

記号凡例

	調査ボーリング位置 (No. 1, No. 2)
	既往調査ボーリング位置
	CBR試験位置 (CBR. 1)
	地質断面位置
	特装車(クローラ)運搬経路

平成 23 年度	
業務名	加賀市統合新病院建設事業土質調査業務
箇所	加賀市作見町 地内
図名	図2.2 調査位置図
縮尺	S=1/2000 (A3)
図面番号	
加 賀 市	

図2.2 調査位置図

5. 調査結果

5-1 調査ボーリング結果

調査ボーリングは「統合新病院事業区域」敷地内の基礎地盤の地質性状を明らかにし、設計・施工のための基礎資料を得る目的で、図2.2に示す2箇所において行った。

結果は、標準貫入試験のN値ならびに各種検層結果を併記して巻末のボーリング柱状図に整理した。

(1)調査地盤の地層構成

調査地盤は、土質ならびに工学的特性(N値や後述する密度、弾性波速度)から、14層に区分することができ、その特徴について整理したものを表5.1.1に示す。

建設予定地内の地層分布状況を推定し、図6.1.1の推定地質断面図を作成した。また、調査地は低地と丘陵の境界近傍に位置することから、地層の変化や基盤(工学的基盤)の傾斜等の広域的な地層分布性状を把握するために、北方の橋立丘陵周縁までの区間で実施された下記の既往調査資料とも照合して、図6.1.2の推定地質断面図を併せて作成した。

【既往調査資料】

- 既往資料 1 : 『(仮称)加賀アートギャラリー新築工事 地盤調査』
平成 8 年 1 月 加賀市
- 既往資料 2 : 『加賀市特定集積整備事業地盤調査業務委託』
平成 7 年 4 月 加賀市
- 既往資料 3 : 『石川県平野部の地盤図集』
昭和 57 年 7 月 旧建設省北陸地方建設局北陸技術事務所

表5.1.1 地層層序一覧表

地質年代	地層名		記号	調査地での特徴	測定N値	分布深度 (Gt-m)	
	盛土	中砂 礫混りシルト状				No.1	No.2
現世	盛土	中砂 礫混りシルト状	B	<ul style="list-style-type: none"> No.1では均質な中砂からなり、No.2では40mmの砕石を含む礫混りシルト状をなす。 両ボーリング地点共に含水低位。 	-	0.00	0.00
	沖積粘性土層	粘土	Ac	<ul style="list-style-type: none"> 全体として均質。微細な腐植木片をわずかに含み、部分的に有機質となる。 含水中位。指圧で容易に凹む。 極まれに微細砂を含み、砂の薄層を挟む。 	0 (モルタル自洗) ~7	0.60	1.00
完新世	沖積砂礫層	シルト質砂礫	Ag	<ul style="list-style-type: none"> 2~10mmの垂角~垂円礫主体で、10~40mmの垂円礫を含む (max70mm)。 マトリクスは中~粗砂主体で、シルト分に富む。 No.1では、礫混りシルトの薄層を挟む。 	29~60以上	4.70	6.60
	第1洪積粘性土層	粘土	Dc1	<ul style="list-style-type: none"> 微細な腐植物を含み、部分的に繊維質な黒色の腐植木片を多産する腐植土を挟む。 含水中位。指圧で凹む。 	9	8.10	10.00
第四紀	第1洪積砂質土層	シルト質砂 シルト混り砂	Ds1	<ul style="list-style-type: none"> 粒度変化に富み、層相が著しく変化する。 No.1では上部が細~中砂を主体とする均質な土層であるが、下部で礫混り砂やシルト質砂礫、粘土を挟む。 No.2では下部に向かうにつれ粗粒化し、微細砂~中砂を主体とする。 腐植もしくは未分解の木片を多産し、局部的に10~20cmの厚さで密集する。 	10~29	14.70	14.50
	第2洪積砂質土層	シルト混り砂	Ds2	<ul style="list-style-type: none"> 中砂を主体とし、部分的に粗砂を含む。 2~10mmの垂円~円礫を混入する。 	25~38	18.80	19.80
	第2洪積粘性土層	シルト	Dc2	<ul style="list-style-type: none"> 微細な腐植木片を含み、部分的に有機質となる。 シルト質~シルト混り砂を随所に挟む。 含水中位。指圧でわずかに凹む。 	14~60以上	24.60	22.60
	第1洪積砂礫層	シルト質砂礫 礫混り砂	Dg1	<ul style="list-style-type: none"> No.1では、2~10mmの垂角~垂円礫主体で、10~50mmの垂円礫が散在する (max50mm)。 No.2では細粒化により、2~10mmの垂円~円礫を主体とし、部分的に礫混り砂を挟む。 マトリクスは中~粗砂主体で、シルト分に富む。 最上部で腐植木片が密集する。 	44~60以上	29.60	22.60
	第3洪積粘性土層	シルト	Dc3	<ul style="list-style-type: none"> 微細な腐植木片を含み、部分的に有機質となる。 含水中位。指圧でわずかに凹む。 No.2では15cmまで層厚を減じる。 	20	31.05	22.75
	第3洪積砂質土層	シルト質砂	Ds3	<ul style="list-style-type: none"> 細砂を主体とする。 全体として不均質で、粒度変化に富み、深度によってはシルト混りとなる。 微細な腐植もしくは未分解の木片を含み、局部的に密集する。 厚さ10~20cm程度の有機質(砂質)シルトを挟む。 	25~60以上	39.00	24.25
	第4洪積砂質土層	シルト混り砂 礫混り砂	Ds4	<ul style="list-style-type: none"> 細砂を主体とする。 全体として不均質で、部分的にシルト質となる。 微細な腐植木片が点在し、局部的に密集する。 	37~60以上	43.50	33.75
	洪積砂 - 砂礫互層	シルト質砂礫 礫混り砂	Dsg	<ul style="list-style-type: none"> シルト質砂礫を主体とするが、礫混り砂を随所に挟む。 シルト質砂礫は2~20mmの垂円~円礫を主体とし、20~40mmの垂円礫を含む (max100mm)。 マトリクスは中~粗砂主体で、シルト分に富む。 礫混り砂は粗砂を主体とし、2~15mmの垂円~垂角礫を混入する (max40mm)。 	60以上		
	第2洪積砂礫層	シルト質砂礫	Dg2	<ul style="list-style-type: none"> 2~20mmの垂円礫主体で、20~40mmの垂円礫を含む (max40mm)。 マトリクスは中~粗砂主体で、シルト分に富む。 No.1では46.8m以深は粗粒化し、30~50mmの垂角~垂円礫が散在する (max50mm)。 	55~60以上	51.70	35.15
	中新世	シルト岩層	シルト岩	T	<ul style="list-style-type: none"> 塊状のシルト岩を主体とする。極細砂~細粒砂をわずかに含み、深度によって粒度が多少変化する。 貝化石をわずかに含む。 無亀裂で柱状コアとして採取される。ハンマーの普通打で濁音を生じ割れる。 上位の「第2洪積砂礫層(Dg2)」との境界は20cm程度の厚さで風化する。風化帯は岩芯まで暗褐色を呈すが、コアは柱状に産し、潜在亀裂に沿ってブロック状に割れる。 	55~60以上	57.00

各孔で分布しない土層

沖積層と洪積層の地層区分について

地層の年代区分は、コア性状から判断して明瞭な区分がつかない場合、一般的には地質に内包する植物化石などから年代同定により決定するが、当該地区で実施された既往調査を含めこのような成果は得られていない。このため、本業務では次のとおり地層の区分を行った。

最上位の粘性土層は、局所的な砂層の挟みによる過大値を除けば、N値0～4回の軟弱な粘性土であり、その特徴から沖積層の粘性土とみなされる。

この沖積粘性土層(Ac)の下位に分布する砂礫層は、N値が概ね30以上の「密な」状態であるが、年代効果による固結(セメンテーション)がみられない孔壁崩壊性の高い地層であり、後述する物性値(密度やS波速度)が沖積層相当の値を示すことも鑑み、沖積層の砂礫(Ag)に区分した。

沖積砂礫層(Ag)以深の地層については、最上部の粘性土層(Dc1)のN値が既往資料を含め9～27を示す硬い～非常に硬い粘性土であり、上位の沖積粘性土層(Ac)と硬さに明瞭な差異が認められる。加えて、この粘性土層(Dc1)以深は相対的にN値が高く、後述する物性値(密度値やS波速度)が洪積層相当の値を示すことから、本業務ではDc1層以深を洪積層として区分した。

調査地に分布する粘性土層の特徴

粘性土層は、沖積層、洪積層の双方とも微細な腐植木片を含み、部分的に有機質となる特徴が認められる。



写真5.1.1 No.1孔の「沖積粘性土層(Ac)」[深度0～5m]



写真5.1.2 No.2孔の「第2洪積粘性土層(Dc2)」[深度15～20m]

調査地に分布する砂質土層の特徴

砂質土層は粒度変化に富み、層相変化が著しく、シルトの介在がみられる。また、層相変化により細粒分に富む部分では腐植木片の混入がみられる。



写真5.1.3 No.1孔の「第3洪積砂質土層(Ds3)」[深度30～35m]

洪積砂 - 砂礫互層(Dsg)と第2洪積砂礫層(Dg2)の地層区分について

第4洪積砂質土層(Ds4)の下位には、N値が60回以上を示す密実なシルト質砂礫層が分布する(No.1孔でGL-43.5m以深、No.2孔でGL-24.25m以深)。No.1地点とNo.2地点でこの砂礫層の土質を対比すると、No.1地点は砂層の挟みの少ないシルト質砂礫であるのに対し、No.2地点は礫混り粗砂を随所に介在するシルト質砂礫からなる。この層相と分布標高の差異を鑑み、本件ではNo.2地点のGL-24.25～33.75m間に分布する礫混り粗砂を介在する砂礫層を洪積砂 - 砂礫互層(Dsg)に区分し、その下部を第2洪積砂礫層(Dg2)として区分した。

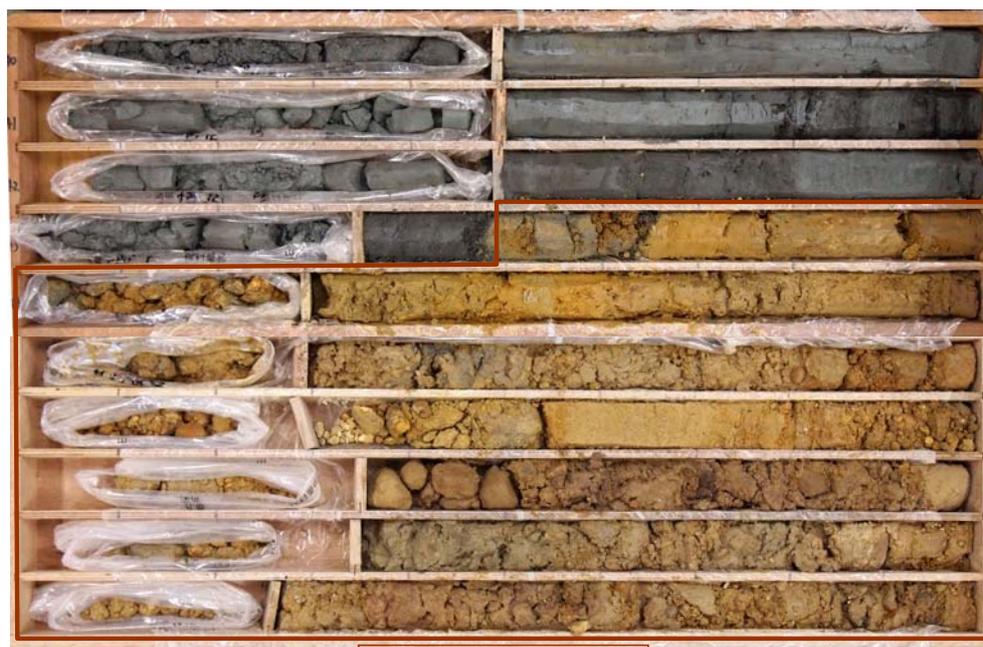


写真5.1.4 No.1孔の「第2洪積砂礫層(Dg2)」[深度40～50m]



写真5.1.5 No.2孔の「第2洪積砂礫層(Dg2)」[深度25～35m]

シルト岩層(T)の特徴

基盤岩は塊状のシルト岩からなる。調査地周辺の簡易な地表地質踏査より、近傍の橋立丘陵の露頭斜面にも塊状無層理のシルト岩が確認され、大聖寺市街地南方の細坪町を模式地とする「細坪層」と層相が酷似している。

これらの地質状況より、調査地に出現するシルト岩は細坪層に対比されると推定される。



シルト岩層(T)

写真5.1.6 No.1孔の「シルト岩層(T)」

調査結果より、No.1地点とNo.2地点とのシルト岩上面の標高差は約16.5mに及び、No.1側(低地側)へ約6°の勾配で傾斜する。この傾斜角は見掛けの傾斜であるが、橋立丘陵(台地)と沖積低地の地形境界に直行する方向に今回の調査ボーリング地点を配置しているため、大局的にはほぼ真の傾斜角(最大傾斜角)に近いと思われる。

ただし、シルト岩層(T)と上位の洪積層は不整合関係にあり、シルト岩の上面はかつての地形面を反映し、局部的に起伏に富んでいる可能性がある。

5-2 孔内水位

ボーリング掘進中の孔内水位の変動は、図 5.2.1、図 5.2.2 に整理したとおりである。

自然水位確認のため掘削当初は無水掘削を行い表5.2.1に示すとおり、No.1およびNo.2孔ともにGL-1m以内の浅い深度に初期水位が確認された。なお、後述する液状化および圧密沈下の検討には、この初期水位を調査地盤の地下水位として採用する。

表5.2.1 各孔の初期水位

孔番	初期水位	
	(GL m)	分布地質
No.1	-0.96	Ac1
No.2	-0.40	B

初期水位確認後は泥水を使用した送水掘削を行ったため、これ以深の測定水位は必ずしも正確な地下水位とはいえないが、ある程度の目安にはなる。本業務では作業後に孔内水を汲み上げて水頭差を与え、翌朝回復水位を測定することにより、地下水の供給の有無や賦存状態の把握に努めた。

図 5.2.1、図 5.2.2 に示す孔内水位の変動から、調査地盤の地下水位は大まかに表 5.2.2 の 4 系統に分けて考えることができる。ただし、これらの孔内水位は、裸孔区間に分布する全地層の合成水位を示すものであり、個々の帯水層の真の地下水位(水頭)ではない点に注意が必要である。

表5.2.2 掘進中に確認された孔内水位

系統	裸孔区間の分布地質	孔番	孔内水位(翌朝)	備考
			(GL m)	
1	Ac1 ~ Ag	No.1	-0.85 ~ -0.96	
		No.2	-0.31 ~ -0.40	
2	Ds1 ~ Ds4	No.1	-1.24 ~ -1.37	Dg2に到達した3/7の翌朝水位を除く。
	Dc2 ~ Ds4	No.2	-0.15 ~ -0.93	
3	Ds1 ~ T	No.1	0.28 ~ 0.83	自噴を生じる。Dg2層に賦存する地下水は被圧状態にある。
	Dc2 ~ Dsg	No.2	0.15 ~ 0.50	
4	T	No.2	-2.70	

系統1

裸孔区間の地質：沖積粘性土層(Ac)～沖積砂礫層(Ag)

初期水位から沖積砂礫層(Ag)までは大きな水位変動はなく、翌朝水位はNo.1孔でGL-0.85～-0.96m, No.2孔でGL-0.31～0.40mで安定している。

系統2

裸孔区間の地質：No.1孔 第1洪積砂質土層(Ds1)～第4洪積砂質土層(Ds4)

No.2孔 第2洪積粘性土層(Dc2)～第4洪積砂質土層(Ds4)

No.1孔の翌朝水位は、前述の区間より0.4mほど低下しGL-1.24～-1.37mで安定している。一方、No.2孔はGL-0.15～-0.93m間で推移した。

系統3

裸孔区間の地質：No.1孔 第1洪積砂質土層(Ds1)～シルト岩層(T)

No.2孔 第2洪積粘性土層(Dc2)～洪積砂 - 砂礫互層(Dsg)

この区間では、No.1孔, No.2孔ともに自噴を伴う被圧地下水が確認された。その水頭は、No.1孔でGL+0.28～+0.83m, No.2孔でGL+0.15～+0.50mであった。No.1孔では第2洪積砂礫層(Dg2), No.2孔では洪積砂 - 砂礫互層(Dsg)に到達した時点で自噴水が確認されたことから、これらの砂礫層は被圧状態にあるものと判断される。

系統4

No.2孔において、シルト岩層(T)のみ裸孔区間であったときの翌朝水位はGL-2.70mを示す。前日作業後より翌朝水位の上昇が認められるが、コアの肉眼観察より難透水性の地層と考えられるため、ケーシングによる遮水が不十分で第2洪積砂礫層(Dg2)からの地下水の流入があった可能性がある。

No.1 孔口標高 : 4.63m

日付	掘削中の地下水位状況(GL m)				降水量 (mm)	備 考
	掘削深度	ケーシング	作業後 水位	翌朝水位		
2/28午前	-0.96	0.00	0.00	-0.96		※ 無水掘削で確認された初期水位
2/28	-2.50	-2.00	-1.83	-0.89	0	
2/29	-8.00	-2.00	-1.77	-0.85	1.5	
3/1	-13.50	-7.00	-1.83	-1.24	0	
3/2	-19.00	-7.00	-2.07	-1.32	7.5	
3/3	-24.50	-7.00	-1.98	-1.37	0	
3/5	-29.50	-7.00	-2.33	-1.33	11.5	
3/6	-36.50	-7.00	-1.81	-1.28	10.5	
3/7	-43.50	-7.00	-2.23	0.28	0.5	
3/8	-45.00	-7.00	-0.71	1.17	0	
3/9	-45.00	-7.00	1.18	0.83	0	
3/12	-47.00	-7.00	1.21	0.10	4.5	
3/13	-50.00	-7.00	-1.55	0.13	3	
3/14	-53.00	-7.00	0.34	0.54	0	
3/15	-53.00	-7.00	-0.71	0.48	9	
3/16	-57.00	-7.00	-1.29	0.42	0	
3/17	-60.00	-7.00	-0.91	0.28	16	57m以降は検層実施のための余掘
3/19	-60.00	-7.00	0.00	0.30	3	検層実施のため未測定

