

白 石 齋 苑  
地 質 調 査 委 託

報 告 書

平成 2 9 年 1 月

仙南地域広域行政事務所組合  
東北ボーリング株式会社

---

## 目次

	頁
1. 業務概要	1
2. 調査方法	5
2.1 機械ボーリング	5
2.2 標準貫入試験	6
3. 地形・地質概要	7
3.1 地形概要	7
3.2 地質概要	8
4. 調査結果	9
4.1 現地踏査結果	9
4.2 ボーリング結果	11
5. 調査結果に基づく考察	16
5.1 地盤の土質定数	16
5.2 建築物の支持層および基礎工法について	23
5.3 設計・施工上の留意点について	26
巻末資料	
・ ボーリング柱状図	

---

---

## 1. 業務概要

### 1.1 業務目的

本業務は、宮城県白石市鷹巣字石倉地内で計画されている、白石斎苑建替事業に先立ち、ボーリング調査などの地質調査を行い、地層構成（地質分布状況）や地盤強度などを把握し、設計・施工の際に必要な地盤に関する基礎資料を得ることを目的とした。

### 1.2 業務件名

白石斎苑 地質調査委託

### 1.3 業務場所

白石斎苑（宮城県白石市鷹巣字石倉 地内）（図 1-1 調査地案内図参照）

### 1.4 業務期間

自 平成 28 年 8 月 15 日 ～ 至 平成 29 年 1 月 27 日

### 1.5 業務数量

- ・機械ボーリング（φ 66mm） 20m×1 箇所、14m×1 箇所 計 34m
  - ・標準貫入試験 34 回
  - ・解析等調査（現地踏査） 1 式
- 詳細は表 1-1 に示すとおりである。

### 1.6 発注者

仙南地域広域行政事務組合

### 1.7 受注者

東北ボーリング株式会社

仙台市若林区六丁の目元町 6-8

TEL 022-288-0321 Fax 022-288-0325

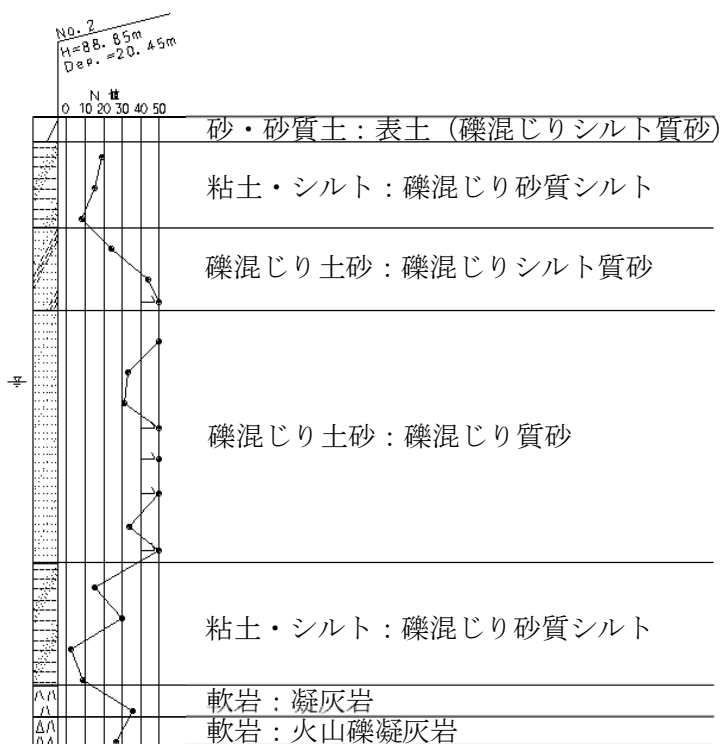
管理技術者：小林 大介（地質調査技士「現場技術・管理部門」）

照査技術者：菊地 真（技術士 応用理学部門「地質」）

表 1-1 業務数量一覧表

調査項目	細目	単位	数量		
			No.1	No.2	計
土質ボーリング φ66mm オールコア	粘性土・シルト	m	2.70	6.80	9.50
	砂・砂質土	m	0.80	0.80	1.60
	礫混じり土砂	m	10.50	10.90	21.40
	軟岩	m	0.00	1.50	1.50
	計	m	14.00	20.00	34.00
標準貫入試験	粘土・シルト	回	3	7	10
	砂・砂質土	回	0	0	0
	礫混じり土砂	回	11	11	22
	軟岩	回	0	2	2
	計	回	14	20	34
解析等調査（現地踏査）		式	—	—	1

※表土層（ts）は礫混じりシルト質砂の土層を示すことから、砂・砂質土として計上した。  
 ※礫混じりシルト質砂（dts2）および、礫混じり砂（dts1）は、礫を多く混入することから、礫混じり土砂として計上した。





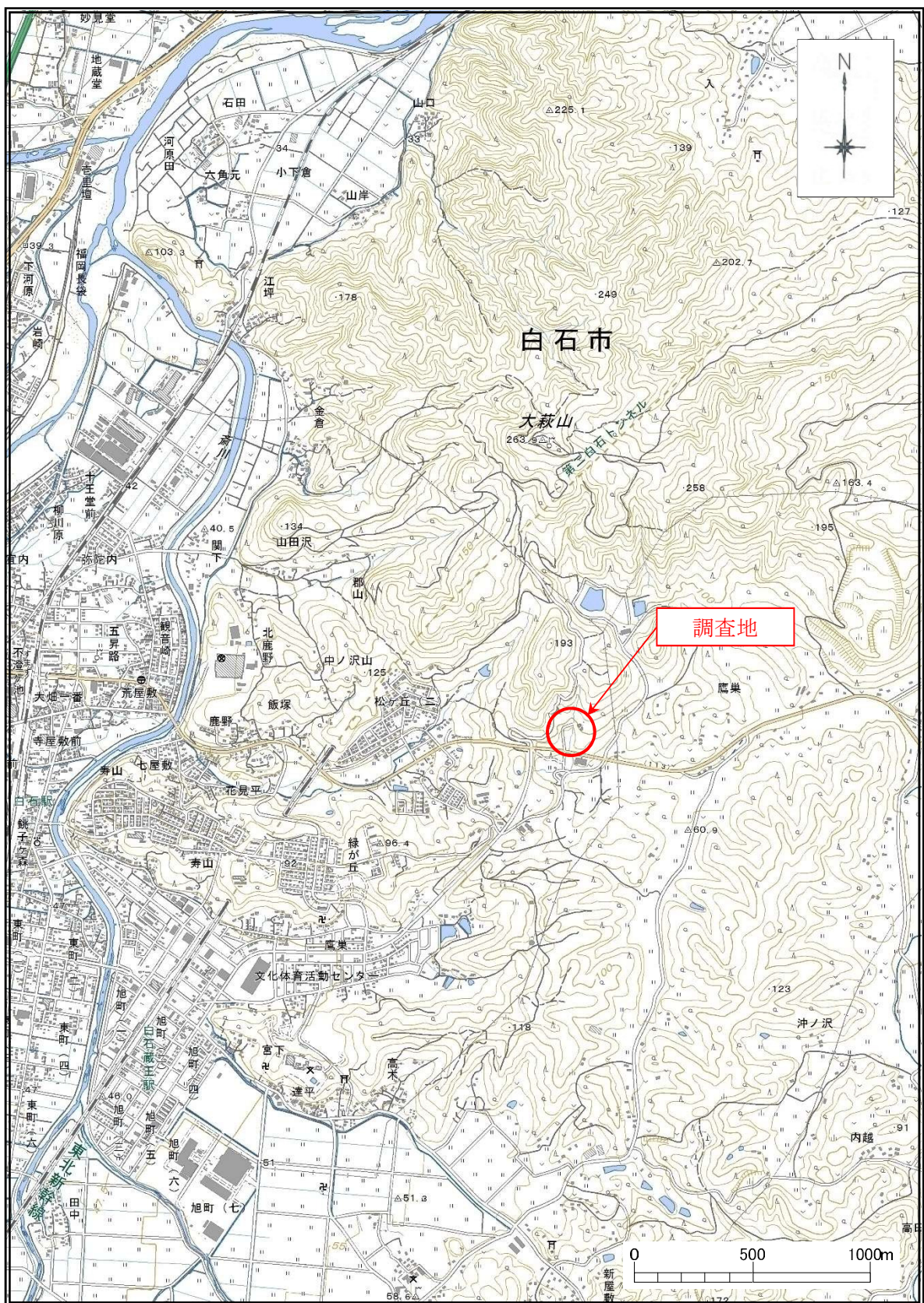
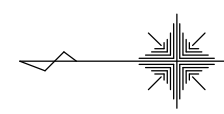


