

施工法の検討 (WG2)

1. 改良仕様

想定される液状化対策の改良仕様は、解析に基づき設定される。以下に格子間隔以外の共通部分の仕様を示す。

表-1 検討用改良仕様

対象部分	改良仕様	改良深度	改良強度
道路部	ソイルセメント壁 有効壁厚 0.85m	13.0m	$F_c=1.5\text{N/mm}^2$
宅地部	ソイルセメント壁 有効壁厚 0.85m	13.0m	$F_c=1.5\text{N/mm}^2$
	ソイルセメント壁 有効壁厚 0.5m		$F_c=3.0\text{N/mm}^2$

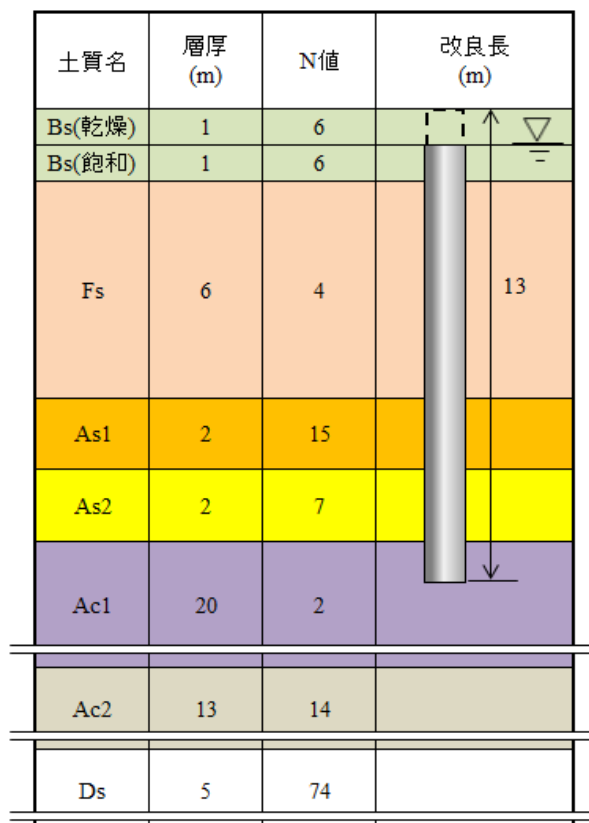


図-1 検討地盤

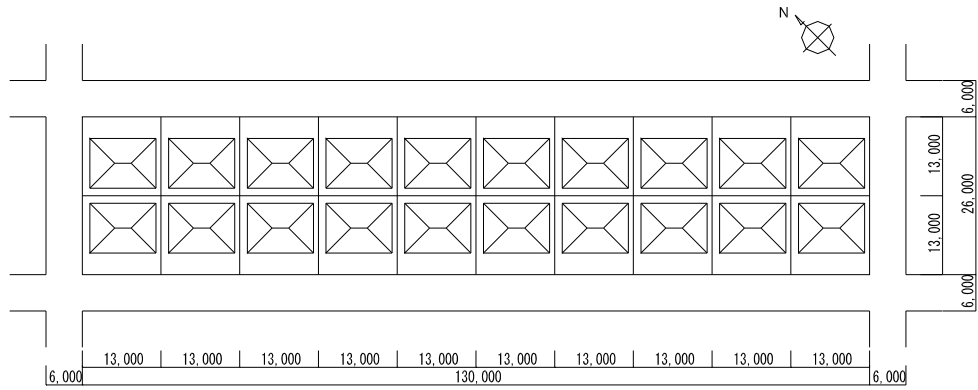


図-2 施工検討街区モデル

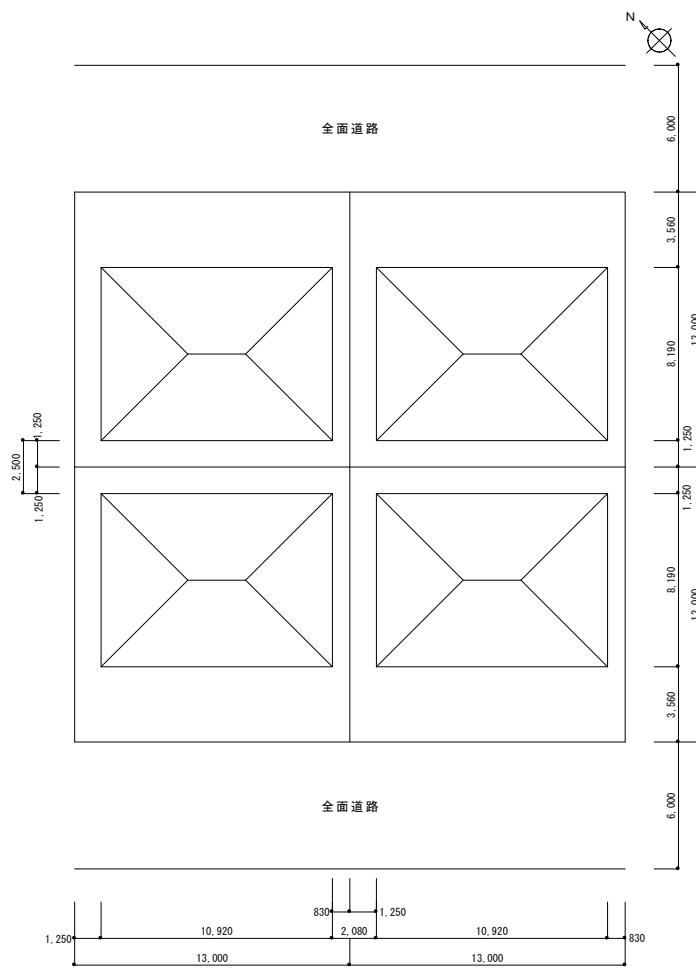


図-3 4棟配置計画例

2. 想定される施工パターン(既設、新設)による施工条件の整理

試験施工を計画するにあたり、TOFT工法の工事を想定した施工条件を設定する。
対策を実施する条件としては、既存の住宅が存在する「既設の場合」と、全くの新築 若しくは建替えのため住宅を撤去した「新設の場合」に分けられる。

表-2 にそれぞれに対応する施工条件を示す。

表-2 既設・新設における施工条件

