

# 『RSプラス<sup>®</sup>』

水とセメントミルクジェット併用  
バイブロハンマ工法

独立行政法人 港湾空港技術研究所



新日本製鐵株式會社



調和工業株式会社

# 開発の背景

## ■ 港湾地域での鋼管杭打設工法における課題

### 従来工法: 打撃工法

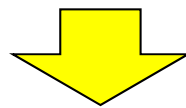
#### 長所

- ・施工能率が高い
- ・載荷試験例が多い
- ・比較的安価である
- ・施工実績多く, 信頼性高い

#### 短所

- ・大きな騒音・振動を伴う

近年, 港湾周辺地域に  
隣接する住宅や工場が増加



騒音・振動対策の必要性が高まる



JV工法の採用



# J V 工法 (ウォータージェット併用バイブロハンマ) の課題

## 長所

- ・施工能率が高い
- ・低騒音・低振動

## 短所

- ・支持力性能  
が未解明

低騒音・低振動

確実な支持力性能

水とセメントミルクジェット併用  
バイブロハンマ工法『RSプラス』の開発



# RSプラス 工法概要

## ① ウォータージェット併用

バイブロハンマ工法

の長所を活用

→ 騒音・振動低減と施工性向上

## ② 支持力性能の向上

→ 杭先端にセメントミルク噴射

で根固め部築造

# RSプラス 施工概要

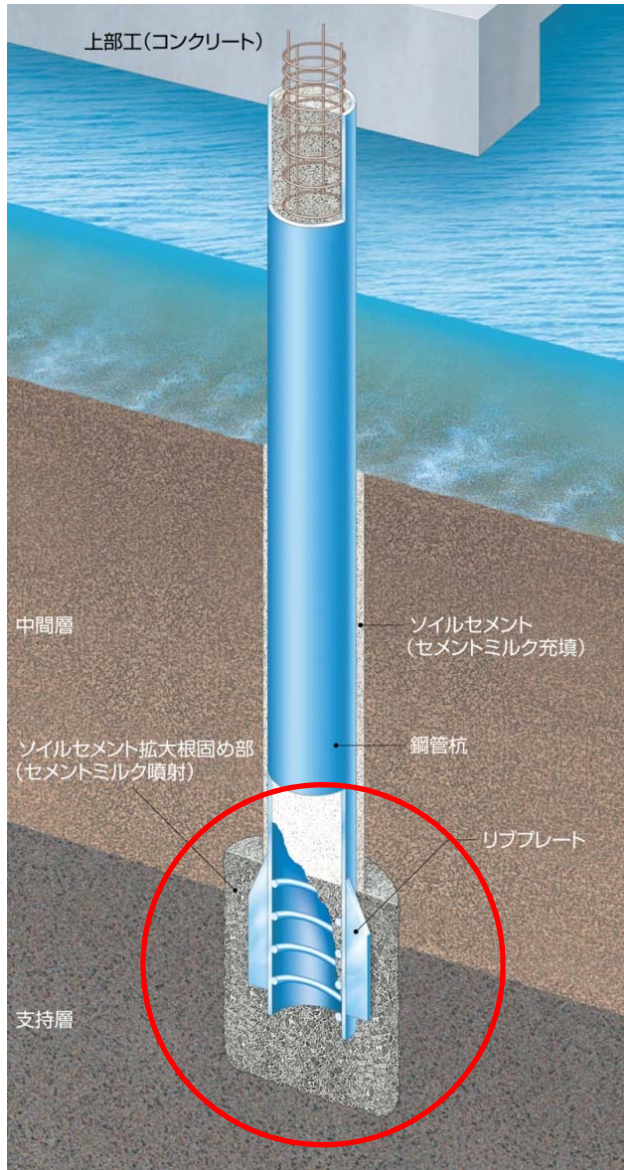
ウォータージェット併用バイブロハンマで所定の深度まで打設



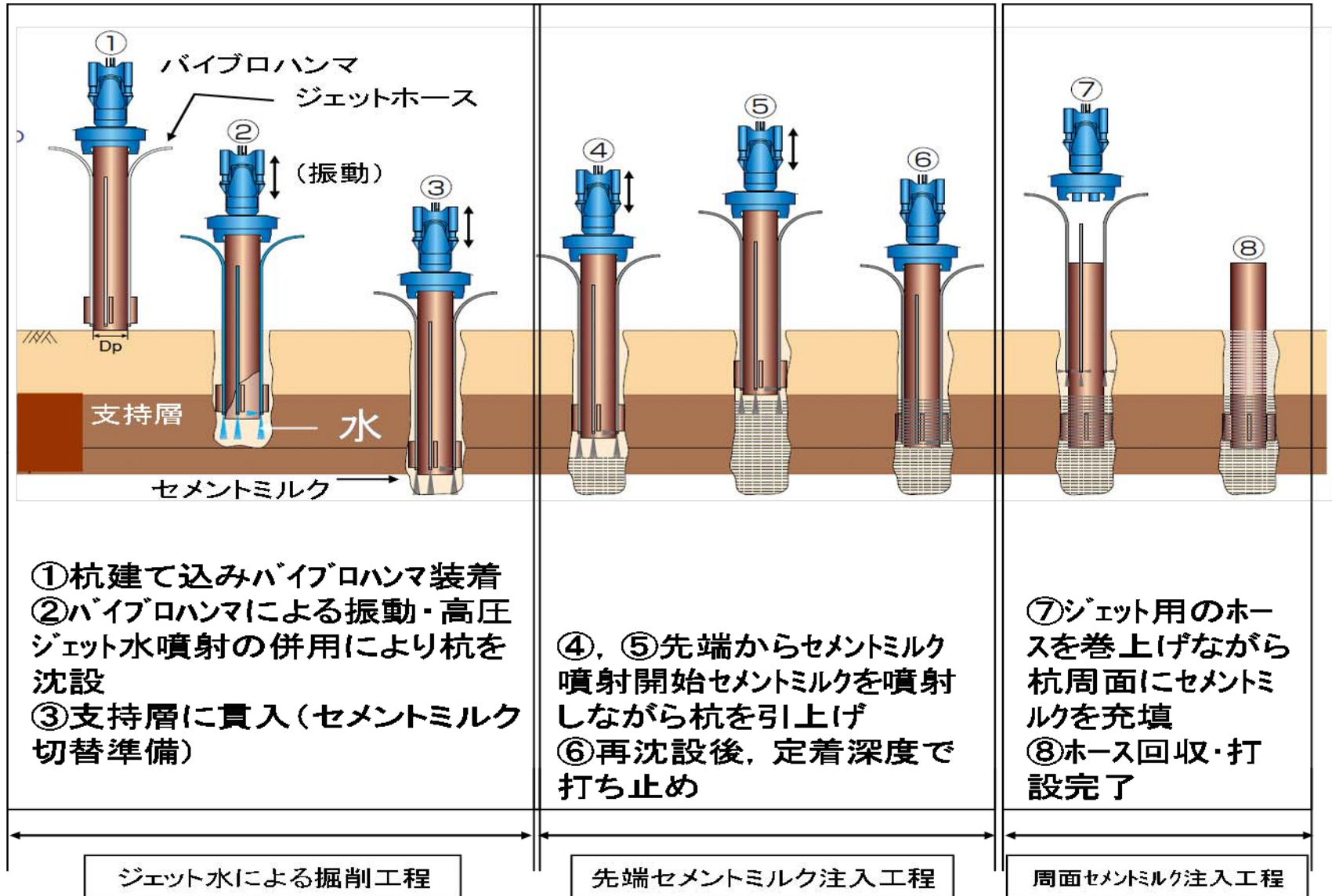
ウォータージェットをセメントミルク噴射に切り替え、高圧噴射とリブプレート効果により杭先端部に拡大根固め部を築造



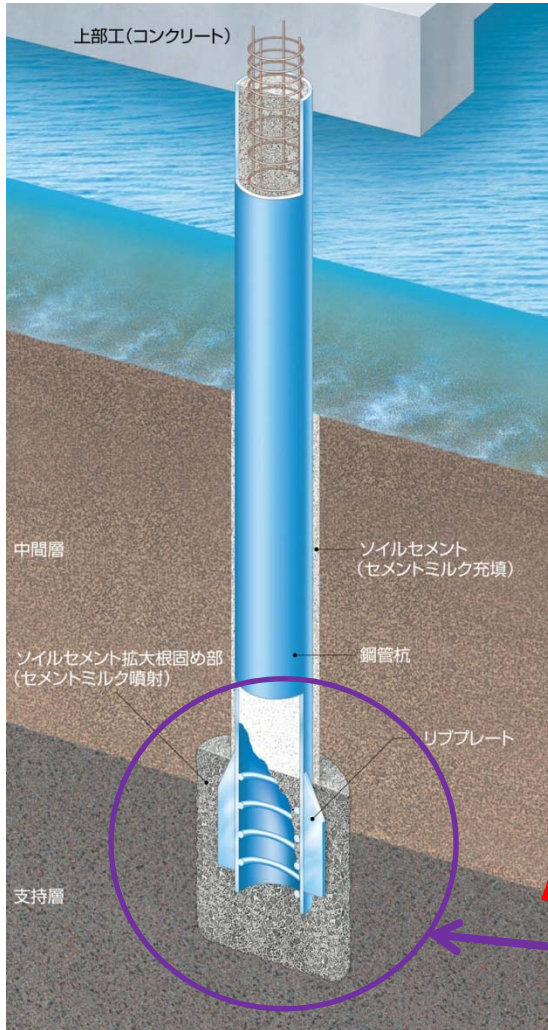
ノズル配管を回収する際に、杭周面部にもセメントミルクを充填し、杭と周辺地盤との一体化を図る



# 施工手順



# 高い支持力特性



リブプレート  
(確実な拡底効果)

ずれ止め鉄筋(根固め部と鋼管の一体性)