图 1-1 調査地案内図 (S=1:25,000)

(出典；国土地理院発行 1/25000 地形図「大河原, 白石東南部」) を一部抜粋





凡例

境界標の種類	
⊞	コンクリート杭
⊠	プラスチック杭
⊗	金属錐
⊞P	プレート標
⊙	2級基準点
⊕	4級基準点

平成27年8月25日測量  
 ※平成28年10月21日追加測量

凡例

No. 1 Dep.=14.35m	調査地点	調査深度
H=95.30m		地盤高
●	ボーリング地点	
■	ベンチマーク	
—	地質断面線	

No. 1 Dep. =14.35m  
 H=95.30m

No. 2 Dep. =20.45m  
 H=88.85

ベンチマーク (TA8鉄)  
 H=96.03m

図1-2 調査地点位置図  
 (縮尺 1/500)



## 2.2 標準貫入試験

標準貫入試験は、「粘性土の硬軟」および「砂質土の締め具合」の概略の指標となる「N値」を求めるとともに、「乱した試料」を採取することを目的に、原則として深度1m毎に1回の割合で実施した。

試験方法は、「JIS A 1219」に準拠し、図2-2の標準貫入試験概略図に示すように使用機械はSPTサンプラー、ガイドロッド、アンビル、ハンマー等を使用した。

本試験は、始めに15cmの予備打ちを行い、次に重量63.5±0.5kgのハンマーを高さ76±1cmから自由落下させて、30cm貫入(本打ち)させるために要する打撃回数(N値)を測定するものである。

なお、標準貫入試験で採取した試料は、目視観察を行った後、自然含水比が変化しないように密封した容器に入れて提出した。

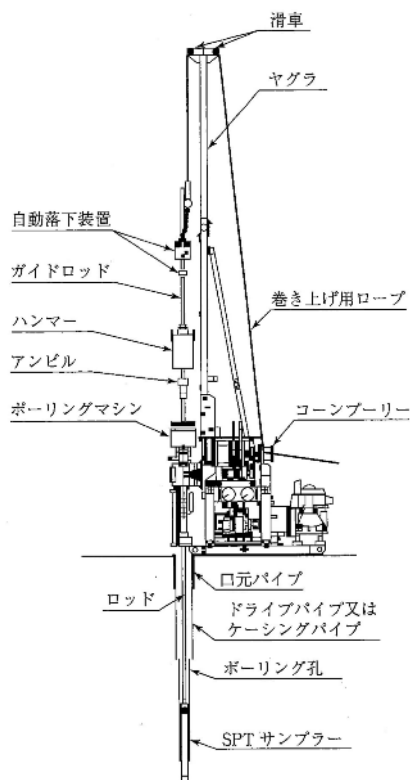


表 2-1 N値と砂の相対密度の関係(Terzaghi and Peck)

N 値	相対密度 (Terzaghi・Peck)	現場判別法
0～4	非常に緩い (very loose)	鉄筋が容易に手で貫入
4～10	緩い (loose)	ショベル (スコップ) で掘削可能
10～30	中位の (medium)	鉄筋を5ポンドハンマーで打込み容易
30～50	密な (dense)	同上、30cm程度貫入
>50	非常に密な (very dense)	同上、5～6cm貫入、掘削につるはし必要、打込み時金属音

注) 鉄筋はφ13mm

(出典：地盤調査の方法と解説 公益社団法人地盤工学会 平成25年3月 P.305)

表 2-2 N値と粘土のコンシステンシー、一軸圧縮強さの関係 (Terzaghi and Peck)

N 値	$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	コンシステンシー
0～2	0.0～24.5	非常に柔らかい
2～4	24.5～49.1	柔らかい
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

(出典：地盤調査の方法と解説 公益社団法人地盤工学会 平成25年3月 P.308)

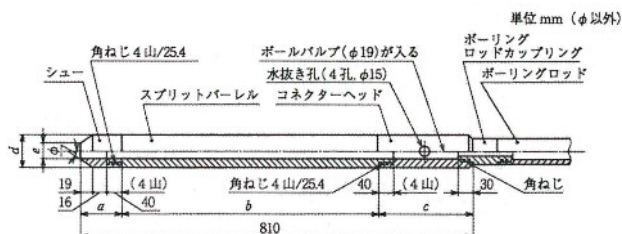


図 2-2 標準貫入試験概要図

(出典：地盤調査の方法と解説

公益社団法人地盤工学会 平成25年3月 P.284,295)



### 3. 地形・地質概要

#### 3.1 地形概要

調査地は、東日本旅客鉄道株式会社が運営する東北本線「白石駅」の西約 2.3km 付近の丘陵地に位置する。調査地を含む白石市は、宮城県の南部に位置し、奥羽山脈の東部に分布する山地および丘陵地と、白石川やその支流によって形成された沖積平野によって特徴付けられている。

