

## 第5回委員会の指摘事項とその対応について

資料-4

表-4.1 第5回委員会の指摘事項とその対応一覧表

番号	質問および意見	質問に対する対応
<b>(1) 地質調査結果報告</b>		
①	N値とVsの相関図では細粒分含有率Fcのパラメータを加えてさらに細分化整理をして欲しい。 (石原委員長、古関副委員長)	ご指摘の通り対応した。(事務局) →資料-4
②	地層区分における各層の概要について示して欲しい。また、粒度分析結果についての考察も含めて欲しい。 (石原委員長、中井委員)	ご指摘の通り対応した。(事務局) →資料-4
<b>(2) 液状化の検証</b>		
③	計算による沈下量に、余震の沈下量を含めて提示して欲しい。 (石原委員長)	検討中である。(事務局)
④	液状化の検証を行うため、府馬地区の実沈下量を、幅を持った推定値で構わないので提示して欲しい。 (石原委員長、古関副委員長)	ご指摘の通り対応した。(事務局) →資料-4
⑤	実沈下量よりも計算による沈下量がかなり大きくなる場合は、液状化判定対象層をG.L.-10mへ変更するもしくは沖積層を判定対象から外すなどして、実測と計算がなるべく合うようにしてから再液状化の検討に進みたいので、検討条件の再整理とその結果を報告して欲しい。沖積層を判定対象から外す場合は、杭基礎の公共的建物の被害状況についても考慮して欲しい。 (石原委員長、古関副委員長)	ご指摘の通り対応した。(事務局) →資料-4
⑥	実沈下量とPL値の比較を行って欲しい。 (石原委員長、中井委員)	ご指摘の通り対応した。(事務局) →資料-5
⑦	佐原と小見川地区について、タイプ2地震の簡易法と詳細法の結果と実沈下量についての相関図を作成して欲しい。 (古関副委員長)	ご指摘の通り対応した。(事務局) →資料-5

<b>(3) 再液状化の検討</b>		
⑧	再液状化による検討結果一覧表に、用いた地震動の諸元(最大加速度等)も併せて示して欲しい。 (石原委員長)	ご指摘の通り対応した。(事務局) →資料-6
⑨	S_B-1地点では液状化被害が大きかったにも関わらず、計算ではあまり被害がでていない。F_BS-1地点では逆に実現象よりもかなり大きめに沈下量が出ている。このように検討結果の傾向と、実現象の傾向が異なる検討地点について、追加の地質調査実施を検討して欲しい。 (石原委員長)	ご指摘の通り対応した。(事務局) →資料-4
⑩	推定沈下量を想定地層断面図に示して欲しい。 (古関副委員長)	ご指摘の通り対応した。(事務局) →資料-6

以上

## N値-Vs 相関関係

各地区における標準貫入試験とともに、PS 検層を行っている箇所について N 値とせん断弾性波速度 Vs の相関関係を整理した。

### (1) データ整理箇所及び方法

#### 1. 検討位置

地区名	PS 検層実施ボーリング箇所
佐原	S_BS-1
	S_BS-2
	S_BS-3
	S_BS-4
	S_B-1
	S_B-4
小見川	S_B-9
	O_BS-1
	O_BS-2
利根以北	T_BS-1
	T_BS-1
	T_B-5
	T_B-11
府馬	T_B-15
	F_BS-1

#### 2. N 値-Vs 相関関係の検討方法

各地区における標準貫入試験とともに、PS 検層を行っている箇所について N 値-Vs の相関関係を整理した。道路橋示方書における N 値-Vs 換算式と比較し、各土質における N 値-Vs の相関関係の傾向を整理した。データ整理上、N=0 となる点は除外した。除外した理由として、道路橋示方書における N 値-Vs の換算式が指数表記であるため、N=0 を関係式に含められないからである。

### (2) データ整理結果

#### 1. 道路橋示方書における N-Vs 換算式

道路橋示方書における N-Vs 換算式は次式である。

$$\text{砂質土層の場合：} V_{si} = 80 \times N_i^{1/3} (1 \leq N_i \leq 50)$$

$$\text{粘性土層の場合：} V_{si} = 100 \times N_i^{1/3} (1 \leq N_i \leq 25)$$

ここに、

$V_{si}$  : i 番目の地層の平均せん断弾性波速度

$N_i$  : 標準貫入試験による i 番目の地層の平均 N 値

i : 当該地盤が地表面から耐震設計上の基盤面まで n 層に区分されるときの地表面からの i 番目の地層の番号

#### 2. 整理結果

土層区分	分類	相 関 式	相関係数 R <sup>2</sup>	データ数
人工地盤 (盛土(B)、 埋土(F))	0 ≤ Fc(%) < 15	—	—	1
	15 ≤ Fc(%) < 35	$V_{si} = 90 \times N_i^{0.09}$ [m/s]	0.21	9
	35 ≤ Fc(%) < 50	—	—	—
	50 ≤ Fc(%) < 65	$V_{si} = 85 \times N_i^{0.11}$ [m/s]	1.00	2
	65 ≤ Fc(%) < 85	—	—	2
沖積層 (A)	85 ≤ Fc(%) ≤ 100	—	—	—
	0 ≤ Fc(%) < 15	$V_{si} = 79 \times N_i^{0.28}$ [m/s]	0.49	104
	15 ≤ Fc(%) < 35	$V_{si} = 101 \times N_i^{0.21}$ [m/s]	0.39	84
	35 ≤ Fc(%) < 50	$V_{si} = 124 \times N_i^{0.21}$ [m/s]	0.49	39
	50 ≤ Fc(%) < 65	$V_{si} = 136 \times N_i^{0.20}$ [m/s]	0.45	26
	65 ≤ Fc(%) < 85	$V_{si} = 129 \times N_i^{0.05}$ [m/s]	0.01	17
洪積層 (D)	85 ≤ Fc(%) ≤ 100	$V_{si} = 105 \times N_i^{0.36}$ [m/s]	0.79	17
	0 ≤ Fc(%) < 15	$V_{si} = 131 \times N_i^{0.18}$ [m/s]	0.73	10
	15 ≤ Fc(%) < 35	$V_{si} = 93 \times N_i^{0.30}$ [m/s]	0.65	20
	35 ≤ Fc(%) < 50	$V_{si} = 175 \times N_i^{0.15}$ [m/s]	0.48	8
	50 ≤ Fc(%) < 65	—	—	2
	65 ≤ Fc(%) < 85	—	—	3
全 体	85 ≤ Fc(%) ≤ 100	—	—	2
	—	$V_{si} = 110 \times N_i^{0.20}$ [m/s]	0.51	346

### 3. N値-Vs相関図

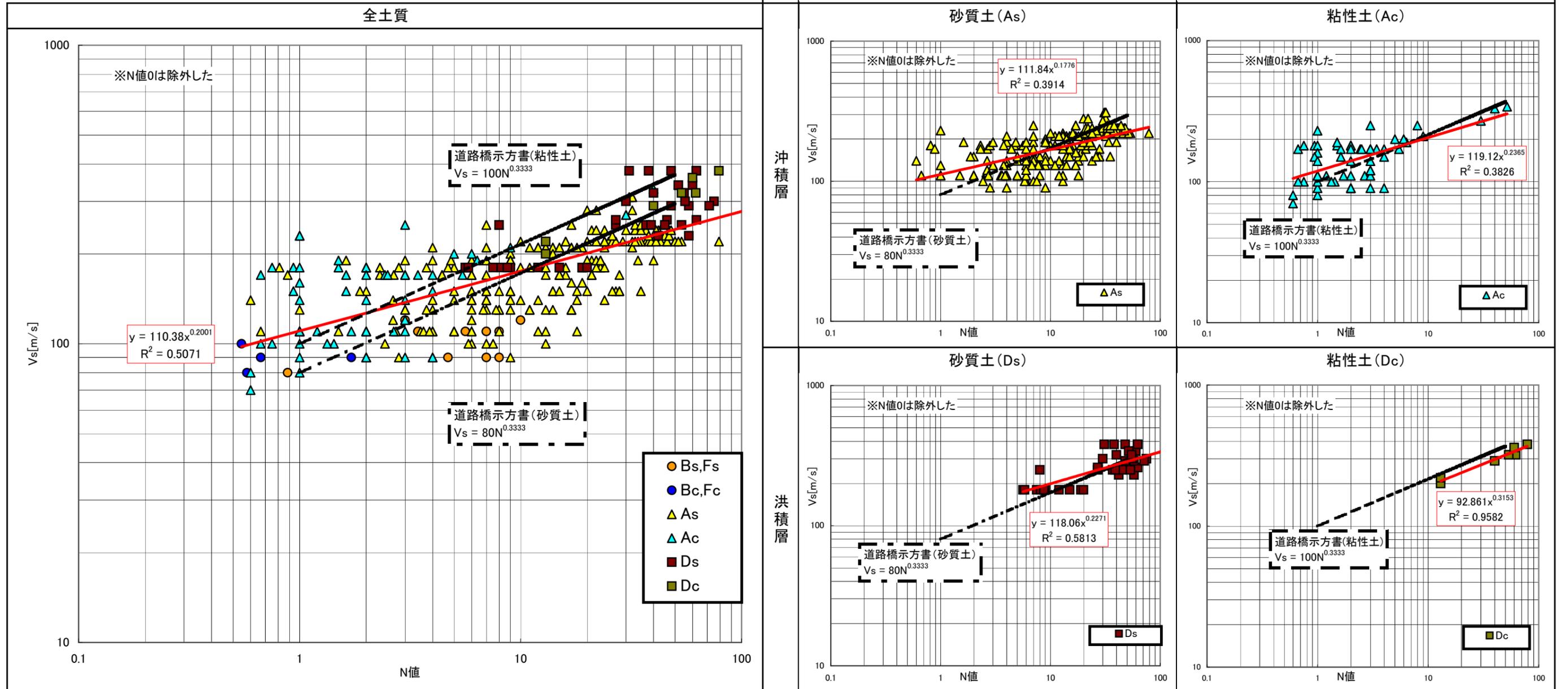
ここではデータ整理結果を示す。

人工地盤(盛土/埋土)、沖積層、洪積層及び砂質土、粘性土に分類した。

結果より、沖積層と洪積層を比べると、同じN値でも洪積層のほうがVsが大きい傾向が確認された。

人工地盤(盛土/埋土)や洪積粘性土層は、データ数が少ないため相関式の信頼性が低いと思われる。

次頁には、細粒分含有率Fc(%)をパラメータとしてさらに細分類した。  
道路橋示方書に示された近似曲線と比べると、ほぼ同程度の傾きもしくは緩やかなものとなった。



低(砂質土) ←

細粒分含有率Fc(%)

→ 高(粘性土)

砂質土

粘性土

0 ≤ Fc(%) < 15

15 ≤ Fc(%) < 35

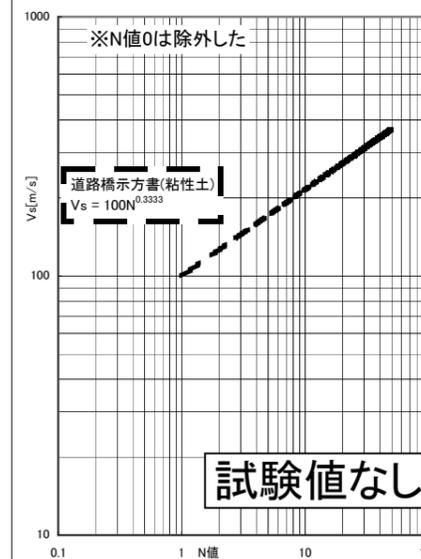
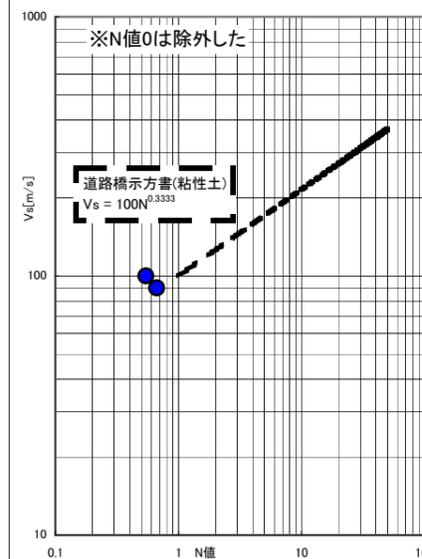
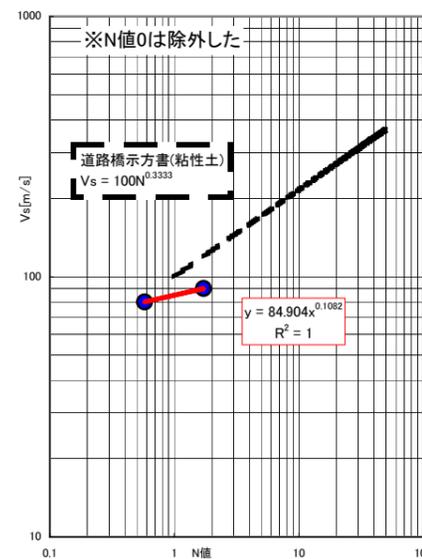
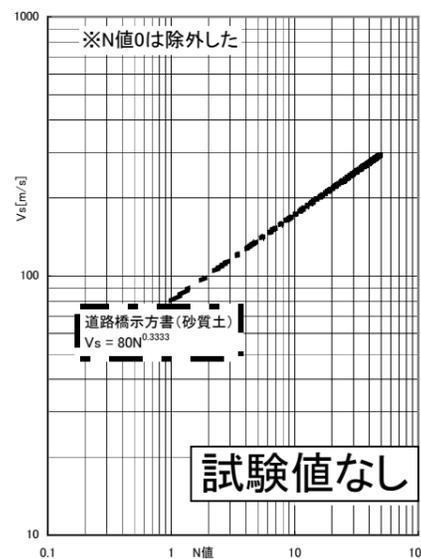
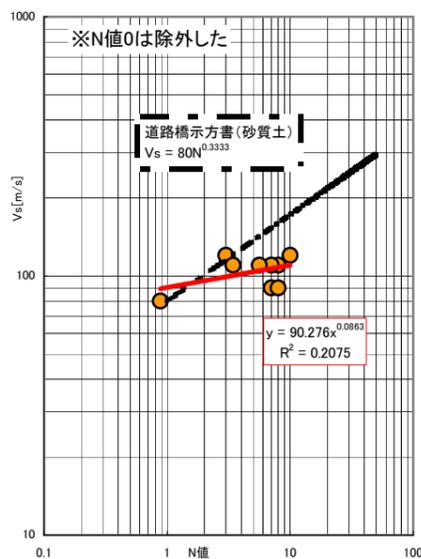
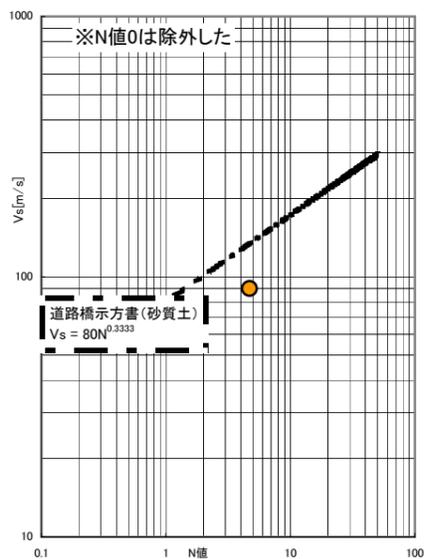
35 ≤ Fc(%) < 50

