

横方向圧密工法

サイドプレス工法

技術資料

株式会社 光建設

まえがき

わが国は、昭和40年代の経済発展により急速なインフラ整備とともに建設技術も飛躍的な発展を遂げ、国土の狭いわが国における土地の有効活用を目的とした地盤改良の分野も様々な工法開発がされ、条件に応じた最適な工法が採用されています。

近年、建築物の耐震性や建設工事における環境破壊が問題視される中、地盤改良の分野においても大きく係っている事は言うまでもありません。

横方向圧密工法(サトプレス工法)は、生石灰を使用した地盤改良工法で、砂と生石灰をオーガの回転により軟弱地盤に押し込め施工するので、平面から見ると横に広がり杭の場所だけでなく、全面が側圧される工法です。

先の「新潟県中越地震」、「新潟県中越沖」では横方向圧密工法(サトプレス工法)による改良地盤に影響は見られず、震災後は工法の膨張・固化する特性を利用した住宅の傾き補正の依頼にも対応して参りました。

また、生石灰を使用することにより従来のセメント系固化剤に含まれる有害物質「六価クロム」の流出などが無く環境に配慮した土壌にやさしい工法です。

平成10年度に施工を開始し、多方面より建築工事の地盤改良としてご採用頂き、平成23年度には、174件（61,666本）の施工実績となりました。

工事の計画・施工の参考にご一考下さいますようお願いいたします。

平成24年 1月

目 次

1. 総 説

1-1	技術資料適用範囲	1
1-2	横方向圧密工法(サトプレス工法)の特徴	1
1-3	横方向圧密工法(サトプレス工法)の位置付け	2
1-4	横方向圧密工法(サトプレス工法)の適用例	3
1-5	改良柱の基本配置	4
1-6	適用地盤と改良深度	4

第2章 調査・設計

2-1	施工概要	5
2-2	土質調査	6
2-3	事前調査	6
2-4	室内配合試験	7
2-5	数量設計	8
2-6	施工方法	9
2-7	施工管理	11

第3章 その他

3-1	施工環境	13
3-2	施工実績の推移	13

第4章 積算資料

(1)	適用範囲	14
(2)	適用地盤と改良深度	14
(3)	使用機械性能	15
(4)	施工機械の組合せ	15
(5)	標準日作業量	16
(6)	改良材使用量	16

(7)編成人員	17
(8)燃料消費量	17
(9)就業時間および運転時間	18
(10)標準日当たり作業量	18
(11)内訳表および単価表	19

第5章 積算資料 (バックホウ0.45m³の場合)

(1)適用範囲	21
(2)適用地盤と改良深度	21
(3)使用機械性能	22
(4)施工機械の組合せ	22
(5)標準日作業量	23
(6)改良材使用量	23
(7)編成人員	24
(8)燃料消費量	24
(9)就業時間および運転時間	25
(10)標準日当たり作業量	25
(11)内訳表および単価表	26

第6章 共同研究開発のまとめ

共同研究開発のまとめ	28
------------	----

第1章 総説

1-1 技術資料適用範囲

横方向圧密工法(サトプレス工法)は山砂と生石灰をオーガーの回転により軟弱地盤の中に挿入し地盤の広範囲の圧密効果とセメンテーションを長期にわたって続伸する地盤改良工法です。

本技術資料は横方向圧密工法(サトプレス工法)の調査と配合設計、施工の標準的な方法を示すものであり、本体構造物の設計及びそれに伴う改良地盤の具体的な設計方法については、以下の指針等当該目的に沿ったものを適宜参照されたい。

- ・道路土工-軟弱地盤工指針 (社) 日本道路協会、昭和61年11月
- ・道路土工-仮設構造物指針 (社) 日本道路協会、平成11年 3月
- ・道路橋示方書・同解説 I 共通編 IV下部構造編 (社) 日本道路協会、平成14年 3月
- ・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル (財) 土木研究センター、平成16年 3月
- ・柔構造樋門設計の手引き (財) 国土開発技術研究センター、平成10年11月

1-2 横方向圧密工法(サトプレス工法)の特徴

(1) 本技術の概要と利点

横方向圧密工法(サトプレス工法)は砂と生石灰をオーガーの回転によって軟弱地盤の中に押し込んで砂杭体を造成するとともに砂杭周辺の生石灰から起こる一連の化学反応を利用して、地盤の広範囲の密圧効果(物理効果)とセメンテーション(化学反応)を長期にわたって続伸する地盤改良工法である。

(2) 技術的特長

生石灰の粒径を大きくする事で、生石灰の層を砂杭体の周囲に形成できる。これによって、軟弱地盤が生石灰に接し水和反応が起きて軟弱地盤の中の含水の低下と発熱により蒸発が起きる。つまり、生石灰と水が反応する事で消石灰が生成し地盤の硬化が起こる。さらに石灰水となって二酸化炭素の供給により炭酸カルシウムが土粒子の接触部や表面に沈積し、含有量が増加する事でせん断強さが増加する。

(3) 施工の特長

バックホウ0.8m³クラスの改良機により地盤改良深度を0~6.0mまでできる。高含水比の軟弱地盤に適応でき、狭小の施工現場から大規模な施工現場まで幅広く対応できる機動性を発揮する事が可能となっている。また、横圧密をかけ押し込めて施工する為、平面から見た施工部分だけで無く全面側圧され面による地盤改良が完成される。

(4) コスト縮減

従来工法では、地中の中に固体、物体(杭・パイル・セメント改良等)を入れ込んでいましたが、横方向圧密工法(サトプレス工法)は田畑にも使用している石灰と山砂を使用しているため、将来的な撤去が不要でさらに、従来工法よりコストダウンと工期短縮を可能にした。

1-3 横方向圧密工法(サイトプレス工法)の位置付け

横方向圧密工法(サイトプレス工法)は、山砂と生石灰を化学的に反応させ土質性状を安定させる地盤改良である。改良深さは、表層(1.0m以内) 浅層(1.0~3.0m程度) 中層(3.0m~6.0m以内)を対象としている。
 図-1.1に各種軟弱地盤対策工法における本工法の位置付け、図-1.2に固化工法における本工法の位置付け、図-1.3に機械攪拌工法とその改良深度を示す。

