

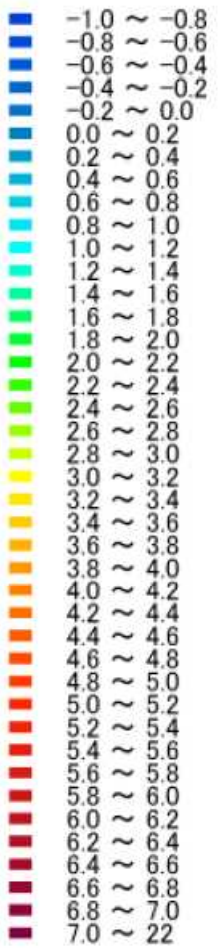
# 浦安市の液状化調査結果 (中間まとめ)





【I-1.2】 各種深度・層厚コンター図 ①地表面コンター

凡例(マンホール天端標高)

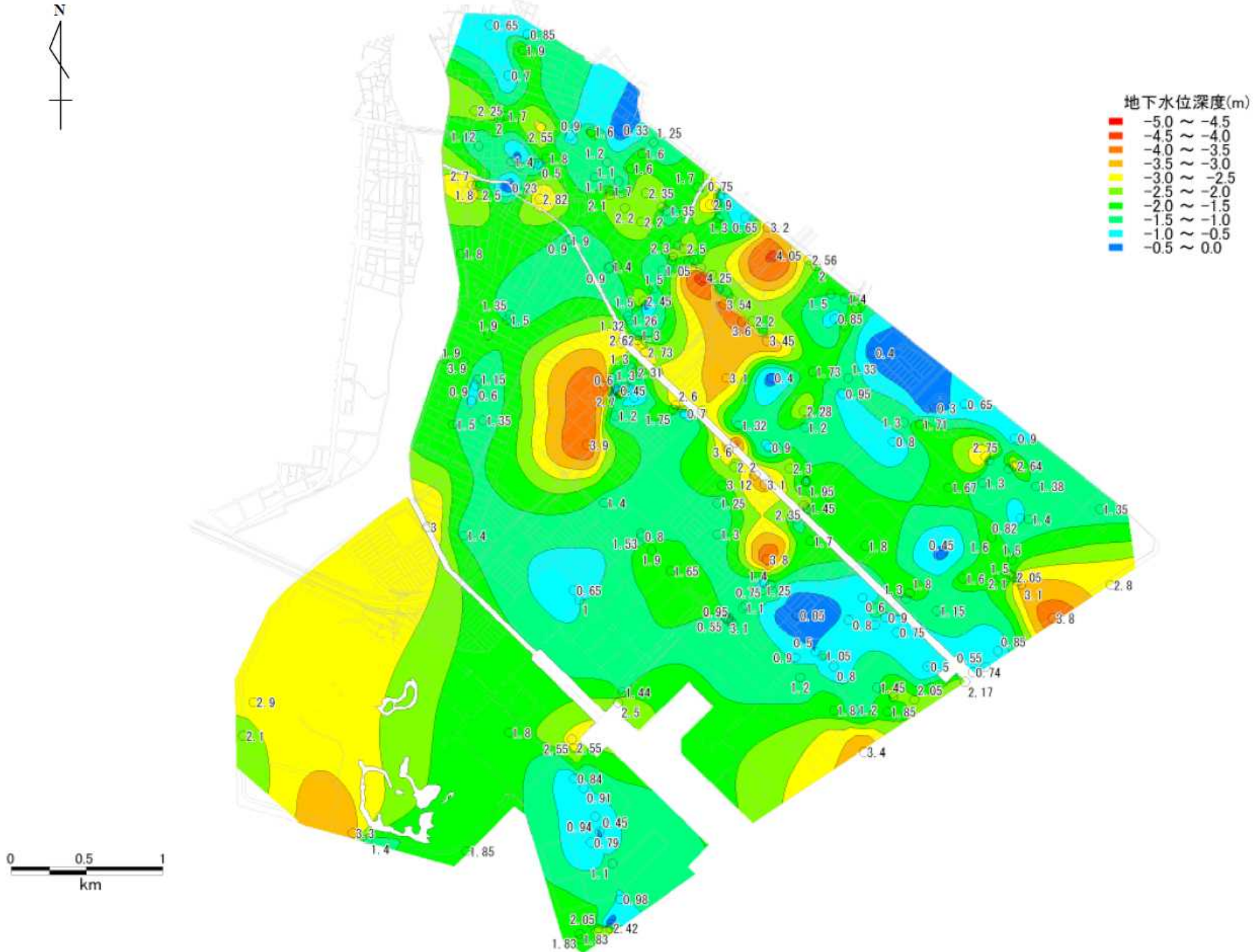


標高
地表面

精査中

G.L.-m  
地下水位

【I-1.3】 各種深度・層厚コンター図 ②地下水位面 (GL-m 表記) コンター (地震前データで整理)





精査中

標高

工学的基盤

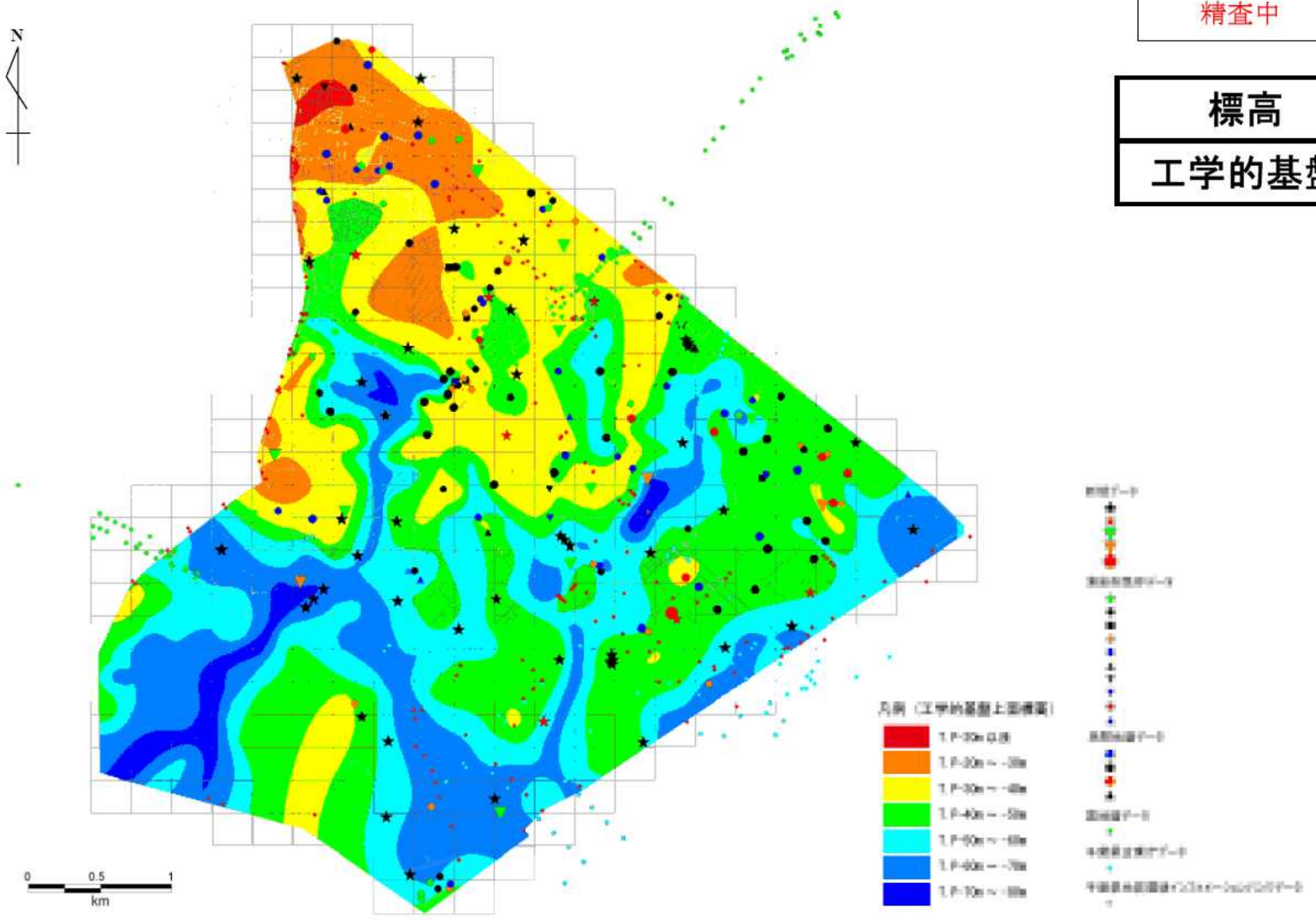


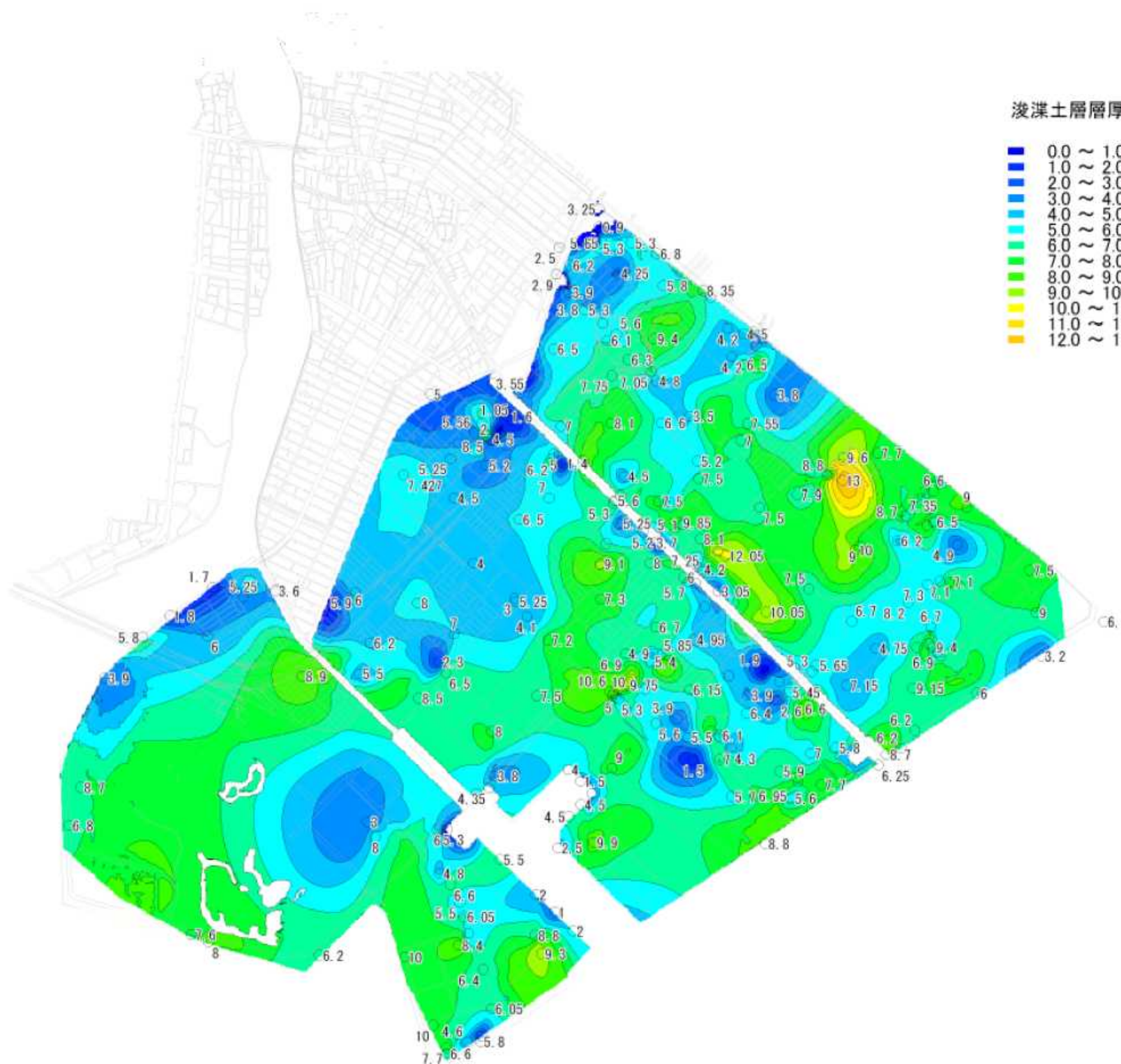
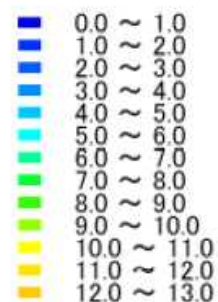
図-1 工学的基盤上面標高コンター図  
 ※浦安市地震防災基礎調査報告書(H8年)に、浦安市既存データ、千葉県企業庁データ、国地盤データ、千葉県インフォメーションバンクデータ、民間地盤データを追加して修正

精査中

層厚

Fs層

浚渫土層層厚(m)

