

鋼管杭中掘拡大  
根固め工法

エフ ビー ナイン

FB9工法

技術審査証明第7号

現場のプロから生まれた...

FB9

全基連工法協会



# “お客様に安心と信頼を売る” をモットーに 現場のプロ集団が 開発した工法

## ● 目 次 ●

|                  |   |
|------------------|---|
| はじめに .....       | 1 |
| 審査証明内容 .....     | 2 |
| FB9工法の特長 .....   | 4 |
| FB9工法の拡大球根 ..... | 5 |
| 施工手順 .....       | 6 |
| 施工機械 .....       | 8 |
| 鉛直載荷試験 .....     | 9 |





## はじめに

近年、振動・騒音等の環境問題が大きく取り上げられ、都市近郊や住宅地に近接した土木工事現場では、施工方法に、より慎重な配慮が必要になって来ています。

このような条件の中、鋼管杭については低振動・低騒音工法である中掘り根固め工法による施工が、施工性・経済性の面からも多く採用されています。

全基連工法協会が開発した**FB9**工法は、道路橋示方書における中掘工法のセメントミルク噴出攪拌方式に分類されるもので、(財)国土技術研究センターの技術審査を受け、道路橋示方書に規定された中掘り杭工法に関する適用条件を満足していることが証明された工法であります。

**FB9**とは、「Foundation Builders Nine」の略称であります。

全国各地の杭打専門業者が集まり、各地の多様な地盤で施工試験を行い、長年の経験と技術を持ち寄り考えだされた工法、いわば現場のプロから生まれた工法が**FB9**工法です。

何卒、本工法の特長を御理解頂き、安全性・施工性に優れた**FB9**工法を幅広く御採用賜りますよう、宜しくお願い申し上げます。



## 審査証明書



技術名称：FB9工法  
(鋼管杭中掘先端拡大根固め工法)

技審証第7号

### (開発の趣旨)

道路橋示方書および杭基礎施工便覧によれば、中掘り杭工法は道示式により求まる極限支持力と同等以上の杭先端支持力が鉛直載荷試験により確認されること、および管理手法が確立されていることが求められている。

本工法は、拡大ヘッドで鋼管杭先端部の支持地盤を機械的に拡大掘削し、セメントミルクを噴出・攪拌することによって確実な拡大根固め球根を築造し、上記の要請を満足する中掘り杭工法を開発することを趣旨とする。

### (開発目標)

鋼管杭先端部において、支持地盤を機械的に拡大掘削し、セメントミルク噴出攪拌方式にて拡大根固め球根を築造した杭体が、道路橋示方書（平成14年3月）規定の中掘り杭と同等以上の支持力を有すること。

建設技術審査証明事業（一般土木工法）実施要領に基づき、依頼のあった『FB9工法』の技術内容について下記のとおり証明する。

平成16年9月2日

建設技術審査証明協議会会員  
財団法人 国土技術研究センター

理事長

大石久和



### 記

#### 1. 技術審査の結果

上記の開発の趣旨および開発目標に照らして本技術を審査した結果、以下の結論を得た。

鋼管杭先端部において、支持地盤を機械的に拡大掘削し、セメントミルク噴出攪拌方式にて拡大根固め球根を築造した杭体が、道路橋示方書（平成14年3月）規定の中掘り杭と同等以上の支持力を有することが認められた。

#### 2. 技術審査の前提

- (1) 技術審査の対象とする工法は、所定の適用範囲のもとで、適正な材料および機械を用いて施工されるものとする。
- (2) 施工は、適正な品質管理および施工管理のもとで行われるものとする。

#### 3. 技術審査の範囲

技術審査は依頼者より提出された開発の趣旨および開発目標に対して設定した確認方法により確認した範囲とする。

#### 4. 技術審査の詳細

(別添)

#### 5. 審査証明書の有効期間

審査証明日～平成21年9月1日

#### 6. 依頼者

|           |                       |
|-----------|-----------------------|
| 丸泰土木株式会社  | (東京都江戸川区北葛西三丁目5番17号)  |
| 株式会社伊藤工業  | (北海道室蘭市港北町三丁目3番15号)   |
| 株式会社ウサ    | (山形県酒田市大字広野字板橋12番地4)  |
| 有限会社内堀建設  | (宮崎県宮崎市大塚台西二丁目22番地4)  |
| 株式会社谷内機械  | (北海道札幌市白石区川下2691番地31) |
| 日本ベース株式会社 | (東京都荒川区西尾久四丁目22番6号)   |
| 有限会社前田組   | (岡山県倉敷市中蔵二丁目2番2号)     |



