

再液状化の検討

(1) 検討条件

1) 考慮する地震動

- ①簡易法 (タイプ1、タイプ2、タイプ3)

表-6.1 再液状化の検討における簡易法に用いる地震動

地震動タイプ	地表最大加速度と地震のマグニチュード
タイプ1(中地震による中程度の揺れ)	200gal、M7.5
タイプ2(巨大地震による中程度の揺れ)	200gal、M9.0
タイプ3(直下型地震による大きな揺れ)	350gal、M7.5

- ②地震応答解析 (タイプ1、タイプ2、タイプ3)

表-6.2 再液状化の検討における詳細法に用いる地震動

地震動タイプ	設定地震動
タイプ1(中地震による中程度の揺れ)	建築基礎構造設計指針－損傷限界状態検討用－ 基盤加速度応答スペクトルの適合波
タイプ2(巨大地震による中程度の揺れ)	東日本大震災での地表面観測記録を基盤面に引き戻した 加速度時刻歴
タイプ3(直下型地震による大きな揺れ)	建築基礎構造設計指針－終局限界状態検討用－ 基盤加速度応答スペクトルの適合波

2) 解析手法

a) 地震時地中せん断力

- ①簡易法
- ②地震応答解析→ (FDEL)

b) 液状化判定

- ①建築基礎構造設計指針

c) 地表面沈下量

- ①建築基礎構造設計指針
- ②高圧ガス設備等耐震設計指針

3) 検討位置及び地盤条件

a) 検討位置

検討は、詳細ボーリング位置で実施した。

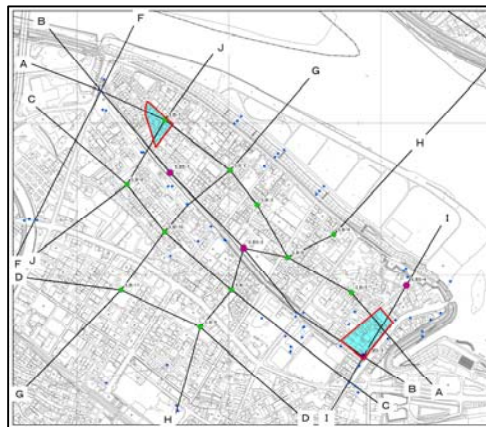
b) 地盤条件

以下の地盤物性値は、追加地質調査結果を用いた。

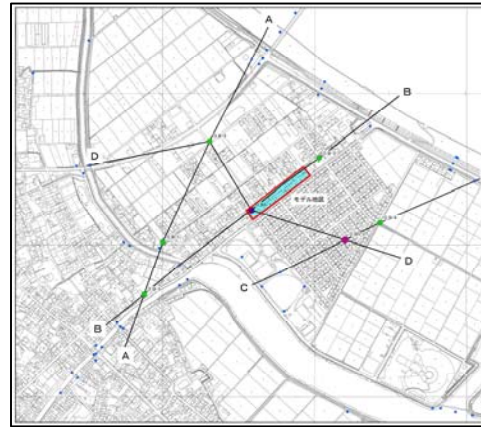
- ・せん断弾性波速度
- ・湿潤密度
- ・動的変形特性
- ・液状化強度

【検討位置図】

佐原市街地地区



小見川地区

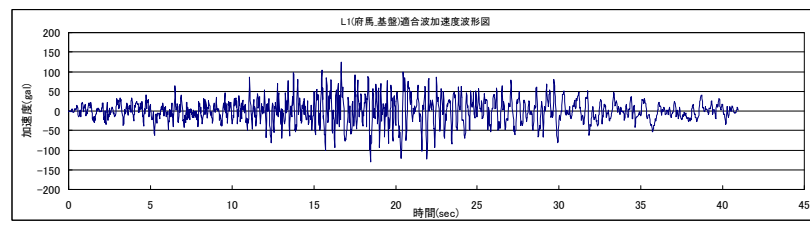
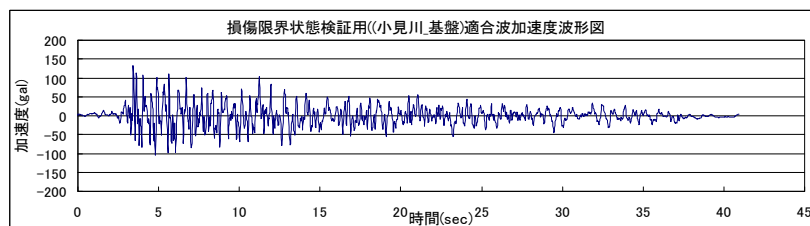
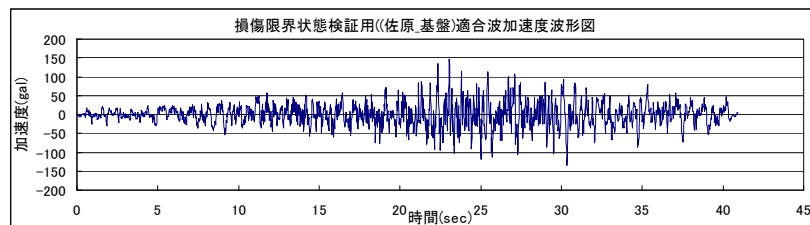


府馬地区

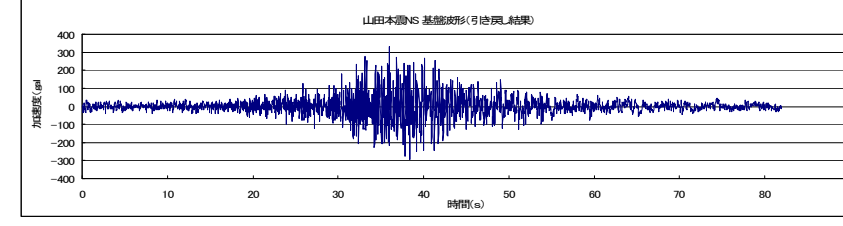
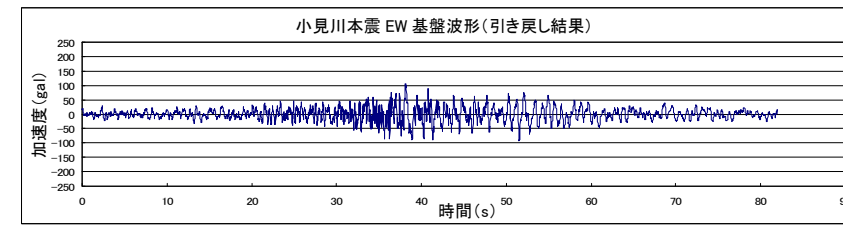
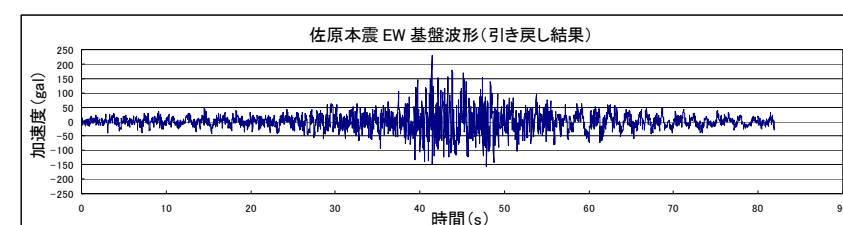


【地震波形図】

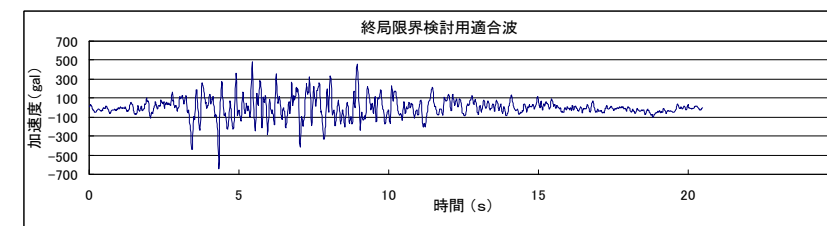
【タイプ1 (中地震による中程度の揺れ)】



【タイプ2 (巨大地震による中程度の揺れ)】



【タイプ3 (直下型地震による大きな揺れ)】



(2) 再液状化の検討結果

1. 佐原地区

- ・ 検討結果より得られた液状化判定を各地層断面図においてハッチングを行った。また、検討結果により得られた H1、Dcy(建築基礎構造設計指針)、Dcy(高圧ガス設備等耐震設計指針)を各地区の平面図に記述し、Dcy(建築基礎構造設計指針)を用い、コンター図を作成した。
- ・ 小見川地区において液状化判定層は、地表面近くの Fs1 層や sd1 層、As1 層や Asc2 層に多く見られる。
- ・ 府馬地区においては液状化判定層は、盛土部分である Bs 層や As2 層に多く見られる。

