

# 地質調査報告書

平成 2 5 年 3 月



## 目 次

1. 調査概要.....	1
1.1 調査概要.....	1
1.2 調査数量.....	3
2. 調査方法.....	4
2.1 機械ボーリング方法.....	4
2.2 標準貫入試験方法.....	5
2.3 孔内水平載荷試験方法(LLT).....	6
2.4 室内土質試験方法.....	9
3. 地形・地質概要.....	10
3.1 地形概要.....	10
3.2 地質概要.....	11
4. 調査結果.....	14
4.1 ボーリング結果.....	14
4.2 標準貫入試験結果.....	17
4.3 孔内水平載荷試験結果.....	19
4.4 室内土質試験結果.....	20
5. 考 察.....	23
5.1 地盤状況.....	23
5.2 地質区分からみた地盤定数の提案.....	26
5.2.1 地盤定数の設定方法.....	26
5.2.2 地質区分からみた地盤定数の提案値.....	29
5.2.3 地盤定数の一覧.....	31
5.3 地震時の地盤の液状化について.....	32
5.4 支持地盤と基礎形式.....	33
5.5 設計施工上の留意点.....	34

### <<巻末添付資料>>

- ・ボーリング柱状図
- ・孔内水平載荷試験データシート
- ・室内土質試験データシート



## 1. 調査概要

### 1.1 調査概要

本報告書は、折居清掃工場の予備設計を実施するにあたり、必要となる地盤情報を得るため、①機械ボーリング、②標準貫入試験、③孔内水平載荷試験及び④室内土質試験を実施し、これを取りまとめたものである。

- 1) 調査目的：本調査は、折居清掃工場更新事業における新施設の整備に先立ち実施するもので、新施設設置場所における地質状況を把握し、同施設建設工事に係る地盤の基礎資料の提供を目的とする。
- 2) 業務場所：京都府宇治市宇治折居 18 番地  
図 1.1.1 に調査位置平面図を示す。
- 3) 調査期間：自)平成 24 年 8 月 14 日  
至)平成 25 年 3 月 29 日
- 4) 調査内容：以下に記す。

ボーリング工	2 孔	延べ 40.0m
φ 66mm		40.0m
標準貫入試験	2 孔	延べ 40 回
孔内水平載荷試験	1 孔	延べ 1 回
室内土質試験		1 式

表 1.1 に調査計画数量表を示す。

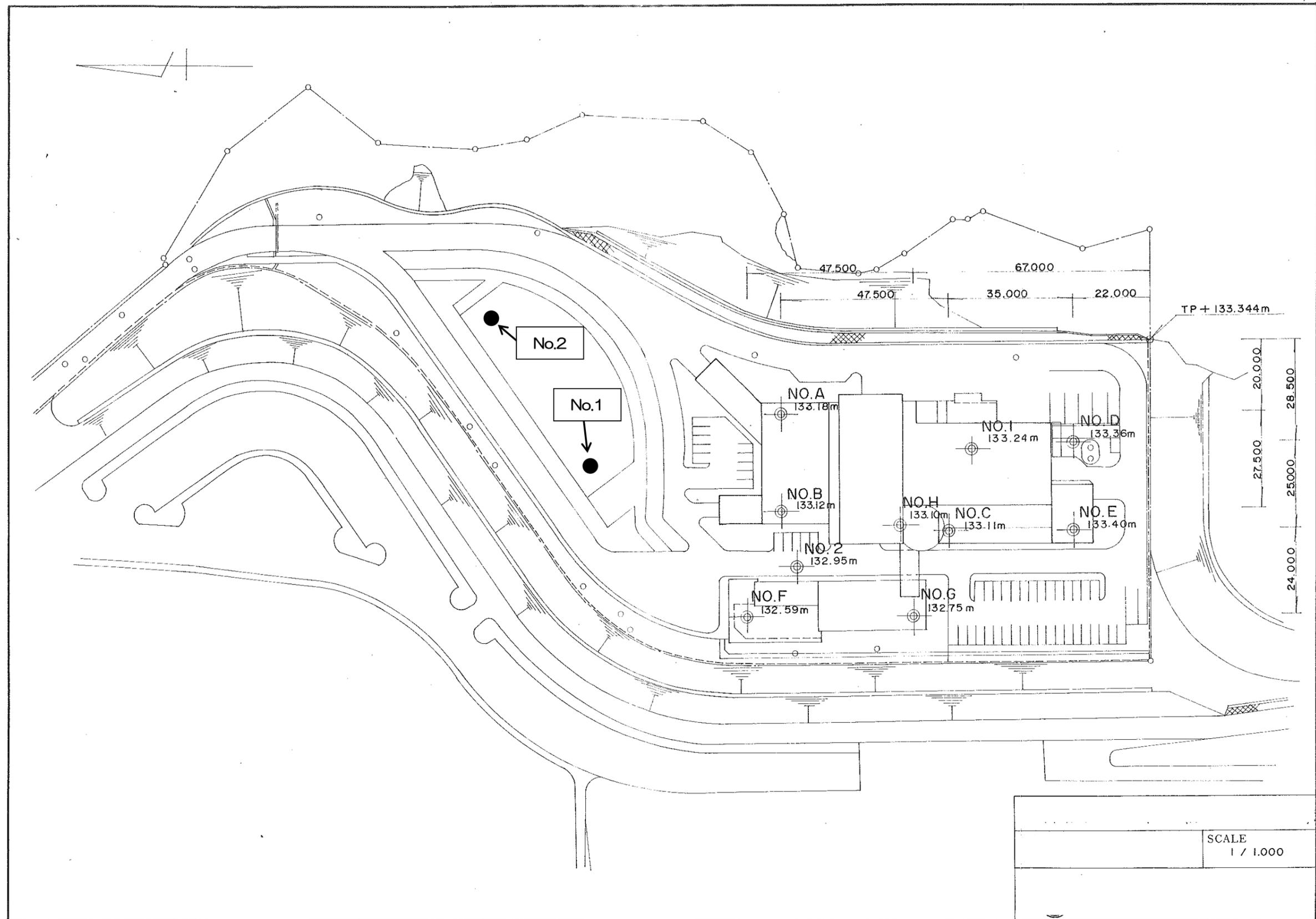


図 1.1.1 調査位置平面図

## 1.2 調査数量

本調査で実施した数量を表 1.2.1 に示す。

表 1.2.1 調査実施数量表

項 目		単 位	No. 1	No. 2	合 計
掘進内訳 φ66mm 鉛直下方 50m以下	粘土・シルト	m	4.4	0.9	5.3
	砂・砂質土	m	4.4	9.0	13.4
	固結シルト・固結粘土	m	—	—	0.0
	礫混じり土砂	m	11.2	10.1	21.3
	合 計	m	20.0	20.0	40.0
標準貫入試験	粘土・シルト	回	4	1	5
	砂・砂質土	回	4	9	13
	固結シルト・固結粘土	回	—	—	0
	礫混じり土砂	回	12	10	22
	合 計	回	20	20	40
孔内水平載荷試験	普通載荷 (2.5MN/m <sup>2</sup> 以下)	回	—	1	1
室内土質試験	土粒子の密度	試料	1	1	2
	含水比	試料	1	1	2
	粒度 (沈降+ふるい)	試料	1	1	2
足場仮設	平坦足場	箇所	1	1	2
環境保全	仮囲い	箇所	1	1	2
調査孔閉塞		箇所	1	1	2
資機材運搬	ユニック車積降	回	1	1	2
	特装車運搬(100m以下)	回	1	—	1
給水(ポンプ運転)	20m以上150m以下	箇所	1	1	2

## 2. 調査方法

### 2.1 機械ボーリング方法

ボーリング調査は、ロータリー式試錐機を用いて実施した。

掘削孔径は、 $\phi 66\text{mm}$ とした。

掘削に際して、地下水位を確認するまでは無水掘りとし、地下水位以深はベントナイト泥水を使用して孔壁の安定やスライムの除去を図った。また、孔壁の崩壊・はらみ出し等を防ぐために必要深度までケーシングパイプを挿入した。

図 2.1.1 に「ボーリング装置概要図」を示す。

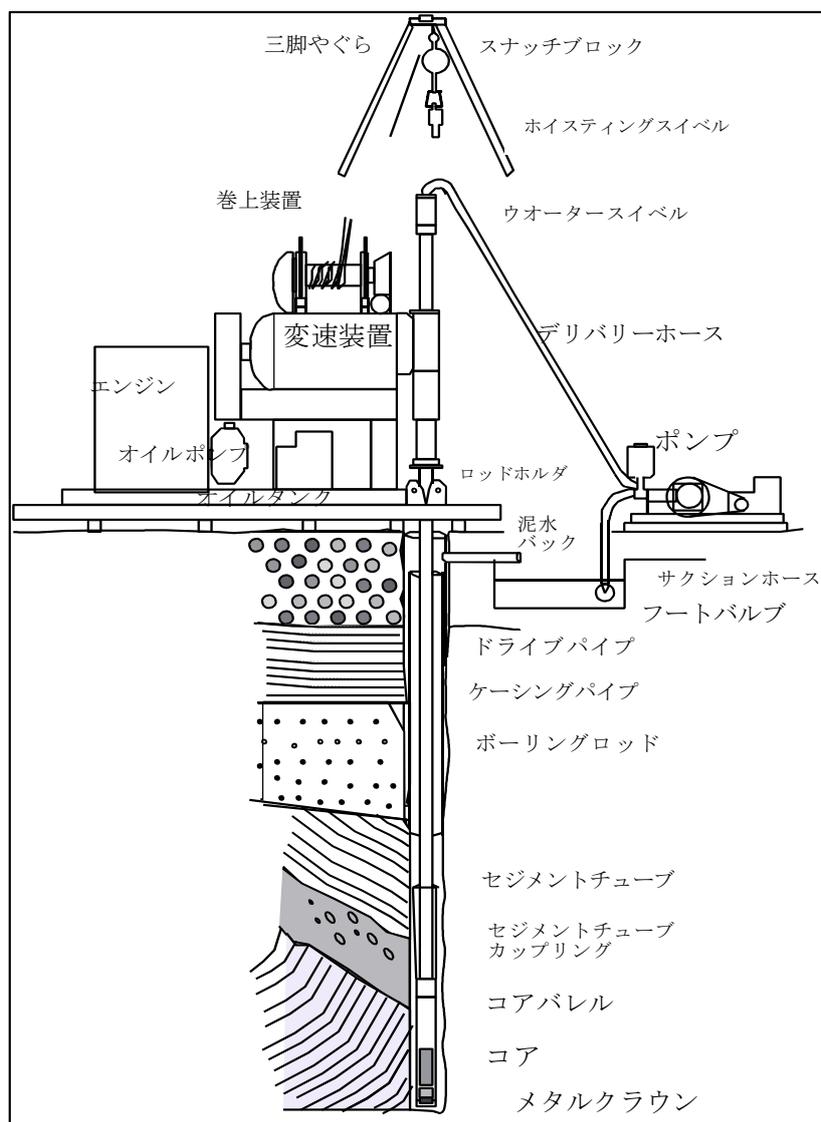


図 2.1.1 ボーリング装置概要図

## 2.2 標準貫入試験方法

地盤の硬軟・緊密度及び土質を知るために、JIS A 1219:2001 に準じて深度 1.0m 毎に標準貫入試験を実施した。

試験は、 $63.5 \pm 0.5\text{kg}$  のドライブハンマーを  $76 \pm 1\text{cm}$  の高さから自由落下させて、標準貫入試験用サンプラーを 30cm 貫入させるのに要する打撃回数(N 値)を求めるものである。N 値の上限は 60 回とした。サンプラーに採取された試料については、十分な肉眼・触感観察を行い土質・土性を判別した。

