

流 山 地 区 地 盤 調 査
現地調査報告

- | | |
|--------------|-----|
| 1. 調査内容 | p1 |
| 2. 調査結果 | p2 |
| 3. 現地調査結果の整理 | p10 |

平成 20 年 10 月 23 日

東日本高速道路株式会社 関東支社 谷和原管理事務所

1. 調査内容

現地調査の内容を表 1.1 に、調査位置図を図 1.1 に示す。

表 1.1 調査内容一覧表

工種	調査箇所数	目的
機械ボーリング	5箇所	機械ボーリングは、以下の内容を把握する目的で実施した。 ①地層状況を把握する（粘土、砂、砂礫を区別する） ②地下水位を把握する ③標準貫入試験を行い、土の「硬さ」、「締まり具合」を把握する。
スウェーデン式サウンディング	9箇所	機械ボーリングの補助的手段として実施した。 スウェーデン式サウンディング結果から求まる貫入抵抗より、地層判別を行う
試掘調査	3箇所	地中レーダで、周辺の地盤と異なる波形が確認された箇所において、GL-1.2m程掘削を行い、目視により混入物の有無を把握することを目的に実施した。
コンクリート下目視調査	2箇所	コンクリート下の状態を把握することを目的に実施した。 沈下（変位）が大きい物置周辺と、コンクリートに亀裂がみられる箇所において、コンクリート下の土の状況を目視により観察した。
オガホーリング	4箇所	スウェーデン式サウンディングを実施した箇所で、地下水位を把握することを目的に実施した。 また、概略による地層判別を行った。

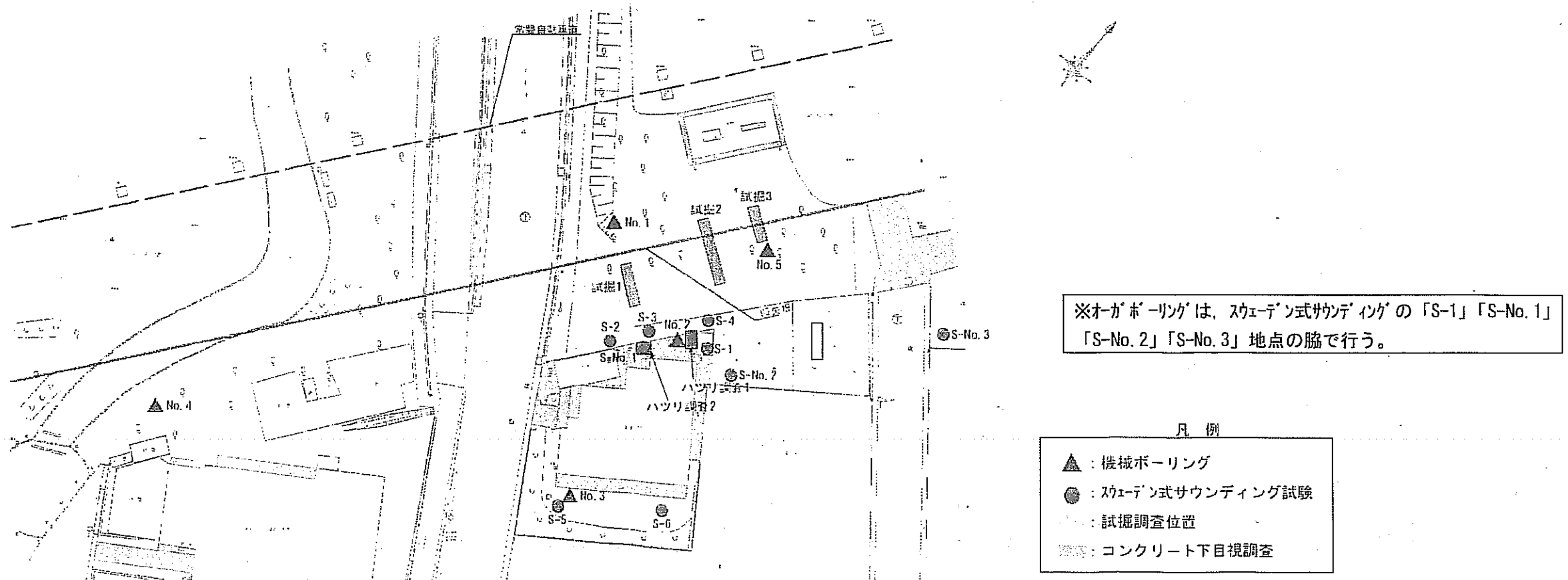


図 1.1 調査位置図 (S=1:400)

2. 調査結果

2. 1 機械ボーリング結果

(1) 地層状況について

機械ボーリング結果をもとに、調査対象地南北方向の地層断面図を作成して図 2.1.1 に示す。

図 2.1.1 より、調査地の地層は以下のように区分することができる。

- ① 盛土 : B1 層, B2 層, B3 層
- ② 盛土を行う以前の地表面に分布していた地層 : Ac1 層
- ③ 約 7 万年より以前に堆積した地層 : Dc1~Dc5 層, Ds1 層~Ds2 層

地層の特徴を以下に述べる。

①盛土 : B1 層, B2 層, B3 層

B1 層, B2 層および B3 層は盛土と判断される。

盛土は粘性土を主体とし、表層から砂質シルト (B1 層), 黒ボク (B2 層) および凝灰質シルト (B3 層) の 3 層に区分することができる。

a) B1 層は現況の地表面に分布する「砂質シルト」で、植物根あるいは樹木根などの有機物を混入する。

層厚は 0.6m~0.87m である。

b) B2 層は黒色, 黒褐色を呈しており腐植物を非常に多く混入する「黒ボク」である。N 値は N=0~2 回であり非常に軟らかい粘性土である。

層厚は 0.7m~1.0m である。

c) B3 層は黒ボクの下位に分布する粘性土で、「凝灰質シルト」である。色調は褐色を呈しており、腐植物を混入する。

層厚は、庭で行ったボーリング地点 No. 3 で 0.7m と最も厚く、ボーリング地点 No. 2 (物置前) では 0.37m と薄い。

B1 層, B2 層および B3 層は調査対象地の南 (庭で行ったボーリング地点 No. 3) と北 (物置前で行ったボーリング地点 No. 2) で確認されており、調査地周辺に連続して分布する。

②盛土を行う以前の地表面に分布していた地層 : Ac1 層

Ac1 層は B3 層の下位に分布する粘性土で、「有機物混じりシルト」を主体とする。色調は暗褐色, 暗黒褐を呈しており未分解の有機物を混入する。

Ac1 層は盛土が行われる以前に地表面に分布していた地層で、Ac1 層の表層は水田として利用されていたと考えられる。N 値は N=0~1 回であり非常に軟らかい粘性土である。