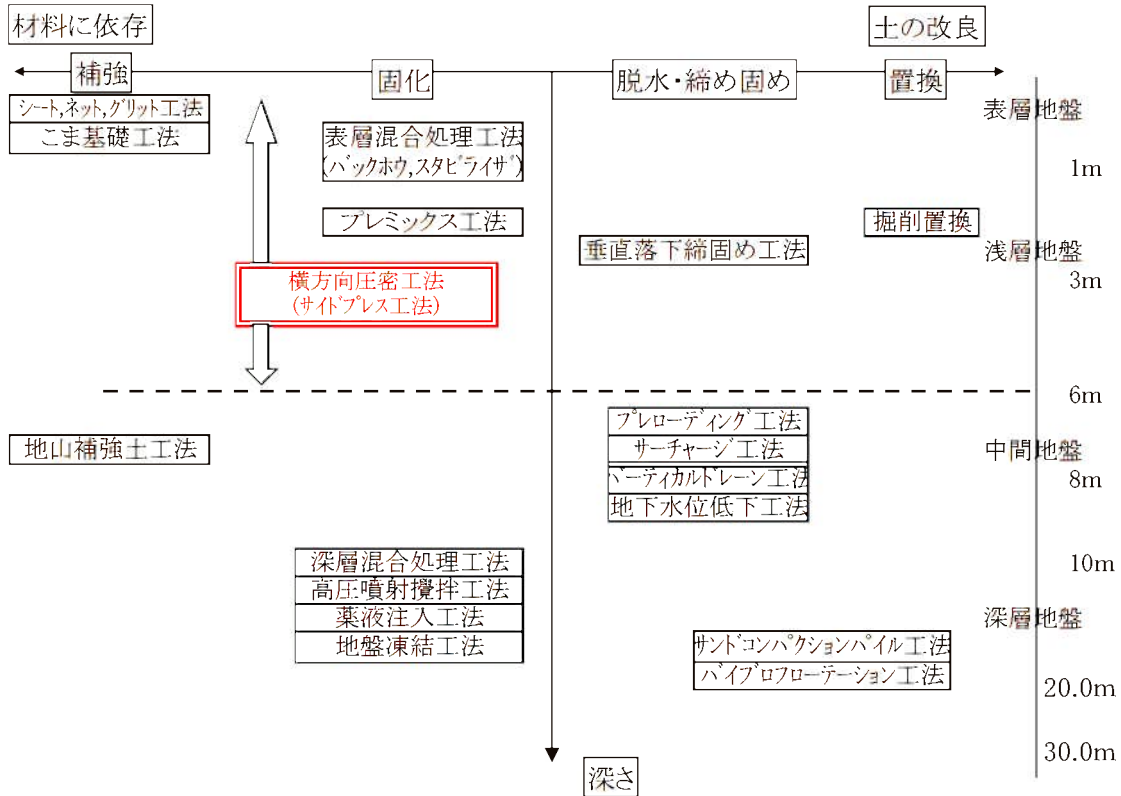


図-1.1 軟弱地盤対策工法と横方向圧密工法(サイトプレス工法)の位置付け

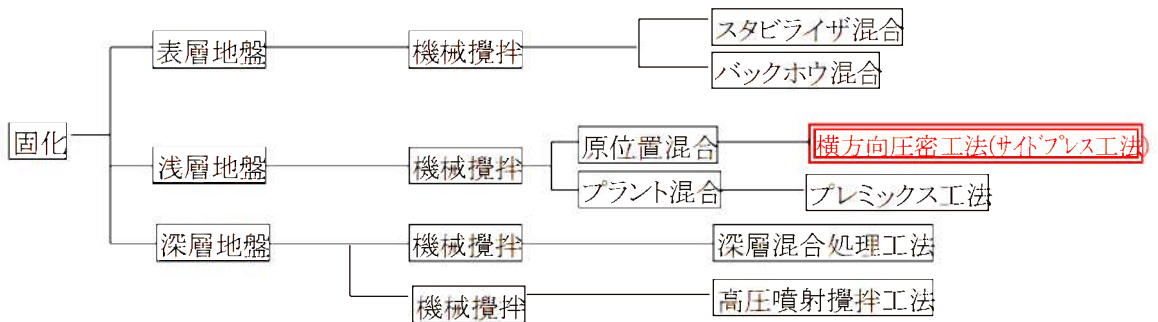


図-1.2 固化工法における横方向圧密工法(サイトプレス工法)の位置付け

改良深度	改良深度		
	1m	3m	6m
機械攪拌工法			
表層混合処理工法	■	(スタビライザ、バックホウ攪拌など)	
横方向圧密工法 (サトプレス工法)	■	■	■
深層混合処理工法	■	■	■

図-1.3 機械攪拌工法別施工範囲（改良深度）

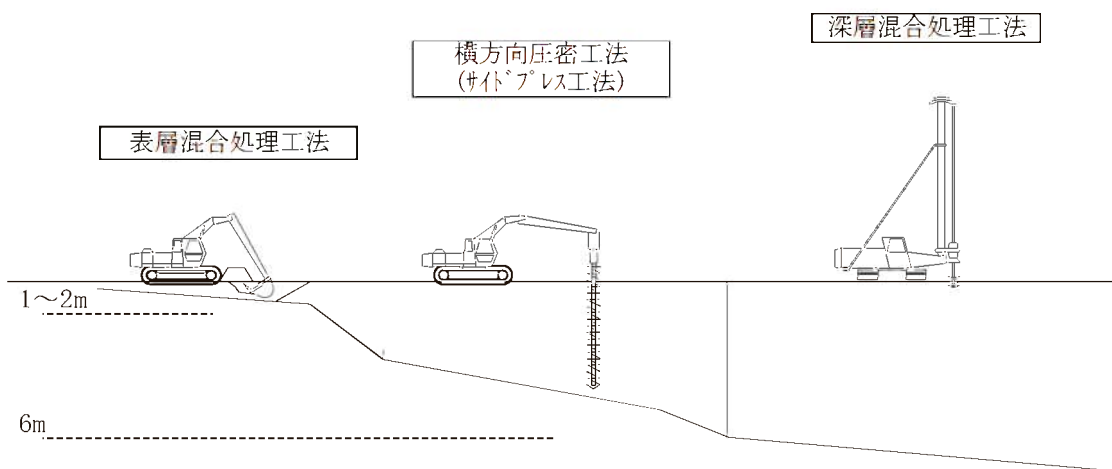


図-1.4 機械攪拌工法別施工範囲

表層混合処理工法と横方向圧密工法(サトプレス工法)との比較・選定は、工事規模、改良目的、工期施工環境などを考慮し、経済性、安全性、環境を配慮した選定が求められる。

表層混合処理工法との比較では、工法の品質レベルを同等とした上での比較となるが、施工中における粉塵・騒音等の施工環境や地下水位が高い場合などは横方向圧密工法(サトプレス工法)が有効である。また、深層混合処理工法との比較・選定または併用については、工事規模、仮設・運搬費用などを考慮した経済比較が必要となる。

1-4 横方向圧密工法(サトプレス工法)の適用例

横方向圧密工法(サトプレス工法)の適用工事は以下の通り。

- ① 構造物（下水道等）の基礎地盤改良
- ② 中・低層住宅の基礎
- ③ 盛土のすべり防止、安定対策
- ④ 重機走行地盤の改良、仮設道路の改良

1-5 改良柱の基本配置

※標準土とは砂質土、シルト、粘性土を示す

基本的な改良柱体の配置図（図-1.5）を以下に示す。横方向圧密工法（サイドプレス工法）は横に圧密をかけて骨材を押し込めて施工するため、側圧が伝わる範囲は2.0m以内（標準土）である。2m間隔の格子型に施工する事で隣接改良柱がつながり、面による地盤改良が形成される。

※特殊土の場合は、側圧が伝わりにくいため1.0m間隔での施工になる場合もあります。

地盤改良工事

資料図 1-200

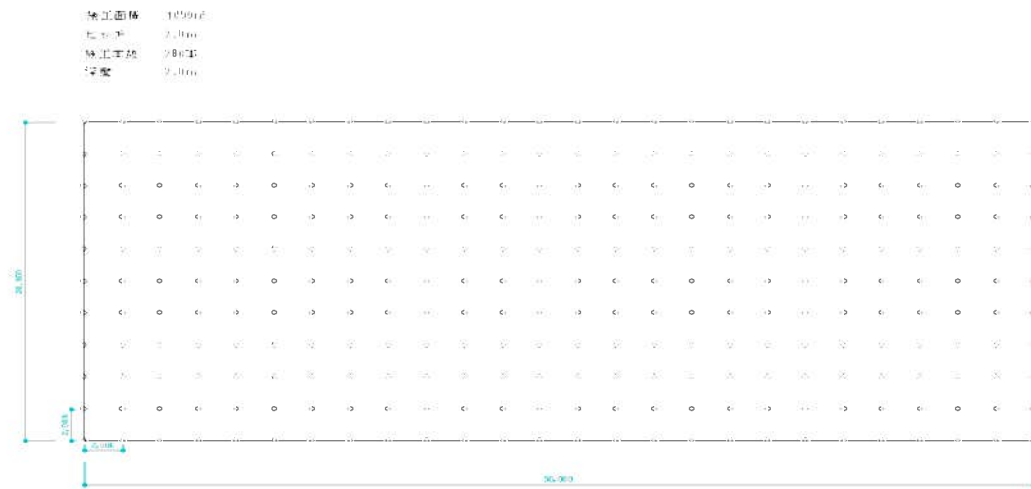


図-1.5 基本的な改良柱体の配置図（1,000㎡あたり）

1-6 適用地盤と改良深度

機種を選定は、適用地盤と改良深度により行う。標準速度で施工可能な適用地盤と改良深度を表-1.1に、機種別の改良深度を表-1.2に示す。

表-1.1 適用地盤と改良深度

適用地盤	改良深度 L(m)
砂質土、シルト、粘性土等	0 < L ≤ 6.0
N値 < 1（標準速度で施工可能）	

表-1.2 機種別改良深度

機種	改良深度 L(m)
油圧ショベル 0.8㎡級	0 < L ≤ 6.0

第2章 施工

2-1 施工概要

横方向圧密工法(サイドプレス工法)は、バックホウにアースオーガーを取り付けた機械で、アースオーガーで正回転により地盤を掘削し、後逆回転で山砂及び生石灰を挿入し砂抗体を形成すると共にその砂抗体周辺の生石灰の化学反応を利用し地盤の広範囲の圧密効果を可能とした。

横方向圧密工法(サイドプレス工法)の使用機械はバックホウ0.8m³クラスでありアタッチメントにアースオーガを装着している。基本的な施工フローシート(図-2.1)に示す。

