

# 中掘り拡大根固め

## SUPER TWIN JET

# STJ工法



**前田製管株式会社** <https://www.maeta.co.jp> 建設業許可番号/国土交通大臣(特-3)第213号 土、建、とび・土工、舗、解

本	社	〒998-8611	山形県酒田市上本町6-7	TEL0234 (23) 5111	FAX0234 (24) 7002		
東	北	支	社	〒980-0011	宮城県仙台市青葉区上杉3-9-4 (マエタビル2F)	TEL022 (263) 2620	FAX022 (214) 8071
関	東	支	社	〒135-0042	東京都江東区木場5-11-7 (商工中金深川ビル6F)	TEL03 (5621) 6473	FAX03 (5621) 6455

### STJ工法の主な公的認定・評価年表

年月	認定・評価内容	認定・評価取得会社	(財)日本建築センター 認定・評価番号
昭和57年3月	STJ工法により施工された既製コンクリート杭の支持力に関する認定 杭径:φ450~φ600	アサノポール(株) 上武産業(株) 東急コンクリート工業(株) 日本高圧コンクリート(株) 日本ヒューム管(株) 前田製管(株) 三井コンクリート工業(株)	BCJ-F266
昭和63年3月	STJ工法に用いる外径700mm・800mmの製品及びその許容支持力	東扇アサノポール(株) 日本高圧コンクリート(株) 日本ヒューム管(株) 前田製管(株)	BCJ-F446 BCJ-F447 BCJ-F448 BCJ-F449
昭和63年10月	STJ工法による基礎杭の許容支持力(会社追加)	大同コンクリート工業(株)	BCJ-F480
平成元年3月	STJ工法に用いる外径700mm・800mmの製品及びその許容支持力(会社追加)	大同コンクリート工業(株) マックスコンクリート(株) 上武産業(株)	BCJ-F502 BCJ-F503 BCJ-F504
平成2年2月	日本道路協会「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」にSTJ工法が「セメントミルク噴出攪拌方式」として記述された。		
平成3年12月	STJ工法による900mm・1,000mmの許容支持力	東扇アサノポール(株)〈現・(株)トーヨーアサノ〉 上武産業(株)〈現・児玉コンクリート工業(株)〉 日本高圧コンクリート(株) 日本ヒューム管(株)〈現・日本ヒューム(株)〉	BCJ-F652
		前田製管(株) 大同コンクリート工業(株)〈現・ジャパンパイル(株)〉 マックスコンクリート(株)〈現・三谷セキサン(株)〉	BCJ-F653
平成4年7月	STJ工法による450、500、600mmの許容支持力(会社追加)	山崎パイル(株)	BCJ-F480(追1)
平成7年2月	STJ工法による450、500、600mmの許容支持力(会社追加)	丸中コンクリート工業(株)〈現・マナック(株)〉	BCJ-F480(追2)
平成9年11月	STJ工法による700、800、900、1,000mmの杭の許容支持力	山崎パイル(株) マナック(株)	BCJ-F945
平成14年1月	建築基準法の改正による国土交通省住宅局建築指導課長からの事務連絡「今後は既認定の内容を基に平成13年国土交通省告示第1113号第六に従い、くいの許容支持力を算定してください。」		
平成19年1月	日本道路協会「杭基礎施工便覧」(平成18年)に「セメントミルク噴出攪拌方式の例」としてSTJ工法の名称が記述された。		

## はじめに

STJ工法は既製コンクリート杭の施工方法で中掘り拡大根固め工法に分類される低騒音・低振動の工法です。

STJはSuper Twin Jetの頭文字を取ったものであり、既製コンクリート杭を中掘りにて地中に沈設し、杭先端でセメントミルクをジェット噴射して拡大根固め部を築造する工法です。

建築分野において、STJ工法は建設大臣認定工法でしたが、建築基準法の改正により、平成14年1月11日付の国土交通省住宅局建築指導課長からの事務連絡により「今後は既認定の内容を基に平成13年国土交通省告示第1113号第六に従い、くいの許容支持力を算定してください。」ということになりました。

したがって、STJ工法の支持力算定式は、既認定の内容を告示第1113号の表現方法に読み替えて使用して載いております。

建築分野におけるSTJ工法の適合条件は以下のとおりです。

- (1) 支持地盤は、砂質土層及び礫質土層とする。
  - (2) 地盤沈下により杭に対して下向きの摩擦力(負の摩擦力)の生じる地盤では、これによる摩擦力を考慮しない。
  - (3) 支持層中の地下水に流れがあり、拡大根固め部の築造に支障のおそれがある場合には、この工法を用いない。
- ただし、試験杭によって、逸液防止剤の効果が確認された場合には、その限りでない。
- (4) 適用杭径は450mm、500mm、600mm、700mm、800mm、900mm、1,000mmとする。
  - (5) 杭の施工長は80m以下とする。

また、土木分野においては、STJ工法は日本道路協会「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」、  
「杭基礎施工便覧」(平成27年3月改訂版)に記述される中掘り杭であり、杭先端の処理方法がセメントミルク噴出攪拌方式に分類される工法です。

土木分野におけるSTJ工法の適合条件は、上記文献によれば以下のとおりです。

- (1) 支持地盤は、砂層及び砂礫層とする。
- (2) 外径が500mmから1,000mm程度の既製コンクリート杭とする。

なお、STJ工法では、杭径1,200mmまでの施工実績があります。

# 杭支持力計算式

STJ工法により、施工された既製コンクリート杭の支持力は、次式で求められる。

【杭支持力算定式】

## 建築分野におけるSTJ工法の支持力算定式

### (1) 長期許容鉛直支持力

$$R_a = 1/3 \{ \alpha \bar{N} A_p + (\beta \bar{N}_s L_s + \gamma \bar{q}_u L_c) \phi \} \text{ (kN)}$$

ここに、 $\alpha$  : 杭先端支持力係数、 $\alpha=250$

$\bar{N}$  : 杭先端から上方4D、下方1Dの間の地盤の平均N値 ( $\bar{N} \leq 60$ )

$A_p$  : 杭先端の閉塞断面積 ( $\text{m}^2$ )

$\beta$  : 砂質地盤の摩擦係数

$$\beta \bar{N}_s = 15$$

$L_s$  : 砂質地盤の内、杭周面摩擦を考慮する長さの合計 (m)

$\gamma$  : 粘土質地盤の摩擦係数

$$\gamma \bar{q}_u = 15$$

$L_c$  : 粘土質地盤の内、杭周面摩擦を考慮する長さの合計 (m)