50 ≤ Fc(%) < 65

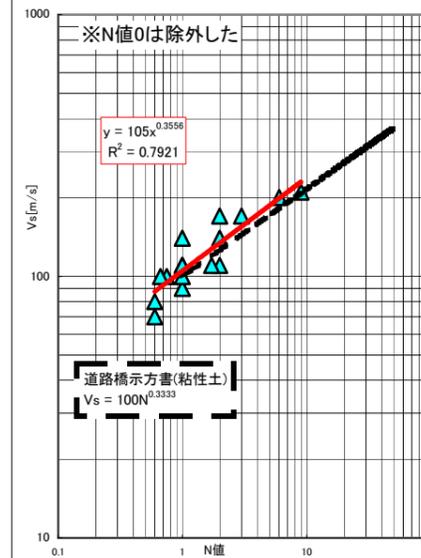
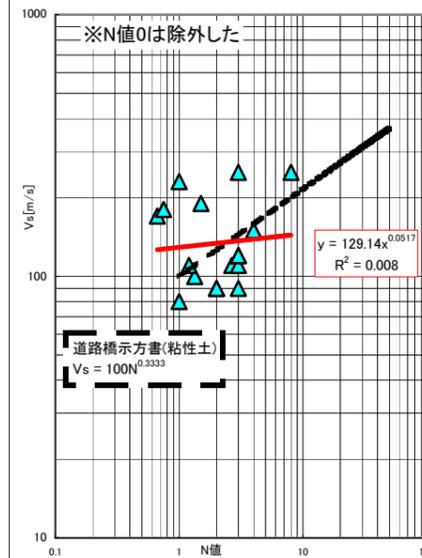
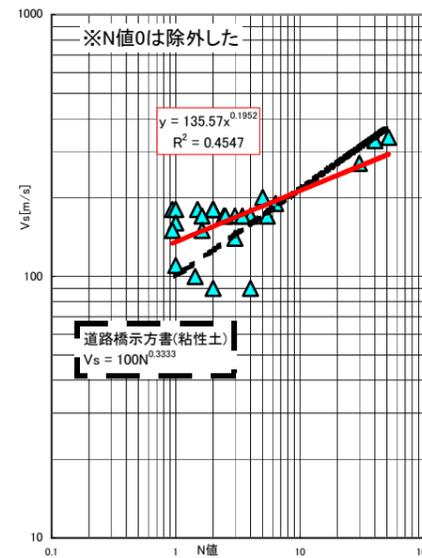
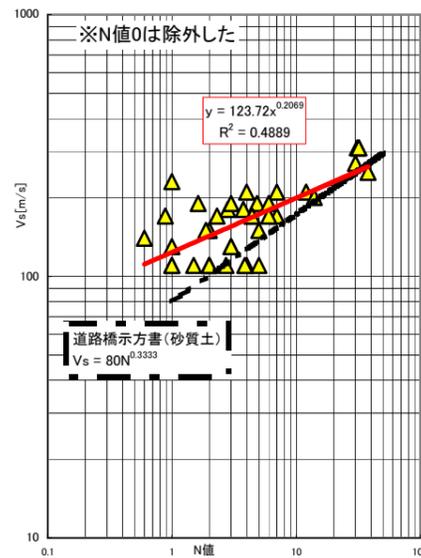
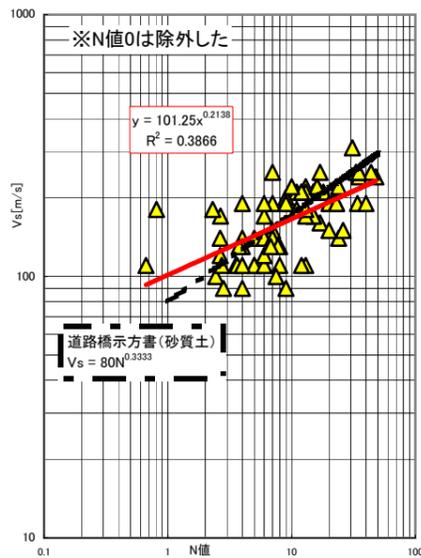
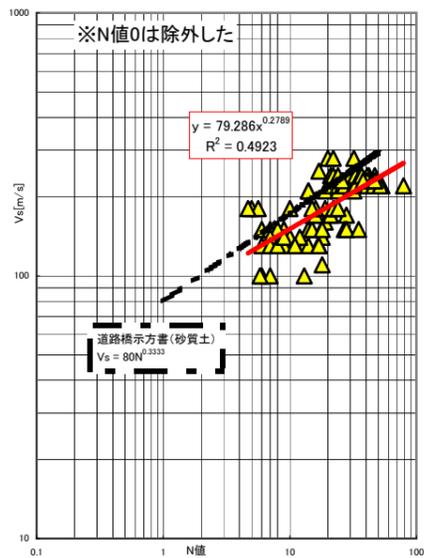
65 ≤ Fc(%) < 85

85 ≤ Fc(%) ≤ 100

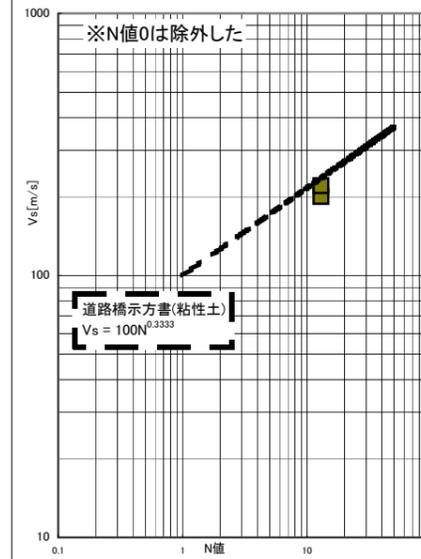
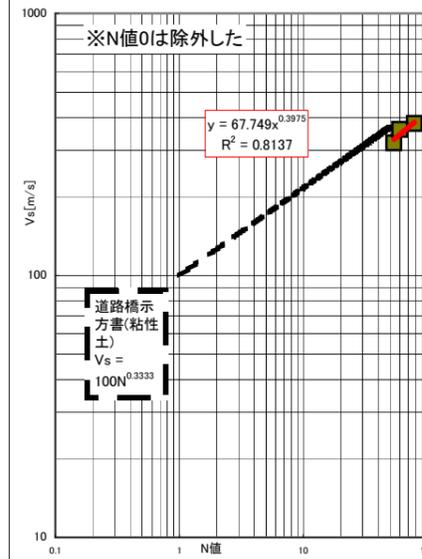
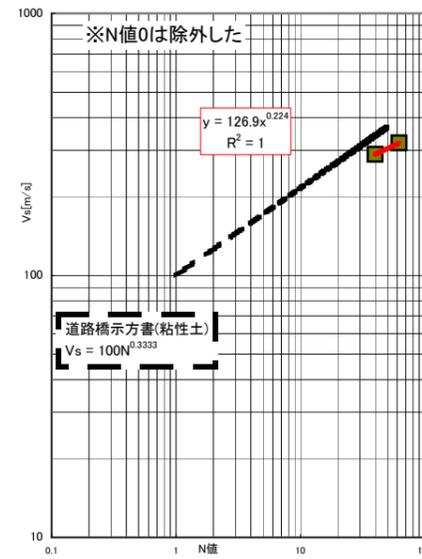
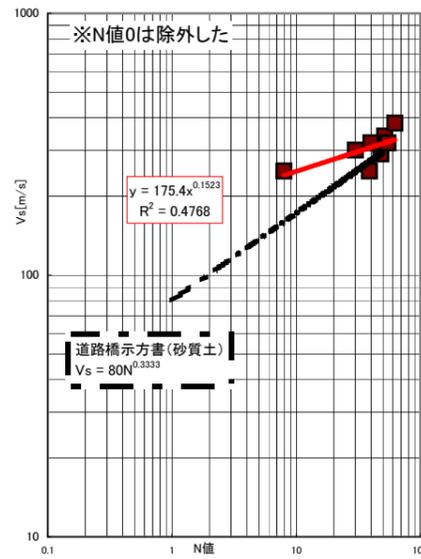
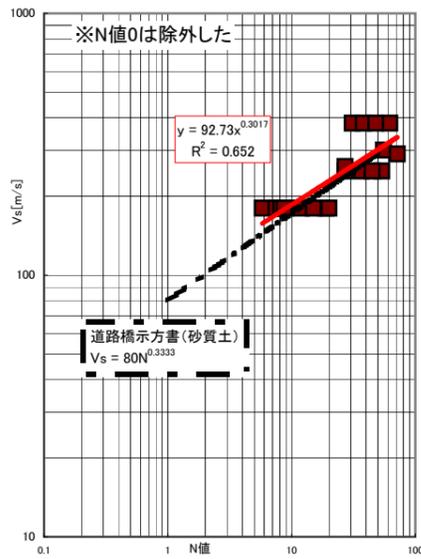
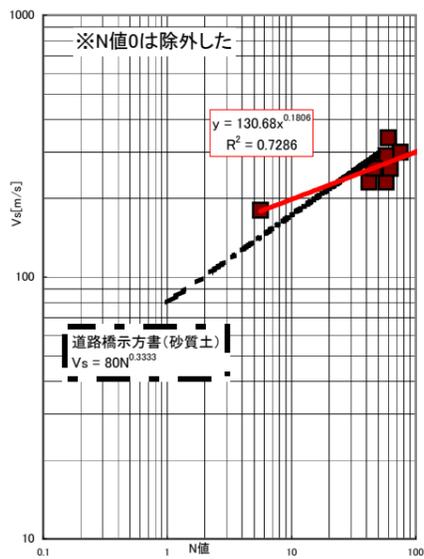
人工地盤(盛土、埋土)



沖積層



洪積層



「資料-4 第5回委員会の指摘事項とその対応について ②」の回答資料

想定地質断面図における各地層の概要

検討対象地区において、新規ボーリング調査が行われた箇所を含む想定地質断面図を作成した。

想定地質断面図に示した各地層の特徴を、地区ごとに以下にまとめる。

【佐原市街地地区】

区分		土質記号	分布標高T.P.+m		代表N値範囲		粒度	説明				
人工地盤	埋土	砂質土	Fs1	0	~	2	1	~	6	Fc=10~20%程度	明治期湿地帯もしくは水域であった箇所に投入された土砂と推定される	
	盛土	粘性土	Bc1	0	~	1.5	4	~	8	Fc=50~60%程度	陸域へ盛り立てられた土砂と推定される	
		砂質土	Bs2	0	~	1.5	7	~	8	Fc=20~30%程度	陸域へ盛り立てられた土砂と推定される	
自然地盤	完全統	砂質土	Bs3	0	~	5	不明	~	不明	不明	陸域へ盛り立てられた土砂のうち最も古い時代に形成されたと推定される	
		砂質土	As1	-5	~	1	3	~	8	Fc=5~30%程度	形成年代が最も若い砂質土層と推定される N値が比較的低い	
		粘性土・砂質土 互層	Asc1	-12	~	-1	2	~	4	Fc=30~80%程度	形成年代が最も若い粘性土・砂質土互層と推定される N値が低い	
		粘性土	Ac1	-15	~	0	0	~	2	Fc=70~90%程度	形成年代が最も若い粘性土層と推定される N値が2以下と軟弱である	
		砂質土	As2	-22	~	0	10	~	20	Fc=5~20%程度	N値が10以上の箇所が多くAs1と比べてやや締まっている N値は概ね10~20の範囲で不安定である	
		粘性土・砂質土 互層	Asc2	-25	~	-10	4	~	12	Fc=15~50%程度	Asc1と比べてFcが小さくやや締まっている	
		粘性土	Ac2	-22	~	-5	1	~	3	Fc=40~90%程度	N値が3以下の軟弱な粘性土	
		砂質土	As3	-21	~	-18	4	~	4	Fc=16%程度	S_B-9でのみ確認された砂層 N値低い	
		粘性土・砂質土 互層	Asc3	-47	~	-15	0	~	8	Fc=20~60%程度	Asc2と比べてFcが大きくやや軟弱である	
	七号地層	粘性土	ANc	-53	~	-33	1	~	4	Fc=70~90%程度	七号地層相当層と推定されN値が小さい	
	更新統	下総層群	砂質土	Ds1	-73	~	-13	30	~	50	Fc=10~30%程度	更新世に形成されたと推定される細粒分の少ない地層 下端標高はボーリングデータで確認できたところまでである
			粘性土	Dc1	-65	~	-29	7	~	20	Fc=90~95%程度	更新世に形成されたと推定される細粒分の多い地層 下端標高はボーリングデータで確認できたところまでである

※埋土Fは水域への埋め立て土と推定される地層

※盛土Bは陸域への盛り土と推定される地層

【小見川市街地地区】

区分		土質記号	分布標高T.P.+m		代表N値範囲		粒度	説明			
人工地盤	埋土	砂質土	Fs1	-3	~	4	1	~	3	Fc=20~45%程度	昭和4~7年まで湿地帯もしくは水域であった箇所に投入された土砂と推定される
	砂質土	Fs2	-0.5	~	0.5	2	~	2	Fc=30%程度	昭和4~7年までに利根川水域に投入された土砂と推定される	
自然地盤	完全統	砂丘性砂質土	Ac1	-2	~	0	0	~	3	Fc=55~90%程度	形成年代が最も若い粘性土層と推定される N値が3以下と軟弱である
		砂丘性砂質土	sd1	-2	~	1.5	3	~	4	Fc=10%以下	砂丘性の砂層と推定される Fcが低い
		粘性土	sd2	-2	~	1	1	~	2	不明	砂丘性の砂層と推定される
		砂質土	As1	-5	~	0	2	~	4	Fc=10~30%程度	形成年代が最も若い砂質土層と推定される N値が比較的低い
		砂質土	As2	-7	~	-2	8	~	19	Fc=10~40%程度	N値が8以上の箇所が多くAs1と比べてやや締まっている
		粘性土	Ac2	-20	~	0	0	~	4	Fc=70~90%程度	N値が3以下の軟弱な粘性土 Fcが70%以上の箇所が多い
		粘性土・砂質土 互層	Asc2	-25	~	-10	3	~	5	Fc=30~60%程度	N値の低い粘性土・砂質土互層
		砂質土	As3	-30	~	-11	20	~	40	Fc=10~30%程度	N値の高い締まった砂層
		砂質土	As4	-30	~	-20	15	~	25	Fc=15~20%程度	As3に比べてN値が低い砂層
		粘性土	Ac4	-38	~	-31	3	~	8	Fc=50~65%程度	Fcがやや低い粘性土層
	更新統	下総層群	砂質土	Ds1	-46	~	-39	20	~	40	不明
砂質土			Ds2	-46	~	-25	45	~	50	Fc=55~70%程度	更新世に形成されたと推定される砂質土層 N値45以上が安定して確認されかなり締まっている 下端標高はボーリングデータで確認できたところまでである

※埋土Fは水域への埋め立て土と推定される地層

【利根川以北地区】

区分		土質記号	分布標高T.P.+m		代表N値範囲		粒度	説明	
人工地盤	埋土	砂質土	Fs1	-1.5	~	0.5	1 ~ 3	Fc=10~40%程度 明治期湿地帯もしくは水域であった箇所投入された土砂と推定される	
		粘性土	Fc1	-0.5	~	0	1 ~ 1	Fc=55~65%程度 明治期湿地帯もしくは水域であった箇所投入された土砂と推定される	
自然地盤	完新統	有楽町層相当層	砂質土	As1	-8	~	1	0 ~ 10	Fc=5~30%程度 形成年代が最も若い砂質土層と推定される As2と比べてN値が比較的低い
			粘性土	Ac1	-12	~	1	0 ~ 1	Fc=75~95%程度 形成年代が最も若い粘性土層と推定される N値が1以下と軟弱である
			粘性土・砂質土互層	Asc1	-12	~	0	0 ~ 4	Fc=15~65%程度 形成年代が最も若い粘性土・砂質土互層と推定される N値が低い
		砂質土	As2	-18	~	-2	8 ~ 30	Fc=5~20%程度 As1と比べてN値が大きい N値は概ね8~30の範囲で不安定である	
		粘性土	Ac2	-11	~	-10	0 ~ 1	Fc=95%程度 N値が1以下の軟弱な粘性土	
		粘性土・砂質土互層	Asc2	-16	~	-4	0 ~ 4	Fc=25~70%程度 Asc1と比べてFcが大きい	
	七号地層相当層	砂質土	As3	-43	~	-1.5	30 ~ 50	Fc=10~30%程度 N値30以上が安定して確認される やや〜かなり締まっている砂質土層である	
		粘性土	Ac3	-33	~	-29	1 ~ 2	Fc=50~70%程度 N値が2以下の軟弱な粘性土	
		粘性土・砂質土互層	Asc3	-37	~	-23	6 ~ 16	Fc=30~65%程度 Asc1と比べてFcが小さく締まっている	
		粘性土	ANc	-52	~	-38	1 ~ 4	Fc=70~95%程度 七号地層相当層と推定されN値が小さい	
		砂質土	ANs	-50	~	-43	6 ~ 50	Fc=10~30%程度 七号地層相当層と推定される N値は概ね6~50の範囲で不安定である	
		更新統	下総層群	砂質土	Ds1	-71	~	-3	20 ~ 50
粘性土	Dc1			-65	~	-18	10 ~ 50	Fc=60~75%程度 更新世に形成されたと推定される細粒分の多い地層 下端標高はボーリングデータで確認できたところまでである	

