

平成23年度 建築基準整備促進事業

住宅の液状化に関する情報の表示に係る基準
の整備に資する検討

検討結果報告

平成24年4月12日

事業者：株式会社 東京ソイルリサーチ

共同研究者：独立行政法人 建築研究所

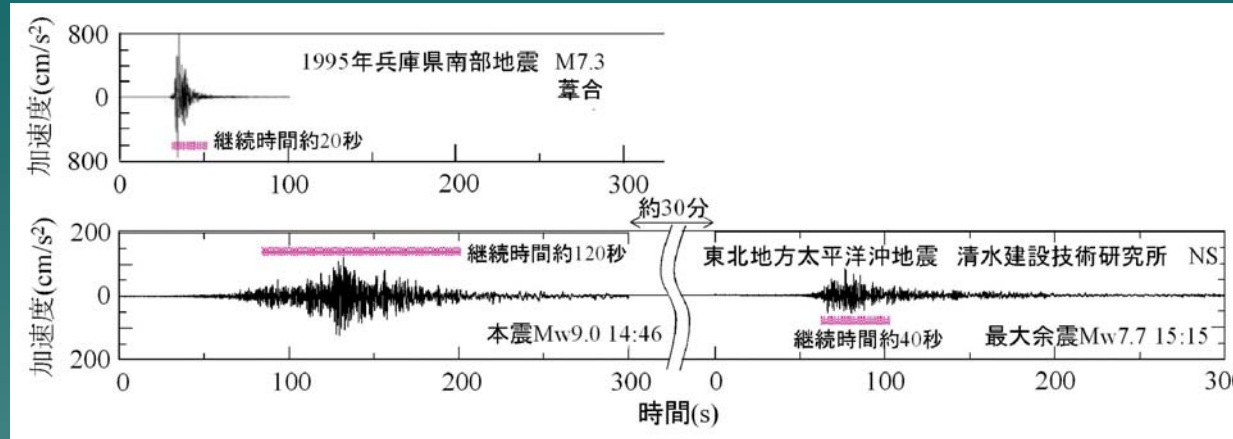
本業務の目的

戸建住宅の液状化対策に当っては、地盤の液状化に関する情報が戸建住宅の取得者に適切に提供されることが重要であり、本業務では、その情報の表示に必要な知見を収集・整理した。

本業務の検討内容

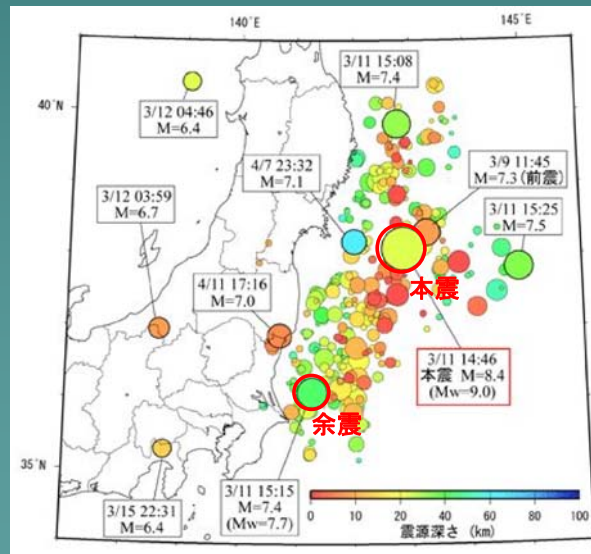
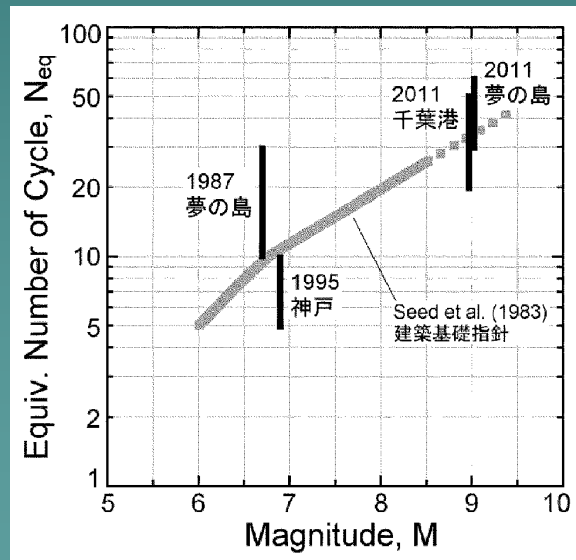
1. 現行の液状化予測手法の妥当性の検証
2. 液状化対策技術の現状と技術開発に関する情報整理
3. 戸建住宅の発注者・購入者に提供すべき地盤に関する情報の抽出と評価
4. 戸建住宅の液状化対策に向けて今後取組むべき課題