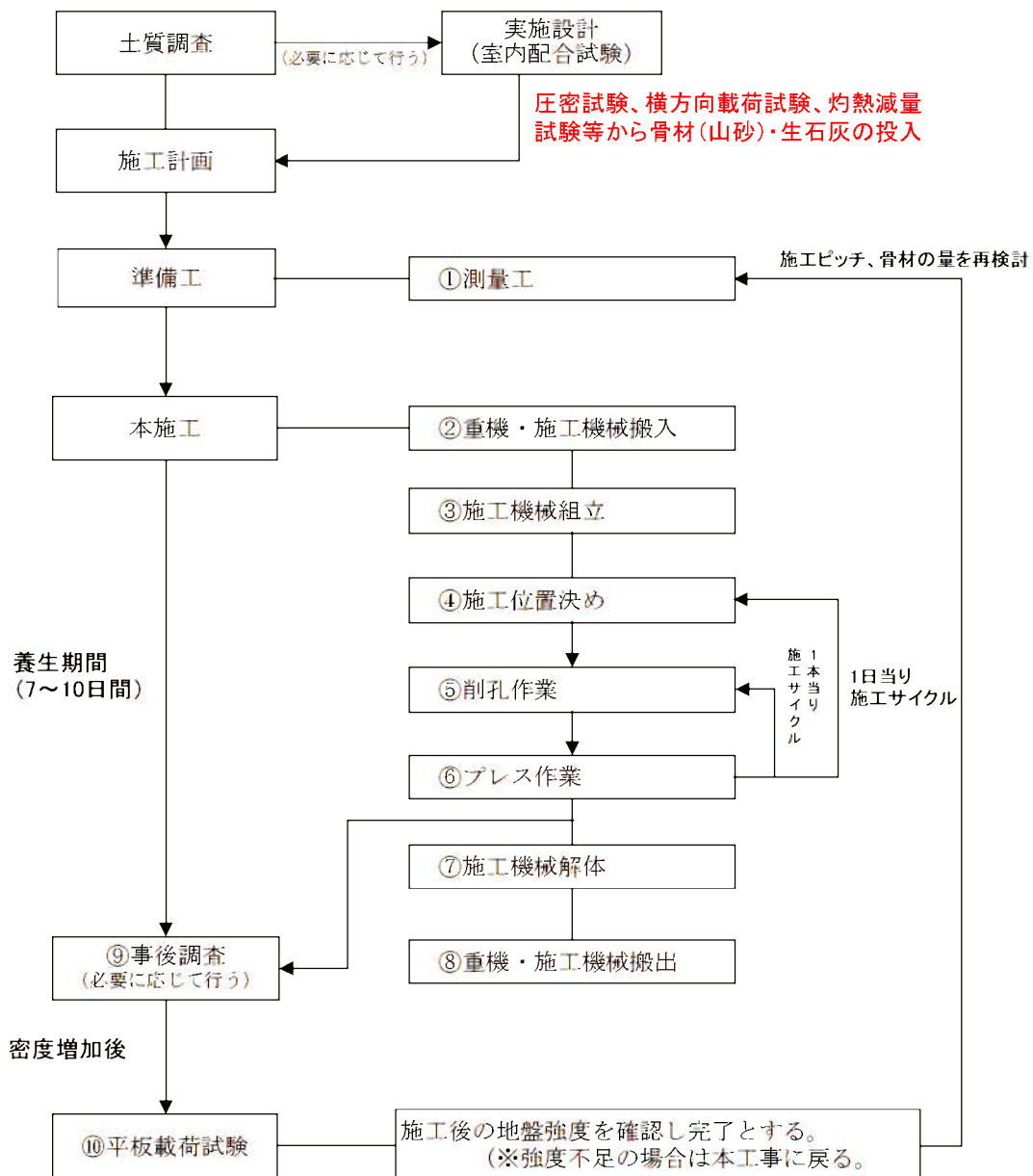


図-2.1 施工フローシート

2-2 土質調査

地盤改良が必要と思われる箇所について、スウェーデン式サンディング試験、(表-2.1)を行い。依頼があった場合のみ室内土質試験(表-2.2)も行う。試験の結果に基づき骨材の投入量を決定する。
 なお、試験箇所数は、原則として地層の組成が変わる毎に実施する。

表-2.1 土質調査

試験項目	試験方法	規格の名称
土質調査	JIS A 1221	スウェーデン式サンディング試験

表-2.2 ボーリング調査による室内土質試験

特性	試験項目	試験方法	備考
力学特性	土の一軸圧縮試験	JIS A 1216	
	土の圧密試験	JIS A 1217	
物理特性	土粒子の密度試験	JIS A 1202	
	土の含水比試験	JIS A 1203	
	土の粒度試験	JIS A 1204	
	土の液性限界・塑性限界試験	JIS A 1205	
	土の湿潤密度試験	JGS 0191	
化学特性	土の強熱減量試験	JGS 0221	
原位置試験	孔内水平載荷試験	JGS 1421	L L T

2-3 事前調査

事前調査は、設計の際必要とされる情報を得るために行うもので、構造物の種類、規模、地形や地質等十分考慮して行う。

事前調査項目として主に以下の事項があげられる。

- ① 支持層の確認(軟弱層の深さ)
- ② 地層構成(地層の連続性、起伏、地下水位等)
- ③ 土性(物理的、力学的諸特性)
- ④ 土の成因(砂質土、粘性土～陸生、海性ほか)
- ⑤ 土の性質(pH、有機物含有量、強熱減量)

2-4 室内配合試験

室内配合試験は、本工事の設計時または現場施工に先立ち、生石灰配合量決定の為に実施される。

試験方法として、地盤工学会基準「安定処理の締固めをしない供試体作成方法(JGS 0821)」に準ずる事とし、図-2.3に室内配合試験方法の手順を示す。

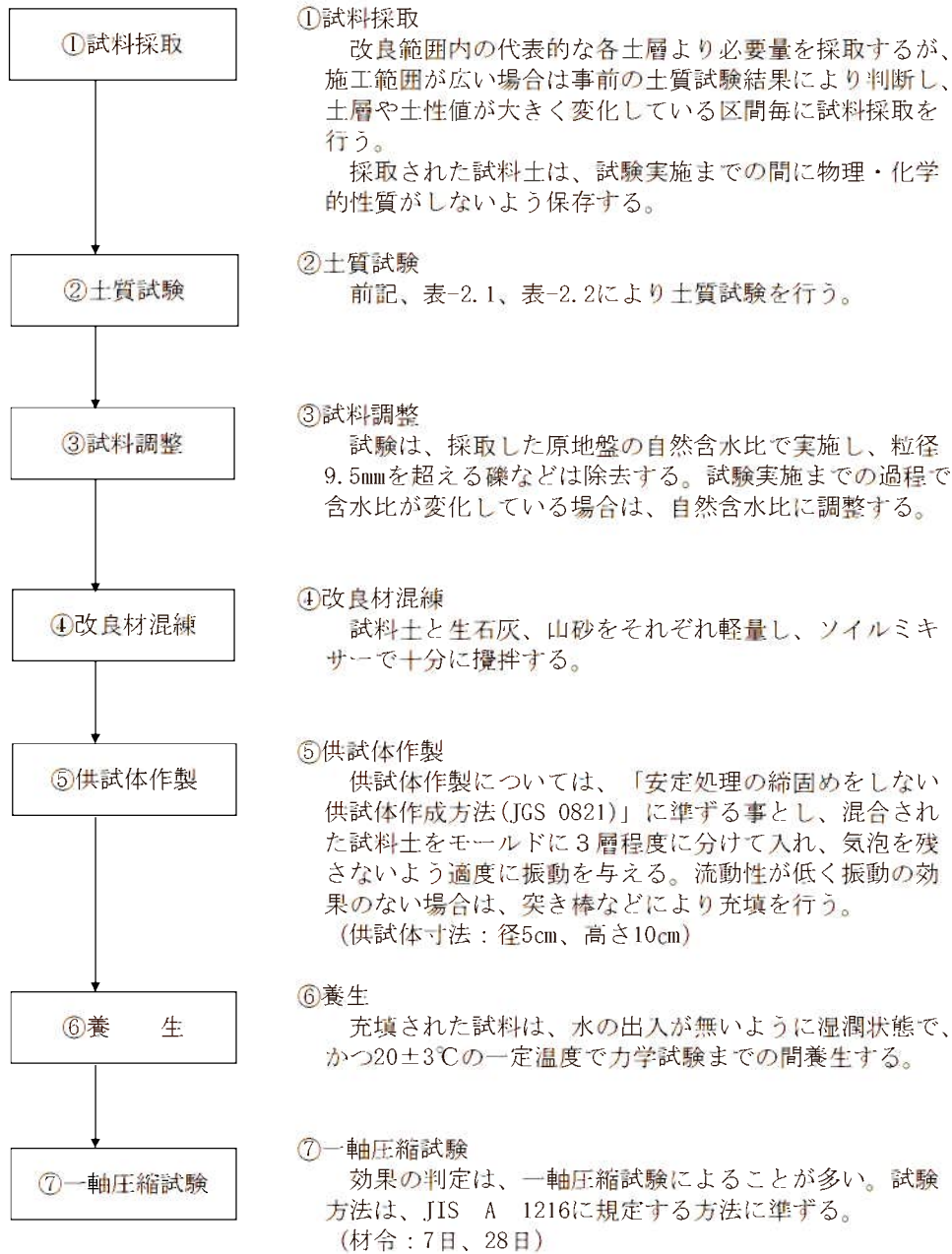


図-2.3 室内配合試験方法の手順

2-5 数量設計

(1) 各土質による基準出来形を図 - 2.4及び表-2.3に示す。

図-2.4標準出来形

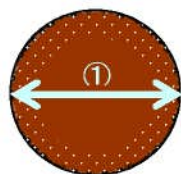


表-2.3 施工後出来形測定値

項目 土質	直径	山砂係数
a 砂質土	350mm～	1.36
b シルト	400mm～	1.778
c 粘性土	450mm～	2.25
※d 特殊土 (腐植土)	500mm～ (参考)	2.778 (参考)

