

第 1 回 浦安市市街地液状化対策検討委員会

格子状地中壁工法の設計方針・設計計画について

平成 27 年 2 月 12 日

目次

1. 要求性能に対する性能規定値の設定	1
2. 設計で採用する地震動	2
3. 設計で用いる解析手法	3
4. 遠心模型振動実験	6
5. 設計フロー	12
6. 基本断面の設定	14
7. 解析条件の設定	18
8. 被災状況との整合性確認	22

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 要求性能に対する性能規定値の設定

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-1.1のように設定しました。

表-1.1 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	地盤全層にわたる液状化が発生しない	液状化層全層でFL \geq 1.0
〃	液状化による顕著な被害が生じない	Dcy \leq 5
〃	液状化による顕著な被害が生じない	地表面からの非液状化層厚さH1 ・対策前 H1 \geq 1m ・対策後 H1 \geq 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 \leq 改良体のせん断強度

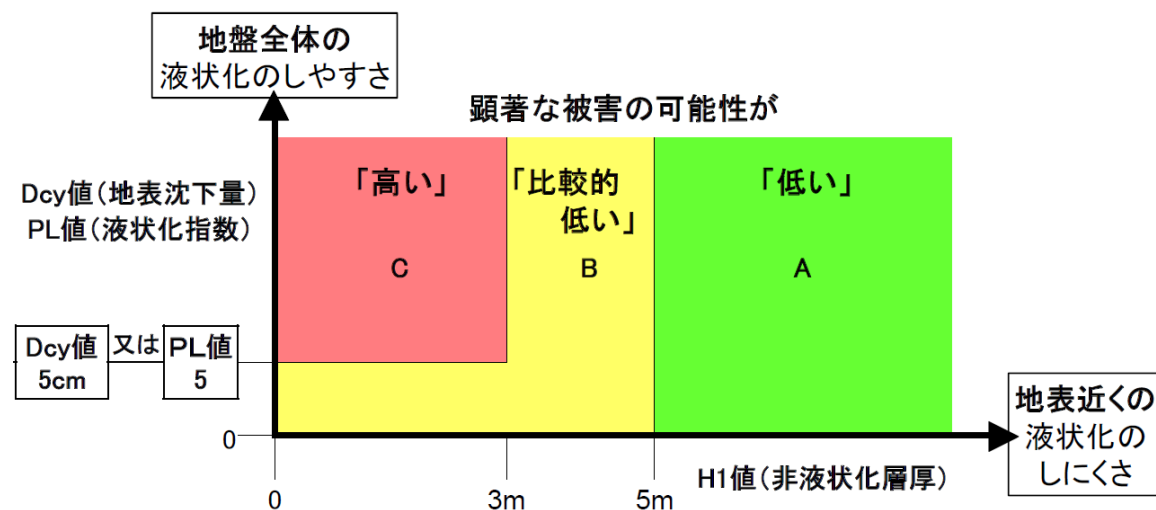


図-1.1 国土交通省の「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針(案)」の概要より

2 設計で採用する地震波

入力地震動は工学的基盤での地震波として規定します。採用する地震波を表-2.1 に示します。※設計で用いる入力地震動の最大加速度は、今後の検討によって設定します。

表-2.1 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

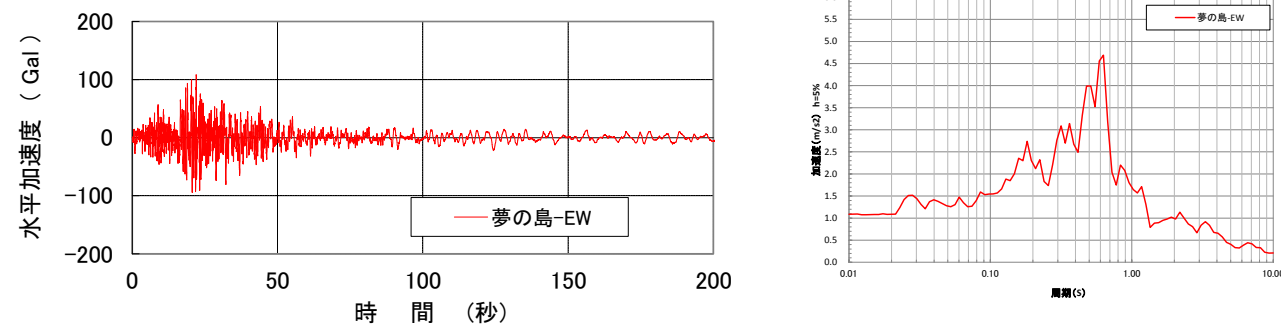


図-2.1 対策対象地震動の時刻歴図と加速度応答スペクトル
(上段：夢の島観測波、下段：K-NET 浦安観測波)

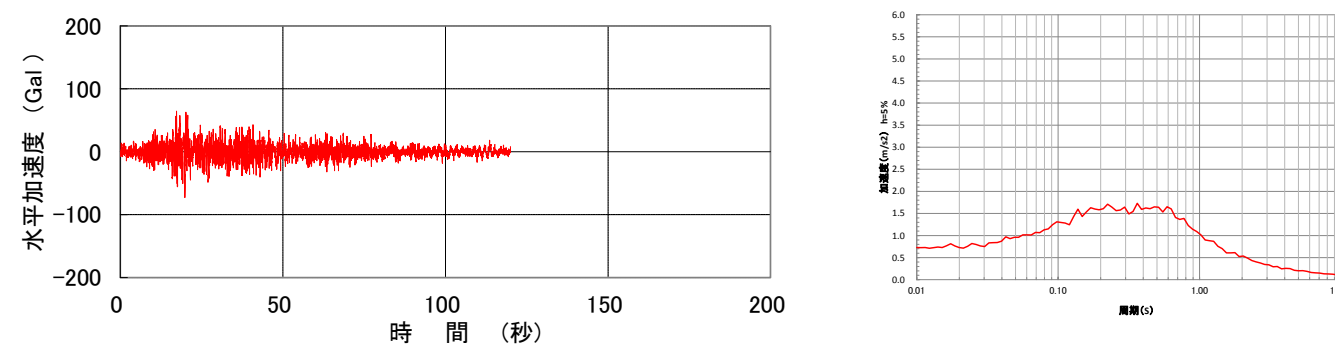


図-2.2 レベル1地震動の時刻歴図と加速度応答スペクトル

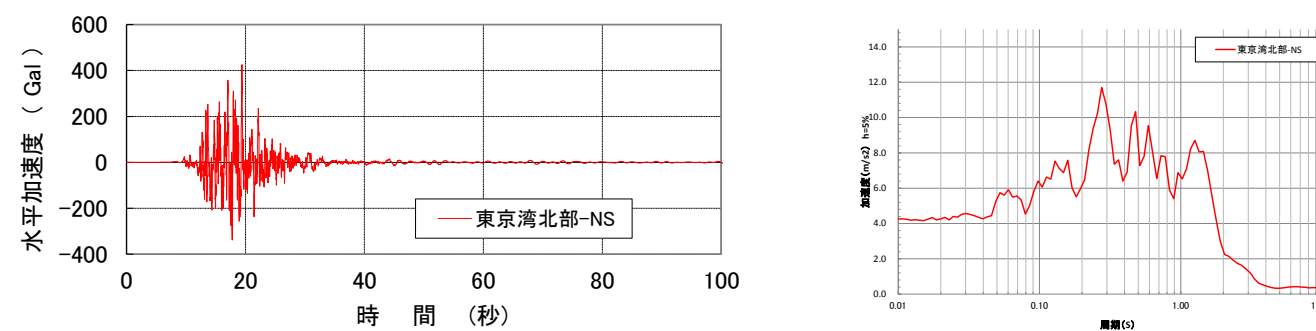


図-2.3 レベル2地震動の時刻歴図と加速度応答スペクトル

3 設計で用いる解析手法

- ① 対策対象地震動に対してモデル地盤条件であれば、1つの格子で1つの宅地と道路を対策する格子間隔 16m×13m で液状化発生を防止できる解析結果が報告されています。
- ② 設計は2次元(擬似3次元)モデルを用いた等価線形解析で実施します。
- ③ 有効応力解析は遠心模型振動実験を補完する目的で用います。
- ④ 必要に応じて3次元解析(等価線形、有効応力)を実施します。

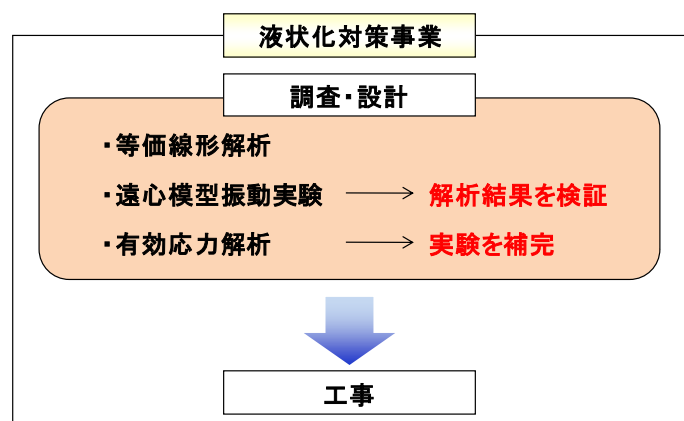


図-3.1 液状化対策事業での性能照査の考え方

3.1 モデル地盤に対する解析結果

浦安市の「液状化対策実現可能性検討委員会(平成24年)」では、モデル地盤に対して解析コード Super FLUSH を用いた2次元(擬似3次元)等価線形解析での地震応答解析が実施されました。解析では夢の島観測波をモデル地盤の工学的地盤に引き上げた地震波(図-2.1)を入力として用いています。

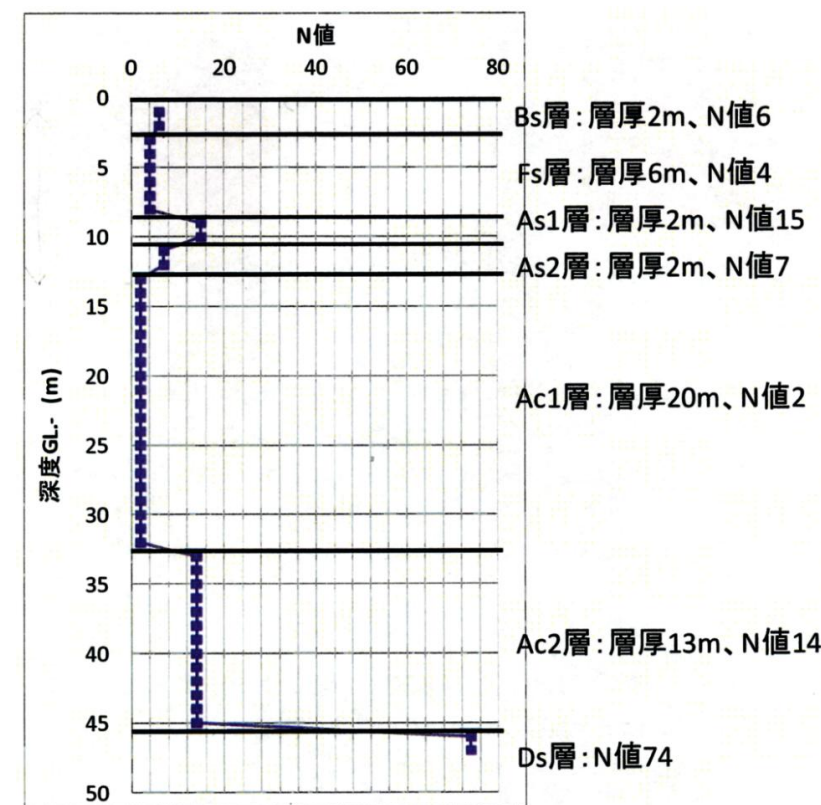


図-3.2 モデル地盤(地下水位 GL-1m)
(「液状化対策実現可能性検討委員会(平成24年)」)

表-3.1 解析で用いた地盤定数一覧
(「液状化対策実現可能性検討委員会(平成24年)」)

土質名	N値	層厚(m)	細粒分含有率 (%)	密度 (t/m ³)	せん断波速度 (m/s)	初期せん断剛性 (kN/m ²)	ポアソン比
			Fc	ρ	Vs	G ₀	ν
Bs (乾燥)	6	1	18	1.80	145	38,038	0.49
Bs (飽和)	6	1	18	1.80	145	38,038	0.49
Fs	4	6	22	1.80	127	29,029	0.49
As1	15	2	21.9	1.80	197	70,067	0.49
As2	7	2	31	1.70	153	39,813	0.49
Ac1	2	20	93.6	1.50	133	26,534	0.49
Ac2	14	15	93.6	1.50	220	72,600	0.49
Ds (工学的基盤)	74	-	10	2.00	388	301,088	0.49

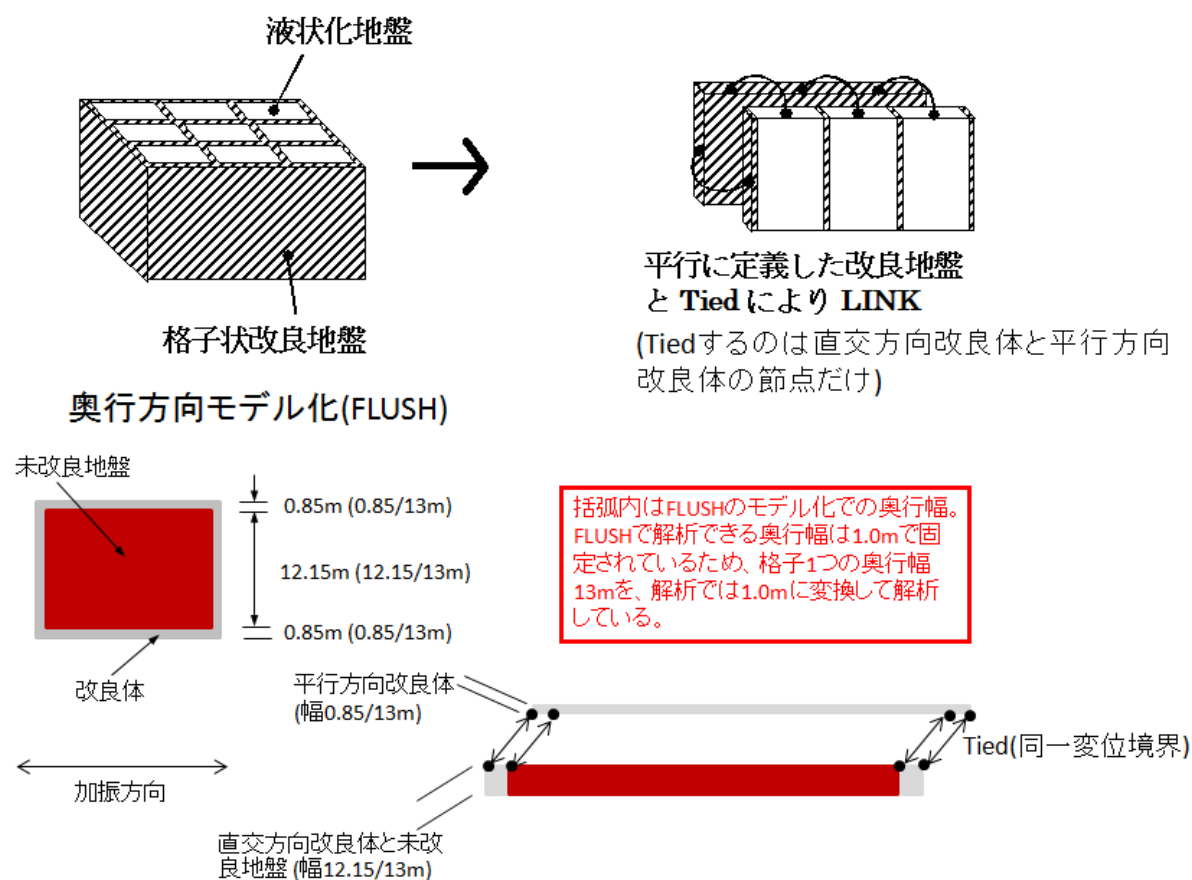


図-3.3 格子状地盤改良の擬似3次元モデルによるモデル化

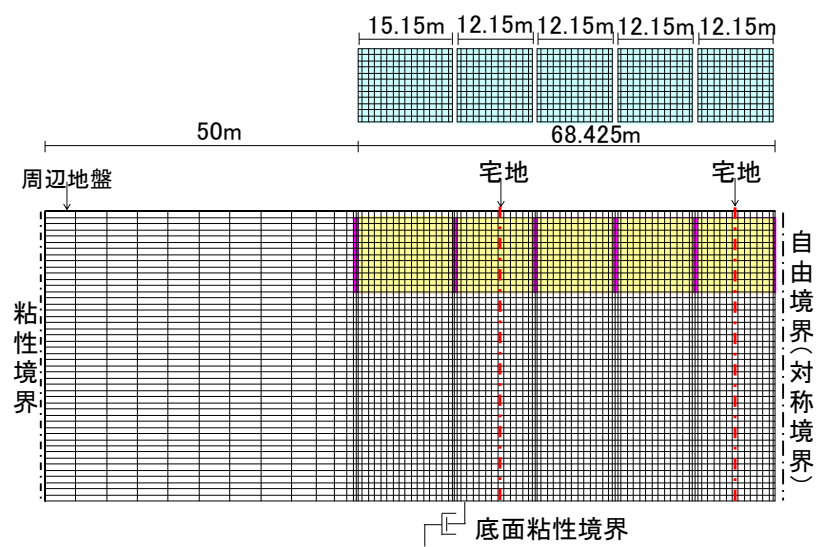


図-3.4 モデル地盤の解析モデル(1つの格子で1つの宅地と道路を対策)
(「液状化対策実現可能性検討委員会(平成24年)」)

