

ハイエスシー *HYSC* 杭工法

鋼管ソイルセメント杭工法

道路橋示方書準拠

建設技術審査証明事業（一般土木工法）第18号

鉄道総合技術研究所支持力性状評価取得

NETIS登録No.KT-980320

ソイルセメント合成鋼管杭工法協会

鋼管ソイルセメント杭工法 **ハイエスシー(HYSC)杭工法**

ソイルセメント合成鋼管杭工法協会の20年の研究開発活動の成果が、先進の杭工法として実現しました。リブ付鋼管製造技術、50キ口鋼本格採用、拡頭構造、杭体使用レベルまで信頼性を高めたソイルセメント、高い支持力・変形特性、低騒音・低振動既成杭、建設発生土の削減、施工能率の向上といった新しい技術により、総合的に低コストかつ環境対策型杭工法と評価されています。これらの新技術に信頼を添えて、協会施工会社が皆様の下へお届けいたします。

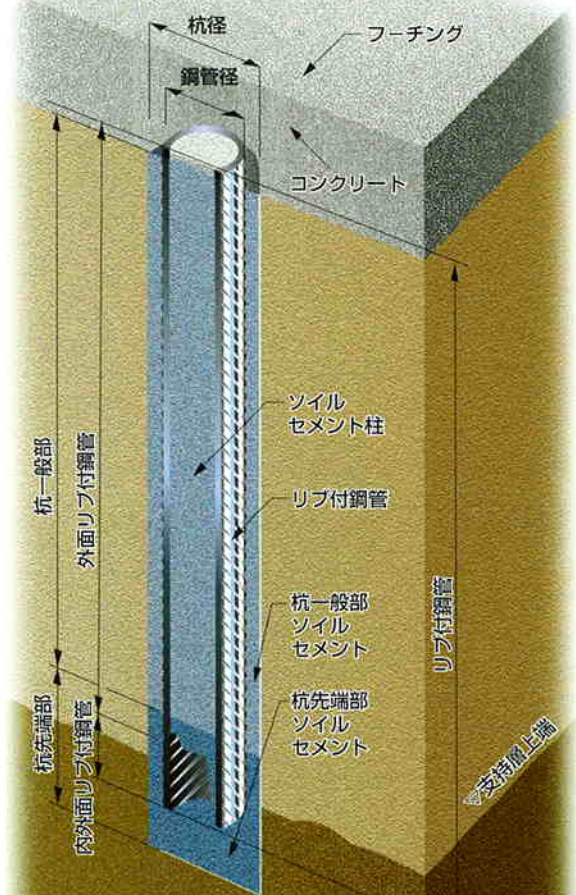
ハイエスシー (HYSC)杭工法

HYSC杭工法(HYSC=HY:ハイブリット+SC:鋼管とソイルセメント)は地盤中に造成したソイルセメント柱のなかに、表面にスパイラル状にリブを設けた鋼管(リブ付鋼管)を沈設して基礎杭を築造する工法です。

HYSC杭工法は、平成3年2月に旧建設省の『民間開発建設技術の技術審査・証明事業認定規程』に基づく旧(財)国土開発技術研究センターの技術審査証明を取得した後、さらに工法の開発・改良を重ね3回の更新と新技術の追加取得を行っております。また、平成14年3月道路橋示方書下部構造編に鋼管ソイルセメント杭工法として規定され、平成19年1月杭基礎設計・施工便覧に記載されるに至りました。



道路橋示方書



ハイエスシー (HYSC) 杭工法の特長

●世界に先駆けた独自技術の杭工法です。

HYSC杭工法は、ソイルセメント合成鋼管杭工法協会が世界に先駆けて開発した日本独自技術の杭工法です。リブ付鋼管と均一なソイルセメント製造技術を用いて、これまでにない既製杭工法を生み出しました。その成果が認められ、平成3年2月28日、杭工法として初めて一般土木工法技術審査証明を取得しています。

●合理的で経済的な設計が可能です。

ソイルセメントとリブ付鋼管の一体化により、ソイルセメント柱径を有効径として、地盤の鉛直および水平抵抗を算定することができます。従って、地盤の支持力はソイルセメントが受け持ち、杭体応力は高強度で高靱性の鋼管が負担する合理的な杭の設計が可能です。また、拡頭構造の導入により更なる経済性の追求を可能とし、杭頭部の設計のレパートリーが増えました。

●支持力特性が優れています。

ソイルセメント柱造成中の孔内は、スラリー化したソイルセメントで満たされた状態であるため、孔壁の崩壊は起こりにくく、周辺地盤、先端地盤を緩めることもなく、また、スライムの発生が無いとため、信頼性の高い優れた支持力特性を発揮します。

●工期の短縮が可能です。

高性能の掘削・攪拌機械を用いてソイルセメント柱を造成するため、工期の短縮が可能です。

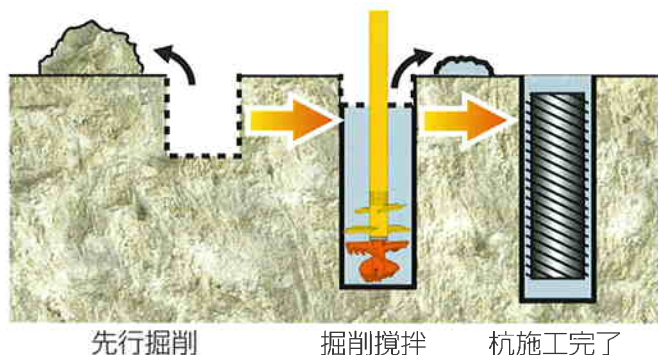
●低振動、低騒音で施工出来ます。

杭体造成工事を低振動、低騒音で施工することが出来るため、市街地での杭工事にも適しています。

●建設発生土が少なく環境に優しい工法です。

原地盤の土を材料としてソイルセメント柱を造成するため、従来の場所打ち杭工法と比べて、建設発生土の量を大幅に削減できます。残土運搬車の減少など、発生土処理による周辺の環境に与えるインパクトが少ないと言えます。

さらに、先行掘削工程を採用することにより、セメント混じり排土の発生を極力おさえることができます。



ハイエスシー (HYSC) 杭の支持力

HYSC杭工法は、原位置攪拌によるソイルセメントと工場製作された鋼管を、鋼管表面に設けたリブにより一体化し、鋼管の耐力を十分活かすとともに優れた支持力を得ています。

