

第 2 回 浦安市市街地液状化対策検討委員会

格子状地盤改良中間報告(設計編)

平成 27 年 3 月 27 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. 設計で用いる解析手法	5
5. 解析結果検証のための遠心模型振動実験	8
6. 設計での方針と設計手順の説明	16
7. 設計解析で用いる地盤条件設定の説明	18
8. 被災状況との整合性確認	20
9. 今川三丁目 13 街区の設計	23

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】

巻末資料 【地盤調査および液状化判定に関する用語説明】

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。

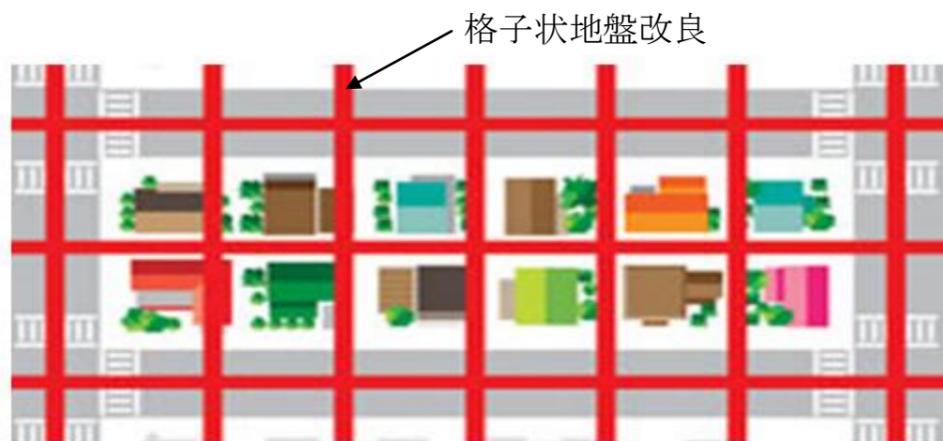


図-1.1 浦安市の液状化対策事業での格子状地盤改良工法の適用イメージ

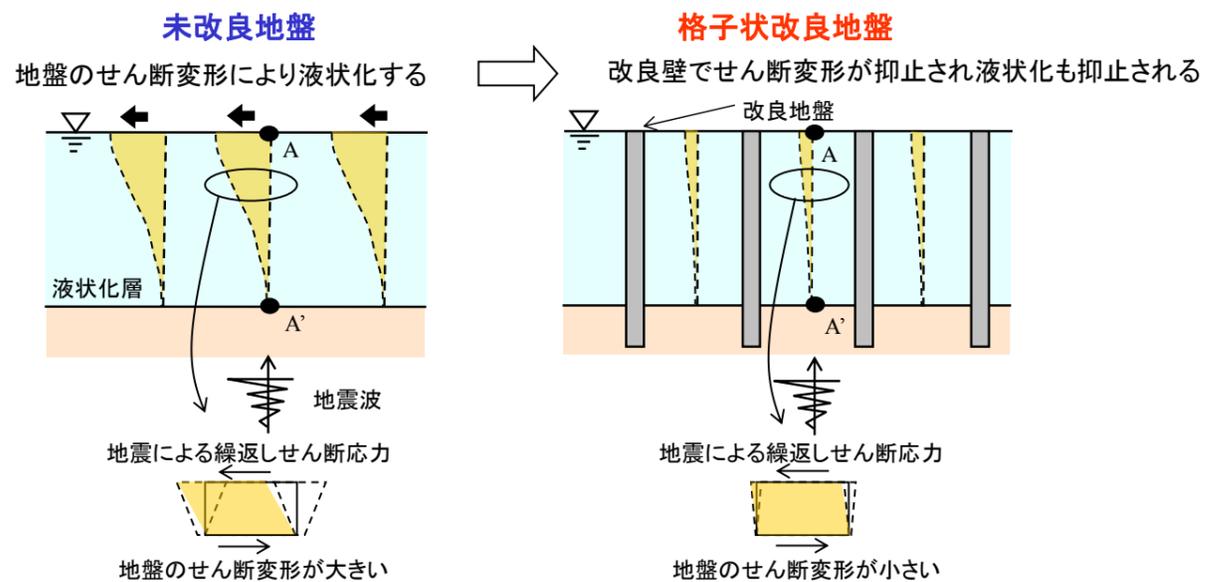


図-1.2 格子状地盤改良の液状化抑制原理

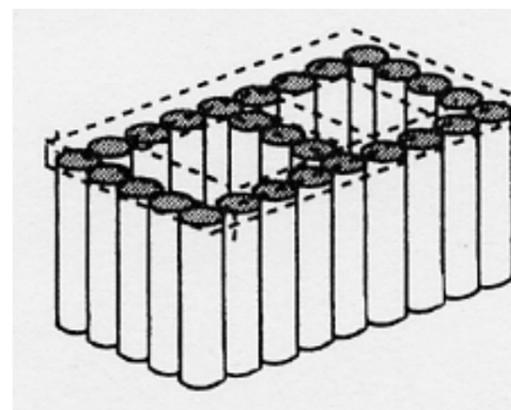


図-1.3 格子状地盤改良

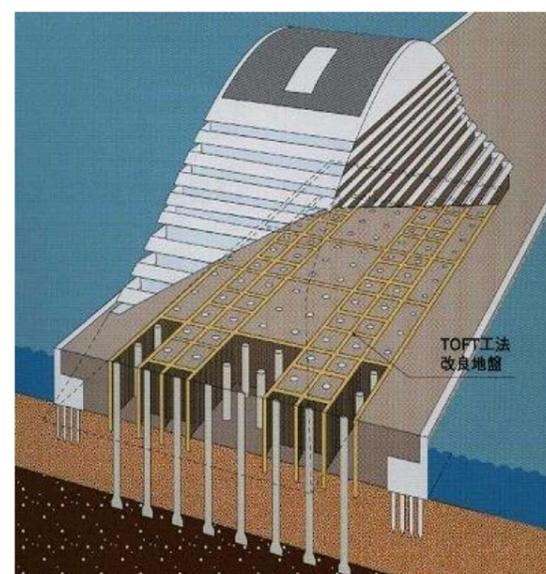


図-1.4 格子状地盤改良で液状化対策されていた建物
(阪神大震災時に被害なし、隣接する無対策の岸壁は液状化により崩壊)

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	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 5cm
〃	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 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

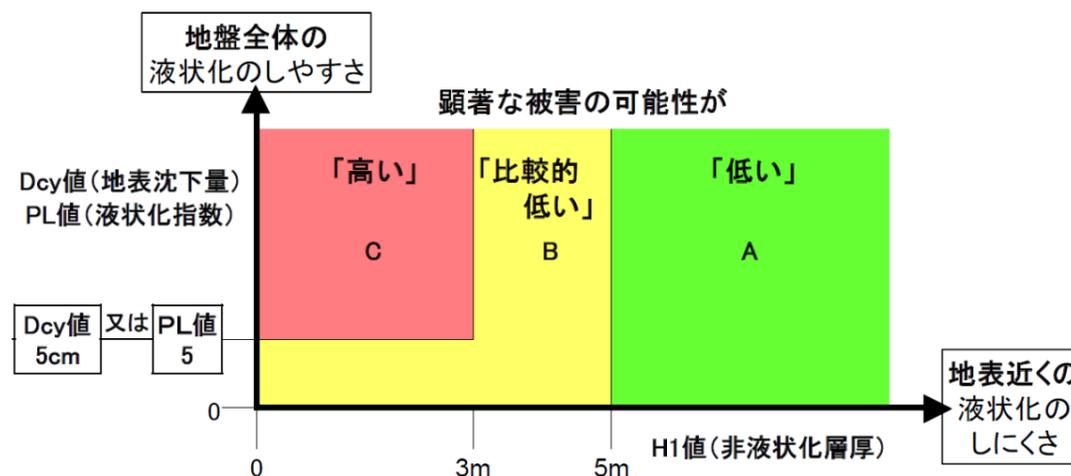


図-2.1 国土交通省の「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針(案)」の概要より

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 5地区の基盤に入力する地震動の振幅を表-3.4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

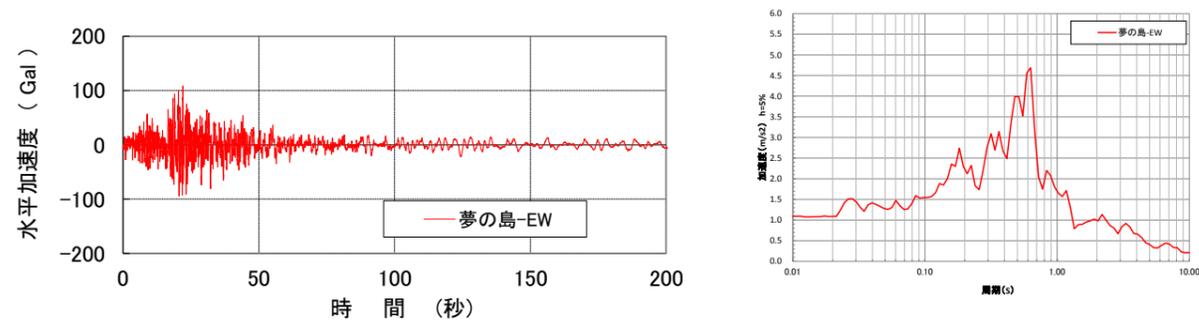


図-3.1 対策対象地震動(夢の島観測波)の時刻歴図と加速度応答スペクトル

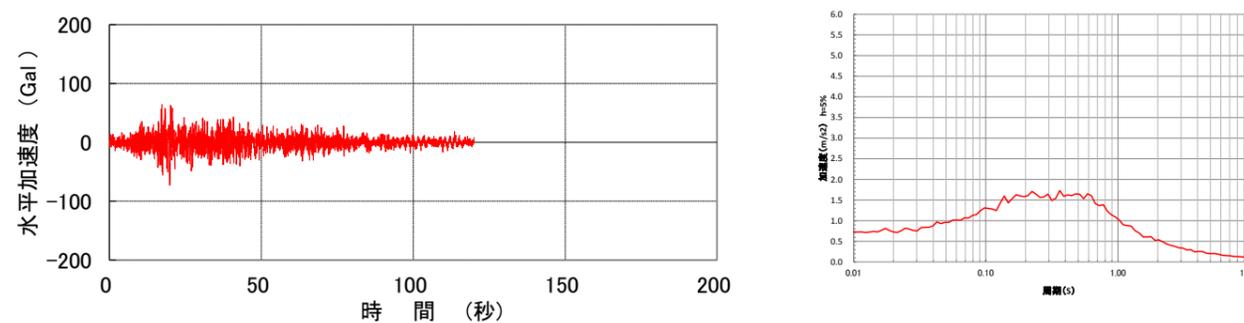


図-3.2 レベル1地震動の時刻歴図と加速度応答スペクトル

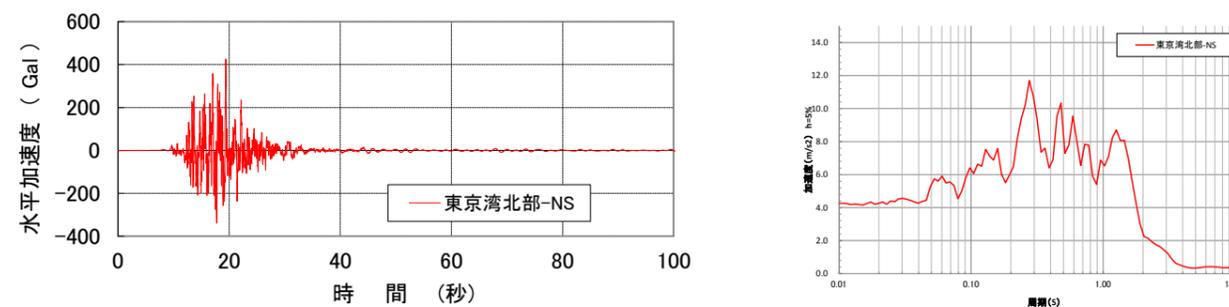


図-3.3 レベル2地震動の時刻歴図と加速度応答スペクトル

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

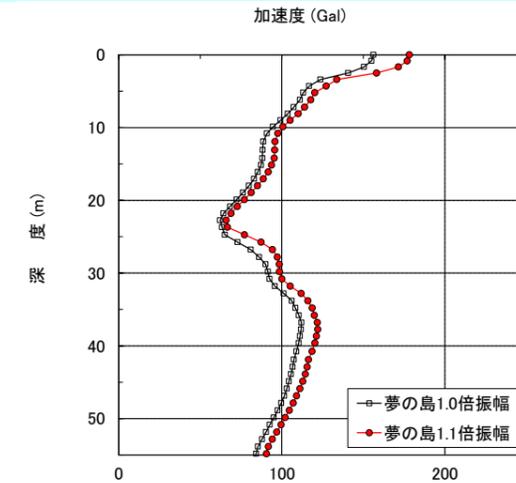


図-3.5 加速度最大値の深度分布比較

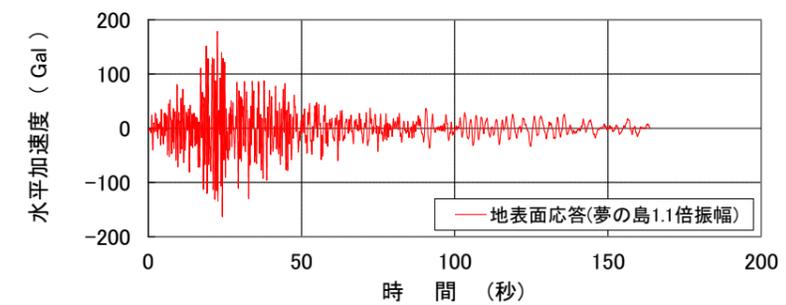


図-3.6 1次元等価線形解析で求めた地表面応答加速度時刻歴(夢の島1.1倍振幅)

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 ³)	※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	

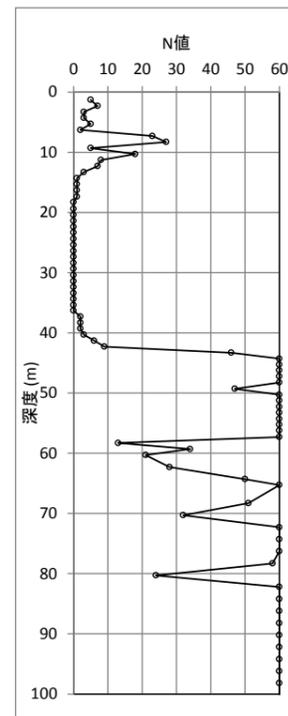


表-3.3 加速度と速度の最大値比較

		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2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 各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)	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3丁目、舞浜3丁目(21a)	Ds2層	310	1.32	1.47	1.57
弁天2丁目	Ds2層	310	1.32	1.47	1.57
今川3丁目	Dc2層	320	1.22	1.36	1.44
今川2丁目、舞浜3丁目(22a)	Ds3層	350	1.15	1.27	1.35

※地盤調査でVs=400m/sの地層確認後、設計で用いた振幅の妥当性を評価します。

4 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。
- ⑤ 2次元(擬似3次元)モデルの解析では、遠心実験で得られた住宅沈下量との整合性を図るために、改良体せん断剛性 $G=651 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ として解析します(設計基準強度 $F_c=1.5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ の場合)。

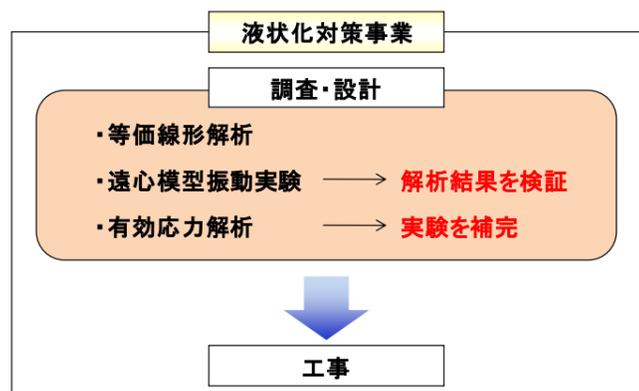


図-4.1 液状化対策事業での性能照査の考え方

4.1 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-3.1)を入力として用いています。

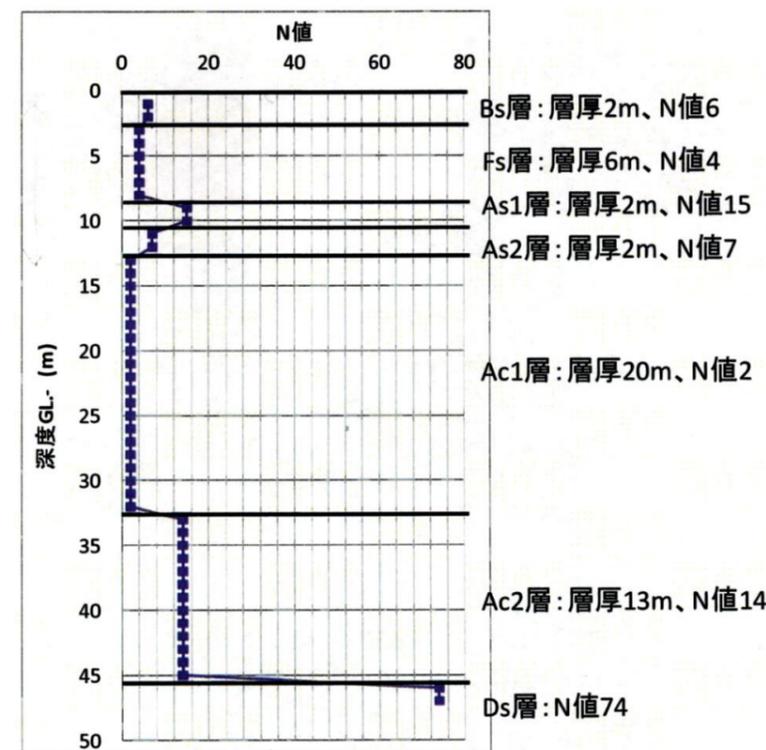


図-4.2 モデル地盤(地下水位 GL-1m)
(「液状化対策実現可能性検討委員会(平成24年)」)

表-4.1 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
			F _c	ρ	V _s	G ₀	
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

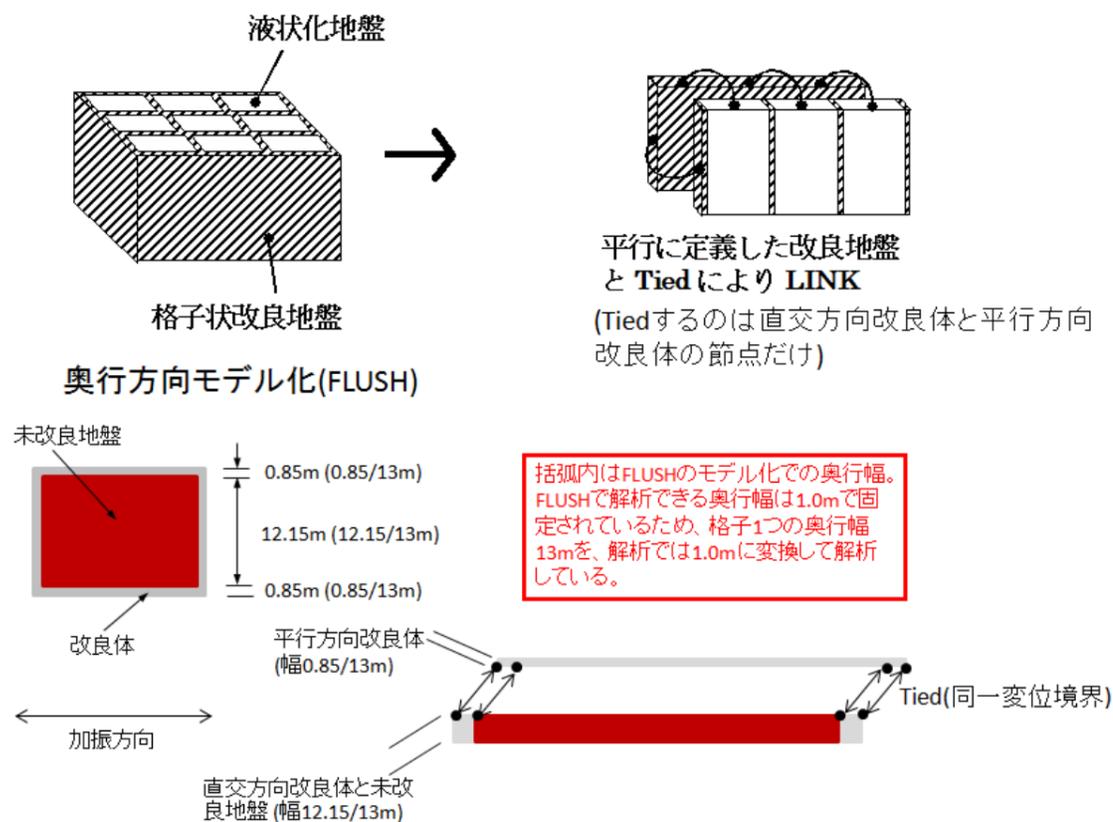


図-4.3 格子状地盤改良の擬似3次元モデルによるモデル化

図-4.4 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)」)

