

5 債新整委第2号  
魚沼市新ごみ処理施設建設予定地  
地質調査業務委託

(魚沼市 中島 地内)

報 告 書

令和 6 年 7 月

新潟県魚沼市



## 目次

	頁
1. 業務概要 .....	1
2. 調査の順序及び方法 .....	5
2.1 実施方針 .....	5
2.2 機械ボーリング .....	6
2.3 標準貫入試験 .....	7
2.4 現場透水試験 .....	9
2.5 室内土質試験 .....	11
3. 地形・地質概要 .....	12
3.1 地形概要 .....	12
3.2 地質概要 .....	15
4. 調査結果 .....	17
4.1 ボーリング調査結果 .....	17
4.2 標準貫入試験結果 .....	21
4.3 現場透水試験結果 .....	23
4.4 室内土質試験結果 .....	24
5. 総合解析 .....	33
5.1 土質定数の設定 .....	33
5.2 支持層と基礎形式の検討 .....	42
5.3 液状化の検討 .....	46
5.4 設計施工上の留意点 .....	63

### 【巻末資料】

- (1) ボーリング柱状図
- (2) ボーリングコア写真
- (3) 現場透水試験データシート
- (4) 室内土質試験データシート
- (5) 現場作業写真
- (6) 室内土質試験写真
- (7) 打合せ記録簿

### 【別途提出】

- (1) 電子データ (DVD-R)
- (2) ボーリングコア箱

## 1. 業務概要

① 業務件名：5 債新整委第 2 号

魚沼市新ごみ処理施設建設予定地地質調査業務委託

② 発注機関：新潟県魚沼市

③ 調査箇所：新潟県魚沼市中島 地内 (図 1.1、図 1.2 参照)

④ 履行期間：令和 6 年 3 月 21 日～令和 6 年 7 月 18 日

⑤ 業務目的：本業務は、当該敷地の地盤構成を確認し、建築構造物の基本設計や施工に必要な地質情報を得ることを目的とする。

⑥ 業務内容：本調査内容および数量を以下に示す。

- 機械ボーリング 5 孔 (計 60.0m) φ 66mm
- 標準貫入試験 60 回
- 現場透水試験 5 回
- 室内土質試験 1 式

\*詳細を表 1.1 に示す。

⑦ 成果品：報告書(A4 版ファイル綴) 2 部

電子データ 1 部

ボーリングコア箱 1 式

その他、監督員が必要と認めた各種資料

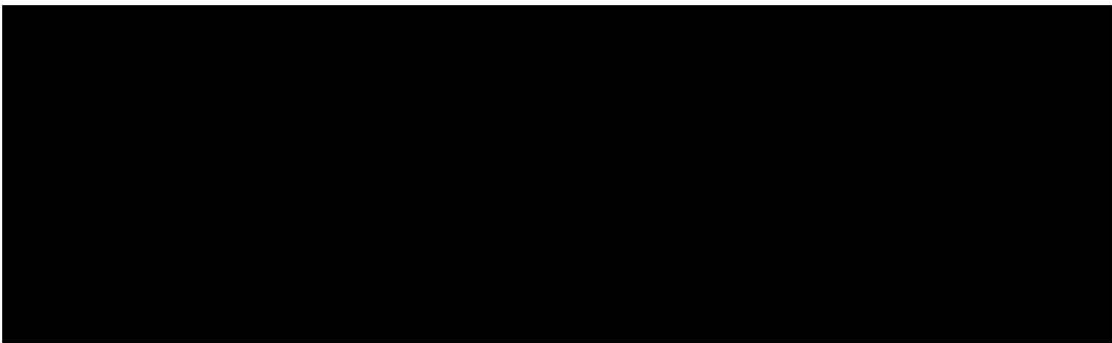




図 1.1 調査位置案内図 (S=1:25000)

← 破間川

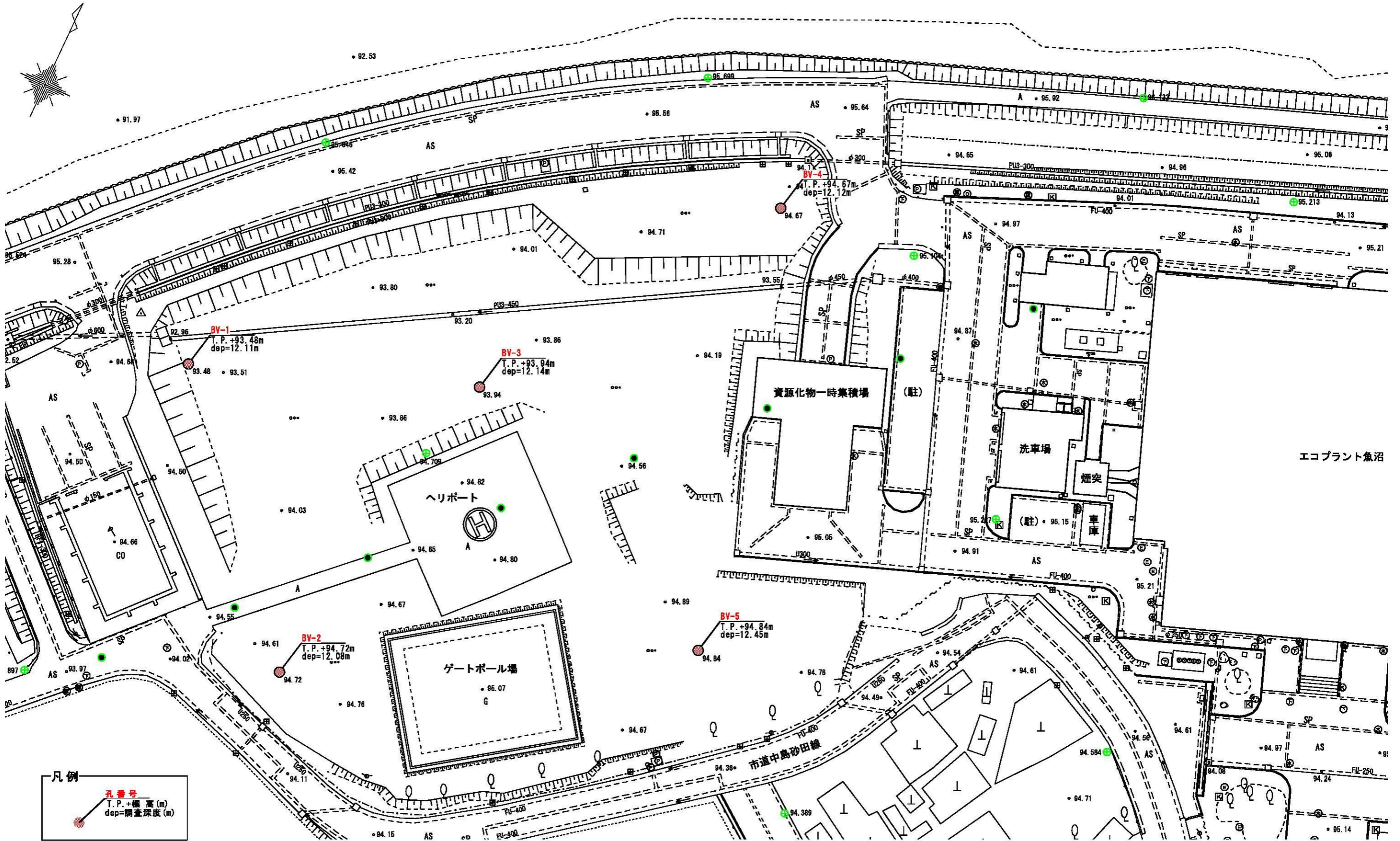


図 1.2 調査平面図 (S=1:500)

表 1.1 数量表

調査項目			調査位置	単位	BV-1		BV-2		BV-3		BV-4		BV-5		計		増減	
					設計	実施	設計	実施	設計	実施	設計	実施	設計	実施	設計	実施		
一般調査	機械ボーリング	φ66mmオールコアボーリング	粘性土・シルト	m	1.30	1.30	2.60	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	1.80	5.70	5.70	0.00	
			砂・砂質土	m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	2.60	2.60	0.00	0.00	3.50	3.50	0.00	
			礫混じり土砂	m	1.40	1.40	0.00	0.00	1.70	1.70	0.00	0.00	4.80	4.80	7.90	7.90	0.00	
			玉石混じり土砂	m	9.30	9.30	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	5.40	5.40	42.90	42.90	0.00	
			計	m	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	60.00	60.00	0.00	
	原位置試験	標準貫入試験	粘性土・シルト	回	1	1	2	2	0	0	0	0	1	1	4	4	0	
			砂・砂質土	回	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	2	2	0	
			礫混じり土砂	回	2	2	0	0	2	2	0	0	6	6	10	10	0	
			玉石混じり土砂	回	9	9	10	10	10	10	10	10	5	5	44	44	0	
			計	回	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	60	60	0	
		現場透水試験(ケーシング法)	回	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	0		
	土質試験	物理試験	土粒子の密度試験	試料	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	15	15	0
			土の含水比試験	試料	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	15	15	0
			土の粒度試験(ふるい、0.5kg以下)	試料	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	15	15	0
	解析等	資料整理とりまとめ	ボーリング5本	業務	1										1	1	0	
断面図等の作成		ボーリング5本	業務	1										1	1	0		
準備等	準備及び後片付け			式	1										1	1	0	
	現場内小運搬	クローラ運搬	100m超300m以下	t	1.3										1.3	1.3	0	
	調査孔閉塞			箇所	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	0	
	給水(ポンプ運転)			20m以上150m以下	箇所	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	0	
	ボーリング足場仮設(平坦地足場)			高さ0.3m超 ボーリング深度50m以下	箇所	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	0	
解析調査	既存資料の収集・現地調査(解析等調査業務費分)			業務	1										1	1	0	
	資料整理とりまとめ(解析等調査業務費分)			ボーリング5本	業務	1										1	1	0
	断面図等の作成(解析等調査業務費分)			ボーリング5本	業務	1										1	1	0
	総合解析取りまとめ 0~3種(解析等調査業務費分)			ボーリング5本	業務	1										1	1	0

## 2. 調査の順序及び方法

### 2.1 実施方針

本業務では、魚沼市新ごみ処理施設建設予定地内で地質調査を実施した。業務に際しては、調査ボーリング等の詳細な現地調査のほか、調査地は地下水が豊富に賦存している可能性が高いため、ボーリング孔を利用した現場透水試験を行い、地盤の透水係数等を調査し、さらに標準貫入試験試料を用いて室内土質試験を行い設計に必要な地盤定数の設定、支持地盤の評価、設計施工上の留意点等の提案を行った。

本業務の進め方（流れ）は図 2.1.1 のとおりとした。また、定められた段階で社内照査技術者による照査等を実施した。

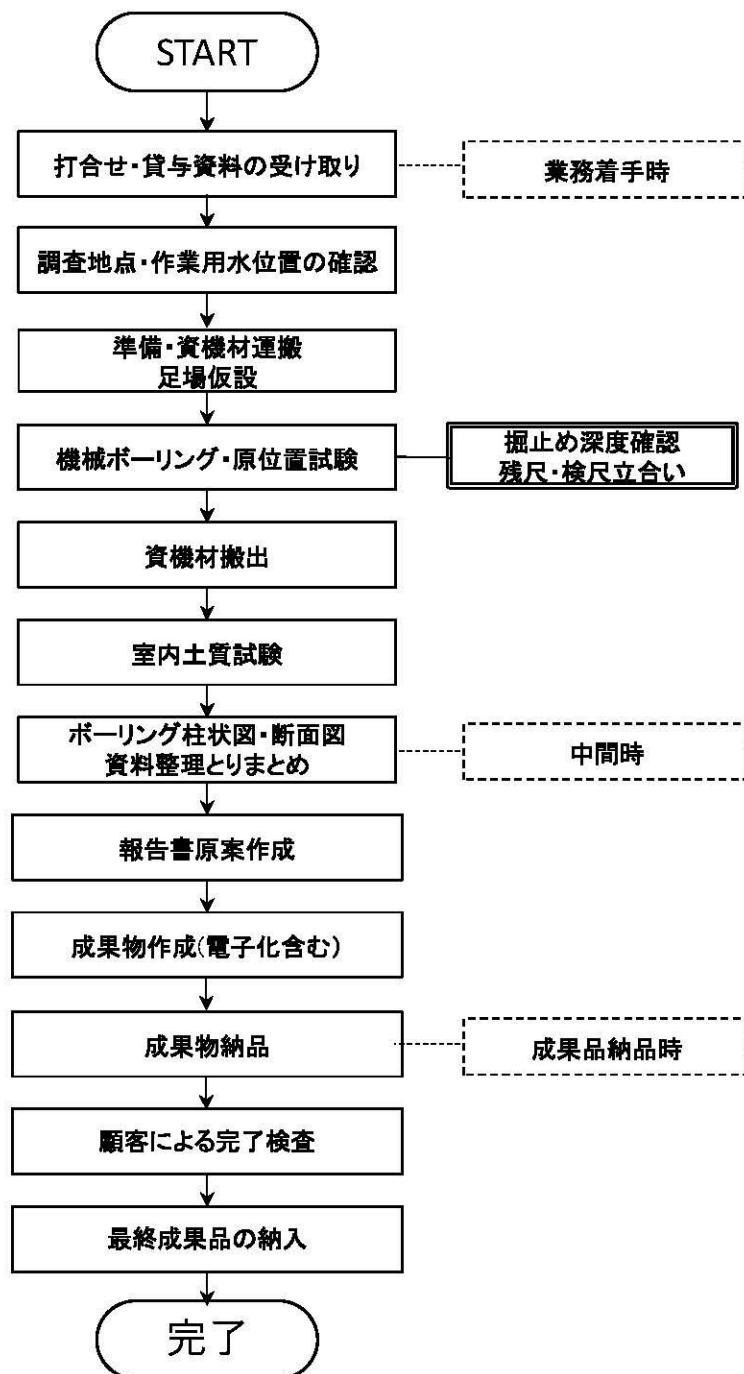


図 2.1.1 業務フロー

## 2.2 機械ボーリング

### (1) 目的

機械ボーリングは、標準貫入試験、原位置試験を実施するとともに、地層構成を明らかにすることを目的として実施した。

表 2.2.1 掘削孔径

原位置試験	掘削孔径 (mm)
標準貫入試験	66
現場透水試験	66

### (2) 掘削方法

ボーリング機械には、ハイドロリックフィード式ボーリング機械を使用し、各種試験に応じて、表 2.2.1 に示す孔径で掘削した。図 2.2.1 にボーリング概念図を示す。

