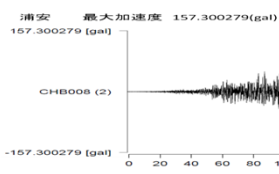


地盤WGの調査結果

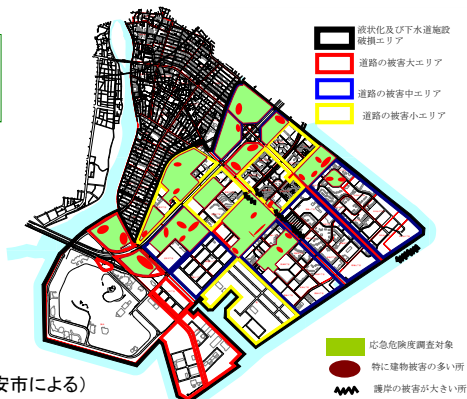
① 3.11東北地方太平洋沖地震の概要

浦安市内の
K-NETで観
測された地
震波形

浦安市の
液状化被害



浦安市:震度5弱



主な被害項目	数 値
被災者数※1	96,473 人
被災世帯数※1	37,023世帯
液状化面積※2	約1,455ha
下水道破損地区 面積	約820ha
道路の被害延長	111.8km
応急危険度調査 対象	8,878戸

※1
被災者数及び被災者世帯数は、
平成23年2月28日現在の住民基
本台帳と外国人登録台帳を基に
算出した。

※2
空中測量で作成した地図からコン
ピュータ処理により算出した。

入船中学校での時系列の画像

(浦安市による)

時間	地震	平成23年(2011年)3月11日 確認された現象		画像
		クラック	噴水・噴砂	
14:45				①
14:48	本震 揺れ始め			
14:50				
14:52			波動あり	②
14:54	揺れ収束			
14:55				③
15:00				
15:05			沈静化	
15:10				
15:15				
15:16	余震 揺れ始め			
15:17	揺れ収束			
15:20			波動あり	④
15:20			活発	
15:25			場所によって 徐々に 沈静化	⑤
15:30			沈静化	

① 地震前の状況



② 本震によりクラックが発生



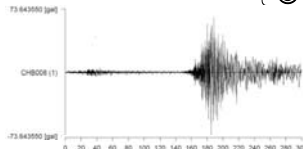
③ 本震により液状化が発生

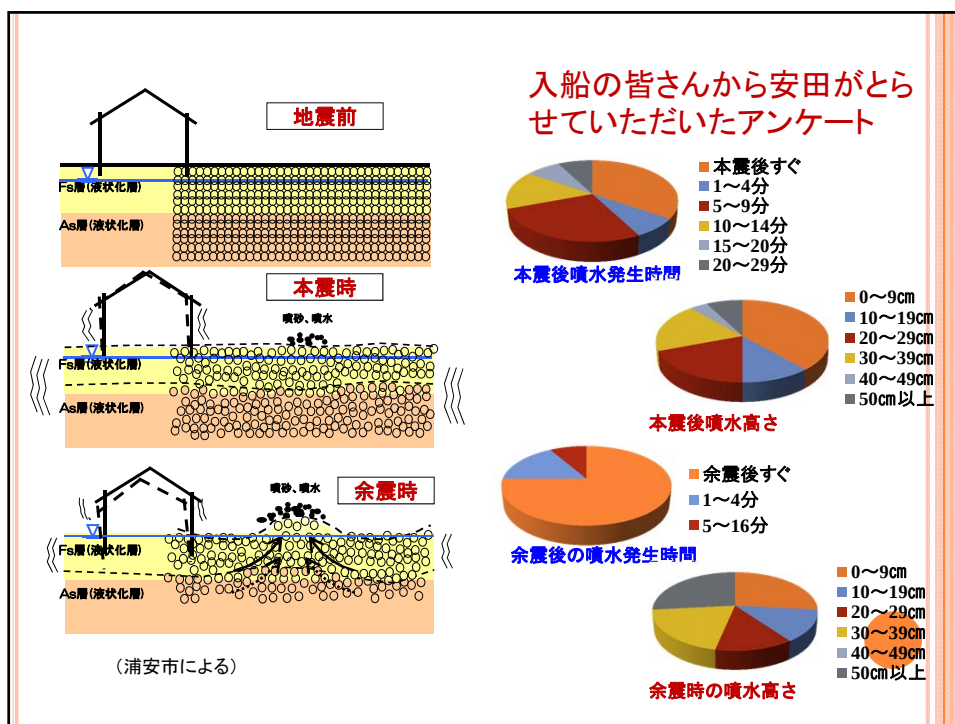


④ 余震後に液状化が発生



⑤ 余震後の液状化で浸水範囲が拡大





②浦安市域の地盤特性

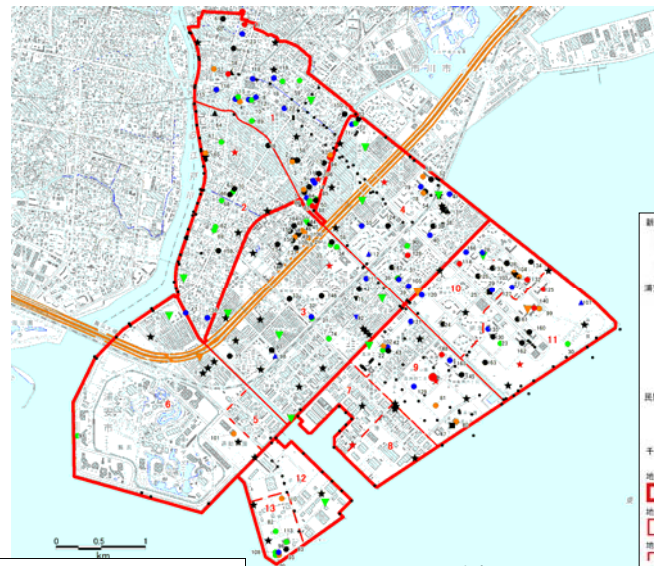
第1期埋立(A, B, C地区)は昭和40年から、第2期埋立(D, E, F地区)は昭和47年より埋立開始



浚渫土で埋め立て、その上に盛土



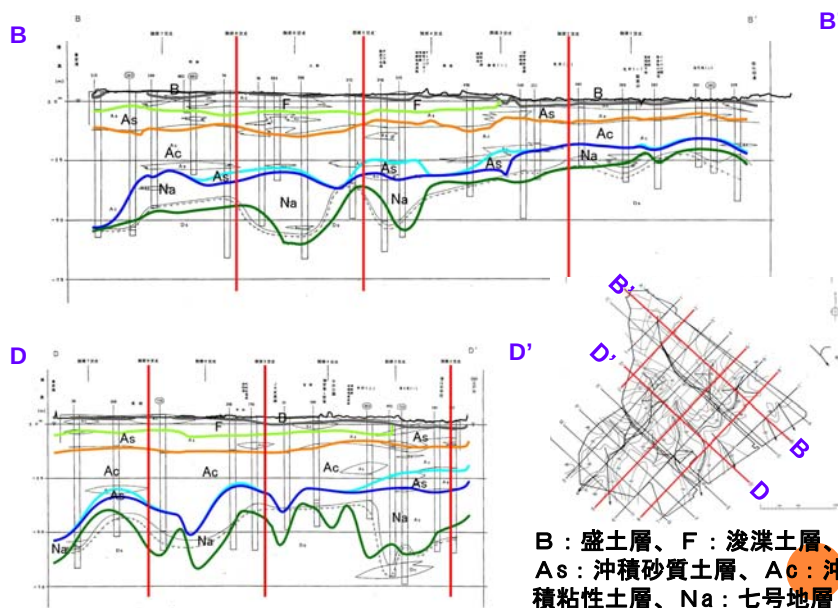
既往ボーリング資料および新規ボーリング(23地点)と三成分コーン(53地点)による地盤特性の把握



