

第3編

格子状地盤改良の設計

第3編 格子状地盤改良の設計

3.1 格子状地盤改良工法の実績・効果と課題

- 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。

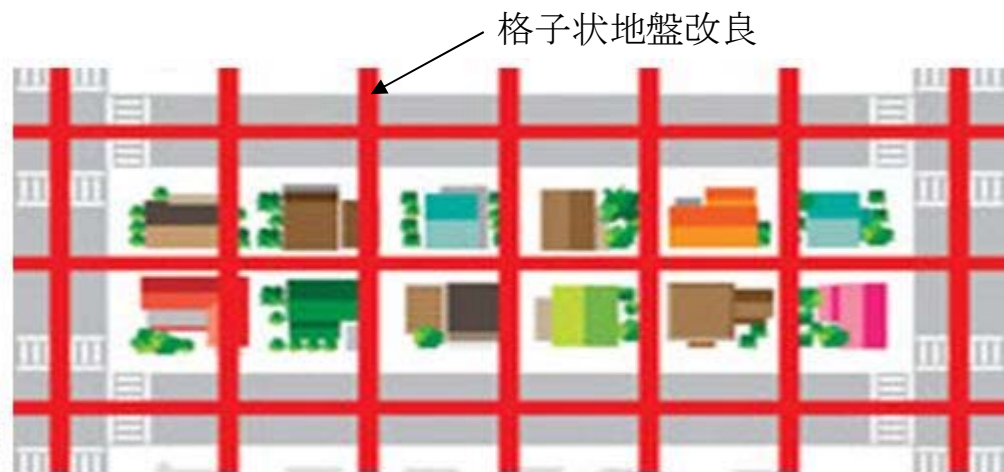


図-3.1.1 浦安市の液状化対策事業での格子状地盤改良工法の適用イメージ

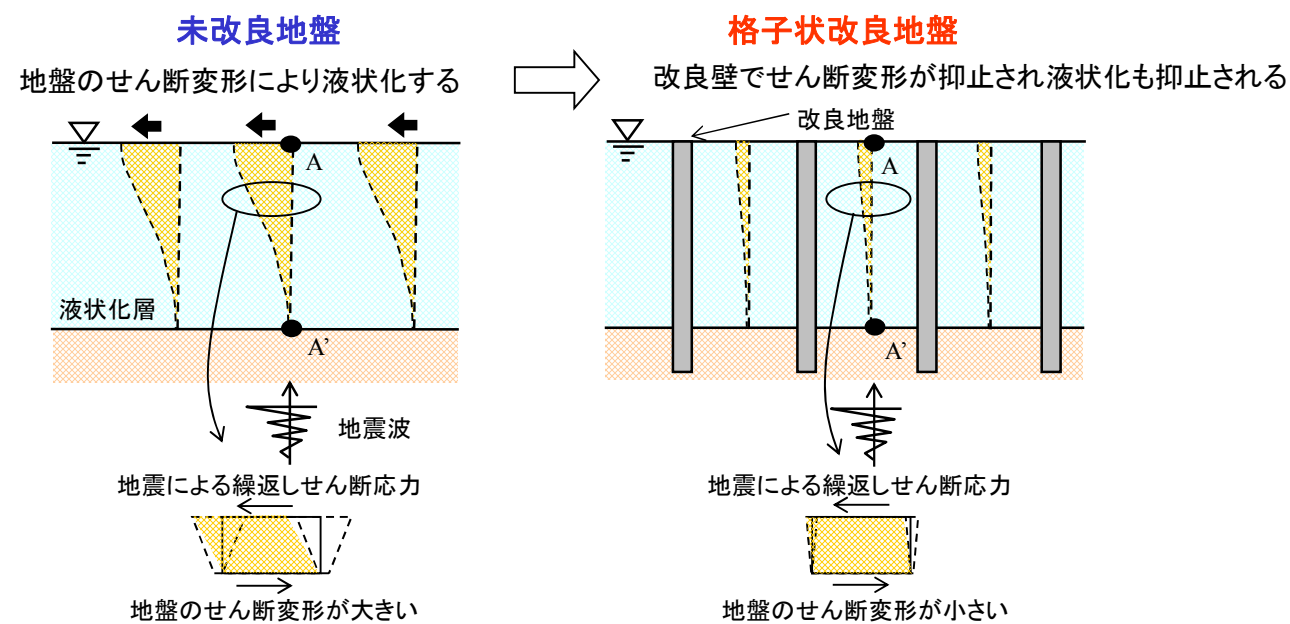


図-3.1.2 格子状地盤改良の液状化抑制原理

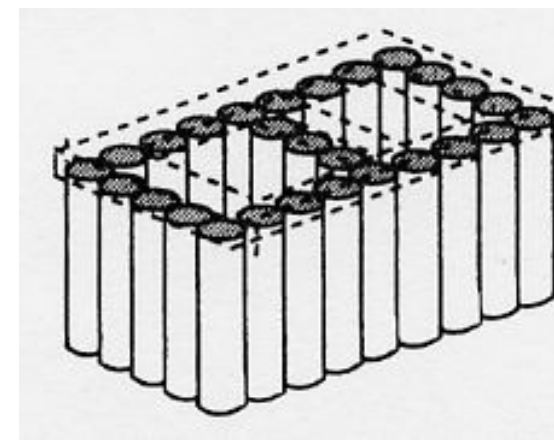


図-3.1.3 格子状地盤改良

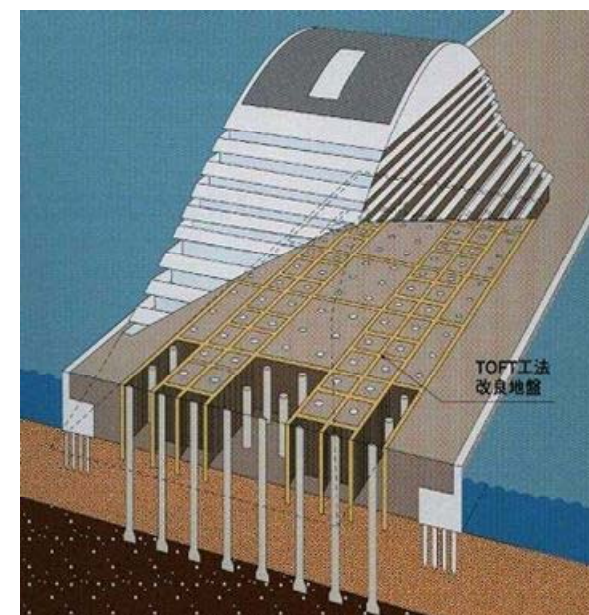


図-3.1.4 格子状地盤改良で液状化対策されていた建物
(阪神大震災時に被害なし、隣接する無対策の岸壁は液状化により崩壊)

3.2 設計での性能規定値

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-3.2.1のように設定しました。なお、性能規定値は「市街地液状化対策推進ガイドンス(平成26年3月 国土交通省都市安全課)」を参考に設定しています。

設計では表-3.2.1に示す性能規定値を満足するように、格子状地盤改良の改良仕様を設定します。

表-3.2.1 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

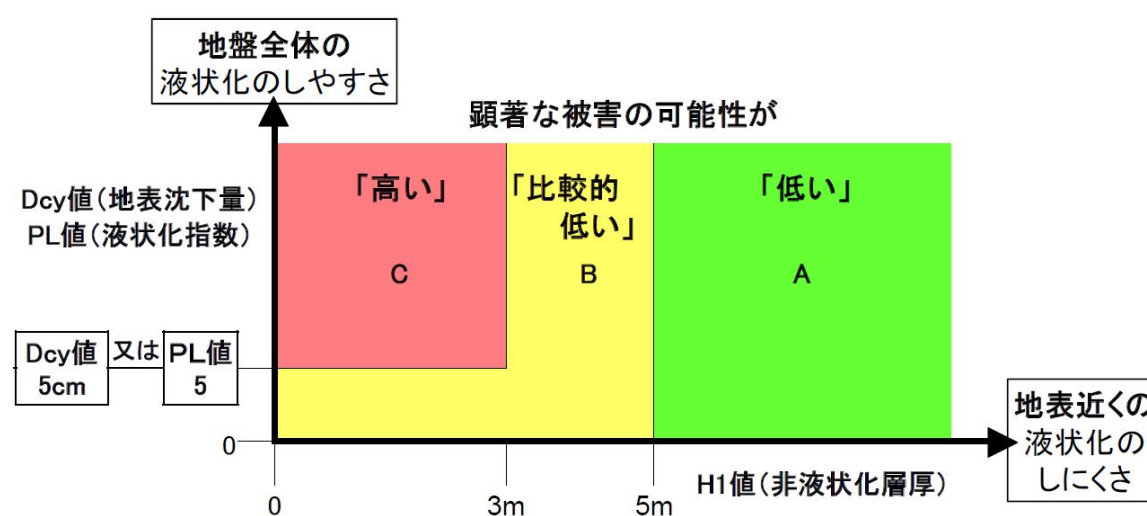


図-3.2.1 国土交通省の「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針」の概要より

3.3 設計地震動

- 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-3.3.1に示します。
- ③ 各地区の基盤に入力する地震動の振幅を表-3.3.4と表-3.3.5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は、東日本大震災時に夢の島の基盤で観測された地震波を工学的基盤に引き上げた夢の島観測波を、対策対象地震動として用いています。レベル2地震動には東京湾北部地震模擬波を用います。設計での参考として用いるレベル1地震動には、建築基準法の告示レベル1波(八戸位相)を用います。

3.3.1 採用地震波

表-3.3.1 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、最大加速度 108.7Gal
レベル1地震動	告示レベル1	Mw7.5、最大加速度 72.8Gal
レベル2地震動	東京湾北部地震模擬波	Mw7.3、最大加速度 425.7Gal

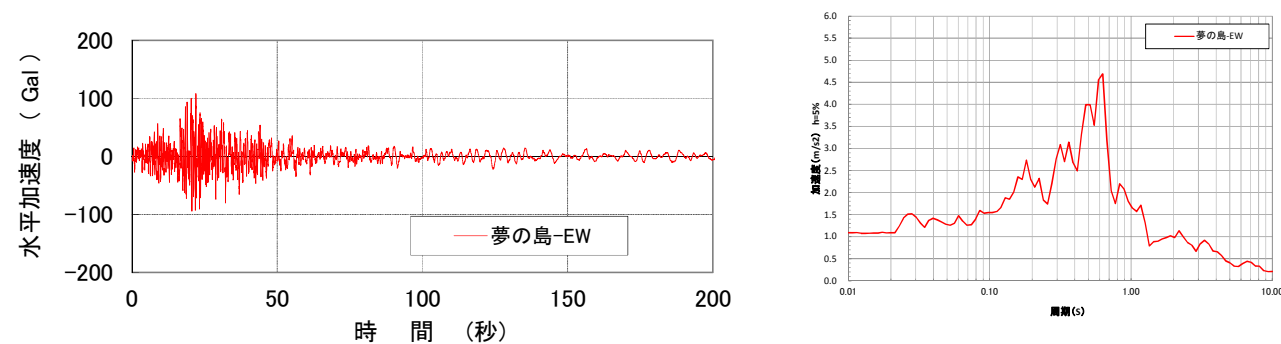


図-3.3.1 対策対象地震動(夢の島観測波)の時刻歴図と加速度応答スペクトル

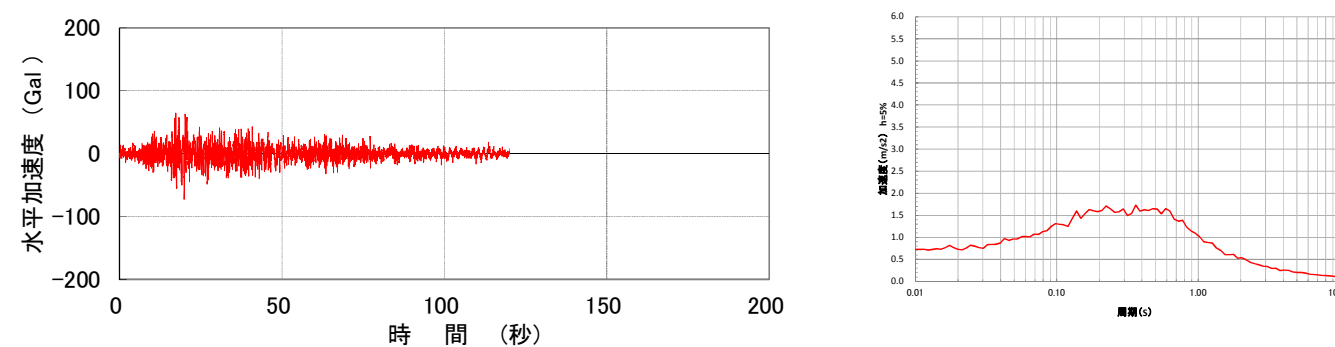


図-3.3.2 レベル1地震動(八戸位相)の時刻歴図と加速度応答スペクトル

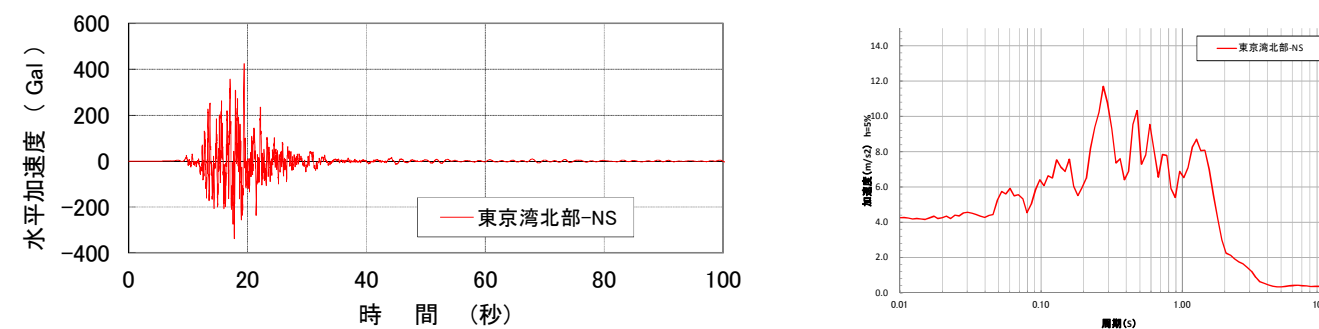


図-3.3.3 レベル2地震動の時刻歴図と加速度応答スペクトル

3.3.2 対策対象地震動(夢の島観測波)の最大振幅の設定

各地区の設計解析では、表-3.3.1に示す地震動を工学的基盤(せん断波速度 $V_s > 400\text{m/s}$)に入力します。各地区に入力する地震動の大きさは、2012年の浦安市委員会での検討で求められた各地区地表面での最大加速度を震災時の推定値とし、この最大加速度に近い値が設計解析でも得られるように、SHAKEを用いた1次元等価線形解析によって、各地区の基盤に入力する地震動の振幅を設定しました(図-3.3.5参照)。表-3.3.4に示す第1グループ5地区では V_s が 400m/s を超える基盤が設計解析時に求まっていなかったため、5地区の基盤に入力する地震動の振幅を、K-NET浦安地点での地層データを参考(PS検層結果は浦安市役所位置での計測結果を使用)にした1次元等価線形解析で設定しました。

