

久喜市液状化検討委員会 中間報告会概要書

1. 中間報告概要

・第5回委員会までの検討内容と結果について中間報告を行うものであり、追加検討を加えた最終答申を平成25年3月末までにとりまとめる。

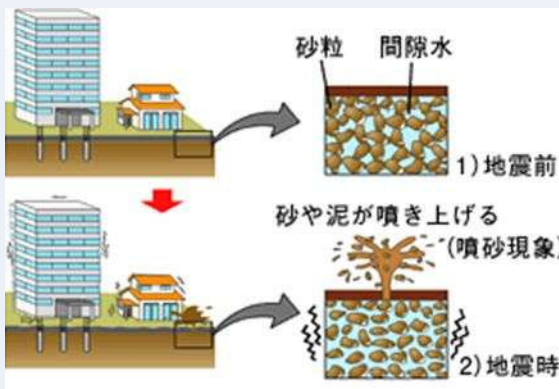
[中間報告内容]

- ① 液状化の原因究明
 - ：地質調査と土地利用の変遷整理により液状化の原因を整理
- ② 再液状化の可能性を整理
 - ：震災前後の地質状況の変化の有無による再液状化の有無を判定
- ③ 対策に用いる想定地震と対策範囲の設定
 - ：久喜市全域の地盤強度を踏まえた想定地震の設定
 - および想定地震による液状化対策必要範囲の設定
- ④ 南栗橋の液状化に有効な対策の整理
 - ：騒音、振動、経済性を踏まえた対策工法の抽出
- ⑤ 対策実施にあたっての留意事項
 - ：各工法採用時の留意事項について整理
- ⑥ アンケートについて
 - ：アンケート結果から液状化被害の軽減が期待できる建築構造の傾向を整理
- ⑦ 新築・建替え時の対応について
 - ：新築、建替えを行う場合の液状化対策工法の紹介

2. 南栗橋地区はなぜ液状化したのか

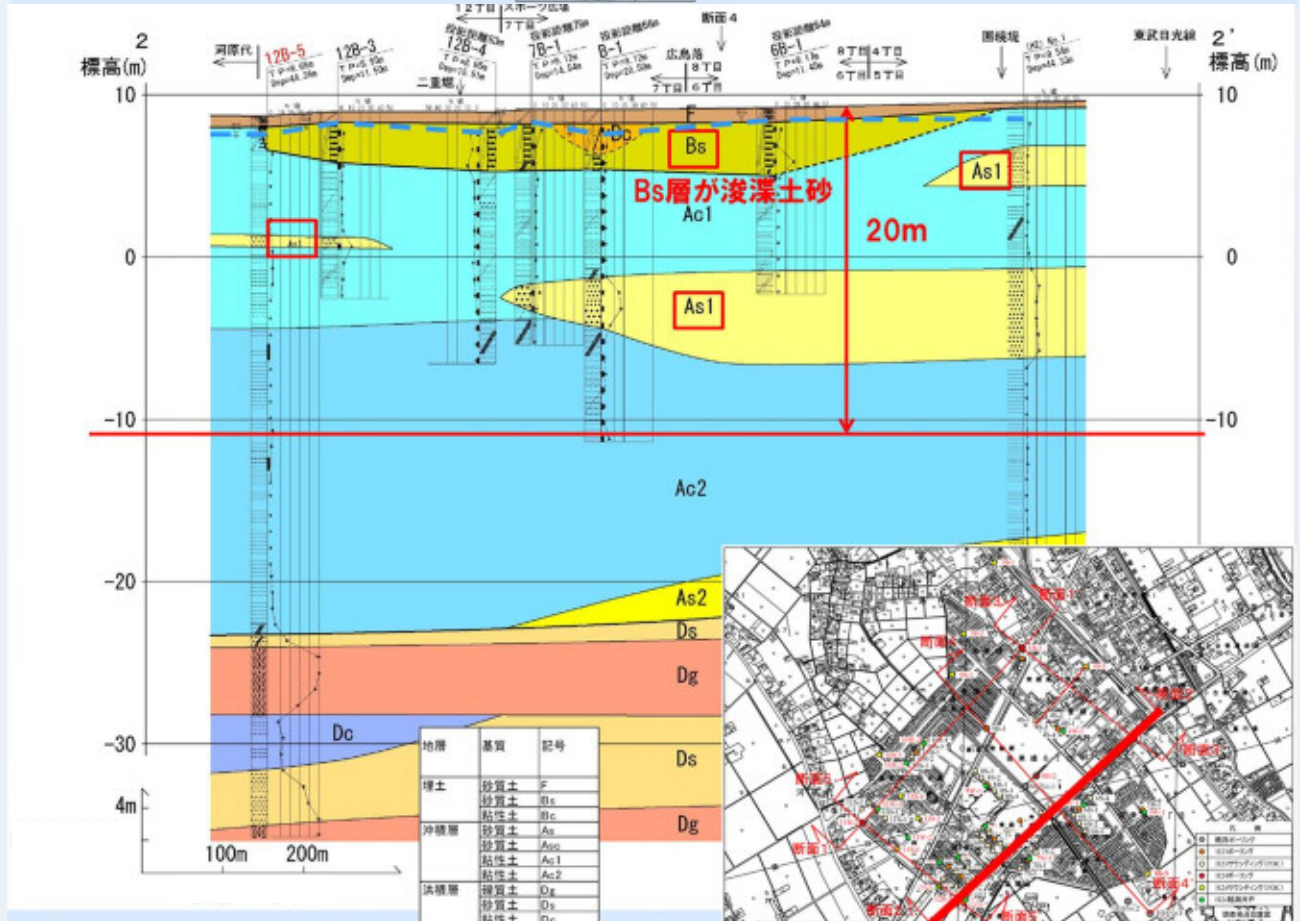
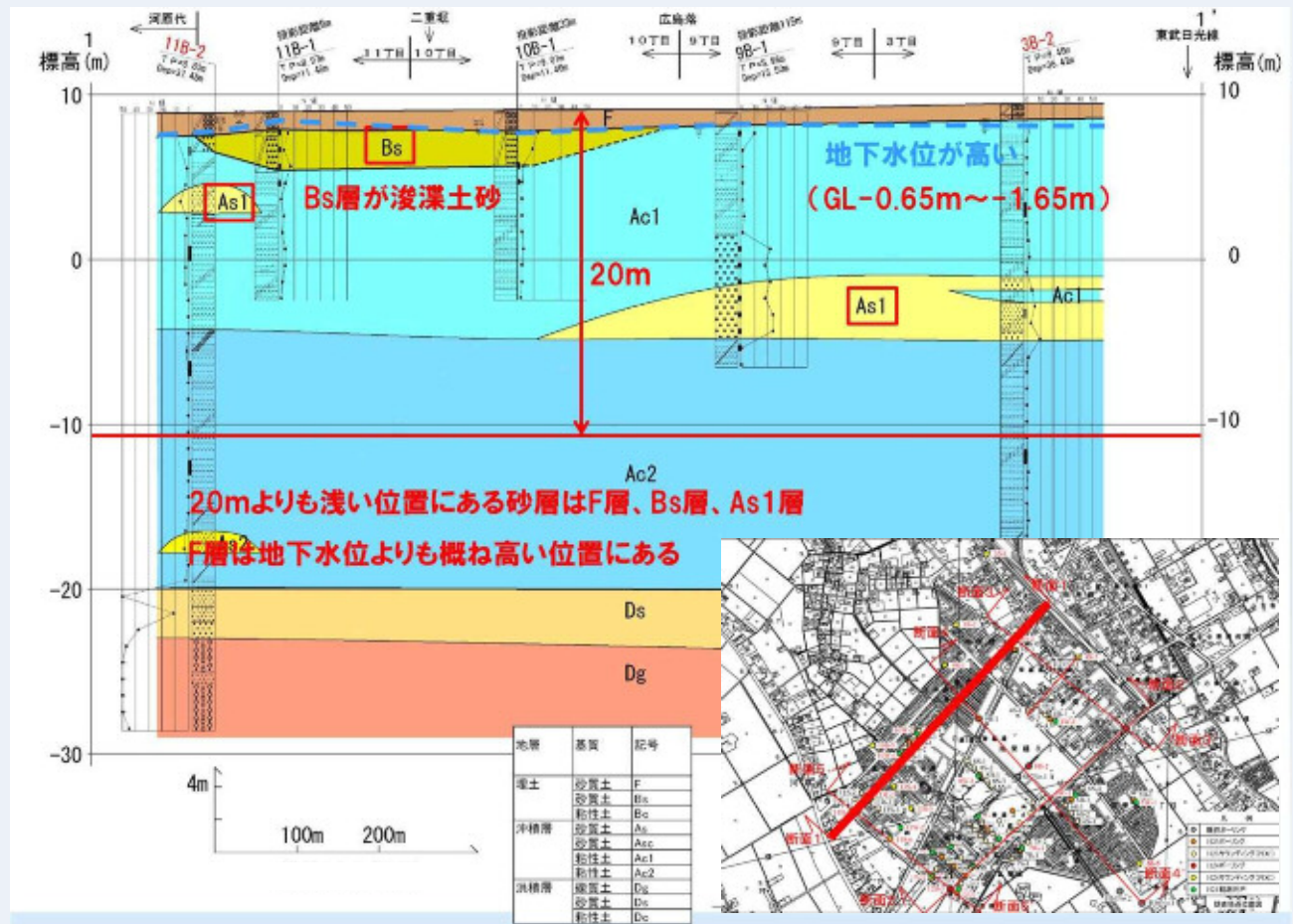
- ・造成に使用した浚渫土砂が液状化のおきやすい砂の性状と一致していること
- ・地下水が高いこと
- ・強く長い揺れの地震