図 2.2.1 に「標準貫入試験概要図」を、図 2.2.2 に「標準貫入試験用サンプラー諸元」を示す。

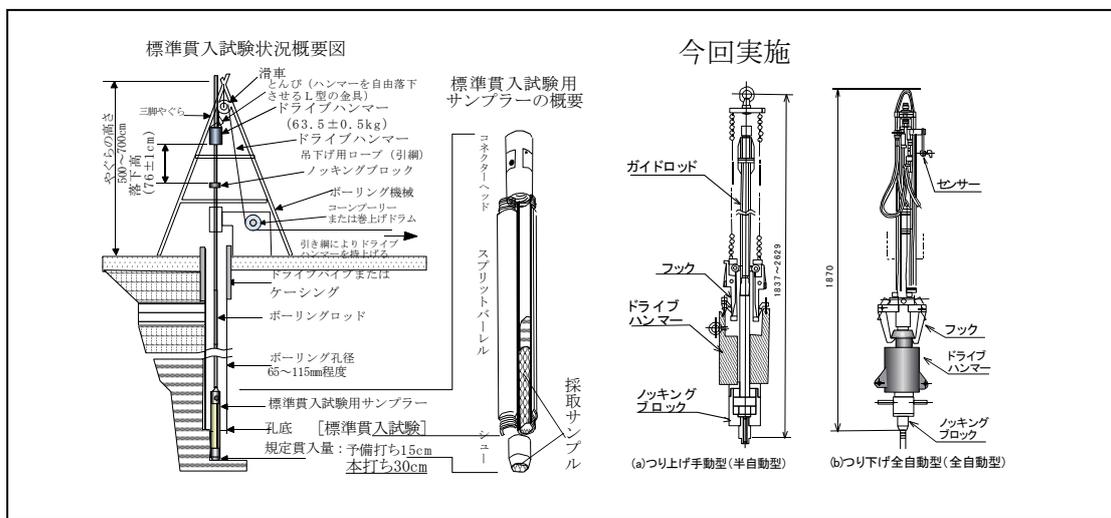


図 2.2.1 標準貫入試験概要図

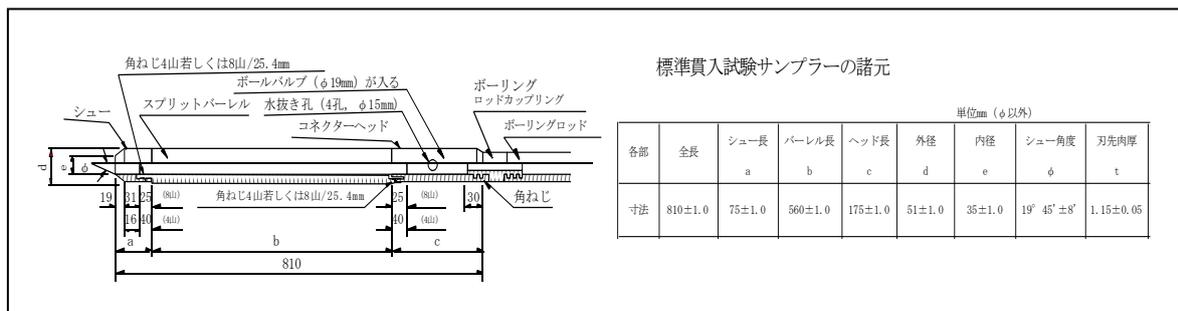


図 2.2.2 標準貫入試験用サンプラー諸元

打撃回数の整理は、標準貫入試験 10 cm ごとの落下回数とし、N 値を試験深度に対応させてプロット (30 cm の合計貫入回数) した。これらのプロットを折れ線状につらね、柱状図に整理した。

### 2.3 孔内水平載荷試験方法(LLT)

孔内水平載荷試験は、地盤の強さ、変形特性を求める試験であり、現状では水平方向の変形特性を決定するために広く用いられている。

孔内水平載荷試験は、ボーリング孔の壁面に加圧し、その時の孔壁面の変形量を測定することによって地盤の強度特性や変形特性を求める試験で、表 2.3.1 に示す3つの方式があるが、本調査では、図 2.3.1～2.3.2 のように、ゴムチューブの膨張によって圧力を作用させる等分布荷重法の LLT を用いて行った。

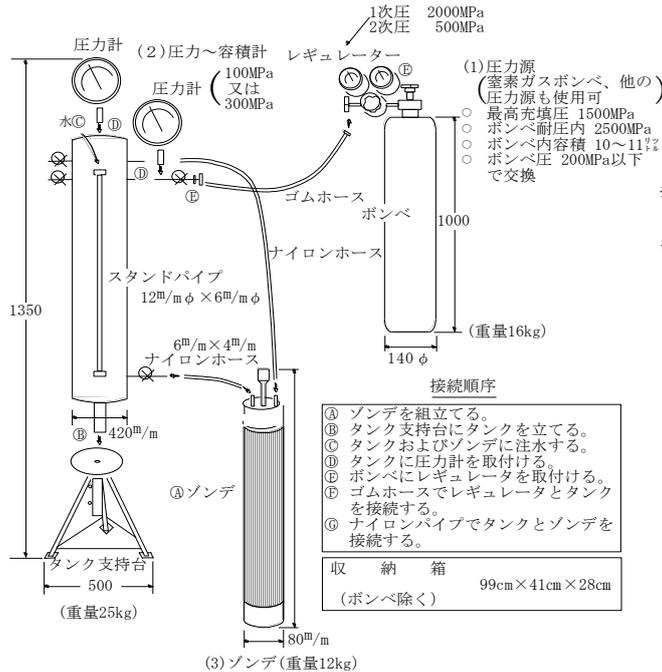


図 2.3.1 LLT 測定装置の構成

図 2.3.2 LLT 圧力伝達

表 2.3.1 各試験器の比較

	KKT	LLT	プレシオメーター
圧力源	ハンドポンプによる油圧力	高圧ガスボンベによるガス圧力	同左
加圧力制御	ハンドポンプ操作による	バルブ操作による	自動レギュレーター
孔壁変位量測定方法	加圧ジャッキのオイル吐出量から算出	ゴムチューブへの注入水量から算出	同左
載荷板寸法 (mm)	φ 85 × 300	φ 80 × 600	φ 55 × 600
載荷板の剛性 (標準)	剛 (金属板)	柔 (ゴムチューブ)	柔 (ゴムチューブ)
載荷方式	等変位	等分布荷重	同左
加圧セルの数	1セル相当	1セル	3セル

試験は、まず圧力  $P_e$  と孔内半径  $r$  の関係を  $P_e \sim r$  曲線、圧力  $P_e$  と载荷各段階毎に  
 载荷後 30 秒から 120 秒経過時に至る間の変形進行量  $\Delta H$  ( $\Delta H = H_{120} - H_{30}$ ) の関係を  $P_e$   
 $\sim \Delta H$  曲線として図 2.3.3 のように描く。

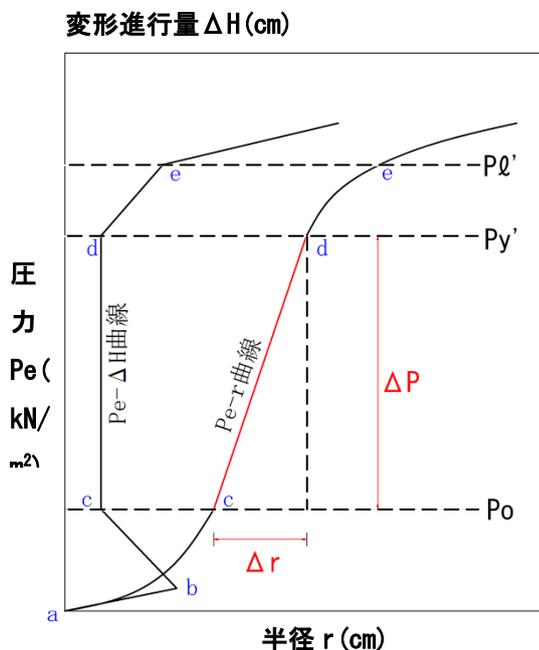


図 2.3.3 LLT 試験装置概念図

・ 試験時の地盤の挙動

载荷の進行につれ、セルの膨張ならびに地盤の挙動は次の過程をたどる。

- a~b ゴムチューブが孔壁に接するまでの自由膨張過程で、地盤への応力伝達はない。
- b ゴムチューブが孔壁に接する点。
- b~c 押し出された孔壁を、主動土圧に抗して押し戻す孔壁の再圧縮過程で、地盤反力が徐々に増大し、変形進行量  $\Delta H$  は減少する。
- c 初期の孔壁に達して、地盤の静止土圧と均衡を保つ点で、このときの圧力を静止土圧  $P_o$  と呼ぶ。この状態で地盤反力は急激に増大する変曲線をなし、変形進行量  $\Delta H$  は最小値を示す。
- c~d 受動土圧が地盤内に生じる载荷過程の初期段階で、地盤の疑似弾性変形領域である。Pe-r 曲線はほぼ直線(赤線部分)をなし、変形進行量  $\Delta H$  はほぼ最小値を示したまま一定となる。
- d 地盤の降伏点で、見掛けの降伏圧  $P_{y'}$  と呼ぶ。Pe-r 曲線は、先の直線区間を外れて右に湾曲し、Pe- $\Delta H$  曲線は明瞭な折点を示す。
- d~e 地盤の流動・変形が徐々に増大進行し、破壊に至る過程。
- e 地盤の破壊点で、見掛けの破壊圧  $P_{l'}$  と呼ぶ。

- 静止土圧  $P_0$ 、降伏圧  $P_y$ 、破壊圧  $P_l$  の算出

前述の変形過程に述べたように、これらの地盤の力学的特性点は、 $P_e-\Delta H$  曲線の折点と  $P_e-r$  曲線の形状とを併せ吟味し決定する。これらの折点として、グラフ上から読み取る圧力を各々  $P_0$ 、 $P_y'$ 、 $P_l'$  とすると、真の降伏圧  $P_y$ 、破壊圧  $P_l$  は、次式で表される。

$$P_y = P_y' - P_0$$

$$P_l = P_l' - P_0$$

- K 値の算出

K 値は図 2.3.3 の  $P_e-r$  曲線上の変形過程(直線区間:赤線部分)の勾配として定める。

$$K = \frac{\Delta P}{\Delta r}$$

K 値は単位変形量に対する荷重強度で、単位は  $\text{kN/m}^2$  で表される。

- E 値の算出

E 値は、地盤の弾性係数で、LLT 試験からこれを求めるには、応力分布の状態あるいは歪の条件によって 2 次元的に取り扱う。応力が弾性領域内にあり、半径方向の面に関して平面歪の条件が満たされていると仮定すれば、弾性係数 E は次式で表される。

$$E = (1 + \nu) \cdot r \cdot K$$

ここで、 $\nu$  はポアソン比、K は先に求めた K 値、r は K 値算出区間の中間半径である。

ポアソン比  $\nu$  は、0.3 とした。

## 2.4 室内土質試験方法

室内土質試験は標準貫入試験で採取し乱した試料を用いて以下の項目について実施した。

試験方法は、JIS 規格に従った。

- |              |                 |
|--------------|-----------------|
| (1) 土粒子の密度試験 | JIS A 1202:2009 |
| (2) 土の含水比試験  | JIS A 1203:2009 |
| (3) 土の粒度試験   | JIS A 1204:2009 |

### 3. 地形・地質概要

#### 3.1 地形概要

調査地は、京都府宇治市宇治折居 18 番地に立地し、JR 西日本鉄道奈良線「宇治」駅より南南東約 2.4km、同「新田」駅より東南東約 2.5km、京都府山城運動公園の東側に隣接した地点である。

宇治市は京都府の南部に位置し、西半部は沖積低地に、東半部は山地及び台地・丘陵地により構成されている。

京都盆地は、桂川・宇治川・木津川の三川により運搬された土砂により形成された沖積低地である。宇治市西半部の沖積低地は京都盆地の南部に該当し、宇治市の中心部を南東-北西方向に宇治川が貫いている

宇治市の東半部は、宇治丘陵及び醍醐山地と称される丘陵地～山地である。宇治丘陵は標高 200～300m、南北幅 4km の低地帯が琵琶湖から京都盆地へ東西に続いている。醍醐山地は標高 500m の定高性を示し、標高 100～200m の谷底との間に 200～400m の比高を示す起伏面である。

調査地は、宇治丘陵と醍醐山地の境界部に位置している。

狭小な地形では、調査地は南北に延びる尾根の頂部に位置し、尾根を中心に、なだらかな西側斜面とやや急峻な東側斜面により構成されている。西側斜面は府立山城運動公園として造成が進んでいる。東側斜面とその下部に広がる白川地域では、宇治茶の栽培が盛んである。調査地が切盛りにより造成された地域であることが読み取れる。

### 3.2 地質概要

調査域の東側に広がる山地は、この周辺の基盤岩である丹波層群からなる。丹波層群は、古生代石炭紀から中生代ジュラ紀に形成されたる岩体で、中央構造線より北部に広く分布する。

山地前面に広がる宇治丘陵地は、大阪層群の砂礫を主体とする地層からなる。宇治丘陵の大阪層群は、主として礫・砂・シルト層で構成され、10層以上の火山灰を挟む。

大阪層群は今から約300万年前の新生代新第三紀鮮新世から約30万年前の新生代第四紀更新世中期に堆積形成された地層である。

宇治丘陵の前面、平坦地との境付近には段丘層が見られる。段丘層は今から約30万年前から約2万年前に堆積形成した地層で、形成高度や形成年代により高位・中位・低位の三層に分けられている。調査地周辺ではその分布は認められない。

