



GBRC 性能証明 第06-12号 改4

建築技術性能証明書

技術名称: タイガーパイル工法—鋼管芯材を有するソイルセメントコラム工法— (改定4)

申込者: 株式会社トラバース 代表取締役社長 佐藤 克彦
千葉県市川市末広二丁目4番10号

技術概要: 本工法は、セメント等の固化材スラリーを吐出しながら地盤を掘削攪拌して柱状の地盤改良体を構築する機械攪拌式深層混合処理工法である。本技術では、改良体の中心に鋼管を埋設して改良体の耐力を増加させることで、柱状改良体の支持能力の増加を図っている。本技術は、2006年11月7日に(財)日本建築総合試験所建築技術性能証明 第06-12号として性能証明されたものであり、2008年3月4日の改定では、改良体長さおよび適用地盤の適用範囲を拡大するとともに、短期荷重に対する鉛直支持力の規定の追加を行い、2009年5月12日の改定では、本技術で使用する段付鋼管ならびに構築する改良体の径が追加されている。2010年12月20日の改定では、本技術で使用する段付鋼管ならびに構築する改良体の径を追加するとともに、適用地盤の範囲が拡大されている。今回の改定では、本技術で使用する段付鋼管ならびに構築する改良体の径を追加するとともに、段付鋼管の耐力算定における長さ径比低減が削除されている。

開発趣旨: 従来の柱状地盤改良工法では、改良体本体の耐力による制約から支持力が低く抑えられるため、戸建て住宅等の小規模建築物においても大きな径の改良体で支持させる必要がある。本技術は、改良体の中心に特殊な段付き鋼管を埋設して改良体の耐力を増加させることで、従来の地盤改良体よりも小さな径で大きな支持力を確保するとともに、排土量及び固化材使用量の低減を図っている。

当財団の建築技術認証・証明事業実施要領に基づき、上記の性能証明対象技術の性能について、下記の通り証明する。

平成23年8月30日 財団法人 日本建築総合試験所
理事長 辻 文 三
記

証明方法: 申込者より提出された下記の資料により性能証明を行った。

- 資料①: 性能証明のための説明資料
 - ②: 設計・施工基準
 - ③: 載荷試験および改良体の品質試験資料
- 資料①には、本技術の目標性能達成の妥当性を確認した説明資料がまとめられている。資料②には、本工法の設計・施工基準であり、設計フロー、支持力算定表などの設計方法の他、使用材料、施工方法および施工管理方法が示されている。資料③には、資料①で用いた個々の載荷試験結果報告書、改良体のボーリングコアの観察結果や圧縮試験結果報告書および立会試験報告書等が取りまとめられている。

証明内容: 本技術についての性能証明の内容は、鉛直支持力についてのみを対象としており、以下の通りである。
申込者が提案する設計・施工基準に従って構築された鋼管芯材を有する柱状改良体は、設計基準に定めるスウェーデン式サウンディング試験結果に基づく支持力算定表で求められる長期荷重および短期荷重に対する鉛直支持能力を有すると判断される。

改訂履歴

2006/1/7

建築技術性能証明取得
GBRC 性能証明 第06-12号
コラム径 φ400
鋼管径 φ76.3

2008/3/4

建築技術性能証明再取得
GBRC 性能証明 第06-12号改
コラム径 φ400
鋼管径 φ76.3
最短鋼管長 0.5m

2009/5/12

建築技術性能証明再取得
GBRC 性能証明 第06-12号改2
コラム径 φ400,500,600
鋼管径 φ76.3,114.3
径種追加

2010/12/20

建築技術性能証明再取得
GBRC 性能証明 第06-12号改3
コラム径 φ400,500,600,700,800
鋼管径 φ76.3,114.3,139.8,165.2
径種追加
地盤区分変更

2011/8/30

建築技術性能証明再取得
GBRC 性能証明 第06-12号改4
コラム径 φ300,400,500,600,700,800
鋼管径 φ48.6,76.3,114.3,139.8,165.2
径種追加

高性能ハイブリッドコラム

タイガーパイル工法

ラインナップ充実! 鋼管径5種類 ソイル径6種類

驚力な支持力性能・驚愕の耐震性能・驚異の環境性能

ソイル径

φ300

φ400

φ500

φ600

φ700

φ800

鋼管径

φ48.6

φ76.3

φ114.3

φ139.8

φ165.2

ソイルセメントコラム工法と 小口径鋼管杭を合体した 高性能ハイブリッド工法

ご連絡・お問い合わせ先



本社 千葉県市川市末広2-4-10
TEL 047-359-4111 FAX 047-359-4115
<http://www.travers.co.jp>

ご注意とお願い 本資料に記載された技術情報は、製品の代表的な特性や性能を説明するものであり、「規格」の規定事項として明記したものを除き、保証を意味するものではありません。本資料に記載されている情報の誤った使用または不適切な使用等によって生じた損害については責任を負いかねますのでご了承ください。また、これらの情報は、今後予告なしに変更される場合がありますので最新情報は上記担当部署にお問い合わせください。本工法の提供は株式会社トラバースとなっています。

財団法人 日本建築総合試験所
建築技術性能証明書取得工法
(GBRC 性能証明 第06-12号改4)



タイガーパイル工法とは

段付鋼管を芯材として用いたソイルセメントコラム工法です。

ソイルセメントコラム工法(深層混合処理工法)の優れた支持力と、付着力特性を高めるため、段付き形状の鋼管を芯材として採用することにより鋼管のメリットを合わせて高性能を実現! 品質のバラツキを低減します。



◎2008年3月、2009年5月、2010年12月、2011年8月追加申請により、適用範囲を拡大、更なる高性能を発揮。

1 摩擦力が大きく優れた支持力

タイガーパイル工法は、鋼管杭工法の安定した材料強度とソイルセメントコラム工法の大きな摩擦力を合成させることにより、ソイルセメントコラム工法の短所であるコラム強度のバラツキを鋼管が補い、鋼管杭工法の短所である小さな摩擦力をソイルセメントコラム工法が補うことで、各工法の短所を打ち消し、高い支持力を発揮することができます。

2 良好な品質を確保!