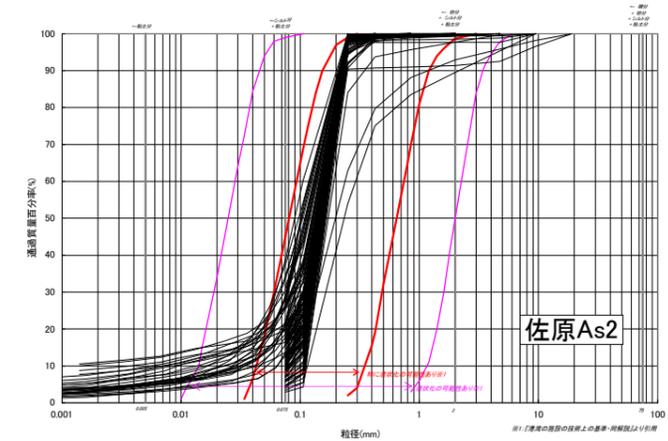
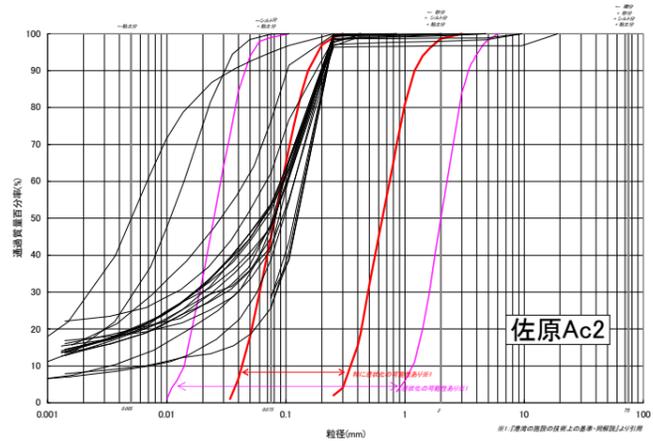
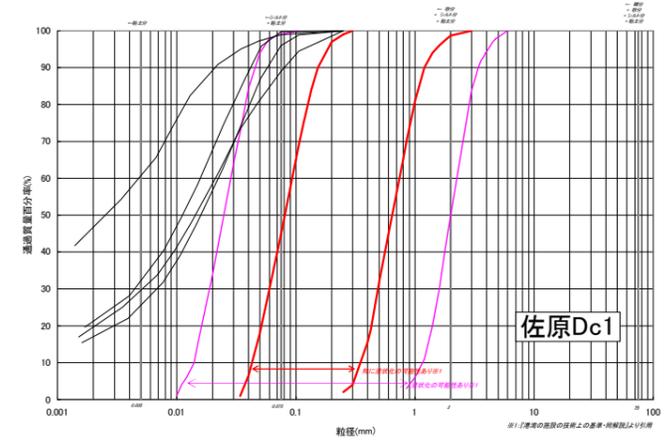
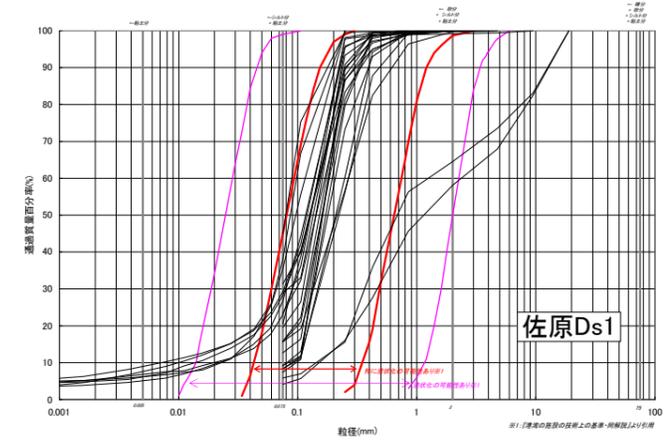
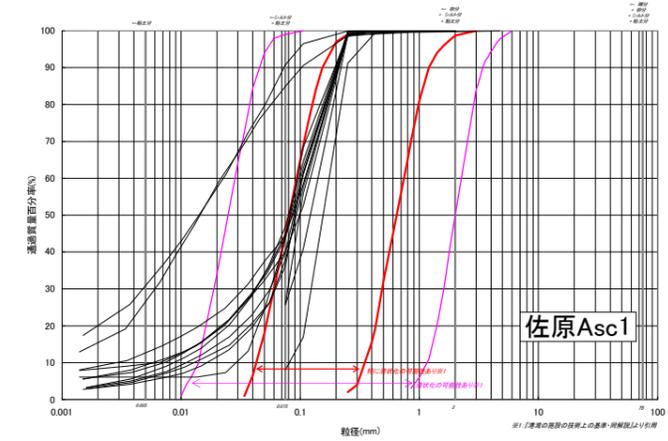
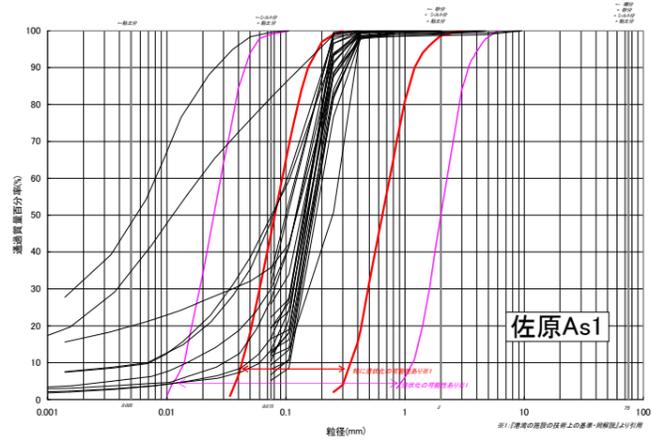
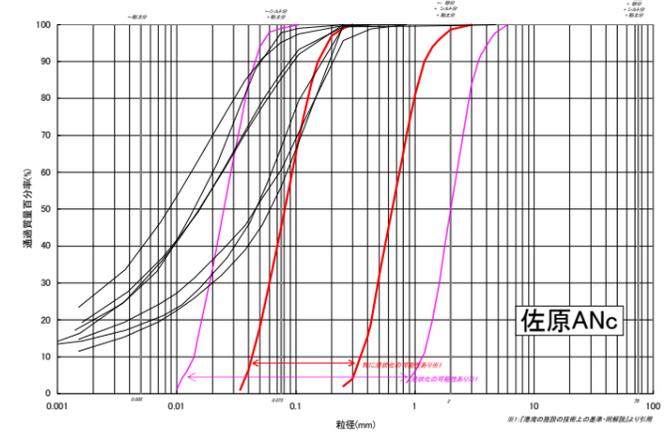
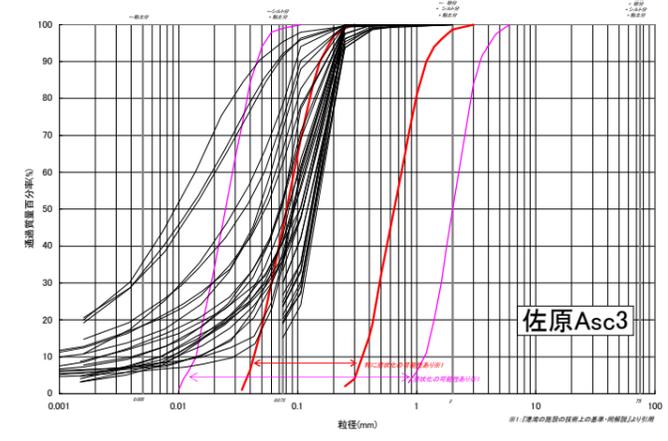
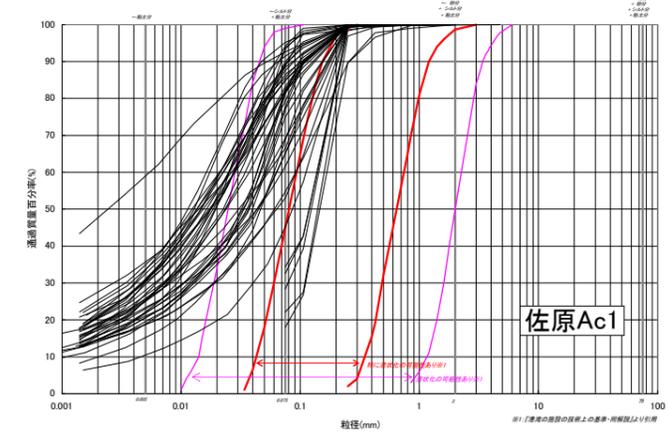
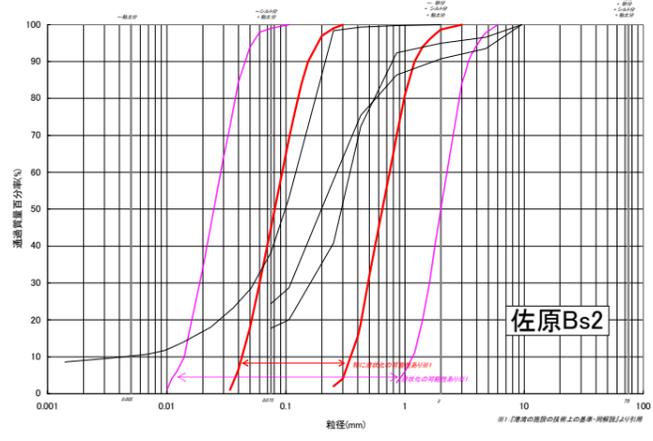
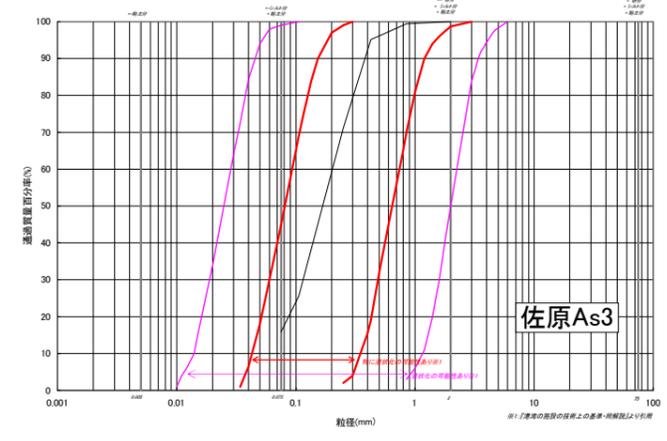
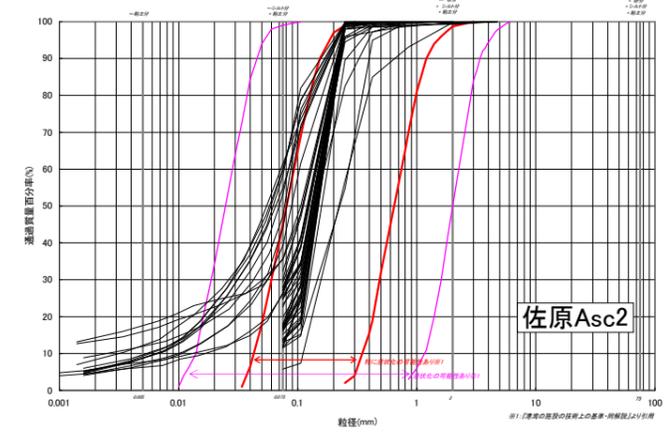
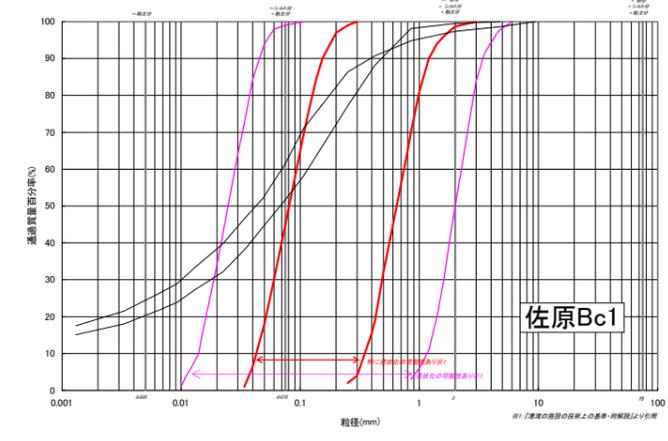
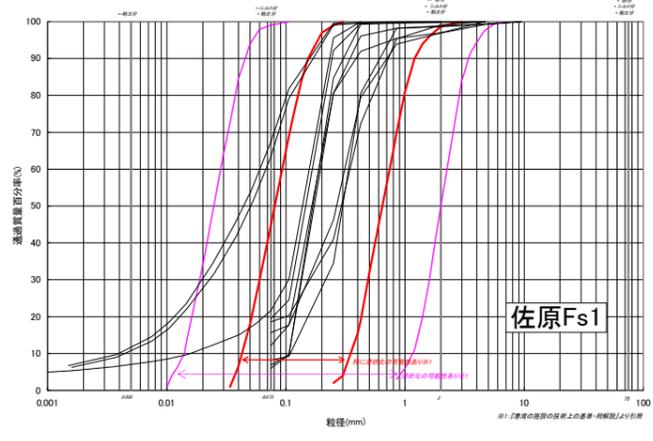
※埋土Fは水域への埋め立て土と推定される地層

【府馬地区】

区分		土質記号	分布標高T.P.+m		代表N値範囲		粒度	説明	
人工地盤	盛土	砂質土	Bs1	12	~	16	4 ~ 7	Fc=20%程度 おおくすニュータウン造成盛土と推定される	
		砂質土	Bs2	7	~	16	0 ~ 6	Fc=20~30%程度 おおくすニュータウン造成以前に構築された盛土と推定される	
自然地盤	完新統	有楽町層相当層	粘性土	Ac1	5	~	13	2 ~ 4	Fc=30~60%程度 形成年代が最も若い粘性土層と推定される N値が4以下と軟弱である
			腐植土	Ap1	1.5	~	4.5	2 ~ 2	Fc=90%以上 形成年代が最も若い腐食土層と推定される 明治18年地形図ではAp1分布域付近に湖沼が確認される
			砂質土	As1	7	~	11	2 ~ 4	Fc=25~45%程度 形成年代が最も若い砂質土層と推定される N値が比較的低い
		腐植土	Ap2	-0.5	~	0.5	1 ~ 1	Fc=90%程度 N値の低い腐食土層 明治18年地形図ではAp2分布域付近に湖沼が確認される	
		砂質土	As2	-9.5	~	8	3 ~ 19	Fc=20~50%程度 As1と比べてやや締まっている N値は概ね3~19の範囲で不安定である	
		粘性土	Ac2	-6.5	~	-1.5	0 ~ 0	Fc=80~90%程度 N値が0のきわめて軟弱な粘性土	
	更新統	下総層群	砂質土	Ds1	-32.5	~	不明	5 ~ 50	Fc=20~30%程度 更新世に形成されたと推定される細粒分の少ない地層 下端標高はボーリングデータで確認できたところまでである
			砂質土	Ds2	-41.5	~	不明	44 ~ 50	Fc=40~65%程度 更新世に形成されたと推定される地層 Ds1と比べてFcが高い 下端標高はボーリングデータで確認できたところまでである