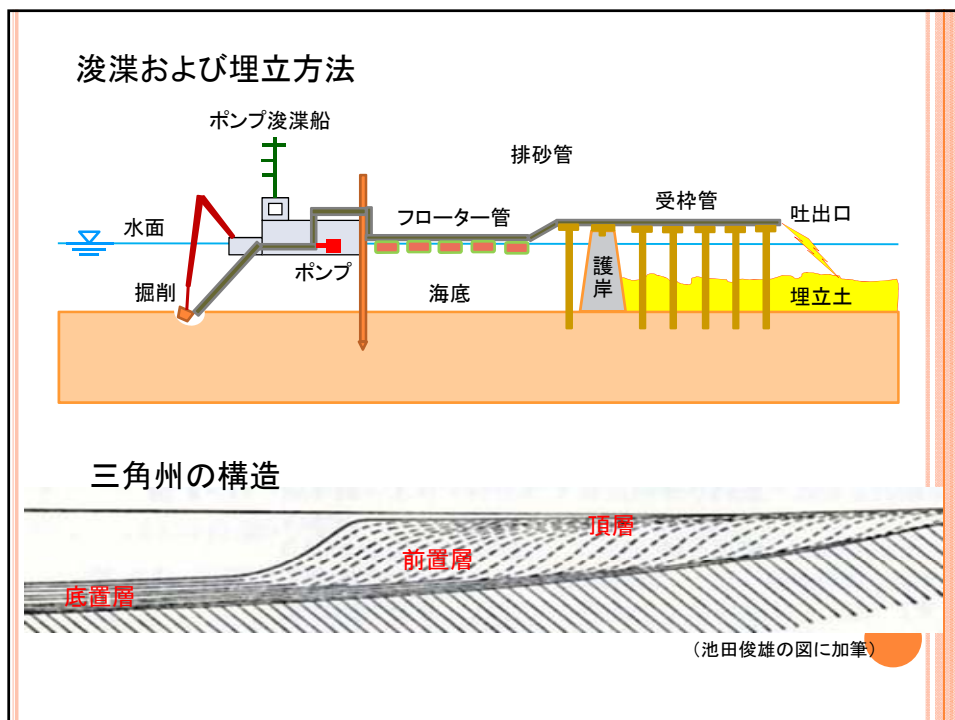
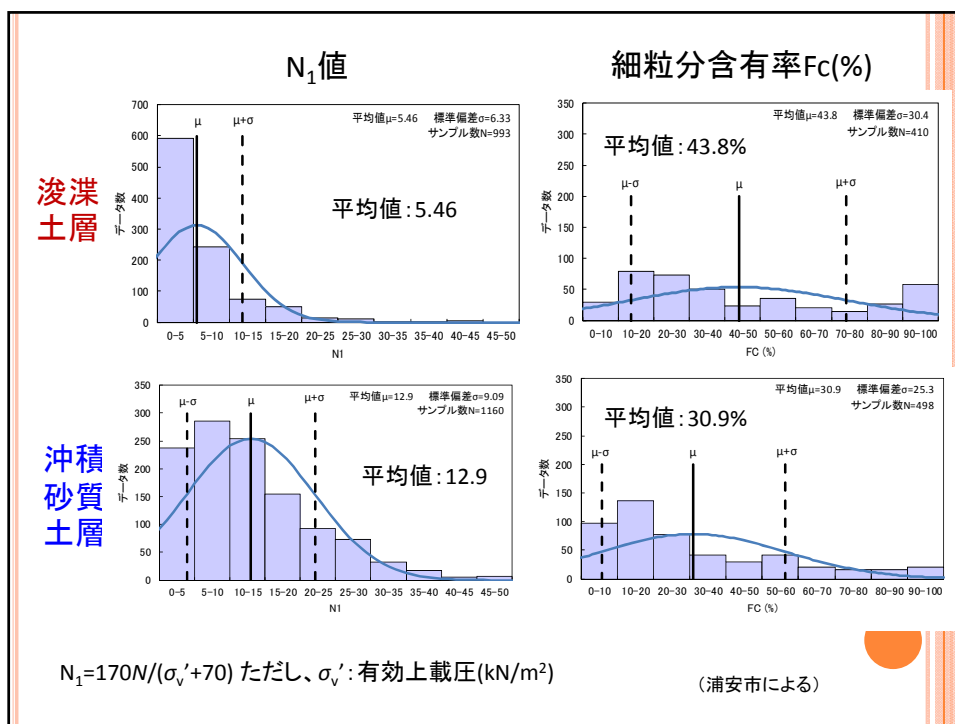
出典
地形図 25,000分の一地形図、国土地理院

(浦安市による)

想定土質断面



(浦安市による)

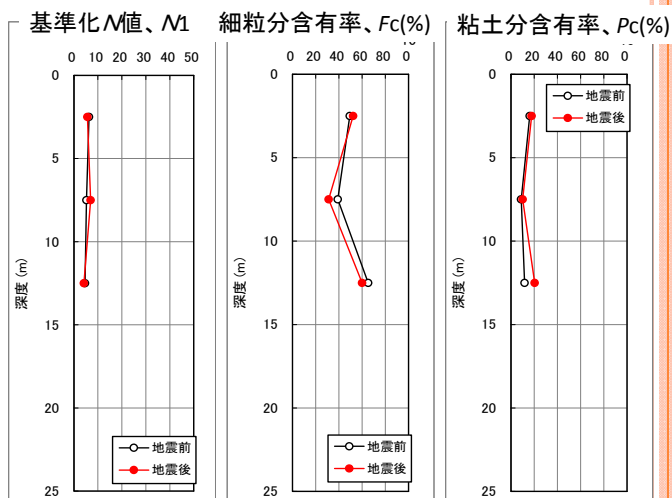


地震前後での 物性値の比較 (浚渫土)

浚渫土は細かい土
粒子を多く含む

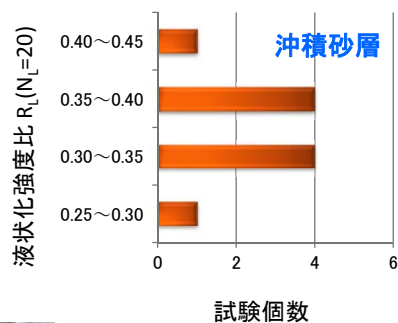
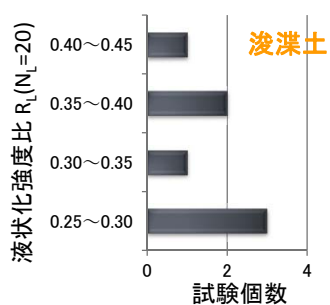
震災から半年後の
調査では地震前と
同程度の N 値

