

第 4 回 浦安市市街地液状化対策検討委員会

---

第 2 グループの格子状地盤改良設計(富岡一丁目他)

平成 27 年 7 月 31 日

## 目次

1. 格子状地盤改良工法の実績・効果と課題の説明	1
2. 設計で求められている性能を満足するために必要な規定値	2
3. 設計で採用する地震動	3
4. 設計解析で用いる地盤条件設定の説明	6
5. 被災状況との整合性確認	9
6. 調査結果を基にした改良仕様設定	14
7. 富岡 1 丁目 2-21 街区の設計	17

**巻末資料 【設計での解析および遠心模型振動実験に関する用語説明】**

1 格子状地盤改良工法の実績・効果と課題の説明

- ① 浦安市の液状化対策事業に格子状地盤改良工法を適用した場合、既設住宅の下に格子壁を施工できない制約を受けます。
- ② 格子状地盤改良で対策を行うと、格子壁で囲まれた地盤内では地震時に発生するせん断応力が低減されます。その効果で液状化の発生を抑制することができます。
- ③ 阪神大震災(1995)、東日本大震災(2011)時に、格子状地盤改良による液状化対策が採用されていた建物で、液状化による被害がなかったことが報告されています。

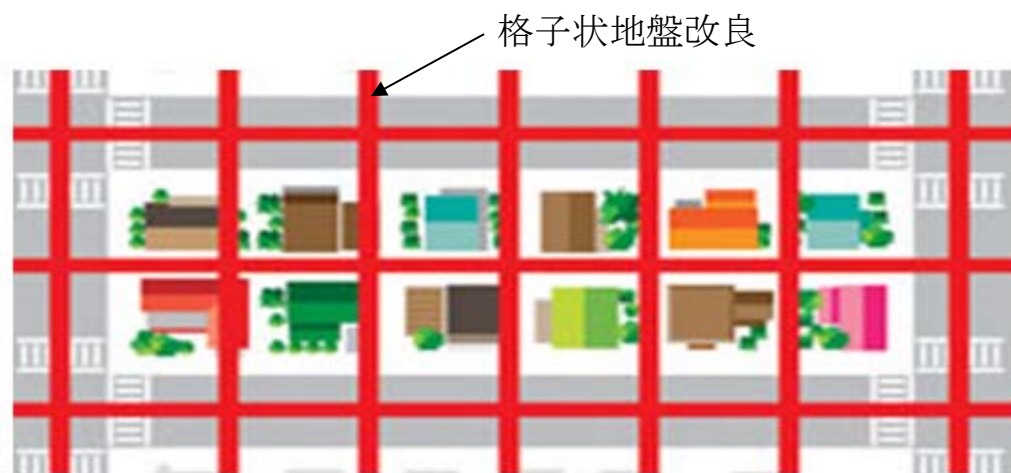


図-1.1 浦安市の液状化対策事業での格子状地盤改良工法の適用イメージ

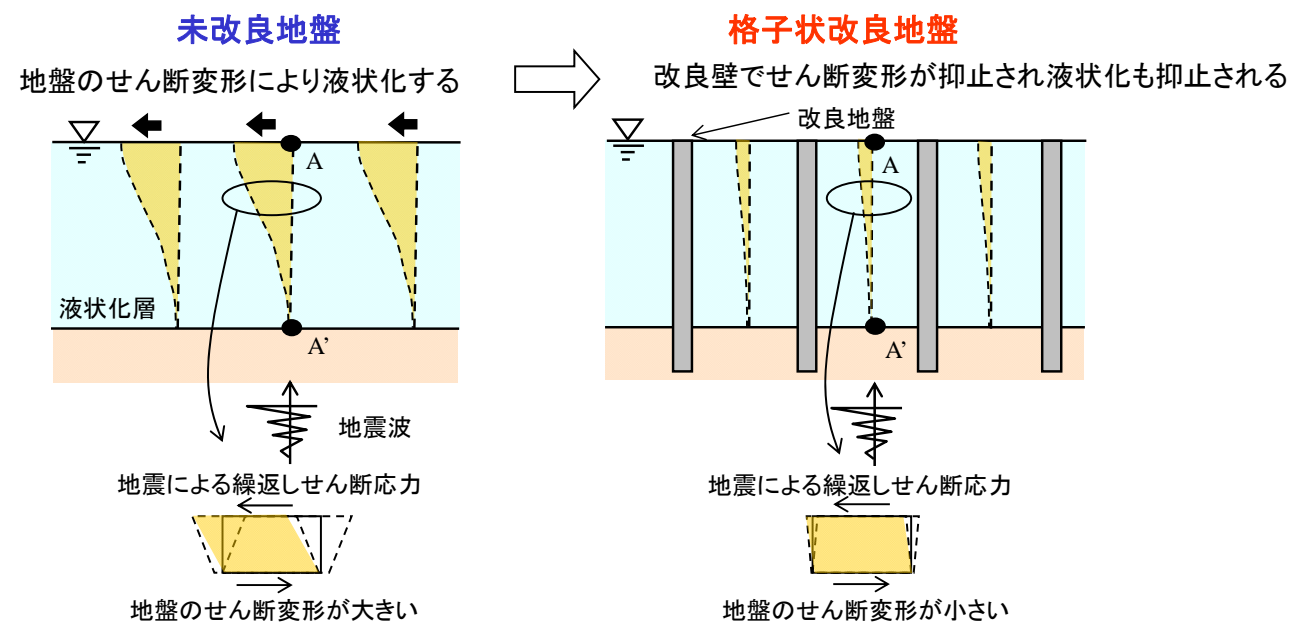


図-1.2 格子状地盤改良の液状化抑制原理

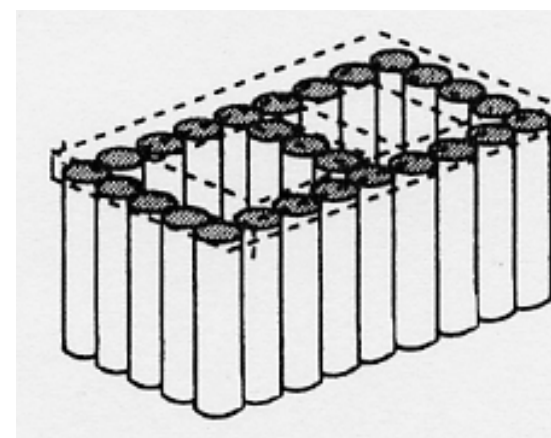


図-1.3 格子状地盤改良

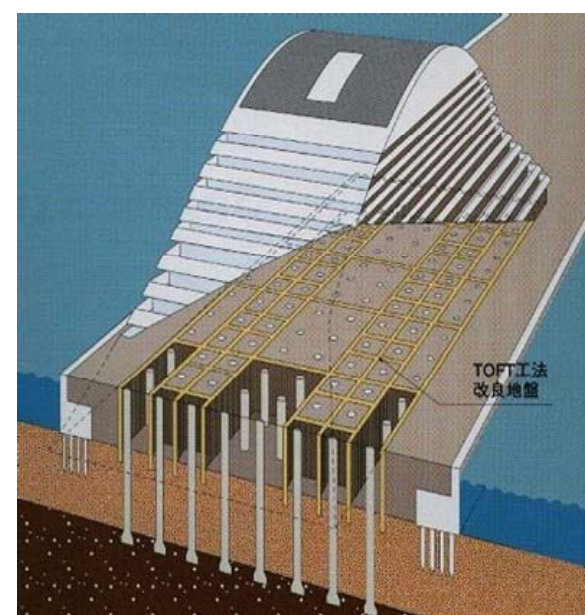


図-1.4 格子状地盤改良で液状化対策されていた建物  
(阪神大震災時に被害なし、隣接する無対策の岸壁は液状化により崩壊)

2 設計で求められている性能を満足するために必要な規定値

浦安市市街地液状化対策事業で求められている要求性能は次の2項目です。

- ① 東北地方太平洋沖地震の本震(マグニチュード Mw9.0)の浦安市における地震動(対策対象地震動)に対して、液状化による顕著な被害が生じない(原則として地盤全層にわたるような液状化が発生しない)こと。
- ② レベル2地震動(直下型地震による大きな地震動、マグニチュード Mw7.5、地表面加速度 350Gal 程度の地震動)に対して、地震後も対策対象地震動に対して、液状化による顕著な被害が生じない格子状改良体としての対策効果が保持されていること。

上記要求性能に対して採用する設計指標と性能規定値を表-2.1のように設定しました。

表-2.1 設計指標と採用する性能規定値

設計地震動	要求性能	性能規定値
対策対象地震動	液状化による顕著な被害が生じない	①液状化層全層でFL>1.0 場合によって ②Dcy ≤ 5cmかつ 地表面からの非液状化層厚さH1 対策後 H1 ≥ 5m
レベル2地震動	格子状改良体としての対策効果の保持	改良体発生せん断応力 ≤ 改良体のせん断強度

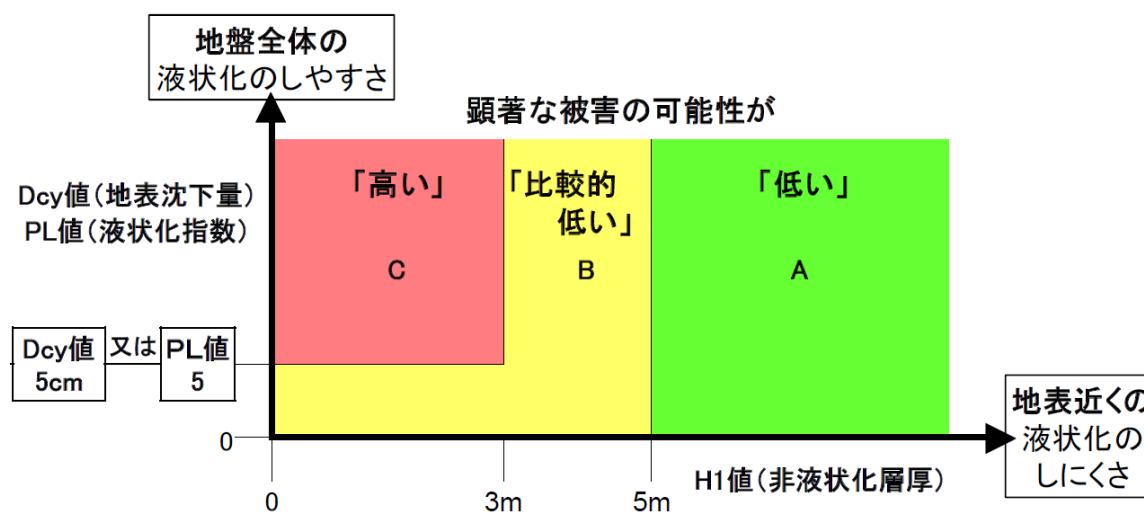


図-2.1 国土交通省の「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針(案)」の概要より



3 設計で採用する地震動

- ① 入力地震動は工学的基盤での地震波として規定します。
- ② 採用する地震波を表-3.1に示します。
- ③ 第2グループ3地区の基盤に入力する地震動の振幅を表-3.5に示します。

設計解析では入力された地震動に対する応答値を使って液状化発生可能性の評価をします。入力で用いる地震動について説明します。

3.1 採用地震波

表-3.1 設計で採用する地震波

設計地震動	地震波	マグニチュード、最大加速度
対策対象地震動	夢の島観測波(2011. 3. 11 観測)	Mw9.0
レベル1地震動	告示レベル1	Mw7.5
レベル2地震動	東京湾北部地震模擬波	Mw7.3

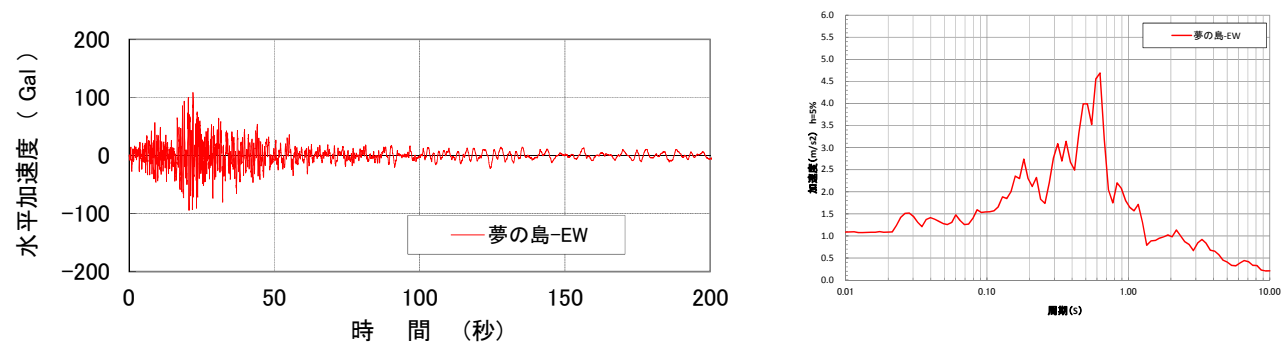


図-3.1 対策対象地震動(夢の島観測波)の時刻歴図と加速度応答スペクトル

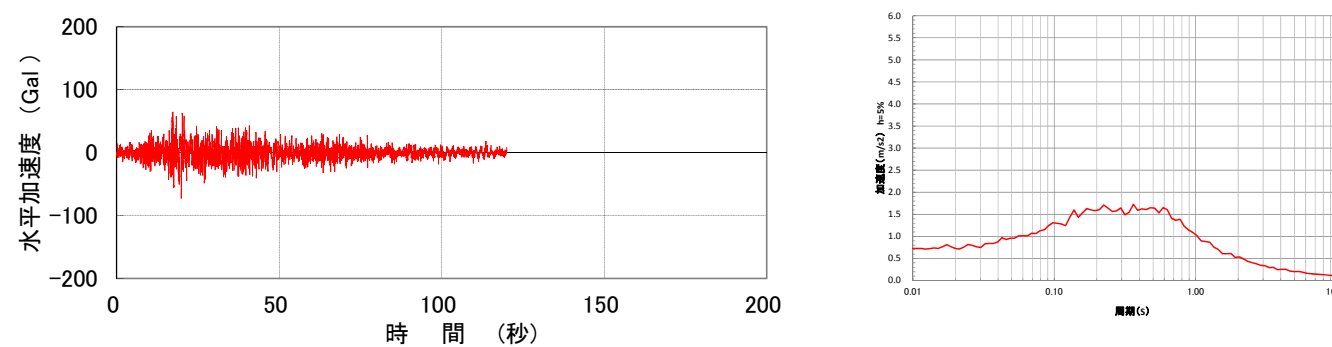


図-3.2 レベル1地震動の時刻歴図と加速度応答スペクトル

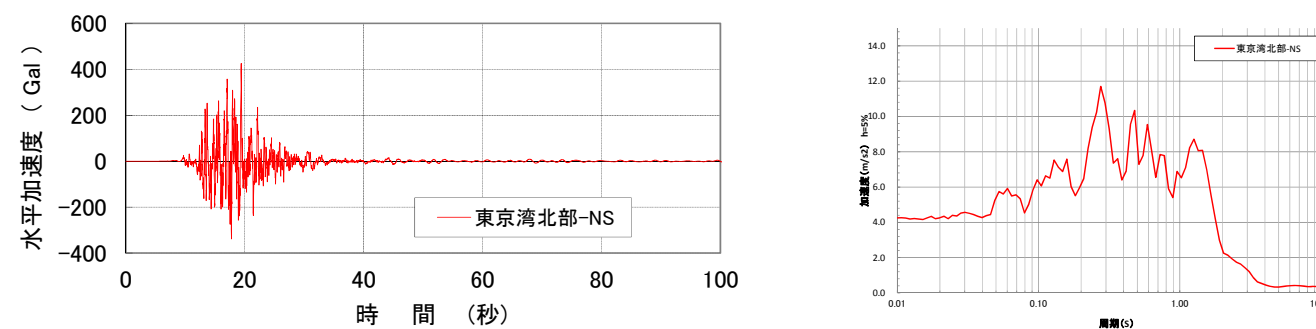


図-3.3 レベル2地震動の時刻歴図と加速度応答スペクトル

3.2 対策対象地震動(夢の島観測波)の最大振幅の設定

設計で用いる東日本大震災クラスの地震動の大きさを決めるプロセスの説明です。

(1) K-NET 浦安観測点(地表面)での観測波と解析結果の比較



図-3.4 K-NET 浦安観測地点

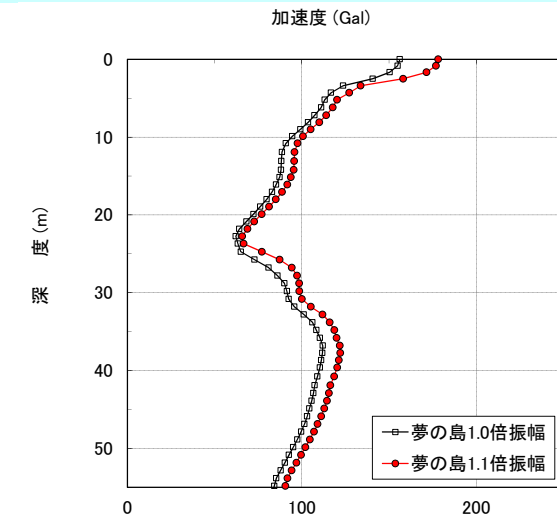


図-3.5 加速度最大値の深度分布比較

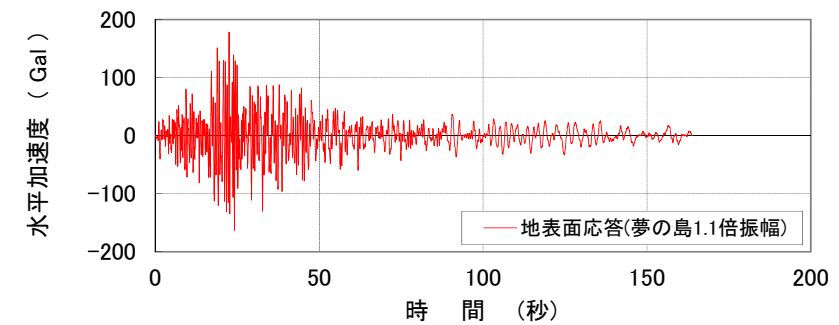


図-3.6 1次元等価線形解析で求めた地表面応答加速度時刻歴(夢の島1.1倍振幅)

表-3.2 K-NET 浦安観測地点の地層区分

層下端深度 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m <sup>3</sup> )	※動的変形特性
2.5	90	1.85	Fs
5.2	100	1.6	Fs
7.2	170	1.65	As1
10.8	170	1.95	As1
14.2	170	2	As1
23.7	170	1.8	Ac2
27.8	170	1.9	As2
36.8	140	1.8	As3
39.6	150	1.65	Dc
41.9	180	1.7	Dc
57.8	300	1.95	Ds
61.1	290	1.8	Dc
69.4	310	1.9	Ds
72.3	320	1.75	Dc
80.8	350	1.9	Ds
基盤層	410	1.95	

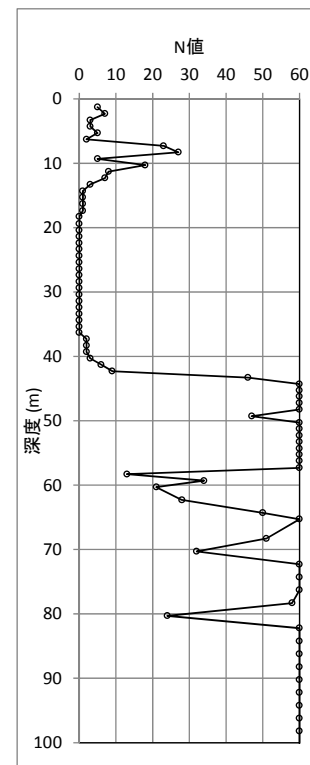


表-3.3 加速度と速度の最大値比較

		加速度 (Gal)	速度 (cm/s)
観測結果	K-NET浦安波(EW)	157.7	27.24
解析結果	夢の島1.0倍入力	156.2	23.14
	夢の島1.1倍入力	178.2	25.30
	夢の島1.3倍入力	190.5	34.76

