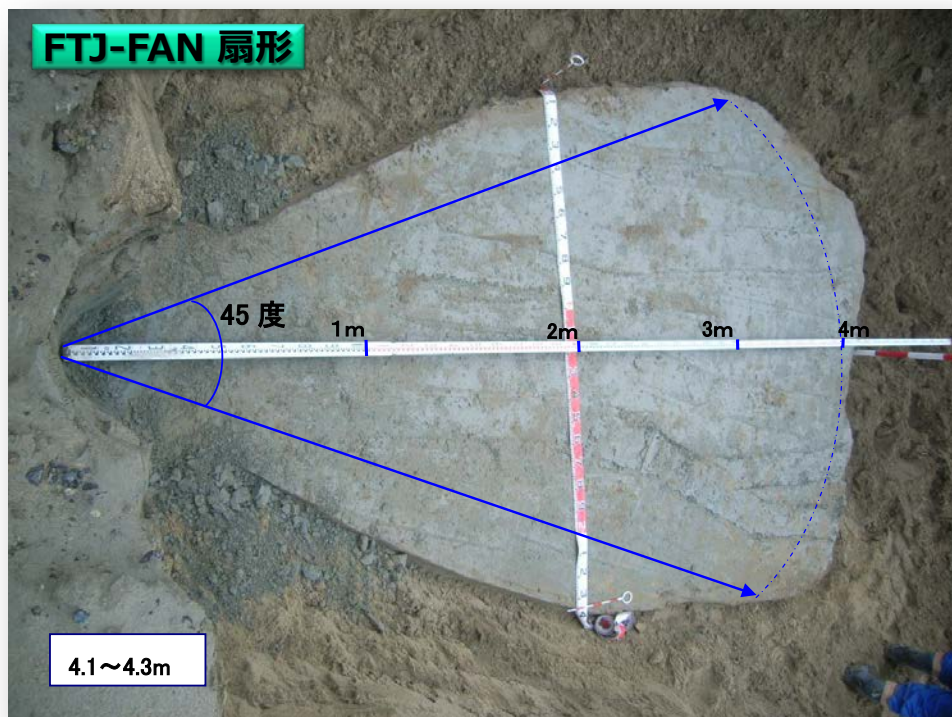
攪拌翼に水平に取り付けた**複数の噴射ノズルから高圧かつ大流量の固化材スラリーを揺動噴射させることにより、切削距離2～4m程度**を可能としています。噴射ノズルは所定距離で交差させることで切削範囲を限定すると共に噴射ノズルの水平距離と揺動角を適宜設定することにより、自由な形状の改良体を造成できます。

## FTJ-FAN工法の噴射模式図（扇形）



## FTJ-FAN工法の噴射模式図（矩形）





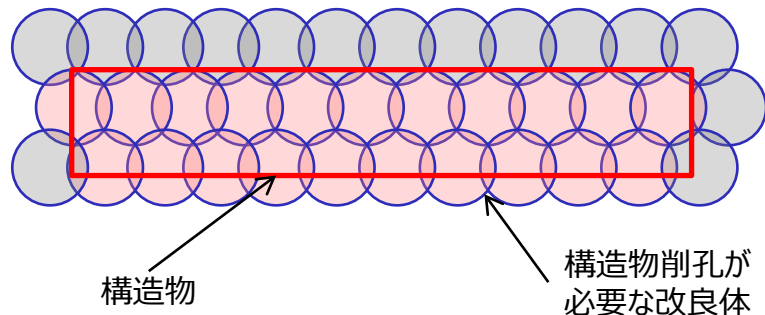


# FTJ-FAN 特長

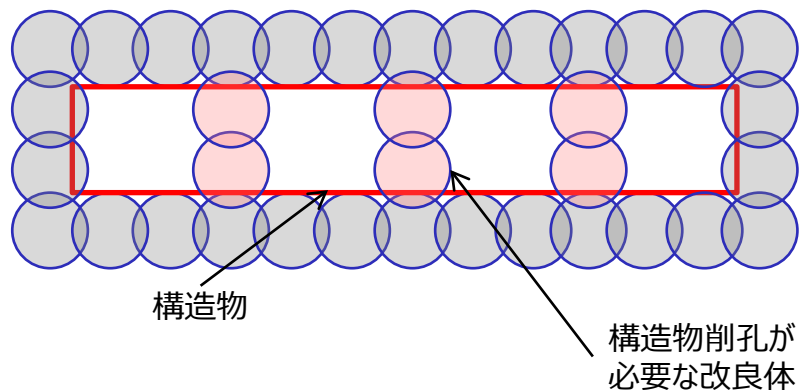
- ① 扇形あるいは矩形の自由な形状の改良体の造成が可能で効率的な改良断面の配置が可能
- ② 複流線での高圧噴射により、従来工法よりも切削距離が長く、削孔箇所から長距離の改良が可能。⇒構造物直下の改良が可能

従来工法

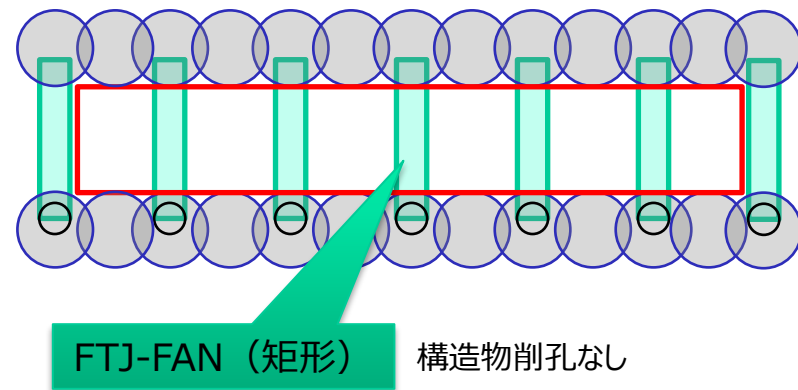
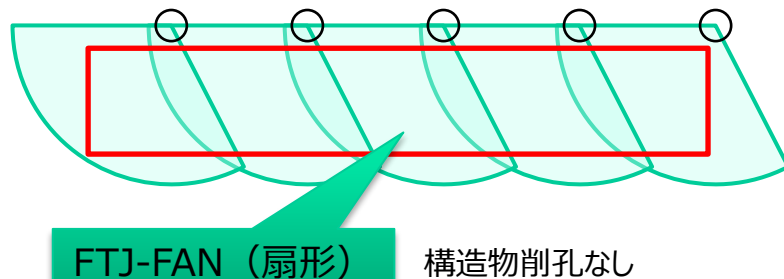
全面改良



格子状改良

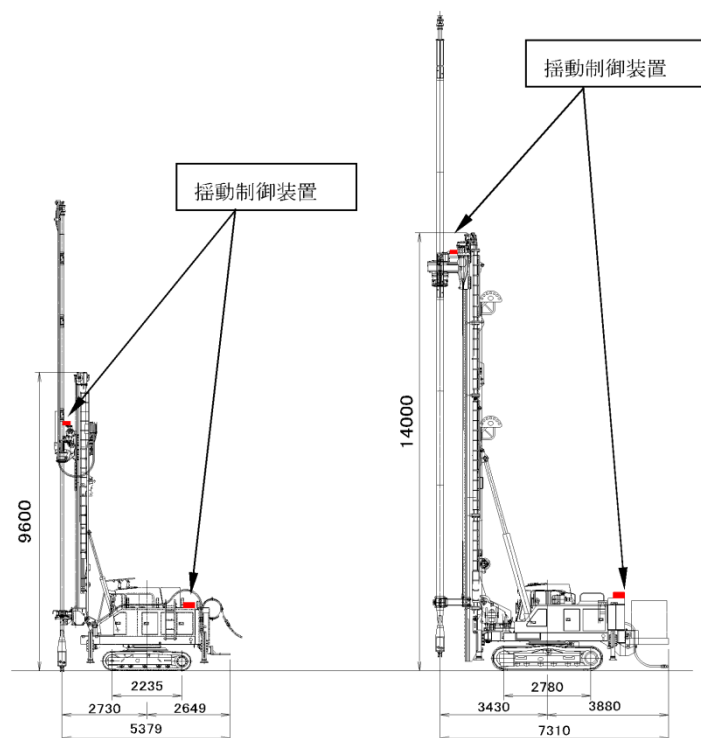


FTJ-FAN工法



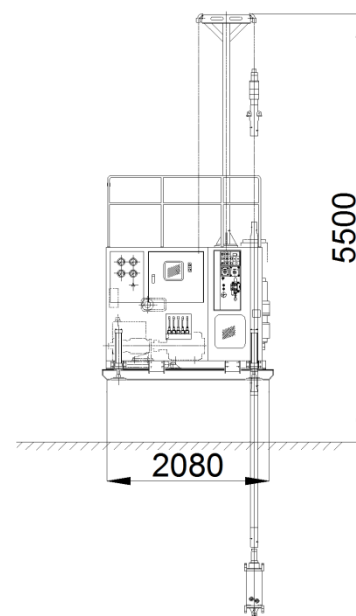
- ③ エア併用施工のため、周辺地盤・構造物への変位影響が小さい
- ④ 施工条件に応じてボーリングマシンタイプのS型施工機、機動性・施工能力に富んだ自走式の施工機から選択することが可能。