(浦安市による)



深度 (m)	平均深度 (m)	地震前			地震後		
		$N1$	$F_c(\%)$	$C_c(\%)$	$N1$	$F_c(\%)$	$C_c(\%)$
0 ~ 5	2.5	6.28	49.36	16.23	5.69	52.21	17.87
5 ~ 10	7.5	5.21	39.10	8.84	6.98	31.14	10.11
10 ~ 15	12.5	4.59	65.28	11.78	4.16	59.98	20.53
15 ~ 20	17.5						
20 ~ 25	22.5						

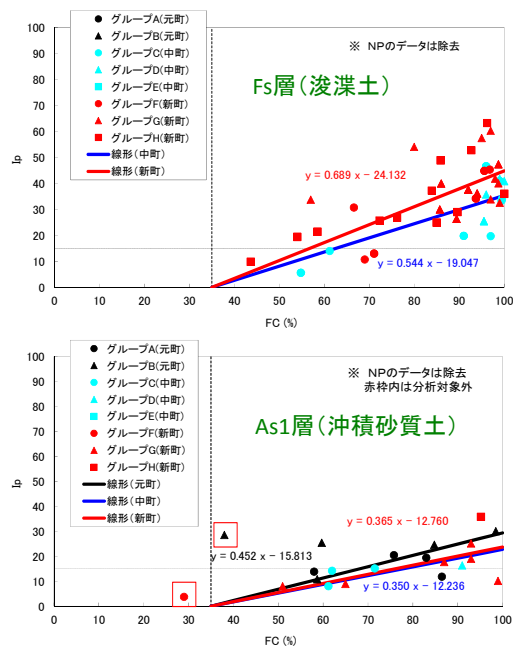
液状化試験(繰返し三軸試験)から求めた浚渫土と沖積砂層 の液状化強度の比較



(データは浦安市による)

F_c と塑性指数 I_p の関係

(浦安市による)



道路橋示方書の R_L との比較

$$R = C_W \cdot R_L$$

$$R_L = \begin{cases} 0.0882\sqrt{N_a/1.7} & (N_a < 14) \\ 0.0882\sqrt{N_a/1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5} & (N_a \geq 14) \end{cases}$$

参考: 粒度の影響を考慮した補正 N 値 N_c 値の算定

①道路橋示方書推定式

$$N_c = c_1 N_1 + c_2$$

$$c_1 = 1$$

$$(F_c + 40)/50$$

$$F_c/20 - 1$$

$$c_2 = 0$$

$$(F_c - 10)/18$$

$$c_1, c_2: \text{細粒分含有率による} N \text{値の補正係数}$$

ここで、

②東京低地に対する既往の提案式

$$N_c = N_1 + \Delta N$$

$$\Delta N = 0$$

$$20.769 \times \log_{10}(F_c) - 18$$

$$15.27$$

ここで、

N_1 : 有効上載圧100kN/m²相当に換算した N 値

ΔN : 東京低地における細粒分の影響を補正する N 値

$$(0\% \leq F_c < 10\%)$$

$$(10\% \leq F_c < 60\%)$$

$$(60\% \leq F_c)$$

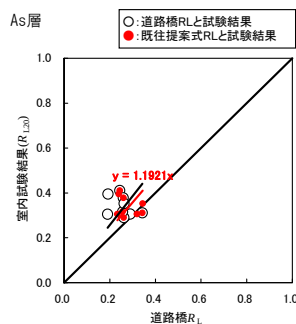
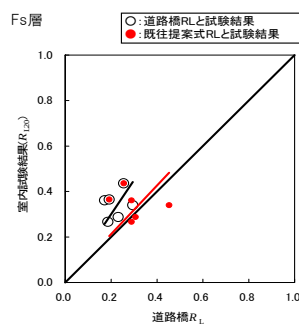
$$(0\% \leq F_c < 10\%)$$

$$(10\% \leq F_c)$$

$$(F_c < 8\%)$$

$$(8\% \leq F_c < 40\%)$$

$$(F_c \geq 40\%)$$



(浦安市による)

N_1 と F_c の関係

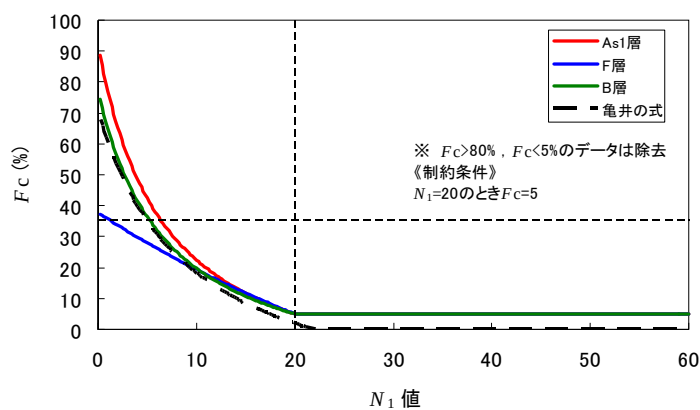
(全データ対象)

・Bs層 $FC = \frac{673.59}{N_1 + 6.938} - 20.005$

・Fs層 $FC = \frac{10586}{N_1 + 70.990} - 111.34$

・As1層 $FC = \frac{778.42}{N_1 + 6.700} - 24.155$

(浦安市による)



浚渫土でサンプリングした試料の状況例

前面



非常に不均質

背面



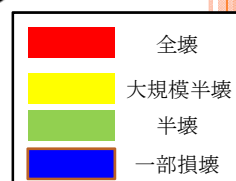
大きな貝殻も含む

③液状化被害の程度と要因分析、既存の液状化対策の効果

罹災証明データによる
被災コンター図(中町、
新町を対象)

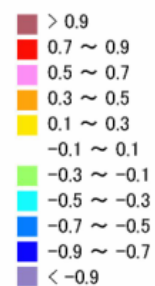
(浦安市による)

0 1 2km



航空レーザー測量
結果による沈下量
の分布図

変化量(m)



