

(1) 建築物に沈下を許さない①

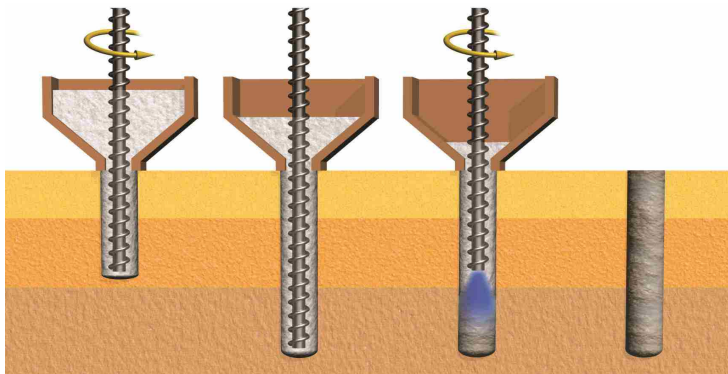
(1)-1 締め固め工法(地盤支持力の確保)

- * 液状化を起こさないように液状化強度を上げる。
- * 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)
実績が多く、効果が確認されている例も多い。

新工法の例：静的締固めによる液状化対策工法 (大型から小型へ期待)

連続したスパイラルロッドを逆回転させながら充填材(ドライモルタル)を圧入するとともに地盤を周囲に押し広げ、ロッドの引き上げ時にドライモルタルを充填させる工法

①逆回転圧入工程 ②回転圧入工程 ③引き上げ充填工程 ④築造完了



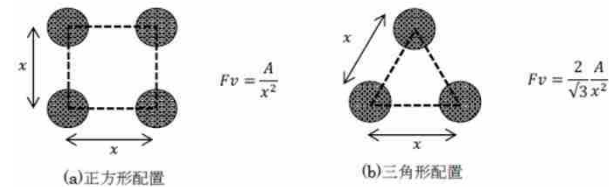
(1) 設計検討フロー

SWS試験等によって、予測N値を定め、改良後のFL値が対象層全層において1以上となる改良率を求める。

(2) 施工管理

必要な改良率を確保できるピッチ、改良深さの範囲で改良体を築造する。

施工後には改良体区間の中央位置においてSWS試験から予測N値によって求められるFL値が1を超えることを確認する。



Fv : 改良率

A : コラムの設計断面積(mm²) $A = \frac{d^2\pi}{4}$

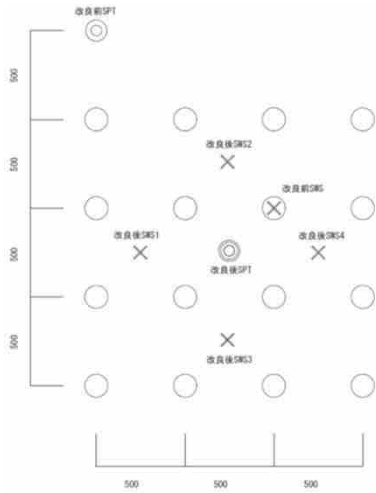
d : コラムの設計径(mm) (130 または 160mm)

x : コラムの改良ピッチ(mm)

(CSV工法を利用した液状化対策工法) [技術審査証明取]

施工後の改良効果の確認試験

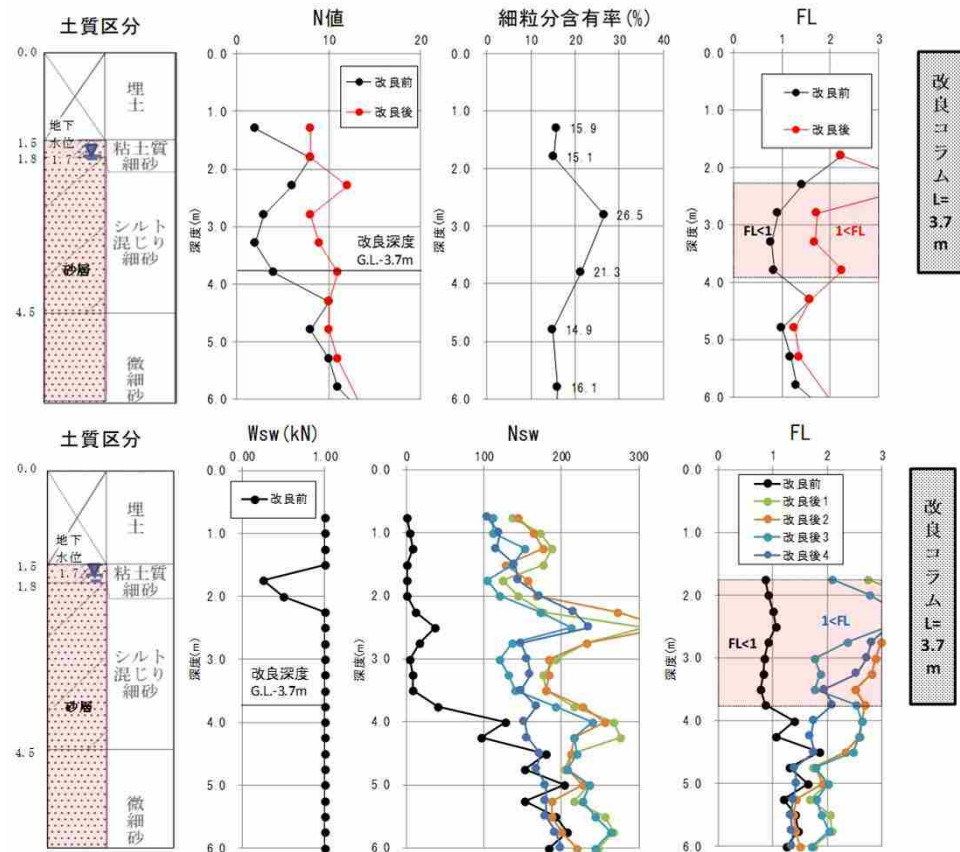
改良ピッチ500mm、改良長3.7m、改良率8%の例



改良体ピッチ500mm
改良率8%



施工状況



施工風景



着工前の地盤調査(SWS試験)