$\phi$  : 杭周長 (m)

### (2) 短期許容鉛直支持力

長期許容鉛直支持力の2倍とする。

## 土木分野におけるSTJ工法の支持力算定式

### (1) 地盤から決まる杭の極限支持力の特性値

$$R_u = q_d A + U \sum L_i f_i \text{ (kN)}$$

ここに、 $q_d$  : 杭先端の極限支持力度の特性値 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

砂  $q_d = 220N (\leq 11,000)$

砂れき  $q_d = 250N (\leq 12,500)$

ここに、 $N$ : 標準貫入試験のN値

(杭体先端から杭径の3倍下方までの範囲の平均値)

$A$  : 杭先端面積 ( $\text{m}^2$ )

$U$  : 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の特性値 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

砂質土  $f_i = 2N (\leq 100)$

粘性土  $f_i = 0.8c$  又は  $4N (\leq 70)$

ここに、 $c$ : 粘着力 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

### (2) 杭の軸方向押し込み力の制限値 (永続作用支配状況及び変動作用支配状況)

$$R_d = 0.72 (R_y - W_s) + W_s - W \text{ (kN)}$$

ここに、 $R_y$  : 地盤から決まる杭の降伏支持力の特性値 (kN)

$$R_y = 0.65 R_u$$

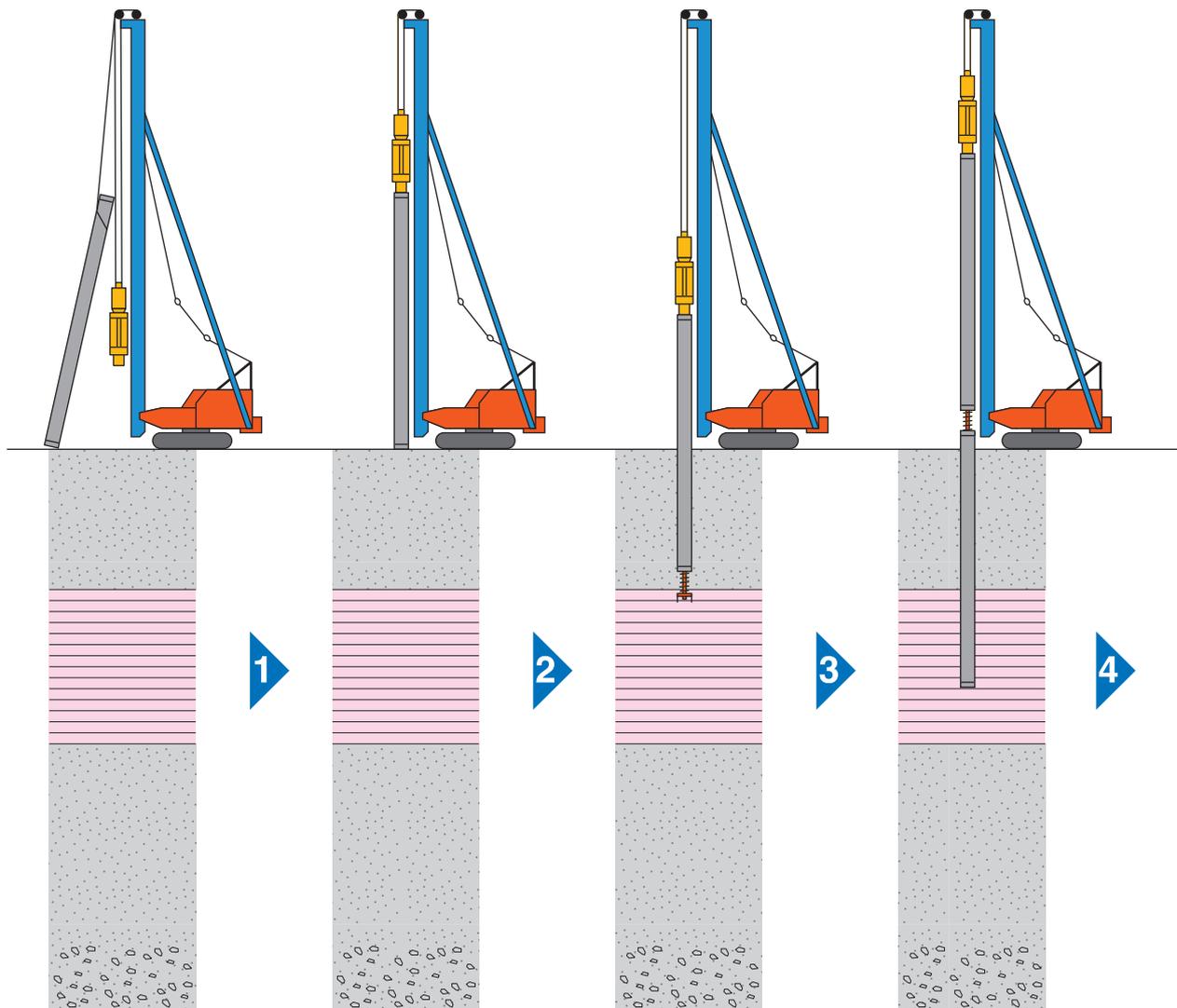
$W_s$  : 杭で置き換えられる部分の土の有効重量 (kN)

$W$  : 杭及び杭内部の土の有効重量 (kN)



STJ工法は、先端部に高圧噴射ノズルをもつ、STJビットを取付けた連続スパイラルオーガを、あらかじめ杭中空部に挿入して杭を建込み、オーガ駆動装置にスパイラルオーガを連結し、掘削を開始します。杭先端が支持層の所定深さに達した後、拡大球根の築造を行います。STJビットの2方向ノズルより高圧水を噴射し支持層の掘削を行った後、オーガの回転を低速に切換え、根固め液(セメントミルク)を圧力18MPa以上でSTJビットから2方向へ高圧噴射させながら、ゆっくりスパイラルオーガを引き上げ拡大球根を築造します。引続き杭中空部内にもジェット噴射しながら、所定の高さまでスパイラルオーガを引き上げて、杭先端部の球根築造の作業を完了します。その後、杭中空部に注水しながらスパイラルオーガを引き抜き施工を完了します。杭先端部に高圧噴射された根固め液の硬化によって、杭体と球根を一体化させ、杭の支持力を発現させる工法であります。