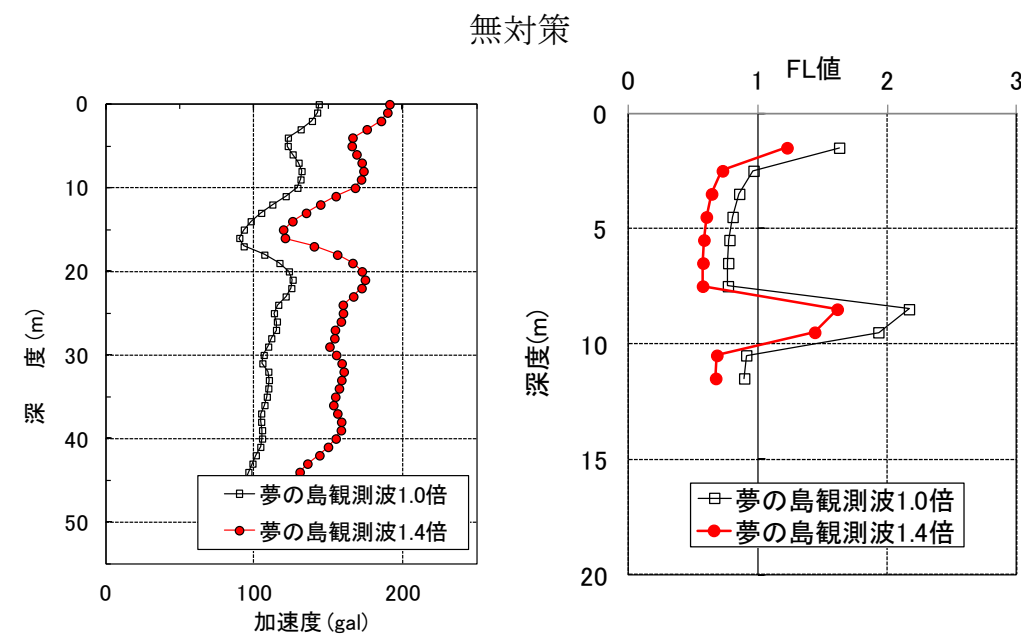


図-3.5 無対策での加速度とFL値の深度分布
(「液状化対策実現可能性検討委員会(平成24年)」)

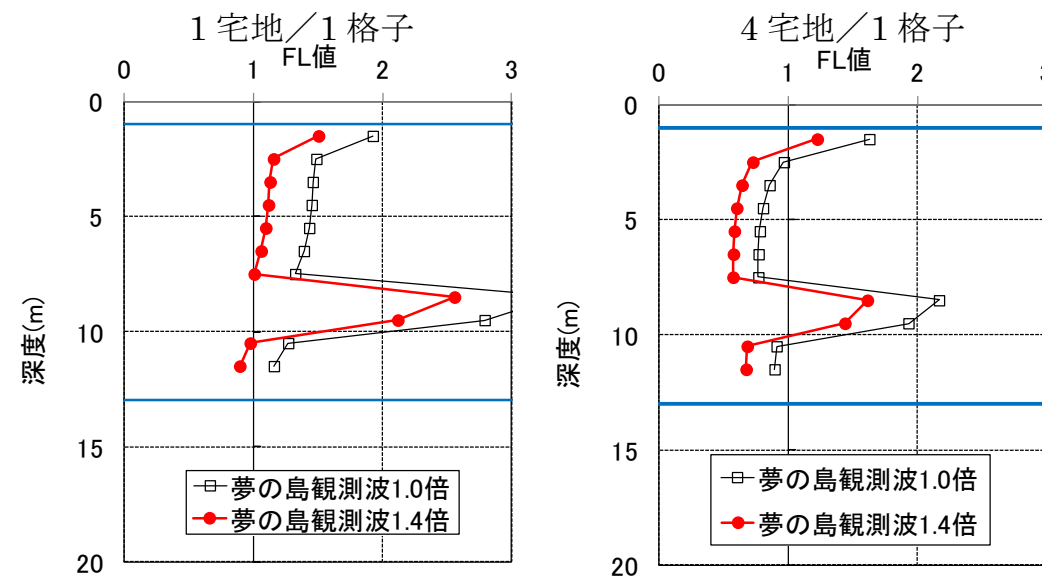


図-3.6 対策後のFL値の深度分布
(「液状化対策実現可能性検討委員会(平成24年)」)

3.2 設計で用いる解析手法

- ① 解析コードは Super FLUSH, FLIP, LIQCA, MiDIAN の中から選定します。
 ② 2次元(擬似3次元)モデルで設計を行います。必要に応じて3次元解析を行います。

(1) 解析ツール

液状化対策の検討に用いる解析ツールとして、等価線形解析と有効応力解析があげられます。等価線形解析はパラメータの設定が容易で、解析を行う技術者・解析コードの差によって得られる結果に大きな差が生じない手法です。また等価線形解析は、これまで格子状地盤改良の設計で用いられた実績も多くあります。そして設計された建築物が兵庫県南部地震・東北地方太平洋沖地震時に液状化による被害を受けなかったことが報告されていることから、等価線形解析を主設計ツールとします。

等価線形解析結果の検証として、遠心模型振動実験結果を用いることを考えていますが、遠心模型振動実験では遠心場で使用する土槽の寸法によってモデル化できる範囲に制約があります。そのため、遠心模型振動実験を補助するための解析ツールは、地盤の過剰間隙水圧上昇や住宅沈下量を予測可能な有効応力解析とします。

(2) 用いる解析コード

等価線形解析には、汎用コードの Super FLUSH 等を用います。有効応力解析では使用する解析コードによって結果に差が生じる点を考慮し、使用する解析コードは限定しません。検討で使用する解析コードは、汎用コードである FLIP・LIQCA と、※MuDIAN の中から選びます。※MuDIAN は竹中の自社開発ソフト。2次元・3次元の等価線形解析・有効応力解析の機能を有しています。

(3) 解析次元

設計は2次元(擬似3次元)解析で行います。しかし、個別に検討が必要な場合は3次元解析を用います。

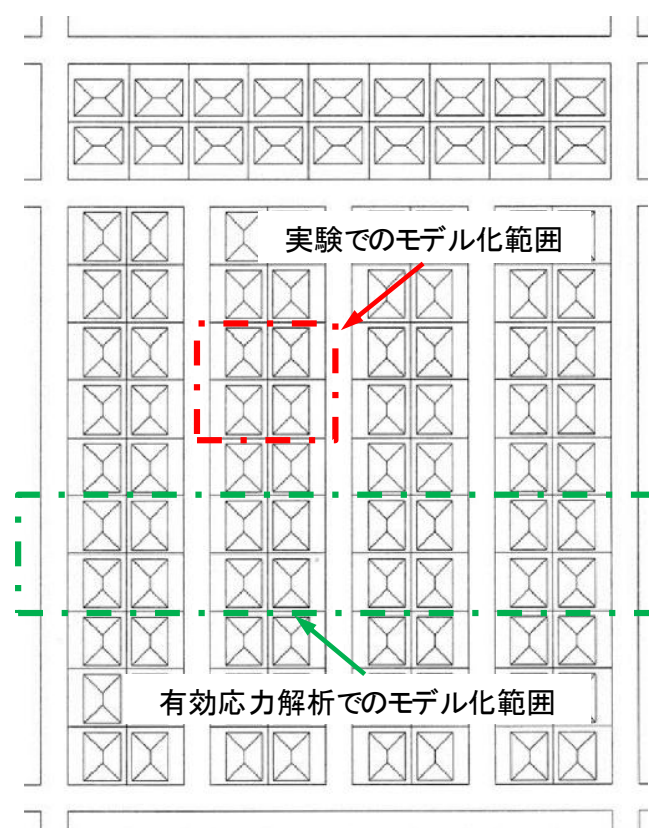


図-3.7 モデル化範囲

4 遠心模型振動実験

- ① 地表面からの非液状化厚 H1 が大きいと、沈下量を抑制する効果が大きくなります。
- ② 格子状地中壁工法で対策を行い地下水位 1m 以深の条件であれば、住宅部と庭部の沈下量の計測値に殆ど差はありませんでした。
- ③ 実験で得られた住宅沈下量と、解析で求めた Dcy の傾向は対応が取れています。

4.1 遠心実験装置の仕様

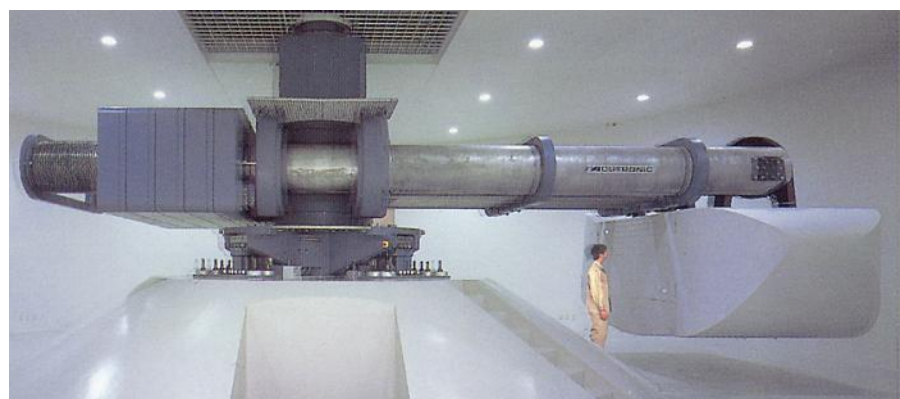


図-4.1 遠心実験装置全景(竹中技術研究所)

表-4.1 遠心実験装置の性能

容量	静的	130G (3.8t搭載時)
		100G (5t搭載時)
	動的 (予測目標)	100G (5t搭載時)
寸法	有効半径	6.5m
	モデル用空間	W2.0m × D2.0m × H1.0m
振動実験 (予測目標)	モデル内法寸法	W1.0m × D0.3m × H0.5m
	最大周波数	200Hz
	最大水平加速度	25G
	最大遠心加速度	100G
計測(最大)	スリッピング	200極
	サンプリング速度	5,000点/s/測点
高速度ビデオ	最大記録スピード	1,000コマ/s

表-4.2 せん断土槽の仕様

土槽	写真	タイプ	内寸()内は60G場での実スケール			外寸(最大)			頭部の最大変位 (mm)
			幅 (mm)	奥行き (mm)	高さ (mm)	幅 (mm)	奥行き (mm)	高さ (mm)	
1		せん断土槽	800 (48m)	530 (31.8m)	230 (13.8m)	880	580	235	40
2		せん断土槽	1000 (60m)	300 (18m)	340 (20.4m)	1050	350	350	50

4.2 格子間隔と住宅沈下量の関係

浦安市の「液状化対策実現可能性検討委員会(平成 24 年)」で検討されたモデル地盤条件を用いて模型地盤の作成を行い、東北地方太平洋沖地震時に K-NET 浦安で観測された地震波(最大加速度 157gal)を振動台に入力した遠心模型振動実験を実施しました。実験時に計測した振動台加速度の加速度応答スペクトルと、モデル地盤に対して等価線形解析で得られた地表面加速度の比較から、マグニチュード 9・地表面加速度約 200gal の実験条件に相当しています。

表-4.3 モデル地盤と模型地盤の関係

深度 (m)	浦安モデル地盤 ²⁾		遠心模型地盤			
	層区分	ϵ a=2.5%, 20波の応力比	層区分	ϵ a=2.5%, 20波の	層区分	ϵ a=2.5%, 20波の応力比
0~2m	Bs	0.25	豊浦砂 Dr=50%	0.17	浦安砂	0.18
2m~8m	Fs	0.20			D値=90%	
8m~10m	As1	0.36	豊浦砂 Dr=70%	0.22	浦安砂D値=95%	0.28
10m~12m	As2	0.23				

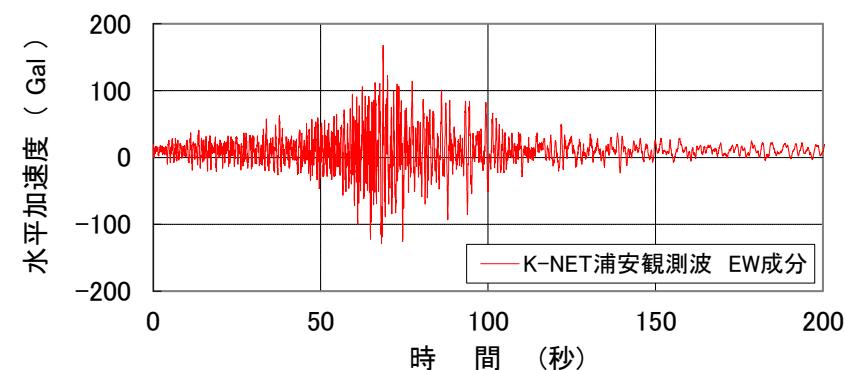


図-4.1 遠心模型振動実験の入力に用いられた K-NET 浦安観測波(最大加速度 157gal)

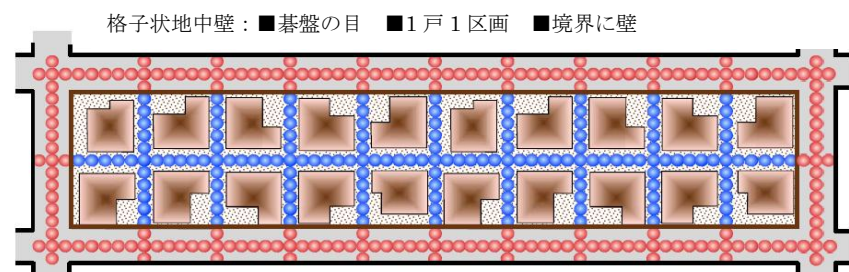


図-4.2 格子状地中壁工法の適用イメージ

ケース名	模型地盤の計測器配置	
	平面図	断面図
Case-3 (無対策)		
Case-4 (4戸/ 1区画)		
Case-5 (2戸/ 1区画)		
Case-6 (1戸/ 1区画、 無対策)		

■ 加速度計 ↓ 加速度計(上下) ● 間隙水圧計 ▮ 土圧計

図-4.3 実験ケースと計測器の配置

既設住宅がある条件で格子状地中壁工法の対策を行う場合、1つの格子の中に入る宅地の数によって格子間隔が決まってしまう。モデル宅地(13m×13m)に対して1つの格子に1つの宅地が入る場合の格子間隔は16m×13m(格子面積 208m²)、2つの宅地が入ると格子間隔は32m×13m(格子面積 416m²)、4つの宅地が入ると格子間隔は32m×26m(格子面積 832m²)です。