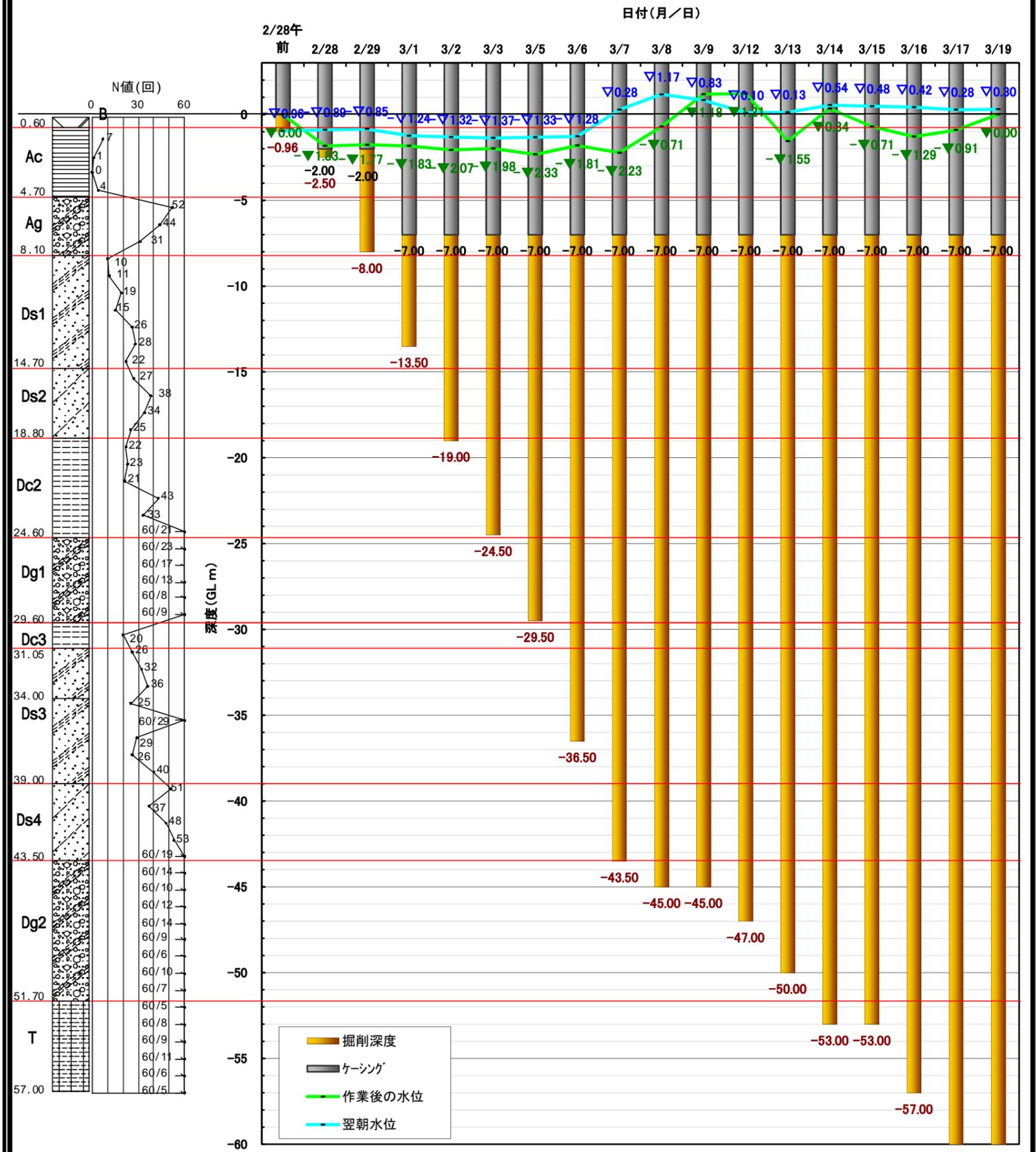


図5.2.1 掘進中の地下水位変化図(No.1)

No.2

孔口標高 : 4.74m

日付	掘削中の地下水位状況(GLm)				降水量 (mm)	備 考
	掘削深度	ケーシング	作業後の水位	翌朝水位		
3/1午前	-0.40	0.00	0.00	-0.40		※ 無水掘削で確認された初期水位
3/1	-2.45	-2.00	-1.00	-0.40	0	
3/2	-11.00	-8.50	-2.50	-0.31	7.5	
3/6	-16.50	-14.50	-2.10	-0.93	10.5	
3/7	-23.50	-14.50	-0.55	-0.15	0.5	
3/9	-28.50	-14.50	-0.85	0.15	0	
3/10	-30.00	0.00	-0.70	0.50	0	
3/12	-32.00	-32.00	-0.50	-0.80	4.5	
3/13	-35.30	-35.30	-2.05	-0.80	3	
3/14	-40.00	-35.30	-4.90	-2.70	0	
3/19	-40.00	-1.80	-0.15	-0.10	3	ベントナイトセメント充填

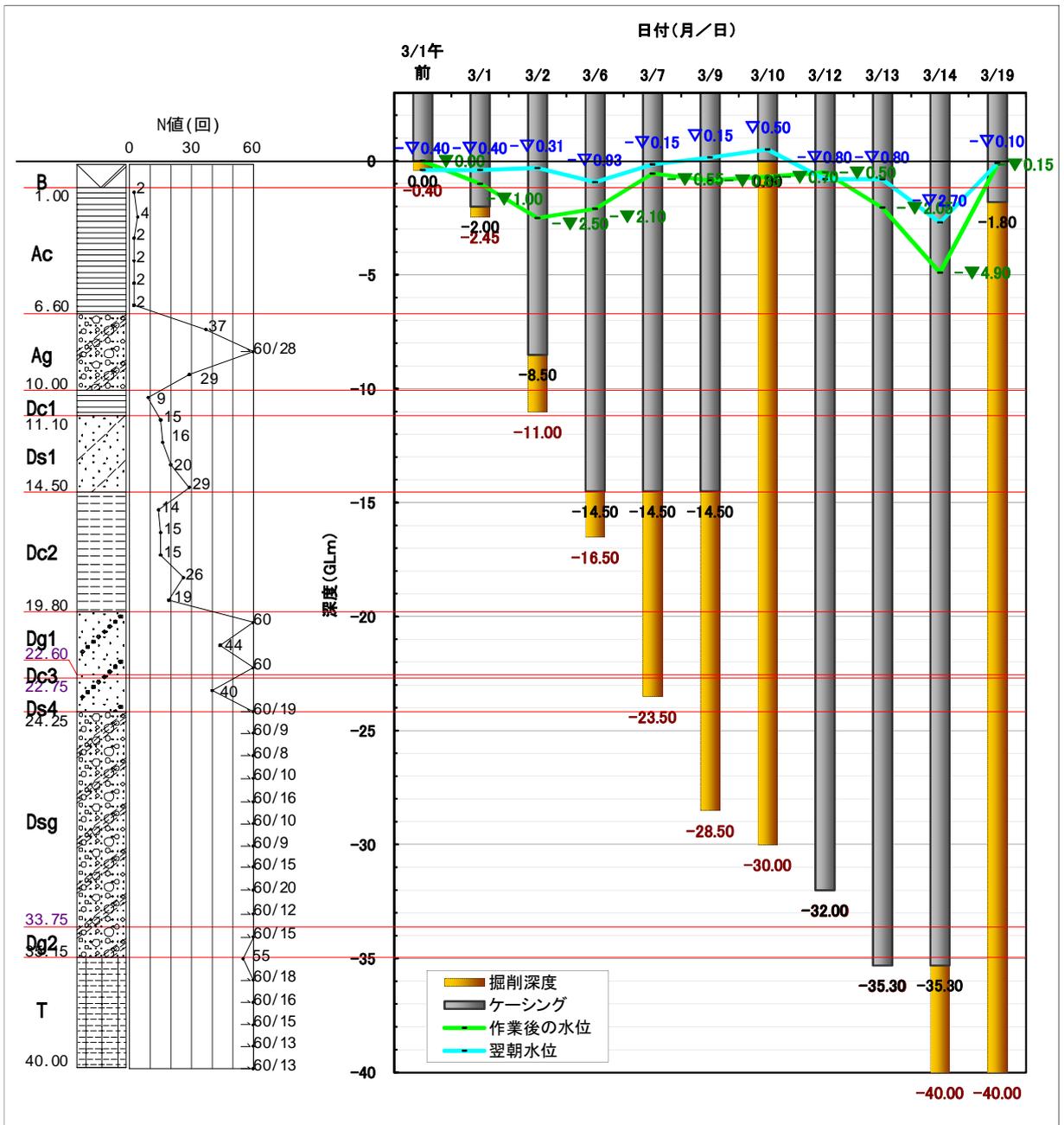


図5.2.2 掘進中の地下水位変化図(No.2)

5-3 温度検層測定結果

No.1 孔で実施した温度検層結果を図 5.3.1 に示す。

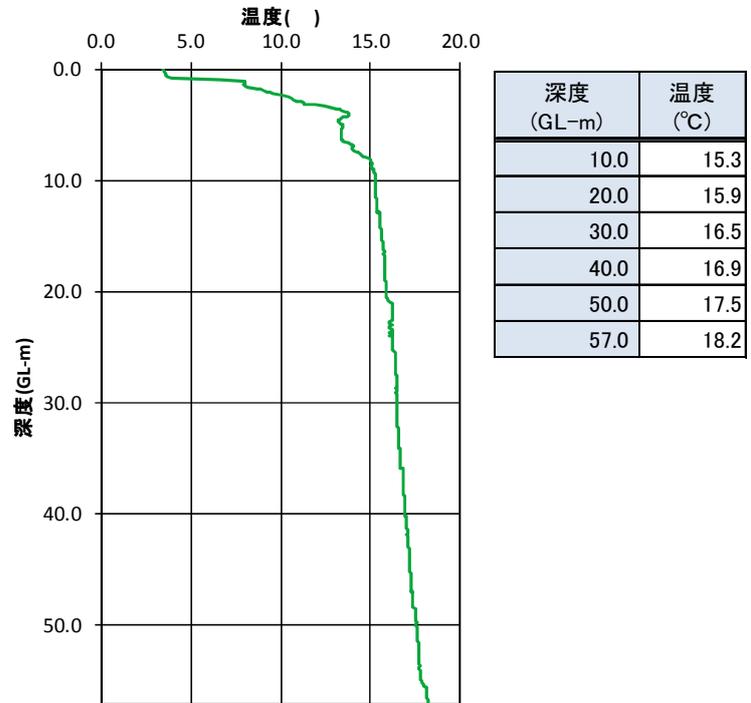


図 5.3.1 温度検層図

検層結果より、GL-0.0m よりケーシング挿入区間となる GL-7.0m までは測定時の気温の影響を受け、3 から 15 まで急激な上昇が認められる。これ以深は 0.6 /10m とほぼ一定の割合で上昇し、孔底の GL-57.0m で 18.2 を示す。

地下増温率は、表 5.3.1 に示すとおり地域ごとに異なり、日本の平均地下増温率は 0.3 /10m とされている。調査地の増温率は「5 /100m 以上：高い」に該当し、周辺に片山津や山代、山中などの温泉地を擁する地域性を反映したものと考えられる。

表 5.3.1 地下増温率の地域依存性

増温率(°C/100m)	理 由	地 域 例
~0：ほとんど変化が認められない	浸透・循環が高速。自噴地域に多い	富士南麓・埼玉県南西部・千葉県の市原・袖ヶ浦周辺
2 未満：平均以下	比較的是やい循環。厚い砂礫層をともなう大河川流域などに多い	金沢・黒部・平塚・浜松・久留米
3~4 前後：ほぼ平均値	循環がおそく、平均地殻熱流量相当温度となる。平野部の平均値	大阪平野・濃尾平野・関東平野・讃岐平野・仙台平野・石狩平野
5 以上：高い	火山周辺や温泉の湧出する地域に多い	十勝平野・津軽平野・山形盆地・群馬県北部・甲府盆地・鹿児島

深度 200m 程度までを対象(より深部における値は異なる)。

『地下水資源・環境論 - その理論と実践』より
水収支研究グループ 1993 年

5-4 密度検層測定結果

No.1 孔で実施した密度検層から得られた密度値は、表 5.4.1 の密度検層結果表に示した。また、密度値に換算した CPS 値を図 5.4.1 の密度検層結果図に示した。なお、CPS 値を密度値に換算する際に考慮する孔径については、密度検層結果図に併記している。

表 5.4.1 密度検層結果表

地層区分	分布深度 GL-(m)	土質名	密度 (g/cm ³)
盛土(B) ~ 沖積粘性土層(Ac)	0.00 - 2.00	盛土・粘土	1.68
	2.00 - 4.70	粘土	1.61
沖積砂礫層(Ag)	4.70 - 8.10	シルト質砂礫	1.78
第1洪積砂質土層(Ds1)	8.10 - 14.70	シルト質砂	1.86
第2洪積砂質土層(Ds2)	14.70 - 18.80	シルト混じり砂	1.92
第2洪積粘性土層(Dc2)	18.80 - 24.60	シルト	1.95
第1洪積砂礫層(Dg1)	24.60 - 29.60	シルト質砂礫	2.02
第3洪積粘性土層(Dc3)	29.60 - 31.05	シルト	1.92
第3洪積砂質土層(Ds3)	31.05 - 34.00	シルト質砂	1.95
	34.00 - 39.00	シルト質砂	1.94
第4洪積砂質土層(Ds4)	39.00 - 43.50	シルト混じり砂	1.96
第2洪積砂礫層(Dg2)	43.50 - 51.70	シルト質砂礫	2.06
シルト岩層(T)	51.70 - 57.00	シルト岩	1.94

・盛土(B)および沖積粘性土層(Ac)は、深度 2.00m までは 1.68g/cm³、深度 2.00 ~ 4.70m 間は 1.61 g/cm³ と算出された。土質は、盛土が均質な中砂、Ac 層は粘土からなり、いずれも沖積粘性土の一般的な値の範囲にある。また、Ac 層の密度は、後述する室内試験で測定された湿潤密度 =1.605 g/cm³ とほぼ一致する。

・沖積砂礫層(Ag)の密度は 1.78g/cm³ と算出された。土質はシルト質砂礫であり、全体に細粒分を多く含む粒度組成を反映し、砂礫層としては小さめの密度となっている。

・第 1 洪積砂質土層(Ds1)の密度は 1.86g/cm³、第 2 洪積砂質土層(Ds2)は 1.92g/cm³ と算出された。Ds1 層は細砂 ~ 中砂主体、Ds2 層は中砂を主体とするシルト質砂であり、N 値の高い Ds2 層の密度のほうがやや大きい。

・第 2 洪積粘性土層(Dc2) の密度は 1.86g/cm³ と算出された。土質はシルト主体であり、得られた密度は洪積粘性土層の一般的な値の範囲にある。

- ・第1 洪積砂礫層(Dg1)の密度は 2.02g/cm^3 と算出された。N 値 60 以上の密実なシルト質砂礫からなる土質を反映して、大きな密度が得られている。
- ・第3 洪積粘性土層(Dc3)の密度は 1.92g/cm^3 と算出された。土質は粘土で、得られた密度は洪積粘性土層の一般的な値の範囲にある。
- ・第3 洪積砂質土層(Ds3)および第4 洪積砂質土層(Ds4)の密度は、前者が $1.94 \sim 1.95\text{g/cm}^3$ 、後者が 1.96g/cm^3 と算出され、ほぼ同じ密度が得られている。
- ・第2 洪積砂礫層(Dg2)の密度は 2.06g/cm^3 と算出され、N 値 60 以上の密実なシルト質砂礫からなる土質を反映して、調査地盤で最も大きな密度が得られている。
- ・シルト岩層(T)の密度は 1.94g/cm^3 と算出され、上位の第2 洪積砂礫層(Dg2)に比べやや小さい密度を得た。

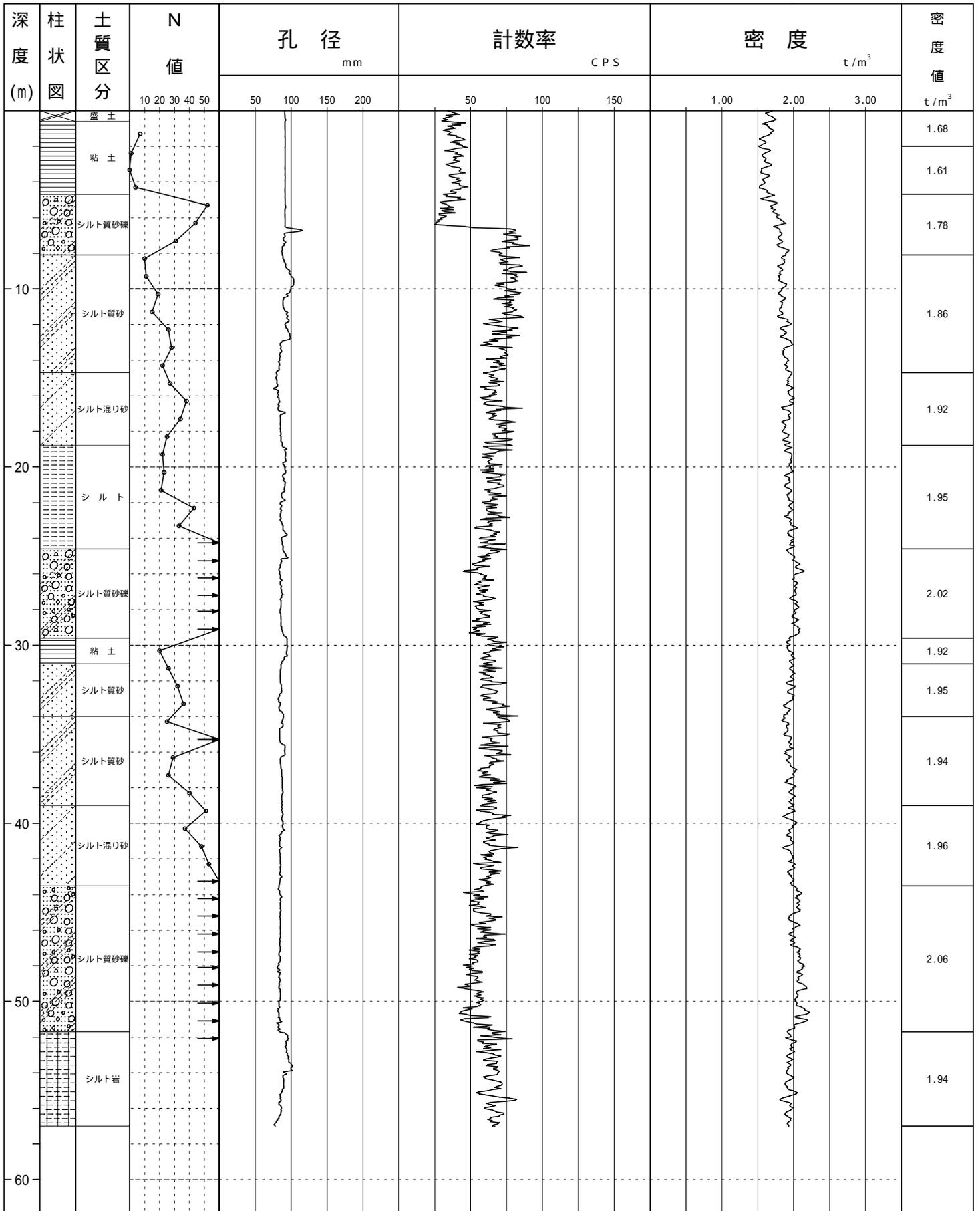
表 5.4.2 代表的な土の密度及び含水比の値

	沖積世		洪積世 粘性土	関東 ローム	高有機 質土
	粘性土	砂質土			
湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)	1.2~1.8	1.6~2.0	1.6~2.0	1.2~1.5	0.8~1.3
乾燥密度 ρ_d (g/cm^3)	0.5~1.4	1.2~1.8	1.1~1.6	0.6~0.7	0.1~0.6
含水比 w (%)	30~150	10~30	20~40	80~180	80~1200