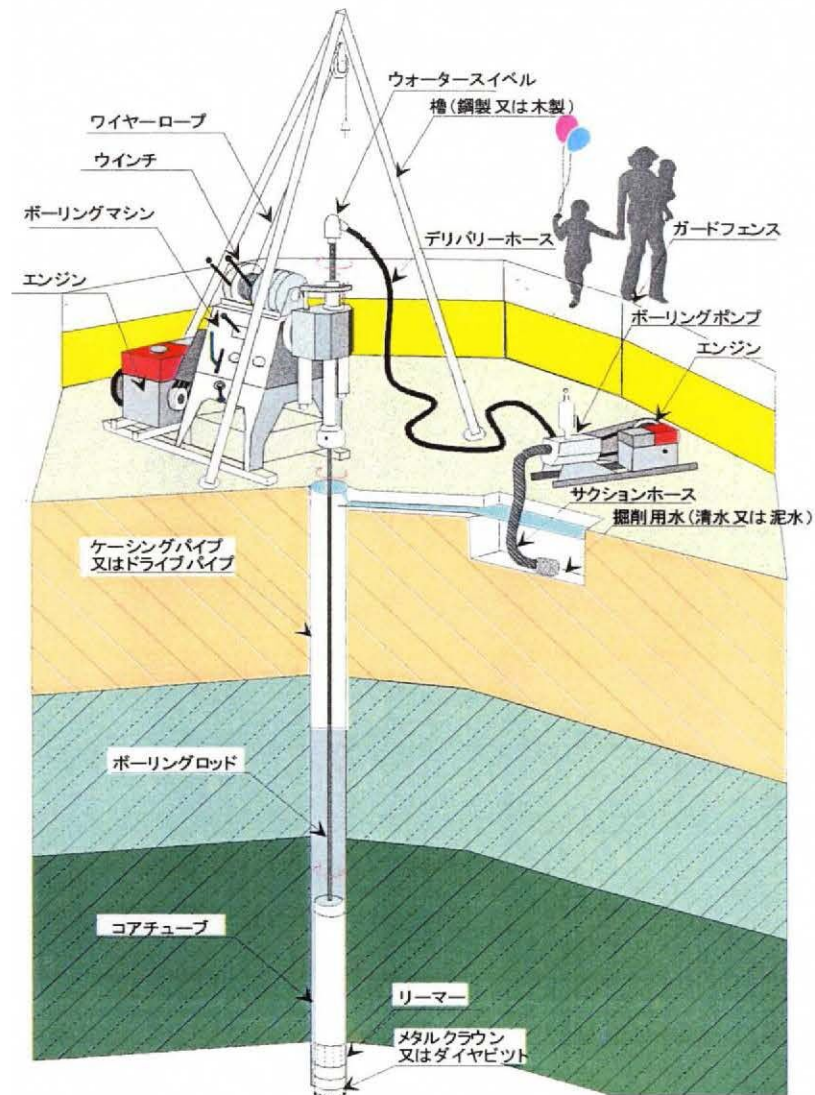


図 2.2.1 ボーリング概念図

(一社)全国地質調査業協会連合会「現場技術講習会」テキストより

## 2.3 標準貫入試験

標準貫入試験はボーリングと並行して深度1m毎に実施し、原位置における土の硬軟、あるいは締まり具合の相対的指数である $N$ 値を測定するとともに、土の試料採取を行う。

標準貫入試験用サンプラーで得られた試料は、土質観察を行った後に、含水量が変化しないようにビニール袋に詰めて保管する。

- (1) 目的： 本試験は、原位置における土の硬軟、あるいは締まり具合の相対的指数である $N$ 値の測定と、土の代表的試料採取を目的として実施した。 $N$ 値の定義は、「質量 $63.5\pm 0.5\text{kg}$ のハンマーを $76\pm 1\text{cm}$ 自由落下させ、標準貫入試験用サンプラーを $30\text{cm}$ 打ち込むのに要する打撃数」である。
- (2) 適用： 本試験は、未固結地盤および半固結地盤に適用され、玉石を除くあらゆる種類の土質で適用可能である。ボーリング孔を利用して行った。結果の精度を維持するためには、試験深度まで掘削した際に、孔底に掘屑や崩壊土を沈積させていないことが必要である。試験方法は、JIS A 1219：2023 (土の標準貫入試験方法)に則り、同方法で規定されている試験方法を用いた。
- (3) 試験方法： ①試験深度までボーリング孔を掘削する。  
②ボーリング孔底のスライムを除去する。  
③サンプラーをロッドに接続し、静かに孔底に降ろす。  
④ロッドの上部にノッキングブロックとガイド用ロッドを接続する。  
⑤ハンマーの打撃によって $15\text{cm}$ の予備打ち、 $30\text{cm}$ の本打ち(ハンマーを正確に $76\text{cm}(\pm 1\text{cm})$ 自由落下させる。)、 $5\text{cm}$ の後打ちを行う。  
⑥本打ちでは、打撃1回毎の累積貫入量、 $10\text{cm}$ 毎の打撃数を記録する。  
本打ちの打撃回数は通常50回を限度とする。  
⑦サンプラーを引き上げてスプリットバーレルを2つに割り、採取試料を観察する。  
⑧代表的な試料を含水量が変化しないようにビニール袋に詰めてコア箱に保管する。

図2.3.1～2.3.2に標準貫入試験装置および器具の名称を示す。

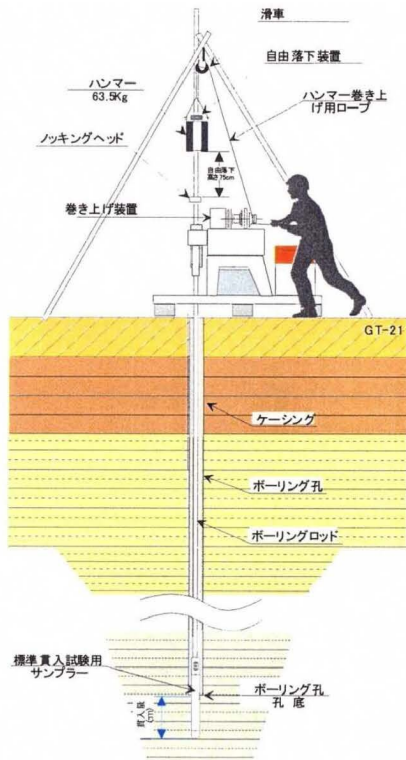
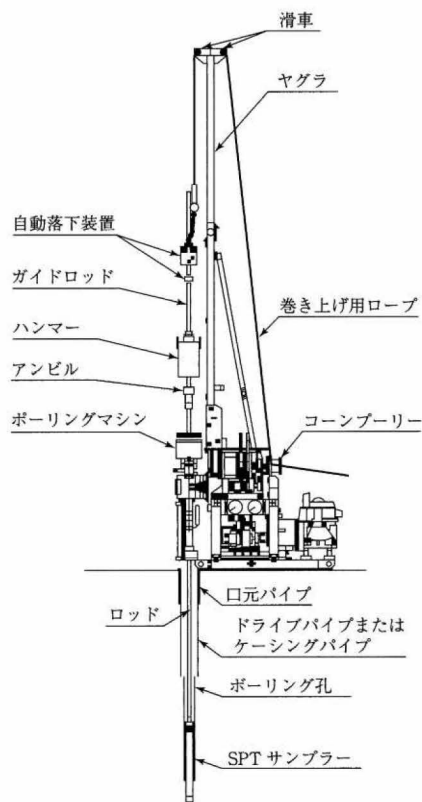
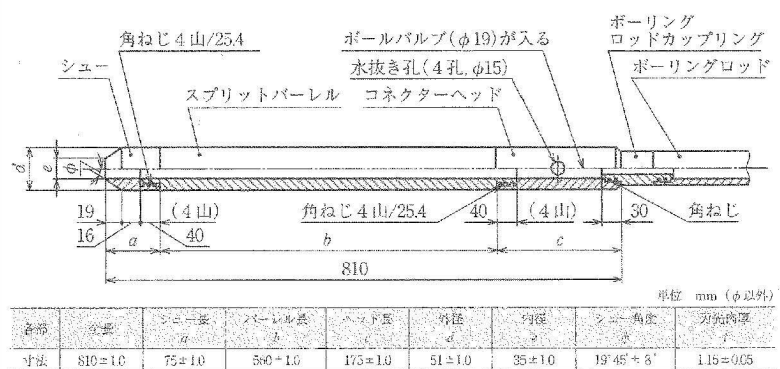


図 2.3.1 標準貫入試験概念図

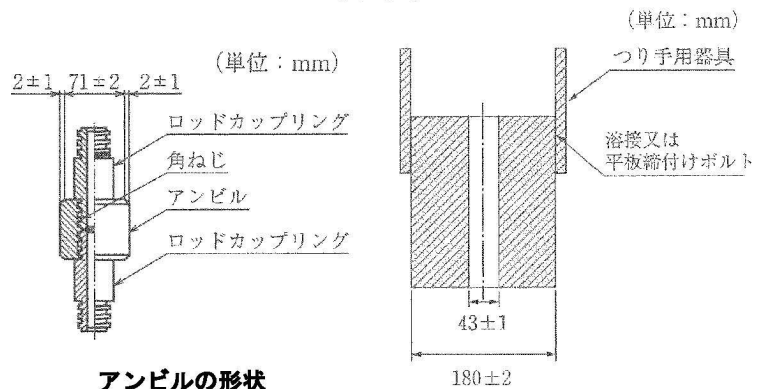
(一社) 全国地質調査業協会連合会「現場技術講習会」テキストより



標準貫入試験装置および器具の名称



SPT サンプラー



アンビルの形状

ハンマーの形状

図 2.3.2 標準貫入試験装置

(公社) 地盤工学会「地盤調査の方法と解説」2013.9, p110-111

## 2.4 現場透水試験

単一のボーリング孔を利用する現場透水試験は、揚水または注水して、孔内水位と流量が一定になったときの値を測定する「定常法」と、孔内水位を一時的に低下または上昇させ、その水位変化を経時的に測定する「非定常法」とに大別される。

一般に非定常法は透水係数が  $1 \times 10^{-4} \text{m/s}$  程度以下の地盤に、定常法は透水係数が  $1 \times 10^{-4} \text{m/s}$  程度以上の地盤に適用する。

試験方法の具体的手順は、地盤工学会基準(JGS 1314-2012 単孔を利用した透水試験方法)に従った。

なお、地盤工学会の「地盤調査の方法と解説」(2004)における改定内容に従い、透水係数の単位を  $\text{cm/s}$  から  $\text{m/s}$  とした。

### <定常法>

地下水位と定常時の測定用パイプ内水位の差  $s_0$  と、定常時の流量  $Q_0$  から次式で算定した。

$$k = \frac{2.3Q_0}{2\pi s_0 L} \log\left(\frac{2L}{D}\right)$$

ここで、

D=試験区間の直径(m)

L=試験長(m)

$Q_0$ =揚水流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$s_0$ =地下水位と定常時の測定用パイプ内水位の差(水位低下量)(m)

### <非定常法>

非定常法では、経過時間  $t_1$ 、 $t_2$  における水位  $s_1$ 、 $s_2$  を測定し、次式により算定した。

$$k = \frac{(2.3d_e)^2 \log(2L/D) \left( \frac{\log(s_1/s_2)}{t_2 - t_1} \right)}{8L}$$

$d_e$  =水位変動区間における測定用パイプの内径(m)

$s_1, s_2$  =経過時間  $t_1$ 、 $t_2$ (s)における水位(m)

片対数方眼紙の縦軸(対数目盛)に  $s$  を、横軸(算術目盛)に  $t$  をとって、観測値をプロットする。理論的には、 $\log s$ - $t$  曲線は、回復の各段階によってかなり異なる場合があるため、通常は安定した初期の勾配を用いて、上式により透水係数  $k(\text{m/s})$  を求めることができる。

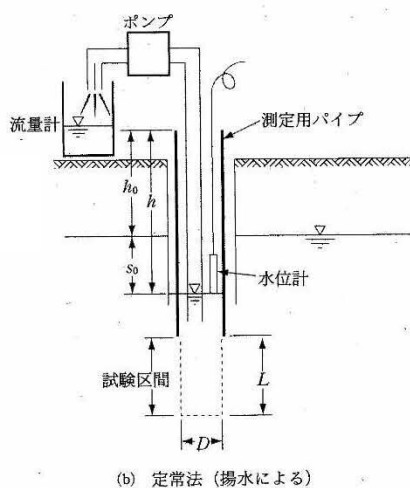


図2.4.1 試験方法の概要(定常法)

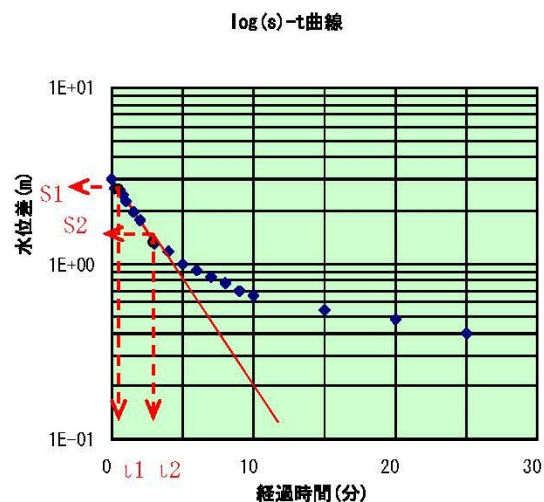


図2.4.2 現場透水試験結果例(logs-t曲線)

表2.4.1 透水係数の概略値と透水性  
(公社)地盤工学会：「地盤調査の方法と解説」(2013)より

		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		粘性土	微細砂, シルト, 砂-シルト-粘土混合土				砂及びれき(礫)			清潔なれき			
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推定する方法		圧密試験結果から計算		なし			清浄な砂と礫は粒度と間隙比から計算						

## 2.5 室内土質試験

### (1) 目的

標準貫入試験によって採取した乱した試料を用いて、原位置における土の物理的性質を把握するために実施した。

### (2) 試験方法

本調査で実施した試験の項目、規格および内容は表 2.5.1 に示す通りである。

表 2.5.1 室内土質試験の項目、規格および試験内容

試験項目		基準・規格		試験内容
		地盤工学会 基準	日本 工業規格	
物 理 試 験	土粒子の密度試験	JGS 0111	JIS A 1202	土の粒子の密度を求める。土の基本的な性質であるとともに、値は粒度試験や圧密試験等、他試験に用いられる。
	土の含水比試験	JGS 0121	JIS A 1203	土の含水比(土粒子に対する水の試料比)を求める。土の基本的な性質であり、コンシステンシー特性や締め固め特性等を検討する際にも用いられる。
	土の粒度試験	JGS 0131	JIS A 1204	土を構成する粒子の粒径状況を求める。土の基本的な性質であり、締め固め特性、透水性、液状化強度等を検討する際に用いられる。

### 3. 地形・地質概要

#### 3.1 地形概要

本調査地は、JR 東日本上越線の小出駅から北北東へ約 1.4km 離れた魚沼市中島地内に位置している。

本地域周辺を概観するといくつかの特徴が認められる。一つは魚野川～破間川を境界にして東西の地形が全く異なっていることである。具体的には、魚野川～破間川を境界として東側は標高 1500～2000m の急峻な山岳地域(越後山脈)であるのに対し、西側では対照的に魚沼丘陵、東山丘陵、東頸城丘陵などの低平な丘陵とその間の盆地状の低地によって構成されている。この境界は新発田-小出構造線と呼ばれ、新生代の信越地域堆積盆の東縁を規制する重要な断層の一つである。

もう一つの特徴は、丘陵の稜線、盆地の形状などの地形要素が、新潟方向と呼ばれる北北東-南南西の顕著な方向性を示すことである。方向性を持った地形の配列は、それを作る地質の構造や地殻変動の結果を強く反映したものである。