# 施工順序



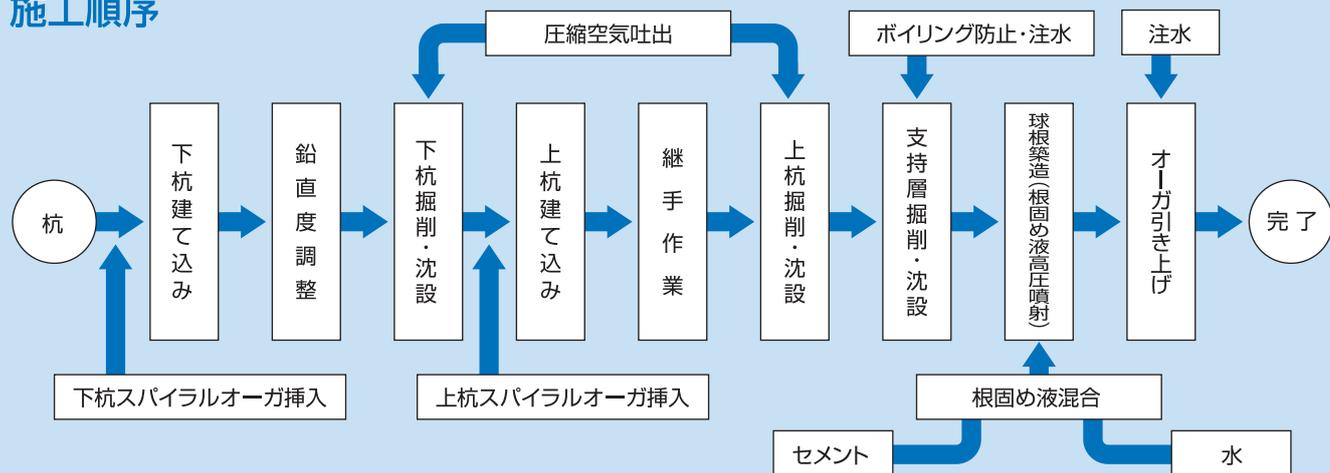
杭中空部にスパイラルオーガを挿入した後、補助クレーンによって吊り込む。

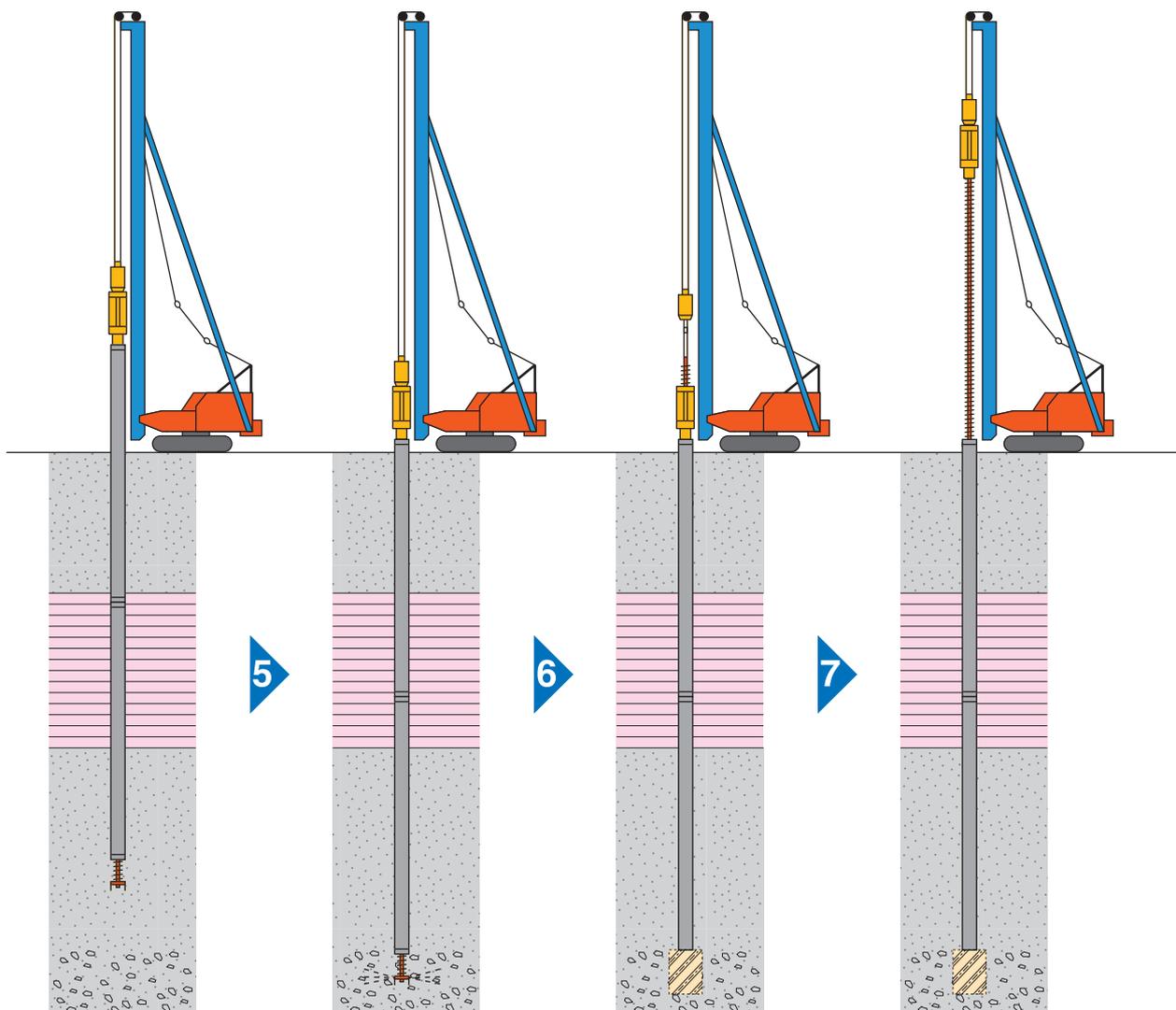
駆動部側とスパイラルオーガ側のシャフトを接続し、キャップを杭にかぶせ、鉛直度を確認する。