FB9工法は、(財)国土技術研究センターの建設技術審査証明事業(一般土木工法)要領に基づき、鋼管杭先端部において、支持地盤を機械的に拡大掘削し、セメントミルク噴出攪拌方式にて拡大根固め球根を築造した杭体が、道路橋示方書規定の中掘り杭と同等以上の支持力を有することが認められた工法であります。

## 審査証明内容

審査証明番号 技術審査証明 第7号  
審査証明取得日 平成16年9月2日

### (1) 地盤から決まる杭の極限鉛直支持力

FB9工法で施工した杭の極限支持力を算出するには、以下に示す「道路橋示方書・同解説IV下部構造編」の「中掘り杭」の「セメントミルク噴出攪拌による方法」の極限支持力推定式が適用できます。

$$R_u = q_d A + U \sum L_i f_i$$

ここに、

- $R_u$  : 地盤から決まる杭の極限支持力 (kN)  
 $q_d$  : 杭先端部で支持する単位面積当たりの極限支持力度 (kN/m<sup>2</sup>)  
砂 層 : 150N (≦7,500)  
砂礫層 : 200N (≦10,000)  
 $A$  : 杭先端面積 (m<sup>2</sup>)  
 $U$  : 杭の周長 (m)  
 $L_i$  : 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)  
 $f_i$  : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度 (kN/m<sup>2</sup>)  
砂質土 : 2N (≦100)  
粘性土 : 0.8Cまたは8N (≦100)

### (2) 杭の種類と適用範囲

- ①杭の種類 ..... 鋼管杭 JIS A 5525 (SKK400またはSKK490)  
②杭の最大施工径 ..... φ800.0mm  
③杭の最大施工深さ ..... 杭径の110倍以下かつ75m程度以下  
尚、これを越える場合は別途検討する。

### (3) 杭先端適用地盤

杭先端の適用地盤は砂層、砂礫層とする。



# FB9工法の特長

## 確実な根固め球根の築造

拡大ヘッドにより支持地盤を機械的に拡大掘削し、ヘッド先端よりセメントミルクを噴出しながら拡大ヘッドにより反復攪拌混合するため、確実な拡大球根が築造できます。

## 連続作業でスピーディな施工

杭の沈設から支持層の拡大掘削、セメントミルクの注入攪拌混合まで一工程で行うとともに、鋼管内面に突起物がないため、スパイラルオーガの外径を鋼管内径ギリギリまで大きくできるので、掘削効率が良好で確実な排土ができることから、スピーディな施工が可能です。

## 低公害工法

振動・騒音レベルの低い低公害工法です。

## 環境保全

中掘り沈設時に排出される土砂は、建設発生土として処理できるので環境保全に対応できます。

## 確実な鉛直支持力

杭径より大きい拡大根固め球根を築造し、この球根に鋼管先端部を圧入するため、安定した支持力が得られます。

## 鋼管杭と先端球根部との確実な定着と一体化

拡大ヘッドに装備されているクリーニング装置で、鋼管杭先端内面に付着している泥土を除去して、拡大根固め球根に鋼管先端部を圧入するので、杭先端の二重管構造部（外管（フリクションカッター）を杭先端より突出させた構造）が拡大根固め球根へ確実に定着されるとともに、確実に一体化できます。