液状化のおきやすい条件



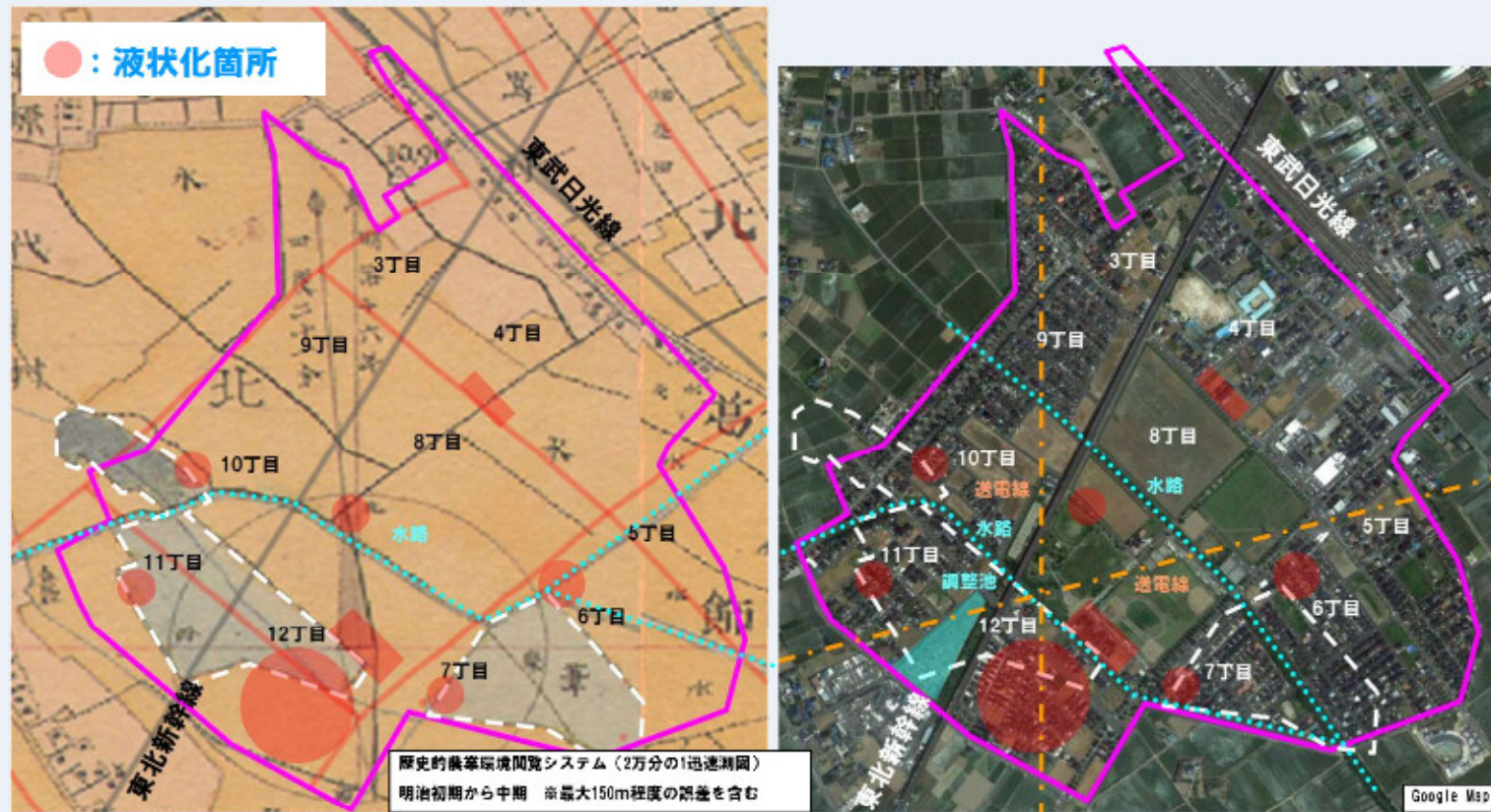
- ・ 地下水位以下に砂地盤がある
- ・ 地下水位が高い
- ・ 粒子の細粒分が少ない→砂の隙間に入る水が多くなる
(シルト・粘土分が少ない)
- ・ N値が低い砂(やわらかい・ゆるい砂)
- ・ 地盤面から深さ20m以内の砂層
→これまでの実績では20mより深い砂層は液状化していない
- ・ 造成前が水域(沼、湖、海、川)であった場所
- ・ 強く揺れの長い地震