従来の鋼管杭工法は、地盤から決まる支持力による制限を受け鋼管の持つ耐力を十分に生かすことができない場合が多くありました。

杭の剛性と応力度の算定

設計に用いる杭の剛性と応力度の算定は、鋼管のみで受持つとして算定します。ソイルセメントは剛性と強度が鋼管に比べ相対的に小さく、設計実務上無視することができるためです。

水平抵抗

地盤への水平荷重の伝達は、外周ソイルセメントを通じて行われます。

鋼管 → ソイルセメント → 地盤 へと伝達されます。

→ ソイルセメント径で水平抵抗を算定します。

鉛直支持力

・杭外周面の力の伝達機構

鋼管 → ソイルセメント → 地盤 へと伝達されます。

地盤の最大周面摩擦力に達しても鋼管とソイルセメント間ですべることはありません。

→ ソイルセメント径で杭の周面摩擦力を算定します。

現位置攪拌のため、地盤をゆるめることがなく、杭と地盤の境界面まで均一なソイルセメント柱が造成されます。

→ 場所打ち杭を上回る大きな周面摩擦力を得られます。

→ 摩擦杭として使用することもできます。

・杭先端面での力の伝達機構

鋼管 → 先端部ソイルセメント → 杭先端地盤 へと伝達されます。

杭先端部における地盤から決まる極限支持力に対して杭先端部ソイルセメントは破壊しません。

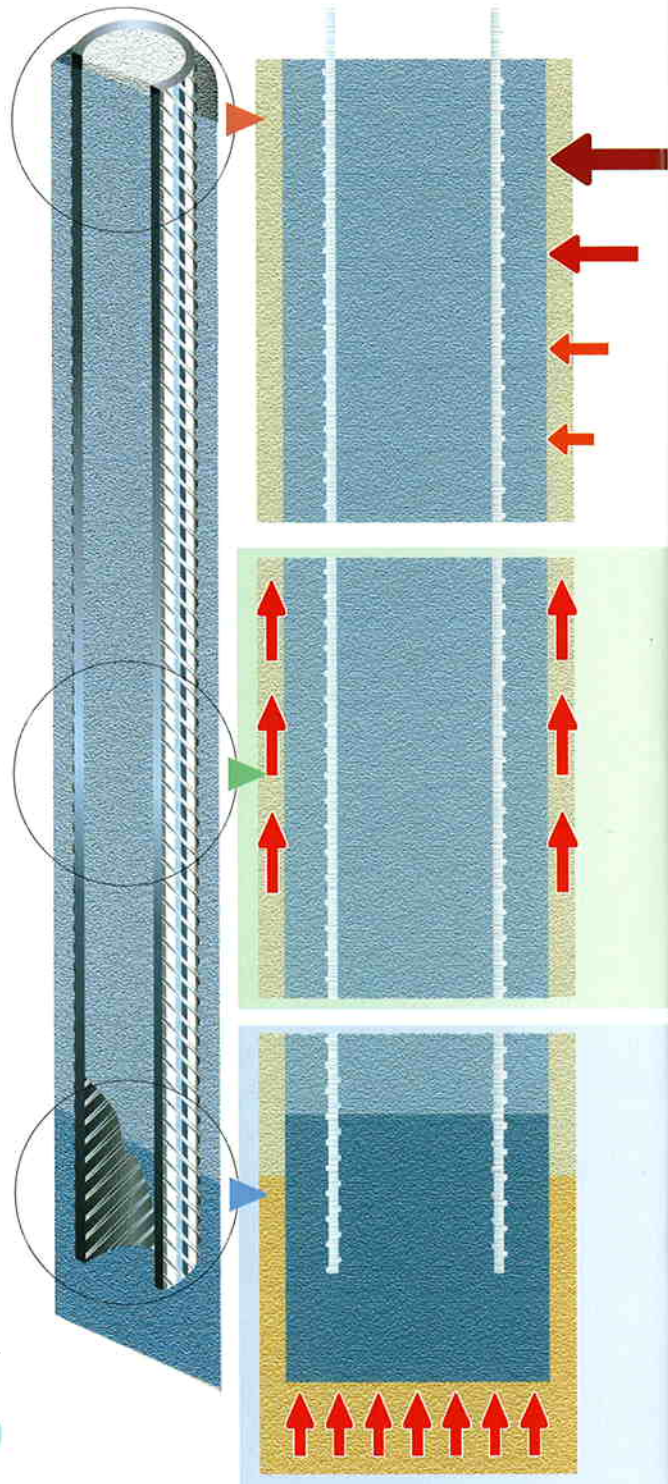
杭先端部地盤極限支持力に対して鋼管先端部の閉鎖効果は保たれます。

→ ソイルセメント径で先端支持力を算定できます。

軸方向の杭のバネ定数

軸方向バネ定数は、その支持力特性から他の杭工法に比べ高い値を示します。

→ 複数列配置した場合フーチングの回転変位量を抑制します。



載荷試験

HYSC杭の支持力性能については、室内試験・現場実物大載荷試験等で確認しています。極限支持力に至るまで鋼管とソイルセメントは一体に挙動することを確認しています。



水平載荷試験



押し込み載荷試験

許容変位の緩和処置

平成19年1月の杭基礎設計便覧の改訂にともないレベル1地震時に対する照査では、右の条件において許容変位を緩和して照査するのがよいと明記されました。

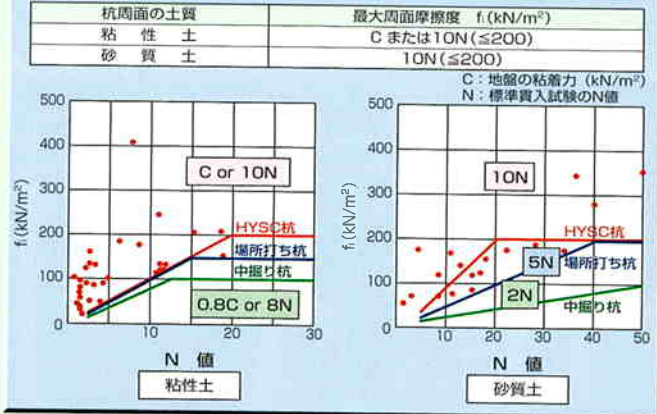
これにより、HYSC杭を含む鋼管杭工法はその優れた耐力と支持力を十分に生かすことが可能になりました。

