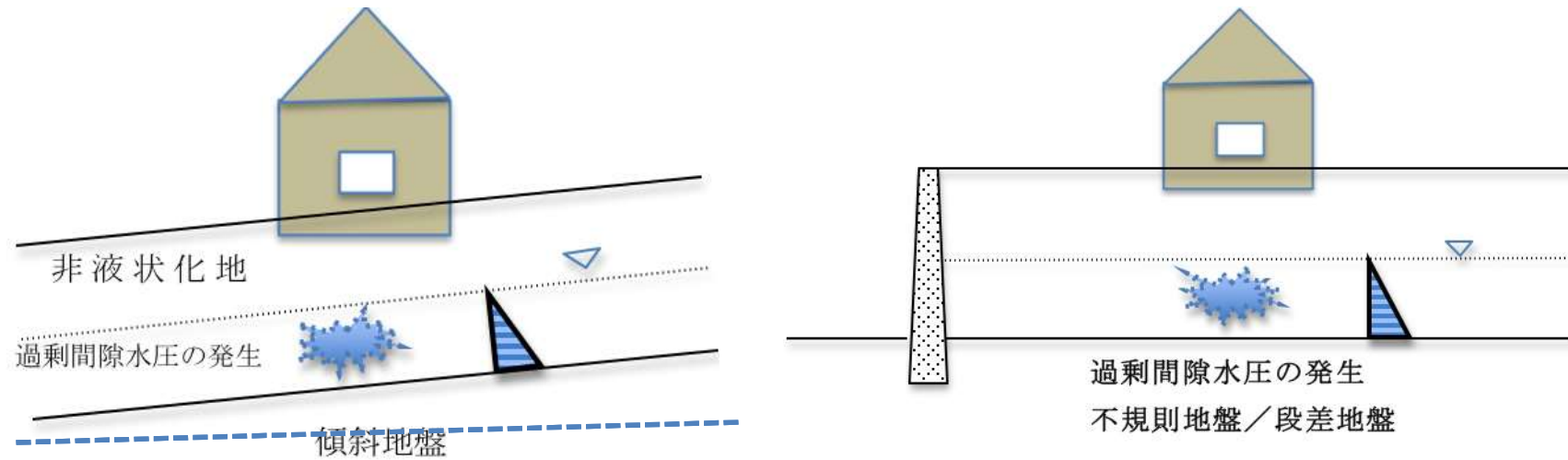
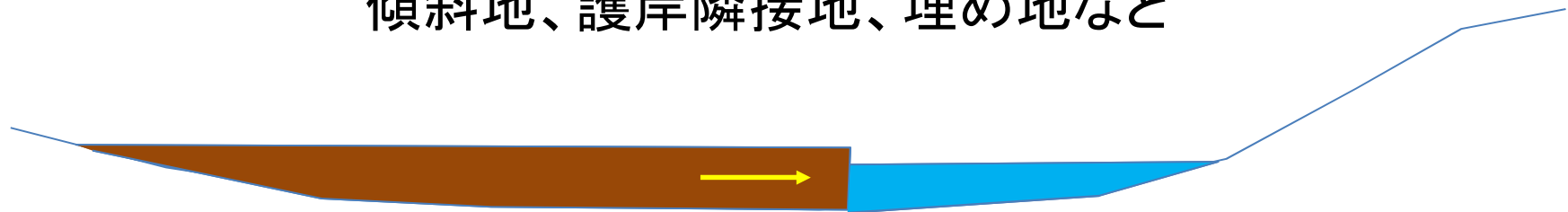


# 地形と液状化地盤

## 側方流動化の危険



傾斜地、護岸隣接地、埋め地など



# III. 施主としての液状化対策への備え

被害の想定内容に応じて液状化対策の目標を設定し、基礎構造との関係を考慮して、リスク管理として総合的に検討する。

小規模建築物以外では、短期での杭基礎、終局時での杭基礎＋地盤改良が中心的な対応である。小規模建築物(4号建築物)では、基本的には、同じ対応が可能であるが、地盤改良による方法などが選択肢として増える。

現実的には、下記のような無対策を含めた対応が存在する。

(1) 住宅の沈下を許さない。(大地震、中地震)

(2) 住宅の沈下をある程度許容し、対策の程度を調整出来るようにする。(大地震、中地震)

(3) 液状化による被災後に再建可能(生活可能)な対応を考慮しておく(大地震、中地震)。主に経済性優先

(4) 技術的な対応を取らない

1) 地震保険に加入して、経済的損失を担保(経済性か?)

2) 対応しない(現状容認／振動低減への期待)

# リスク管理

ISO的リスク管理 (ISO3100:リスクマネジメント)

**リスクとは?** : 期待される結果 (目標) に対する不確かさの影響

リスクは、悪い影響、良い影響を含むが、悪い影響の最小化を目指すのが一般的な管理内容となっている。

地盤の液状化対策に対して期待する事

対策費用の最小化

地震後の継続使用  
インフラを含む (避難回避)

建築物への被害最小化

コミュニティの維持  
広い範囲の液状化回避

沈下低減 (無しを含む)  
(相対、絶対)

地震時の振動の低減

---

人命の確保 (最低限の要求)

# 現状での液状化対策に対する目標

**大地震時**: 人命の確保(最低限の要求)は、無対策でも担保されているとしている。

建築では、**対策は要求していない**(実態は、いろいろ)。

「滑動崩落」対策事業(宅地盛土)では、コミュニティの維持確保などから、**対策事業を推進**している。

**中地震時**: 建築物への損傷制御の観点から、液状化対策へも必要性を啓蒙している(小規模建物では、曖昧)。

建築物の沈下対策が主となっているが、目標の設定が曖昧な点が多い。

**支持力確保の観点から、杭基礎とし、液状化への備えを兼ねている**場合が多い。

# 小規模建築物に適用可能な液状化対策(例)

対策の方法	特徴	工法名	技術的な評価	住宅での適用性
締め固め工法	液状化を起こさせない	サンドコンパクション、バイプロフローテーション、ロッドコンパクションなど	実績があるが、振動を伴う。広範囲な敷地に適する。	市街地では周辺環境への配慮が必要 費用が高い
構造物による支持	液状化を許容し、深い地盤で荷重を支持する	杭、壁杭	実績があるが、基礎下に隙間が生じる	適用性は高い。 やや費用が高い
固化による地盤改良	固化による非液状化地盤の構築	柱状改良 浅層改良	施工方法を工夫すれば有望。施工深さに留意が必要。	住宅に普及している工法であり、適用性が高い
排水材の利用	排水機能によって過剰間隙水圧の発生を抑制、水圧の速やかな消散	サンドドレーン、グラベルドレーン、排水パイプ	沈下を伴う可能性が高い。建築物への実績が少ない。効果の確認が少ない。	施工性や効果の面で、更なる要検討。
木杭や礫杭	砂の締め固め効果 荷重の支持	打設工法	木杭は地下水位が高いことが条件	可能性は高い 周辺への影響に留意
浮き基礎	液状化時に沈下が生じないように浮力を利用する	発泡材料による人工地盤の敷設工法	荷重のバランスに留意、浮力の評価が未知。材料の耐久性など	実績を評価すれば可能性は有り。

