

平成 28 年度
エネルギー回収型廃棄物処理施設整備
に係る地質調査業務委託

報 告 書

平成 2 8 年 1 2 月

我 孫 子 市
国 際 航 業 株 式 会 社

まえがき

本報告書は、「エネルギー回収型廃棄物処理施設整備に係る地質調査業務委託」の地質調査結果をまとめたものであります。

本調査は、千葉県我孫子市中峠 2264 番地及び中峠 2274 番地のクリーンセンター内に計画されるエネルギー回収型廃棄物処理施設等の整備を進めていくうえで必要となる建設用地造成設計及び施設計画設計のために地質調査を行うものである。

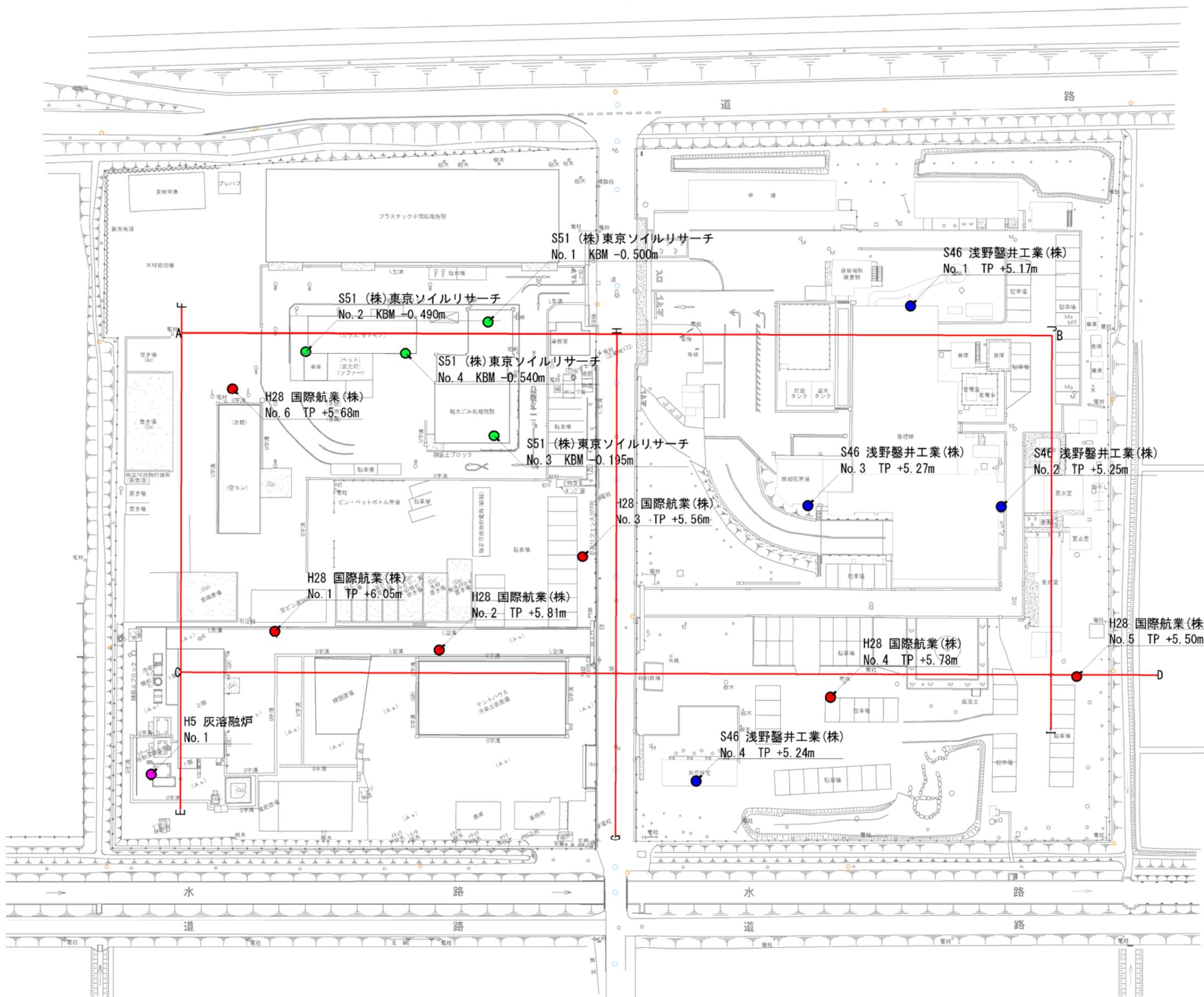
本調査に当たり、御指導、御協力を賜った我孫子市並びに関係各位に深く感謝いたします。

平成 28 年 12 月

国際航業株式会社
社会インフラ部 地質マネジメントグループ
〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1
TEL 042-307-7434
FAX 042-330-0027

調査位置図

S=1:400 (A1)
S=1:800 (A3)



- 今回調査
●
既存調査
● S46
● S51
● H5

目 次

まえがき	
調査地案内図	
§ 1. 業務概要	1
1-1 業務概要	1
1-2 調査数量	2
§ 2. 調査方法	3
2-1 ロータリー式機械ボーリング	3
2-2 標準貫入試験	5
2-3 孔内水平載荷試験	6
2-4 乱れの少ない試料採取	7
2-5 室内土質試験	8
§ 3. 調査結果	9
3-1 地形及び地質概要	9
3-2 地質分布	15
3-3 孔内水位	39
3-4 孔内水平載荷試験結果	40
3-5 室内土質試験結果	42
§ 4. 調査結果に基づく考察	56
4-1 土質定数の提案	56
4-2 液状化の検討	62
4-3 調査結果に基づく考察	89
巻末資料	
・ 調査位置図	
・ 地質想定断面図	
・ 沖積層基底等深線図	
・ ボーリング柱状図	
・ 孔内水平載荷試験データ	
・ 室内土質試験データ	
・ 液状化の検討結果	
・ 記録写真	
・ 打合せ協議記録簿	

§ 1. 業務概要

1-1 業務概要

- (1) 調査業務名 : 平成 28 年度エネルギー回収型廃棄物処理施設整備に係る地質調査業務委託
- (2) 調査場所 : 千葉県我孫子市中峠 2264 番地及び中峠 2274 番地
クリーンセンター内
- (3) 調査年月 : 自) 平成 28 年 12 月 1 日
至) 平成 28 年 12 月 28 日
- (4) 調査目的 : 千葉県我孫子市中峠 2264 番地及び中峠 2274 番地のクリーンセンター内に計画されるエネルギー回収型廃棄物処理施設等の整備を進めていくうえで必要となる建設用地造成設計及び施設計画設計のために地質調査を行った。
- (5) 調査数量 : 機械ボーリング 6 箇所 延べ 247 m
標準貫入試験 239 回
孔内水平載荷試験 6 回
シンウォールサンプリング 6 試料
室内土質試験 48 試料
詳細を表 1-1 の実施数量表に示す。
- (6) 使用機械 : ロータリー式ボーリングマシン 3 台
- (7) 調査者 : 国際航業株式会社
主任技術者 森田祥子
現場代理人 伊東広敏
現場担当者 田島智子

1-2 調査数量

本業務で実施した調査数量をまとめ、表 1-1 に示す。

表 1-1 実施数量表

調査地点		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	合計	単位	
機械ボーリング	φ 86mm	砂質土	4.10	4.75	4.95	11.65	10.40	0.20	36.05	m
		粘性土	2.70	2.05	1.85	7.35	9.20	2.60	25.75	m
	φ 66mm	砂質土	21.50	30.4	30.70	19.10	17.90	34.40	154.00	m
		粘性土	5.70	3.8	0.50	3.90	12.50	4.80	31.20	m
	小 計		34.00	41.00	38.00	42.00	50.00	42.00	247.00	m
標準貫入試験		砂質土	26	36	37	31	29	35	194	回
		粘性土	7	4	0	8	20	6	45	回
		小 計	33	40	37	39	49	41	239	回
孔内水平載荷試験		1	1	1	1	1	1	6	回	
シンウォールサンプリング		0	0	0	2	4	0	6	試料	
土粒子の密度試験		5	6	9	10	11	7	48	試料	
土の含水比試験					2	4		6	試料	
土の粒度試験		フルイ						0	試料	
		フルイ+沈降	5	6	9	10	11	7	48	試料
土の液性限界試験		5	6	9	10	11	7	48	試料	
土の塑性限界試験		5	6	9	10	11	7	48	試料	
土の湿潤密度試験					2	4		6	試料	
土の一軸圧縮試験					2	2		4	試料	
土の三軸圧縮試験		UU法				2		2	試料	
土の圧密試験					2	4		6	試料	

§ 2. 調査方法

2-1 ロータリー式機械ボーリング

ボーリングの実施位置は、巻末の調査位置図に示した地点において全 6 箇所で行った。

ボーリング方法は、ロータリー式ボーリングマシンを使用した。ボーリング調査はシンウォールサンプリングや孔内水平載荷試験を行う深度まで $\phi 86\text{mm}$ で掘削し、それ以深 $\phi 66\text{mm}$ で行った。掘削に際しては、孔壁の保護と逸水防止のためにベントナイト泥水を循環させる事で、掘削土砂の排土を行った。

なお孔壁の崩壊が著しく、孔壁の維持が困難な所では、ケーシングを使用して孔壁の保護を行った。

ボーリングの掘進は、N値が 50 回以上 5m 連続しているの確認するまで行った。ただし No.5 地点では、計画数量まで掘進しても上記の地層が確認できなかったため、GL-50m で市と協議の上、掘進を終了した。

図 2-1 には、ロータリー式ボーリングマシンの掘削要領を示す一般図を示す。

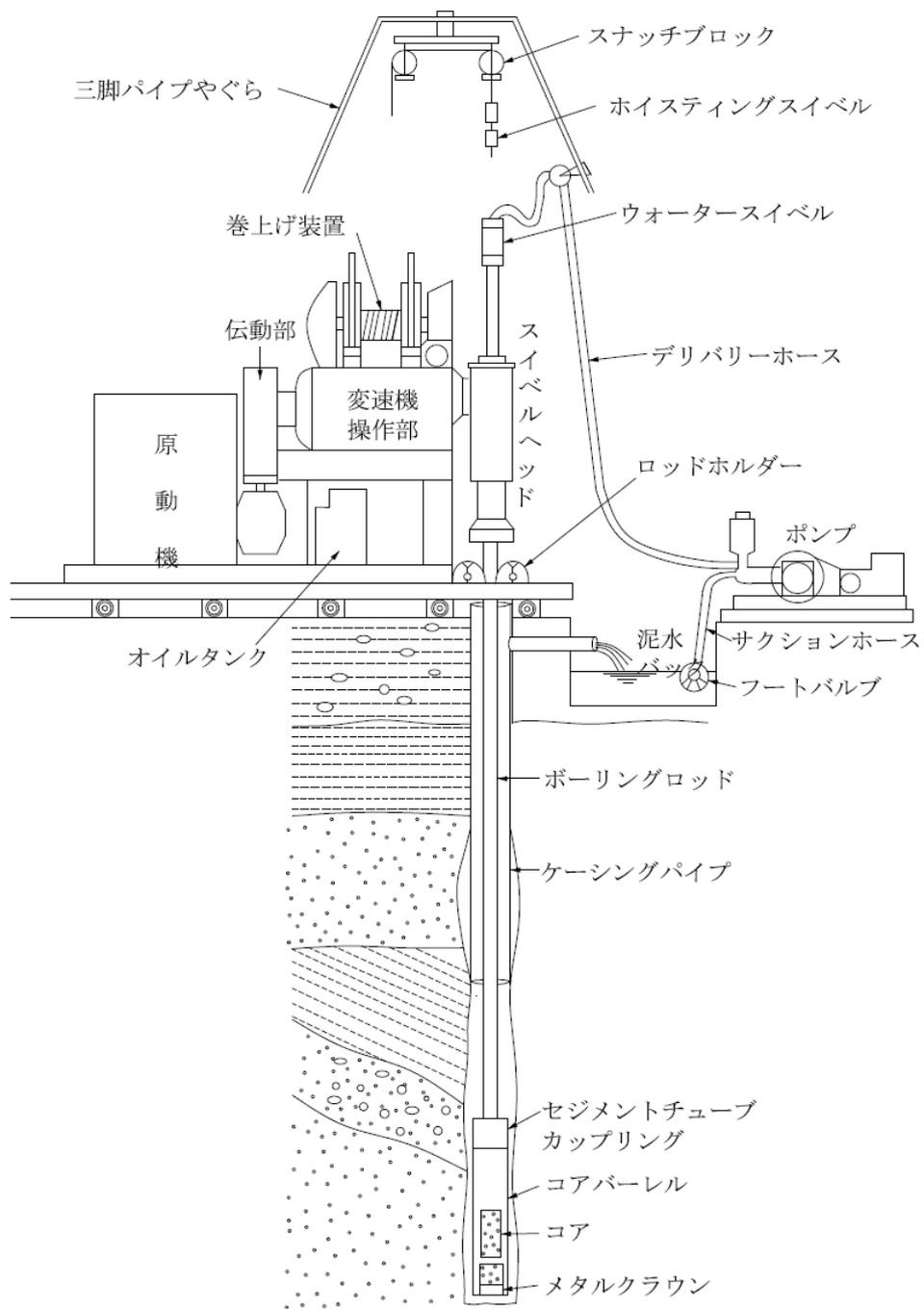


図 2-1 ロータリー式ボーリングマシン一般図
 (地盤工学会：地盤調査の方法と解説 より)

2-2 標準貫入試験

標準貫入試験は、ボーリング孔を利用して、原位置における土の硬軟、締まり具合又は土層の構成を判定するためのN値を求める方法で、日本工業規格(JIS A 1219-2013)の規定に基づいて行った。試験の位置は、ボーリングの掘進に伴って通常深度1m毎に実施した。また、N値を記録し、サンプラーの中に採取された土試料(サンプル)を鑑別する事で地質構成の把握を行った。

図2-2は、標準貫入試験の要領を示す一般図である。

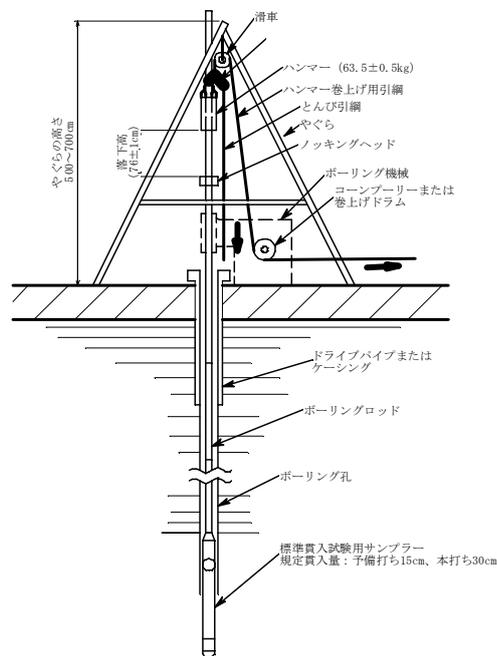


図 2-2 標準貫入試験装置の概要図 (地盤工学会：地盤調査の方法と解説 より)

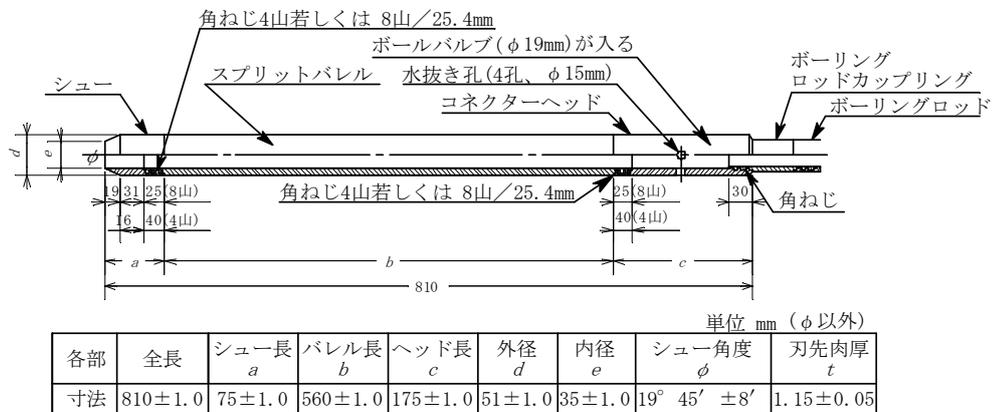


図 2-3 標準貫入試験用サンプラー (地盤工学会：地盤調査の方法と解説 より)

2-3 孔内水平載荷試験

孔内水平載荷試験を地盤工学会基準（JGS 1531-2012）に基づいて等分布荷重方式・1室型で行った。今回の孔内水平載荷試験には、施工実績の高いLLT 4188型孔内水平載荷装置を使用した。

図 2-4 に装置構成図を示す。

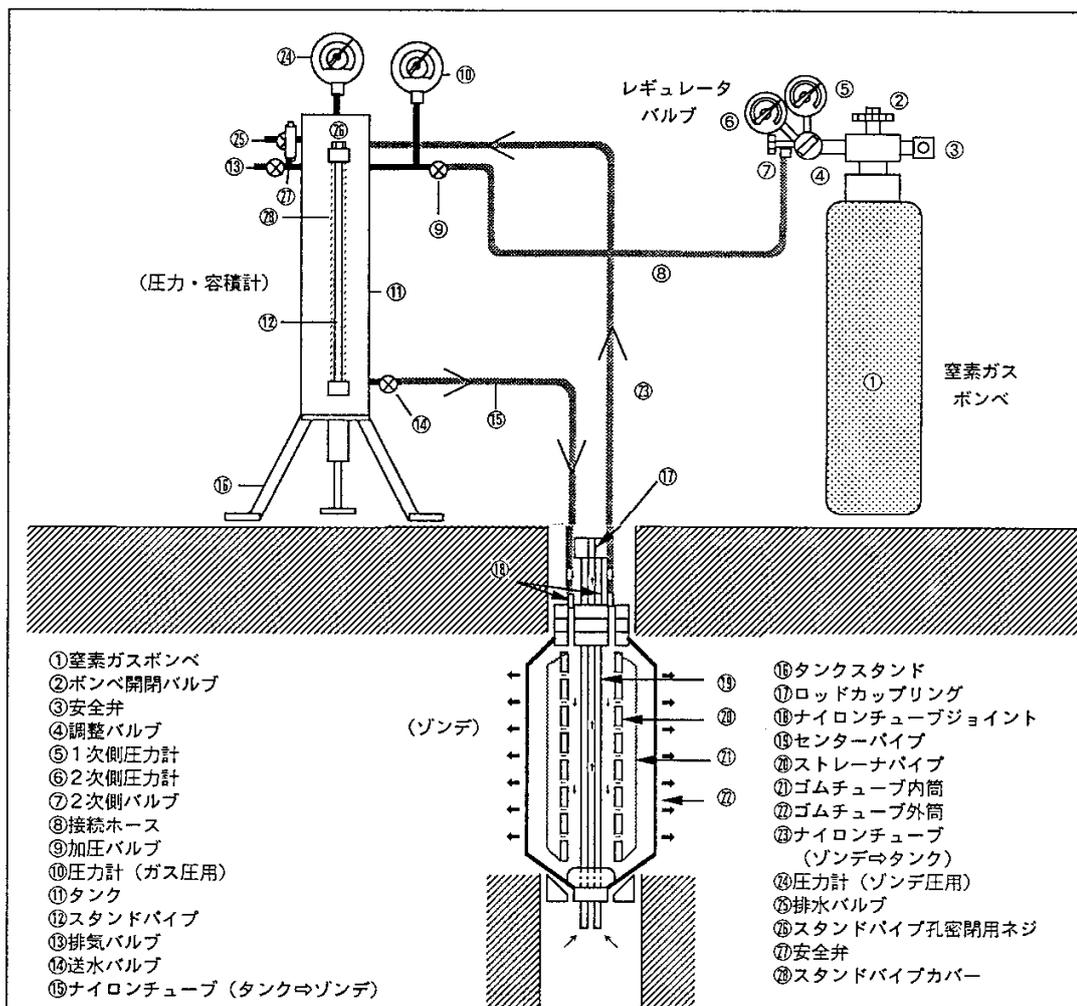


図 2-4 L.L.T 装置構成図 (LLT Model-4188 OPERATION MANUAL より)

LLT 4188型孔内水平載荷試験装置はボーリング孔内にゴムチューブを挿入して、高压ガスを圧力源とする圧力水の流入によってこのチューブを加圧膨張させる。この時の圧力と孔内におけるチューブの膨張量の関係により、地盤の変形特性を求める装置である。

2-4 乱れの少ない試料採取

(1) 水圧式シンウォールサンプラーによる土の乱れの少ない試料の採取

水圧式シンウォールサンプラーによる土の乱れの少ない試料の採取は、主として軟弱粘性土層（N値=0～4程度）を対象にした試料採取の方法であり、地盤工学会基準（JGS 1221-2012）の規定に基づく水圧式サンプラーを使用して行った。この際、試料に衝撃を与えないように注意しながら丁寧にサンプリングチューブを取り扱ると共に、試料の両端をパラフィン等でシールして試料の状態が変化しないようにして土質試験室に運んだ。（図 2-5 参照）

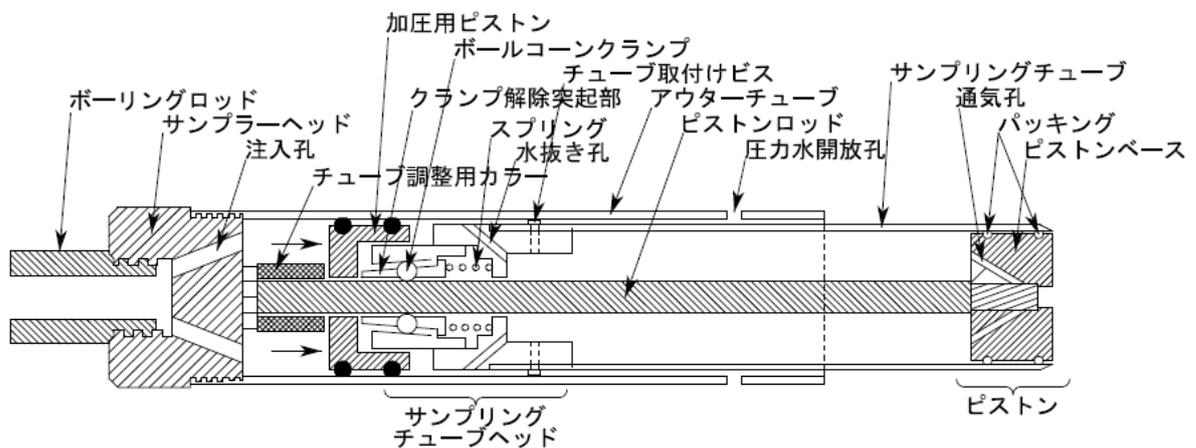


図 2-5 水圧式サンプラーの例

〔地盤工学会：地盤調査の方法と解説より〕

2-5 室内土質試験

室内土質試験は、標準貫入試験による乱した試料を用いて表 2-1 に示す規格に準じて実施した。

表 2-1 室内土質試験規格

試験項目		日本工業規格	地盤工学会基準
物理試験	土粒子の密度試験	JIS A 1202	JGS 0111
	土の含水比試験	JIS A 1203	JGS 0121
	土の粒度試験	JIS A 1204	JGS 0131
	土の液性限界試験	JIS A 1205	JGS 0141
	土の塑性限界試験	JIS A 1205	JGS 0141
	土の湿潤密度試験	JIS A 1225	JGS 0191
力学試験	土の一軸圧縮試験	JIS A 1216	JGS 0511
	土の三軸圧縮試験(UU)	—	JGS 0521
	土の圧密試験	JIS A 1217	JGS 0411

§ 3. 調査結果

3-1 地形及び地質概要

本調査地は、JR 成田線「湖北駅」の南西方約 1.9km の利根川に沿って広がる氾濫平野を盛り立てた盛土地に位置している。

図 3-1 には、調査地付近の明治初期から中期にかけて作製された迅速測図を示した。調査地がある氾濫平野の南側には、東西に伸びて下総台地がみられる。この下総台地は、利根川に注ぐ沢により削られて小さな谷がいくつも形成され、樹枝状に開析されている。明治の頃の調査地は、南西側の畑地と北東側の水田により区分されていた。従来の利根川は、この畑地を堤防として地形を区分していたようである。また畑地部分に沿うように街道も描かれている。畑地の南側には、台地を樹枝状に開析してきた河川が、当初北東に流下していたが、畑地にあたり東南東に屈曲し、調査地の東側で利根川の氾濫平野に注いでいたようである。

また図 3-2 には調査地付近の土地条件図を示した。土地条件図では、調査地の南側に東西に伸びる下総台地があり、利根川に注ぐ中小河川により樹枝状に開析されている様子がみられる。調査地付近は利根川に沿って広がる氾濫平野として一括されているが、迅速測図を見るとのような微細な小地形を読み取れていなかった。これは、現況地形が、盛土造成されてしまい、自然地形の読み取りが難しくなっているためと考えられる。