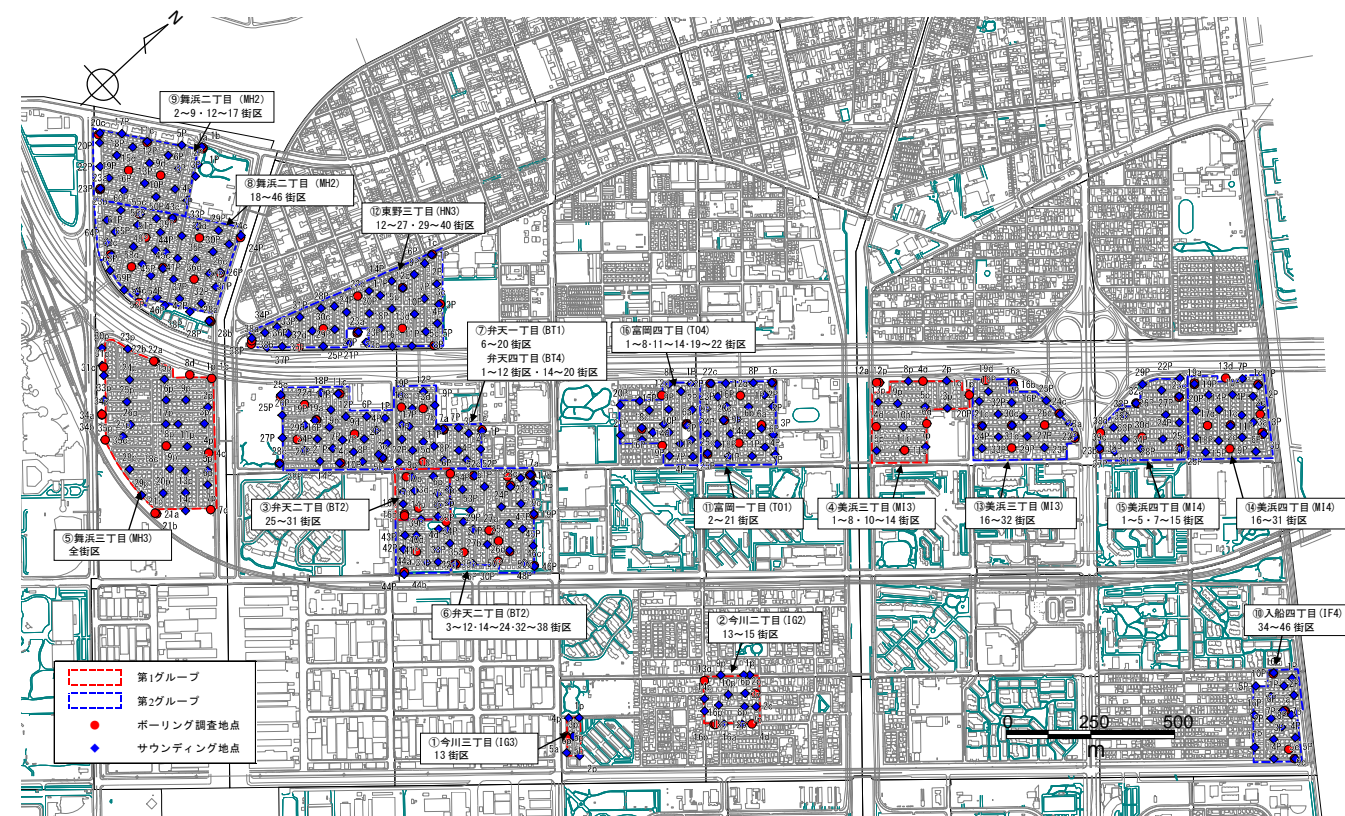


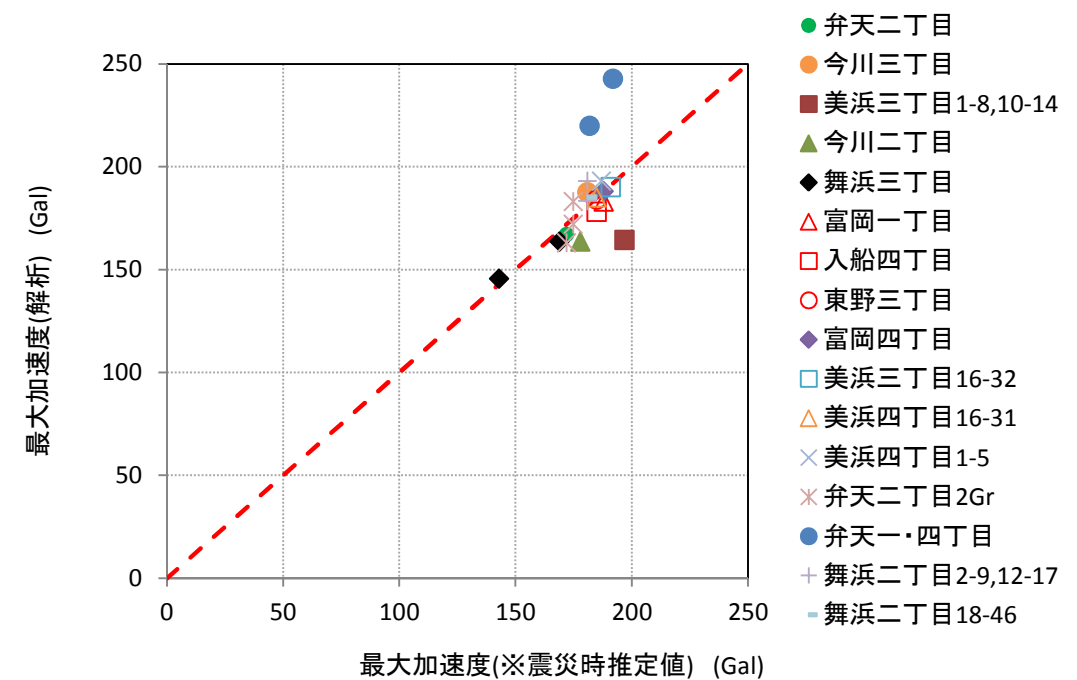
図-3.3.4 地区一覧

表-3.3.4 第1グループ(5地区)基盤に入力する2E波の振幅一覧

該当地区	地層区分	$V_s(\text{m/s})$	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
今川三丁目13街区	Dc2層	320	1.22	1.36	1.44
今川二丁目13-15街区	Ds3層	350	1.15	1.27	1.35
弁天二丁目25-31街区	Ds2層	310	1.32	1.47	1.57
美浜三丁目1-8、10-14街区	Ds2層	310	1.32	1.47	1.57
舞浜三丁目全街区	Ds-L層	400	1.00	1.10	1.30

表-3.3.5 第2グループ(11地区)基盤に入力する2E波の振幅一覧

該当地区	地層区分	$V_s(\text{m/s})$	基盤に入力する夢の島波の振幅倍率
弁天二丁目3~12他街区	Ds-L層	529	1.3
弁天一丁目・弁天四丁目	Ds-L層	540	1.3
舞浜二丁目18~46街区	Ds-L層	559	1.3
舞浜二丁目2~9, 12~17街区	Ds-L層	559	1.3
入船四丁目	Ds-L層	557	1.3
富岡一丁目	Ds-L層	464	1.0
東野三丁目	Ds-L層	490	1.3
美浜三丁目16~32街区	Ds-L層	499	1.2
美浜四丁目16~31街区	Ds-L層	493	1.2
美浜四丁目1~5他街区	Ds-L層	477	1.0
富岡四丁目	Ds-L層	419	1.3



※委員会(2012年)での解析結果

図-3.3.5 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

3.4 設計解析手法

- 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)。

液状化対策事業での性能照査では、遠心模型振動実験を用いて格子状地盤改良の格子面積と住宅沈下量の関係を求め、設計で行う等価線形解析手法の検証を行っています。設計では3次元形状の格子状地盤改良を、図-3.4.2 に示す擬似3次元モデルという手法を用いて2次元でモデル化しています。この擬似3次元モデルで用いる改良体のせん断剛性 G を、遠心模型振動実験結果と擬似3次元モデルを用いた等価線形解析結果の比較から設定しています。改良体の設計基準強度 $F_c=1.5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ に対しては改良体せん断剛性 $G=651 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ となります(図-3.4.3 参照)。遠心模型振動実験では対策対象地震動と同じ東日本大震災時の観測波(K-NET 浦安観測波)を用いて、地表面加速度が約 200Gal になる条件に対して、格子面積と住宅沈下量の関係を求めました(図-3.4.3 参照)。