※弁天二丁目は1.3倍入力、他4地区は1.1倍入力を設計振幅とする。

表-3.4 第1グループ基盤に入力する2E波の振幅一覧

該当地区	地層区分	Vs (m/s)	夢の島波に対する振幅倍率		
			夢の島波振幅 1.0倍入力	夢の島波振幅 1.1倍入力	夢の島波振幅 1.3倍入力
美浜三丁目	Ds2層	310	1.32	1.47	1.57
弁天二丁目	Ds2層	310	1.32	1.47	1.57
今川三丁目	Dc2層	320	1.22	1.36	1.44
今川二丁目	Ds3層	350	1.15	1.27	1.35
舞浜三丁目	Ds-L層	400	1.00	1.10	1.30

## (2) 第2グループの入力地震動(対策対象地震動)の振幅設定

表-3.5 第2グループ(3地区)基盤に入力する2E波の振幅一覧

該当地区	地層区分	Vs(m/s)	基盤に入力する夢の島波の振幅倍率
富岡一丁目	Ds-L層	464	1.0
入船四丁目	Ds-L層	557	1.3
東野三丁目	Ds-L層	490	1.3

4 設計解析で用いる地盤条件設定の説明

① 2014年度の地質調査結果を基に解析で使用するパラメータを設定します。

表-4.1 各種解析パラメータの設定法

解析パラメータ	解析種別	設定根拠	設定単位
単位体積重量	等価線形	平成26年度地質調査の物理試験結果より設定	地層毎 (5地区共通)
	有効応力		
ポアソン比	等価線形	平成26年度地質調査のPS検層結果より設定	地層毎 (各地区で設定)
	有効応力	・液状化層 静止土圧係数 $K_0=0.5$ より0.33に設定。 ・非液状化層 土質区分により砂質土は0.33程度、 粘性土は0.4程度に設定。	地層毎 (各地区で設定)
$G \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ 曲線	等価線形	平成26年度地質調査の動的変形試験結果より設定	地層毎 (5地区共通)
内部摩擦角	有効応力	平成26年度地質調査結果のCD試験結果より設定	地層毎 (5地区共通)
液状化強度	有効応力	平成26年度地質調査の繰返し三軸試験結果を要素試験シミュレーションによりフィッティング	地層毎 (各地区で設定)

表-4.2 地層毎の単位体積重量(平成26年度地質調査結果より)

	最小値	中央値	最大値	標本数	平均値	標準偏差	標本数	3 $\sigma$ 平均値	採用値
	$\text{kN/m}^3$	$\text{kN/m}^3$	$\text{kN/m}^3$		$\text{kN/m}^3$			$\text{kN/m}^3$	$\text{kN/m}^3$
Fs	17.36	18.87	20.12	42	18.92	0.64	42	18.92	19.0
Fc	15.09	15.23	16.07	5	15.45	0.37	5	15.45	15.5
As1	18.19	19.17	19.96	44	19.11	0.43	44	19.11	19.0
As2	16.55	18.76	20.02	55	18.77	0.66	54	18.81	19.0
Asc	17.33	18.13	18.72	30	18.08	0.35	30	18.08	18.0
Ac1	14.48	16.10	16.75	26	15.86	0.70	26	15.86	16.0
Ac2	15.25	16.06	16.79	9	16.02	0.56	9	16.02	16.0
Acs	16.30	16.74	16.83	3	16.62	0.56	3	16.62	16.5
As3	18.30	19.18	20.06	2	19.18	0.88	2	19.18	19.0
Ap	13.67	14.41	15.15	2	14.41	0.74	2	14.41	14.5
Dc	15.48	16.45	17.43	2	16.45	0.97	2	16.45	16.5
Ds	18.18	18.70	18.95	3	18.61	0.32	3	18.61	18.5
Ac3	-	-	-	-	-	-	-	-	16.5

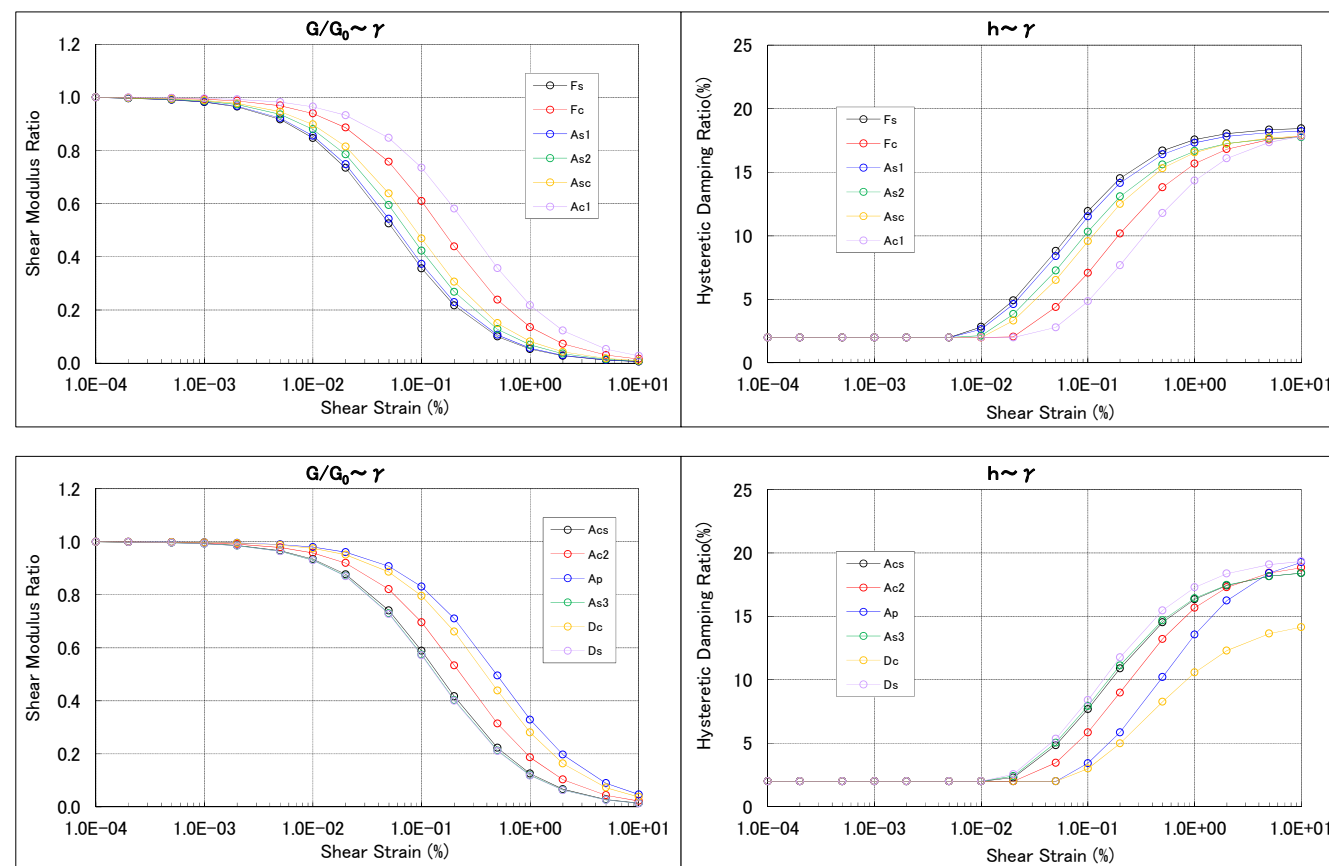


図-4.1 地層毎の $G \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ 曲線(平成26年度地質調査結果より)



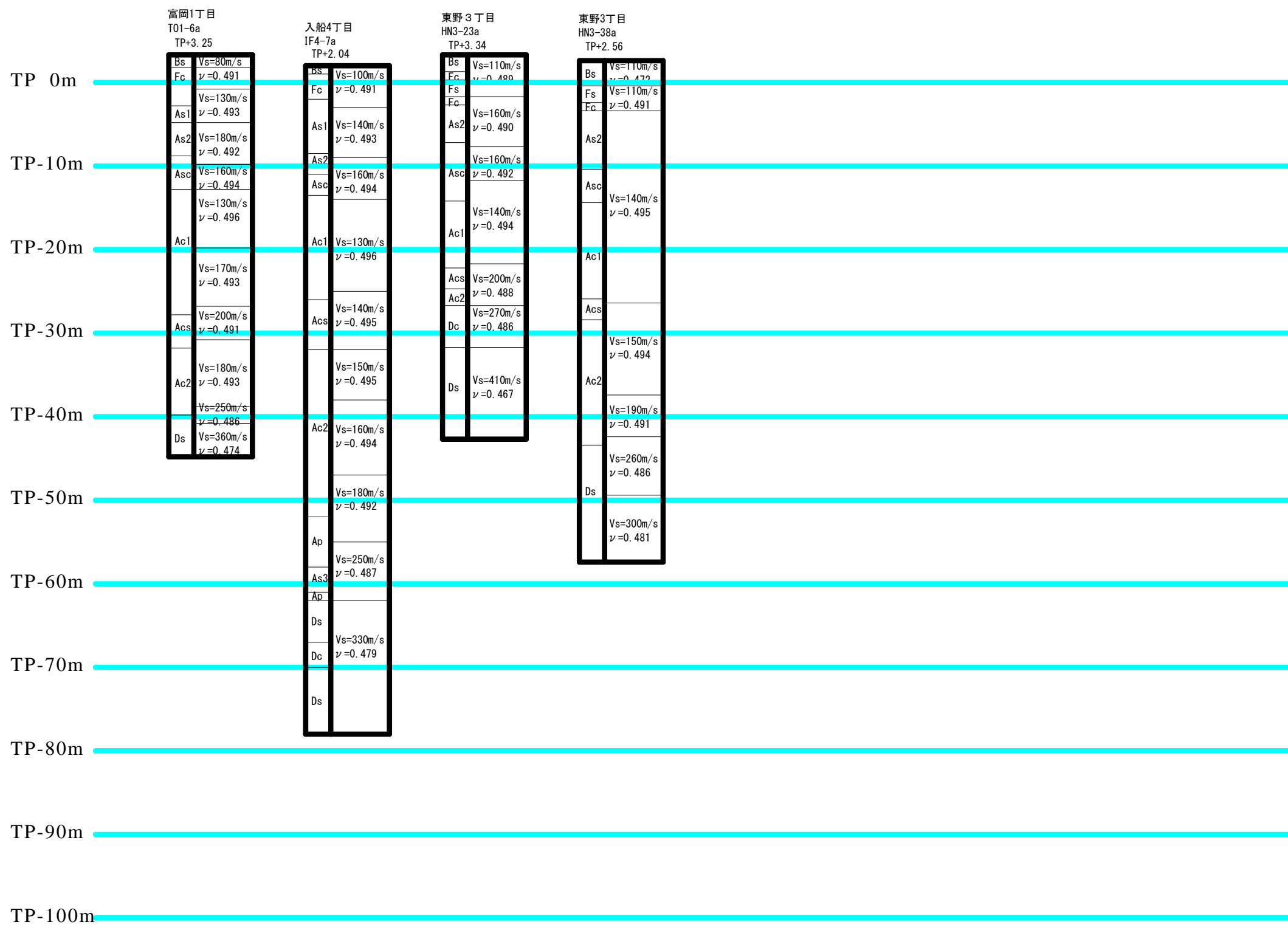


図-4.3 第2グループ3地区のPS検層結果(平成26年度地質調査結果より)

表-4.3 第2グループ3地区の地層毎の  $N_1$  値、FC、 $N_a$  値の一覧

$N_1$ 値	富岡一丁目			入船四丁目			東野三丁目		
	平均値	標準偏差	データ数	平均値	標準偏差	データ数	平均値	標準偏差	データ数
Bs	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fs	3.2	-	1	9.9	4.4	38	9.0	3.8	93
Fc	1.7	2.5	76	3.3	4.2	28	2.9	3.4	79
Fcm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As <sub>1</sub>	8.3	3.3	77	6.1	3.9	92	11.1	4.0	53
As <sub>2</sub>	16.3	5.3	95	12.3	3.4	39	12.7	5.0	221
Asc	5.3	4.9	140	8.7	5.8	76	3.0	2.8	240
Ac <sub>1</sub>	1.1	0.7	45	0.8	0.4	38	0.7	0.3	17

FC値	富岡一丁目			入船四丁目			東野三丁目		
	平均値	標準偏差	データ数	平均値	標準偏差	データ数	平均値	標準偏差	データ数
Bs	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fs	35.6	-	1	31.3	6.3	38	22.9	8.7	93
Fc	88.5	19.7	76	82.7	18.5	28	72.7	27.4	79
Fcm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As <sub>1</sub>	34.1	12.4	77	40.3	11.9	92	30.8	7.3	53
As <sub>2</sub>	23.0	7.1	95	34.6	10.9	39	27.8	7.9	221
Asc	60.2	22.6	140	66.1	20.5	76	65.1	18.4	240
Ac <sub>1</sub>	91.6	9.1	45	87.8	11.3	38	96.5	3.3	17

$N_a$ 値	富岡一丁目			入船四丁目			東野三丁目		
	平均値	標準偏差	データ数	平均値	標準偏差	データ数	平均値	標準偏差	データ数
Bs	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fs	12.7	-	1	19.0	4.4	38	17.1	3.7	93
Fc	12.6	2.5	76	14.2	4.2	28	13.5	3.1	79
Fcm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As <sub>1</sub>	17.6	3.4	77	15.9	3.8	92	20.2	4.2	53
As <sub>2</sub>	24.4	5.5	95	21.7	3.2	39	21.4	4.9	221
Asc	15.8	4.4	140	19.4	5.8	76	13.7	2.7	240
Ac <sub>1</sub>	12.1	0.7	45	11.8	0.4	38	11.7	0.3	17

5 被災状況との整合性確認

- ① 1次元等価線形解析により、対策対象地震動に対する各地区の地震応答解析を行います。
- ② 被災状況との整合性確認について、地表面での応答加速度は「平成23年度の浦安市液状化対策技術検討委員会報告書(建築編)」を比較対象とし、整合性を確認しました。
- ③ 被災状況との整合性確認について、被害状況との対比は「浦安市の平成26年度地質調査結果」を比較対象とし、整合性を確認しました。

格子状地盤改良工法による対策効果と対比させるため、無対策の状態での解析結果が東日本大震災時の被災状況を再現できているかを確認しています。

5.1 等価線形解析

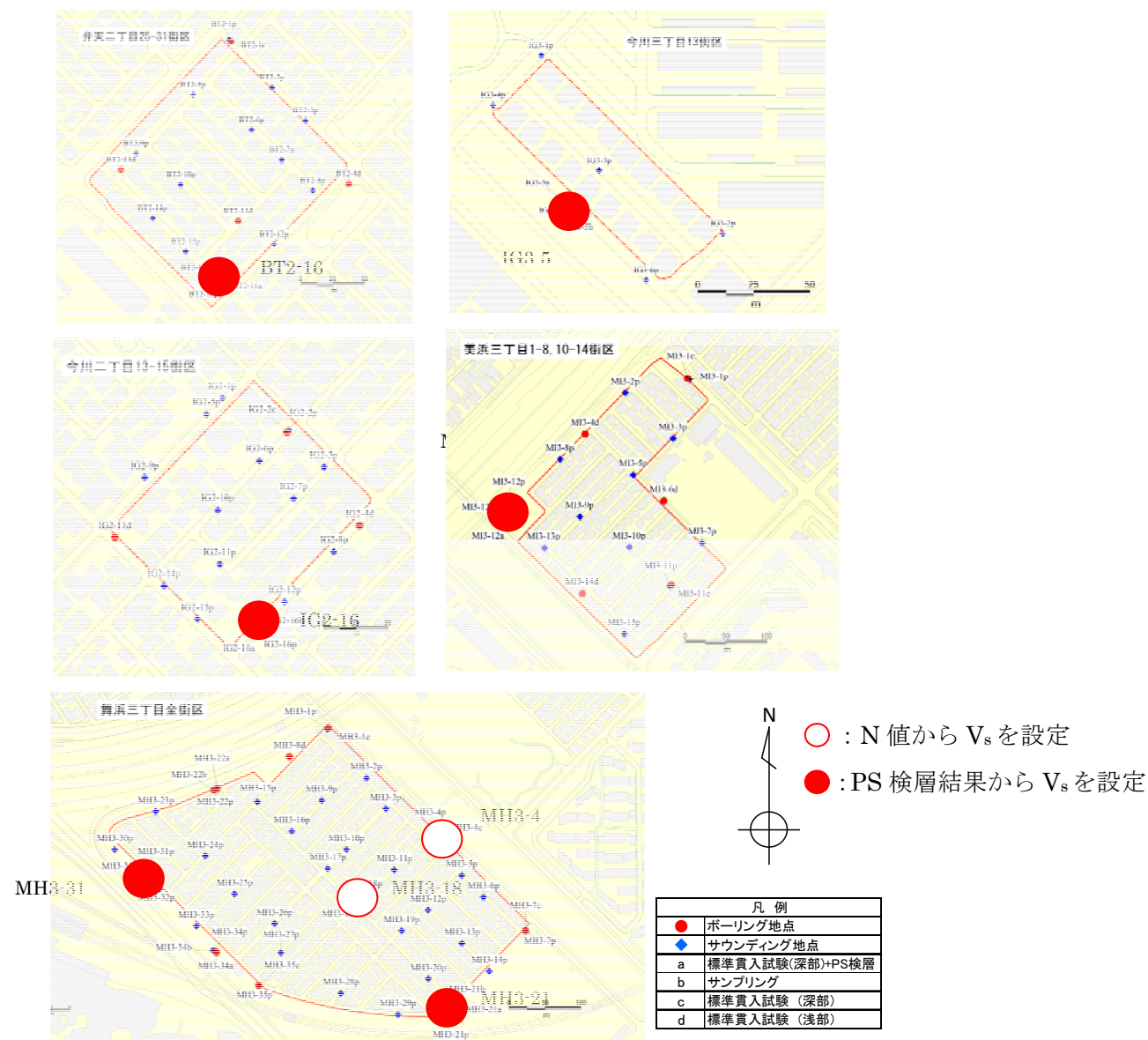


図-5.1 第1グループ5地区の1次元等価線形解析(SHAKE)の実行箇所(図中の赤丸)