上記条件に対する実験で得られた住宅沈下量と、モデル地盤に対する解析から求めたDcyの傾向は対応が取れていました。

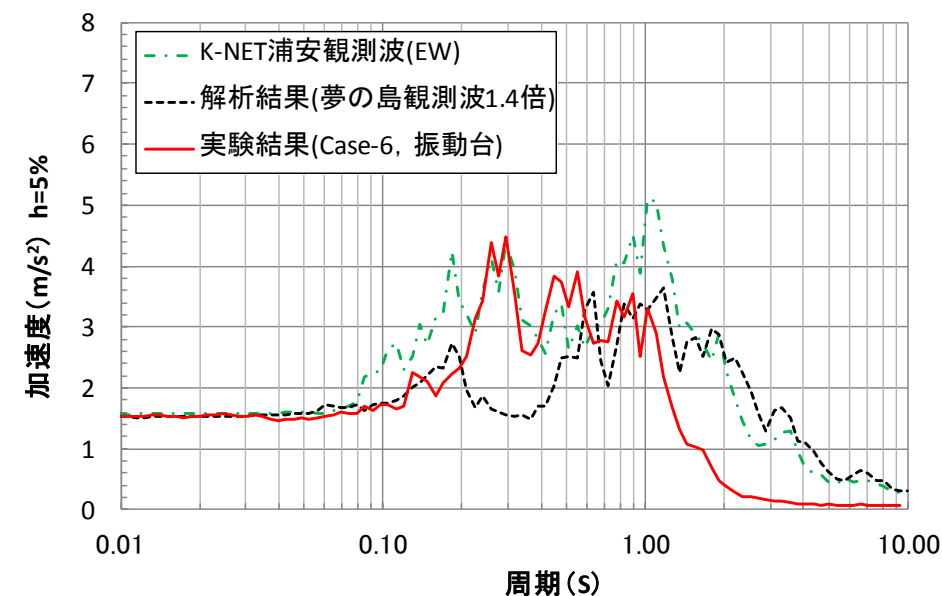


図-4.4 加速度応答スペクトルの比較

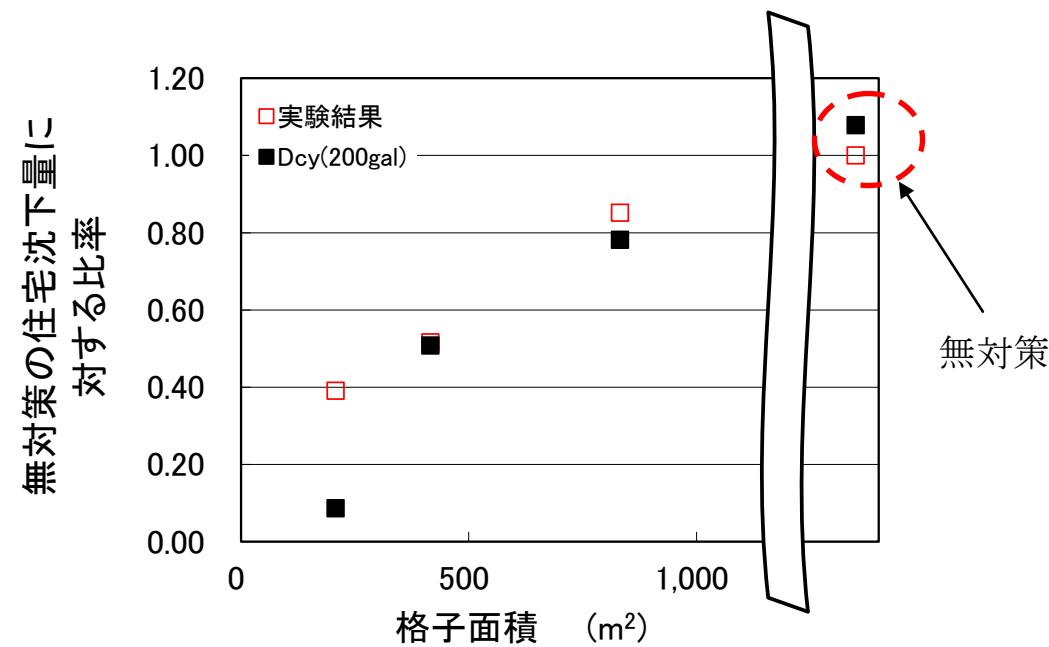


図-4.5 格子面積と住宅沈下量の関係

図-4.6 は実験での過剰間隙水圧比の最大値コンター図です。格子状地中壁工法で対策を行った場合、格子間隔が狭くなると深度の浅い部分での過剰間隙水圧上昇が抑制される傾向にありました。宅地の庭に相当するLine-①と住宅中央での過剰間隙水圧比の深度分布を示しているのが図-4.7 です。図-4.8 は、過剰間隙水圧比最大値の深度分布図で、過剰間隙水圧比 0.8 以下になる深度と住宅沈下量の関係を示しています。過剰間隙水圧比 0.8 以下を仮に非液状化層厚とすると、非液状化層厚が大きくなると住宅沈下量が小さくなる傾向があることが分かります。

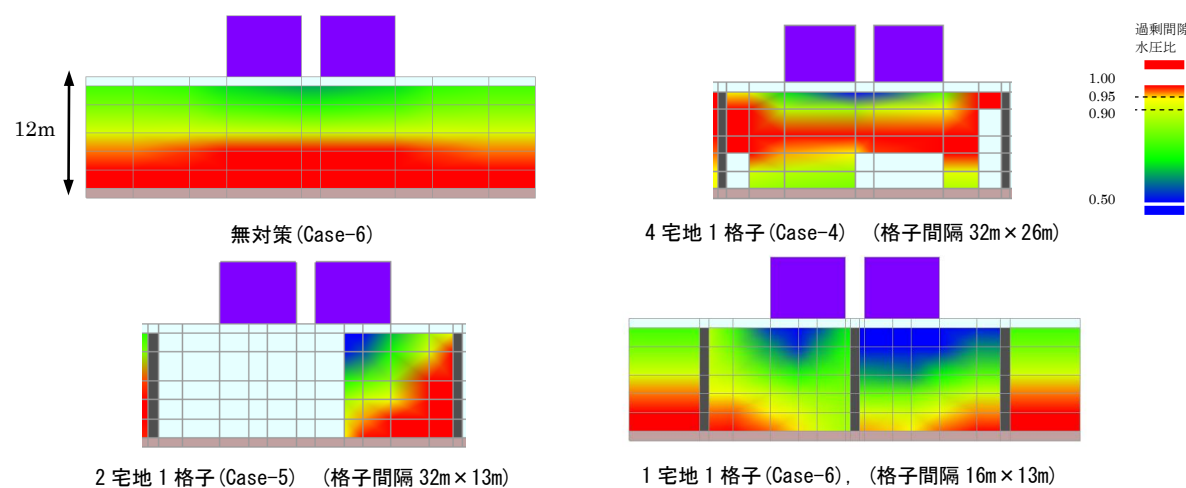


図-4.6 過剰間隙水圧比の最大値コンター図

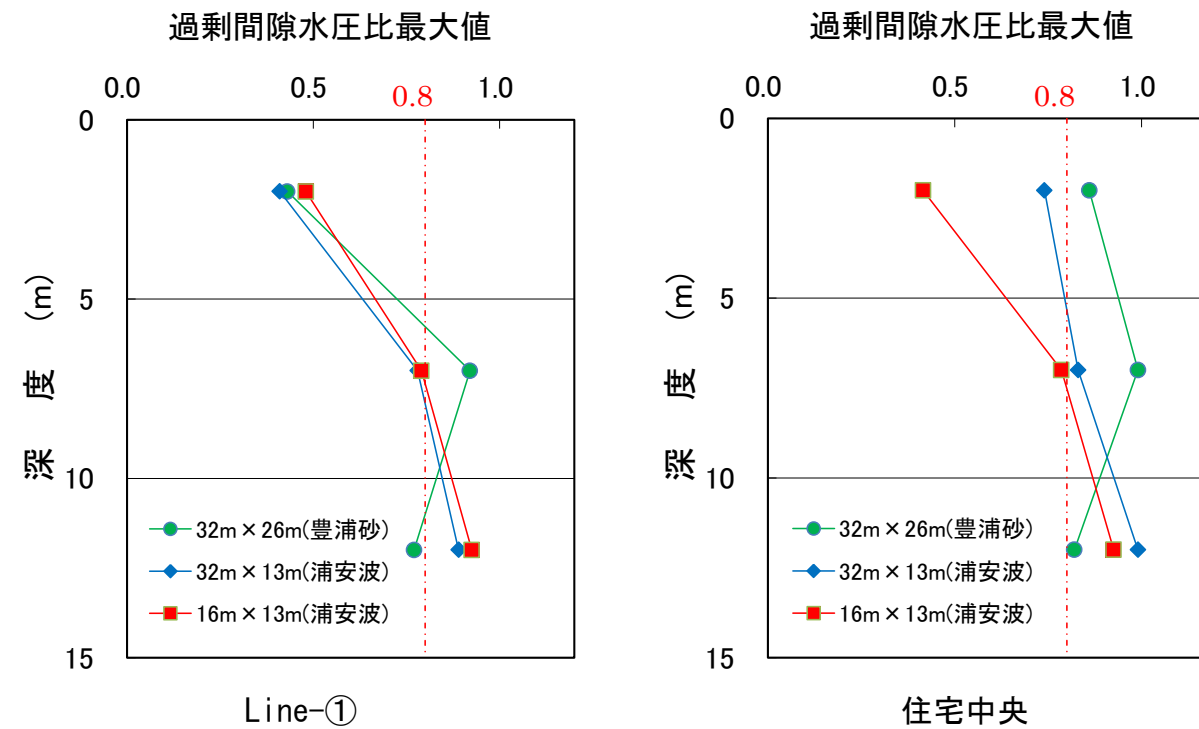


図-4.7 過剰間隙水圧比最大値の深度分布
(格子状地中壁工法で対策を行った場合)

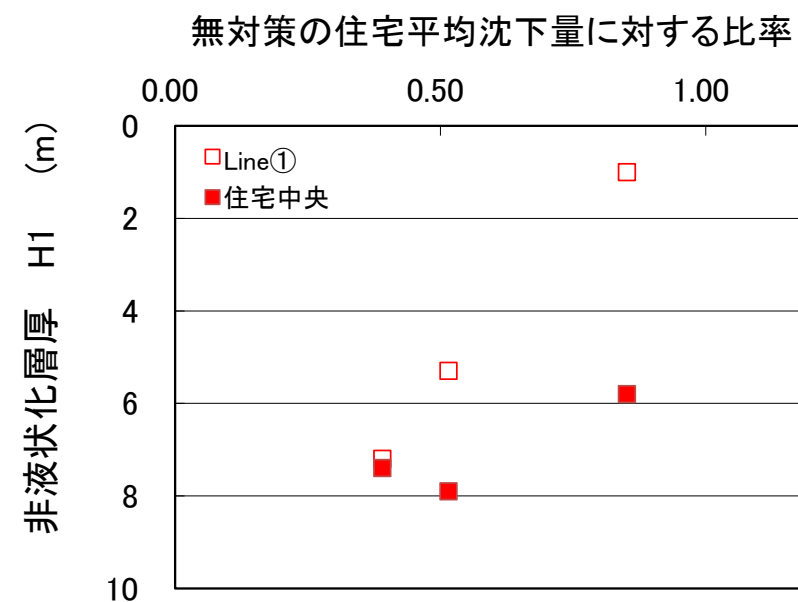
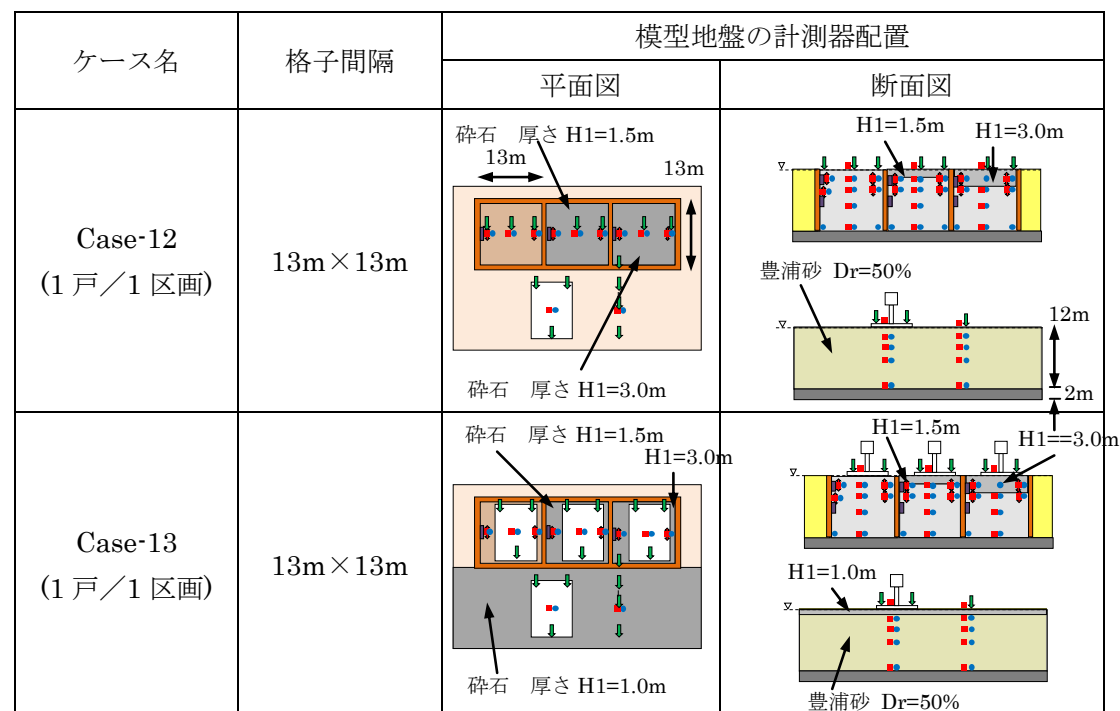


図-4.8 非液状化層厚と住宅沈下量の関係
(格子状地中壁工法で対策を行った場合)

4.3 非液状化層厚と住宅・地表面沈下量の関係

地下水位を地表面に設定し、碎石の厚さを変えることによって地表面からの非液状化層厚を変えた遠心模型振動実験を実施しました。格子間隔は13m×13m、模型地盤は豊浦砂 Dr=50%で作成し、入力地震動にはK-NET 浦安観測波を用いました。



■ 加速度計 ↓ 加速度計(上下) ● 間隙水圧計 ▮ 土圧計

図-4.9 非液状化層厚を変えた実験ケースと計測器配置図

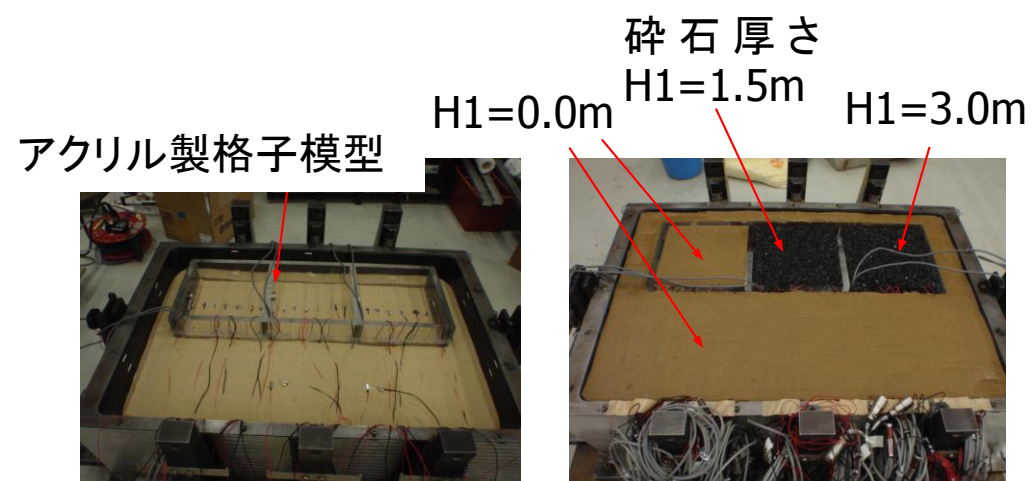


図-4.10 模型地盤の作成状況

図-4.11に碎石で設定した非液状化層厚と住宅・格子内地盤地表面沈下量の関係を示します。無対策では非液状化層厚が増加しても住宅・地盤沈下量に顕著な減少は見られませんが、格子状地中壁工法で対策を行った場合、非液状化層厚1.5m(地下水位GL-1mの有効拘束圧にほぼ相当)以上では沈下量の抑制効果が顕著に見られ、住宅沈下量と格子内地盤の地表面沈下量の間大きな差はありませんでした。