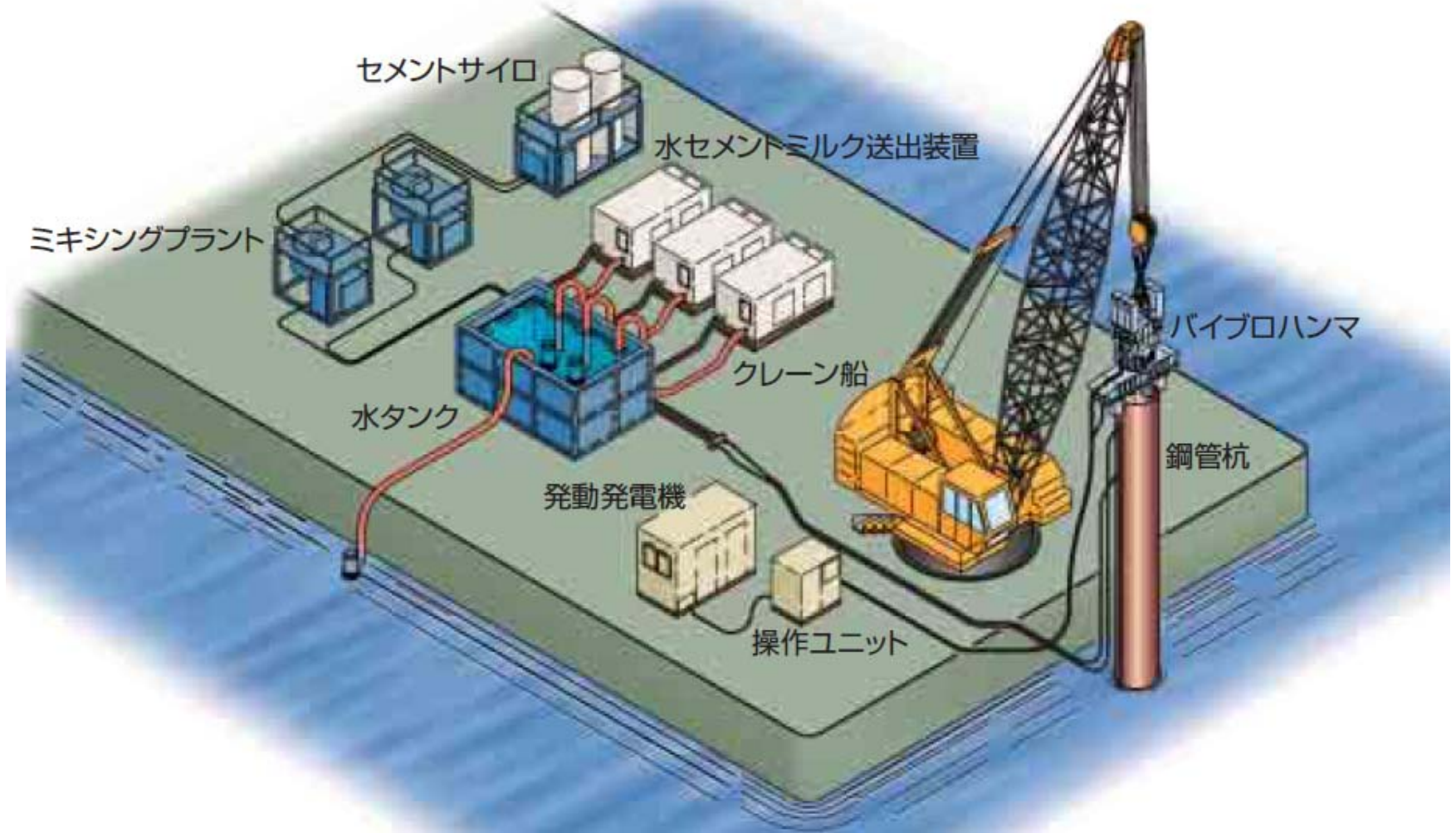
高い支持力特性



根固め部

ソイルセメント

# 施工設備

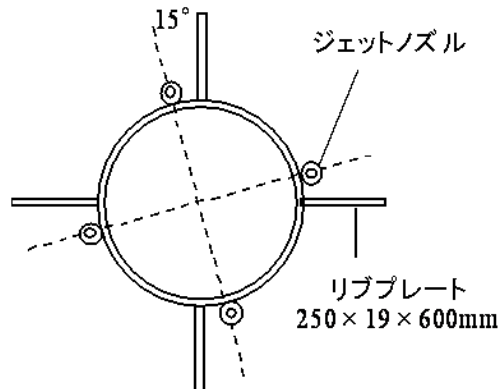




# 施工性の検討

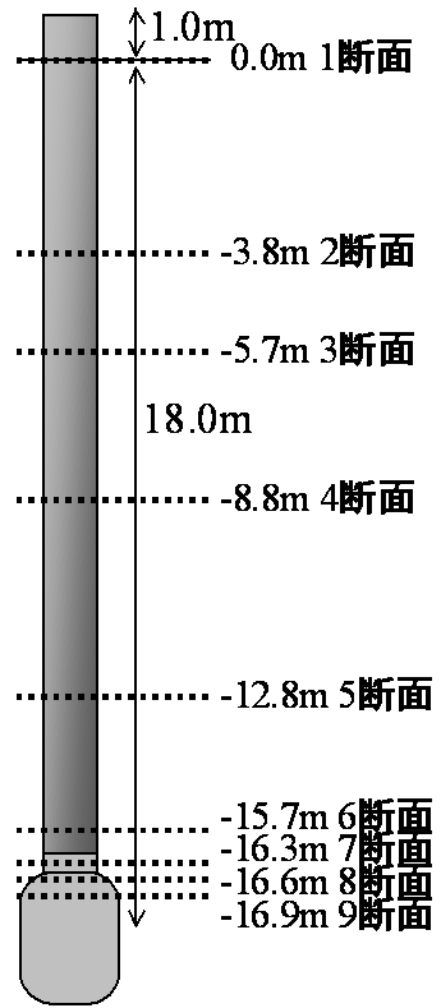
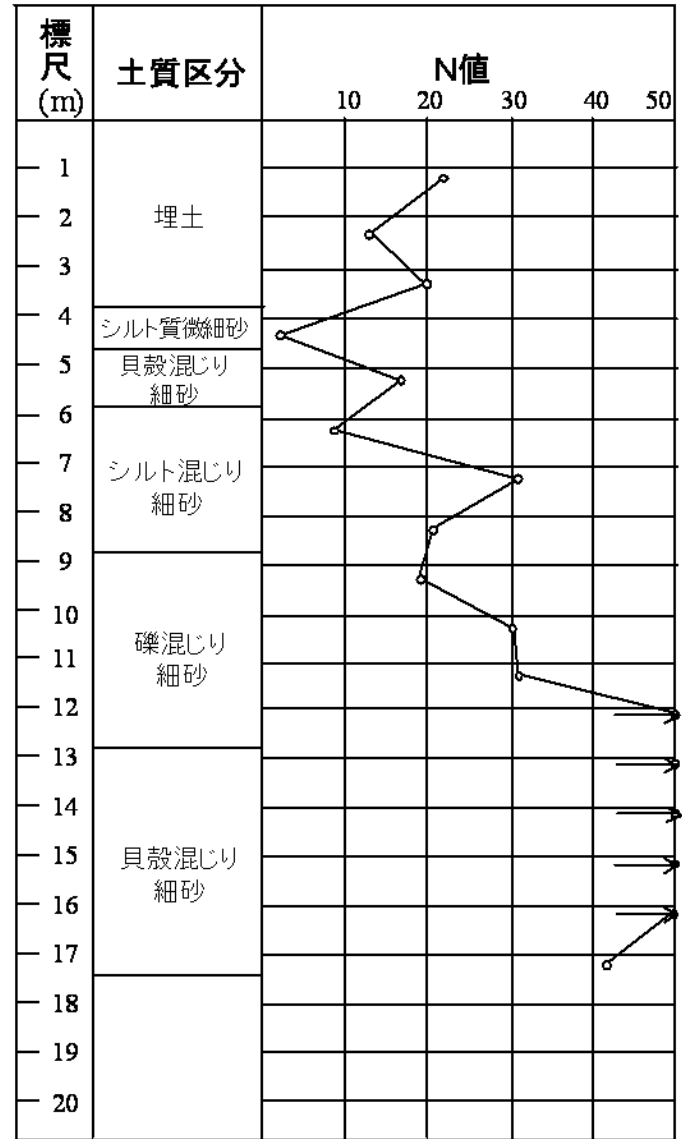
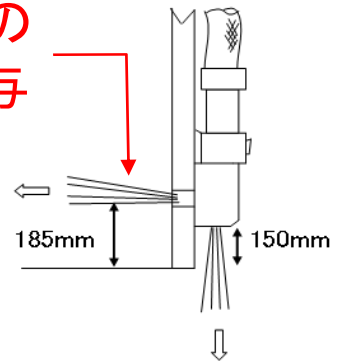