京都盆地の大部分を占める沖積低地には沖積層が広がりを見せる。この地域の沖積層は、前述三川の河川氾濫原堆積物で、砂・礫を主体とした地層に不連続に粘性土層を挟む。砂・礫は本流型堆積物であり、粘性土は後背湿地堆積物からなる。

図3.2.1に京都盆地周辺の表層地質図を、図3.2.2に調査地域の地質図を示す。

調査地はこれらの内、大阪層群の分布域に位置している。

既往調査結果及び文献調査結果から、地表付近より大阪層群が分布するものと予想されていた。しかし、ボーリング結果はこれに反し、GL-7~9m程度まで盛土(人工地盤)が分布しており、運動公園及び清掃工場造成の際に大規模な盛土が施工されると考えられる。これについては、5章の考察にて詳細を記す。

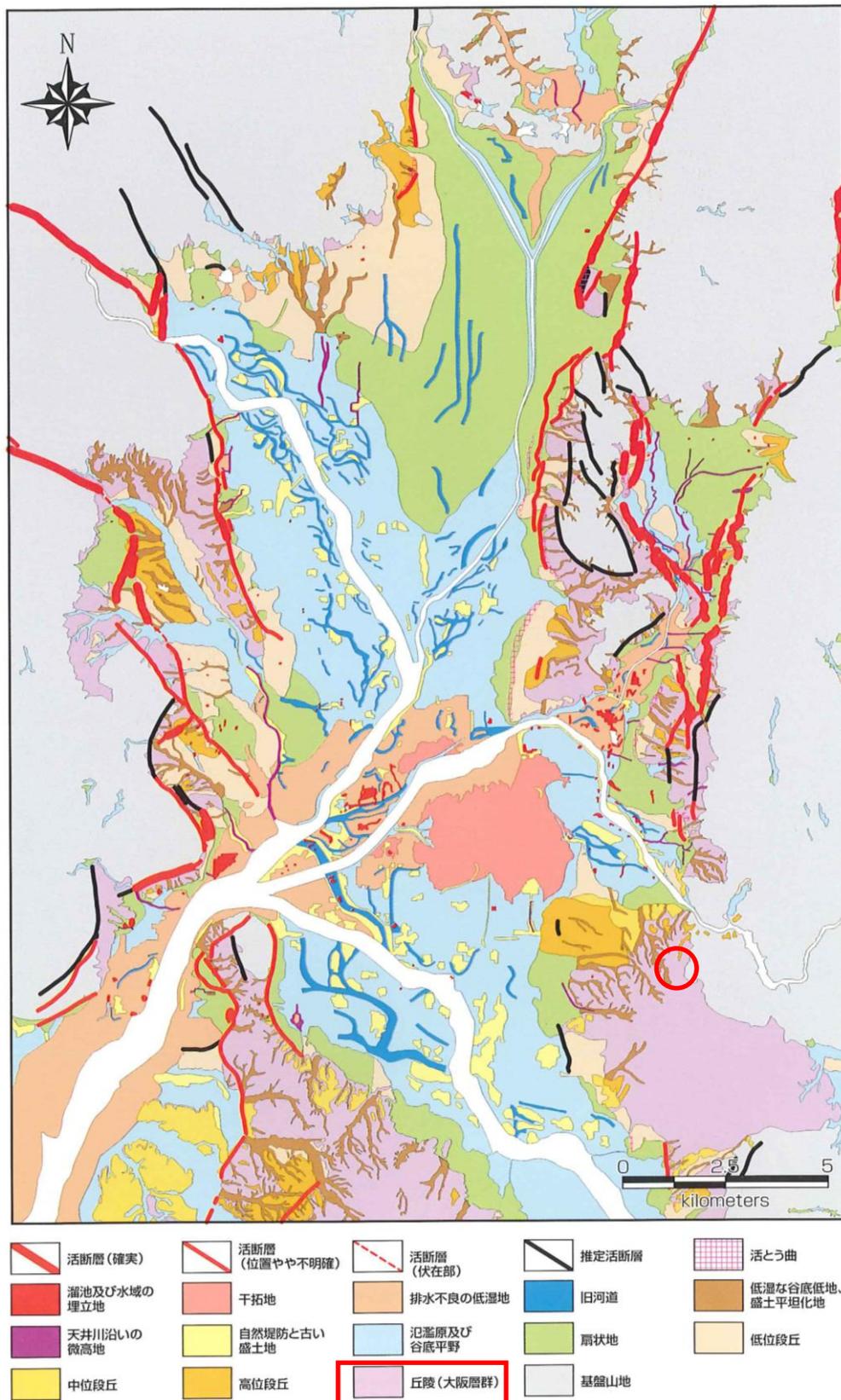


図 3.2.1 京都盆地周辺の表層地質図 ○:調査地

出典:「新関西地盤 京都盆地 2002」関西地盤情報活用協議会,平成14年2月

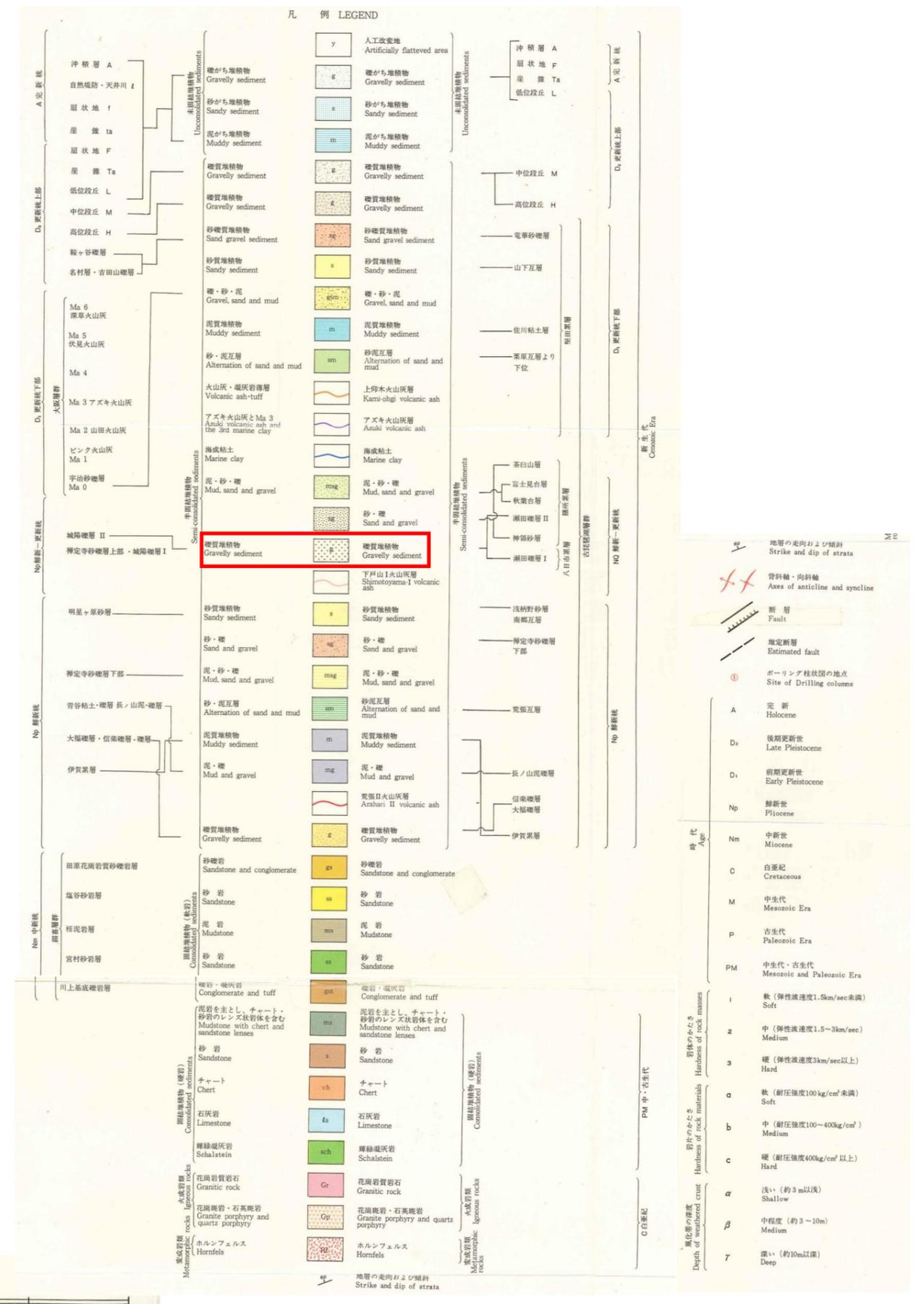
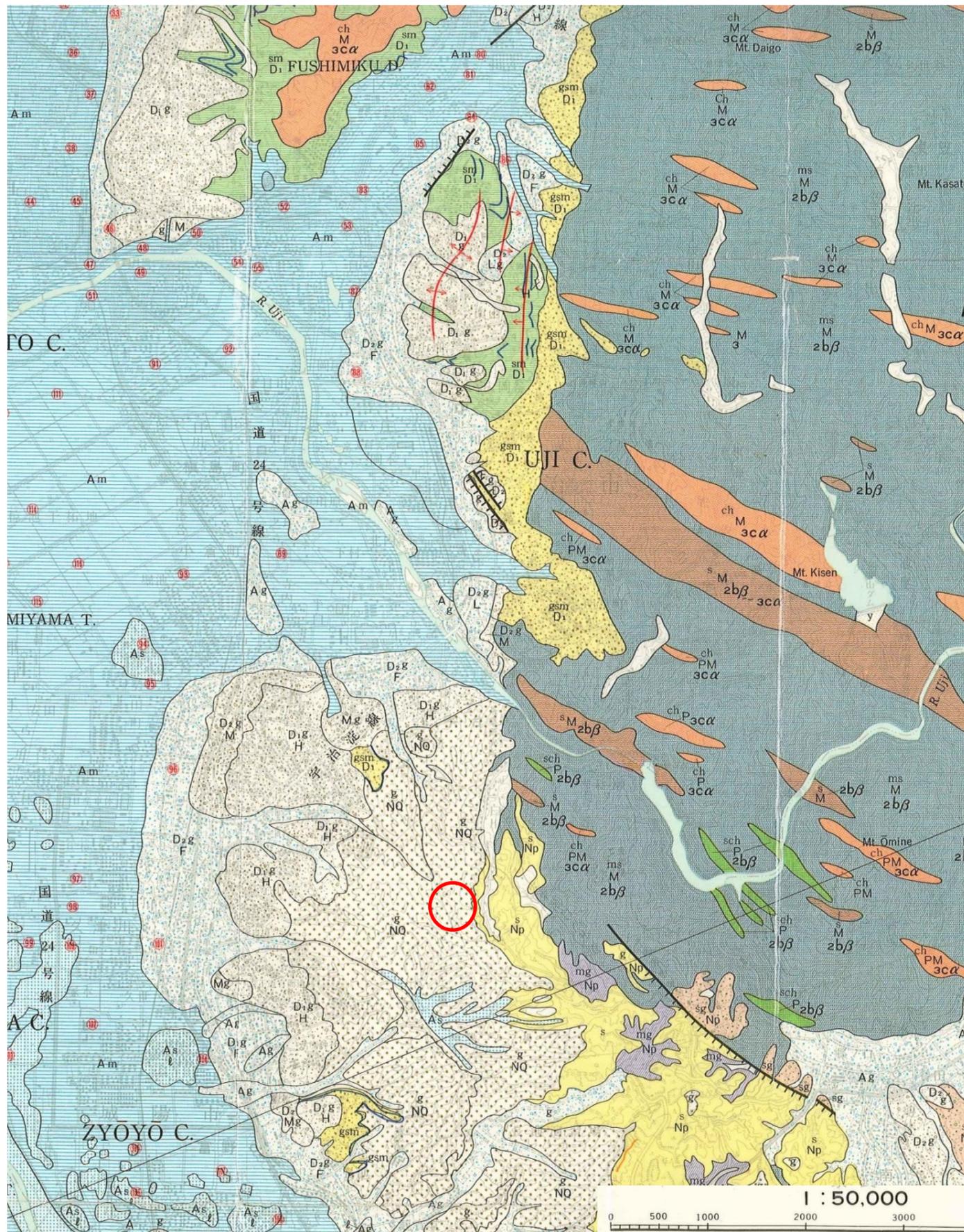