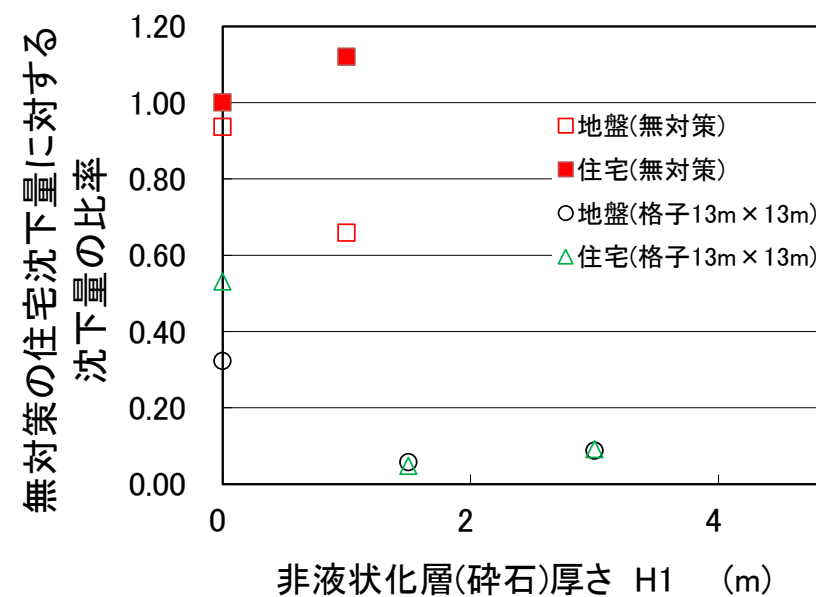


図-4.11 非液状化層厚と住宅・地表面沈下量の関係

図-4.12 に示すのは、格子状地中壁工法による対策を行った場合の住宅がない条件と住宅がある条件に対する過剰間隙水圧比最大値コンターです。非液状化層厚 0.0m では格子内地盤の全深度で液状化の発生が見られます。しかし非液状化層厚 1.5m 以上では、住宅の有無に関わらず深度の浅い部分での過剰間隙水圧上昇が抑制されていることが分かります。

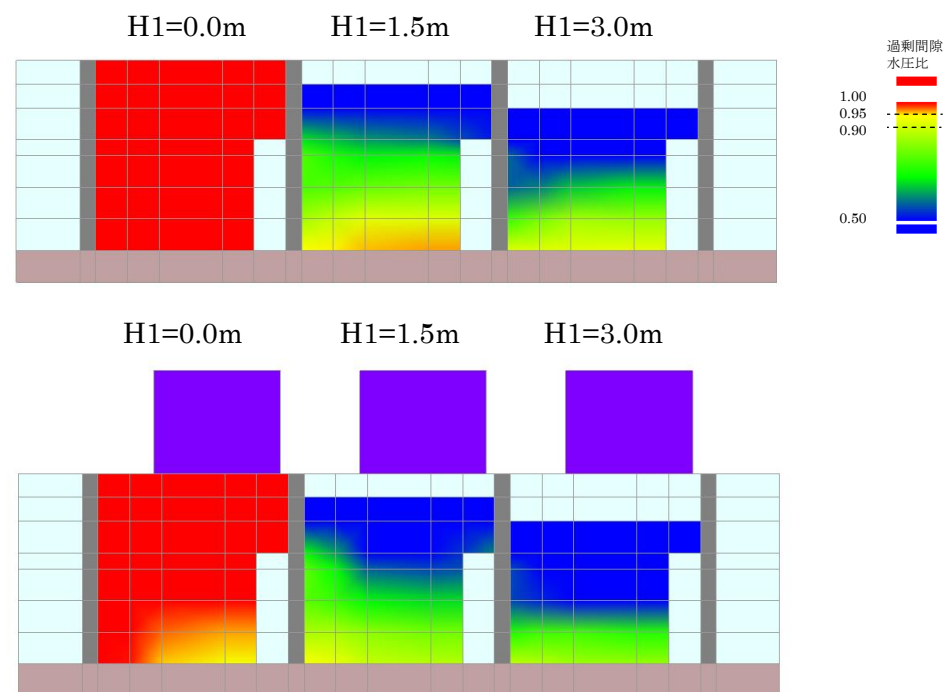


図-4.12 格子間隔 13m×13m に対する過剰間隙水圧比の最大値コンター

図-4.13 に示すのは、図-4.3 と同じ地盤条件に対して広い宅地に大きな住宅(接地圧は図-4.9 と同じ条件)が立っている場合を想定した実験の模型地盤平面図です。図の左側と右側の格子間隔は 20m×20m の正方形です。この格子面積は長方形の格子間隔 32m×13m の格子面積の 416m²に近い広さです。左側格子では、住宅周囲に地表面から厚さ 1.5m の碎石を布設しています。一方、右側格子には碎石は布設していません。

碎石の有無に関わらず地下水位 GL-1m の条件であれば、住宅沈下量は格子内地盤の地表面沈下量の 1.16 倍～1.21 倍の間にあり大きな差はありませんでした。

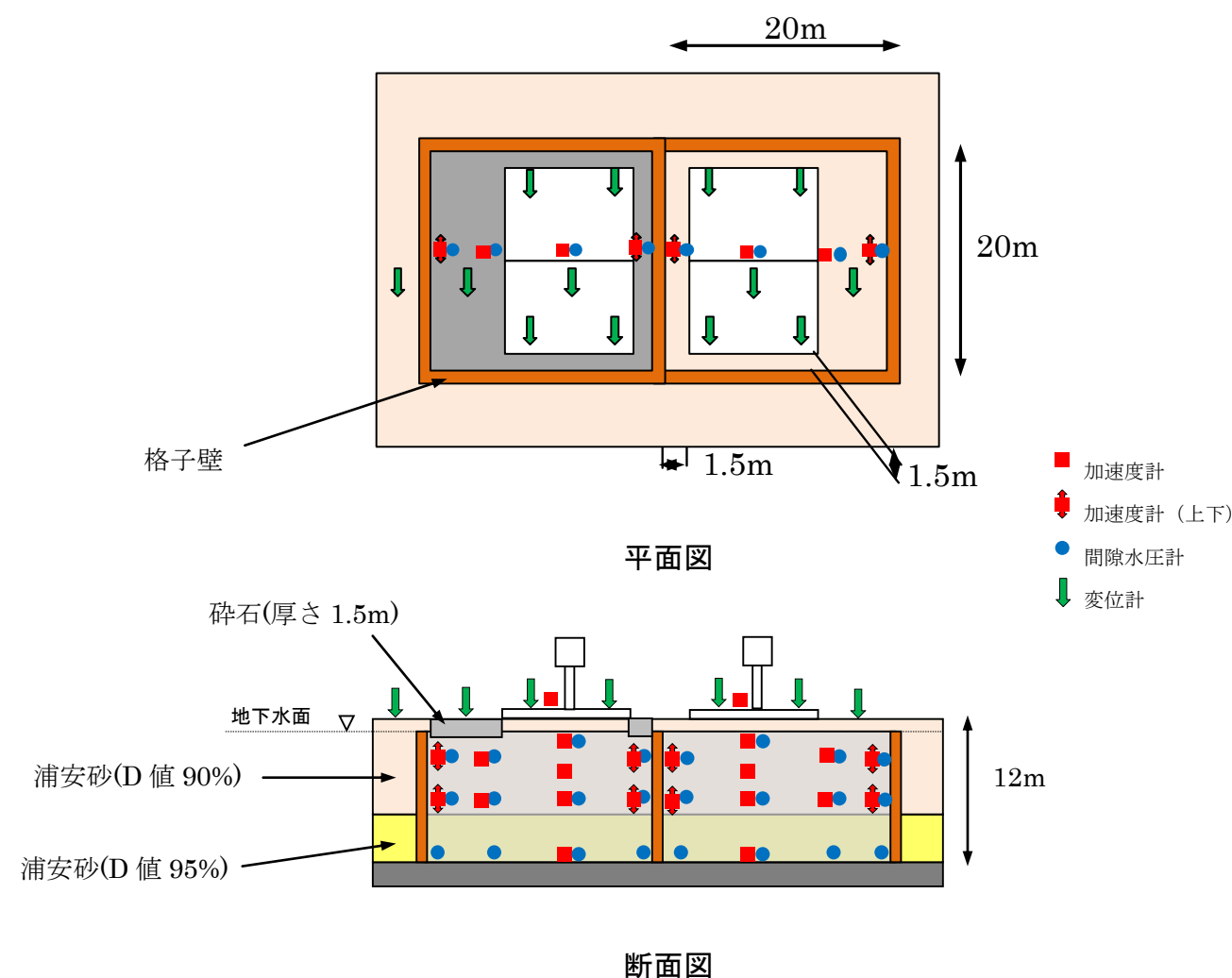


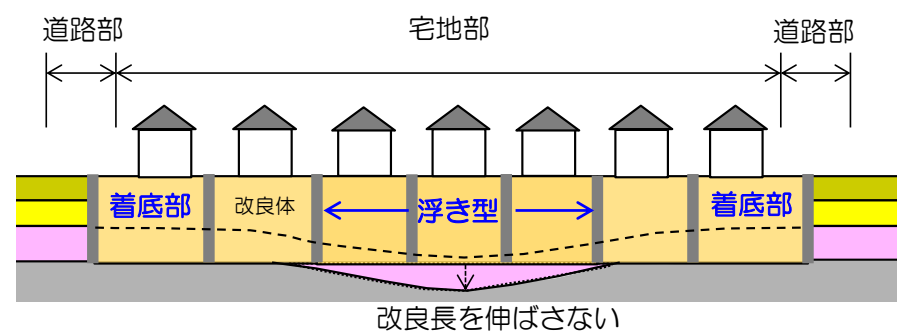
図-4.13 格子間隔 20m×20m の模型地盤(左：住宅周囲碎石厚 1.5m、右：碎石なし)

表-4.5 に遠心模型振動実験の予定を示します。プロポーザルで提案した図-4.14 に示す部分着底+浮型格子状地盤改良の効果検証のための実験を、第一回と第二回で予定しています。第3回の実験内容については未定です。

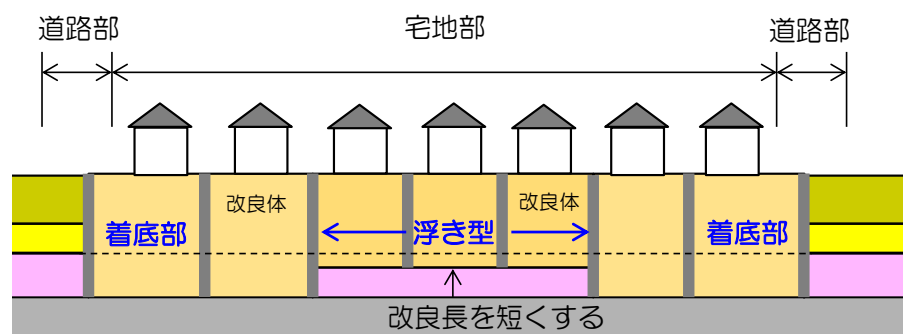
表-4.5 遠心模型振動実験の予定※

実験ケース	実験内容	実施時期
第1回	改良形状 A	2015年2月
第2回	改良形状 B	2015年3月
第3回	未定	2015年4月

※実験予定は今後、変更する可能性もあります。



改良形状 A



改良形状 B

図-4.14 プロポーザルで提案した部分着底+浮型格子状地盤改良

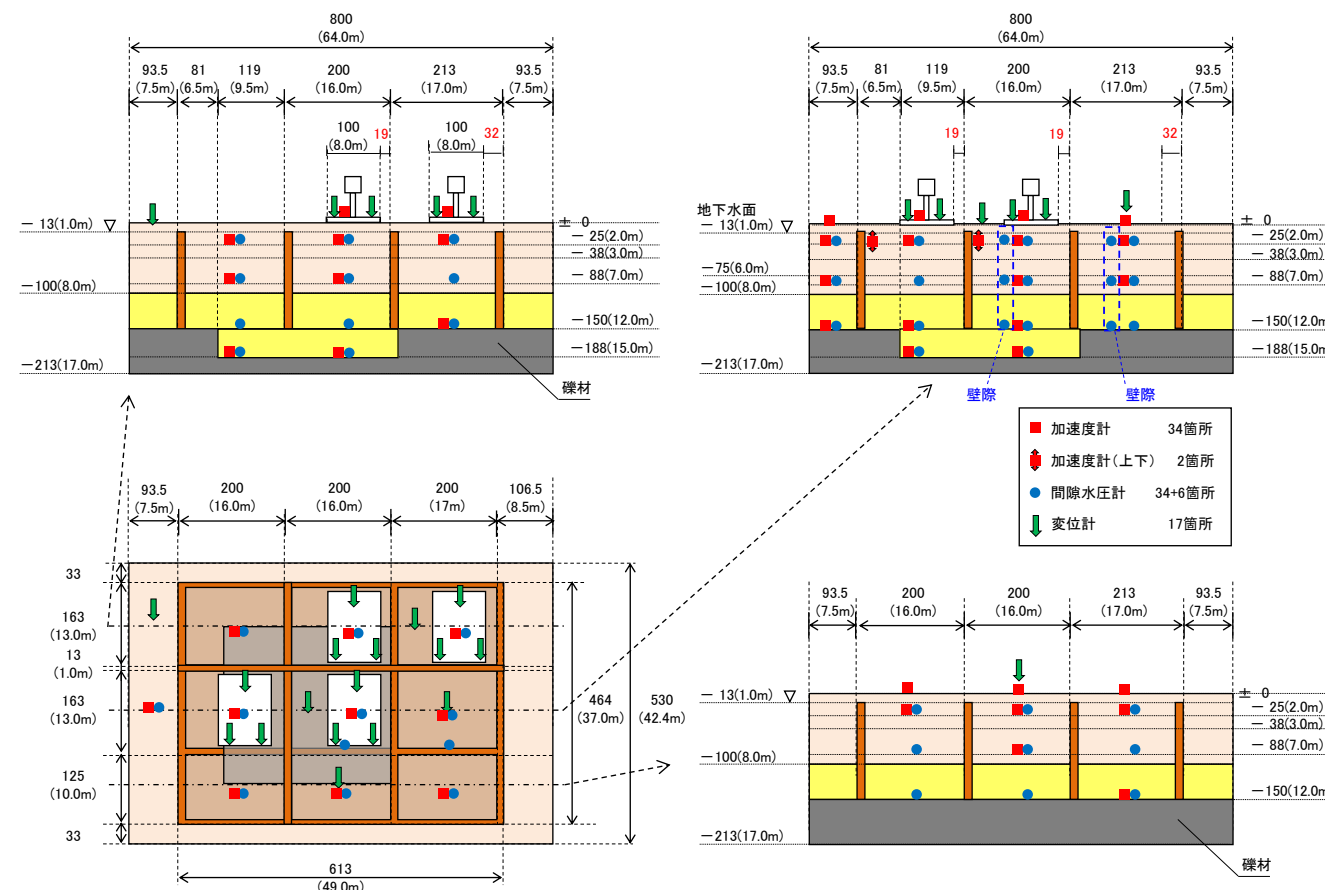


図-4.15 第1回遠心実験での計測器配置図(80G場)

5 設計フロー

- ① 液状化層全深度で液状化安全率 $FL \geq 1.0$ を目指します。
- ② 上記条件を満足できない場合、住宅沈下量を設計指標とする性能設計を実施します。
- ③ 解析で用いるパラメータと入力地震波は、被災状況の再現性確認のために実施する解析結果と被災状況が整合する値と地震波を用います。

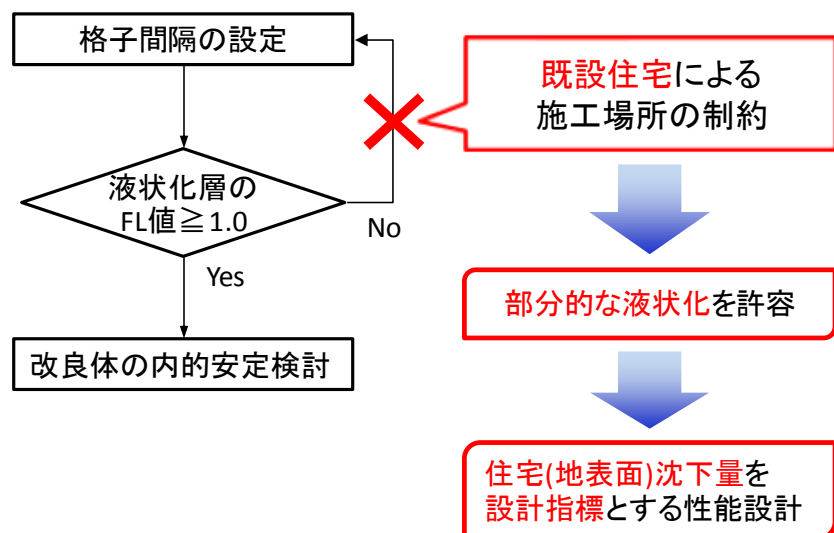


図-5.1 格子状地中壁工法の設計の流れ

基本方針

- ① 格子状地盤改良の基本配置は『1宅地1格子の条件』とし、概ね16m×13m程度の間隔ごとに改良壁を配置します。
- ② 対策対象地震動に対して地震応答解析を実施し、基本的には格子内地盤が全深度で液状化しない ($FL \geq 1.0$) ことを確認します。
- ③ 全深度で $FL \geq 1.0$ が満足できない場合は、住宅沈下量を予測し基準値を満足できるかを確認します。
- ④ 本配置と異なる条件の宅地や住宅沈下量を検討する場合は、個別検討として有効応力解析 or 遠心模型振動実験での検証を行います。(個別検討の対象は、基本配置より大きな格子間隔となる宅地、部分的に基本断面と異なる地盤条件の宅地を基本とします。)
- ⑤ レベル2地震動による格子状改良体の健全性は、等価線形解析 or 有効応力解析 or 遠心模型振動実験で評価します。
- ⑥ すべての条件をクリアした場合、事業計画を作成します。