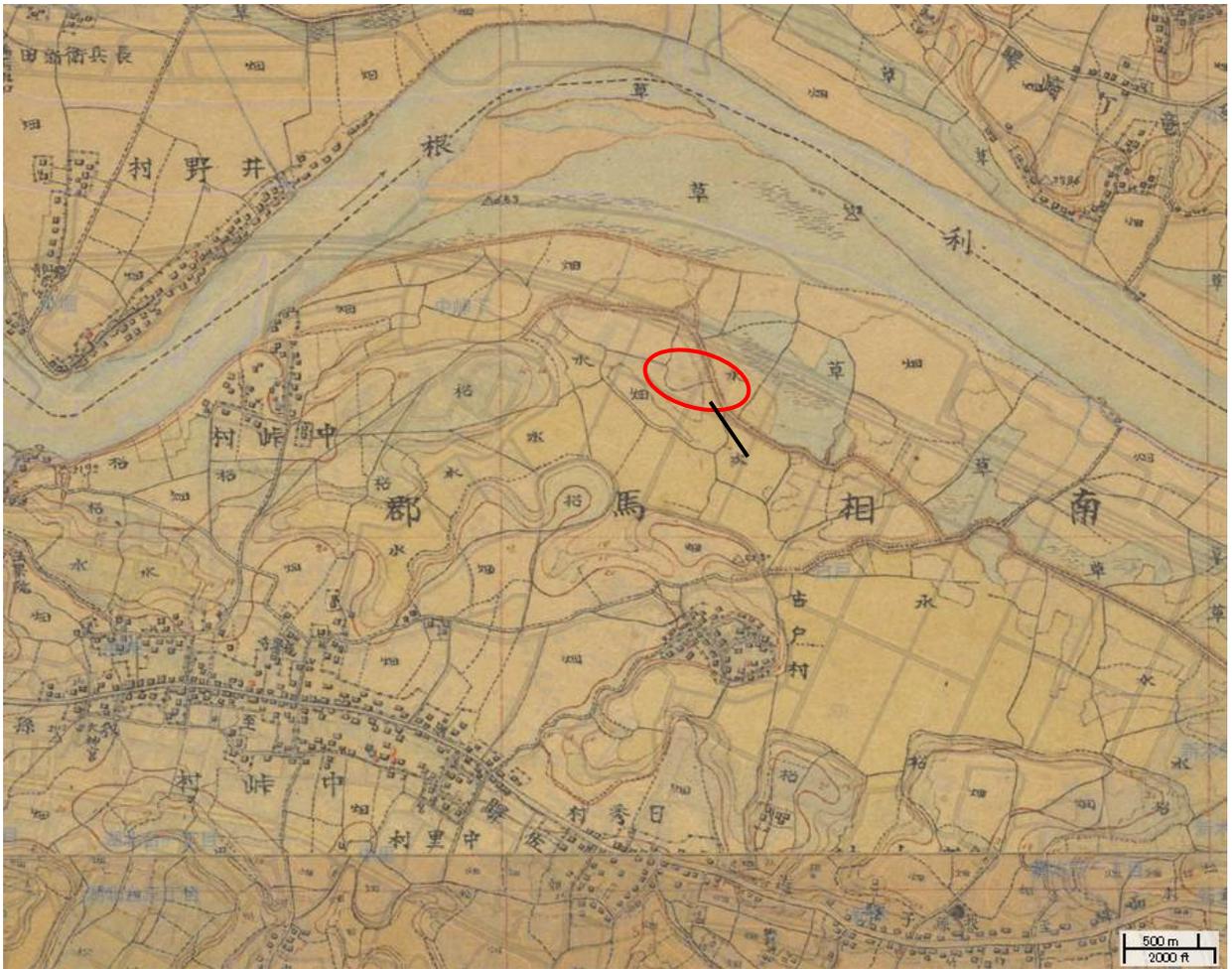


図 3-1 迅速測図

(歴史的農業環境閲覧システム <http://habs.dc.affrc.go.jp/index.html> より)

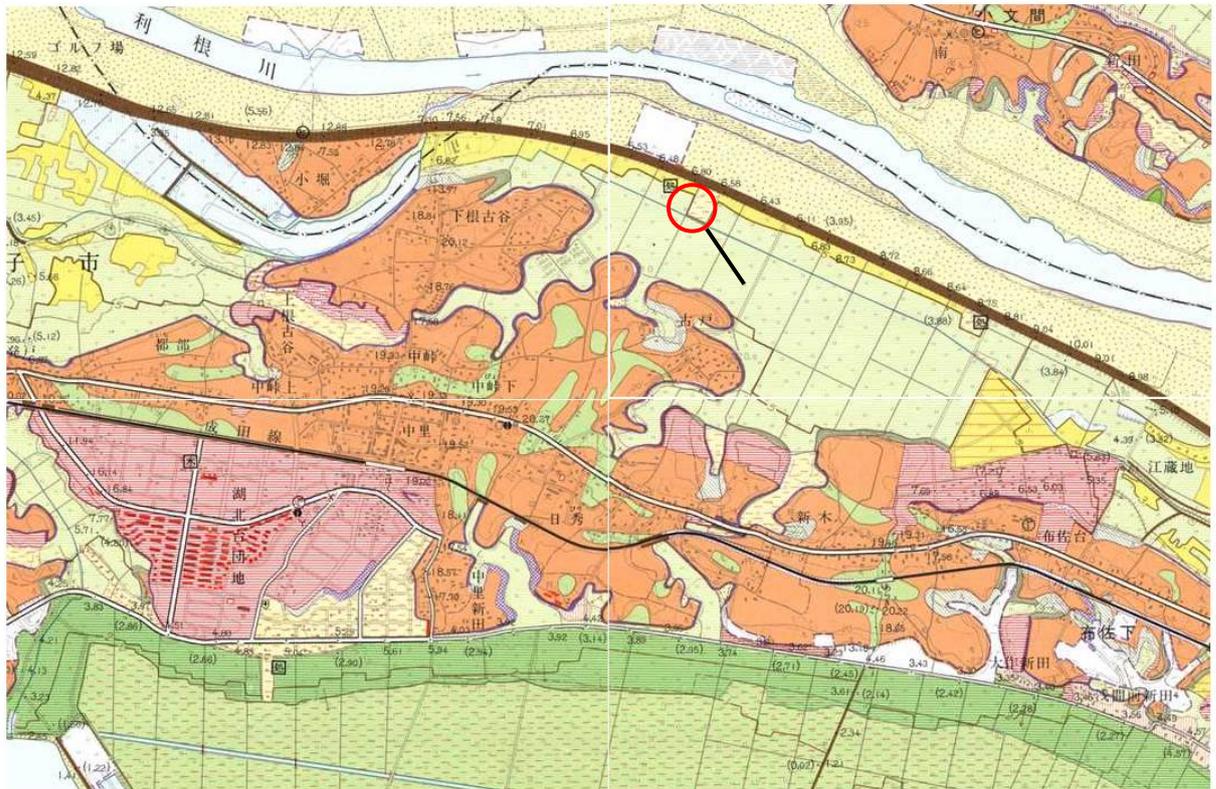


図 3-2 土地条件図

(<http://www.kanto-geo.or.jp/kaitai/index.htm> 大地の解体新書 HP より)

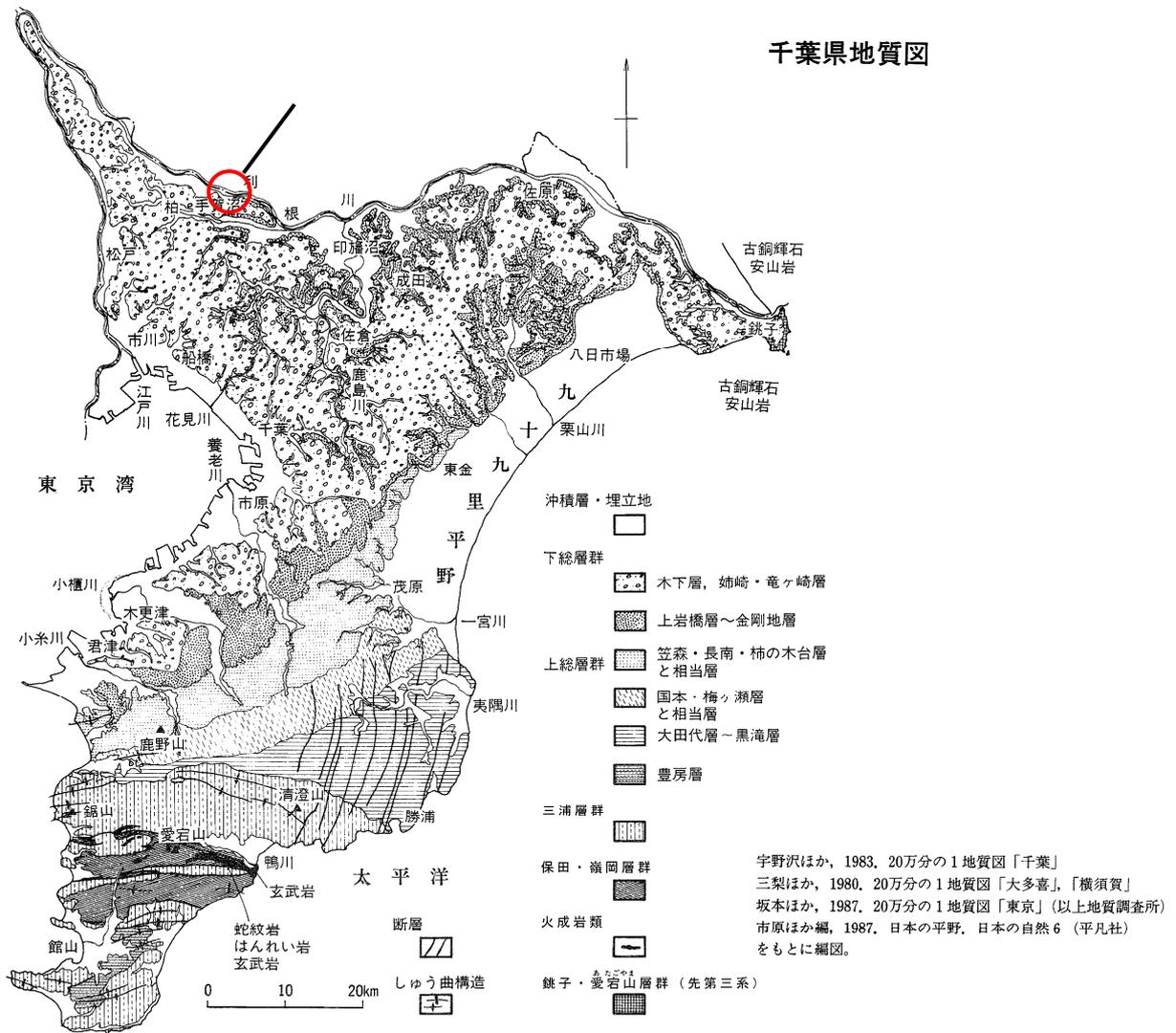


図 3-3 千葉県地質図 (日曜の地学 19 千葉の自然をたずねて より)

図 3-3 に千葉県地質図、表 3-1 に千葉県の層序表を示した。調査地付近の利根川に沿って広がる氾濫平野では、下総台地の基底を構成する洪積層の下総層群を不整合に覆って、沖積層が堆積していることがわかる。

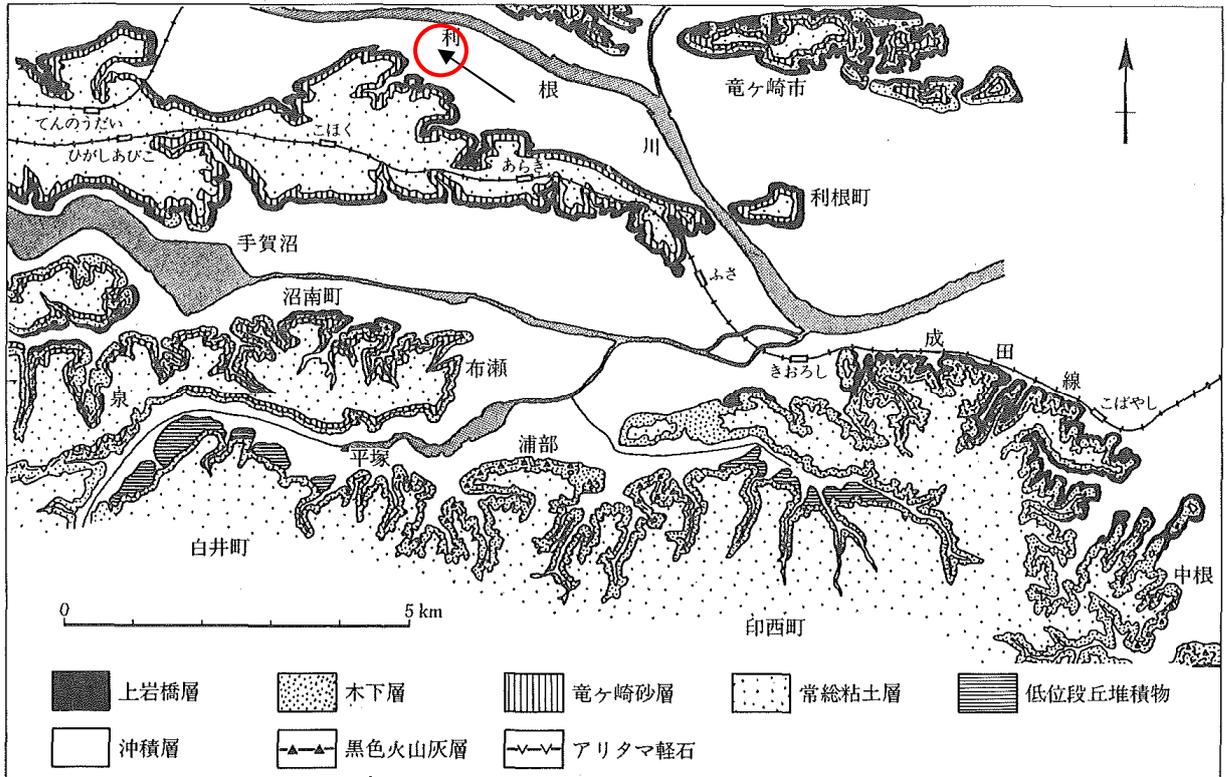


図 3-4 模式地付近の木下層の地質図（日本の地質 3 関東地方より）

図 3-4 に調査地付近の台地の基底に分布する地層の地質図を示した。調査地付近の台地には、表層が関東ローム層に覆われ、その下に下総層群の常総層、竜ヶ崎砂層、木下層、上岩橋層が分布している。しかし図 3-4 に示すように手賀沼や手賀川の北側の台地周辺には、木下層は確認できない。また、調査地がある氾濫平野では、台地の上部に分布する関東ローム層や下総層群の常総層、竜ヶ崎砂層はみられない。このため上岩橋層よりも古い堆積物を基底として、その上に軟弱な沖積層が不整合関係で覆っていることがわかる。

調査地の沖積層の下に分布する砂や粘性土により構成される地層は、上岩橋層よりも古い地層と考えられるが、地層との詳細な対比ができないため、本報告書では洪積層として一括して取り扱う。

表 3-1 千葉県層序表 (日曜の地学 19 千葉の自然をたずねて より)

時代 (年) 1万	地層名		鍵層(年代)	おもな化石	できごと	
	西部	中・東部				
更新世	下総群	沖積層	←AT (約2万年)	オオガハス 沼サンゴ礁	「構造海進」 「ワム氷期」 海面低下により全面陸化 「沼・湿地・河の時代」	
		立川ローム層	←TP (約5万年)			
		新期ローム層	←MP			
		武蔵野ローム層	←DP (約6.5万年)			
		常総粘土層	←Pm-1			
		亀ヶ崎	←Kmp-1 (An-1)	ナウマンゾウ		
		砂層	←SIP (約13万年)			
		下末吉				
		香取層	←Tau-12 (Ko-1)	ナウマンゾウ ニホシムカシジカ アヲウスイシカ ゲガイ	「下末吉海進」 氷河性海面変動により、 浅海→陸化をくりかえす	
		木下層	←黒色火山灰層			
		上岩橋層				
		清川層	←コウジミン軽石	ナウマンゾウ チョウセンゴヨウ ヒメハラモミ ミツガシウ	「内湾の時代」	
		藪層	←Gap 1 (約31万年) ¹⁾	トウヨウゾウ セイウチ トウキョウホタテ		
			地蔵堂層	←泉谷泥層		
		鮮新世	上総群	周南層		
佐貫層						
長浜乱堆積層	←Ks11 (約57万年) ²⁾ ←Ks18 (約62万年) ²⁾			ムカシマンモスト ド・トウヒ コムツガ・ブナ		
万田野層						
市宿層						
長南層						
柿ノ木台層						
国本層	←Ku 2 ←Ku 5 ←U1 (約100万年) ¹⁾ ←U6 ←U8 (約147万年) ¹⁾ ←O7 (約90万年) ¹⁾			「カズサジカ ムカシマンモスト ワタセトド」	「東京湾不整合」	
岩坂層						
東日笠層						
梅ヶ瀬層						
大田代層	←Kd18 (約171万年) ¹⁾ ←Kd23 (約194万年) ¹⁾ ←Kd38 (約202万年) ¹⁾				「深海の時代」	
十宮層						
黄和田層						
飯岡層						
竹岡層						
大原層						
浪花層						
勝浦層						
黒海層						
中新世	三浦群	萩生層		シロウリガイの仲間	「黒瀨不整合」	
		安野層				
		名洗層	←HK (約500万年) ³⁾ ←OK (約630万年) ³⁾	カルカロドン メガロン(サメ)		
		清澄層				
		榎子沢層 (千畑レキ岩層)				
		天津層				
		木ノ根層				
		中尾原層				
		奥山層				
		大崩層				
		保田層群				
		夫婦ヶ鼻層				
		レビドシクリナ (有孔虫)				
		古銅輝石 安山岩 (1180万年)				
		漸新世	横岡層群			カンラン岩 玄武岩の 貫入
白亜紀	銚子層群			アンモナイト イノセラムス トリゴニア		
?	愛宕山層群					

千葉県の地層と化石

層序表は、「日本の地質・関東地方」を基本にして作成した。

①三梨 (1973) ②楡井 (1981)

※従来、第2海底谷と第4海底谷の堆積物(砂れき層)を「長浜層」と呼んでいたが、

そのうち第2海底谷の堆積物のみを「長浜乱堆積層」とする。

- 1) 鈴木正男・杉原重夫, 1983. 日本第四紀学会講演要旨, 13, 69-70.
- 2) 徳橋秀一・榎原徹・遠藤秀典・磯田邦俊・西村進, 1983. 地調月報, 34, 241-269.
- 3) 原 雄・楡井久, 1991. 日本地質学会講演要旨, 215.
- 4) ———, 1990. 地質学雑誌, 96, 397-400.
- 5) Kasuya, M., 1987. Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd Ser., (Geol), 58, 93-106.
- 6) 巽好幸・石坂恭一, 1979. 地質学雑誌, 85, 538-585.

3-2 地質分布

本業務では、ボーリング調査を6箇所を実施した。これらの地質状況は巻末のボーリング柱状図に記載している。またボーリング孔を利用して実施した標準貫入試験の結果も柱状図に併記した。

本業務では、今回の地質調査結果と既存資料の調査結果を用いて作成した地質想定断面図を図3-5～図3-6に示し、表3-3に地質層序表に示した。また洪積層の出現深度を示す沖積層基底等深線図を図3-7に示した。

地質想定断面図及び沖積層基底等深線図を作成するに既存資料として、表3-2に示したものをを用いた。

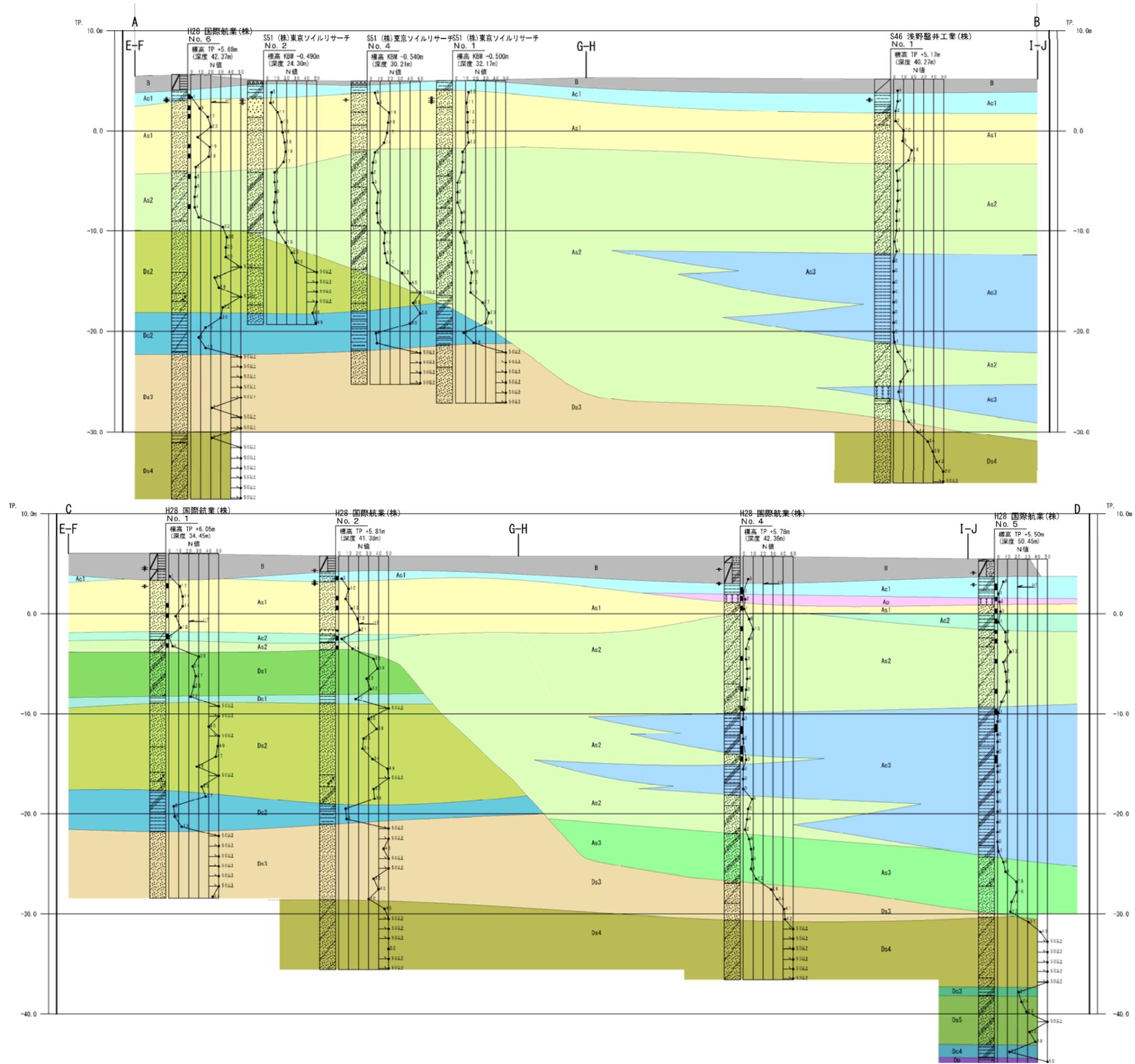
表 3-2 既存資料一覧

業 務 名：我孫子クリーンセンター 調査業者名：浅野鑿井工業株式会社 調 査 年 月：昭和 46 年 11 月 調 査 地 点：No.1～No.4 計 4 本
業 務 名：我孫子市粗大ゴミ処理施設建設工事に伴う地質調査 調査業者名：株式会社東京ソイルリサーチ 調 査 年 月：昭和 51 年 11 月 調 査 地 点：No.1～No.4 計 4 本 KBM を TP+5.50m と仮定
業 務 名：焼却灰溶融リサイクルシステム実証試験棟新築工事 調査業者名：日立造船株式会社 調 査 年 月：平成 5 年 6 月 調 査 地 点：No.1 計 1 本 隣接して今回調査を行った No.1 地点の標高より TP+6.05m と仮定

表 3-3 地質層序表

地質時代	地層名	地質記号	土質名	色調	下限標高 TP. m	層厚 (m)	分布N値	地層の主な特徴
現世	盛土層	B	粘性土 砂混じりシルト 砂質シルト シルト混じり細砂	暗茶褐 暗灰 茶灰 黄褐	+3.03 ~ +4.21	1.60 ~ 2.75	1~5 (1.5)	調査地全域の表層に分布。粘性土を主体としているが、No.5地点のみ砂質土が主体。部分的に礫の混入がみられ、改良されている箇所もある。No.4地点では、微細な腐植物を混入。
完 新 世	沖 積 層	Ac1	シルト 砂質シルト	淡青灰 暗灰	+1.60 ~ +3.21	1.00 ~ 2.10	0~6 (0.9)	調査地全域に分布。No.2、No.6地点で分布下限標高が高く、No.1、No.3地点で欠損。有機質土や腐植物が混入する粘性土を主体。植物根跡がみられる。
		Ap	腐植土	暗褐色 黒褐	+0.90 ~ +1.08	0.70 ~ 0.90	2 (1.8)	表層の浅い谷地形にあたるNo.4、No.5地点の底部にほぼ水平に分布。繊維質の残る腐植物を主体。部分帯に有機質土やシルトを挟む。下部では砂を含有。
		As1	シルト質細砂 シルト混じり細砂 細砂 中砂	暗灰	-4.02 ~ 0.00	0.90 ~ 7.10	1~28 (8.3)	調査地全域に分布。分布下限標高は、東に向かって高くなる傾向がみられる。全体的に均質な砂を主体。所々に腐植物や木片を混入。No.2、No.3、No.6地点の上部では、パミスも多く混入しラミナを形成。
		Ac2	砂混じりシルト 砂質シルト	暗灰 暗黄褐	-2.89 ~ -1.60	0.80 ~ 1.60	0~3 (0.5)	No.1、No.2、No.5地点にほぼ水平に分布。腐植物や微細砂を挟む粘性土を主体。No.2地点では円礫を混入。
		As2	礫混じり細砂 シルト混じり細砂 シルト質細砂 細砂	暗灰 暗青灰	-24.64 ~ -3.59	0.70 ~ 22.80	1~14 (4.3)	調査地全域に分布。埋没谷斜面に近いほど厚く堆積。Ac3層と漸移関係。固結シルト円礫を混入する微細~細砂を主体。No.1、No.2地点の埋没谷食台では、砂の粒径が粗い。埋没谷のNo.4、No.5地点の中~上部にかけて貝殻片混入。
		Ac3	砂質シルト 粘土質シルト	暗灰	-24.30 ~ -18.12	7.20 ~ 15.00	0~1 (0.0)	埋没谷にあたるNo.4、No.5地点で分布を確認。埋没谷斜面から離れるほど厚く堆積。As2層と漸移関係。貝殻片を混入する均質な粘性土を主体。微細砂を部分的に多く挟む。所々に腐植物・木片を混入。
		As3	シルト質細砂 細砂	暗褐色 暗黄褐	-30.30 ~ -26.92	4.95 ~ 6.00	6~19 (8.8)	埋没谷にあたるNo.4、No.5地点で、洪積層の不整合面に沿って南東側に傾斜して分布。No.4地点では、砂の粒径が若干粗くなり、色調に黄褐色を帯び固結シルト亜角~円礫が点在する砂質土を主体。No.5地点では、偽塊状の粘性土や砂質土が点在。
更 新 世	洪 積 層	Ds1	シルト質細砂 シルト混じり細砂	黄褐 黄褐色 黄灰 褐灰	-8.20 ~ -8.04	4.35 ~ 4.45	18~39 (25.5)	埋没残丘にあたるNo.1、No.2地点にほぼ水平に分布。不規則にシルトを挟む微細~細砂を主体。No.2地点の下部では、生物擾乱される。部分的に固結状を呈す。
		Dc1	シルト	淡灰 淡褐灰	-8.99 ~ -8.90	0.70 ~ 0.95	17~24 (18.0)	埋没残丘にあたるNo.1、No.2地点にほぼ水平に分布。比較的均質~若干不均質なシルトを主体。部分的に若干の砂分を含有。
		Ds2	細砂 貝殻混じり細砂 シルト混じり細砂 シルト質細砂	褐灰 暗灰 茶褐 黄褐	-19.04 ~ -17.65	8.75 ~ 10.05	24~50< (34.9)	埋没残丘にあたるNo.1、No.2、No.6地点にほぼ水平に分布。上~中部はラミナの発達する微細~細砂を主体。TP.-16m付近で貝殻片を多く混入。下部では、生物擾乱されシルトを不規則に混入する。TP.-12~-14mでは、微細パミスも混入。
		Dc2	砂質シルト 砂混じりシルト シルト 粘土	褐灰 黄褐色 暗灰 淡茶褐灰	-22.02 ~ -20.99	1.95 ~ 4.10	5~37 (9.0)	埋没残丘にあたるNo.1、No.2、No.6地点にほぼ水平に分布。No.1、No.2地点では、パミスを混入するシルトを主体。No.6地点では、微細砂を挟む不均質なシルト。No.1、No.6地点のTP.-20m付近には、腐植物、木片を混入。
		Ds3	シルト混じり細砂 細砂	暗黄褐 暗黄褐 暗灰 褐灰	-30.62 ~ -27.79	3.15 ~ 8.20	21~50< (43.8)	調査地全域に分布。分布下限深度に若干起伏がみられる。沖積層が厚いNo.5地点で欠損。所々にラミナが発達する均質な細砂を主体。下部では中~粗砂を挟み、亜角~円礫が混入。No.1、No.2地点では、所々に微細な貝殻片が点在。
		Ds4	砂質シルト シルト混じり細砂	褐灰 暗灰	-37.30 ~ -32.83	5.04< ~ 7.00	21~50< (50.3)	調査地全域のDs3層の下位に分布。No.5地点のみで分布下限深度を確認。全体的に均質な微細砂を主体。所々に若干のラミナが発達。最深度で色調が暗灰色に変化。No.2、No.5、No.6地点の中~下部で貝殻片混入。
		Dc3	砂質シルト	暗灰	-38.20	0.90	21	No.5地点のみで分布を確認。貝殻片が少量点在する比較的均質なシルトを主体。微細砂を多く含有。サンドパイプがみられる。
		Ds5	シルト質細砂	暗灰	-43.10	4.90	24~50< (29.4)	No.5地点のみで分布を確認。貝殻片が多く点在する若干不均質な微細砂を主体。最上部では、微細な腐植物を少量混入。
		Dc4	砂質シルト	暗灰	-44.40	0.90	12	No.5地点のみで分布を確認。貝殻片が点在する若干不均質なシルトを主体。
		Dp	有機質シルト	暗褐	-44.95	0.55<	50	No.5地点の最深度で分布を確認。淡灰色のシルトと暗褐色の有機質土が互層状に分布。若干のラミナが発達。
		Ds6	細砂	暗青灰	-44.04	1.23<	50< (88.0)	既存資料のS46-No.2地点の最深度で分布が確認されている。