<既設の場合>

対象部分	作業エリア寸法	空頭制限	埋設物	その他
宅 地	隣棟間隔(壁間、軒間) 長辺方向: 2.3, 1.6m 短辺方向: 1.8, 1.1m	軒高 6.0m	宅内配管 深さ 1.0m 以浅	植栽、土間コン 擁壁等の存在
道 路	幅員 6.0m	架空線部 4.5m	上下水道、ガス などの埋設管 深さ 3.0m 以浅	舗装、側溝、縁石

<新設の場合>

対象部分	作業エリア寸法	空頭制限	埋設物	その他
宅 地	13.0×13.0m	無し	無し	建替えの場合 表層にガラ混入 擁壁等の存在など
道 路	幅員 6.0m	無し	無し	無し
道 路 (既設)	幅員 6.0m	架空線部 4.5m	上下水道、ガス などの埋設管 深さ 3.0m 以浅	舗装、側溝、縁石

3. 選択工法の概要

既往の TOFT 工法は、液状化対象地盤を囲むように、改良径 $\Phi 1000\text{mm}$ のソイルセメント改良杭を柱列状に配置し、格子状の改良壁を造成する工法である。施工に際しては、通常は写真-1 に示すような大型の深層混合処理工法用の機械攪拌式地盤改良機を用いるのが一般的であるが、今回のような戸建て住宅地においては、機械の大きさゆえ、適用が困難となる。したがって今回の施工検討では、戸建て住宅地用 TOFT 工法に適用可能と考えられる地盤改良工法を選択し、その施工機による施工検討を行うこととする。