簡易法

地区	調査位置	簡易法・タイプ1地震			簡易法・タイプ2地震			簡易法・タイプ3地震		
		H ₁ (m)	Dcy(cm)		H ₁ (m)	Dcy(cm)		H ₁ (m)	Dcy(cm)	
			建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}		建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}		建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}
佐原地区	S_BS-1	6.3	4.5	17.4	2.3	9.4	23.8	2.3	15.9	29.0
	S_BS-2	2.3	2.6	11.6	1.3	5.4	19.3	1.3	9.1	23.1
	S_BS-3	12.3	16.9	21.5	1.3	33.2	26.9	1.3	39.7	32.5
	S_BS-4	20.0	0.0	4.7	6.3	17.1	10.9	2.3	37.1	26.2
	S_B-1	8.3	3.1	6.4	8.3	4.3	7.6	2.3	6.2	9.4
	S_B-2	3.3	16.2	19.3	3.3	21.3	22.9	1.3	27.1	26.6
	S_B-3	2.3	14.1	15.8	1.3	21.4	21.3	1.3	27.6	25.4
	S_B-4	5.3	8.5	9.3	4.3	19.1	14.2	3.3	27.3	19.8
	S_B-5	2.3	12.1	17.9	1.3	20.1	22.2	1.3	27.0	27.3
	S_B-6	3.3	15.3	28.4	1.3	22.2	32.7	1.3	27.5	36.1
	S_B-7	2.3	21.1	44.3	2.3	26.1	46.5	2.3	32.9	48.7
S_B-8	3.3	10.8	15.4	1.3	16.5	19.4	1.3	23.6	22.0	
S_B-9	3.3	16.4	42.7	3.3	22.9	44.4	3.3	28.7	46.9	
S_B-10	3.3	18.2	24.0	3.3	23.5	28.8	1.3	28.2	32.2	
S_B-11	4.3	5.4	4.9	4.3	9.3	8.2	3.3	14.4	12.8	

※2:「建築基礎構造設計指針」による手法
※3:「高圧ガス設備等耐震設計指針」による手法

地震応答解析結果を用いた場合

地区	調査位置	地震応答解析・タイプ1地震			地震応答解析・タイプ2地震		
		H ₁ (m)	Dcy(cm)		H ₁ (m)	Dcy(cm)	
			建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}		建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}
佐原地区	S_BS-1	20.0	0.0	2.1	2.3	2.6	13.9
	S_BS-2	2.3	0.0	3.7	1.3	3.3	14.2
	S_BS-3	1.3	0.0	2.4	1.3	14.3	17.7
	S_BS-4	20.0	0.0	0.4	1.3	2.7	6.4
	S_B-1	20.0	0.0	0.3	2.3	1.1	4.1
	S_B-2	1.3	2.9	3.7	1.3	11.0	17.5
	S_B-3	1.3	1.4	4.2	1.3	15.3	16.8
	S_B-4	20.0	0.0	1.0	3.3	8.2	9.3
	S_B-5	9.3	2.3	2.2	1.3	13.8	12.1
	S_B-6	4.3	1.5	2.3	1.3	13.3	23.9
	S_B-7	1.3	4.6	17.2	2.3	11.2	26.3
S_B-8	1.3	2.1	8.7	1.3	13.6	16.9	
S_B-9	1.3	1.2	7.6	3.3	9.9	23.2	
S_B-10	3.3	0.0	2.8	1.3	9.1	19.6	
S_B-11	4.3	0.0	0.7	3.3	4.7	3.8	

※2:「建築基礎構造設計指針」による手法
※3:「高圧ガス設備等耐震設計指針」による手法

2. 小見川地区

簡易法

地区	調査位置	簡易法・タイプ1地震			簡易法・タイプ2地震			簡易法・タイプ3地震		
		H ₁ (m)	Dcy(cm)		H ₁ (m)	Dcy(cm)		H ₁ (m)	Dcy(cm)	
			建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}		建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}		建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}
小見川地区	O_BS-1	2.3	11.6	17.0	2.3	13.5	19.7	2.3	16.1	20.9
	O_BS-2	2.3	3.1	6.9	1.3	4.5	7.7	1.3	5.4	8.7
	O_B-1	3.3	7.7	8.0	3.3	11.0	10.0	3.3	14.6	12.7
	O_B-2	11.3	13.8	11.6	11.3	16.1	12.4	11.3	13.3	13.1
	O_B-3	1.3	19.5	15.4	1.3	22.4	17.0	1.3	24.9	17.5
	O_B-4	12.3	5.1	3.8	12.3	5.6	3.9	12.3	4.9	4.5
	O_B-5	1.3	7.2	6.1	1.3	10.1	8.2	1.3	13.8	11.1

※2:「建築基礎構造設計指針」による手法
※3:「高圧ガス設備等耐震設計指針」による手法

地震応答解析結果を用いた場合

地区	調査位置	地震応答解析・タイプ1地震			地震応答解析・タイプ2地震		
		H ₁ (m)	Dcy(cm)		H ₁ (m)	Dcy(cm)	
			建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}		建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}
小見川地区	O_BS-1	2.3	4.1	3.1	2.3	11.6	16.1
	O_BS-2	1.3	2.7	5.8	1.3	4.7	7.2
	O_B-1	20.0	0.0	1.0	3.3	0.9	2.5
	O_B-2	20.0	0.0	1.0	11.3	9.9	8.5
	O_B-3	1.3	6.4	6.0	1.3	19.5	15.7
	O_B-4	20.0	0.0	0.7	12.3	4.5	3.4
	O_B-5	1.3	2.3	2.2	1.3	6.8	5.9

※2:「建築基礎構造設計指針」による手法
※3:「高圧ガス設備等耐震設計指針」による手法

3. 府馬地区

簡易法

地区	調査位置	簡易法・タイプ1地震			簡易法・タイプ2地震			簡易法・タイプ3地震		
		H ₁ (m)	Dcy(cm)		H ₁ (m)	Dcy(cm)		H ₁ (m)	Dcy(cm)	
			建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}		建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}		建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}
府馬地区	F_BS-1	1.3	16.4	51.1	1.3	28.4	68.7	1.3	33.9	69.4
	F_B-1	18.3	2.3	6.1	18.3	2.7	6.3	18.3	2.5	7.1
	F_B-2	1.3	9.9	23.3	1.3	11.2	24.0	1.3	12.2	27.9
	F_B-3	2.3	15.4	50.6	1.3	18.6	51.7	1.3	22.1	56.5

※2:「建築基礎構造設計指針」による手法
※3:「高圧ガス設備等耐震設計指針」による手法

地震応答解析結果を用いた場合

地区	調査位置	地震応答解析・タイプ1地震			地震応答解析・タイプ2地震		
		H ₁ (m)	Dcy(cm)		H ₁ (m)	Dcy(cm)	
			建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}		建築 ^{※2}	高圧ガス ^{※3}
府馬地区	F_BS-1	1.3	1.4	13.9	1.3	22.6	62.7
	F_B-1	20.0	0.0	0.4	1.3	2.0	7.6
	F_B-2	1.3	9.0	23.5	1.3	8.6	23.9
	F_B-3	1.3	5.7	23.1	1.3	16.2	51.7

※2:「建築基礎構造設計指針」による手法
※3:「高圧ガス設備等耐震設計指針」による手法

(3) 簡易法と地震応答解析結果の FL 値の比較

ここでは簡易法による計算結果と、地震応答解析結果で求めた FL 値の比較を行う。
各地区の以下の代表箇所について、タイプ 1 及びタイプ 2 地震動の検討結果を整理した。

- 佐原市街地地区 : S_BS-3 (モデル地区 下川岸)
- 小見川市街地地区 : O_BS-1 (モデル地区 新開町)
- 府馬地区 : F_BS-1 (モデル地区 おおくすニュータウン)

以下に示す結果図より、全体として、FL 値はタイプ 1 よりもタイプ 2 が小さく (タイプ 2 のほうが液状化しやすい)、また、地震応答解析よりも簡易法が小さい (簡易法のほうが液状化しやすい) 傾向がみられる。ただし、地表付近の FL 値は、地震応答解析のほうが簡易法よりも小さくなる傾向が確認される。

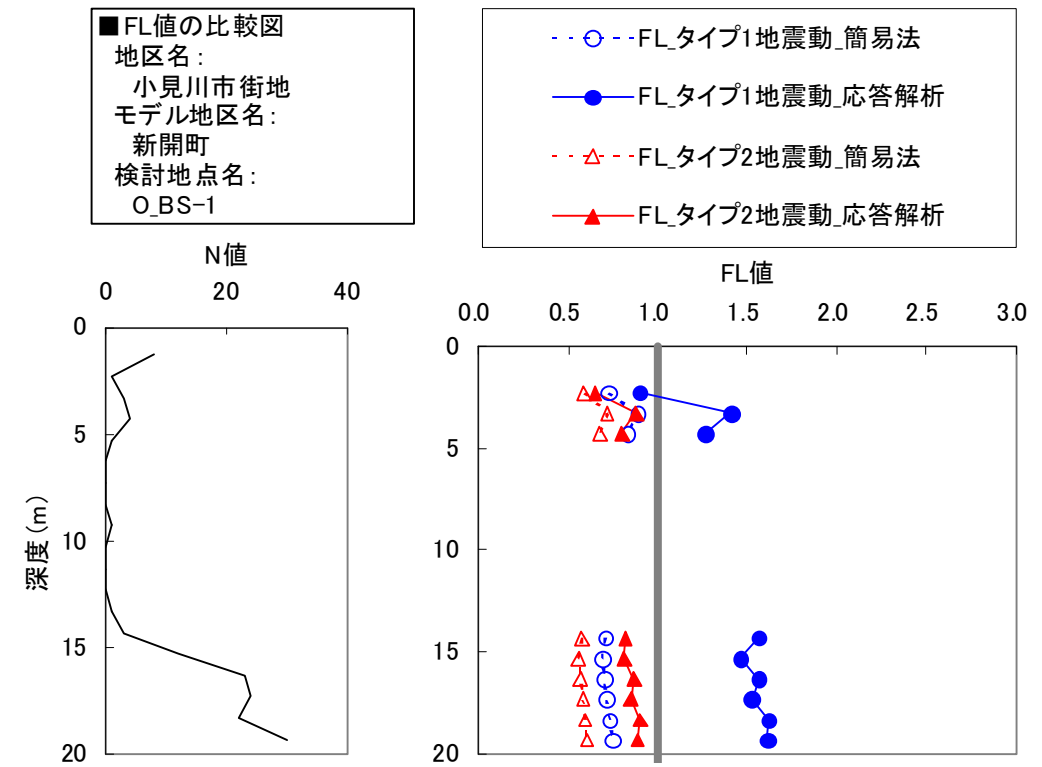


図-6.2 FL 値比較図 (小見川市外地地区 O_BS-1 新開町)