-土の実験実習書 (社)地盤工学会-より

表5.4.1 密度検層結果図

調査孔 No . 1



5-5 PS 検層測定結果

ダウンホール PS 検層は、No.1 孔において深度 1m から孔底深度 57m まで 1m 毎に実施した。

検層結果は、測定された記録である P 波波形および S 波波形を巻末のダウンホール PS 検層記録波形図に示した。図中には読み取った初動時刻を示している。この初動時刻を用いて、速度境界と各層の速度値を求めた走時曲線を巻末に示した。

各測定深度の速度値から、調査ボーリング結果を参考に各層の区間速度を求めた。各層の速度値および物性値は、表 5.5.1 の PS 検層結果一覧、図 5.5.1 の PS 検層結果図に示した。

表 5.5.1 PS 検層結果一覧

地層区分	分布深度 (m)	土質区分	Vp (m/s)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	ポアソン比	剛性率 (kN/m ²)	ヤング率 (kN/m ²)
盛土(B)～ 沖積粘性土層(Ac)	0.00 - 2.00	盛土・粘土	980	140	1.68	0.490	32900	98000
	2.00 - 4.70	粘土	1210	80	1.61	0.498	10300	30900
沖積砂礫層(Ag)	4.70 - 8.10	シルト質砂礫	1710	280	1.78	0.486	139600	415000
第1洪積砂質土層(Ds1)	8.10 - 14.70	シルト質砂	1540	210	1.86	0.491	82000	244400
第2洪積砂質土層(Ds2)	14.70 - 18.80	シルト混じり砂	1540	230	1.92	0.489	101600	302500
第2洪積粘性土層(Dc2)	18.80 - 24.60	シルト	1680	270	1.95	0.487	142200	422800
第1洪積砂礫層(Dg1)	24.60 - 29.60	シルト質砂礫	1800	350	2.02	0.480	247500	732800
第3洪積粘性土層(Dc3)	29.60 - 31.05	シルト	1600	270	1.92	0.485	140000	415900
第3洪積砂質土層(Ds3)	31.05 - 34.00	シルト質砂	1600	270	1.95	0.485	142200	422400
	34.00 - 39.00	シルト質砂	1600	270	1.94	0.485	141400	420100
第4洪積砂質土層(Ds4)	39.00 - 43.50	シルト混じり砂	1780	320	1.96	0.483	200700	595400
第2洪積砂礫層(Dg2)	43.50 - 51.70	シルト質砂礫	2150	530	2.06	0.468	578700	1698700
シルト岩層(T)	51.70 - 57.00	シルト岩	1930	480	1.94	0.467	447000	1311500

P 波は圧縮波(音波もこの 1 種)であるので水中も伝播することができるため、飽和している土層では、水の伝播速度(1400～1500m/s)に近いが、あるいはこれより大きい速度値を示すことが多い。また、植物質有機物や腐植物が混入している場合などに伝播速度の低下がみられることがある。一方、S 波はせん断波であり、水中を伝播できないので、P 波に比べて土質性状との対比はよくなっている。

当該地盤における速度構造は、P 波 S 波及び密度値、調査ボーリング結果の地質性状より上記の 13 層に区分される。以下に各層の概要を述べる。

・盛土(B)および沖積粘性土層(Ac)は、粘土を主体とする区間であり、弾性波速度は $V_p=980 \sim 1210\text{m/s}$, $V_s=80 \sim 140\text{m/s}$ と測定された。P 波速度は、水中伝播速度($V_p=1500\text{m/s}$)と比較して小さな値($V_p=1000\text{m/s}$ 程度)であり、この区間の飽和度が低下していることを示唆している。S 波速度は 200m/s を下回る値となっており、沖積層の粘性土相当の速度値である。

・沖積砂礫層(Ag)は、シルト質砂礫を主体とする区間であり、弾性波速度は $V_p=1710\text{m/s}$, $V_s=280\text{m/s}$ と測定された。P 波速度は、飽和した土層にみられる値となっている。S 波速度は、沖積層の砂礫相当の速度値である。

・第1 洪積砂質土層(Ds1)は、シルト質砂を主体とする区間であり、弾性波速度は $V_p=1540\text{m/s}$, $V_s=210\text{m/s}$ と測定された。P 波速度は、水中伝播速度に近い値となっており、この区間が、ほぼ飽和した砂質土層であることを示している。S 波速度は、洪積層の砂質土の下限値に相当する速度値である。

・第2 洪積砂質土層(Ds2)は、シルト混り砂を主体とする区間であり、弾性波速度は $V_p=1540\text{m/s}$, $V_s=230\text{m/s}$ と測定された。P 波速度は、水中伝播速度に近い値となっており、この区間が、ほぼ飽和した土層であることを示している。S 波速度は、洪積層の砂質土に相当する速度値である。

・第2 洪積粘性土層(Dc2)は、シルト層を主体とする区間であり、弾性波速度は $V_p=1680\text{m/s}$, $V_s=270\text{m/s}$ と測定された。P 波速度は、水中伝播速度を上回る値であり、この区間が飽和した土層であることを示し、洪積層の粘性土に相当する速度値を得ている。S 波速度は 270m/s で、洪積層の粘性土の一般値を上回る速度値となっている。

・第1 洪積砂礫層(Ag)は、シルト質砂礫を主体とする区間であり、弾性波速度は $V_p=1800\text{m/s}$, $V_s=350\text{m/s}$ と測定された。P 波 S 波速度共に、洪積層の砂礫相当の速度値である。

・第3 洪積粘性土層(Dc3)は層厚が薄いため第3 洪積砂質土層(Ds3)に包含され、弾性波速度は同じ速度層帯として整理した。この速度帯は粘土～シルト質砂を主体とする区間であり、 $V_p=1600\text{m/s}$, $V_s=270\text{m/s}$ と測定された。P 波速度は水中伝播速度を上回る値であり、この区間が飽和した土層であることを示し、洪積層の粘性土、砂質土に相当する速度値を得ている。S 波速度は洪積層の砂質土相当の速度値である。

・第4 洪積砂質土層(Ds4)は、シルト混り砂を主体とする区間であり、弾性波速度は $V_p=1780\text{m/s}$, $V_s=320\text{m/s}$ と測定された。P 波速度は、水中伝播速度を上回る値であり、この区間が飽和した土層であることを示し、洪積層に相当する速度値を得ている。一方、S 波速度は、洪積層の砂質土相当の速度値である。

・第2洪積砂礫層(Dg2)は、シルト質砂礫を主体とする区間であり、弾性波速度は $V_p=2150\text{m/s}$, $V_s=530\text{m/s}$ と測定された。P波速度は、洪積層の砂礫の一般値を上回る速度値であり、S波速度は、洪積層の砂礫相当の速度値である。また、工学的基盤とみなされるS波速度は $V_s=400\text{m/s}$ 以上であるので、測定されたS波速度は工学的基盤相当である。

・シルト岩層(T)の弾性波速度は $V_p=1930\text{m/s}$, $V_s=480\text{m/s}$ と測定され、上位の第2洪積砂礫層(Dg2)に比べやや遅い速度値を得た。P波速度は、洪積層の粘性土の上限値から泥岩の下限値相当の速度値であり、S波速度は、泥岩の一般値を下回る速度値を得ている。したがって、当該地に分布するシルト岩は、岩盤としては軟質な部類に属するものといえる。また、Dg2層と同様にS波速度は $V_s=400\text{m/s}$ 以上であり、測定されたS波速度は工学的基盤相当である。

以上のように、第2洪積砂礫層(Dg2)とシルト岩層(T)でS波速度が400(m/s)以上を示すことから、本地区の工学的基盤に相当する地層と判断される。

調査孔 No. 1 表5.5.1 P S 検層結果図

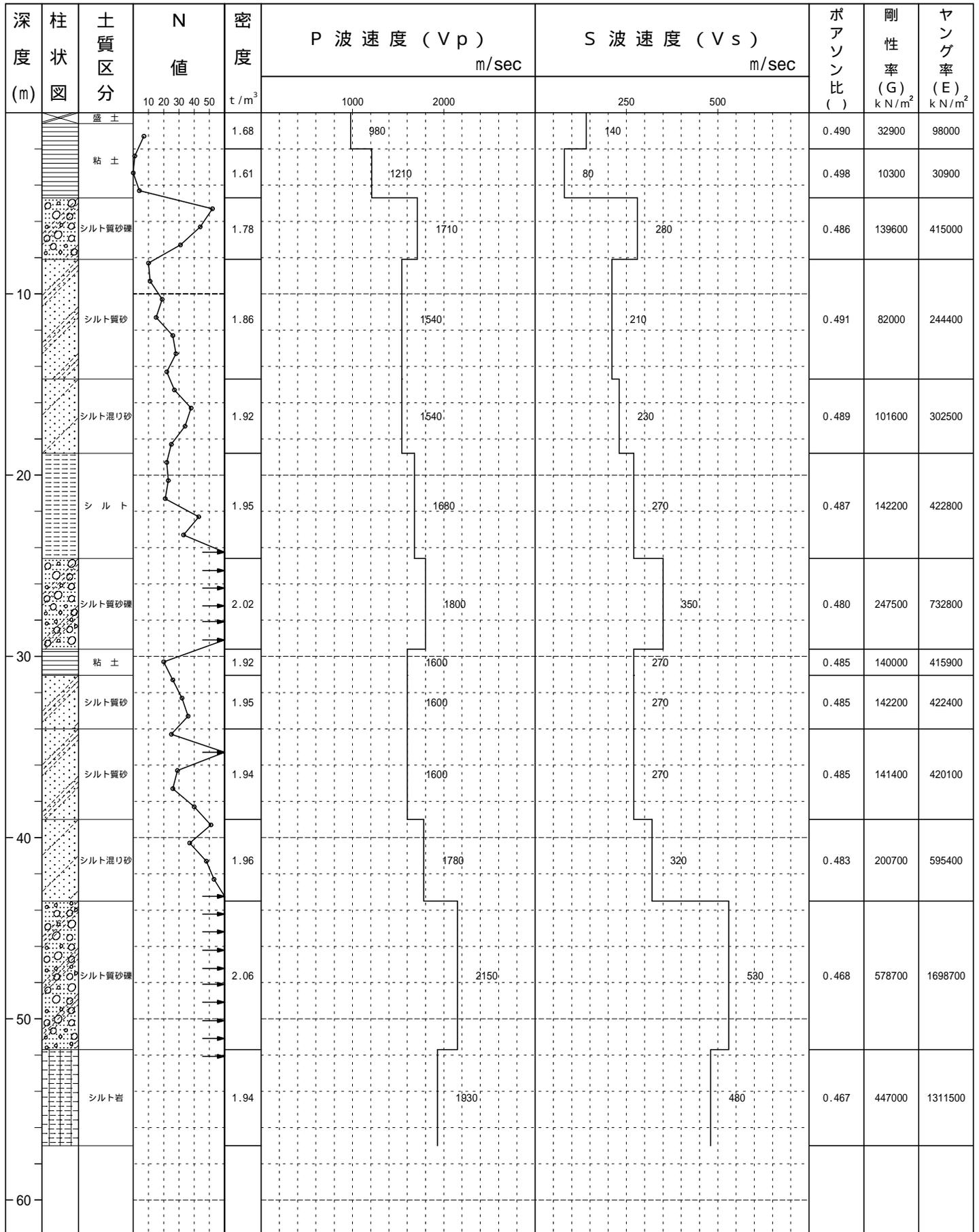


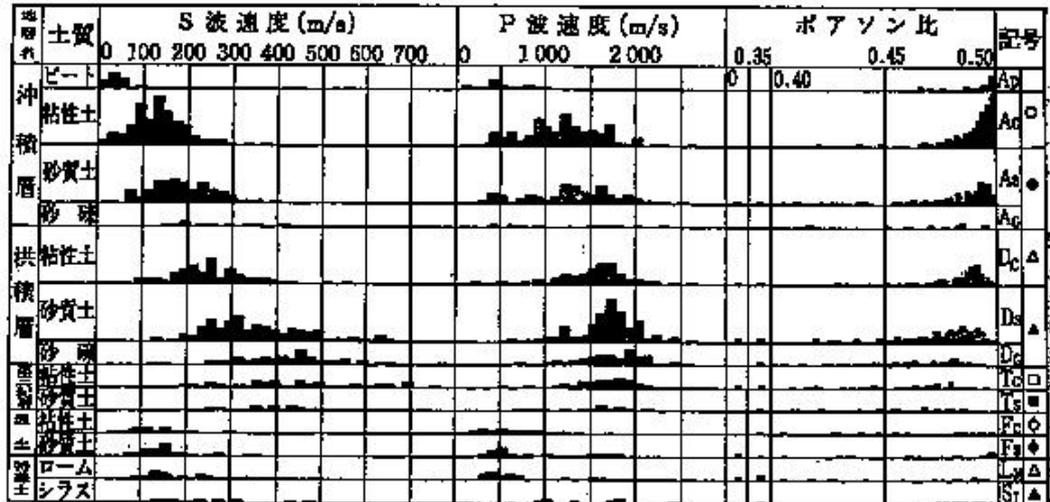
表5.5.2 地質と弾性波速度・弾性諸定数の関係

媒質の種類		P波速度 Vp (km/s)	S波速度 Vs (km/s)	ポアソン比 ν	密度 ρ (g/cm ³)
沖積層	粘性土	0.25 ~ 0.70 (1.50)*	0.08 ~ 0.16	0.35 ~ 0.50	1.3 ~ 1.7
	砂質土		0.06 ~ 0.20		1.6 ~ 2.0
	砂礫		0.25 ~ 0.35		1.8 ~ 2.1
洪積層	関東ローム	1.00 ~ 2.00 (1.50)* ~ 2.00	0.14 ~ 0.20	0.35 ~ 0.50	1.2 ~ 1.6
	粘性土		0.16 ~ 0.25		1.4 ~ 1.8
	砂質土		0.20 ~ 0.35		1.7 ~ 2.1
岩石	砂岩	2.00 ~ 3.00	0.60 ~ 1.00	0.30 ~ 0.40	2.2 ~ 2.6
	花崗岩	2.00 ~ 3.50	0.70 ~ 2.00		2.5 ~ 2.7
	玄武岩	4.00 ~ 5.70 4.40 ~ 6.70	2.10 ~ 3.30 2.50 ~ 3.80	0.25 ~ 0.35	2.6 ~ 2.8 2.8 ~ 3.0
上部マントル		7.50 ~ 8.00	4.30 ~ 4.60	0.25	3.3
空気(乾燥 0℃、1気圧)		0.331	—	—	0
水(蒸留、23 ~ 27℃)		1.50	—	—	1.0
氷		3.23	1.60	0.338	0.338
コンクリート		3.10	1.96	0.167	2.3
鉄		5.95	3.25	0.289	7.86

*飽和土の場合

『土質工学用語辞典 地盤工学会』より

表 5.5.3 PS 検層による土質別の P 波・S 波速度とポアソン比



『地盤工学への物理探査技術の適用と事例 地盤工学会等』より

5-6 常時微動測定結果

常時微動測定は地盤の固有周期を把握するために、No.1地点とNo.2地点において実施した。

振動計の設置位置は、No.1地点およびNo.2地点の地表で1秒計(短周期)と5秒計(やや長周期)を各1回計測、No.1の孔中で杭基礎の支持層と想定される第1洪積砂礫層(Dg1):深度26mと第2洪積砂礫層(Dg2):深度45m、シルト岩層(T):深度53mの3深度で1秒計(短周期)を各1回計測した。

(1)記録波形図

現場で収録した変位・速度の波形の中から 地表面付近の大きな雑振動を含まない区間を40.96秒間(1秒計)と81.92秒間(5秒計)を選び出した。巻末に示す記録波形図は時間領域の振幅の変化を表わすものであり、縦軸は変位波形では(μm)、速度波形では($\times 10^{-3}\text{cm/s}$)である。横軸は時間(秒)を表わしている。

各波形図の右端の数字は+ - の最大振幅値を表わしている。またRMS値は平均振幅値(サンプリングごとの振幅値の2乗平方根)であり、下記の式で表わすことができる。

$$y_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_b^r y^2 dt} \quad y_{RMS}: \text{実効値} \quad T: \text{時間}$$

表5.6.1に変位波形、表5.6.2に速度波形の最大振幅一覧を示す。この表にはRMS値も記してある。

表5.6.1 最大振幅一覧表[変位]

MODE	観測深度	方向	0m-26m 測定		0m-45m 測定		0m-53m 測定	
			最大振幅値	RMS値	最大振幅値	RMS値	最大振幅値	RMS値
1秒計 変位 (μm)	GL- 0 m	NS	0.773	0.2114	0.767	0.2702	0.822	0.2385
		EW	0.610	0.2021	0.856	0.2379	1.023	0.3142
		UD	0.407	0.1215	0.350	0.1090	0.337	0.1152
	GL- 26 m	NS	0.629	0.1727				
		EW	0.478	0.1558				
		UD	0.440	0.1454				
	GL- 45 m	NS			0.611	0.2348		
		EW			0.431	0.1715		
		UD			0.526	0.1537		
	GL- 53 m	NS					0.449	0.1512
		EW					0.594	0.1769
		UD					0.386	0.1304
MODE	観測深度	方向	最大振幅値			RMS値		
5秒計 変位 (μm)	GL- 0 m	NS	3.148			1.1534		
		EW	3.535			1.1774		
		UD	2.190			0.6591		

変位波形

《 1 秒計 》

1 秒計の場合，地表(GL - 0m)における最大振幅値は，水平動では 0.610 ~ 1.023(μm)，上下動では 0.337 ~ 0.407(μm)程度である。