山砂係数の計算式

・ φ300mmのアースオーガーを使用するので基準をφ300mmとする。

出来形直径 ÷ φ300 = 山砂係数

(2) 山砂と生石灰の使用量を表 - 2.4に示す。

表-2.4 1mあたり山砂、生石灰の使用量

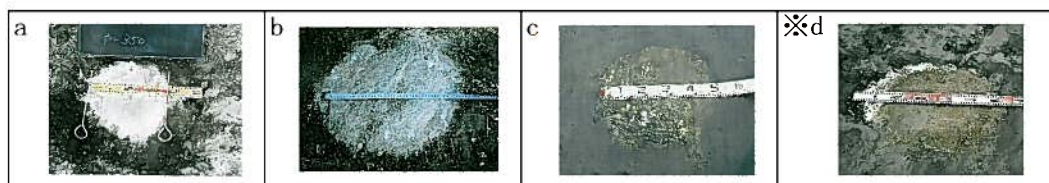
土質	材料	山 砂	生石灰
a 砂質土		0.10m ³	20kg程度
b シルト		0.13m ³	
c 粘性土		0.16m ³	
※ d 特殊土 (腐植土)		0.20m ³ (参考)	

※ 特殊土（腐植土の中でも含水比が非常に多く繊維質が残る土質）腐植土は、含水量により山砂の使用量及び生石灰の使用量が異なります。下記出来形写真(d)は参考までの直径(500mm)になります。また、場合によっては直径が800～900mmになる事もあります。

(体 積) (深度)
山 砂… $0.15 \times 0.15 \times 3.14 \times \text{山砂係数} \times 1 = \text{山砂使用量}$

生石灰…概要は自社研究開発の結果P.1参照
(石灰協会2005, 下村ら2006)

出来形写真 (上記表 - 2.3)



2-6 施工方法

1. 作業手順

①測量工

設計図書または、事前調査による土質試験結果から設計された区割り図に基づき、施工間隔、改良深さを現地にマーキングする。

②重機・施工機組立

施工計画時に選定された施工機械（0.8m³クラス）およびアースオーガの組立作業に支障のない安全な位置に搬入する。

③施工機械の組立

搬入したバックホウ0.8m³クラスにアースオーガを取り付ける。
組立後は、正回転、逆回転の動作確認を行い本作業に故障や誤作動など無いように注意する。

④施工位置決め

アースオーガをマーキングポイントに垂直にセットする。

⑤削孔作業

アースオーガの垂直に注意しながら正回転し所定の深度まで掘削する。
深度の確認は測量により確認する。

写真-3.1 削孔作業状況写真



⑥プレス作業

所定の深度までの掘削完了後、アースオーガを逆回転するとともに垂直方向の軸力を加え地表部より投下した骨材（生石灰、山砂）に水平方向の力を加えて圧密する。このとき、配合設計量に注意する。

写真-3.2 プレス作業状況写真



※地盤の含水率に応じて散水が必要な場合があります。

⑦施工機解体

プレス作業終了後、バックホウからアースオーガーを取り外す

⑧事後調査

施工終了後、養生期間7～10日間を経て、土質試験を実施する。

⑩平板載荷試験

施工箇所に平板載荷試験を実施し、強度の確認を行う。ここで、規格値をクリアしていない場合は、配合、施工間隔を再検討し再施工を行う。

2-7 施工管理

- (1) 管理項目
管理項目を表-3.1に示す。

表-3.1 管理項目一覧

管理項目	管理内容	規格値	測定頻度	管理手段	記録報告方法
混合管理	改良位置	D/4以内	100に1箇所 100本以内は 2箇所	区割図に基づく	区割図
	改良深度	設計値以上	全区割り		施工日報
出来形管理	改良厚さ	-50mm	延長40m毎 又は 1箇所/1000m ²	測量	記録写真
	基準高	-50mm			出来形管理図
	改良幅	-100mm			
	改良延長	-200mm			
材料管理	平板載荷試験	設計強度+20%	500~1,000m ² に1箇所以上	平板載荷試験 (JIS A 1521)	試験報告書 記録写真
	(※1) 改良強度	別表	改良体500本未満は 3本、500本以上は 250本増えるごとに 1本追加する	一軸圧縮強度試験 (JIS A 1216)	
	改良材搬入量	設計以上	入荷時	納入伝票・出荷証明書	出荷証明書
	改良材品質	JIS規格 メーカー基準	1回	品質管理証明書(ミルシート)	試験成績証

(2) 平板載荷試験

① 試験方法の主な適用

- ・ 構造物の直接基礎設計に用いる地盤反力係数、極限支持力調査
- ・ 施工段階における支持力管理(直接基礎、深礎、ケーソンなど)

② 載荷方法

- ・ 直径30cm以上の載荷板を用いた階段式載荷(※2)又は階段式繰返し載荷(※3)
- ・ 荷重制御方式

③ 調査地点

2m間隔で格子状に施工した砂杭の対角線上の中間点で行う。
図2.4に示す。

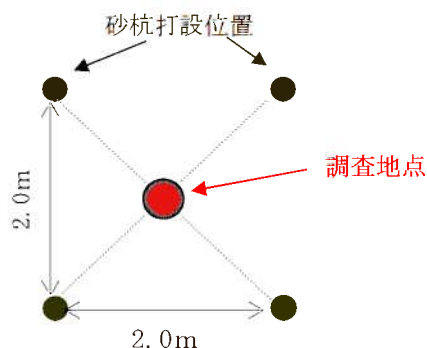


図2.4 調査地点

※1 必要に応じてP12の(3)、(4)を行います

※2 所定の荷重又は変位量に達する一工程で段階的に荷重を増加させる方法

※3 段階的な荷重の載荷一徐荷を繰返しながら所定の荷重まで増加させる方法

(3) サンプルング試験

改良体の強度、均一性、改良深さを確認する為に、試料採取器やコアボーリングを行い試料サンプルングする。

改良強度を判定する一軸圧縮強度試験（力学的試験）は所定の養生期間後実施する。代表的な試験方法を、表-3.1に示す。

表-3.1 品質管理試験一覧

特性		試験項目	試験項目	備考
力学特性	一軸圧縮強さ	土の一軸圧縮試験	JIS A 1216	室内試験
	極限支持力	地盤の平板載荷試験	JIS A 1521	現場試験
	地盤反力係数	道路の平板載荷試験	JIS A 1215	
	コーン指数	締固めた土のコーン指数試験	JGS 0716	
物理特性	土の含水比	土の含水比試験	JIS A 1203	室内試験
	土の湿潤密度	土の湿潤密度試験	JGS 0191	

(4) 品質管理基準

品質管理基準および規格値を表-3.2に示す。

表-3.2 品質管理基準および規格値

試験項目	試験方法	規格値	測定頻度
一軸圧縮試験 ($qu_{ck}=0.3\sim0.4\cdot\overline{quI}$)	JIS A 1216	①1個は3本の供試体とし、各供試体の試験結果は設計基準強度の85%以上とする ②1個の試験結果の平均値が設計基準強度以上とする。	①採取試料の供試体試験は500m ³ ～1,000m ³ 毎に一回 ②深度方向の供試体試験は1,000m ³ 毎に1回
一軸圧縮試験 ($qu_{ck}=0.6\sim0.8\cdot\overline{quI}$)		③1個は3本の供試体とし、各供試体の試験結果は設計基準強度の50%以上とする ④1個は3本の供試体とし、各供試体の試験結果は設計基準強度の70%以上とする ⑤全個の内50%以上が設計基準強度を上回り、平均値が設計基準強度以上とする	①若しくは②のどちらかを行う