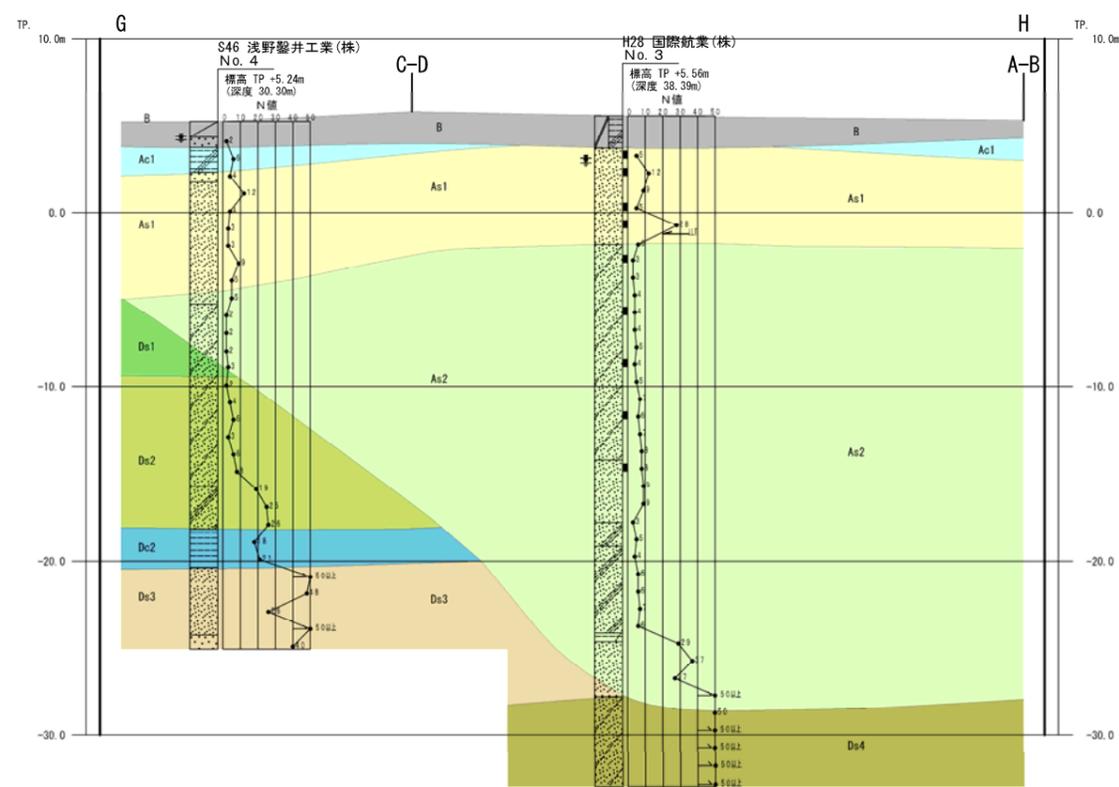
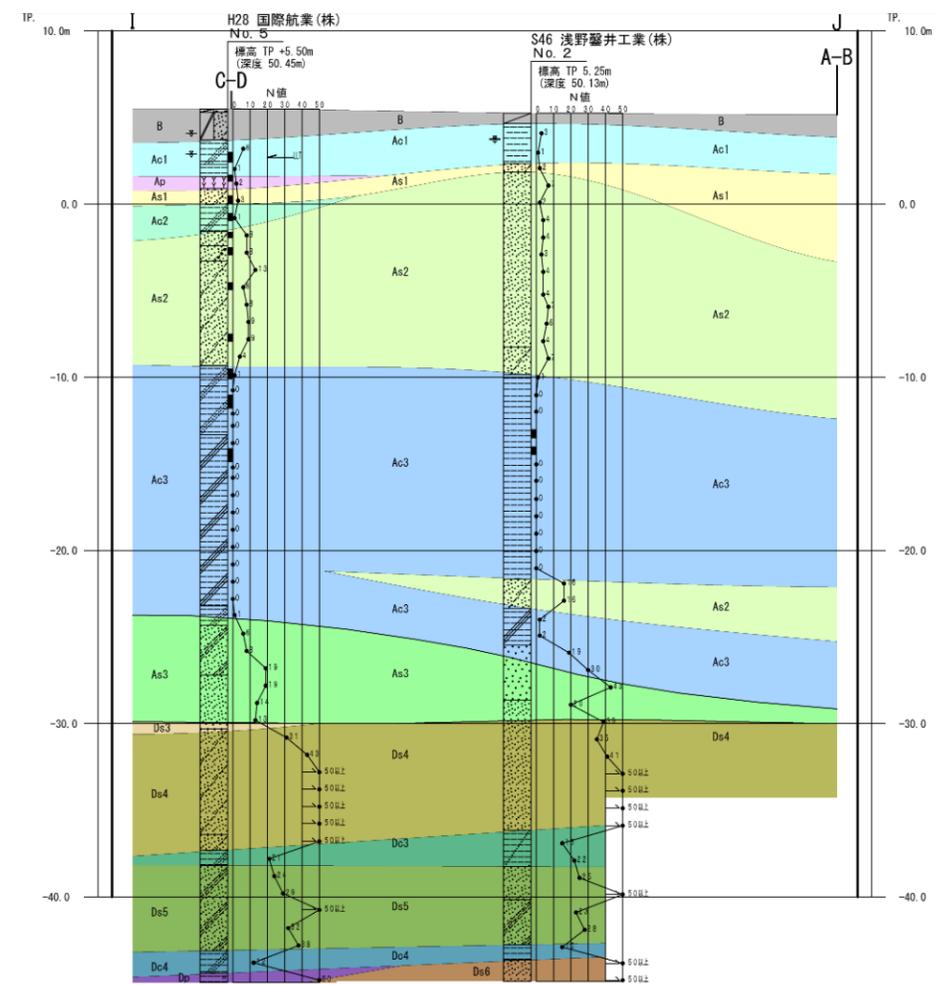
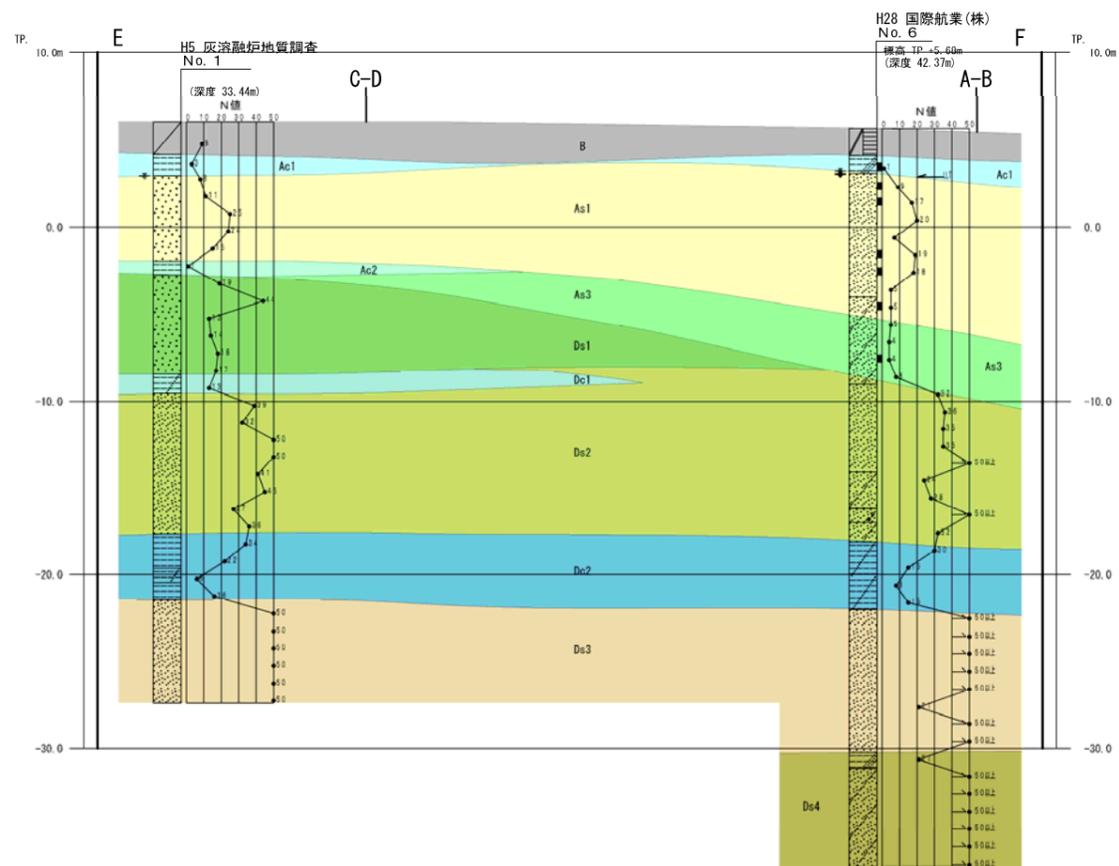
分布N値の欄で（）内に示した数値は代表値



S51 (株)東京ソイルリサーチのデータは、KBM を TP+5.50m と仮定し作成した。

H5 灰溶融炉地質調査のデータは、TP+6.05m と仮定し作成した。

図 3-5 地質想定断面図 (A-B、C-D)



S51 (株)東京ソイルリサーチのデータは、KBM を TP+5.50m と
 仮定し作成した。
 H5 灰溶融炉地質調査のデータは、TP+6.05m と仮定し作成した。

図 3-6 地質想定断面図 (E-F、G-H、I-J)

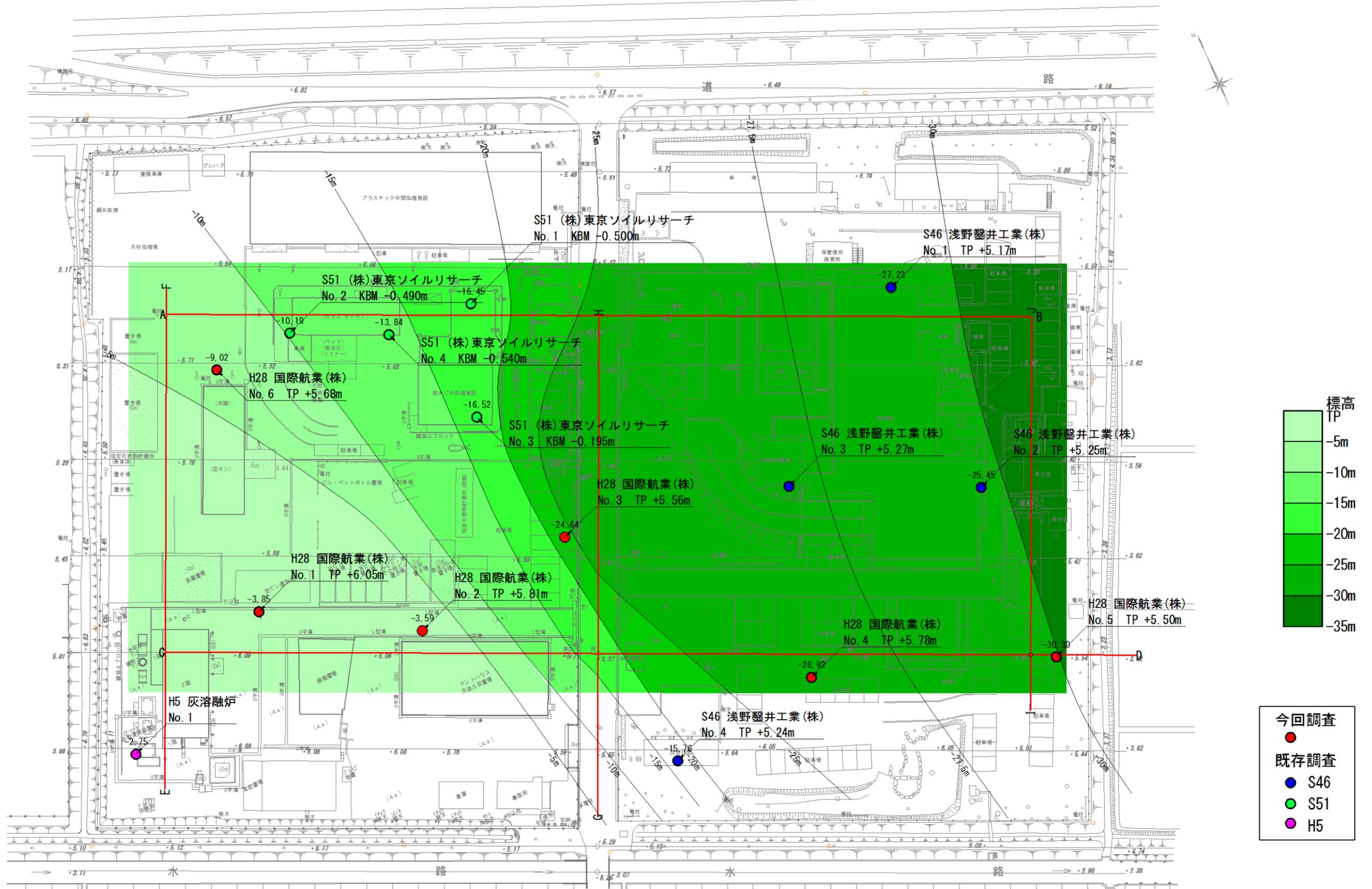


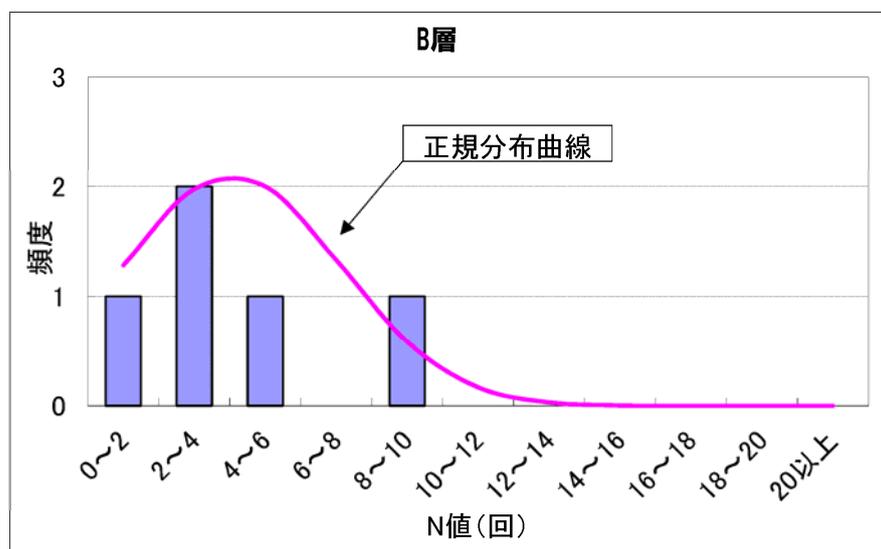
図 3-7 沖積層基底等深線図

調査地に分布する沖積層は、図 3-7 の沖積層基底等深線図に示すように南西側で薄く、東側で厚く堆積していた。調査地の南西側の沖積層が薄い部分は、埋没残丘地形とみられる。この残丘地形の頂点にあたる TP+3m 付近は、平坦面が形成され、埋没波食台の様相を呈しているものと推察される。

洪積層は上位の Ds1 層から砂層優勢の砂泥互層となっており、上部に分布する砂層 Ds1 層、Ds2 層は風化による影響で N 値が小さく、Ds3 層以深は比較的 N 値が大きくなっている。以下、各層ごとの分布状況及びその特徴について詳述する。

1) 盛土層 (B)

- ・ B 層は盛土層であり、調査地全域に分布しており、その層相は粘性土、砂質シルトが主体となるが、調査地南東部のボーリング No5 のみ砂質土を主体とする。
- ・ また、対象地北西部となるボーリング No. 2、No. 3、No. 6 地点ではセメント改良も見られた。
- ・ N 値は、全般に N = 2 ~ 4 程度を示すところが多く、砂分を多く含有するボーリング No. 4 地点では N = 5 を示した。
- ・ このため、N 値の代表値はこれを除外し N = 3 回を代表値として設定する。



平均値 4.1
 標準偏差 3.1
 $\text{平均値} - \text{標準偏差} / 2 = 2.5$

図 3-8 (1) N 値の頻度分布図 (B 層)

2) 沖積層 (Ac1、Ap、As1、Ac2、As2、Ac3、As3)

沖積層は、図 3-7 の沖積層基底等深線図に示すように、南西側で薄く、東側で厚く堆積する。特にボーリング No.2 地点 (基底標高 TP-3.59m) からボーリング No.3 地点 (標高-24.64m) への落ち込みが激しく、この付近が埋没残丘の斜面にあたるものと推察される。

沖積層は、土質の層相の違いにより、粘性土を主体とする地層を Ac 層として 3 層に、砂質土を主体とするものを As 層として 3 層に、腐植物を多く含有する粘性土を Ap 層に区分した。

① Ac1 層

- Ac1 層は、軟弱なシルト、砂質シルトからなり、層厚 1～2 m 程度と薄いものの調査地全域に分布している。
- 層相は、部分的に砂分が混入されるほか、有機質土や繊維質の残る腐植物が鉛直方向やレンズ状に挟んでおり、全体的に不均質な地層である。
- N 値は砂分を多く含むところで N 値が大きくなる所もあるが、N=0 回となるところが圧倒的に多い。
- このため代表値は N=0 回とする。

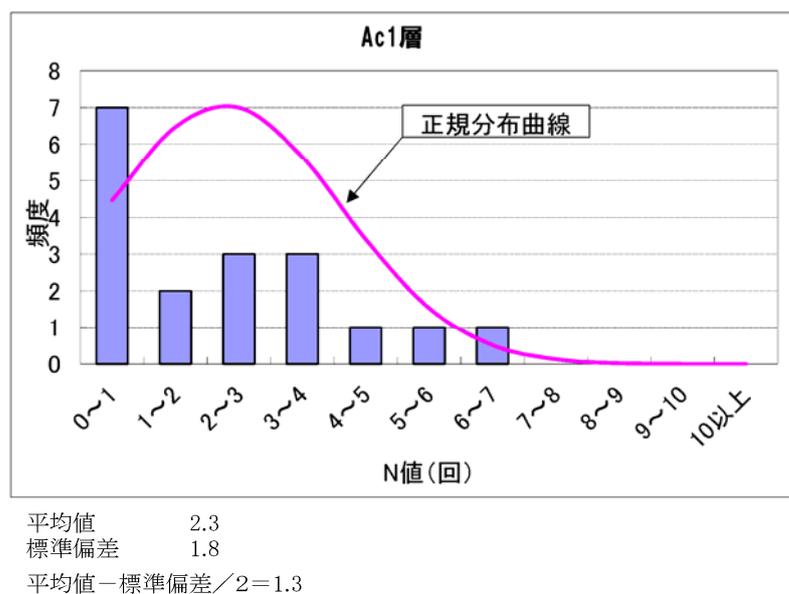


図 3-8 (2) N 値の頻度分布図 (Ac1 層)

② Ap 層

- Ap 層は、繊維質の残る腐植物を主体とする地層であり、層厚 1 m 程度と薄く調査地南西部に分布している。
- 層相は、未分解の繊維質を残す腐植物を主体とし、部分的に分解の進んだ有機質土層やシルトを狭在するほか、最下部では砂分の含有も見られる。
- N 値は 2 回しか実施されていないがいずれも N = 2 回となっている。
- このため代表値は N = 2 回とする。

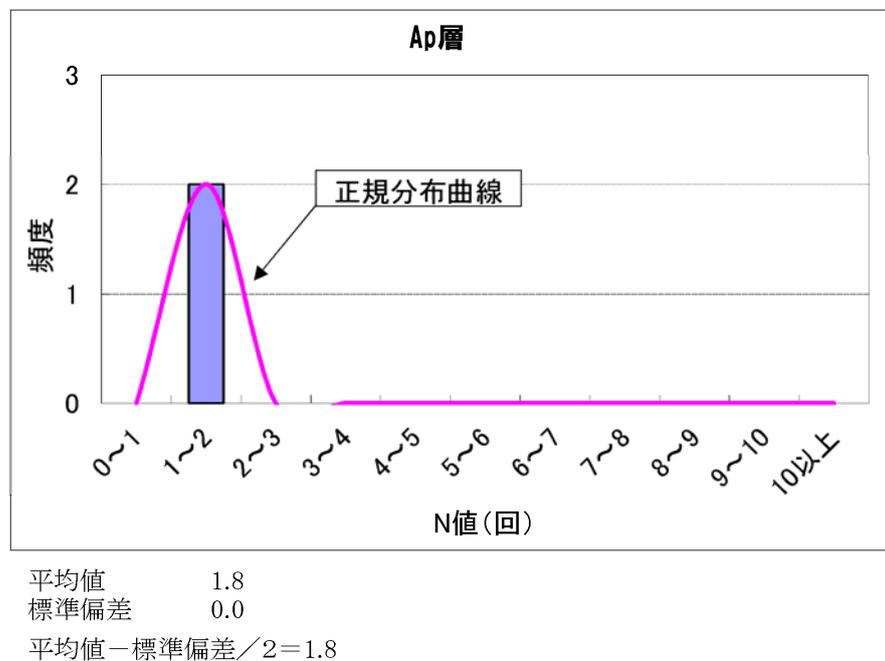
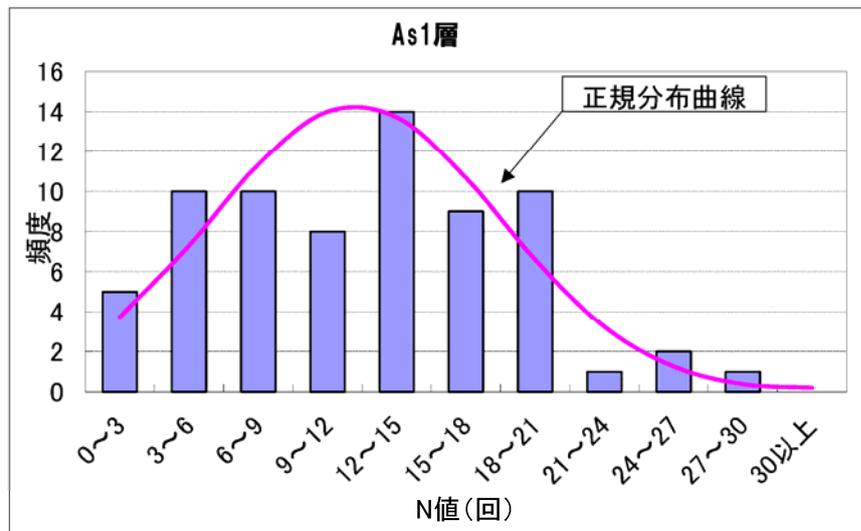


図 3 - 8 (3) N 値の頻度分布図 (Ap 層)

③ As1 層

- As1 層は、暗灰色の砂質土からなる地層であり、層厚 1～7 m 程度で調査地全域に分布している。
- 層相は、均質な細砂からなるが深くなるに従い粒径が粗くなり、中～粗砂の混入が見られる。また、場所によりシルト分の混入や、腐植物や木片等の混入も見られる地層である。
- N 値は粘性土や粗粒分の混入による大小はあるものの、概ね $N = 12$ 回付近を中心とする正規分布となっていると思われる。
- このため、代表 N 値は、平均 N 値から標準偏差 (σ_{n-1}) / 2 を引いた値として、 $N = 8$ 回を代表 N 値とした。