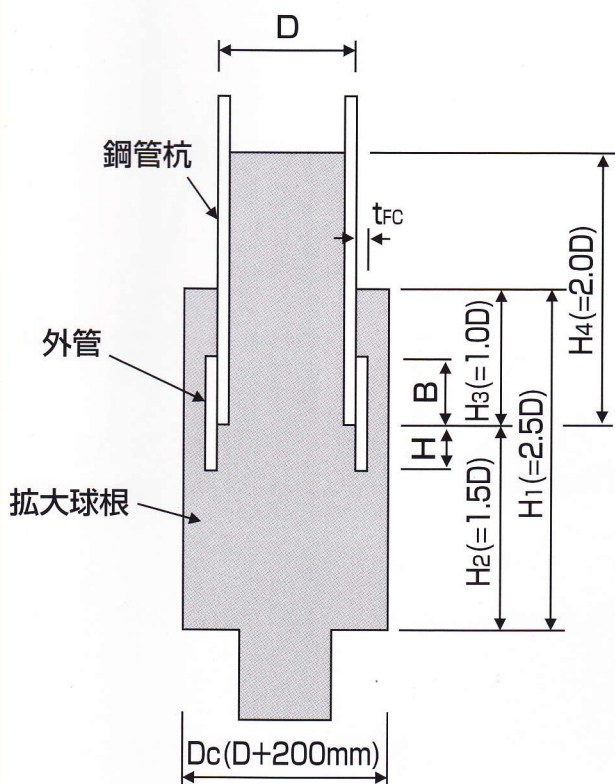
## 全国的ネットワーク

審査証明取得会社が北は北海道から南は九州まで全国的に存在し、いかなる地域の受注にも即応できます。



# FB9工法の拡大球根

■杭先端部の概念図



■杭先端の標準構造

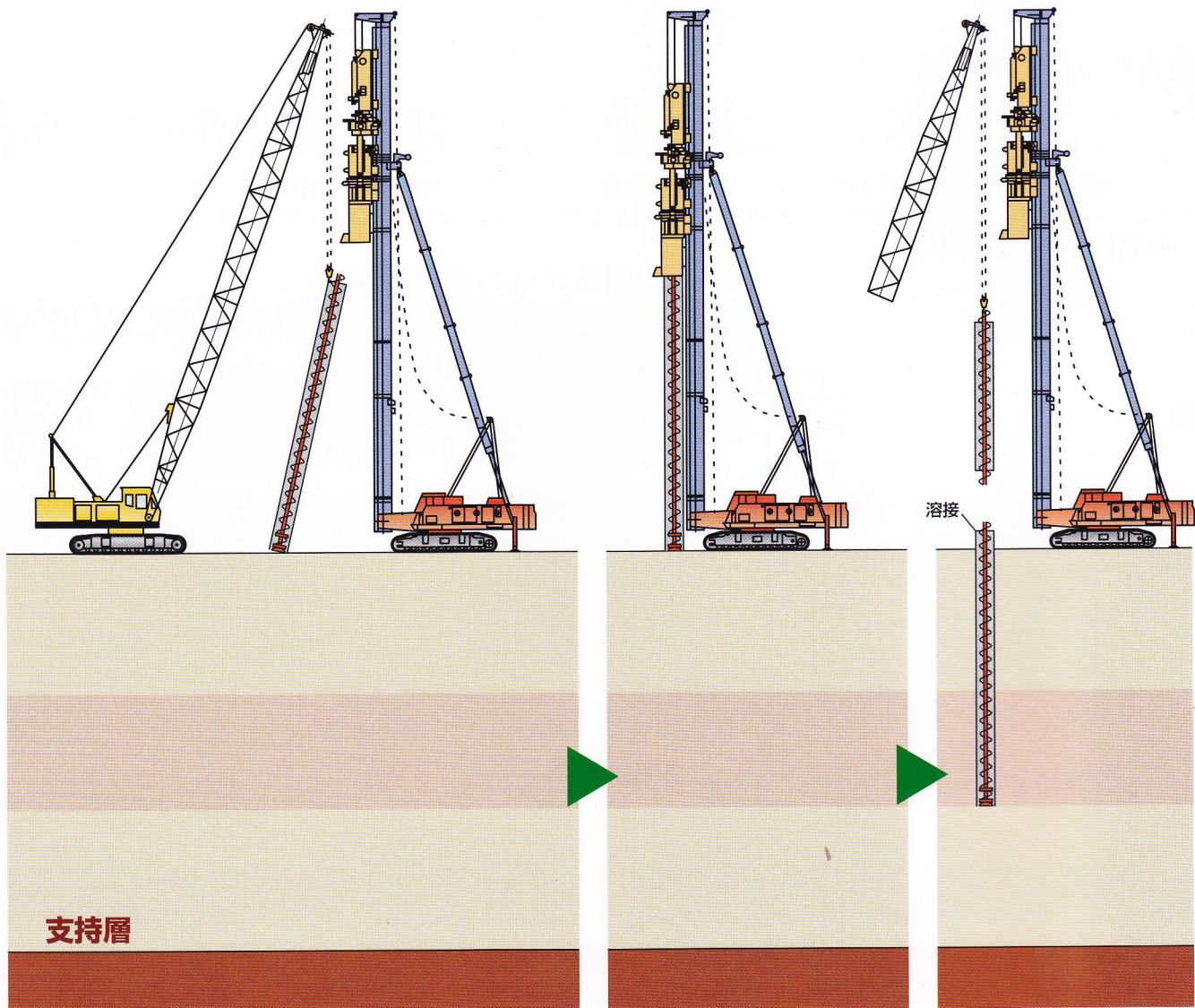
| 杭径<br>D<br>(mm) | 外管 (フリクションカッター)   |                                  |                         |
|-----------------|-------------------|----------------------------------|-------------------------|
|                 | 外管の幅<br>B<br>(mm) | 外管の厚さ<br>t <sub>FC</sub><br>(mm) | 杭先端部からの<br>突出長H<br>(mm) |
| 400             | 200               | 9.0                              | 200                     |
| 450             | "                 | "                                | "                       |
| 500             | "                 | "                                | "                       |
| 550             | "                 | "                                | "                       |
| 600             | "                 | "                                | "                       |
| 700             | 300               | "                                | "                       |
| 800             | "                 | 12.0                             | "                       |