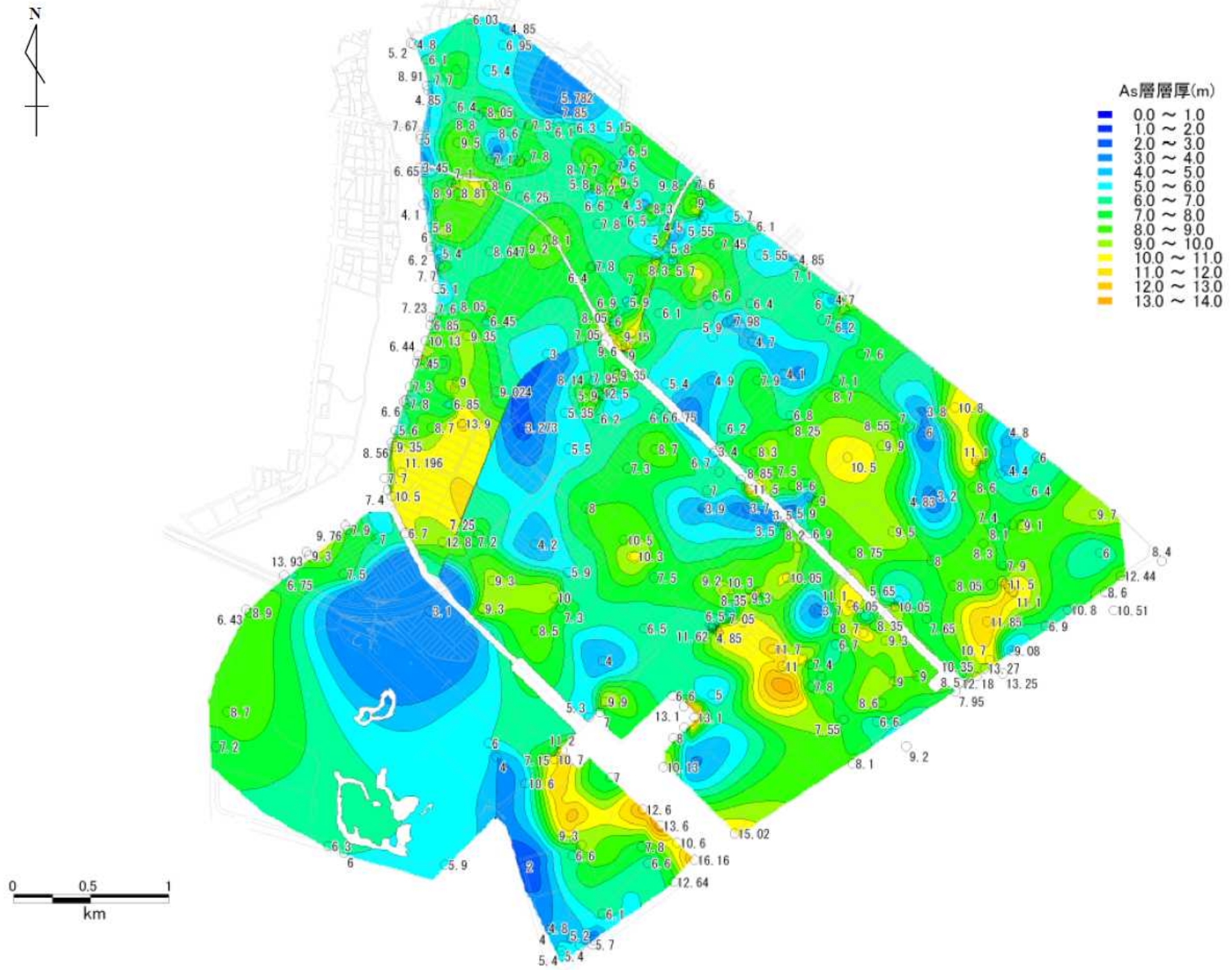




【I-1.6】 各種深度・層厚コンター図 ⑤沖積砂質土（As層）層厚コンター

精査中

層厚  
As層











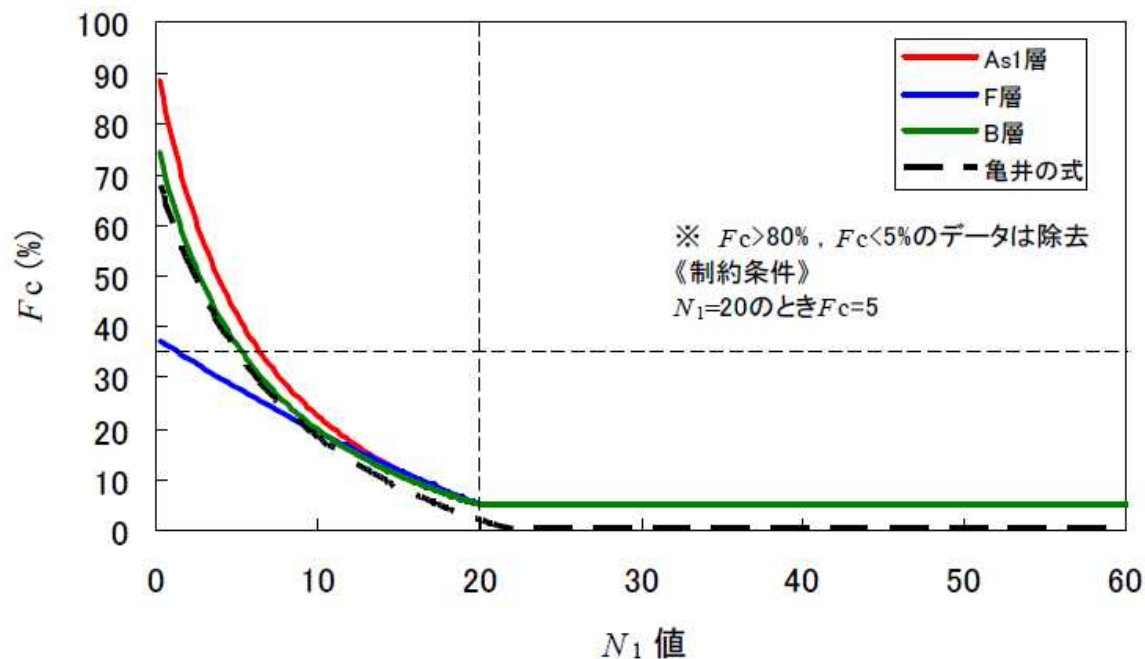
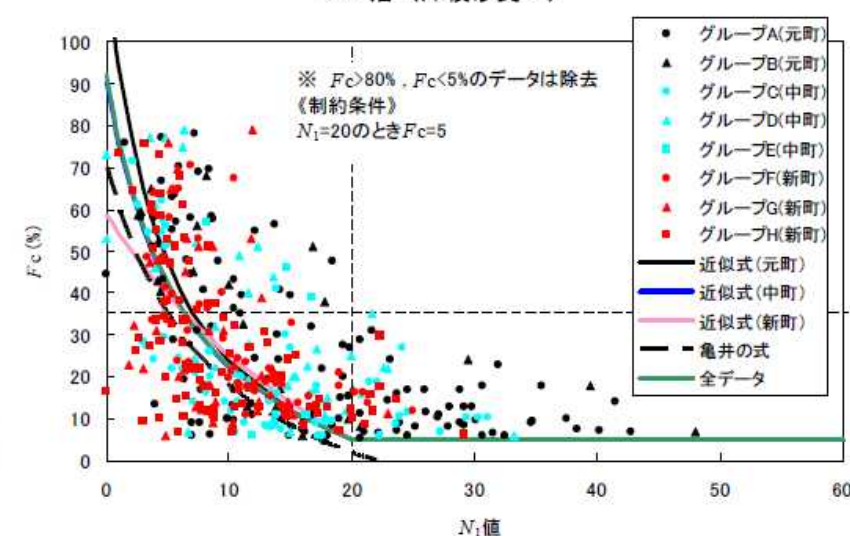
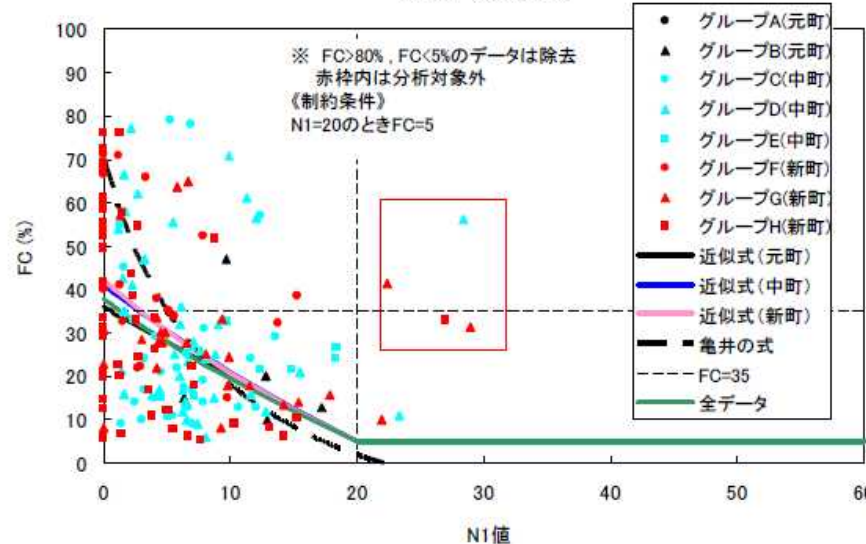
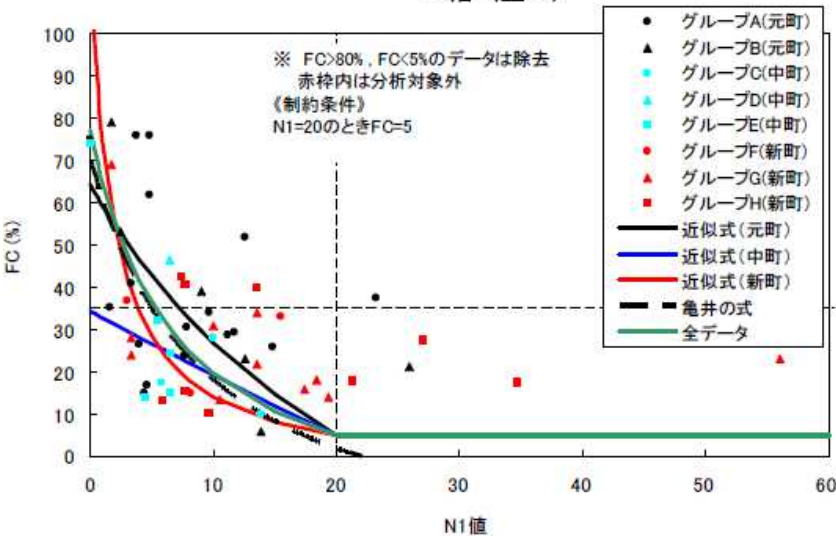
【I-1.8】 土質定数整理結果 (1)

$N_1$  値と  $F_c$  の関係

Bs 層 (盛土)

Fs 層 (浚渫土)

As1 層 (沖積砂質土)



(全データ対象)

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

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

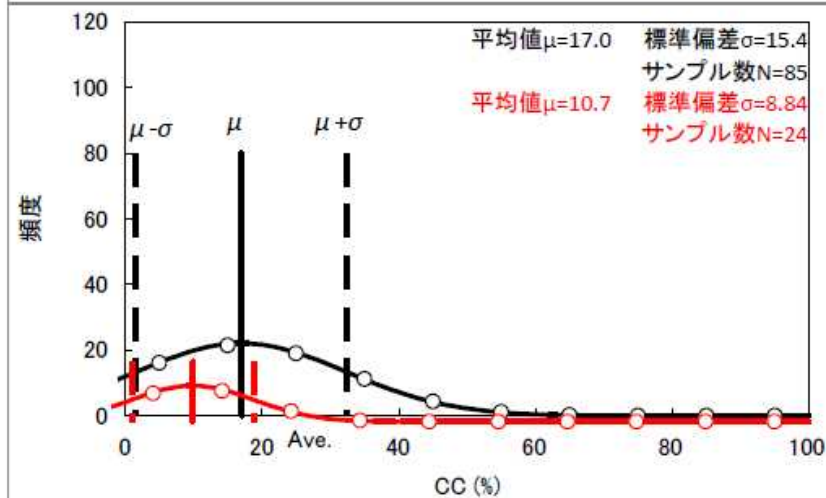
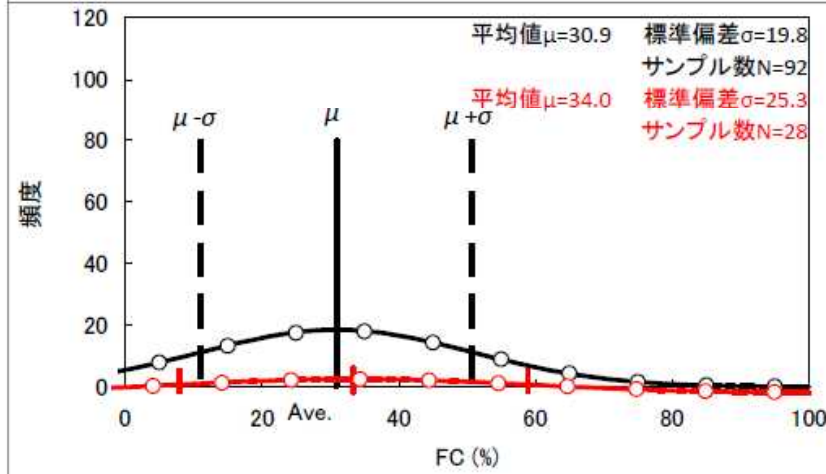
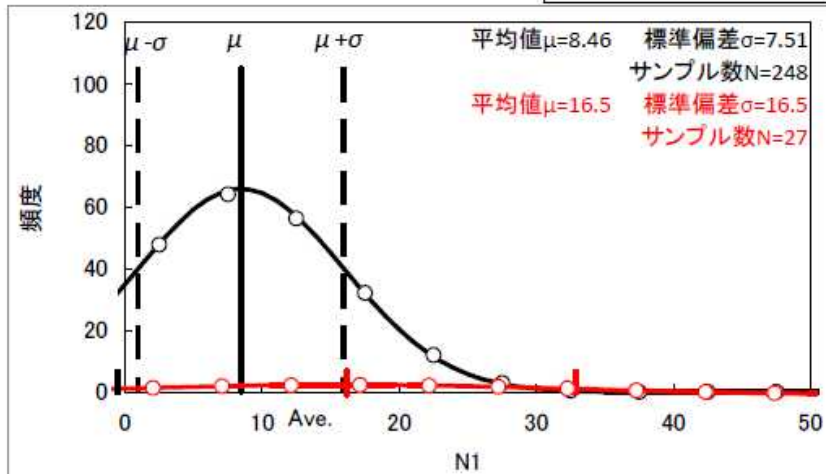
・As1 層  $FC = \frac{778.42}{N_1 + 6.700} - 24.155$



【I-1.9】 土質定数整理結果(2) 地震前後の比較

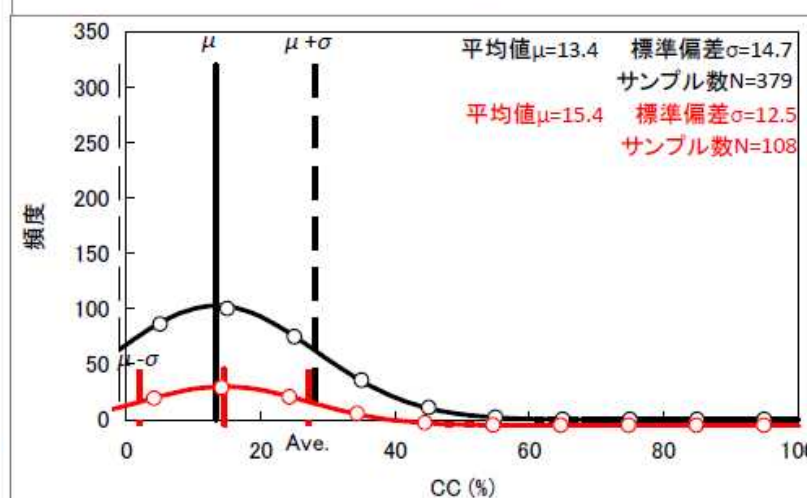
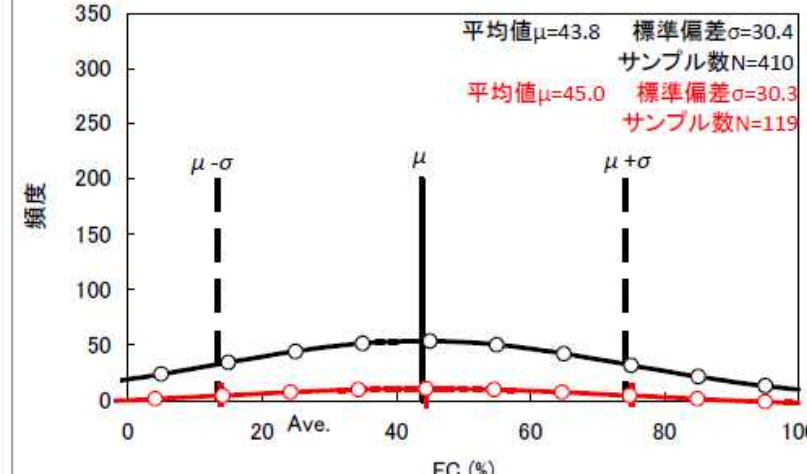
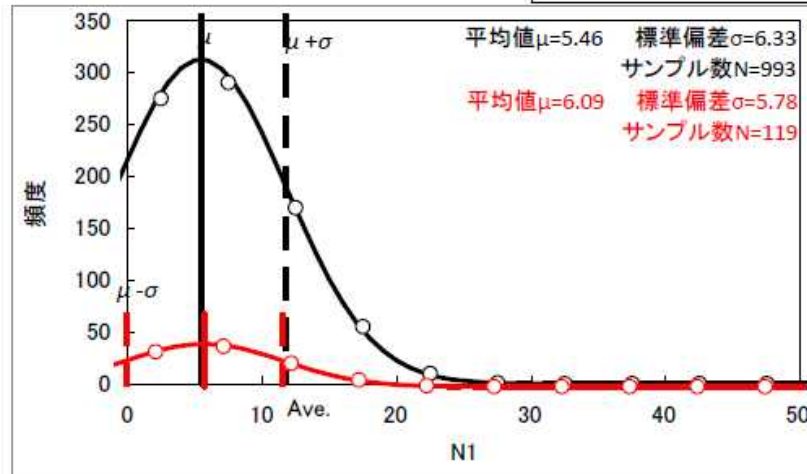
Bs層(盛土)

黒：地震前データ  
赤：地震後データ



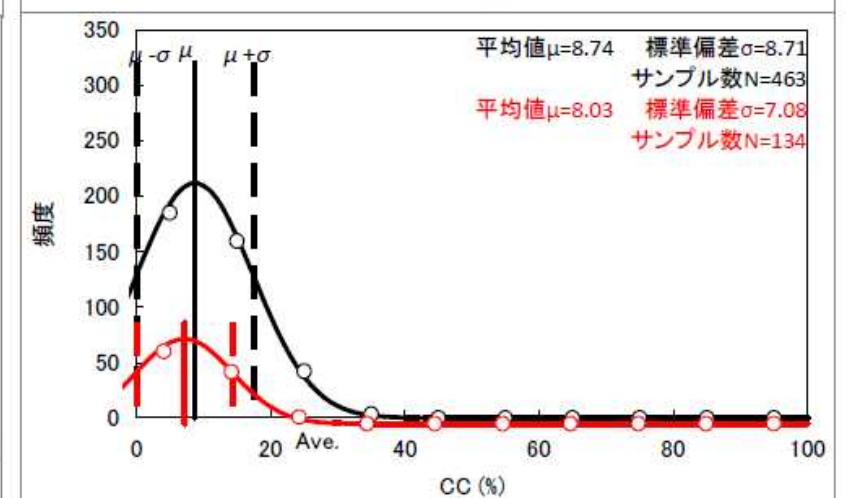
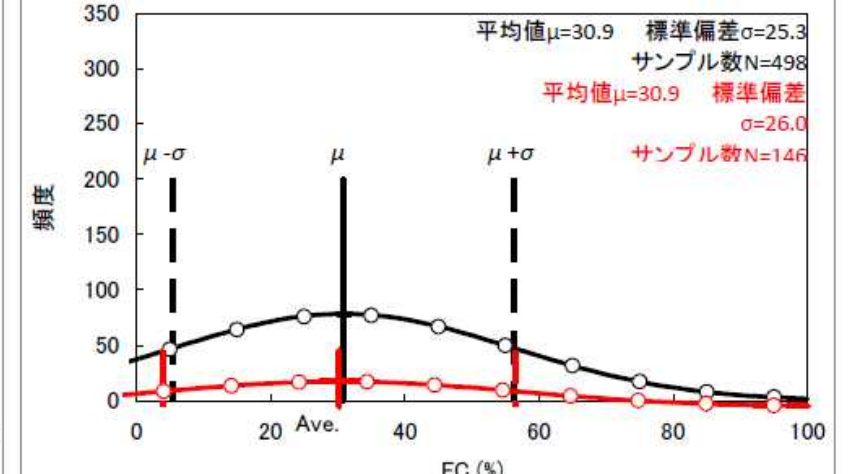
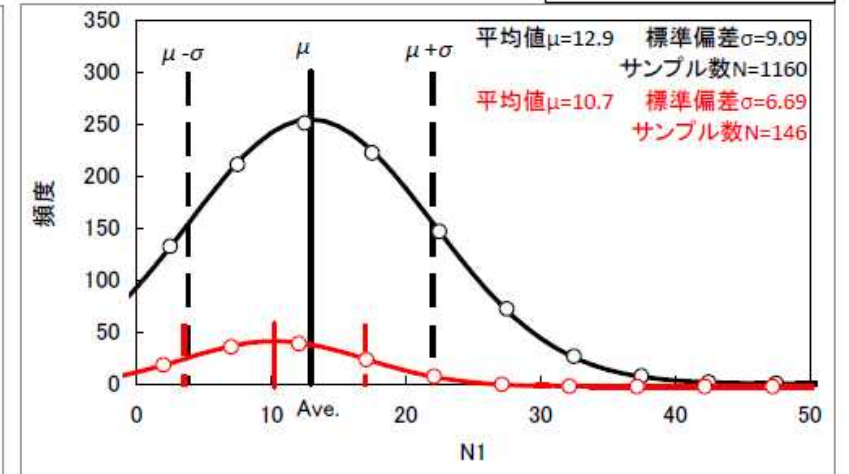
Fs層(浚渫土)

黒：地震前データ  
赤：地震後データ



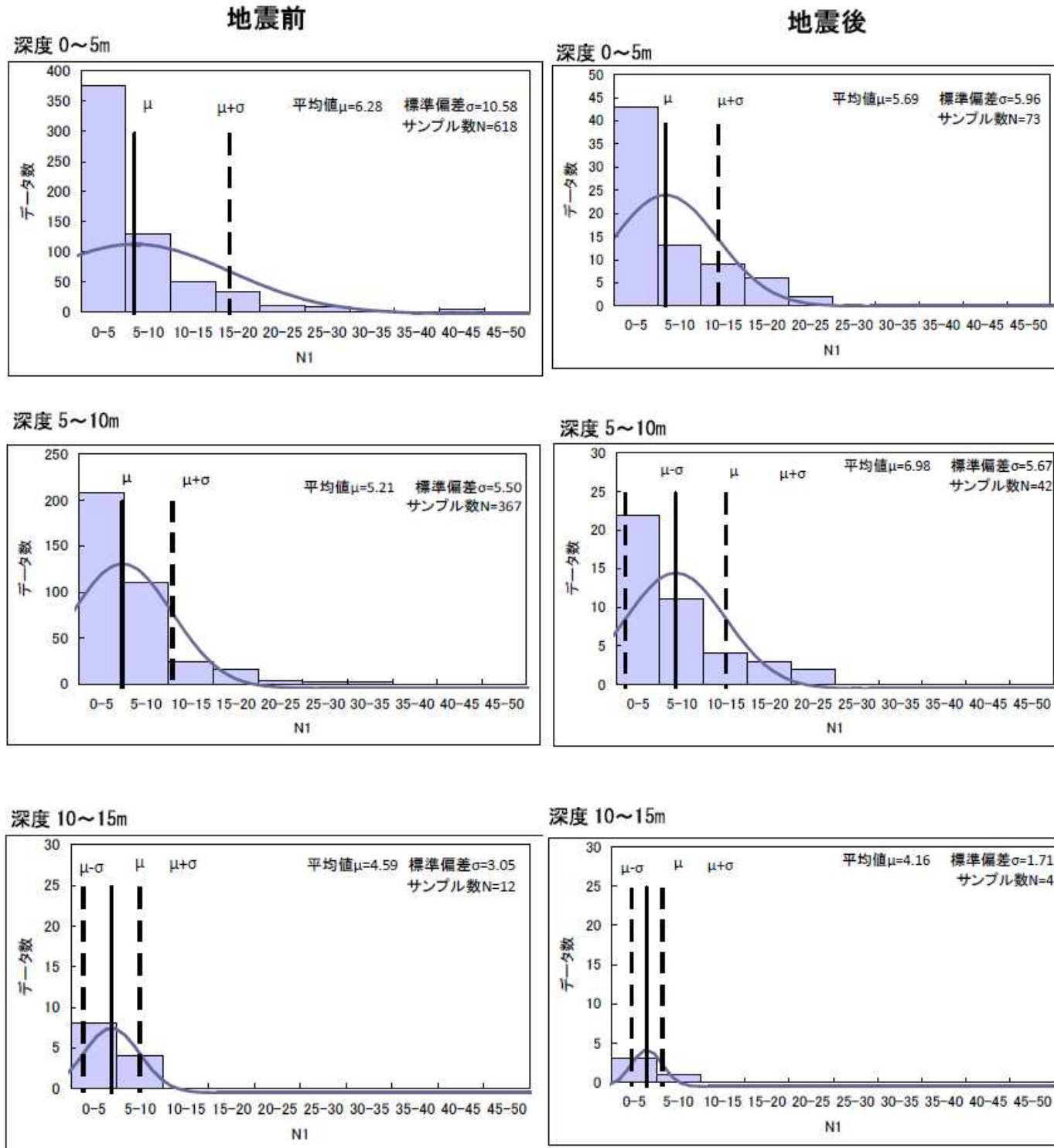
As1層(沖積砂質土)

