

## 6. 考 察

### 6-1 調査地盤を構成する地層の特徴

本件調査結果および既往資料より、調査地一帯の地質断面図を作成し、図 6.1.1, 図 6.1.2 に示した。

調査地は、JR 北陸線加賀温泉駅の南方 300～500m 付近に位置し、地形的には橋立丘陵の南方に展開する沖積低地に属する。

調査地で確認された地層は次の 14 層で、最下部は新第三系の細坪層(シルト岩)からなり、その上位を南郷層に対比されると考えられる更新統の粘性土・砂質土・砂礫の互層からなる地層が厚く被覆し、最上部には砂礫層と軟弱な粘性土からなる沖積層が分布する構成となっている。

表 6.1.1 地層層序一覧表

地質年代	地層区分		記号	N値		
	地層名	主な土質, 岩質				
現世		盛土層	中砂、礫混りシルト	B	-	
第四紀	完新世	沖積粘性土層	粘土	Ac	0(モク自沈)～7	
		沖積砂礫層	シルト質砂礫	Ag	29～60以上	
		第1洪積粘性土層	粘土	Dc1	9	
	更新世	南郷層	第1洪積砂質土層	シルト質砂、シルト混り砂	Ds1	10～29
			第2洪積砂質土層	シルト混り砂	Ds2	25～38
			第2洪積粘性土層	シルト	Dc2	14～60以上
			第1洪積砂礫層	シルト質砂礫、礫混り砂	Dg1	44～60以上
			第3洪積粘性土層	シルト	Dc3	20
			第3洪積砂質土層	シルト質砂	Ds3	25～60以上
			第4洪積砂質土層	シルト混り砂、礫混り砂	Ds4	37～60以上
			洪積砂 - 砂礫互層	シルト質砂礫、礫混り砂	Dsg	60以上
		第2洪積砂礫層	シルト質砂礫	Dg2	55～60以上	
新第三紀	中新世	細坪層	シルト岩	T	55～60以上	

#### (1)地層分布の特徴

まず、図 6.1.1, 図 6.1.2 より橋立丘陵の山麓から加賀市統合新病院建設予定地までの地層分布の特徴を述べる。

- ・調査地一帯を大局的にみれば、沖積層および洪積層(南郷層)については、平野側に向かって緩やかに傾斜しており、Ds1, Ds2, Dc2, Ds3 層の層厚は平野側で厚くなる特徴が見られる。

・Ds3,Ds4,Dsg,Dg2層は、分布深度および層厚変化が著しいといった特徴があり、N値60以上を連続して記録している砂礫層上面の深度をNo.1地点のDg2層とNo.2地点のDsg層と比較すると標高差は約19mにも及ぶ。

・基岩である細坪層(T:シルト岩)は、No.1~No.2地点間における上面の傾斜は、見かけ上約6度で平野向きにおちている。丘陵側の既往ボーリングでは基岩が調査深度内に出現しないため分布深度は不明であるが、丘陵周縁の斜面に露頭する細坪層の状況を鑑みると、本層は丘陵に近づくとつれ、その分布深度は浅くなると想定される。

・沖積層の層厚は5~10m程度である。下位の沖積砂礫層(Ag)は、丘陵側の既No.2(H7)、既No.2(H8)付近で1.2~2.3mと薄く、今回の調査地点は層厚3.4mでやや層厚を増している。同様に上位の軟弱な沖積粘性土層(Ac)も平野側でわずかに層厚を増しており、最も厚いNo.2地点で4m程度である。

・No.1地点のGL-43.5~51.70m間に分布するシルト質砂礫(Dg2)とNo.2地点のGL-24.25~35.15m間に分布するシルト質砂礫層(Dsg,Dg2)では、ボーリング掘進時にいずれも自噴を伴う被圧水が確認されている。このことから、これらは同一の帯水層を形成する一連の地層である可能性が高いと判断し、その他の地層の特徴も鑑みて図6.1.2のように地層区分を行っている。しかしながら、分布標高の観点から考えると、No.1地点のGL-24.69~29.60m間のシルト質砂礫層(Dg1)とNo.2地点のGL-24.25~35.15m間のシルト質砂礫層(Dsg,Dg2)の上面はほぼ同じ標高にあることから、No.1地点のDg1層とNo.2地点のDsg層が連続した同一の地層である可能性も否定できない。よって、今後の追加調査ボーリングでこの点を明らかにする必要性が指摘される。

## (2)地下水位

地下水位は、第4洪積砂質土層(Ds4)以浅の地下水位は、GL-0.15~1.37m(EL+3.26~4.59m)の間にあり地表に近い。洪積砂・砂礫互層(Dsg)~第2洪積砂礫層(Dg2)に賦存する地下水は被圧状態にあり、掘進中に孔内水の自噴が確認された。なお、調査期間中に確認された被圧地下水の最高水頭(泥水位)は次のとおりである。

・No.1地点・・・GL+1.17m(EL+5.80m) 測定日:2012年3月8日

・No.2地点・・・GL+0.50m(EL+5.24m) 測定日:2012年3月10日

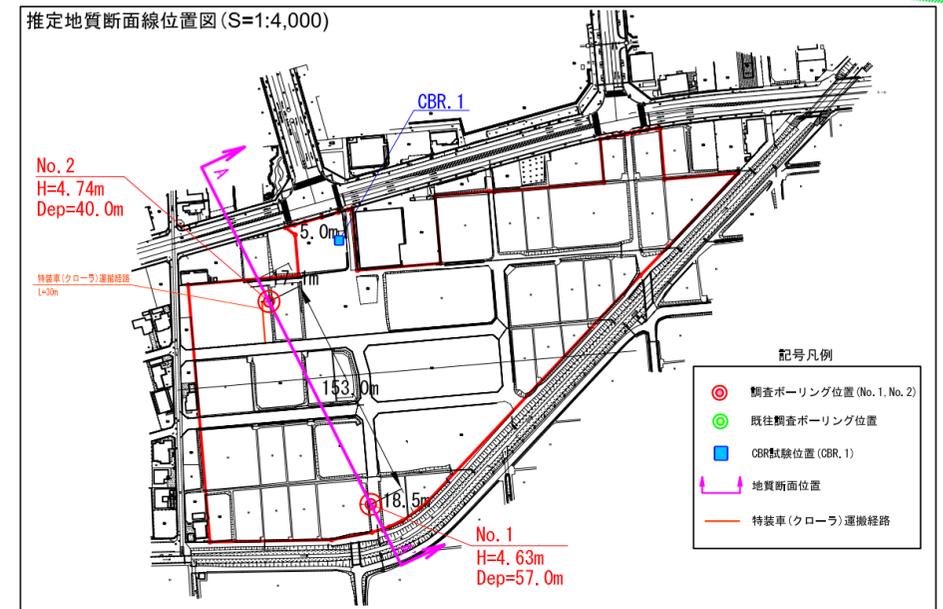
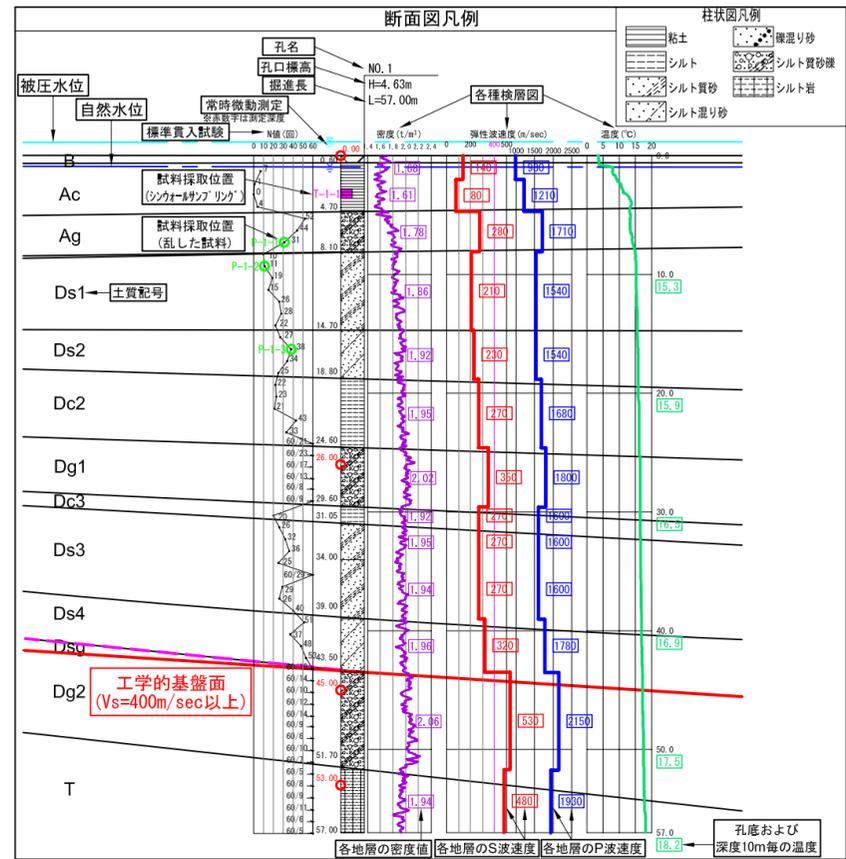
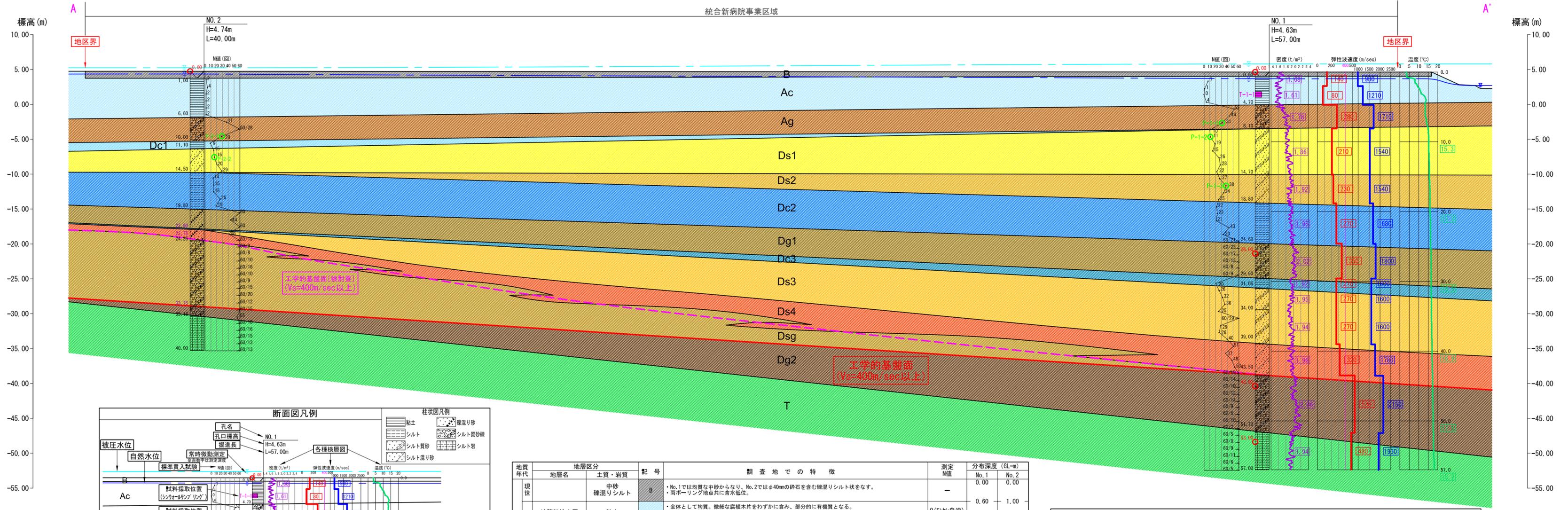
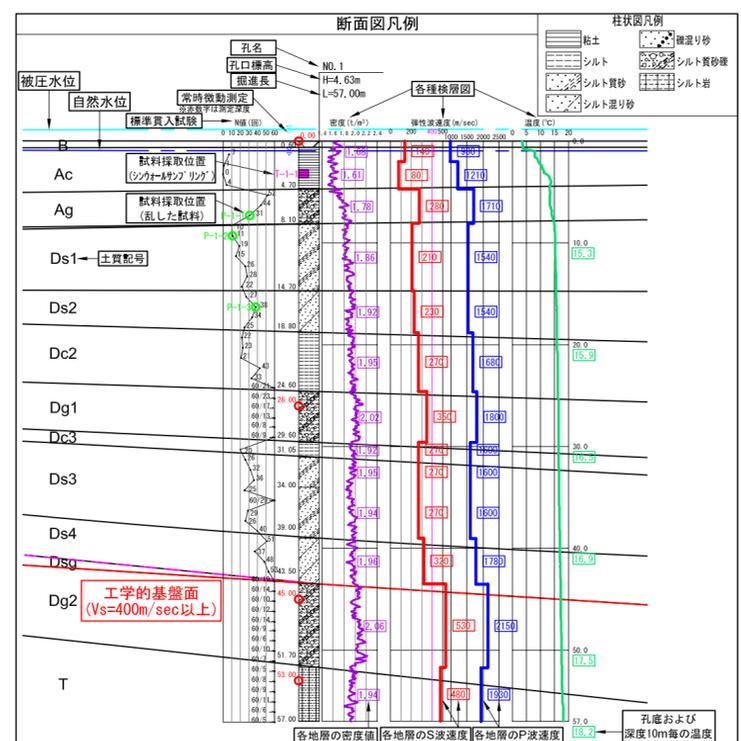
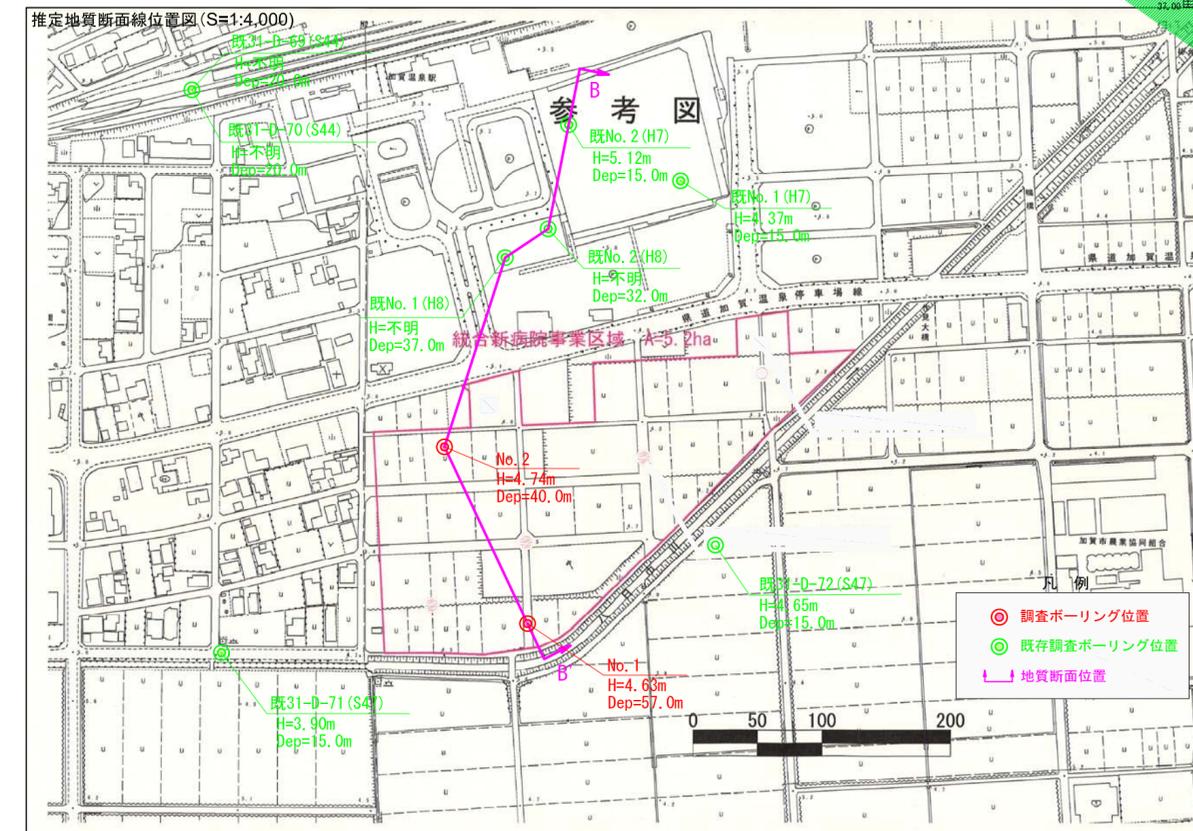
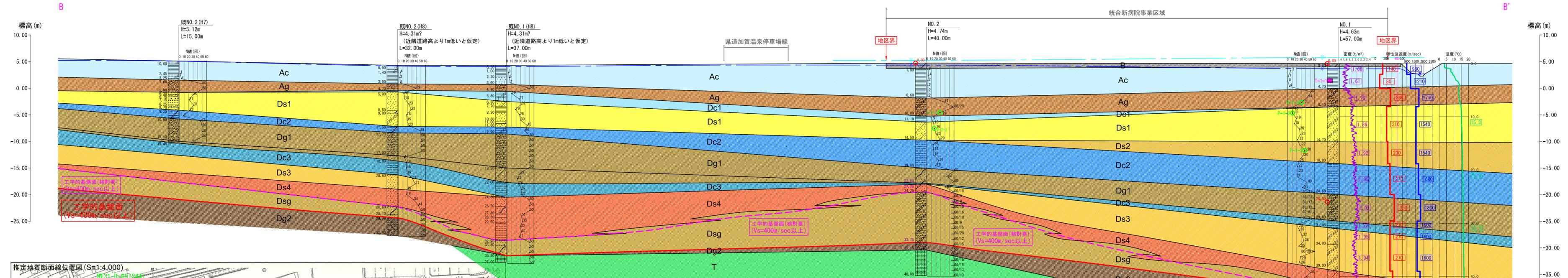