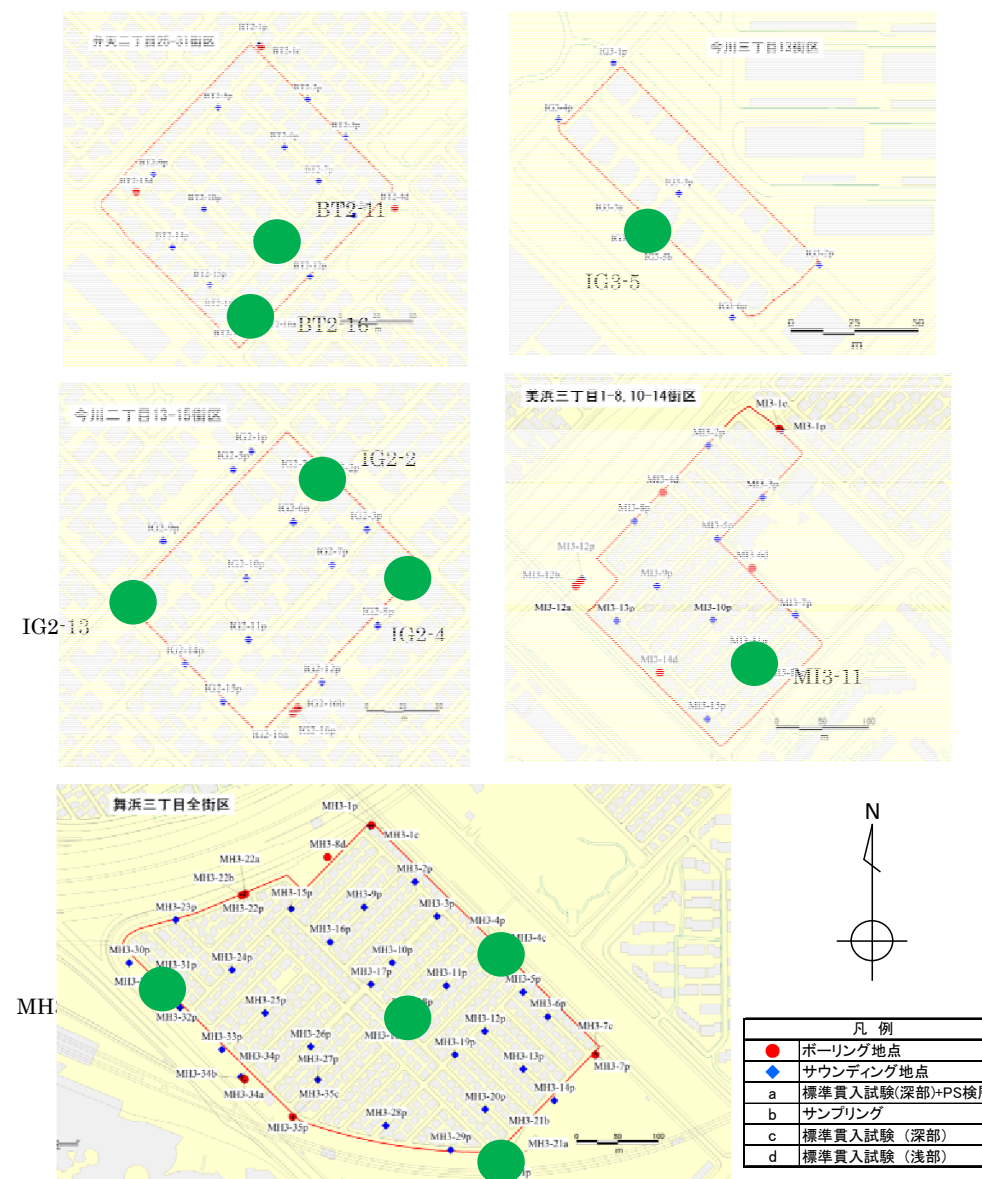
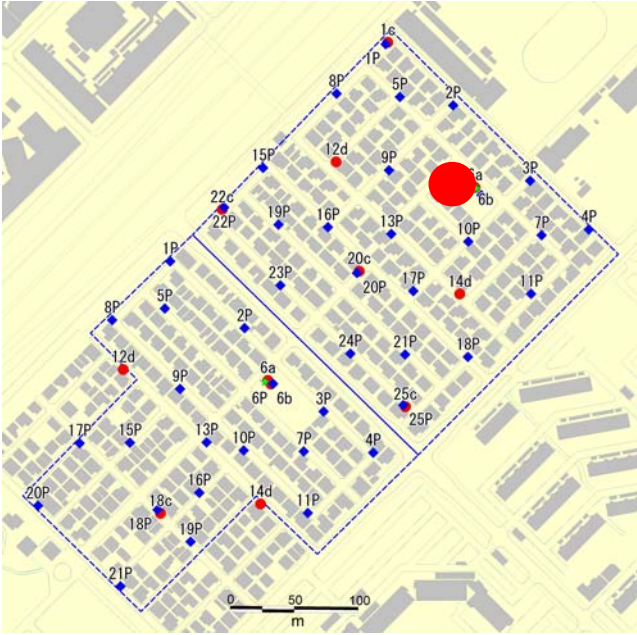
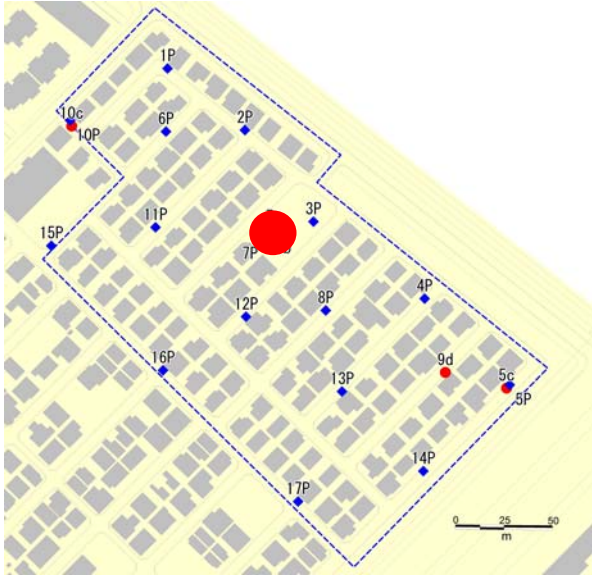


図-5.2 第1グループ5地区のDcyの算出ポイント(図中の緑丸)

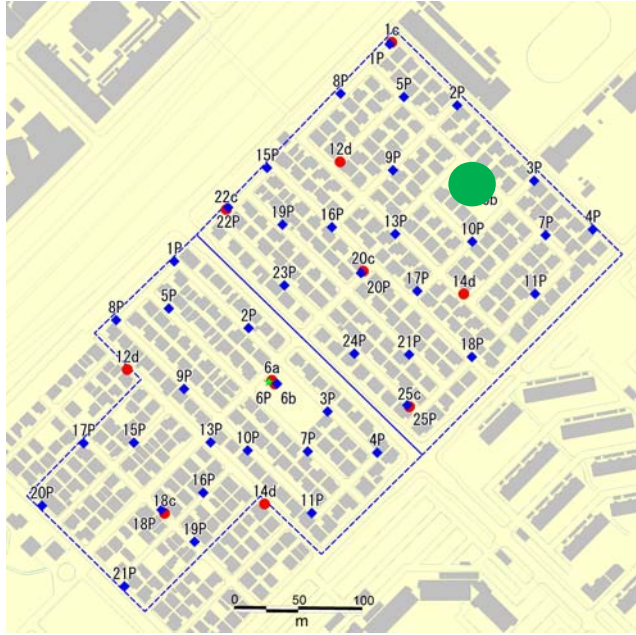




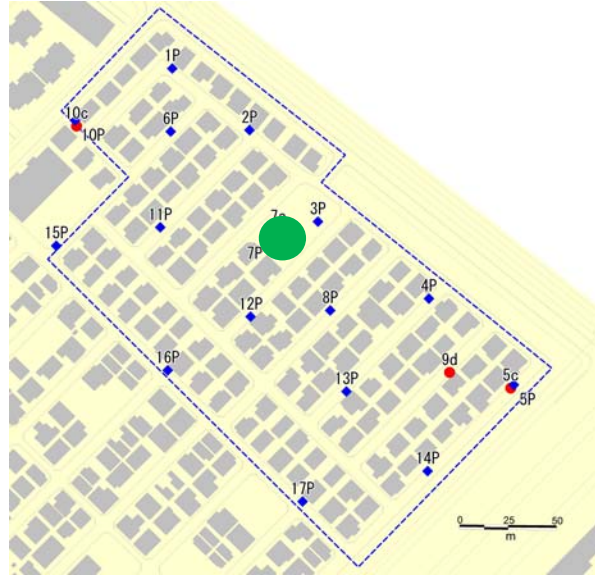
富岡一丁目



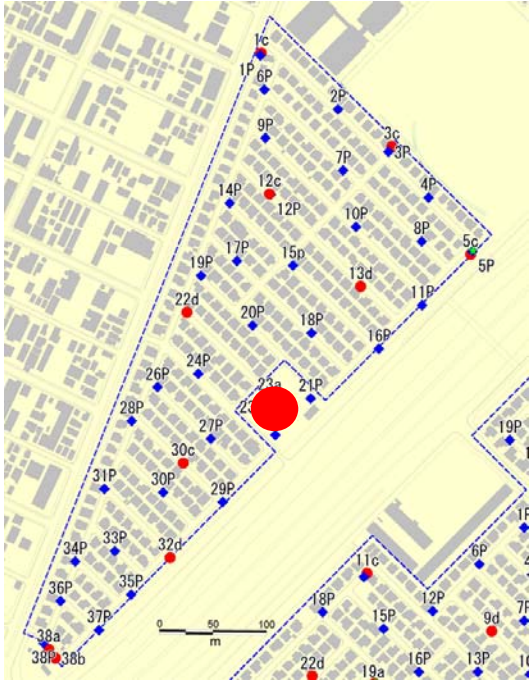
入船四丁目



富岡一丁目



入船四丁目



東野三丁目

● : PS 検層結果から  $V_s$  を設定



東野三丁目

図-5.1 第2グループ3地区の1次元等価線形解析(SHAKE)の実行箇所(図中の赤丸)

図-5.2 第2グループ3地区のDcyの算出ポイント(図中の緑丸)



○311 地震加速度分布図

※図中のプロットは、K-NET008 及び京葉ガス ガバナー地点における観測記録データ)

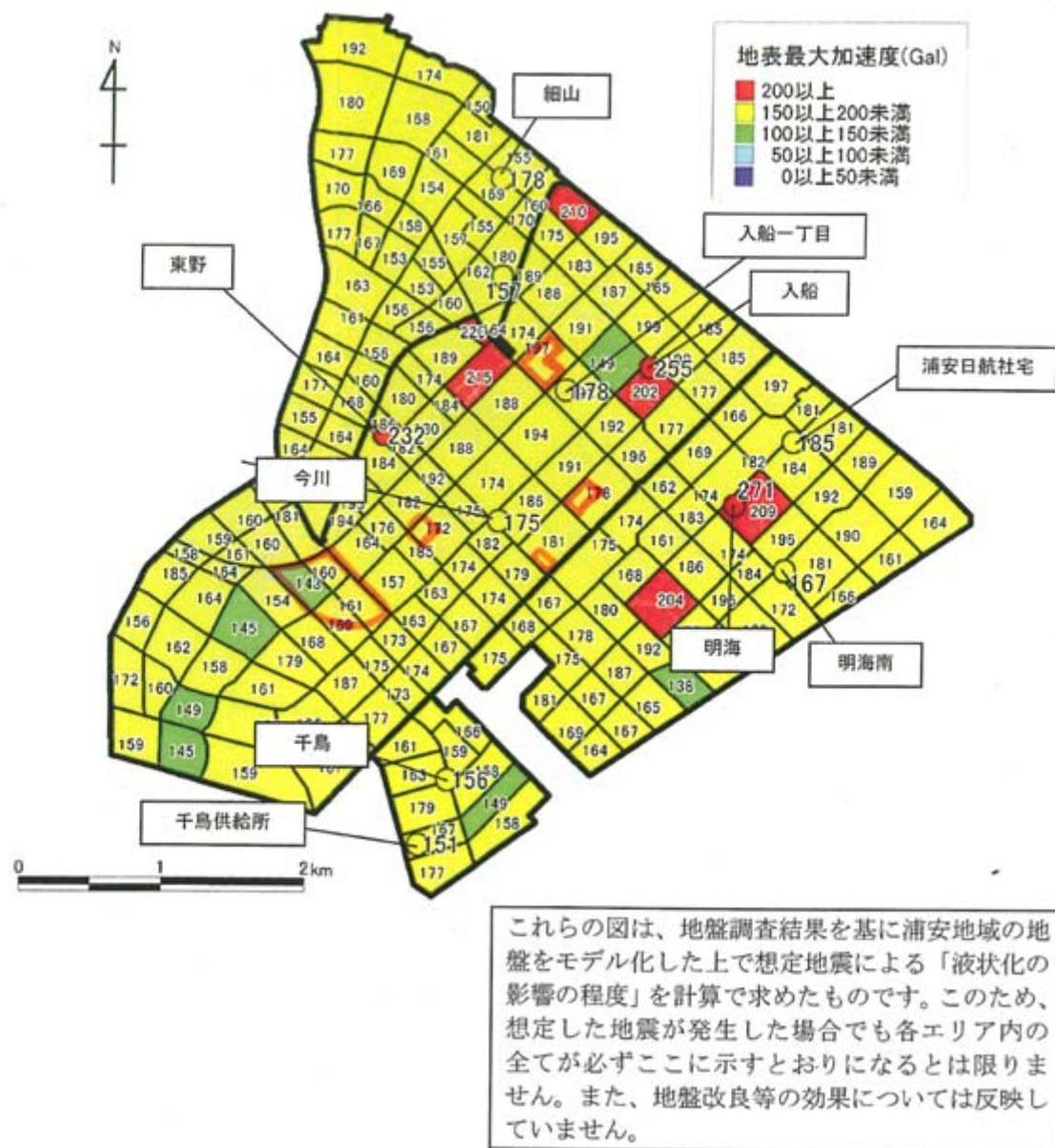


図-5.3 地表面加速度(311-Amax)分布

(浦安市液状化対策技術検討調査報告書 地盤特性の把握・液状化の要因分析編、2012)

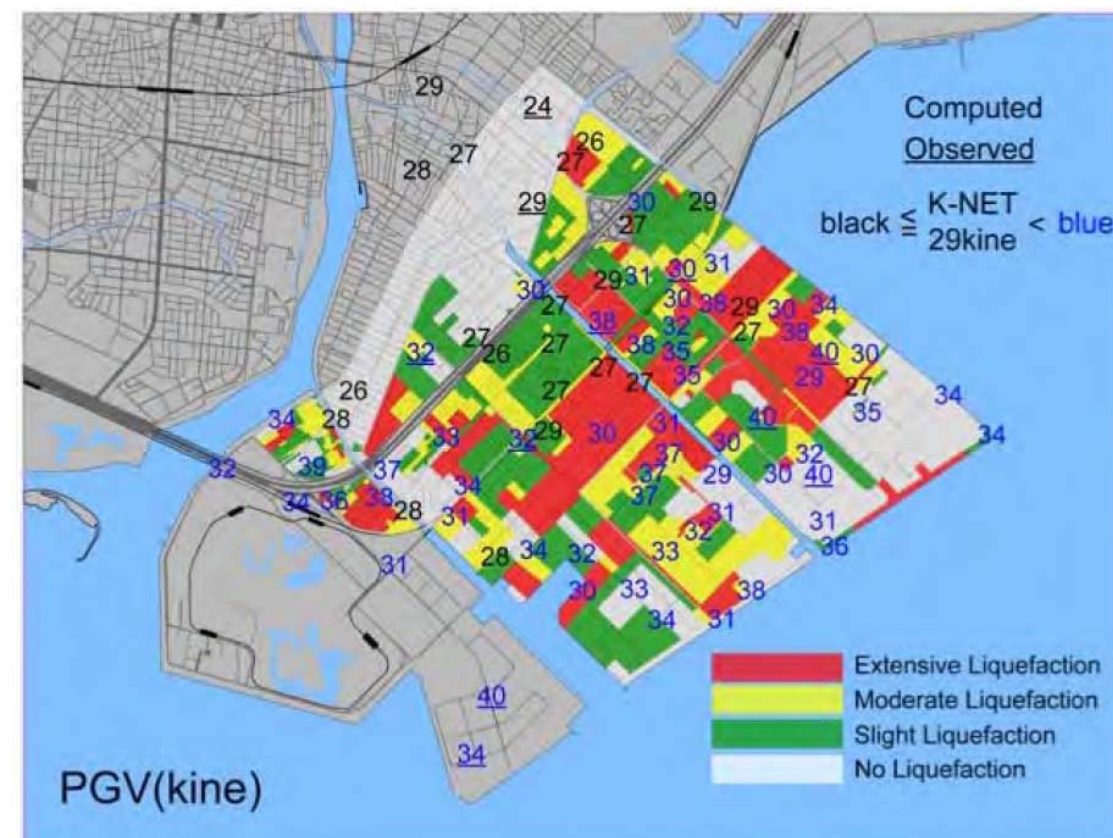


図-5.4 地表面速度(311-Vmax)分布

(平成 23 年度 浦安市液状化対策技術検討調査 報告書 建築物の被害・液状化対策編)