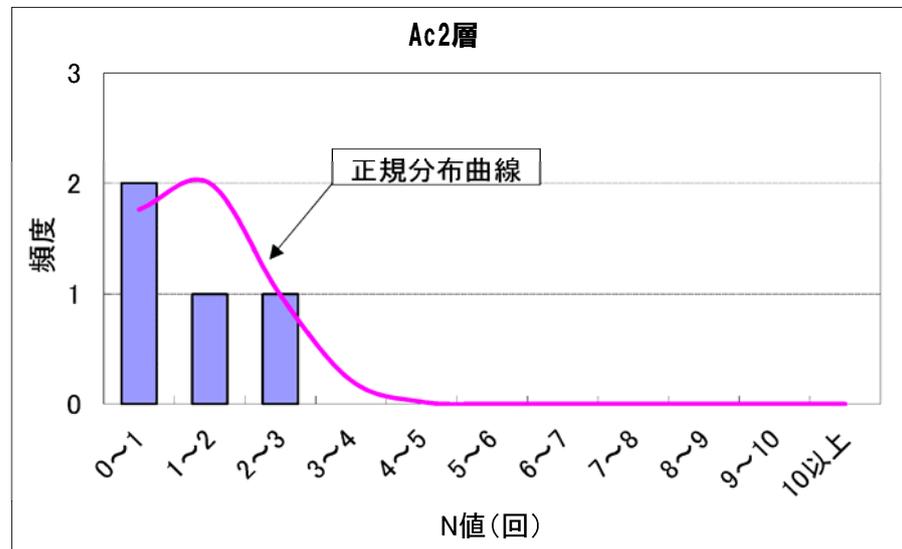


平均値 11.7
 標準偏差 6.2
 平均値 - 標準偏差 / 2 = 8.6

図 3 - 8 (4) N 値の頻度分布図 (As1 層)

④ Ac2 層

- Ac2 層は、暗灰～暗黄灰色の腐植物や微細砂を狭在する粘性土からなる地層であり、As1 層と As2 層の境界に層厚 1 m 程度と薄層に分布する。
- 地層の連続性はなく、所々で欠如しているほか、埋没残丘部では $\phi 5\text{mm}$ 程度の円礫の混入も見られる。
- N 値は $N=2$ 回以下となっており、 $N=0$ 回となる所が多い。
- このため代表値は $N=0$ 回とする。

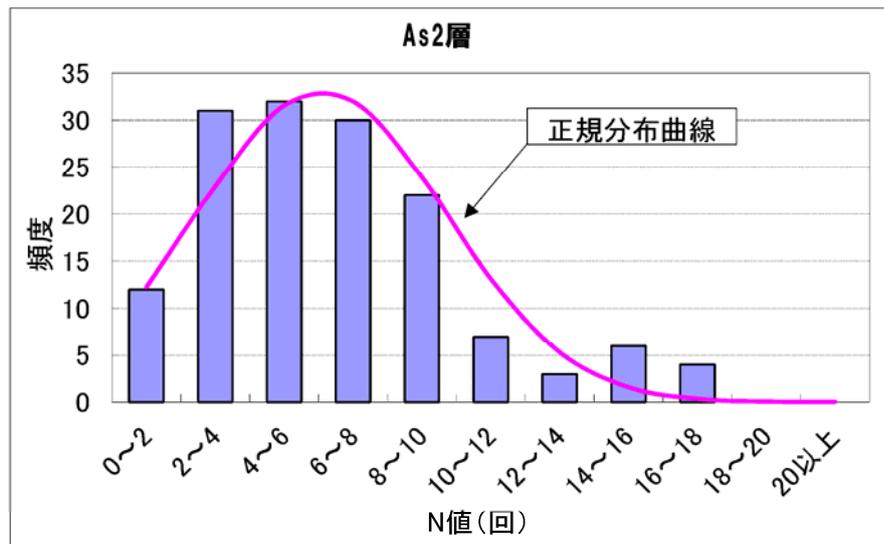


平均値 1.2
標準偏差 1.1
平均値 - 標準偏差 / 2 = 0.6

図 3 - 8 (5) N 値の頻度分布図 (Ac2 層)

⑤ As2 層

- As2 層は、細砂を主体とする地層であり、調査地全域に厚く堆積し、粘性土層である Ac3 層とは漸移関係となっている。
- 層相は固結シルト礫を混入する微細砂～細砂を主体とし、埋没残丘面上では砂分の粒径が粗く、φ30mm 程度の円礫も混入する。
- N 値はシルト分の混入により、やや小さい値に偏りが見られるものの、N = 4～6 回を中心とした正規分布となっている。
- このため、安全側となるようにシルト分の混入により小さくなる値を含めた平均 N 値から標準偏差 (σ n-1) /2 を引いた値を代表 N 値 (N = 4 回) として設定した。

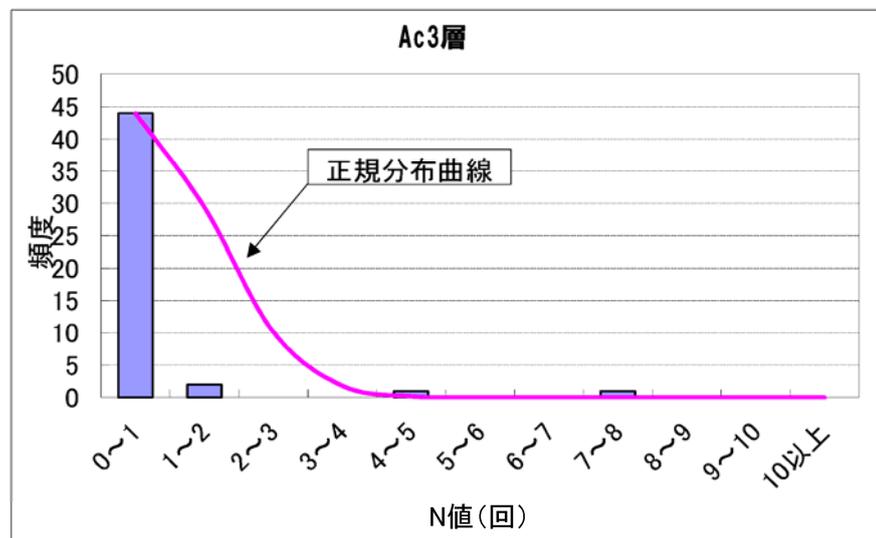


平均値 6.1
 標準偏差 3.6
 平均値－標準偏差／2＝4.3

図 3 - 8 (6) N 値の頻度分布図 (As2 層)

⑥ Ac3 層

- Ac3 層は、砂質シルト～粘土質シルトからなる地層であり、As2 層と漸移関係となっている。層厚は埋没谷となるボーリング No4 及び No5 地点で厚く、最大 15m 程度の厚さで堆積している。
- 層相は、貝殻片を混入する均質な粘性土を主体とし、微細砂を部分的に多く混入するほか、所々に腐植物・木片の混入も見られる。
- N 値はほぼ N=0 回を示し、非常に軟弱な地層である。
- このため代表値は N=0 回とする。

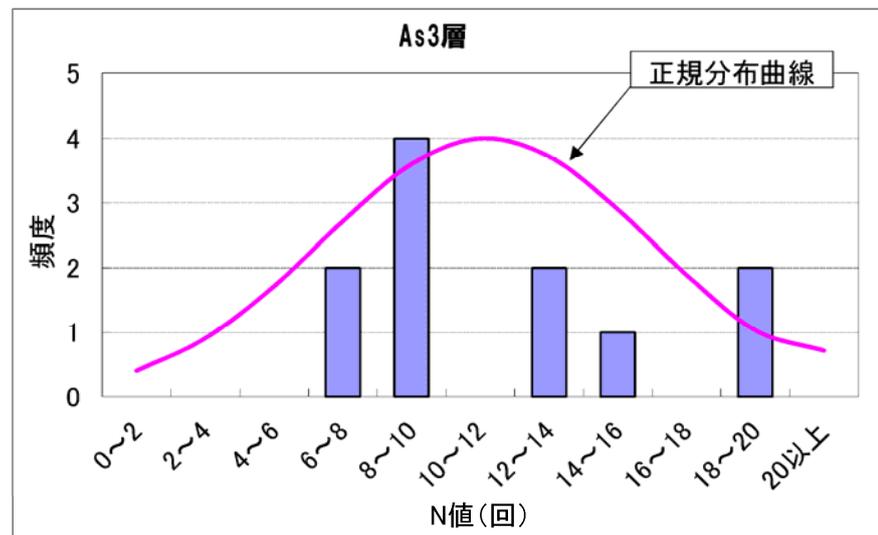


平均値 0.4
 標準偏差 1.2
 平均値－標準偏差／2＝-0.2

図 3 - 8 (7) N 値の頻度分布図 (Ac3 層)

⑦ As3 層

- As3 層は、シルト室細砂～細砂からなり、沖積層最下部に層厚最大 6m 程度分布する地層である。
- 砂分の粒径は微細砂～細砂と比較的に細粒であり、φ 20mm 程度の固結シルト礫や木片、パミスの混入もみられ、全体的に不均質な様相を呈している。
- N 値は、礫分等の混入によりバラツキを示すものの概ね N = 8 ~ 10 回程度を示すところが多くなっている。
- 代表 N 値は、再頻度値であり、かつ、平均 N 値から標準偏差 (σ_{n-1}) / 2 を引いた値でもある N = 8 回とした。



平均値 11.2
 標準偏差 4.8
 平均値 - 標準偏差 / 2 = 8.8

図 3 - 8 (8) N 値の頻度分布図 (As3 層)

3) 洪積層 (Ds1、Dc1、Ds2、Dc2、Ds3、Ds4、Dc3、Ds5、Dc4、Dp、Ds6)

洪積層は、調査地の基盤となる地層であり、周辺の地質図から下総層群の上岩橋層よりも古い地層と考えられるが、地層との詳細な対比ができないため、本報告書では洪積層として一括して取り扱う。洪積層は、土質の層相の違いにより、粘性土を主体とする地層を Dc 層として 4 層に、砂質土を主体とするものを Ds 層として 6 層に、腐植物を多く含有する粘性土を Dp 層に区分した。

① Ds1 層

- ・ Ds1 層は、不規則にシルト分を混入する砂質土を主体とする地層であり、埋没残丘最上部に分布する地層である。
- ・ 砂分の粒径は微細砂～細砂と比較的に細粒であり、比較的に粒径は均一である。最上部ではφ5～20mm程度の円礫やシルト片の混入が見られる。
- ・ N値は、シルト分の混入により N=20 以下となる所も多いが、その他は N = 25 回以上となっている。
- ・ 代表N値は、安全側に配慮してシルト分が混入するところの代表値として N ≥ 25 回を除外した平均値及び標準偏差を用い、N = 16 回を採用した。

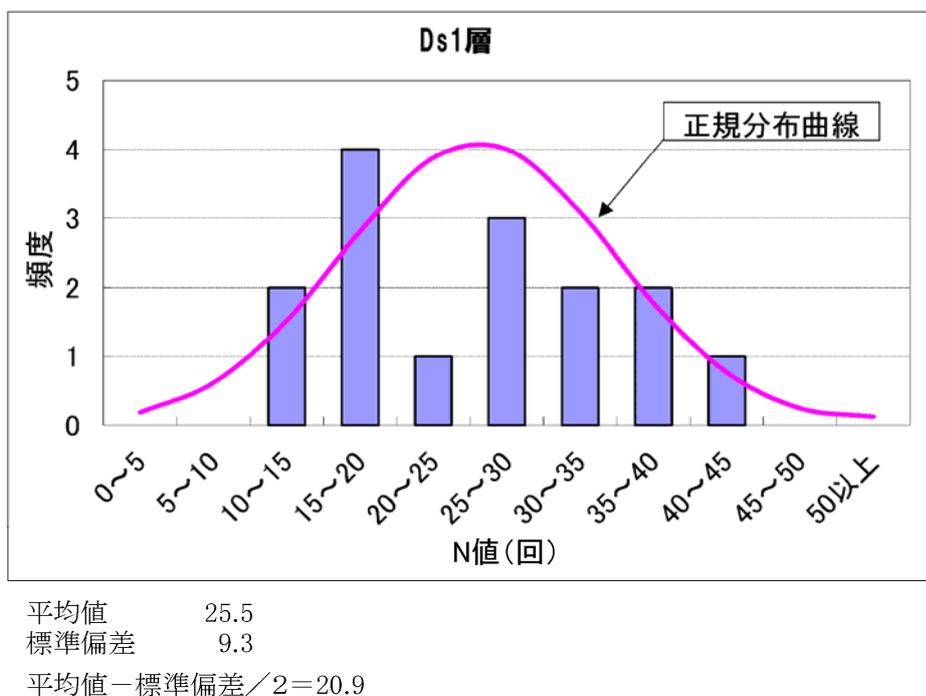
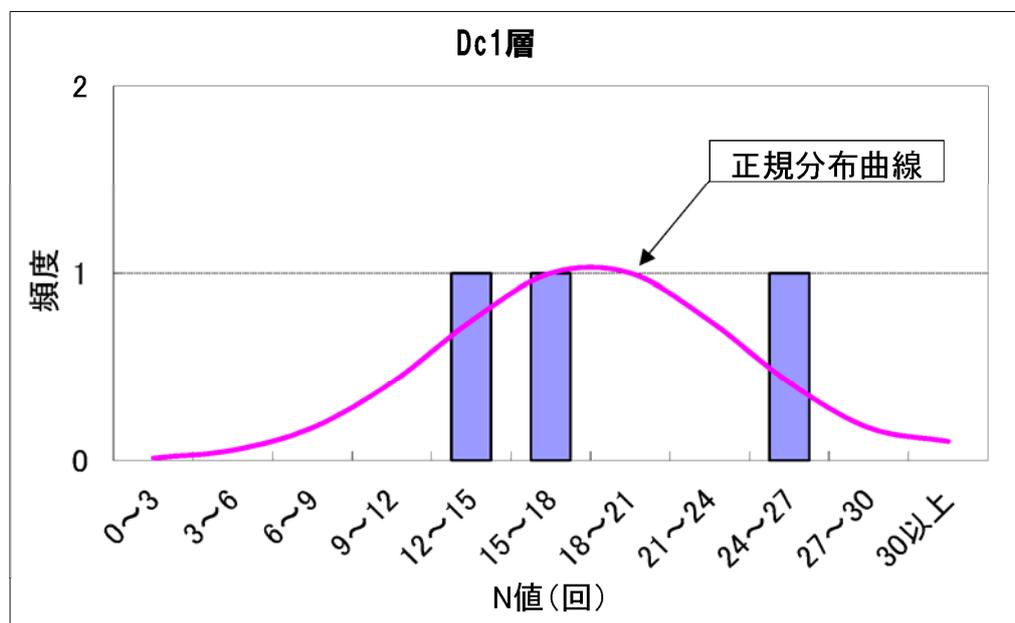


図 3 - 8 (9) N 値の頻度分布図 (Ds1 層)

② Dc1 層

- Dc1 層は、淡灰～淡褐灰色を呈すシルトからなり、埋没残丘部にて Ds1 層の下位に分布する地層である。
- シルト分は比較的均質であり、若干の砂分を含有している。
- N 値は、標準貫入試験が 3 回と少なく N = 13 ~ 24 回となっている。
- このため、代表 N 値は最小値である N = 13 回を採用した。

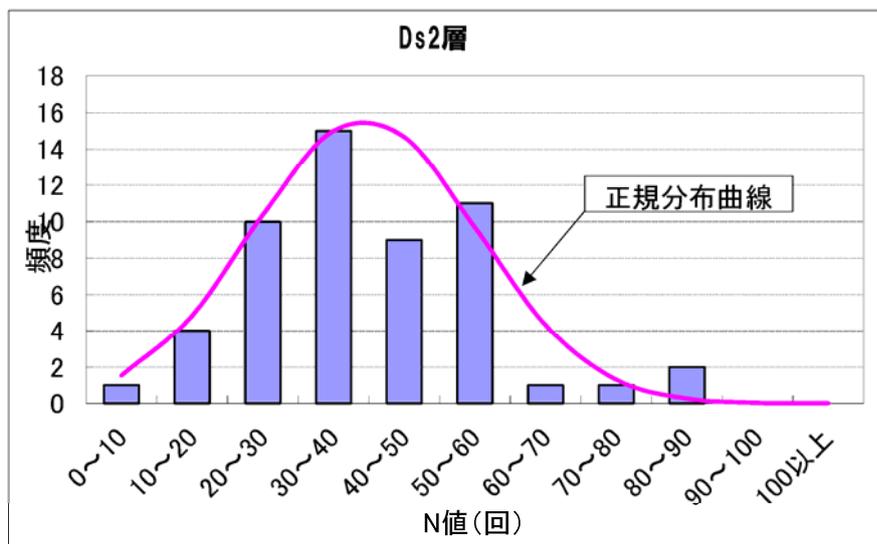


平均値 18.0
標準偏差 5.6
平均値 - 標準偏差 / 2 = 15.2

図 3 - 8 (10) N 値の頻度分布図 (Dc1 層)

③ Ds2 層

- Ds2 層は、シルト質細砂～細砂からなる地層であり、埋没残丘部における標高-9～-19m程度で分布する地層である。
- 層相は全体的に均質な細砂からなり、所々でパミスの混入や火山灰を起源とする粘性土を狭在するほか、標高-16～-17m付近には多量の貝殻片が混入していることが特徴的である。
- N値はN=40回付近を中心とする正規分布を示している。
- このため、代表N値は、平均N値から標準偏差 (σ_{n-1}) / 2 を引いた値として、N=31回を代表N値とした。

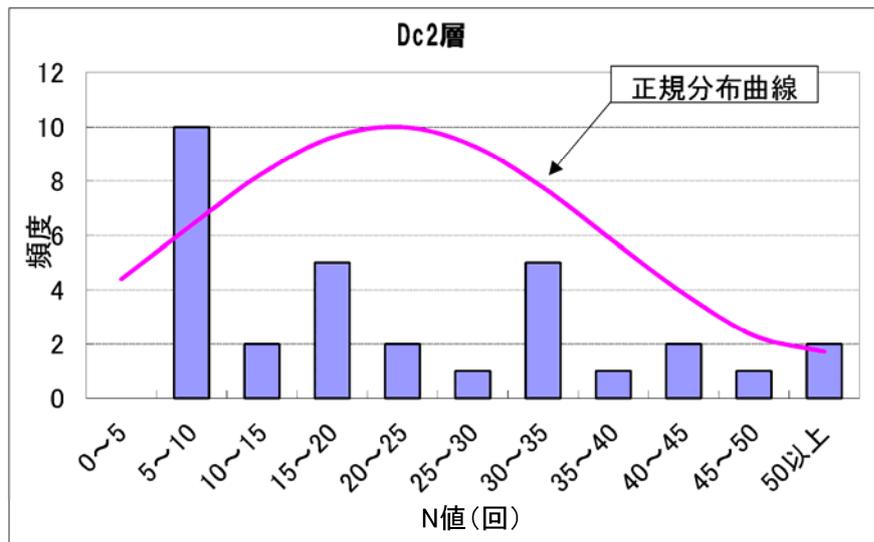


平均値 39.4
 標準偏差 16.0
 平均値－標準偏差／2＝31.4

図 3－8(11) N値の頻度分布図(Ds2層)

④ Dc2 層

- Dc2 層は、やや凝灰質なシルト～粘土を主体とする地層であり、埋没残丘部における標高-19～-21m付近に連続して分布する地層である。
- 層相は比較的均質であり、 $\phi 1\sim 3\text{mm}$ 程度のパミスを混入する。
- N値は地層中心部では、 $N=5\sim 8$ 回程度と小さく、上位のDs2層もしくは下位のDs3層の境界部付近では $N=20$ 回以上と大きな値を示す傾向が伺える。
- このため、代表N値は、地層中心部における平均N値から標準偏差 (σ_{n-1}) /2 を引いた値として、 $N=6$ 回を代表N値とした。

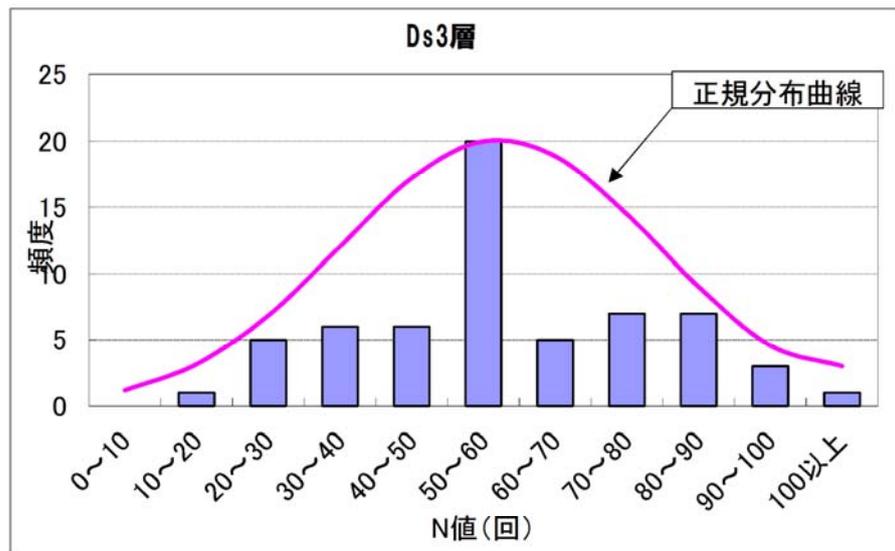


平均値 21.8
 標準偏差 15.0
 平均値－標準偏差/2=14.3

図 3 - 8 (12) N 値の頻度分布図(Dc2 層)

⑤ Ds3 層

- Ds3 層は、細砂を主体とし、調査地全域に分布する地層である。Dc2 層や沖積層の下位に、標高-30.62~-27.79m までみられ、沖積層が特に厚く堆積する No.5 地点では欠損していた。層厚は、3.15~8.20m で No.6 地点で厚くなっていた。
- 層相は均質な細砂からなり、所々にラミナが発達する。下部では中~粗砂を挟み、亜角~円礫が混入していた。
- No.1、No.2 地点では、所々に微細な貝殻片が点在し、標高-25~-24m では生痕化石がみられた。
- N 値はほぼ 50 以上であることから、代表 N 値は N = 50 回とする。

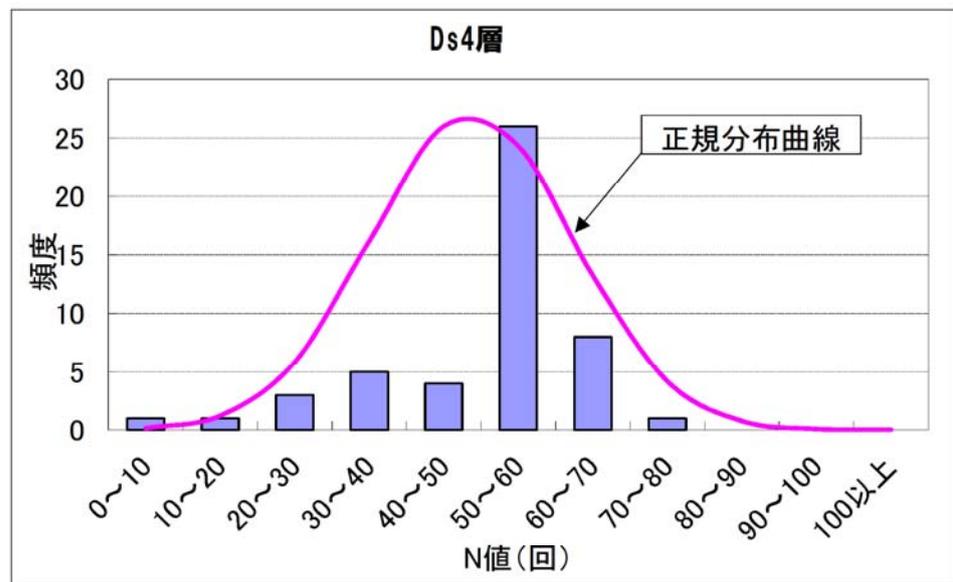


平均値 57.2
 標準偏差 21.9
 平均値 - 標準偏差 / 2 = 46.2

図 3 - 8 (13) N 値の頻度分布図(Ds3 層)

⑥ Ds4 層

- Ds4 層は、微細砂を主体とし、調査地全域の Ds3 層の下位に分布していた。No. 5 地点では標高-37.30m まで分布し、層厚は 7.00m あった。
- 層相は全体的に均質な微細砂からなる。Ds3 層に比べ粒径が細くなり、所々に若干のラミナが発達していた。No. 2、No. 5、No. 6 地点の中～下部で貝殻片点在しており、No. 6 地点の最上部には、0.90m の層厚で粘性土を挟んでいた。
- N 値はほぼ 50 以上であることから、代表 N 値は N = 50 回とする。

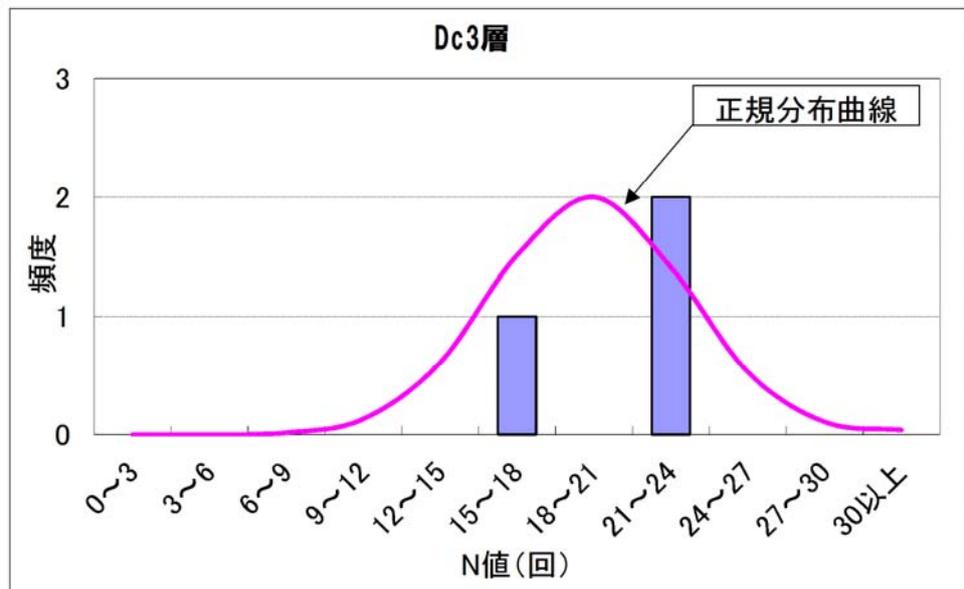


平均値 48.8
 標準偏差 13.6
 平均値 - 標準偏差 / 2 = 42.0

図 3 - 8 (14) N 値の頻度分布図(Ds4 層)