黒：地震前データ  
赤：地震後データ

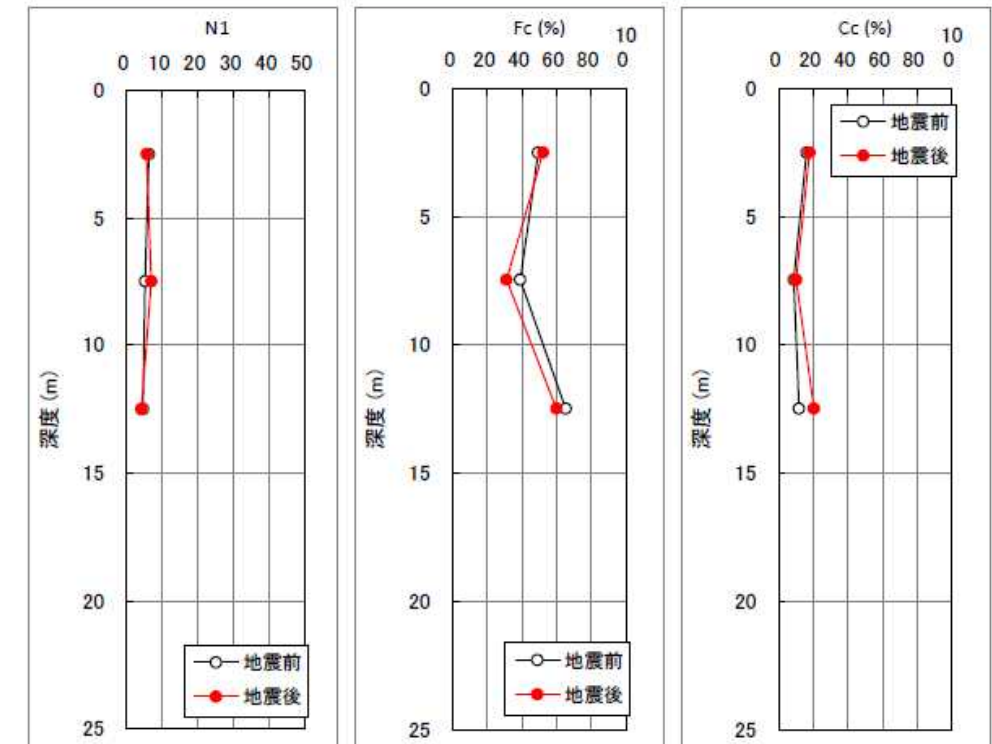


【I-1.9】 土質定数整理結果(2) 地震前後の比較

Fs層(浚渫土)



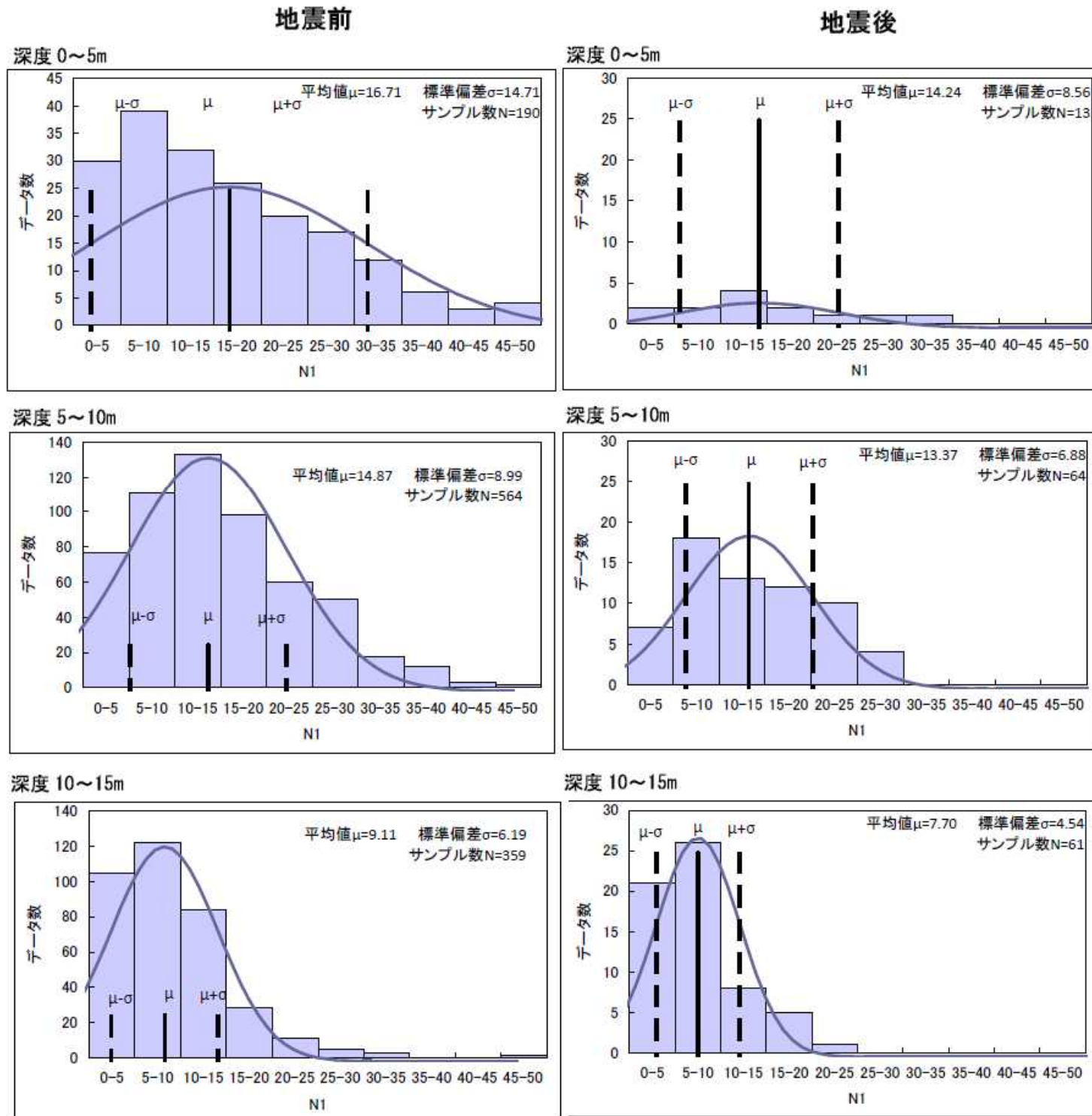
深度 (m)	平均深度 (m)	地震前			地震後		
		N1	Fc (%)	Cc (%)	N1	Fc (%)	Cc (%)
0 ~ 5	2.5	16.71	28.51	8.07	14.24	16.79	3.25
5 ~ 10	7.5	14.87	25.82	6.81	13.37	18.72	4.93
10 ~ 15	12.5	9.11	42.58	11.56	7.70	42.81	10.83
15 ~ 20	17.5	6.61	67.67	19.13	6.67	59.48	15.39
20 ~ 25	22.5	5.59	71.50	32.10			



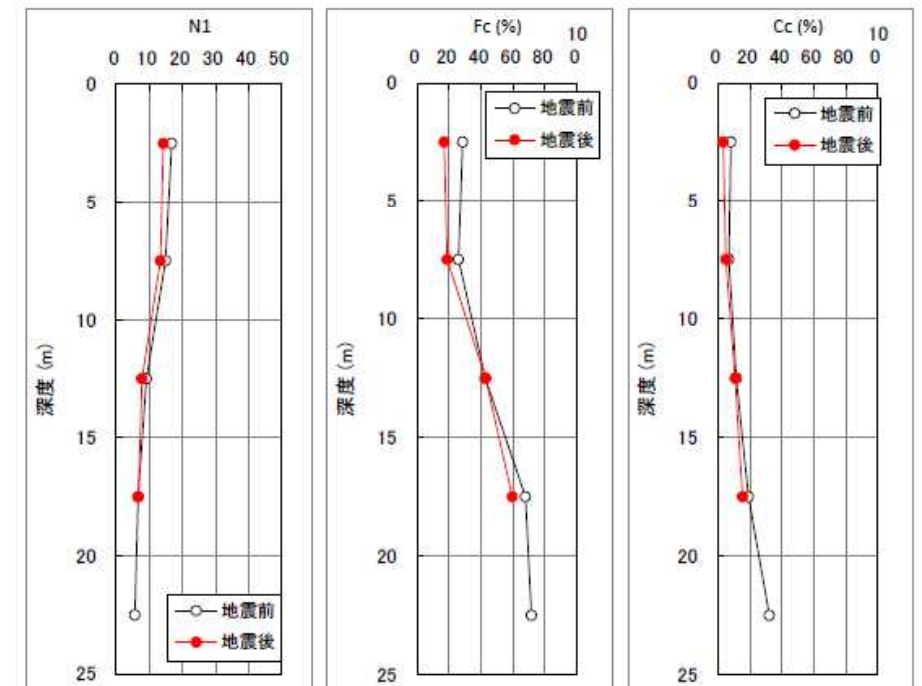


【I-1.9】 土質定数整理結果（2） 地震前後の比較

As層（沖積砂質土）



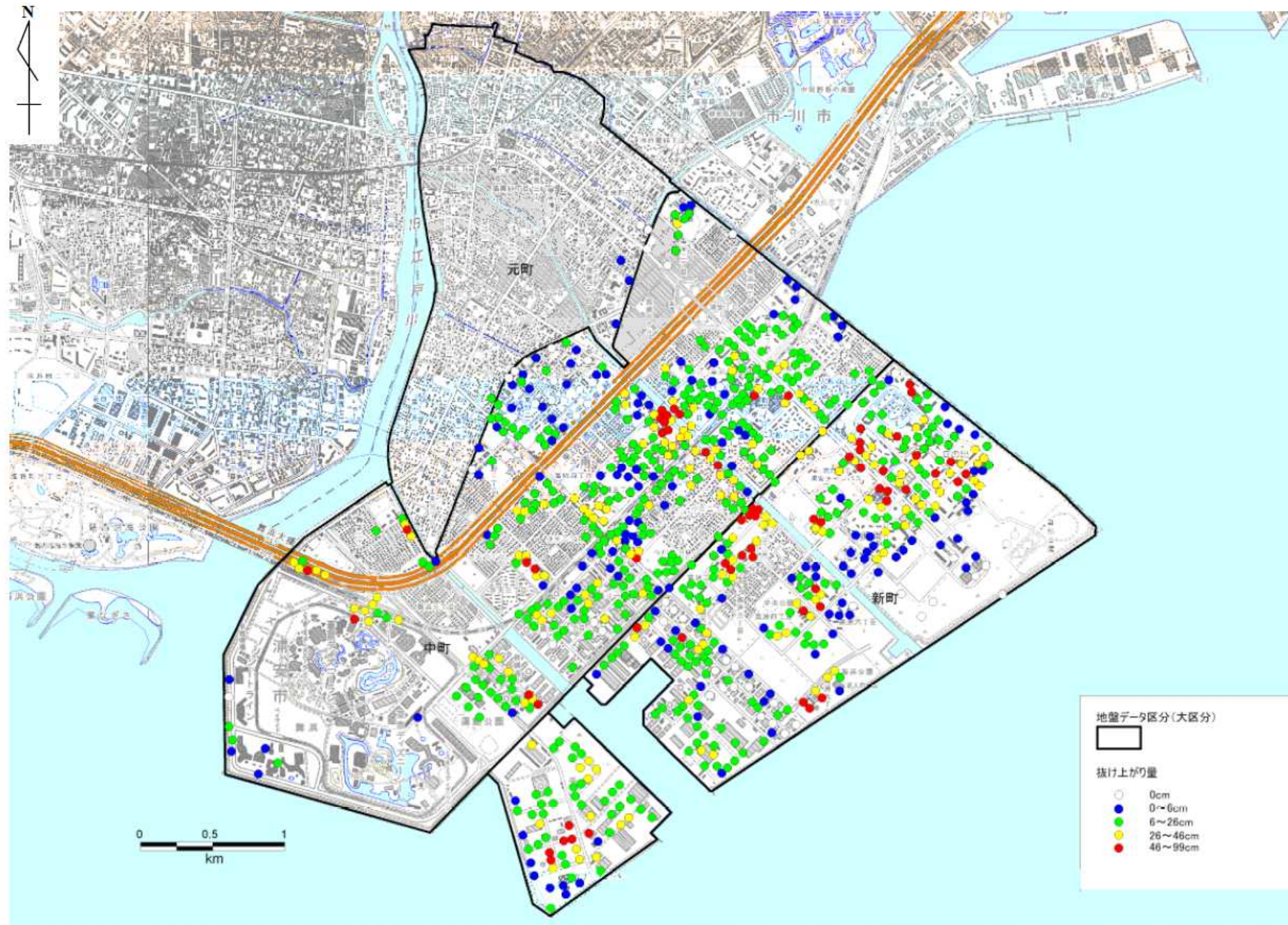
深度 (m)	平均深度 (m)	地震前			地震後		
		N1	Fc (%)	Cc (%)	N1	Fc (%)	Cc (%)
0 ~ 5	2.5	6.28	49.36	16.23	5.69	52.21	17.87
5 ~ 10	7.5	5.21	39.10	8.84	6.98	31.14	10.11
10 ~ 15	12.5	4.59	65.28	11.78	4.16	59.98	20.53
15 ~ 20	17.5						
20 ~ 25	22.5						





【I-3.1】 杭の抜上がり分布図

東北地方太平洋沖地震による液状化被害の程度を面的に把握するため、「杭の抜上がり量のデータ」<sup>※1</sup>を用いて被害状況を整理しました。

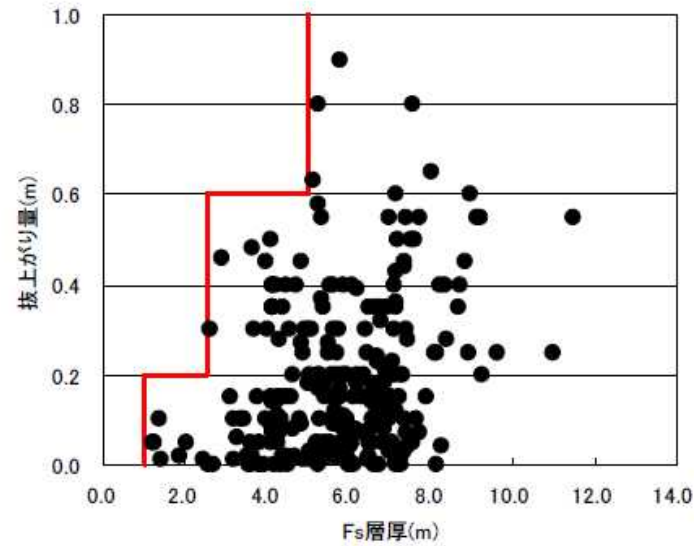


※1:「千葉県環境研究センター:第3報 千葉県内の液状化—流動化現象とその被害の概要及び詳細分布調査結果—浦安地区(1)」の図5 浦安市における杭基礎構造を持つと推定される構造物の抜け上がり量の分布