駆動部によってスパイラルオーガを回転し掘削・排土しながら杭を貫入させる。

一本目施工後、二本目杭を吊込み一本目と二本目のスパイラルオーガを接続し、その後杭を接合する。

## 施工順序





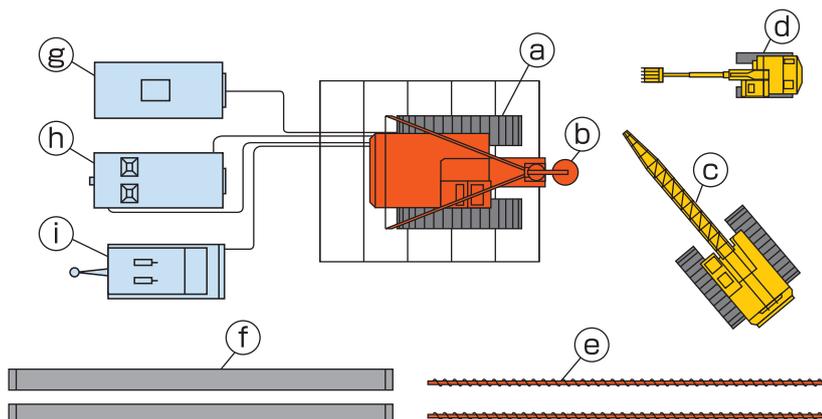
再び駆動部を起動し、油圧又はモンケン軽打等を併用しながら杭を貫入させる。

杭が支持層に達した後、根固め液を高圧ポンプにより噴射しながらスパイラルオーガをゆっくり引上げて球根を築造する。

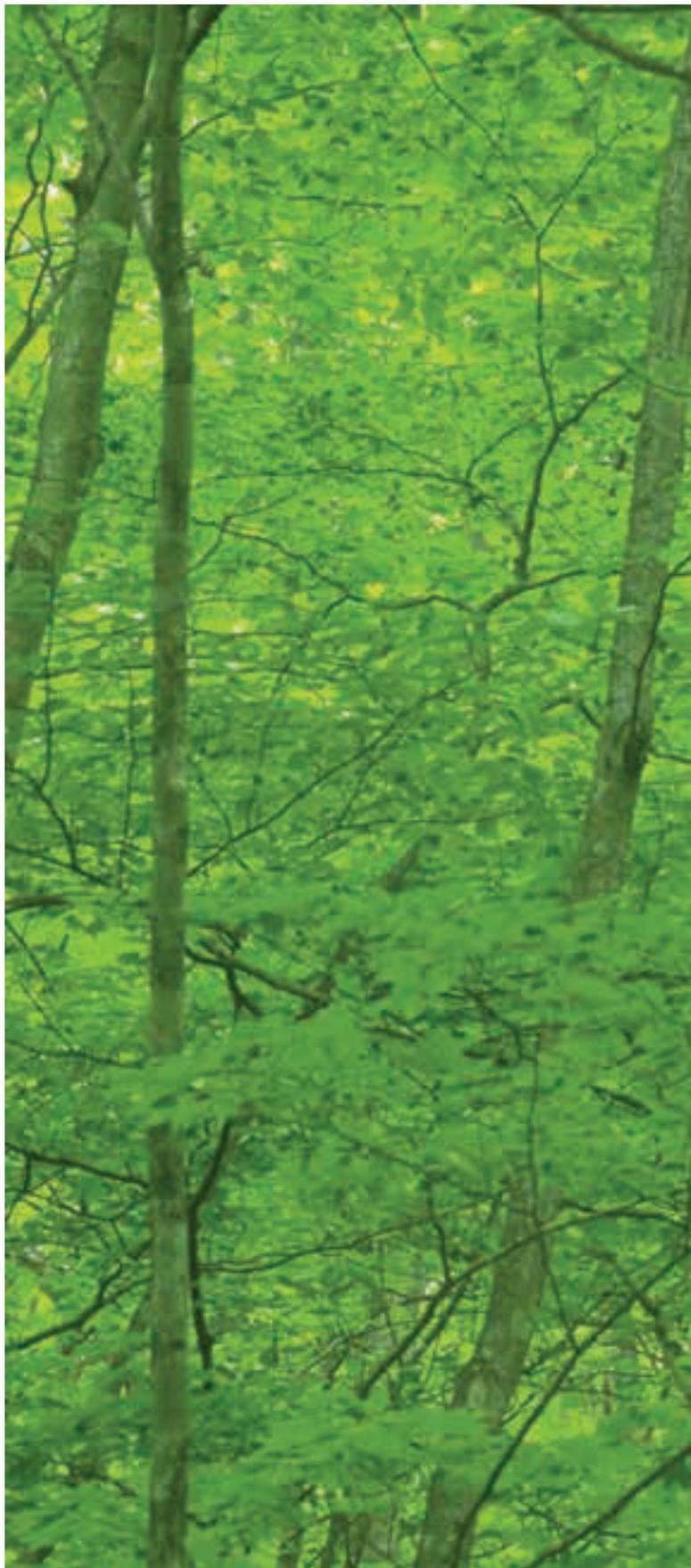
球根築造完了

被圧水などを押さえるため杭中空部に注入しながらスパイラルオーガを引抜き施工を完了する。

施工機械配置図



記号	名称
a	杭打機本体
b	オーガ駆動装置
c	補助クレーン
d	バックホウ
e	スパイラルオーガ
f	杭
g	発電機
h	プラント(高圧ポンプ、ミキサ)
i	コンプレッサ



## 低騒音・低振動工法

施工は、STJビットを取付けたスパイラルオーガを用い、杭中空部を利用した中掘りで杭を設置し、高圧ポンプでセメントミルクをジェット噴射して拡大球根を築造するので、低騒音・低振動です。

## 確実な拡大球根の築造

オーガの回転を低速回転に切替え、2方向高圧噴射ノズルからセメントミルクをジェット噴射させながら、一定速度でオーガを引上げるので、確実に拡大球根が築造されます。

## 大きな支持力

杭径より大きい確実な拡大球根が築造でき、球根部の圧縮強度は $20\text{N}/\text{mm}^2$ 以上となっており、杭に加わる荷重を支持地盤に伝達するに十分なものとなっており、鉛直載荷試験結果も大きな支持力が得られています。