N型施工機



超小型施工機(12t 級) 姿図

S型施工機



小型施工機(25t 級) 姿図

 揺動制御装置



# FTJ-FAN 従来工法との比較

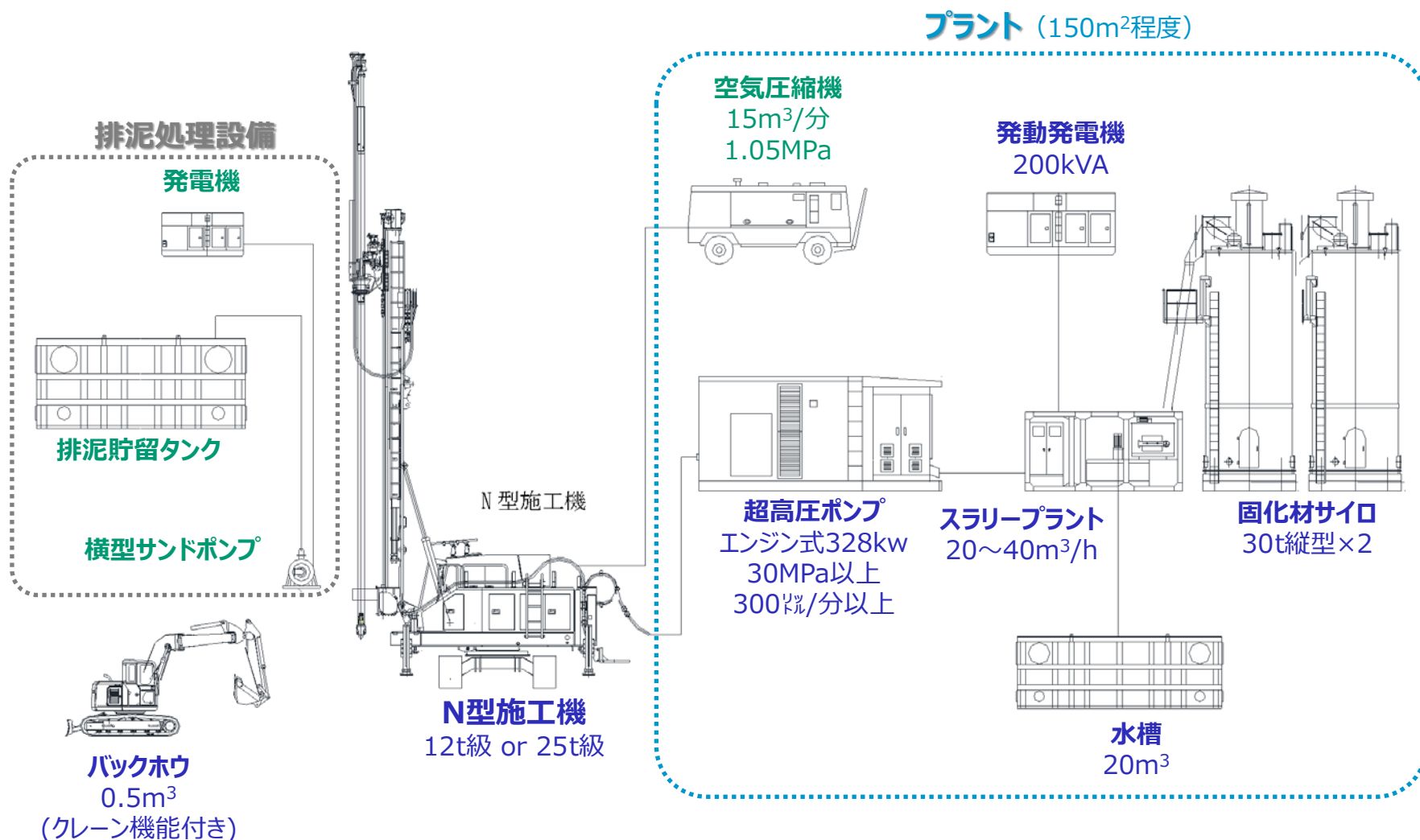
| 工法                 | 従来工法<br>(二重管式高圧噴射攪拌工法) | FTJ-FAN工法<br>(揺動式複流線式固化材スラリー噴射攪拌工法) |
|--------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 概要                 |                        |                                     |
| 改良体形状              | 円形                     | 扇形、矩形                               |
| 改良径<br>噴射距離        | 改良径：φ 1,000~2,000mm    | 噴射距離：R = 2,000~4,000<br>揺動角度 ~180°  |
| 噴射圧力               | 20MPa                  | 30Mpa以上(標準)                         |
| 噴射流量               | 60ℓ/分                  | 300ℓ/分(標準) ~ 600ℓ/分(最大)             |
| 標準施工時間<br>(造成引抜時間) | 16~38分/m               | 4分/m以上×揺動角度/10°                     |

