

**(仮称) 岡山総合医療センター新築に伴う  
地質調査業務委託**

**調 査 報 告 書**

**平成 23 年 12 月**

**株式会社浪速技研コンサルタント**

## 目 次

### 【地質調査業務編】

1. 調 査 概 要	1
調査箇所平面図	2
2. 調査実施方針	4
2.1 調査の流れ	4
2.2 ボーリング調査	5
2.3 標準貫入試験	6
2.4 孔内水平載荷試験	7
2.5 現場透水試験	8
2.6 不攪乱試料採取	10
2.7 PS 検層	12
2.8 常時微動測定	14
2.9 室内土質試験	15
3. 調 査 結 果	16
3.1 地形・地質概要	16
3.2 ボーリング結果	18
3.3 標準貫入試験結果	21
3.4 孔内水平載荷試験結果	24
3.5 現場透水試験結果	25
3.6 PS 検層結果	27
3.7 常時微動測定結果	31
3.8 室内土質試験結果	39
4. 考 察	45
4.1 土質定数	45
4.2 液状化の検討	47
4.3 支持層及び基礎形式について	56
4.4 ま と め	58

### 【地質調査業務編巻末資料】

- ・ 調査位置平面図
- ・ 地質断面図（4断面）
- ・ ボーリング柱状図
- ・ 孔内水平載荷試験結果
- ・ 現場透水試験結果
- ・ PS検層結果
- ・ 常時微動計測結果
- ・ 室内土質試験結果
- ・ 現場記録写真

## 【模擬地震動作成業務編】

1. 業務概要	1
1.1 設計用入力地震動概要	1
1.2 模擬地震動作成方法	2
2. 地震環境	3
2.1 歴史地震の検討	3
2.2 近辺活断層の検討	9
2.3 建設予定地の地盤構造	13
3. 告示波による設計用入力地震動	15
4. サイト波による設計用入力地震動	17
5. 等価線形解析による表層部応答計算	36
5.1 SHAKEによる計算	36
5.2 FDELによる計算	36
6. 有効応力解析による表層部応答計算	55

## 【模擬地震動作成業務編巻末資料】

- ・ 一次元等価線形応答計算プログラム手法比較
- ・ 歴史地震に関する資料
- ・ 調査地点と地震観測点の位置図
- ・ 告示波に関する資料
- ・ 統計的グリーン関数に関する資料（サイト波）
- ・ 想定断層に関する資料
- ・ 断層パラメータ資料
- ・ 観測地点の地盤データおよび地盤モデル（線形引き戻し計算用）
- ・ 非線形有効応力解析に関する資料
- ・ 解析結果図

## 【地質調査業務編】

### 1. 調査概要

#### (1) 業務名

(仮称) 岡山総合医療センター新築に伴う地質調査業務委託

#### (2) 調査場所

岡山市北区北長瀬表町三丁目20番101他

#### (3) 調査目的

当該敷地の地盤構成を探り、土の物理・力学的性状を明らかにして建築構造物の基礎設計・施工に必要な資料を得ると共に、地震時に於ける地盤の振動性状を推察し、耐震構造設計の基礎資料に供するのを目的として次の項目について実施する。

- ・土層構成の把握および支持層の確認とその傾向
- ・各地層の物理・力学的土性の把握、特に強度並びに沈下特性の確認
- ・地盤の変形特性の把握、液状化の判定
- ・地盤の振動性状の把握
- ・敷地の地盤条件を考慮した地震波の作成

#### (4) 履行期間

自) 平成23年8月30日 至) 平成23年12月 9日

#### (5) 調査内容

項目	規格	単位	数量
地質調査			
土質ボーリング	7 孔	m	225
サンプリング	シンウォール・トリプル	本	4
標準貫入試験	7 孔	回	205
孔内水平載荷試験	普通載荷	回	5
現場透水試験	連続観測	回	1
室内土質試験		式	1
PS 検層		式	1
常時微動測定		式	1
模擬地震波作成		式	1
足場仮設	平坦足場	箇所	7
環境保全	仮囲い	箇所	1

#### (6) 発注者

岡山市病院局 新病院整備運営課

#### (7) 受注者

株式会社浪速技研コンサルタント

岡山市北区北長瀬表町3-9-25

TEL 086-246-4703 FAX 086-246-4704

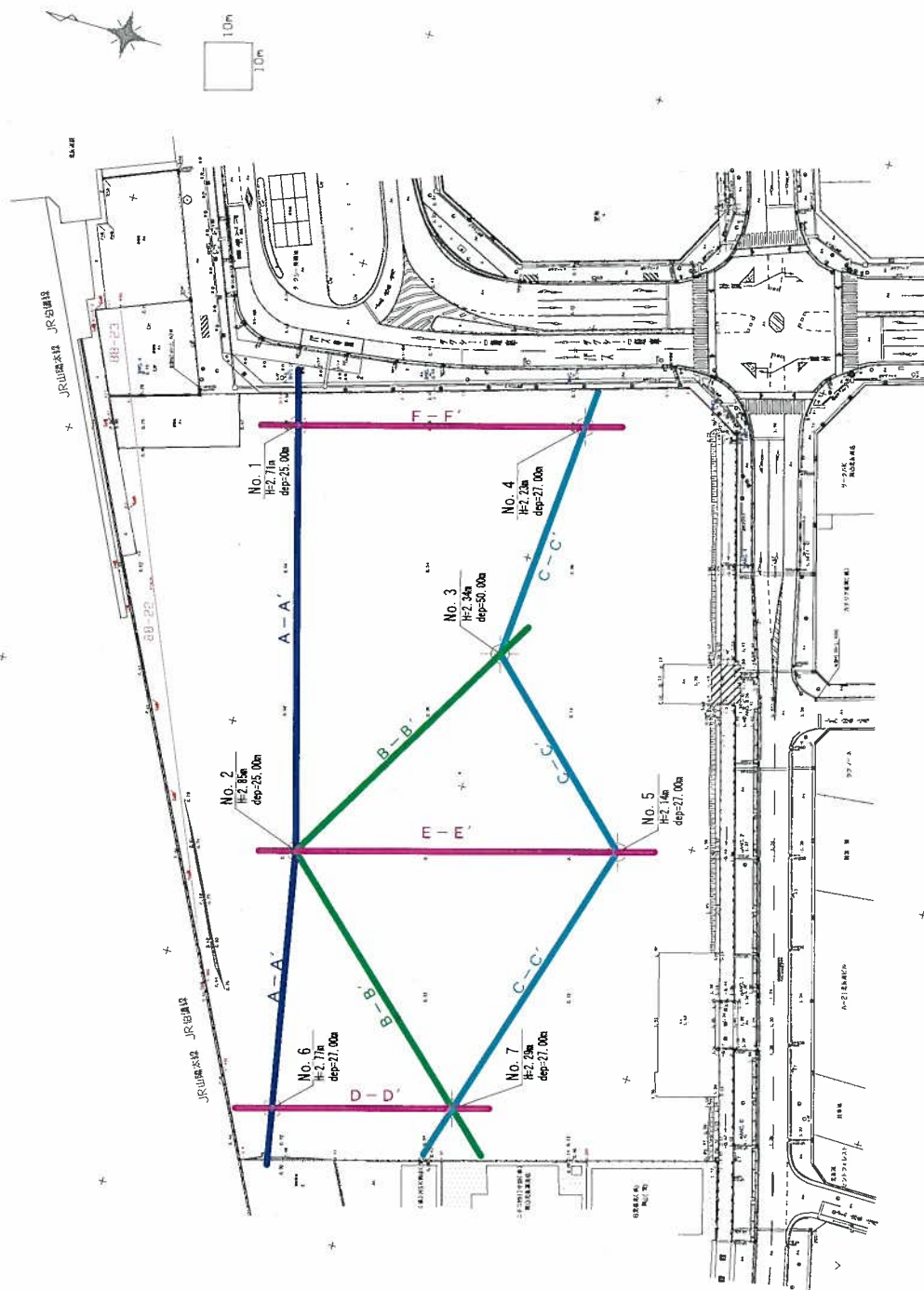


図1-1 調査箇所平面図

表1-1 調査数量表

## 1) 地層別掘削長内訳

地点名		地層別内訳(m)															合計	備考
		φ 116mm					φ 86mm					φ 66mm						
		粘性土	砂質土	固結粘土	礫質土	小計	粘性土	砂質土	固結粘土	礫質土	玉石混じり土	小計	粘性土	砂質土	固結粘土	礫質土		
No.1	計画					0.00					0.00	6.50	6.50	0.00	12.00	25.00	ノンコア	
	実施					0.00					0.00	3.40	7.40	2.50	11.70	25.00		
No.1別孔	計画					0.00					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	水位観測孔	
	実施					0.00					0.00	2.10	1.00	0.00	1.90	5.00		
No.2	計画	6.50	6.50	0.00	7.00	20.00					0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	ノンコア	
	実施	7.50	2.00	1.50	9.50	20.50					0.00	0.00	0.30	0.00	4.20	4.50		
No.3	計画					0.00	6.50	6.50	0.00	37.00	0.00	50.00				0.00	ノンコア	
	実施					0.00	3.95	6.75	3.75	28.55	7.00	50.00				0.00		
No.4	計画					0.00	6.50	3.50	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	3.00	0.00	12.00	オールコア	
	実施					0.00	4.80	2.95	0.00	1.75	0.00	9.50	1.30	0.90	4.20	11.10		
No.5	計画					0.00	6.50	5.00	0.00	3.50		15.00	0.00	1.50	0.00	8.50	ノンコア	
	実施					0.00	7.70	2.05	0.00	2.25		12.00	0.00	0.80	1.20	13.00		
No.5別孔	計画					0.00					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	水位観測孔	
	実施					0.00					0.00	7.70	2.05	0.00	2.25	12.00		
No.6	計画					0.00	4.00	3.00			7.00	2.50	3.50	0.00	12.00	18.00	オールコア	
	実施					0.00	3.70	2.80			6.50	3.85	2.70	2.50	11.45	20.50		
No.7	計画					0.00					0.00	6.50	6.50	0.00	12.00	25.00	ノンコア	
	実施					0.00					0.00	8.20	4.10	2.60	12.10	27.00		
計	計画	6.50	6.50	0.00	7.00	20.00	23.50	18.00	0.00	40.50	0.00	82.00	15.50	21.00	0.00	61.50	98.00	
	実施	7.50	2.00	1.50	9.50	20.50	20.15	14.55	3.75	32.55	7.00	78.00	26.55	19.25	13.00	67.70	126.50	
	増減	1.00	▲ 4.50	1.50	2.50	0.50	▲ 3.35	▲ 3.45	3.75	▲ 7.95	7.00	▲ 4.00	11.05	▲ 1.75	13.00	6.20	28.50	

## 2) 原位置試験内訳

地点名		標準貫入試験(回)						不攪乱試験		孔内水平 載荷試験	現場透水 試験	水位 測定	PS検層 (m)	常時微動 測定
		粘性土	砂質土	固結粘土	礫質土	玉石混 じり土	計	TWS	SD					
No.1	計画	7	6	0	12		25					0		
	実施	3	7	3	12		25					1		
No.2	計画	5	4	0	12		21	2	2					
	実施	6	0	2	14		22	2	2					
No.3	計画	7	6	0	37	0	50					50	1	
	実施	4	7	4	27	8	50					50	1	
No.4	計画	7	6	0	12		25			3				
	実施	6	4	4	13		27			3				
No.5	計画	7	6	0	12		25				1	2		
	実施	8	3	2	14		27				1	1		
No.6	計画	7	6	0	12		25			2				
	実施	7	6	2	12		27			2				
No.7	計画	7	6	0	12		25							
	実施	8	5	2	12		27							
計	計画	47	40	0	109	0	196	2	2	5	1	2	50	1
	実施	42	32	19	104	8	205	2	2	5	1	2	50	1
	増減	▲5	▲8	19	▲5	8	9	0	0	0	0	0	0	0

## 3) 室内土質試験内訳

地点名		室内土質試験(試料)											
		物理試験							力学試験				
		密度	含水比	粒度 (フルイのみ)	粒度 (フルイ+沈降)	液性 限界	塑性 限界	湿潤 密度	一軸	三軸 UU	三軸 CUB	繰返し 三軸	圧密
No.1	計画	0		0	0								
	実施	7		1	6								
No.2	計画	13	13	0	14	4	4	4	1	2	0	4	3
	実施	12	12	4	8	5	5	4	2	0	1	4	3
No.3	計画	0		0	10								
	実施	8		2	6								
No.4	計画	0		0	10								
	実施	5		1	4								
No.5	計画												
	実施												
No.6	計画	0		0	10								
	実施	7		3	4								
No.7	計画												
	実施												
計	計画	13	13	0	44	4	4	4	1	2	0	4	3
	実施	39	12	11	28	5	5	4	2	0	1	4	3
	増減	26	▲1		▲16	1	1	0		▲2	1	0	0

## 2. 調査実施方針

### 2.1 調査の流れ

地質調査の流れを以下の図2-1に示す。

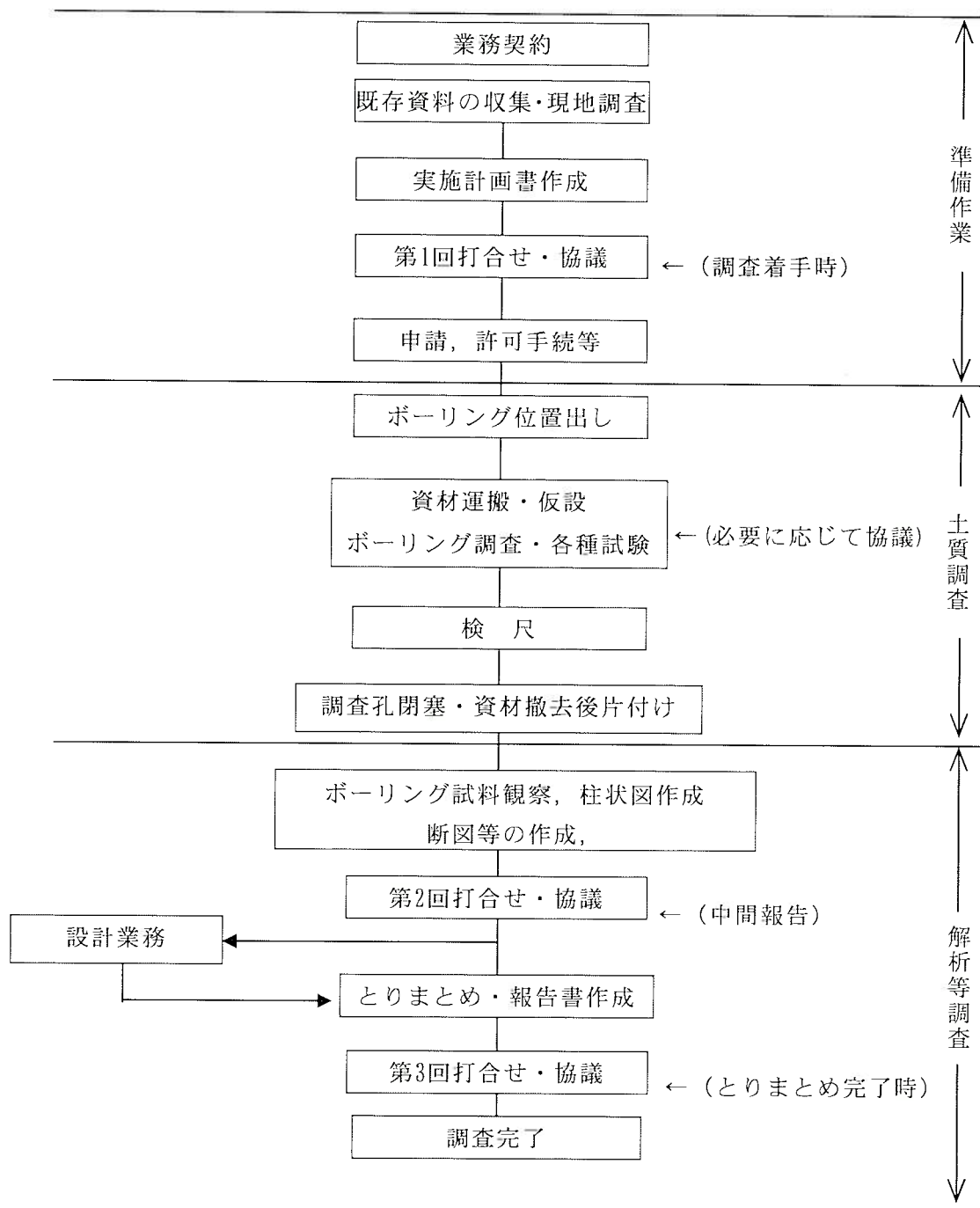


図2-1 地質調査フロー図



## 2.2 ボーリング調査

### (1) ボーリング位置出し

基準点をもとに、ボーリングの位置出しを行った。

### (2) 資材運搬・仮設等

ボーリング機材の搬入出は、クレーン付きトラック運搬し仮設した。

### (3) 掘止め深度計画

ボーリングの掘進長は、支持層（洪積砂礫層（Dg） $N$ 値50以上）を確認後5mまでとした。

### (4) 調査方法

建築構造物の基礎設計・施工に必要な資料を得るためにボーリング調査を行ったもので、調査の結果は、ボーリング柱状図、断面図等としてまとめ、報告書に記載した。

掘削には油圧ロータリー式ボーリングマシーンをを用い、1m毎の標準貫入試験を行った。ボーリングはノンコアボーリングで実施した。図2-2にボーリング掘削の概念図を示す。調査孔の掘進は、自然地下水位を把握するまで無水掘進を原則として行った。また土層の変化を把握するため手ごたえや排水色に注意しながら慎重に行い、湧水・逸水など地下水状況の変化にも注意を払った。

なお、泥水を用いる場合は完全循環させ濁水は沈砂池を設ける等、周辺環境に影響を与えないような措置を行った。

ボーリングの掘り止め深度については監督員の指示に従い、原則的に上記「掘り止め深度計画」に準じ、監督員の検尺立会を受けた。

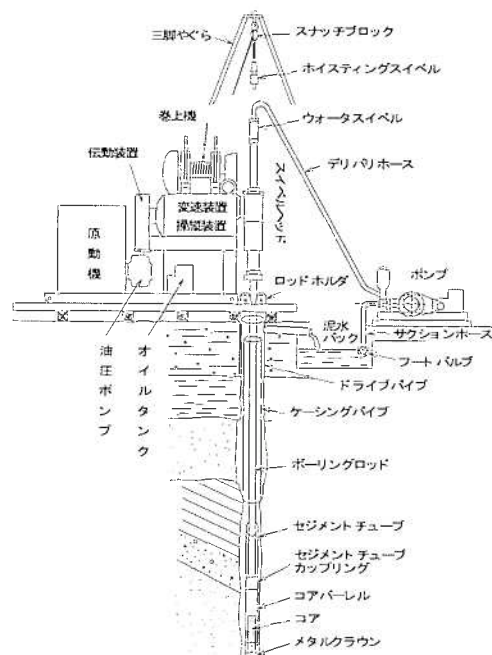


図2-2 ボーリング掘削の概念図



### 2.3 標準貫入試験

標準貫入試験はJIS A 1219に基づき、地盤の締め具合や硬軟の程度を連続的に把握し、地質区分に反映する目的で実施した。

標準貫入試験の概要図を図2-3に示す。本試験はボーリング孔を利用して行った。ロッドの先端（上端）に取付けた標準貫入試験用サンプラーを、ロッド・ノッキングヘッドを介して、高さ76cm±1cmから標準ハンマー（モンケン63.5kg）の自然落下による打撃を行い対象地盤中に30cm分貫入時の回数を測定した。