### 迅速な施工

一台の施工機械で、掘削・設置および拡大根固め施工が連続してできるので、施工が円滑におこなわれます。

### 安い施工費

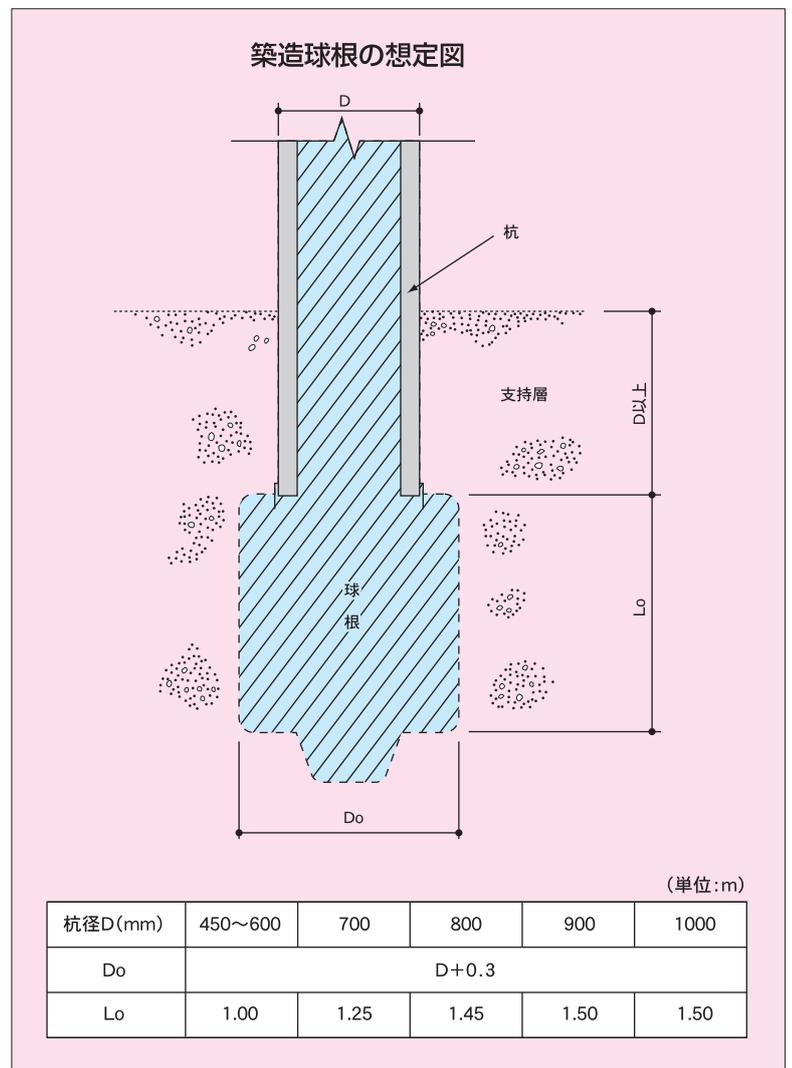
施工は、一台の機械で連続作業ができるので、施工効率が良く、施工費も安くすみます。

### 低排土工法

STJ工法における排出土砂は、自然の土砂であります。なお、プレボーリング工法に比べ低排土工法です。

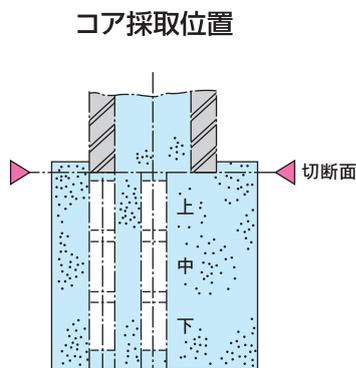


拡大球根の性状は、砂層地盤の場合の例では完全なモルタル状の密な硬化体となっております。(コア圧縮強度については、その一例として8ページに示しております。)



# 拡大根固め球根部の圧縮強度

杭の支持地盤として砂層、砂礫層の人工地盤に拡大球根を築造し、所定材齢後に掘り出した球根部、及びSTJ工法にて深さ50m以上に施工された杭（天然地盤）の球根部からコアボーリングにより供試体を採取し、圧縮強度試験をおこなった結果は表1のとおりです。



## 球根部のモルタル配合推定試験結果

砂層地盤に築造された拡大球根部から、下図に示す位置から試料を採取して、モルタル配合推定試験をおこなった結果は表2のとおりです。

拡大球根部30~40%が砂分構成されています。

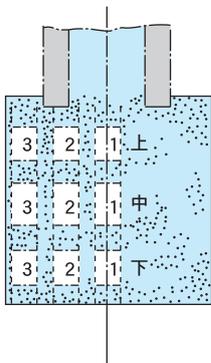


表 1

球根築造地盤	グラウトプラント		拡大球根					
	セメントミルク		コアサンプルリングの位置		砂層		砂礫層	
	材齢(日)	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )			材齢(日)	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	材齢(日)	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )
人工地盤	28	砂層 26.3	中央	上	28	29.5	28	30.1
				中		29.9		30.9
				下		34.0		28.3
		砂礫層 26.6	端部	上	28	39.2	28	29.9
				中		36.7		28.9
				下		39.9		29.5
天然地盤	28	砂層 30.2 砂礫層 31.4	中央	上	37	49.7	35	40.0
				中		55.2		49.7
				下		59.2		45.7

表 2

試料名	分析値(%)		推定値			
	insol	CaO	セメント(kg/m <sup>3</sup> )	砂(kg/m <sup>3</sup> )	水(kg/m <sup>3</sup> )	W/C(%)
上-1~3	42.0~42.7	28.7~29.5	624~727	670~754	389~454	54~73
中-1~3	39.4~42.6	29.5~30.3	647~747	628~772	376~456	50~69
下-1~3	38.2~42.1	29.0~31.3	654~729	589~766	384~470	53~70
平均	—	—	678	683	432	64
最小 最大	—	—	624~747	589~772	376~470	50~73



## 杭中空部内の 根固め液の圧縮強度試験結果

STJ工法は、杭中空部内にも根固め液をジェット噴射し、杭内面に付着した土砂を排除して、杭体と球根部を一体化させることにより、構造物を安全に支えるようにしています。一例として、 $\phi 800$ -54mの地盤中に杭を設置し、コアボーリングにより杭中空部内からコアを採取し、圧縮強度を測定した結果を表3に示しております。

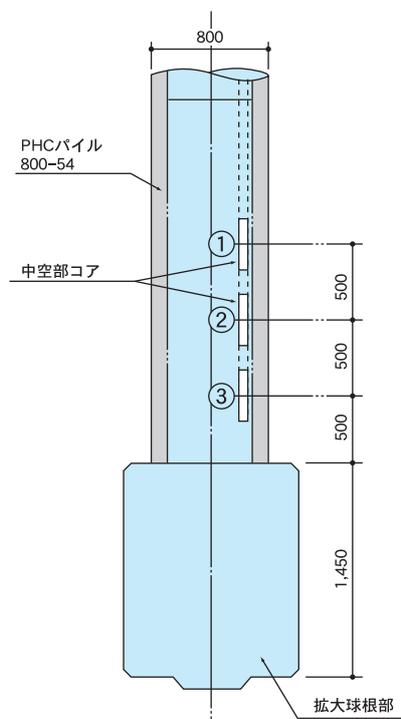
表 3 (材齢28日)