qu_{ck} : 設計基準強度

\overline{quI} : 室内配合における改良土の一軸圧縮強さの平均値

1

第3章 その他

7

3-1 施工環境

(1)改良土の変位

横方向圧密工法(サドプレス工法)は施工時に、水を使用しない為、乾燥粉粒体の混入により地盤は乾燥する方向に向かい、地盤表面の盛り上がりや側方流動が起こらない。

(2)騒音・振動

横方向圧密工法(サドプレス工法)の施工機械(バックホウ)は低騒音型であり、排ガス規制をクリアしており、アタッチメントを装着している機械となっている。

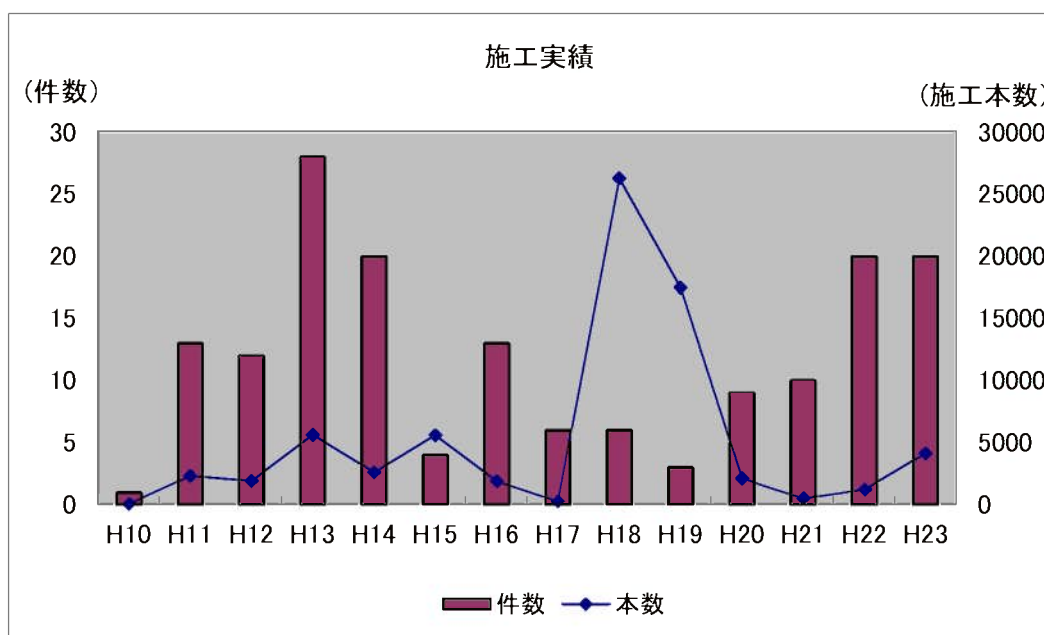
(3)地下水への影響

有害物質を使用しないため(山砂及び生石灰使用)地下水への影響はない。

3-2 施工実績の推移

横方向圧密工法(サドプレス工法)が実用化された平成10年度から平成23年度までの施工実績を図-7-1に示す。

H18年以降は大型ショッピングセンターの採用により、施工本数を大きく伸ばした。



第4章 積算

本資料には、横方向圧密工法(サイドプレス工法)における直接工事費(特許使用料を除く)を示し、運搬、組立、解体費及びその他の共通仮設費、現場管理費、一般管理費は含まれておりません。また、横方向圧密工法(サイドプレス工法)の技術管理費に係る事前調査、室内試験(室内配合試験を含む)及び事後調査の費用は、別途計上になります。

(1)適用範囲

本工事の積算単価における適用範囲を図-5.1に示す。

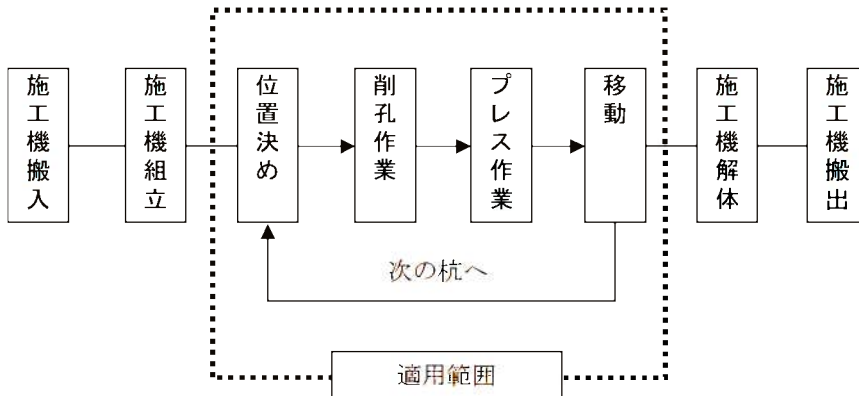


図-4.1 積算適用範囲

(2)適用地盤と改良深度

機種を選定は、適用地盤と改良深度により行う。標準速度で施工可能な適用地盤と改良深度を表-4.1に、機種別の改良深度を表-4.2に示す。

表-4.1 適用地盤と改良深度

適用地盤	改良深度 L(m)
砂質土、シルト、粘性土等	L(m)
N値<1(標準速度で施工可能)	0<L≤6.0

表-4.2 機種別改良深度

機種	改良深度 L(m)
油圧ショベル 0.8m ³ 級	0<L≤6.0

(3) 使用機械性能

横方向圧密工法(サイドプレス工法)の使用機械性能使用を表-4.3に示す。

表-4.3 使用機械性能表

項目		機種	バックホウ 0.8m ³ クラス
施工能力	改良深度		6.0m以下
機械性能 (油圧シヨベル)	改良機械質量	kg	19,800
	エンジン定格出力	kW/min ⁻¹	122/2,000
	接地圧	kPa	44
	走行速度(高速)	km/h	5.5
	走行速度(低速)	km/h	3.5
機能性能 (オーガ)	等価押しわけ容積	c m ³ /rev	4,717
	減速比		1/31.03
	定格トルク (最大トルク)	N/m	14,710 (17,652)
	定格回転速度	rpm	20

(4) 施工機械の組合せ

施工形態図を図-4.2に示す。

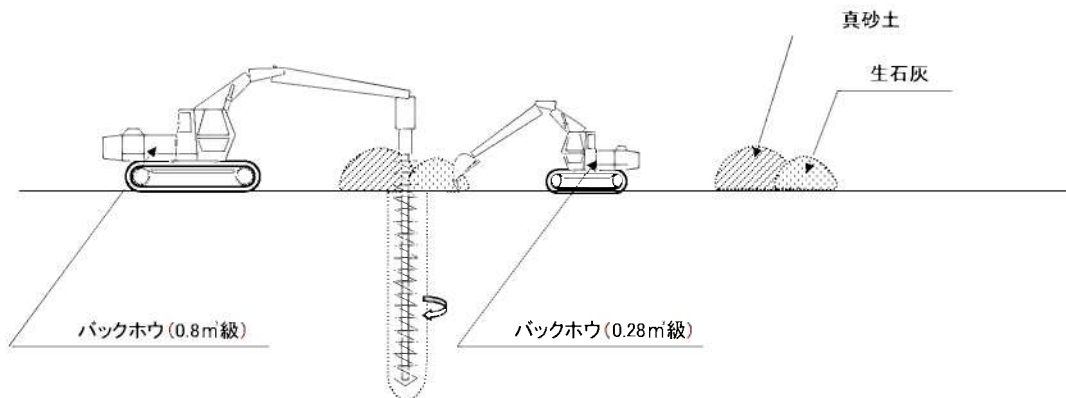


図-4.2 施工形態図

(5)標準日作業量

※標準とは砂質土、シルト、粘性土を示す

横方向圧密工法(サイドプレス工法)は、アースオーガを正回転しながら所定の深さまで掘削をし、その後、逆回転し骨材を圧密することを作業標準としている。作業標準による改良深度別の標準作業量を表-4.4に示す。

—作業条件—

土質：砂質土、シルト、粘性土等
施工規模：2,000m³～10,000m³
改良形式：全面改良
使用機械：バックホウ 0.8m³
運転時間：5.0時間/日

表-4.4 標準日当り作業量

改良深度	施工規模 2,000m ³ 以上～10,000m ³ 未満
2.0m	360m ³ /日
3.0m	540m ³ /日
4.0m	576m ³ /日
5.0m	540m ³ /日
6.0m	432m ³ /日

(6)改良材使用量

改良材の使用量は、表-4.5、土質による使用量は表-4.6による。

表-4.5 標準φ300の使用量

改良材	山砂	生石灰
項目		
基準使用量	0.07m ³	20kg

表-4.6 土質による1mあたりの使用量

土質	材料	山砂	生石灰
a 砂質土		0.10m ³	20kg程度
b シルト		0.13m ³	
c 粘性土		0.16m ³	

※ d 特殊土 (腐植土)		0.20m ³ (参考)	
------------------	--	----------------------------	--

※ 特殊土(腐植土の中でも含水比が非常に多く繊維質が残る土質)
腐植土は、含水量により山砂の使用量及び生石灰の使用量が異なります。

(体積) (深度)

$$\text{山砂} \cdots 0.15 \times 0.15 \times 3.14 \times \text{山砂係数} \times 1 = \text{山砂使用量}$$

(山砂係数 第2章2-5 P.8参照)

