

## 4. コスト検討

### 4. 1 コスト試算

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。

実際の施工を考慮した場合、基本的に道路部ではコスト及び品質の観点から小型機械攪拌工法の使用が望ましく、宅地内では隣棟間隔の関係から、超小型高压噴射工法や小型機械攪拌工法を使用することになると考える。ただし道路部であっても、埋設管等の関係から高压噴射工法を選択せざるを得ない部分もあり、計画に当たっては詳細に検討する必要がある。

そこで今回解析で検討を行ったすべてのケースについてコスト検討を行った。

表-4 に、液状化対策としての効果が高く、かつコスト的優位性が高いと考えられる Case1-2 について、コスト検討結果を示す。

なお、改良形態によるコスト面から見た比較検討が出来るよう、他のケースについても Case1-2 に対するコスト比率の形で示した。算出したコストには、概算の直接工事費、機械の組立・解体費ならびに調査・試験費が含まれている。外周道路部の工事費は、隣り合う街区との折半とし 1/2 計上としている。その他、住宅敷地内の堀や植栽などの施工に支障となる外構の撤去・復旧費や、道路部の舗装の撤去・復旧費ならびに埋設管および電柱の移設・復旧費用などの付帯工事費についても想定に基づき見込んでいる。ただし植栽関係の費用は含まれていない。

Case1 は道路部縦断方向に小型機械攪拌工法 ( $\phi 1000\text{mm}$ )、横断方向は埋設管を考慮し高压噴射工法 ( $\phi 1500\text{mm}$ )、宅地部には超小型高压噴射工法 ( $\phi 1500\text{mm}$ ) を用いた場合と、超小型機械攪拌工法 ( $\phi 800\text{mm}$ ) の使用を想定した場合についてコスト算出を行った。改良形態としては改良深度 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でかつ液状化抑止効果が最も高いパターンである。またそれらから派生した道路部が 1 枚壁のパターン (Case1-2)、加えて宅地内の改良深度を浅くしたパターン (Case1-3) についても検討した。施工的には現存機により施工可能ではあるが、全体のボリュームが大きいことや、実際には高压噴射工法の占める割合が多くなる可能性が高く、コスト的には不利な状況となっている。

Case2 は、道路部のみ Case1 と同様に小型機械攪拌工法と高压噴射工法にて施工したパターンである。道路部の液状化対策としては効果的であるが、宅地部が未対策のため、コスト的にはかなりの低く抑えられるものの、解析結果からは宅地部の液状化抑止効果は認められず、また、東日本大震災の被害事例でも報告されているように、宅地部の液状化に

より、宅地枠から道路部の下水本管に液状化した土砂が流入する恐れがあり、宅地内に別途液状化を抑止する対策が必要となる。

Case3 は、Case2 の宅地部を 4 戸 1 格子で囲ったパターンであり、道路部は 2 枚壁（Case3-1）と 1 枚壁（Case3-2）の 2 パターンの検討を行った。また宅地部は Case1 と同様、超小型高压噴射工法または超小型機械攪拌工法での施工を想定している。宅地内部に壁を施工することで、Case1 ほどではないが液状化対策としての効果が期待でき、道路内の下水本管への土砂の流入は防げるものと考える。ただし、宅地内の対策として完全ではない為、別途対策を追加することが望まれる。たとえば、解析の検討結果によると、地下水位を想定より 1m 下げることで液状化対策としての効果が改善されることから、例えば、もともと地下水位が低いなど現地の条件が適合する場合には、コスト的にも Case1 より安価であることから、現実的な対策パターンの一つであると考えられる。

実際の適用するにあたって、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压噴射工法使用率の低減（機械攪拌工法の使用率のアップ）
- ・高压噴射工法の施工品質の確保ならびに施工管理手法の確立
- ・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

Case1-2における概算コスト検討

検討ケース		概算コスト (百万円)	概算工期 (月)
Case1-2 道路1重 住戸毎		400 ~500	7.0

※ 宅地内の施工は機械攪拌と高圧噴射の2種類で検討し、コストを幅で示している。

※ 概算コストには、想定数量に基づく地盤改良費、付帯工事費および間接工事費を含む。

各検討ケースにおける概算コスト比率

検討ケース	Case1-2に対する 概算比率	
	コスト	工期
Case1 道路2重 住戸毎	1.1	1.0
Case1-2 道路1重 住戸毎	1.0	1.0
Case1-3 道路1重 住戸毎 一部深度8m	0.9	0.85
Case2 道路のみ	0.35	0.85
Case3-1 道路2重 4住戸毎	0.6	0.85
Case3-2 道路1重 4住戸毎	0.5	0.7

