基礎補強
ガイドブック

知って得する基礎補強
柱状改良工事

安全・法令遵守・経済設計

cor.po.ra.tion
TRANS PORT'鳥取
TTC

トランスポート鳥取株式会社

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

TTCレンジャー

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

はじめに

近年、建物基礎の補強工事であるセメント系固化材を使用した地盤改良工事は、一般的な工法として認知され、施工件数も膨大な数にのぼっています。工法は、表層改良工事と柱状改良工事（湿式と乾式）に分類されます。
この中で、柱状改良工事は（財）日本建築センターによる指針に基づき設計されることが、安全で法令遵守につながります。

しかし、日本建築センターの技術審査証明を受けた改良工法は数少なく、また指針どおりに施工が行われることが条件であるにもかかわらず、指針の内容も理解せずやみくもに施工が行われることがあります。

民間の戸建て住宅では、標準貫入試験が行われることは少なく、スウェーデン式貫入試験は、土質サンプルの採取がし難く、地下水位も計測しにくいなどの問題点があります。

設計する上でも、土質が砂質土なのか粘性土なのか、また地下水位の高さによっては設計環境が大きく変化します。土質によっては一般的な固化材（現在では六価クロム対応型固化材）では固化しにくい土質があります。例えば、黒ボク、ローム層、有機質土などは通常の添加量では固化しにくい土といえます。これらの事も知らずに施工した場合、硬化不良を起こすリスクは高まり、不同沈下を誘発してしまいます。

又、指針の中では、先端支持力や摩擦力を計算して設計するのは当然のことながら、水平力も考慮することになっています。通常の設計では中地震時における、水平力が柱状改良体において最も大きな問題点となります。
改良体の断面積、長さ、改良体の強度、これらを考慮して設計し、施工確認をすることが必要です。そのために、事前に土壌を採取して試験練りを行い、設計強度を確認する必要があります。

また、固化材の種類、添加量、水セメント比、改良径、改良長、中間層におけるN値、先端支持地盤などを総合的に判断し、指針に基づいて設計をしなければなりません。

必要以上に改良本数を多くし、改良体の強度を高め（固化材の添加量を多くする）、改良径を大きくすれば、施工費用が上がります。支持層が比較的浅い地盤においては必要以上の先端支持による設計が多く見受けられます。
これらは建物の基礎の梁としての強度が足りず、改良体の施工間隔を広げられませんが、基礎の鉄筋の本数を増やしたり太くしたり、コンクリート強度を増すことによって改良体間隔を広げられます。その結果、改良体の本数を減らすことができ、経済設計につながっていきます。

これらのことを踏まえて、図解で説明し、実験データを添えて、日本建築センターの指針通りに安全で法令遵守を満足した経済設計を提案します。

平成21年10月
トランスポート鳥取株式会社（TTC）

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

目次

柱状改良工事のススメ

1. 柱状改良工事の施工フロー …… 3

2. 柱状改良工事の特徴～長所と短所 …… 4

3. 柱状改良工事の構造計算①～どうして検討するの? …… 5

4. 柱状改良工事の構造計算②～計算ソフト入力画面 …… 7

5. 柱状改良工事の構造計算③～検索結果出力画面 …… 8

6. 柱状改良の鉛直支持力機構～どこを検討するの? …… 9

7. 柱状改良の水平支持力機構～どこを検討するの? …… 11

8. 柱状改良工事の問題点①～周辺地盤が締まっていると? …… 13

9. 柱状改良工事の問題点②～改良体が細長いと…? …… 14

10. 柱状改良の設計～安全な改良体をつくるためには? …… 15

11. 柱状改良工事の今後の展開～技術審査証明工法へ …… 16

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

技術資料

1. 基礎補強工事における業務フロー ……17

2. 土質サンプル採取調査 ……18

3. セメント系地盤改良工事における設計基準強度 ……19

4. 柱状改良体に必要な強度に関する分析 ……21

5. 柱状改良支持力検討書 ……27

付 録

1. 柱状改良工事写真 ……33

2. 地盤調査工事写真及び調査データ ……37

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

1. 柱状改良工事の施工フロー

1 準備工

▼

2 材料搬入

▼

3 セメントスラリーの作成

▼

4 杭芯セット

▼

5 掘削撹拌

▼

6 杭頭処理

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

2. 柱状改良工事の特徴～長所と短所

長所

杭長が短い場合は鋼管杭より安価

短所

- 水平力を考慮する場合、施工長を長くすることが困難
- 混合するセメントの体積分、残土が出る
- 施工時に水が必要になるので、水が確保できない時は給水車が必要になる
- 施工機械が大きいため、基礎が出来る場所とは別にプラント車（4tトラック）をセットできるスペースが必要

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

3. 柱状改良工事の構造計算①～どうして検討するの？

改訂版
建築物のための
改良地盤の設計及び品質管理指針

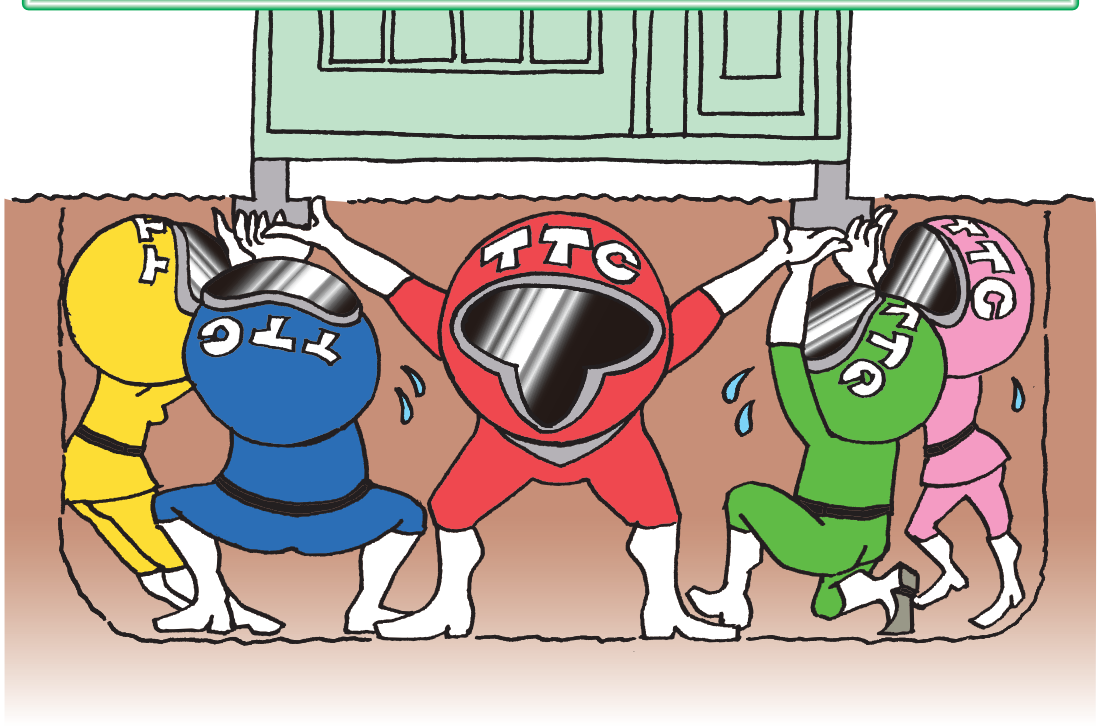
ーセメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法ー

編集協力　国土交通省国土技術政策総合研究所
独立行政法人　建　築　研　究　所

日本建築センター

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

戸建住宅の基礎設計では、鉛直支持力を計算し、改良体の検討に反映させてきましたが、近年、コンプライアンスがより重視されるようになり、水平力に対する改良体の支持力の検討も必要とされるようになりました。
それに伴いTTCは、より品質の高い施工を行うために、財団法人日本建築センターから出版されている「改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」に準じ、改良地盤の鉛直支持力と水平支持力の両方を検討します。さらにその結果を、立案根拠としてお客様に提出致します。



Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

4. 柱状改良工事の構造計算②～計算ソフト入力画面

入　力　欄

物件名	サンプル様邸
作成年月日	○○年○月○日
設計者名	TTCレンジャー
会社名	トランスポート鳥取（株）

●建物概要

建物構造	木造	
階数	2	
基礎形状	ベタ基礎	
基礎・改良地盤に作用する接地圧	30	kN/㎡
基礎底面積　Af	68	㎡
	2040	

●改良体仕様

設計基準強度　Fc	600	kN/㎡
改良径　Bb	0.6	n
改良長	7.25	n
改良本数　n	38	本

○周面摩擦力算定

土質：　砂質土

周面部のN値	N	0	
周面摩擦力を考慮する粘性土の層厚	hi	0	m

土質：　粘性土

周面部のN値	N	4.16	
周面摩擦力を考慮する粘性土の層厚	hi	2.5	m

○先端支持力算定

改良体先端から下に1d.上に1dの平均

先端部	土質：	粘性土	
先端部のN値　N	2.003	5.366	
先端部の半回転数　Nsw		40	回
先端部のおもりの荷重　Wsw		1	kN

●概要記入

調査データ	S.S試験	支持形式	摩擦	
測点	NO,1	支持層深度	改良長と同じ	
中間層土質	粘性土	深度	7.5	m

CHECK!!