写真-1 大型地盤改良機械

選択した工法は、a.小型機械攪拌工法、b.超小型高圧噴射工法、c.超小型機械攪拌工法であり、その有用性について検討することとした。以下に選択工法の特徴を述べると共に、表-3 にその概要を記す。

a. 小型機械攪拌工法

自走可能なクローラータイプのベースマシンに単～複数軸の掘削・攪拌ロッドを装備し、セメントスラリーを吐出しながら掘削・攪拌することで、原地盤を柱状に地盤改良する工法であり、改良品質は実績も豊富で信頼性が高い。現存する宅地向け小型機の大きさは、幅 2.1～2.5m、長さ 4m～7m、高さ 8m～10m程度である。既設の場合は、基本的に道路部での施工に適用できる。

b. 超小型高圧噴射工法

通常の高圧噴射工法よりさらに小型化した施工機であり人力での搬入が可能である。家屋内での使用も想定しているため、設置寸法は $0.6 \times 0.4\text{m}$ 、高さ 1.2m と非常にコンパクトであり、排泥はバキュームにて回収する。本工法は既設宅地内で隣棟間隔の狭い部分での施工や、埋設管など地中障害物に対応した施工に適する。排泥量が多いため、機械攪拌工法に比べてコストが高い。

c. 超小型機械攪拌工法

コストがかさむ高圧噴射工法の代替工法として想定。現存機は無く新規製作が必要となる。機械の特徴としてはクローラー式ベースマシンを持たず、レール等を利用して施工位置にセットするか、もしくはクレーンなどで直接施工位置にセットする。マシンの大きさは、幅 1.4～1.8m、長さ 3m～4m、高さ 4m～6m程度を想定。留意点として、新たに機械を製作するため製作費によるコスト増が見込まれる。

表-3 選択工法の概要

工法名	小型機械攪拌工法	超小型高圧噴射工法	超小型機械攪拌工法
概要図			
機械寸法	全長 4.0~7.0m × 幅2.1~2.5m × 高さ8.0~10.0m	全長 0.6m × 幅0.4m × 高さ1.2m	全長 3.0~4.0m × 幅1.4~1.8m × 高さ4.0~6.0m
改良径	単軸: Φ800~1600mm、2軸: Φ800~1000mm	単軸: Φ1000~2500mm	2軸: Φ600~1000mm
改良深度	13m(最大掘削可能深度 15~20m)	13m(最大掘削可能深度 20m以上)	13m(目標)
工法完成度	実在工法	実在工法	新規製作が必要
適用位置	新設宅盤、新設、既設道路(空頭制限なし)	既設宅盤、既設道路、埋設管廻り	既設宅盤、既設道路(空頭制限あり)
排泥量	改良体積の20~30%	改良体積の100%	改良体積の20~30%
コスト	低	高	中
その他設備	プラント設備(6t~10tトラック2台)が必要	プラント設備(4tトラック2台)が必要	プラント設備(4tトラック2台)、レール等が必要
備考	排泥量が少ないためコスト的優位性は高い。ただし機械の大きさから適用箇所に制限あり。	排泥量が多くコストに影響大。処理方法に工夫が必要。	排泥量が少ないためコスト的優位性は高い。現在実在機はないが、在来機を改造することで実現可能。ただし製作費による施工費へのコスト増が見込まれる。

4. コスト検討

コスト検討は、既設施工を想定した条件で行うものとし、解析で検証された改良パターンに対し、道路部および宅地内部それぞれの格子壁造成に適した工法を想定して、コストの検討を進めてゆくこととする。

実際の施工を考慮すると、宅地内では隣棟間隔の関係から、超小型高圧噴射工法および小型機械攪拌工法の使い分けや、道路部では幅員により小型機械攪拌工法と超小型機械攪拌工法を使い分けることも考えられ、また道路部であっても、埋設管等の関係から高圧噴射工法を選択せざるを得ない部分もあり、今後詳細の検討が必要である。