供試体番号	No.1	No.2	No.3
コアの圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	38.2	46.3	41.7
ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	10,983	11,670	11,376

▼杭径1,000mmの球根築造掘出し状況



## コア採取位置

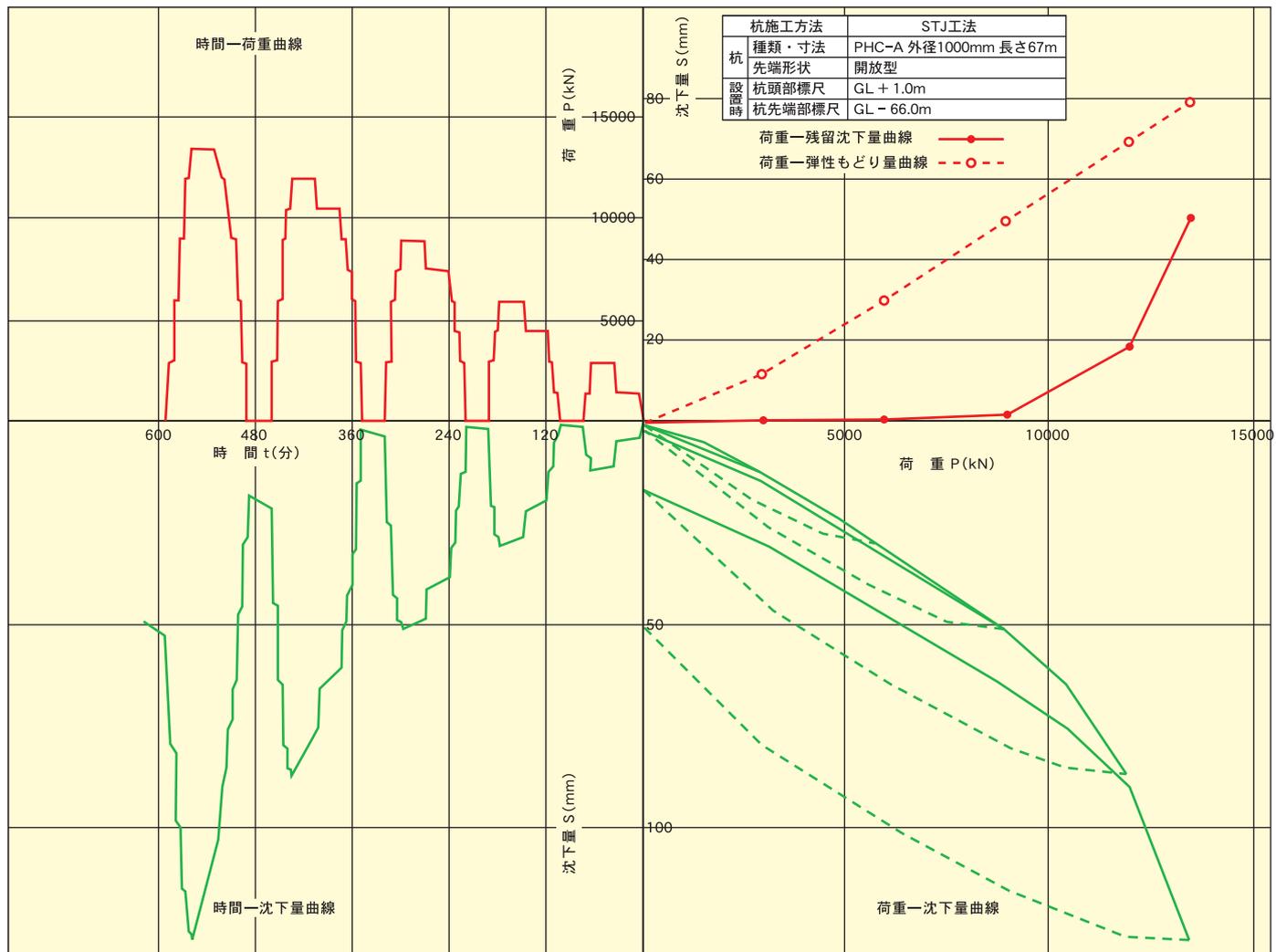


▼STJビット高圧噴射地上試験

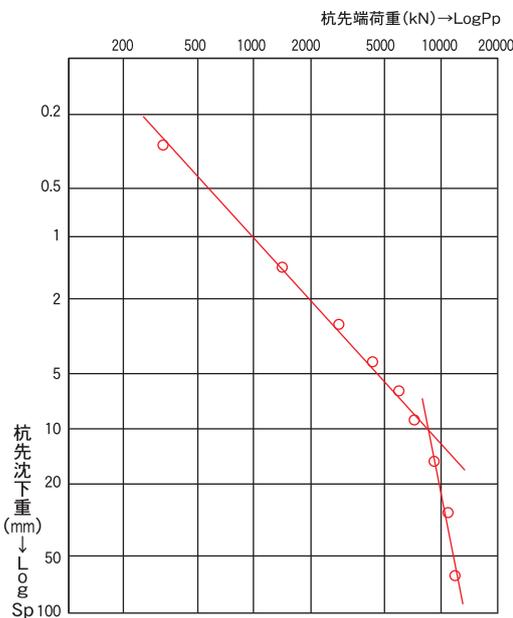


# 鉛直載荷試験例

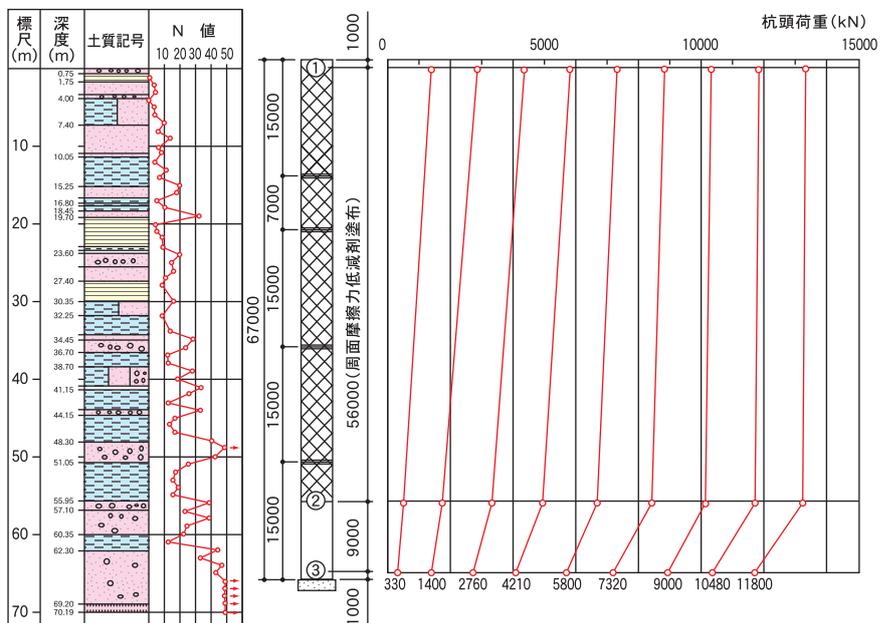
工事名：鶴岡地区試験工事



