

# 那覇市新那覇市立病院設計業務に伴う地質調査

報告書

【地盤調査編】

令和2年5月

**OYO** 応用地質株式会社



## 目次

1. 業務概要	1
2. 調査地周辺の地形・地質概要	5
3. 調査方法	9
3.1 磁気探査	9
3.2 機械ボーリング	11
3.3 標準貫入試験	14
3.4 孔内水平載荷試験	16
3.5 現場透水試験	23
3.6 試料採取	25
3.7 室内土質試験	26
3.8 弾性波速度検層(PS 検層)	27
3.9 常時微動測定	32
4. 調査結果	35
4.1 磁気探査	36
4.2 機械ボーリング	39
4.3 標準貫入試験	41
4.4 孔内水平載荷試験	55
4.5 現場透水試験	58
4.6 室内土質試験	59
4.7 弾性波速度検層(PS検層)	68
4.8 常時微動測定	73
5. 総合考察	85
5.1 基礎工法の検討	85
5.2 砂の液状化の判定	88
5.3 地盤種別の判定	89
5.4 支持層コンター図の作成	91

**【巻末資料】**

- 地質柱状図
- 孔内水平載荷試験データシート
- 現場透水試験データシート
- 室内土質試験データシート
- 磁気探査報告書
- 現場写真集

## 1. 業務概要

### 1) 業務目的

本業務は、新那覇市立病院の建設に先立ち、計画地の地盤構成、地盤特性を把握し、設計・施工に必要な基礎資料を得ることを目的とした。

### 2) 業務件名

那覇市新那覇市立病院設計業務に伴う地盤調査

### 3) 業務場所

沖縄県那覇市古島 2 丁目 31-1 (図 1.1 調査地案内図 図 1.2 調査地点位置図)

### 4) 業務期間

自) 令和 2 年 2 月 25 日 至) 令和 2 年 5 月 29 日

### 5) 業務内容

・ 磁気探査	水平探査	8.0m <sup>2</sup>
	鉛直探査	55.0m
・ 機械ボーリング		8 箇所 延べ 110.0m
・ 標準貫入試験		93 回
・ 孔内水平載荷試験		2 回
・ 現場透水試験		1 回
・ 免振調査	弾性波速度検層 (PS 検層)	17.0m
	常時微動測定	1 回
・ 室内土質試験		1 式
・ 総合考察		1 式
・ 模擬地震波の作成		1 式
・ 成果品の作成		1 式

※表 1.1 に詳細数量を示す。

### 6) 調査担当

応用地質株式会社 沖縄営業所

住所：沖縄県那覇市久米 1-24-13 ミネビル 3 階

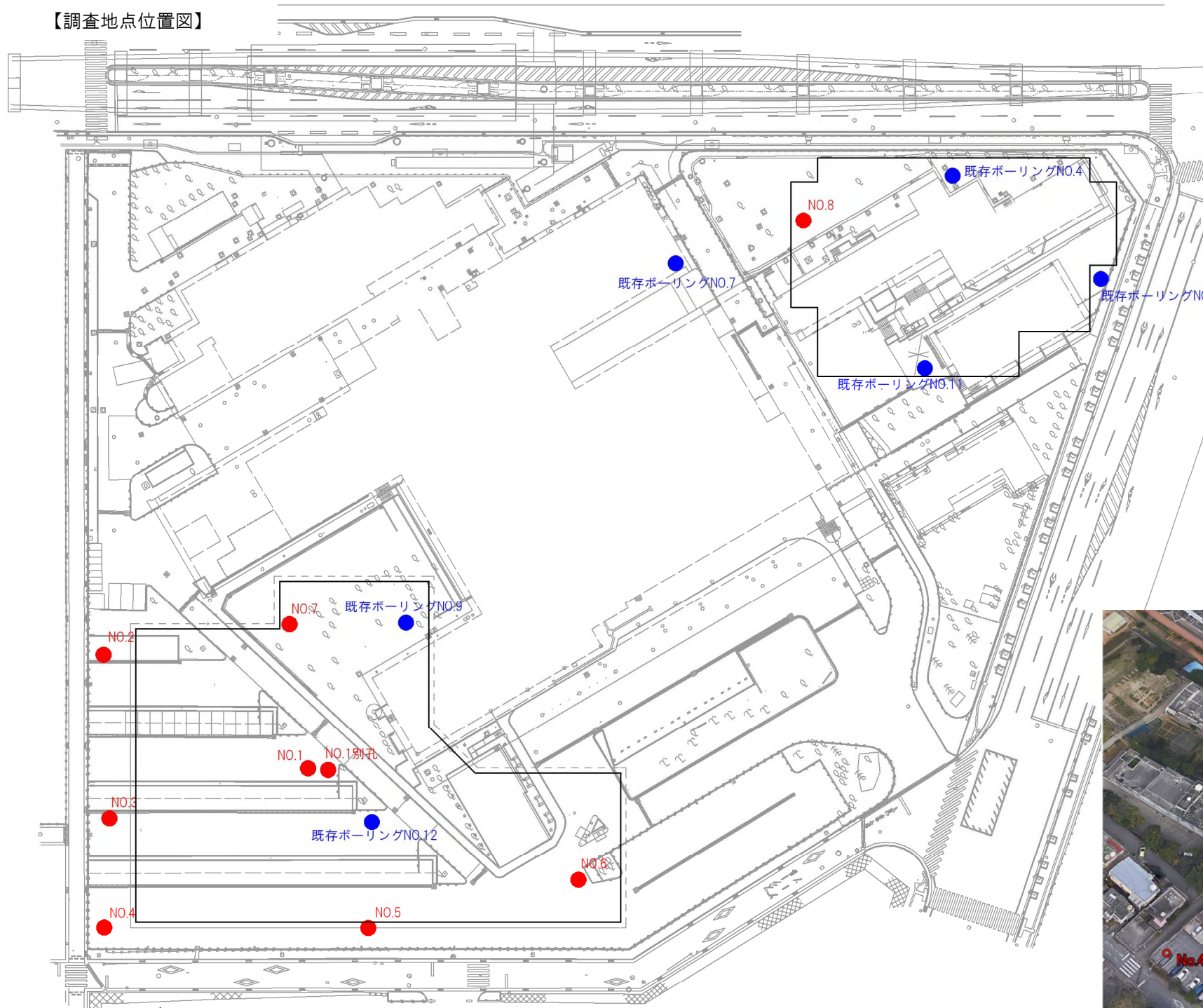
TEL 098-860-1824 FAX 098-860-1825

担当技術者 横田 幸治



図 1.1 調査地案内図  
 (国土地理院 電子 Web)

【調査地点位置図】



● : ボーリング地点  
● : 既存ボーリング地点

【ボーリング地点一覧】

地点	座標		緯度経度		地盤高 T.P(m)	調査深度 (m)
	X	Y	緯度	経度		
No.1	25127.134	20899.633	261336.0145	1274233.0273	40.09	11.00
No.2	25167.832	20883.212	261337.3379	1274232.4380	37.55	11.00
No.3	25143.289	20864.786	261336.5413	1274231.7727	42.55	13.00
No.4	25127.973	20851.167	261336.0443	1274231.2811	45.24	13.00
No.5	25096.757	20889.607	261335.0279	1274232.6643	45.24	9.00
No.6	25078.996	20925.938	261334.4488	1274233.9723	44.32	6.00
No.7	25150.335	20913.944	261336.7677	1274233.5442	41.32	15.00
No.8	25148.506	21036.436	261336.7018	1274237.9596	39.67	15.00



図 1.2 調査地点位置図

表 1.1 調査数量表

項目	単位	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 7別孔	No. 8	合計
①機械ボーリング	φ86mm 粘土	3.0							8.9		11.9
	φ86mm 固結粘土	14.0							2.1		16.1
	φ66mm 粘土		3.6	2.8	1.8	0.6	0.8	8.9		6.5	25.0
	φ66mm 固結粘土		7.4	10.2	11.2	8.4	5.2	6.1		8.5	57.0
<b>合計</b>	<b>m</b>	<b>17.0</b>	<b>11.0</b>	<b>13.0</b>	<b>13.0</b>	<b>9.0</b>	<b>6.0</b>	<b>15.0</b>	<b>11.0</b>	<b>15.0</b>	<b>110.0</b>
②サウンディング	標準貫入試験 粘性土	3	6	2	1			8		6	26
	標準貫入試験 固結粘土	8	5	11	12	9	6	7		9	67
<b>合計</b>	<b>回</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>93</b>
③サンプリング	トリプル								4		4
④磁気探査	探査孔掘進	7.0	8.0	6.0	5.0	5.0	4.0	13.0		11.0	59
	水平探査	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		1.0	8.0
	鉛直探査	6.5	7.5	5.5	4.5	4.5	3.5	12.5		10.5	55.0
⑤原位置試験	現場透水試験								1		1
	孔内水平載荷試験								2		2
⑥免震調査	密度・キヤリパー検層	0									0
	PS検層	17									17
	常時微動測定	1									1
⑦室内土質試験	土粒子の密度試験			1					4		5
	粒度試験			1					4		5
	含水比試験			1					4		5
	液性・塑性限界試験								4		4
	湿潤密度								4		4
	三軸圧縮試験 (UU)								4		4
	圧密試験								4		4
動的変形試験								3		3	



## 2. 調査地周辺の地形・地質概要

### (1) 地形概要

調査地的那覇市立病院は、沖縄県庁の北東約 3.4km に位置し、沖縄本島南部にある。図 2.1 に調査地周辺の地形区分図を示す。

調査地がある沖縄本島南部地域は、比較的均一な地形、すなわち低平な丘陵、台地・段丘が主体を占める典型的な低島の地形を呈している。主体をなす丘陵、台地・段丘は南部地域の約 40% を占める。今回の調査地は、このうち図 2.1 に示すように丘陵部および丘陵上を刻む浅谷に位置している。

台地・段丘部は、丘陵より地形的に高い位置にあり、島尻層群を基盤にして、それを覆う琉球石灰岩から構成される。

一方、調査地のある丘陵部は、数 10m の比高をもつ小起伏の波浪状地形を呈し、台地より標高が低いのが特徴である。丘陵部の多くは、琉球石灰岩層が剥離浸食され、島尻層の泥岩が露出したものであるから、地形的には台地より低く位置する。

また、今回の調査地は、浅谷に位置しており、丘陵部から島尻層泥岩が谷状に分布していると見られる。

### (2) 地質概要

調査地周辺では、第三紀の島尻層群を基盤とし、それを覆うように第四紀の琉球石灰岩層が分布している。図 2.2 に調査地周辺の表層地質図を示す。

今回の調査地は丘陵部にあり、前述するように表層の琉球石灰岩は剥離浸食され、島尻層群泥岩が露出している。

島尻層群は、沖縄本島中南部に広く分布し、その延長は、北は奄美諸島喜界島、南は宮古島や八重山諸島波照間まで南北 700~800km の範囲とその周辺の海底下にまで広く分布している地層で、厚い泥岩を主体とし、上部と下部には砂岩が何枚もはさまれており、また、薄い凝灰岩が多数挟まれている。これらはすべて海成層でウニやサンゴ等の大型化石からプランクトン、花粉等の微化石を多く含んでいる。全体の層厚は、2,000m に達すると言われており、南側に厚くなる傾向がある。また、全体に良く固結しており、N 値は一般的に 50 以上を示す。しかし、地表面に近い黄褐色風化帯や断層破碎帯に沿っては軟弱化しており、N 値も 50 以下を示す。

周辺の台地・段丘部に分布する琉球石灰岩層は、島尻層群を不整合におおって分布するもので、表面は赤褐色粘土質土壌に覆われるところが多いが、海底下では赤褐色粘土又は、沖積層、現世サンゴ礁堆積物に覆われる。この石灰岩は、第四紀更新世早~中期に形成された「琉球サンゴ海」のサンゴ礁堆積物とその後の地殻変動によって隆起台地化したものである。このため、石灰岩を構成するものはサンゴ礁を構成する生物群の石灰質遺骸からなり、わずかに陸源の砂・礫などを含むことがある。

石灰岩の一般的層厚は 30~50m で、最も厚いところは 100m 以上に達する。

琉球石灰岩を構成する化石群は各層準に特有な組み合わせが認められる、その主要なものは、下位から碎屑性泥質石灰岩、碎屑性礫質石灰岩、有孔虫を主体とした砂質石灰岩、石灰藻球石灰岩、サンゴ石灰岩などが累重している。

表 2.1 に調査地周辺の地質層序表を示す。

表 2.1 調査地周辺の地質層序表

時代	柱状図	表層地質区分	岩相・構造	地形	土壌
第四紀 完新世		現世サンゴ礁堆積物	サンゴを主体とする固結・礫状部及び礁池の部分の粘土・シルト・砂・礫を主体とする軟弱部あり。	サンゴ礁地形	土壌化せず
		新期砂丘砂層	石灰質砂層（未固結）、埋没腐植土はさむ。	砂丘	砂質・未熟土
		沖積層	暗灰～暗褐色泥・砂礫、サンゴ片などの海成化石含む。（未固結強軟）	沖積低地	灰色低地土壌（沖積土壌）
第四紀 更新世 新世		段丘石灰岩	褐色粘土質土砂質石灰岩（粟石）固結し、層理発達。分布は南東側高く、北西側低い。	段丘（中位～低位段丘）（標高60～5m）	褐色土壌（黄褐色土）
		赤褐色土	島尻マージ、台地上の石灰岩をおおう。厚い部分もある。	石灰岩台地（中位段丘）	赤褐色～黄褐色粘土質土壌（島尻マージ）
		琉球石灰岩 国頭礫層	表層数m、最大10m再結晶作用で固結化。下部は、層理発達し、砂礫状部主体、固結部と砂礫状未固結部との互層あり。	（断層によって切られた断層崖が発達し、ブロック化）	
		知念砂岩層	石灰質砂層	地形面なし	
第三紀 鮮新世		島新里層	砂岩（未固結～半固結）と泥岩（固結）の互層、凝灰岩はさむ。	小起伏丘陵面	灰色台地土壌
第三紀 中新世		尻層	厚い泥岩と薄い砂岩と凝灰岩はさむ。	及び急傾斜面	（一部赤褐色土）
		群豊見城層	小礫砂岩層（未固結）が上部に分布、下部泥岩（固結）。		（ジャーガル）

今回の調査地に分布する層



図 2.1 地形分類図 沖繩本島中南部 国土調査 沖繩県  
(土地分類基本調査 沖繩本島中南部 国土調査 沖繩県)

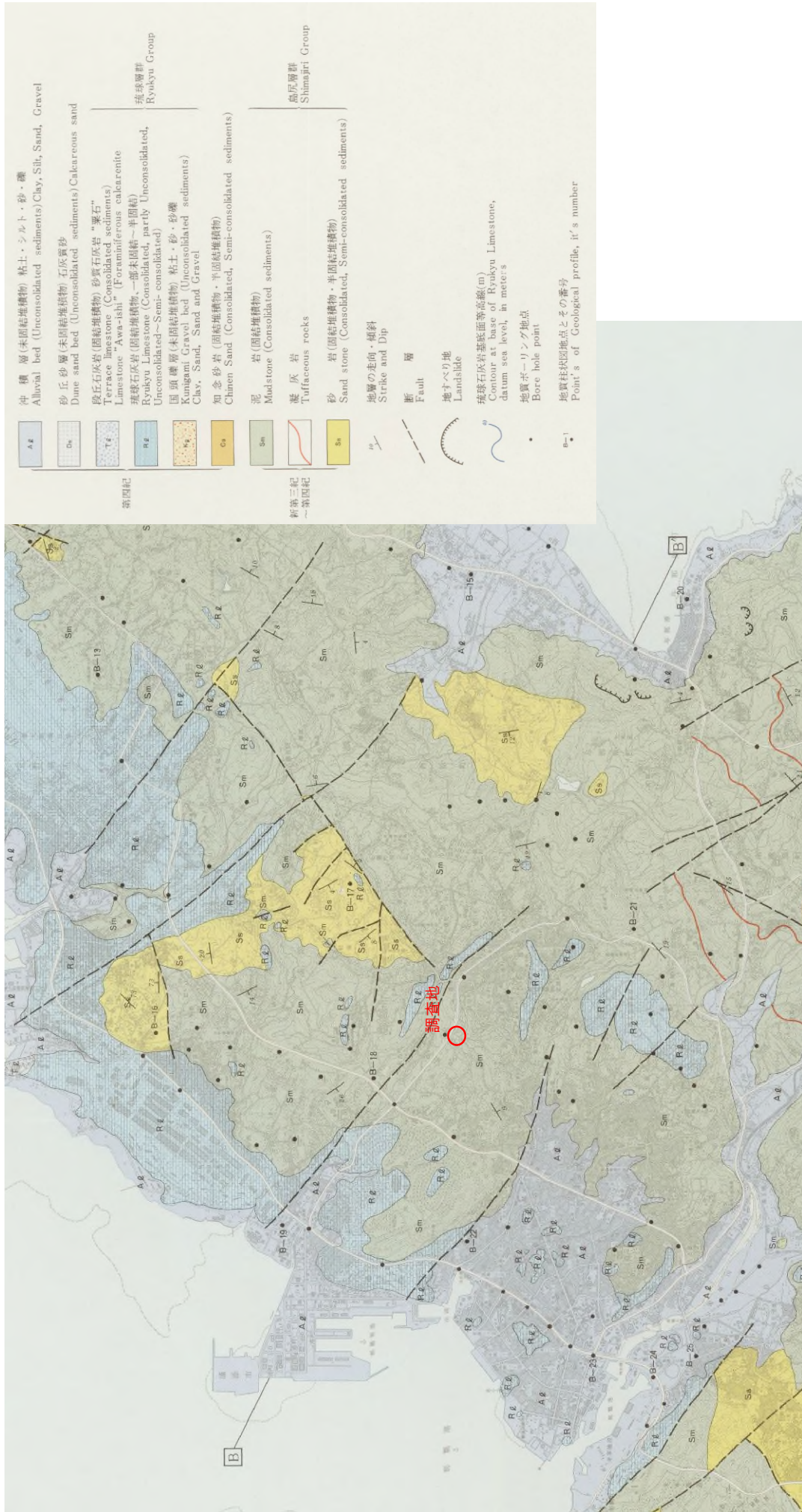


図 2.2 表層地質図  
(土地分類基本調査 沖縄本島中南部・国土調査 沖縄県)

### 3. 調査方法

#### 3.1 磁気探査

##### (1)目的

磁気探査はボーリング地点における不発弾等の危険物の有無を確認することを目的として実施した。

##### (2)調査方法

測定器の仕様、測定概要図を表 3.1.1、図 3.1.1、図 3.1.2 に示す。

今回磁気探査は、ボーリング地点で掘進前に水平探査（1m<sup>2</sup>）を実施し、異常がないことを確認し、掘進を開始した。掘進後は 0.3~0.5mピッチに鉛直探査を実施した。なお、鉛直探査の実施深度は、N 値による貫入深度計算により 250kg 爆弾の貫入深さまでとした。

表 3.1.1 磁気探査器使用一覧表

(1) 両コイル型磁気傾度計 (小型センサー)	_____	1 式
全長	1,400mm	
直径	35mm	
重量	6kg	
(2) ユニコーダー (U-329)	_____	1 式
記録方式	自動平衡自記記録方式	
チャンネル数	3チャンネル	
記録紙速度	10~60 cm/min.	
電源	100V	
寸法・重量	430W×410D×170H (mm)	
	約11.0kg	
NU4型増幅器		
入力	平衡バランス型	
利得	34 db	
フィルター	12db/oct ローパスフィルター	
インバーター	(DA-130SE)	
出力	AC 100V, 50/60Hz MAX 130W	
バッテリー	(直流12V)	
容量	70AH	
(3) マグネチックロケーター	_____	1 式
型式	(GA-52Cx)	
出力	感度(4段階切替)音量調節	
電源	9V×2	
重量	1.08kg	

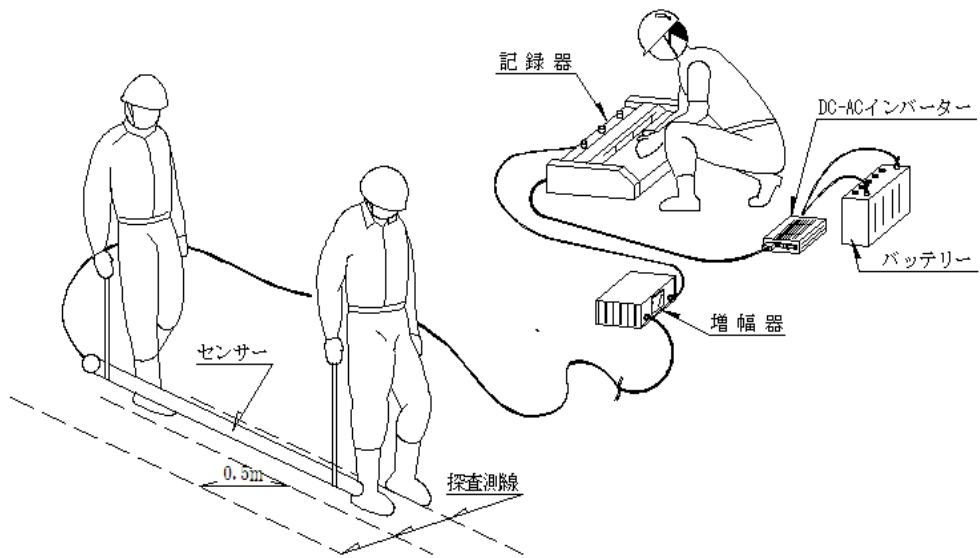


図 3.1.1 水平磁気探査測定概要図

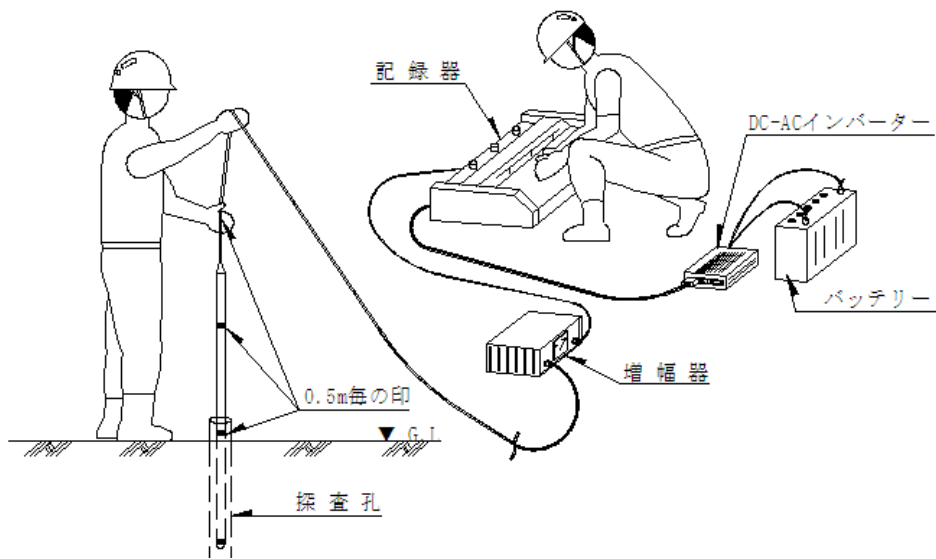


図 3.1.2 鉛直磁気探査測定概要図

## 3.2 機械ボーリング

### (1)目的

機械ボーリングは、調査地の土質構成、地下水位状況等を把握するとともに、サウンディング、原位置試験を実施することを目的として実施した。

### (2)調査方法

#### 1)位置出し測量

ボーリング地点の地盤高ならびに位置座標は、GPSにより求めた。表 2.2.1 に使用機器を示す。

表 3.2.1 主要機器一覧表（測量機器）

#### ■ VRS-RTK-GPS 測量使用機器

機種・機械番号	本体	ニコン・トリンプル 5800	機械番号	4744140846
	アンテナ	TRM5800(5800/Trimble R8)		



## 2) 資材運搬・仮設

ボーリング調査資材は、トラックにて現地まで運搬した後、各地点までは特装車により運搬した。図 3.2.1 にボーリングマシンの概要図を示す。

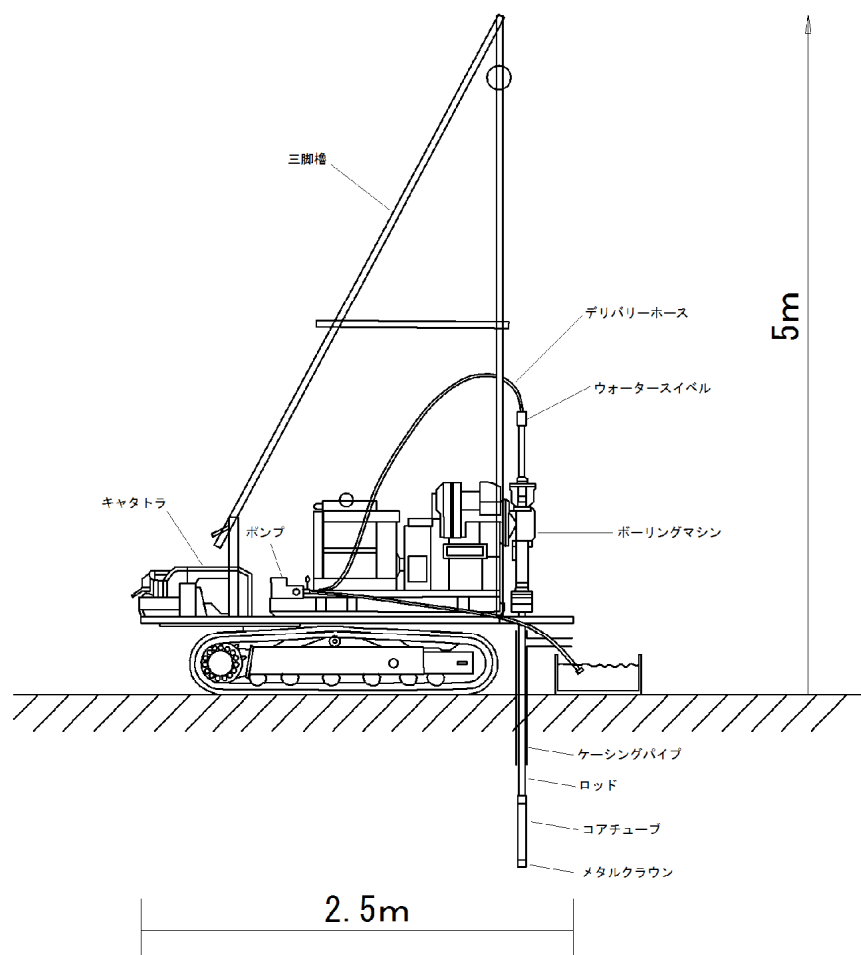


図 3.2.1 ボーリングマシン概要図 (特装車搭載)

## 3) 給水設備

ボーリングに使用する掘削用水は、調査地周辺までトラックにて運搬し、動噴ポンプおよびホースにより給水した。



#### 4)ボーリング掘削方法

本調査では、掘削回転式スピンドル型ボーリング機械を用いた。この機械は、穿孔装置(スイベルヘッド)、巻上機、変速装置、ポンプ及び原動機の 5 つの部分から構成されている。掘削は、原動機で発生した回転運動を、伝動装置を経てスイベルヘッドに伝え、それに連結されたボーリングロッドの先端に取り付けられたビットに回転、給圧及び進退運動を伝えて行うものである。

#### 5)地下水位

孔内水位は毎日作業開始前に測定した。地下水が認められた場合は、ボーリング終了後に水位の安定を待って水位を測定した。

#### 6)ボーリング掘止

ボーリングの掘止は、支持層と判断される層 ( $N \geq 50$  が 5m以上) が確認された時点とした。(最大 N 値 60)

#### 7)調査孔閉塞

調査終了後のボーリング孔は、砂利、発生土より閉塞し、簡易舗装により復旧した。

### 3.3 標準貫入試験

#### (1)目的

標準貫入試験は、地層の硬軟、締まり具合を評価する「N 値」を把握するとともに、乱した試料の目視による土質確認を目的として実施した。

#### (2)調査方法

標準貫入試験は、JIS A 1219 に準備より行い、測定は 1m 毎および地層変化毎に実施した。試験は、ハンマー（重量 63.5kg）を 76cm の高さからアンビルに自由落下させ、SPT サンプラーを、ロッドを介して打撃し、地盤に SPT サンプラーを 30cm 貫入させるのに要する打撃回数を記録した。また、本打ち（本試験）30cm の前に予備打ち 15cm を行った。サンプラーにより採取された代表的な土質のサンプルを標本箱に整理した。

試験概要図を図 3.3.1、試験機器の一般図を図 3.3.2 に示し、標準貫入試験方法の概要を以下に述べる。

- ① 試験位置まで掘削し、孔底のスライムを排除する。
- ② SPT サンプラーをロッドを介して、静かに孔底に降ろす。
- ③ ロッド上部にアンビル（打撃部）とガイド用ロッドを取り付ける。
- ④ ハンマーの打撃により 15cm の予備打ち、半自動落下装置を使用した 30cm の本打ちを行う。
- ⑤ 本打ちでは貫入量 10cm 毎の打撃数を記録する。これは、途中で地層が変化した場合の値が確認で出来るようにするためである。本打ちの打撃数は、50 回を上限とする。
- ⑥ 打撃終了後、SPT サンプラーを引き上げ、スプリットバレルを二つに割り、採取された試料を観察する。
- ⑦ 観察終了後、代表的な土質のサンプルをサンプルビンに詰め、標本箱に整理する。

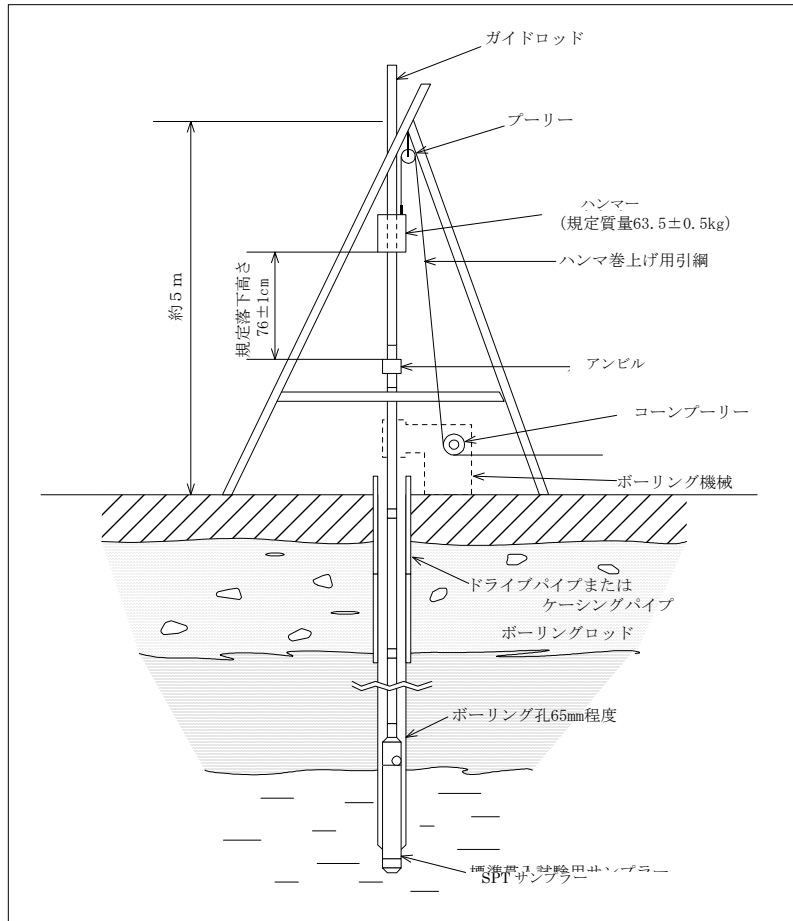


図 3.3.1 標準貫入試験概要図

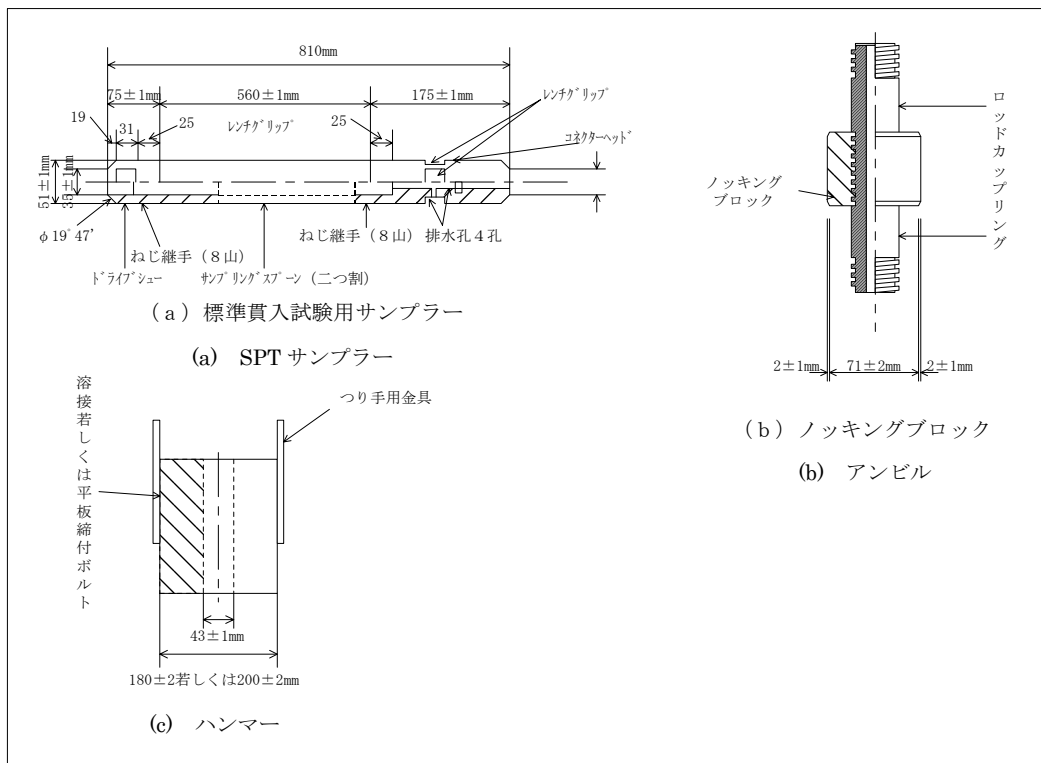


図 3.3.2 標準貫入試験機器一般図

### 3.4 孔内水平載荷試験

#### (1)目的

孔内水平載荷試験は、地盤の変形特性を把握すること目的として実施した。

#### (2)調査方法

孔内水平載荷試験は、軟質な盛土部と比較的硬質な泥岩部で実施した。

試験は、盛土部は地盤工学会基準 JGS1531-2012「地盤の指標値を求めるためのプレッシャーメーター試験」(LLT)、泥岩部は地盤工学会基準 JGS3531-2012「地盤の物性を評価するためのプレッシャーメーター試験」(エラスト)にて実施した。

#### 1)地盤の指標値を求めるためのプレッシャーメータ試験

##### ①試験方法

「地盤の指標値を求めるためのプレッシャーメータ試験」は、AutoLLT2 (Lateral Load Tester 応用計測サービス(株)製：最大加圧能力  $2.45\text{MN/m}^2=25\text{kgf/cm}^2$ ) を用いた。

AutoLLT2 は、圧力-容積計 (タンク)、ゾンデ (載荷部)、ガスボンベ (給圧部) と各部を連結するナイロンチューブから構成される (図 3.4.1 孔内水平載荷試験装置の概要)。

試験は、急速載荷 (時間制御) で行い、加圧後 15,30,60 秒にタンクに設置されているスタンドパイプの水位を読み、セル圧 (ゾンデ圧) を記録した。1 段階の載荷は 60 秒で終了し、直ちに次の加圧段階に入った。

試験は、明らかに地盤が破壊状態に至るか、または、タンク内の水が全て注入された時点で終了となる。今回の試験では、載荷途中で破壊に至ったと判断されたため、その時点で試験を終了した。

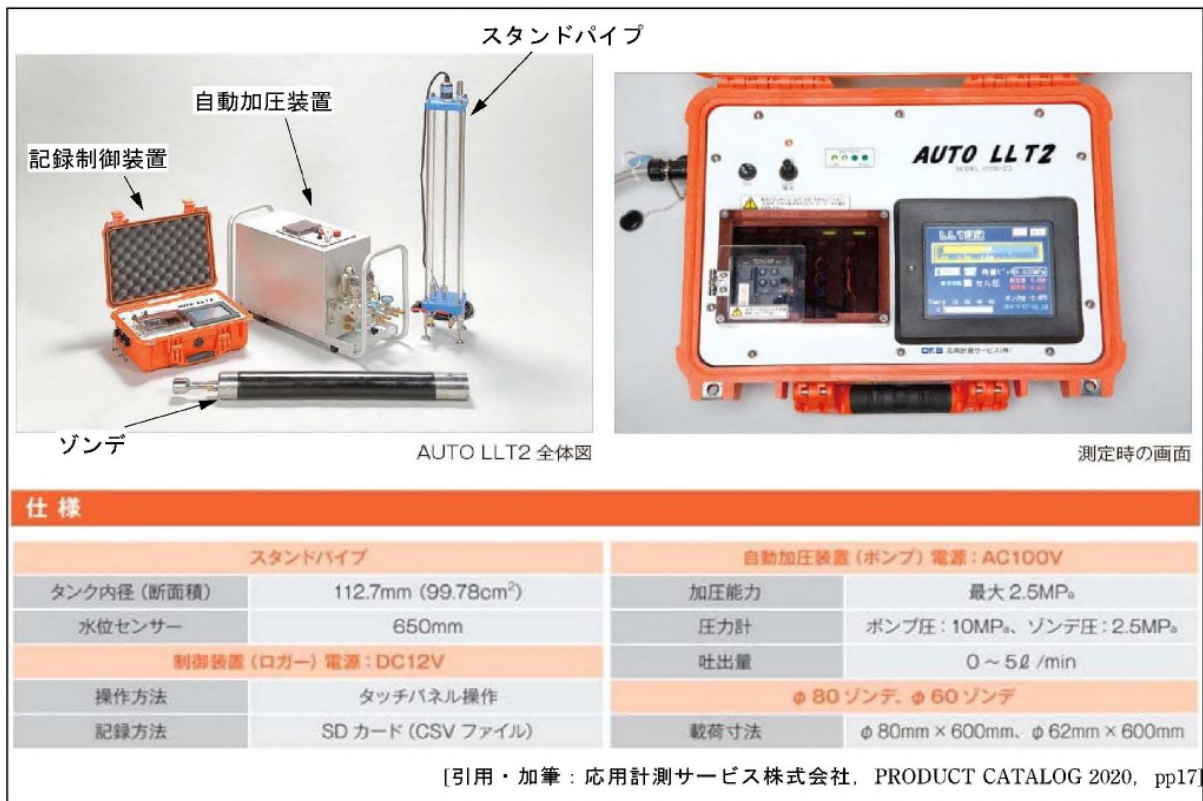


図 3.4.1(1) AutoLLT2 の概要

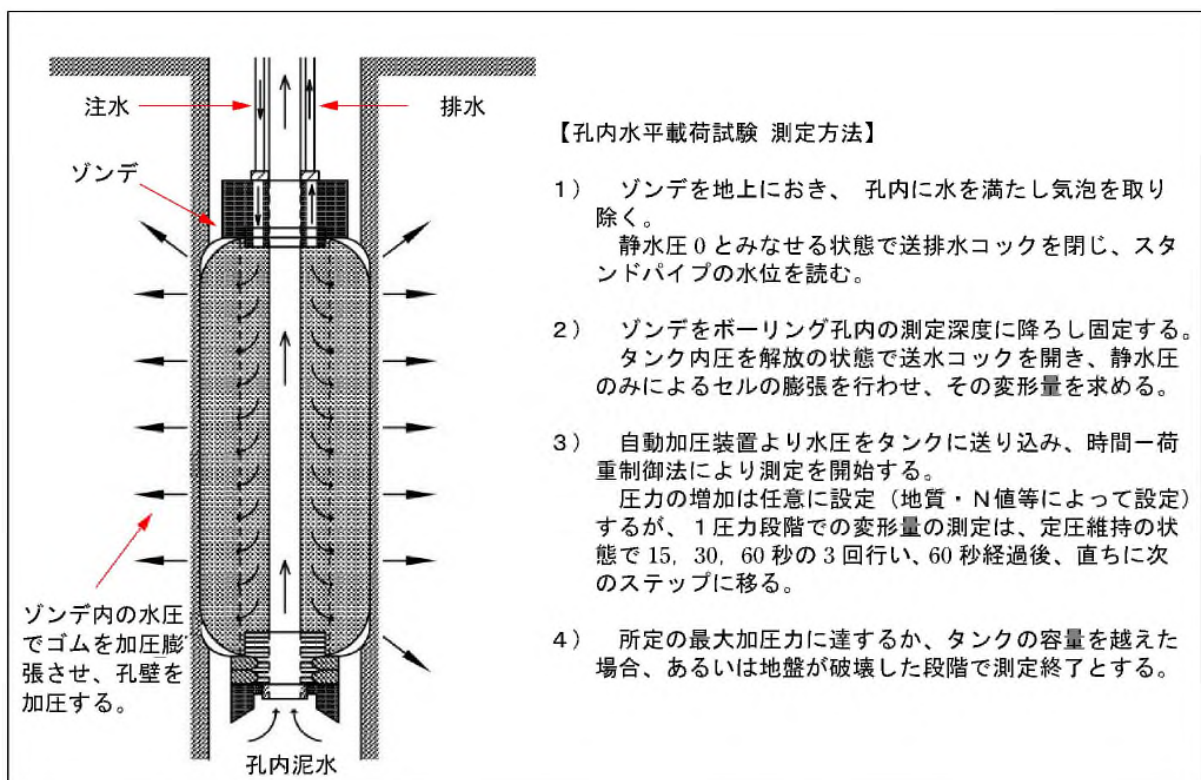


図 3.4.1(2) 孔内水平載荷試験の概要

## ②解析方法

図 3.4.2 に孔内水平載荷試験結果の一例を示す。試験結果は、[載荷圧力  $P_e$ ~半径  $r$  曲線] および[載荷圧力  $P_e$ ~変形速度  $\Delta H$  曲線]の関係図に整理し、測定  $K$  値 ( $K_m$ ) は、初期半径 ( $r_0$ ) 以降の疑似弾性領域、すなわち  $P_e$ - $r$  曲線がほぼ直線をなす部分の勾配として次式により算出される。

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

ここに、 $\Delta P$  : 降伏圧と静止土圧の差

$\Delta r$  : 静止土圧時から降伏時の変形量

また、変形係数  $E_m$  は弾性論から 2 次元変形問題として取扱われる。

すなわち応力は酸性領域内にあり、半径方向の面に関して平面歪の条件が満たされると仮定し、次式で表される。

$$E_m = (1 + \nu) \cdot r_m \cdot K_m$$

ここに、 $r_m$  :  $K_m$  を求めた中間半径

$\nu$  : ポアソン比 (一般的に  $\nu = 0.3$ )

$K_m$  : 測定  $K$  値

なお、ポアソン比は軟弱地盤においては 0.3~0.5 程度と考えられるが、一般的には  $\nu = 0.3$  と仮定して用いることが多い。したがって、今回実施する孔内水平載荷試験結果の整理にあたっては「ポアソン比  $\nu = 0.3$ 」を用いて解析を行った。