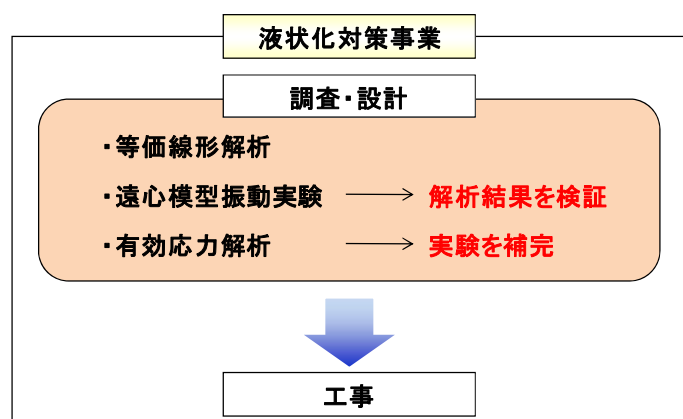


図-3.4.1 液状化対策事業での性能照査の考え方

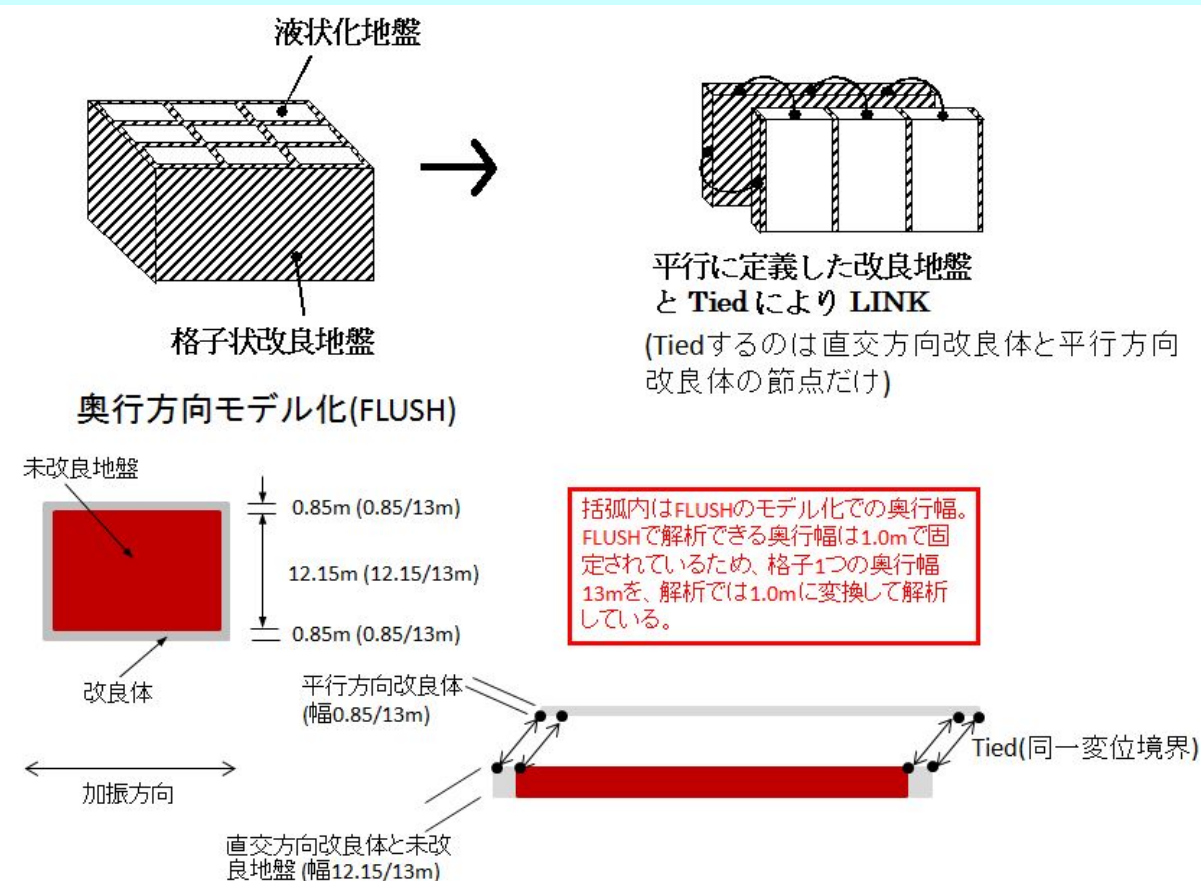


図-3.4.2 格子状地盤改良の擬似3次元モデルによるモデル化

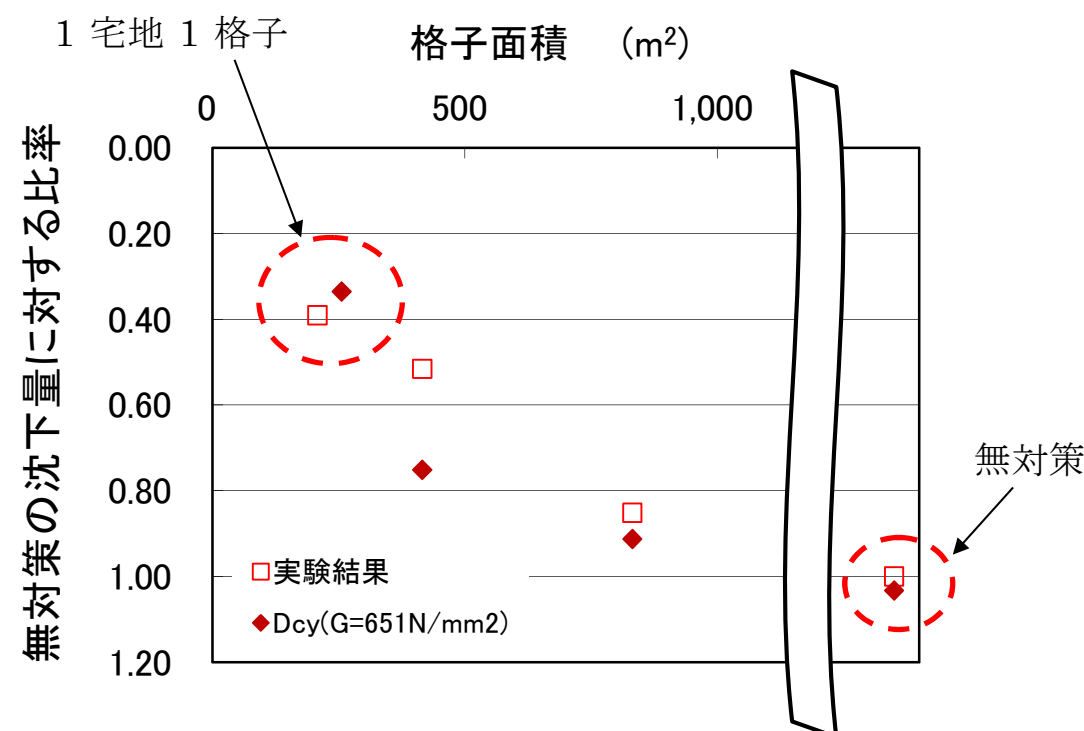


図-3.4.3 格子面積と擬似3次元モデルでの沈下量の関係(解析コード MuDIAN)

3.5 設計方針と設計手順

- ① 液状化層全深度で液状化安全率 $FL > 1.0$ 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。

表-3.2.1 に示す性能規定値に対して設計を行います。液状化層全層で $FL > 1.0$ となる改良仕様を基本としました。この条件を満足できない時、遠心模型振動実験結果と震災時の被災状況から、液状化層下端付近に未改良部を残しても影響がないと判断できる場合だけ、 $D_{ey} = 5\text{cm}$ 以下かつ非液状化層厚さ $H1 = 5\text{m}$ 以上の条件で改良仕様を設定しました。改良仕様では1つの格子の中に入る宅地は1つとしています。

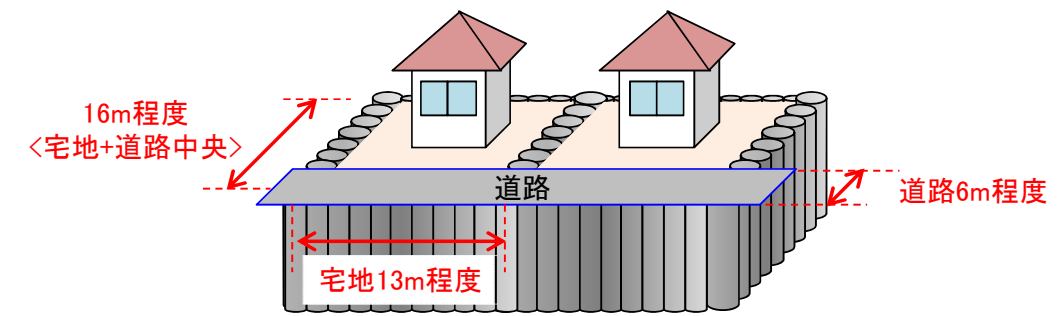


図-3.5.2 格子状地盤改良工法での基本配置

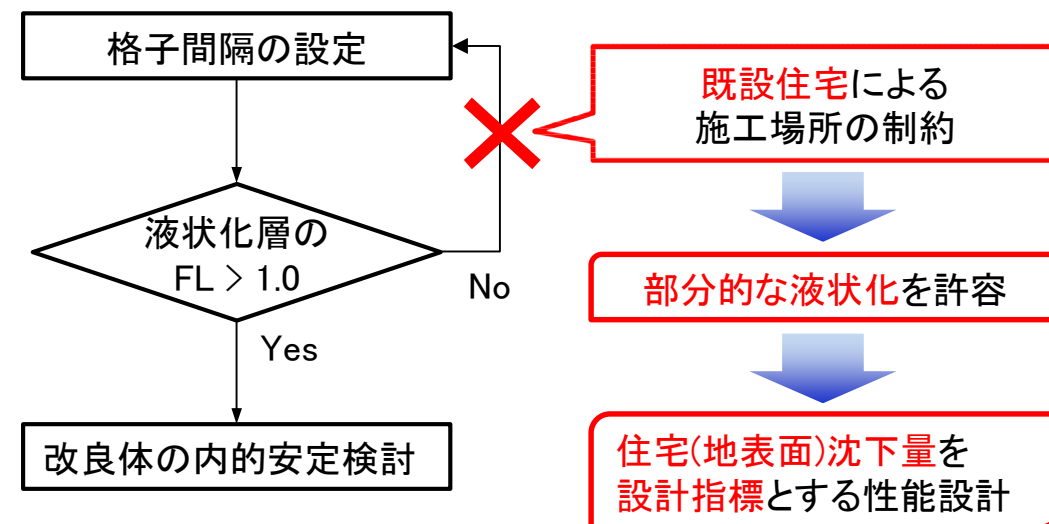


図-3.5.1 格子状地盤改良工法の設計の流れ

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 $16\text{m} \times 13\text{m}$ 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 ($FL > 1.0$) ことを確認します。
- ③ 全深度で $FL > 1.0$ 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 レベル2地震動による格子状改良体の健全性は、等価線形解析で評価します。
- ⑤ すべての条件をクリアした場合、事業計画を作成します。

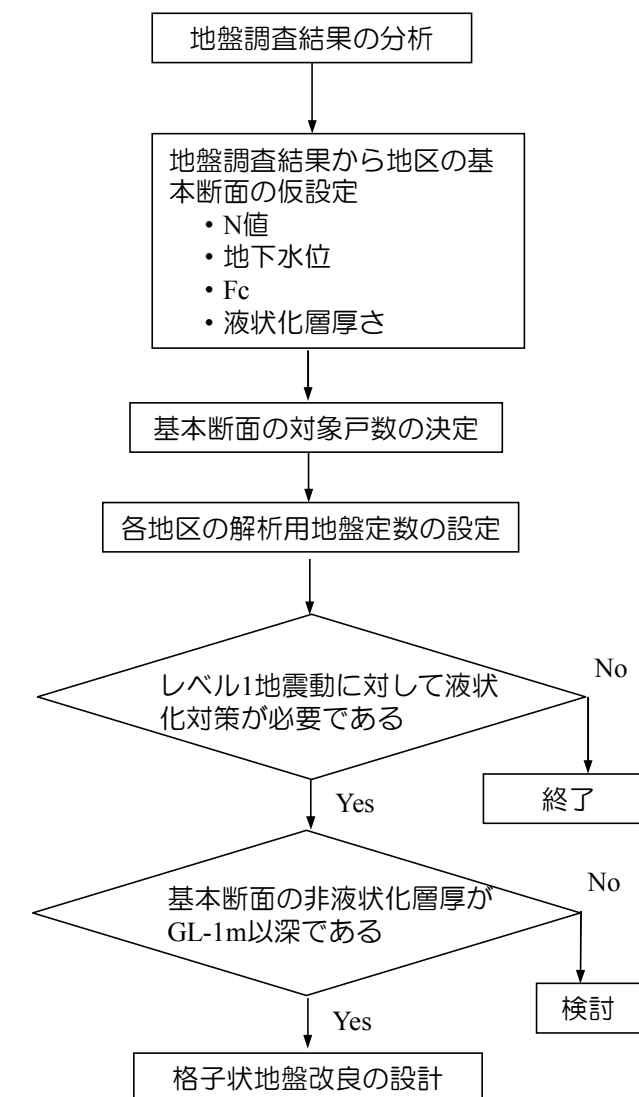
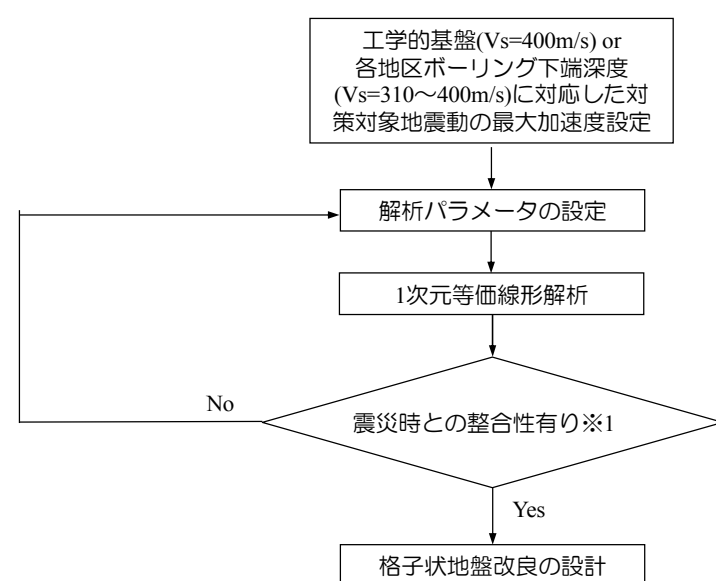


図-3.5.3 格子状地盤改良工法による対策の必要性検討フロー



※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-3.5.4 解析条件の設定フロー

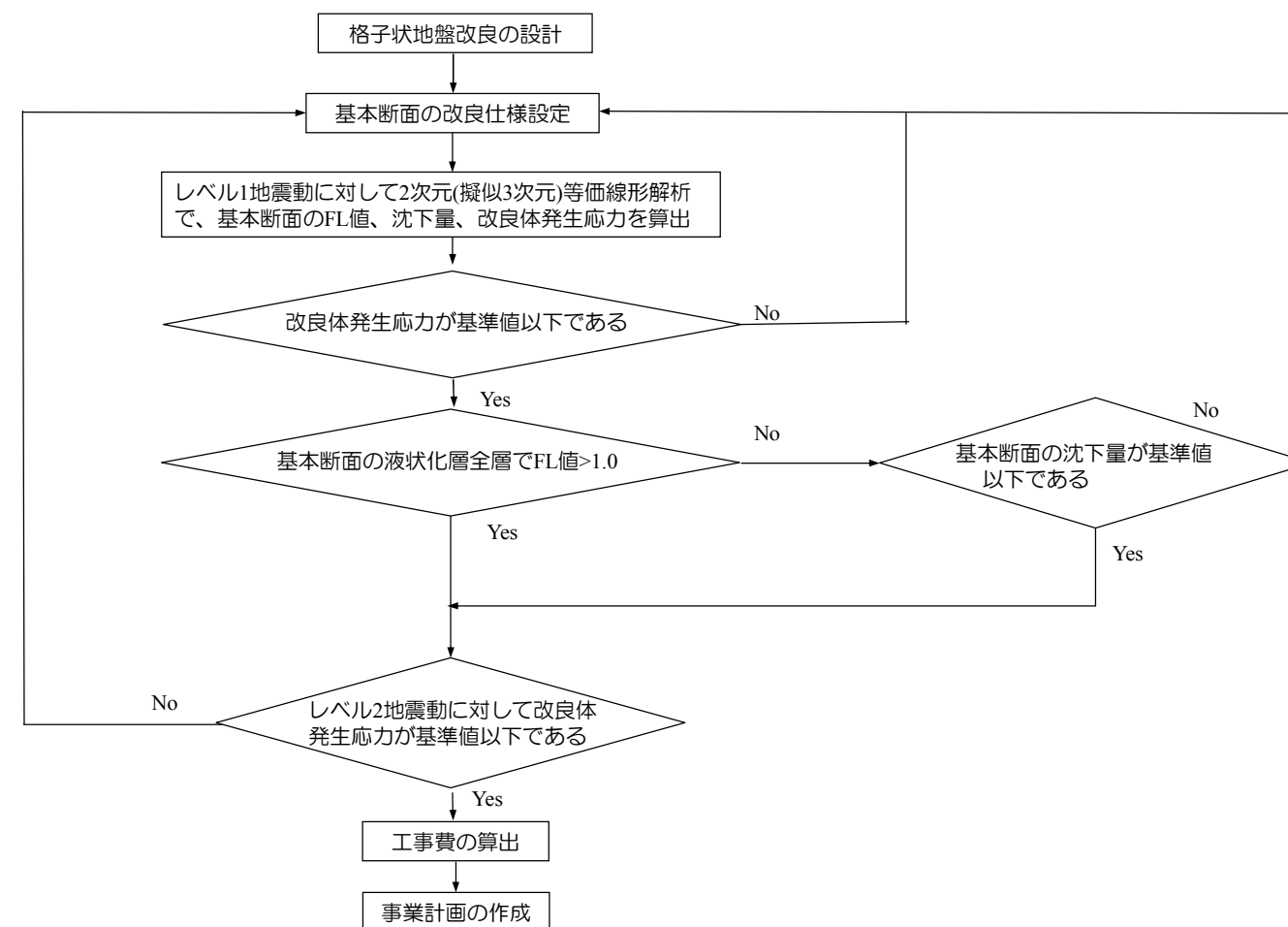


図-3.5.5 格子状地盤改良工法の設計フロー

3.6 設計解析で用いる地盤条件設定

- 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。
- ② 液状化強度の設定以外の地盤定数は、先行5地区の結果を全16地区に適用します。