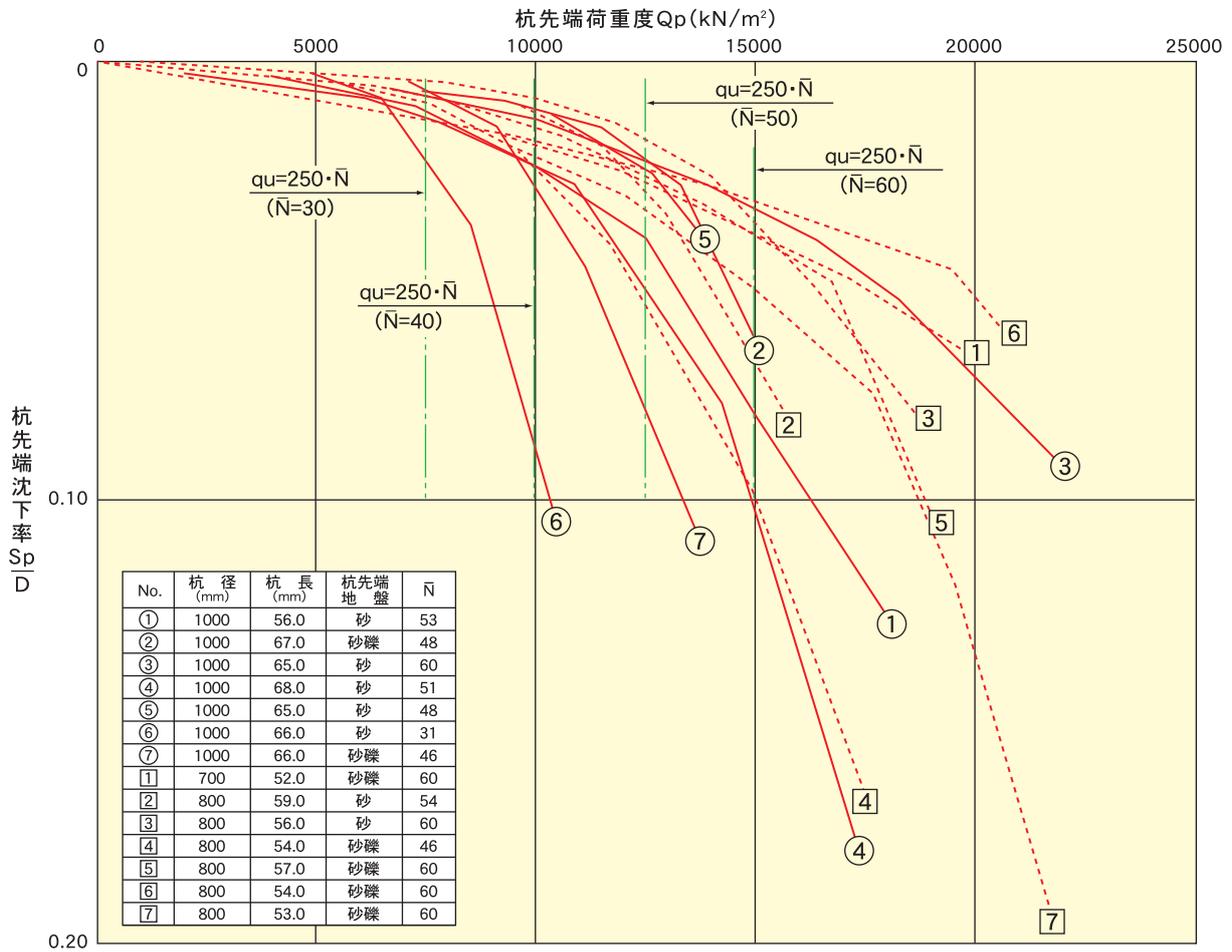
Log Pp-Log Sp曲線



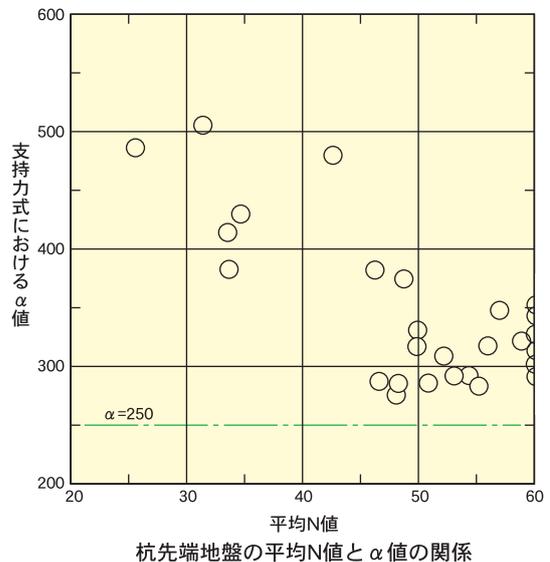
軸力分布図



杭先端荷重 $Q_p$ と杭先端沈下率 $S_p/D$



上図は杭の鉛直載荷試験における杭先端荷重と杭先端沈下率の関係を例示した図であります。杭先端部の平均 $\bar{N}$ 値から支持力式における杭先端支持力係数 $\alpha$ を250とした場合で、 $\bar{N}=30\sim60$ 時の杭先端地盤設計極限荷重度 ( $250\bar{N}$  kN/m<sup>2</sup>) を一点鎖線で示しておりますが、両図に示すように鉛直載荷試験の結果は杭先端支持力係数250を上廻っており、杭先端拡大球根が確実に支持機能を発揮していることが明瞭であります。



