

高性能ハイブリッドコラム

タイガーパイル工法

驚力な支持力性能

驚愕の耐震性能

驚異の環境性能

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!

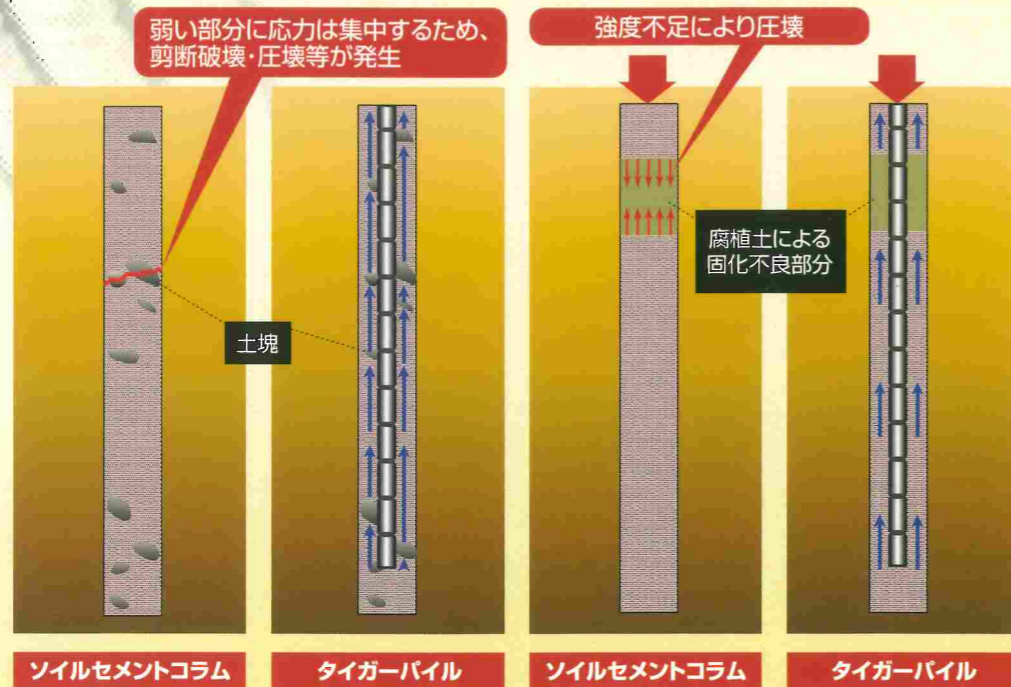
芯材に使用する鋼管は、一般的に使用されている冷間製造の鋼管ではなく、熱間製造の鋼管を使用しており、造管ラインにて段付の鋼管を製造し、付着力の増大を考慮した鋼管として利用するものです。