Ac1 層が出現する標高は T.P=14.17m~13.90m であり、敷地内でほぼ同じ高さに位置する。Ac1 層の層厚は 0.73m~1.10m である。

③約 7 万年より以前に堆積した地層 : Dc1 層~Dc5 層, Ds1 層~Ds2 層

Dc1 層~Dc5 層, Ds1 層~Ds2 層は、約 7 万年より以前に堆積した地層である。

a) Dc1 層は Ac1 層の下位に分布する粘性土で、「凝灰質シルト」を主体とする。色調は紫灰色を呈しており、植物根・茎などの有機物を多く混入する。

N 値は N=0 回であり非常に軟らかい粘性土である。

Dc1 層が出現する標高は T.P=13.38m~13.07m であり、敷地内でほぼ同じ高さに位置する。Dc1 層の層厚は 0.59m~1.0m である。

b) Dc2 層は「凝灰質シルト」を主体とする粘性土である。色調は暗緑灰色であり、Dc2 層の上部に分布する Dc1 層とは色調が大きく異なる。

Dc2 層の N 値は N=6~8 回であり中位の硬さの粘性土である。

Dc2 層が出現する標高は T.P=12.48m~12.25m であり、敷地内でほぼ同じ高さに位置する。Dc2 層の層厚は 0.96m~1.00m である。

- c) Dc3層は物置前で行ったボーリング地点 No. 2 だけで確認する。砂質シルトを主体とする粘性土で、N値はN=15回であり硬い粘性土である。層厚は1.08mである。
- d) Ds1層は砂質土で「シルト質細砂」を主体とする。粒子は均一であり腐植物を混入する。また、不規則にシルトをブロック状に混入する。N値はN=7~19回であり中位の締まり具合の砂質土である。層厚は2.27m~3.2mである。
- e) Dc4層はDs1層の下位に分布する粘性土で「砂質シルト」を主体とする。不均質で、地層全体に腐植物を混入する。また、所々に細砂をブロック状に混入する。N値はN=2~12回であり、軟らかい~中位の硬さの粘性土である。Dc4層が出現する標高はT.P=8.75m~7.68mであり、調査地の南(庭で行ったボーリング地点 No. 3)~北(物置前で行ったボーリング地点 No. 2)に向かい、出現する標高が深くなる。層厚は2.88m~3.60mである。
- f) Ds2層はDc4層の下位に分布する砂質土で「礫混じり細砂」を主体とする。粒子は不均一であり、腐植物を混入する。また、混入する礫は礫径φ2mm~3mmの垂円礫を主体とする。N値はN=3~15であり、地層の締まり具合は「非常に緩い~中位」である。Ds2層が出現する標高はT.P=5.15m~4.80mであり、敷地内でほぼ同じ高さに位置する。Ds2層の層厚は1.0m~1.4mである。
- g) Dc5層はDs2層の下位に分布する粘性土で「砂混じりシルト」を主体とする。不均質であり、腐植物を混入する。N値はN=3~15回であり、軟らかい~中位の硬さの粘性土である。Dc5層が出現する標高はT.P=4.17m~3.7mである。

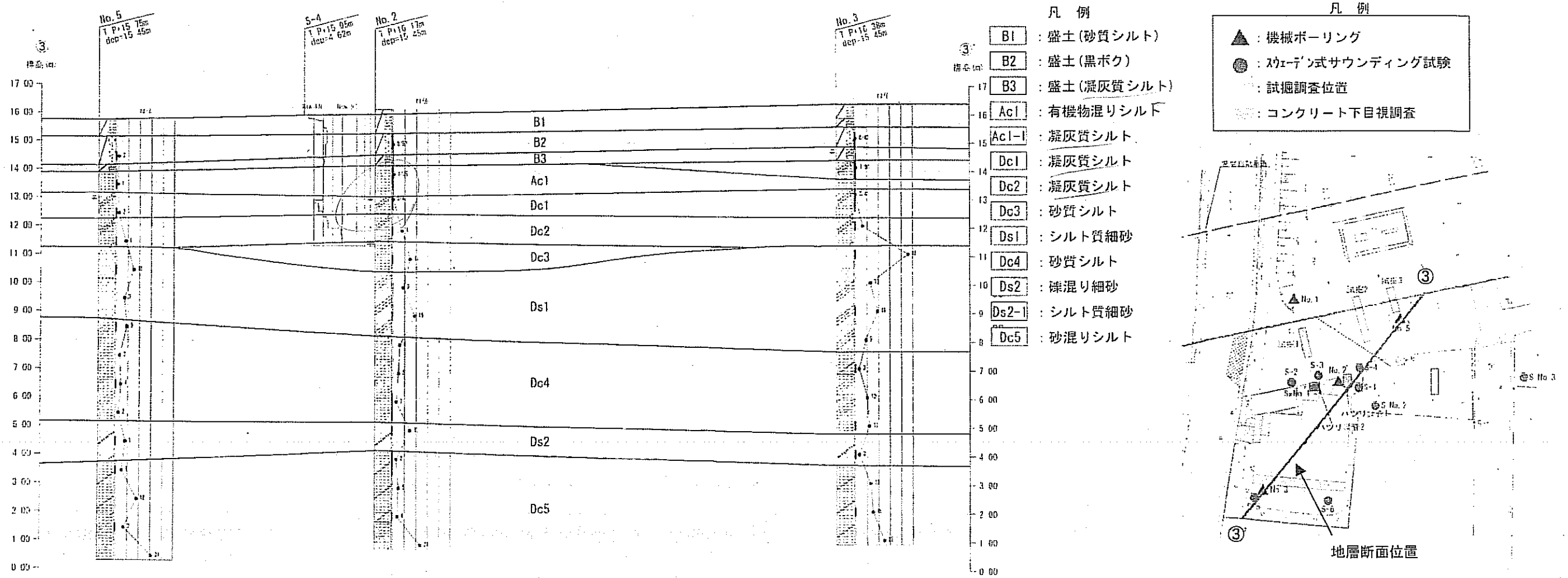


図 2.1.1 地層断面図 (V=1:150, H=1:150)

【参考資料】

地層は、標準貫入試験より求まるN値を用いて粘性土は土の硬さ、砂質土は土の締め具合を定量的に判断することができる。

一般に砂質土の場合は、N値が10以下では土の締め具合が「緩い」と判断される。粘性土の場合は、N値が4以下では土の硬さが「軟らかい」と判断される。

参表 1. 砂の相対密度とN値の関係				参表 2. 粘性土の相対稠度とN値の関係		
N値	相対密度 (Terzaghi-Peckによる)	内部摩擦角 ϕ (°)		N値	相対稠度	一軸圧縮強さ q_u (kN/m ²)
		Peckによる	Meyerhofによる			
0~4	非常に緩い	<28.5	<30	<2	非常に軟らかい	0~24.5
4~10	緩い	28.5~30	30~35	2~4	軟らかい	24.5~49.1
10~30	中位の	30~36	35~40	4~8	中位の	49.1~98.1
30~50	密な	36~41	40~45	8~15	硬い	98.1~196.2
>50	非常に密な	>41	>45	15~30	非常に硬い	196.2~392.4
				>30	固結した	>392.4

(出典 地盤調査の方法と解説 社団法人地盤工学会 p263, 264)