杭径600mm,800mm,1000mm  
で施工性の検証を実施

## 杭先端形状



## ジェット噴射方向

鋼管内面の  
閉塞に寄与



地盤条件  
(φ600での施工試験)

ひずみ計 : 1断面 4方向  
: 2~9断面 2方向  
先端変位計: 9断面 2方向

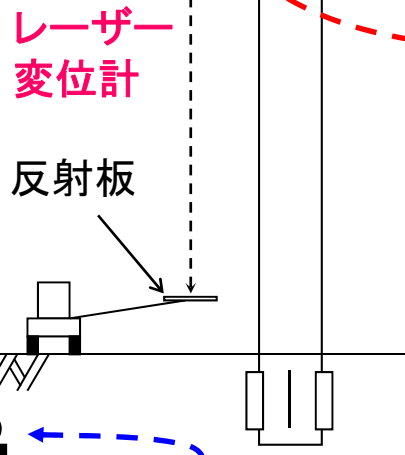
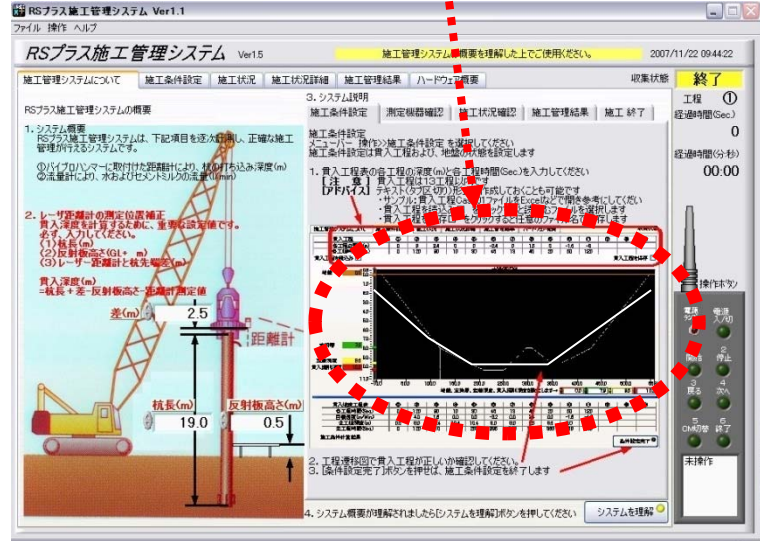
# 施工状況