2011年東北地方太平洋沖地震の特徴



地震動継続時間

兵庫県南部地震: 20秒
 今回地震: 本震120秒
 余震40秒



地震動の等価繰返し回数

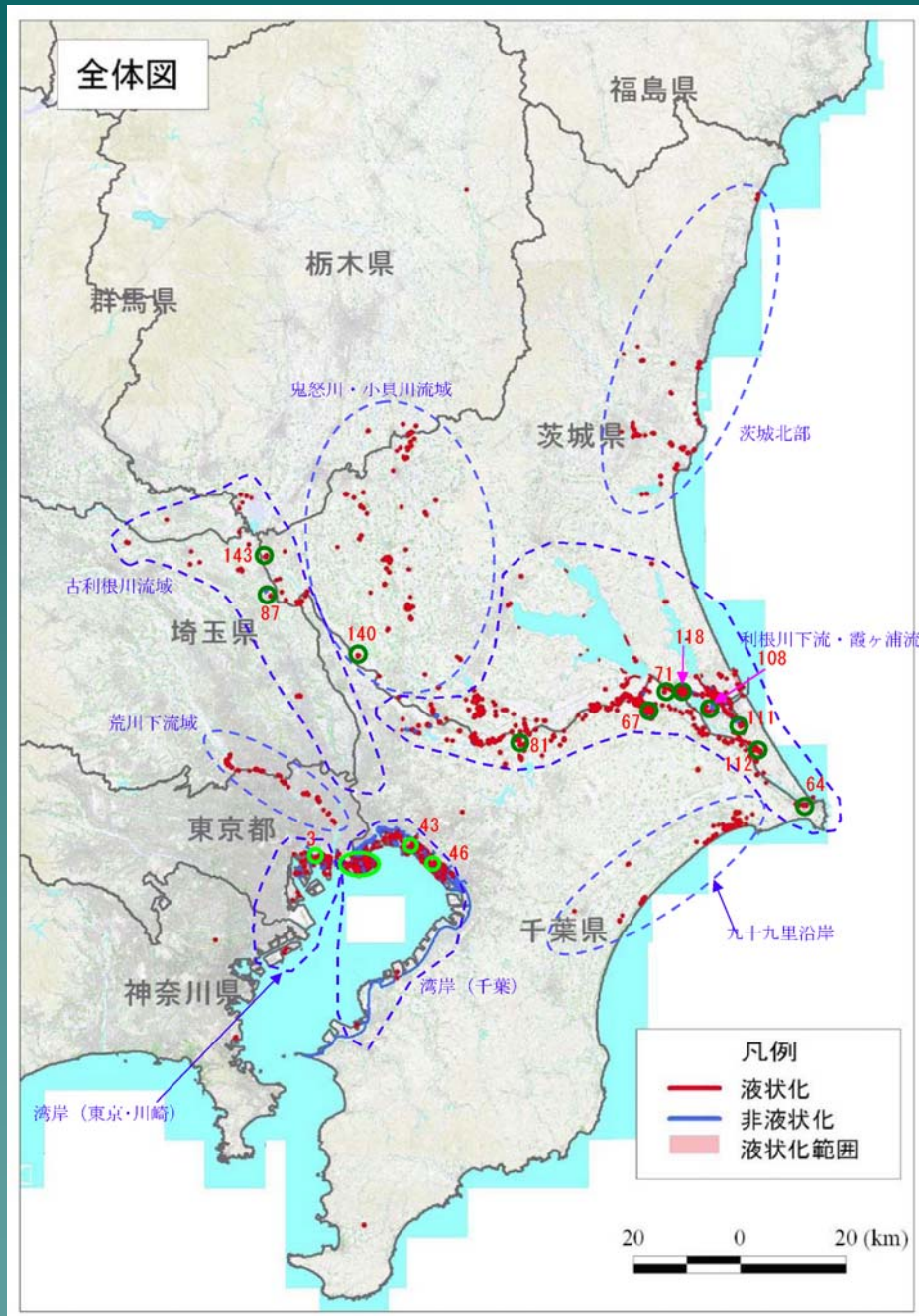
兵庫県南部: 5~10回
 今回地震: 本震20~60回

今回地震では、本震の29分後に発生した余震が液状化発生に大きく影響した