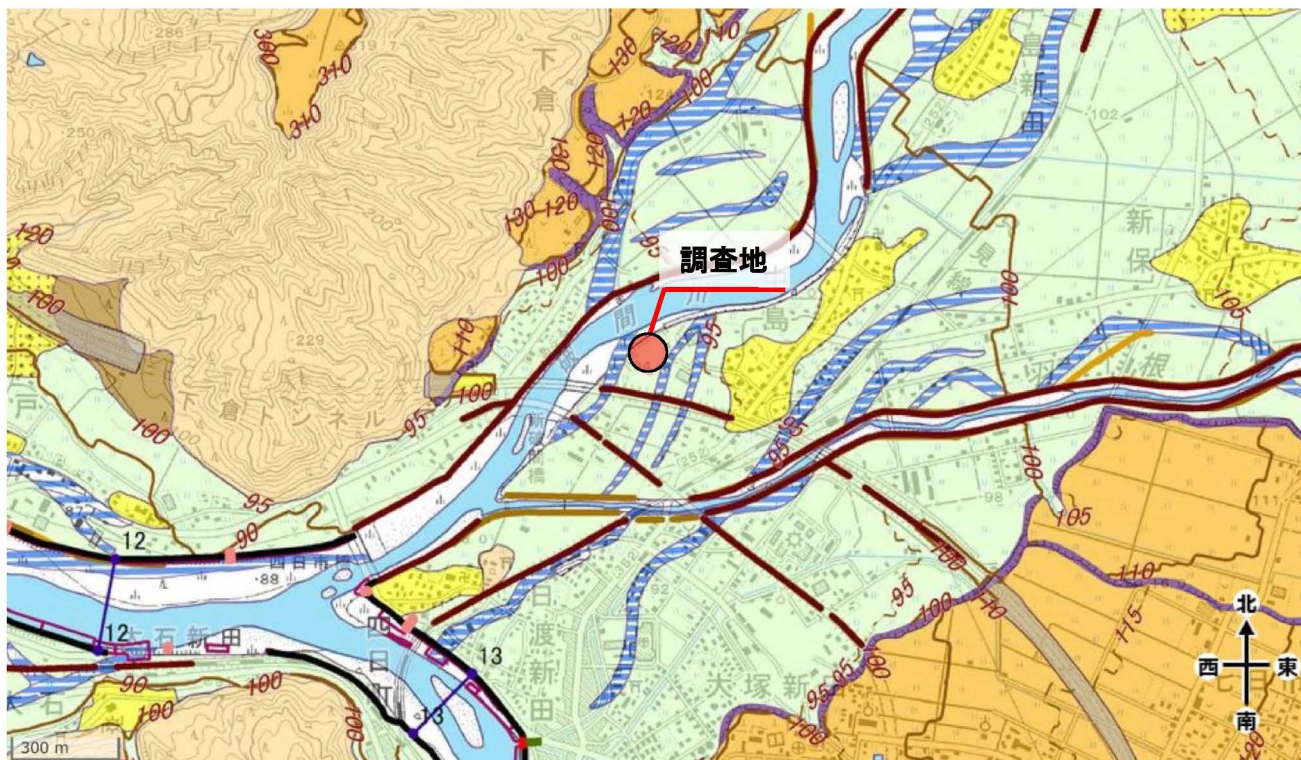


図 3.1.1 調査地周辺地域の地形

(独)産業技術総合研究所 地質調査総合センター「小千谷地域の地質(昭和 61 年)」

調査地は、魚野川の支流である破間川流域にあたる。破間川は守門岳付近に源を発し、概ね南西方向へ流下し、魚沼市小出地区で魚野川に合流している。調査地はこの合流部の付近に位置している。

図 3.1.2 に調査地周辺の地形分類を示す。調査地は破間川の氾濫平野に位置している。近傍には旧河道の分布もみられるが、本業務では旧河道に対応する地層は確認されなかった。



凡例

大分類	中分類	小分類	細分類	記号
山地				
台地 段丘		段丘面		
		崖(段丘崖)		
		浅い谷		
低地	山麓堆積地形			
	扇状地			
	氾濫平野			
	氾濫平野	後背湿地		
		微高地(自然堤防)		
	扇状地, 氾濫平野	旧河道	旧河道(明瞭)	
			旧河道(不明瞭)	
	落堀			
砂州・砂丘				
河川 管理 施設 等	旧堤防	旧堤防	S.30年代後半~ S.40年代前半	
			S.20年代	
			T.末期~S.初期	
			M.末期~T.初期	
	河川管理施設 (許可工作物 も含む)	堤防	完成堤防	
			暫定堤防	
			暫々定堤防	
	護岸			
	河川工作物	水位観測所	▲	
		流量観測所	□	
水質観測所		○		
雨量観測所		○		
樋門・樋管		■		
水門・閘門		■		
事務所・出張所	事務所	●		
	出張所	●		
距離標				
測線				

図 3.1.2 調査地付近の地形

国土地理院「治水地形分類図-更新版(2007~2021年)」

### 3.2 地質概要

本調査地周辺の地質図を図 3.2.1 に示す。調査地周辺地域は六日町盆地北東端の破間川と魚野川の合流部付近の低地に位置し、氾濫原堆積物が分布する。これらは礫・砂及びシルトからなり、調査地では破間川河床の砂礫を主体とする。六日町盆地においては、下位の砂礫層との区別は困難であるが、いわゆる沖積層は厚さが 50m～100m もあるとされており、これは同盆地の継続的な沈降運動の結果と推定される。

**表 3.2.1 調査地周辺地域の層序総括表**  
 (独)産業技術総合研究所 地質調査総合センター「小千谷地域の地質(昭和 61 年)」

地質時代		地 層 名		火山活動		
新 紀	第 四 世	完 新 世	氾濫原堆積物 岸錐及び沖積錐堆積物 扇状地堆積物 T <sub>10</sub> T <sub>9</sub> T <sub>8</sub>			
			更新世地すべり 堆積物 T <sub>7</sub> T <sub>6</sub> T <sub>5</sub> T <sub>4</sub> T <sub>3</sub> T <sub>2</sub> T <sub>1</sub> T <sub>0</sub>			
	第 三 世	鮮 新 世	魚 沼 層			
			和 南 津 層			
			白 岩 層			
			牛ヶ首層			
		第 中 期	川 口 層		村尾層 烏屋カ蜂層	デイサイト 安山岩・デイサイト
			荒谷層			
			* 貫 木 層		岩脈・ひん岩	
			西 名 層		デイサイト・流紋岩	
前 期	清 本 層	デイサイト 安山岩				
	城 内 層 群					
中 生 代	古第三紀	岩脈 { 石英斑岩 安山岩				
	白 亜 紀					
	ジュラ紀	茗荷沢層				
		上権現堂山層群	下溝層 羽根川層 *毛の又沢川層			
三 疊 紀	大 桑 原 層					

第四紀 Quaternary	氾濫原堆積物 Flood plane deposits	a	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
	崖錐及び沖積錐堆積物 Talus and alluvial cone deposits	f	岩屑・礫及び砂 Debris, gravel and sand
	扇状地堆積物 Fan deposits	f <sub>2</sub>	礫及び砂 Gravel and sand
	T <sub>10</sub> 段丘堆積物 T <sub>10</sub> terrace deposits	f <sub>10</sub>	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
	T <sub>9</sub> 段丘堆積物 T <sub>9</sub> terrace deposits	f <sub>9</sub>	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
	T <sub>8</sub> 段丘堆積物 T <sub>8</sub> terrace deposits	f <sub>8</sub>	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
	ローム層 Loam		火山灰(地質図では省略) Volcanic ash (Omitted on geological map)
	更新世地すべり堆積物 Pleistocene landslide deposits	L	岩屑及び崩積土 Debris and colluvial soil
	未区分段丘堆積物 Unclassified terrace deposits	t	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
	T <sub>1</sub> 段丘堆積物 T <sub>1</sub> terrace deposits	t <sub>1</sub>	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
更新世 Pleistocene	T <sub>2</sub> 段丘堆積物 T <sub>2</sub> terrace deposits	t <sub>2</sub>	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
	T <sub>3</sub> 段丘堆積物 T <sub>3</sub> terrace deposits	t <sub>3</sub>	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
	T <sub>4</sub> 段丘堆積物 T <sub>4</sub> terrace deposits	t <sub>4</sub>	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
	T <sub>5</sub> 段丘堆積物 T <sub>5</sub> terrace deposits	t <sub>5</sub>	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
	T <sub>6</sub> 段丘堆積物 T <sub>6</sub> terrace deposits	t <sub>6</sub>	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
	T <sub>7</sub> 段丘堆積物 T <sub>7</sub> terrace deposits	t <sub>7</sub>	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
	T <sub>8</sub> 段丘堆積物 T <sub>8</sub> terrace deposits	t <sub>8</sub>	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
	T <sub>9</sub> 段丘堆積物 T <sub>9</sub> terrace deposits	t <sub>9</sub>	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
	T <sub>10</sub> 段丘堆積物 T <sub>10</sub> terrace deposits	t <sub>10</sub>	礫 Gravel
	更新世 Pleistocene	海成シルト・砂相 Marine silt and sand facies	U <sub>3</sub>
シルト相 Silt and silt facies		U <sub>2</sub>	シルト・砂及び礫 Silt, sand and gravel
礫シルト相 Gravel and silt facies		U <sub>1</sub>	礫・シルト及び砂 Gravel, silt and sand
中新世 Neogene	和南津層 Wanazu Formation	W	砂岩 Sandstone
	白岩層 Shirowa Formation	Wv	安山岩質火山角礫岩 Andesitic volcanic breccia
		S	砂質泥岩及び砂質泥岩細粒砂岩互層 Sandy mudstone and thinly interbedded sandy mudstone and fine-grained sandstone
	牛ヶ首層 Ushigakubi Formation	Sw	安山岩質火山角礫岩 Andesitic volcanic breccia
		Us	塊状泥岩(一部砂岩を挟む) Massive mudstone (intercalating sandstone in part)
	川口層 Kawaguchi Formation	Ks	砂岩 Sandstone
		Ku <sub>2</sub>	砂質泥岩優勢砂岩砂質泥岩互層 Sandy mudstone interbedded with sandstone
		Ku <sub>1</sub>	泥岩優勢砂岩泥岩互層 Mudstone interbedded with sandstone
	荒谷層 Araya Formation	Kv	デイサイト質火山角礫岩 Dacitic volcanic breccia
		Kl	砂岩優勢砂岩泥岩互層 Sandstone interbedded with mudstone
一村尾層 Hitomurao Formation	A	暗灰色塊状泥岩 Dark grey massive mudstone	
	Av	デイサイト質火山角礫岩 Dacitic volcanic breccia	
鳥屋ヶ峰層 Toyagamine Formation	Hv	安山岩質火山角礫岩及び安山岩溶岩(凝灰岩・砂岩及び泥岩薄層を挟む) Andesitic volcanic breccia and andesite lava (intercalating thin layers of tuff, sandstone and mudstone)	
	Tv	デイサイト溶岩・安山岩質火山角礫岩及び安山岩溶岩 Dacite lava, andesitic volcanic breccia and andesite lava	
岩薬 Dike		泥岩ブロック Mudstone blocks	
		かん岩 Porphyrite	
西名層 Nishimyō Formation	N	デイサイト質火山砕岩・泥岩・デイサイト溶岩及び流紋岩溶岩 Dacitic pyroclastic rocks, mudstone, dacite lava and rhyolite lava	
	Ky	礫岩及び砂岩 Conglomerate and sandstone	
城内層群 Jōnai Group	J <sub>2</sub>	デイサイト質凝灰角礫岩及び火山礫凝灰岩 Dacitic tuff breccia and lapilli tuff	
	J <sub>1</sub>	安山岩溶岩及び安山岩質火山砕岩 Andesite lava and andesitic pyroclastic rocks	

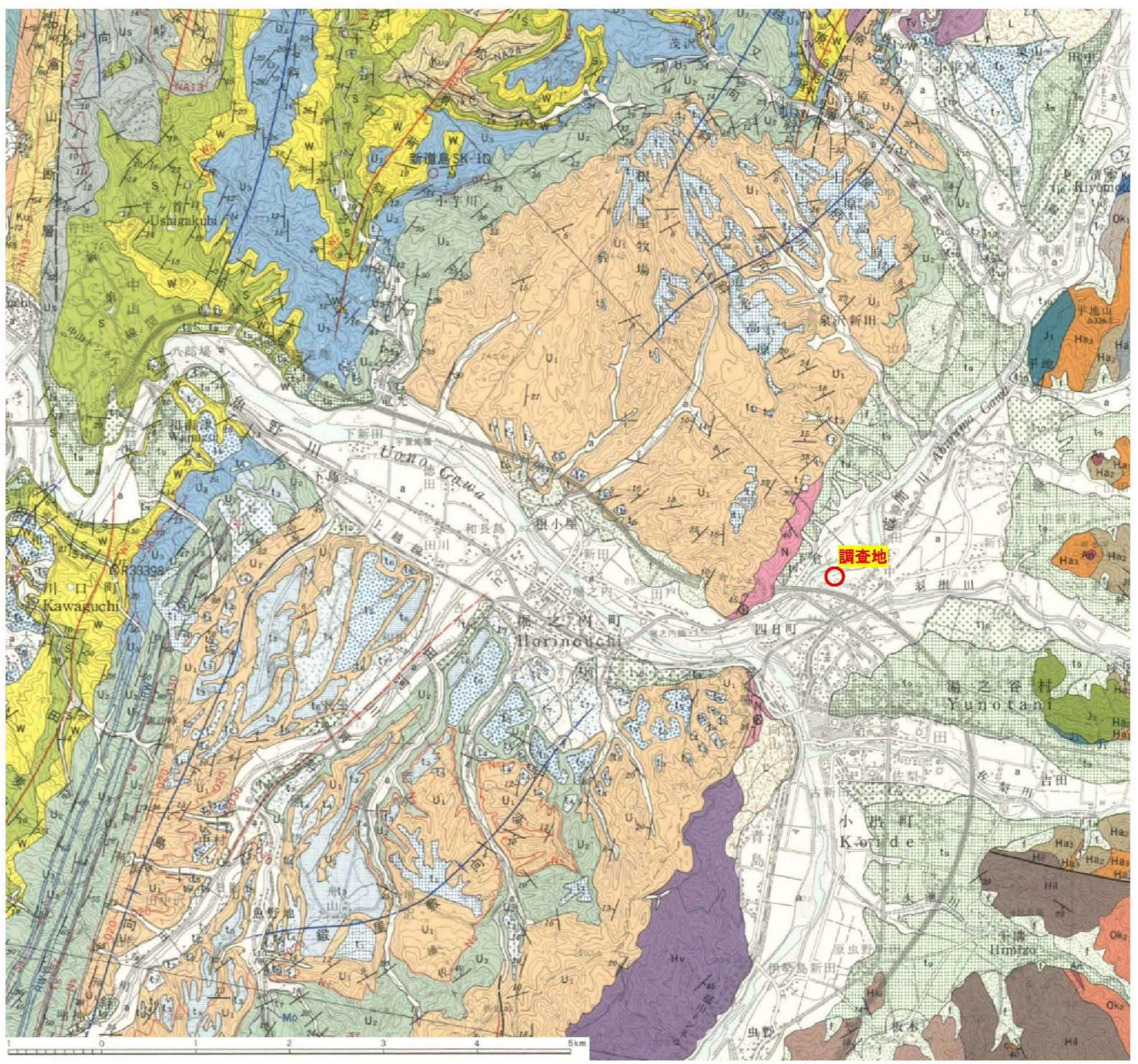


図 3.2.1 調査地周辺の地質図  
(独)産業技術総合研究所 地質調査総合センター「小千谷地域の地質(昭和61年)」

## 4. 調査結果

### 4.1 ボーリング調査結果

本調査では当該地における地層構成の把握を目的とし、機械ボーリングを計 5 地点(延べ 60.00m)にて実施した。その結果はボーリング柱状図としてまとめ、巻末資料に添付した。表 4.1.1 に本調査地点の位置諸元を示す。

