

国土交通省 NETIS KT-15002-A
建築技術証明 GBRC 第11-06号 改2
防災安全協会 DPSA 第E-0038号

圧密地盤改良 SST 工法の要点

平成28年2月

株式会社エスエスティー協会
技術開発部

はじめに

圧密地盤改良 SST 工法はセメント系固化材を用いた柱状改良であるが粉体系置換式締固め工法であり、スラリー系混合処理工法とは全く異なる工法である。従って設計をはじめ、施工・品質・性能はもとより、施工管理・品質管理も異なっているが、設計機関、確認機関、的確判定機関等(以下関係機関と言う)では(財)日本建築センター発行の「改訂版・建築物のための改良地盤の設計および品質管理指針(以下建築センター指針と言う)」を参照していることが多い。

しかし、センター指針はセメント系固化材を用いたスラリー系の混合処理工法についての指針であり、このことはセンター指針 P13・1.1 適用範囲【解説】で示しており、工法が異なる場合は別途、必要な検討を行うこととなっている。

必要な検討を行うためには SST 工法と既存工法との相違点を正しく理解して頂くことが重要と考え、本「圧密地盤改良 SST 工法の要点」を参照資料としてまとめた。

尚、SST 工法は(財)日本建築総合試験所(以下 GBRC と言う)の建築技術証明書を取得しており、設計、施工管理、品質管理は道路橋示方書IV下部構造編および建築センター指針に準拠している。

目 次

第 1 章 総論	
1.1 開発の趣旨	1
1.2 適用範囲	1
第 2 章 技術	
2.1 工法の相違点	2
2.2 SST 工法の特徴	3
第 3 章 施工	
3.1 SST 工法の施工手順	5
3.2 施工の解説	6
第 4 章 施工管理	
4.1 施工資格	11
4.2 施工概要	12
4.3 施工管理基準	15
第 5 章 品質試験	
5.1 品質試験の目的	18
5.2 品質試験方法の選択	18
第 6 章 SST 工法の用途	
6.1 建築構造物の基礎地盤の補強	23
6.2 抑止杭 SST コラムを用いた抑止杭	23
6.3 土留め支保工	24
第 7 章 品質保証	
7.1 施工管理体制と施工技術教育	25
7.2 工事補償	26

第1章 総論

地盤改良技術の柱状改良工法で築造される改良体に求められる性能は「支持力」と「圧縮強度」であり、付随的に「曲げ応力度」と「引張り応力度」となる。この要求性能に対応するためには改良体の連続性と圧縮強度のバラつきが重要な課題となる。これらの要求に対応する技術として SST 工法は開発されました。

1.1 開発の趣旨

一般的な柱状改良工法にはセメント系固化材(以下固化材と言う)を水で混合したスラリーを用いる湿式工法と固化材を粉体のまま用いる乾式工法があるが、現在主流をなしているスラリー工法で築造された改良体(以下コラムと言う)の設計基準強度は 1300 k N/m²前後であると共に、コラム先端に堅固な支持地盤を必要としているので、適用地盤、適用建築構造物の範囲が狭くコストバランスも良いとはいえない。SST 工法はこれらの課題を解決するために、各土質とも設計基準強度が 2300 k N/m²以上のコラムを築造することと、コラム先端に堅固な支持地盤を必要としないコストバランス良い高品質、高支持力のコラムを築造することを意図として技術開発を行った。

1.2 適用範囲

適用範囲は以下に示す。

1.2.1 用途

建築構造物の基礎地盤の補強

- (1) 建築構造物の基礎地盤の補強【長期接地圧が 300 k N/m²以下】
- (2) 液状化対策
- (3) 地滑り対策、河川堤防補強等に伴う抑止杭
- (4) 土止め支保工、配管ラック、看板、標識等の柱脚補強、他

1.2.2 適用地盤

砂質土、粘性土、ローム、有機質土(高有機、腐植土含む)ただし、下記地盤は適用範囲外

- (1) 削孔内の流水に対して止水処理が不可能な地盤
- (2) 削孔内の孔壁崩落対策が不可能な地盤
- (3) pHが 4 以下の酸性地盤
- (4) 産業廃棄物等が堆積している地盤
- (5) 施工障害となる地中埋設物の存在する地盤

1.2.3 改良深度

施工地盤面より 10.5m以内

第2章 技術

柱状改良工法を大別すると原地土をコラムの材料の一部として使用する工法と原地土を処分して全く異なる材料(例：割栗コンクリート・砕石等)でコラムを築造する工法(置換式)もあるが、ここでは固化材を用いて原地土を材料として使用する工法について記述する。

2.1 工法の相違点

柱状改良工法におけるスラリー系の湿式工法と粉体系の乾式工法との物理的基本原理の相違点を表 2.1 に示す。

表 2.1 一般的な小口径柱状改良工法のコラム寸法

項目	SST 工法	乾式工法	湿式工法
置換	有	有	無
固結	粉体固化材	粉体固化材	スラリー状固化材
締固め(圧密)	有	有	無(攪拌)
圧密排水	有	不明	無
周辺地盤補強	周辺地盤の圧密補強	無	無
曲げ強度補強	可	無	可

私見

上記表で示すとおり、スラリー系は固化材の固化力を用いているが粉体系および SST 工法は締固め力と固化材の固化力を用いている。従って、湿式工法では原地土とスラリー混合する攪拌機構、乾式では締固め機構の性能がコラムの強度および品質に大きく影響する。また、コラムの支持力は先端地盤の支持力度とコラム周面の摩擦力およびコラムの出来形と圧縮強度等で決まるが、同じ乾式工法でも圧縮強度等では大きな差が発生する。これは、締固め機構が物理的に役目を果たしていないか、施工マニュアルに不備があると、推定できる。

このことから、同じ基本原理を用いる工法でも、各改良工法によってコラムの性能および品質は大きく異なり、同一ではないと判断できる。これは湿式工法でも同じである。よって、各工法の施工管理基準、品質管理基準、品質試験は勿論のこと、施工技術者の熟練度が重要な課題となるが、施工管理、品質管理は技術性能証明証等で公開されているので確認できるが、施工技術者の熟練度に関しては情報を得ることが難しい。

また、技術審査機関のなかには「熟練工で行う技術は技術審査証明の対象にはならない」とする風潮が審査機関および審査官にあると聞き及ぶが、数メートル離れただけで異なる地層を相手にする地盤改良工事に従事する施工技術者に求められるのは地盤、地層、地質等に関する知識と経験であり、施工マニュアルに沿った熟練度である。

2.2 SST 工法の特徴

SST 工法の特徴は『強い圧縮強度』と『高い支持力』のコラムを築造することと、強固な支持地盤を必要としないところから摩擦反力杭と呼ばれているが、基礎と剛構造で一体化してないので分類的には杭(パイル)ではなく改良体(コラム)となる。但し、SST 工法で築造されるコラムは、鉄筋、鉄骨をいれて杭として用いることも可能である。

2.2.1 SST 工法の基本原理

- ・地盤は『土粒子』と『水』と『空気』で構成されており、地盤から『水』と『空気』を抜くと礫になり、礫をさらに圧縮すると『石』なる
- ・コラムの摩擦力とは便宜上使われている言葉で正確には反力による拘束力となる

上記□に示した原理を機械的、技術的に再現したのが SST 工法である。

再現方法

- ・約 500~1900kN/m²の力で鉛直方向に圧密を行い、水と空気を抜き、セメント系固化材(以下固化材と言う)で固化させる
- ・約 400kN/m²の力で水平方向に圧密を行い、コラムを拡張させ周面地盤を固めると共に反力を高め強い拘束力を発現させる

2.2.2 コラムの仕様

(1) コラムの材料

SST 工法：掘削土+追加砂+固化材

(2) コラムの寸法

【単位 mm】

オーガ径	コラムの設計径	コラムの実測値
300	400	400~1000
400	500	500~1100
500	600	600~1100
600	700	700~1100

【註】 SST 工法で築造されるコラムは鉛直方向と共に水平方向に締め固められるところから軟弱地盤ほど改良径が大きくなり、最大では1mを超えることもあるが設計径としては安全を考慮して実測値の最小値としている。