図 3.2.2 調査地域の地質図(S=1:50,000) ○:調査地

出典:「土地分類基本調査図 京都東北部・京都東南部 表層地質図」滋賀県・京都府,1982

## 4. 調査結果

### 4.1 ボーリング結果

ボーリング調査は、図 1.1.1 の調査位置平面図に示した地点で実施した。

ボーリング結果の詳細は、巻末の柱状図に標準貫入試験結果と併せて示す。

以下に、本調査で確認された土層構成及び土質特性の大略を記すと共に、表 4.1.1 に地質層序表としてまとめた。図 4.1.1 に地層区分モデルを示す。なお、柱状図及び調査結果一覧表に示されている N 値とコンシステンシー及び相対密度の関係は表 4.1.2～4.1.3 に準じている。

表 4.1.1 地質層序表

地質時代	地層名		記号	層 相
現 世	盛 土		B	礫・砂・粘土からなる人工地盤で、それぞれが不均質に混合されている。
新生代 第四紀 更新世	洪積層	砂礫	Dg	φ 2～20mmの礫及び砂質土を主体とした粘土混じり砂礫もしくは礫混じり砂よりなる。礫は腐り礫を含む。

表 4.1.2 コンシステンシー，N 値及び一軸圧縮強さの関係

N 値	qu (kN/m <sup>2</sup> )	コンシステンシー
0～2	0.0～24.5	非常に柔らかい
2～4	24.5～49.1	柔らかい
4～8	49.1～98.1	中位の
8～15	98.1～196.2	硬い
15～30	196.2～392.4	非常に硬い
30～	392.4～	固結した

表 4.1.3 N 値と砂の相対密度の関係(Terzaghi and Peck)

N 値	相対密度 (Terzaghi and Peck)	現場判別法
0～4	非常に緩い(very loose)	鉄筋が容易に手で貫入
4～10	緩い(loose)	ショベル(スコップ)で掘削可能
10～30	中ぐらい(medium)	鉄筋を 5 ポンドハンマで打ち込み容易
30～50	密な(dense)	同上、30cm 程度貫入
>50	非常に密な(very dense)	同上、5～6cm 貫入、掘削につるはし必要、打ち込み時金属音

注)鉄筋はφ13mm

出典：「地盤調査の方法と解説」 社団法人 地盤工学会, 平成 16 年 6 月

・ 地下水位

本調査で確認した地下水は、No. 1 地点が GL-11. 45m(H=122. 205m)、No. 2 地点が GL-10. 20m(H=122. 958m) で確認した。

(1) 盛土(B)

調査地の最上位に分布する。確認された層厚は 6. 70～8. 80m である。

粘土・砂混じり粘土・礫混じり砂質粘土・砂質土・砂・礫混じり粘土混じり砂・礫混じり砂等から構成され、それぞれが不均質に混合されている。

N 値は 3～30 回を示し、バラツキがあるものの、概ね 5～16 回程度が卓越している。相対密度は「緩い」～「中ぐらい」に分類される。

(2) 洪積砂礫層(Dg)

盛土(B)の下位に分布し、層厚 13. 80m 以上を確認した。

φ2～30mm の礫を含む粘土混じり砂礫～礫混じり砂よりなり、礫は腐り礫を含む。所々に φ30～50mm の硬質礫も認められた。

N 値は 19～60 回以上を示し、バラツキがあるものの、概ね 30 回以上である。相対密度は「密な」～「非常に密な」に分類される。

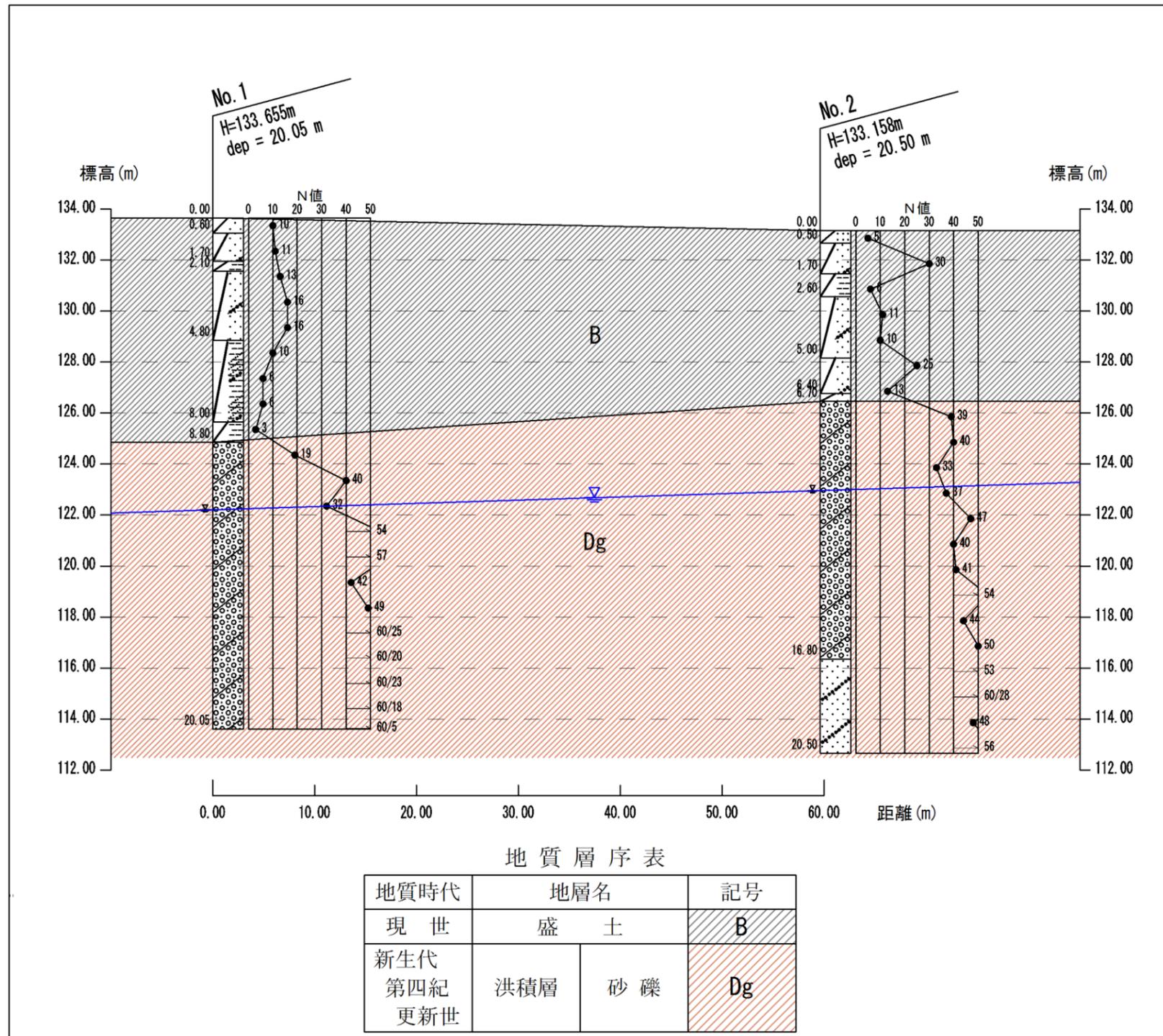


図 4.1.1 地質区分モデル (SV=1:200, SH=1:500)

#### 4.2 標準貫入試験結果

調査ボーリングと併行して、1m 毎に標準貫入試験を実施した。

表 4.2.1 に地層毎 N 値統計を、図 4.2.1 に地層毎 N 値頻度分布を示す。

なお、換算 N 値の最大を 60 回とした。

表 4.2.1 地層毎の N 値統計

地層記号	孔番	試験深度 (GL-m)	N値内訳 (回/cm)				換算N値	換算N値	最小値	最大値	平均値	標準偏差
			0-10	10-20	20-30	合計						
B	No. 1	0.15 ~ 0.45	3 / 10	3 / 10	4 / 10	10 / 30	10.00	10.00	3.00	30.00	11.94	7.21
		1.15 ~ 1.45	4 / 10	3 / 10	4 / 10	11 / 30	11.00	11.00				
		2.15 ~ 2.45	4 / 10	4 / 10	5 / 10	13 / 30	13.00	13.00				
		3.15 ~ 3.45	5 / 10	6 / 10	5 / 10	16 / 30	16.00	16.00				
		4.15 ~ 4.45	5 / 10	5 / 10	6 / 10	16 / 30	16.00	16.00				
		5.15 ~ 5.45	4 / 10	3 / 10	3 / 10	10 / 30	10.00	10.00				
		6.15 ~ 6.45	2 / 10	2 / 10	2 / 10	6 / 30	6.00	6.00				
	7.15 ~ 7.45	2 / 10	2 / 10	2 / 10	6 / 30	6.00	6.00					
	8.15 ~ 8.45	1 / 10	1 / 10	1 / 10	3 / 30	3.00	3.00					
	No. 2	0.15 ~ 0.45	1 / 10	2 / 10	2 / 10	5 / 30	5.00	5.00				
		1.15 ~ 1.45	7 / 10	12 / 10	11 / 10	30 / 30	30.00	30.00				
		2.15 ~ 2.45	2 / 10	2 / 10	2 / 10	6 / 30	6.00	6.00				
		3.15 ~ 3.45	3 / 10	4 / 10	4 / 10	11 / 30	11.00	11.00				
		4.15 ~ 4.45	3 / 10	4 / 10	3 / 10	10 / 30	10.00	10.00				
5.15 ~ 5.45		9 / 10	9 / 10	7 / 10	25 / 30	25.00	25.00					
6.15 ~ 6.45		3 / 10	4 / 10	6 / 10	13 / 30	13.00	13.00					
Dg	No. 1	9.15 ~ 9.45	6 / 10	6 / 10	7 / 10	19 / 30	19.00	19.00				
		10.15 ~ 10.45	11 / 10	14 / 10	15 / 10	40 / 30	40.00	40.00				
		11.15 ~ 11.45	11 / 10	9 / 10	12 / 10	32 / 30	32.00	32.00				
		12.15 ~ 12.45	19 / 10	17 / 10	18 / 10	54 / 30	54.00	54.00				
		13.15 ~ 13.45	18 / 10	19 / 10	20 / 10	57 / 30	57.00	57.00				
		14.15 ~ 14.45	14 / 10	13 / 10	15 / 10	42 / 30	42.00	42.00				
		15.15 ~ 15.45	16 / 10	16 / 10	17 / 10	49 / 30	49.00	49.00				
		16.15 ~ 16.40	22 / 10	23 / 10	15 / 5	60 / 25	72.00	60.00				
		17.15 ~ 17.35	28 / 10	32 / 10	—	60 / 20	90.00	60.00				
		18.15 ~ 18.38	23 / 10	25 / 10	12 / 3	60 / 23	78.26	60.00				
	19.15 ~ 19.33	31 / 10	29 / 8	—	60 / 18	100.00	60.00					
	20.00 ~ 20.05	60 / 5	—	—	60 / 5	360.00	60.00					
	No. 2	7.15 ~ 7.45	12 / 10	13 / 10	14 / 10	39 / 30	39.00	39.00				
		8.15 ~ 8.45	13 / 10	13 / 10	14 / 10	40 / 30	40.00	40.00				
		9.15 ~ 9.45	10 / 10	11 / 10	12 / 10	33 / 30	33.00	33.00				
		10.15 ~ 10.45	12 / 10	12 / 10	13 / 10	37 / 30	37.00	37.00				
		11.15 ~ 11.45	14 / 10	17 / 10	16 / 10	47 / 30	47.00	47.00				
		12.15 ~ 12.45	13 / 10	13 / 10	14 / 10	40 / 30	40.00	40.00				
		13.15 ~ 13.45	10 / 10	14 / 10	17 / 10	41 / 30	41.00	41.00				
		14.15 ~ 14.45	16 / 10	18 / 10	20 / 10	54 / 30	54.00	54.00				
15.15 ~ 15.45		11 / 10	16 / 10	17 / 10	44 / 30	44.00	44.00					
16.15 ~ 16.45		15 / 10	20 / 10	15 / 10	50 / 30	50.00	50.00					
17.15 ~ 17.45	15 / 10	18 / 10	20 / 10	53 / 30	53.00	53.00						
18.15 ~ 18.43	21 / 10	22 / 10	17 / 8	60 / 28	64.29	60.00						
19.15 ~ 19.45	16 / 10	16 / 10	16 / 10	48 / 30	48.00	48.00						
20.15 ~ 20.45	16 / 10	19 / 10	21 / 10	56 / 30	56.00	56.00						