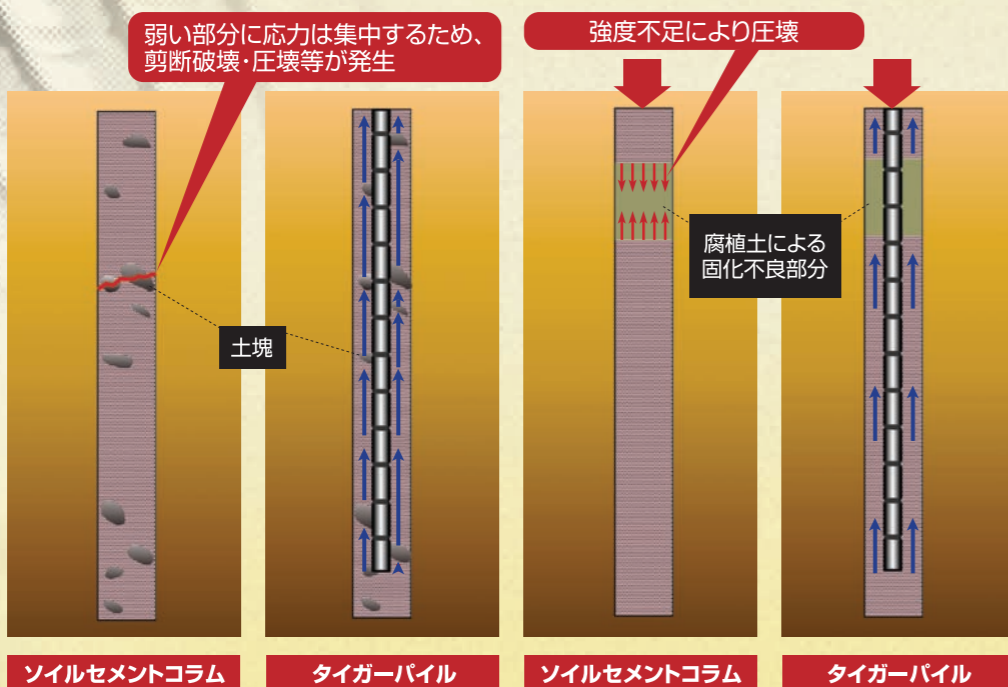
芯材に使用する鋼管は、一般的に使用されている冷間製造の鋼管ではなく、熱間製造の鋼管を使用しており、造管ラインにて段付の鋼管を製造し、付着力の増大を考慮した鋼管として利用するものです。

安全性の比較

ソイルセメントコラムは、杭頭部周辺に応力が集中するため、固化不良や土塊が有ると杭自体が崩壊してしまうのに対し、タイガーパイルは、芯材効果により応力集中を防ぐと共に、芯材全長で支えていることから一部分に固化不良が生じた場合でも影響を回避できます。

腐植土地盤における適用性

腐植土により固化不良が発生する地盤の場合、ソイルコラムは強度を保てないため設計出来ないのに対し、タイガーパイルは、芯材の摩擦力(付着力)が大きいため、芯材の材料強度(60~400kN)及び腐植土部分を除いた支持力の小さい方まで設計考慮することができます。



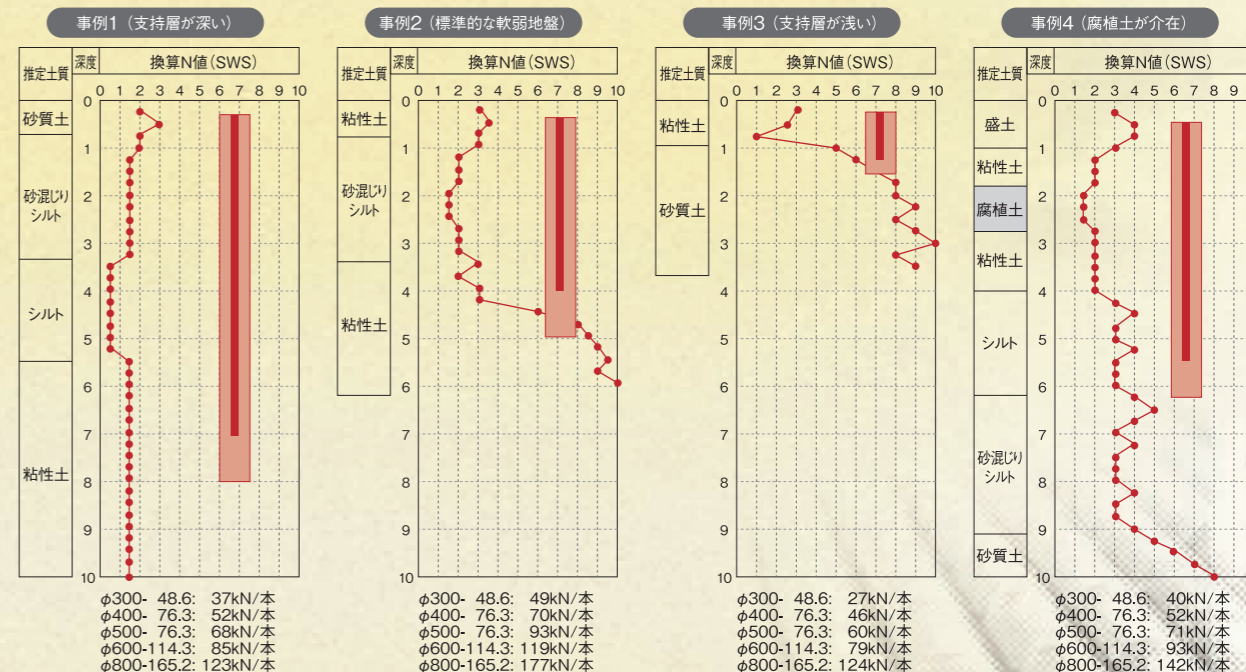
6つの特徴

4 軟弱地盤でも計画可能

非常に軟弱な地盤での載荷試験を実施し、適用地盤の範囲を拡大することができたことで、あらゆる地盤に対して計画が可能になりました。

適用地盤範囲

先端地盤N値	0.15以上
周辺地盤平均N値	0.6以上



5 地震時に対する抵抗力の向上

ソイルセメントコラムは圧縮力には強い材料ですが、曲げ力、せん断力には非常にもろい材料なため、段付鋼管を入れることにより、地震時に発生する曲げ力やせん断力に対して大幅に性能が向上しました。

6 適用範囲の拡大に伴い 実用性が大幅に向上

段付鋼管径5種、ソイルセメントコラム径6種となり、支持力性能が大幅に向上したため、幅広い建築物や工作物に対して適用可能となりました。

段付鋼管径 d (mm)	ソイルセメントコラム径 D (mm)					
	300	400	500	600	700	800
48.6	○	○				
76.3	○	○	○			
114.3		○	○	○		
139.8		○	○	○	○	
165.2			○	○	○	○

3 優れた環境性能

高支持力化に伴い、施工長の短縮が可能。製造時、CO₂発生量の多い鉄やセメント系固化材の使用量を大幅に減少・施工時の発生残土量及び施工設備の排気ガスについても大幅に減少する事が出来、環境に配慮した工法です。

なぜソイルセメントコラム工法と同じ径でも高支持力なのか？

ソイルセメントコラムとの支持力比較

ソイル攪拌性能が良く、ばらつきが少ないこともあり、実杭載荷試験結果から得られた支持力算出用の係数値が大きくなっています。ソイルセメントコラム工法の支持力より、条件によって最小でも2倍、最大では4倍の高支持力となります。

ソイルセメントコラム比較倍率	砂質土	粘性土
先端支持力	2倍	4倍
周面摩擦力	4倍	2倍

ソイルセメントコラム工法の支持力式は、日本建築センター発行の建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針。タイガーパイル工法は、建築技術性能証明評価内容による。

支持力比較 (先端支持)

ソイルセメントコラム工法
先端支持力係数
砂質土 $\alpha:75$
粘性土 $\alpha:37.5$

タイガーパイル
先端支持力係数 $\alpha:150$

**砂質土で2倍
粘性土で4倍の
先端支持力を
発揮**

支持力比較 (周面摩擦)