設計で実施した擬似3次元モデルを用いた等価線形解析で用いる解析パラメータは、単位体積重量・ポアソン比と動的変形特性($G \sim \gamma$ 曲線、 $h \sim \gamma$ 曲線)です。これらのパラメータは、第1グループ5地区の平均値を全16地区の設計解析で用いました(表-3.6.2、図-3.6.1参照)。等価線形解析で求めたせん断応力を用いて、各地区の液状化判定対象層でFL値を算出するために必要となる液状化抵抗の算出に用いるNa値は、各地区の土層毎に地質調査で求められた平均値を使用しました(表-3.6.3、表-3.6.4参照)。

表-3.6.1 各種解析パラメータの設定方法

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-3.6.2 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

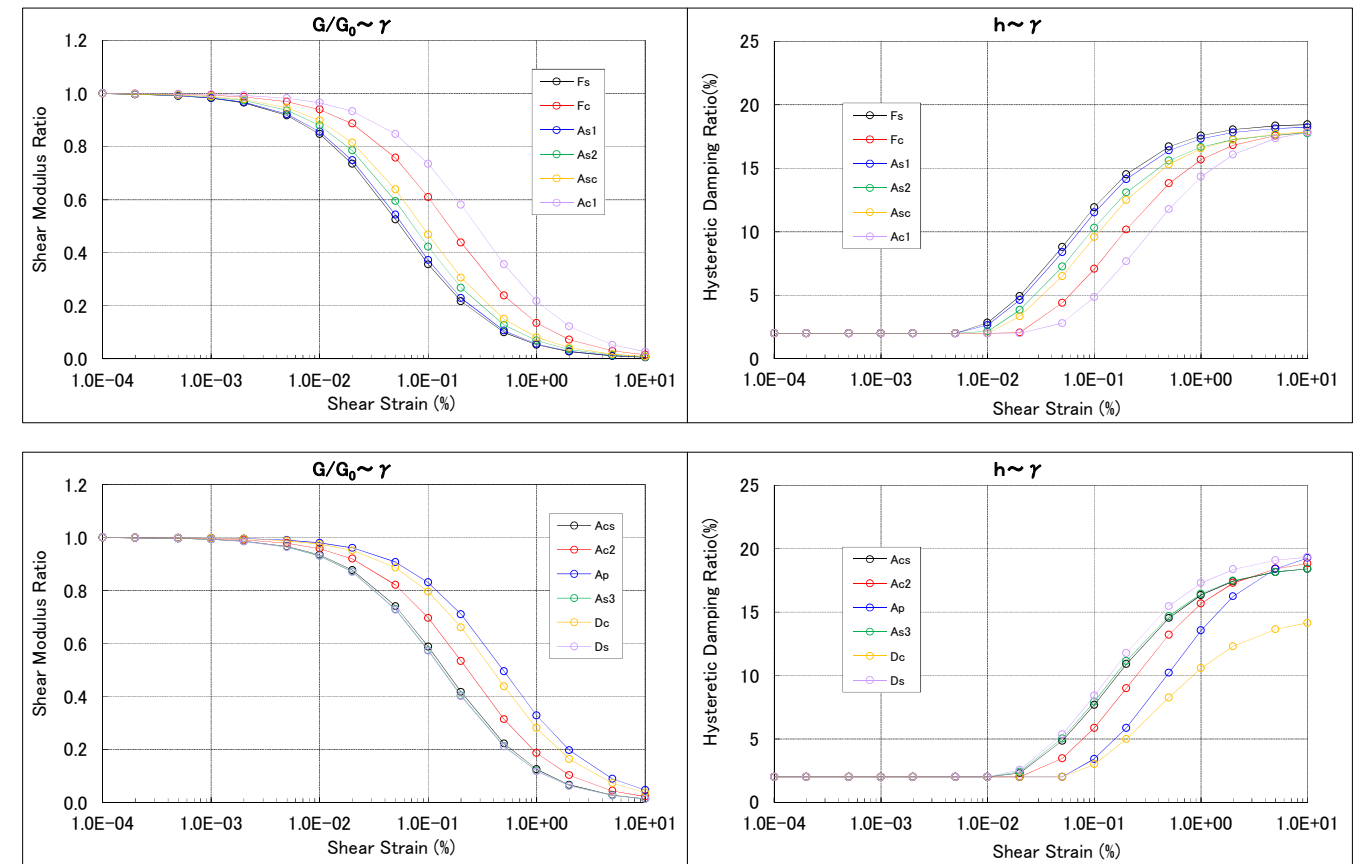


図-3.6.1 地層毎の $G \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ 曲線(平成26年度地質調査結果より)

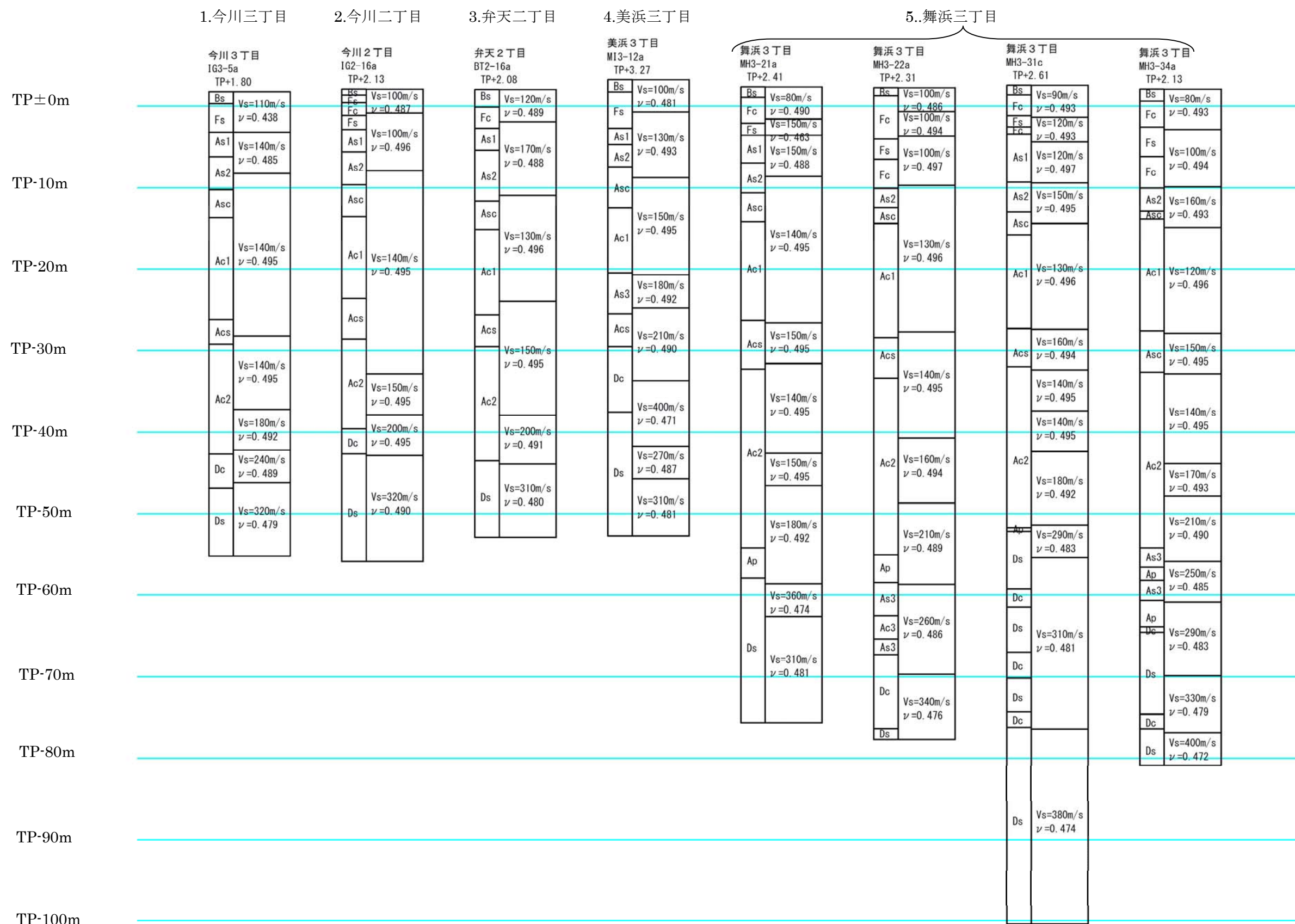


図-3.6.2 各地区のPS検層結果(平成26年度地質調査結果より)

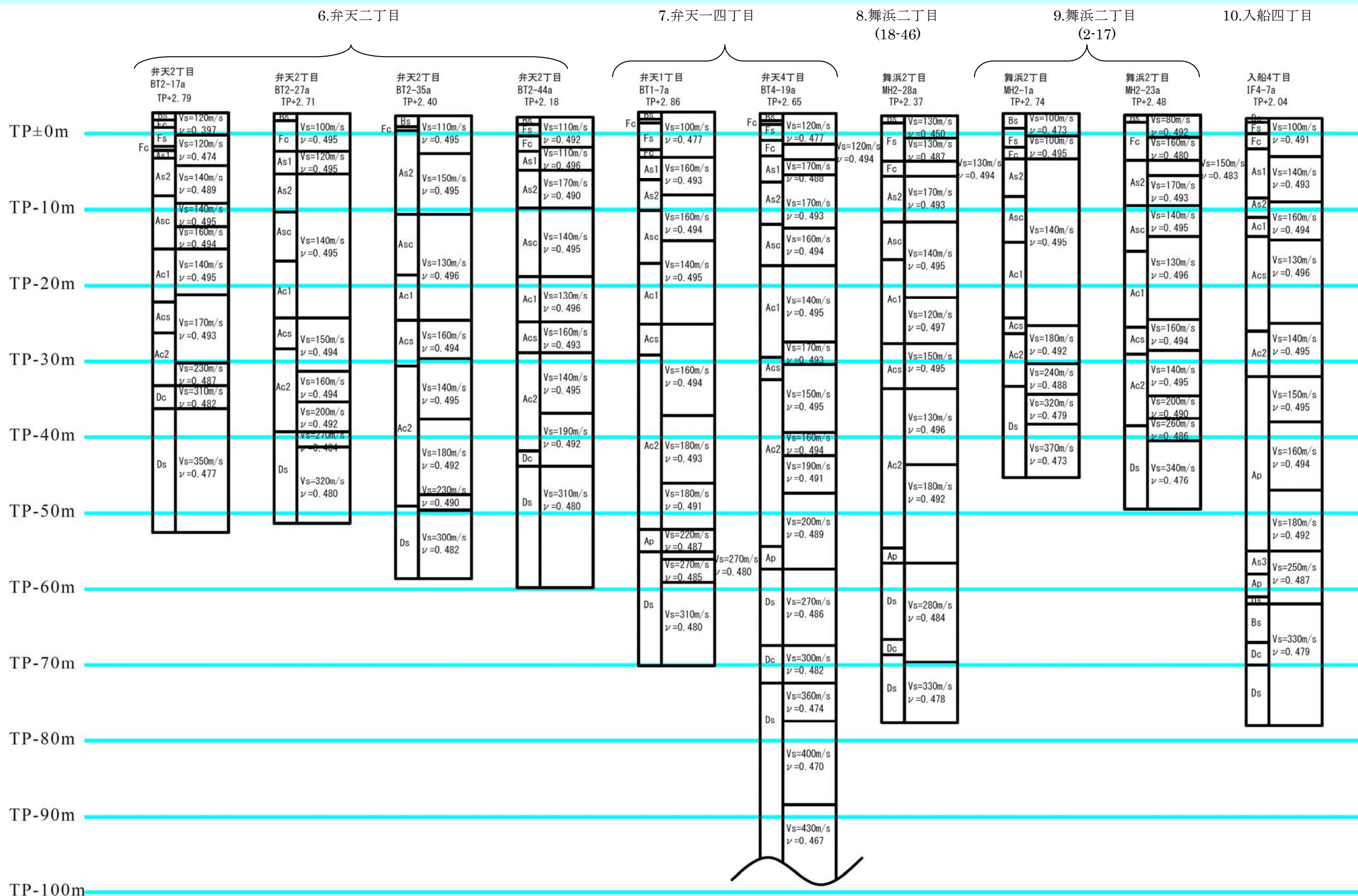


図-3.6.3 第2グループ3地区のPS検層結果(平成26年度地質調査結果より)