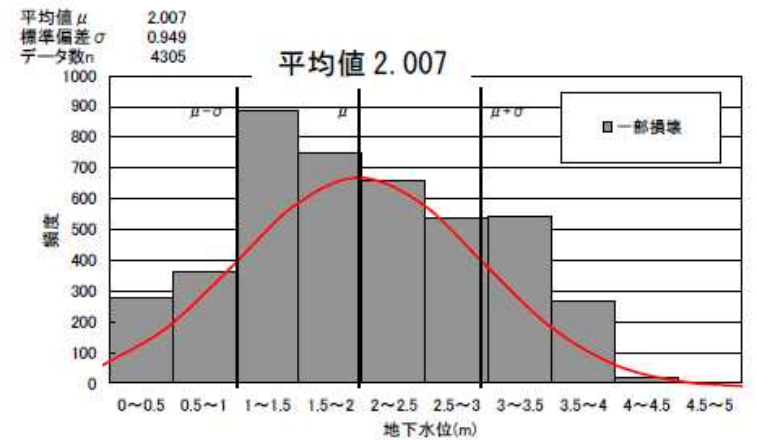
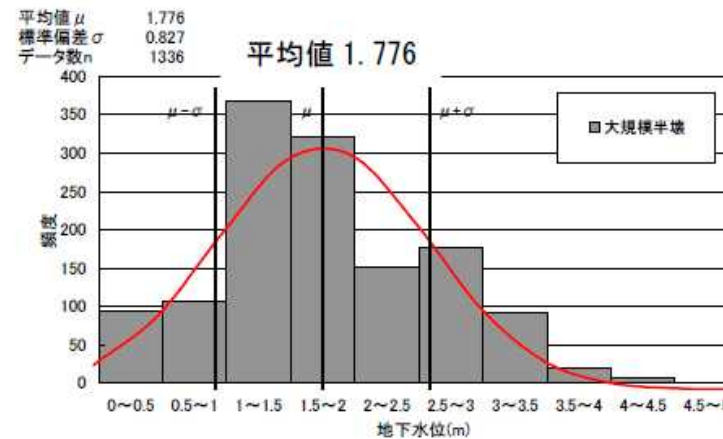
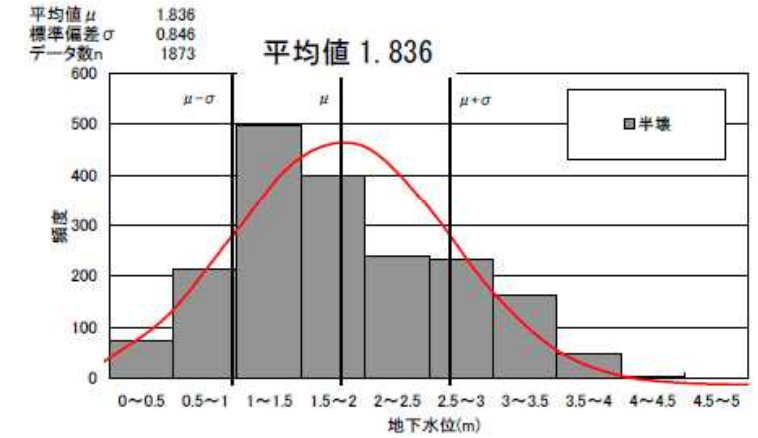
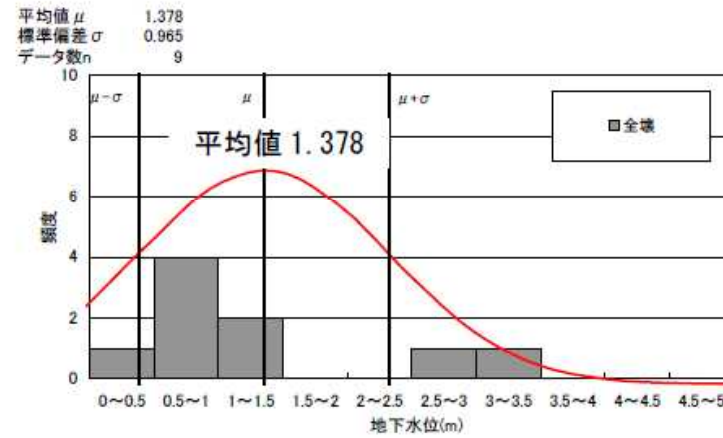
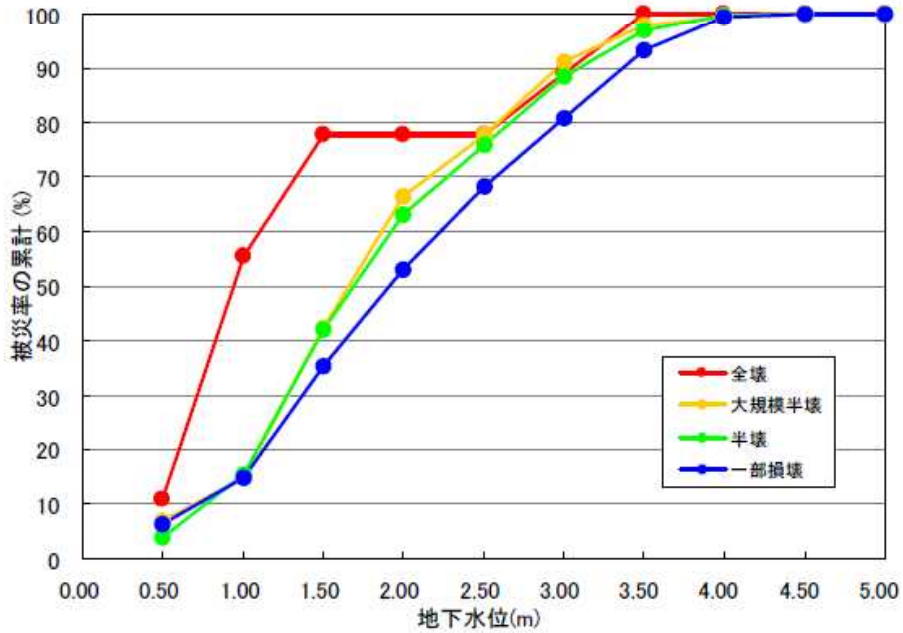


【I-3.3】 被災要因の検討

抜上がり量とFs層の関係



被災程度と地下水位の関係



【I-4.1】 震源断層モデル（東京都港湾局のアレー観測データを用いた2E波の作成）

東京都港湾局のアレー観測データは、GL-1.07mとGL-89.48mにおいて地震波形が観測されている。

これらの地震波形はE+F波であるため、ここでは一次元等価線形解析(DYNEQ<sup>1)</sup>)を用いて、GL-50.1m地点における解放基盤波(2E波)を作成した。なお、有効ひずみの周波数依存については「杉戸<sup>2)</sup>」の方法を用いた。

(1) 地震応答解析に用いた地盤モデル

- 土層区分、単位体積重量 $\gamma t$ 、せん断波速度 $V_s$ については、既往文献<sup>3)</sup>を基に設定した。
- G/Go $\sim\gamma$ 、h $\sim\gamma$ 曲線は、土木研究所<sup>4)</sup>の式を用いた。
- 地盤モデルの下端深度は、GL-89.5mとした。

表-1 地震応答解析に用いた地盤モデル

材料 No	地層記号	$\gamma t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$V_s$ (m/s)	G/Go $\sim\gamma$ h $\sim\gamma$ 曲線
1	Bs1	18	230	土研-砂
2	Bs2	19.1	130	土研-砂
3	As1	18.2	170	土研-砂
4	As2	18.2	220	土研-砂
5	Ac1	17	150	土研-沖積粘土
6	Ac2	15	150	土研-沖積粘土
7	Ac3	15	170	土研-沖積粘土
8	Ac4	18.7	250	土研-沖積粘土
9	Ac5	16.9	250	土研-沖積粘土
10	Dg1	21	560	土研-砂
11	Dg2	18.7	330	土研-砂
12	Dg3	17.9	330	土研-砂
13	Gr	21	560	



図-1 既往文献<sup>3)</sup>の地盤モデル

- 1) 吉田望,末富岩雄: DYNEQ:等価線形法に基づく水平成層地盤の地震応答解析プログラム,佐藤工業(株)技術研究所報,pp.61-70,1996.
- 2) 杉戸真太,合田尚義,増田民夫:周波数特性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析法に関する一考察,土木学会論文集, No.493/III-27, pp.49-58,1994.
- 3) KENJI ISHIHARA, TAKAHITO MUROI and IKUO TOWHATA: IN-SITU PORE WATER PRESSURES AND GROUND MOTIONS DURING THE 1987 CHIBA-TOHO-OKI EARTHQUAKE, SOIL AND FOUNDATIONS, Vol.29, No.4, 75-90, Dec. 1989.
- 4) 建設省土木研究所(1982): 地盤地震時応答特性の数値解析法—SHAKE: DESRA—, 土研資料第1778号.

311地震(本震)

(2) 解放基盤波(2E波)の作成

GL-89.49mにおける観測波形(E+F)を入力として地震応答解析を行い、GL-50.1mにおける2E波を算定した。なお、地震応答解析はNS成分及びEW成分について実施した。

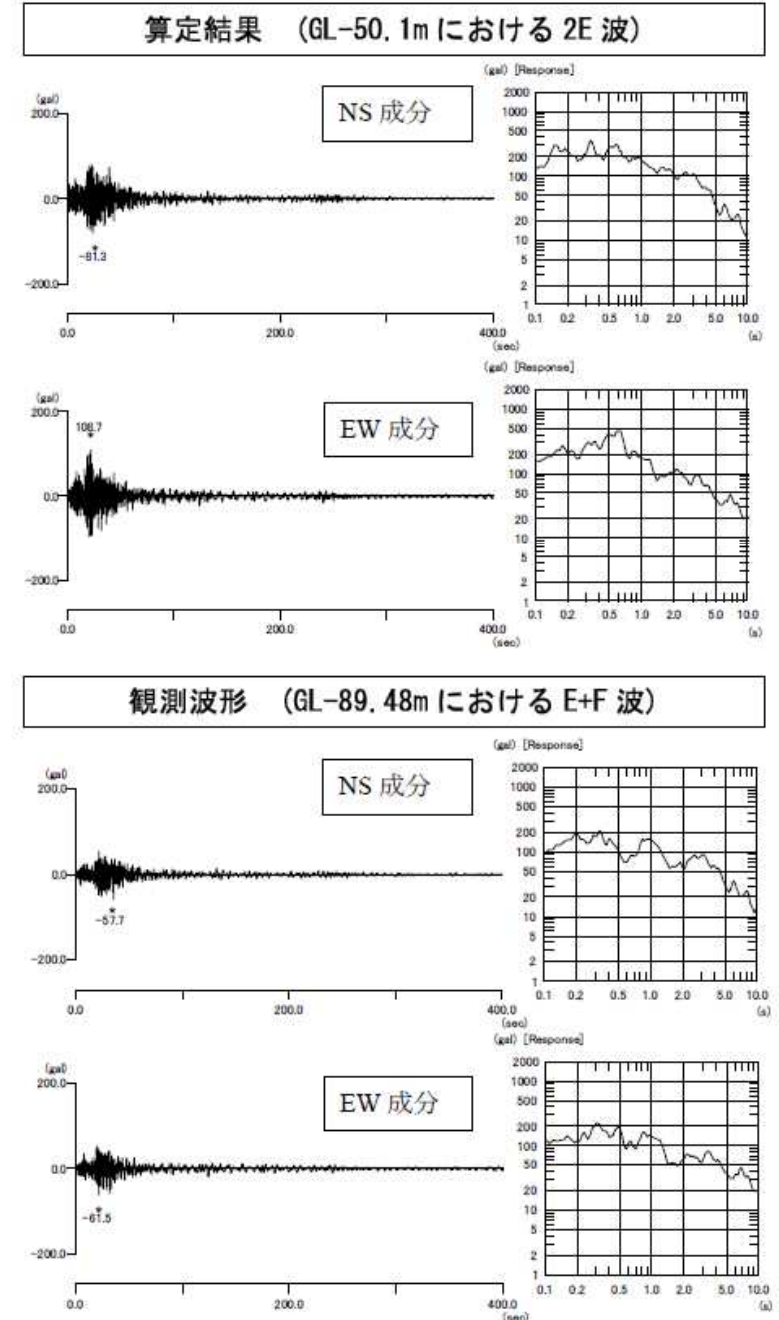
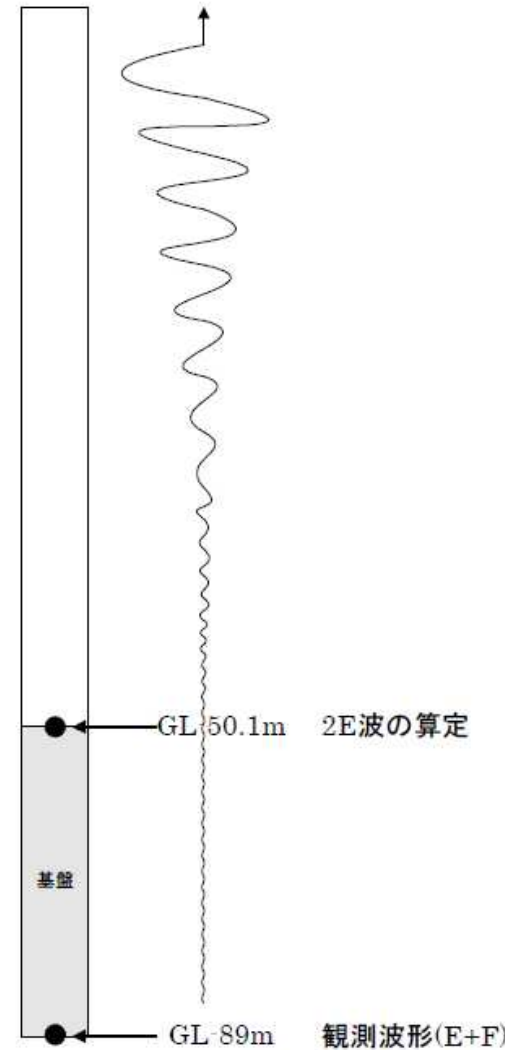


図-2 引き戻し解析のイメージ(右図)および解析結果







【I-4.3】 液状化危険度マップ見直しの基本方針

浦安市域の液状化危険度マップの見直しの基本方針を以下に示しました。図-1 のとおり、まずは今回の地震での観測記録を用いて、地震応答解析手法および液状化判定手法の検証を行います。その後、想定地震に対して、浦安市全域における詳細評価区分（ポリゴン）毎に地震応答解析(仮称 ONDA)・液状化判定を行い、その結果を用いて液状化危険度マップを作成致します。

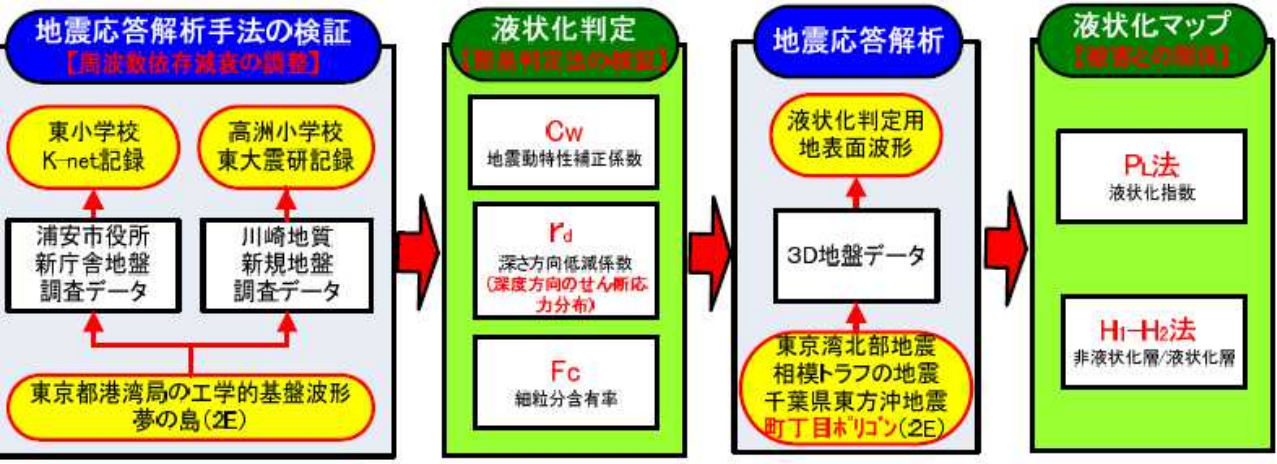


図-1 液状化マップ見直し手順

表-1 地盤物性値

地質時代	地質名	記号	地震応答計算および液状化判定のための物性値							
			平均N値 <sup>※4)</sup>	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	Vs(m/sec) <sup>※1)</sup>			動的変形特性 G/Go, h~ $\gamma$ <sup>※2)</sup>	Fc (%)	
				係数a	係数b	係数c				
現世	盛土層	砂質土	11	17	97.1	0.146	0.059	細砂	—	
		粘性土	8	16	97.1	0.146	0.059	シルト	—	
	埋立土層(浚渫土層)	砂質土	6	18	97.1	0.146	0.059	細砂	N値の関数 <sup>※3)</sup>	
		粘性土	2	16	97.1	0.146	0.059	シルト	—	
第四紀	完新世	上部沖積層	砂質土	13	18	103.5	0.089	0.158	細砂	N値の関数 <sup>※3)</sup>
		粘性土	1	16	116.9	0.188	0.055	シルト	—	
	下部沖積層	砂質土	9	18	103.5	0.089	0.158	細砂	—	
		粘性土	2	17	116.9	0.188	0.055	シルト	—	
	後期更新世	七号地層(沖積層)	砂質土	27	18	103.5	0.089	0.158	細砂	—
	更新世	木下層および木下層相	粘性土	8	17	116.9	0.188	0.055	シルト	—
	中期更新世	下総層群(工学的基盤層)	砂質土	50	19	300	0	0	線形	—
			粘性土	50	18	300	0	0	線形	—

※1)  $V_s = a \cdot N^{0.5} \cdot D^{-0.5} \cdot c$ ; N: N値, Dは地表面からの深度, a~c:係数, 永田他(2007)  
 ※2) 安田先生提案式 ※3) 土質定数整理結果  
 ※4) 七号地層は、N<sub>1</sub>値とした。