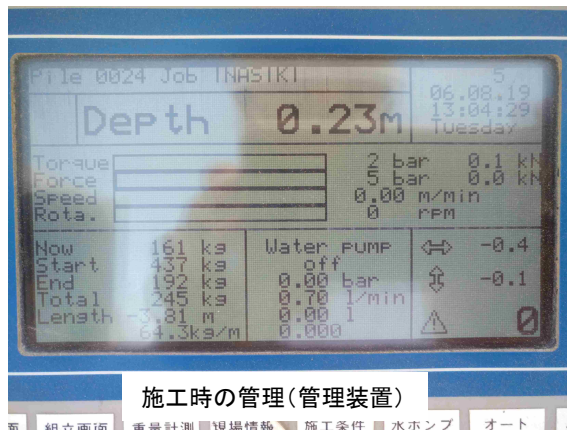
着工後の調査(SWS試験)



コラム単体の改良径確認状況



SWS調査孔を利用した土質調査



施工時の管理(管理装置)



(掘出し調査)

(1) 建物に沈下を許さない②

(1)-2 構造体(杭など)による支持力確保

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

抜け上がりへの対処は、事後による。地震保険の対象に検討

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があるが、中規模地震では、被災事例は少ない。

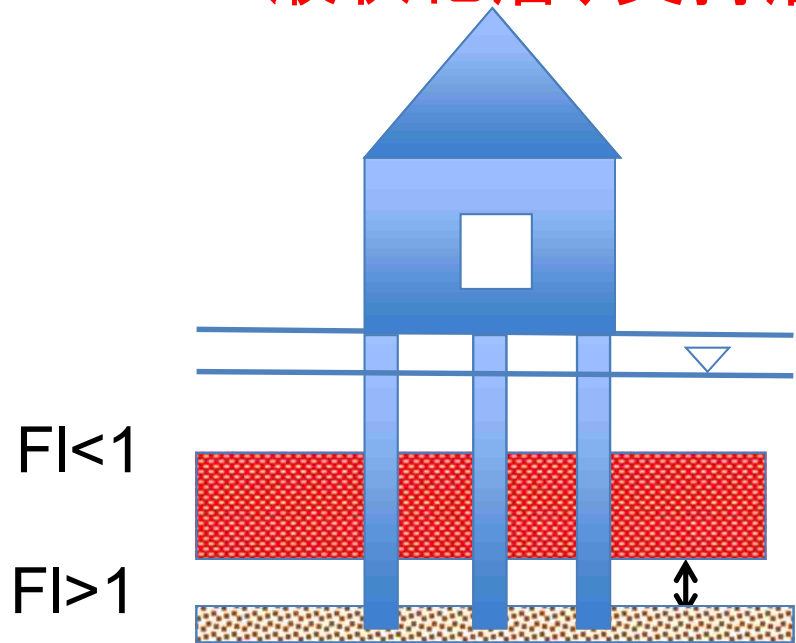
• 被災した場合の対応が厄介

対応するには、設計精度の向上が必要

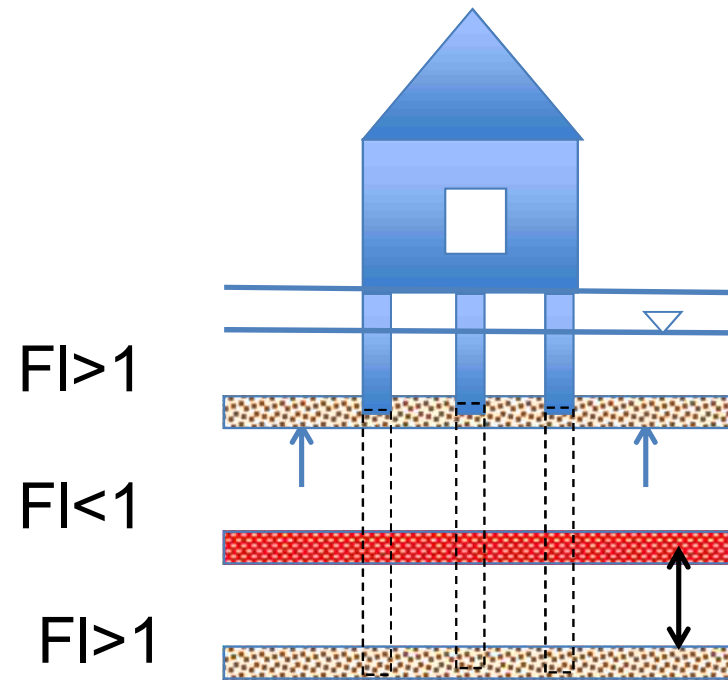
- 一般建築物でもL2地震時の対応は、不十分な場合がある。

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、中層改良地盤などによる地盤支持力の確保

- **各種の固化**による液状化層の非液状化を実現
