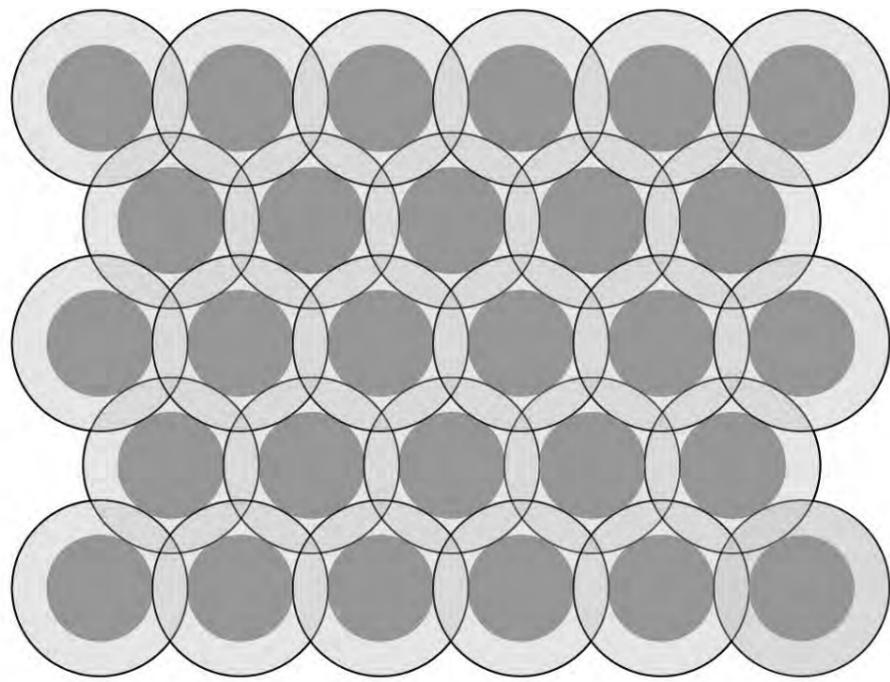


S S T工法による液状化対策



株式会社 エスエスティー協会

本 社 〒290-0021 千葉県市原市山田橋 862-1
TEL:0436-43-3331 FAX:0436-43-3335

技術センター 〒290-0056 千葉県市原市五井 2792-1
TEL:0436-23-7771 FAX:0436-23-7772

大 阪 支 店 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 7-12-5-306
TEL:06-6306-5555 FAX:06-6306-5556

東 京 営 業 所 〒101-0032 東京都千代田区岩本町 1-1-6
渡東ビル ANNEX II 504号
TEL:03-5829-6461 FAX:03-5829-6486

東 北 支 店 〒983-0842 仙台市宮城野区五輪 1-6-12-202
TEL:022-292-8511 FAX:022-292-8513

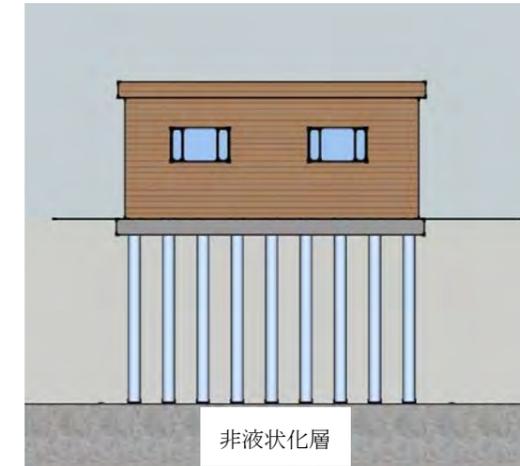
はじめに

液状化に関する研究と対策技術の開発は歴史も浅く、1964年(平成39年)の新潟地震(M7.5)で発生した「液状化による建築物の転倒」から国家レベルの研究が始まり、1995年(平成7年)に発生した兵庫県南部地震(阪神淡路大震災)でも液状化による建築構造物の被害が発生したが、液状化の被害は地震による建築物や構造物の直接被害および二次災害(火災等)の甚大さの陰に隠れ大きく伝えられることはなかった。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では液状化の被害が関東地方まで及び、首都圏でも大きな被害が発生した。以来、液状化対策の必要性が大きくクローズアップされ、対策技術が求められている。液状化のメカニズムと液状化が発生する要因等は解析されており液状化対策工事の技術はそれほど難しいものではないと思われるが、問題は液状化対策のコストと液状化の有無を示す液状化判定である。現在の液状化判定は液状化の発生原因である地震動の大きさ(加速度・ガル)と土粒子分布および間隙水等で判定を行っているが、地震動の周長と時間軸と方向性を考慮しなければ精度の高い判定は行えない。しかし、4次元での判定となると判定そのものが極めて困難となり現実的ではないようだが、3.11東北地方太平洋沖地震で発生した液状化被害から得られた数多くの情報を実績値に置き換えると「投資対策費効果」を考慮した液状化対策工法が選択できると考え、SST協会の液状化対策方法を紹介すると共に本小冊子を作成した。