[南栗橋地区の地層]



久喜市液状化検討委員会 中間報告会概要書

【土地利用変遷】：明治初期から中期頃は水田として利用され、「葦」の記載箇所は水が豊富と考えられる。

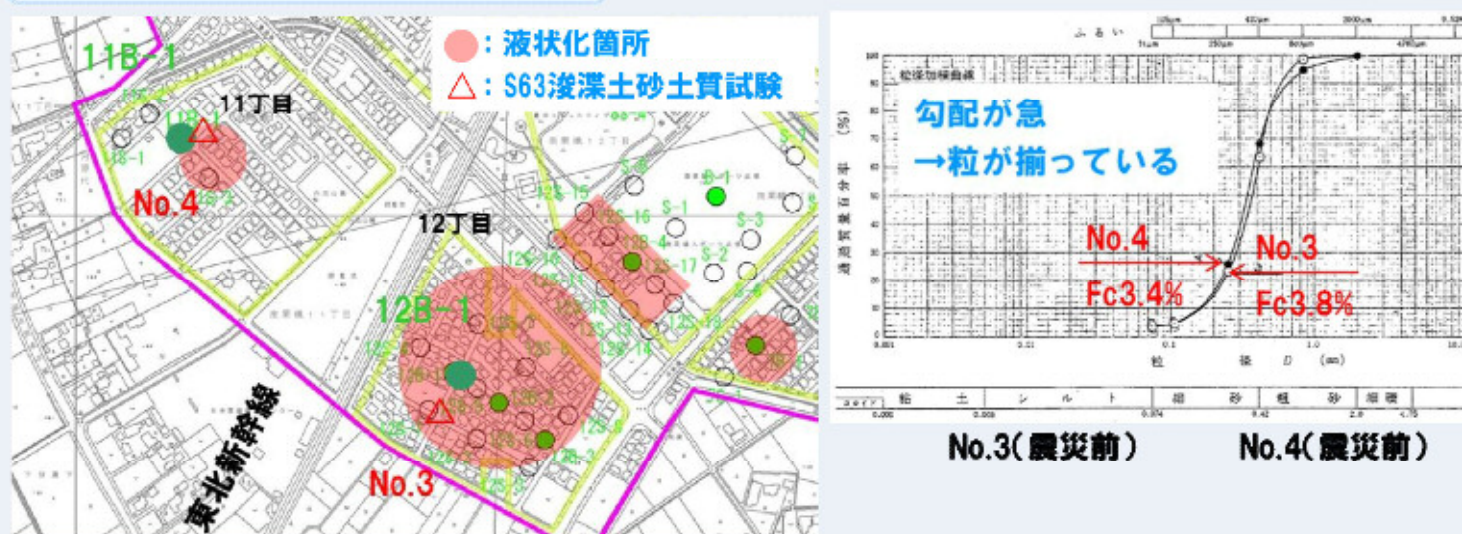


「葦」記載箇所以外でも液状化は発生している。また、造成前の土地利用状況と液状化箇所との相関は見られない。

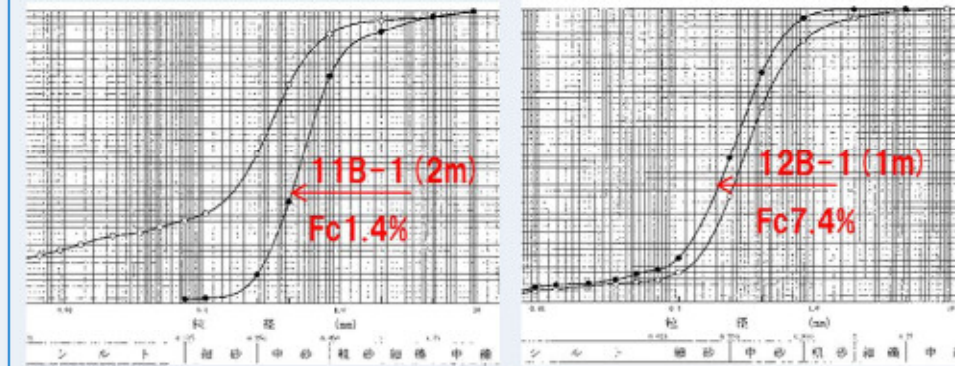
3. 南栗橋地区は再液状化するのか

- ・震災前後ともに粒度分布の勾配が急で粒径が均一であり、液状化による地質性状の変化は生じていないものと考えられ、今回と同程度の揺れの強さの地震によって再液状化の可能性が高い

地質状況（震災前後の粒度分布変化）



No.3(震災前) No.4(震災前)



11B-1(震災後)