・コストには事前・事後調査費用ならびに排泥処理費を含む。ただし、植栽費用は別途。

・工期は付帯工事の工期も含む。

#### 4. 2 コストに影響する諸要因

道路内の工法としては、基本的に障害の有無により機械攪拌工法と高圧噴射工法を使い分けることが必要となる。コストを正確に算定するには、埋設管などの既存の道路施設の位置を正確に把握し、その撤去復旧費や切り回し費用と高圧噴射工法による施工費との比較により決定することとなる。

前項では、想定に基づき概略の工事費を算出したが、正確な事業費の算定にあたり、以下の項目に対し詳細に検討する。

表-5 事業費算定にあたり必要な項目

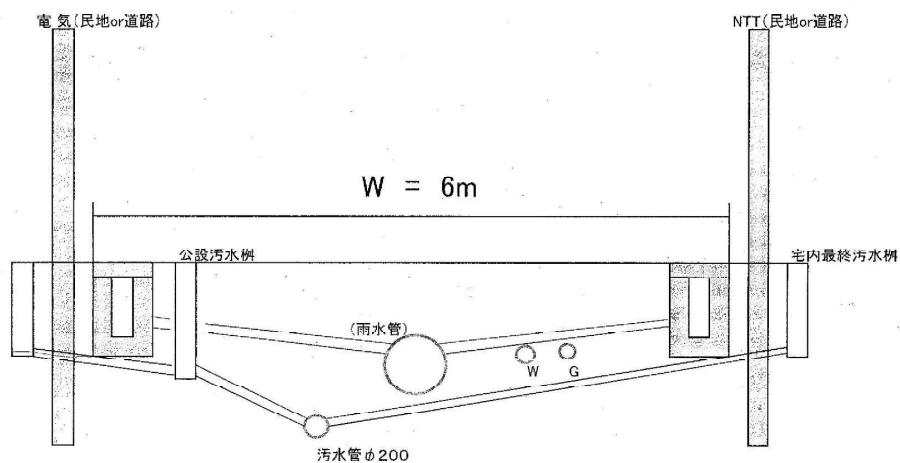
項目		留意点
直接工事費関係	<ul style="list-style-type: none"> <li>・直接工事費</li> <li>・間接経費</li> <li>・家屋調査費</li> <li>・家屋保障関係経費</li> </ul> <p>など</p>	改良形状、選定工法により設定 直接工事費により変動 必須 必須
付帯工事関係	<p>【道路部】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・道路舗装費、路盤路床の撤去復旧費</li> <li>・電柱移設費用</li> <li>・埋設管(ガス、水道、雨水管、污水管、最終公設樹、マンホール)の切り回し、敷設替費用</li> <li>・LU側溝の撤去復旧費用</li> </ul> <p>など</p> <p>【宅地部】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・土間コンクリート撤去復旧費</li> <li>・既存塀撤去復旧費</li> <li>・宅地内配管切り回し、敷設替費用</li> <li>・植栽撤去・復旧費</li> </ul> <p>など</p>	必須 必須 ] 道路部の選定工法(機械、高圧) の工事費との比較により選択計上 必須 必須 必須

特に道路部においては、埋設管の切り回し、敷設替え費用、LU側溝の撤去・復旧費用の大小が、基本的な機械攪拌工法と高圧噴射工法の選択条件となることから、実際の計画にあたっては、正確な埋設位置と数量の把握が必要となる。

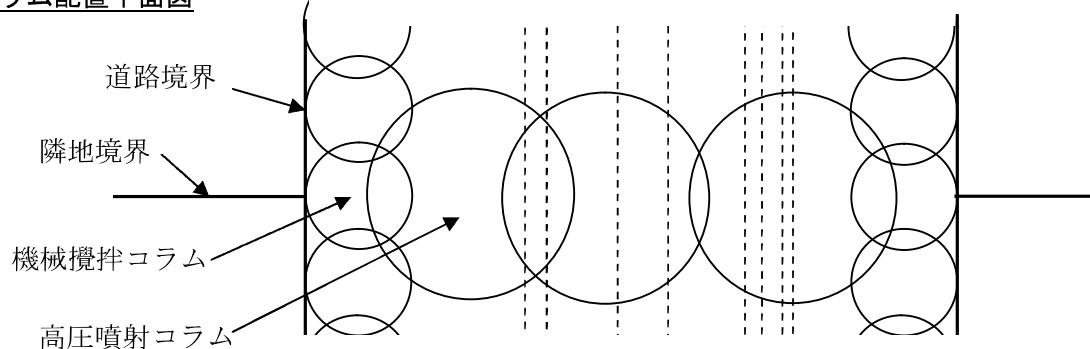
図-4 に LU 側溝を撤去・復旧を前提とした場合の機械攪拌および高圧噴射によるコラム配置イメージを示す。