※ ■ は、換算 N 値が 60 回以上を示すため、60 回とした。

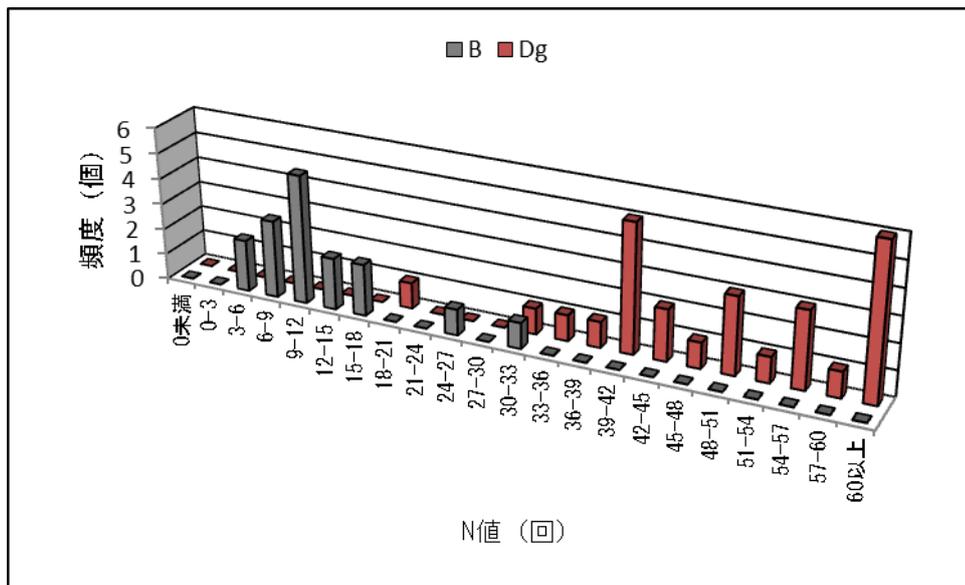


図 4.2.1 地層毎 N 値頻度分布

### 4.3 孔内水平載荷試験結果

調査結果の詳細は、巻末の孔内水平載荷試験データシートにまとめた。

表 4.3.1 に試験結果の一覧を、図 4.3.1 に N 値と変形係数の相関図を示す。

孔内水平載荷試験結果より得た E 値と N 値の間には  $E \approx 0.7N$  (MN/m<sup>2</sup>) の相関(地盤工学会による試験値の相関)があることが知られている。変形係数 E の実測値は、 $E=0.7N$  の直線よりやや下側に位置し、 $E=0.61N$  を示しているが、標準的な関係を大きく逸脱したものではなく、特に問題となる値ではない。

表 4.3.1 調査結果一覧表

孔番	試験深度 (GL-m)	地層区分(記号)	N値	変形係数 Em (MN/m <sup>2</sup> )	Em/N
No. 2	6.00	盛土(B)	13	7.891	0.61

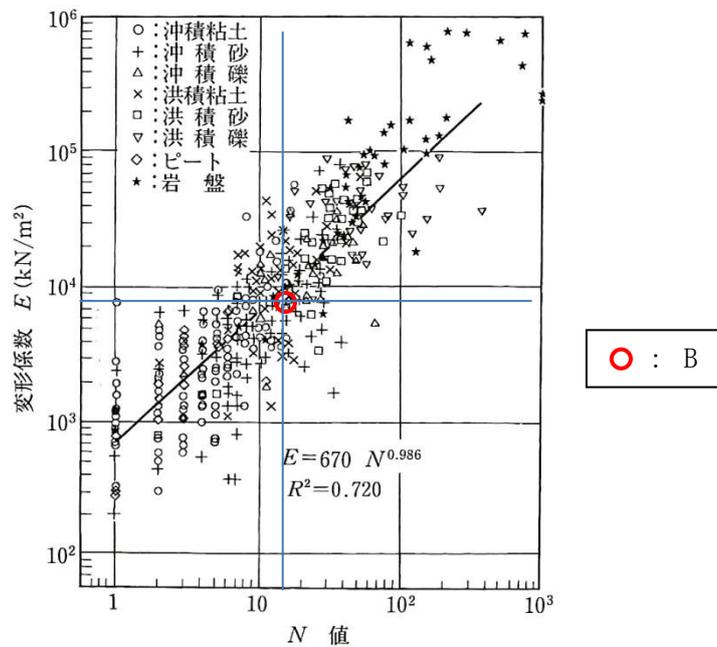


図 4.3.1 N 値と変形係数の相関図

出典：「地盤調査の方法と解説」(社)地盤工学会, 平成 16 年 6 月

#### 4.4 室内土質試験結果

標準貫入試験試料を用いて、室内土質試験(物理試験)を実施した。

結果の詳細は巻末の室内土質試験データシートに示す。表 4.4.1 に室内土質試験結果一覧表を示す。

表 4.4.1 室内土質試験結果一覧表

調査地点No.		No. 1	No. 2
試料番号		1P09	2P19
深 度 (GL-m)		9.15~9.45	19.15~19.45
地 層 区 分		<b>Dg</b>	<b>Dg</b>
一 般	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	2.613	2.631
	自然含水比 $W_n$ %	8.0	11.2
粒 度	礫 分 2~75mm %	44.4	15.2
	砂 分 75 $\mu$ m~2mm %	42.0	64.4
	シルト分 5~75 $\mu$ m %	6.4	11.4
	粘土分 5 $\mu$ m未満 %	7.2	8.7
	最大粒径 mm	19	19
	50% 粒径 $D_{50}$ mm	1.3	0.60
	20% 粒径 $D_{20}$ mm	0.22	0.070
	10% 粒径 $D_{10}$ mm	0.022	0.0079
分 類	分 類 名	粘性土まじり砂質礫	粘性土質礫質砂
	分 類 記 号	(GS-Cs)	(SCsG)

##### (a) 土粒子の密度

土粒子の密度は、2.60~2.75(g/cm<sup>3</sup>)程度の値を示すのが一般的であり、有機物や火山性ガラス・軽石を含んでいる土質の場合、これより小さい値、例えば2.50(g/cm<sup>3</sup>)といった値を示す。更に、泥炭では1.50といった小さい値を示す(表 4.4.2 参照)。

表 4.4.2 土粒子の密度の測定例

土 質 名		$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	土 質 名		$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )
沖積世	粘土	2.65	関東ローム層		2.78
	砂	2.70	まさ土		2.60
洪積世	粘土	2.67	しらす		2.38
	砂	2.65	山砂		2.79
豊浦標準砂		2.64	泥炭		1.50

出典:「新編 地盤調査の実務」関東地質調査業協会技術委員会,1996

図 4.4.1 に土粒子の密度試験結果を示す。

洪積砂礫層(Dg)は  $\rho_s=2.613\sim 2.631\text{g/cm}^3$  を示しており、一般的な値といえる。

(b) 自然含水比

表 4.4.3 には日本における代表的な土の含水比の一例を、図 4.4.2 には土の含水比試験結果を示す。

表 4.4.3 によれば、砂質土は 10~30%を示すようである。洪積砂礫層(Dg)は 8.0~11.2%を示しており、一部 10%未満を示しているものの、10%に近い値を示しており、特に異常な値を示しているものではない。

表 4.4.3 日本における代表的な土の含水比

土の種類	沖積粘土	洪積粘土	砂質土	関東ローム	泥炭	まさ土	しらす
含水比 $w$ (%)	50~80	30~60	10~30	80~150	110~1300	6~30	15~30
土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.5~2.75	2.5~2.75	2.6~2.8	2.7~2.9	1.4~2.3	2.6~2.8	2.3~2.5
湿潤密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.2~1.8	1.6~2.0	1.6~2.0	1.2~1.5	0.8~1.3	1.5~2.0	1.2~1.5

出典：「土質試験 基本と手引き 第一回改訂版」地盤工学会, 2001

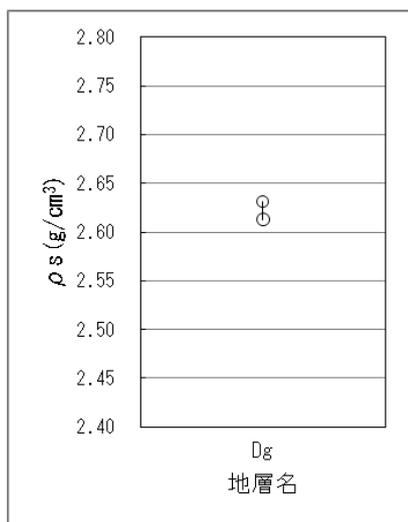


図 4.4.1 土粒子の密度試験結果

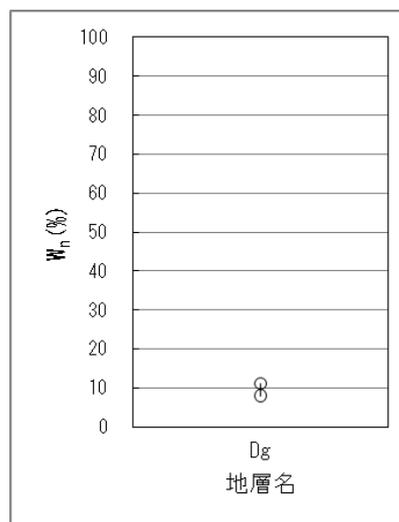


図 4.4.2 土の含水比試験結果

(c) 粒度分布

本調査にて実施した粒度試験結果を、図 4.4.3 に示す。

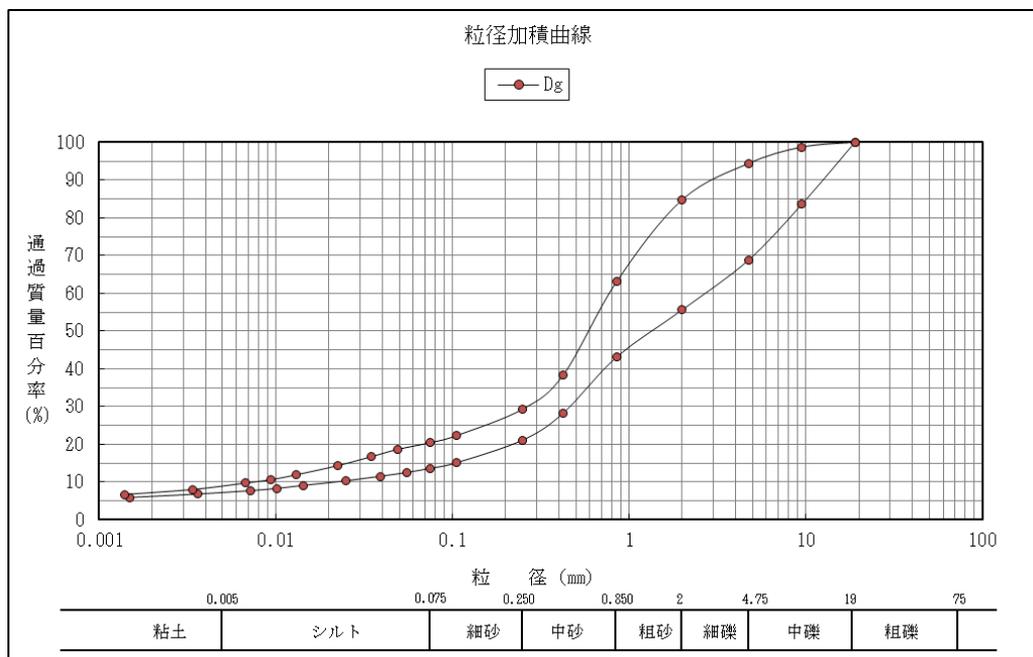


図 4.4.3 層別粒径加積曲線図

図 4.4.3 からみて、洪積砂礫層 (Dg) の粒度組成は比較的粒度分布が良い。

## 5. 考 察

### 5.1 地盤状況

調査地(折居清掃工場更新予定地)は、折居清掃工場内の緑地広場であり、調査地の南側には既設の清掃工場が建立している。既設清掃工場の建築にあたっては、昭和 58 年に地質調査が実施された。

既往調査によれば、調査地に分布する地質は、地表より盛土及び沖積層(As～c)が分布し、下位の大阪層群を不整合に覆っている。大阪層群は全体が西に傾き、大阪層群粘性土層(0c1～0c3)は、大阪層群砂質土層(0g～s)中にレンズ状に分布する。

盛土及び沖積層(As～c)は、谷筋を埋立てた盛土が主体であり、当該地の切土部からの転用土である。旧地山を作っていた大阪層群の粘土・砂・礫の混合土からなる。旧地形を埋立てて平坦地を造成したため、西側に向かって層厚を増し、既往調査で確認された最大層厚は 6.70m である。