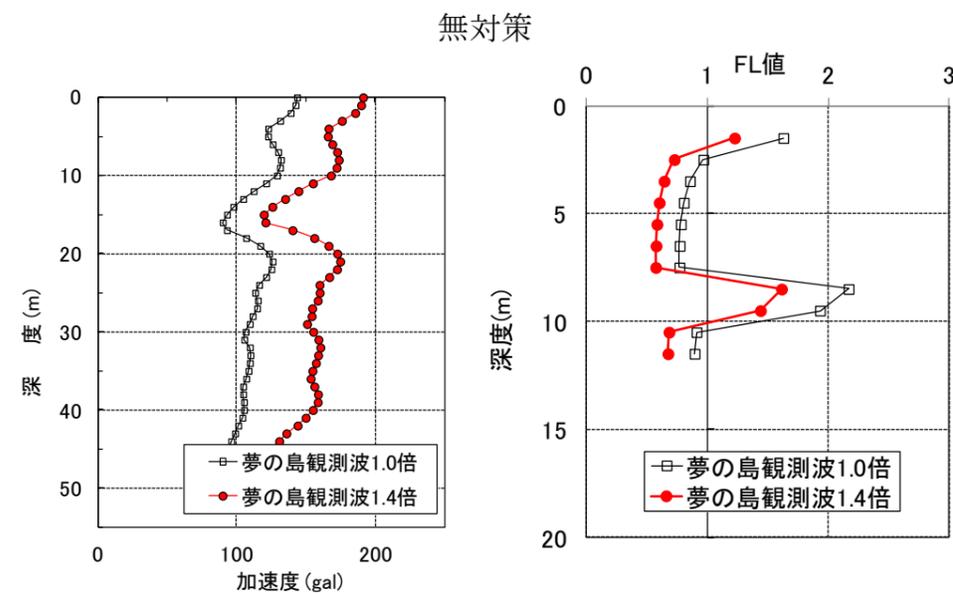


図-4.5 無対策での加速度とFL値の深度分布
(「液状化対策実現可能性検討委員会(平成24年)」)

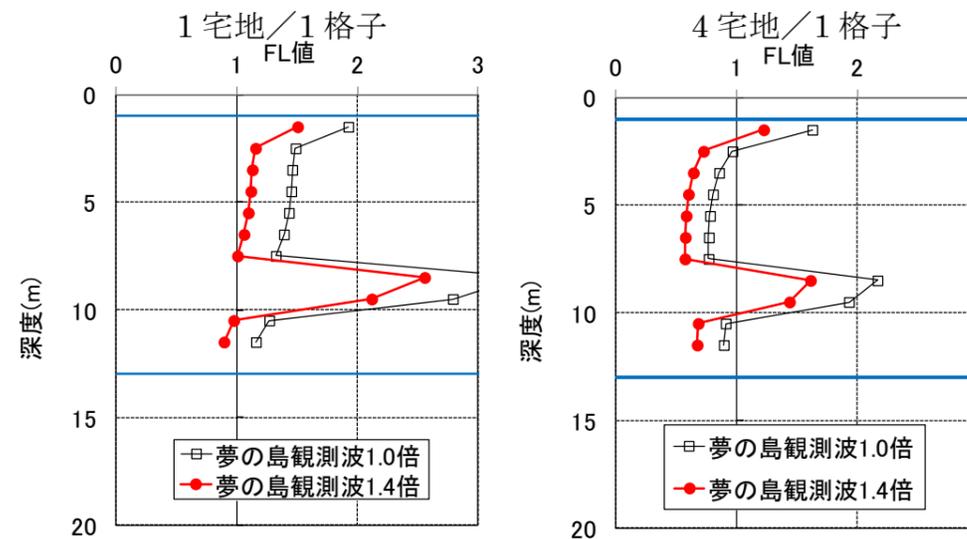
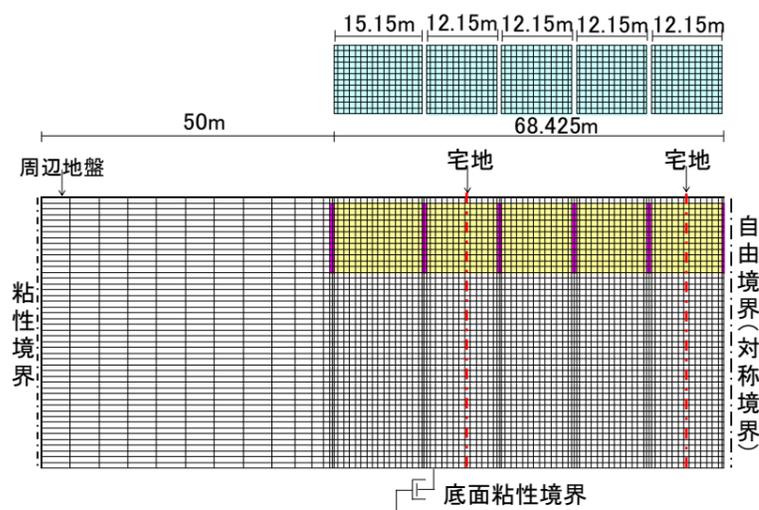


図-4.6 対策後のFL値の深度分布
(「液状化対策実現可能性検討委員会(平成24年)」)

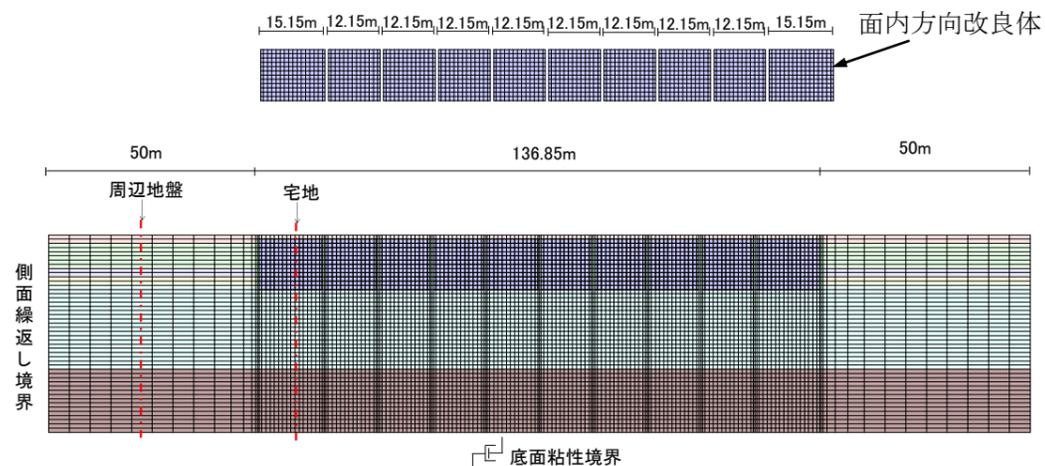


図-4.7 MuDIANの等価線形解析モデル(擬似3次元)

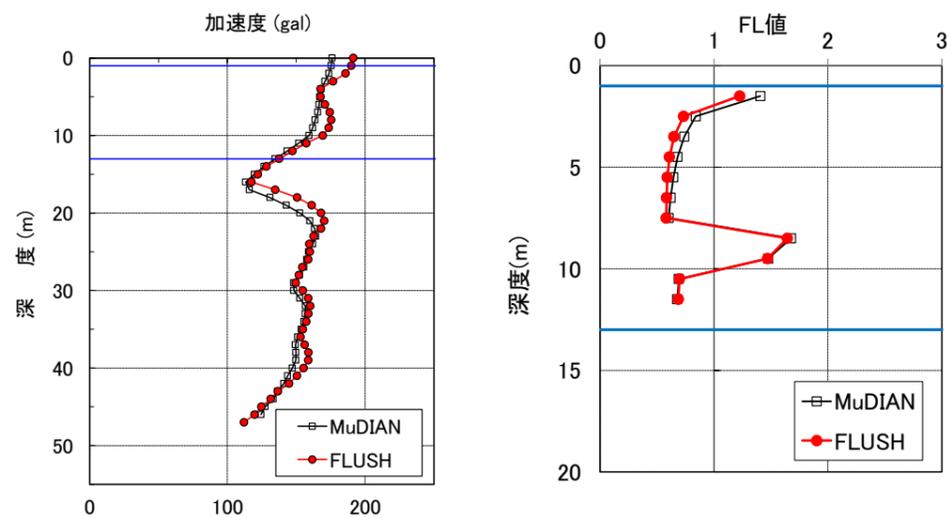


図-4.8 周辺地盤での加速度とFL値深度分布(解析コードの比較)

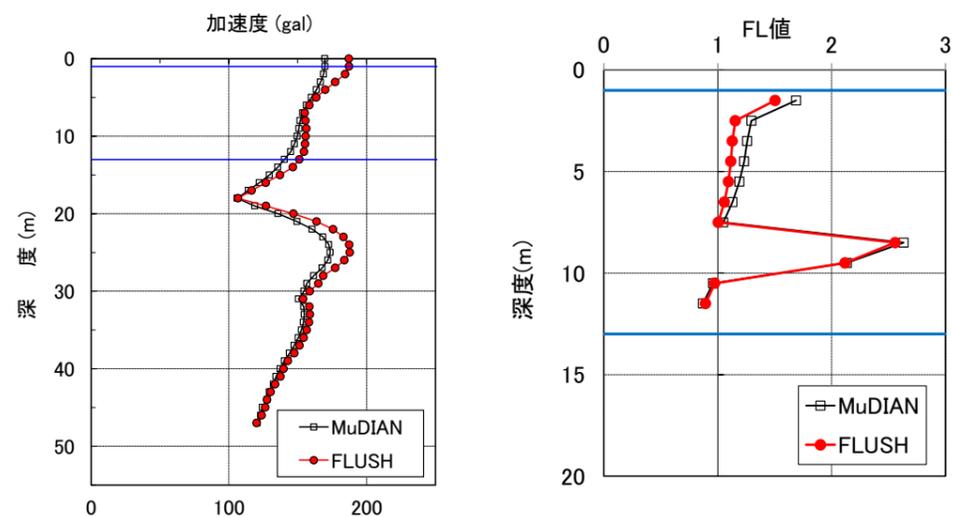


図-4.9 16m×16mの格子内地盤中央での加速度とFL値深度分布(解析コードの比較)

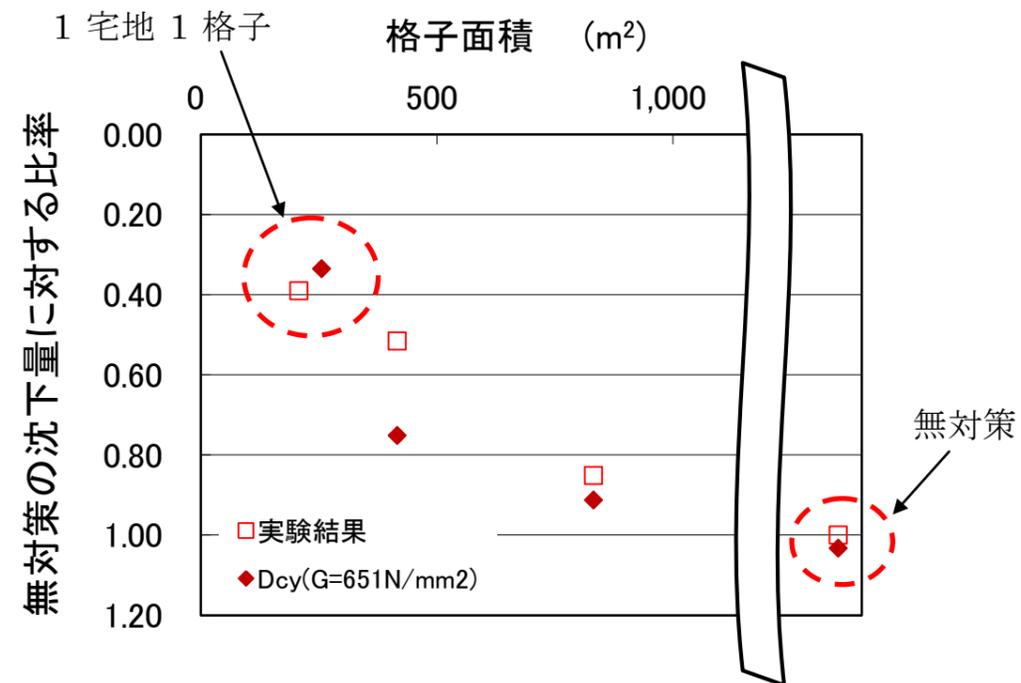


図-4.10 格子面積と擬似3次元モデルでの沈下量の関係(解析コードMuDIAN)

5 解析結果検証のための遠心模型振動実験

- 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 下水横断部で格子壁に欠損が生じる場合、欠損箇所の片面に深度 6m まで矢板 or 改良壁が設置されていれば、欠損による液状化抑制効果の低下を回避できます。

5.1 遠心実験装置の仕様

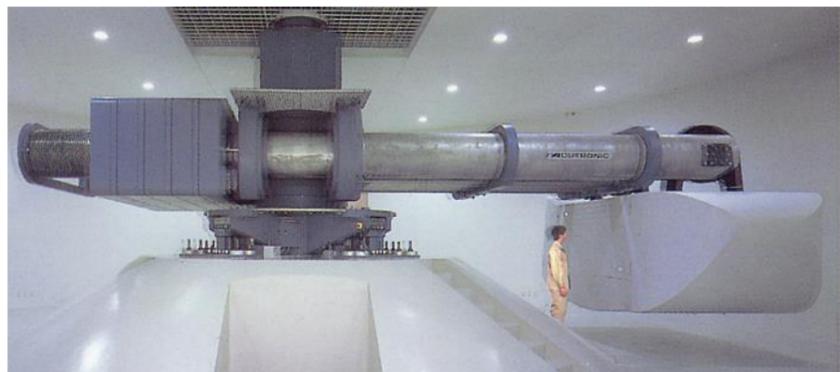


図-5.1 遠心実験装置全景(竹中技術研究所)

表-5.1 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)	スリップリング	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-5.2 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

5.2 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-5.3 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				

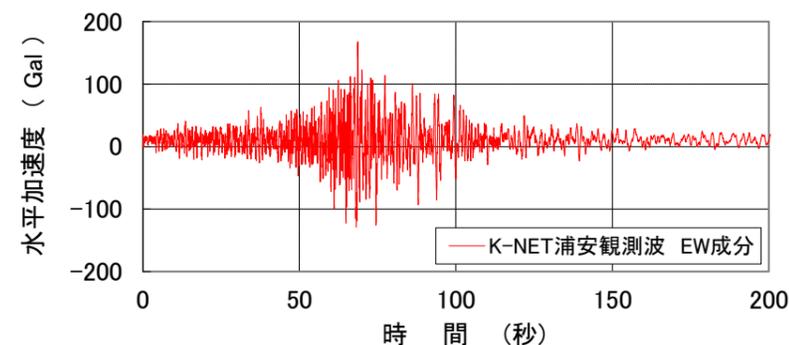


図-5.2 遠心模型振動実験の入力に用いられた K-NET 浦安観測波(最大加速度 157gal)

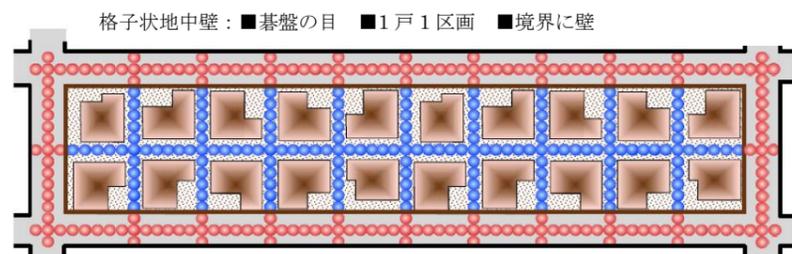


図-5.3 格子状地盤改良工法の適用イメージ

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-5.4 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盤改良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Deyの傾向は対応が取れていました(図-4.10参照)。

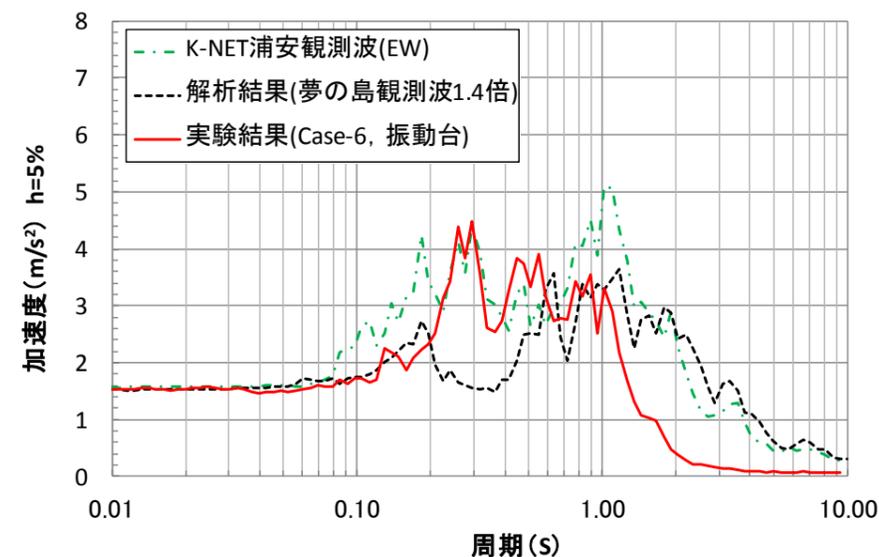


図-5.5 加速度応答スペクトルの比較

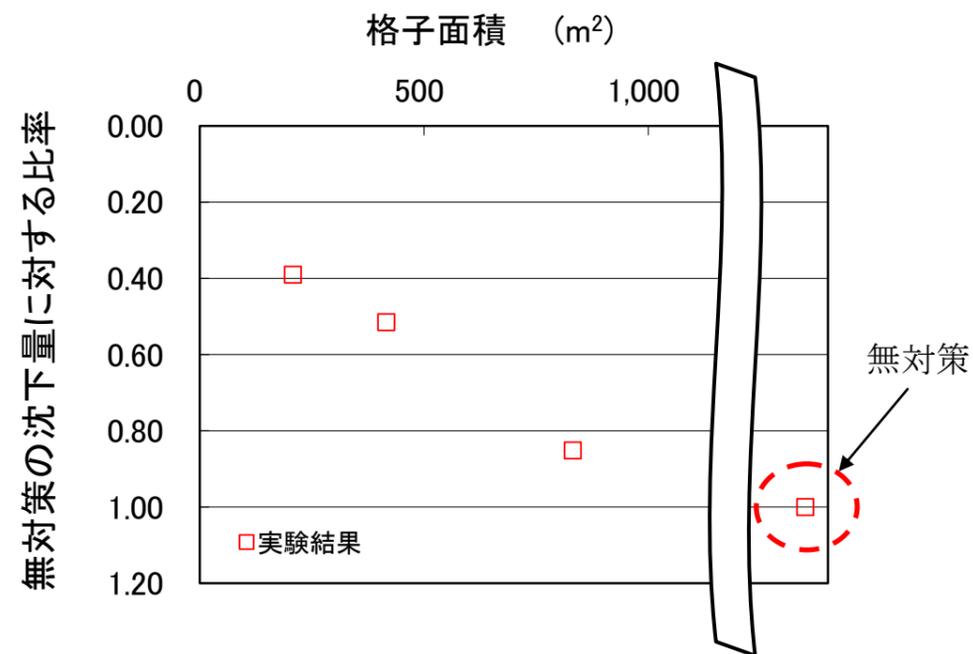


図-5.6 格子面積と沈下量の関係

図-5.7 は実験での過剰間隙水圧比の最大値コンター図です。格子状地盤改良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-5.8 です。図-5.9 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。