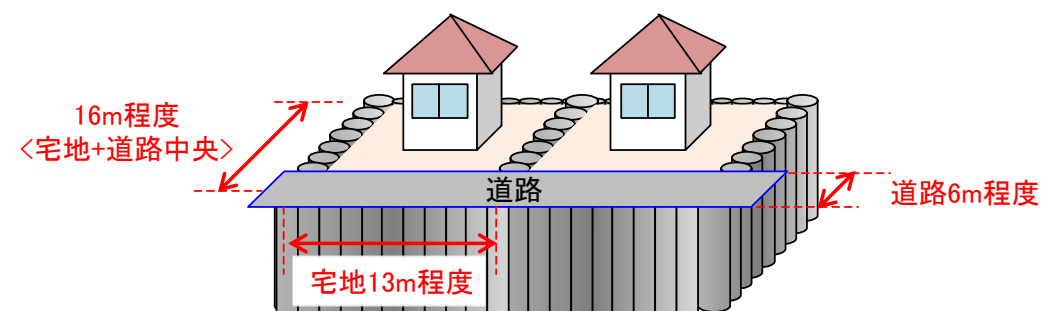


図-5.2 格子状地中壁工法での基本配置

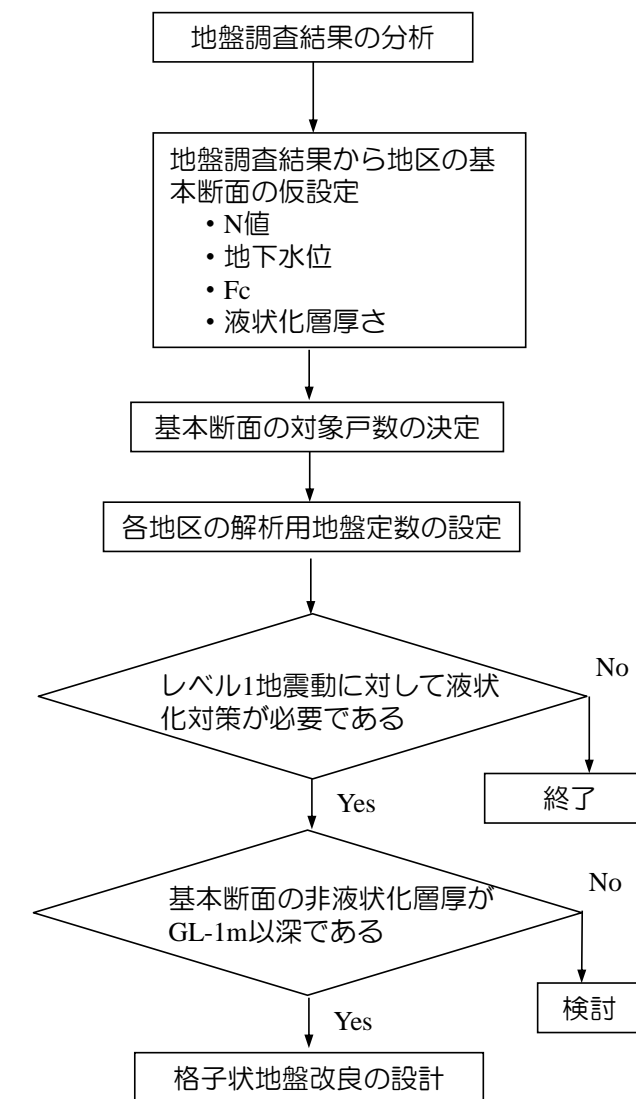
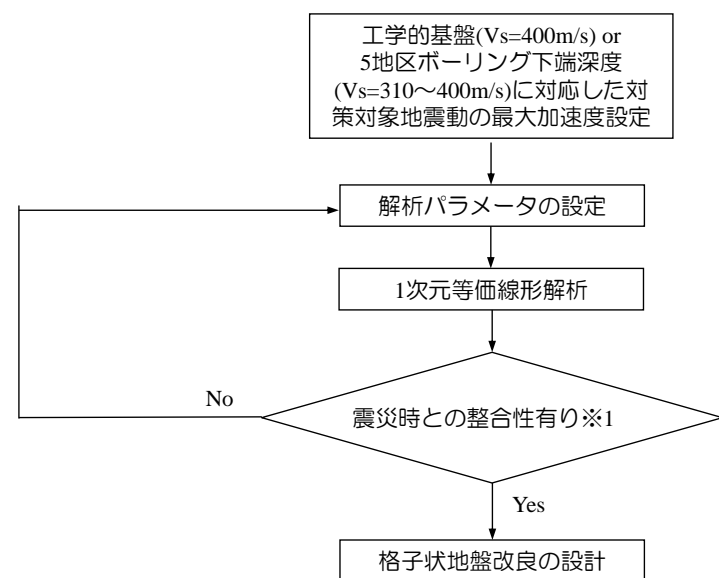


図-5.3 格子状地中壁工法による対策の必要性検討フロー



※1 震災時の地表面加速度の参考例としては、「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」などがあります。

図-5.4 解析条件の設定フロー

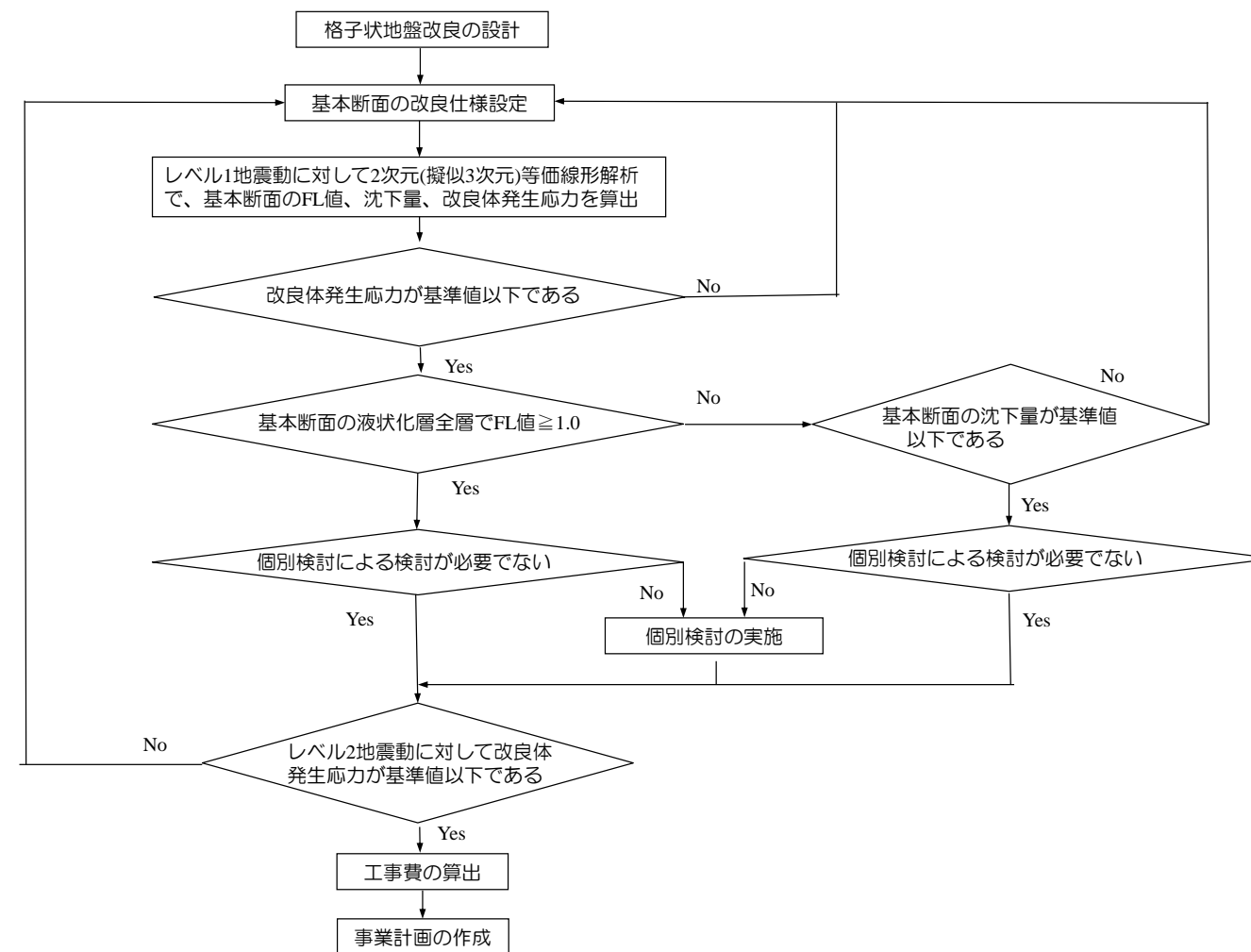


図-5.5 格子状地中壁工法の設計フロー

6 基本断面の設定

- ① 100 宅地に 1 基本断面を基本設定とします。
- ② 地区に近接する位置に堤防・運河がある場合、堤防・運河をモデル化した解析断面の設定を行います。



図-6.1 検討対象 5 地区の位置図

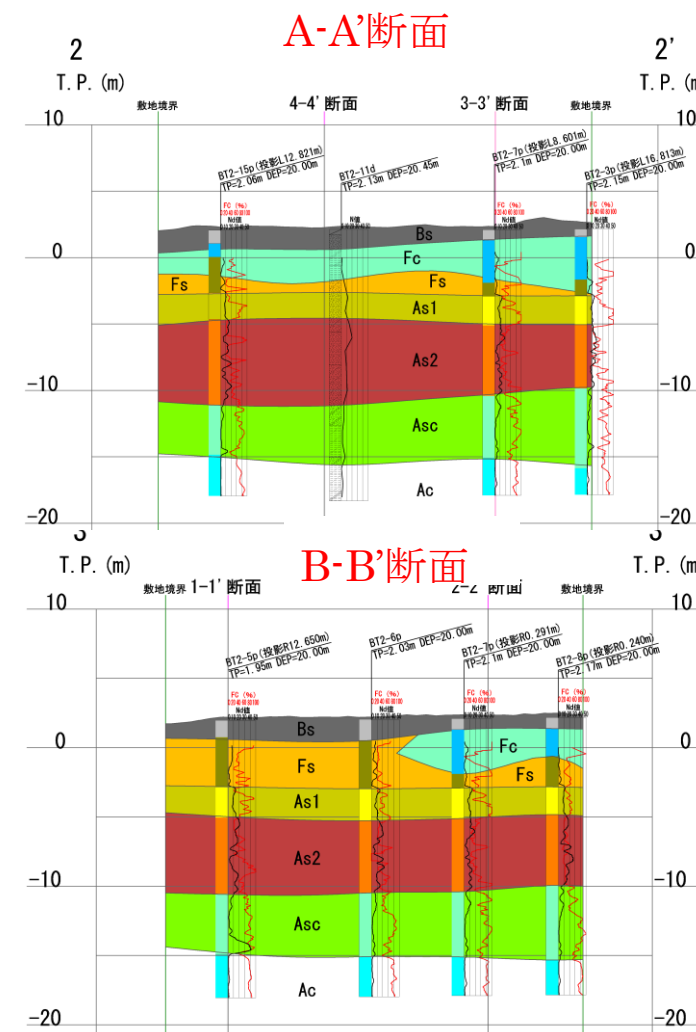
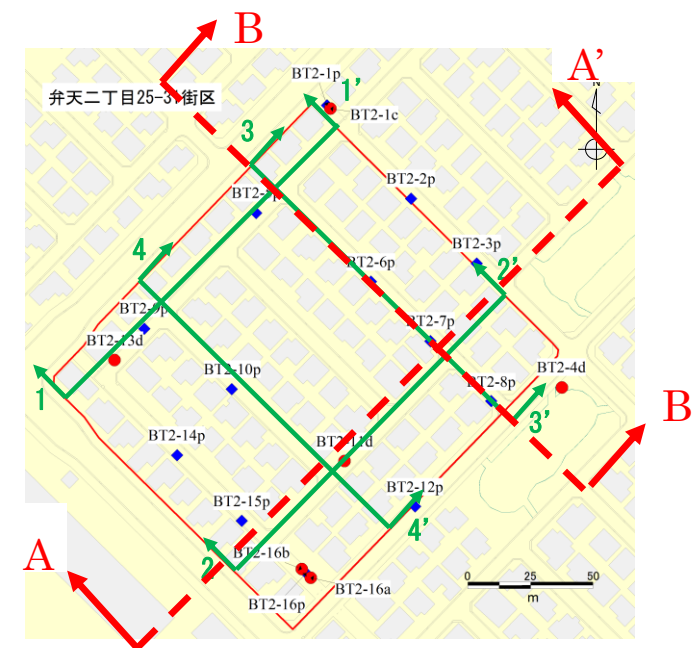