12B-1(震災後)

震災前後でシルト、粘土が少ない状況などに変化はない

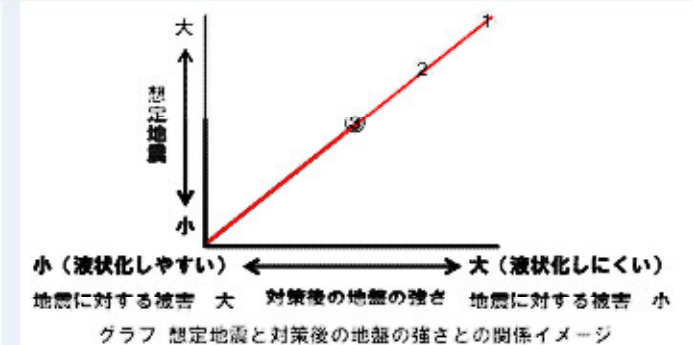
4. 対策する上で想定する地震および対策範囲

4.1 対策する上で想定する地震

- ・道路部分は東日本大震災と同等の地震時に液状化しないように対策する。民地部分は、東日本大震災と同等の地震時に液状化しない対策を最低レベルとし、住民との話し合いにより更なる巨大地震への対策も選択可能とする。（ただし対策工法を選ぶ上での制約がある）

地震動設定の考え方

- ①想定しうる最大地震（LV2）に対して液状化の発生を抑える
- ②想定しうる最大地震（LV2）に対して液状化の発生は許容するが、地震後、罹災判定に至らない程度に被害をとどめる
- ③南栗橋地区の地盤強度を久喜市内の他地区と同程度（LV1）まで改善する



- ・LV2 を用いる場合、南栗橋地区と接続地区の地盤強度が大きく変わるため、インフラの接続に問題が生じる可能性がある
→LV2 で対策してもインフラが使えない状態になる
- ・宅地内は、最大地震 LV2 に対して備えたいという住民要望もありうる
- ・宅地部を LV2 に固定してしまうと多大な住民負担を強いる可能性がある

道路部分はインフラの連続性を考慮し、③の対策とする
民地部分はコストとリスクによる住民の選択となるため、委員会では③により検討を行い、詳細設計時に②に対するコストを算出して住民要望にあわせて地区別の設計を行う

4.2 対策範囲

[対策実施範囲設定にあたっての考え方]

- ・ボーリング、サウンディング試験による液状化判定結果および東日本大震災時の液状化箇所を基本とする。
- ・主要道路部は造成にあたり、先行的にプレロードをかけるため砕石で盛り上げて施工しているとのことから、液状化しないものとする。
- ・液状化範囲の境界は、造成地の埋戻し状況が異なっている可能性がある囲繞堤、水路、道路とする（同一囲繞堤内は同一区分）。ただし、同一囲繞堤内に2か所の地質データがあり、結果が異なる場合や、道路、水路により区分される場合は、住民アンケートによる罹災判定箇所以外での噴砂報告等により境界設定を行う。
- ・追加地質調査の実施により範囲設定が変わる可能性のある範囲は区分けして整理する。

[ボーリング、サウンディング試験による液状化判定]

- ・Bs層は液状化することとなるため、液状化の影響が地表面に及ぶか否かについて判定を行う。
- ・液状化層厚2mまでは非液状化層厚（H1）と液状化層厚（H2）の割合が1.0以上確保されるかが影響の有無の境界線となる。
- ・液状化層厚2m～3mまでは0.83以上が境界線となる。

追加調査を実施し、3月末を目途に対策範囲の確定を行います。

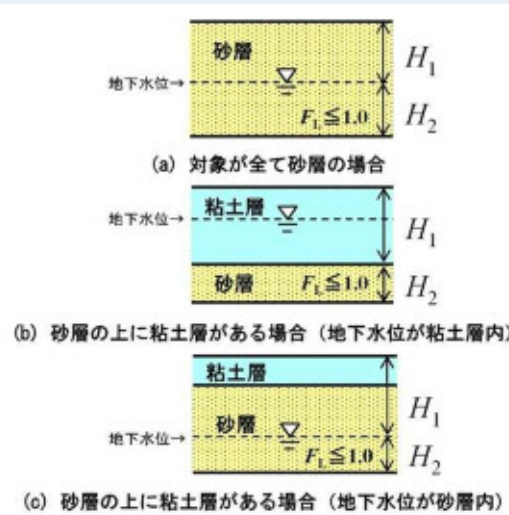
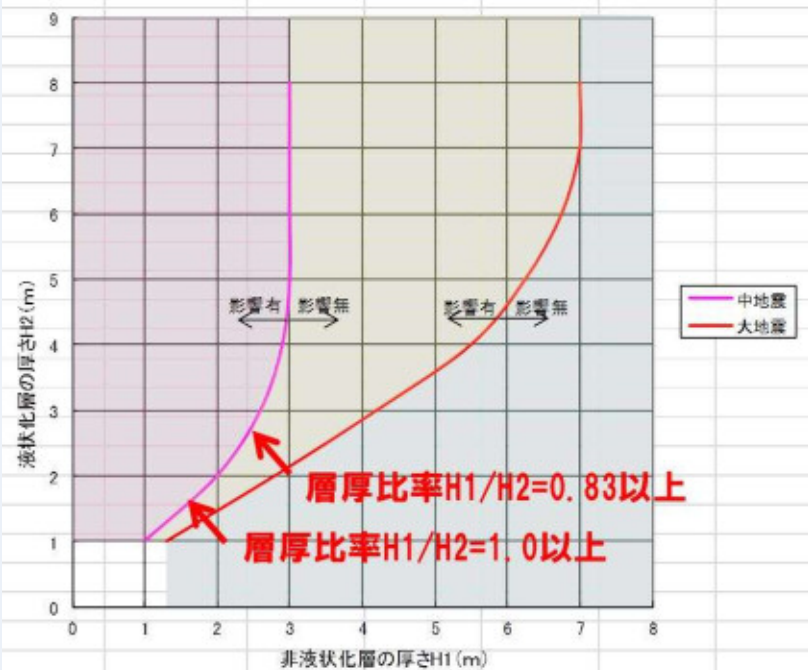