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。



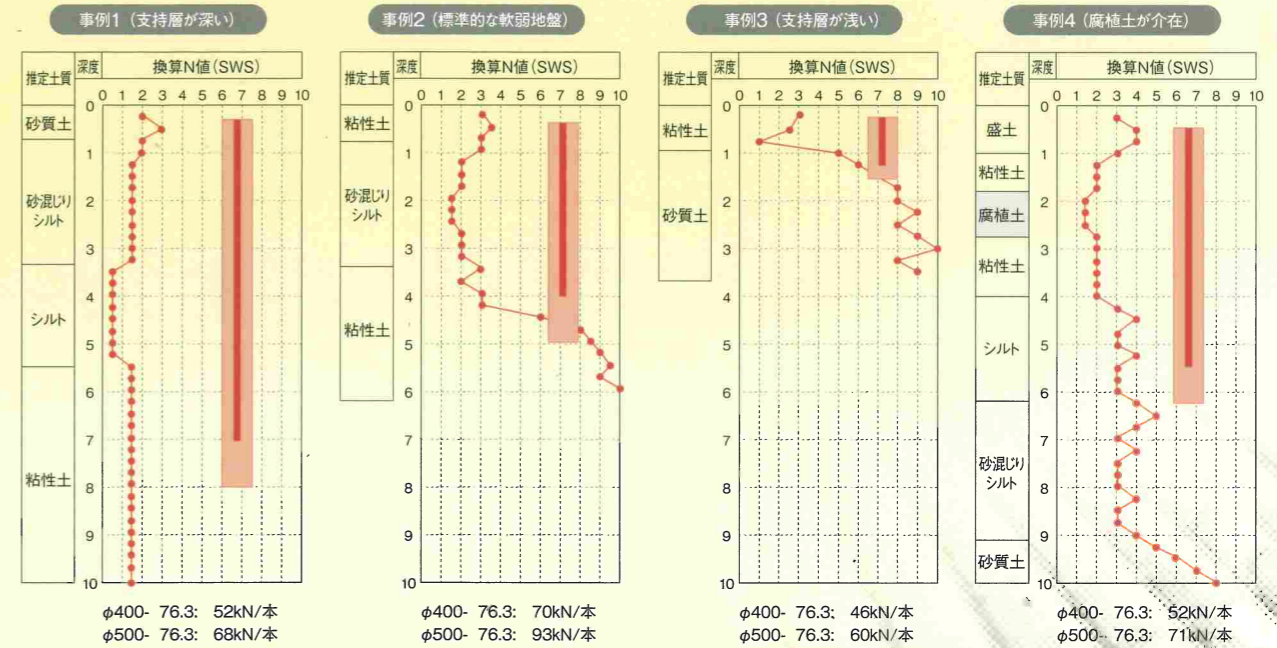
6つの特徴

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2種、ソイルセメントコラム径3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)		
	400	500	600
76.3	○	○	
114.3	○	○	○

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

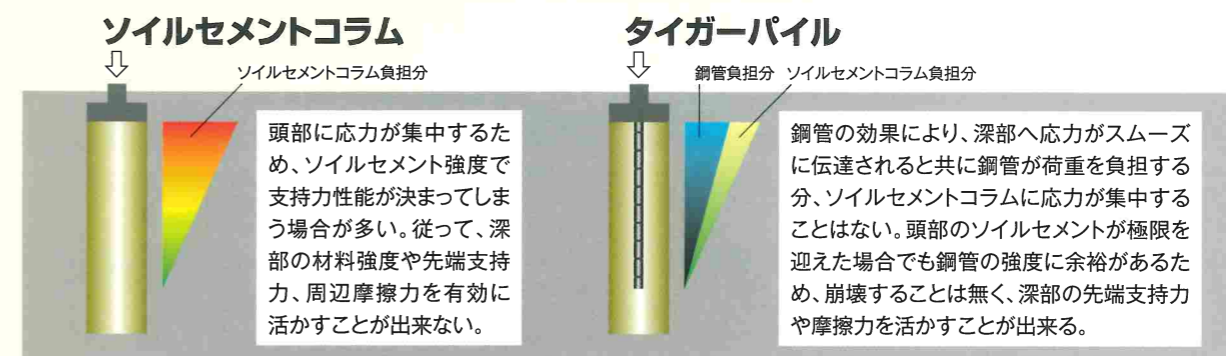
材料強度

区分・姿図	タイガーP 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	0.126	0.503	0.283	1.131
設計強度 kN/m ²	600	600	600	600
コラム強度 kN/本	24	100	56	226
鋼管強度 kN/本	73	—	180	—
合計強度 kN/本	97	100	234	226

↑ ほぼ同等

↑ ほぼ同等

支持力特性

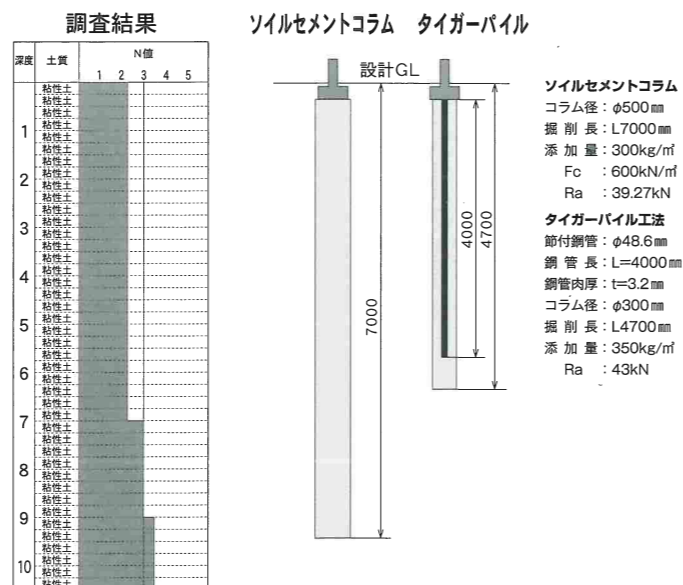


タイガーパイル性能を発揮した設計例

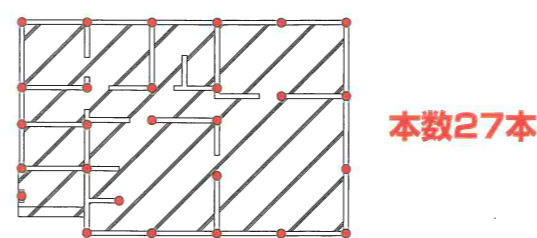
タイガーパイルは、ソイルセメントコラム・芯材鋼管のメリットを最大限に活かすことにより、一般のソイルセメントコラム工法と比較すると、材料強度、摩擦力、先端支持力が大きく発揮され、高い支持力が得られます。