本調査で確認された盛土(B)は、層厚 6.70～8.80m で確認されており、既往調査結果よりやや厚くなっているものの、整合性に問題はない。但し、既往調査で確認されているとおり、調査地内の盛土層厚は西側へ向かって厚くなる傾向があるため、詳細設計を実施する際には、盛土層の三次元的分布を確認するための調査が必要となる。

盛土(B)の下位に分布する洪積砂礫層(Dg)は、既往調査で確認された大阪層群砂質土層(0g～s)に対比される。両者の層相は共通しており、同一層と判断される。

本調査では、自然地盤の粘性土は確認されていない。

参考として、昭和 58 年度調査における調査位置平面図及び調査断面図を図 5.1.2～5.1.3 に示す。

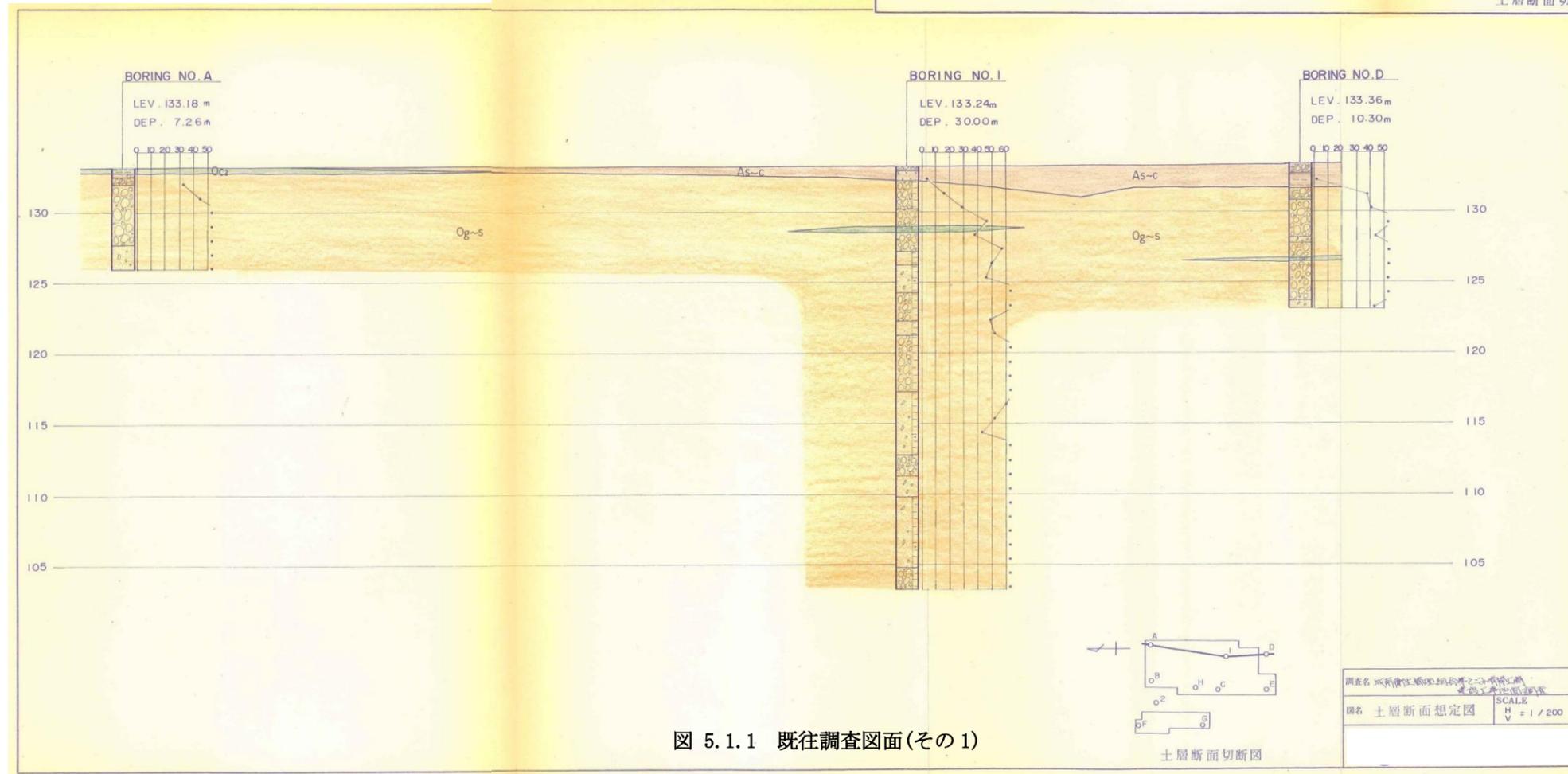
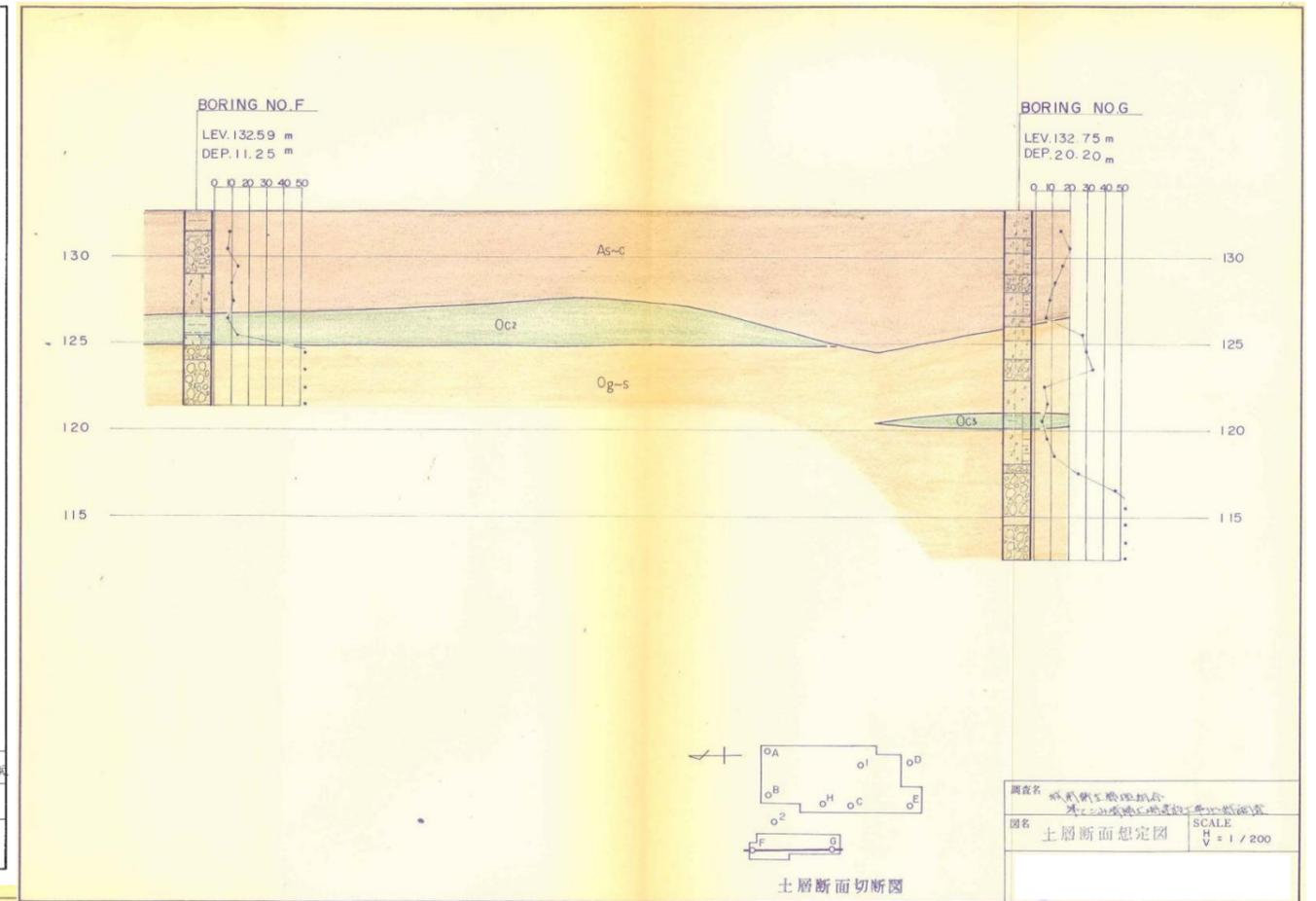
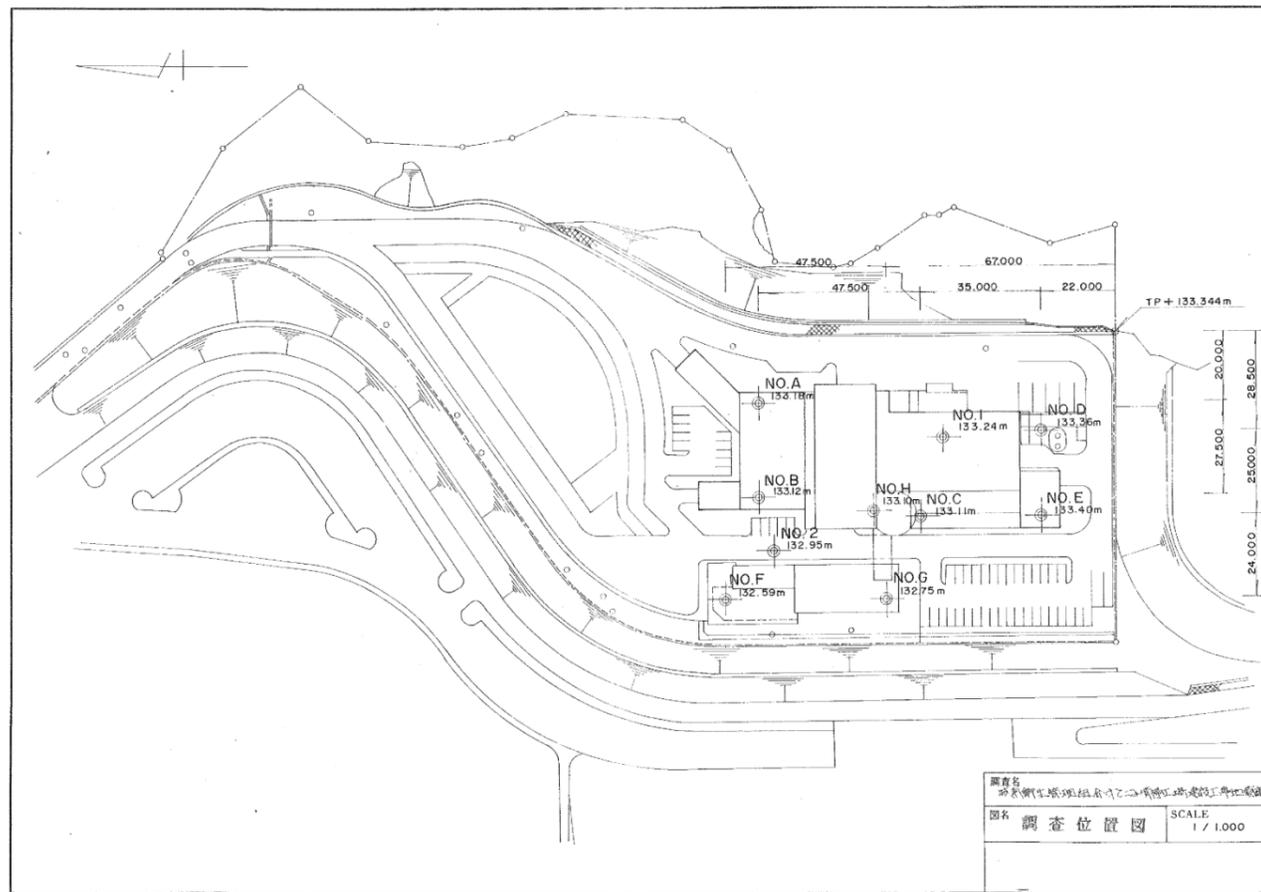


図 5.1.1 既往調査図面(その1)

