

ハイエスシー杭工法

HYSC杭工法

鋼管ソイルセメント杭工法

道路橋示方書準拠

杭基礎設計施工便覧掲載

建設技術審査証明事業(一般土木工法)第28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-V

国土交通省土木工事積算基準掲載

ソイルセメント合成鋼管杭工法技術協会

ハイエスシー杭工法

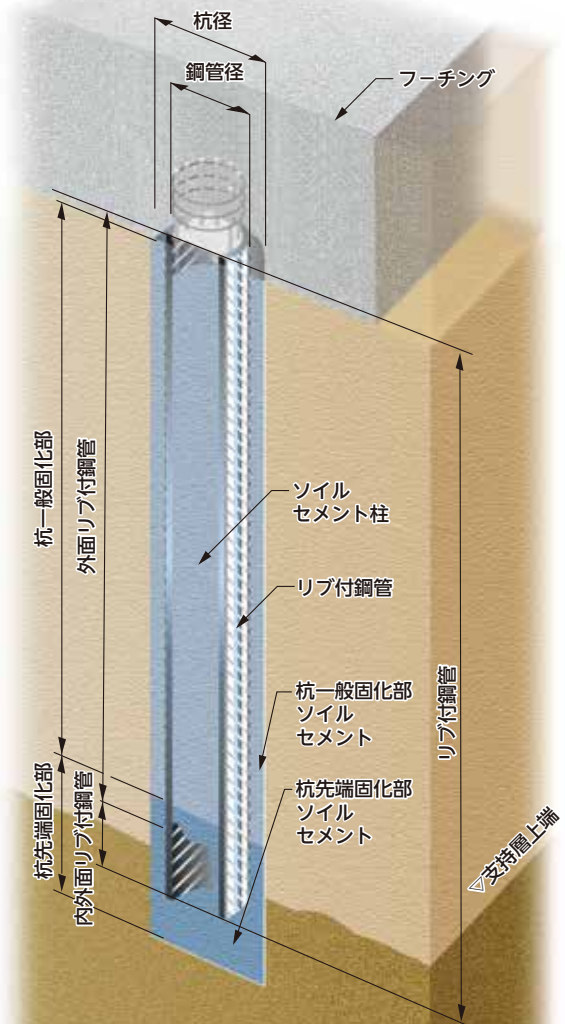
ソイルセメント合成鋼管杭工法技術協会の20年の研究開発活動の成果が、先進の杭工法として実現しました。リブ付鋼管製造技術、50キロ鋼本格採用、拡頭構造、杭体使用レベルまで信頼性を高めたソイルセメント、高い支持力・変形特性、低騒音・低振動既成杭、建設発生土の削減、施工能率の向上といった新しい技術により、総合的に低コストかつ環境対策型杭工法と評価されています。これらの新技術に信頼を添えて、協会施工会社が皆様の下へお届けいたします。

ハイエスシー杭工法

ハイエスシー杭工法(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。

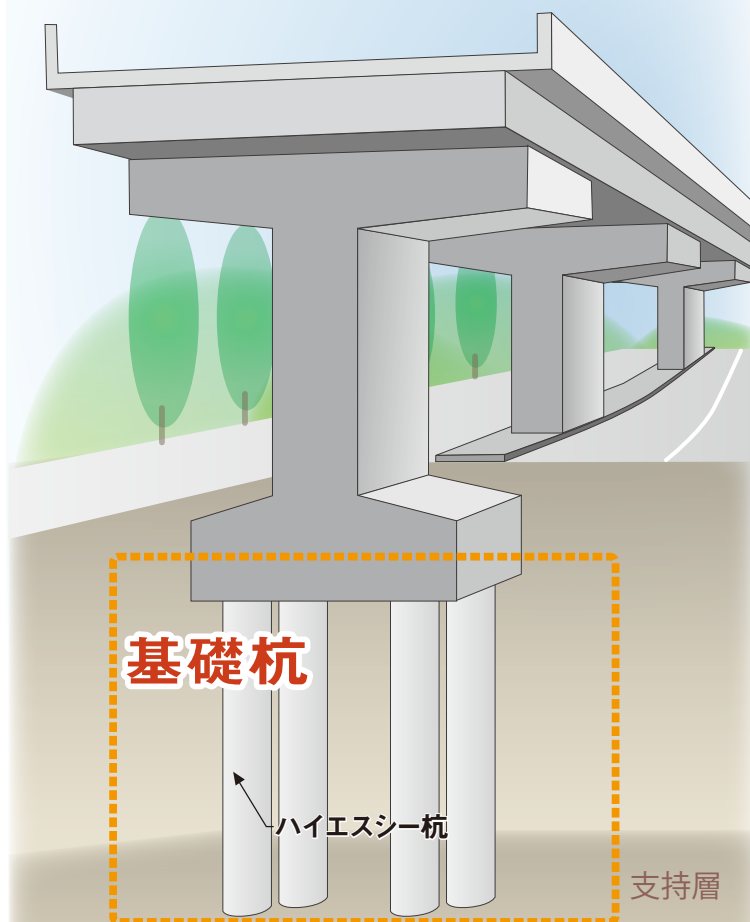
ハイエスシー杭工法は、平成3年2月に旧建設省の『民間開発建設技術の技術審査・証明事業認定規程』に基づく旧(財)国土開発技術研究センターの技術審査証明を取得した後、さらに工法の開発・改良を重ね4回の更新と新技術の追加取得を行っております。また、道路橋示方書下部構造編で規定される鋼管ソイルセメント杭工法に準拠した工法です。

建設技術審査証明書(国土技術研究センター)



ハイエスシー杭工法が適用される箇所

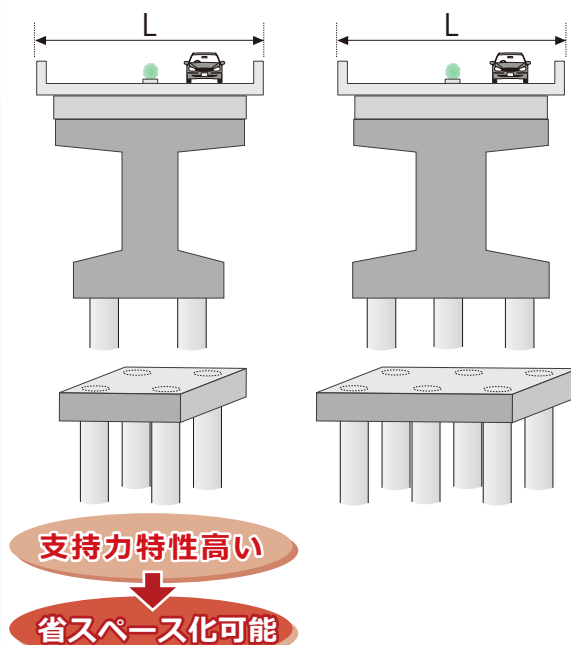
ハイエスシー杭工法は、支持力特性が優れており、高速道路や鉄道高架橋などの基礎杭として多く用いられています。