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。



◎コラム配置図



◎固化材料の比較



◎改良土量の比較



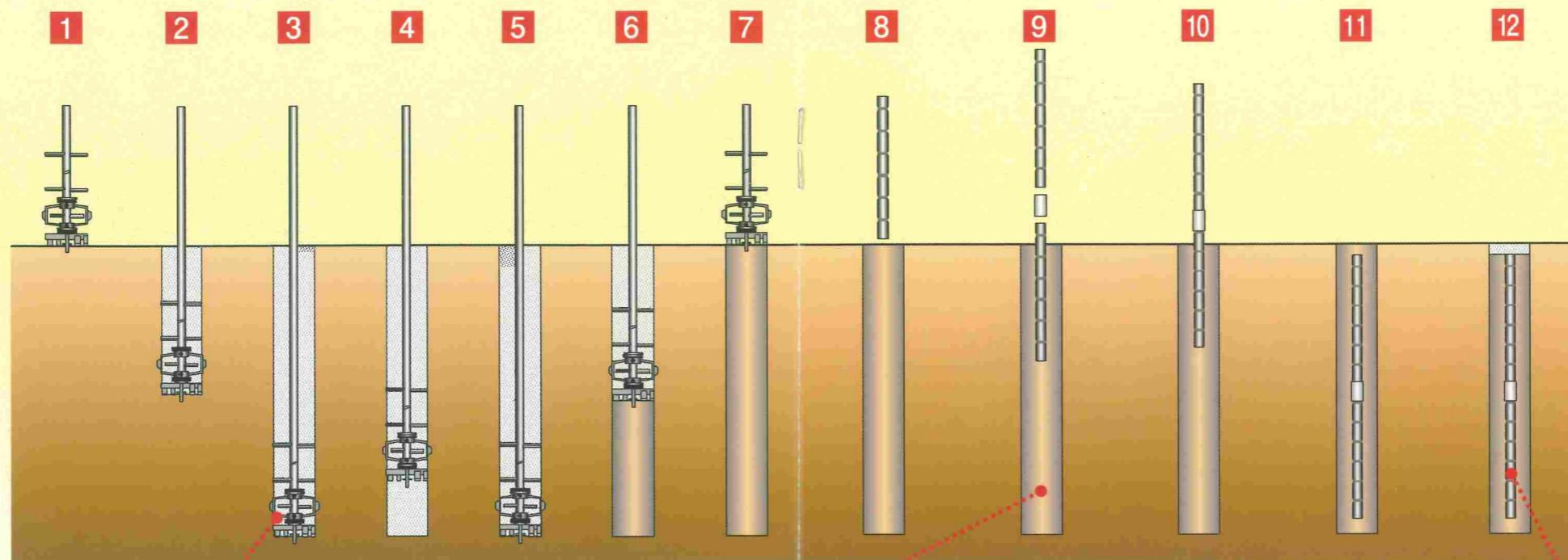
◎発生残土量の比較



施工手順 / 仕様

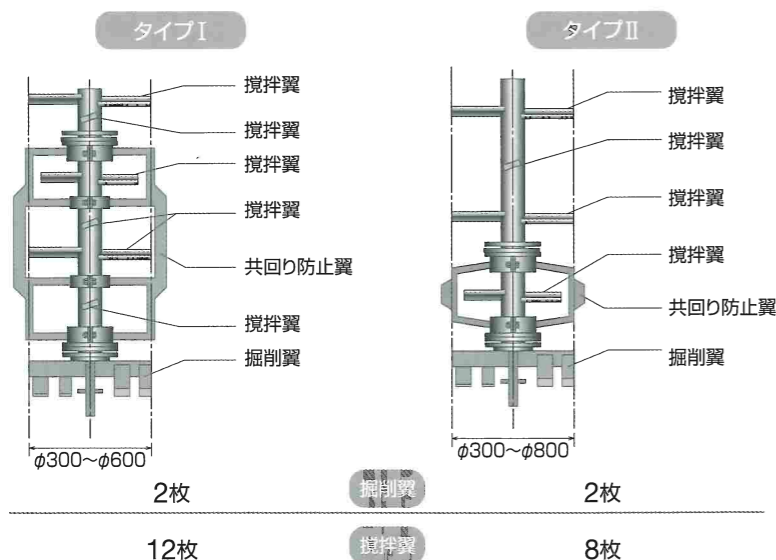
- 1 コラム芯セット及びロッドの鉛直確認を行う。
- 2 セメントミルクを吐出しながら正回転にて掘進・混合攪拌する。
- 3 深度計により、設計深度まで到達したことを確認する。
- 4 1.5D分の先端練返しを行う。(引上時は逆回転とする)
- 5 逆回転にて引き上げ工程に入る。
- 6 羽根切り回数をチェックしながら引き上げていく。
- 7 ソイルセメントコラムの打設完了。