ソイルセメントコラム工法
周面摩擦力係数
砂質土 $\beta:3.33$
粘性土 $\gamma:6.25$

タイガーパイル
周面摩擦力係数 $\beta\gamma:13.9$

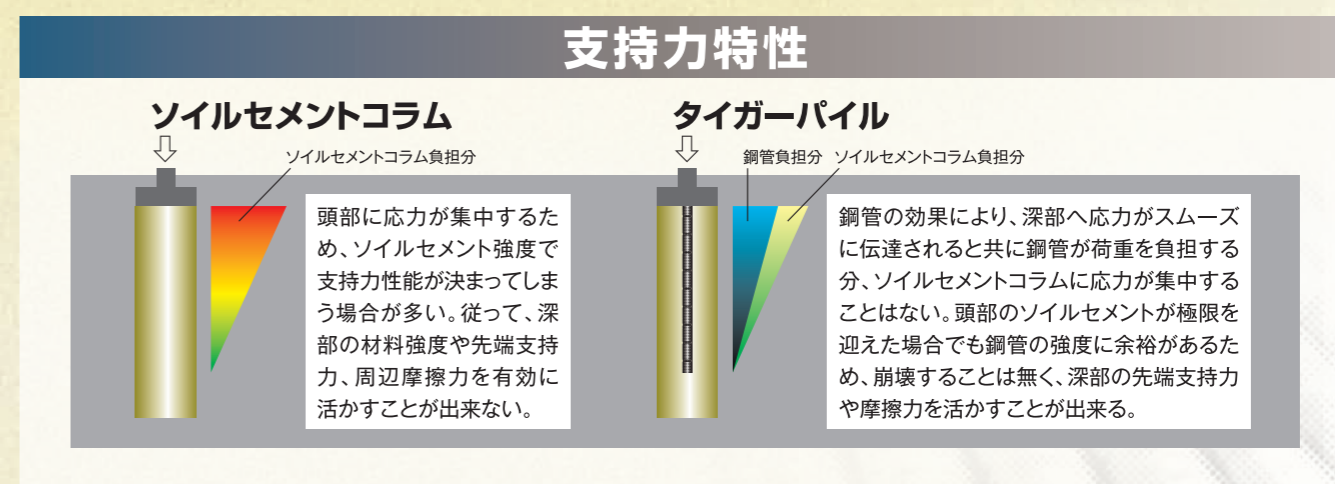
**砂質土で4倍
粘性土で2倍の
周面摩擦力を
発揮**

高支持力のメカニズム 材料強度の有効利用

材料強度

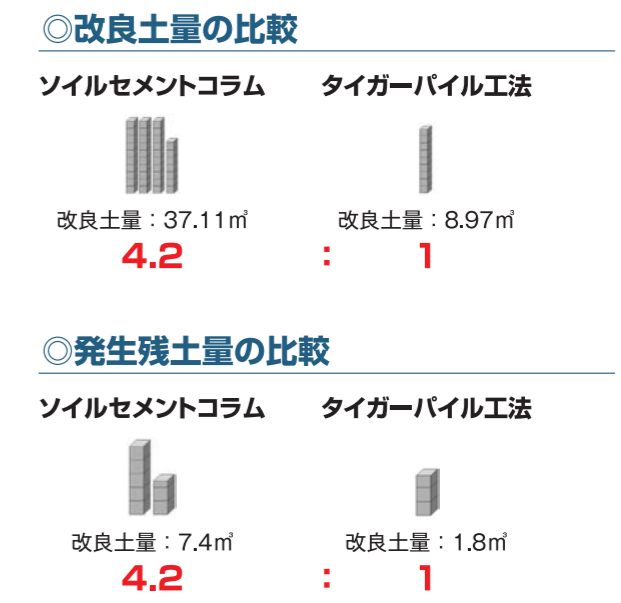
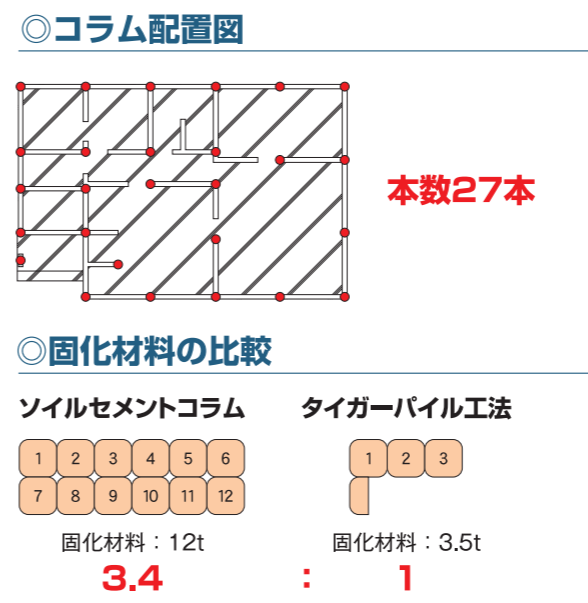
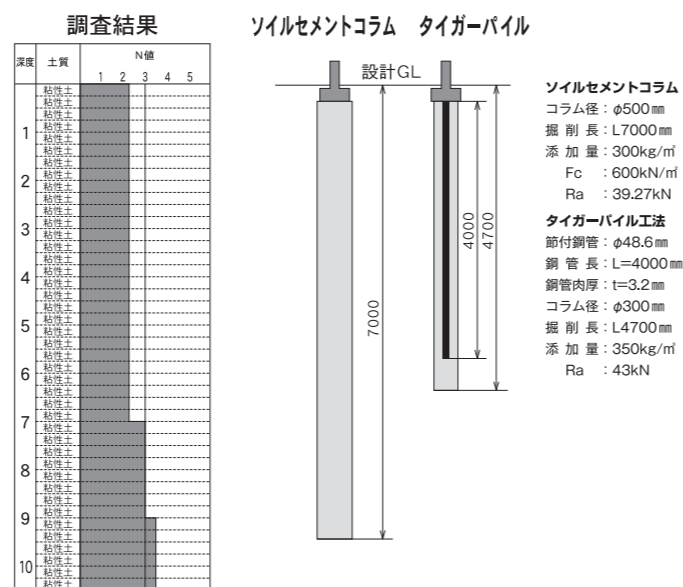
区分・姿図	タイガーP φ300	ソイルセメントコラム φ700	タイガーP φ400	ソイルセメントコラム φ800	タイガーP φ600	ソイルセメントコラム φ1200
断面積 m ²	0.070	0.384	0.126	0.503	0.283	1.131
設計強度 kN/m ²	600	600	600	600	600	600
コラム強度 kN/本	10	76	24	100	56	226
鋼管強度 kN/本	60	—	73	—	180	—
合計強度 kN/本	70	76	97	100	234	226

ほぼ同等 ほぼ同等 ほぼ同等



タイガーパイル性能を発揮した設計例

タイガーパイルは、ソイルセメントコラム・芯材鋼管のメリットを最大限に活かすことにより、一般のソイルセメントコラム工法と比較すると、材料強度、摩擦力、先端支持力が大きく発揮され、高い支持力が得られます。右記の設計例では、同一地盤条件においてソイルセメントコラム工法と比較すると改良長を大幅に短く計画出来ます。それにより、改良面積・固化材料・発生残土量等が少なく抑えられ、経済性及び施工性において有利な設計が可能となります。