孔中 GL - 26m における最大振幅値は，水平動では 0.478 ~ 0.629(μm)，上下動では 0.440(μm)程度である。

孔中 GL - 45m における最大振幅値は，水平動では 0.431 ~ 0.611(μm)，上下動では 0.526(μm)程度である。

孔中 GL - 53m における最大振幅値は，水平動では 0.449 ~ 0.594(μm)，上下動では 0.386(μm)程度である。

地表に比べ孔中では水平動では小さくなっているが，上下動では同程度 ~ やや大きい程度となっている。これは表面波(レイリー波・ラブ波)等の成分が，地表面付近で減衰しているためと考えられる。

《 5 秒計 》

最大振幅値は，水平動では 3.148 ~ 3.535(μm)，上下動では 2.190(μm)程度である。1 秒計に比べ，5 秒計の最大振幅値は大きくなっている。これは，1 秒計では捉えきれないやや長周期の変位成分によるものと考えられる。

表 5.5.2 最大振幅一覧表[速度]

MODE	観測深度	方向	0m-26m 測定		0m-45m 測定		0m-53m 測定	
			最大振幅値	RMS値	最大振幅値	RMS値	最大振幅値	RMS値
1秒計 速度 ($\times 10^{-3}\text{cm/s}$)	GL- 0 m	NS	0.497	0.1501	0.488	0.1503	0.544	0.1704
		EW	0.635	0.1632	0.573	0.1679	0.754	0.1839
		UD	0.379	0.0951	0.362	0.0964	0.374	0.1018
	GL- 26 m	NS	0.280	0.0855				
		EW	0.256	0.0759				
		UD	0.281	0.0818				
	GL- 45 m	NS			0.281	0.0763		
		EW			0.259	0.0751		
		UD			0.281	0.0815		
	GL- 53 m	NS					0.233	0.0715
		EW					0.228	0.0644
		UD					0.276	0.0703
MODE	観測深度	方向	最大振幅値			RMS値		
5秒計 速度 ($\times 10^{-3}\text{cm/s}$)	GL- 0 m	NS	1.292			0.3856		
		EW	1.066			0.3364		
		UD	0.661			0.2063		

速度波形

《 1 秒計 》

1 秒計の場合、地表(GL - 0m)における最大振幅は、水平動では $0.488 \sim 0.754 (\times 10^{-3} \text{cm/s})$ 、上下動では $0.362 \sim 0.379 (\times 10^{-3} \text{cm/s})$ 程度である。

孔中 GL - 26m における最大振幅値は、水平動では $0.256 \sim 0.280 (\times 10^{-3} \text{cm/s})$ 、上下動では $0.281 (\times 10^{-3} \text{cm/s})$ 程度である。

孔中 GL - 45m における最大振幅値は、水平動では $0.259 \sim 0.281 (\times 10^{-3} \text{cm/s})$ 、上下動では $0.281 (\times 10^{-3} \text{cm/s})$ 程度である。

孔中 GL - 53m における最大振幅値は、水平動では $0.228 \sim 0.233 (\times 10^{-3} \text{cm/s})$ 、上下動では $0.276 (\times 10^{-3} \text{cm/s})$ 程度である。

地表と比較して、孔中での振幅は小さくなっている。

《 5 秒計 》

最大振幅値は、水平動では $1.066 \sim 1.292 (\times 10^{-3} \text{cm/s})$ 、上下動では $0.661 (\times 10^{-3} \text{cm/s})$ 程度である。1 秒計に比べ倍程度の振幅値になっており変位の場合と同様である。

(2)フーリエスペクトル図

巻末に示すフーリエスペクトル図は、時間領域から周波数領域への変換を行ったもので、時刻歴に含まれる振動数(あるいは周期)成分の検出を行うための図であり、縦軸にフーリエスペクトル振幅、横軸に周期(秒)をとってある。これは、元の波形がどんな周期の波を含んでおり、どんな周期成分の振幅が大きいかを示すものである。

表 5.6.3 に変位スペクトル、表 5.6.4 に速度スペクトルにみられる卓越周期一覧表を示す。

表 5.6.3 卓越周期一覧表(変位フーリエスペクトル)

MODE	観測深度	方向	(秒)					最大ピーク	
1秒計 変位	GL- 0 m	NS	0.22	0.31-0.35	0.47-0.53	1.2	1.7-2.1	2.0	
		EW	0.22	0.26-0.34	0.38	1.1	1.8-2.0	2.0	
		UD	0.22	0.34	0.49	1.4	1.8-2.1	1.4	
	GL- 26 m	NS				1.2	2.1	2.1	
		EW				1.1	1.8	1.8	
		UD			0.49	1.4		1.4	
	GL- 45 m	NS					2.1	2.1	
		EW					2.0	2.0	
		UD				1.5	2.2	2.2	
	GL- 53 m	NS					1.7	2.7	2.7
		EW				1.2	2	2.0	
		UD		0.35	0.48	0.98	1.9	1.9	
MODE	観測深度	方向						最大ピーク	
5秒計 変位	GL- 0 m	NS				2.3	3.6	3.6	
		EW				1.9	4.0	4.0	
		UD				2.3	4.0	4.0	

変位のフーリエスペクトル

1秒計において、大きな振幅を示す卓越周期は、地表(GL - 0m)では0.22(秒)付近、0.31~0.35(秒)付近、0.47~0.53(秒)付近である。その他、長周期成分(1秒以上)では1.1~1.4(秒)付近、1.7~2.1(秒)付近にもピークが表れている。

孔中 GL - 26m, 45m, 53m では0.35(秒)付近、0.48~0.49(秒)付近、0.98~1.2(秒)付近にピークが表れている。その他、長周期成分(1秒以上)では1.9~2.2(秒)付近にもピークが表れている。

孔中は、地表と比較して短い周期の振幅が小さくなる傾向が見られる。

5秒計は、1.9~2.3(秒)付近、3.6~4.0(秒)付近に1次の卓越がみられる。

表 5.6.4 卓越周期一覧表(速度フーリエスペクトル)

MODE	観測深度	方向	(秒)						最大ピーク
1秒計 速度	GL- 0 m	NS	0.22-0.23	0.30-0.34	0.49-0.58	0.84-1.1	1.2-1.6	1.2	
		EW	0.25-0.26	0.37-0.38	0.49-0.52	1.1	1.4-1.9	1.4	
		UD	0.14	0.19-0.22	0.29-0.31	0.80-1.0	1.3-1.5	1.3	
	GL- 26 m	NS	0.27	0.35	0.49	1.1	2.2	1.1	
		EW	0.30	0.37		1.2	1.8	1.8	
		UD	0.30			1.0-1.3		1.1	
	GL- 45 m	NS	0.30			0.97	1.3	2.1	2.1
		EW	0.30				1.4	2.0	2.0
		UD	0.15	0.32	0.49	0.80	1.3		1.3
	GL- 53 m	NS		0.36				1.6	1.6
		EW			0.61		1.2	1.6	1.6
		UD					1.0	1.6	1.6
MODE	観測深度	方向	(秒)						最大ピーク
5秒計 速度	GL- 0 m	NS	0.29	0.38		1.6	2.3	3.8	2.3
		EW	0.26	0.38			2.3	3.6	2.3
		UD	0.17	0.26			1.7	3.8	1.7

速度のフーリエスペクトル

1秒計において、大きな振幅を示す卓越周期は、地表(GL - 0m)では、0.19~0.26(秒)付近、0.29~0.38(秒)付近、0.49~0.58(秒)付近、0.80~1.1(秒)付近である。その他、長周期成分(1秒以上)では1.2~1.9(秒)付近にもピークが表れている。

孔中GL - 26m, 45m, 53mでは、0.27~0.32(秒)付近、0.35~0.37(秒)付近、0.97~1.3(秒)付近にピークが表れている。その他、長周期成分(1秒以上)では1.6~2.2(秒)付近にもピークが表れている。

5秒計は、0.26~0.29(秒)付近、0.38(秒)付近、1.6~2.3(秒)付近、3.6~3.8(秒)付近に1次の卓越がみられる。

変位にも表れている、3.6~4.0(秒)付近の卓越周期は水平動・上下動共に振動しており、大地の脈動(表面波等)と考えられ、調査地付近が一体となって振動しているものと考えられる。

(3)フーリエスペクトル比図

実測で得られたフーリエスペクトル比図は巻末に示した。

フーリエスペクトル比図は，先に求めた各深度の観測点におけるフーリエスペクトルから，地表 / 孔中の計算を行い，その結果を示したもので，縦軸に倍率(ratio)，横軸に周期(秒)をとってある。

表 5.6.5 に変位および速度スペクトル比の卓越周期一覧表を示す。

表 5.6.5 卓越周期一覧表(フーリエスペクトル比)

MODE	比	方向							
1秒計 変位	GL-0m/GL-26m	NS	0.20	0.32				(秒)付近	
		EW	0.22	0.32-0.37				(秒)付近	
		UD	0.16				(秒)付近		
	GL-0m/GL-45m	NS	0.23	0.29	0.44			(秒)付近	
		EW	0.22	0.26	0.39			(秒)付近	
		UD	0.14	0.22	0.31			(秒)付近	
	GL-0m/GL-53m	NS	0.18	0.23	0.29	0.46	0.56	(秒)付近	
		EW	0.19	0.26	0.37	0.46	0.55	(秒)付近	
		UD	0.14	0.19				(秒)付近	
MODE	比	方向							
1秒計 速度	GL-0m/GL-26m	NS	0.23	0.30	0.37-0.42			(秒)付近	
		EW	0.17-0.20	0.34				(秒)付近	
		UD	0.15				(秒)付近		
	GL-0m/GL-45m	NS	0.22	0.33	0.47			(秒)付近	
		EW	0.23	0.37	0.48			(秒)付近	
		UD	0.14	0.19	0.28	0.40			(秒)付近
	GL-0m/GL-53m	NS	0.22	0.27	0.34	0.44-0.52			(秒)付近
		EW	0.23	0.35	0.47			(秒)付近	
		UD	0.14	0.21				(秒)付近	

変位のフーリエスペクトル比

GL - 0m/GL - 26m における水平動では，0.20～0.22(秒)付近に 6～10 倍程度，0.32～0.37(秒)付近にも 6～10 倍程度の増幅がみられる。

GL - 0m/GL - 45m 及び GL - 0m/GL - 53m における水平動では，0.19～0.23(秒)付近に 15～25 倍程度，0.29～0.39(秒)付近に 15 倍程度，0.46～0.56(秒)付近に 5～9 倍程度の増幅がみられる。

速度のフーリエスペクトル比

GL - 0m/GL - 26m における水平動では，0.20～0.23(秒)付近に 12～19 倍程度，0.30～0.34(秒)付近に 8～14 倍程度の増幅がみられる。

GL - 0m/GL - 45m 及び GL - 0m/GL - 53m における水平動では，0.22～0.23(秒)付近に 17～23 倍程度，0.27～0.37(秒)付近に 10 倍程度，0.44～0.52(秒)付近に 6～8 倍程度の増幅がみられる。

(4) H/Vスペクトル図

実測で得られたH/Vスペクトル図は巻末に示してある。

H/Vスペクトル図は、得られた波動から地表面のフーリエスペクトルを求め、そのスペクトルの水平方向/上下方向の計算を行ったもので、縦軸が倍率(ratio)、横軸が周期(秒)であらわしてある。

これは、基盤での水平動と上下動のスペクトル特性が同じで、水平動のみが表層地盤で増幅され、上下動では基盤のスペクトル特性が保持されると仮定した場合、その仮定のもとでは、H/Vスペクトルが直接に地盤の増幅特性を示すという考え方である。

H/Vスペクトルのピーク周期が、地盤の伝達する卓越周期と一致することがあるということは多くの実例がある。しかし、物理的な根拠は明確にはなっておらず、また、振幅倍率については一致しないことが解っている。さらに、多層構造の場合を考えたとき、どこの層を基盤としたS波の増幅特性を示しているかを判断するのが難しい。

H/Vスペクトルは地盤のコントラストが明確な場合は顕著にでる例が多いが、コントラストが明確でない場合でははっきりとピークがでない場合もある。

従って、H/Vスペクトルは参考程度に用いる場合が多い。

表 5.6.6 に変位および速度のH/Vスペクトルの卓越周期一覧表を示す。

表 5.6.6 卓越周期一覧表(H/Vスペクトル)

MODE	H/Vスペクトル比	方向					
1秒計 変位	GL-0m	NS/UD	0.20-0.24	0.32	0.45	0.53-0.56	(秒)付近
		EW/UD	0.21-0.26	0.37	0.49	0.55-0.57	(秒)付近
1秒計 速度	GL-0m	NS/UD	0.23	0.28-0.34	0.44	0.54-0.60	(秒)付近
		EW/UD	0.2	0.26	0.38	0.52-0.59	(秒)付近
MODE	H/Vスペクトル比	方向					
5秒計 変位	GL-0m	NS/UD	0.30		0.56		(秒)付近
		EW/UD	0.25	0.37	0.50	0.73	(秒)付近
5秒計 速度	GL-0m	NS/UD	0.31		0.51		(秒)付近
		EW/UD	0.31		0.52		(秒)付近

変位のH/Vスペクトル

変位のH/Vスペクトルでは、0.20~0.25(秒)付近、0.30~0.37(秒)付近、0.50~0.57(秒)付近にピークが多くみられる。

速度のH/Vスペクトル

速度のH/Vスペクトルでは、0.20~0.23(秒)付近、0.28~0.34(秒)付近、0.51~0.60(秒)付近にピークが多くみられる。

(5)No.2 記録波形図

No.1 地点の他に No.2 付近で地表での観測を行なった。巻末に記録波形図を示す。

表 5.6.7 に変位波形，表 5.6.8 に速度波形の最大振幅一覧を示す．この表には R M S 値も記してある。

表 5.6.7 No.2 最大振幅一覧表[変位]

MODE	観測深度	方向	最大振幅値	RMS値
1秒計 変位 (μm)	GL- 0 m	NS	0.811	0.2934
		EW	0.862	0.2689
		UD	0.358	0.1143
MODE	観測深度	方向	最大振幅値	RMS値
5秒計 変位 (μm)	GL- 0 m	NS	4.282	1.4737
		EW	3.854	1.2659
		UD	1.742	0.6478

変位波形

《1秒計》

1秒計の場合，地表(GL - 0m)における最大振幅値は，水平動では0.811～0.862(μm)，上下動では0.358(μm)程度である。

《5秒計》

最大振幅値は，水平動では3.854～4.282(μm)，上下動では1.742(μm)程度である。1秒計に比べ，5秒計の最大振幅値は大きくなっている。No.1 地点と同様に，1秒計では捉えきれないやや長周期の変位成分によるものと考えられる。

表 5.6.8 No.2 最大振幅一覧表[速度]

MODE	観測深度	方向	最大振幅値	RMS値
1秒計 速度 ($\times 10^{-3}\text{cm/s}$)	GL- 0 m	NS	0.738	0.1664
		EW	0.640	0.1533
		UD	0.270	0.0736
MODE	観測深度	方向	最大振幅値	RMS値
5秒計 速度 ($\times 10^{-3}\text{cm/s}$)	GL- 0 m	NS	1.401	0.3541
		EW	1.551	0.3253
		UD	0.937	0.2011

速度波形

《1秒計》

1秒計の場合，地表(GL - 0m)における最大振幅は，水平動では0.640～0.738($\times 10^{-3}\text{cm/s}$)，上下動では0.270($\times 10^{-3}\text{cm/s}$)程度である。

《5秒計》

最大振幅値は，水平動では1.401～1.551($\times 10^{-3}\text{cm/s}$)，上下動では0.937($\times 10^{-3}\text{cm/s}$)程度である。1秒計に比べ倍程度の振幅値になっており変位の場合と同様である。

(6)No.2 フーリエスペクトル図

No.2 フーリエスペクトル図を巻末に示す。

表 5.6.7 に変位スペクトル，表 5.5.8 に速度スペクトルにみられる卓越周期一覧表を示す。

表 5.6.7 No.2 卓越周期一覧表(変位フーリエスペクトル)

MODE	観測深度	方向	(秒)				最大ピーク
1秒計 変位	GL- 0 m	NS	0.35		1.9		1.9
		EW	0.26	0.34	1.2	2.2	2.2
		UD	0.32		1.1	1.5	1.5
MODE	観測深度	方向	(秒)				最大ピーク
5秒計 変位	GL- 0 m	NS			2.0	3.9	3.9
		EW			2.0	3.8	3.8
		UD			1.8	4.0	4.0

変位のフーリエスペクトル

1秒計において，大きな振幅を示す卓越周期は，0.26(秒)付近，0.34~0.35(秒)付近である。その他，長周期成分(1秒以上)では1.1~1.2(秒)付近，1.9~2.2(秒)付近にもピークが表れている。

5秒計は，1.8~2.0(秒)付近，3.8~4.0(秒)付近に1次の卓越がみられる。

表 5.6.8 卓越周期一覧表(速度フーリエスペクトル)

MODE	観測深度	方向	(秒)					最大ピーク		
1秒計 速度	GL- 0 m	NS	0.15	0.38		0.85	1.2	1.2		
		EW	0.18	0.25	0.37	0.47	0.90	1.3	2.5	1.3
		UD	0.15	0.38		0.82	1.3	1.3		
MODE	観測深度	方向	(秒)					最大ピーク		
5秒計 速度	GL- 0 m	NS	0.38		2.2		3.6	3.6		
		EW	0.37		1.6	2.8	2.8			
		UD	0.13	1.3		1.8	1.8			

速度のフーリエスペクトル

1秒計において，大きな振幅を示す卓越周期は，0.15~0.18(秒)付近，0.37~0.38(秒)付近，0.82~0.90(秒)付近である。その他，長周期成分(1秒以上)では1.2~1.3(秒)付近にもピークが表れている。

5秒計は，1.6~2.2(秒)付近，2.8~3.6(秒)付近に1次の卓越がみられる。

(7) H / Vスペクトル図

実測で得られたH / Vスペクトル図は巻末に示してある。

H / Vスペクトル図は、得られた波動から地表面のフーリエスペクトルを求め、そのスペクトルの水平方向 / 上下方向の計算を行ったもので、縦軸が倍率(ratio)、横軸が周期(秒)であらわしてある。

H / Vスペクトルは地盤のコントラストが明確な場合は顕著にでる例が多いが、コントラストが明確でない場合にははっきりとピークがでない場合もある。

従って、H / Vスペクトルは参考程度に用いる場合が多い。

表 5.6.9 に変位および速度のH / Vスペクトルの卓越周期一覧表を示す。

表 5.6.9 No.2 卓越周期一覧表(H / Vスペクトル)