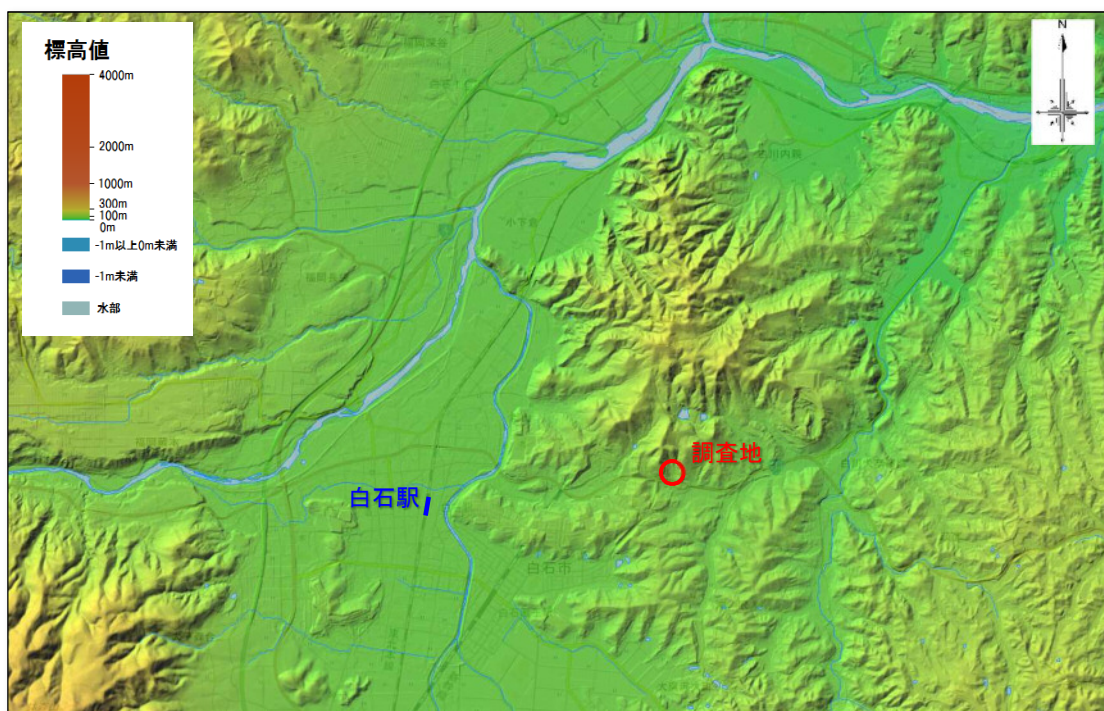


図 3-1 調査地周辺の色別標高図

(出典：電子国土 Web 色別標高図 国土地理院) 加筆

調査地周辺は、北部に標高 264m の大萩山が存在するものの、大半が標高 200m 以下の低い丘陵地が広がる地域である。

丘陵地内には侵食により大小様々な谷が刻まれ、所々に緩傾斜地が存在する。



図 3-2 調査地付近の地形図

(出典：電子国土 Web 地形図 国土地理院) 加筆

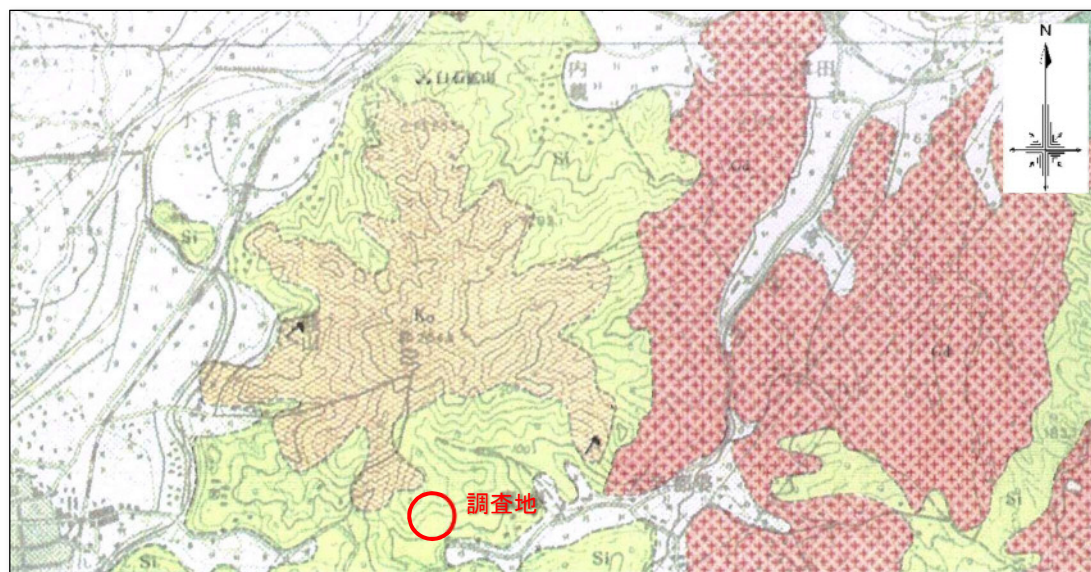
### 3.2 地質概要

調査地の地質は、図 3-3 に示した地質図「白石地域の地質」（地域地質研究報告 地質調査所 1970 年）によれば、新生代新第三紀中新世 白石層が分布する地域である。

調査地周辺の白石層は、白石市の東側山地より広範囲に分布しており、下部は礫岩、礫質砂岩、凝灰岩質シルト岩を主とし亜炭層を挟在する。中部は多くの鉱石を含有する黄白色粗粒凝灰岩、軽石～火山礫凝灰岩を主とし、上部は石材として利用されている白色細～粗粒凝灰岩および、複輝石安山岩類からなる。

白石層の上位には、山体崩壊によって形成された岩屑なだれ堆積物が分布し、地形概要で述べた緩傾斜地を形成する。

本調査では、岩盤として白石層に属する凝灰岩および火山礫凝灰岩を確認し、その上位には安山岩礫を混入する砂質土層および、粘性土層を確認することができた。本報告書では、岩盤の上位に分布する砂質土層および粘性土層が凝灰岩の岩相を示しているものの、次章で述べる現地踏査結果、緩斜面を形成する地形的特徴などから山体崩壊によって形成された岩屑なだれ堆積物として取りまとめた。なお、岩屑なだれ堆積物の地質年代については不明であるが、ここでは第四紀更新世として取りまとめた。



地質時代		地層名	記号	主要土質(地質)
新生代	第四紀 更新世	沖積層 段丘堆積物		礫・泥・砂・砂礫
	新第三紀 中新世	白石層(郡山安山岩)	Si Ko	凝灰岩・シルト岩・砂岩・礫岩
	白亜紀	花崗閃緑岩類		花崗閃緑岩類

図 3-4 調査地付近の地質図(S=1:50,000)

(出典；白石地域の地質 1/50000 地質図 地域地質研究報告 地質調査所 1970) を一部抜粋



---

## 4. 調査結果

### 4.1 現地踏査結果

本調査では、白石斎苑建替事業に先立ち、調査地周辺の地形状況、露頭観察による地質・土質状況、崩壊地・地すべり地形の有無などの状況を把握する目的で現地踏査を行った。

現地踏査は、写真 4-1 に示すように、調査地周辺を歩いて観察し、露頭状況などを撮影してとりまとめた。

図 4-1 に踏査結果を示した。



写真 4-1 現地踏査状況



地理院地図



図 4-1 現地踏査結果図(地質状況)



## 4.2 ボーリング調査結果

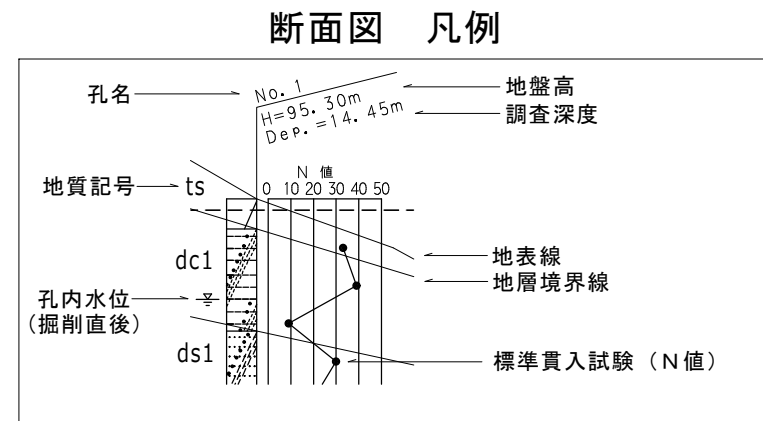
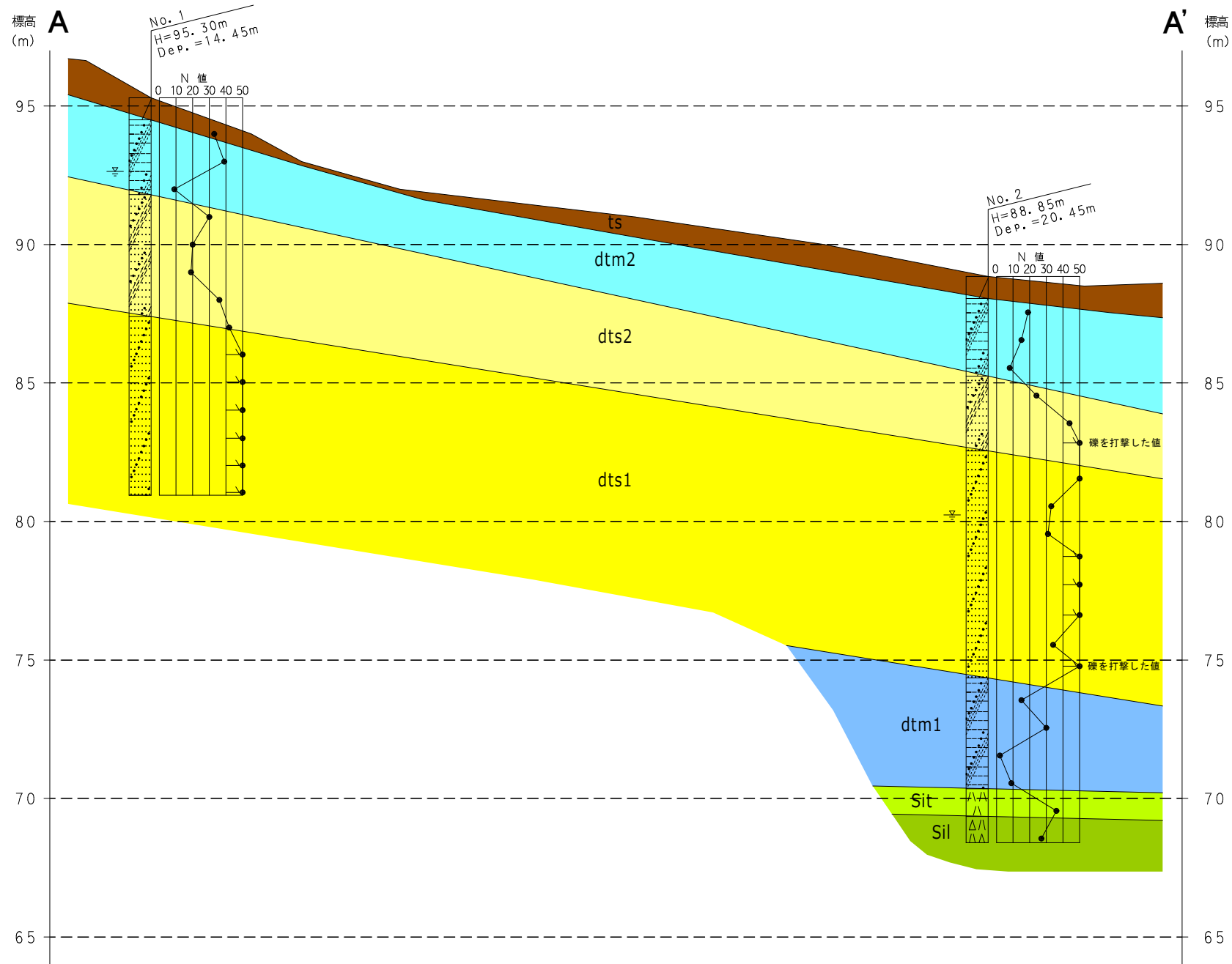
図 1-2 調査地点位置図に示す 2 箇所機械ボーリングを実施した。