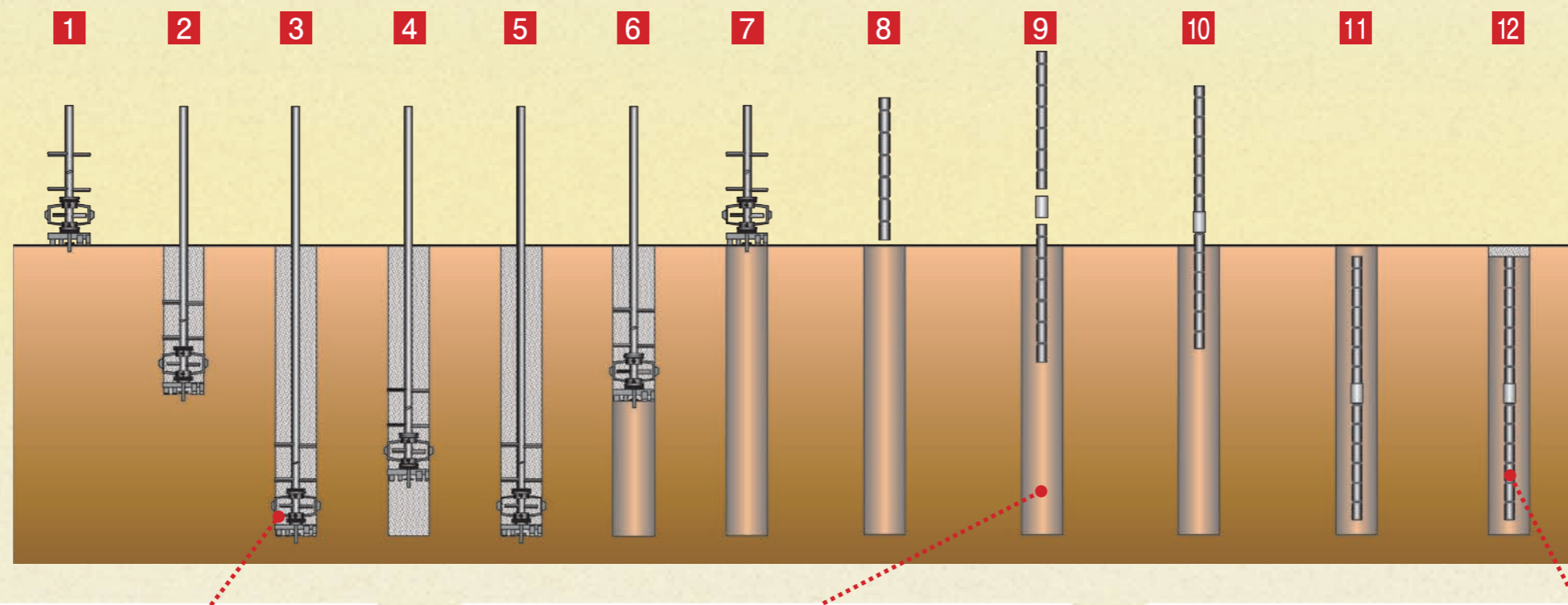
施工手順/仕様

- 1 コラム芯セット及びロッドの鉛直確認を行う。
- 2 セメントミルクを吐出しながら正回転にて掘進・混合攪拌する。
- 3 深度計により、設計深度まで到達したことを確認する。
- 4 1.5D分の先端練返しを行う。(引上時は逆回転とする)
- 5 逆回転にて引き上げ工程に入る。
- 6 羽根切り回数をチェックしながら引き上げていく。
- 7 ソイルセメントコラムの打設完了。



施工手順

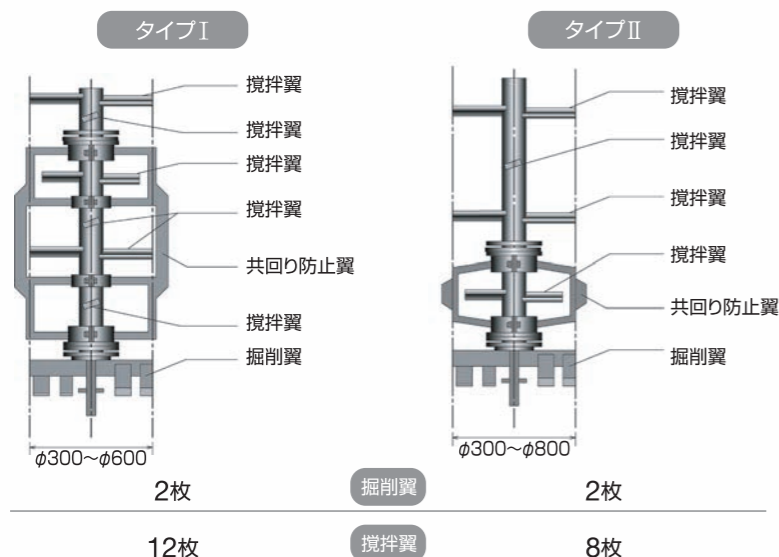
アイ・マーク工法で培った技術にてソイルセメントコラムを先行して築造。次に段付鋼管を未固化状態のソイルセメントコラムの中へ挿入し、天端高さを合わせて終了。



- 8 ソイルセメントコラムの中心に段付鋼管を建て込む。
- 9 継管がある場合は、下管を適切な位置で止め、上管を建て込む。
- 10 下管と上管との継ぎ手は、スリーブ継手、溶接継手にて行う。
- 11 鋼管の天端を所定の深度まで挿入する。
- 12 鋼管レベルに合わせてコラム頭部を修正する。



攪拌翼の仕様



共回り防止翼が連結して多層に入っており、粘性の大きい土質や、有機分が混入した土質などのように、攪拌性能が大きく必要な土質に適している、高攪拌タイプの攪拌装置。

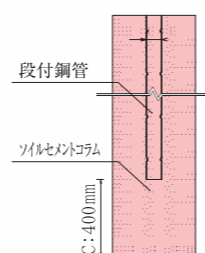
特徴

共回り防止翼が攪拌翼を囲むようにして1箇所配置され、攪拌翼の間隔も大きい形状をしており、砂、砂礫及び地中障害物の混入した土質のように回転力が大きく必要な場合の土質に適している、高回転タイプの攪拌装置。

ソイルセメント コラムの仕様

ソイルセメントコラムは、当社が実績のあるアイ・マーク工法で培ってきた技術を盛り込んでいます。装置や攪拌方法、管理基準に至るまで詳細な仕様を設定し、施工・品質管理を行なうことにより、良質なソイルセメントコラムを築造します。ソイルセメントコラム径は最小でφ300を実現し、残土発生を抑えるとともに、固化材使用量も低減しています。

コラム径D	300mm, 400mm, 500mm, 600mm, 700mm, 800mm
先端余長C	400mm
設計基準強度F _c	標準 600kN/m ² ※配合試験を行う場合は、600~1200kN/m ² の範囲内で設定する。
固化材添加量	標準 350kg/m ³ ※配合試験を行う場合は、試験内容による。
W/C	標準 70% ※試験時の土質の状況により50%~120%の範囲内で設定する。
変動係数V _{quf}	粘性土 0.25 砂質土 0.20
羽根切り回数	粘性土 600回/m以上 砂質土 500回/m以上
先端練返し	1.5D以上