MODE	H/Vスペクトル比	方向				
1秒計 変位	GL-0m	NS/UD	0.30	0.43	0.56	(秒)付近
		EW/UD	0.25	0.43	0.55	(秒)付近
MODE	H/Vスペクトル比	方向				
1秒計 速度	GL-0m	NS/UD	0.34	0.56		(秒)付近
		EW/UD	0.25	0.42	0.50	(秒)付近
MODE	H/Vスペクトル比	方向				
5秒計 変位	GL-0m	NS/UD	0.26	0.40	0.52	(秒)付近
		EW/UD	0.26	0.46	0.52	(秒)付近
MODE	H/Vスペクトル比	方向				
5秒計 速度	GL-0m	NS/UD	0.27	0.41	0.49	(秒)付近
		EW/UD	0.24	0.39	0.51	(秒)付近

変位のH / Vスペクトル

変位のH / Vスペクトルでは、0.25 ~ 0.34(秒)付近、0.42 ~ 0.43(秒)付近、0.50 ~ 0.56(秒)付近にピークが多くみられる。

速度のH / Vスペクトル

速度のH / Vスペクトルでは、0.24 ~ 0.27(秒)付近、0.39 ~ 0.46(秒)付近、0.49 ~ 0.52(秒)付近にピークが多くみられる。

5-7 室内土質試験結果

室内土質試験は調査地盤の物理的特性や力学的特性を把握し、加賀市統合新病院の設計・施工に必要な地盤物性値を設定し、砂質地盤の液状化、圧密沈下、対策工などの検討に資するために実施した。

試験に供した試料については、ボーリング地点のそれぞれの深度において、粘性土層についてはシンウォールサンプラーにより採取した試料、砂質土層については標準貫入試験のレイモンドサンプラーにより採取された試料を用いた。

本調査において実施した土質試験の項目は、

物理試験	JIS規格	地盤工学会基準
土粒子の密度試験	JIS A 1202	JGS 0111-2000
土の含水比試験	JIS A 1203	JGS 0121-2000
土の粒度試験	JIS A 1204	JGS 0131-2000
土の液性・塑性限界試験	JIS A 1205	JGS 0141-2000
土の湿潤密度試験	JIS A 1225	JGS 0191-2000

力学試験

土の一軸圧縮試験	JIS A 1216	JGS 0511-2000
土の段階載荷による圧密試験	JIS A 1217	JGS 0411-2000

の各試験である。

表 5.7.1 に本業務で室内試験を行った地層と試験項目を示す。

表 5.7.1 室内土質試験内容

孔番号	試料番号	採取深度 (GL-m)	土層名	記号	物理試験					力学試験	
					土粒子の密度	含水比	粒度 フルイ +沈降	液性 塑性 限界	湿潤 密度 試験	一軸圧 縮試験	圧密 試験
No.1	T-1-1	2.80 ~ 3.60	沖積粘性土層	Ac							
	P-1-1	7.15 ~ 7.45	沖積砂礫層	Ag							
	P-1-2	9.15 ~ 9.45	第1洪積砂質土層	Ds1							
	P-1-3	16.15 ~ 16.45	第2洪積砂質土層	Ds2							
No.2	P-2-1	9.15 ~ 9.45	沖積砂礫層	Ac1-1							
	P-2-2	12.15 ~ 12.45	第1洪積砂質土層	Ac1-2							

試験結果の詳細は巻末のデータシートに示し、試験結果を表 5.7.2 に一覧する。

表 5.7.2 室内土質試験結果一覧表

地 層 名 (記 号)		沖積粘性土層 (Ac)	沖積砂礫層 (Ag)		第1洪積砂質土層 (Ds1)		第2洪積砂質土層 (Ds2)	
調査孔番号		No.1	No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	
試料番号		T-1-1	P-1-1	P-2-1	P-1-2	P-2-2	P-1-3	
深さ GL- (m)		2.80 ~ 3.60	7.15 ~ 7.45	9.15 ~ 9.45	9.15 ~ 9.45	12.15 ~ 12.45	16.15 ~ 16.45	
湿 潤 密 度	t (g/cm ³)	1.605						
乾 燥 密 度	d (g/cm ³)	0.993						
土 粒 子 の 密 度	s (g/cm ³)	2.591	2.732	2.701	2.698	2.714	2.702	
自 然 含 水 比	w_n (%)	61.5						
間 隙 比	e	1.618						
飽 和 度	S_r %	99.3						
粒 度	石 分	75mm以上 (%)						
	礫 分	2 ~ 75mm以上 (%)	0.0	60.7	48.8	0.0	0.0	22.6
	砂 分	75 μ ~ 2mm (%)	0.7	21.9	34.2	60.3	65.6	66.3
	シルト分	5 ~ 75 μ mm (%)	38.6	11.5	8.8	17.9	18.3	5.6
	粘土分	5 μ mm未満 (%)	60.7	5.9	8.2	21.8	16.1	5.5
	最大粒径	(mm)	2.000	37.500	26.500	2.000	2.000	9.500
	均等係数	U_c	-	902.3	541.4	-	98.3	21.0
テコン 特性 シス	液性限界	w_L (%)	65.4	NP	NP	34.2	NP	NP
	塑性限界	w_p (%)	36.9	NP	NP	23.3	NP	NP
	塑性指数	I_p	28.5	-	-	10.9	-	-
分 類	地盤材料の分類名	シルト (高液性限界)	粘性土質砂質礫	粘性土質砂質礫	粘性土質砂	粘性土質砂	粘性土混り 礫質砂	
	分類記号	(MH)	(GCsS)	(GCsS)	(SCs)	(SCs)	(SG-Cs)	
圧 密	試 験 方 法	土の段階載荷による圧密試験						
	圧 縮 指 数	C_c	0.625					
	圧密降伏応力	P_c (kN/m ²)	102.1					
一 軸 圧 縮	一軸圧縮強さ	q_u (kN/m ²)	40.8 (平均値)					
	破壊ヒズミ	ϵ_f (%)	10.31 (平均値)					
	変形係数	E_{50} (MN/m ²)	0.76 (平均値)					

物理特性(自然状態, 分類特性)

(1)土粒子の密度 ρ_s

土粒子の密度(比重)は、一般的には土質のいかんにかかわらず、無機質土では 2.60 ~ 2.80 の範囲にある。

これよりも大きな値を示すときは、火成岩を構成するような造岩鉱物の含有が考えられ、反対に小さな値を示すときは比重の小さい有機質分(腐植物, 未分解の有機物)の含有が考えられる。

試験の結果、土粒子の密度 ρ_s は下表のとおり求められた。

表 5.7.3 各層の土粒子の密度

地層区分		土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	
地層名	記号	No.1	No.2
沖積粘性土層	Ac	2.591	-
沖積砂礫層	Ag	2.732	2.701
第1洪積砂質土層	Ds1	2.698	2.714
第2洪積砂質土層	Ds2	2.702	-

有機質分が含まれる

- ・ Ac 層の ρ_s は 2.591(g/cm³)を示し、無機質土の一般値 2.60 ~ 2.80 に比べやや小さな値を示す。これは比重の小さい有機質分(腐植物, 未分解の有機物)が含まれるためと考えられる。
- ・ その他の地層の ρ_s は 2.698 ~ 2.732(g/cm³)を示し、一般的な無機質土の値の範囲内にある。ただし、ボーリングコアの肉眼観察では Ds1 層中には腐植物の混入や未分解の木片を介在している箇所があるので、全て無機質土ではない点に留意が必要である。

(2)自然含水比 w_n

土の自然含水比は、粒度組成及びその土が過去に受けた有効応力によって大きく影響される。

一般に自然含水比が 10～30%以下のものは砂質土、30%以上のものは粘性土といわれている。

試験の結果、自然含水比 w_n は下表のとおり求められた。

表 5.7.4 各層の自然含水比

地層区分		自然含水比 w_n (%)
地層名	記号	No.1
沖積粘性土層	Ac	38.0

- ・ Ac 層の含水比は 38.0%を示し、沖積粘性土としては低位の値を示している。

表 5.7.5 代表的な土の密度及び含水比の値

	沖積世		洪積世	関東	高有機
	粘性土	砂質土	粘性土	ローム	質土
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.2～1.8	1.6～2.0	1.6～2.0	1.2～1.5	0.8～1.3
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	0.5～1.4	1.2～1.8	1.1～1.6	0.6～0.7	0.1～0.6
含水比 w (%)	30～150	10～30	20～40	80～180	80～1200

-土の実験実習書 (社)地盤工学会-より

(3) 粒度組成

各層の粒径加積曲線を図 5.7.1 に示した。

Ac 層

コロイド～粘土分が最も多く 60.7%を占め、次いでシルト分の 38.6%である。砂分は 0.7%と微量であり、非常に穏やかな堆積環境で堆積した粘性土層と考えられる。

分類名は『シルト(高液性限界):MH』に区分される。

Ag 層

礫分が 48.8～60.7%と最も多く、次いで砂分の 21.9～34.2%である。粘土～シルト分も 17.0～17.4%とやや多く含まれていることが分かる。

分類名は『粘性土質砂質礫:GCsS』に区分される。

均等係数 U_c は 541.4～902.3 を示し、曲率係数 U_c' は 1.8～5.6 を示すことから粒度分布の良い土ということができる。

Ds1 層

砂分が 60.3～65.6%を占め、粘土～シルト分が 34.4～39.7%と多く含まれている。砂分は細砂～中砂を主体とする。

分類名は『粘性土質砂:SCs』に区分される。

P-2-2 試料の均等係数 U_c は 98.3 を示し、曲率係数 U_c' は 5.2 を示すことから粒度分布の良い土ということができる。

Ds2 層

砂分が最も多く 66.3%を占め、次いで礫分の 22.6%である。粘土～シルト分は 11.1%で Ds1 層に比べ少ない。砂分は中砂～粗砂を主体とする。

分類名は『粘性土混じり礫質砂:SG-Cs』に区分される。

本層の均等係数 U_c は 21.0 を示し、曲率係数 U_c' は 4.9 を示すことから階段粒度、粒度分布が悪い土ということができる。

粒度試験より求められる均等係数及び曲率係数とは、粒度分布の広がりや形状を数値的に表す指数であり、これらの値により粒度分布の状態を把握することができる。

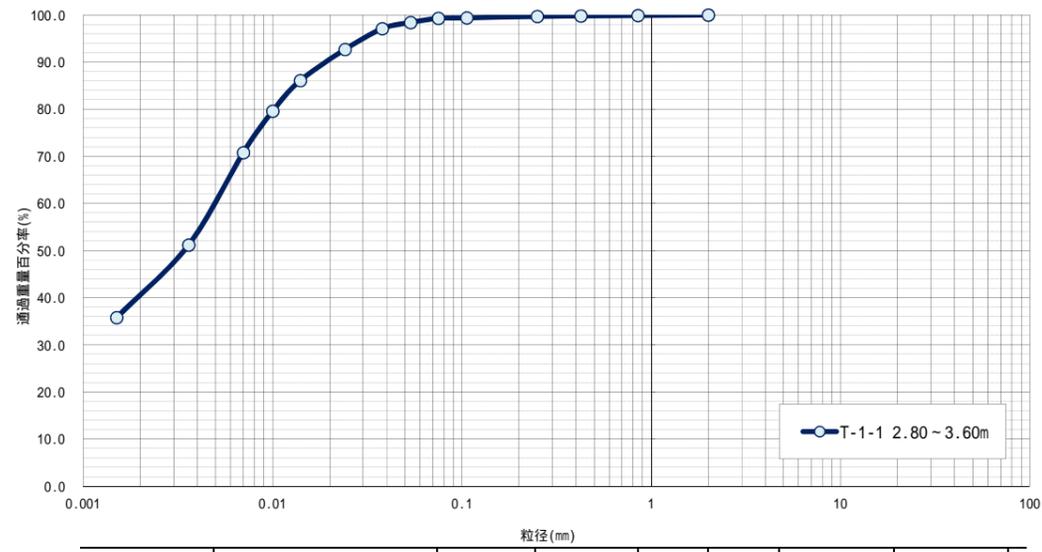
$U_c \geq 10, 1 < U_c' \leq \overline{U_c}$: 粒度分布が良い

$U_c < 10$: 均等粒度、粒度分布が悪い

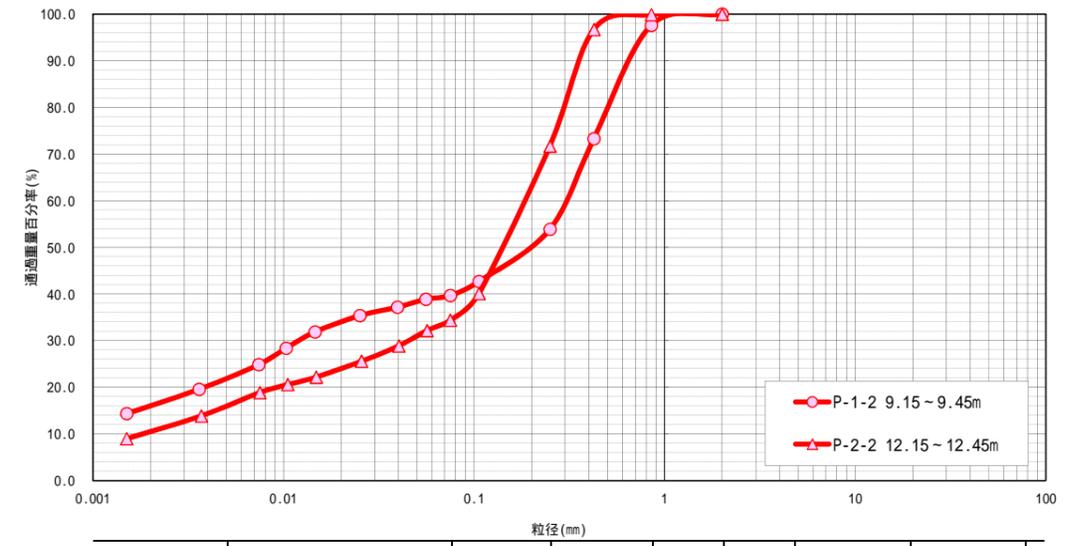
$U_c \geq 10, U_c' \leq 1$ 又は $U_c' > \overline{U_c}$: 階段粒度、粒度分布が悪い

$$\text{均等係数 } U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

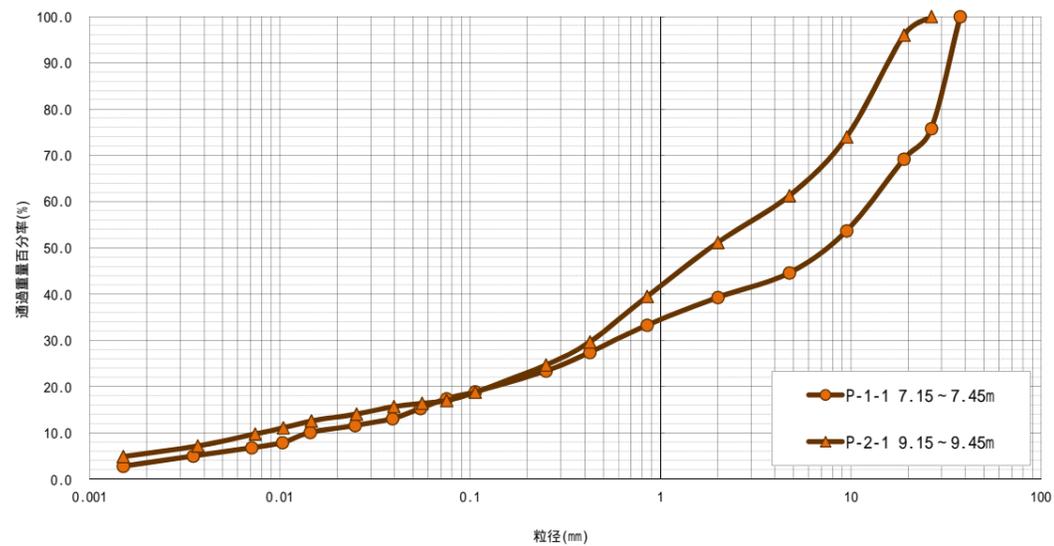
$$\text{曲率係数 } U_c' = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$



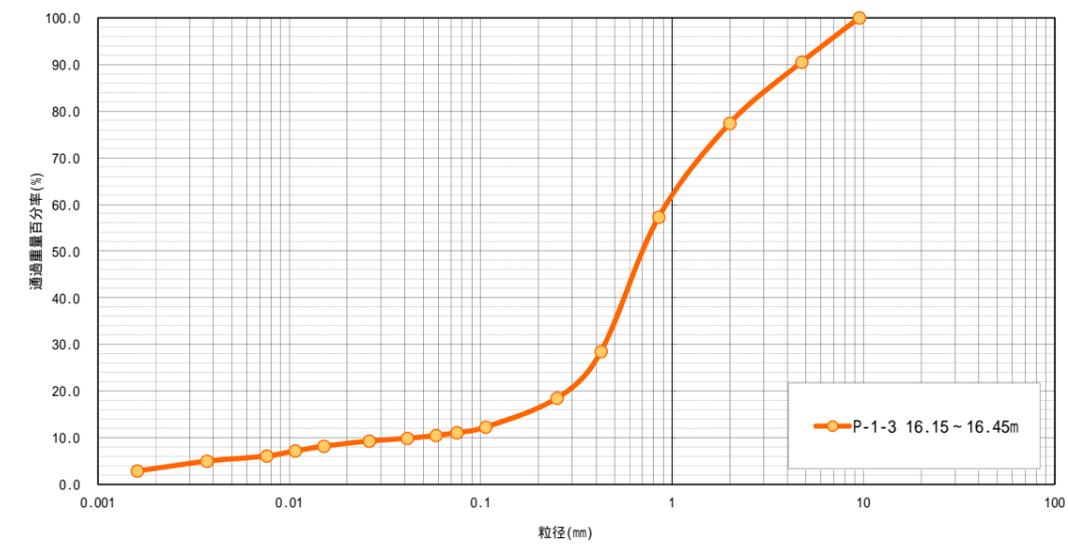
沖積粘性土層(Ac)の粒径加積曲線



第1洪積砂質土層(Ds1)の粒径加積曲線



沖積砂礫層(Ag)の粒径加積曲線



第2洪積砂質土層(Ds2)の粒径加積曲線

図5.7.1 各層の粒径加積曲線図

次に、粒度試験結果より求められた D_{20} (20%粒径) を用いて、表 5.7.7 に示すクレーガーの方法により各層の透水係数 k を算定した結果を表 5.7.6 に示す。

表 5.7.6 透水係数の算定値

地層名	記号	D_{20} 粒径 (mm)	D_{20} からの推定値 (m/s)	備考
沖積粘性土層	Ac	-	-	20%粒径が得られていない
沖積砂礫層	Ag	0.135	3.40×10^{-5}	P-1-1, P-2-1試料の平均
第1洪積砂質土層	Ds1	0.0066	2.98×10^{-8}	P-1-2, P-2-2試料の平均
第2洪積砂質土層	Ds2	0.2800	1.86×10^{-4}	P-1-3試料より