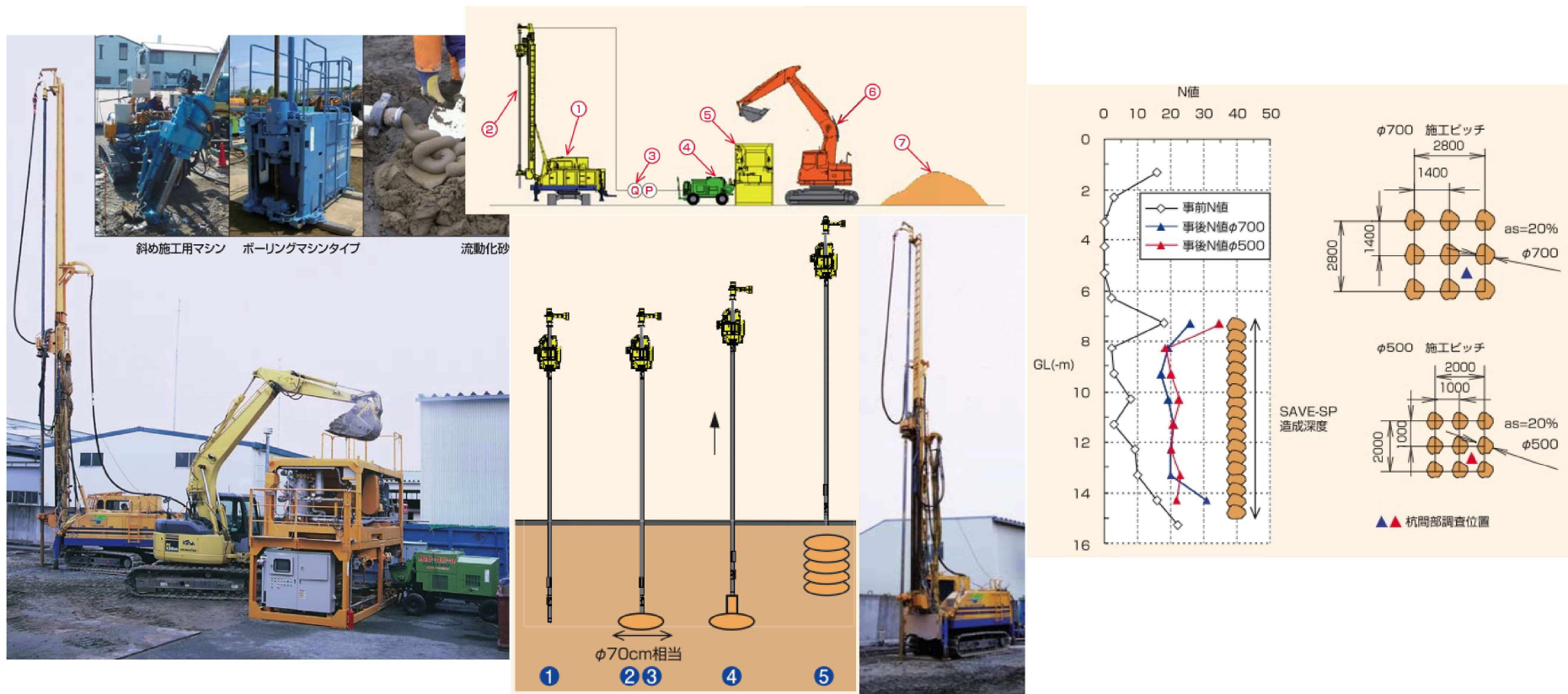
# (1) 建築物に沈下を許さない①

## (1)-1 締め固め工法

- 液状化を起こさないように液状化強度を上げる。
- 実績が多く、効果が確認されている例も多い。
- **一度施工すると将来に亘り有効**
- 液状化対象層のみの施工で可能
- 施工中の振動や地盤変位、狭隘地での施工が困難、施工単価が高い(将来性を担保)
- 改良率の設定、施工信頼性(確認が必要)

# 新工法の例：静的締固め工法 (大型から小型へ期待)

(経済的には、割高な工法であるが、**効果は継続する**)



(開発会社HPから)

# (1) 建物に沈下を許さない②

## (1)-2 構造体(杭など)による支持

### 1) 液状化の影響のない地層で支持力を確保

- 地盤条件や考慮する地震によってはかなり深い支持層が必要であるが、**一般的に使用可能**

### 2) 水平力の影響を処理する必要がある

- 地盤の水平支持力

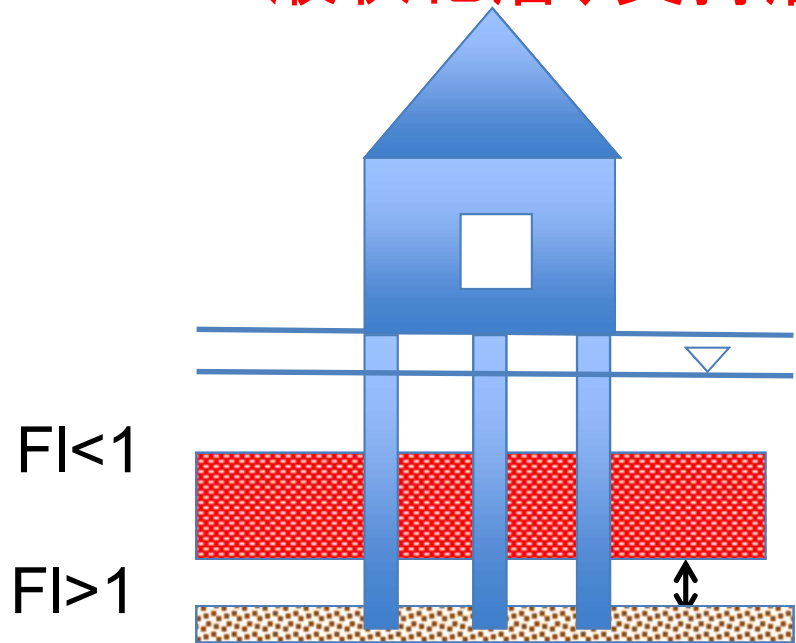
### 3) 地盤変位(特に側方流動)の影響を受ける

- **小規模建築物では経験しない範囲の技術的課題**を満足する必要
- **被災した場合の対応が厄介**  
対応するには、**設計精度の向上**が必要
- 一般建築物でもL2地震時の対応は、不十分な場合がある。