(4) SST 先端支持工法

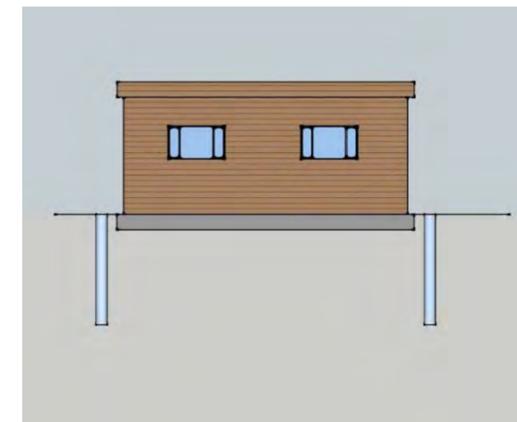
SST コラムを堅固な非液状化層まで打設する。
物理的原理：先端支持力のみで荷重を支持する。



評価：安価であるが強固な非液状化層が必要となる。
なお、引き抜き抵抗は0である。

(5) SST 締切り工法

建築構造物の外周部に改良体をならべて遮水壁を造成する。構造物の支持を兼用しないこと以外は、先に示した SST 連壁リング工法と同じである。
物理的原理：液状化発生後に構造物直下地盤が側方に移動することを拘束し、地盤沈下を軽減する。

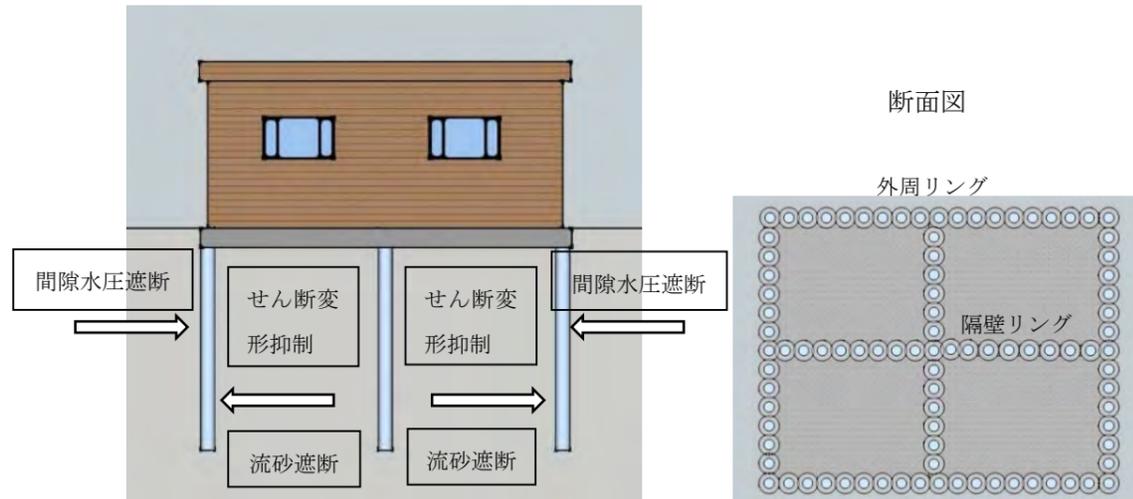


評価：SST 連壁リング工法におけるブロック配置を省略した安価な工法であるが、地震継続時間が短くコラムの破壊が限定的であり、既存建築構造物があるときに効果が期待できる。