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。

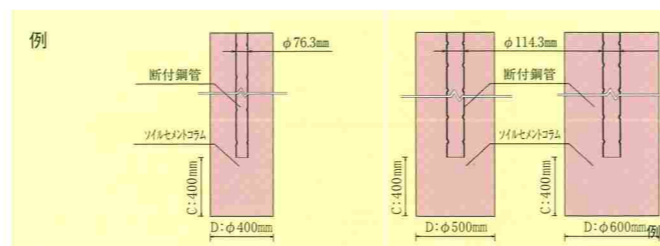
特徴

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φ400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。

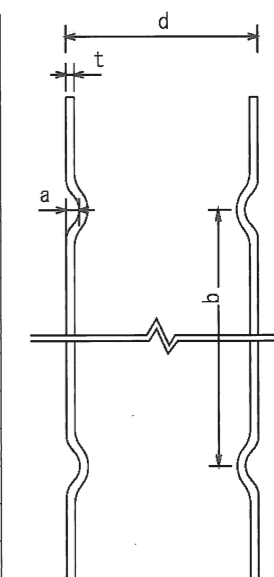
コラム径D	400mm, 500mm, 600mm	
先端余長C	400mm	
設計基準強度Fc	標準 600kN/m ²	
固化材添加量	標準 350kg/m ³	
W/C	標準 70%	
変動係数V _{q_{uf}}	粘性土	0.25
	砂質土	0.20
羽根切り回数	粘性土	600回/m以上
	砂質土	500回/m以上
先端練返し	1.5D以上	



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		
	76.3	114.3	
製造方法	鍛接鋼管		
肉厚 t	mm	3.2 / 3.5	
単位質量 W	kg/m	5.77 / 9.56	
断面積(最大部)	mm ²	734.88 / 1218.31	
溝の深さ a	帯部	mm	6±2 / 7±2
	リブ部	mm	5≥a≥0 / 7≥a≥0
溝の間隔 b	mm	190±10 / 120±15	
リブの幅	mm	8±5 / 15±10	
引張強さ ft	N/m ²	≥290 / ≥290	
降伏耐力	N/m ²	≥190 / ≥190	
伸び	%	≥24 / ≥24	
へん平性		2/3d / 2/3d	



段付き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: $(f_u \times L + R_{pu}) < P_y$ の場合にのみ検討を行う。

■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、継手一か所あたり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 : 段付鋼管の付着力度 (kN/m)
 $\tau_u = (0.344qu + 397) \times a$
 qu : ソイルセメントコラムの一軸圧縮強度 (kN/m²)
 $qu = F_c$ と仮定
 a : 鋼管径と溝間隔の比 $a = d/L_b$
 d : 段付鋼管径 (mm)
 L_b : 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)
 $R_{pu} = 6 \times Cu \times Ap$
 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/m²)
 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 \bar{N}' 値
 A_p : 改良体の断面積
 $\bar{N}' f$: 周面地盤の平均 \bar{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 \bar{N}' 値
a	$0.15 \leq \bar{N}' < 1.0$
b	$1.0 \leq \bar{N}' < 2.0$
c	$2.0 \leq \bar{N}' < 3.0$
d	$3.0 \leq \bar{N}' < 4.0$
e	$4.0 \leq \bar{N}' < 5.0$
f	$5.0 \leq \bar{N}' < 7.0$
g	$7.0 \leq \bar{N}'$

改訂2

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

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 \bar{N}' 値
I	$0.6 \leq \bar{N}' < 1.0$
II	$1.0 \leq \bar{N}' < 2.0$
III	$2.0 \leq \bar{N}' < 3.0$
IV	$3.0 \leq \bar{N}' < 5.0$
V	$5.0 \leq \bar{N}'$

改訂2

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

改訂3, 改訂4

性能証明内容(圧縮試験)