(7) 編成人員

横方向圧密工法(サイドプレス工法)の施工に必要とされる人員を表-4.7に示す。

表-4.7 横方向圧密工法(サイドプレス工法)の編成人員

機 種 \ 職 種	世 話 役	特 殊 作 業 員	普 通 作 業 員	特 殊 運 転 手
全体	1	1	1	—
バックホウ0.8m ³ (削孔・プレス作業)	—	—	—	1
バックホウ0.28m ³ (削孔・プレス作業)	—	—	—	1

世 話 役：作業員間の指示、工事状況の把握と工事工程の進捗管理

特殊作業員：改良材供給時の荷卸し各機械の保守点検

普通作業員：削孔・プレス時のオーガ傾斜監視および改良材投入時の補助作業

特殊運転手：車両系建設機械による運転業務

(8) 燃料消費量

燃料消費量の算定は、「請負工事機械経費積算要領」による「建設機械等損料算定表」の機種、規格の機関出力と次に示す時間当たり燃料消費率を乗じて求めます。

$$\text{時間当たり燃料消費量} = \text{機関出力} \times \text{時間当たり燃料消費率}$$

時間当たり燃料消費率は、国土交通省土木工事標準歩掛で定められている表-4.8を標準として使用します。

表-4.8 運転1時間当たり燃料消費率

機種名・規格	時間当たり燃料消費率 (ℓ/kw-h)	備 考
バックホウ【排出ガス対策型(第1次基準値)】 クローラ型・山積0.8m ³ (平積0.6m ³)クレーン2.9t吊	0.175	
バックホウ【排出ガス対策型(第2次基準値)】 クローラ型・山積0.28m ³ (平積0.2m ³)クレーン2.9t吊	0.175	

1) 燃料消費率には、日常点検等必要な油脂類及び消耗品等を含みます。

2) 時間当たり燃料消費量の数値は有効数字の第3位を四捨五入し有効数字2桁とする。

(9)就業時間および運転時間

作業員の1日当たり就業時間は、通常8時間を標準とする。
施工機の運転時間を表-4.9に示す。

表-4.9 施工機の運転時間

機 械 名	1日当たり運転時間 (h/日)	適 用
施工機	5.0	

(10)標準日当たり作業量

標準日当たり作業量を表-5.1に示す。

表-5.1 標準日当たり標準作業量

施工規模 面積：1,000m² 体積：2,000m³

深度 (m)	日当たり作業量		
	本数(N)	施工時間	面積(A)
2.0m	60本	5.0分/本	180m ²
3.0m	60本	5.0分/本	180m ²
4.0m	50本	6.0分/本	144m ²
5.0m	40本	7.5分/本	108m ²
6.0m	30本	10.0分/本	72m ²

(11)内訳表および単価表

横方向圧密工法(サトプレス工法) 1本当たり単価表

名称	規格	単位	数量	適用
土木一般世話役		人	1/N×1	
特殊作業員		人	1/N×1	
普通作業員		人	1/N×1	
バックホウ(排対1次) 0.80m ³ ・クレーン2.9t吊		日	1/N	単価表
バックホウ(排対1次) 0.28m ³ ・クレーン2.9t吊		日	1/N	単価表
アースカー 正逆回転式モーター		本	N	
生石灰		t	V×N	
真砂土	地山	m ³	V×N	
諸雑費		式	1	
計				

注) N:1日当り杭施工本数(本/日)

V:1本当り改良材使用量(t/本)

横方向圧密工法(サトプレス工法) 1m²当たり単価表

名称	規格	単位	数量	適用
土木一般世話役		人	1/A×1	
特殊作業員		人	1/A×1	
普通作業員		人	1/A×1	
バックホウ(排対1次) 0.80m ³ ・クレーン2.9t吊		日	1/A	単価表
バックホウ(排対1次) 0.28m ³ ・クレーン2.9t吊		日	1/A	単価表
アースカー 正逆回転式モーター		本	N	
生石灰		t	V×N	
真砂土	地山	m ³	V×N	
諸雑費		式	1	
計				

注) A:1日当り施工面積(m²/日)

N:1日当り施工本数(本/日)

V:1本当り改良材使用量(t/本)

1号 単価表 バックホウ [排対1次] 0.8m³ 1日当たり

名称	規格	単位	数量	適用
特殊運転手		人	1	
軽油		ℓ	93.6	
バックホウ (排対1次)	0.80m ³ ・クレーン2.9t吊	日	1	
計				

2号 単価表 バックホウ [排対1次] 0.28m³ 1日当たり

名称	規格	単位	数量	適用
特殊運転手		人	1	
軽油		ℓ	36.9	
バックホウ (排対1次)	0.28m ³ ・クレーン2.9t吊	日	1	
計				

第5章 積算(バックホウ0.45m³クラス)

本資料には、横方向圧密工法(サイドプレス工法)における直接工事費(特許使用料を除く)を示し、運搬、組立、解体費及びその他の共通仮設費、現場管理費、一般管理費は含まれておりません。また、横方向圧密工法の技術管理費に係る事前調査、室内試験(室内配合試験を含む)及び事後調査の費用は、別途計上になります。

(1)適用範囲

本工事の積算単価における適用範囲を図-5.1に示す。

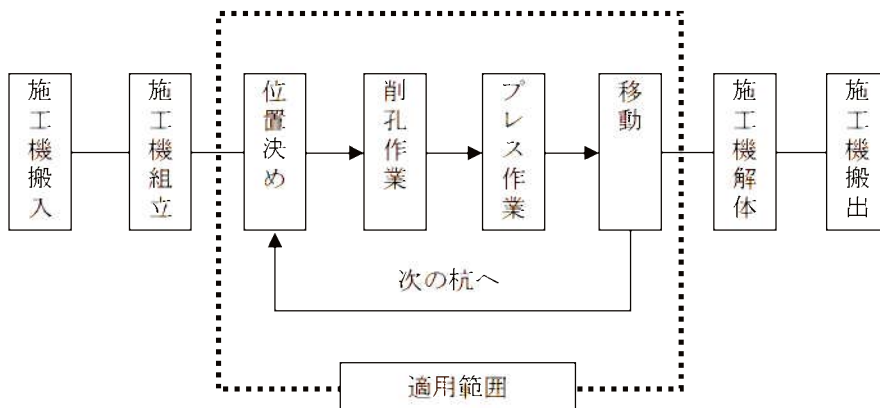


図-4.1 積算適用範囲

(2)適用地盤と改良深度

機種を選定は、適用地盤と改良深度により行う。標準速度で施工可能な適用地盤と改良深度を表-5.1に、機種別の改良深度を表-5.2に示す。

表-5.1 適用地盤と改良深度

適用地盤	改良深度 L(m)
砂質土、シルト、粘性土等	
N値<1(標準速度で施工可能)	0<L≤4.0

表-5.2 機種別改良深度

機種	改良深度 L(m)
油圧ショベル 0.45m ³ 級	0<L≤4.0

(3) 使用機械性能

横方向圧密工法(サイドプレス工法)の使用機械性能使用を表-5.3に示す。

表-5.3 使用機械性能表

項目		機種	バックホウ 0.45m ³ クラス
施工能力	改良深度		4.0m以下
	改良機械質量	kg	10,900
機械性能 (油圧シヨベル)	エンジン定格出力	kW/min ⁻¹	69/2,000
	接地圧	kPa	37
	走行速度(高速)	km/h	5.5
	走行速度(低速)	km/h	3.6
	等価押しわけ容積	c m ³ /rev	4,717
機能性能 (オーガ)	減速比		1/31.03
	定格トルク (最大トルク)	N/m	14,710 (17,652)
	定格回転速度	rpm	20

(4) 施工機械の組合せ

施工形態図を図-5.2に示す。

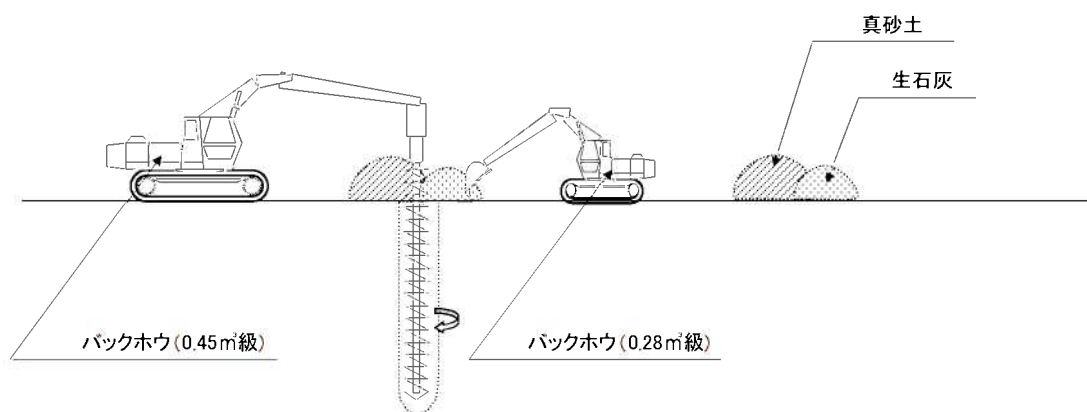


図-5.2 施工形態図

(5) 標準日作業量

※標準とは砂質土、シルト、粘性土を示す

横方向圧密工法(サイドプレス工法)は、アースオーガを正回転しながら所定の深さまで掘削をし、その後、逆回転し骨材を圧密することを作業標準としている。作業標準による改良深度別の標準作業量を表-4.4に示す。