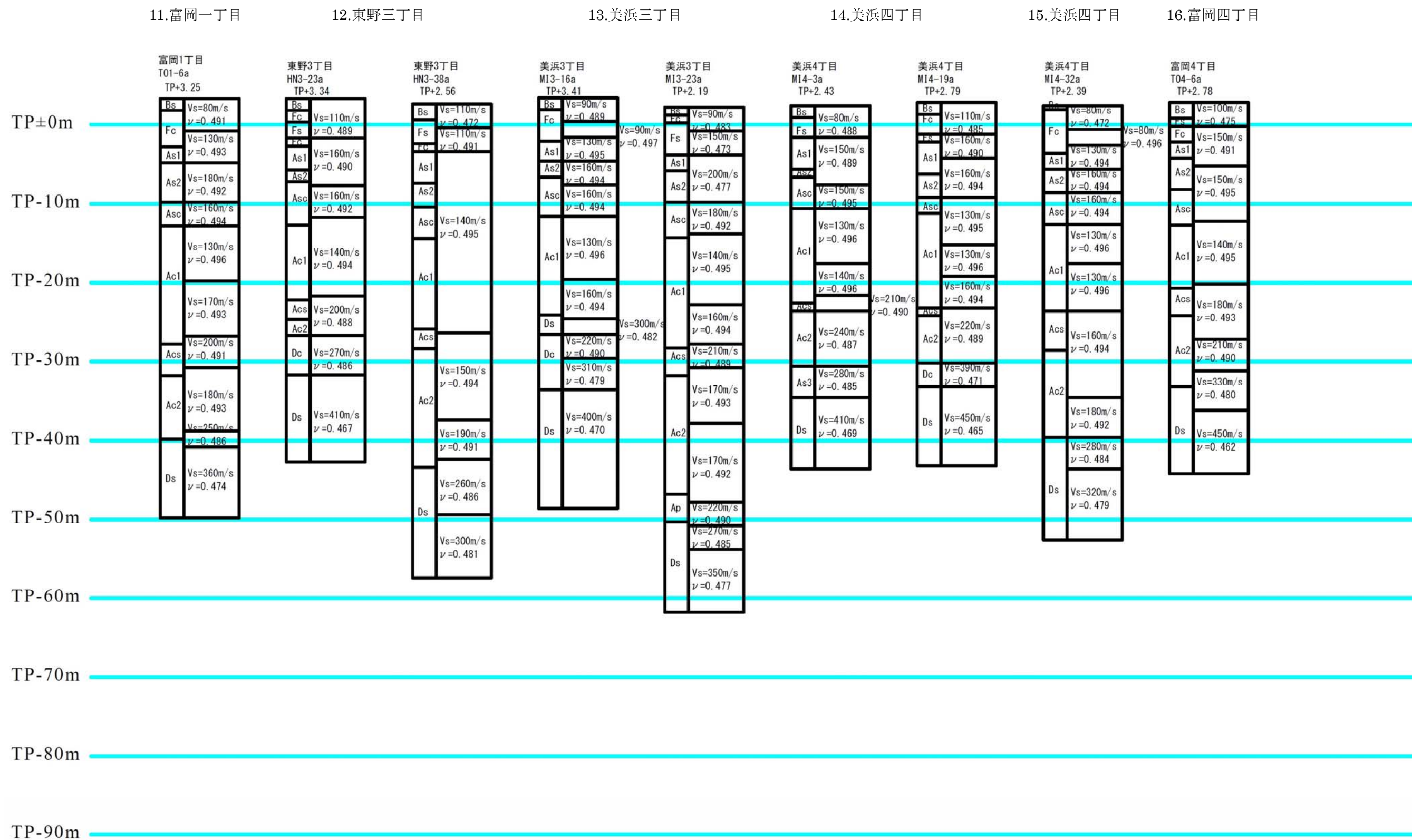


図-3.6.4 第2グループ3地区のPS検層結果(平成26年度地質調査結果より)

表-3.6.3 第1グループ5地区の地層毎のN₁値、FC、Na値の一覧

N ₁ 値	1. 今川三丁目			2. 今川二丁目			3. 弁天二丁目			4. 美浜三丁目			5. 舞浜三丁目西			5. 舞浜三丁目 見明川沿い		
	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	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	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0
Fs	10	5.1	18	4	2.6	22	6.7	3	35	6.9	3.9	25	6.1	4.3	83	9.8	6.7	37
Fc	2.1	1.2	3	3.8	2.8	30	2.6	2.2	18	2	2.5	27	2.6	3	85	3.8	3.3	15
Fcm	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	1.5	1.2	101	2	1.2	5
As ₁	10.1	2.9	22	7.9	2.5	55	12.2	2.3	38	6.5	3.1	37	13.6※	6.2	90	←	←	←
As ₂	13.9	4.4	24	13	4.6	56	12.2	5.2	100	17	6.6	62	12.2※	7.6	112	←	←	←
Asc	6	4.5	25	3	1.9	65	4.4	3.4	81	4.1	3.1	79	4.9※	3.7	124	←	←	←
Ac ₁	0.9	0.3	34	2.2	3.2	95	1.3	0.8	52	0.6	0.6	91	1.2※	1.4	139	←	←	←

FC値	1. 今川三丁目			2. 今川二丁目			3. 弁天二丁目			4. 美浜三丁目			5. 舞浜三丁目西			5. 舞浜三丁目 見明川沿い		
	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	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	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0
Fs	14.4	9.2	18	32.1	16	22	23.2	7.8	35	29.2	18.4	25	33.5	21.8	83	28.7	12.5	37
Fc	28.5	7.2	3	45.9	31.4	30	65.5	31.2	18	60.9	38.2	27	63.6	31	85	57.8	32.2	15
Fcm	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	83.5	23	101	85.4	27.6	5
As ₁	30.2	8.7	22	32.5	14.2	55	29.3	13.5	38	32.7	13.7	37	27.0※	11.9	90	←	←	←
As ₂	24.4	7.1	24	23.5	6.2	56	26.9	10.8	100	19.4	11.5	62	26.4※	9.8	112	←	←	←
Asc	40.9	19.7	25	56.4	18.6	65	52.4	17.1	81	61.6	22.9	79	52.4※	17.7	124	←	←	←
Ac ₁	78.2	9.9	34	84.4	13.8	95	74.3	16.5	52	93.6	9.1	91	82.9※	12.2	139	←	←	←

Na値	1. 今川三丁目			2. 今川二丁目			3. 弁天二丁目			4. 美浜三丁目			5. 舞浜三丁目西			5. 舞浜三丁目 見明川沿い		
	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	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	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0
Fs	15.8	5.9	18	12.6	2.9	22	14.7	3.4	35	15.3	3.7	25	14.7	4.3	83	18.5	6.3	37
Fc	11	1.1	3	12.4	4.1	30	12.9	2	18	10.9	3.6	27	12.4	2.6	85	13.4	3.1	15
Fcm	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	12.3	1	101	12.7	0.6	5
As ₁	19.1	3	22	16.9	2.8	55	21	2.4	38	15.5	3	37	22.0※	5.4	90	←	←	←
As ₂	22.1	3.7	24	21.3	4.3	56	20.7	4.9	100	24.1	6.1	62	20.6※	7	112	←	←	←
Asc	15.1	2.8	25	13.4	1.3	65	14.8	3.1	81	14.6	2.5	79	15.3※	3.2	124	←	←	←
Ac ₁	11.9	0.3	34	13.2	3.2	95	12.2	0.8	52	11.6	0.6	91	12.2※	1.4	139	←	←	←

※沖積層(As₁,As₂,Asc,Ac₁)は舞浜三丁目全体の平均値。

表-3.6.4 第2グループ11地区の地層毎のN₁値、FC、Na値の一覧

換算N値 N₁

N ₁ 値	6. 弁天二丁目			7. 弁天一四丁目			8. 舞浜二丁目(18-46)			9. 舞浜二丁目(2-9,12-17)			10. 入船四丁目			11. 富岡一丁目※			12. 東野三丁目			13. 美浜三丁目			14. 美浜四丁目(16-31)			15. 美浜四丁目(1-5,7-15)			16. 富岡四丁目		
	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	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	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	平均値	標準偏差	データ数	平均値	標準偏差	データ数
Bs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fs	7.9	4.1	69	11.1	5.1	114	9.7	5.9	135	9.8	5.4	55	9.9	4.4	38	3.2	-	1	9.0	3.8	93	7.6	3.5	26	10.3	4.5	27	8.0	4.5	18	3.2	-	1
Fc	1.7	2.7	68	1.9	3.8	75	1.6	1.4	96	1.9	1.5	41	3.3	4.2	28	1.7	2.5	76	2.9	3.4	79	1.3	3.0	58	2.1	4.1	41	1.9	2.4	47	3.5	4.8	56
Fcm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As ₁	10.1	3.7	148	12.7	4.2	158	8.8	3.0	11	-	-	-	6.1	3.9	92	8.3	3.3	77	11.1	4.0	53	6.4	3.7	51	6.6	3.6	77	7.3	3.6	49	7.6	3.4	47
As ₂	12.1	5.1	160	13.9	5.7	251	14.9	5.8	273	12.4	5.6	174	12.3	3.4	39	16.3	5.3	95	12.7	5.0	221	17.8	5.2	74	13.0	4.8	66	13.9	6.0	77	17.9	5.5	84
Asc	2.8	3.3	339	3.1	3.2	372	2.3	1.9	290	3.3	2.5	136	8.7	5.8	76	5.3	4.9	140	3.0	2.8	240	5.3	4.2	127	3.4	2.6	88	3.5	2.1	64	6.0	5.3	125
Ac ₁	0.5	0.3	18	0.8	0.4	15	0.7	0.3	44	0.7	0.3	38	0.8	0.4	38	1.1	0.7	45	0.7	0.3	17	0.8	0.3	50	0.6	0.3	66	0.8	0.5	56	0.9	0.5	35

細粒分含有率 FC

FC値	6. 弁天二丁目			7. 弁天一四丁目			8. 舞浜二丁目(18-46)			9. 舞浜二丁目(2-9,12-17)			10. 入船四丁目			11. 富岡一丁目※			12. 東野三丁目			13. 美浜三丁目			14. 美浜四丁目(16-31)			15. 美浜四丁目(1-5,7-15)			16. 富岡四丁目			
	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	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	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	平均値	標準偏差	データ数	平均値	標準偏差	データ数	
Bs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fs	27.7	10.1	69	25.8	10.4	114	27.1	9.8	135	27.9	8.5	55	31.3	6.3	38	35.6	-	1	22.9	8.7	93	31.4	6.5	26	31.2	9.4	27	33.5	15.0	18	35.6	-	1	
Fc	90.3	17.9	68	82.6	25.1	75	84.7	14.8	96	83.8	17.0	41	82.7	18.5	28	88.5	19.7	76	72.7	27.4	79	93.4	14.8	58	85.5	19.6	41	86.0	23.8	47	83.3	25.3	56	
Fcm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As ₁	25.0	8.0	148	23.8	5.3	158	27.5	7.8	11	-	-	-	40.3	11.9	92	34.1	12.4	77	30.8	7.3	53	39.7	15.6	51	37.3	12.3	77	35.8	12.7	49	43.9	18.4	47	
As ₂	26.8	8.6	160	24.4	6.9	251	24.8	8.9	273	29.5	10.6	174	34.6	10.9	39	23.0	7.1	95	27.8	7.9	221	24.3	9.4	74	25.1	6.2	66	25.4	6.8	77	23.0	6.7	84	
Asc	64.8	20.7	339	64.7	19.5	372	66.3	18.7	290	58.8	19.1	136	66.1	20.5	76	60.2	22.6	140	65.1	18.4	240	55.4	21.2	127	59.7	20.5	88	59.4	17.8	64	57.2	18.9	125	
Ac ₁	95.3	4.9	18	90.2	8.9	15	86.2	10.8	44	88.3	9.2	38	87.8	11.3	38	91.6	9.1	45	96.5	3.3	17	95.0	6.4	50	95.0	4.9	66	92.5	8.3	56	87.2	17.1	35	

補正N値 N_a

N _a 値	6. 弁天二丁目			7. 弁天一四丁目			8. 舞浜二丁目(18-46)			9. 舞浜二丁目(2-9,12-17)			10. 入船四丁目			11. 富岡一丁目※			12. 東野三丁目			13. 美浜三丁目			14. 美浜四丁目(16-31)			15. 美浜四丁目(1-5,7-15)			16. 富岡四丁目			
	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	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	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	平均値	標準偏差	データ数	平均値	標準偏差	データ数	
Bs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fs	16.5	3.9	69	19.5	5.0	114	18.3	5.5	135	18.5	5.3	55	19.0	4.4	38	12.7	-	1	17.1	3.7	93	16.7	3.6	26	19.4	4.6	27	17.1	4.2	18	12.7	-	1	
Fc	12.6	2.6	68	12.7	3.2	75	12.6	1.4	96	12.9	1.5	41	14.2	4.2	28	12.6	2.5	76	13.5	3.1	79	12.2	2.8	58	13.0	3.9	41	12.7	2.2	47	14.3	4.6	56	
Fcm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As ₁	18.6	3.4	148	21.1	4.0	158	17.6	3.1	11	-	-	-	15.9	3.8	92	17.6	3.4	77	20.2	4.2	53	16.1	3.6	51	16.2	3.5	77	16.8	3.6	49	17.4	3.3	47	
As ₂	20.7	4.8	160	22.2	5.4	251	23.2	5.3	273	21.2	5.1	174	21.7	3.2	39	24.4	5.5	95	21.4	4.9	221	26.1	5.2	74	21.4	4.8	66	22.3	5.8	77	26.0	5.1	84	
Asc	13.4	2.5	339	13.8	2.8	372	13.1	1.6	290	13.9	2.2	136	19.4	5.8	76	15.8	4.4	140	13.7	2.7	240	15.7	3.9	127	14.0	2.4	88	14.2	1.9	64	16.6	4.8	125	
Ac ₁	11.5	0.3	18	11.8	0.4	15	11.7	0.3	44	11.7	0.3	38	11.8	0.4	38	12.1	0.7	45	11.7	0.3	17	11.8	0.3	50	11.6	0.3	66	11.8	0.5	56	11.8	0.5	35	