図 4-64 非液状化層厚 H₁ および液状化層厚 H₂ の設定方法 (出典)「UR 都市機構：宅地耐震設計マニュアル(案), 平成 20 年 4 月」

5. 南栗橋の液状化に有効な対策はなにか

液状化を防ぐには

- ・締め固める→密度の増大
- ・地盤を人工的に固める→固結
- ・粒度を改良する→置換え
- ・飽和度を低下させる→地下水低下、空気注入
- ・土粒子間の過剰間隙水圧を逃がす→ドレーン
- ・土に伝わる地震力を低下させる→変形抑制
- ・家を抗で支える→杭基礎

工法選定の流れ



抽出工法

原理	方法	工法	環境面	経済性	施工性	判定
密度の増大	密度増大工法	サンドコンパクションパイル工法(動的締め)	×	-	-	×
		サンドコンパクションパイル工法(静的締め)	○	×	×	×
		振動棒工法	×	-	-	×
		重錘落下締め工法	×	-	-	×
		パイロフローテーション工法	×	-	-	×
		圧入締め工法(コンパクショングラウチング工法等)	○	×	×	×
		パイロタンパー工法	○	×	×	×
		転圧工法	○	×	×	×
		発破工法	○	×	×	×
		群杭工法	○	×	×	×
		生石灰杭工法	×	-	-	×
		プレローディング工法	○	-	×	×
固結	固結工法	深層混合処理工法(全層改良)	○	×	×	×
		表層安定処理工法(全層改良)	○	×	×	×
		薬液注入工法(全層改良)	○	×	×	×
		事前混合処理工法(全層改良)	○	×	×	×
		高圧噴射攪拌工法(全層改良)	○	×	×	×
		置換工法	○	○	○	○
飽和度低下	地下水水位低下工法	ディープウェル工法	○	○	○	○
		排水溝工法	○	○	○	○
間隙水圧抑制・消散	空気注入工法	不飽和化工法	○	○	○	○
		間隙水圧消散工法	○	×	×	×
せん断変形抑制・過剰間隙水圧遮断	間隙水圧消散工法	グラベルドレーン工法	○	×	×	×
		周辺巻立てドレーン工法	○	-	×	×
		排水機能付き鋼材	○	×	×	×
		連続地中壁	○	×	×	×
構造的対策	せん断変形抑制工法	シートパイル締切工法	○	×	×	×
		深層混合処理工法(格子状改良)	○	○	○	○
		表層安定処理工法(格子状改良)	○	○	○	○
		高圧噴射攪拌工法(格子状改良)	○	○	○	○
構造的対策	堅固な地盤の支持	杭基礎	○	×	×	×

※環境面、経済性、施工性において1項目でも×となる工法は抽出しない

青字：更地でのみ適用性が高い工法。施工すれば地震の大きさに関係なく液状化は発生しない
 赤字：更地、宅地ともに適用性が高い工法。設定した地震の大きさ以上が発生した場合、液状化する
 緑字：宅地でのみ適用性が高い工法。設定した地震の大きさ以上が発生した場合、液状化する

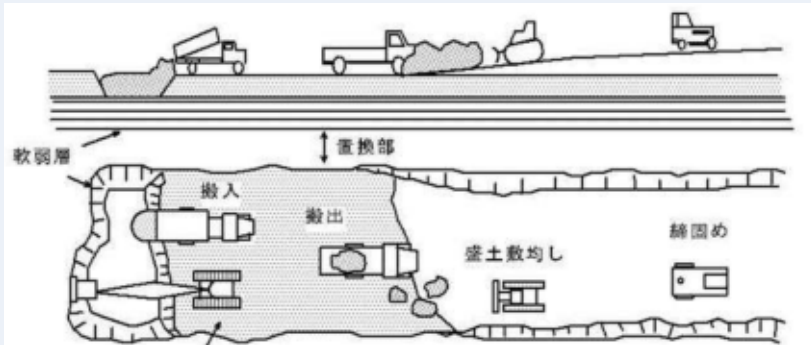
久喜市液状化検討委員会 中間報告会概要書

[置換工法] : 液状化しない材料に置き換える→更地でのみ適用可能

1.工法概要

軟弱な地盤部分を除去し、液状化しにくい良質土や砕石で置換える工法。

2.工法概要図

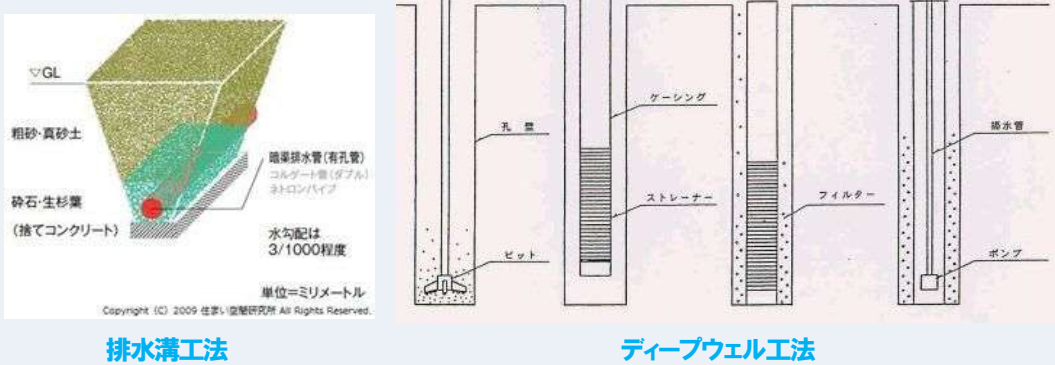


[地下水水位低下工法] : 砂質土層内の地下水水位を下げる

1.工法概要

有孔暗渠管を埋設して地下水を排水し、地下水位低下させる(排水溝工法)か井戸とポンプを地盤内に設置し、地下水をくみ上げ地下水位を低下させる工法。

2.工法概要図

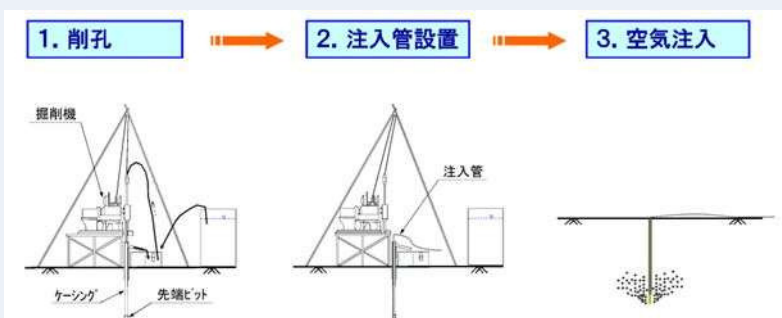


[空気注入工法] : 気泡により、砂質土層の地下水の入る隙間を埋める

1.工法概要

地盤内に空気を注入し、注入した気泡がまんべんなく土中に5~10%程度含まれることで、地震時の過剰間隙水圧を下げるクッションの役目を果たし、液状化抵抗の増加を図る工法。