表 4.1.1 調査位置諸元

調査地点	座標値 世界測地系				標高 (T.P. m)	調査深度 (G.L.- m)
	X	Y	北緯	東経		
BV-1	138166.082	40791.609	37°14' 39.48"	138°57' 35.25"	93.48	12.11
BV-2	138132.196	40821.555	37°14' 38.38"	138°57' 36.46"	94.72	12.08
BV-3	138180.435	40830.132	37°14' 39.94"	138°57' 36.82"	93.94	12.14
BV-4	138221.161	40857.888	37°14' 41.26"	138°57' 37.95"	94.67	12.12
BV-5	138159.862	40873.656	37°14' 39.27"	138°57' 38.58"	94.84	12.45

本調査地で確認された地層構成は表 4.1.2 に示す 2 層に区分された。なお、表中の *N* 値は実測値を記載しており、除外等を含めたとりまとめの詳細については後述の 4.2 章に示す。

図 4.1.1 に断面図線位置図、図 4.1.2 に推定地層断面図を示す。

表 4.1.2 地質層序表

地質年代	地層名		地層記号	主な土質	<i>N</i> 値の範囲 (平均)	層厚(m)	各地層の特徴	
第四紀	完新世	盛土層		B	砂混じりシルト 礫混じり粘土 礫混じりシルト 礫混じり砂	3 ~ 10 ( 6.2 )	0.90~2.60	砂分を全体に混じり、含水量少なく、粘性弱い。所々、径5~10mm程度の礫を混じる。シルトを混じる礫混じり砂を主体とする箇所もみられる。
		河床堆積物	礫質土層	Ag	砂礫 玉石混じり砂礫	19 ~ 50 ( 48.0 )	9.52~11.24	含水量中位~やや多い。礫は径5~50mm程度の皿円礫を主体とする。コア長80~150mm程度の玉石を混じり、最大コア長300mm程度。基質は粘土および細~粗砂を主体とする。

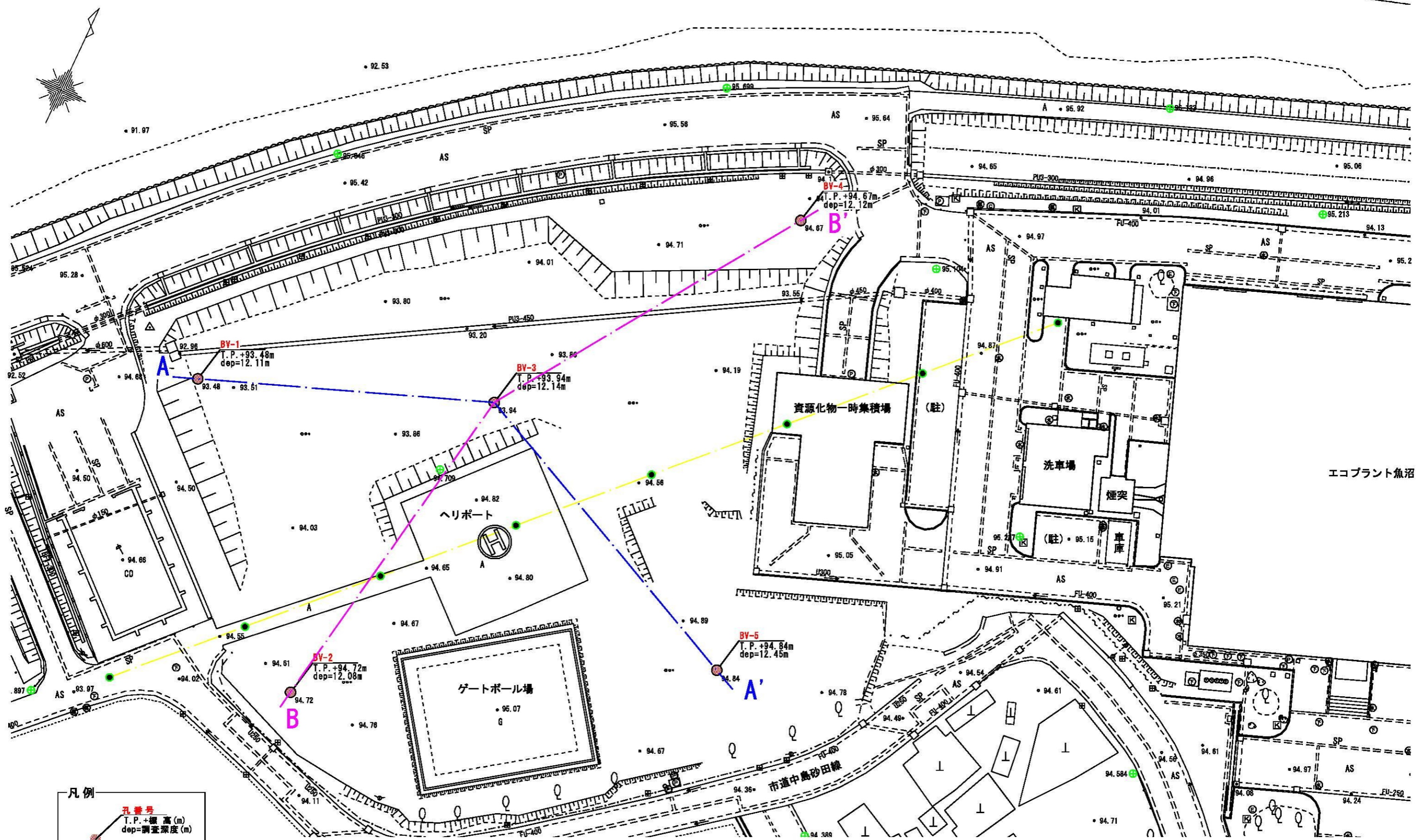
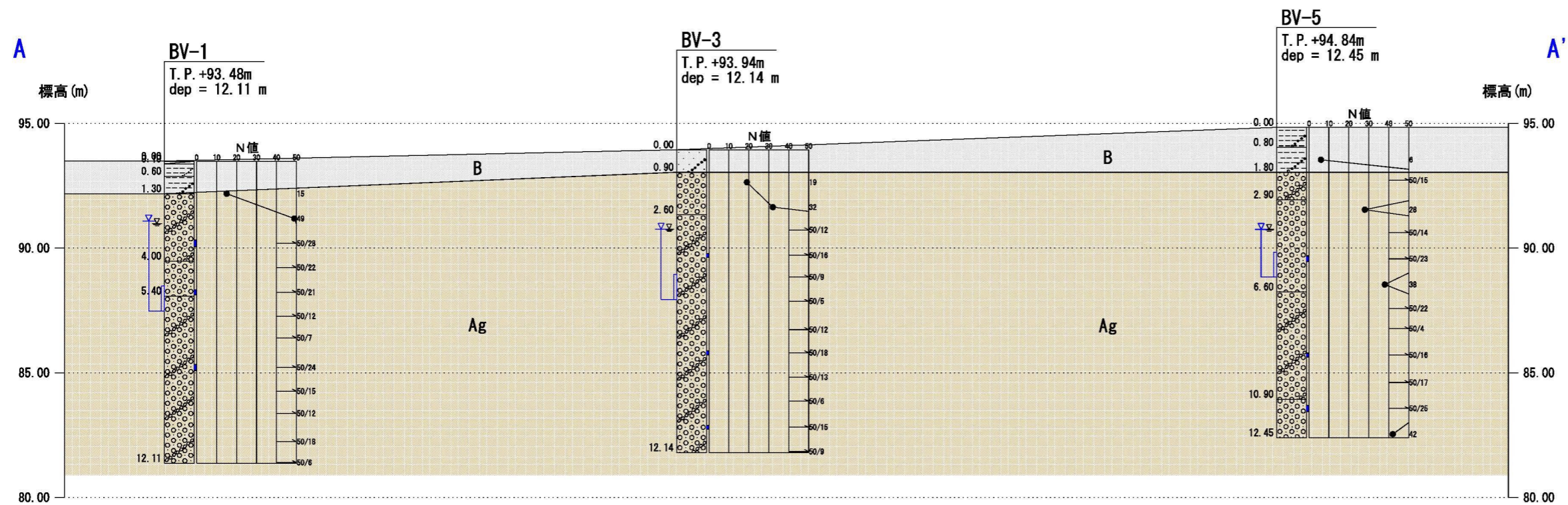


図 4.1.1 断面図線位置図 (S=1:500)



地質時代	地層区分	地層名	記号	主な土質
第四紀 完新世	河床堆積物	礫質土層	Ag	砂礫 玉石混じり砂礫
		盛土層	B	砂混じりシルト 礫混じり粘土 礫混じりシルト 礫混じり砂

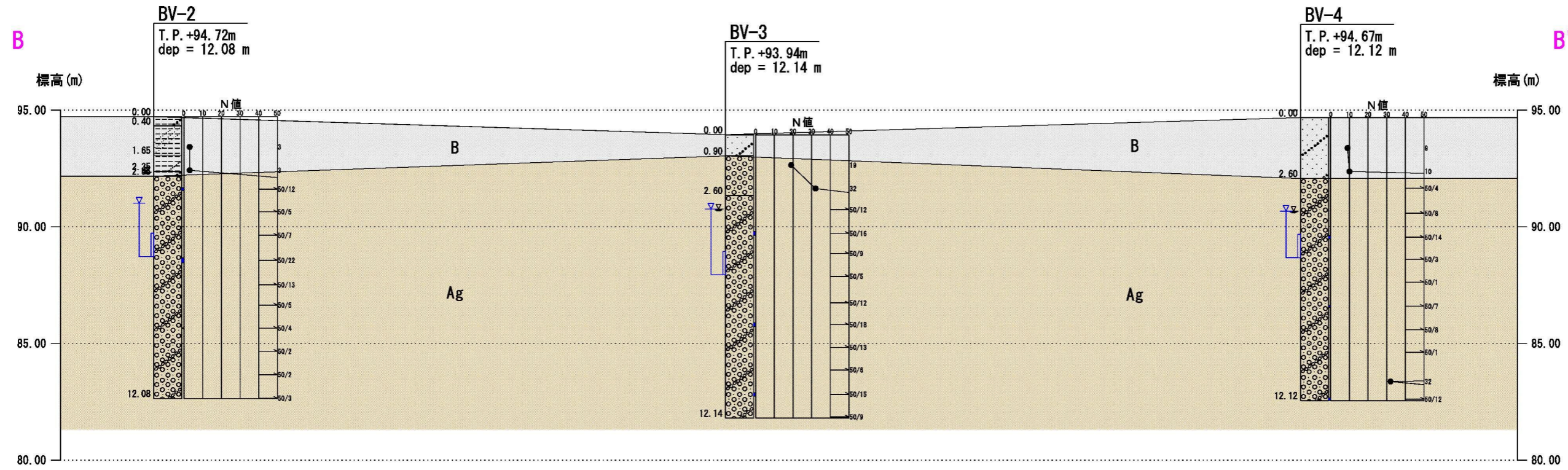
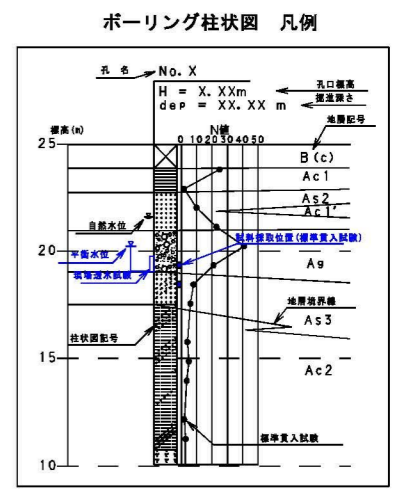


図 4.1.2 推定地層断面図 (SV=1:200, SH=1:400 A3)

また、掘削時に確認された各地点における水位観測結果を表 4.1.3 に示す。

表 4.1.3 孔内水位観測結果

調査地点	標高 (T.P. m)	孔内水位 (G.L.-m)	水位標高 (T.P. m)	地層	観測日
BV-1	93.48	2.50	90.98	Ag	R6.4.19
BV-2	94.72	2.38	92.34	B	R6.4.24
BV-3	93.94	3.18	90.76	Ag	R6.5.9
BV-4	94.67	4.00	90.67	Ag	R6.5.16
BV-5	94.84	4.09	90.75	Ag	R6.5.23

調査地における地下水位は G.L.-2.38~4.09m(水位標高は T.P.90.67~92.34)m で、B 層~Ag 層中にて確認された。

## 4.2 標準貫入試験結果

標準貫入試験は、 $N$  値の測定による各地層の締まり具合の確認、各地層の土質サンプル採取による目視の確認を目的として実施した。

標準貫入試験によって得られた土質地盤の  $N$  値に関しては、上限値を 50 と定め、とりまとめを行った。また、1 回の貫入試験のなかで明らかに複数の地層境界に掛かるもの、および礫障害(※1)等による特異値については、とりまとめ時に除外して検討した。

(※1) 明らかに礫による反発であり、地層の締まり具合を反映していないと考えられるもの。

$N$  値をもとにした硬さや締まり具合の指標として表 4.2.1 に砂の相対密度(Terzaghi and Peck, Meyerhof)、表 4.2.2 に粘性土の相対稠度(Terzaghi and Peck)を示す。

表 4.2.1 砂の相対密度、内部摩擦角と  $N$  値との関係

(公社)地盤工学会「地盤調査の方法と解説」H25. 3, p305

$N$ 値		相対密度	現場判別法
0~4	$0 \leq N \leq 4$	非常に緩い (very loose)	鉄筋が容易に手で貫入
4~10	$4 < N \leq 10$	緩い(loose)	ショベルが(スコップ)で掘削可能
10~30	$10 < N \leq 30$	中ぐらい(medium)	φ13mm 鉄筋を 5 ポンドハンマで打ち込み容易
30~50	$30 < N < 50$	密な(dense)	同上、30cm 程度貫入
50~	$50 \leq N$	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