➔ 杭本数の低減、50キ口鋼の使用、基礎のコンパクト化

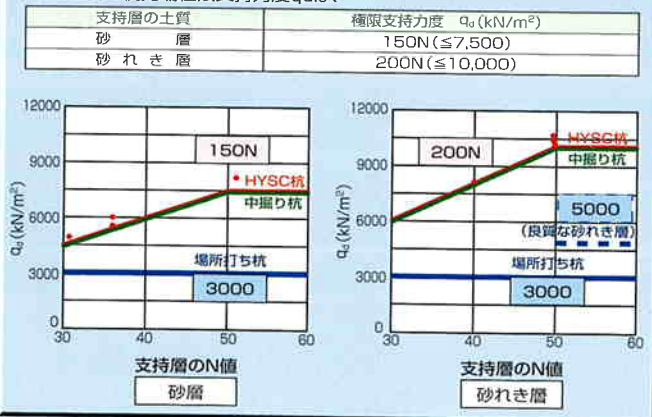
- ・橋脚基礎であること（橋台基礎は対象としない）
- ・杭体応力度または鉛直支持力に著しく余裕が生じる場合
- ・水平抵抗に支配的な表層が軟弱な沖積粘性土地盤であること（N値4程度以下の粘性土を想定）
- ・地盤抵抗の非線形性を考慮した解析法により照査を行うこと

鋼管ソイルセメント杭の支持力（道路橋）

●杭周面に働く最大周面摩擦力度 f_i (kN/m²)
HYSC杭の最大周面摩擦力度 f_i は、



●杭先端で支持する単位面積当たりの極限支持力度 q_d (kN/m²)
HYSC杭の杭先端極限支持力度 q_d は、

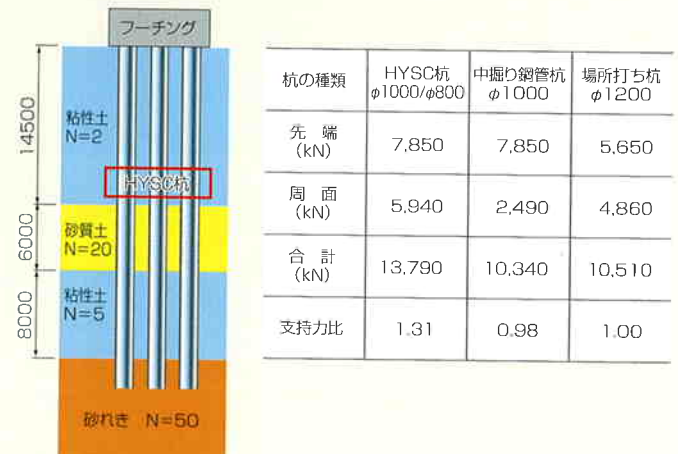


※道路橋示方書(H14)に拠ります。

許容変位の緩和処置の効果

設計条件	HYSC杭		中掘り鋼管杭	場所打ちコンクリート杭
	水平変位の制限が15mmの場合	水平変位の制限を緩和した場合	水平変位の制限を緩和した場合	
杭配置	橋軸方向 7.00m φ1000/φ800 xt(20/14/10)mm SKK400×12本	橋軸方向 7.00m φ1000/φ800 xt(21/14/11)mm SKK400×9本	橋軸方向 7.50m φ1000 xt(12/10)mm SKK400×12本	橋軸方向 8.40m φ1200/鉄筋SD345 12本
コスト比	1.25	0.92	0.96	1.00

他工法との支持力の比較



ハイエスシー (HYSC) 杭の施工

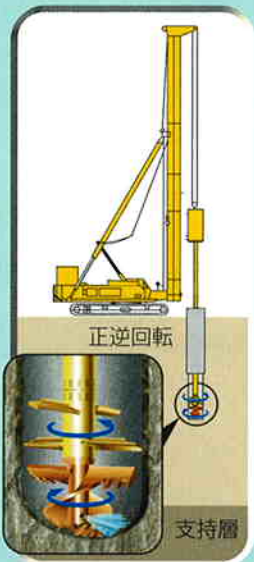
HYSC杭の施工法は、ソイルセメント柱を造成した後に鋼管を建て込む **後沈設施工法** と、ソイルセメント柱造成と同時にセメント分の混じった排土の発生を抑えたい場合には、**後沈設施工法** に先行掘削工程を併用することをお勧めします。

HYSC杭の 後沈設施工法

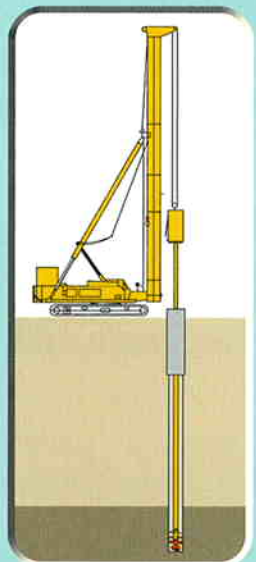
HYSC杭工法独自の剛性の高い掘削ロッド、正逆回転掘削攪拌翼と特殊遅延剤を用いて、長尺杭の施工を行えます。鋼管を後沈設することにより、溶接待ち時間の短縮と杭精度の向上が図れます。レキ質地盤などへの対応が容易で、信頼性の高い施工法です。

施工の手順

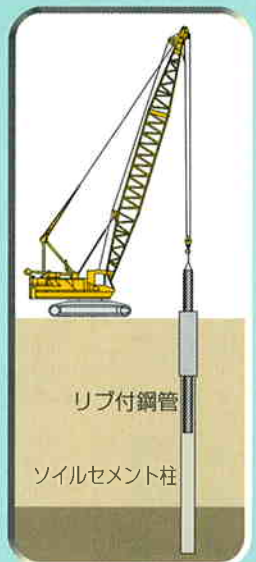
掘削・攪拌 (一般部)