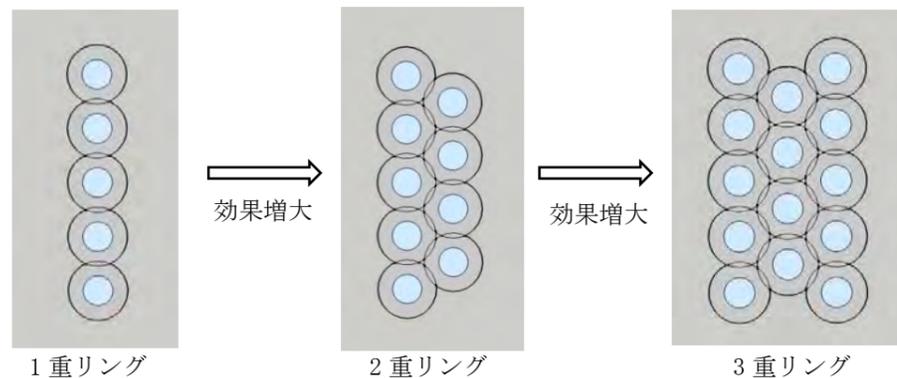
(3) SST 連壁リング工法

建築構造物の基礎下外周部および内部を格子状に改良体をならべて遮水壁を造成する。改良体は構造物の支持も兼ねる。

物理的原理：地震動によって生じるせん断変形を小さく抑えると同時に、周辺からの間隙水圧の伝播を遮断することと、基礎下地盤の間隙水と砂の流出を防止する。



なお、外周リングは通常 1 重リングで十分であるが、重要建築構造物等においてリングの遮水性と剛性を高め、より液状化防止効果を確実にしたい場合は 2 重リング、3 重リングとする。



評価：コスト的には通常の柱状改良工法の 2 倍前後と思われるが効果は信頼できる。

1. 液状化現象

地下水位の高い砂質土で構成される地盤が、液体状になる現象をいう。

2. 液状化の起因

地震等による振動により砂地盤の体積が減少して間隙水圧が増大し、その結果、有効応力が減少することが原因である。

3. 液状化による問題点

液状化による大きな問題点を以下に示す。

- (1) 水と砂の流出による地盤沈下が起因する建築構造物の損害
- (2) 杭、改良体等の先端支持力と周面摩擦力の喪失による沈下と引き抜けが起因する建築構造物の損害
- (3) 側動流圧による構造物の変動

4. 液状化のある土層

・建築学会

- (1) GL より 20m 以浅
- (2) 細粒分含有率 35% 以下
- (3) 粘土分【0.005mm 以下】10% 以下 人工造成地
- (4) 塑性指数 15% 以下 埋立地
- (5) 透水性の低い土層に囲まれた細粒土を含む礫

・道路協会

- (1) 地下水位が現地盤から 10m 以内でなお且つ 20m 以内の飽和土層
- (2) 細粒分含有率 FC が 35% 以下の土層
- (3) 塑性指数 I_p が 15% 以下の土層
- (4) 平均粒径 D_{50} が 10mm 以下でなお且つ 10% 粒径 D_{10} が 1mm 以下の土層

5. 液状化対策の選択

液状化対策には、以下の 2 通りの考え方に大別できる。また、これらの効果を兼ね備えているものもある。

- (1) 液状化が発生しないようにする。
- (2) 液状化の発生は許すが建築構造物の被害を軽減する。

これらの対策の原理と方法を図 1 及び図 2 に示す。

(なお、下線にて SST 工法における液状化対策工法を併記する)