(3) コラムの設計基準強度

2300~6000kN/m²

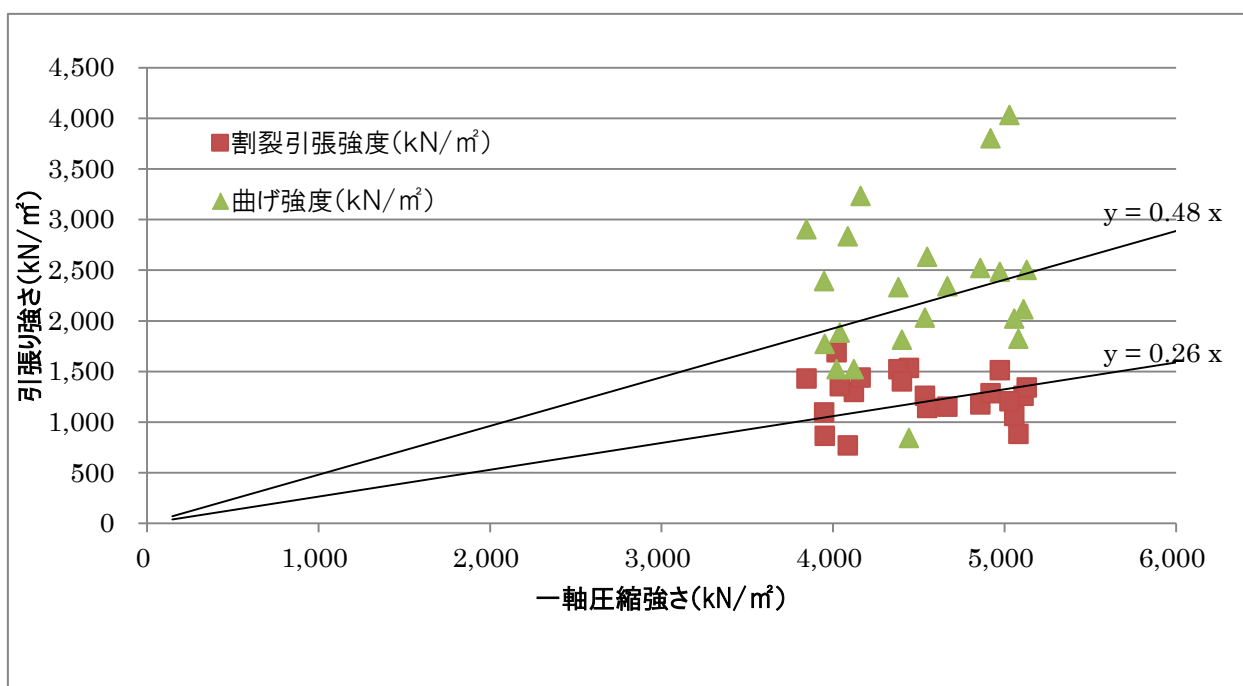
【註】 上記数値は許容応力度法および抜き取り箇所数による合格判定係数を考慮している数値であり設計基準強度(F_c)として用いることが出来るが、2400 kN/m²を超える場合は事前配合試験が必要となる。

(4) コラムの曲げ応力度

試験値 0.4877 設計値 0.48

(5) コラムの引張り応力度

試験値 0.2664 設計値 0.26



注】 上記数値は 27 供試体の実験値である。

(6) 支持力

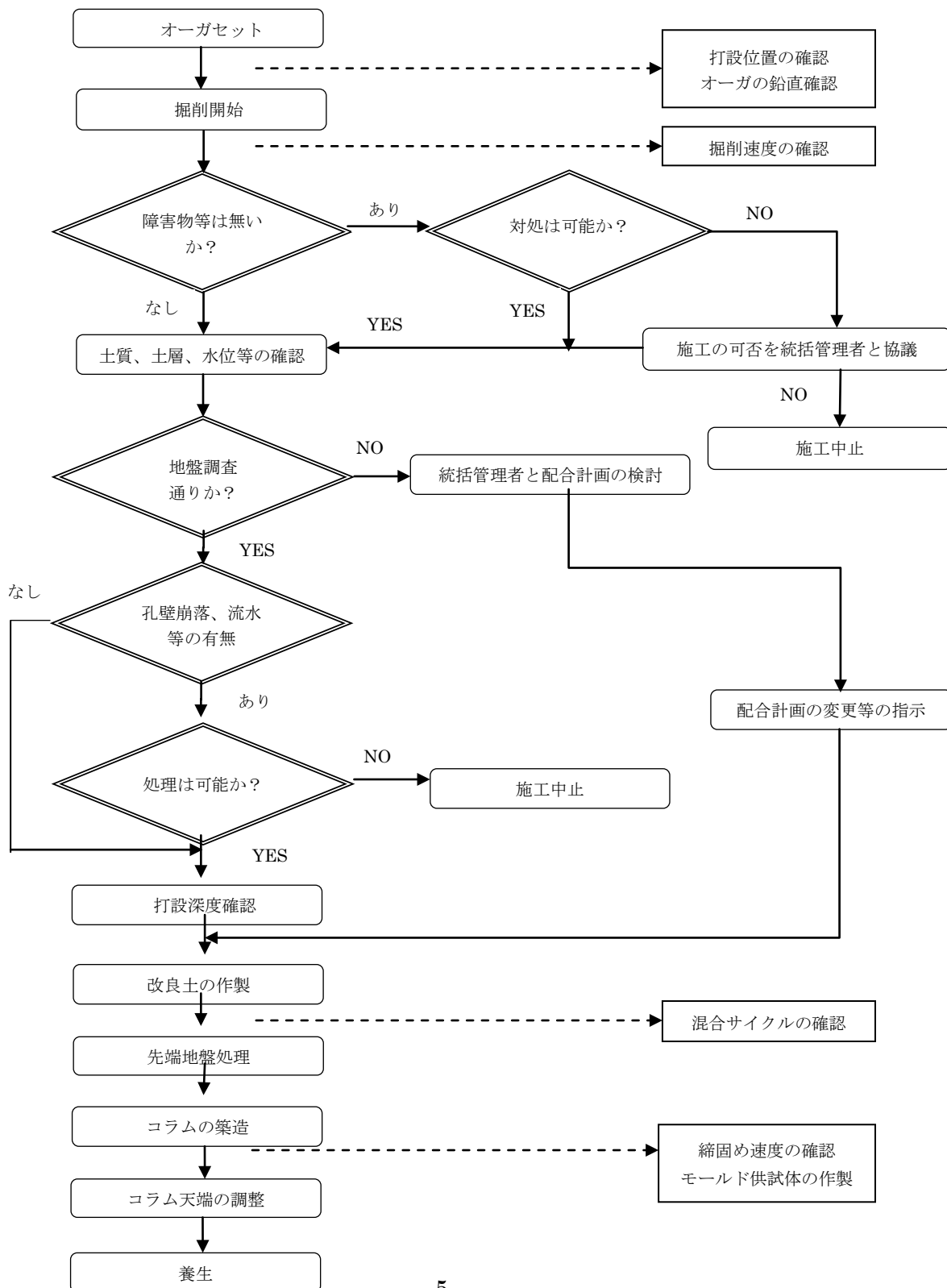
コラム径(mm)	適用支持力(k N/本)	最大支持力(k N/本)
400	120	150
500	150	180
600	220	280
700	300	350

注】 適用支持力、最大支持力とは自主規制で定めた数値であり、適用支持力は品質管理としてモールド供試体の圧縮強度の確認で行い、それを超える支持力を用いるときは圧縮強度の他に杭の押込試験による支持力確認を行う。