その他、地盤の力学的特性 (静止土圧  $P_0$ 、降伏圧  $P_y$ 、破壊圧  $P_L$ ) は、 $P_e$ - $r$  曲線、 $P_e$ - $\Delta H$  曲線の形状から決定され、降伏圧  $P_y$ 、破壊圧  $P_L$  は次式で表される。

$$P_y = P_y' - P_0$$

$$P_L = P_L' - P_0$$

ここに、 $P_0$  : 静止土圧

$P_y'$  : 降伏圧

$P_L'$  : 破壊圧

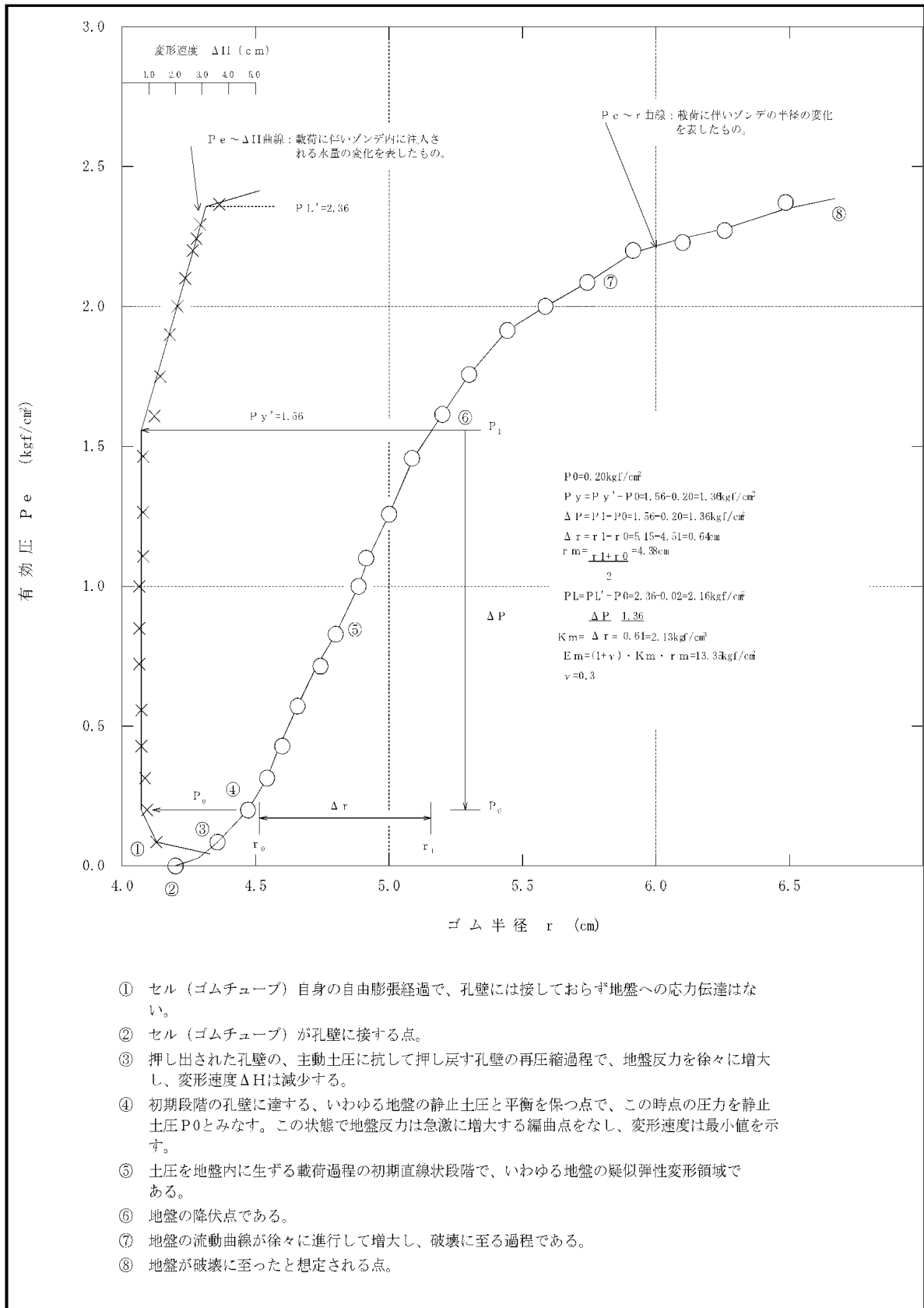


図 3.4.2 孔内水平載荷試験データ整理図

- ① セル（ゴムチューブ）自身の自由膨張経過で、孔壁には接しておらず地盤への応力伝達はない。
- ② セル（ゴムチューブ）が孔壁に接する点。
- ③ 押し出された孔壁の、主動土圧に抗して押し戻す孔壁の再圧縮過程で、地盤反力を徐々に増大し、変形速度  $\Delta H$  は減少する。
- ④ 初期段階の孔壁に達する、いわゆる地盤の静止土圧と平衡を保つ点で、この時点の圧力を静止土圧  $P_0$  とみなす。この状態で地盤反力は急激に増大する編曲点をなし、変形速度は最小値を示す。
- ⑤ 土圧を地盤内に生ずる載荷過程の初期直線状段階で、いわゆる地盤の疑似弾性変形領域である。
- ⑥ 地盤の降伏点である。
- ⑦ 地盤の流動曲線が徐々に進行して増大し、破壊に至る過程である。
- ⑧ 地盤が破壊に至ったと想定される点。

## 2) 地盤の物性を評価するためのプレッシャーメーター試験

### ① 試験方法

「地盤の指標値を求めるためのプレッシャーメーター試験」は、エラストメーター2（応用地質（株）製：最大載荷圧力 20MPa）を用いた。

エラストメーター2は、データロガー、ハンドポンプ、コントロールケーブルおよびゾンデで構成される。（図 3.4.3 エラストメーター2 装置の概要）

試験は、円筒チューブを流体で膨張させ、ボーリング孔壁を全方向に一様に加圧し、その時のゴムチューブの内径変化を直接測定することにより、孔壁の変位をとらえる。

試験は、明らかに破壊に至るか、または最大載荷圧力の 20MPa まで載荷した時点で終了となる。今回は、最大載荷圧力に達するまえに破壊が確認されたため、その時点で試験を終了した。

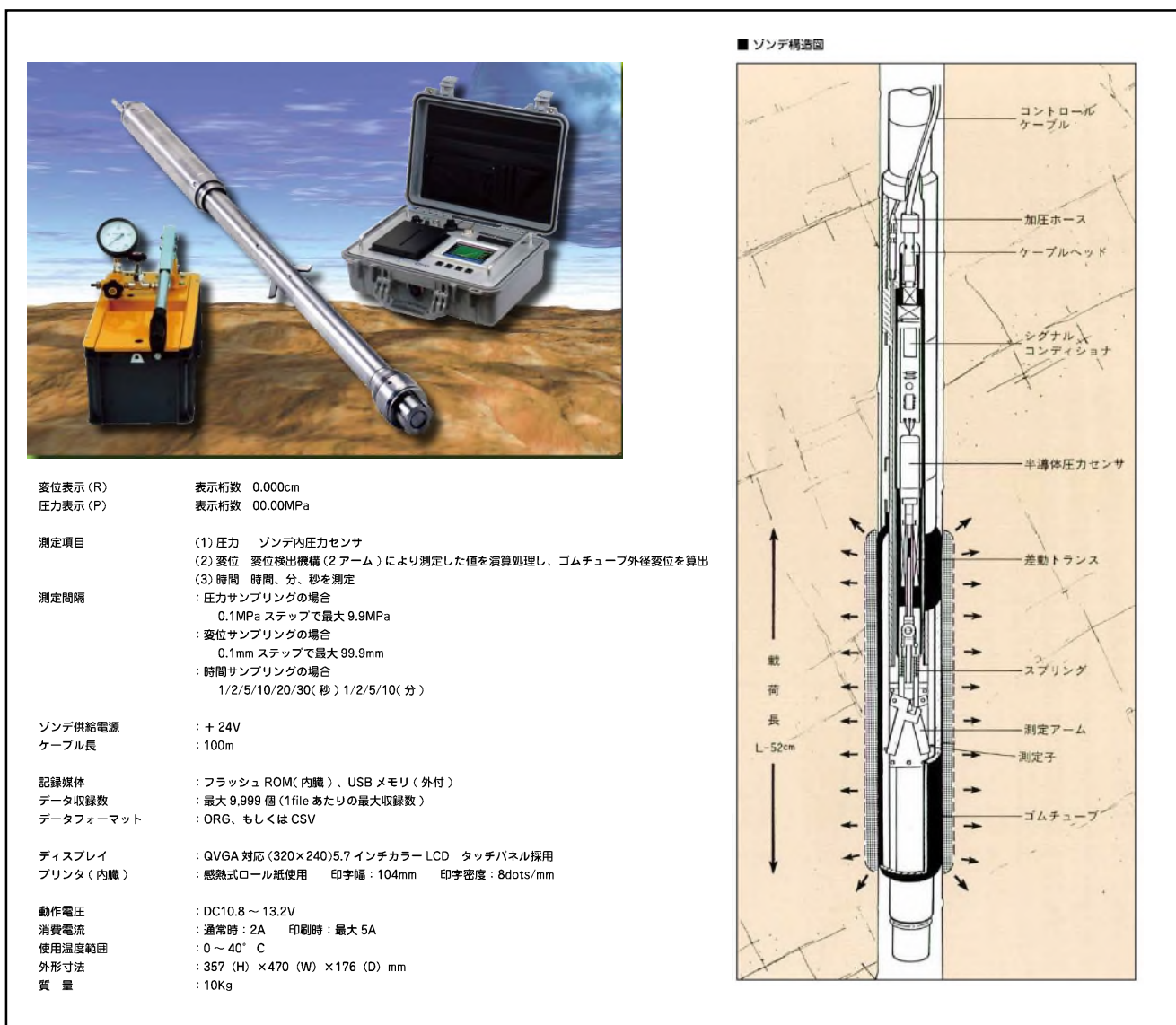


図 3.4.3 エラストメーター2 装置の概要



### 【試験手順】

試験は次のような手順で行った。

- ①ゾンデをボーリングロッドを用いて、試験深度まで降下させる。
- ②ゾンデを試験深度に固定したのち、加圧ポンプにより送水し、ゴムパッカーを膨張させる。
- ③設定した载荷パターン、载荷速度で载荷する。
- ④このとき、载荷圧力はゾンデ内部の圧力センサーによって、半径変位はゾンデ内部の変位計により検出され、コントロールケーブルを介して地上のデータローガーに送られてくる。
- ⑤この载荷圧力と半径変位のデータをデータローガーによりモニターすると同時に、マイクロフロッピーディスクに収録する。

### ②解析方法

得られた载荷圧力～半径曲線より、k 値および変形係数を算出した。解析にあたっては、無限媒質中の円孔周辺の応力状態を平面ひずみ条件で考え、k 値および変形係数は次式で求めた。図 3.4.4 に解析模式図を示す。

$$Db = (1 + \nu) \cdot r_m \cdot \Delta P / \Delta r$$

$$Eb = (1 + \nu) \cdot r_m \cdot \Delta P / \Delta r$$

Db	: 岩盤の変形係数	$\Delta r$	: 勾配を求める区間の半径増分
Eb	: 岩盤の弾性係数	$\nu$	: 岩盤のポアソン比 (仮定する)
$\Delta P$	: 勾配を求める区間の荷重強度増分		
$r_m$	: 勾配を求める区間の中間半径		

すなわち、図 3.4.3 の解析模式図にしめすように、载荷圧力～半径曲線の傾きである  $\Delta P / \Delta r$  より変形係数、弾性係数を求める。なお、同図にしめすように変形係数は処女载荷部の曲線の傾きより、弾性係数は再载荷部分の曲線の傾きより求める。

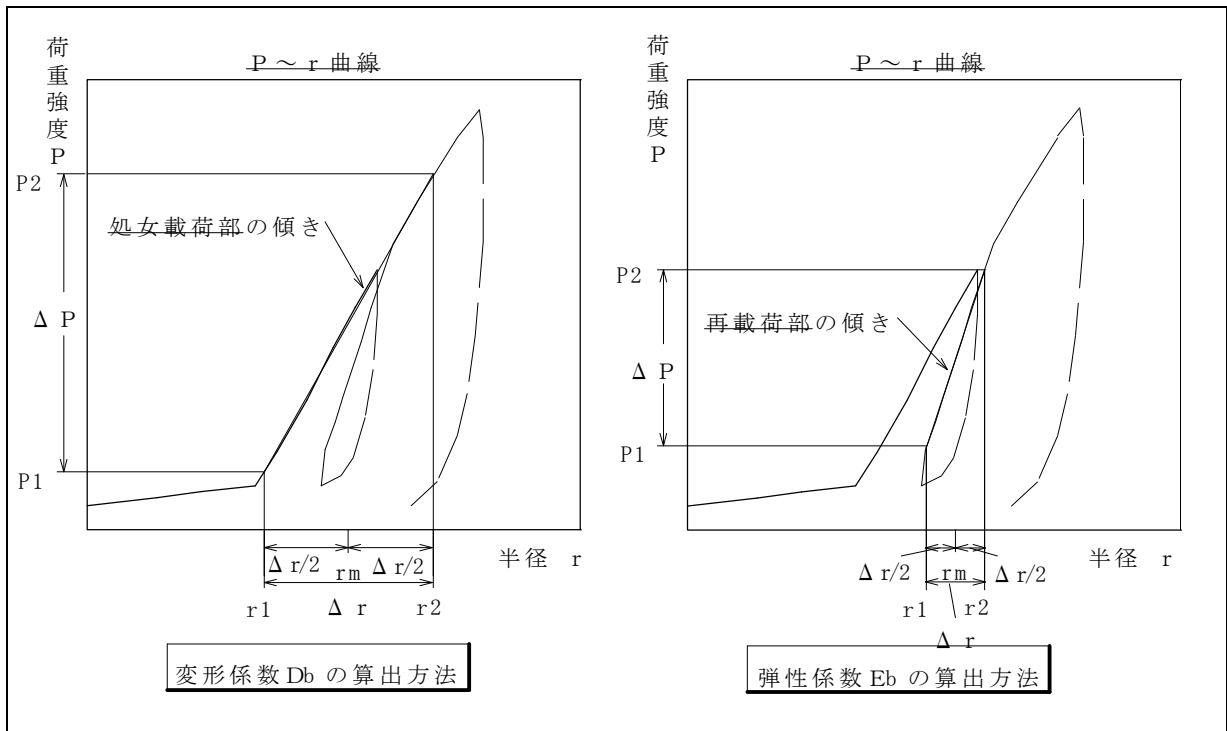


図 3.4.3 孔内水平載荷試験結果解析模式図

### 3.5 現場透水試験

#### (1)目的

現場透水試験は、地盤の透水性の把握、及び地下水位の確認を目的として実施した。

#### (2)試験方法

現場透水試験は、地盤工学会基準 JGS1314-2013「単孔を利用した透水試験方法」に準拠して実施した。

試験は、図 3.5.1 に示すピエゾメーター法で、図 3.5.2 の非定常法にて実施した。非定常法は、水を注水（注水法）、汲み上げ（回復法）により強制的に水位を変化させ、水位の回復状況により透水係数を求めるものである。

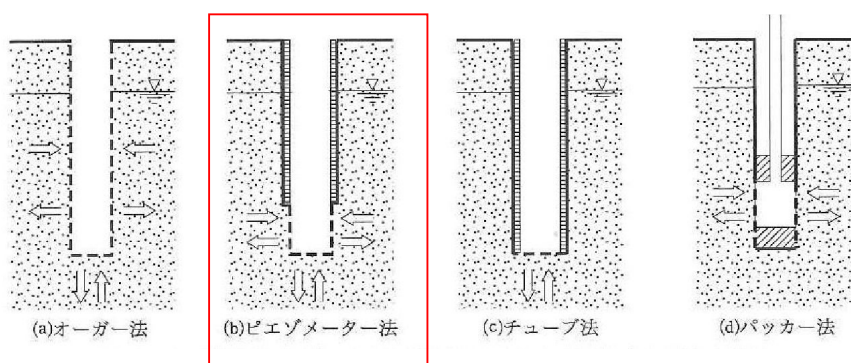


図 3.5.1 試験孔仕様による試験法の分類

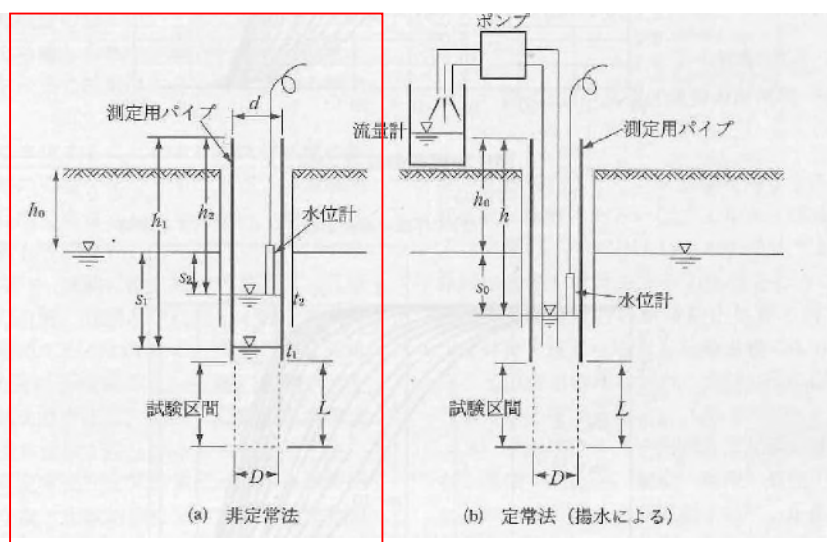


図 3.5.2 試験方法の概要

■解析方法

試験結果は、以下に示す直線勾配法により整理した。

(直線勾配法)

- ①片対数グラフの対数目盛（縦軸）に平衡水位  $h_0(\text{m})$  と測定用パイプ内の水位  $h(\text{m})$  との水位差  $s = |h_0 - h| (\text{m})$  を、算術目盛（横軸）に時間  $t(\text{s})$  をとり、図 3.5.3 に示すように  $\log_{10}s-t$  曲線を作成し、図中のプロットに直線勾配が認められることを確認する。

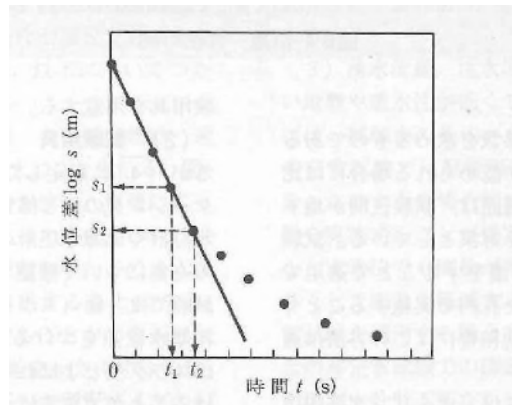


図 3.5.3  $\log_{10}s-t$  曲線の例

- ②得られた直線の勾配(1/s)を求める。勾配は、直線上にある任意の 2 点の座標  $(t_1, \log_{10}s_1)$  及び  $(t_2, \log_{10}s_2)$  から次式で求める

$$a = \frac{\log_{10}(s_1/s_2)}{t_2 - t_1}$$

- ③透水係数  $k(\text{m/s})$  を、次式で算定する。

$$k = \frac{(2.3d_e)^2}{8L} \log_{10}\left(\frac{2L}{D}\right) a \quad \text{ただし、} \frac{L}{D} \geq 4$$

ここに、 $d_e$  : 手動式水位測定器の場合、 $d_e = d$

水圧式測定器の場合、測定用パイプ内の断面積から水位測定ケーブルの断面積  $c(\text{m}^2)$  を差し引いて求めた有効断面積と等価な面積を有する円の直径

$d$  : 水位変動区間における測定用パイプの内径(m)

$D$  : 試験区間の孔径あるいは測定用パイプのスクリーン外径 (m)

$L$  : 試験区間の長さ (m)

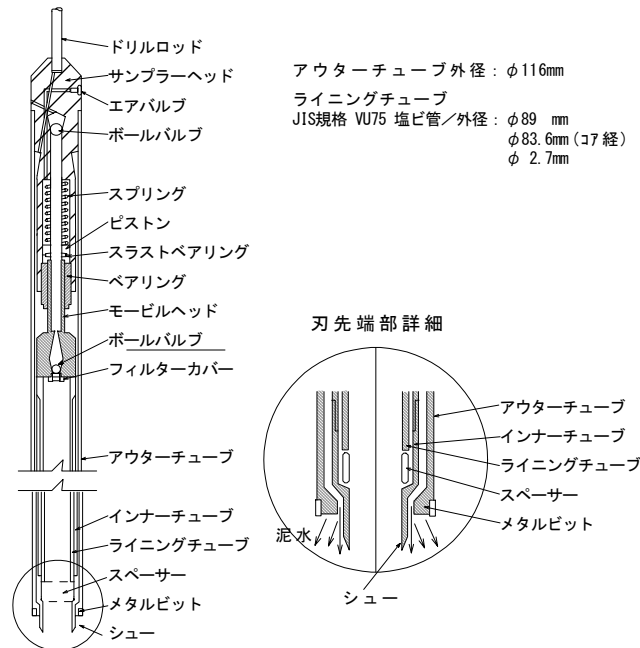
### 3.6 試料採取

#### (1)目的

試料採取は、室内試験に供する乱れの少ない試料を採取することを目的として実施した。

#### (2)採取方法

試料採取は、図 3.6.1 に示すロータリー式三重管サンプラー（トリプルサンプラー）にて行った。採取して試料は専用の運搬箱にて試験室に搬入した。



#### <方法>

- サンプラーの各部品を点検し、異常のないことを確認した後サンプラーを組み立てる。
- 組み立てたサンプラーをボーリングロッドに連結し、ボーリングロッドを継ぎ足しながらサンプラーを孔底まで降下させ、その深さをはかり、試料採取の開始深さとする。
- 押し込み荷重、ロッドの回転数、泥水の濃度、送水量などを土質に応じて決め、無理なく連続的にサンプラーを押し込む。
- 押し込み終了後、サンプラーの押し込み長さをはかり、試料採取の終了深さとする。
- 測定後、ただちにサンプラーに衝撃を与えないよう静かに引き上げる。
- 試料に衝撃を与えないように注意しながら、ていねいにライナーをサンプラーから取り外す。
- 砂質土については試料運搬時の振動による乱れを防止する。現地においてドライアイスを用い凍結させる。凍結にあたっては、膨張を防ぐため自然排水させる。

図 3.6.1 ロータリー式三重管サンプラー

### 3.7 室内土質試験

#### (1)目的

室内土質試験は、調査地に分布する土質の物理特性、力学特性、圧密特性および変形特性を把握することを目的として実施した。

#### (2)試験方法

室内土質試験は、日本工業規格、地盤工学会基準に準拠して実施した。試験項目および基準・規格番号を表 3.7.1 に示す。

表 3.7.1 室内試験と規格・基準

規格・基準名	規格・基準番号
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
土の液性限界・塑性限界試験	JIS A 1205-2009
土の湿潤密度試験	JIS A 1225-2009
土の非圧密非排水 (UU) 三軸圧縮試験	JGS 0530-2009
土の段階载荷による圧密試験	JIS A 1217-2009
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

※JIS：日本工業規格      JGS：地盤工学会基準

### 3.8 弾性波速度検層 (PS 検層)

#### (1)目的

PS 検層は、地盤の動的変形特性、係数を求めるため、地盤の弾性波速度 (P 波速度、S 波速度) を把握することを目的として実施した。

#### (2)調査方法

##### 1)測定方法

今回の調査ではダウンホール法にて行った。図 3.8.1 にダウンホール法の測定概念図、表 3.8.1 に使用機器の一覧を示す。

測定に用いる孔中受振器 (ボアホールピック) は、上下 1 成分、直交する水平 2 成分の計 3 成分の地震計が内蔵されている。この孔中受振器は本体の片側が鋼板、もう一方がゴムチューブで覆われており、ゴムチューブを加圧することにより孔壁に圧着できるようになっている。

測定は、以下の手順で行った。

- ①孔中受振器をボーリング孔内の測定深度まで降ろし、加圧装置 (コンプレッサー等) を用いてゴムチューブを膨張させて受振器を孔壁に圧着固定する。
- ②地表で起振を行い、それぞれ P 波及び S 波を発生させ、孔中受振器によりその深度に到達する弾性波を測定する。
- ③孔中受振器からの出力信号を増幅器に入力して増幅し、記録器に振動波形記録として収録する。
- ④振動波形収録後、ゴムチューブを収縮させて孔中受振器を次の測定深度へ移動させ、同じ出順で測定を繰り返す。

なお、弾性波を発生させる振源は、S 波については地表に設置した振源板 (厚板) の両端をカケヤで水平に強打することで S 波を発生させる方法 (いわゆる「板叩き法」) を用いた。この方法では板の左右両端を叩くことにより、位相が反転した記録が得られ、S 波の確認ができる。一方、P 波については、地表部においた振源板をカケヤで鉛直方向に強打する方法を用いた。

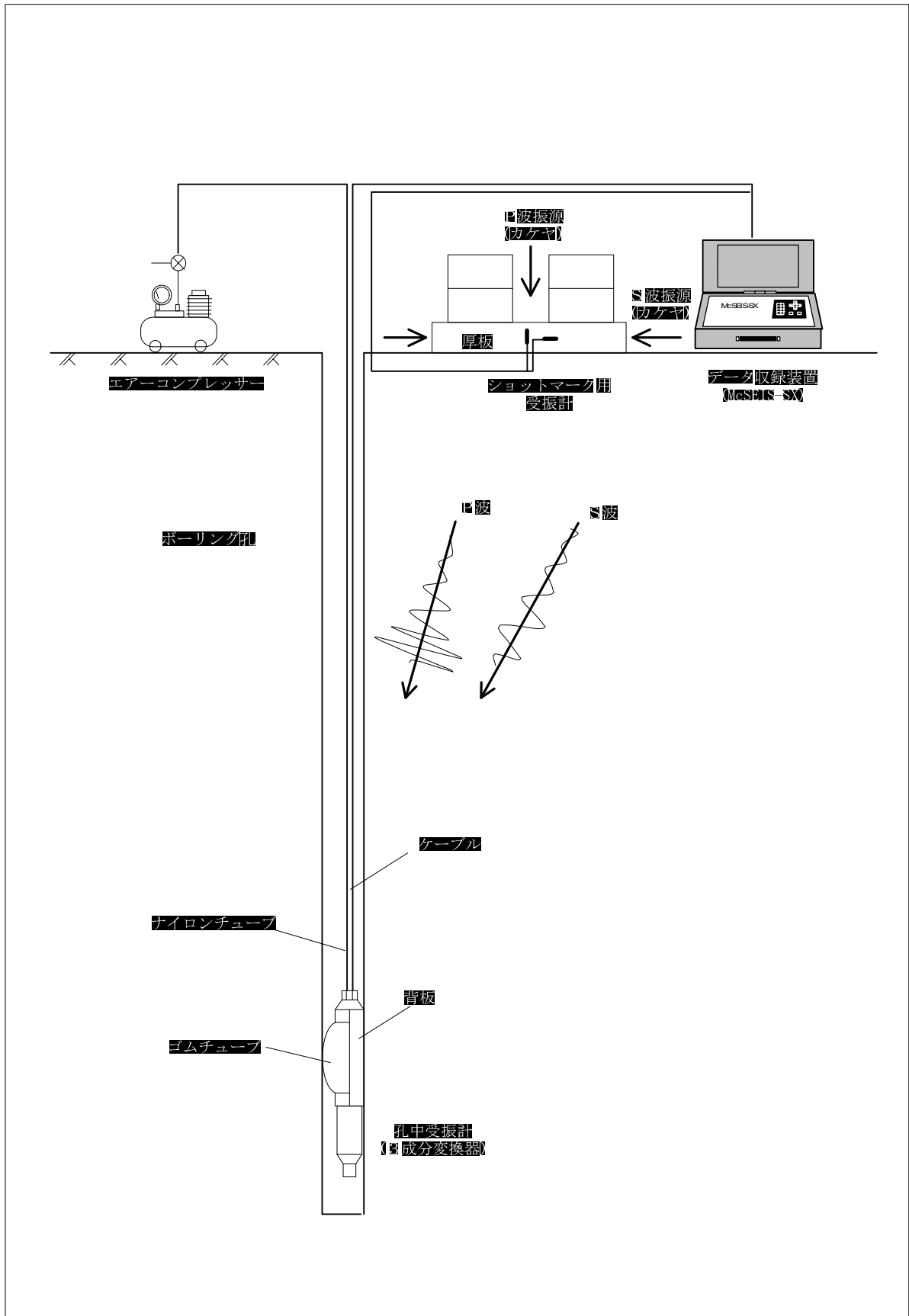


図 3.8.1 ダウンホール法概念図



表 3.8.1 ダウンホール P S 検層 使用機器一覧

機器名称	性能・仕様	製作所名
測定装置 McSEIS-SX	<p>データ収録部</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 測定成分数：最大 24 (1,3,6,12,24 成分を設定可能)</li> <li>・ 入力インピーダンス：20K<math>\Omega</math></li> <li>・ 利得：250 倍、1000 倍</li> <li>・ 測定周波数帯域：10Hz～4600Hz</li> <li>・ A/D 分解能：18 ビット</li> <li>・ サンプル間隔：25,50,100,200,500, 1000,2000 <math>\mu</math> sec</li> <li>・ 記録メモリー長：1024,2048 ワード</li> <li>・ プリトリガ：0 ワード～128 ワード</li> <li>・ トリガレベル：100～1000mV 設定可能</li> <li>・ デジタルローパスフィルタ：100,000 /設定サンプルレート(Hz)</li> <li>・ CPU：I486SL、33MHz</li> <li>・ 内蔵ハードディスク：1.2GB (最大 256 ファイル測定)</li> <li>・ フロッピードライブ：3.5Inch、MS-DOS1.4M、0.7M</li> <li>・ ディスプレイ：640×480ドット LCD、10.4inch</li> <li>・ インターフェイス：パラレル I/F、外部インターフェイス I/F</li> <li>・ 動作電源：DC 12V、3Amax</li> <li>・ 寸法：330W×270H×210D</li> </ul> <p>重量：7kg</p>	応用地質株式会社
孔中受振器 ボアホールピック MODEL-33 15	<p>成分数：3ch 固有周波数：28Hz 感度：150mv/kine インピーダンス：215<math>\Omega</math></p>	応用地質株式会社
その他	起振用板、カケヤ、12V バッテリー、フロッピーディスク	

## 2)解析方法

ダウンホール法により得られた記録からP波及びS波の速度算定は以下のように行った。  
 なお、図 3.8.2 に解析方法の概要を示す。

- ①波形記録を深度順に並べた波形一覧図を作成する。
- ②P 波については、起振時間を示すショットマークから初動部分までの時間（時走）を各深度について読み取る。
- ③S 波については波形記録から S 波が確認できる位相の反転した同一位相の波形列を抽出し、ショットマークからその位相までの時間を読み取る。
- ④読み取った走時は、起振点から受振点（測定深度）までの距離（振源距離）を弾性波が伝搬するのに要した時間である。起振点はボーリング孔から 2~3m 程度離して設置するため、解析は図 3.8.2 に示す式により読み取った走時を弾性波がボーリング孔の孔口から測定深度まで、鉛直に伝わったときの走時  $T_0$  に変換する必要がある。なお、これを振源距離補正と呼ぶ。

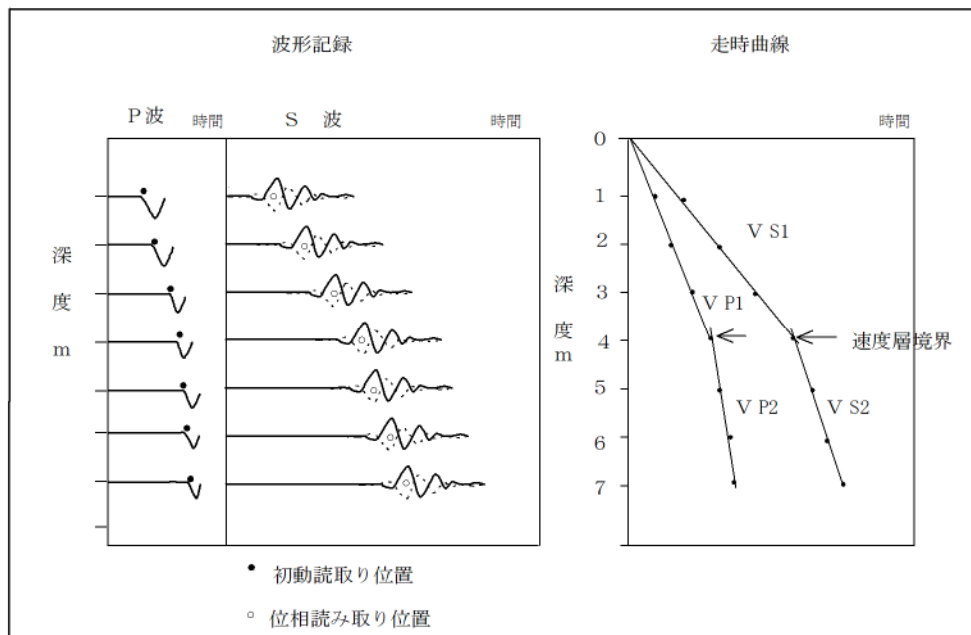


図 3.8.2 ダウンホール法 解析概要図

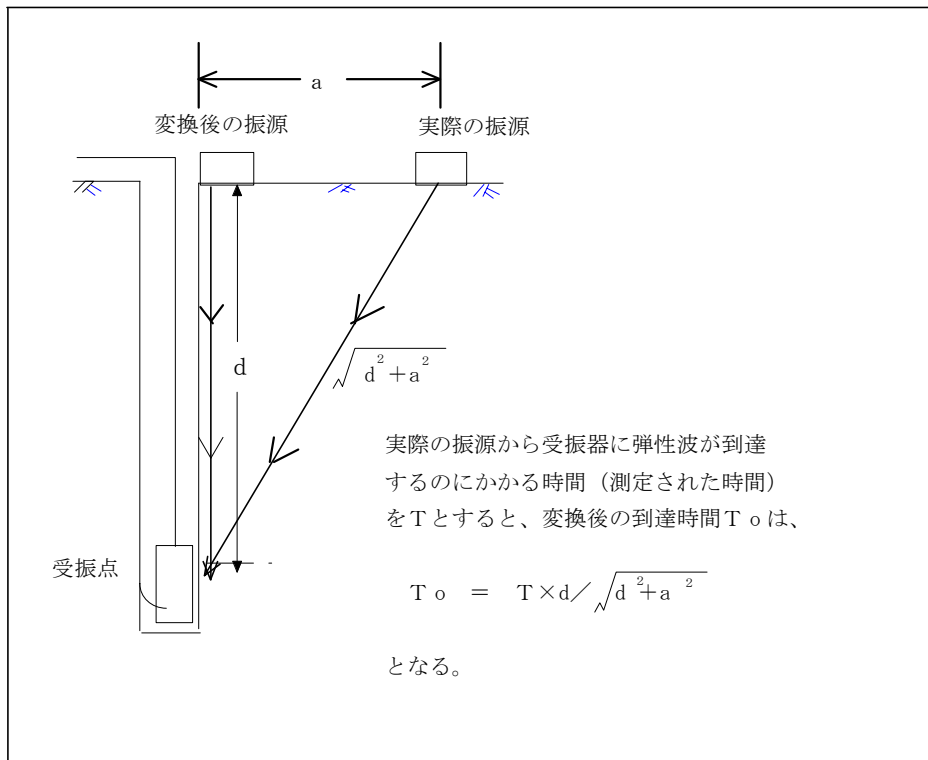


図 3.8.3 PS 検層走時曲線の振源距離補正概要図

### 3.9 常時微動測定

#### (1)目的

常時微動測定は、地盤の微小振動（常時微動）を測定・解析することで地盤の固有の振動特性を把握し、地盤種別の判定や卓越周期を得ることを目的として実施した。

#### (2)調査方法

##### 1)測定方法

常時微動測定は、ボーリング孔口付近の地表 2 箇所（1 秒計と 10 秒計） および孔内 1 箇所、計 3 個所で常時微動測定を実施した。測定は、車両や人の往来による振動ノイズを避けるため、夜間に行った。

常時微動の測定の手順は以下のとおりである。

- (1) 微動計設置箇所の地表面が土壌の場合は、堅い面が露出するまで掘削し、コンクリート板を設置する。今回は地表が舗装路面であったことから、コンクリート板は使用しなかった。
- (2) 地表用微動計（1 秒計および 10 秒計）を地表に設置する。1 秒計は水平動 2 成分（NS 成分、EW 成分）と上下動 1 成分の 3 成分が別々の筐体となっている。一方、10 秒計は 3 成分内蔵型である。
- (3) 孔内用微動計（3 成分内蔵）を所定深度に挿入後、圧着装置により孔壁に圧着させる。
- (4) 微動計、増幅器、記録器の間を接続ケーブルで接続する。
- (5) 常時微動波形や振動ノイズの状況により、増幅器の増幅度を設定する。
- (6) 常時微動波形を記録器に収録する。1 回の測定時間は 9 分とし、各測定箇所での収録回数は 6 回とした。

常時微動測定の模式図を図 3.9.1 に示す。

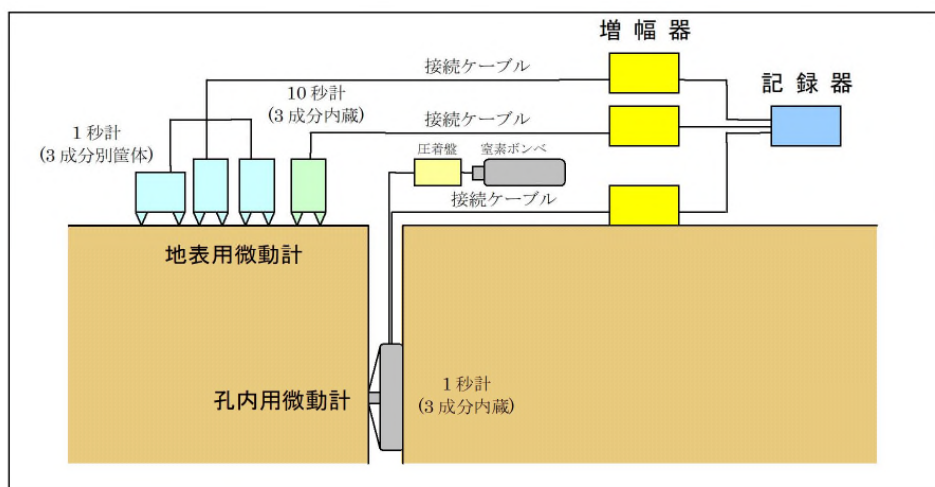


図 3.9.1 常時微動測定模式図

## 2)解析方法

常時微動における解析の流れを図 3.9.2 に示す。

解析にあたっては、交通振動等による攪乱の少ないと考えられる 163.84 秒の区間を 1 測定箇所あたり 5 区間選定した。解析区間選定において、それぞれの区間が重なり合わないことを原則とした。

今回の常時微動解析では、常時微動測定波形からフーリエ・スペクトルを求めた、また、上下動と水平動のフーリエ・スペクトルから H/V スペクトルを求めた。

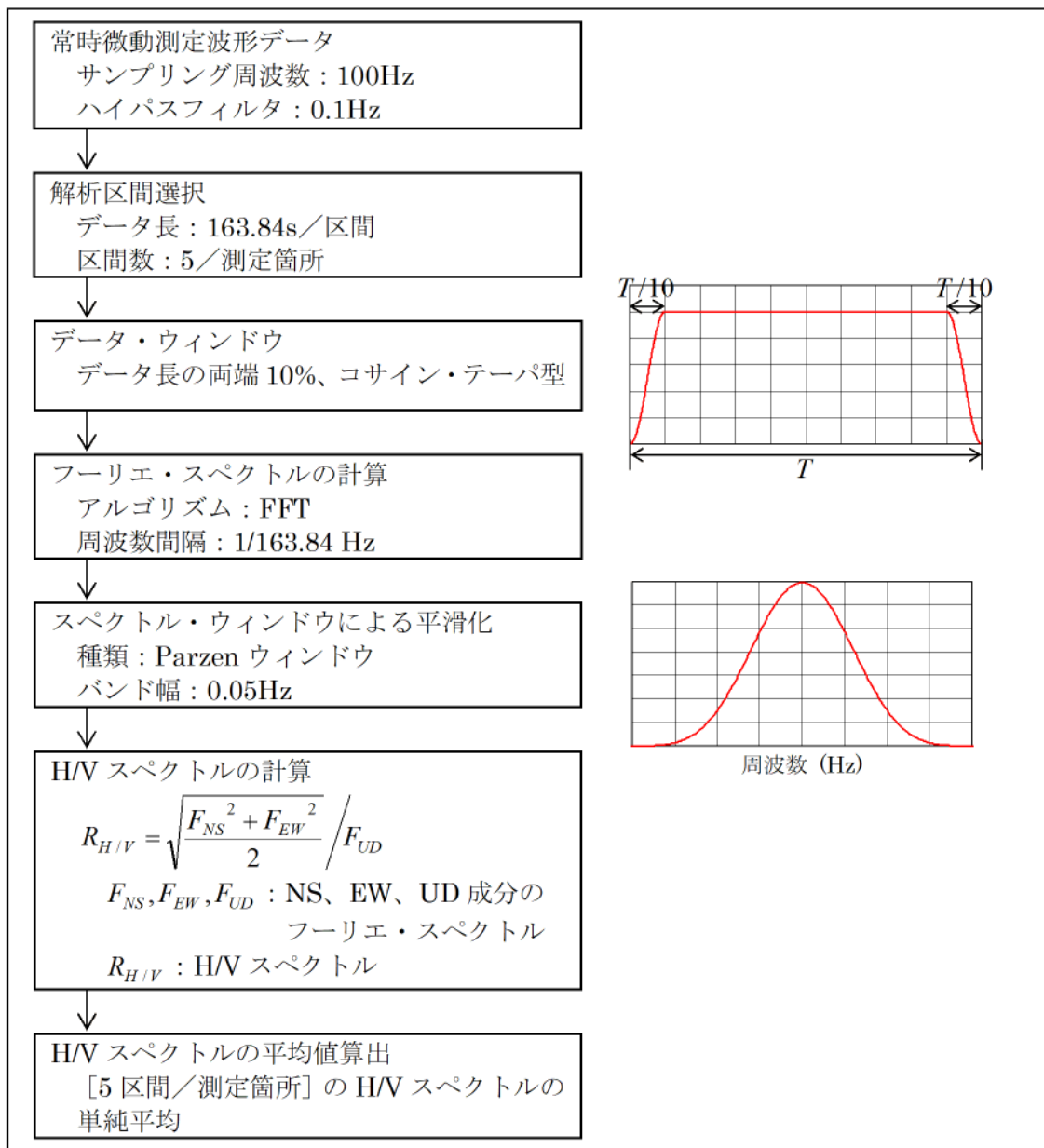


図 3.9.2 常時微動解析の流れ

### 3) 測定機器

今回の測定に使用した主な機器の仕様を表 3.9.1 に示す。

地表用微動計の Trillium Compact 20s の周波数範囲は 0.05~100Hz であり、20 秒計として使用できる微動計である。今回の増幅器 A-2014-3 のハイパスフィルタを 0.1Hz に設定して測定を行うことにより、10 秒計として扱うこととした。

表 3.9.1 常時微動測定使用機器一覧表

機 器 名	個数	型 式	主 たる 仕 様
地 表 用 微 動 計 (1 秒計)	2	MTKH-1C (振動技研)	成 分 水平動 固 有 周 期 1 秒 周 波 数 特 性 1.0~50 Hz 感 度 5.25 V/(cm/s) 質 量 4.0 kg
	1	MTKV-1C (振動技研)	成 分 上下動 固 有 周 期 1 秒 周 波 数 特 性 1.0~50 Hz 感 度 5.25 V/(cm/s) 質 量 4.5 kg
増 幅 器 (地表用 1 秒計)	1	TA403 (振動技研)	チャネル数 3 最 大 利 得 76 dB ローパスフィルタ 20Hz / 100Hz
地 表 用 微 動 計 (10 秒計)	1	Trillium Compact 20s (Nanometrics)	方 式 サーボ型速度計 成 分 水平動 2、上下動 1 周 波 数 範 囲 0.05~100 Hz 感 度 7.531 V/(cm/s) 外 形 寸 法 φ90mm×113mm 質 量 1.2 kg
増 幅 器 (地表用 10 秒計)	1	A-2014-3 (クローバテック)	チャネル数 3 最 大 利 得 56 dB 周 波 数 特 性 DC~500 Hz ハイパスフィルタ OFF / 0.1Hz / 0.2Hz ローパスフィルタ OFF / 20Hz / 50Hz
孔 内 用 微 動 計 (1 秒計)	1	MBPU-4.5M (物探サービス)	成 分 水平動 2、上下動 1 エ レ メ ン ト GSC-11D (固有周波数 4.5 Hz) CR により 1 秒まで周期伸ばし 感 度 0.0338 V/(cm/s) 圧 着 方 式 高压ガスによるピストン作動 外 形 寸 法 φ65mm×430mm 耐 圧 30 kg/cm <sup>2</sup> 質 量 4 kg
増 幅 器 (孔内用 1 秒計)	1	MTA-0724 (物探サービス)	チャネル数 6 + 1 (ショットマーク) 最 大 利 得 116 dB 周 波 数 特 性 0.18~120 Hz (VELOCITY) ローパスフィルタ 20Hz / 120Hz / 300Hz
記 録 器	1	NR-2000 (KEYENCE)	チャネル数 16 (シングルエンド)、8 (差動入力) A / D 分 解 能 14 bit 入 力 レ ン ジ ±10V / ±5V / ±2.5V / ±1V / ±0.5V / ±0.25V 入 力 イ ン ピ ー タ ン ス 1 MΩ 入 力 周 波 数 帯 域 100 kHz (-3 dB) サ ンプ リ ン グ 周 期 2.5 μs~60 s 内 蔵 メ モ リ 容 量 500 K データ (本体内蔵) 表 示 機 能 3.9 型 320×240 反射型カラー液晶 P C イ ン タ ー フ ェ イ ス PCMCIA 2.1 / JEIDA 2.4, USB 使 用 周 囲 温 度 0~+40 °C (電池使用時) 使 用 周 囲 湿 度 20~85%RH (結露しないこと) 電 源 AC100V、NiMH2 次電池パック、 単 3 アルカリ乾電池 4 本 質 量 約 400 g (電池、プローブを除く)