(2) 地下水位について

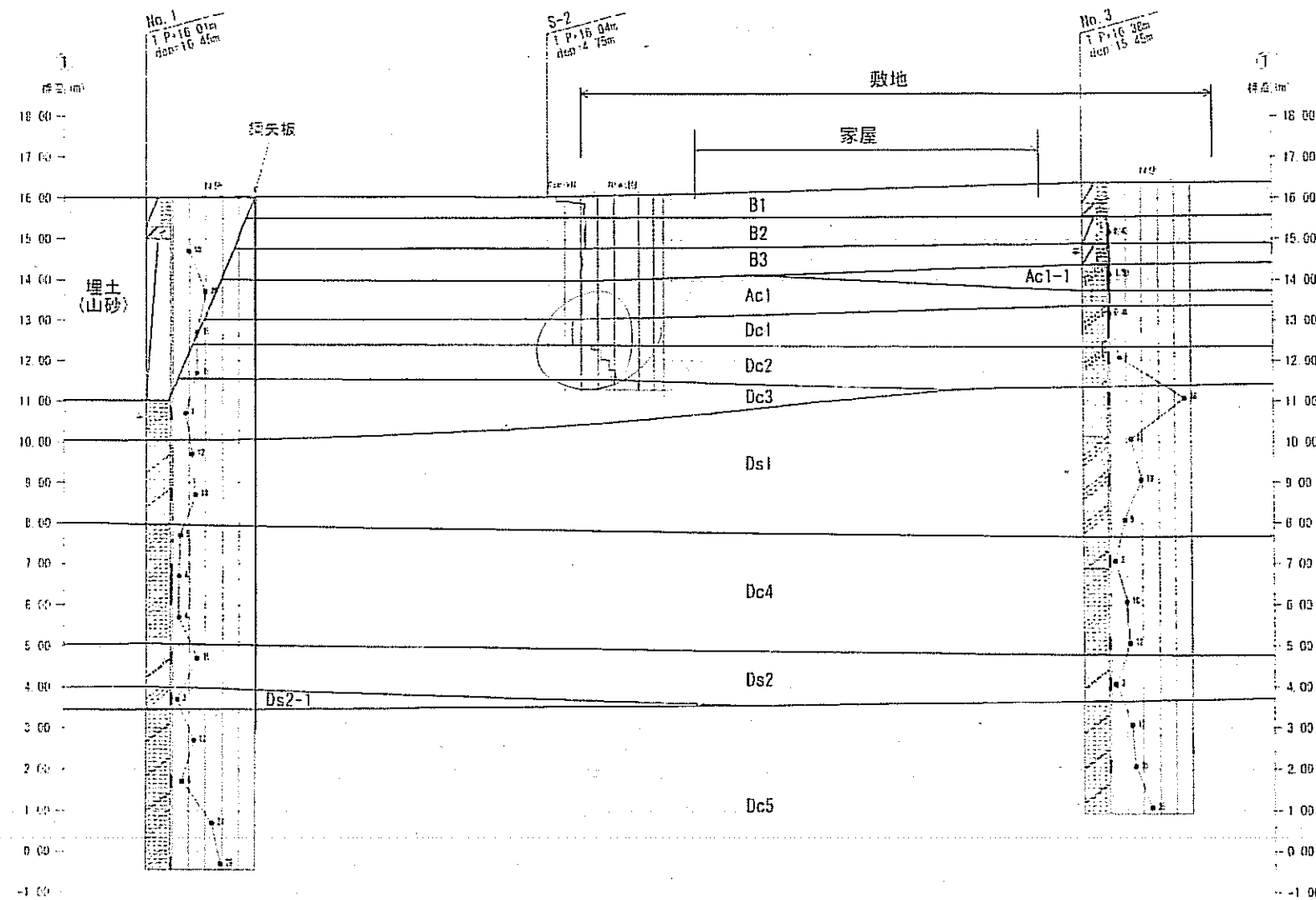
機械ボーリングで確認した地下水位を表 2.1.1 に示す。

9月8日に観測した地下水の深さは、庭のボーリング地点 No. 3 が標高 T.P=14.07m、物置前のボーリング地点 No. 2 が標高 T.P=13.42m である。

9月11日より降雨などによる地下水の変化を把握することを目的として、ボーリング地点 No. 1、No. 2 および No. 3 に自記水位計を設置して継続した地下水観測を実施している。

表 2.1.1 ボーリング地点地下水位一覧表

地点番号	孔口標高 T.P (m)	測定日	地下水位 GL- (m)	地下水位 T.P (m)
No. 1	16.01	H20.9.8	5.21	10.80
No. 2	16.17	H20.9.8	2.75	13.42
No. 3	16.38	H20.9.8	2.31	14.07



Handwritten notes in Japanese: 埋土(山砂)の範囲を調査、S-2のボーリング地点、No. 1, 2, 3のボーリング地点、水位計の設置位置、地層断面位置。

- 凡例
- B1 盛土(砂質シルト)
 - B2 盛土(黒ボク)
 - B3 盛土(凝灰質シルト)
 - Ac1 有機物混りシルト
 - Dc1 凝灰質シルト
 - Dc2 凝灰質シルト
 - Dc3 砂質シルト
 - Ds1 シルト質細砂
 - Dc4 砂質シルト
 - Ds2 細混り細砂
 - Ds2-1 シルト質細砂
 - Dc5 砂混りシルト

- 凡例
- ▲ : 機械ボーリング
 - : スウェーデン式サウンディング試験
 - : 試掘調査位置
 - : コンクリート下目視調査

Handwritten note: 水位計の設置位置。

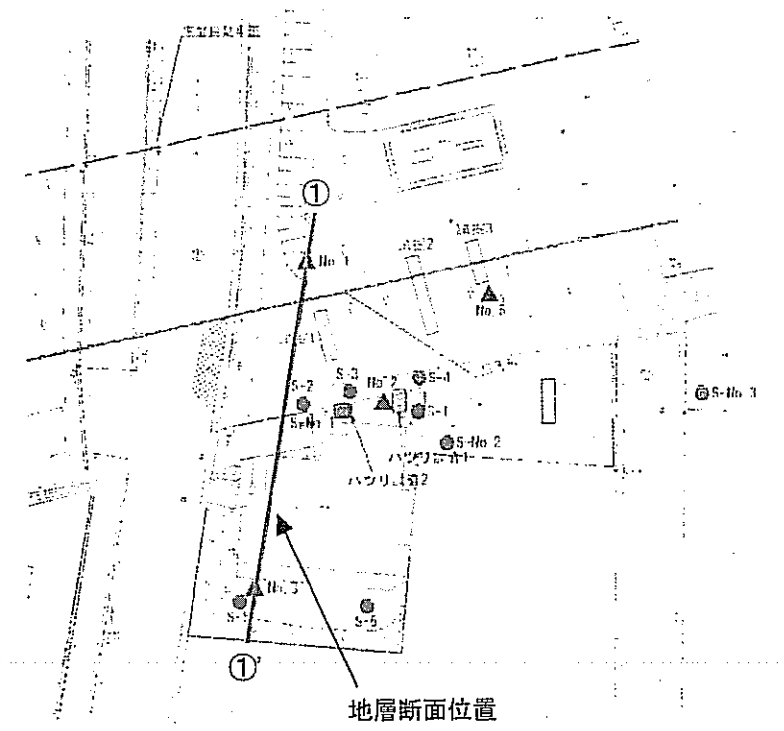


図 2.1.2 地層断面図 (V=1:150, H=1:150)