資料：清水建設技術研究所資料、国土技術政策総合研究所

今回地震の液状化被害

今回地震では、東京湾岸地域や利根流域等の広い範囲で液状化に伴う噴砂が発生し、住宅の沈下・傾斜やライフラインの被害が発生した

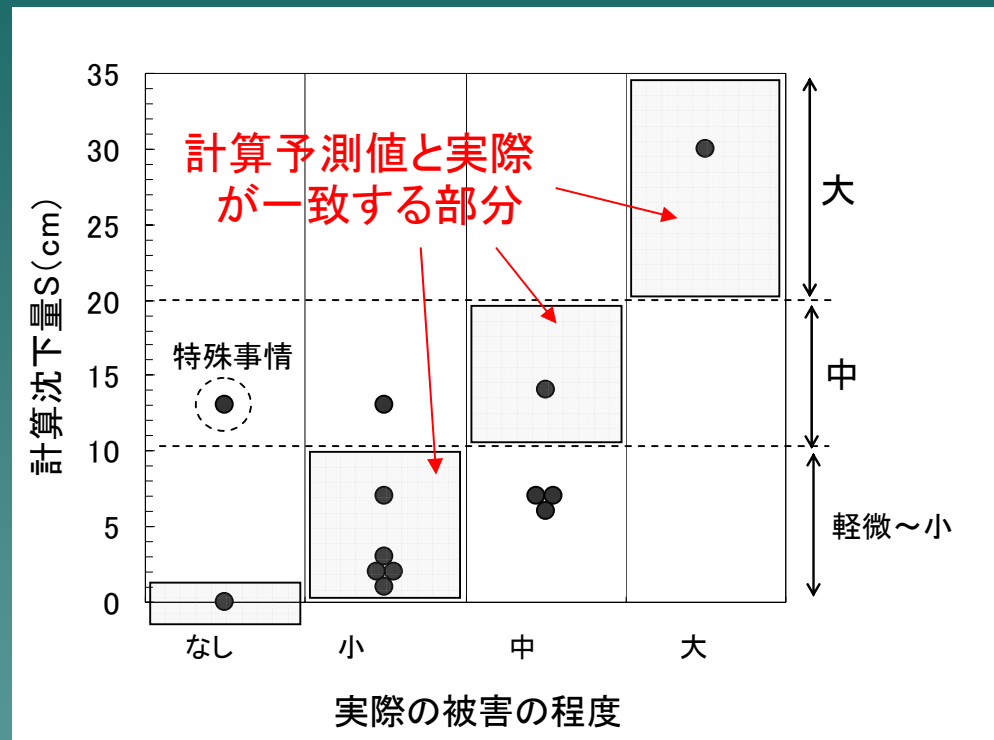
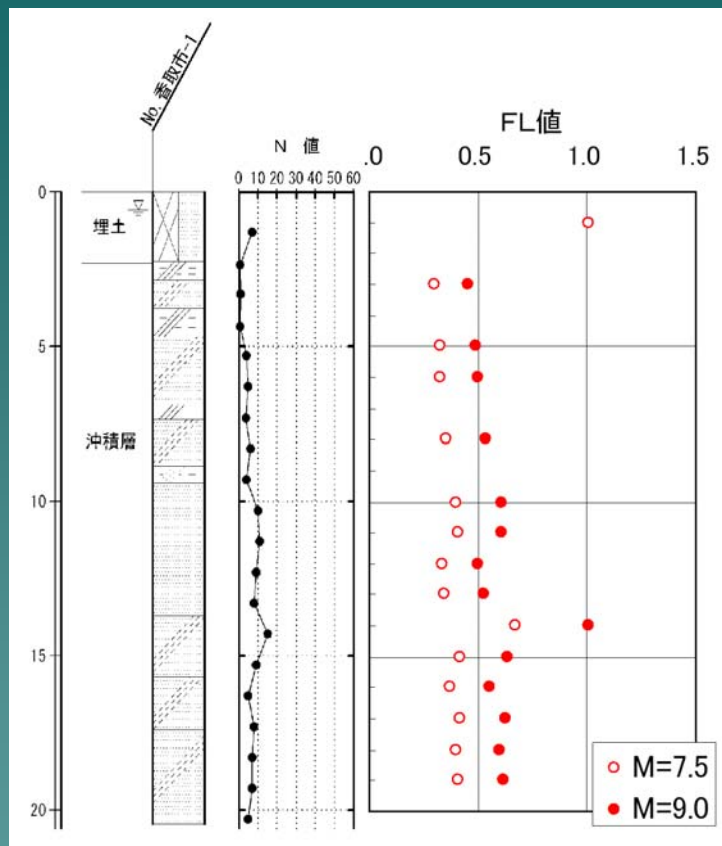