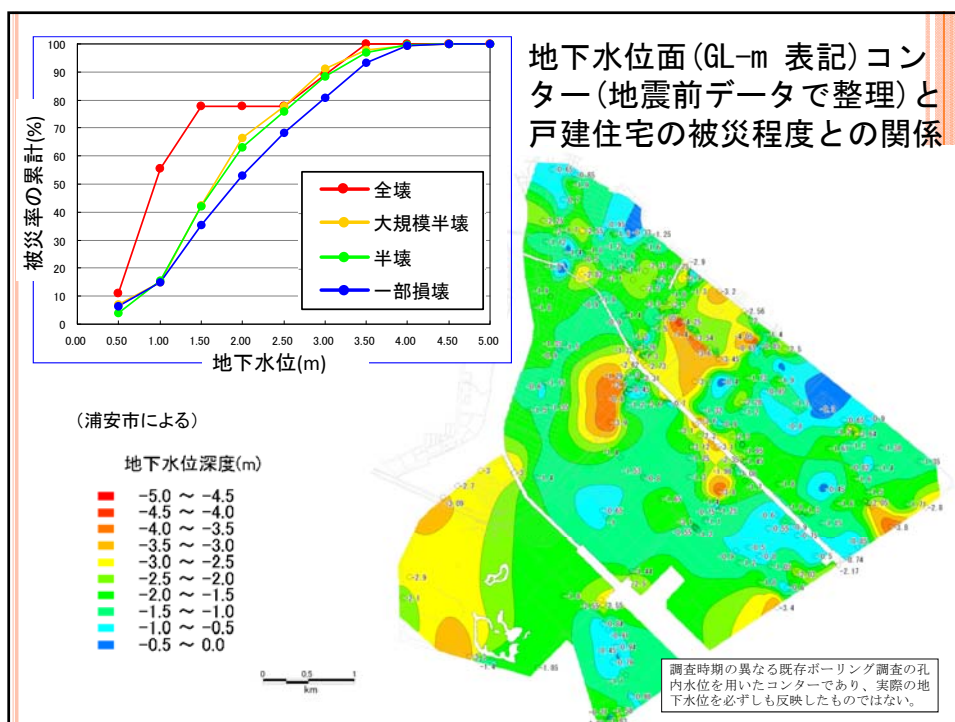
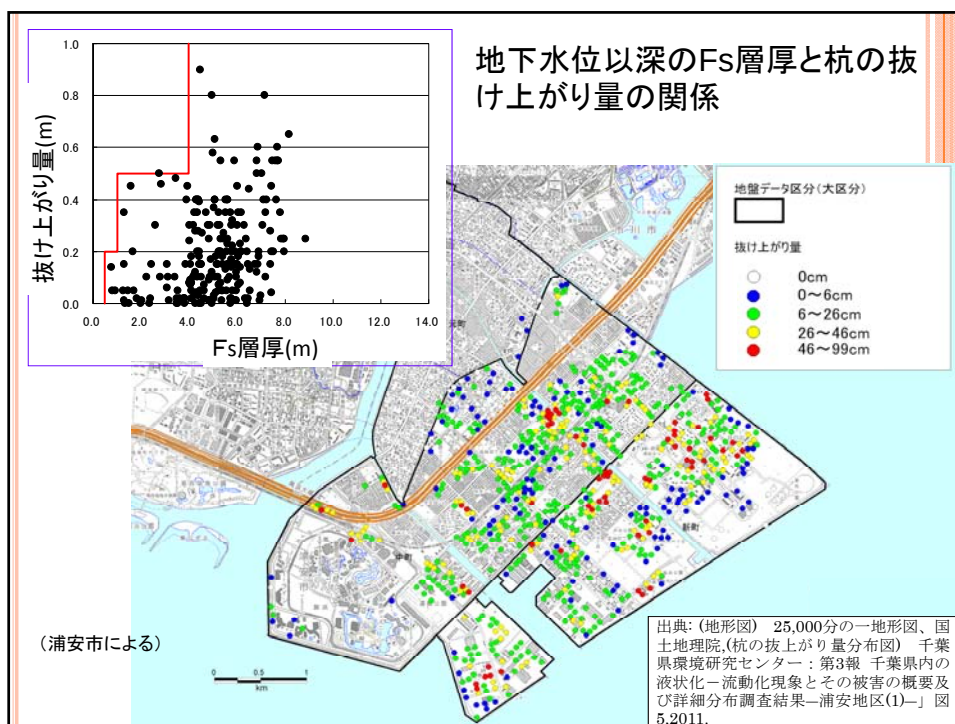
(浦安市による)



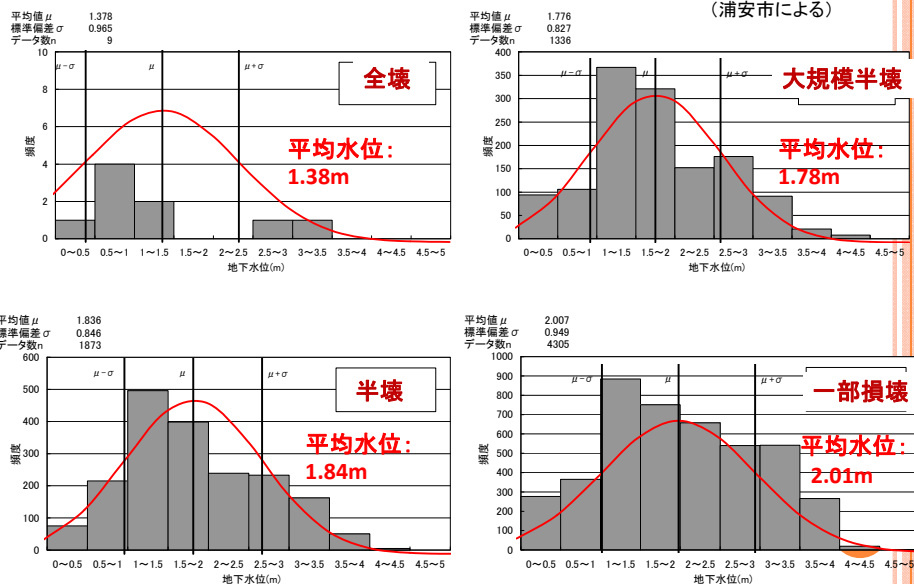
ニュージーランドのクライストチャーチでも噴砂量が多かった
Bexleyでの同じ位置での噴砂の厚さの比較



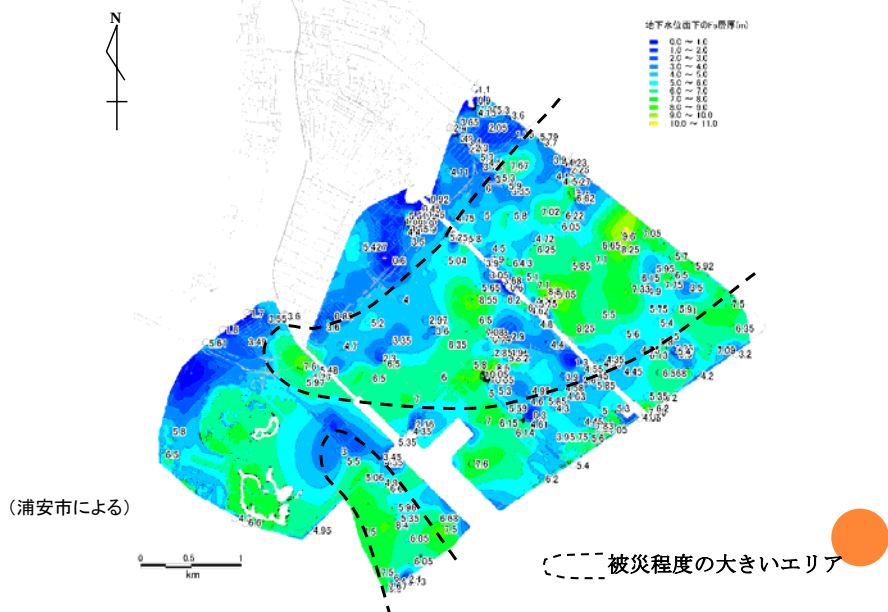
- ①細かい砂(シルト質砂や砂質シルト)が液状化して透水係数が小さく長時間噴水が続き、余震でも噴水が加速して噴砂量増大。
- ②土粒子が細かいと噴水と共に砂が地表に上がってき易い。
- ③地表に上がった多量の噴砂を取り除いたため地盤の沈下量が加算。