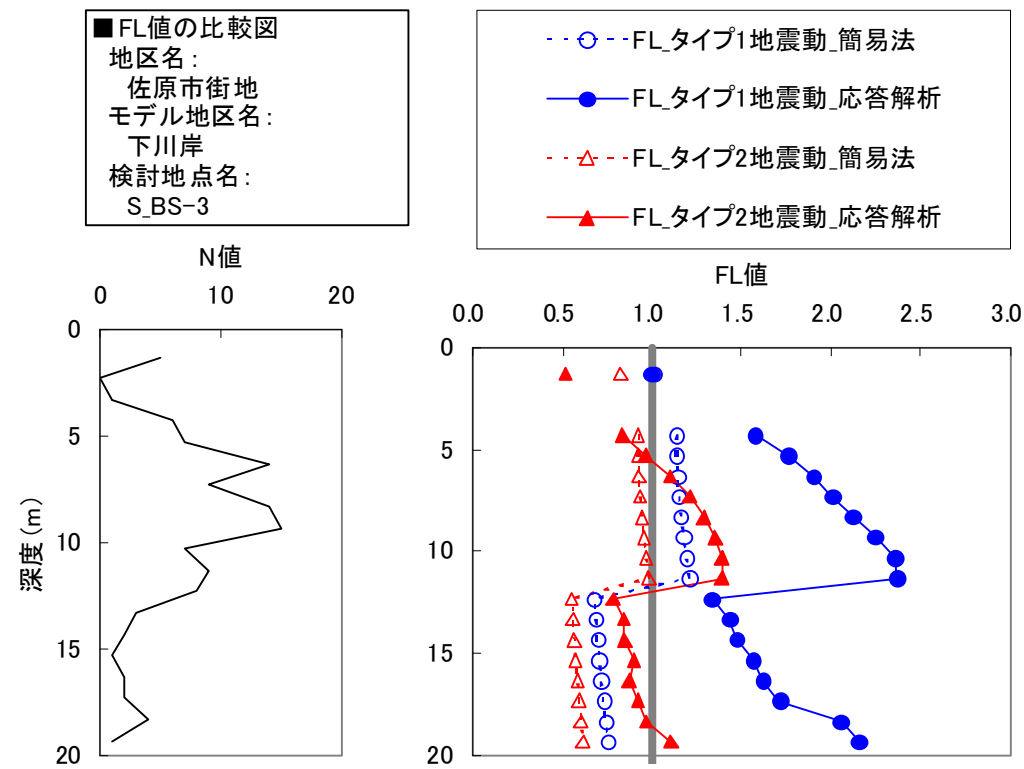


図-6.1 FL 値比較図 (佐原市街地地区 S_BS-3 下川岸)

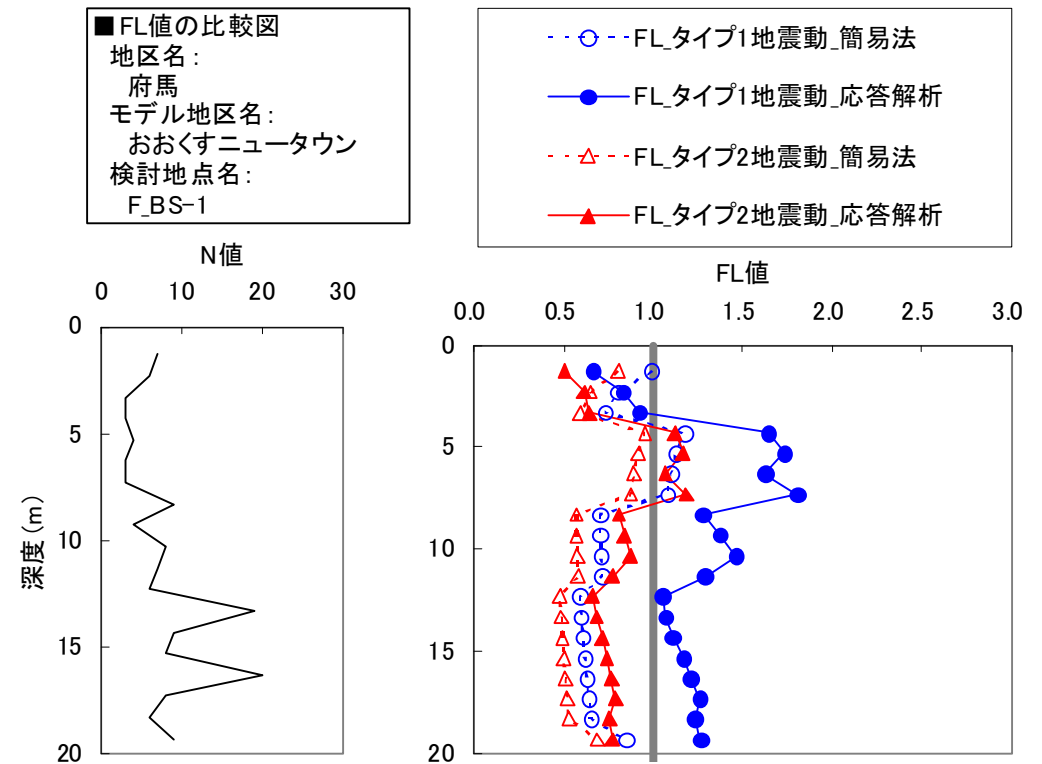
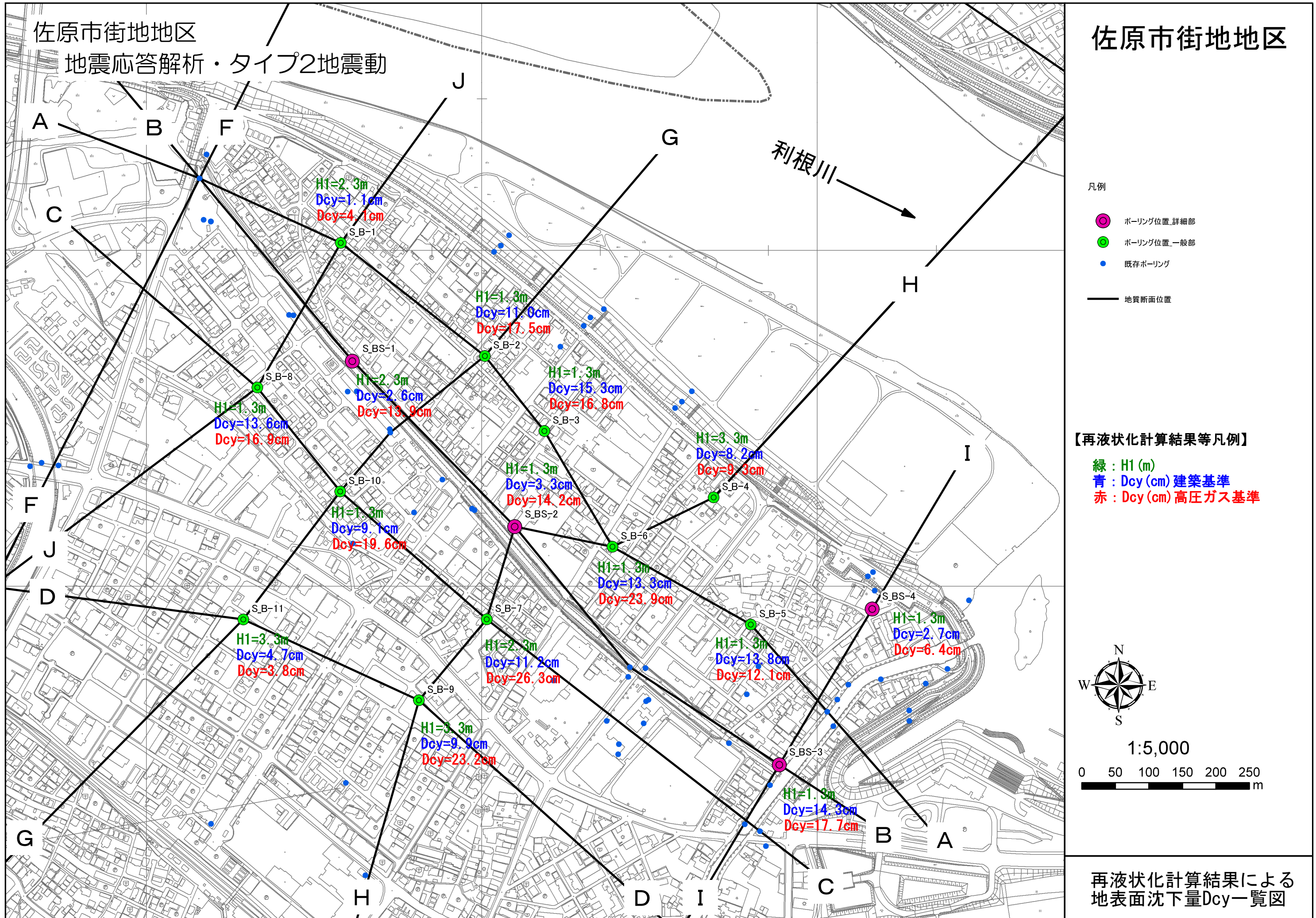


図-6.3 FL 値比較図 (府馬地区 F_BS-1 おおくすニュータウン)