■拡大球根の寸法・標準注入量 (W/C=65%)

| 杭径        | 球根外径                                 | 球根長さ                             | 球根高さ                              | 鋼管杭の<br>球根部への<br>圧入長さ             | 鋼管内<br>充填高さ                       | 最小注入量             | セメント量     | 水                      |
|-----------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------|------------------------|
| D<br>(mm) | D <sub>c</sub><br>(=D+200mm)<br>(mm) | H <sub>1</sub><br>(2.5D)<br>(mm) | H <sub>2</sub><br>(=1.5D)<br>(mm) | H <sub>3</sub><br>(=1.0D)<br>(mm) | H <sub>4</sub><br>(=2.0D)<br>(mm) | (m <sup>3</sup> ) | C<br>(kg) | W<br>(m <sup>3</sup> ) |
| 400       | 600                                  | 1,000                            | 600                               | 400                               | 800                               | 0.35              | 400       | 260                    |
| 450       | 650                                  | 1,125                            | 675                               | 450                               | 900                               | 0.50              | 525       | 340                    |
| 500       | 700                                  | 1,250                            | 750                               | 500                               | 1,000                             | 0.65              | 675       | 440                    |
| 550       | 750                                  | 1,375                            | 825                               | 550                               | 1,100                             | 0.82              | 850       | 550                    |
| 600       | 800                                  | 1,500                            | 900                               | 600                               | 1,200                             | 1.01              | 1,050     | 680                    |
| 700       | 900                                  | 1,750                            | 1,050                             | 700                               | 1,400                             | 1.52              | 1,575     | 1,020                  |
| 800       | 1,000                                | 2,000                            | 1,200                             | 800                               | 1,600                             | 2.15              | 2,225     | 1,450                  |