2. 2 スウェーデン式サウンディング試験結果

スウェーデン式サウンディングは、図 2.2.1 に示すように調査地の南（庭）と北（物置周辺）において実施した。

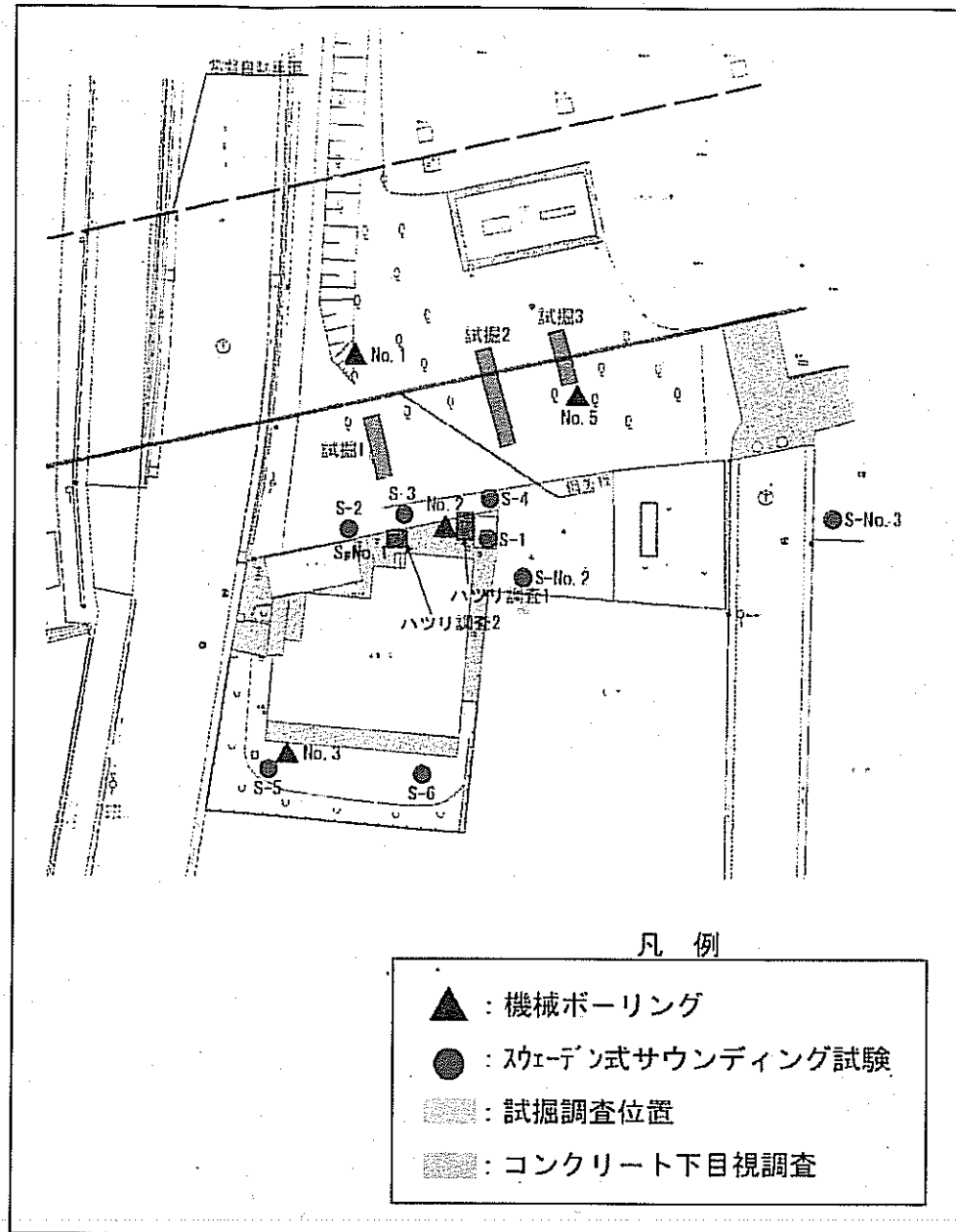


図 2.2.1 スウェーデン式サウンディング位置図

【スウェーデン式サウンディングについて】

スウェーデン式サウンディング（図 4.3.12）は、先端貫入部にスクリーポイントを使用し、最大 1kN（100kgf）の荷重と回転により地盤に貫入させるものである。最近では精度向上と作業効率化を目的として自動試験装置も開発されており、従来の手動式とともに深さ 10m 以内の軟弱層や宅地造成地盤における地質調査に広く適用されている。

試験方法は、まず荷重を 50N(5kgf)、150N(15kgf)、250N(25kgf)、500N(50kgf)、750N(75kgf)、1kN(100kgf)と段階的に載荷してゆき、それぞれの荷重による沈下量を測定する。1kN(100kgf)でも自沈しない場合、荷重を保持したまま右回りに回転を開始し半回転を 1 回として 25cm 貫入に必要な半回転数を測定する。

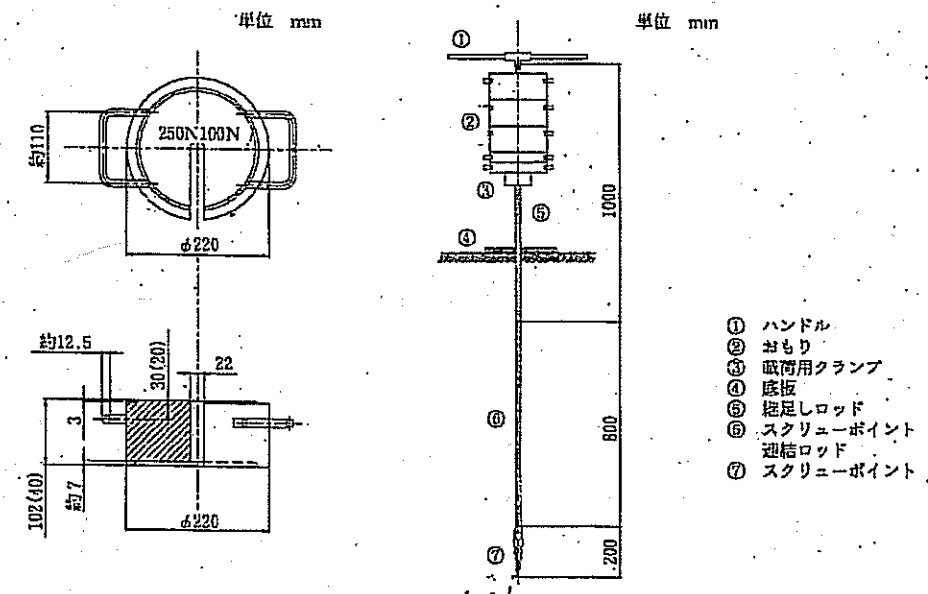


図 4.3.12 スウェーデン式サウンディング試験機²⁾

(出典：第一回改訂版 地盤調査の実務 関東地質調査業協会 平成 17 年 6 月 p168)

スウェーデン式サウンディングの結果を表 2.2.1 にまとめて示す。

表 2.2.1 に示す値は、スウェーデン式サウンディングの結果より求めた測定値の範囲を示している。

表 2.2.1 より、敷地南側（庭）の地層は敷地北側（物置周辺）と比較して全体に軟らかいことが分かる。

表層の盛土（B1～B3 層）のうち B2 層（黒ボク）は、敷地南側は $W_{sw}=0.5\sim 1.0\text{kN}$ （50kg～100kg）に対して、敷地北側では $N_{sw}=4\sim 16$ 回であり地層の硬さに違いがみられる。

表 2.2.1 スウェーデン式サウンディング試験結果一覧表

地層	敷地南側（庭）		敷地北側（物置周辺）	
	W_{sw} (kN)	N_{sw} (回)	W_{sw} (kN)	N_{sw} (回)
B1層 盛土（砂質シルト）	1.0		1.0	
B2層 盛土（黒ボク）	0.75～1.0			4～16
B3層 盛土（凝灰質シルト）	0.5～1.0		1.0	
Ac1層 有機物混じりシルト	0.5～1.0		1.0	
Dc1層 凝灰質シルト	0.5～1.0		0.75	
Dc2層 凝灰質シルト		28～232		16～104

【使用したデータ】
 敷地南側（庭） : S-5地点, S-6地点
 敷地北側（物置周辺） : S-1～S-4地点, S-No.1地点

2. 3 試掘調査結果

試掘調査は、地中レーダの結果で周辺の地盤と異なる波形が記録された箇所において、目視により混入物の有無を確認するために実施した。試掘調査は、幅 1.0m程、深さ 1.2m程の範囲で掘削した。

その結果、地中レーダで周辺の地盤と異なる波形が記録された箇所には「黒ボク」が分布することが明らかとなった。(異物などの混入はみられない) 試掘調査の結果を要約すると以下のとおりである。

- a) 異物の混入はみられない
- b) GL-0.7m~0.75m以深に黒ボクを確認する。
- c) 用地境界のフェンスから 7.4m離れた位置で鋼矢板を確認する。鋼矢板を確認した深度は GL-0.5mである。
- b) GL-0.0m~0.75mは凝灰質シルトを主体とする粘性土である。