⑦ Dc3 層

- Dc3 層は、No. 5 地点のみで標高-38.20m まで分布し、層厚は 0.90m あった。
- 層相は比較的均質なシルトを主体とし、貝殻片が少量点在していた。微細砂を多く含有し、サンドパイプがみられた。
- N 値は最小値として N = 15 回とする。

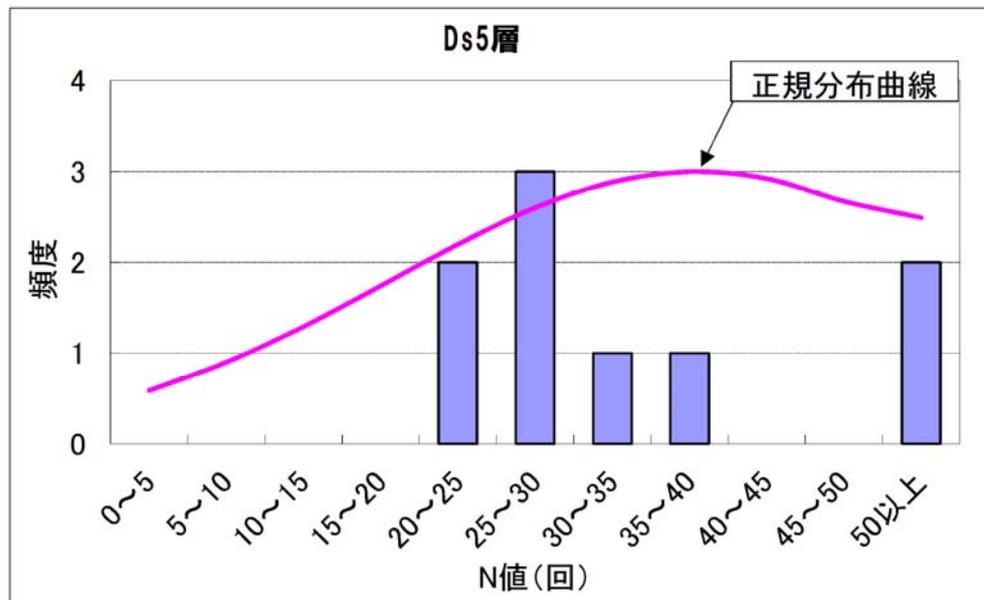


平均値 19.3
 標準偏差 3.8
 平均値 - 標準偏差 / 2 = 17.4

図 3 - 8 (15) N 値の頻度分布図(Dc3 層)

⑧ Ds5 層

- Ds5 層は、No. 5 地点のみで標高-43.10m まで分布し、No. 5 地点での層厚は 4.90m あった。
- 層相は若干不均質な微細砂を主体とし、貝殻片が多く点在していた。最上部では、微細な腐植物を極少量混入していた。
- N 値は安全側として $N \geq 50$ を除き、平均 N 値から標準偏差 $(\sigma_{n-1}) / 2$ を引いた値として、 $N = 26$ 回とする。

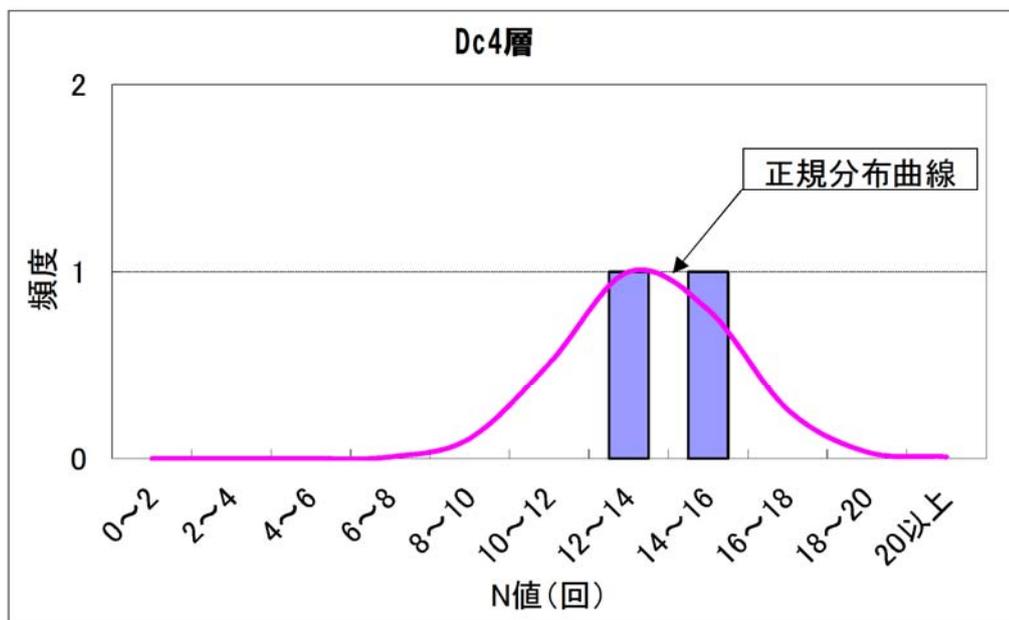


平均値 38.0
 標準偏差 19.6
 平均値 - 標準偏差 / 2 = 28.2

図 3 - 8 (16) N 値の頻度分布図(Ds5 層)

⑨ Dc4 層

- Dc4 層は、No. 5 地点のみで標高-44.40m まで分布していた。• No. 5 地点での層厚は 0.90m あった。
- 層相は、若干不均質なシルトを主体とする、硬い粘性土地盤である。所々に貝殻片が点在していた。
- N 値は最小値として N = 1 2 回とする。



平均値 13.5
標準偏差 2.1
平均値 - 標準偏差 / 2 = 12.4

図 3 - 8 (17) N 値の頻度分布図(Dc4 層)

⑩ Dp 層

- Dp 層はNo. 5 地点で、標高-44.95mまで分布しており、層厚は0.55mあった。
- 層相は、淡灰色のシルトと暗褐色の有機質土が互層状に分布しており、若干のラミナが発達していた。
- N値は標準貫入試験結果が1試料しかいないため、この値（N=50）を採用する。

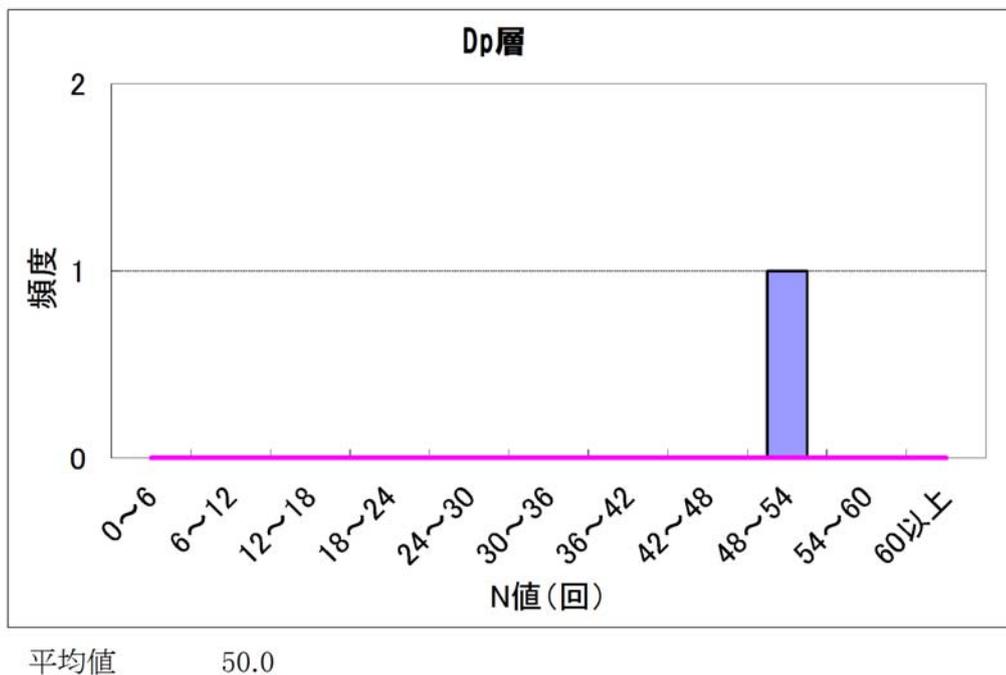
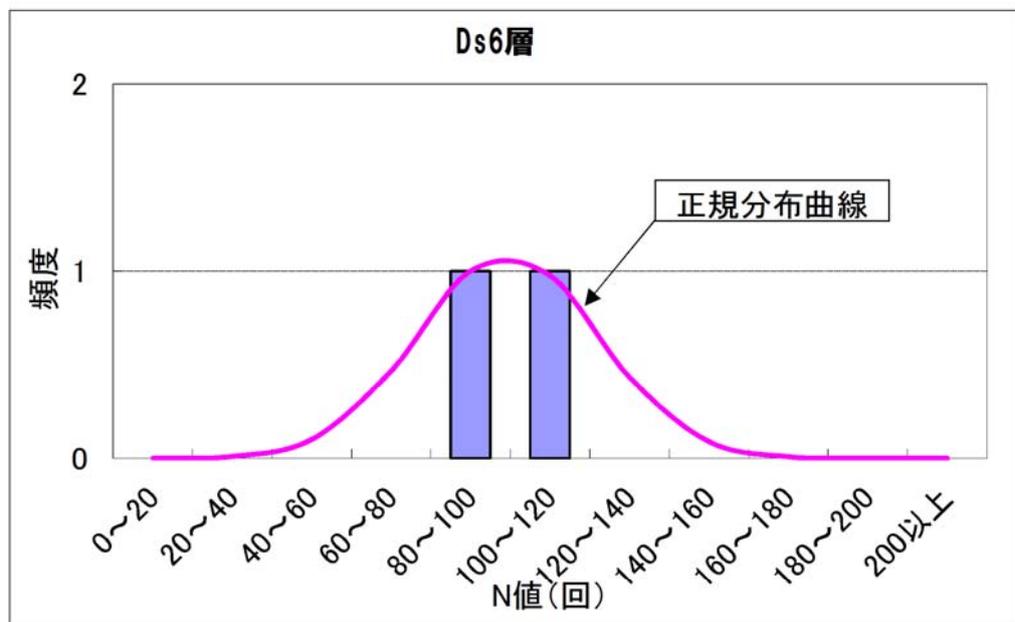


図 3 - 8 (18) N 値の頻度分布図 (Dp 層)

⑪ Ds6 層

- Ds6 層は、既存資料の S46-No. 2 地点の最深部で分布が確認されている。
- 層相は、水分の多い均質な細砂を主体とする非常に密に締まった砂質土地盤である。
- S46-No. 2 地点での層厚は 1.23m を確認していた。
- N 値は最小値として N = 83 回を採用する。



平均値 99.4

標準偏差 22.7

平均値 - 標準偏差 / 2 = 88.0

図 3 - 8 (19) N 値の頻度分布図(Ds6 層)

3-3 孔内水位

本業務区において確認された孔内水位は表 3-4 に示すとおりである。

表 3-4 孔内水位

調査地点	測定日	孔内水位		備考
No. 1	2016/12/3	GL- 1.40 m	TP. 4.65 m	清水位
	2016/12/5	GL- 1.60 m	TP. 4.45 m	泥水位
	2016/12/6	GL- 3.30 m	TP. 2.75 m	泥水位
No. 2	2016/12/1	GL- 1.46 m	TP. 4.35 m	清水位
	2016/12/2	GL- 2.80 m	TP. 3.01 m	泥水位
	2016/12/3	GL- 2.61 m	TP. 3.20 m	泥水位
	2016/12/5	GL- 2.84 m	TP. 2.97 m	泥水位
No. 3	2016/12/7	GL- 2.71 m	TP. 2.85 m	清水位
	2016/12/8	GL- 2.41 m	TP. 3.15 m	泥水位
	2016/12/9	GL- 2.44 m	TP. 3.12 m	泥水位
No. 4	2016/12/12	GL- 1.33 m	TP. 4.45 m	清水位
	2016/12/13	GL- 2.75 m	TP. 3.03 m	泥水位
	2016/12/14	GL- 2.77 m	TP. 3.01 m	泥水位
No. 5	2016/12/2	GL- 1.40 m	TP. 4.10 m	清水位
	2016/12/5	GL- 2.60 m	TP. 2.90 m	泥水位
	2016/12/6	GL- 2.60 m	TP. 2.90 m	泥水位
No. 6	2016/12/8	GL- 2.45 m	TP. 3.23 m	清水位
	2016/12/9	GL- 2.60 m	TP. 3.08 m	泥水位
	2016/12/10	GL- 2.65 m	TP. 3.03 m	泥水位
	2016/12/12	GL- 2.65 m	TP. 3.03 m	泥水位

表 3-4 の備考欄に「清水位」と記してある水位は、無水掘りにて確認した第一帯水層にある不圧地下水(自由地下水)を示しており、調査地ではほぼ TP+4m 付近に分布する。

「泥水位」と記してある水位は、泥水掘削を行っている時の作業前に確認した孔内水位であり、ボーリング孔壁に付着しているベントナイト等による影響もあるため、参考値である。

3-4 孔内水平載荷試験結果

孔内水平載荷試験は、構造物の基礎に対する地盤の変形特性を把握するために実施した。試験結果を表 3-5 に示す。

表 3-5 孔内水平載荷試験結果

調査地点	深 度 (GL-m)	土質名	地質 記号	N 値	静止土圧 P_o (kPa)	降伏圧 P_y (kPa)	破壊圧 P_L (kPa)	地盤係数 K_m (MN/m ³)	変形係数 E (MPa)	中間半径 r_m (cm)
No. 1	6.80	細砂	As1	7/30	22.8	300.2	515.0	92.470	5.081	4.23
No. 2	6.80	細砂	As1	19/30	127.9	321.7	794.6	166.400	9.254	4.28
No. 3	6.80	細砂	As1	28/30	167.5	424.0	862.2	198.800	11.040	4.27
No. 4	2.80	シルト	Ac1	0/60	9.88	31.0	49.4	15.790	0.912	4.44
No. 5	2.80	砂質 シルト	Ac1	6/30	26.4	64.1	118.1	43.820	2.391	4.20
No. 6	2.80	細砂	As1	9/30	28.1	78.5	113.7	34.390	1.995	4.46

一般に、孔内水平載荷試験における変形係数 E は、 N 値との間に $E=700 \cdot N$ (kPa) の相関関係があると言われており、今回の試験結果を一般値に重ねた(図 3-9 参照)。

この結果、多少のバラツキはあるものの、一般値とほぼ同様の傾向を示しており、孔内水平試験は適切に実施出来ていることが推察される。

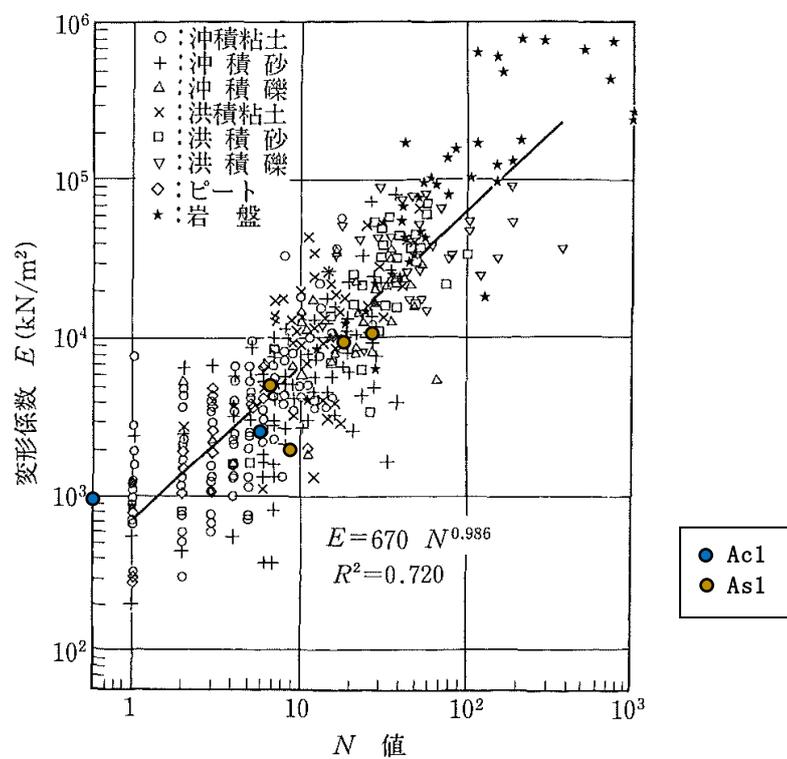


図 3-9 孔内載荷試験より得られた変形係数と N 値との関係(土谷・豊岡に加筆修正)
 (地盤工学会：地盤調査の方法と解説より)

3-5 室内土質試験結果

(1) 採取試料

室内土質試験は、構造物の基礎や盛土造成を検討するのに必要な物理・力学試験を実施した。その試験結果は巻末資料の土質試験データシートに示した。

室内土質試験結果をまとめるにあたり、採取した試料を表 3-6 に示す。

表 3-6 試験試料一覧表

調査地点	試料番号	採取深度 GL- m	地質記号	土質名	採取状況	調査地点	試料番号	採取深度 GL- m	地質記号	土質名	採取状況
No. 1	1P-1	3.00 ~ 3.45	As1	細砂	乱した	No. 4	4P-5	10.00 ~ 10.45	As2	シルト混じり細砂	乱した
	1P-2	5.00 ~ 5.45	As1	細砂	乱した		4P-6	13.00 ~ 13.52	As2	シルト質細砂	乱した
	1P-3	6.00 ~ 6.45	As1	細砂	乱した		4P-7	15.00 ~ 15.53	As2	シルト質細砂	乱した
	1P-4	8.00 ~ 8.60	Ac2	砂混じりシルト	乱した		4T-1	17.00 ~ 17.80	Ac3	砂質シルト	乱れの少ない
	1P-5	9.00 ~ 9.45	As2	シルト質細砂	乱した		4T-2	19.00 ~ 19.80	Ac3	粘土質シルト	乱れの少ない
No. 2	2P-1	2.05 ~ 2.45	Ac1	シルト質細砂	乱した	4P-8	20.00 ~ 20.51	As2	シルト質細砂	乱した	
	2P-2	4.00 ~ 4.45	As1	細砂	乱した	5T-1	2.50 ~ 3.10	Ac1	砂質シルト	乱れの少ない	
	2P-3	5.00 ~ 5.45	As1	細砂	乱した	5T-2	3.80 ~ 4.20	Ap	腐植土	乱れの少ない	
	2P-4	7.35 ~ 7.55	As1	中砂	乱した	5P-1	5.00 ~ 5.45	As1	シルト混じり細砂	乱した	
	2P-5	8.00 ~ 8.49	Ac2	砂質シルト	乱した	5P-2	6.00 ~ 6.46	Ac2	砂質シルト	乱した	
	2P-6	9.00 ~ 9.40	As2	シルト混じり細砂	乱した	5P-3	7.10 ~ 7.45	As2	シルト混じり細砂	乱した	
No. 3	3P-1	2.00 ~ 2.45	As1	細砂	乱した	No. 5	5P-4	8.00 ~ 8.45	As2	礫混じり細砂	乱した
	3P-2	3.00 ~ 3.45	As1	細砂	乱した		5P-5	10.00 ~ 10.45	As2	シルト混じり細砂	乱した
	3P-3	5.00 ~ 5.47	As1	細砂	乱した		5P-6	13.00 ~ 13.45	As2	シルト混じり細砂	乱した
	3P-4	6.00 ~ 6.45	As1	細砂	乱した		5P-7	15.00 ~ 15.60	Ac3	砂質シルト	乱した
	3P-5	8.00 ~ 8.45	As2	シルト混じり細砂	乱した	5T-3	16.50 ~ 17.30	Ac3	砂質シルト	乱れの少ない	
	3P-6	11.00 ~ 11.45	As2	シルト混じり細砂	乱した	5T-4	19.60 ~ 20.40	Ac3	粘土質シルト	乱れの少ない	
	3P-7	14.00 ~ 14.45	As2	シルト混じり細砂	乱した	6P-1	2.00 ~ 2.46	Ac1	砂質シルト	乱した	
	3P-8	17.00 ~ 17.45	As2	シルト混じり細砂	乱した	6P-2	3.10 ~ 3.55	As1	細砂	乱した	
	3P-9	20.00 ~ 20.45	As2	細砂	乱した	6P-3	4.00 ~ 4.45	As1	細砂	乱した	
No. 4	4P-1	3.10 ~ 3.80	Ac1	シルト	乱した	No. 6	6P-4	7.00 ~ 7.45	As1	細砂	乱した
	4P-2	4.00 ~ 4.48	Ap	腐植土	乱した		6P-5	8.00 ~ 8.45	As1	細砂	乱した
	4P-3	5.00 ~ 5.47	As1	シルト質細砂	乱した		6P-6	10.00 ~ 10.45	As2	シルト混じり細砂	乱した
	4P-4	7.00 ~ 7.45	As2	シルト混じり細砂	乱した		6P-7	13.00 ~ 13.45	As2	シルト混じり細砂	乱した

(2) 粒度特性

粒度試験は土粒子の粒径別の含有割合を質量百分率によって示したものである。

粒度試験結果から得られた粒径区分を表 3-7 に示し、粒径加積曲線を図 3-10 に示した。

表 3-7 粒径区分一覧表

地質記号	土質	分布範囲 (%)				均等係数 Uc	曲率係数 Uc'	最大粒径 Dmax (mm)	平均粒径 D50 (mm)
		礫	砂	シルト	粘土				
Ac1	粘性土	0.0	1.2~ 16.6	32.3~ 48.9	37.8~ 66.5	—	—	0.25~ 0.425	0.0013~ 0.0119
Ap	腐植土	0.0	1.0~ 1.1	12.7~ 24.2	74.8~ 86.2	—	—	0.25	—
As1	砂質土	0.0~ 0.3	63.2~ 93.2	5.4~ 23.3	1.1~ 13.6	2.43~ 74.80	1.13~6.40	0.425~9.5	0.1234~ 0.4620
Ac2	粘性土	0.0~ 1.1	27.8~ 51.1	34.7~ 53.7	13.1~ 30.1	40.52~—	2.97~—	0.25~9.5	0.0235~ 0.0831
As2	砂質土	0.0~ 13.3	69.5~ 83.8	7.9~ 22.0	1.8~ 10.6	4.25~ 34.11	1.30~7.74	0.85~19	0.1338~ 0.2879
Ac3	粘性土	0.0	17.1~ 62.8	26.6~ 46.1	8.1~ 49.2	17.76~—	2.81~—	0.425~0.85	0.0054~ 0.1164

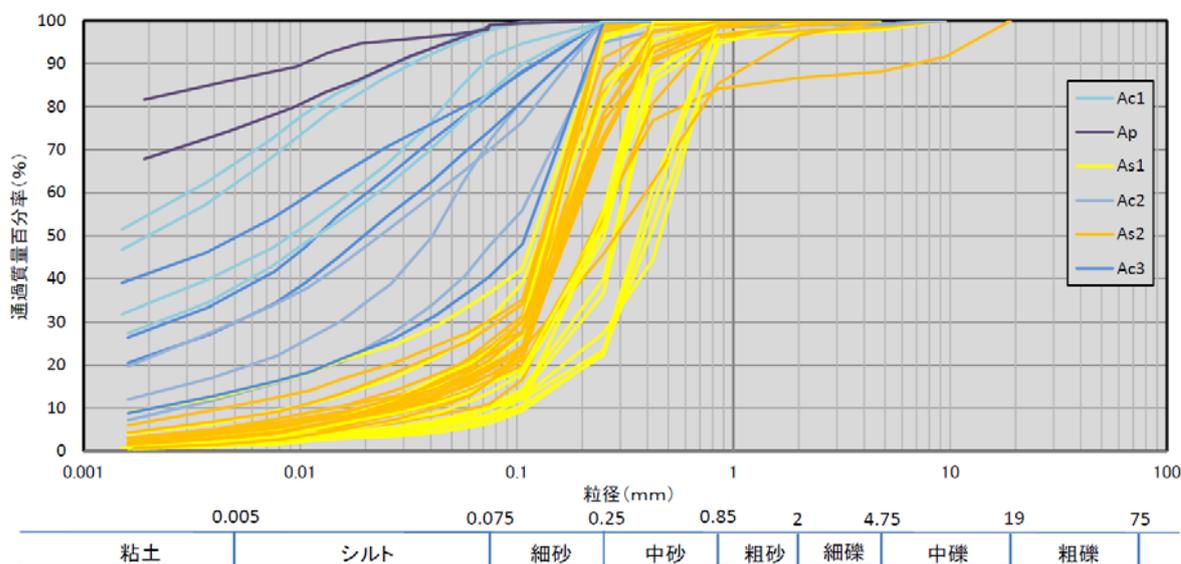


図 3-10 各層の粒径加積曲線

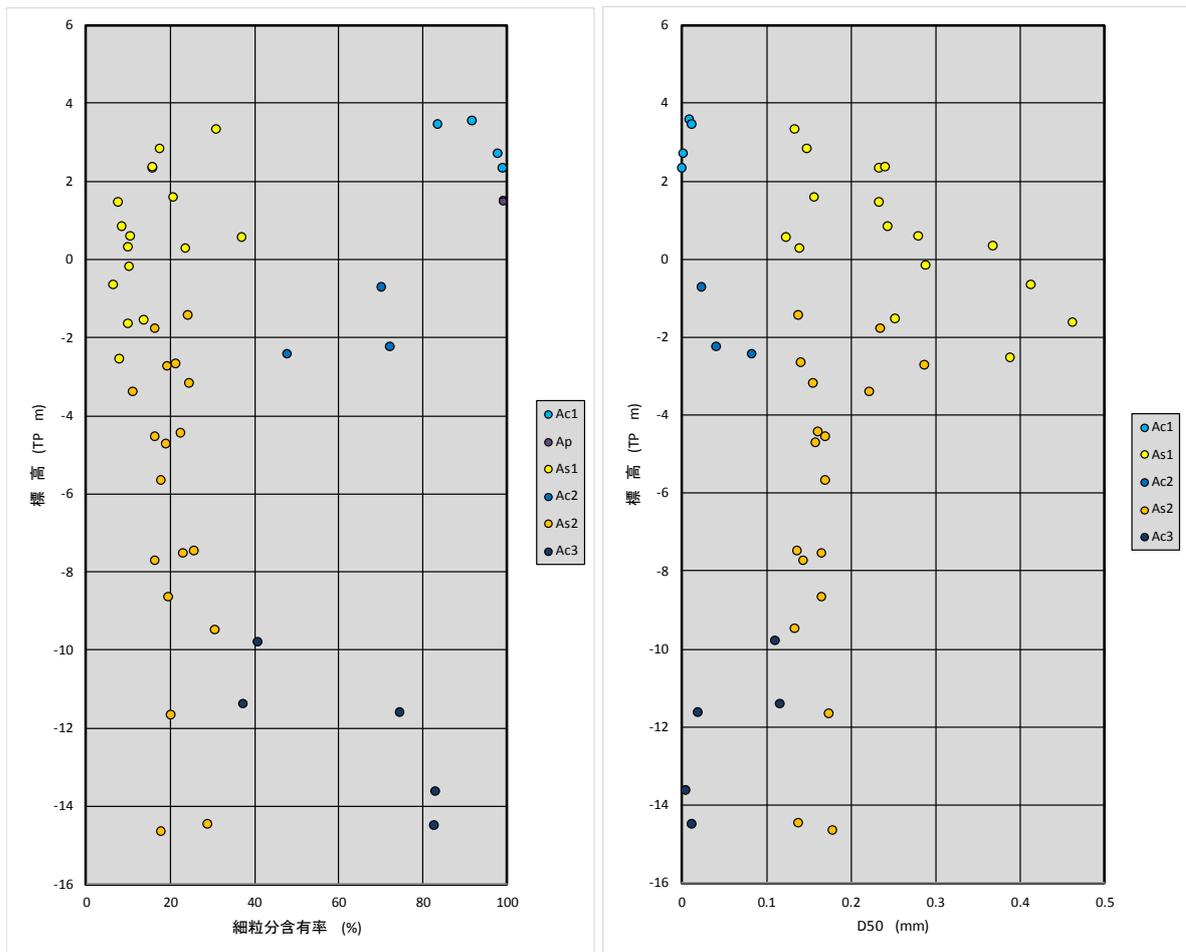


図 3-1-1 各層の細粒分含有率と D50 の深度分布

As1 層は、細粒分を 10～20%程度含有する砂質土であり、粒度分布も As2 層に比べてなだらかとなっていることからやや幅の広い粒度分布を有する砂であることが伺える。