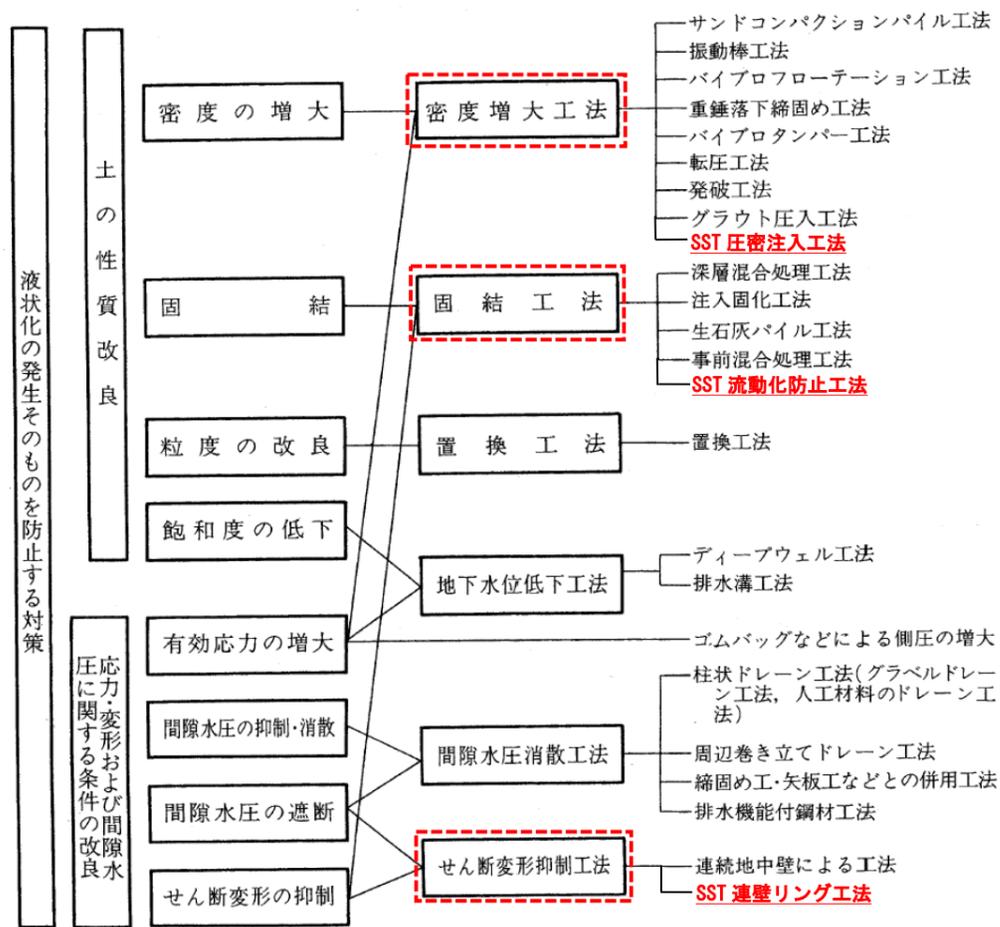


図1. 液状化の発生を防止する対策の原理と方法 (出典：液状化対策工法 地盤工学会)

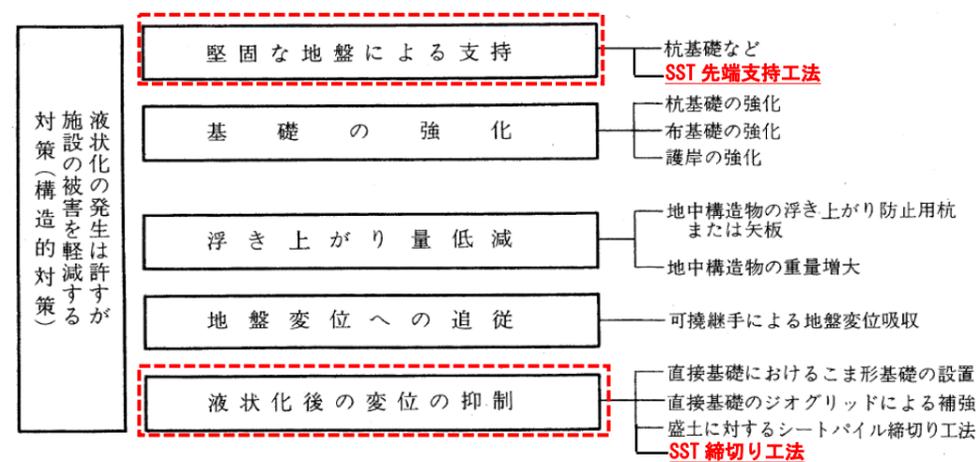
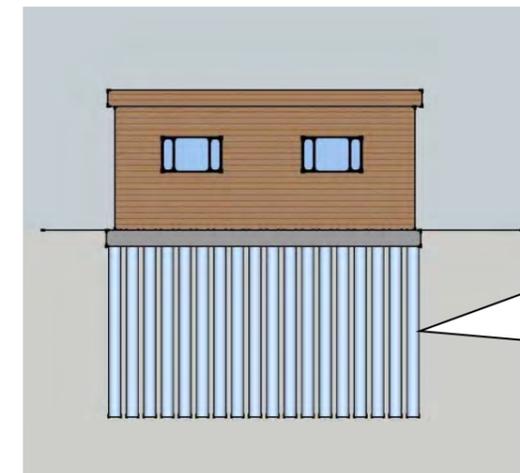