本試験は原則的に深度1.0mから掘進長1.0mごとに実施し、30cmの貫入量もしくは50回の打撃（*N*値=50）を達成した場合に終了した。

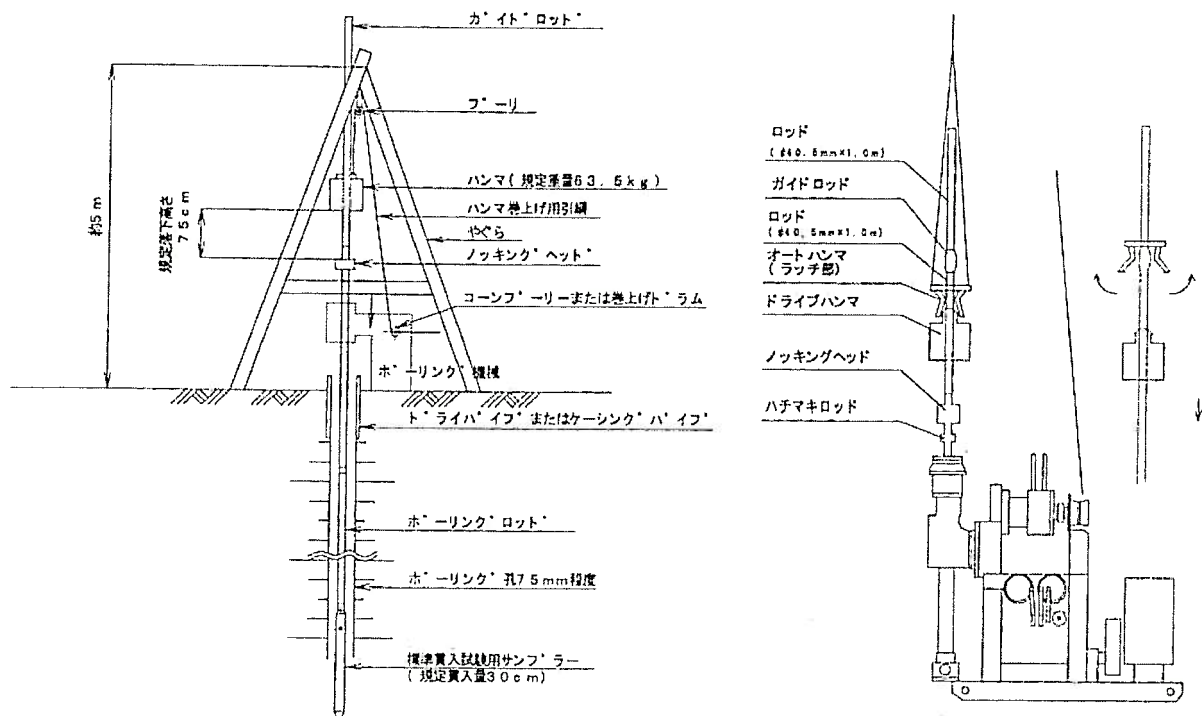


図2-3 標準貫入試験の概要図

なお、測定は変形が著しく増大する荷重まで行った。図2-4には、試験装置の構造概略図を示す。

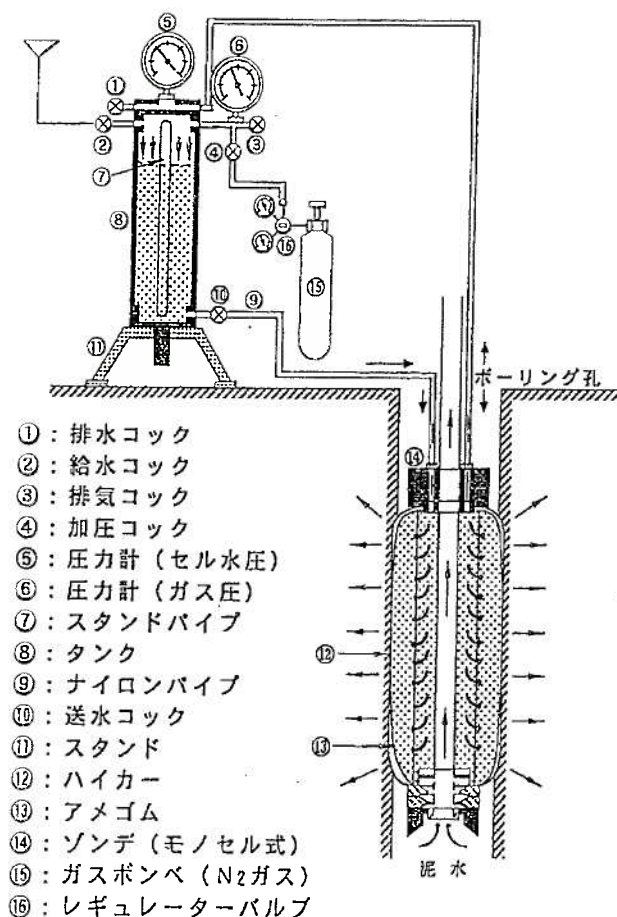


圖2-4 孔内水平載荷試驗概略圖  
(LLT)

## 2.5 現場透水試験（水頭測定）

### (1) 現場透水試験

現場透水試験はNo. 5孔において、揚水時の水位変化を測定し、沖積砂礫層の透水係数及び平衡水位（地下水位）を求めた。

間隙水圧測定は、測定対象層における水頭（間隙水圧）を求めるものである。粘性土と砂質土によって試験方法が異なるが、今回の調査では砂質土を対象とした方法を用いた。

試験方法は下図に示すように測定対象層までケーシングパイプを建て込み、孔内を洗浄してベラーやポンプ等により、一時的に水位低下を発生させ、水位の回復状況及び平衡水位を測定した。

また、回復後注水により水位を一時的に上昇させ、水位低下状況を測定した。これらの水位時間曲線から測定対象層の間隙水圧を求め、測定時に得られる水位の回復状況より透水係数を算出した。

図2-5に現場透水試験の概要図を示す。

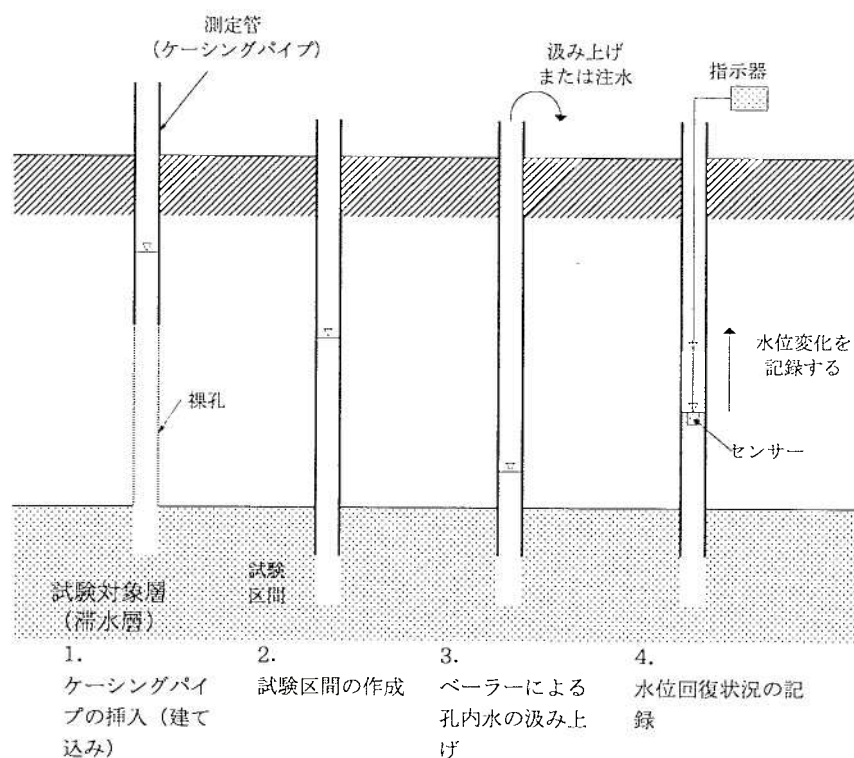


図 2-5 現場透水試験の概要図

## (2) 水頭測定

水頭測定は、対象土質に塩ビ管によるストレーナーを設置して行った。ストレーナー設置深度の孔壁と塩ビ管の隙間は、試験対象とする帯水層以外の地層から地下水の流入がないようシール材（ベントナイトペレット等）で遮水した。

孔内を十分に洗浄した後、地下水をくみ上げまたは、注水した後、水位が安定するまで測定を行った。

水位の測定は自記水位計を用い、8日間にわたり連続測定を行った。

## 2.6 不攪乱試料採取

室内土質試験に供する目的行う乱れの少ない粘性土試料の採取は、水圧式シンウォールサンプラーを用いて、砂質土試料の採取はロータリー式三重管サンプラー（サンドサンプラー）を用いて実施した。図2-6-1、図2-6-2に使用したサンプラーを示す。

水圧式シンウォールサンプラーで採取した試料は、含水量が変わらないようにサンプリングチューブの両端をパラフィンシールし、衝撃や急激な温度変化を与えないようにスポンジマットで養生し試験室に運搬した。

ロータリー式三重管サンプラー（サンドサンプラー）で採取した試料は、1日程度水抜きを行った後、ドライアイスを用いて凍結させ、衝撃を与えないように、スポンジマットで養生し試験室に運搬した。

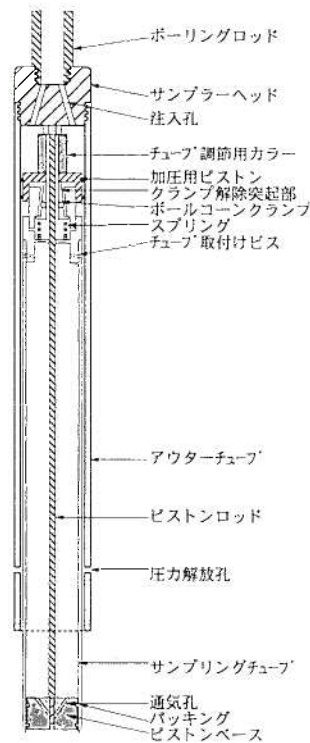


図2-6-1 固定ピストン式シンウォールサンプラー（水圧式）

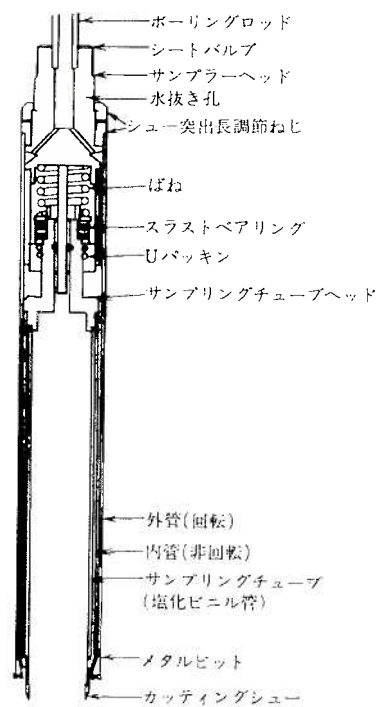


図2-6-2 ロータリー式三重管サンプラー，通称：サンドサンプラー

## 2.7 PS 検層

PS検層はボーリング孔を利用してP波 (Primary waveの略で、疎密波または縦波ともいう) と、S波 (Secondary waveの略、せん断波または横波ともいう) と呼ばれる2種類の弾性波が、地盤中を伝播する速度を求める試験である。

PS検層は地盤工学会基準JGS-1122に従って実施し、ダウンホール方式で実施した。PS検層の測定間隔は1mで実施した。図2-7に測定時の概念図を示す。

### (1) ダウンホール方式

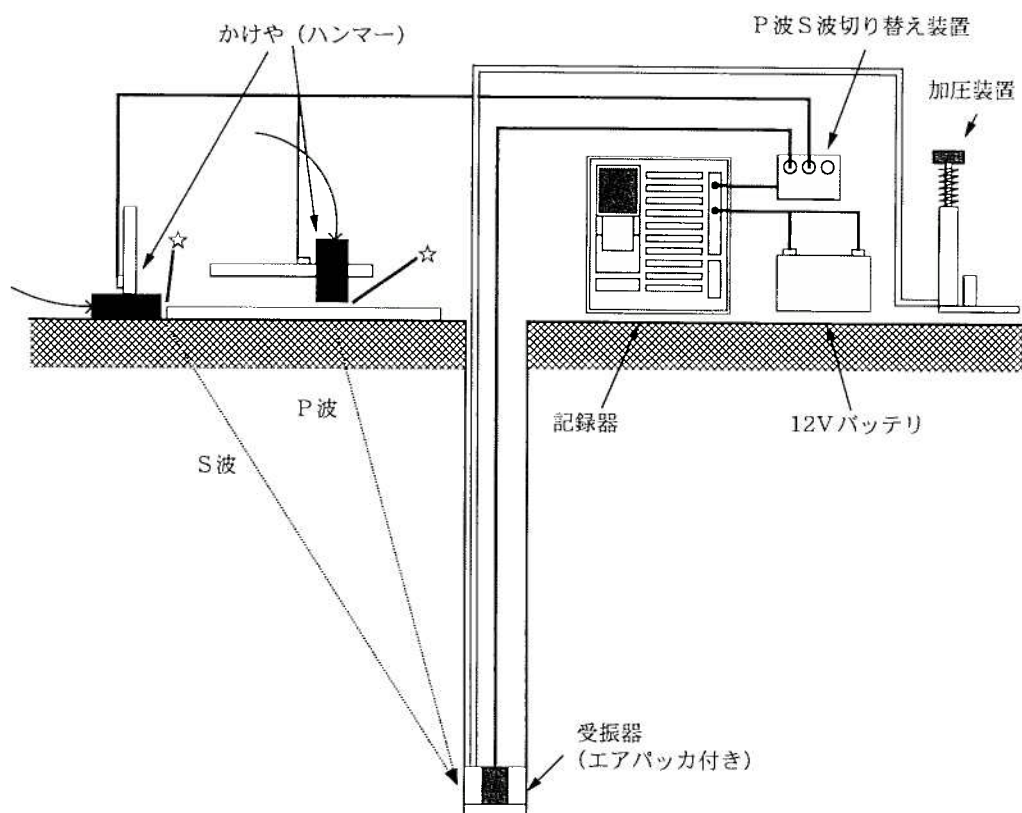


図2-7 ダウンホール方式によるPS検層の測定概念図

### (2) 測定手順

ダウンホール式PS検層は、地表面をカケヤにより、P波 (鉛直打撃) とS波 (せん断打撃) を発生させ、孔内に設置したエアパッカー方式で孔壁に圧着させた受振器 (ボアホールピック) にて、到達波動の観察・記録を行った。これを解析することにより、P波S波の伝播速度を求めた。



### (3) 弾性定数算出

ダウンホール法で測定されたP波速度( $V_p$ )、及びS波速度( $V_s$ )により、各地層の動的弾性定数が計算できる。その算出式は次の通りである。

$$\text{ポアソン比} \quad \nu = \frac{(V_p / V_s)^2 - 2}{2 \left\{ (V_p / V_s)^2 - 1 \right\}} \quad \begin{array}{l} V_p : \text{P波速度} \text{ [m/s]} \\ V_s : \text{S波速度} \text{ [m/s]} \end{array}$$

$$\text{剛性率} \quad G_d = \rho \times V_s^2 \text{ [KN/m}^2\text{]} \quad \rho : \text{密度} \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

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

結果表、結果図など弾性定数算出に使用した密度値については、室内土質試験、既知指標などから推定した値である。

その設定値の単位は $\text{kNm}^3$ であるが、弾性定数算出に伴い10:1の比率にて $\text{g/cm}^3$ に換算して使用した。

## 2.8 常時微動測定

一般的な常時微動の計測システムは、換振器、増幅器および記録器および波形モニターからなる。

換振器には、微弱な振動に感応し、震幅の大きさに応じた電気信号を、安定して発生する性能を備えた、高感度の動線輪型の速度型地震計を用いることが一般的で、振り子の固有周期が1s、感度は1cm/sの変位速度当たり、5V程度の電気信号を出力する地震計を用いた。

増幅器には、換振器から送られる微小な電気信号を、1000～10000倍程度まで増幅する機能を有するものを使用した。

ボーリング孔で測定する場合は、孔内にスライムが残らないように十分に洗浄した。測定は付近の交通機関等の振動、および近隣建築物の影響を避けて行った。

常時微動測定の記録は、連続した1分以上の直接的ノイズの影響がない、安定したものを使用した。

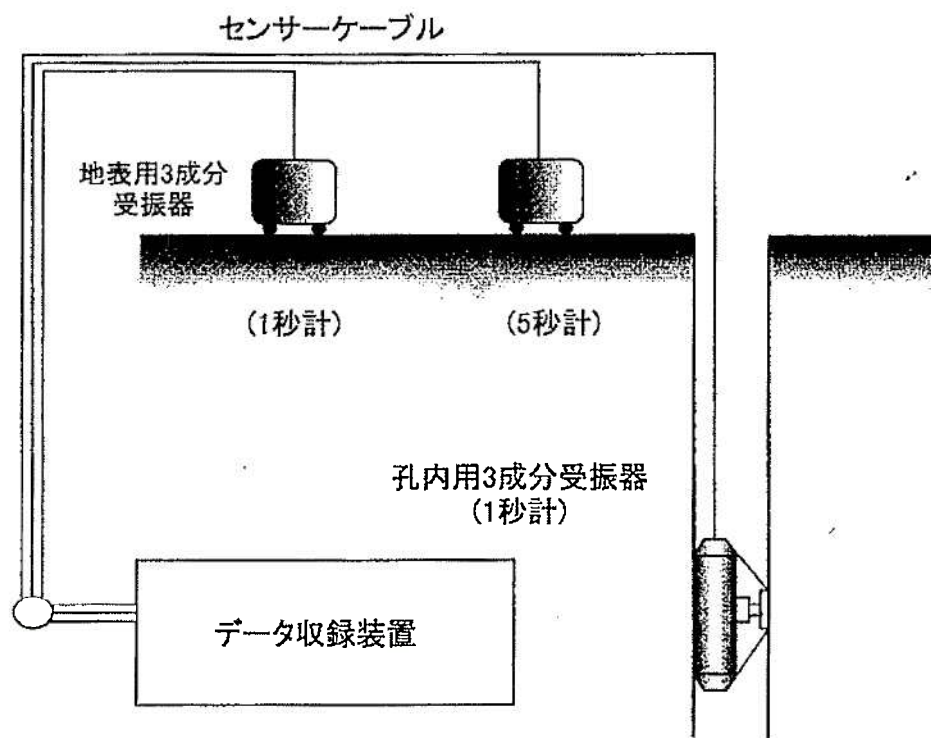


図2-8 常時微動測定概念図

## 2.9 室内土質試験

室内土質試験は、日本工業規格（JIS）に基づき実施した。各試験法の規格等は、以下の通りである。

表2-1 土質試験の項目・規格一覧表

試験項目	規 格
土粒子の密度試験	JIS A 1202-2009
土の含水比試験	JIS A 1203-2009
土の粒度試験	JIS A 1204-2009
液性・塑性限界試験	JIS A 1205-2009
土の湿潤密度試験	JIS A 1225-2009
土の一軸圧縮試験	JIS A 1216-2009
土の三軸圧縮試験（CU）	JGS 0521-2009
地盤材料の変形特性を求める ための繰返し三軸試験	JGS 0542-2009
土の圧密試験	JIS A 1217-2009

### 3. 調査結果

#### 3.1 地形・地質概要

##### (1) 位置及び地形

調査地は岡山市北区北長瀬表町三丁目20番101地内にあり、前掲の位置図に示すように、山陽本線北長瀬駅のすぐ南西隣に位置する。

当地は中国山地南縁部にあたる、岡山空港付近の丘陵地を源流域とする笹ヶ瀬川等の堆積物により埋積された、標高2～3m程度の高さの沖積低地上に位置しており、すぐ下流側からは、児島湾奥を埋め立てた広大な干拓地が広がっている。

笹ヶ瀬川は調査地の北側において、砂川や中川等の幾つかの支流に分岐しているが、その最上流部にあたる源流域は、標高200～300m程度の非常になだらかで広大な丘陵地形を形成している。

現在の岡山空港は、本流の笹ヶ瀬川と支流の砂川(阿部倉川)との分水嶺付近を、切り盛りにより標高260m前後の高さで、幅200～300m、長さ2000m程度にわたって、広範囲に造成したものであり、その地形状況からみて、空港造成前は非常になだらかな丘陵地形をなすなど、周辺地域はいわゆる「老年期」の地形をなしている。

##### (2) 地質概要

前項で記したような地形的特徴をみると、笹ヶ瀬川の源流域では、大雨時等に斜面崩壊等を主とする侵食作用が、急激に進んでいたことを示しており、その侵食された土砂は下流域～児島湾にかけて、大量に運搬されて堆積したと考えられ、現在の調査地周辺の低平地も、かつては児島湾奥部の汽水域～海域であったものが、ついに埋積されてしまい現在に至ったものと推定される。

今回調査でもこれを裏付けるように、河川～海成堆積物の沖積砂礫層や砂層及び粘土層が、GL-17～-20m付近まで、下位から上位に向けて礫～砂～粘土と、粒度を減じる一連の「級化成層」をなして分布しており、さらにこれ以深にも、洪積世の河川堆積物である、砂礫層や砂層及び粘土層が、同様の堆積構造をなして分布していることが明らかとなった。

この中で最下部に分布する洪積砂礫層については、今から約2万年前のウルム氷期末期で、海水準上昇前の、まだ山地斜面の谷底部であった時代に、土石流等により運搬された扇状地性の堆積物と考えられ、今回調査ではGL-20m付近～-50m以深にかけて、厚層でしかもほとんど単層で分布しているのが確認された。

ただし、層相が若干異なることに加え、所々、砂層や粘土層の薄層を挟在していることからみて、一時期に連続して堆積したものではなく、ある程度の時間間隙をおいて、数度にわたって堆積したものと推定される。

この扇状地性砂礫層の最上位には、洪積砂層の薄層や固結した洪積粘土層が堆積しているが、これは土石流や洪水流等による氾濫後に、濁水が沈積した砂層や粘土層と考えられ、層厚こそ変動するものの、洪積砂礫層上面をほぼ一様に被覆している。