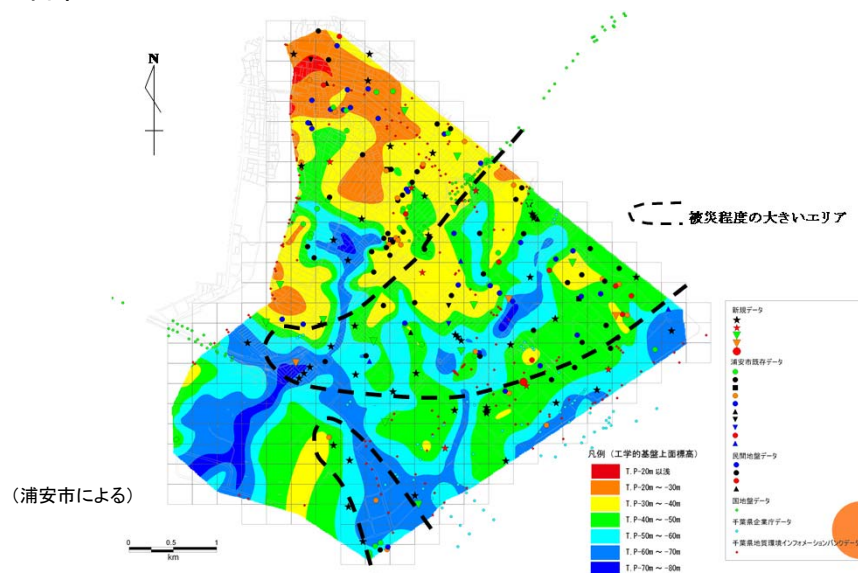
被災程度ごとの地下水位の度数分布



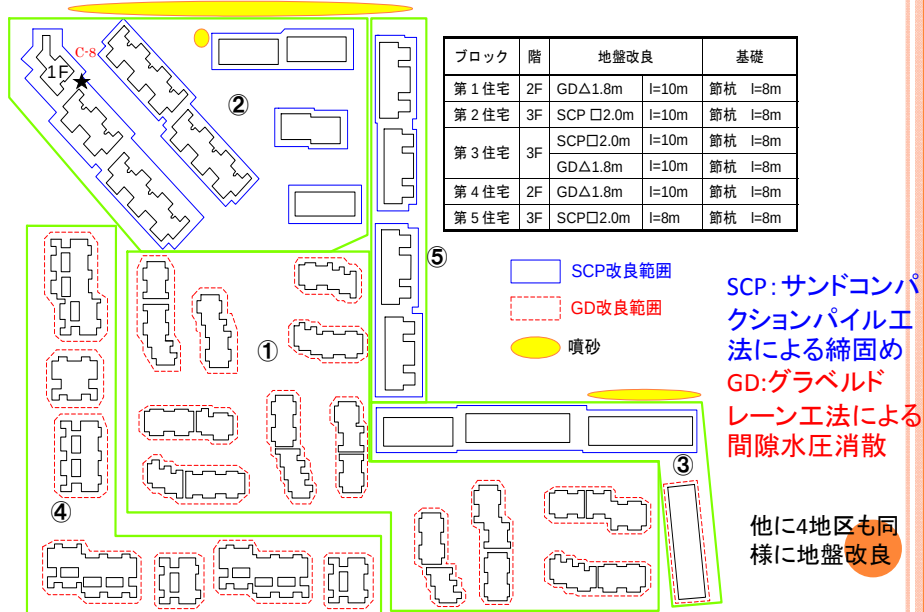
地下水面以深のFs層厚コンター図と被災程度の大きいエリアの重ね合わせ

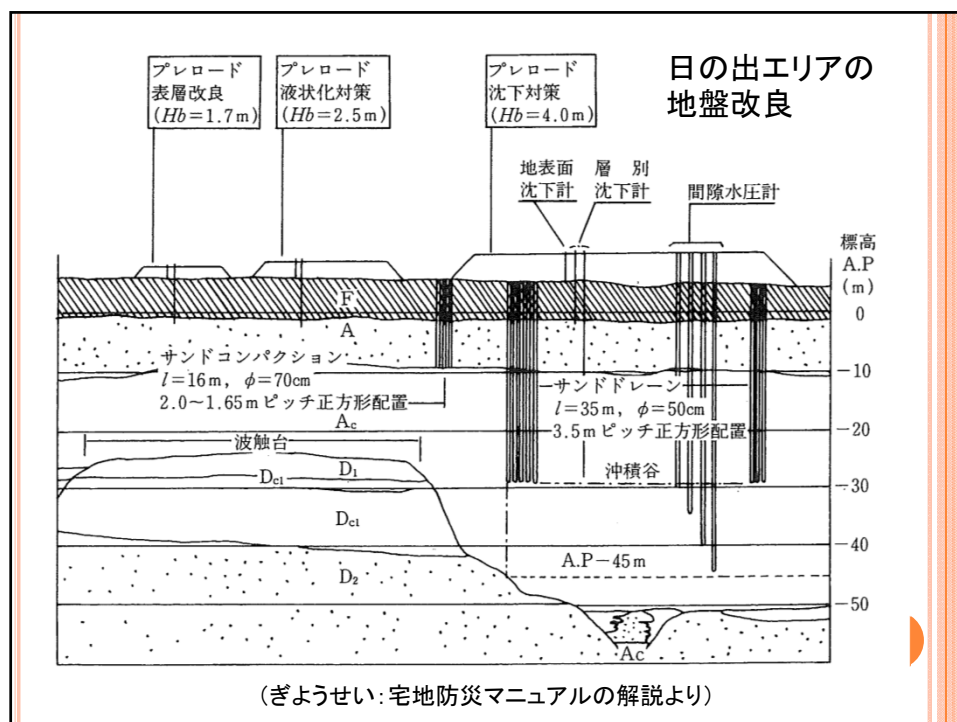


工学的基盤面標高コンター図と被災程度の大きいエリアの重ね合わせ

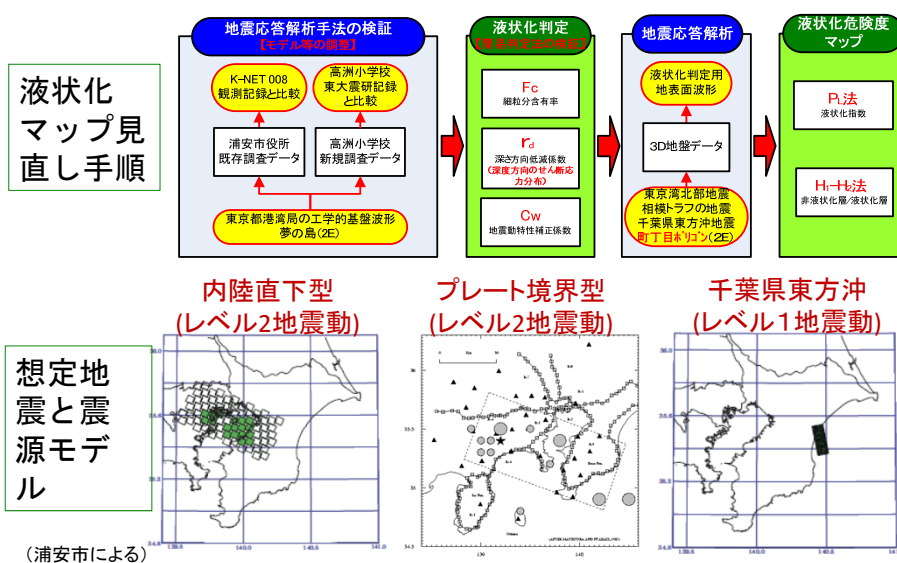


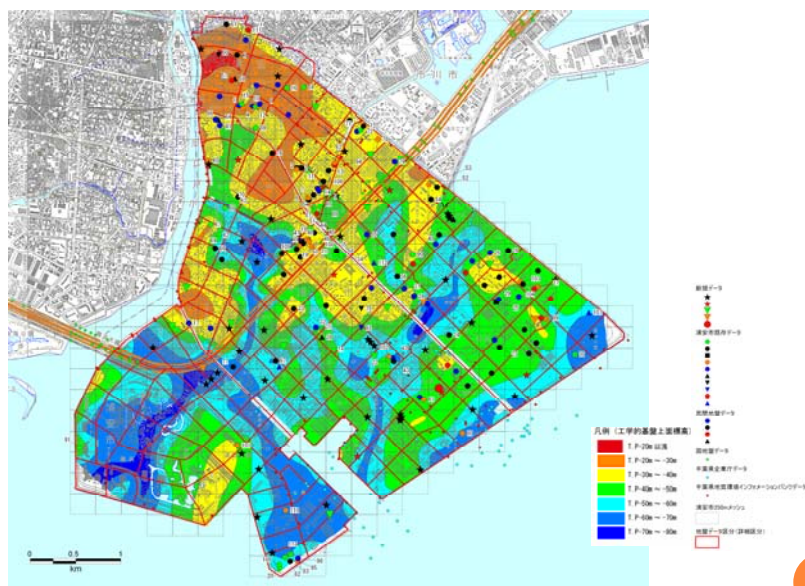
地盤改良実施済エリアの改良工法の概要と液状化被害の状況