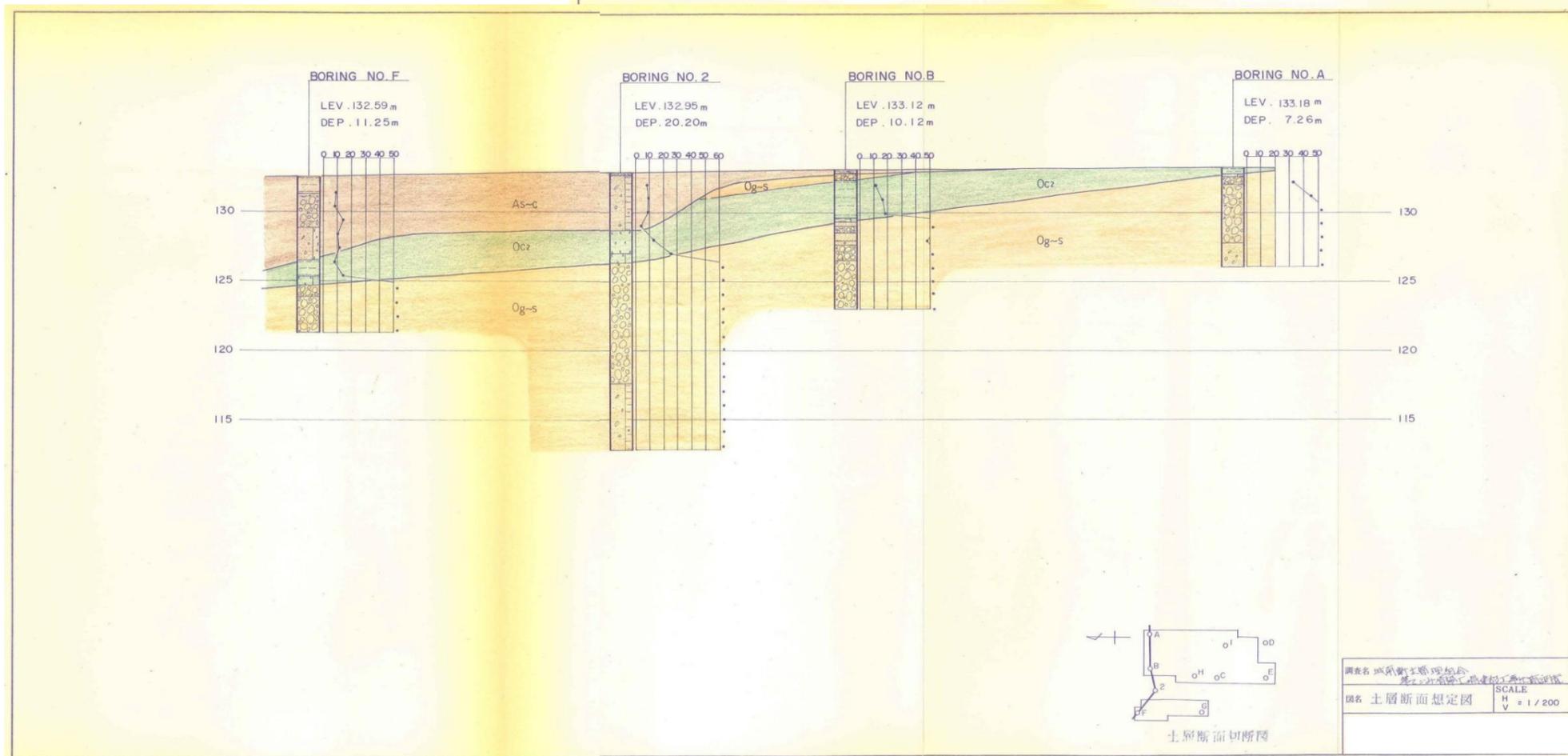
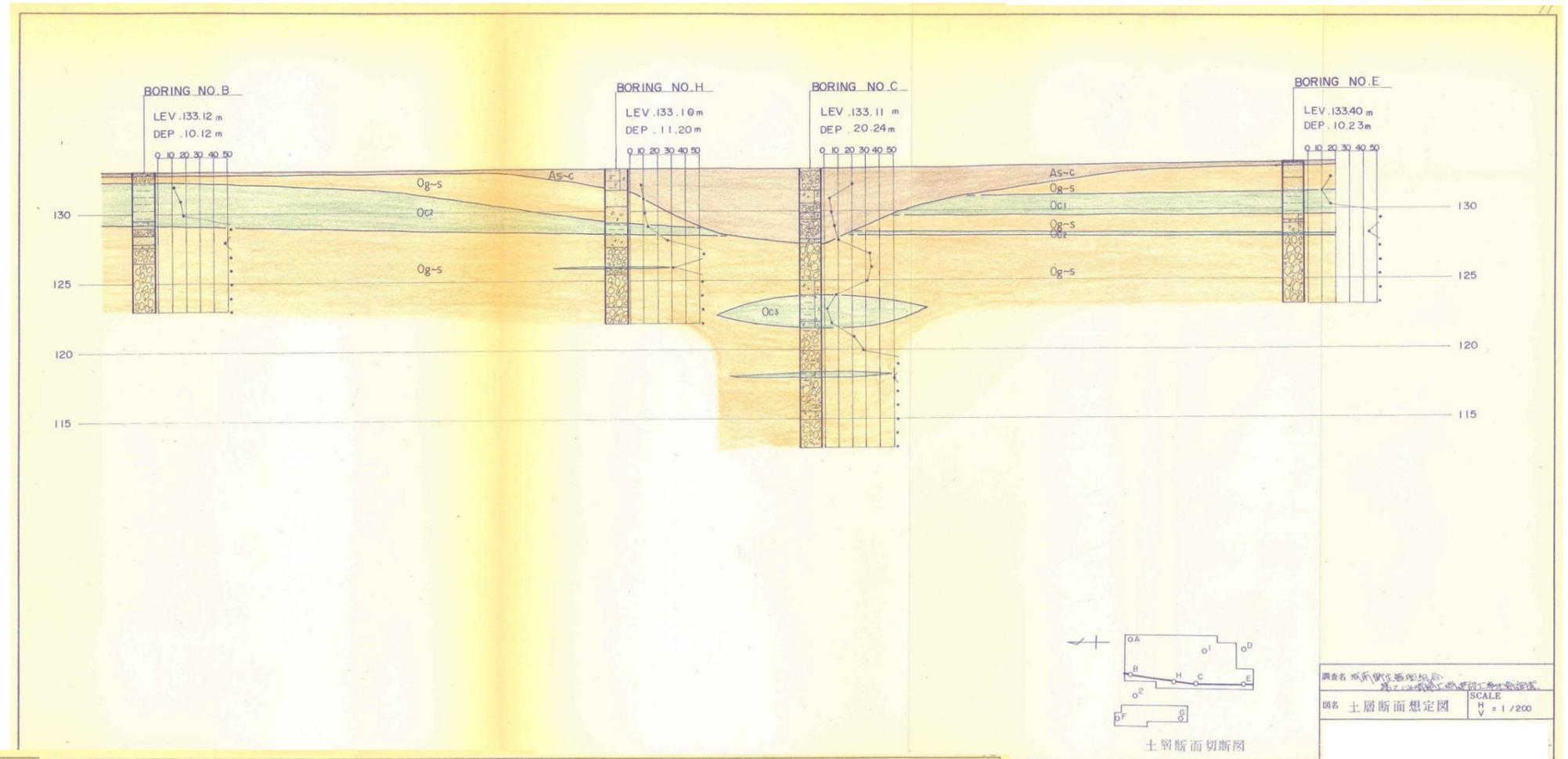


図 5.1.2 既往調査図面(その2)

## 5.2 地質区分からみた地盤定数の提案

### 5.2.1 地盤定数の設定方法

地盤定数は、土質分類、N 値等から推測する方法を各機関が提案している。ここでは日本道路協会「道路橋示方書・同解説書IV下部構造編」及び日本建築学会「建築基礎構造設計指針」並びに「小規模建築物基礎設計指針」に従い提案を行う。

解析に必要な主な地盤定数としては、以下のものが挙げられる。

- A) 設計 N 値
- B) 土の単位体積重量 (湿潤密度(単位体積重量))
- C) 粘性土の粘着力
- D) 砂質土及び礫質土のせん断抵抗角
- E) 土の変形係数

以下、各地盤定数の設定方法を記す。

#### A) 設計 N 値(回)

設計 N 値は、安全側の値をとるため、4.2 節で求めた各地層の平均値から小数点以下を切り捨てた値を用いる。

#### B) 土の単位体積重量( $\gamma_t$ kN/m<sup>3</sup>)

土の単位体積重量は、表 5.2.1 及び 5.2.2 に従う。

表 5.2.1 土の単位重量 (kN/m<sup>3</sup>)

地 盤	土 質	緩いもの	密なもの
自然 地盤	砂及び砂れき	18	20
	砂 質 土	17	19
	粘 性 土	14	18
盛 土	砂及び砂れき	20	
	砂 質 土	19	
	粘 性 土	18	

- (注) (1) 地下水位以下にある土の単位重量は、それぞれ表中の値から 9 を差し引いた値として良い。  
(2) 碎石は砂利と同じ値とする。また、ずり、岩塊などの場合は種類、形状、大きさ及び間隙などを考慮して定める必要がある。  
(3) 砂利まじり砂質土、あるいは砂利まじり粘性土にあたっては、混合割合及び状態に応じて適当な値を定める。  
(4) 地下水位は施工後における平均値を考える。

出典：「道路橋示方書・同解説書 I 共通編」日本道路協会, 平成 24 年 3 月

表 5.2.2 単位体積重量の設定値一覧表

地層	沖積層				洪積層			
	砂質土	シルト	粘性土	腐植土	砂質土	シルト	粘性土	ローム
湿潤密度 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18 (17~19)	16 (15~17)	15 (14~16)	10 (8~13)	19 (18~20)	17 (16~18)	16 (15~17)	14 (12~15)

出典：「小規模建築物基礎設計指針」日本建築学会，2008年2月

C) 粘性土の粘着力(C kN/m<sup>2</sup>)

本調査で粘性土の分布は確認されなかった。したがって、本調査地内における地層群の粘着力は考慮しない。

D) 砂質土及び礫質土のせん断抵抗角  $\phi$  (°)

砂質土及び礫質土のせん断抵抗角については、式 5.2.1 及び式 5.2.2 により求める。

「道路橋示方書・同解説」(日本道路協会，平成 14 年)の参考資料として記載されている式 5.2.1 によって算出する。

$$\phi = 4.8 \log N_1 + 21 \quad (N > 5) \quad \boxed{\text{式 5.2.1}}$$

$$N_1 = \frac{170N}{\sigma'_v + 70}$$

$$\sigma'_v = \gamma_{t1} h_w + \gamma'_{t2} (x - h_w)$$

ここに、

$\phi$  : 砂のせん断抵抗角(°)

$\sigma'_v$  : 有効上載圧(kN/m<sup>2</sup>)で、標準貫入試験を実施した時点の値

$N_1$  : 有効上載圧 100kN/m<sup>2</sup> 相当に換算した N 値ただし、現位置の  $\sigma'_v$  が  $\sigma'_v < 50\text{kN/m}^2$  である場合には  $\sigma'_v = 50\text{kN/m}^2$  として算出する。

N : 標準貫入試験から得られる N 値

$\gamma_{t1}$  : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)

$\gamma'_{t2}$  : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)

x : 地表面からの深さ(m)

$h_w$  : 地下水位の深さ(m)

「建築基礎構造設計指針」(日本建築学会，2001年)に従い、式 5.2.2 によって算出する。

$$\phi = \sqrt{20N + 15} \quad (^\circ) \quad \text{ただし } \phi \leq 40^\circ \quad \boxed{\text{式 5.2.2}}$$

E) 土の変形係数 ( $E_0 \cdot E_s$  MN/m<sup>2</sup>)

地盤の変形係数は、原位置試験で孔内水平載荷試験を実施した地層については、これを用いる。試験を実施していない地層については、N 値から算出する。

「道路橋示方書・同解説」に従い、式 5.2.3 を用いて求める。

$$E_0 = 2,800N \quad (\text{kN/m}^2) \quad \boxed{\text{式 5.2.3}}$$

表 5.2.3 に、「道路橋示方書・同解説」に記されている変形数  $E_0$  と係数  $\alpha$  の関係を示す。

表 5.2.3 変形係数  $E_0$  と  $\alpha$

変形係数 $E_0$ の推定方法	地盤反力係数の換算係数 $\alpha$	
	常時, 暴風時	地震時
直径 0.3m の剛体円盤による平板載荷試験の繰返し曲線から求めた変形係数の 1/2	1	2
孔内水平載荷試験で測定した変形係数	4	8
供試体の一軸圧縮試験又は三軸圧縮試験から求めた変形係数	4	8
標準貫入試験の N 値より $E_0 = 2,800N$ で推定した変形係数	1	2