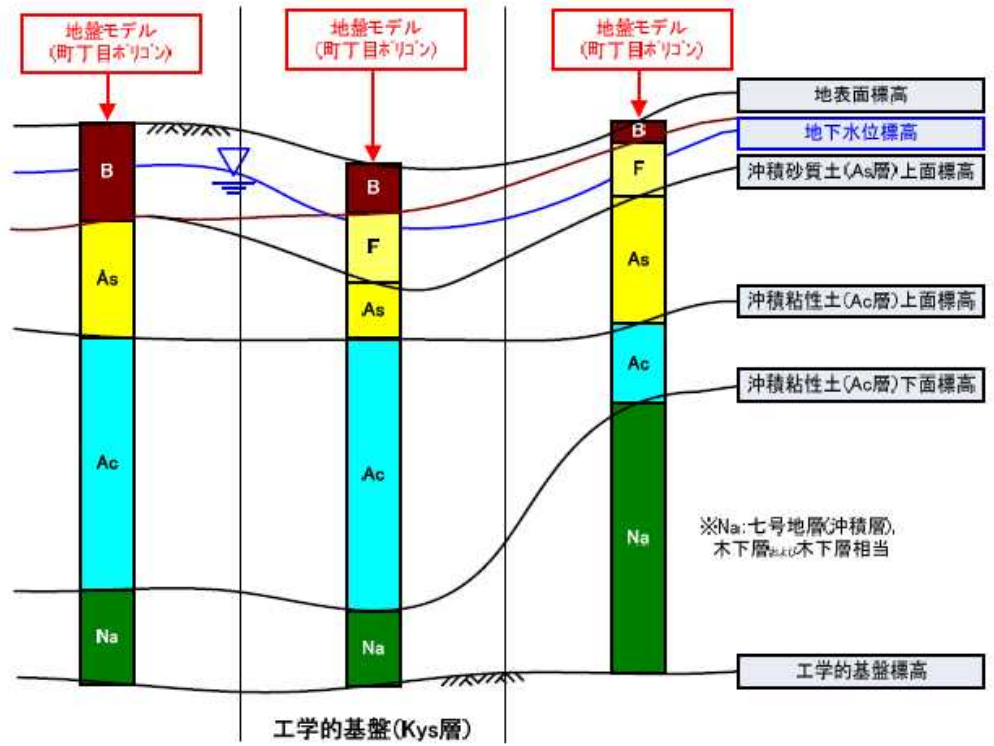


図-2 地盤モデルの作成方法

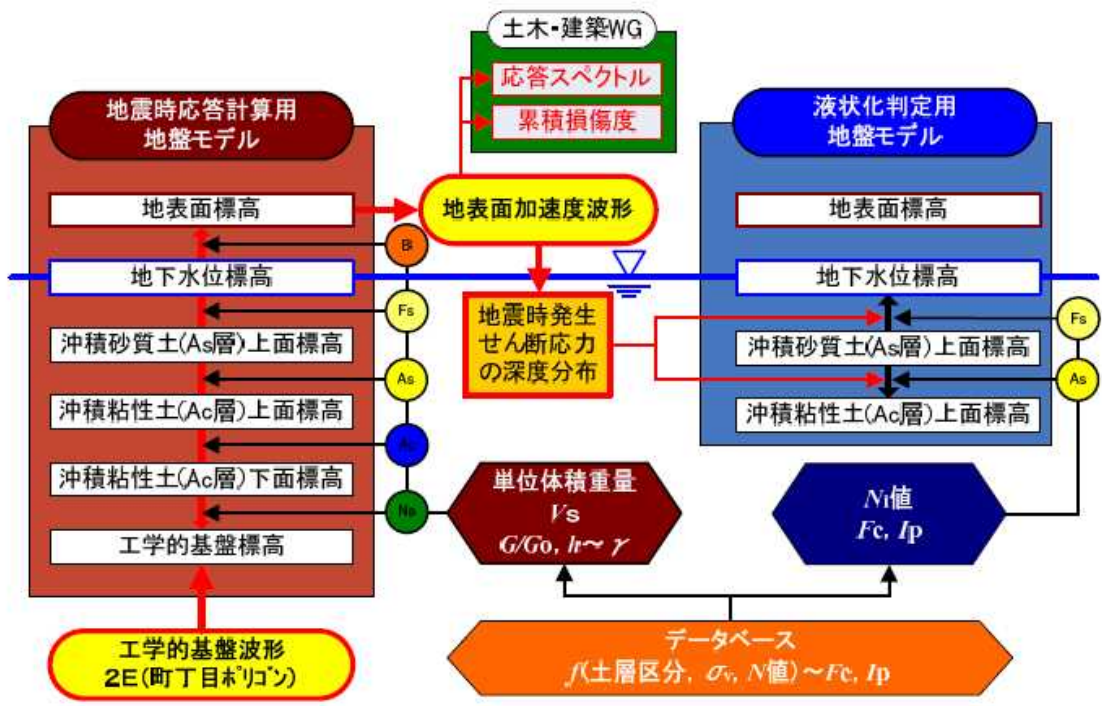
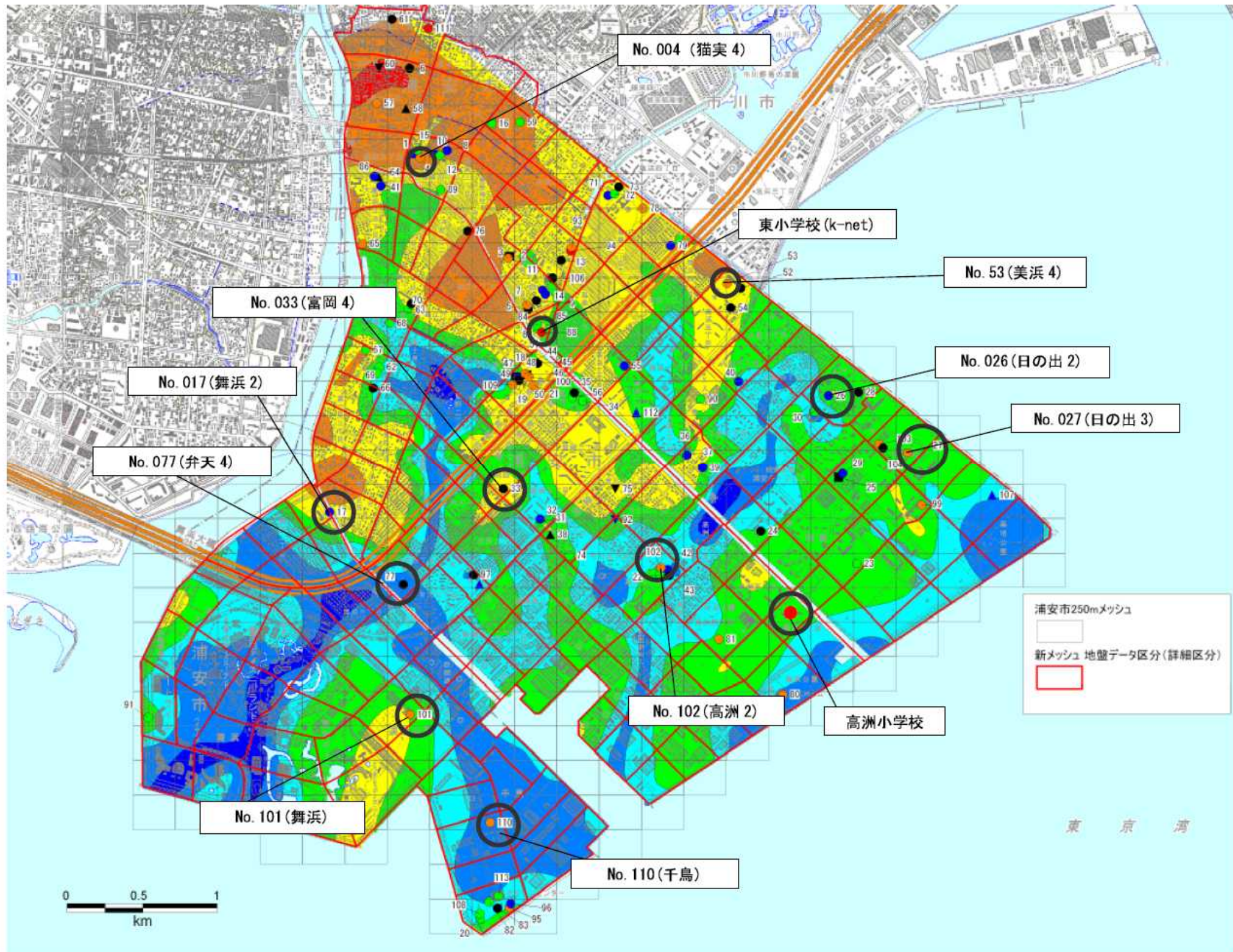


図-3 液状化マップ見直し作業の基本方針(レベル2地震動の想定)



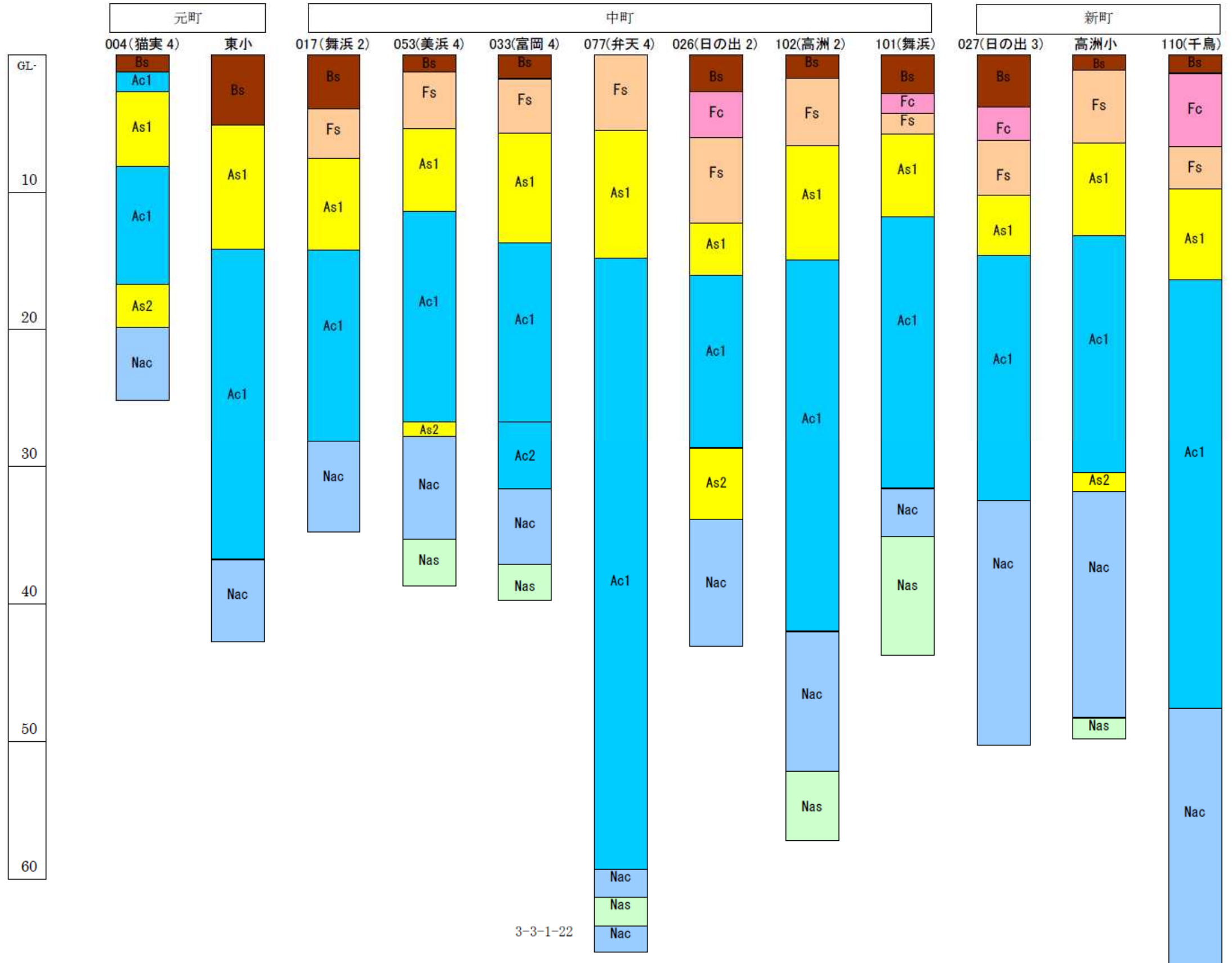
【I-4.4】 代表地点における液状化危険度評価 位置図





# I-4 液状化危険度マップの作成

【I-4.4】 代表地点における液状化危険度評価 地盤モデル





【I-4.4】 代表地点における液状化危険度評価 地盤モデルおよび解析結果

311地震(本震)

表-1 地盤モデル (高洲小学校)

地点名	高洲小学校		
孔口標高 T.P.m	3.82		
地下水位 GL-m	1.4		
土層区分	下端深度 (m)	層厚 (m)	Vs (m/s)
Bs	1.1	1.1	93
Fs	2.75	1.65	93
	4.05	1.3	100
	6.4	2.35	95
As1	13.1	6.7	124
Ac1	30.4	17.3	133
As2	31.75	1.35	161
Nac	35.8	4.05	190
	39.8	4	289
	48.2	8.4	188
Nas	49.75	1.55	388
Kys			388

表-2 地盤モデル (東小学校 k-net 地点)

地点名	東小学校		
孔口標高 T.P.m	2.54		
地下水位 GL-m	2.5		
土層区分	下端深度 (m)	層厚 (m)	Vs (m/s)
Bs	2.5	2.5	160
	5.2	2.7	110
As1	7.2	2	150
	10.8	3.6	160
Ac1	14.2	3.4	110
	23.7	9.5	110
Nac	27.8	4.1	170
	36.8	9	140
Nac	39.6	2.8	150
	42.8	3.2	180
Kys			300

2011年3月11日 14時46分 38.0N 142.9E 24km M9.0

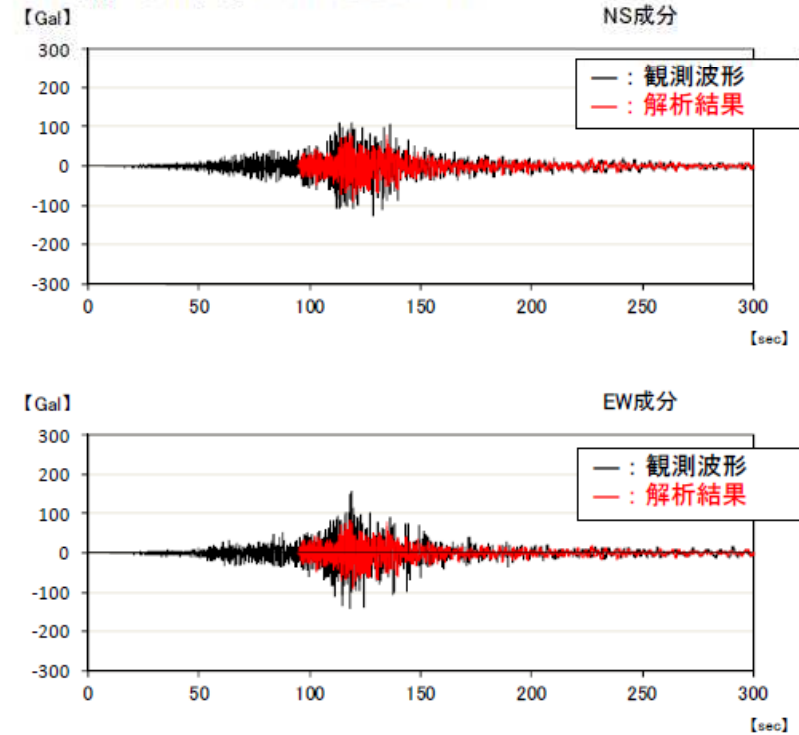


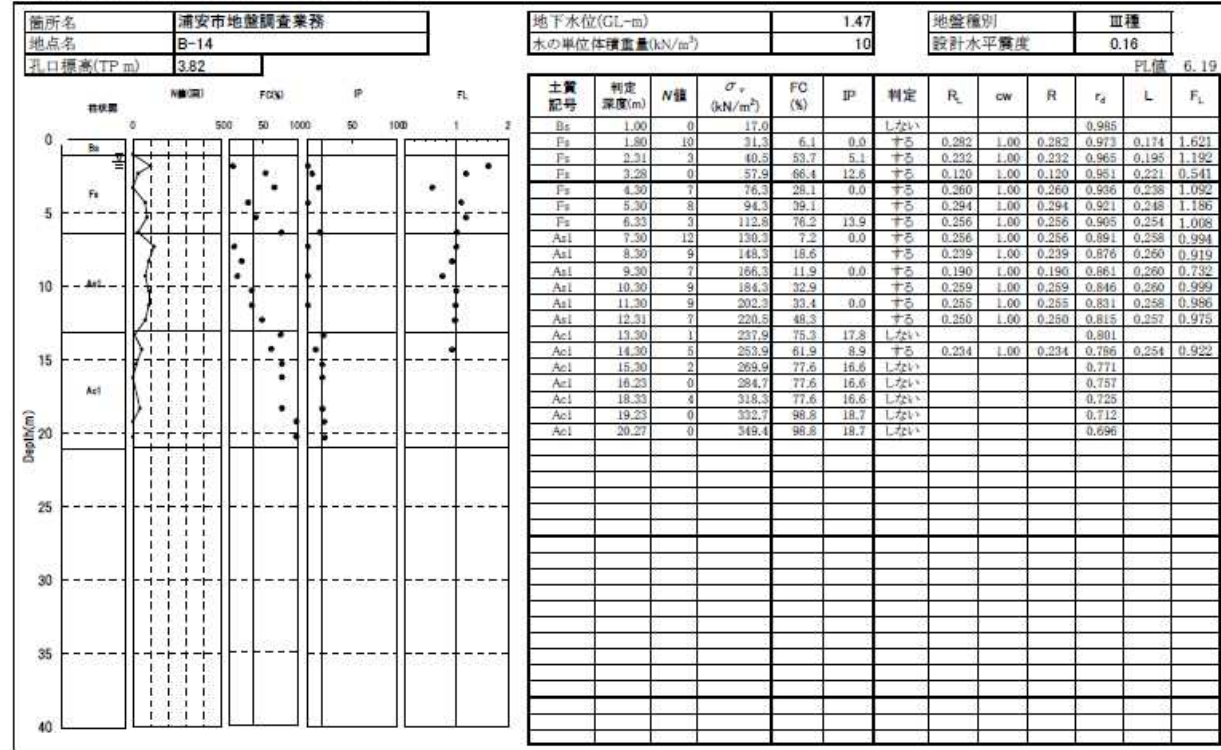
図-2 観測記録と DYNEQ による試算結果の比較 (東小学校 k-net 地点)