図2. 構造物の被害を軽減する対策の原理と方法 (出典：液状化対策工法 地盤工学会)

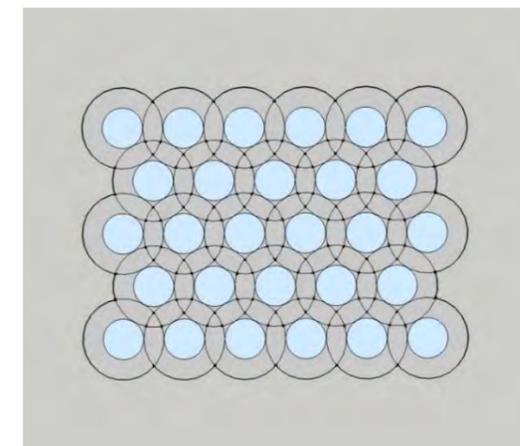
(2) SST 流動化防止工法

通常の SST コラムより配置を密に打設する。改良率 15%以上が目安である。

物理的原理：液体状になった砂質土の流動作用を複雑にし、水や砂の流出を防止し、杭や改良体の先端支持力および周面摩擦力の喪失を防止する。



標準 SST コラム
追加砂と固化材を配合した通常の高強度 SST コラムを打設する。
〈基本配合〉
掘削土：追加砂=3:1
固化材量 200 kg/m³



高密度配置例
75 cmピッチの正三角形配置
改良率 35%

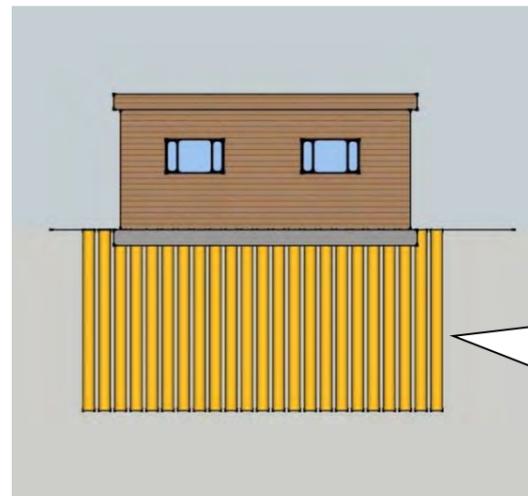
評価：3.11 地震での実績評価では 0/20 であり、信頼度はかなり高く、コスト的には通常の柱状改良工事の約 2.5 倍前後と思われる。

7. SST 液状化対策工法と物理的原理

(1) SST 圧密注入工法

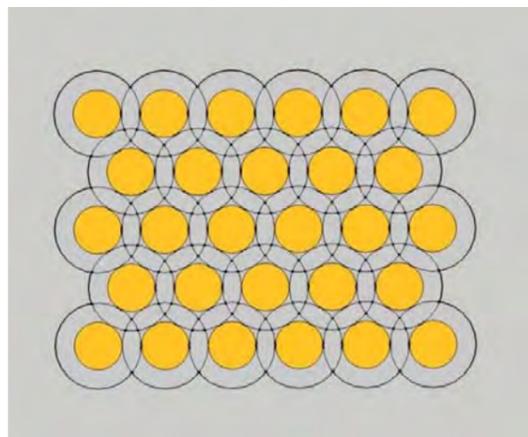
シルト(細粒分)を液状化対象地盤に圧密注入する。

物理的原理：SSTA オーガの締め機構で液状化対象地盤を水平方向に締めめると共に 35%以上の細粒分(シルト)を液状化対象地盤に圧密注入する。期待できる主効果は密度の増大である。



シルト配合土
掘削土にシルトを配合した改良土を締め戻す。

掘削土：シルトの配合比は 1:1 を基本とする。



左図のように高密度(70cm ピッチの正三角形配置)で締め戻せば、液状化防止効果がより一層増大する。

評価：土質を変えるため信頼度は高いが対象地盤全体を改良するためコストは改良深度 10m 程度で 7~10 万円/m²と高く 6~8 m²/日と工期も長い。
また別途、地盤改良工事または杭工事代金が必要となる。

6. 2011 年 東北地方太平洋沖地震(浦安市)