厚くない液状化層全層(5m程度間)を改良するのが現実的である

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(パワースレンダー工法など)**

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

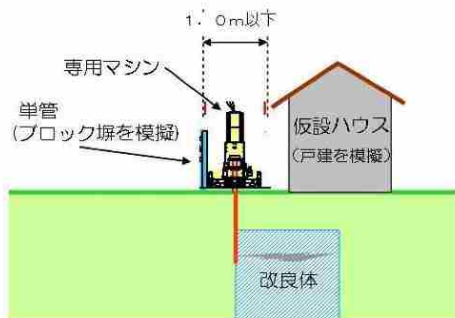


液状化層のみを対象とした施工方法への期待

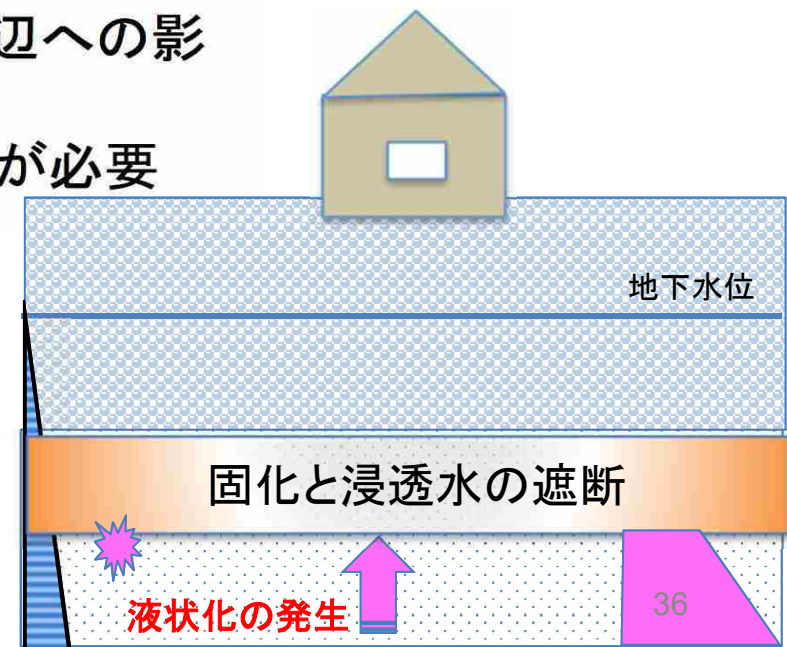
1) ジェット式攪拌混合などによる面的改良



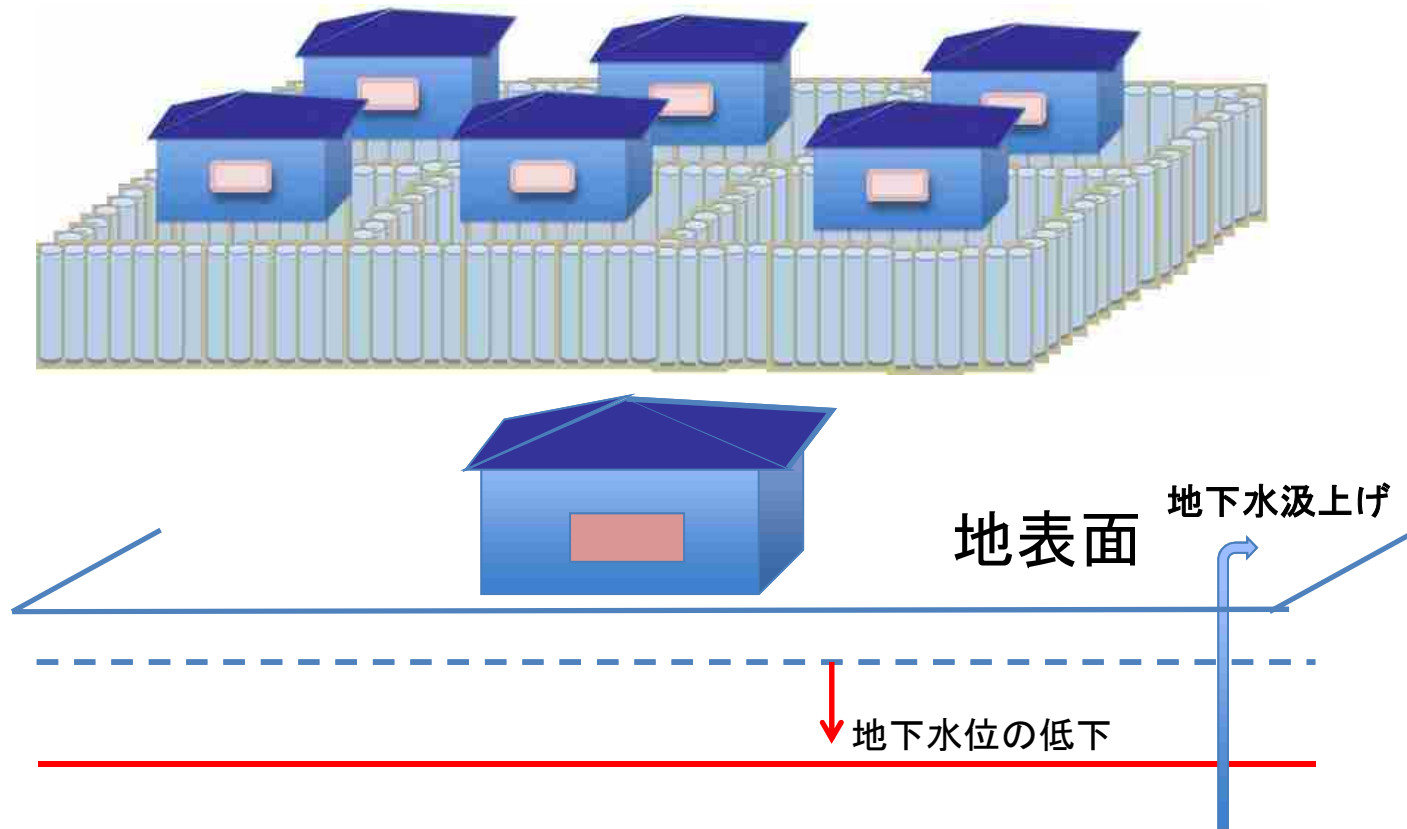
- 1) 狭隘地における施工が可能
- 2) 低騒音、低振動
- 3) 既存建物下部地盤へ適用
(耐震補強、補修工事)
- 4) 施工性が良好



- 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

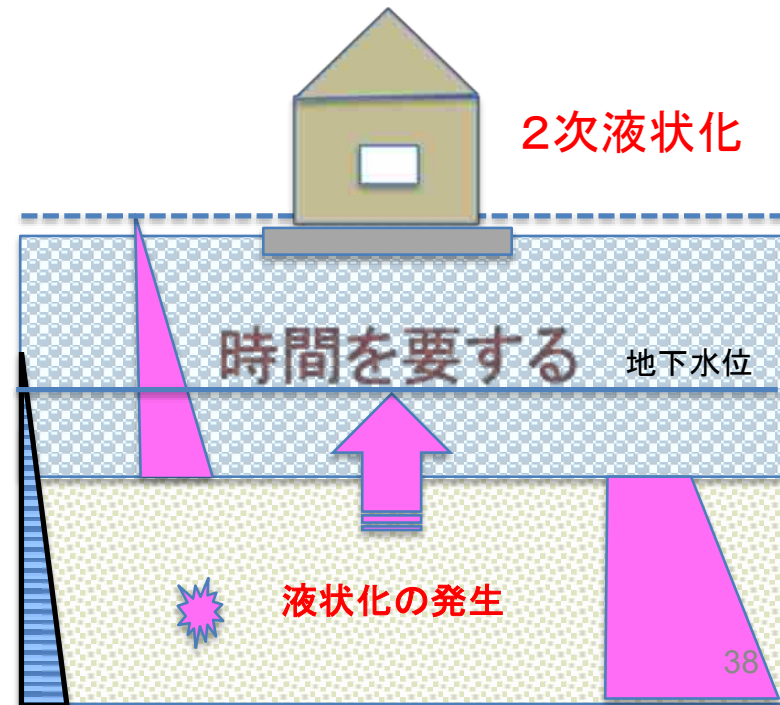
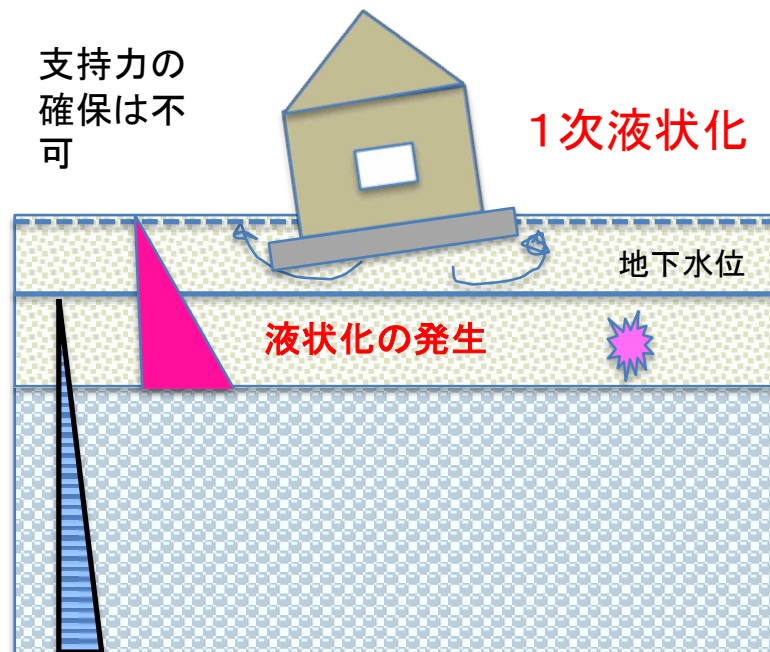
b)地下水位低下工法(街区を止水壁で区切って実施)