# 施工手順



## 1 鋼管杭吊り込み オーガ駆動装置へのセット

鋼管杭とスパイラルオーガをオーガ駆動装置にセットします。

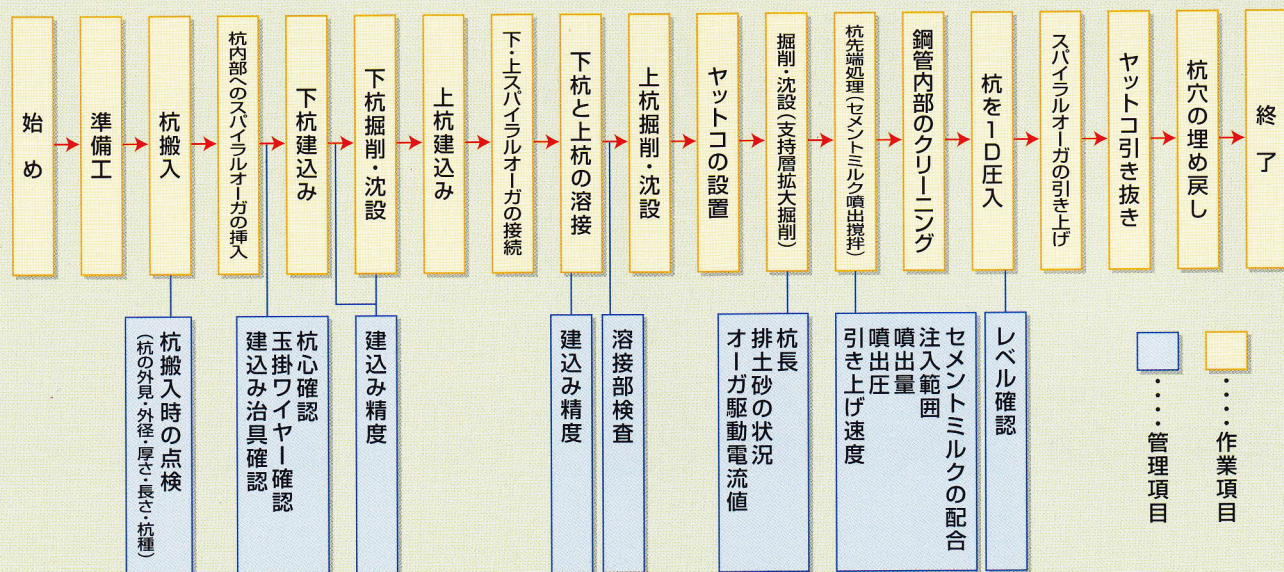
## 2 杭心セット 掘削・沈設開始

杭心に建込み、鉛直性を確保しながら掘削沈設を開始します。

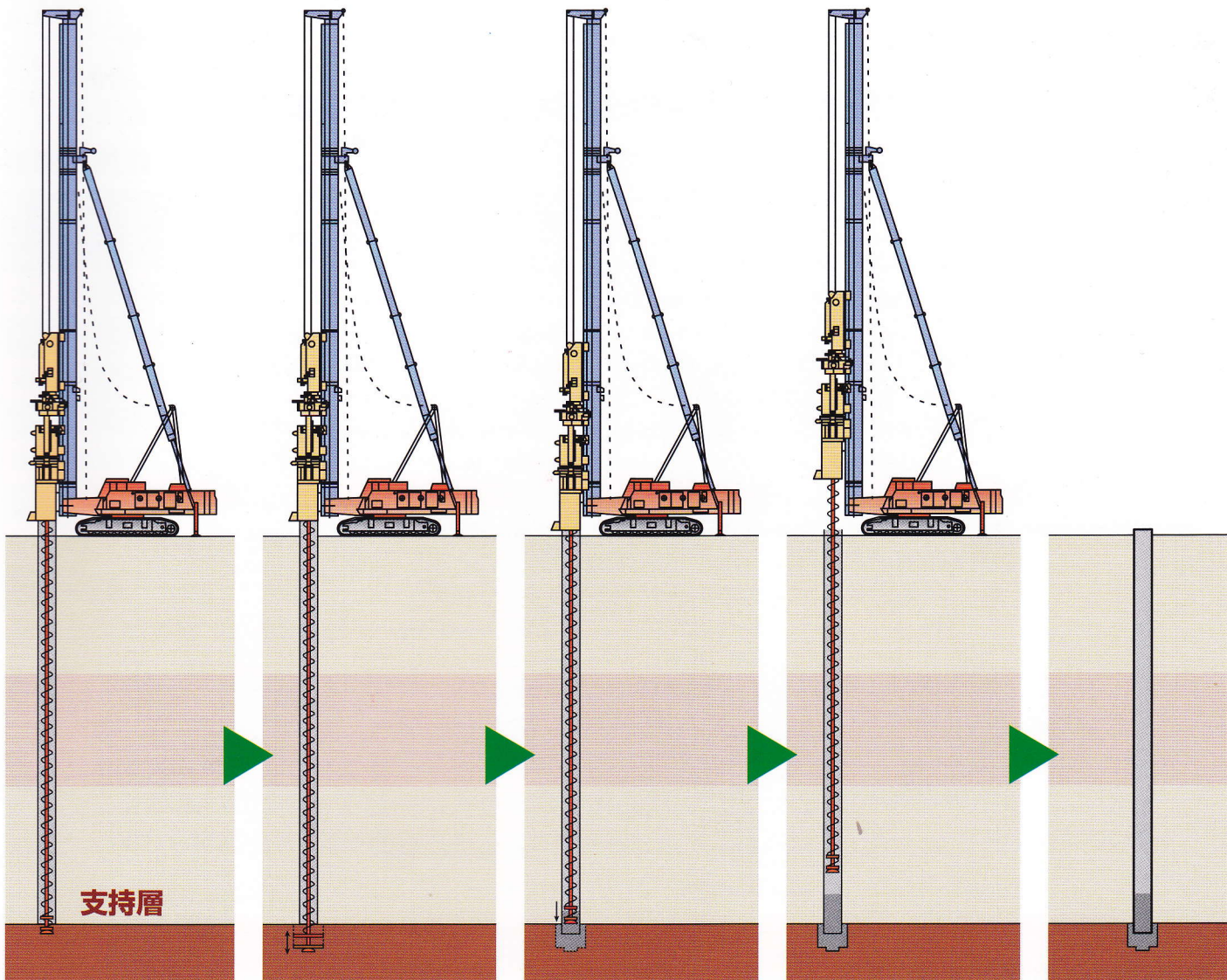
## 3 上杭建込み 継手溶接

上杭を建込み上下のスパイラルオーガを接続すると共に杭本体の溶接を行います。

## ■施工手順







#### 4 掘削圧入

上杭を掘削・沈設して支持層まで達したら、ヘッドを先行させ拡大翼を拡翼 ( $D+0.2m$ ) して、拡大根固め球根の築造を開始します。

#### 5 支持層掘削 セメントミルク注入 拡大球根築造

所定の深さ ( $2.5D$ ) まで拡大掘削した後、セメントミルクを注入し、攪拌・混合しながら拡大根固め球根を築造します。

#### 6 ヘッド格納 杭定着

その後、拡大翼を閉翼して、管内クリーニングをおこなった後、拡大根固め球根部に鋼管杭を  $1D$  圧入させます。

#### 7 スパイラルオーガ引き上げ

スパイラルオーガを上方  $2.0D$  まで引き上げます。その後、注水しながら地上まで引き上げます。

#### 8 完了



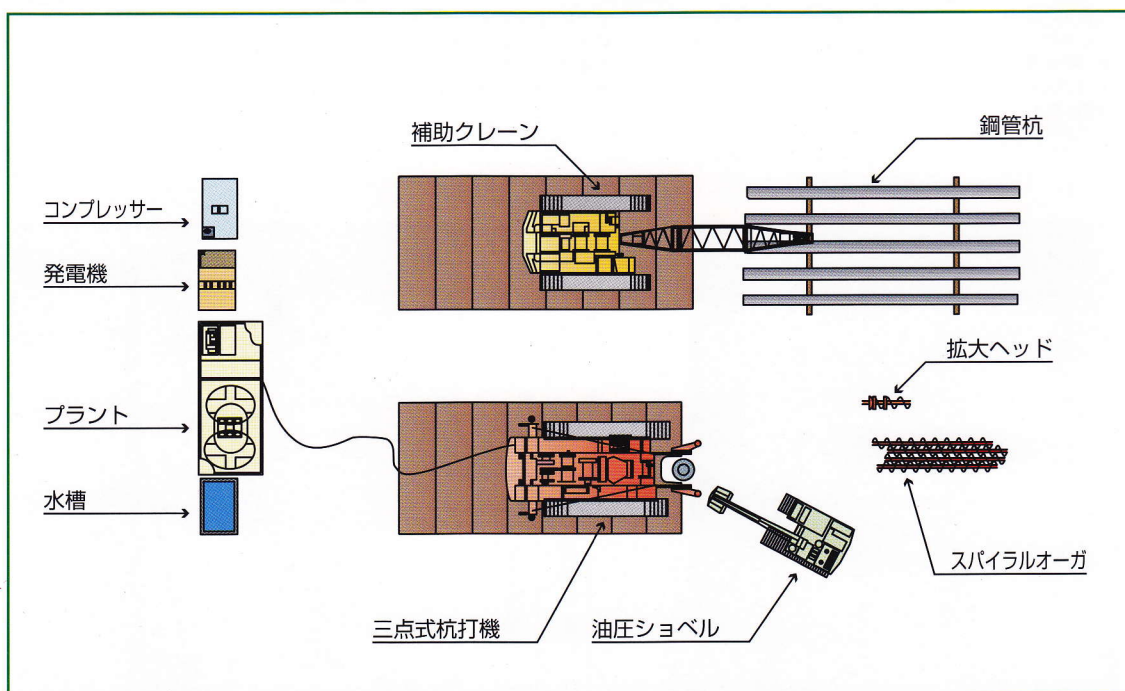


# 施工機械

## ■標準的な施工機械器具

| No | 名 称            | 種 類                             | 仕様・規格等                                                                           |
|----|----------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 杭打機            | 三点支持方式                          | 吊り能力 40t 全装備重量 60t・85t<br>45t 90t<br>50t 100t<br>60t 120t                        |