図-6.1 弁天 2 丁目 25-31 街区の基本断面の設定

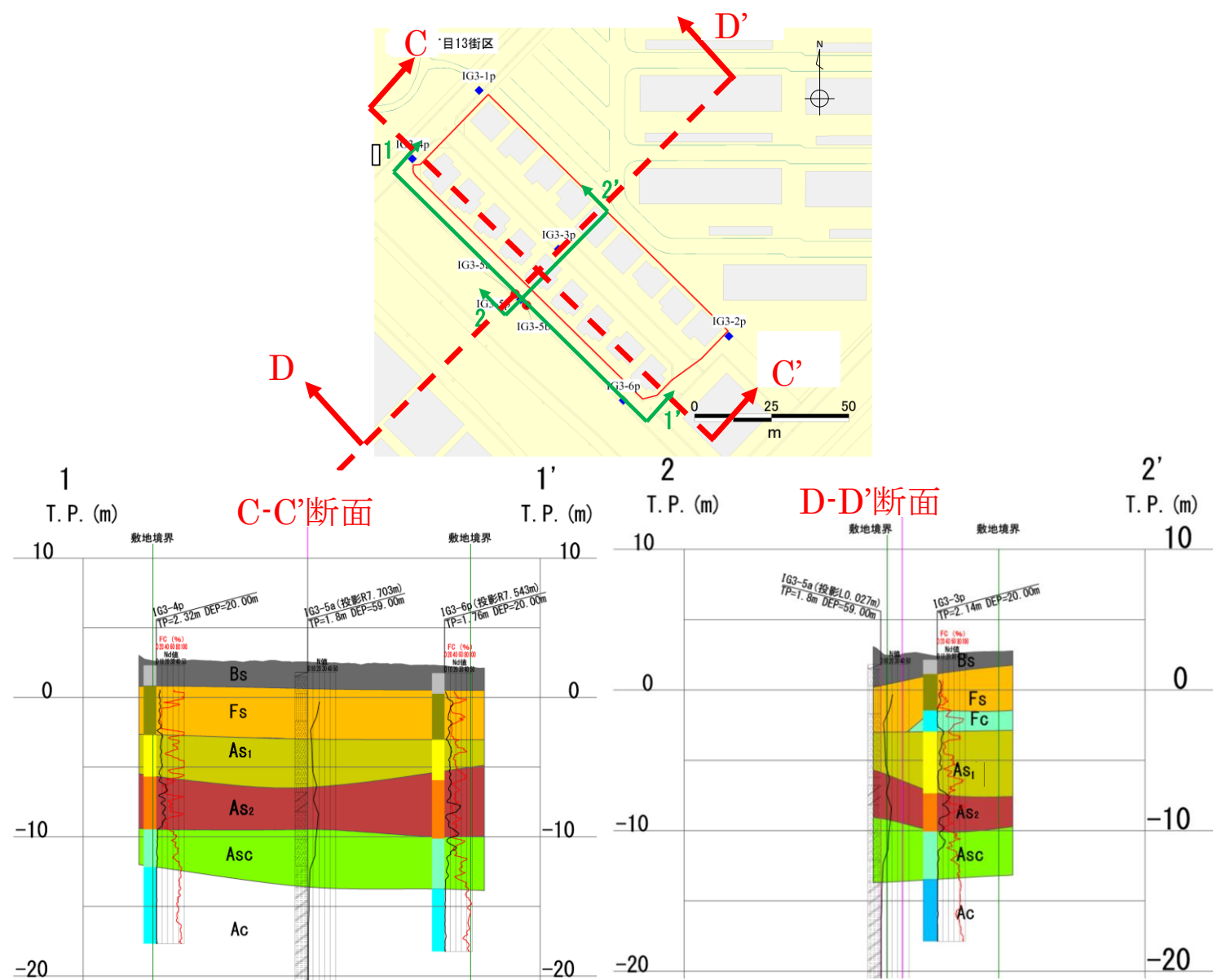


図-6.2 今川3丁目13街区の基本断面の設定

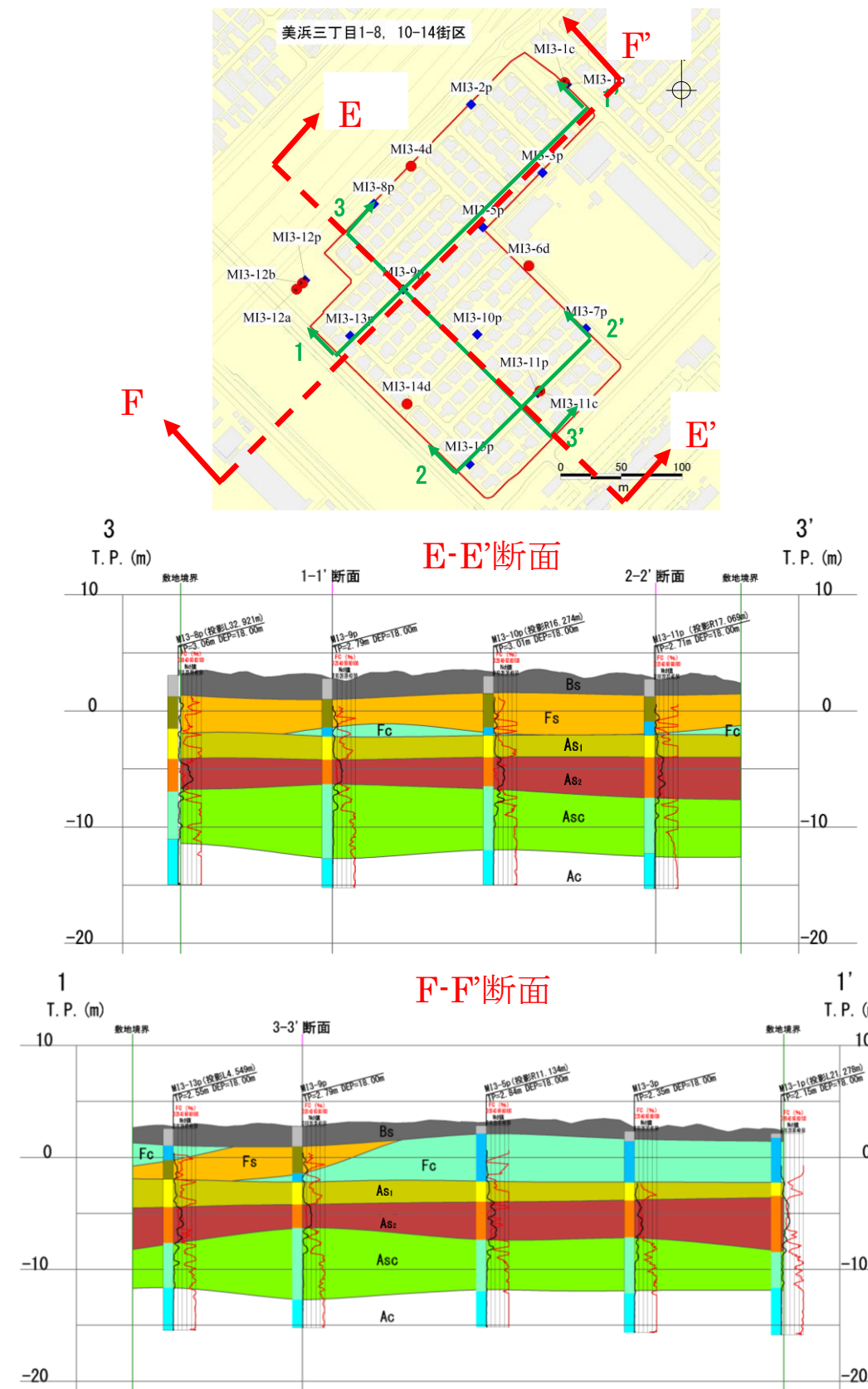


図-6.3 美浜3丁目1-8、10-14街区の基本断面の設定

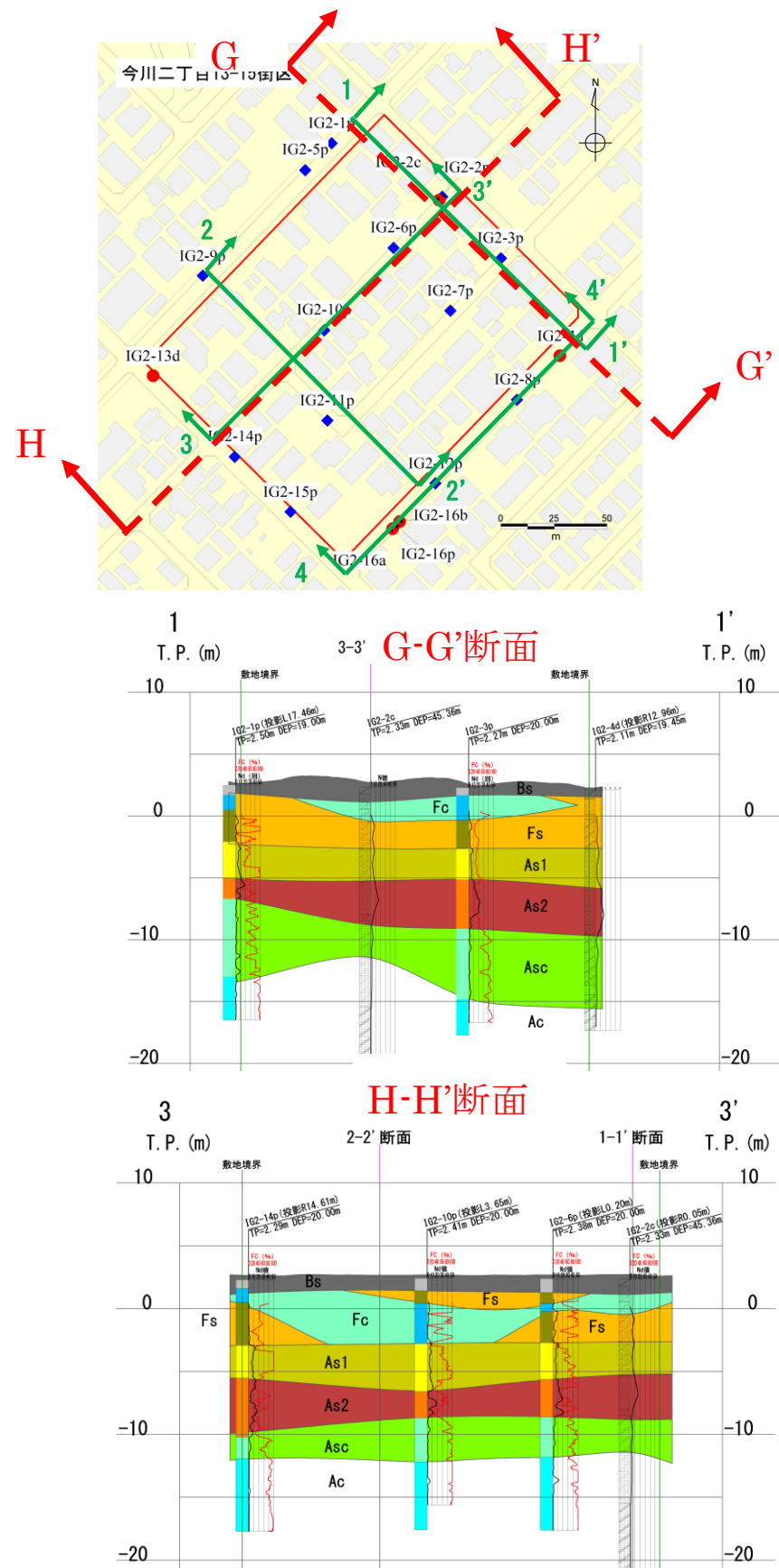


図-6.4 今川2丁目13-15街区の基本断面の設定

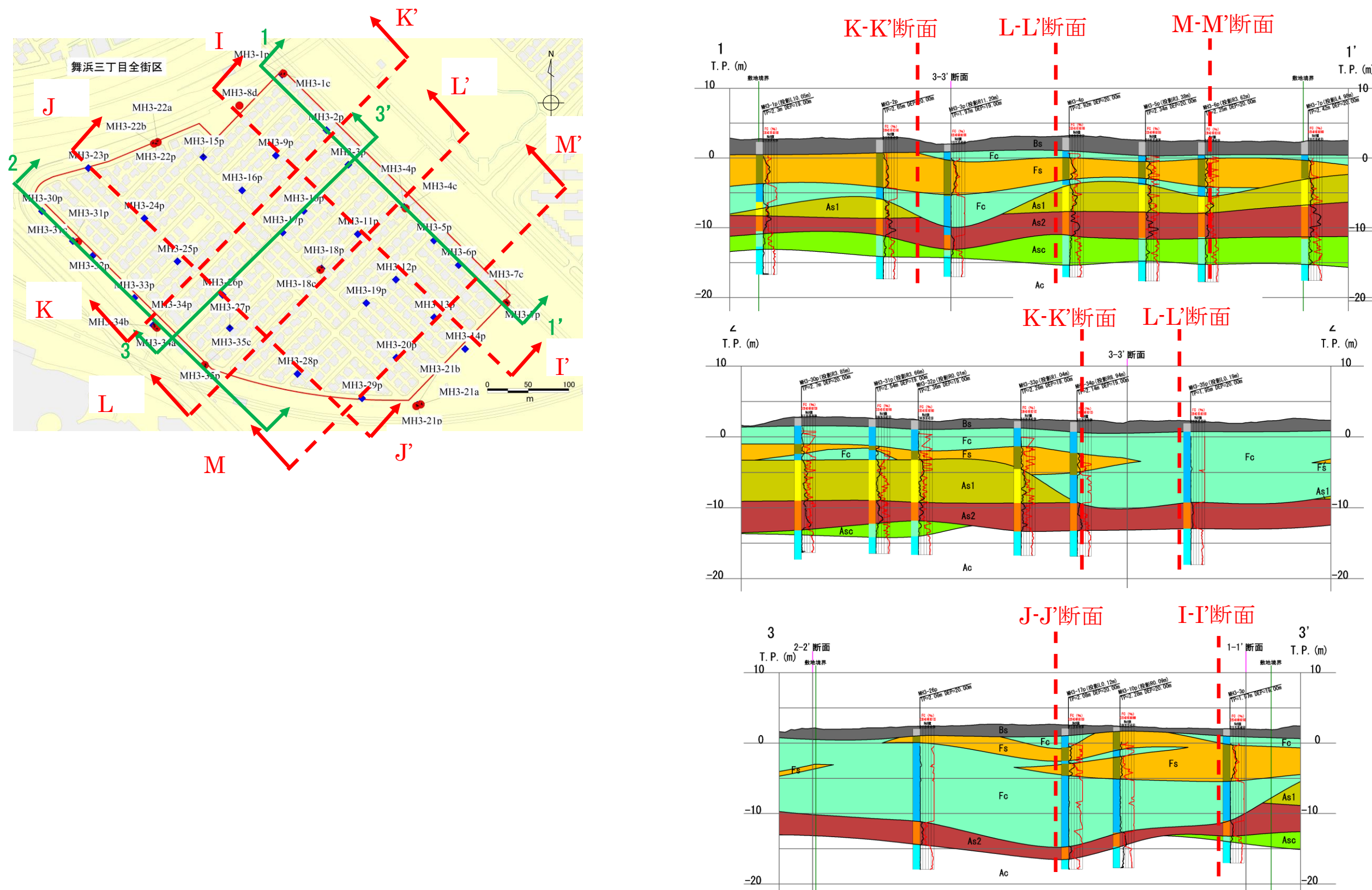


図-6.5 舞浜3丁目全街区の基本断面の設定

7 解析条件の設定

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-7.1 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 (5地区共通)
	有効応力		
$G \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ 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)

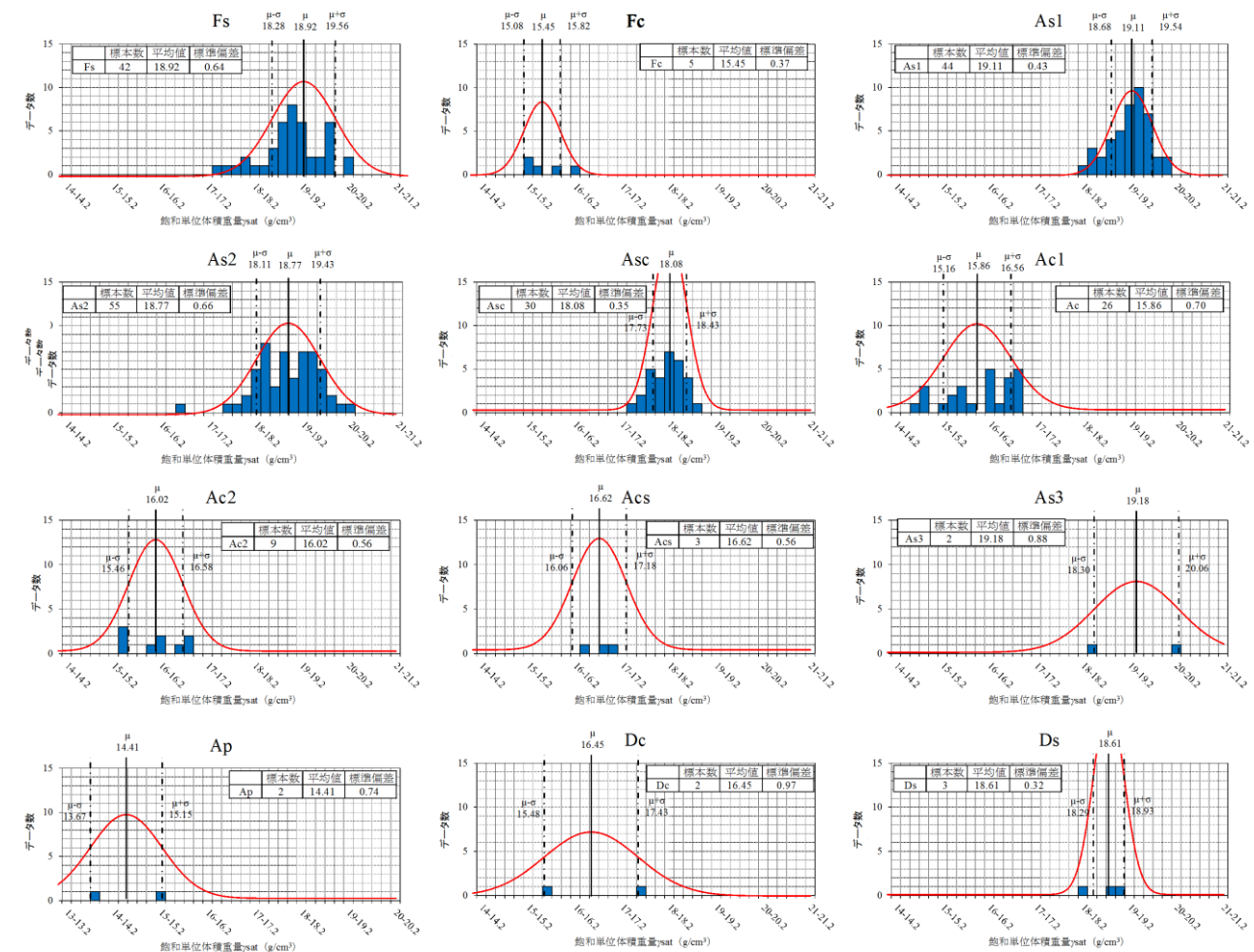


図-7.1 地層別の単位体積重量の分布図(平成26年度地質調査結果より)