ハイエスシー杭と場所打ちコンクリート杭比較

ハイエスシー杭

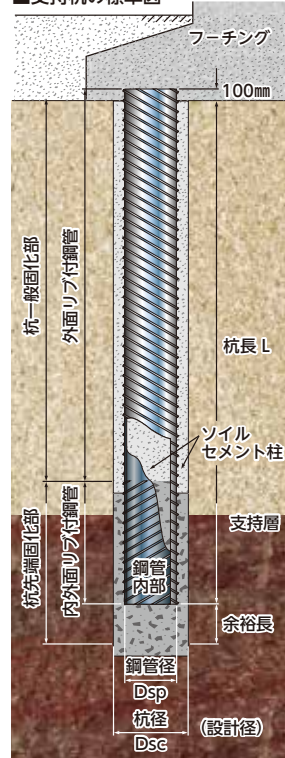
場所打ちコンクリート杭



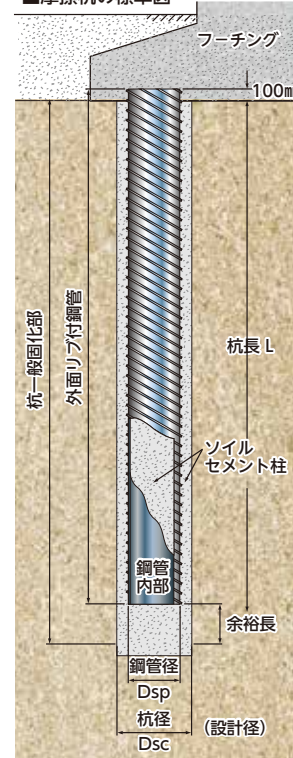
支持杭・摩擦杭

ハイエスシー杭工法は、大きな周面摩擦力が得られることから摩擦杭としての適用性も高い工法です。

■支持杭の標準図



■摩擦杭の標準図



ハイエスシー杭工法の支持力

ハイエスシー杭工法は、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。

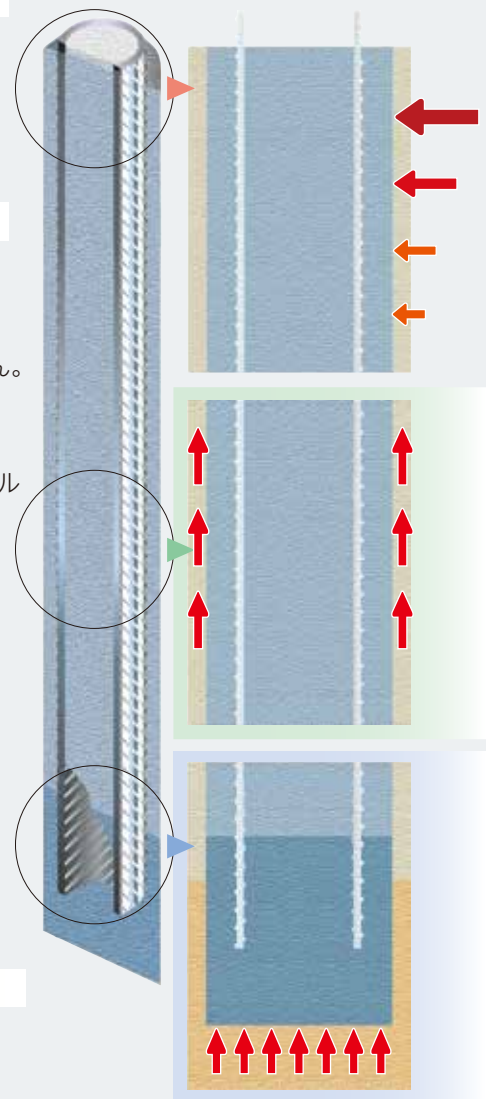
・杭先端面での力の伝達機構

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。

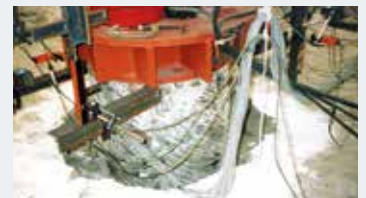
→ 複数配置した場合フーチングの回転変位量を抑制します。

載荷試験

ハイエスシー杭工法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



押込み載荷試験

ハイエスシー杭工法の特長

●世界に先駆けた独自技術の杭工法です。

ハイエスシー杭工法は、ソイルセメント合成鋼管杭工法技術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。

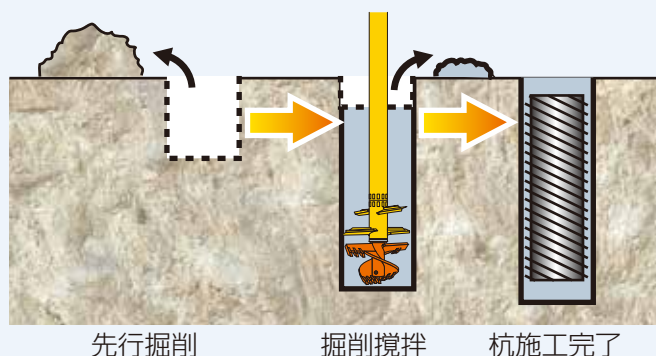
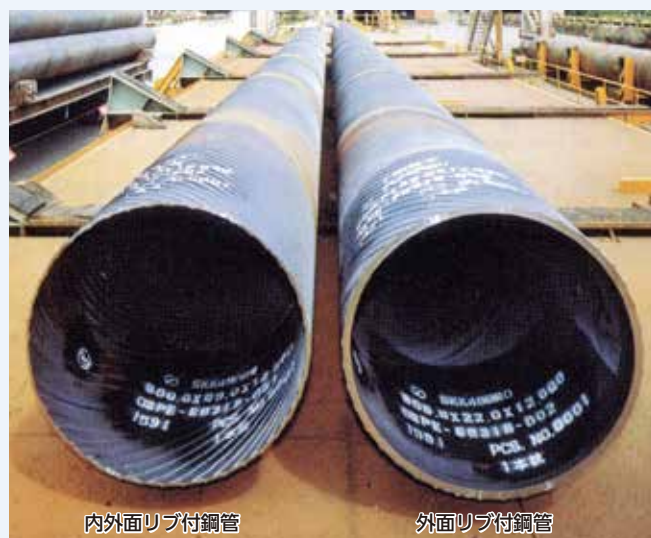
●低振動、低騒音で施工出来ます。