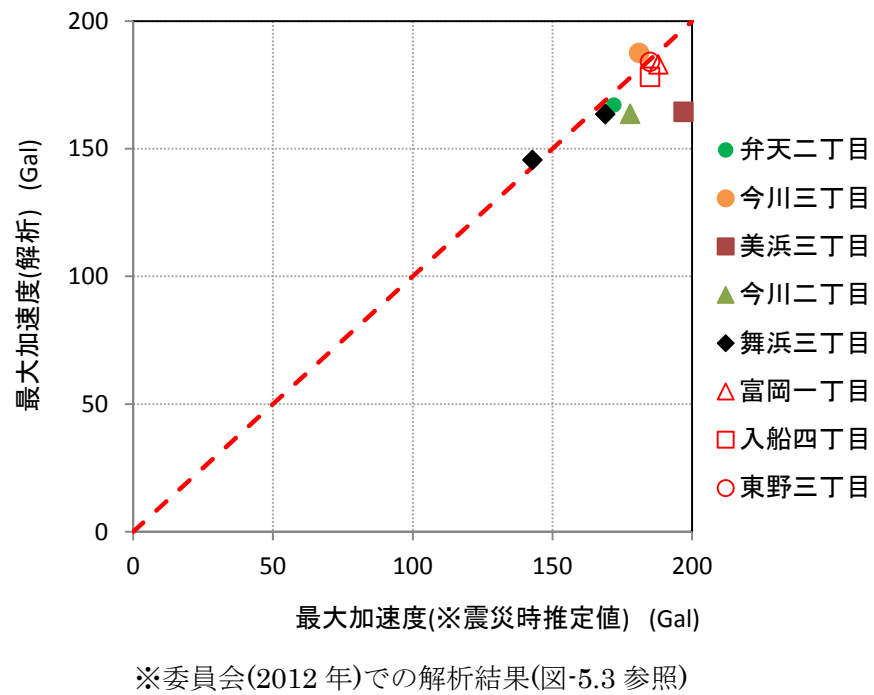


図-5.5 地表面加速度の1次元等価線形解析結果と観測結果の比較

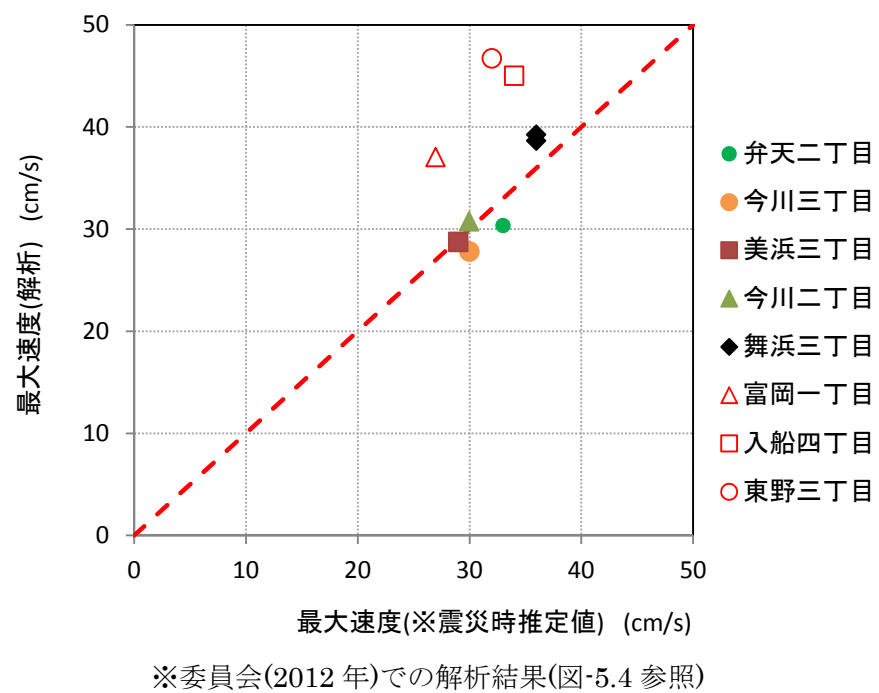


図-5.6 地表面速度の1次元等価線形解析結果と観測結果の比較

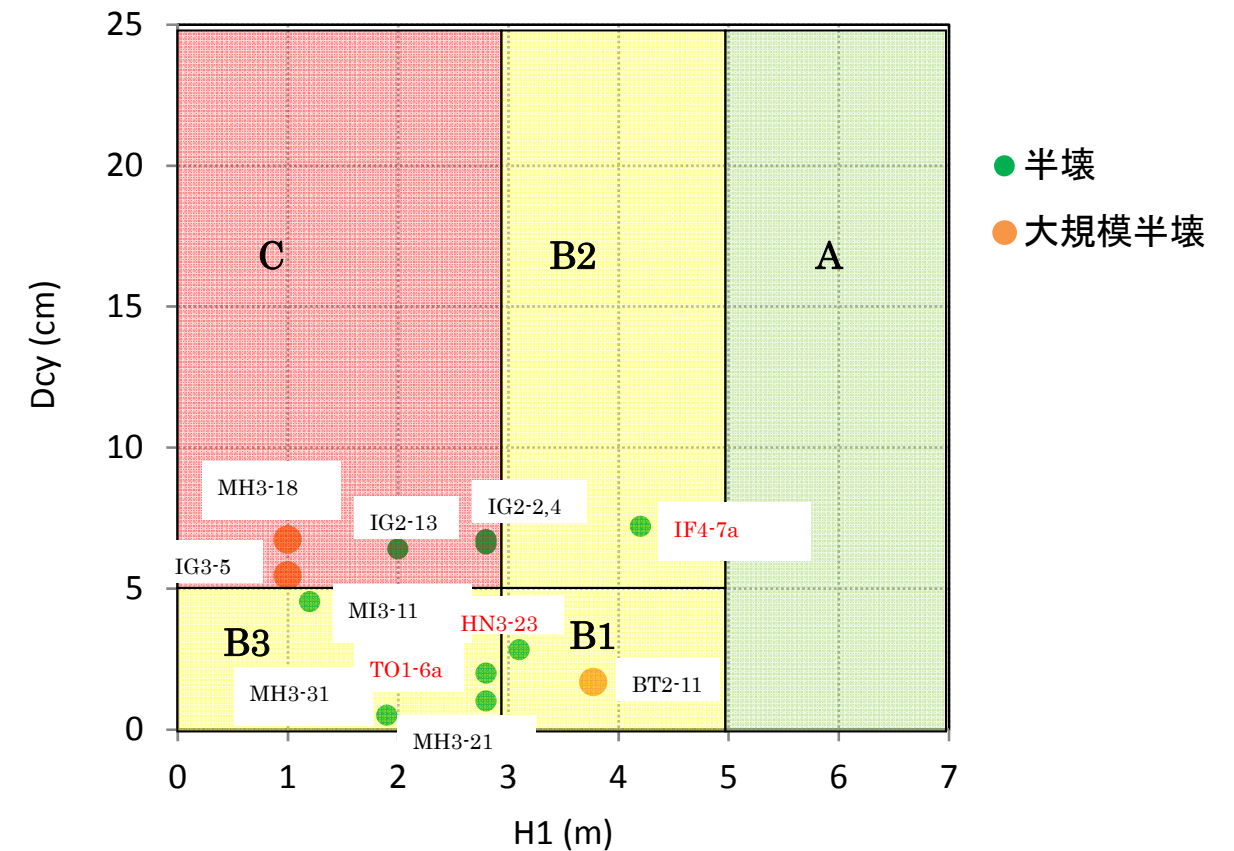


図-5.7 1次元等価線形解析で求めた非液状化層厚 H1 と Dcy の関係  
(液状化抵抗は各層の平均 Na から算出)

表-5.1 1次元等価線形解析結果から判定した第1グループ5地区の液状化発生状況

	今川三丁目	弁天二丁目	今川二丁目	美浜三丁目	舞浜三丁目	※
Fs層	×	×	×	×	×	
As1層	×	○	×	×	○	
As2層	○	○	○	○	△	

×：液状化発生 ○：液状化の発生なし

※Fs層は見明川沿いを除く

△：一部エリアで液状化発生

表-5.2 第1グループ5地区の土層別 Na と液状化強度(土質調査結果を各地区各層で平均)

	今川三丁目		弁天二丁目		今川二丁目		美浜三丁目		舞浜三丁目		※
	Na	RL15 ※※	Na	RL15	Na	RL15	Na	RL15	Na	RL15	
Fs層	15.8	0.171	14.7	0.162	12.6	0.147	15.3	0.167	14.7	0.162	
As1層	19.1	0.210	21.0	0.248	16.9	0.182	15.5	0.169	22.0	0.276	
As2層	22.1	0.279	20.7	0.241	21.3	0.256	24.1	0.36	20.6	0.239	

※Fs層は見明川沿いを除く

※※RL15の算出は建築基礎構造設計指針による

表-5.3 1次元等価線形解析結果から判定した第2グループ3地区の液状化発生状況

	富岡一丁目	入船四丁目	東野三丁目
Fs層	×	×	×
As1層	×	×	×
As2層	○	○	○

×：液状化発生      ○：液状化の発生なし

表-5.4 第2グループ3地区の土層別Naと液状化強度(土質調査結果を各地区各層で平均)

	富岡一丁目		入船四丁目		東野三丁目	
	Na	RL15	Na	RL15	Na	RL15
Fs層	12.7	0.148	19.0	0.209	17.1	0.184
As1層	17.6	0.190	15.9	0.172	20.2	0.230
As2層	24.4	0.375	21.7	0.267	21.4	0.259

※※RL15の算出は建築基礎構造設計指針による



6 調査結果を基にした改良仕様設定

- ① 設計で液状化判定の対象とするのはFs層・As1層・As2層の3層とし、それ以外の層は非液状化層として取扱います(図-6.1参照)。
- ② 格子状地盤改良の格子壁上端深度は、宅地内に引き込まれている埋設管に影響しないように地表面から1.5mの位置にします(図-6.2参照)。
- ③ 格子状地盤改良の格子壁下端深度は、解析結果を参考に地盤条件・格子壁の配置・格子面積を総合的に考慮して設定します(図-6.3参照)。
- ④ 改良仕様設定のための解析では、格子壁下端深度を1mピッチで変えています。
- ⑤ 対策対象地震動に対して $FL > 1.0$ となる改良仕様を目指します。ただし、As2層で $FL \leq 1.0$ となる場合、部分着底+浮型の考え方が適用可能であれば、As2層に未改良部を残しても $FL > 1.0$ の改良仕様を満足していると判断しています(表-6.1参照)。

(1) 液状化層と非液状化層

各地区の地質調査結果から得られた代表的な地層構成を図-6.1に示します。Bs層は浚渫による埋立て層であるFs層の上に盛土された地層で、Fs層と異なり良質な山砂が締固められた地層であるため、設計では非液状化層として取扱います。

Fs層は浚渫による埋土層で細砂を主体とし不規則にシルトを含む浚渫土です。As1層とAs2層は沖積砂層です。Fs層・As1層・As2層を設計では液状化判定の対象とします。

Asc層とシルトが主体の浚渫土で埋土されているFc層については、非液状化層として設計で取扱っています。

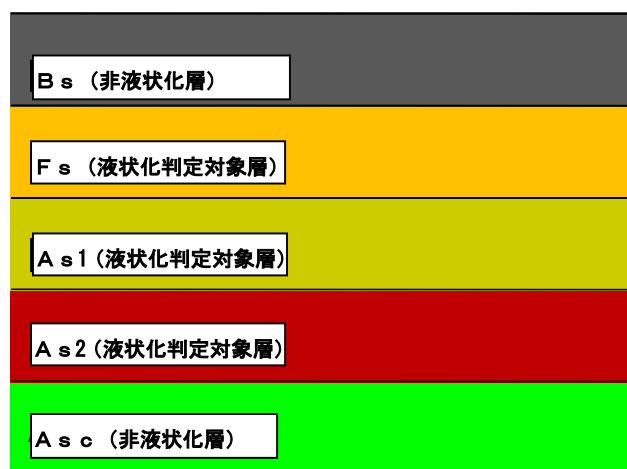


図-6.1 代表的な地層構成図

(2) 改良上端深度の設定

各宅地に引込まれている水道管・ガス管の埋設深度は、調査結果によると概ね地表面から1m(GL-1m)程度の浅い位置にあります。そのため格子壁の天端深度は、水道管・ガス管とのクリアランスを考慮してGL-1.5mとします(図-6.2参照)。地表面からGL-1.5mの範囲は概ね良く締固められたBs層で構成されているため、この範囲で液状化が発生するリスクは低いと判断しています。

またGL-1.5mより深い位置には、液状化発生の危険度が高いFs層や軟弱なFc層が存在しますので、格子壁天端をGL-1.5mより深くすることはできません。

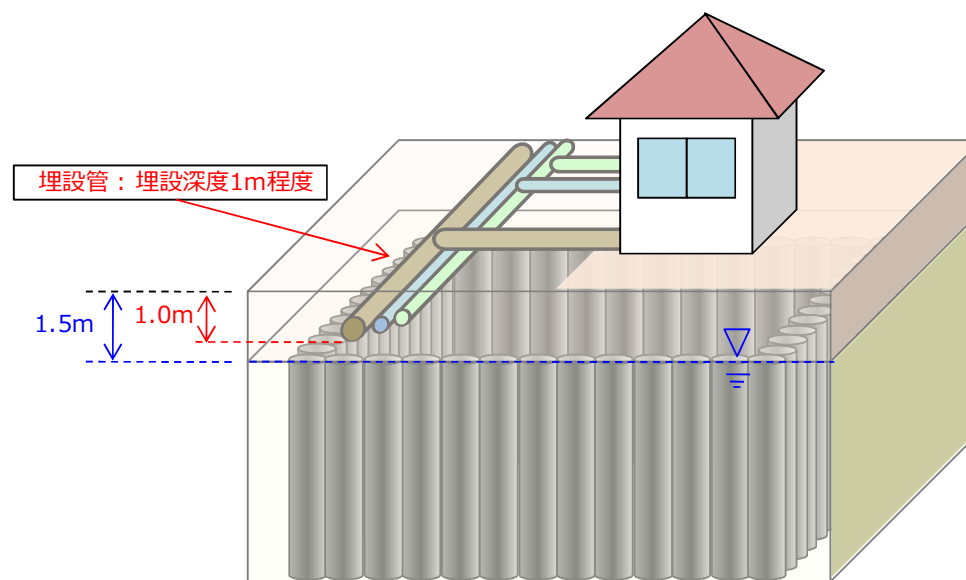


図-6.2 改良上端深度設定の概要図



(3) 改良下端深度の設定

本事業の設計で格子壁の幅Lと高さHがどのように決められているかを、簡単な例を用いて説明します。格子間隔L1、格子高さH1とした時の格子内地盤のFL値が0.8だったとします(図-6.3参照)。この場合、通常的设计では格子間隔をL2に狭くし格子内地盤の拘束効果を高めることによって、格子内地盤のFL値を1.0より大きくして液状化抑制効果が発揮できる改良仕様を決めます。

浦安市の液状化対策事業では既設住宅があるために格子間隔を狭くできないという制約がありますので、格子高さHを大きくすることによって、格子内地盤のFL値が1.0よりも大きくなるようにしています。そのため、液状化するFs層に対する液状化抑制効果を発揮するためには、仮にAs1層・As2層が液状化しないと判定されていても、格子壁下端深度がAs1層orAs2層まで到達することになります。格子高さHが高くなると格子内地盤に発生するせん断変形も小さくなるので、液状化抑制効果が高くなります。

各地区の格子壁下端深度は、解析結果を参考に地盤条件・格子壁の配置・格子面積を総合的に考慮して決められています。格子壁下端深度設定のプロセスは複雑なため、格子壁下端深度を設定するための解析で設定する格子壁の下端深度は、深度方向に1mピッチとしています。

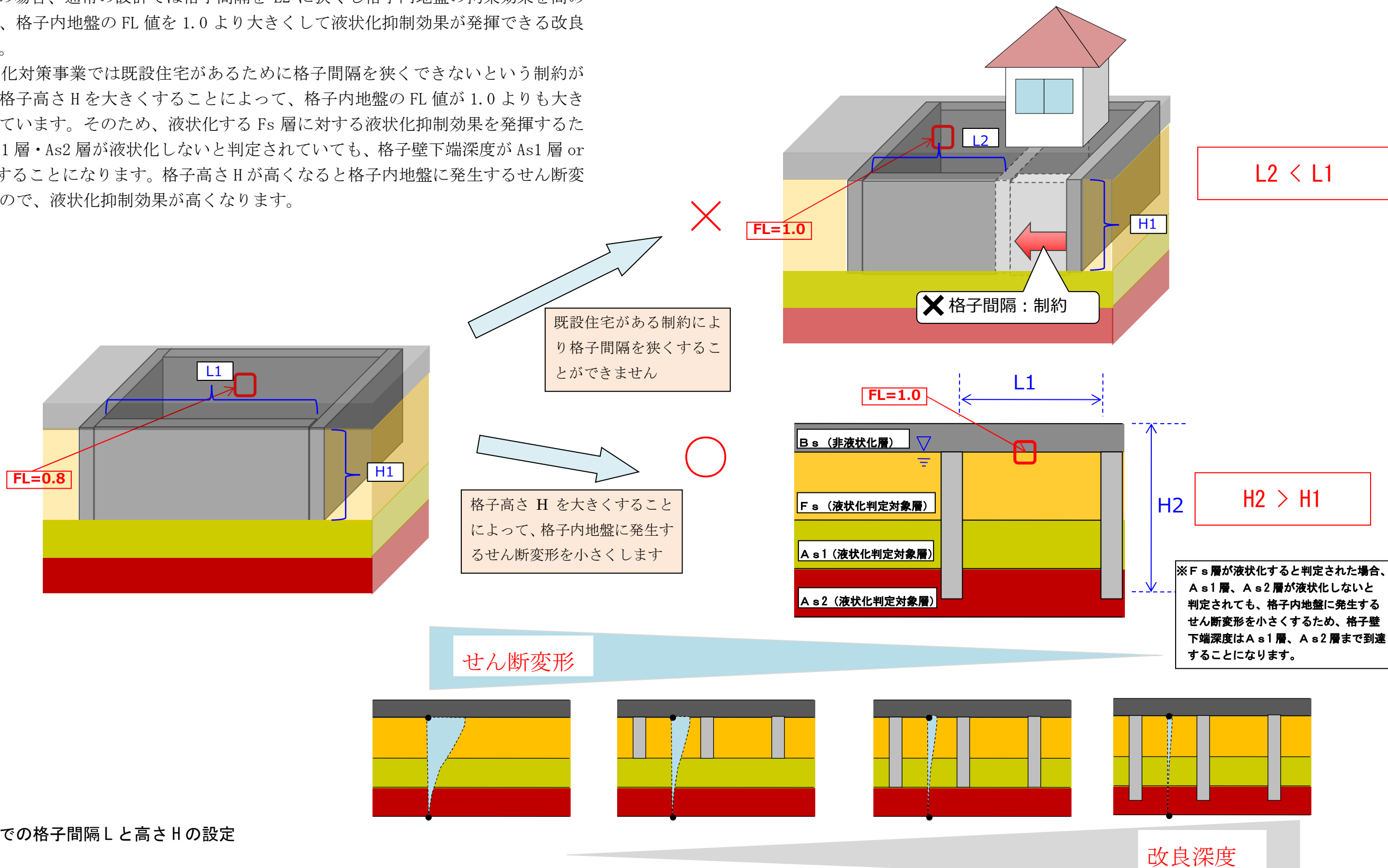


図-6.3 本事業での格子間隔Lと高さHの設定

(5) 各地区の改良仕様設定

表-6.1 第2グループの改良仕様

		富岡一丁目
対策対象地震動に対して FL > 1.0 を満足する改良仕様		<p>・格子壁天端 GL-1.5m</p>
対策対象地震動 に対する液状化 判定(無対策時)	Fs	FL ≤ 1.0
	As1	FL ≤ 1.0
	As2	FL > 1.0
レベル1地震動に 対する液状化判 定(無対策時)	Fs	FL ≤ 1.0
	As1	FL ≤ 1.0
	As2	FL > 1.0
格子壁の健全性	対策対象 地震動	OK (Fc=1.5N/mm2)
	レベル2 地震動	OK (Fc=1.5N/mm2)
備考	解析結果と As1 層の分布深度を考慮して改良深度を設定	

7 富岡一丁目 2-21 街区の設計

- ① 地下水位は GL-1.0m と設定しました。地下水位が GL-1.0m 以下の箇所も部分的にありますが、GL-1.5m 程度まで液状化判定対象外の Bs 層が分布していますので、地下水位を GL-1.0m とした液状化判定で問題はありません。
- ② 対策対象地震動(夢の島観測波)、レベル 1 地震動(告示波)に対して、無対策で液状化が発生するのは Fs 層と As1 層です。
- ③ 地盤改良体の上端深度を GL-1.5m、下端深度を GL-8m~-9m の範囲に設定すると、対策対象地震動、レベル 1 地震動(告示波)に対して液状化判定対象の全層で FL>1 を満足できます。
- ④ レベル 2 地震動(東京湾北部地震模擬波)に対しては、上記範囲を改良しても液状化は発生しますが、地盤改良体の健全性は確保できることが確認できました。

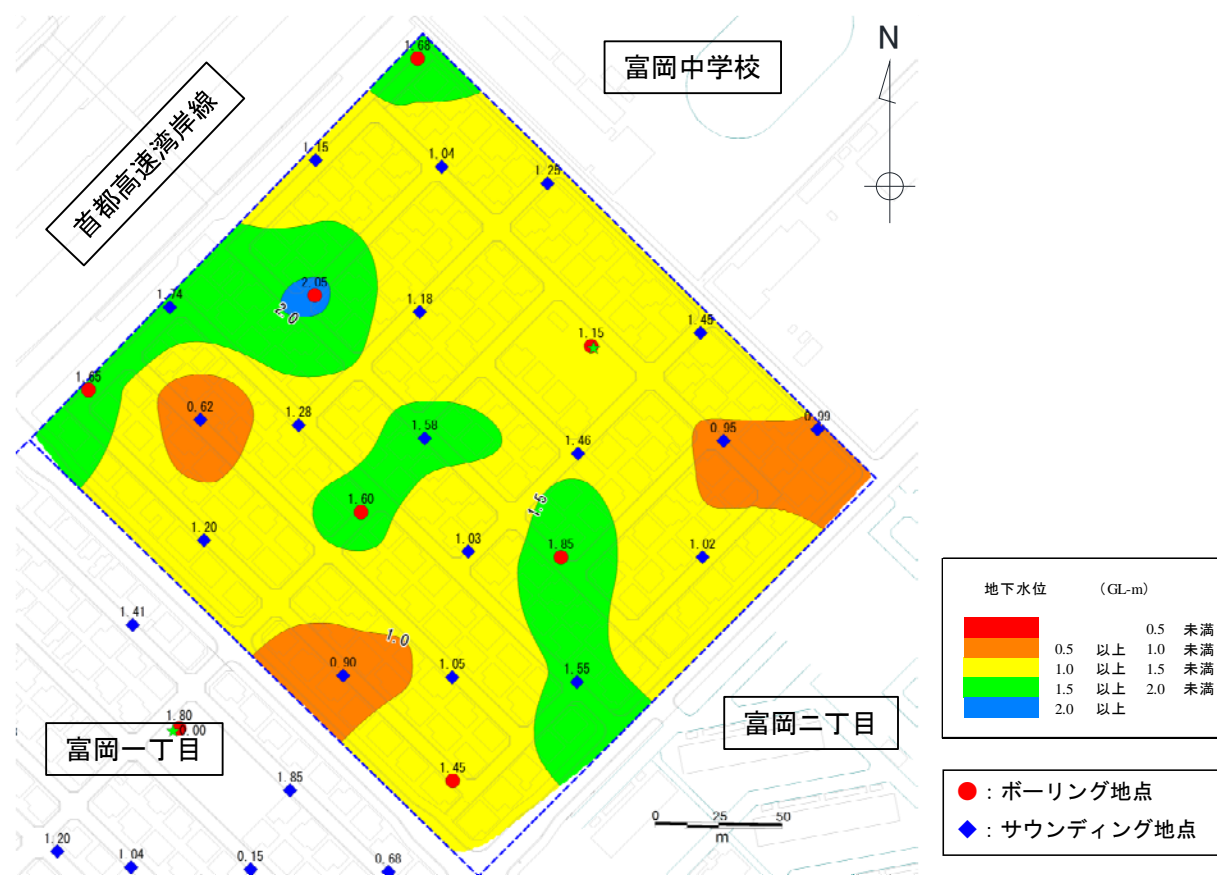


図-7.1 地下水位の計測結果

図-7.1 の計測結果を参考にし、設計で使用する地下水位は GL-1.0m と設定しました。また、解析結果から FL 値を算定するために用いた抵抗側の Na 値を表-7.1 に示します。