M9.0 築館 2993gal 東京湾岸 150~200gal

(1) 液状化被害状況



写真 1・2 住宅地における液状化

(2) 浦安埋立地の地盤

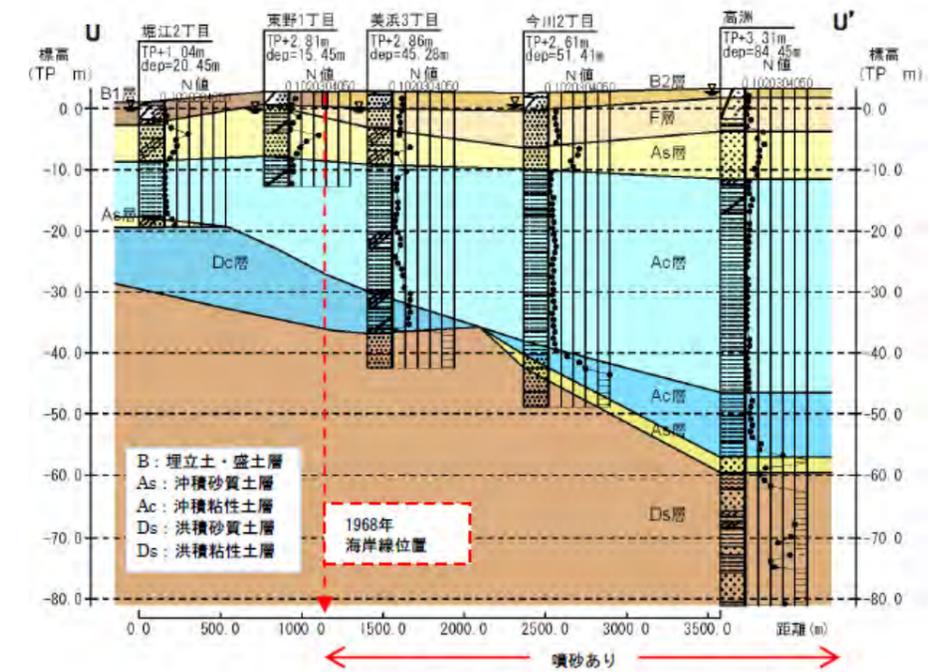


図 4 浦安 U-U' 想定土層断面図⁹⁾



表 3 浦安の土質特性⁹⁾

調査時点	項目	盛土	後洋土	沖積砂質土
地震前	N値	8.5	5.5	12.9
	細粒分含有率 (%)	30.9	43.8	30.9
	粘土分含有率 (%)	17.0	13.4	8.7
地震後	N値	16.5	6.1	10.7
	細粒分含有率 (%)	34.0	45.0	30.9
	粘土分含有率 (%)	10.7	15.4	8.0

砂としては細粒分含有率が大きい(ヘドロ状)