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。

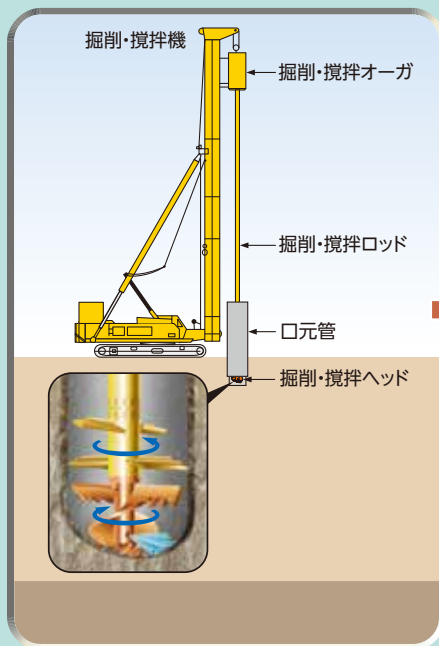


ハイエスシー杭工法の施工

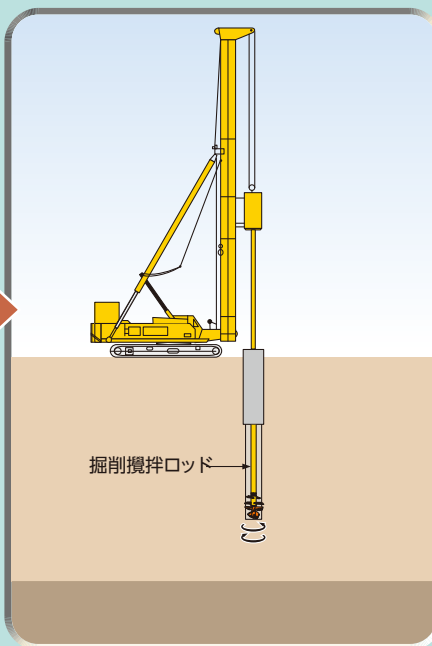
ハイエスシー杭工法の施工法は、ソイルセメント柱を造成した後に鋼管を建て込む後沈設方式を主としています。
ハイエスシー工法独自の剛性の高い掘削ロッド、正逆回転掘削攪拌機と特殊遅延剤を用いて、長尺杭の施工を行なえるほか、作業スペースがある場合には、掘削作業と沈設作業を並行して行なえるため、溶接の待ち時間と杭精度の向上が図れます。レキ質地盤などへの対応が容易で、信頼性の高い施工法です。
セメント分の混じった排土の発生を抑えたい場合には先行掘削を併用することをお薦めします。

ハイエスシー杭工法の施工手順（後沈設方式）

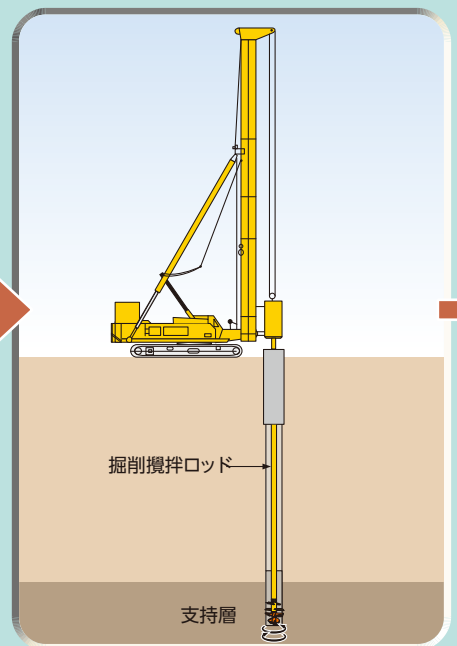
① 口元管の設置



② 一般固化部ソイルセメント柱造成



③ 先端固化部ソイルセメント柱造成



掘削攪拌機（後沈設方式）



口元管設置

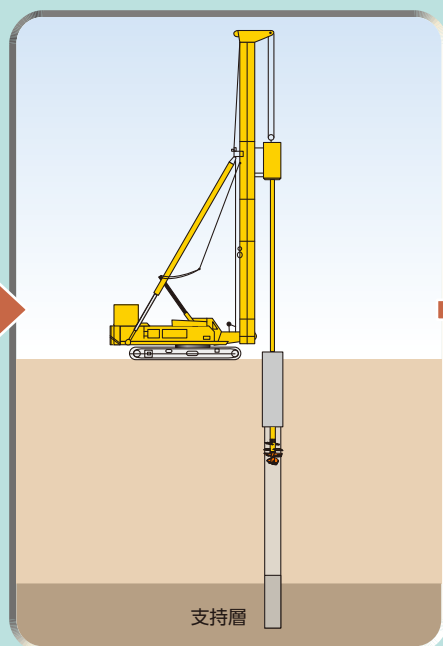


杭心セット

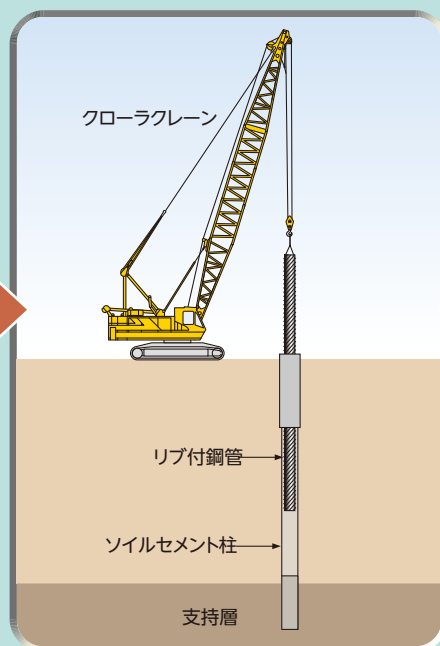


掘削攪拌（ソイルセメント柱造成）⇒鋼管建込み

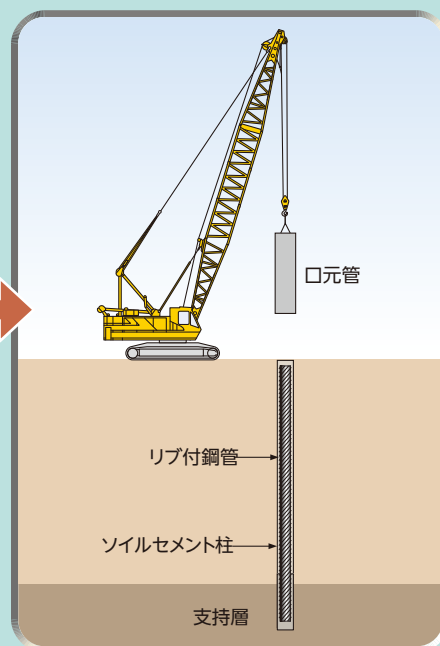
④ ロッド・ヘッド引き抜き回収



⑤ リブ付鋼管建込み・定着



⑥ ヤットコ回収・埋戻し・口元管回収



鋼管溶接(継杭の場合)