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。

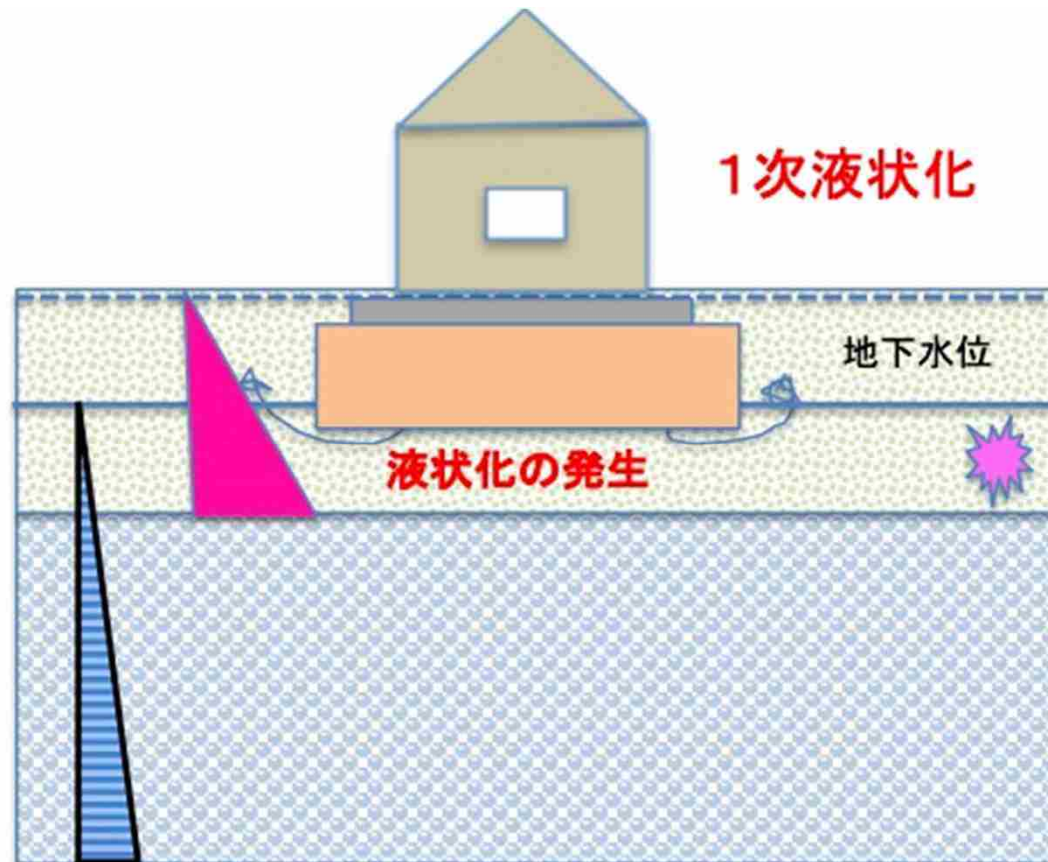
適用時に、圧密沈下への影響評価、地下水位の恒久的な低下実施への負担、降雨の影響など維持管理のための制度、検討が必要であり、**不確定要素**がある。

(2) 沈下を許容する場合

(2)ー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。支持力を確保できない場合(1次液状化時)は、避ける。