表-7.2 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	3σ平均値	採用値
	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³		kN/m ³			kN/m ³	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

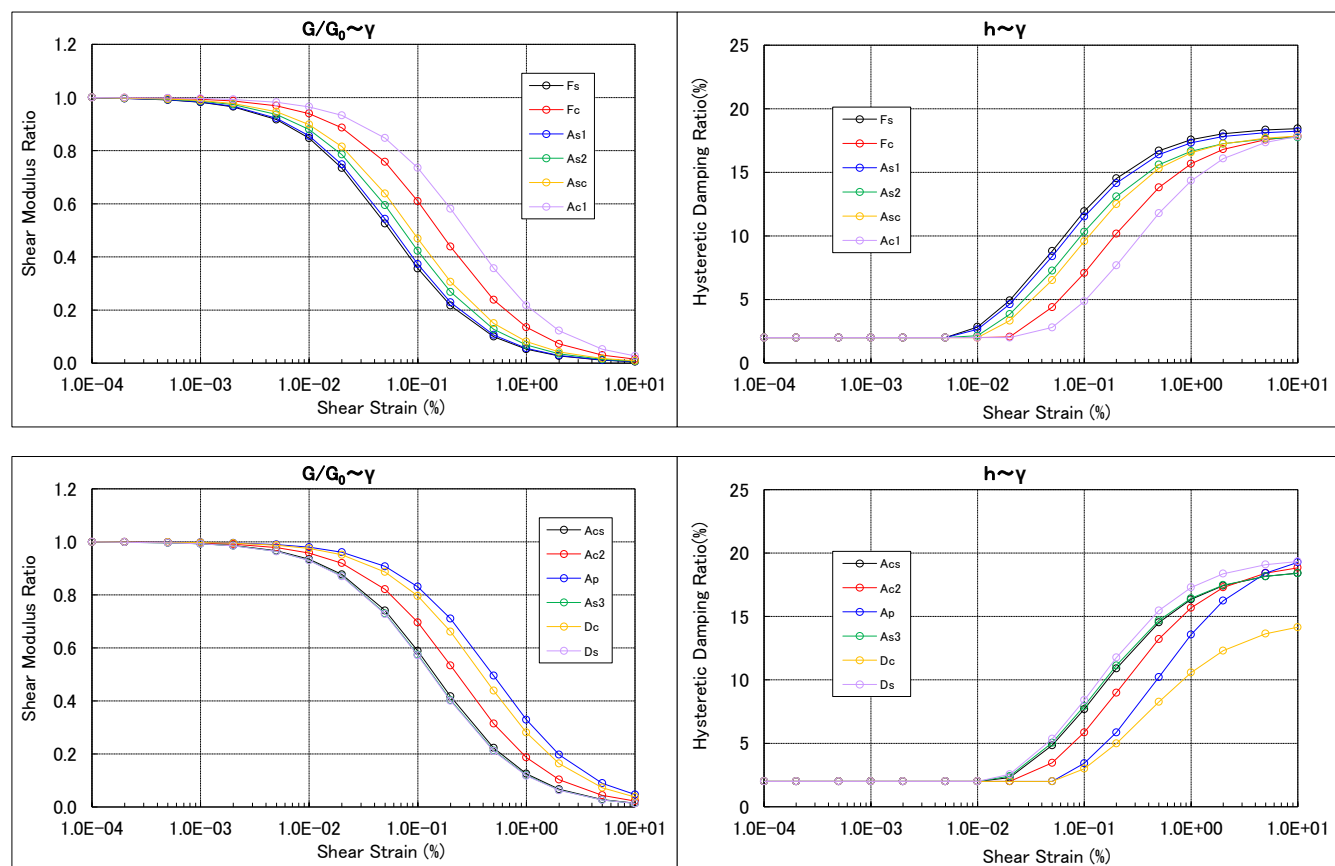


図-7.1 地層毎の $G \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ 曲線(平成 26 年度地質調査結果より)

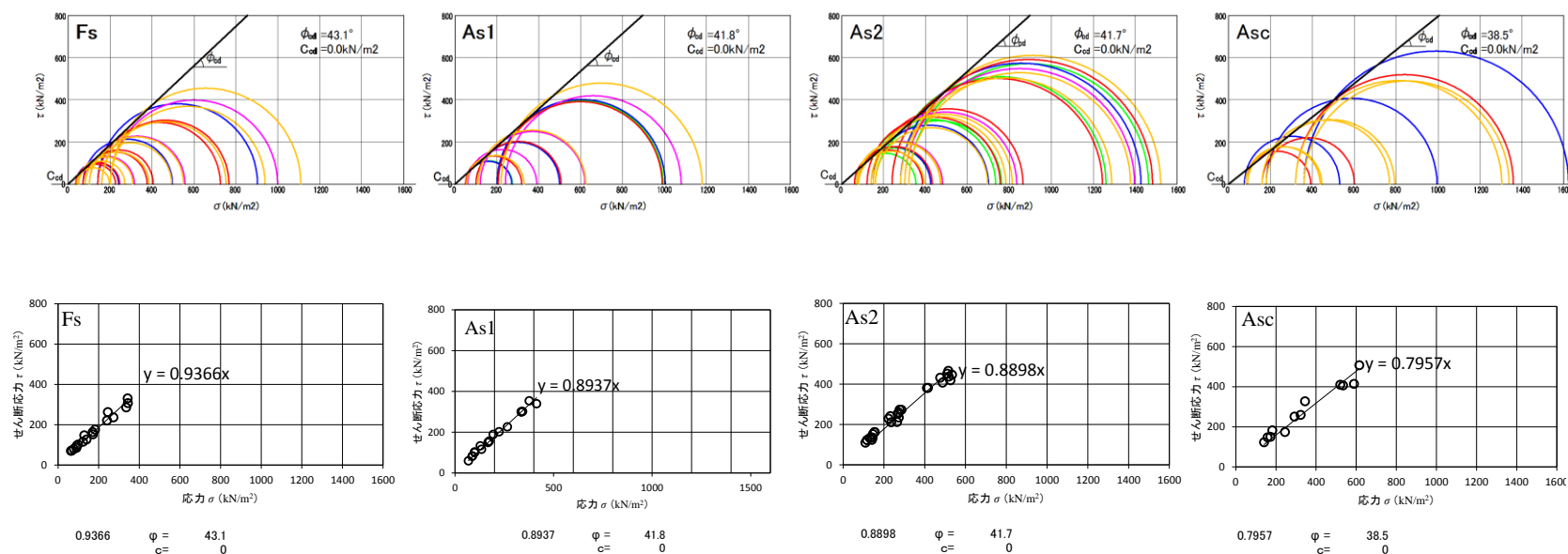


図-7.2 地層毎の三軸 CD 試験結果(平成 26 年度地質調査結果より)

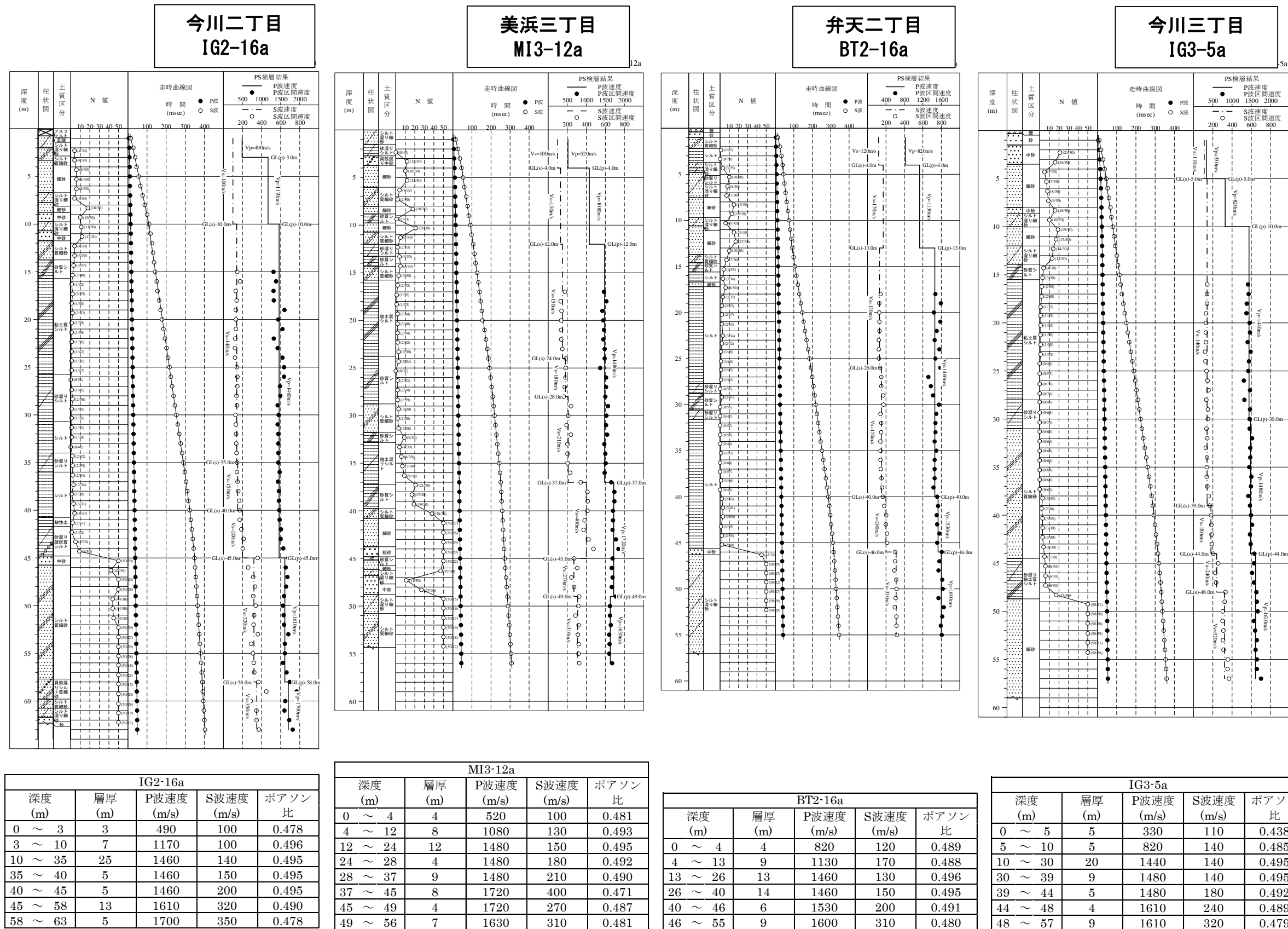


図-7.3 今川2丁目、美浜3丁目、弁天2丁目、今川3丁目のPS検層結果(平成26年度地質調査結果より)

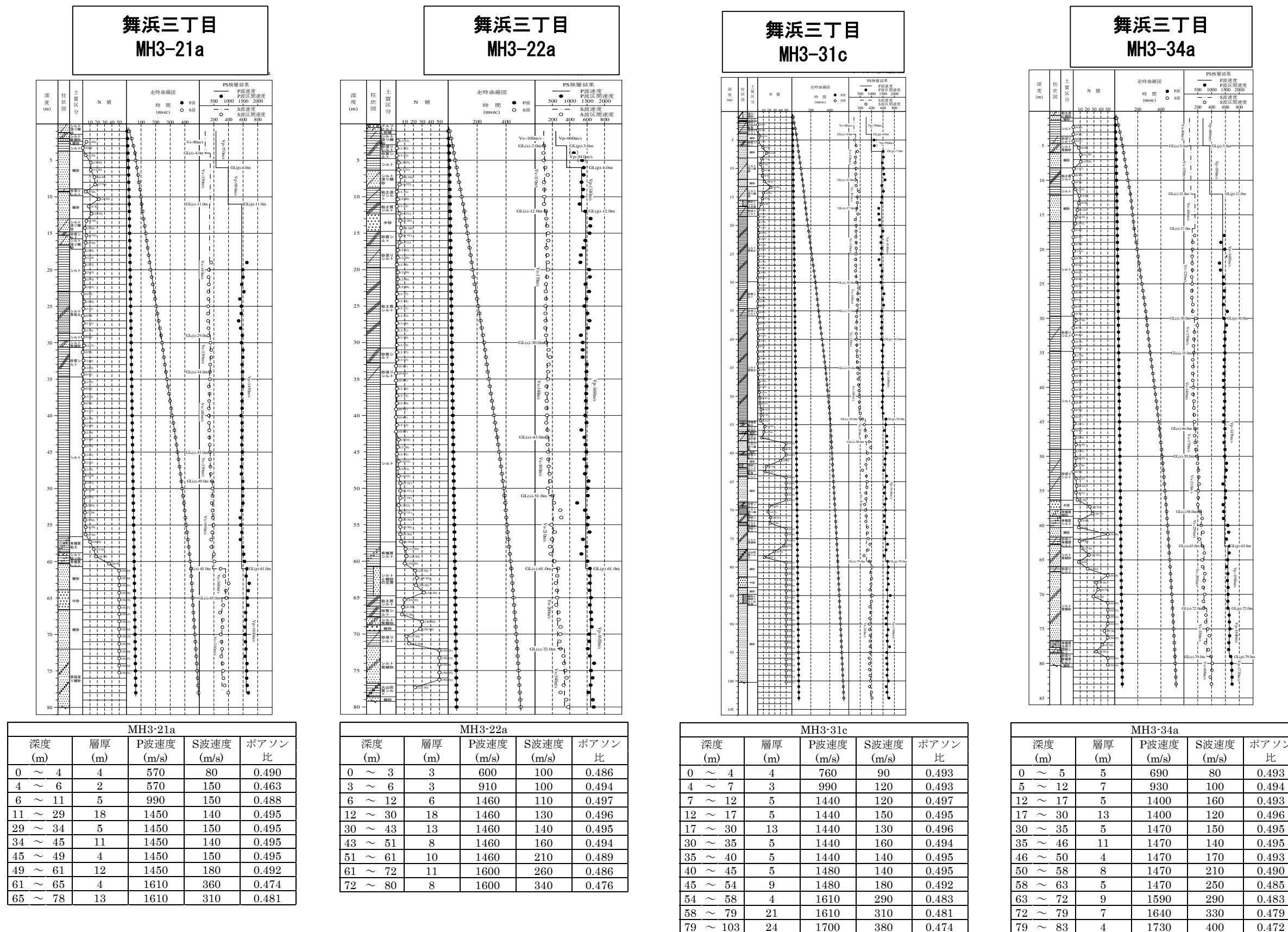


図-7.4 舞浜3丁目のPS検層結果(平成26年度地質調査結果より)

8 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5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)」を比較対象とします。
- 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」を比較対象とします。