図6.1.1 推定地質断面図(統合新病院事業区域) [S=1:400]



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)		
	土質・岩質	層名				No. 1	No. 2	
現世	盛土	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率低位。	-	0.00	0.00	
	更新世	沖積粘性土層	粘土	・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。 ・含水率低位。指圧で容易に凹む。 ・礫まじりに微細砂を含み、砂の薄層を挟む。	0(モック自沈)	0.60	1.00	
		沖積砂礫層	シルト質砂礫	Ag	・φ2~10mmの亜角~重円礫主体で、φ10~40mmの重円礫を含む(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	・微細な腐植木片を含み、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。 ・含水率低位。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では下部に均質かつ粗粒化し、微細砂~中砂を主体とする。 ・腐植もしくは未分層の木片を多産し、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	・中砂を主体とし、部分的に粗砂を含む。 ・φ2~10mmの重円~円礫を混入する。	25~38	18.80	18.80
		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。 ・含水率低位。指圧で凹む。	14~60以上	24.60	19.80
	更新世	第1洪積砂礫層	シルト質砂礫 礫混り砂	Dg1	・No.1ではφ2~10mmの亜角~重円礫主体で、φ10~50mmの重円礫が散在する(φmax50mm)。 ・No.2では細粒化により、φ2~10mmの重円~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	・微細な腐植木片を含み、部分的に有機質となる。 ・含水率低位。指圧で凹む。 ・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	・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。 ・腐植もしくは未分層の木片を含み、局部的に有機質となる。 ・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	・細砂を主体とする。 ・全体として不均質で、部分的に有機質となる。 ・微細な腐植木片が散在し、局部的に密集する。	37~60以上	43.50	33.75	
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の重円~円礫を主体とし、φ20~40mmの重円礫を含む(φmax100mm)。 ・マトリクスは中~粗砂主体で、シルト分に富む。 ・礫混り砂は細砂を主体とし、φ2~15mmの重円~亜角礫を混入する(φmax40mm)。	60以上	57.00	40.00	
	第2洪積砂礫層	シルト質砂礫	Dg2	・φ2~20mmの重円礫主体で、φ20~40mmの重円礫を含む(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の亜角~重円礫が散在する(φmax50mm)。	55~60以上	51.70	35.15	
中新世	シルト岩層	シルト岩	T	・塊状のシルト岩を主体とする。粗粒砂~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。 ・頁岩をわずかに含む。 ・無葉状で柱状コアとして採取される。ハンマーの普通打で薄層を生じ割れる。 ・上位のDs2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、薄層を呈してブロッカー状に割れる。	55~60以上	57.00	40.00	

図6.1.2 広域推定地質断面図(加賀病院付近~事業区域) [SH=1:800、SV=1:400]

### (3)各層の物理特性

前項までに述べた地層分布の特徴や物理特性の差異を踏まえ、各層の特性を表 6.1.1 および図 6.1.3 に整理した。

同図表より、調査地において工学的基盤になり得る地層としては、S 波速度 400m/sec を連続して 5m 以上確認している第 2 洪積砂礫層 (Dg2) とシルト岩層 (T) が挙げられる。

表 6.1.1 調査地の地層層序と地質, N 値, 物理特性

地質年代区分	地層区分		地質名	N値	密度	P波速度	S波速度	ポアソン比	剛性率	ヤング率	
	地層名	記号		N値の範囲	$\rho_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)		G ( $\text{kN/m}^2$ )	E ( $\text{kN/m}^2$ )	
現世	盛土	B	BV-1:中砂 BV-2:礫混りシルト	-	19.0	980~ 1210	80~140	0.490~ 0.498	10300~ 32900	30900~ 98000	
第四紀	完新世	沖積粘性土層	粘土	0(モンケン自沈) ~7	15.7						
		沖積砂礫層	Ag	シルト質砂礫	29~60以上	17.5	1710	280	0.486	139600	415000
	更新世	第1洪積粘性土層	Dc1	粘土	9	17.0	-	-	-	-	-
		第1洪積砂質土層	Ds1	シルト混り砂、 シルト質砂	10~29	18.2	1540	210	0.491	82000	244400
		第2洪積砂質土層	Ds2	シルト混り砂	25~38	18.8	1540	230	0.489	101600	302500
		第2洪積粘性土層	Dc2	シルト	14~60以上	19.1	1680	270	0.487	142200	422800
		第1洪積砂礫層	Dg1	シルト質砂礫、 礫混り砂	44~60以上	19.8	1800	350	0.480	247500	732800
		第3洪積粘性土層	Dc3	シルト	20.0	18.8	1600	270	0.485	140000	415900
		第3洪積砂質土層	Ds3	シルト質砂	25~60以上	19.1	1600	270	0.485	142200	422400
		第4洪積砂質土層	Ds4	シルト混り砂、 礫混り砂	37~60以上	19.2	1780	320	0.483	141400	420100
		洪積砂・砂礫互層	Dsg	砂・砂礫互層	60以上	20.2	(2150)	(530)	(0.468)	(578700)	(1698700)
		第2洪積砂礫層	Dg2	シルト質砂礫	55~60以上	20.2	2150	530	0.468	578700	1698700
新第三紀	中新世	シルト岩層	T	シルト岩	55~60以上	19.0	1930	480	0.467	447000	1311500

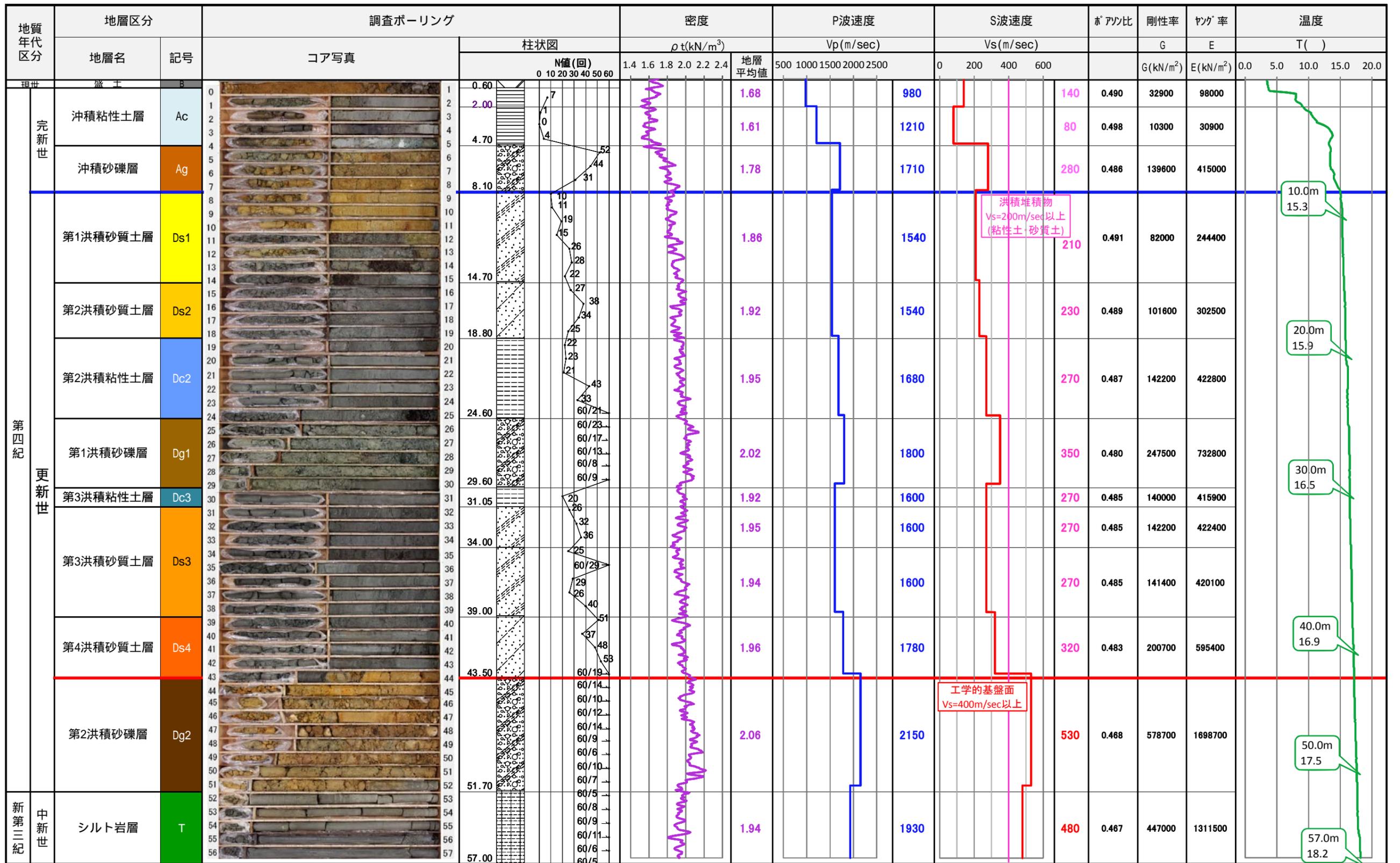


図6.1.3 検層結果総括図

## 6-2 地盤定数の提案値

地盤の諸定数は、設計計算に用いられるもので、各層の地質性状、N 値などを総合的に検討して設定することが肝要である。

表 6.2.1 に地盤定数の設定方法を、またこれによって求められた各層の設計用地盤定数の設定値を表 6.2.8 に示す。

地盤定数の設定にあたっては、下記の要領・指針を参考にした。

### - 参考文献 -

- 『建築基礎構造設計指針』日本建築学会
- 『設計要領〔道路編〕H18.4』北陸地方整備局
- 『設計要領・第二集 橋梁建設編 H20.8』NEXCO

表 6.2.1 地盤定数の算出方法

地盤定数	記号	単位	地層区分			
			盛土層(B)	粘性土層	砂質土層および砂礫層	シルト岩層(T)
設計N値	N	回	礫当たりなどによって発生する異常値や地層の局所的な値を除いた各層の平均N値。			
単位体積重量	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	表6.2.4より、『盛土 砂 締め固めたもの 粒度の悪いもの』の値を採用する。 …(参考文献2より)	Ac層は湿潤密度試験値を採用、Ac層以外の粘性土層は密度検層値を採用	密度検層値を採用	密度検層値を採用
粘着力	c	kN/m <sup>2</sup>		Ac層は一軸圧縮試験値より $c=1/2qu$ 、 Ac層以外の粘性土層は $c=(6 \sim 10) \times N$ (安全側の6×Nを採用) …(参考文献1より)	c=0	$c=16.2 \times N^{0.606}$ …(参考文献3より) (泥岩・凝灰岩・凝灰角礫層の関係式)
内部摩擦角	$\phi$	度		=0	$=\sqrt{20 \times N} + 15$ …(参考文献1より)	$\phi=0.888 \times \text{Log}N+19.3$ …(参考文献3より) (泥岩・凝灰岩・凝灰角礫層の関係式)
変形係数	E <sub>0</sub>	kN/m <sup>2</sup>		-	Ac層は一軸圧縮試験のE <sub>50</sub> 、Ac層以外の粘性土層は E <sub>0</sub> =700×N …(参考文献1より)	E <sub>0</sub> =700×N …(参考文献1より)

### (1)設計 N 値

設計 N 値は層境界の値や礫当たりなどによって発生する異常値や地層の局所的な値を除いた平均 N 値とする。以下に算出方法を示す。

- 1)各地層の測定 N 値の分散をとり、正規分布をイメージ(データ数が多いと正規分布の形が明瞭となるが、ここではデータ数が少ないので連続した固まりを採る)して、そこから明らかに外れるもの(その地層が介在する薄層に対しての値又は礫当たりなどの局所的な可能性が高い場合)を除外し平均値を算出する。
- 2)各測定 N 値の 10cm 毎の内訳の分散をとり、正規分布をイメージして、そこから明らかに外れるもの(その地層が介在する薄層に対しての値又は礫当たりなどの局所的な可能性が高い場合)を除外し平均値を算出する。求めた平均値を 3 倍(30cm 貫入相当)して N 値に換算する。
- 3) 1)と 2)を比較し小さい方を代表 N 値とする。

以上に基づいて地層別代表 N 値の検討結果を表 6.2.3 に一覧する。また、その代表 N 値を設計 N 値として表 6.2.2 に示す。なお、シルト岩層(T)を除く地層の設計 N 値の最大値は 60 とする。

表 6.2.2 各層の設計 N 値

地層区分	記号	設計N値
盛土	B	測定N値なし
沖積粘性土層	Ac	1.7
沖積砂礫層	Ag	38.6
第1洪積粘性土層	Dc1	9.0
第1洪積砂質土層	Ds1	19.6
第2洪積砂質土層	Ds2	31.0
第2洪積粘性土層	Dc2	19.5
第1洪積砂礫層	Dg1	60.0
第3洪積粘性土層	Dc3	20.0
第3洪積砂質土層	Ds3	30.6
第4洪積砂質土層	Ds4	45.8
洪積砂・砂礫互層	Dsg	60.0
第2洪積砂礫層	Dg2	60.0
シルト岩層	T	201



## (2)地盤定数の設定方法

### 沖積粘性土層(Ac)

#### 1)単位体積重量( )

単位体積重量は湿潤密度試験値を採用する。

#### 2)せん断強度(c, )

沖積粘性土層(Ac)のせん断強度については、一軸圧縮強度  $q_u$  から次式により粘着力  $c$  を求める(内部摩擦角  $\phi$  は0(度)とする)。

$$c = q_u/2 \quad \dots\dots \text{式 6.1.1}$$

ここに、

$c$  : 粘着力(kN/m<sup>2</sup>)

$q_u$  : 一軸圧縮強度(kN/m<sup>2</sup>)

#### 3)変形係数(E)

一軸圧縮試験より求めた変形係数  $E_{50}$  を採用する。

沖積砂礫層(Ag), 洪積粘性土層(Dc1 ~ Dc3), 洪積砂質土層(Ds1 ~ Ds4), 洪積砂・砂礫互層(Dsg), 洪積砂礫層(Dg1 ~ Dg2)

1) 単位体積重量 ( )

単位体積重量は、No.1 孔で実施した密度検層で得られた値を採用する。

なお、No.1 地点に分布しない第 1 洪積粘性土層(Dc1)については、表 6.2.4 の『粘土およびシルト 固いもの』の値を採用する。

表 6.2.4 土の単位体積重量

種類	状態		土の単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	適用する地層	
盛土	砂利混じり砂	締め固めたもの	20	40	0		
	砂	締め固めたもの	粒度の良いもの	20	35	0	
			粒度の悪いもの	19	30	0	B
	砂質土	締め固めたもの	19	25	30以下		
粘性土	締め固めたもの	18	15	50以下			
自然盤地	砂利	密実なもの又は粒度の良いもの	20	40	0		
		(中位のもの)	19				
		密実でないもの又は粒度の悪いもの	18	35	0		
	砂利混じり砂	密実なもの	20	40	0		
		(中位のもの)	19				
		密実でないもの	18	35	0		
	砂	密実なもの又は粒度の良いもの	20	35	0		
		(中位のもの)	19				
		密実でないもの又は粒度の悪いもの	18	30	0		
	砂利又は岩石と土砂の混合物	密実なもの	20	35	30以下		
		密実でないもの	17	25	0		
	砂質土	密実なもの	19	30	30以下		
		(中位のもの)	18				
		密実でないもの	17	25	0		
	粘性土	固いもの ( N=8 ~ 15 )	18	25	50		
やや軟らかいもの ( N=4 ~ 8 )		17	20	30			
軟らかいもの ( N=2 ~ 4 )		16	15	15			
粘土及びシルト	固いもの ( N=8 ~ 15 )	17	20	50	Dc1		
	やや軟らかいもの ( N=4 ~ 8 )	16	15	30			
	軟らかいもの ( N=2 ~ 4 )	14	10	15			

土の分類にあたり、表の適用にあたっては、次の事項に留意する。

- (1) 地下水位以下にある土の単位体積重量は、表の値から 9 を差し引いた値とする。
- (2) 砕石は砂利と同じ値とする。またズリ、岩塊等の場合は種類、形状、大きさ、間隙などによって考慮する。
- (3) 砂利混り砂質土あるいは砂利混り粘性土にあつては、混合割合及び状態に応じて適切な値を定める。
- (4) 地下水位は施工後における平均値を考慮する。
- (5) 粒度の悪い砂とは、粒径のそろった丸みのある砂をいう。砂利の場合も同様とする。

『設計要領〔道路編〕 P9-132』より一部加筆修正 )

- ) 砂・砂質土・砂利・砂利混じり砂の単体重量は、密実か密実でないかで区分されているが、この中間に相当するものを"中位"と位置付けて、両者の中間値を設定する。

## 2)せん断強度(c, )

### a) 砂質土層,砂礫層

砂質土層および砂礫層については、内部摩擦角のみを有する土層とみなし、粘着力  $c=0(\text{kN}/\text{m}^2)$ として次式より求める。

大崎の式

$$c = \frac{20 \times N}{\tan \phi} + 15 \quad \dots \text{式 6.2.1}$$

ここに、

$\phi$  : 内部摩擦角(度)

N : 設計 N 値

『建築基礎構造設計指針 日本建築学会 P.113』より

### b) 粘性土層

粘性土層については、粘着力のみを有する土層とみなし、内部摩擦角  $\phi=0(\text{度})$ として次式により求める。

$$c = (6 \sim 10) \times N \quad (\text{kN}/\text{m}^2) \quad \dots \text{式 6.2.2}$$