### 道路断面図

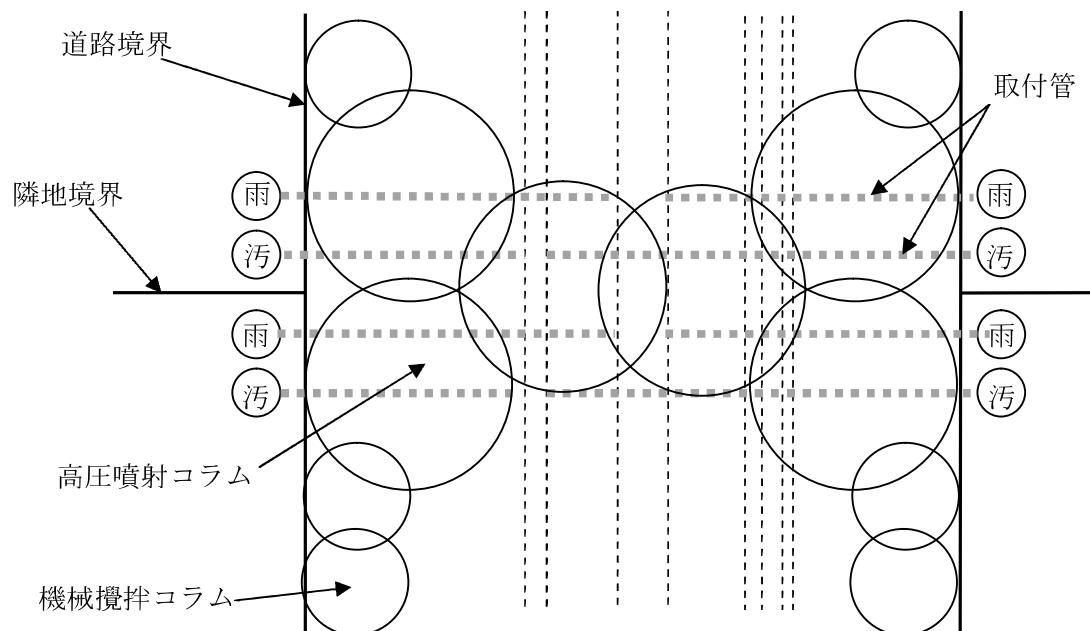
(イメージ)



### コラム配置平面図



宅地樹がない場合 (取付管を切り回す場合を含む)



宅地樹がある場合

図-4 コラム配置検討例

## 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： $2\sim3\text{cm}$ 、変形角( $1\sim2$ ) $\times 10^{-3}\text{rad}$ 、相対沈下量 $2.25\text{cm}$ と規定されている(表-6)。また、図-5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<sup>1)2)</sup>。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 $3\text{cm}$ 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、参考文献1,2に示す方法などで対応することは可能である。

### 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ので、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。

表-6 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&amp;A 集」p149)