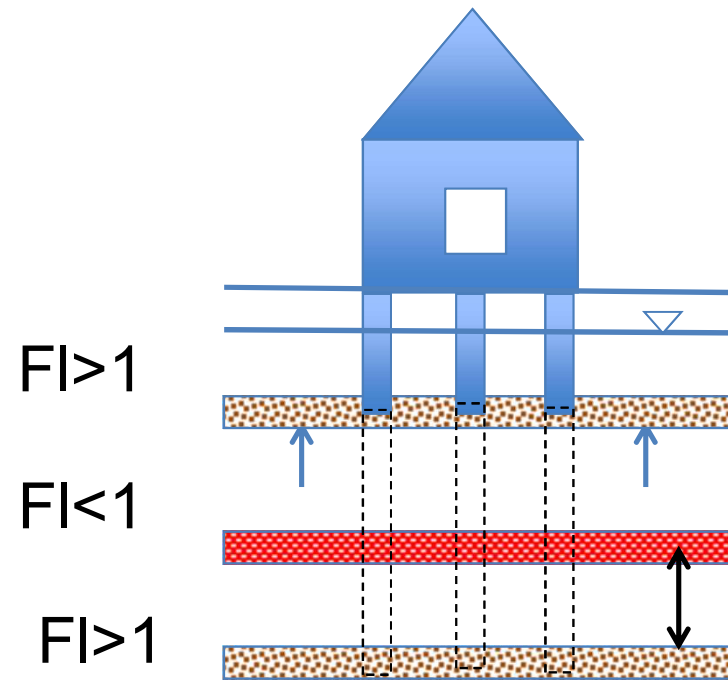


# 基本的検討方法

杭基礎等での支持力を確保：  
液状化層、支持層の特定と摩擦力の評価



液状化以深で支持する  
(通常的设计)