(3) 液状化による噴砂等の発生状況

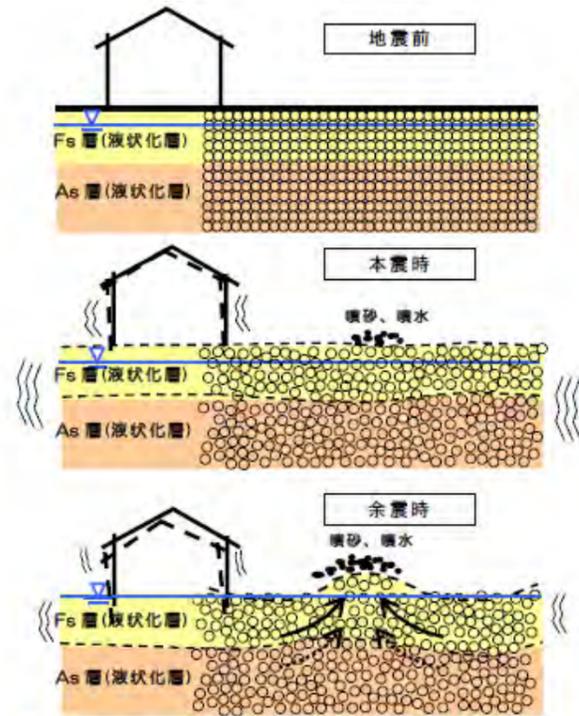


図-3.3.1 浦安の液状化による噴砂等の発生状況の模式図

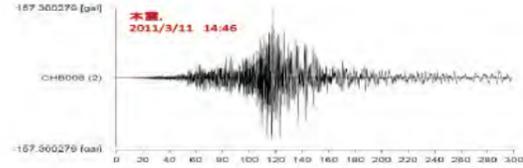


図9 K-net 浦安の波形¹⁰⁾

【住民の証言】

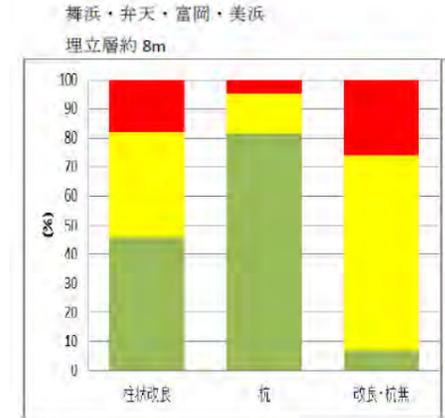
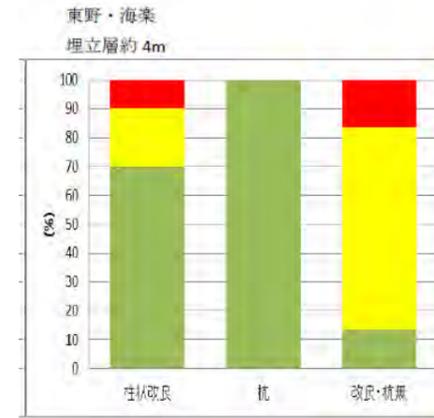
本震でジワーと水が噴き出してきたところに余震が襲って噴水の勢いが激しくなった。

(4) 戸建住宅の傾斜方向調査



図1.2.3 戸建て住宅の傾斜方向調査

(5) 改良深度と被害状況



柱状改良 施工深度8m未満が9割
 杭工法 施工深度8m未満が5割
 両工法とも8m以上の施工深度では無被害

■ 無被害
 ■ 軽微 (外構部等の被害のみ)
 ■ 傾斜大 (建物の顕著な傾斜あり)

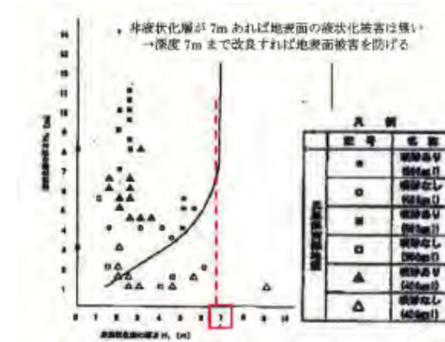


図-2 液状化により地盤被害が発生する条件
 都市基盤整備公団「宅地面積設計マニュアル(案)」p.60より

(6) 液状化と埋立地の経過年数

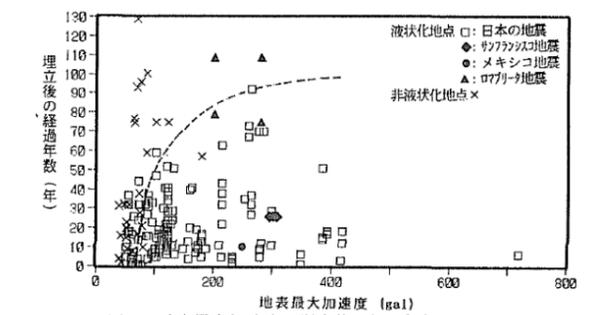
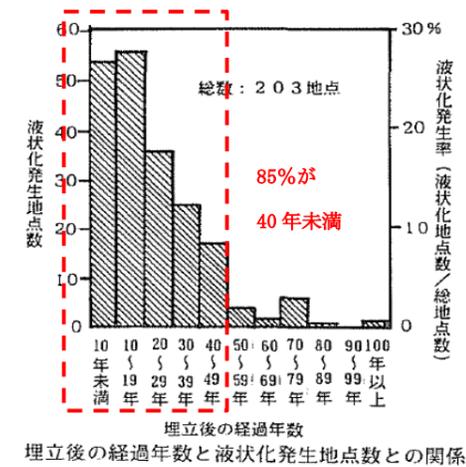


図4 地表最大加速度と埋立後の経過年数との関係

埋立て後40年未満の埋立地が最も液状化を生じやすく、古い埋立地でも液状化が発生する傾向にある。
 埋立て後100年以上を経過した埋立地では地震動の強さにかかわらず液状化が起こりにくくなる。