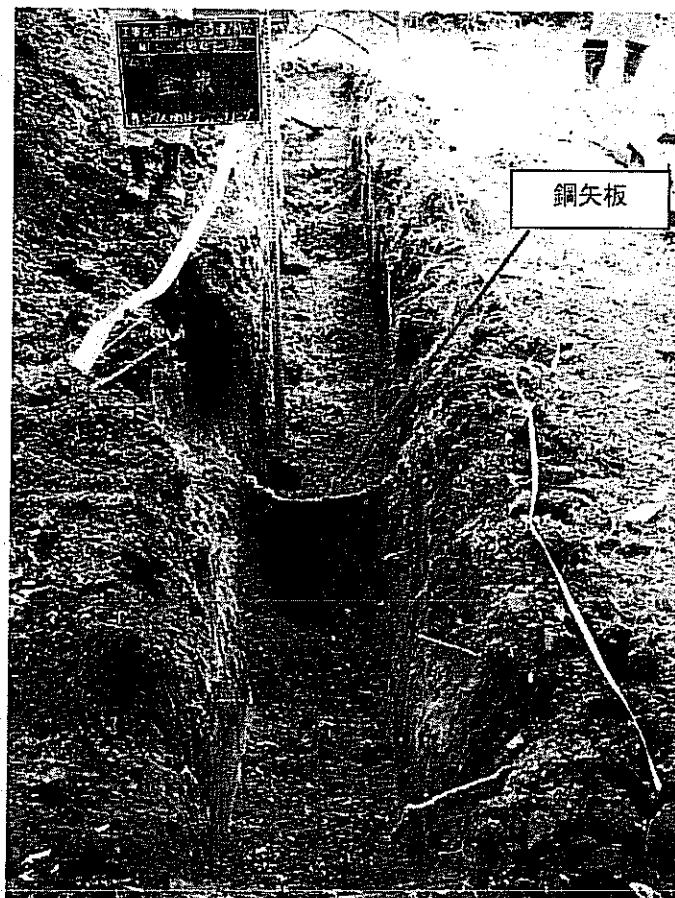
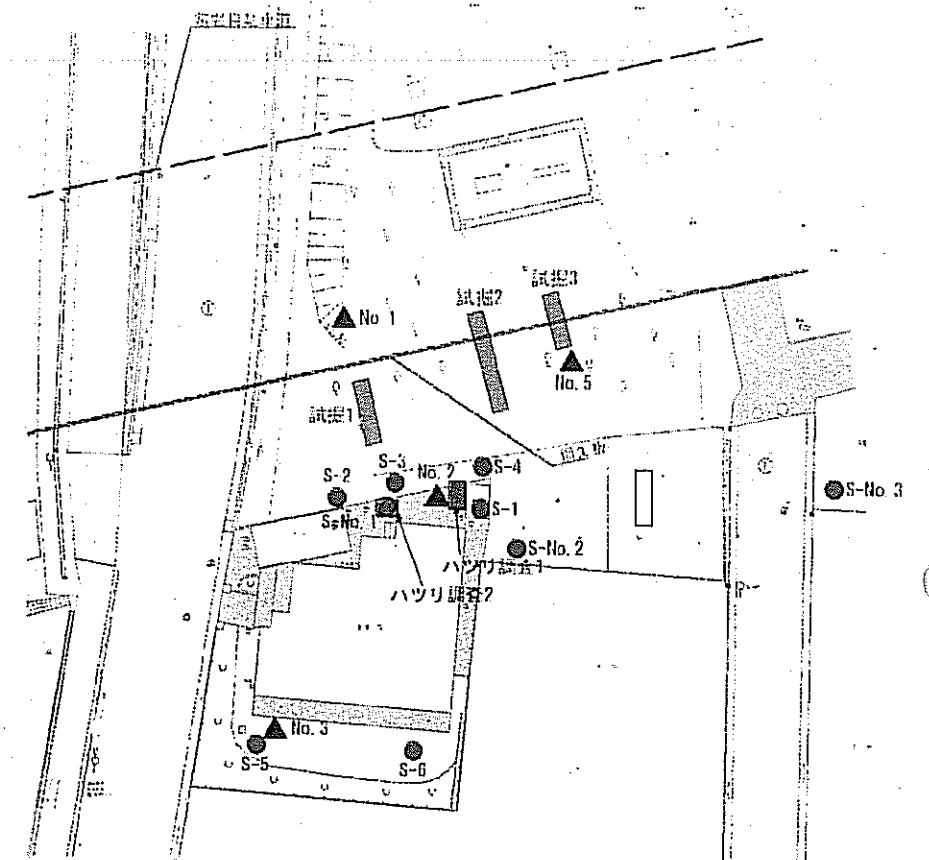