※盛土Bは陸域への盛り土と推定される地層

■ 粒径加積曲線（地層別）【佐原市街地地区】

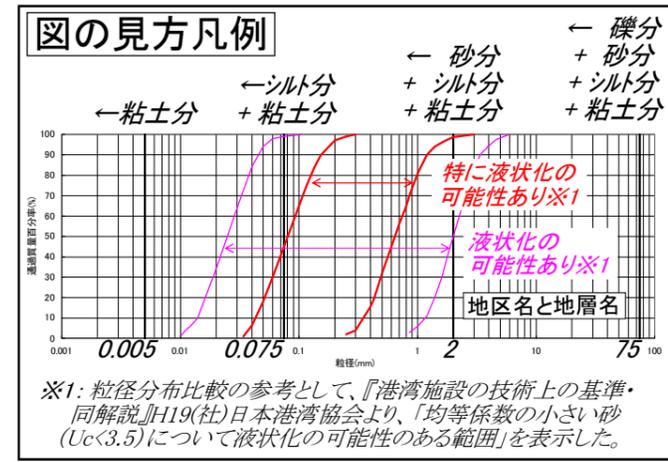
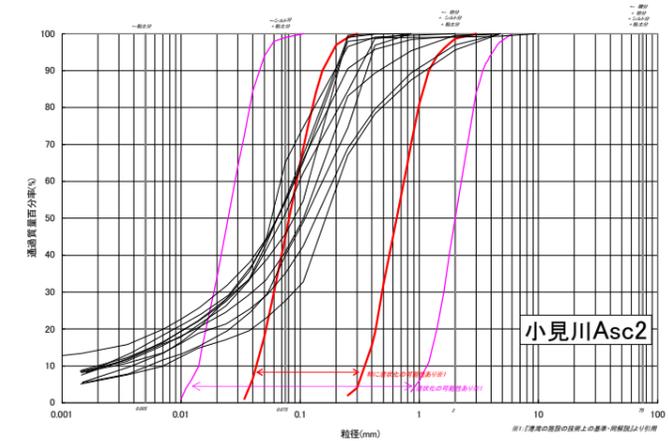
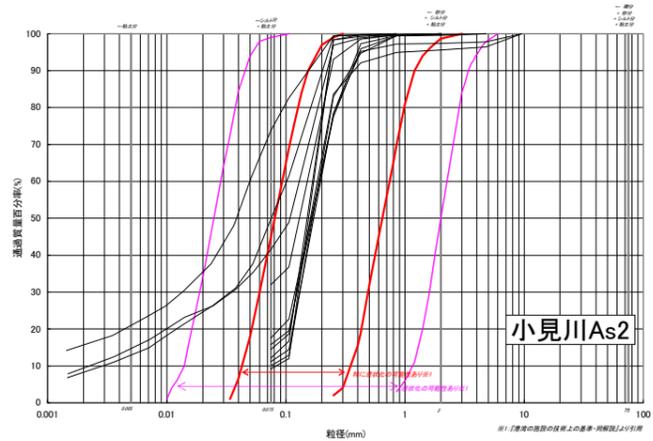
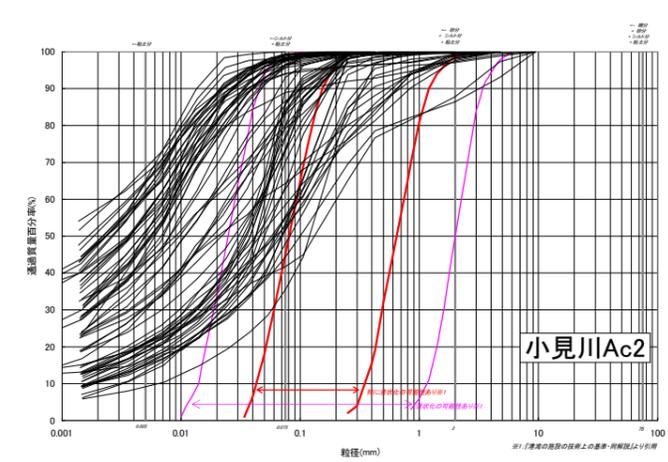
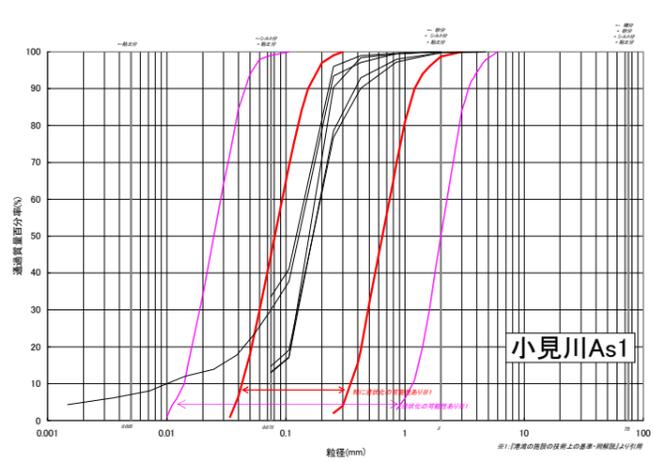
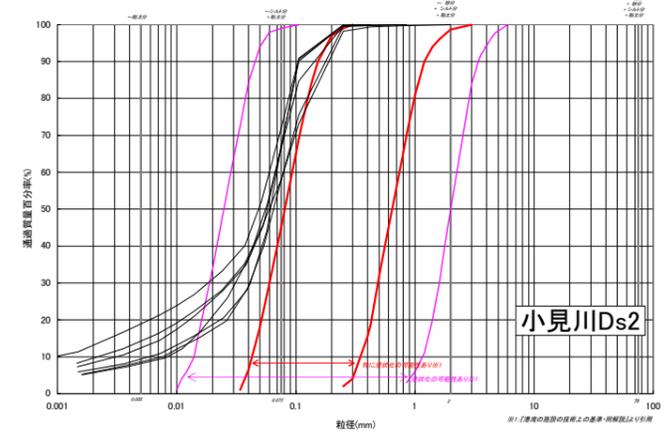
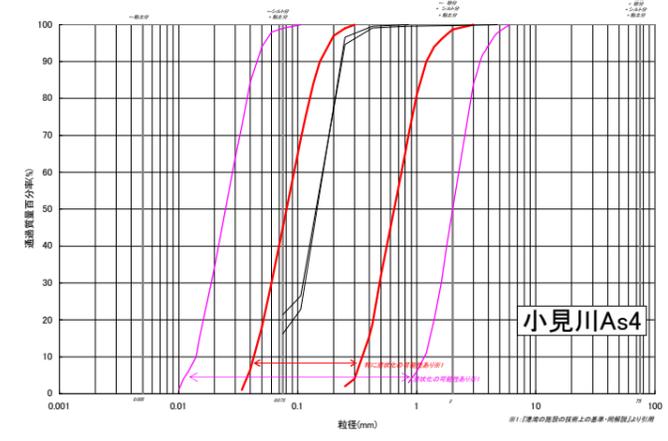
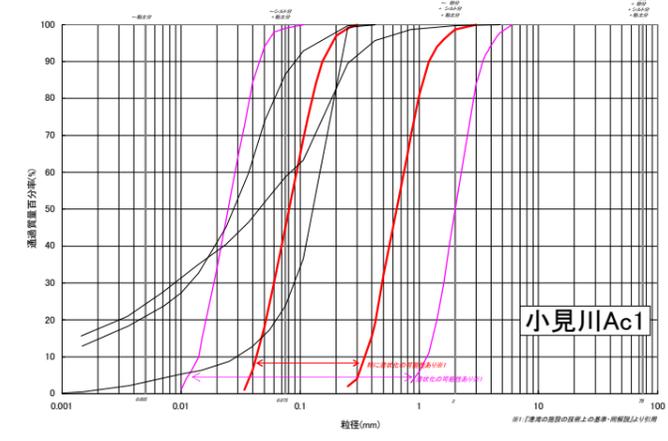
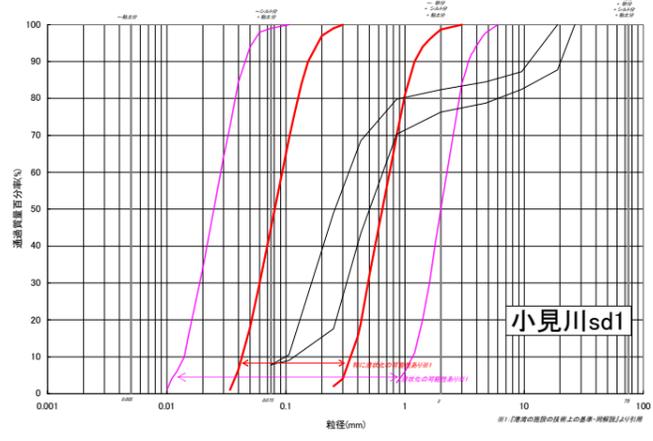
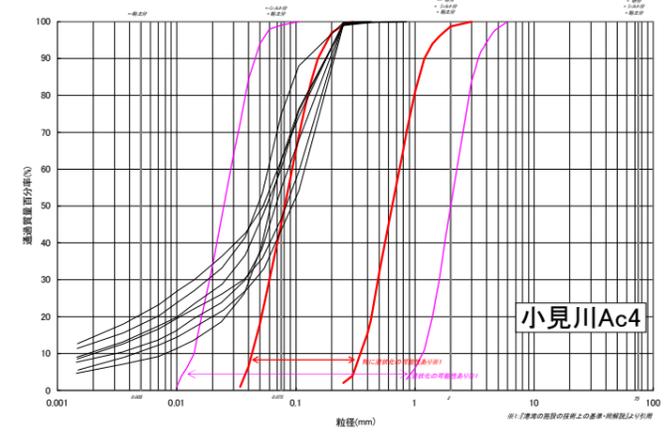
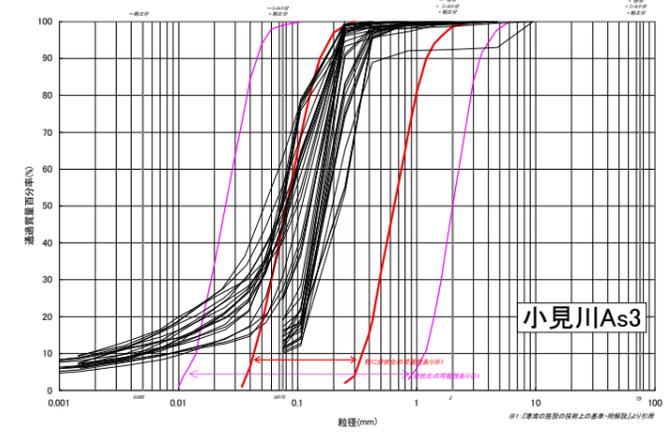
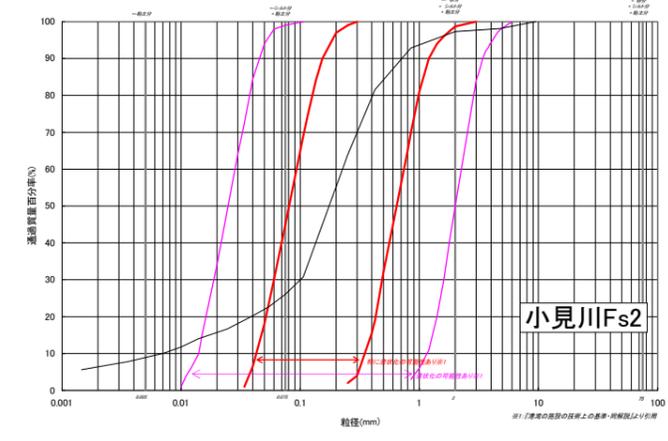
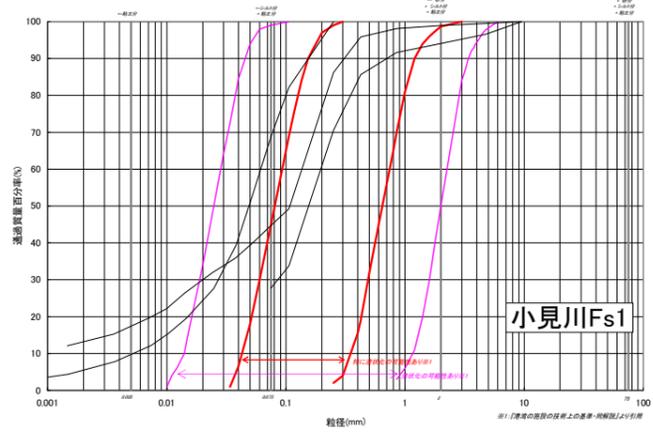


**図の見方凡例**

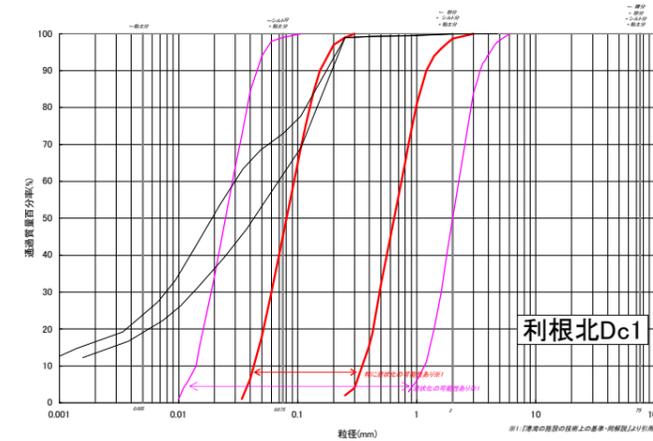
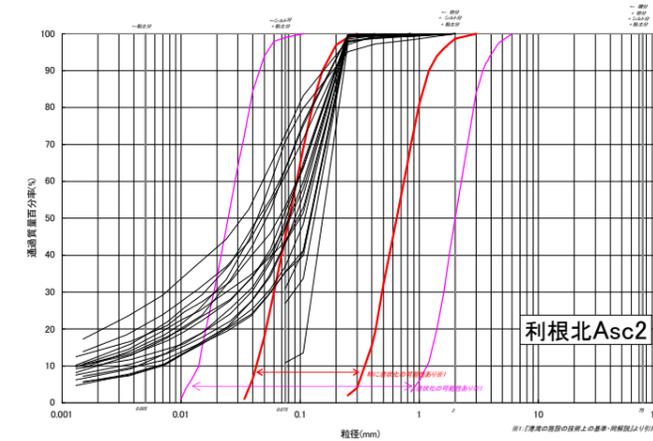
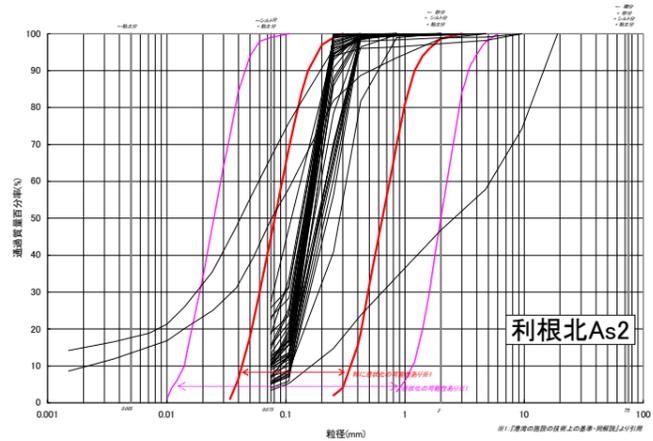
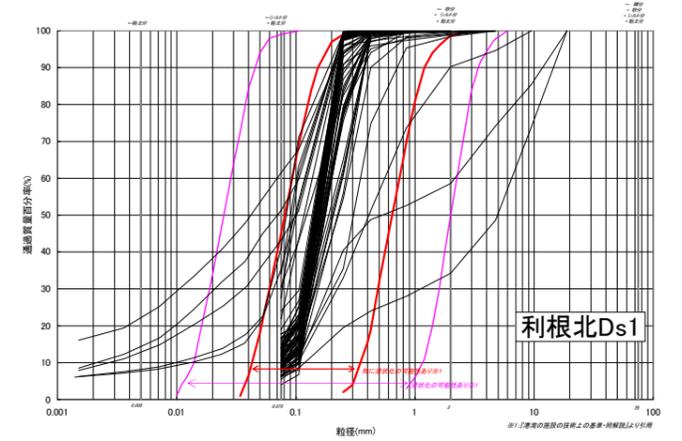
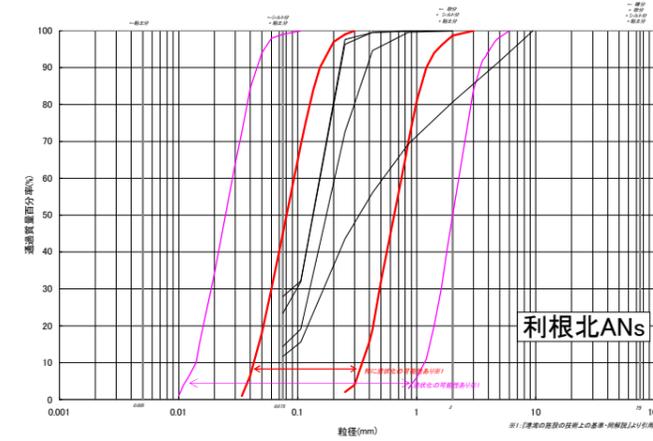
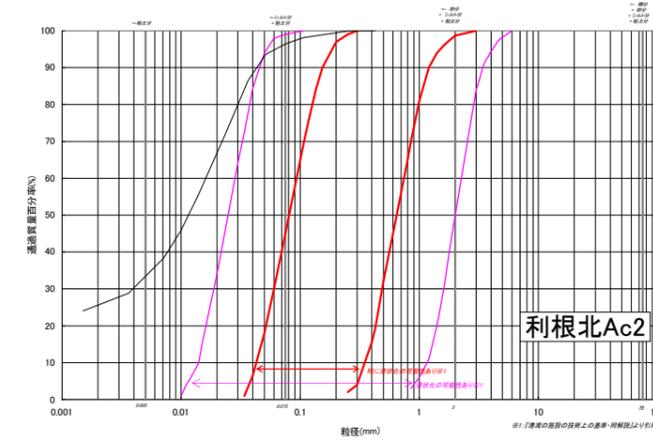
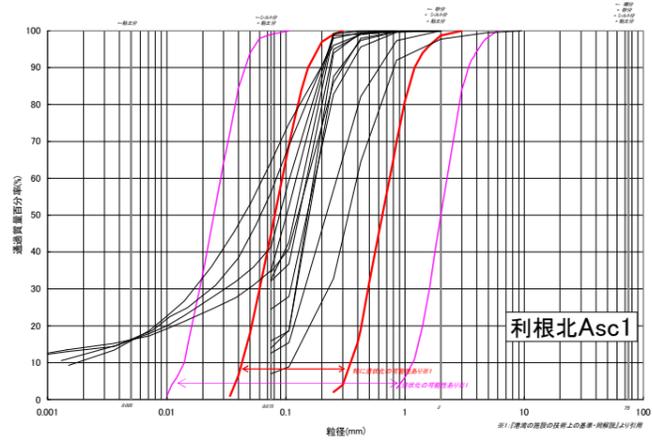
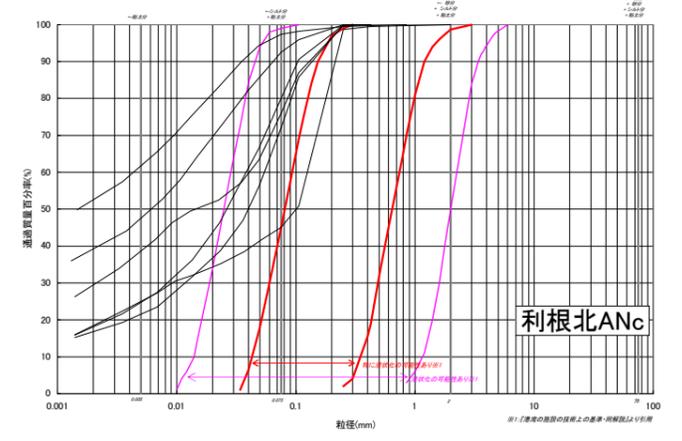
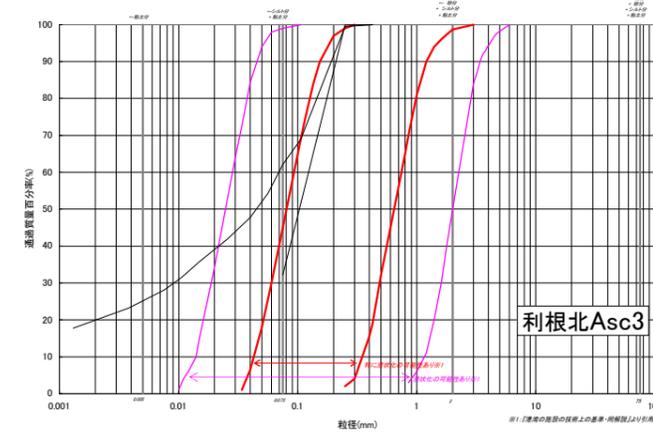
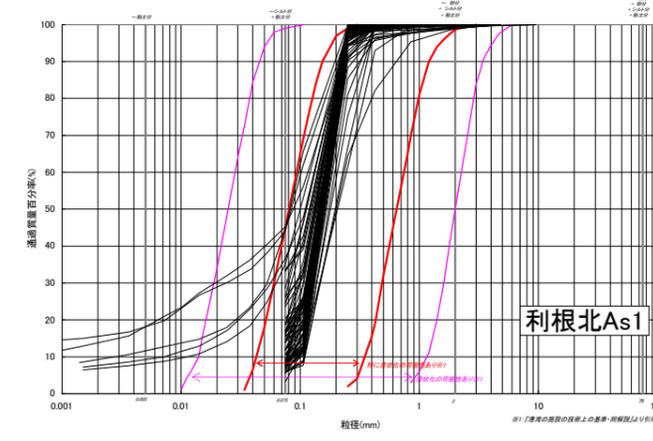
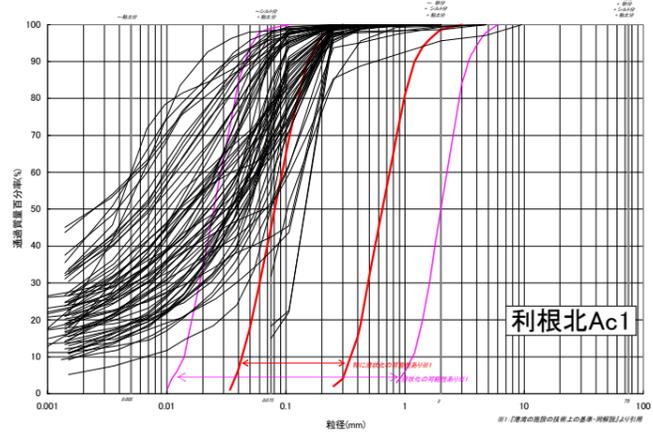
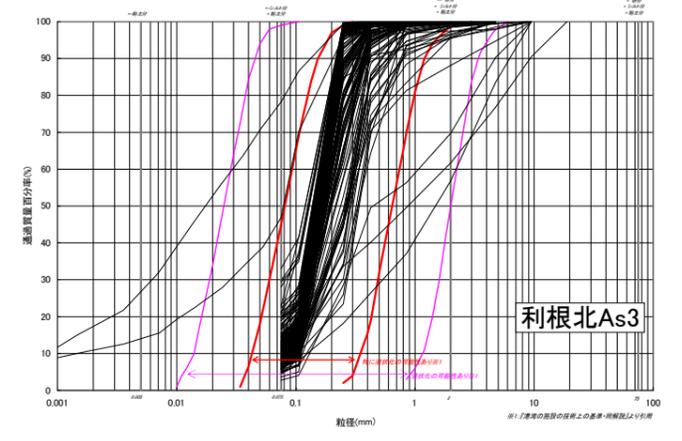
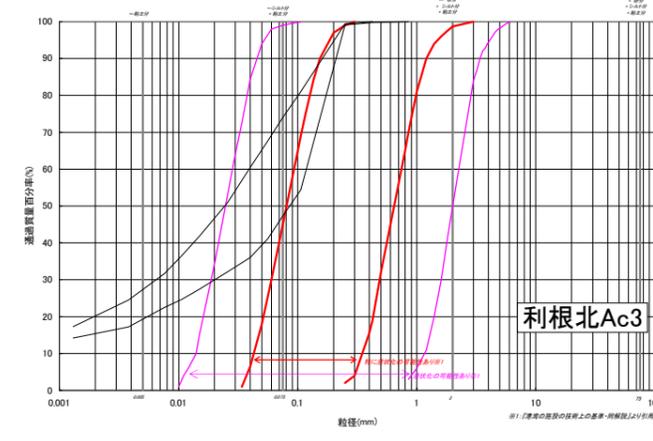
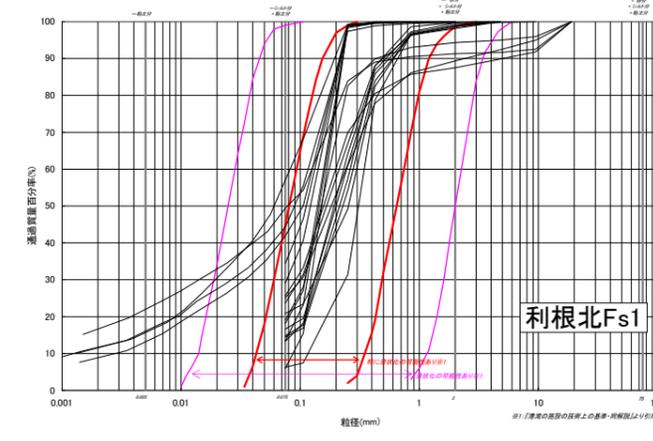
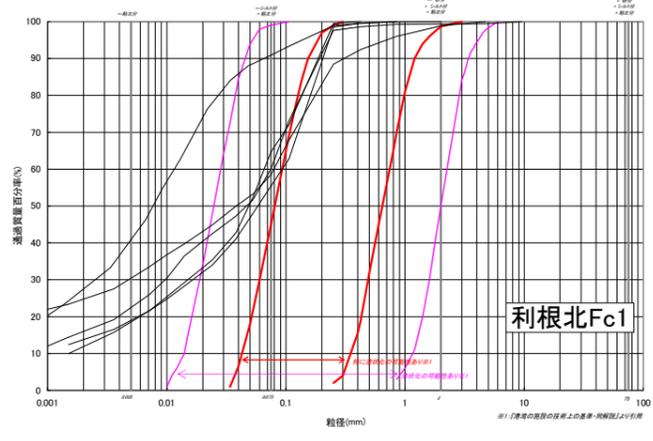
- ← 礫分
- + 砂分
- ←シルト分
- +シルト分
- ←粘土分
- +粘土分
- ← 礫分
- + 砂分
- +シルト分
- + 粘土分