地質状況の詳細は、巻末資料の「ボーリング柱状図」に示すとおりである。この調査結果に基づいて作成した地質断面図を図 4-2 に示すとともに、地質構成をとりまとめて表 4-1 に示した。

表 4-1 地質層序表

地質時代	地層名	地質名	地質記号	層厚 (m)	N値	記 事		
新生代	完新世	表土	礫混じりシルト質砂	ts	0.80	—	径 20mm 以下の礫を混入する礫混じりシルト質砂の表土である。深度 0.50m 付近までは草根および木片を混入する。	
		第四紀	岩 屑 なだれ 堆積物	礫混じり砂質シルト 2	dtm2	2.70～2.80	8～39	全体に径 5mm 以下の礫を混入し、所々に径 10～50mm の安山岩礫を混入する。砂は凝灰質の細砂～粗砂までの混じりで、不均一である。
	礫混じりシルト質砂			dts2	2.70～4.40	19～44	全体に径 5～10mm の礫を混入し、所々に径 10～50mm の安山岩礫を混入する。砂は凝灰質の細砂～粗砂までの混じりで、固結状に採取されるが、指圧にて容易に潰せる硬さである。	
	礫混じり砂			dts1	6.45～8.20	31～50以上	所々に径 10～30mm (最大礫径 100mm) の安山岩礫を混入する。砂は凝灰質の細砂～粗砂までの混じりで、固結状に採取されるが、指圧にて容易に潰せる硬さである。	
	礫混じり砂質シルト 1			dtm1	4.00	2～30	所々に径 10～30mm の安山岩礫を混入する。全体に他の深度と比べて、含水量が多い。深度 17.00m 付近は含水量が多く、非常に緩い。	
	新第三紀	中新世	白石層	凝灰岩	Sit	1.00	36	所々に砂や軽石粒を混入する。送水掘削により短柱状で採取されるものの、固結は弱くコアは指圧で潰れる程度の硬さである。
				火山礫凝灰岩	Sil	0.95以上	27	送水掘削により、径 5mm 程度の砂礫状でコアが採取される。

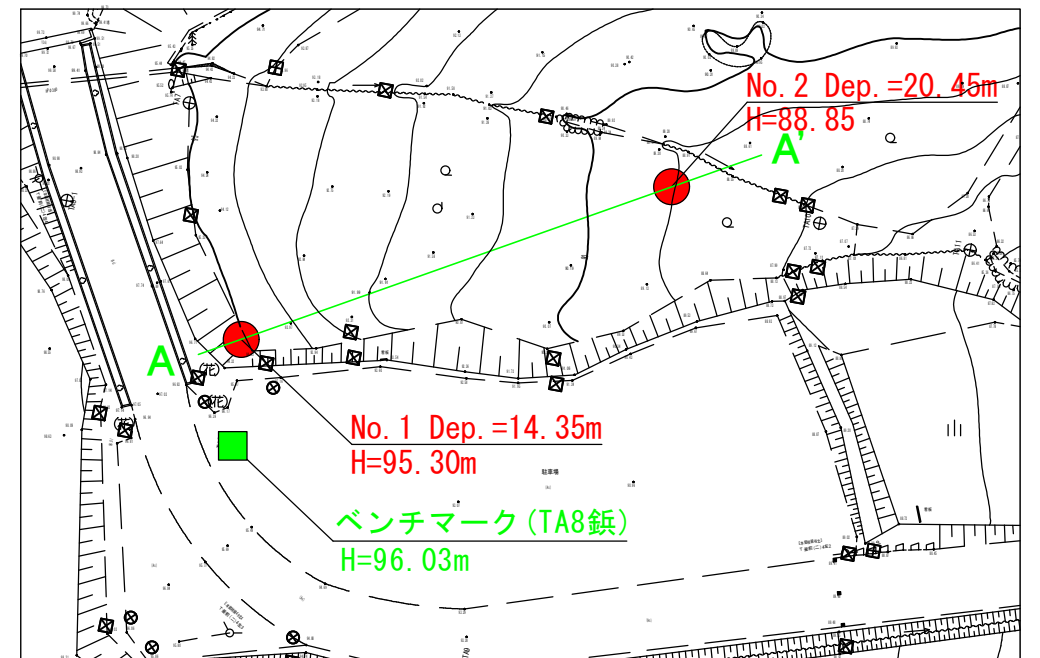
※No. 2 孔の深度 6m と深度 14m の N 値は、礫当たりによる影響を受けている為に除外した。



断面図 凡例

地質時代	地層名	地層名	地質記号	層厚(m)	N値	記事		
新生代	完新世	表土	礫混じりシルト質砂	ts	0.80	—	径20mm以下の礫を混入する礫混じりシルト質砂の表土である。深度0.50m付近までは草根および木片を混入する。	
		第四紀	更新世	岩層なだれ堆積物	礫混じり砂質シルト2	dtm2	2.70~2.80	8~39
	礫混じりシルト質砂		dts2	2.70~4.40	19~44	全体に径5~10mmの礫を混入し、所々に径10~50mmの安山岩礫を混入する。砂は凝灰質の細砂~粗砂までの混じりで、固結状に採取されるが、指圧にて容易に潰せる硬さである。		
	礫混じり砂		dts1	6.45~8.20	31~50以上	所々に径10~30mm(最大礫径100mm)の安山岩礫を混入する。砂は凝灰質の細砂~粗砂までの混じりで、固結状に採取されるが、指圧にて容易に潰せる硬さである。		
	新第三紀	中新世	白石層	凝灰岩	Sit	1.00	36	所々に砂や軽石粒を混入する。送水掘削により短柱状で採取されるものの、固結は弱くコアは指圧で潰れる程度の硬さである。
火山礫凝灰岩			Sil	0.95以上	27	送水掘削により、径5mm程度の砂礫状でコアが採取される。		

※No. 2孔の深度6mと深度14mのN値は、礫当たりによる影響を受けている為に除外した。



断面図 位置図(縮尺1:500)

図4-2 地質断面図 (V=1:200 H=1:200)

今回の調査で確認した調査地の地質の特徴は、以下のとおりである。

## 1) 新生代新第三紀中新世 白石層

本調査で確認した白石層は、火山礫凝灰岩、凝灰岩からなり、各層の特徴を以下に示す。

### (1) 火山礫凝灰岩 (Sil)

送水掘削により、径 5mm 程度の砂礫状でコアが採取される。

層厚は 0.95m 以上を有する。

N 値は 27 を示す。

### (2) 凝灰岩 (Sit)

所々に砂や軽石粒を混入する。

送水掘削により短柱状で採取されるものの、固結は弱くコアは指圧で潰れる程度の硬さである。

層厚は 1.00m を有する。

N 値は 36 を示す。

## 2) 新生代第四紀更新世 岩屑なだれ堆積物

本調査で確認した岩屑なだれ堆積物は、礫混じり砂質シルト 1、礫混じり砂、礫混じりシルト質砂および、礫混じり砂質シルト 2 からなり、各層の特徴を以下に示す。

### (1) 礫混じり砂質シルト 1 (dtm1)

所々に径 10~30mm の安山岩礫を混入する。

全体に他の深度と比べて、含水が多い。

深度 16.50~16.80m 間に、径 10~30mm の安山岩礫が密集する。

深度 17.00m 付近は含水が多く、非常に緩い。

層厚は 4.00m を有する。

N 値は 2~30 を示し、表 4-2 から相対稠度は「非常に柔らかい~非常に硬い」と評価される。

表 4-2 N 値と粘土のコンシステンシーおよび一軸圧縮強さの関係 (Terzaghi and Peck)