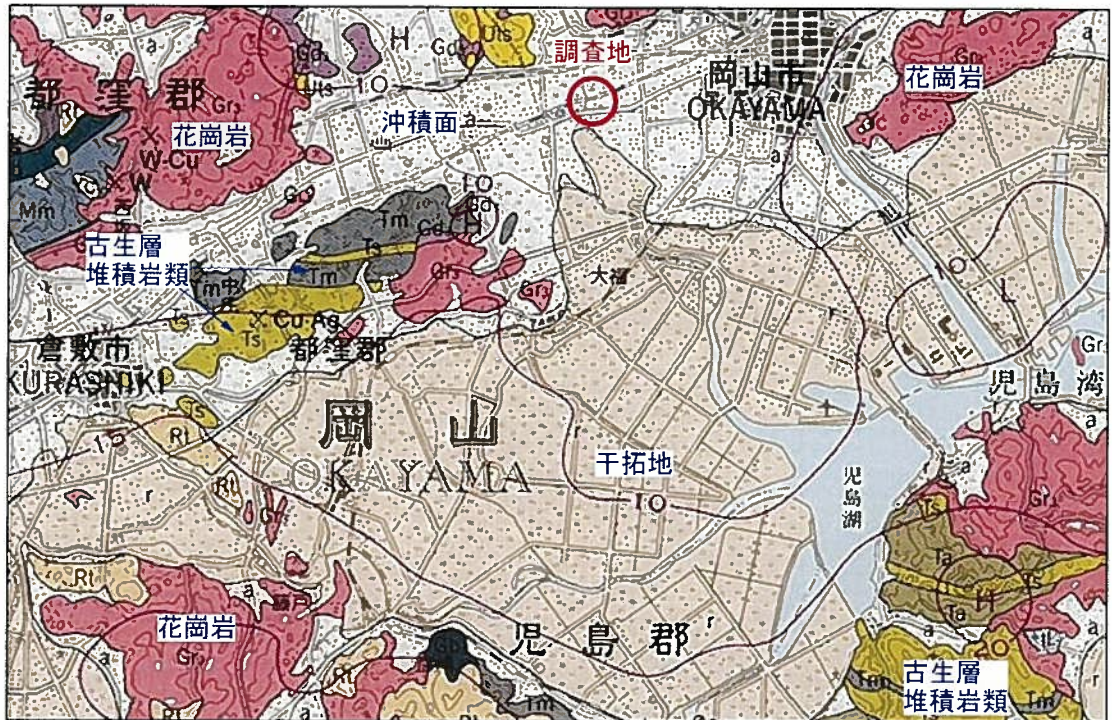


図 3-1 岡山市付近の地質分布

(1/20 万地質図幅岡山・丸亀より抜粋)

その地質層序を表3-1に示す。

表 3-1 地質層序表

時 代			地 層 名	記号	層 相	土質特性
新 生 代	第 四 紀	現世	盛 土	B	礫混じり砂	マサ土起源の土砂主体で、径5～50mm程度の角礫混入。最大100mm程度混入。
		完新世	沖積層			
			粘土層	Ac	砂質シルト	腐植物を含有するため、内湾性環境の堆積物と考えられ、砂分を不規則に混入する。
			砂質土層	As	シルト質砂	シルト～礫混じりで層相は、場所によって、ややばらつきがある。所によって細粒分を多く含有する。
			砂礫層	Ag	粘土混じり砂礫	径5～40mm程度の亜円礫～角礫混入し、礫間は粗砂主体。全体に細粒分を混入する。
		更新世	洪積層			
			粘土層	Dc	礫混じり粘土	圧密脱水が進行した固結粘土。所によって砂や細礫を混入。一部には有機物を混入する。
			砂 層	Ds	礫混じり砂	細砂～粗砂を主とし、細礫や粘土分を混入する。全体に比較的粒径均一。
			砂礫層	Dg	粘土混じり砂礫	径5～60mm程度の亜円礫～角礫混入し、礫間は粗砂主体。全体に細粒分を混入する。密に締まる。

### 3.2 ボーリング結果

#### (1) 盛土 (B)

地表面は碎石で被覆されている。これ以深はマサ土起源の土砂を主体とし、径5～50mm程度の角礫を混入する。最大100mm程度の角礫を点在する。部分的に固結した所も認められる。含水量は少ない。

層厚は0.3～3.1mとばらつきがある。

#### (2) 沖積粘土層

東側のNo.1～No.2付近では礫や砂分を含有し、層厚もやや薄い傾向が認められるが、西側に位置するNo.6やNo.7付近は層厚が厚く、均質になる傾向が認められる。所々、腐植物を含有するため、内湾性環境の堆積物と考えられる。砂分を不規則に混入することから、これは大雨時の堆積物と推定される。

すなわち、堆積当時、敷地東側は河川の主流路に近くて流れがやや速く、西側は流れの遅い、水深がやや深い淀み域であったのではないかと考えられる。

層厚は4.0～8.2m程度とややばらつきがあるが、前述のように敷地の東側でやや薄く、西側では厚くなる傾向が認められる。

#### (3) 沖積砂層

微～細砂を主体とする比較的粒径均一な砂層で、所によってシルト～礫を混じるなど、層相にややばらつきがある。このように細粒分を多く含有し、中間土的層相を呈することから、沖積粘土と指交関係にある漸移層をなしていると考えられ、河川下流～汽水域等の、降雨等により堆積環境の変化が、頻繁に生じやすい地域の堆積物であることを示している。

層厚は1.0～6.0mとばらつきが大きいが、前項の沖積粘土層とは補完関係にあり、両者の合計層厚はあまり大きな変動がなく、ほぼ10m前後を示している。

#### (4) 沖積砂礫層

GL-10～-11m付近より分布する扇状地性堆積物で、径5～40mm程度の亜円礫～角礫混入する。所により100mm程度の玉石大の礫も認められるなど、堆積時の流速が非常に速かったことを示しており、土石流や洪水流等で堆積したことを示している。礫間は粗砂主体とする。全体に細粒分を混入するなど、粒径が極めて不均一である。

層厚は5.4～8.2mと比較的ばらつきが少なく、ごく短期間に一様に堆積した後に、その上位をより細粒の砂層や粘土層で被覆され、固定化されたものと推定される。

#### (5) 洪積粘土層

これまでの応力履歴や、地下水位の昇降等により圧密脱水が進行した比較的均質な固結粘土であるが、所によって砂や細礫を混入するなど、いわゆる洪水時に濁水が冠水した後に残留した泥土と考えられる。

ただし、一部には有機物を混入するなど、河川後背湿地等の沼沢化した所もあったものと考えられる。

層厚は0.6～4.2mとばらつきが大きい。

#### (6) 洪積砂層

細砂～粗砂を主とする比較的粒径均一な砂層で、一部には細礫を混入する。全体に粘土分を多く混入し、場所によっては中間土状を呈するなど、層相が沖積砂層と酷似しており、粘土層との漸移層に相当するものと考えられる。

層厚は0.4～1.8m程度と薄く、No.3やNo.5地点では、欠如している所も認められる。

#### (7) 洪積砂礫層

海水準が低く当地がまだ山地斜面部に位置していた時代の、扇状地性の堆積物と考えられ、径5～60mm程度の亜円礫～角礫混入し、所により100mm程度の玉石も点在している。礫間は粗砂主体とし、全体に細粒分を混入するなど、非常に粒径不均一であることから、沖積砂礫層と同じく、土石流や洪水流による堆積物と考えられる。全体に非常に密に締まっている。

層厚は、GL-50mまで掘進したNo.3においても、その下限が認められなかったことから、層厚20m以上と非常に厚く分布している。

ただし、層相を詳細にみると、幾分の垂直変化が認められることに加え、所々、砂層や粘土等の挟在薄層が認められるため、数度の洪水流等によって堆積したと考えられるが、挟在層はごく一部に認められるだけであることから、その時間間隙は非常に小さいと考えられ、ごく短期間の堆積過程で形成されたものと推定される。



#### (8) 地下水位

調査孔ごとの孔内水位は、無水掘りにより確認した。その地下水位を表3-2に示すが、これから明らかなように、孔内水位はGL-0.7~-2.9m付近、標高で-0.21~-1.64m付近の、約2m前後の差を有して分布していることが明らかとなった。

ただし、地下水位は地表部に近い盛土中や、透水性の非常に低い沖積粘土層中であることから、この水位は地表面近くを流下する自由地下水の水頭と推定される。

表3-2 孔内水位一覧表

孔番	孔口標高	最終孔内水位		水位種別	対象層
	(m)	GL- (m)	標高 (m)		
No. 1	2.71	2.90	-0.19	無水掘り	Ac
No. 2	2.85	1.90	0.95	無水掘り	B
No. 3	2.34	0.70	1.64	無水掘り	B
No. 4	2.23	1.15	1.08	無水掘り	B
No. 5	2.14	1.56	0.58	無水掘り	Ac
No. 6	2.77	2.50	0.27	無水掘り	B
No. 7	2.29	2.50	-0.21	無水掘り	Ac

### 3.3 標準貫入試験結果

地層毎の $N$ 値の分布状況を取りまとめると、次頁の表3-3-2～表3-3-3のようになるが、これらから計算された平均 $N$ 値を取りまとめると、下記の表3-3-1のように示される。

これらの表から明らかなように、沖積粘土層と砂層は $N$ 値が小さく非常に軟弱であるが、沖積砂礫層及び洪積粘土層や洪積砂層は、中位程度の相対密度を示している。

しかし、洪積砂礫層については、非常に密に締まっていることが明らかである。

表3-3-1 地層ごとの平均 $N$ 値一覧表

	地 層 名	記 号	平均 $N$ 値
	盛 土	B	17.6
沖 積 層	粘 土 層	Ac	0.7
	砂 層	As	2.6
	砂 礫 層	Ag	28.0
洪 積 層	粘 土 層	Dc	12.8
	砂 層	Ds	24.3
	砂 礫 層	Dg	49.0

表3-3-2 実測N値一覧表

GL-m	No.1		No.2		No.3		No.4		No.5		No.6		No.7		凡例		
	実測N値	N'	実測N値	N'	実測N値	N'	実測N値	N'	実測N値	N'	実測N値	N'	実測N値	N'			
1	20 / 30	20.0	27 / 30	27.0	3 / 40	2.3	31 / 30	31.0	5 / 30	5.0	7 / 30	7.0	50 / 10	150.0	盛土	B	盛土
2	2 / 30	2.0	2 / 30	2.0	2 / 30	2.0	3 / 30	3.0	3 / 30	3.0	3 / 30	3.0	0 / 50	0.0			
3	2 / 35	1.7	2 / 30	2.0	2 / 35	1.7	1 / 35	0.9	2 / 30	2.0	1 / 30	1.0	0 / 50	0.0	沖積層	Ac	粘土層
4	0 / 50	0.0	サンプリング		0 / 30	0.0	1 / 35	0.9	0 / 50	0.0	0 / 50	0.0	0 / 50	0.0			
5	5 / 30	5.0	0 / 50	0.0	0 / 30	0.0	0 / 50	0.0	0 / 50	0.0	0 / 50	0.0	0 / 50	0.0	沖積層	As	砂層
6	5 / 35	4.3	0 / 50	0.0	1 / 35	0.9	2 / 35	1.7	0 / 50	0.0	0 / 50	0.0	0 / 50	0.0			
7	1 / 45	0.7	サンプリング		3 / 35	2.6	3 / 30	3.0	2 / 47	1.3	3 / 30	3.0	0 / 50	0.0	沖積層	Ag	砂礫層
8	1 / 40	0.8	0 / 50	0.0	1 / 35	0.9	7 / 30	7.0	7 / 30	7.0	0 / 50	0.0	0 / 50	0.0			
9	2 / 40	1.5	0 / 50	0.0	2 / 30	2.0	3 / 30	3.0	0 / 50	0.0	0 / 50	0.0	0 / 50	0.0	沖積層	Dc	粘土層
10	0 / 50	0.0	サンプリング		0 / 50	0.0	0 / 50	0.0	1 / 48	0.6	0 / 50	0.0	12 / 30	12.0			
11	11 / 30	11.0	22 / 30	22.0	22 / 30	22.0	45 / 30	45.0	24 / 30	24.0	26 / 30	26.0	31 / 30	31.0	洪積層	Ds	砂層
12	37 / 30	37.0	42 / 30	42.0	29 / 30	29.0	38 / 30	38.0	27 / 30	27.0	47 / 30	47.0	20 / 30	20.0			
13	15 / 30	15.0	14 / 30	14.0	17 / 30	17.0	12 / 30	12.0	4 / 30	4.0	15 / 30	15.0	18 / 30	18.0	洪積層	Dg	砂礫層
14	20 / 30	20.0	24 / 30	24.0	15 / 30	15.0	28 / 30	28.0	16 / 30	16.0	48 / 30	48.0	25 / 30	25.0			
15	22 / 30	22.0	19 / 30	19.0	36 / 30	36.0	38 / 30	38.0	27 / 30	27.0	24 / 30	24.0	24 / 30	24.0	洪積層		
16	46 / 30	46.0	43 / 30	43.0	50 / 10	150.0	36 / 30	36.0	50 / 30	50.0	46 / 30	46.0	33 / 30	33.0			
17	47 / 30	47.0	21 / 30	21.0	3 / 30	3.0	5 / 30	5.0	48 / 30	48.0	17 / 30	17.0	11 / 30	11.0	洪積層		
18	22 / 30	22.0	28 / 30	28.0	27 / 30	27.0	17 / 30	17.0	15 / 30	15.0	11 / 30	11.0	23 / 30	23.0			
19	8 / 30	8.0	6 / 30	6.0	6 / 30	6.0	8 / 30	8.0	10 / 30	10.0	13 / 30	13.0	10 / 30	10.0	洪積層		
20	24 / 30	24.0	6 / 30	6.0	50 / 28	53.6	16 / 30	16.0	50 / 15	100.0	7 / 30	7.0	26 / 30	26.0			
21	36 / 30	36.0	33 / 30	33.0	46 / 30	46.0	35 / 30	35.0	50 / 30	50.0	36 / 30	36.0	50 / 23	65.2	洪積層		
22	50 / 29	51.7	50 / 27	55.6	50 / 29	51.7	50 / 6	250.0	11 / 30	44.0	34 / 30	34.0	50 / 30	50.0			
23	50 / 28	75.0	50 / 25	60.0	50 / 30	50.0	20 / 30	20.0	19 / 30	19.0	41 / 30	41.0	27 / 30	27.0	洪積層		
24	50 / 30	50.0	50 / 28	53.6	50 / 20	75.0	50 / 17	88.2	50 / 14	107.1	50 / 29	51.7	50 / 22	68.2			
25	50 / 10	150.0	50 / 27	55.6	50 / 20	75.0	50 / 8	187.5	50 / 11	136.4	50 / 24	62.5	50 / 10	150.0	洪積層		
26					50 / 18	83.3	50 / 10	150.0	50 / 6	250.0	50 / 9	166.7	50 / 8	187.5			
27					50 / 18	83.3	50 / 14	107.1	50 / 21	71.4	50 / 13	115.4	50 / 20	75.0	洪積層		
28					50 / 19	78.9											
29					50 / 25	60.0									洪積層		
30					50 / 19	78.9											
31					50 / 19	78.9									洪積層		
32					50 / 23	65.2											
33					50 / 10	150.0									洪積層		
34					50 / 9	166.7											
35					50 / 13	115.4									洪積層		
36					50 / 22	68.2											
37					50 / 12	125.0									洪積層		
38					50 / 4	375.0											
39					50 / 8	187.5									洪積層		
40					50 / 7	214.3											
41					50 / 5	300.0									洪積層		
42					50 / 6	250.0											
43					50 / 13	115.4									洪積層		
44					50 / 8	187.5											
45					50 / 5	300.0									洪積層		
46					50 / 3	500.0											
47					50 / 4	375.0									洪積層		
48					50 / 6	250.0											
49					50 / 4	375.0									洪積層		
50					50 / 3	500.0											

表3-3-3 換算N値の層別集計表

地層			No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	最小値	最大値	平均値
盛土	盛土	B	20.0	27.0		31.0		7.0	※150.0	3.0	31.0	17.6
								3.0				
沖積層	粘土層	Ac	2.0	2.0	1.7	3.0	5.0	1.0	0.0	0.0	5.0	0.7
			1.7	2.0	0.0	0.9	3.0	0.0	0.0			
			0.0	0.0	0.0	0.9	2.0	0.0	0.0			
				0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0			
				0.0		1.7	0.0	0.0	0.0			
				0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
							0.0	0.0	0.0			
							0.6		0.0			
	砂層	As	0.0		2.3	3.0	1.3	3.0		0.0	7.0	2.6
			5.0		2.0	7.0	7.0					
			4.3		0.9	3.0						
			0.7		2.6							
			0.8		2.0							
			1.5		0.0							
	砂礫層	Ag	11.0	22.0	22.0	45.0	24.0	26.0	12.0	4.0	50.0	28.0
			37.0	42.0	29.0	38.0	27.0	47.0	31.0			
			15.0	14.0	17.0	12.0	4.0	15.0	20.0			
			20.0	24.0	15.0	28.0	16.0	48.0	18.0			
			22.0	19.0	36.0	38.0	27.0	24.0	25.0			
			46.0	43.0	50.0	36.0	50.0	46.0	24.0			
			47.0	21.0			48.0	17.0	33.0			
				28.0					11.0			
	粘土層	Dc	22.0	6.0	3.0	5.0	15.0	11.0	23.0	3.0	27.0	12.8
			8.0	6.0	27.0	17.0	19.0	13.0	10.0			
			24.0		6.0	8.0		7.0				
	砂層	Ds			※53.6					10.0	36.0	24.3
			36.0			16.0	10.0	36.0	25.0			
洪積層	砂礫層	Dg				20.0			27.0	33.0	50.0	49.0
			50.0	33.0	46.0	35.0	50.0	34.0	50.0			
			50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	41.0	50.0			
			50.0	50.0	50.0	50.0	44.0	50.0	50.0			
			50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0			
				50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0			
					50.0	50.0	50.0	50.0	50.0			
					50.0		50.0					
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							
					50.0							

砂礫層(Ag,Dg):N=50(太字)を上限として集計  
盛土(B層)、洪積粘土層(Dc層):N>50(青太字)は、礫障害による局所的な値として評価対象から除外

### 3.4 孔内水平載荷試験結果

孔内水平載荷試験は、LLT (MODEL-4180 応用地質(株)製) を用いて、No.4孔とNo.6孔の5ヶ所で実施した。試験結果の詳細は巻末のデータシートに示したとおりであるが、表3-4-1にその試験結果をとりまとめた。

表3-4-1 孔内水平載荷試験結果一覧

孔番	中心深度 (GL-m)	土質名	$N$ 値	平均 $N$ 値	静止土圧	降伏圧	破壊圧	地盤係数	変形係数	平均 $N$ 値による 換算値
			(回)	(回)	$P_0$ kN/m <sup>2</sup>	$P_y$ kN/m <sup>2</sup>	$P_l$ kN/m <sup>2</sup>	$K_m$ MN/m <sup>3</sup>	$E_m$ MN/m <sup>2</sup>	$E=0.7N$ MN/m <sup>2</sup>
No.4	5.0	Ac	0/50	0.7	8.48	38.03	124.04	29.55	1.57	0.5
No.4	7.0	As	3	2.6	36.47	111.53	219.12	42.35	2.35	1.8
No.4	9.0	As	3	2.6	32.06	52.99	105.84	30.92	1.71	1.8
No.6	3.0	Ac	1	0.7	11.36	43.54	67.61	42.38	2.22	0.5
No.6	6.0	Ac	0/50	0.7	29.79	81.41	142.28	13.68	0.78	0.5

孔内水平載荷試験より得られた変形係数  $E$  (MN/m<sup>2</sup>) と、 $N$ 値との関係を見ると、一般的に  $E=0.7N$  (MN/m<sup>2</sup>) 程度が近似しているとされるが、今回測定値は図3-4-1にも示すように、ほぼ同程度の関係が認められ、沖積層として一般的に使用される下記式に近い値が測定されている。

変形係数推定式 :  $E=0.70N$

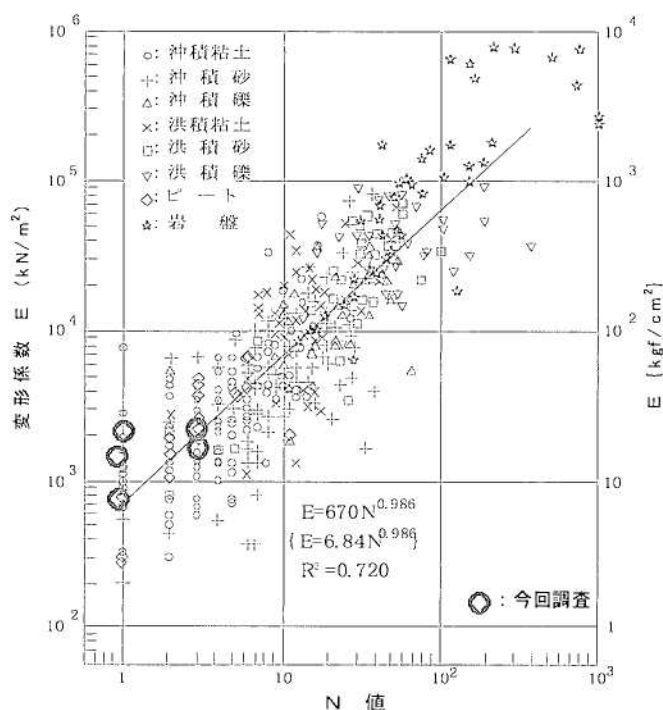


図3-4-1 孔内水平載荷試験による変形係数と $N$ 値との関係

(地盤調査の方法と解説, 地盤工学会, 2004, p. 324)