# I-4 液状化危険度マップの作成

地盤WG

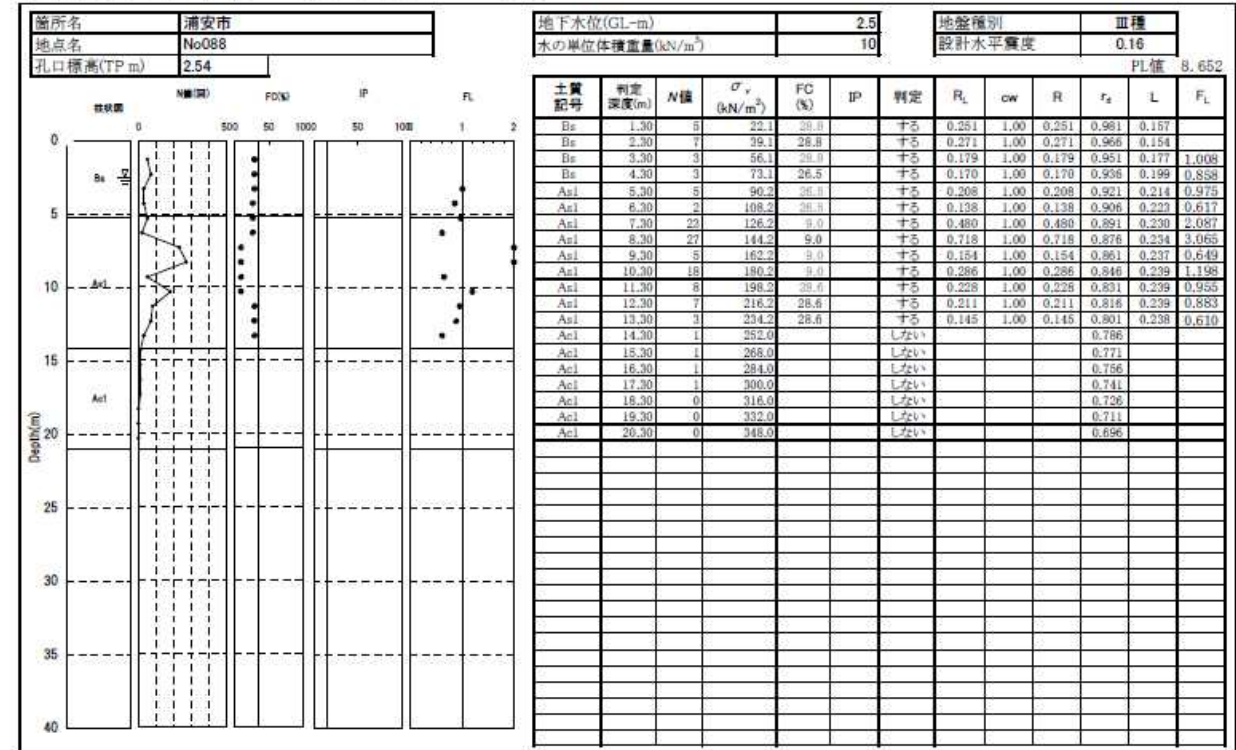
## 【I-4.4】 代表地点における液状化危険度評価 液状化判定結果

道路橋示方書に準拠 高洲小学校

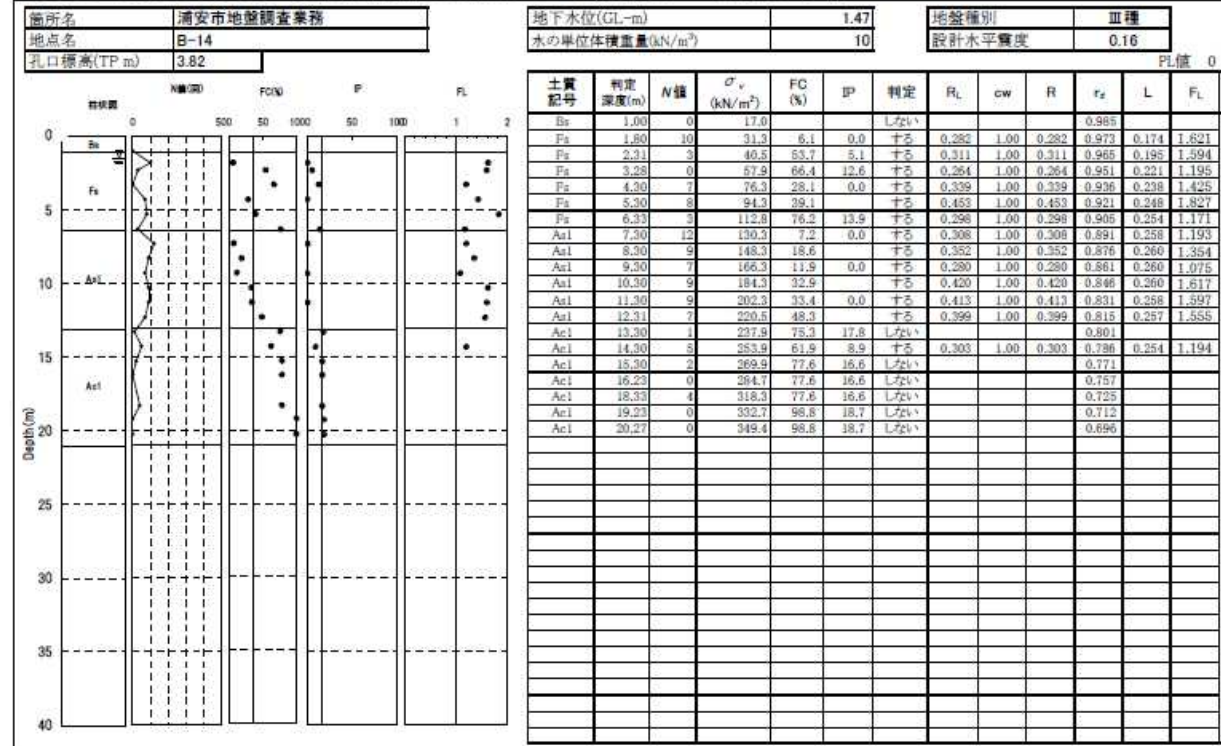


## 311地震(本震)

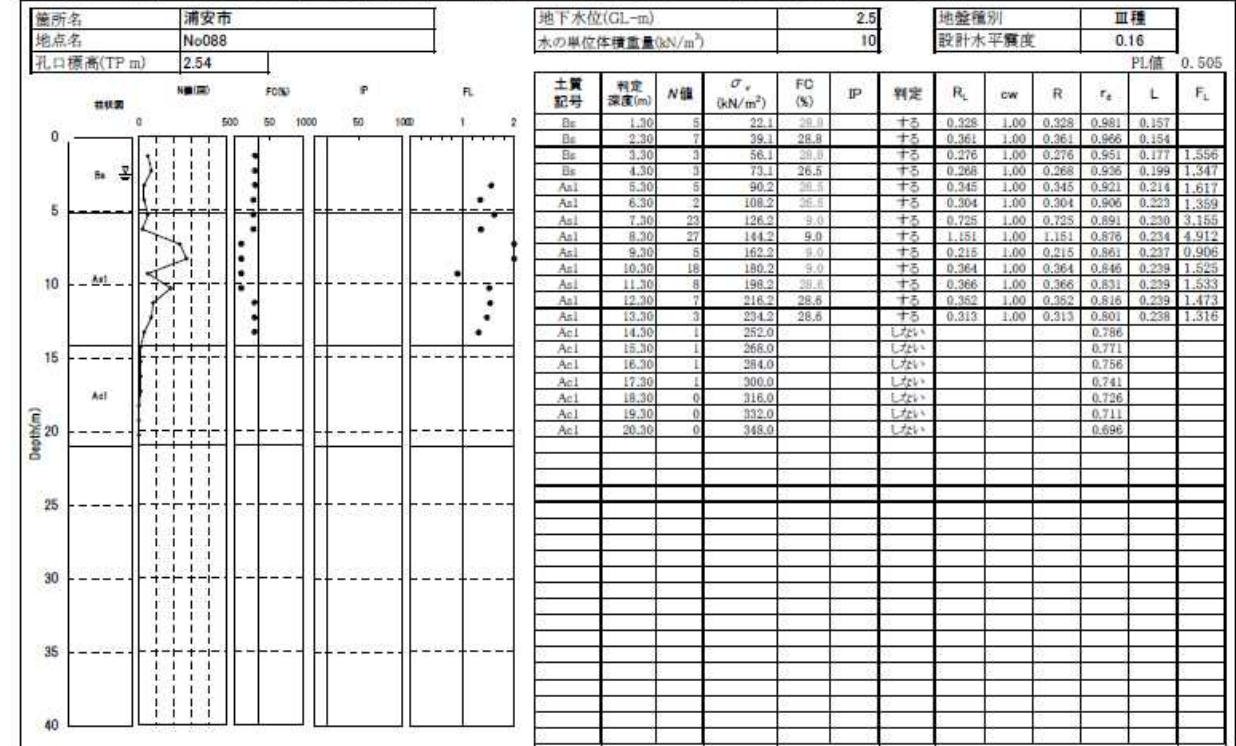
道路橋示方書に準拠 東小学校(k-net 地点)



安田先生提案式および室内試験結果を考慮して  $R_L$  を設定 高洲小学校



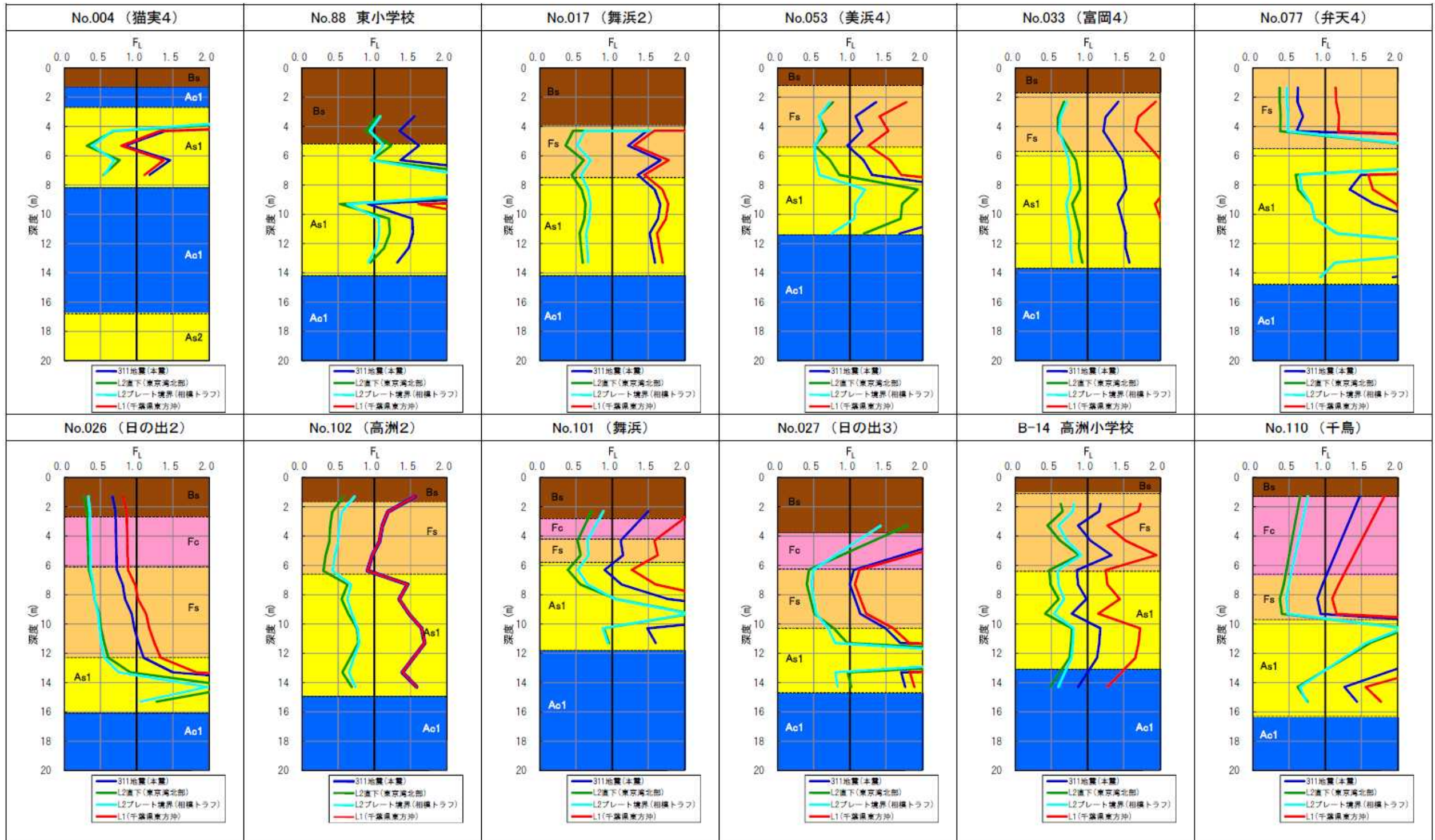
安田先生提案式および室内試験結果を考慮して  $R_L$  を設定 東小学校(k-net 地点)





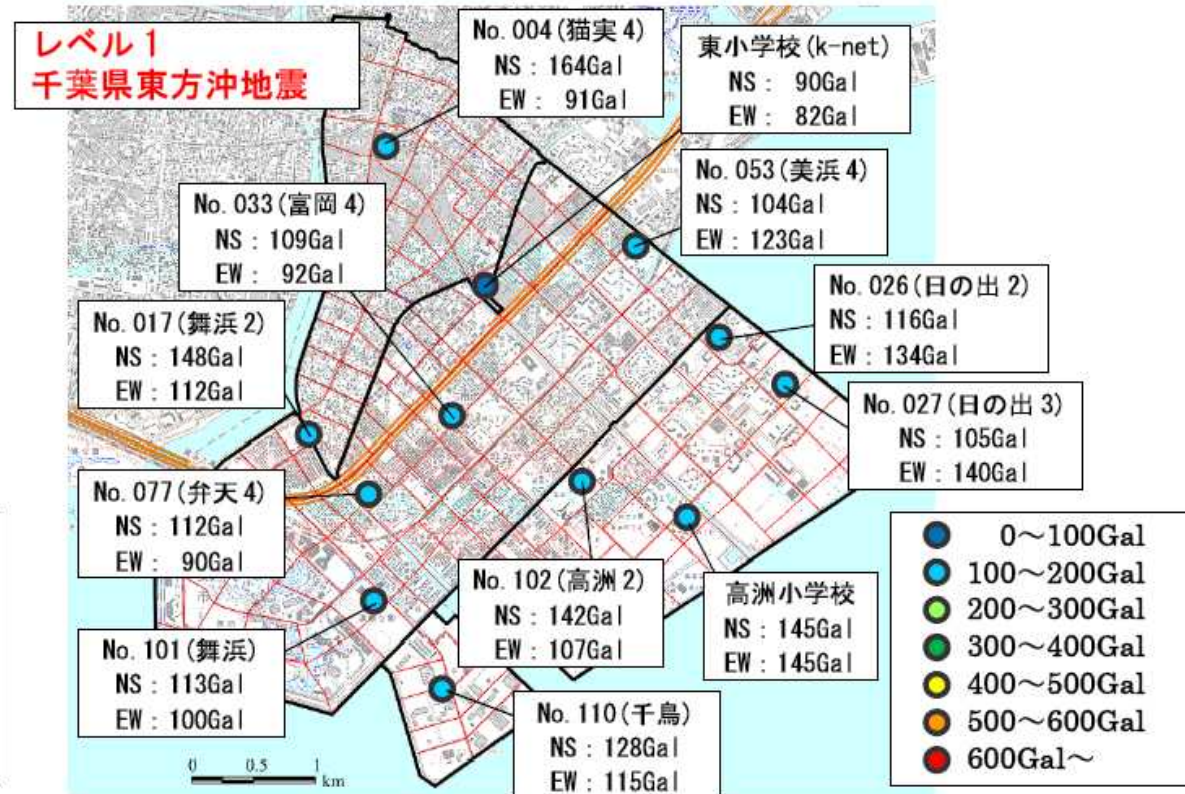
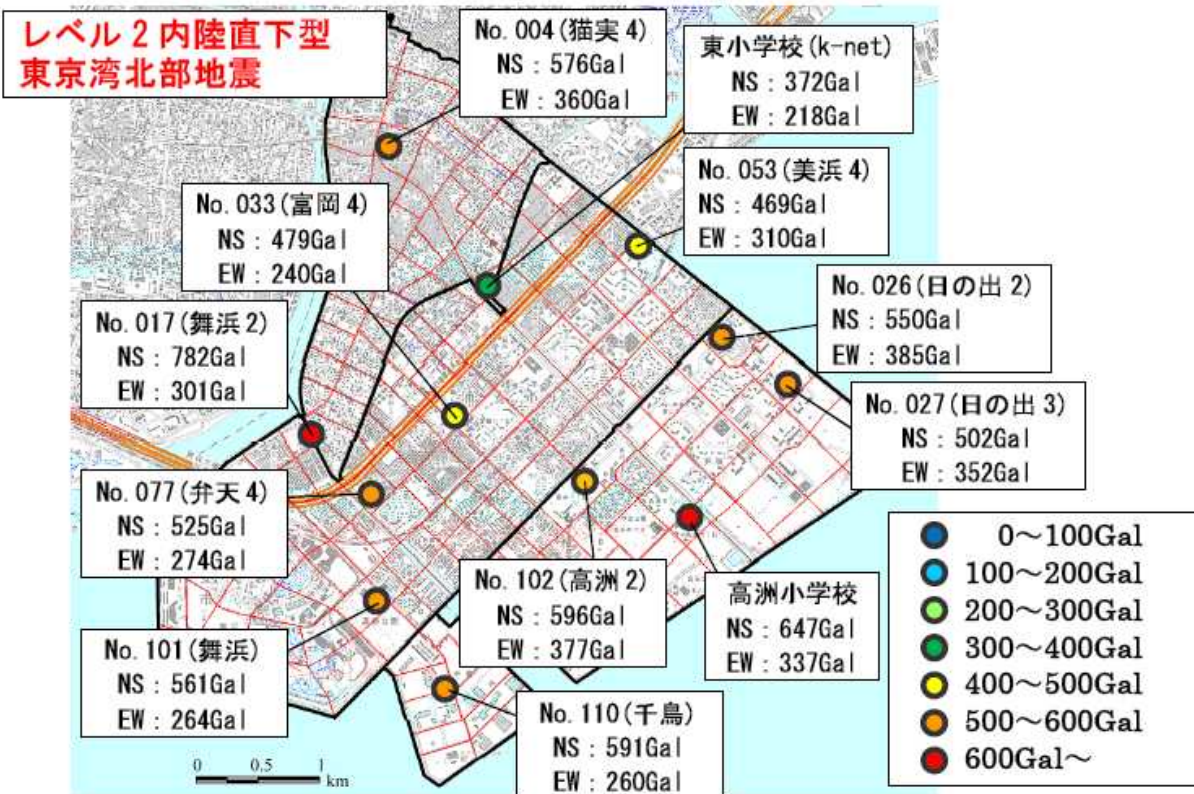
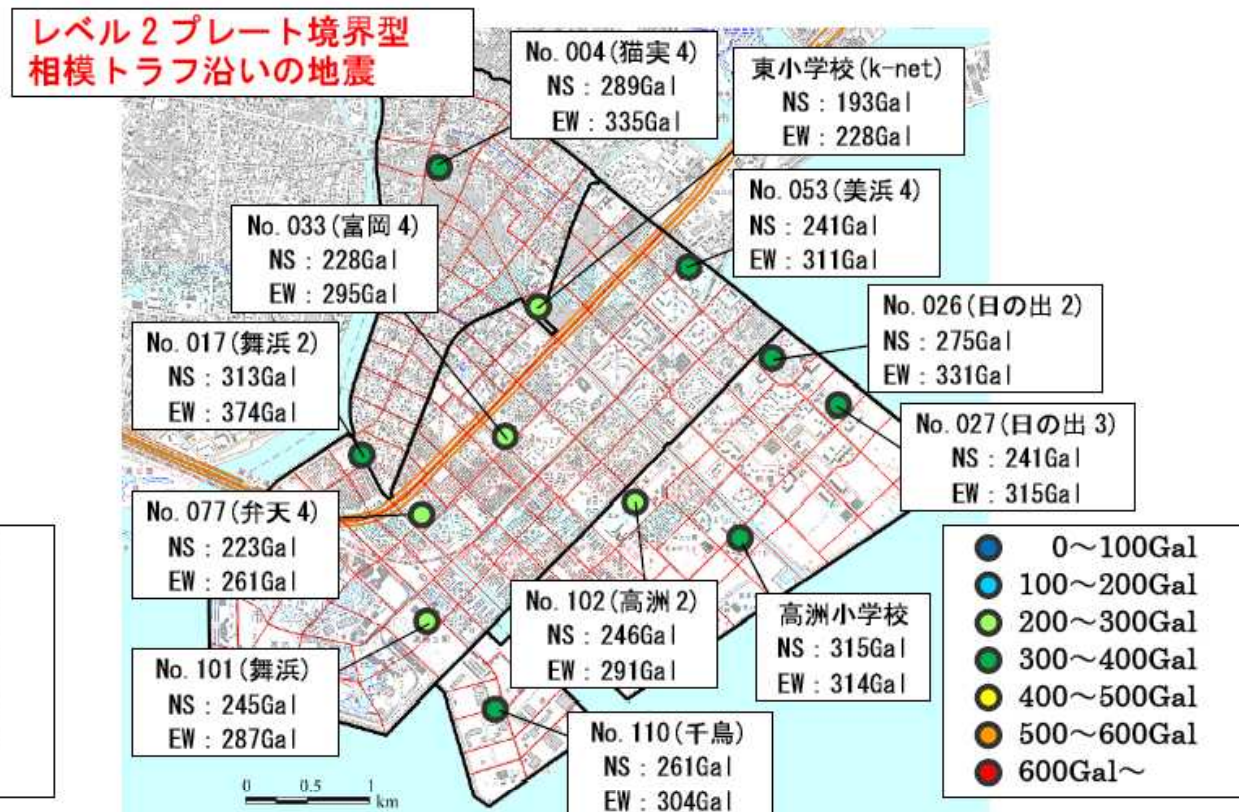
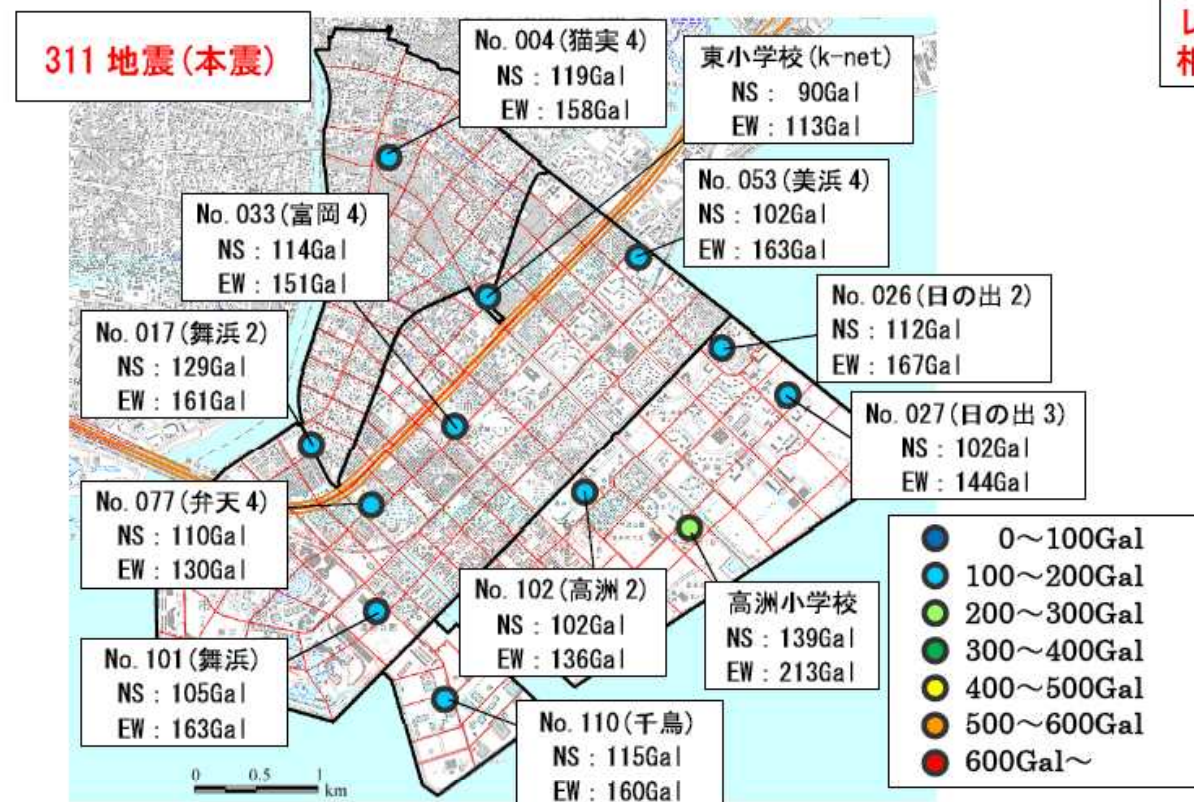
# I-4 液状化危険度マップの作成