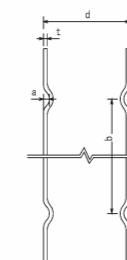


※先端余長400mmは支持力評価上の規定値であり、深基礎等による杭頭深度の差の調整、補強体先端以深の地盤の不陸対応・変形抑制等を目的とし、400mm以上とする場合があります。

段付鋼管の仕様

鋼管は、新日本製鐵(株)が新しく開発した鋼管を使用。段付きになっているためソイルとの付着力特性が向上、工場ラインで生産のため安心度も確保しました。

規格名	段付鋼管の各種数値								
	48.6	76.3	114.3	114.3	114.3	139.8	165.2		
製造方法	鍛接鋼管						継目無鋼管		
肉厚 t	mm	2.8	3.2	3.5	4.5	6.0	6.0	6.0	
単位質量 W	kg/m	3.16	5.77	9.56	12.19	16.03	19.80	23.56	
断面積(最大部)	mm ²	402.88	734.88	1218.31	1552.26	2041.41	2522.07	3000.85	
溝の深さ a	帯部	mm	5±2	6±2	7±2	7±2	7±2	8.5±2	10.5±2
	リブ部	mm	3≥a≥0	5≥a≥0	7≥a≥0	5≥a≥0	7≥a≥0	7≥a≥0	7≥a≥0
溝の間隔 b	mm	115±10	190±10	120±15	130±15	140±15	170±20	190±20	
リブの幅	mm	6±5	8±5	15±10	15±10	15±10	40±15	50±20	
引張強さ ft	N/m ²	≥400	≥290	≥290	≥290	≥400	≥400	≥400	
降伏耐力	N/m ²	≥235	≥190	≥190	≥190	≥235	≥235	≥235	
伸び	%	≥24	≥24	≥24	≥24	≥24	≥24	≥24	
へん平性		2/3d	2/3d	2/3d	2/3d	2/3d	2/3d	2/3d	



段付鋼管はソイルコラムがアルカリ環境下であることや、かぶり厚さが15cm以上あること等により、腐食代は見込んでいません。

許容鉛直支持力の根拠

◎タイガーパイルの許容鉛直支持力

$$R_a = \min(R_{a1}, R_{a2})$$

○ 圧縮耐力 R_{a1}

$$R_{a1} = R_{a1}'' + \min(R_{a1}', R_{a1}''' * 1)$$

*1: $(f_u \times L + R_{pu}) < P_y$ の場合のみ検討を行う。

■ タイガーパイルの段付鋼管の圧縮耐力

$$R_{a1}' = \frac{1}{F_s} P_y \times (1-a)$$

記号
 R_{a1}' : 段付鋼管の圧縮耐力 (kN)
 P_y : 降伏圧縮耐力
 F_s : 安全率 長期(常時) = 1.5
 短期(中地震時) = 1.0
 a : 継手低減率
 継手は、スリーブ継手または溶接継手とし、次式に示すように、継手一カ所あたり5%の低減をする。
 $a = 5 \times m \times 0.01$
 m : 継手箇所数

■ 段付鋼管の付着力と先端支持力の組み合わせ耐力

段付鋼管の付着力と先端支持力の組み合わせ耐力 R_{a1}''' の算定は次式による。

$$R_{a1}''' = \frac{1}{F_s} (\tau_u \times \phi \times L + R_{pu})$$

記号
 F_s : 安全率 長期(常時) = 3.0
 短期(中地震時) = 1.5
 τ_u : 段付鋼管の付着力 (kN/m)
 $\tau_u = (0.344qu + 397) \times \alpha$
 qu : ソイルセメントコラムの一軸圧縮強さ (kN/m)
 $qu = F_c$ と仮定
 α : 鋼管径と溝間隔の比 $\alpha = d/Lb$
 d : 段付鋼管径 (mm)
 Lb : 溝の間隔 $\phi 48.6$ t2.8 - 115mm
 $\phi 76.3$ t3.2 - 190mm
 $\phi 114.3$ t3.5 - 120mm
 $\phi 114.3$ t4.5 - 130mm
 $\phi 114.3$ t6.0 - 140mm
 $\phi 139.8$ t6.0 - 170mm
 $\phi 165.2$ t6.0 - 190mm
 L : 段付鋼管長
 R_{pu} : 段付鋼管の先端支持力 (kN)
 $R_{pu} = 6 \times Cu \times A_p$
 Cu : ソイルセメントコラムの粘着力
 $Cu = qu/2$
 $qu = F_c$ と仮定

■ ソイルセメントコラムの圧縮耐力 R_{a1}''

ソイルセメントコラムの長期圧縮耐力 R_{a1}'' の算定は次式による。

$$R_{a1}'' = \frac{1}{F_s} F_c \times A_s$$

記号 F_c : 設計基準強度 (kN/m)
 F_s : 安全率 長期(常時) = 3.0
 短期(中地震時) = 1.5
 A_s : ソイルセメントコラムの有効断面積 (m²)
 $A_s = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$
 D : ソイルセメントコラムの直径 (m)
 d : 段付鋼管の直径 (m)

○ 許容鉛直支持力

$$R_{a2} = \frac{1}{F_s} a \bar{N}' s A_p + \beta \gamma \bar{N}' f L \psi$$

a : 先端支持力係数
 $\beta \gamma$: 周面摩擦係数
 $\bar{N}' s$: 先端地盤の平均 N' 値
 A_p : 改良体の断面積
 $\bar{N}' f$: 周辺地盤の平均 N' 値
 L : 周辺地盤の長さ (m)
 ψ : 改良体の周長 (m)

先端支持力係数と周面摩擦係数の関係

先端支持力係数	a	150
周面摩擦係数	$\beta \gamma$	13.9

■ 先端地盤の種別

先端地盤の種別	先端平均 N' 値	先端地盤の種別	先端平均 N' 値
a	$0.15 \leq \bar{N}' < 1.0$	a	$0.15 \leq \bar{N}' < 1.5$
b	$1.0 \leq \bar{N}' < 2.0$	b	$1.5 \leq \bar{N}' < 2.25$
c	$2.0 \leq \bar{N}' < 3.0$	c	$2.25 \leq \bar{N}' < 3.0$
d	$3.0 \leq \bar{N}' < 4.0$	d	$3.0 \leq \bar{N}' < 5.0$
e	$4.0 \leq \bar{N}' < 5.0$	e	$5.0 \leq \bar{N}' < 7.0$
f	$5.0 \leq \bar{N}' < 7.0$	f	$7.0 \leq \bar{N}' < 10$
g	$7.0 \leq \bar{N}'$	g	$10 \leq \bar{N}'$