第3章 施工

3.1 SST工法の施工手順

SST工法の施工手順を図に示す。

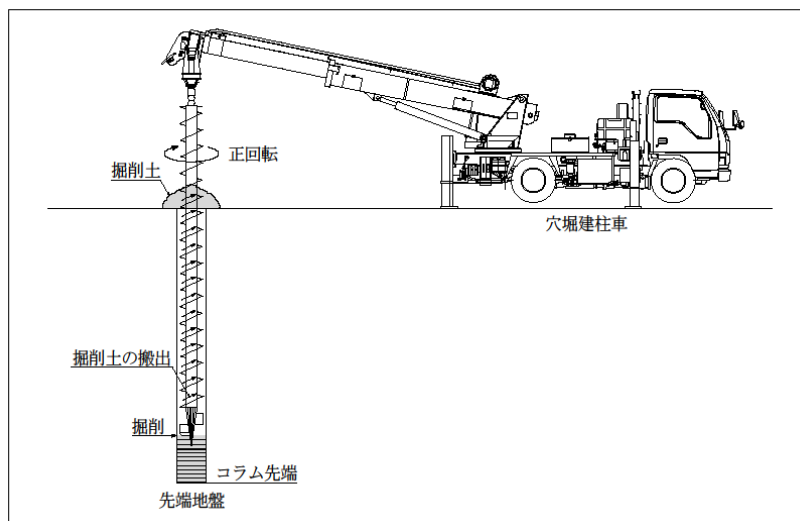


3.2 施工の解説

本施工における重要な施工項目を手順に沿って図で説明する。

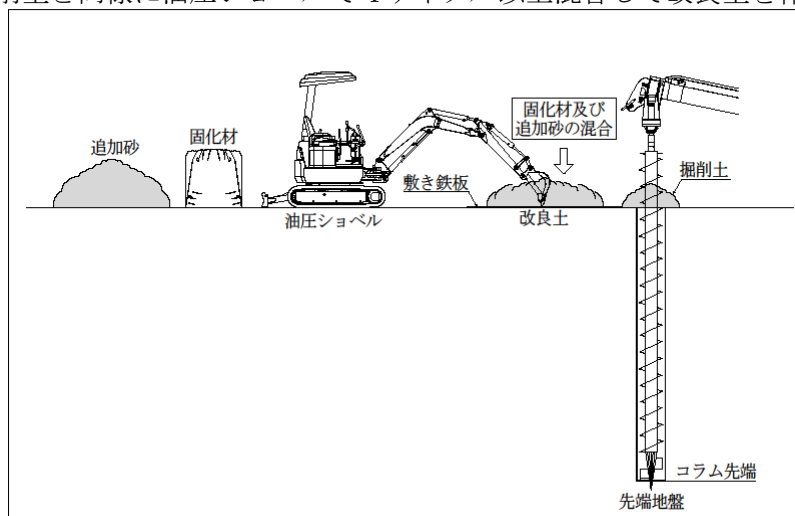
3.2.1 掘削

鉛直ブレード（A・B）で 100mm 以上の土塊が発生しないように、オーガの掘削速度を 1 回転あたり 100mm 以下の正回転で掘り進み、掘削した原地土を水平ブレードで地上に搬出しながら計画深度まで掘り進む。この際に土層土質、不適物、水位等を確認するとともに試験打設の結果と比較しながら掘削を行う。



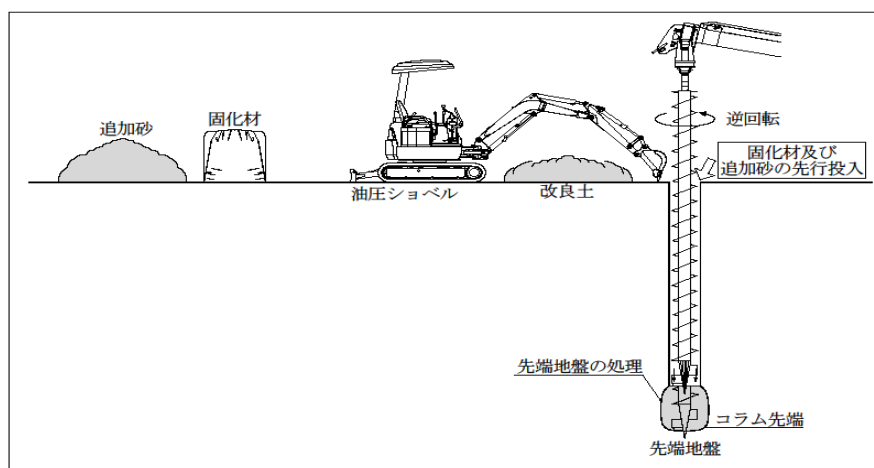
3.2.2 改良土作製

掘削土の体積を油圧ショベルのバケットで 10 杯(0.6 m³)を目安として計量し、これを敷鉄板上で 4 サイクル以上混合する。混合した掘削土に所定量の固化材と追加砂を加え、掘削土と同様に油圧ショベルで 4 サイクル以上混合して改良土を作製する。



3.2.3 先端地盤処理

掘削完了後オーガを引き抜き目視で孔壁の自立、孔内水位等の確認を行う。次に先端地盤のスライム等を処理するために固化材と追加砂の量を表 4.3.3 の早見表から確定し、先行投入を行なう。次に削孔に戻したオーガで攪拌(逆転 10 回、正転 10 回、逆転 10 回以上)を行い、逆回転で締固めて先端地盤の処理を行う。



スライム処理早見表

スライム深度H(m)	$H < 5.0$	$0.5 \leq H \leq 1.0$	$1.0 < H \leq 1.5$	$1.5 < H \leq 2.0$	$2.0 < H$
スライム量(m ³)	0.08	0.16	0.24	0.32	崩落対策
追加砂量(m ³)	0.03	0.06	0.09	0.12	崩落対策
固化材量(kg)	20~40	40~80	80~120	120~160	崩落対策

*なお、孔壁崩落、流水等が確認された場合は仮打設工法か攪拌工法により対処する。

①仮打設工法

仮打設工法とは所定の追加砂と固化材を削孔内に先行投入し、オーガの逆転により崩落層以深まで攪拌した後に、改良土を投入して崩落以浅まで締固めて仮コラムを築造し、概ね 1~2 時間後に仮コラム面の頭部中央から再削孔を行い、削孔を自立させる工法を言う。

②攪拌工法

攪拌工法とは所定の追加砂と固化材を先行投入して攪拌(逆転 10 回、正転 10 回を 3 回以上)を行い、締固めを行わずに概ね 1~2 時間後に再削孔を行ない削孔を自立させる工法を言う。

③配合量

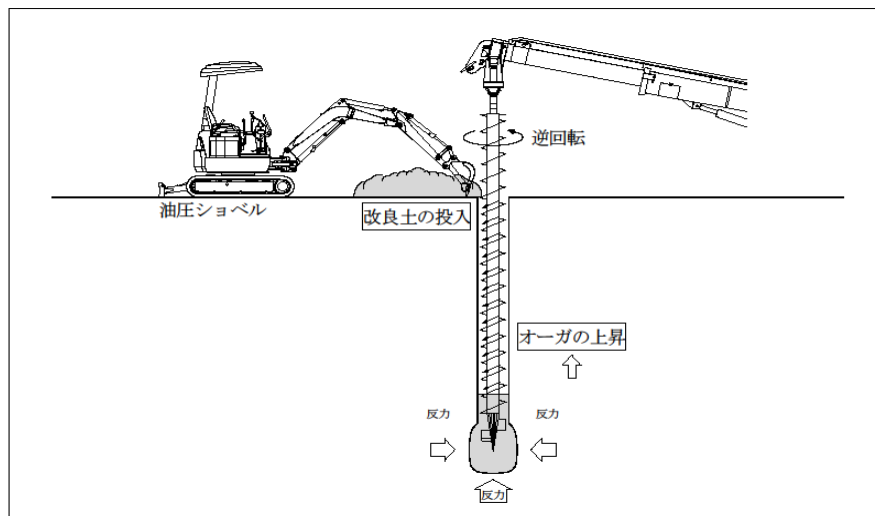
追加砂は崩落土量に対して配合計画比と同量、固化材は配合計画量の 50~70%を目安とし、コラムを再築造する時に残りの固化材(30~50%)を配合する。