写真1 公園から米津邸を望む

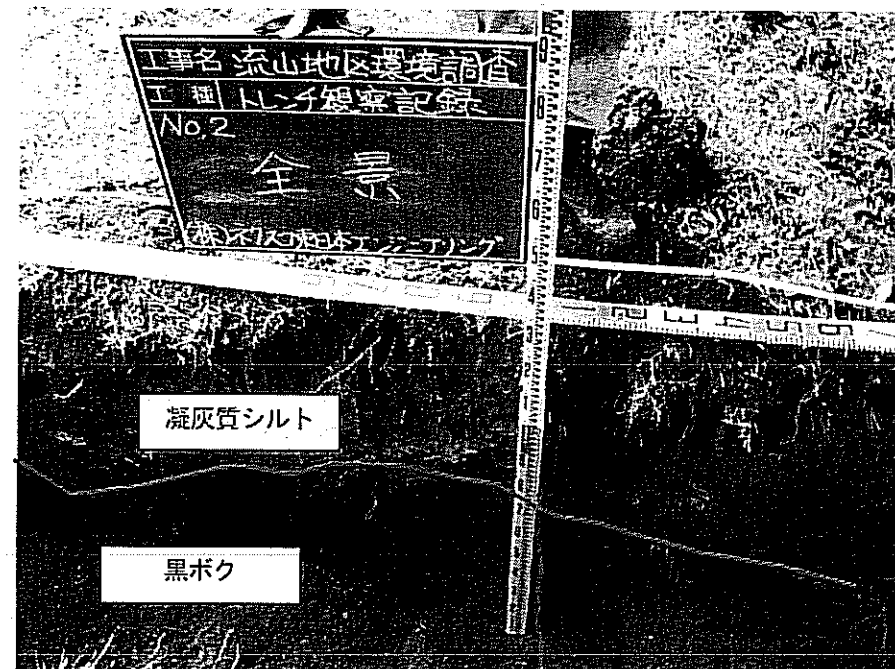


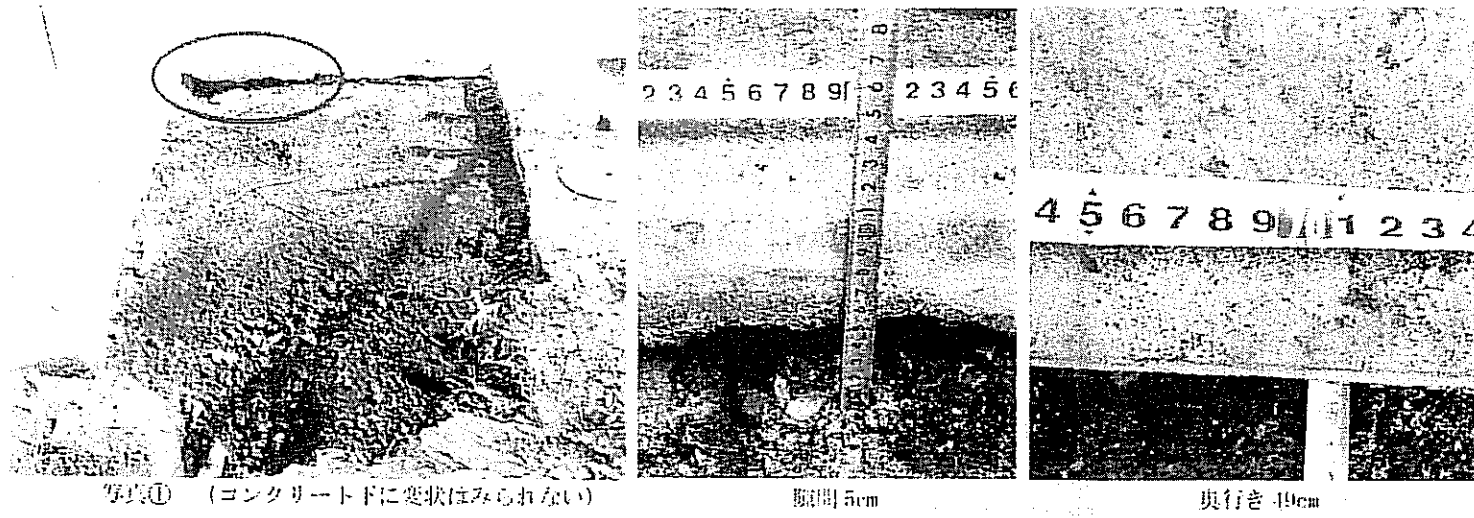
写真2 東京よりの側面



写真3 東京よりの側面

【参考写真 試掘2における状況写真】

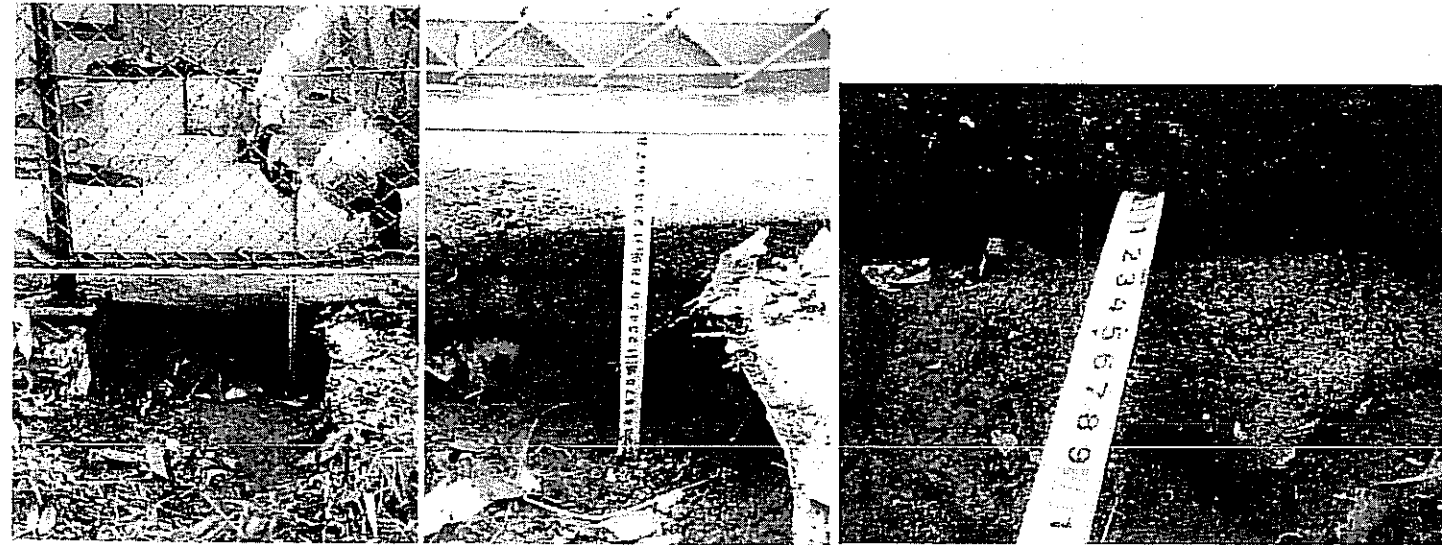
2. 4 コンクリート下目視調査結果



写真① (コンクリート下に変状はみられない)

縦向き 5cm

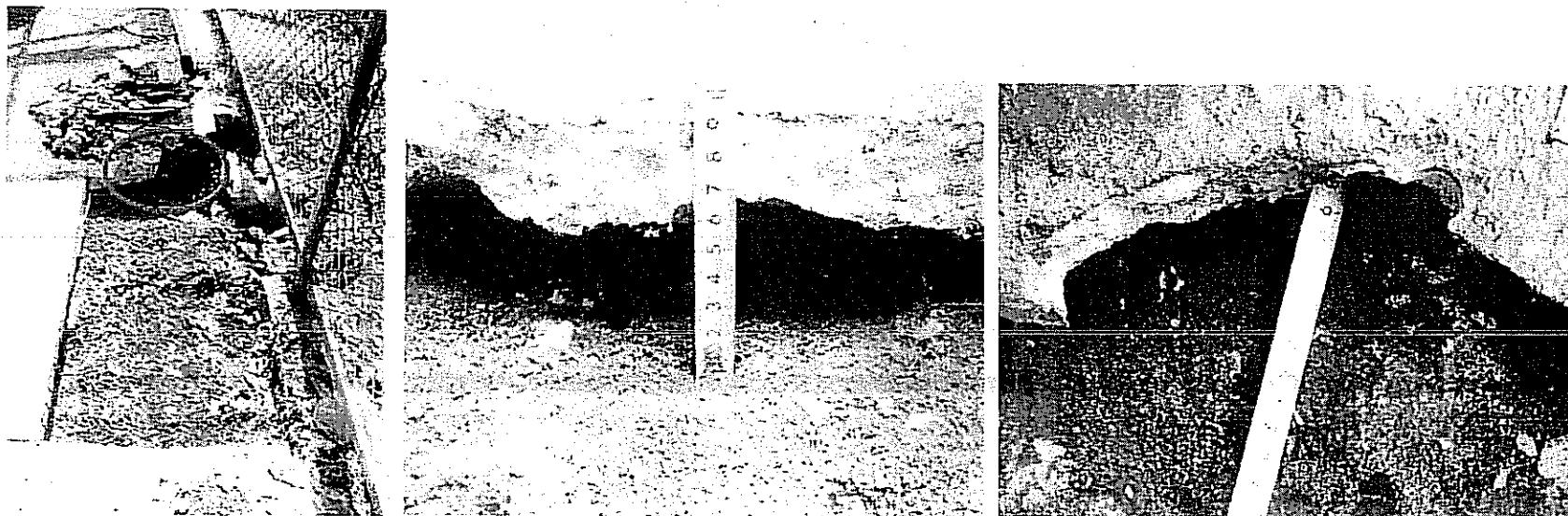
奥行き 19cm



写真②

写真②近景 (縦向き 11cm)

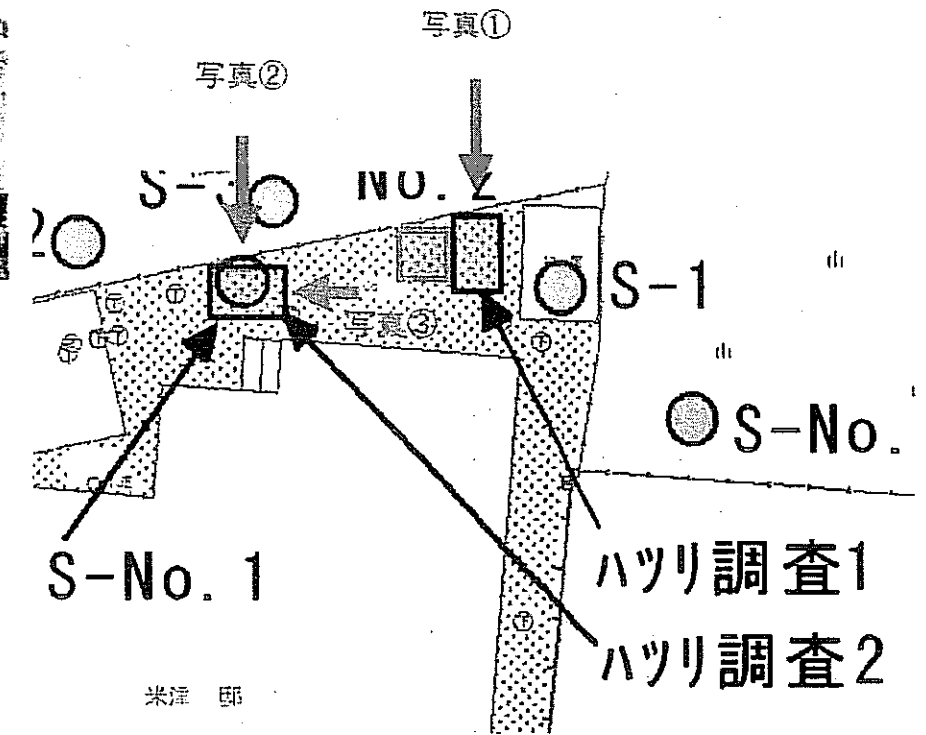
写真② (奥行き 60cm)