改訂2

改訂3, 改訂4

■ 周辺地盤の種別

周辺地盤の種別	周辺地盤の N' 値	周辺地盤の種別	周辺地盤の N' 値
I	$0.6 \leq \bar{N}' < 1.0$	a	$0.6 \leq \bar{N}' < 1.0$
II	$1.0 \leq \bar{N}' < 2.0$	b	$1.0 \leq \bar{N}' < 2.0$
III	$2.0 \leq \bar{N}' < 3.0$	c	$2.0 \leq \bar{N}' < 3.0$
IV	$3.0 \leq \bar{N}' < 5.0$	d	$3.0 \leq \bar{N}' < 4.0$
V	$5.0 \leq \bar{N}'$	e	$4.0 \leq \bar{N}' < 5.0$
		f	$5.0 \leq \bar{N}'$

改訂2

改訂3, 改訂4

性能証明内容(圧縮試験)

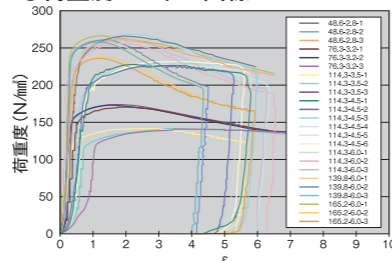
■ 試験結果

鋼管芯材は試験により強度を確認致しました。

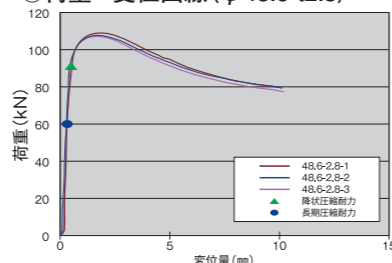
◎ 圧縮耐力及び圧縮荷重と引張荷重の割合

段付鋼管径 d (mm)	肉厚 t (mm)	規格名	降伏(短期)圧縮耐力 (kN)	長期圧縮耐力 (kN)	平均引張降伏荷重 S_y (N/mm ²)	平均圧縮降伏荷重 σ_y (N/mm ²)	σ_y/S_y
48.6	2.8	STK400-MD	90.0	60.0	331	223	0.67
76.3	3.2	SGP-MD	110.0	73.3	251	150	0.60
114.3	3.5	SGP-MD	145.5	97.0	212	121	0.57
114.3	4.5	SGP-MD	270.0	180.0	206	174	0.84
114.3	6.0	NSDP400	420.0	280.0	332	206	0.62
139.8	6.0	NSDP400	540.0	360.0	319	214	0.67
165.2	6.0	NSDP400	600.0	400.0	302	200	0.66

◎ 荷重-ひずみ曲線



◎ 荷重-変位曲線 (φ48.6-t2.8)

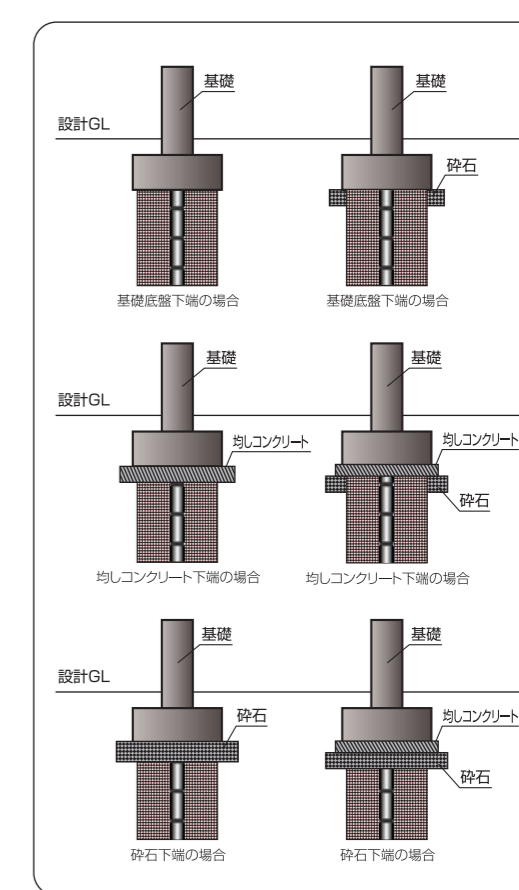


◎ 段付鋼管の限界耐力、限界荷重及び変形係数

試験体 No.	規格	圧縮限界耐力		圧縮限界荷重		変形係数	
		P_{max} (kN)	平均	σ_{max} (N/mm ²)	平均	E_d (N/mm ²)	平均
40-2.8-1	STK400-MD	108	107	267	265	5.9×10^4	5.9×10^4
40-2.8-2		106		5.9×10^4			
40-2.8-3		106		6.0×10^4			
65-3.2-1	SGP-MD	125	127	171	173	5.3×10^4	5.5×10^4
65-3.2-2		127		5.6×10^4			
65-3.2-3		128		5.7×10^4			
100-3.5-1	SGP-MD	174	173	143	142	3.0×10^4	3.3×10^4
100-3.5-2		173		4.5×10^4			
100-3.5-3		172		2.3×10^4			
100-4.5-1	SGP-MD	356	360	229	231	4.2×10^4	5.2×10^4
100-4.5-2		353		4.4×10^4			
100-4.5-3		362		5.7×10^4			
100-4.5-4		367		5.5×10^4			
100-4.5-5		356		5.8×10^4			
100-4.5-6		363		5.5×10^4			
100-6.0-1	NSDP400	550	538	269	263	12.7×10^4	11.2×10^4
100-6.0-2		527		11.1×10^4			
100-6.0-3		538		9.8×10^4			
125-6.0-1	NSDP400	663	659	263	261	14.9×10^4	14.7×10^4
125-6.0-2		661		14.9×10^4			
125-6.0-3		653		14.3×10^4			
150-6.0-1	NSDP400	712	713	237	238	14.4×10^4	14.1×10^4
150-6.0-2		717		14.0×10^4			
150-6.0-3		710		14.0×10^4			



コラム頭部処理例



水平力の検討について

◎タイガーパイル工法における水平力の検討は、改良体に生ずる応力度が許容圧縮応力度と許容引張り応力度及び許容せん断応力度以下であることを確認します。許容応力度及びせん断応力度について、これまでに培われたデータにより以下の検討により求めるものとしております。

■ 許容圧縮応力度と許容引張り応力度

	常時	中地震時
許容圧縮応力度 f_c	$(1/3F_c \cdot A_c + P_a) / A_p$	$(2/3F_c \cdot A_c + P_y) / A_p$
許容引張り応力度 f_t	0 (引張り応力を生じてはならない)	$(-0.2)f_c$ 又は $(-2/3)q_{tmax}$ のうち絶対値が小さい方

F_c : 設計基準強度 (kN/m²), q_{tmax} : 300 (kN/m²)
 P_y : 段付鋼管の短期圧縮耐力 (kN), P_a : 段付鋼管の長期圧縮耐力 (kN)
 A_c : ソイルセメント部分の断面積 (m²), 改良体全体の断面積 (m²)

断付鋼管仕様			断付鋼管の許容圧縮耐力	
外径 (mm)	肉厚 (mm)	規格	(常時) P_a (kN)	(中地震) P_y (kN)
48.6	2.8	STK400-MD	60.0	90.0
76.3	3.2	SGP-MD	73.3	110.0
114.3	3.5	SGP-MD	97.0	145.5
114.3	4.5	SGP-MD	180.0	270.0
114.3	6.0	NSDP400	280.0	420.0
139.8	6.0	NSDP400	360.0	540.0
165.2	6.0	NSDP400	400.0	600.0