●改良体の応力チェック

qp ＝ 189.90　≦　fc ＝ 200　→　**OK**

●鉛直支持力の検討

qa ＝ 33.5　＞　qe ＝ 30.0　→　**OK**

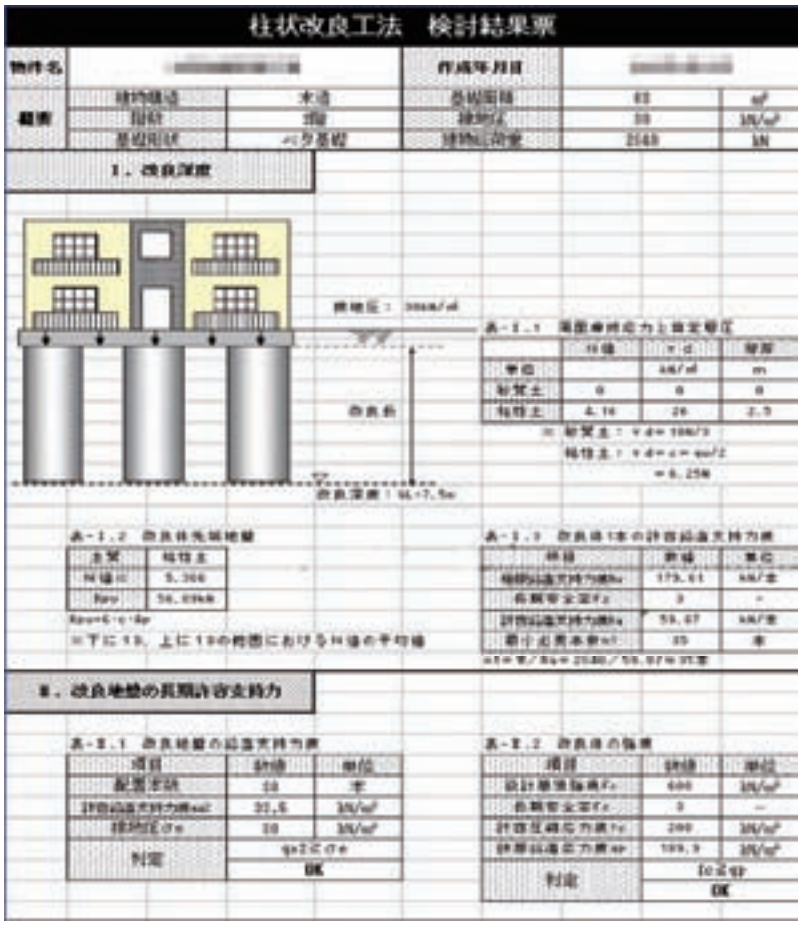
最小必要本数　35　本

必要設計基準強度　570　kN/㎡

※画像はイメージとなります。

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

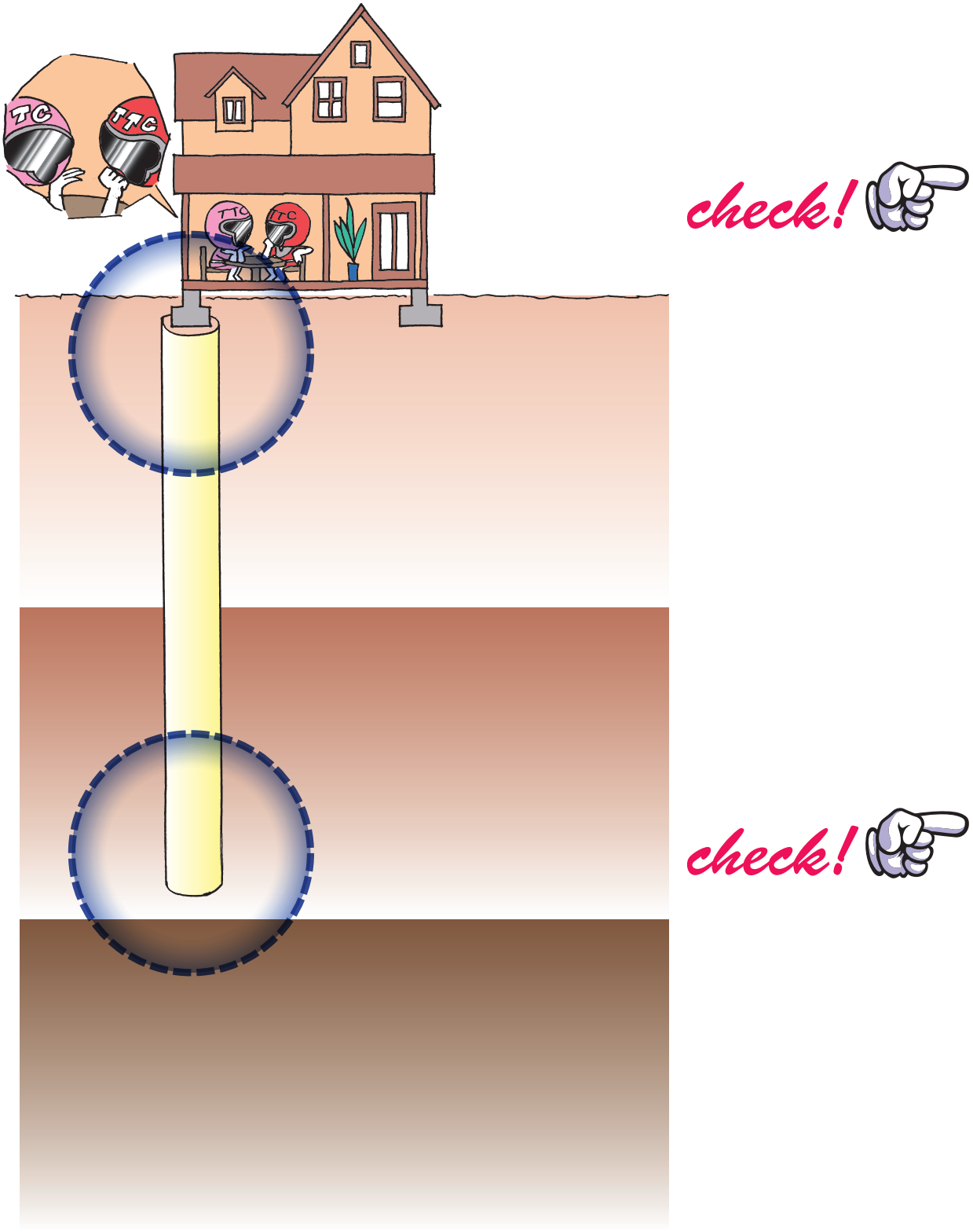
5. 柱状改良工事の構造計算③～検討結果出力画面



織密な構造計算は改良工事の経済設計を可能にします。
TTCでは、改良体の詳細な支持力計算をすることにより、無駄な改良体を減らし、お客様に安心と、より安価な施工を提供することができます。
経済設計は改良体のピッチ間隔と関係があります。しかし改良体のピッチ間隔は、住宅基礎の剛性によって限界があります。
TTCでは住宅基礎の配筋を変え、基礎剛性を高める提案もして参ります。