支持層の下に液状化層が在る  
場合には、液状化層の下部に  
ある支持層を探す。  
調査範囲が課題となる。

## (1) 建物に沈下を許さない③

### (1)一3 浅層改良地盤、中層改良地盤など

– 各種の固化による非液状化層の確保

- 施工深さは、3～5m程度か？



### • 施工の合理化と技術開発

– 鉛直攪拌混合地盤改良など全面改良機械の導入

– ブロック式改良による地盤の安定化

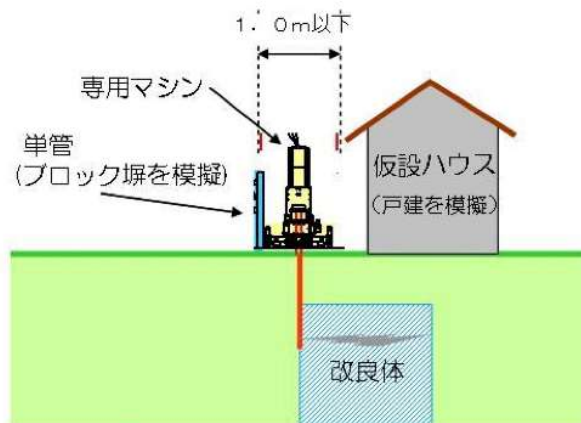
- 改良強度は、低減可能、基礎形式の見直し
- 軽量化

# 対象層のみを対象とした施工方法への期待

## 1) ジェット式攪拌混合などによる全面改良

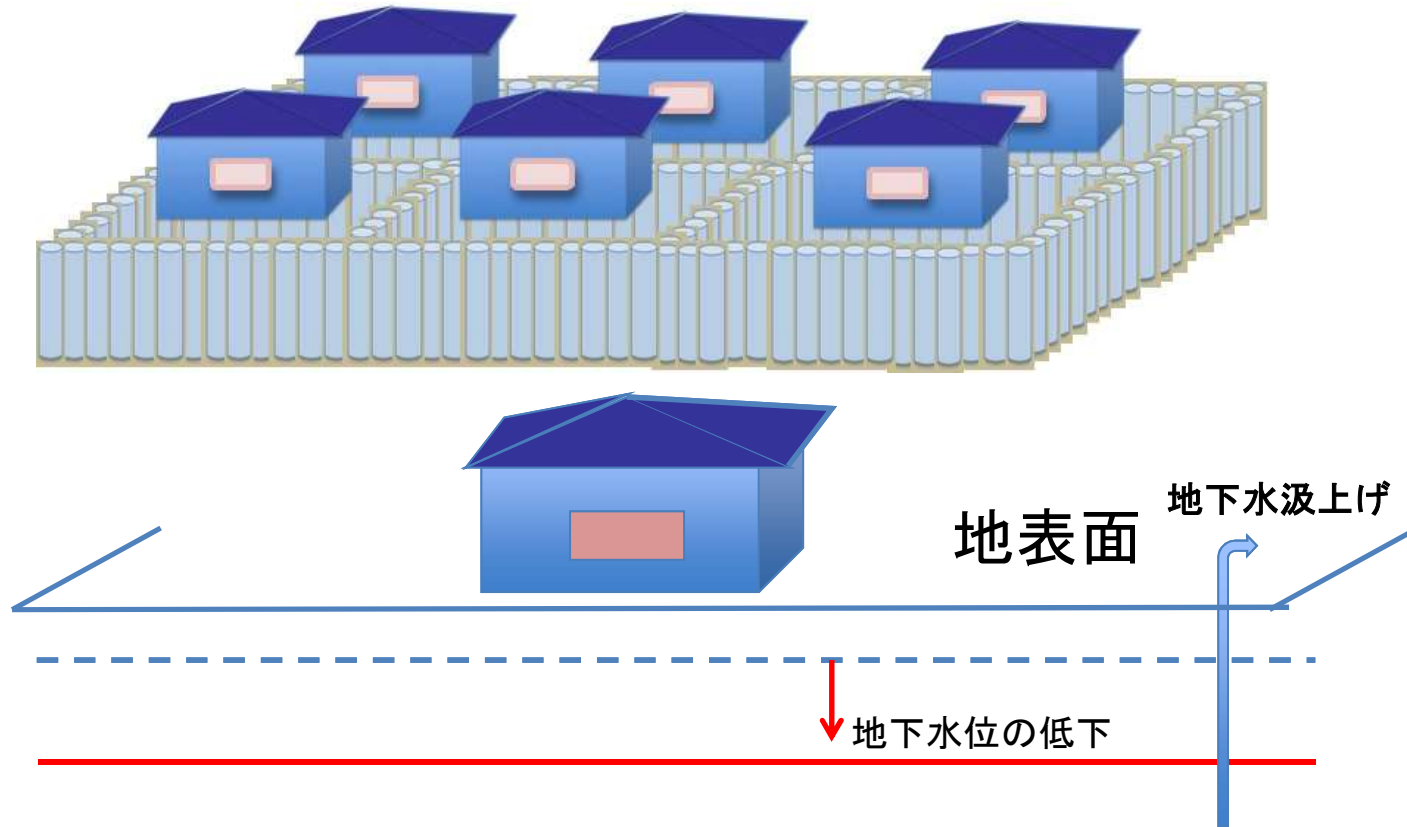


- 1) 狭隘地における施工が可能
- 2) 低騒音、低振動
- 3) 既存建物下部地盤へ適用  
(耐震補強、補修工事)
- 4) 施工性が良好



- a) 施工時の排出残土(廃棄物処理)が多く、経済性に難点
- b) ジェット圧による周辺への影響があり得る
- c) 出来型管理に工夫が必要

# 広域的な一体的液状化対策例(公共工事) (基本的にL1対応)



a)格子状改良工法  
地盤の剛性を上げ、  
変形を抑制し、液状化を防止する。  
(浦安市で実施)  
L2には、建て替え時に、個別に付加的対応は可能

## b)地下水位低下工法

工法的には単純で、理論的には、有効応力の増加、非液状化層の増大により、液状化抵抗が大きくなることを期待している。

合わせて、沈下層への影響評価、地下水位の恒久的な低下実施への負担、降雨の影響など維持管理のための制度、検討が必要であり、**不確定要素**がある。

## (2) 沈下を許容する場合

- 1) **ベタ基礎**: 地盤条件によっては、支持力の確保も出来ない場合がある。沈下には、ある程度抵抗するが、沈下による障害を受ける場合が多く、**不十分な基礎工法**と考えた方がよい。
- 2) **表層改良**: 改良地盤下の地盤が液状化すれば、その影響は受けるので、沈下が残ることがある。
- 3) **ドレーン型対策**: 締固めを伴う工法、排水効果のみの工法などがあり、高度な解析を行わないと精度の高い設計は難しい場合がある。
- 4) **囲い込み工法**など新しい提案の中には、沈下の評価が不明なものが多い。

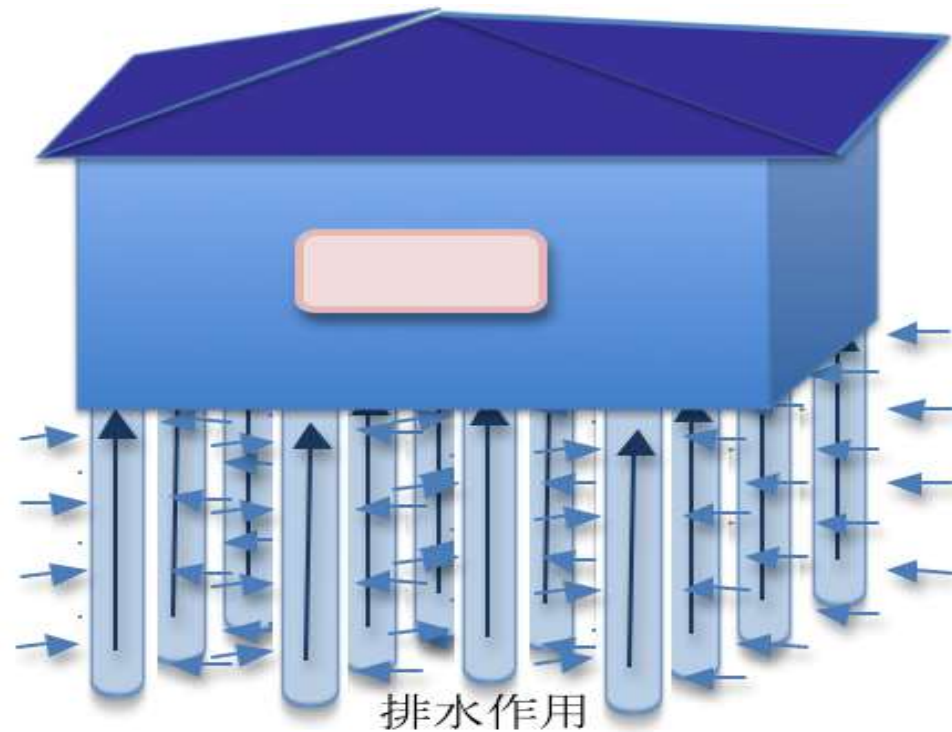
## (2) 排水工法(締め固め\*有り、無し)

沈下を伴うことがある。

締め固めの効果の有無で、液状化対策の効果に大きな差が生じることが考えられる。

基本的には、締め固めによる効果を定量的に評価し、排水効果を補助的に評価するのが良い。

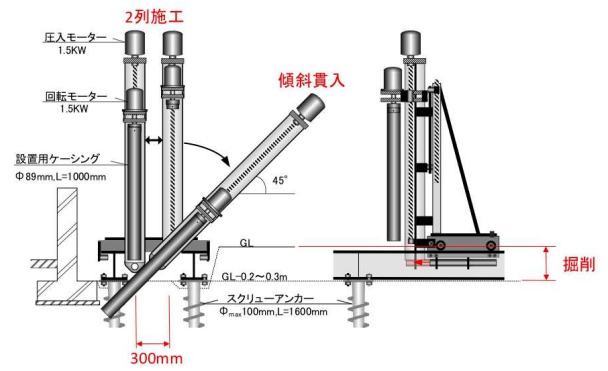
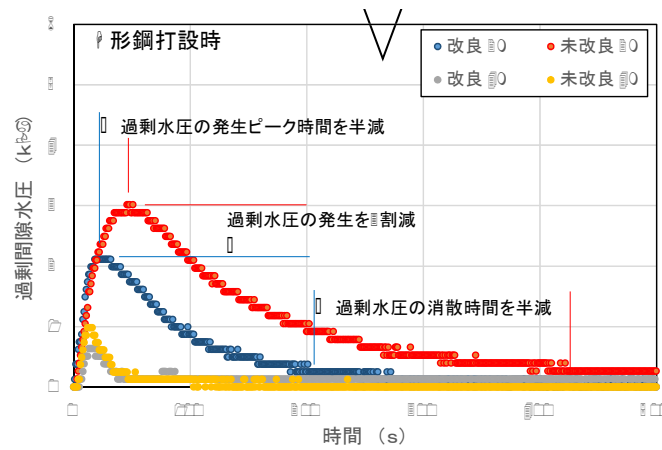
精度を上げるには、解析による検討が必要である。