※) 従来工法は、国土交通省土木工事積算基準(H25)を参考とした。

※) 小規模工事などで試験施工による改良品質の事前確認を実施できない場合は、改良部の標準施工時間(造成引抜時間)を5分/mにて実施する。



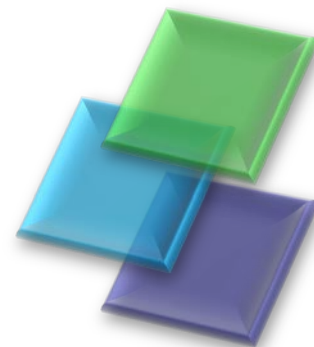
## N型の場合



---

# 施 工 例

---





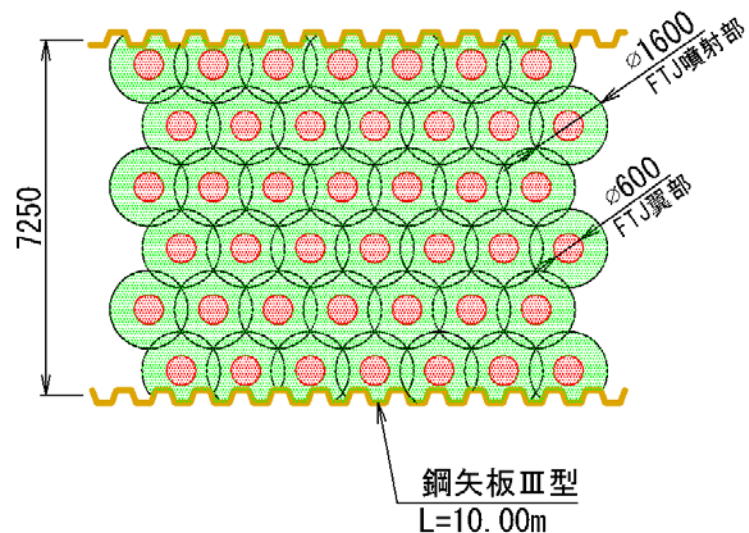
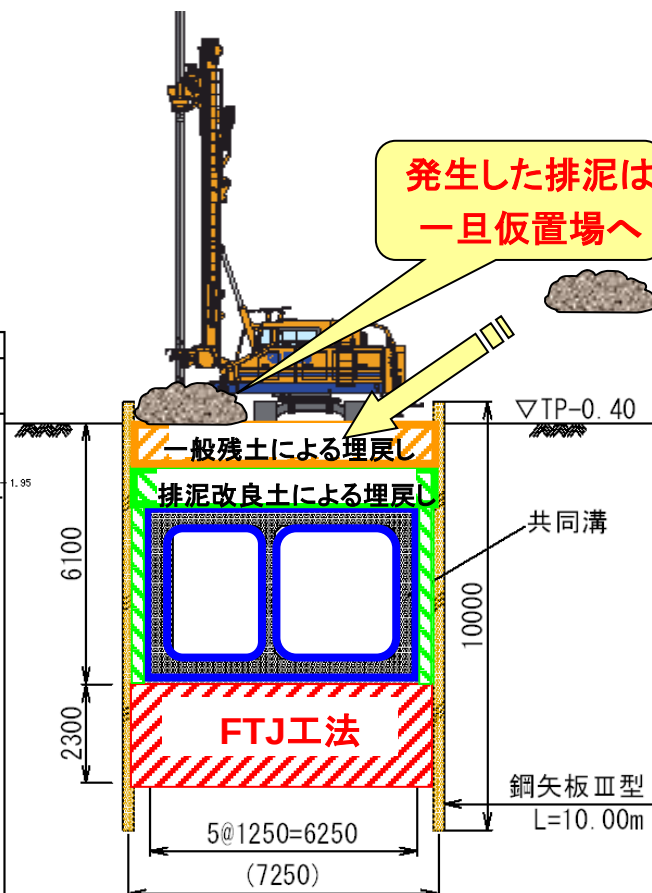
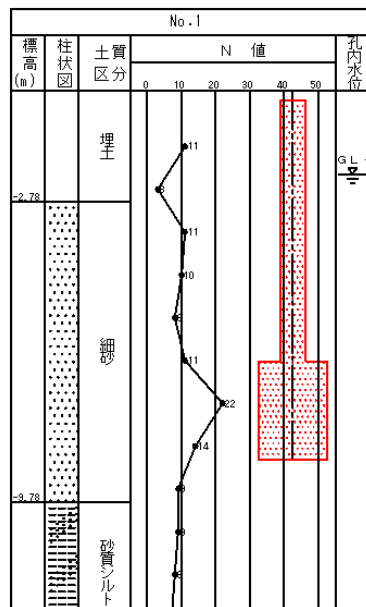