今回は、13地点でボーリング調査、24地点でスウェーデン式サウンディング試験を新たに実施し、現行の液状化判定法の妥当性を検証した。

1. 現行の液状化予測手法の妥当性の検証

予測手法	概要	判定例	必要調査	利用対象	コスト
建築基礎構造設計指針	<ul style="list-style-type: none"> 深さ20mまでの範囲 地震時の繰返しせん断応力比と地盤の液状化抵抗比から液状化発生に対する安全率を判定 地震の最大加速度とマグニチュードが考慮可能 	<p>安全率 FL値</p> <p>0.0 1.0 2.0</p> <p>0 5 10 15 20</p> <p>深度(m)</p> <p>可能性あり 可能性なし</p>	ボーリング調査 <ul style="list-style-type: none"> 土質区分 N値 地下水位 細粒分含有率 粘土分含有率 	小～大規模建築物	高
小規模建築物基礎設計指針	<ul style="list-style-type: none"> 深さ5mまでの範囲 非液状化層厚と液状化層厚を設定し、液状化の影響が地表面に及ぶ程度を判定 地震の最大加速度は$\alpha = 200\text{gal}$を想定 	<p>液状化層の厚さ H2 (m)</p> <p>非液状化層の厚さ H1 (m)</p> <p>影響が大 中 影響が小</p>	スウェーデン式サウンディング試験 <ul style="list-style-type: none"> 土質区分 地下水位 	小規模建築物	低～中
国土庁ガイドライン	<ul style="list-style-type: none"> 深さ5mまでの範囲 非液状化層厚と、液状化対象層の液状化可能性の評価値を設定し、地盤表層の液状化可能性を判定。 地震の最大加速度は$\alpha = 200\text{gal}$を想定 	<p>液状化対象層の液状化可能性の評価値 NL</p> <p>0 50 100 150 200 250 300</p> <p>0 1 2 3 4 5</p> <p>非液状化層厚 H1 (m)</p> <p>ある 少しある ほとんどない</p>	スウェーデン式サウンディング試験 + 微地形分類 <ul style="list-style-type: none"> 土質区分 貫入抵抗 地下水位 	小規模建築物	低～中

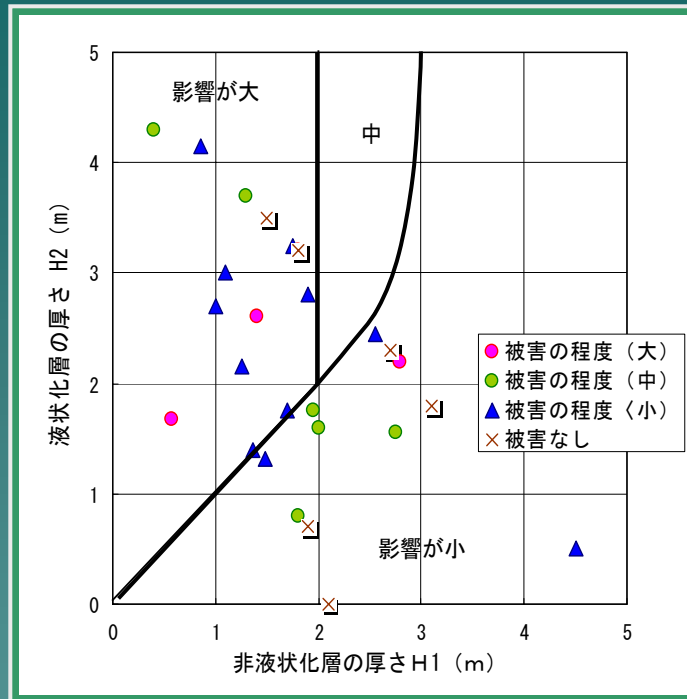
① 建築基礎設計指針の液状化予測手法の妥当性



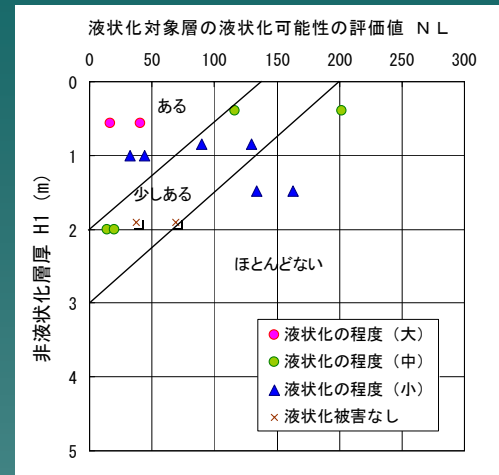
評価

建築基礎構造設計指針の方法で計算した地表面沈下量と実際の被害の程度との比較を行なった。両者は、概ね一致し、建築基礎構造設計指針の方法は、一定の精度があることを確認した。

② 小規模建築指針と国土庁ガイドラインの液状化評価法の妥当性



小規模建築指針の方法



NL値による判定

微地形による判定

液状化可能性の程度	地形区分
大	自然堤防縁辺部・被高の小さい自然堤防蛇行州、旧河道、旧湖沼、砂泥質の河原砂丘末端緩斜面、人工海浜、砂丘間低地埋立地、湧水地点、盛土地
中	デルタ型谷底低地、緩扇状地、自然堤防後背低地、湿地、三角州、砂州、干拓地
小	扇状地型谷底低地、扇状地、砂礫州砂礫質の河原、砂丘、海浜