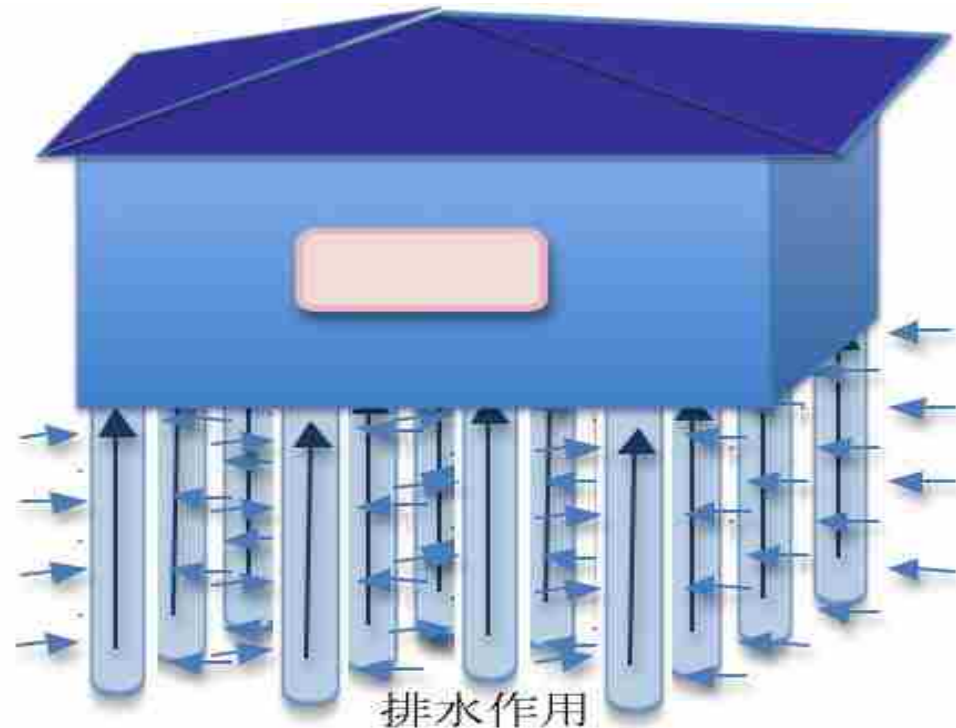


(2)-2 **表層改良**:改良地盤下の地盤が液状化すれば、その影響は受けるので、沈下が残ることがある。支持力が確保できない薄い表層改良は避け、改良地盤下の液状化層の D_{cy} などを考慮して、**2m~3m程度の厚さは確保**し、それ以下の層の沈下を許容する。



(2)ー3 **ドレーン型対策**: **締め固め**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。

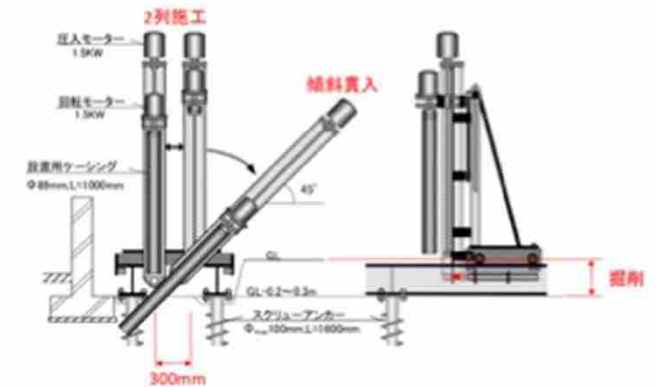
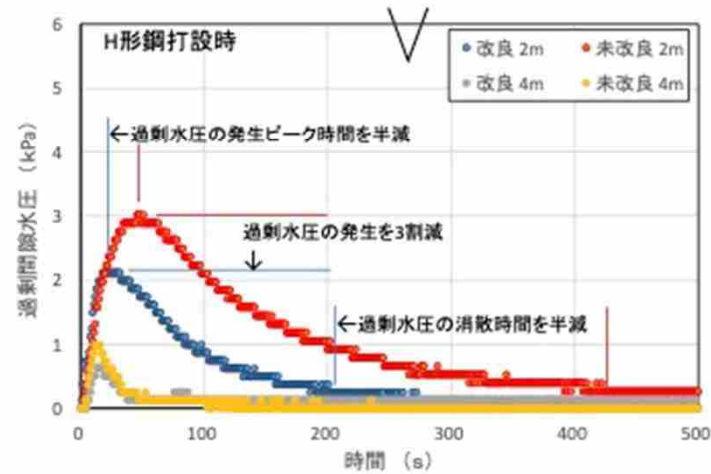
締め固めの有無で、液状化対策の効果に大きな差が生じることが考えられる。
基本的には、**締め固めによる効果を定量的に評価し、排水効果を補助的に評価**するのが良い。
精度を上げるには、解析による検討が必要である。



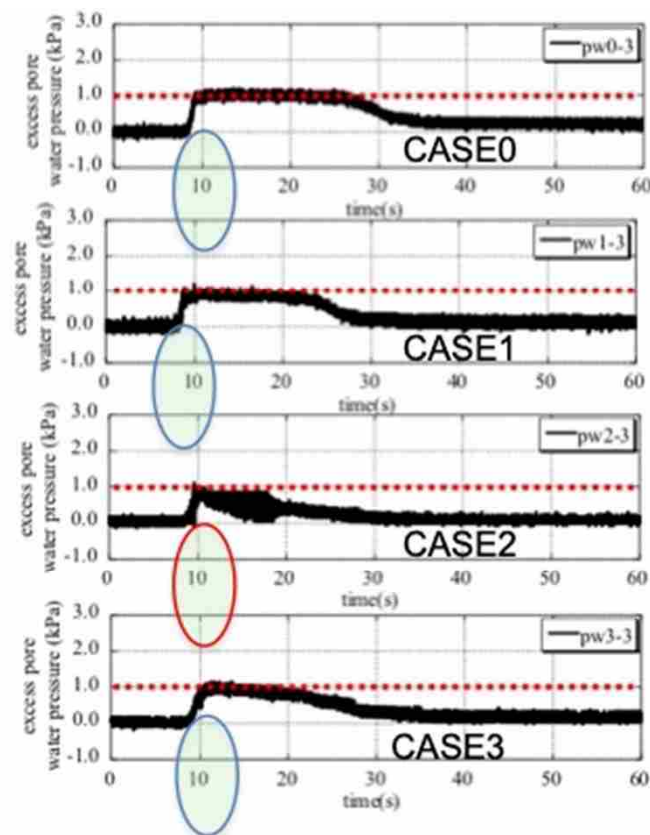
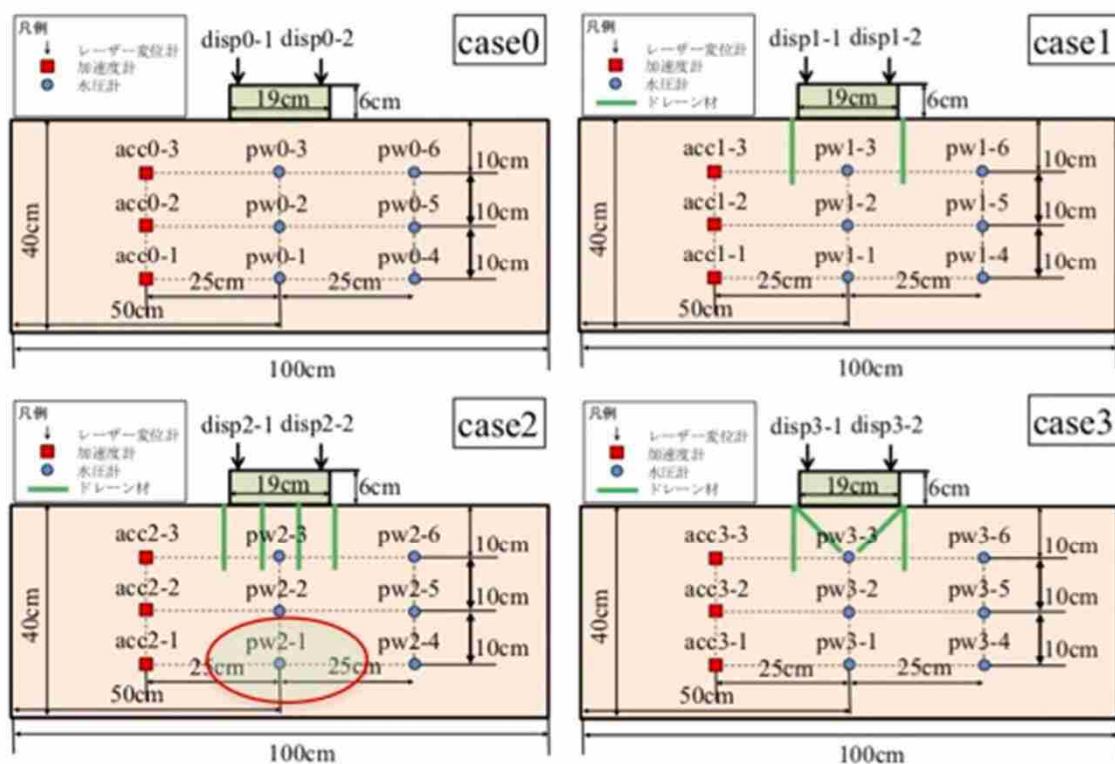
施工する範囲の設定が難しい