3.2.4 改良土の投入

先端処理終了後、混合された改良土を逆回転している水平ブレードに徐々に載せ、先端の鉛直ブレードに送り込んでいく。

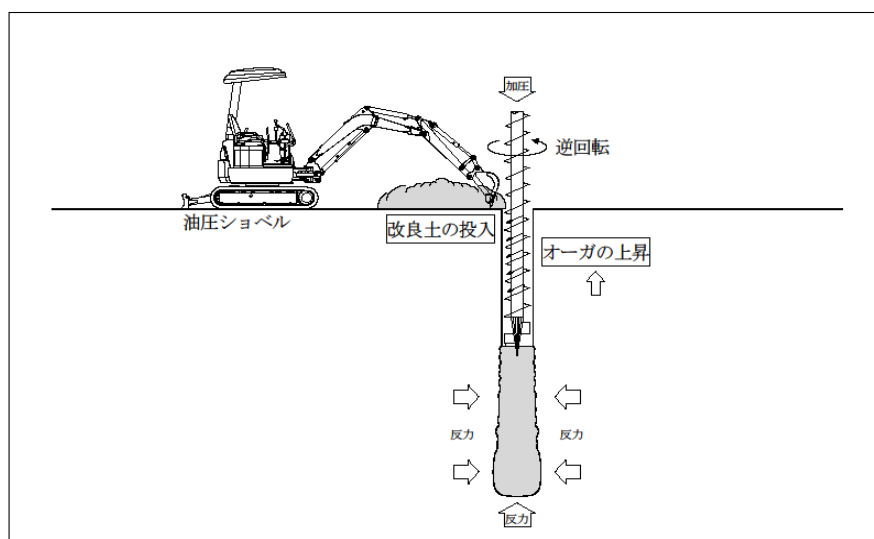
* 水平および鉛直方向への締固め

搬入された改良土は鉛直ブレードで鉛直方向と水平方向に締固められ、コラムが築造されていく。そして水平鉛直方向への締固めが限界に達するとオーガは締固められた反力で徐々に上昇を始める。



3.2.5 コラムの築造過程

常に加圧状態にあるオーガが締固めた先端地盤の反力で上昇し始めるが、その上昇速度は、軟弱層では水平方向の締固めに時間がかかり上昇速度は遅くなるが、逆に締まった層では少し早くなる。



3.2.6 築造の完了

オーガが規定の高さまで上昇すると締固めの完了となり、ヘッド調整器具でコラムの高さを調整してレベルで確認後、養生覆土を行い、コラムの築造の完了となる。

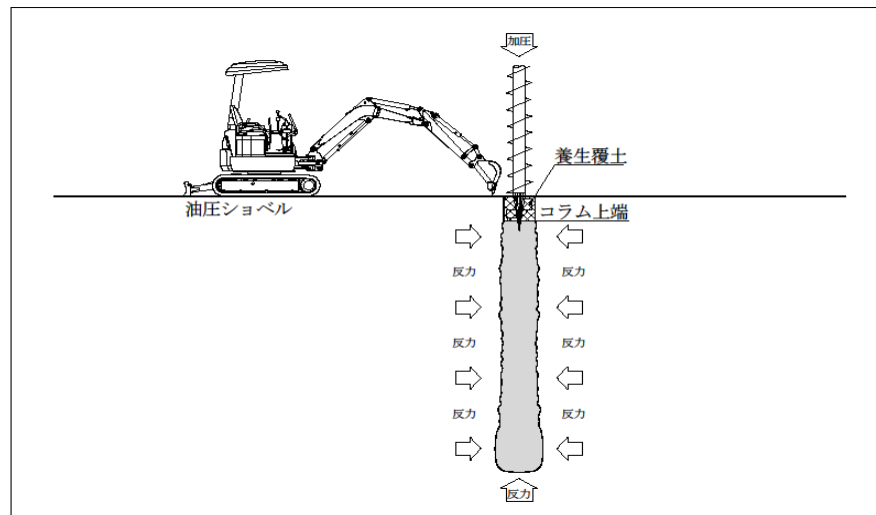


図 4.3.8 コラム築造の完了

☆残土

*発生残土

SST 工法は基本的に残土が発生しない工法であるがコラムの材料として相応しくない不適土および高強度のコラムが要求される場合は土質によって半置換、全置換とすることがある(ローム、高有機土等)

*みかけ残土

みかけ残土とは施工地盤面よりコラム天端が低いときに発生する解し土のことで、コラムと埋戻し土との区切りに砂をいれることと、コラム天端から施工地盤面までの間を掘削した解し土で埋め戻すことによって残る土をいう。従って計算上の残土処分量が増えるわけではない。

3.2.7 配合計画

一般的に、配合計画は事前に行う室内配合試験で得た結果数値に割増し係数乗じて定められるが、SST 工法では原地土に砂を加えて混合し、均一にすることと、施工実績からまとめられた施工実績配合表で配合計画を行うこととしている。但し、施工実績の無い地域または不足している地域は室内配合試験結果で配合計画を行うものとする。

表 3.2.1 施工実績配合表(砂質土) (k N/m²)

掘削土：追加砂	150kg/m ³	175kg/m ³	200kg/m ³
1：1	4200	5800	7500
2：1	4000	5300	7300
3：1	3300	4900	6500
4：1	2800	4700	5100

表 3.2.2 施工実績配合表(粘性土) (k N/m²)

掘削土：追加砂	150kg/m ³	175kg/m ³	200kg/m ³
1：1	2600	3900	5200
2：1	2200	3100	4800
3：1	1800	2200	4600
4：1	1600	1900	4100

表 3.2.3 施工実績配合表(ローム) (k N/m²)

掘削土：追加砂	150kg/m ³	175kg/m ³	200kg/m ³
1：1		2100	4200
2：1【33%】		1600	2800

表 3.2.4 施工実績配合表(有機質土) (k N/m²)

掘削土：追加砂	150kg/m ³	175kg/m ³	200kg/m ³
1：1		3000	4800
2：1		2100	3600

【註】表の各数値は実際に施工を行った現場の供試体の一軸圧縮強度平均値を示す。

解説

表に示す施工実績数値が固化材メーカーの技術資料に示されている数値より大幅に大きいことと、室内配合試験の結果数値より大きいのが SST 工法の特徴である。(建築技術性能証明)

第4章 施工管理

地盤改良工事において施工管理はコラムの強度を含め、品質に関わる最も重要な項目のひとつであり、全ての工法には施工管理基準(施工マニュアル)が定められている。

例えば、スラリー工法であれば水の添加量をはじめ1mあたりの攪拌回数(羽切回数)と攪拌方法(サイクル)、改良深度、流量等を管理することになっており、SST工法においても様々な管理項目と管理方法が定められている。

4.1 施工資格

SST工法協会は、SST工法の施工技術の再現性とコラムの品質を保つために講習制度を設けて、研修マニュアルに基づき教育を行い、適格者に講習修了証を発行する。

4.1.1 資格

工事に必要な資格を以下に示す。

- (1)統括管理者 (設計、施工計画、施工指導、情報管理等を行う資格)
- (2)施工管理者 (施工管理、品質管理、情報管理、安全管理等を行う資格)
- (3)施工技術者
 - 1)第一種施工技術者 (施工管理者の管理指導下で建柱車と油圧ショベルを運転できる資格)
 - 2)第二種施工技術者 (第一種施工技術者の業務に加え、マニュアル範囲内の施工管理が行える資格)
 - 3)第三種施工技術者 (第二種施工技術者の業務に加え、実地研修を行える資格)
- (4)作業技術者 (油圧ショベルの運転を行う資格)
- (5)作業員 (手元作業、補助作業を行う資格)