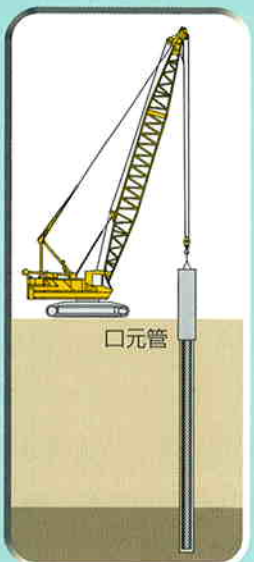
掘削・攪拌 (先端部)



鋼管建込み

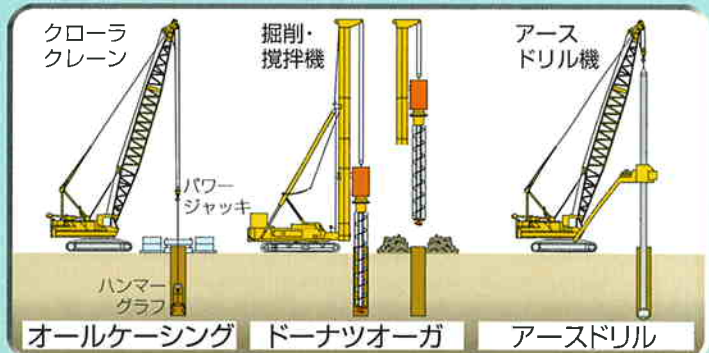


口元管引抜き

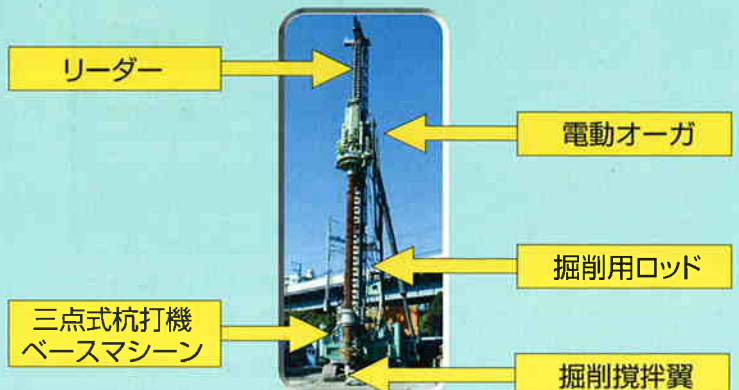


後沈設施工法全景

先行掘削の方法



後沈設施工法掘削攪拌機



に鋼管を建て込む 同時沈設施工法 があり、様々な施工条件に対応が可能です。

HYSC杭の 同時沈設施工法

正逆回転掘削攪拌翼を用いる方式と、掘削攪拌翼に静止土圧板を採用した方式があります。掘削攪拌機の負荷重量が大きくなりますが、1工程で杭施工を完了できるため、長尺杭において杭施工時間の短縮が可能です。

施工の手順

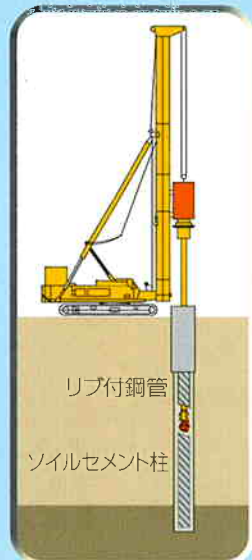
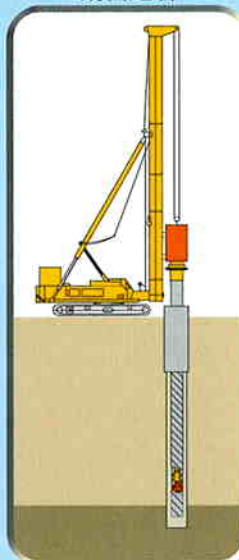
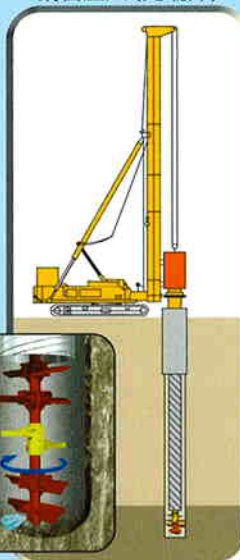
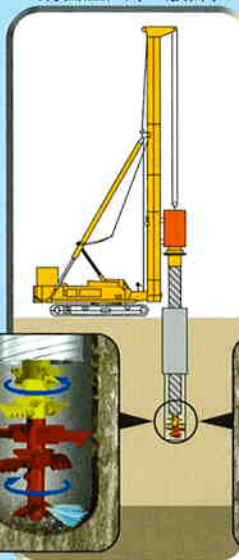
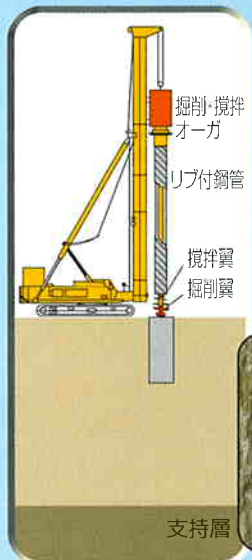
掘削攪拌ヘッドの接続

掘削攪拌・
鋼管圧入（一般部）

掘削攪拌・
鋼管圧入（先端部）

掘削攪拌ヘッド縮小・
鋼管定着

掘削攪拌ヘッドの引抜き



掘削攪拌用オーガ

掘削攪拌時の排泥状況

鋼管溶接



同時沈設施工法掘削攪拌機

リーダー

電動オーガ

リップ付鋼管

三点式杭打機
ベースマシン

掘削攪拌翼



同時沈設施工法全景

ハイエスシー (HYSC) 杭の適用性

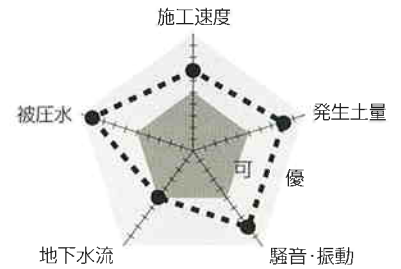
HYSC杭は、原位置土を利用したソイルセメント柱を造る環境配慮型の工法です。その施工法には、**後沈設施工法**と**同時沈設施工法**の2施工法があり、それぞれの特長を生かして現場に適用しています。