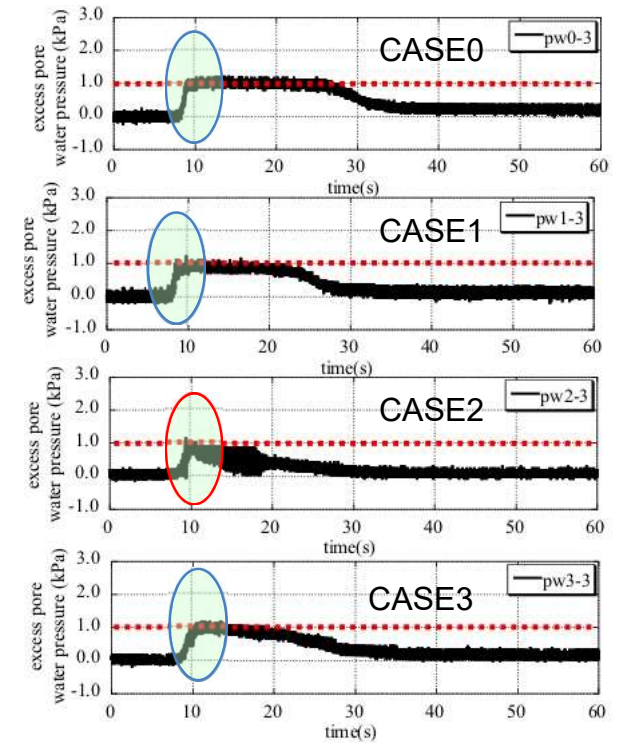
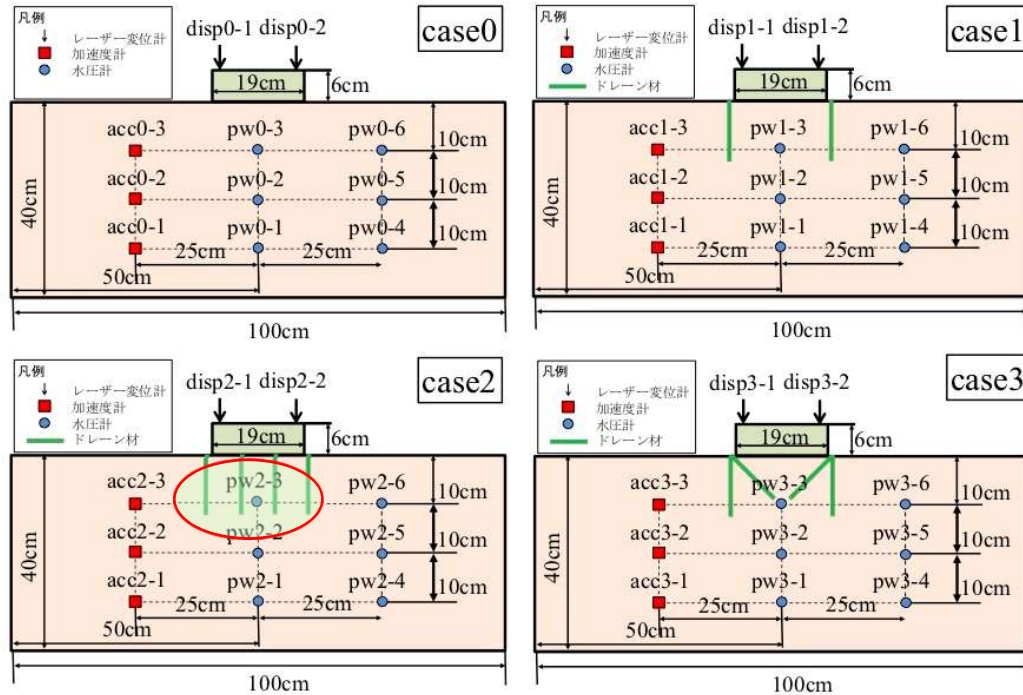
施工する範囲の設定が難しい

# 排水工法例

既設宅地のスマート液状化対策工法の開発  
八嶋 厚(岐阜大学・教授) 他



# 排水工法による効果確認 (模型試験)





# (3) 被災後の復旧対策を付加

- 沈下修正が可能な機構を事前に基礎に埋込むあるいは空間を設ける。

## ジャッキアップ基礎

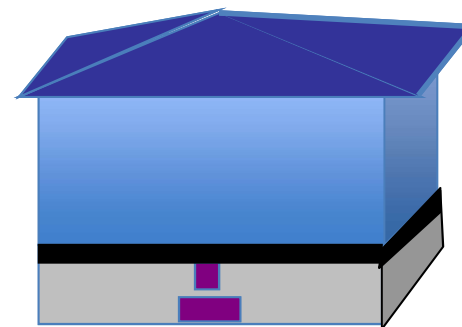
### 1) 土台を上げる

(特殊なアンカーボルトの使用や基礎ばりの工夫、補強など)

### 2) 基礎を上げる(クレーン、ジャッキ)

基礎ばりの補強や吊り具

杭基礎、直接基礎の違いで工夫



# 現実的な基礎施工環境を考慮し、従来工法の改良、強化 (沈下の評価が難しい)

- 1) **改良長を長くする**。先端支持力の増大  
従来よりも施工能力の高い施工機械が必要である。  
先端での施工性(**先端支持性能**)の確保に留意する。

## 2) 柱状改良

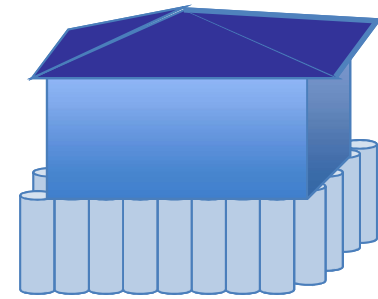
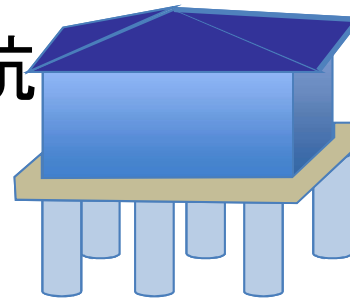
改良形式:

- \* 改良率を上げる、外周も含む
- \* 柱状から壁式一なるべく囲い込む(①)