既設構造物				許容量	管理値
用途	企業者	形式			
軌道	国鉄 大日本地下鉄 大阪市局 名古屋市局 岐阜県 道路	新幹線高架橋	相対鉛直変位 水平変位 鉛直変位 柱沈下盤 柱相対沈下	5 mm 3 mm 3 mm 3 mm 2.3mm	± 3 ~ 5 mm
		高架橋	沈下	10mm	2.4mm
		高架橋台脚	傾斜	3 分~20秒	水平変位 5 mm
		橋台脚	鉛直変位		鉛直変位 ± 20mm
		橋道	沈下・隆起	± 10mm	傾斜 1 度
		トランネル橋	沈下	10mm	沈下・隆起 ± 20mm/日
		(杭)道基礎	鉛直変位	± 5 mm	鉛直変位 9 mm/day, 5 mm/h
		(杭)下構	沈下	9 mm	水平 7 mm/day, 4 mm/h
		中構	鉄物		
		中構	鉄物		
建築物	鉄骨筋コンクリート 5F RC ベタ基礎 地上 9F 地下 3F RC 直接基礎 ビル RC 3F ~ 4F 貨物ビル RC 8F	水平変位 鉛直変位 沈下	10mm 30mm 13mm		
		橋脚	不等沈下	8.7mm	
		(杭)基礎	鉛直変位	± 50mm	
		橋台	水平変位	± 37mm	
		橋	傾斜	± 160秒	
		脚	沈下位	± 17mm	± 120秒
		(杭)基礎	変形	± 25mm	± 15mm
		アーチ橋	沈下	5 mm	± 20mm
		橋	変形	5 mm	
		脚	最大値	30mm	
その他	東電 東京ガス	家	絶対沈下量 変形角 相対沈下量	2 ~ 3 cm $(1 \sim 2) \times 10^{-3}$ rad 2.25cm	
		路	鉛直変位	+ 2.0 ~ - 40mm	
		トランネル管	沈下	20mm	沈下 4 mm