ここに、

N : 設計 N 値

『設計要領〔道路編〕H15.4 国土交通省』より

なお、上式の範囲から安全側の値を与える  $c=6 \times N$ を採用するものとする。

### 3)変形係数(E)

変形係数については、以下の方法により求める。

なお、ここで取り扱う変形係数は孔内水平載荷試験に相当する変形係数( $E_p$ )として算定する。

#### 1)N 値との関係式より

次式により求める。

$$E_p = 700N \quad (E_0 = 2800N \div 4 \quad \text{孔内水平載荷試験値に換算})$$

ここに、

$E_p$  : 孔内水平載荷試験に相当する変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

N : 設計 N 値

「建築基礎構造設計指針 日本建築学会 P.278」より

なお、上記の変形係数を用いて基準水平地盤反力係数  $k_{h0}$  を求めるとき乗じる定数は表 6.2.5 による。

表 6.2.5 変形係数  $E_0$  と

変形係数 $E_0$ の評価方法	地盤反力係数の算定に用いる定数	
	粘性土	砂質土
孔内水平載荷試験で測定した地盤の変形係数	80	80
一軸または三軸圧縮試験から求めた地盤の変形係数	80	-
対象土層の N 値より $E_0=700N$ で推定した地盤の変形係数	60	80

「建築基礎構造設計指針 日本建築学会 P.278」より

## 盛土層(B)

### 1)単位体積重量( )

盛土層(B)の単位体積重量は、変状土 CBR 試験で得られた湿潤密度値、および表 6.2.4 の『盛土 砂 締め固めたもの 粒度の悪いもの』を参考にして  $\gamma = 19\text{kN/m}^3$  を採用する。

#### ・変状土 CBR 試験による湿潤密度

$$\begin{aligned}\text{層厚による加重平均値} &= (1.662\text{g/cm}^3 \times 0.30\text{m} + 2.043\text{g/cm}^3 \times 0.70\text{m}) / 1.00\text{m} \\ &= 1.929\text{g/cm}^3 \\ &= 18.92\text{kN/m}^3 \\ &\mathbf{19.0 \text{ kN/m}^3}\end{aligned}$$

表 6.2.6 盛土層で実施した変状土 CBR 試験で得られた湿潤密度

地点名	試験深度 (GL - m)	土質	CBR (%)	湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )	乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	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

湿潤密度及び乾燥密度は吸水膨張試験後の測定値

### 2)せん断強度(c, )

盛土層(B)については N 値が得られていないため、表 6.2.4 の『盛土 砂 締め固めたもの 粒度の悪いもの』より  $\phi = 30$  度,  $c=0(\text{kN/m}^2)$  を採用する。

## シルト岩層(T)の地盤定数

シルト岩層(T)の地盤定数は、以下の方法により求める。

### 1)設計 N 値

設計 N 値は表 6.2.3 に示した値とする。

### 2)単位体積重量( )

単位体積重量は、密度検層で得られた値を採用する。

### 3)せん断強度(c, )

内部摩擦角 及び粘着力 c は、設計 N 値より表 6.2.7 の関係から求める。

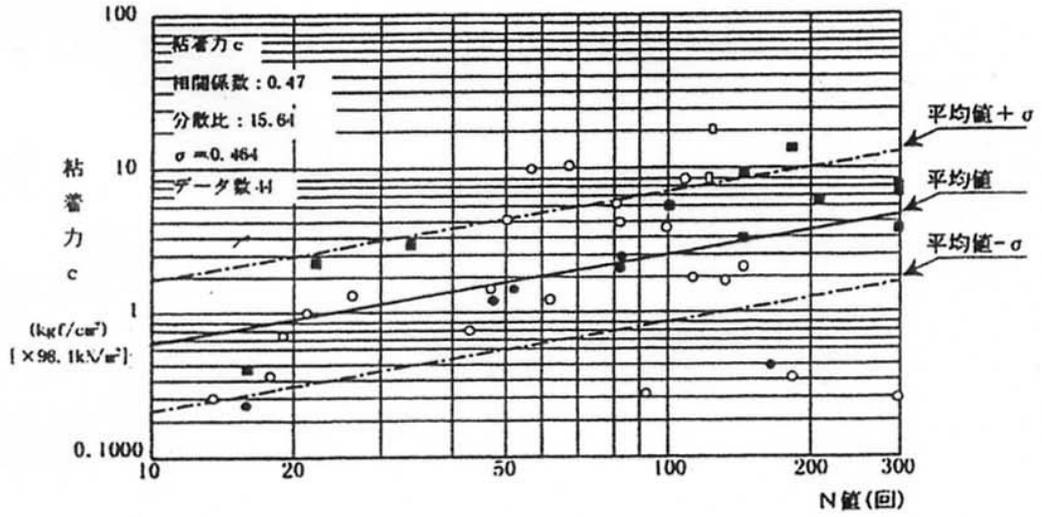
調査値に分布する岩種はシルト岩であるので、せん断強度は同表の『泥岩・凝灰岩・凝灰角礫岩』の関係式を適用する。

表 6.2.7 換算 N 値による場合の測定例 …… 式 6.2.3

		砂岩・礫岩 深成岩類	安山岩	泥岩・凝灰岩 凝灰角礫岩	備考
粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	換算N値と 平均値の関係	$15.2N^{0.327}$	$25.3N^{0.334}$	$16.2N^{0.606}$	
	標準偏差	0.218	0.384	0.464	・log軸上の値
せん断抵抗角 (度)	換算N値と 平均値の関係	$5.10\text{Log}N+29.3$	$6.82\text{Log}N+21.5$	$0.888\text{Log}N+19.3$	
	標準偏差	4.4	7.85	9.78	

「設計要領・第二集 橋梁建設編 H20.8 P4-11」NEXCO より

泥岩・凝灰岩・凝灰角礫岩



平均値: (粘着力  $c$ ) =  $0.165(N\text{値})^{0.666} (\text{kgf/cm}^2) [\times 98.1 \text{ kN/m}^2]$

(注)ただし、粘着力と摩擦角はあるN値に対して一組の組合せとして用いなければならない。

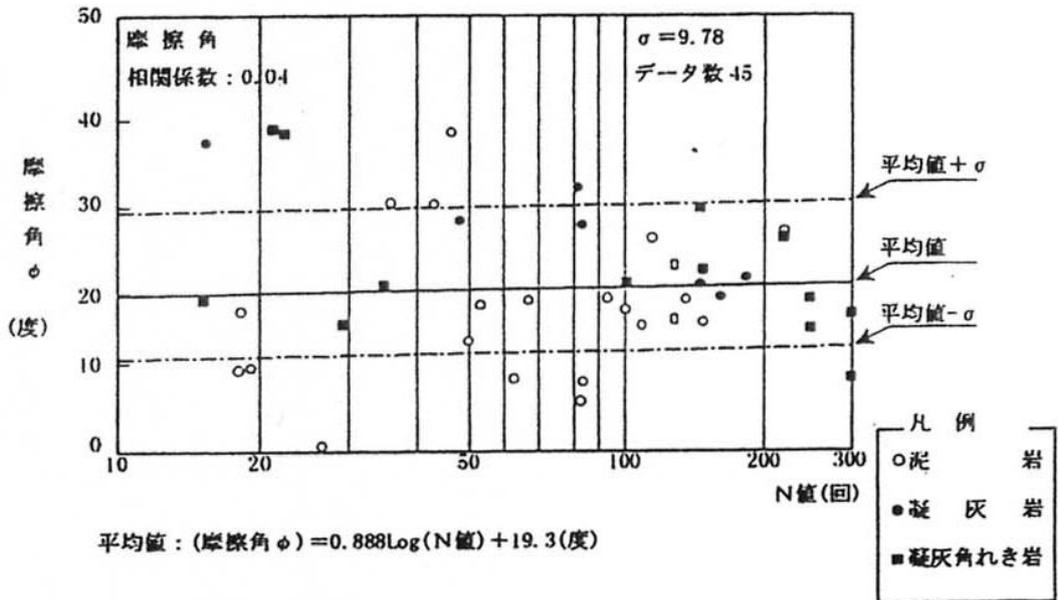


図 6.2.2 せん断定数の測定例

#### 4) 変形係数(E)

変形係数は、設計 N 値より図 6.2.3 の関係式から求める。

$$E = 27.1 \times (N)^{0.69} \times 98.1 \quad \dots\dots \text{式 6.2.5}$$

ここに、

E : 変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

N : 設計 N 値

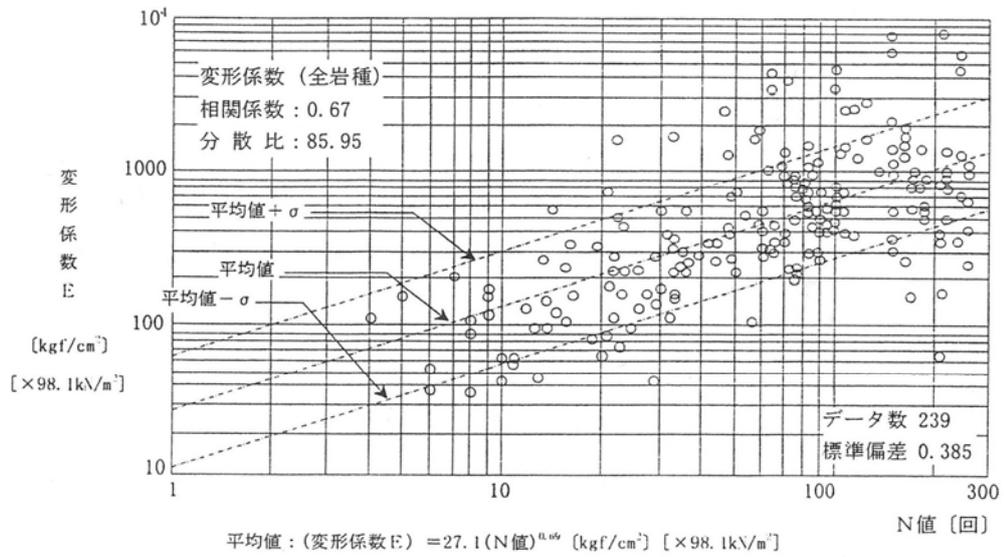


図 6.2.3 岩の変形係数の測定例

「設計要領・第二集 橋梁建設編 H20.8 P4-14」NEXCO より

### 動的弾性定数

各層の動的弾性定数は、ダウンホール PS 検層で求めた P 波速度( $V_p$ )及び S 波速度( $V_s$ )より下式により算定する。

ポアソン比

$$\nu = \frac{(V_p / V_s)^2 - 2}{2\{(V_p / V_s)^2 - 1\}}$$

$V_p$  : P 波速度 [ m/s ]

$V_s$  : S 波速度 [ m/s ]

剛性率

(横弾性定数)

$$G_d = \rho \times V_s^2 \times \frac{1}{G} \quad [ \text{kN/m}^2 ]$$

$\rho$  : 密度 [ t/m<sup>3</sup> ]

$G$  : 重力加速度 [ 9.8 m/s<sup>2</sup> ]

ヤング率

(縦弾性定数)

$$E_d = 2G_d(1 + \nu) \quad [ \text{kN/m}^2 ]$$

表6.2.8 設計用地盤定数一覧表

地質年代区分	地層区分		地質名	分布深度(m)		N値		単位体積重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断強度		変形係数 E (kN/m <sup>2</sup> )	弾性波速度(実測値)		動的弾性定数			
	地層名	記号		No.1 GL-(m)	No.2 GL-(m)	N値の範囲	設計N値		内部摩擦角 φ (度)	粘着力 c (kN/m <sup>2</sup> )		P波速度 Vp (m/sec)	S波速度 Vs (m/sec)	ポアソン比 ν	剛性率 G (kN/m <sup>2</sup> )	動的ヤング率 E (kN/m <sup>2</sup> )	
現世	盛土	B	BV-1:中砂 BV-2:礫混りシルト	0.00~0.60m	0.00~1.00m	-	-	19.0	30	0	-	980	140	0.490	32900	98000	
第四紀 更新世	完新世	沖積粘性土層	Ac	粘土	0.60~4.70m	1.00~6.60m	0(モンケン自 流)~7	1.7	15.7	0	20.4	760	1210	80	0.498	10300	30900
		沖積砂礫層	Ag	シルト質砂礫	4.70~8.10m	6.60~10.00m	29~60以上	38.6	17.5	42.8	0	27000	1710	280	0.486	139600	415000
	更新世	第1洪積粘性土層	Dc1	粘土	-	10.00~11.10m	9	9.0	17.0	0	54.0	6300	-	-	-	-	-
		第1洪積砂質土層	Ds1	シルト混り砂、 シルト質砂	8.10~14.70m	11.10~14.50m	10~29	19.6	18.2	34.8	0	13700	1540	210	0.491	82000	244400
		第2洪積砂質土層	Ds2	シルト混り砂	14.70~18.80m	-	25~38	31.0	18.8	39.9	0	21700	1540	230	0.489	101600	302500
		第2洪積粘性土層	Dc2	シルト	18.80~24.60m	14.50~19.00m	14~60以上	19.5	19.1	0	117	13600	1680	270	0.487	142200	422800
		第1洪積砂礫層	Dg1	シルト質砂礫、礫混り砂	24.60~29.60m	19.80~22.60m	44~60以上	60.0	19.8	49.6	0	42000	1800	350	0.480	247500	732800
		第3洪積粘性土層	Dc3	シルト	29.60~31.05m	22.60~22.75m	20.0	20.0	18.8	0	120	14000	1600	270	0.485	140000	415900
		第3洪積砂質土層	Ds3	シルト質砂	31.05~39.00m	-	25~60以上	30.6	19.1	39.7	0	21400	1600	270	0.485	141800 (平均値)	421250 (平均値)
		第4洪積砂質土層	Ds4	シルト混り砂、礫混り砂	39.00~43.50m	22.75~24.25m	37~60以上	45.8	19.2	45.2	0	32000	1780	320	0.483	200700	595400
洪積砂・砂礫互層	Dsg	砂・砂礫互層	-	24.25~33.75m	60以上	60.0	20.2	49.6	0	42000	[2150]	[530]	[0.468]	[578700]	[1698700]		
第2洪積砂礫層	Dg2	シルト質砂礫	43.50~51.70m	33.75~35.15m	55~60以上	60.0	20.2	49.6	0	42000	2150	530	0.468	578700	1698700		
新第三紀 中新世	シルト岩層	T	シルト岩	51.70~57.00m	35.15~40.00m	55~60以上	201	19.0	21.3	403	103000	1930	480	0.467	447000	1311500	

Dsg層の〔 〕の値はDg2層と同等と推定する

地質年代	地層区分		地質名	地盤定数の設定方法	
	地層名	記号			
現世	盛土層	B	中砂	設計N値 N 層境界の値や礫当たりなどによって発生する異常値や地層の局所的な値を除いた各地層の平均N値とする。 単位体積重量 表6.2.4の『盛土 砂 締め固めたもの 粒度の悪いもの』より19kN/m <sup>3</sup> を採用。 粘着力 c 表6.2.4の『盛土 砂 締め固めたもの 粒度の悪いもの』よりc=0kN/m <sup>2</sup> を採用。 内部摩擦角 表6.2.4の『盛土 砂 締め固めたもの 粒度の悪いもの』より φ=30度を採用。 変形係数 E <sub>0</sub> -	
第四紀 更新世	完新世	沖積粘性土層	Ac	粘土	設計N値 N 層境界の値や礫当たりなどによって発生する異常値や地層の局所的な値を除いた各地層の平均N値とする。 単位体積重量 T-1-1試料の室内試験値(湿潤密度測定値)。 粘着力c 室内試験で求めた一軸圧縮強度quからc=qu/2より算定 内部摩擦角 粘性土であるので非排水強度として φ=0°とする。 変形係数 E <sub>0</sub> 一軸圧縮試験で求めた変形係数E <sub>50</sub> 。
		沖積砂礫層	Ag	シルト質砂礫	設計N値 N 層境界の値や礫当たりなどによって発生する異常値や地層の局所的な値を除いた各地層の平均N値とする。 単位体積重量 密度換層値を採用。 粘着力c 砂礫であるのでc=0kN/m <sup>2</sup> とする。 内部摩擦角 φ=√(20×N)+15 変形係数 E <sub>0</sub> N値との関係式E <sub>0</sub> =700Nより設定。
	更新世	第1~第3洪積粘性土層	Dc1 Dc2 Dc3	粘土 シルト	設計N値 N 層境界の値や礫当たりなどによって発生する異常値や地層の局所的な値を除いた各地層の平均N値とする。 単位体積重量 密度換層値を採用。 粘着力c N値との関係式c=6Nより設定 内部摩擦角 粘性土であるので非排水強度として φ=0°とする。 変形係数 E <sub>0</sub> N値との関係式E <sub>0</sub> =700Nより設定。
		第1~第4洪積砂質土層 第1~第2洪積砂礫層 洪積砂・砂礫互層	Ds1~ Ds4 Dg1~ Dg2 Dsg	シルト混り砂 シルト質砂 シルト質砂礫 礫混り砂 砂・砂礫互層	設計N値 N 層境界の値や礫当たりなどによって発生する異常値や地層の局所的な値を除いた各地層の平均N値とする。 単位体積重量 密度換層値を採用。 粘着力c 砂礫であるのでc=0kN/m <sup>2</sup> とする。 内部摩擦角 φ=√(20×N)+15 変形係数 E <sub>0</sub> N値との関係式E <sub>0</sub> =700Nより設定。
新第三紀 中新世	シルト岩層	T	シルト岩	設計N値 N 層境界の値や礫当たりなどによって発生する異常値や地層の局所的な値を除いた平均N値(換算N値)とする。 単位体積重量 密度換層値を採用。 粘着力 c c=16.2×N <sup>0.603</sup> …(参考文献2より) 内部摩擦角 φ=0.888×LogN+19.3…(参考文献2より) (泥岩・凝灰岩・凝灰角礫岩の関係式) 変形係数 E <sub>0</sub> E <sub>0</sub> =27.1×N <sup>0.69</sup> ×98.1…(参考文献2より)	