表-4 に、今回解析で検討を行った Case1 に対するコスト検討パターンを記す。

Case1-1 は道路部に小型機械攪拌工法、宅地部には超小型高圧噴射工法を用い、改良深度 13m、格子寸法として道路部が 2 枚壁、宅地部を 1 戸 1 格子とした最も基本的なパターンである。施工的には現存機により施工可能ではあるが、高圧噴射工法の占める割合が多いため、コスト的には不利な状況が想像される。

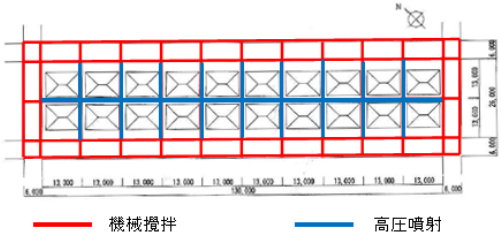
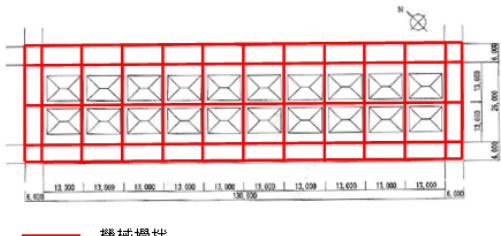
また、Case1-2 は、Case1-1 の宅地部を高圧噴射工法に代わりに小型機械攪拌工法にて施工したパターンであり、コスト的にはかなりの優位性が見込まれる。ただし、現状の機械攪拌工法では既設住宅の間での施工は困難であり、実現のためには超小型機械攪拌工法の施工機械製作という課題が残る。

以下、解析での検討を予定している Case2～4 についても同様にコスト検討を進めることとする。

以上を勘案し、今後解決すべきコスト低減に関する課題を以下に示す。

- ・コスト負担の大きい高圧噴射工法使用率の低減（超小型機械攪工法の実用化）
- ・改良により発生する排泥の処理方法
- ・格子寸法の拡大や改良長の短尺化など設計的検討による改良体積の削減

表-4 コスト検討ケースの例

	検討ケース	留意点
Case1-1 基本 検討案	 <p style="text-align: center;"> — 機械攪拌 — 高圧噴射 </p> <p style="text-align: center;"> 道路部: 2枚壁 宅地部: 1宅地1格子 </p>	道路部: 小型機械攪拌工法 宅地部: 超小型高圧噴射工法 <ul style="list-style-type: none"> ・現存機により施工可能 ・高圧噴射の割合が多くコスト高 ・排泥処理費の削減が課題
Case1-2 宅地内施工法 合理化案	 <p style="text-align: center;"> — 機械攪拌 </p> <p style="text-align: center;"> 道路部: 2枚壁 宅地部: 1宅地1格子 </p>	道路部: 小型機械攪拌工法 宅地部: 小型機械攪拌工法 <ul style="list-style-type: none"> ・コストはCase1-1の約50% ・宅地部では小型機械攪拌工法による施工が困難 ・超小型機械攪拌施工機の製作が課題

5. 周辺への影響検討

a. 機械攪拌式地盤改良工法

機械攪拌式の場合、通常スラリーと呼ばれるセメントミルクを、原地盤に注入、攪拌することで、改良体の柱列壁を地中に造成する。したがって施工に伴う周辺地盤への影響についても確認しておく必要がある。実際には当該地盤条件下における試験施工にて確認し、対策を講じることとなるが、ここでは、それに先立ち通常の深層混合処理工法における近接施工に関する留意点について記す。

近接施工時の各種構造物の許容変位量は、管理者がそれぞれの構造物の特性に応じて基準化しており、家屋においては絶対沈下量：2～3cm、変形角 $(1\sim 2)\times 10^{-3}\text{rad}$ 、相対沈下量2.25cmと規定されている(表-5)。また、図-4に舞浜地区で格子状地盤改良を施工し変位計測を行った事例について示す¹⁾²⁾。その報告よれば当該地盤における通常施工時の地表面変