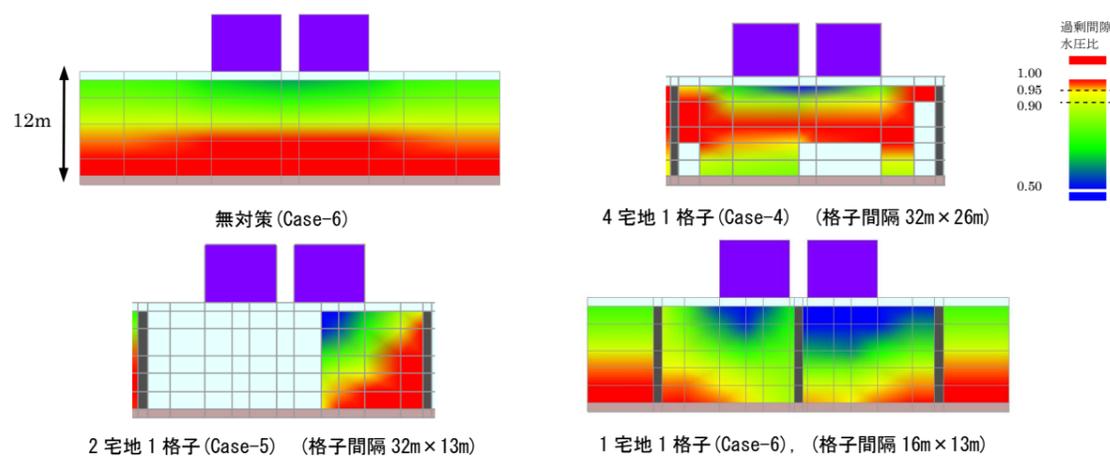


図-5.7 過剰間隙水圧比の最大値コンター図

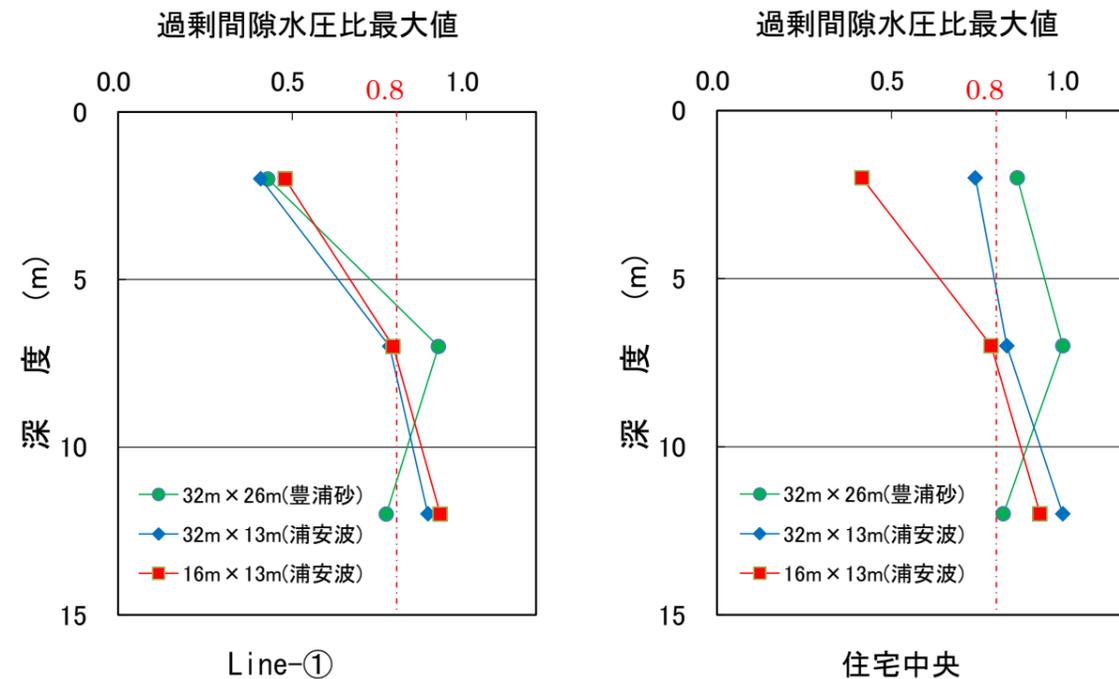


図-5.8 過剰間隙水圧比最大値の深度分布
(格子状地盤改良工法で対策を行った場合)

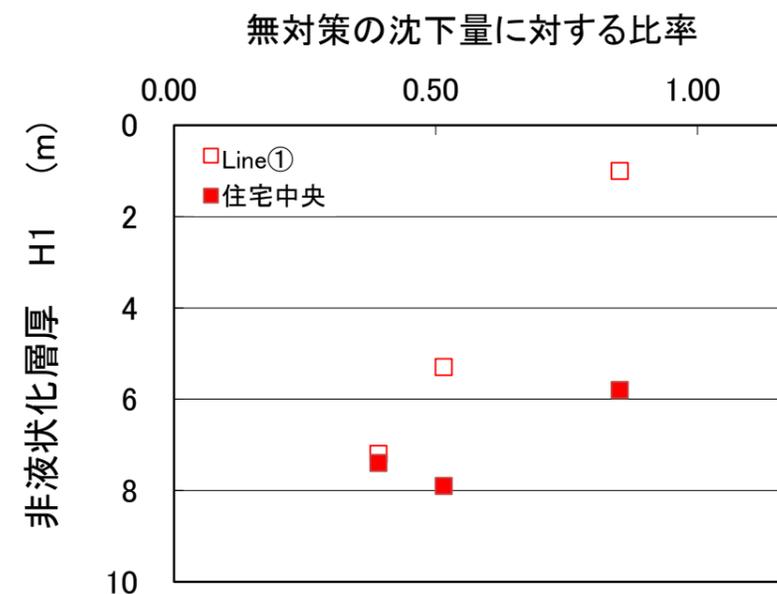
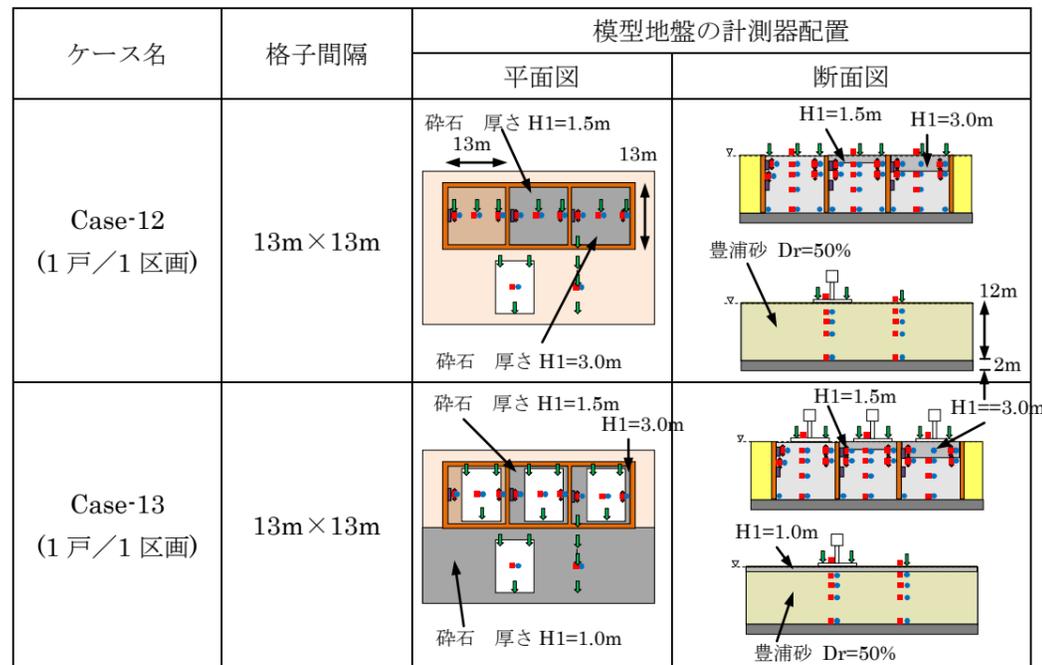


図-5.9 非液状化層厚と沈下量の関係
(格子状地盤改良工法で対策を行った場合)

5.3 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-5.10 碎石で非液状化層をモデル化した実験ケースと計測器配置図

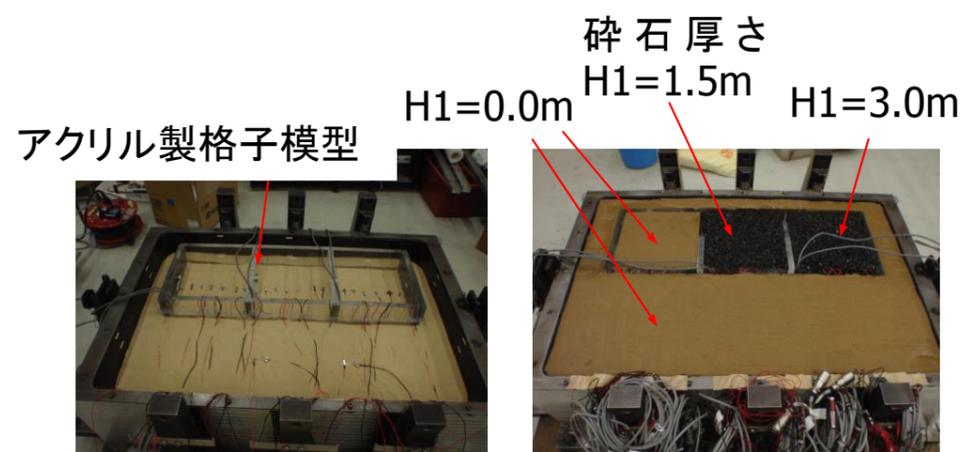


図-5.11 模型地盤の作成状況

図-5.12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、格子状地盤改良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。

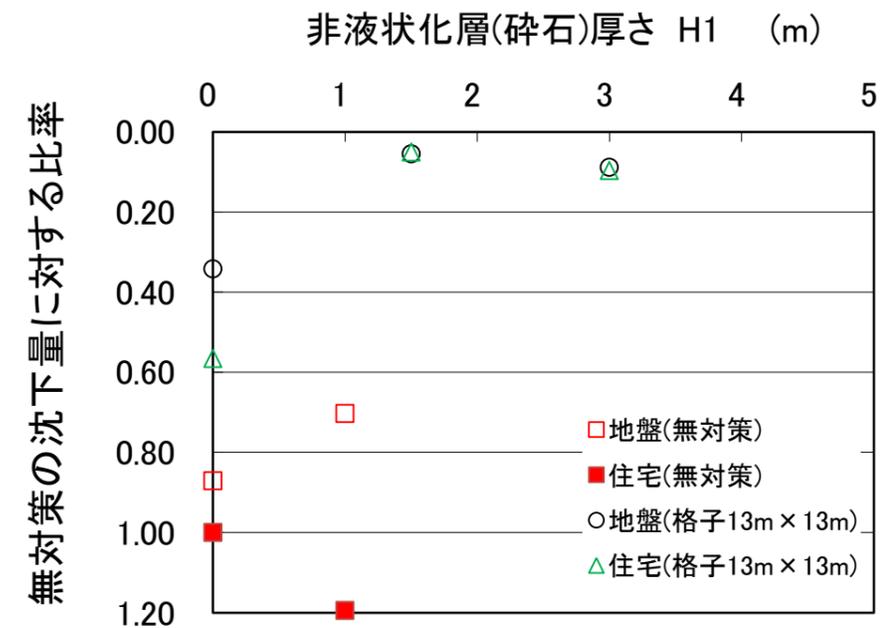


図-5.12 非液状化層厚と住宅・地表面沈下量の関係

図-5.13に示すのは、格子状地盤改良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。

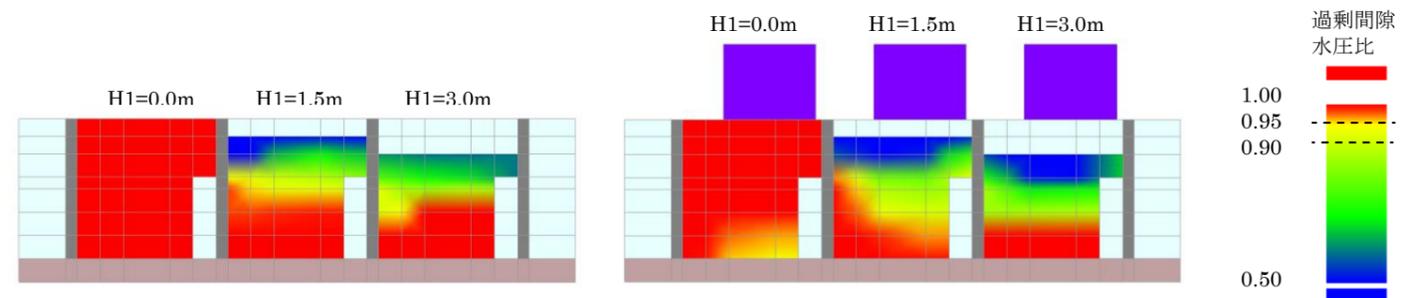


図-5.13 格子間隔13m×13mに対する過剰間隙水圧比の最大値コンター

地下水位が深い位置にあることで非液状化層が厚くなる条件を、盛土でモデル化した実験の模型地盤と計測器配置図を示しているのが図-5.14です。盛土1mは地下水位が地表面から2m程度の位置にあることに相当します。

盛土でモデル化した地下水位が深い条件では、深度の浅い部分での過剰間隙水圧上昇が抑制されます(図-5.15参照)。そして盛土を併用しない場合に比べて沈下量は大幅に低減できることが分かります(図-5.16参照)。

ケース名	格子間隔	模型地盤の計測器配置	
		平面図	断面図
Case-7 (1戸/1区画 +盛土1m・ 2m)	16m×13m		

■ 加速度計 ↓ 加速度計(上下) ● 間隙水圧計 ▨ 土圧計

図-5.14 盛土で非液状化層をモデル化した実験ケースと計測器配置図

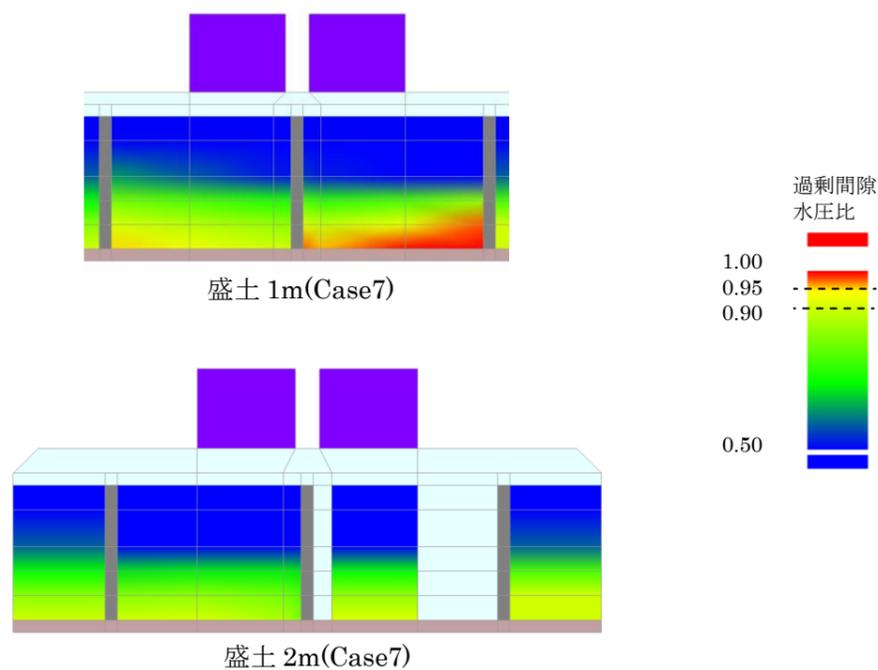


図-5.15 Case7の過剰間隙水圧比最大値コンター

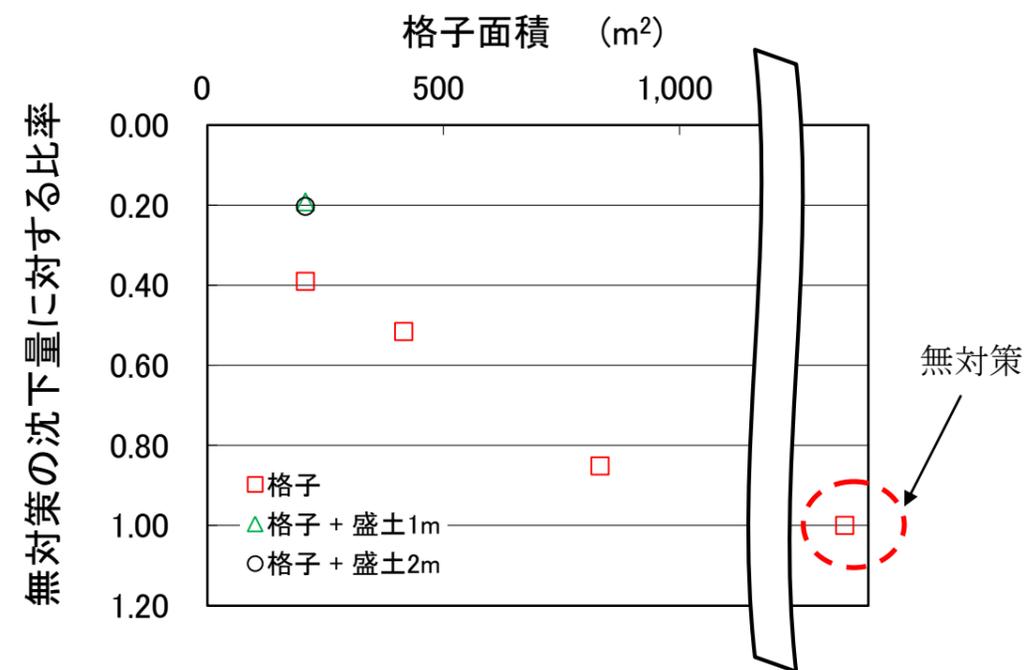


図-5.16 格子状地盤改良単独と盛土併用の住宅沈下量比較

図-5.17 に示すのは、図-5.4 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-5.4 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と断面図です。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。

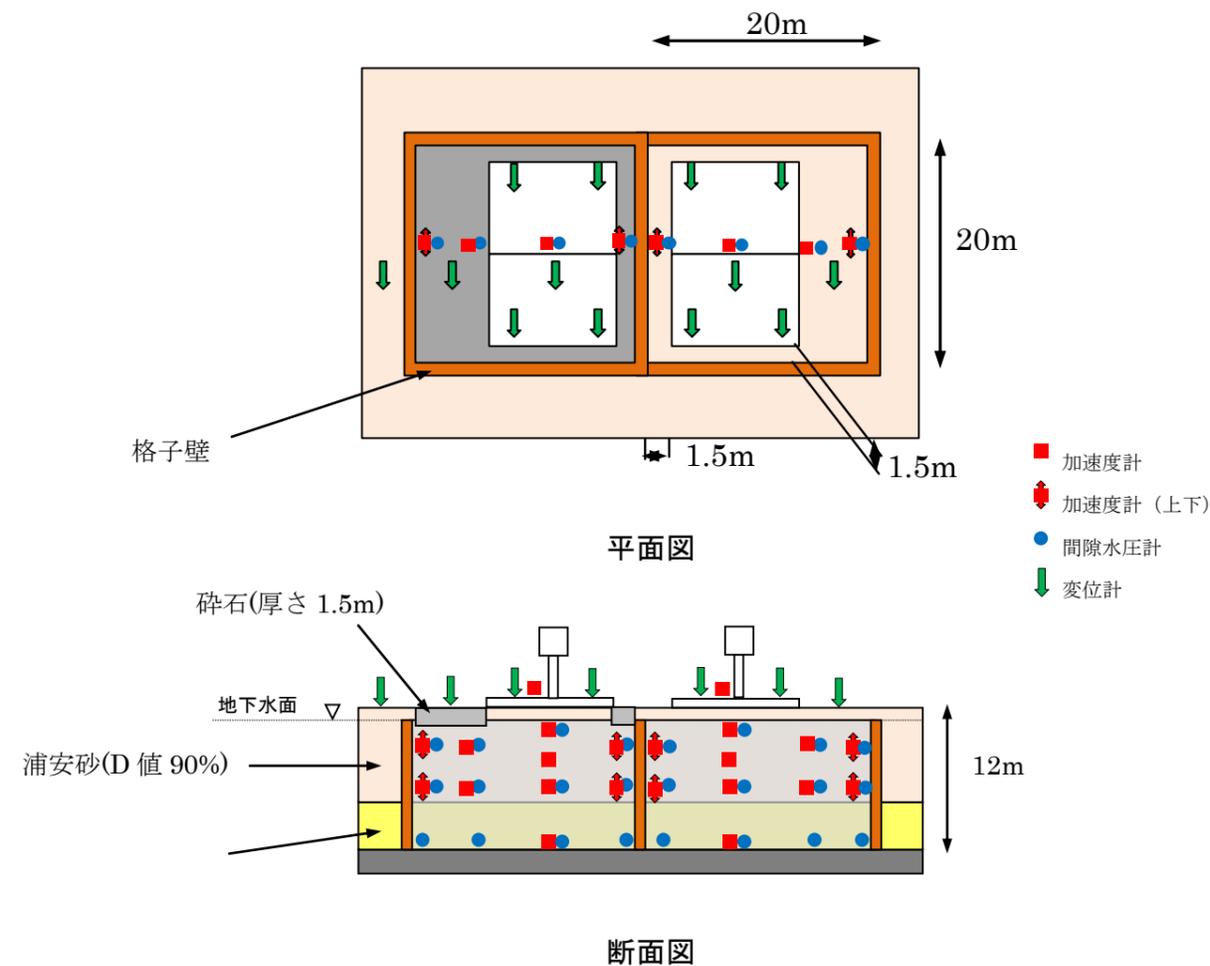
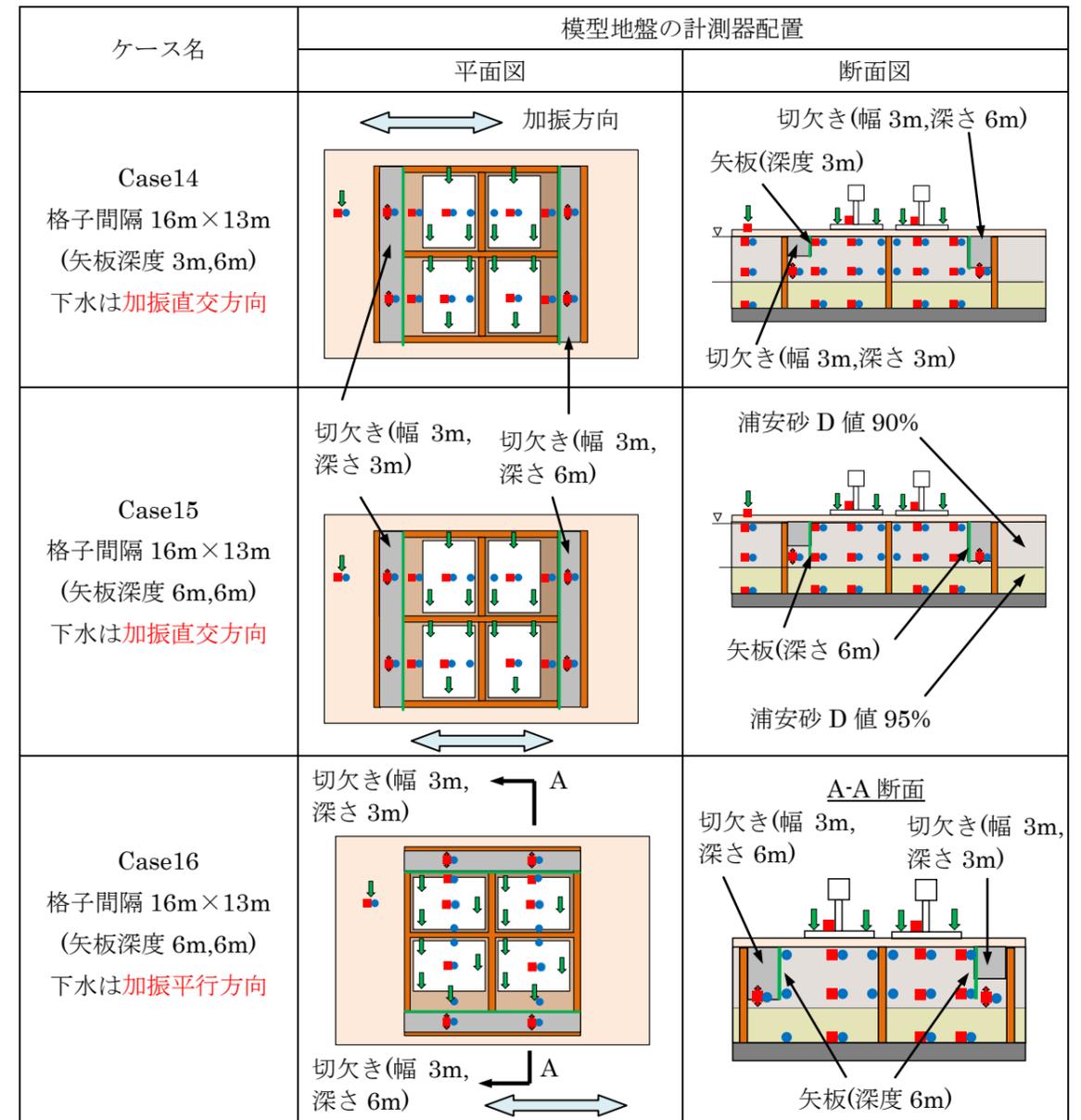