# 施工管理方法【施工管理システム】

## 杭先端深度管理

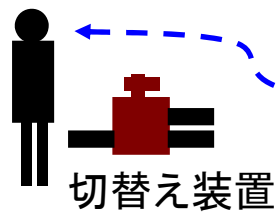
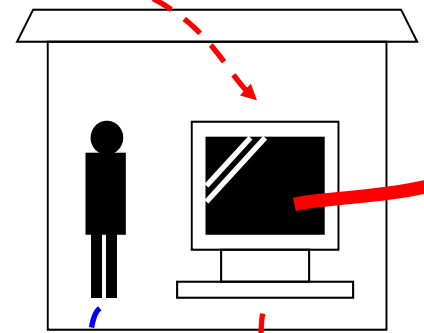
モニターで  
チェックしながら  
クレーン操作



無線でデータ送信

トランシーバーで  
水とセメントミルクの  
切り替え命令

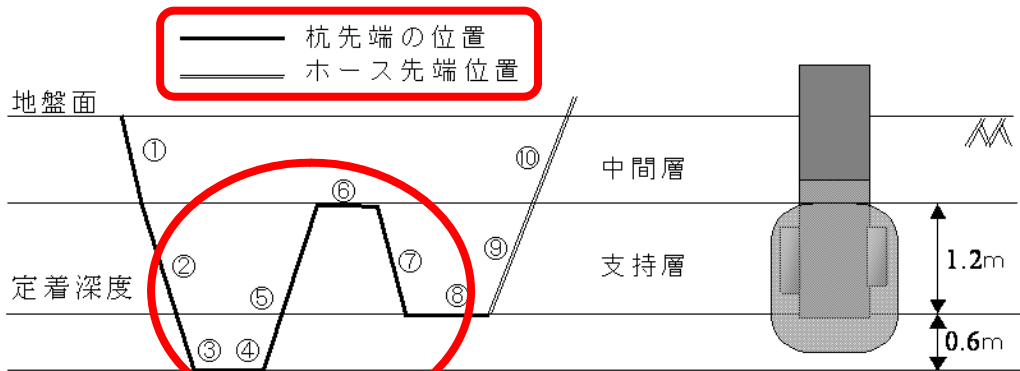
無線で画像データ送信



# 根固め部管理

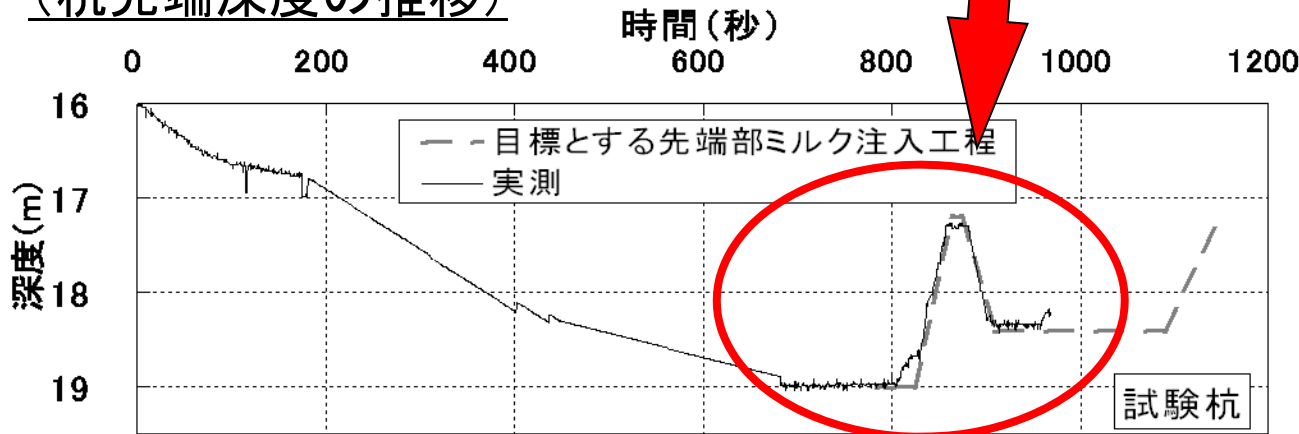
## 根固め部築造工程計画

- ・打設速度
- ・セメントミルク注入量
- ・水→セメントミルク切替のタイミング等の管理



	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
工程	ウォーターカット掘削			先端ミルク注入					ホース 引上げ	周面 ミルク注入
時間 (秒)	30 (秒/m)	540	10	30	40	10	35	180	60	19 (秒/m)
圧力 (Mpa)	15		3	15				3	3	3
注入量 (m <sup>3</sup> )	8.1m <sup>3</sup> (0.45m <sup>3</sup> /m)	9.2m <sup>3</sup> (5m <sup>3</sup> /m)	0.025	0.30	0.40	0.10	0.35	0.42	0.13	4.6m <sup>3</sup> /m (0.28m <sup>3</sup> /m)
W/C	-			65%					150%	