+



総合判定

国土庁の方法による評価	ある	●	●●	●	
	少しある	●●●●	●●	●●	
	ほとんどない	●	●		
		なし	小	中	大

実際の被害の程度

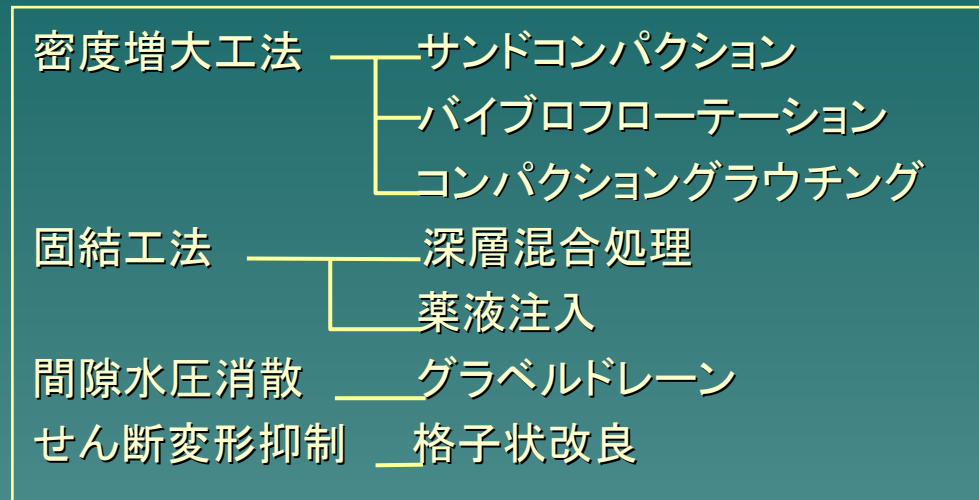
評価

小規模指針の簡易法：小規模指針で想定している地震動 ($\alpha = 200\text{gal}$) と今回地震の特性が大きく異なったため、小規模指針の判定法の妥当性評価に限界があった。

国土庁の簡易法：小規模指針と同様に妥当性評価に限界があった。国土庁の方法では、被害の程度を安全側に評価する傾向がある。

2-1. 戸建住宅の液状化対策技術と沈下修正工事の現状

現状の液状化対策技術

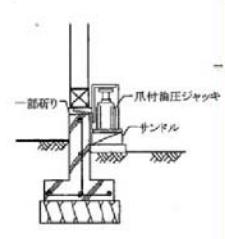
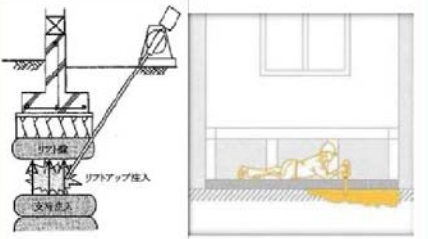
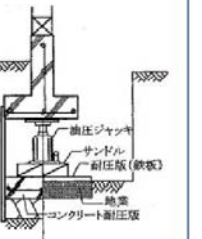
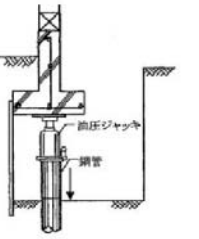


いずれの工法も新築の中～大規模建築物を対象としている。新築の戸建住宅に適用するためには住宅建設費に匹敵する高コスト問題と近隣への振動・騒音の課題がある。

現状の沈下修正技術

浦安では、ジャッキアップあるいは注入による基礎の沈下修正工事が一部始まっている。

安易な工事により基礎梁の損傷や周辺インフラの被害が報告されている。

			
ポイントジャッキ工法	注入工法	耐圧版工法	アンダーピニング工法
200-300	発泡ウレタン系、リフトアップ型、地盤改良型 100-300, 250-700, 300-700	500-700	600-1,000万円
基礎上から嵩上げ	基礎下から嵩上げ		

2-2. 戸建住宅の液状化対策技術の今後の動向

◎ 基礎の工夫や地盤補強の延長上の対策

- | | | |
|--------------|----------|---------------------------------|
| ・地表面沈下が少ない場合 | ——基礎側で対応 | ——基礎に予め沈下修正機構を設置した基礎の採用など |
| ・地表面沈下が多い場合 | ——地盤側で対応 | ——地盤補強工事の際に液状化対応（浅層改良、柱状改良、杭基礎） |