# FTJ 施工例①：底盤改良（排泥有効利用）

N型エアあり

※中部地方整備局

発生する排泥を埋め戻し土に有効利用し、  
処分を大幅に削減





# FTJ 施工例②：既設岸壁の耐震化(間詰め)

N型エアあり

※九州地方整備局

FTJ工法の機動性を活かし、岸壁より仮設レスで施工



別件 高圧噴射機拌工

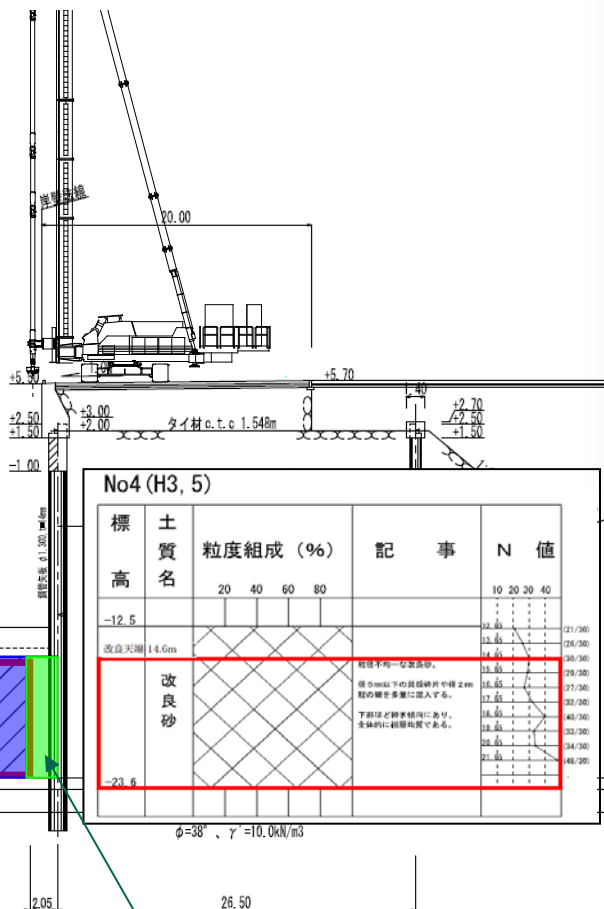
SCP改良地盤

S.C.P (80%)  
 $\phi=30^\circ$ 、 $\gamma=9.3\text{kN/m}^3$

深層混合処理工  
 $c=125\text{kN/m}^2$

深層混合処理

FTJ施工箇所



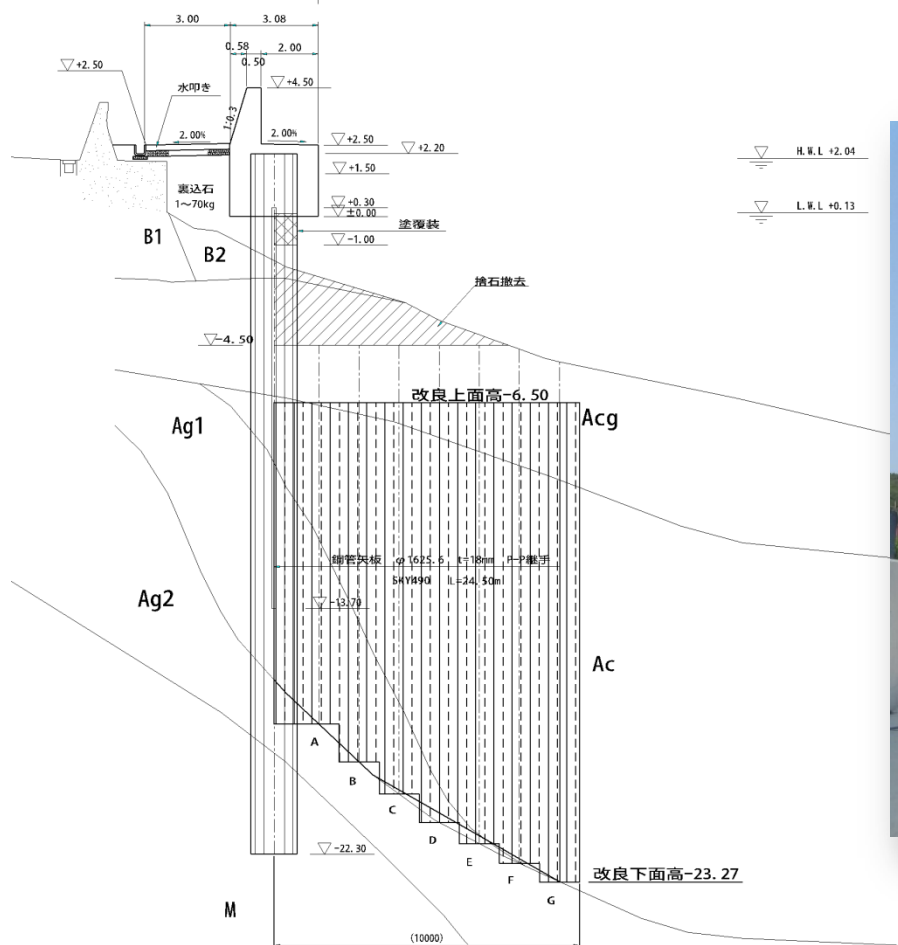
## FTJ 施工例③：台船施工

## N型エアなし（台船）

※三重県

施工条件上、仮設栈橋の構築が不可のため台船により施工

【断面図】



## 【施工状況】

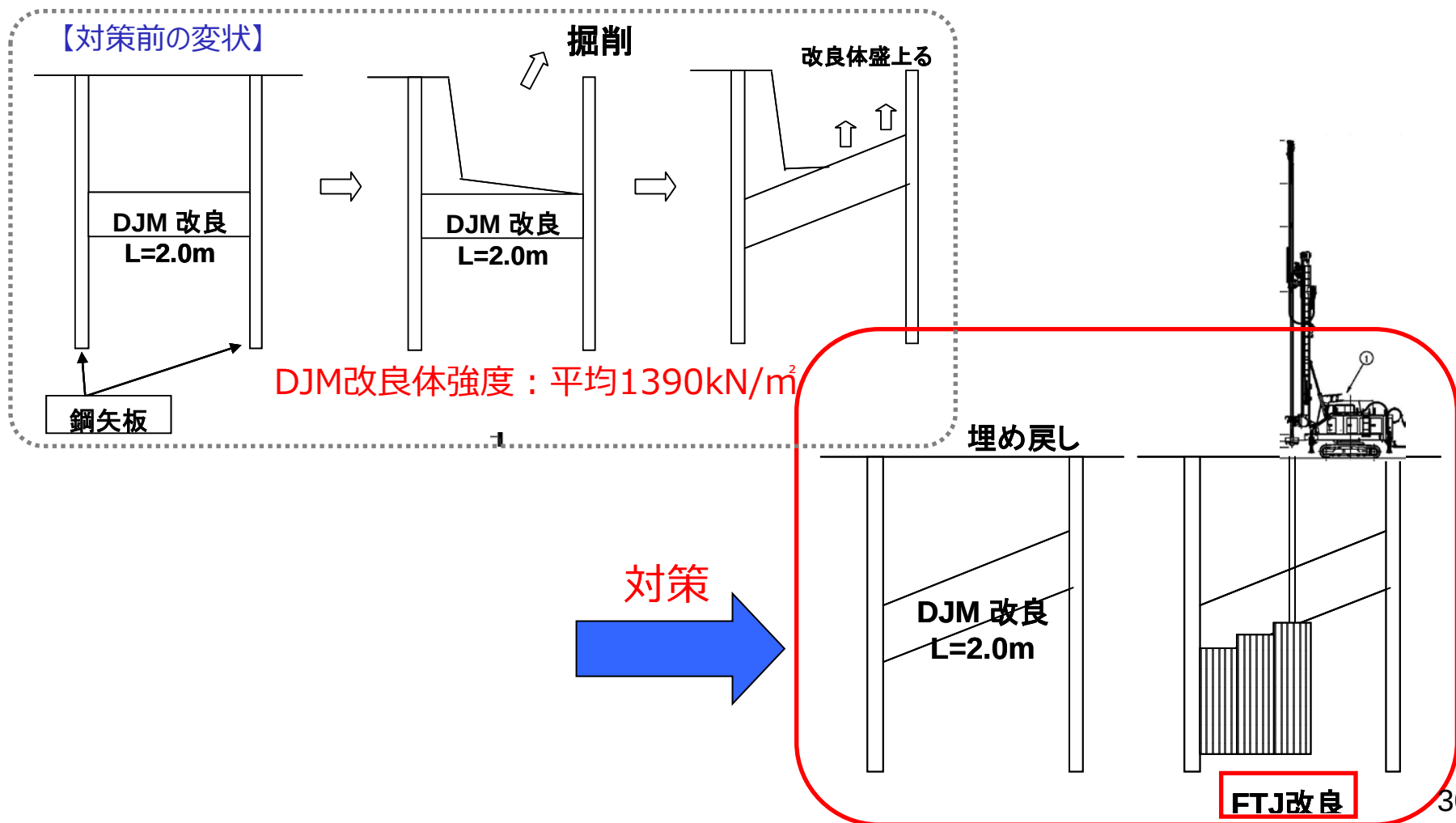




# FTJ 施工例④ : DJM改良体下部の施工

## N型エアあり

- ・改良目的 : 底盤改良 (施工時の変状対策)
- ・改良対象地盤はDJM改良体直下の粘性土

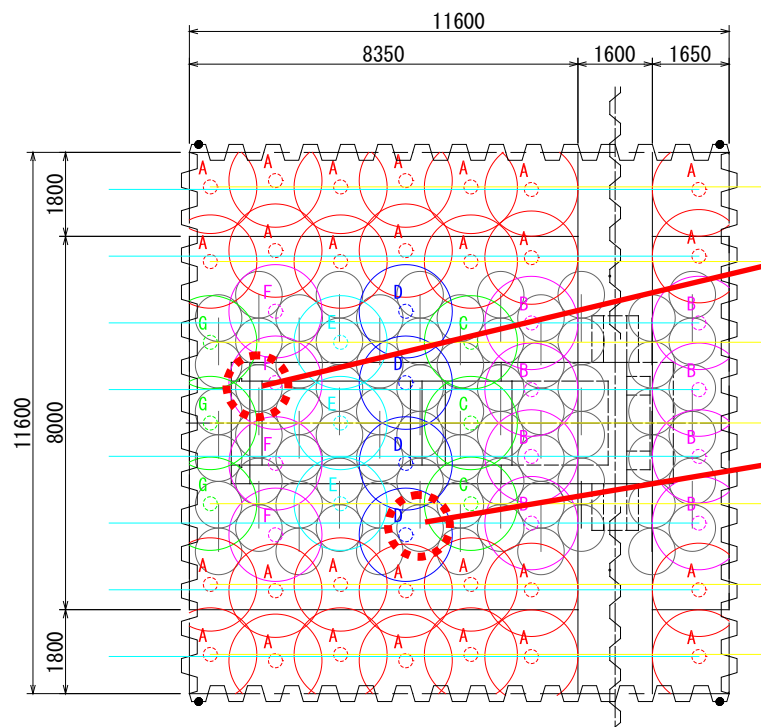




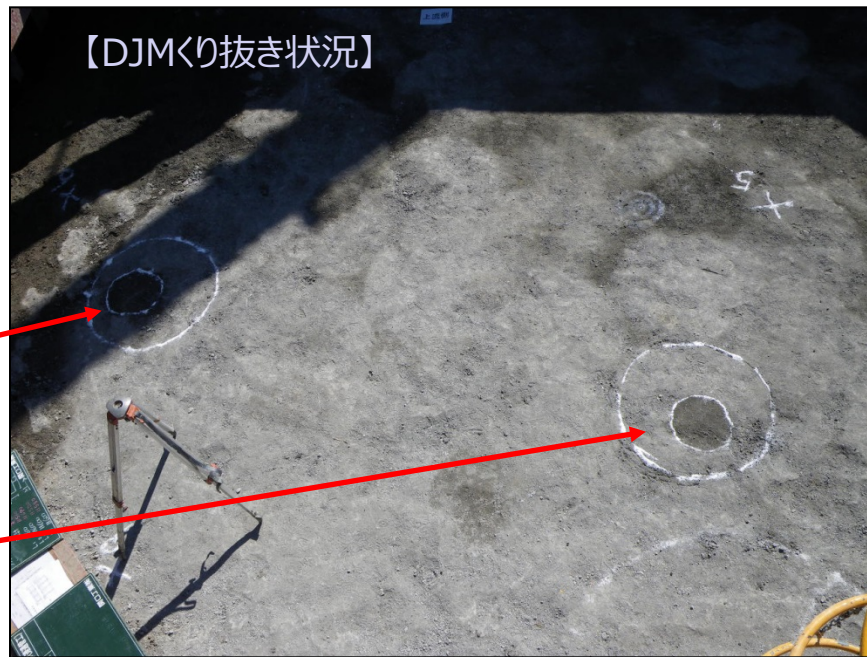


# FTJ 施工例④：DJM改良体下部の施工

【平面図】



【DJMくり抜き状況】



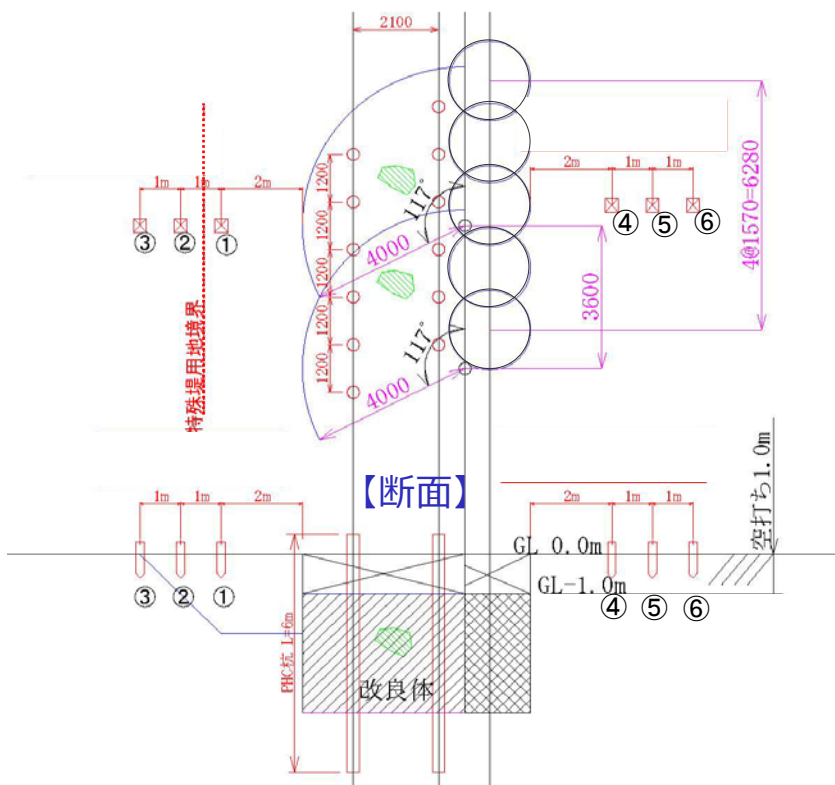
【攪拌翼の形状】



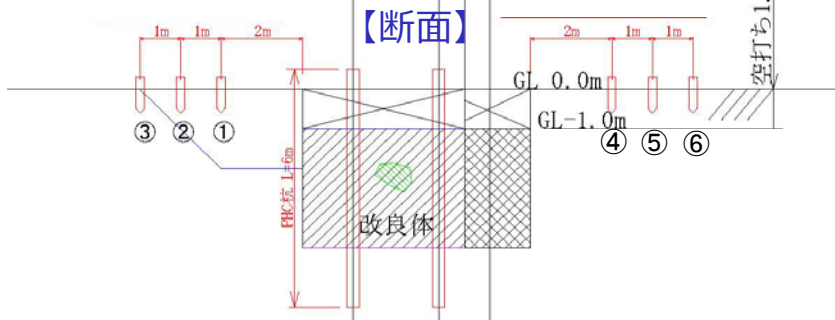


# FTJ-FAN 施工例①：試験施工

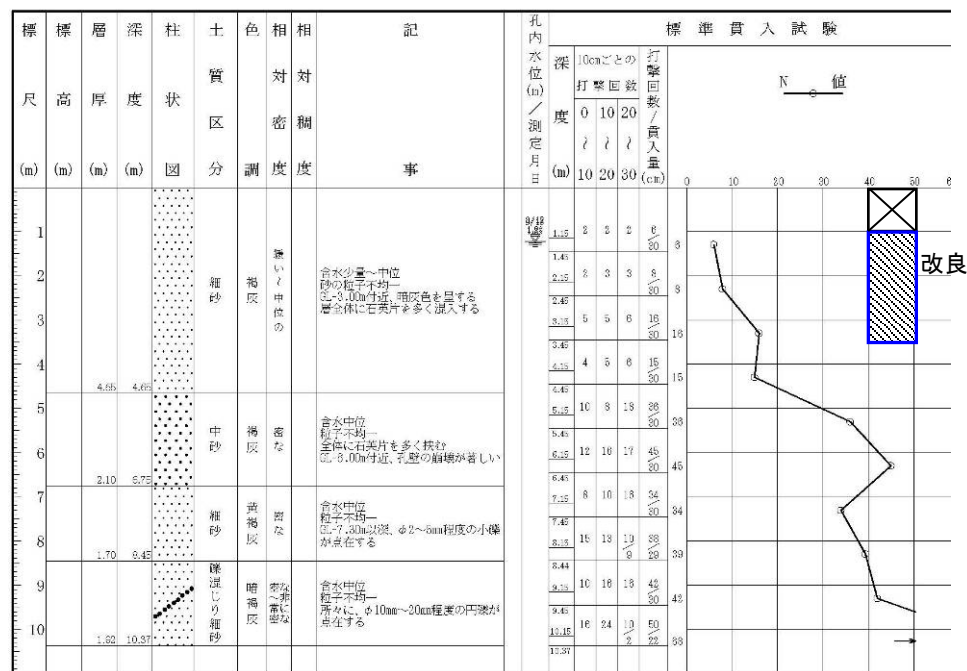
【平面】



【断面】



【柱状図】







# FTJ-FAN 施工例①：試験施工

【出来形状況①】



【出来形状況②】



【出来形状況③】



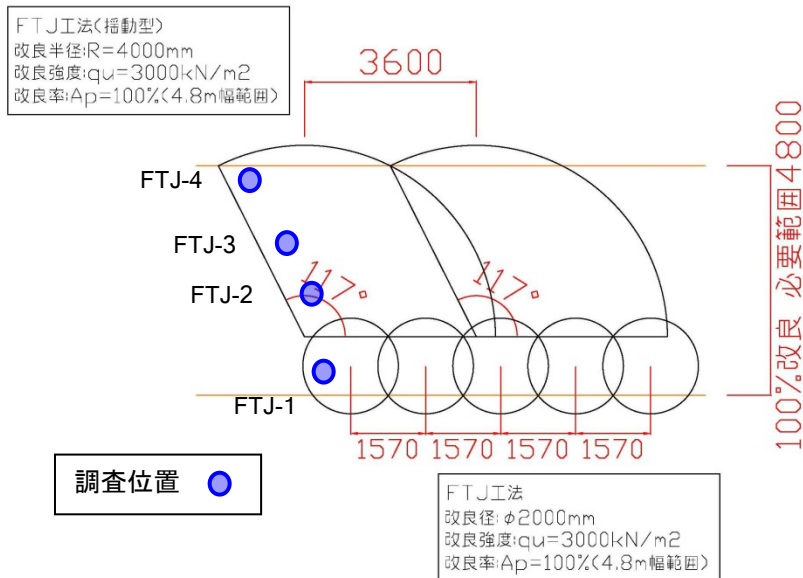
【出来形状況④】





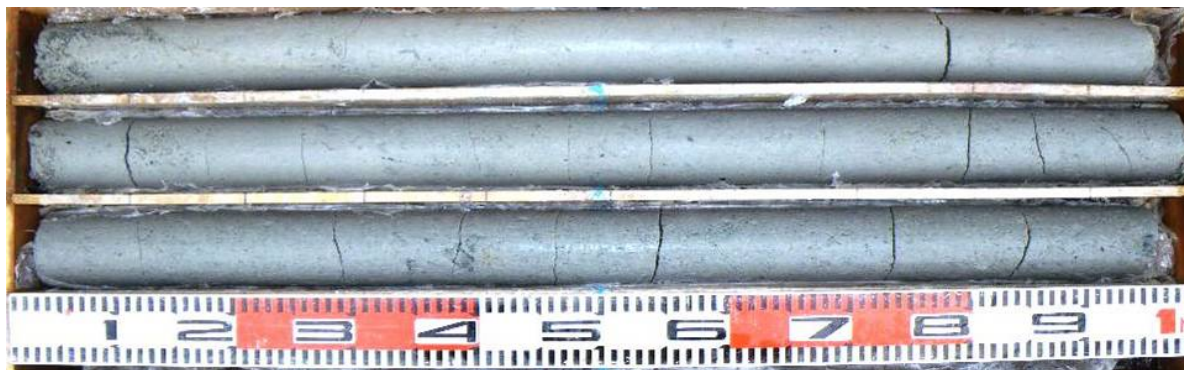
# FTJ-FAN 施工例①：試験施工

## 【品質確認結果】



| 調査No. | 改良仕様    | 供試体No. | 採取位置 | 改良強度<br>一軸圧縮強さ(kN/m <sup>2</sup> ) | 備考 |
|-------|---------|--------|------|------------------------------------|----|
| FTJ-1 | FTJ 標準型 | No.1   | 上層   | 3,867.0                            |    |
|       |         | No.2   | 中層   | 4,734.3                            |    |
|       |         | No.3   | 下層   | 3,588.6                            |    |
| FTJ-2 | FTJ揺動型  | No.1   | 上層   | 3,748.3                            |    |
|       |         | No.2   | 中層   | 4,219.3                            |    |
|       |         | No.3   | 下層   | 4,059.0                            |    |
| FTJ-3 | FTJ揺動型  | No.1   | 上層   | 3,686.8                            |    |
|       |         | No.2   | 中層   | 6,512.4                            |    |
|       |         | No.3   | 下層   | 6,669.0                            |    |
| FTJ-4 | FTJ揺動型  | No.1   | 上層   | 6,076.4                            |    |
|       |         | No.2   | 中層   | 4,597.2                            |    |
|       |         | No.3   | 下層   | 6,303.3                            |    |