## 4. 調査結果

今回の業務では、図 4.1、表 4.1 に示す 8 箇所でボーリング調査を実施した。また、それと併せて原位置試験、免振調査等を実施した。以下に各調査結果を示す。

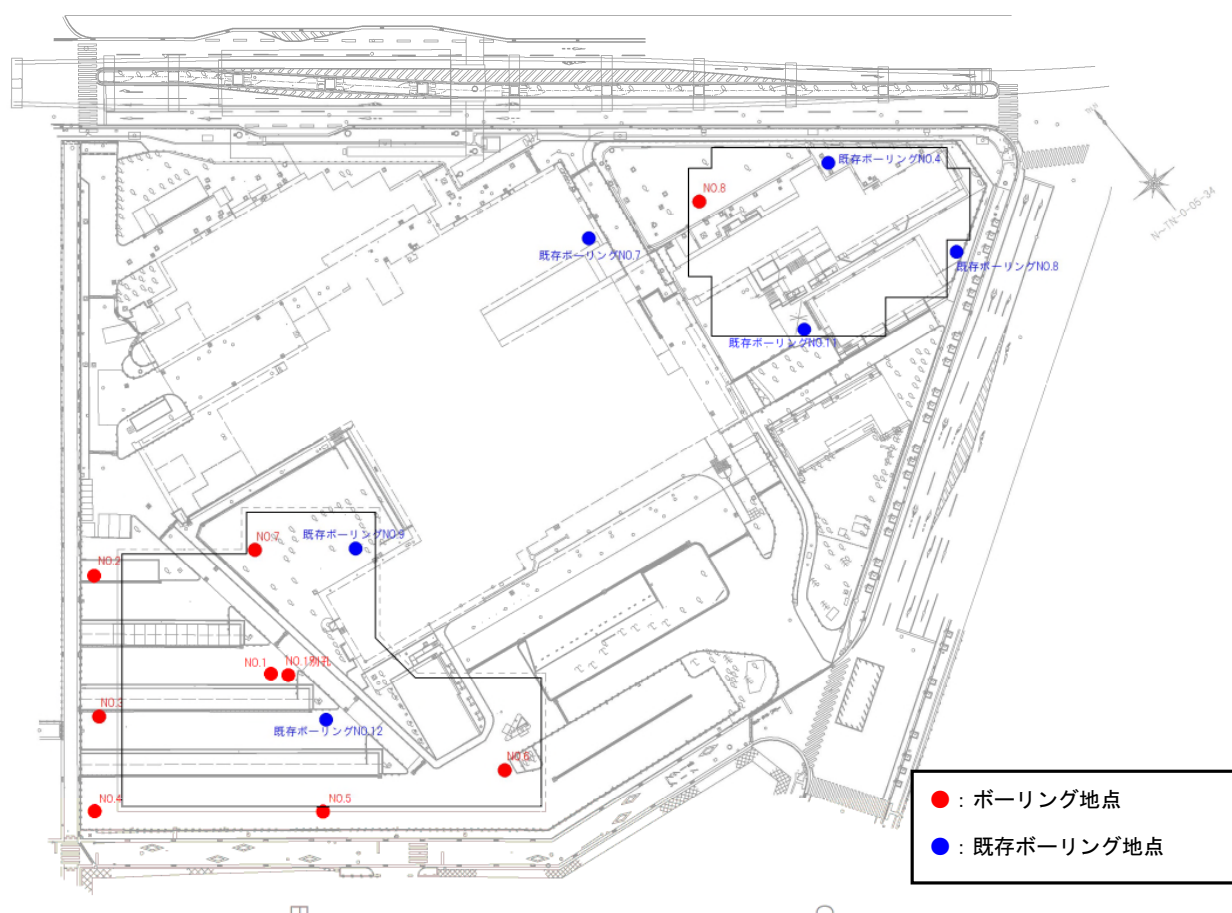


図 4.1 調査地点位置図

表 4.1 調査地点一覧

地点	座標		緯度経度		地盤高 T.P(m)	調査深度 (m)
	X	Y	緯度	経度		
No.1	25127.134	20899.633	261336.0145	1274233.0273	40.09	11.00
No.2	25167.832	20883.212	261337.3379	1274232.4380	37.55	11.00
No.3	25143.289	20864.786	261336.5413	1274231.7727	42.55	13.00
No.4	25127.973	20851.167	261336.0443	1274231.2811	45.24	13.00
No.5	25096.757	20889.607	261335.0279	1274232.6643	45.24	9.00
No.6	25078.996	20925.938	261334.4488	1274233.9723	44.32	6.00
No.7	25150.335	20913.944	261336.7677	1274233.5442	41.32	15.00
No.8	25148.506	21036.436	261336.7018	1274237.9596	39.67	15.00

## 4.1 磁気探査

各ボーリング地点で不発弾等の危険物の有無を確認するため、掘進前に磁気探査を実施した。磁気探査は表層の水平探査と地中の鉛直探査を実施した。

詳細な結果は巻末資料の磁気探査報告書にとりまとめ、表 4.1.1 に探査結果一覧表、図 4.1.1 に探査結果図を示す。

### (1)水平探査

水平探査は、調査地点の表層 1.0m<sup>2</sup> (1.0m×1.0m) の範囲で実施した。

探査の結果、各地点とも不発弾等の帯磁反応は検出されず、表層から深度 0.5mまでの範囲で爆弾等が埋没している危険性はないと判断された。

### (2)鉛直探査

水平探査の結果を受け、各地点で深度 0.5m以深の鉛直探査を実施した。鉛直探査は、先行掘りにより 250kg 爆弾の埋没深度以深まで行った（地盤がある程度硬くなる深度まで）。

探査の結果、各地点とも不発弾等の帯磁反応は確認されず、ボーリングの掘削に際して危険性はないと判断された。

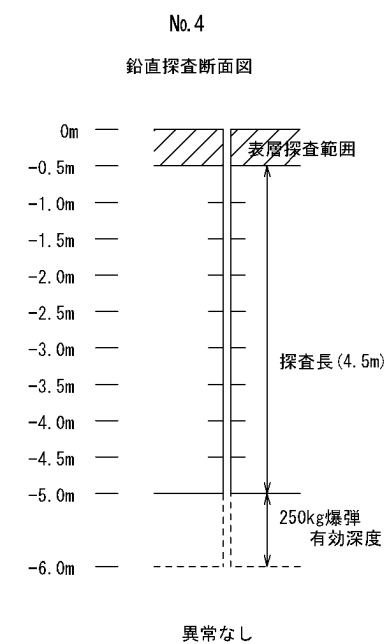
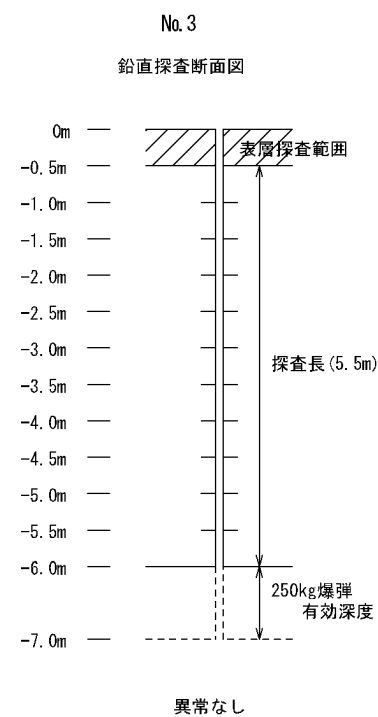
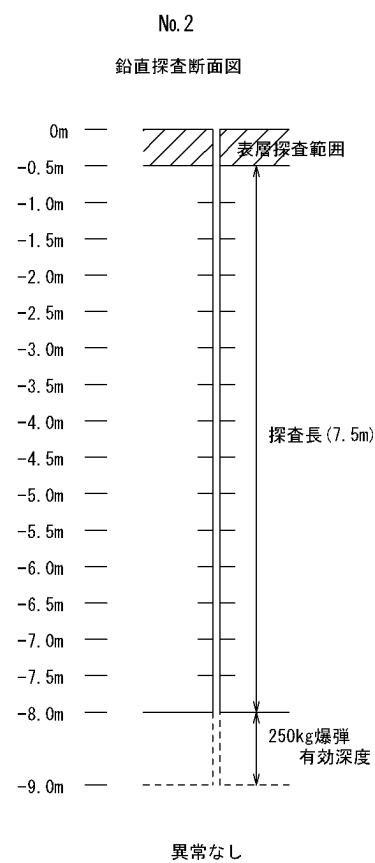
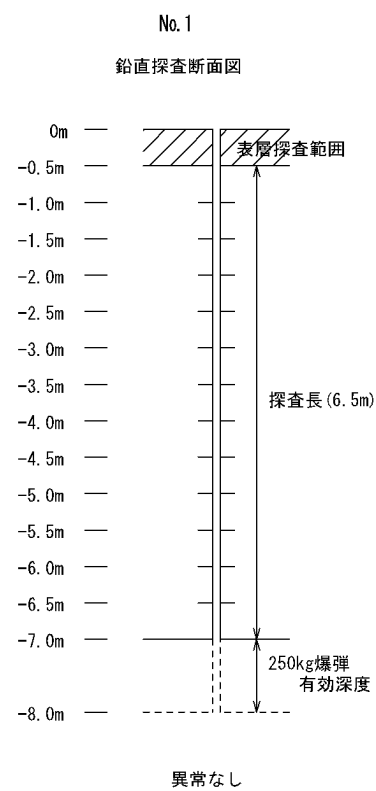
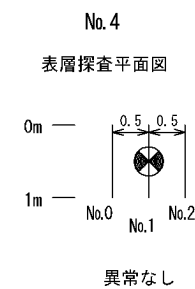
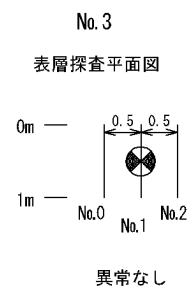
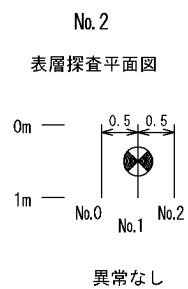
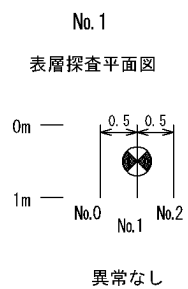
表 4.1.1 磁気探査結果一覧表

調査地点	水平探査(m <sup>2</sup> )		探査結果	鉛直探査(m)	掘削深度(m)	探査結果	250kg爆弾 貫入深度GL- (m)
No.1	1.0×1.0=	1.0	異常なし	6.5	7.0	異常なし	5.61
No.2	1.0×1.0=	1.0	異常なし	7.5	8.0	異常なし	6.43
No.3	1.0×1.0=	1.0	異常なし	5.5	6.0	異常なし	4.87
No.4	1.0×1.0=	1.0	異常なし	4.5	5.0	異常なし	3.68
No.5	1.0×1.0=	1.0	異常なし	4.5	5.0	異常なし	2.46
No.6	1.0×1.0=	1.0	異常なし	3.5	4.0	異常なし	2.12
No.7	1.0×1.0=	1.0	異常なし	12.5	13.0	異常なし	10.76
No.8	1.0×1.0=	1.0	異常なし	10.5	11.0	異常なし	9.17
合計		8.0		55.0	59.0		



異常点位置図

S=1/100



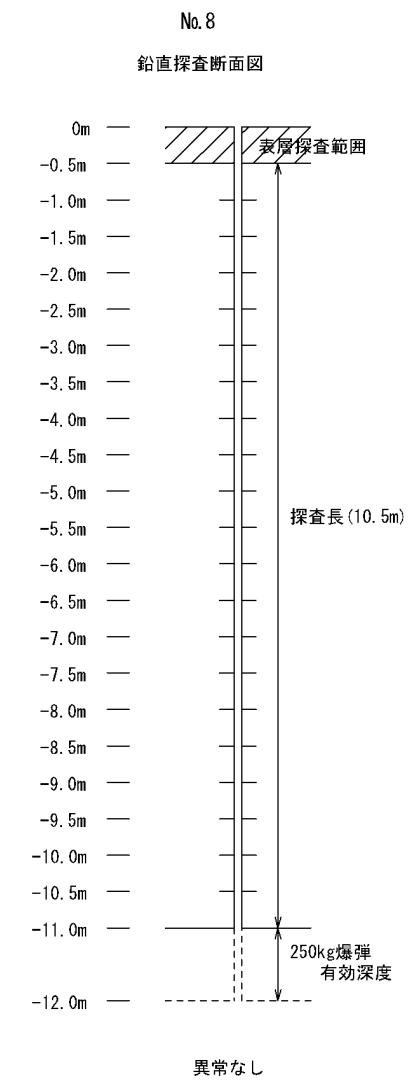
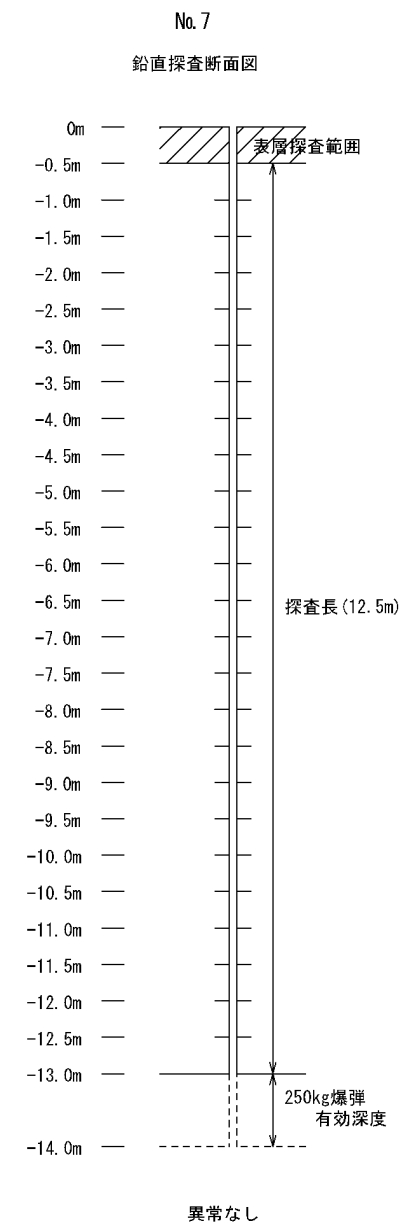
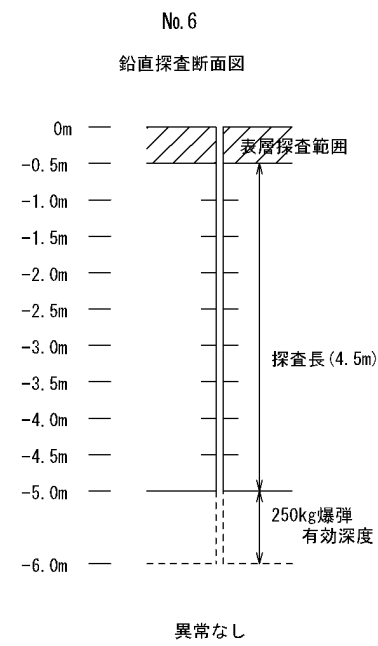
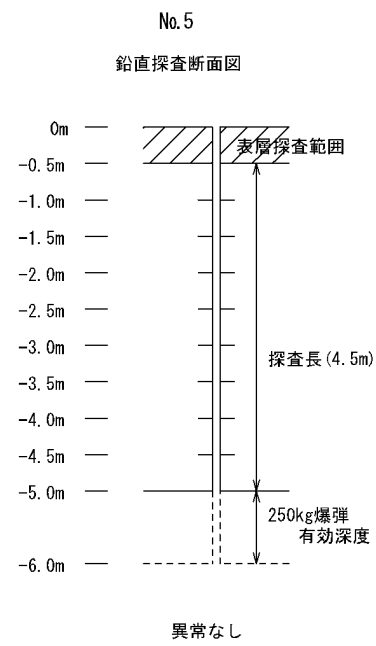
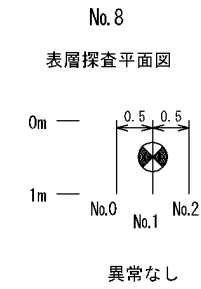
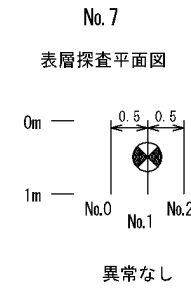
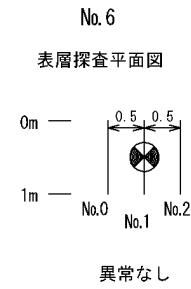
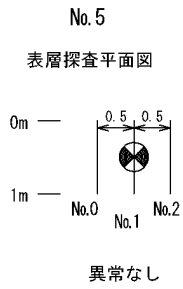
凡例  
掘進2.0mの場合  
現地盤  
表層探査  
有効探査  
0.5m  
(異常点No.)  
D =  
H =  
鉛直探査  
有効探査  
50kg爆弾 : 0.3m  
50kg爆弾 : 0.5m  
250kg爆弾 : 1.0m  
-異常点詳細-  
M=磁気量 (ガウス・cm)  
D=水平半径距離 (m)  
H=G Lからの埋没距離 (m)

業務名 那覇市新那覇市立病院設計業務に伴う地盤調査(仮)

図 4.1.1(1) 磁気探査結果図

異常点位置図

S=1/100



凡例  
掘進2.0mの場合  
現地盤  
表層探査有効深度0.5m  
(異常点No.)  
M=  
D=  
H=  
鉛直探査有効深度  
5kg爆弾 : 0.3m  
50kg爆弾 : 0.5m  
250kg爆弾 : 1.0m  
-異常点詳細-  
M=磁気量 (G/gs・cm)  
D=水平半径距離 (m)  
H=G Lからの埋没距離 (m)

業務名 那覇市新那覇市立病院設計業務に伴う地盤調査(仮)

図 4.1.1(2) 磁気探査結果図

## 4.2 機械ボーリング

今回の調査では、図 4.1 に示す 8 箇所で行ったボーリング調査の結果は、巻末資料の地質柱状図にとりまとめ、以下にボーリング結果による地盤状況を示す。

### ①分布地質

表 4.2.1 に調査地における地質層序表を示す。

今回の調査地は島尻層泥岩を基盤とする丘陵地にある。また、病院建設時に造成されており、泥岩層の上位に埋土層が分布する。各層の特徴は以下に示すとおりである。

#### 1) 埋土層(B)

- ・礫混じり粘土を主体の埋土層である。
- ・造成時に泥岩を埋土材として使用しており、粘土は風化泥岩が主体である。
- ・石灰岩礫や木片等を含み全体に不均質であるが、混入物がない箇所では泥岩主体で比較的均質な粘土層となる。
- ・色調は暗灰色を呈し、N 値は 2~38 を示す。

#### 2) 島尻層風化泥岩

- ・泥岩の風化部で全体に褐色を帯びる。
- ・全体に比較的硬質であるが、部分的に粘土化が著しく軟質な部分が確認される。
- ・泥岩層の表層 1m 前後に分布する。
- ・色調は暗褐色、褐色を呈し、N 値は 6~46 を示す。

#### 3) 島尻層泥岩

- ・泥岩の新鮮部で全体に比較的均質である。
- ・全体に固結するが、ハンマーの強打でコアは細粒化する硬さである。
- ・部分的に貝殻細片を含み、一部砂岩の薄層を挟在する。
- ・色調は暗灰色、灰色を呈し、N 値は 31~60 以上を示す。
- ・全体に新鮮で固結し概ね 60 以上の N 値を示すが、上部で N 値が低下する箇所が見られる。

表 4.2.1 地質層序表

地質時代		地層名	層相	記号	記事	
新生代	第四紀		埋土	B	調査地の表層に分布する層 駐車場は表層5cm程度アスファルトで覆われる。泥岩主体の埋土で粘土化が進行し軟質。石灰岩礫や木片等を含み不均質。埋土が箇所では層下部で比較的均質な部分あり。	
	第三紀	鮮新世	島尻層	風化泥岩	wTm	島尻層泥岩の風化部。全体に褐色を帯びる。全体に比較的硬質だが場所によっては粘土化が著しく軟質な部分がある。含水は少ない。
				泥岩	Tm	島尻層泥岩の新鮮部で全体に比較的均質。全体に固結するがハンマーの強打でコアは細粒化する硬さ。部分的に貝殻細片を含み、一部砂岩の薄層を挟在する。

## ②地質分布

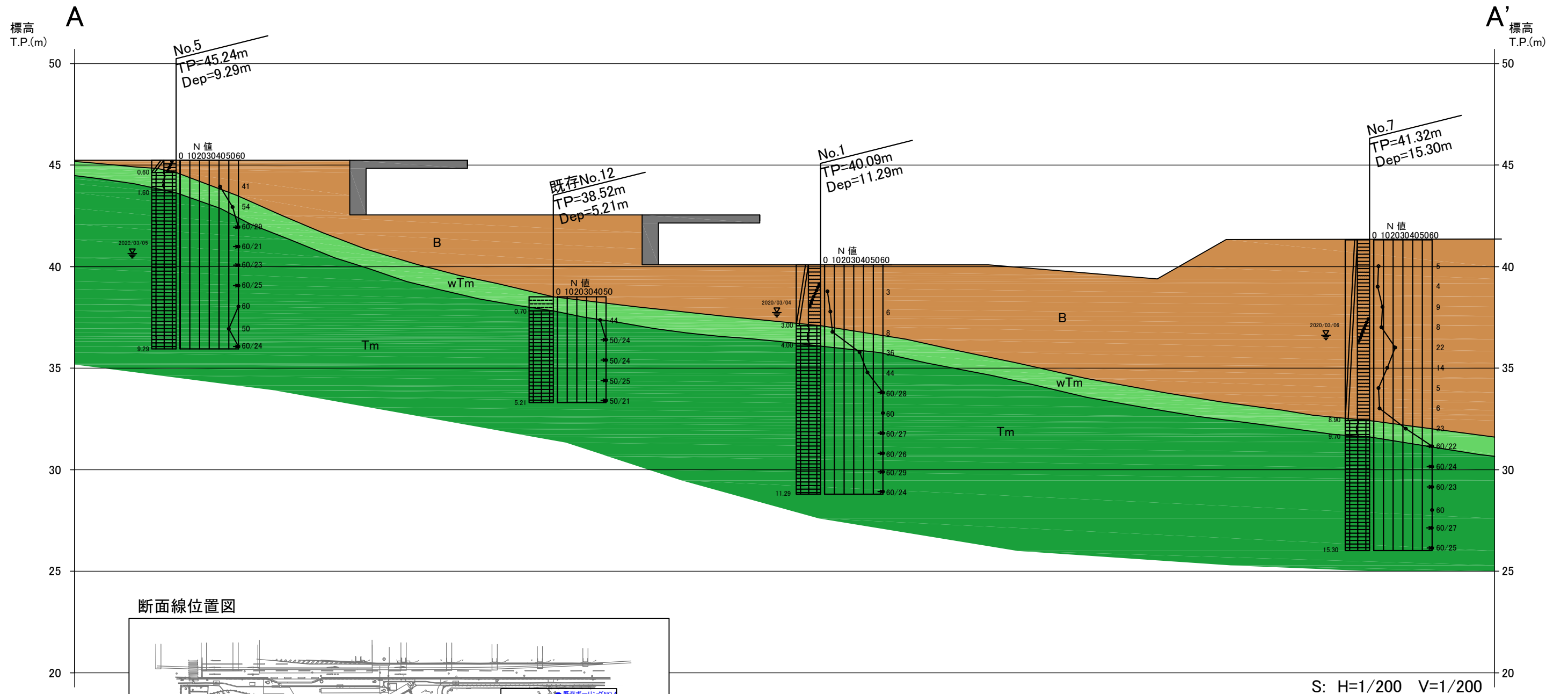
図 4.2.1(1)～(9)にボーリング結果における地質想定断面図を示す。

今回の調査地では、泥岩層を基盤としその上位に造成時の埋土層が分布する。

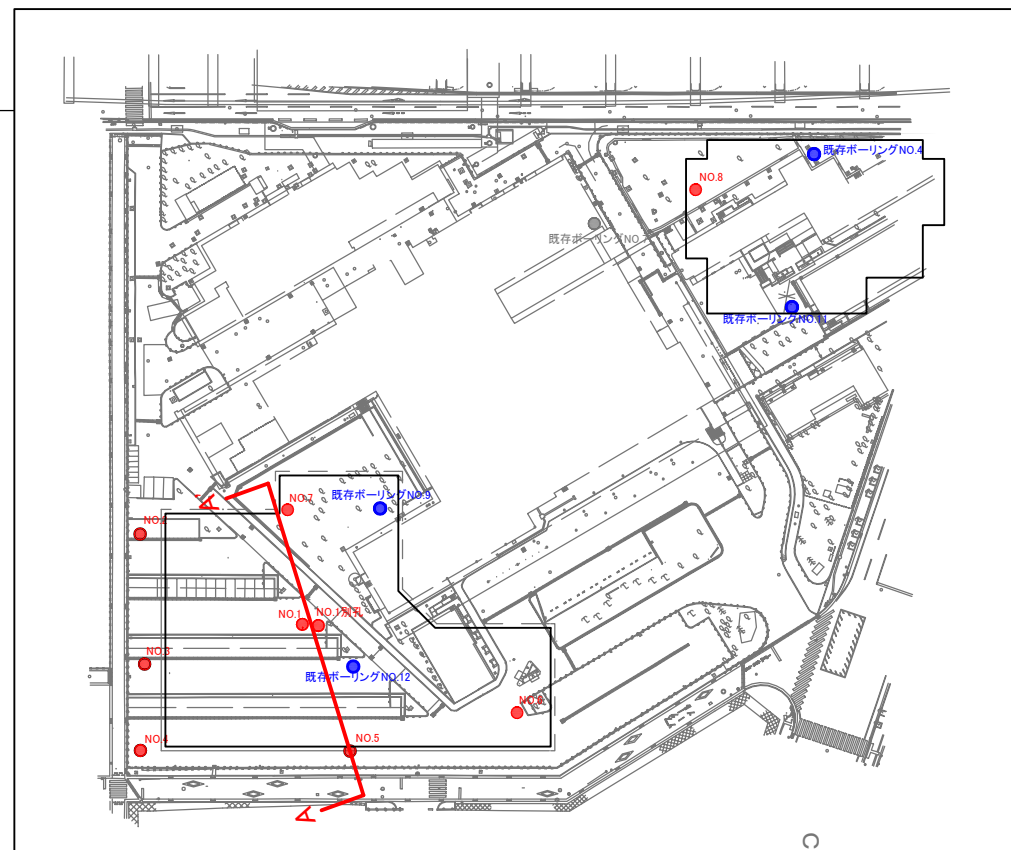
泥岩層の上部 1m前後は風化作用により軟質化しており、概ね調査地全域で同じ傾向である。

泥岩層の上面は、敷地の南西側で高く標高 43～44m付近に分布し、北東側に向かって標高 32～33m付近まで低くなっている。

泥岩上面が低い北東側では埋土層が厚く分布しており、No.7 地点で約 9mの層厚を確認した。泥岩層上面の変化により、敷地北東部では埋土層が厚く分布すると見られる。



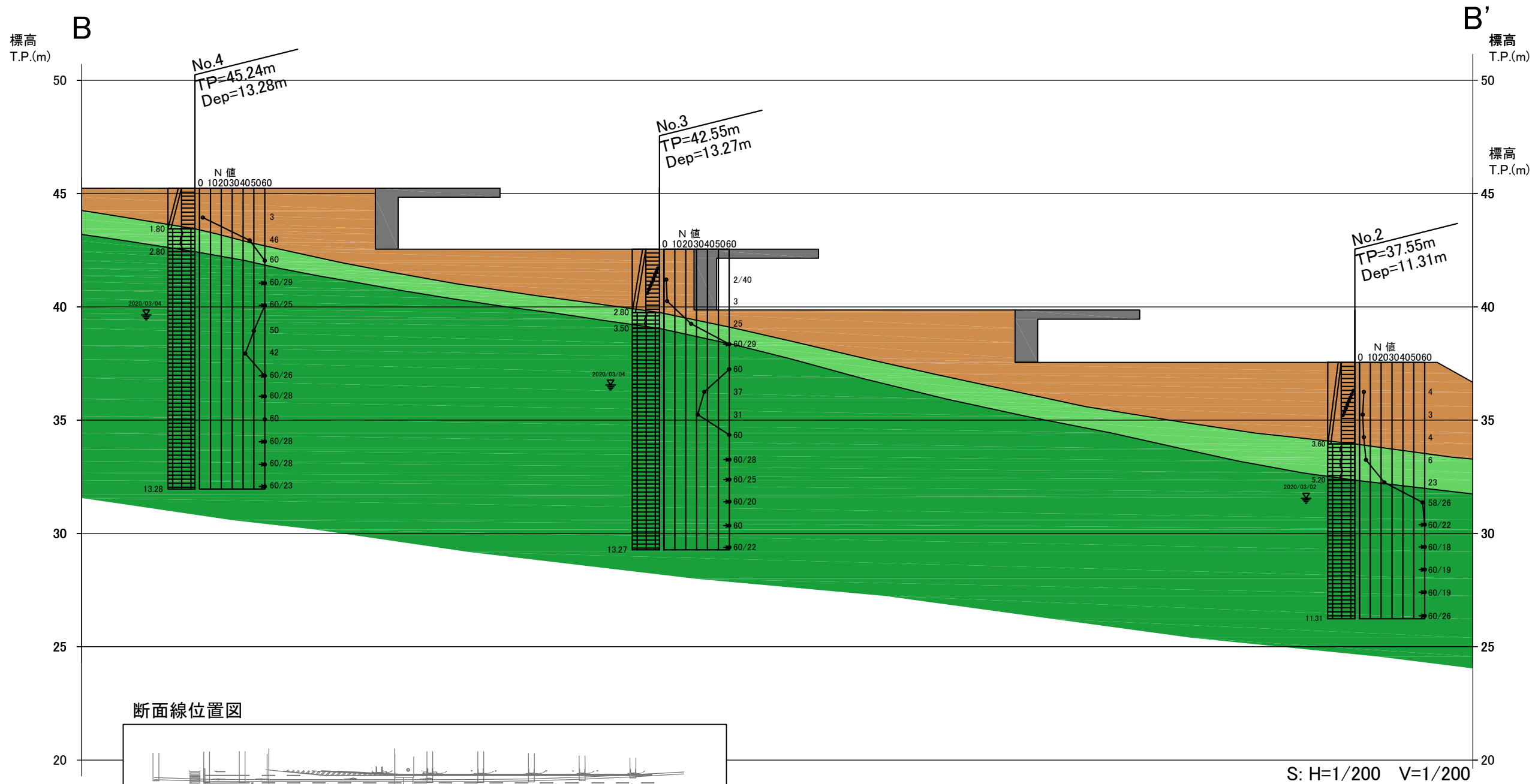
断面線位置図



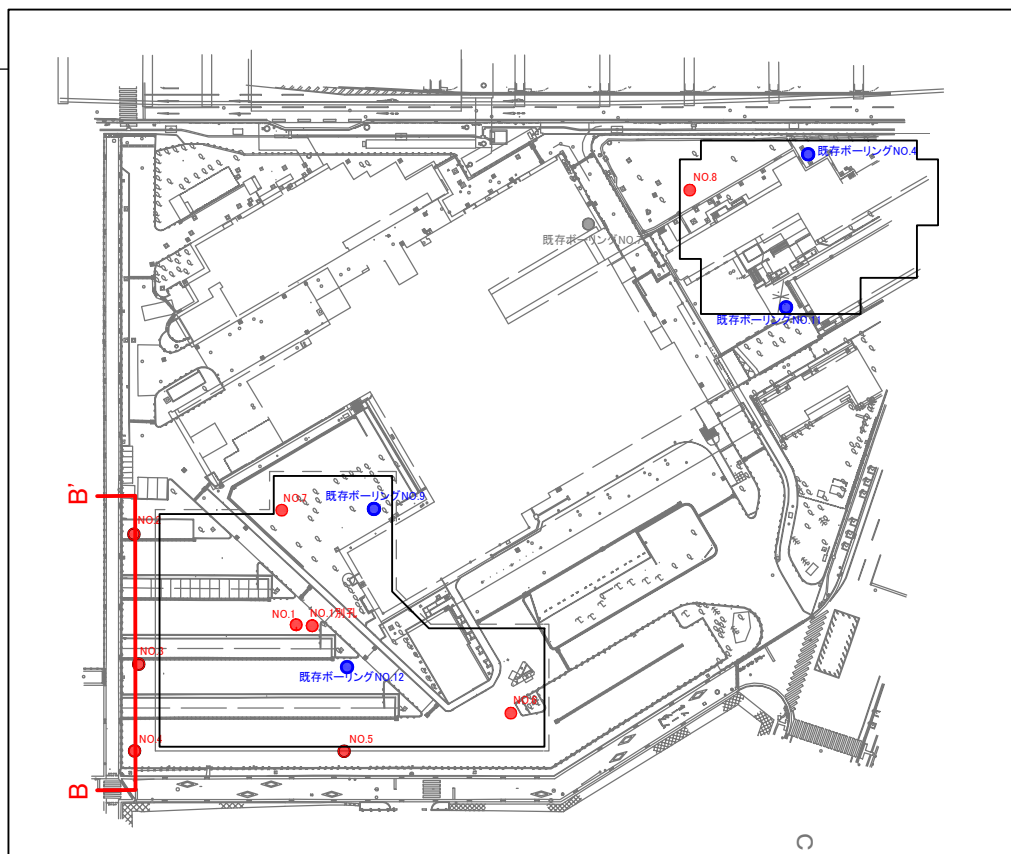
地質層序表

地質時代		地層名	層相	記号	記事
新生代	第四紀	埋土	礫混じり粘土	B	調査地の表層に分布する層 駐車場は表層5cm程度アスファルトで覆われる。泥岩主体の埋土で粘土化が進行し軟質。石灰岩礫や木片等を含み不均質。埋土が箇所では層下部で比較的均質な部分あり。
	第三紀 鮮新世	島尻層	風化泥岩	wTm	島尻層泥岩の風化部。全体に褐色を帯びる。全体に比較的硬質だが場所によっては粘土化が著しく軟質な部分がある。含水は少ない。
泥岩			Tm	島尻層泥岩の新鮮部で全体に比較的均質。全体に固結するがハンマーの強打でコアは細粒化する硬さ。部分的に貝殻細片を含み、一部砂岩の薄層を挟在する。	

図4.2.1(1) 地質想定断面図



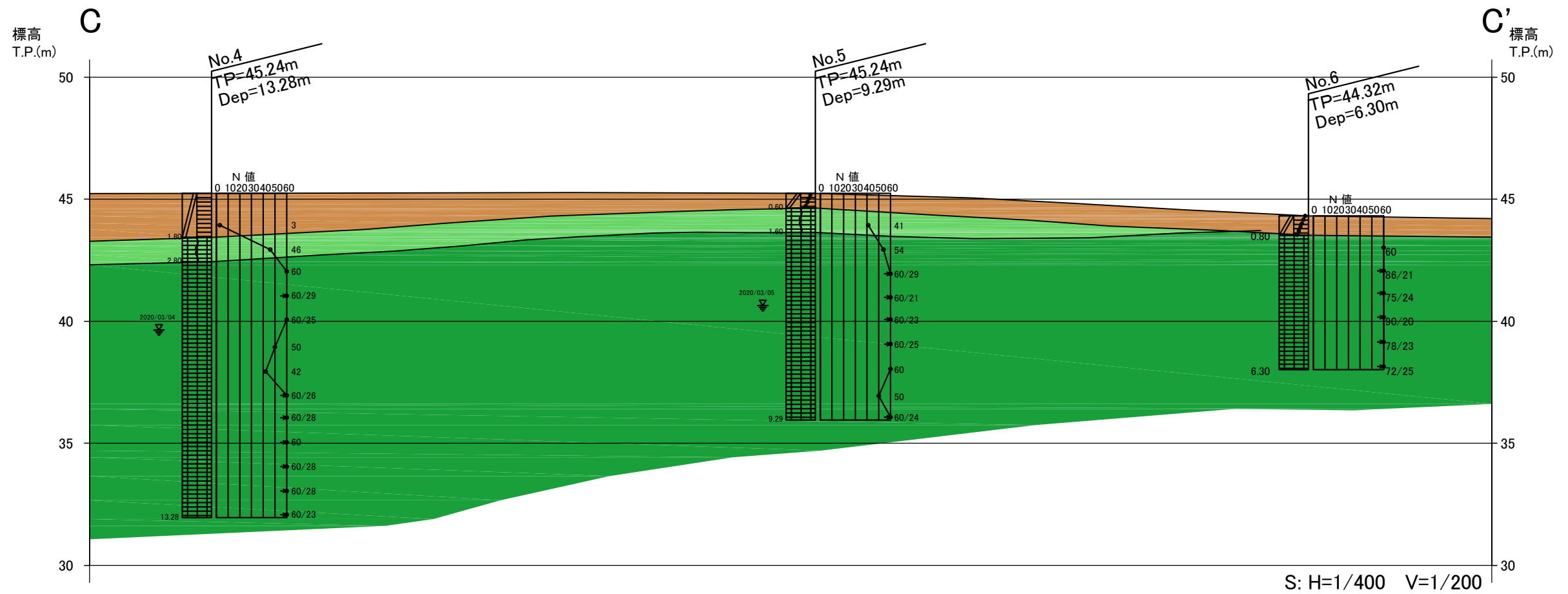
断面線位置図



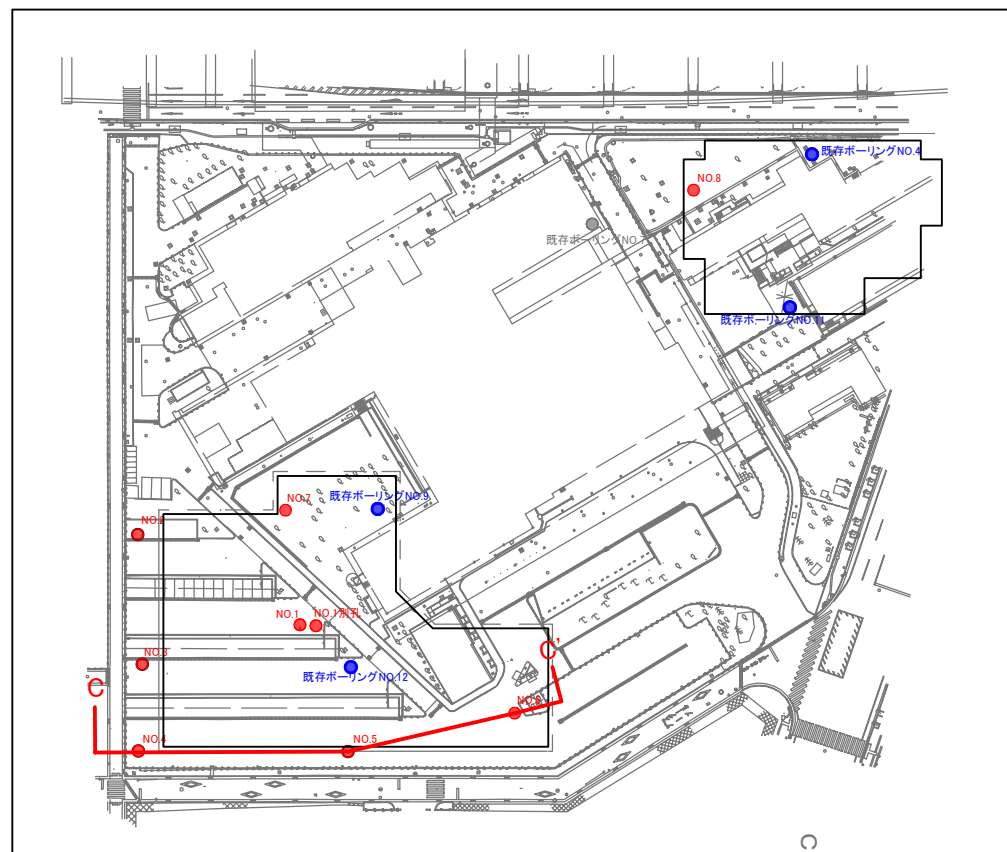
地質層序表

地質時代		地層名	層相	記号	記事
新生代	第四紀	埋土	礫混じり粘土	B	調査地の表層に分布する層。駐車場は表層5cm程度アスファルトで覆われる。泥岩主体の埋土で粘土化が進行し軟質。石灰岩礫や木片等を含み不均質。埋土が箇所では層下部で比較的均質な部分あり。
	第三紀 鮮新世	島尻層	風化泥岩	wTm	島尻層泥岩の風化部。全体に褐色を帯びる。全体に比較的硬質だが場所によっては粘土化が著しく軟質な部分がある。含水は少ない。
			泥岩	Tm	島尻層泥岩の新鮮部で全体に比較的均質。全体に固結するがハンマーの強打でコアは細粒化する硬さ。部分的に貝殻細片を含み、一部砂岩の薄層を挟在する。

図4.2.1(2) 地質想定断面図



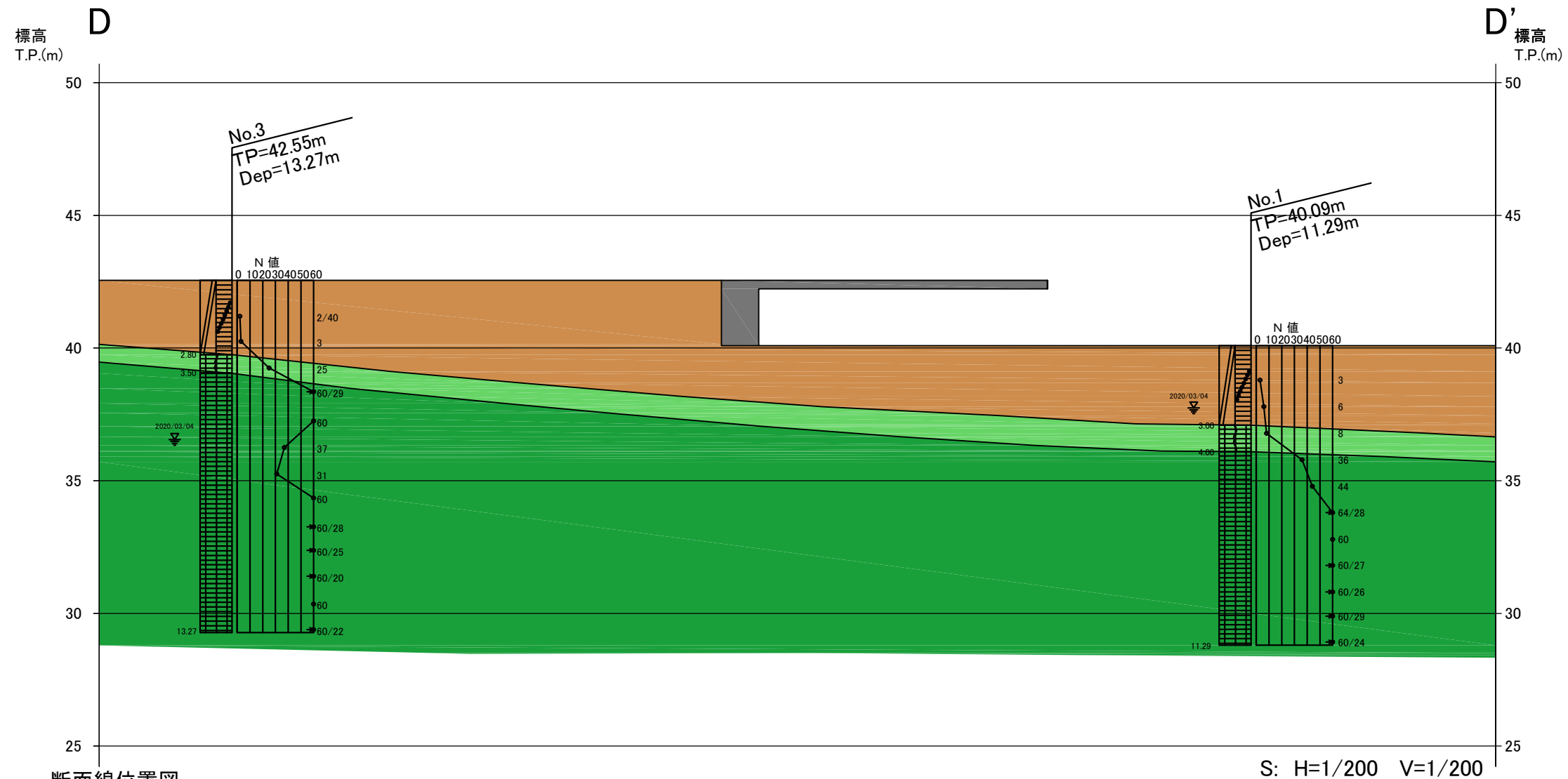
断面線位置図



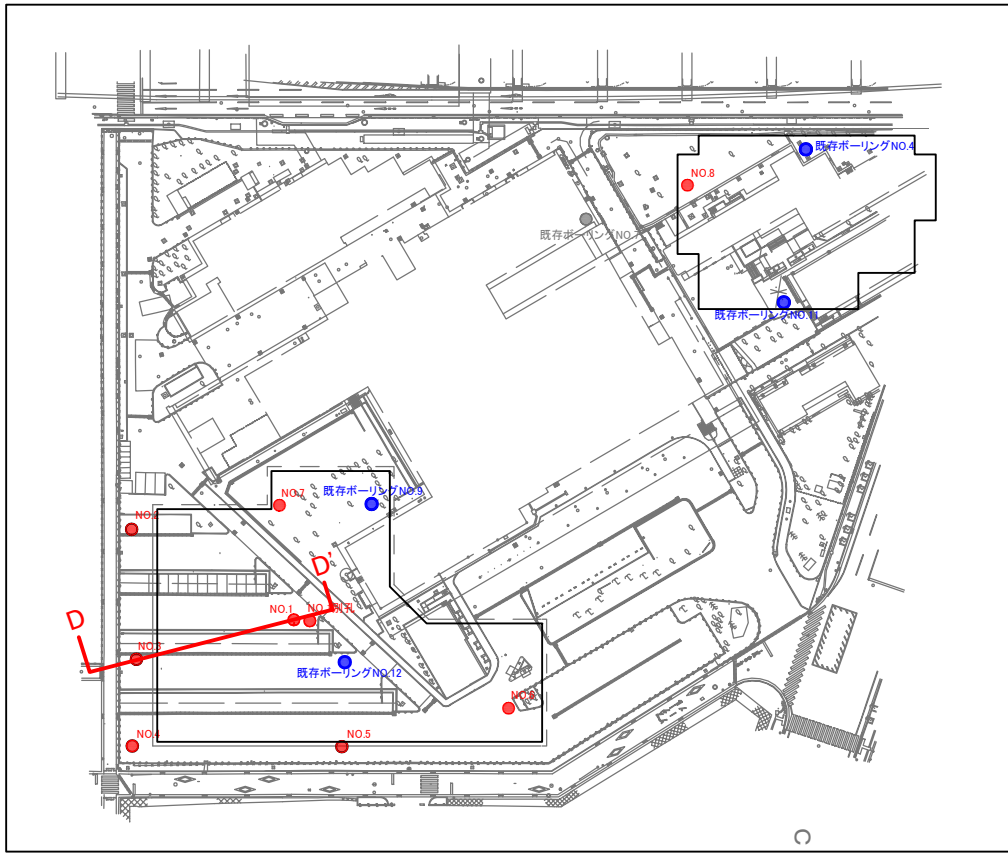
地質層序表

地質時代		地層名	層相	記号	記事
新生代	第四紀	埋土	礫混じり粘土	B	調査地の表層に分布する層 駐車場は表層5cm程度アスファルトで覆われる。泥岩主体の埋土で粘土化が進行し軟質。石灰岩礫や木片等を含み不均質。埋土が箇所では層下部で比較的均質な部分あり。
	第三紀 鮮新世	島尻層	風化泥岩	wTm	島尻層泥岩の風化部。全体に褐色を帯びる。全体に比較的硬質だが場所によっては粘土化が著しく軟質な部分がある。含水は少ない。
泥岩			Tm	島尻層泥岩の新鮮部で全体に比較的均質。全体に固結するがハンマーの強打でコアは細粒化する硬さ。部分的に貝殻細片を含み、一部砂岩の薄層を挟在する。	