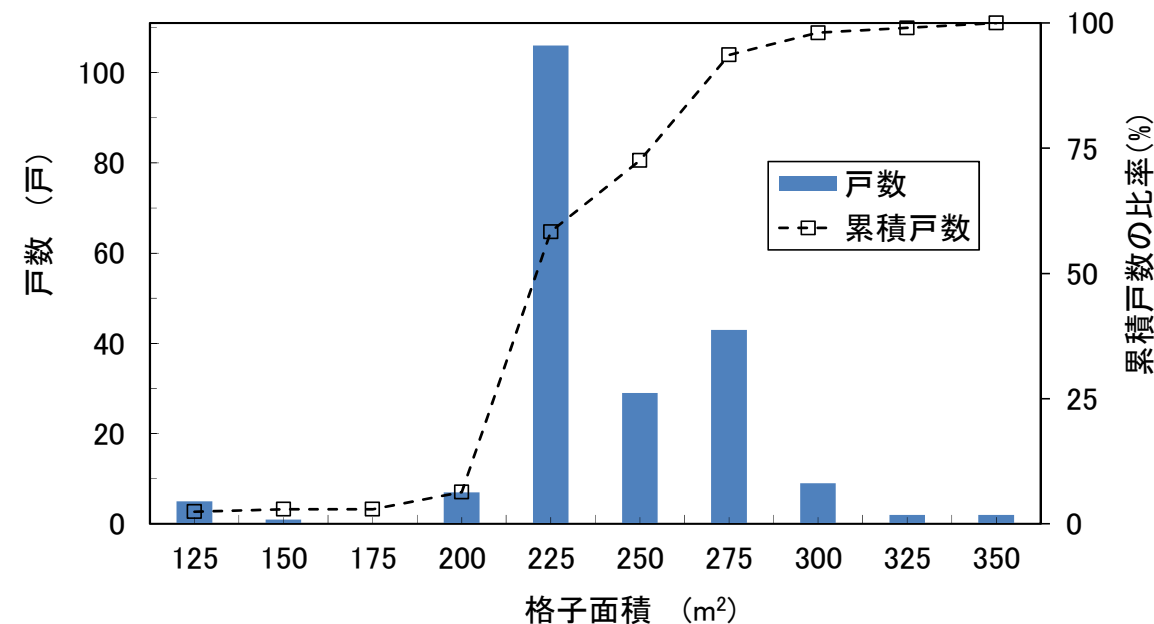


図-7.2 格子面積と戸数の関係 (宅地調査前)

表-7.1 地層別の液状化抵抗評価のための Na 値の設定

土層	Na値	RL15	液状化対象の基準	備考
Bs	20.0	0.226	対象外	地質調査結果より設定
Fs	12.7	0.148	対象	地質調査結果より設定
Fc	—	—	対象外	地質調査結果より設定
As1	17.6	0.190	対象	地質調査結果より設定
As2	24.4	0.375	対象	地質調査結果より設定

表-7.2 に、等価線形解析で用いた解析パラメータを、図 7.3 に解析モデル作成断面を示します。当該地区の埋土層は粘性土 (Fc) が主体で構成されており、その下位には、沖積層の砂質土 (As1、As2)、粘性土 (Asc、Ac1) が分布しております。

表-7.2 等価線形解析で用いたパラメータ

土層	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\rho_t$ (kg/m <sup>3</sup> )	Vs (m/s)	$\nu$	Go (MN/m <sup>2</sup> )
Bs	19.0	1,937	80	0.491	12.4
Fs	19.0	1,937	80	0.491	12.4
Fc	15.5	1,581	80	0.491	10.1
As1	19.0	1,937	130	0.493	32.7
As2	19.0	1,937	180	0.492	62.8
Asc	18.0	1,835	160	0.494	47.0
Ac1(1)	16.0	1,632	130	0.496	27.6
Ac1(2)	16.0	1,632	170	0.493	47.2
Acs	16.5	1,683	200	0.491	67.3
Ac2	16.0	1,632	180	0.493	52.9
Dc	16.5	1,683	250	0.486	105.2
DsU(1)	18.5	1,886	250	0.486	117.9
DsU(2)	18.5	1,886	360	0.474	244.4
DsL	18.5	1,886	557	0.474	585.1
改良体	20.0	2,039	—	0.260	651.0

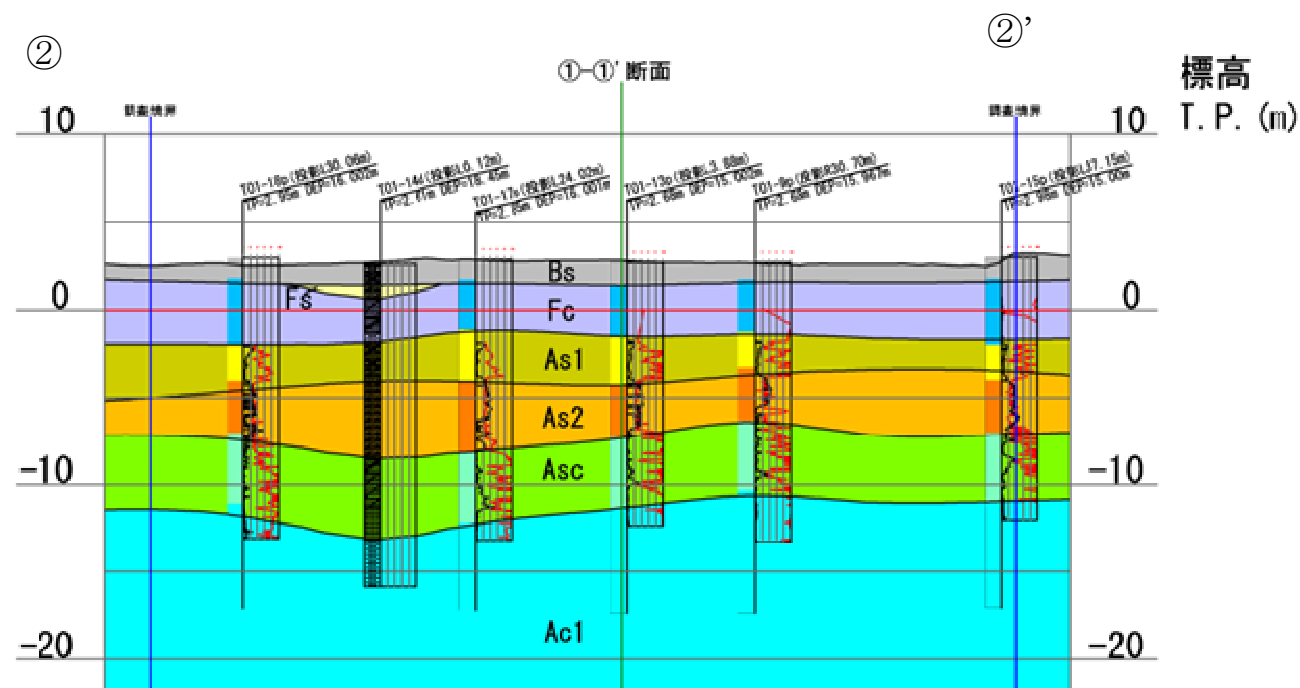
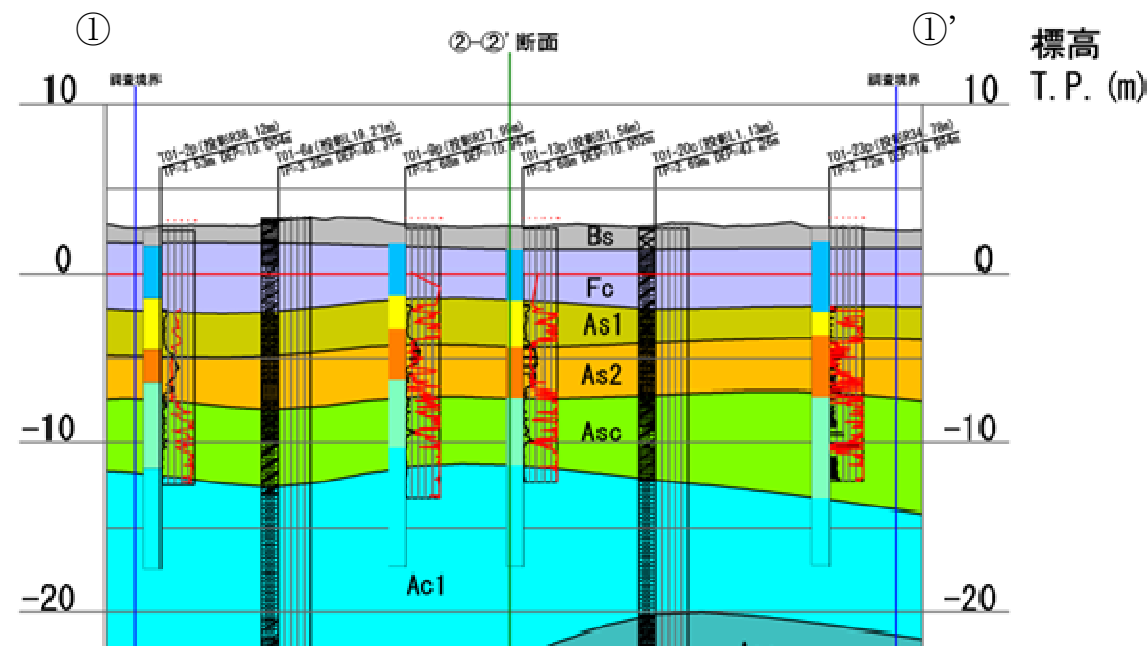
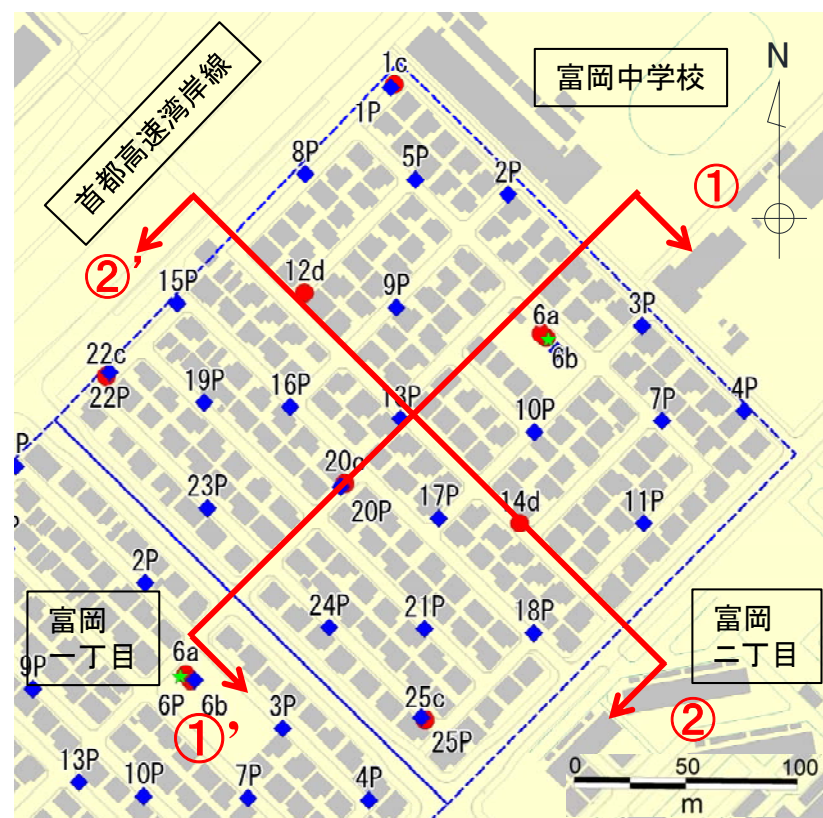


図-7.3 解析モデル作成断面





対策対象地震動に対する解析結果から得られた改良仕様では、改良下端深度をGL-7m~GL-9mに設定することでFL値>1.0を満足できることが確認できました。ただし、場所によっては液状化層であるAs1層の下端深度が異なっていることから、As1層下端深度の平面分布図(図-7.5)を考慮して改良下端深度はGL-8m~GL-9mに設定しております(図-7.4)。

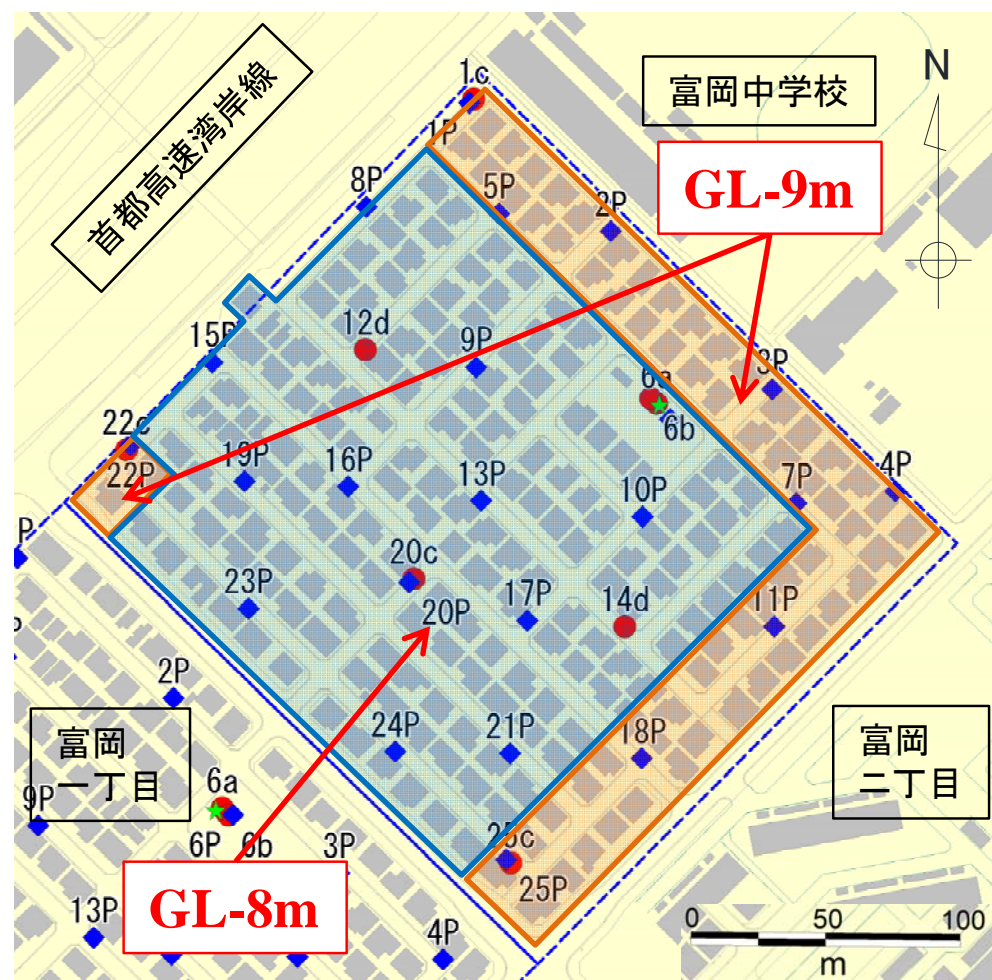


図-7.4 格子状地盤改良下端深度の平面分布図

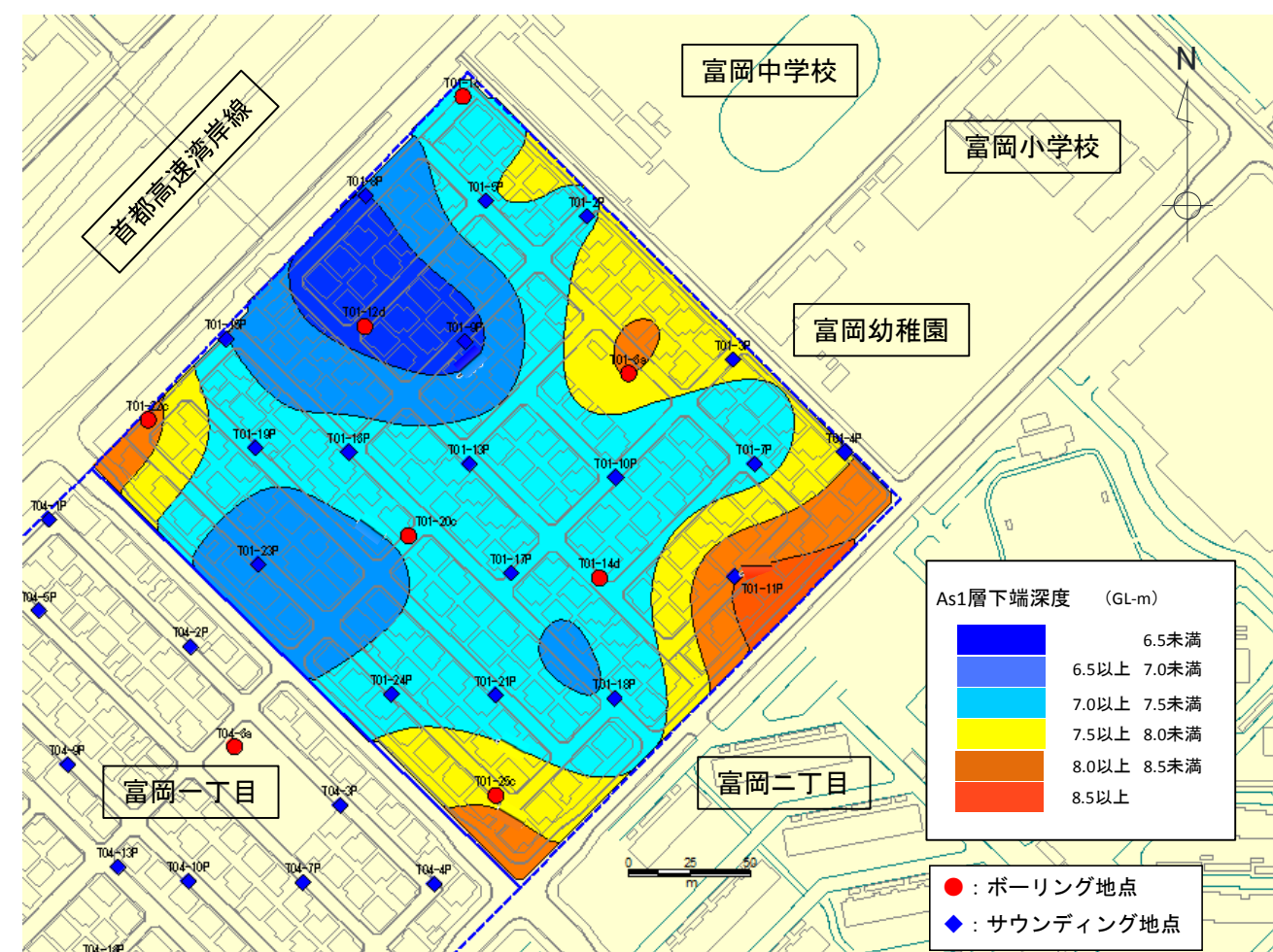


図-7.5 As1層下端深度の平面分布図



Super FLUSH を用いた擬似 3 次元解析モデルを図-7.6、図 7.7 に示します。境界条件は、底面が粘性境界、側面はエネルギー伝達境界としました。また、解析は改良上端深度を GL-1.5m に固定し、下端深度を GL-6m~GL-9m (1m ピッチ) と変えたパターンに対して等価線形解析を行いました (表-7.3)。