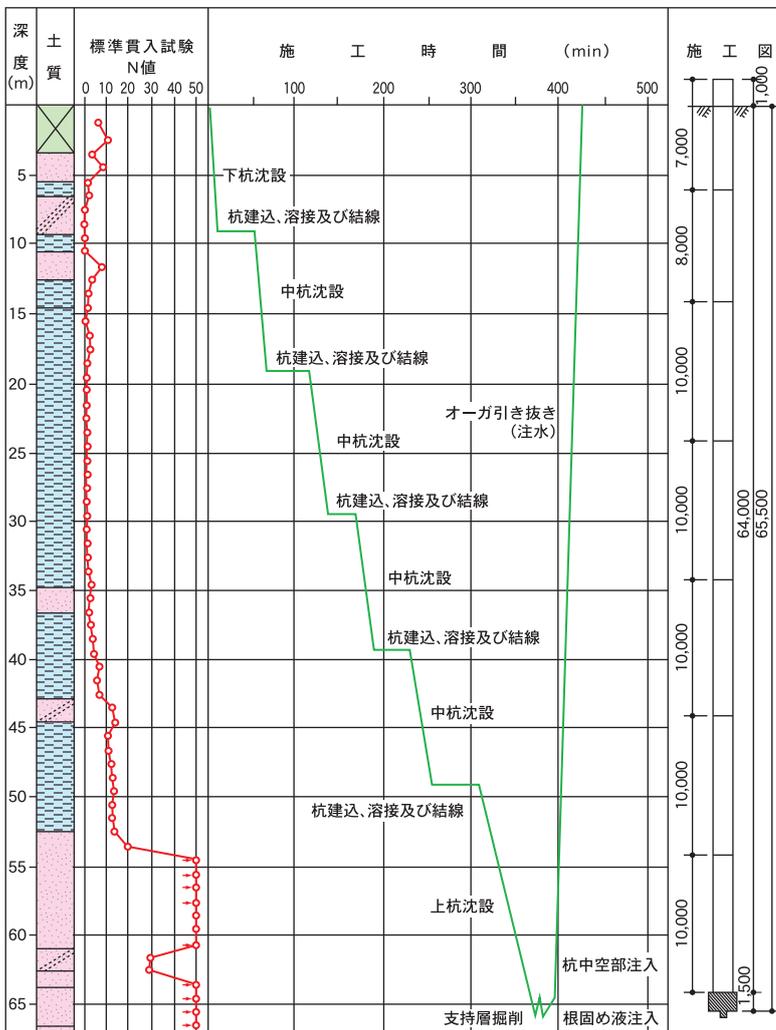
# 施工例

## 工事名：東雲地区試験工事

施工場所：東京都江東区東雲2丁目13番

杭種類：上杭SC杭 SC-1000-7  
 中杭PHC杭 PHC-A1000-(8+10+10+10+10)  
 下杭PHC杭 PHC-A1000-10

使用機械：杭打機 日本車輛DH508-105M  
 オーガマシン 三和機材STJ-100KP  
 高圧ポンプ 鉋研試錘PG-75HV  
 プラント 三和機材PM2-15(特型)



▲杭沈設中



**工事名：タカラ本社ビル増築工事**

施工場所：東京都葛飾区青戸4-19

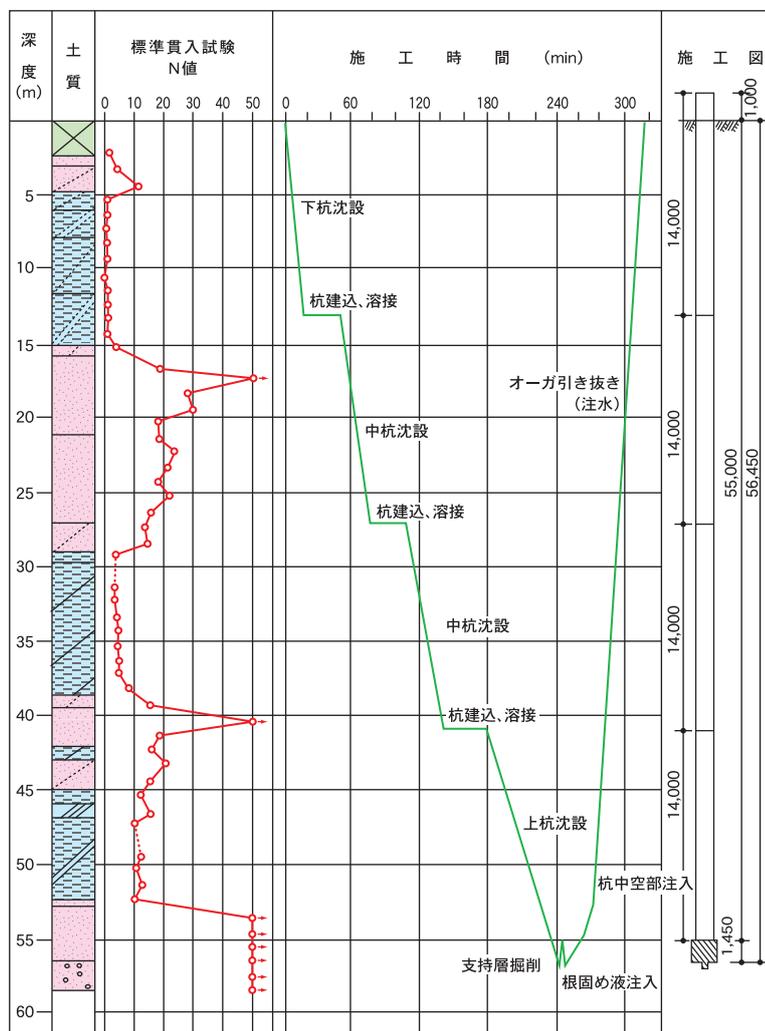
杭種類：PHC杭      PHC-A 800-(14+14+14+14)

使用機械：杭打機      日本車輛DH508-105M

オーガマシン      三和機材STJ-80KP-3

高圧ポンプ      鉾研試錘PG-75HV

プラント      三和機材PM2-15 (特型)



# —STJ工法協会—

株式会社トーヨーアサノ  
日本高圧コンクリート株式会社  
日本ヒューム株式会社  
前田製管株式会社  
三谷セキサン株式会社  
児玉コンクリート工業株式会社  
ジャパンパイル株式会社  
山崎パイル株式会社  
マナック株式会社