8.1 等価線形解析

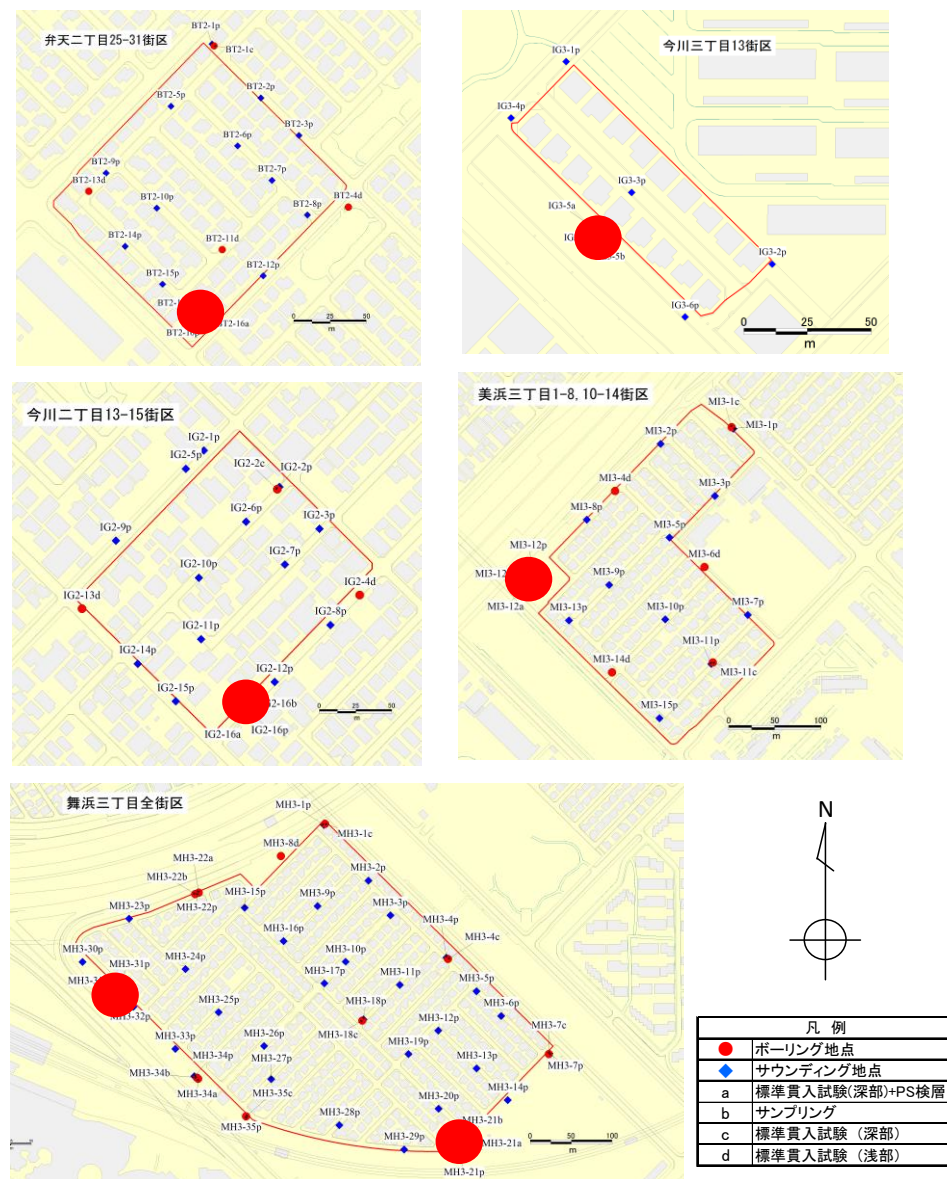


図-8.1 1次元等価線形解析(SHAKE)の実行箇所(図中の赤丸)

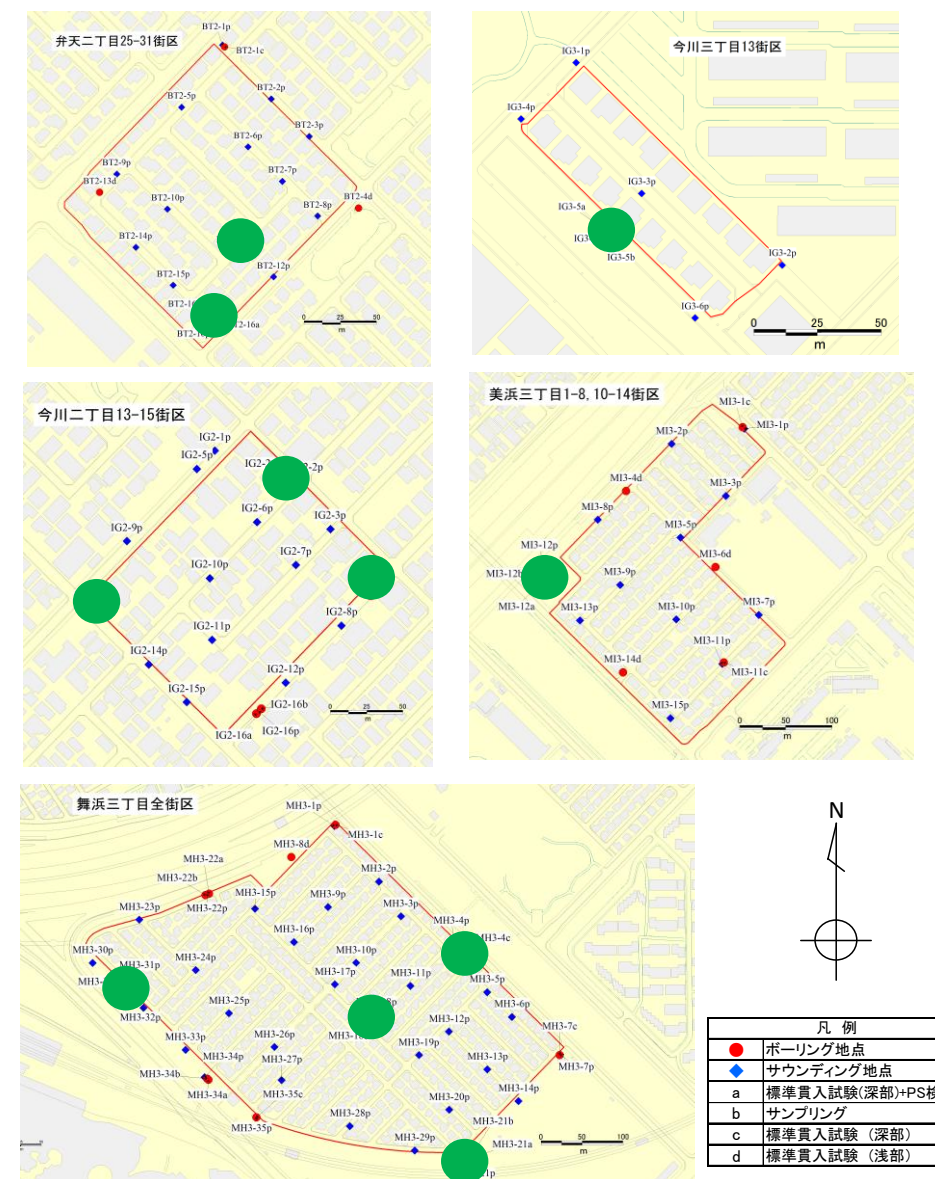


図-8.2 Dcyの算出ポイント(図中の緑丸)

○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

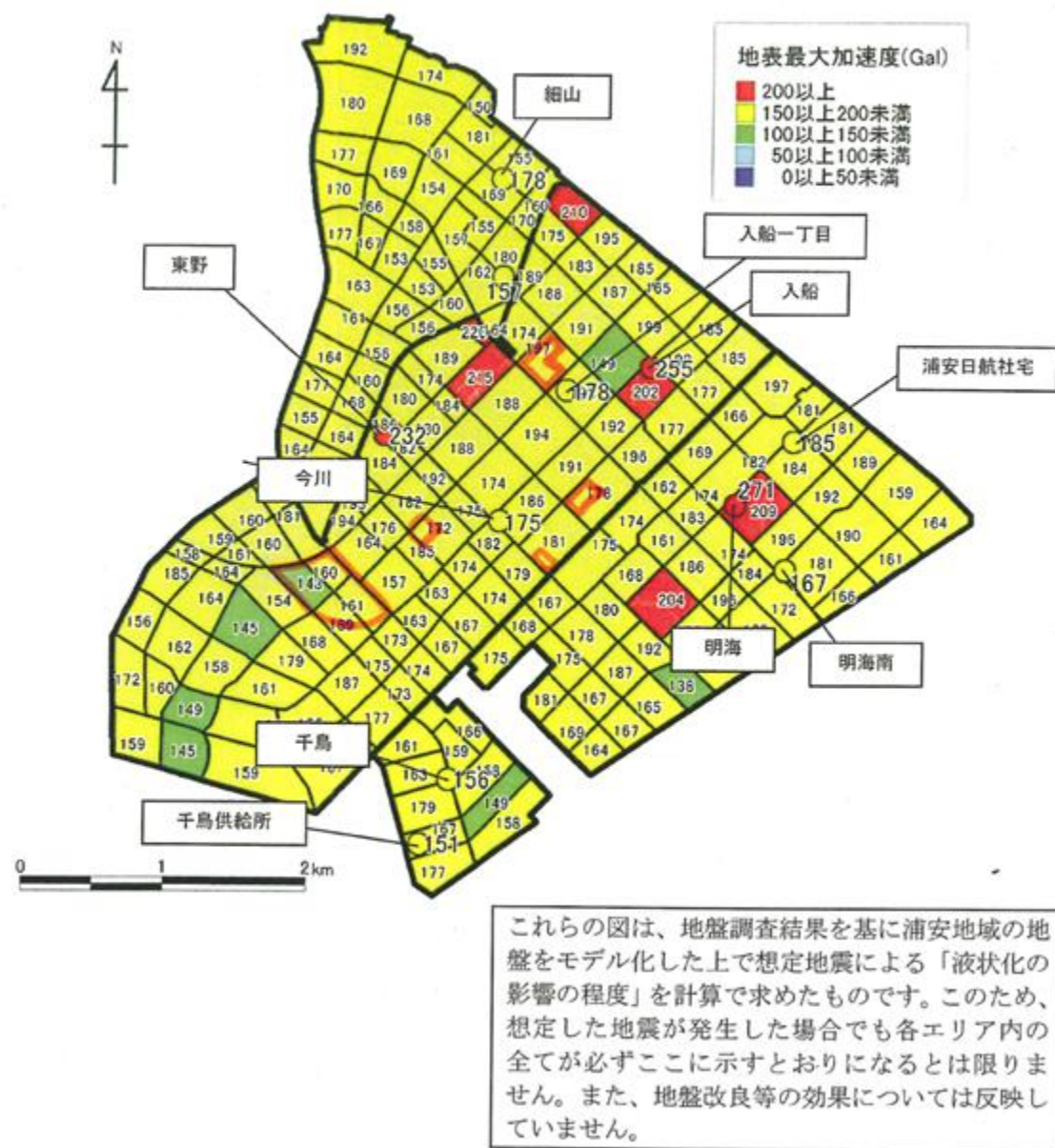


図-8.3 地表面加速度(311-Amax)分布

(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)

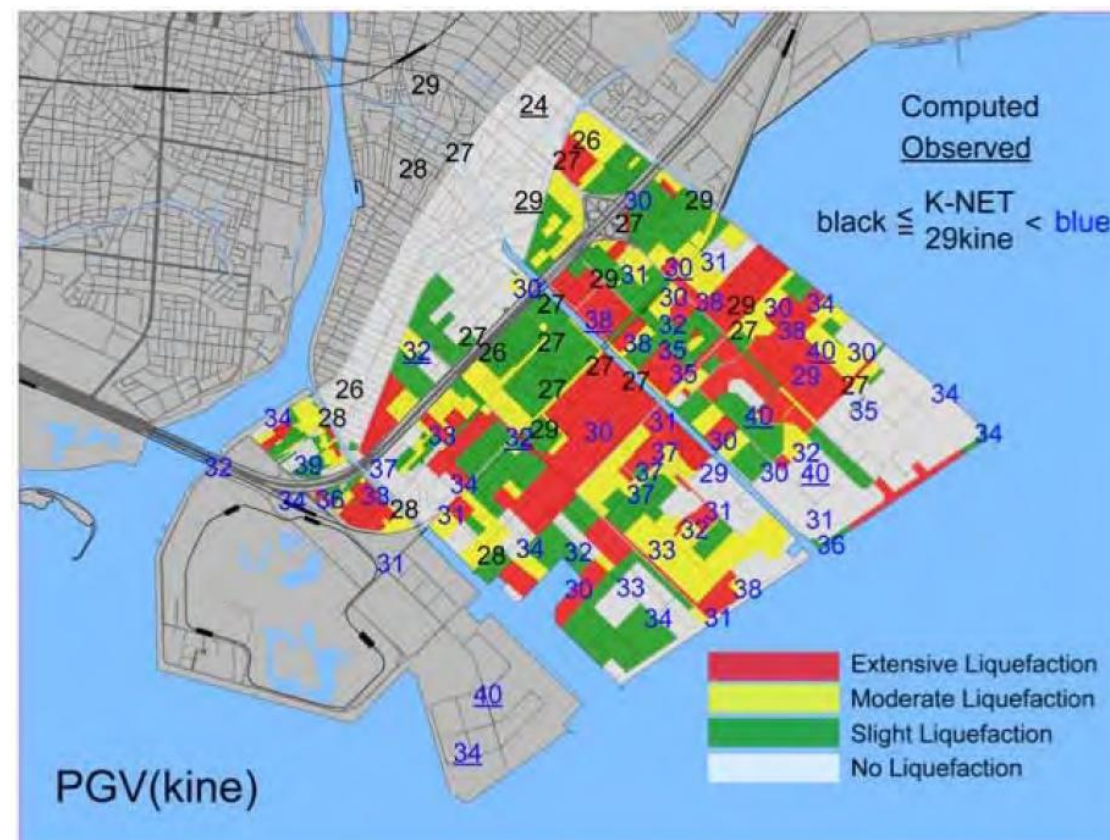


図-8.4 地表面速度(311-Vmax)分布

(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)

浦安市新庁舎地盤モデル
(K-NET 浦安地盤モデル)

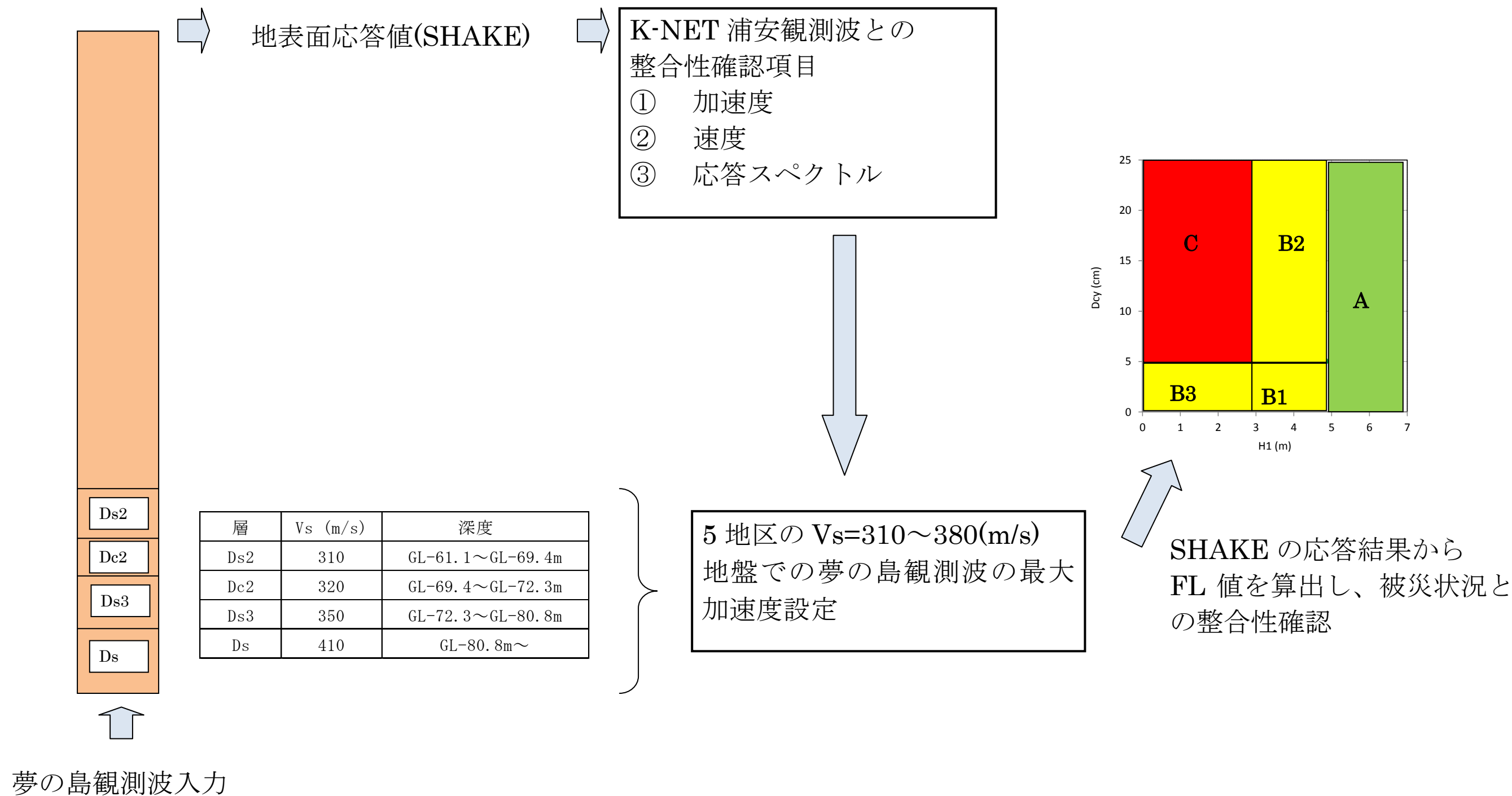


図-8.5 入力地震波の設定から被災状況との整合性確認までの流れ

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 D_r (相対密度)

細粒分が少ない土の締め固まり方を表す指標です。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まり方を表します。