【I-4. 4】 代表地点における液状化危険度評価 液状化判定結果





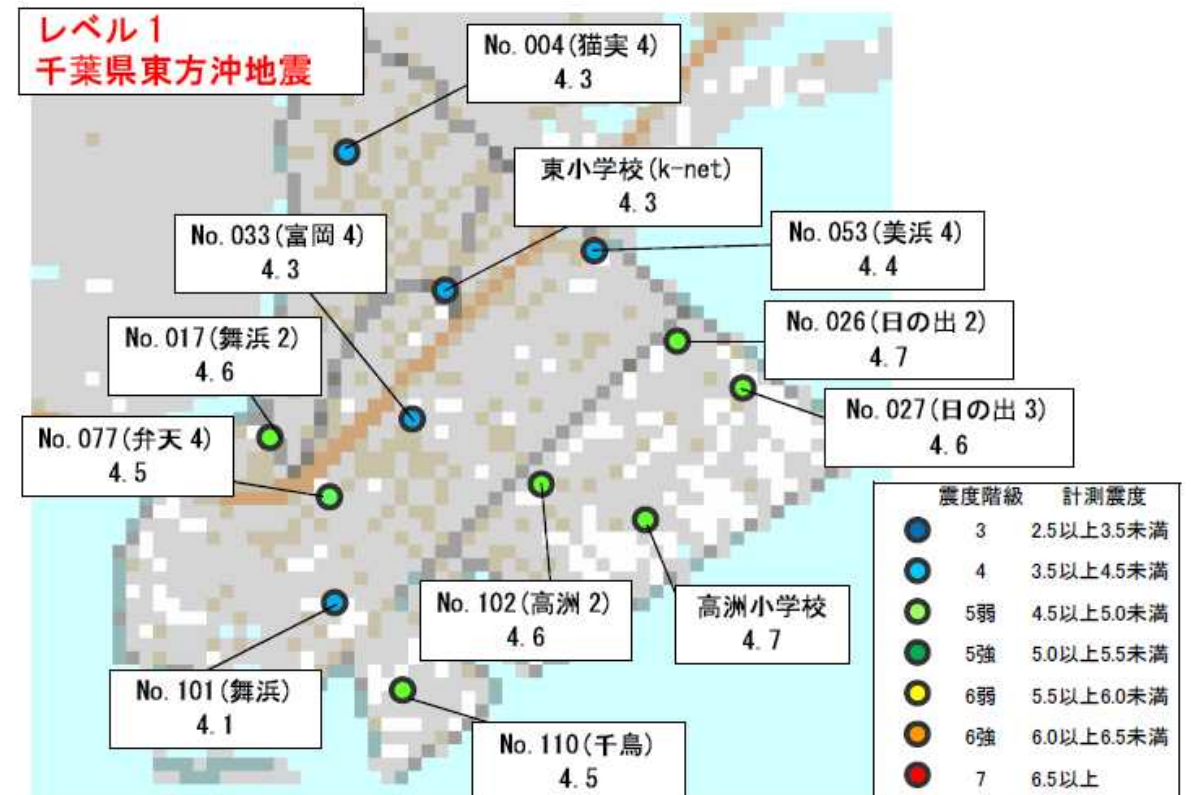
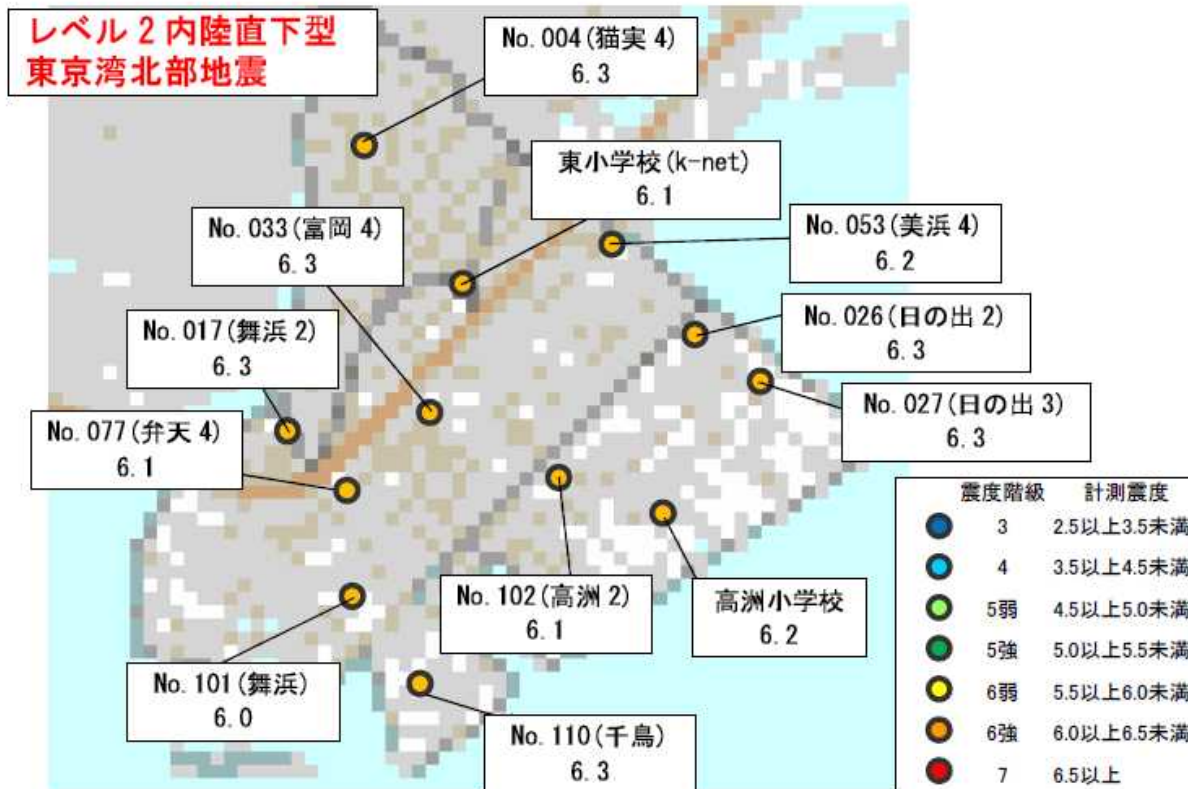
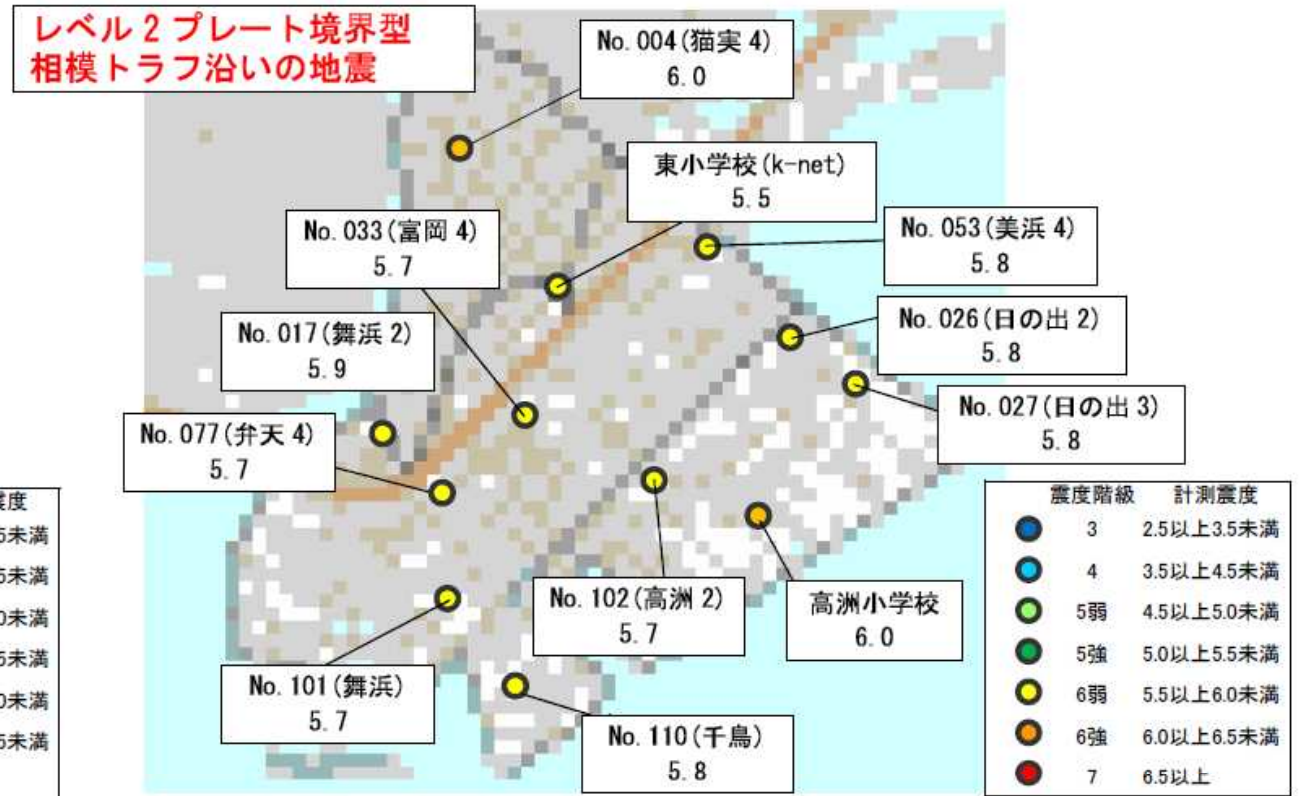
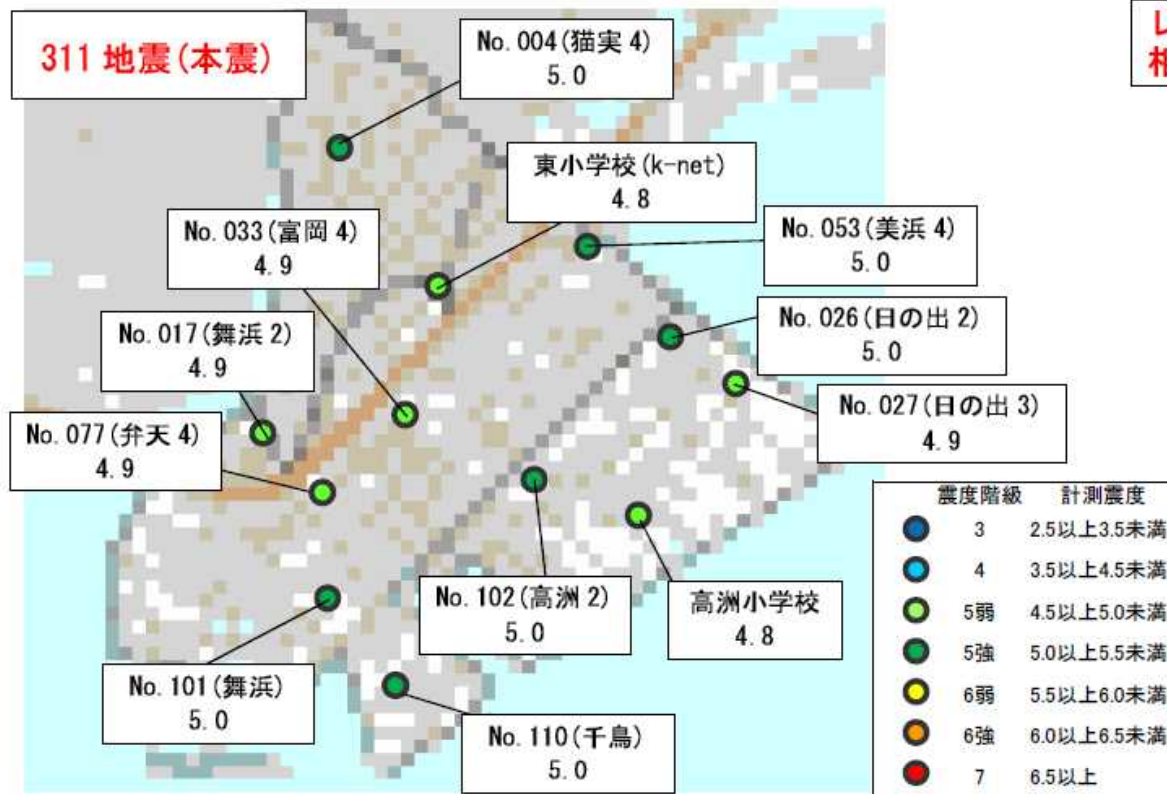
【I-4. 4】 代表地点における液状化危険度評価 地表最大加速度分布図





# I-4 液状化危険度マップの作成

【I-4.4】 代表地点における液状化危険度評価 計測震度分布図





## 建築WG調査項目

- III-1: 戸建て住宅、集合住宅（マンション、タウンハウス）、小・中学校、集会所等公共施設の被害状況の整理と素因分析
- III-2: 今回の地震の評価、技術基準レベルで設定している、地震レベルの整理
- III-3: 現在に基準レベルに基づくレベルⅠ、レベルⅡ、レベルⅡ超地震動による宅地の再液化化の判定
- III-4: 小規模建築物向け液状化工法の分類・整理

## 建築WG経過報告

### 調査経過報告

1. 被害状況の把握（戸建て住宅、公共施設、マンション等）(III-1)
2. 杭基礎の健全性評価・被害調査計画(III-1)
3. 微動観測、余震観測(III-2)
4. 建物被害・地盤沈下と液状化予測の関係(III-3)
5. 戸建て住宅等の傾斜修復方法・液状化対策(III-4)
6. 今後の検討課題(III-5)

### 中間報告

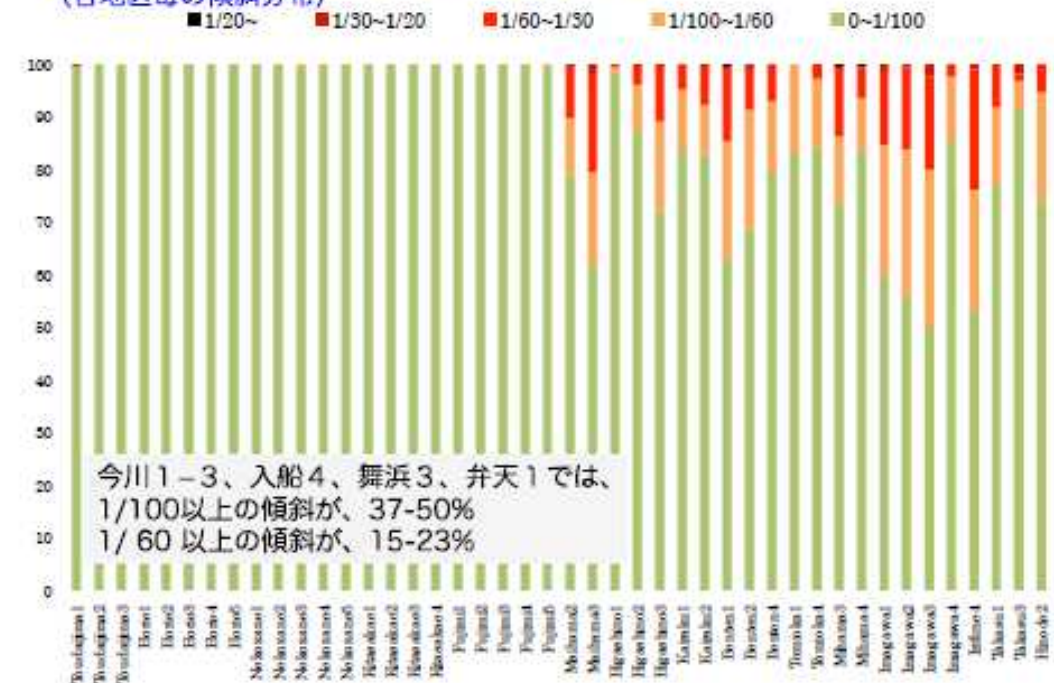
- 課題(III-1) 建築物の被害状況の整理と素因分析についての中間報告(資料III-1)
- 課題(III-4) 液状化沈下復旧対策・液状化対策についての中間報告(資料III-4-1~III-4-6)

### 添付資料

- 学校棟の沈下計測結果（資料1）
- 杭基礎の健全性評価（資料2）

### III-1-2 戸建て住宅の被害状況調査-2

(各地区毎の傾斜分布)