N 値	qu (kN/m <sup>2</sup> )	コンシステンシー
~2	0.0~ 24.5	非常に柔らかい
2~4	24.5~ 49.1	柔らかい
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

(出典：地盤調査の方法と解説 公益社団法人地盤工学会 平成 25 年 3 月 P. 308)

## (2) 礫混じり砂 (dts1)

所々に径 10～30mm (最大礫径 100mm) の安山岩礫を混入する。

砂は凝灰質の細砂～粗砂までの混じりで、不均一である。

コアは固結状に採取されるが、指圧にて容易に潰せる硬さである。

所々にシルトを混入する。

層厚は 6.45～8.20m を有する。

N 値は 31～50 以上を示し、表 4-3 から相対密度は「密な～非常に密な」と評価される。

表 4-3 砂の相対密度、内部摩擦角と N 値との関係

N 値	相対密度 (relativedensity) $Dr = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e}$	内部摩擦角 $\phi$ (度)		
		ペックによる	マイヤーホフによる	
0～4	非常に緩い (very loose)	0.0～0.2	28.5 以下	30 以下
4～10	緩い (loose)	0.2～0.4	28.5～30	30～35
10～30	中位の (medium)	0.4～0.6	30～36	35～40
30～50	密な (dense)	0.6～0.8	36～41	40～45
50 以上	非常に密な (very dense)	0.8～1.0	41 以上	45 以上

(出典：地盤調査の方法と解説 公益社団法人地盤工学会 平成 25 年 3 月 P.305) 参考

## (3) 礫混じりシルト質砂 (dts2)

全体に径 5～10mm の礫を混入し、所々に径 10～50mm の安山岩礫を混入する。

砂は凝灰質の細砂～粗砂までの混じりで、不均一である。

コアは固結状に採取されるが、指圧にて容易に潰せる硬さである。

No. 2 孔では、くりぬきコア長で 500mm 程の安山岩の転石を混入する。

層厚は 2.70～4.40m を有する。

N 値は 19～44 を示し、表 4-3 から相対密度は「中位の～密な」と評価される。

## (4) 礫混じり砂質シルト 2 (dtm2)

全体に径 5mm 以下の礫を混入し、所々に径 10～50mm の安山岩礫を混入する。

砂は凝灰質の細砂～粗砂までの混じりで、不均一である。

深度 3.00m 付近は礫混じりシルトを呈する。

層厚は 2.70～2.80m を有する。

N 値は 8～39 を示し、表 4-2 から相対稠度は「中位の～固結した」と評価される。



### 3) 表土 (ts)

径 20mm 以下の礫を混入する礫混じりシルト質砂の表土である。

深度 0.50m 付近までは草根および木片を混入する。

層厚は 0.80m を有する。

層厚が 1m 未満であったことから、標準貫入試験は実施していない。

### 4) 地下水

本調査において確認した地下水位 (孔内水位) を表 4-4 に示した。

表 4-4 地下水位 (孔内水位) 測定結果

地点	観測日	水位種別	水位測定時の掘進深度	地下水位 (孔内水位)		備考
				GL	KBM	
No.1	2016/10/7	初期無水	GL-1.45m	未確認	未確認	深度 1.50m までケーシング挿入
	2016/10/12	翌朝水位 (泥水位)	GL-9.40m	-2.29m	93.01m	深度 1.50m までケーシング挿入
	2016/10/13	掘削後 (泥水位)	GL-14.35m	-2.66m	92.64m	ケーシング抜管後
No.2	2016/10/3	初期無水	GL-2.45m	未確認	未確認	深度 1.80m までケーシング挿入
	2016/10/5	翌朝水位 (泥水位)	GL-7.45m	-2.72m	86.13m	深度 3.30m までケーシング挿入
	2016/10/6	翌朝水位 (泥水位)	GL-15.45m	-6.08m	82.77m	深度 3.30m までケーシング挿入
		掘削後 (泥水位)	GL-20.45m	-2.65m	86.20m	ケーシング抜管後
	2016/10/7	掘削後	GL-20.45m	-6.82m	82.03m	ケーシング抜管後に放置
	2016/10/13	掘削後	GL-20.45m	-8.61m	80.24m	ケーシング抜管後に放置

本調査で確認した地下水位 (孔内水位) は、送水掘削による泥水位である。

ケーシング抜管後の地下水位で、両孔とも深度 2.65m 付近で水位を確認しているが、No.2 孔では、掘削後 1 週間放置した状態で、深度 8.61m まで水位が低下している。

このことから、No.1 孔では深度 2.66m 以深、No.2 孔では深度 8.61m 以深に地下水位があるものと考えられるが、季節変動、降雨等の影響をうけて変動することに留意する必要がある。

## 5. 調査結果に基づく考察

### 5.1 地盤の土質定数

機械ボーリングによって確認した地質状況、標準貫入試験によって得られたN値の結果を基に、土質定数の提案値を設定した。

表 5-1 に土質定数の提案値を示すとともに、その設定根拠を次頁以降に示した。

表 5-1 地盤の土質定数提案値

地質名 (地質記号)	設計 N値	単位体 積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	強度定数		変形係数 E ( $\text{kN/m}^2$ )
			内 部 摩擦角 $\phi$ ( $^\circ$ )	粘着力 c ( $\text{kN/m}^2$ )	
表土 (ts)	—	19	25	0	—
礫混じり砂質シルト 2 (dtm2)	14	18	0	85 (150~350)	9,800
礫混じりシルト質砂 (dts2)	25	19	37	0	17,500
礫混じり砂 (dts1)	42	21	40	0	29,400
礫混じり砂質シルト 1 (dtm1)	8	17	0	50 (100~200)	5,600
凝灰岩 (Sit)	36	17	20	140	31,500
火山礫凝灰岩 (Sil)	27	17	20	110	25,800

注) 表土(ts)は礫混じりシルト質砂の土層を示すことから砂質土として評価した。

粘着力の下端 ( ) 内は参考値

## 1) 設計N値

N値の傾向を考慮し、地層毎に以下のいずれかを採用して設定した。

- ・データ数が3以上の場合：「平均N値－標準偏差/2」
- ・データ数が2以下の場合：「平均N値」

N値が50以上を示す砂質土は、不均一性を考慮しN値の上限を50として提案した。

なお、No.2孔の深度6mと深度14mのN値は、礫当たりによる影響を受けている為に除外した。

地層名	N値		平均値	標準偏差/2	設計N値
表土	No.1	標準貫入試験を実施していない	—	—	—
	No.2	標準貫入試験を実施していない			
礫混じり 砂質シルト2	No.1	33, 39, 9	20.5	6.4	14.1 ⇒ 14
	No.2	19, 15, 8			
礫混じり シルト質砂	No.1	30, 20, 19, 36	31.9	6.0	25.9 ⇒ 25
	No.2	24, 44			
礫混じり砂	No.1	42, 50, 50, 50, 50, 50, 50	46.0	3.6	42.4 ⇒ 42
	No.2	50, 33, 31, 50, 50, 50, 34			
礫混じり 砂質シルト2	No.1	—	14.0	6.0	8
	No.2	15, 30, 2, 9			
凝灰岩	No.1	—	36	—	36
	No.2	36			
火山礫凝灰岩	No.1	—	27	—	27
	No.2	27			

## 2) 単位体積重量 ( $\gamma t$ )

### (1) 表土、礫混じり砂質シルト、礫混じりシルト質砂、礫混じり砂

表 5-2 に示す「設計要領 第一集 (土工編)」(東・中・西日本高速道路株式会社) に掲載されている土質定数表を用いて設定した。

### (2) 凝灰岩、火山礫凝灰岩

「設計要領 第二集 (橋梁建設編)」(東・中・西日本高速道路株式会社) に示されている次式により算出した。

$$\gamma t = (1.173 + 0.4 \text{Log} N) \times 9.807 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