※1: 粒径分布比較の参考として、『港湾施設の技術上の基準・同解説』H19(社)日本港湾協会より、「均等係数の小さい砂 ( $U_c < 3.5$ ) について液状化の可能性のある範囲」を表示した。

■ 粒径加積曲線（地層別）【小見川市街地地区】



■ 粒径加積曲線（地層別）【利根川以北地区】

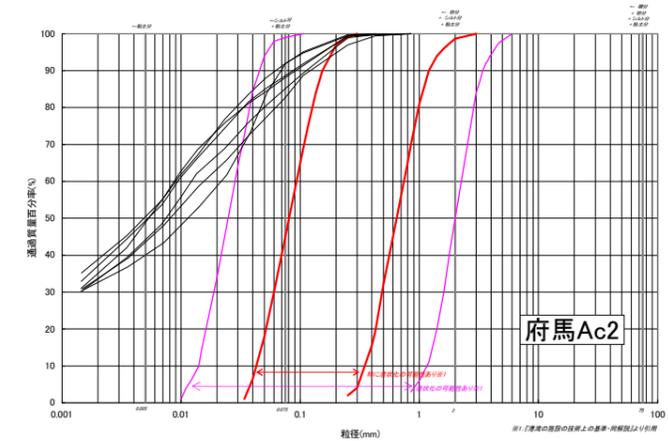
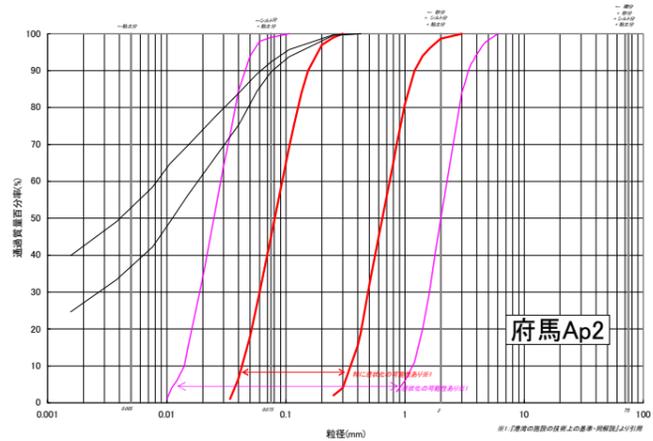
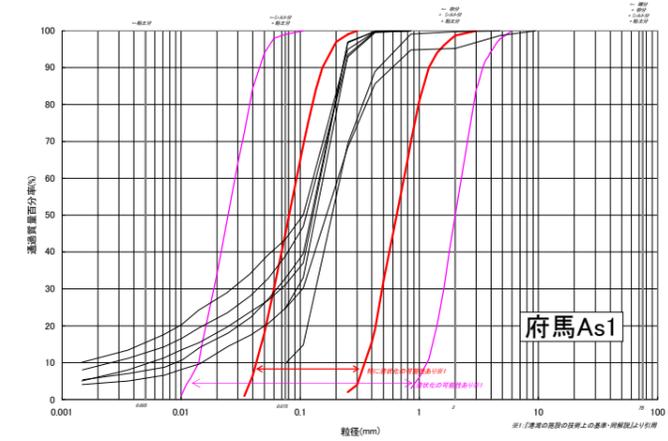
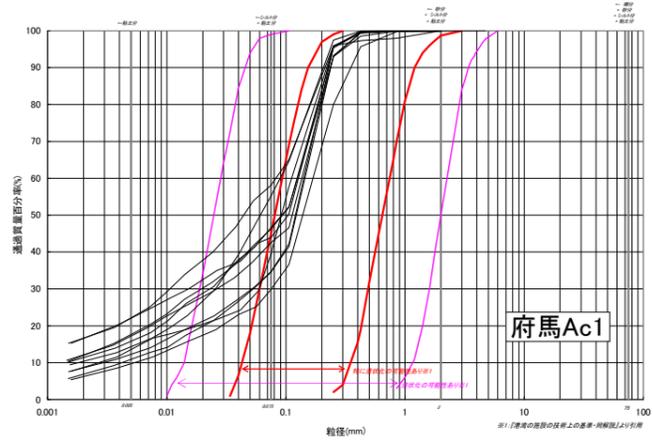
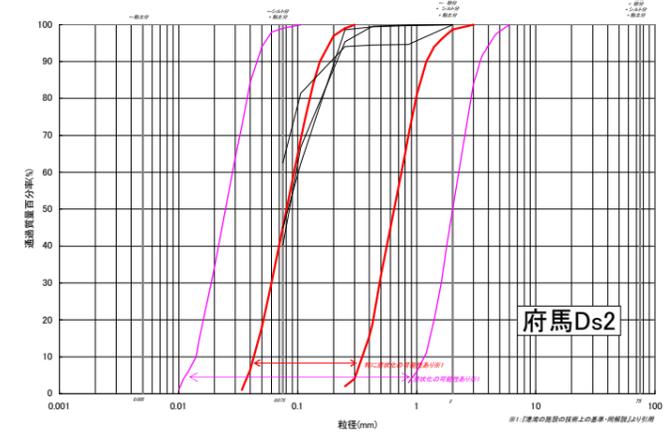
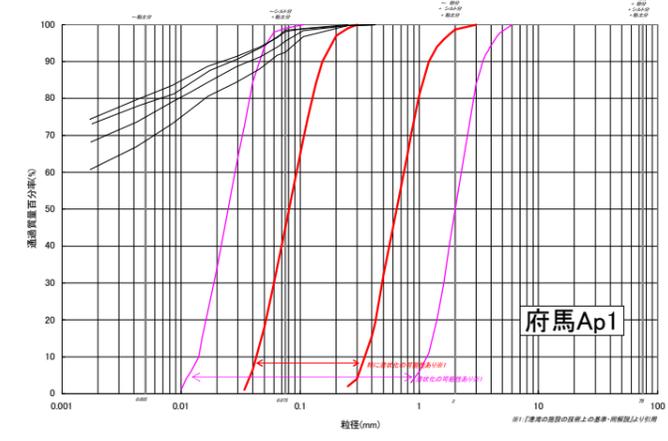
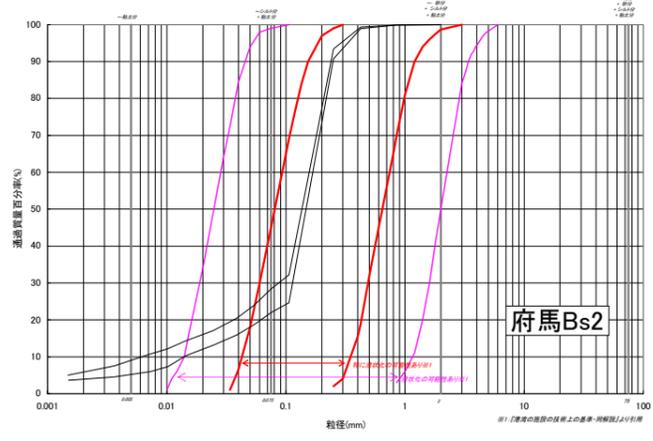
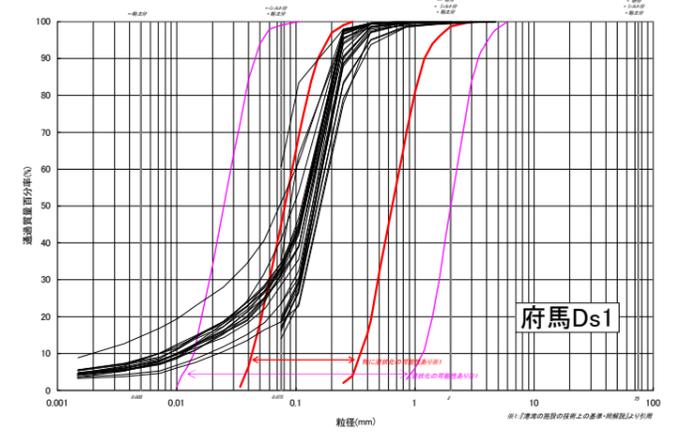
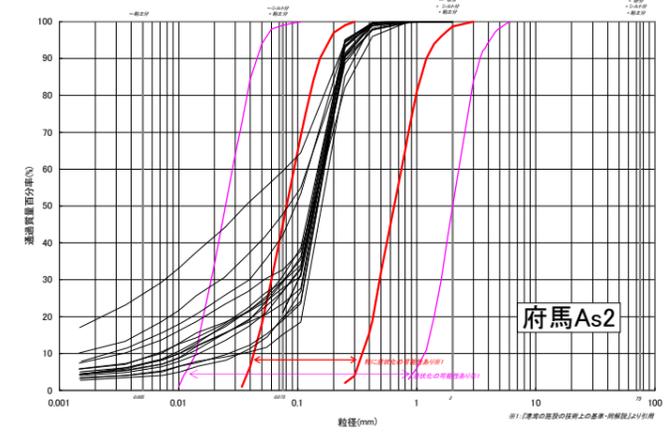
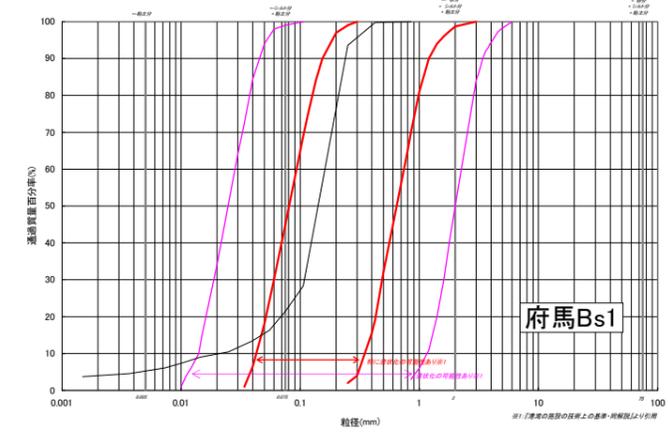
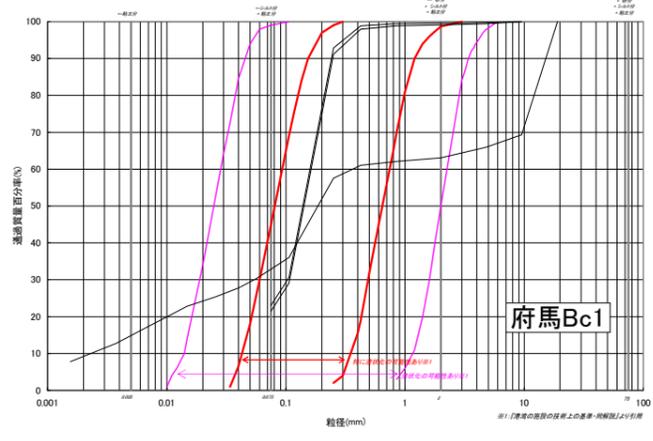


**図の見方凡例**

- ← 礫分
- + 砂分
- ← シルト分
- + シルト分
- ← 粘土分
- + 粘土分
- ← 礫分 + 砂分
- + 砂分 + シルト分
- + シルト分 + 粘土分
- + 粘土分

※1: 粒径分布比較の参考として、『港湾施設の技術上の基準・同解説』H19(社)日本港湾協会より、「均等係数の小さい砂 ( $U_c < 3.5$ ) について液状化の可能性のある範囲」を表示した。

■ 粒径加積曲線（地層別）【府馬地区】



**図の見方凡例**

- ← 礫分 + 砂分
- ← 砂分 + シルト分
- ← シルト分 + 粘土分
- ← 粘土分
- ← 礫分 + 砂分 + シルト分 + 粘土分
- ← 砂分 + シルト分 + 粘土分
- ← シルト分 + 粘土分
- ← 粘土分

※1: 粒径分布比較の参考として、『港湾施設の技術上の基準・同解説』H19(社)日本港湾協会より、「均等係数の小さい砂 ( $U_c < 3.5$ ) について液状化の可能性のある範囲」を表示した。

「資料-4 第5回委員会の指摘事項とその対応について ④」の回答資料

府馬地区測量結果に基づく実測沈下量の推定

実施日： 2013年9月  
実施箇所：下図に示す  
測量結果：下図に示す



以上の測量結果から、

地震(2011.3.11)による府馬地区の実測沈下量：3~20cm程度

と推定する。

実現象と解析結果の整合が取れない箇所の対応（地表面沈下量について）

■対応の流れと結果概略

1. 実現象と解析結果の整合が取れない箇所がある（地表面沈下量）

前回までの委員会資料より、佐原 S\_B-1、府馬地区全域が主な箇所。

↓

2. 地盤条件・解析条件等を確認し対応方法を検討

解析条件の変更で実沈下量を再現できない箇所は、再地質調査を実施。

↓

3. 解析条件「液状化検討対象深度」についての検討

委員会では、これまでの検討で用いた解析条件のうち、「深度 20m まで」は土木構造物を対象とした検討方法であると考えられるため、戸建住宅への影響を考慮すると深度 10m あるいは深度 7m 程度でよいのではないかという意見のもと、以下の 3 種類 a), b), c) の検討方法が委員会及び発注者間協議で奨励された。

a) 佐原地区では、杭基礎支持の公共施設建物の被害有無が比較的多数確認されているため、この情報を生かし、戸建住宅の支持層となる地層が推定できれば、その層以深は検討対象外とした試算を行い、結果を見て判断する。

b) 府馬地区では、沖積層を検討対象外とした試算を行い、結果を見て判断する。

c) 全地区で、沈下量の計算対象深度を「深度 10m まで」へ変更した試算を行い、結果を見て判断する。

↓

4. 液状化検討対象深度を「深度 20m まで」とする

佐原地区では、杭基礎建物被害実態から、戸建住宅の支持層となる地層が推定できないため、上記 a) の検討方法は適用しない。

府馬地区では、沖積層を検討対象外とした試算を実施したところ、沈下量が小さくなりすぎて実現象を説明できないため、上記 b) の検討方法は適用しない。

全地区（利根北以外）で、沈下量の計算対象深度を「深度 10m まで」へ変更した試算を実施したところ、府馬は実測値に近い値となるが、佐原、小見川は小さくなりすぎて実現象を説明できない。深度 20m とした場合は府馬は少し大きめの値となるが、判定深度は 20m までを採用する。