4.1.2 施工班の構成

施工班の構成と役割を以下に示す。

(1)管理担当者

統括管理者：設計、施工、品質、情報等施工全般に亘る統括管理を行う。

施工管理者：施工、品質、安全等について現場において直接的に管理を行う。

(2)施工担当者

施工技術者：建柱車の操作および油圧ショベルの操作を行う。

作業技術者：油圧ショベルの操作を行う。

作業員：オーガのケレン作業と不適物除去作業など手元作業と資材運搬などの補助作業を行う。

4.2 施工概要

SST 工法は、地盤調査不足やミスをはじめ地層の変化や土質変化等による不同沈下等事故を発生させないために施工時の確認事項を定めている。

4.2.1 施工手順

SST 工法における施工手順のフローを図 4.2.1 に示す。

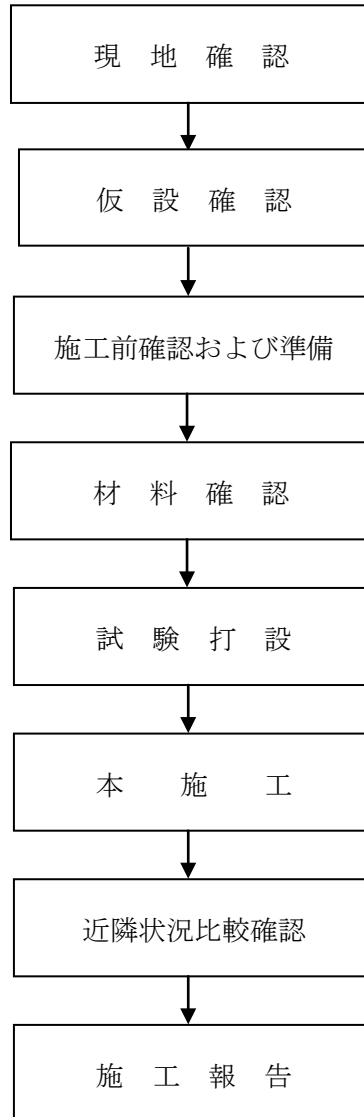


図 4.2.1 施工手順のフロー

4.2.2 試験打設

試験打設は、建物の4隅および中央部に近い本設コラムの合計5箇所以上で実施することとし、さらにコラム50本を超える毎に1箇所以上を追加する。

表 4.2.1 試験打設時の確認事項

確認項目	確認事項と対処方法
土質土層の確認	土質ごとにサンプルを採取し、土質土層等が情報と大きく異なる場合は統括管理者に報告し、統括管理者の指示を受ける
改良深度の確認	削孔底部を計測し、コラム先端地盤が情報と異なる場合は統括管理者に報告し、統括管理者の指示を受ける
水位の確認	水位を計測し水量が処理範囲か確認する 流水の場合は止水対策工事を行い、止水が可能か確認する 止水が不可であれば施工を中止し、統括管理者へ報告する
孔壁崩落の確認	崩落箇所、崩落量を確認し、崩落対策工事範囲か確認する 崩落対策が不可であれば施工を中止し、統括管理者へ報告する
先端地盤の確認	削孔底部にあるスライム量および残水を計測して、先端処理が可能な範囲かを確認する
追加砂量の確認	土質等を確認し、砂の配合量が計画通りで良いか確認する 追加砂の配合量が配合計画と異なる場合は統括管理者に報告し、統括管理者の承認を受ける
固化材配合量の確認	土質等を確認し、固化材の配合量が計画通りで良いか確認する 追加砂が計画量と異なる場合は統括管理者に連絡し、固化材の配合量の指示を受ける
改良土の作製確認	良質な改良土を作製するのに、必要なサイクル数（ ≥ 4 ）を確認する (1サイクルとはカッティング・ミキシング・クラッシングの3工程を言う)
地中内埋設物の確認	撤去できない地中埋設物を確認したときは、ただちに施工を中止し統括管理者に報告する。統括管理者は発注者に報告しその対処をもとめる 地中埋設物が有害物質等であった場合は、ただちに施工を中止し監督官庁および発注者・統括管理者に連絡する
不適物の確認	ゴミ、ガラ、有機物等の不適物等はコラムに混入しないように除去する 除去できない不適物、障害物等が確認された場合は統括管理者に報告し、統括管理者の指示に従う
コラム先端地盤の確認	コラムの先端地盤の土質が地盤調査結果と異なる場合は統括管理者に報告し、統括管理者の指示に従う
供試体の作製	品質管理のためのモールド供試体を作製する

4.2.3 本施工

本施工時の確認事項等を表 4.2.2 に示す。

表 4.2.2 本施工時の確認事項

確認項目	確認事項
打設位置の確認	オーガ先端位置と打設位置のズレ寸法が $\pm 20\text{mm}$ 以内であることを確認する。
掘削時の確認	オーガの鉛直が 1/100 以内であることを確認する。 掘削速度が 100mm/回転以下であることを確認する。
掘削深度の確認	掘削深度を示すオーガのマーキングで掘削深度を確認する。 掘削深度が計画値より 0~100mm 以内であることを計測確認する。
削孔の自立	孔壁崩落、流水等の有無を確認し、削孔の自立を確認する。
改良土の作製	試験打設の結果に基づき改良土を作製する。
先端地盤処理	スライム量、孔内水位等の確認を行った後に先端地盤のスライム等 を処理するための固化材と追加砂を配合計画に示す配合比で先行投 入し、削孔に戻したオーガで攪拌処理(逆転 10 回、正転 10 回、逆転 10 回以上)を行う。
締固め	オーガが地盤の反力で自然上昇をしているか常に確認する 締固め時のオーガの上昇速度が 150mm/回転以内であることを常に 確認する。 締固め時のオーガが 150mm/回転を超えた場合はその区間の 1m以 深から締固めをやり直す。(試料土採取箇所も同様)
供試体の作製	コラムから改良土を採取し、品質確認のためのモールド供試体を本 工法が定める基準で作製する。 作製したモールド供試体は、ビニール袋等で密封して所定のクーラ ーボックス入れ、速やかに試験室へ搬送する。
コラムの頭部調整	コラムの頭部は調整用オーガで転圧するか、タンパーで締固める。 コラム天端レベルが $\pm 50\text{mm}$ 以内に収まっていることを確認する。
コラムの芯ズレ	コラムの中心位置と設計位置とのズレを計測し基準値($\pm 100\text{mm}$ 以 内であることを確認する。
コラムの養生	打設したコラムの頭部を砂で覆って、養生を行ったか確認する
管理記録	打設終了箇所ごとに(打設箇所、削孔時間、追加砂量、不適物、問 題点、対処方法)等を施工管理シート 1~3 に記載する。

4.3 施工管理基準

4.3.1 施工管理概念

SST 工法の大きな特徴は原地盤の土質・水位・孔内崩落等の確認および改良土の混合状況やコラムの築造過程が、目視確認ができるところにある。従って SST 工法では人的管理が基本となり、統括責任者の指揮のもとに現場では施工管理者と施工技術者と作業技術者が共同で施工管理を行うこととなる。その役割分担を表 4.3.1 に示す。

表 4.3.1 役割分担表 (◎管理責任者 ○管理担当者)

管理項目	施工管理者	施工技術者	作業技術者
①固化材			
搬入量管理	◎	○	
品質管理	◎	○	
保管管理	◎		○
配合量管理	◎	○	○
②砂			
搬入量管理	◎	○	
品質管理	◎	○	
保管管理	◎		○
配合量管理	◎	○	○
③改良土			
配合量管理	◎	○	○
混合回数管理	◎	○	○
④施工上の管理			
不適物混入防止	◎	○	○
不適土混入防止	◎	○	○
固化材配合量管理	◎	○	○
追加砂配合量管理	◎	○	○
⑤技術的管理			
削孔管理	◎	○	○
締固め管理	◎	○	○
⑥総管理			
施工管理シート	◎	○	
安全管理	◎	○	○

4.3.2 施工管理基準

本工法における管理項目、管理基準値および対処方法、記録方法を以下に示す。

(1) 施工前管理基準

施工前の管理基準を表 4.3.2 に示す。

表 4.3.2 施工前管理基準

管理項目	管理手法	管理値	対処方法	業務担当	記録
①設計関連					
設計 GL 確認	立会・設計図照合	設計値	統括管理者指示	施工管理者	写真
打設位置確認	設計図照合	設計図通り	統括管理者指示	施工管理者	打設図
打設数確認	設計図照合	設計図通り	統括管理者指示	施工管理者	打設図
改良深度確認	設計図照合	設計図通り	統括管理者指示	施工管理者	打設図
コラム天端確認	設計図照合	設計図通り	統括管理者指示	施工管理者	打設図
②固化材					
搬入量管理	数量の照合	計画書通り	追加・返品	作業技術者	納品書・写真
品質管理	品番確認	計画書通り	追加・返品	作業技術者	納品書・日誌
保管管理	養生	納品後 7 日以内	交換	作業技術者	納品書・日誌
③追加砂					
搬入量管理	数量の照合	計画書通り	追加・返品	作業技術者	納品書・写真
品質管理	分析表	粒径 20mm 以内 細粒分 20%以内	交換	施工管理者	分析表
保管管理	養生	飛散、流出防止	養生補強	施工管理者	日誌・写真
④機器					
オーガ径	計測	±10mm 以内	交換、修理	施工技術者	写真
オーガ長	計測(マーキング)	+ 100mm	再計測	施工技術者	写真
計測器	設置位置	適正	調整(定期点検 1 年)	施工技術者	写真
建柱車の設置	水平器	水平	調整	施工技術者	日誌