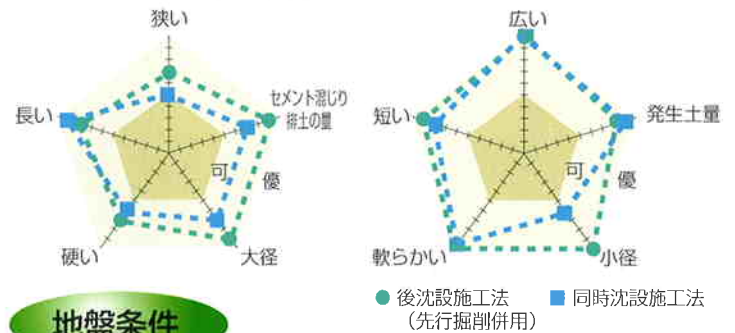
施工環境条件

施工方法		後沈設施工法	同時沈設施工法
特長		掘削攪拌を行うので地盤の性状を把握できます。広い場合には併行作業が可能で効率的です。	同時に鋼管を沈設できるため効率的です。
作業帯	非常に広い	◎事前鋼管溶接ができます。 ◎併行作業ができます。	◎台数が多く使用できます。
	狭い	○12m以上で施工できます。	
	非常に狭い	△8m~12m 小型機使用で検討可能	—
必要用地	作業帯幅 12m以上	作業ヤード 12m×60m プラントヤード 12m×20m	—
空頭制限		△比較的鋼管の継ぎ回数の増加が少ない。	△鋼管の継ぎ回数が多くなります。

■HYSC杭の施工上の適性度



■HYSC杭の2施工法の適性度



地盤条件

地盤条件		適用性
粘性土	0 ≤ N < 10	可
	10 ≤ N	可 (ただし、深度、層厚等について要検討)
砂質土	0 ≤ N < 30	可
	30 ≤ N	可 (ただし、深度・中間層の層厚等について要検討)
砂れき		可 (ただし、深度・中間層の層厚等について要検討)
玉石	100mm以内	可
	100mm~200mm	不可 (ただし、深度・中間層の層厚等によっては可の場合もあり)
	200mm以上	不可 (ただし、補助工法により可の場合もあり)
転石	土丹	不可 (ただし、補助工法により可の場合もあり)
岩盤	土丹	要検討
被圧地下水	土丹	不可 (ただし、支持層が強化岩、軟岩の場合は可の場合もあり)
伏流水	土丹	可 (ただし、水頭高さは要検討)
伏流水	土丹	流速について要検討

残土条件

施工方法		後沈設施工法	同時沈設施工法
先行掘削による排土		先行掘削を行った発生土は、一般残土として処分可能です。	—
掘削攪拌による発生土	排土状態	施工時は流動性を保ち、施工後は時間と共に硬化します。	—
	発生土量	ソイルセメント造成時に先行掘削区間に満たされ、余剰分が発生土量となります。	土質、セメントミルク注入量により変動しますが通常は杭体積の40~50%程度です。
	発生土の状態	硬化したソイルセメントは、ほぐすことにより埋め戻し・盛土などへの再利用も可能です。	—

適用範囲

(杭径(ソイルセメント柱)と鋼管径の主な組み合わせ)

	杭径(ソイルセメント柱径) (mm)							
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
鋼管径 (mm)	800	■						
	900		■					
	1000			■				
	1100				■			
	1200					■		
	1300						■	
	1400							■
1500								■

■ 適用範囲

深度条件

(杭径(ソイルセメント柱)と深度の主な組み合わせ)

	杭径(ソイルセメント柱径) (mm)							
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
深度 (m)	10	■	■	■	■	■	■	■
	20	■	■	■	■	■	■	■
	30	■	■	■	■	■	■	■
	40	■	■	■	■	■	■	■
	50	■	■	■	■	■	■	■
	60	■	■	■	■	■	■	■
	70	■	■	■	■	■	■	■

■ 後沈設施工法

リブ付鋼管の材料

鋼管ソイルセメント杭については、鋼管とソイルセメントの付着性能を増加させるため、杭一般部にJFEスチールが世界に先駆けて開発した外面リブ付鋼管を使用しています。

また、杭先端部には鋼管先端の閉塞効果を発揮するため、経済的な内外面リブ付鋼管を使用しています。

鋼管ソイルセメント杭については、鋼管耐力を十分に発揮できるように、杭材質はSKK490を含めて検討することをお勧めします。



外面リブ付鋼管の製造可能範囲

JFEスチール社内規格の呼称はSKK400 RO SKK490 RO です。
JIS規格の呼称

鋼管外径 (mm)	板厚 (mm)																
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
800	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
900	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1100	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1200	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1300	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1400	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1500	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■ SKK400, SKK490両規格外リブ付き鋼管製造範囲 □ 事前調査を要する範囲

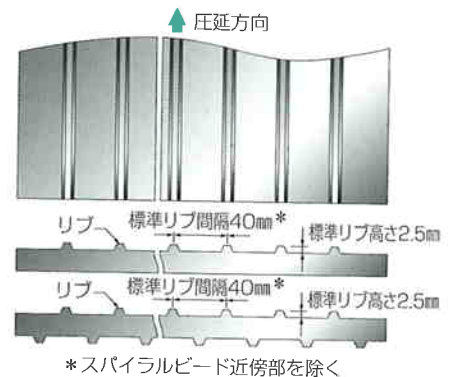
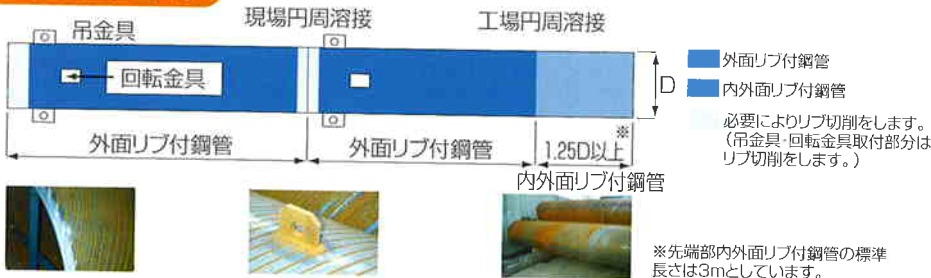
内外面リブ付鋼管の製造可能範囲