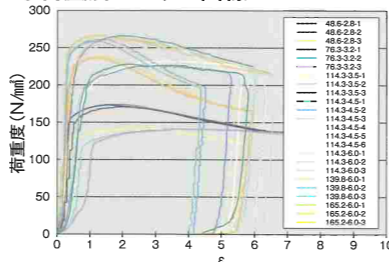
■試験結果

鋼管芯材は試験により強度を確認致しました。

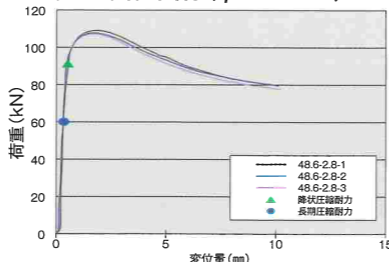
◎圧縮耐力及び圧縮荷重と引張荷重の割合

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



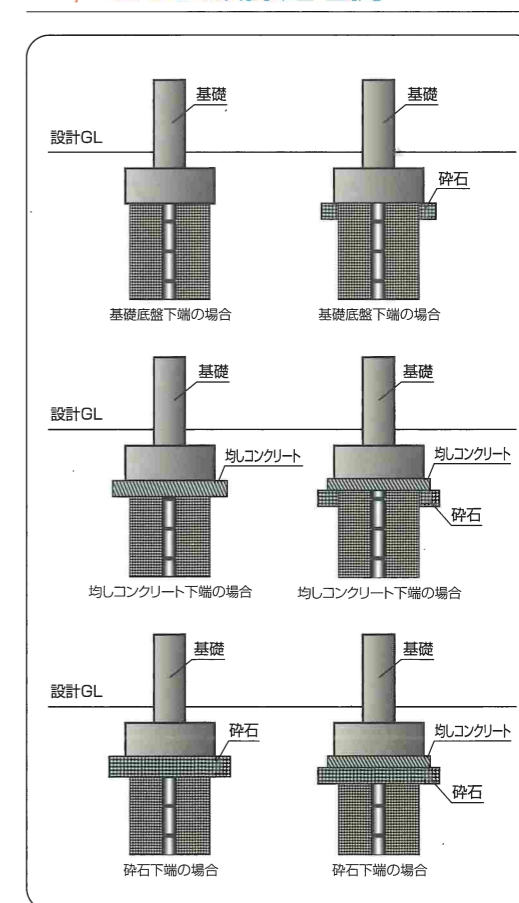
◎荷重-変位曲線(φ48.6-t2.8)



◎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 E_d	
		P_{max} (kN)	平均	σ_{max} (N/mm ²)	平均	(N/mm ²)	平均
40-2.8-1		108		267		5.9×10^4	
40-2.8-2	STK400-MD	106	107	264	265	5.9×10^4	5.9×10^4
40-2.8-3		106		262		6.0×10^4	
65-3.2-1		125		171		5.3×10^4	
65-3.2-2	SGP-MD	127	127	173	173	5.6×10^4	5.5×10^4
65-3.2-3		128		174		5.7×10^4	
100-3.5-1		174		143		3.0×10^4	
100-3.5-2	SGP-MD	173	173	142	142	4.5×10^4	3.3×10^4
100-3.5-3		172		141		2.3×10^4	
100-4.5-1		356		229		4.2×10^4	
100-4.5-2		353		227		4.4×10^4	
100-4.5-3	SGP-MD	362	360	233	231	5.7×10^4	5.2×10^4
100-4.5-4		367		236		5.5×10^4	
100-4.5-5		356		229		5.8×10^4	
100-4.5-6		363		234		5.5×10^4	
100-6.0-1		550		269		12.7×10^4	
100-6.0-2	NSDP400	527	538	258	263	11.1×10^4	11.2×10^4
100-6.0-3		538		263		9.8×10^4	
125-6.0-1		663		263		14.9×10^4	
125-6.0-2	NSDP400	661	659	262	261	14.9×10^4	14.7×10^4
125-6.0-3		653		259		14.3×10^4	
150-6.0-1		712		237		14.4×10^4	
150-6.0-2	NSDP400	717	713	239	238	14.0×10^4	14.1×10^4
150-6.0-3		710		237		14.0×10^4	

コラム頭部処理例





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築造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築造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築造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築造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、戸建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施工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・施工基準に従って築造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。

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

製造・販売・施工会社

 株式会社 **トラバース**

建設業許可登録：大臣(般-22)第18694号
建設コンサルタント 建22第9555(土質及び基礎部門)

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>