2.工法概要図

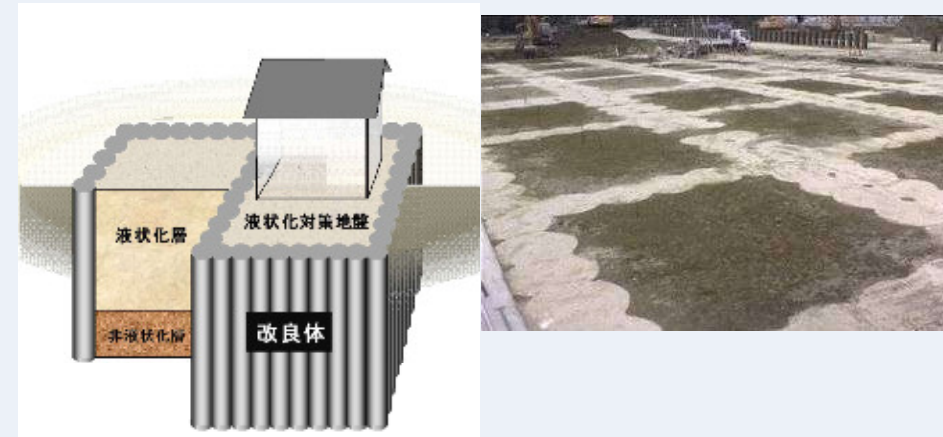


[せん断変形抑制工法(格子状改良)] : 壁により地震の揺れを砂質土層に伝わりにくくする

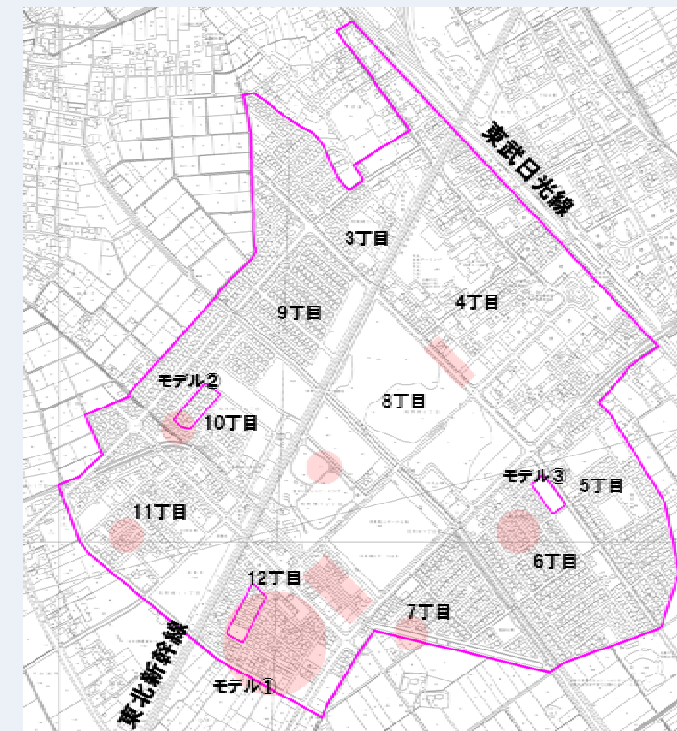
1.工法概要

液状化対象地盤を囲むように、改良径φ1000mm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。

2.工法概要図



概算工事費モデル地区



南栗橋地区は土地区画整備により2列もしくは3列の基盤上に建ち並んでいる。液状化被害があった6、10、12丁目をモデル地区とし、以下のように設定する。

- モデル地区① : 3列配置 (12丁目)
- モデル地区② : 2列配置 (10丁目)
- モデル地区③ : 更地部 (6丁目)

● : 液状化箇所

	工法名	概算工事費	
		モデル地区①(12丁目)宅地	モデル地区②(10丁目)宅地
更地・宅地で改良可	コンパクトグラウチング工法	¥204,000,000	¥127,000,000
	高圧噴射攪拌工法	¥133,000,000	¥127,000,000
	薬液注入工法	¥534,000,000	¥475,000,000
	ディープウェル工法	¥22,000,000	¥19,000,000
	排水溝工法	¥27,000,000	¥26,000,000
	空気注入工法	¥80,000,000	¥55,000,000
	グラベルドレーン工法	¥160,000,000	¥153,000,000
	排水機能付き鋼材	¥146,000,000	¥132,000,000
	シートパイル締切り工法	¥178,000,000	¥163,000,000

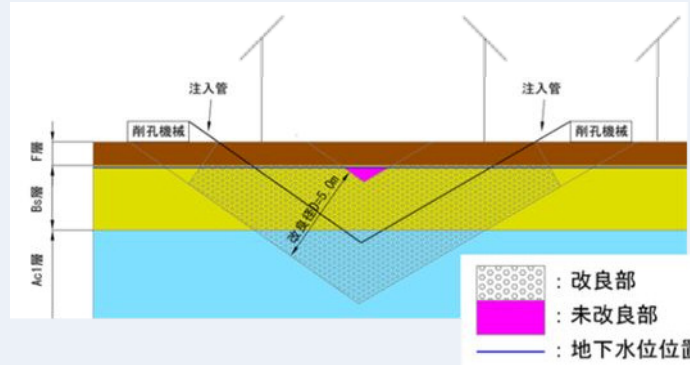
高圧噴射攪拌工法＋深層混合処理工法の特徴
 ・地下水低下工法であるディープウェル、排水溝工法に比べ高額ではあるが、住宅間にも施工でき各々の改良品質は実績も豊富で信頼性が高い
 ・深層混合処理工法の施工機械は現在、更に小型の施工機械を開発中である