鋼管定着(ヤットコ適用)



ハイエスシー杭工法の適用性

ハイエスシー杭工法は、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。以下の条件を目安に適用性を判断します。

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

地盤条件

地盤条件		適用性
粘性土	$0 \leq N < 10$	可
	$10 \leq N$	可(ただし、深度・層厚等について要検討)
砂質土	$0 \leq N < 30$	可
	$30 \leq N$	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		不可(ただし、補助工法により可の場合もあり)
土丹		要検討
岩盤		不可(ただし、支持層が風化岩、軟岩の場合は可の場合もあり)
被圧地下水		可(ただし、水頭高さは要検討)
伏流水		流速について要検討

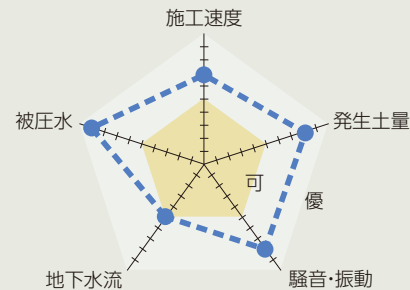
深度条件

(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								
	80								

後沈設施工法

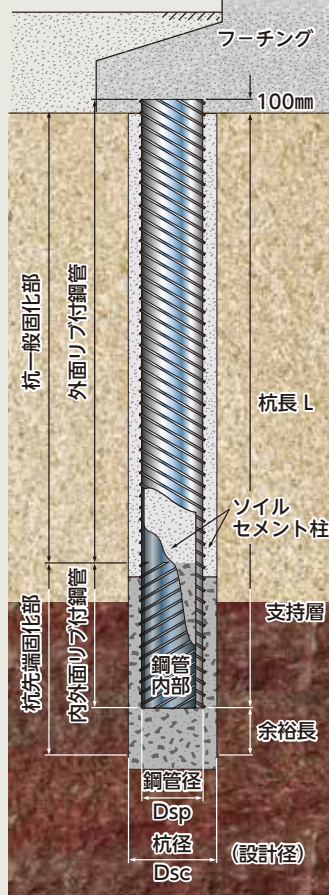
ハイエスシー杭工法の施工上の適性度



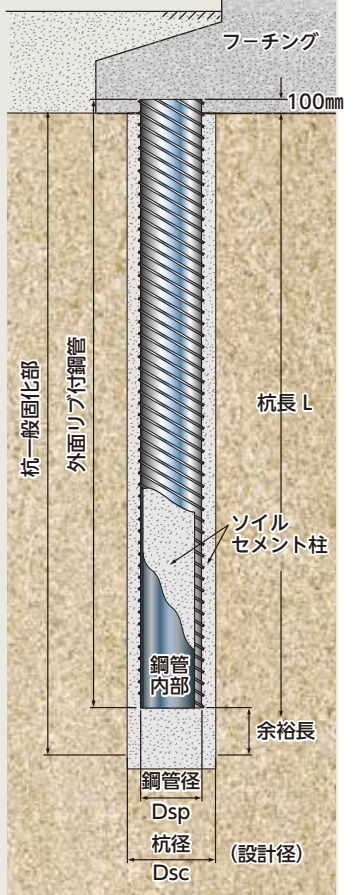
支持杭・摩擦杭

ハイエスシー杭工法は、大きな周面摩擦力が得られることから摩擦杭としての適用性も高い工法です。

■支持杭の標準図



■摩擦杭の標準図



- 鋼管杭は、全長にわたり外面リブ付鋼管を使用します。
- ソイルセメントの仕様は、全長にわたり杭一般固化部の仕様となります。
- 杭先端部には、余裕長（鋼管先端からソイルセメント柱先端までの深さ）を設けます。余裕長は、0.5Dsc程度以上としています。
- 周面摩擦力を考慮する杭長は、杭先端の余裕長を除いた杭長さとしてします。

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、杭材質はSKK490を含めて検討することをお薦めします。



外面リブ付鋼管の製造可能範囲

JIS規格の呼称はSKK400-OR, SKK490-ORです。

		板厚(mm)																						
鋼管径(mm)	800																							
	900																							
	1000																							
	1100																							
	1200																							
	1300																							
	1400																							
	1500																							

■ SKK400, SKK490両規格外面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

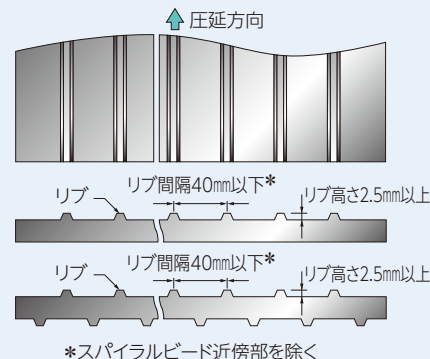
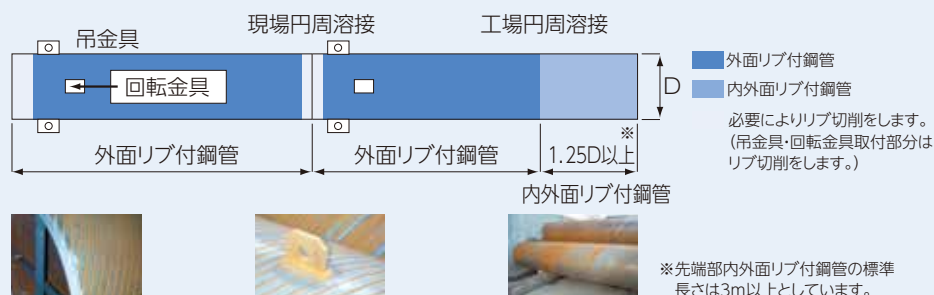
JIS規格の呼称はSKK400-IR/OR, SKK490-IR/ORです。

		板厚(mm)																						
鋼管径(mm)	800																							
	900																							
	1000																							
	1100																							
	1200																							
	1300																							
	1400																							
	1500																							

■ SKK400, SKK490両規格内外面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

ハイエスシー杭工法の先端部
(内外面リブ付鋼管)

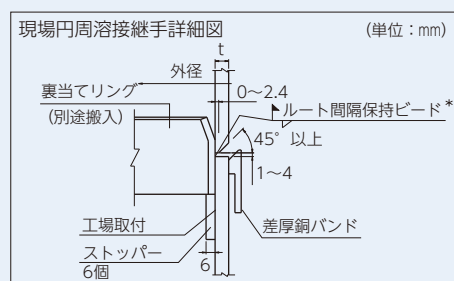


リング筋を取付ける場合もあります

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)