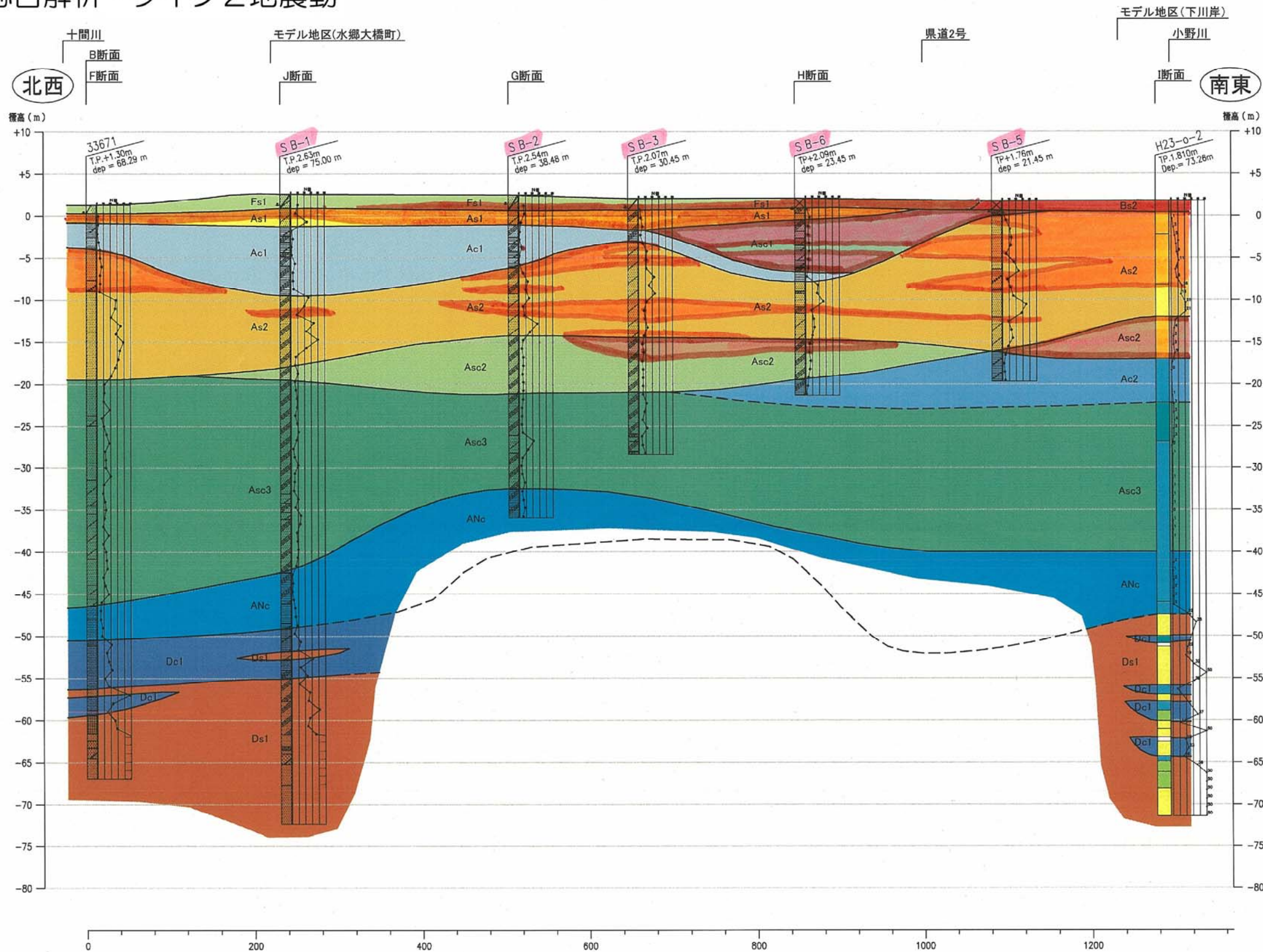
佐原市街地地区
地震応答解析・タイプ2地震動

佐原市街地地区



佐原地区

応答解析・タイプ2地震動



地質区分凡例

人工地盤	埋め土	砂質土	Fs1	
		砂質土	Fs2	
	盛り土	砂質土	Bs1	
		粘性土	Bc1	
		砂質土	Bs2	
		砂質土	Bs3	
自然地盤	有楽町層相当層	砂質土(砂丘性)	sd1	
		砂質土(砂丘性)	sd2	
		粘性土	Ac1	
		腐植土	Ap1	
		砂質土	As1	
		粘性土・砂質土互層	Asc1	
		粘性土	Ac2	
		腐植土	Ap2	
		砂質土	As2	
		粘性土・砂質土互層	Asc2	
		粘性土	Ac3	
		砂質土	As3	
	粘性土・砂質土互層	Asc3		
	七号地層相当層	粘性土	ANc	
		砂質土	ANs	
粘性土		Dc1		
更新統 下総層群	砂質土	Ds1		
	粘性土	Dc2		
	砂質土	Ds2		

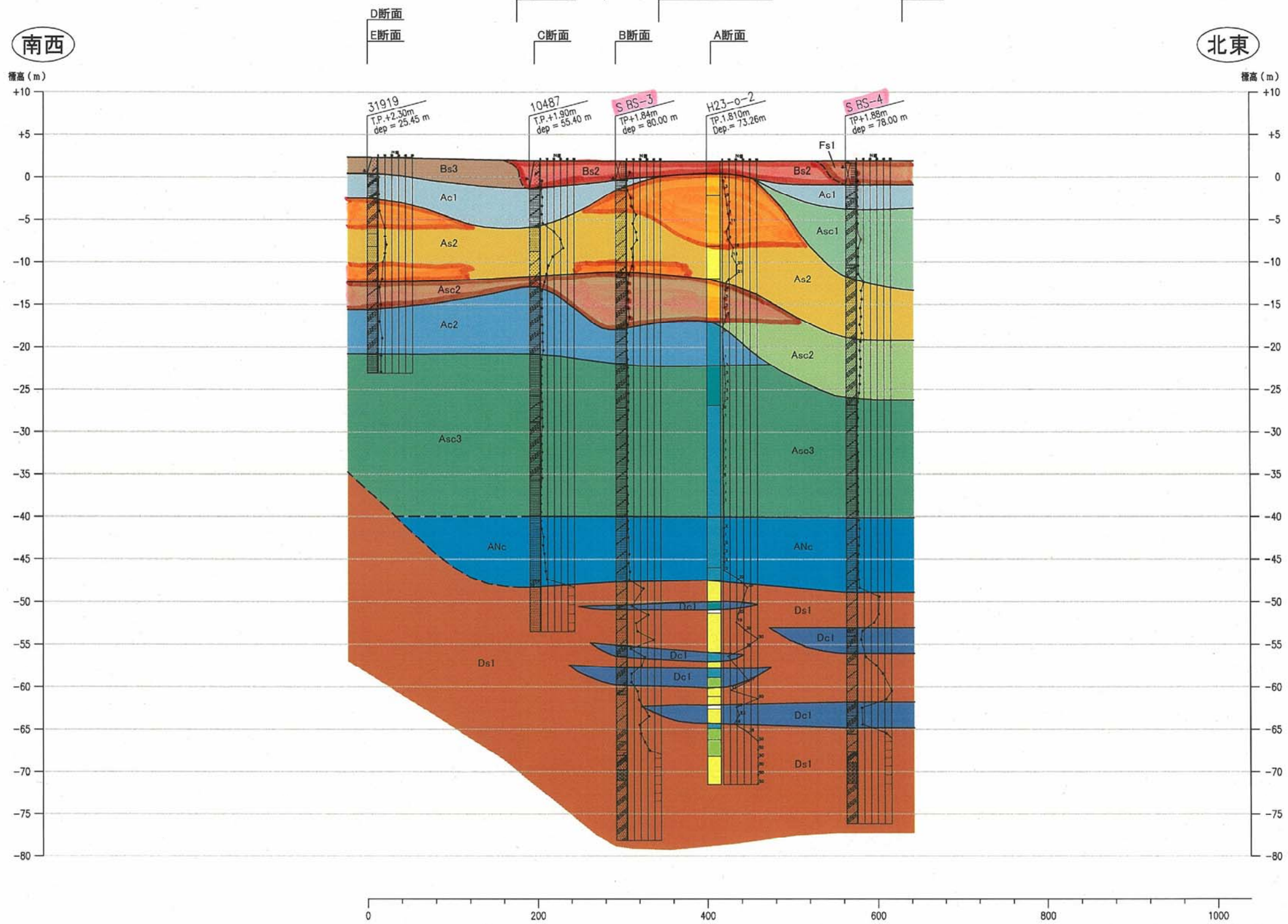
※埋め土Fは水域への埋め立て土
 ※盛り土Bは陸域への盛り土

: 液状化判定地点
 : 液状化判定結果から推定される液状化土層

想定地質断面図 佐原A断面
 SV=1:500 SH=1:5,000

佐原地区

応答解析・タイプ2地震動



地質区分凡例

人工地盤	埋め土	砂質土	Fs1	
		砂質土	Fs2	
	盛り土	砂質土	Bs1	
		粘性土	Bc1	
		砂質土	Bs2	
		砂質土	Bs3	
自然地盤	有楽町層相当層	砂質土(砂丘性)	sd1	
		砂質土(砂丘性)	sd2	
		粘性土	Ac1	
		腐植土	Ap1	
		砂質土	As1	
		粘性土・砂質土 互層	Asc1	
		粘性土	Ac2	
		腐植土	Ap2	
		砂質土	As2	
		粘性土・砂質土 互層	Asc2	
		粘性土	Ac3	
		砂質土	As3	
		粘性土・砂質土 互層	Asc3	
	七号地層相当層	粘性土	ANc	
更新統	下総層群	砂質土	ANs	
		粘性土	Dc1	
		砂質土	Ds1	
		粘性土	Dc2	
		砂質土	Ds2	