図4.2.1(3) 地質想定断面図



断面線位置図

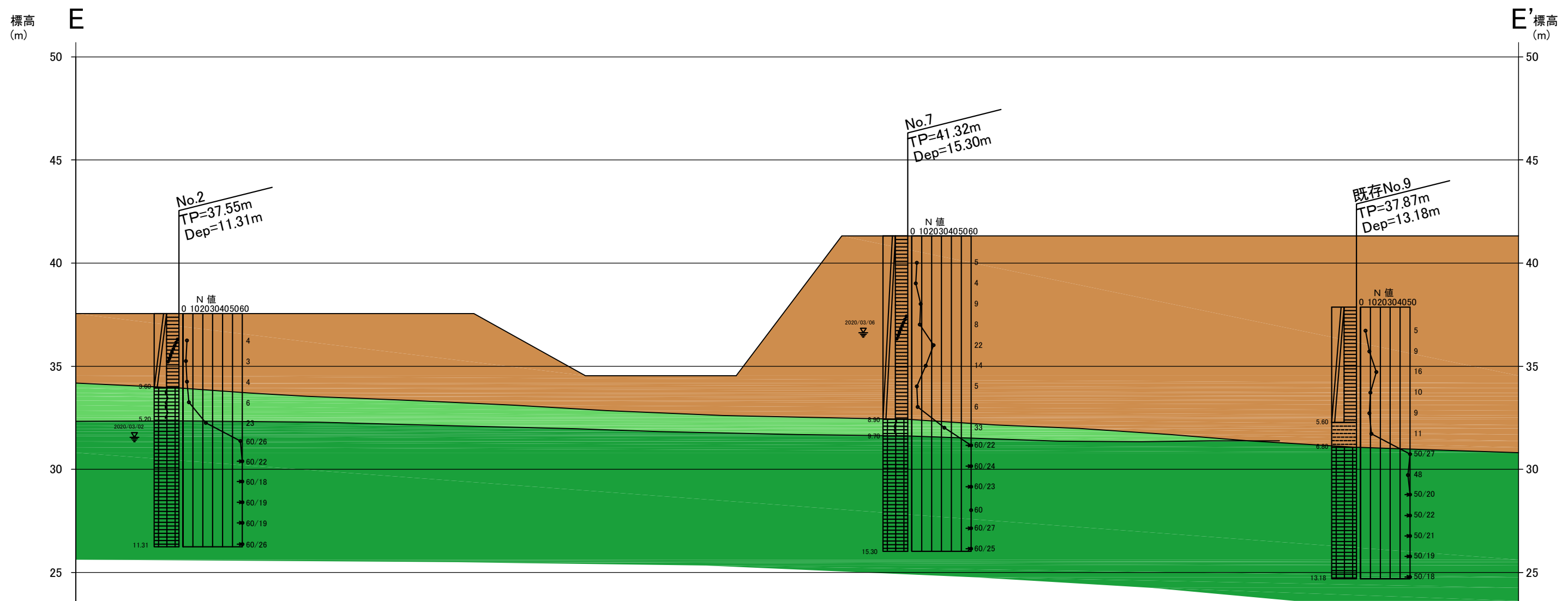


地質層序表

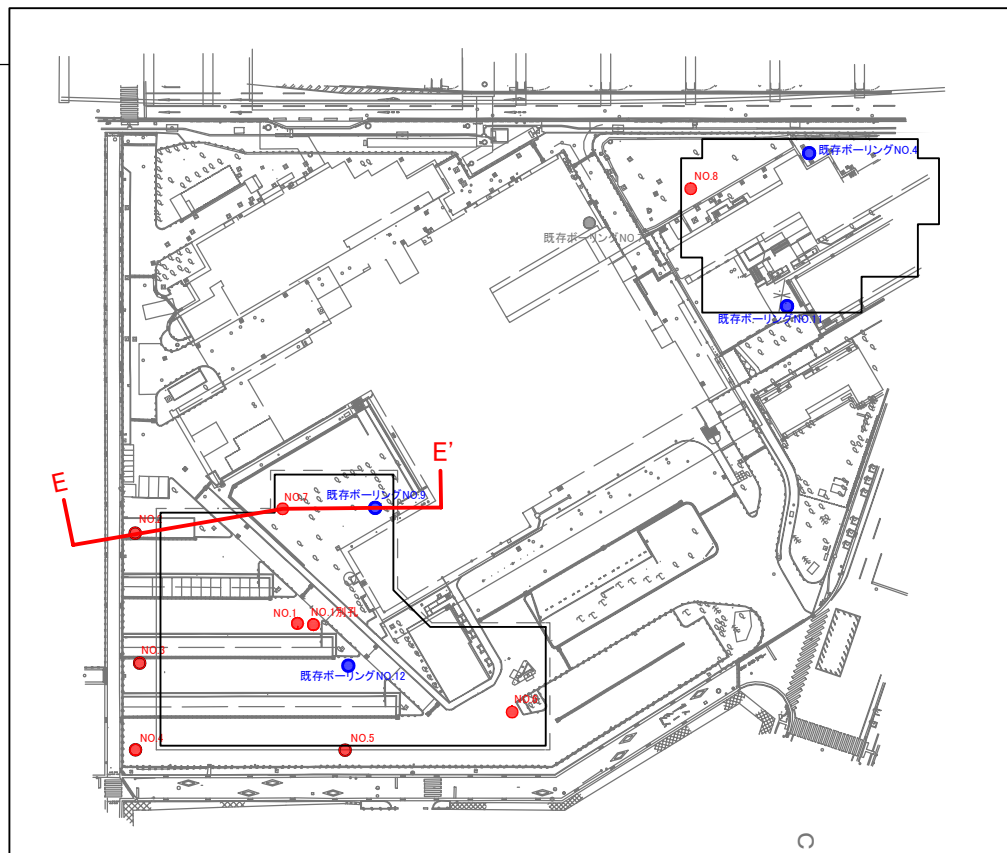
地質時代		地層名	層相	記号	記事
新生代	第四紀	埋土	礫混じり粘土	B	調査地の表層に分布する層。駐車場は表層5cm程度アスファルトで覆われる。泥岩主体の埋土で粘土化が進行し軟質。石灰岩礫や木片等を含み不均質。埋土が箇所では層下部で比較的均質な部分あり。
	第三紀 鮮新世	島尻層	風化泥岩	wTm	島尻層泥岩の風化部。全体に褐色を帯びる。全体に比較的硬質だが場所によっては粘土化が著しく軟質な部分がある。含水は少ない。
			泥岩	Tm	島尻層泥岩の新鮮部で全体に比較的均質。全体に固結するがハンマーの強打でコアは細粒化する硬さ。部分的に貝殻細片を含み、一部砂岩の薄層を挟在する。

図4.2.1(4) 地質想定断面図





断面線位置図

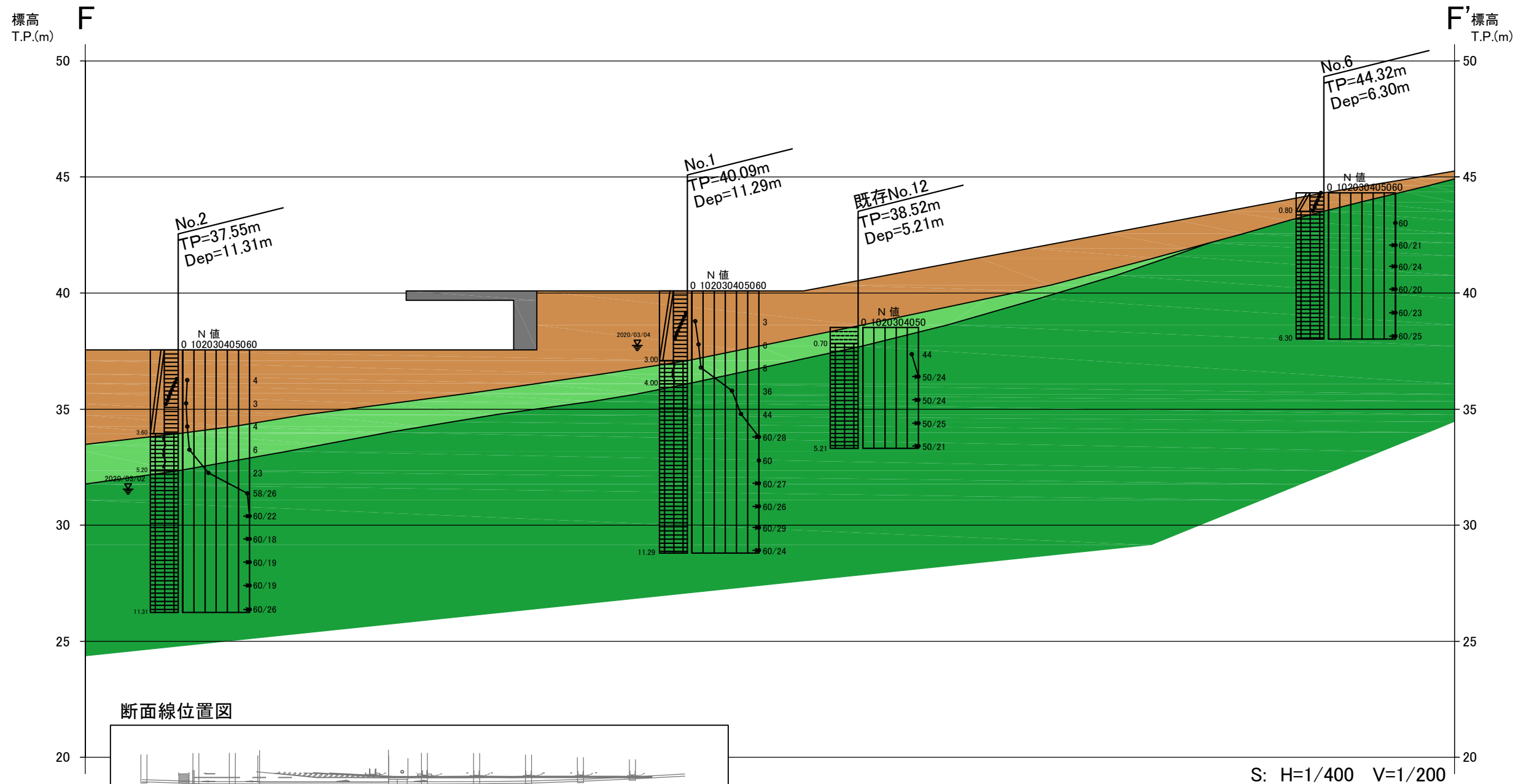


S: H=1/200 V=1/200

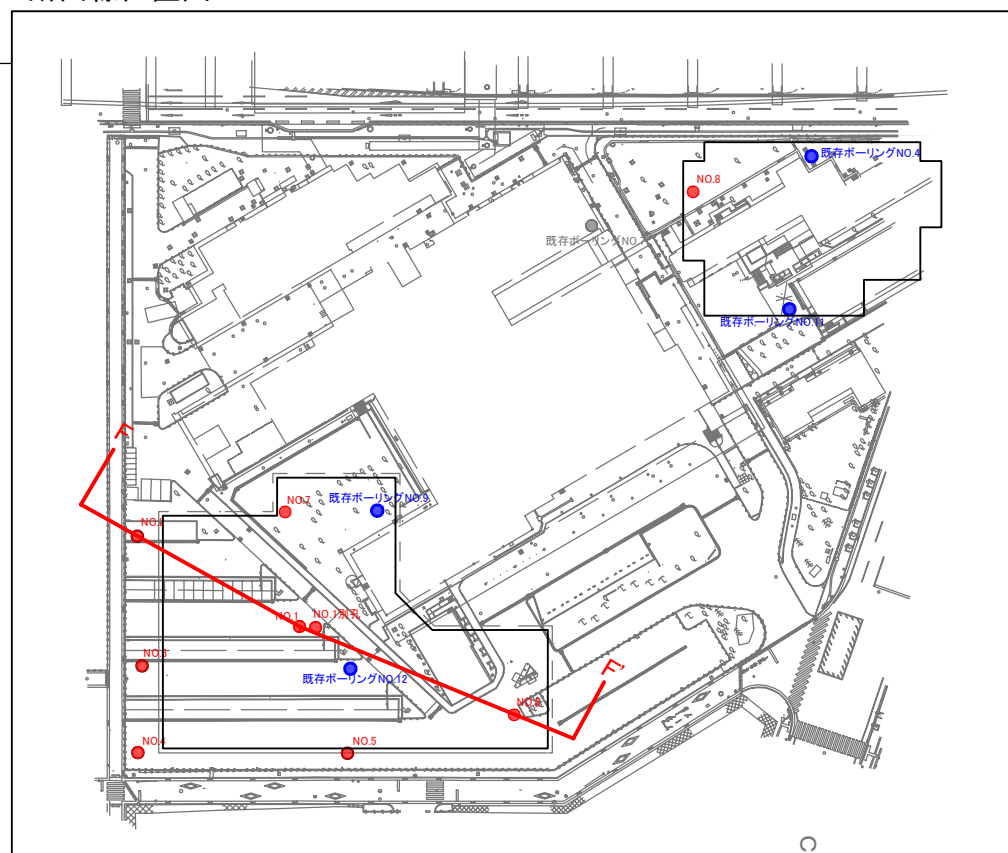
地質層序表

地質時代		地層名	層相	記号	記事
新生代	第四紀	埋土	礫混じり粘土	B	調査地の表層に分布する層 駐車場は表層5cm程度アスファルトで覆われる。泥岩主体の埋土で粘土化が進行し軟質。石灰岩礫や木片等を含み不均質。埋土が箇所では層下部で比較的均質な部分あり。
	第三紀 鮮新世	島尻層	風化泥岩	wTm	島尻層泥岩の風化部。全体に褐色を帯びる。全体に比較的硬質だが場所によっては粘土化が著しく軟質な部分がある。含水は少ない。
泥岩			Tm	島尻層泥岩の新鮮部で全体に比較的均質。全体に固結するがハンマーの強打でコアは細粒化する硬さ。部分的に貝殻細片を含み、一部砂岩の薄層を挟在する。	

図4.2.1(5) 地質想定断面図



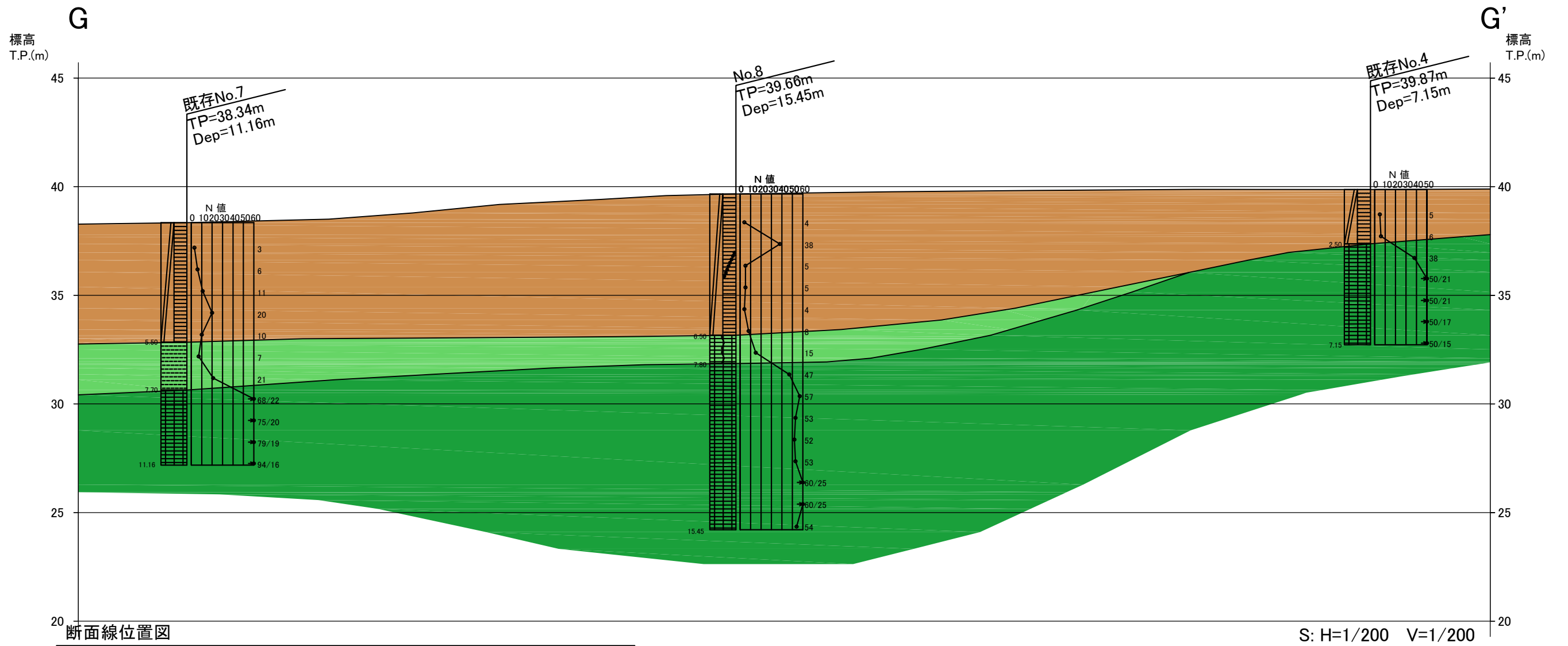
断面線位置図



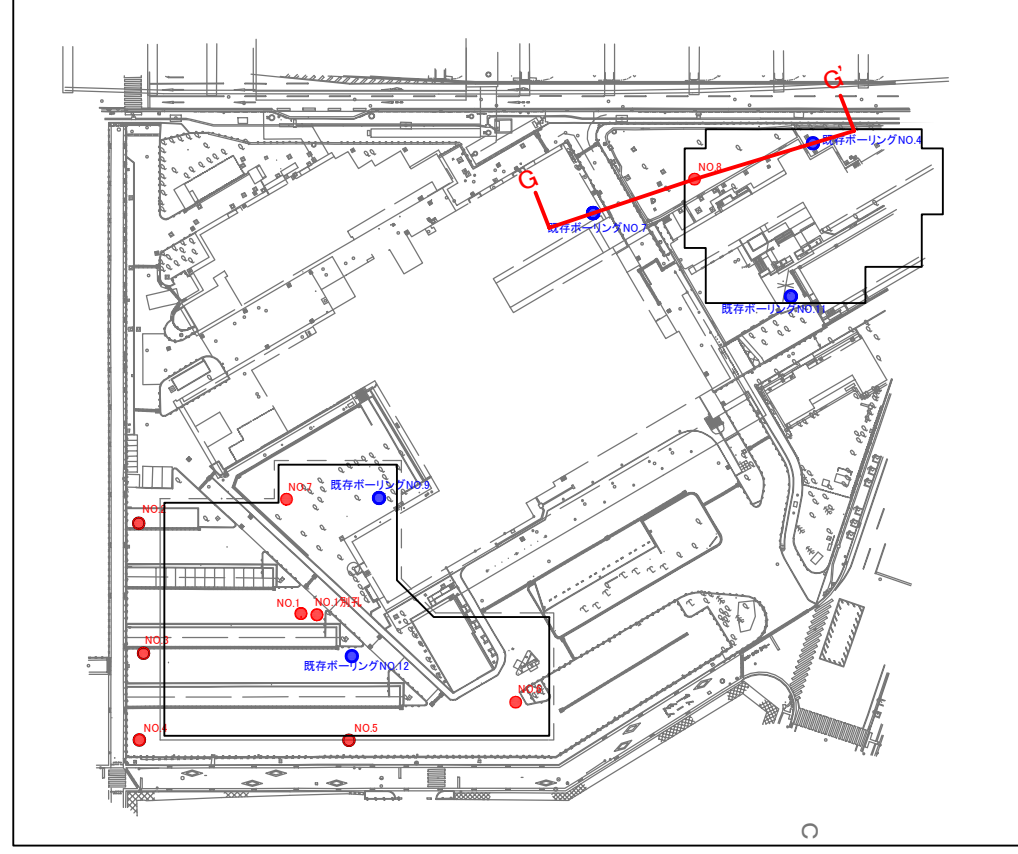
地質層序表

地質時代		地層名	層相	記号	記事
新生代	第四紀	埋土	礫混じり粘土	B	調査地の表層に分布する層 駐車場は表層5cm程度アスファルトで覆われる。泥岩主体の埋土で粘土化が進行し軟質。石灰岩礫や木片等を含み不均質。埋土が箇所では層下部で比較的均質な部分あり。
	第三紀 鮮新世	島尻層	風化泥岩	wTm	島尻層泥岩の風化部。全体に褐色を帯びる。全体に比較的硬質だが場所によっては粘土化が著しく軟質な部分がある。含水は少ない。
泥岩			Tm	島尻層泥岩の新鮮部で全体に比較的均質。全体に固結するがハンマーの強打でコアは細粒化する硬さ。部分的に貝殻細片を含み、一部砂岩の薄層を挟在する。	

図4.2.1(6) 地質想定断面図



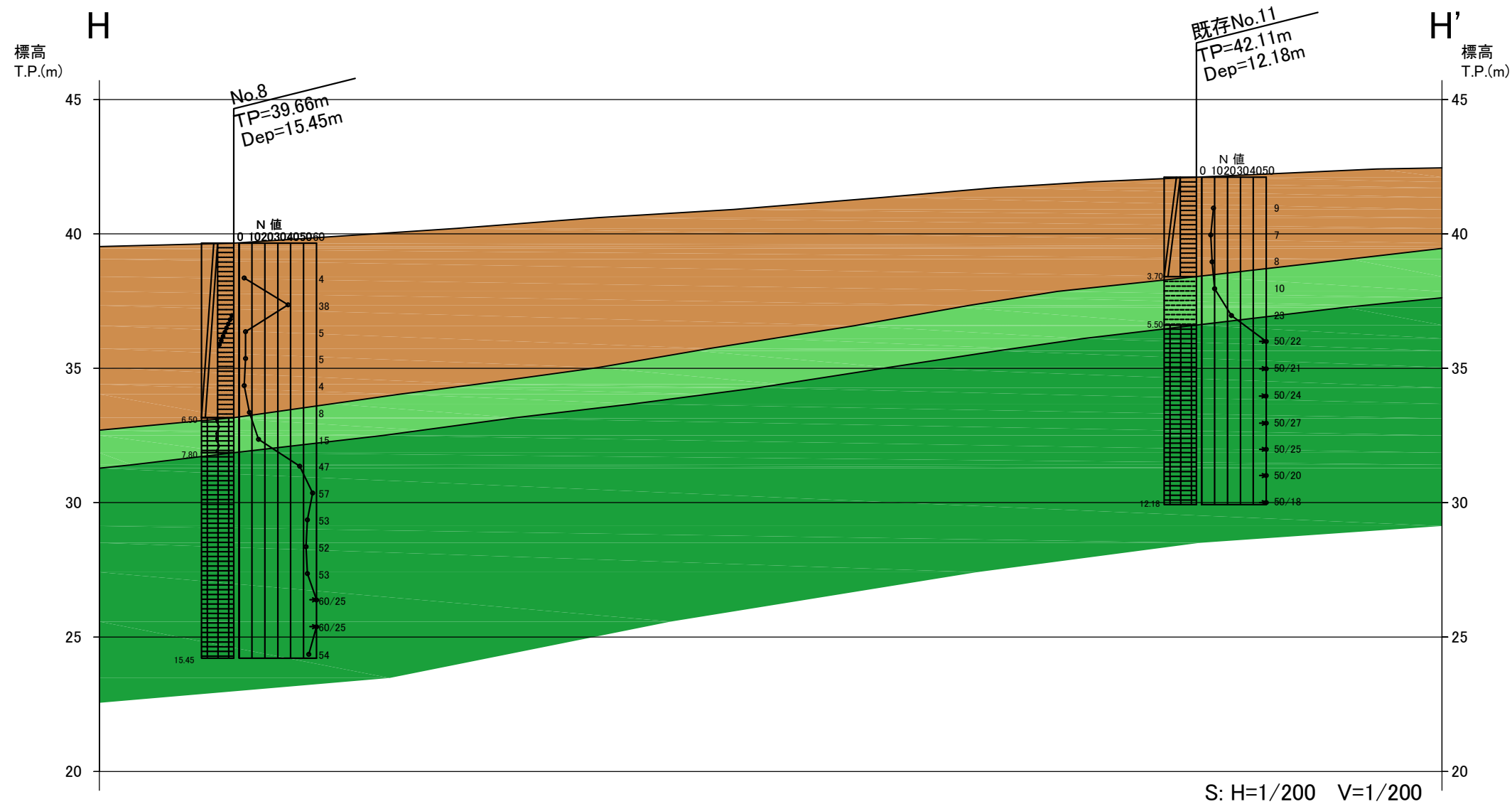
断面線位置図



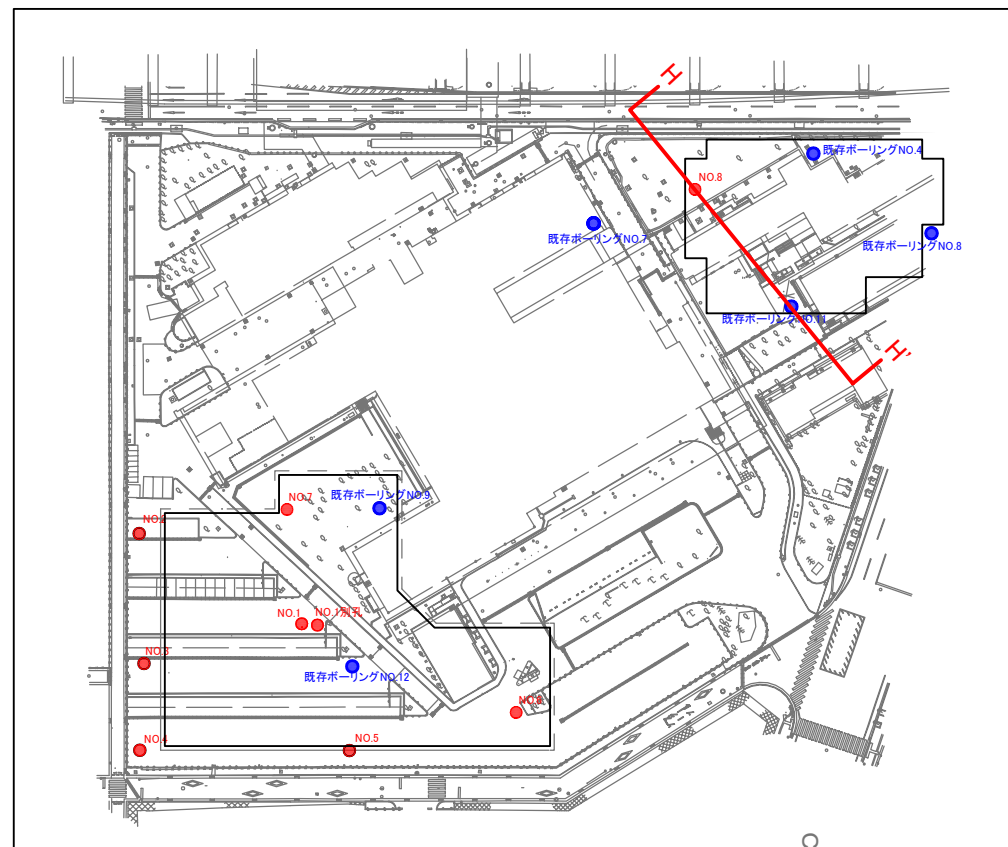
地質層序表

地質時代		地層名	層相	記号	記事
新生代	第四紀	埋土	礫混じり粘土	B	調査地の表層に分布する層 駐車場は表層5cm程度アスファルトで覆われる。泥岩主体の埋土で粘土化が進行し軟質。石灰岩礫や木片等を含み不均質。埋土が箇所では層下部で比較的均質な部分あり。
	第三紀 鮮新世	島尻層	風化泥岩	wTm	島尻層泥岩の風化部。全体に褐色を帯びる。全体に比較的硬質だが場所によっては粘土化が著しく軟質な部分がある。含水は少ない。
泥岩			Tm	島尻層泥岩の新鮮部で全体に比較的均質。全体に固結するがハンマーの強打でコアは細粒化する硬さ。部分的に貝殻細片を含み、一部砂岩の薄層を挟在する。	

図4.2.1(7) 地質想定断面図



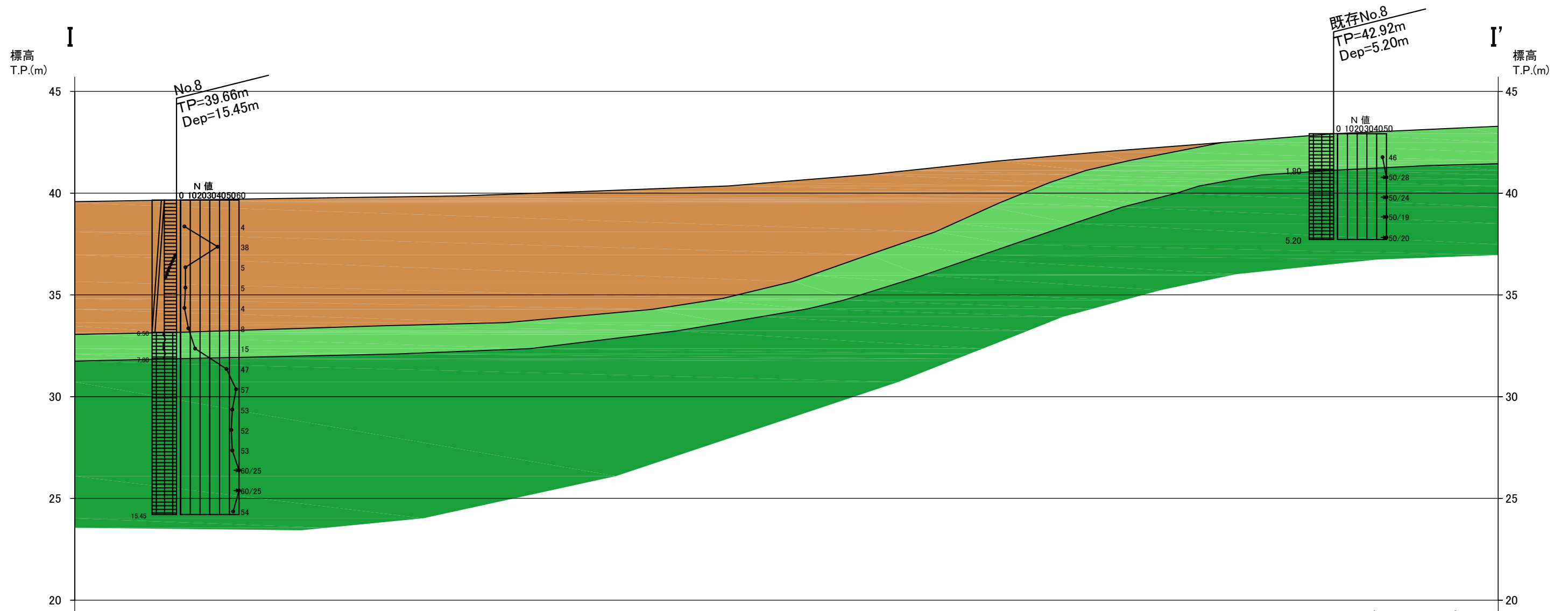
断面線位置図



地質層序表

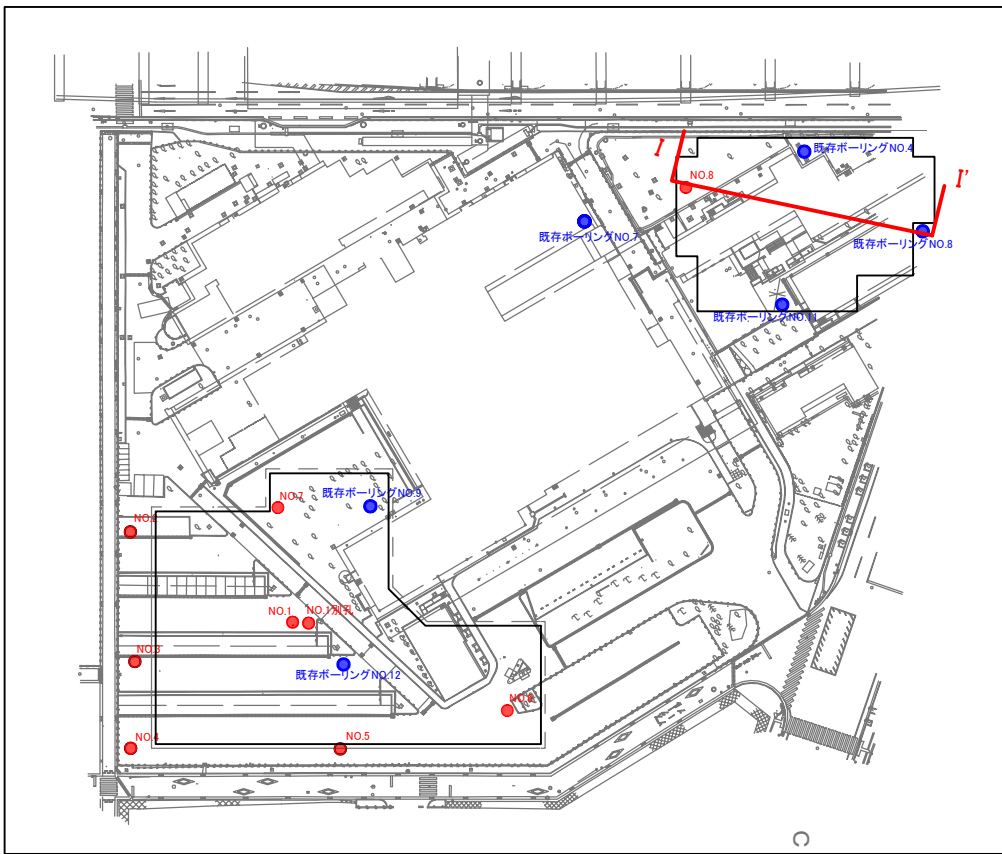
地質時代		地層名	層相	記号	記事
新生代	第四紀	埋土	礫混じり粘土	B	調査地の表層に分布する層 駐車場は表層5cm程度アスファルトで覆われる。泥岩主体の埋土で粘土化が進行し軟質。石灰岩礫や木片等を含み不均質。埋土が箇所では層下部で比較的均質な部分あり。
	第三紀 鮮新世	島尻層	風化泥岩	wTm	島尻層泥岩の風化部。全体に褐色を帯びる。全体に比較的硬質だが場所によっては粘土化が著しく軟質な部分がある。含水は少ない。
泥岩			Tm	島尻層泥岩の新鮮部で全体に比較的均質。全体に固結するがハンマーの強打でコアは細粒化する硬さ。部分的に貝殻細片を含み、一部砂岩の薄層を挟在する。	

図4.2.1(8) 地質想定断面図



断面線位置図

S: H=1/200 V=1/200



地質層序表

地質時代		地層名	層相	記号	記事
新生代	第四紀	埋土	礫混じり粘土	B	調査地の表層に分布する層 駐車場は表層5cm程度アスファルトで覆われる。泥岩主体の埋土で粘土化が進行し軟質。石灰岩礫や木片等を含み不均質。埋土が箇所では層下部で比較的均質な部分あり。
	第三紀	島尻層	風化泥岩	wTm	島尻層泥岩の風化部。全体に褐色を帯びる。全体に比較的硬質だが場所によっては粘土化が著しく軟質な部分がある。含水は少ない。
			泥岩	Tm	島尻層泥岩の新鮮部で全体に比較的均質。全体に固結するがハンマーの強打でコアは細粒化する硬さ。部分的に貝殻細片を含み、一部砂岩の薄層を挟在する。

図4.2.1(9) 地質想定断面図

### 【地下水位】

各地点で確認した地下水位を表 4.2.2 に示す。地下水位はボーリング掘進後、ケーシングを抜管後、翌朝の水位を測定した。

調査地における地下水位は、泥岩の分布に準じて分布しており、概ね南側から北側へ流下していると見られる。また、埋土が厚い箇所では埋土中に分布する。

No.6 地点については調査場所の成約があり、1日掘進を終えたため地下水位は確認できなかった。

なお、地下水位は、降雨の影響や季節変動により変化し、施工時には今回の測定結果と異なる可能性もあることに留意が必要である。

表 4.2.2 地下水位一覧表

調査地点	分布地層名	孔口標高 T.P.(m)	地下水位		測定日
			GL-(m)	T.P.(m)	
No.1	埋土	40.09	2.35	37.74	2020/3/4
No.2	泥岩	37.55	6.00	31.55	2020/3/3
No.3	泥岩	42.55	6.00	36.55	2020/3/4
No.4	泥岩	45.24	5.60	39.64	2020/3/4
No.5	泥岩	45.24	4.60	40.64	2020/3/5
No.6	—	44.32	—	—	—
No.7	埋土	41.32	4.70	36.62	2020/3/6
No.8	埋土	39.66	1.18	38.48	2020/3/7

### 4.3 標準貫入試験

ボーリング 1m掘進毎に標準貫入試験を実施し、地盤の硬軟の指標となる N 値を求めた。詳細な結果は巻末資料に地質柱状図にとりまとめ、以下に結果を示す。

今回、標準貫入試験は、最大 N 値を 60 として実施した。ここでのとりまとめは、60 以上を示すものについては、以下に示す換算 N 値で整理した。なお、換算 N 値の上限は 100 とした（建築基礎構造設計指針：場所打ち杭、埋め込み杭の換算 N 値の上限）

$$\text{換算}N\text{値} = \frac{60(\text{回}) \times 0.3(\text{m})}{60(\text{回})\text{打撃時の貫入量}(\text{m})}$$

※西日本高速道路株式会社・設計要領、第 2 集 p.6-6

表 4.3.1 に N 値一覧表を示し、図 4.3.1 には頻度分布図、標高分布図を示す。また、表 4.3.2 には各層の集計結果を示す。

表 4.3.1 N 値一覧表

地層	データ個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	中央値
埋土層(B)	22	38	1.5	7.5	8.1	5.0
島尻層風化泥岩(wTm)	8	46	6.0	24.6	14.7	24.0
島尻層泥岩(Tm)	63	100	31.0	66.4	14.4	64.3

#### ●埋土層（B層）

- ・粘性土を主体とし比較的軟質な層で N 値は 10 以下のものが卓越するが、礫等を含み部分的に大きなものが見受けられる。
- ・最大値は 38、最小値は 1.5 を示し、平均値は 7.5 となる。
- ・表 4.3.3 の N 値とコンシステンシーの関係では、平均値で「中位の」となる

表 4.3.3 N 値と粘土のコンシステンシー

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

●島尻層風化泥岩（wTm層）

- ・島尻層泥岩の風化部で、泥岩層の上部1m前後で分布する。
- ・風化の程度により硬さが異なり、N値はややバラツキがある。
- ・最大値は46、最小値は6を示し、平均値は24.6となる
- ・表4.3.3のN値とコンシステンシーの関係では、平均値で「非常に硬い」となる。

●島尻層泥岩

- ・島尻層泥岩の新鮮部で、全体に比較的均質で固結する。
- ・N値は60以上を示すものが大半で、換算N値では50~80のものが多く見られる。
- ・最大値は100（換算N値）、最小値は31を示し、平均値は66.4（換算N値）となる。
- ・表4.3.3のN値とコンシステンシーの関係では、平均値で「固結した」となる。



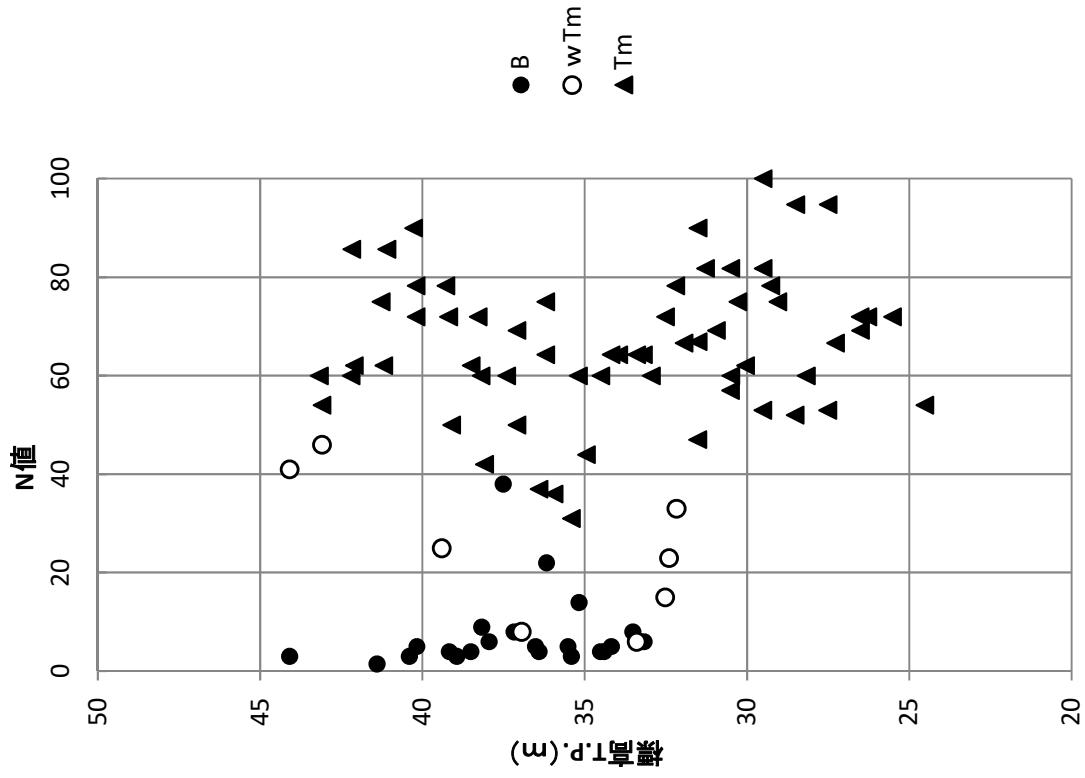
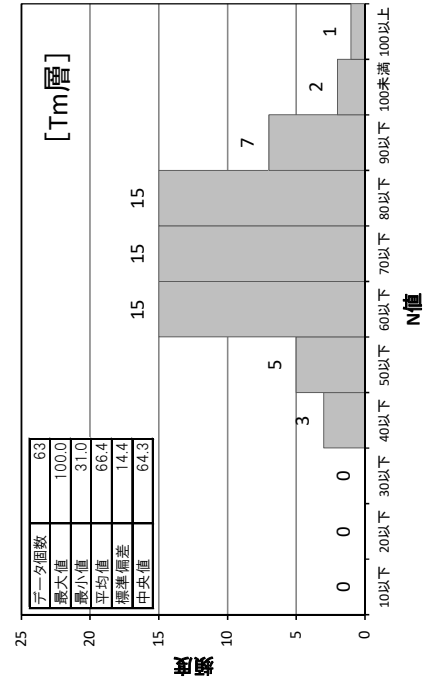
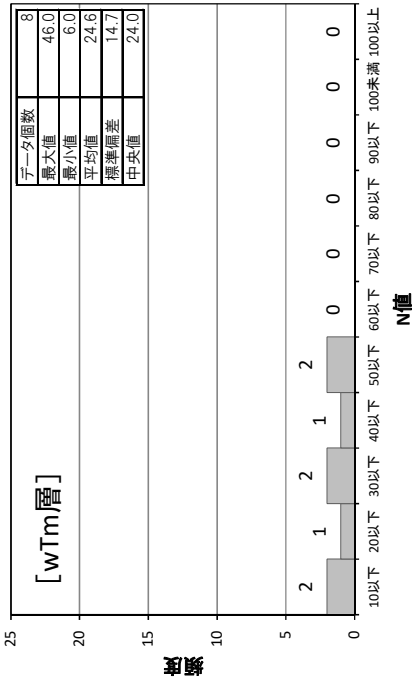
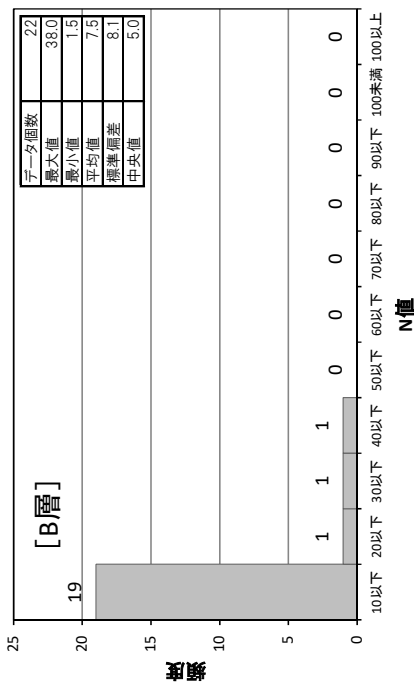