### 6-3 工学的基盤及び地盤種別の検討

#### (1) 工学的基盤

「建築物の構造関係技術基準解説書 2007 年度版」によると、次の条件に適合する地盤を工学的基盤とみなしている。

- (1) 地盤のせん断波(S波)速度が約 400m/s 以上であること  
 (2) 地盤の厚さが 5m 以上であること

No.1 孔で実施した PS 検層結果に基づき、調査地の工学的基盤について検討すると、

- ・最下位に分布するシルト岩層(T)は、S波速度 480m/s を示し、No.1 地点と No.2 地点ともに 5m 以上の層厚を有する連続性の良い地層であることから、調査地における良質な工学的基盤と評価できる。
- ・第 2 洪積砂礫層(Dg2)は、No.1 地点で S波速度 530m/s を示し、層厚 8.2m を有する。一方、No.2 地点では層厚 1.40m と薄いものの、下位に工学的基盤に適合するシルト岩層(T)が連続して分布しており、一連の地盤とみなすことが可能であることから、Dg2 層以深を調査地の工学的基盤として評価する。
- ・No.2 地点の GL-24.25 ~ 33.75m に分布する洪積砂 - 砂礫互層(Dsg)は、全ての深度で N 値 60 以上を示すが、随所に礫混じり砂を挟在する砂礫であり、水平方向の層厚、層相の変化が著しい。本層は、工学的基盤に適合する可能性があるが、Dg2 層と層相がやや異なる砂礫であるため、広域的な分布状況ならびに工学的特性(S波速度等)を明確にし、その状況を踏まえたうえで工学的基盤としての適性を評価する必要がある。

表 6.3.1 調査他の工学的基盤の評価

地層区分	分布深度		地質名	S波速度 (m/s)	工学的基盤としての評価
	No.1 (m)	No.2 (m)			
盛土(B) ~ 沖積粘性土層(Ac)	0.00 - 2.00 2.00 - 4.70	0.00 - 6.60	盛土・粘土	140	S波速度400m/s未満であり、工学的基盤に適合しない。
			粘土	80	
沖積砂礫層(Ag)	4.70 - 8.10	6.60 - 10.00	シルト質砂礫	280	
第1洪積粘性土層(Dc1)	-	10.00 - 11.10	粘土	-	
第1洪積砂質土層(Ds1)	8.10 - 14.70	11.10 - 14.50	シルト質砂	210	
第2洪積砂質土層(Ds2)	14.70 - 18.80	-	シルト混じり砂	230	
第2洪積粘性土層(Dc2)	18.80 - 24.60	14.50 - 19.80	シルト	270	
第1洪積砂礫層(Dg1)	24.60 - 29.60	19.80 - 22.60	シルト質砂礫	350	
第3洪積粘性土層(Dc3)	29.60 - 31.05	22.60 - 22.75	粘土	270	
第3洪積砂質土層(Ds3)	31.05 - 34.00	-	シルト質砂	270	
	34.00 - 39.00		シルト質砂	270	
第4洪積砂質土層(Ds4)	39.00 - 43.50	22.75 - 24.25	シルト混じり砂	320	
洪積砂 - 砂礫層(Dsg)	43.50 - 51.70	24.25 - 33.75	シルト質砂礫 礫混じり砂を挟む	-	
第2洪積砂礫層(Dg2)	43.50 - 51.70	33.75 - 35.15	シルト質砂礫	530	S波速度400m/s以上を示し、No.1地点で層厚8.2mを有する。No.2地点の層厚が1.4mと薄い、下位にシルト岩が連続して分布するため工学的基盤と評価できる。
シルト岩層(T)	51.70 - 57.00	35.15 - 40.00	シルト岩	480	S波速度400m/s以上を示し、層厚5m以上で連続性良好。良質な工学的基盤と評価できる。

## (2)地盤種別

「建築物の構造関係技術基準解説書 2007 年度版」によると、地盤種別の判定は地盤周期についての特別な調査又は研究に基づいて行うことが可能とし、地盤周期の測定は、常時微動測定、せん断波(S波)速度測定等により行うものとしている。

地盤周期と地盤種別との対応は表 6.3.2 による。

表 6.3.2 地盤種別と地盤周期	
「2007 年版 建築物の構造関係技術基準解説書」より	
地盤種別	地盤周期 $T_g$ (秒)
第一種	$T_g \leq 0.2$
第二種	$0.2 < T_g \leq 0.75$
第三種	$0.75 < T_g$

### 1)常時微動測定による方法

変位および速度スペクトルの結果では、地表の1秒計のスペクトルで大きな振幅を示した周期は、0.19~0.22(秒)付近、0.31~0.35(秒)付近、0.49~0.53(秒)付近であった。また1次のピークを示している2.0(秒)付近のピークは調査地の表層付近を振動している表面波と考えられる。

フーリエスペクトル比では、 $V_s=400\text{m/s}$ 以上の層からの増幅は0.46~0.52(秒)付近と考えられる。

H/Vスペクトルでは、フーリエスペクトル比図にみられる増幅ピークと同じ周期が確認できた。

注目すべき周期としては、地表1秒計の変位および速度スペクトルにも表れている0.49~0.53(秒)付近がフーリエスペクトル比においても増幅しており、当該地盤における卓越周期候補として挙げられる。

ここで、PS検層の結果より、表6.3.3に示すような地盤モデルを作成し、図6.3.1に示すSH波の重複反射による増幅特性を算出してみた。入力基盤は、常時微動の測定深度と同じくGL-26m、GL-45m、GL-53mとした。

表 6.3.3 SH 波の重複反射による増幅特性の計算で用いたモデル

Layer	区 間 (m) (m)		層厚 (m)	S 波速度 (m/s)	密 度 (t/m <sup>3</sup> )	Q 値	地層名(記号)	主な土質
1	0.00	- 2.00	2.00	140	1.68	5,10,20	盛土(B) ~	盛土・粘土
2	2.00	- 4.70	2.70	80	1.61	5,10,20	沖積粘性土層(Ac)	粘土
3	4.70	- 8.10	3.40	280	1.78	5,10,20	沖積砂礫層(Ag)	シルト質砂礫
4	8.10	- 14.70	6.60	210	1.86	5,10,20	第1洪積砂質土層(Ds1)	シルト質砂
5	14.70	- 18.80	4.10	230	1.92	5,10,21	第2洪積砂質土層(Ds2)	シルト混じり砂
6	18.80	- 24.60	5.80	270	1.95	5,10,22	第2洪積粘性土層(Dc2)	シルト
7	24.60	- 29.60	5.00	350	2.02	5,10,23	第1洪積砂礫層(Dg1)	シルト質砂礫
8	29.60	- 31.05	1.45	270	1.92	5,10,24	第3洪積粘性土層(Dc3)	粘土
9	31.05	- 34.00	2.95	270	1.95	5,10,25	第3洪積砂質土層(Ds3)	シルト質砂
10	34.00	- 39.00	5.00	270	1.94	5,10,26		シルト質砂
11	39.00	- 43.50	4.50	320	1.96	5,10,27	第4洪積砂質土層(Ds4)	シルト混じり砂
12	43.50	- 51.70	8.20	530	2.06	5,10,28	第2洪積砂礫層(Dg2)	シルト質砂礫
13	51.70	- 57.00	5.30	480	1.94	5,10,29	シルト岩層(T)	シルト岩
Base	57.00	- ***	***	480	1.94	5,10,20	***	***

は増幅特性計算深度を示す。

Q 値は 5,10,20 の 3 種類を仮定した。

S 波速度は P S 検層の結果による。

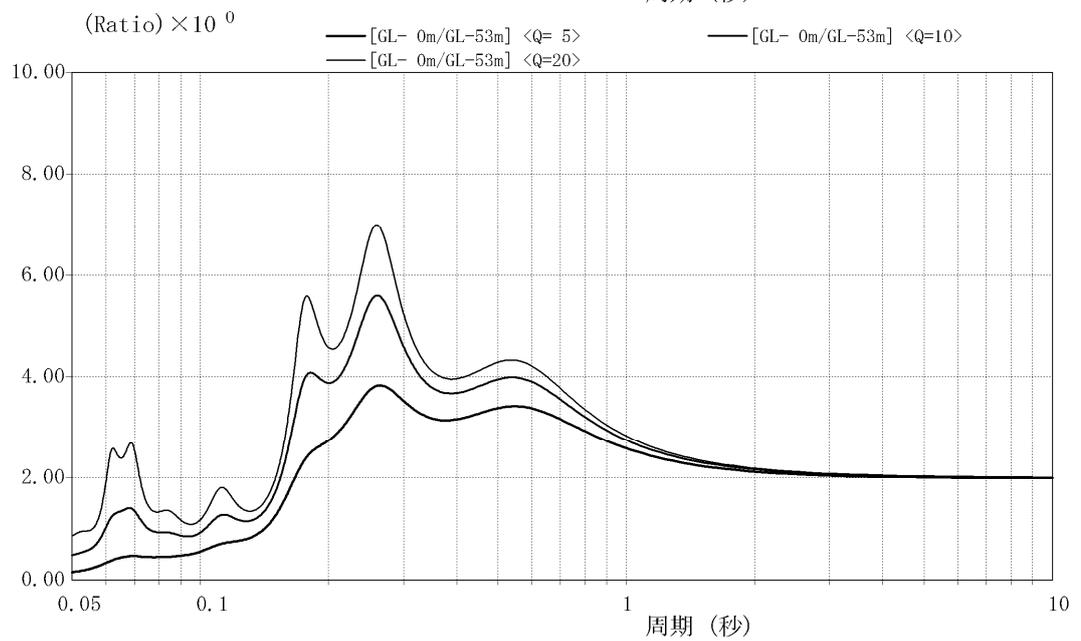
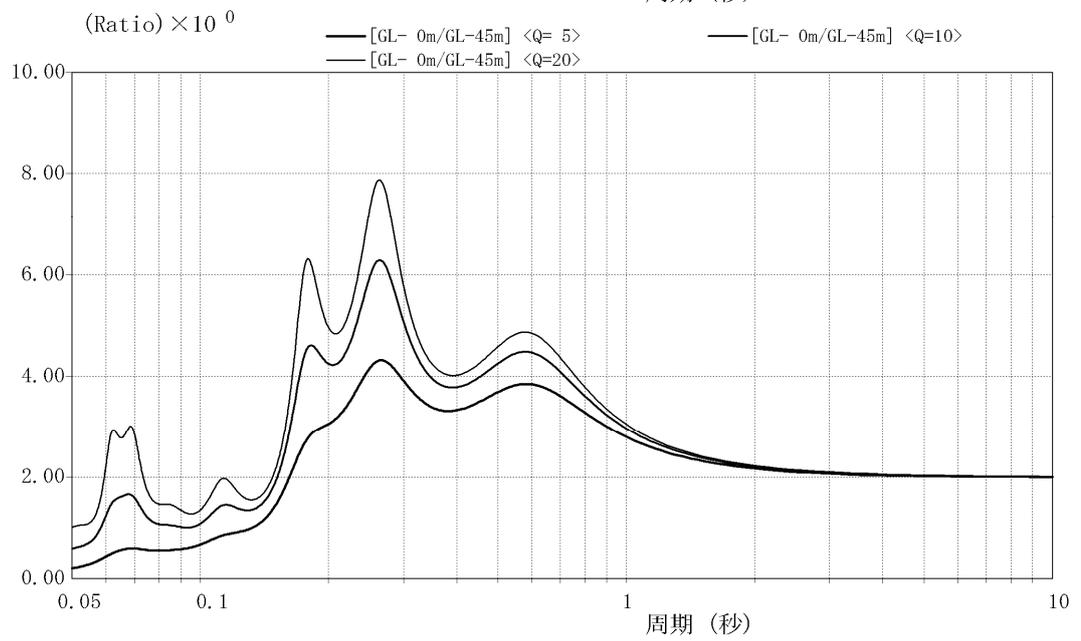
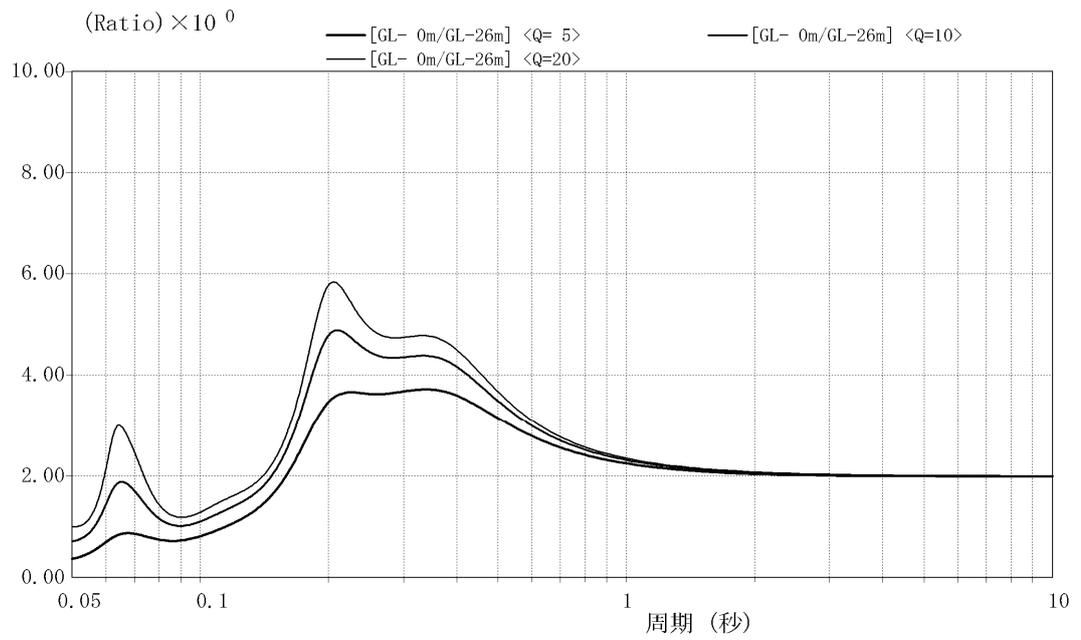


図 6.3.1 SH 波の重複反射による増幅特性図

Q 値の違いにより差はあるが、GL - 26m 以深を基盤とした場合、0.21(秒)付近及び 0.32 (秒)付近をピークとした増幅が現れる。GL - 45m 以深を基盤とした場合、0.53 ~ 0.57(秒) 付近をピークとした増幅が現れる。

これらの周期は、フーリエスペクトル比においてみられる水平動の増幅ピークである 0.46 ~ 0.52 (秒)付近に近く、H/V スペクトルにおいても多くみられている。

従って、地表 1 秒計の変位および速度スペクトルで大きな振幅を示した 0.50 ~ 0.52(秒) が、フーリエスペクトル比および H/V スペクトルに共通してみられており、当該地盤に起因する卓越周期であると推定される。

以上のことから、当該地盤における地盤の特性値  $T_g$  は、

$$T_g = 0.50 \sim 0.52(\text{秒}) \text{ 付近}$$

となり、表 6.3.2 に示す地盤種別と地盤周期の関係より「**第二種地盤**」ということになる。

表 6.3.2 地盤種別と地盤周期	
「2007 年版 建築物の構造関係技術基準解説書」より	
地盤種別	地盤周期 $T_g$ (秒)
第一種	$T_g \leq 0.2$
第二種	$0.2 < T_g \leq 0.75$
第三種	$0.75 < T_g$

#### No.2 地点 地盤の振動特性

変位および速度スペクトルの結果では、地表の 1 秒計のスペクトルで大きな振幅を示した周期は、0.15 ~ 0.18(秒)付近、0.26(秒)付近、0.34 ~ 0.38(秒)付近であった。また 2.0(秒) 付近に表れているピークは No.1 と同様に地表面付近で振動している表面波と考えられる。

H/V スペクトルでは、0.24 ~ 0.34(秒)付近、0.39 ~ 0.46(秒)付近、0.49 ~ 0.56(秒)付近でピークが確認できた。

H/V スペクトルでは水平多層構造を前提としており地層が傾斜している場合、明確な構造が推定できない。No.1 地点と比較して大きな違いが得られていないため、評価としては No.1 地点と同様の結果となる。

## 2)せん断波(S波)速度測定による方法

重複反射理論等による精算法によらない場合、地盤周期は次の式によって求めることができる。

$$T_g = \sqrt{32 \sum_{i=1}^n \left\{ h_i \cdot \frac{H_{i-1} + H_i}{2} \right\} / V_{si}^2}$$

ここに、

$n$  : 基盤から基礎底面までの間の層の数

$T_s$  : 地盤周期 (秒)

$H_i$  : 建築物の基礎底面あるいは剛強なくいの支持層面から  $i$  層下面までの深さ(m)  
(図 6.3.2 参照)

$V_{si}$  :  $i$  番のせん断波速度(m/sec)

$h_i$  :  $i$  層の厚さ(m) (図 6.3.2 参照)

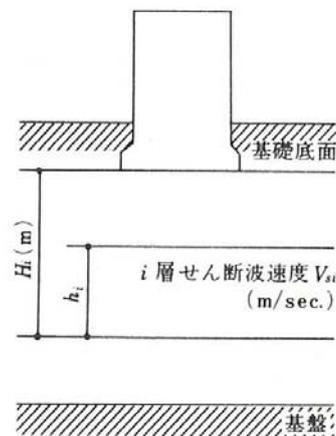


図 6.3.2 地盤周期を求めるための参考図

### ・ No.1 の GL-51.70m 以深のシルト岩(T)を工学的基盤とした場合

$H_i$	$(H_{i-1} + H_i) / 2$	$h_i$	$V_{si}$	$h_i \cdot ((H_{i-1} + H_i) / 2) / V_{si}^2$
2.00	1.00	2.00	140	0.00010
4.70	3.35	2.70	80	0.00141
8.10	6.40	3.40	280	0.00028
14.70	11.40	6.60	210	0.00171
18.80	16.75	4.10	230	0.00130
24.60	21.70	5.80	270	0.00173
29.60	27.10	5.00	350	0.00111
31.05	30.33	1.45	270	0.00060
34.00	32.53	2.95	270	0.00132
39.00	36.50	5.00	270	0.00250
43.50	41.25	4.50	320	0.00181
51.70	47.60	8.20	530	0.00139
57.00	54.35	5.30	480	0.00125
				<b>0.01651</b>

$$T_g = \sqrt{32 \sum_{i=1}^n \left\{ h_i \cdot \frac{H_{i-1} + H_i}{2} \right\} / V_{si}^2}$$

$$= \sqrt{32 \times 0.01651}$$

$$= \underline{\underline{0.727 \text{ (秒)}}}$$

よって、「**第二種地盤**」に区分される。

以上、常時微動測定による方法およびせん断波(S波)速度による方法で調査地の地盤種別を求めた結果、いずれも「**第二種地盤**」に区分される。

## 6-4 液状化の検討

### (1) 砂質地盤の液状化

飽和砂質土層の液状化・流動化は、建造物の耐震性に影響を及ぼす可能性があるため、調査地盤の地震時安定性について検討する。

#### 1) 液状化判定の対象となる土層

『建築基礎構造設計指針 P62 日本建築学会』によれば、以下に示す2つの条件すべてに該当する、原則として沖積層の飽和砂質土層は、地震時に構造物に影響を与える液状化が生じる可能性があるとしている。