表 4.2.2 粘性土のコンシステンシー、 $N$  値および一軸圧縮強さの関係

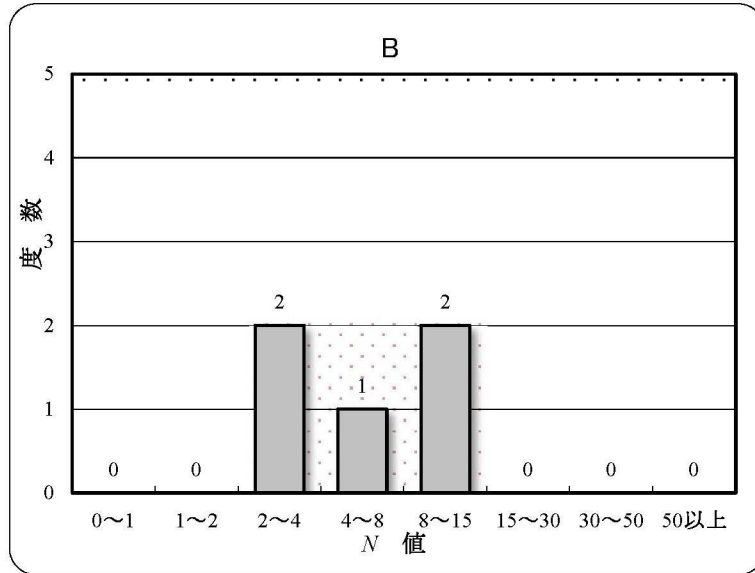
(公社)地盤工学会「地盤調査の方法と解説」H25. 3, p308

$N$ 値		$qu$ (kN/m <sup>2</sup> )	相対稠度
2	$0 \leq N \leq 2$	0.0~24.5	非常に柔らかい
2~4	$2 < N \leq 4$	24.5~49.1	柔らかい
4~8	$4 < N \leq 8$	49.1~98.1	中位の
8~15	$8 < N \leq 15$	98.1~193.2.	硬い
15~30	$15 < N < 30$	194.2~392.4	非常に硬い
30 以上	$30 \leq N$	392.4~	固結した

以下、確認した地層の  $N$  値のヒストグラムを示す(図 4.2.1~図 4.2.2)。

①盛土層：B

砂分を全体に混じる粘性土を主体とする。所々、径 5～10mm 程度の礫を混じる。BV-3、BV-4 ではシルトを混じる礫混じり砂が分布する。色調は褐～褐灰色を示し、層厚は 0.90～2.60m である。N 値は 3～10 で、相対稠度で表すと「柔らかい～硬い」状態である。



※下記深度は Ag 層との地層境界を跨ぐため、除外した。

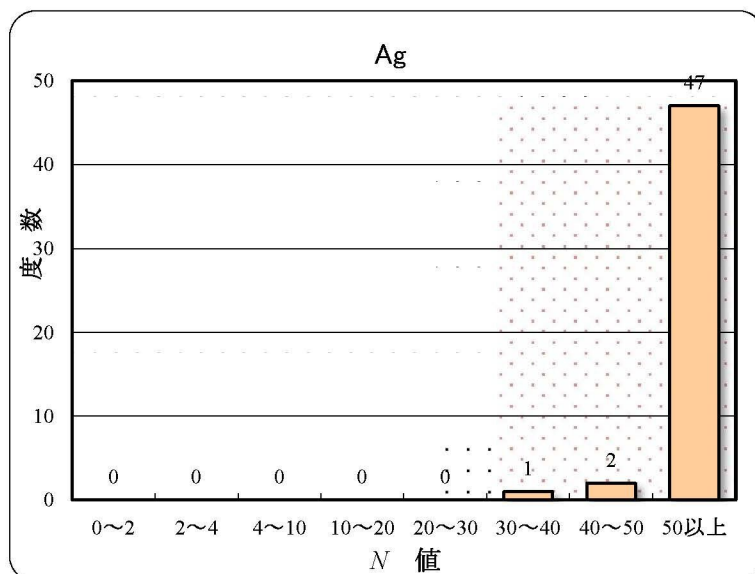
- ・ BV-1 の深度 1m(N=15)

N 値	
個数	5
平均値	6.2
最小値	3.0
最大値	10.0
標準偏差	3.27

図 4.2.1 N 値のヒストグラム(B 層)

②礫質土層：Ag

砂礫～玉石混じり砂礫を主体とする。礫は径 5～50mm 程度の亜円礫主体で、コア長 80～150mm 程度の玉石を混じる。確認された玉石の最大コア長は 300mm 程度であった。基質は粘土および細～粗砂を主体とする。色調は褐灰色を示し、確認層厚は 9.52～11.24m である。N 値は 19～50 以上で、相対密度で表すと「中ぐらい～非常に密な」状態である。



※下記深度は局所的に礫分が少ない箇所  
の打撃であるため、特異値として除外した。

- ・ BV-3 の深度 1m,2m(それぞれ N=19,32)
- ・ BV-4 の深度 11m(N=32)
- ・ BV-5 の深度 3m(N=28)

N 値	
個数	50
平均値	49.6
最小値	38.0
最大値	50.0
標準偏差	2.02

図 4.2.2 N 値のヒストグラム(Ag 層)

### 4.3 現場透水試験結果

現場透水試験は、地盤の透水性を把握するために、Ag層を対象として実施した。各地点ともに汲み上げから平衡水位までの水位回復が非常に早かった(30秒～60秒程度で平衡水位まで回復)ことから、定常法にて試験を実施した。

本調査の現場透水試験結果を表4.3.1に示す。結果の詳細については、「現場透水試験データシート」として巻末資料に添付する。

表 4.3.1 現場透水試験結果

地点番号	地層記号	試験深度 (G.L.-m)	試験方法	土質名	平衡水位 (G.L.- m) [T.P.m]	透水係数 (m/s)	透水性
BV-1	Ag	5.00~6.00	定常法 (揚水)	砂礫～玉石混じり砂礫	2.40 [91.08]	$5.41 \times 10^{-5}$	中位
BV-2		5.00~6.00	定常法 (揚水)	玉石混じり砂礫	3.71 [91.01]	$6.71 \times 10^{-5}$	中位
BV-3		5.00~6.00	定常法 (揚水)	玉石混じり砂礫	3.18 [90.76]	$1.21 \times 10^{-4}$	中位
BV-4		5.00~6.00	定常法 (揚水)	玉石混じり砂礫	4.00 [90.67]	$1.47 \times 10^{-4}$	中位
BV-5		5.00~6.00	定常法 (揚水)	砂礫	4.09 [90.75]	$7.35 \times 10^{-5}$	中位

図4.3.1に土質区分と透水係数の一般値を示し、本調査の試験で得られた透水係数をプロットした。Ag層の透水性は「中位」に相当する。

対応する土の種類は「砂及び礫」であり、当該地層は一般的な透水係数を有する礫質土層であると考えられる。

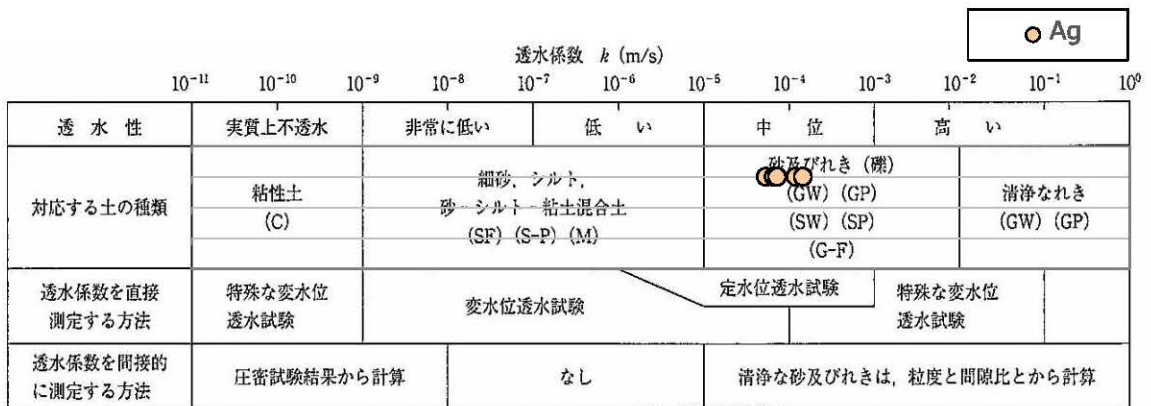


図 4.3.1 透水係数の概略値と透水性(透水係数  $k(m/s)$ )

(公社)地盤工学会「地盤材料試験の方法と解説 [第一回改訂版]」R2.12, p468

#### 4.4 室内土質試験結果

室内土質試験は、標準貫入試験によって採取した試料を用いて、土の物理的性質を把握するために実施した。土質試験の試験データは巻末資料に添付した。  
室内土質試験結果一覧表を表 4.4.1 に示す。

表 4.4.1 室内土質試験結果一覧表

地点番号		BV-1			BV-2			BV-3			BV-4			BV-5			
地層区分		Ag	Ag	Ag	Ag	Ag	Ag	Ag	Ag	Ag	Ag	Ag	Ag	Ag	Ag		
試料番号 深さ(m)		1-P3 (3.15~3.43m)	1-P5 (5.15~5.38m)	1-P8 (8.15~8.39m)	2-P3 (3.05~3.17m)	2-P6 (6.05~6.27m)	2-P9 (9.05~9.09m)	3-P4 (4.15~4.31m)	3-P8 (8.05~8.23m)	3-P11 (11.05~11.20m)	4-P5 (5.05~5.19m)	4-P8 (8.05~8.12m)	4-P12 (12.00~12.12m)	5-P5 (5.15~5.38m)	5-P9 (9.05~9.21m)	5-P11 (11.15~11.40m)	
一般	湿潤密度 $\rho_t$ Mg/m <sup>3</sup>																
	乾燥密度 $\rho_d$ Mg/m <sup>3</sup>																
	土粒子の密度 $\rho_s$ Mg/m <sup>3</sup>	2.740	2.710	2.730	2.721	2.707	2.735	2.717	2.692	2.702	2.696	2.690	2.693	2.723	2.656	2.674	
	自然含水比 $w_n$ %	6.7	6.5	10.0	5.4	9.4	9.9	7.9	14.2	13.2	11.6	11.8	15.0	6.8	13.3	22.2	
	間隙比 $e$																
飽和度 $S_r$ %																	
粒度	石分 75mm以上 %																
	礫分 2~75mm %	74.9	69.3	66.5	58.7	69.0	63.4	72.3	60.8	84.0	71.7	58.1	54.9	72.8	65.6	17.5	
	砂分 75 $\mu$ m~2mm %	18.5	25.5	21.1	29.7	22.2	29.9	21.7	28.1	13.8	25.1	26.6	30.1	20.8	24.4	64.9	
	シルト分 5~75 $\mu$ m %	6.6	5.2	12.4	11.6	8.8	6.7	6	11.1	2.2	3.2	15.3	15.0	6.4	10.0	17.6	
	粘土分 5 $\mu$ m未満 %																
	最大粒径 mm	37.5	37.5	26.5	26.5	19	19	19	26.5	19	26.5	26.5	26.5	26.5	37.5	26.5	9.5
	均等係数 $U_c$	94.4	46.6	-	-	75.8	41.8	36.9	-	7.8	13.8	-	-	73.1	148.0	-	
	細粒分 %	6.6	5.2	12.4	11.6	8.8	6.7	6.0	11.1	2.2	3.2	15.3	15.0	6.4	10.0	17.6	
	50%粒径 D50 mm	10.6	7.90	6.31	4.13	5.30	5.17	5.10	6.56	7.86	4.90	3.97	2.72	11.4	6.69	0.488	
20%粒径 D20 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
分類	分類名	粘性土まじり砂質れき	粘性土まじり砂質れき	粘性土まじり砂質れき	粘性土まじり砂質れき	粘性土まじり砂質れき	粘性土まじり砂質れき	粘性土まじり砂質れき	粘性土まじり砂質れき	分級された砂まじりれき	粒径幅の広い砂質れき	粘性土質砂質れき	粘性土質砂質れき	粘性土まじり砂質れき	粘性土まじり砂質れき	粘性土質れき質砂	
	分類記号	(GS-Cs)	(GS-Cs)	(GS-Cs)	(GS-Cs)	(GS-Cs)	(GS-Cs)	(GS-Cs)	(GS-Cs)	(GP-S)	(GWS)	(GSs)	(GSs)	(GS-Cs)	(GS-Cs)	(SCsG)	

### (1) 粒度組成

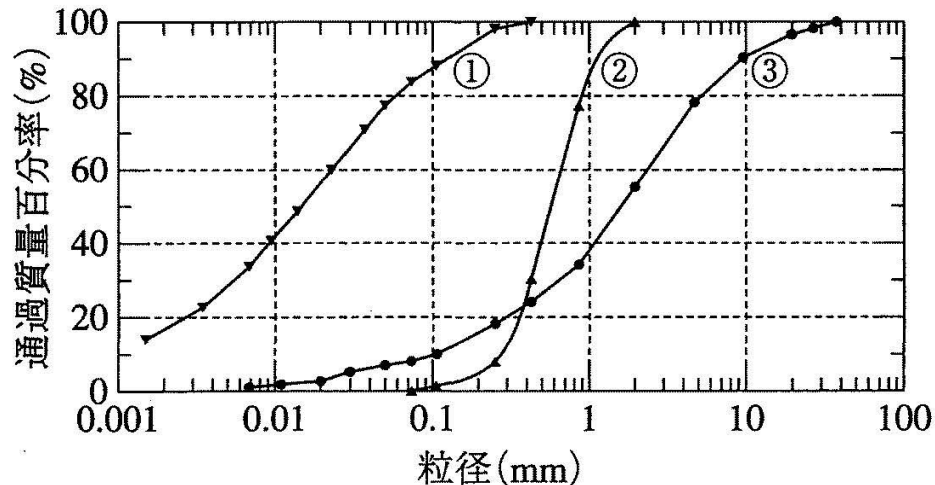
粒度とは、土を構成する土粒子径の分布状態を全質量に対する百分率で表したものであり、一般には土の分類を行うのに用いられ、これを基に土の工学的性質の基礎判断を行う。

粒度組成を表すのに、粒径 0.005mm 以下を粘土分、粒径 0.005～0.075mm をシルト分、粒径 0.075～2mm を砂分、粒径 2mm 以上を礫分に区分している。このうち、粘土分とシルト分を合わせたものを細粒分、砂分と礫分を合わせたものを粗粒分という。

試験結果は粒径加積曲線として表し、曲線が右側によっていれば粒子の大きいものから構成され、左側に寄っていれば粒子の小さいもので構成されていることになる。図 4.4.2 に示す、粒径加積曲線の一般図において③線のように曲線の傾きが緩やかなものは粒径分布が広範囲の大きさの土粒子を含み、工学的に見て「粒径幅の広い」土である。それに対し、②線は砂が主体(砂質土)、①線は細かい粒子が主体(粘性土)であることを示している。また、②線のように曲線が立っているものは粒径が比較的そろっている「分級された」土であることを示し、強さや安定性が低い場合が多い。

		粒 径 (mm)								
		0.005	0.075	0.25	0.85	2	4.75	19	75	300
粘土	シルト	細砂	中砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫	粗石 (コブル)	巨石 (ポルダール)	
細粒分			砂				礫		石	
細粒分			粗粒分					石分		

図 4.4.1 土粒子の粒径区分と呼び名



#### ○粒度による土の一般的特徴

- ①：細粒分が多い土
- ②：粒径がせまい範囲に集中している(分級された)締固め特性の悪い土
- ③：粒径が広い範囲にわたって分布する(粒径幅の広い)締固め特性の良い土