图 4.3.1 N 值頻度分布图及U標高分布图

表 4.3.2 各層の N 値集計表

[B層]

ボーリング No	地層名	開始深度 GL-(m)	N値	貫入量 (cm)	換算N値	データ 個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	中央値
No.1	B	1.15	3	30	3.0	22	38.0	1.5	7.5	8.1	5.0
No.1	B	2.15	6	30	6.0						
No.2	B	1.15	4	30	4.0						
No.2	B	2.15	3	30	3.0						
No.2	B	3.15	4	30	4.0						
No.3	B	1.15	2	40	1.5						
No.3	B	2.15	3	30	3.0						
No.4	B	1.15	3	30	3.0						
No.7	B	1.15	5	30	5.0						
No.7	B	2.15	4	30	4.0						
No.7	B	3.15	9	30	9.0						
No.7	B	4.15	8	30	8.0						
No.7	B	5.15	22	30	22.0						
No.7	B	6.15	14	30	14.0						
No.7	B	7.15	5	30	5.0						
No.7	B	8.15	6	30	6.0						
No.8	B	1.15	4	30	4.0						
No.8	B	2.15	38	30	38.0						
No.8	B	3.15	5	30	5.0						
No.8	B	4.15	5	30	5.0						
No.8	B	5.15	4	30	4.0						
No.8	B	6.15	8	30	8.0						

[wTm層]

ボーリング No	地層名	開始深度 GL-(m)	N値	貫入量 (cm)	換算N値	データ 個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	中央値
No.1	wTm	3.15	8	30	8.0	8	46.0	6.0	24.6	14.7	24.0
No.2	wTm	4.15	6	30	6.0						
No.2	wTm	5.15	23	30	23.0						
No.3	wTm	3.15	25	30	25.0						
No.4	wTm	2.15	46	30	46.0						
No.5	wTm	1.15	41	30	41.0						
No.7	wTm	9.15	33	30	33.0						
No.8	wTm	7.15	15	30	15.0						

[Tm層]

ボーリン グ No	地層名	開始深度 GL-(m)	N値	貫入量 (cm)	換算N値	データ 個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	中央値
No.1	Tm	4.15	36	30	36.0	8	75.0	36.0	59.7	13.1	63.2
No.1	Tm	5.15	44	30	44.0						
No.1	Tm	6.15	60	28	64.3						
No.1	Tm	7.15	60	30	60.0						
No.1	Tm	8.15	60	27	66.7						
No.1	Tm	9.15	60	26	69.2						
No.1	Tm	10.05	60	29	62.1						
No.1	Tm	11.05	60	24	75.0						
No.2	Tm	6.05	58	26	66.9						
No.2	Tm	7.05	60	22	81.8						
No.2	Tm	8.05	60	18	100.0						
No.2	Tm	9.05	60	19	94.7						
No.2	Tm	10.05	60	19	94.7						
No.2	Tm	11.05	60	26	69.2						
No.3	Tm	4.05	60	29	62.1						
No.3	Tm	5.15	60	30	60.0						
No.3	Tm	6.15	37	30	37.0						
No.3	Tm	7.15	31	30	31.0						
No.3	Tm	8.05	60	30	60.0						
No.3	Tm	9.15	60	28	64.3						
No.3	Tm	10.05	60	25	72.0						
No.3	Tm	11.05	60	20	90.0						
No.3	Tm	12.05	60	30	60.0						
No.3	Tm	13.05	60	22	81.8						
No.4	Tm	3.05	60	30	60.0						
No.4	Tm	4.05	60	29	62.1						
No.4	Tm	5.05	60	25	72.0						
No.4	Tm	6.15	50	30	50.0						
No.4	Tm	7.15	42	30	42.0						
No.4	Tm	8.15	60	26	69.2						
No.4	Tm	9.05	60	28	64.3						
No.4	Tm	10.05	60	30	60.0						
No.4	Tm	11.05	60	28	64.3						
No.4	Tm	12.05	60	28	64.3						
No.4	Tm	13.05	60	23	78.3						
No.5	Tm	2.15	54	30	54.0						
No.5	Tm	3.15	60	29	62.1						
No.5	Tm	4.15	60	21	85.7						
No.5	Tm	5.05	60	23	78.3						
No.5	Tm	6.05	60	25	72.0						
No.5	Tm	7.05	60	30	60.0						
No.5	Tm	8.15	50	30	50.0						
No.5	Tm	9.05	60	24	75.0						
No.6	Tm	1.15	60	30	60.0						
No.6	Tm	2.15	60	21	85.7						
No.6	Tm	3.05	60	24	75.0						
No.6	Tm	4.05	60	20	90.0						
No.6	Tm	5.05	60	23	78.3						
No.6	Tm	6.05	60	25	72.0						
No.7	Tm	10.05	60	22	81.8						
No.7	Tm	11.05	60	24	75.0						
No.7	Tm	12.05	60	23	78.3						
No.7	Tm	13.15	60	30	60.0						
No.7	Tm	14.05	60	27	66.7						
No.7	Tm	15.05	60	25	72.0						
No.8	Tm	8.15	47	30	47.0						
No.8	Tm	9.15	57	30	57.0						
No.8	Tm	10.15	53	30	53.0						
No.8	Tm	11.15	52	30	52.0						
No.8	Tm	12.15	53	30	53.0						
No.8	Tm	13.15	60	25	72.0						
No.8	Tm	14.15	60	25	72.0						
No.8	Tm	15.15	54	30	54.0						

#### 4.4 孔内水平載荷試験

地盤の変形特性を把握するため、孔内水平載荷試験を実施した。詳細な結果は巻末資料のデータシートにとりまとめ、以下に結果を示す。

表 4.4.1 に試験結果一覧表、図 4.4.1 に試験結果図を示す。今回の試験は No.7 地点（別孔）で埋土層および泥岩層を対象として実施した。試験は、埋土層で LLT、泥岩層でエラストを用いた。

試験の結果、変形係数は埋土層で 2,355kN/m<sup>2</sup>、泥岩層で 217,400kN/m<sup>2</sup> が得られた。

表 4.4.1 試験結果一覧表

試験地点	試験番号	試験深度 GL-(m)	地層名	N値	試験結果			
					静止土圧 PO(kN/m <sup>2</sup> )	降伏応力 Py(kN/m <sup>2</sup> )	地盤係数 Km(kN/m <sup>3</sup> )	変形係数 E(kN/m <sup>2</sup> )
No.7	K-1	8.0	埋土層(B)	6	6	105	56,890	2,355
	K-2	10.5	泥岩層(Tm)	81 <sup>*</sup>	410	1,800	5,143,000	217,400

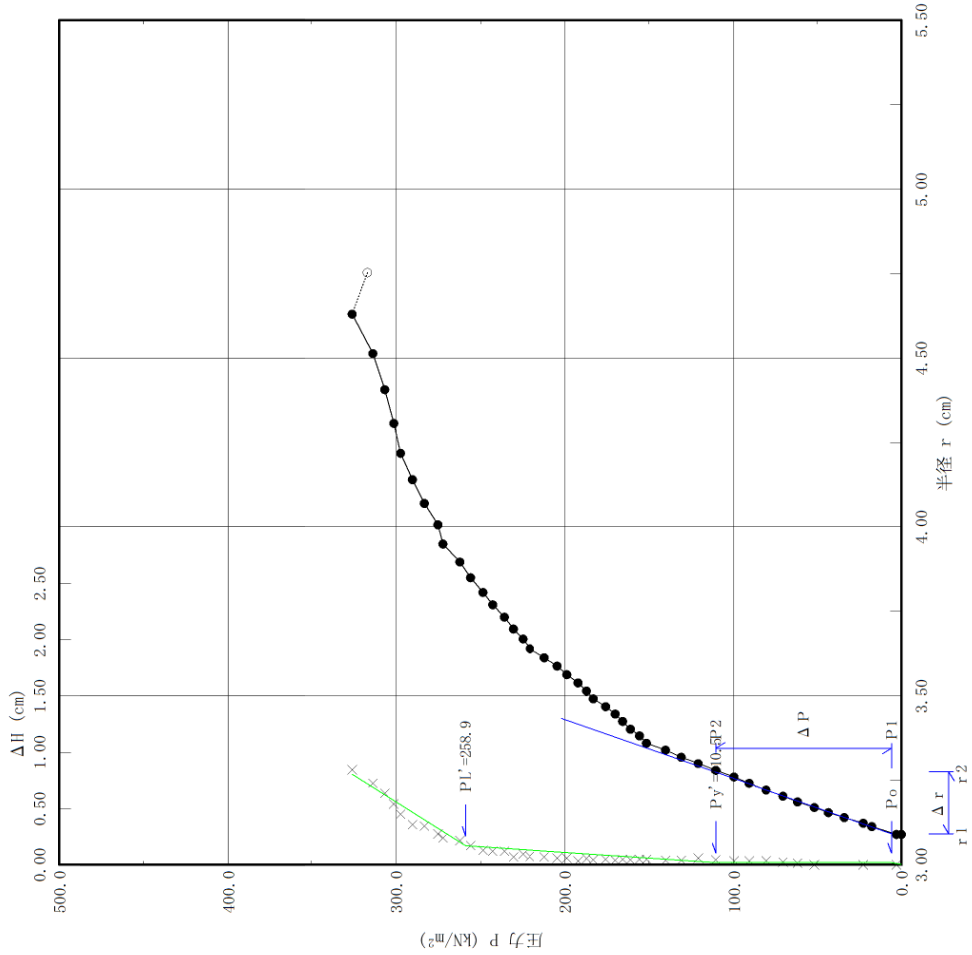
※換算N値

図 4.4.2 に孔内水平載荷試験より得られた変形係数と N 値との関係を示す。図 4.4.2 に示すように、孔内水平載荷試験 E による変形係数と N 値の関係については、一般的に地盤材料に関わらず  $E=700N$  (kN/m<sup>2</sup>) という関係が近似的に成立していることが知られている。

図 4.4.2 に今回の結果をプロットすると、それぞれ N 値との関係からややずれている。今回試験は、別孔で実施しており、N 値をとった箇所とやや性状がことなっていることも考えられるが、試験値は図 4.4.2 においてバラツキの範囲内にあり、試験値としては概ね妥当な値と考えられる。

[埋土層 (LLT)]

静土圧 $P_o$ (kN/m <sup>2</sup> )	降伏圧 $P_y$ (kN/m <sup>2</sup> )	破壊圧 $P_L$ (kN/m <sup>2</sup> )	地盤係数 $K_m$ (kN/m <sup>3</sup> )	変形係数 $E$ (kN/m <sup>2</sup> )	K値を求めた 中間半径 $r_m$ (cm)
5.9	104.5	253.0	56,890	2,355	3.18



[泥岩層 (エラスト)]

初期心力 $P_o$ (kN/m <sup>2</sup> )	降伏心力 $P_y$ (kN/m <sup>2</sup> )	地盤係数 $K_m$ (kN/m <sup>3</sup> )	係数EまたはD (kN/m <sup>2</sup> )	K値を求めた 中間半径 $r_m$ (cm)
410.0	1,800.0	5,143,000	217,400	3.27

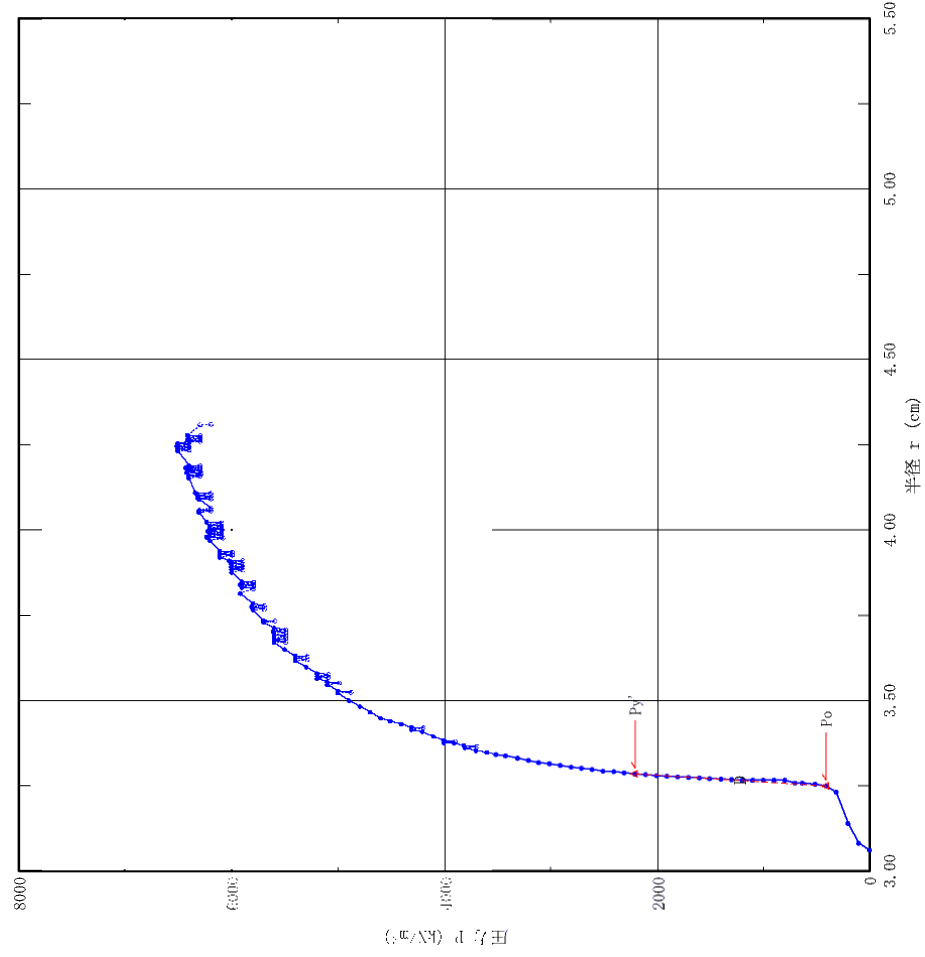


図 4.4.1 孔内水圧荷試験結果図

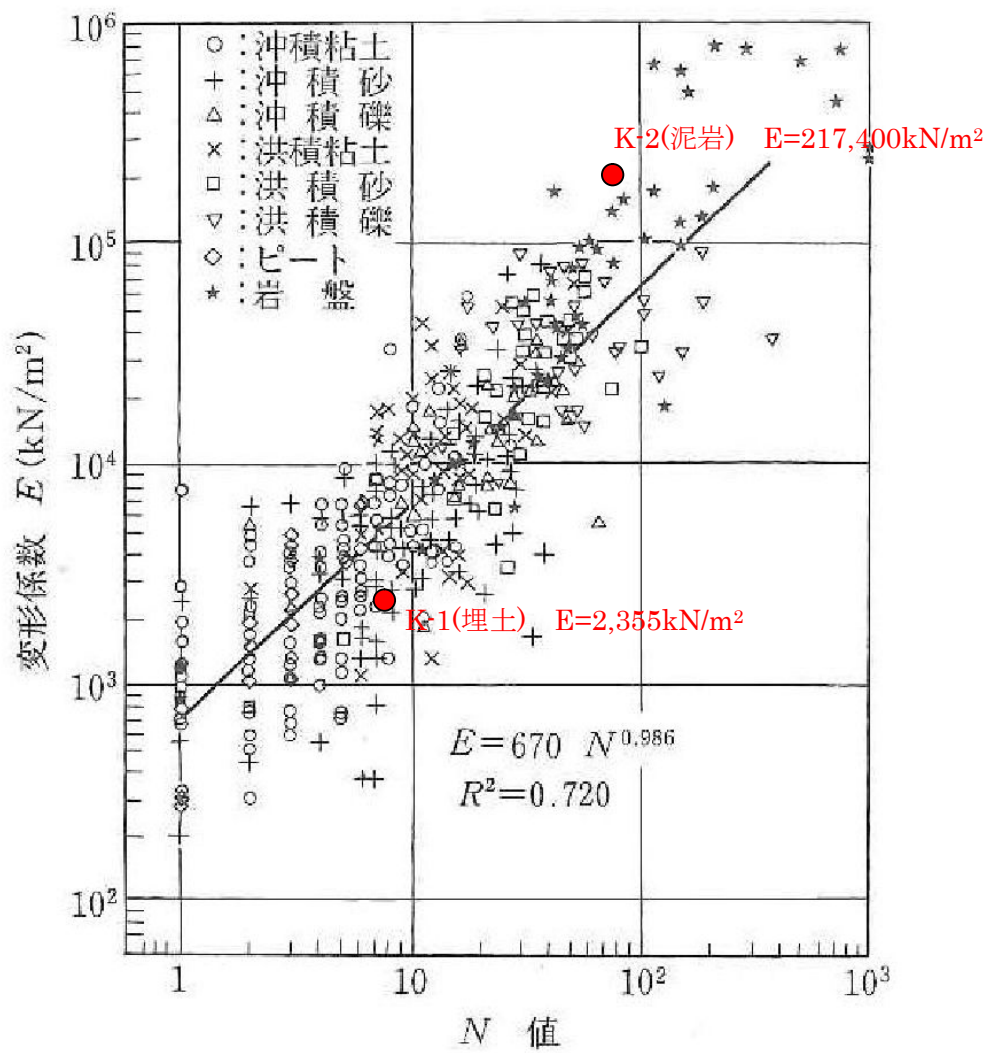


図 4.4.2 孔内水平載荷試験による変形係数と N 値の関係  
 (地盤調査の方法と解析：地盤工学会)

#### 4.5 現場透水試験

地盤の透水性を確認するため、透水試験を実施した。詳細な結果は巻末資料のデータシートにとりまとめ、以下に試験結果を示す。

表 4.5.1 に試験結果一覧表を示す。

今回の試験は、埋土層を対象として実施した。透水係数は  $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{m/s}$  オーダーが得られた。埋土層は粘性土を主体とするが、人工的に埋められたものであり、堆積した粘性土層に比べると間隙も大きく、透水係数は大きくなっていると思われる。

表 4.5.1 現場透水試験結果一覧表

調査地点	試験深度 GL-(m)	地層	平衡水位		試験結果	
			GL-(m)	T.P.(m)	試験方法	透水係数 k(m/s)
No.7	8.0~8.5	埋土層	3.93	37.39	注水法	1.18E-05
					回復法	4.06E-06

表 4.5.2 に透水係数と透水性、土質の関係を示す。

通常粘性土の場合、 $10^{-10} \sim 10^{-11} \text{m/s}$  オーダー等で不透水層に近い値となるが、今回の結果は、上述するように埋土層で間隙も大きいため、透水性は低い~中位となる。

表 4.5.2 透水係数と透水性、土質の関係

		透水係数 $k$ (m/s)											
		$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$
透水性	実質上不透水	非常に低い			低い			中位	高い				
対応する土の種類	粘土性 (C)	微細砂、シルト、砂-シルト-粘土混合土 (SF) (S-P) (M)							砂及びれき (礫) (GW) (GP) (SW) (SP) (G-F)		清浄なれき (GW) (GP)		
透水係数を直接測定する方法	特殊な変水位透水試験	変水位透水試験							定水位透水試験		特殊な変水位透水試験		
透水係数を間接的に測定する方法	圧密試験結果から計算	なし							清浄な砂及びれきは、粒度と間げき(隙)比とから計算				

今回試験結果範囲

## 4.6 室内土質試験

調査地に分布する土質の物理特性、力学特性等を把握するため、室内土質試験を実施した。詳細な結果は巻末資料のデータシートにとりまとめ、以下に試験結果を示す。

表 4.6.1 に試験結果一覧表を示し、図 4.6.1 に試験結果の標高分布図を示す。

今回の調査では、埋土層、泥岩層を対象として、不攪乱試料、攪乱試料を用いて試験を行った。試験は、No.7 地点で不攪乱試料を採取し、No.3 地点の泥岩層の攪乱試料で実施した。

### ■物理特性

#### 【埋土層】

- 土粒子の密度  $\rho_s$  は  $2.787\text{g/cm}^3\sim 2.79\text{g/cm}^3$  を示し、自然含水比  $w_n$  は  $28.7\%\sim 35.4\%$  を示す。深度方向に特異な変化は見られない。
- 湿潤密度  $\rho_t$  は  $1.897\text{g/cm}^3\sim 1.929\text{g/cm}^3$  を示し、間隙比  $e$  は  $0.86\sim 0.99$  を示す。湿潤密度、間隙比についても深度方向へ特異な変化は見受けられない。
- コンシステンシー特性は、液性限界  $w_L$  が  $61.9\%\sim 65.7\%$ 、塑性限界  $w_P$  が  $21.7\%\sim 23.5\%$  を示し、塑性指数は  $38.9\sim 42.2$  となる。
- 粒度組成は、図 4.6.2 の粒径加積曲線に示すように、砂分が  $7.0\%\sim 9.8\%$ 、シルト分が  $26.1\%\sim 34.0\%$ 、粘土分が  $57.9\%\sim 66.1\%$  で細粒分が約  $90\%$  を占める。地盤材料の分類では「砂混じり粘土（高液性限界）」に分類される。

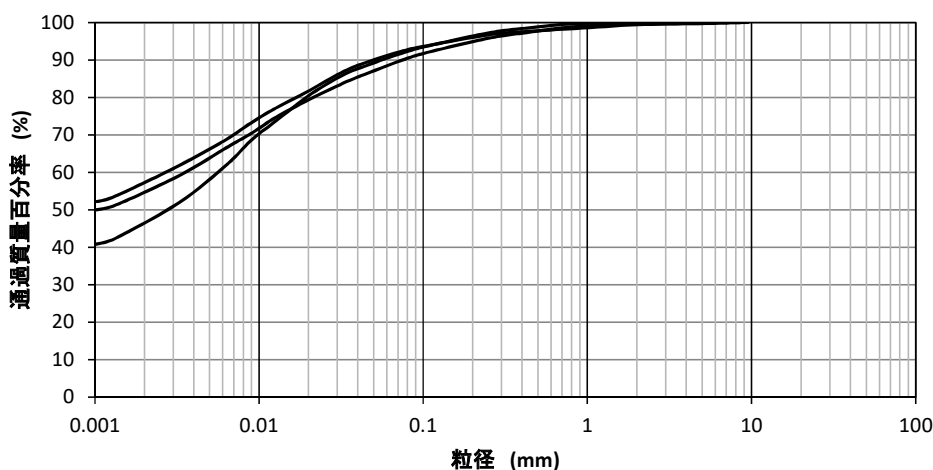


図 4.6.2 粒径加積曲線（埋土層）

表 4.6.1 室内土質試験結果一覧表

試料番号		No.7-S-1	No.7-S-2	No.7-S-3	No.7-S-4	No.3-P-1	No.3-P-2	No.3-P-3	No.3-P-4
地層名		埋土	埋土	埋土	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩
試料種別		不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	攪乱	攪乱	攪乱	攪乱
上端深度 GL-	m	3.00	4.00	7.00	10.00	5.15	6.15	7.15	8.05
下端深度 GL-	m	4.00	5.00	9.00	12.00	5.45	6.45	7.45	8.35
一般	湿潤密度 $\rho_t$	g/cm <sup>3</sup>	1.908	1.897	1.929	2.043	—	—	—
	乾燥密度 $\rho_d$	g/cm <sup>3</sup>	1.422	1.401	1.499	1.642	—	—	—
	土粒子の密度 $\rho_s$	g/cm <sup>3</sup>	2.787	2.79	2.788	2.784	2.771	2.777	2.778
	自然含水比 w	%	34.2	35.4	28.7	24.4	26.9	26.1	24.6
	間隙比 e		0.96	0.991	0.86	0.695	—	—	—
	飽和度 Sr	%	99.3	99.7	93.1	97.7	—	—	—
粒度	石分	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0
	礫分	%	0.0	0.6	0.2	0.0	0	0	0
	砂分	%	8.1	7.0	9.8	6.1	4.8	5.8	1.8
	シルト分	%	34.0	26.3	26.1	31.5	30.4	30.4	32
	粘土分	%	57.9	66.1	63.9	62.4	64.8	63.8	66.2
	最大粒径	mm	2.00	9.50	4.75	0.85	0.85	0.85	0.425
	均等係数		—	—	—	—	—	—	—
	50%粒径 $D_{50}$	mm	0.00281	—	0.00103	0.00108	—	0.00190	0.00124
テコンシス	液性限界 $w_L$	%	65.7	61.9	63.1	64.7	67.1	67.5	64
	塑性限界 $w_p$	%	23.5	23	21.7	25.3	25.5	26.3	25.1
	塑性指数		42.2	38.9	41.4	39.4	41.6	41.2	38.9
分類	地盤材料の分類名		砂まじり粘土 (高液性限界)	砂まじり粘土 (高液性限界)	砂まじり粘土 (高液性限界)	砂まじり粘土 (高液性限界)	粘土 (高液性限界)	砂混じり粘土 (高液性限界)	粘土 (高液性限界)
	分類記号		(CH-S)	(CH-S)	(CH-S)	(CH-S)	(CH)	(CH-S)	(CH)
圧密	試験方法		段階載荷	段階載荷	段階載荷	段階載荷	—	—	—
	圧縮指数 $C_c$		0.28	0.47	0.33	0.48	—	—	—
	圧密降伏応力 $p_c$	kN/m <sup>2</sup>	159	3878	192	9647	—	—	—
せん断	試験条件		UU三軸	UU三軸	UU三軸	UU三軸	—	—	—
	全応力	c kN/m <sup>2</sup>	58.9	41.9	60.3	1150	—	—	—
		$\phi$ °	0	0	0	0	—	—	—
	有効応力	c' kN/m <sup>2</sup>					—	—	—
$\phi'$ °						—	—	—	
動的	せん断弾性係数 $G_0$	MN/m <sup>2</sup>	44.6	51.7	33.4	458	—	—	—



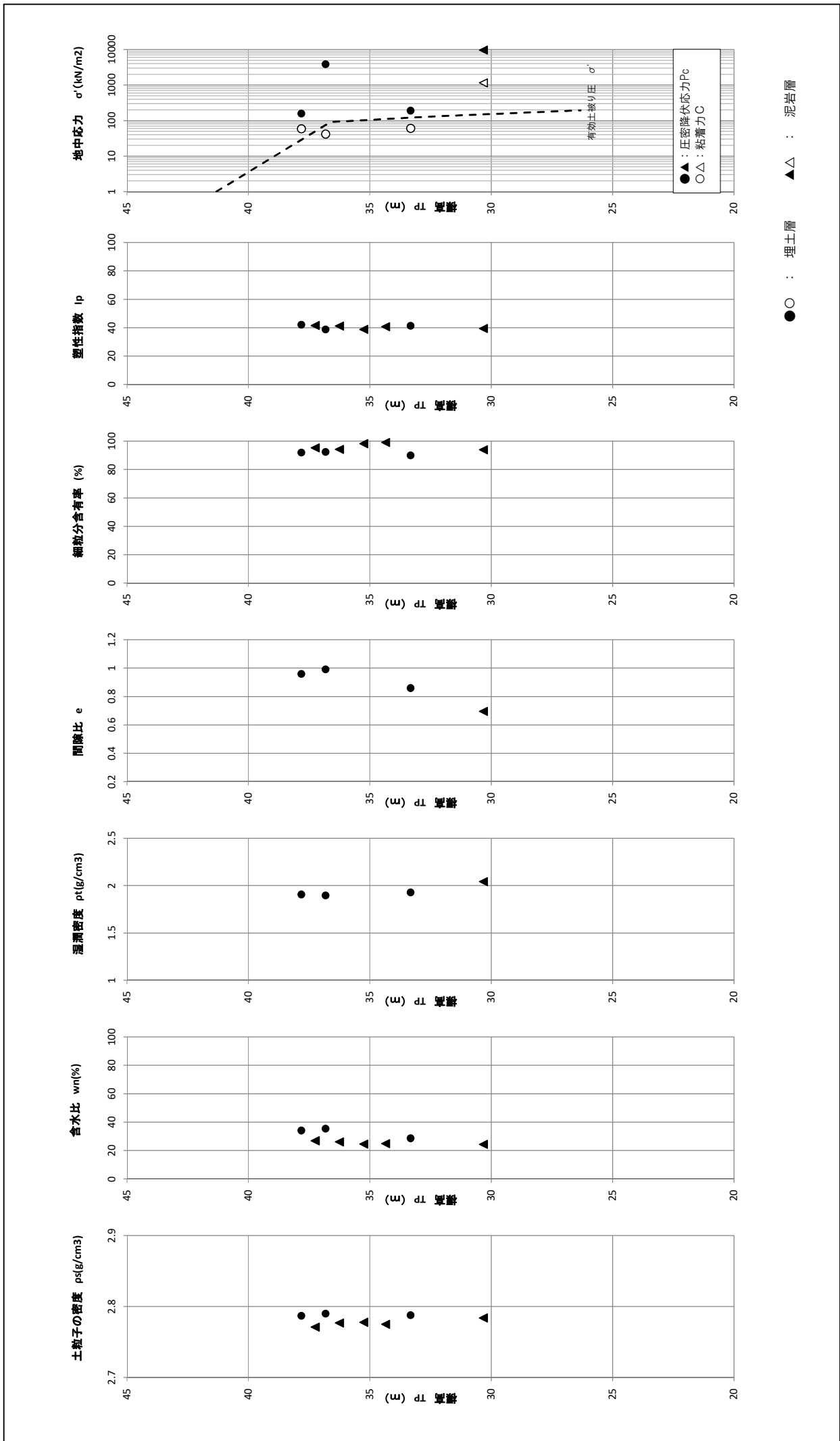


図 4.6.1 試験結果標高分布図

### 【泥岩層】

- ・土粒子の密度  $\rho_s$  は  $2.771\text{g/cm}^3 \sim 2.784\text{g/cm}^3$  を示し、自然含水比  $w_n$  は  $24.4\% \sim 24.9\%$  を示す。深度方向に特異な変化は見られない。
- ・湿潤密度  $\rho_t$  は  $2.043\text{g/cm}^3$  を示し、間隙比  $e$  は  $0.695$  を示す。
- ・コンシステンシー特性は、液性限界  $w_L$  が  $64.0\% \sim 67.5\%$ 、塑性限界  $w_P$  が  $23.6\% \sim 26.3\%$  を示し、塑性指数は  $38.9 \sim 41.6$  となる。
- ・粒度組成は、図 4.6.3 の粒径加積曲線に示すように、砂分が  $0.9\% \sim 6.1\%$ 、シルト分が  $25.7\% \sim 32.0\%$ 、粘土分が  $62.4\% \sim 73.4\%$  で細粒分が約  $95\%$  を占める。地盤材料の分類では「砂混じり粘土（高液性限界）」、「粘土（高液性限界）」に分類される。

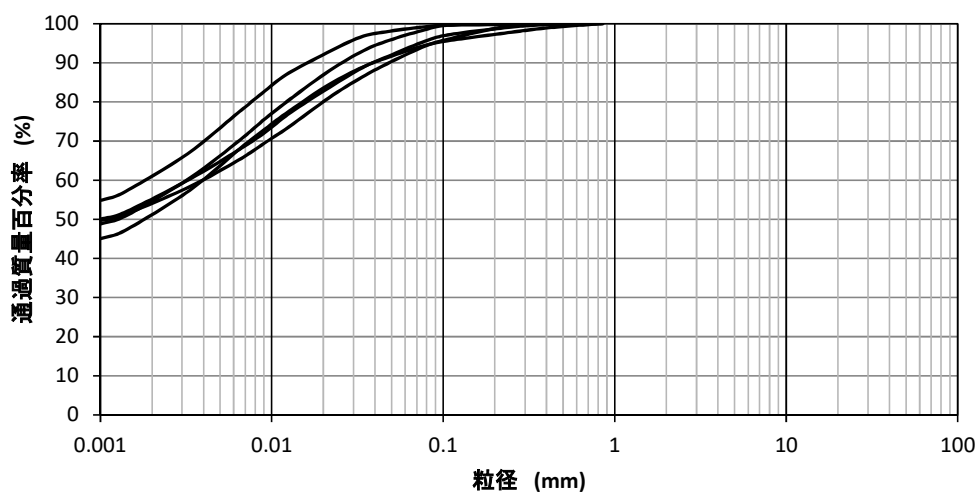


図 4.6.3 粒径加積曲線（泥岩層）

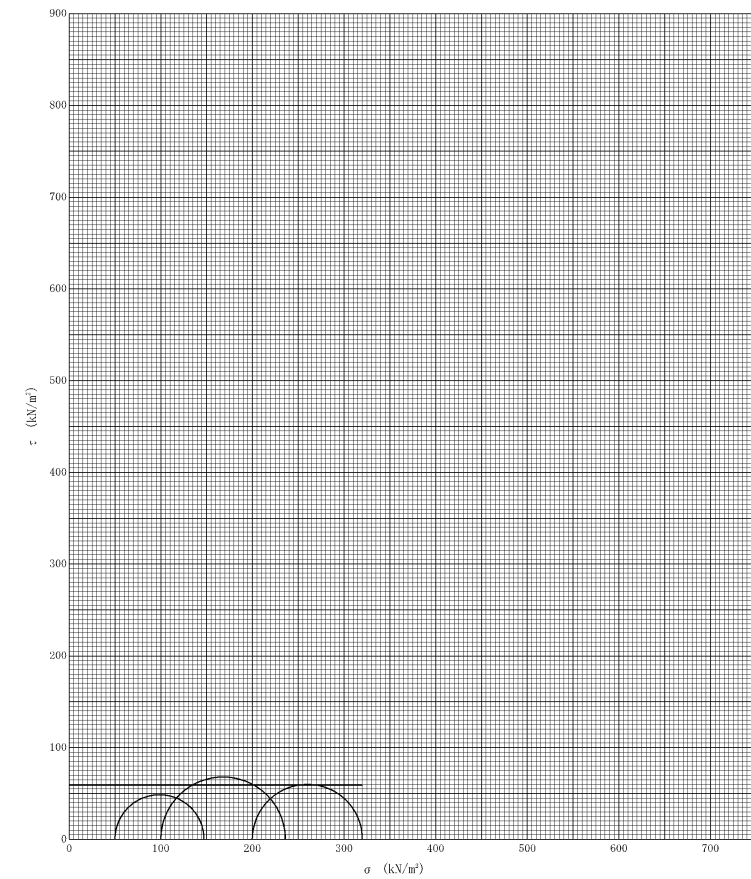
### ■力学特性

力学特性を把握するため、三軸圧縮試験（UU）を実施した。図 4.6.4 に試験結果図（モールの応力円）を示す。

三軸圧縮試験により得られた強度（粘着力）は、埋土層が  $C=41.9\text{kN/m}^2 \sim 60.3\text{kN/m}^2$ 、泥岩層が  $C=1,150\text{kN/m}^2$  である。

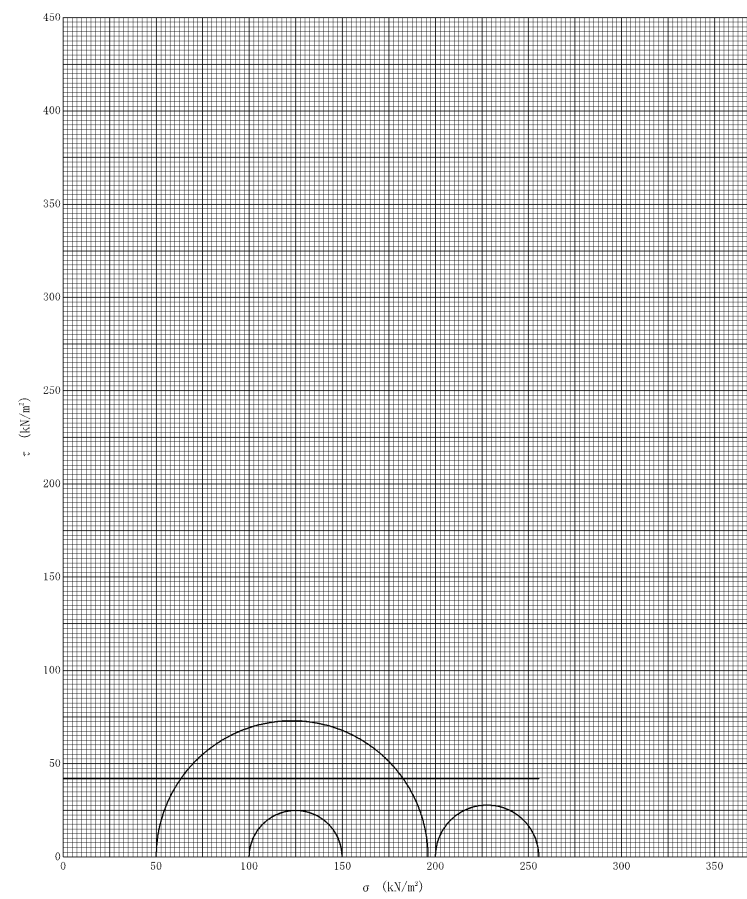
【No.7-S-1(埋土層)】

強度定数	全 応 力			有 効 応 力	
	$c_u$ kN/m <sup>2</sup>	$\phi_u$ °	$\tan \phi_u$	$c'$ kN/m <sup>2</sup>	$\phi'$ °
正規圧密領域					
過圧密領域					
	58.9	0.00	0.00		



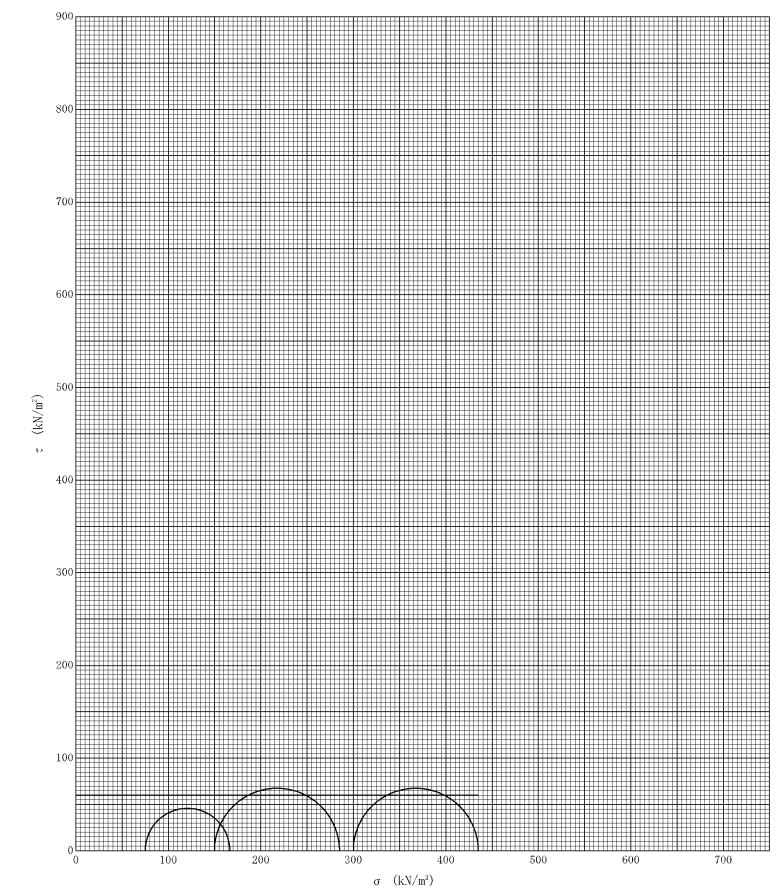
【No.7-S-2(埋土層)】

強度定数	全 応 力			有 効 応 力	
	$c_u$ kN/m <sup>2</sup>	$\phi_u$ °	$\tan \phi_u$	$c'$ kN/m <sup>2</sup>	$\phi'$ °
正規圧密領域					
過圧密領域					
	41.9	0.00	0.00		



【No.7-S-3(埋土層)】

強度定数	全 応 力			有 効 応 力	
	$c_u$ kN/m <sup>2</sup>	$\phi_u$ °	$\tan \phi_u$	$c'$ kN/m <sup>2</sup>	$\phi'$ °
正規圧密領域					
過圧密領域					
	60.3	0.00	0.00		



【No.7-S-4(泥岩層)】

強度定数	全 応 力			有 効 応 力	
	$c_u$ kN/m <sup>2</sup>	$\phi_u$ °	$\tan \phi_u$	$c'$ kN/m <sup>2</sup>	$\phi'$ °
正規圧密領域					
過圧密領域					
	1150	0.00	0.00		

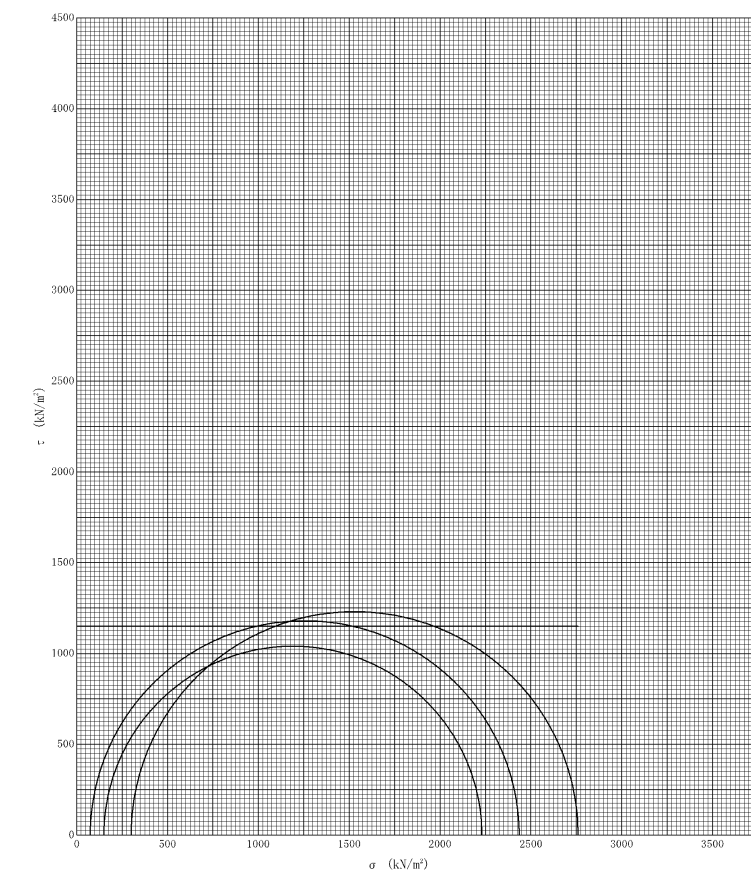


図 4.6.4 三軸圧縮試験結果図

## ■圧密特性

圧密特性を把握するため、圧密試験を実施した。図 4.6.5 に圧密試験結果図を示す。

### 【埋土層】

埋土層は、圧縮指数  $C_c$  が 0.28~0.47 と比較的小さく圧縮性は低いと考えられる。圧密降伏応力  $P_c$  は  $159\text{kN/m}^2\sim 3,878\text{kN/m}^2$  でバラツキがあるが、有効土被り圧と比べるとかなり大きな値であり、過圧密状態にある。圧密係数  $C_v$  は、過圧密領域では  $3,000\text{cm}^2/\text{d}\sim 4,000\text{cm}^2/\text{d}$  を示すが、正規圧密領域では  $50\text{cm}^2/\text{d}\sim 300\text{cm}^2/\text{d}$  に急激に低下する。

### 【泥岩層】

泥岩層は、圧縮指数  $C_c$  が 0.48 で比較的小さく圧縮性は低いと考えられる。圧密降伏応力  $P_c$  は  $1,150\text{kN/m}^2$  で有効土被り圧と比べるとかなり大きく、過圧密状態にある。

圧密係数  $C_v$  は、過圧密領域では  $7,000\text{cm}^2/\text{d}\sim 8,000\text{cm}^2/\text{d}$  であるが、正規圧密領域では  $400\text{cm}^2/\text{d}$  程度まで低下する。