JFEスチール社内規格の呼称はSKK400 RW SKK490 RW です。
JIS規格の呼称

鋼管外径 (mm)	板厚 (mm)																
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
800	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
900	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1100	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1200	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1300	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1400	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1500	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■ SKK400, SKK490両規格内外リブ付き鋼管製造範囲 □ 事前調査を要する範囲

鋼管製造図の例



付属品及び加工

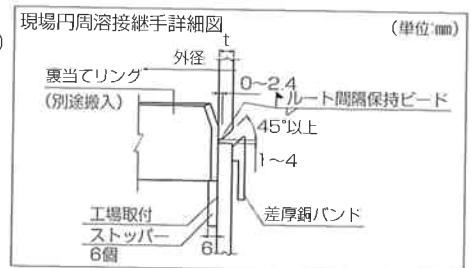
HYSC杭工法の先端部 (内外面リブ付鋼管)



建て込み用スペーサー (後沈設施工法用)



差厚銅バンド (外面リブ付鋼管用)



回転金具 (同時沈設施工法用)



その他の付属品は、JFEスチール鋼管杭のカタログをご覧ください。

杭体としてのソイルセメント

ソイルセメントは、リブ付鋼管と密着し、鋼管に作用した荷重を地盤に伝達する役割をします。

HYSC杭の杭体となるソイルセメントは、構造体として使用できるレベルまで信頼性を向上しています。リブ付鋼管と併用して使用することにより安定した付着性能を発揮し、かつ鋼管沈設のため一定時間優れた流動性を維持します。

これらの性能は、正逆回転掘削攪拌翼・特殊硬化遅延剤の採用と長年の施工技術の開発・改良により生み出されたものです。

使用する一般部のソイルセメントの配合は、現位置土を使用し配合試験により選定します。

配合例

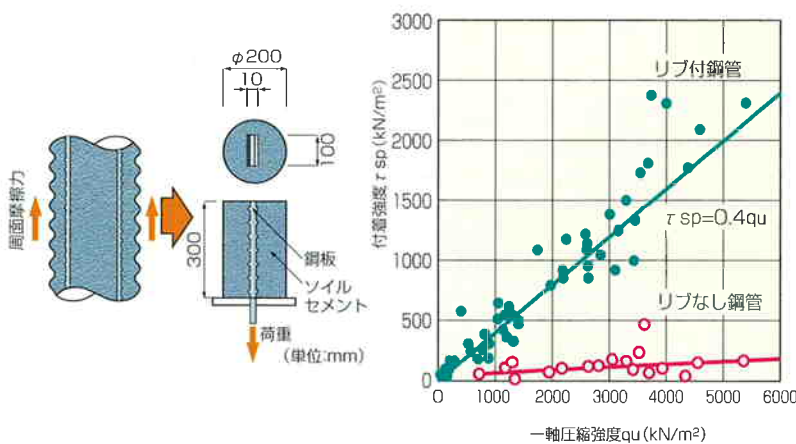
区分	配合	固化材 C (kg)	ベントナイト B (kg)	水固化材比 W/(C+B) (%)	硬化遅延剤 固化材重量比 (%)
杭一般部		300~400	適宜	120~150	0.5~5
杭先端部		1,000	適宜	60	0~1

標準的なソイルセメントの強度

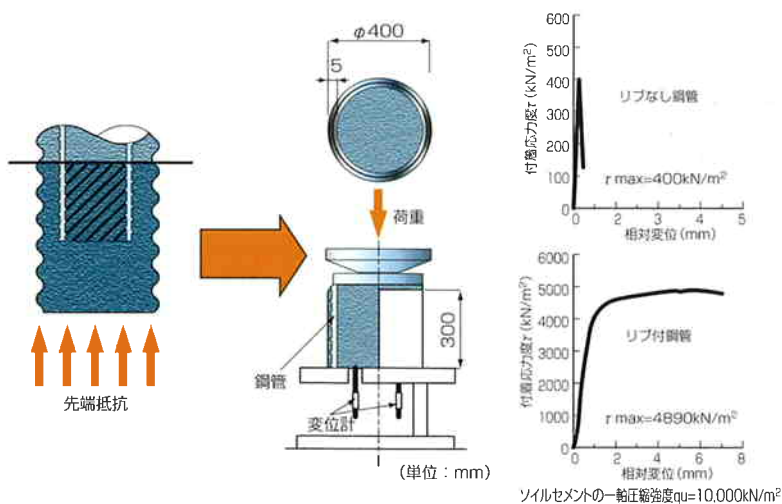
地盤	一軸圧縮強度 q_u (N/mm ²)
砂質土	1.0
粘性土	0.75
砂層、砂れき層	15

qu : 材令28日強度

ソイルセメントとリブ付鋼管の付着性能



引抜き付着強度試験の例



押抜き付着強度試験の例



土槽載荷試験後のHYSC杭



杭体ソイルセメント(深度20mより掘出し)

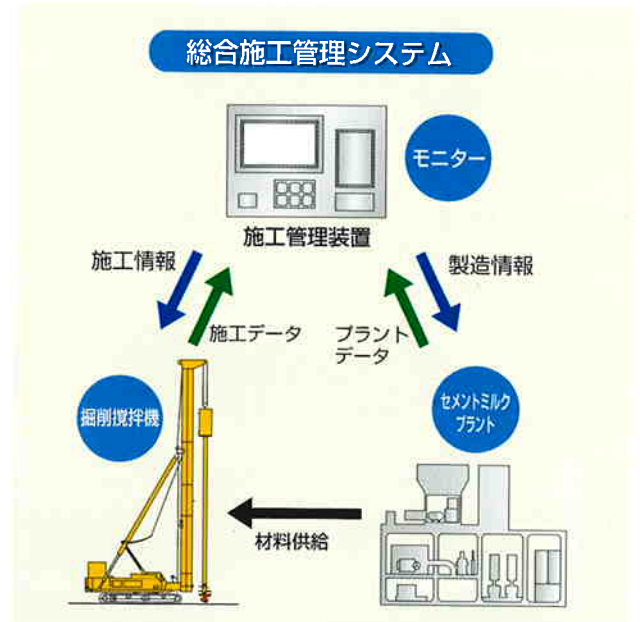
ハイエスシー (HYSC) 杭の品質管理

総合施工管理システム

総合管理システムにより施工状態（施工深度、掘削抵抗、セメントミルク注入量など）をリアルタイムに確認できます。これにより高品質で信頼性が高く、効率的な施工が可能です。