■ 許容せん断応力

$$\text{常時 } f_{\tau} = \left\{ \frac{1}{3} F_{\tau} \cdot A_c + P_{\tau a} \right\} / A_p$$

$$\text{中地震時 } f_{\tau} = \left\{ \frac{2}{3} F_{\tau} \cdot A_c + P_{\tau y} \right\} / A_p$$

記号
 f_{τ} : 許容せん断応力 (kN/m²)
 F_{τ} : 設計せん断強度 (kN/m²)
 $F_{\tau 1} = 0.3F_c + \sigma_n \cdot \tan \phi$ 又は $F_{\tau 2} = 0.5F_c$ のうち小さい値
 F_c : 設計基準強度 (kN/m²)
 σ_n : せん断面に作用する垂直応力 (kN/m²)
 $\sigma_n = QP / A_c$
 QP : 改良体1本あたりに作用する水平力 (kN)
 A_c : ソイルセメント部分の面積 (m²)
 A_p : 一体として扱う改良体の面積 (m²)
 ϕ : 改良体の内部摩擦角 (30°)
 $P_{\tau y}$: 段付鋼管の短期せん断耐力 (kN)
 $P_{\tau a}$: 段付鋼管の長期せん断耐力 (kN)

性能証明内容 (剪断試験及び曲げ試験)

■ 材料強度の確認

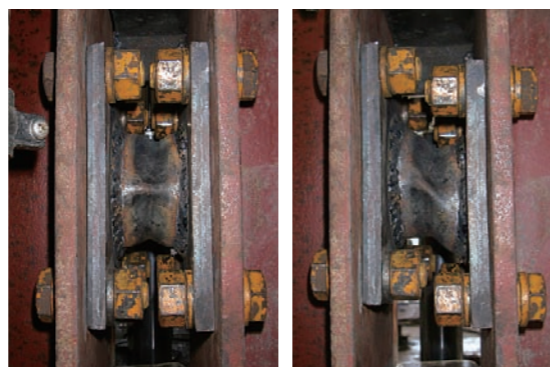
追加申請においては、様々な追加試験を行い、多角的にタイガーパイルの特性を検討致しました。中でもタイガーパイル芯材(段付鋼管)の剪断試験や、タイガーパイルに対する実大曲げ試験においては、ソイルセメント・鋼管のみの場合と比較して、耐力及び靱性の大幅な向上が確認されました。

◎ 段付鋼管の剪断試験

鋼管径 (mm)	肉厚 (mm)	断面積 (mm ²)	荷重条件	剪断耐力 (kN)	剪断応力 (N/mm ²)
48.6	2.8	402.9	長期	24	59.6
			短期	36	89.4
76.3	3.2	734.9	長期	36	49.0
			短期	54	73.5
114.3	3.5	1218.3	長期	54	44.3
			短期	81	66.5
	4.5	1552.3	長期	100	64.4
			短期	150	96.6
6.0	2041.4	長期	120	58.8	
		短期	180	88.2	
139.8	6.0	2522.1	長期	172	68.2
			短期	258	102.3
165.2	6.0	3000.8	長期	224	74.6
			短期	336	112.0



剪断試験状況



試験前状況

試験後状況

◎ 段付鋼管の曲げ試験

No	外径 (mm)	肉厚 (mm)	スパン (mm)	リブ位置	載荷位置	降伏荷重 (kN)	最大荷重 (kN)	断面2次モーメント (mm ⁴)
a	48.6	2.8	1,800	水平	直管部	2.4	3.2	7.25×10 ⁴
b			1,900	水平	段部	2.4	2.9	
c			1,900	垂直	段部	2.3	3.2	
d	76.3	3.2	3,000	水平	直管部	3.1	4.7	3.8×10 ⁵
e	114.3	3.5	1,900	垂直	直管部	9.0	12.4	8.71×10 ⁵
f			1,800	垂直	段部	9.2	12.7	
g			1,800	水平	段部	10.0	13.2	
h	114.3	4.5	3,100	水平	直管部	9.0	12.6	2.14×10 ⁶
i			1,900	垂直	直管部	28.5	36.2	
j	114.3	6.0	1,800	垂直	段部	30.0	36.3	1.95×10 ⁶
k			1,800	水平	段部	30.3	37.5	
l	139.8	6.0	1,900	水平	直管部	56.5	68.4	4.17×10 ⁶
m			1,800	垂直	段部	54.0	66.9	
n	139.8	6.0	1,800	水平	段部	49.0	61.6	4.17×10 ⁶
o			1,800	水平	直管部	72.5	87.0	
p	165.2	6.0	1,800	垂直	段部	80.2	99.5	5.38×10 ⁶
q			1,800	水平	段部	70.0	91.8	



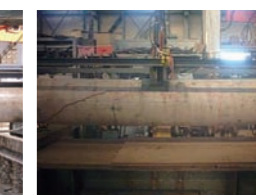
タイガーパイル曲げ試験状況 (試験前)



タイガーパイル曲げ試験状況 (試験後)



タイガーパイル曲げ試験状況 (試験前)



タイガーパイル曲げ試験状況 (試験後)

◎ タイガーパイルの曲げ試験

試験体	土質	最大荷重P (kN)	対段付鋼管倍率	対ソイルセメント倍率	芯材
タイガーパイル	粘性土	20.0	4.3	倍率なし	76.3
タイガーパイル	砂質土	24.5	5.2	16.3	76.3
ソイルセメント	粘性土	0 (自重により破壊)	0.0	—	76.3
ソイルセメント	砂質土	1.5	0.3	1.0	76.3
段付鋼管のみ	—	4.7	1.0	—	76.3
—	—	15.0	1.0	—	114.3

曲げ試験結果

許容鉛直支持力表

許容鉛直支持力 (φ500-φ76.3-t3.2-Fc600の場合)