出典：「道路橋示方書・同解説書IV下部構造編」日本道路協会, 平成 24 年 3 月

「建築基礎構造設計指針」(日本建築学会, 2001 年)に従い、式 5.2.4~5.2.5 によって算出する。

$$E_s = 2.8N \quad (\text{MN/m}^2) \quad \text{過圧密された砂} \quad \boxed{\text{式 5.2.4}}$$

$$E_s = 1.4N \quad (\text{MN/m}^2) \quad \text{正規圧密された砂} \quad \boxed{\text{式 5.2.5}}$$

## 5.2.2 地質区分からみた地盤定数の提案値

### A) 設計N値(回)

5.2.1項A)に従い、設計N値を表5.2.4のとおり定める。

表 5.2.4 設計N値

地層名		記号	平均N値	採用値
盛土		<b>B</b>	11.94	<b>11</b>
洪積層	砂礫	<b>Dg</b>	47.50	<b>47</b>

### B) 土の単位体積重量( $\gamma_t$ kN/m<sup>3</sup>)

5.2.1項B)に従い、土の単位堆積重量を表5.2.5のとおり定める。

表 5.2.5 土の単位体積重量

地層名	記号	N値	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )				
			道路協会(表5.2.1)		建築学会(表5.2.2)		
			提案値	摘要	提案値	摘要	
盛土	<b>B</b>	11	<b>18</b>	「盛土・砂質土」「盛土・粘性土」の中間値	—	—	
洪積層	砂礫	<b>Dg</b>	47	<b>20</b>	「自然地盤・砂及び砂れき」「密なもの」の値	<b>20</b>	「洪積層 砂質土」の最大値

### C) 粘性土の粘着力(C kN/m<sup>2</sup>)

5.2.1項C)に従い、粘性土の粘着力は考慮しない。

### D) 砂質土及び礫質土のせん断抵抗角 $\phi$ (°)

5.2.1項D)に従い、砂質土及び礫質土のせん断抵抗角を表5.2.6のとおり定める。

また、式5.2.1によるせん断抵抗角の算出は表5.2.7~5.2.8による。

表 5.2.6 砂質土及び礫質土のせん断抵抗角

地層名	記号	N値	せん断抵抗角 $\phi$ (°)	
			道路協会 式5.2.1	建築学会 式5.2.2
盛土	<b>B</b>	11	<b>33</b>	<b>30</b>
洪積層	砂礫	<b>Dg</b>	47	<b>46</b>

表 5.2.7 式 5.2.1 によるせん断抵抗角の算出(No. 1)

地層記号	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	層下端深度 (GL-m)	N値 (回)	補正N値 $N_1$	計算値
B	18	0.300	10	14.17	33.72
	18	1.300	11	15.58	34.18
	18	2.300	13	18.42	34.98
	18	3.300	16	22.59	35.96
	18	4.300	16	19.65	35.30
	18	5.300	10	10.87	32.45
	18	6.300	6	5.85	29.48
	18	7.300	6	5.30	29.01
	18	8.300	3	2.42	25.25
	18	8.800	層下端	—	—
Dg	20	9.300	19	13.84	33.61
	20	10.300	40	27.38	36.89
	20	11.300	32	20.27	35.44
	20	11.450	地下水位	—	—
	20	12.300	54	32.09	37.65
	20	13.300	57	32.71	37.74
	20	14.300	42	23.24	36.10
	20	15.300	49	26.17	36.67
	20	16.275	60	30.99	37.48
	20	17.250	60	30.01	37.33
	20	18.265	60	29.08	37.18
	20	19.240	60	28.20	37.03
	20	20.025	60	27.46	36.90

表 5.2.8 式 5.2.1 によるせん断抵抗角の算出(No. 2)

地層記号	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	層下端深度 (GL-m)	N値 (回)	補正N値 $N_1$	計算値
B	18	0.300	5	7.08	30.40
	18	1.300	30	42.50	39.00
	18	2.300	6	8.50	31.27
	18	3.300	11	15.53	34.17
	18	4.300	10	12.28	33.04
	18	5.300	25	27.17	36.85
	18	6.300	13	12.67	33.19
	18	6.700	層下端	—	—
Dg	20	7.300	39	33.72	37.89
	20	8.300	40	31.98	37.63
	20	9.300	33	24.12	36.28
	20	10.200	地下水位	—	—
	20	10.300	37	24.09	36.27
	20	11.300	47	29.90	37.31
	20	12.300	40	24.44	36.34
	20	13.300	41	24.10	36.27
	20	14.300	54	30.58	37.42
	20	15.300	44	24.04	36.26
	20	16.275	50	26.39	36.71
	20	17.250	53	27.07	36.83
	20	18.265	60	29.67	37.27
	20	19.240	48	23.01	36.05
20	20.025	56	26.13	36.66	

E) 土の変形係数  $E_0 \cdot E_s$  (MN/m<sup>2</sup>)

5.2.1 項 E) に従い、土の変形係数を表 5.2.9 のとおり定める。

表 5.2.9 土の変形係数

地層名	記号	N値	変形係数 (MN/m <sup>2</sup> )				
			孔内水平 載荷試験	$\alpha$	道路協会 $E_0$ 式5.2.3	$\alpha$	建築学会 $E_s$ 式5.2.4~5
盛土	<b>B</b>	11	<b>7.891</b>	<b>4</b>	<b>31</b>	<b>1</b>	<b>15</b>
洪積層 砂礫	<b>Dg</b>	47	—	—	<b>132</b>	<b>1</b>	<b>132</b>

### 5.2.3 地盤定数の一覧

以上、表 5.2.4~5.2.9 をまとめ、表 5.2.10 に設計用地盤定数一覧表を示す。

表 5.2.10 設計用地盤定数一覧表

地層名	記号	N値	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )		粘着力 $c$ (kN/m <sup>2</sup> )	せん断抵抗角 $\phi$ (°)		変形係数 (MN/m <sup>2</sup> )				
			表5.2.1	表5.2.2		式5.2.1	式5.2.2	孔内水平 載荷試験	$\alpha$	式5.2.3	$\alpha$	式5.2.4 ~5.2.5
盛土	<b>B</b>	11	18	—	—	33	30	7.891	4	31	1	15
洪積層 砂礫	<b>Dg</b>	47	20	20	—	36	46	—	—	132	1	132

### 5.3 地震時の地盤の液状化について

地震時における飽和砂質土地盤等の液状化は、基礎構造の設計において特に注意を要する問題の一つである。

液状化の判定を行うための条件を各機関が指定しているが、共通する項目として以下のものが挙げられる。

- ① 飽和土層であること
- ② 地表より 20m 以内の地層であること
- ③ 地下水位以深に分布する地層であること
- ④ 盛土等の人工地盤もしくは沖積層であること
- ⑤ 細粒分含有率が規定値以下であること

これらの条件全てに該当する地層は、液状化判定の検討が必要とされている。このため、上記条件と当調査地に分布する地質を対比させた。

表 5.3.1 に各地層と液状化判定条件の対比を示す。

表 5.3.1 各地層と液状化判定条件の対比

液状化判定条件	地 層 名			
	盛 土 (B)		洪積砂礫層 (Dg)	
	性 状	判 定	性 状	判 定
①	飽和していない	該当しない	飽和している	該当する
②	20m 以浅に分布	該当する	20m 以浅にも分布	該当する
③	地下水位以浅に分布	該当しない	地下水位以深にも分布	該当する
④	盛土等の人工地盤	該当する	洪積層	該当しない
⑤	不明	不明	細粒分含有率規定値以下	該当する
総合判断	①, ③が該当しない	検討対象外	④が該当しない	検討対象外

表 5.3.1 に示すとおり、盛土 (B) 及び洪積砂礫層 (Dg) は液状化検討の対象外であることが判明した。このため、本調査により確認された地質は、液状化が生じないものと判断する。

#### 5.4 支持地盤と基礎形式

一般に構造物の安全のためには、基礎は十分な層厚を有する良質な支持層に支持させなければならない。良質な支持層とは、構造物の規模や形状によって一概に決めることはできないが、一般には砂質土層・砂礫層で N 値が大略 30 以上、粘性土層では 20 以上で層厚を 3～5m 以上有する地層とされている。

これを参考にすると、良質な支持層は、平均 N 値 47 回を示し、層厚 12m 以上で分布する**洪積砂礫層 (Dg)**が該当する。

5.1 節で述べたとおり、洪積砂礫層 (Dg) の分布上端深度は西に向かって深くなる。このため、建物形状やピット掘削位置等の配置により支持層の出現深度が大きく変化することとなる(5.4.1 参照)。

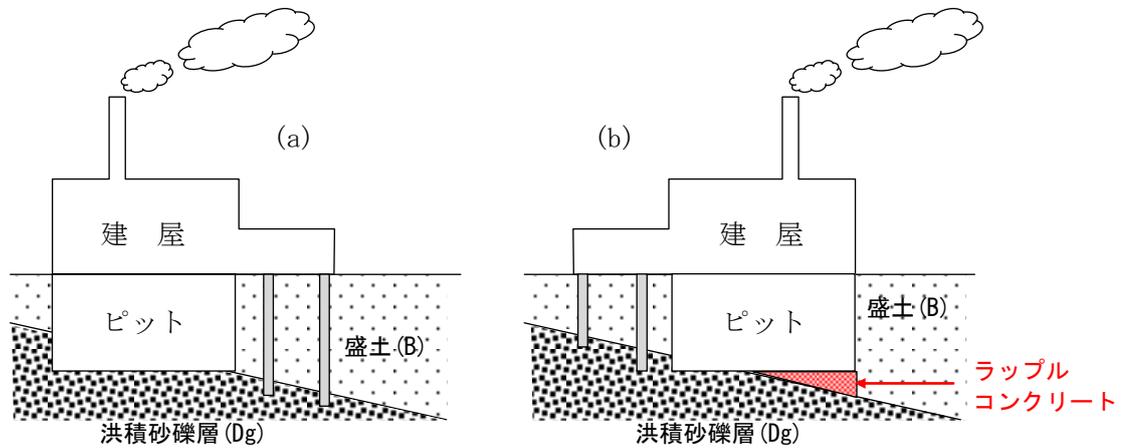


図 5.4.1 構造物の配置と支持層深度の例

本予備調査段階の基礎形式については、次の様に考えられる。

一般建屋部においては、支持層の分布深度が深いことから(図 5.4.1 参照)、杭基礎の採用が考えられる。

ピット底盤部においては、支持層の分布深度とピット底盤標高がほぼ等しいことから(図 5.4.1(a)参照)、べた基礎の採用が考えられる。但し、図 5.4.1(b)のように、ピット底盤が洪積砂礫層 (Dg) に届かない場合には、ラップルコンクリート等による置換工法の採用が必要になるものと推察される。

実際に採用できる基礎形式については、建物や構造物の配置が決定し、なおかつ盛土(B)の三次元的な分布を把握した上で決定する必要がある。詳細設計段階において詳細な地質調査の実施が必要となる。

## 5.5 設計施工上の留意点

以下に、今後、設計施工する際の留意点を示す。

- ・ 調査地に分布する地質は、地表より盛土(B)が GL-6.70～8.80m まで分布し、これの下位に洪積砂礫層(Dg)が分布する。各地層の層相は表 4.1.1 に、各地層の地盤定数は表 5.2.10 にまとめた。
- ・ 既往調査によれば、盛土(B)の分布層厚は西側へ向かって厚くなると推察される。空中写真判読結果によれば、本調査地は旧地形の谷筋を埋め立てた地点であり、現建屋周辺とは別の谷筋にあたっている。詳細設計を実施する際には、盛土(B)の三次元的分布を確認するための調査が必要となる。
- ・ 盛土(B)は主に礫混じり砂で構成されている。礫径は 2～20mm 程度、最大で 35mm 程度である。洪積砂礫層(Dg)は主に粘土混じり砂礫で構成される。礫径は 2～20mm 程度だが、所々に  $\phi$  30～50mm の硬質礫を確認している。一般に、地盤に含まれる礫の径は、ボーリングで確認された礫径の 3 倍程度といわれており、最大で 150mm の玉石が出現する可能性がある。設計・施工時には掘削や土留め工法の選定に留意する必要がある。
- ・ 当調査地の支持層は洪積砂礫層(Dg)である。洪積砂礫層(Dg)の上端深度は盛土(B)の下端深度と等しい。詳細設計を実施する際には、盛土(B)の三次元的分布を確認するための調査が必要となる。
- ・ 現段階における基礎形式は、一般建屋部分では杭基礎の採用が、ピット部分ではべた基礎の採用が考えられる。但し、ピット底盤が洪積砂礫層(Dg)に届かない場合には、ラップルコンクリート等による置換工法の採用が必要になるものと推察される。  
実際の基礎形式については、建物や構造物の配置が決定し、なおかつ盛土(B)の三次元的な分布を把握した上で決定する必要がある。