*ルート間隔保持ビードに替えて、スペーサを用いることもできます。

回転金具



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。

ハイエスシー杭工法の杭体となるソイルセメントは、構造物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。

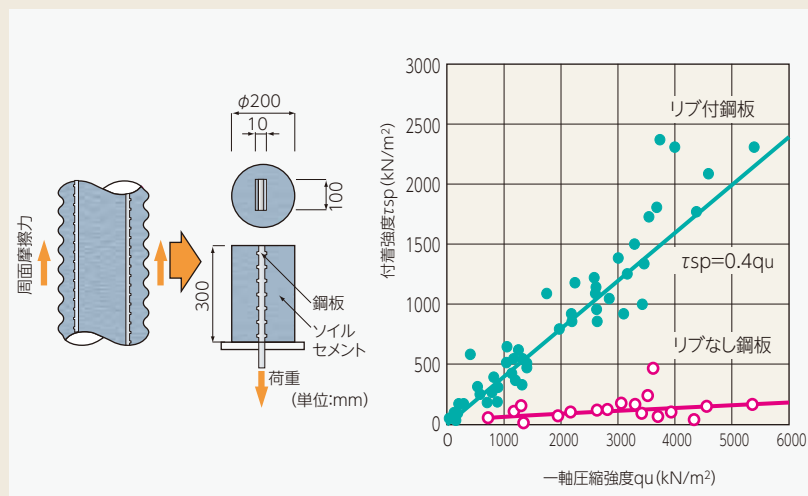
これらの性能は、正逆回転掘削攪拌翼・特殊硬化遅延剤の採用と長年の施工技術の開発・改良により生み出されたものです。

使用する一般固化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					標準的なソイルセメントの強度	
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 (%)	地 盤	一軸圧縮強度 qu (N/mm ²)
杭一般固化部	300～400	適宜	120～150	0.5～5	砂質土	1.0
					粘性土	0.75
杭先端固化部	1,000	適宜	60	0～1	砂層、砂れき層	15

q_u : 材令28日強度

ソイルセメントとリブ付鋼管の付着性能



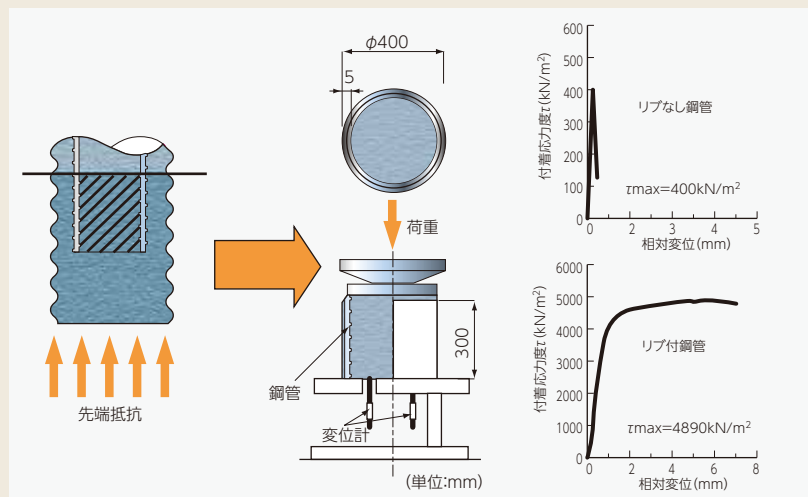
引抜き付着強度試験の例



土槽載荷試験後のハイエスシー杭工法



杭体ソイルセメント（深度20mより掘出し）



押抜き付着強度試験の例

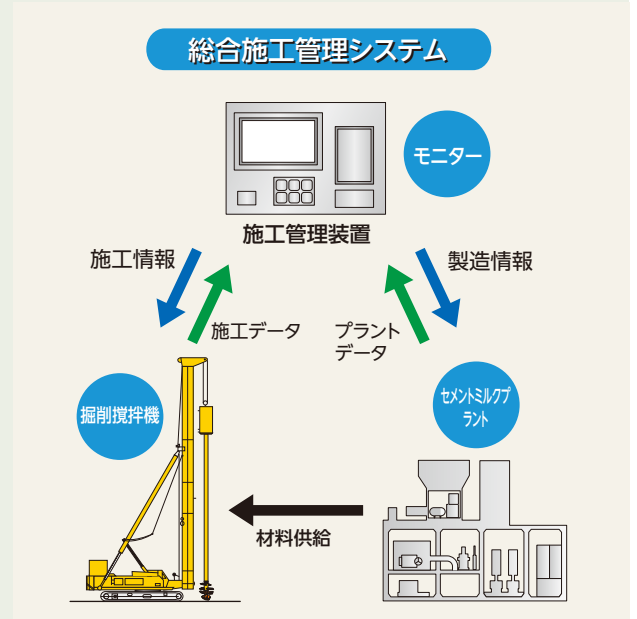
ハイエスシー杭工法の品質管理

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

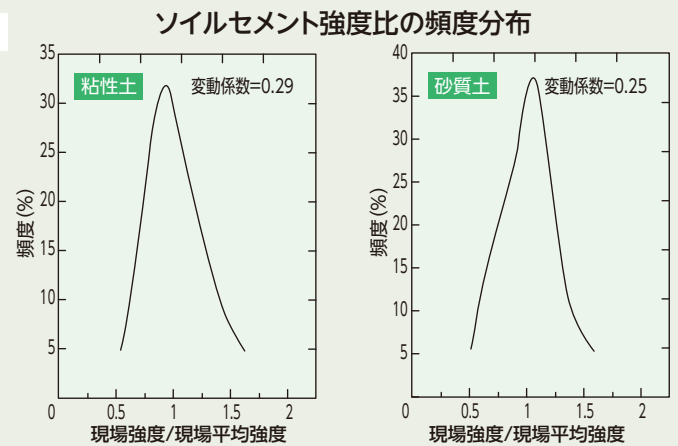


セメントミルクプラント

ソイルセメントの品質

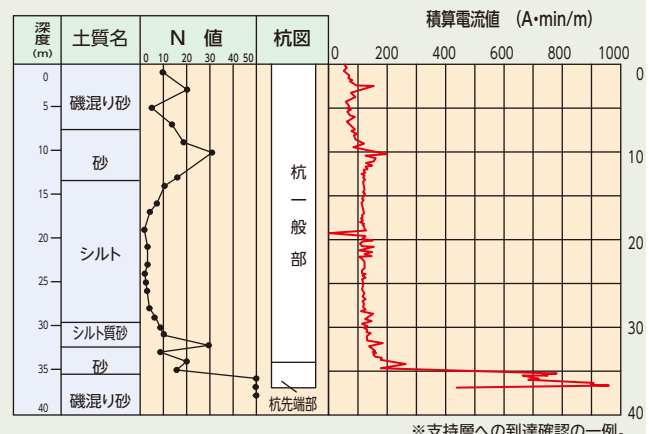
ハイエスシー杭工法は、正逆回転方式または土圧板付き回転方式により攪拌性能を向上させました。連続で安定した強度のソイルセメント柱を連続して造成することができます。