図 4.4.2 粒径加積曲線の一般図

(公社)地盤工学会「土質試験 基本と手引き 第三回改訂版」令和4年2月, p29

図 4.4.3 に粒径加積曲線をボーリング孔ごとに示す。  
 粒径加積曲線より、いずれの試料も礫～砂分を主体とした粒度分布であることが分かる。

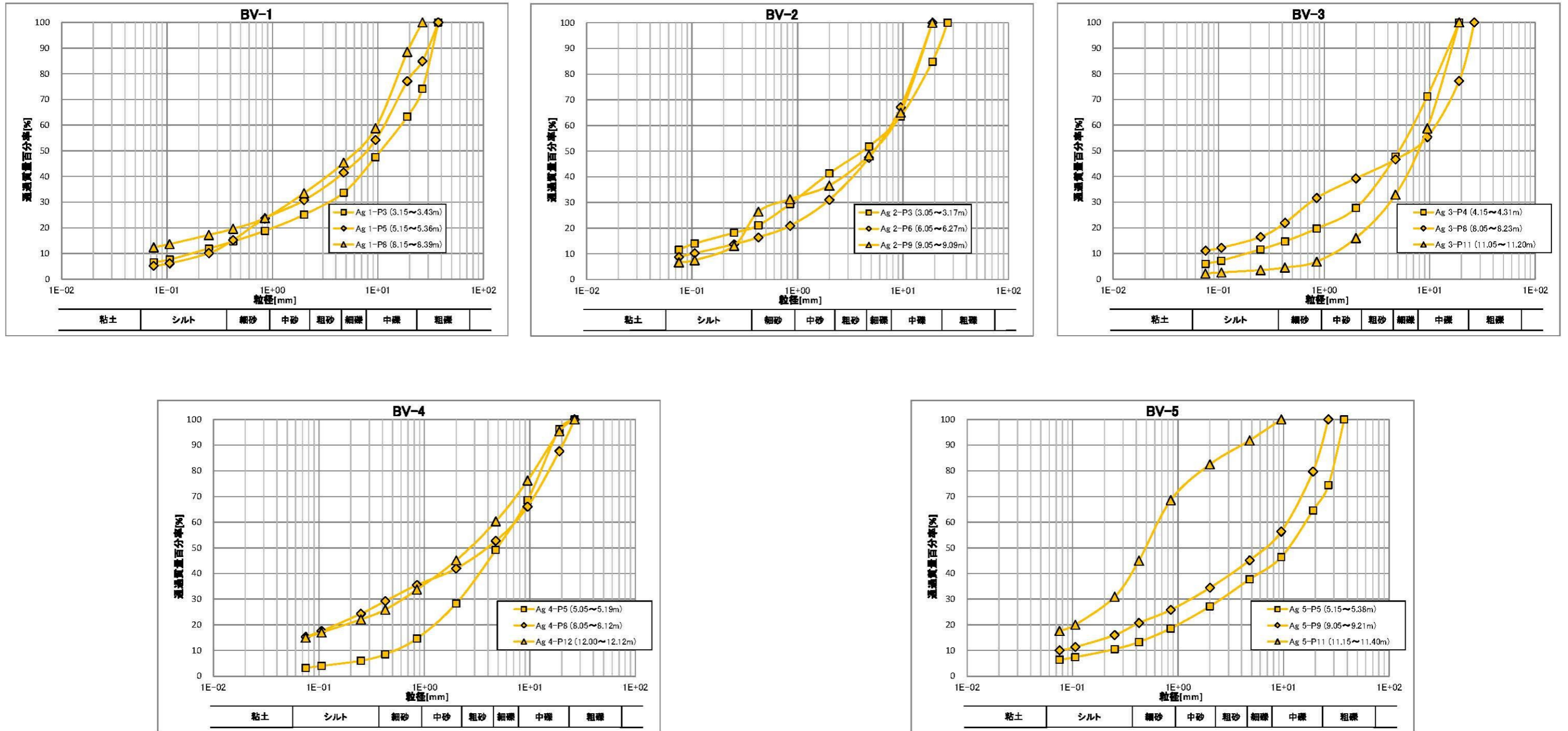


図 4.4.3 粒径加積曲線

## (2) 土粒子の密度、自然含水比

土粒子の密度、含水比の結果一覧表を表 4.4.2 に示す。また、以下に各項目について詳細を示す。

### ① 土粒子の密度 $\rho_s$ (Mg/m<sup>3</sup>)

土粒子の密度は、土粒子と有機物からなる土の固体部分の単位体積当たりの平均質量で、土の基本的な値である間隙比や飽和度を求める際や、有機質土の有機物含有量、火山礫の内部間隙量などの推定に用いられるものである。一般に、その値は無機質土で 2.6～2.8(g/cm<sup>3</sup>)の範囲にあるが、これは土を構成している鉱物（石英、長石、カオリナイト、モンモリロナイトなど）のほとんどが 2.7(g/cm<sup>3</sup>)付近の密度を示しているためである。しかし、しらすなどの多孔質な土ではこれより小さく、有機質土では有機物含有量の多いものほど小さくなり、泥炭などの高有機質土では 1.2(g/cm<sup>3</sup>)程度とかなり小さな値を示すものもある。逆に、砂鉄などの重鉱物を含む土では、2.8～3.0(g/cm<sup>3</sup>)以上の大きな値を示すことがある。

### ② 自然含水比 $W_n$ (%)

自然含水比は、土塊を構成している土粒子・水・空気の三要素のうち、水と土粒子の質量比を百分率で表したもので、土の基本的な性質を知るうえで最も重要な値の一つである。一般に、砂質土は 30%より小さく、沖積世の粘性土では 50%を超えることが多い。また、200%以上となるものは有機質土である場合がほとんどである。

表 4.4.2 土粒子の密度、自然含水比 試験結果

地層区分	試料数	土粒子の密度 $\rho_s$ (Mg/m <sup>3</sup> )	含水比 $W_n$ (%)
Ag	15	2.656～2.740	5.4～22.2

参考値として、主な鉱物と土粒子の密度の測定例を表 4.4.3、我が国における土の含水比のおおよその一般値の範囲を表 4.4.4 に示す。

表 4. 4. 3 主な鉱物と土粒子の密度の測定例

(公社)地盤工学会「地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]」令和2年12月, p118

鉱物名	密度 $\rho_s$ (Mg/m <sup>3</sup> )	土質名	密度 $\rho_s$ (Mg/m <sup>3</sup> )
石英	2.6~2.7	豊浦砂	2.64
長石	2.5~2.8	沖積砂質土	2.6~2.8
雲母	2.7~3.2	沖積粘性土	2.50~2.75
角閃石	2.9~3.5	洪積砂質土	2.6~2.8
輝石	2.8~3.7	洪積粘性土	2.50~2.75
磁鉄鉱	5.1~5.2	泥炭(ピート)	1.4~2.3
クロライト	2.6~3.0	関東ローム	2.7~3.0
イライト	2.6~2.7	まさ土	2.6~2.8
カオリナイト	2.5~2.7	しらす	1.8~2.4
モンモリロナイト	2.0~2.4	黒ぼく	2.3~2.6

表 4. 4. 4 我が国における土の含水比のおおよその範囲

(公社)地盤工学会「地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]」令和2年12月, p205

	沖積世		洪積世粘性土	洪積世砂質土	関東ローム	高有機質土
	粘性土	砂質土				
湿潤密度 $\rho_t$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.2~1.8	1.6~2.0	1.6~2.0	1.6~2.0	1.2~1.5	0.8~1.3
乾燥密度 $\rho_d$ (Mg/m <sup>3</sup> )	0.5~1.4	1.2~1.8	1.1~1.6	1.2~1.8	0.6~0.7	0.1~0.6
含水比 W (%)	30~150	10~30	20~40	10~30	80~180	80~1200

図 4.4.4 に土粒子の密度と自然含水比の関係をボーリング孔ごとに示す。  
 砂質土の一般値～やや枠外にプロットされており、礫分を多く含む土質であることがわかる。

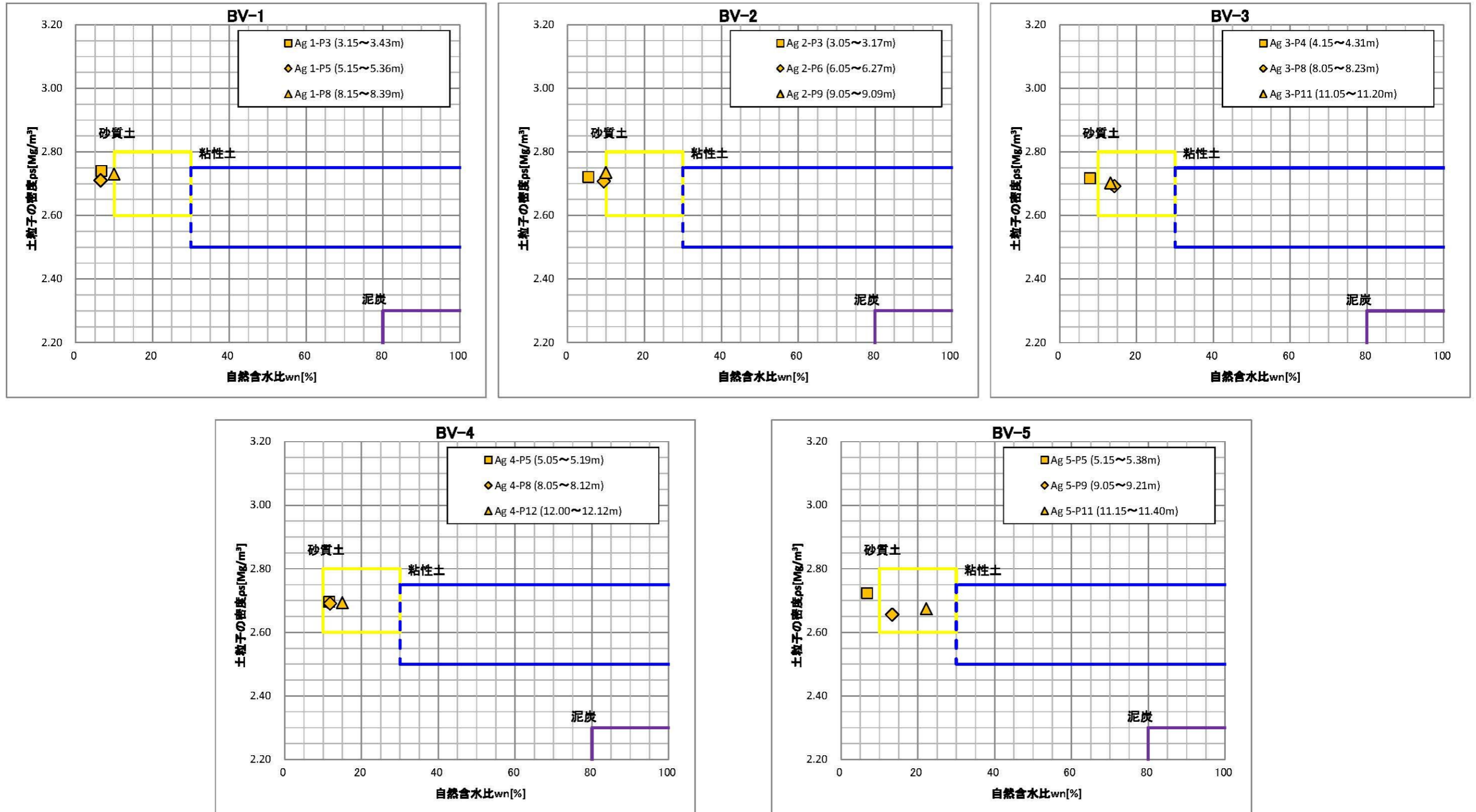
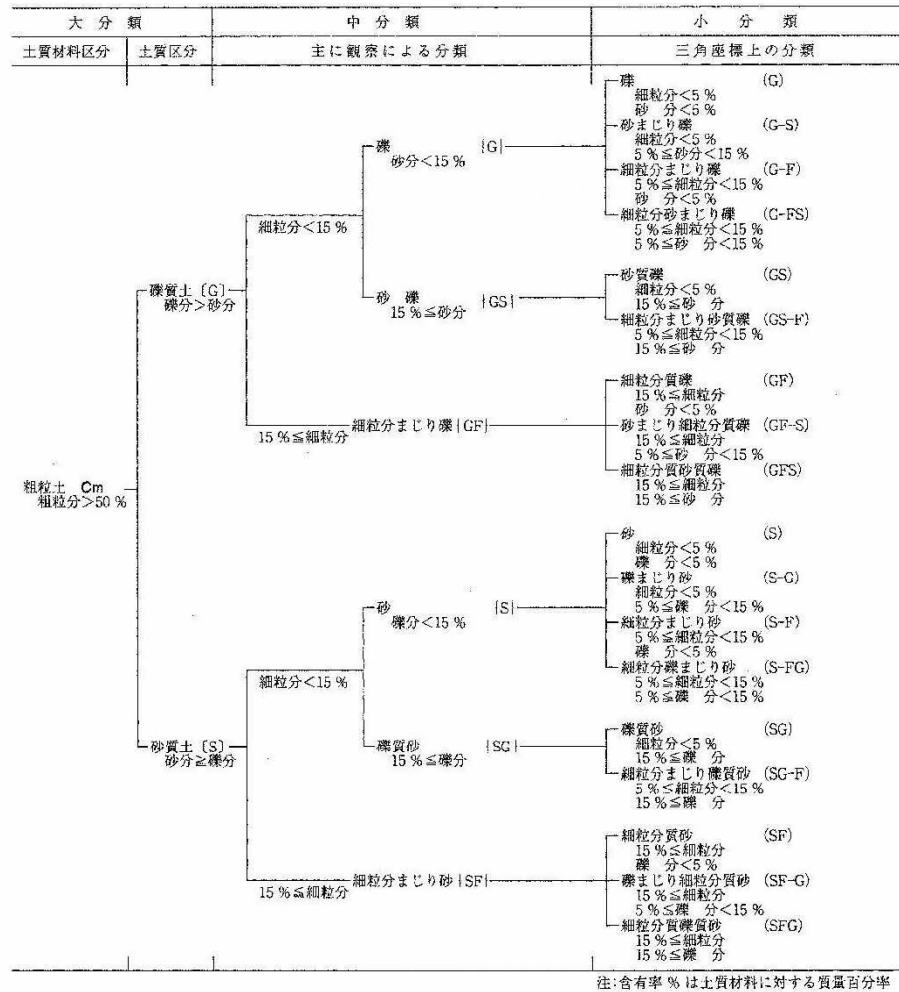


図 4.4.4 土粒子の密度と自然含水比の関係

### (3) 土の工学的分類

土の工学的分類は、粒度試験結果および塑性図に基づき、図 4.4.5 に示す日本統一土質分類法、表 4.4.5 および表 4.4.6 により整理区分される。この方法により各試料を分類した結果を、表 4.4.7 に示す。