### 格子状改良

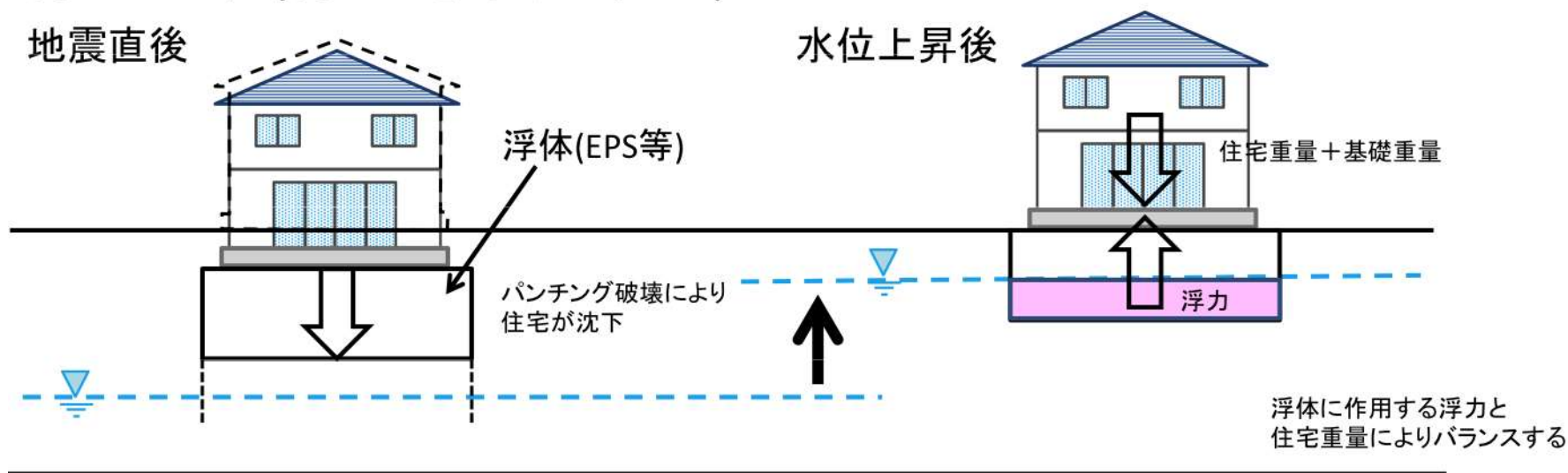
曲げ抵抗から剪断抵抗

- \* 柱状+浅層
- \* **他の工法との併用**  
砂礫、ドレーン材等



# 軽量地盤による荷重バランス改良型対策 (EPSなど)

## 浮き基礎(浮力を利用する)



L1、L2の地震動に関係なく、液状化した後の**沈下抑制対策**となるが、浮力が作用するまでの間に多少の沈下が生じる可能性がある。しかし、EPSは、簡単に切り出せるので、ジャッキ挿入などの**修復が容易**なメリットがある。

## (4) 対策を取らない選択

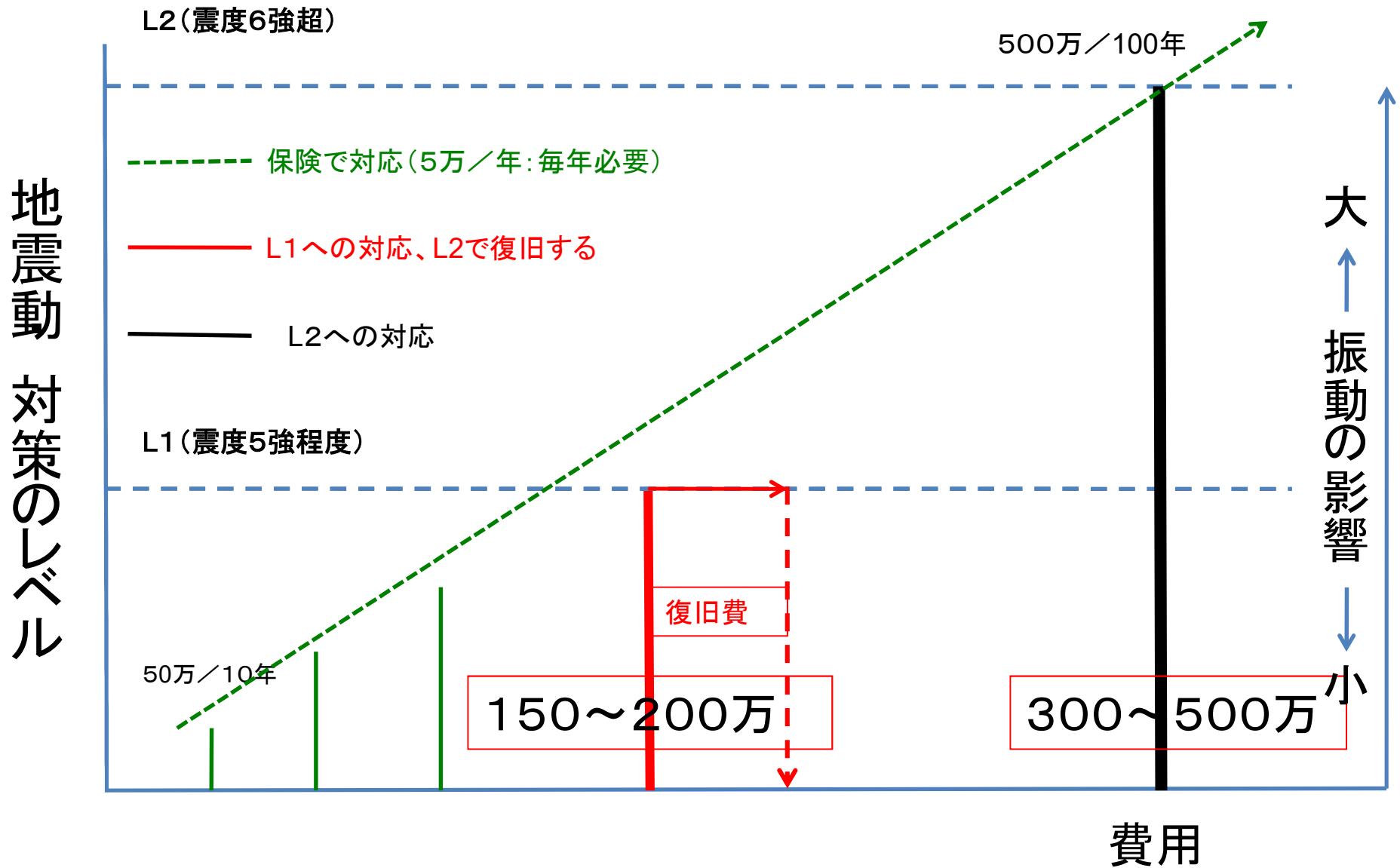
### ① 被災すれば復旧する。

- 選択肢として残る可能性はある。
- 事前に対応策(ジャッキスペース)などを設置
- 建設する側からは、十分な説明と消費者の納得が必要

### ② 被災後の復旧に地震保険を活用する。

- 経済的には、検討の余地はあるが、評価の査定や補償の確認が出来ないのでリスクは残るが、保険制度として、許容出来る可能性がある。現状は、沈下の程度に応じて補償を受けられる。
- 3.11以降、地震保険による査定の見直しが行われており、地盤災害の復旧に即した保障の見直しも行われている。
- その他、被災者生活再建支援制度(一定規模以上の災害)による復旧支援金(最大300万円)の活用