高圧噴射攪拌工法＋表層安定処理工法の特徴
 ・地下水低下工法であるディープウェル、排水溝工法に比べ高額ではあるが、住宅間にも施工でき各々の改良品質は実績も豊富で信頼性が高い
 ・深層混合処理工法に比べ安価である

ディープウェル工法の特徴
 ・概算工事費は最も安価であるが、ランニングコスト費(1軒5000円/月～10000円程度/月)が必要
 ・下水接続する場合は別途下水処理費が発生する
 ・地下水を低下させるため圧密沈下が懸念される

排水溝工法の特徴
 ・概算工事費はディープウェル工法に次いで安価となるが、自然流下ができない場合、ポンプ設置や下水処理費が発生する
 ・地下水を低下させるため圧密沈下が懸念される

空気注入(エアレス)工法の特徴
 ・近年開発された工法であり、施工実績がなく、気泡がどの程度の期間残存するか特定できていない
 ・注入材が空気のため他の工法に比べて環境負荷が小さい。

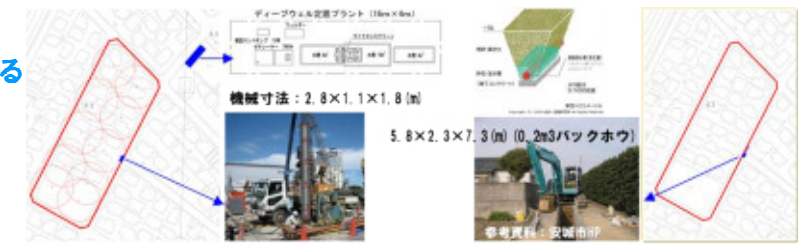


[空気注入工法の問題点]
 ・家屋下の注入にあたり未改良部分ができる
 ・対策効果に限度がある
 ・空気注入工法としての実績がない

6. 対策を実施した場合の課題

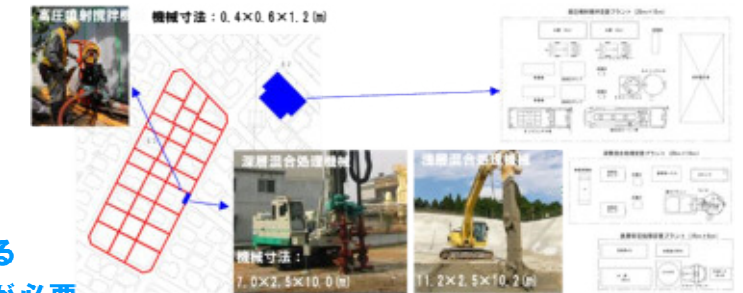
【地下水位低下工法】

- ・圧密沈下→実験により影響の度合いを確認する
- ・維持管理費が永久に生じる
- ・想定地震以上の場合、液状化が発生する
- ・広い範囲での対策が望まれる
- ・住民部分のみのLV2地震対応は困難
- ・施工中の道路使用、駐車場使用等に制限が生じる
- ・排水施設が民地内に必要となる場合、施工にあたり家屋間の塀や庭木の撤去、伐採が必要



【格子状改良工法】

- ・初期費用について所有者負担が大き
- ・想定地震以上の場合、液状化が発生する
- ・地下利用に制限が生じる (都合により壊すことができない)
- ・施工中の道路使用、駐車場使用に制限が生じる
- ・施工にあたり家屋間の塀や庭木の撤去、伐採が必要



・地下水位低下、格子状改良、置換え工法を選定し、今後東日本大震災相当の地震時における効果を計算、解析等により検証する。

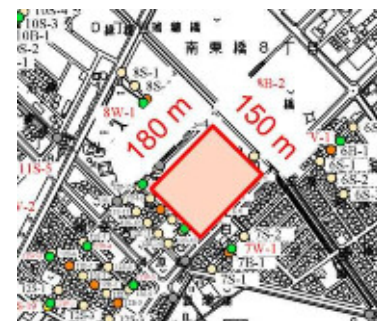
- 下記理由により、地下水位低下および圧密沈下に対する実証実験を実施する。
- ・工事費算出結果によると、格子状改良では住民負担が750万円程度(塀等の改修費除く)となるケースも想定され、地下水位低下工法が現実的な選択肢となっている。
 - ・浸透流解析と実験との対比により、地下水位低下工法の妥当性を明らかにする。
 - ・南栗橋地区における地下水低下に伴う圧密沈下に対する不同沈下の状況を明らかにする。
 - ・実験を通して、傾斜状況などを住民の目で実際に確認することにより、工法の理解を得る。

7. アンケートについて

皆様からのアンケート結果から新築・建替え時に液状化被害の軽減(発生を防止をするわけではない)が期待できる対策をまとめる。
 なお、相対比率としてこういった構造の方が被害を受けにくかったかをまとめたものであり、その構造であれば今後被害が出ないということを示したものではありません。

地下水位低下・圧密沈下に対する実証実験の概要

- ・目的
 地下水位低下工法による所定の増加荷重に対する沈下量、地下水位などを把握し、対象地区への適用性、工法の妥当性あるいは周辺への影響の有無などを明らかにすることを目的として実施する。
- ・実験場所
 久喜市南栗橋地内 南栗橋スポーツ広場
- ・実験期間
 平成25年5月上旬～平成26年1月下旬(約9か月間)
 - ・準備工(調査・計器設置、各種解析):平成25年4月
 - ・各工法施工:平成25年5月
 - ・実験開始:平成25年6月
 - ・実験終了:平成26年1月下旬



12丁目の罹災と構造形式の状況



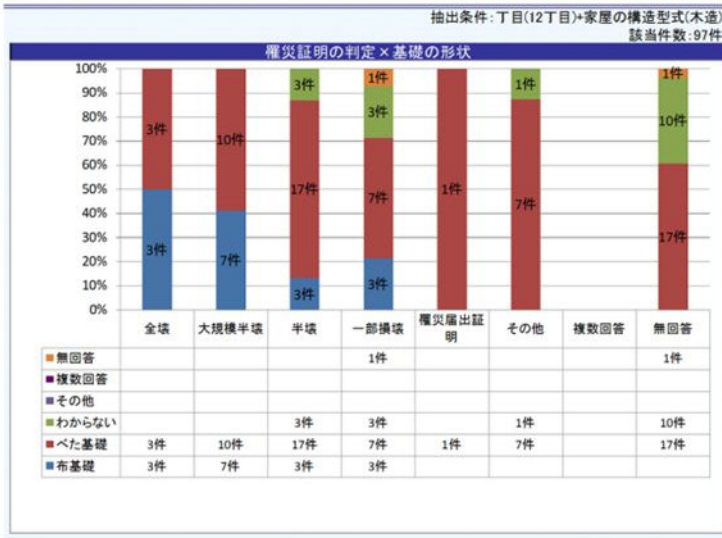
(罹災を受けた12丁目の68戸の構造形式別の罹災率)