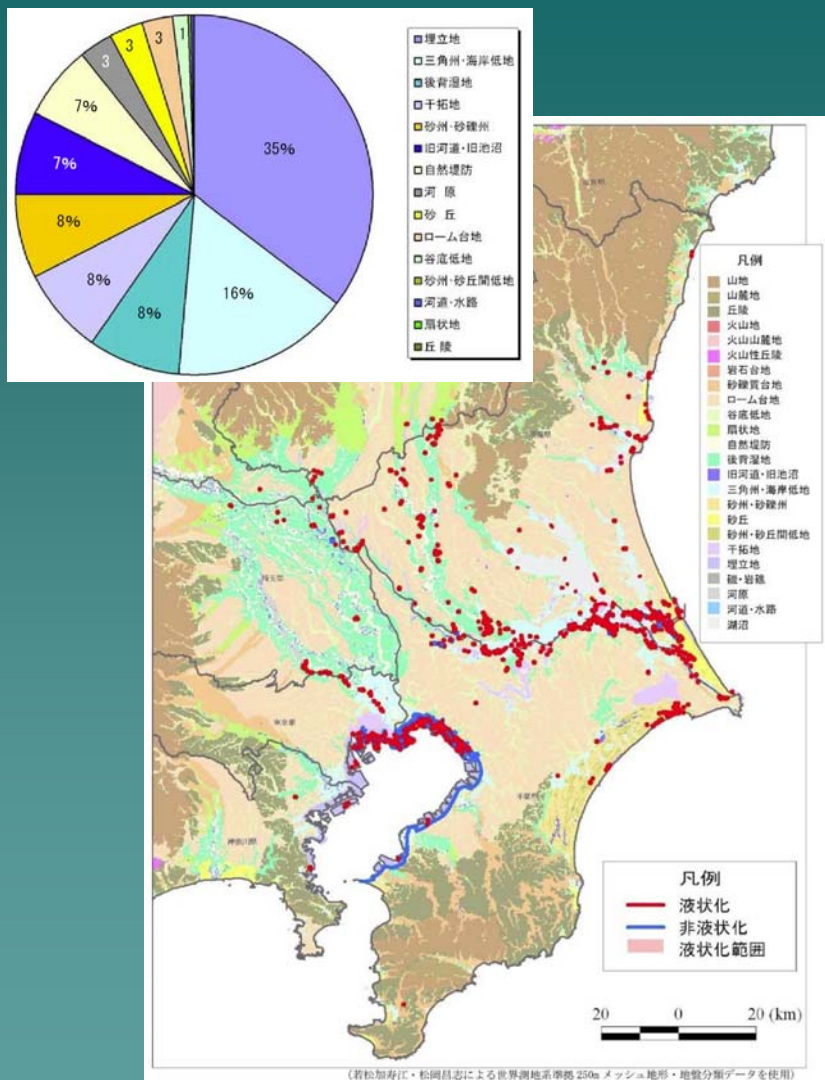
◎ 地震保険の利用

従来の地震保険は、住宅の主要構造（基礎、柱、梁、壁など）の損傷度によって、一部損壊、半損壊、全損壊に区分し、所定の保険料が支払われる。今回地震では、液状化により傾斜した住宅において、傾斜の程度による査定方法が作られ、地震保険が一定の役割を果たした。今後は、液状化を対象とした保険制度が確立され利用が促進されることが望まれる。

◎ H23震災対応型技術公募による新しい発想の対策

24年1月に採択された技術開発には、地下水低下工法、ドレーン工法、囲い込み工法、地盤にマイクロバブルを注入する工法などがあり、従来にはない低コストで周辺への影響が少ない対策工法の研究が始まったところである。

3-1. 戸建住宅の取得者に提供すべき情報(微地形分類と古地図)



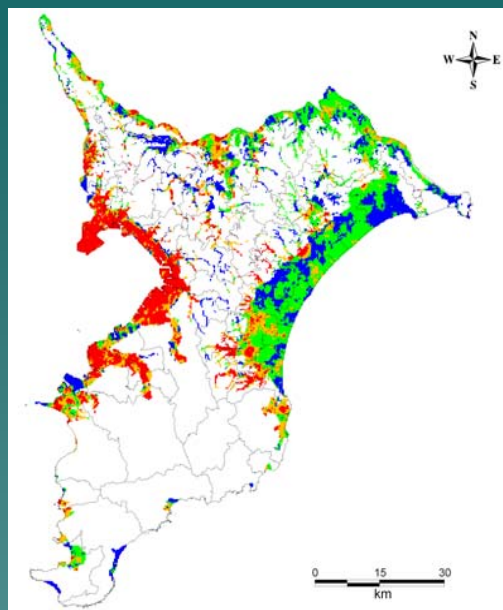
微地形分類と液状化発生地点



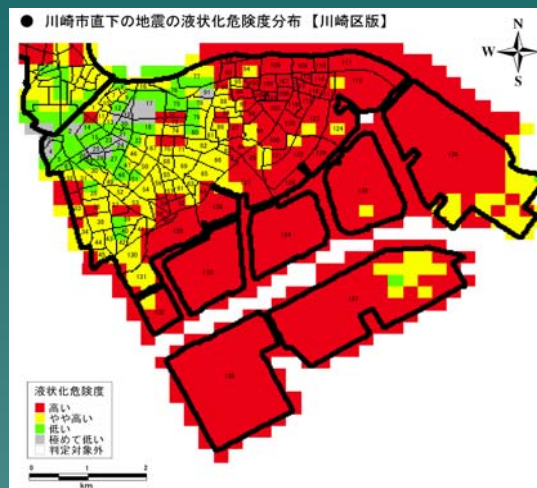
古地図による検討

微地形分類や古地図は、液状化発生の可能性を判断する一次資料として有効である。

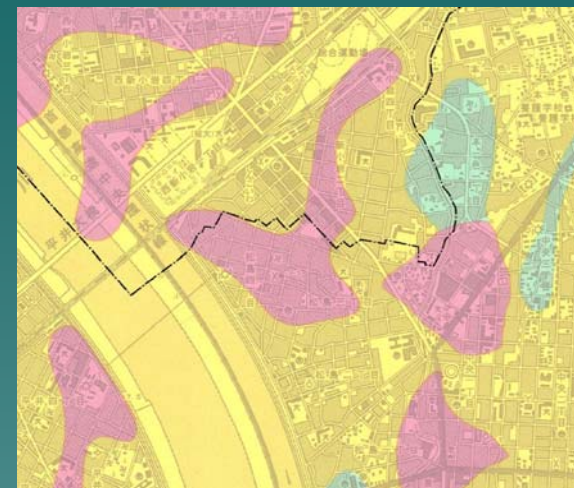
3-2. 戸建住宅の取得者に提供すべき情報(液状化マップ)