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。



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。ハイエスシー杭工法は、通常の施工においても、セメント混じり排土はセメントミルク注入量相当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。

〈施工条件〉

先行掘削なし

先行掘削(部分排土)

先行掘削(完全排土)

セメントミルク注入量
相当の排土量

セメント
ミルク

対象土

ソイルセメント

一般土砂排出
排土

対象土

セメント
ミルク

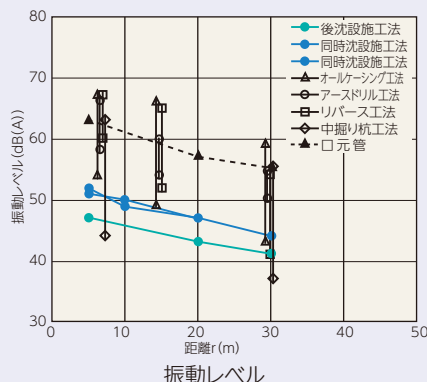
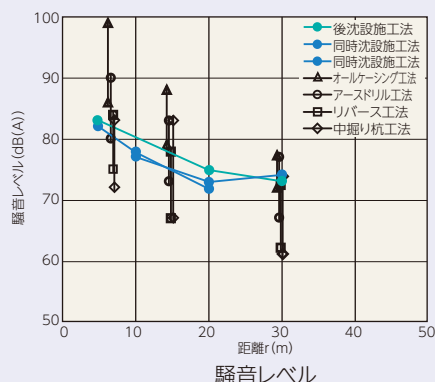
対象土

ソイルセメント

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

ハイエスシー杭工法の騒音・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

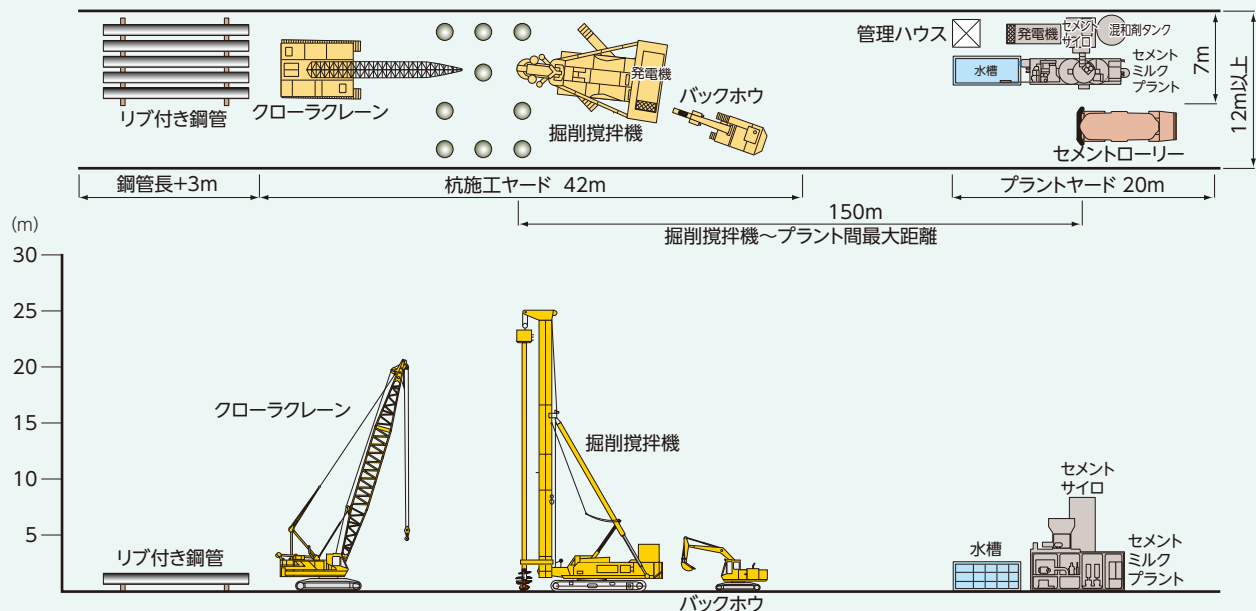
近接施工による周辺構造物に与える影響

ハイエスシー杭工法は、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)