## 根固め部築造工程 (杭先端深度の推移)

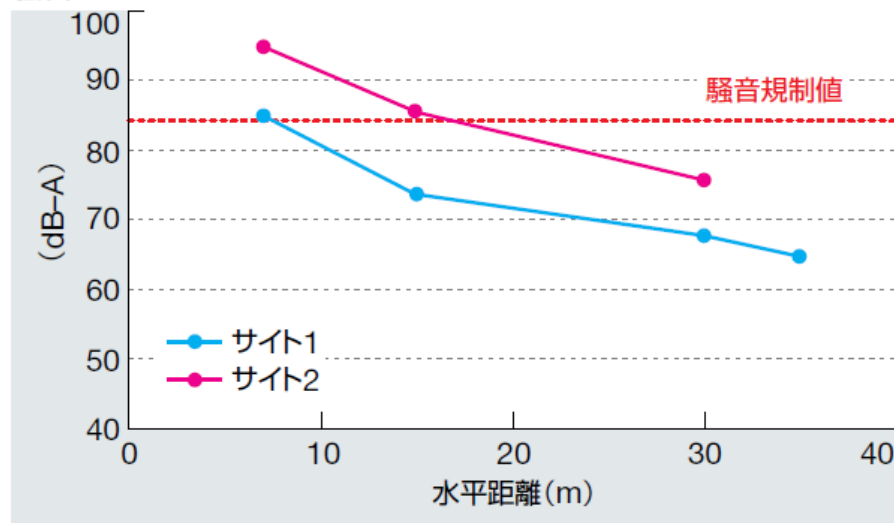


実大杭で計画通りに深度管理，水→セメントミルクの切換えが可能

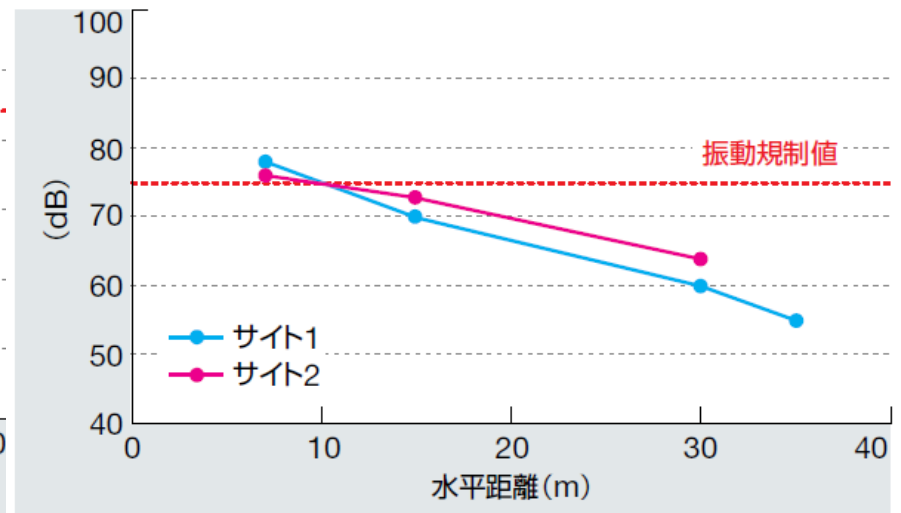
# 騒音・振動の程度

杭打設位置から30m以上離れた地点で、  
騒音・振動の規制値を下回っています。

騒音レベル



振動レベル



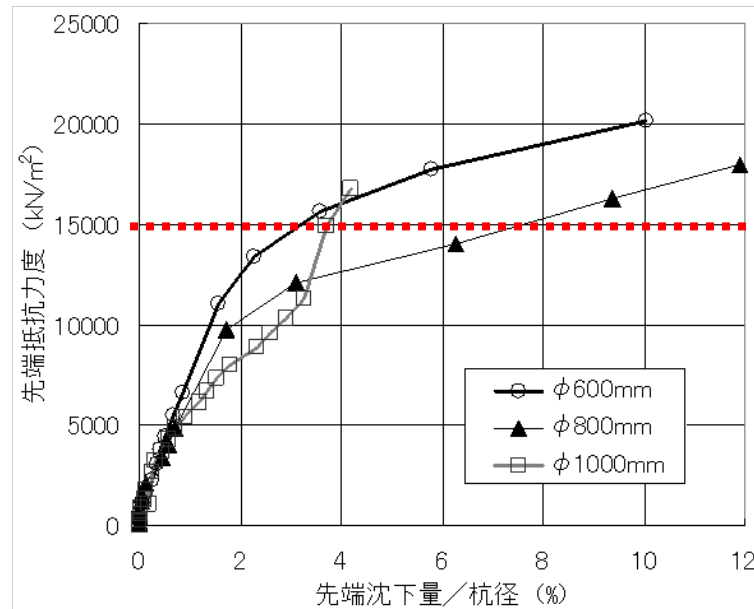
# 軸方向抵抗力性能（先端抵抗力）

## ■先端抵抗力度の評価

( $\phi 600$ ,  $\phi 800$ ,  $\phi 1,000$ )