### III-1-3 戸建て住宅の傾斜方向調査

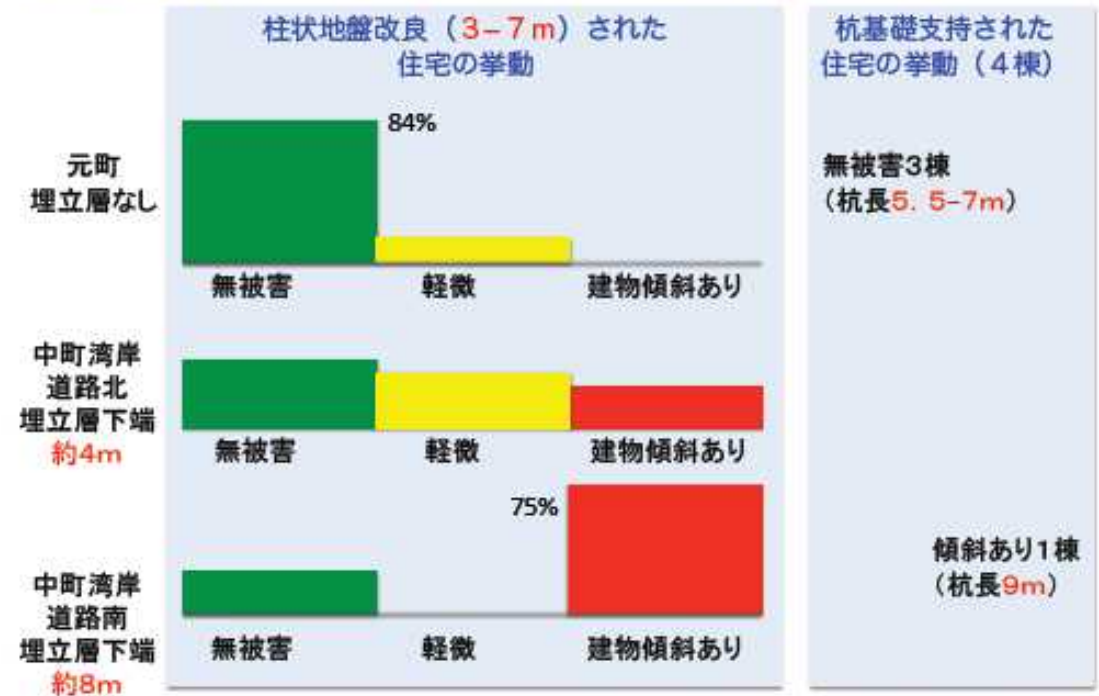
浦安市で液状化・傾斜被害があった地区の約9,000棟で実施。



傾斜方向の例

3Dレーザー測量及び家屋の傾斜方向調査から、多くの家屋が直近の隣接家屋方向または道路と反対側に傾斜している傾向が確認された。

### III-1-4 柱状改良された地盤または杭に支持された戸建て住宅の挙動



液状化層(埋立層)の下部地盤まで地盤改良や杭先端が十分届いていない場合に被害が認められる傾向。さらに、データを収集して検討。

### III-1-5 支持杭建物・摩擦杭建物の相対沈下挙動の調査

液状化した敷地内に存在する支持杭建物・摩擦杭建物の相対沈下量を測定 (入船南小学校・中学校、明海小学校・幼稚園)



入船中学校校舎棟(支持杭、パイロフローテーション)



入船中学校武道棟(摩擦杭、地盤改良なし) 中学校校舎に対して約80mm沈下



明海小学校校舎(支持杭、地盤改良なし)



屋内運動場棟(摩擦杭、地盤改良なし) 小学校校舎に対して42-66mm沈下



明海幼稚園校舎(摩擦杭、地盤改良なし) 小学校校舎に対して14-22mm沈下

### III-1-6 杭基礎の健全性調査

調査済み：入船南小学校、高洲小学校

- 1) 杭頭目視調査
- 2) IT試験
- 3) 先端杭支持基礎と摩擦杭基礎の相対沈下測定



入船南小学校 (PHC、地盤改良有り)

調査計画中：運動競技場他1施設

- 1) 杭頭目視調査
- 2) IT試験
- 3) 孔内カメラ測定
- 4) 孔内傾斜計測定



高洲小学校 (SC+PHC、地盤改良なし)



III-1-7 杭の健全性調査—入船南小学校  
(杭基礎+地盤改良：杭頭無被害、IT試験結果健全)



III-1-8 杭の健全性調査—高洲小学校  
(杭基礎、地盤改良無し：パイルキャップに若干の剥離あり、IT試験結果健全)



III-1-9 建設中の杭被害例（浦安市運動陸上競技場）  
(赤の矢印が杭頭変位と変位方向を示す。数字は変位置で単位はmm)



No.45-48



No.54

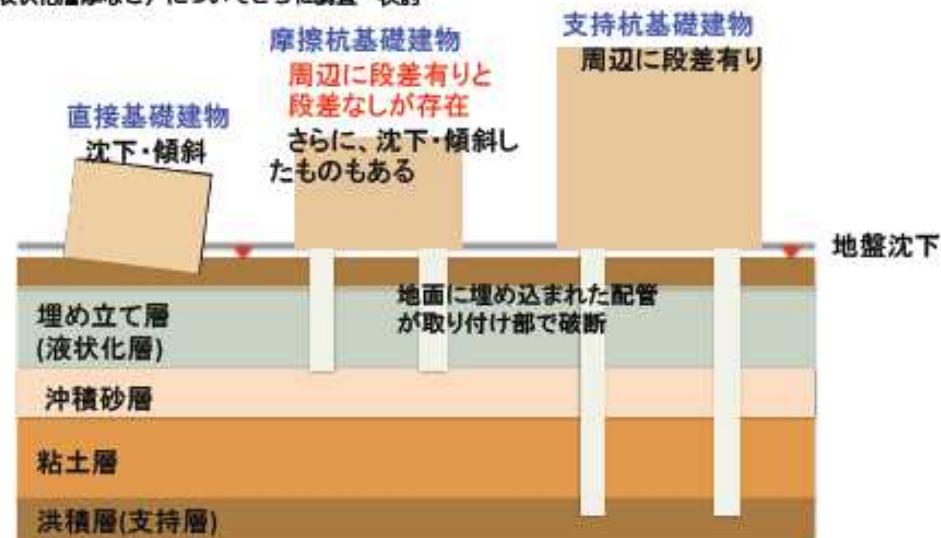


単位:mm

施工中で杭頭が基礎に繋がれていない杭および杭頭が基礎に繋がれている杭が地盤変形の影響で大きく移動し被害を受けている可能性が高い。詳細調査計画中。

III-1-10 戸建て住宅・公共施設・マンション等の被害状況調査結果

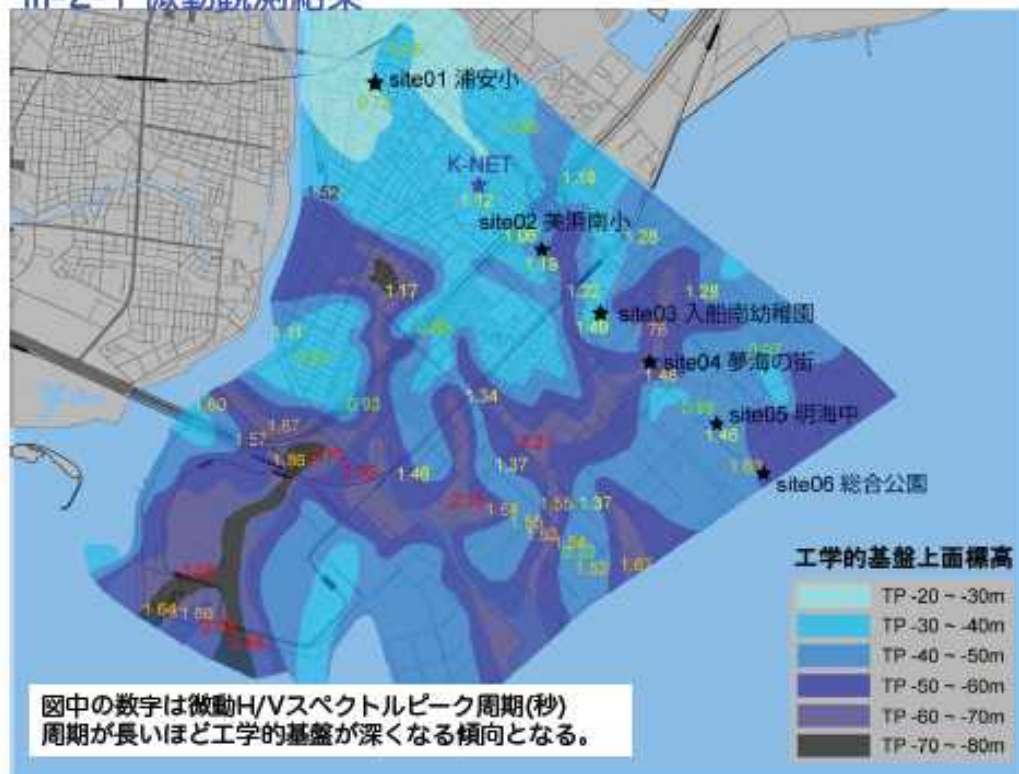
市内全域の戸建て住宅の被害状況（傾斜角、傾斜方向などを含む）を把握  
地盤改良を施した戸建て住宅の挙動について調査継続  
教育施設等に加えて、47主要公共施設等について調査  
民間マンションの被害状況を整理中（54団地から協力）  
公共施設2棟の杭基礎の健全性について調査。被災した杭について調査予定  
摩擦杭基礎建物の挙動の違い（周辺に段差ができたもの段差無しのもの存在する）に影響を与えた要因（杭長、液状化層厚など）についてさらに調査・検討



典型的な被害の模式図



### III-2-1 微動観測結果



### III-2-2 余震観測の概要

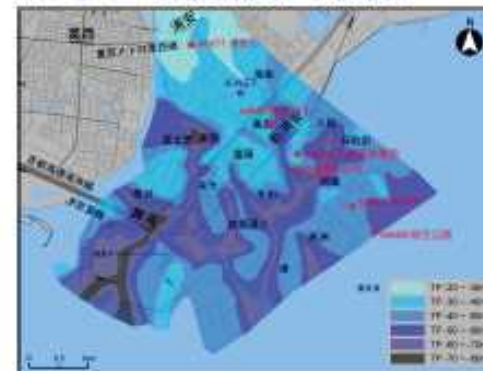


図1 余震観測地点と微動H/Vスペクトル卓越周期(图中数字)及び軟弱層埋深(浦安市ホームページより)



図2 地震計設置状況(総合公園)

観測地点	観測方向	観測時刻	観測値
site01 浦安小	南北	08:30:00	0.12
		08:30:05	0.15
		08:30:10	0.18
	東西	08:30:00	0.10
		08:30:05	0.13
		08:30:10	0.16
site02 美浜南小	南北	08:30:00	0.11
		08:30:05	0.14
		08:30:10	0.17
	東西	08:30:00	0.09
		08:30:05	0.12
		08:30:10	0.15
site03 入船南幼稚園	南北	08:30:00	0.13
		08:30:05	0.16
		08:30:10	0.19
	東西	08:30:00	0.11
		08:30:05	0.14
		08:30:10	0.17
site04 夢海の街	南北	08:30:00	0.14
		08:30:05	0.17
		08:30:10	0.20
	東西	08:30:00	0.12
		08:30:05	0.15
		08:30:10	0.18
site05 明海中	南北	08:30:00	0.15
		08:30:05	0.18
		08:30:10	0.21
	東西	08:30:00	0.13
		08:30:05	0.16
		08:30:10	0.19
site06 総合公園	南北	08:30:00	0.16
		08:30:05	0.19
		08:30:10	0.22
	東西	08:30:00	0.14
		08:30:05	0.17
		08:30:10	0.20

表1 地震記録取得状況(6月22日まで)

図1に示すsite01からsite06の6地点に図2のような地震計を設置し、余震観測を行っています。防災科学技術研究所の強震観測網K-NET(図1の青い星印)と直線に並ぶように設置して、地震動特性と被害状況、地盤特性などがどのように関係しているかを明らかにすることを目的としています。

図1には図1に示す地点以外にも観測点があります。M9.0, M8.0については観測開始後の地震動が、観測開始後の地震動により、観測値もより変動が多くなっています。

### III-2-3 余震観測結果の例

日時:2011年8月31日18時33分 震源:東京湾 マグニチュード:4.5 浦安市震度:2

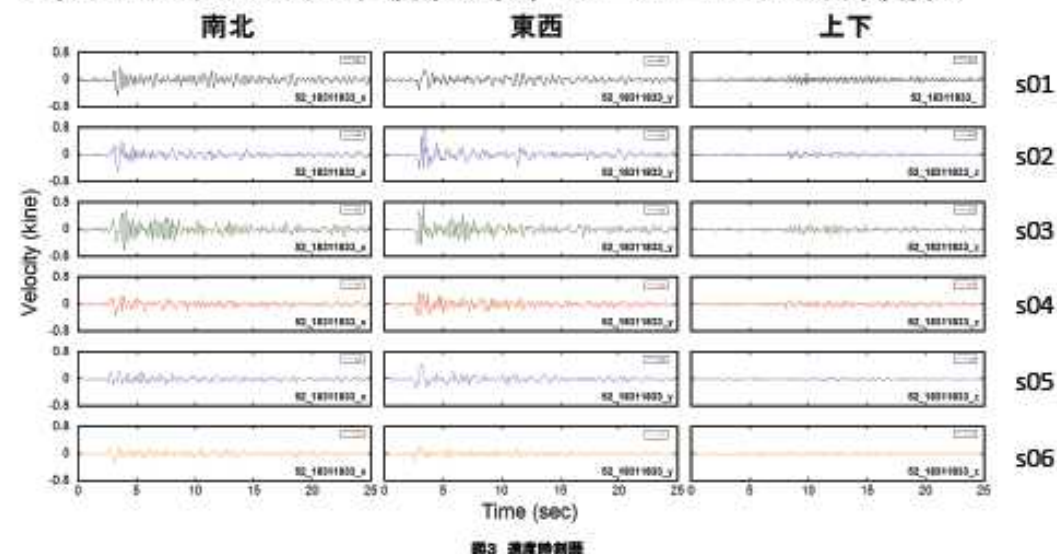
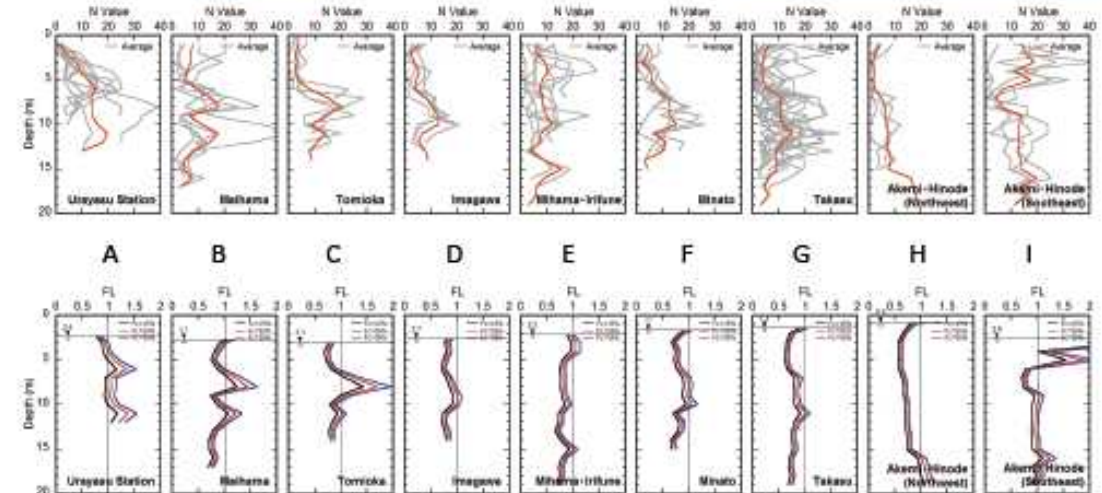


図3に地震時の速度時刻歴を示します。同図から場所や方向により揺れかたや振幅が異なることがわかります。今後も継続的に観測を行って有効な地震記録を増やし、様々な解析を行うことで各地点の地震動と液状化被害がどのように関係しているか検討していく予定です。

### III-3-1 各地区のN値の深度分布と液状化安全率

既往のボーリングデータにより液状化判定(建築基礎構造設計指針)を実施。  
 Acc: 2.0m/s<sup>2</sup>  
 M 9.0  
 Fc: 15%, 25%, 35%





### III-3-2 実測沈下量と推定沈下量（建築基礎構造設計指針のS）の関係

	推定値S(cm)									実測値(cm)		
	Fc=15%			Fc=25%			Fc=35%			Max.	Av.	Min.
	Max.	Av.	Min.	Max.	Av.	Min.	Max.	Av.	Min.			
Urayasu Station	19	9	3	14	6	2	11	5	2	0	0	0
Maihama	30	25	18	22	18	13	17	14	10	-	-	-
Tomioka	22	18	17	16	13	12	13	10	9	30	26	15
Imagawa	30	23	16	22	16	11	18	12	9	50	22	5
Mifune, Irifune	36	32	4	26	23	3	21	18	2	45	19	7
Minato	41	26	17	31	19	13	25	15	10	60	22	5
Takasu	49	38	9	37	28	7	30	23	5	50	23	2
Akemi, Hinode (Northwest)	56	44	45	43	33	32	35	27	27	65	32	3
Akemi, Hinode (Southeast)	23	17	15	19	11	11	15	9	9	15	8	2

各地区の実測地盤沈下量と建物被害との関係を検討

### III-3-3 細粒分含有率等の情報を持つ地盤データ（地盤WG資料約50地点）に対する液状化判定と地盤沈下量推定結果（建築基礎構造設計指針のS）



元町の非液状化地域でも液状化と判定された地点が多く、やや安全側の評価。中町、新町ではすべて液状化と判定され、沈下量は5-41cm。今後更に検討。各地区の推定地盤沈下量Sと建物被害との関係を検討予定。

### III-4 小規模建物の修復方法・液状化対策工法

傾斜した建物の修復方法についてヒアリング・現地調査なども含めて整理・精査中（別添資料参照）

既設・新設建物の液状化対策についても整理・精査中（別添資料参照）

宅地全体に対する合理的な液状化対策について今後の検討課題を整理中（別添資料）

### III-5-1 今後の調査検討項目

- ・ 戸建て住宅、公共施設、マンション等の地区別被害状況整理の継続 (III-1)
- ・ 戸建て住宅に対する地盤改良対策等の実績と地震時挙動の調査・整理の継続(III-1)
- ・ 杭基礎の健全性評価、被害要因・今後の対策等の検討(III-1)
- ・ 今回の地震の評価、技術基準で設定している地震レベルの整理 (III-2)
- ・ 地盤データN値に基づく既往の液状化予測の妥当性の検討：実測沈下量と液状化予測結果（推定地盤沈下量）との関係(III-3)
- ・ 実測沈下量、推定沈下量と建物被害との関係に関する検討、想定地震に対する液状化予測 (III-3)
- ・ 地盤データCPTに基づく液状化予測と建物被害との関係(III-3)
- ・ 戸建て住宅の沈下傾斜復旧方法、地盤改良対策の整理(III-4)
- ・ 宅地全体に対する液状化対策の検討(III-4)