液状化が生じると判定された砂質土層は、耐震設計上において地盤定数を低減させなければならない。

1) 地表面から 20m 以内の深さに存在する飽和土層。

2) 細粒分含有率  $F_c$  が 35% 以下の土層。

ただし、 $F_c$  が 35% をこえても粘土分 (0.005mm 以下の粒径の土粒子) 含有率が 10% 以下、または塑性指数  $I_p$  が 15 以下の埋立あるいは盛土地盤は対象になる。

### 調査地の場合

- ・ 調査地において、上記の条件すべてに該当すると考えられる地層としては、沖積砂礫層 (Ag) が挙げられる。
- ・ なお、沖積砂礫層 (Ag) 以深の砂質土層は、P 波、S 波速度などから " 洪積層 " に対比される地層と推定される。" 洪積層 " は概して N 値が高く、また、続成作用により液状化に対する抵抗が高いため、一般には液状化の可能性は低いとされている。しかしながら、一部の地層で低い N 値を示したり、あるいは続成作用の喪失した洪積層がみられるため、このような地層については液状化の判定を行うのがよいとされている。調査地に分布する洪積砂質土層 (Ds1 ~ Ds2) は沖積層と同様に、N 値の低い箇所については地震時の液状化発生の可能性が否定できないことから、本検討を行うものとする。
- ・ これらの土層は、地下水位下にあつて飽和状態にあることから、締まりの緩い所では液状化が生じる可能性が考えられる。

以下、液状化の有無，その程度について検討する。なお、検討手法については、建築基礎構造設計指針(日本建築学会)に準拠するものとする。

## 2)液状化の判定方法

以下に示す方法により、液状化に対する抵抗率 FL を算出し、FL 値が 1.0 以下の土層については、液状化するものとする。

なお、計算に用いる地盤定数は表 6.2.8 により、細粒分含有率  $F_c$  は粒度試験結果による。

液状化の判定は、以下の方法によって行う。

a) 検討地点の地盤内の各深さに発生する等価な繰返しせん断応力比を次式から求める。

$$\frac{\sigma_d}{\sigma'_z} = \frac{\max}{g} \left( \frac{z}{\sigma'_z} \right) \sigma_d$$

ここに、

$\sigma_d$  : 水平面に生じる等価な一定繰返しせん断応力振幅(kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma'_z$  : 検討深さにおける有効土被り圧(鉛直有効応力)(kN/m<sup>2</sup>)

$n$  : 等価な繰返し回数に関する補正係数で、 $n=0.1(M-1)$

ただし、M は地震のマグニチュード

max : 地表面における設計用水平加速度(cm/s<sup>2</sup>)

g : 重力加速度(980cm/s<sup>2</sup>)

z : 検討深さにおける全土被り圧(鉛直全応力)(kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma_d$  : 地盤が剛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) 対応する深度の補正 N 値( $N_a$ )を、次式から求める。

$$N_1 = C_N \cdot N$$

$$C_N = \frac{98}{\sigma'_z}$$

$$N_a = N_1 + N_f$$

ここに、

$N_a$  : 補正 N 値

$N_1$  : 換算 N 値

$N_f$  : 細粒土含有率に応じた補正 N 値増分で、図 6.4.2 による

$C_N$  : 換算 N 値係数( $\sigma'_z$  の単位は kN/m<sup>2</sup>)

N : とんび法または自由落下法による実測 N 値。

c) 図 6.4.1 中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の液状化抵抗比  $\tau_{11}/\sigma'_z$  を求める。ここに、 $\tau_{11}$  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 FL を次式により計算する。

$$FL = \frac{\frac{\tau_{11}}{\sigma'_z}}{d} = \frac{\tau_{11}}{d \sigma'_z}$$

上式により求めた FL 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が高いと判定する。

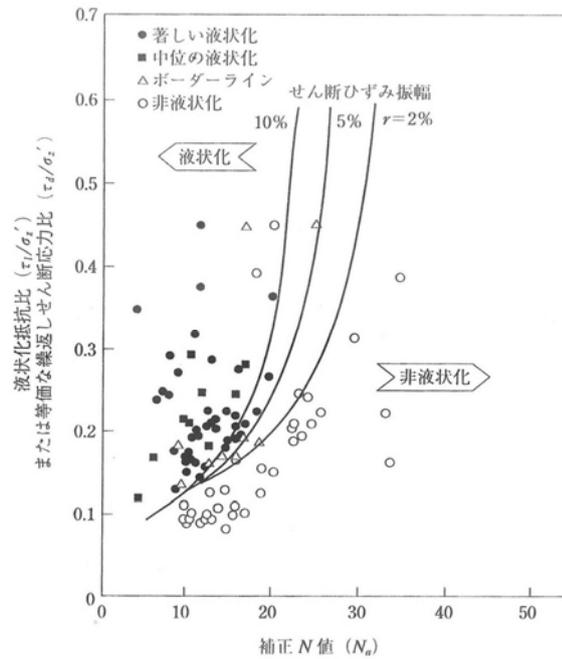


図 6.4.1 補正 N 値 ( $N_a$ ) と液状化抵抗, 動的せん断ひずみの関係

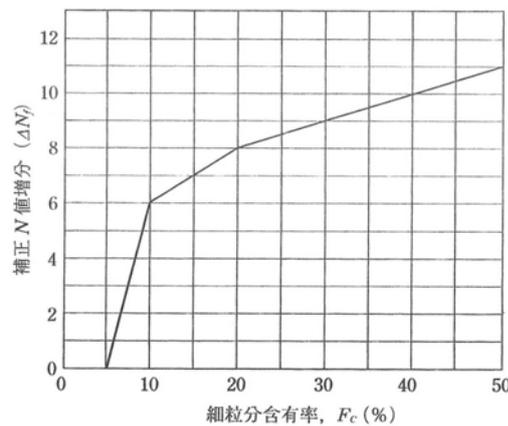


図 6.4.2 細粒分含有率と N 値の補正係数

### 3)計算条件

- a)設計用水平加速度 : 損傷限界検討用として  $_{max}=200gal$   
 終局限界検討用として  $_{max}=350gal$   
 について検討する。
- b)地震の規模マグニチュード :  $M=7.5$  とする。
- c)地下水位 : 検討に用いる地下水位は自由面地下水位に相当する初期水位を採用する。  
 NO.1の地下水位 …… GL-0.96m  
 NO.2の地下水位 …… GL-0.40m
- d)単位体積重量 : 6-1項で求めた表6.1.8の値を用いる。
- e)細粒分含有率,塑性指数 : 粒度試験より求められた値とする。各層の値は表6.4.1に示すとおりである。

表 6.4.1 各層の細粒分含有率  $F_c$  および塑性指数  $I_p$

地層名	記号	土質名	孔番	細粒分含有率 $F_c(\%)$	塑性指数 $I_p$
沖積砂礫層	Ag	シルト質砂礫	NO.1	17.4	NP
		シルト混り砂礫	NO.2	17.0	NP
第1洪積砂質土層	Ds1	シルト質砂	NO.1	39.7	10.9
		シルト混り砂	NO.2	34.4	NP
第2洪積砂質土層	Ds2	シルト混り砂	NO.1	11.1	NP

#### 4)液状化の判定結果

判定結果は、次頁の『液状化判定結果図』に示したとおりである。

##### 損傷限界

損傷限界  $_{max}=200\text{gal}$  の判定結果は、地下水位以深に分布する全ての層で  $FL > 1$  を示すことから、液状化発生の可能性はないと判定される。

##### 終局限界

終局限界  $_{max}=350\text{gal}$  の判定結果より、地下水位以深に分布する全ての層で  $FL > 1$  を示すことから、液状化発生の可能性はないと判定される。

以上の検討結果をまとめると、損傷限界  $_{max}=200\text{gal}$ 、終局限界  $_{max}=350\text{gal}$  とともに調査地盤では液状化が発生する可能性はないと判定される。

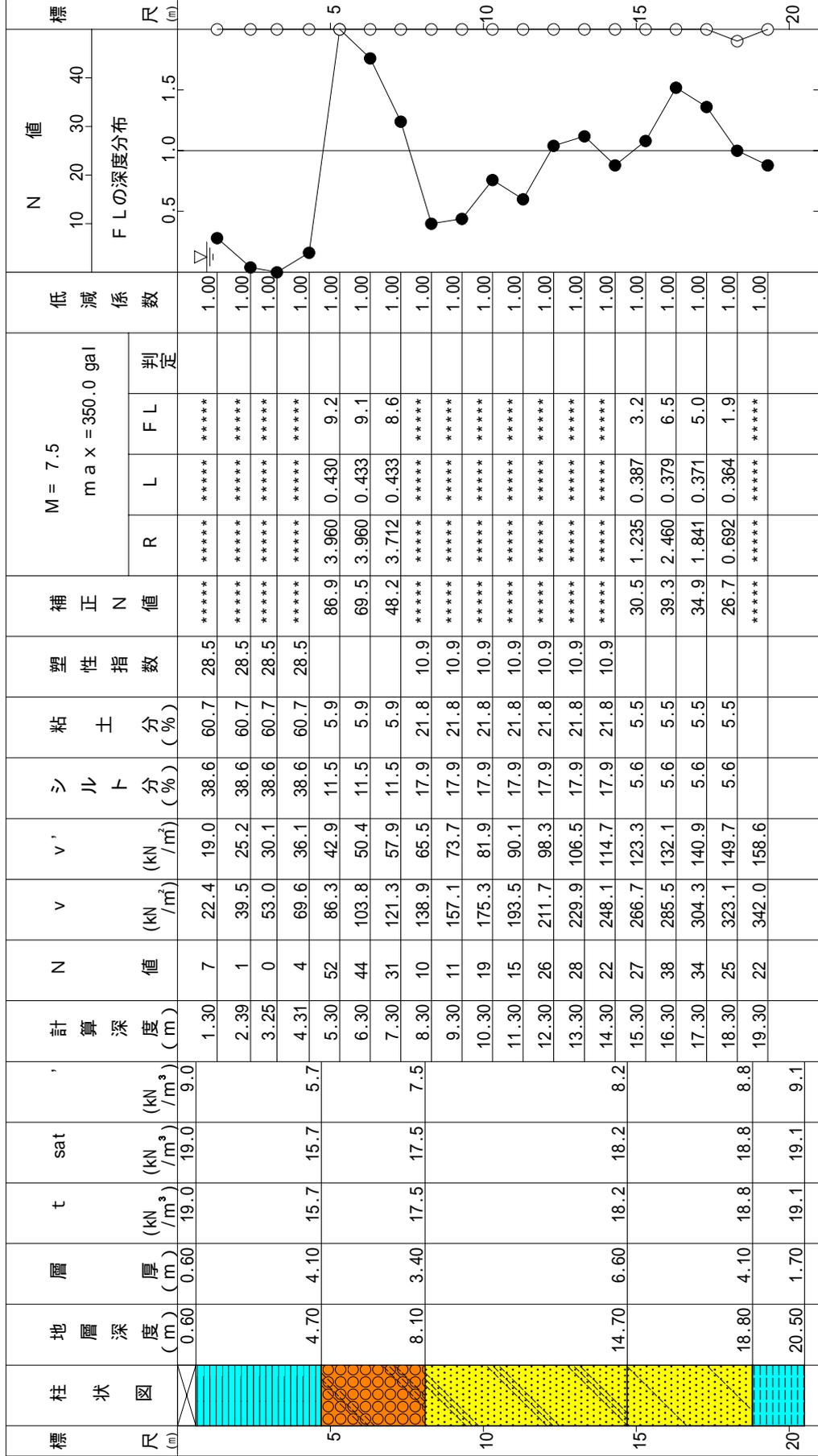
# 液状化簡易判定結果（建築基礎構造設計指針（新））

件名： 加賀市統合新病院建設事業土質調査業務

ボーリング No. NO.1

地盤標高： 4.63m

地下水位：GL- 0.96m



FL 値による判定  
 X - 液状化すると判定  
 - 液状化しないと判定  
 PL 法による判定  
 X - PL > 1.5 液状化危険度が極めて高い  
 - 1.5 < PL < 5 液状化危険度が高い  
 - PL < 1.5 液状化危険度が低い

FL 値による判定	0.00
PL 法	0.00
沈下量	0.00 cm

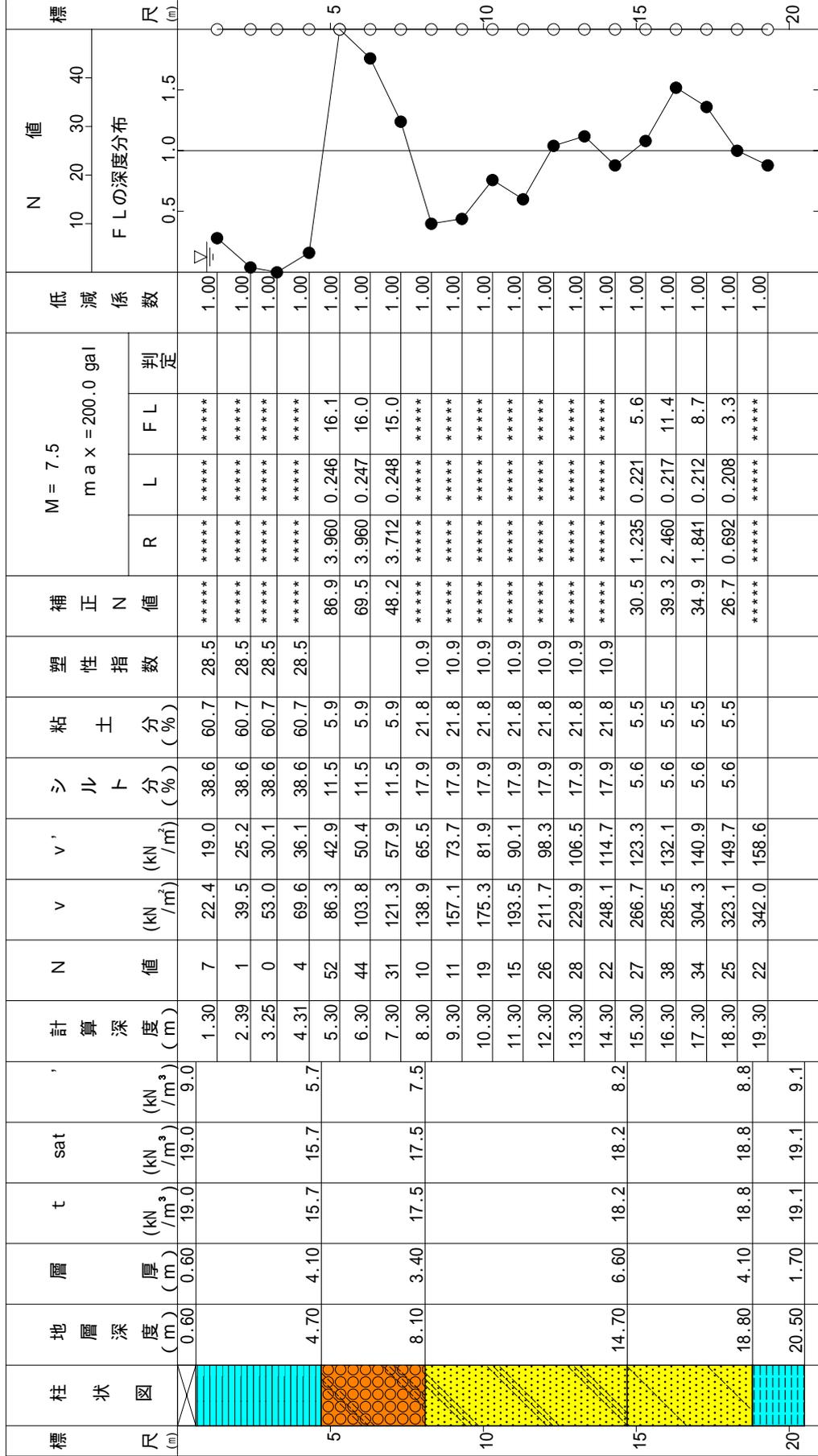
# 液状化簡易判定結果（建築基礎構造設計指針（新））

件名： 加賀市統合新病院建設事業土質調査業務

ボ-リング No. NO.1

地盤標高： 4.63m

地下水位：GL- 0.96m



FL 値による判定  
 X - 液状化すると判定  
 - 液状化しないと判定

PL 法による判定  
 X - PL > 1.5 液状化危険度が極めて高い  
 - 1.5 < PL < 5 液状化危険度が高い  
 - PL < 1.5 液状化危険度が低い