写真③

縦向き 6cm

奥行き 19cm



3. 現地調査結果の整理

現地調査結果を整理して、表 3.1 に示す。

表 3.1 現地調査結果一覧表

現地調査結果	地層状況	<p>①調査地の表層は盛土で、盛土の厚さは 1.85m~2.00m である。</p> <p>②盛土の地層は表層より砂質シルト (B1 層)、黒ボク (B2 層)、凝灰質シルト (B3 層) の 3 層に区分される。</p> <p>③調査地北側 (物置周辺) と比較して南側 (庭) では、盛土の硬さが軟らかい。</p> <p>④変状がみられる敷地北側の地層と敷地南側の地層は同一である。(変状発生箇所の地層が特に軟弱ということはない)</p> <p>⑤黒ボク (B2 層) には縦方向の開口亀裂が存在する。</p>
	地下水位	<p>敷地南の庭で行ったボーリング地点 No.3 の水位は標高 T.P=14.07m、物置前のボーリング地点 No.2 は標高 T.P=13.42m であり、地下水位の高低差は「0.65m」である。</p> <p>(地下水の変化を把握するため、自記水位計を設置して地下水観測を実施する：9/11 計測機器設置)</p>
	周辺の構造物	<p>米津邸の用地境界から 7.4m 離れた位置に鋼矢板が残置する。</p>
	その他	<p>年に数回、ガレージ付近まで冠水することがある。</p>

表 3.1 に示す調査結果に着目して以下の内容について整理する。

- ① 盛土の支持力不足
- ② B2 層 (黒ボク) の圧縮
- ③ 盛土下位に分布する Acl 層の圧密沈下

①盛土の支持力について

スウェーデン式サウンディング試験結果を用いて、下式（出典：日本建築学会 小規模建築物基礎設計指針 2008.2 p75）より、地盤の長期許容支持力の検討を求めた。
 なお、長期許容支持力の検討は、スウェーデン式サウンディングの試験位置「S-1」と「S-5」の結果を用いた。

$$q_a = 30\overline{W}_{sw} + 0.64\overline{N}_{sw}$$

記号 q_a : 長期許容支持力度 (kN/m²)

\overline{W}_{sw} : SWS 試験における貫入時の荷重の平均値 (kN)

\overline{N}_{sw} : SWS 試験における貫入量 1 m あたりの半回転数 (150 を超える場合は 150 とする) の平均値 (回)

基礎は基礎幅 B が 0.8m、基礎設置深度が GL-0.5m であることから検討深度は GL-0.5m~2.25m を対象とし、長期許容支持力 q_a は、

- ・敷地北側 : $q_a = 33.65 \text{ kN/m}^2$
- ・敷地南側 : $q_a = 27.79 \text{ kN/m}^2$

が求める。

S-1地点

Wsw (kN)	Na (回)	D (m)	L (cm)	Nsw (回)
0.25		0.12	12	
0.50		0.17	5	
0.75		0.20	3	
1.00		0.23	3	
1.00	1	0.25	2	50
1.00		0.35	10	
1.00	3	0.50	15	20
1.00	5	0.75	25	20
1.00	4	1.00	25	16
1.00	1	1.25	25	4
1.00		1.50	25	
1.00		1.75	25	
1.00		2.00	25	
1.00		2.25	25	
1.00		3.00	75	
1.00		3.25	25	

基礎の深度GL-0.5m

GL-2.25m(基礎直下から2Bの範囲(B=0.8m))

$$W_{sw} \text{の平均値} = (1.0 \times 1.75) / 1.75 = 1.0 \text{ kN}$$

$$N_{sw} \text{の平均値} = (20 \times 0.25 + 16 \times 0.25 + 4 \times 0.25) / 1.75 = 5.71$$

S-1地点の長期許容支持力

$$\begin{aligned} q_a &= 30W_{sw} + 0.64N_{sw} \\ &= 30 \times 1.0 + 0.64 \times 5.71 \\ &= 33.65 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

S-5地点

Wsw (kN)	Na (回)	D (m)	L (cm)	Nsw (回)
0.25		0.05	5	
0.50		0.12	7	
0.75		0.15	3	
1.00		0.25	10	
1.00		0.35	10	
1.00	2	0.50	15	13
1.00	3	0.75	25	12
0.75		1.00	25	
0.75		1.25	25	
0.75		1.50	25	
1.00		1.75	25	
1.00		2.00	25	
1.00		2.25	25	
1.00		2.50	25	
1.00		2.75	25	
1.00		3.00	25	

基礎の深度GL-0.5m

GL-2.25m(基礎直下から2Bの範囲(B=0.8m))

$$W_{sw} \text{の平均値} = (1.0 \times 0.25 + 0.75 \times 0.75 + 1.00 \times 0.75) / 1.75 = 0.89 \text{ kN}$$

$$N_{sw} \text{の平均値} = (12 \times 0.25) / 1.75 = 1.71$$

S-5地点の長期許容支持力

$$\begin{aligned} q_a &= 30W_{sw} + 0.64N_{sw} \\ &= 30 \times 0.89 + 0.64 \times 1.71 \\ &= 27.79 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

②B2層（黒ボク）の圧縮について

B2層（黒ボク）の圧密試験結果を図3.1に示す。

圧密試験は、変状がみられる敷地北の物置前（ボーリング地点 No. 2）と変状がみられない敷地南の庭（ボーリング地点 No. 3）において採取した試料を用いて行った。

図3.1に示すように、変状がみられない敷地南の初期間隙比が $e_0=3.405$ であるのに対して、変状がみられる敷地北の初期間隙比は $e_0=2.204$ と小さい値を示す。

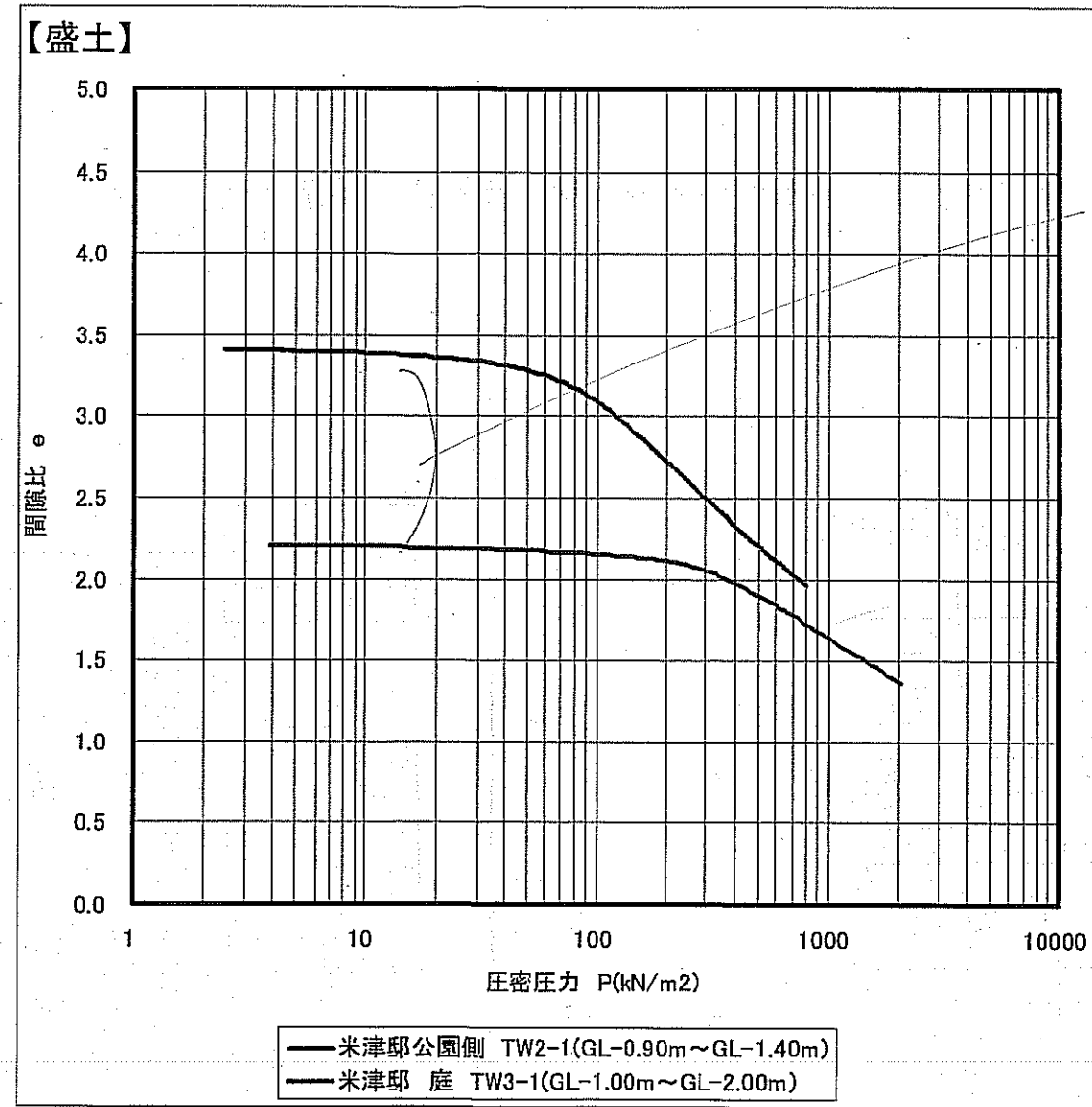


図3.1 e-log p 曲線 (B2層)