### 3.5 現場透水試験結果

#### (1) 現場透水試験

No.5孔において揚水時の水位変化を測定したところ、時間経過とともに、図3-5-1に示すような、Log s - t 曲線が得られた。

Log s-t 曲線

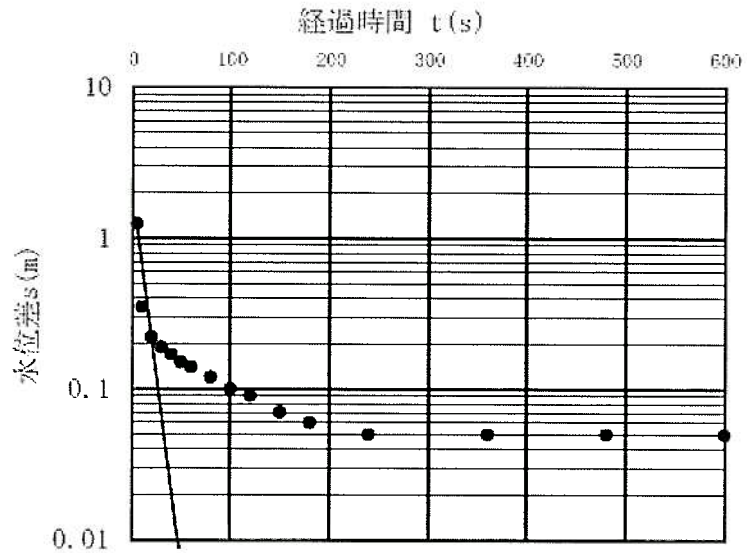


図 3-5-1 Log s - t 曲線

そこで、この傾きから下記式に基づいて沖積砂礫層の透水係数を算定すると、以下のよう、比較的大きな透水係数が算定され、細粒土分含有量の少ない沖積砂礫層は、かなり透水性が良好であることを示している。

$$k = \frac{(2.3de)^2}{8L} \log\left(\frac{2L}{D}\right)a$$

$$= 7.37 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$$



## (2) 水頭測定

No.1孔とNo.5孔において、10/18～10/25の8日間にわたって、地下水位を測定したところ、図3-5-2に示すように、GL-1.5～-2.0m付近において、ほぼ一定した地下水位が測定され、地表近くの自由地下水面と近い深度にあることが判明した。

ただし、10/22～23にかけて 5～10mm程度の日降水量があり、その影響を受けて地下水位がわずかに上昇していることから、降水量に対してはある程度鋭敏に反応していると考えられ、梅雨期等の大雨時は、地表近くのより浅い深度まで上昇するものと予想される。

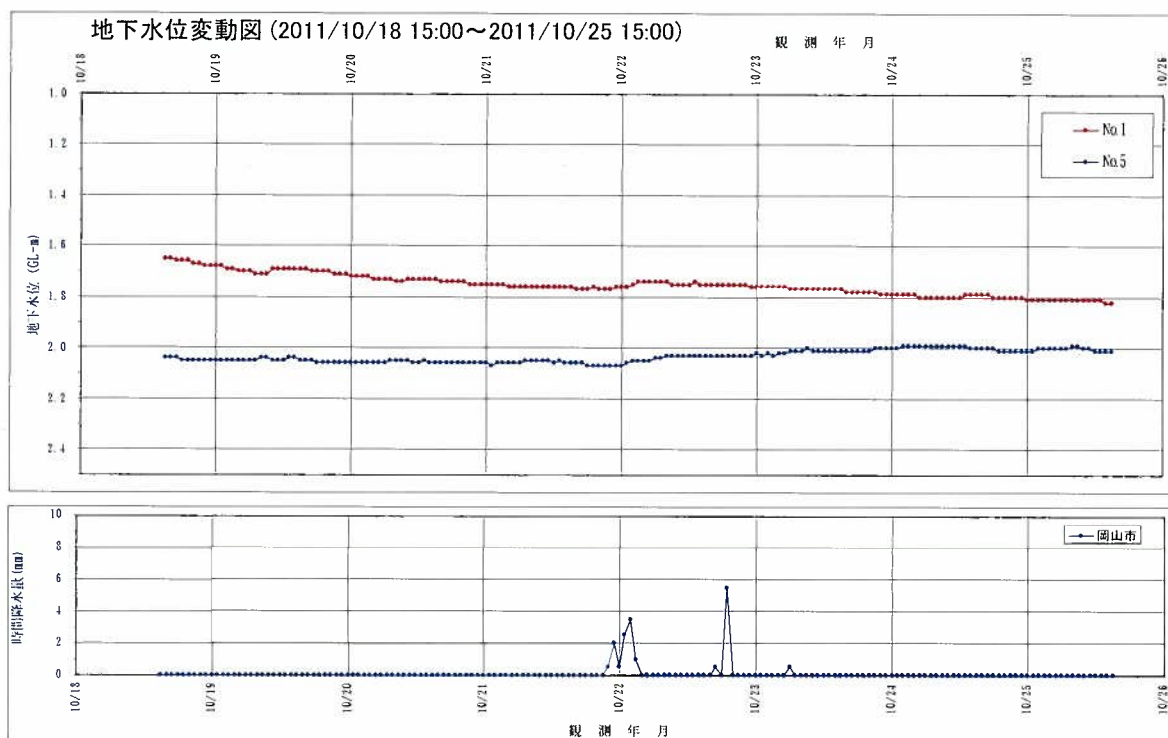


図 3-5-2 No.1 孔, No.5 孔の地下水位変動図



### 3.6 PS 検層結果

#### (1) 測定結果

地盤の深度方向における弾性波速度 (P波, S波) の分布状況を明らかにし, 耐震設計上の基盤面を確認することなどを目的として, No.3孔においてPS検層を実施した。

測定結果の詳細は, 地層境界と各層の速度値をPS検層結果柱状図にまとめ, 記録波形図などの測定記録については巻末に示した。

その結果をまとめると表3-6-1のようになる。

表 3-6-1 PS 検層測定結果 (No.3 孔)

層	各層の平均		土質性状	Vp	Vs	密度	ポアソン比	剛性率	ヤング率
	(m)			(m/s)	(m/s)	(kN/m <sup>3</sup> )	(ν)	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )
1	0.00	0.80	盛土・粘土質砂礫	230	100	19.00	0.383	19,000	52,600
2	0.80	3.20	礫混じり粘土質砂	1310	100	19.00	0.497	19,000	56,900
3	3.20	6.15	シルト	1310	110	16.15	0.496	19,500	58,400
4	6.15	11.50	シルト質砂など	1310	140	19.26	0.494	37,700	112,700
5	11.50	16.90	砂礫	1710	260	19.00	0.488	128,400	382,200
6	16.90	20.65	固結粘土	1550	240	17.00	0.488	97,900	291,300
7	20.65	24.00	粘土混じり砂礫	1850	420	20.00	0.473	352,800	1,039,200
8	24.00	43.00	粘土質砂礫	2380	560	20.00	0.471	627,200	1,844,800
9	43.00	50.00	玉石混じり粘土質砂礫	2380	600	20.00	0.466	720,000	2,111,100

#### ① 速度層第1層 0.00～0.80m (盛土・粘土質砂礫 : $V_p=230\text{m/s}$ , $V_s=100\text{m/s}$ )

表層未飽和区間として層を設定したが, 1.0m未満であるため区間に測点がなく, 最上層でもあり, 振源距離補正の影響を多く受けることから, 速度値の信頼性はやや低い, 地下水の未飽和区間であることから,  $V_p$ 値はその他下層と比較すると, 非常に遅くなっている。

$V_s$ 値は下層と同等で, 緩い地層であるため非常に遅くなっている。

#### ② 速度層第2層 0.80～3.20m (礫混じり粘土質砂 : $V_p=1310\text{m/s}$ , $V_s=100\text{m/s}$ )

$V_p$ 値は飽和水位以深に入り, 水の弾性波速度と近似値 (やや遅め) となっているが, 飽和地盤の軟弱層ではごく一般的な値である。

$V_s$ 値は非常に遅いが,  $N$ 値を参照すると妥当な速度値といえる。

#### ③ 速度層第3層 3.20～6.15m (シルト $V_p=1310\text{m/s}$ , $V_s=110\text{m/s}$ )

$V_p$ は上層と同等値であり, 下位第4層まで同等の速度が測定されている。 $V_s$ 値は上層と大差ないが, 深部に位置するためやや速くなっている。

上層と比較すると土質が変化するが,  $N$  値は同等であり, 特筆すべき差異はない。

- ④ 速度層第4層 6.15～11.50m (シルト質砂など  $V_p=1310\text{m/s}$  ,  $V_s=140\text{m/s}$ )

$V_s$ 値は上層と比較するとやや上昇するが、未だ脆弱な値である。 $N$ 値分布とも調和的と判断される。

- ⑤ 速度層第5層 11.50～16.90m (砂礫= $V_p$  1710m/s ,  $V_s=260\text{m/s}$ )

砂礫に入ったことで、 $V_p \cdot V_s$ 双方の速度値が上昇している。礫主体層であるため、 $N$ 値にばらつきがあるものの、速度値の層区間平均は共に妥当域にあると判断される。

- ⑥ 速度層第6層 16.90～20.65m (固結粘土  $V_p=1550\text{m/s}$  ,  $V_s=240\text{m/s}$ )

固結粘土層に入り、双方やや減少している。しかし、 $V_s$ 値は土質を考慮すると、速めの速度値と言える。

- ⑦ 速度層第7層 20.65～24.00m (粘土混じり砂礫  $V_p=1850\text{m/s}$  ,  $V_s=420\text{m/s}$ )

$N$ 値が概ね50を上回り、よく締まった層砂礫層となるため、速度値は上昇している。特に $V_s$ 値は、耐震基盤の目安とされる $V_s400\text{m/s}$ を若干上回り、強固な土層として評価される。

- ⑧ 速度層第8層 24.00～43.00m (粘土質砂礫  $V_p=2380\text{m/s}$  ,  $V_s=560\text{m/s}$ )

安定して $N$ 値50を上回るよく締まった礫層であり、 $V_p$ 値も2000m/sを上回っている。軟岩相当の速度値であり、より強固な土層として評価される。

$V_s$ 値も耐震基盤の目安とされる $V_s=400\text{m/s}$ を大きく上回り、強固な土層として評価できる。下層と含めて強固な地盤が十分な層厚があり、これ以深で $V_s=400\text{m/s}$ を下回ることとは考えにくいことから、浅層耐震基盤面は速度層第7層上端の20.65m付近であると考えられる。

- ⑨ 速度層第9層 43.00～50.00m (玉石混じり粘土質砂礫  $V_p=2380\text{m/s}$  ,  $V_s=600\text{m/s}$ )

$V_p$ 値は上層と明瞭な差異が無く、 $V_s$ 値も上層と近似しており、特筆すべき差異は見受けられないが、土質境界に速度境界を設定するとこのような値となる。

- ⑩ 水の弾性波速度についての注意点

水の弾性波速度(音波速度：縦波速度)は水温20℃の場合1483.0m/s、水温15℃の場合1433.0m/sである。

間隙水中の飽和率が低下すると、地山弾性波速度は著しく低下する。このようなことから土木地質的には、水に飽和していない土砂の境界速度が、およそ400m/s前後を示すとされている。

P波速度はこのように、地下水位以下では1500m/s前後を示すことが多く、当然のことながら地盤媒体が、水の伝播速度より速い速度検層では、その速度が検出される。

ただし、地下には様々な構成要素が存在し、地下水と大まかにくくってもそれは状況、条件によって多種にわたることから、地下水質、地盤状況、測定条件などにより、地下水位以下でも例外的に1500m/s以下の速度を検出することがあるため、画一的な見方には注意を要すると考えられる。

## (2) 実測 Vs 値の評価

ここでVs値の妥当性を評価するために、表3-6-2に示すような、N値とS波速度の一般的な相関から評価した。その結果を次頁の図3-6-1に示した。

表 3-6-2 土質別のN値とS波速度の一般的な相関表

地盤の種類		N値	Vs値(m/s)
粘性土	軟らかい粘土・シルト	$N < 4$	100～150
	中位の粘土・シルト	$4 < N < 8$	150～180
	粘り強い粘土・シルト	$8 < N < 15$	180～220
	硬い粘土・シルト	$15 < N$	220～300
	関東ローム	—	150～200
砂質土	緩い砂・砂礫	$N < 10$	150～180
	中位の砂・砂礫	$10 < N < 30$	180～220
	締まった砂・砂礫	$30 < N < 50$	220～250
	非常に締まった砂・砂礫	$50 < N$	250～350
岩	風化岩・土丹	$50 < N$	350～500
	岩 盤	$50 < N$	400～800

高屋・他：S波速度決定における表面波探査の有効性、第8回日本地震工学シンポジウム(1990)

これらからみると、沖積粘土層や砂層は、一般的な粘性土及び砂層に近い値を示し、沖積砂礫層は非常に締まった砂礫層に相当するS波速度が測定されている。

一方、洪積粘土層は硬い粘土に相当し、洪積砂礫層については、非常に締まった砂礫層よりさらに速く、岩盤層等に相当するS波速度が測定されている。

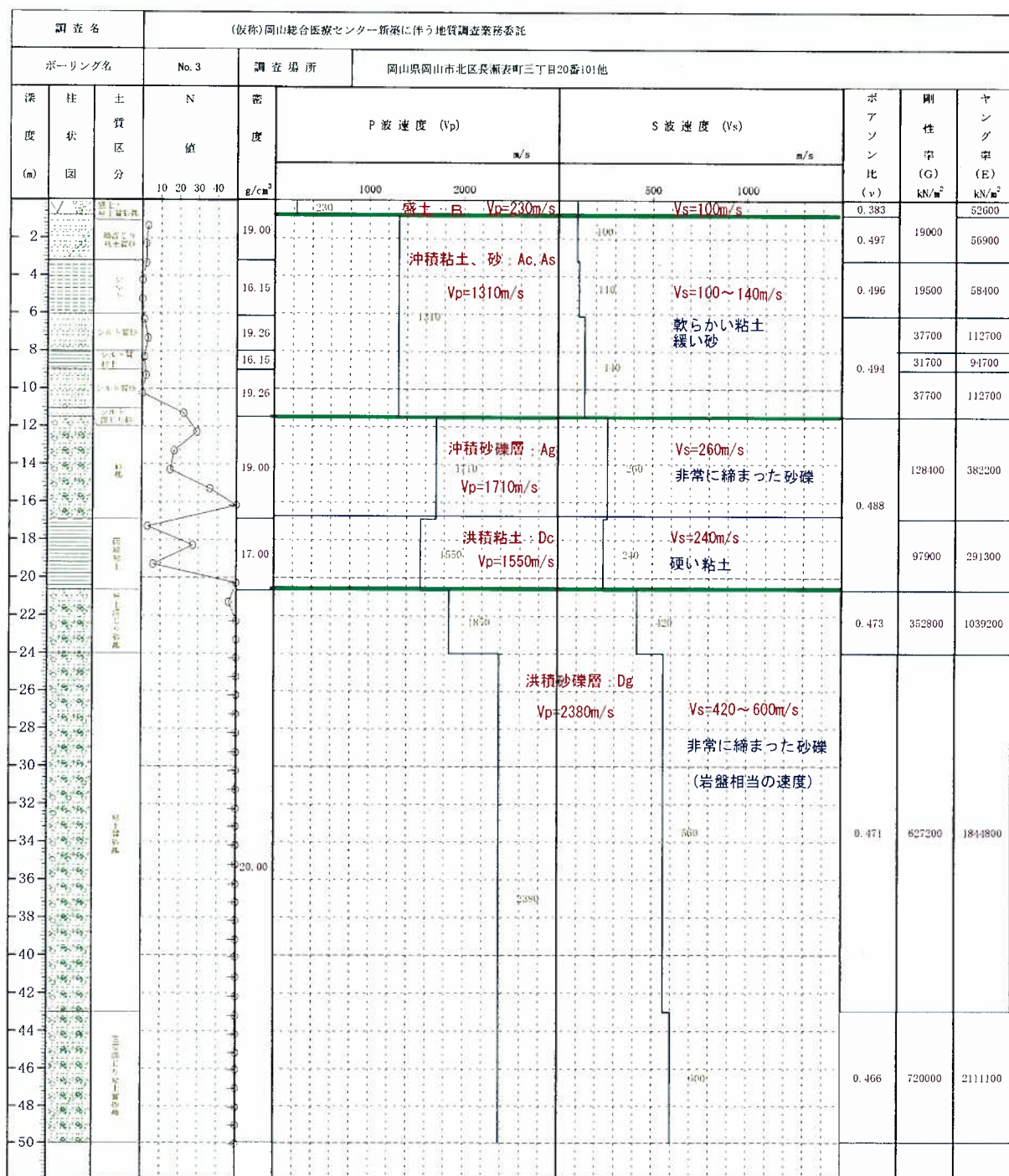


図 3-6-1 P S 検層結果柱状図

### 3.7 常時微動結果

#### (1) 記録波形図

常時微動解析結果は巻末添付資料に示したが、前述した解析方法に従い、雑振動が少ない任意箇所を選抜し「変位・速度記録波形図」に示した。

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マイクロメートル ( $\mu\text{m}$ )、速度波形ではミリカイン (mkine) である。横軸は時間 (sec) 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 (Root Mean Square) は、平均振幅値 (各サンプリング振幅値の2乗平方根) である。最大振幅値・RMS値は巻末の「最大振幅一覧表」に示す。

各測点・各計器・各成分 (方向)・収録波形 (変位・速度) DATA波形を選抜し、時間領域・振幅を周期・振幅や倍率などに変換した「フーリエスペクトル図」を作成した。

1秒計は地表と孔中を同時刻測定しているため、フーリエ解析を元に地表／孔中で比をとり「フーリエスペクトル比図」を作成した。

フーリエ解析の結果から「H/Vスペクトル図」を作成し、それぞれの結果から大局的な卓越周期を、表3-7-1の「常時微動卓越周期一覧表」として示した。

#### ① フーリエスペクトル図

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) 成分の検出を実施するための図であり、縦軸にフーリエスペクトル振幅、横軸に周期 (sec) をとってある。これは元の波形がどんな周期の波長を含有しているか、どんな周期成分の振幅が大きいかを示すものである。フーリエ解析を行った結果から、フーリエスペクトル比及びH/Vスペクトルを求めた。これら各比図 (フーリエスペクトル比図及びH/Vスペクトル図) を巻末資料に添付する。

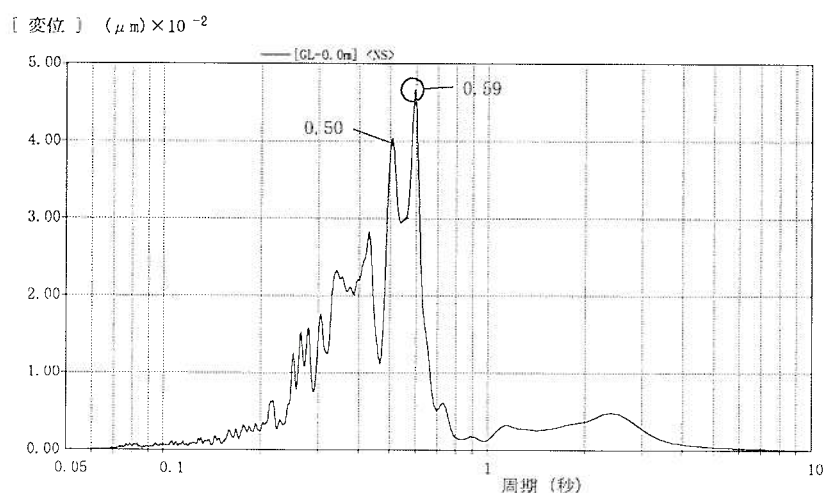


図3-7-1 今回調査におけるフーリエスペクトル図の一例



## ② フーリエスペクトル比図

フーリエスペクトル比図は、先に求めた深度の観測点におけるフーリエスペクトルから、地表／孔中の計算を行ったもので、測定深度0.00m／深度30.00mの周期成分の増幅率を示すものである。縦軸は倍率(ratio)，横軸は周期(sec)で、主に地表と想定基盤岩間で卓越する地盤周期特性を明瞭にするために算出したものである。

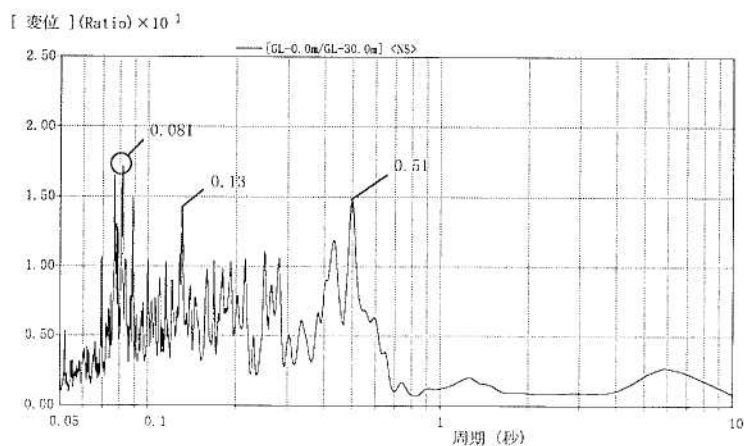


図3-7-2 今回調査におけるフーリエスペクトル比図の一例

## ③ H/Vスペクトル図

フーリエ解析を行った結果から、地表測点のH/Vスペクトルを求める。同時同地点測定3成分を利用し、水平動／上下動(H/Vスペクトル)の計算を行った。NS/UDとEW/UDの比をとることにより、主に上下動成分に卓越するといわれている「雑振動」を排除し、かつ、この比は基盤との増幅特性を示すと考えられている。