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

6. 柱状改良の鉛直支持力機構～どこを検討するの？

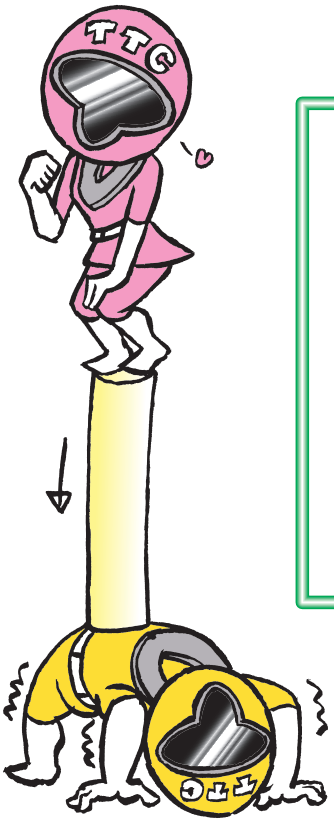


Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

改良体の圧縮応力度が、改良体の許容圧縮応力度以下であることを確認する。

設計接地圧　＜　許容鉛直応力度

接地圧で改良体が壊れないか？



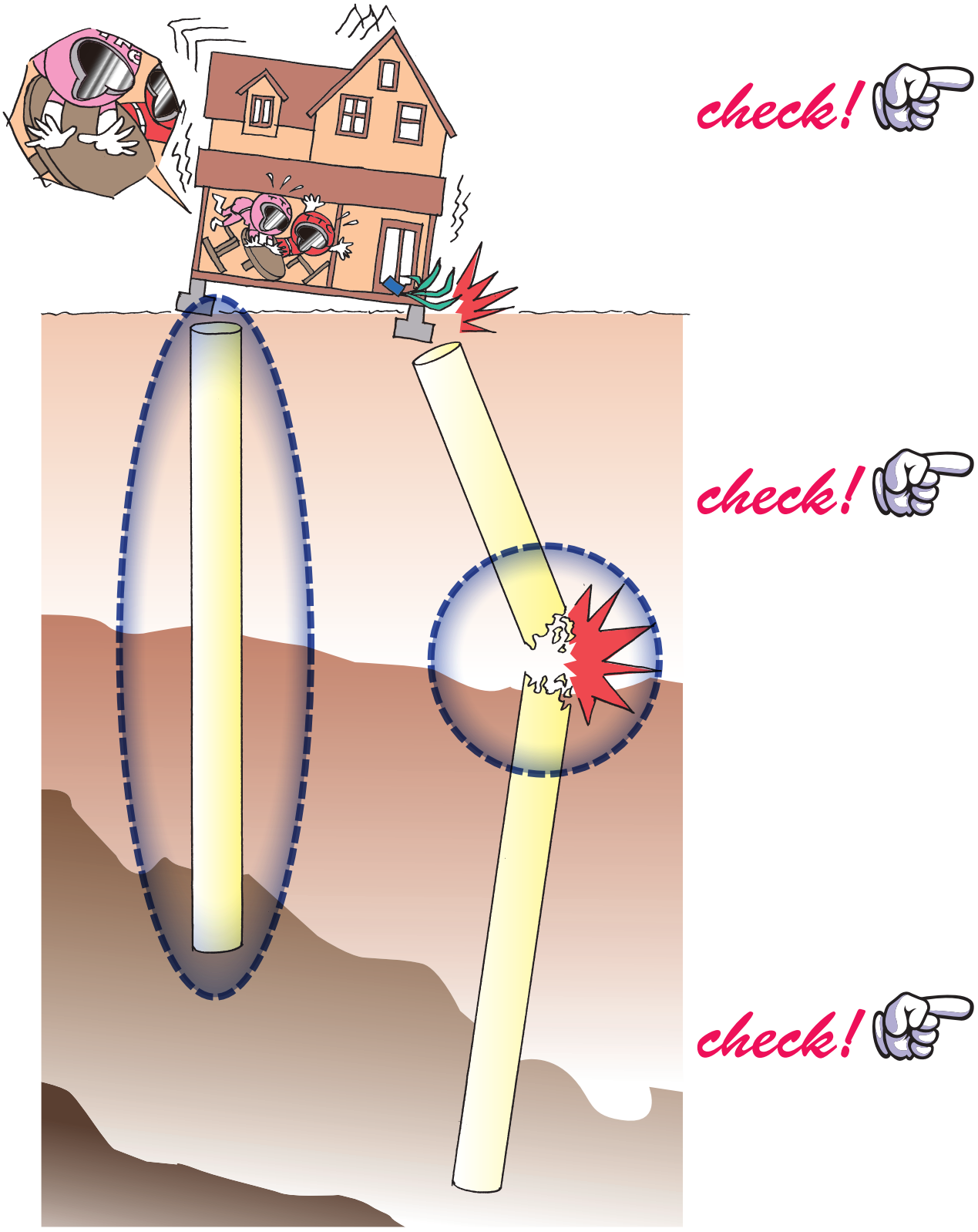
改良地盤の許容鉛直支持力度を求め、基礎スラブ底面に作用する鉛直荷重によって構造物に有害な変形が生じないことを確認する。

設計接地圧　＜　許容鉛直支持力度

建物を下部地盤が安全に支持できるか？

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

7. 柱状改良の水平支持力機構～どこを検討するの？

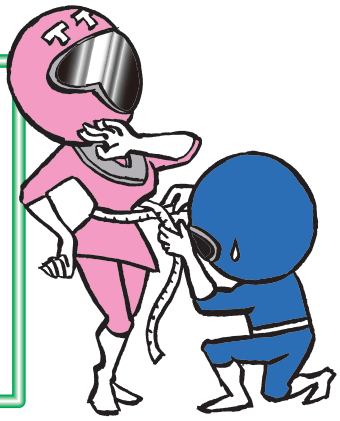


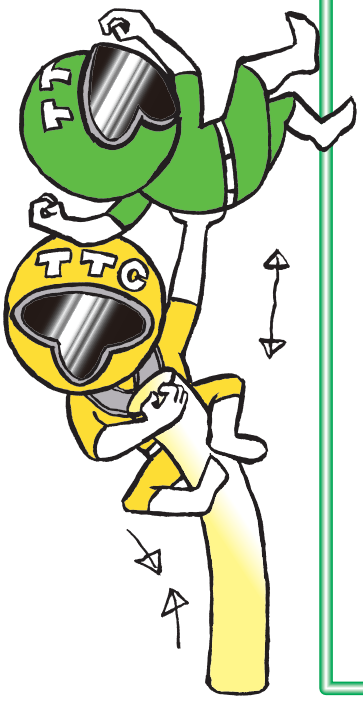
Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

改良体の剛性と周面地盤の剛性の比が許容範囲内かどうか確認する。

$\beta \cdot L < 5.0$

改良体の形状のバランスと、周面地盤の固さのチェック





水平荷重によって改良体に発生する圧縮応力度が、改良体の許容圧縮応力度以下であることを確認する。

圧縮応力度　＜　許容圧縮応力度

改良体が水平荷重による圧縮で壊れないか？

水平荷重によって改良体に発生する引張り応力度が、改良体の許容引張り応力度以下であることを確認する。

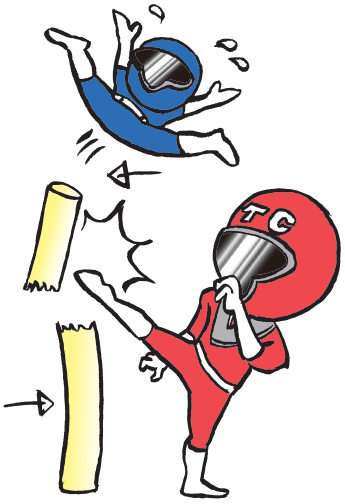
引張り応力度　＜　許容引張り応力度

改良体が水平荷重による引張りで壊れないか？

水平荷重によって改良体に発生するせん断応力度が、改良体の許容せん断応力度以下であることを確認する。

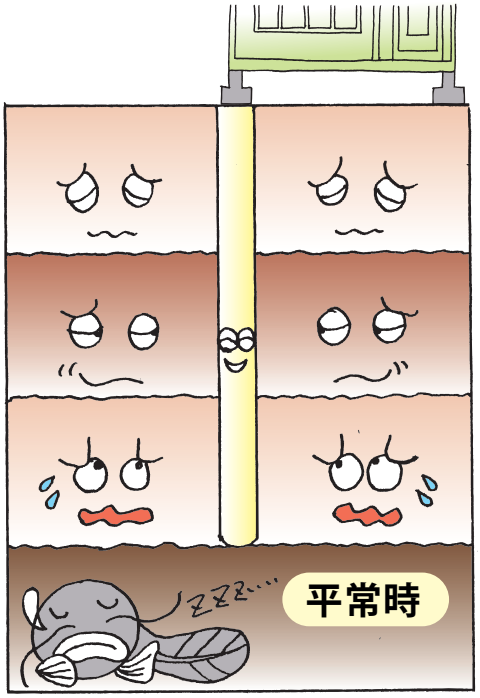
せん断応力度　＜　許容せん断応力度

改良体が水平荷重によってせん断破壊しないか？



Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

8. 柱状改良工事の問題点①～周辺地盤が締まっていると?