↓

5. S\_B-1 地点（モデル地区）は液状化検討対象深度の変更では再現解析できないため再地質調査を実施

S\_B-1 地点（佐原市街地モデル地区：水郷大橋町）は液状化被害があったが、液状化検討対象深度の変更を含む解析結果では、沈下量が少なく実現象を説明できないため、再地質調査を実施した。

S\_B-1 地点の再地質調査結果から、地盤の強度が低い箇所が新たに判明し、その結果を用いて再解析を実施したが沈下量が少なく実現象を説明できない。

↓

6. 再地質調査結果を用いても実現象を説明できないため室内土質試験結果から液状化対策深度を設定

S\_B-1 地点（モデル地区）の対策工の深度を決めるため、近傍の S\_BS-1 地点の室内土質試験結果（繰返し非排水三軸圧縮試験後の供試体排水による体積ひずみが比較的大きい）から、実際に液状化した地層を推定し設定した。

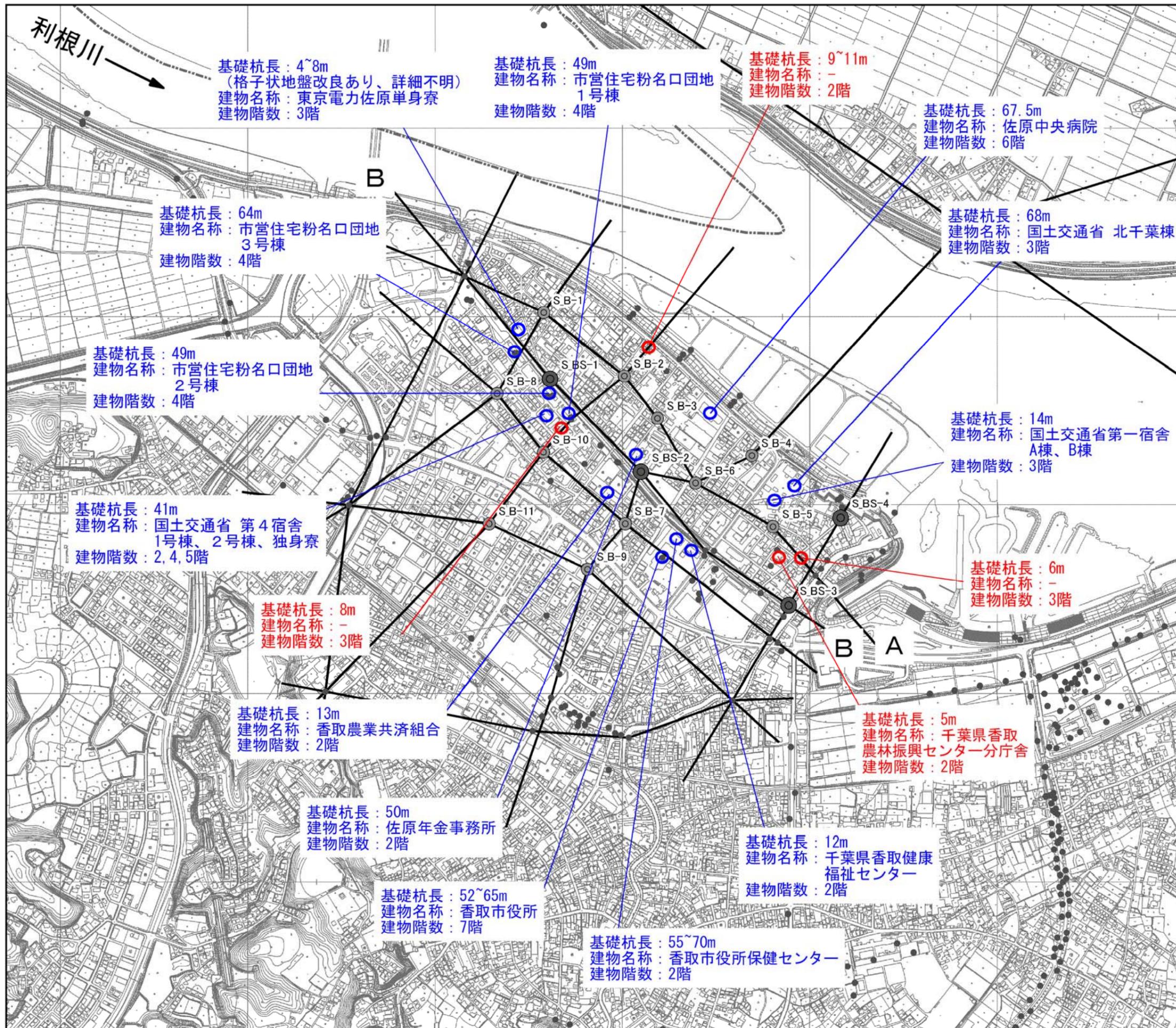
S\_B-1 地点については、設定した液状化層を液状化させないことを目的とした対策工の検討を行うこととする。

■対応結果詳細

3. 解析条件「液状化検討対象深度」についての検討について

a) 佐原地区における杭基礎支持の公共建物等の被害実態整理結果（戸建住宅の支持層となる地層を推定）  
佐原地区で被害実態が判明している杭基礎支持建物を平面図及び想定地質断面図上に整理した。  
整理結果から、Ds1 層（洪積砂質土層）を支持層とした杭基礎建物は被災が無いことが伺える。これよりも浅い As2 層（沖積砂質土層）を支持層とした建物は、被災程度が異なるため戸建住宅の支持層となる地層であるとは推定しにくい。

# 佐原市街地地区



## 建物基礎杭長と被災整理図

図-4.7 被害実態が判明している杭基礎支持建物位置図 (佐原市街地地区)

# 建物杭基礎長と被災整理図

被災無し  
基礎杭長：68m  
建物名称：国土交通北千葉棟  
建物階数：3階

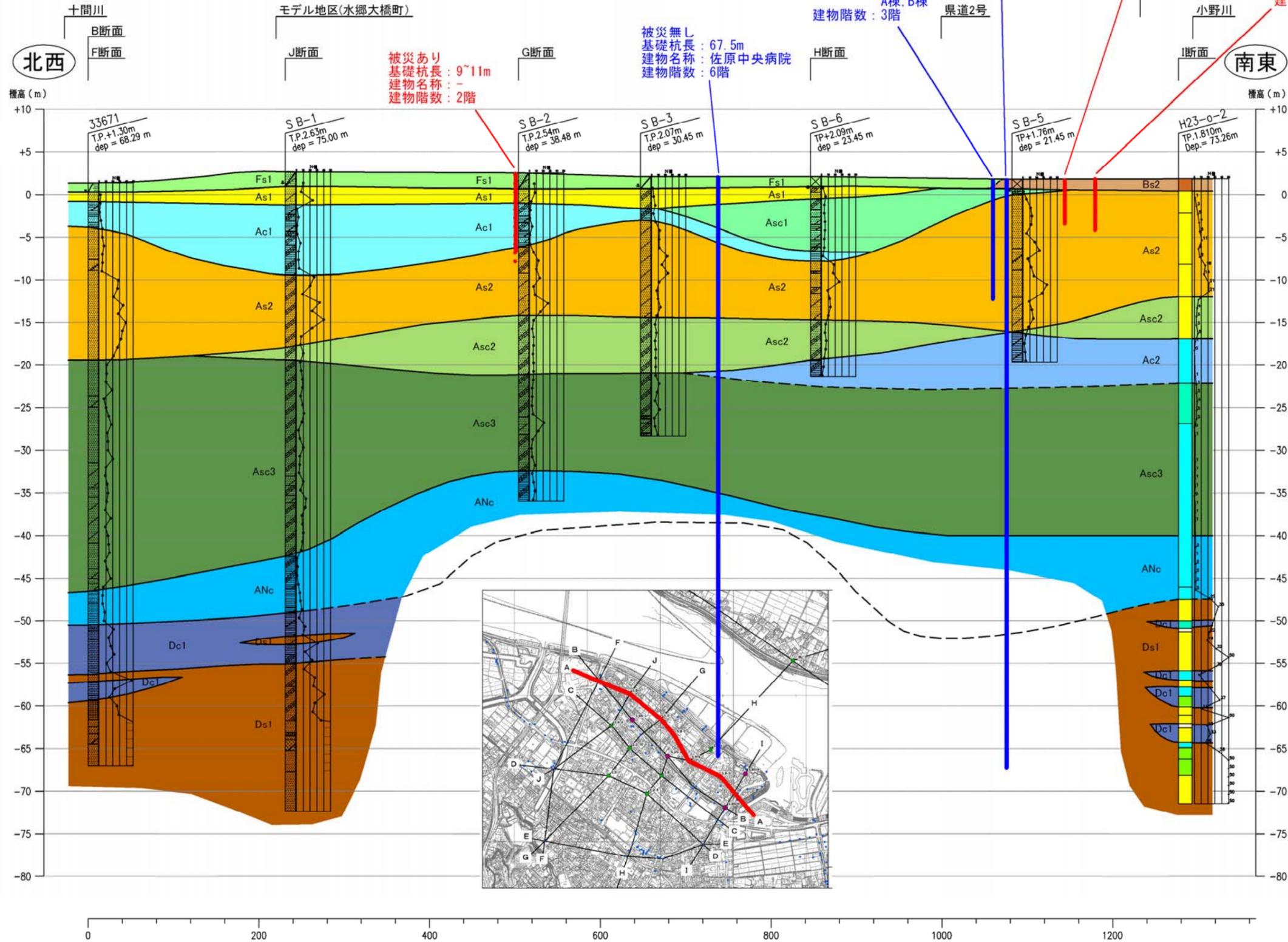
被災あり  
基礎杭長：5m  
建物名称：千葉県香取農林振興センター分庁舎  
建物階数：2階

被災あり  
基礎杭長：6m  
建物名称：-  
建物階数：3階

被災無し  
基礎杭長：14m  
建物名称：国土交通第一宿舎 A棟、B棟  
建物階数：3階

被災無し  
基礎杭長：67.5m  
建物名称：佐原中央病院  
建物階数：6階

被災あり  
基礎杭長：9~11m  
建物名称：-  
建物階数：2階



## 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	
	砂質土	Bs3	
自然統	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・砂質土 互層	Asc3
		粘性土	ANc
		砂質土	ANs
		粘性土	Dc1
更新統	下総層群	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

# 佐原 A

想定地質断面図 佐原A断面

図-4.8 被害実態が判明している杭基礎支持建物整理図-1 (佐原市街地地区)

# 建物杭基礎長と被災整理図

十間川沿い

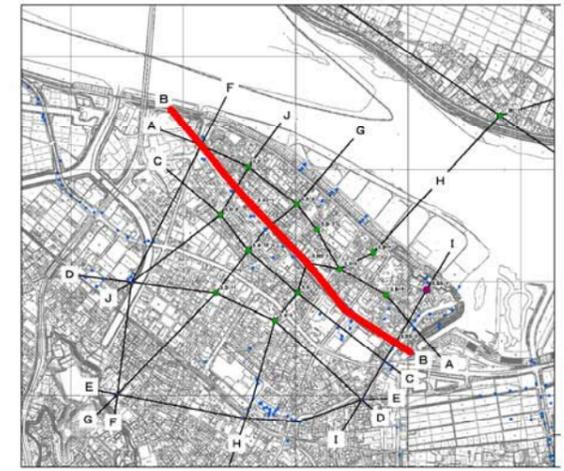
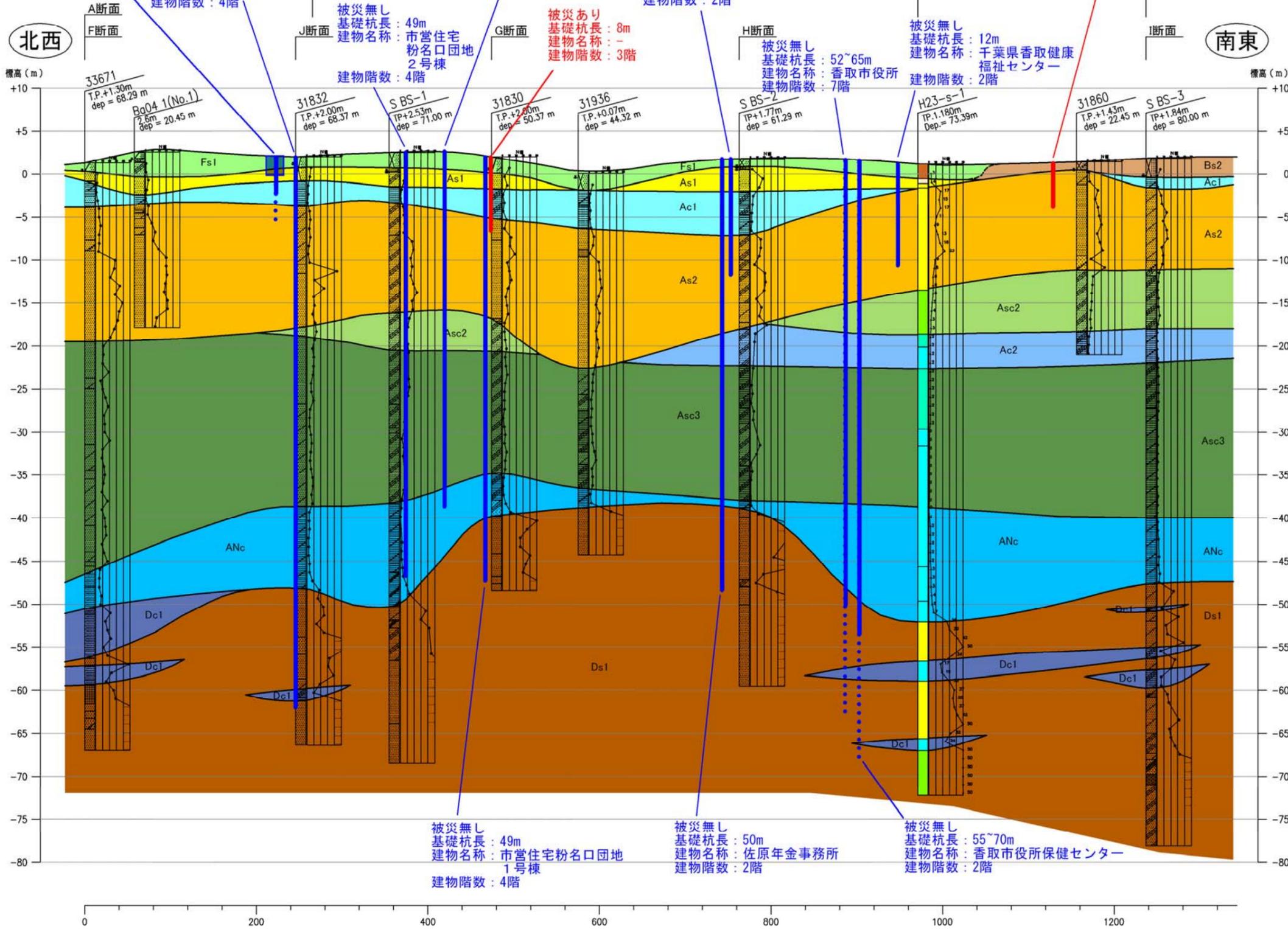
被災無し  
基礎杭長：4~8m  
(格子状地盤改良あり、詳細不明)  
建物名称：東京電力佐原単身寮  
建物階数：3階

被災無し  
基礎杭長：64m  
建物名称：市営住宅粉名口団地  
3号棟  
建物階数：4階

被災無し  
基礎杭長：41m  
建物名称：国土交通省 第4 宿舍  
1号棟、2号棟、独身寮  
建物階数：2、4、5階

被災無し  
基礎杭長：13m  
建物名称：香取農業共済組合  
建物階数：2階

被災あり  
基礎杭長：5m  
建物名称：千葉県香取農林振興センター分庁舎  
建物階数：2階



地質区分凡例

人工地盤	埋め土	砂質土	Fs1
		砂質土	Fs2
盛り土	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
更新統	七号地層	粘性土・砂質土 互層	Asc3
		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

## 佐原B

想定地質断面図 佐原B断面

図-4.9 被害実態が判明している杭基礎支持建物整理図-2 (佐原市街地地区)

b) 府馬地区における沖積層を検討対象外とした試算結果

下図より、沖積層を検討対象外とした場合は、実現象と比べて沈下量が過小となる。

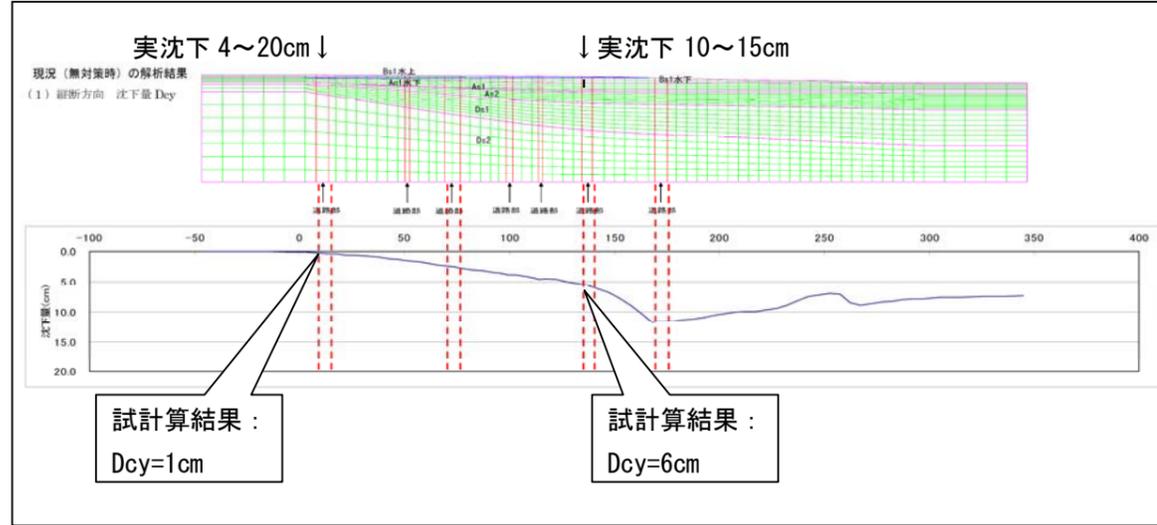


図-4.10 沖積層を検討対象外とした沈下量試算結果 (府馬地区)

c) 沈下量の計算対象深度を「深度10mまで」へ変更した試算結果

計算結果を下表に示す。結果より、府馬は実測値に近い値となるが、佐原、小見川は小さくなりすぎて実現象を説明できない。深度20mとした場合、府馬は少し大きめの値となるが、判定深度は20mまでを採用する。