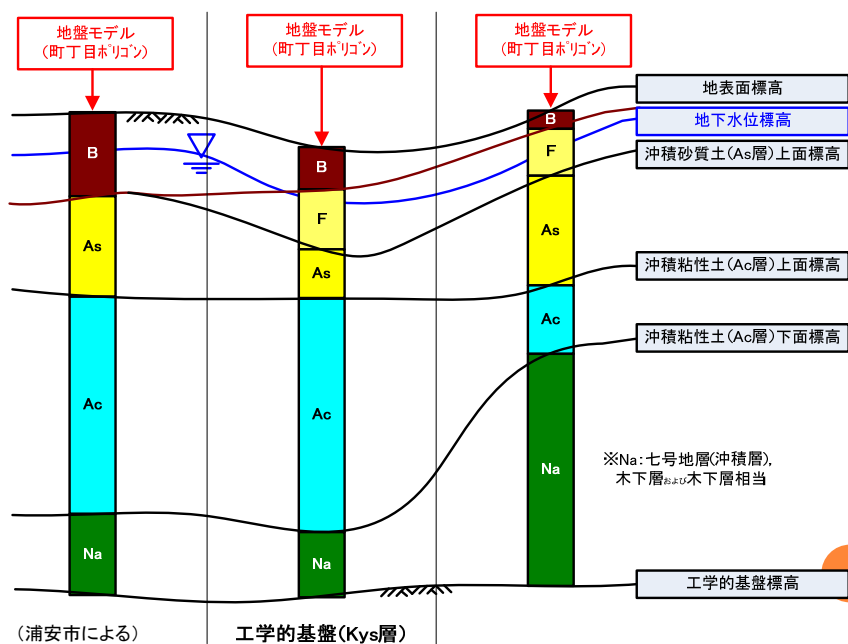


④想定地震による液状化シミュレーション計算、液状化危険度マップの作成

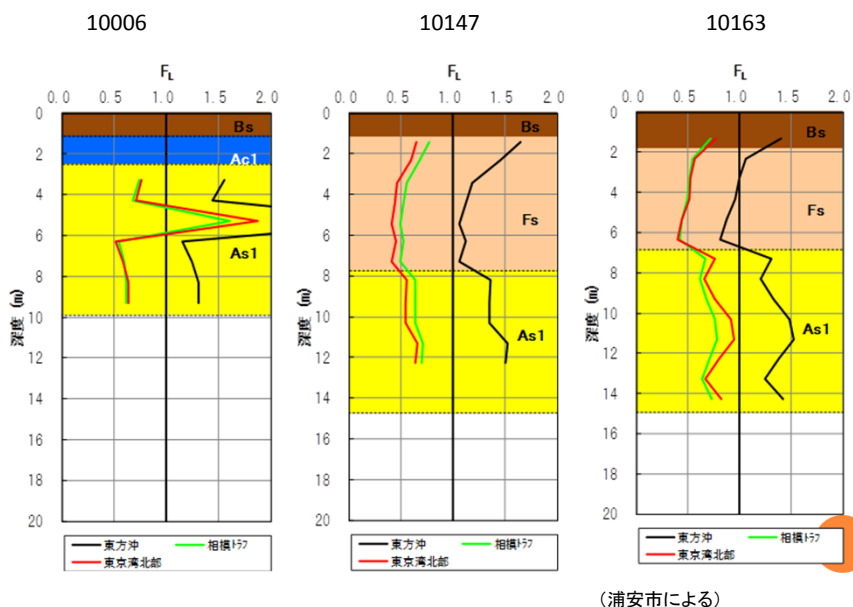




出典 地形図 25,000分の一地形図、国土地理院 (浦安市による)



三つの地震動による液状化判定例



液状化指数 P_L により構造物の被害の程度を評価する方法

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) (10 - 0.5 Z) dZ \quad (12.1)$$

ただし $F_L > 1$ の場合は $(1 - F_L)$ は 0 とする。

現状の判断:

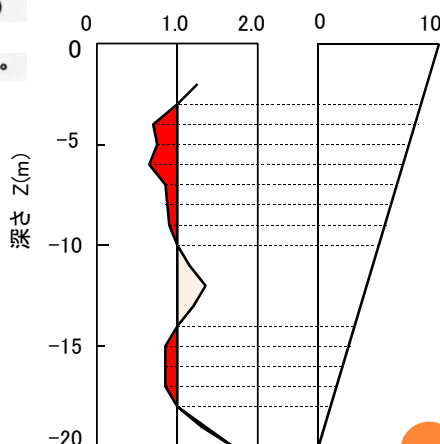
$P_L < 5$: 液状化による被害は受けないと判断

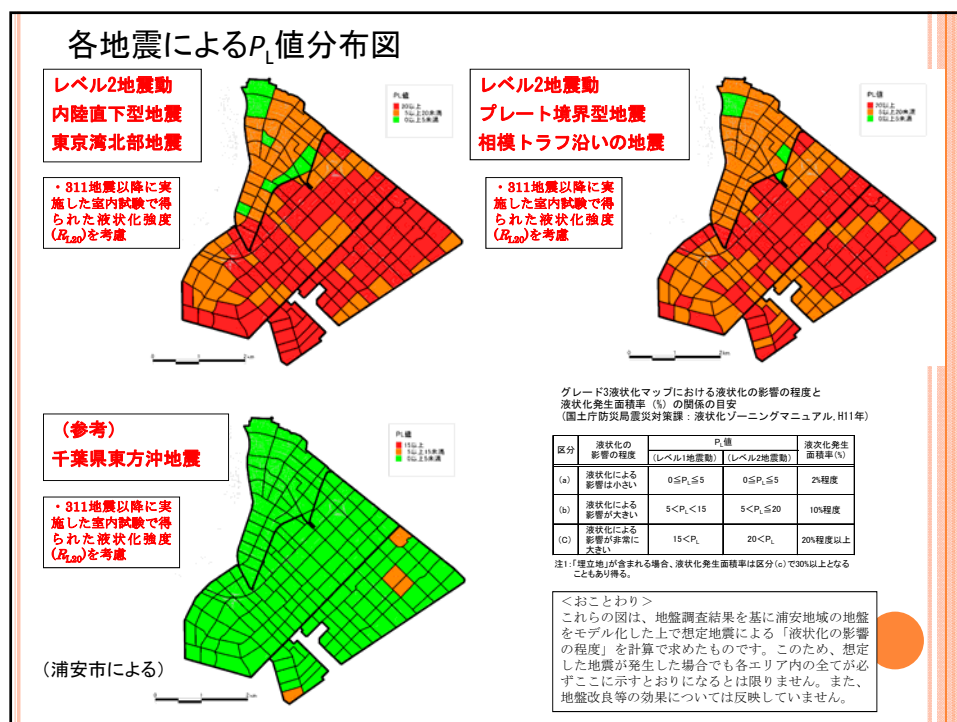
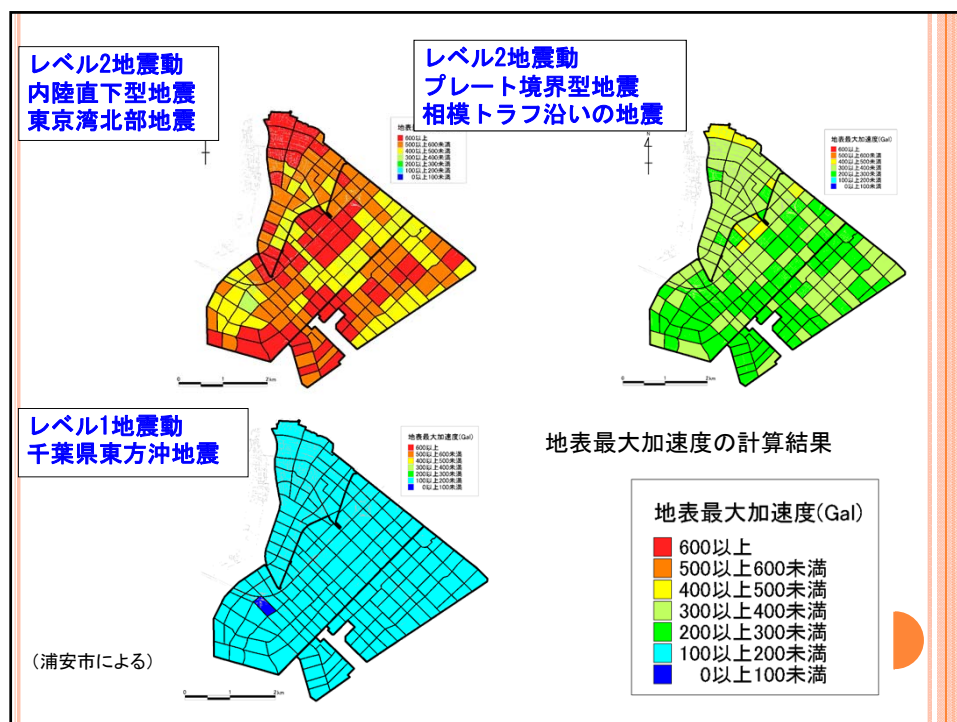
$P_L > 15$: 液状化による甚大な被害を受けると判断

今後の課題:

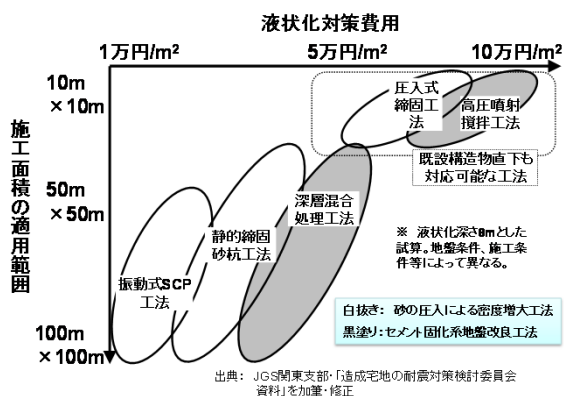
家屋の沈下・傾斜角との関係进行研究する必要あり

液状化に対する安全率 (抵抗率), F_L 深さ方向の重み係数 $w(z)$





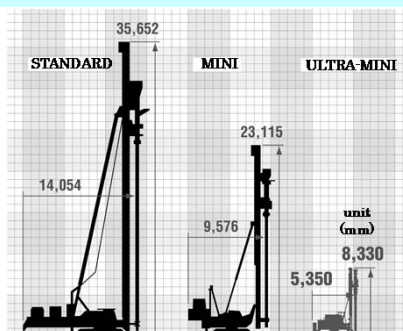
⑤液状化対策工法の体系的整理



従来の液状化対策工法は大型構造物を対象に開発されてきたが、現在戸建住宅へも適用でき経済的な工法を開発中

原理	工法
密度の増大	振動式SCP、静的締固砂杭、圧入式締固など
固結	深層混合処理、薬液注入、高圧噴射攪拌など
粒度の改良	置換
飽和度低下	排水溝など
間隙水圧消散	グラベルドレーンなど
せん断変形抑制	連続地中壁など
構造的対策	杭基礎など