〈例〉

N値=2
（地盤が緩い）

N値=7
（地盤がやや締まっている）

N値=3
（地盤が緩い）

地震の規模

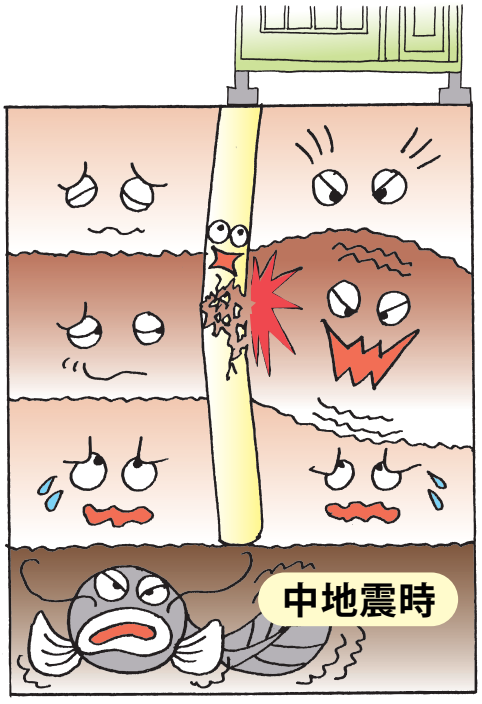
〈例〉

N値=2
（地盤が緩い）

N値=7
（地盤がやや締まっている）

N値=3
（地盤が緩い）

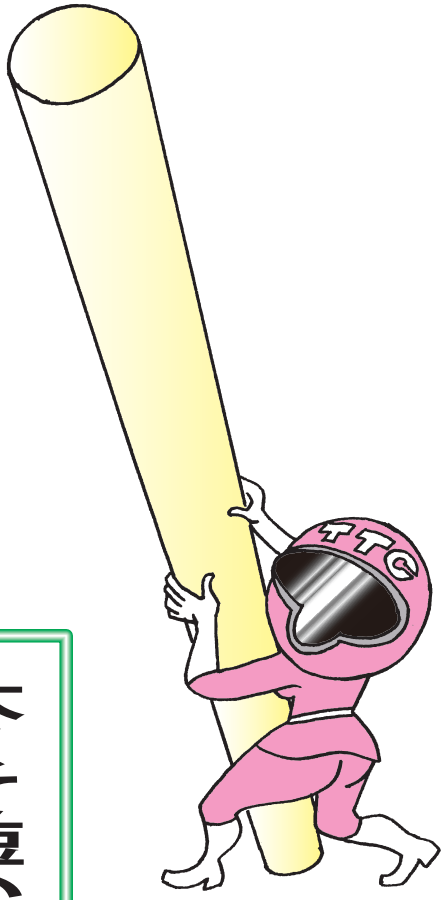
地震の規模



周辺地盤が締まっているほど、改良体にかかる外力が大きくなります。周辺地盤が緩いほど、改良体にかかる外力が小さくなります。

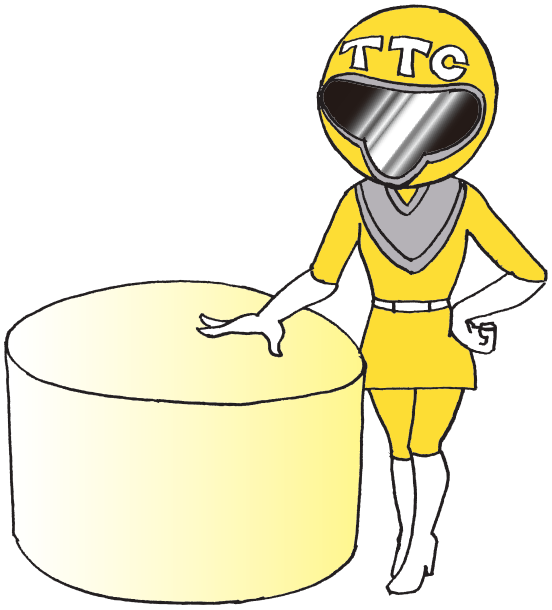
Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

9. 柱状改良工事の問題点②～改良体が細長いと?



細長いと
目標とする一軸圧縮強度を**高く設定**

太くて短いと
目標とする一軸圧縮強度が**やや低くても良い**

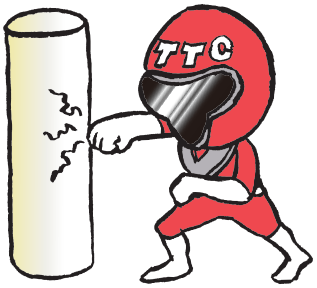


Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

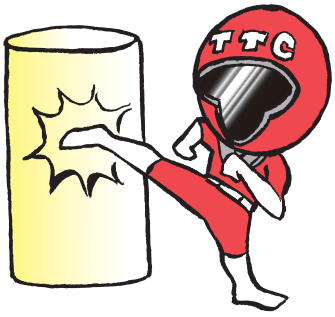
10. 柱状改良の設計～安全な改良体をつくるためには？

改良体を太くする　　セメントの配合や添加量を変える

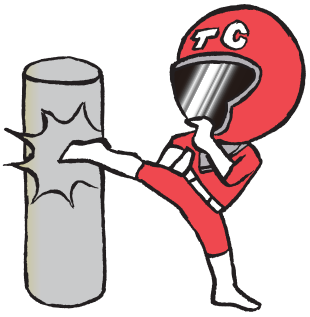
改良体径　細



セメント添加量　少



改良体径　太



セメント添加量　中

ラップ

セメント添加量　多

基礎補強工事として支持地盤が深く、柱状改良工事以外選択肢がない場合、改良体の径を太くするか改良体の強度をあげることで、施工長が長くても施工が可能になります。

〈例〉
Φ600mm → Φ800mm
単杭 → ラップ杭
セメント添加量 300kg/m³
→ 400kg/m³

理論式上では、「改良体の太さ」は断面二次モーメントに反映されます。断面二次モーメントは改良体直径の4乗倍スケールなので改良体径を大きくすることの効果は絶大です。

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

11. 柱状改良工事の今後の展開～技術審査証明工法へ

今後は技術審査証明取得工法の導入を進めております。
技術審査証明取得工法は改良体のバラツキが小さいことが利点です。
従来工法では、バラツキを考慮すると、現場で採取したコアの一軸圧縮強度は試験結果の41.5％の強度しか認められませんが、技術審査証明取得工法では、約60％認められることになります。
施工後の強度を大きく評価できるので、技術審査証明取得工法は大変有効です。

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

1. 地盤補強工事における業務フロー

1 地盤補強工事の決定・見積り依頼

▼

2 建物荷重の算定

▼

3 地盤補強工事設計

▼

4 支持力算定

▼

5 結果書類算定

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

2. 土質サンプル採取調査～採取機の開発

採取機一式

掘削採取状況

採取結果全景

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

3. 柱状改良工事における設計基準強度

工事実績値による土質別の設計基準強度

各種土質とセメント系固化材を混合したデータの蓄積を参考にして、柱状改良体の設計基準強度を設定する場合は、下記の表を参考にします。
表上の設計基準強度は（　　）内の配合においてのFcです。