H/Vスペクトルは表層付近に介在する表面波(主にレイリー波)成分や人工振動などの、原因の特定できない強制振動を除去する目的で、主に地表の観測点に用いられる。

これは、様々な調査や研究によって明白であるが、地盤に起因しない人工振動などのいわゆる雑振動成分が、UD方向に卓越することが多いためであり、H/Vスペクトル解析において肝要なことは、倍率大小によつての判定ではなくピークの周期成分箇所の把握となる。

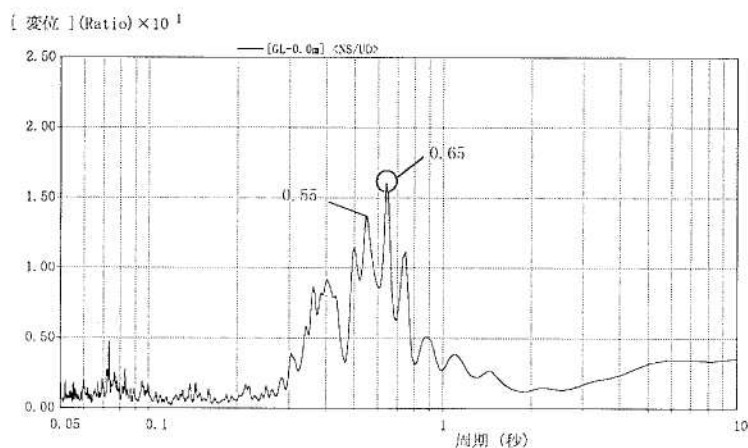


図3-7-3 今回調査におけるH/Vスペクトル図の一例

表3-7-1 常時微動卓越周期一覧表

Point	No.3	MT Sensor	Observation	Spectrum	Point	Direction																							
							0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	
1秒計 (GL-0.0m /-30.0m)	Displacement	Fourier	GL-0.00m	NS												0.50													
					EW										0.41	0.59													
		Fourier	GL- 30.00m	NS												0.36		0.59											
					EW															0.59									
		Fourier Ratio	0.00/ 30.00	NS							0.13							0.51											
	Velocity	Fourier	GL-0.00m	NS								0.18						0.43											
					EW								0.28	0.33	0.40														
		Fourier	GL-30.00m	NS									0.29	0.35	0.41														
					EW								0.29																
		Fourier Ratio	0.00/ 30.00	NS									0.13		0.34														
1秒計 (GL-0.0m /-30.0m)	Displacement	H/V	GL-0.00m	NS/UD																									
					EW/UD											0.40		0.63	0.71										
	Velocity	H/V	GL-0.00m	NS/UD													0.53	0.69											
					EW/UD															0.68									
	Displacement	Fourier	GL-0.00m	NS													0.59										6.8		
					EW												0.50										6.8		
5秒計	Velocity	Fourier	GL-0.00m	NS									0.28	0.34	0.40	0.57													
					EW							0.29				0.41	0.50												
	Displacement	H/V	GL-0.00m	NS/UD												0.55	0.64	0.70											
					EW/UD											0.47	0.55	0.64											
5秒計	Velocity	H/V	GL-0.00m	NS/UD												0.41	0.56												
					EW/UD											0.47													

グラフ内最大ピーク  
 ~0.1 小数点第3位(四捨五入)  
 ~1.0 小数点第2位(四捨五入)  
 1~10 小数点第1位(四捨五入)



## (2) 常時微動測定結果

後掲のフーリエスペクトル図・フーリエスペクトル比図・H/Vスペクトル図，並びに前頁の表3-7-1に示した常時微動卓越周期一覧表から，卓越周期は概ね以下の周期帯に集中していることが判明した。

- ① 0.13秒～0.18秒
- ② 0.26秒～0.36秒
- ② 0.4秒台～0.6秒台

ただし，

①項は頻度が少なく一次の卓越とは言い難い。

②項はやや頻度が高いものの，H/Vスペクトルが皆無であるため，こちらも一次の卓越とは言い難い。

③項は最も卓越頻度が高く，どのスペクトル解析波形でも現れているため，一次の卓越である可能性が高い。

その他1.0秒以上は，地盤状況を加味した周波数帯から判断すると，表面波成分である可能性が高い。

## (3) 常時微動測定による当該地盤の振動特性

No. 3地点での測定結果から，地盤種別判定は以下のようにまとめられる。

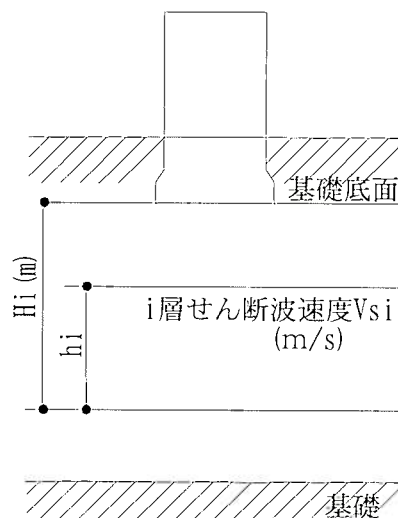
- ・ 常時微動測定による地盤卓越周期 0.4秒台～0.6秒台付近の第Ⅱ種地盤
- ・ 更に限定すると，0.53～0.63秒と推測される，第Ⅱ種地盤

#### (4) せん断波速度による地盤周期判定

せん断波速度による地盤周期は、次式によって求められる。

$$T_g = \sqrt{32 \sum_{i=1}^n (h_i \cdot \left(\frac{H_{i-1} + H_i}{2}\right) / V_{si}^3)}$$

n : 基盤から基礎底面までの間の層数  
 T<sub>g</sub> : 地盤周期 (秒)  
 H<sub>i</sub> : 建築物の基礎底面あるいは剛強な  
 くい/support層面からi層下面までの  
 深さ (m)  
 V<sub>si</sub> : i層のせん断波 (m/s)  
 h<sub>i</sub> : i層の厚さ (m)



地盤周期を求めるための参考図

この式は第Ⅰ種地盤の重力式から、一次固有周期を求めることができる。式の誘導にあたり、土の単位体積の重量は地質構成、深さによらず一定として計算している。

この計算式を当該PS検層測定結果へ反映し、地盤周期計算を行った。当該測定孔はPS検層測定によるV<sub>s</sub>値を測定した。

耐震基盤の目安とされるV<sub>s</sub>400m/s以上を、確実に上回る速度層7層目の上端以深を工学的基盤、として評価し、以降の計算に用いた。その計算結果を表3-7-2に示す。

表3-7-2 せん断波速度による地盤周期判定計算表

せん断波速度による地盤周期判定						No. 3	
層	深度			Vs値	$h_i * (H_{i-1} + H_i / 2) / V_{si}^2$	Tg	地盤種別
	m			m/s		sec	
1	0.00	-	3.20	100	0.000512	0.47	第Ⅱ種
2	3.20	-	6.15	110	0.001139773		
3	6.15	-	11.50	140	0.002408865		
4	11.50	-	16.90	260	0.00113432		
5	16.90	-	20.65	240	0.001222331		
6	20.65	-	24.00	420	0.000423973		

以上のように、せん断波速度測定による方法では、速度層第4層までを対象にした場合(0.47秒)が地盤周期として算出され、この結果、当該測定地盤は第Ⅱ種地盤と判断される。

・せん断波速度による地盤周期判定 0.47 (秒) 第Ⅱ種地盤  
 (有効数小数点以下第3位 四捨五入)

#### (5) SH重複反射増幅特性理論計算法による地盤周期判定

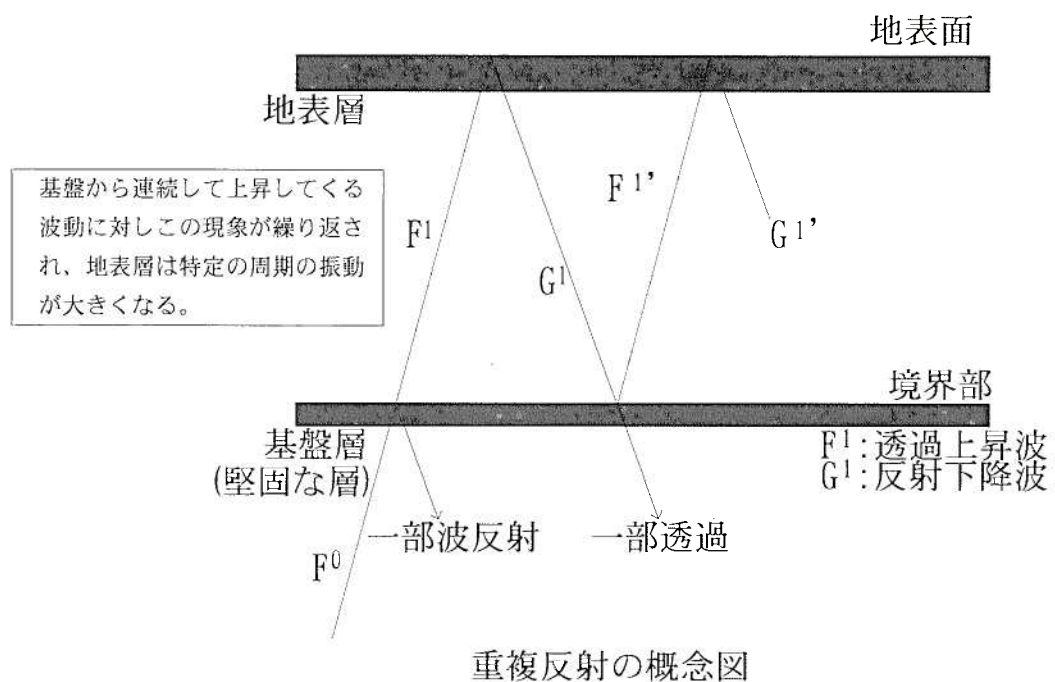
調査ボーリング・表面波探査・PS検層などにより得られるS波構造と、各層の密度値から地盤モデルを作成し、この地盤モデルからSH波の重複反射理論による増幅特性を計算した。

本測定は上記3種の調査のうち、調査ボーリング・PS検層を実施したので、 $V_s$ 値については、実測のPS検層のDATAを使用した。

SH波の重複反射による増幅特性理論計算は、基盤層とした最下層から真上に上昇する入力波を想定すると、上部の各層を透過上昇して行く波動と、途中の各土層境界で反射し、下降する波動とに分類される。

この下降する波動は、下部の土層境界で一部が反射し再び上昇する波動となる。この現象は、多層地盤の各層により繰り返り起こり、波動は上昇および下降を繰り返り複雑に重合する。

一般に硬質地盤から軟質地盤への波動の伝播においては透過波が優勢となり、逆に軟質地盤から硬質地盤への伝播では反射波が優勢となる。このため、表層部に軟弱層が存在する場合には、地中から伝播してきた波動は地表部に集中し、その表層地盤の特性に基づいた固有の周期成分の波動が増幅されるようになる。



この地盤の振動特性は、S波速度、層厚密度、減衰特性（Q値）などにより理論的に計算することができる。

密度値は室内土質試験結果とPS検層解析結果の項で先述の通り、土質性状・周辺既知DATAなどを加味し、一般値妥当域を引用した。

入力基盤面設定は並行実施のPS検層による実測Vs値を中心に安全側に考慮し、既知資料を総合的に判断して、耐震基盤面を速度層第10層目上端境界面のGL-24.00mとして計算した。

計算結果の増幅特性を「SH波の重複反射による増幅特性図」に示す。

Q値については後述するが、軟弱地盤におけるS波に対して、数10程度といわれている。実測のDATAがないために仮定値（ $5 \cdot 10 \cdot 20$ ）を用いた。

表3-7-3 SH波の重複反射による増幅特性の計算で用いた地盤モデル

SH波の重複反射による増幅特性の計算で用いた地盤モデル							No. 3
Layer	区 間 (m)		層厚 (m)	S波速度 (m/s)	密 度 (g/cm <sup>3</sup> )	Q値	土質柱状
1	0.00	-	0.80	100	19.00	5・10・20	盛土・粘土質砂礫
2	0.80	-	3.20	100	19.00	5・10・20	礫混じり粘土質砂
3	3.20	-	6.15	110	16.15	5・10・20	シルト
4	6.15	-	8.00	140	19.26	5・10・20	シルト質砂
5	8.00	-	9.00	140	16.15	5・10・20	シルト質粘土
6	9.00	-	11.50	140	19.26	5・10・20	シルト質砂
7	11.50	-	16.90	260	19.00	5・10・20	砂礫
8	16.90	-	20.65	240	17.00	5・10・20	固結粘土
9	20.65	-	24.00	420	20.00	5・10・20	粘土混じり砂礫
10	24.00	-	43.00	560	20.00	5・10・20	粘土質砂礫
11	43.00	-	50.00	600	20.00	5・10・20	玉石混じり粘土質砂礫
12	50.00	-	∞	-	-	5・10・20	

※赤字は計算で用いた入力基盤面

重複反射理論計算により、増幅特性を計算した結果以下ようになる。

- ・ SH重複反射増幅特性理論計算法による地盤周期判定0.43(秒) 第Ⅱ種地盤  
(有効数小数点以下第3位 四捨五入)

#### (6) 地盤種別判定総合結果

以上の3通りの算定手法による、当該測定地の卓越地盤周期判定結果は、以下のように示される。

- ① 常時微動測定      0.53～0.63（秒）      : 第Ⅱ種地盤
- ② せん断波速度      0.47（秒）                      : 第Ⅱ種地盤
- ③ 重複反射理論計算 0.43（秒）                      : 第Ⅱ種地盤

以上のように、当該地盤の卓越周期を、先述した表「2007年版 建築物の構造関係技術基準解説書」・「地盤種別と地盤周期」にあてはめると、当該地盤の卓越周期特性値は  $T_g=0.43\text{秒}\sim0.63\text{秒}$  付近となり、何れも第Ⅱ種地盤と判定される。

### 3.8 室内土質試験結果

今回調査では地盤の液状化検討や、各地層の強度特性を把握することを目的として、No.5とNo.7孔を除く各孔において、標準貫入試験試料や不攪乱試料を用い、室内土質試験(物理・力学)を実施した。

室内土質試験の詳細は、巻末に掲げた試験結果集のとおりであるが、表3-8-1～3-8-2に総括表として示した。さらに、その深度相関図等を図3-8-2に示した。

#### (1) 液状化特性

図3-8-1には各層の粒径加積曲線を示したが、これからみて明らかなように、一部に例外はあるものの、大半は地層ごとに粒度分布が大きく異なっている。

この中でAs層(緑色)は、粒径均一な細砂を主体とするため、粒径加積曲線の勾配が急であるものが多く、地震時に液状化の発生しやすい地層であることを表している。

これに対して、沖積～洪積砂礫層(Ag, Dg)等は、粒径が不均一であることから、曲線勾配が非常に緩やかで、沖積砂層と比較すると、液状化の発生しにくい地層であることを示している。

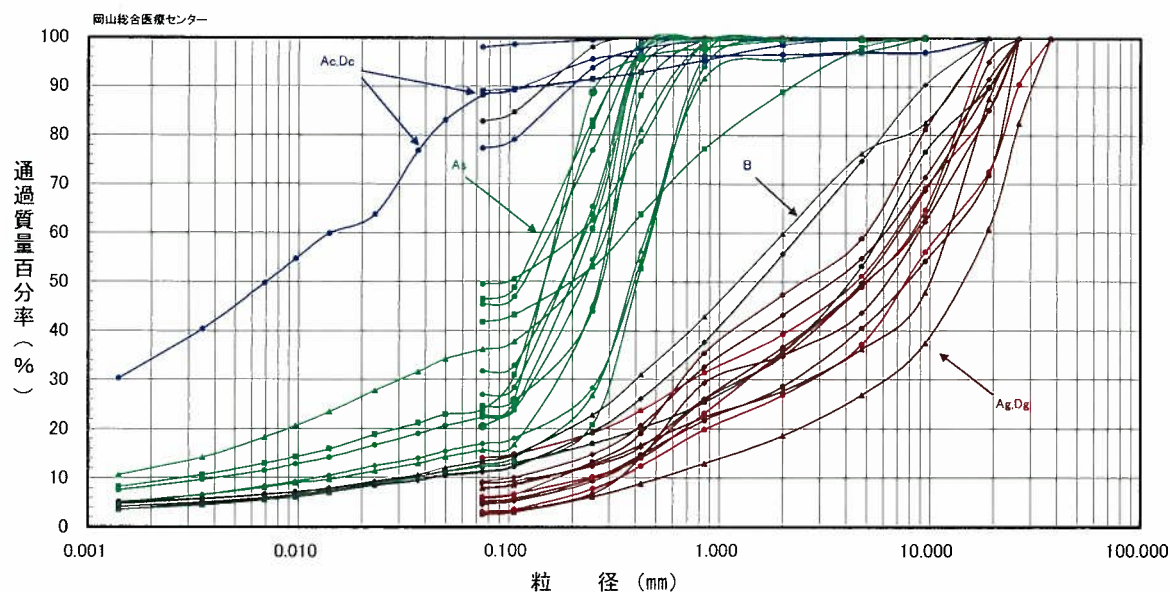


図3-8-1 地層ごとの粒径加積曲線



表3-8-1 土質試験結果一覧表 (1)

調査地点		No.1										No.2									
試料番号		1P-4	1P-5	1P-6	1P-7	1P-8	1P-9	1P-13	2P-1	2T-1	2P-6	2S-1	2P-9	2T-2	2P-11	2P-13	2P-15	2P-17	2P-19	2S-2	
採取深度 (GL-m)		4.00 ～ 4.50	5.15 ～ 5.45	6.15 ～ 6.50	7.00 ～ 7.45	8.15 ～ 8.55	9.15 ～ 9.35	13.15 ～ 13.45	1.15 ～ 1.45	4.00 ～ 4.80	6.00 ～ 6.50	7.00 ～ 7.80	9.00 ～ 9.50	10.00 ～ 10.70	11.15 ～ 11.45	13.15 ～ 13.45	15.15 ～ 15.45	17.15 ～ 17.45	19.15 ～ 19.45	20.50 ～ 21.00	
標 高 (m)		-1.29 ～ -1.79	-2.44 ～ -2.74	-3.44 ～ -3.79	-4.29 ～ -4.74	-5.44 ～ -5.84	-6.44 ～ -6.64	-10.44 ～ -10.74	1.70 ～ 1.40	-1.15 ～ -1.95	-3.15 ～ -3.65	-4.15 ～ -4.95	-6.15 ～ -6.65	-7.15 ～ -7.85	-8.30 ～ -8.60	-10.30 ～ -10.60	-12.30 ～ -12.60	-14.30 ～ -14.60	-16.30 ～ -16.60	-17.65 ～ -18.15	
地層記号		As	As	As	As	As	As	Ag	B	Ac	Ac	As	Ac	Ac	Ag	Ag	Ag	Ag	Dc	Ds	
一般	湿潤密度									1.628		1.926		1.602						2.051	
	乾燥密度									1.016		1.504		1.003						1.702	
	土粒子の密度	2.679	2.655	2.674	2.686	2.662	2.669	2.661	2.672	2.629	2.647	2.681	2.657	2.642	2.672	2.670	2.652	2.675	2.638	2.660	
	自然含水比								7.1	60.5	62.0	28.1	57.9	59.8	9.6	11.5	10.6	12.4	30.1	20.8	
	間隙比									1.593		0.784		1.634						0.57	
粒度	飽和度									99.8		96.1		96.6						96.9	
	礫分 (%)	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.7	67.2	0.2	0.0	1.8	0.0	0.0	71.4	73.1	64.1	60.7	1.5	0.8	
	砂分 (%)	8.3	77.7	54.6	68.3	73.0	50.5	41.5	25.7	8.8	17.1	54.9	22.4	29.2	23.5	23.9	29.7	25.3	9.4	56.4	
	シルト分 (%)	41.7	11.8	22.9	15.7	14.3	24.4	5.8	7.1	50.3	40.4	22.2	35.8	29.8	5.1	3.0	6.2	8.0	41.0	18.7	
	粘土分 (%)	46.5	10.5	22.5	16.0	12.7	25.1			40.7	42.5	21.1	41.6	41.0				6.0	48.1	24.1	
コンシ ステン シー特 性	最大粒径 (mm)	19.00	0.85	2.00	2.00	2.00	2.00	19.00	26.50	9.50	0.85	9.50	4.75	2.00	26.50	37.50	19.00	26.50	4.75	4.75	
	均等係数 $U_c$	-	66.00	-	-	77.33	-	27.94	49.87	-	-	-	-	-	54.91	36.33	34.95	278.83	-	-	
	20%粒径 $D_{20}$ (mm)									-		0.0042		-						0.0024	
	液性限界 $w_L$ (%)									51.3	61.8	25.3	56.7	50.3					41.5		
	塑性限界 $w_p$ (%)									24.8	31.6	15.2	27.2	26.6					21.3		
分類	塑性指数 $I_p$									26.5	30.2	10.1	29.5	23.7					20.2		
	コンシステンシー指数 $I_c$									-0.4	0	-0.4	0	-0.3					0.6		
	分類名	砂混じり 細粒土	細粒分質砂	細粒分質砂	細粒分質砂	細粒分質砂	細粒分質砂	細粒分混じり 砂質礫	細粒分混じり 砂質礫	砂混じり粘土 (高液性限界)	砂質シルト (高液性限界)	砂質粘土 (高液性限界)	砂質粘土 (高液性限界)	砂質粘土 (高液性限界)	細粒分混じり 砂質礫	砂質礫	細粒分混じり 砂質礫	細粒分混じり 砂質礫	砂混じり粘土 (低液性限界)	粘性土質砂	
	分類記号	(F-S)	(SF)	(SF)	(SF)	(SF)	(SF)	(GS-F)	(GS-F)	(CH-S)	(MHS)		(CHS)	(CHS)	(GS-F)	(GS)	(GS-F)	(GS-F)	(CL-S)	(SCs)	
	試験方法									段階載荷		段階載荷		段階載荷							
圧密	圧縮指数 $C_c$									0.64		0.22		0.55							
	圧密降伏応力 $P_c$ (kN/m <sup>2</sup> )									75		226		88							
	一軸圧縮強さ $q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	-	-							52.9				41.3							
一軸 圧縮		-	-							64.5				42.4							
		-	-							57.7											
	変形係数 $E_{50}$ (MN/m <sup>2</sup> )	-	-																		
		-	-																		
		-	-																		
三軸 圧縮	全応力 (CU)	-	-									10									
	$\phi$ (°)	-	-									14.6									
	$c'$ (kN/m <sup>2</sup> )											0									
	$\phi'$ (°)											27.5									
振動 三軸	DA=5%・ $R_L=20$	-	-																		
	砂の最小・最大密度	-	-																		
	$\rho_{d\min}$ (g/cm <sup>3</sup> ) $\rho_{d\max}$ (g/cm <sup>3</sup> )	-	-																		