FTJ-4

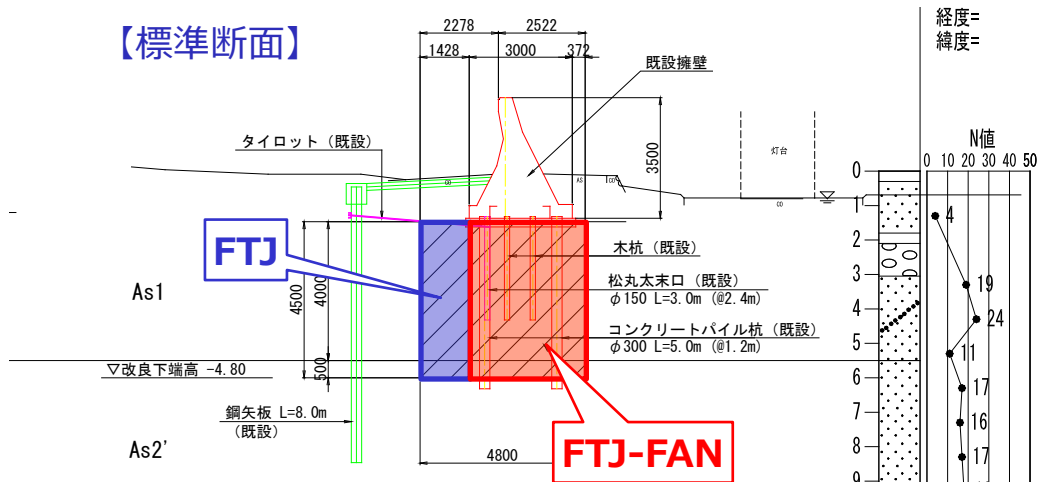






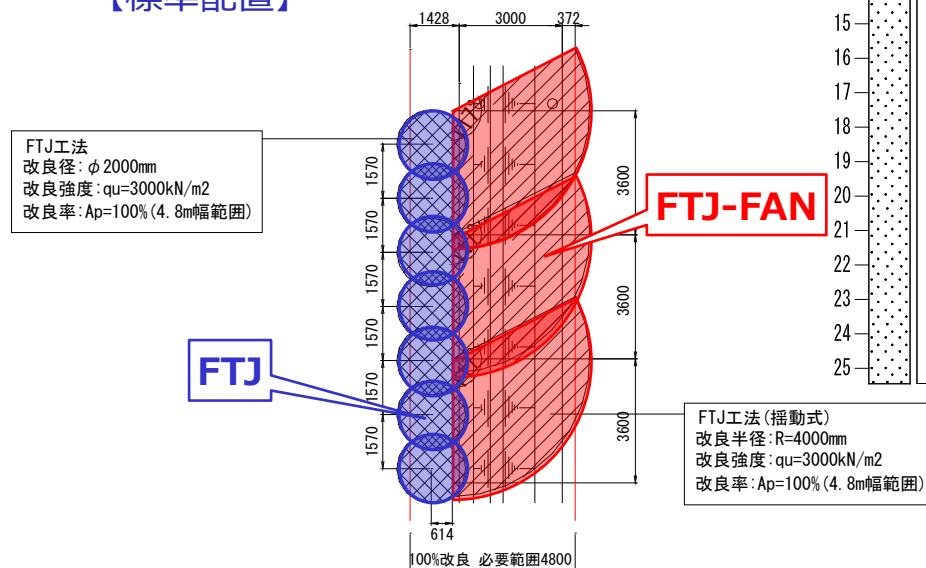
# FTJ-FAN 施工例②：既設特殊堤の耐震化

【標準断面】



※北陸地方整備局

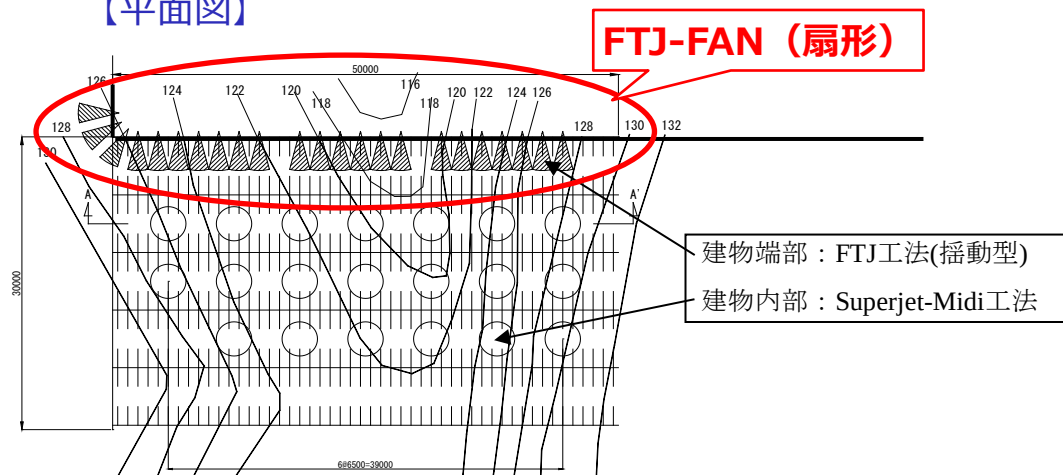
【標準配置】



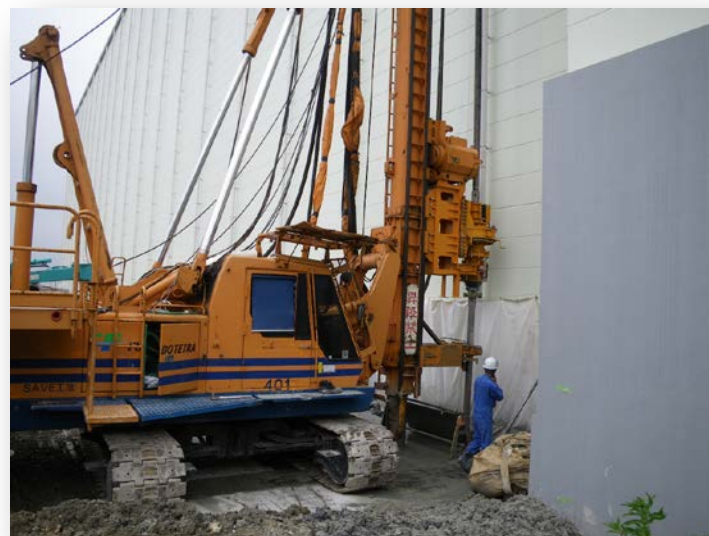
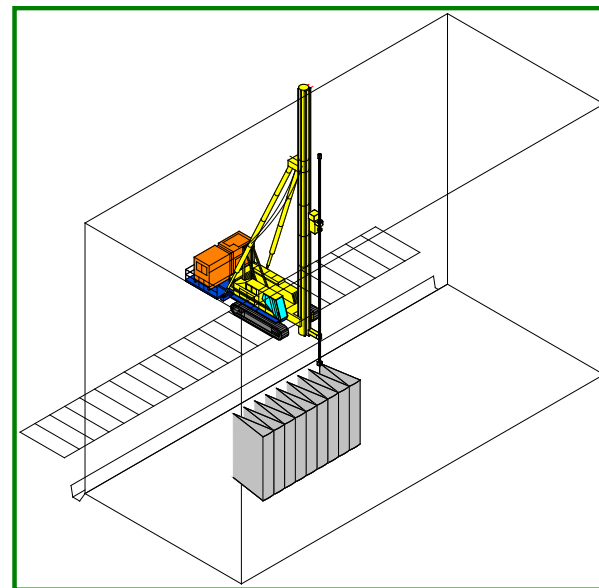
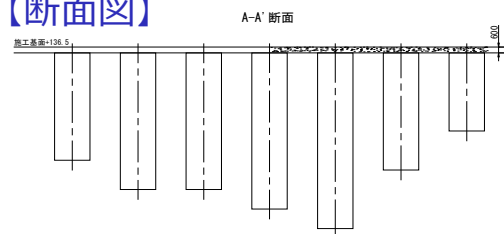