表 5.7.7 クレーガーによる D_{20} と透水係数

D_{20} (mm)	k (m/s)	土質分類	D_{20} (mm)	k (m/s)	土質分類
0.005	3.00×10^{-8}	粗粒粘土	0.18	6.85×10^{-5}	微粒砂
0.01	3.00×10^{-7}	細粒シルト	0.20	8.90×10^{-5}	
0.02	4.00×10^{-7}	粗粒シルト	0.25	1.40×10^{-4}	中粒砂
0.03	8.50×10^{-7}		0.30	2.20×10^{-4}	
0.04	1.75×10^{-6}		0.35	3.20×10^{-4}	
0.05	3.00×10^{-6}		0.40	4.50×10^{-4}	
0.06	4.60×10^{-6}	極微細砂	0.45	5.80×10^{-4}	粗粒砂
0.07	6.50×10^{-6}		0.50	7.50×10^{-4}	
0.08	9.00×10^{-6}		0.60	1.10×10^{-3}	
0.09	1.40×10^{-5}		0.70	1.60×10^{-3}	
0.10	1.75×10^{-5}	微粒砂	0.80	2.15×10^{-3}	粗粒砂
0.12	2.60×10^{-5}		0.90	2.80×10^{-3}	
0.14	3.80×10^{-5}		1.00	3.60×10^{-3}	
0.16	5.10×10^{-5}		2.00	1.80×10^{-2}	

クレーガー式 : $k = 0.00359D_{20}^{2.327}$ m/s ここに、 D_{20} : 20%粒径

『土質試験の方法と解説 第一回改訂版 H12 (社)地盤工学会 P84』より

(4)コンシステンシー特性

液性限界・塑性限界は、細粒土の分類や工学的性質を推定する指標となる。

試験の結果、液性限界 w_L ・塑性限界 w_p ・塑性指数 I_p ・コンシステンシー指数 I_c は表 5.4.6 のとおり求められた。

表 5.7.8 各層のコンシステンシー

地層名	記号	調査孔番	試料番号	w_L (%)	w_p (%)	I_p	w_n (%)	I_c
沖積粘性土層	Ac	No.1	T-1-1	65.4	36.9	28.5	61.5	0.137
沖積砂礫層	Ag	No.1	P-1-1	NP	NP	-	-	-
		No.2	P-2-1	NP	NP	-	-	-
第1洪積砂質土層	Ds1	No.1	P-1-2	34.2	23.3	10.9	-	-
		No.2	P-2-1	NP	NP	-	-	-
第2洪積砂質土層	Ds2	No.1	P-1-3	NP	NP	-	-	-

コンシステンシー指数 I_c は、液性限界と自然含水比との差と塑性指数との比であり下式で表される。

$$I_c = \frac{w_L - w_n}{w_L - w_p} = \frac{w_L - w_n}{I_p}$$

コンシステンシー指数は粘性土の相対的な硬さや、安定度を表す。 I_c 1 である場合には、自然含水比が塑性限界に等しいか、あるいはそれ以下ということになり、比較的安定な状態にあることを意味している。

I_c 0 である場合には、自然含水比が液性限界に近く、このような土を乱せば急激な強度低下を示し、著しく不安定化する危険性のあることを意味している。

試験結果より、コンシステンシー指数が求められている Ac 層では I_c は 0.137 を示し、0 に近いことから乱すと強度低下しやすい土層であることを示している。

また、液性指数 I_L は、自然含水状態における土の相対的硬さ・軟らかさを表す指数であり下式で表される。

$$I_L = \frac{W_n - W_p}{W_L - W_p} = \frac{W_n - W_p}{I_p}$$

I_L 0 に近いほど土は安定であり、 I_L が大きくなるほど圧縮性は大きく鋭敏な状態を示す。

Ac 層の液性指数は $I_L=0.863$ で 1 に近く、圧縮性の大きい鋭敏な特性を有する。

鋭敏性は、図 5.7.2 に示す土の状態図の関係から、液性指数 I_L と非排水せん断強さ s_u より把握することができる。調査地の沖積粘性土(Ac)は $St=13$ を示し「鋭敏粘土」に分類されることから、強度低下しやすい特性を有することが分かる。

凡例	地層名・記号	調査孔番	深度 GL-(m)	非排水せん断強さ s_u (kN/m ²)	液性指数 I_L
○	沖積粘土層 Ac	No.1	2.80 - 3.60	20.4	0.863

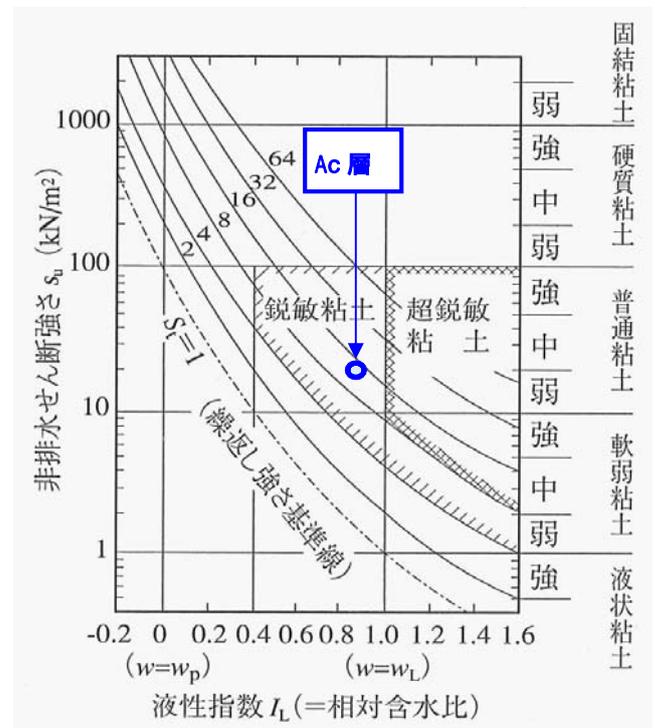


図 5.7.2 土の状態図(鋭敏比と液性指数の相関)

(5) 湿潤密度 t

試験方法は、寸法測定法により行い、試験結果を下表に示した。

表 5.7.9 各層の湿潤密度

地層区分		湿潤密度 t (g/cm ³)
地層名	記号	No.1
沖積粘性土層	Ac	1.605

試験結果より、

- ・ Ac 層の湿潤密度は $t=1.605\text{g/cm}^3$ を示し、沖積粘性土としては一般的な値を示している。

強度特性

(6)一軸圧縮強さ q_u

一軸圧縮試験は沖積粘性土層(Ac)で実施し、試験結果を表 5.7.10 に示した。

粘着力 c は、一軸圧縮強さから $c=1/2q_u$ ($=0$ 度)より求められる。

表 5.7.10 各層の一軸圧縮試験結果

地層名・記号		調査孔番	深 度 GL-(m)	一軸圧縮試験		
				一軸圧縮強度 q_u (kN/m ²)	粘着力 c (kN/m ²)	変形係数 E_{50} (MN/m ²)
沖積粘土層	Ac	No.1	2.80 ~ 3.60	40.75	20.4	0.76

圧密特性

(7) 圧密定数 (P_c , C_c , c_v , m_v)

調査地に分布する沖積粘性土層 (Ac) の圧密定数を表 5.7.11 に示した。

また、間隙比と圧密圧力の関係 (e - $\log p$ 曲線)、圧密係数と平均圧密圧力の関係 ($\log c_v$ - $\log p$ 関係) および体積圧縮係数と平均圧密圧力の関係 ($\log m_v$ - $\log p$ 関係) を総括して図 5.7.3 に示した。

表 5.7.11 各層の圧密定数

地層名	記号	調査孔番	深度 (m)	圧密降伏応力 P_c (kN/m ²)	圧縮指数 C_c	圧密係数 C_v (cm ² /day)
沖積粘性土層	Ac	No.1	2.80 ~ 3.60	102.1	0.625	146 ~ 250

C_v は正規圧密領域の値の範囲を示す。

圧密降伏応力 P_c は、土が弾性から塑性へ降伏したときの応力を示すもので、したがって沈下量は P_c 以下の応力では小さく、 P_c 以上の応力が加わると大きくなる。各層の圧密状態については、圧密降伏応力 P_c と有効土被り応力 P_0 との比較により判断できる。この圧密降伏応力 P_c と深度、有効土被り応力 P_0 の関係を図 5.7.4 に整理し、過圧密比 OCR と応力履歴の判定を表 5.7.11 に示す。

同図表より、Ac 層の圧密降伏応力 P_c は有効土被り応力 P_0 に対し 72.3 (kN/m²) 高い値を示し、OCR=3.4 を示すことから、「過圧密粘土」もしくは「年代効果を受けた疑似過圧密粘土」の状態と云える。

$P_c > P_0$ の関係に至った理由としては、過去の水位低下等によって現在よりも大きな土被り応力を記憶している、年代効果によるセメンテーション効果が加わり土粒子相互の固結力が増加した等が要因として推察される。

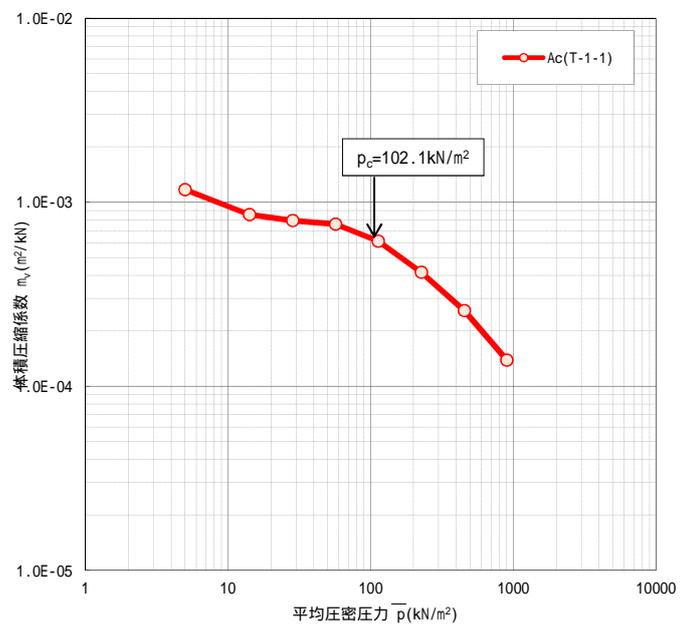
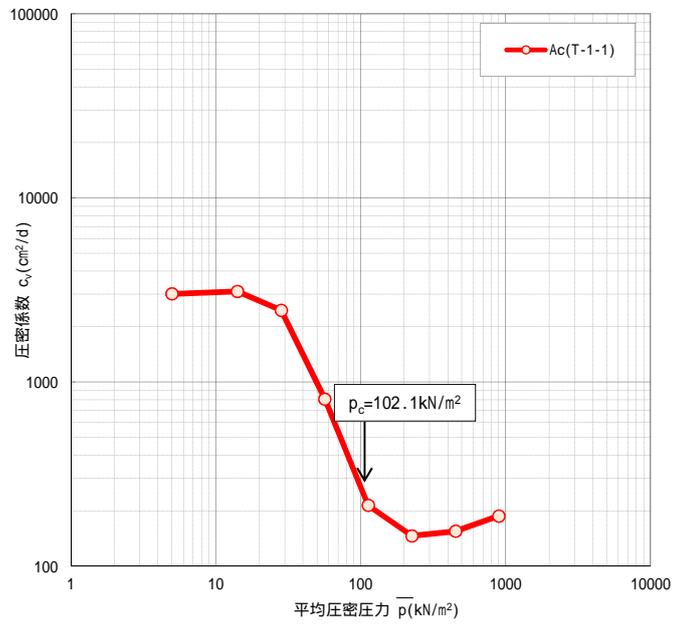
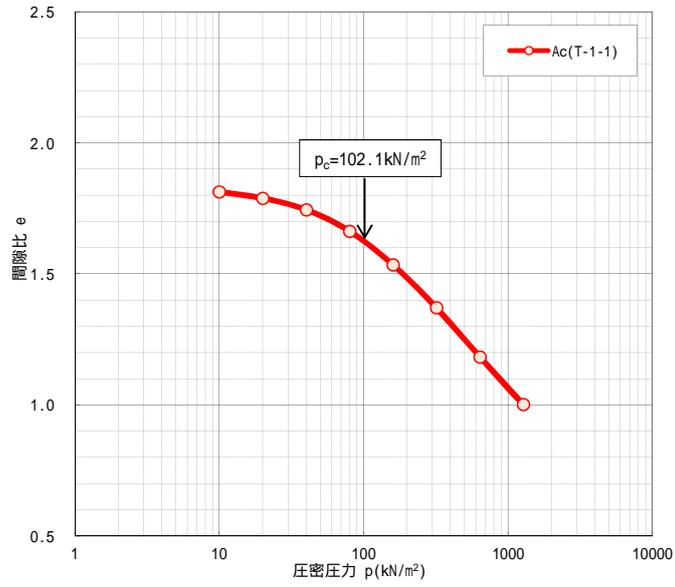


圖5.7.3 e - $\log p$, $\log c_v$ - $\log \bar{p}$, $\log m_v$ - $\log \bar{p}$ 關係圖

表5.7.12 沖積粘性土層(Ac)の圧密状態

地層名(記号)	調査地点	試料番号	深度 (m)	有効土被り応力 P_v (kN/m ²)	圧密降伏応力 P_c (kN/m ²)	過圧密比 OCR	応力履歴 の判定
沖積粘性土層 (Ac)	No.1	T-1-1	2.80~3.60	29.8	102.1	3.4	過圧密

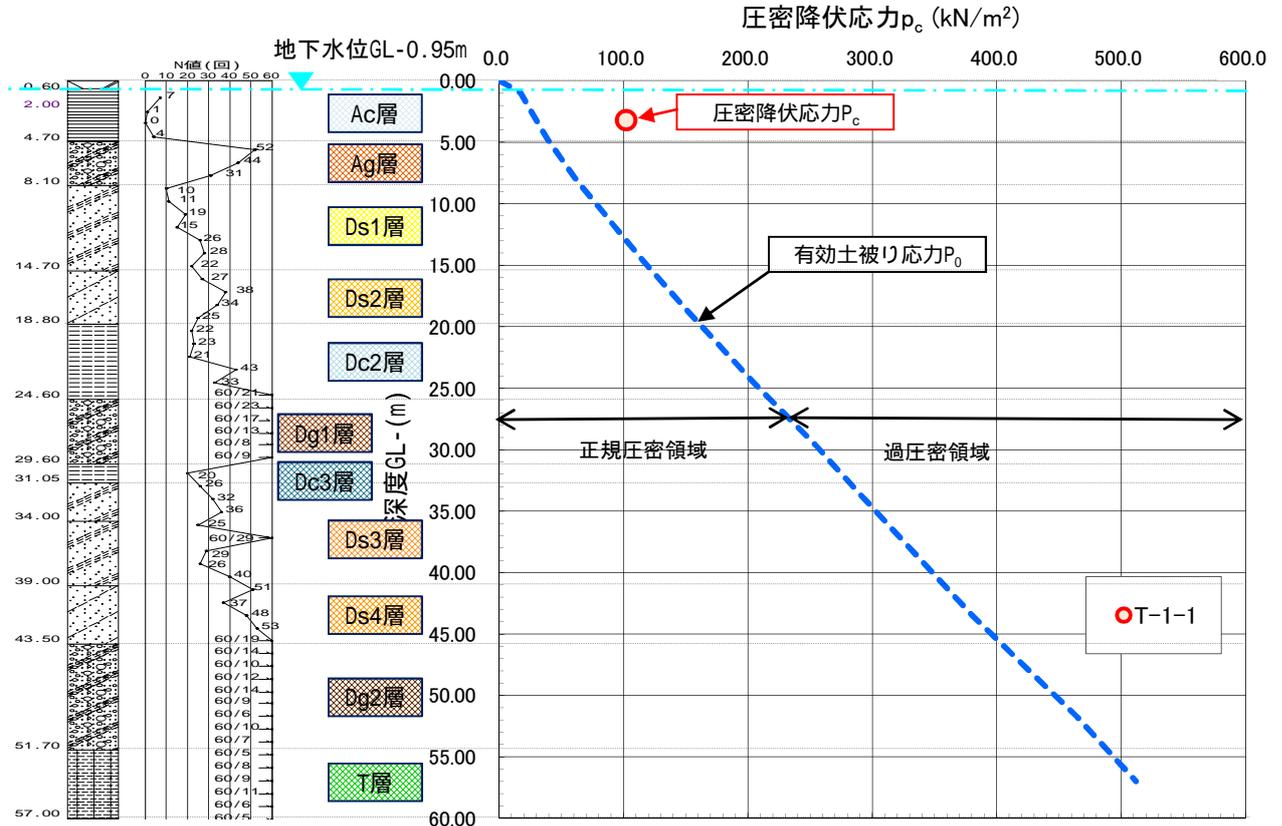


図 5.7.4 圧密降伏応力 P_c と深度の関係

過圧密比(OCR)