# 液状化への対応と費用(例)



# 液状化に対する情報提供の強化

## ①液状化に関する広域的情報

熊本地震以降液状化マップの精度向上に向けた国の取り組みが始まった。

## ②液状化に関する個別の住宅敷地の情報

SWSによる地盤情報の取り組みも始まっている。

## ③液状化に関する当該住宅基礎等における工事の情報（情報の開示は、消極的）

## ④民法の改正（契約不適合など／施主の意識が重要）

（**施主**は、契約時に自らの意思も含めて、設計段階で要検討）

# 液状化に関する情報提供の記載内容例

## ①液状化に関する広域的情報例

液状化マップ	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	【液状化に関する表記】 (表記： <b>液状化の可能性が高い</b> ) 【備考・出典】 ( <b>千葉県液状化マップ</b> )
液状化履歴に関する情報	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	【住宅敷地周辺の液状化履歴】 <input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし 【備考・出典】 ( <b>関東大震災時 液状化発生したという情報有り</b> )
地形分類	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	【該当する地形名称】 ( <b>三角州</b> ) 【備考・出典】 ( <b>国土交通省発行 土地条件図</b> )
その他土地利用履歴に関する資料	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	【旧土地利用】 (種別： <input checked="" type="checkbox"/> 水田 <input type="checkbox"/> 池沼・川 <input type="checkbox"/> 海 <input type="checkbox"/> その他 ( ) ) 【備考・出典】 ( <b>旧版地形図 国土地理院：昭和6年6月30日発行</b> )

## ②液状化に関する個別の住宅敷地の情報例

敷地の地盤調査の記録	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	<b>【地盤調査】</b> (方法: <input checked="" type="checkbox"/> スウェーデン式サウンディング試験 <input type="checkbox"/> 標準貫入試験 <input type="checkbox"/> その他 ( ) ) (仕様: 数量 <b>4ポイント</b> ・ 深度 <b>9~12m</b> ) <b>【資料採取】</b> <input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <b>【備考】</b> ( <b>スウェーデン調査孔を利用し、かきとり式(開閉型)にて採取</b> )
地下水位の情報	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	<b>【地下水位】</b> ( 地表面から <b>2.0m</b> 付近 ) <b>【測定方法】</b> ( <b>スウェーデン調査孔を利用し測定</b> ) <b>【備考】</b> ( <b>通電比抵抗式水位計使用</b> )
地盤調査から得た液状化に関する指標	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	<b>【指標・備考】</b> <b>Dcy値=10cm</b> <b>スウェーデン式サウンディング試験結果から、200gal M7.5として</b> <b>国総研のプログラムにより算出</b>
宅地造成工事の記録	<input type="checkbox"/> あり <input checked="" type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	<b>【造成図面】</b> <input type="checkbox"/> あり <input checked="" type="checkbox"/> なし <b>【備考】</b> ( )
液状化に関連して行う地盤に関する工事の記録・計画	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	<b>【工法分類】</b> ( <b>締固め</b> ) <b>【工法名称】</b> ( <b>バイプロコンポーザ</b> ) <b>【施工時期】</b> ( <b>昭和45年7月頃</b> ) <b>【工事内容】</b> ( <b>改良径800mm 改良長10m 2mピッチ配置</b> ) <b>【工事報告書】</b> <input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <b>【備考】</b> ( )
その他地盤に関する工事の記録・計画	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	<b>【工法分類】</b> ( <b>圧密促進工法</b> ) <b>【工法名称】</b> ( <b>プレロード工法</b> ) <b>【施工時期】</b> ( <b>昭和55年~58年</b> ) <b>【工事内容】</b> ( <b>盛土高さ5m 載荷期間2年</b> ) <b>【工事報告書】</b> <input type="checkbox"/> あり <input checked="" type="checkbox"/> なし <b>【備考】</b> ( )



### ③液状化に関する当該住宅基礎等における工事の情報例

液状化に関連して行う住宅基礎等に関する工事の記録・計画	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	【工法分類】 ( 建築物基礎で対応する工法 ) 【工法名称】 ( 杭工法 ) 【施工時期】 ( 平成25年12月12日～16日 ) 【工事内容】 ( 杭径165.2mm 杭長12m 鋼管 ) 【備考】 ( )
-----------------------------	--	---

#### 【備考】

上記の記載事項は、日本住宅性能表示基準に従って**義務化された表示性能ではなく、液状化に関する情報提供であるが、液状化に関して、注意喚起するためのもの。**

## 液状化対策工事の評価と保証への取り組み①

### 液状化対策に関する現状(課題)

- ・ 品確法の改正 (H27.4.1) により、液状化に関する情報提供が可能となったが、戸建て住宅における**液状化対策は普及していない**。

#### (1) 地盤改良業者及び住宅供給者が抱えている問題点

- ・ 地盤の液状化対策の実施が**法律で規定されているわけではない**。
- ・ 地盤の液状化対策実施の有無に関わらず、被害が生ずれば**責任が問われる可能性**がある。

#### (2) 液状化対策における**不確定要素**

- ・ 地盤や入力地震動のばらつきにより、同一エリア・同一敷地内において液状化が局所的に生ずる可能性を予測することは困難である。

瑕疵担保履行法に見られるように、建築物に対する保証体制が整っているが、地震による被害については、適応外である。しかし、液状化による被害は、地震による被害であっても、その普及を図るには、**何らかの保証**の仕組みが不可欠である。