位の最大値は 3cm 弱と、管理者が定める基準値相当以下であり、施工条件の違いはあるものの、本工法による近接対応は十分可能であると考ええる。

仮に、さらに厳しい管理値を要求された場合であっても、添付資料 1,2 に示す方法などで対応することは可能である。

表-5 近接施工による各管理者の許容値、管理値の実績 (CDM 研究会「CDM Q&A 集」p149)

用途	既設	構造物	許容量	管理値
鉄道 軌道	営団地下鉄 大塚通 交古屋 交通設	新幹線高架橋	相対鉛直変位 5mm 水平変位 3mm 鉛直変位 3mm 柱沈下盤 3mm 柱相対沈下 2.3mm	±3~5mm 2.4mm 水平変位 5mm
		高架橋橋台・橋脚	沈下 10mm 傾斜 3分20秒 鉛直変位	鉛直変位 ±20mm 傾斜 1度
		橋台・橋脚	沈下・隆起 ±10mm	沈下・隆起 ±20mm/日 鉛直 9mm/day, 5mm/h 水平 7mm/day, 4mm/h
		トンネル橋	沈下 10mm	
		架道橋	鉛直変位 ±5mm 沈下 9mm	沈下 8mm 傾斜 80秒 沈下 5mm 傾斜 180秒
		架道橋	水平変位 10mm 鉛直変位 30mm 沈下 13mm	
		架道橋	不等沈下 8.7mm	
		アーチ橋橋台	鉛直変位 ±50mm 水平変位 ±37mm 傾斜 ±160秒 沈下 ±17mm 変位 ±25mm	±120秒 ±15mm ±20mm
		橋脚	沈下 5mm	
		RCベタ基礎地上9F	沈下 5mm	
建築物	鉄骨鉄筋コンクリート5F RC直接基礎 ビルRCF3F・4F 貨物ビルRC・8F	フーチング部材角 1/300~1/500 傾斜 ±160秒 標準値 15mm 最大値 30mm	±120秒	
		絶対沈下量 2~3cm 変形角 (1~2)×10 ⁻⁵ rad 相対沈下量 2.25cm		
		鉛直変位 +2.0~-40mm 沈下 20mm	沈下 4mm	
その他	東京電 東京ガス	放水路トンネル ガス	鉛直変位 +2.0~-40mm 沈下 20mm	沈下 4mm