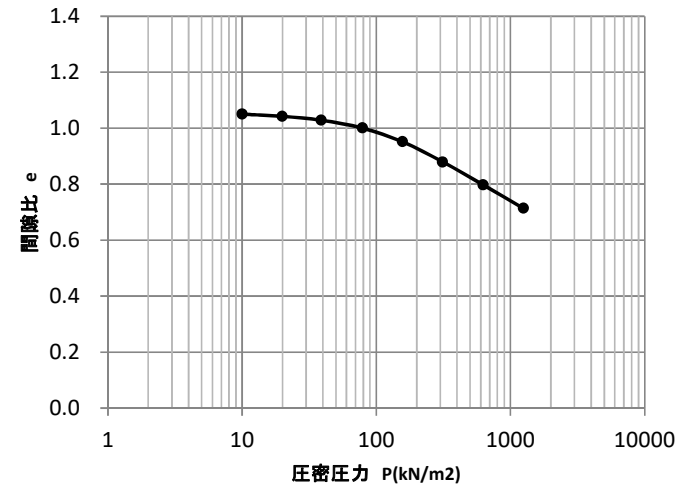
## ■変形特性

変形特性をもとめるため、動的三軸試験（繰り返し三軸試験）を実施した。表 4.6.2 に試験結果一覧表を示し、図 4.6.6 に試験結果図を示す。

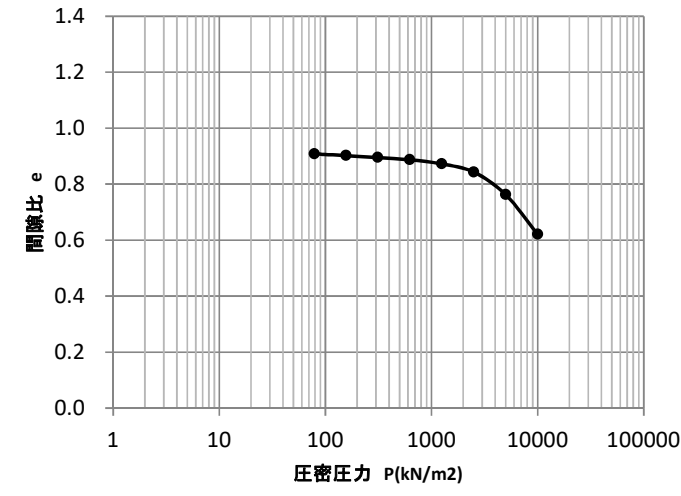
埋土層の変形係数  $E_0$  は、 $100\text{MN/m}^2\sim 155\text{MN/m}^2$  を示し、せん断弾性係数  $G_0$  は  $33.4\text{MN/m}^2\sim 51.7\text{MN/m}^2$  となる。

泥岩層の変形係数  $E_0$  は、 $1,370\text{MN/m}^2$  を示し、せん断弾性係数  $G_0$  は  $458\text{MN/m}^2$  となる。

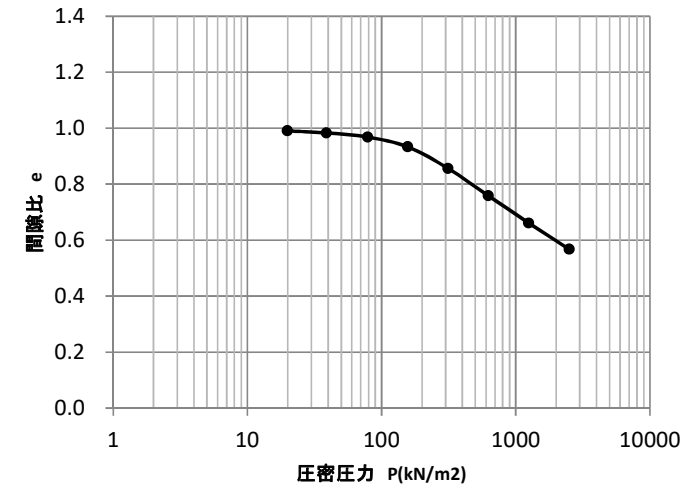
【No.7-S-1 (埋土)】



【No.7-S-2 (埋土)】



【No.7-S-3 (埋土)】



【No.7-S-3 (泥岩)】

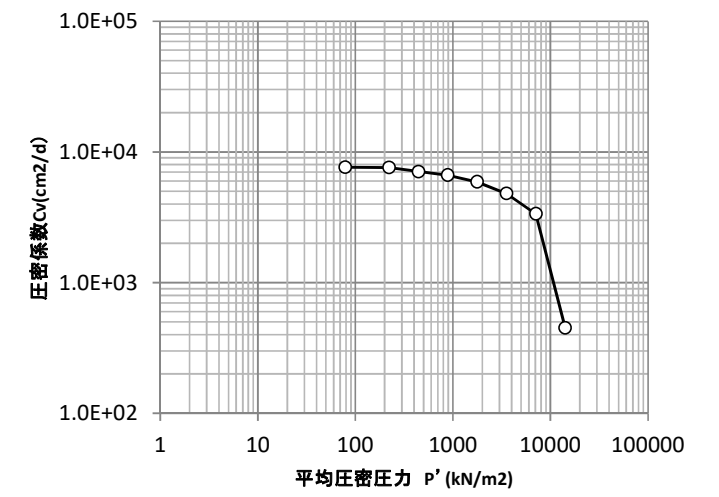
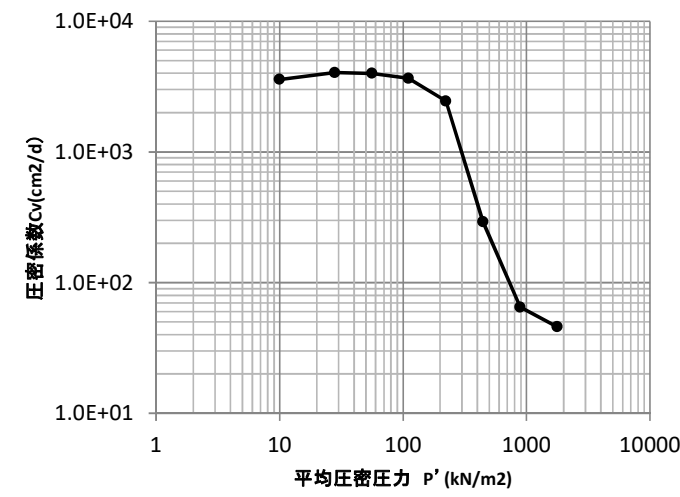
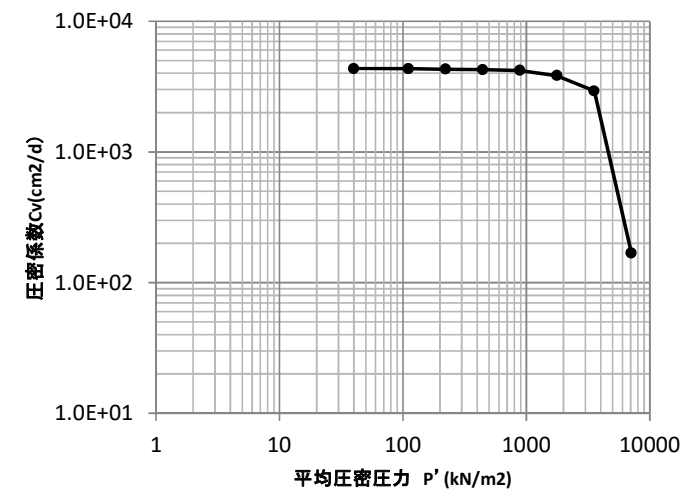
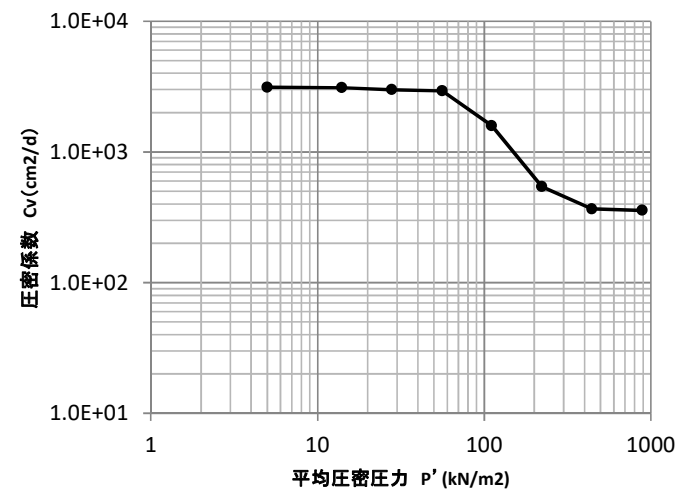
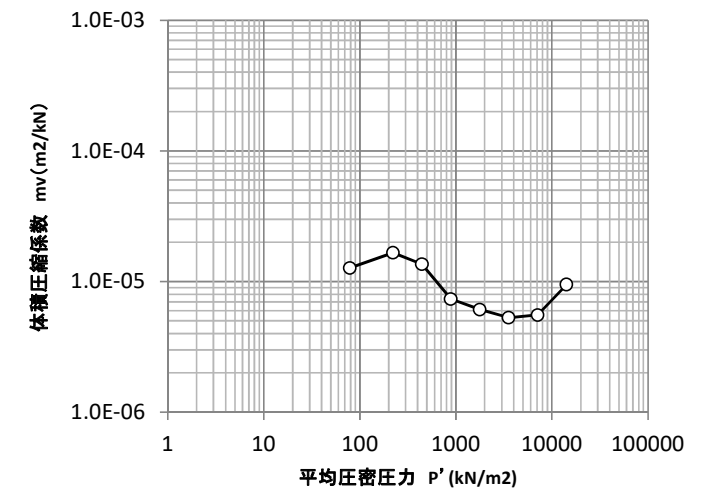
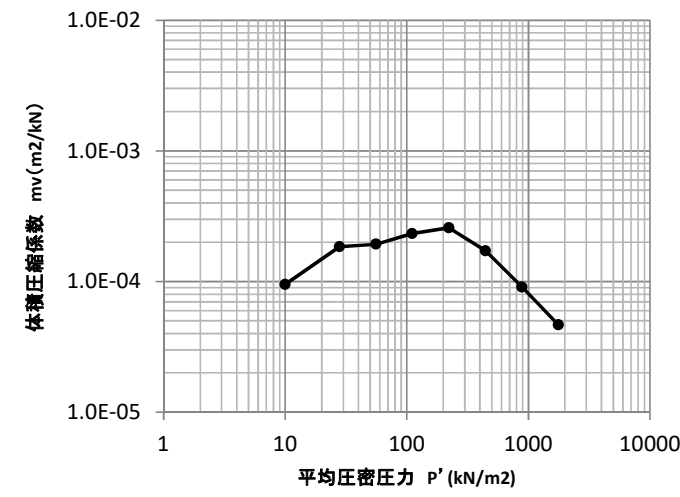
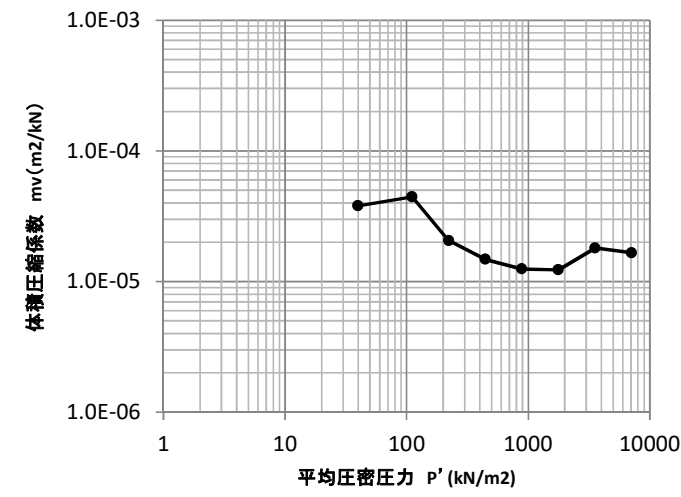
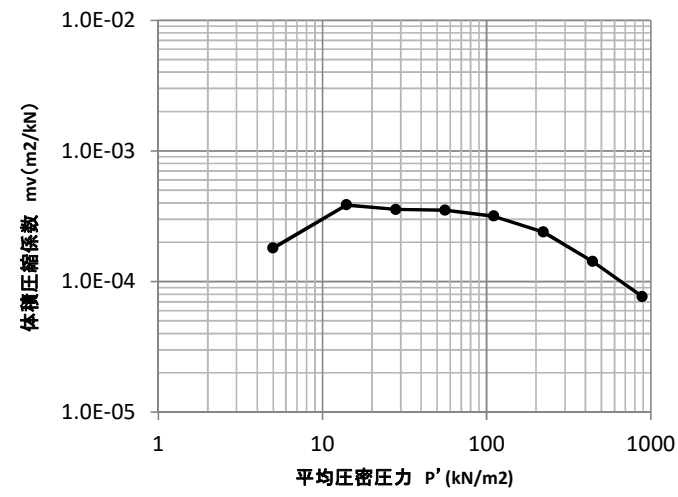
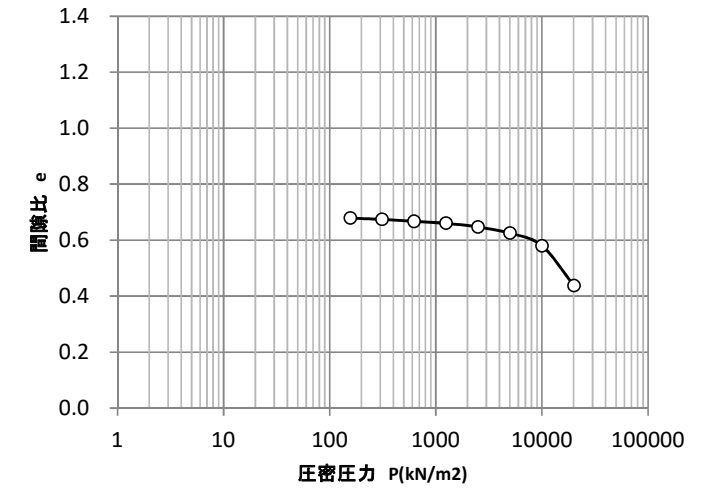


図 4.6.5 圧密試験結果図

表 4.6.2 変形特性を求めるための繰返し三軸試験 供試体諸元および試験結果

試料No.	深 度 (m)	圧密応力 (kN/m <sup>2</sup> )	土粒子 の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	試料の 状 態	初期状態			圧密前		圧密後		試験結果			
					湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	間隙比	乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	間隙比	$E_0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$\varepsilon_r$ (%)	$G_0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_r$ (%)
No. 7-S-1	3.00 ~ 4.00	66	2.787	塊状	1.911	30.8	1.461	1.476	0.888	1.498	0.860	133.7	2.94E-02	44.6	4.41E-02
No. 7-S-2	4.00 ~ 5.00	84	2.790	塊状	1.930	32.3	1.459	1.488	0.875	1.524	0.831	155.1	3.46E-02	51.7	5.19E-02
No. 7-S-3	7.00 ~ 9.00	117	2.788	塊状	1.784	40.4	1.271	1.266	1.202	1.341	1.079	100.2	6.78E-02	33.4	1.02E-01
No. 7-S-4	10.00 ~ 12.00	140	2.784	塊状	2.061	24.3	1.658	1.660	0.677	1.673	0.665	1370	7.41E-02	458	1.12E-01

$E_0$ : H-Dモデル[ $E/E_{max} = 1 / (1 + \varepsilon_g / \varepsilon_r)$ ]により求めた $\varepsilon_g = 0.0001\%$ のときの $E$  (ここで、 $E_{max}$ は $\sigma \sim \varepsilon_g$ 関係の最大勾配)

$\varepsilon_r$ :  $E/E_{max} = 0.5$ のときの $\varepsilon_g$

$G_0$ :  $G = E/2(1+\nu)$ および $\gamma = (1+\nu)\varepsilon_g$ の関係よりポアソン比 $\nu = 0.5$ として、上記 $E_0$ 、 $\varepsilon_r$ から求めた $\gamma = 0.0001\%$ のときの $G$

$\gamma_r$ :  $G/G_{max} = 0.5$ のときの $\gamma$

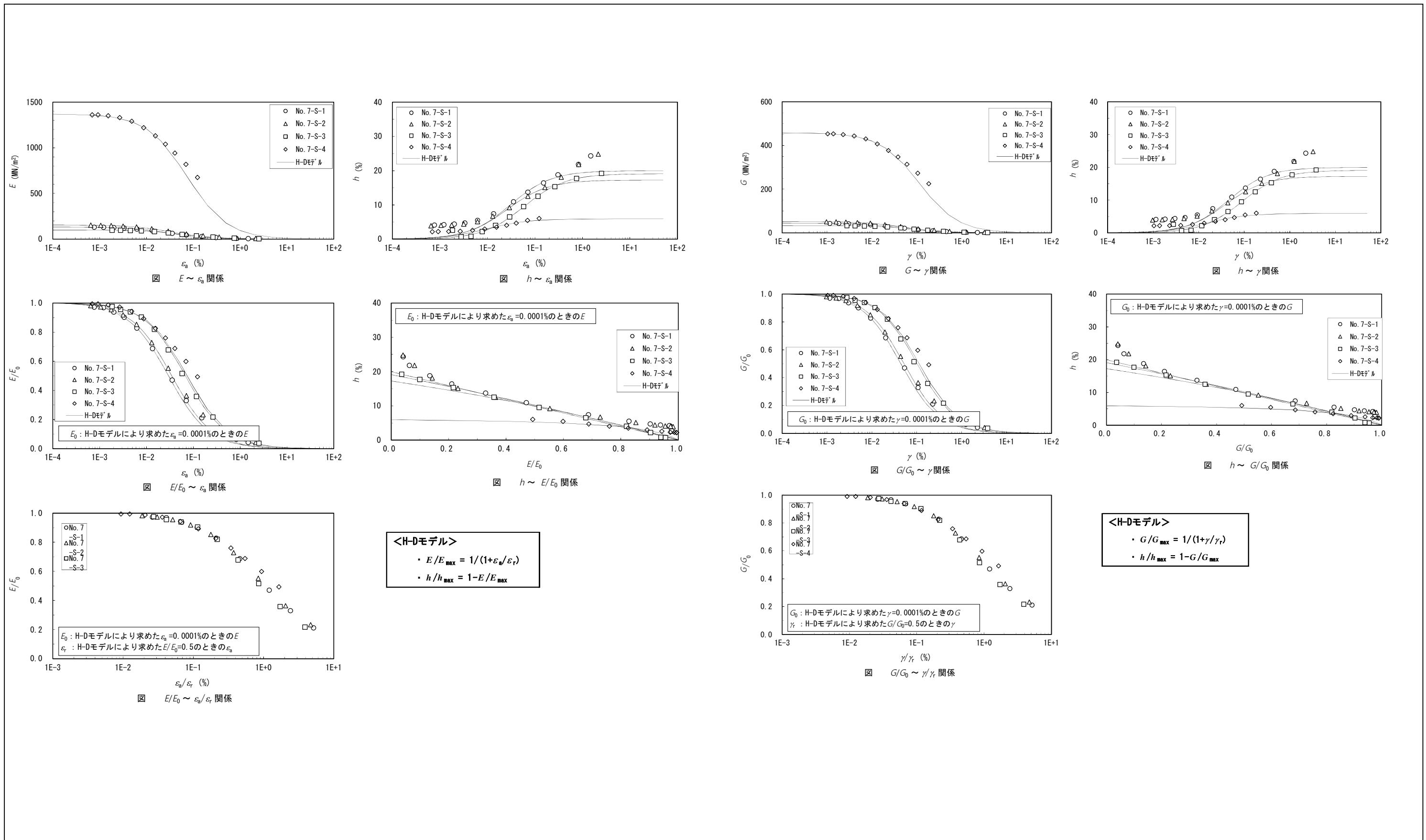


図 4.6.6 変形特性を求めるための繰返し三軸試験 試験結果図

#### 4.7 弾性波速度検層 (PS 検層)

調査地における地盤の弾性波速度 (P 波および S 波) 構造の把握を目的として、PS 検層 (ダウンホール法 (板叩き法)) を実施した。

測定は No.1 地点で深度 17m まで実施した。以下に結果を示す。

今回の測定で得られた波形記録 (P 波・S 波)、走時曲線 (P 波・S 波) を図 4.7.1、図 4.7.2 に示す。また、表 4.7.1 に調査箇所における速度区分を示す。

表 4.7.1 PS 検層における速度区分

深度 (m)	P 波速度 V <sub>p</sub> (m/sec)	S 波速度 V <sub>s</sub> (m/sec)
0.0~3.0	650	260
3.0~12.0	1800	450
12.0~17.0		620

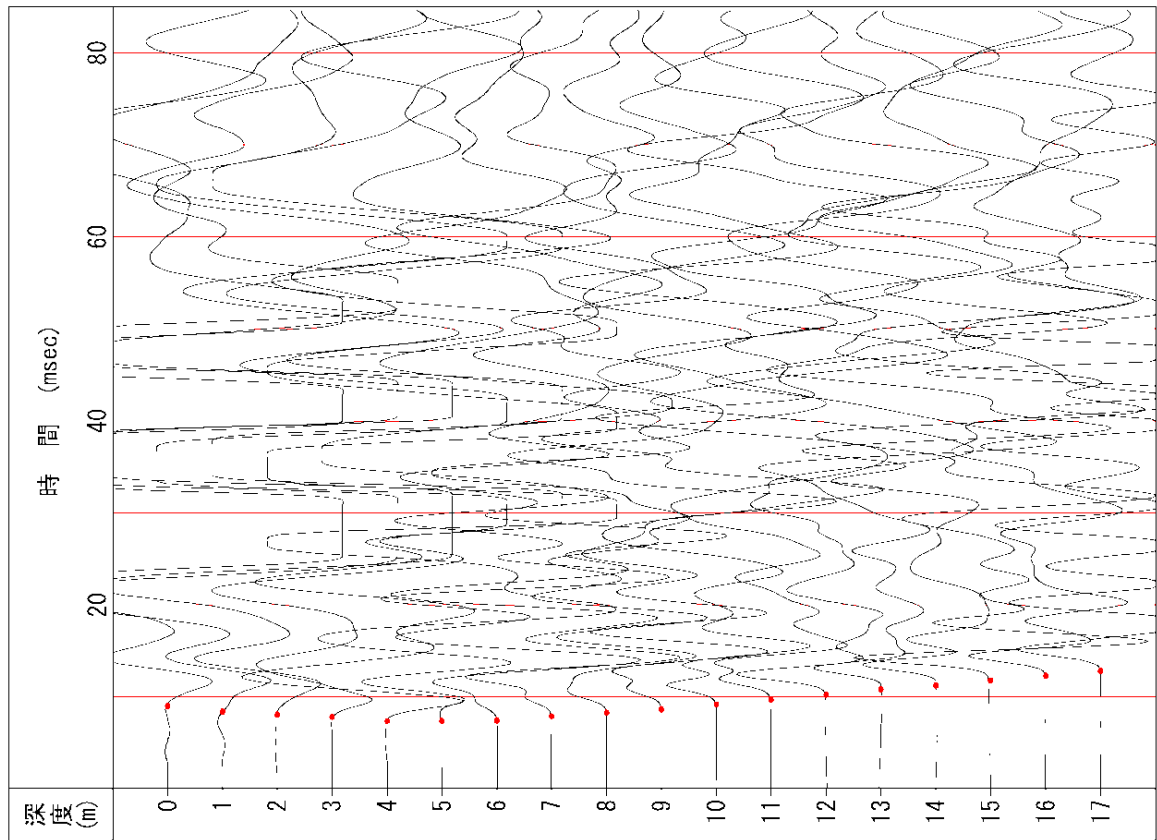
今回の測定結果より測定範囲において速度構造を 3 区分した。第 1 層は表層の埋土層で P 波は V<sub>p</sub>=650m/sec、S 波は V<sub>s</sub>=260m/sec を示す。第 2 層は泥岩層の上部で、深度 3.0~12.0 m の範囲で V<sub>p</sub>=1800m/sec、V<sub>s</sub>=450m/sec を示す。第 3 層は泥岩層の深部で深度 12.0~17.0 m の範囲で V<sub>p</sub>=1800m/sec、V<sub>s</sub>=620m/sec を示す。

一般的に耐震設計上の工学的基盤は S 波速度が 400m/sec 以上、N 値 50 以上を 5m 以上確認できる地盤が基準とされている。

今回の地盤では、基盤の泥岩層が表層から V<sub>s</sub>=400m/sec 以上を示し、N 値も 50 以上を示す。これにより、基盤の泥岩層が耐震設計上の工学的基盤として適当であると考えられる。



【P波波形記録】



【S波波形記録】

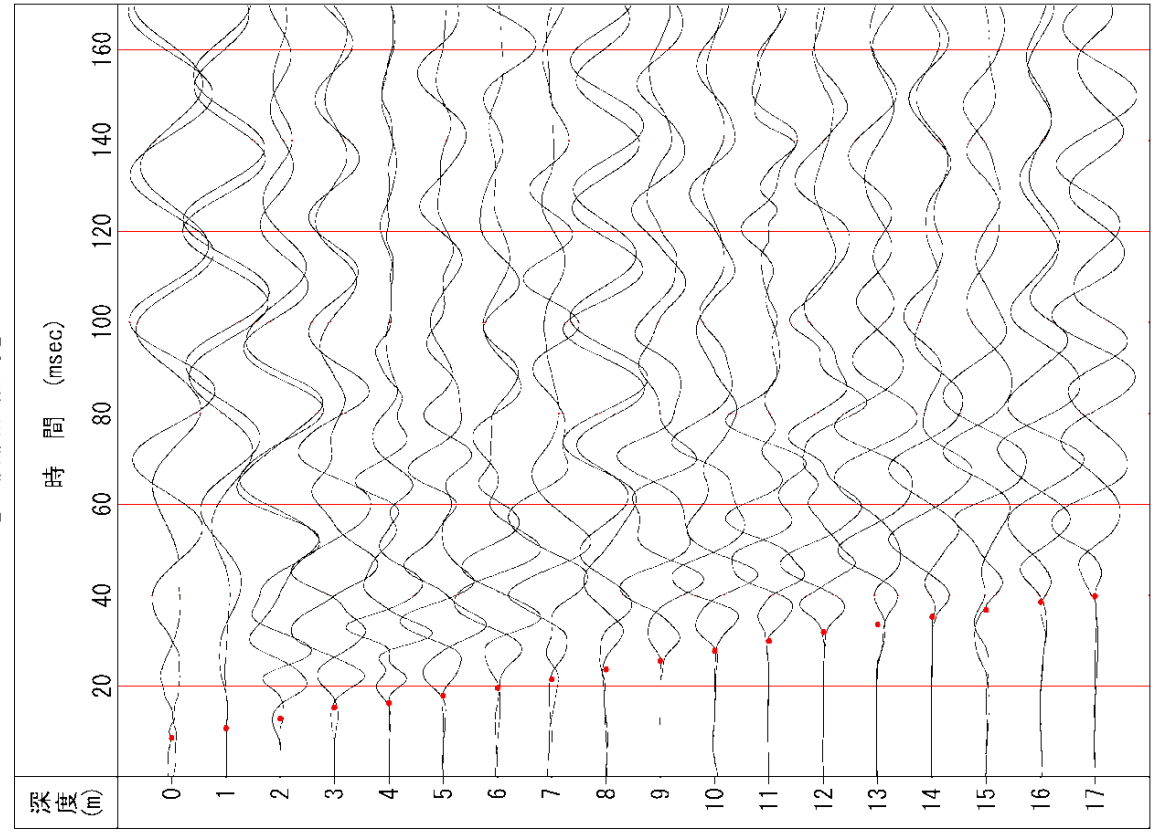


図 4.7.1 波形記録

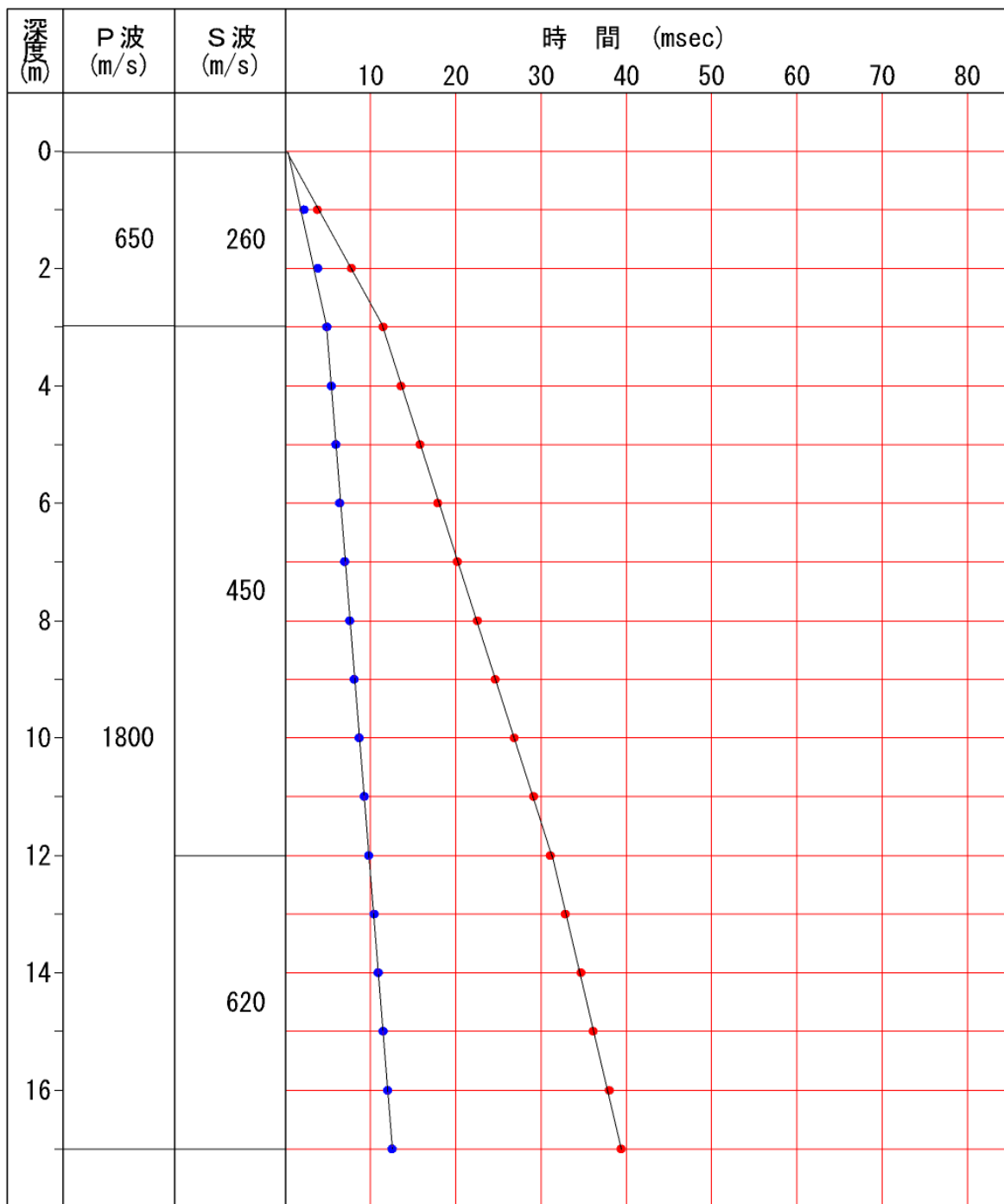


图 4.7.2 走時曲線

PS 検層で解析された弾性波速度値を用いて、弾性論に基づく次式によって弾性定数を求めた。算定結果は図 4.7.3 の総合柱状図に記載した。

$$\begin{aligned} \cdot \text{ポアソン比} : \nu &= \frac{\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2}{2\left\{\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 1\right\}} \\ \cdot \text{剛性率} &: G = \rho Vs^2 \quad (\text{kN/m}^2) \\ \cdot \text{ヤング率} &: E = 2(1 + \nu)G \quad (\text{kN/m}^2) \end{aligned}$$

ここで、 $Vp$  : P 波速度 (m/s)、 $Vs$  : S 波速度 (m/s)、 $\rho$  : 密度 (g/cm<sup>3</sup>) を表す。

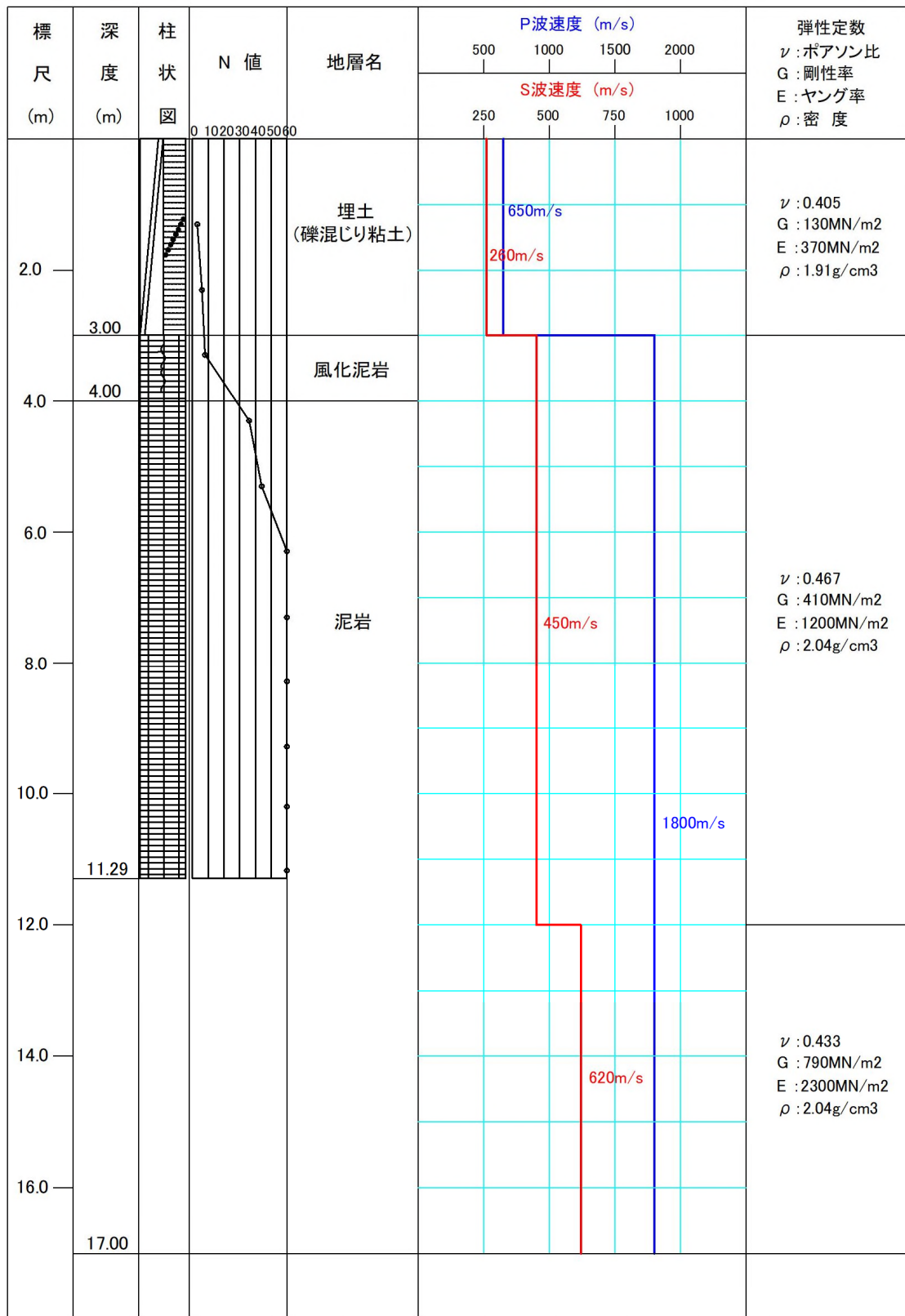


図 4.7.3 PS 検層 総合柱状図

## 4.8 常時微動測定

調査地における地盤の振動特性（卓越周期、増幅特性等）を把握することお目的として常時微動測定を実施した。以下に測定結果を示す。

### ①測定日時及び測定条件

常時微動測定は、3月9日から10日にかけての夜間に行った。今回はボーリング No.1を対象として、ボーリング孔口付近の地表2箇所（1秒計と10秒計）および孔内1箇所、計3箇所で常時微動測定を実施した。ボーリング孔内の測定深度は15mとした。

測定日時の詳細を表4.8.1に示す。各測定において9分間の時間長で6回記録を収録しており、各々の記録番号を1-1、1-2、…、1-6としている。また、測定時における測定機器の設定等を測定条件として表4.8.2に示す。

表 4.8.1 常時微動測定日時一覧

ボーリング孔	記録番号	測定日	測定時刻 (時:分:秒)	測定時間 (分:秒)
No.1	1-1	3/09	23:07:30～23:16:30	9:00
	1-2	3/09	23:18:00～23:27:00	9:00
	1-3	3/09	23:28:30～23:37:30	9:00
	1-4	3/09	23:38:00～23:47:00	9:00
	1-5	3/09	23:48:00～23:57:00	9:00
	1-6	3/09～10	23:58:00～00:07:00	9:00

表 4.8.2 測定条件

チャンネル	測定箇所	成分	増幅度 *1) (dB)	HPF *2) (Hz)	LPF *2) (Hz)	入 力 レンジ	サンプリング 周波数 (Hz)
1	地表 1 秒計	NS	-28	—	20	±1V	100
2	〃	EW	-28	—	20	±1V	
3	〃	UD	-28	—	20	±1V	
4	地表 10 秒計	NS	32	0.1	20	±1V	
5	〃	EW	32	0.1	20	±1V	
6	〃	UD	32	0.1	20	±1V	
7	孔内 1 秒計	NS	-28	—	20	±1V	
8	〃	EW	-28	—	20	±1V	
9	〃	UD	-28	—	20	±1V	

\*1) 増幅度が負値であるのはアッテネータ設定であることを表す。

\*2) HPF はハイパスフィルタ、LPF はローパスフィルタのカットオフ周波数を表す。

## ②測定波形、振幅およびスペクトル解析結果

常時微動解析の諸元を表 4.8.3 に示す。「解析区間」の「開始時間」は、各測定記録の収録開始時刻を 0 秒としたときの時間である。

測定波形および解析区間を図 4.8.1(1)～(6)に示す。各図において、解析区間を水色で塗りつぶして表示している。

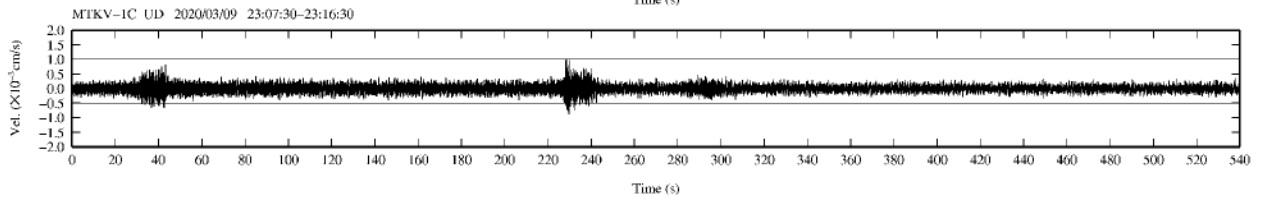
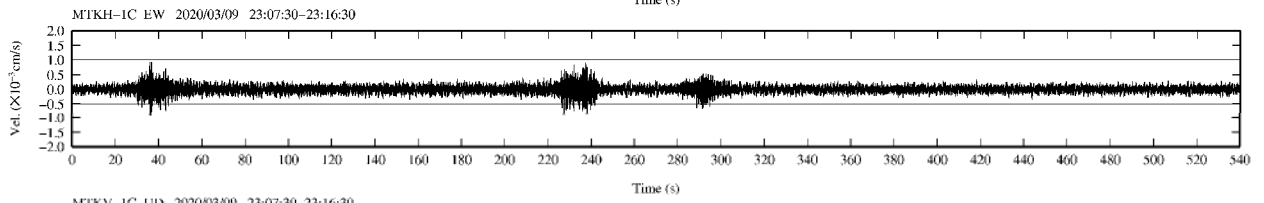
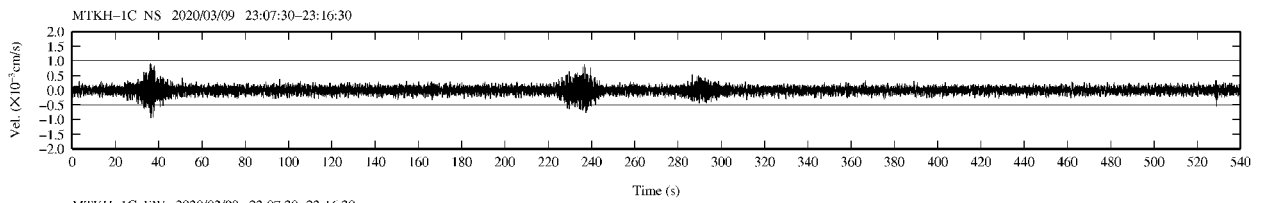
各図の縦軸は速度値で、 $\pm 2.0 \times 10^{-3}$  cm/s の範囲を図示している。今回の測定記録では、モノレールの通過に伴う振動ノイズが顕著に現れているが、その他の車両通行に伴う振動ノイズはほとんど認められない。また、測定時は風雨が強かったことにより、特に地表 10 秒計の EW 成分に風の影響が現れている。モノレールおよび風による振動ノイズがないときの速度値は概ね  $\pm 0.5 \times 10^{-3}$  cm/s の範囲内にある。

解析によって得られたフーリエ・スペクトルおよび H/V スペクトルを図 4.8.2 に示す。

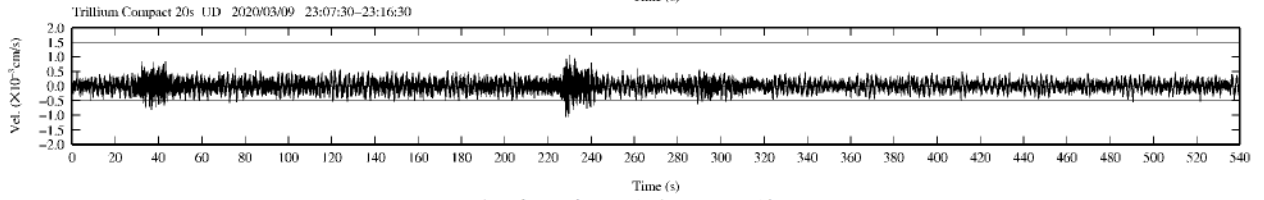
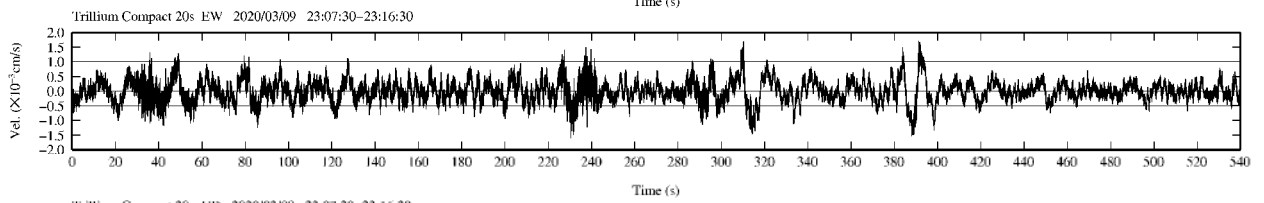
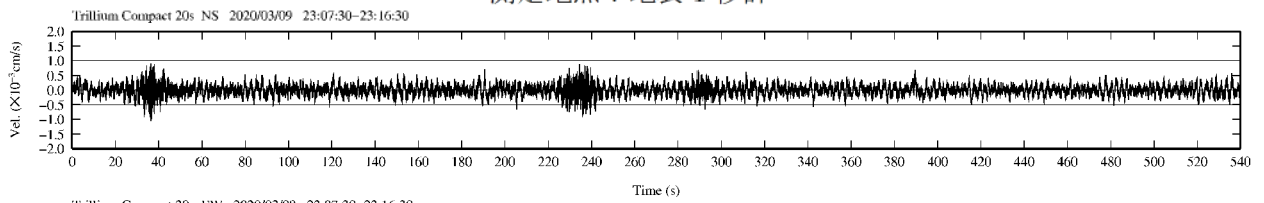
横軸はすべて周期 (s) で、スペクトルの表示周期範囲は 0.05～10s とした。フーリエ・スペクトルの単位は (cm/s)・s である。フーリエ・スペクトルは、測定箇所・成分毎に 5 解析区間のスペクトルを重ね書きしている。H/V スペクトルは、測定箇所毎に 5 解析区間、および平均化したものを重ね書きしている。

表 4.8.3 常時微動解析の諸元

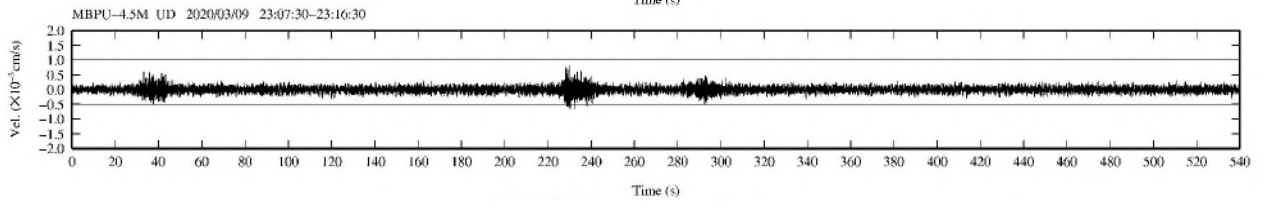
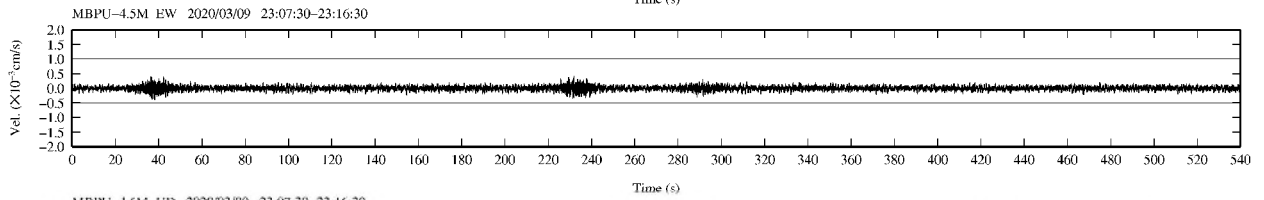
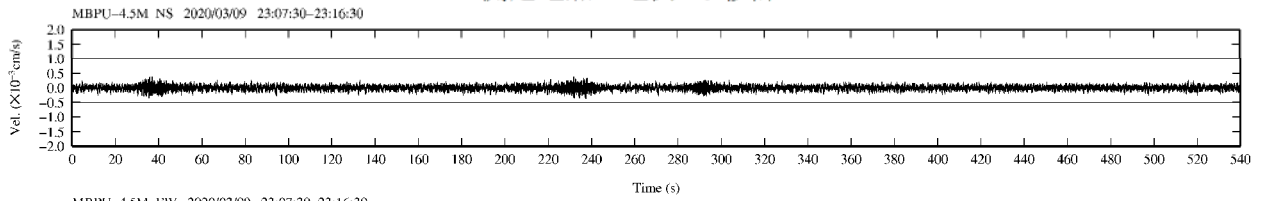
ボーリング孔	記録番号	データ 総 数	解析区間	
			番 号	開始時間 (s)
No.1	1-1	54000	—	—
	1-2	54000	—	—
	1-3	54000	1	360.0
	1-4	54000	2	110.0
			3	370.0
	1-5	54000	4	100.0
1-6	54000	5	30.0	