| 2  | 補助クレーン         | クローラクレーン                        | 30,40,50,60,80t 吊り                                                               |
| 3  | オーガ駆動装置        | オーガモータ 又は<br>油圧オーガ              | 出力45, 55, 90, 110kw<br>電動モータが標準                                                  |
| 4  | 油圧圧入装置         | 押込みシリンダー                        | 押込みストローク:2.5m, 押込み力:500~1000kN                                                   |
| 5  | 掘削土処理機         | 油圧ショベル                          | バケット容量 0.4m <sup>3</sup>                                                         |
| 6  | 電気機器           | 発動発電器                           | 125, 200, 300, 400, 500kVA                                                       |
| 7  | 空気圧縮機          | 可搬式スクリュー<br>エンジン掛け              | 吐出空位量:10~18m <sup>3</sup> /min                                                   |
| 8  | 交流アーク<br>溶接機   | 半自動溶接機                          | 500Aクラス(1~2台)                                                                    |
| 9  | モルタルプラント<br>関係 | モルタルミキサ<br>モルタルポンプ<br>水槽        | 容量500リットル×2<br>吐出圧:14kgf/cm <sup>2</sup> , 吐出量:280リットル/min<br>4~10m <sup>3</sup> |
| 10 | スパイラルオーガ<br>関係 | スパイラルオーガ<br>オーガシャフト<br>拡大ヘッド    | 杭径別に選定<br>同上<br>同上                                                               |
| 11 | その他            | 管理装置<br>ガス用具<br>敷鉄板<br>排土処理ホッパー | <br><br>1.5×6.0m 10~20枚<br>2.0~4.0m <sup>3</sup>                                 |

## ■標準的な機械配置例





# 鉛直載荷試験

FB9工法で施工した鋼管杭の鉛直載荷試験は、下表に示すように先端地盤が砂質土で6件、砂礫土で3件の計9件行っています。試験杭には杭先端支持力と周面摩擦力を求め、杭の軸方向にひずみゲージを貼り付けております。

## ■ 載荷試験一覧表

| No | 試験場所  | 杭の仕様    |        | 先端地盤 |
|----|-------|---------|--------|------|
|    |       | 杭径 (mm) | 杭長 (m) |      |
| 1  | 千葉県沼南 | 600.0   | 30.0   | 砂質土  |
| 2  | 宮崎県高原 | 600.0   | 33.0   | 砂礫土  |
| 3  | 千葉県佐倉 | 600.0   | 37.5   | 砂質土  |
| 4  | 新潟県長岡 | 600.0   | 17.8   | 砂礫土  |
| 5  | 新潟県長岡 | 914.4   | 17.5   | 砂礫土  |
| 6  | 愛知県豊田 | 500.0   | 27.0   | 砂質土  |
| 7  | 茨城県相馬 | 800.0   | 41.0   | 砂質土  |
| 8  | 茨城県相馬 | 800.0   | 39.5   | 砂質土  |
| 9  | 愛知県豊田 | 800.0   | 21.0   | 砂質土  |



## ■ 試験結果

図-1は実測極限支持力と道路橋示方書の極限支持力推定式より求めた計算値の比較、図-2は実測先端支持力度と道路橋示方書の先端支持力度とN値の関係、図-3は各地層毎の実測最大周面摩擦力度と道路橋示方書の最大周面摩擦力度とN値の関係を示します。いずれも実測値は、道路橋示方書による計算値と比べて同等以上であることが確認されています。