図-5.17 格子間隔20m×20mの模型地盤(左:住宅周囲碎石厚1.5m、右:碎石なし)

5.4 下水横断部の影響

下水本管が埋設されている箇所では、震災復旧工事で施工した矢板が道路内に埋設されたままになっています。そのため格子壁に切欠きが生じることになります。切欠きが加振直交方向にある場合(Case14, Case15)、加振平行方向にある場合(Case16)の3ケースの実験を行いました。切欠きの幅は3m、深度はGL-1m～GL-4m・GL-1m～GL-7mの2パターンです。そして矢板深度をGL-1m～GL-4mとGL-1m～GL-7mとして、液状化抑制効果との関係を検討しました。



■ 加速度計 ■ 加速度計(上下) ● 間隙水圧計 ■ 土圧計
 ※下水埋設部は非液状化層として碎石でモデル化(下端はシートで非排水とした)

図-5.18 格子壁に切欠きを設けた実験ケースと計測器配置図

下水が埋設されている部分は非液状化層として砕石でモデル化し、下端からの排水が生じないようにシートを布設しています(図-5.19 参照)。

格子壁の切欠き深度が深くても、矢板が GL-1m~GL-7m(矢板長 6m)に布設されていると、切欠きが無い場合とほぼ同じ沈下量しか発生しないことが確認できました(図-5.21 参照)。また、矢板が GL-1m~GL-7m(矢板長 6m)に布設されていると、深度の浅い部分での過剰間隙水圧上昇が抑制されます(図-5.22、図-5.23 参照)。その効果によって沈下量が抑制されていると考えられます。

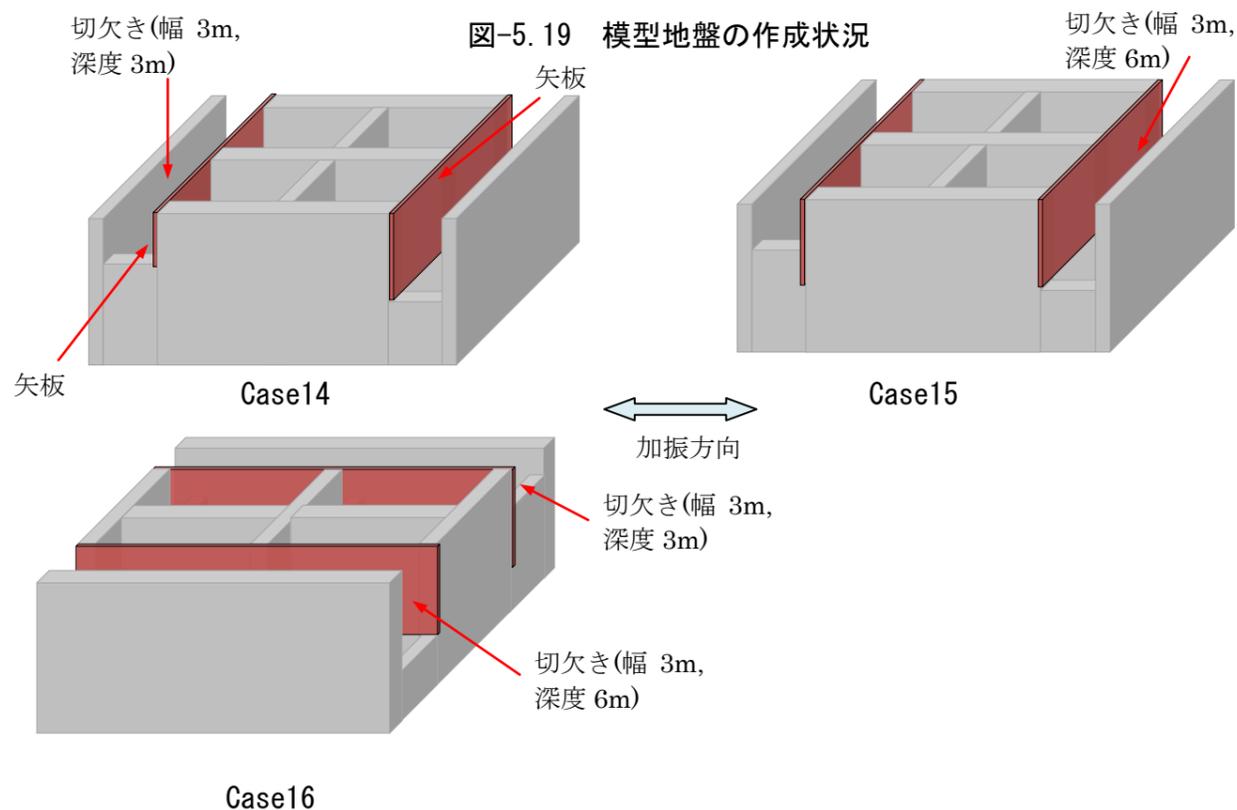
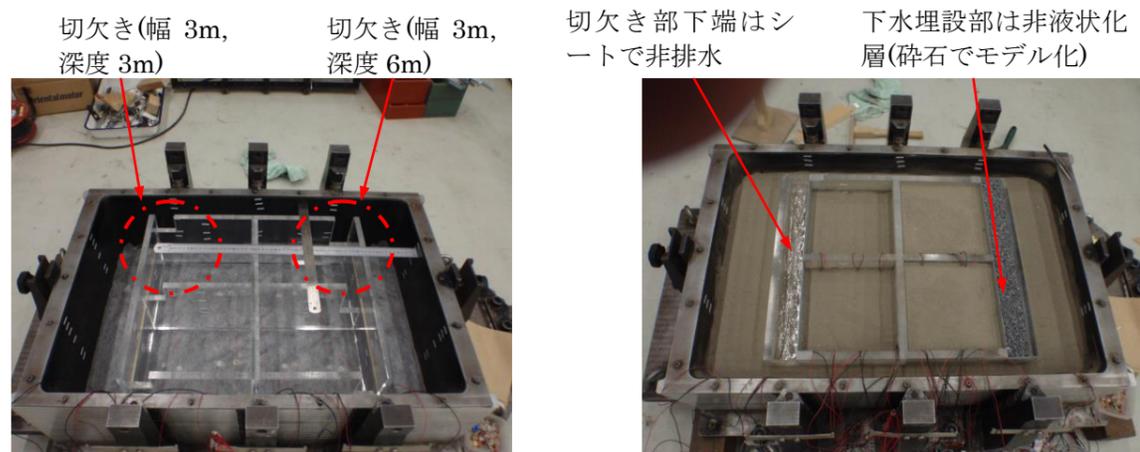


図-5.20 格子壁と矢板の配置状況

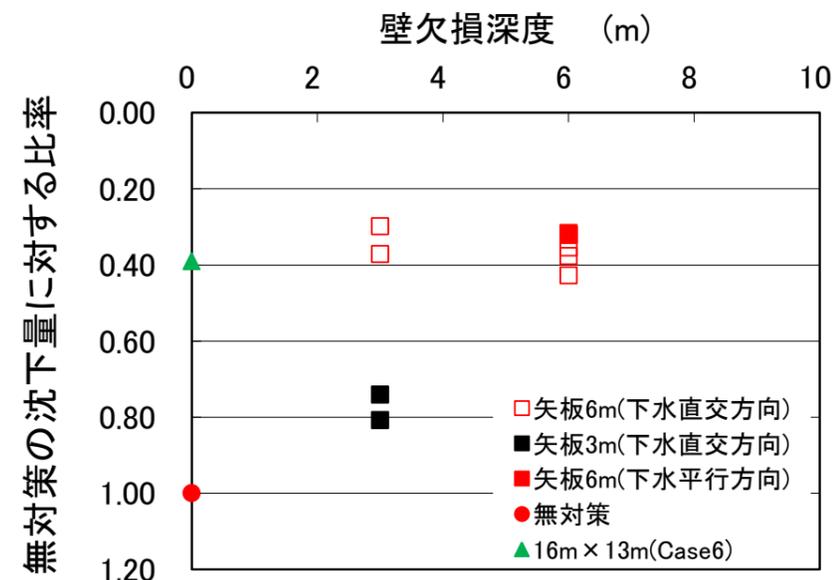


図-5.21 矢板深度と住宅沈下量の関係
(無対策と 16m x 13m の結果は図-5.6 参照)

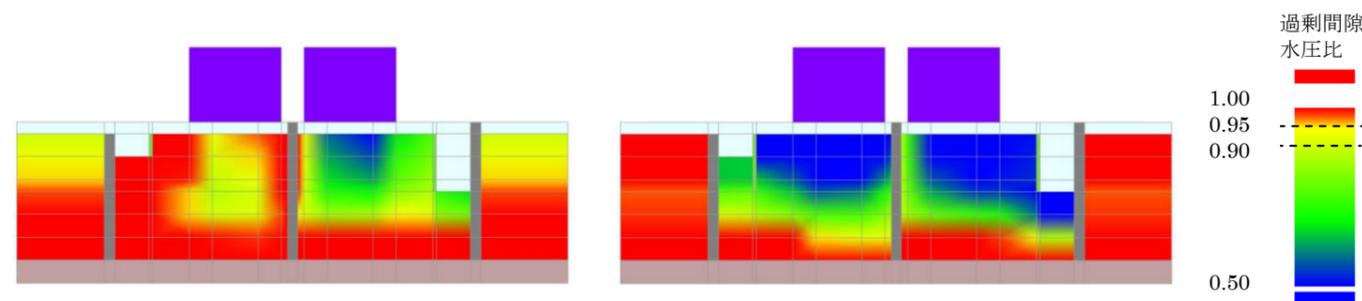


図-5.22 過剰間隙水圧比の最大値コンター(下水は加振直角方向)
(左: Case-14、右: Case-15)

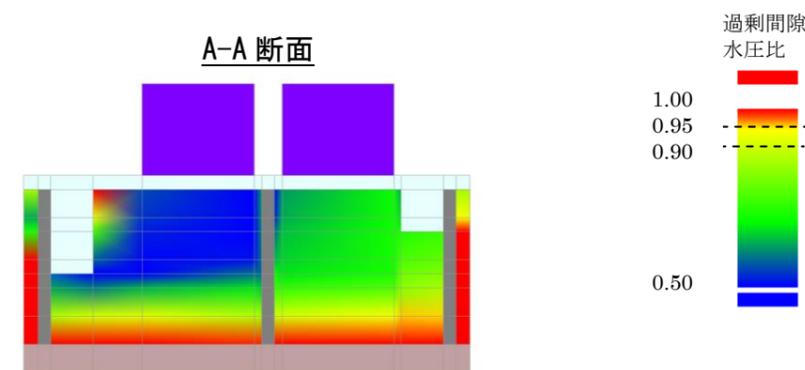


図-5.23 過剰間隙水圧比の最大値コンター
(下水は加振平行方向、Case-16)

格子壁に切欠きが発生しても、十分な長さの矢板長を確保できれば液状化抑制効果が変わらないことが確認できましたので、矢板長が短い場合は噴射攪拌工法により改良壁を必要深度まで継ぎ足します(図-5.24 参照)。

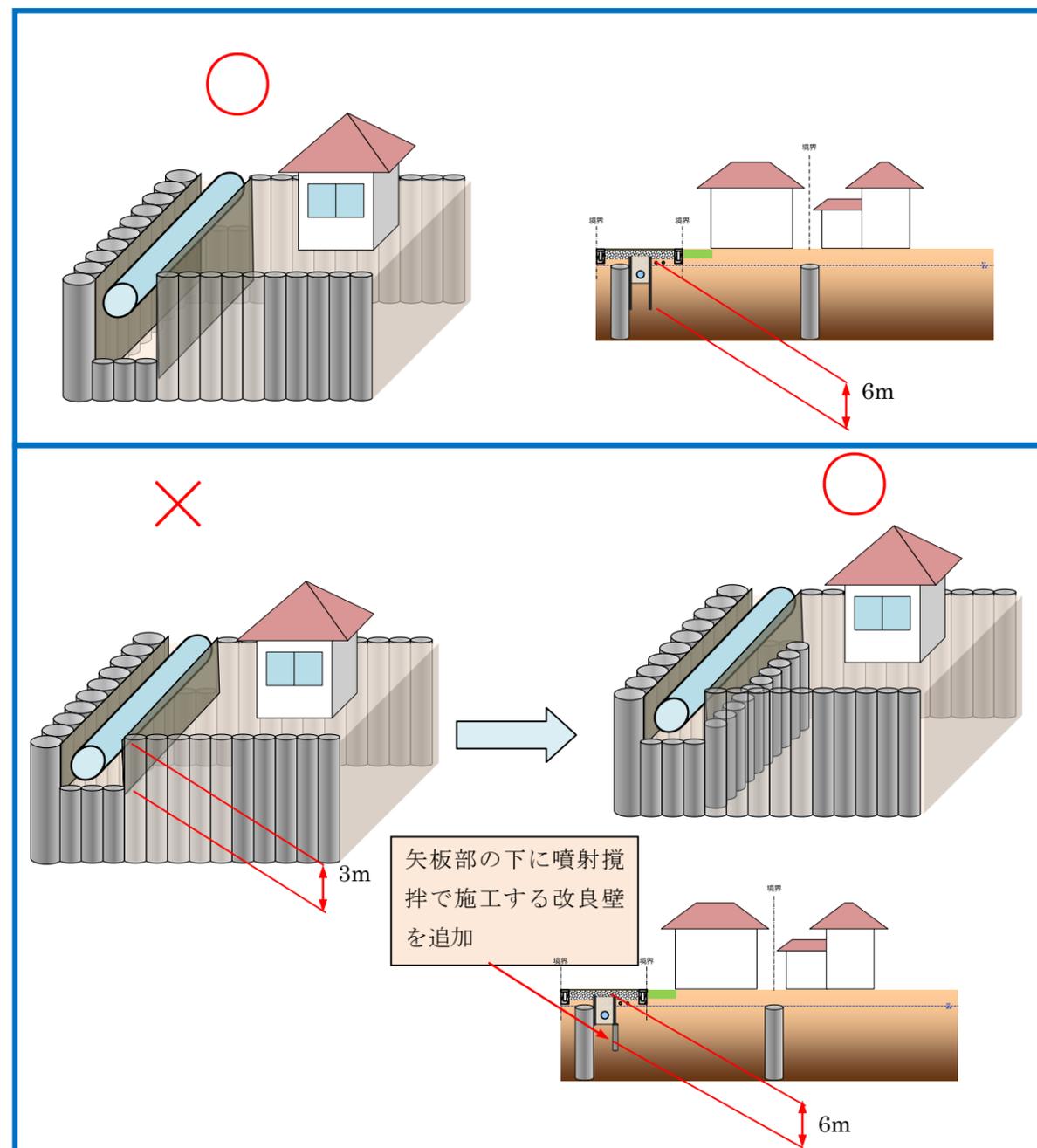
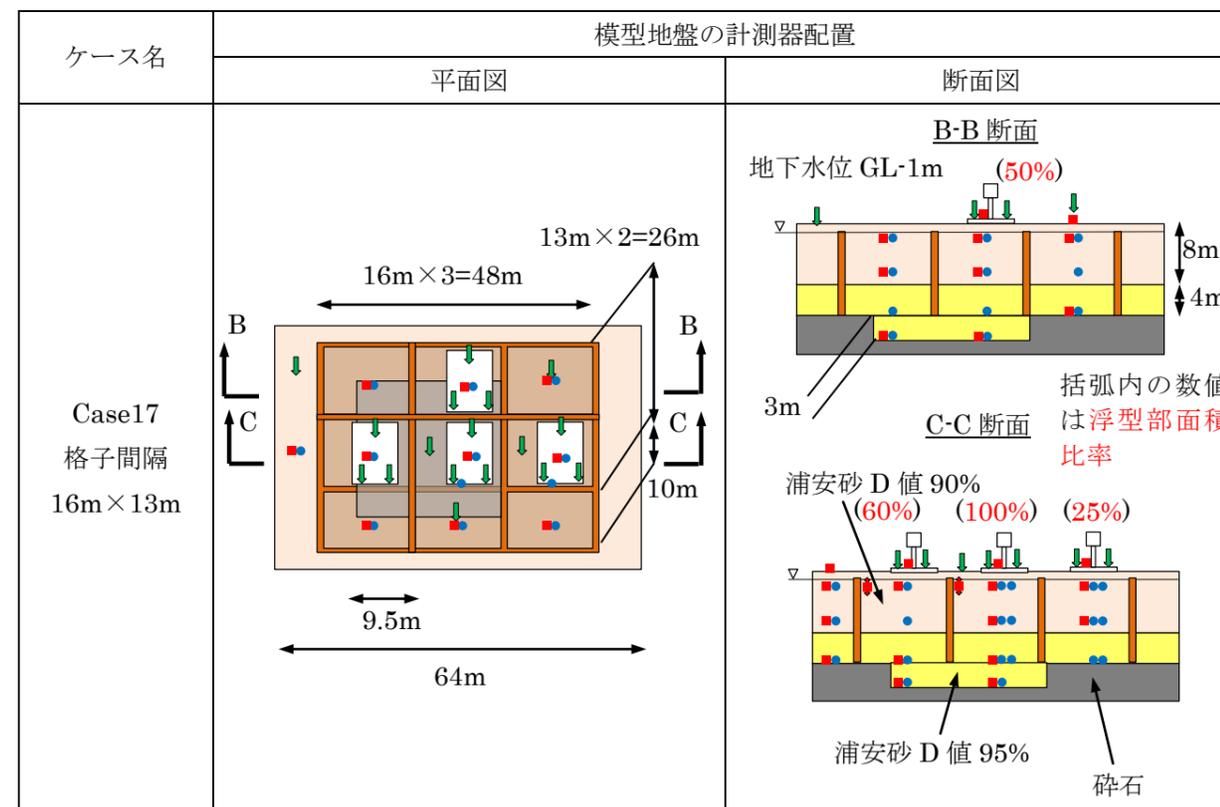


図-5.24 必要な矢板深度(改良壁深度)

5.5 部分着底+浮型

液状化層の下端深度がモデル地盤で想定していたGL-12mより深い場合、GL-12m以深に未改良部を残した影響を見るための遠心模型振動実験を実施します(図-5.25 参照)。前節までに紹介している実験は60G場で行っていますが、平面的に広い範囲をモデル化するためCase17は80G場で実験を行います。

図中に表示している浮型部面積比率は、1つの格子の格子面積(16m×13m)内に占める、GL-12m以深の液状化層の面積を比率で定義したものです。隣の格子にGL-12m以深の液状化層がある場合は、浮型部面積比率25%と定義しました。