PL 法  
 沈下量  
 0.00 cm

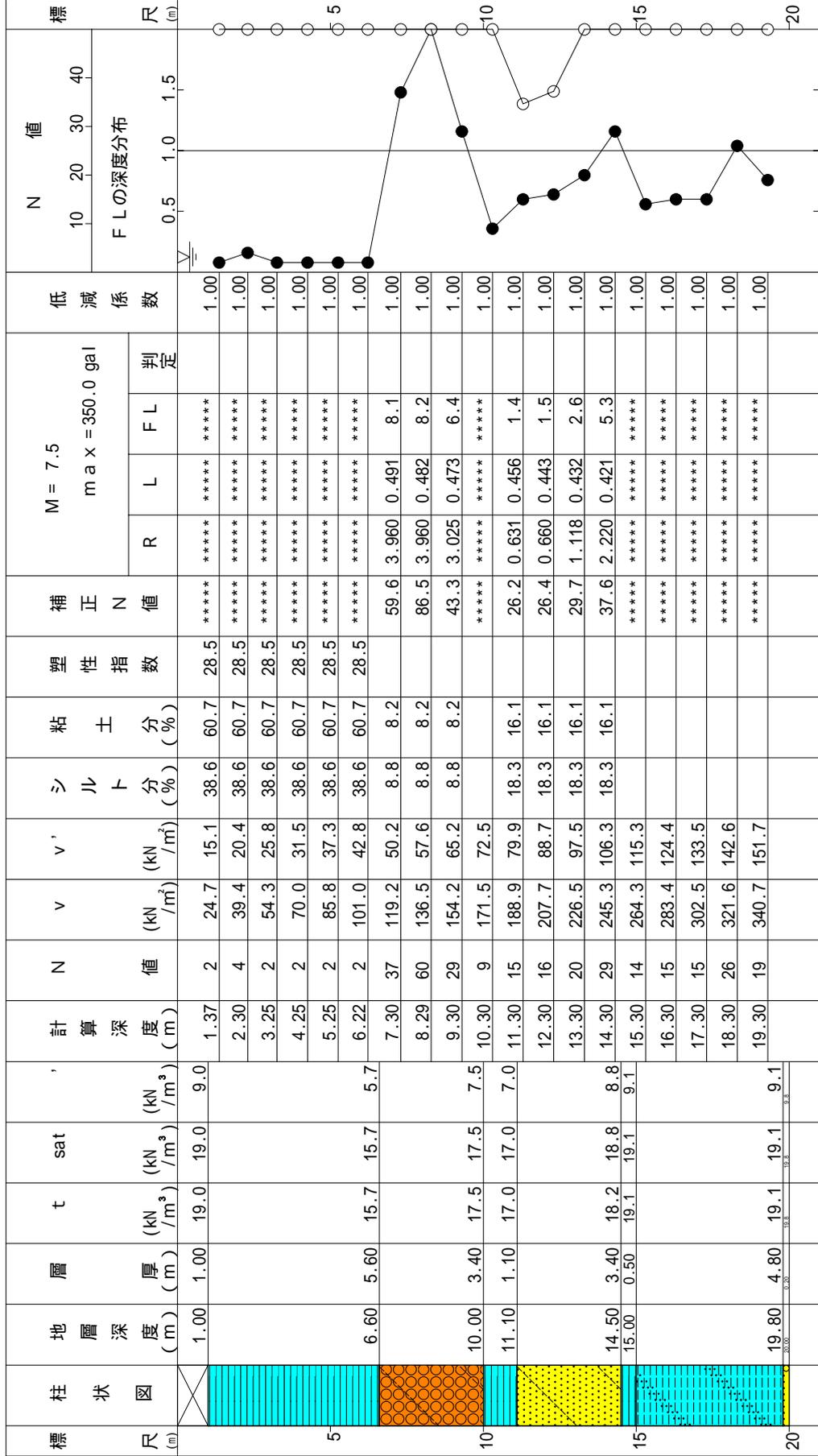
# 液状化簡易判定結果（建築基礎構造設計指針（新））

件名： 加賀市統合新病院建設事業土質調査業務

ボーリング No. NO.2

地盤標高： 4.74m

地下水位：GL- 0.40m



FL値による判定  
 X - 液状化すると判定  
 - 液状化しないと判定  
 PL法による判定  
 X - PL > 1.5 液状化危険度が極めて高い  
 - 1.5 < PL < 5 液状化危険度が高い  
 - PL < 1.5 液状化危険度が低い

FL値による判定	0.00
PL法	0.00 cm

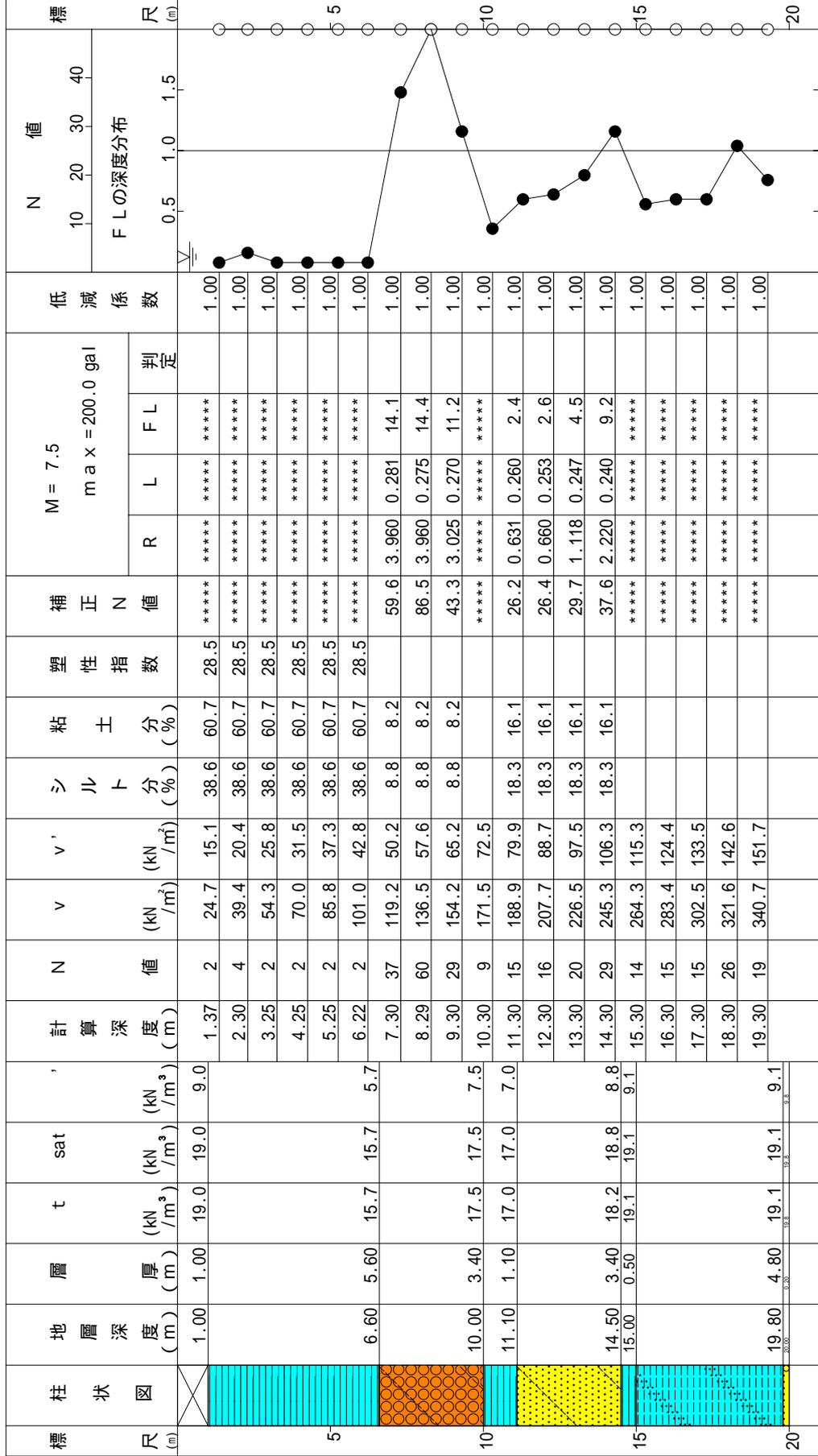
# 液状化簡易判定結果（建築基礎構造設計指針（新））

件名： 加賀市統合新病院建設事業土質調査業務

ボーリング No. NO.2

地盤標高： 4.74m

地下水位：GL- 0.40m



FL 値による判定  
 X - 液状化すると判定  
 - 液状化しないと判定

PL 法による判定  
 X - PL > 1.5 液状化危険度が極めて高い  
 - 1.5 < PL < 5 液状化危険度が高い  
 - PL < 1.5 液状化危険度が低い

FL 値による判定	0.00
PL 法による判定	0.00 cm

## 6-5 圧密沈下の検討

調査地を構成する沖積層上部には、軟弱な沖積粘性土層(Ac)が分布するため、計画建物や造成盛土が行われた場合には圧密沈下の発生が懸念される。現時点では計画建物の設計条件が明確でないため、ここでは造成盛土を行った場合の圧密沈下について検討する。

### (1) 計算条件

#### 1) 地盤定数

表 6.2.8 に示した地盤定数を用いて検討を行う。

#### 2) 盛土荷重

盛土荷重は、盛土の土質を砂・砂質土と仮定して  $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$  とする。

盛土材料	( $\text{kN/m}^3$ )
礫、礫質土	20.0
砂、砂質土	19.0
シルト質粘性土 (L 50%)	18.0
火山灰質粘性土	15.0

出典「道路土工 軟弱地盤対策工 P.51」

盛土高さは、市道 C 第 432 号線の道路面と同一と仮定し、盛土天端高さを  $\text{EL}=5.20\text{m}$  と設定する。なお、盛土は瞬間的に載荷されるものとする。

#### 3) 載荷重

載荷重は、自動車の交通荷重を考慮するものとし  $q=10.0 \text{ kN/m}^2$  と設定する。

#### 4) 地盤条件

- ・ 地層構成、層厚は図 6.1.1 の地質推定断面図のとおりとする。
- ・ 調査地の沖積粘性土層(Ac)は過圧密状態にあるため e-logp 法を採用する。
- ・ 圧密定数は T-1-1 試料の試験値を採用する。
- ・ 盛土と圧密対象層である沖積粘性土層(Ac)の間にはサンドマット等の対策がなされると仮定し、Ac 層下面は透水性の高い沖積砂礫層(Ag)が分布することから両面排水条件とする。
- ・ 即時沈下は無視する。

## (2)計算式

### 1)圧密沈下量

圧密沈下量  $S_c$  は、次式により求める。

$$S_c = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} \cdot H$$

ここに、

$S_c$  : 圧密沈下量(m)

$e_0$  : 圧密層の初期間隙比

$e_1$  : 圧密層の圧密後間隙比で  $e - \log P$  曲線に中央深度の  $P_0 + P$  を適用して求める。

$P_0$  : 盛土前土被り圧(kN/m<sup>2</sup>)

$P$  : 盛土荷重による増加応力(kN/m<sup>2</sup>)

各層中央深度における値を求める。

$H$  : 圧密層の層厚(m)

沈下速度  $t$  は、次式により求める。

$$t = \frac{D^2}{C_v} \cdot T_v$$

ここに、

$t$  : 沈下速度(day)

$D$  : 最大排水距離(cm)

圧密層厚を  $H$  とした時、両面排水によって圧密が進む場合は  $D=H/2$ 、片面排水の場合  $D=H$

$C_v$  : 圧密係数(cm<sup>2</sup>/day)

$C_v$ - $P$  関係図を用いて  $\overline{P_0 \times (P_0 + P)}$  に対応する  $C_v$  を求める。

$T_v$  : 時間係数で圧密層の圧密度  $U$  に応じて、図 6.5.1 に示した値を用いる。

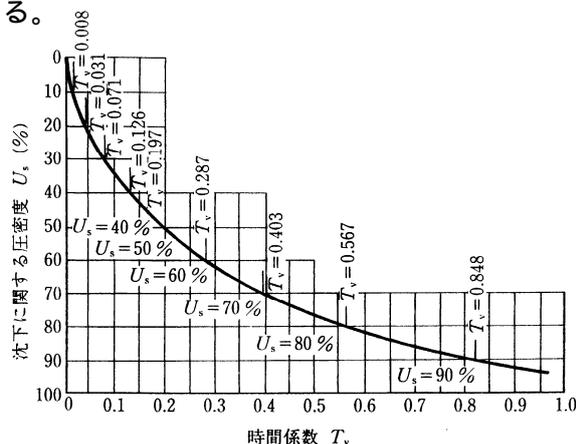


図 6.5.1  $U$  と  $T_v$  の関係

## 2) 盛土荷重, 載荷重による増加応力 p

盛土荷重および載荷重が原地盤に加わった場合の圧密層の中央深度における増加応力は、下記の方法により求められる。

### 盛土荷重

単位体積重量を  $\gamma$  とした盛土において、隣り合った2点間で区切られた微小区間を帯荷重と同様に線荷重の集まりとして増加応力を求める。詳しくは「2.3.4 帯荷重」を参照して下さい。よって、増加応力  $\sigma_y$  は以下ようになる。

$$\sigma_y = \frac{2q}{\pi} \frac{y^3}{(x^2 + y^2)^2} \quad (2.3.1)$$

ここで、2点間を通る直線の式を  
 $y = a_1 \cdot x + b_1$ ,  $y = a_2 \cdot x + b_2$   
 とおくと微小区間による荷重  $q$  と荷重載荷高  $h$  は以下の式から求められる。

$$q = \gamma \int_{x_1}^{x_2} ((a_1 x + b_1) - (a_2 x + b_2)) dx \quad (2.3.2)$$

$$h = \frac{|(a_2 x_1 + b_2) + (a_2 x_2 + b_2)|}{2} \quad 2.3.4$$

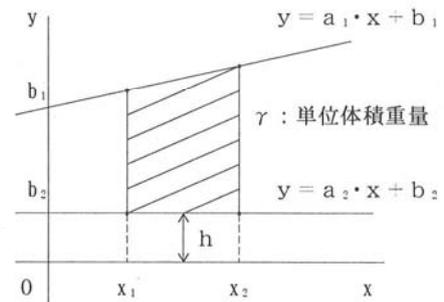


図2.3.1 盛土の分割

### 帯荷重

帯荷重は線荷重による応力  $\sigma_y$  を帯幅について積分することによって求められる。帯幅を  $X_1$  から  $X_2$  とすると帯荷重による応力は以下ようになる。

$$\sigma_y = \frac{2q}{\pi} \int_{x_1}^{x_2} \frac{y^3}{(x^2 + y^2)^2} dx$$

$$= \frac{2q y^3}{\pi} \left[ \frac{1}{2y^2} \left( \frac{x}{x^2 + y^2} + \frac{1}{y} \tan^{-1} \frac{x}{y} \right) \right]_{x_1}^{x_2}$$

$$= \frac{q y}{\pi} \left[ \frac{x}{x^2 + y^2} + \frac{1}{y} \tan^{-1} \frac{x}{y} \right]_{x_1}^{x_2}$$

$$= \frac{q}{\pi} \left[ \left( \frac{x_2 y}{x_2^2 + y^2} + \tan^{-1} \frac{x_2}{y} \right) - \left( \frac{x_1 y}{x_1^2 + y^2} + \tan^{-1} \frac{x_1}{y} \right) \right]$$

$$= \frac{q}{\pi} \left( \frac{x_2 y}{R_2^2} - \frac{x_1 y}{R_1^2} + \beta_2 - \beta_1 \right) \quad (\because R^2 = x^2 + y^2)$$

$$= \frac{q}{\pi} (\sin \beta_2 \cdot \cos \beta_2 - \sin \beta_1 \cdot \cos \beta_1 + \beta_2 - \beta_1)$$

$$\left( \because \frac{xy}{R^2} = \frac{x}{R} \cdot \frac{y}{R} = \sin \beta \cdot \cos \beta \right)$$

$$= \frac{q}{\pi} (\sin(\beta_2 - \beta_1) \cdot \cos(\beta_2 + \beta_1) + \beta_2 - \beta_1) \quad (2.3.6)$$

上式において、 $\beta = \beta_2 - \beta_1$ ,  $\phi = \beta_2 + \beta_1$  とおくと

$$\sigma_y = \frac{q}{\pi} (\sin \beta \cdot \cos \phi + \beta) \quad (2.3.7)$$

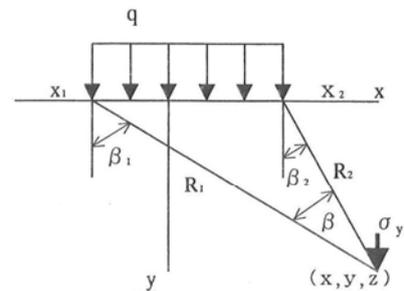


図2.3.5 帯荷重による地中応力

図 6.5.2 鉛直増加応力の算定方法

### (3)計算結果

#### 1)沈下量および沈下時間

盛土を行った場合の圧密沈下量を表 6.5.1 に整理した。また、経過時間と沈下量の関係を表 6.5.2, 図 6.5.3 に示した。

#### ・沈下量

前面道路と同じ高さまで、造成盛土を行った場合の最終圧密沈下量は表 6.5.1 のとおりで、6.7~8.2cm と求められる。

当該地に分布する沖積粘性土層(Ac)は過圧密状態にあり、その地中応力は盛土と荷重の増加応力の範囲内では圧密降伏応力  $P_0$  を超えないので、計算値は過圧密領域における再圧縮過程の沈下量を示している。

表 6.5.1 各地点の圧密沈下量

地層区分		検討位置	Ac層の層厚 (m)	盛土高さ H(m)	最終沈下量 $S_c$ (cm)
地層名	記号				
沖積粘性土層	Ac	No.1地点	4.10	0.56	6.7
		センター地点	4.85	0.51	7.5
		No.2地点	5.60	0.45	8.2