許容鉛直支持力表		上段:長期許容鉛直支持力 (kN) 下段:短期許容鉛直支持力 (kN)																							
(φ500mm-φ76.3mm-t3.2mm-Fc600)																									
鋼管長さ m	支持条件	先端地盤の種別 (鋼管先端より下方へ800mmの平均N値)																							
		a: 0.15 ≤ N < 1.5		b: 1.5 ≤ N < 2.25		c: 2.25 ≤ N < 3.0		d: 3.0 ≤ N < 5.0		e: 5.0 ≤ N < 7.0		f: 7.0 ≤ N < 10		g: 10 ≤ N											
		周辺地盤の種別 (I:0.6 ≤ N < 1.0, II:1.0 ≤ N < 2.0, III:2.0 ≤ N < 3.0, IV:3.0 ≤ N < 4.0, V:4.0 ≤ N < 5.0, VI:5.0 ≤ N) [改良体周辺地盤の平均N値]																							
		I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
0.5	長期	33	36	42	49	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
	短期	66	72	85	98	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	
1.0	長期	35	39	49	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
	短期	71	79	99	120	120	120	110	118	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	
1.5	長期	37	43	57	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	
	短期	75	86	114	140	140	140	114	125	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	
2.0	長期	25	32	49	67	84	102	32	39	57	74	91	109	39	46	64	81	99	111	59	66	84	101	111	111
	短期	50	64	99	134	169	186	65	79	114	148	183	186	79	93	128	163	186	186	119	133	168	186	186	186
2.5	長期	27	35	56	78	99	111	34	43	64	85	106	111	42	50	71	92	111	61	70	91	111	111	111	111
	短期	54	71	113	156	186	186	69	86	128	170	186	186	84	101	143	186	186	186	123	140	182	186	186	186
3.0	長期	29	39	64	88	111	111	36	46	71	96	111	111	44	54	78	103	111	63	73	98	111	111	111	111
	短期	59	78	128	177	186	186	73	93	143	186	186	186	88	108	157	186	186	186	127	147	186	186	186	186
3.5	長期	31	43	71	99	111	111	39	50	78	107	111	111	46	57	86	111	111	66	77	105	111	111	111	111
	短期	63	86	142	186	186	186	78	100	157	186	186	186	92	115	172	186	186	186	132	154	186	186	186	186
4.0	長期	33	46	78	110	111	111	41	54	86	111	111	111	48	61	93	111	111	68	81	111	111	111	111	111
	短期	67	93	157	186	186	186	82	108	172	186	186	186	97	122	186	186	186	186	136	162	186	186	186	186
4.5	長期	36	50	86	111	111	111	43	57	93	111	111	111	50	65	100	111	111	70	84	111	111	111	111	111
	短期	72	100	172	186	186	186	86	115	186	186	186	186	101	130	186	186	186	186	140	169	186	186	186	186
5.0	長期	38	54	93	111	111	111	45	61	100	111	111	111	53	68	108	111	111	72	88	111	111	111	111	111
	短期	76	108	186	186	186	186	91	122	186	186	186	186	106	137	186	186	186	186	145	176	186	186	186	186
5.5	長期	40	57	100	111	111	111	47	65	107	111	111	111	55	72	111	111	111	74	92	111	111	111	111	111
	短期	80	115	186	186	186	186	95	130	186	186	186	186	110	144	186	186	186	186	149	184	186	186	186	186
6.0	長期	29	48	94	111	111	111	42	61	107	111	111	111	50	68	111	111	111	77	95	111	111	111	111	111
	短期	58	96	186	186	186	186	85	122	186	186	186	186	100	137	186	186	186	186	154	186	186	186	186	186
6.5	長期	31	51	101	107	107	107	44	64	107	107	107	107	52	72	107	107	107	79	99	107	107	107	107	107
	短期	63	103	181	181	181	181	89	129	181	181	181	181	104	144	181	181	181	181	158	181	181	181	181	181
7.0	長期	33	55	107	107	107	107	47	68	107	107	107	107	54	75	107	107	107	81	102	107	107	107	107	107
	短期	67	110	181	181	181	181	94	137	181	181	181	181	108	151	181	181	181	181	162	181	181	181	181	181
7.5	長期	35	58	107	107	107	107	49	72	107	107	107	107	56	79	107	107	107	83	106	107	107	107	107	107
	短期	71	117	181	181	181	181	98	144	181	181	181	181	113	159	181	181	181	181	167	181	181	181	181	181
8.0	長期	38	62	107	107	107	107	51	75	107	107	107	107	58	83	107	107	107	85	107	107	107	107	107	107
	短期	76	125	181	181	181	181	102	151	181	181	181	181	117	166	181	181	181	181	171	181	181	181	181	181

許容鉛直支持力 (φ600-φ114.3-t3.5-Fc600の場合)

許容鉛直支持力表		上段:長期許容鉛直支持力 (kN) 下段:短期許容鉛直支持力 (kN)																							
(φ600mm-φ114.3mm-t3.5mm-Fc600)																									
鋼管長さ m	支持条件	先端地盤の種別 (鋼管先端より下方へ800mmの平均N値)																							
		a: 0.15 ≤ N < 1.5		b: 1.5 ≤ N < 2.25		c: 2.25 ≤ N < 3.0		d: 3.0 ≤ N < 5.0		e: 5.0 ≤ N < 7.0		f: 7.0 ≤ N < 10		g: 10 ≤ N											
		周辺地盤の種別 (I:0.6 ≤ N < 1.0, II:1.0 ≤ N < 2.0, III:2.0 ≤ N < 3.0, IV:3.0 ≤ N < 4.0, V:4.0 ≤ N < 5.0, VI:5.0 ≤ N) [改良体周辺地盤の平均N値]																							
		I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
0.5	長期	47	50	58	65	73	81	75	78	86	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	
	短期	94	100	116	131	147	163	150	157	172	188	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
1.0	長期	49	54	66	79	91	103	78	82	95	107	119	131	106	111	123	135	147	151	148	151	151	151	151	
	短期	99	109	133	158	182	207	156	165	190	214	239	254	212	222	246	254	254	254	254	254	254	254	254	
1.5	長期	52	59	75	92	108	125	80	87	103	120	137	151	108	115	132	148	151	151	151	151	151	151	151	
	短期	104	118	151	184	217	250	161	174	207	240	254	254	217	231	254	254	254	254	254	254	254	254	254	
2.0	長期	33	42	63	84	105	126	44	52	73	94	115	136	54	63	84	105	126	147	83	91	112	133	151	151
	短期	67	84	126	168	210	252	88	105	147	189	231	254	109	126	168	210	252	254	166	183	225	254	254	254
2.5	長期	36	46	71	97	122	147	47	57	82	107	133	151	57	67	93	118	143	151	85	96	121	146	151	151
	短期	72	93	143	194	245	254	94	114	164	215	254	254	115	135	186	236	254	254	171	192	242	254	254	254
3.0	長期	39	50	80	110	139	151	49	61	91	120	150	151	60	72	101	131	151	151	88	100	130	151	151	151
	短期	78	101	161	220	254	254	99	123	182	241	254	254	120	144	203	254	254	254	177	200	254	254	254	254
3.5	長期	41	55	89	123	151	151	52	65	99	133	151	151	62	76	110	144	151	151	91	104	138	151	151	151
	短期	83	110	178	242	254	254	104	131	199	254	254	254	125	152	221	254	254	254	182	209	254	254	254	254
4.0	長期	44	59	98	136	151	151	54	70	108	147	151	151	65	80	119	147	151	151	93	109	147	151	151	151
	短期	88	119	196	254	254	254	109	140	217	254	254	254	130	161	238	254	254	254	183	218	254	254	254	254
4.5	長期	46	64	106	149	151	151	57	74	117	151	151	151	68	85	128	151	151	151	96	113	151	151	151	151
	短期	93	128	213	254	254	254	114	149	234	254	254	254	136	170	254	254	254	254	192	226	254	254	254	254
5.0	長期	49	68	115	151	151	151	60	78	126	151	151	151	70	89	136	151	151	151	98	117	151	151	151	151
	短期	99	136	231	254	254	254	120	157	252	254	254	254	141	179	254	254	254	254	197	235	254	254	254	254
5.5	長期	52	72	124	151	151	151	62	83	134	151	151	151	73	93	145	151	151	151	101	122	151	151	151	151