—作業条件—

土質：砂質土、シルト、粘性土等
施工規模：2,000m³～10,000m³
改良形式：全面改良
使用機械：バックホウ 0.45m³
運転時間：5.0時間/日

表-5.4 標準日当り作業量

改良深度 \ 施工規模	2,000m ³ 以上～10,000m ³ 未満
2.0m	224m ³ /日
3.0m	336m ³ /日
4.0m	384m ³ /日

(6) 改良材使用量

改良材の使用量は、表-5.5、土質による使用量は表-5.6による。

表-5.5 標準φ300の使用量

項目 \ 改良材	山砂	生石灰
基準使用量	0.07m ³	20kg

表-5.6 土質によるmあたりの使用量

土質 \ 材料	山砂	生石灰
a 砂質土	0.10m ³	20kg程度
b シルト	0.13m ³	
c 粘性土	0.16m ³	
※ d 特殊土 (腐植土)	0.20m ³ (参考)	

※ 特殊土(腐植土の中でも含水比が非常に多く繊維質が残る土質)
腐植土は、含水量により山砂の使用量及び生石灰の使用量が異なります。

$$\text{山砂} \cdots \frac{\text{(体積)}}{\text{(深度)}} \times \text{山砂係数} \times 1 = \text{山砂使用量}$$

(山砂係数 技術資料第2章2-5 P.8参照)

(7) 編成人員

表-5.7 横方向圧密工法(サトプレス工法)の編成人員

機 種 \ 職 種	世 話 役	特 殊 作 業 員	普 通 作 業 員	特 殊 運 転 手
全体	1	1	1	—
バックホウ0.45m ³ (削孔・プレス作業)	—	—	—	1
バックホウ0.28m ³	—	—	—	1

各職種の作業内容

世 話 役：作業員間の指示、工事状況の把握と工事工程の進捗管理

特殊作業員：改良材供給時の荷卸し各機械の保守点検

普通作業員：削孔・プレス時のオーガ傾斜監視および改良材投入時の補助作業

特殊運転手：車両系建設機械による運転業務

(8) 燃料消費量

燃料消費量の算定は、「請負工事機械経費積算要領」による「建設機械等損料算定表」の機種、規格の機関出力と次に示す時間当たり燃料消費率を乗じて求めます。

$$\text{時間当たり燃料消費量} = \text{出力機関} \times \text{時間当たり燃料消費率}$$

時間当たり燃料消費率は、国土交通省土木工事標準歩掛で定められている表-5.8を標準として使用します。

表-5.8 運転1時間当たり燃料消費率

機種名・規格	時間当たり燃料消費率 (ℓ/kw-h)	備 考
バックホウ【排出ガス対策型（第1次基準値）】 クローラ型・山積0.45m ³ （平積0.35m ³ ）クレーン2.9t吊	0.175	
バックホウ【排出ガス対策型（第2次基準値）】 クローラ型・山積0.28m ³ （平積0.2m ³ ）クレーン2.9t吊	0.175	

- 1) 燃料消費率には、日常点検等必要な油脂類及び消耗品等を含みます。
- 2) 時間当たり燃料消費量の数値は有効数字の第3位を四捨五入し有効数字2桁とする。

(9) 就業時間および運転時間

作業員の1日当たり就業時間は、通常8時間を標準とする。
施工機の運転時間を表-5.9に示す。

表-5.9 施工機の運転時間

機 械 名	1日当たり運転時間 (h/日)	適 用
施工機	5.0	

(10) 標準日当たり作業量

標準日当たり作業量を表-6.1に示す。

表-6.1 標準日当たり標準作業量
施工規模 面積：1,000m² 体積：2,000m³

深度 (m)	日当たり作業量		
	本数(N)	施工時間	面積(A)
2.0m	40本	7.5分/本	112m ²
3.0m	40本	7.5分/本	112m ²
4.0m	35本	9.0分/本	96m ²

※ バックホウの全長の違いにより改良機械の施工範囲及び
速さが違うため、施工能力がバックホウ0.8m³クラスより、
標準(砂質土、シルト、粘性土)の場合は30%程度減になります。
腐植土の場合は、含水量等により施工能力は異なります。

(表-6.2に示す)

表-6.2 バックホウ全長

機 種	全長 (mm)	能力 (%)
バックホウ0.8m ³	9,520	自社標準機
バックホウ0.45m ³	7,280	30%減

(11)内訳表および単価表

横方向圧密工法(サイドプレス工法) 1本当たり単価表

名称	規格	単位	数量	適用
土木一般世話役		人	1/N×1	
特殊作業員		人	1/N×1	
普通作業員		人	1/N×1	
バックホウ(排対1次) 0.45m ³ ・クレーン2.9t吊		日	1/N	1号 単価表
バックホウ(排対1次) 0.28m ³ ・クレーン2.9t吊		日	1/N	2号 単価表
アースオーガ 正逆回転式モーター		本	N	
生石灰		t	V×N	
真砂土	地山	m ³	V×N	
諸雑費		式	1	
計				

注) N:1日当り杭施工本数(本/日)

V:1本当り改良材使用量(t/本)

横方向圧密工法(サイドプレス工法) 1m²当たり単価表

名称	規格	単位	数量	適用
土木一般世話役		人	1/A×1	
特殊作業員		人	1/A×1	
普通作業員		人	1/A×1	
バックホウ(排対1次) 0.45m ³ ・クレーン2.9t吊		日	1/A	1号 単価表
バックホウ(排対1次) 0.28m ³ ・クレーン2.9t吊		日	1/A	2号 単価表
アースオーガ 正逆回転式モーター		本	N	
生石灰		t	V×N	
真砂土	地山	m ³	V×N	
諸雑費		式	1	
計				

注) A:1日当り施工面積(m²/日)

N:1日当り施工本数(本/日)

V:1本当り改良材使用量(t/本)

1号 単価表 バックホウ【排対1次】0.45m³ 1日当たり

名称	規格	単位	数量	適用
特殊運転手		人	1	
軽油		ℓ	54	
バックホウ（排対1次）	0.45m ³ ・クレーン2.9t吊	日	1	
計				

2号 単価表 バックホウ【排対1次】0.28m³ 1日当たり

名称	規格	単位	数量	適用
特殊運転手		人	1	
軽油		ℓ	36.9	
バックホウ（排対1次）	0.28m ³ ・クレーン2.9t吊	日	1	
計				

共同研究開発のまとめ

東海大学海洋学部 福江正治

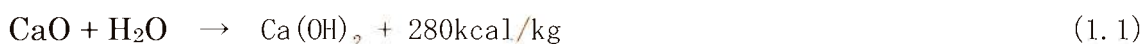
【本技術の概要と利点】

本技術は砂と生石灰をオーガーの回転によって軟弱地盤中に押し込んで、砂杭体を造成するとともにその砂杭周辺の生石灰から起こる一連の化学反応を利用して、地盤の広範囲の圧密効果(物理効果)とセメンテーション(化学効果)を長期にわたって続伸する地盤改良工法である。

物理的には、砂杭の設置により側方応力を増大させ排水を促すことで圧密を促進させる。

また、一連の化学反応とは、(1)水和反応、(2)イオン交換、(3)エトリンガイド生成、(4)ボゾラン反応および(5)炭酸塩の生成である。以下にそれぞれについて述べる。

(1) 水和反応 生石灰 CaO は土中の水分と次のように反応して消石灰 Ca(OH)_2 を生成する。



この反応では、生石灰 10kg が消石灰になると土中の間隙水約 4.3kg の水を結晶水に変えることを意味する。また発生する熱は間隙水の蒸発を促す。一般に軟弱土は高含水比であるから、含水比の低下は強度発現に大きく寄与する。ただし、この反応は生石灰についてのみ起こるから、高含水比の土では生石灰が存在する箇所の付近に限られると考えられる。