千葉県



川崎市川崎区



東京都墨田区

液状化マップを作成した目的は

- ① 行政内部で防災対策の効果的な計画と実行・土地利用計画など
- ② 消防防災・建築指導部局などが一般住民や事業主への指導・啓蒙に使用
- ③ 地震発生後のライフライン点検や二次災害防止への利用

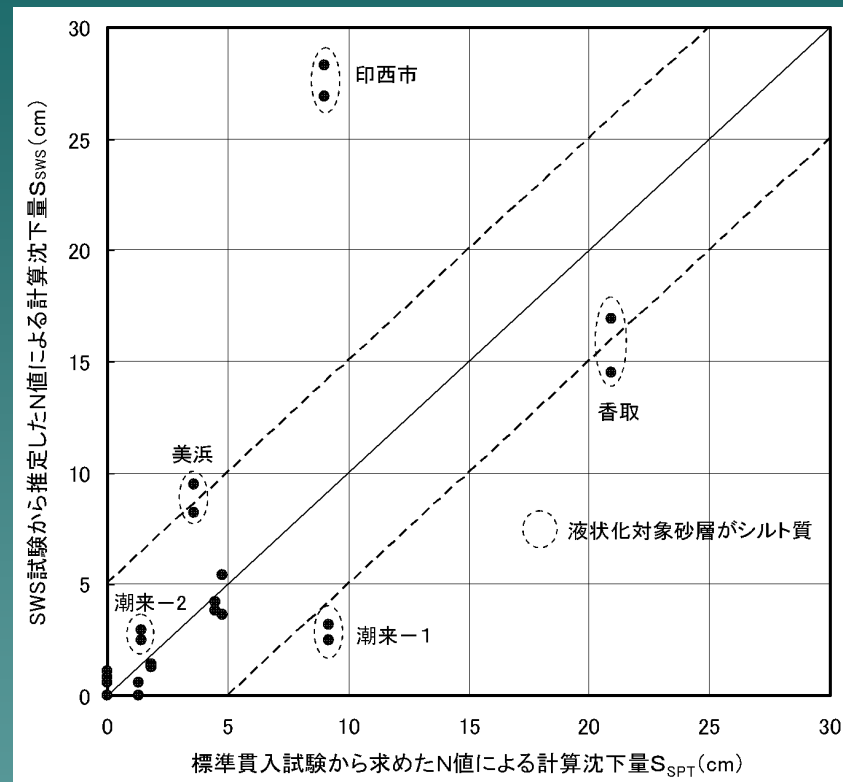
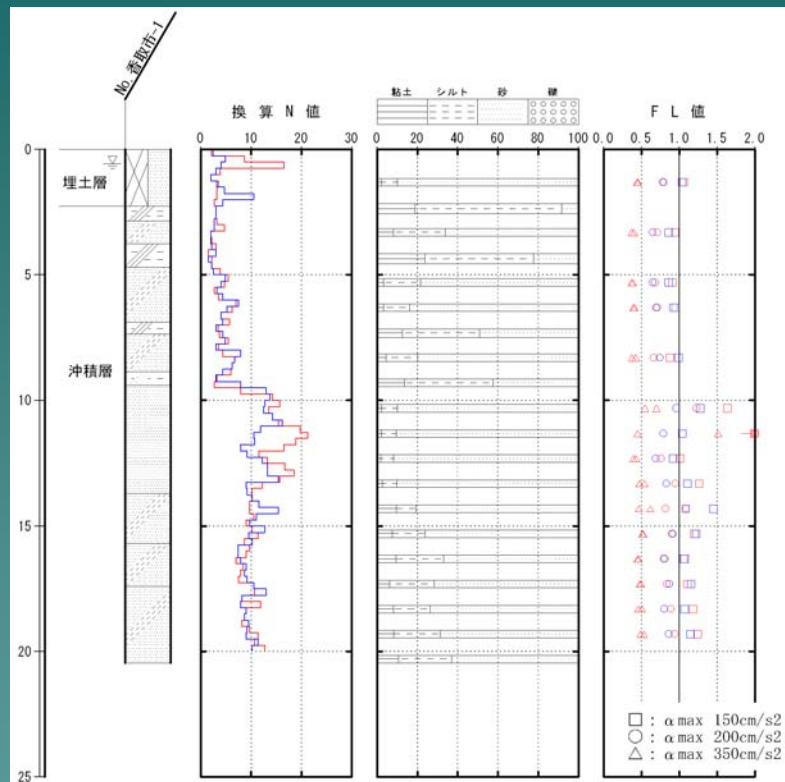
液状化マップは、作成した行政によってゾーンニングの大きさや液状化予測精度が異なる。また、今回地震では、浦安市の狭い地区においても液状化の程度に大きなばらつきがあった。したがって、液状化マップは地域の液状化危険度の傾向を示す情報として利用する必要がある。