表-4.7 地表面沈下量 Dcy(cm)計算結果一覧表 (タイプ2地震動応答解析)

地区	調査位置	測定沈下量 (cm)※1	応答解析・タイプ2地震動							
			検討対象深度G.L.-20m				検討対象深度G.L.-10m			
			PL	H <sub>1</sub> (m)	Dcy (cm)※2	Dcy (cm)※3	PL	H <sub>1</sub> (m)	Dcy (cm)※2	Dcy (cm)※3
佐原地区	S_BS-1	10~20	4.3	2.3	2.2	9.6	4.3	2.3	2.2	6.8
	S_BS-2	10~30	8.9	2.3	2.2	10.1	8.9	2.3	0.0	6.1
	S_BS-3	20~50	14.0	1.3	14.8	11.6	5.5	1.3	4.4	6.0
	S_BS-4	0~10	4.5	1.3	2.7	5.0	4.5	1.3	2.7	4.3
	S_B-1	0~20	2.9	2.3	1.1	4.1	2.9	2.3	1.1	3.1
	S_B-2	0~20	12.5	1.3	11.0	17.5	12.5	1.3	7.5	11.5
	S_B-3	0~20	16.3	1.3	15.3	16.8	16.3	1.3	7.3	9.0
	S_B-4	10~20	0.9	8.3	4.0	4.5	0.9	8.3	2.5	2.4
	S_B-5	0~40	13.9	1.3	13.8	11.2	13.9	1.3	13.2	9.8
	S_B-6	10~30	9.9	1.3	9.7	18.6	14.8	1.3	7.7	6.6
	S_B-7	10~40	5.8	2.3	4.6	7.9	4.1	2.3	3.2	5.9
S_B-8	10~20	16.2	1.3	11.5	11.4	16.2	1.3	7.7	9.1	
S_B-9	10~30	6.3	4.3	6.8	9.8	6.3	4.3	3.9	7.6	
S_B-10	10~30	12.4	1.3	7.3	14.9	12.4	1.3	7.3	12.9	
S_B-11	10~20	3.2	4.3	3.6	3.0	3.2	4.3	2.3	2.1	
小見川地区	O_BS-1	0~30	8.0	2.3	10.0	9.5	8.0	2.3	10.0	6.0
	O_BS-2	10~20	6.5	1.3	3.0	5.4	4.9	1.3	2.7	5.4
	O_B-1	—	0.3	3.3	0.9	0.8	0.3	3.3	0.9	0.8
	O_B-2	0~30	0.0	20.0	0.0	0.2	0.0	20.0	0.0	0.0
	O_B-3	-20~0	15.6	1.3	11.0	8.6	15.6	1.3	11.0	8.6
	O_B-4	10~40	1.1	13.3	2.5	1.9	1.1	13.3	0.0	0.0
府馬地区	O_B-5	10	6.5	1.3	4.8	4.0	6.5	1.3	4.8	3.6
	F_BS-1	3~6	23.4	1.3	12.4	15.8	20.1	1.3	12.3	15.2
	F_B-1	—	2.4	1.3	2.0	3.6	2.3	1.3	0.8	2.6
	F_B-2	10~15	18.2	1.3	10.0	8.6	22.9	1.3	10.0	8.6
F_B-3	0	25.5	1.3	16.2	18.2	17.5	1.3	5.9	9.1	

※1:地震後の測量結果を基に作成した沈下量コンター図からの推定値  
 ※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  
 ※4: H<sub>1</sub> < 3mもしくはDcy > 10cm

5. S\_B-1 地点 (モデル地区) は再地質調査を実施及び

6. 再地質調査結果を用いても実現象を説明できないため室内土質試験結果から液状化対策深度を設定について

■再地質調査追加の必要性についての検討

(1) S\_B-1 ボーリングデータによる液状化判定結果の課題

タイプ2地震動に対する液状化判定結果は、以下のとおりである。

表-4.8 液状化判定結果 (S\_B-1) (タイプ2地震動)

検討方法	地表面からの非液状化層厚 H <sub>1</sub> (m)	地表面沈下量 Dcy (cm)	
		建築	高圧ガス
簡易法	1.3	5.8	8.7
地震応答解析	1.3	1.1	4.1

当該地点は、液状化被害が大きかったところである (周辺の状況から地表面沈下量として、10~30cm程度と推定される) が、液状化判定からは液状化程度が小さく、被害実態と合わない結果となっている。

<簡易法計算結果>

地点名		SB-1		P L値		15.62		地下水位面		0.00 (m)																
基準名		建築基礎構造設計指針		水の単位体積重量		10.0 (kN/m <sup>3</sup> )		(注)		判定外																
判定方法		地表面設計用水平加速度と、実測N値		上載荷重		0.0 (kN/m <sup>2</sup> )		**1		地下水位より上(液状化の可能性は低い)																
Fe > 50%の取扱い		△NF = 11一定とする		使用曲線		γ = 5 (%)		**2		τ/d/σ'vが0.0以下である(液状化の可能性は低い)																
				設計加速度		200.00 (gal)		**3		Fc ~ △NFグラフ範囲外(液状化の可能性は低い)																
				マグニチュード		9.0		**4		全上載圧または有効上載圧が0.0以下となる層である																
										液状化の程度 小																
深さ (m)	層厚 (m)	土質種類	N値	判定深さ (m)	湿潤重量 (kN/m <sup>3</sup> )	飽和重量 (kN/m <sup>3</sup> )	有上載荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	全上載圧 (kN/m <sup>2</sup> )	種含粒有土率 (%)	平均粒径 D50 (mm)	コ抵抗値 (kN/m <sup>2</sup> )	周抵抗値 (kN/m <sup>2</sup> )	応力比	液を状化判定	せん断係数				液状化の判定							
															せん断力 (kN/m <sup>2</sup> )	せん断力比	せん断力比	せん断力比	せん断力比	せん断力比	せん断力比	せん断力比				
0.0	0.0																									
1.30	1.30	砂質土	3.0	1.30	17.0	18.0	10.4	23.4	18.6	0.000	0.00	0.00	N値		0.989	3.7	16.93	0.186	0.360	0.515						
2.70	1.00	砂質土	3.0	2.30	18.0	19.0	19.9	42.9	13.3	0.000	0.00	0.00	N値		0.965	6.6	13.47	0.154	0.348	0.442						
3.85	1.15	粘性土	1.0	4.30	18.0	19.0	28.0	61.0	16.5	0.000	0.00	0.00	N値		0.951	9.5	35.36	0.600	0.338	1.775						
4.85	1.00	粘性土	3.0	5.30	17.0	18.0	41.6	97.6	75.0	0.000	0.00	0.00	N値	七ない	0.000	0.0	12.64	0.148	0.000							
5.85	1.00	粘性土	1.0	6.30	17.0	18.0	52.6	115.6	89.3	0.000	0.00	0.00	N値	七ない	0.000	0.0	12.37	0.146	0.000							
6.70	0.85	粘性土	2.0	7.30	17.0	18.0	60.6	133.6	82.0	0.000	0.00	0.00	N値	七ない	0.000	0.0	13.54	0.155	0.000							
7.60	0.90	砂質土	6.0	8.30	17.0	18.0	68.6	151.6	34.4	0.000	0.00	0.00	N値	七ない	0.876	21.7	16.61	0.182	0.316	0.576						
8.50	0.90	砂質土	3.0	9.30	17.0	18.0	76.6	169.6	82.3	0.000	0.00	0.00	N値	七ない	0.000	0.0	14.39	0.181	0.000							
9.50	1.00	粘性土	3.0	10.30	17.0	18.0	84.6	187.6	81.3	0.000	0.00	0.00	N値	七ない	0.000	0.0	14.23	0.160	0.000							
10.70	1.20	粘性土	4.0	11.30	17.0	18.0	92.6	205.6	77.9	0.000	0.00	0.00	N値	七ない	0.000	0.0	15.12	0.167	0.000							
12.05	1.35	砂質土	26.0	12.30	17.0	18.0	101.1	224.0	31.1	0.000	0.00	0.00	N値		0.816	29.8	34.71	0.600	0.295	2.032						
14.40	2.35	砂質土	20.0	13.30	17.0	18.0	111.1	244.0	20.7	0.000	0.00	0.00	N値		0.800	31.9	26.86	0.600	0.287	2.089						
16.00	1.60	砂質土	9.0	14.30	19.0	20.0	121.1	264.0	25.5	0.000	0.00	0.00	N値		0.785	33.9	16.65	0.182	0.280	0.652						
18.00	2.00	砂質土	34.0	15.30	19.0	20.0	131.1	284.0	19.3	0.000	0.00	0.00	N値		0.771	35.7	37.26	0.600	0.273	2.201						
20.00	2.00	砂質土	7.0	19.30	19.0	20.0	141.0	304.0	21.9	0.000	0.00	0.00	N値		0.756	37.5	27.27	0.600	0.266	2.257						
22.00	2.00				18.0	19.0									0.741	39.2	40.41	0.600	0.259	2.313						
24.00	2.00				17.0	18.0									0.726	40.8	26.67	0.600	0.253	2.371						
26.00	2.00				17.0	18.0									0.711	42.2	14.07	0.159	0.247	0.642						
28.00	2.00				17.0	18.0																				
30.00	2.00				17.0	18.0																				

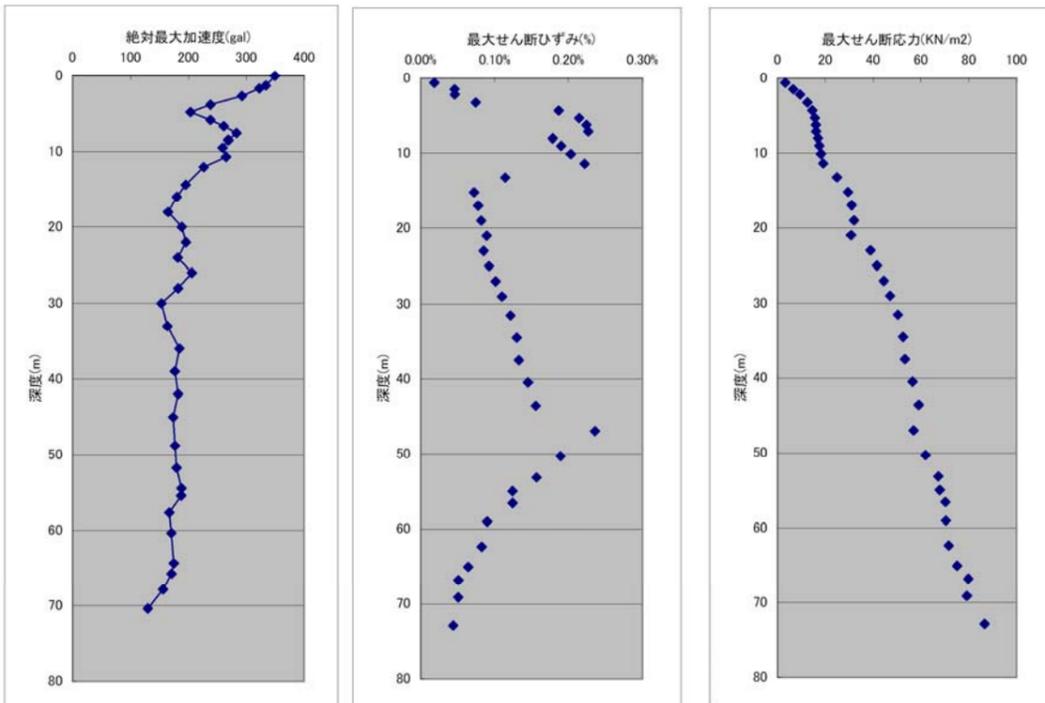
(2) 液状化判定解析において液状化程度が小さく判定された理由

- ①Fs1層のN値が他の地点に比べて比較的高い。 N=7~10
- ②As1層のN値が極端に高い N=24

<地震応答解析法計算結果>

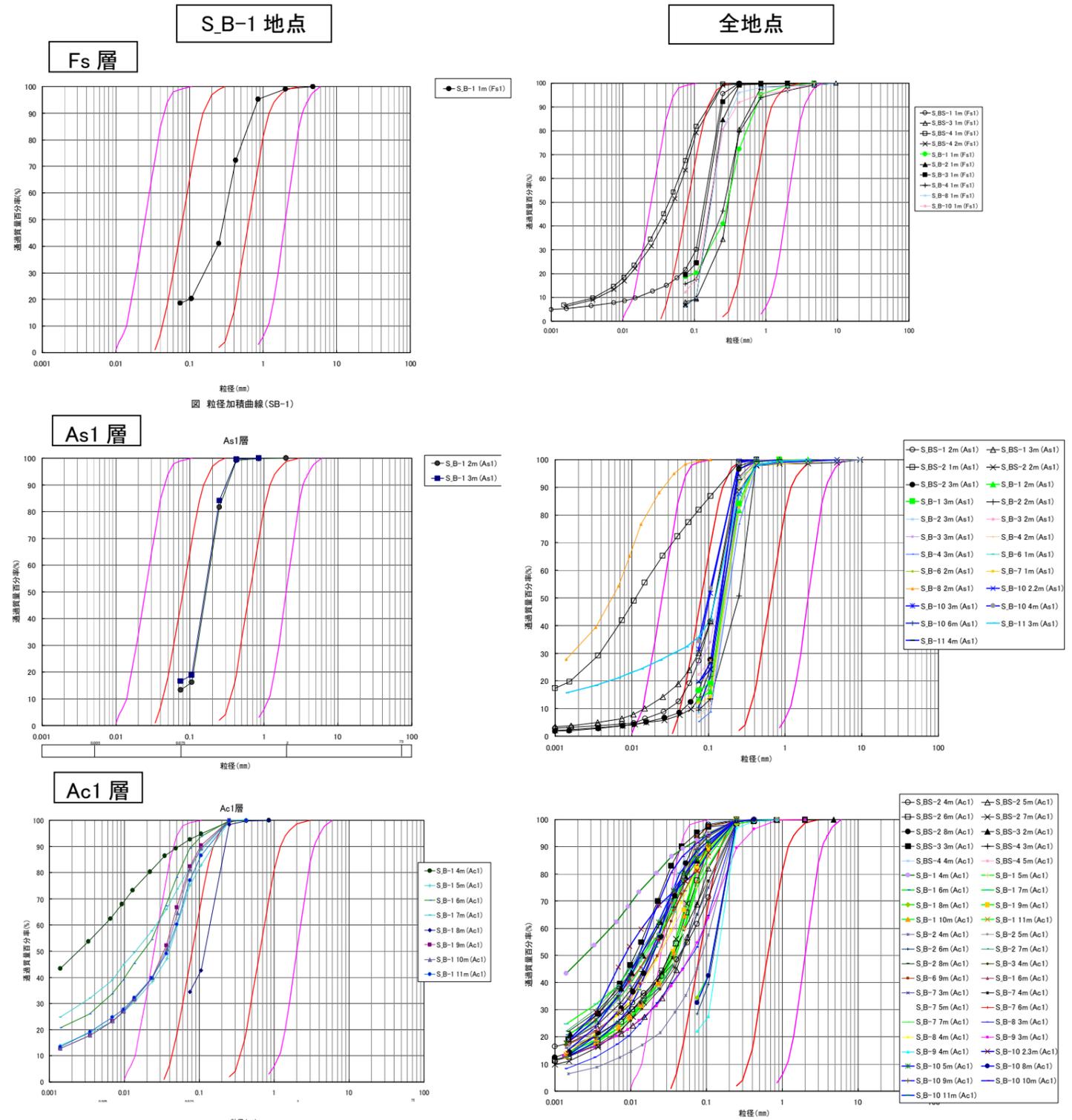
地点名		SB-1		P L値		7.983		せん断応力: 判定深さが含まれる層(中心)の値		(注) 判定外				
入力波名		KNET_SAW-EW_2E		水の単位体積重量		10.0 (kN/m <sup>3</sup> )		地下水位より上(液状化の可能性は低い)		判定外				
基準名		建築基礎構造設計指針		上載荷重		0.0 (kN/m <sup>2</sup> )		**2 $\tau_d/\sigma'_v$ が0.0以下である(液状化の可能性は低い)		判定外				
判定方法		各層毎のせん断応力と、実測N値		使用曲線		$\gamma = 5$ (%)		**3 $F_c \sim \Delta NE$ グラフ範囲外(液状化の可能性は低い)		判定外				
Fc > 50%の取扱い		$\Delta NE = 11$ 一定とする		基礎加速度		136.59 (gal)		**4 全上載圧または有効上載圧が0.0以下となる層である		判定外				
				マニチュアード		9.0		地下水位面		0.00 (m)				
				補正係数		1.000								
層	深さ	土層種類	N値	振動数	判定深さ	土質特性		地震応答値		液状化の判定		判定		
						土質	土質	最大応答値	最大せん断力	補正N値	液状化率		せん断力	
Fs1	0.0	砂質土	7	3.0	17.0	17.0	18.0	195.6	0.010	6.5	0.235	6.791		
As1	1.30	砂質土	24	3.0	17.0	17.0	18.0	186.9	0.028	9.4	0.154	0.326	6.473	
	2.70	砂質土	15	3.0	17.0	17.0	18.0	170.0	0.048	12.5	0.154	0.326	6.473	
Ac1	3.85	砂質土	1.0	0.000	4.30	18.0	19.0	28.00	61.00	16.5	0.600	0.292	2.053	
	4.85	粘性土	3.0	0.000	5.30	17.0	18.0	36.55	79.55	92.6	0.000	0.000	0.000	しない
	5.85	粘性土	1.0	0.000	6.30	17.0	18.0	44.55	97.55	75.0	0.000	0.000	0.000	しない
	6.70	粘性土	1.0	0.000	7.30	17.0	18.0	52.55	115.55	99.3	0.000	0.000	0.000	しない
	7.60	粘性土	2.0	0.000	8.30	17.0	18.0	60.55	133.55	92.0	0.000	0.000	0.000	しない
	8.50	粘性土	6.0	0.000	9.30	17.0	18.0	68.55	151.55	34.4	0.000	0.000	0.174	1.043
	9.50	粘性土	3.0	0.000	10.30	17.0	18.0	76.55	169.55	82.3	0.000	0.000	0.000	しない
	10.70	粘性土	3.0	0.000	11.30	17.0	18.0	84.55	187.55	81.3	0.000	0.000	0.000	しない
	12.05	砂質土	4.0	0.000	12.30	17.0	18.0	92.55	205.55	77.0	0.000	0.000	0.000	しない
	14.40	砂質土	20.0	0.000	13.30	19.0	20.0	101.05	224.05	31.1	0.000	0.000	0.209	2.867
As2	16.00	砂質土	9.0	0.000	14.30	19.0	20.0	111.05	244.05	20.7	0.000	0.000	0.192	3.121
	18.00	砂質土	34.0	0.000	15.30	19.0	20.0	121.05	264.05	25.5	0.000	0.000	0.178	1.026
	20.00	砂質土	23.0	0.000	16.30	19.0	20.0	131.05	284.05	19.3	0.000	0.000	0.174	3.454
	22.00	砂質土	46.0	0.000	17.30	19.0	20.0	141.05	304.05	21.0	0.000	0.000	0.168	3.580
	24.00	砂質土	23.0	0.000	18.30	19.0	20.0	151.05	324.05	21.9	0.000	0.000	0.157	3.814
	26.00	砂質土	7.0	0.000	19.30	19.0	20.0	161.05	344.05	27.3	0.000	0.000	0.143	4.207
	28.00	砂質土	7.0	0.000	19.30	19.0	20.0	171.05	364.05	27.7	0.000	0.000	0.135	1.176
	30.00	砂質土	7.0	0.000	19.30	19.0	20.0	181.05	384.05	27.7	0.000	0.000	0.135	1.176