土質の分類				
大分類			中分類	
土質材料分類	土質区分		主に観察による分類	
粗粒土（粗粒分＞50%）	礫質土（礫分＞砂分）	細粒分＜15%	礫	
			砂分＜15% 砂礫	
		15%≦細粒分	15%≦砂分 細粒分まじり礫	
	砂質土（砂分≧礫分）	細粒分＜15%	砂	
			砂分＜15% 礫質砂	
		15%≦細粒分	15%≦礫分 細粒分まじり砂	
細粒分	粘性土		シルト（低含水率） 塑性図上で分類	
			シルト（高含水率）	
			粘土（低含水率） 塑性図上で分類	
			粘土（高含水率）	
	有機質土（有機質、暗色で有機臭あり）		有機質土	
	火山灰質粘性土（地質的背景）		火山灰質粘性土	
高有機質土（有機質を多く含むもの）	高有機質土		高有機質土	

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

設計基準強度　Fc（kN/㎡）	使用材料
800　kN/㎡ 以上	（六価クロム対応型：300kg/m³添加）
800　kN/㎡ 以上	（六価クロム対応型：300kg/m³添加）
800　kN/㎡ 以上	（六価クロム対応型：300kg/m³添加）
800　kN/㎡ 以上	（六価クロム対応型：300kg/m³添加）
800　kN/㎡ 以上	（六価クロム対応型：300kg/m³添加）
800　kN/㎡ 以上 ※均等係数が10より下の場合は500kN/㎡以上	（六価クロム対応型：300kg/m³添加）
800　kN/㎡ 以上	（六価クロム対応型：300kg/m³添加）
500　kN/㎡ 以上	（特殊固化材：400kg/m³添加）
800　kN/㎡ 以上	（六価クロム対応型：300kg/m³添加）
500　kN/㎡ 以上	（特殊固化材：400kg/m³添加）
500　kN/㎡ 以上	（特殊固化材：400kg/m³添加）
800　kN/㎡ 以上	（特殊固化材：400kg/m³, 添加物添加）
500　kN/㎡ 以上	（特殊固化材：400kg/m³, 添加物添加）
500　kN/㎡ 以上	（特殊固化材：400kg/m³, 添加物添加）

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

4. 柱状改良に必要な強度に関する分析

周面土質や周面地盤平均N値と、柱状改良長と改良径の比から求まる改良体に必要な強度

改良体は、地盤条件や、改良条件を考えて、改良体の剛性と周面地盤とのバランスを保たなければ、水平荷重がかかると、壊れてしまいます。

改良体の一軸圧縮強度データの集積がない、評定工法以外の一般的な工法で施工した場合、「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」（日本建築センター発行）に準拠して算定すると、下記のような条件では、一軸圧縮強度は、次の値になります。

表 2−1 周面地盤が砂質土の場合

地盤条件	周面土質（柱状改良体）			砂質土	砂質土	砂質土
	周面平均N値			2	4	6
	先端平均N値			12	12	12
改良条件	改良径	Φ	mm	600	600	600
	必要となる 7日強度			kN/㎡	kN/㎡	kN/㎡
	改良長 L	3	m	237	468	702
		4		740	1479	2219
		5		1806	3612	5417
		6		3744	7489	11233
改良条件	改良径	Φ	mm	800	800	800
	必要となる 7日強度			kN/㎡	kN/㎡	kN/㎡
	改良長 L	3	m	80	160	240
		4		253	506	759
		5		618	1236	1854
		6		1281	2562	3844

改良体の一軸圧縮強度より

施工 可
施工 注意
施工 問題あり

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

表 2ー2 周面地盤が粘性土の場合

地盤条件	周面土質(柱状改良体)			粘性土	粘性土	粘性土
	周面平均N値			2	4	6
	先端平均N値			12	12	12
改良条件	改良径	Φ	mm	600	600	600
	必要となる 7日強度			kN/㎡	kN/㎡	kN/㎡
	改良長 L	3	m	328	655	983
		4		1036	2071	3107
		5		2528	5056	7584
		6		5242	10484	15727
改良条件	改良径	Φ	mm	800	800	800
	必要となる 7日強度			kN/㎡	kN/㎡	kN/㎡
	改良長 L	3	m	112	224	336
		4		354	709	1063
		5		865	1730	2595
		6		1794	3587	5381

改良体の一軸圧縮強度より

	施工 可
	施工 注意
	施工 問題あり

材令7日の一軸圧縮強度の求め方

日本建築センター指針より、

$Z=\beta \cdot L$

Zの範囲が5.0以下なので、

$$5.0 \geqq \beta \cdot L$$
$$5.0/L \geqq \beta$$
$$(5.0/L)^4 \geqq kh \cdot b/4 \cdot Ep \cdot Ip$$
$$(5.0/L)^4 \geqq kh \cdot b/4 \cdot 180 \cdot Fc \cdot Ip$$
$$\therefore\ Fc \geqq kh \cdot b/4 \cdot 180 \cdot Ip \cdot (5.0/L)^4 \quad — \quad ①$$

kh	周面地盤の地盤反力係数 $:(1/30) \cdot 4 \cdot 7 \cdot N \cdot (b/3000)^{(3/4)} \cdot 100$	kN/㎡
Ip	改良体の断面二次モーメント $:(PI/64) \cdot b^4$	m^{-1}
L	改良長	m
b	改良径	m

quf $= Fc/(1-1.3 \cdot 0.45)$ — ①のFcを代入(材令 28日)

$= Fc/((1-1.3 \cdot 0.45) \cdot 0.95 \cdot \alpha)$ — ①のFcを代入(材令 7日)