・沈下時間

表 6.5.2, 図 6.5.3 に示したとおり、各地点の圧密度 90%に到達するまでに要する時間は次のとおり求められる。

- ・ No.1 地点 …… 21 日
- ・ センター地点 …… 31 日
- ・ No.2 地点 …… 42 日

表 6.5.2 経過時間と圧密沈下量の関係

圧密度	時間係数	No1地点		センター地点		No.2地点	
		t=24.62 × Tv (day)		t=35.43 × Tv (day)		t=49.16 × Tv (day)	
U(%)	Tv	経過日数	沈下量	経過日数	沈下量	経過日数	沈下量
10	0.008	0.2	0.666	0.3	0.752	0.4	0.816
20	0.031	0.8	1.331	2	1.504	2	1.632
30	0.071	2	1.997	3	2.256	4	2.448
40	0.126	4	2.663	5	3.008	7	3.264
50	0.197	5	3.329	7	3.761	10	4.080
60	0.287	8	3.994	11	4.513	15	4.896
70	0.403	10	4.660	15	5.265	20	5.712
80	0.567	14	5.326	21	6.017	28	6.528
90	0.848	21	5.991	31	6.769	42	7.344
100		-	6.657	-	7.521	-	8.160

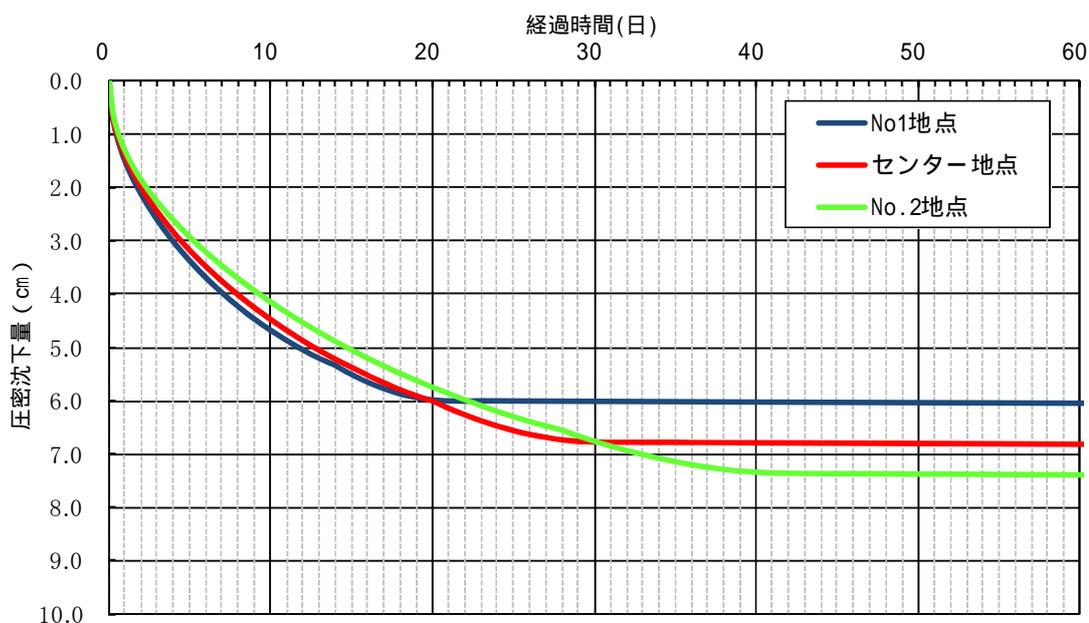


図 6.5.3 圧密経過時間と圧密沈下量の関係図

なお、本検討条件は仮定値を採用しているため、設計条件が確定した時点で再度検討を要する。

## 6-6 基礎形式の検討

### (1) 支持層の選定

建物基礎形式の選定に際しては、一般に次のような点に留意しなければならない。特に支持地盤については、建物の規模により必要な地盤の支持力(地盤反力)が異なるため、十分な検討が必要となる。

基礎の形式にもよるが、木造 1 階建て程度の軽量構造物であれば  $50\text{kN/m}^2$  の地盤支持力で建物を支持することができるが、鉄筋コンクリート造の高い建物や体育館のように柱の間隔が広い建物は、数  $100\text{kN/m}^2$  以上の地盤支持力が必要となる。つまり、軽量構造物であればある程度軟らかい地盤や緩く締まった砂地盤でも構造物の支持地盤となるが、重量構造物は硬い地盤(あるいは締まった地盤)でなければ建物を安定して支持することはできない。

調査地の支持地盤についても、計画建物荷重を十分にかつ安全に支持できる地盤が必要である。

#### 1) 十分な支持力を有している

砂質土層・砂礫層	大略 N 値 30 以上の地盤
粘性土層	大略 N 値 20 以上の地盤 (一軸圧縮強度 $q_u$ が $400\text{kN/m}^2$ 程度以上)

#### 2) 水平方向に連続して分布し、同一支持層が選べる事

#### 3) 荷重分布が可能な程度の層厚を有し、下位層の支持力不足による変位や圧密沈下が構造物に有害な影響を与えない事

上記の条件に基づき、各層の支持層としての適性を判定すれば、次のとおりである。

#### 沖積粘性土層(Ac)

本層の設計 N 値は 1.7 と低く支持力不足であり、圧密沈下の懸念もあることから支持層には不適とみなされる。

#### 沖積砂礫層(Ag)

本層の N 値は 29 ~ 60 以上の範囲にあり、設計 N 値は 38.6 であることから支持力は概ね満足する。しかし層厚が 3.40m と薄く十分な荷重分散が見込めない恐れがあり、下位

に分布する地層の支持力不足や圧密沈下が懸念される。

したがって本層を支持層とする場合には、下位の第 1 洪積粘性土層(Dc1)および第 1 洪積砂質土層(Ds1)の支持力、圧密沈下について計画建物の荷重条件や上部構造の許容沈下量等を踏まえた詳細な検討を必要とする。

#### **第 1 洪積粘性土層(Dc1)**

本層の設計 N 値は 9 と低く支持力不足であり、支持層には不適と判断される。

#### **第 1 洪積砂質土層(Ds1)**

本層の設計 N 値は 19.6 と低く支持力不足であり、支持層には不適と判断される。

#### **第 2 洪積砂質土層(Ds2)**

本層の N 値は 25 ~ 38 の範囲にあり、設計 N 値は 31 であることから支持力は概ね満足する。本層は水平方向の連続性が不良で、No.2 地点には本層の N 値に対比される地層が分布しない。加えて、層厚が 4.10m とやや薄く、下位に分布する第 2 洪積粘性土層(Dc2)の支持力不足や圧密沈下の懸念があることから、支持層には不向きと判断される。

#### **第 2 洪積粘性土層(Dc2)**

本層の設計 N 値は 18.8 と低く支持力不足であり、圧密沈下の可能性も否定できないため、支持層には不適と考えられる。

#### **第 1 洪積砂礫層(Dg1)**

本層の N 値は 44 ~ 60 以上の範囲にあり、設計 N 値は 60 であることから支持力は満足する。水平方向の連続性は比較的良いが、層厚変化が顕著であることに加え、No.2 地点では細粒化して砂分が優勢となり、相対的に N 値が小さい傾向が認められる。

層厚は 2.8 ~ 5.0m とやや薄く、決して荷重分布に十分な層厚を有しているとは云えない。これに加え、本層の直下に地盤強度の低い第 3 洪積粘性土層(Dc3)ならびに第 3 洪積砂質土層(Ds3)が分布するため、建物の荷重条件・基礎の構造によっては、これらの層の支持力について検討が必要である。

以上のことから、本砂礫層は、計画建物の荷重規模、重要性、地震時の安定性等を勘案のうえ、支持層としての適否を判断する必要がある。

#### **第 3 洪積粘性土層(Dc3)**

本層の N 値は 20 を示し支持力は満足するが、層厚が 0.15 ~ 1.45m と薄いことから支持層としては不適と判断される。

### 第 3 洪積砂質土層(Ds3)

本層は No.1 地点に分布し、層厚は約 8m を有する。N 値は 25～60 以上の範囲にあり、設計 N 値は 30.6 であることから、支持力は概ね満足する。しかし、水平方向の連続性が不良で、No.2 地点では本層の N 値に対比される土層が分布しないことから、支持層としては不向きと判断される。

### 第 4 洪積砂質土層(Ds4)

本層の N 値は 37～60 以上の範囲にあり、設計 N 値は 45.8 であることから支持力は満足する。連続性は No.2 地点における層厚が薄く、洪積砂・砂礫互層(Dsg)に漸移する。

よって、本層は支持層として不適とは云えないが、下位の Dsg 層、Dg2 層に比べ支持力が相対的に劣ることから、支持層には不向きと考える。

### 洪積砂・砂礫互層(Dsg)

本層の N 値は全て 60 以上を示し、設計 N 値が 60 であることから支持力は十分といえる。本層の上面は、No.2 地点で EL-19.70m、No.1 地点で EL-39.06m に位置し、標高差が大きく起伏に富んでいる。また、本層を広域的にみると、層相、層厚の変化が著しく、所によって砂層が優勢となるなど、水平方向の連続性も決して良いとは云えない。

なお、下位の Dg2 層との地層境界については、判然としない点はあるものの、砂層が挟在する互層区間の最下面に設定した。

本層は支持層として不適ではないが、連続性に不明確な点があり、支持層とする場合は十分な検討を要する。

### 第 2 洪積砂礫層(Dg2)

本層の N 値は地層境界部の値を除けば全て 60 以上を示し、支持力は十分といってよい。しかし、本層を広域的にみると、水平方向の連続性は決して良いとは云えず、ところによって砂層に漸移するなど層厚の変化に富んでいる。

本層は支持層として不適ではないが、連続性に不明確な点があり、支持層とする場合は十分な検討を要する。

### シルト岩層(T)

本層の N 値は地層境界部の値を除けば全て 60 以上を示し、層厚は 5.0m 以上を有する。すなわち先に述べた支持層としての条件を満足する。

従って、シルト岩層(T)は、調査地における良質な支持層と評価できる。

なお、本層上面は、みかけ上、平野側へ約 6 度傾斜しているため、杭長等の設定にあたり細心の注意が必要である。

以上の検討結果を一覧表として表 6.6.1 に示す。

表 6.6.1 各層の支持層としての適性一覧表

地層名	記号	設計N値	支持層としての適性一覧			総合評価	備考
			支持力	水平方向の連続性	層厚		
盛土	B	—	×	○	×	×	支持力不足。
沖積粘性土層	Ac	1.7	×	×	△	×	支持力不足。圧密沈下の懸念有り。
沖積砂礫層	Ae	38.6	○～△	○	△	△～×	支持力不足。層厚が薄く、下に分布するDc1層およびDs1層の支持力不足、圧密沈下の懸念有り。
第1洪積粘性土層	Dc1	9.0	×	×	×	×	支持力不足。
第1洪積砂質土層	Ds1	19.6	×	○	△	×	支持力不足。
第2洪積砂質土層	Ds2	31.0	○	×	×	×	支持力は満足する。連続性が不良でNo.2地点に分布しない。
第2洪積粘性土層	Dc2	18.8	△～×	○	△	×	支持力不足あるいは支持力に劣る。
第1洪積砂礫層	Dg1	60.0	○	○	△	△	支持力は満足する。層厚がやや薄く、直下に地盤強度の低いDc3ならびにDs3層が分布するため、支持力の検討を要する。
第3洪積粘性土層	Dc3	20.0	△	×	×	×	支持力はほぼ満足する。層厚が薄く、連続性が悪い。
第3洪積砂質土層	Ds3	30.6	○～△	△	△	×	支持力はほぼ満足する。水平方向の連続性が不良で、No.2地点に分布しない。
第4洪積砂質土層	Ds4	45.8	○～△	○	○	△～×	支持力は満足する。層厚は薄いですが下位にDsg,Dg2層が分布し荷重分布に問題はない。直下のDsg,Dg2に比べ支持力が劣る。
洪積砂・砂礫互層	Dsg	60.0	○	△	△	△	支持力は満足する。下位にDg2層が分布し、荷重分布に問題はない。水平方向の連続性に不明確な点があり、検討を要する。
第2洪積砂礫層	Dg2	60.0	○	△	○	△	支持力は満足する。下位にT層が分布し、荷重分布に問題はない。水平方向の連続性に不明確な点があり、検討を要する。
シルト岩層	T	201.6	○	○	○	○	支持力は十分である。十分な層厚を有することから、支持層に適合する。本層上面はみかけ上6度で傾斜する。

○:適正 △:不適ではないが検討を要する ×不適

以上の検討結果より、支持層の候補としては、

- 1) 第1洪積砂礫層(Dg1)
- 2) 洪積砂・砂礫互層(Dsg)
- 3) 第2洪積砂礫層(Dg2)
- 4) シルト岩層(T)

の4層が挙げられる。

調査地において、シルト岩層(T)は、支持力、層厚、連続性のいずれも十分であり、確実な支持層となり得るが、分布深度が深いため杭長が長くなる。また、本層上面は傾斜しているため杭長の設定にあたり留意が必要となる。

洪積砂・砂礫互層(Dsg) および第2洪積砂礫層(Dg2)については、支持力は十分であるが、水平方向の層相変化が著しく、連続性の面で不明確な点がある。

一方、第1洪積砂礫層(Dg1)は分布深度が浅いので、経済性の点では有利といえるが、層厚が薄いため下位層を含めた2層地盤の支持力の検討が必要であり、建物荷重が支持できるか検討しなければならない。

なお、現時点では上部構造物の設計条件が不明であるため、地盤状況から支持地盤を選定しているが、設計時には上部構造物の設計条件(耐震性能等)や杭の支持機構および施工性等を考慮して決定することが必要である。

## (2)基礎形式の検討

計画建物の基礎形式は、構造物の荷重条件、支持層の分布深度、中間土層の性状、地下水の分布形態などを勘案して最適なものを選定する必要がある。

本調査地において前記の地層を支持層とする場合、その上面位置が深いことから、いずれも杭基礎が必要と考えられるが、ここでは基礎の検討に際し留意されたい地層の特徴ならびに施工条件を示す。

### 1) 支持層までの土質性状

支持層までの中間層には、N値0～4の軟弱な沖積粘性土層(Ac)やN値29～60以上の密実な沖積砂礫層(Ag)が分布する。

沖積砂礫層(Ag)の礫径については、2～10mmの垂円～垂角礫を主体とし、最大の礫径は40～50mm程度である。ボーリングコアの観察より、本層に含まれる礫にはくり抜かれたものはごく希であり、礫の外形が残っていることから、ボーリングコアと実際の地盤における礫径に大きな差異はないと考えられる。

### 2) 支持層の深度、土質

支持層の候補となる第1洪積砂礫層(Dg1)、洪積砂・砂礫互層(Dsg)、第2洪積砂礫層(Dg2)、シルト岩層(T)の上面はGL-20m以深で深い。

シルト岩層(T)の上面は、地質断面方向ではみかけ上、平野側へ約6度傾斜している。

洪積砂・砂礫互層(Dsg)および第2洪積砂礫層(Dg2)は、層相、層厚の変化が著しく、所によって砂層が優勢になるなど、水平方向の連続性は決して良い土層とは云えず、その上面は起伏に富んでいる。

### 3) 地下水の状態

第4洪積砂質土層(Ds4)以浅に賦存する地下水位は、GL-0.15～1.37m(EL+3.26～4.59m)にあり地表面に近い。

他方、洪積砂・砂礫互層(Dsg)～第2洪積砂礫層(Dg2)に賦存する地下水は被圧状態にあり、掘進中に孔内水の自噴が確認されている。なお、調査期間中に確認された被圧地下水の最高水頭は以下のとおりである。

・ No.1 地点・・・GL+1.17m(EL+5.80m)

・ No.2 地点・・・GL+0.50m(EL+5.24m)

### 4) 敷地条件・周辺環境

調査地では近接する宅地や道路に対し影響を及ぼさない工法の選定と対策が必要である。

上記の地盤条件と周辺環境を考慮して次頁の表 6.6.2 より基礎工法を選定すると、場所  
打ち杭工法(リバース方式)の適合性が高いと云える。

表6.6.2 基礎工法選定表（基礎工Vol.23 NO.9より）

基礎の種類及び工法 選定項目	基礎										備考	
	杭			基礎			掘削工法					
	打込み杭工法	埋込み杭工法	既製杭工法	場所打ちコンクリート	機械掘削工法	リート	杭	人力掘削工法				
直接基礎	SPCHC杭	プレボーリング工法 節杭	SPCHC杭	中掘り工法 SPCHC杭	回転圧入工法 SPCHC杭	オケールシリング工法	ア工法 ードリル	ア拡大底杭工法 ードリル	リキユレサヨ	BH杭工法	リキユレサヨ バコレシ ース	深礎工法
	30~100	30~40 <sup>1)</sup> 30~40	30~100 30~80	45~100 45~80	30~80 30~60	80~200 100~200	70~300 80~200	80~400 <sup>2)</sup> 80~200	80~400 80~300	50~150 70~150	80~400 <sup>2)</sup> 80~300	120~600 140~360
杭径	-	30~100	30~80	45~100	30~80	80~200	70~300	80~400 <sup>2)</sup>	80~400	50~150	80~400 <sup>2)</sup>	120~600
柱軸力	-	30~60	30~80	45~80	30~60	100~200	80~200	80~200	80~300	70~150	80~300	140~360
200t以下												
200~500t		x										
500~1000t		x			x							
1000t以上		x										
水平荷重が大きい												
5m以下												
5~10m								x	x			
10~25m								x	x			
25~40m	x	x										
40~55m	x	x			x							
55m以上	x	x			x			x		x		
粘性土N値	4以下											
4~10												
10~20												
15以下												
15~30												
30以上												
層厚 2m, 4m												
液状化可能性のある地層												
支持層の確認 <sup>1)</sup>												
傾斜	30°以下											
30°~45°												
凹凸が激しい												
砂質土N値	30~50											
50以上												
礫（玉石）	5cm以下											
5~15cm												
15cm以上												
土丹（N値75以下）												
軟岩												
地下水が地表面に近い												
湧水量が多い												
先端の被圧地下水												
伏流水												
逸水												
逸水												
騒音・振動 <sup>1)</sup>		x										
近接構造物に対する悪影響 <sup>2)</sup>												
狭い作業スペース												
有毒ガスが発生する												x