ハイエスシー杭工法の適用例

道路橋基礎

杭長50m程度の高架橋基礎：

許容変位を緩和したことにより、杭本数が低減されました。

高架橋基礎：

用地内に基礎を配置するため、杭本数の減るハイエスシー杭工法で杭配置を合理化し採用されました。

砂層主体の河川橋梁アプローチ部高架橋基礎：

コストは他の杭工法と同等でしたが、GL+3mまで被圧した帯水層があり、杭施工時の被圧水に対して安全に施工できるハイエスシー杭工法が採用されました。

杭長20mの橋台基礎：

先端支持力の占める割合が大きく、支持力により杭本数が決まりました。

橋台基礎：

比較的小径のハイエスシー杭工法を用い、変位を抑えることができ、結果として基礎全体で他の工法に比べ1/2のコストとなりました。

小規模河川橋梁：

支持層が50mと深いため、杭長17mの摩擦杭として採用されました。

橋梁基礎：

表層に径30cmのレキが混じり、GL+2mまで被圧した帯水層が確認されたため先行掘削併用の **後沈設施工法** で施工しました。



鉄道高架橋基礎

貨物線の旅客化：

場所打ち杭では杭径が大きくなり、施工制振条件からφ1600mmのソイルセメント径のハイエスシー杭工法が採用されました。

鉄道高架化によるラーメン式高架橋：

県内で建設残土処理ができず、産業廃棄物の排出量の少ない先行掘削併用の **後沈設施工法** が採用されました。



河口部水門基礎

軟弱地盤で締切り内で杭を施工すると、締切り内外の水頭差により杭孔内でボイリングが起るため原位置攪拌工法のハイエスシー杭工法が採用されました。

擁壁基礎

平成4年、土木構造物基礎として、初めてハイエスシー杭工法が採用されました。



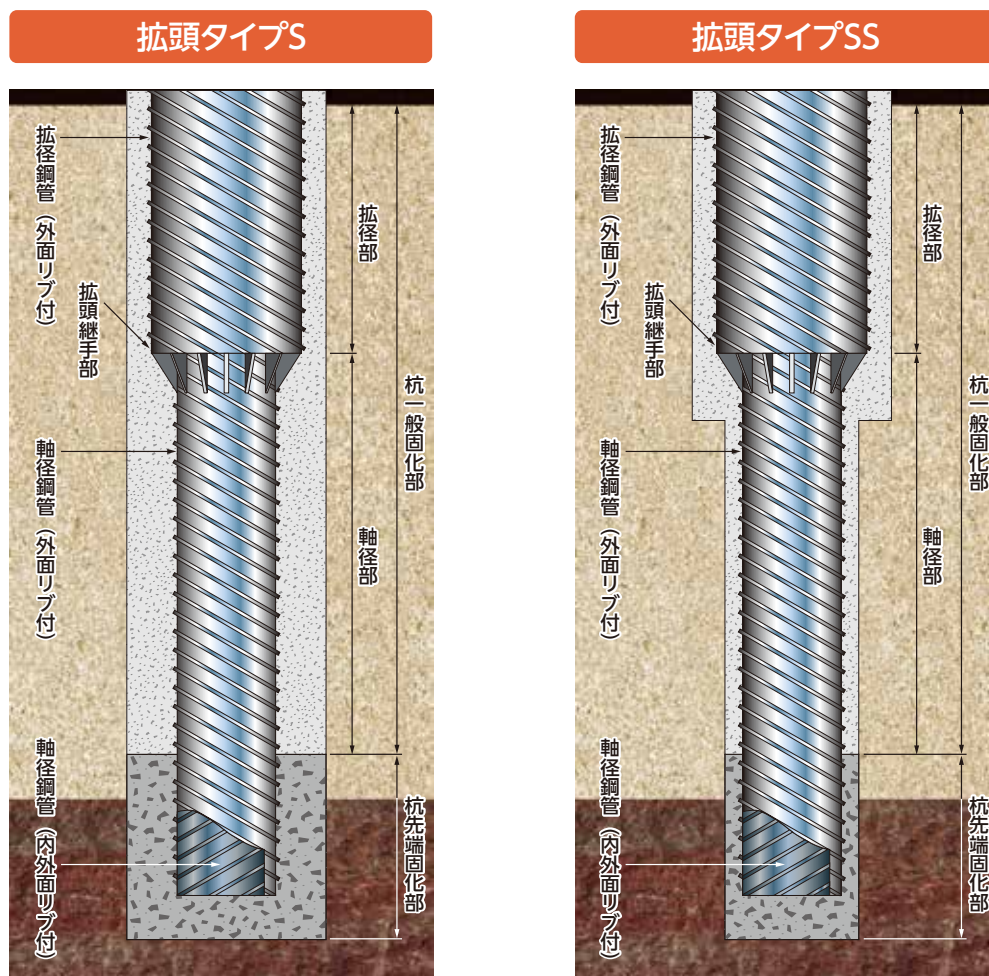
拡頭型ハイエスシー杭工法

拡頭型ハイエスシー杭工法は従来のハイエスシー杭工法に新技術として導入し、平成19年2月(財)国土技術研究センターにおいて建設技術審査証明書を取得した工法です。

●杭頭部の拡径鋼管により水平抵抗が増大! ●水平変位の抑制ならびに経済的な設計が可能に!

拡頭型ハイエスシー杭工法の概要

拡頭型ハイエスシー杭工法は、ソイルセメント柱および頭部側大径鋼管(拡径鋼管)と先端側小径鋼管(軸径鋼管)からなる拡頭杭から構成されています。



拡頭型ハイエスシー杭工法のタイプ



拡頭継手部

拡頭型ハイエスシー杭工法

拡頭型ハイエスシー杭工法の特長

- 標準的には杭長が30m程度以上で効果が期待できます。
- 合理的で経済的な設計が可能です。(軸径部の断面応力に余裕がある場合)
鋼管の材料強度・杭の鉛直・水平抵抗のバランスのとれた設計が可能となります。
- 発生土量の更なる低減が図れます。
ハイエスシー杭工法は本来発生土量の少ない工法ですが、拡頭タイプSS工法を使用すると発生土量を更に少なくすることができます。
- 水平抵抗力が向上します。(橋台等水平変位を抑える必要がある場合)
頭部に拡径鋼管を使用することによって、大きな水平抵抗が期待できます。
- 杭頭結合が容易になります。
杭頭部を拡径することにより、杭頭結合鉄筋の設計が容易になります。

拡頭型ハイエスシー杭工法の性能

拡頭型ハイエスシー杭工法の室内載荷試験、構造解析、現場載荷試験、施工試験を行い、鋼管ソイルセメント杭としての性能を確認しました。

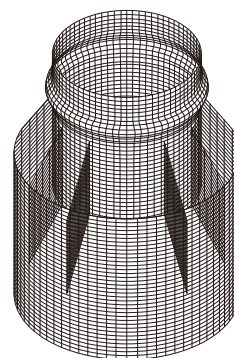
●室内載荷試験および解析(拡頭継手部)



曲げ試験

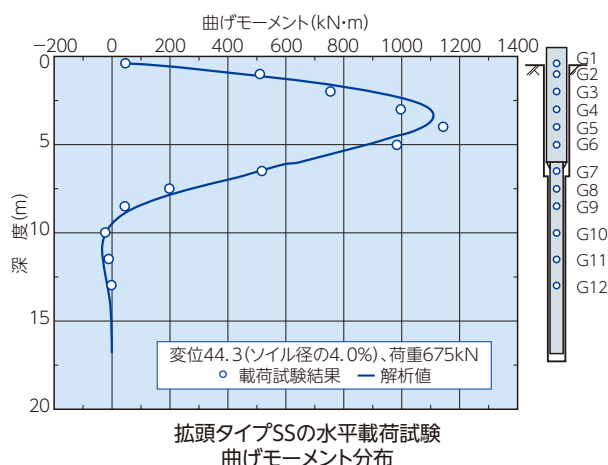
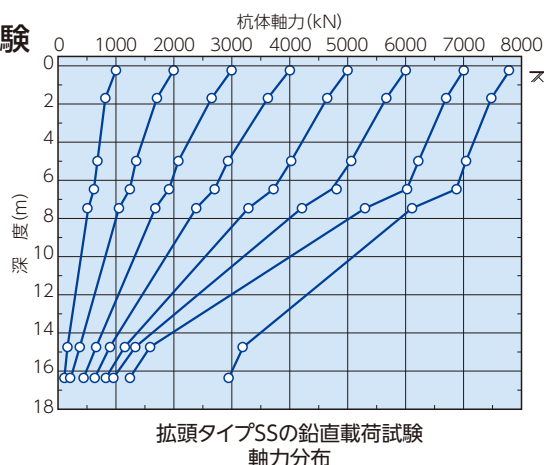