■ 加速度計 ▼ 加速度計(上下) ● 間隙水圧計 ▮ 土圧計

図-5.25 部分着底+浮型の計測器配置図(80G場)

6 設計での方針と設計手順の説明

- 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。

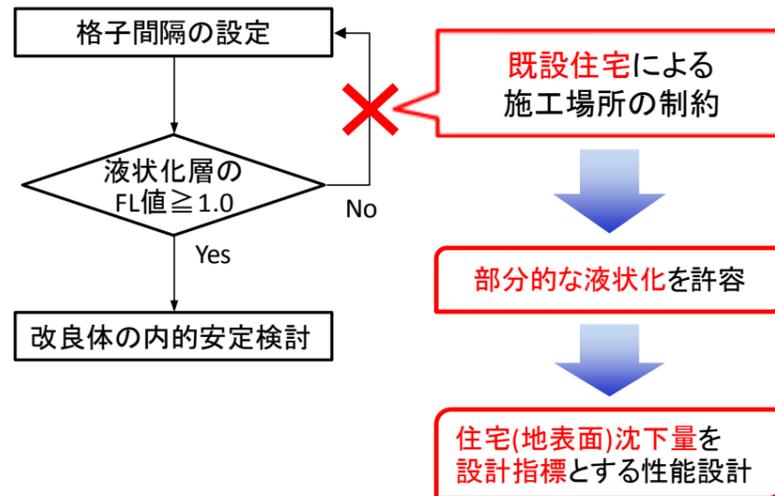


図-6.1 格子状地盤改良工法の設計の流れ

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。

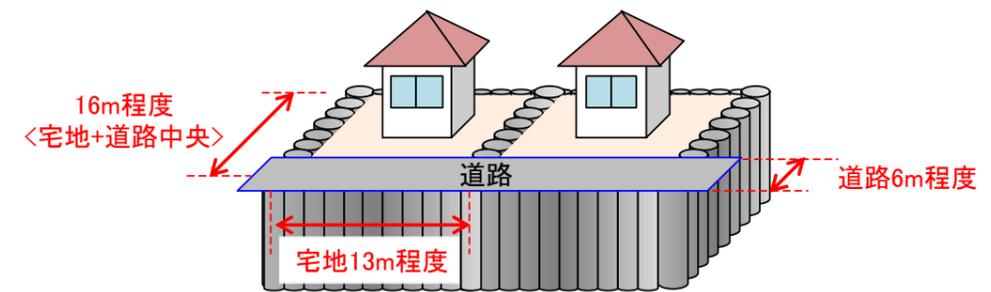


図-6.2 格子状地盤改良工法での基本配置

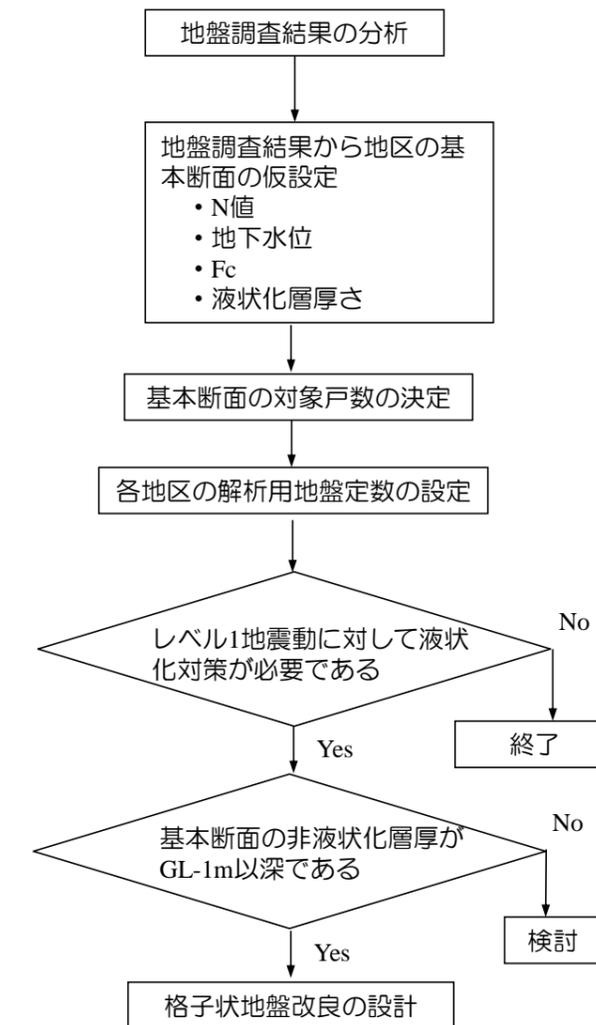
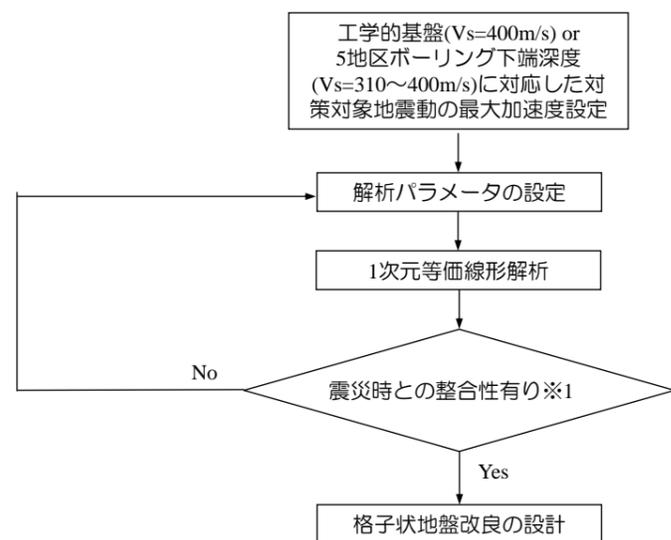


図-6.3 格子状地盤改良工法による対策の必要性検討フロー



※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-6.4 解析条件の設定フロー

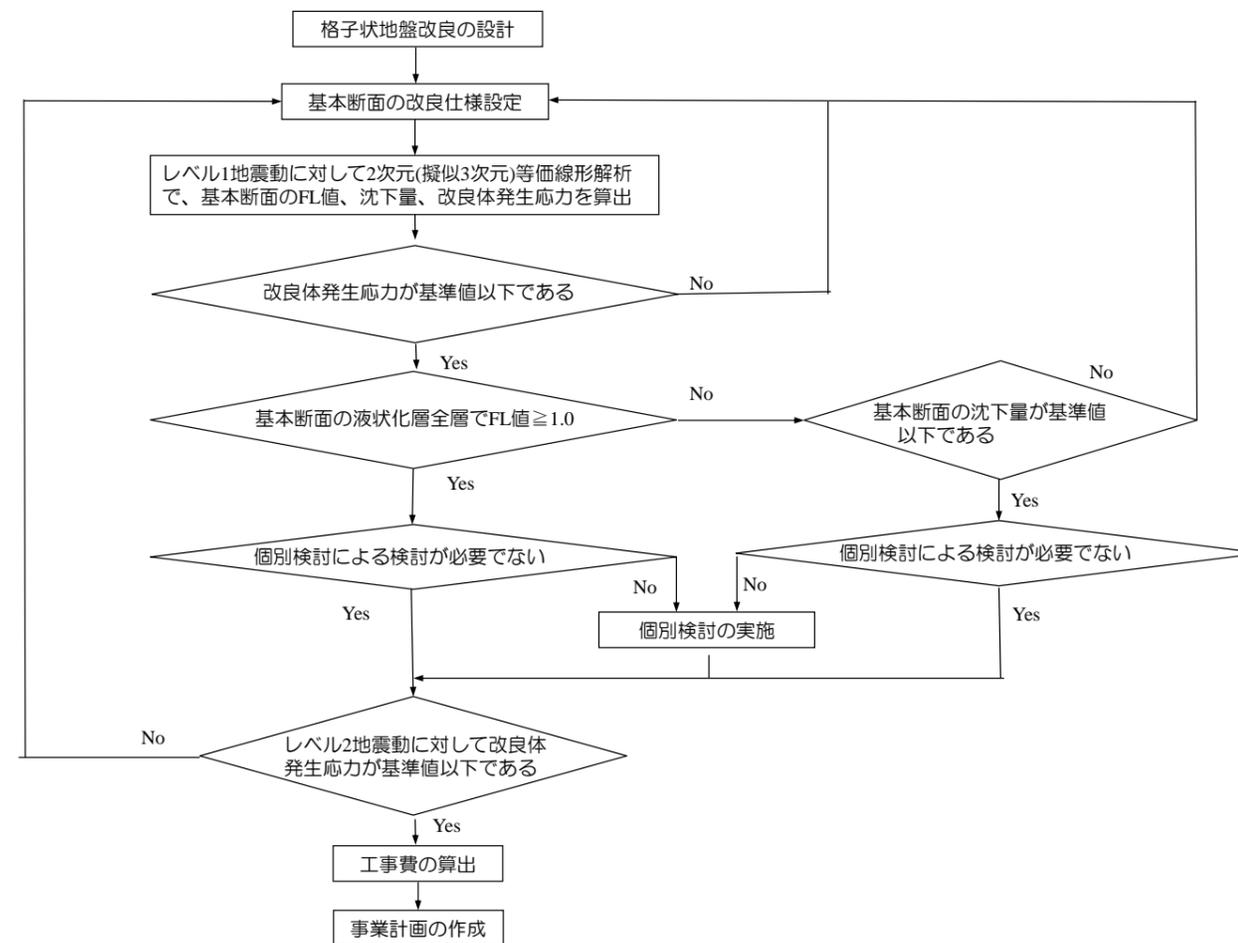


図-6.5 格子状地盤改良工法の設計フロー

7 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-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 (各地区で設定)
	有効応力	<ul style="list-style-type: none"> 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-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	3 σ 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

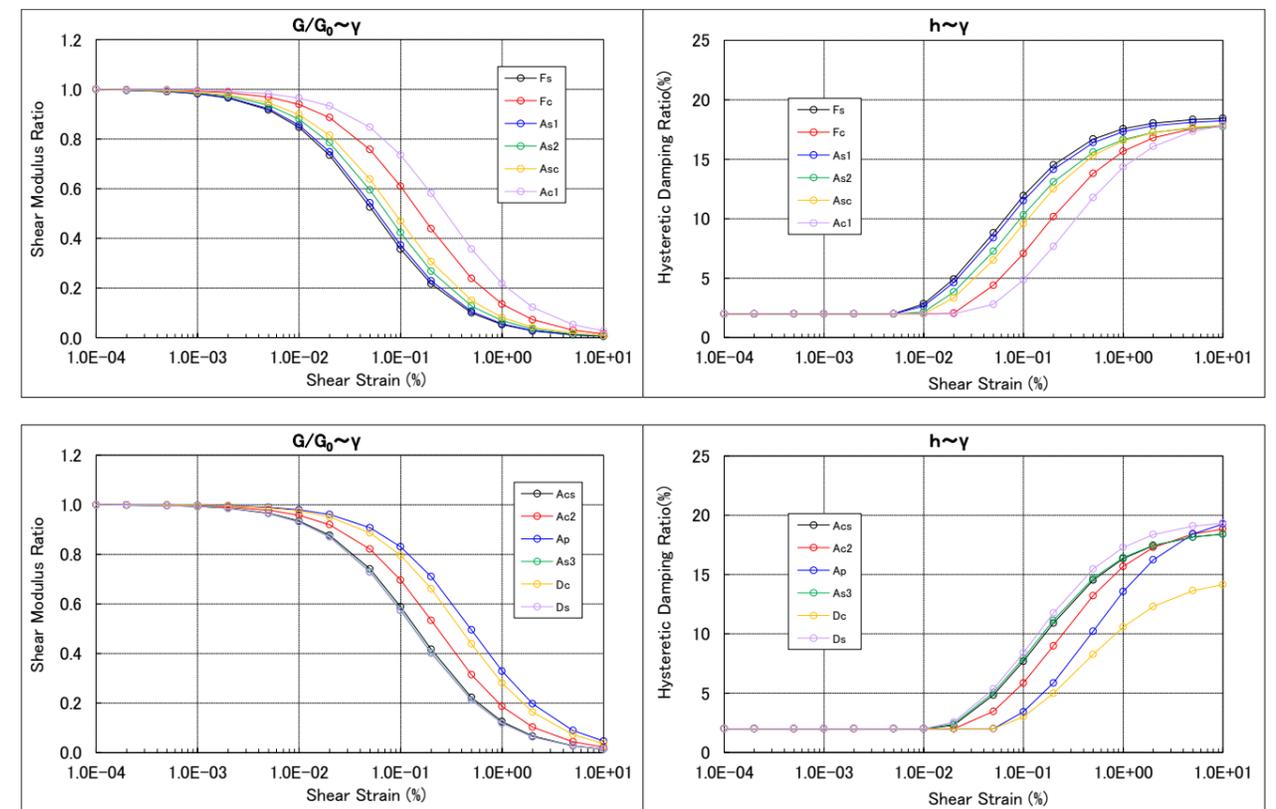


図-7.1 地層毎の $G \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ 曲線(平成26年度地質調査結果より)

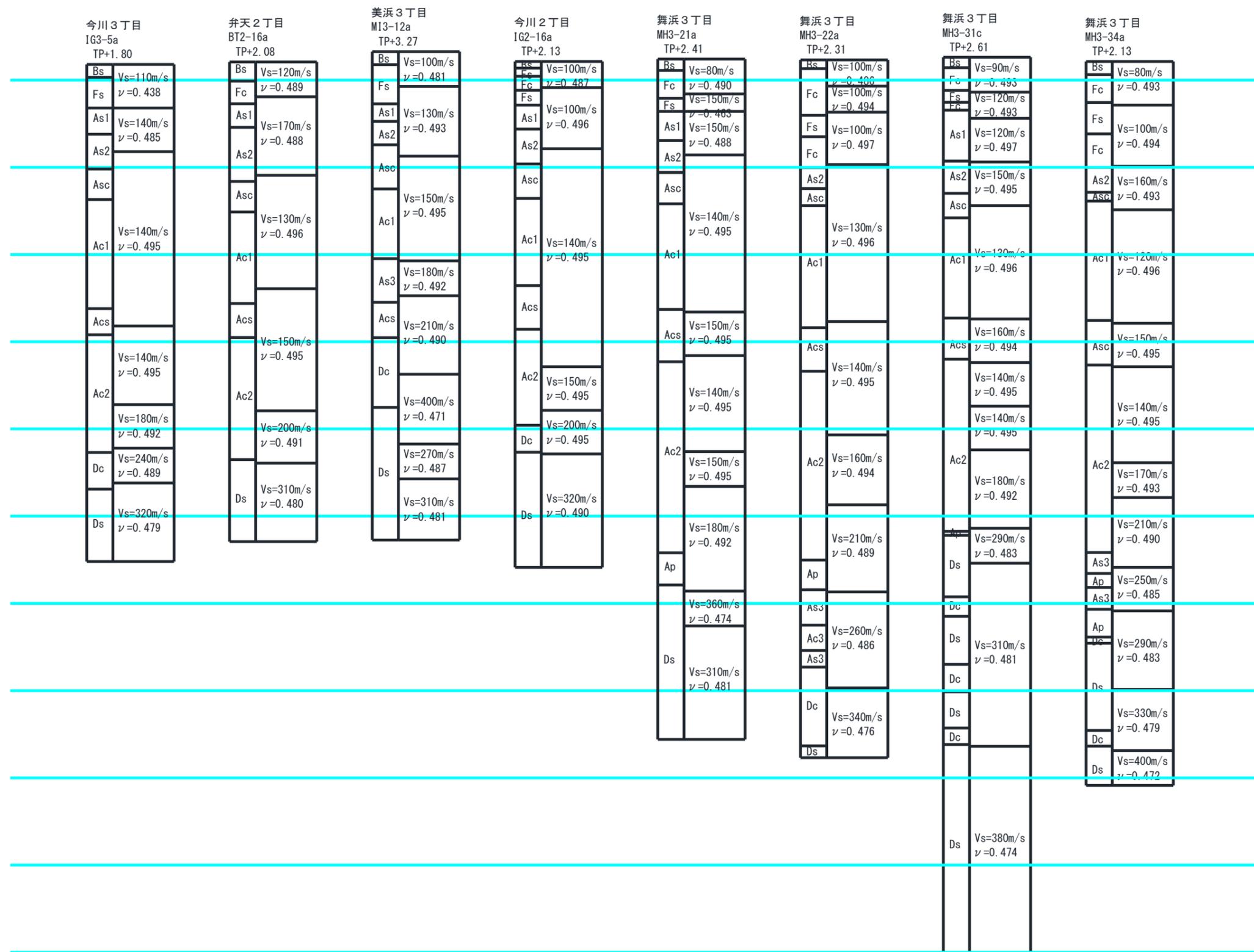


図-7.2 各地区のPS 検層結果(平成26年度地質調査結果より)

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、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。

8.1 等価線形解析

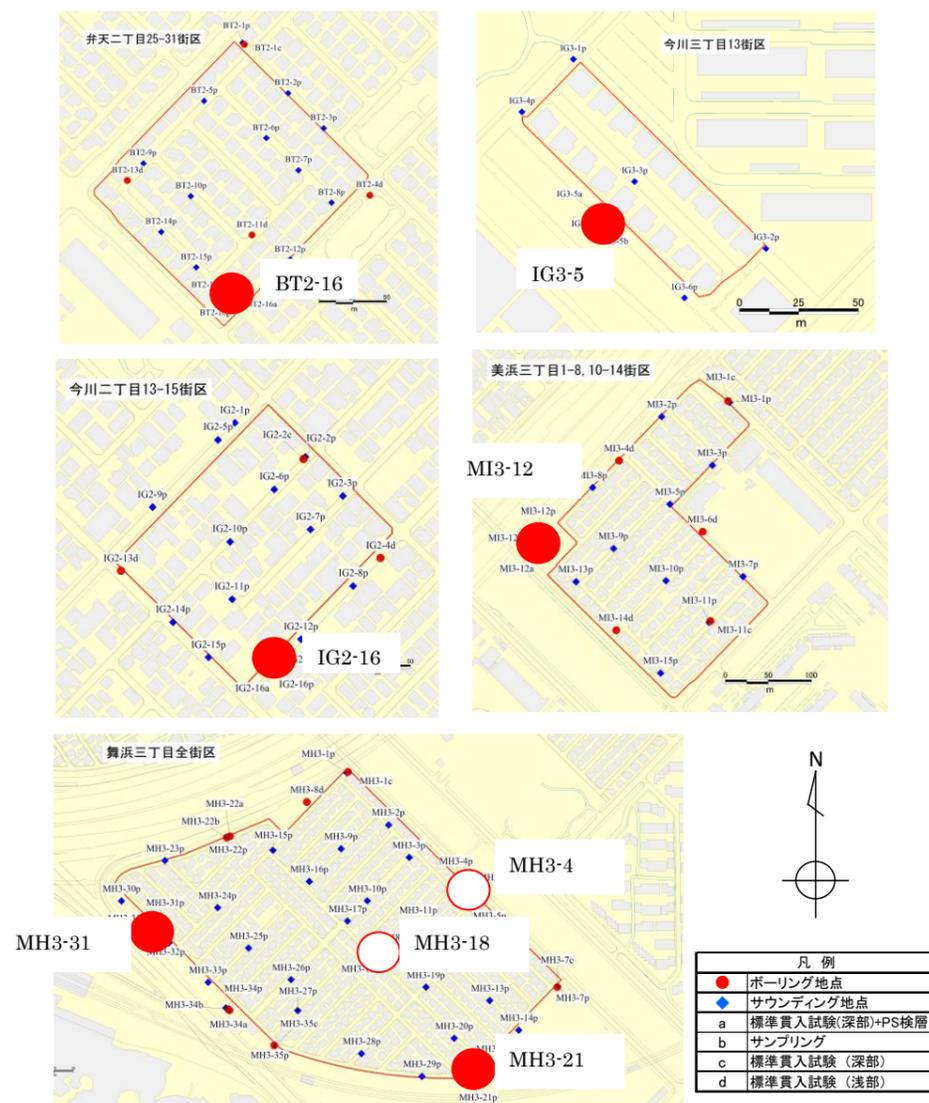


図-8.1 1次元等価線形解析(SHAKE)の実行箇所(図中の赤丸)