$$\text{過圧密比 OCR} = \frac{P_c}{P_v}$$

ここに、 P_c : 圧密降伏応力
 P_v : 現在の有効土被り応力

過圧密比	圧密状態
OCR = 1	正規圧密
OCR = 1~2	軽い過圧密
OCR = 2~8	過圧密 ← Ac層
OCR > 8	強い過圧密

5-8 CBR 試験結果

(1)調査孔観察結果

調査孔の観察結果は、図 5.8.1 の柱状図に示した。

路床内の代表試料として採取した土層は表 5.8.1 のとおりである。

土層観察結果より、調査対象深度までの土層は概ね次の 2 層に区分される。

CBR.1 地点

<第 1 層>

土質：中砂

分布深度：GL-0.00～0.30m

盛土と思われる。

淘汰の良い均一な細砂からなる。

含水比はやや高位。

<第 2 層>

土質：礫混り砂質シルト

分布深度：GL-0.30～1.00m

盛土と思われる。

全体に不均質である。

細粒分を 40～60%程度含有する。

所々に暗緑灰色の砂質シルトの土塊を混入する。

150mm の玉石を混入する。

GL-80～100cm 間は径 40～50mm の砕石が多く含まれる。

CBR.1

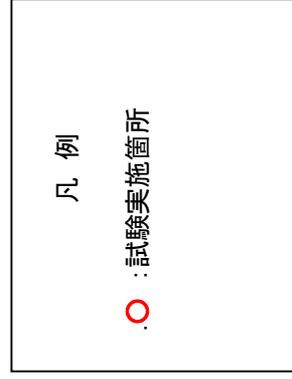
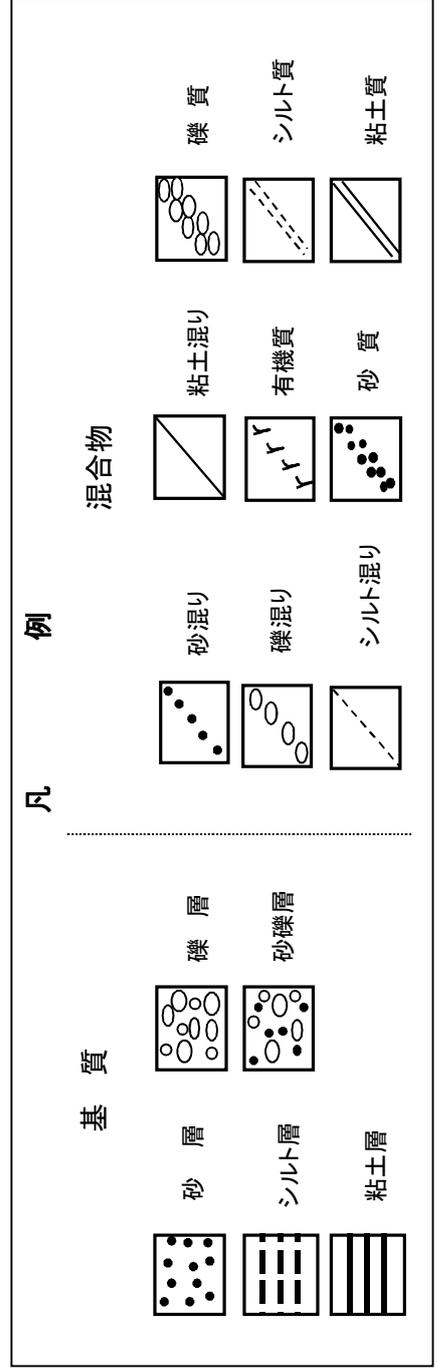
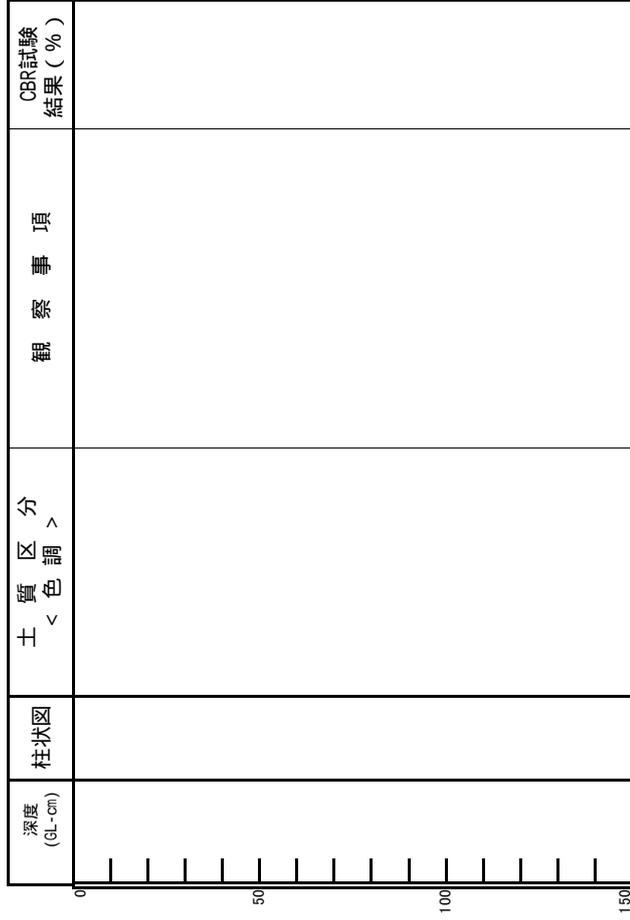
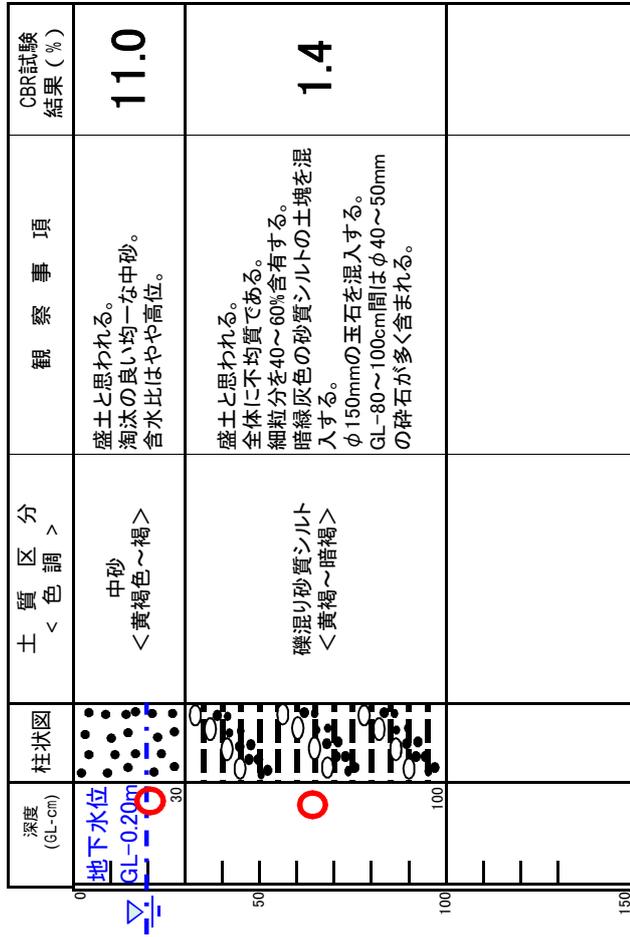


図5.8.1 CBR試験 試料採取結果 柱状図

(2)試験結果

試験結果については、巻末の試験結果一覧表及び各データシートに示したとおりであるが、とりまとめると次のとおりである。

CBR 試験は、図 2.1 に示した 1 箇所において現況地盤面を計画路床上面と仮定して、試験調査を行い、路床内で土質が異なっていたため 2 層に区分して CBR 値を測定したものである。

表 5.8.1 CBR 試験結果

地点名	試験深度 (GL - m)	土 質	CBR (%)	湿潤 密度 (g/cm ³)	乾燥 密度 (g/cm ³)	含水比 (%)	膨張比 (%)
CBR.1	0.00 ~ 0.30	中 砂	11.0	1.662	1.498	17.6	-0.004
	0.30 ~ 1.00	礫混り砂質シルト	1.3	2.043	1.692	20.0	-0.612

含水比は貫入試験後の測定値

湿潤密度及び乾燥密度は吸水膨張試験後の測定値

(3)現況路床土の設計CBRの算出

設計CBRは、「舗装設計施工指針H18.2(社)日本道路協会」および「舗装設計便覧H18.2(社)日本道路協会」に基づき、以下のとおり算出する。

1)地点のCBR

地点のCBRは、路床が深さ方向に異なるいくつかの層をなしている場合は下式によって算出する。これは、現状地盤の路床土としての良否判定や異なる盛土材料を段階的に何層かに分けて施工する場合を想定したものである。

ただし、下式は上部ほど高いCBRを示している場合に適用できるとしている。ここで、上部と下部を比べて、上部に極端に弱い地層がある場合は、全層弱い地層と評価するか、安定改良または良質な材料で置き換える等の対策を講じるものとしている。

$$CBR_m = \left[\frac{h_1 CBR_1^{1/3} + h_2 CBR_2^{1/3} + \dots + h_n CBR_n^{1/3}}{100} \right]^3$$

CBR_m : 地点のCBR値(%)

CBR₁、CBR₂、・・・、CBR_n : 各層のCBR値(%)

h₁、h₂、・・・、h_n : 各層の厚さ(cm)

h₁ + h₂、・・・ + h_n = 100 (cm)

- [注1] 路床が深さ方向にいくつかの層をなしており、厚さが20cm未満の層がある場合にはCBRの小さいほうの層に含めて計算し、CBR_mを求める。
- [注2] CBR_mの計算は、通常、路床が上部ほど高いCBRを示している場合に適用することができる。路床の上部に下部に比べ極端に弱い層がある場合には、舗装構造はこの層の影響を直接受けることになるので、CBR_mを用いてはならない。このような場合は、全層がCBRの弱い層でできていると考えるか、またはその層を安定処理するか、または良質な材料で置き換えて計算を行う。
- [注3] CBRが3未満の路床を改良する場合の改良厚は、一般的な作業のできる路床での安定処理の場合は30~100cmの間で、十分な締固め作業のできないような非常に軟弱な路床での安定処理や置換工法による場合は50~100cmの間で設定する。
- [注4] CBRが3未満の路床を改良した場合、その施工厚から20cm減じたものを有効な路床改良の層として扱う。そして、改良した層の下から20cmの層は、安定処理の場合は安定処理した層のCBRと従来路床のCBRとの平均値をその層のCBRとし、置き換えの場合は従来路床と同じCBRとして計算を行う。なお、CBRが3以上の路床を改良する場合は、このような低減を行わなくて良い。

2)地点の合成 CBR の計算

・ CBR.1 地点

本地点は、現況地盤高(造成盛土の上面)を計画路床面として計算を行う。

第 1 層 CBR 値 = 11.0% 層厚 30cm

第 2 層 CBR 値 = 1.4% 層厚 70cm

$$\text{合成 CBR} = \left\{ \frac{30 \times 11.0^{1/3} + 70 \times 1.4^{1/3}}{100} \right\}^3 = 3.05(\%)$$

CBR.3 地点の合成 CBR 値 = 3.05%

調査地点における地点の CBR は、下記のとおりとなる。

表 6.8.1 地点の CBR

調査地点	第一層		第二層		地点の CBR(%)
	CBR(%)	層厚(cm)	CBR(%)	層厚(cm)	
CBR.1	11.0	30	1.4	70	3.05

3)設計 CBR の算出

下記の区間の CBR と設計 CBR の関係より調査箇所的设计 CBR を求めると 3%となる。

表 6.8.2 区間の CBR と設計 CBR の関係表

区間のCBR	設計CBR
(2以上 3未満)	(2)
3以上 4未満	3
4以上 6未満	4
6以上 8未満	6
8以上 12未満	8
12以上 20未満	12
20以上	20

注) () は、打換え工事などで既存の路床の設計CBRが2であるものの構築路床を設けることが困難な場合に適用する。

ボーリング柱状図

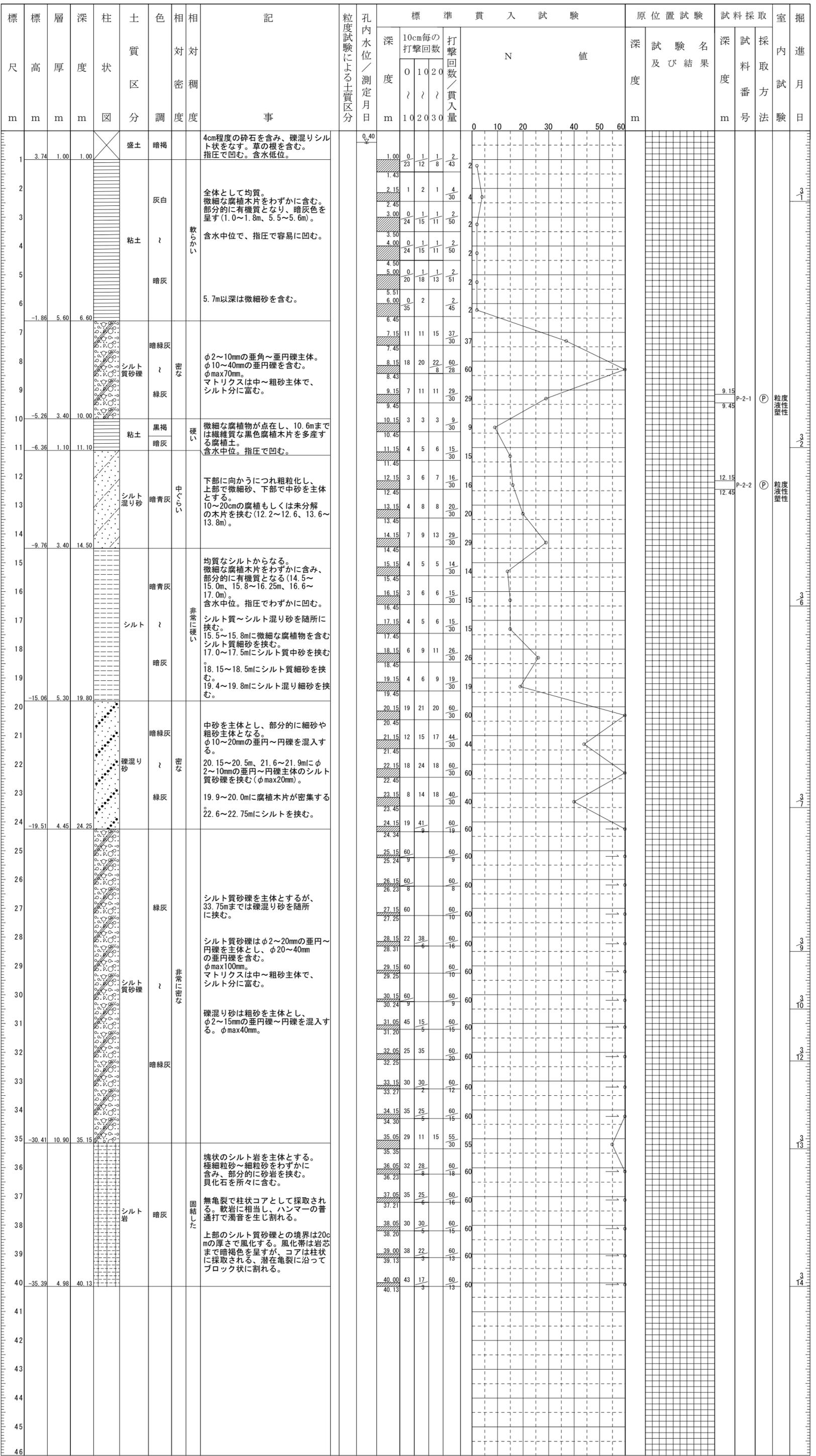
調査名 加賀市統合新病院建設事業土質調査業務

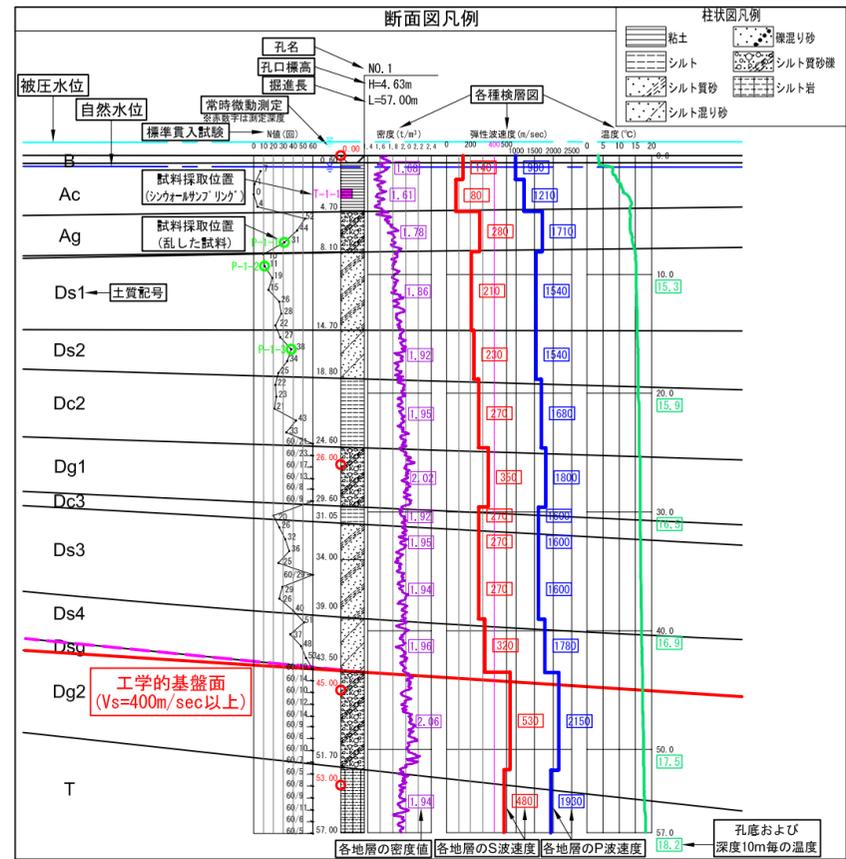
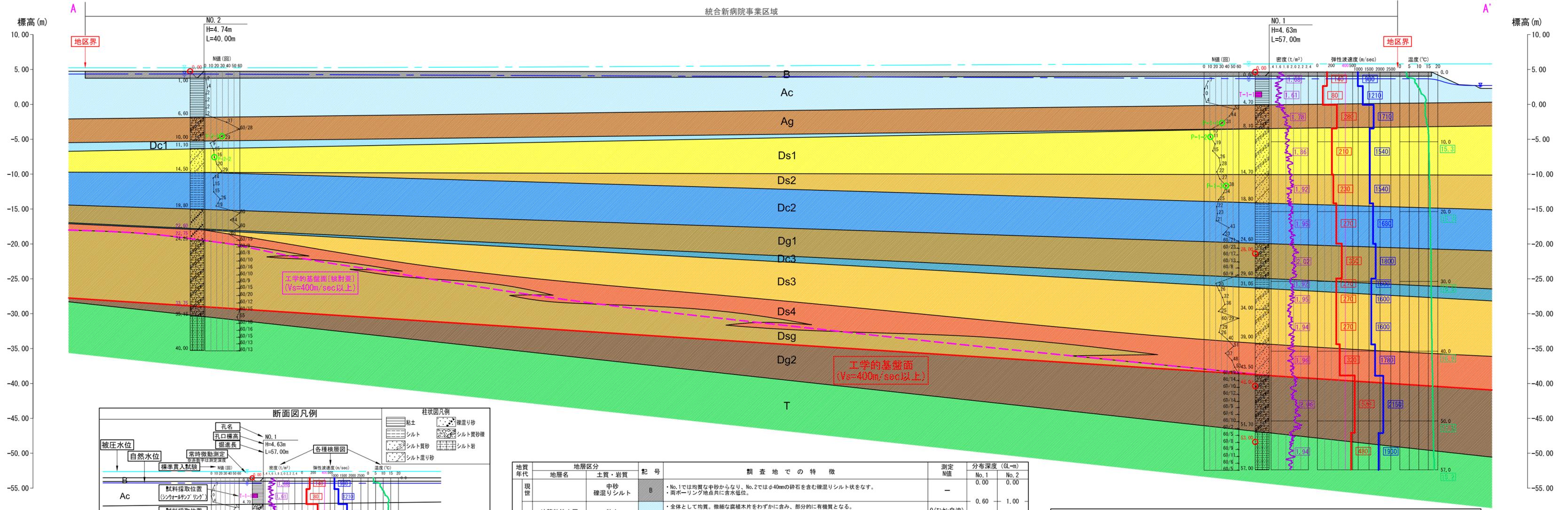
ボーリングNo. 5 4 3 6 3 2 8 8 0 0 2