※富岡一丁目のFs層は、富岡四丁目のFs層の試験結果を使用

3.7 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。

図-3.7.1に第1グループ5地区でSHAKEを用いた1次元等価線形解析を実施した地点と、その解析結果を用いてDcyを算出した地点を示しています。図-3.7.2では第2グループ11地区でSHAKEを用いた1次元等価線形解析を実施した地点と、その解析結果を用いてDcyを算出した地点を示しています。

3.7.1 等価線形解析

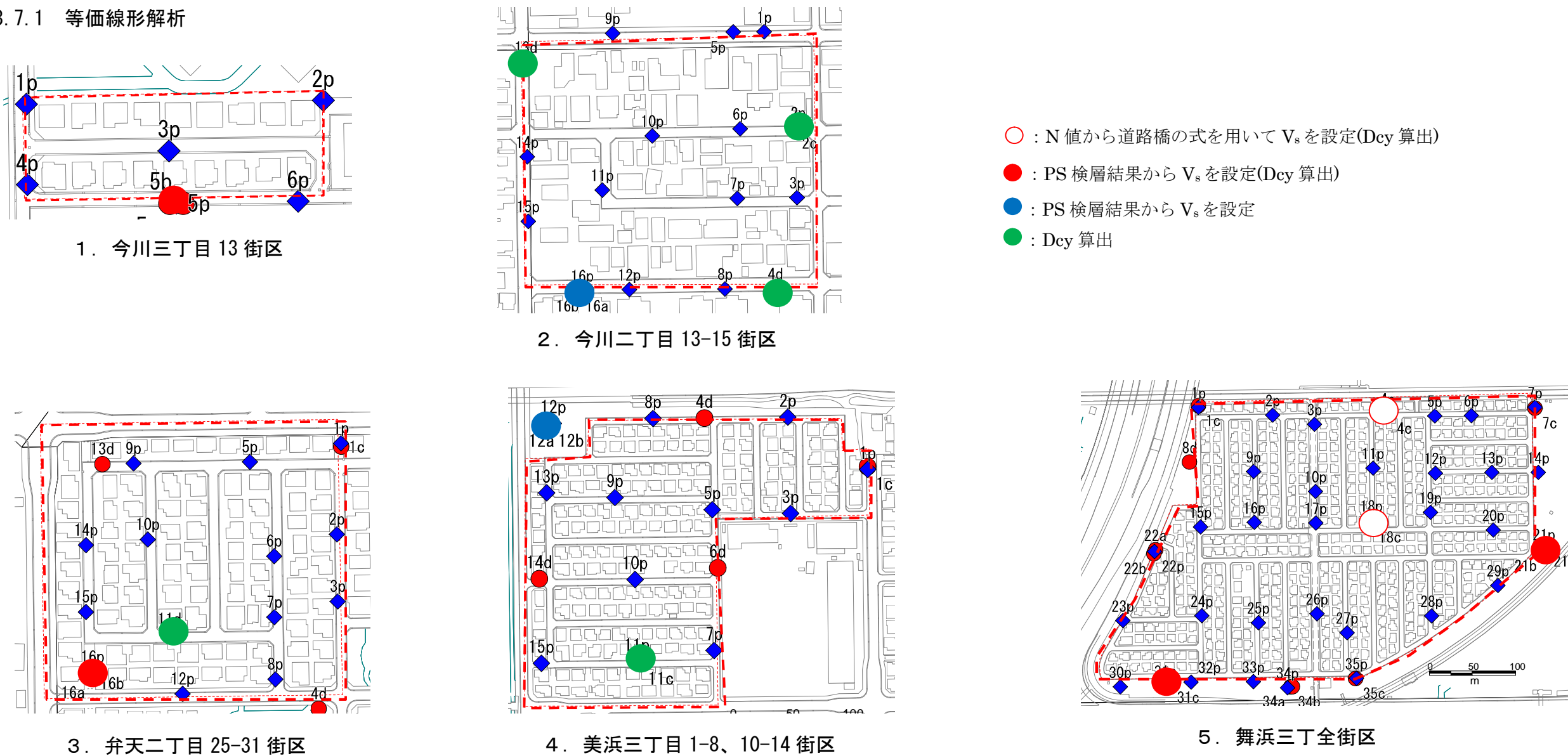
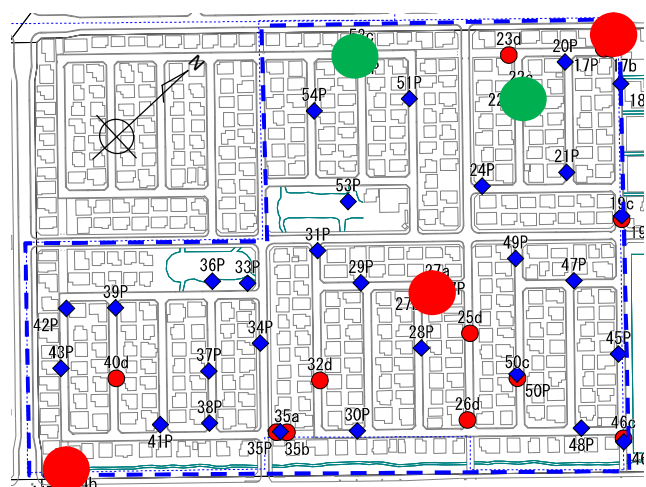


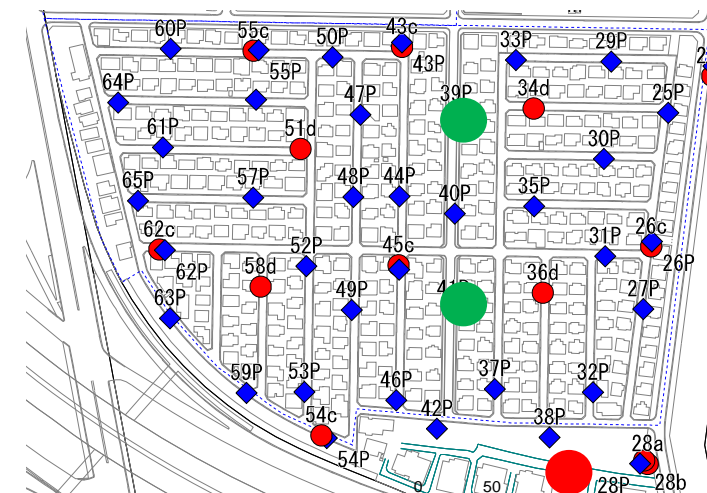
図-3.7.1 第1グループ5地区の1次元等価線形解析(SHAKE)の実行とDcy算出箇所



6. 弁天二丁目 3~12 他街区

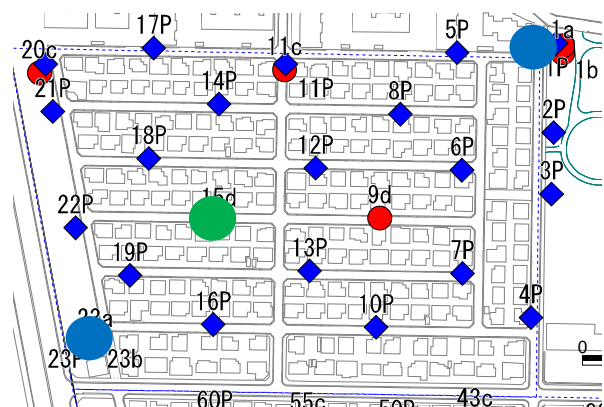


7. 弁天一丁目・弁天四丁目

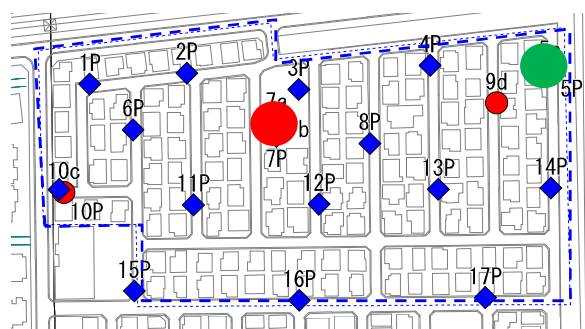


8. 舞浜二丁目 18~46 街区

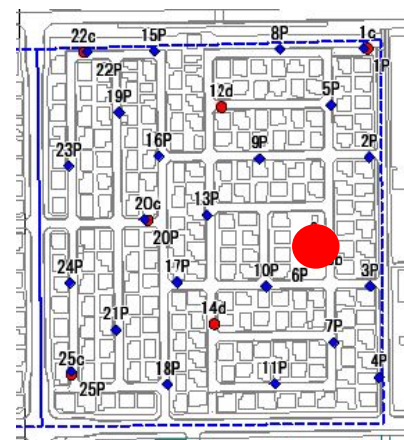
- : PS 検層結果から V_s を設定(Dcy 算出)
- : PS 検層結果から V_s を設定
- : Dcy 算出



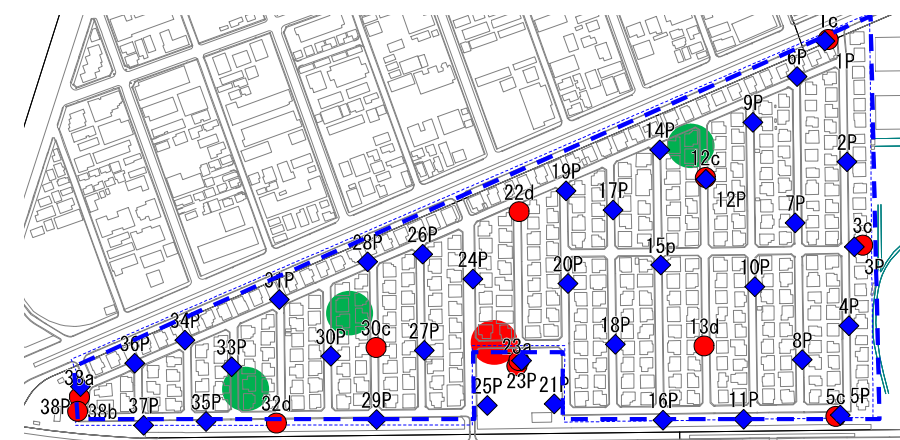
9. 舞浜二丁目 2~9, 12~17 街区



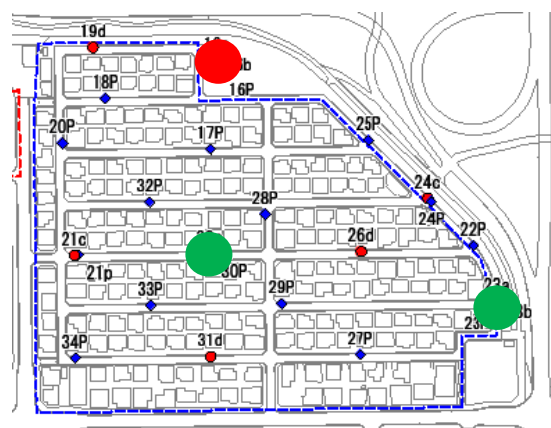
10. 入船四丁目



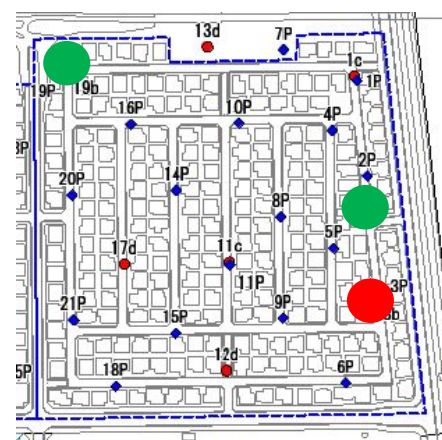
11. 富岡一丁目



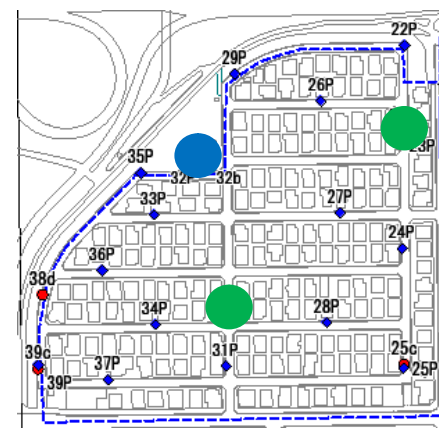
12. 東野三丁目



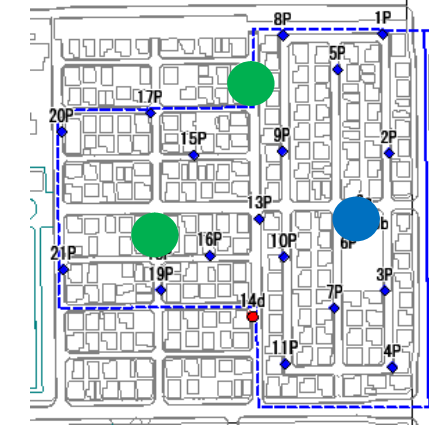
13. 美浜三丁目 16~32 街区



14. 美浜四丁目 16~31 街区



15. 美浜四丁目 1~5 他街区



16. 富岡四丁目

図-3.7.2 第2グループ11地区の1次元等価線形解析(SHAKE)の実行とDcy算出箇所

解析で求めた第1グループ5地区での非液状化層厚 H1 と Dcy の関係を図-3.7.3 に示します。図-3.7.4 では第2グループ11地区に対する同じ関係を示しています。格子状地盤改良を実施する前には H1=5m 以上という性能規定値を満足できていないことが分かります。