：使用するには慎重な検討が必要となる x：ほとんど使用されない

6-7 設計・施工上の留意点

計画建物の設計・施工に際して、地形・地質面から留意する必要がある事項を以下に列挙する。

(1)掘削底面の安定

根切り時の掘削対象となる地盤は、軟弱な沖積粘性土層(Ac)と沖積砂礫層(Ag)が想定され、沖積粘性土層(Ac)においてヒーピングの発生が懸念される。

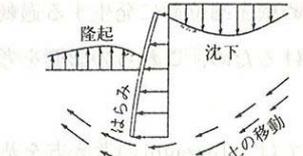
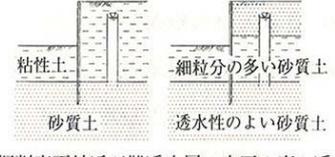
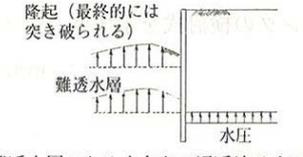
また、5-2 項の孔内水位の変動状況より、沖積砂礫層(Ag)の地下水頭はその上面より高い位置 GL-0.85m(EL+3.78m)に確認され、被圧帯水層を形成していると考えられることから、基礎底面下に沖積粘性土層が残存する場合は盤ぶくれの検討を要する。

このため、根切り深度が深くなる場合は掘削底面の安定を確保するために下記の対策を考慮しておく必要がある。

- ・鋼矢板土留工の採用と根入れ長の増大
- ・ウェルポイント等による地下水位低下工法
- ・薬液注入や地盤改良等による止水・地盤強度増加

また、沖積粘性土層(Ac)は、施工に伴い応力変化や乱れが生じると強度が低下しやすい鋭敏粘土であるため、極力地盤を乱さない工法の選定が必要であり、施工に伴い応力変化や乱れが生じると、本件調査で得られた強度より低下するため注意が必要である。

表 6.7.1 掘削底面の破壊現象(ヒーピング,盤ぶくれ)

<p>ヒーピング</p>	 <p>掘削底面付近に軟らかい粘性土がある場合、主として沖積粘性土地盤で、含水比の高い粘性土が厚く推積する場合。</p>	 <p>土留め背面の土の重量や土留めに近接した地表面での上載荷重などにより、掘削底面の隆起、土留め壁のはらみ周辺地盤の沈下が生じ最終的には土留めの崩壊に至る。</p>
<p>盤ぶくれ</p>	 <p>掘削底面付近が難透水層、水圧の高い透水層の順で構成されている場合、難透水層には粘性土だけでなく、細粒分の多い砂質土も含まれる。</p>	 <p>隆起(最終的には突き破られる) 難透水層 水圧</p> <p>難透水層のため上向き浸透流は生じないが難透水層下面に上向き水圧が作用し、これが上方の土の重さ以上となる場合は、掘削底面が浮き上がり、最終的には難透水層が突き破られボイリング状の破壊に至る。</p>

「道路土工 仮設構造物工指針 (社)日本道路協会」より

## (2) 止水・排水対策

根切りが想定される沖積砂礫層(Ag)までの地層に賦存する地下水位は、No.1 地点で GL-0.85 ~ 0.95m(EL+3.68 ~ 3.78m)、No.2 地点で GL-0.31 ~ 0.40m(EL+4.34 ~ 4.43m)に位置し地表面に近い。

根切り深度が沖積粘性土(Ac)の分布する深度(No.1 地点で GL-4.70m, No.2 地点で GL-6.60m)までであれば、掘削対象となる沖積粘性土層(Ac)の透水係数が低いと想定されることから、根切り時に大量の湧水が発生する可能性は低いと考えられる。したがって、釜場排水工法で適用が可能と思われる。

沖積砂礫層(Ag)にまで掘削深度が及ぶ場合は、透水性の高い本層から多量の湧水が予測されるため、止水・排水対策が必要となる。

なお、調査地は地下水位が地表面付近にあり高いため、施工時には試掘を行って掘削面の安定性、湧水量の確認を行い、状況に応じて適切な排水対策を講じることが望ましい。

## 6-8 まとめ

本調査は、加賀市統合新病院の設計・施工に際して、主に耐震設計上の基礎資料を得るために実施したものであり、特に、工学的基盤の評価および地盤の固有周期、地盤種別を求めることが主目的である。

以下に調査結果を要約する。

### (1)建設予定地の地質状況

建設予定地の基礎地盤は、概ね標高-3~-5m 付近までの沖積層と、それ以深の洪積層(南郷層)、および橋立丘陵の基盤を構成する新第三紀の細坪層(シルト岩)からなる。

表 6.8.1 調査他の地層構成と主な土質・岩質

地質年代	地層区分		記号	N値		
	地層名	主な土質・岩質				
現世	盛土層	中砂、礫混りシルト	B	-		
第四紀	完新世	沖積粘性土層	粘土	Ac	0(砂か自沈)~7	
		沖積砂礫層	シルト質砂礫	Ag	29~60以上	
	更新世	南郷層	第1洪積粘性土層	粘土	Dc1	9
			第1洪積砂質土層	シルト質砂、シルト混り砂	Ds1	10~29
			第2洪積砂質土層	シルト混り砂	Ds2	25~38
			第2洪積粘性土層	シルト	Dc2	14~60以上
			第1洪積砂礫層	シルト質砂礫、礫混り砂	Dg1	44~60以上
			第3洪積粘性土層	シルト	Dc3	20
			第3洪積砂質土層	シルト質砂	Ds3	25~60以上
			第4洪積砂質土層	シルト混り砂、礫混り砂	Ds4	37~60以上
	洪積砂 - 砂礫互層	シルト質砂礫、礫混り砂	Dsg	60以上		
	第2洪積砂礫層	シルト質砂礫	Dg2	55~60以上		
新第三紀	中新世	細坪層	シルト岩層	シルト岩	T	55~60以上

### (2)工学的基盤

- ・最下位に分布するシルト岩層(T)は、S波速度 480m/s を示し、No.1 地点と No.2 地点ともに 5m 以上の層厚を有する連続性の良い地層であることから、調査地における良質な工学的基盤と評価できる。
- ・第 2 洪積砂礫層(Dg2)は、No.1 地点で S 波速度 530m/s を示し、層厚 8.2m を有する。一方、No.2 地点では層厚 1.40m と薄いものの、下位に工学的基盤に適合するシルト岩層(T)が連続して分布しており、一連の地盤とみなすことが可能であることから、Dg2 層以深を調査地の工学的基盤として評価する。

- ・No.2 地点の GL-24.25 ~ 33.75m に分布する洪積砂 - 砂礫互層(Dsg)は、全ての深度で N 値 60 以上を示すが、随所に礫混じり砂を挟在する砂礫であり、水平方向の層厚，層相の変化が著しい。本層は、工学的基盤に適合する可能性があるが、Dg2 層と層相がやや異なる砂礫であるため、広域的な分布状況ならびに工学的特性(S 波速度等)を明確にし、その状況を踏まえたうえで工学的基盤としての適性を評価する必要がある。

表 6.8.2 調査他の工学的基盤の評価

地層区分	分布深度		地質名	S波速度 (m/s)	工学的基盤としての評価
	No.1(m)	No.2(m)			
盛土(B) ~ 沖積粘性土層(Ac)	0.00 - 2.00	0.00 - 6.60	盛土・粘土	140	S波速度400m/s未満であり、工学的基盤に適合しない。
	2.00 - 4.70		粘土	80	
沖積砂礫層(Ag)	4.70 - 8.10	6.60 - 10.00	シルト質砂礫	280	
第1洪積粘性土層(Dc1)	-	10.00 - 11.10	粘土	-	
第1洪積砂質土層(Ds1)	8.10 - 14.70	11.10 - 14.50	シルト質砂	210	
第2洪積砂質土層(Ds2)	14.70 - 18.80	-	シルト混じり砂	230	
第2洪積粘性土層(Dc2)	18.80 - 24.60	14.50 - 19.80	シルト	270	
第1洪積砂礫層(Dg1)	24.60 - 29.60	19.80 - 22.60	シルト質砂礫	350	
第3洪積粘性土層(Dc3)	29.60 - 31.05	22.60 - 22.75	粘土	270	
第3洪積砂質土層(Ds3)	31.05 - 34.00	-	シルト質砂	270	
	34.00 - 39.00		シルト質砂	270	
第4洪積砂質土層(Ds4)	39.00 - 43.50	22.75 - 24.25	シルト混じり砂	320	
洪積砂 - 砂礫層(Dsg)	43.50 - 51.70	24.25 - 33.75	シルト質砂礫 礫混じり砂を挟む	-	
第2洪積砂礫層(Dg2)	43.50 - 51.70	33.75 - 35.15	シルト質砂礫	530	S波速度400m/s以上を示し、No.1地点で層厚8.2mを有する。No.2地点の層厚が1.4mと薄い、下にシルト岩が連続して分布するため工学的基盤と評価できる。
シルト岩層(T)	51.70 - 57.00	35.15 - 40.00	シルト岩	480	S波速度400m/s以上を示し、層厚5m以上で連続性良好。良質な工学的基盤と評価できる。

### (3)地盤の卓越周期および地盤種別

#### a) 常時微動測定による方法

地表 1 秒計の変位および速度スペクトルで大きな振幅を示した 0.50 ~ 0.52(秒)が、フーリエスペクトル比および H/V スペクトルに共通してみられ、当該地盤の卓越周期と判断される。したがって、当該地盤における地盤周期は  $T_g=0.50 \sim 0.52$ (秒)となる。

#### b) せん断波(S 波)速度測定による方法

シルト岩(T)を工学的基盤とした場合の地盤周期は  $T_g = 0.727$  (秒)と求められる。

常時微動測定およびせん断波(S 波)速度による検討結果より、地盤種別は「**第二種地盤**」と判定される。

地盤種別と地盤周期	
「2007 年版 建築物の構造関係技術基準解説書」より	
地盤種別	地盤周期 $T_g$ (秒)
第一種	$T_g \leq 0.2$
第二種	$0.2 < T_g \leq 0.75$
第三種	$0.75 < T_g$

#### (4)液状化の検討結果

液状化の判定結果より、損傷限界  $_{max}=200gal$  および終局限界  $_{max}=350gal$  とともに全ての層で  $FL > 1$  を示し、調査地盤においては液状化発生の可能性はないと判定される。

#### (5)圧密沈下

##### ・沈下量

前面道路と同じ高さまで造成盛土を行った場合、沖積粘性土層(Ac)の圧密沈下量は6.7~8.2cmと求められる。

当該地に分布する沖積粘性土層(Ac)は過圧密状態にあり、その地中応力は盛土と載荷重の増加応力の範囲内では圧密降伏応力  $P_c$  を超えないので圧密沈下量は小さい。

表 6.8.3 各地点の圧密沈下量

地層区分		検討位置	Ac層の層厚 (m)	盛土高さ H(m)	最終沈下量 $S_c$ (cm)
地層名	記号				
沖積粘性土層	Ac	No.1地点	4.10	0.56	6.7
		センター地点	4.85	0.51	7.5
		No.2地点	5.60	0.45	8.2

##### ・沈下時間

表 6.8.4 に示すとおり、圧密度 90%に到達するまでに要する時間は約 1.5 ヶ月である。

< 圧密度 90%に到達するまでに要する時間 >

・ No.1 地点:21 日、センター地点:31 日、No.2 地点:42 日

表 6.8.4 圧密経過時間と圧密沈下量の関係

圧密度	時間係数	No1地点		センター地点		No.2地点	
		$t=24.62 \times Tv(\text{day})$		$t=35.43 \times Tv(\text{day})$		$t=49.16 \times Tv(\text{day})$	
U(%)	$Tv$	経過日数	沈下量	経過日数	沈下量	経過日数	沈下量
10	0.008	0.2	0.666	0.3	0.752	0.4	0.816
20	0.031	0.8	1.331	2	1.504	2	1.632
30	0.071	2	1.997	3	2.256	4	2.448
40	0.126	4	2.663	5	3.008	7	3.264
50	0.197	5	3.329	7	3.761	10	4.080
60	0.287	8	3.994	11	4.513	15	4.896
70	0.403	10	4.660	15	5.265	20	5.712
80	0.567	14	5.326	21	6.017	28	6.528
90	0.848	21	5.991	31	6.769	42	7.344
100		-	6.657	-	7.521	-	8.160

## (6) 支持層および基礎形式

調査地の支持層の候補としては、

- 1) 第1 洪積砂礫層(Dg1)
- 2) 洪積砂・砂礫互層(Dsg)
- 3) 第2 洪積砂礫層(Dg2)
- 4) シルト岩層(T)

の4層が挙げられる。

調査地において、シルト岩層(T)は、支持力、層厚、連続性のいずれも十分であり、確実な支持層となり得るが、分布深度が深いため杭長が長くなる。また、本層上面は傾斜しているため杭長の設定にあたり留意が必要となる。

洪積砂・砂礫互層(Dsg) および第2 洪積砂礫層(Dg2)については、支持力は十分であるが、水平方向の層相変化が著しく、連続性の面で不明確な点がある。

一方、第1 洪積砂礫層(Dg1)は分布深度が浅いので、経済性の点では有利といえるが、層厚が薄いため下位層を含めた2層地盤の支持力の検討が必要であり、建物荷重が支持できるか検討しなければならない。

なお、現時点では上部構造物の設計条件が不明であるため、地盤状況から支持地盤を選定しているが、設計時には上部構造物の設計条件(耐震性能等)や杭の支持機構および施工性等を考慮して決定することが必要である。

表 6.8.5 各層の支持層としての適性一覧表

地層名	記号	設計N値	支持層としての適性一覧			総合評価	備考
			支持力	水平方向の連続性	層厚		
盛土	B	—	×	○	×	×	支持力不足。
沖積粘性土層	Ac	1.7	×	×	△	×	支持力不足。 圧密沈下の懸念有り。
沖積砂礫層	Ag	38.6	○~△	○	△	△~×	支持力不足。層厚が薄く、下位に分布するDc1層およびDs1層の支持力不足、圧密沈下の懸念有り。
第1洪積粘性土層	Dc1	9.0	×	×	×	×	支持力不足。
第1洪積砂質土層	Ds1	19.6	×	○	△	×	支持力不足。
第2洪積砂質土層	Ds2	31.0	○	×	×	×	支持力は満足する。 連続性が不良でNo.2地点に分布しない。
第2洪積粘性土層	Dc2	18.8	△~×	○	△	×	支持力不足あるいは支持力に劣る。
第1洪積砂礫層	Dg1	60.0	○	○	△	△	支持力は満足する。層厚がやや薄く、直下に地盤強度の低いDc3ならびにDs3層が分布するため、支持力の検討を要する。
第3洪積粘性土層	Dc3	20.0	△	×	×	×	支持力はほぼ満足する。 層厚が薄く、連続性が悪い。
第3洪積砂質土層	Ds3	30.6	○~△	△	△	×	支持力はほぼ満足する。 層厚変化顕著 水平方向の連続性が不良で、No.2地点に分布しない。
第4洪積砂質土層	Ds4	45.8	○~△	○	○	△~×	支持力は満足する。層厚は薄いですが下位にDsg,Dg2層が分布し荷重分布に問題はない。直下のDsg,Dg2に比べ支持力が劣る。
洪積砂・砂礫互層	Dsg	60.0	○	△	△	△	支持力は満足する。下位にDg2層が分布し、荷重分布に問題はない。水平方向の連続性に不明確な点があり、検討を要する。
第2洪積砂礫層	Dg2	60.0	○	△	○	△	支持力は満足する。下位にT層が分布し、荷重分布に問題はない。水平方向の連続性に不明確な点があり、検討を要する。
シルト岩層	T	201.6	○	○	○	○	支持力は十分である。十分な層厚を有することから、支持層に適合する。本層上面はみかけ上7度で傾斜する。

○: 適正 △: 不適ではないが検討を要する × 不適

## 6-9 追加調査の提案

### (1)追加調査について

本調査では「耐震設計上の基礎資料」として、地層区分、N 値、地下水位および分布する各地層の物理特性、弾性波速度、振動特性(固有周期)等を得ることができた。しかし、この調査で得た地質情報から新たに次の事項が今後の課題となる。

#### 1)工学的基盤のとして評価される地層の分布性状が明らかでない。

第2 洪積砂礫層(Dg2)は、No.1 地点で工学的基盤に相当する 400m/sec 以上の S 波速度を示すが、水平方向の層厚、層相の変化が著しい土層であり、No.2 地点に分布する砂礫層(Dsg ~ Dg2)と分布標高が異なることから、工学的基盤と評価される砂礫層の分布状況を明らかにする必要がある。

シルト岩層(T)は、工学的基盤と評価されるが、起伏が激しく地質断面方向では平野側へ約 6 度傾斜している。このため調査箇所以外での分布状況を明らかにする必要がある。

#### 2)支持地盤の選定

支持層として期待される第1 洪積砂礫層(Dg1)、洪積砂 - 砂礫互層(Dsg)、第2 洪積砂礫層(Dg2)、シルト岩(T)は、いずれも分布性状が複雑であり、支持層として評価や杭長等の設定を行うにあたり地層の分布状況を明らかにする必要がある。

したがって、上記事項を確認するために追加調査を提案する。調査箇所については建物の配置計画を考慮して設定する必要があるが、今回の No.1 ~ No.2 地点の中間地点で少なくとも 1 箇所、そのほかに平野側と丘陵側で各 1 箇所、計 3 箇所の追加ボーリングを計画する。また、PS 検層および密度検層は、今回実施していない丘陵側で 1 箇所計画する。

#### 追加調査内容

・ 調査ボーリング( 66mm)	平野側 L=57m	1 箇所	} シルト岩層(T)を 5m 確認
	中間 L=52m	1 箇所	
	丘陵側 L=40m	1 箇所	
・ 標準貫入試験	平野側 57 回	1 箇所	
	中間 52 回	1 箇所	
	丘陵側 40 回	1 箇所	
・ PS 検層	丘陵側 40 深度	1 箇所	
・ 密度検層 (キャリパー検層含む)	丘陵側 L=40m	1 箇所	