一方、As2 層は粒度分布が非常に立っていることから、粒径が均質な砂質土であることがわかる。

粘性土層は Ac1 層と Ac2 層及び Ac3 層の傾向が異なっており、Ac1 層は Ac2 層や Ac3 層に比べて粒径加積曲線が上方に位置しており、粘性土分の混入量が多いことがわかる。Ac2 層と Ac3 層の粒度分布は同程度であり、工学的に同一の地盤と評価しても差し支えないと思われる。

Ap 層は、腐植物を主体にする地層であることから粘性土と同様の評価をすることは難しいが、砂分をほとんど含んでいない試料であることがわかる。

(3) 土粒子の密度・自然含水比

土質試験結果より得られた各地層における物理試験の一般項目の値は、表 3-8 に示すとおりである。

表 3-8 一般項目の物理特性

地質記号	土質	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	自然含水比 W _n (%)	間隙比 e	飽和度 S _r (%)
Ac1	粘性土	1.730	1.187	2.662~2.770 (2.700)	45.8	1.254	97.7
Ap	腐植土	1.163	0.357	2.095~2.146 (2.121)	225.7	4.868	97.1
As1	砂質土	—	—	2.603~2.700 (2.661)	—	—	—
Ac2	粘性土	—	—	2.656~2.677 (2.671)	—	—	—
As2	砂質土	—	—	2.668~2.713 (2.689)	—	—	—
Ac3	粘性土	1.508~1.690 (1.572)	0.824~1.134 (0.931)	2.688~2.723 (2.706)	49.0~82.9 (70.4)	1.367~2.246 (1.921)	96.2~98.7 (98.0)

土粒子の密度 (ρ_s) と土の種類との間にはほぼ次のような関係がある。

$\rho_s=2.00$ (以下) ~ 2.50 (g/cm³) 腐植物を多く含有する土

$\rho_s=2.60$ ~ 2.80 (g/cm³) 普通の土

$\rho_s=2.80$ ~ 3.00 (以上) (g/cm³) 砂鉄などの重鉱物を含む土

Ap 層の土粒子の密度は、腐植物や有機質土を多く含有しているため、小さい値を示していた。

また As1 層では、パミスを多く混入する部分で若干小さい値を示していた。また Ac1 層の 2P-1 試料は、酸化物を多く混入するためか、 $\rho_s=2.770$ g/cm³ と他の試料よりも大きい値となっている。

他の試料の土粒子の密度は、大きな差が無く、東京湾周辺に分布する海成層の一般的な値である $\rho_t=2.7$ g/cm³ を示していた。

次に自然含水比、湿潤密度の一般的な値を表 3-9 に示す。

表 3-9 土の物理的性質の経験値（土質調査の基礎知識より）

項目	沖積層			洪積層		
	粘土	砂	腐植土	粘土	砂	ローム
自然含水比 W_n (%)	60~90	30~50	150 ~300	40~60	20~30	100 ~130
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.45 ~1.60	1.60 ~1.80	1.00 ~1.20	1.60 ~1.70	1.80 ~2.00	1.25 ~1.35
間隙比 e	1.60 ~2.40	0.75 ~1.50	3.80 ~8.20	1.30 ~1.70	0.40~1.00	3.00 ~4.00
飽和度 S_r	100	85~100	100	85~100	60~80	80~95
備考				N=10内外 の粘土	地下水位下 では $S_r=100$	

一般に含水比は土の間隙の大小や粘性土分の混入量を想定する指標となり、洪積層は低く、沖積層は高い値を示すことが多い。湿潤密度は土の単位体積重量となることから設計上で重要な土質定数となるものである。

Ac1層は、砂分を10%程度しか含有しない細粒土であるが、5T-1試料の物理的性質をみると、表3-9に示した「沖積層粘土」の一般値と比較すると試験値の湿潤密度が大きく、間隙比や自然含水比が小さくなっており、「沖積層砂」のような値を示す。

この要因は不明であるが、不攪乱試料の観察結果によるとパミスや砂が含有が確認されており、採取試料の不均質性に起因するものと思われる。

Ap層は、植物繊維を多く混入しており、表3-9に示した「沖積層腐植土」の一般値と同程度の値を示した。他の粘性土に比べ自然含水比・間隙比が極端に大きく、湿潤密度が小さく、腐植土の特徴的な傾向を示している。

Ac3層は、大半の試料が表3-9に示した「沖積層粘土」の一般値を示した。ただし5T-3試料は、砂分を多く含有するため「沖積層粘土」の一般値よりも湿潤密度が大きく、間隙比や自然含水比が小さくなっている。

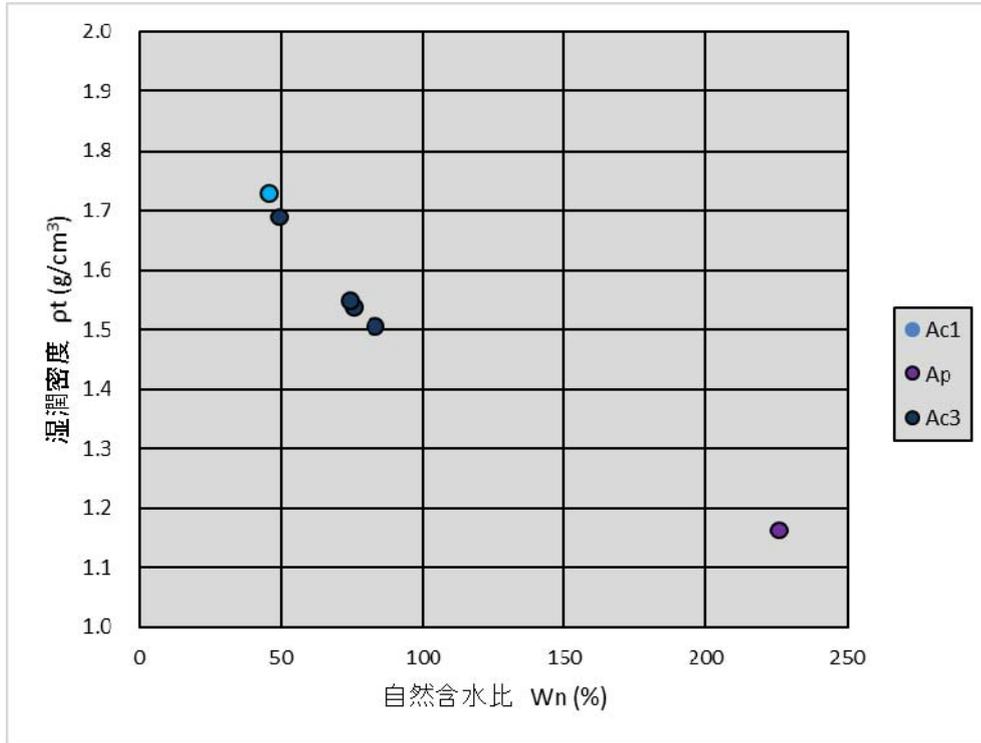


図 3-1-2 各層の自然含水比と湿潤密度の関係

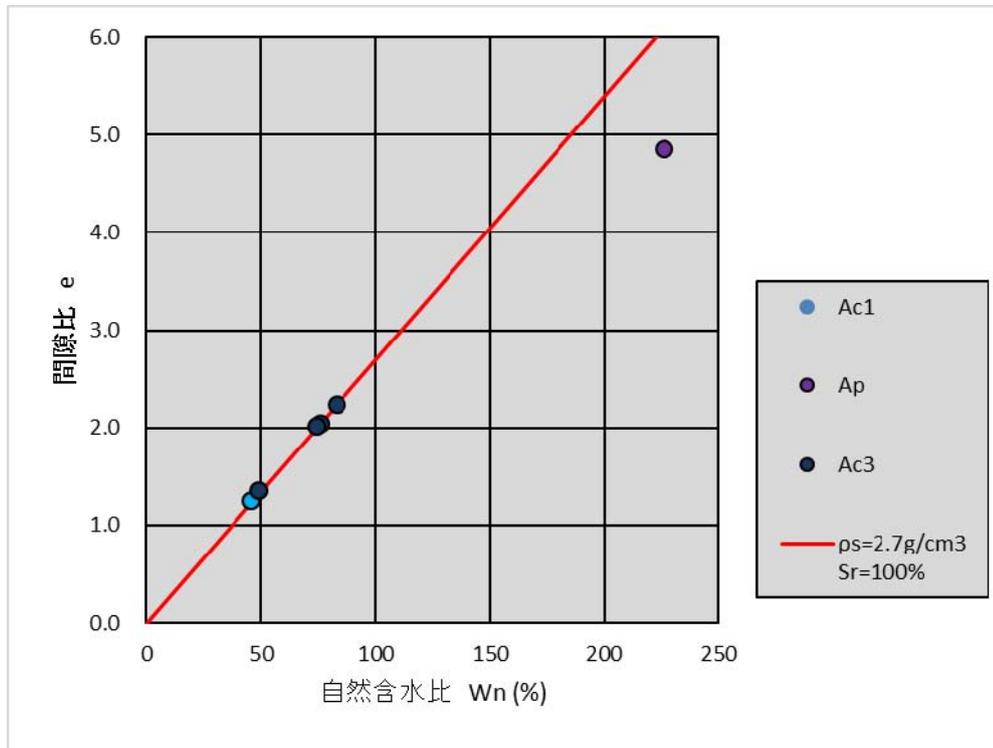


図 3-1-3 各層の自然含水比と間隙比の関係

(4) コンシステンシー特性

コンシステンシー特性として土の液性限界試験及び塑性限界試験を実施した。

表 3-10 コンシステンシー特性

地質記号	液性限界 W_L (%)	塑性限界 W_P (%)	塑性指数 I_P	自然含水比 W_n (%)
Ac1	54.5~105.9	29.4~41.4	25.1~68.1	45.8
Ap	264.5~287.6	111.2~112.9	153.3~174.7	225.7
As1	61.6	39.1	22.5	—
Ac2	46.4~84.6	25.5~42.7	20.9~45.4	—
As2	44.0	30.4	13.6	—
Ac3	39.7~75.5	27.0~37.9	11.6~37.6	49.0~82.9

砂質土を主体とする As1 層と As2 層では、粘性土分があまり含まれないために多くの地点で NP (non-plastic:非塑性) となっており、この他の層は液状化の検討対象土となる $IP < 15$ と判定された。

コンシステンシー特性を用いて図 3-14 に塑性図を示した。粗性図は粘性土の物理特性を表す使用であり、試験結果はほぼ A 線上 (赤線) に位置している。

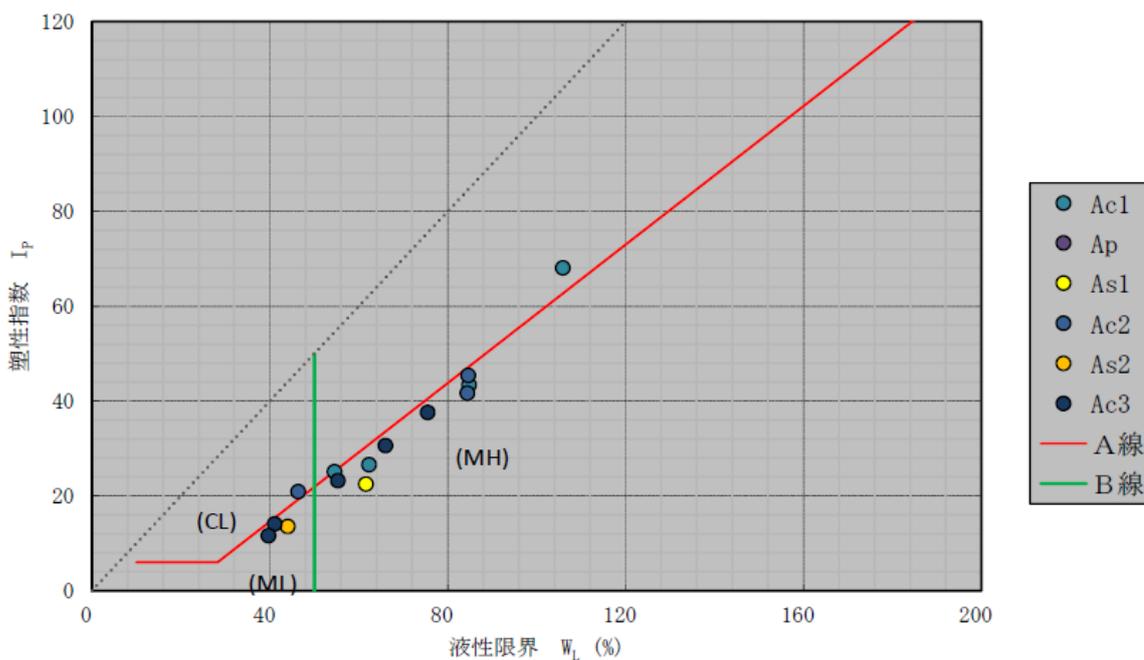


図 3-14 塑性図

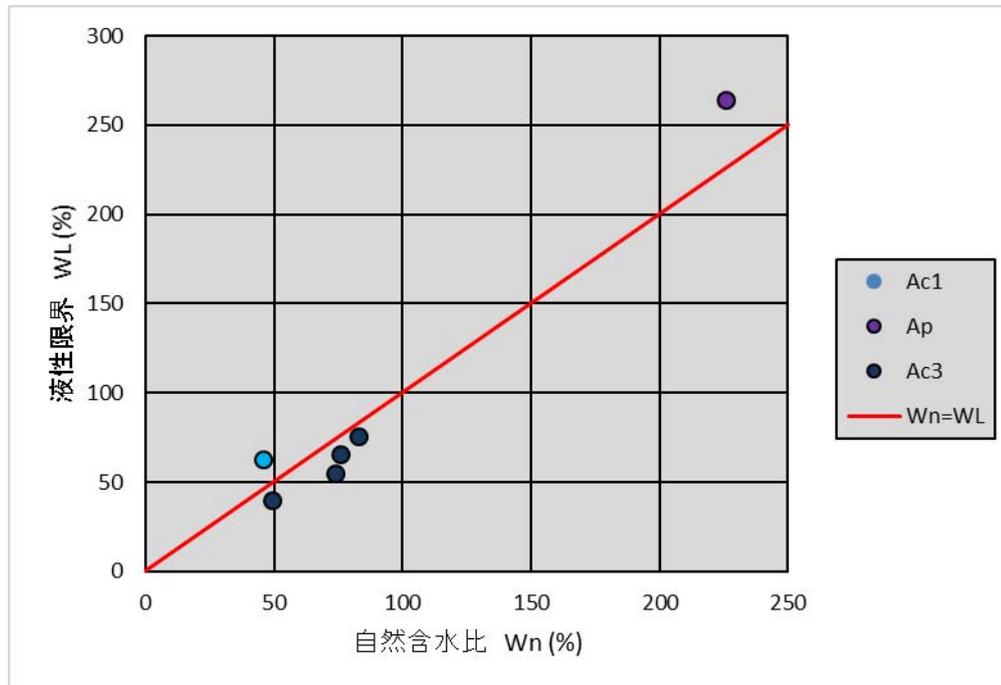


図 3-15 各層の自然含水比と液性限界の関係

また、土の液性限界(WL)と自然含水比(Wn)の関係は上記のとおりであり、ほぼを $Wn=WL$ となっていることから、乱すことにより不安定化する土質であることが伺える。

(5) 一軸圧縮試験

一軸圧縮試験は、柱状の供試体を拘束しない状態で圧縮・破壊することで、土の圧縮強度を求めるものである。試験結果を表 3-11 に示すとおりである。

表 3-11 一軸圧縮試験結果

地質記号	採取地点	試料番号	採取深度 GL- m	一軸圧縮強さ (kN/m ²)		破壊ひずみ ϵ_f (%)	変形係数 (MN/m ²)	
				範囲	平均		範囲	平均
Ac3	No. 4	4T-1	17.00 ~ 17.80	123.0 ~ 138.8	130.9	2.23 ~ 2.26	7.92 ~ 9.4	8.66
		4T-2	19.00 ~ 19.80	155.4 ~ 163.2	159.3	1.87 ~ 2.14	10.02 ~ 10.8	10.41
	No. 5	5T-3	16.50 ~ 17.30	53.1 ~ 68.0	60.6	2.48 ~ 2.57	2.63 ~ 3.65	3.14
		5T-4	19.60 ~ 20.40	125.1 ~ 140.5	132.8	2.49 ~ 2.83	6.09 ~ 7.96	7.03

一軸圧縮試験における応力-ひずみ曲線は、試験試料に乱れが生じている場合や砂分が混入していると破壊曲線のピークが不明瞭になる。本試験結果を見る限り、ピークは明瞭であり、適切な試験結果が得られたことが伺える。

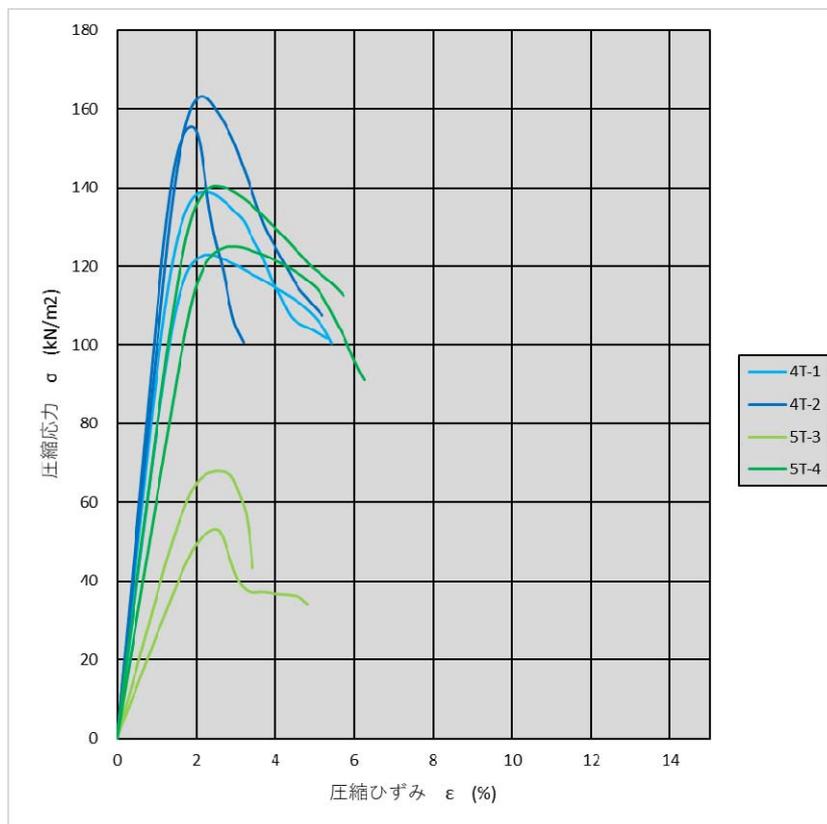


図 3-16 各層の自然含水比と液性限界の関係

(6) 三軸圧縮試験 (UU)

三軸圧縮試験 (UU) は、供試体からの水の出入りのない状態で、等方圧を作用させ、圧密を行わず、直ちに非排水条件下で軸方向に圧縮を行い、応力-ひずみ曲線を求め、圧縮強さを測定する試験である。

この試験は、盛土造成直後の安定問題など、土の短期的な強度特性を把握するために実施されるものであり、設計にて使用する、粘着力 (c)、内部摩擦角 (ϕ) を得ることができる。

試験結果は、表 3-12 に示すとおりである。

表 3-12 三軸圧縮試験 (UU) 結果

地質記号	採取地点	試料番号	採取深度 GL- m	粘着力 C kN/m ²	せん断抵抗角 ϕ 度
Ac1	No.5	5T-1	2.50 ~ 3.10	55.3	7.86
Ap	No.5	5T-2	3.80 ~ 4.20	63.2	0.00

5T-1 試料 (Ac1 層) は、砂分が 2.2% しか含まれない土質であるが、前項にて説明したとおり、採取試料の不均質性により、砂質土部での試験となった可能性がある。

また Ap 層は、腐植土からなる地層であるため、三軸圧縮試験の応力-ひずみ曲線の破壊ピークは不明瞭となっている。

この原因は、今回実施した試験が短期的な強度を求めるため非排水条件下での試験であるがせん断に伴い供試体内で間隙水の移動が生じ、圧密沈下による強度増加効果が含まれてしまったことによると推察される。

このため試験強度をそのまま用いることは、危険側の定数設定となってしまう可能性があるため、沖積粘土の一般的なピーク値 (3~5% 程度) を参考に、破壊ひずみ 5% 時の応力を読み取りモールを作成し、粘着力及び内部摩擦角の算出を行った。

この結果は、図 3-17 に示すとおりであり、粘着力は $c = 45.3 \text{ kN/m}^2$ 、内部摩擦角は $\phi = 2.96^\circ$ となった。

表 3-13 変形係数と破壊ひずみの経験値 (土質調査の基礎知識より)

分類	変形係数 E_s (kg/cm^2)	破壊ひずみ ε (%)	土の状態
弾性的な粘土	40以上 (大)	3以下 (小)	洪積粘土、ローム、乱さない土
塑性的な粘土	10~40 (中)	3~5 (中)	沖積粘土
流動的な粘土	10以下 (小)	5以上 (大)	軟弱粘土、乱した土

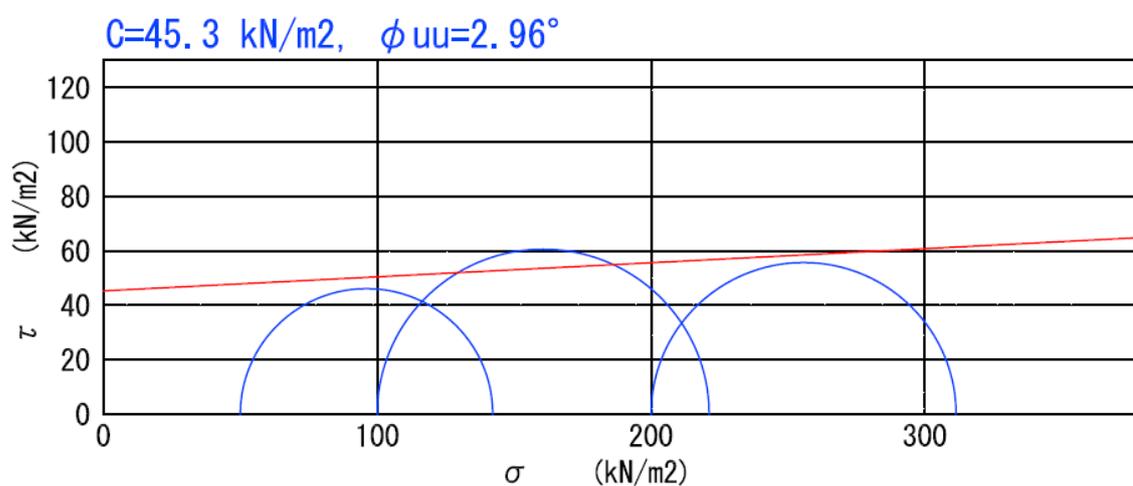


図 3-17 A_p 層のモールの円

(7) 圧密試験

圧密試験結果からは、圧密降伏応力 (P_c) 及び圧縮指数 (C_c) が求められる。圧密試験結果より求められた圧密降伏応力 (P_c) 及び圧縮指数 (C_c) は表 3-14 のようになった。

表 3-14 圧密試験結果

地質記号	採取地点	試料番号	採取深度 GL- m	圧密降伏応力 P_c kN/m ²	圧縮指数 C_c	全応力 P_o kN/m ²	有効土被り応力 P_o' kN/m ²
Ac1	No. 5	5T-1	2.50 ~ 3.10	261.1	0.405	49.4	35.7
Ap	No. 5	5T-2	3.80 ~ 4.20	74.7	3.171	69.2	43.7
Ac3	No. 4	4T-1	17.00 ~ 17.80	151.6	0.921	298.8	141.2
Ac3	No. 4	4T-2	19.00 ~ 19.80	146.8	1.090	329.6	152.4
Ac3	No. 5	5T-3	16.50 ~ 17.30	223.2	0.379	286.5	134.5
Ac3	No. 5	5T-4	19.60 ~ 20.40	146.7	0.695	334.3	151.8

圧密試験結果から得られた圧縮曲線と C_v - P 関係のグラフをまとめて図 3-18 に示した。

圧密試験結果は、一般的に圧密降伏応力を境に過圧密領域 ($P_o \leq P_c$) では、ほぼ水平、正規圧密領域では $\log P$ に対して直線的に間隙比 e が減少していく。