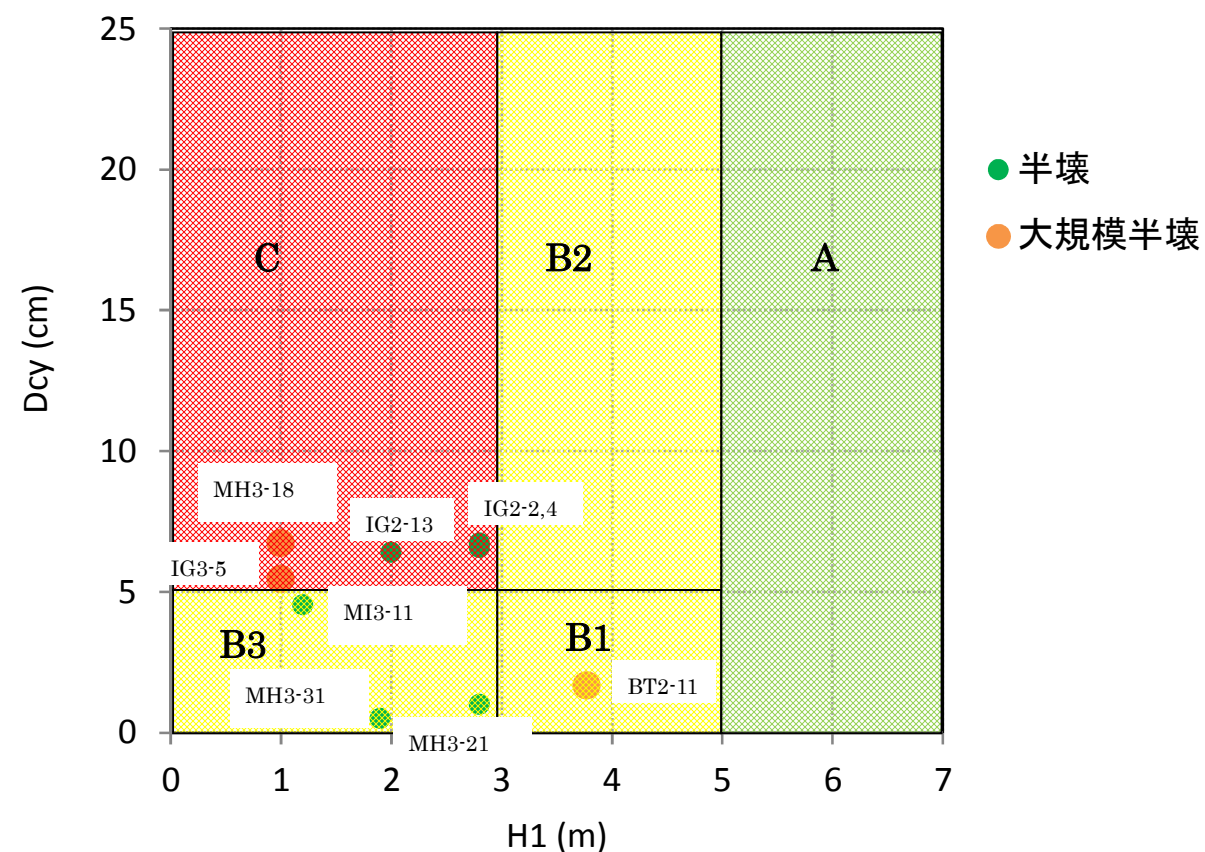


図-3.7.3 1次元等価線形解析で求めた第1グループの非液状化層厚 H1 と Dcy の関係
(液状化抵抗は各層の平均 Na から算出)

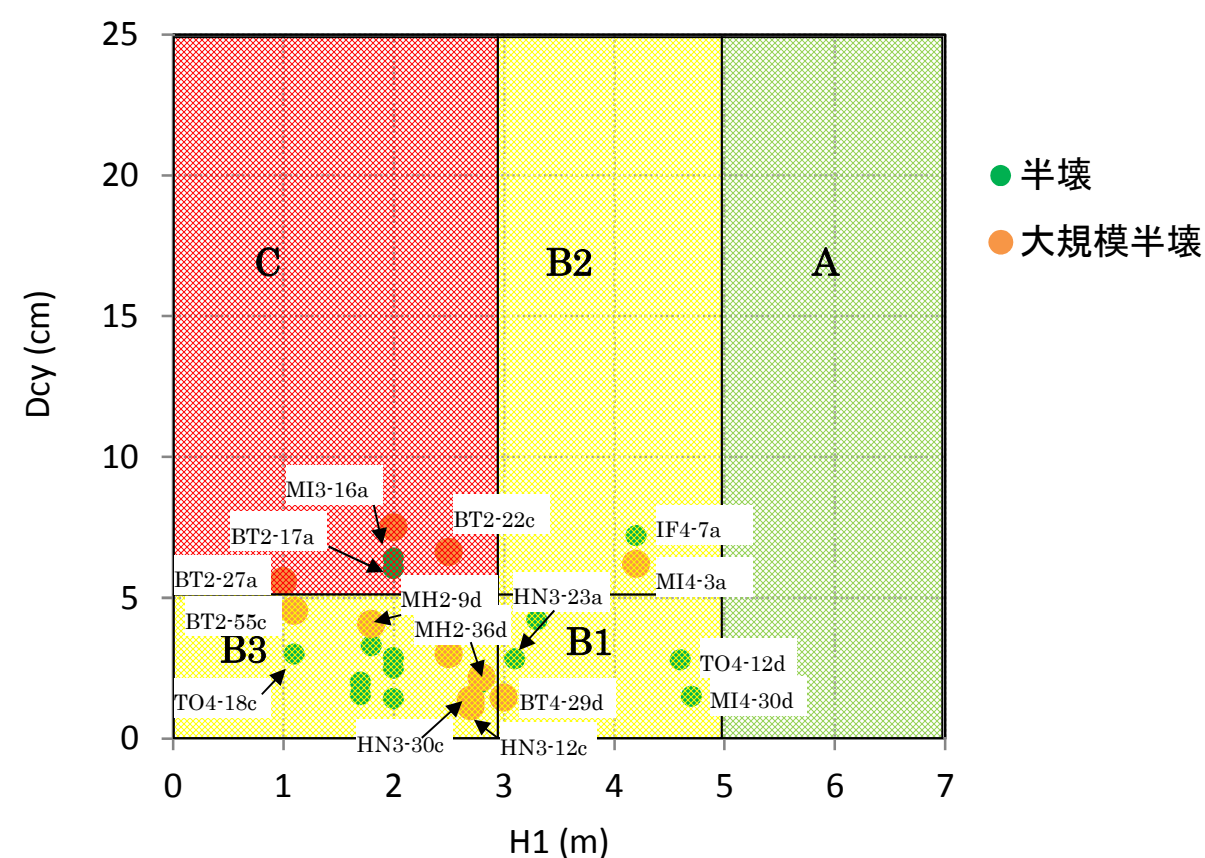


図-3.7.4 1次元等価線形解析で求めた第2グループの非液状化層厚 H1 と Dcy の関係
(液状化抵抗は各層の平均 Na から算出)

表-3.7.1 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

	1. 今川三丁目	2. 今川二丁目	3. 弁天二丁目	4. 美浜三丁目	5. 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

1次元等価線形解析結果から判定した各地区の液状化判定対象土層(Fs層、As1層、As2層)での、対策前の液状化発生状況を表-3.7.1と表-3.7.3に示します。表3.7.2と表3.7.4は、液状化抵抗算出に用いた各地区の液状化判定対象土層でのNa値とRL15を示しています。

表-3.7.2 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)

	1. 今川三丁目		2. 今川二丁目		3. 弁天二丁目		4. 美浜三丁目		5. 舞浜三丁目 ※	
	Na	RL15 ※※	Na	RL15	Na	RL15	Na	RL15	Na	RL15
Fs層	15.8	0.171	12.6	0.147	14.7	0.162	15.3	0.167	14.7	0.162
As1層	19.1	0.210	16.9	0.182	21.0	0.248	15.5	0.169	22.0	0.276
As2層	22.1	0.279	21.3	0.256	20.7	0.241	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-3.7.3 1次元等価線形解析結果から判定した第2グループ11地区の液状化発生状況

	6. 弁天二丁目	7. 弁天一・四丁目	8. 舞浜二丁目(南) 18-46街区	9. 舞浜二丁目(北) 2-9, 12-17街区	10. 入船四丁目	11. 富岡一丁目	12. 東野三丁目	13. 美浜三丁目 16-32街区	14. 美浜四丁目 16-31街区	15. 美浜四丁目 1-5・7-15街区	16. 富岡四丁目
Fs層	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
As1層	△	△	—	—	×	×	×	×	×	×	×
As2層	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○

×：液状化発生 ○：液状化の発生なし △：一部エリアで液状化発生

表-3.7.4 第2グループ11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)

	6. 弁天二丁目		7. 弁天一・四丁目		8. 舞浜二丁目(南) 18-46街区		9. 舞浜二丁目(北) 2-9, 12-17街区		10. 入船四丁目		11. 富岡一丁目		12. 東野三丁目		13. 美浜三丁目 16-32街区		14. 美浜四丁目 16-31街区		15. 美浜四丁目 1-5・7-15街区		16. 富岡四丁目	
	Na	RL15	Na	RL15	Na	RL15	Na	RL15	Na	RL15	Na	RL15	Na	RL15	Na	RL15	Na	RL15	Na	RL15	Na	RL15
Fs層	16.5	0.178	19.5	0.217	18.3	0.199	18.5	0.201	19.0	0.209	12.7	0.148	17.1	0.184	16.7	0.18	19.4	0.215	17.1	0.184	12.7	0.148
As1層	18.6	0.203	21.1	0.251	17.6	0.190	—	—	15.9	0.172	17.6	0.190	20.2	0.230	16.1	0.174	16.2	0.175	16.8	0.181	17.4	0.187
As2層	20.7	0.241	22.2	0.282	23.2	0.319	21.2	0.253	21.7	0.267	24.4	0.375	21.4	0.259	26.1	0.486	21.4	0.259	22.3	0.286	26.0	0.478

※※RL15の算出は建築基礎構造設計指針による

3.8 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-3.8.1参照)。
- 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-3.8.2参照)。
- 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-3.8.3参照)。
- 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 $FL > 1.0$ となる改良仕様を原則とします。ただし、対策後の $D_{cy} \leq 5\text{cm}$ かつ非液状化層厚さ $H1 \geq 5\text{m}$ で改良仕様を決める場合もあります。



図-3.8.1 代表的な地層構成図

この節では改良仕様設定の考え方と、設計解析で設定した各地区の改良仕様(表-3.8.1～表-3.8.4参照)をまとめています。

(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-3.8.1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。表層のBs層を非液状化層とみなせると、格子状地盤改良による対策後の対策効果が大きくなること、遠心模型振動実験で確認できています。また改良上端深度をBs層より深い位置に設定できる効果もあります。

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。

(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-3.8.2参照)。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。

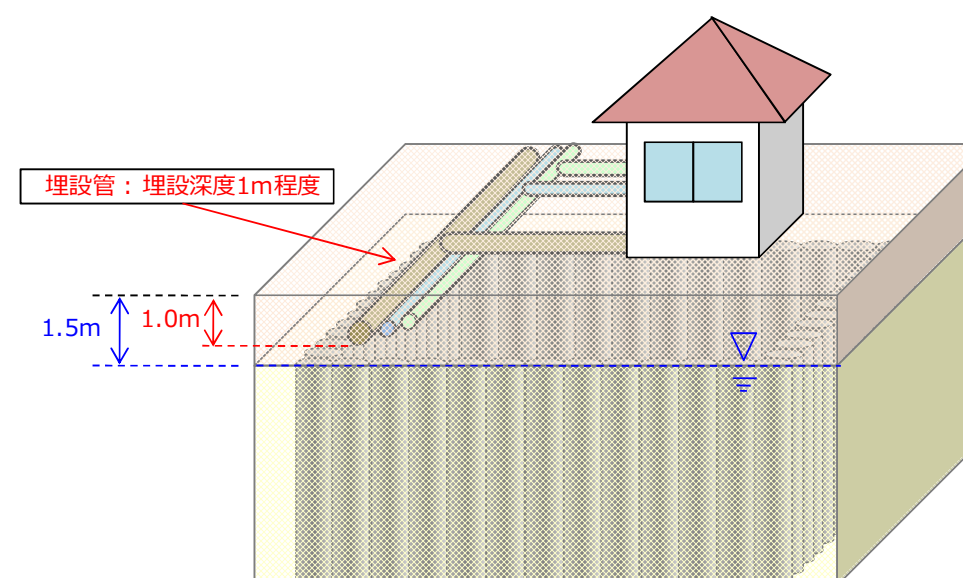


図-3.8.2 改良上端深度設定の概要図

(3) 改良下端深度の設定

図-3.8.3 に格子間隔 $L1$ と格子高さ $H1$ の関係を示します。改良下端深度は 3.4 節で示した解析によって求まる必要改良高さ H から設定しています。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、 $As1$ 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 or $As2$ 層まで到達することもあります。

液状化抑制効果を高めるために格子壁下端は、液状化判定で液状化しない層に根入れするのを原則として考えています。ただし、これまでの格子状地盤改良工法の設計および遠心模型振動実験で得られた知見から、格子壁下端深度が地表面から 8m 以上になる場合、根入れしない範囲が地区内の一部に限定されていれば、根入れしない場合もあります。また、格子壁に局所的な応力集中の発生を防ぐために、格子壁下端深度はできるだけ段差が生じないように設定します。表層の Bs 層は地質調査結果から非液状化層と判定されていることから、表層部の非液状化層が格子内地盤を拘束する効果が得られます。そのため液状化層厚 H に対する格子間隔 L の比の L/H が 0.8 以上であっても、浦安市の地盤条件で対策対象地震動に対して対策効果が得られることは、遠心模型振動実験でも確認しています。