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

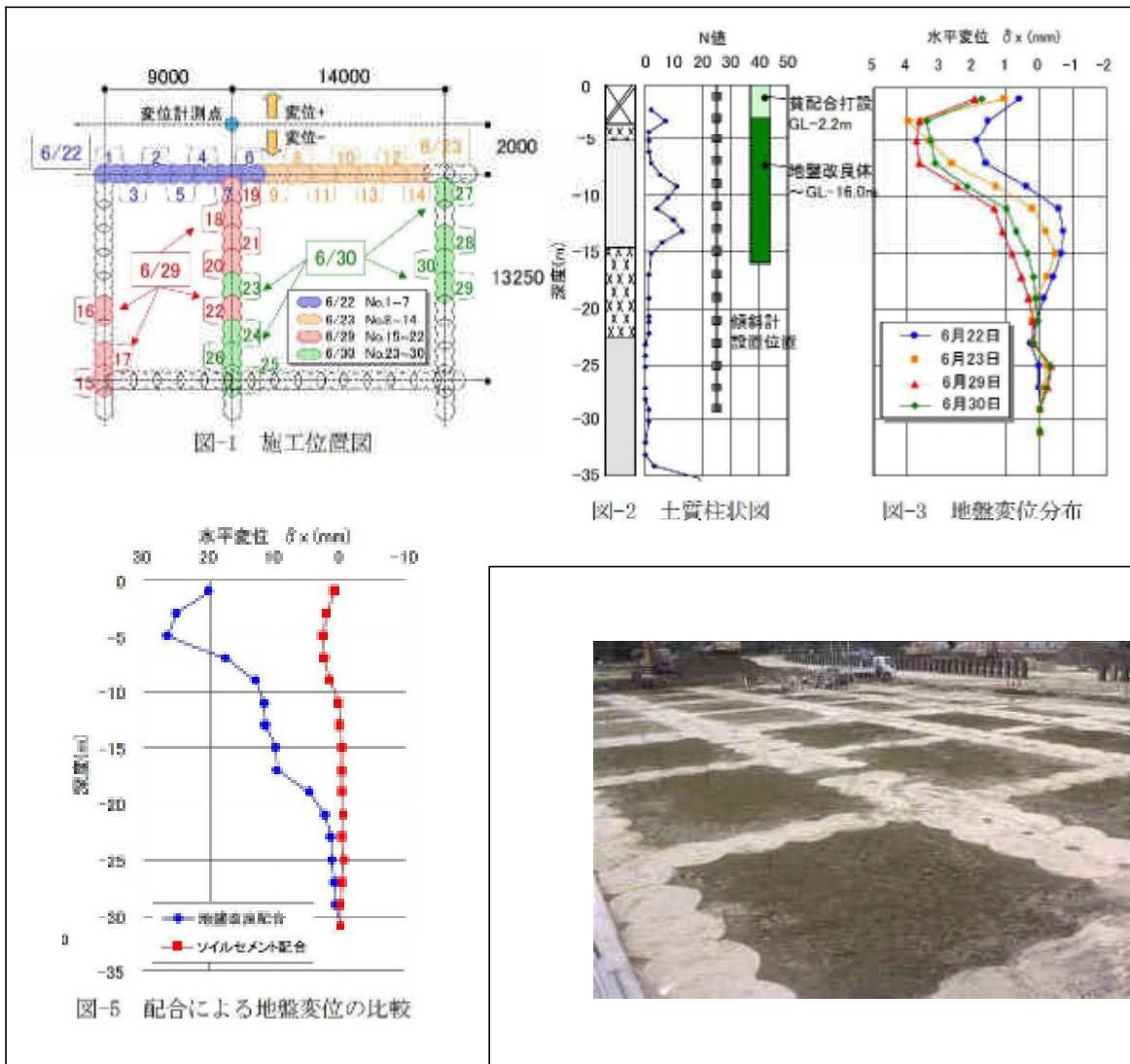


図-5 深層混合処理工法施工に伴う  
変位計測例

写真-2 格子状地盤改良の施工イメージ  
(直接基礎の場合)



写真-3 狹小地用高圧噴射攪拌  
工法施工機



写真-4 狹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

## 6. 施工上の確認項目

### ①施工管理および品質管理

改良壁や改良地盤の性能については、地盤のばらつきや施工品質が大きく影響するため、施工管理および品質管理方法を適切に設定することが重要である。

したがって、格子状改良工法による液状化対策効果を十分に引き出すための前提条件である「施工管理方法」および「品質管理方法」については、機械攪拌について既往の機械攪拌式T O F T工法の管理方法に準拠することで管理項目を設定する。加えて、壁の一体性に対する各工法の基本的な適用性を確認する目的で、試験施工などにより基本的な改良杭の鉛直精度や改良径およびラップ部の密着性などについて確認しておく必要がある。高圧噴射工法を含む工法の選定当たっては、実績が豊富で施工管理手法が確立した技術か、もしくは事前にラップ部の強度性能や、改良杭の鉛直精度など、改良体の各種品質を確認したうえで、その出来形の確認が可能な施工プロセス管理が行える技術である必要がある。特に、高圧噴射工法においては、壁状に改良する場合の施工管理手法が確立されておらずより一層の強化が望まれる。一方、機械攪拌式深層混合処理工法については、これまでの多くの工事実績や研究開発から、改良の出来形と施工プロセス管理との関連付けがなされおり、現在の施工管理手法が構築されている。

表-7に従来の機械攪拌式格子状地盤改良工法（T O F T工法）の施工管理項目の一例を示す。

### ②品質・施工性ならびに周辺への影響確認

今回選択する工法を一般的な土木構造物や建築物に適用する場合、前章で述べたように周辺への影響は少ないと考えるが、今回の対象物が戸建て住宅やそれに伴う埋設物などということもあって、事前の試験施工などにより、狭隘なスペースでの施工性や、改良による周辺への影響を確認しておく必要がある。また、品質面においては、機械攪拌と高圧噴射のように他工種による改良体の一体性が求められることから、ラップ接合部の密着性などの確認も必要となってくる。従って今後工法を選定するに当たり、試験施工の実施も視野に入れ検討を進める必要があると考える。

表-8に試験施工の検討項目例を示す。

表-7 T O F T 工法における施工管理項目の例

管理対象	管理項目	管理方法
材 料	材料の計量	自動計量器によるバッチ毎の計量
スラリーの配合	密 度	比重計による測定
	吐出量	流量計と処理機貫入速度による単位体積当たりのスラリー吐出量の測定
貫入・引上げ速度	貫入・引上げ速度	処理機深度計による貫入・引上げ速度
混合度合	羽根切り回数	処理機深度計による処理機貫入、引き上げ速度と軸回転計による羽根切り回数の測定
コラムの打設位置	杭芯位置	目杭による
処理機の鉛直度	処理機リーダーの鉛直度	トランシット又は処理機リーダーに取り付けた傾斜計
コラムの着底	着底深度	処理機深度計・速度計・電流計

表-8 試験施工で検討すべき項目の例

確認事項	計測する項目
改良品質の確認 ・改良壁の一体性 他	鉛直精度（傾斜計）、 改良径（掘出し調査、鉛直ボーリング） ラップ性能（掘出し調査、斜めボーリング）
施工性の確認 ・狭隘なスペースにおける施工性 他	作業効率の確認、排泥処理の方法
施工による影響確認 ・周辺地盤の変位 ・家屋の変位 ・埋設管の変位 ・騒音・振動 ・植栽への影響 他	地表面の水平・鉛直変位（レベル・トランシット） 〃 地中変位（傾斜計） 騒音・振動測定（騒音・振動計） 周辺土壤のpH測定