(2)施工管理基準

施工時の施工管理基準を表 4.3.3 に示す。

表 4.3.3 施工管理基準

管理項目	管理手法	管理値	対処方法	業務担当	記録
①掘削					
位置の管理	逃げ芯からの距離計測	±20mm	修正	施工管理者	日誌、竣工図
オーガの鉛直	トランシット	1/100 以内	修正	施工管理者	日誌
掘削速度	ブレードの観測	100mm/回転以内	再掘削	施工技術者	管理シート
サンプリング土	土質ごとの採取	蓋付き容器	再採取	作業技術者	写真、現物
不適物	撤去の確認		統括管理者指示	作業員	日誌
不適土	廃土の確認		統括管理者指示	作業技術者	写真
掘削深度	計測	計画深度+200mm 以内		施工管理者	写真、管理シート
削孔の自立	計測と目視	崩落、止水対策		施工管理者	写真、管理シート
②改良土					
掘削土の計量	バケット数で計量	計算値との比較	配合量の変更	作業技術者	日誌
掘削土の混合	バケットで混合	4 サイクル以上	追加混合	作業技術者	日誌
追加砂の配合	バケット数で計量	配合計画値以上	統括管理者報告	作業技術者	管理シート
固化材の配合	計量容器	配合計画値以上	統括管理者報告	作業技術者	管理シート
混合	バケットで混合	4 サイクル以上	追加混合	作業技術者	日誌
改良土	目視および触覚		追加混合	施工管理者	日誌
③先端処理					
スライム	計測	2m以下	再掘削	施工管理者	写真
スライム処理	砂と固化材で攪拌処理	攪拌数(逆 10、正 10、逆 10 回転以上)	追加攪拌	施工技術者	日誌
④締固め					
締固め速度	ブレード観測	150mm/回転以下	調整	施工技術者	日誌
締固め状況	打設機の反力上昇	常時	再締固め	施工技術者	管理シート
コラムの高さ	レベル計測	±50mm 以内	統括管理者指示	施工管理者	管理シート
コラムの位置	逃げ芯から距離計測	±100mm 以内	統括管理者指示	施工管理者	管理シート
⑤モールド供試体					
採取位置	採取器で採取		再採取	作業員	
添加水	モールドで計量	980cc(5 モールド ^注 分)の改良土に対し 80 cc(0.4 モールド ^注)の添加量	再作製	作業員	写真
充填方法	3 層に分けて充填	タッピング数各層 50 回	再充填	作業員	写真

註)標準仕様機械の油圧ショベルのバケットの容量は 0.06 m³とし、標準外のバケットは容量確認を行う。

第5章 品質試験

品質試験は打設したコラムの品質、性能を確認するための最も重要な事項であり、より適切な試験方法を採用することが望ましいが、諸事情により別試験や簡易式試験で確率的に推定する方法もある。

5.1 品質試験の目的

建築構造物の基礎地盤等の補強を目的として打設したコラムの品質試験を行う目的は打設したコラムの支持力を確認することにある。

5.2 品質試験方法の選択

地盤改良には、基礎地盤の補強、液状化防止、治山、治水、など多種多様であるが、ここでは建築構造物の基礎地盤の補強に用いた柱状改良工法の品質試験について記述する。

5.2.1 鉛直載荷試験

打設したコラムの支持力を正確に把握するには(社)地盤工学会が示す杭の鉛直載荷試験(杭の押し込み試験)に準拠してコラムの支持力を確認することが最も信頼度の高い試験方法であり、結果数値は実績値だから、計測された支持力は適正と判断できる。従って、柱状改良工法で杭状配置の場合はできるだけ載荷試験で品質確認を行うことが望ましいこととなるが予算および試験環境を考慮する必要がある。

* SST 工法では載荷試験を積極的に行うため社内基準として以下のように定めている。

表 5.2.1 載荷試験を行う際の条件、手法および判定方法

項目	試験手法と判定方法
試験条件	発注者の要求、またはコラム1本が負担する荷重が適用範囲を超える場合およびコラム先端地盤の支持力度が期待できない場合
試験方法	コラムに要求する数値の3倍以上の実荷重をコラム頭部にかけて沈下量を測定する
調査箇所	300本あたり1箇所または地盤の地層が大きく異なる場合はその都度
試験機関	載荷試験用工事は自社、計測は第三者機関
判定方法	第1限界抵抗力の1/2と第2限界抵抗力の1/3のいずれか小さいほうの数値を長期支持力とする。
対処方法	基準値を満たさない場合はコラムの追加打設等を発注者と検討する

註)「杭の押し込み試験方法」JGS1811-2002、地盤工学会に準じる。

5.2.2 平板載荷試験

小面積の結果数値から実面積の数値を計算する平板載荷試験は固化材等を用いて築造したコラム等に適した試験方法とは考えづらい。また、載荷試験数値と平板載荷試験数値を比較すると平板載荷試験結果は過大評価となり判定数値としてそのまま用いるには問題があると判断し、SST 工法では品質試験として採用していない。

5.2.3 一軸圧縮試験

地盤改良工事において最も多く採用される試験が一軸圧縮試験であるが、一軸圧縮試験はコラムの圧縮強度試験であり、コラムの支持力を直接確認する試験ではない。

一軸圧縮試験でコラム支持力を確認する場合、コラムの支持力計算式で求めた計算値が正しいという前提で、コラムに要求される圧縮強度をセンター指針に準拠して合否判定を行うこととなる。

ここで課題となるのは、圧縮試験に用いる供試体の採取方法と採取箇所および供試体の数量、作成方法等であるが、供試体を大別すると室内で作成する『室内配合供試体』打設したコラムから採取する『現場モールド供試体』とコラムからボーリングマシーン等で抜き取る『抜き取りコア』となるが、抜き取りコア強度はコラムの実績強度と評価できるが、他工法の多くは『室内配合供試体の圧縮強度 > 抜き取りコアの圧縮強度』であり、実績強度として扱うことは難しい。従って他工法では低減率を用いることによりコラム強度を評価している。

SST 工法で築造されるコラム強度は図 5.2.1 で示すとおり『室内配合供試体の圧縮強度 ≒ 現場モールド供試体の圧縮強度』『現場モールド供試体の圧縮強度 < 抜き取りコアの圧縮強度』であるところから現場モールド供試体の圧縮強度をコラム強度としている。