最大応答値深度分布図  
ケース



(3) 粒度の特徴

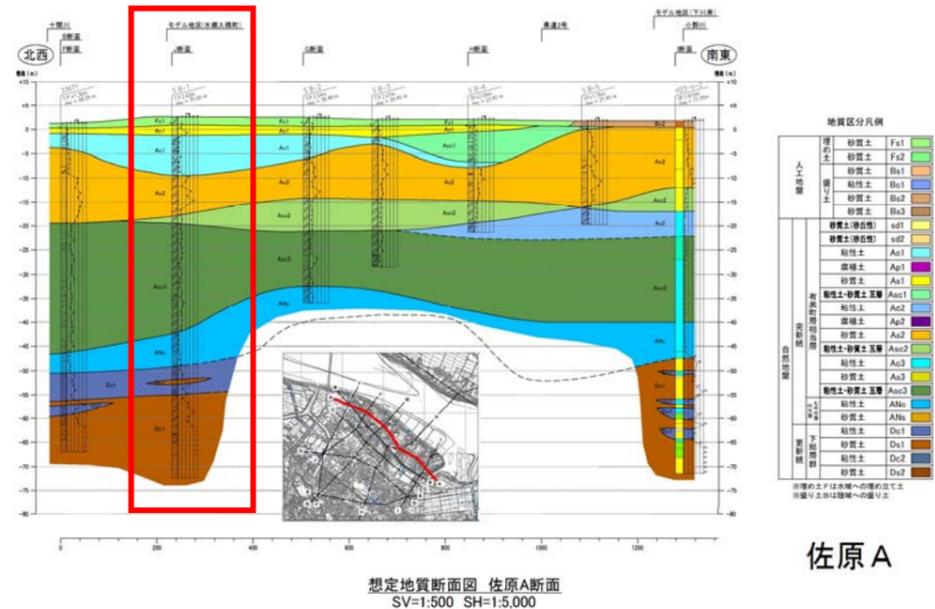
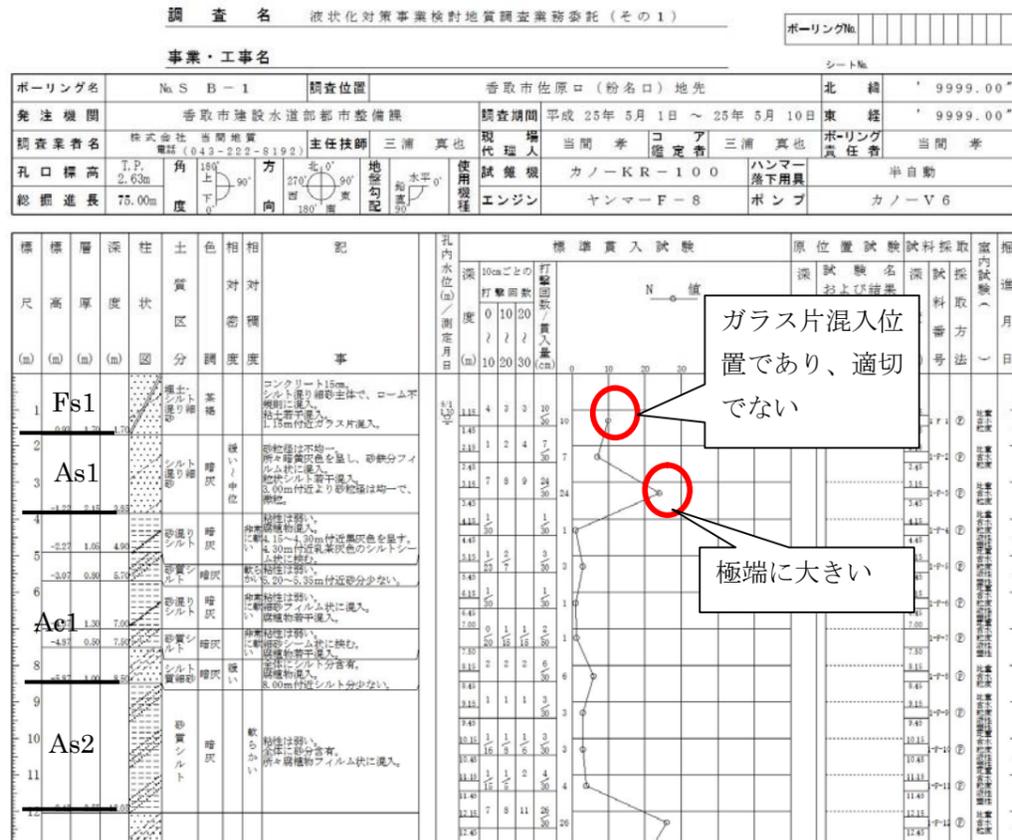
・粒度特性は、Fs1層、As1層、Ac1層、As2層ともに、他の地点の同一土層と大きな違いはない。



(4) 補足調査の必要性について

Fs1層では、ガラス片混入箇所標準貫入試験を実施しており、N値の評価が適切でない可能性がある。当該地点のAs1層のN値は、他の箇所のAs1層に比べて極端に大きな値となっており、地点を代表する値としては、不適切である可能性がある。

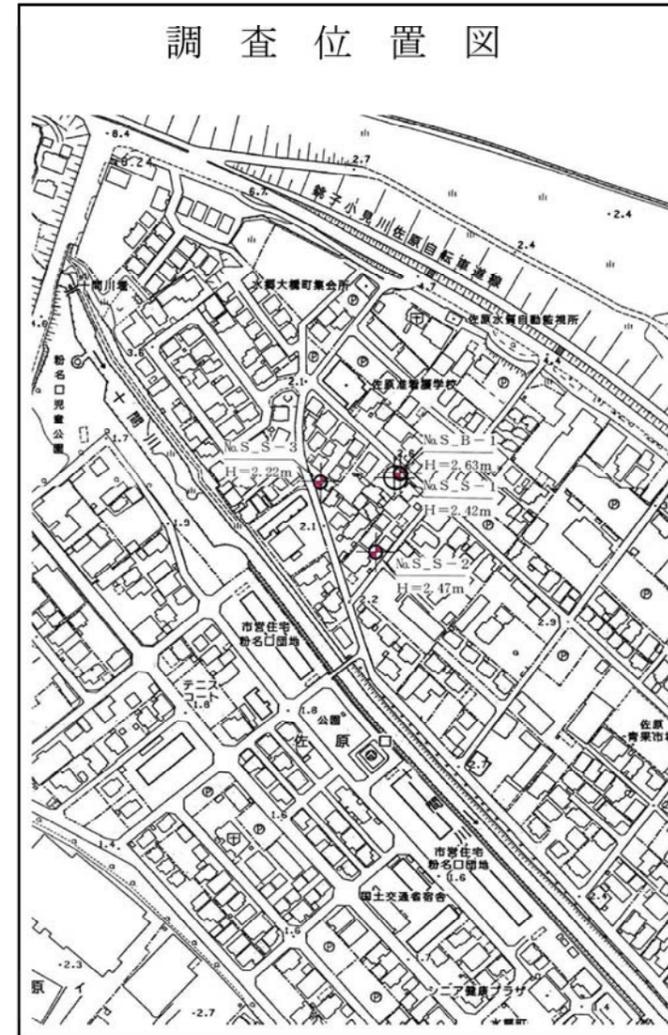
以上のことから、Fs1層とAs1層のN値の妥当性を確認(適切なN値を把握)するため、当該地点周辺の数箇所において地表面から5m程度までのサウンディングを実施することが良いと考えられる。



■再地質調査結果 (スウェーデン式サウンディング試験)

再地質調査結果を以下に示す。調査位置は佐原市街地地区の水郷大橋町内である。S\_B-1直近で1箇所(キャリブレーション用)、及び付近で2箇所実施した。S\_B-1直近の試験箇所「No.S\_S-1」の試験結果から稲田式で換算N値を算出したところ、概ねS\_B-1と整合する結果となった。これに比べて他の2箇所の換算N値は小さかったため、地区全体を代表する地盤の強度は、S\_B-1で確認されたものより低いと判断した。

水郷大橋町 追加スウェーデン式サウンディング試験結果



以上の調査結果から、地盤条件を見直して再解析を行った。結果は次頁の通りである。

■再地質調査結果を用いた解析結果（S\_B-1 地点の液状化判定について）

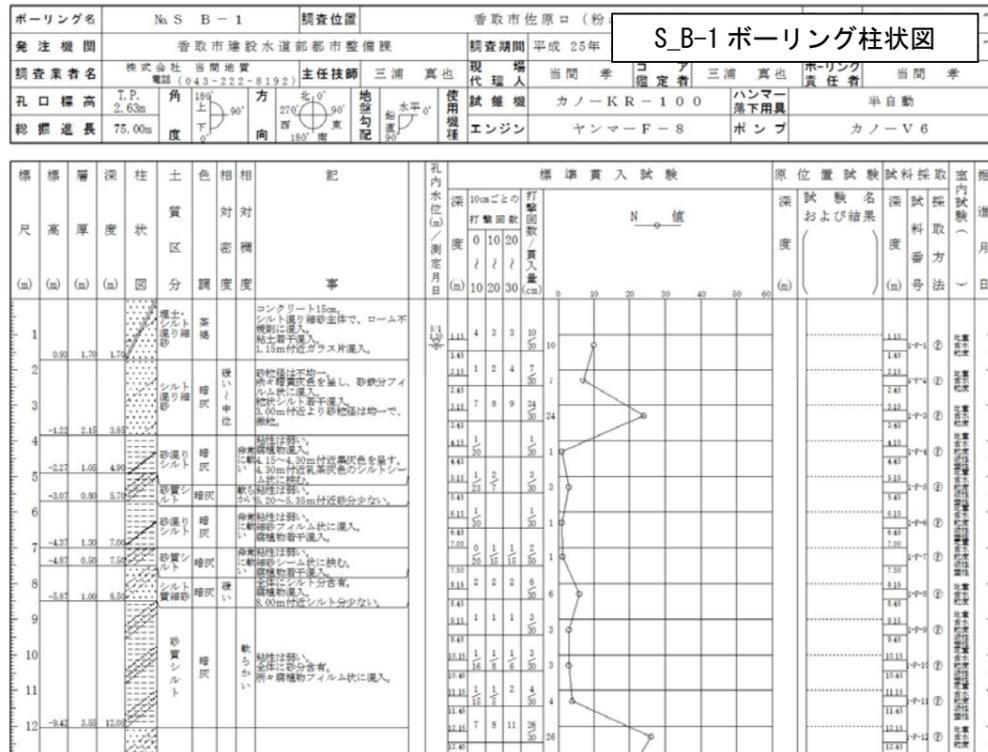
1. 液状化判定計算値と実測沈下量について

S\_B-1 の地震応答解析（タイプ2地震動）による液状化判定結果では、高圧ガスの方法による地表面沈下量 Dcy は 5.8cm と算定された。（※再地質調査前は 4.1cm）

当該地区（水郷大橋町）は、液状化被害が大きかった地区であり、周辺の状況から推定される沈下量 10～30cm とは大きく異なった計算値となっている。

2. 地盤状況

- ・地下水位 GL-1.3m
- ・液状化判定対象層 GL-3.85m までの Fs 層及び As 層
- ・GL-2.7m～GL-3.85mは、N 値 10 程度の比較的締まった砂層
- ・液状化すると判定された地層は、GL-1.3m～GL-2.7mの層厚 1.4m の部分
- ・この層の沈下は約 3.5cm で、周辺の状況から推定される沈下量 10～30cm と大きく異なる。



3. 解析による沈下量と実測沈下量の相違についての考察

GL-1.3～2.7m の土層のみが液状化したとする場合、実際の沈下量を十分に説明できないことから、実現現象として以下の事が生じていたのではないかと考えられる。

- ・最初に GL-1.3～2.7m の土層が液状化
- ・過剰間隙水圧により地下水が上部へ伝播
- ・上部の砂層が飽和状態となり、継続時間の長い本震あるいは余震により、地表付近まで液状化が発生
- ・また、実現現象としては、液状化による間隙水の排水だけではなく、噴砂も生じており、体積圧縮も計算で求めている排水だけのものより大きい事が考えられる。

4. 地表面沈下量 Dcy についての計算

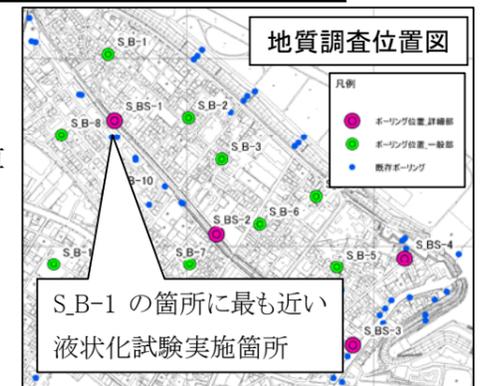
(1)液状化強度試験後の排水による体積圧縮ひずみを用いた場合

S\_B-1 の箇所に最も近い液状化試験実施箇所である S\_BS-1 のデータを用い、地表面沈下量 Dcy(cm) を算出した。計算結果を以下に示す。

表-4.9 液状化強度試験後の排水による体積圧縮ひずみより算定した地表面沈下量 Dcy(cm)

計算地点	排水量から求めたDcy(cm)	高圧ガスDcy(cm)		建築基準Dcy(cm)	
	液状化強度試験データがある地層のうちFL<1となる地層について算定	G.L.-20m全層	液状化強度試験データがある地層のうちFL<1となる地層について算定	G.L.-20m全層	液状化強度試験データがある地層のうちFL<1となる地層について算定
S_BS-1	17.5	9.6	6.5	2.2	0.9
S_BS-2	30.1	10.1	9.6	2.2	2.2
S_BS-3	4.0	7.9	3.8	7.8	6.6
S_BS-4	0.0	5.0	0.0	2.7	0.0

上表より、S\_BS-1 及び S\_BS-2 地点では高圧ガス及び建築基準によって求めた地表面沈下量 Dcy(cm) と比べ、液状化強度試験後の排水による体積圧縮ひずみを用いた地表面沈下量 Dcy は大きめの値となった。



(2)過剰間隙水圧により地表面まで液状化したと仮定した場合

地表面沈下量 Dcy(cm)の計算結果を以下に示す。

表-4.10 過剰間隙水圧により地表面まで液状化したと仮定した場合の地表面沈下量 Dcy(cm)

地点名	計算条件	地表面沈下量 Dcy (cm)
S_B-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下水位を地表面に一致</li> <li>・地震応答解析（タイプ2地震動）</li> <li>・高圧ガス基準</li> </ul>	7.2

5. 液状化判定に関する考察

- ・地表面まで液状化したと仮定した場合、あるいは液状化強度試験による体積圧縮ひずみを用いた場合でも、計算値は実際の沈下量を十分に説明できない。
- ・実際の沈下量としては、噴砂による圧縮も相当分生じていたと考えられる。
- ・以上のことを考慮すると液状化対策を行ううえでは、GL-3m付近までの Fs 層及び As 層の液状化を抑制する事が必要と考えられる。