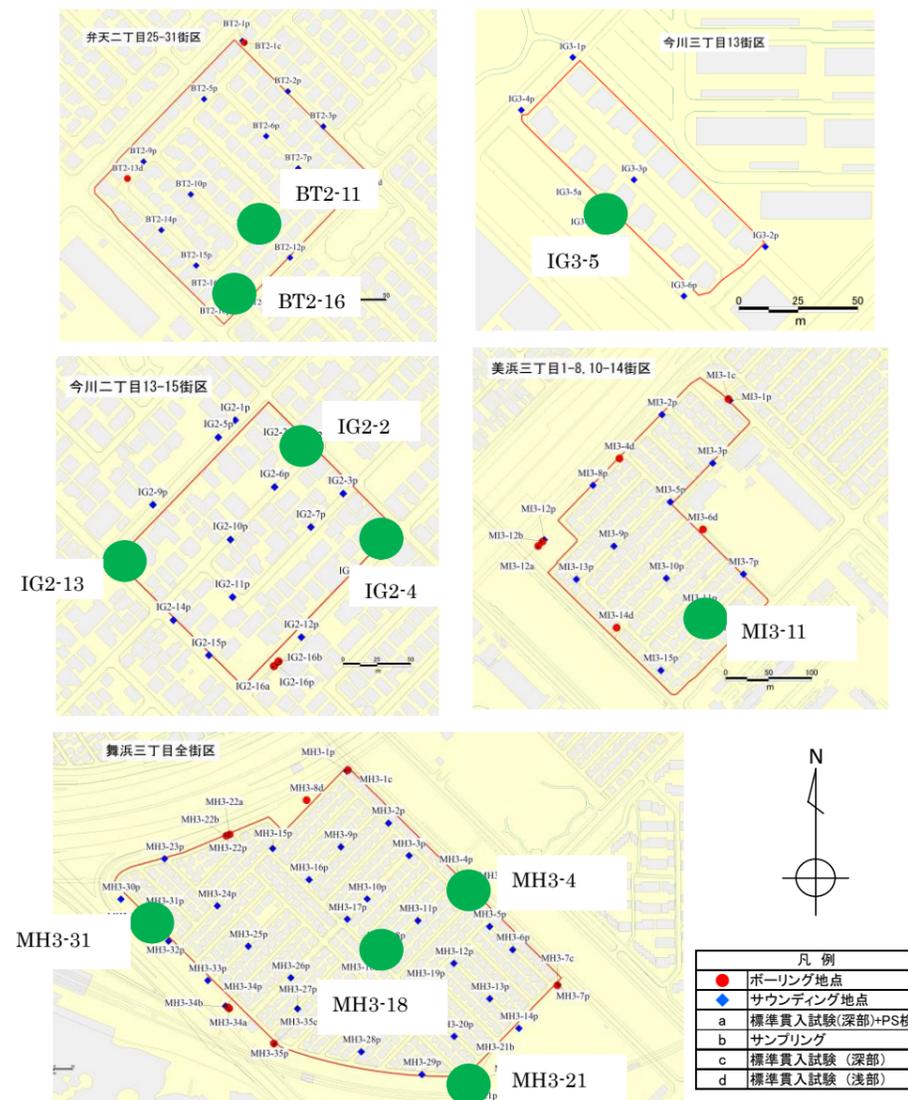


図-8.2 Dcyの算出ポイント(図中の緑丸)

○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)

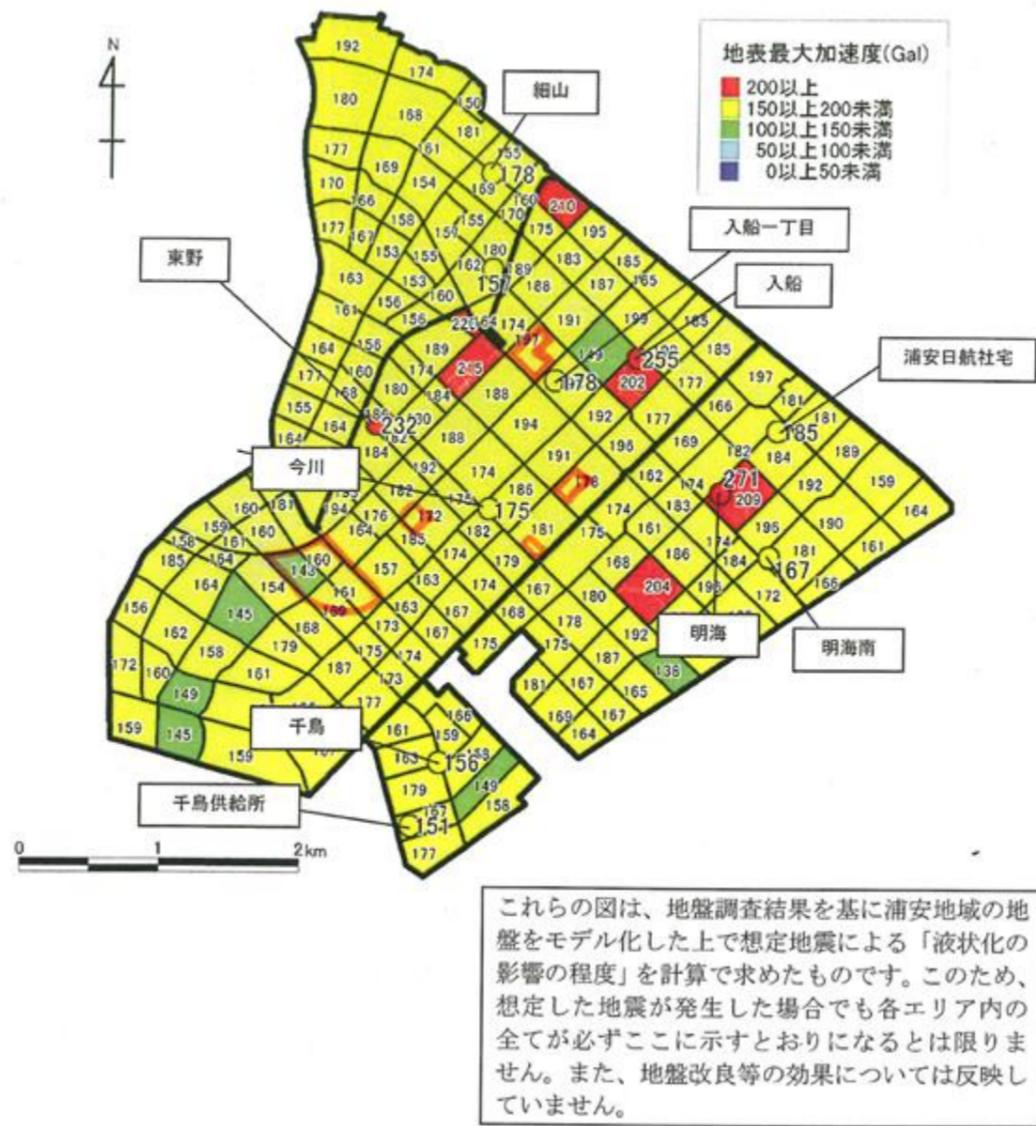


図-8.3 地表面加速度(311-Amax)分布

(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)

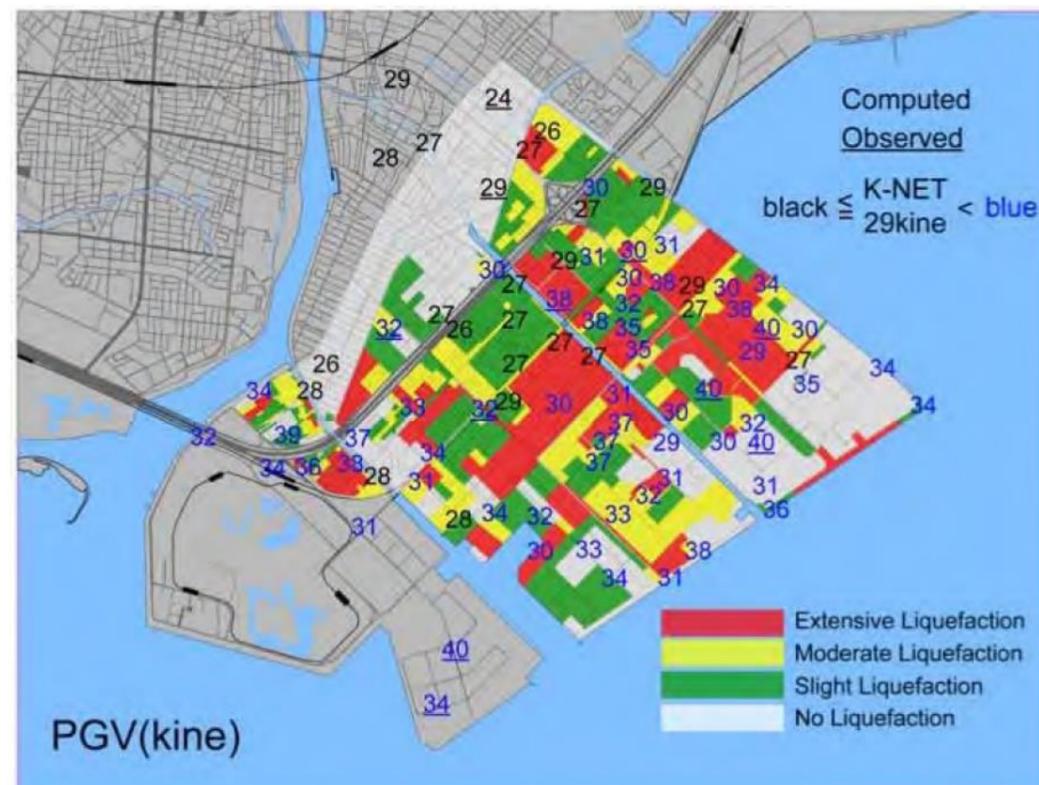


図-8.4 地表面速度(311-Vmax)分布

(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)

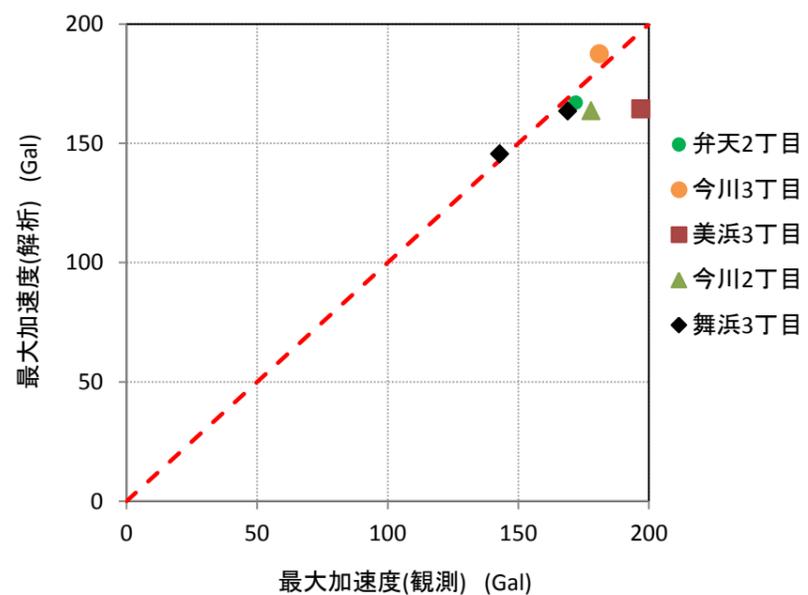


図-8.5 地表面加速度の1次元等価線形解析結果と観測結果の比較
(弁天2丁目は夢の島1.3倍振幅、他4地区は夢の島1.1倍振幅での設定振幅を使用)

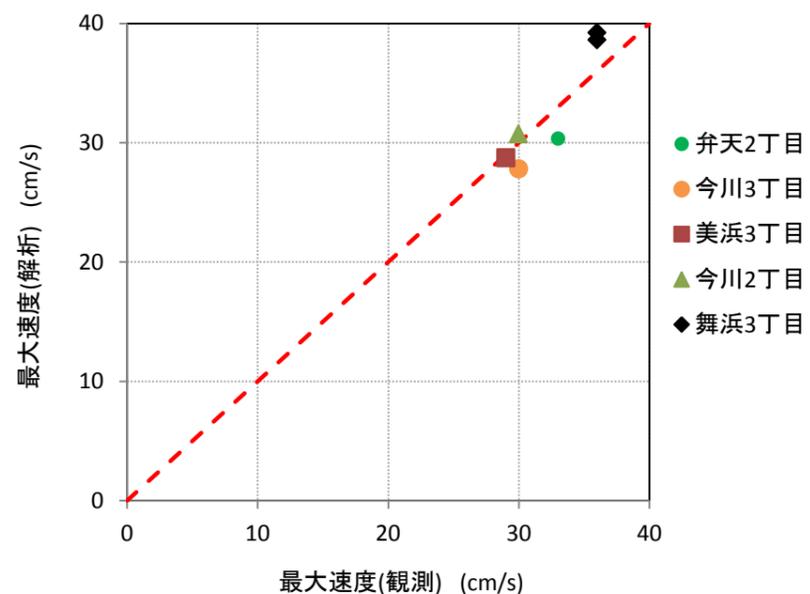


図-8.6 地表面速度の1次元等価線形解析結果と観測結果の比較
(弁天2丁目は夢の島1.3倍振幅、他4地区は夢の島1.1倍振幅での設定振幅を使用)

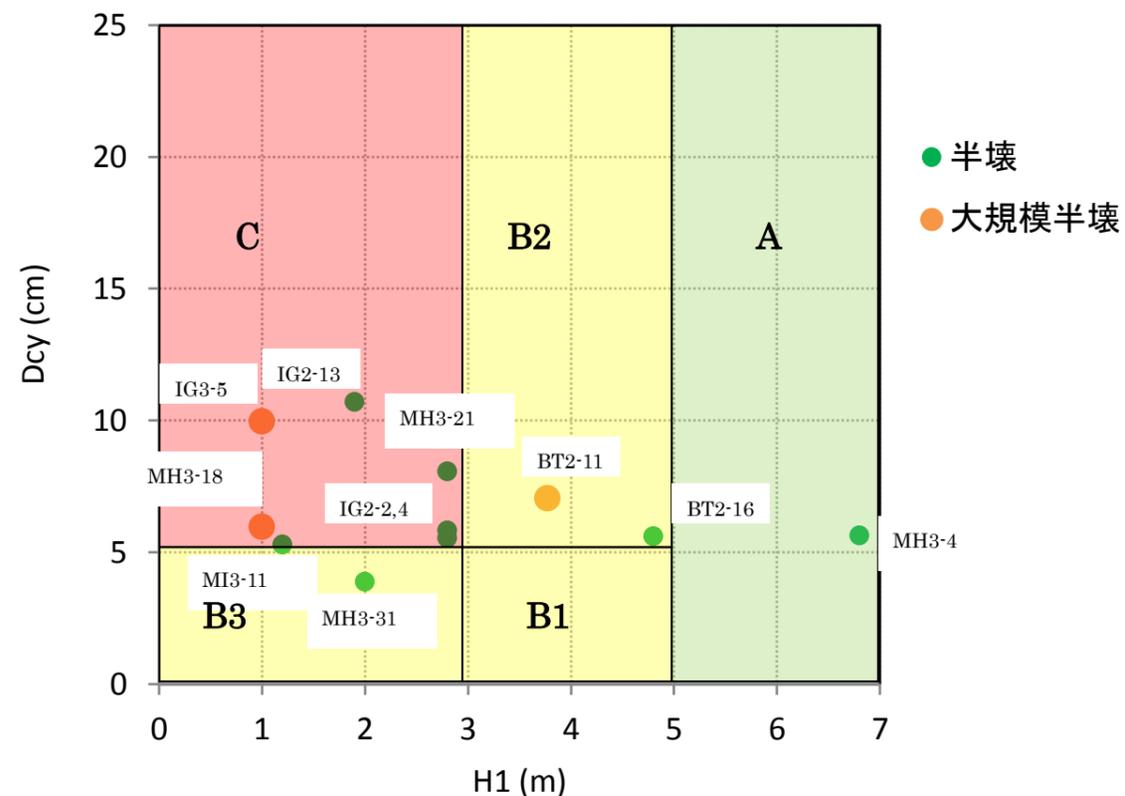


図-8.7 1次元等価線形解析で求めた非液状化層厚H1とDcyの関係
(液状化抵抗は設定値を使用)

9 今川3丁目13街区の設計

- ① 堤防側の列の家では、堤防から離れた列の家比べて震災時に大きな被害が発生しました。解析結果でもこの特徴を再現できています。
- ② 地下水位はGL-1.0mと浅いですが、地盤調査結果からBs層は非液状化層と評価できるため、格子壁天端をGL-1.5mに設定してもGL-1.0m~GL-1.5mの層が液状化する危険はありません。
- ③ レベル1地震動(告示レベル1)に対しては、無対策でも液状化しません。
- ④ 対策対象地震動(夢の島観測波)に対しては、街区のコーナー部でGL-1.5m~GL-12.0m、それ以外の宅地でGL-1.5m~GL-10mの範囲に格子状地盤改良を施工すると、要求性能での規定値を満足できることが確認できました。
- ⑤ レベル2地震動(東京湾北部地震模擬波)に対しては、上記の範囲を改良しても液状化は発生しますが、格子状改良壁の健全性は確保できることが確認できました。
- ⑥ 今後、事業計画で決まる改良杭の配置によって求まる格子間隔に対して、求められている性能を確保できているかを再計算していきます。**今回の報告内容は暫定的な結果です。**

地表面加速度 200gal の簡易判定結果では(図-9.2 参照)、GL-10m 以深で液状化は発生していません。図-9.5 に示す断面に対して解析を行います。

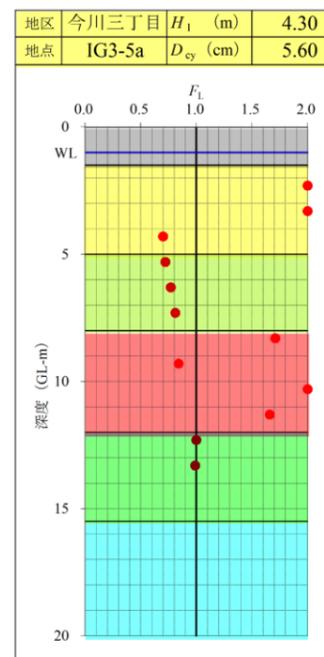


図-9.2 簡易判定結果
(地表面加速度 200gal)

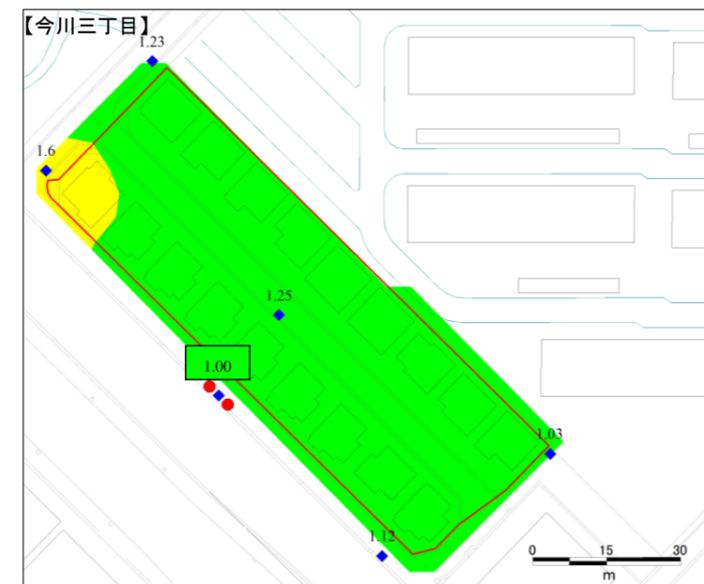


図-9.3 地下水位の計測結果

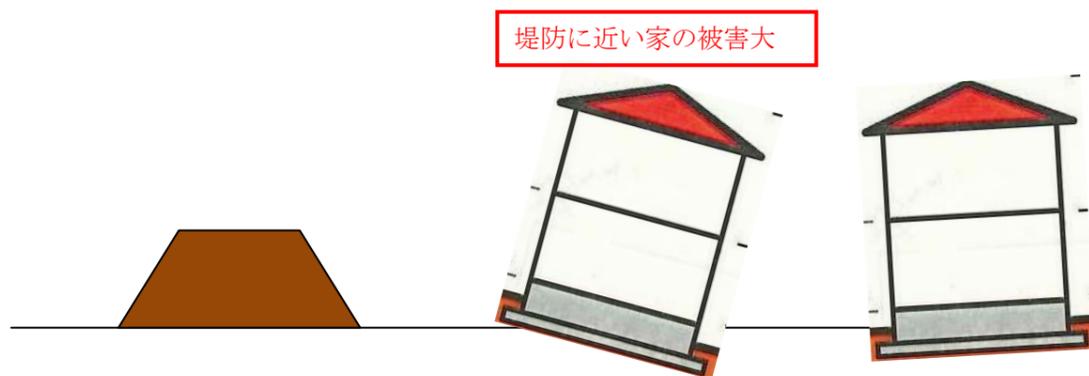


図-9.1 震災時の被害の特徴

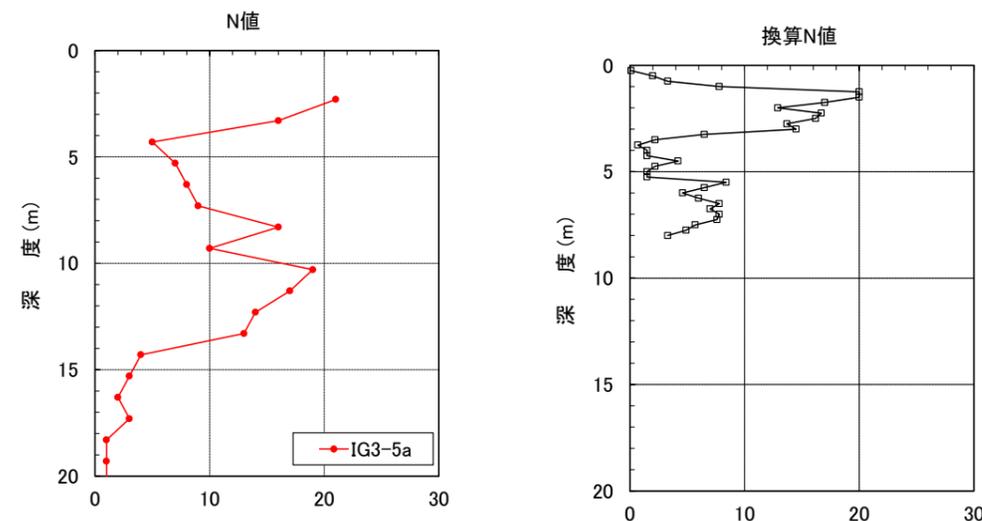


図-9.4 標準貫入試験とスウェーデン式サウンディング試験結果

(1) 等価線形解析 (Super FLUSH)