先端抵抗力度-沈下量関係

N値50以下の地盤を対象に、  
300 ( $\alpha$ ) N=15,000(kN/m<sup>2</sup>)の抵抗  
でも、根固め部の健全性確保



先端抵抗力係数  $\alpha$  まとめ

鋼管杭径 D(mm)	600	800	1,000
先端沈下量0.1D時の 先端抵抗力度 $q_d$ (kN/m <sup>2</sup> )	21,920	17,440	16,942 ※
先端抵抗力係数 $\alpha$	510	349	339

※ 先端沈下量0.042Dのときの $q_d$

先端抵抗力度: 300N以上

# 軸方向抵抗力性能（周面抵抗力）

## ■周面抵抗力の評価

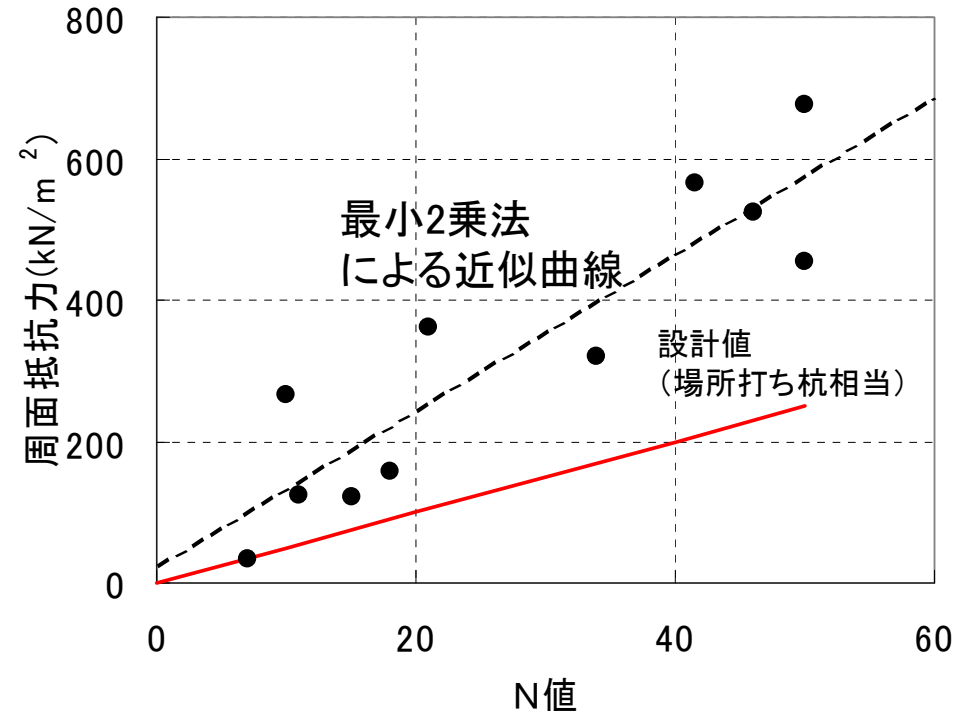
( $\phi 600$ ,  $\phi 800$ ,  $\phi 1,000$ )

## 周面抵抗力度まとめ

	データ数	周面抵抗力度
砂・礫質土	11	4.9~26.7N(平均12.7N)
粘性土	2	50.2, 82.6N(平均66.4N)

周面抵抗力度は、砂質土で  
**5N(kN/m<sup>2</sup>)**以上期待できる。  
 粘性土でもデータは少ないが、  
**10N(kN/m<sup>2</sup>)**以上は期待できる。

## 周面抵抗力度とN値の関係 (砂質土)



# 軸方向抵抗力性能の評価

## ■ 杭先端抵抗力

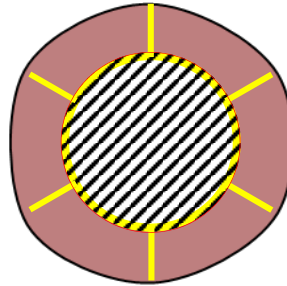
$$R_p = \alpha \times N \times A_p$$

$R_p$ : 杭先端抵抗力(kN)

$\alpha$ : 先端抵抗力係数

$N$ : 杭先端地盤N値

$A_p$ : 鋼管閉塞面積(m<sup>2</sup>)



$A_p$ : 斜線部内面積(m<sup>2</sup>)

$\alpha$  の想定値

**打撃杭相当**  $\alpha = 300$ 以上

## ■ 杭周面抵抗力

$$R_f = \sum r_{fi} \times A_{si}$$

$R_f$ : 杭周面抵抗力(kN)