③盛土下位に分布する Ac1 層と Dc1 の圧密沈下について

盛土の下位に分布する Ac1 層と Dc1 層は $N=0\sim 1$ 回であり、非常に軟らかい粘性土であり、盛土により圧密沈下の発生する
 場合がある。そこで、圧密試験から求める圧密降伏応力 P_c より、現在の圧密状態の検討を行った。

圧密降伏応力 P_c は、その土が地盤中で過去に受けた最大の圧密荷重、すなわち先行圧密荷重と一致するといわれている。

図 3.2 の模式図より、以下のようにまとめられる。

- ◇ 「圧密降伏応力 $P_c = \text{有効土被り圧 } \sigma_v'$ 」は、現在受けている応力と過去に受けた応力が等しい。
 この粘土を正規圧密粘土という。
- ◇ 「圧密降伏応力 $P_c > \text{有効土被り圧 } \sigma_v'$ 」は、過去に受けた有効土被り圧 σ_v' が現在では減少し
 ている状態にあり、この粘土を過圧密粘土という。

正規圧密粘土に構造物が載荷されると、 $e - \log p$ 曲線の直線部分にそって沈下が生じる。

しかし、過圧密粘土は新たな荷重が作用しても、圧密降伏応力 P_c の荷重まではほとんど沈下が生じないとみなされている。

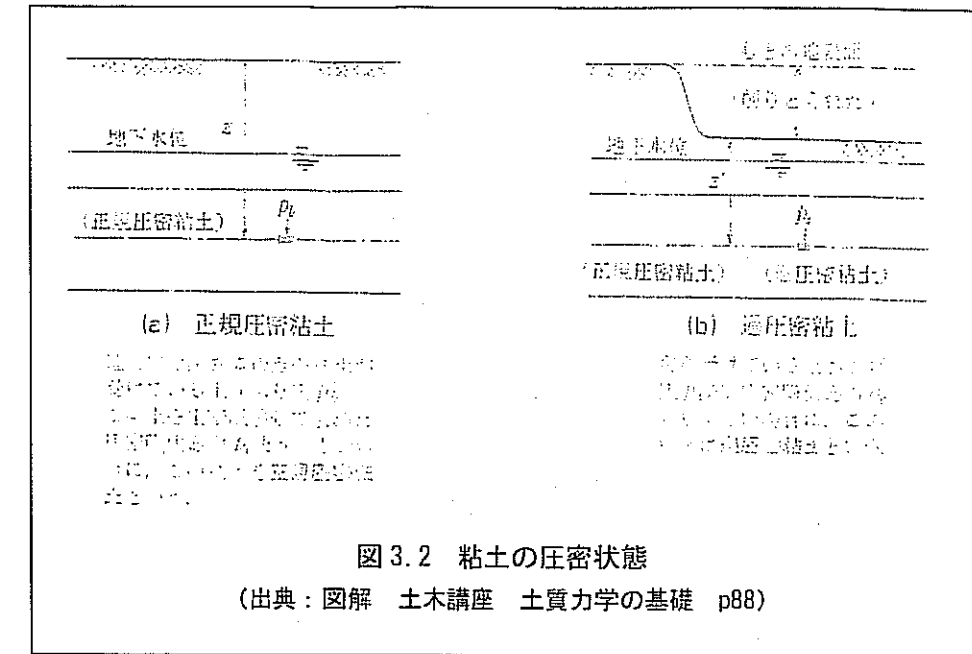
圧密降伏応力 P_c と有効土被り圧 σ_v' との比 (P_c / σ_v') は過圧密比 OCR といい、以下の関係が成り立つ。

- ・ $P_c / \sigma_v' = 1$: 正規圧密
- ・ $P_c / \sigma_v' > 1$: 過圧密

図 3.3 に、調査地点 No. 2 で採取した Ac1 層と Dc1 層の圧密試験結果より圧密降伏応力 P_c と有効土被り圧 σ_v' の関係を整理して示す。

図 3.3 より、Ac1 層の過圧密比 OCR は $OCR = 1.94$ 、Dc1 層は $OCR = 7.21$ であり圧密領域は過圧密にあり現状盛土により圧密沈下は収束していると判断される。

このことから、変状の要因として Ac1 層の圧密沈下は起因しないと判断される。



地点番号 No.2
地下水位 3.1 m

地層名	深度 m	地層深度 GL- m	地層厚さ m	単位体積 重量 γ_t kN/m ³	水中単位 体積重量 γ_t' kN/m ³	全応力 σ kN/m ²	有効土被り 圧 σ_v' kN/m ²	圧密降伏 応力 P_c kN/m ²	過圧密比 OCR
B1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0		
B1	-0.87	0.87	0.87	17.80	7.80	15.5	15.5		
B2	-1.63	1.63	0.76	13.80	3.80	26.0	26.0		
B3	-2.00	2.00	0.37	17.80	7.80	32.6	32.6		
Ac1	-2.40	2.40	0.40	14.30	4.30	38.3	38.3		
Ac1	-3.10	3.10	0.70	14.30	4.30	48.3	48.3	93.6	1.94
Dc1	-3.30	3.30	0.20	14.50	4.50	51.2	49.2	354.7	7.21
Dc1	-3.69	3.69	0.39	14.50	4.50	56.8	51.1		

				盛土(砂質シルト)	茶	B1
1	15.30	0.87	0.87	盛土(黒赤ケ)	黒	B2
2	14.54	0.76	1.63	盛土(凝灰質シルト)	黄褐	B3
	14.17	0.37	2.00	有機物混じりシルト	暗褐	Ac1
3	13.07	1.10	3.10	凝灰質シルト	紫灰	Dc1
	12.48	0.59	3.69	凝灰質シルト	灰~暗緑灰	
4	11.52	0.96	4.65	砂質シルト	暗緑灰	
5	10.44	1.08	5.73	シルト質細砂	暗灰	
6						
7						

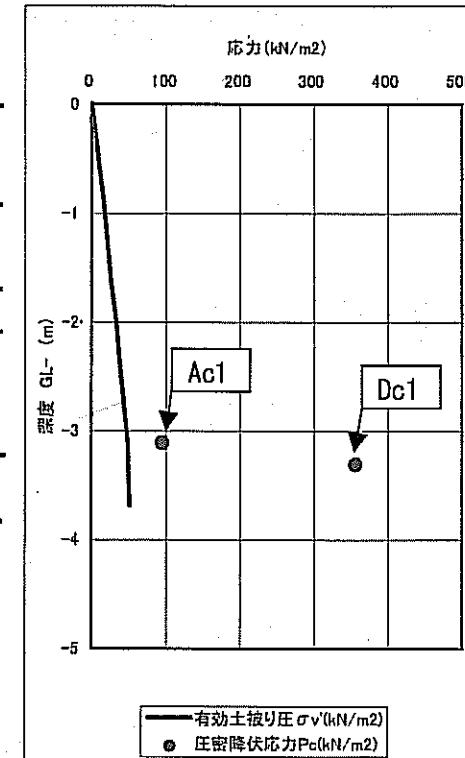


図 3.3 有効土被り圧と圧密降伏応力 P_c の関係