表3-8-2 土質試験結果一覧表 (2)

調査地点		No.3										No.4					No.6				
試料番号		3P-2	3P-4	3P-6	3P-7	3P-9	3P-11	3P-13	3P-14	4P-1	4P-7	4P-8	4P-9	4P-13	6P-1	6P-2	6P-7	6P-11	6P-13	6P-15	6P-17
採取深度 (GL-m)		2.15 ～ 2.45	4.00 ～ 4.50	6.15 ～ 6.50	7.15 ～ 7.50	9.15 ～ 9.45	11.15 ～ 11.45	13.15 ～ 13.45	14.15 ～ 14.45	1.15 ～ 1.45	7.15 ～ 7.45	8.15 ～ 8.45	9.15 ～ 9.45	13.15 ～ 13.45	1.15 ～ 1.45	2.15 ～ 2.45	7.15 ～ 7.45	11.15 ～ 11.45	13.15 ～ 13.45	15.15 ～ 15.45	17.15 ～ 17.45
	標 高 (m)	0.19 ～ -0.11	-1.66 ～ -2.16	-3.81 ～ -4.16	-4.81 ～ -5.16	-6.81 ～ -7.11	-8.81 ～ -9.11	-10.81 ～ -11.11	-11.81 ～ -12.11	1.08 ～ 0.78	-4.92 ～ -5.22	-5.92 ～ -6.22	-6.92 ～ -7.22	-10.92 ～ -11.22	1.62 ～ 1.32	0.62 ～ 0.32	-4.38 ～ -4.68	-8.38 ～ -8.68	-10.38 ～ -10.68	-12.38 ～ -12.68	-14.38 ～ -14.68
	地層記号	As	Ac	As	As	As	As	Ag	Ag	B	As	As	As	Ag	B	B	As	As	Ag	Ag	Ag
	湿潤密度																				
	一般	乾燥密度																			
土粒子の密度		2.670	2.684	2.688	2.664	2.654	2.660	2.647	2.671	2.657	2.647	2.672	2.680	2.652	2.666	2.629	2.623	2.646	2.680	2.674	2.657
自然含水比																					
間隙比																					
飽和度																					
粒度	礫分																				
	砂分																				
	シルト分																				
	粘土分																				
	最大粒径																				
コンシ ステン シー特 性	均等係数																				
	20％粒径 D <sub>20</sub>																				
	液性限界																				
	塑性限界																				
	塑性指数																				
分類	コンシステンシー指数																				
	分類名																				
	分類記号																				
	一軸圧縮強さqu (kN/m <sup>2</sup> )																				
	変形係数E <sub>50</sub> (MN/m <sup>2</sup> )																				
三軸 圧縮	全応力 (CD)																				
	φ <sub>d</sub> (°)																				
	DA=5％・R <sub>L</sub> =20																				
振動 三軸	砂の最小・最大密度																				

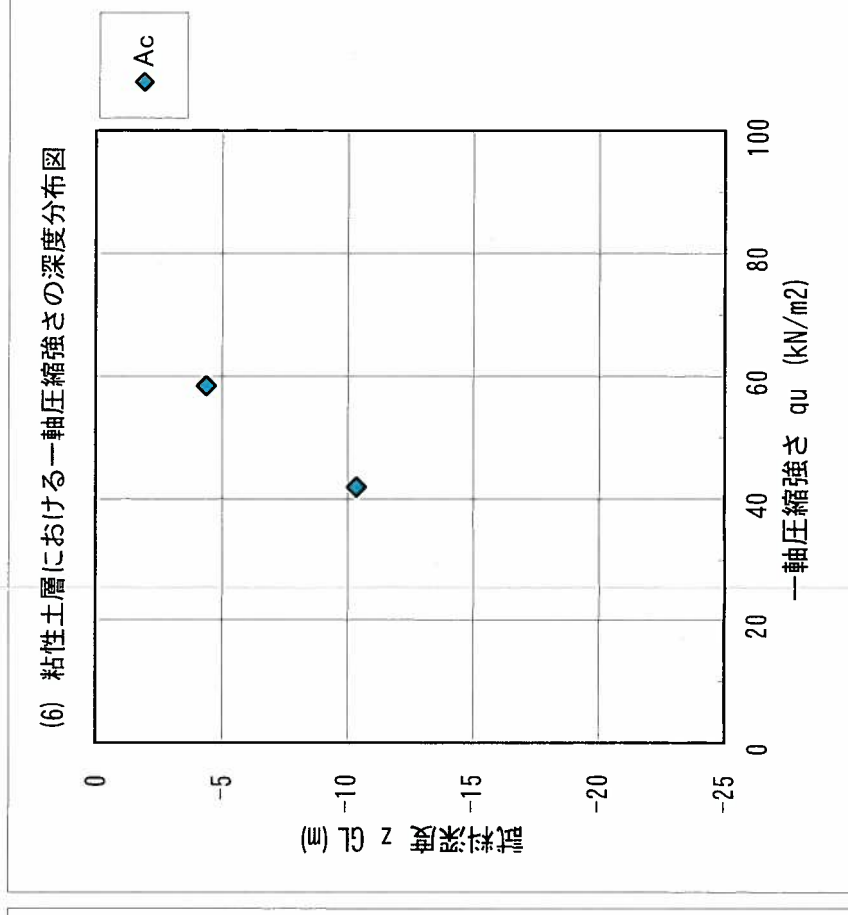
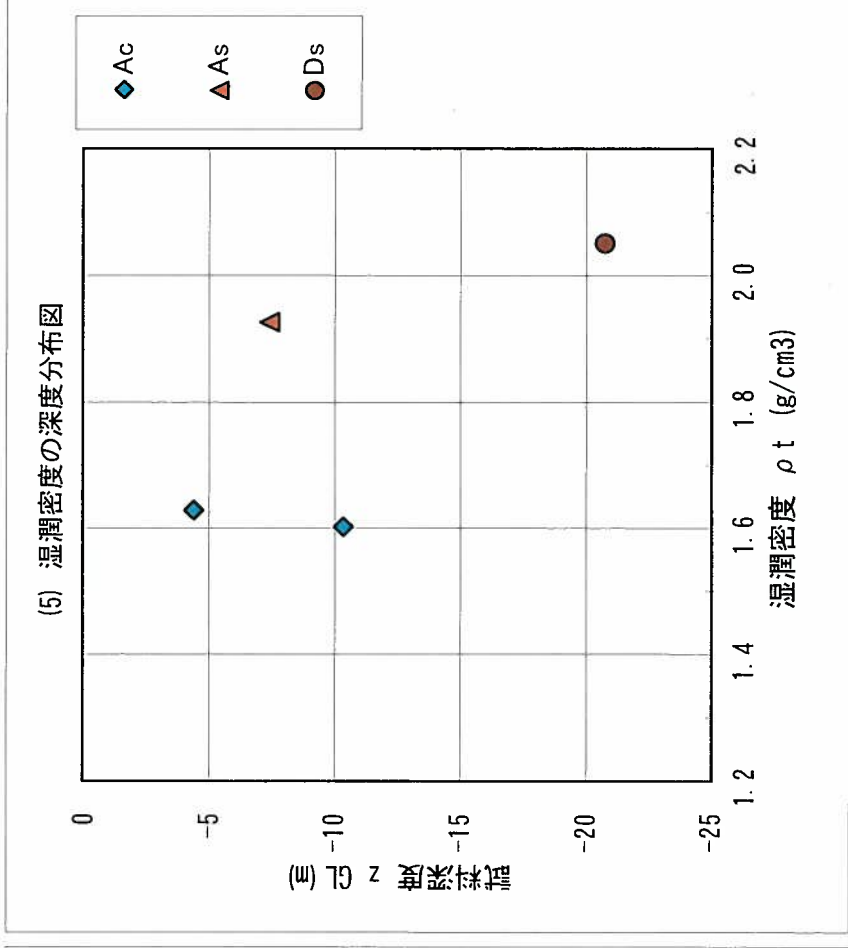
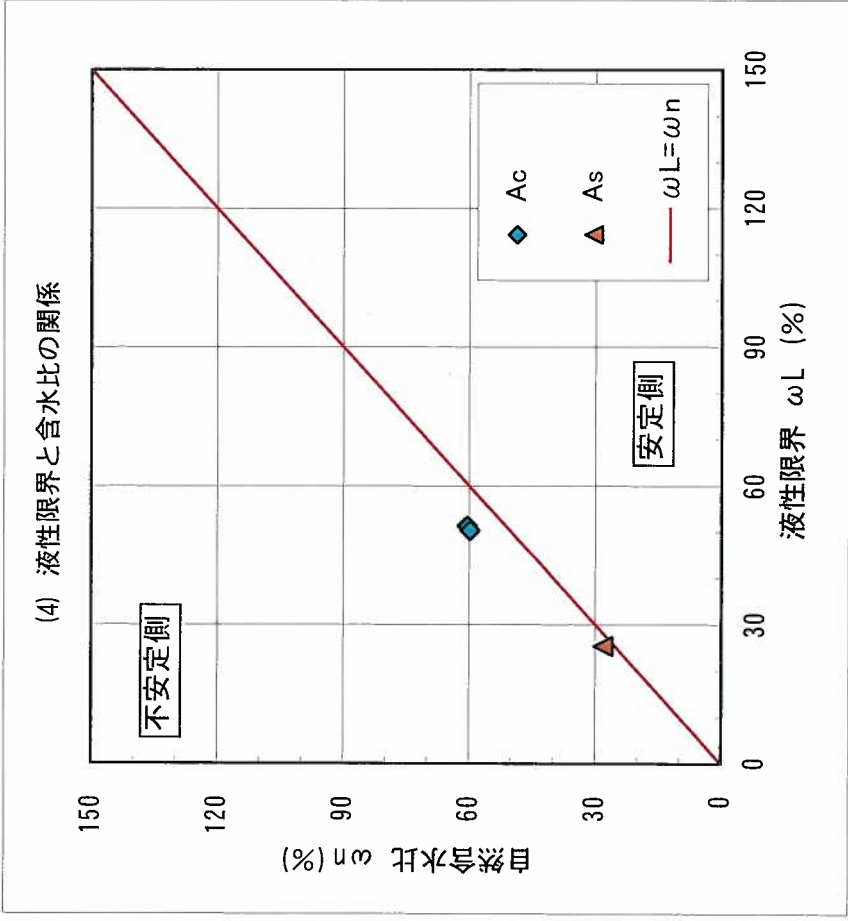
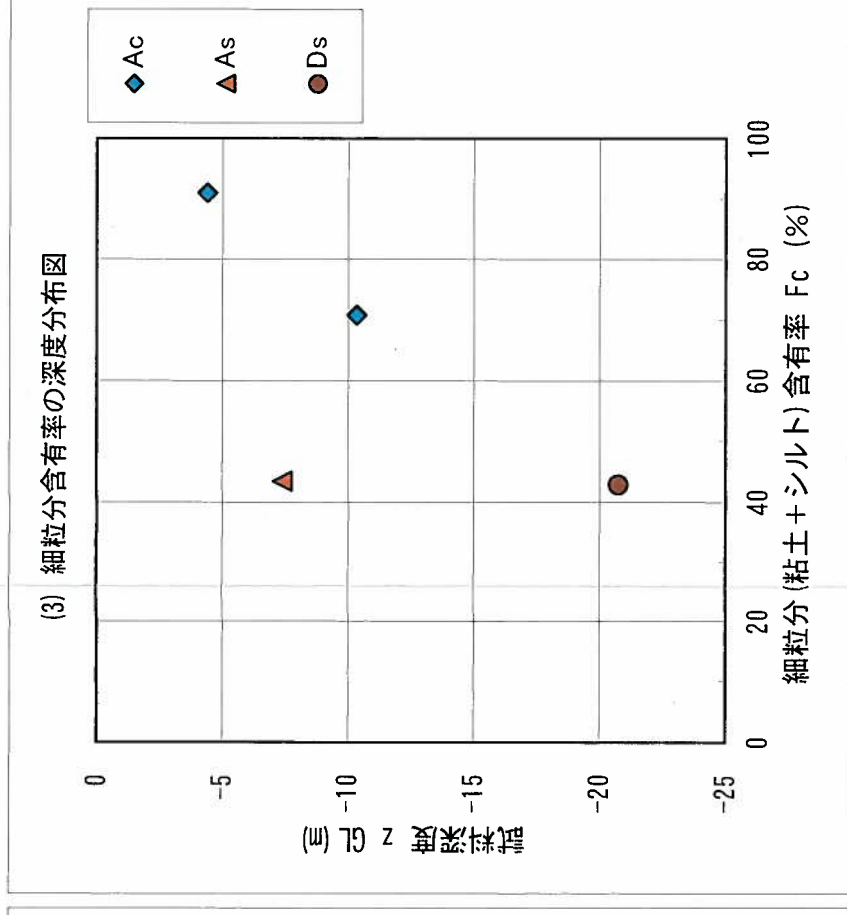
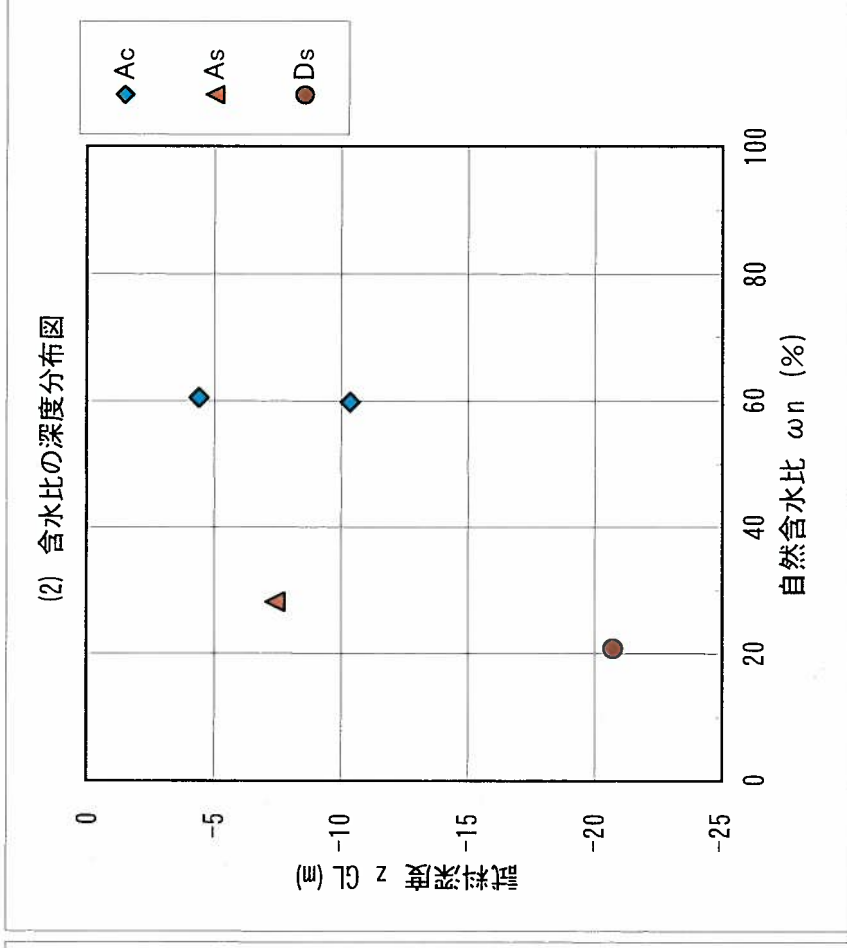
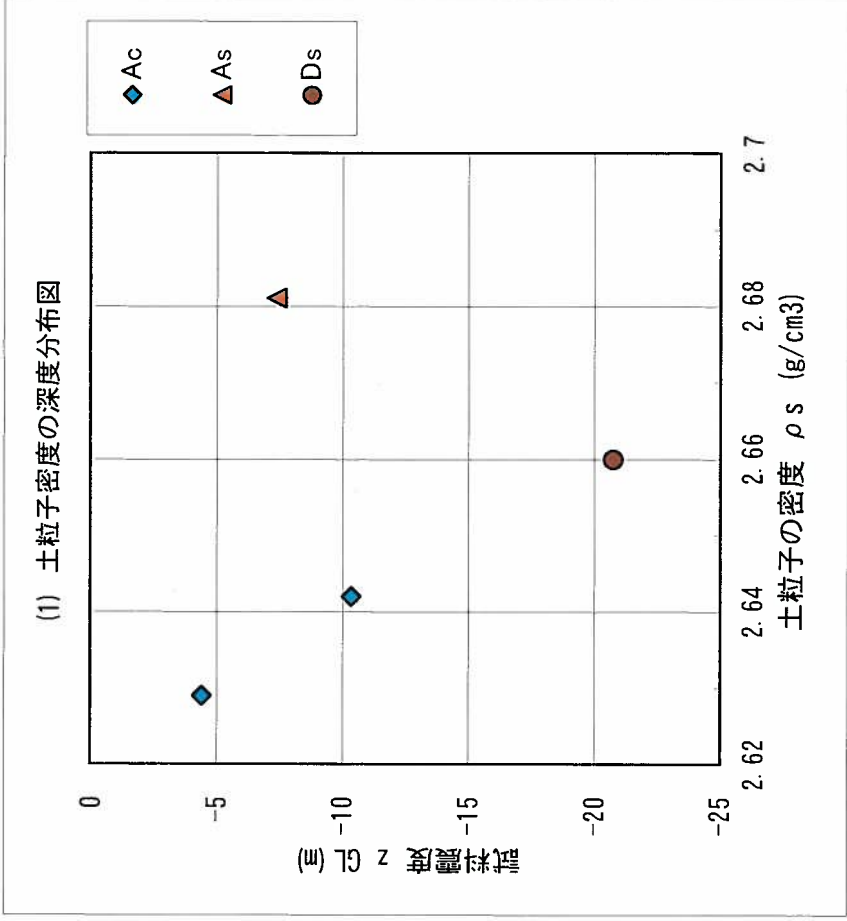


図3-8-2 物理・力学特性の深度相関図

## (2) 物理・力学特性

### ① 沖積粘土層 (Ac)

湿潤密度としては $\rho_t=1.602\sim1.628\text{g/cm}^3$ の一定した値が得られ、層相均質であることを示している。

土粒子の密度についても $\rho_s=2.629\sim2.642\text{g/cm}^3$ の一定した値が得られ、やはり層相均質であることを示しているが、図3-8-2の(1)に示すように、沖積砂層 (As) と比較すると、若干小さいことから、腐植物等を含有していると考えられる。

間隙比は $e=1.593\sim1.634$ を示しており、沖積粘土層としては一般的値を示しているが、砂層と比較するとかなり大きな値となっている。これに比例するように、含水比は $W_n=59.8\sim60.5\%$ と、沖積砂層と比較すると大きくなっている。

飽和度は $S_r=96.6\sim99.8\%$ と、T-1がほぼ100%を示しているのに対し、T-2については、砂分がやや多いため、採取後に脱水が多少進行したようで、やや低くなっている。

粒度特性については、砂分が10～30%程度含まれるが、細粒分は70～90%程度を占めており、比較的均質な粘性土であることを示している。

コンシステンシー特性については、図3-8-2の(4)に示すように、液性限界が自然含水比よりわずかに小さく、攪乱すると強度低下しやすい不安定な粘性土であることを示す。

圧密特性については、図3-8-4に示すように、T-1試料はやや過圧密状態にあることを示しているが、深度のやや深いT-2試料は、土被り圧とほぼ近い値を示していることから、正規圧密状態にあることを表している。