N : N値、ここでは設計N値とした

地層名	設計N値	設定根拠	$\gamma t$ (kN/m <sup>3</sup> )
表土	—	盛土 砂質土 締固めたもの	19
礫混じり砂質シルト 2	14	自然状態 粘性土 固いもの	18
礫混じりシルト質砂	25	自然状態 礫混じり砂 密実でないもの	19
礫混じり砂	42	自然状態 礫混じり砂 密実なもの	21
礫混じり砂質シルト 1	8	自然状態 粘性土 やや軟らかいもの	17
凝灰岩	36	$(1.173 + 0.4 \text{Log} 36) \times 9.807 = 17.60 \Rightarrow 17$	17
火山礫凝灰岩	27	$(1.173 + 0.4 \text{Log} 27) \times 9.807 = 17.11 \Rightarrow 17$	17



表 5-2 土質定数表

種 類		状 態		単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	せん断抵抗角 (度)	粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	地盤工学会 基準 <sup>注2)</sup>
盛 土	礫および 礫まじり砂	締固めたもの		20	40	0	{G}
	砂	締固めたもの	粒度幅の広いもの	20	35	0	{S}
			分級されたもの	19	30	0	
	砂質土	締固めたもの		19	25	30以下	{SF}
	粘性土	締固めたもの		18	15	50以下	{M},{C}
関東ローム	締固めたもの		14	20	10以下	{V}	
自 然 状 態	礫	密実なものまたは粒度幅の広いもの		20	40	0	{G}
		密実でないものまたは分級されたもの		18	35	0	
	礫混じり砂	密実なもの		21	40	0	{G}
		密実でないもの		19	35	0	
	砂	密実なものまたは粒度幅の広いもの		20	35	0	{S}
		密実でないものまたは分級されたもの		18	30	0	
	砂質土	密実なもの		19	30	30以下	{SF}
		密実でないもの		17	25	0	
	粘性土	固いもの(指で強く押し多少へこむ) <sup>注1)</sup>		18	25	50以下	{M},{C}
		やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫入) <sup>注1)</sup>		17	20	30以下	
		軟らかいもの(指が容易に貫入) <sup>注1)</sup>		16	15	15以下	
	粘土 および シルト	固いもの(指で強く押し多少へこむ) <sup>注1)</sup>		17	20	50以下	{M},{C}
		やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫入) <sup>注1)</sup>		16	15	30以下	
軟らかいもの(指が容易に貫入) <sup>注1)</sup>		14	10	15以下			
関東ローム			14	5( $\phi$ u)	30以下	{V}	

注1) N値の目安は次のとおりである。

固いもの (N = 8 ~ 15)、やや軟らかいもの (N = 4 ~ 8)、軟らかいもの (N = 2 ~ 4)

注2) 地盤工学会基準の記号は、およその目安である。

(出典：設計要領 第一集(土工編) 東・中・西日本高速道路株式会社 平成26年7月 P.1-48)

### 3) 強度定数

強度定数の提案値は下表に示す通りであり、次の区分で設定した。

- ・表土、礫混じりシルト質砂、礫混じり砂：

地盤強度は内部摩擦角( $\phi$ )で代表させる「 $\phi$ 地盤」とする。

- ・礫混じり砂質シルト：

地盤強度は粘着力( $c$ )で代表させる「 $\phi=0$ 地盤」とする。

- ・凝灰岩、火山礫凝灰岩：

「設計要領 第二集 (橋梁建設編)」(東・中・西日本高速道路株式会社)に示されている表 5-3 の算定式により算出した。

地質名	設計N値	設定根拠	$\phi$ (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )
表土	—	盛土 砂質土 締固めたもの	25	0
礫混じり 砂質シルト 2	14	$q_u = 12.5 \times 14 = 175$ $c = 1/2 \times 175 = 87.5 \Rightarrow 85$	0	85
		$q_u = 25 \times 14 \sim 50 \times 14 = 350 \sim 700$ $c = 1/2 \times 350 = 175 \Rightarrow 150$ (参考値) $c = 1/2 \times 700 = 350 \Rightarrow 350$ (参考値)		150~350 (参考値)
礫混じり シルト質砂	25	$\phi = \sqrt{20 \times 25 + 15} = 37.36 \Rightarrow 37$	37	0
礫混じり砂	42	$\phi = \sqrt{20 \times 42 + 15} = 43.98 \Rightarrow 40$	40	0
礫混じり 砂質シルト 1	8	$q_u = 12.5 \times 8 = 100$ $c = 1/2 \times 100 = 50$	0	50
		$q_u = 25 \times 8 \sim 50 \times 8 = 200 \sim 400$ $c = 1/2 \times 200 = 100$ (参考値) $c = 1/2 \times 400 = 200$ (参考値)		100~200 (参考値)
凝灰岩	36	$\phi = 0.888 \text{Log} 36 + 19.3 = 20.68 \Rightarrow 20$ $c = 16.2 \times 36^{0.606} = 142.11 \Rightarrow 140$	20	140
火山礫凝灰岩	27	$\phi = 0.888 \text{Log} 27 + 19.3 = 20.57 \Rightarrow 20$ $c = 16.2 \times 27^{0.606} = 119.38 \Rightarrow 110$	20	110

強度定数の提案値の算出方法を以下に示した。

#### (1) 表土

表土については標準貫入試験を実施していないことから、表 5-2 に示す「設計要領 第一集 (土工編)」に掲載されている「盛土 砂質土 締固めたもの」を提案値とした。

---

## (2) 礫混じりシルト質砂、礫混じり砂

N値から内部摩擦角 $\phi$ を求める。N値から $\phi$ を求める提案式には以下のようなものがあるが、ここでは建築基礎構造設計指針（日本建築学会 2001）に示されている大崎の式を用いて設定するものとした。なお、上限値は、同文献で提案されている支持力係数の上限値と同様の $40^\circ$ とした。

$$\phi = \sqrt{12N} + 15 \text{ (丸い粒子で粒度が一様)}$$

$$\phi = \sqrt{12N} + 20 \text{ (丸い粒子で粒径が不均一、角張った粒子で粒度が一様)}$$

$$\phi = \sqrt{12N} + 25 \text{ (角張った粒子で粒径が不均一)}$$

・・・ Dunham の提案式

$$\phi = \sqrt{20N} + 15$$

・・・ 大崎の提案式

N : N値、ここでは設計N値とした

## (3) 礫混じり砂質シルト

粘着力 $c$ が一軸圧縮強さ $qu$ と以下の関係にあることから、N値より $qu$ を算出して $c$ を設定した。

$$c = 1/2 \cdot qu$$

・・・ Mohr の円

$qu$  : 一軸圧縮強さ、N : N値、ここでは設計N値とした

N値と $qu$ との関係は一義的ではないため以下に示すように様々な式が提案されている。ここでは安全側の提案式である Terzaghi-Peck の提案式を用いるが、参考値として $N > 4$ の関係式である、竹中・西垣、奥村の提案式による値を併記した。

$$qu = 12.5N \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

・・・ Terzaghi-Peck の提案式

(沖積粘土の乱れた試料を用いた結果に基づく提案式)

$$qu = 25N \sim 50N \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (} N > 4 \text{)}$$

・・・ 竹中・西垣、奥村の提案式

(洪積粘土を用いた結果に基づく提案式)

$$qu = 40 + 5N \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (} N \leq 3 \text{)}$$

・・・ 大崎の提案式

(N値 10 以下の東京湾周辺の海成粘性土を用いた結果に基づく提案式)

## (4) 凝灰岩、火山礫凝灰岩

「設計要領 第二集（橋梁建設編）」（東・中・西日本高速道路株式会社）に示されている表 5-3 の算定式により算出した。

表 5-3 換算N値による場合の測定例

		砂岩・礫岩 深成岩類	安山岩	泥岩・凝灰岩 凝灰角礫岩	備考
粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	換算N値と平均値の関係	15.2N <sup>0.327</sup>	25.3N <sup>0.334</sup>	16.2N <sup>0.606</sup>	
	標準偏差	0.218	0.384	0.464	log 軸上の値
せん断 抵抗角 (°)	換算N値と平均値の関係	5.10logN +29.3	6.82logN +21.5	0.888logN +19.3	log の底は 10
	標準偏差	4.40	7.85	9.78	

(出典：設計要領 第二集 (橋梁建設編) 東・中・西日本高速道路株式会社 平成 26 年 7 月 P.4-11)