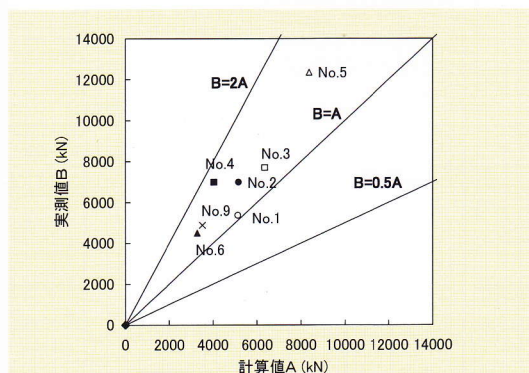


図-1 極限支持力の計算値と実測値の関係

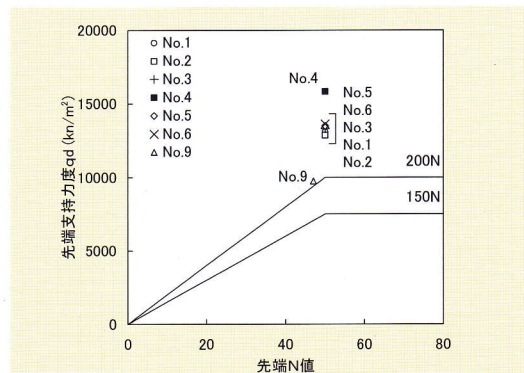


図-2 先端支持力度とN値の関係

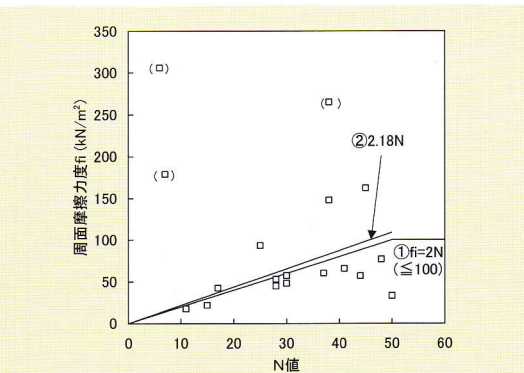
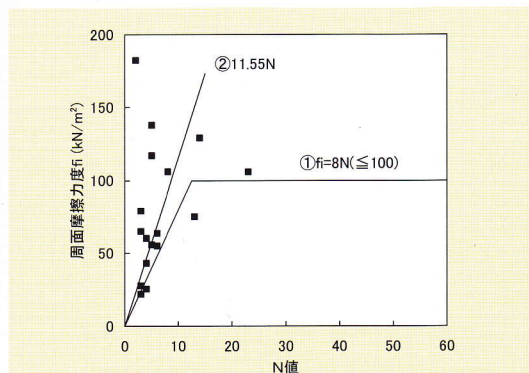


図-3 最大周面摩擦力度とN値の関係

(①道路橋示方書による式、②FB9工法による近似式)  
注：②FB9工法による近似式を求める際、粘性土についてはN値が12.5以上かつ $f_{max}=100kN/m^2$ 以上の点を除き、砂質土についてはN値が50以上の点と、集団からはずれている( )内のデータは除いた。

※ 載荷試験の他にも、各種室内試験や掘起し試験等を多数行い確認しています。



# 全国的ネットワーク

審査証明取得会社は北海道から九州まで全国的に存在し、  
いかなる地域の受注にも即応できる体制となっております。

(株)谷内機械



(株)ウサ



(有)前田組



(株)伊藤工業



日本ベース(株)



丸泰土木(株)



(有)内堀建設



- (株)谷内機械 〒003-0869 北海道札幌市白石区川下2691-31 TEL.011-853-5533 FAX.011-875-5549  
 (株)伊藤工業 〒050-0063 北海道室蘭市港北町3-3-15 TEL.0143-55-5011 FAX.0143-55-5014  
 (株)ウサ 〒998-0125 山形県酒田市大字広野字榎橋12-4 TEL.0234-92-4336 FAX.0234-92-4518  
 日本ベース(株) 〒116-0011 東京都荒川区西尾久4-22-6 TEL.03-3810-2351 FAX.03-3810-2685  
 丸泰土木(株) 〒134-8631 東京都江戸川区北葛西3-5-17 TEL.03-3689-4111 FAX.03-3686-1800  
 (有)前田組 〒712-8051 岡山県倉敷市中畝2-2-2 TEL.086-455-5496 FAX.086-456-4067  
 (有)内堀建設 〒880-2105 宮崎県宮崎市大塚台西2-22-4 TEL.0985-47-2347 FAX.0985-47-5113

● 営業所 / 名古屋、大阪

## 全基連工法協会

事務局:〒132-0035 東京都江戸川区平井5-10-12 アイケイビル4階  
 TEL.03-3618-1191 FAX.03-3618-1191