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。

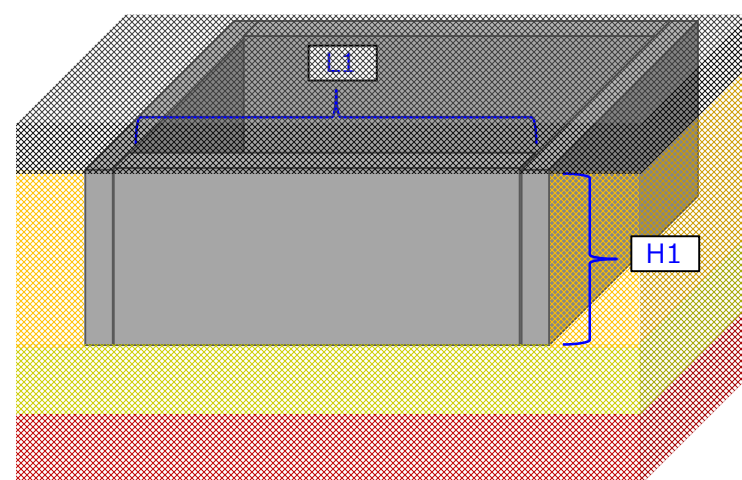


図-3.8.3 格子間隔 L と高さ H の関係

(4) 各地区の改良仕様設定

各地区の改良仕様を表-3.8.1～表-3.8.4に示します。改良仕様は表-3.2.1に示す性能規定値を満足するように設定しました。表には改良下端深度設定の目安となるFs層、As1層、As2層の無対策時の液状化判定結果(対策対象地震動、レベル1地震動)も示しています。

表-3.8.1 改良仕様と無対策時の液状化判定結果(その1)

		今川三丁目 13街区	今川二丁目 13-15街区	弁天二丁目 25-31街区	美浜三丁目 1-8街区、10-14街区
対策対象地震動に対して性能規定値を満足する改良仕様		<p>・格子壁天端 GL-1.5m</p>	<p>・格子壁天端 GL-1.5m (地区の59%) ・格子壁天端 GL-1.5mより浅くして、格子面積160m²以下(36%) ・格子壁天端 GL-1.5m、格子壁を1枚追加(5%)</p>	<p>・格子壁天端 GL-1.5m</p>	<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	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0
	As1	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0	FL > 1.0	FL ≤ 1.0
	As2	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0	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	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0
	As1	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0
	As2	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0
格子壁の健全性	対策対象地震動	OK (F _c =1.5N/mm ²)	OK (F _c =1.5N/mm ²)	OK (F _c =1.8N/mm ²)	OK (F _c =1.5N/mm ²)
	レベル2地震動	OK (F _c =1.5N/mm ²)	OK ※解析での強度確認が必要	OK (F _c =1.8N/mm ²)	OK (F _c =1.5N/mm ²)
備考		解析結果と堤防の側方流動の影響を考慮して改良深度を設定	解析結果から格子面積と、格子の位置(外周部 or 地区内)を考慮し改良深度を設定	解析結果から格子面積と、格子の位置(外周部 or 地区内)を考慮し改良深度を設定	解析結果から格子面積と、格子の位置(外周部 or 地区内)を考慮し改良深度を設定

表-3.8.2 改良仕様と無対策時の液状化判定結果(その2)

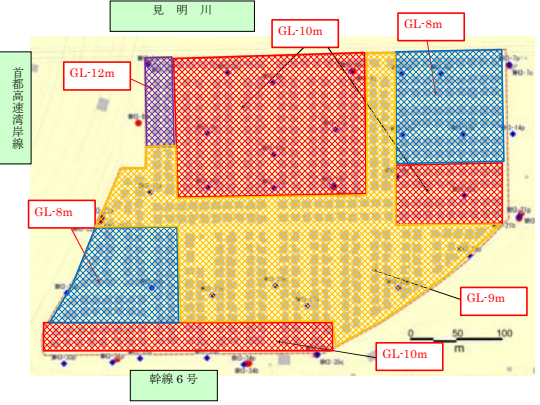
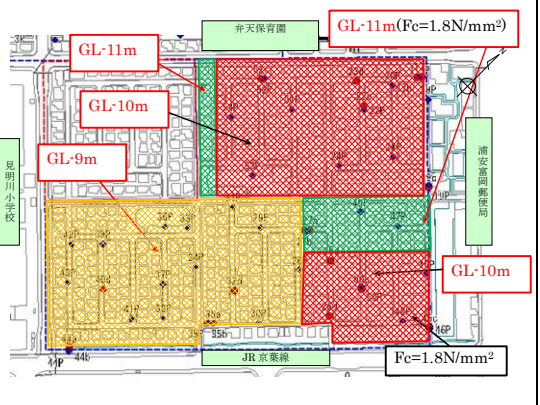
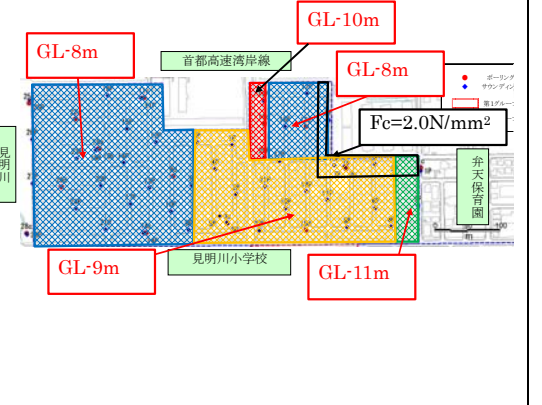
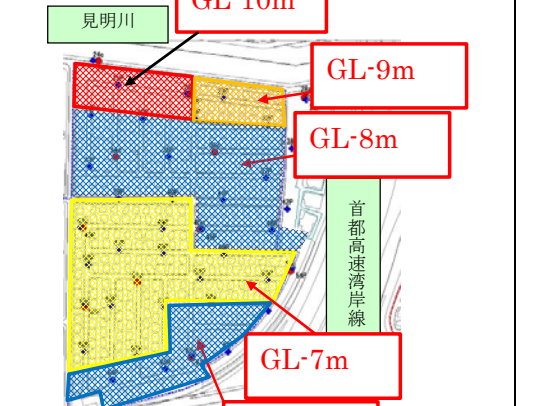
		舞浜三丁目 全街区	弁天二丁目 3~12・14~24・32~38 街区	弁天一丁目 6~20 街区 弁天四丁目 1~12・14~20 街区	舞浜二丁目(南側) 18~46 街区
対策対象地震動に対して 性能規定値を満足する 改良仕様					
		・格子壁天端 GL-1.5m	・格子壁天端 GL-1.5m	・格子壁天端 GL-1.5m	・格子壁天端 GL-1.5m
対策対象地震動 に対する液状化 判定(無対策時)	Fs	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0
	As1	FL > 1.0	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0
	As2	FL > 1.0 (一部エリアは FL ≤ 1.0)	FL > 1.0 (一部エリアは FL ≤ 1.0)	FL > 1.0	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	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0
	As1	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0
	As2	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0
格子壁の健全性	対策対象 地震動	OK (Fc=1.5N/mm ²)	OK (Fc=1.5N/mm ² (一部 Fc=1.8N/mm ²))	OK (Fc=1.5N/mm ² (一部 Fc=2.0N/mm ²))	OK (Fc=1.5N/mm ²)
	レベル2 地震動	OK (Fc=1.5N/mm ²)	OK (Fc=1.5N/mm ² (一部 Fc=1.8N/mm ²))	OK (Fc=1.5N/mm ² (一部 Fc=2.0N/mm ²))	OK (Fc=1.5N/mm ²)
備 考		解析結果とFs層の分布深度を考慮して改良深度を設定	解析結果とAs1層の分布深度を考慮して改良深度を設定	解析結果とAs1層の分布深度を考慮して改良深度を設定	解析結果とFs層・As1層の分布深度を考慮して改良深度を設定

表-3.8.3 改良仕様と無対策時の液状化判定結果(その3)

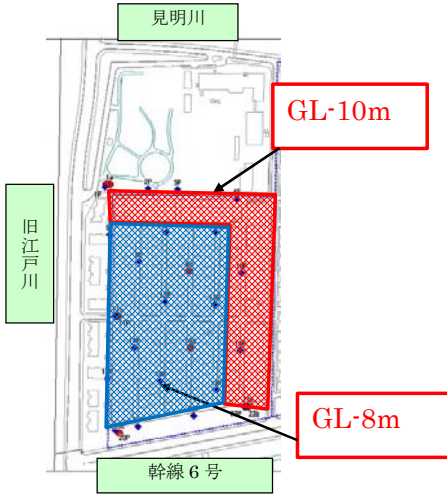
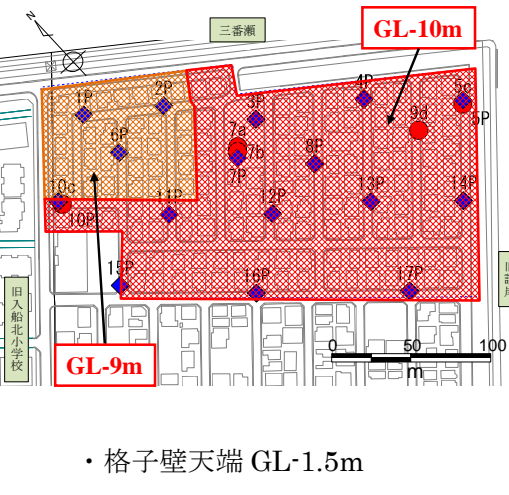
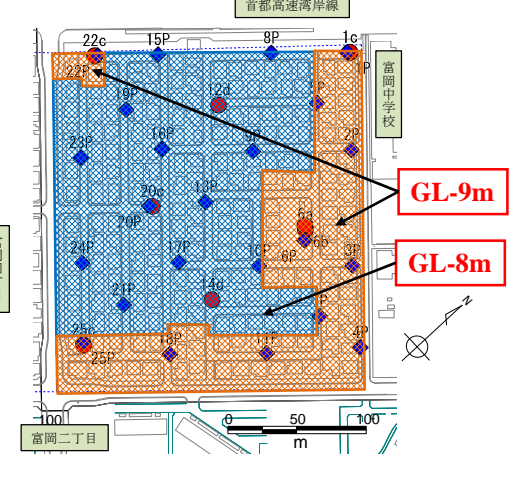

		舞浜二丁目(北側) 2~9, 12~17 街区	入船四丁目 34~46 街区	富岡一丁目 2~21 街区	東野三丁目 12~27・29~40 街区
対策対象地震動に対して 性能規定値を満足する 改良仕様		 <p>・格子壁天端 GL-1.5m</p>	 <p>・格子壁天端 GL-1.5m</p>	 <p>・格子壁天端 GL-1.5m</p>	 <p>・格子壁天端 GL-1.5m</p>
対策対象地震動 に対する液状化 判定(無対策時)	Fs	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0
	As1	—	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0
	As2	FL > 1.0 (一部エリアは FL ≤ 1.0)	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0 (一部エリアは 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	FL > 1.0	FL ≤ 1.0	FL > 1.0
	As1	FL > 1.0	FL > 1.0	FL ≤ 1.0	FL > 1.0
	As2	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0
格子壁の健全性	対策対象 地震動	OK (F _c =1.5N/mm ²)	OK (F _c =1.5N/mm ²)	OK (F _c =1.5N/mm ²)	OK (F _c =1.5N/mm ²)
	レベル2 地震動	OK (F _c =1.5N/mm ²)	OK (F _c =1.5N/mm ²)	OK (F _c =1.5N/mm ²)	OK (F _c =1.5N/mm ²)
備考		解析結果とFs層の分布深度を考慮して改良深度を設定	解析結果とFs層の分布深度を考慮して改良深度を設定	解析結果とAs1層の分布深度を考慮して改良深度を設定	解析結果とAs1層の分布深度を考慮して改良深度を設定

表-3.8.4 改良仕様と無対策時の液状化判定結果(その4)

		美浜三丁目 16~32 街区	美浜四丁目 16~31 街区	美浜四丁目 1~5・7~15 街区	富岡四丁目 1~8・11~14・19~22 街区
対策対象地震動に対して 性能規定値を満足する 改良仕様		<p>・格子壁天端 GL-1.5m</p>	<p>・格子壁天端 GL-1.5m</p>	<p>・格子壁天端 GL-1.5m</p>	<p>・格子壁天端 GL-1.5m (地区の55%) ・格子壁天端 GL-1.5m、格子壁を追加して、格子面積 45m² 以下(30%) " 45m² ~ 100m²(10%) " 100m² ~ 160m²(5%)</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	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0
	As1	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0	FL ≤ 1.0
	As2	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0	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	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0
	As1	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0
	As2	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0	FL > 1.0
格子壁の健全性	対策対象 地震動	OK (Fc=1.5N/mm ²)	OK (Fc=1.5N/mm ²)	OK (Fc=1.5N/mm ²)	OK (Fc=1.5N/mm ²)
	レベル2 地震動	OK (Fc=1.5N/mm ²)	OK (Fc=1.5N/mm ²)	OK (Fc=1.5N/mm ²)	OK (Fc=1.5N/mm ²)
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	解析結果と As1 層の分布深度を考慮して改良深度を設定	解析結果と As1 層の分布深度を考慮して改良深度を設定	解析結果と Fs 層の分布範囲を考慮して改良深度を設定