施工時には、管理室を設け、施工管理モニターにより施工データを蓄積しつつ、掘削攪拌工程の施工管理を行います。

自動化されたセメントミルクプラントを使用するとともに、掘削攪拌機運転室においても施工データを確認できます。



管理室



施工管理用モニターの一例



掘削攪拌機運転室



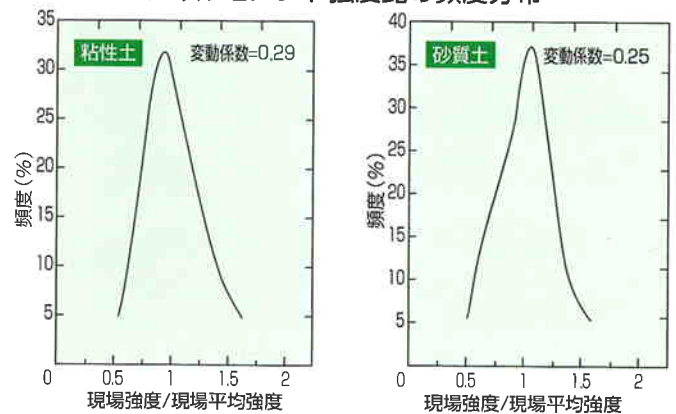
セメントミルクプラント

ソイルセメントの品質

HYSC杭は、正逆回転方式または土圧板付き回転方式により攪拌性能を向上させました。連続で安定した強度のソイルセメント柱を連続して造成することができます。

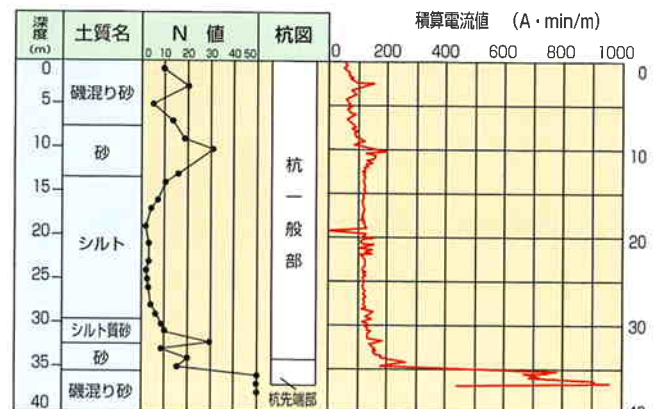
これまでの施工実績から、右のグラフのように粘性土・砂質土ともに、ばらつきの少ない良好なソイルセメントを造成できることが確認できています。

ソイルセメント強度比の頻度分布



支持層の確認

所定の支持層に掘削・攪拌が近づいたら、掘削・攪拌抵抗（電流値、または油圧値）の変化を計測して支持層への到達を確認します。

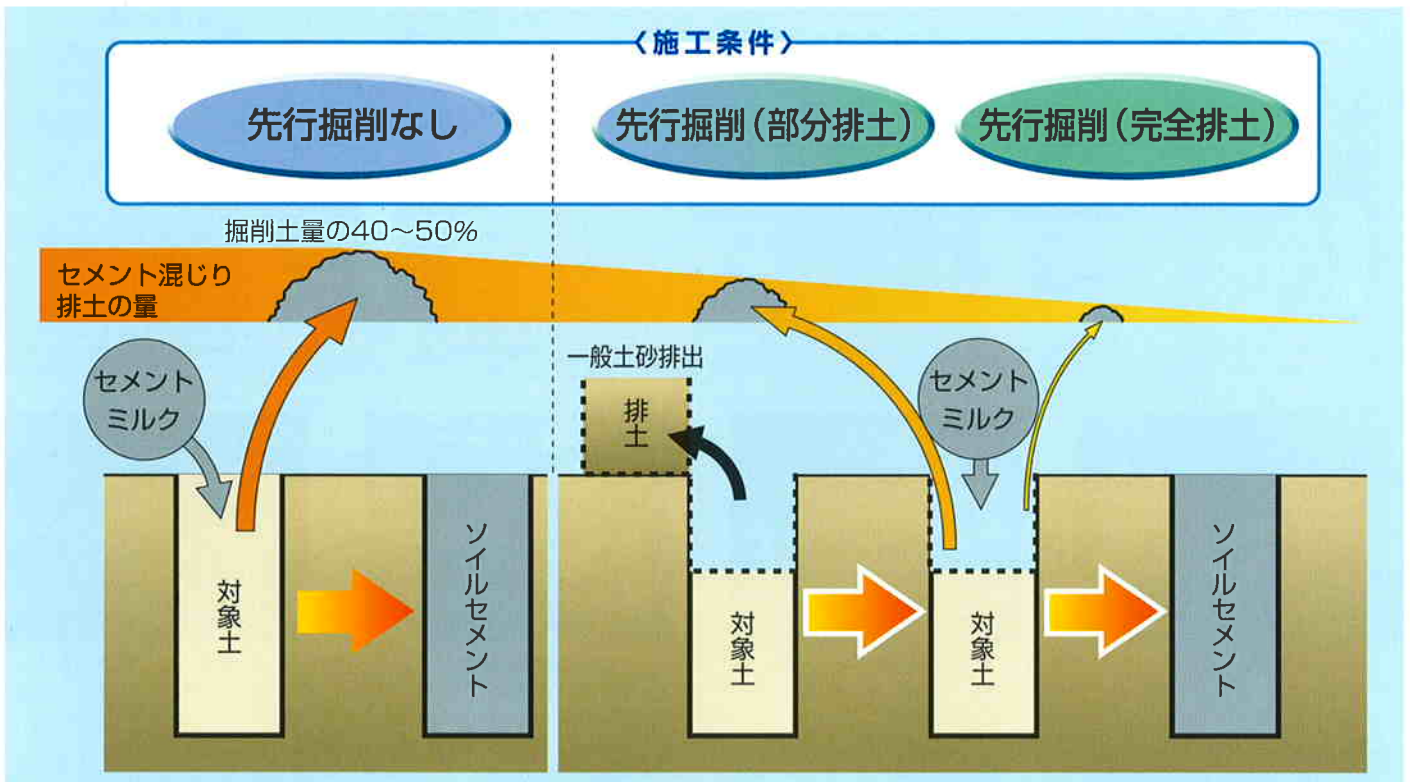


※支持層への到達確認の一例。

先行掘削によるセメント混じり排土の発生量の低減

多くの低騒音・低振動工法は、杭築造のため多量の掘削土・建設残土を発生します。鋼管ソイルセメント杭工法は、通常の施工においても、セメント混じり排土は掘削土量の40~50%と排出量の少ない工法です。