等価線形解析結果を用いて液状化を評価する流れを図-9.6 に示します。液状化安全率 FL は土質調査結果から求める液状化抵抗 R と、等価線形解析結果から求まる発生応力 L の比となります。FL < 1.0 で液状化発生という評価になりますので、地盤の液状化強度が強いと発生応力が小さいと液状化の危険は減少します。地盤の液状化強度は N 値が大きくなると大きくなる傾向にあります。また発生応力は入力で用いる地震動の最大加速度が大きくなると大きくなる傾向にあります。そのため、N 値が大きい良く締まった地盤では、液状化発生の危険度が低くなると言えます。

図-9.8 に今川 3 丁目の液状化抵抗を評価するために設定した N 値と細粒分含有率を示しています。N 値が同じであれば、細粒分含有率の高い地盤の方が液状化強度は大きくなります。

表-9.1 に示すのは解析ケースの一覧です。格子状地盤改良壁工法で改良する深度を地表面から 1.5m ~ 10m としているのが Case1、改良する深度を地表面から 1.5m ~ 12m としているのが Case2 です。改良深度を地表面から 1.5m の位置にしますと、下水本管を除く水道・ガス管等の埋設管が格子壁に当たらなくなります。

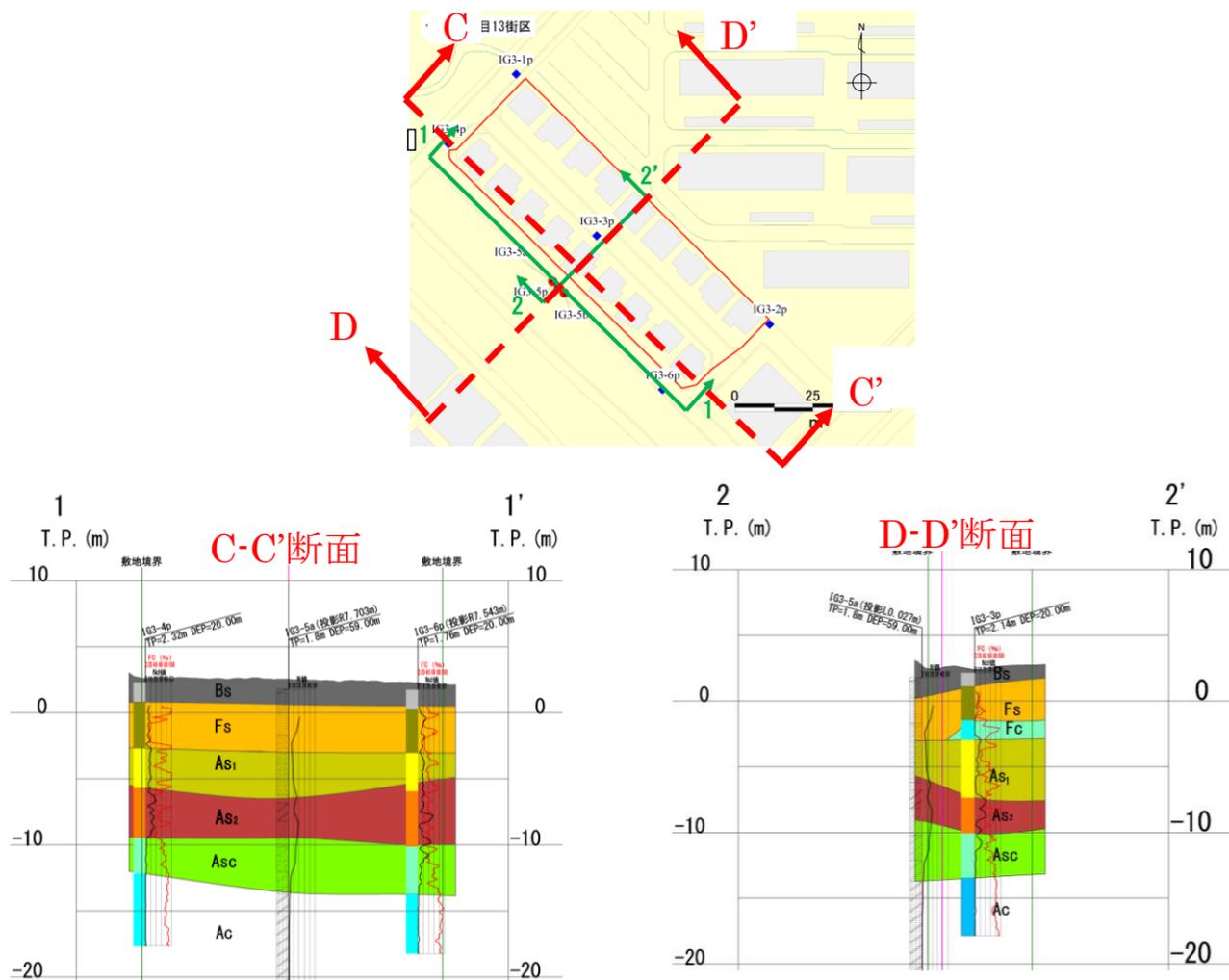


図-9.5 解析対象断面

液状化安全率 $FL = R / L$
 L : 発生応力 ⇒ 解析で評価
 R : 液状化抵抗 ⇒ 地盤情報から設定
 $FL < 1.0$ ⇒ 液状化発生と評価する

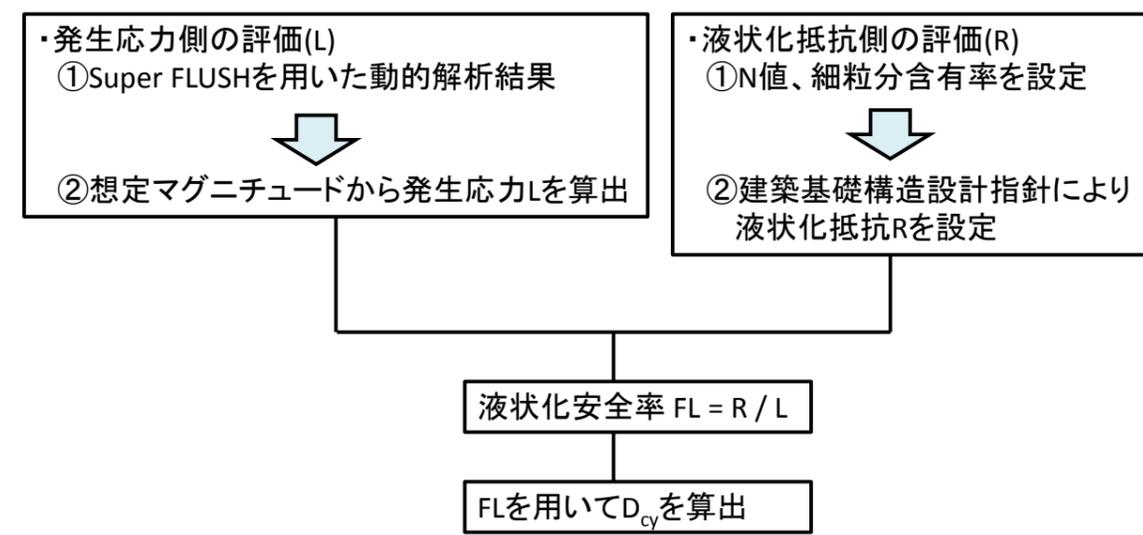
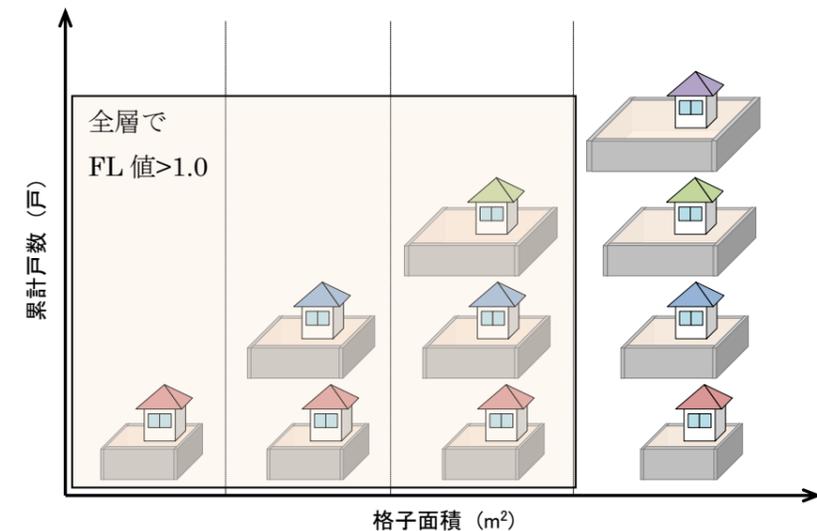


図-9.6 等価線形解析による液状化評価の設計フロー

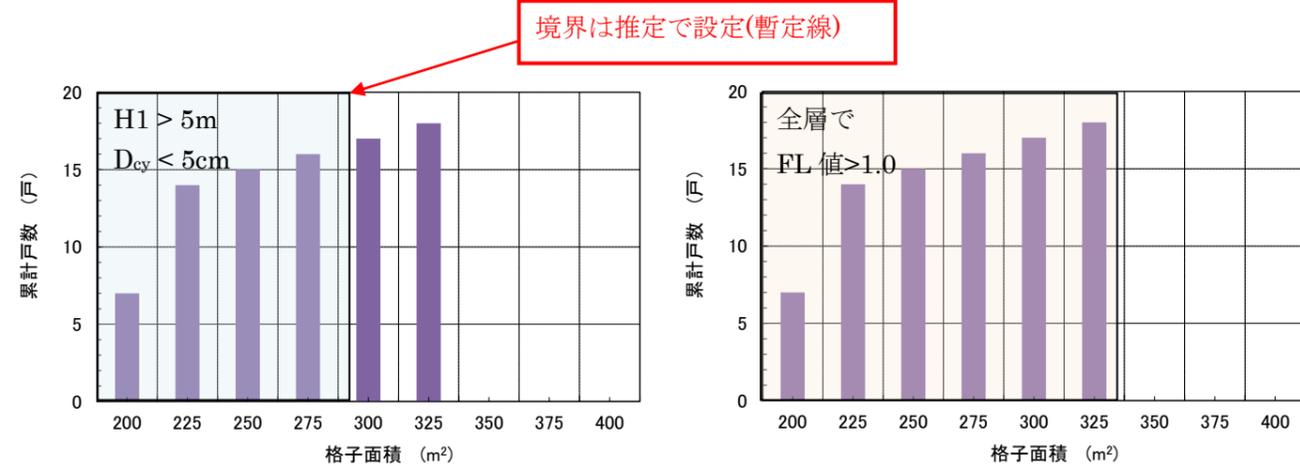
図-9.7に示すのは格子面積と対策対象地震動に対する液状化抑制効果の関係です。これは事業計画での最終案ではなくあくまで暫定評価です。格子面積は1つの宅地と道路を1つの格子で囲った時の格子面積を表しています。宅地の広さが違うために格子面積に差が生じており、格子面積325m²以内に全宅地があります。改良深度GL-1.5m~GL-12mのCase2では、液状化層全深度でFL値>1.0以上を満足できます。一方、改良深度GL-1.5m~GL-10mのCase1では、街区のコーナー部の2面が道路に面している宅地を除いて、非液状化層厚5m以上かつ、D_{cy}<5cm以下の設計条件を満足できます。図中の設計条件を満足できるかどうかの境界線は暫定的なものと理解下さい。

表-9.1 解析ケース

対象断面	解析ケース	改良仕様	備考
D-D' (堤防 直交方向)	Case1-1	改良壁厚 0.85m(有効幅)	奥行 12m(Case1-1)
	Case1-2	改良深度 GL-1.5m~GL-10m	奥行 17m(Case1-2)
	Case1-3	改良壁厚 0.85m(有効幅)	奥行 12m(Case1-3)
	Case1-4	改良深度 GL-1.5m~GL-12m	奥行 17m(Case1-4)
C-C' (堤防 平行方向)	Case2-1	改良壁厚 0.85m(有効幅)	奥行 17.7m(Case2-1)
	Case2-2	改良深度 GL-1.5m~GL-10m	奥行 20m(Case2-2)
	Case2-3	改良壁厚 0.85m(有効幅)	奥行 17.7m(Case2-3)
	Case2-4	改良深度 GL-1.5m~GL-12m	奥行 20m(Case2-4)



- ① 横軸：1宅地と道路を1格子で囲んだ時の格子の平面積(格子壁の中心で距離を定義)になります。
- ② 縦軸：地区内の宅地の累計戸数。今川3丁目では18宅地になります。
- ③ ハッチで色付けしている範囲：性能規定値を満足している範囲を示します。



改良深度 GL-1.5m~GL-10m(Case1)

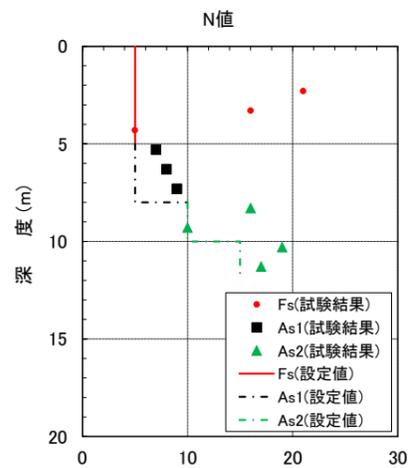
改良深度 GL-1.5m~GL-12m(Case2)

図-9.7 格子面積と対策対象地震動に対する液状化抑制効果の関係 (18 宅地)

※事業計画の杭配置が確定していないため、杭配置を仮定して格子面積を算出した条件での暫定評価です。

図-9.8に示すように液状化抵抗側の評価をするためのN値と細粒分含有率を決めました。発生応力側の評価は、D-D'断面(図-9.9参照)とC-C'断面(図-9.10参照)に対して表-9.2に示す解析パラメータを用いて等価線形解析を行いました。

ボーリングデータが1本しかないためPDCの結果も参考にして、N値は下限値で設定しました。



	今川3丁目	
	N値	Fc (%)
Fs層 (GL-1.2m~5.0m)	5	32.3
As1層 (GL-5.0m~8.0m)	5	30.1
As1層 (GL-8.0m~10.0m)	10	22.1
As2層 (GL-10.0m~12.0m)	15	15.1

※各層のN値と細粒分含有率Fcの関係(平成26年度地質調査結果より)

- ① Fs層 $F_c = 1198.54 / (\text{換算 N 値} + 16.84) - 22.53$
- ② As1層 $F_c = 19943.22 / (\text{換算 N 値} + 109.61) - 143.87$
- ③ As2層 $F_c = 1293.55 / (\text{換算 N 値} + 18.09) - 23.96$

図-9.8 地層別の液状化抵抗評価のためのN値と細粒分含有率の設定

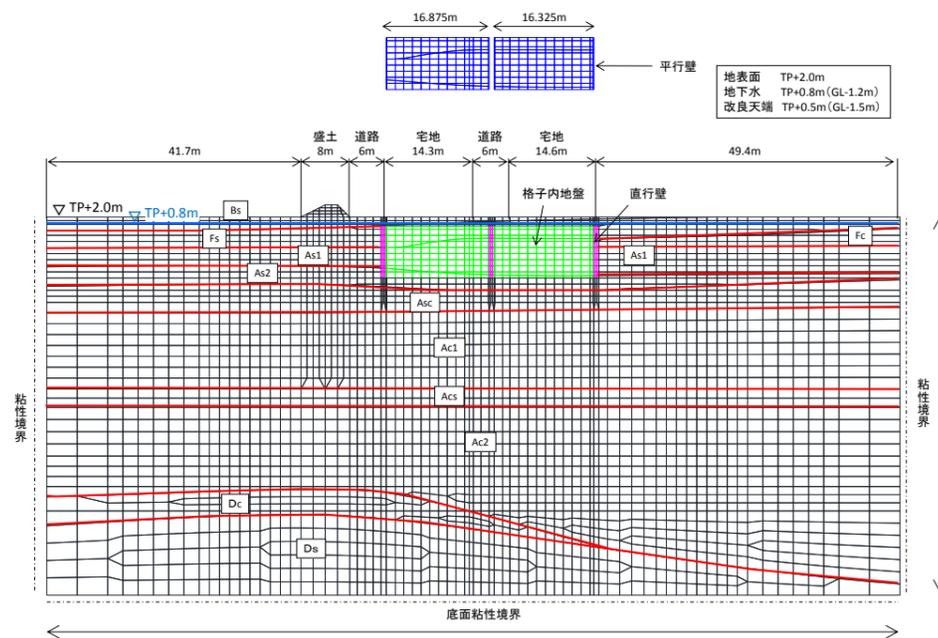


図-9.9 D-D'断面の擬似3次元解析モデル

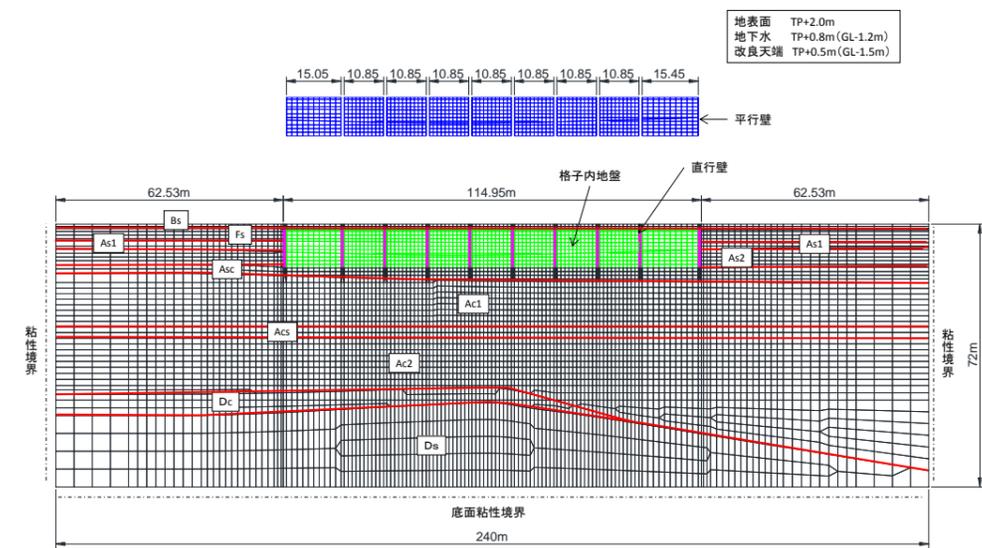


図-9.10 C-C'断面の擬似3次元解析モデル

表-9.2 等価線形解析で用いたパラメータ

土層	γ_t (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	P (kg/m ³)	Vs (m/s)	v	G ₀ (MN/m ²)	備考
Bs	19.0	9.0	1,937	110	0.44	23.4	Fs層と同値
Fs	19.0	9.0	1,937	110	0.44	23.4	
Fc	15.5	5.5	1,581	100	0.49	15.8	
As1	19.0	9.0	1,937	140	0.49	38.0	
As2	19.0	9.0	1,937	140	0.49	38.0	
Asc	18.0	8.0	1,835	140	0.49	36.0	
Ac1	16.0	6.0	1,632	140	0.49	32.0	
Ac2(1)	16.0	6.0	1,632	140	0.49	32.0	
Ac2(2)	16.0	6.0	1,632	180	0.49	52.9	
Ac2(3)	16.0	6.0	1,632	240	0.49	94.0	
Dc(1)	16.5	6.5	1,683	240	0.49	96.9	
Dc(2)	16.5	6.5	1,683	320	0.49	172.3	
Ds	18.5	8.5	1,886	320	0.48	193.1	
改良体	20.0	10.0	2,039	---	0.26	651.0	

* γ_t , γ' , ρ , $G/G_0 \sim \gamma$ は各地区共通
 *Vs, vは各地区のPS検層結果より設定
 * $G_0 = \rho Vs^2$ で設定
 *改良体の設計基準強度 $F_c = 1,500 \text{ kN/m}^2$

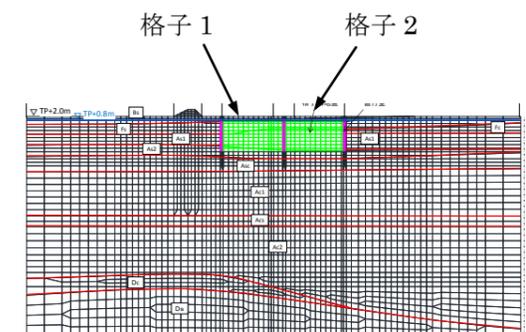
表-9.3 に設計で採用する3種類の地震動、①対策対象地震動(夢の島観測波)、②レベル1地震動(告示レベル1)、③レベル2地震動(東京湾北部地震模擬波)に対するFL値の深度分布と、加振平行方向格子壁に発生するせん断応力最大値の深度分布を示します。解析結果はD-D'断面のものです。