したがって、新規上載加重が加わった場合、圧密沈下現象が発生するような軟弱粘土であることを示唆している。

ただし、圧縮指数は $C_c=0.6$ 前後であることから、沈下特性としては比較的小さいことを示している。

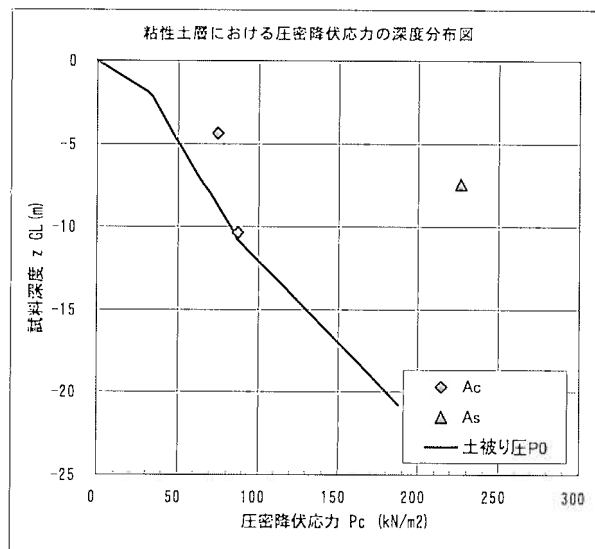
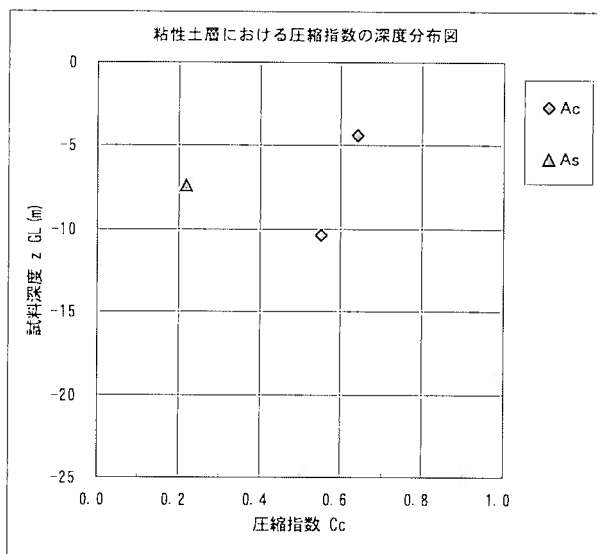


図3-8-3 圧縮指数の深度相関図

図3-8-4 圧密降伏応力の深度相関図

## ② 沖積砂層 (As)

湿潤密度としては $\rho_t=1.926\text{g/cm}^3$ の値が得られ、一般的な砂層としてよく利用される $1.8\text{g/cm}^3$ と比較すると、やや大きな値を示している。

土粒子の密度については $\rho_s=2.681\text{g/cm}^3$ の値が得られ、花崗岩起源の土粒子としては、ほぼ一般的値を示している。

間隙比は $e=0.784$ を示しており、砂層としては一般的値であるが、砂分が50%以上と多いことから、沖積粘土層と比較すると、かなり小さな値を示している。

これに比例するように含水比は $W_n=28.1\%$ と、沖積粘土層と比較すると小さな値を示している。

飽和度については $S_r=96.1\%$ と、砂分やや多く、採取後に脱水が進行しやすいため、やや低くなっている。

粒度特性については、礫と砂分を合わせると57%程度含まれるが、細粒分は43%程度とかなり多く含まれ、中間土的な粒度特性を示している。

コンシステンシー特性については、砂分が多いため液性限界が25.3%と小さいが、図3-8-2に示すように、液性限界が自然含水比よりわずかに小さく、攪乱すると強度低下しやすいという特性を有している。

圧密特性については、図3-8-4に示すように、過圧密状態にあることを示している

砂の三軸(CU)試験では全応力下で $c=10.0\text{kN/m}^2$ で、せん断抵抗角は $\phi=14.6^\circ$ が測定され、有効応力下では $c'=0.0\text{kN/m}^2$ で、せん断抵抗角は $\phi'=27.5^\circ$ が測定されている。

## ③ 洪積砂層 (Ds)

湿潤密度としては $\rho_t=2.051\text{g/cm}^3$ の値が得られ、沖積砂層と比較するとかなり大きな値を示している。

これに対し土粒子の密度は $\rho_s=2.660\text{g/cm}^3$ の値が得られ、花崗岩起源の土粒子としては、ほぼ一般的値を示していることから、湿潤密度が大きいのは、かなり密に締まっていることを示していると考えられる。

これを裏付けるように、粒度特性としては沖積砂層と大きな差がないものの、間隙比は $e=0.570$ とかなり小さな値を示している。

これに比例するように含水比は $W_n=20.8\%$ と、沖積砂層と比較しても、さらに小さくなっている。

飽和度については $S_r=96.9\%$ と砂分がやや多く、透水性が大きいことから採取後に脱水が多少進行しやすく、わずかに低くなっている。

## 4. 考 察

### 4-1 土質定数

今回の調査結果をもとに設計・施工に必要な土質定数を推定し、その算定結果の地盤定数を表 4-1-1 に示す。

表 4-1-1 土質定数提案値一覧表

土質名	地層記号	土質分類	平均 $N$ 値	単位体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	せん断抵抗角 $\phi$ ( $^\circ$ )	粘着力 $c$ ( $\text{kN/m}^2$ )	変形係数 $E_0$ ( $\text{kN/m}^2$ )	換算変形係数 ( $\text{kN/m}^2$ )
埋 土	Bs	砂質土	17.6	20	31	0	—	12,320
沖積粘土層	Ac	粘性土	0.7	16	0	25.9	1,523	490
沖積砂層	As	砂質土	2.6	18	14.6	10.0	2,030	1,820
沖積砂礫層	Ag	砂 礫	28.0	21	35	0	—	19,600
洪積粘土層	Dc	粘性土	12.8	17	0	80	—	8,960
洪積砂層	Ds	砂質土	24.3	20	34	0	—	17,010
洪積砂礫層	Dg	砂 礫	49.0	21	42	0	—	34,300

※ 彩色部は実測値

※ 実測値が複数の場合は平均値

※ As層の $c$ ,  $\phi$ は全応力値

各土質定数の提案式を以下に示す。

#### <土質定数の推定方法>

設計 $N$ 値-----実測 $N$ 値は地層ごとに大きなばらつきはないため、標準貫入試験結果の平均値を使用。

単位体積重量-----表 5-1-2 より推定。

不攪乱試料による場合は実測値。

せん断抵抗角----- $\phi = 15 + (15N)^{0.5} (^\circ)$

(建築構造設計基準及び同解説 平成 16 年版 社団法人 公共建築協会) より推定。

粘性土の場合は、 $\phi = 0$  となる。

粘着力-----粘性土において Terzaghi-Peck の式を用いて推定。

粘性土  $qu = N/0.08 (\text{kN/m}^2)$  から

$c = qu/2 (\text{kN/m}^2) \therefore c = 6.25N (\text{kN/m}^2)$  より推定。

(建築基礎構造設計指針 P115)

ただし、一軸圧縮試験の場合は  $c = qu/2 (\text{kN/m}^2)$  で計算。

砂質土の場合は、 $c = 0$  となる。

ただし、三軸圧縮試験 (CU) による場合は全応力値を記載。

変形係数----- $E = 700N (\text{kN/m}^2)$  より推定。

(吉中提案式:(社)地盤工学会:「地盤調査の方法と解説」P323)



表 4-1-2 単位体積重量

裏込め土の種類	内部摩擦角 $\phi$ (°)	粘着力 $c$ (t/m <sup>2</sup> )	単位体積重量 $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )
きれいな砂または砂利	35	—	1.80
シルトまたは粘土を含む透水性の低い砂質土	30	—	1.80
粘土を多量に含む砂質土	24	—	1.75
軟弱な有機質シルトまたはシルト質粘土	0	—	1.60
硬質粘土	0	1.2	1.70

「建築基礎構造設計指針 ; P115」より



## 4-2 液状化の検討

地盤の液状化については「建築基礎構造設計指針 2001 改訂 pp. 61～72」に基づいて検討を行った。

### (1) 対象とすべき土層

液状化の判定を行う必要がある飽和土層は、以下の通りである。

- ① 地表面から 20m 程度以浅の沖積層で、細粒分含有率  $F_c$  が 35% 以下の土層
  - ② 埋立地盤など人工造成地盤は、粘土分含有率が 10% 以下、または塑性指数  $I_p$  が 15% 以下の土層
- 細粒土を含む礫や透水性の低い土層に囲まれた礫層

### (2) 液状化の判定方法

今回の調査結果より、液状化の検討対象となる地盤は沖積砂質土層 (As) となる。以下、今回実施した液状化判定の諸条件を示す。

- ① 各土層の単位体積重量は表 4-1-1 において提案した値を用いた。
- ② 地下水位はボーリング孔ごとの測定深度で算定した。
- ③ 設計水平加速度は、 $200\text{cm/s}^2$ 、 $350\text{cm/s}^2$  の 2 パターンにて試算した。
- ④ 地震のマグニチュードは、 $M=7.5$  を用いた。

液状化の判定は液状化係数  $F_L$  値を次式により求め、 $F_L$  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無いものと判定し、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液状化発生危険度が高く、また、 $F_L$  の値が 1 を切る土層が厚くなるほど危険度が高くなるものと判定する。

$$F_L = R / L$$

$$R = \tau L / \sigma'_z = 0.2565 \{ (16\sqrt{Na}/100) + (16\sqrt{Na}/Cs) 14 \}$$

$$L = \tau d / \sigma'_z = \gamma N \cdot \alpha_{\max} / g \cdot \sigma_z / \sigma'_z \cdot \gamma d$$

$$S_s = 94 - 19 \log_{10} \gamma$$

$$Na = N_1 + \Delta N_f \text{ (但し, } Na > 30 \text{ となる場合は } Na = 30 \text{ とした)}$$

$$N_1 = C_N \cdot N$$

$$C_N = \sqrt{10 / \sigma'_z}$$

$$\Delta N_f = 1.2 F_c - 6, \quad F_c \leq 10 \text{ (}\%)$$

$$\Delta N_f = 0.2 F_c + 4, \quad 10 \text{ (}\%) < F_c \leq 20 \text{ (}\%)$$

$$\Delta N_f = 0.1 F_c + 6, \quad 20 \text{ (}\%) < F_c \leq 100 \text{ (}\%)$$

$$\gamma d = 1.0 - 0.015x$$

ここに

- $F_L$  : 各深さにおける液状化発生に対する安全率  
 $R$  : 飽和土層の液状化抵抗比  
 $L$  : 各深さに発生する等価な繰返しせん断応力比  
 $N_a$  : 補正  $N$  値  
 $N_1$  : 換算  $N$  値  
 $\Delta N_f$  : 細粒分含有率 (%) に応じた補正  $N$  値増分  
 $\gamma_d$  : 地盤が剛体でないことによる低減係数  
 $C_N$  : 換算  $N$  値係数  
 $\tau_d$  : 水平面に生じる等価な一定繰返しせん断応力振幅 ( $\text{kN/m}^2$ )  
 $\sigma_z$  : 検討深さにおける全土被り圧 (鉛直全応力) ( $\text{kN/m}^2$ )  
 $\sigma'_z$  : 検討深さにおける有効土被り圧 (鉛直有効応力) ( $\text{kN/m}^2$ )  
 $\gamma_N$  : 等価な繰返し (回数) に関する補正係数で,  $\gamma_N = 0.1(M-1)$   
ただし,  $M$  は地震のマグニチュード  
 $\alpha_{\max}$  : 地表面における設計用水平加速度 150, 200 ( $\text{cm/s}^2$ )  
 $g$  : 重力加速度 ( $980\text{cm/s}^2$ )  
 $\gamma$  : せん断ひずみ (5%)  
 $N$  : 各計算深度における標準貫入試験打撃回数 (回/30cm)  
 $F_c$  : 各計算深度における細粒分含有率 (%)  
 $x$  : 地表面からの深さ (計算深度 m)

### (3) 液状化判定結果

液状化の算定結果の詳細については、巻末資料に液状化判定結果図表に添付したとおりで、これらを取りまとめると表 4-2-1 のようになる。

黄色で彩色した深度が、液状化の可能性がある箇所であり、これから判断して GL-5 ~ -18m 付近の、比較的緩い沖積砂層が分布する深度では、200gal, 350gal の両方とも液状化の可能性があると判定され、加速度が大きい後者のほうが、より液状化の深度が増加していることが判る。

表 4-2-1 液状化判定結果一覧表

深度 (m)	液状化係数 $F_L$									
	No.1		No.2		No.3		No.4		No.6	
	200cm/s <sup>2</sup>	350cm/s <sup>2</sup>	200cm/s <sup>2</sup>	350cm/s <sup>2</sup>	200cm/s <sup>2</sup>	350cm/s <sup>2</sup>	200cm/s <sup>2</sup>	350cm/s <sup>2</sup>	200cm/s <sup>2</sup>	350cm/s <sup>2</sup>
1.3	-	-	-	-	-	-	7.478	4.273	-	-
2.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.3	0.970	0.555	-	-	-	-	-	-	-	-
6.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.3	0.733	0.419	-	-	0.583	0.333	-	-	0.701	0.401
8.3	0.700	0.400	-	-	-	-	0.738	0.422	-	-
9.3	-	-	-	-	0.565	0.323	0.561	0.321	-	-
10.3	-	-	-	-	0.509	0.291	-	-	-	-
11.3	-	-	1.367	0.781	3.657	2.090	4.549	2.600	5.083	2.904
12.3	5.565	3.180	4.894	2.797	4.596	2.626	4.647	2.656	5.131	2.932
13.3	0.837	0.478	0.717	0.410	0.977	0.558	0.813	0.465	0.772	0.441
14.3	1.024	0.585	1.497	0.856	0.707	0.404	4.847	2.770	5.270	3.011
15.3	1.112	0.635	0.952	0.544	4.907	2.804	4.951	2.829	1.199	0.685
16.3	5.786	3.306	5.251	3.001	5.004	2.859	5.057	2.890	5.436	3.106
17.3	5.864	3.351	1.778	1.016	-	-	-	-	1.041	0.595
18.3	-	-	4.028	2.302	-	-	-	-	0.814	0.465
19.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PL値	4.3	14.5	1.1	4.5	8.8	15.2	4.3	8.5	2.3	6.2

※ 黄色部：液状化の可能性あり

$0 < PL \leq 5$  : 液状化の可能性が低い

$5 < PL \leq 15$  : 液状化の可能性が有り

$15 < PL$  : 液状化の可能性が高い

ただし、液状化指数の PL 値については上記のような目安があり、地盤全体として見た場合、200gal では液状化の可能性は低いが、350gal では液状化の可能性が有り～高いとなる。

したがって、基礎設計の際は、設計定数（液状化の程度：地表変位  $Dcy$ 、地盤剛性の低下率  $(G/G_0)$  / 過剰間隙水圧比  $(ru)$ ）を低減する等の対策を検討する必要があるものと考えられる。

表4-2-2 No.1孔の液状化判定表

適用式		建築基礎構造設計指針式 (2001)																			
タイトル1		(仮称) 岡山総合医療センター新築に伴う地質調査業務委託																			
ボーリング名		No.1																			
孔口標高 (m)		H=2.71																			
地下水位		GL-2.90 (m)																			
P.L. (加圧度)		0.544 (150.000gal ●) 4.272 (200.000gal ○) 8.863 (250.000gal ▲) 12.143 (300.000gal △) 14.486 (350.000gal ×)																			
マグニチュード		7.500																			
低減係数		0.015																			
計算対象範囲		地下水位以深 (補正N値の上限を30とした)																			
H=	GL																				
2	0																				
	1																				
	2																				
	3																				
	4																				
	5																				
	6																				
	7																				
	8																				
	9																				
	10																				
	11																				
	12																				
	13																				
	14																				
	15																				
	16																				
	17																				
	18																				
	19																				
	20																				
	21																				
	22																				
	23																				
	24																				
	25																				
	26																				
	27																				
	28																				
	29																				
	30																				
	31																				
	32																				
	33																				
	34																				
	35																				
	36																				
	37																				
	38																				
	39																				
	40																				
	41																				
	42																				
	43																				
	44																				
	45																				
	46																				
	47																				
	48																				
	49																				
	50																				
	51																				
	52																				
	53																				
	54																				
	55																				
	56																				
	57																				
	58																				
	59																				
	60																				
	61																				
	62																				
	63																				
	64																				
	65																				
	66																				
	67																				
	68																				
	69																				
	70																				
	71																				
	72																				
	73																				
	74																				
	75																				
	76																				
	77																				
	78																				
	79																				
	80																				
	81																				
	82																				
	83																				
	84																				
	85																				
	86																				
	87																				
	88																				
	89																				
	90																				
	91																				
	92																				
	93																				
	94																				
	95																				
	96																				
	97																				
	98																				
	99																				
	100																				
	101																				
	102																				
	103																				
	104																				
	105																				
	106																				
	107																				
	108																				
	109																				
	110																				
	111																				
	112																				
	113																				
	114																				
	115																				
	116																				
	117																				
	118																				
	119																				
	120																				
	121																				
	122																				
	123																				
	124																				
	125																				
	126																				
	127																				
	128																				
	129																				
	130																				
	131																				
	132																				
	133																				
	134																				
	135																				
	136																				
	137																				
	138																				
	139																				
	140																				
	141																				
	142																				
	143																				
	144																				
	145																				
	146																				
	147																				
	148																				
	149																				
	150																				
	151																				
	152																				
	153																				
	154																				
	155																				
	156																				
	157																				
	158																				
	159																				
	160																				
	161																				
	162																				
	163																				
	164																				
	165																				
	166																				
	167																				
	168																				
	169																				
	170																				
	171																				
	172																				
	173																				
	174																				
	175																				
	176																				
	177																				
	178																				
	179																				
	180																				
	181																				
	182																				
	183																				
	184																				
	185																				
	186																				
	187																				
	188																				
	189																				
	190																				
	191																				
	192																				
	193																				
	194																				
	195																				
	196																				
	197																				
	198																				
	199																				
	200																				
	201																				
	202																				
	203																				
	204																				
	205																				
	206																				
	207																				
	208																				
	209																				
	210																				
	211																				
	212																				
	213																				
	214																				
	215																				
	216																				
	217																				
	218																				
	219																				
	220																				
	221																				
	222																				
	223																				
	224																				
	225																				
	226																				
	227																				
	228																				
	229																				
	230																				
	231																				
	232																				
	233																				
	234																				
	235																				
	236																				
	237																				
	238																				
	239																				
	240																				
	241																				
	242																				
	243																				
	244																				
	245																				
	246																				
	247																				
	248																				
	249																				
	250																				
	251																				
	252																				
	253																				
	254																				
	255																				
	256																				
	257																				
	258																				
	259																				
	260																				
	261																				
	262																				
	263																				
	264																				
	265																				
	266																				
	267																				
	268																				
	269																				
	270																				
	271																				
	272																				
	273																				
	274																				
	275																				
	276																				
	277																				
	278																				
	279																				
	280																				
	281																				
	282																				
	283																				
	284																				
	285																				
	286																				
	287																				
	288																				
	289																				
	290																				
	291																				
	292																				
	293																				
	294																				
	295																				
	296																				
	297																				
	298																				
	299																				
	300																				
	301																				
	302																				
	303																				
	304																				
	305																				
	306																				
	307																				
	308																				
	309																				
	310																				
	311																				
	312																				
	313																				
	314																				
	315																				
	316																				
	317																				
	318																				
	319																				
	320																				
	321																				
	322																				
	323																				
	324																				
	325																				
	326																				
	327																				
	328																				
	329																				
	330																				
	331																				
	332																				
	333																				
	334																				
	335																				
	336																				
	337																				
	338																				
	339																				
	340																				
	341																				
	342																				
	343																				
	344																				
	345																				
	346																				
	347																				
	348																				
	349																				
	350																				
	351																				
	352																				
	353																				
	354																				
	355																				
	356																				
	357																				
	358																				
	359																				
	360																				
	361																				
	362																				
	363																				
	364																				
	365																				
	366																				
	367																				
	368																				
	369																				
	370																				
	371																				
	372																				
	373																				
	374																				
	375																				
	376																				
	377																				
	378																				
	379																				
	380																				
	381																				
	382																				
	383																				
	384																				
	385																				
	386																				
	387																				
	388																				
	389																				
	390																				
	391																				
	392																				
	393																				
	394																				
	395																				
	396																				
	397																				
	398																				
	399																				
	400																				
	401																				
	402																				
	403																				
	404																				
	405																				
	406																				
	407																				
	408																				
	409																				
	410																				
	411																				
	412																				
	413																				
	414																				
	415																				
	416																				
	417																				
	418																				
	419																				
	420																				
	421																				
	422																				
	423																				
	424																				
	425																				
	426																				
	427																				
	428																				
	429																				
	430																				
	431																				
	432																				
	433																				
	434																				
	435																				
	436																				
	437																				
	438																				
	439																				
	440																				
	441																				
	442																				
	443																				
	444																				
	445																				
	446																				
	447																				
	448																				
	449																				
	450																				
	451																				
	452																				
	453																				
	454																				
	455																				
	456																				
	457																				
	458																				
	459																				
	460																				
	461																				
	462																				
	463																				
	464																				
	465																				
	466																				
	467																				
	468																				
	469																				
	470																				
	471																				
	472																				
	473																				
	474																				
	475																				
	476																				
	477																				
	478																				
	479																				
	480																				
	481																				
	482																				
	483																				
	484																				
	485																				
	486																				
	487																				
	488																				
	489																				
	490																				
	491																				
	492																				
	493																				
	494																				
	495																				
	496																				
	497																				
	498																				
	499																				
	500																				
	501																				
	502																				
	503																				