## 液状化対策工事の評価と保証への取り組み②

### 液状化対策保証業務実施によるメリット

社会的には、**液状化対策の普及・推進、液状化による被害抑制**が期待できる。

#### (1) 施主

- ・ 第三者機関で設定された設計基準であるため、対策内容に対する信頼感・安心感がある。
- ・ 被害抑制が期待できる。
- ・ 万一の場合に保証が受けられる。

#### (2) 地盤改良業者（保証業務の申請者）

- ・ 設計基準が明確であるため、対策実施の根拠を設計者に説明できる。
- ・ 安値受注業者との差別化を図ることができる。
- ・ 万一の場合、提供される保険を基に少ないリスクで保証サービスを提供できる。

#### (3) 住宅供給者（保証業務の申請者）

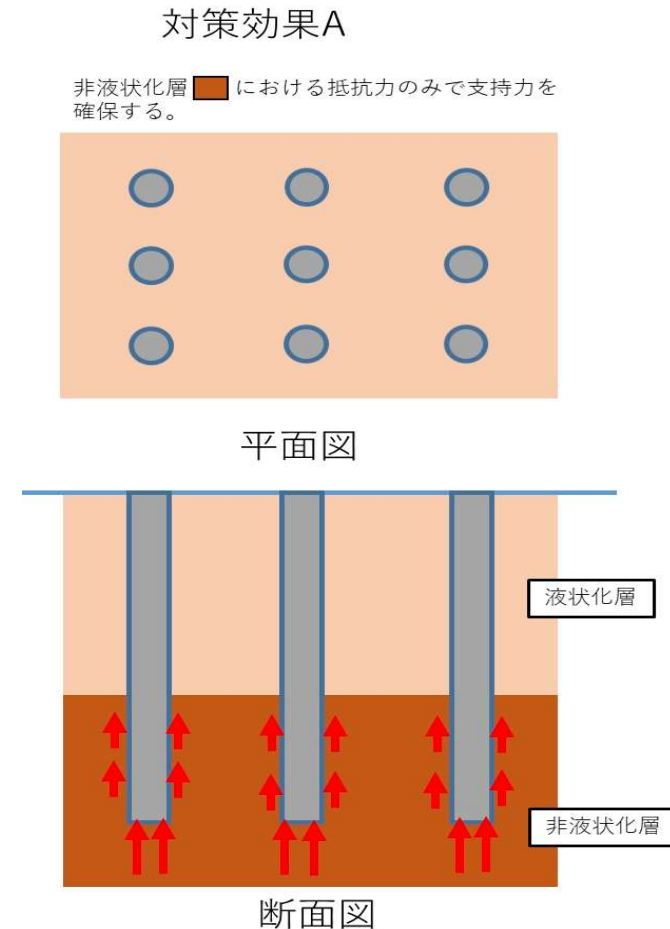
- ・ 設計基準が明確であるため、対策実施の根拠を施主に説明可能である。
- ・ 万一の場合、提供される保険を基に少ないリスクで保証サービスを提供できる。
- ・ 液状化に関する情報提供をした場合でも、対応策を施主に提示できる。

## 液状化対策工事の評価と保証への取り組み③

### 保証対象とする対策工法と対策効果の評価-1

杭もしくは柱状地盤改良の**支持力に関する技術評価**を取得している工法

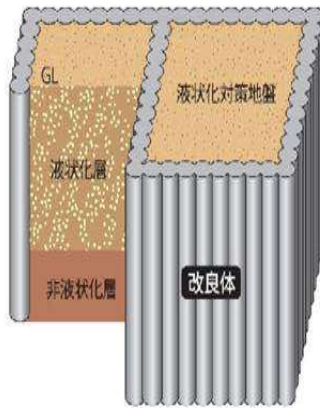
一般的には、液状化現象に関する評価は、除外されているので、**追加的に液状化による影響を評価する方法を示して設計し、地盤の短期許容支持力を確保する。**



# 液状化対策工事の評価と保証への取り組み④

保証対象とする対策工法と対策効果の評価-2  
公的な指針や液状化抑止に関する技術評価を取得している工法

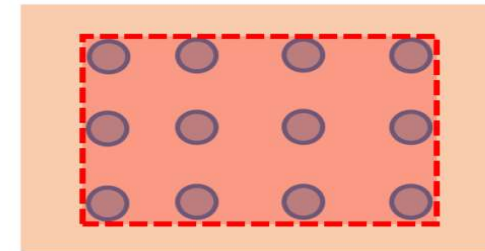
液状化抑制効果を考慮して、地盤の短期許容支持力を確保する。



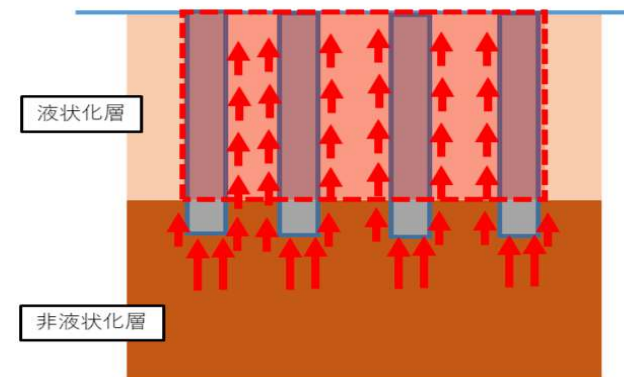
格子状改良工法など

対策効果B

液状化抑制効果が期待できる範囲



平面図



断面図

対策の例：締固め工法により地盤の密度を増加させる。

# 戸建て住宅の液状化現象への備えーまとめ

- 1) 3.11以降、建築基準法では、液状化に対する規制の改正はなかったが、熊本地震を契機に液状化マップの利用に関する検討が始まった。
- 2) 品確法では、消費者への情報伝達を重視し、「特記」による記載が可能となった。
- 3) 一般ユーザは、関心が高いが、各ユーザでの意思決定には、情報格差の解消が必要。
- 4) 業界では、施主への提案を行っている場合があるが、地盤調査の時期と契約時との時間の整合性が悪い場合があり、改善が必要である(契約後に情報提供ー改正の民法で規制)。

# 戸建て住宅の液状化現象への備え—まとめ

- 5) 自治体での啓蒙、教育などの対応が増加傾向
  - \* 東京都など地盤情報の開示やアドバイザー制度が発足
  - \* 葛飾区では、都の方針を受けて、液状化の地盤調査費、対策費の一部を補助し、データの蓄積を行っている。
- 6) 地盤が液状化する影響を評価し、対策工法、内容を選択する(リスク管理対応も視野に)。
- 7) 住宅での液状化対策工法への評価は、現状では、簡単ではない。新しい工法は、**技術評価の利用**を促進
- 8) **建築士の対応が重要**(情報格差の解消、技術力の格差など)
- 9) 液状化への保証(自己対応)は、低迷している。