# FTJ-FAN 施工例③：既設建物の沈下対策

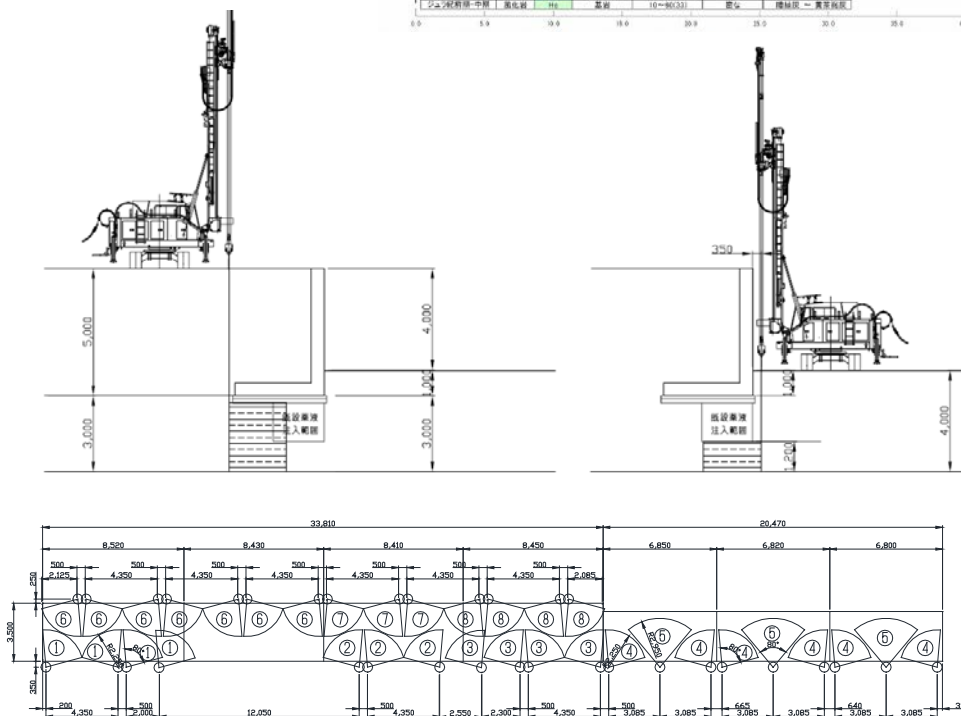
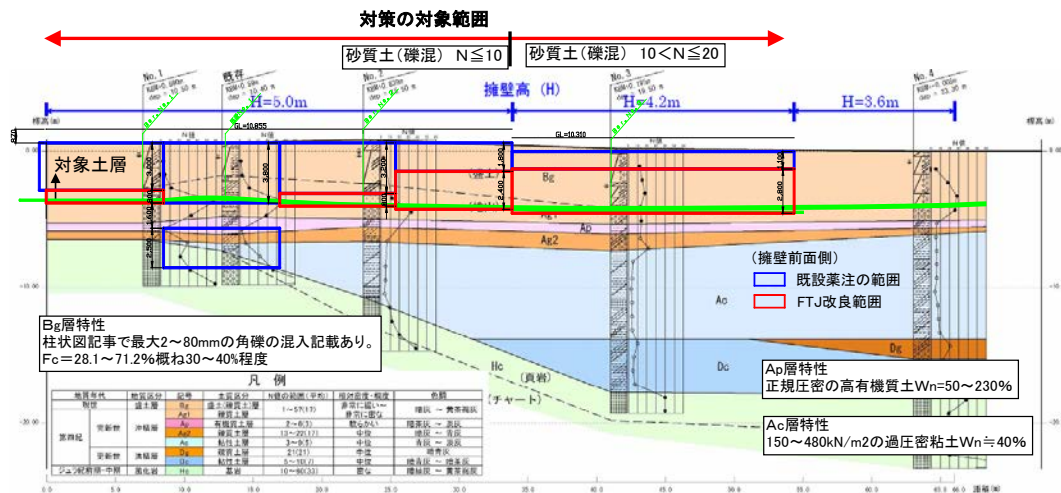
【平面図】