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)

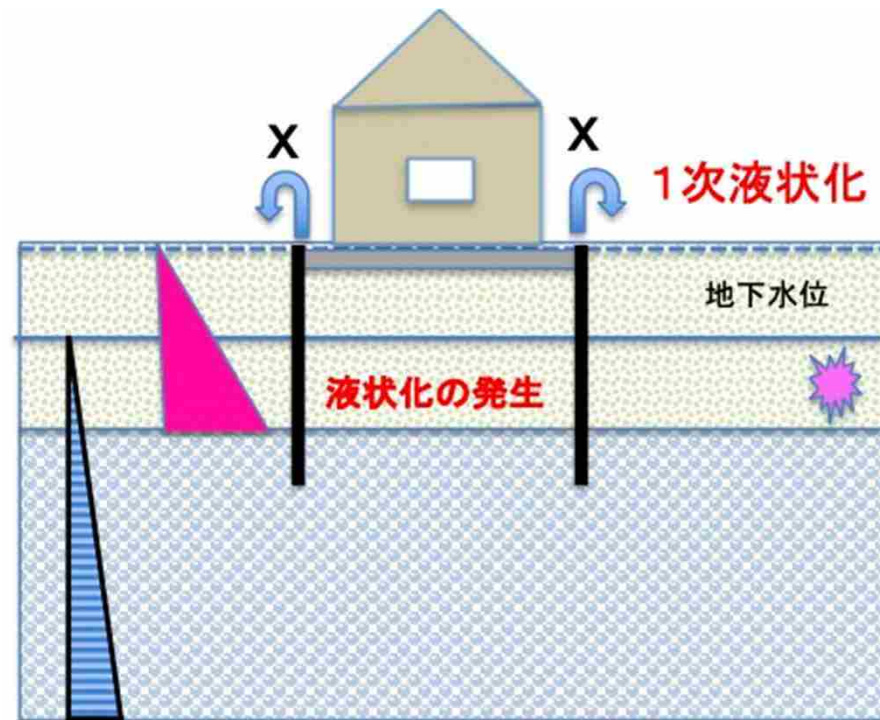


水圧の消散効果が発生間隙水圧の大きさに及ぼす定量的な評価が簡単でないので、高度な解析を併用

(2)ー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。

格子状改良など、液状化を発生させないことを設計目標とする工法もあるが割高である。

矢板では、漏れ出る可能性がないように工夫するなどの補助対策が大切



(3) 被災後の復旧対策を付加

(3)ー1 基礎土台上げ工法(ジャッキアップ基礎など)

沈下修正が可能な機構を事前に基礎に埋込むあるいはそのための空間を設けておく。

事前の沈下量予測、修復可能な沈下量の設定が必要

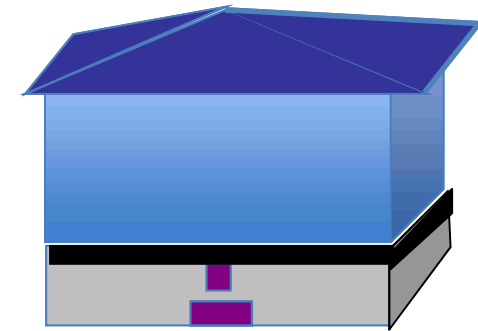
1) 土台を上げる

(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



ジャッキアップ基礎は、基準法上の明確な規定はないが品確法の規定もあり、**常時では適用は困難**であるが、短期には使用は可能な場合がある 44

(4)その他 現実的な基礎施工環境を考慮し、 従来工法の改良、強化

(4)ー1 深層地盤改良工法の改良

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)改良形式の工夫

* 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)