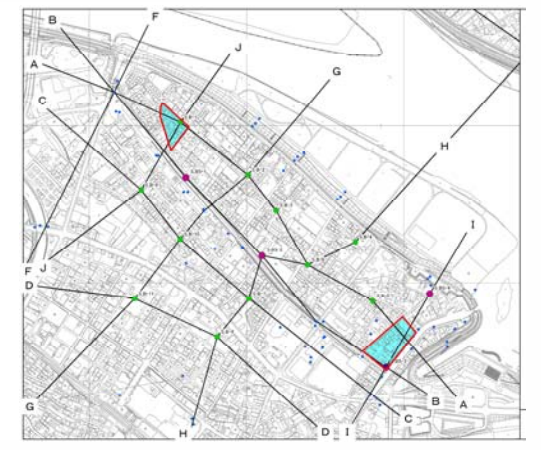
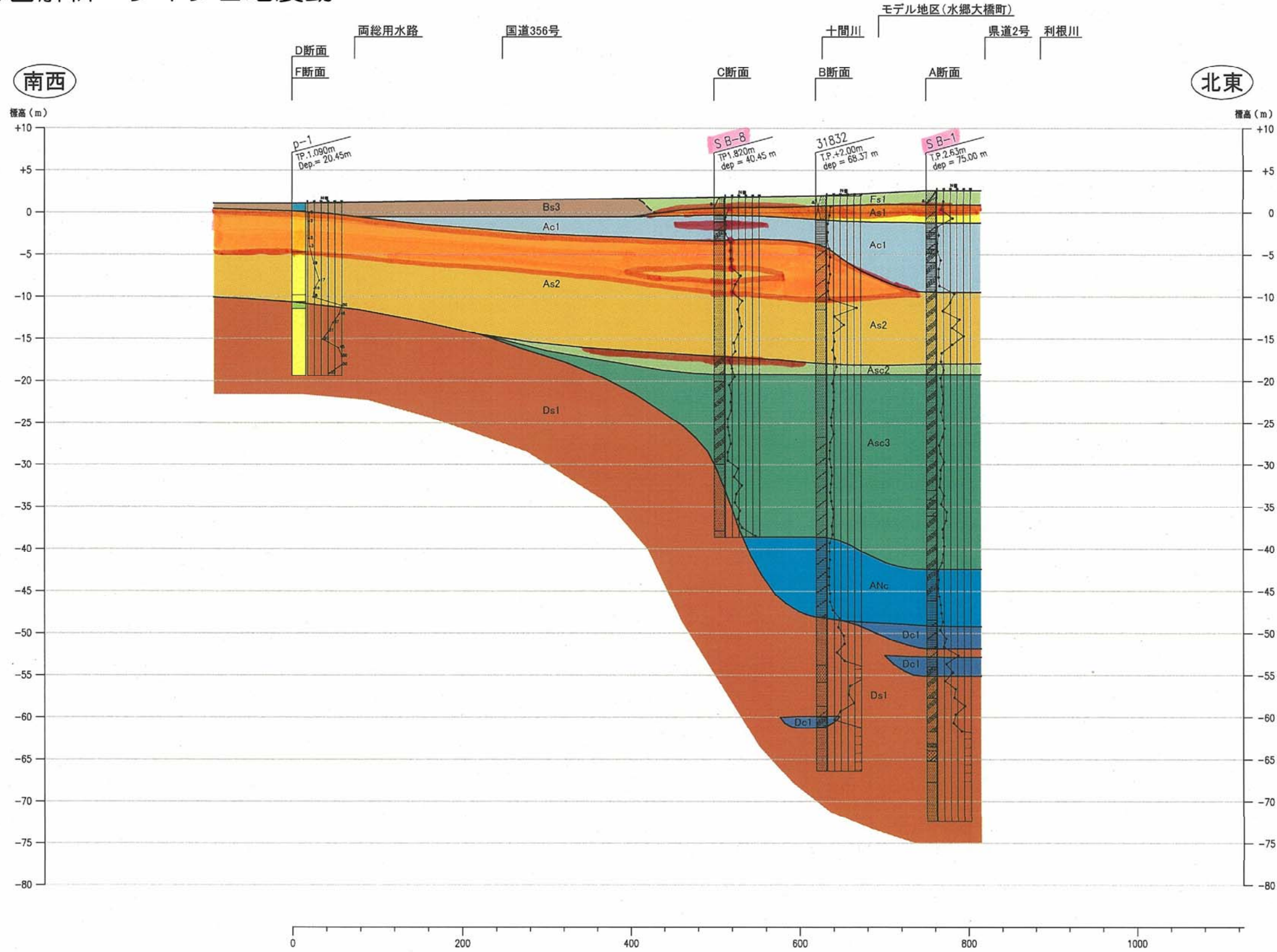
※埋め土Fは水域への埋め立て土
 ※盛り土Bは陸域への盛り土

: 液状化判定地点
 : 液状化判定結果から推定される液状化土層

想定地質断面図 佐原I断面
 SV=1:500 SH=1:5,000

佐原地区

応答解析・タイプ2地震動



地質区分凡例

人工地盤	埋め土	砂質土	Fs1	
		砂質土	Fs2	
	盛り土	砂質土	Bs1	
		粘性土	Bc1	
		砂質土	Bs2	
		砂質土	Bs3	
自然地盤	有楽町層相当層	砂質土(砂丘性)	sd1	
		砂質土(砂丘性)	sd2	
		粘性土	Ac1	
		腐植土	Ap1	
		砂質土	As1	
		粘性土・砂質土互層	Asc1	
		粘性土	Ac2	
		腐植土	Ap2	
		砂質土	As2	
		粘性土・砂質土互層	Asc2	
	七尋地層相当層	粘性土	Ac3	
		砂質土	As3	
		粘性土・砂質土互層	Asc3	
		粘性土	ANc	
更新統	下総層群	砂質土	ANs	
		粘性土	Dc1	
		砂質土	Ds1	
		粘性土	Dc2	
		砂質土	Ds2	

※埋め土Fは水域への埋め立て土
 ※盛り土Bは陸域への盛り土

: 液状化判定地点
 : 液状化判定結果から推定される液状化土層

想定地質断面図 佐原J断面
 SV=1:500 SH=1:5,000

小見川市街地地区

地震応答解析・タイプ2地震動

小見川市街地地区

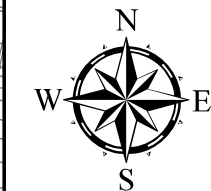
凡例

- ボーリング位置_詳細部
- ボーリング位置_一般部
- 既存ボーリング

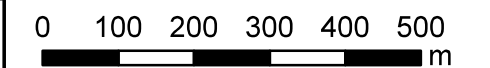
— 地質断面位置

【再液状化計算結果等凡例】

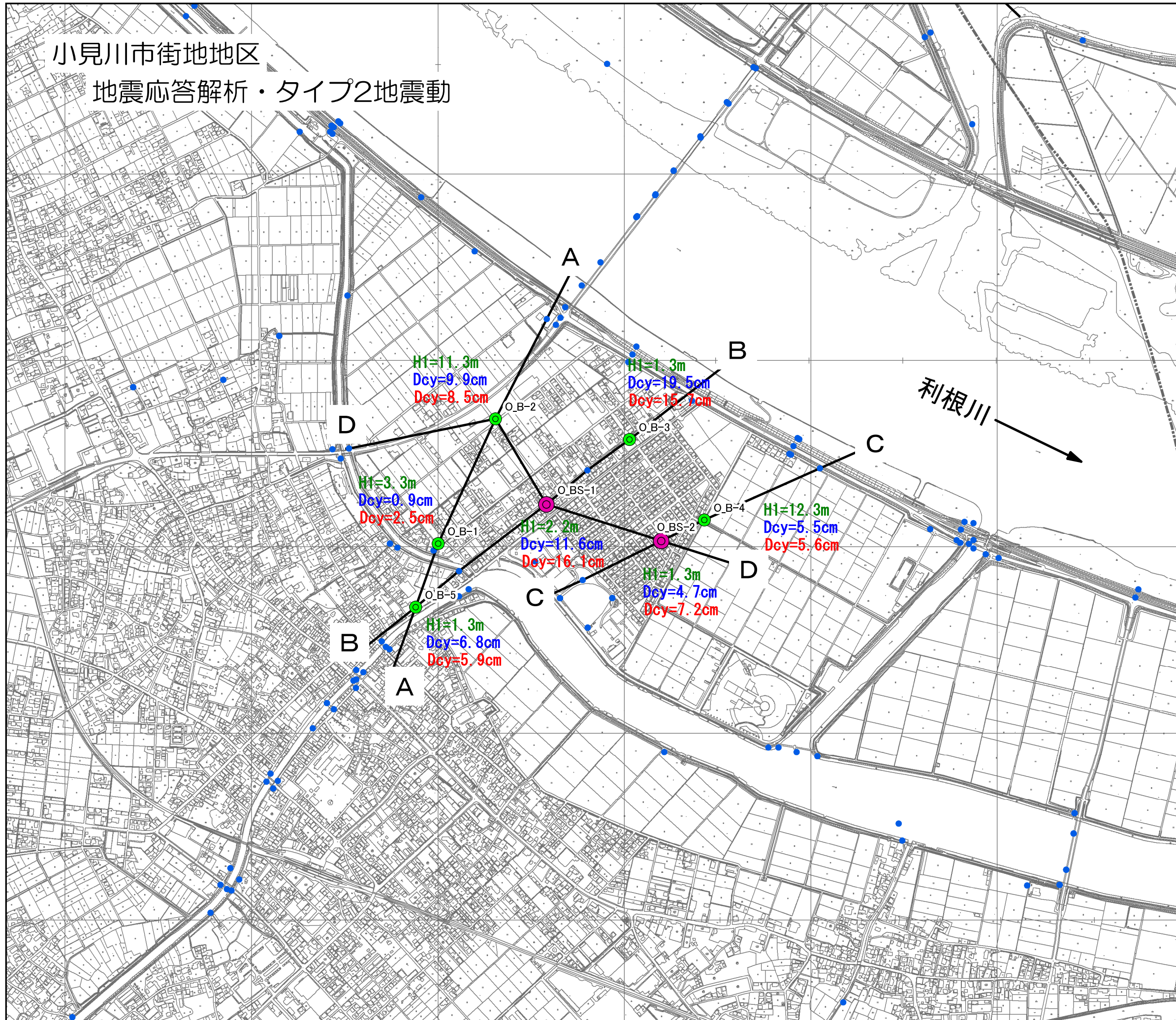
- 緑 : H1 (m)
- 青 : Dcy (cm) 建築基準
- 赤 : Dcy (cm) 高圧ガス基準