N：N値、ここでは設計N値とした

#### 4) 変形係数 (E)

##### (1) 礫混じり砂質シルト、礫混じりシルト質砂、礫混じり砂

N値から変形係数を算出する式には以下に示すように、孔内水平載荷試験 (横方向の応力) との関係と、平板載荷試験 (縦方向の応力) との関係があるが、今回の調査では杭などで用いられる孔内水平載荷試験との関係から算出して設定した。

$$E(p) = 700 \times N \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots \text{孔内水平載荷試験との関係}$$

(出典：地盤調査の方法と解説 公益社団法人地盤工学会 平成 25 年 3 月 P.687)

$$E(s) = 2800 \times N \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots \text{平板載荷試験との関係}$$

(出典：道路橋示方書・同解説 IV下部構造編 社団法人 日本道路協会 平成 24 年 3 月 P.285)

N：N値、ここでは設計N値とした

##### (2) 凝灰岩、火山礫凝灰岩

「設計要領 第二集 (橋梁建設編)」(東・中・西日本高速道路株式会社) に示されている下記の算定式により算出した。

$$E = 27.1 \cdot N^{0.69} \times 98.1 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad N：N値、ここでは設計N値とした$$

地質名	設計N値	設定根拠	E (kN/m <sup>2</sup> )
礫混じり砂質シルト2	14	700×14	9,800
礫混じりシルト質	25	700×25	17,500
礫混じり砂	42	700×42	29,400
礫混じり砂質シルト1	8	700×8	5,600
凝灰岩	36	27.1×36 <sup>0.69</sup> ×98.1 = 31,513 ⇒ 31,500	31,500
火山礫凝灰岩	27	27.1×27 <sup>0.69</sup> ×98.1 = 25,839 ⇒ 25,800	25,800

---

## 5.2 建築物の支持層および基礎工法について

「建築基礎構造設計指針」（日本建築学会 2001）では、基礎構造を選定する上での基本原則として、以下の事項が挙げられている。

- ① 建物の要求性能を満たす（鉛直・水平）支持性能と沈下・変形性能が確保できること
- ② 施工性で優れ、施工品質に対する信頼性が高いこと
- ③ 敷地周辺への環境保全上の影響が少ないこと
- ④ そのうえで経済性に優れていること

以前の建築基礎構造設計指針では、「支持地盤選定の原則として、上部構造物の特性、想定し得る基礎の形式、敷地の状況および地盤条件などから見て、建物そのものならびにその機能に有害な障害を生じないように建物を確実に支持し得る地盤を選ぶこと」と記述されていたが、現在の建築基礎構造設計指針では、上記のように支持層に関する明確な記述はない。

上部構造物の特性に規定される基礎の許容沈下量や許容変形量が不明な段階においては、一般的に良質な支持層としてはN値 50 以上の層が 5m程度以上連続する地層が望ましく、構造物の重要性および規模にもよるが、最低でも 3m程度の層厚が必要と考えられている。

また、「道路橋示方書・同解説IV下部構造編（平成 14 年 3 月）：社団法人日本道路協会」によれば、支持層としては、粘性土層ではN値 20 程度以上（一軸圧縮強さ  $q_u$  が  $0.4\text{N/mm}^2$  程度以上）、砂層および砂礫層であればN値 30 以上あればよいとされている。ただし、砂礫層では礫を打撃してN値を過大に評価する傾向があるため、支持層の決定には十分な注意が必要であるとされている。

今回の調査結果から良質な支持層として、N値 30 以上が 5m以上連続する支持層上面としては以下のようなになる。

なお、礫混じりシルト質砂(dts2)層下部（No. 1：深度 7m、No. 2：深度 5m）についてはN値 30 以上を確認しているものの、礫混じりシルト質砂(dts2)層のバラつきを考慮して、良質な支持層の評価から除外した。

**No. 1 孔 深度 7.90m 礫混じり砂(dts1)層（支持層 5m間のN値 42～50 以上）**

**No. 2 孔 深度 6.30m 礫混じり砂(dts1)層（支持層 5m間のN値 31～50 以上）**

基礎形式としては支持層がやや深いことから杭基礎が考えられるが、建築物の荷重規模が小さい場合には、地盤改良等の補助工法を伴う直接基礎（柱状改良等）や摩擦杭等の不完全支持杭などの工法も考えられる。

参考までに、国土交通省告示第 1113 号に基づいて礫混じり砂質シルト 1 (dtm2) 層を支持層とした場合の地盤の許容応力度を試算して表 5-4 に示し、必要な許容地耐力の目安値を表 5-5 に示した。なお、根入れ幅および基礎幅を 0.5m と 1.0m の 2 通りで試算を行った。

$$qa = \frac{1}{3} (i_c \alpha C N_c + i_r \beta \gamma_1 B N_r + i_q \gamma_2 D_f N_q)$$

ここに、

$qa$  : 地盤の長期許容応力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$i_c, i_r, i_q$  : 荷重の傾斜に対する補正係数

$$i_c = i_r = i_q = 1 \quad (\text{荷重の傾斜はなしとする})$$

$\alpha, \beta$  : 形状係数  $\alpha = 1.0, \beta = 0.5$  : 連続

$C$  : 粘着力  $C = 85$

$N_c, N_r, N_q$  : 支持力係数

$$\phi = 0 \text{ (}^\circ\text{)} \text{ より } N_c = 5.1, N_r = 0.0, N_q = 1.0$$

$\gamma_1$  : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量

$$\gamma_1 = 18 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$\gamma_2$  : 基礎底面より上にある地盤の単位体積重量

$$\gamma_2 = 18 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$B$  : 基礎の短辺幅  $B$  (m) : 0.5m および 1.0m で試算

$D_f$  : 根入れ幅  $D_f$  (m) : 0.5m および 1.0m で試算

(建築基準法施行令、国土交通省告示第 1113 号)

表 5-4 地盤の長期許容応力度の試算結果

地層名	N 値	根入れ幅 $D_f$	基礎幅 $B$	長期許容応力度 $qa$
礫混じり 砂質シルト 2	14 (設計 N 値)	1.0m	1.0m	150.5 kN/m <sup>2</sup>
礫混じり 砂質シルト 2	14 (設計 N 値)	0.5m	0.5m	147.5 kN/m <sup>2</sup>



表 5-5 必要な許容地耐力の目安値(長期 kN/m<sup>2</sup>)

構造 段数 基礎 形式	木 造			コンクリートブロック造	
	平屋	2 階建	3 階建	平屋	2 階建
布基礎	30 以上	30 以上 (多雪地 50 以上)	50 以上	50 以上	100 以上 (屋根、床木造のとき 50 以上)
べた基礎	30 未満	30 未満 (多雪地 50 未満)	50 未満	50 未満	100 以上 (屋根、床木造のとき 50 未満)

(出典：小規模建築物基礎設計の手引き 日本建築学会 2001 年 8 月 P.35)

今回の調査結果に基づいて試算した長期許容応力度が 140~150kN/m<sup>2</sup>であることから、根入れ幅や基礎幅によっては、表 5-5 に示したコンクリート造 2 階建程度の荷重規模であれば礫混じり砂質シルト 2 (dtm2) 層を支持層とすることも可能であると考えられる。