事業・工事名

シートNo. 1

ボーリング名	No.2	調査位置	加賀市作見町 地内	北緯	36° 19' 03.7000"
発注機関	加賀市	調査期間	平成24年 3月 1日～平成24年 3月13日	東経	136° 21' 03.0000"
調査業者名	株式会社エオネックス 電話 076-238-1181	主任技師	山本 潤	現代理人	真木 祐典
コ 鑑 定 者	真木 祐典	ボーリング責任者	大谷 勉	ハンマー	落下用具 半自動型
孔口標高	DL 4.74m	角	180° 上 90° 下 0°	方 向	0°北 270°西 0°東 180°南
総掘進長	40.13m	度	0°	地盤勾配	0° 鉛直 水平 0°
使用機種	試錐機 YBM-05	エンジン	NFDAS	ポンプ	GP-5





地質年代	地層区分		記号	調査地での特徴	測定N値	分布深度 (GL-m)	
	地層名	土質・岩質				No.1	No.2
現世		中砂 礫混りシルト	B	・No.1では均質な中砂からなり、No.2ではφ40mmの砕石を含む礫混りシルト状をなす。 ・両ボーリング地点共に含水低位。	-	0.00	0.00
更新世	沖積粘性土層	粘土	Ac	・全体として均質。微細な腐植木片をわずかに含み、部分的に有機質となる。 ・含水中位。指圧で容易に凹む。 ・極まれに微細砂を含み、砂の薄層を挟む。	0(むかひ自沈) ~7	0.60	1.00
	沖積砂礫層	シルト質砂礫	Ag	・φ2~10mmの垂角~垂円礫主体で、φ10~40mmの垂円礫を含む(φmax70mm)。 ・マトリクスは中~粗砂主体で、シルト分に富む。 ・No.1では、礫混りシルトの薄層を挟む。	29~60以上	4.70	6.60
第四紀	第1洪積粘性土層	粘土	Dc1	・微細な腐植物を含み、部分的に繊維質な黒色の腐植木片を多産する腐植土を挟む。 ・含水中位。指圧で凹む。	9	8.10	10.00
	第1洪積砂質土層	シルト質砂 シルト混り砂	Ds1	・粒度変化に富み、層相が著しく変化する。 ・No.1では上部が細~中砂を主体とする均質な土層であるが、下部で礫混り砂やシルト質砂礫、粘土を挟む。 ・No.2では下部に向かうにつれ粗粒化し、微細砂~中砂を主体とする。 ・腐植もしくは未分解の木片を多産し、局部的に10~20cmの厚さで密着する。	10~29	11.00	14.50
	第2洪積砂質土層	シルト混り砂	Ds2	・中砂を主体とし、部分的に粗砂を含む。 ・φ2~10mmの垂角~円礫を混入する。	25~38	14.70	14.50
	第2洪積粘性土層	シルト	Dc2	・微細な腐植木片を含み、部分的に有機質となる。 ・シルト質~シルト混り砂を随所に挟む。 ・含水中位。指圧でわずかに凹む。	14~60以上	18.80	19.80
	第1洪積砂礫層	シルト質砂礫 礫混り砂	Dg1	・No.1ではφ2~10mmの垂角~垂円礫主体で、φ10~50mmの垂円礫が散在する(φmax50mm)。 ・No.2では細粒化により、φ2~10mmの垂角~円礫を主体とし、部分的に礫混り砂を含む。 ・マトリクスは中~粗砂主体で、シルト分に富む。 ・最上部で腐植木片が密着する。	44~60以上	24.60	19.80
	第3洪積粘性土層	シルト	Dc3	・微細な腐植木片を含み、部分的に有機質となる。 ・含水中位。指圧でわずかに凹む。 ・No.2では15cmまで層厚を減じる。	20	29.60	22.60
	第3洪積砂質土層	シルト質砂	Ds3	・細砂を主体とする。 ・全体として不均質で、粒度変化に富み、深度によってはシルト混りとなる。 ・微細な腐植もしくは未分解の木片を含み、局部的に密着する。 ・厚さ10~20cm程度の有機質(砂質)シルトを挟む。	25~60以上	31.05	22.75
	第4洪積砂質土層	シルト混り砂 礫混り砂	Ds4	・細砂を主体とする。 ・全体として不均質で、部分的にシルト質となる。 ・微細な腐植木片が点在し、局部的に密着する。	37~60以上	39.00	24.25
更新世	洪積砂~砂礫互層	シルト質砂礫 礫混り砂	Dsg	・シルト質砂礫を主体とするが、礫混り砂を随所に挟む。 ・シルト質砂礫はφ2~20mmの垂角~垂円礫を主体とし、φ20~40mmの垂円礫を含む(φmax100mm)。 ・マトリクスは中~粗砂主体で、シルト分に富む。 ・礫混り砂は粗砂を主体とし、φ2~15mmの垂角~垂円礫を混入する(φmax40mm)。	60以上	43.50	33.75
	第2洪積砂礫層	シルト質砂礫	Dg2	・φ2~20mmの垂円礫主体で、φ20~40mmの垂円礫を含む(φmax40mm)。 ・マトリクスは中~粗砂主体で、シルト分に富む。 ・No.1では46.8m以深は粗粒化し、φ30~50mmの垂角~垂円礫が散在する(φmax50mm)。	55~60以上	51.70	35.15
新第三紀	シルト岩層	シルト岩	T	・塊状のシルト岩を主体とする。極細粒砂~細粒砂をわずかに含み、深度によって粒度が多少変化する。 ・貝化石をわずかに含む。 ・無亀裂で柱状コアとして採取される。ハンマーの普通打で濁音を生じ割れる。 ・上位のDg2との境界は20cm程度の厚さで風化する。風化帯は岩芯まで暗褐色を呈すが、コアは柱状に採取され、潜在亀裂に沿ってブロック状に割れる。	55~60以上	57.00	40.00

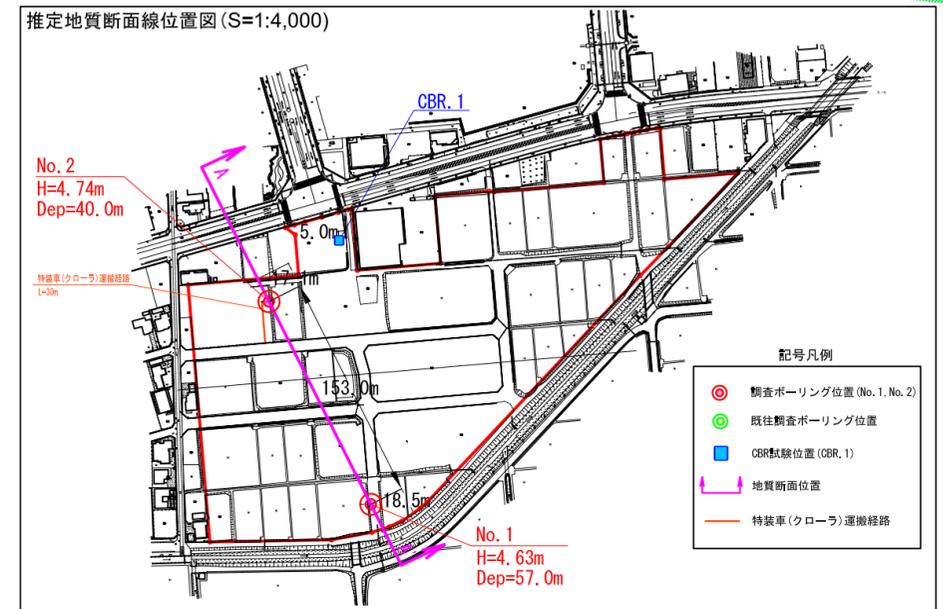
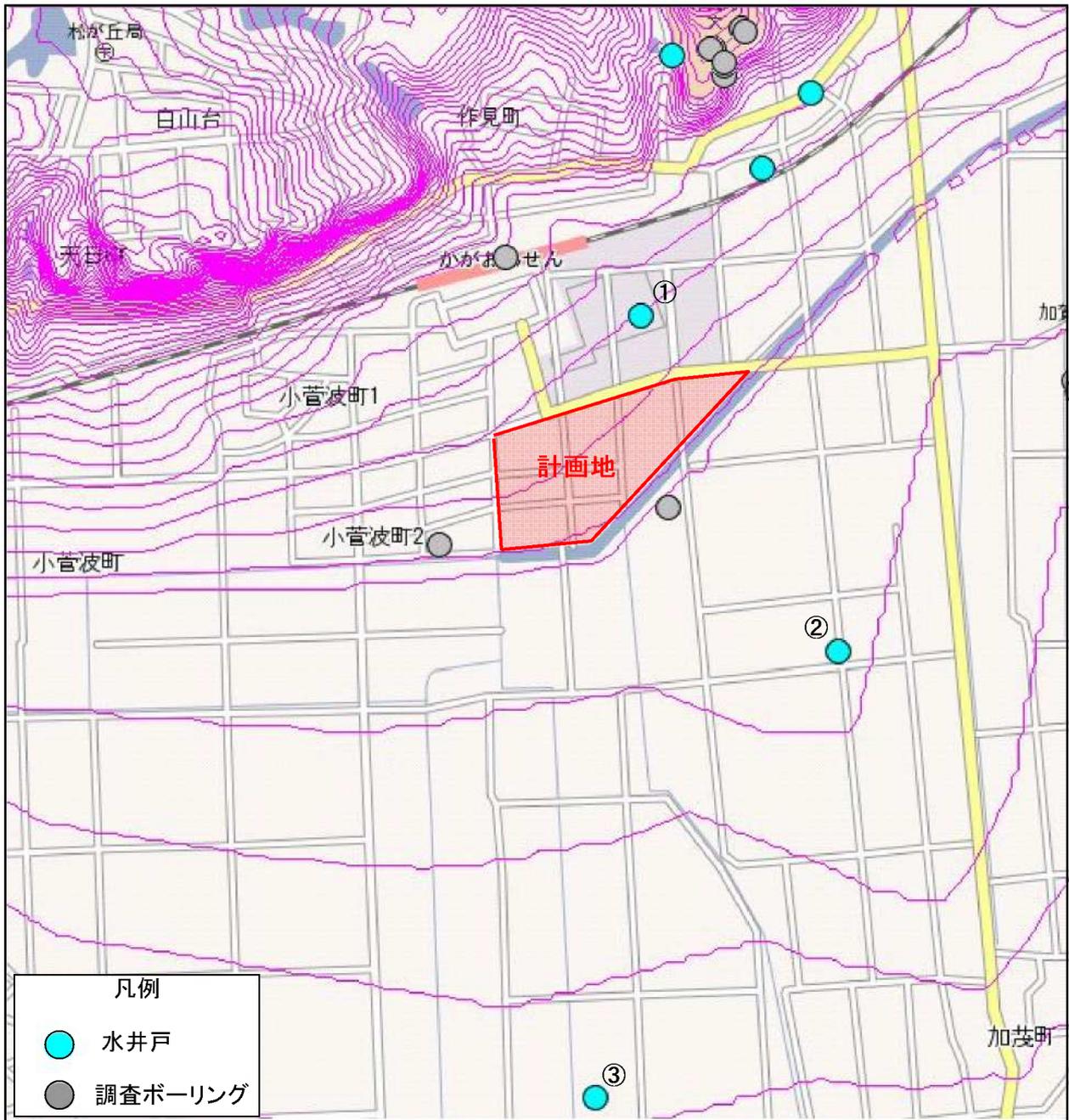


図6.1.1 推定地質断面図(統合新病院事業区域) [S=1:400]

「統合新病院事業区域」周辺の井戸データ



縮尺: 1/10,000

井戸諸元一覧表

番号	深度 (m)	口径 (mm)	スクリーン長 (m)	揚水量 (ℓ/分)	自然水位 (GL-m)	揚水水位 (GL-m)	鉄含有量 (mg/L)	飲料の可否
①	38.4	500-350	16.0	800	1.5	4.6	1.20	不適
②	50.0	300	18.0	420	不明	1.7	1.20	不適
③	50.0	350	15.0	800	0.9	17.2	0.14	適

「■」は水道法の基準値を超えるもの

<水道法基準値>
鉄: 0.3mg/L以下

○既存井戸①や②は、計画地にも分布する洪積砂質土層や洪積砂礫層にスクリーンを配置して採水していると考えられる。地下水の状況としては、揚水量が毎分400ℓ以上と比較的豊富であるが、飲用不適であり、少なくとも鉄含有量が基準を満足していない。

○一方、既存井戸③は、井戸②と類似したスクリーン配置であるにも関わらず、鉄含有量が低く、飲用適の地下水が得られている。この要因としてスクリーン配置のわずかな違いや採水している土層の土質が変化していることが考えられる。

○なお、病院のような公共性の高い施設で、飲用に供す地下水を開発する場合、水質分析項目は添付の井戸台帳のものでは不足する可能性があり、利用用途をより明確にし(調理用や入浴時のシャワーなど)、保健所の指導のもと項目を選択する必要がある。

井戸①

井戸の位置	石川県加賀市作見町地内						
所有者又は 管理者の氏名			1/5万地図図幅名	メッシュコード [※] 番号	緯度 - 経度		
					36°19' 0.00" - 136°21' 0.00"		
施工業者の氏名			さく井開始	2001年 1月 1日			
機械の種類			さく井完了	2001年 3月 19日			
地 形			自然水位	2001年 3月	1.5 GL-m		
地 盤 高	+7.000 m		揚水水位	2001年 3月	4.6 GL-m		
使用目的	その他						
深 度	38.40 m		揚水量	2001年 3月	1514.0 m ³ /d		
スクリーン	2 層						
	16.00 m		自噴量				
口 径	350- 500 mm						
深 度 m	化石	地 質 名 称	深 度 m	化石	地 質 名 称		
	動 植			動 植			
0.00~ 1.00		盛土	~				
1.00~ 5.00		砂質粘土	~				
5.00~ 6.00		腐植土	~				
6.00~ 10.00		粘土混り砂礫	~				
10.00~ 16.00		砂質粘土	~				
16.00~ 28.00		砂礫	~				
28.00~ 38.40		粘土混り細砂	~				
~			~				
~			~				
~			~				
~			~				
~			~				
スクリーンの位置 GL-m	6.40~ 10.40= 4.00		~ =	~ =			
	16.40~ 28.40= 12.00		~ =	~ =			
	~ =		~ =	~ =			
水 質	水 温	15.2 °C	塩 素	38.30 ppm	カルシウム	55.80 ppm	
	P H	7.0	蒸発残留物		マグネシウム	55.80 ppm	
	硝酸性窒素	0.02 ppm	総 硬 度		硫 酸		
	亜硝酸性窒素	0.02 ppm	鉄	1.20 ppm	Mアルカリ度		
	アンモニア性窒素		飲料の可否	不適	過マンガン酸カリウム	1.90 ppm	

井戸②

井戸の位置	石川県加賀市作見町					
所有者又は 管理者の氏名	1/5万地図図幅名		メッシュコード [※] 番号		緯度 - 経度	
					36° 18' 0.00" - 136° 21' 0.00"	
施工業者の氏名	さく井開始		1992年 7月 1日			
機械の種類	さく井完了		1992年 7月 10日			
地 形	自然水位		1992年 7月		GL-m	
地 盤 高	+7.000 m		揚水水位		1992年 7月 1.7 GL-m	
使用目的	生活用					
深 度	50.00 m		揚水量		1992年 7月 m3/d	
スクリーン	2 層		自噴量		1992年 7月 605.0 m3/d	
	18.00 m					
口 径	300 mm					
深 度 m	化石		地 質 名 称	深 度 m	化石	
	動	植			動	植
0.00～ 1.00			表土	～		
1.00～ 5.00			粘土	～		
5.00～ 8.50			粘土混りレキ	～		
8.50～ 11.00			レキ	～		
11.00～ 15.00			粘土	～		
15.00～ 27.50			レキ	～		
27.50～ 40.00			粘土	～		
40.00～ 50.00			風化凝灰岩	～		
～				～		
～				～		
～				～		
～				～		
スクリーンの位置 GL-m	17.00～ 29.00= 12.00		～ =		～ =	
	41.00～ 47.00= 6.00		～ =		～ =	
	～ =		～ =		～ =	
水 質	水 温	14.8 °C	塩 素	32.50 ppm	カルシウム	
	P H	7.2	蒸発残留物	102.50 ppm	マグネシウム	
	硝酸性窒素	0.02 ppm	総 硬 度	48.50 ppm	硫 酸	
	亜硝酸性窒素	0.02 ppm	鉄	1.20 ppm	Mアルカリ度	0.80 ppm
	アンモニア性窒素	0.10 ppm	飲料の可否	不適	過マンガン酸カリウム	0.00 ppm

井戸③

井戸の位置	石川県加賀市中代町						
所有者又は 管理者の氏名	1/5万地図図幅名		メッシュコード [※] 番号		緯度 - 経度		
					36°18' 0.00"- 136°21' 0.00"		
施工業者の氏名	さく井開始		1973年 2月 19日				
機械の種類	さく井完了		1973年 3月 3日				
地 形	自然水位		1973年 2月		0.9 GL-m		
地 盤 高	m		揚水水位		1973年 2月 17.2 GL-m		
使用目的	工業用						
深 度	50.00 m		揚水量		1973年 2月 1152.0 m ³ /d		
スクリーン	2 層		自噴量				
	15.00 m						
口 径	350 mm						
深 度 m	化石		地 質 名 称	深 度 m	化石		地 質 名 称
	動	植			動	植	
0.00～ 2.50			盛土・表土	～			
2.50～ 4.50			砂利	～			
4.50～ 25.00			粘土混り砂利	～			
25.00～ 31.00			シルト混り砂利	～			
31.00～ 31.80			粘土	～			
31.80～ 49.00			粘土混り砂利	～			
49.00～ 50.00			泥岩	～			
～				～			
～				～			
～				～			
～				～			
～				～			
スクリーンの位置 GL-m	20.00～ 23.00= 3.00		～ =		～ =		
	38.00～ 50.00= 12.00		～ =		～ =		
	～ =		～ =		～ =		
水 質	水 温	16.0 °C	塩 素	18.70 ppm	カルシウム		
	P H		蒸発残留物		マグネシウム		
	硝酸性窒素		総 硬 度		硫 酸		
	亜硝酸性窒素		鉄	0.14 ppm	Mアルカリ度		
	アンモニア性窒素		飲料の可否	飲料適	過マンガン酸カリウム	19.00 ppm	