【断面図】



## FTJ-FAN 施工例④：既設擁壁支持力対策



※○数字は杭種を表す

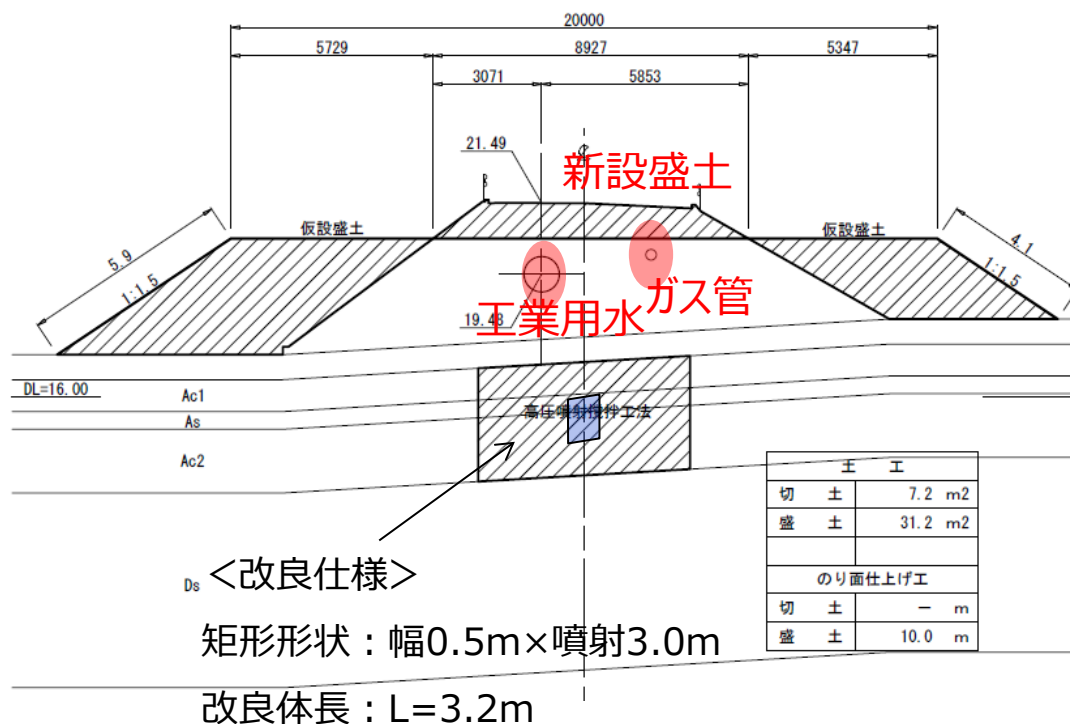






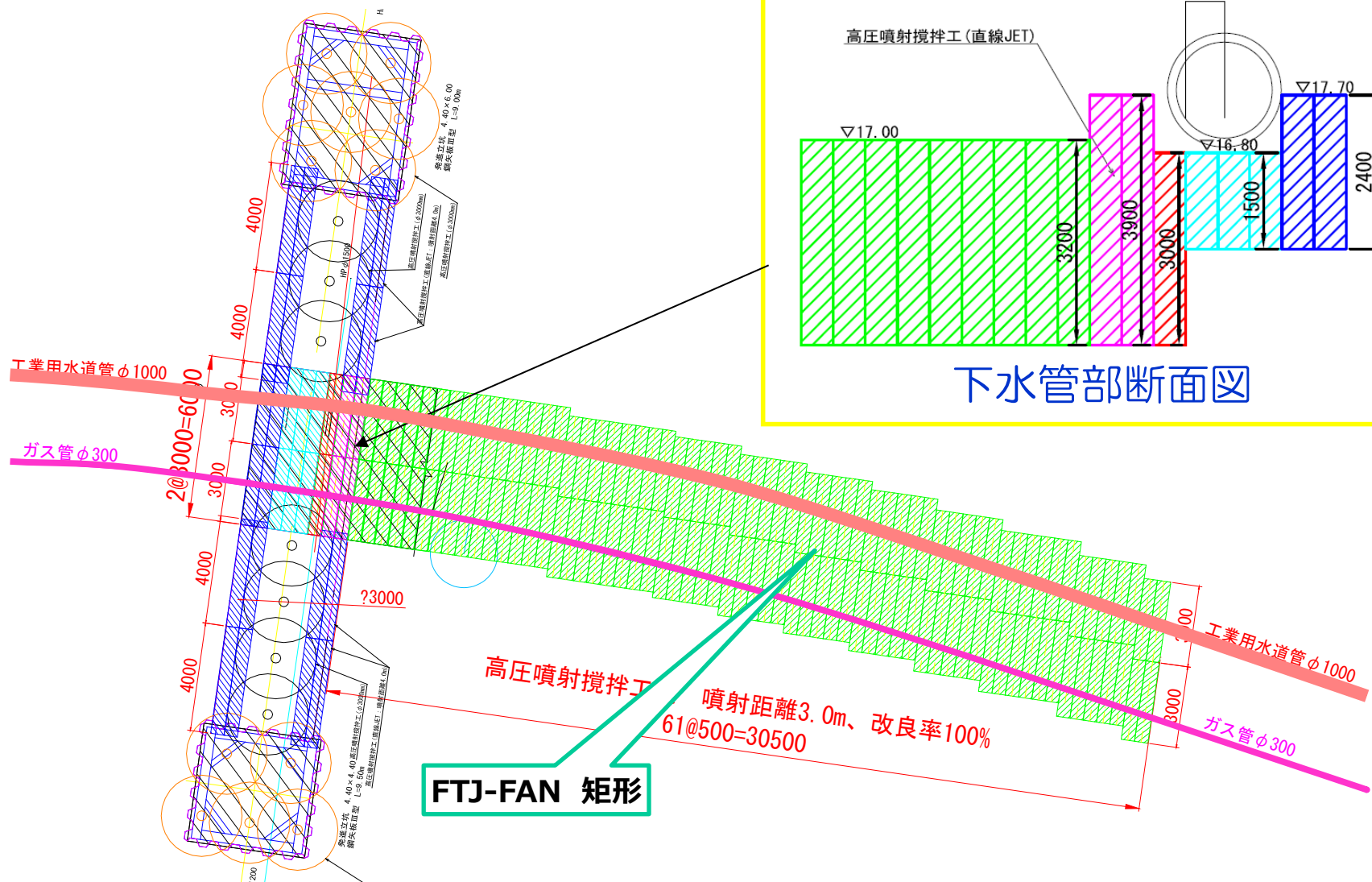
# FTJ-FAN 施工例⑤：既設埋設管沈下対策

- ・新設道路盛土による既存埋設管（工業用水・ガス管）の沈下対策。
- ・改良目標：既存埋設管の脇から直下を100%全面改良。



## FTJ-FAN 施工例⑤：既設埋設管沈下対策

### 平面配置図





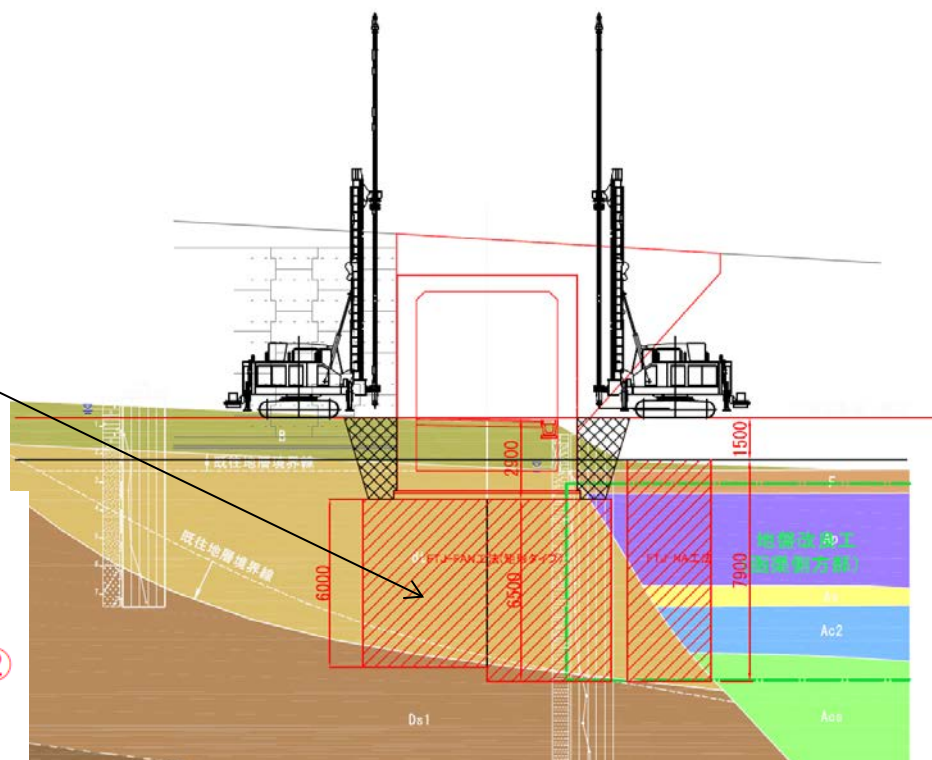
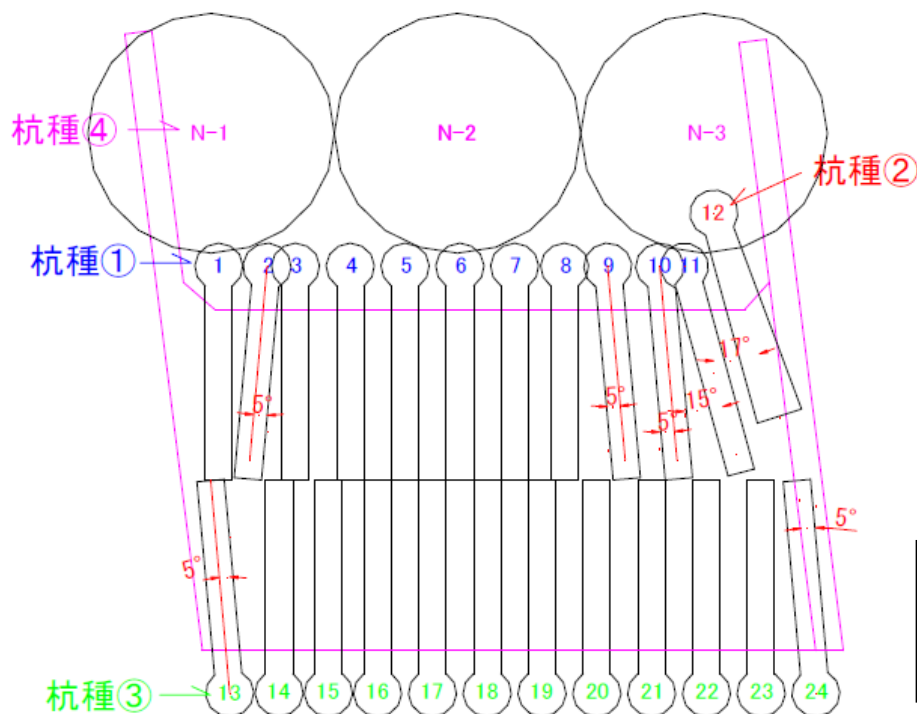
# FTJ-FAN 施工例⑥：既設BOX沈下対策

- ・既設BOXの沈下対策。
- ・改良目標：既設BOXの脇から直下を50%改良。

＜改良仕様＞

矩形形状：幅0.5m×噴射4.0m

改良体長：L=6.0~6.5m



- |     |        |         |         |        |
|-----|--------|---------|---------|--------|
| 杭種① | 空打2.9m | 改良長6.5m | 貫入長9.4m | 揺動角12° |
| 杭種② | 空打2.9m | 改良長6.5m | 貫入長9.4m | 揺動角16° |
| 杭種③ | 空打2.9m | 改良長6.0m | 貫入長8.9m | 揺動角12° |
| 杭種④ | 空打1.5m | 改良長7.9m | 貫入長9.4m | φ4,500 |

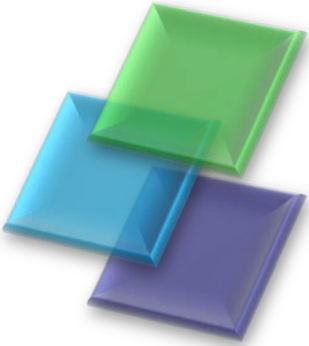




# FTJ-FAN 施工例⑥：既設BOX沈下対策



---



**F i n**



---

(株)不動テトラ中部支店 研究室  
鵜野 雅明

TEL : 052-385-0803

E-mail : [masaaki.uno@fudotetra.co.jp](mailto:masaaki.uno@fudotetra.co.jp)



# 攪拌翼のバリエーション

## FTJ



## FTJ-FAN