軸圧縮試験



FEM解析の結果

●現場載荷試験

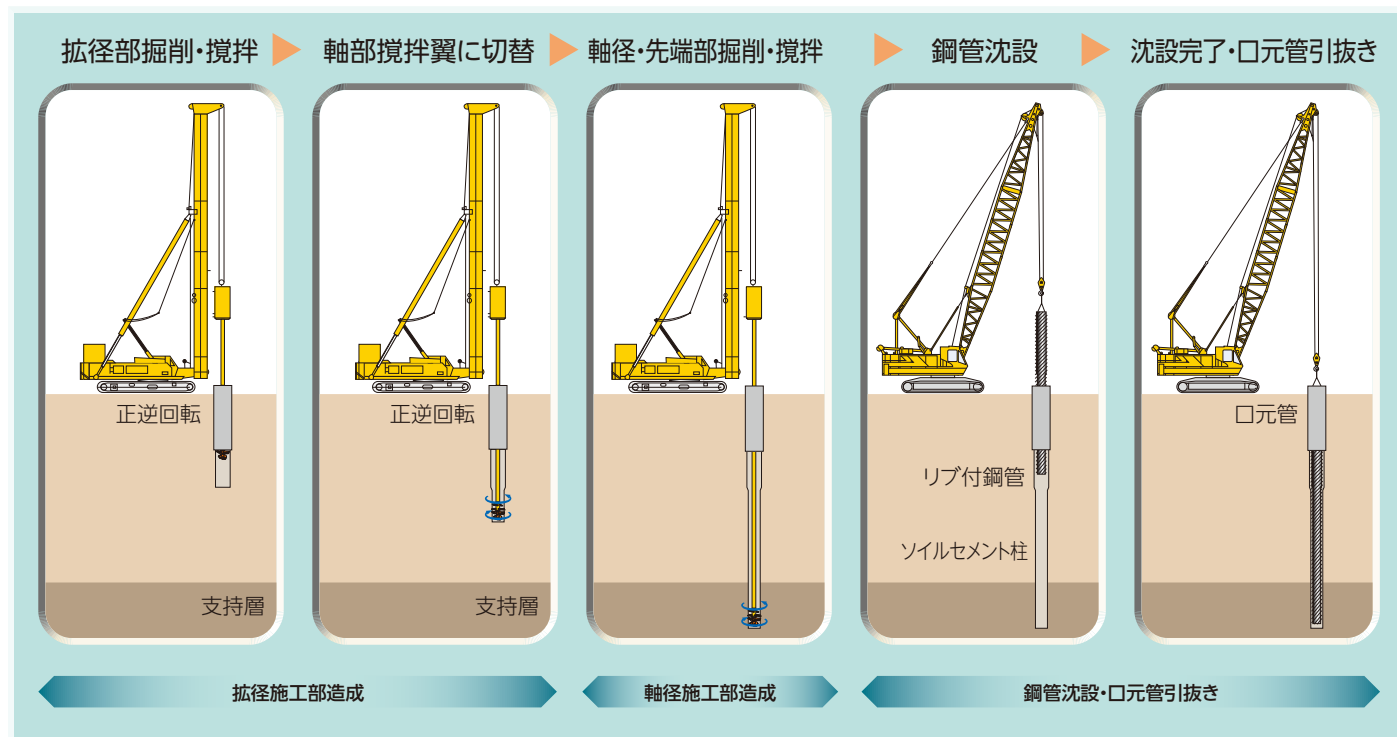


●施工試験



拡頭タイプSSの
掘り起こしによる確認
(拡頭継手部)

拡頭型ハイエスシー杭工法の施工方法



拡径部掘削・攪拌翼



軸部攪拌翼に切替

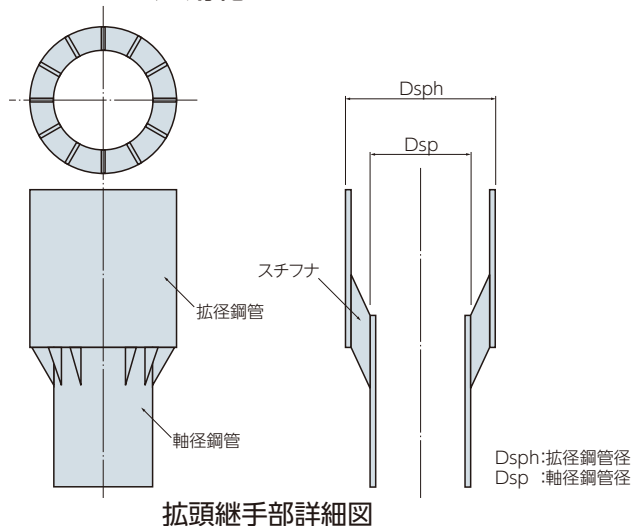


芯出し装置



鋼管沈設

● 拡頭型ハイエスシーの適用範囲



拡径鋼管と軸径鋼管の組み合わせ

		拡径鋼管径 (Dsph) (mm)				
		1100	1200	1300	1400	1500
軸径鋼管径 (Dsp) (mm)	800					
	900					
	1000					
	1100					
	1200					

 拡頭型組み合わせ範囲

ハイエスシー杭工法の施工写真

〔近接施工〕

〔高規格幹線道路〕

●道路



●鉄道



〔狭あい地施工〕



〔機械式継手による施工〕



〔市街地高速道路〕



〔河川内施工〕



〔特殊地盤での施工〕

●被圧水下での施工



●硬質粘性土地盤での施工



ソイルセメント合成鋼管杭工法技術協会

事務局 〒100-0011 東京都千代田区内幸町2丁目2番3号 日比谷国際ビル

JFEスチール株式会社内

TEL: 03-3597-7766 FAX: 03-3597-4530

協会ホームページ <http://www.hysc.info>



麻生フォームクリート(株)	(株) 大 林 組	鹿 島 建 設(株)	佐 藤 工 業(株)	JFEスチール(株)
(株)ジオダイナミック	清 水 建 設(株)	ジャパンパイル(株)	大 成 建 設(株)	大 洋 基 礎(株)
(株)竹 中 土 木	東 急 建 設(株)	戸 田 建 設(株)	飛 島 建 設(株)	西 松 建 設(株)
日 特 建 設(株)	ノザキ建工(株)	(株) 安 藤・間	(株) フ ジ タ	丸五基礎工業(株)
ライト工業(株)	菱 建 基 礎(株)			

本資料に記載されている内容は、工法についての情報提供を目的としています。必ずしも保証品質として記述していない部分もありますので、ご利用に際しては、会員各社にご確認ください。
また、記載内容については予告なく変更する場合がありますので、最新の情報についてもお問合せください。