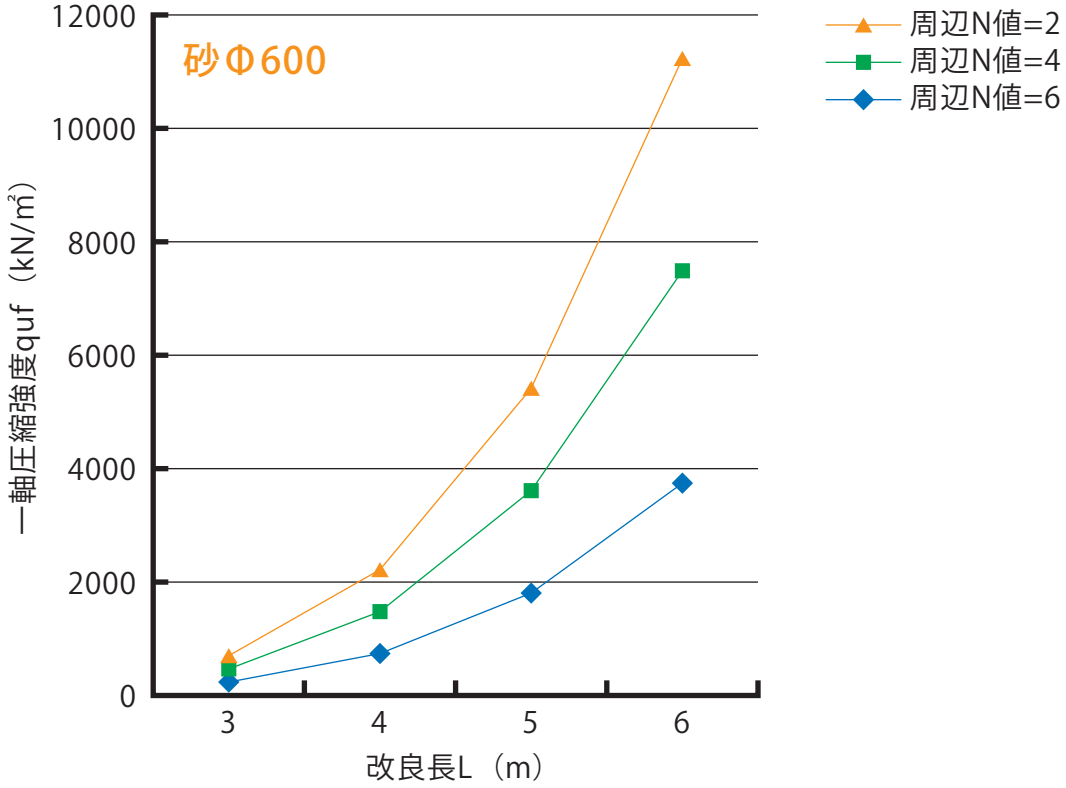
※ 材令28では土質の違いによる影響は考慮しない。

表ー1 土質の違いによるα

土質名	砂質土	粘性土	有機質土	高有機質土	ローム
α	2.03	1.43	1.31	1.73	1.31

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

砂質土　改良径Φ600mmの場合

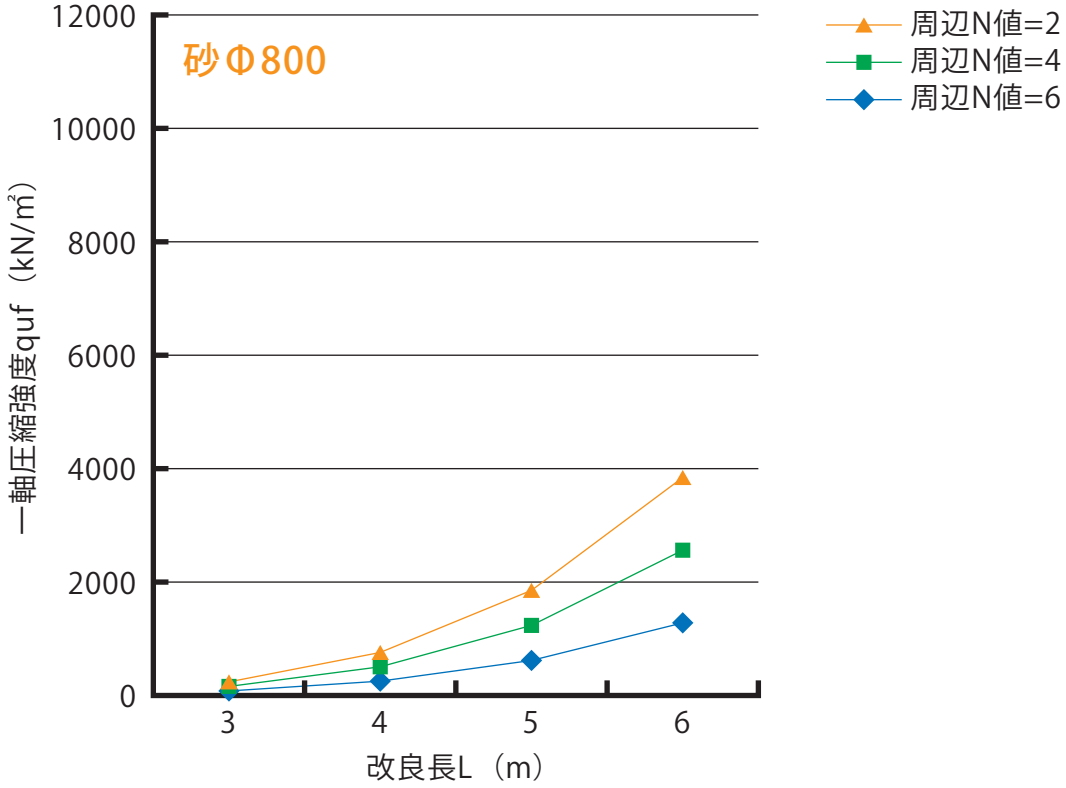


Φ600			
平均N値	L	Fc	quf
2	3	187	237
2	4	592	740
2	5	1445	1806
2	6	2997	3744
4	3	375	468
4	4	1184	1479
4	5	2890	3612
4	6	5994	7489
6	3	562	702
6	4	1776	2219
6	5	4338	5417
6	6	8990	11233

L　：　改良長（m）
Fc　：　必要設計基準強度（kN/㎡）
quf　：　現場で採取したコアの必要一軸圧縮強度；材令7日（kN/㎡）

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

砂質土　改良径Φ800mmの場合

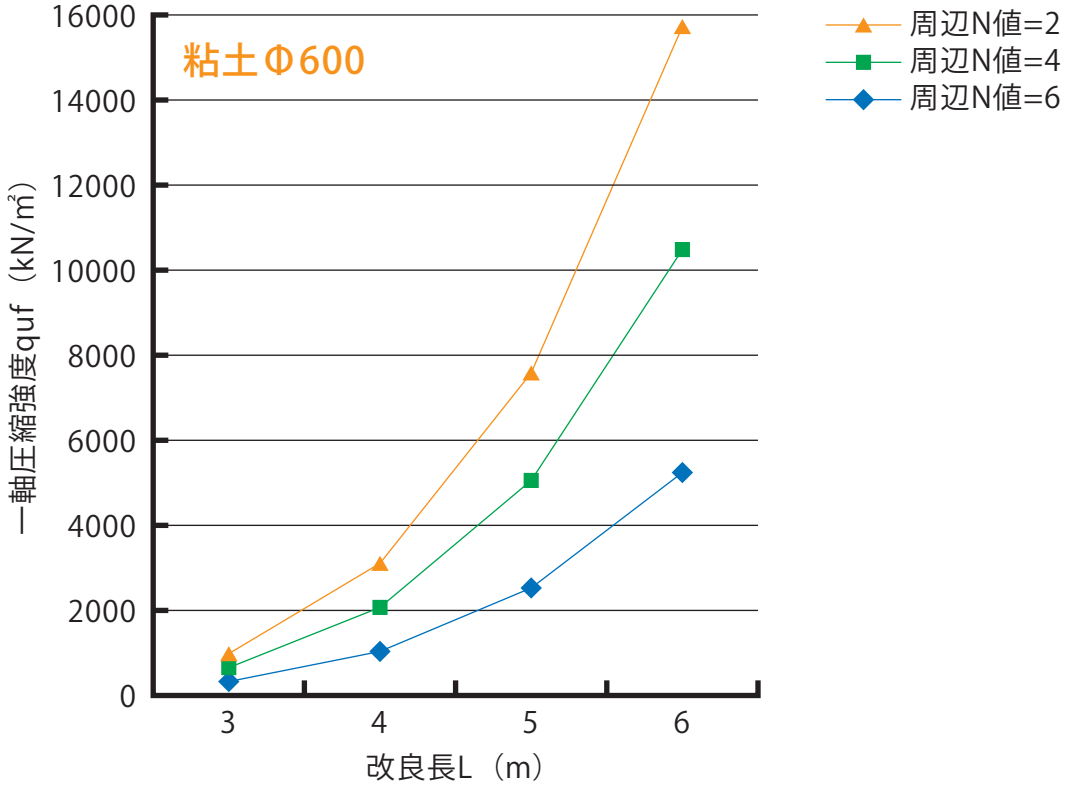


Φ800			
平均N値	L	Fc	quf
2	3	64	80
2	4	203	253
2	5	494	618
2	6	1025	1281
4	3	128	160
4	4	405	506
4	5	989	1236
4	6	2051	2562
6	3	192	240
6	4	608	759
6	5	1483	1854
6	6	3076	3844