3-3. 戸建住宅の取得者に提供すべき情報(まとめ)

分類	項目		表示の内容(案)	総合評価	
(1) 液状化のおそれの有無・程度	①自然地形ハザードマップ	河川・海岸からの距離・海拔	護岸からの水平距離 宅地の標高	これらの情報は、一般論として液状化危険性の情報として有用といえる。一方、個別の宅地では、造成工事の状況や局地的な地盤の状況等により液状化リスクが大きく変わり得ることから、地域的な傾向を示す情報として提供することが考えられる。	
		微地形分類図	液状化の恐れあり：低地・埋立地 液状化の恐れなし：丘陵・台地		
		液状化マップ	想定地震別に危険度が「大」「中」「小」		
		液状化履歴	近隣の液状化履歴の有無		
		谷埋め盛土造成ハザードマップ	当該地が谷埋め盛土造成地か否か 過去の地震被害の記録		
	②造成工事の記録	地盤調査記録	ボーリング柱状図、サウンディング調査結果、地盤断面図、地下水位	これら情報は液状化の判断に有用であり、かつ、資産管理の観点からも住宅の発注者等が保有することが望まれる。	
		造成工事記録	埋立履歴、埋立材料、施工業者切土・盛土の区別		
	③個別宅地の調査	地盤調査記録	非液状化層厚、液状化層の厚さと位置、地下水位	個別宅地の液状化の調査・判定情報は必要不可欠ではあるが、発注者等に、一定の信頼度をもって提供するには、現行の判定方法がさらに検証されることが必要である。ただちに住宅性能表示制度に取り入れることは難しい面もあり、継続的な取り組みが必要と考えられる。	
		危険度判定	建築基礎指針の方法		FL法で液状化発生の危険度評価なし、軽微、小、中、大、甚大
			小規模指針の方法		液状化が地表面に及ぼす影響大、中、小
国土庁ガイドラインの方法			液状化発生の危険度大、中、小		
地表面沈下量・住宅の傾斜の予測値		地表面沈下量の数値 推定される住宅傾斜角度			
(2) 対策工法	住宅の基礎構造(設計図書・工事記録)		基礎形式、基礎の剛性に関する情報 沈下修正機構の有無	不同沈下等の被害の軽減効果をおおまかな大小程度であれば示すことは可能と考えられるが、定量的に示すことは、技術的に困難な面がある。限界を示した上で発注者等に、実施の状況、効果等について情報提供することが考えられる。	
	地盤補強工事(設計図書・工事記録)		補強工法名、施工範囲・深度 液状化対策としての考慮の有無		
	液状化対策(設計図書・工事記録)		対策工名称、施工範囲・深度 液状化発生時の地盤変位の予測値		

4-1. 情報表示に向けて今後取組むべき課題

(SWSを用いた低コストで一定の精度が期待できる液状化判定法の普及)



スウェーデン式サウンディング試験結果から推定したN値を使って、建築基礎構造設計指針の方法で求めた地表面沈下量(S_{sws})と、標準貫入試験から求めたN値を直接使って求めた地表面沈下量(S_{spt})の結果を比較した。1地点を除き両者は5cm程度の誤差の範囲で相関が認められるが、細粒分が多い場合は両者の誤差が大きくなる傾向がある。土の簡易な試料採取器の普及と、地下水位の正確な測定が今後の課題である。

4-2. 戸建住宅の液状化対策に向けて今後取組むべき課題(まとめ)

- ① 戸建住宅の制約の一つに、住宅取得者が一般的に準備可能なコストの問題があり、今後は、低コストで実施可能な簡易な地盤調査と液状化判定手法の確立、低コストな液状化対策工法の開発が課題である。
- ② 簡易な地盤調査と液状化判定手法の確立については、これらを実務で使われる仕組みが必要であり、学会の指針に位置づけられることなどの普及方策が必要と考えられる。低コストな地盤調査の実現に時間がかかるようであれば、地盤調査に対してその費用の一部を助成する制度の創設も考えられる。
- ③ 住宅基礎に予め沈下修正機構を設置する工法や液状化被害に適用が可能な地震保険制度の確立は現実的な対策として、今後その利用と促進が図られることを期待する。
- ④ 一方、コストをかけても万全な液状化対策を実施したいというニーズもあり、従来の液状化判定法や液状化対策工のさらなる精度向上や確実性への取組みも必要となる。