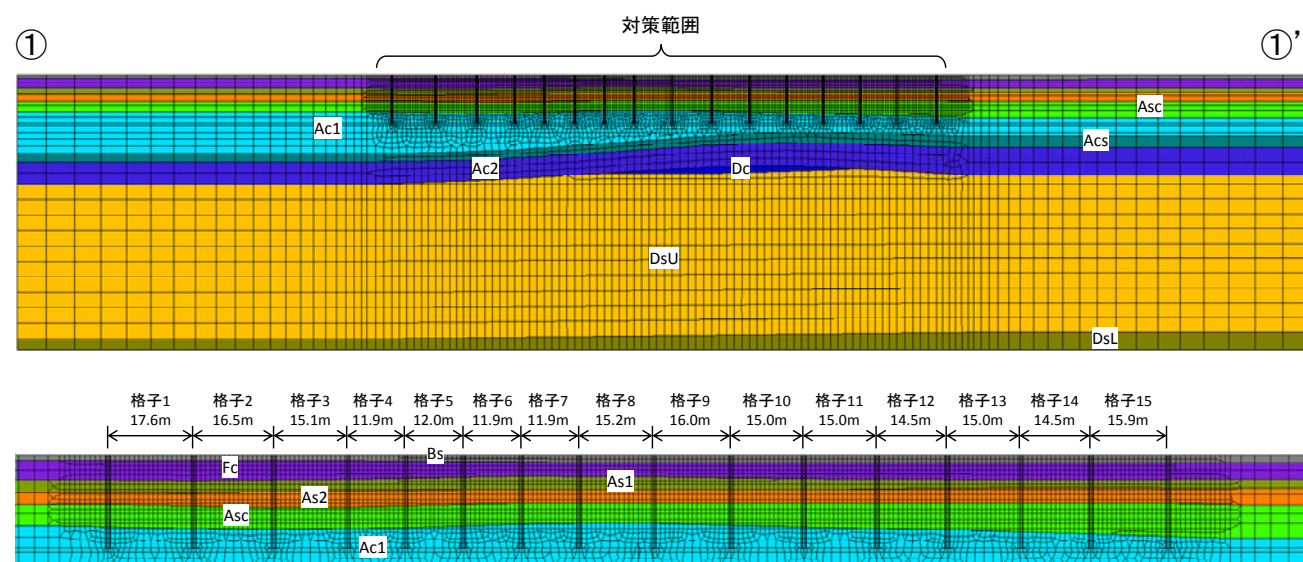


図-7.6 ①-①' 断面の擬似 3 次元解析モデル (上 : 全体、下 : 対策範囲拡大)

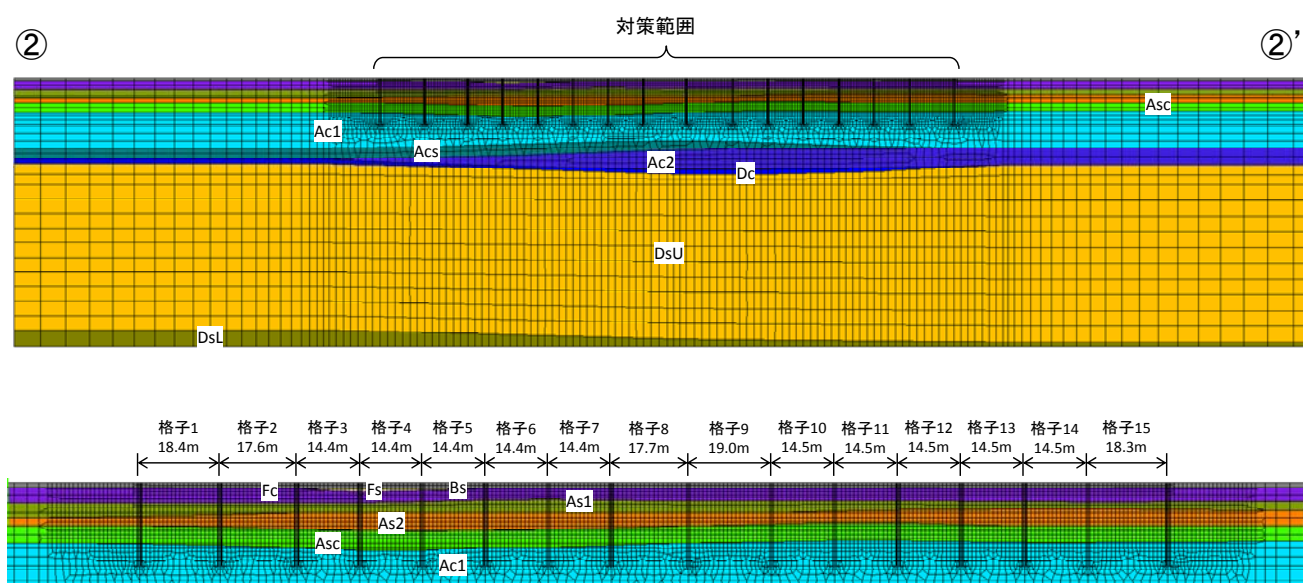


図-7.7 ②-②' 断面の擬似 3 次元解析モデル (上 : 全体、下 : 対策範囲拡大)

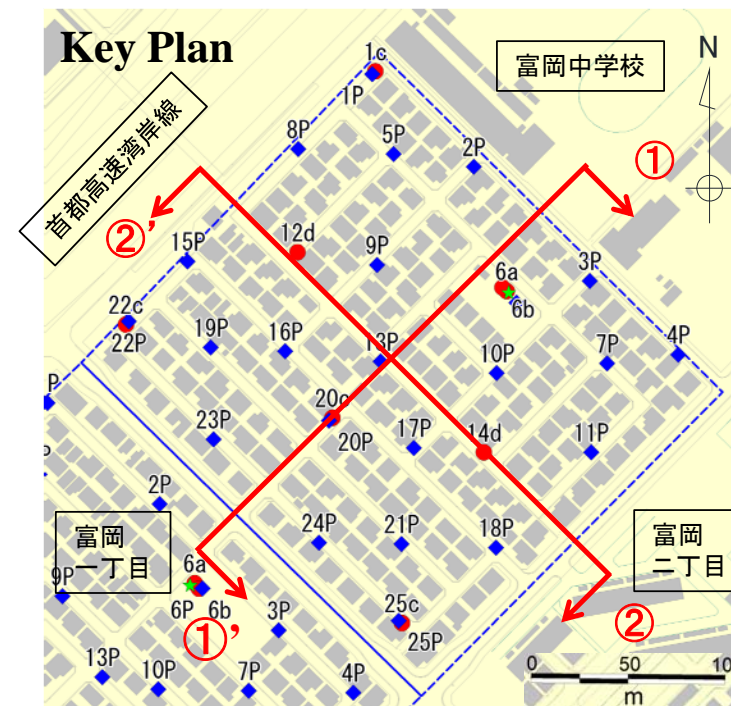


表-7.3 解析ケース

断面	解析ケース	改良仕様	備考
①-①'	Case-1	改良壁厚0.85m(有効壁厚)、格子壁G=651(N/mm <sup>2</sup> ) GL-1.5m~-6.0m	奥行12、15、18m
	Case-2	改良壁厚0.85m(有効壁厚)、格子壁G=651(N/mm <sup>2</sup> ) GL-1.5m~-7.0m	奥行12、15、18m
	Case-3	改良壁厚0.85m(有効壁厚)、格子壁G=651(N/mm <sup>2</sup> ) GL-1.5m~-8.0m	奥行12、15、18m
	Case-4	改良壁厚0.85m(有効壁厚)、格子壁G=651(N/mm <sup>2</sup> ) GL-1.5m~-9.0m	奥行12、15、18m
②-②'	Case-5	改良壁厚0.85m(有効壁厚)、格子壁G=651(N/mm <sup>2</sup> ) GL-1.5m~-6.0m	奥行12、15、18m
	Case-6	改良壁厚0.85m(有効壁厚)、格子壁G=651(N/mm <sup>2</sup> ) GL-1.5m~-7.0m	奥行12、15、18m
	Case-7	改良壁厚0.85m(有効壁厚)、格子壁G=651(N/mm <sup>2</sup> ) GL-1.5m~-8.0m	奥行12、15、18m
	Case-8	改良壁厚0.85m(有効壁厚)、格子壁G=651(N/mm <sup>2</sup> ) GL-1.5m~-9.0m	奥行12、15、18m

対策対象地震動に対する①-①'断面の解析結果から得られたDcyと非液状化層厚H1の水平分布を図7.8と図7.9に示します。GL-9mまで改良するとすべての格子でDcy=0cm、H1が液状化層下端深度までとなります。図7.10、図7.11に示す②-②'に対して①-①'断面と同等の結果が得られています。

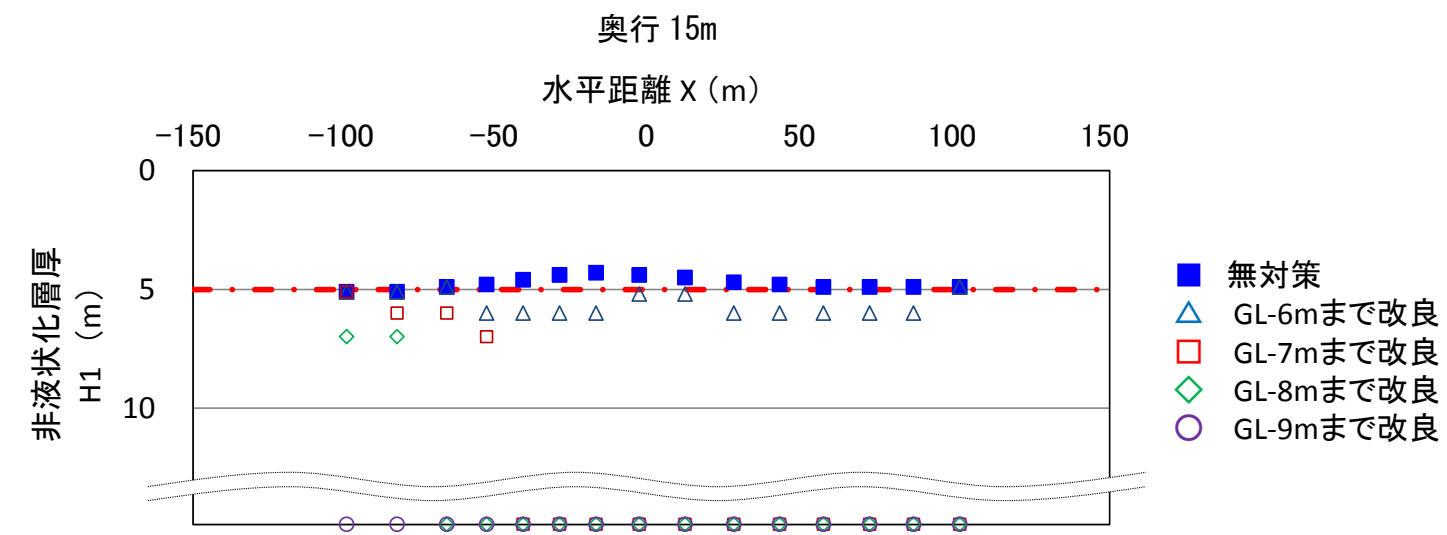
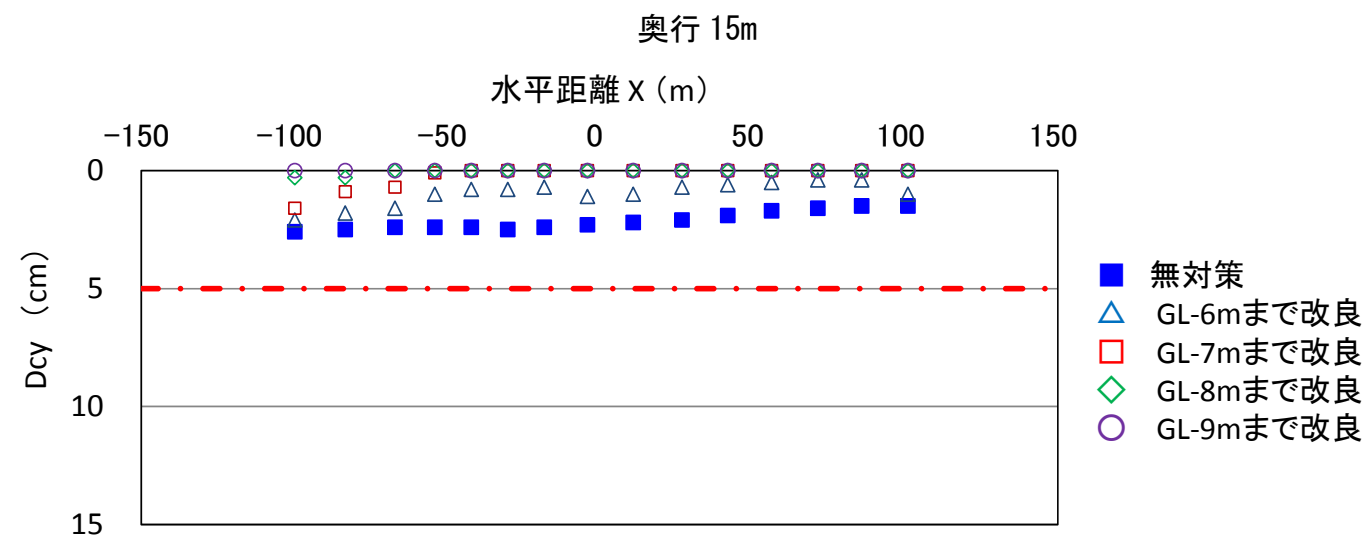
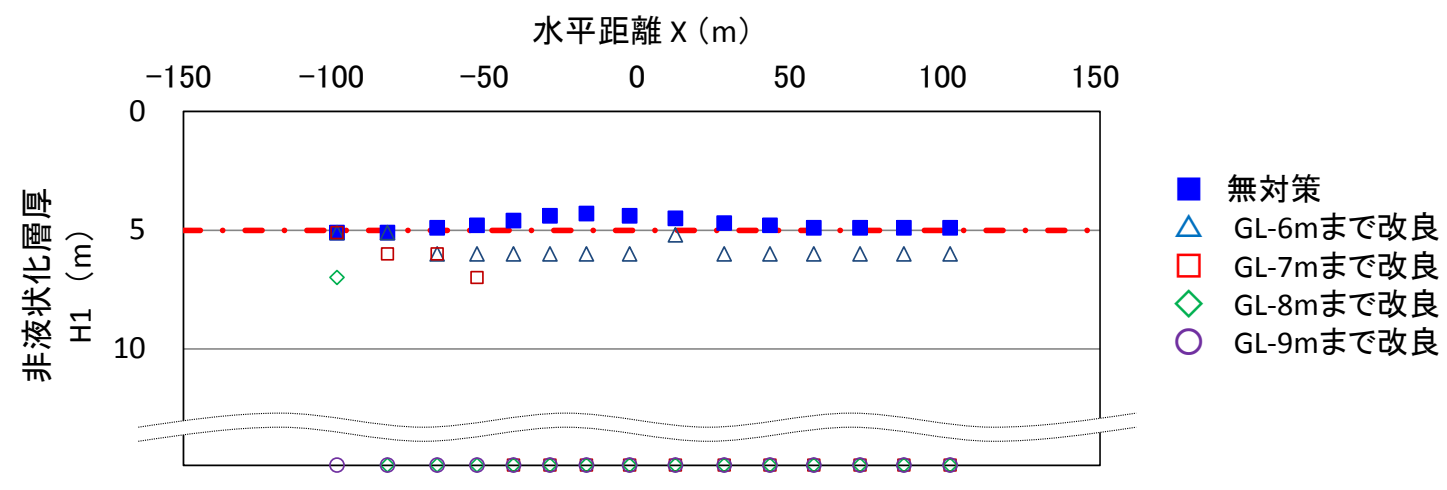
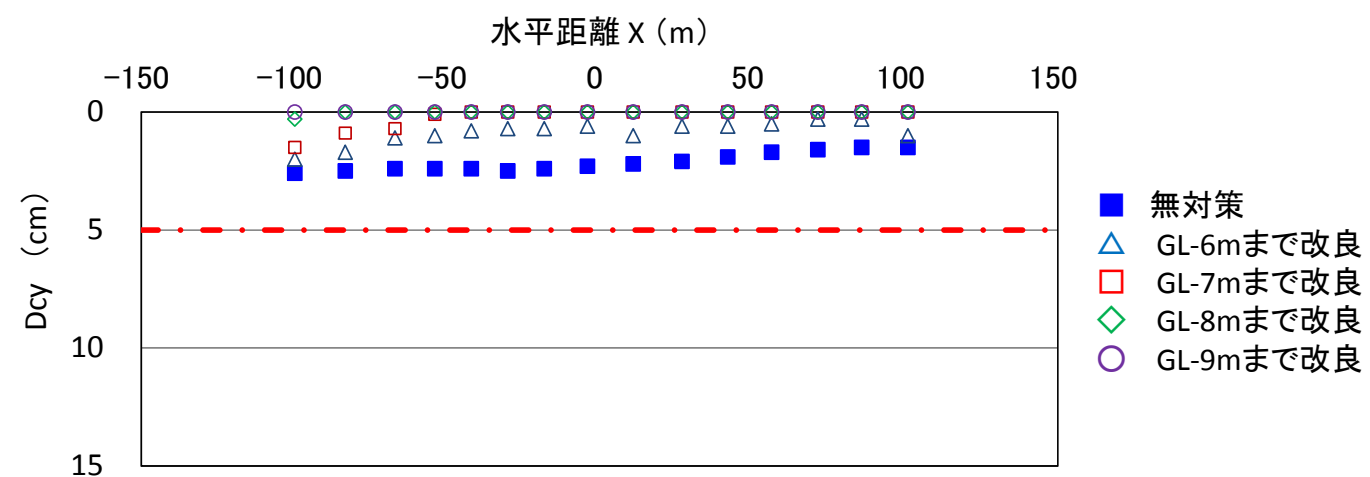
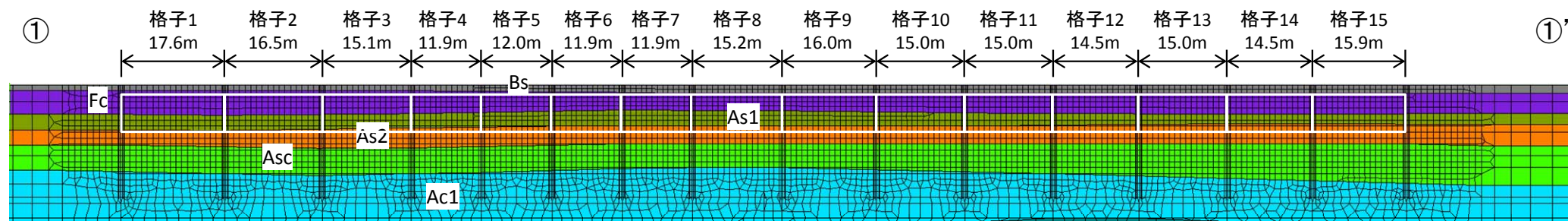


図-7.8 Dcyの水平分布(①-①'断面)

図-7.9 非液状化層厚H1の水平分布(①-①'断面)