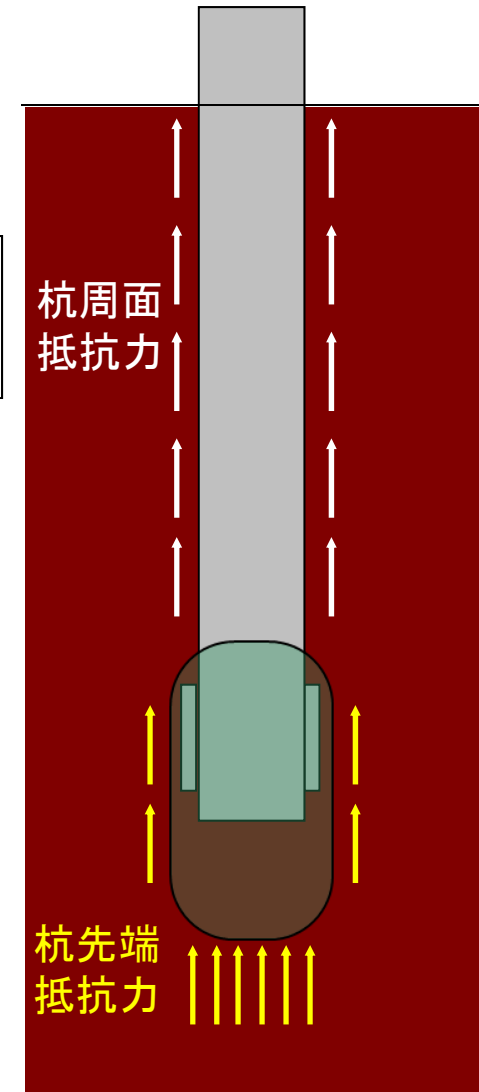
$r_{fi}$ :  $i$ 層の単位面積当りの杭周面抵抗力(kN/m<sup>2</sup>)

$A_{si}$ : 鋼管側面積(m<sup>2</sup>)

$r_{fi}$  の想定値 → **場所打ち杭相当**

砂質土  $r_{fi} = 5N_i$

粘性土  $r_{fi} = 10N_i$  ( $N_i$ :  $i$ 層での平均N値)



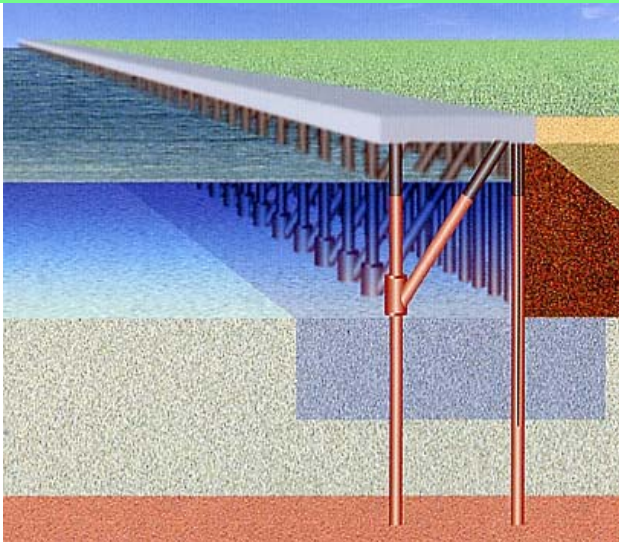


# 適用範囲と用途例

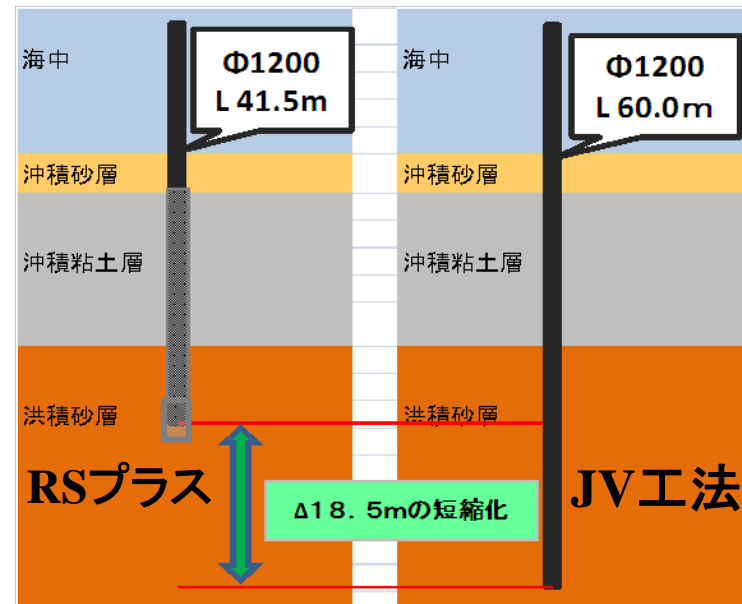
地盤種別	中間層	支持層
砂層	○	○
粘土層(N値 $\leq 10$ )	○	○
礫層	○	○
硬質粘土層( $10 < \text{N値} \leq 50$ )	△	○
軟岩層( $q_u \leq 20 \text{N/mm}^2$ )	×	△
中硬岩、硬岩層	×	△

○：適用可、△：要検討、×：適用不可

水中ストラット式栈橋など  
栈橋用杭等に適用可能



【RSプラスによる杭長試算例(引抜き杭)】



# まとめ

以上まとめますと、

**1. 低騒音・低振動の杭施工が可能**

**2. 高い支持力特性を有する**

鋼管杭先端部の拡大根固め部と杭周面部に充填されたセメントミルクにより打撃工法以上の高支持力特性を発揮します。

**3. 優れた施工性を有する**

打撃工法と同程度の優れた施工性を発揮します。

ありがとうございました

**RSプラス**

お問い合わせは、

下記へ

**新日本製鐵 株式会社**

**調和工業 株式会社**

[www.nsc.co.jp](http://www.nsc.co.jp)

[www.chowa.co.jp](http://www.chowa.co.jp)