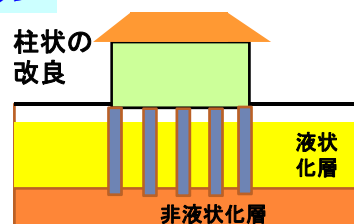
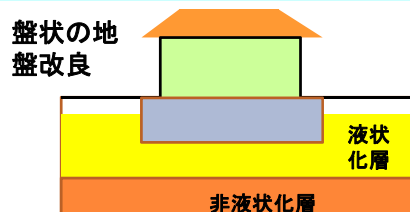
施工機械の小型化 (図は不動テトラ(株)提供)



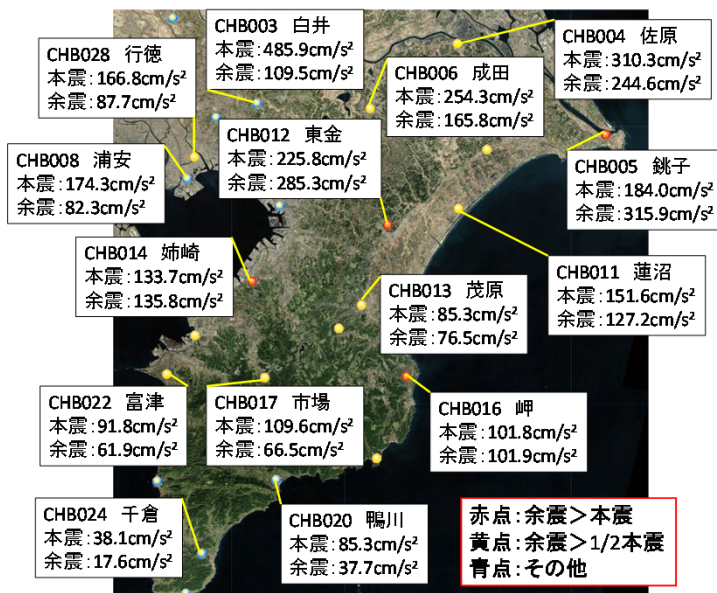
建物の中から直下の地盤改良



表層だけの盤状の地盤改良によるコストダウン

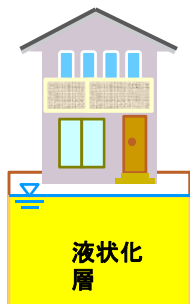


(私的な意見ですが、その1) 29分後の余震の影響に関して



余震の戸建て住宅への影響

本震で液状化した時の状態



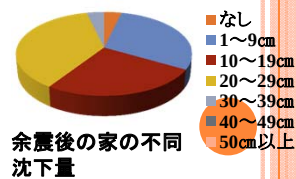
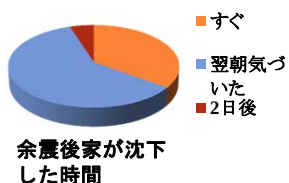
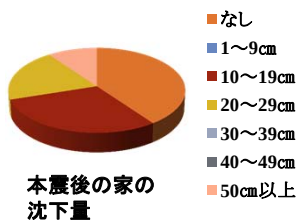
基礎より少し
下方で液状
化したため
余り沈下しな
かった。

余震時に液状化した時の状態



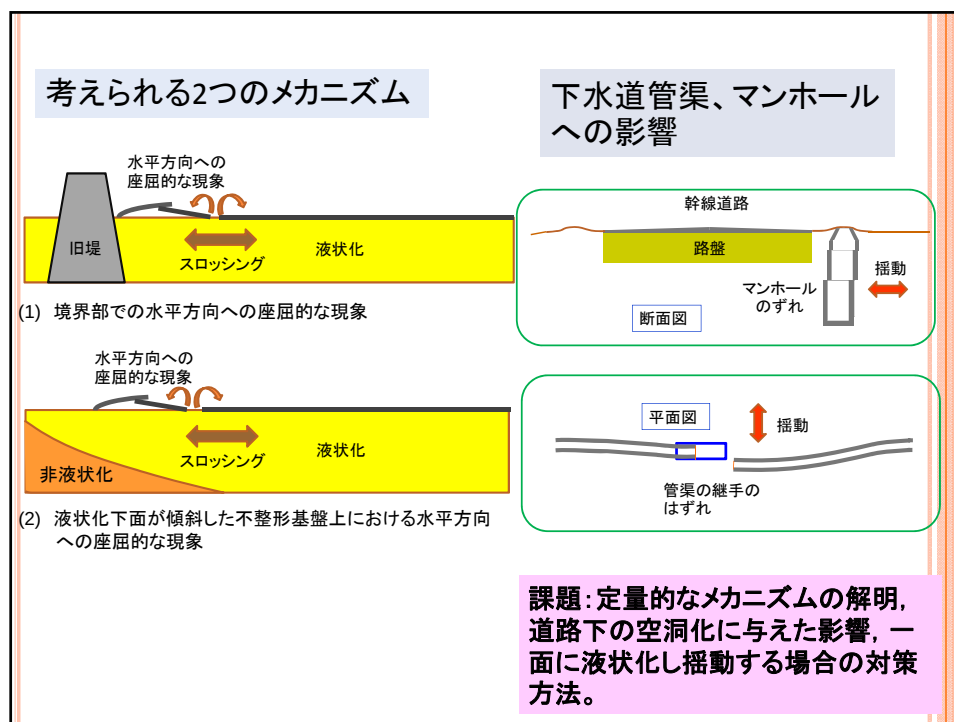
地下水位が地表面まで
上がった状態で余震を
迎え、基礎の深さで液
状化したため大きく沈
下、傾斜した。

課題: 余震が続いて発
生する場合に構造物へ
与える影響



(私的な意見ですが、その2) 液状化した地盤のスロッシングに関して





まとめ

- (1) 本震および約30分後の余震により、1960年代から2期にわたりポンプ浚渫によって埋立造成した中町、新町地区のほぼ全域において液状化現象が発生した。これにより、戸建住宅の沈下傾斜、大・中規模建築物の周辺地盤の沈下（杭の抜け上がり）、道路の路面変状や下水道施設の管路・マンホールの損壊などの被害が生じた。
- (2) 既存の地盤調査結果、震災後に実施した地盤調査結果および建築物の被害状況等を整理したところ、建築物等の液状化被害は、埋立造成に用いた細粒分を多く含む埋立砂層（Fs層）が厚いほど、また、地下水位が浅いほど被害が大きくなる傾向を示していた。また、埋立砂層の液状化強度が最も小さくなっていることから、埋立砂層を中心に液状化現象が発生したものと考えられる。
- (3) 地盤締固め工法（サンドコンパクションパイル工法）、過剰間隙水圧消散工法（グラベルドレーン工法）により液状化対策を実施したエリアでは、道路や歩道などに損傷はなく、敷地内での噴砂現象は確認されなかった。また、沈下対策として実施されたサンドドレーン工法施工箇所においても、同様に噴砂現象は確認されなかった。
- (4) 東京湾北部地震（マグニチュード7.3、内陸直下型地震）、1923年関東地震（マグニチュード7.9、プレート境界型地震）を想定地震として液状化危険度を数値計算により求めたところ、元町地域を含む浦安市全域において液状化の発生する危険性が高いことが明らかとなった。