しかし、5T-1 試料 (Ac1 層) ではこの境界が明瞭となっていない。

この原因は、前項に示した採取試料の不均質性によるものであり、砂分を多く含む試料で試験が実施されたためと想定される。

また、Ap 層は、他の沖積層粘土に比べて間隙比が大きく、正規圧密領域の e - $\log P$ 曲線が、上に凸の曲線となる、典型的な腐植土の試験結果となっている。

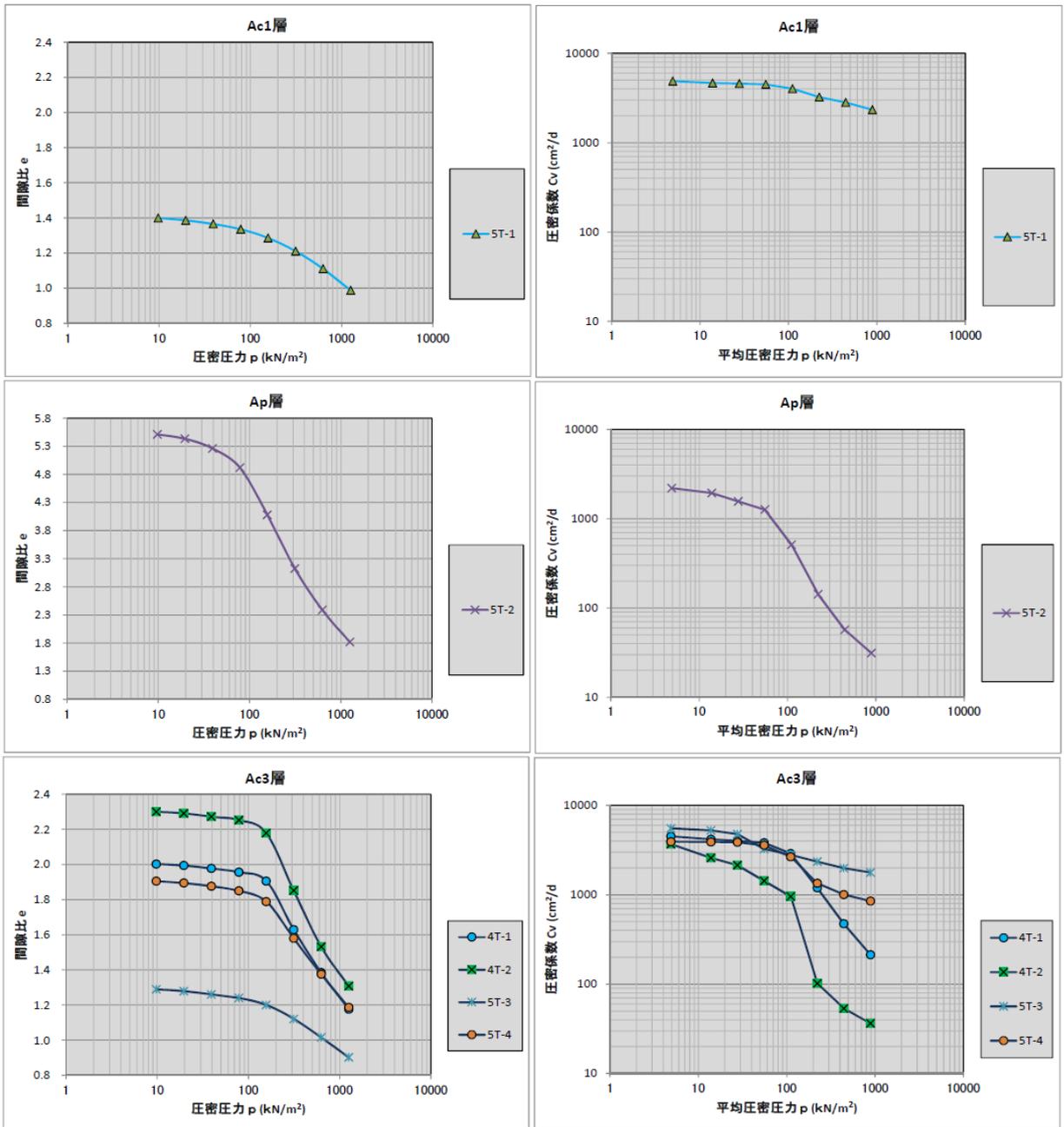


図 3-18 各層の e-log P 曲線と Cv-P 関係

また、試験試料位置における現在の土被り圧(P_0)を算出し、図 3-19 に有効土被り応力(P_0')と圧密降伏応力(P_c)の関係を示した。

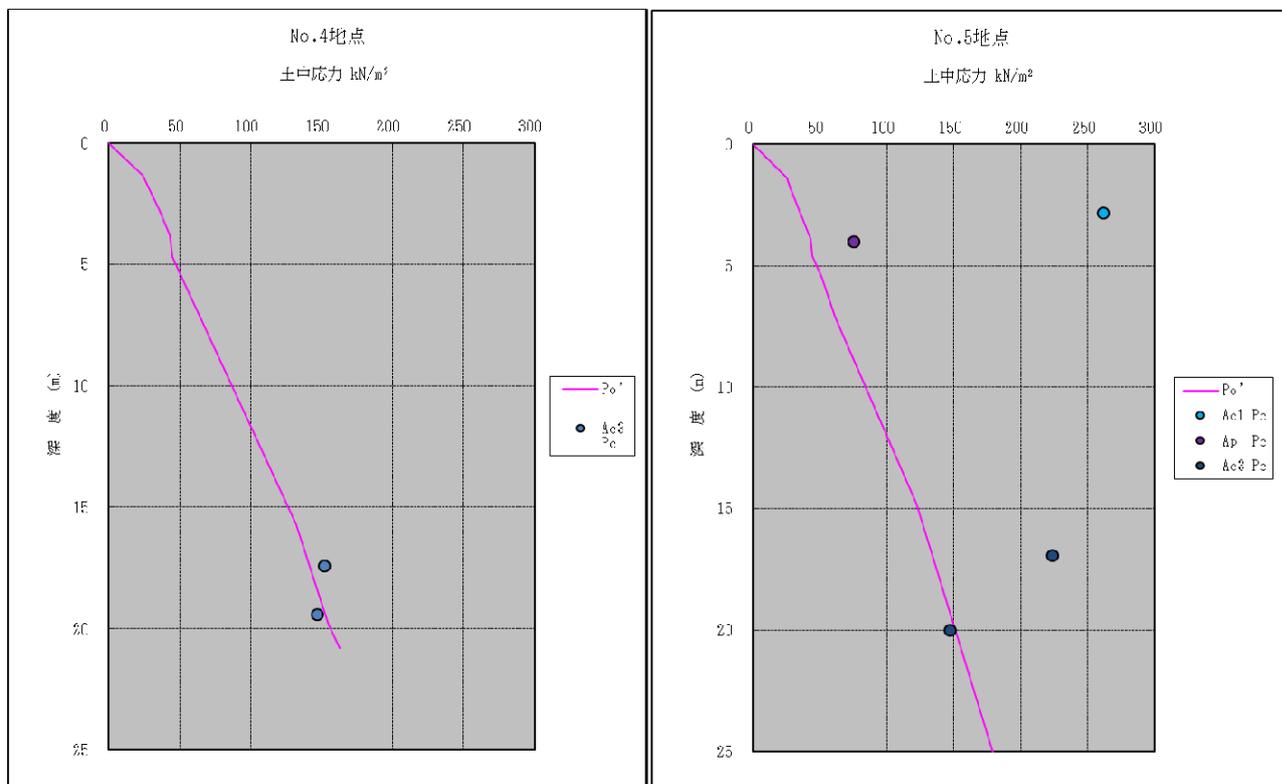


図 3-19 各層の有効土被り応力(P_0')と圧密降伏応力(P_c)の関係

この結果は以下のとおりである。

- ・砂分が多い試験結果である Ac1 層では e-logP 曲線により圧密降伏応力が正しく求められないため、極端な過圧密となっている
- ・Ap 層は、圧密降伏応力が全応力を超えており、過圧密土になっていると判断できる。しかし圧密降伏応力が小さく、圧縮指数が大きいことから、圧密沈下に対し注意が必要な地層と評価できる。
- ・Ac3 層は図 3-19 に示すように、圧密降伏応力がほぼ $P_0'=P_c$ の正規圧密状態となっている。このことから、盛土等の荷重を載荷することにより再び沈下が発生することが懸念される。

§ 4. 調査結果に基づく考察

4-1 土質定数の提案

今回の調査結果に基づき、本事業において使用する土質定数の設定を行った。
この結果は、表 4-1 に示すとおりであり、以下に設定根拠を示した。

表 4-1 土質定数一覧表

地質記号	土質	N値代表値	粘着力 C (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)
B	粘性土	3	18.8	0	18.0
Ac1	粘性土	0	55.3	7	17.0
Ap	腐植土	2	45.3	2	11.4
As1	砂質土	8	0.0	27	17.0
Ac2	粘性土	0	60.4	0	15.4
As2	砂質土	4	0.0	23	17.0
Ac3	粘性土	0	60.4	0	15.4
As3	砂質土	8	0.0	27	17.0
Ds1	砂質土	16	0.0	32	18.0
Dc1	粘性土	13	81.3	0	17.0
Ds2	砂質土	31	0.0	39	19.0
Dc2	粘性土	6	37.5	0	17.0
Ds3	砂質土	50	0.0	46	20.0
Ds4	砂質土	50	0.0	46	20.0
Dc3	粘性土	15	93.8	0	17.0
Ds5	砂質土	26	0.0	37	19.0
Dc4	粘性土	12	75.0	0	18.0
Dp	腐植土	50	312.5	0	18.0
Ds6	砂質土	83	0.0	55	20.0

(1) N値について

標準貫入試験結果に基づき代表N値の設定を行った(詳細は3-2に示すとおり)。

(2) 各層の単位体積重量

各層の単位体積重量は表4-2に示した値を参考にした。各層の単位体積重量(γ_t)をまとめ、表4-3に示す。

なお、Ac2層は土質試験を実施していないが、Ac3層と同様の層相であることからAc3層の室内土質試験結果を設計値として採用することとした。

表 4-2 土質定数

種類	状態	単位体積重量 (kN/m^3)	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m^2)	地盤工学会 基準		
盛土	礫および礫まじり砂	締固めたもの	20	40	0	{G}	
	砂	締固めたもの	粒径幅の広いもの	20	35	0	{S}
			分級されたもの	19	30	0	
	砂質土	締固めたもの	19	25	30以下	{SF}	
	粘性土	締固めたもの	18	15	50以下	{M}, {C}	
関東ローム	締固めたもの	14	20	10以下	{V}		
自然地盤	礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの	20	40	0	{G}	
		密実でないものまたは分級されたもの	18	35	0		
	礫まじり砂	密実なもの	21	40	0	{G}	
		密実でないもの	19	35	0		
	砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの	20	35	0	{S}	
		密実でないものまたは分級されたもの	18	30	0		
	砂質土	密実なもの	19	30	30以下	{SF}	
		密実でないもの	17	25	0		
	地盤	粘性土	固いもの(指で強く押し多少へこむ)	18	25	50以下	{M}, {C}
			やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫入)	17	20	30以下	
軟いもの(指が容易に貫入)			16	15	15以下		
粘土およびシルト		固いもの(指で強く押し多少へこむ)	17	20	50以下	{M}, {C}	
		やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫入)	16	15	30以下		
関東ローム	軟いもの(指が容易に貫入)	14	10	15以下			
		14	5 (ϕ_v)	30以下	{V}		

粘性土、粘土およびシルトの区分でN値の目安は次のとおりである。

固いもの(N=8~15)、やや軟らかいもの(N=4~8)、軟いもの(N=2~4)

地盤工学会基準の記号は、およその目安である。

[NEXCO総研：設計要領 第一集 土工編 より]

表 4-3 各層の単位体積重量

地質記号	土質	N値代表値	試験値(湿潤密度) ρ_t (g/cm ³)	文献からの推定値 γ_t (kN/m ³)	提案値 γ_t (kN/m ³)
B	粘性土	3	—	18.0	18.0
Ac1	粘性土	0	1.730	16.0	17.0
Ap	腐植土	2	1.163	14.0	11.4
As1	砂質土	8	—	17.0	17.0
Ac2	粘性土	0	1.572	16.0	15.4
As2	砂質土	4	—	17.0	17.0
Ac3	粘性土	0	1.572	16.0	15.4
As3	砂質土	8	—	17.0	17.0
Ds1	砂質土	16	—	18.0	18.0
Dc1	粘性土	13	—	17.0	17.0
Ds2	砂質土	31	—	19.0	19.0
Dc2	粘性土	6	—	17.0	17.0
Ds3	砂質土	50	—	20.0	20.0
Ds4	砂質土	50	—	20.0	20.0
Dc3	粘性土	15	—	17.0	17.0
Ds5	砂質土	26	—	19.0	19.0
Dc4	粘性土	12	—	18.0	18.0
Dp	腐植土	50	—	18.0	18.0
Ds6	砂質土	83	—	20.0	20.0

※Ac2層は、Ac3層の室内土質試験結果を設計値として採用

(3) 強度定数 (粘着力、内部摩擦角)

強度設定は、室内土質試験結果を実施した地層は室内土質試験結果をその他の地層は、代表N値から以下の一般式に基づき、設定した。

なお、Ac2層は土質試験は実施していないが、Ac3層と同様の層相であることから、Ac3層の室内土質試験結果を設計値として採用することとした。

【粘着力】

粘性土層の粘着力は、Terzaghi and Peck が提案した式 4-1 の標準貫入試験N値と粘着力の関係式から求める。なお砂質土の粘着力は、安全を考慮し、0(kN/m²)とする。

$$q_u = 12.5 \cdot N \quad (\text{kN/m}^2) \quad \dots\dots\dots \text{式 4-1}$$

粘性土層の粘着力は、一軸圧縮強さから式 4-2 を用いて求める。

$$C = q_u / 2 \quad \dots\dots\dots \text{式 4-2}$$

ここに

N : 標準貫入試験N値

q_u : 一軸圧縮強さ (kN/m²)

C : 粘着力 (kN/m²)

これより各層の粘着力をまとめ、表 4-4 に示す。

【内部摩擦角】

内部摩擦角は、「建築基礎構造設計指針」に記された式 4-3 を用いて推定した。なお粘性土の粘着力は、安全を考慮し、0(°)とする。

$$\phi = \sqrt{20 \cdot N + 15} \quad \dots\dots\dots \text{式 4-3}$$

ここに、

φ : 砂のせん断抵抗角 (°)

N : 標準貫入試験から得られるN値

なお N ≤ 5 の場合も式 4-3 を用いて推定した。

表 4-4 各層の粘着力

地質記号	土質	土質試験値 C (kN/m ²)	N値からの推定値		代表値 C (kN/m ²)
			代表N値	推定C値 (kN/m ²)	
B	粘性土	—	3	18.8	18.8
Ac1	粘性土	55.3	0	0.0	55.3
Ap	腐植土	45.3	2	12.5	45.3
As1	砂質土	—	8	0.0	0.0
Ac2	粘性土	60.4	0	0.0	60.4
As2	砂質土	—	4	0.0	0.0
Ac3	粘性土	60.4	0	0.0	60.4
As3	砂質土	—	8	0.0	0.0
Ds1	砂質土	—	16	0.0	0.0
Dc1	粘性土	—	13	81.3	81.3
Ds2	砂質土	—	31	0.0	0.0
Dc2	粘性土	—	6	37.5	37.5
Ds3	砂質土	—	50	0.0	0.0
Ds4	砂質土	—	50	0.0	0.0
Dc3	粘性土	—	15	93.8	93.8
Ds5	砂質土	—	26	0.0	0.0
Dc4	粘性土	—	12	75.0	75.0
Dp	腐植土	—	50	312.5	312.5
Ds6	砂質土	—	83	0.0	0.0

※Ac2層は、Ac3層の室内土質試験結果を設計値として採用

表 4-5 各層のせん断抵抗角

地質 記号	土質	土質試験値 ϕ (度)	N 値		代表値 ϕ (度)
			代表値	推定 ϕ 値 (度)	
B	粘性土	—	3	0.0	0
Ac1	粘性土	7.86	0	0.0	7
Ap	腐植土	2.96	2	0.0	2
As1	砂質土	—	8	27.6	27
Ac2	粘性土	—	0	0.0	0
As2	砂質土	—	4	23.9	23
Ac3	粘性土	—	0	0.0	0
As3	砂質土	—	8	27.6	27
Ds1	砂質土	—	16	32.9	32
Dc1	粘性土	—	13	0.0	0
Ds2	砂質土	—	31	39.9	39
Dc2	粘性土	—	6	0.0	0
Ds3	砂質土	—	50	46.6	46
Ds4	砂質土	—	50	46.6	46
Dc3	粘性土	—	15	0.0	0
Ds5	砂質土	—	26	37.8	37
Dc4	粘性土	—	12	0.0	0
Dp	腐植土	—	50	0.0	0
Ds6	砂質土	—	83	55.7	55

内部摩擦摩擦角の上限を $\phi=45^\circ$ とした。

4-2 液状化の検討

当地区には緩い沖積砂質土層が分布するため、液状化が懸念される。

このため、液状化の程度を把握することを目的として、土の物理試験結果に基づき「建築基礎構造設計指針：日本建築学会：2001」に基づき液状化の検討を実施した。

(1) 液状化の判定を行う必要がある砂質土層

本業務の液状化判定には「建築基礎構造設計指針」に示される判定手法を用いた。

「建築基礎構造設計指針」では、次の条件が満たされる土層とされる。

- ① 飽和土層
- ② 地表面から 20m 以浅の沖積層
- ③ 細粒土含有率が 35%以下

ただし埋立地盤など人工造成地盤の場合

- ① 粘土分 (0.005mm 以下の粒径を持つ土粒子) 含有率が 10%以下
- ② 塑性指数が 15%以下

調査地に分布する沖積層は、全て飽和した地層であった。このため土質試験結果から上記の検討対象条件を満たしているかを確認してから液状化の検討を行う。

(2) 液状化の判定式

(a) 検討地点の地盤内の各深さに発生する等価な繰り返しせん断応力は式 4-4 によって求められる。

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_z} = \gamma_n \frac{\alpha_{max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} \gamma_d \dots\dots\dots \text{式 4-4}$$

[記号]

τ_d : 水平面に生じる等価な一定繰り返しせん断応力振幅 (kN/m²)

σ'_z : 検討深さにおける有効土被り圧 (kN/m²)

γ_n : 等価な繰り返し回数に関する補正係数で、 $\gamma_n = 0.1 (M - 1)$

ただし、Mはマグニチュード

α_{max} : 地表面における設計用水平加速度 (cm/sec²)

g : 重力加速度 (980 cm/sec²)

σ_z : 検討深さにおける全土被り圧 (鉛直全応力) (t/m^2)

γ_d : 地盤が鋼体でないことによる低減係数で $(1-0.015z)$ 、 z はメートル単位
で表した地表面からの検討深さ

(b) 各深さにおける補正N値 (N_a) を下式から求める。

$$N_1 = C_N \cdot N \dots\dots\dots \text{式 4-5}$$

$$C_N = \sqrt{98 / \sigma'_z} \dots\dots\dots \text{式 4-6}$$

$$N_a = N_1 + \Delta N_f \dots\dots\dots \text{式 4-7}$$

[記号]

N_a : 補正N値

N_1 : 換算N値

ΔN_f : 細粒土含有率に応じた補正N値増分で、図 4-1 による。

C_N : 換算N値係数 (σ' の単位は kN/m^2)

N : 実測N値

(c) 図 4-2 のせん断ひずみ振幅 5% 曲線を用いて、補正N値 (N_a) に対応する飽和土層液状化抵抗比 τ_1 / σ'_z を求める。ここに、 τ_1 は、水平断面における液状化抵抗である。

(d) 各深さにおける液状化発生に対する安全率 F_L を式 4-8 により求める。

$$F_L = \frac{\tau_1 / \sigma'_z}{\tau_d / \sigma'_z} \dots\dots\dots \text{式 4-8}$$

式 4-8 により求めた F_L 値が 1 より大きくなる土層については、液状化発生の可能性はないものと判定し、逆に 1 以下となる場合は、その可能性があり、値が小さくなるほどその土層の液状化発生危険度は高いと判定する。

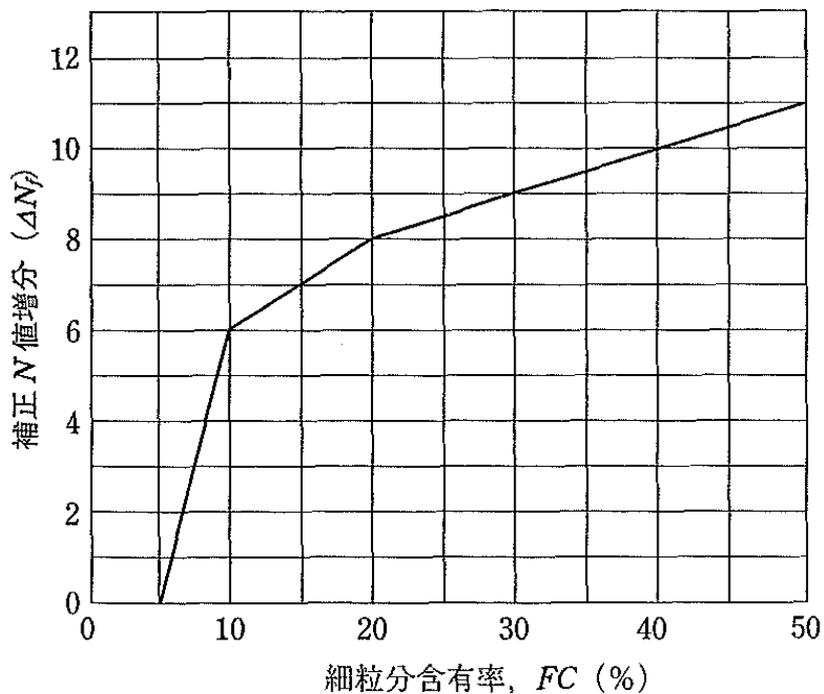


図 4-1 細粒土含有率と補正N値増分 ΔN_f の関係 (建築基礎構造設計指針 より)

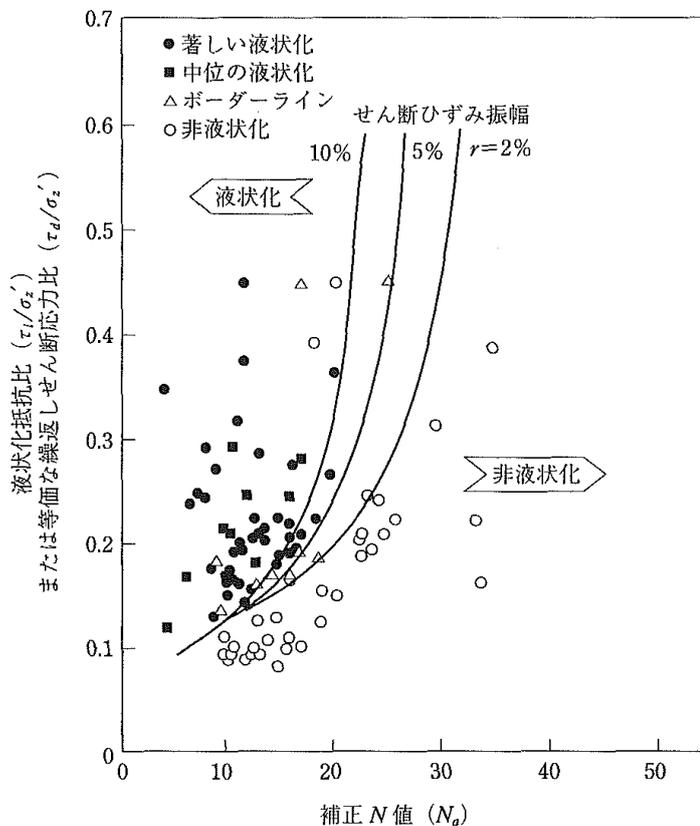


図 4-2 補正N値 (N_a) と飽和土層の液状化抵抗比 τ_1/σ'_z (建築基礎構造設計指針より)

このほか液状化による危険度を判定する方法として PL 法がある。この液状化指数(PL 値)は、限界耐力計算を行う場合の表層地盤による地震動増幅率(G_s)の算定の際に告示式の適用可否を確認するために用いられるものであり、基礎構造設計そのものの考え方ではないとされている。また、設計者の判断により、二次設計レベルにおける液状化の検討を行う際の指標としても用いられる。PL 値は FL 値を用いて式 4-9 により算定される。なお、このとき、FL 値が 1 以下の層のみを算定の対象とする。

$$PL = \int (1 - FL)(10 - 0.5z) dz \quad \dots\dots\dots \text{式 4-9}$$

[記号]

PL : 液状化指数

$\int dz$: 0~20m までの積分値

FL : 液状化安全率

z : 地表面からの深さ (m)

PL 値の評価は、過去の事例から、表 4-6 のように示されている。PL 値が 5 以下であると、液状化の危険度が低いとされている。

表 4-6 液状化指数(PL 値)と液状化危険度の関係

PL 値	液状化の危険度
PL=0	液状化の危険度がかなり低い
$0 < PL \leq 5$	液状化の危険度が低い
$5 < PL \leq 15$	液状化の危険度が高い
$15 < PL$	液状化の危険度がかなり高い

さらに予測地盤変位量の略算値により評価する方法もある。この評価方法も、PL 値と同様に、限界耐力計算を行う場合の G_s 算定の際に告示式の適用可否を確認するために用いられるものである。また、設計者の判断により、二次設計レベルにおける液状化の検討を行う際の指標としても用いられる。

建築基礎構造設計指針には、液状化に伴う予測地盤変位量の略算値(Dcy)と液状化の程度の関係が、表 4-7 のようにまとめられている。地盤変位略算値(Dcy)が 5cm 以下の場合には、液状化の程度が軽微であると判断されている。

表 4-7 地盤変位略算値(Dcy)と液状化の程度の関係

Dcy (cm)	液状化の程度
Dcy=0	なし
Dcy ≤ 5	軽微
5 < Dcy ≤ 10	小
10 < Dcy ≤ 20	中
20 < Dcy ≤ 40	大
40 < Dcy	甚大