1:10,000

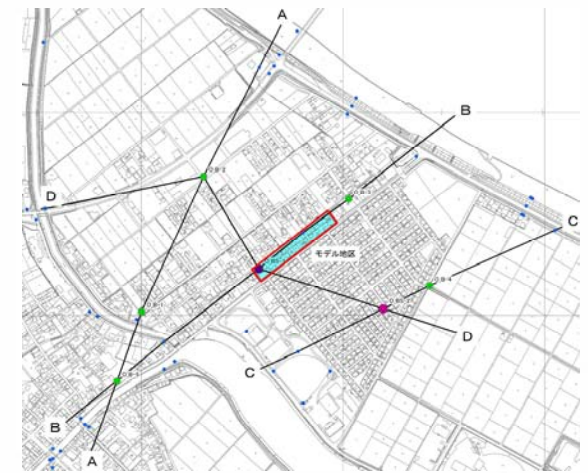


再液状化計算結果による
地表面沈下量Dcy一覧図



小見川地区

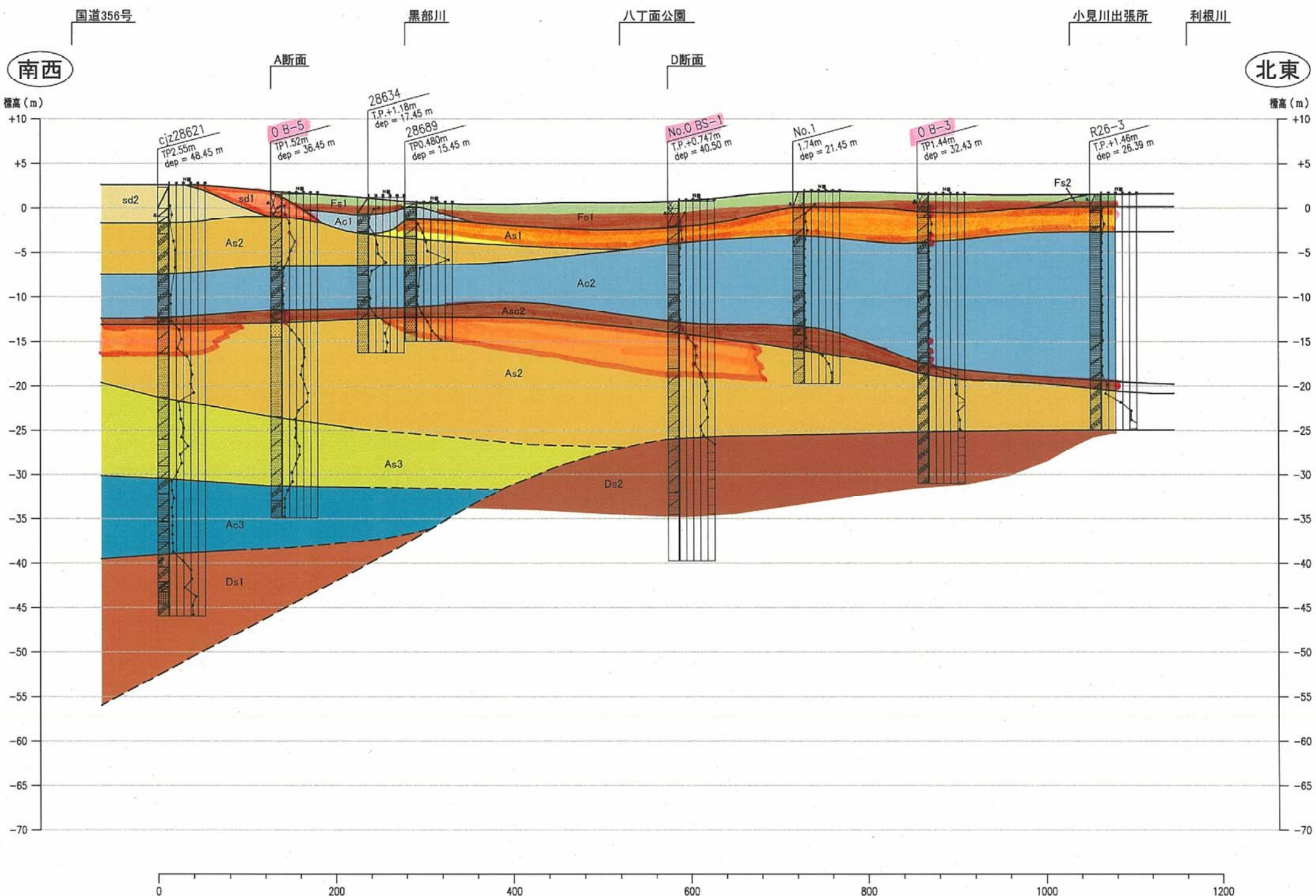
応答解析・タイプ2地震動



小見川地区
地質区分凡例

人工地盤	埋め土	砂質土	Fs1	
		砂質土	Fs2	
	盛り土	砂質土	Bs1	
		砂質土	Bs2	
		砂質土	Bs3	
自然地盤	有楽町層相当層	砂質土(砂丘性)	sd1	
		砂質土(砂丘性)	sd2	
		粘性土	Ac1	
		腐植土	Ap1	
		砂質土	As1	
		粘性土・砂質土互層	Asc1	
		粘性土	Ac2	
		腐植土	Ap2	
		砂質土	As2	
		粘性土・砂質土互層	Asc2	
		粘性土	Ac3	
		砂質土	As3	
更新統	下総層群	粘性土	ANc	
		砂質土	ANs	
		粘性土	Dc1	
		砂質土	Ds1	
		粘性土	Dc2	
		砂質土	Ds2	