L　：　改良長（m）
Fc　：　必要設計基準強度（kN/㎡）
quf　：　現場で採取したコアの必要一軸圧縮強度；材令7日（kN/㎡）

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

粘性土　改良径Φ600mmの場合

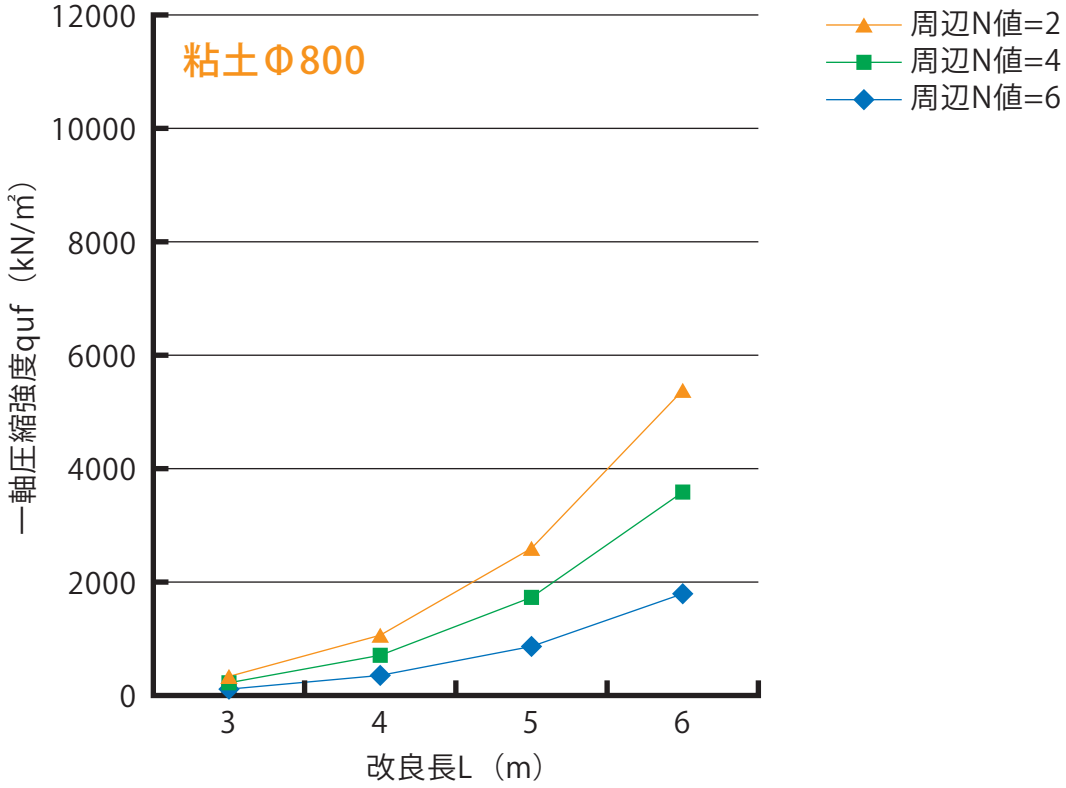


Φ600			
平均N値	L	Fc	quf
2	3	187	328
2	4	592	1036
2	5	1445	2528
2	6	2997	5242
4	3	375	655
4	4	1184	2071
4	5	2890	5056
4	6	5994	10484
6	3	562	983
6	4	1776	3107
6	5	4338	7584
6	6	8990	15727

L　：　改良長（m）
Fc　：　必要設計基準強度（kN/㎡）
quf　：　現場で採取したコアの必要一軸圧縮強度；材令7日（kN/㎡）

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

粘性土　改良径Φ800mmの場合



Φ800			
平均N値	L	Fc	quf
2	3	64	112
2	4	203	354
2	5	494	865
2	6	1025	1794
4	3	128	224
4	4	405	709
4	5	989	1730
4	6	2051	3587
6	3	192	336
6	4	608	1063
6	5	1483	2595
6	6	3076	5381

L　：　改良長（m）
Fc　：　必要設計基準強度（kN/㎡）
quf　：　現場で採取したコアの必要一軸圧縮強度；材令7日（kN/㎡）

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

5. 柱状改良支持力検討書

柱状改良支持力検討書の例

改良地盤の支持力検討書

本検討書は、(財)日本建築センター「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」に準拠して、改良地盤の検討評価を行う。

設計概要

改良径	Φ	0.8	m
改良長	L	4.50	m
w/c		60	%
固化材添加量		300	kg/m^3
使用固化材		特殊固化材	

I　改良地盤の許容応力度の算定

Fc	・改良体の設計基準強度	800	kN/㎡
Ap	・改良体のせん断応力度の作用する断面積	0.5024	㎡
n	・基礎底面部内にある改良体本数	2	本
Qp	・改良体1本あたりの水平加重	32	kN

I-1　許容圧縮応力度

常時：　fc=Fc/Fs=800/3=266　　fc=　266　kN/㎡

中地震時：　fc=Fc/Fs=800/1.5=533　　fc=　533　kN/㎡

I-2　許容引張り応力度

中地震時：　max(-0.2fc,(-2/3)qutmax)
=max(-0.2・266,(-2/3)・300)
=max(-106,-200)
=-106　　ft=　-106　kN/㎡

I-3　許容せん断応力度　　(改良体の内部摩擦角Φ=30°とする)

中地震時：　min(1/1.5・0.5Fc,1/1.5・0.3Fc+(Qp/Ap)tanΦ)
=min(1/1.5・0.5・800,1/1.5・0.3・800+(32/0.5024)tan30°)
=min(400,184)
=184　　fτ=　184　kN/㎡

表 1　改良体の各許容応力度

荷重レベル	安全率	許容圧縮応力度	許容引張り応力度	許容せん断応力度
	Fs	fc(kN/㎡)	ft(kN/㎡)	fτ(kN/㎡)
常時	3	266	—	—
中地震時	1.5	533	-106	184

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

Ⅱ　標準貫入試験による地盤調査データ

土質定数を定めるにあたり、調査データから地盤のN値や層厚を決定するが、安全を配慮した検討結果になるように、以下1）～4）に示す点を考慮する。

1）改良体周面地盤

1）-1　土質が砂質土や軟弱粘性土ではN値をゼロとする。

1）-2　地下水位は考慮しない。

1）-3　N値は実際の測定値より1マイナスの値をとり安全値する。

2）改良体先端地盤

2）-1　先端地盤の最大平均N値は安全を考慮して決める。

3）内部摩擦角

3）-1　内部摩擦角は「大崎の式」より算出する。

4）粘性土の一軸圧縮強度

4）-1　一軸圧縮強度は「テルツァギーの式」より算出する。

Ⅱ-1　地盤から決まる土質定数

上部地盤

$\overline{N}$	・改良体周面地盤の平均N値	2.00	
hi	・摩擦を考慮するN＞4の粘性土地盤の層厚	0.002	m
τd	・改良体の極限周面摩擦力度	0.0	kN/㎡
$\gamma 2$	・下部地盤より上の単位体積重量	16.0	kN/㎡

下部地盤

改良体先端地盤の土質		砂質土	
$\overline{N}$	・改良体先端地盤の平均N値	12	
c	・下部地盤の粘着力	0	kN/㎡
粘性土：c ＝ qu/2 ＝ 6.25N　　砂：c ＝ 0			
Φ	・下部地盤の内部摩擦角	30	°
粘性土：Φ＝ 0　　砂：$\Phi=15+\sqrt{(N\times 20)}$			
$\gamma 1$	・下部地盤の単位体積重量	17	kN/㎡

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

Ⅲ　常時荷重時における改良地盤の検討

建築センターの指針に基づき、改良地盤の鉛直支持力の検討、圧縮応力度のチェックを行う。鉛直支持力度は、改良地盤を複合地盤としてみた場合、単体の地盤としてみた場合の許容鉛直支持力を求め、小さいほうの値を鉛直支持力とする。

Ⅲ-1　鉛直支持力の検討

①下部地盤の極限鉛直支持力度

ic	改良地盤底面に作用する荷重の鉛直方向に対する傾斜角に応じた数値	1	
iq		1	
iγ		1	
Φ	・下部地盤の内部摩擦角	30	°
γ1	・下部地盤の単位体積重量	17	kN/㎡
γ2	・下部地盤より上の単位体積重量	16.0	kN/㎡
α	・改良地盤の形状による係数	1.2	
β	・改良地盤の形状による係数	0.3	
Nc	・地盤の内部摩擦角に応じた支持力係数	30.6	
Nγ	・地盤の内部摩擦角に応じた支持力係数	16.6	
Nq	・地盤の内部摩擦角に応じた支持力係数	18.9	
Bb	・改良体径	0.8	m
Df′	・基礎に近接した最低地盤面から下部地盤までの深さ	5.5	m

qd　・複合地盤として見たときの極限鉛直支持力度

$=ic \cdot \alpha \cdot c \cdot Nc + i\gamma \cdot \beta \cdot \gamma 1 \cdot Bb \cdot N\gamma + iq \cdot \gamma 2 \cdot Df' \cdot Nq$

$=1 \cdot 1.2 \cdot 0 \cdot 30.6 + 1 \cdot 0.3 \cdot 17 \cdot 0.8 \cdot 16.6 + 1 \cdot 16 \cdot 5.5 \cdot 18.9$