### 5.3 設計・施工上の留意点について

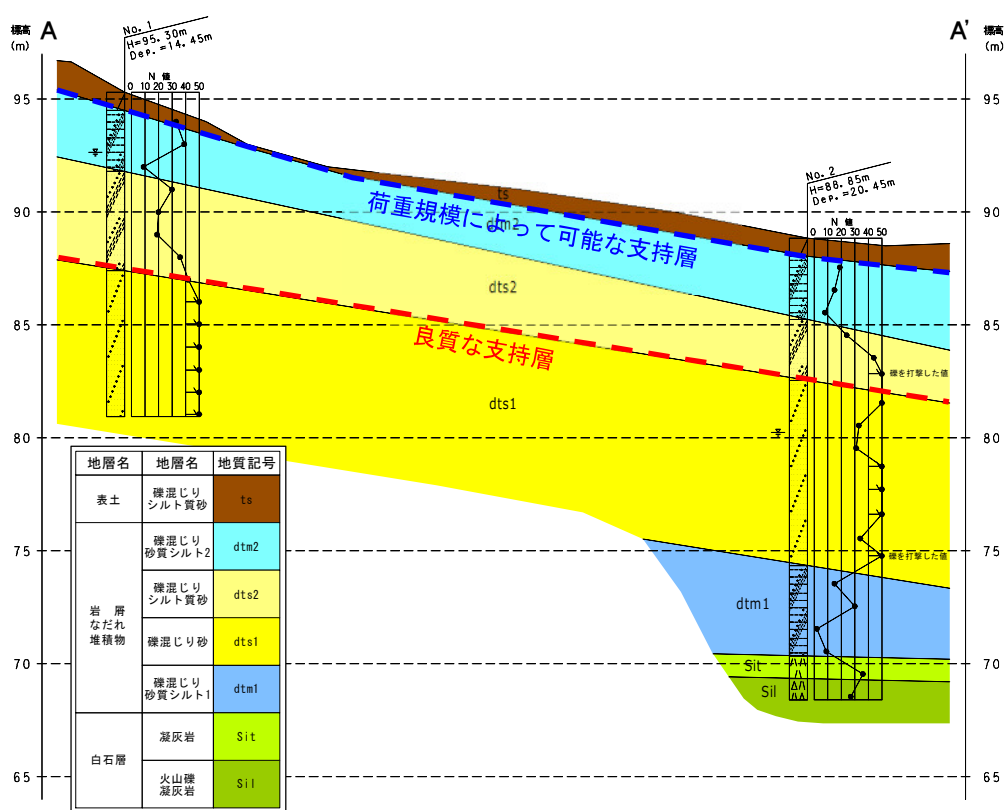


図 5-1 支持層深度図

#### 1) 荷重規模によって可能な支持層について

- ・ 礫混じり砂質シルト 2 (dtm2) 層は、図 5-1 に示すように N 値が 8~39 とバラつきを示しており、礫を打撃した影響等により N 値を過大評価することもあるため、設計時に支持力を算定する場合は、安全側で評価することが必要である。

#### 2) 良質な支持層について

- ・ 礫混じりシルト質砂 (dts2) 層内で、くりぬきコア長 500mm ほどの転石の混入を確認した。一般的に実際の地盤中にはボーリング調査で確認した礫径の 2~3 倍の礫が存在していると言われており、これに従うと 1500mm ほどの転石が存在することになる。また、ボーリング調査で確認した転石が、地盤中の最大径の玉石をくりぬいたものではない可能性も考えられるため、実際には 1500mm 以上の径の転石が存在する可能性も考えられる。したがって、基礎工法を選定する際には、このような大径の転石が存在する可能性を考慮する必要がある。

- 本調査は、ボーリング 2 点のみの確認である。良質な支持層とした礫混じり砂 (dts1) 層上面の分布は一様ではない可能性もあることから、基礎形式として杭基礎を選定した場合には、設計時の杭長の決定にはこれらの事を考慮する必要がある。また、細粒分を多く混入するところでは、強度が低下している可能性も考えられることから、施工時には、設計上の予定杭長に関わらず、地盤状況に応じて杭長を最終的に決定する必要がある。
- 本調査は、敷地の東側に計画されている、白石斎苑建替え予定地付近の 2 点で機械ボーリングを実施した。調査地の土層は、一様でないことも十分に考えられることから、建設予定地が大きく変わる場合などは、支持層とする土層までの追加調査の検討が必要である。

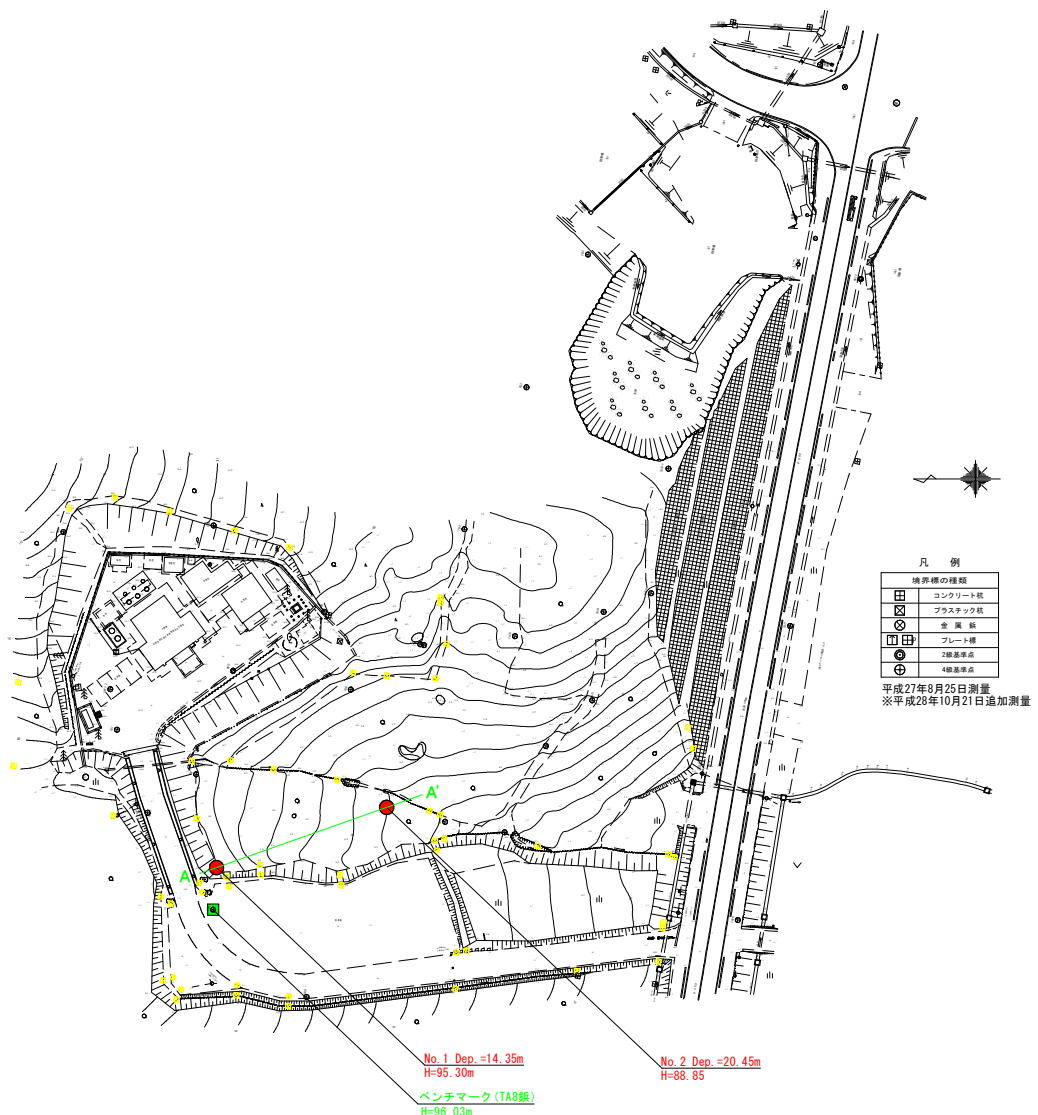


図 5-2 調査地平面図

### 3) 切盛施工について

- ・現地踏査で確認した地質状況および、No. 1 孔のボーリング結果から、切土予定地周辺には、礫混じり砂質シルト層および、礫混じりシルト質砂層が分布していることを確認した。表 5-6 に示した切土のり面の勾配(宅地防災マニュアルの解説 宅地防災研究会 2007 年 12 月) から判断すると、「砂利、まさ土、関東ローム、硬質粘土、その他これらに類するもの」に区分できる。

従って、のり高や勾配角度によっては擁壁の施工も検討する必要がある。

表 5-6 切土のり面の勾配(擁壁の設置を要しない場合)

のり高 のり面の土質	① H $\leq$ 5m (がけの上端からの垂直距離)	② H $>$ 5m (がけの上端からの垂直距離)
軟岩 (風化の著しいものは除く)	80 度 (約 1 : 0.2) 以下	60 度 (約 1 : 0.6) 以下
風化の著しい岩	50 度 (約 1 : 0.9) 以下	40 度 (約 1 : 1.2) 以下
砂利、まさ土、関東ローム、 硬質粘土、その他これらに類 するもの	45 度 (1 : 1.0) 以下	35 度 (約 1 : 1.5) 以下

(出典：宅地防災マニュアルの解説 宅地防災研究会 2007 年 12 月 P.101)

## 卷末資料

ボーリング柱状図