※埋め土Fは水域への埋め立て土
※盛り土Bは陸域への盛り土

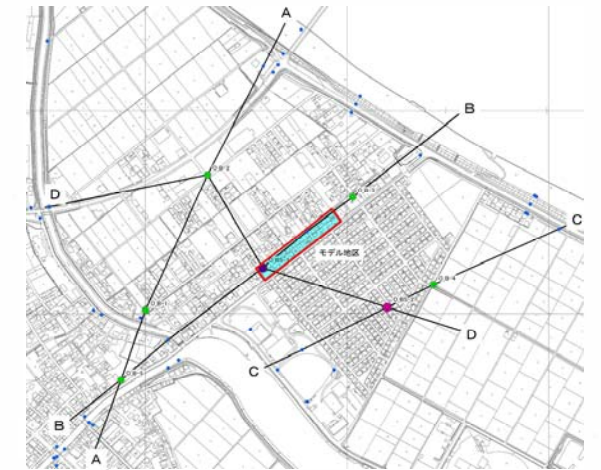


想定地質断面図 小見川B断面
SV=1:500 SH=1:5,000

: 液状化判定地点
 : 液状化判定結果から推定される液状化土層

小見川地区

応答解析・タイプ2地震動



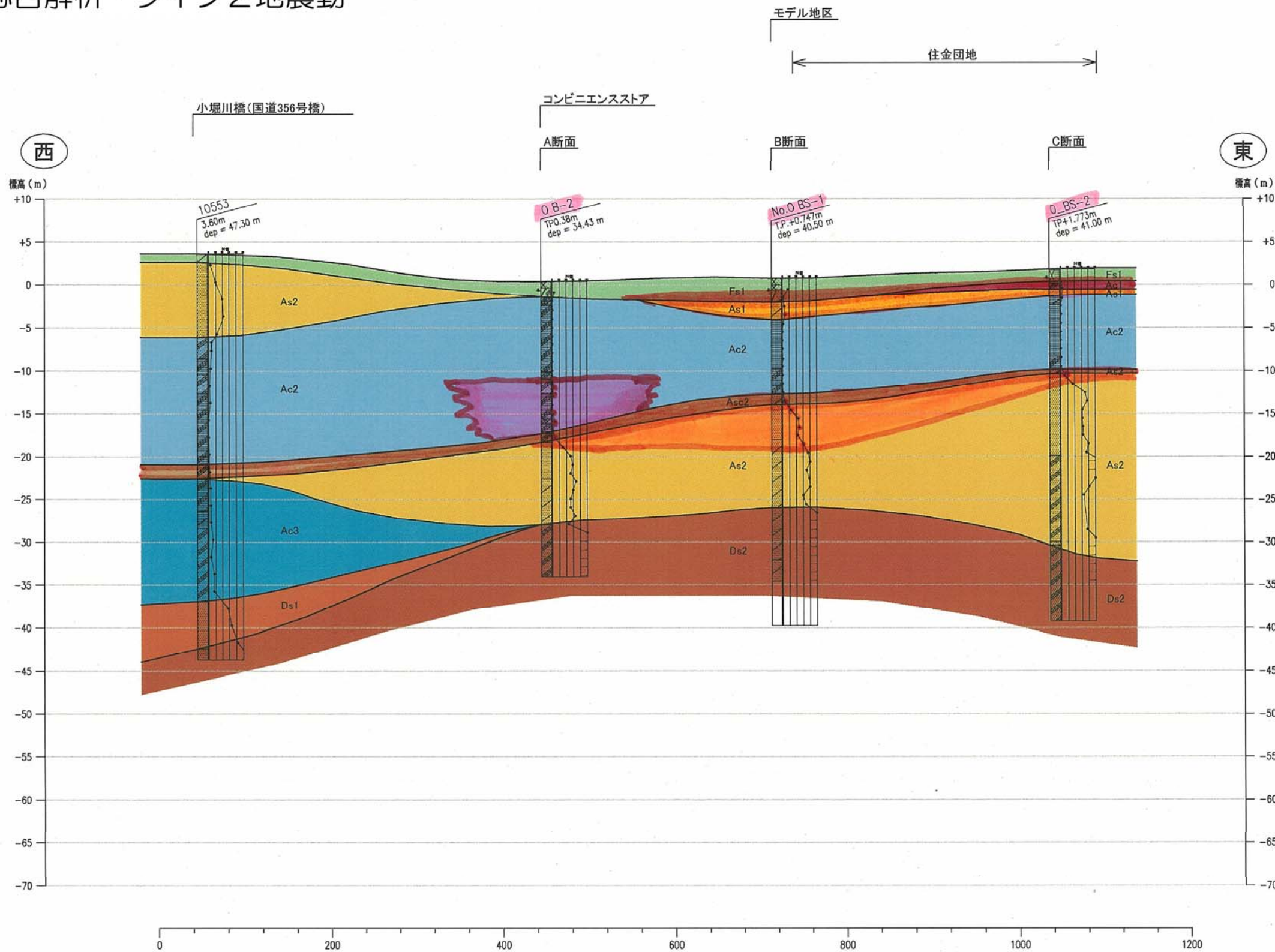
小見川地区
地質区分凡例

人工地盤	埋め土	砂質土	Fs1
		砂質土	Fs2
	盛り土	砂質土	Bs1
		砂質土	Bs2
自然地盤	有楽町層相当層	砂質土(砂丘性)	sd1
		砂質土(砂丘性)	sd2
		粘性土	Ac1
		腐植土	Ap1
		砂質土	As1
		粘性土・砂質土互層	Asc1
		粘性土	Ac2
		腐植土	Ap2
		砂質土	As2
		粘性土・砂質土互層	Asc2
		粘性土	Ac3
		砂質土	As3
		粘性土・砂質土互層	Asc3
		更新統	下総層群
砂質土	ANs		
粘性土	Dc1		
砂質土	Ds1		

※埋め土Fは水域への埋め立て土
※盛り土Bは陸域への盛り土

: 液状化判定地点

: 液状化判定結果から推定される液状化土層



想定地質断面図 小見川D断面
SV=1:500 SH=1:5,000

府馬地区
 応答解析・タイプ2地震動

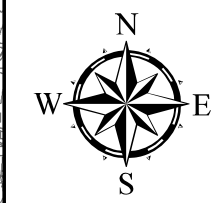
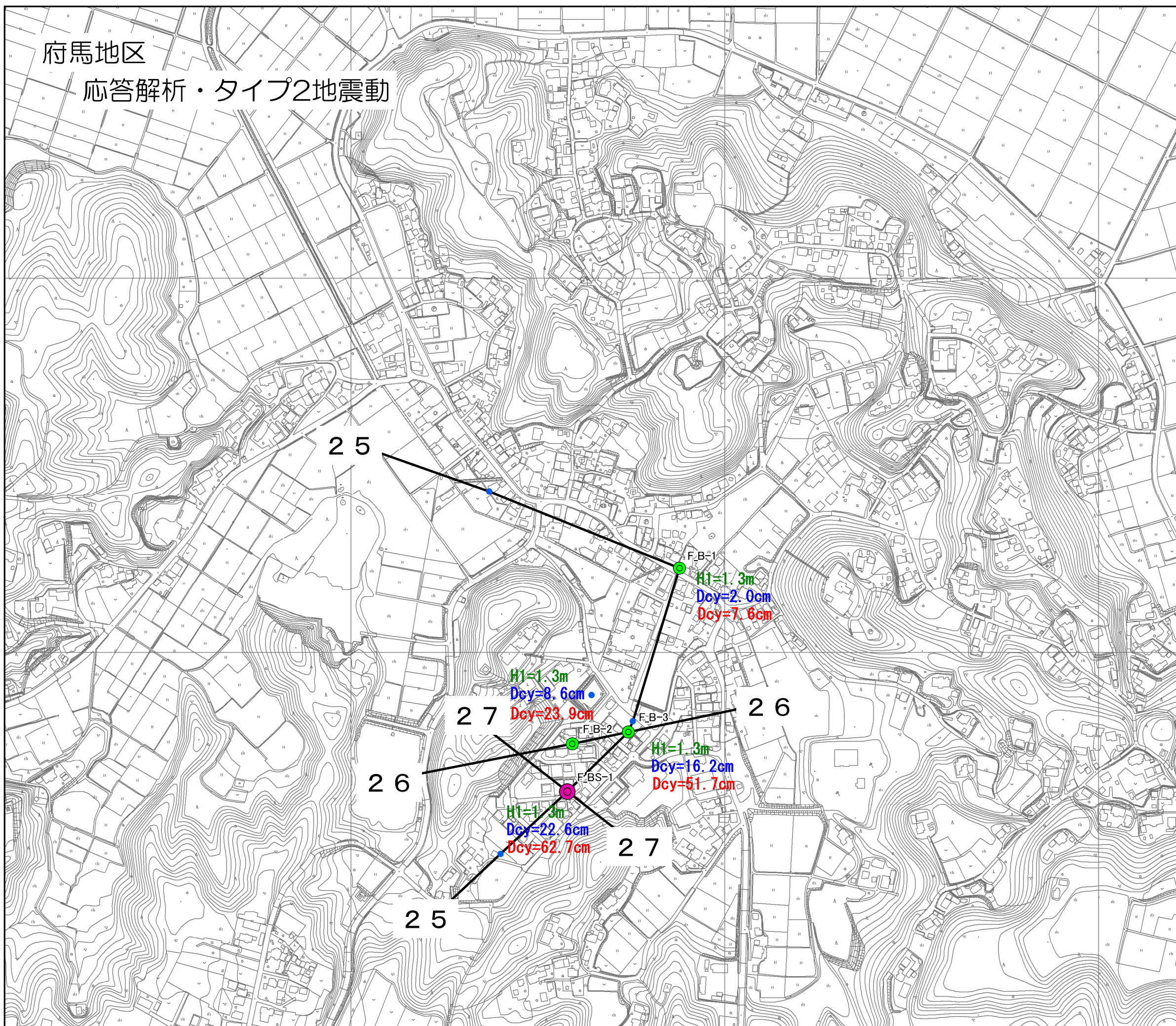
府馬地区

凡例

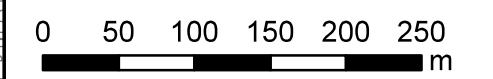
- ボーリング位置_詳細部
- ボーリング位置_一般部
- 既存ボーリング
- 地質断面位置