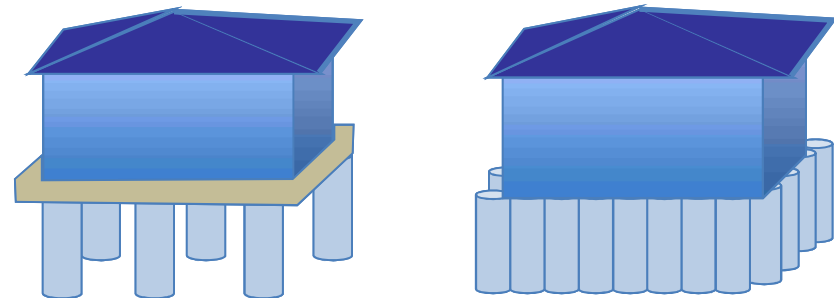
格子状改良

曲げ抵抗から剪断抵抗へ

* 柱状+浅層

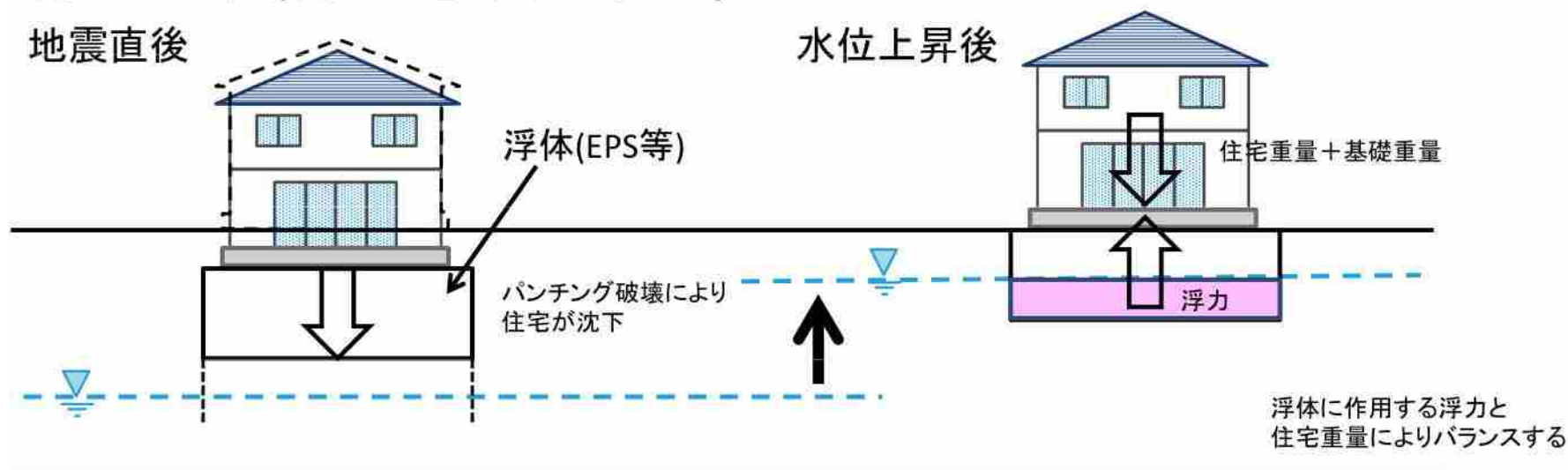
* 他の工法との併用

砂礫、ドレーン材等



(4)ー2 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。

(5) 対策を取らない選択(今後は難しい点がある)