(3) 液状化の判定結果

調査地に分布する沖積層は、全て飽和した地層であった。このため土質試験結果から液状化の検討対象条件を満たしているかを確認してから液状化の検討を行う。

液状化の検討には、地表面水平加速度値(α_{max})を次の3種類について検討を行う。

- ① $\alpha_{max} = 150gal$ 、 $200gal$: 損傷限界検討用
- ② $\alpha_{max} = 350gal$: 終局限界検討用

なお地震マグニチュードは $M=7.5$ と仮定する。

液状化の検討結果を図 4-3 ~ 図 4-1720 に示す。

地点名 No. 3 地表面水平加速度値 $\alpha_{max}=150gal$ P L 値 0.61 地下水位面 2.71 (m) 判定外
 水の単位体積重量 9.8 (kN/m³)
 土上載荷重 0.0 (kN/m²)
 使用曲線 $\gamma = 5$ (%)
 設計加速度 150.00 (gal)
 マグニチュード 7.5
 地表変位(Dcy) 5.96 (cm)

基準名 建築基礎構造設計指針
 判定方法 地表面設計用水平加速度と、実測N値
 $F_c > 50\%$ の取扱い 液状化の判定外とする

(注) 判定外
 **1 地下水位より上(液状化の可能性は低い)
 **2 τ/σ'_v が0.0以下である(液状化の可能性は低い)
 **3 $F_c \sim \Delta N_f$ グラフ範囲外(液状化の可能性は低い)
 **4 全土載圧または有効土載圧が0.0以下となる層である

標尺 (m)	深さ (m)	層厚 (m)	土層種類	N 値	判定深さ (m)	湿潤重量 (kN/m ³)	飽和重量 (kN/m ³)	有効土載圧 σ'_v (kN/m ²)	全土載圧 (kN/m ²)	結合率 (%)	平均粒径 D50	コ抵抗入 (kN/m ²)	周抵抗 (kN/m ²)	心算出力出比法	液を状化判定	せん断振幅		液状化の判定		
																低減係数	せん断力 (kN/m ²)	補正値	液状化比	せん断力断比
0	0.0																			
	1.85	1.85	砂質土	5.0	2.30	18.0	18.0	41.4	41.4	30.7	0.134	0.00	0.00	N値		0.965	4.0	16.76	**1	
			砂質土	12.0	3.30			53.6	59.4	15.8	0.233	0.00	0.00	N値		0.951	5.6	23.38	0.105	3.428
			砂質土	9.0	4.30			61.8	77.4	10.0	0.369	0.00	0.00	N値		0.896	7.2	17.33	0.117	1.635
			砂質土	4.7	5.31			70.1	95.6	10.0	0.369	0.00	0.00	N値		0.920	8.8	11.55	0.141	1.126
			砂質土	28.0	6.30			78.2	113.4	6.5	0.414	0.00	0.00	N値		0.905	10.2	33.15	0.600	4.592
	7.40	5.55	砂質土	6.0	7.40	18.0	18.0	87.2	133.2	21.2	0.141	0.00	0.00	N値		0.889	11.8	14.48	0.162	1.197
			砂質土	3.0	8.30			94.3	149.1	21.2	0.141	0.00	0.00	N値		0.876	13.0	11.18	0.138	1.003
			砂質土	2.7	9.31			102.3	167.0	21.2	0.141	0.00	0.00	N値		0.860	14.3	10.79	0.136	0.970
			砂質土	3.5	10.32			110.2	184.9	17.7	0.171	0.00	0.00	N値		0.845	15.5	10.87	0.136	0.965
			砂質土	4.0	11.30			118.0	202.2	17.7	0.171	0.00	0.00	N値		0.831	16.7	11.19	0.138	0.975
			砂質土	4.0	12.30			125.9	219.9	17.7	0.171	0.00	0.00	N値		0.816	17.8	11.07	0.137	0.969
			砂質土	5.0	13.30			133.7	237.6	19.4	0.166	0.00	0.00	N値		0.801	18.9	12.16	0.145	1.023
			砂質土	4.0	14.30			141.6	255.3	19.4	0.166	0.00	0.00	N値		0.785	20.0	11.21	0.138	0.982
			砂質土	5.0	15.30			149.5	273.0	19.4	0.166	0.00	0.00	N値		0.771	20.9	11.93	0.143	1.023
			砂質土	7.0	16.30			157.4	290.7	20.0	0.175	0.00	0.00	N値		0.756	21.9	13.52	0.154	1.112
			砂質土	6.0	17.30			165.3	308.4	20.0	0.175	0.00	0.00	N値		0.740	22.7	12.62	0.148	1.076
			砂質土	7.0	18.30			173.2	326.1	20.0	0.175	0.00	0.00	N値		0.725	23.5	13.27	0.153	1.122
	19.80	12.40	砂質土	8.0	19.30	17.7	17.7	181.1	343.8	20.0	0.175	0.00	0.00	N値		0.711	24.3	13.89	0.157	1.171
			砂質土	8.0	20.30			189.0	361.5	17.7	0.179	0.00	0.00	N値		0.696	25.0	13.30	0.153	1.154
			砂質土	9.0	21.30			196.9	379.2	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	6.35	0.103	0.000
			砂質土	9.0	22.30			204.8	396.9	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	6.23	0.102	0.000
	23.35	3.55	砂質土	2.5	23.33	17.7	17.7	212.9	415.2	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	1.70	0.053	0.000
			砂質土	4.6	24.32			220.7	432.7	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	3.04	0.072	0.000
	24.70	1.35	砂質土	4.0	25.30	17.7	17.7	228.4	450.0	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	2.62	0.066	0.000
			砂質土	6.0	26.30			236.3	467.7	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	3.86	0.081	0.000
			砂質土	5.4	27.32			244.4	485.8	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	3.45	0.076	0.000
			砂質土	7.0	28.30			252.1	503.1	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	4.36	0.086	0.000
	29.70	5.00	砂質土	6.0	29.30	17.7	17.7	260.0	520.8	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	3.68	0.079	0.000

図 4-9 No. 3 地点の液状化検討結果 150gal

地点名 No. 5 地表面水平加速度値 $\alpha_{max}=150gal$ P L 値 1.27 地下水水位 1.40 (m)
 基準名 建築基礎構造設計指針 水の単位体積重量 9.8 (kN/m³) 判定外
 判定方法 地表面設計用水平加速度と、実測N値 使用曲線 $\gamma=5$ (%) 上載荷重 0.0 (kN/m²)
 設計加速度 150.00 (gal) マグニチュード 7.5 液状化判定 (注) 地下水位より上(液状化の可能性は低い)
 $F_c > 50\%$ の取扱い 液状化の判定外とする $F_c \sim \Delta NF$ グラフ範囲外(液状化の可能性は低い)
 **1 地下水位より上(液状化の可能性は低い)
 **2 $\tau d / \sigma' v$ が 0.0 以下である(液状化の可能性は低い)
 **3 $F_c \sim \Delta NF$ グラフ範囲外(液状化の可能性は低い)
 **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

標尺 (m)	深さ (m)	層厚 (m)	土層種類	N 値	判定深さ (m)	標準重量 (kN/m ³)	飽和重量 (kN/m ³)	有上載圧 $\sigma' v$ (kN/m ²)	全上載圧 (kN/m ²)	細骨率 (%)	平均粒径 D50	コシ抵抗値 $\sigma' v$ (kN/m ²)	周抵抗値 (kN/m ²)	応算比法	液を判定	せん断係数		液状化の判定		
																低減係数	せん断力断	補正値 N_u	液状化比 $\tau / \sigma' v$	せん断力断比 $\tau d / \sigma' v$
0	0.00	0.20				18.0	18.0													
	1.80	1.60	粘性土	6.0	2.30	18.0	18.0	32.1	40.9	0.0	0.000	0.00	0.00	N値		0.000	0.0	10.49	0.133	0.000
	3.20	1.40	粘性土	0.7	3.47	17.0	17.0	40.5	60.9	97.8	0.002	0.00	0.00	N値		0.000	0.0	99.90	0.600	0.000
	3.90	0.70	粘性土	1.9	4.31	11.4	11.4	44.2	72.8	98.9	0.000	0.00	0.00	N値		0.000	0.0	99.90	0.600	0.000
	4.60	0.70	砂質土	3.0	5.30	18.0	18.0	50.4	88.7	23.5	0.140	0.00	0.00	N値		0.920	8.1	12.53	0.147	0.161
	5.50	0.90	粘性土	1.0	6.30	16.0	16.0	57.0	105.2	70.0	0.024	0.00	0.00	N値		0.000	0.0	99.90	0.600	0.000
	7.10	1.60	砂質土	8.0	7.30	17.7	17.7	63.5	121.4	16.4	0.235	0.00	0.00	N値		0.891	10.8	17.22	0.189	0.169
	7.90	0.80	砂質土	8.0	8.30	17.7	17.7	71.4	139.1	19.1	0.288	0.00	0.00	N値		0.876	12.1	17.19	0.189	0.170
	8.80	0.90	砂質土	13.0	9.30	17.7	17.7	79.3	156.8	18.9	0.158	0.00	0.00	N値		0.860	13.4	22.23	0.306	0.169
			砂質土	6.0	10.30			87.2	174.5	18.9	0.158	0.00	0.00	N値		0.845	14.7	14.14	0.159	0.168
			砂質土	8.0	11.30			95.1	192.2	18.9	0.158	0.00	0.00	N値		0.831	15.9	15.90	0.174	0.167
			砂質土	9.0	12.30			103.0	209.9	16.2	0.144	0.00	0.00	N値		0.816	17.0	16.02	0.176	0.165
			砂質土	9.0	13.30			110.9	227.6	16.2	0.144	0.00	0.00	N値		0.801	18.1	15.70	0.173	0.163
			砂質土	4.0	14.30			118.8	245.3	16.2	0.144	0.00	0.00	N値		0.785	19.2	10.87	0.136	0.161
	14.80	6.00	砂質土	0.7	15.38	17.7	17.7	125.9	263.0	40.6	0.111	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	10.65	0.135	0.000
			砂質土	0.0	16.25			130.8	276.5	37.2	0.116	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	9.72	0.128	0.000
			砂質土	0.0	17.60			138.4	297.3	37.2	0.116	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	9.72	0.128	0.000
			砂質土	0.0	18.30			142.3	308.1	37.2	0.116	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	9.72	0.128	0.000
	18.80	4.00	粘性土	0.0	19.30	15.4	15.4	147.9	323.5	82.5	0.012	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000
			粘性土	0.0	20.70			155.7	345.0	82.5	0.012	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000
			粘性土	0.0	21.30			159.1	354.3	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000
			粘性土	0.0	22.30			164.6	369.7	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000
			粘性土	0.0	23.30			170.2	385.1	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000
			粘性土	0.0	24.30			175.8	400.5	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000
			粘性土	0.0	25.30			181.4	415.9	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000
			粘性土	0.0	26.30			187.0	431.3	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000
			粘性土	0.0	27.30			192.6	446.7	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000
	28.70	9.90	粘性土	0.0	28.30	15.4	15.4	198.2	462.1	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000
	29.80	1.10	粘性土	0.6	29.23	15.4	15.4	203.4	476.4	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.45	0.028	0.000

図 4-15 No. 5 地点の液状化検討結果 150gal

地点名 No. 5 地表面水平加速度値 $\alpha_{max}=350gal$ P L 値 21.66 地下水水面 1.40 (m)
 基準名 建築基礎構造設計指針 水の単位体積重量 9.8 (kN/m³) (注) 判定外
 判定方法 地表面設計用水平加速度と、実測N値 使用曲線 $\gamma=5$ (%) **1 地下水位より上(液状化の可能性は低い)
 Fc > 50%の取扱い 液状化の判定外とする 設計加速度 マグニチュード 350.00 (gal) **2 $\tau d/\sigma'v$ が0.0以下である(液状化の可能性は低い)
 液状化の程度 中 **3 Fc ~ $\angle NF$ グラフ範囲外(液状化の可能性は低い)
 **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

標尺 (m)	深さ (m)	層厚 (m)	土層種類	N 値	判定深さ (m)	選層重量 (kN/m ³)	飽和重量 (kN/m ³)	有上載圧 $\sigma'v$ (kN/m ²)	全上載圧 (kN/m ²)	細粒含有率 (%)	平均粒径 D50	コ抵抗値 γ (kN/m ²)	周抵抗面摩擦 (kN/m ²)	応算出力比法	液状化判定	せん断係数		液状化の判定			
																低減係数	せん断力断 (kN/m ²)	補正 N 値	液状化比 $\tau/\sigma'v$	せん断力断比 $\tau d/\sigma'v$	判定
0	0.00	0.20	粘性土	6.0	2.30	18.0	18.0	32.1	40.9	0.0	0.000	0.00	0.00	N値		0.000	0.0	10.49	0.133	0.000	0
	1.80	1.60	粘性土	0.7	3.47	17.0	17.0	40.5	60.9	97.8	0.002	0.00	0.00	N値		0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	1
	3.20	1.40	粘性土	1.9	4.31	11.4	11.4	44.2	72.8	98.9	0.000	0.00	0.00	N値		0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	1
	4.60	0.70	砂質土	3.0	5.30	18.0	18.0	50.4	88.7	23.5	0.140	0.00	0.00	N値		0.920	18.9	12.53	0.147	0.376	0.392
	5.50	0.90	粘性土	1.0	6.30	16.0	16.0	57.0	105.2	70.0	0.024	0.00	0.00	N値		0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	1
	7.10	1.60	砂質土	8.0	7.30	17.7	17.7	63.5	121.4	16.4	0.235	0.00	0.00	N値		0.891	25.1	17.22	0.189	0.395	0.479
	7.90	0.80	砂質土	8.0	8.30	17.7	17.7	71.4	139.1	19.1	0.288	0.00	0.00	N値		0.876	28.3	17.19	0.189	0.396	0.477
	8.80	0.90	砂質土	13.0	9.30	17.7	17.7	79.3	156.8	18.9	0.158	0.00	0.00	N値		0.860	31.3	22.23	0.306	0.395	0.775
			砂質土	6.0	10.30	17.7	17.7	87.2	174.5	18.9	0.158	0.00	0.00	N値		0.845	34.3	14.14	0.159	0.393	0.405
			砂質土	8.0	11.30	17.7	17.7	95.1	192.2	18.9	0.158	0.00	0.00	N値		0.831	37.1	15.90	0.174	0.390	0.448
			砂質土	9.0	12.30	17.7	17.7	103.0	209.9	16.2	0.144	0.00	0.00	N値		0.816	39.7	16.02	0.176	0.386	0.455
			砂質土	9.0	13.30	17.7	17.7	110.9	227.6	16.2	0.144	0.00	0.00	N値		0.801	42.3	15.70	0.173	0.381	0.462
			砂質土	4.0	14.30	17.7	17.7	118.8	245.3	16.2	0.144	0.00	0.00	N値		0.785	44.7	10.87	0.136	0.377	0.361
14.80	6.00	6.00	砂質土	0.7	15.38	17.7	17.7	125.9	263.0	40.6	0.111	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	10.65	0.135	0.000	
			砂質土	0.0	16.25	17.7	17.7	130.8	276.5	37.2	0.116	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	9.72	0.128	0.000	
			砂質土	0.0	17.60	17.7	17.7	138.4	297.3	37.2	0.116	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	9.72	0.128	0.000	
			砂質土	0.0	18.30	17.7	17.7	142.3	308.1	37.2	0.116	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	9.72	0.128	0.000	
18.80	4.00	4.00	粘性土	0.0	19.30	15.4	15.4	147.9	323.5	82.5	0.012	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	
			粘性土	0.0	20.70	15.4	15.4	155.7	345.0	82.5	0.012	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	
			粘性土	0.0	21.30	15.4	15.4	159.1	354.3	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
			粘性土	0.0	22.30	15.4	15.4	164.6	369.7	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
			粘性土	0.0	23.30	15.4	15.4	170.2	385.1	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
			粘性土	0.0	24.30	15.4	15.4	175.8	400.5	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
			粘性土	0.0	25.30	15.4	15.4	181.4	415.9	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
			粘性土	0.0	26.30	15.4	15.4	187.0	431.3	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
			粘性土	0.0	27.30	15.4	15.4	192.6	446.7	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
	28.70	9.90	粘性土	0.0	28.30	15.4	15.4	198.2	462.1	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
	29.80	1.10	粘性土	0.6	29.23	15.4	15.4	203.4	476.4	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.45	0.028	0.000	

図 4-17 No.5 地点の液状化検討結果 350gal

各地点で行った液状化の検討で求められた液状化抵抗率をまとめると表 4-8 のようになった。

表 4-8 各地点、設計加速度における液状化抵抗率

	深度	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	
	2m	—	—	—	—	—	—	
地表面水平加速度値 $\alpha_{max}=150gal$	3m	3.118	2.731	3.428	—	—	2.054	Ac1層
	4m	2.680	1.366	1.635	—	—	3.814	Ac1層
	5m	2.085	2.290	1.126	—	0.915	4.611	Ac1層
	6m	1.043	3.847	4.592	1.070	—	1.208	Ap層
	7m	1.474	3.794	1.197	1.513	1.117	4.301	As1層
	8m	—	—	1.003	1.006	1.113	2.170	As1層
	9m	0.920	1.643	0.970	0.836	1.809	0.838	As1層
	10m	—	—	0.965	0.834	0.945	0.995	Ac2層
	11m	—	—	0.975	0.876	1.045	0.984	Ac2層
	12m	—	—	0.969	0.878	1.062	0.986	As2層
	13m	—	—	1.023	0.858	1.055	0.984	As2層
	14m	—	—	0.982	0.826	0.843	1.158	Ac3層
	15m	—	—	1.023	0.819	—	—	Ac3層
	16m	—	—	1.112	—	—	—	Ac3層
	17m	—	—	1.076	—	—	—	Ac3層
	18m	—	—	1.122	—	—	—	Ac3層
	19m	—	—	1.171	—	—	—	Ac3層
	20m	—	—	1.154	0.922	—	—	Ac3層
	地表面水平加速度値 $\alpha_{max}=200gal$	深度	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
2m		—	—	—	—	—	—	
3m		2.338	2.048	2.571	—	—	1.541	
4m		2.010	1.024	1.226	—	—	2.600	
5m		1.564	1.718	0.844	—	0.686	3.458	
6m		0.782	2.885	3.444	0.802	—	0.906	
7m		1.106	2.845	0.898	1.135	0.838	3.226	
8m		—	—	0.752	0.754	0.835	1.627	
9m		0.690	1.232	0.727	0.627	1.357	0.628	
10m		—	—	0.723	0.626	0.709	0.746	
11m		—	—	0.732	0.657	0.783	0.738	
12m		—	—	0.727	0.659	0.797	0.739	
13m		—	—	0.767	0.643	0.791	0.738	
14m		—	—	0.736	0.620	0.632	0.869	
15m		—	—	0.767	0.614	—	—	
16m		—	—	0.834	—	—	—	
17m		—	—	0.807	—	—	—	
18m		—	—	0.842	—	—	—	
19m		—	—	0.878	—	—	—	
20m	—	—	0.866	0.691	—	—		
地表面水平加速度値 $\alpha_{max}=350gal$	深度	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	
	2m	—	—	—	—	—	—	
	3m	1.336	1.170	1.469	—	—	0.880	
	4m	1.148	0.585	0.701	—	—	1.634	
	5m	0.894	0.982	0.482	—	0.392	1.976	
	6m	0.447	1.649	1.962	0.458	—	0.518	
	7m	0.632	1.626	0.513	0.648	0.479	1.843	
	8m	—	—	0.430	0.431	0.477	0.930	
	9m	0.394	0.704	0.416	0.358	0.775	0.359	
	10m	—	—	0.413	0.358	0.405	0.426	
	11m	—	—	0.418	0.376	0.448	0.422	
	12m	—	—	0.415	0.376	0.455	0.422	
	13m	—	—	0.438	0.368	0.452	0.422	
	14m	—	—	0.421	0.354	0.361	0.496	
	15m	—	—	0.438	0.351	—	—	
	16m	—	—	0.477	—	—	—	
	17m	—	—	0.461	—	—	—	
	18m	—	—	0.481	—	—	—	
	19m	—	—	0.502	—	—	—	
20m	—	—	0.495	0.395	—	—		

150gal における液状化抵抗率は、As1 層だと No. 5 地点のみ FL<1.0 であった。しかし As2 層では、上部に分布する箇所で大半が FL<1.0 になった。

200gal になると As1 層は、No. 3、No. 6 地点でも FL<1.0 を示すようになった。さらに As2 層は、大半が FL<1.0 になった。

350gal になると As1 層でも全地点でみられ、約半数が FL<1.0 になっていた。さらに As2 層や砂分の含有量が多い Ac3 層では、全深度で FL<1.0 になり、FL 値も小さくなった。

また各地点、各設計加速度での PL 値は表 4-9 のようになった。

表 4-9 各地点、設計加速度における液状化の危険度

調査地点	設計加速度	PL値	液状化の危険度
No. 1	150gal	0.514	液状化の危険度が低い
	200gal	3.559	液状化の危険度が低い
	350gal	10.853	液状化の危険度が高い
No. 2	150gal	0.000	液状化の危険度がかなり低い
	200gal	0.000	液状化の危険度がかなり低い
	350gal	4.499	液状化の危険度が低い
No. 3	150gal	0.611	液状化の危険度が低い
	200gal	11.006	液状化の危険度が高い
	350gal	30.315	液状化の危険度がかなり高い
No. 4	150gal	4.036	液状化の危険度が低い
	200gal	12.495	液状化の危険度が高い
	350gal	26.257	液状化の危険度がかなり高い
No. 5	150gal	1.278	液状化の危険度が低い
	200gal	8.656	液状化の危険度が高い
	350gal	21.667	液状化の危険度がかなり高い
No. 6	150gal	0.987	液状化の危険度が低い
	200gal	7.145	液状化の危険度が高い
	350gal	19.069	液状化の危険度がかなり高い

No. 1、No. 2 地点の PL 値は、350gal になると危険度が増すが、200gal 程度の加速度だと危険度が低いと判断できる。しかし No. 3、No. 4、No. 5、No. 6 地点では、加速度が大きくなるにしたがい、危険度が増し、350gal になると危険度が高くなっていた。

さらに各地点、各設計加速度での地表変位(Dcy)は表 4-10 のようになった。

表 4-10 各地点、設計加速度における地表変位(Dcy)

調査地点	設計加速度	Dcy (cm)	液状化の程度
No. 1	150gal	1.18	軽微
	200gal	3.37	軽微
	350gal	6.38	小
No. 2	150gal	0.00	なし
	200gal	0.00	なし
	350gal	2.74	軽微
No. 3	150gal	5.96	小
	200gal	26.85	大
	350gal	40.76	甚大
No. 4	150gal	15.48	中
	200gal	25.17	大
	350gal	31.52	大
No. 5	150gal	3.91	軽微
	200gal	11.71	中
	350gal	17.01	中
No. 6	150gal	6.49	小
	200gal	13.53	中
	350gal	20.10	大

No. 1、No. 2 地点の地表面変位は、350gal でも「軽微～小」になるが、200gal 以下の加速度だと「なし～軽微」と判断できる。しかし No. 3 地点では、加速度が大きくなるにしたがい、「小」～「甚大」まで変化していた。No. 3 地点の 350gal が地表面変位の最大値を示していた。No. 4、No. 5、No. 6 地点は、150gal だと「軽微～中」程度であるが、350gal になると「中～大」になっていた。

以上の検討結果から調査地の As2 層では、加速度が低くても液状化する可能性が高いことが解った。これらの地層が厚く分布する埋没谷斜面付近(No. 3、No. 4 地点)では、特に注意が必要である。また全地点で液状化の危険性があることから、液状化の対策が必要であり、杭基礎の水平地盤反力係数を低減して用いることが必要であると判断する。

また計画建築物は液状化が生じても杭基礎を用いることで支持することが可能にな

るが、周辺の地盤は変状が生じてしまう。このため建築物だけの液状化対策だけでなく、周囲の地盤に対しても対策を講じる必要があると考える。

4-3 調査結果に基づく考察

(1) 沖積層厚について

地質調査を行った結果、調査地には埋没残丘があるため、沖積層の基底は南西側で薄く、東側で厚くなり地区内で大きく変化する。

沖積層基底の等高線を図 3-7 に図示したが、この図面は地区内にあるボーリング調査結果により類推したものであり、また、これに使用した既存ボーリング調査結果が古いため、孔口標高が正確でないものも含まれている。このため、地区内全体の沖積基底を把握するために使用することは問題ないが、杭基礎の施工時には杭打設位置においてボーリング調査を実施し、確実に支持層を把握することが重要である。また、等高線が密集している埋没残丘面から埋没谷への変化点における構造物の設計の際にも留意する必要がある。

(2) 支持層について

当地区では Ds3 層以深が N 値 50 回以上の支持層となるものと思われる。しかし、ボーリング No5 地点で確認されたように、Ds4 層以深の標高-38m 以深には、再び N 値が 50 回を下回る Dc3 層、Ds5 層、Dc4 層、Dp 層が分布している。当地点では Ds4 層で N 値 50 回以上が 4 m しか確認出来なかったため、その下の地層の支持層を把握する目的で掘削を続けたものの、深度 50 m まで掘削しても連続した N 値 50 回以上の地層を確認することが出来なかったため、掘進を終了としている。

構造物によるが Ds4 層 N 値 50 回以上が 4 m は確認できていることから、Dc3 層以深の沈下の検討は必要になるものの、先端支持杭の基礎として十分成立するものと思われる。

更に当地区には厚い軟弱地盤が分布し、圧密沈下の恐れがあることから、杭へのネガティブフリクションにも注意する必要があるほか、液状化対策も必要となる。

このため、杭基礎設計時には、支持層の検討を含め、十分に留意することが重要である。

(3) 圧密沈下について

当地区は、利根川破堤時の浸水が懸念されている地区であり、施設のかさ上げ等が検討されている。

本調査結果により、当地区には厚い粘性土層が分布することから、仮に盛土造成を実施した場合には長期間に及ぶ圧密沈下の発生や盛土端部の安定性も懸念される。

このため、当地区に盛土造成を実施する場合には、圧密沈下及び安定検討を実施して、計画を立案することが望ましい。

(4) 地下水について

調査地では、自由地下水位が TP+2.85～4.65m 付近に浅い位置となっている。このため掘削施工を行う場合には、地下水対策が必要になる。

また、圧密試験の結果をみると、表層に分布する Ac1 層や Ap 層は、過圧密状態となっているため地下水位の低下による有効応力増加に伴う圧密沈下は軽微である可能性が高いと思われる。しかし、地下水低下による有効応力の増加は広域に発生する可能性もあるため、地下水低下を伴う掘削を行う場合は、その影響範囲について検討を実施しておく必要がある。