【再液状化計算結果等凡例】

- 緑 : H1 (m)
- 青 : Dcy (cm) 建築基準
- 赤 : Dcy (cm) 高圧ガス基準



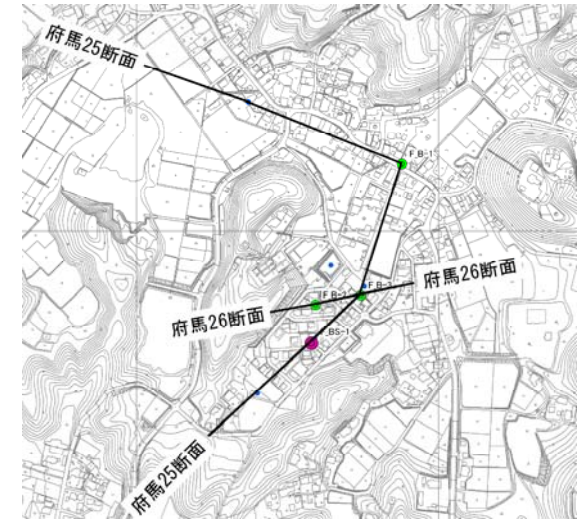
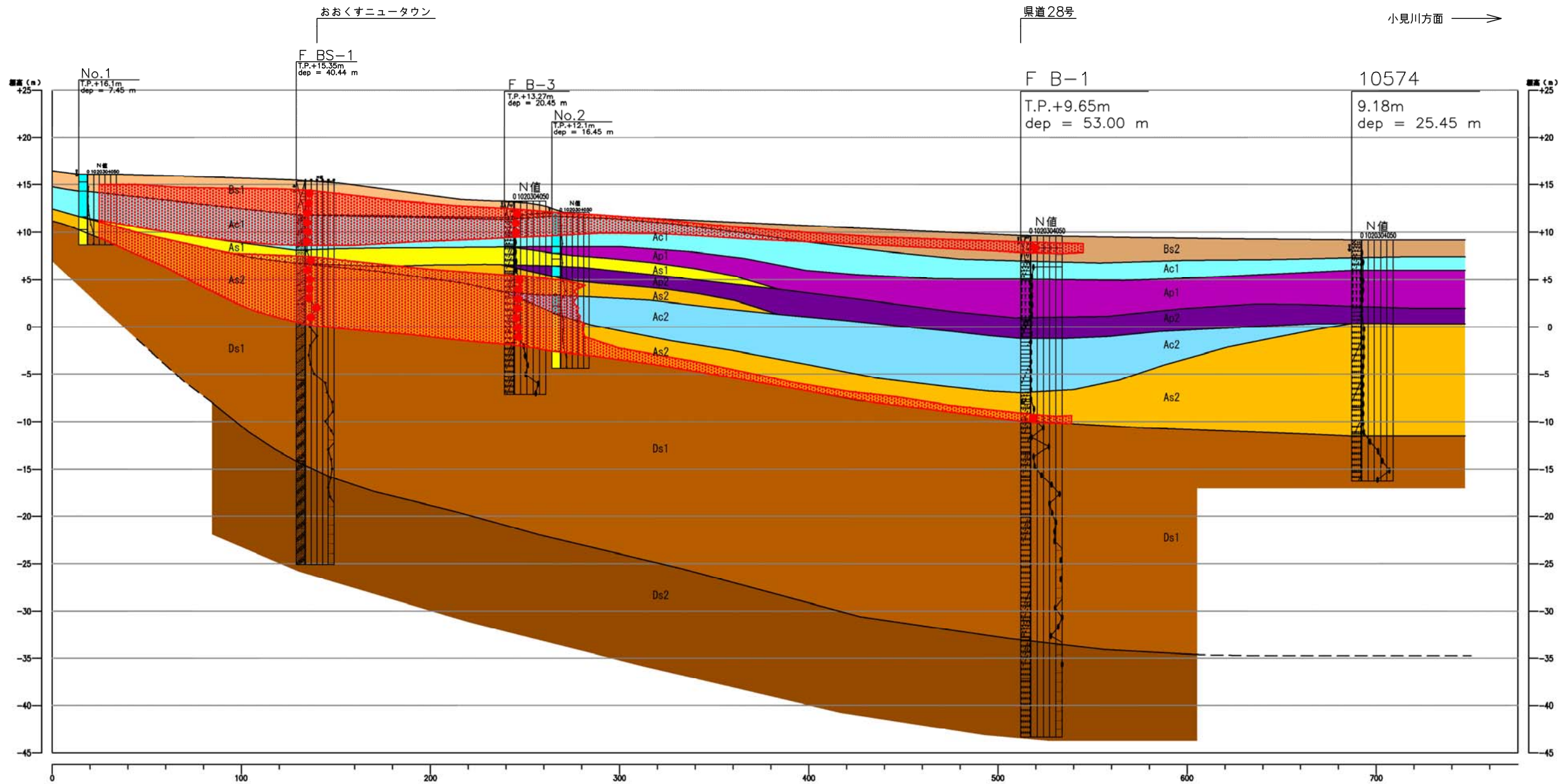
1:5,000



再液状化計算結果による
 地表面沈下量Dcy一覧図

府馬地区

応答解析・タイプ2地震動



府馬地区位置

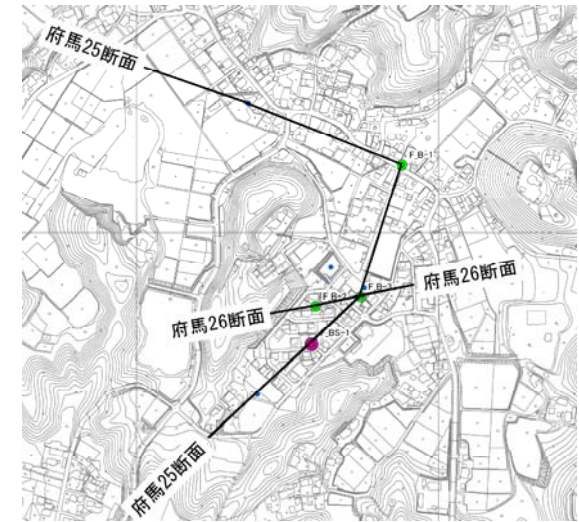
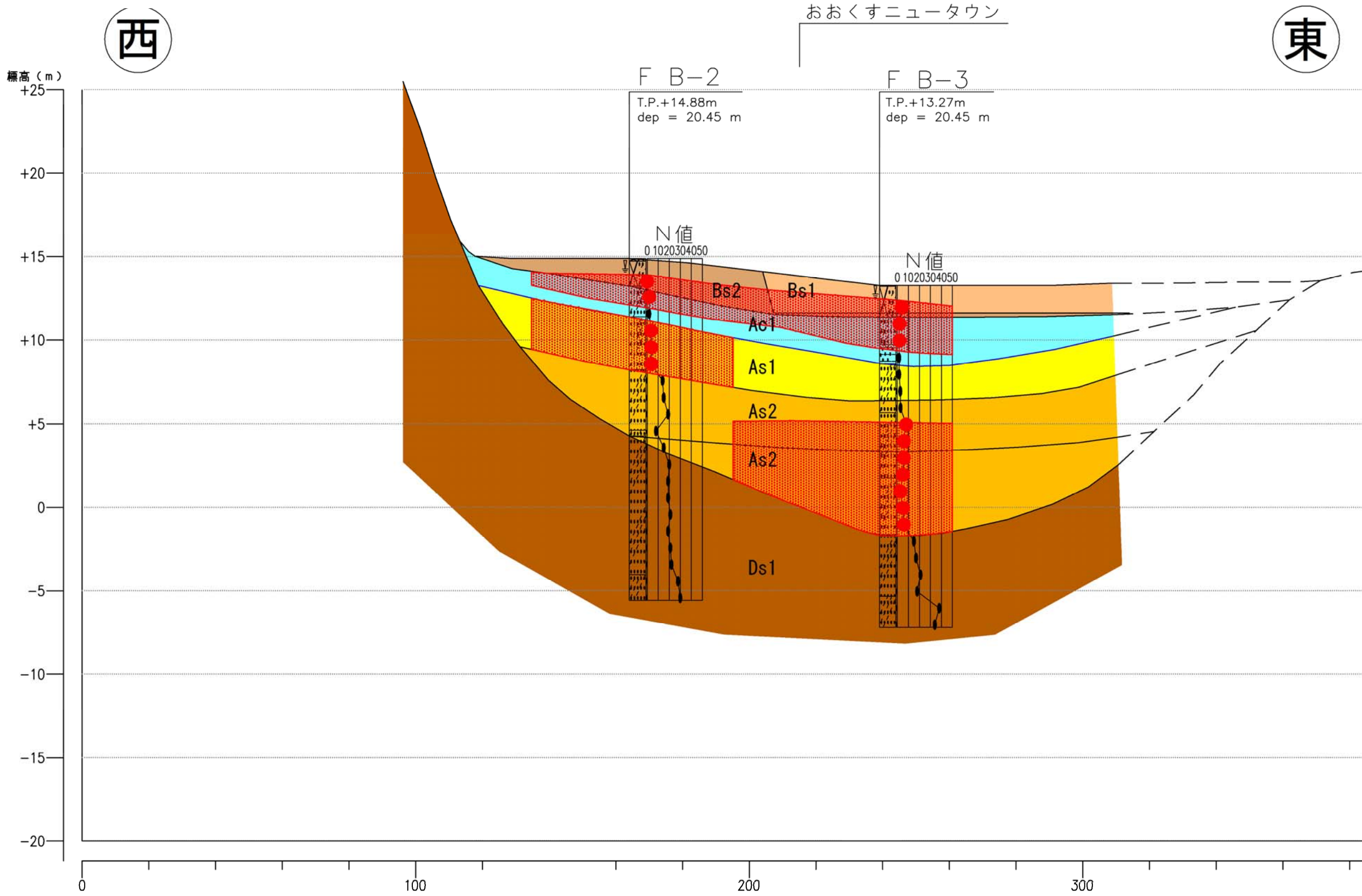
地質区分凡例

人工地盤	埋め土	砂質土	Fs1	
		砂質土	Fs2	
	盛り土	砂質土	Bs1	
		粘性土	Bc1	
		砂質土	Bs2	
		砂質土	Bs3	
自然地盤	有楽町層相当層	砂質土(砂丘性)	sd1	
		砂質土(砂丘性)	sd2	
		粘性土	Ac1	
		腐植土	Ap1	
		砂質土	As1	
		粘性土・砂質土互層	Asc1	
		粘性土	Ac2	
		腐植土	Ap2	
		砂質土	As2	
		粘性土・砂質土互層	Asc2	
		粘性土	Ac3	
		砂質土	As3	
		粘性土・砂質土互層	Asc3	
	更新統	下総層群	粘性土	ANc
砂質土			ANs	
粘性土			Dc1	
砂質土			Ds1	

※埋め土Fは水域への埋め立て土
 ※盛り土Bは陸域への盛り土

府馬地区

応答解析・タイプ2地震動



府馬地区位置

地質区分凡例

人工地盤	埋め土	砂質土	Fs1
		砂質土 <td>Fs2</td>	Fs2
人工地盤	盛り土	砂質土	Bs1
		粘性土	Bc1
		砂質土	Bs2
		砂質土	Bs3
		砂質土	Bs3
自然地盤	有楽町層相当層	砂質土(砂丘性)	sd1
		砂質土(砂丘性)	sd2
		粘性土	Ac1
		腐植土	Ap1
		砂質土	As1
		粘性土・砂質土互層	Asc1
		粘性土	Ac2
		腐植土	Ap2
		砂質土	As2
		粘性土・砂質土互層	Asc2
		粘性土	Ac3
		砂質土	As3
		粘性土・砂質土互層	Asc3
更新統	七号地層相当層	粘性土	ANc
		砂質土	ANs
		粘性土	Dc1
		砂質土	Ds1
更新統	下総層群	粘性土	Dc2
		砂質土	Ds2
		砂質土	Ds2

※埋め土 Fは水域への埋め立て土
 ※盛り土 Bは陸域への盛り土