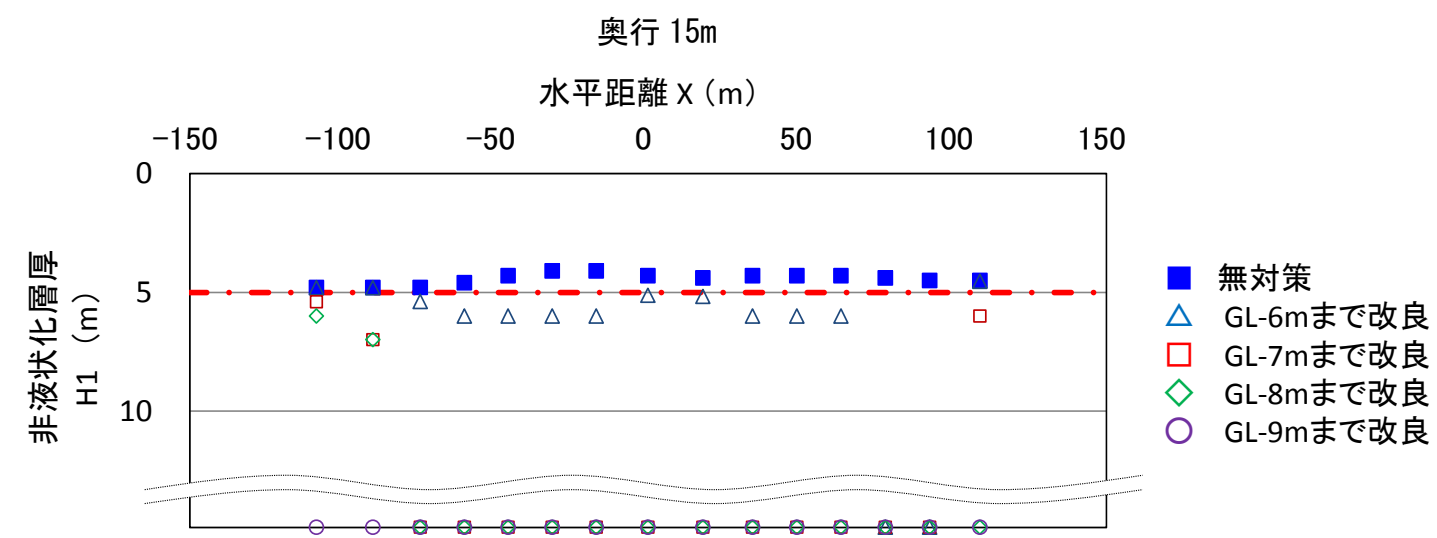
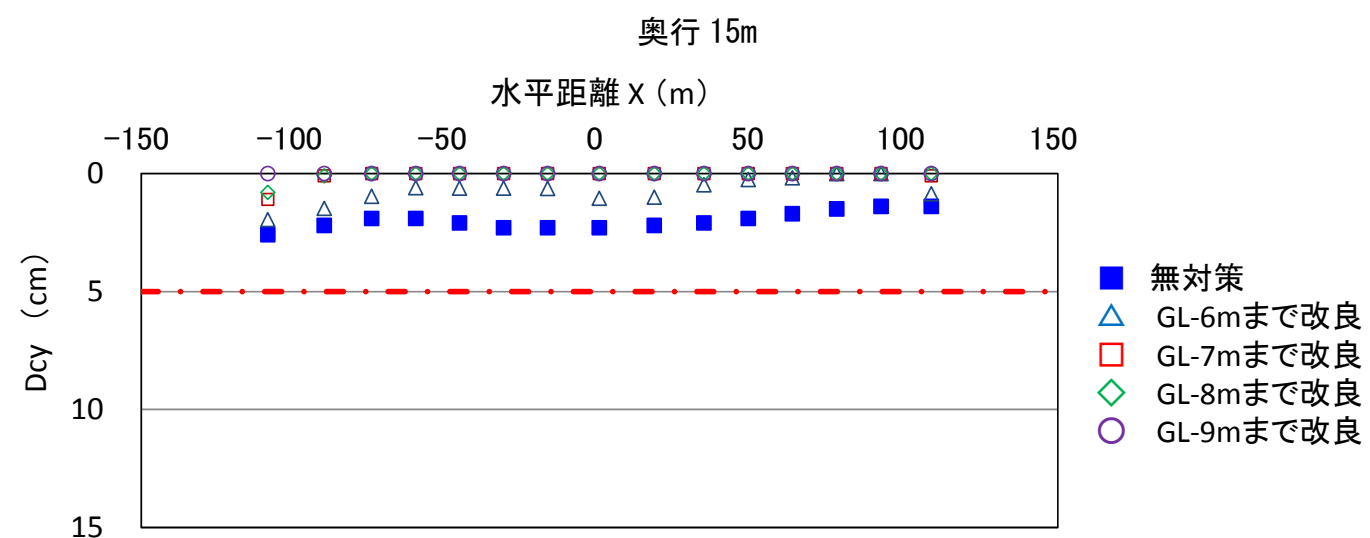
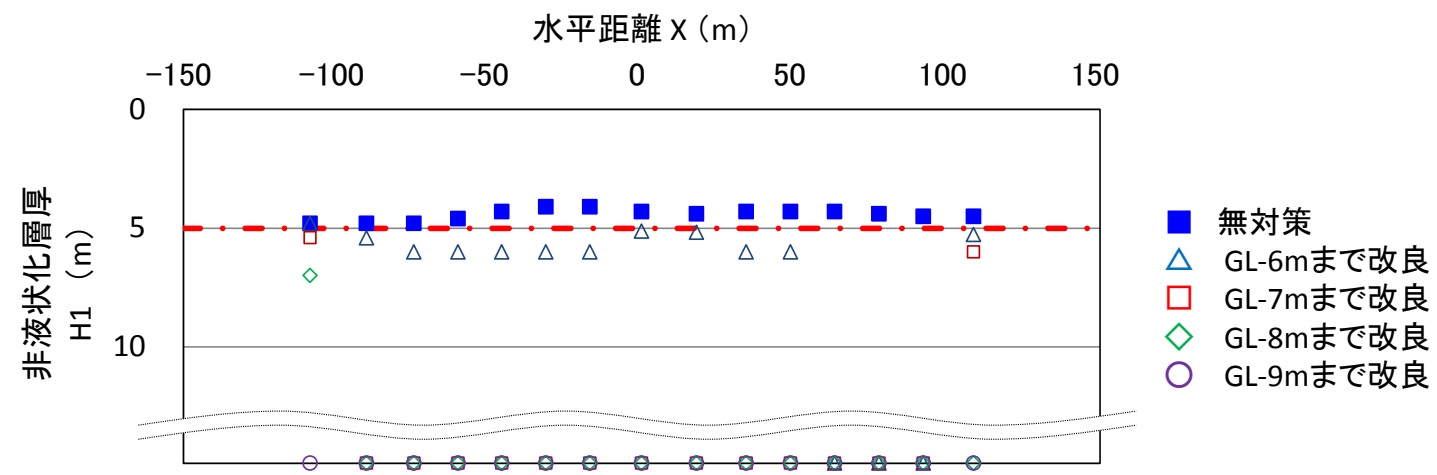
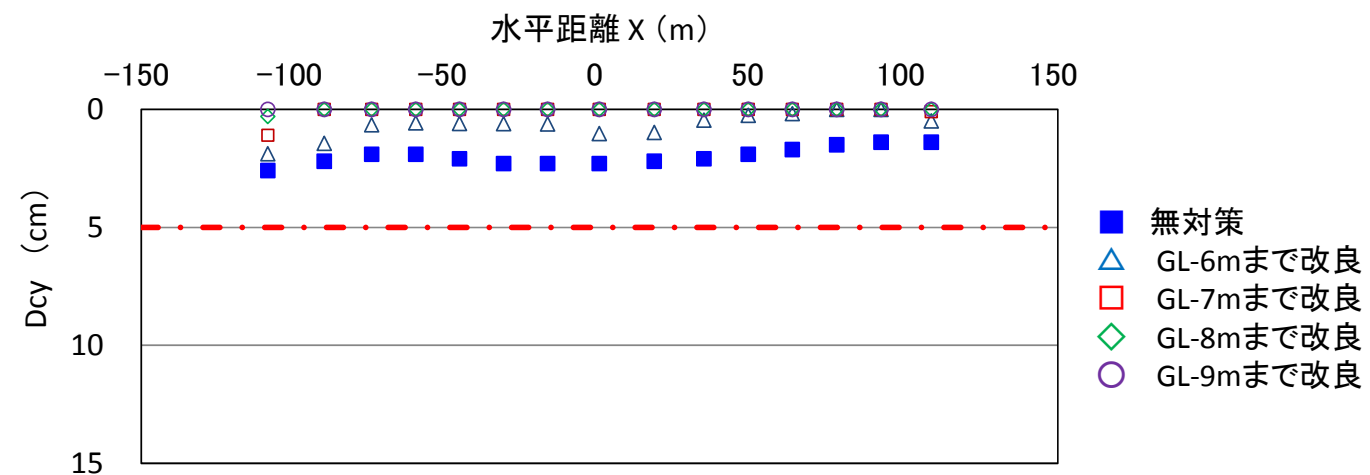


図-7.10 Dcyの水平分布 (②-②'断面)

図-7.11 非液状化層厚 H1の水平分布 (②-②'断面)

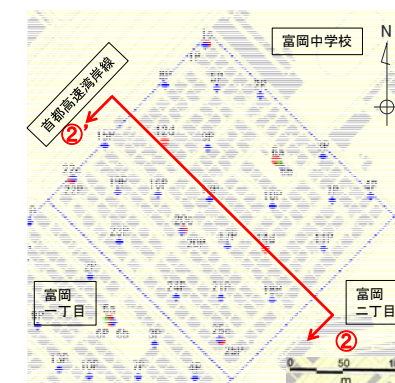
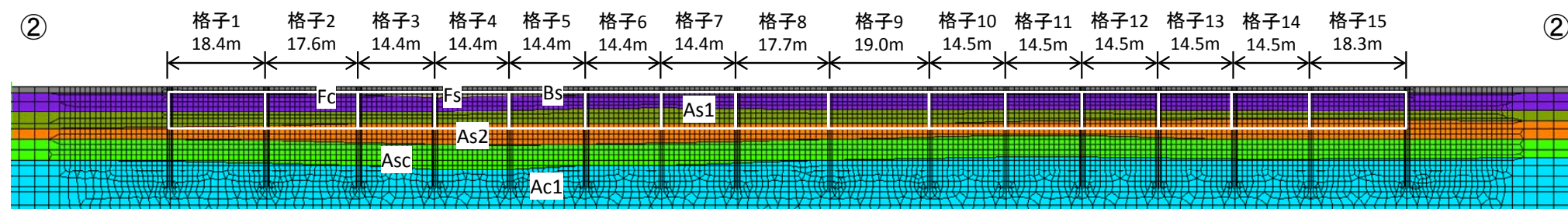
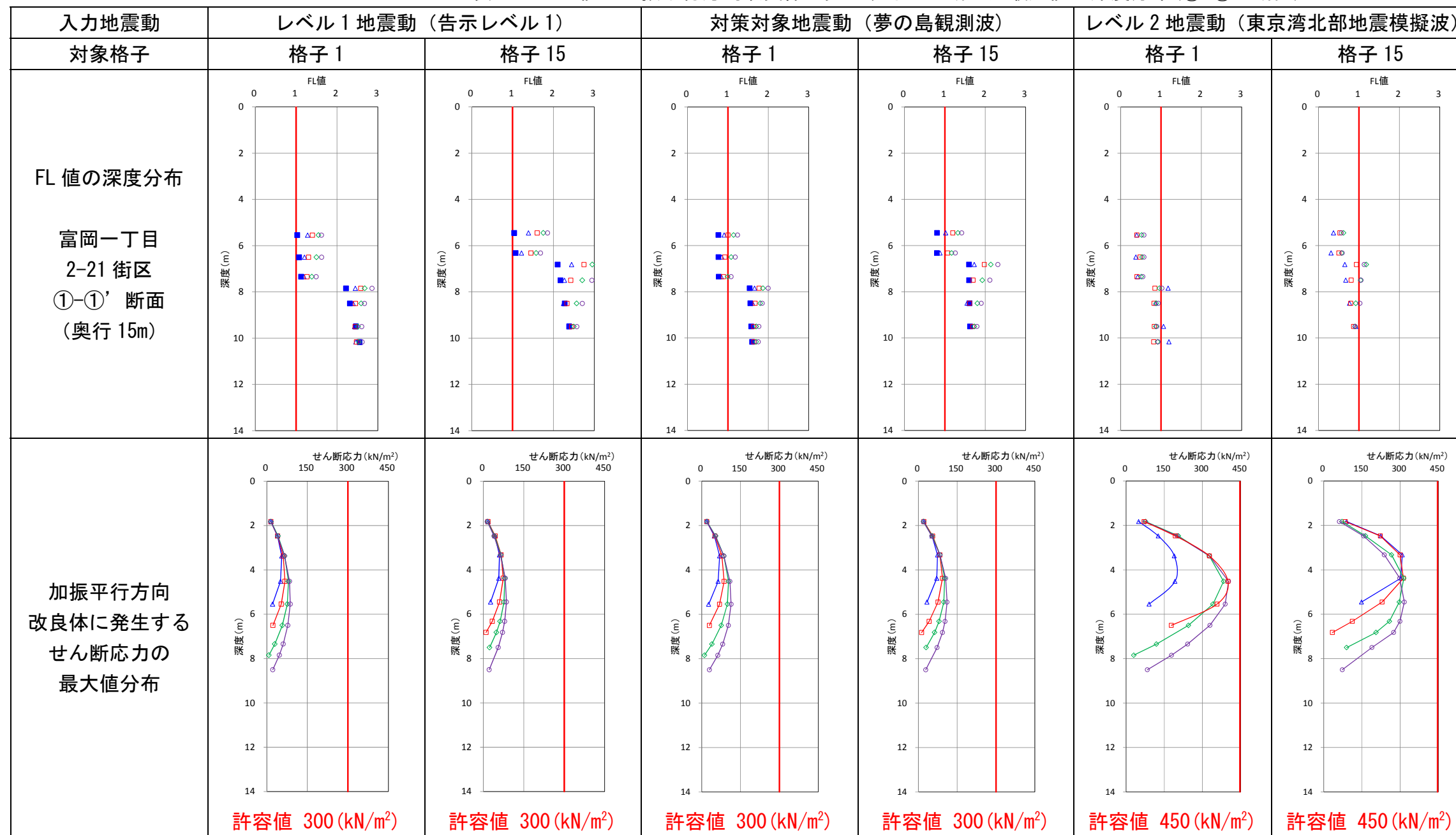


表-7.4 に設計で採用する3種類の地震動、レベル1地震動（告示レベル1）、対策対象地震動（夢の島観測波）、レベル2地震動（東京湾北部地震模擬波）に対するFL値の深度分布と、加振平行方向改良体に発生するせん断応力最大値の深度分布を示します。解析結果は①-①'断面（奥行き15m）の代表格子（格子1、15）のものです。

レベル1地震動（告示レベル1）、対策対象地震動に対しては、格子状改良を行うことで全層FL>1を満足し、改良体に発生するせん断応力も、許容値の300(kN/m<sup>2</sup>)以内に収まっています。また、レベル2地震動に対しては対策後も液状化は発生しますが、改良体に発生するせん断応力は許容値の450(kN/m<sup>2</sup>)以内に収まっていますので、改良体の健全性を確保するという要求性能が満足できていることが分かります。対策対象地震動とレベル2地震動に対して許容値の値が違うのは、許容値を算出するための安全率の値が異なるためです。

※レベル2地震動の無対策条件は、地盤のひずみレベルが10%以上となり、等価線形解析の限界値を超えていますのでFL値分布図から除いています。

表-7.4 FL値と加振平行方向改良体に発生するせん断応力最大値の深度分布(①-①'断面)



- 無対策
- △ GL-6mまで改良
- GL-7mまで改良
- ◇ GL-8mまで改良
- GL-9mまで改良

- 対策対象地震動、レベル1地震動 設計基準強度  $F_c=1.5$  (N/mm<sup>2</sup>)、許容せん断応力 =  $0.3 \times F_c \times 2/3 = 0.3$  (N/mm<sup>2</sup>) = 300 (kN/m<sup>2</sup>)
- レベル2地震動 設計基準強度  $F_c=1.5$  (N/mm<sup>2</sup>)、極限せん断応力 =  $0.3 \times F_c \times 3/3 = 0.3$  (N/mm<sup>2</sup>) = 450 (kN/m<sup>2</sup>)

■解析結果一覧 (①-①' 断面、対策対象地震動)

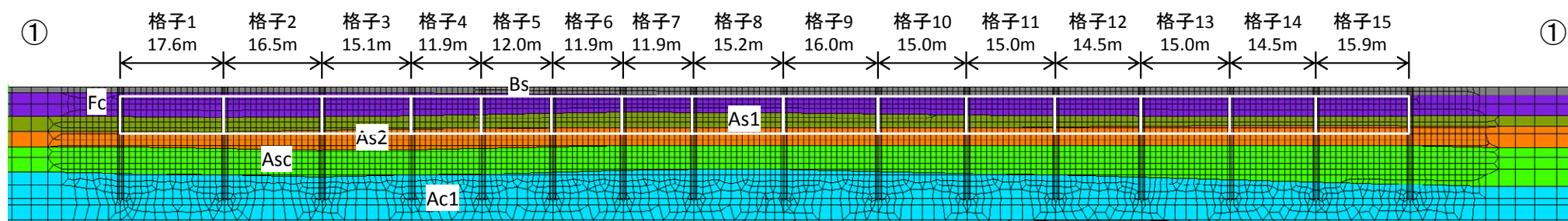
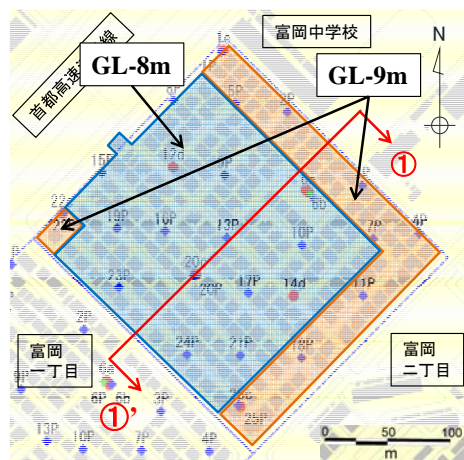


表-7.5 解析結果一覧 (①-①' 断面)

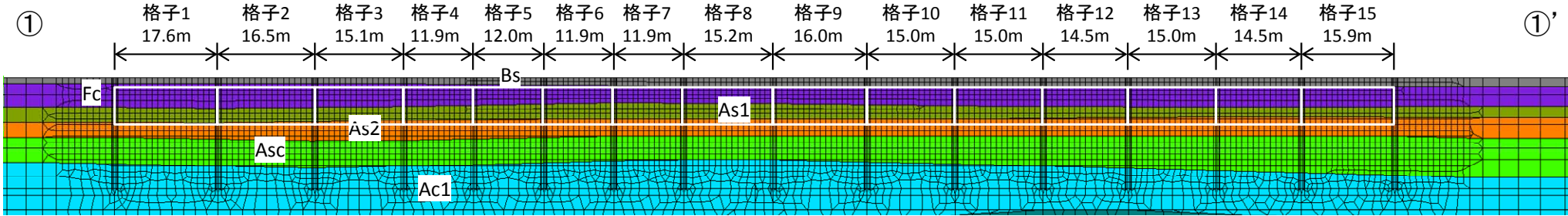
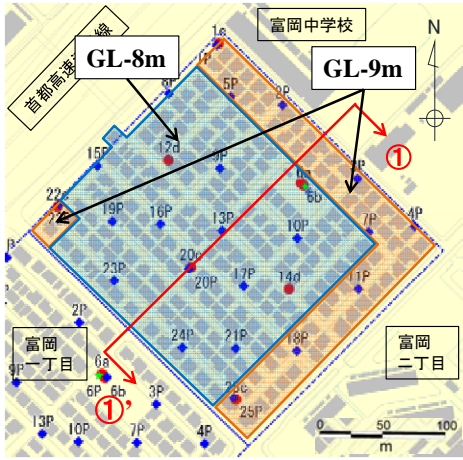
無対策		格子1	格子2	格子3	格子4	格子5	格子6	格子7	格子8	格子9	格子10	格子11	格子12	格子13	格子14	格子15
	Dcy (cm)	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.5
H1 (m)	5.1	5.1	4.9	4.8	4.6	4.4	4.3	4.4	4.5	4.7	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	
最小FL	0.76	0.76	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.80	0.80	0.79	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	