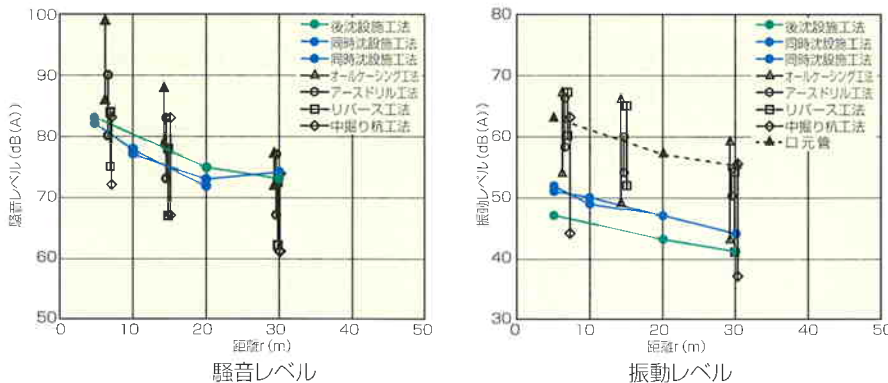
さらに先行掘削を併用した場合、セメント混じり排土の量を大幅に減少させることができます。二次的には、ダンプトラックの出入りが少なくなり、また場内も広く使え整然とした状態となります。



さらに、杭本数の低減効果により排土量（フーチング分も含む）が減ります。

騒音・振動対策

鋼管ソイルセメント杭の騒音・振動レベルは、中掘り杭工法等の代表的な低騒音・低振動工法と同等と考えられます。



出典：(社)日本建設機械化協会「建設に伴う騒音振動対策ハンドブック」〔改訂版〕昭和62年6月

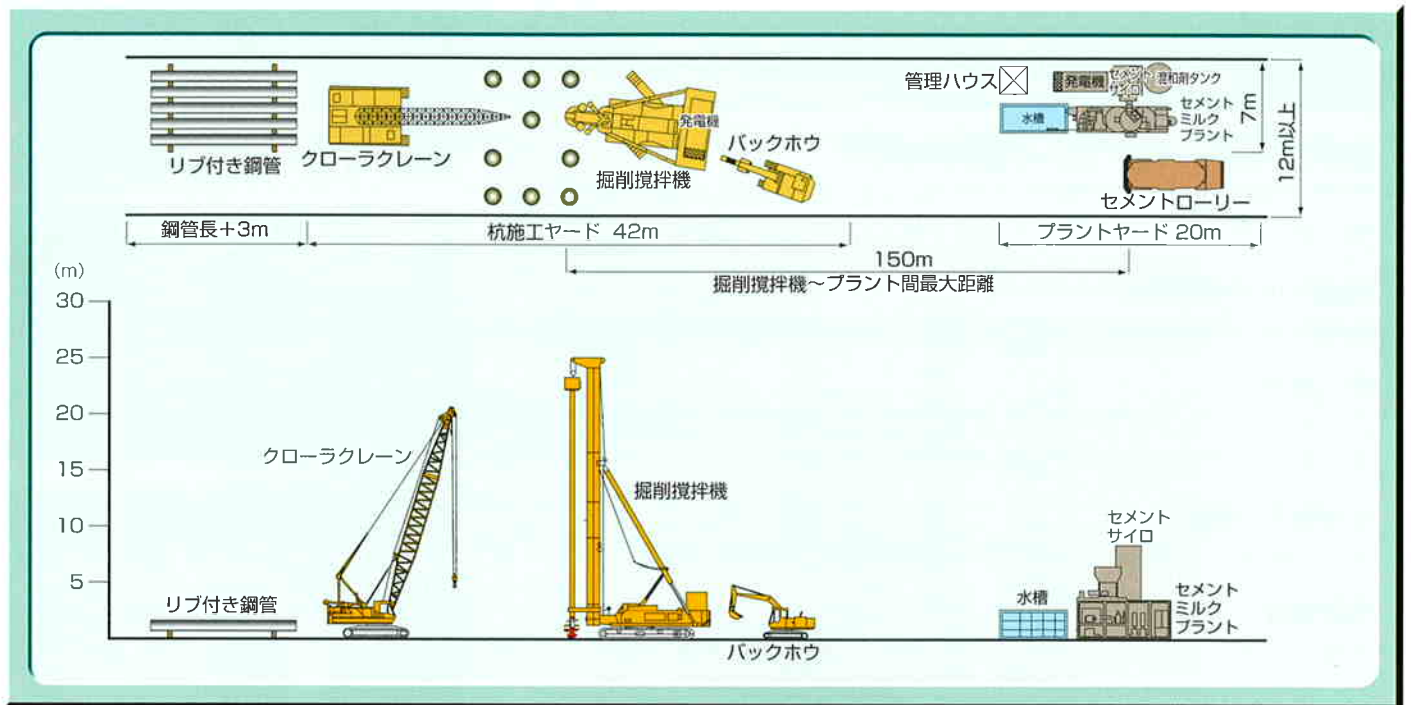
近接施工による周辺構造物に与える影響

鋼管ソイルセメント杭工法は、掘削孔内にソイルセメントを満たした状態で施工を行うため、周辺地盤・構造物におよぼす影響が非常に少ない工法です。鉄道や高架橋に近接した施工においても、それらに影響を与えた報告はありません。



施工機械の配置

機械配置例



後沈設施工法では、鋼管杭を継ぎ溶接して沈設するため、鋼管の溶接ヤードや建て込み用掘削孔を設けておきます。施工帯幅が12m程度以下となる場合は、後沈設施工法の小型掘削攪拌機を用いて施工します。この場合も機械の動きが制限されるため施工能率の低下が生じます。



施工機械



オールケーシング先行掘削



セメントミルクプラント



鋼管定着用キャップ(ヤットコ)