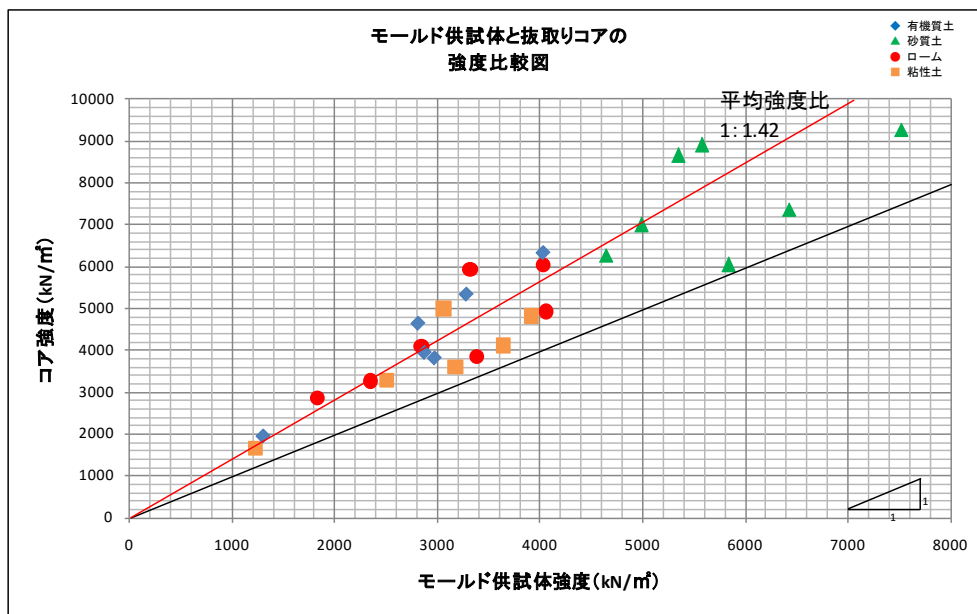


図 5.2.1 モールド供試体と抜き取りコアの一軸圧縮強さの比較

5.2.4 供試体

センター指針P249で示す品質試験に用いる供試体の採取箇所、数量等の目安を表5.2.2に示す。

表 5.2.2 調査箇所数の目安

	設計対象層が頭部にある場合	設計対象層が深部にある場合
調査箇所数	<ul style="list-style-type: none"> ・ 頭部コア試験 100 コラムに 1 箇所以上かつ 1 検査対象群に 1 箇所以上。 但し、改良長<2m かつ改良対象層が単一層である場合は 50 コラムに 1 箇所以上かつ 1 検査対象群に 1 箇所以上 ・ ボーリングコア試験(深部コア) 100 コラムに 1 箇所以上かつ 1 検査対象群に 1 箇所以上。 但し、改良長<2m かつ改良対象層が単一層である場合は、検査対象群ごとに 1 箇所以上 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 頭部コア試験 100 コラムに 1 箇所以上かつ 1 検査対象群に 1 箇所以上。 ・ ボーリングコア試験(深部) 100 コラムに 1 箇所以上かつ 1 検査対象群に 1 箇所以上。
	検査手法 B を採用する場合は 1 検査対象層に対し 25 個以上のコア数が必要であり、これを満足できるように調査箇所数を決める	
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1 検査対象群のコラム数は、地盤条件、施工条件によって決定する必要があり、地盤条件によっては数十本のコラムでも 1 検査対象群とする。 ・ 頭部コア試験では 1 箇所あたり 3 個のコア採取を標準とする。 ・ ボーリングコア試験では 1m あたり 3 個のコア採取を標準とする。 * モールドコア試験に関するデータを蓄積し、ボーリングコア試験と同等の信頼性を有している場合は、モールドコア試験をボーリングコア試験に代用できる。 	

註) 備考に記載されている検査手法 B とは、技術審査証明等未取得していない工法が対象となる手法である。ちなみに、当 SST 工法は技術審査証明を取得しており、検査手法 A を適用する。

* 印の記述『モールドコア試験がボーリングコア試験と同等の信頼性を有している』という証明は技術審査で証明される。

5.2.5 その他の品質試験

(1)土塊および不適物混入試験

土塊および不適物混入試験を行う際の条件と判定方法

項目	試験手法と判定方法
試験条件	発注者の要求に応じて
試験方法	コラム頭部に 50mm 升目の網を掛け楊枝を突き刺して確認する
試験単位	1 現場 1 箇所以上
試験機関	自社
判定方法	土塊、不適物がコラム断面積に対して 5%以内
対処方法	土塊、不適物が 5%を超えた場合は設計担当に再計算を依頼し、要求強度に満たない場合は追加打設等を発注者と検討する

(2)固化材混合試験

固化材混合試験

項目	試験手法と判定方法
試験条件	発注者の要求の要求に応じて
試験方法	フェノールフタレイン液を噴霧し、アルカリ反応試験で確認する
試験単位	1 現場 1 箇所以上
試験機関	自社
判定方法	未混合面積が、コラム断面積に対して 5%以内
対処方法	未混合面積が、5%を超えた場合設計担当者に再計算を依頼し、要求強度に満たない場合は追加打設等を発注者と検討する

(3)コラムの連続性確認

コラムの連続性確認

項目	試験手法と判定基準
試験条件	発注者の要求に応じて
試験方法	ボーリングマシンによる抜き取りコアの連続性で確認する
採取単位	要求に応じて
試験単位	コラム長に準じて
試験機関	第三者機関
判定基準	鉛直方向から採取するコアの採取率全長コア 90%以上、1 mあたりで 85%以上
対処方法	上記の判定基準を満足しない場合は再打設等を発注者と検討する

(4)強度のバラつき試験

コラムのバラツキ確認

項目	試験手法と判定基準
試験条件	発注者の要求があった場合
試験方法	ボーリングマシンによる抜き取りコアの一軸圧縮強さの変動係数で確認する
採取単位	要求に応じて
試験単位	1箇所あたり 25 個以上
試験機関	第三者機関
判定基準	変動係数が 30%以内とする
対処方法	上記の判定基準を満足しない場合は追加打設等を発注者と検討する。

(5)不良率の試験

不良率の確認

項目	試験手法と判定基準
試験条件	発注者の要求があった場合
試験方法	ボーリングマシンによる抜き取りコアの一軸圧縮強さで確認する
採取単位	要求に応じて
試験単位	25 個以上
試験機関	第三者機関
判定基準	合格判定値と比較し、不良率 5%以内
対処方法	上記の判定基準を満足しない場合は追加打設等を発注者と検討する

(6)六価クロム溶出試験

必要に応じて、環境庁告示第 46 号『土壌の汚染に係る環境基準について』に準拠して六価クロム溶出試験を実施する。基準値以上の六価クロムが計量された場合は、固化材の配合量を変更する。

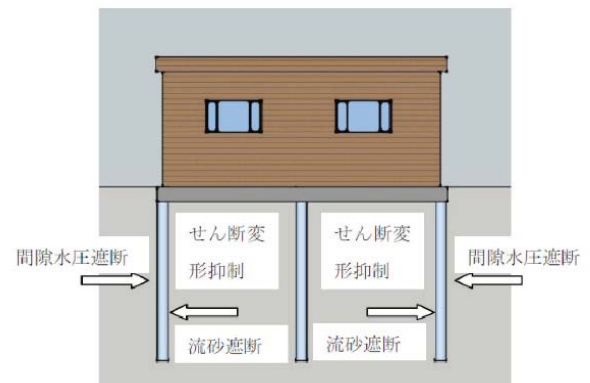
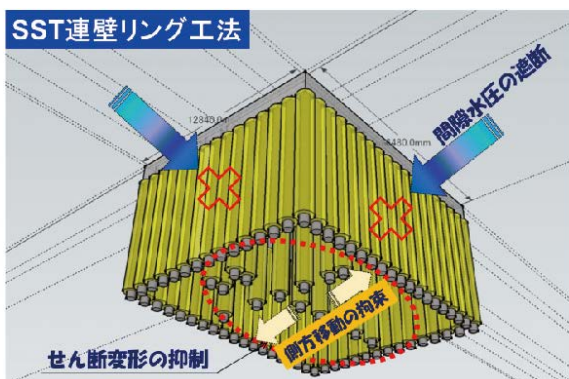
第6章 SST工法の用途