構造形式	戸数	罹災戸数	罹災率
木造	97	60	62%
ツーバイフォー	16	7	44%
鉄骨造	5	1	20%
鉄筋コンクリート	1	0	0%

※罹災戸数は一部損壊以上の戸数の合計
 構造形式別の罹災率は、木造→ツーバイフォー→鉄骨造→鉄筋コンクリートの順に低くなっている。

家の構造形式としては鉄筋コンクリート・鉄骨造が被害が少ない

12丁目の罹災と木造の基礎形状の状況



12丁目の木造の建物97戸の基礎の形状別の戸数は、べた基礎：62件、布基礎：16件、不明その他：19件である。

(基礎形状と罹災率)

	布基礎	べた基礎
全壊	3/16≒19%	3/62≒5%
大規模半壊	7/16≒44%	10/62≒16%
半壊	3/16≒19%	17/62≒27%
一部損壊	3/16≒19%	7/62≒11%

※罹災戸数は一部損壊以上の戸数の合計
半壊を除いて、布基礎の方がべた基礎に比べ罹災の発生率が大きい数値となっている。

基礎の構造としてはべた基礎のほうが被害が少ない

12丁目の木造における基礎形状別の地盤対策方法の違いによる罹災状況



12丁目の木造のべた基礎と布基礎別に地盤対策方法と罹災率の関係を下表に示す。※罹災戸数は一部損壊以上の戸数の合計

	べた基礎			布基礎		
	合計戸数	罹災戸数	罹災率	合計戸数	罹災戸数	罹災率
無回答(含基礎のみ)	46	30	65%	11	11	100%
複数回答(地盤改良+杭)	2	1	50%	—	—	—
杭	2	1	50%	2	2	100%
表層改良	1	1	100%	—	—	—
柱状改良	9	3	33%	3	3	100%
地盤改良	2	1	50%	—	—	—

木造におけるべた基礎では、対策の方法により罹災率に変化が表れた。

布基礎においては対策の種類や有無においても罹災率の変化が表れていない。

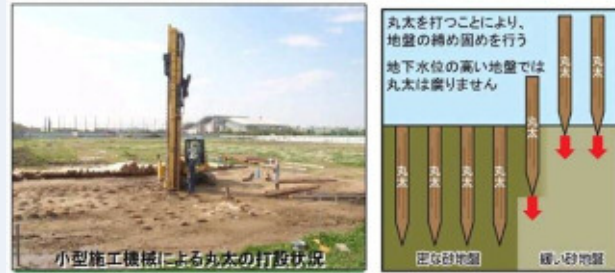
※地盤改良は種類が不明なものを集計

べた基礎の柱状改良は、被害の軽減に寄与した傾向がある
(少なくとも各地区における液状化層厚以上の長さは必要と考えられる)

8. 新築・建替え時の対応について

個別対策における工法の紹介

丸太打設液状化対策&カーボンストック工法



- 丸太打設で液状化しにくい地盤をつくれます。
- 丸太の炭素貯蔵効果で大気中のCO₂を削減します。
- 千葉県産間伐利用で低コスト化・地産地消を実現します。
- 低振動・低騒音・低環境負荷の工事を実現します。
- 小型機械の使用で市街地での施工を可能にします。



飛鳥建設HP

薄鋼矢板工法

浦安市で一日、東日本大震災を受け、市が公募した民間企業が進める液状化対策の実証実験が報道関係者に公開された。

公開されたのは、住友林業が子会社など四社と連携して進める新工法の実証実験。公募で選定された九つの社・グループの一つで、市と協定を結び、東京ディズニーシー近くの市運動公園で行っている。

一戸建て向けの対策で、建物の基礎を囲むように鋼板を五～十メートルほど地中に打ち込んで補強し、建物直下の地盤流出を抑える独自の工法。実際に液状化した浦安市の地盤を使うことで、市に有効な対策の提案をするとともに、液状化が予想される浦安市以外の地域にも技術提供していく。

敷地が十八坪の家の場合、約二百万円の工費を想定。来年三月まで実験を続け、二〇一三年度には新築住宅向けに展開する見通し。(村上一樹)

東京新聞HP

静的圧入締固め工法

千葉県浦安市の公募実証実験である。液状化対策工法の実証実験実施者として、三信建設工業株式会社、みらい建設工業株式会社、東興ジオテック株式会社が共同で提案した、「静的圧入締固め(CPG)工法」が選定されました。

当実証実験は、これまで空港施設やビル等の既設構造物を対象とした液状化工法として施工実績のあるCPG工法で、東日本大震災で被災した戸建て住宅をはじめとする、多くの建築物に対する液状化対策への適用性を検証するものです。



施工全景

(既設エリアは戸建て荷重を水槽を用いて再現)



コンパクト施工システムのプラント設備

(住宅地での施工を想定したコンパクトなプラント設備)

コンパクトングラウチング工法(CPG工法)とは…

密度増大工法に分類され、締め固め工法のひとつ。流動性の小さい硬練りのモルタルを地盤中に圧入することにより周辺地盤を圧縮強化する工法。供用中の空港滑走路や護岸の液状化対策として多くの実績を有している。

- 1989 アメリカから技術導入(沈下した建物の修正(水平化))
- 1995~ 既設構造物に対する液状化対策工法として適応
- 阪神大震災後の建物沈下修正で活躍
- 1999~ 液状化対策としての実績が増加(羽田空港など)
- 2011~ 戸建て住宅に対するコンパクト施工システムの開発

三信建設工業HP

本委員会検討時からさらに小型化を進めている。
27坪程度で200万~400万程度を見込む

9. 今後のスケジュールについて