測定地点：地表 1 秒計

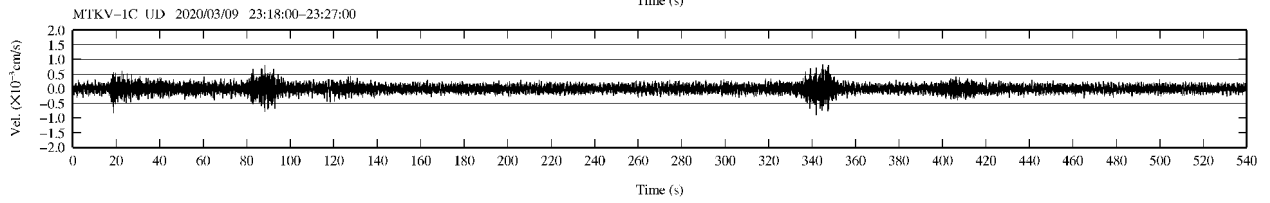
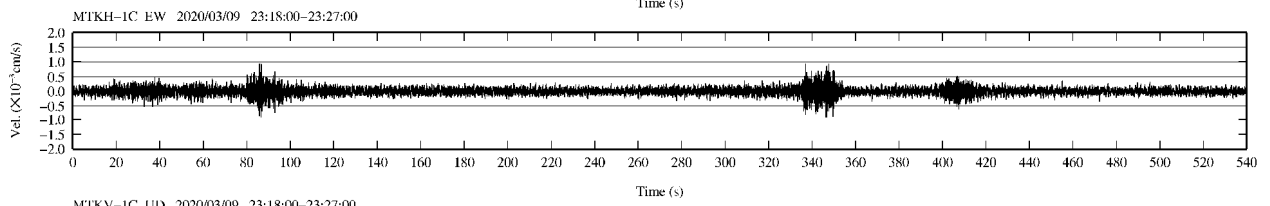
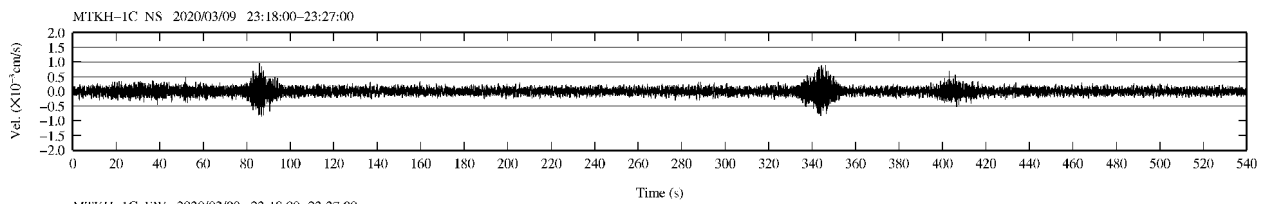


測定地点：地表 10 秒計

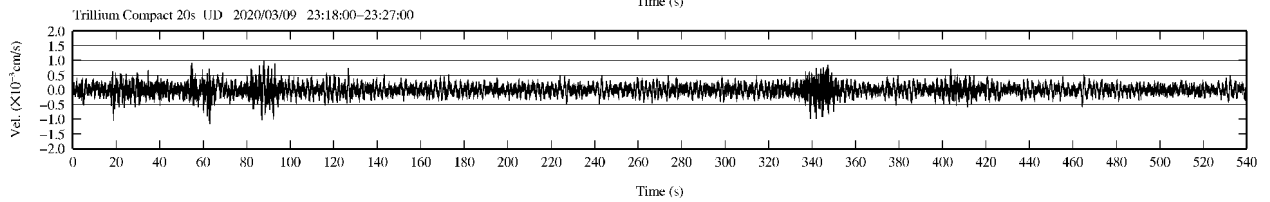
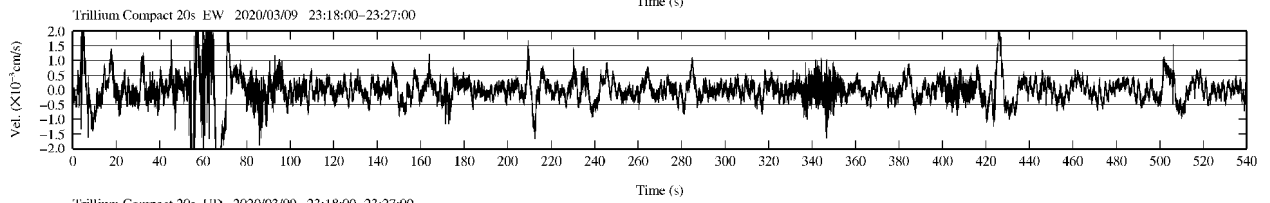
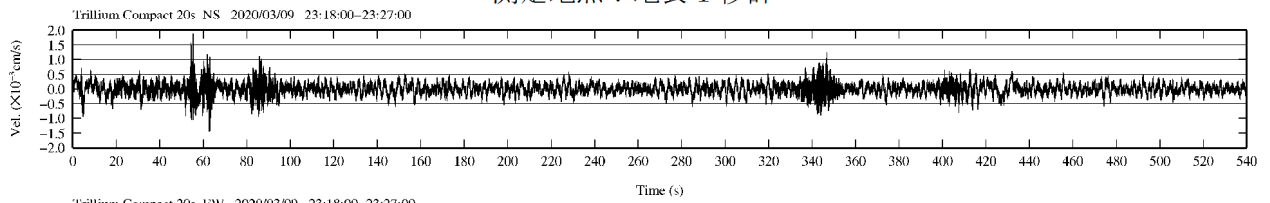


測定地点：孔内 1 秒計

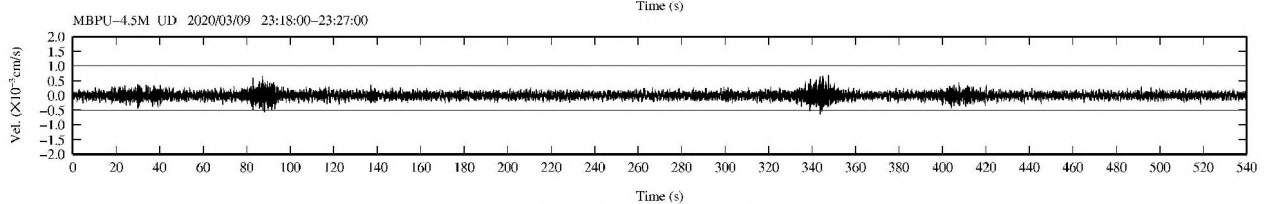
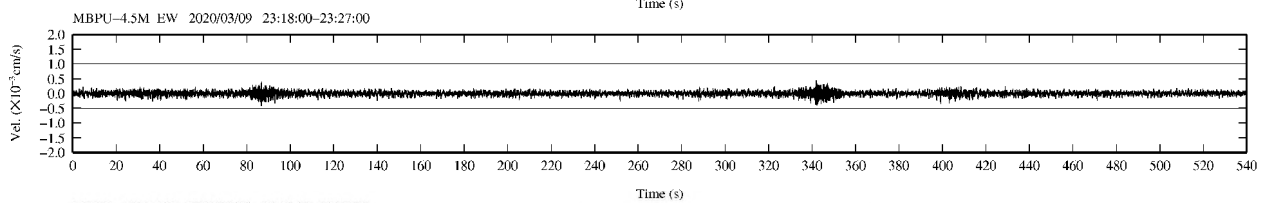
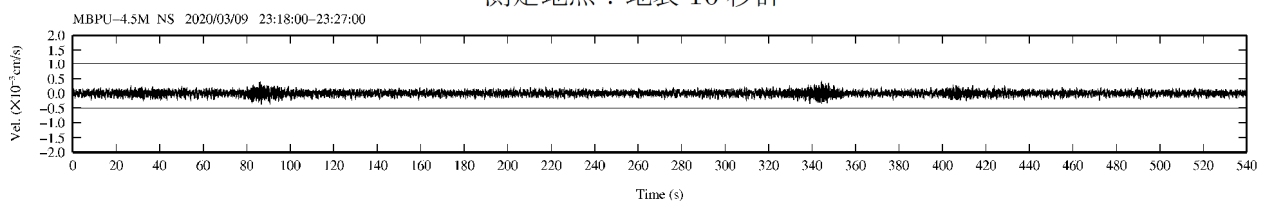
図 4.8.1(1) 測定波形および解析採用区間  
ボーリング孔：No.1 記録番号：1-1



測定地点：地表 1 秒計



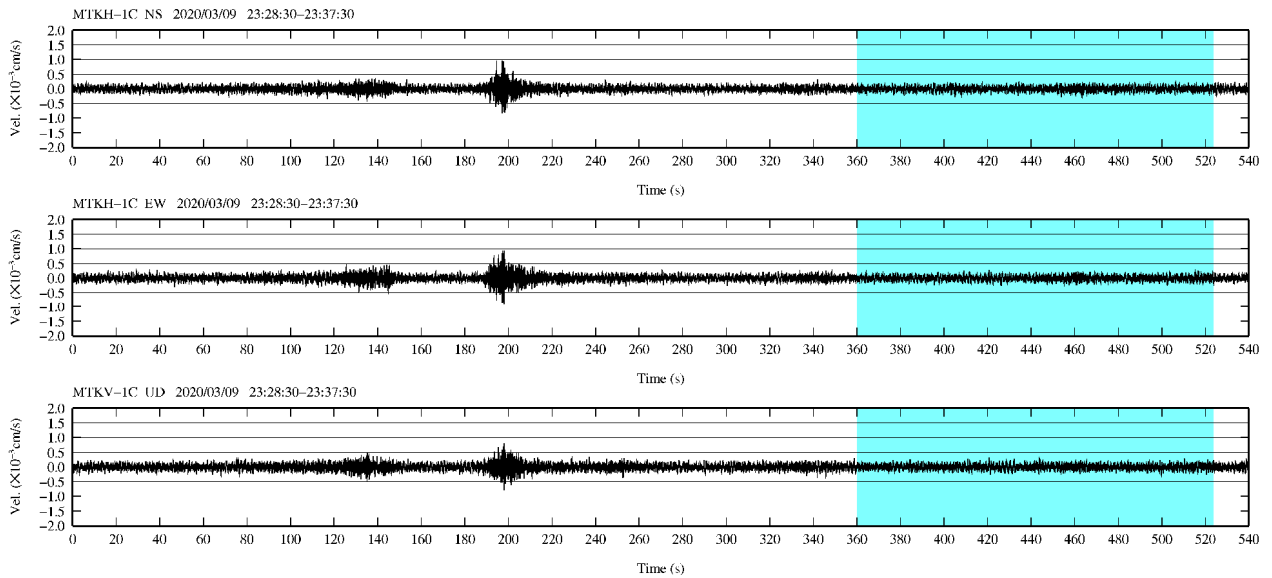
測定地点：地表 10 秒計



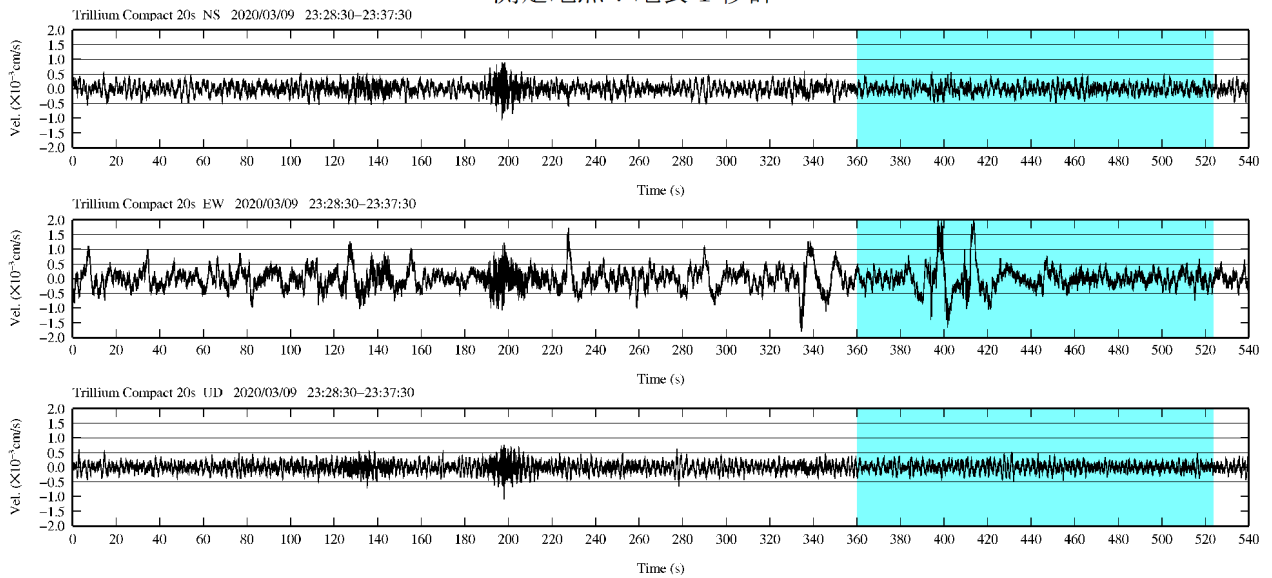
測定地点：孔内 1 秒計

図 4.8.1(2) 測定波形および解析採用区間  
ボーリング孔：No.1 記録番号：1-2

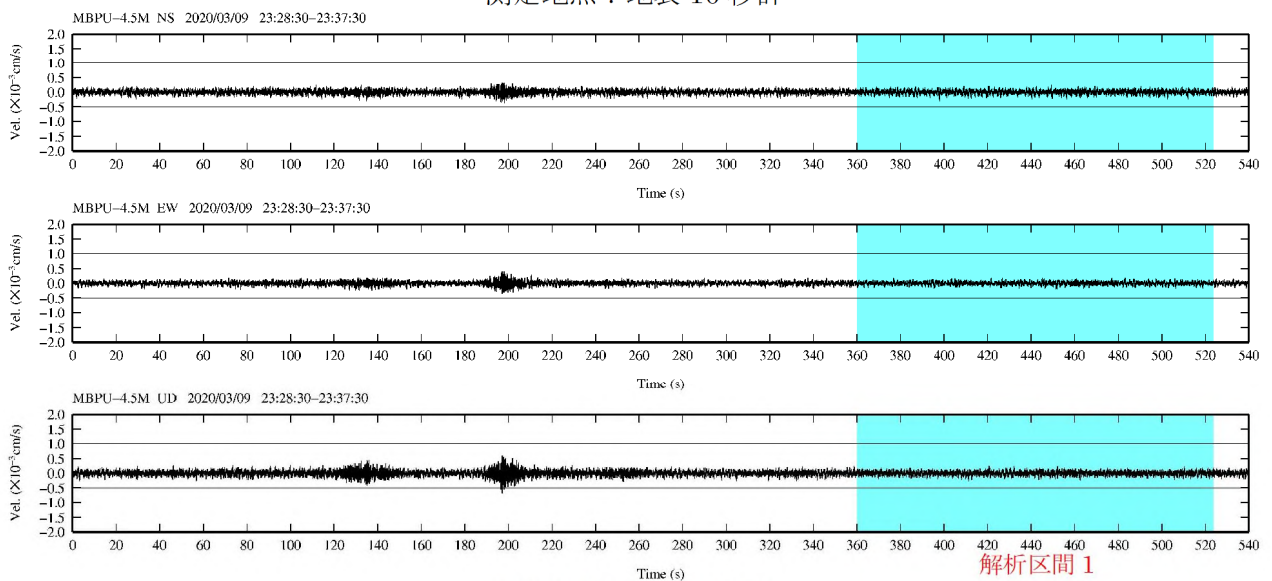




測定地点：地表 1 秒計



測定地点：地表 10 秒計



測定地点：孔内 1 秒計

図 4.8.1(3) 測定波形および解析採用区間  
ボーリング孔：No.1 記録番号：1-3

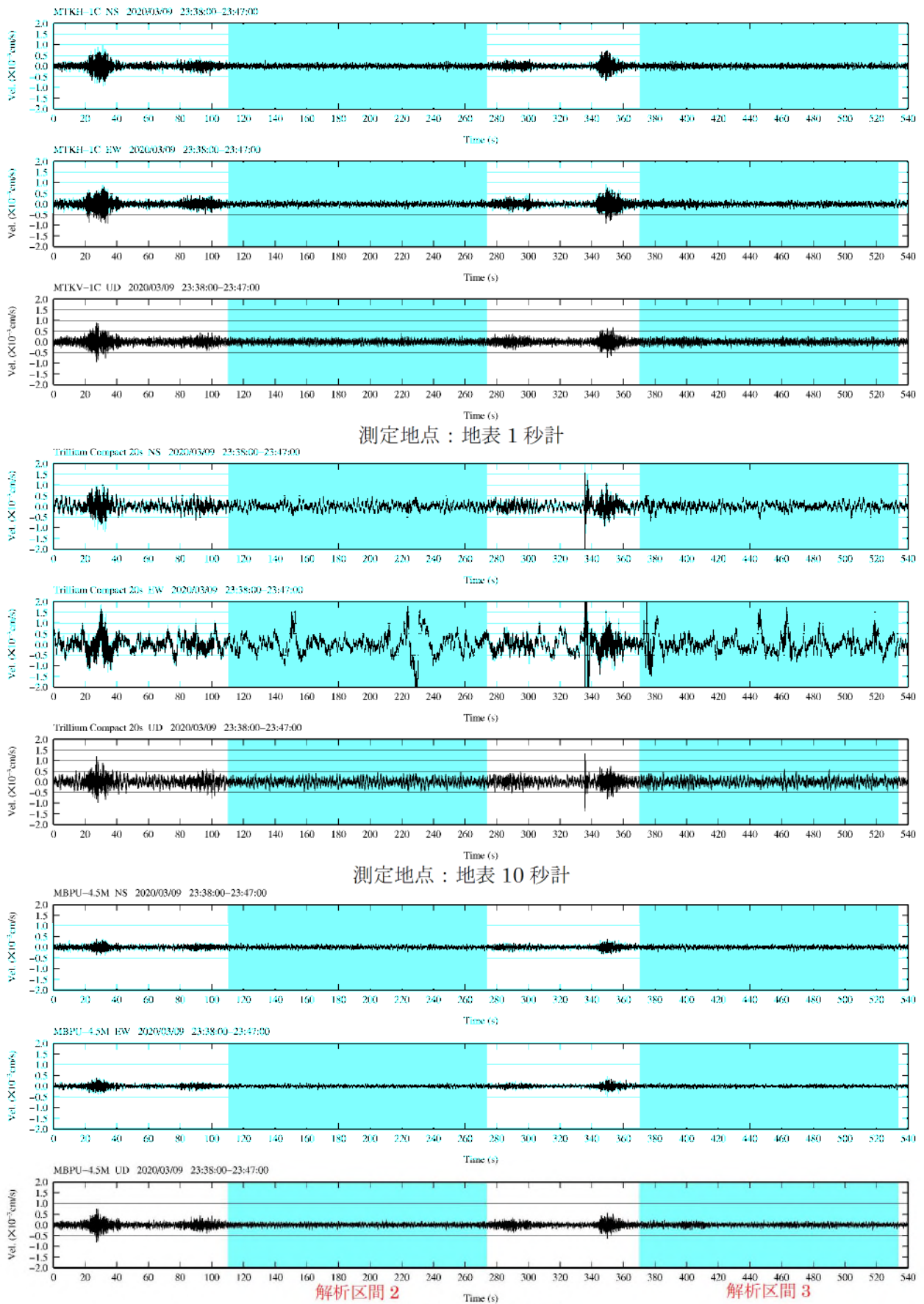
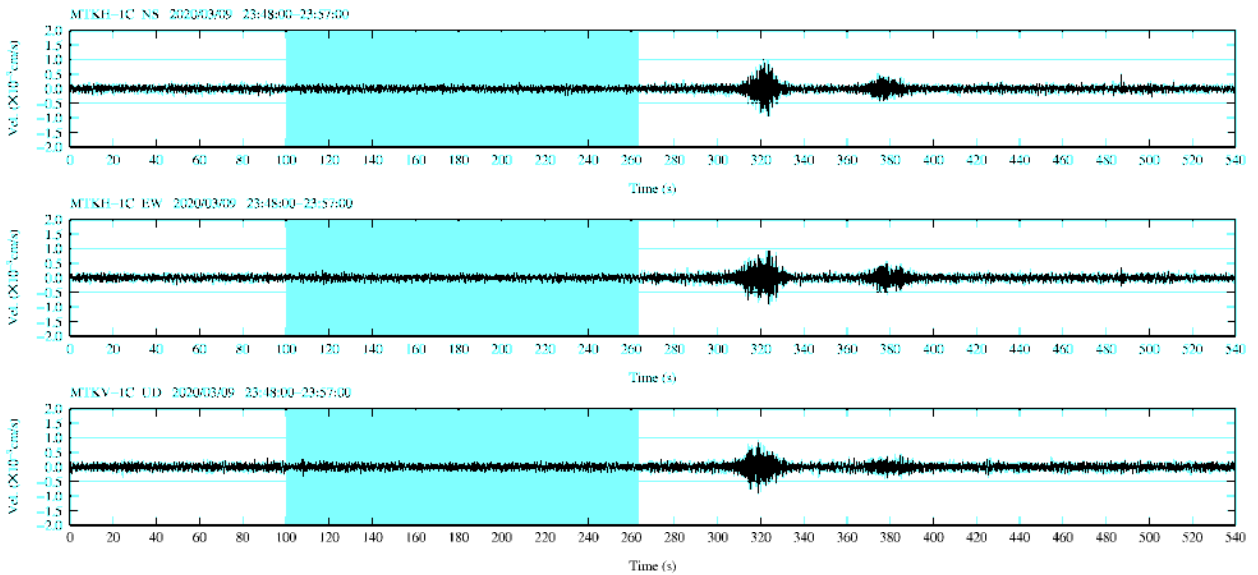
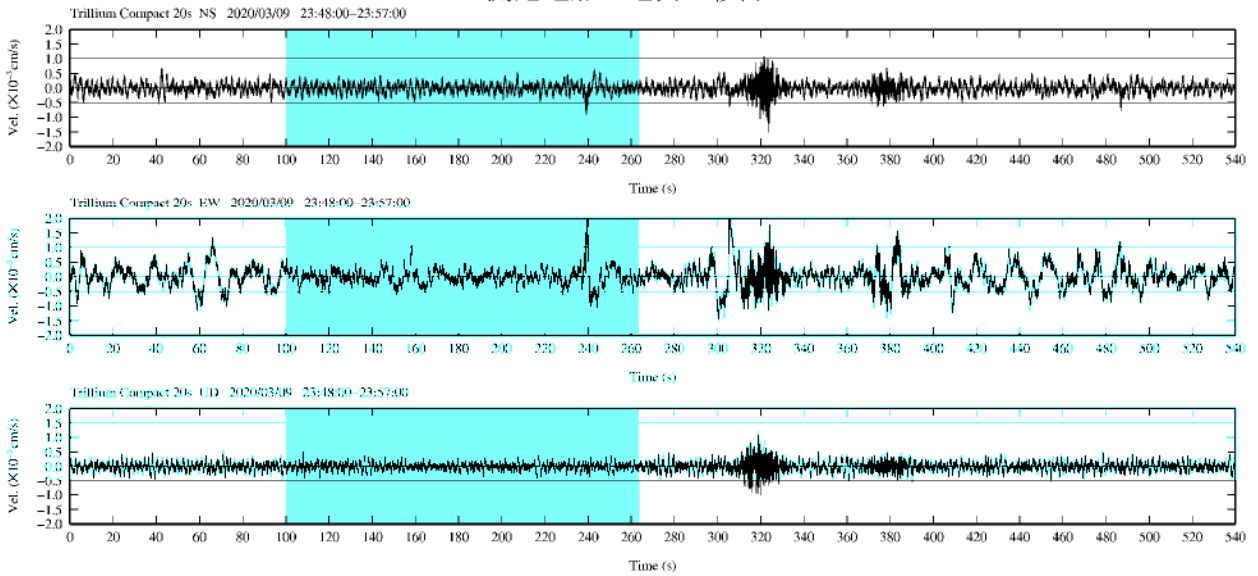


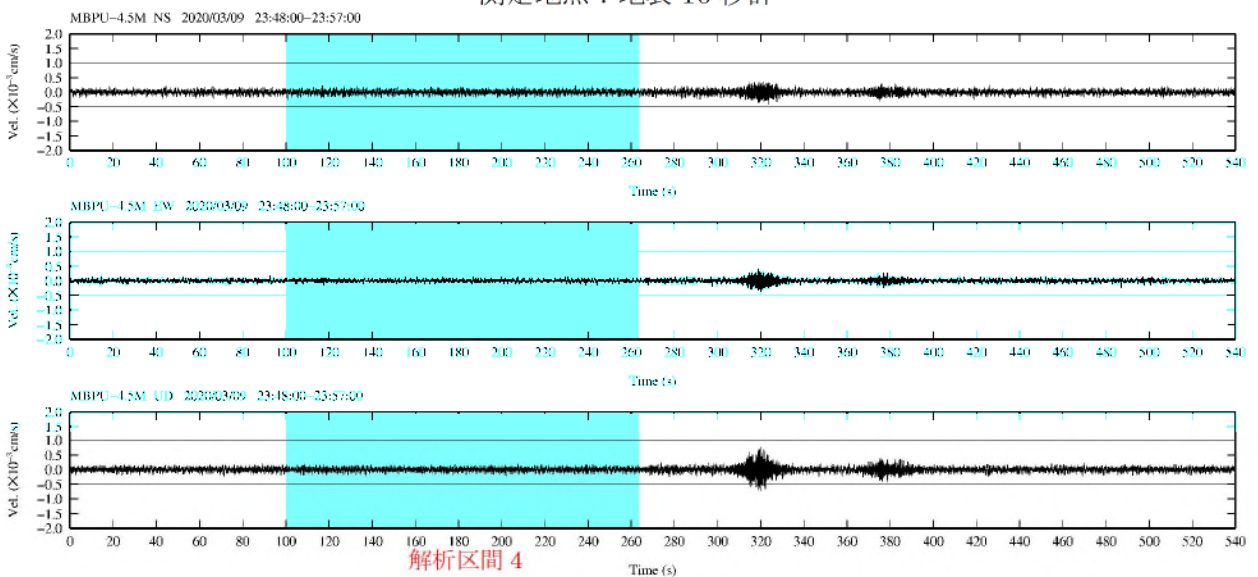
図 4.8.1(4) 測定波形および解析採用区間  
ボーリング孔：No.1 記録番号：1-4



測定地点：地表 1 秒計

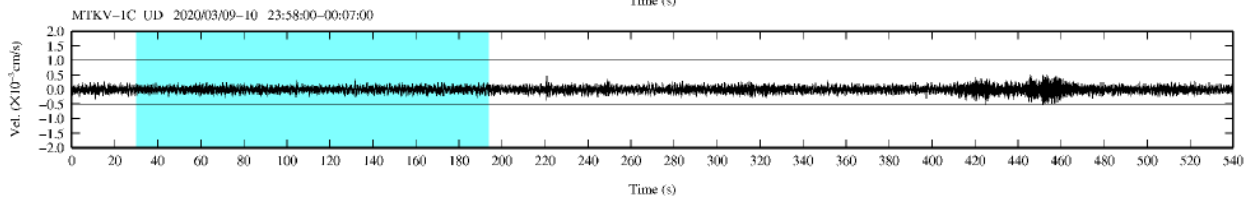
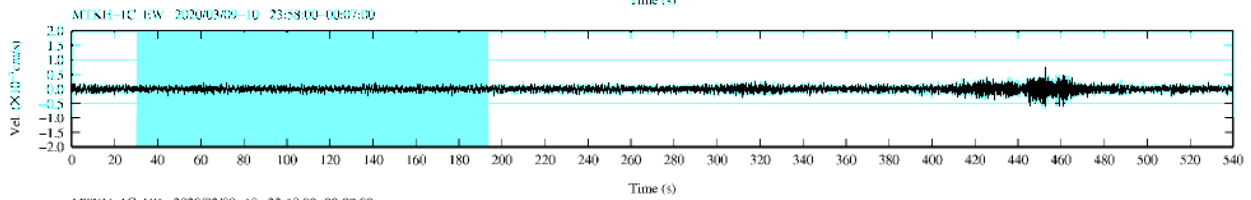
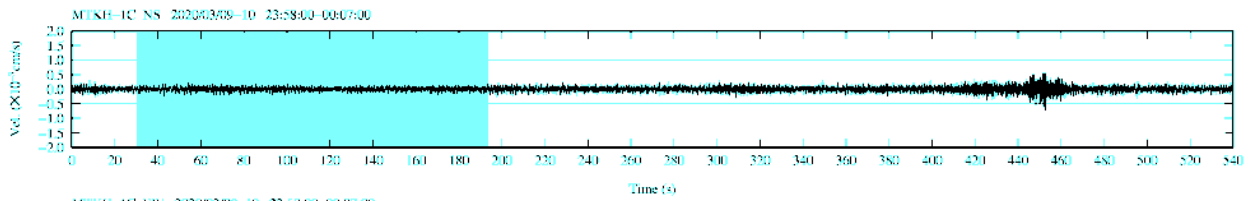


測定地点：地表 10 秒計

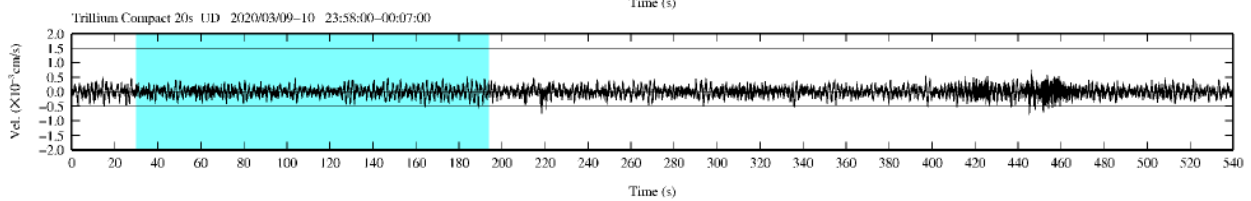
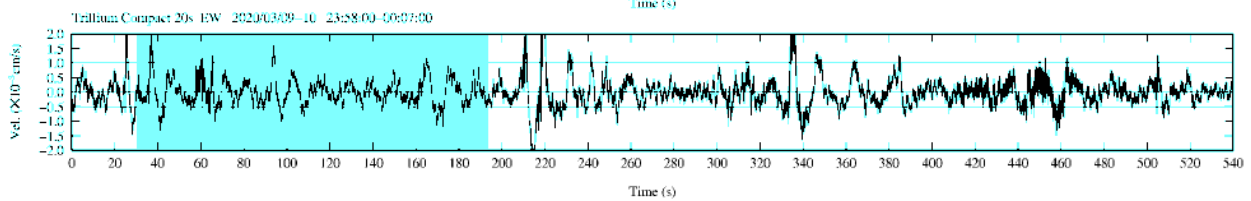
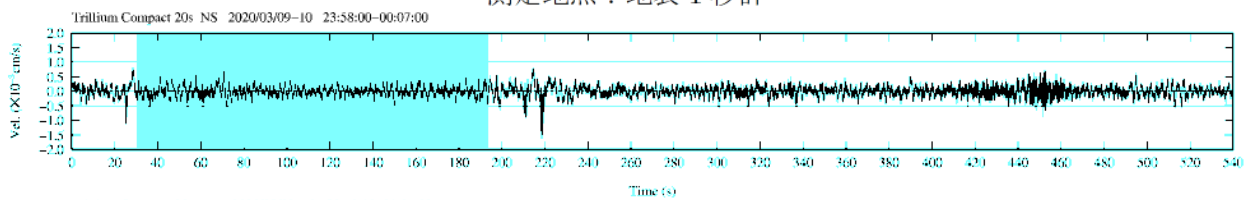


測定地点：孔内 1 秒計

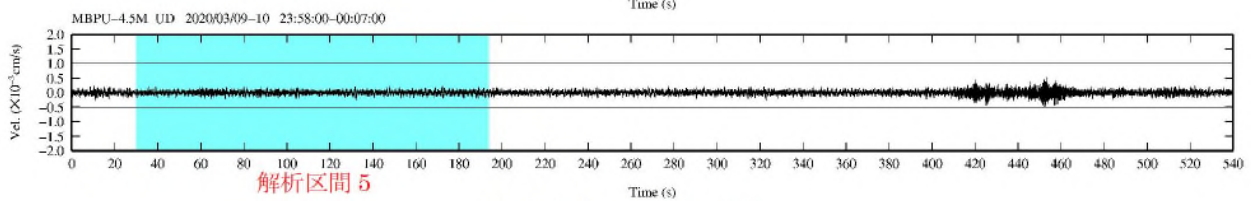
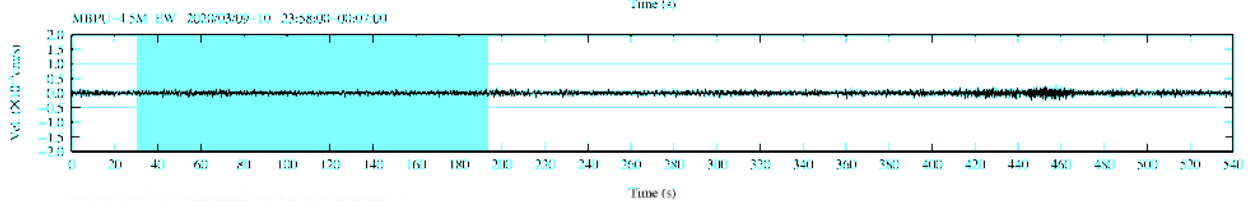
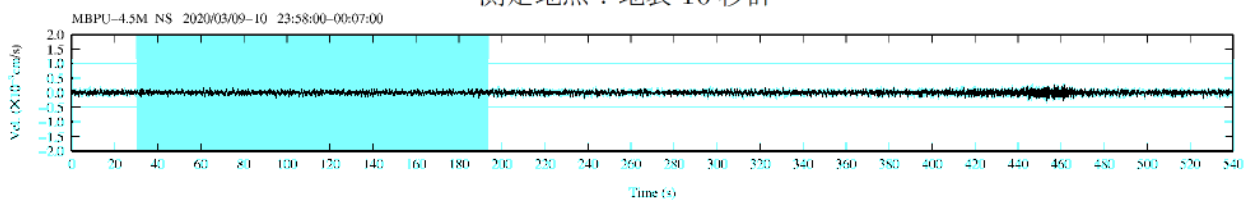
図 4.8.1(5) 測定波形および解析採用区間  
ボーリング孔：No.1 記録番号：1-5



測定地点：地表 1 秒計



測定地点：地表 10 秒計



測定地点：孔内 1 秒計

図 4.8.1(6) 測定波形および解析採用区間  
ボーリング孔：No.1 記録番号：1-6

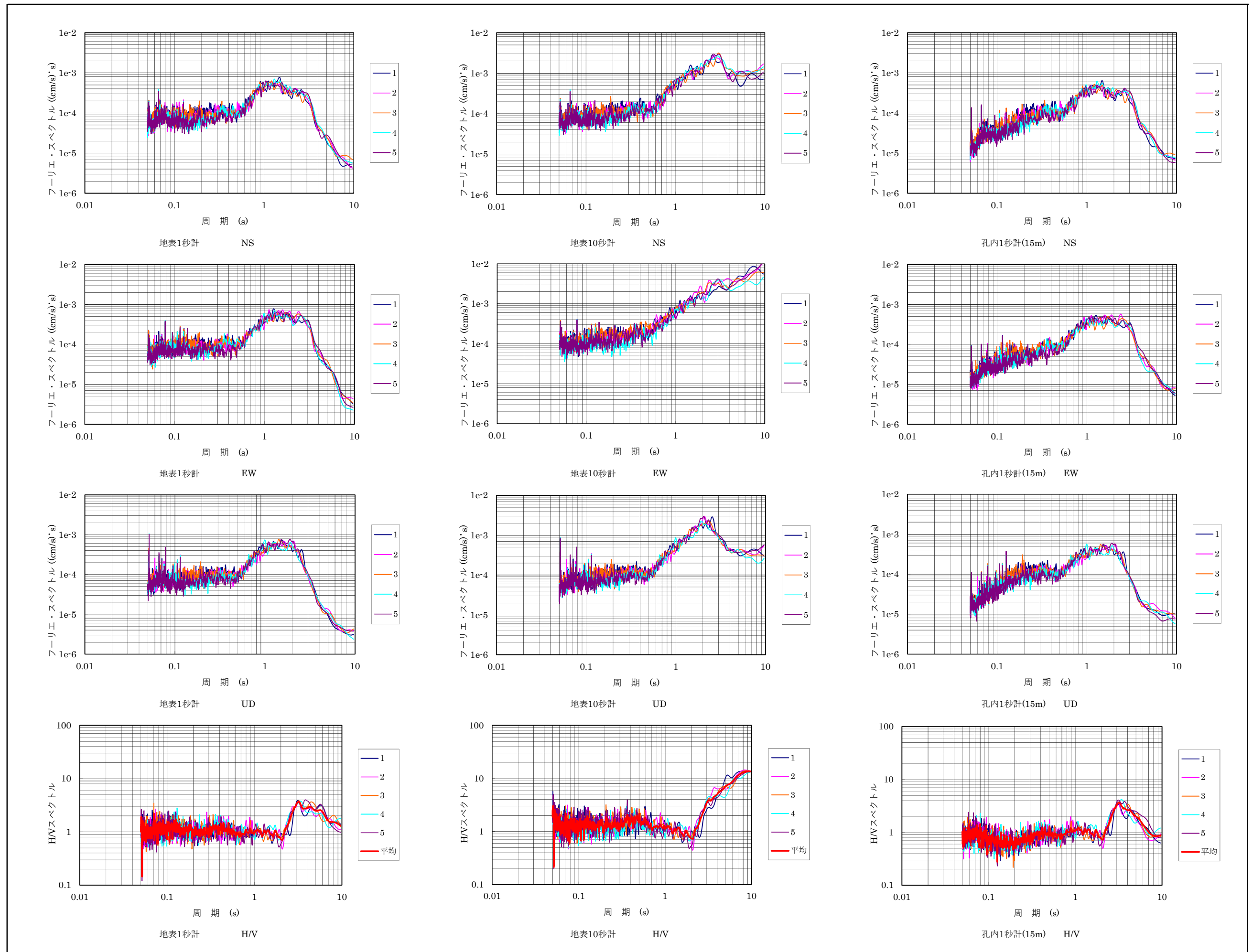


図 4.8.2 フーリエ・スペクトルおよび H/V スペクトル

### ③考察

今回、ボーリング No.1 を対象として、ボーリング孔口付近の地表 2 箇所（1 秒計と 10 秒計）および孔内 1 箇所（深度 15m）、計 3 箇所です時微動測定および解析を実施した。解析の結果求められたフーリエ・スペクトルおよび H/V スペクトルの特徴を以下に述べる。また、孔内の深度 15m 位置を基準としたスペクトル比を計算し、その特徴についても述べる。

#### (1) フーリエ・スペクトル

地表用微動計の 10 秒計によるフーリエ・スペクトル（図 4.2 の中列）では、周期 1s 以上の帯域において NS 成分の 3s 付近、および上下動成分の 2s 付近に明瞭なピークが現れている。水平動の EW 成分では、長周期になるほどスペクトル値が大きくなっているが、これは風の影響によるものと考えられる。周期 1s 以下の帯域については、水平動成分、上下動成分ともに概ね周期 0.5s 以下ではほぼ平坦で、周期 0.5s 付近より長周期側で周期の増加に伴ってスペクトル値が漸増する特徴を有している。

地表用微動計の 1 秒計によるフーリエ・スペクトル（図 4.2 の左列）については、周期 1s 以上で微動計の感度が低くなることを考慮に入れると、地表用微動計の 10 秒計と同様の特徴を有していると言える。

孔内用微動計によるフーリエ・スペクトル（図 4.2 の右列）では、周期 1s 以上の帯域において水平動成分の周期 1～3s 付近および上下動成分の周期 1～2s 付近にかけてほぼ平坦なスペクトル形状を示し、明瞭なピークは認められない。周期 1s 以下の帯域については、水平動成分、上下動成分ともに概して周期の減少に伴ってスペクトル値が漸減する傾向を示している。なお、孔内用微動計は周期 1s 以上で感度が低くなることに注意を要する。

以上より、地表において、周期 1s 以上の帯域では、水平動成分の周期 3s 付近、上下動成分の周期 2s 付近にフーリエ・スペクトルの卓越周期がある。また、周期 1s 以下の帯域については、明瞭なピークは認められない。

#### (2) H/V スペクトル

地表用微動計の 1 秒計による H/V スペクトル（図 4.2 の左列の最下図）は、周期 3s 付近にピークを有し、スペクトルは最大 4 程度の値である。周期 2s 以下の帯域では、ほぼ平坦なスペクトル形状を示し、明瞭なピークは認められない。

地表用微動計の 10 秒計による H/V スペクトル（図 4.2 の中列の最下図）は、周期 2s 以上の帯域で、周期の増加に伴ってスペクトル値が増加しているが、これは EW 成分が風の影響を受けているためである。

孔内用微動計による H/V スペクトル（図 4.2 の右列の最下図）は参考として計算したものであるが、地表用微動計の 1 秒計による H/V スペクトルと同様の特徴を示している。

地表用微動計の 1 秒計は周期 1s 以上の帯域で感度が低くなるものの、今までの調査実績によれば、周期 10s 以下の帯域における H/V スペクトルは地表用微動計の 10 秒計とほぼ同じ結果を与える。したがって、当調査地における H/V スペクトルは、周期 3s 付近に 1 次ピークをもち、周期 2s 以下の帯域に明瞭なピークはないものと考えられる。

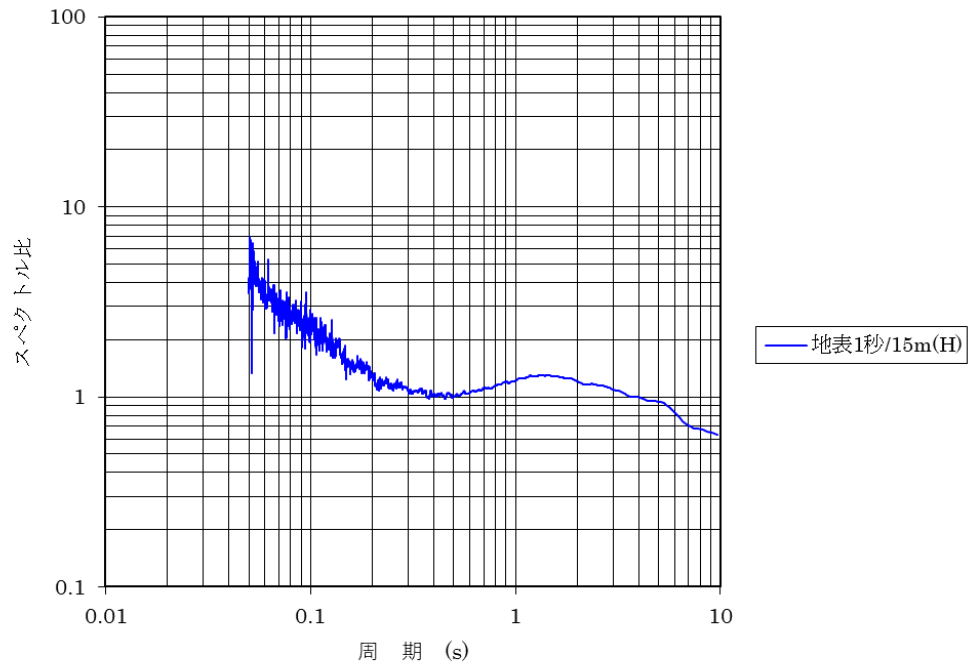
### (3) スペクトル比等による地盤特性と地盤の卓越周期

孔内の深度 15m 位置を基準とし、地表 1 秒計とのフーリエ・スペクトルの比を計算したものを図 5.1 に示す。上図は水平動、下図は上下動についてのスペクトル比である。地表 10 秒計については、EW 成分が風の影響を受けていることから示していない。