6.1 建築構造物の基礎地盤補強

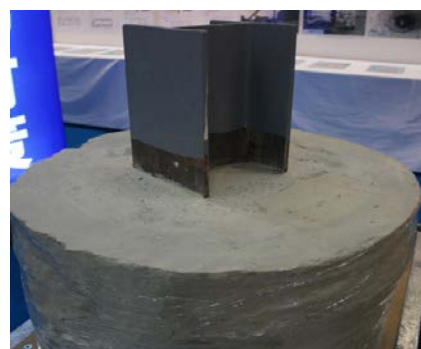


6.2 液状化対策

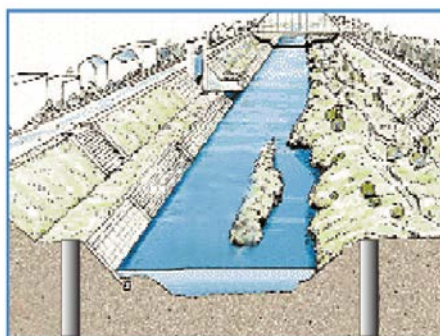
SST連壁リング工法



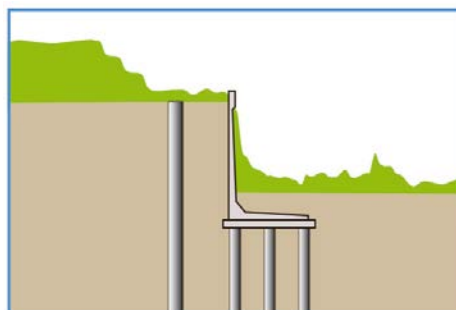
6.3 抑止杭 SST コラムを用いた抑止杭



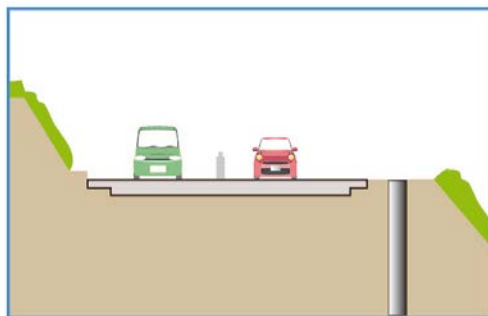
6.3.1 抑止杭による河川堤防補強



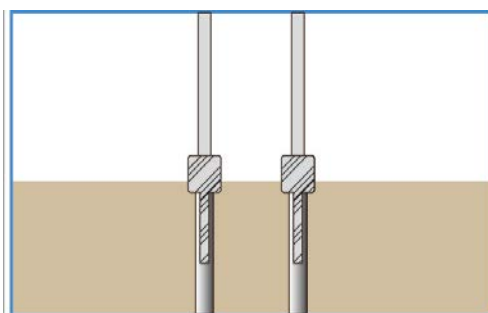
6.3.2 抑止杭による地滑り対策



6.3.3 抑止杭による道路補強



6.3.4 ラック柱等の補強その他

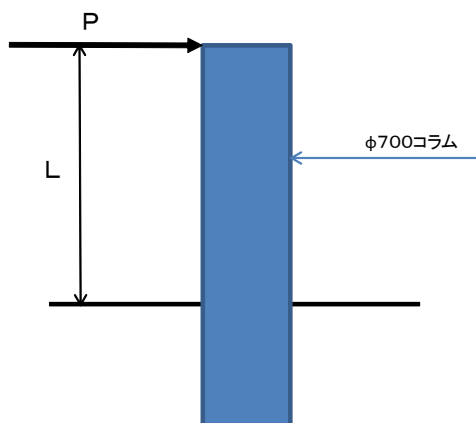


6.4 土留め支保工

SST コラムの曲げ、せん断、引張り応力度を用いた土止め支保工

$$\phi 700 \text{ 断面性能} : Z = \pi D^3 / 32 = 3.14 * 0.7^3 / 32 = 0.0337 ?$$

$$\text{最大抵抗モーメント} : M_r = \sigma \cdot Z = 2310 * 0.0337 = 77.85 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



L (m)	P (kN)
1	77.85
2	38.93
3	25.95
4	19.46
5	15.57
6	12.98
7	11.12
8	9.73
9	8.65
10	7.79

【1mピッチで打設するとした場合の自立式土留め深さ】

$$\text{抵抗モーメント} : M_R = M_r / F_s$$

$$\text{安全率} : F_s = 1.5 \text{ として、} M_R = 77.85 / 1.5 = 52 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

土圧を3角形分布とすると、奥行1m当りの土圧合計 $P = 1/2 * K * L * \gamma * L$

$$\text{作用モーメント} : M_a = P \cdot L / 3 = 1/2 * K \gamma L^2 \cdot L / 3 = 1.5 L^3$$

ここに、

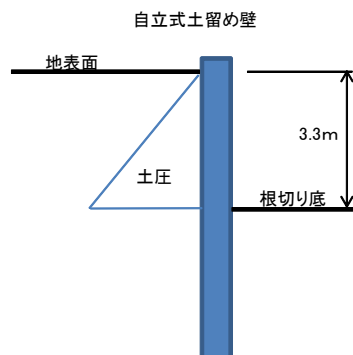
K : 静止土圧係数=0.5

L : 根切り深さ

γ : 土の単位体積重量 18kN/m³?

$$M_R = M_a \text{ として、最大根切り深さ} : L_{\text{max}} = 3.3 \text{ m}$$

$$\text{平均曲げ強度} : \sigma = 2310 \text{ kN/m}^2$$



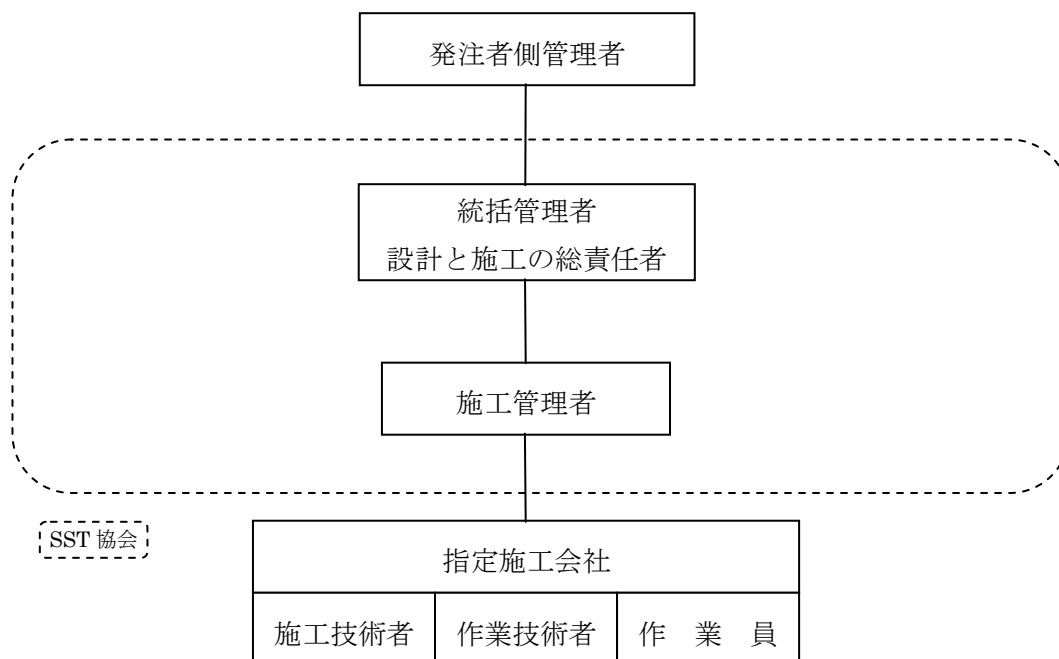
特徴

- ・ 安価で土止めと止水が可能
- ・ 狭い敷地でも施工可能
- ・ 仮設設備が不要
- ・ 液状化対策兼用
- ・ その他

第7章 品質保証

7.1 施工管理体制と施工技術教育

SST 工法ではコラムの品質とコラムの築造技術の再現性を維持するために、下記体制を設けている。その体制を図に示す。



7.2 工事補償

これまで述べてきたように、SST 協会では厳格な技術教育と施工体制によって適正な施工に努めるとともに、SST 工法独自の品質試験によって品質を入念にチェックしており、不良品はないものと自負している。しかしながら、万一に備え、当社が施工した地盤改良工事が原因で発生したと考えられる建築物の損害については、生産物責任法の責務としてこれを補償することとしている。

この責務については下記保険会社に付託している。

- 保険会社 : 株式会社 損害保険ジャパン
- 保険の種類 : 生産物責任法に基づく生産物補償
- 補償金額 : 1 事故あたり最高 1 億円
- 保証期間 : 10 年

おわりに

本書にてご紹介致しました通り、当社の圧密地盤改良 SST 工法は極めて高いコラム強度と高支持力を特徴とする柱状改良工法であります。この特徴を可能にした最大の要因は、他工法のように単に原位置攪拌によって土セメント混合物を柱状に造成するのではなく、水平および鉛直方向に締固めを行いながら土中空隙を排除して密実な柱状改良体を造成する当社独自の地盤改良システムにあります。当社はこの理念を具現化するため、精力的に SST 専用機の研究開発を続け、シンプルかつ合理的な装置の開発に成功いたしました。

締固めを伴う当 SST 工法は、密実な柱状改良体を造成し、なおかつ周辺地盤をも締固めることができる故に、残土が発生しないという環境に優しく、経済的な工法となりました。このようなメリットもご理解いただきながら、当工法を皆様に広くご採用頂き多分野にわたり多くの実績を創らせて頂きました。

本書にてその有用性を示す実績データの一部をご紹介致しましたが、社内品質基準につきましてもあえて述べさせて頂きました。これは冒頭にも述べましたとおり、SST 工法は他の柱状地盤改良工法とは一線を画する工法であり、そのため、当工法に相応しい独自の品質管理と試験方法によって性能を確認することが、地盤改良技術者としての使命であると考えています。

尚、SST 工法のベースとなる基本的な考えは不動ですが、SST 工法は日々進化しており用途、適用範囲、適用地盤、改良深度などをはじめ圧縮強度、支持力等の性能も大幅にアップしています。更なる技術、性能の進化を目指し技術一同努力を重ねています。さらなる進化に皆様方のお力添えは不可欠です。些細なことでも結構です、ご意見ご指導を賜りたくお願い申し上げます。

株式会社 エスエスティー協会
技術開発部 飯田 哲夫

WEB 2016.02.01