告示レベル1に対しては無対策でもFL値が1以上になっているので、液状化は発生しません。改良体に発生するせん断応力は、対策対象地震動に対して許容値の300(kN/m²)以内に収まっています。またレベル2地震動に対しても許容値の450(kN/m²)以内に収まっていますので、レベル2地震動に対して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。

表-9.3 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(D-D'断面)

入力地震動	告示レベル1(レベル1地震動)		夢の島観測波(対策対象地震動)		東京湾北部地震(レベル2地震動)	
対象格子	格子1	格子2	格子1	格子2	格子1	格子2
FL値の深度分布						
加振平行方向改良体に発生するせん断応力の最大値分布						
	許容値 300(kN/m ²)	許容値 450(kN/m ²)	許容値 450(kN/m ²)			

- 改良無し
 - GL-10mまで改良(奥行12m)
 - GL-10mまで改良(奥行17m)
 - ▲ GL-12mまで改良(奥行12m)
 - △ GL-12mまで改良(奥行17m)
-
- GL-10mまで改良(奥行12m)
 - GL-10mまで改良(奥行17m)
 - ▲ GL-12mまで改良(奥行12m)
 - △ GL-12mまで改良(奥行17m)



- ・ 対策対象地震動、レベル1地震動
- ・ レベル2地震動

設計基準強度 $F_c=1.5(N/mm^2)$ 、許容せん断応力 $= 0.3 \times F_c \times 2/3 = 0.3(N/mm^2) = 300(kN/m^2)$
 設計基準強度 $F_c=1.5(N/mm^2)$ 、極限せん断応力 $= 0.3 \times F_c \times 3/3 = 0.3(N/mm^2) = 450(kN/m^2)$

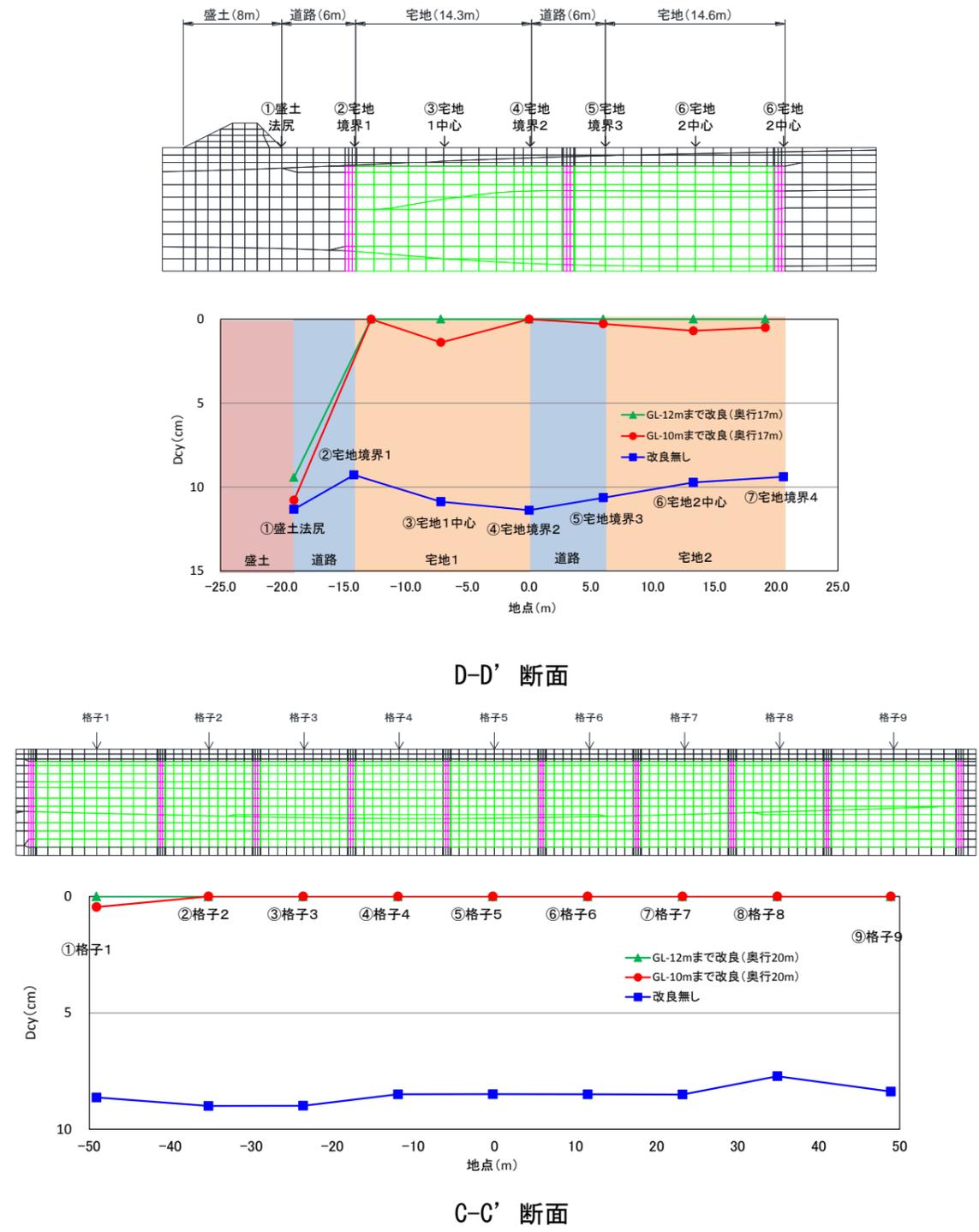


図-9.11 D_{cy} の分布

図-9.11 にD-D' 断面とC-C' 断面での D_{cy} の対策前後での比較を示しています。格子状地盤改良工法を用いた対策を採用すると D_{cy} が大幅に軽減できることが分かります。

表-9.4 にD-D' 断面の解析結果一覧を示します。表-9.5 と表-9.6 に示しているのはC-C' 断面での解析結果一覧です。設計は格子の数が少ないD-D' 断面で決まります。また、設計では格子面積を設計指標としています。

表-9.4 D-D' 断面の解析結果一覧

改良下端深度	格子1(左)									
	告示レベル1 (レベル1地震動)				夢の島観測波 (対策対象地震動)					
	改良無し		改良無し		改良無し		改良無し			
格子幅(m)	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7		
格子奥行(m)	12.0	17.0	12.0	17.0	12.0	17.0	12.0	17.0		
格子面積(m ²)	212.4	300.9	212.4	300.9	212.4	300.9	212.4	300.9		
最小 FL	1.22	1.92	1.84	2.06	1.94	0.54	1.02	0.97	1.16	1.05
H1(m)	-	-	-	-	-	1.5	-	4.0	-	-
D_{cy} (cm)	-	-	-	-	-	10.9	-	1.2	-	-
τ_{max} (kN/m ²)	-	73	85	90	105	-	137	160	165	192

改良下端深度	格子2(右)									
	告示レベル1 (レベル1地震動)				夢の島観測波 (対策対象地震動)					
	改良無し		改良無し		改良無し		改良無し			
格子幅(m)	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7		
格子奥行(m)	12.0	17.0	12.0	17.0	12.0	17.0	12.0	17.0		
格子面積(m ²)	212.4	300.9	212.4	300.9	212.4	300.9	212.4	300.9		
最小 FL	1.26	1.93	1.86	2.15	1.96	0.65	0.99	0.99	1.23	1.13
H1(m)	-	-	-	-	-	2.0	9.6	7.0	-	-
D_{cy} (cm)	-	-	-	-	-	9.7	0.2	0.7	-	-
τ_{max} (kN/m ²)	-	74	87	90	106	-	134	154	164	188

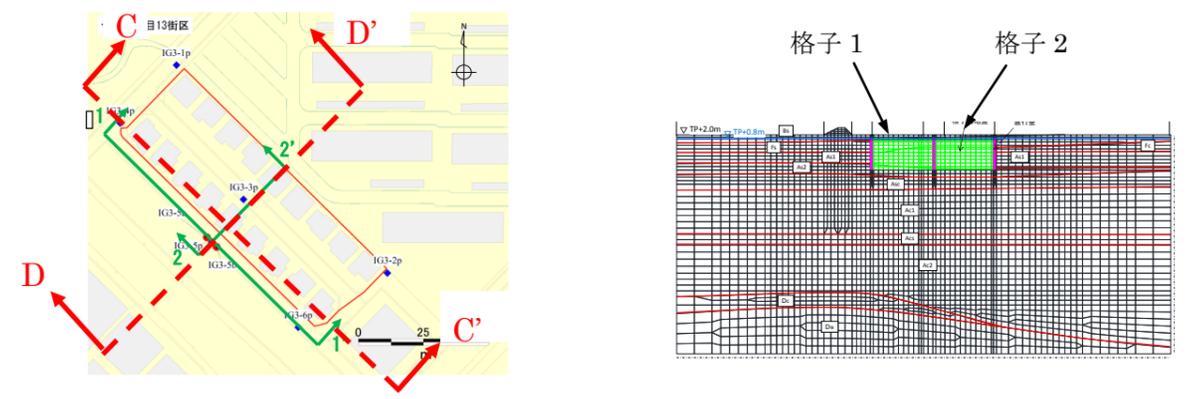
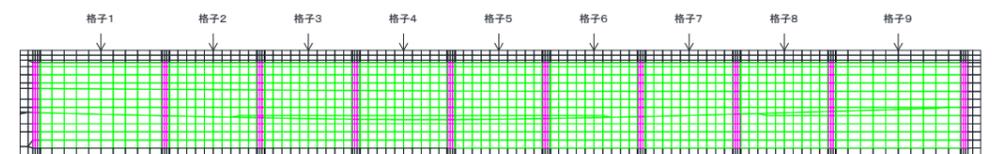


表-9.5 C-C' 断面の解析結果一覧(格子1~格子5)

		格子1									
		告示レベル1 (レベル1地震動)				夢の島観測波 (対策対象地震動)					
改良下端深度	改良無し	GL-10m		GL-12m		GL-10m		GL-12m			
格子幅(m)		15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9		
格子奥行(m)		17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0		
格子面積(m ²)		281.4	318.0	281.4	318.0	281.4	318.0	281.4	318.0		
最小 FL	1.45	1.96	1.92	2.21	2.15	0.73	1.01	0.98	1.19	1.14	
H1(m)	-	-	-	-	-	2.0	-	7.0	-	-	
D _{cy} (cm)	-	-	-	-	-	8.6	-	0.5	-	-	
τ _{max} (kN/m ²)	-	80	85	102	107	-	162	171	199	208	
		格子2									
		告示レベル1 (レベル1地震動)				夢の島観測波 (対策対象地震動)					
改良下端深度	改良無し	GL-10m		GL-12m		GL-10m		GL-12m			
格子幅(m)		11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7		
格子奥行(m)		17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0		
格子面積(m ²)		207.1	234.0	207.1	234.0	207.1	234.0	207.1	234.0		
最小 FL	1.43	2.28	2.24	2.24	2.22	0.73	1.17	1.16	1.38	1.34	
H1(m)	-	-	-	-	-	2.0	-	-	-	-	
D _{cy} (cm)	-	-	-	-	-	9.0	-	-	-	-	
τ _{max} (kN/m ²)	-	97	101	115	120	-	189	203	219	228	
		格子3									
		告示レベル1 (レベル1地震動)				夢の島観測波 (対策対象地震動)					
改良下端深度	改良無し	GL-10m		GL-12m		GL-10m		GL-12m			
格子幅(m)		11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7		
格子奥行(m)		17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0		
格子面積(m ²)		207.1	234.0	207.1	234.0	207.1	234.0	207.1	234.0		
最小 FL	1.41	2.19	2.13	2.43	2.39	0.74	1.14	1.09	1.43	1.36	
H1(m)	-	-	-	-	-	2.0	-	-	-	-	
D _{cy} (cm)	-	-	-	-	-	9.0	-	-	-	-	
τ _{max} (kN/m ²)	-	91	96	110	116	-	181	193	208	218	
		格子4									
		告示レベル1 (レベル1地震動)				夢の島観測波 (対策対象地震動)					
改良下端深度	改良無し	GL-10m		GL-12m		GL-10m		GL-12m			
格子幅(m)		11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7		
格子奥行(m)		17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0		
格子面積(m ²)		207.1	234.0	207.1	234.0	207.1	234.0	207.1	234.0		
最小 FL	1.44	2.37	2.35	2.47	2.44	0.74	1.26	1.19	1.51	1.47	
H1(m)	-	-	-	-	-	2.0	-	-	-	-	
D _{cy} (cm)	-	-	-	-	-	8.5	-	-	-	-	
τ _{max} (kN/m ²)	-	89	94	106	112	-	176	185	201	210	
		格子5									
		告示レベル1 (レベル1地震動)				夢の島観測波 (対策対象地震動)					
改良下端深度	改良無し	GL-10m		GL-12m		GL-10m		GL-12m			
格子幅(m)		11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7		
格子奥行(m)		17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0		
格子面積(m ²)		207.1	234.0	207.1	234.0	207.1	234.0	207.1	234.0		
最小 FL	1.46	2.39	2.37	2.39	2.38	0.74	1.28	1.19	1.51	1.47	
H1(m)	-	-	-	-	-	2.0	-	-	-	-	
D _{cy} (cm)	-	-	-	-	-	8.5	-	-	-	-	
τ _{max} (kN/m ²)	-	90	94	106	111	-	170	182	198	207	

表-9.6 C-C' 断面の解析結果一覧(格子6~格子9)

		格子6									
		告示レベル1 (レベル1地震動)				夢の島観測波 (対策対象地震動)					
改良下端深度	改良無し	GL-10m		GL-12m		GL-10m		GL-12m			
格子幅(m)		11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7		
格子奥行(m)		17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0		
格子面積(m ²)		207.1	234.0	207.1	234.0	207.1	234.0	207.1	234.0		
最小 FL	1.46	2.39	2.39	2.46	2.46	0.74	1.27	1.20	1.53	1.50	
H1(m)	-	-	-	-	-	2.0	-	-	-	-	
D _{cy} (cm)	-	-	-	-	-	8.5	-	-	-	-	
τ _{max} (kN/m ²)	-	88	92	105	111	-	167	183	197	206	
		格子7									
		告示レベル1 (レベル1地震動)				夢の島観測波 (対策対象地震動)					
改良下端深度	改良無し	GL-10m		GL-12m		GL-10m		GL-12m			
格子幅(m)		11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7		
格子奥行(m)		17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0		
格子面積(m ²)		207.1	234.0	207.1	234.0	207.1	234.0	207.1	234.0		
最小 FL	1.45	2.37	2.35	2.53	2.50	0.74	1.25	1.20	1.50	1.45	
H1(m)	-	-	-	-	-	2.0	-	-	-	-	
D _{cy} (cm)	-	-	-	-	-	8.5	-	-	-	-	
τ _{max} (kN/m ²)	-	89	95	107	113	-	176	190	200	210	
		格子8									
		告示レベル1 (レベル1地震動)				夢の島観測波 (対策対象地震動)					
改良下端深度	改良無し	GL-10m		GL-12m		GL-10m		GL-12m			
格子幅(m)		11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7		
格子奥行(m)		17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0		
格子面積(m ²)		207.1	234.0	207.1	234.0	207.1	234.0	207.1	234.0		
最小 FL	1.45	2.34	2.30	2.35	2.32	0.74	1.29	1.20	1.43	1.39	
H1(m)	-	-	-	-	-	2.0	-	-	-	-	
D _{cy} (cm)	-	-	-	-	-	7.7	-	-	-	-	
τ _{max} (kN/m ²)	-	96	100	115	120	-	182	197	208	217	
		格子9									
		告示レベル1 (レベル1地震動)				夢の島観測波 (対策対象地震動)					
改良下端深度	改良無し	GL-10m		GL-12m		GL-10m		GL-12m			
格子幅(m)		16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3		
格子奥行(m)		17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0	17.7	20.0		
格子面積(m ²)		288.5	326.0	288.5	326.0	288.5	326.0	288.5	326.0		
最小 FL	1.45	1.95	1.91	2.24	2.17	0.75	1.07	1.02	1.26	1.21	
H1(m)	-	-	-	-	-	2.0	-	-	-	-	
D _{cy} (cm)	-	-	-	-	-	8.4	-	-	-	-	
τ _{max} (kN/m ²)	-	81	85	100	105	-	154	163	184	192	



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。

巻末資料【地盤調査および液状化判定に関する用語説明】

① F_L 値 (エフエル チ)

各深さにおける液状化発生に対する安全率を F_L 値と言います。 F_L 値が 1 を切る土層は液状化発生の可能性があり、値が小さいほど液状化発生危険度が高いと判断します。ただし、ある深度で 1 を切る値を示しても即座に地表面に影響が表れるとは限りません。深さ方向の連続性も考慮する必要があります。

② 細粒分含有率 FC (エフ シー), 粘土分含有率 PC (ピー シー)

土は構成する粒子の粒径から“礫”, “砂”, “シルト”, “粘土”と 4 種類に区分しています。前者の 2 種類を“粗粒分”、後者の 2 種類を“細粒分”と言います。全粒子に占める細粒分の割合(重量百分率)を細粒分含有率 FC と言います。同様に“粘土”が全粒子に占める割合(重量百分率)のことを粘土分含有率 PC と言います。

※ 建築基礎構造設計指針(2001 日本建築学会)に準拠した液状化判定は、細粒分含有率 FC が 35% 以下の土を主な検討対象としています。35%より大きな土は液状化しない土として扱います。

③ 塑性指数 I_p (アイ ピー)

繰り返した細粒土(シルトと粘土が卓越する土)は含む水の量(含水比)によって、液状から、塑性状、半固体状と変化します。その液状から塑性状の境目の含水比と塑性状から半固体状の境目の含水比の範囲(幅)を表す指数を塑性指数 I_p と言います。

※ 液状化判定は、細粒分含有率 FC が 35%以下の土を主な検討対象としていますが、人工地盤(盛土、埋土)については事例報告を踏まえて細粒分含有率 FC が 35%以上であっても塑性指数 I_p が 15% 以下、もしくは粘土分含有率 PC が 10%以下の土は液状化の検討を行う必要がある土としています。

④ N_1 値 (換算 N 値) (エヌ ワン チ)

地盤の硬さを示す指標である N 値から、深さによる影響を除くよう一定深度に換算した N 値を N_1 値(換算 N 値) と言います。

⑤ 液状化強度比 R (アール)

飽和した土のある深度において、地震時の液状化に対する強さを表す値を液状化強度比 R と言います。値が大きいほど液状化に強い土と言えます。室内土質試験によって求められる R_{L15} は繰返し回数 15 回でせん断歪 5%に達する応力比を指し、標準的な地震動(地震マグニチュード $M=7.5$)に対する液状化強度比と定義しています。

⑥ 地表面最大加速度 α_{Smax} (アルファー エス マックス)

地表面における時刻歴中で最大となる加速度値を地表面最大加速度 α_{Smax} と言います。地震動の強さを示す値のひとつで Gal (=cm/sec²) を単位として用います。

⑦ 地震マグニチュード M (エム)

地震の規模を表す数値を地震マグニチュード M と言います。数値が大きいほど地震の規模が大きくなります。

⑧ 非液状化層厚 H_1 (エイチ ワン)

液状化判定結果(F_L 値の深度分布図)から求められる、地表面から連続した液状化判定対象外の層厚もしくは F_L 値 ≥ 1.0 となる層厚を非液状化層厚 H_1 と言います。

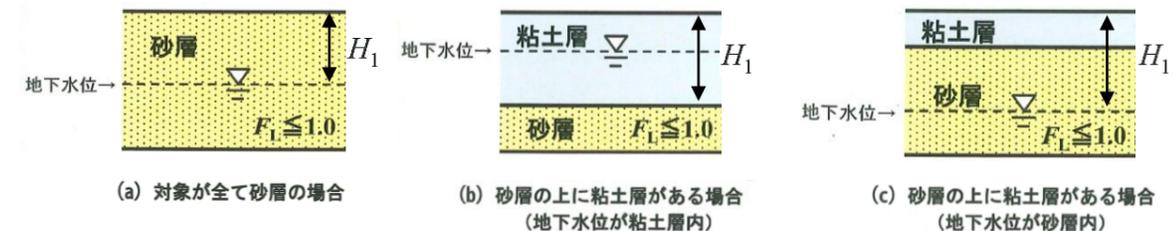


図-1 非液状化層厚 H_1 の決定例

⑨ D_{cy} (ディー シー ワイ)

建築基礎構造設計指針(2001 日本建築学会)で液状化程度の指標を D_{cy} として評価しています。同指針では沈下量 S を求める場合にはこの D_{cy} を読み換えるとしています。 D_{cy} と液状化の程度との関係を下表に示します。

表-1 D_{cy} と液状化の程度の関係

D_{cy} (cm)	液状化の程度
0	なし
0~5	軽微
5~10	小
10~20	中
20~40	大

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具合を測定する簡便な試験法です。