*過去10年間(1972年~1982年)の文献(専門誌・機関誌)を対象に調査。

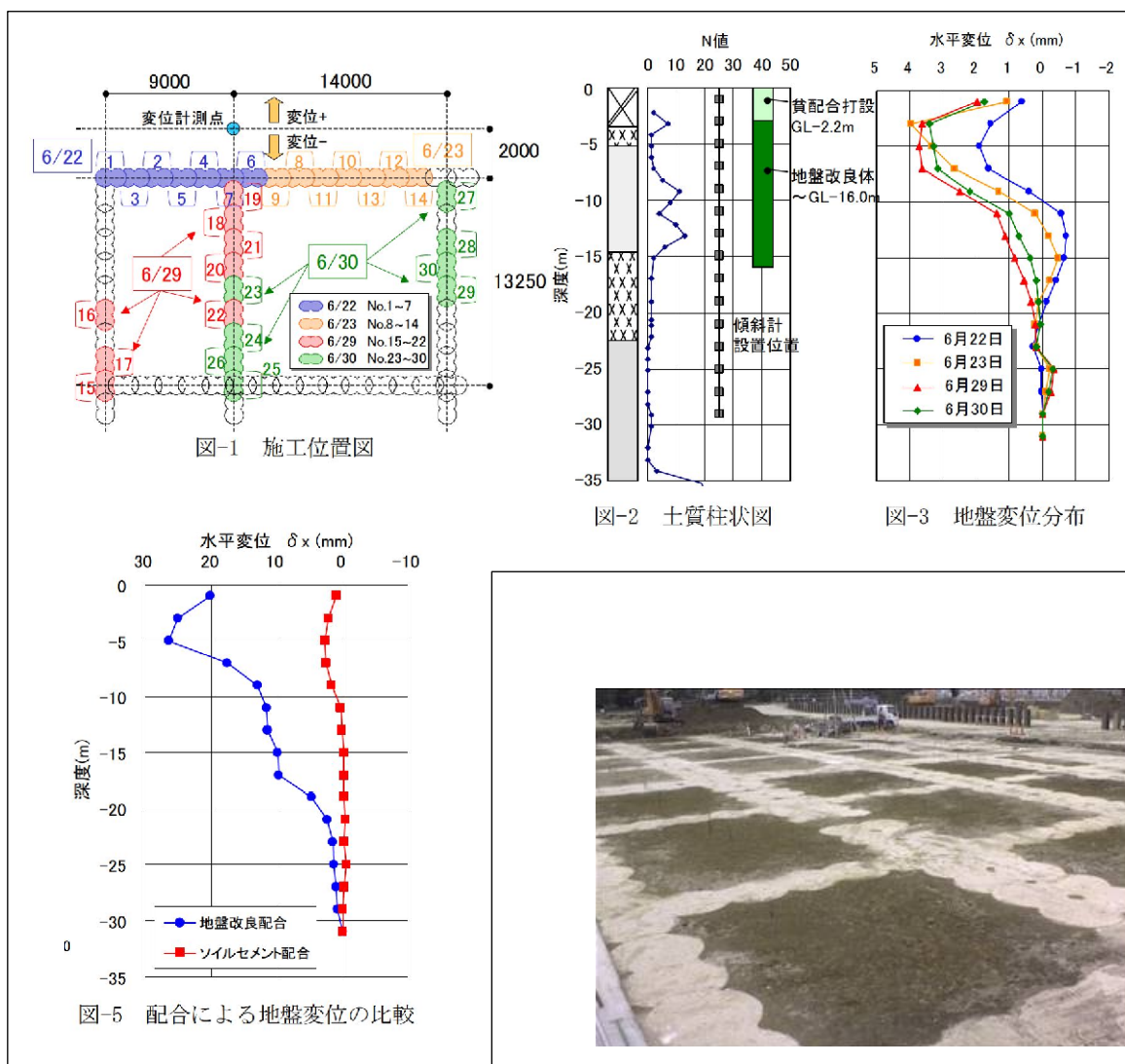


図-4 深層混合処理工法施工に伴う変位計測例

写真-2 格子状地盤改良の施工イメージ(直接基礎の場合)

b. 高圧噴射攪拌工法

今回採用を検討している高圧噴射工法は、原地盤を圧縮空気と高圧スラリーにより切削し、柱状にセメントミルクで置き換える工法である。切削したときに発生する排泥は基本的にはバキュームで吸い上げるため、理論上、側方に変位は起こさない。

浦安地区にて既存住宅に対する試験施工も行われているが、基礎直下まで改良を施した事例においても、家屋調査の結果、既存住宅に対する変状等は認められなかった。

ただし、これはバキュームによる排泥がスムーズに行えることが前提であり、いったん配管の詰まりなどのトラブルが発生すると、周辺地盤の隆起などの問題を引き起こす可能性があるため、土被り厚の検討や排泥の抜き方など、詳細の検討が必要であると考えられる。



写真-3 狭小地用高圧噴射攪拌工法施工機



写真-4 狭小地用高圧噴射攪拌工法による改良体

<参考文献>

- 1) 南 大造 他：深層混合処理工法施工に伴う周辺地盤変位の評価－その1：施工に伴う周辺地盤変位の実測－、第42回地盤工学研究発表会、地盤工学会、2007.7
- 2) 佐藤英二 他：深層混合処理工法施工に伴う周辺地盤変位の評価－その2：変位抑止施工法の効果－、第42回地盤工学研究発表会、地盤工学会、2007.7