表4-2-3 No.2孔の液状化判定表

適用式		建築基礎構造設計指針式 (2001)																			
タイトル1		(仮称) 岡山総合医療センター新築に伴う地質調査業務委託																			
ボーリング名		No. 2																			
孔口標高 (m)		H=2.85																			
地下水位		GL-1.90 (m)																			
PL (加速度)		0.147 (150.000gal ●) 1.061 (200.000gal ○) 1.989 (250.000gal ▲) 3.041 (300.000gal △) 4.515 (350.000gal ×)																			
マグニチュード		7.500																			
低減係数		0.015																			
計算対象範囲		地下水位以下 (補正N値の上限を30とした)																			
H=	GL																				
	+	0	5	10	15	20															
	2																				
	3																				
	8																				
	13																				
	17																				
	20																				
	No	計算深度 (m)	N 値 (回)	$\gamma_1$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	D50 (mm)	FC (%)	砂礫地盤 補正係数	補正N値	R	150.000 (gal)		200.000 (gal)		250.000 (gal)		300.000 (gal)		350.000 (gal)	
												L	FL	L	FL	L	FL	L	FL	L	FL
	1	1.300	27.00	19.00	24.70	24.70	24.70	7.10													
	2	2.300	2.00	16.00	43.40	39.40	39.40	82.90													
	3	3.300	2.00	16.00	59.40	45.40	45.40	82.90													
	4	5.250	0.00	16.00	90.60	57.10	57.10	82.90													
	5	6.250	0.00	16.00	106.60	63.10	63.10	82.90													
	6	8.250	0.00	16.00	141.60	78.10	78.10	77.40													
	7	9.250	0.00	16.00	157.60	84.10	84.10	77.40													
8	11.300	22.00	20.00	192.80	98.80	98.80	5.10		22.253	0.294	0.161	1.822	0.215	1.367	0.269	1.093	0.322	0.911	0.376	0.781	
9	12.300	42.00	20.00	212.80	108.80	108.80	3.00		30.000	1.036	0.159	6.526	0.212	4.894	0.264	3.916	0.317	3.263	0.370	2.797	
10	13.300	14.00	20.00	232.80	118.80	118.80	3.00		12.845	0.149	0.156	0.956	0.208	0.717	0.260	0.574	0.312	0.478	0.364	0.410	
11	14.300	24.00	20.00	252.80	128.80	128.80	6.20		22.587	0.306	0.153	1.997	0.205	1.497	0.256	1.198	0.307	0.998	0.358	0.856	
12	15.300	19.00	20.00	272.80	138.80	138.80	6.20		17.567	0.191	0.151	1.269	0.201	0.952	0.251	0.761	0.301	0.634	0.352	0.544	
13	16.300	43.00	20.00	292.80	148.80	148.80	6.20		30.000	1.036	0.148	7.002	0.197	5.251	0.247	4.201	0.296	3.501	0.345	3.001	
14	17.300	21.00	20.00	312.80	158.80	158.80	14.00		23.465	0.344	0.145	2.370	0.193	1.778	0.242	1.422	0.290	1.185	0.339	1.016	
15	18.300	28.00	20.00	332.80	168.80	168.80	14.00		28.351	0.764	0.142	5.371	0.190	4.028	0.237	3.223	0.285	2.686	0.332	2.302	
16	19.300	6.00	18.00	352.00	178.00	178.00	89.10														
17	20.300	6.00	18.00	370.00	186.00	186.00	89.10														



表4-2-4 No.3孔の液状化判定表

[illegible]

表4-2-4 No.4孔の液状化判定表

適用式	建築基礎構造設計指針式 (2001)
タイトル1	(仮称) 岡山総合医療センター新築に伴う地質調査業務委託
ボーリング名	No. 4
孔口標高 (m)	H=2.23
地下水位	GL-L15 (m)
PL (相対度)	1.315 (150.000gal ●) 4.284 (200.000gal ○) 6.235 (250.000gal ▲) 7.535 (300.000gal △) 8.464 (350.000gal ×)
マグニチュード	7.500
低減係数	0.015
計算対象範囲	地下水位以下深 (補正N値の上限を30とした)

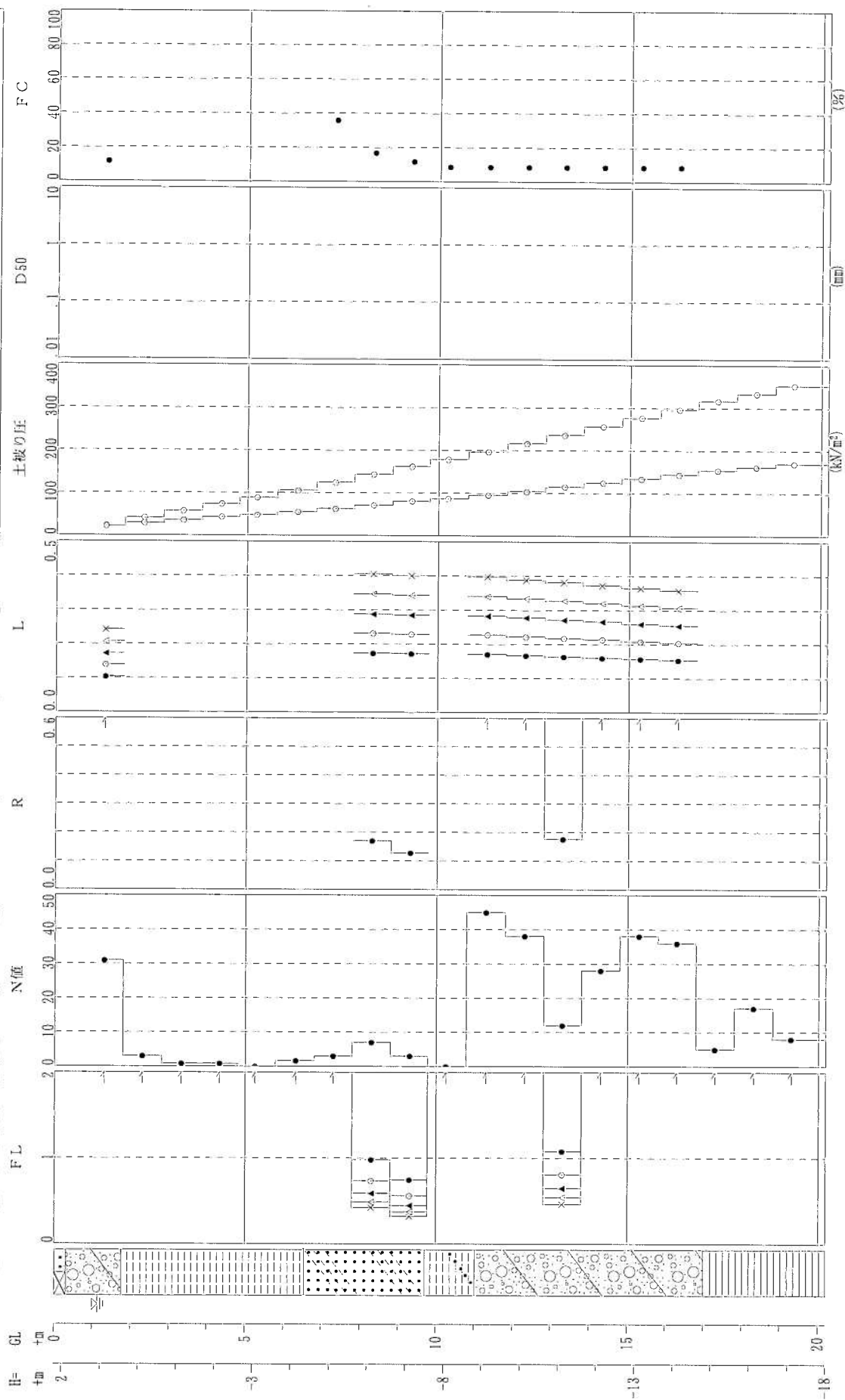


表4-2-6 No.6孔の液状化判定表

適用式		建築基礎構造設計指針式 (2001)																																
タイトル1		(仮称) 岡山総合医療センター新築に伴う地質調査業務委託																																
ボーリング名		No. 6																																
孔口標高 (m)		H=2.77																																
地下水位		GL-2.50 (m)																																
PL (加速度)		0.328 (150.000gal ●) 2.336 (200.000gal ○) 3.860 (250.000gal ▲) 5.212 (300.000gal △) 6.178 (350.000gal ×)																																
マグニチュード		7.500																																
低減係数		0.015																																
計算対象範囲		地下水位以下深 (補正N値の上限を30とした)																																
H=	GL		No計算深度 (m)	N 値 (回)	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	D50 (mm)	FC (%)	砂礫地盤 補正係数	補正N値	R	150.000 (gal)		200.000 (gal)		250.000 (gal)		300.000 (gal)		350.000 (gal)													
													L	FL	L	FL	L	FL	L	FL	L	FL												
													2	1	1.300	7.00	19.00	24.70	24.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
													2	2	2.300	3.00	19.00	43.70	43.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
													2	3	3.300	1.00	16.00	61.20	53.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
													2	4	4.250	0.00	16.00	76.40	58.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
													2	5	5.250	0.00	16.00	92.40	64.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
													2	6	6.250	0.00	16.00	108.40	70.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
													2	7	7.300	3.00	19.00	126.10	78.10	15.70	—	10.535	0.134	0.143	0.935	0.191	0.701	0.238	0.561	0.286	0.467	0.334	0.401	—
													2	8	8.250	0.00	16.00	142.80	85.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
													2	9	9.250	0.00	16.00	158.80	91.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
													2	10	10.250	0.00	16.00	174.80	97.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
													2	11	11.300	26.00	16.00	191.60	103.60	24.00	—	30.000	1.036	0.153	6.777	0.204	5.083	0.255	4.066	0.306	3.388	0.357	2.904	—
													2	12	12.300	47.00	20.00	211.20	113.20	2.50	—	30.000	1.036	0.151	6.841	0.202	5.131	0.252	4.105	0.303	3.421	0.353	2.932	—
													2	13	13.300	15.00	20.00	231.20	123.20	2.50	—	13.514	0.154	0.149	1.030	0.199	0.772	0.249	0.618	0.299	0.515	0.349	0.441	—
													2	14	14.300	48.00	20.00	251.20	133.20	2.50	—	30.000	1.036	0.147	7.027	0.197	5.270	0.246	4.216	0.295	3.513	0.344	3.011	—
													2	15	15.300	24.00	20.00	271.20	143.20	4.60	—	20.056	0.232	0.145	1.599	0.194	1.199	0.242	0.960	0.290	0.800	0.339	0.685	—
													2	16	16.300	46.00	20.00	291.20	153.20	4.60	—	30.000	1.036	0.143	7.248	0.190	5.436	0.238	4.349	0.286	3.624	0.333	3.106	—
													2	17	17.300	17.00	20.00	311.20	163.20	8.80	—	17.867	0.195	0.140	1.388	0.187	1.041	0.234	0.833	0.281	0.694	0.328	0.595	—
													2	18	18.300	11.00	20.00	331.20	173.20	8.80	—	12.918	0.150	0.138	1.085	0.184	0.814	0.230	0.651	0.276	0.542	0.322	0.465	—
2	19	19.300	13.00	18.00	349.20	181.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—													
2	20	20.300	7.00	18.00	367.20	189.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—													

### 4.3 支持層及び基礎形式について

#### (1) 支持層について

構造物の基礎は、一般に良質な支持層に支持させるものとされている。ここでいう良質な支持層とは、構造物の重要度や基礎に作用する荷重の規模等によっても異なり、一律に定められるものではないが、道路橋示方書では以下の事項を目安としている。

- ① 粘性土層は砂層に比べて大きな支持力が期待できず、沈下量も大きいため支持層とする際には、十分な検討が必要であるが、大略  $N$  値が 20 以上（一軸圧縮強度  $q_u$  が  $0.4\text{N/mm}^2$ ）程度以上）あれば良質な支持層と考えてよい。
- ② 砂層、砂礫層は大略  $N$  値が 30 以上あれば良質な支持層とみなしてよい。ただし、砂礫層では礫を打撃して、 $N$  値が過大に測定される傾向があるので、支持層の決定には十分な注意が必要である。

なお、 $N$  値から判断して良質な支持層と考えられる層でも、その層厚が薄い場合や、その下に相対的に弱い層あるいは圧密層がある場合には、支持力と沈下についてその影響を検討しなければならない。この良質な支持層としての必要な層厚は、荷重の規模によっても異なるが、基礎幅に比例して大きな層厚が必要となる。

（道路橋示方書・同解説 平成 14 年 3 月 社団法人 日本道路協会 P. 250）

以上のような支持層の目安に対し、調査地内の地盤は、前述のようにおおよそ GL-10m 前後までは、 $N=0\sim5$  前後の非常に軟弱な沖積粘土層や砂層 ( $A_c\sim A_s$ ) が分布しており、これ以深には  $N=20\sim40$  前後の比較的密に締まった沖積砂礫層が、厚さ 5~7m 前後の厚さで分布していることが明らかとなった。

その下位には  $N=5\sim10$  前後の洪積粘土層が、層さ 1~3m 前後で分布しているが、GL-22m 付近からは  $N>50$  の密に締まった洪積砂礫層が、厚層で分布しているのが確認された。

#### (2) 基礎工について

調査地内に計画されている、地上 8 階建てのような比較的規模の大きな建築物の支持層としては、前述の GL-10m 付近から分布する沖積砂礫層は、 $N$  値分布状況や下位に洪積粘土層が分布すること等からみて、信頼性が不足していると判断される。

これに対して、GL-22m 付近から分布する洪積砂礫層は、 $N>50$  と非常に密に締まっており、さらに厚層で分布することから、非常に良好な支持地盤と判断される。

この場合、支持層深度が GL-22m 以深と深いため、基礎工としては杭基礎となるが、建築物規模からみると、図 4-3-1 に示すように、杭の打設工法としては場所打ち杭工法が適当となるものと考えられる。

杭の先端深度としては  $N$  値分布状況から、支持地盤中に少なくとも 1m 程度貫入するとすれば、表 4-3-1 に示すように、No.1~No.3 付近では GL-23m 付近とやや浅いが、No.4~No.7 付近では GL-25m 付近と 2m 程度深くなっていることから、施工時において

は、一律に深い方の GL-25m 付近に設定することになると考えられる。この場合、基礎底盤位置を仮に GL-2.5m とすれば、杭長は 22.5m 程度となる。

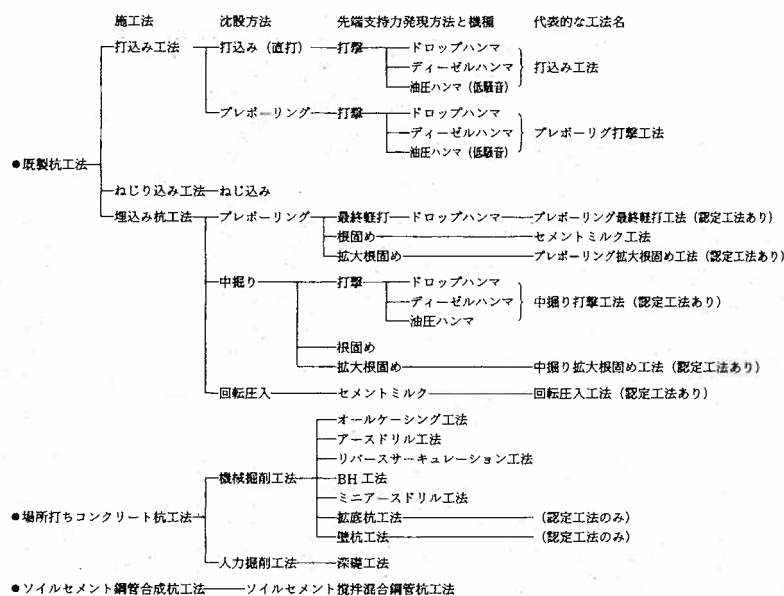


図 4-3-1 杭基礎の分類

(土質工学会「構造物基礎の設計計算演習」P. 59)

表 4-3-1 調査地点ごとの杭先端深度一覧表

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	備 考
基礎底盤深度 (GL-m)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	仮定
杭先端深度 (GL-m)	23.0	23.0	23.0	25.0	25.0	25.0	25.0	N>50の支持層に1m以上の貫入目標。
杭 長 (m)	20.5	20.5	20.5	22.5	22.5	22.5	22.5	
支持層根入れ厚さ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
杭先端平均 N 値	50	50	50	50	50	50	50	支持層に1m以上貫入の場合は先端N値を採用。N=50を上限。



#### 4.4 まとめ

調査地内には図 4-4-1 に示すように、沖積層の粘土・砂・砂礫層、および洪積層の粘土・砂・砂礫層が互層をなして、ほぼ水平に分布している。

このうち GL-10 数m付近までに分布する、沖積粘土層と砂層とは、 $N$ 値が 0~5 程度で、非常に軟弱であるが、その下位の沖積砂礫層については、 $N$ 値が 20~40 前後と比較的締まっており、比較的規模の小さい建築物としては、充分支持地盤としてなり得ると考えられる。

しかし、沖積砂礫層の下位には、 $N$ 値 10~20 程度の洪積粘土層が、数mの厚さで分布することから、規模の比較的大きな建築物の支持地盤としては、信頼性に欠けることになる。

したがって、調査地内に計画されているような建築物の支持地盤としては、GL-22m 付近から分布する  $N$ 値 50 以上の洪積砂礫層が適当と判断される。

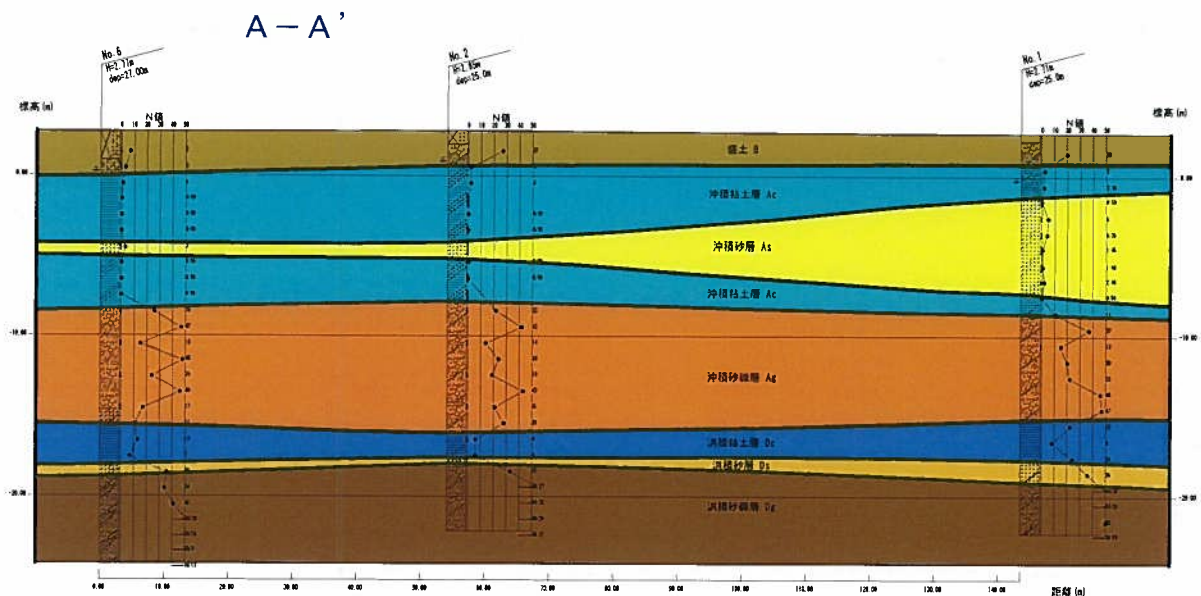


図 4-4-1 模式地質断面図

この場合、支持地盤深度が深いことから、基礎工としては杭基礎となり、建築物の規模から考慮すれば、場所打ち杭が適当と判断される。その杭先端位置としては、支持地盤の分布深度のばらつきからみて、杭先端を支持地盤中に 1 m 以上根入れするとすれば一律に GL-25.5m 付近になると考えられ、洪積砂礫層は密に締まっているため、充分な許容支持力が得られるものと考えられる。

ただし、地表付近に分布する沖積砂層については、強い地震動に対して液状化する可能性が高いと考えられることから、土質定数の低減など、液状化対策が必要となるものと判断される。

さらに、耐震上の基盤としては、S 波速度が 400m/s を越える GL-20~22m 付近より分布する洪積砂礫層が対象となり、地盤の分類としては、卓越周期が 0.53~0.63 秒程度



の第Ⅱ種地盤に分類されることから、この分類に応じて、計画建築物の耐震設計を実施する必要があるものと考えられる。

※※※ 以 上 ※※※