改良下端深度	解析での奥行		格子面積 (m <sup>2</sup> )														
			格子1	格子2	格子3	格子4	格子5	格子6	格子7	格子8	格子9	格子10	格子11	格子12	格子13	格子14	格子15
GL-6m	12m	奥行12m	211.2	198.0	181.2	142.8	144.0	142.8	142.8	182.4	192.0	180.0	180.0	174.0	180.0	174.0	190.8
		奥行15m	264.0	247.5	226.5	178.5	180.0	178.5	178.5	228.0	240.0	225.0	225.0	217.5	225.0	217.5	238.5
		奥行18m	316.8	297.0	271.8	214.2	216.0	214.2	214.2	273.6	288.0	270.0	270.0	261.0	270.0	261.0	286.2
	15m	Dcy (cm)	1.9	1.7	1.0	1.0	0.8	0.7	0.7	0.6	1.0	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4
		H1 (m)	5.1	5.1	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.2	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
		最小FL	0.83	0.84	0.86	0.83	0.85	0.86	0.87	0.91	0.91	0.90	0.91	0.92	0.94	0.94	0.88
		Dcy (cm)	2.0	1.7	1.1	1.0	0.8	0.7	0.7	0.6	1.0	0.6	0.6	0.5	0.3	0.3	1.0
		H1 (m)	5.1	5.1	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.2	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	4.9
		最小FL	0.82	0.83	0.85	0.83	0.85	0.86	0.87	0.90	0.90	0.89	0.90	0.91	0.93	0.92	0.88
18m	Dcy (cm)	2.1	1.8	1.6	1.0	0.8	0.8	0.7	1.1	1.0	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	1.0	
	H1 (m)	5.1	5.1	4.9	6.0	6.0	6.0	6.0	5.2	5.2	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	4.9	
	最小FL	0.82	0.82	0.84	0.83	0.85	0.86	0.86	0.89	0.89	0.88	0.89	0.90	0.92	0.91	0.87	

改良下端深度	解析での奥行		格子面積 (m <sup>2</sup> )														
			格子1	格子2	格子3	格子4	格子5	格子6	格子7	格子8	格子9	格子10	格子11	格子12	格子13	格子14	格子15
GL-7m	12m	奥行12m	211.2	198.0	181.2	142.8	144.0	142.8	142.8	182.4	192.0	180.0	180.0	174.0	180.0	174.0	190.8
		奥行15m	264.0	247.5	226.5	178.5	180.0	178.5	178.5	228.0	240.0	225.0	225.0	217.5	225.0	217.5	238.5
		奥行18m	316.8	297.0	271.8	214.2	216.0	214.2	214.2	273.6	288.0	270.0	270.0	261.0	270.0	261.0	286.2
	15m	Dcy (cm)	1.0	0.9	0.2	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H1 (m)	6.0	6.0	7.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		最小FL	0.89	0.90	0.96	0.97	1.10	1.23	1.24	1.15	1.12	1.14	1.13	1.13	1.12	1.12	1.07
		Dcy (cm)	1.5	0.9	0.7	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H1 (m)	5.1	6.0	6.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		最小FL	0.87	0.89	0.94	0.96	1.07	1.19	1.20	1.12	1.09	1.11	1.10	1.11	1.10	1.09	1.04
18m	Dcy (cm)	1.6	0.9	0.7	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	H1 (m)	5.1	6.0	6.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	最小FL	0.86	0.88	0.93	0.95	1.05	1.16	1.17	1.10	1.07	1.09	1.08	1.08	1.07	1.07	1.02	

■ : FL > 1.0を満足      ■ : FL ≤ 1.0





		格子面積 (m <sup>2</sup> )															
		格子1	格子2	格子3	格子4	格子5	格子6	格子7	格子8	格子9	格子10	格子11	格子12	格子13	格子14	格子15	
改良下端深度	奥行12m	211.2	198.0	181.2	142.8	144.0	142.8	142.8	182.4	192.0	180.0	180.0	174.0	180.0	174.0	190.8	
	奥行15m	264.0	247.5	226.5	178.5	180.0	178.5	178.5	228.0	240.0	225.0	225.0	217.5	225.0	217.5	238.5	
	奥行18m	316.8	297.0	271.8	214.2	216.0	214.2	214.2	273.6	288.0	270.0	270.0	261.0	270.0	261.0	286.2	
改良下端深度	解析での奥行	格子1	格子2	格子3	格子4	格子5	格子6	格子7	格子8	格子9	格子10	格子11	格子12	格子13	格子14	格子15	
GL-8m	12m	Dcy (cm)	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H1 (m)	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		最小FL	1.00	1.05	1.09	1.16	1.18	1.44	1.45	1.29	1.25	1.27	1.26	1.27	1.25	1.24	1.17
	15m	Dcy (cm)	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H1 (m)	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		最小FL	0.97	1.02	1.06	1.12	1.14	1.37	1.37	1.25	1.21	1.23	1.22	1.23	1.21	1.20	1.13
	18m	Dcy (cm)	0.3	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H1 (m)	7.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		最小FL	0.95	1.00	1.04	1.09	1.11	1.32	1.32	1.21	1.17	1.19	1.18	1.19	1.17	1.16	1.09

		格子面積 (m <sup>2</sup> )															
		格子1	格子2	格子3	格子4	格子5	格子6	格子7	格子8	格子9	格子10	格子11	格子12	格子13	格子14	格子15	
改良下端深度	奥行12m	211.2	198.0	181.2	142.8	144.0	142.8	142.8	182.4	192.0	180.0	180.0	174.0	180.0	174.0	190.8	
	奥行15m	264.0	247.5	226.5	178.5	180.0	178.5	178.5	228.0	240.0	225.0	225.0	217.5	225.0	217.5	238.5	
	奥行18m	316.8	297.0	271.8	214.2	216.0	214.2	214.2	273.6	288.0	270.0	270.0	261.0	270.0	261.0	286.2	
改良下端深度	解析での奥行	格子1	格子2	格子3	格子4	格子5	格子6	格子7	格子8	格子9	格子10	格子11	格子12	格子13	格子14	格子15	
GL-9m	12m	Dcy (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H1 (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		最小FL	1.08	1.16	1.21	1.30	1.31	1.63	1.64	1.43	1.38	1.42	1.40	1.41	1.37	1.37	1.26
	15m	Dcy (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H1 (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		最小FL	1.04	1.11	1.16	1.25	1.26	1.52	1.52	1.36	1.32	1.35	1.33	1.34	1.31	1.30	1.20
	18m	Dcy (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H1 (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		最小FL	1.01	1.08	1.13	1.20	1.21	1.44	1.44	1.31	1.26	1.29	1.28	1.28	1.26	1.25	1.16

■ : FL > 1.0を満足      ■ : FL ≤ 1.0

■解析結果一覧 (②-②' 断面、対策対象地震動)

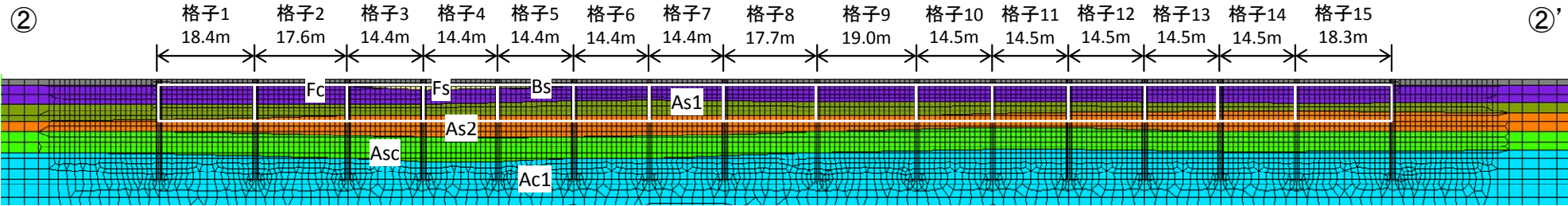
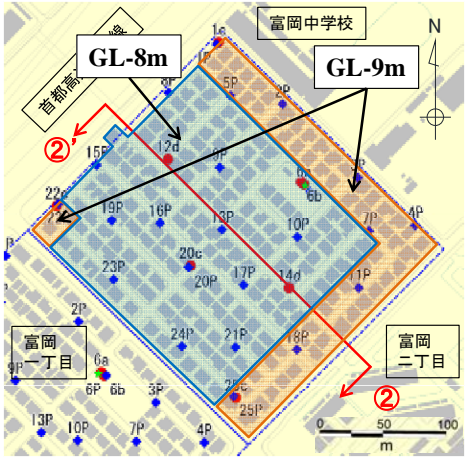


表-7.6 解析結果一覧 (②-②' 断面)

無対策			格子1	格子2	格子3	格子4	格子5	格子6	格子7	格子8	格子9	格子10	格子11	格子12	格子13	格子14	格子15
		Dcy (cm)	2.6	2.2	1.9	1.9	2.1	2.3	2.3	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4
H1 (m)	4.8	4.8	4.8	4.6	4.3	4.1	4.1	4.3	4.4	4.3	4.3	4.3	4.4	4.5	4.5		
最小FL	0.79	0.80	0.82	0.84	0.83	0.83	0.83	0.82	0.81	0.81	0.81	0.82	0.82	0.83	0.83		

			格子面積 (m <sup>2</sup> )														
		奥行12m	220.8	211.2	172.8	172.8	172.8	172.8	172.8	172.8	212.4	228.0	174.0	174.0	174.0	174.0	174.0
奥行15m	276.0	264.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	265.5	285.0	217.5	217.5	217.5	217.5	217.5	274.5	
奥行18m	331.2	316.8	259.2	259.2	259.2	259.2	259.2	259.2	318.6	342.0	261.0	261.0	261.0	261.0	261.0	329.4	

改良下端深度	解析での奥行		格子1	格子2	格子3	格子4	格子5	格子6	格子7	格子8	格子9	格子10	格子11	格子12	格子13	格子14	格子15
		GL-6m	12m	Dcy (cm)	1.8	1.1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1.0	0.9	0.4	0.3	-	-
H1 (m)	4.8			5.4	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.1	5.2	6.0	6.0	-	-	-	5.3
最小FL	0.86			0.88	0.89	0.92	0.91	0.91	0.91	0.92	0.93	0.93	0.97	1.01	1.02	1.01	0.96
15m	Dcy (cm)		1.9	1.4	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	1.0	1.0	0.5	0.3	0.2	-	-	0.5
	H1 (m)		4.8	4.8	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.1	5.2	6.0	6.0	6.0	-	-	5.3
	最小FL		0.85	0.88	0.89	0.91	0.91	0.90	0.90	0.91	0.92	0.92	0.96	0.99	1.02	1.01	0.95
18m	Dcy (cm)	2.0	1.5	1.0	0.6	0.6	0.6	0.6	1.1	1.0	0.5	0.3	0.2	-	-	-	
	H1 (m)	4.8	4.8	5.4	6.0	6.0	6.0	6.0	5.1	5.2	6.0	6.0	6.0	-	-	-	
最小FL	0.84	0.87	0.88	0.91	0.90	0.90	0.89	0.90	0.91	0.91	0.94	0.98	1.00	1.00	-	-	

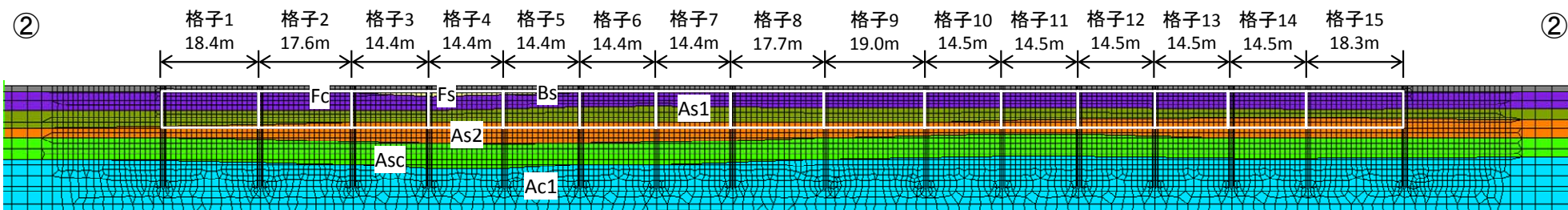
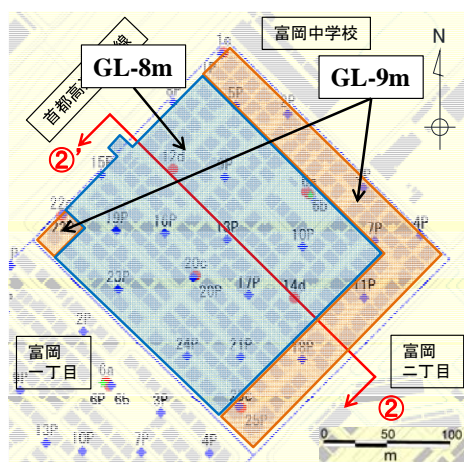
  

			格子面積 (m <sup>2</sup> )														
		奥行12m	220.8	211.2	172.8	172.8	172.8	172.8	172.8	172.8	212.4	228.0	174.0	174.0	174.0	174.0	174.0
奥行15m	276.0	264.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	265.5	285.0	217.5	217.5	217.5	217.5	217.5	274.5	
奥行18m	331.2	316.8	259.2	259.2	259.2	259.2	259.2	259.2	318.6	342.0	261.0	261.0	261.0	261.0	261.0	329.4	

改良下端深度	解析での奥行		格子1	格子2	格子3	格子4	格子5	格子6	格子7	格子8	格子9	格子10	格子11	格子12	格子13	格子14	格子15
		GL-7m	12m	Dcy (cm)	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H1 (m)	6.0			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
最小FL	0.98			1.04	1.15	1.19	1.18	1.17	1.16	1.08	1.06	1.15	1.12	1.11	1.11	1.10	1.01
15m	Dcy (cm)		1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1
	H1 (m)		5.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.0
	最小FL		0.96	1.02	1.12	1.16	1.15	1.14	1.13	1.06	1.04	1.12	1.10	1.09	1.09	1.08	1.00
18m	Dcy (cm)	1.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	H1 (m)	5.4	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
最小FL	0.94	0.99	1.10	1.13	1.12	1.12	1.11	1.04	1.02	1.09	1.08	1.07	1.07	1.06	-	-	

■ : FL > 1.0を満足      ■ : FL ≤ 1.0



		格子面積 (m <sup>2</sup> )																	
		奥行12m	220.8	211.2	172.8	172.8	172.8	172.8	172.8	212.4	228.0	174.0	174.0	174.0	174.0	174.0	219.6		
		奥行15m	276.0	264.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	265.5	285.0	217.5	217.5	217.5	217.5	217.5	274.5		
		奥行18m	331.2	316.8	259.2	259.2	259.2	259.2	259.2	318.6	342.0	261.0	261.0	261.0	261.0	261.0	329.4		
改良下端深度	解析での奥行		格子1	格子2	格子3	格子4	格子5	格子6	格子7	格子8	格子9	格子10	格子11	格子12	格子13	格子14	格子15		
GL-8m	12m	Dcy (cm)	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		H1 (m)	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		最小FL	0.99	1.05	1.33	1.36	1.35	1.33	1.32	1.20	1.16	1.30	1.25	1.22	1.22	1.20	1.07		
	15m	Dcy (cm)	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H1 (m)	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		最小FL	0.96	1.01	1.26	1.29	1.27	1.26	1.25	1.14	1.11	1.23	1.19	1.17	1.17	1.15	1.03		
	18m	Dcy (cm)	0.8	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H1 (m)	6.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		最小FL	0.93	0.98	1.20	1.23	1.22	1.21	1.20	1.10	1.07	1.18	1.14	1.12	1.12	1.11			

		格子面積 (m <sup>2</sup> )																
		奥行12m	220.8	211.2	172.8	172.8	172.8	172.8	172.8	212.4	228.0	174.0	174.0	174.0	174.0	174.0	219.6	
		奥行15m	276.0	264.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	265.5	285.0	217.5	217.5	217.5	217.5	217.5	274.5	
		奥行18m	331.2	316.8	259.2	259.2	259.2	259.2	259.2	318.6	342.0	261.0	261.0	261.0	261.0	261.0	329.4	
改良下端深度	解析での奥行		格子1	格子2	格子3	格子4	格子5	格子6	格子7	格子8	格子9	格子10	格子11	格子12	格子13	格子14	格子15	
GL-9m	12m	Dcy (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H1 (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		最小FL	1.09	1.16	1.47	1.45	1.42	1.53	1.52	1.35	1.29	1.49	1.41	1.36	1.36	1.33	1.16	
	15m	Dcy (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H1 (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		最小FL	1.08	1.15	1.45	1.43	1.41	1.52	1.50	1.34	1.27	1.47	1.40	1.35	1.34	1.32	1.15	
	18m	Dcy (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H1 (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		最小FL	1.06	1.13	1.43	1.41	1.38	1.50	1.48	1.32	1.26	1.45	1.37	1.33	1.32	1.30		

■ : FL > 1.0を満足      ■ : FL ≤ 1.0



## 巻末資料【設計での解析および遠心模型振動実験に関する用語説明】

## ① レベル1地震動

50年に一度程度発生し、地表面でおよそ震度5弱～5強程度の揺れに相当する地震です。

## ② レベル2地震動

設計で考慮する最大級の地震で、地表面でおよそ震度6～7程度の揺れに相当します。阪神淡路大震災がレベル2地震動に相当しています。

## ③ 加速度応答スペクトル

構造物がある地震動を受けたときの加速度の最大応答値を表したものです。構造物にはそれぞれ揺れやすい固有の周期があり、加速度応答スペクトルはどの周期でどの程度揺れやすいかを示しています。例えば、超高層ビルの固有周期は長く、長周期の地震動に対する揺れが問題になっています。

## ④ 等価線形解析

解析に用いるパラメータの設定が容易で、解析を行う技術者によって得られる結果に大きな差が生じない手法です。これまで建物基礎の液状化対策に採用されている多くの格子状地盤改良の設計に用いられた解析手法です。

## ⑤ 有効応力解析

地震時に発生する過剰間隙水圧の上昇を直接求める手法です。解析に用いるパラメータの設定に高度な知識が必要とされます。建物基礎の液状化対策に用いる格子状地盤改良の設計で用いられた実績はありません。

## ⑥ 遠心模型振動実験

地盤模型に大きな遠心力を作用させることで、小さな模型でも実大スケールに近似した状態を再現することができる実験です。地盤模型を振動させることで地震を模擬し、液状化を再現した条件での実験を行うことができます。

## ⑦ 過剰間隙水圧比

地盤が地震を受けて変形すると、地盤内の水圧が上昇します(上昇した水圧分だけを過剰間隙水圧と呼びます)。ある深度での水圧が、その地点での土の重量に近づくと液状化が発生することになります。水圧を土の重量で除した値を過剰間隙水圧比と定義しています。この過剰間隙水圧比は液状化発生の程度を表す指標として用いられるもので、過剰間隙水圧比が1に近づくと液状化が発生することになります。

## ⑧ D値(締固め度)

浦安で発生した填砂のように細粒分を多く含む土の締固め度合いを表す指標です。D値が大きいほど良く締め固まっていることを表しています。

## ⑨ Dr(相対密度)

細粒分が少ない土の締め固め方を表す指標です。この値が大きいほど土は締め固まっていることを表しています。1964年に発生した新潟地震でも液状化が発生しました。新潟で液状化が発生した土は、細粒分が少ない土で相対密度を用いて締め固め方を表します。

## ⑩ スウェーデン式サウンディング試験

錘を付けた棒の先端が円錐状のコーンを、回転させながら地中に押し込む時の回転数から地盤の締め固め具合を測定する簡便な試験法です。

## ⑪ Na値

換算N値と細粒分含有率FCから求まる指標です。この値が求まると液状化強度Rが算出できます。Na値が大きくなると液状化強度Rも大きくなり、液状化が発生しにくくなります。