(a) 粗粒土の工学的分類体系

大分類		中分類	小分類
土質材料区分	土質区分	観察・塑性図上の分類	観察・液性限界等に基づく分類
細粒土 Fm 細粒分 ≥ 50 %	粘性土 [Cs]	シルト 塑性図上で分類	$w_L < 50 %$ シルト (低液性限界) (ML)
			$w_L ≥ 50 %$ シルト (高液性限界) (MH)
		粘土 塑性図上で分類	$w_L < 50 %$ 粘土 (低液性限界) (CL)
			$w_L ≥ 50 %$ 粘土 (高液性限界) (CH)
	有機質土 [O] 有機質、暗色で有機質あり	有機質土	$w_L < 50 %$ 有機質粘土 (低液性限界) (OL)
			$w_L ≥ 50 %$ 有機質粘土 (高液性限界) (OH)
			有機質で、火山灰質 有機質火山灰土 (OV)
	火山灰質粘性土 (V) — 火山灰質粘性土 地質的背景	火山灰質粘性土	$w_L < 50 %$ 火山灰質粘性土 (低液性限界) (VL)
			$50 % ≤ w_L < 80 %$ 火山灰質粘性土 (I型) (VH <sub>I</sub> )
			$w_L ≥ 80 %$ 火山灰質粘性土 (II型) (VH <sub>II</sub> )
高有機質土 Pm — 高有機質土 [Pt] — 高有機質土 有機質を多く含むもの	高有機質土 [Pt]	未分解で繊維質 泥炭 (Pt)	
人工材料 Am — 人工材料 [A]	人工材料 [A]	分解が進み黒色 黒泥 (Mk)	
		廃棄物 廃棄物 (Wa)	
		改良土 改良土 (I)	

(b) 主に細粒土の工学的分類体系

図 4.4.5 土質材料の工学的分類体系

(公社)地盤工学会「地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]」令和2年12月, p74

### ①質と混じりの違い

質と混じりの違いは表 4.4.5 の通りである。

表 4.4.5 質と混じりの違い

(公社)地盤工学会「地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]」令和2年12月, p75

質量構成比	分類記号	接続記号
15%以上 50%未満	○○質	なし
5%以上 15%未満	○○混じり	- (ハイフン)
5%未満	*特に表記なし	なし

### ②細粒土の小分類

細粒土で小分類したもののうち、細粒分を 5%以上 15%未満含む「細粒分混じり○○」と細粒分を 15%以上 50%未満含む「細粒分質○○」のものは次表に従って細粒分を観察によって判別し細区分することができる。この場合、細粒分を表す記号 F を、Cs、O、V に置き換える。

表 4.4.6 細粒土の小分類

(公社)地盤工学会「地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]」令和2年12月, p76

細粒分の判別結果	記号	接続記号
粘性土	Cs	粘性土混じり○○、粘性土質○○
有機質土	O	有機質土混じり○○、有機質○○
火山灰質土	V	火山灰質土混じり○○、火山灰質○○

表 4. 4. 7 土の工学的分類

地点番号	地層名	試料名	深度 (GL-m)	分類名	分類記号
BV-1	Ag	1-P3	3.15～3.43m	粘性土まじり 砂質れき	(GS-Cs)
		1-P5	5.15～5.36m	粘性土まじり 砂質れき	(GS-Cs)
		1-P8	8.15～8.39m	粘性土まじり 砂質れき	(GS-Cs)
BV-2		2-P3	3.05～3.17m	粘性土まじり 砂質れき	(GS-Cs)
		2-P6	6.05～6.27m	粘性土まじり 砂質れき	(GS-Cs)
		2-P9	9.05～9.09m	粘性土まじり 砂質れき	(GS-Cs)
BV-3		3-P4	4.15～4.31m	粘性土まじり 砂質れき	(GS-Cs)
		3-P8	8.05～8.23m	粘性土まじり 砂質れき	(GS-Cs)
		3-P11	11.05～11.20m	分級された 砂まじりれき	(GP-S)
BV-4		4-P5	5.05～5.19m	粒径幅の広い 砂質れき	(GWS)
		4-P8	8.05～8.12m	粘性土質 砂質れき	(GCsS)
		4-P12	12.00～12.12m	粘性土質 砂質れき	(GCsS)
BV-5		5-P5	5.15～5.38m	粘性土まじり 砂質れき	(GS-Cs)
		5-P9	9.05～9.21m	粘性土まじり 砂質れき	(GS-Cs)
		5-P11	11.15～11.40m	粘性土質 れき質砂	(SCsG)

## 5. 総合解析

### 5.1 土質定数の設定

設計用の土質定数は、地質調査の結果を総合的に判断して設定した。検討した土質定数は以下の通りである。

- (1)  $N$  値
- (2) 単位体積重量  $\gamma_t$
- (3) 強度定数 (粘着力  $c$ 、せん断抵抗角  $\phi$ )
- (4) 変形係数  $E$
- (5) 透水係数  $k$

今回設定した設計用土質定数を表 5.1.1 に示す。設計用土質定数は、原位置試験を実施した地層については試験結果を優先するとともに、次頁以降の方法に基づいて推定した値および一般値を考慮して設定した。

表 5.1.1 設計用土質定数

地層名	地層記号	設計 $N$ 値	単位体積 重量 $\gamma_t(\text{kN/m}^3)$	粘着力 $c(\text{kN/m}^2)$	せん断 抵抗角 $\phi(^{\circ})$	変形係数 $E_o(\text{MN/m}^2)$	透水係数 $k(\text{m/s})$
盛土層	B	5	18	31	0	3.5	-
礫質土層	Ag	49	20	0	40	34.3	$9.25 \times 10^{-5}$

(1) 設計  $N$  値

設計  $N$  値は次式により、ばらつきを考慮してまとめる。ただし、標準貫入試験深度が複数の地層に掛かるもの、礫打撃等による特異値についてはとりまとめから除外した。また、 $N$  値 50 を上限値と定め、小数第 1 位を四捨五入した値とした。

$$\text{設計 } N \text{ 値} = \text{単純平均 } N \text{ 値} - \left(\frac{\sigma}{2}\right) \cdot \dots \cdot \text{式 5.1.1}$$

( $\sigma$ :標準偏差)

(公社)地盤工学会「設計用土質定数の決め方」平成 19 年 12 月, p66

各地層の設計  $N$  値を求めた結果を表 5.1.2 に示す。

表 5.1.2  $N$  値データとりまとめ

地層名	地層記号	試料数	$N$ 値					備考
			最小値	最大値	平均値	標準偏差	設計 $N$ 値	
盛土層	B	5	3	10	6.2	3.3	5	式5.1.1 (小数点以下四捨五入)
礫質土層	Ag	50	38	50	49.6	2.0	49	式5.1.1 (小数点以下四捨五入)

(2) 単位体積重量  $\gamma_t$

単位体積重量は、室内土質試験(湿潤密度試験)を実施していないため、表 5.1.3 を参考にして求めた。

表 5.1.3 土質定数

日本道路協会「道路土工盛土工指針平成 22 年, p101

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	
盛 土	礫および 礫混り砂	締固めたもの	20	40	0	{G}	
	砂	締固めたもの	粒径幅の広いもの	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 地 盤	礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの	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径幅の広いもの	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 (指で強く押して多少へこむ)	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)	17	20	30 以下		
		軟らかいもの (指が容易に貫入)	16	15	15 以下		
	粘土および シルト	固いもの (指で強く押して多少へこむ)	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)		16	15	30 以下			
軟らかいもの (指が容易に貫入)		14	10	15 以下			
関東ローム		14	5 ( $\phi_u$ )	30 以下	{V}		

注 1 : 粘性土、粘土及びシルトの区分で  $N$  値の目安は次の通りである。

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

注 2 : 地盤工学会基準の記号はおおよその目安である。

各地層の単位体積重量を表 5.1.4 に示す。

表 5.1.4 単位体積重量  $\gamma_t$  (kN/m<sup>3</sup>)

地層名	地層記号	設計 <i>N</i> 値	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )		備考
			表5.1.3	提案値	
盛土層	B	5	18 [盛土-粘性土]	18	表5.1.3
礫質土層	Ag	49	20 [礫-密実なものまたは粒径幅の 広いもの]	20	表5.1.3

**(3) 強度定数**

強度定数は、粘性土の場合は粘着力  $c$  で評価し (せん断抵抗角  $\phi=0$ )、砂質土および礫質土の場合はせん断抵抗角  $\phi$  で評価 (粘着力  $c=0$ ) する。

本業務では力学試験(一軸圧縮試験、三軸圧縮試験)を実施していないため、設計  $N$  値より推定式を用いて提案した。

**① 粘着力  $c$**

一般的に、圧縮強さ  $qu$ [kN/m<sup>2</sup>]と粘着力  $c$ [kN/m<sup>2</sup>]は式 5.1.2 の関係にある。

$$c = qu/2 \quad \dots \dots \dots \text{式 5.1.2}$$

(公社)日本道路協会「道路橋示方書 IV下部構造編」H29. 11, p62

また、 $N$  値と圧縮強さ  $qu$ [kN/m<sup>2</sup>]には以下の関係がある。

$$qu = 12.3N \sim 13.1N \approx 12.5N \text{ [kN/m}^2] \quad \dots \dots \text{式 5.1.3}$$

(公社)地盤工学会「地盤調査の方法と解説」H25. 3, p308

$c = qu/2$  であるから、

$$c = 6.25N \text{ [kN/m}^2] \quad \dots \dots \dots \text{式 5.1.4}$$

なお、砂質土層・礫質土層においては安全側への配慮から  $c=0$ kN/m<sup>2</sup> とした。

各地層の粘着力を表 5.1.5 に示す。なお、粘着力の提案値は小数第 1 位を四捨五入した値とした。

**表 5.1.5 粘着力  $c$ (kN/m<sup>2</sup>)**

地層名	地層記号	設計 $N$ 値	粘着力 $c$ (kN/m <sup>2</sup> )		備考
			推定式 式5.1.4	提案値	
盛土層	B	5	31.25	31	式5.1.4 小数点以下四捨五入
礫質土層	Ag	49	-	0	礫質土

② せん断抵抗角  $\phi$

せん断抵抗角は、 $N$  値からの推定により求めた。 $N$  値からの推定値は「(一社)日本建築学会、建築基礎構造設計指針 2019 版、p30」で示す畑中ら(1998)の提案式により評価した。

$$\begin{aligned} \phi_d &= \sqrt{20N_1} + 20 \quad (3.5 \leq N_1 \leq 20) \\ \phi_d &= 40 \quad (N_1 > 20) \end{aligned} \quad \dots \dots \text{式 5.1.5}$$

$$N_1 = \frac{N}{\sqrt{\frac{\sigma_z}{100}}}$$

なお、粘性土については設計上安全側に考えて  $\phi=0(^{\circ})$  とし、せん断抵抗角は  $1(^{\circ})$  ピッチとし、小数点第 1 位を四捨五入した値とした。

表 5.1.6 にせん断抵抗角の提案値を示し、表 5.1.7 にせん断抵抗角の計算結果を示す。

表 5.1.6 せん断抵抗角  $\phi(^{\circ})$

地層名	地層記号	設計 $N$ 値	せん断抵抗角 $\phi(^{\circ})$		備考
			式5.1.5	提案値	
盛土層	B	5	-	0	粘性土
礫質土層	Ag	49	40.0	40	式5.1.5

表 5.1.7 せん断抵抗角の計算結果  $\phi$  (°)

BV-1						
深度(m)	地層	$\sigma_z$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'_z$ (kN/m <sup>3</sup> )	N	N1	式5.1.5 $\phi$ (°)
1.30	Ag	23.4	23.4	15	31.0	※ -
2.30	Ag	43.4	43.4	49	74.4	40.0
3.29	Ag	63.2	55.3	50	67.2	40.0
4.26	Ag	82.6	65	50	62.0	40.0
5.26	Ag	102.5	74.95	50	57.8	40.0
6.21	Ag	121.6	84.5	50	54.4	40.0
7.09	Ag	139.1	93.25	50	51.8	40.0
8.27	Ag	162.8	105.1	50	48.8	40.0
9.23	Ag	181.9	114.65	50	46.7	40.0
10.11	Ag	199.6	123.5	50	45.0	40.0
11.24	Ag	222.2	134.8	50	43.1	40.0
12.08	Ag	239	143.2	50	41.8	40.0

BV-2						
深度(m)	地層	$\sigma_z$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'_z$ (kN/m <sup>3</sup> )	N	N1	式5.1.5 $\phi$ (°)
1.30	B	23.4	23.4	3	-	-
2.30	B	41.4	41.4	3	-	-
3.11	Ag	57.1	57.1	50	66.2	40.0
4.08	Ag	76.4	72.15	50	58.9	40.0
5.09	Ag	96.6	82.25	50	55.1	40.0
6.16	Ag	118.1	93.0	50	51.8	40.0
7.22	Ag	139.2	103.55	50	49.1	40.0
8.08	Ag	156.4	112.15	50	47.2	40.0
9.07	Ag	176.3	122.1	50	45.2	40.0
10.06	Ag	196.1	132	50	43.5	40.0
11.06	Ag	216.1	142	50	42.0	40.0
12.07	Ag	236.2	152.05	50	40.5	40.0

BV-3						
深度(m)	地層	$\sigma_z$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'_z$ (kN/m <sup>3</sup> )	N	N1	式5.1.5 $\phi$ (°)
1.30	Ag	24.2	24.2	15	30.5	40.0
2.30	Ag	44.2	44.2	32	48.1	40.0
3.21	Ag	62.4	62.1	50	63.4	40.0
4.23	Ag	82.8	72.3	50	58.8	40.0
5.10	Ag	100.1	80.95	50	55.6	40.0
6.08	Ag	119.7	90.8	50	52.5	40.0
7.21	Ag	142.4	102.1	50	49.5	40.0
8.14	Ag	161	111.4	50	47.4	40.0
9.12	Ag	180.5	121.15	50	45.4	40.0
10.08	Ag	199.8	130.8	50	43.7	40.0
11.13	Ag	220.7	141.25	50	42.1	40.0
12.10	Ag	240.1	150.95	50	40.7	40.0

※：地層境界を跨ぐため、算出しない

BV-4						
深度(m)	地層	$\sigma_z$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'_z$ (kN/m <sup>3</sup> )	N	N1	式5.1.5 $\phi$ (°)
1.30	B	23.4	23.4	9	-	-
2.30	B	41.4	41.4	10	-	-
3.02	Ag	55.2	55.2	50	67.3	40.0
4.09	Ag	76.6	75.7	50	57.5	40.0
5.12	Ag	97.2	86	50	53.9	40.0
6.07	Ag	116.1	95.5	50	51.2	40.0
7.06	Ag	135.9	105.35	50	48.7	40.0
8.09	Ag	156.5	115.65	50	46.5	40.0
9.09	Ag	176.6	125.7	50	44.6	40.0
10.06	Ag	195.9	135.35	50	43.0	40.0
11.30	Ag	220.8	147.8	32	26.3	40.0
12.06	Ag	236	155.4	50	40.1	40.0

BV-5						
深度(m)	地層	$\sigma_z$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'_z$ (kN/m <sup>3</sup> )	N	N1	式5.1.5 $\phi$ (°)
1.30	B	23.4	23.4	6	-	-
2.13	Ag	38.9	38.9	50	80.2	40.0
3.30	Ag	62.4	62.4	28	35.4	40.0
4.22	Ag	80.8	79.5	50	56.1	40.0
5.27	Ag	101.7	89.95	50	52.7	40.0
6.30	Ag	122.4	100.3	38	37.9	40.0
7.26	Ag	141.6	109.9	50	47.7	40.0
8.07	Ag	157.8	118	50	46.0	40.0
9.13	Ag	179	128.6	50	44.1	40.0
10.24	Ag	201.1	139.65	50	42.3	40.0
11.28	Ag	221.9	150.05	50	40.8	40.0
12.30	Ag	242.4	160.3	42	33.2	40.0