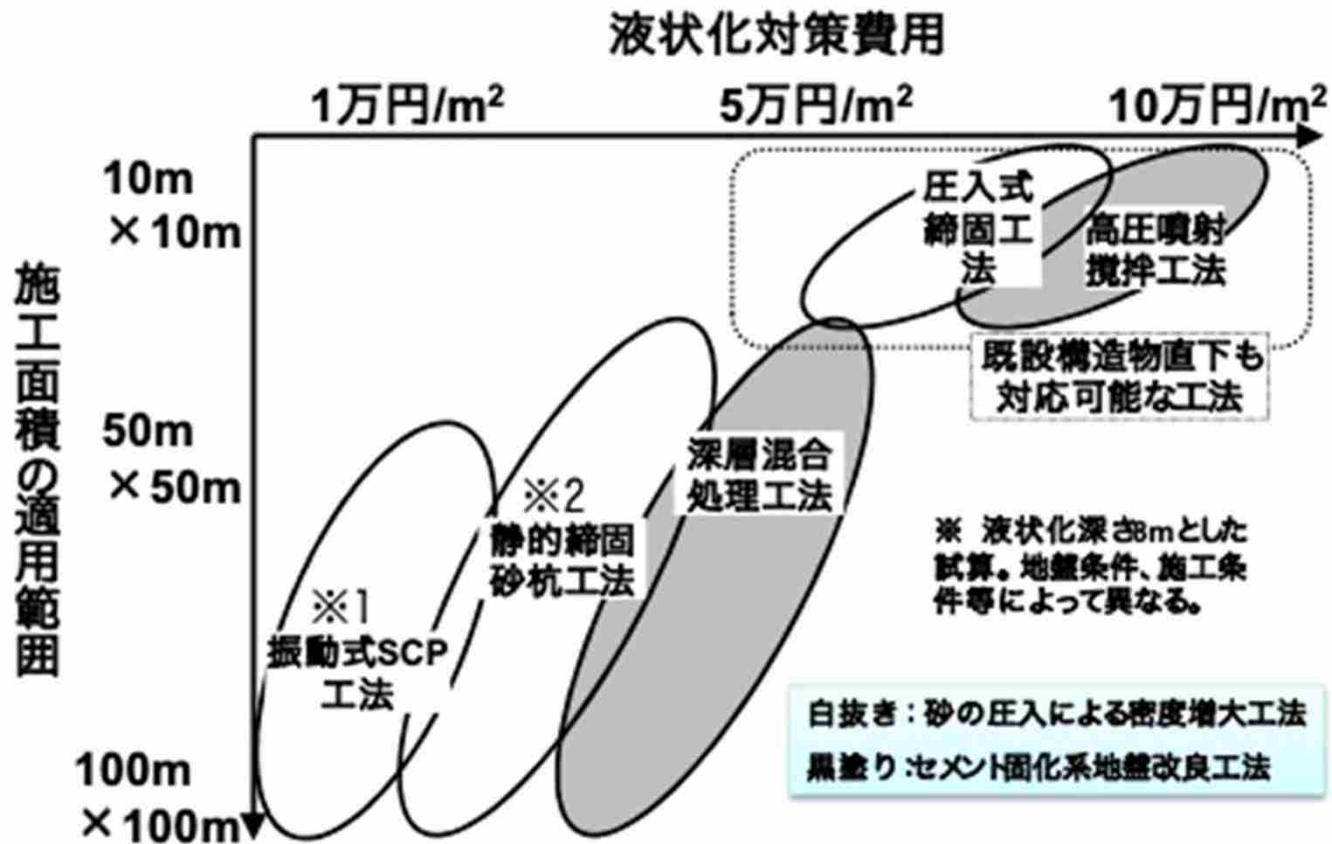
(5)ー1 時後対策を前提

- 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

(5)ー1 ‘被災後の復旧に地震保険を活用する。

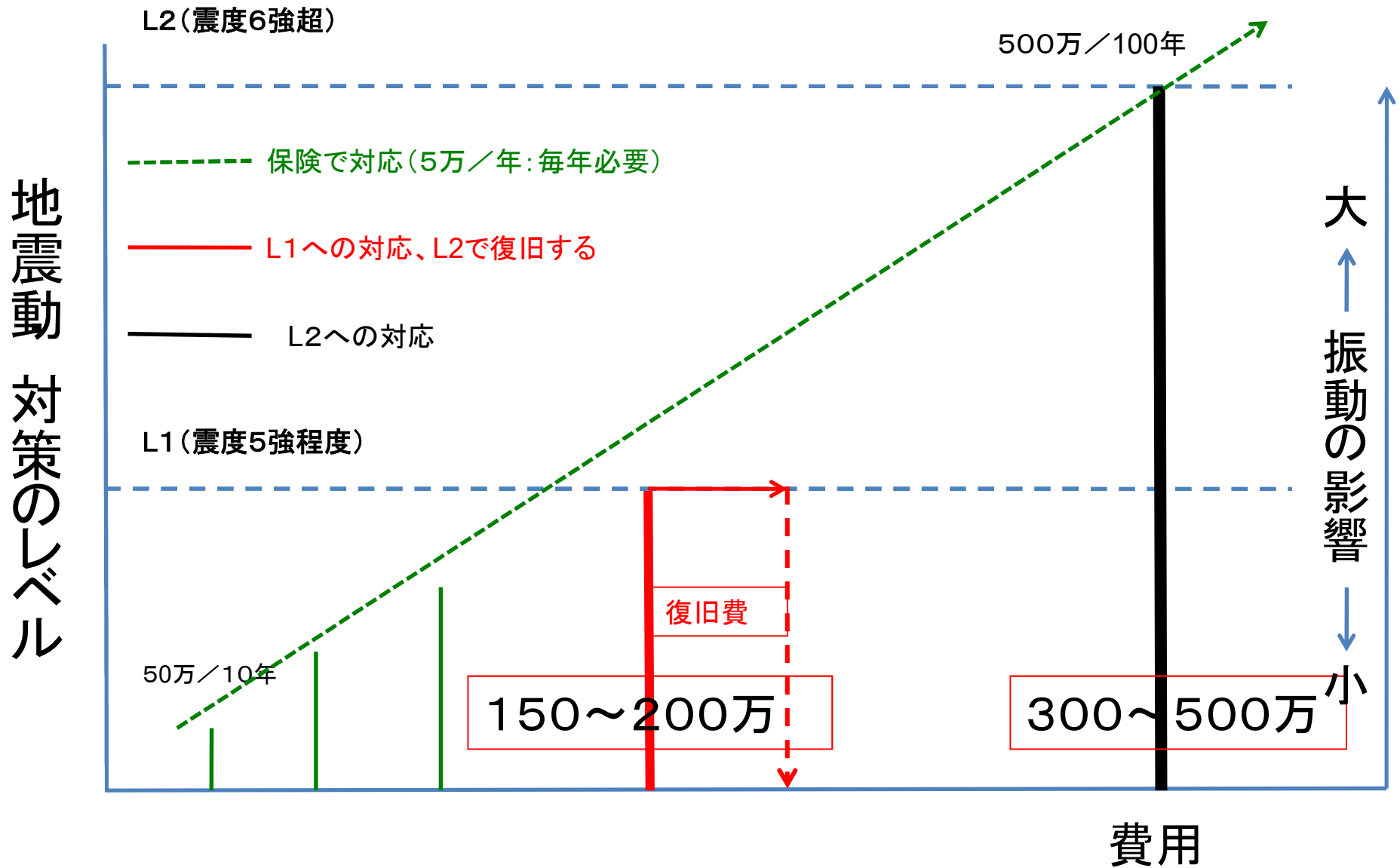
- 経済的には、検討の余地はあるが、評価の査定や補償の確認が出来ないのでリスクは残るが、保険制度として、許容出来る可能性がある。現状は、沈下の程度に応じて補償を受けられる。
- 3.11以降、地震保険による査定の見直しが行われており、地盤災害の復旧に即した保障の見直しも行われている。
- その他、被災者生活再建支援制度(一定規模以上の災害)による復旧支援金(最大300万円)の活用

液状化対策の費用の概要



出典：JGS関東支部・造成宅地の耐震対策検討委員会資料」を加筆・修正

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液状化に関する耐震等級住宅基礎等における工事の情報(情報の開示は、消極的であり、これまでは、ほとんど進んでいない)

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

品確法による特記

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： 液状化の可能性が高い) 【備考・出典】 (千葉県液状化マップ)
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】 (関東大震災時 液状化発生したという情報有り)
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】 (三角州) 【備考・出典】 (国土交通省発行 土地条件図)
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】 (旧版地形図 国土地理院：昭和6年6月30日発行)

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	【地盤調査】 (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 4ポイント ・ 深度 9~12m) 【資料採取】 <input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし 【備考】 (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)
地下水位の情報	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	【地下水位】 (地表面から 2.0m 付近) 【測定方法】 (スウェーデン調査孔を利用し測定) 【備考】 (通電比抵抗式水位計使用)
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	【指標・備考】 Dcy値=10cm 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 国総研のプログラムにより算出
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	【造成図面】 <input type="checkbox"/> あり <input checked="" type="checkbox"/> なし 【備考】 ()
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	【工法分類】 (締固め) 【工法名称】 (パイプロコンポーザ) 【施工時期】 (昭和45年7月頃) 【工事内容】 (改良径800mm 改良長10m 2mピッチ配置) 【工事報告書】 <input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし 【備考】 ()
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	【工法分類】 (圧密促進工法) 【工法名称】 (プレロード工法) 【施工時期】 (昭和55年~58年) 【工事内容】 (盛土高さ5m 載荷期間2年) 【工事報告書】 <input type="checkbox"/> あり <input checked="" type="checkbox"/> なし 【備考】 ()

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。

液状化現象への備えー設計者の役割(まとめ)

1) 熊本地震を契機に液状化マップの利用の促進を図る検討が行われる。

液状化対策の検討の**必要性を判断する参考**とする。

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(設計図書との関係も発生)ので、**積極的利用を啓発**

3) 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:改正の民法で規制)。設計図書を残す意味からも、**契約時の情報伝達が重要**

4) 地盤が液状化する影響を評価し、必要な対策工法、必要な、設計を行い、設計図書に反映する。

液状化層の厚さ、位置、推定沈下量などから適切な対策を探る。

(建築士法改正への適応に対応)。

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。

これらのサービスを紹介し、利用の促進を図る。

(消費者と設計者との情報格差の解消)

以上、これまで以上に、住宅などの設計に建築士の対応が重要である。