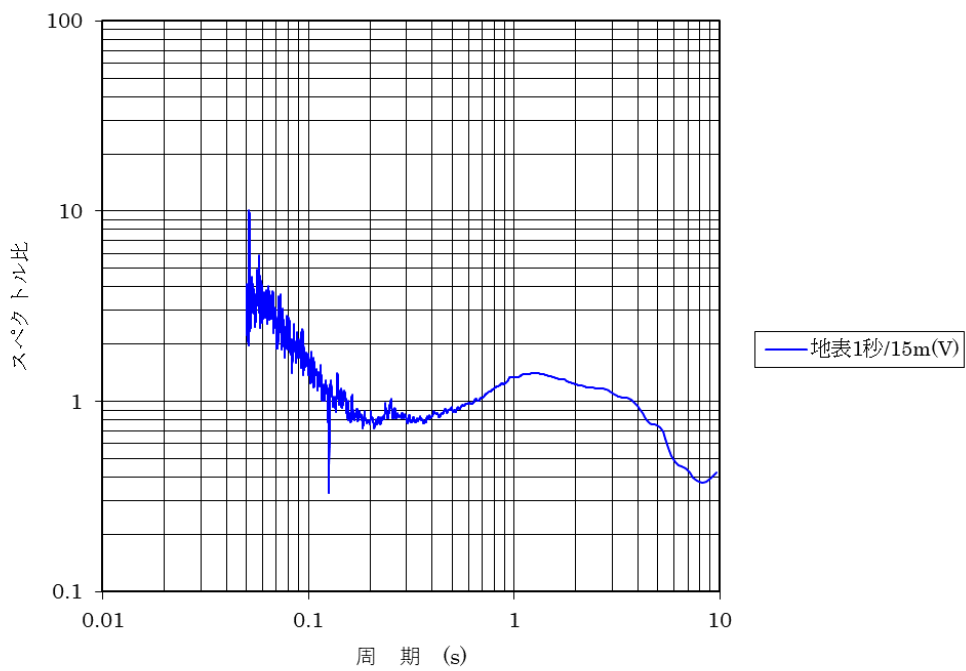
水平動については、NS 成分と EW 成分のフーリエ・スペクトルの二乗和の平方根を計算し、5 解析区間の相加平均値を用いた。また、上下動については、5 解析区間の相加平均値を用いた。

スペクトル比は、水平動、上下動ともに、周期 0.2s 付近より長周期側では変動はあるもののほぼ平坦な形状を示し、概ね 1 程度の値である。一方、周期 0.2s 付近より短周期側では、周期の減少に伴ってスペクトル比が漸増する特徴を有し、周期 0.05s において 4 程度のスペクトル比となっている。

以上のように、周期 0.05～10s の帯域において、水平動、上下動ともにスペクトル比のピークは、最も短周期側の 0.05s にある。



(1) 水平動



(2) 上下動

図 4.8.3 スペクトル比 (No.1 孔)



## 5. 総合考察

### 5.1 基礎工法の検討

#### ①支持層の検討

構造物の支持層の検討に関して、「建築基礎構造設計指針」(社)日本建築学会)では以下のように示されている。

1. 支持地盤や基礎の選定にあたっては、要求性能を満足する組み合わせを抽出し、その構造性能の他、施工性や経済性等に関する比較検討を行ったうえで、最も合理的な基礎形式を選定する。
2. 基礎の選定にあたっては、敷地周辺に及ぼす影響を十分に考慮する。

支持地盤は、表層に硬い支持地盤が露呈する場合ばかりでなく、平野地などは緩い砂層や軟弱な粘性土が分布することが多く、建物を支持可能な地層の出現深度が数 10mにおよぶことがあり、またそれに至る中間部に層厚の薄い中間的な支持層を見出すこともある。

今回の調査地では、表層に粘性土主体の埋土が分布し、その下位に基盤の泥岩層が分布する。表層の埋土層は層厚に変化があり、敷地北東側に厚く分布する。表 5.1.1 に調査地の地質層序を示す。

表 5.1.1 調査地の地質層序表

地質時代		地層名	層相	記号	層厚 (m)	記事
新生代	第四紀	埋土	礫混じり粘土	B	1.8~8.9	調査地の表層に分布する層 駐車場は表層5cm程度アスファルトで覆われる。 泥岩主体の埋土で粘土化が進行し軟質。石灰岩礫や木片等を含み不均質。 埋土が箇所では層下部で比較的均質な部分あり。
	第三紀 鮮新世	島尻層	風化泥岩	wTm	0.7~1.6	島尻層泥岩の風化部。全体に褐色を帯びる。 全体に比較的硬質だが場所によっては粘土化が著しく軟質な部分がある。 含水は少ない。
			泥岩	Tm	5以上	島尻層泥岩の新鮮部で全体に比較的均質。 全体に固結するがハンマーの強打でコアは細粒化する硬さ。 部分的に貝殻細片を含み、一部砂岩の薄層を挟在する。

ここで「建築基礎設計のための地盤調査計画指針」((社)日本建築学会)によれば、支持層の目安は砂質土・礫質土ではN値50(または60)以上、粘性土では20~30以上とすることが多く、地盤条件や建物の要求性能、想定される複数の基礎形式を勘案して設計者が適切に判断するとしている。また、「建築基礎設計のための地盤調査計画指針」によれば、杭基礎を想定する場合の調査では、建物規模や杭仕様にもよるが支持層に相当する地層の厚さを5~10m確認するとなっている。

今回の調査結果から、各層の支持層としての評価を表5.1.1に示す。

今回の調査地では表層に埋土層が分布し、その下位に基盤の泥岩層が分布する。埋土層は全体に粘性土主体でN値も低く軟質であり、支持層としては不適と考えられる。

基盤の泥岩層は、上部の風化部と下位の新鮮部に分けられ、風化部は粘土化が著しい箇所があり、支持層としては不適と考えられる。下位の新鮮部はN値が低下する箇所が見受けられるが、概ね30以上はあり粘性土の評価としては硬質なものであり、また層厚も十分であり支持層となりうると考えられる。

表 5.1.1 支持層としての評価

地質時代		地層名	層相	記号	層厚 (m)	支持層の評価	
新生代	第四紀	埋土	礫混じり粘土	B	1.8~8.9	泥岩を主体とする埋土層。全体に岩片は風化し軟質えあり、支持層としては不適と考えられる。	×
	第三紀	鮮新世	風化泥岩	wTm	0.7~1.6	島尻泥岩の風化部 風化の程度によりバラツキがあるが、粘土化が著しい箇所も見受けられ、支持層としては不適と考えられる。	×
			泥岩	Tm	5以上	島尻層泥岩の新鮮部 均質で固結状を呈する。層上部でN値60以下を示す箇所があるが、概ね30以上はあり、支持層となりうると考えられる。	○

## ②基礎形式の考察

今回の調査地において支持層として評価できる層は、島尻層泥岩（新鮮部）である。

島尻層泥岩は、敷地内において南西側から北東側に深くなっており、標高 45m 付近から標高 30m 付近まで低下する。

支持地盤深度と基礎形式の組み合わせの分類を図 5.1.1、表 5.1.2 に示す。

今回の調査地においては、支持層の出現深度に起伏があるが比較的浅い位置に分布することから、下記に示すように直接基礎、直接基礎+地盤改良、併用基礎の適用が考えられる。

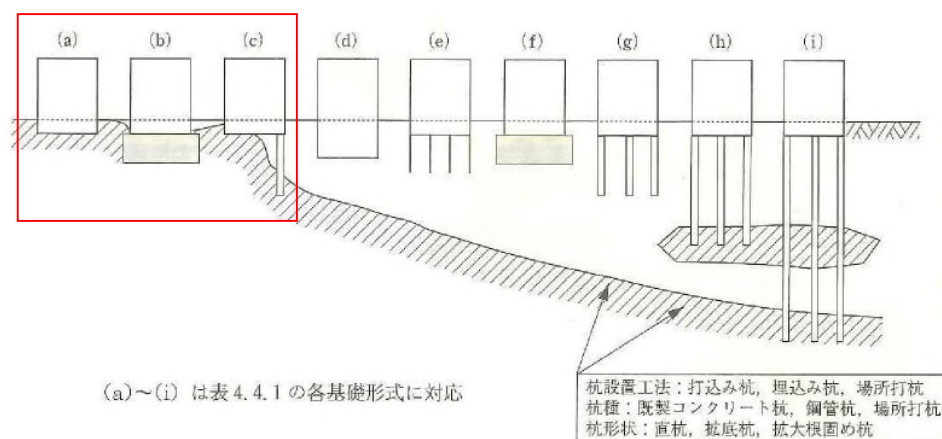


図 5.1.1 支持地盤の深度と適用可能な基礎形式

表 5.1.2 基礎形式ごとの検討事項

基礎形式	基礎部材	検討事項	本文該当節
(a) 直接基礎	基礎スラブ／べた基礎・布基礎・独立基礎等	地盤の鉛直支持力、滑動抵抗力、浮上がり抵抗力 即時沈下、圧密沈下 凍結震度、地下水位	5章
(b) 直接基礎+地盤改良工法（ラップルコンクリート地業を含む）	同上+改良体、改良地盤	改良地盤の鉛直（水平）支持力、改良地盤の滑動抵抗力、支持地盤の鉛直支持力 即時沈下、圧密沈下 改良体の設計基準強度、発生（圧縮・せん断）応力度	4.8 5.5 9.4
(c) 併用基礎（異種基礎）	基礎スラブ、改良体、改良地盤、杭基礎（摩擦杭、中間支持層への支持杭、支持杭）	直接基礎、地盤改良工法、杭基礎の該当欄のほか、傾斜地盤の鉛直支持力、境界部応力、基礎のねじれ	7.2
(d) フローティング基礎	基礎スラブ	直接基礎の項のほか、排土重量、地中応力など	
(e) 併用基礎（パイルド・ラフト基礎）	べた基礎、摩擦杭	同上+平均鉛直ばね定数、ラフトの相対剛性	7.3
(f) 直接基礎+地盤改良工法	同上+改良体、改良地盤	(b) 直接基礎+地盤改良工法の検討事項+層状地盤の鉛直支持力	4.8 5.5 9.4
(g) 杭基礎（摩擦杭）	パイルキャップ、杭頭接合部各種の杭種、杭工法	杭の鉛直支持力、引抜き抵抗力、水平抵抗力 群杭効率、負の摩擦力、地盤変位を考慮した耐震設計、液状化地盤の水平抵抗、傾斜地盤の鉛直支持力・水平抵抗力	6章
(h) 杭基礎（中間支持層への支持杭）	同上	杭基礎の即時沈下、圧密沈下、基礎の変形角・傾斜角杭体（圧縮、曲げ、せん断）耐力、杭頭接合部耐力	
(i) 杭基礎（支持杭）	同上		

## 5.2 砂の液状化の判定

地震時に液状化のおそれのある地盤については、概ね以下に該当するような砂質地盤であることが2007年版建築物の構造関係技術基準解説書に示されている。

### 【地震時に液状化のおそれのある地盤】

- イ 表面から20m以内の深さにあること
- ロ 砂質土で粒径が比較的均一な中粒砂等からなること
- ハ 地下水で飽和していること
- ニ N値が概ね15以下であること

今回の調査結果から、調査地には埋土層と基盤の泥岩層が分布する。基盤の泥岩層については液状化の可能性はない。

上部の埋土層は、粘性土を主体とするもので、細粒分含有率も90%以上を示す。

これらのことから、今回の調査地においては、上述するような液状化の恐れがある砂層は分布しておらず、液状化の危険性はないと考えられる。

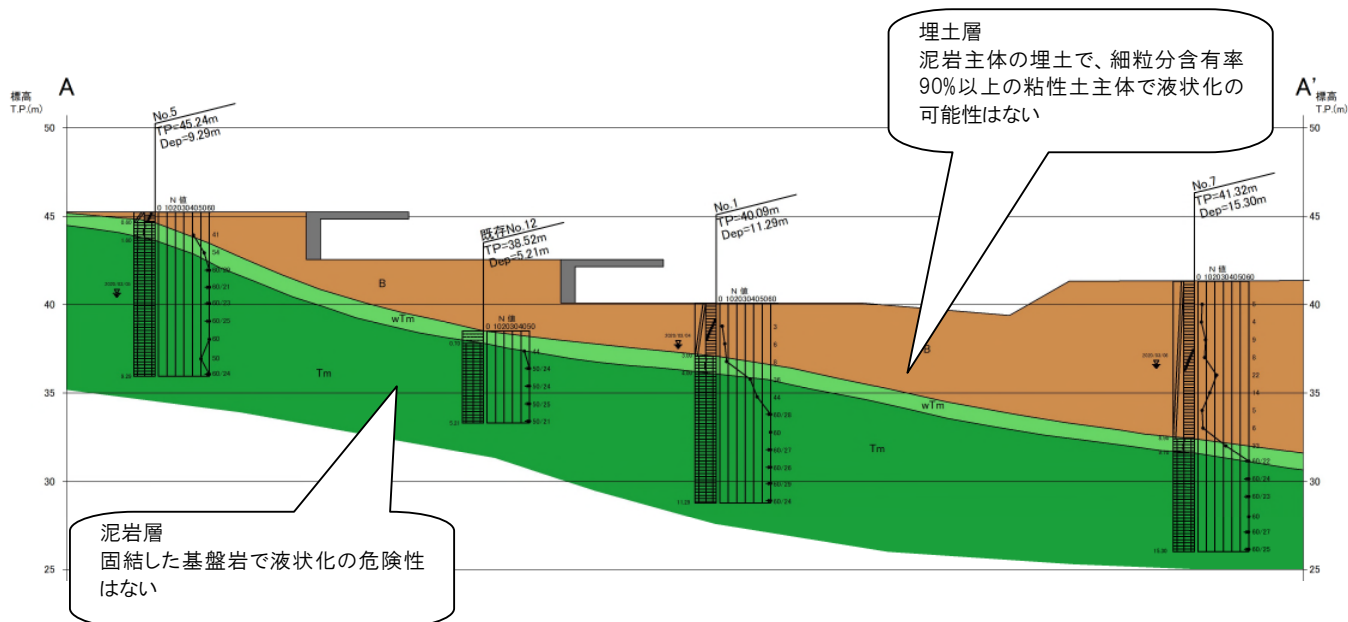


図 5.2.1 液状化の危険性について

### 5.3 地盤種別の判定

常時微動測定の考察結果より、当調査地における地盤の卓越周期は3s付近にあるものと考えられる。しかし、国土技術政策総合研究所・建築研究所(2017)<sup>1)</sup>では「通常の地盤であれば、2秒以上の卓越周期が存在する場合はこれを除いてもよい」としている。これに従って3s付近の卓越周期を除外すると、当調査地には地盤の卓越周期を示すような明瞭なスペクトル・ピークは認められない。

長尾ほか(2010)<sup>4)</sup>による、常時微動 H/V スペクトルの包絡形状のタイプ分類によれば、当調査地は「0.5Hz 以上に明瞭なピークがなく、0.5Hz 未満にのみピークがある」Type7に該当する。このタイプの想定される地盤条件は「明瞭なコントラストを有する面が深部に1つ存在する」となっている。この地盤条件に基づき、昭和55年建設省告示第1793号および国土技術政策総合研究所・建築研究所(2017)<sup>1)</sup>による地盤種別の判定基準(表5.1)を参考にすれば、当調査地の地盤種別は第一種地盤であると判断される。

ただし、地盤種別は上記のように判断されるものの、当調査地では地震時に3s付近の周期帯域の地震動が卓越する可能性があることを付記しておく。

表 5.1 地盤種別と地盤周期  $T_g$  (秒)

第一種地盤	岩盤、硬質砂れき層その他主として第三紀以前の地層によって構成されているもの又は地盤周期等についての調査若しくは研究の結果に基づき、これと同程度の地盤周期を有すると認められるもの	$T_g \leq 0.2$
第二種地盤	第一種地盤及び第三種地盤以外のもの	$0.2 < T_g \leq 0.75$
第三種地盤	腐植土、泥土その他これらに類するもので大部分が構成されている沖積層(盛土がある場合においてはこれを含む。)で、その深さがおおむね30m以上のもの、沼沢、泥海等を埋め立てた地盤の深さがおおむね3m以上であり、かつ、これらで埋め立てられてからおおむね30年経過していないもの又は地盤周期等についての調査若しくは研究の結果に基づき、これらと同程度の地盤周期を有すると認められるもの	$0.75 < T_g$

「昭和55年建設省告示第1793号(改正：平成19年国土交通省告示第597号)および国土技術政策総合研究所・建築研究所監修(2017)<sup>1)</sup>による」

#### 5.4 支持層コンターの作成

今回の調査結果、および既存調査結果を含めて支持層（島尻層泥岩上面）コンターを作成した。図 5.4.1 にコンター図を示す。コンター図は、今回の調査範囲で作成した。

調査地における支持層の分布は、南側で高く標高 43m 付近にあり、北側に向かって低くなると見られ、標高 30m 付近まで低下する。コンターの形状から敷地内では支持層がすり鉢状に分布すると見られる。

また、コンターは概ね同じ幅で分布し、概ね一定に低下していると見られる。

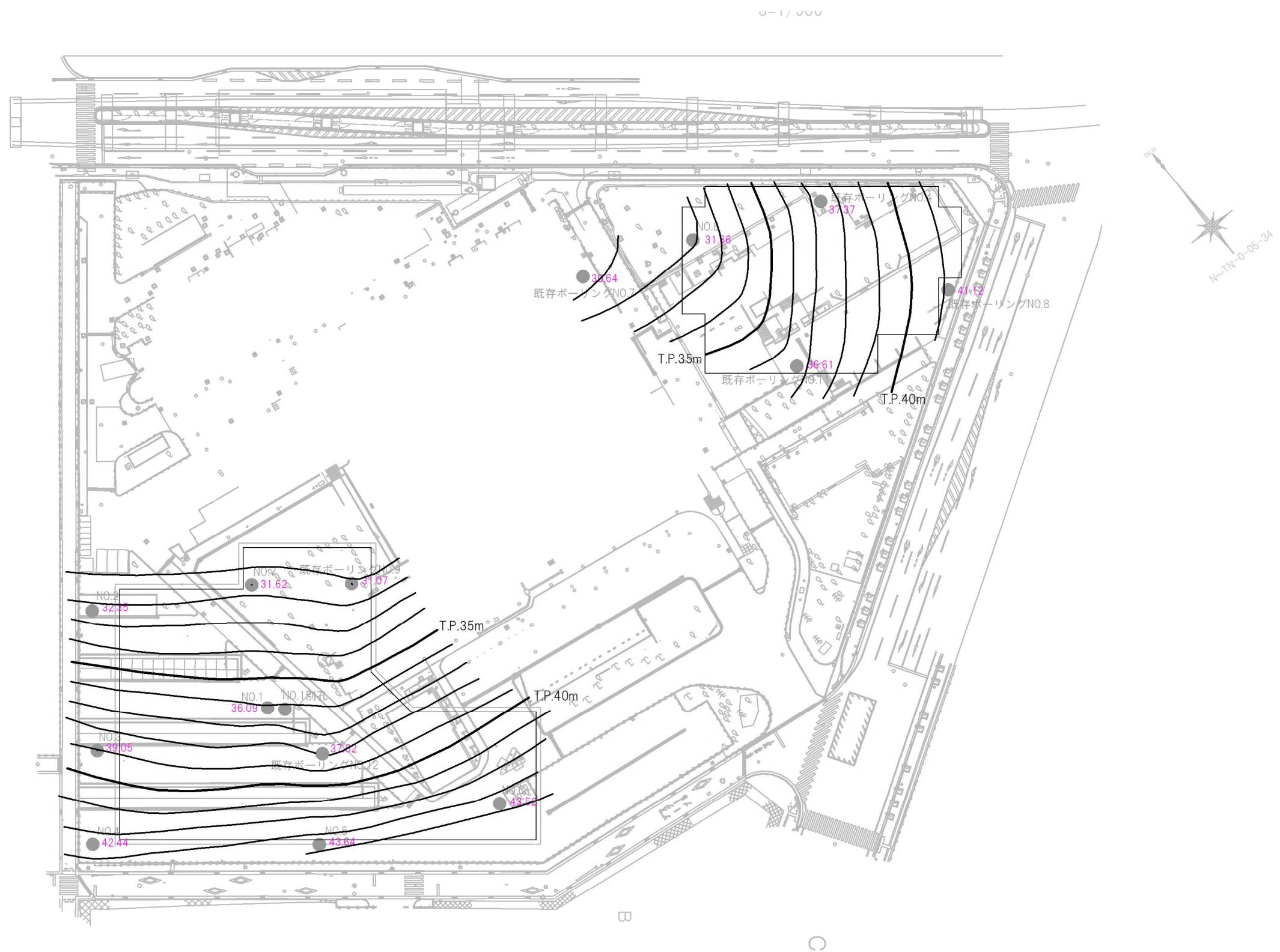


図 5.4.1 支持層コンター図

# ボーリング柱状図

調査名 那覇市新那覇市立病院設計業務に伴う地盤調査 (仮称)

ボーリングNo.	3	9	2	7	2	5	7	6	0	0	1
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

事業・工事名

シートNo. 1

ボーリング名	No.1		調査位置	沖縄県那覇市古島2丁目31-1 (那覇市立病院敷地内)			北緯	26° 13' 36.0145"		
発注機関	株式会社 梓設計			調査期間	令和2年 3月 4日 ~ 令和2年 3月 4日		東経	127° 42' 33.0273"		
調査業者名	応用地質株式会社 電話 098-860-1824		主任技師	濱田 俊介		現代場人	横田 幸治		ボーリング責任者	屋宜 正彦
孔口標高	TP 40.09m		角	180° 上 0° 下 0°		方	北 0° 270° 90° 西 180° 東		地盤勾配	水平 0° 鉛直 90°
総掘進長	11.29m		使用機種	試錐機 YBM-05 エンジン TF70V-E		ハンマー落下用具	半自動型		ポンプ	YS550DX

標尺	層高	厚	深	柱状	土質	色	相対	相対	相対	記	地盤材料の工学的分類	標準貫入試験				原位置試験	試料採取	室内	掘進		
												深	10cm毎の打撃回数	打撃回数/貫入量	N値					深	採取
1										表層5cmアスファルト、以深、泥岩主体の埋土 全体に粘土化が進み軟質 全体にφ2~10mmの石灰岩礫を含む 部分的に木片含む		1.15	1	1	3						
2												1.45	2	2	6						
3	37.09	3.00	3.00									2.15	2	2	6						
4	36.00	1.00	4.00							島尻層泥岩の風化部 全体に粘土化が進み軟質		2.45	3	3	8						
5												3.15	9	12	36						
6										島尻層泥岩 全体に均質で新鮮 全体に固結するがハンマーの強打で細粒化する硬さ 部分的に貝殻細片少量含む 層上部若干含水多い		3.45	11	14	44						
7												4.15	18	22	60						
8												4.45	15	21	60						
9												5.15	18	22	60						
10												5.45	18	23	60						
11	28.80	7.29	11.29									6.15	13	23	60						
12												6.43	10	23	60						
13												7.15	18	27	60						
14												7.45	18	27	60						
15												8.15	13	23	60						
16												8.42	10	23	60						
17												9.15	18	27	60						
												9.41	18	27	60						
												10.05	13	23	60						
												10.34	18	27	60						
												11.05	18	27	60						
												11.29	18	27	60						



# ボーリング柱状図

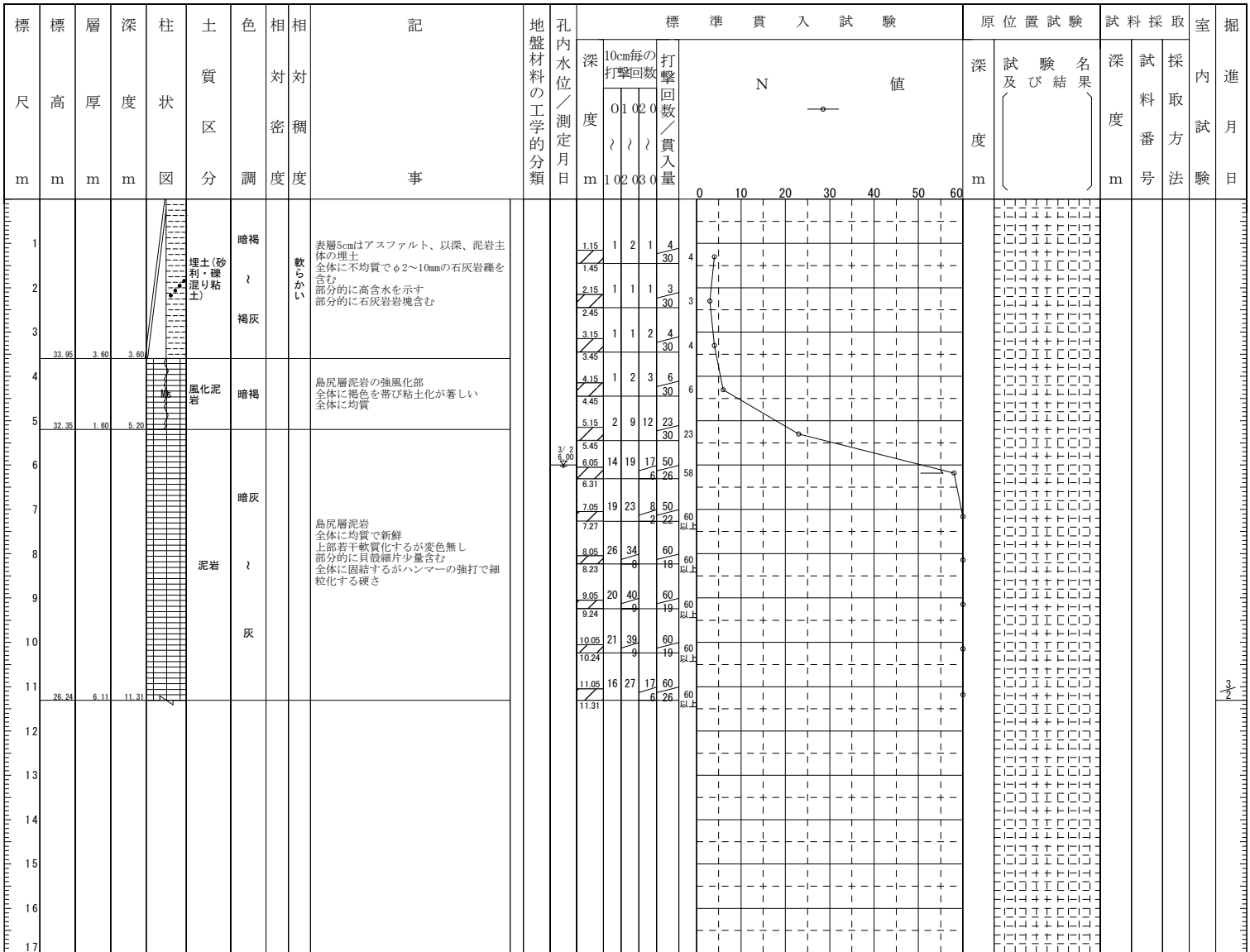
調査名 那覇市新那覇市立病院設計業務に伴う地盤調査 (仮称)

ボーリングNo.	3	9	2	7	2	5	7	6	0	0	2
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

事業・工事名

シートNo. 1

ボーリング名	No.2		調査位置	沖縄県那覇市古島2丁目31-1 (那覇市立病院敷地内)			北緯	26° 13' 37.3379"							
発注機関	株式会社 梓設計			調査期間	令和2年 3月 2日 ~ 令和2年 3月 2日			東経	127° 42' 32.4380"						
調査業者名	応用地質株式会社 電話 098-860-1824		主任技師	濱田 俊介		現代場人	横田 幸治		コ定ア者	横田 幸治		ボーリグ責任者	知花 賢俊		
孔口標高	TP 37.55m		角	180° 上 0° 下 0°		方	北 0° 270° 90° 西 180° 東		地盤勾配	水平 0° 鉛直 90°		使用機種	試錐機 YBM-05 エンジン TF70V-E		
総掘進長	11.31m		ハンマー	半自動型		ポンプ	YS550DX								



# ボーリング柱状図

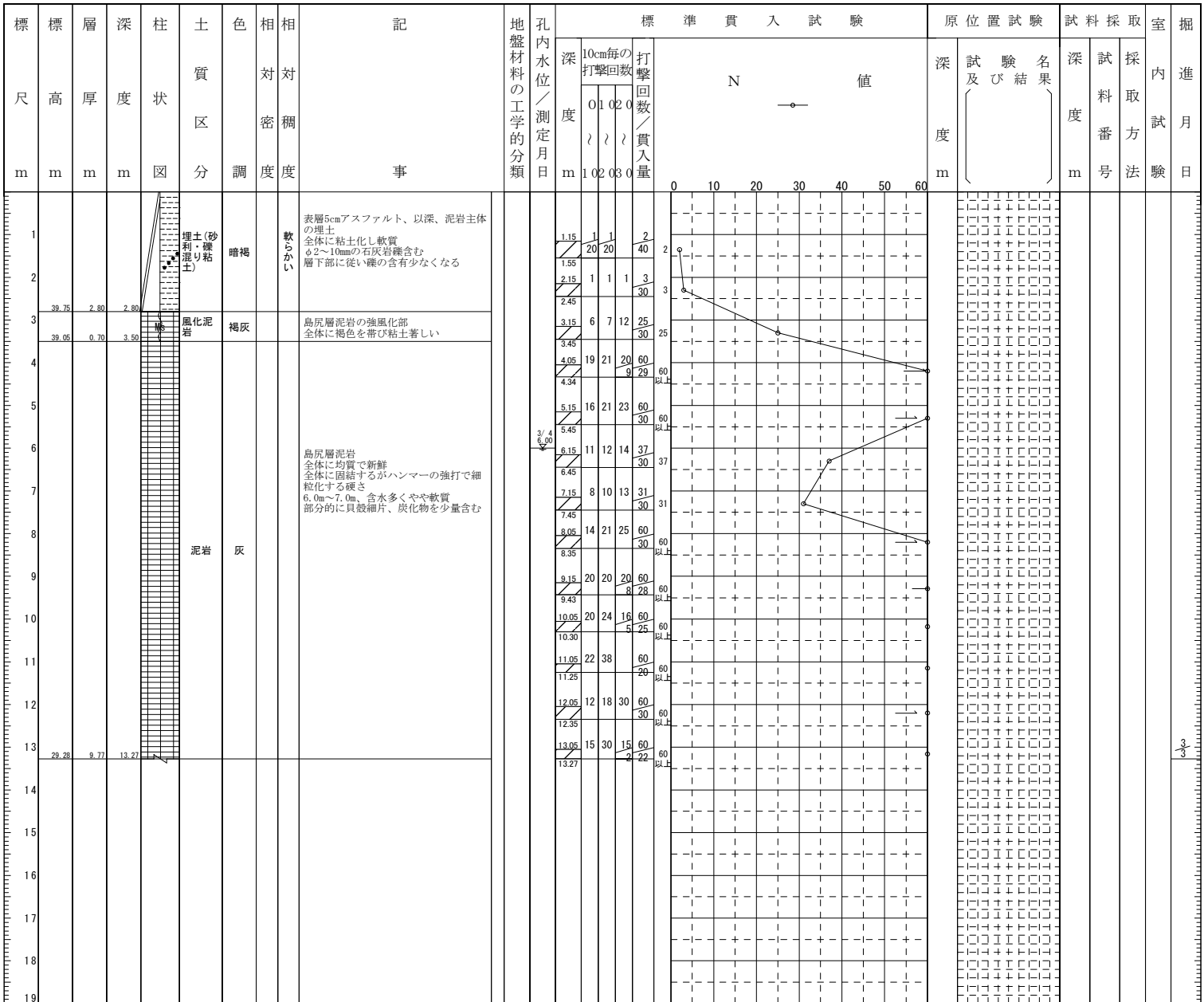
調査名 那覇市新那覇市立病院設計業務に伴う地盤調査 (仮称)

ボーリングNo.	3	9	2	7	2	5	7	6	0	0	3
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

事業・工事名

シートNo. 1

ボーリング名	No.3		調査位置	沖縄県那覇市古島2丁目31-1 (那覇市立病院敷地内)			北緯	26° 13' 36.5413"		
発注機関	株式会社 梓設計			調査期間	令和2年 3月 3日 ~ 令和2年 3月 3日		東経	127° 42' 31.7726"		
調査業者名	応用地質株式会社 電話 098-860-1824		主任技師	濱田 俊介		現代理人	横田 幸治		ボーリング責任者	知花 賢俊
孔口標高	TP 42.55m		角	180° 上 0° 下 0°		方	北 0° 270° 西 180° 東 90° 南		地盤勾配	鉛直 0° 水平 90°
総掘進長	13.27m		使用機種	試錐機 YBM-05 エンジン TF70V-E		ハンマー落下用具	半自動型		ポンプ	YS550DX



# ボーリング柱状図

調査名 那覇市新那覇市立病院設計業務に伴う地盤調査 (仮称)

ボーリングNo.	3	9	2	7	2	5	7	6	0	0	4
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

事業・工事名

シートNo. 1

ボーリング名	No.4	調査位置	沖縄県那覇市古島2丁目31-1 (那覇市立病院敷地内)				北緯	26° 13' 36.0443"							
発注機関	株式会社 梓設計			調査期間	令和2年 3月 4日 ~ 令和2年 3月 4日			東経	127° 42' 31.2811"						
調査業者名	応用地質株式会社 電話 098-860-1824		主任技師	濱田 俊介		現代理人	横田 幸治		コ継定ア者	横田 幸治		ボーリング者	知花 賢俊		
孔口標高	TP 45.24m		角	180° 上 下 0°		方	北 0° 270° 90° 西 東 180° 南		地盤勾配	鉛直 0° 90°		使用機種	試錐機 YBM-05 エンジン TF70V-E		
総掘進長	13.28m		ハンマー	落下用具		半自動型		ポンプ	YS550DX						

標尺	層高	層厚	深度	柱状図	土質区分	色相	相対密度	相対稠度	記	地盤材料の工学的分類	標準貫入試験				原位置試験	試料採取	室内掘進
											深	10cm毎の打撃回数	打撃回数/貫入量	N値			
1	43.44	1.80	1.80	埋土(粘土)	暗褐	軟らかい			表層5cmアスファルト 以深、泥岩主体の埋土 全体に軟質 石灰岩礫を含む 層下部礫の混入少なくなる		1.15	1	1	3	30		
2	42.44	1.00	2.80	風化泥岩	褐灰				島尻層泥岩の風化部 全体に褐色を帯びるが比較的硬質		2.15	10	16	20	46		
3											3.05	14	22	24	60		
4											3.35				60以上		
5									島尻層泥岩 全体に均質で新鮮 全体に固結するがハンマーの強打で細粒化する硬さ 4.3m付近、砂岩との互層をなす部分的に含水が若干高くなる貝殻細片を少量含む		4.05	17	19	24	60		
6											4.34				60以上		
7											5.05	20	23	17	60		
8											5.30				60以上		
9											6.15	17	18	15	50		
10											7.15	13	13	16	42		
11											7.45				30		
12											8.15	16	22	22	60		
13	31.96	10.48	13.28	泥岩							8.41				60以上		
14											9.05	15	22	23	60		
15											9.33				60以上		
16											10.05	11	15	34	60		
17											10.35				60以上		
18											11.05	15	22	23	60		
19											11.33				60以上		
											12.05	17	20	23	60		
											12.33				60以上		
											13.05	16	30	14	60		
											13.28				60以上		

# ボーリング柱状図

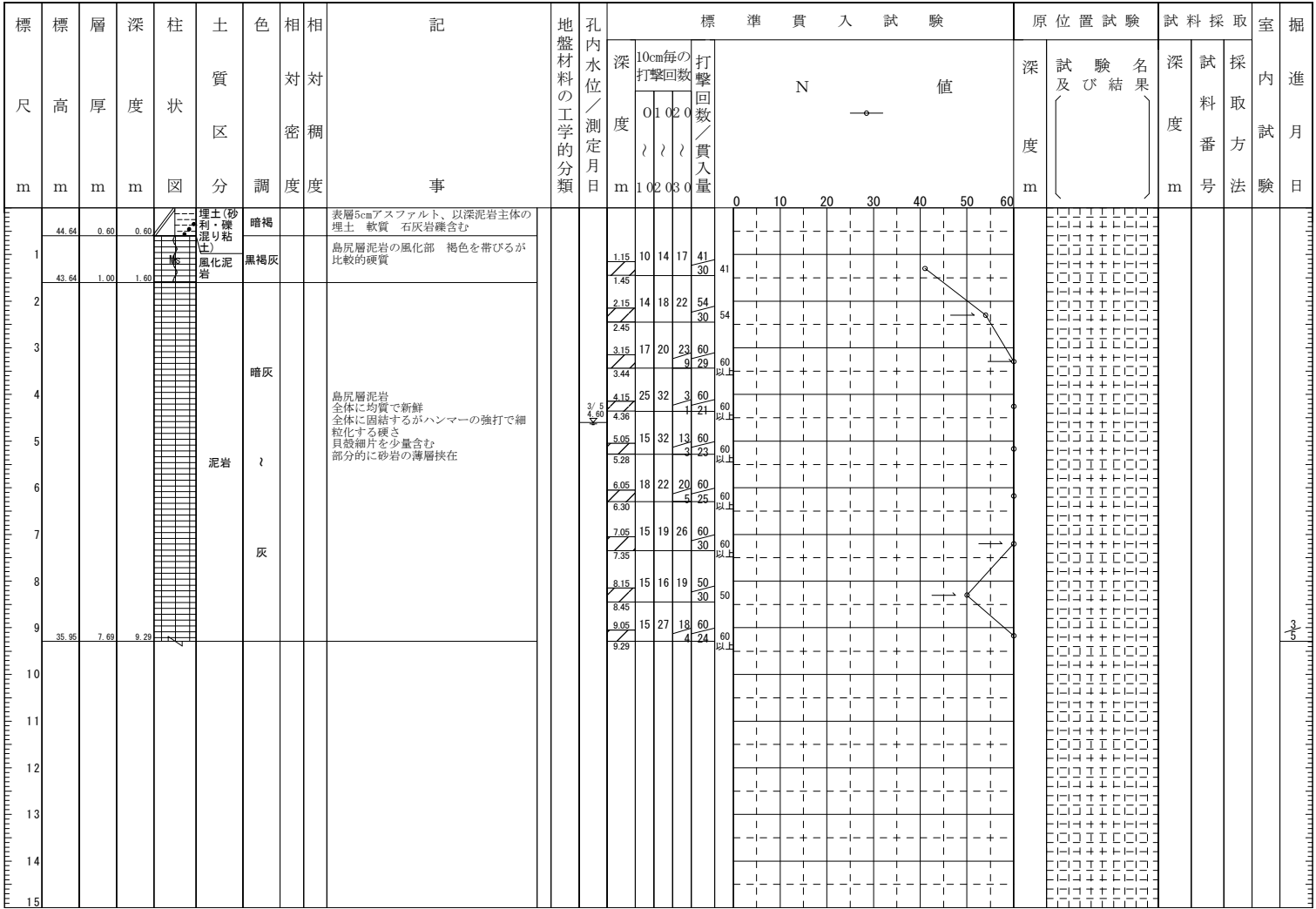
調査名 那覇市新那覇市立病院設計業務に伴う地盤調査 (仮称)

ボーリングNo. 3 9 2 7 2 5 7 6 0 0 5

事業・工事名

シートNo. 1

ボーリング名	No.5			調査位置	沖縄県那覇市古島2丁目31-1 (那覇市立病院敷地内)			北緯	26° 13' 35.0278"		
発注機関	株式会社 梓設計			調査期間	令和2年 3月 5日 ~ 令和2年 3月 5日			東経	127° 42' 32.6643"		
調査業者名	応用地質株式会社 電話 098-860-1824			主任技師	濱田 俊介			現代理人	横田 幸治		
孔口標高	TP 45.24m			角	180° 上 90° 下 0°			方	北 0° 西 270° 東 90° 南 180°		
総掘進長	9.29m			地盤勾配	鉛直 0° 水平 90°			使用機種	試錐機 YBM-05 エンジン TF70V-E		
								ハンマー落下用具	半自動型		
								ポンプ	YS550DX		



# ボーリング柱状図

調査名 那覇市新那覇市立病院設計業務に伴う地盤調査 (仮称)

ボーリングNo. 39272576006

事業・工事名

シートNo. 1

ボーリング名	No.6	調査位置	沖縄県那覇市古島2丁目31-1 (那覇市立病院敷地内)			北緯	26° 13' 34.4488"				
発注機関	株式会社 梓設計	調査期間	令和2年 3月 7日 ~ 令和2年 3月 7日			東経	127° 42' 33.9723"				
調査業者名	応用地質株式会社 電話 098-860-1824	主任技師	濱田 俊介		現代理人	横田 幸治		コ継定ア者	横田 幸治	ボーリング者	知花 賢俊
孔口標高	TP 44.32m	角	180° 上 下 0°	方	北 0° 270° 西 90° 東 180° 南	地盤勾配	鉛直 0° 水平 0°	使用機種	試錐機 YBM-05	ハンマー 落下用具	半自動型
総掘進長	6.30m	度	0°	向				エンジン	TF70V-E	ポンプ	YS550DX

標尺	層高	厚度	柱状	土質	色	相対	相対	相対	記	地盤材料の工学的分類	孔内水位/測定月日	標準貫入試験				原位置試験		試料採取		室内	掘進									
												深	10cm毎の打撃回数	打撃回数/貫入量	N	値	深	度	深			度	採取	方法	月	日				
43.52	0.80	0.80	埋土(砂利・礫混り粘土)	暗褐色					表層5cmアスファルト 以深、泥岩主体の埋土 全体に粘土化する 石灰岩礫を含む			1.15	20	20	60	60														
			泥岩	灰					島尻層泥岩 全体に均質で新鮮 全体に固結するがハンマーの強打で細粒化する硬さ 全体に含水少ない 貝殻細片を少量含む			1.45	26	30	4	60	60													
																					2.15	26	30	4	60	60				
																					2.38	18	27	15	60	60				
																					3.05	19	41	60	60					
																					3.29	16	30	14	60	60				
																					4.05	17	24	19	60	60				
																					4.25	17	24	19	60	60				
																					5.05	17	24	19	60	60				
																					5.28	17	24	19	60	60				
																					6.05	17	24	19	60	60				
												6.30	17	24	19	60	60													

# ボーリング柱状図

調査名 那覇市新那覇市立病院設計業務に伴う地盤調査 (仮称)

ボーリングNo.	3	9	2	7	2	5	7	6	0	0	7
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

事業・工事名

シートNo. 1

ボーリング名	No.7		調査位置	沖縄県那覇市古島2丁目31-1 (那覇市立病院敷地内)			北緯	26° 13' 36.7677"						
発注機関	株式会社 梓設計			調査期間	令和2年 3月 6日 ~ 令和2年 3月 6日		東経	127° 42' 33.5442"						
調査業者名	応用地質株式会社 電話 098-860-1824		主任技師	濱田 俊介		現代理人	横田 幸治		コ継定ア者	横田 幸治		ボーリング者	知花 賢俊	
孔口標高	TP 41.32m		角	180° 上 下 0°		方	北 0° 西 270° 東 90° 南 180°		地盤勾配	鉛直 0° 90°		使用機種	試錐機 YBM-05 エンジン TF70V-E	
総掘進長	15.30m		度	180° 90° 0°		向			ハンマー	半自動型		ポンプ	YS550DX	

標尺	層厚	深	柱状	土質	色	相対	相対	相対	相対	相対	相対	標準貫入試験				原位置試験	試料採取	室内	掘						
												深	10cm	毎の	打撃					深	度	試験	名	度	採取
m	m	m	図	分	調	度	度	度	度	度	度	m	0	10	20	30	40	50	60	m	度	号	法	日	
1												1.15	2	2	1	5									
2												1.45				30									
3												2.15	1	1	2	4									
4												2.45				30									
5												3.15	2	3	4	9									
6												3.45				30									
7												4.15	3	3	2	8									
8												4.45				30									
9												5.15	4	9	9	22									
10												5.45				30									
11												6.15	6	4	4	14									
12												6.45				30									
13												7.15	1	2	2	5									
14												7.45				30									
15												8.15	2	2	2	6									
16												8.45				30									
17												9.15	8	10	15	33									
18												9.45				30									
19												10.05	17	33	10	60									
20												10.27				22									
21												11.05	18	26	16	60									
22												11.29				以上									
23												12.05	17	30	13	60									
24												12.28				以上									
25												13.15	16	21	23	60									
26												13.45				30									
27												14.05	16	24	20	60									
28												14.32				以上									
29												15.05	18	28	17	63									
30												15.30				以上									

# ボーリング柱状図

調査名 那覇市新那覇市立病院設計業務に伴う地盤調査 (仮称)

ボーリングNo.	3	9	2	7	2	5	7	6	0	0	8
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

事業・工事名

シートNo. 1

ボーリング名	No.8		調査位置	沖縄県那覇市古島2丁目31-1 (那覇市立病院敷地内)			北緯	26° 13' 36.7018"						
発注機関	株式会社 梓設計			調査期間	令和2年 3月 6日 ~ 令和2年 3月 7日		東経	127° 42' 33.7960"						
調査業者名	応用地質株式会社 電話 098-860-1824		主任技師	濱田 俊介		現代場人	横田 幸治		コ継定ア者	横田 幸治		ボーリング者	金城 睦	
孔口標高	TP 39.66m		角	180° 上 下 0°		方	北 0° 西 270° 東 90° 南 180°		地盤勾配	鉛直 0° 水平 90°		使用機種	試錐機 YBM-05 エンジン TF70V-E	
総掘進長	15.45m		ハンマー	落下用具		半自動型		ポンプ	YS550DX					