土と生石灰を混合する場合には、それぞれの量が決まっているので、含水比変化は計算能である(石灰協会 2005、下村ら 2006)。

(2) イオン交換 粘土鉱物のように細粒土はその表面に電荷を有しており、陽イオンが吸着される。また、粒子表面に Na イオンが吸着されている場合には Ca イオンは Na イオンにとって変わる(図 1.1)。この作用は陽イオン交換と呼ばれ、土の陽イオン交換容量(Cation Exchangeable Capacity ; CEC)が大きい土ほどこの作用が起こりやすい。一般に粒径が小さく、活性の高い粘土になるほど CEC は大きい。石灰から溶け出た Ca イオンは水と結合したり土粒子に吸着されて、粒子間の結合に寄与することとなる。団粒化が起こる場合もある(図 1.2)。

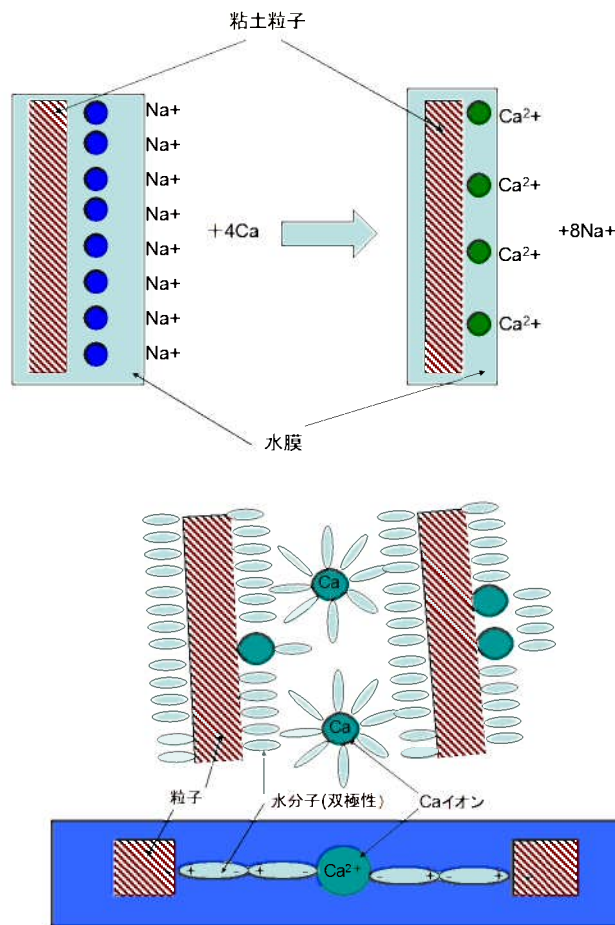


図 1.2 水和イオンによる粒子の結合の例

水分子は双極性で電荷に対して配向する。また、[図 1.2](#) の下段に示すように、水分子を吸着した水和イオンは粒子間にあるのは、元来粒子表面の負電荷が反発するのを引力に変える働きをする。これが団粒化の原因ともなる。さらに、Na が Ca イオンに交換されると、もともとの粒子表面の吸着水膜は薄くなり、圧密が起こりやすくなる。この作用は Ca イオンの移動によって遠くまで起こり得る。

Ca イオンの移動は水の流れが無くとも、拡散現象によって起こる。粘性土の場合には透水係数が小さいので、イオンのような溶質は拡散により起こる。ある点を移動する量はそこでの濃度勾配 $\Delta C / \Delta L$ に比例する。

$$f = D_d \frac{\Delta C}{\Delta L} \quad (1.2)$$

ここに、 C は濃度、 D_d は拡散係数、 L は距離で、 Δ はつけることでそれらの変化量を意味する。つまり、2点間のCaイオンの移動量は2点間における濃度の差が大きいほど多い。

(3) エトリンガイド生成 消石灰とアルミナ (Al_2O_3)、石膏(CaSO_4)および水の反応によって針状のエトリンガイドの結晶が生成し、土粒子を架橋する。その反応は次のようである。

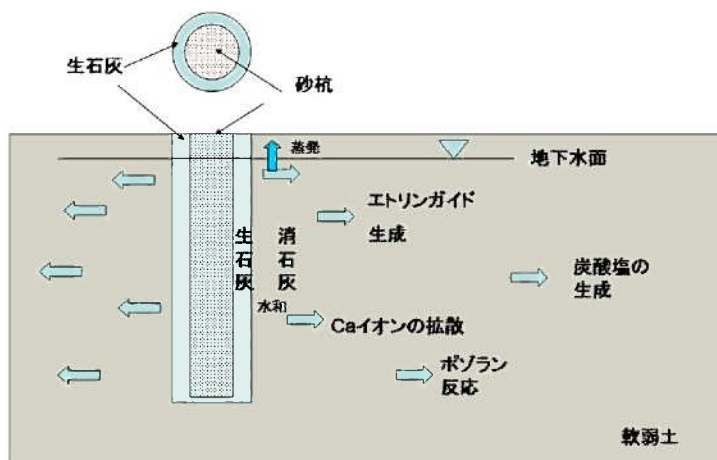


図 1.3 軟弱地盤中の生石灰から起こる種々の反応

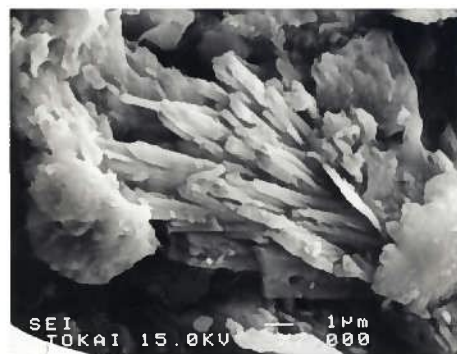


図 1.4 石灰による土中でのエトリンガイド生成

図 1.4 は数年前に本技術を用いた地盤から採取して保存しておいた試料を電子顕微鏡で確認したものである。中央部の剣先状の物質がエトリンガイドである。コン

クリート中でエトリンガイドができると強度が弱くなるが、土の場合には相対的に強度を上げる働きを持つ。

(4)ポゾラン反応 ポゾラン反応はエトリンガイドと同様、消石灰とシリカおよびアルミナとの反応である。生成する物質はケイ酸カルシウム水和物やアルミン酸カルシウム水和物で土粒子間を結合させる。シリカやアルミナは無機の鉱物であるから、高有機質土以外の土で普通に起こると考えられる。

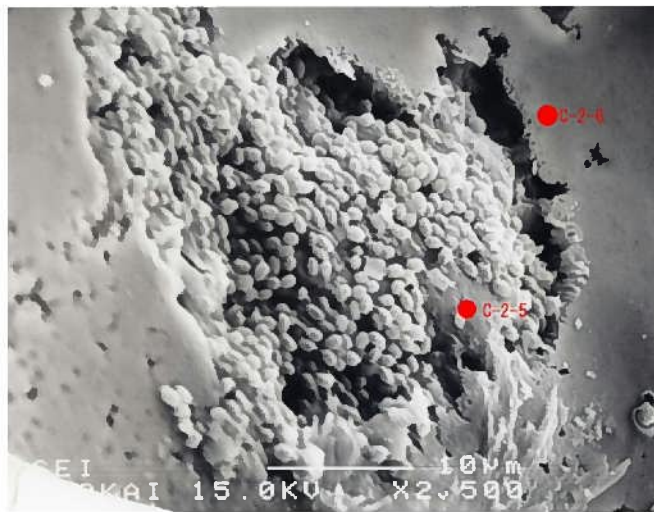
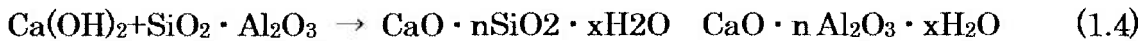


図 1.5 石灰による土中での水和物の生成

図 1.5 は数年前に本技術を用いた地盤から採取して保存しておいた試料を電子顕微鏡で確認したものである。中央部の米粒上の物質は水和物と考えられる。今後その物質の特定を行う。

(5) 炭酸塩の生成 石灰水に二酸化炭素が反応すると炭酸カルシウムが生成するそのとき粒子の膠着が起こる (松田 2005)。この反応は、自然界で普通に起こりセメンテーションの原因として地盤工学の分野で細菌になって重要視されるようになった。基本的には Ca^{2+} と HCO_3^- としてイオン化して遠くまで移動するので、イオンの拡散により広範囲に起こることが期待できる。この反応は CO_2 を地盤内に固定するのに役立つ。ただし、石灰のは炭酸カルシウム(石灰岩)を焼成して得られるが、そのとき二酸化炭素を生成しているという事実はある。石灰水から炭酸カルシウムが生成する反応は次のようにシンプルである。



この場合には、CO₂が必要であるので、有機物が分解されてCO₂が生成しているような高有機質土、地下水面付近または地下水位が大きく変動するところで優位であろう。

主にこれらの現象が軟弱土の改善効果に働くが、これまでの生石灰を使用する方法との異なる点は、改良したい土と混合しないという点にある。むしろ、Ca²⁺の拡散が重要な要素となっている。

※ 研究開発の試験データが必要な方は御連絡下さい。