$=1730$

qd=　1730　kN/㎡

Ap	・改良体先端部の有効断面積	0.5024	㎡
ψ	・改良体の周長	2.513	m
τd	・改良体周面に作用する極限摩擦力度	0.0	kN/㎡
hi	・摩擦を考慮する地盤の層厚	0	m
Rpu	・改良体先端部の極限鉛直支持力	452	kN

$Rpu=75 \cdot 12 \cdot 0.5024=452$

粘性土：$6 \cdot c \cdot Ap$　　砂質土：$75 \cdot N \cdot Ap$

Ru　・改良体単体の極限鉛直支持力

$=Rpu+\psi \cdot \Sigma(\tau di \cdot hi)$

$=452+2.513 \cdot (0 \cdot 0)$

$=452$

Ru=　452　kN

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

②許容鉛直支持力度の算定

・複合地盤における許容鉛直支持力度

Ab	・改良地盤の底面積	1.62	㎡
τd	・改良体周面に作用する極限摩擦力度	0.0	kN/㎡
hi	・摩擦を考慮する地盤の層厚	0	m
Ls	・改良地盤の外周長	5.4	m
Af	・基礎スラブの底面積	1.62	㎡

qa1　・許容鉛直支持力度

=1/Fs{qd・Ab+Σ(τd・hi)・Ls}/Af
=1/3{1730・1.62+(0・0)・5.4}/1.62
=576.6　　qa1=　576.6　kN/㎡

・改良体を単体として見たときの許容鉛直支持力度

n	・基礎スラブ内にある改良体の本数	2	本

qa2　・許容鉛直支持力度

=1/Fs(n・Ru)/Af
=1/3(2・452)/1.62
=186　　qa2=　186　kN/㎡

qa　・改良地盤の許容鉛直支持力度

=min(qa1,qa2)
=min(576.6,186)
=186　　qa=　186　kN/㎡

③鉛直支持力度の検討

qa ≧ σe なら OK

186 ≧ 151.9　　判定　OK

Ⅲ-2 圧縮応力のチェック

σe	・接地圧	151.9	kN/㎡
ap	・基礎スラブ内の改良率	0.62	

qp　・改良体に作用する鉛直荷重度

=σe・μp
=σe・1/ap
=151.9・1/0.62
=245　　qp=　245　kN/㎡

許容圧縮応力度 ≧ qp なら OK

266 ≧ 245　　判定　OK

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

Ⅳ　中地震時における改良地盤の検討

中地震時の建物荷重を常時荷重の1.3倍として安全を見ることとした。
水平力を算定する際の層せん断力係数を0.2と設定した。

Ⅳ-1 鉛直支持力の検討

常時荷重の許容鉛直支持力を2倍して中地震時の許容鉛直支持力とした。

qa1	・複合地盤として見た改良地盤の許容鉛直支持力度	1153.2	kN/㎡
qa2	・改良体単体として見た許容鉛直支持力度	372	kN/㎡
qa	・改良地盤の許容鉛直支持力度	372	kN/㎡
qa ≧ σe なら OK		判定	OK

Ⅳ-2 圧縮応力度の検討

qp	・改良体に作用する鉛直荷重度	319	kN/㎡
許容圧縮応力度 ≧ qp なら OK			
533 ≧ 319		判定	OK

Ⅳ-3 水平支持力の検討

①曲げモーメントの算定

ΣW	・改良体にかかる総荷重	319.9	kN
ci	・層せん断力係数	0.2	
n	・基礎スラブ内にある改良体の本数	2	本
Qp	・改良体1本当たりに作用する水平荷重		
	=ΣW・ci/n		
	=319.9014・0.2/2		
	=197.47	Qp= 197.47	kN
α	・係数	4	
EO	・地盤の変形係数	1400	kN/㎡
b1	・水平荷重加力直角方向の改良体幅	80	cm
kh	・水平方向地盤反力係数の算定		
	=(1/30)・α・EO・(b1/30)^-3/4・10^2		
	=(1/30)・4・1400・(80/30)^-3/4・10^2		
	=8945.2	8945.2	
RMO	・改良体頭部曲げモーメント係数	0.250	
RMmax	・地中部最大曲げモーメント係数	0.495	
β	{kh・b1/(4・Ep・Ip)}^(1/4)	0.886677	m^{-1}
Z	β・L=Z	4.0	

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

基礎スラブと改良体頭部との固定度は0.25とする。

MO	・改良体頭部に作用する曲げモーメント	1.62	kN・m

=(Qp/2・β)・RMO
=(197.47/2・0.88667686139497)・0.25
=4.512

Mmax	・地中部に作用する最大曲げモーメント	8.94	kN・m

=(Qp/2・β)・RMmax
=(197.47/2・0.88667686139497)・0.495
=8.94

改良体に作用する曲げモーメント
MOとMmaxの内大きい値を採用する　Md　8.94　kN・m

②縁応力度の検討

q	・基礎スラブ内の平均荷重度	197.47	kN/㎡
ap	・基礎スラブ内の改良率	0.62	
b2	・水平荷重加力方向に平行な改良幅	0.8	m
Ip	・改良体の断面二次モーメント	0.0201	m^4
σmax	・縁応力度(圧縮側)	496.4	kN/㎡

=(q/ap)+Md/(2・Ip/b2)
=(197.47/0.62)+8.94/(2・0.0201/0.8)
=496.4

σmin	・縁応力度(引張り側)	140.5	kN/㎡

=(q/ap)-Md/(2・Ip/b2)
=(197.47/0.62)-8.94/(2・0.0201/0.8)
=140.5

σmax ≦ fc であれば OK
496.4 ≦ 533　判定　OK

σmin ≧ ft であれば OK
140.5 ≧ -106　判定　検討無し

③せん断応力度の検討

χ	・形状係数	1.33	
Ap	・水平力の作用する改良体の断面積	0.5024	㎡
τmax	・断面に作用する最大せん断応力度	84.7	kN/㎡

=χ・(Qp/Ap)
=1.33・(197.47/0.62)
=84.7

τmax ≦ ft であれば OK
84.7 ≦ 184　判定　OK

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

柱状改良工事写真

① 着工前全景

⑤ ロッド検尺

② 使用機械（ベースマシーン）

⑥ 攪拌ビット検尺

③ 使用機械（小型バックホウ）

⑦ 杭芯セット

④ 使用機械（ジェットミキサー）

⑧ 改良深度検尺

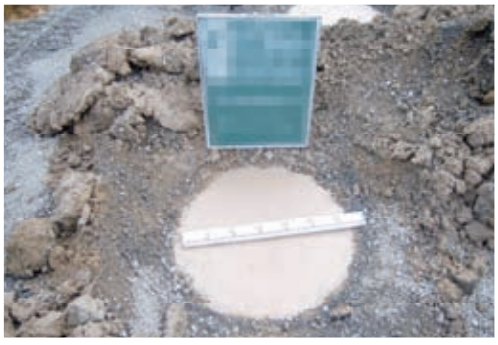
Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

⑨ 混合撹拌

⑬ 材料検収

⑩ 再混合撹拌

⑭ 空袋



⑪ 杭頭部検尺

⑮ 供試体採取

⑫ 杭芯通り確認

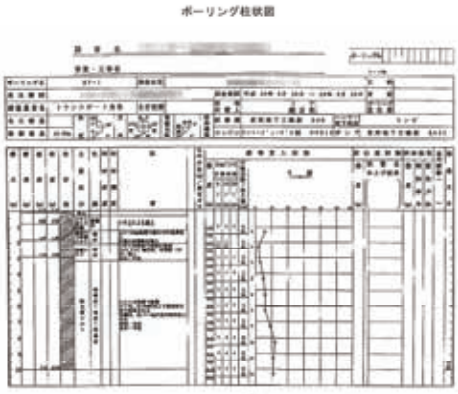
⑯ 完了全景

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

標準貫入試験（ボーリング調査）～工事写真と柱状図

調査ポイント写真

土質柱状図



Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

スウェーデン式サウディング試験～工事写真と調査データ

調査ポイント写真

調査データ

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.

cor.po.ra.tion
TRANS PORT'鳥取
TTC

トランスポート鳥取 株式会社

〒689-1122　鳥取県鳥取市船木 117-1
TEL.0857-53-2001 FAX.0857-53-2819
URL.http://www.ttcttc.jp

Copyright©2009 TTC.Co.,Ltd All right reserved.