(4) 変形係数  $E$

地盤反力係数を求めるための変形係数  $E$  は、「建築基礎構造設計指針 (2019)」に示す評価方法により算出した。本基準では、変形係数  $E$  の設定方法を以下の通りとしている。

- a) ボーリング孔内で測定
- b) 一軸または三軸試験から求める
- c) 対象土層の平均  $N$  値より推定

変形係数設定の優先順位は、現場にて直接測定した値を最優先として、a)→b)→c)とした。以下に、それぞれの設定値について記す。

a) ボーリング孔内で測定した地盤の変形係数  
本業務では孔内載荷試験は実施していない。

b) 一軸または三軸試験から求めた地盤の変形係数  
本業務では一軸圧縮試験、三軸圧縮試験は実施していない。

c) 対象土層の平均  $N$  値より推定  
変形係数は、設計  $N$  値より推定した。推定式には式 5.1.6 に示す「吉中の式」を用いた。

$$E_0 = 700 N \text{ (kN/m}^2\text{)} = 0.7 N \text{ (MN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{式 5.1.6}$$

表 5.1.8 に変形係数  $E_0$  の提案値を示す。

表 5.1.8 変形係数  $E_0$  (MN/m<sup>2</sup>)

地層名	地層記号	設計 $N$ 値	変形係数 $E_0$ (MN/m <sup>2</sup> )		備考
			式 5.1.6	提案値	
盛土層	B	5	3.5	3.5	式 5.1.6
礫質土層	Ag	49	34.3	34.3	式 5.1.6

(5) 透水係数  $k$

透水係数  $k$  は、現場透水試験結果をもとに設定した。なお、現場透水試験を実施していない地層については設定の対象外とした。

表 5.1.9 に透水係数  $k$  の提案値を示す。

表 5.1.9 透水係数  $k$  (m/s)

地層名	地層記号	設計 $N$ 値	透水係数 $k$ (m/s)		備考
			現場透水 試験結果	提案値	
盛土層	B	5	-	-	対象外
礫質土層	Ag	49	5.41×10 <sup>-5</sup> 6.71×10 <sup>-5</sup> 1.21×10 <sup>-4</sup> 1.47×10 <sup>-4</sup> 7.35×10 <sup>-5</sup>	9.25×10 <sup>-5</sup>	試験値 (平均値)

## 5.2 支持層と基礎形式の検討

ここでは、建築物基礎としての支持層選定と基礎形式について、調査結果をもとに考察する。構造物の基礎形式は、支持地盤の状況によって区分される。支持層および基礎形式の選定にあたり、(一社)日本建築学会「建築基礎構造設計指針(2019)」、「小規模建築物基礎設計指針(2008)」および文部科学省大臣官房文教施設企画部「建築構造設計指針(2009)」を参考に基礎の適用条件について記述する。

### 5.2.1 支持層について

一般に建築物荷重や活荷重に対する基礎部の支持層の条件としては、以下に示す①～④の事項が要求される。

- ① 建築物荷重及び活荷重に対し、せん断破壊などを生じさせない十分な支持力を持った地盤であること(支持力)

これは「地盤の支持力」のことであり、この地盤にはどのくらいの荷重を載せることができるかということで、非常に重要な問題である。

なお、一般に地盤の種類に応じた支持力度(≒長期許容支持力度)として、表5.2.1に示される概略値が提案されている。

表 5.2.1 地盤の種類と  $N$  値による長期許容地耐力

(一社)日本建築学会「小規模建築物基礎設計の手引き」昭和 63 年, p36

地盤		長期許容地耐力 ( $\text{tf}/\text{m}^2$ )	備考	
			$N$ 値	$N_{sw}$ 値
礫層	土丹盤	30	30 以上	-
	密実なもの	60	50 以上	-
	密実でないもの	30	30 以上	
砂質地盤	密なもの	30	30~50	400 以上
	中位	20	20~30	250~400
		10	10~20	125~250
	ゆるい <sup>※1</sup>	5	5~10	50~125
	非常にゆるい <sup>※1</sup>	3 以下	5 以下	50 以下
粘土地盤	非常に硬い	20	15~30	250 以上
	硬い	10	8~15	100~250
	中位	5	4~8	40~100
	軟らかい <sup>※2</sup>	3	2~4	0~40
	非常に軟らかい <sup>※2</sup>	2 以下	2 以下	$W_{sw}100$ 以下
関東ローム	硬い	15	5 以上	50 以上
	やや硬い	10	3~5	0~50
	軟らかい <sup>※3</sup>	5 以下	3 以下	$W_{sw}100$ 以下

※1 液状化の検討を要す

※2 過大な沈下に注意を要す

※3 2次堆積土では長期許容地耐力  $2\text{tf}/\text{m}^2$  以下のこともある

※4 短期許容地耐力は長期の 1.5~2.0 倍をとることができる

② 建築物荷重や上載荷重に対し、大きな変形及び圧密沈下などが生じないような地盤であること(沈下)

これは「地盤の沈下・変形」のことである。

一般に、砂や砂礫のような単粒構造の土は間隙が少なく沈下が小さいのに対し、粘性土のような団粒構造の土は排水とともに体積変化が著しく、沈下が長時間にわたり継続し、建築物に影響を与える可能性が多いため注意が必要である。

特に沖積層のような軟弱な粘性土地盤などでは大きな沈下が見込まれるので、建築物に被害を与える変形ならびに不等沈下が起きやすい。

③ 地震時の液状化を生じない地盤であること(液状化)

これは「砂地盤の液状化」のことである。

新潟地震を契機として、飽和地盤の液状化の発生メカニズムや液状化抵抗が次第に明らかにされてきた。それによると、液状化が起こりやすいことが指摘されている事項は次の通りである。

- ・ 飽和地盤の細粒土(0.075mm 以下の粒径をもつ土粒子)の含有率が低いほど発生しやすい。
- ・ 飽和地盤の  $N$  値が小さいほど発生しやすい。
- ・ 地下水位面が地表面に近いほど発生しやすい。
- ・ 地震入力が大きいほど発生しやすい。

④ 適当な根入れ深さを有する地盤であること(層厚)

これは凍結・融解・乾燥練り返しなど、自然条件の影響を受けない安全な深度と厚さを備えるという点で要約できる。

$N$  値から判断して良質な支持層と考えられる地層でも、その地層の層厚が薄い場合や、その下位に総体的に弱い層あるいは圧密層がある場合には、支持力(破壊)・圧密沈下についてその影響を検討しなければならない。支持層として必要な層厚は、建築物規模(荷重の規模)によっても異なるが、基礎幅に比例して大きな層厚が必要となる。

なお、支持層の目安として、(一社)日本建築学会「建築基礎構造設計指針(2019)」では「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」で、数値での定義はされていないが基礎幅に応じた層厚が必要とされている。また、文部科学省大臣官房文教施設企画部「建築構造設計指針(2009)」では「中低層(5階建以下)の建築物では  $N$  値 30 以上の層で 4~5m 以上、高層(6階建以上)の建築物では  $N$  値 50 以上の層で 5~8m 以上を確認」とされている。

支持層を選定する際の基礎形式として、直接基礎における目安を表 5.2.2 に示す。

表 5.2.2 直接基礎の選定表

上野嘉久「実務から見た基礎構造設計」

●以下の条件に当てはまるときは、直接基礎とする。あてはまらないときは杭基礎とする。

構造規模	低層 RC造：2階以下 S造：3階以下		中低層 RC造：3～6階 S造：4～6階		中高層 各種構造 7～9階		低層～中低層～中高層 地下室有		備考
必要な地耐力	5 t/m <sup>2</sup> 以上		10 t/m <sup>2</sup> 以上		20～30 t/m <sup>2</sup> 以上		10～20～30 t/m <sup>2</sup> 以上		$f_b > 30 \text{ t/m}^2$ の場合は、原則として平板載荷試験を行う。
地質例	砂質地盤 5 t/m <sup>2</sup> ローム層 5 t/m <sup>2</sup>		堅い粘土質地盤 10 t/m <sup>2</sup> 堅いローム層 10 t/m <sup>2</sup>		密実な砂質地盤 20 t/m <sup>2</sup> 密実な礫層 30 t/m <sup>2</sup> 固結した砂 50 t/m <sup>2</sup> 岩盤 100 t/m <sup>2</sup>				
必要なN値の目安	$D_f$ 効果								建物の密集した市街地においては、 $D_f$ 効果は無の値を採用することが望ましい。
	有	無	有	無	有	無	有	無	
	砂質地盤	$N \geq 5$	$N \geq 15$	$N \geq 10$	$N \geq 20$	$N \geq 20$	$N \geq 25$	$N \geq 10 \sim 20$	
粘性土地盤	$N \geq 5$	$N \geq 10$	$N \geq 8$	$N \geq 10$	$N \geq 15 \sim 20$	$N \geq 15 \sim 25$	$N \geq 8 \sim 20$	$N \geq 10 \sim 25$	
必要な支持地盤の深さ	1.0～1.5 m(3 m)		1.0～1.8 m(4 m)		1.5～2.5 m(5 m)				( )は栗コンの場合
必要な支持層の厚さ	2～3 m 以上		3 m 以上		3 m 以上 5～10 m がのぞましい。		3～5 m 以上 5～10 m がのぞましい。		
選定する基礎の種類	独立基礎 布基礎		独立基礎 布基礎		独立基礎 布基礎、べた基礎 独立基礎+耐圧板		べた基礎 独立基礎+耐圧板		

- 地耐力：建築物の構造・規模によって、その建築物に相応した地盤（地耐力）を示したものである。その必要地耐力は令38（基礎）の条項を参考にした。
- 地質例：前項の必要地耐力に相当する地質を、令93条（地盤及び基礎ぐい）に示されている地盤の種類に応じた値により示したものである。
- 必要なN値の目安：地盤調査報告書等により、砂質土か、粘性土かを判別して、その地質、構造規模に相応するN値によって選定する。その数値の根拠は、注1による。

上記の点をもとに、調査地に分布する地層の支持層としての評価を表 5.2.3 に示す。

表 5.2.3 調査地に分布する地層の支持層としての評価

地層名	地層記号	出現深度 (GL- m)	層厚 (m)	N値		支持層としての評価	判定
				範囲	設計N値		
盛土層	B	0.00	0.90～2.60	3～10	5	不均質かつN値が不足しており、支持層としては不適当。	×
礫質土層	Ag	0.90～2.60	9.52～11.24	38～50以上	49	局所的にN値がやや小さい箇所のみみられるものの、大半の深度でN値50以上を示しており、支持層として適当と評価できる。	○

<支持層とN値の関係>

中間支持層...砂質土: $N \geq 30$ ,粘性土: $N \geq 20$

支持層...砂質土: $N \geq 50$ ,粘性土: $N \geq 30$

## 5.2.2 基礎形式の選定

基礎形式の選定にあたっては、各種調査結果をもとに下記事項を考慮に入れ、さらに各設計条件を詳細に検討のうえ、細部形式を選定しなければならない。

- ① 地形、中間層の地質、支持層の状態、地下水の状態などが上げられ、基礎の設計・施工に密接な関係を有しており、最も基本的な条件である。
- ② 荷重の大きさについては、上部構造の力学上の特性、重要性、補修の容易さなどについても考慮すべきものである。
- ③ 施工深度、施工断面、水深、作業スペースなどがあげられ、基礎工法の施工能力などに関する条件で地盤条件と関連している。
- ④ 周辺の環境や近接構造物に与える影響などがあげられ、特に市街地での工事にあたっては重要・特殊な条件といえる。
- ⑤ 工期・工費のことである。単に工費が最小のものを最適案とするのではなく、①～④の各条件に対する適合性を総合的に評価することが重要である。

本調査地における計画構造物(新ごみ処理施設)の規模は不明であるが、現況のごみ処理施設の規模を考慮すると、高層程度の構造規模が想定される。(一社)日本建築学会「建築基礎設計のための地盤調査計画指針」によれば、表 5.2.4 に示すように、地形と表層部の地質を関連させて基礎形式の一般的な組み合わせを示している。

調査地は低地に相当し、建築物は高層程度の規模が想定されるが、比較的浅層から支持層として評価できる Ag 層が分布しているため、直接基礎の適用性が高いと判断される。調査地では、上述の通り表層部に軟質な B 層が分布するため、直接基礎とする場合は置き換えや掘削除去等が考えられるが、詳細に検討を行うのが望ましい。

表 5.2.4 地形・地質と基礎形式の一般的な組み合わせの例

建築物の規模	地形・表層部の地質		
	山地	丘陵地・台地	低地・埋立地
	岩盤	～ 第三紀層	～ 洪積層
			～ 沖積層
低層	直接基礎		
中層			
高層	直接基礎	直接基礎(地盤改良など)	
超高層	パイルド・ラフト基礎	パイルド・ラフト基礎 杭基礎	

低層は1～2階、中層は3～5階、高層は6階以上、超高層は15階以上とする。  
(建設基礎設計のための地盤調査指針、日本建築学会、平成23年5月、p13より)

### 5.3 液状化の検討

液状化の検討は、(一社)日本建築学会「建築基礎構造設計指針(2019)」(以下、建築基礎構造設計指針)に従った手法で実施した。

#### 5.3.1 検討方法ならびに検討条件

##### (1) 液状化判定の対象とするべき土層

地震時における飽和砂質土地盤などの液状化は、基礎構造の設計において特に注意を要する問題の1つである。

液状化とは、「地震時による過剰間隙水圧の急激な上昇により飽和した砂質土がせん断強度を失い、土の構造に破壊を生じること」と定義されている。緩い砂質地盤では液状化が起こると、地盤は液体状になって、せん断抵抗がほとんどなくなる。

地盤の液状化は、基礎の破壊、ひいては建築物全体の崩壊を引き起こす可能性があり、液状化の発生の有無については十分な検討を行う必要がある。

建築基礎構造設計指針によれば、以下の条件に相当する場合については液状化の検討をする必要があるとしている。

(一社)日本建築学会「建築基礎構造設計指針(2019)」

- ① 一般に地表面から 20m 程度以浅の沖積層
- ② 細粒土含有率  $F_C$  が 35%以下の土
- ③ 造成地盤における細粒土含有率  $F_C$  が 35%以上であっても、粘土(粒径 0.005mm 以下の土粒子)含有率が 10%以下、または塑性指数  $IP$  が 15 以下の低塑性のシルト

本調査地の表層より G.L.-20m 以浅に分布する地層は、B 層・Ag 層である。

液状化判定には、液状化計算用 SaaS「液状化簡易判定サービス(基礎地盤コンサルタンツ(株))」を使用した。

表 5.3.1 に液状化判定に必要な土質試験結果を示す。なお、土質試験データの無い深度については、同一地層内で比較的性状に近い深度のデータを代入し、判定を行った。

表 5.3.1 液状化判定に用いる室内土質試験結果

調査地点	試料番号	採取深度 (G.L.-m)	地下水位 (G.L.-m)	地層区分	細粒分 含有率 <i>F<sub>c</sub></i> (%)	塑性指数 <i>IP</i>	50%粒径	判定対象
							<i>D<sub>50</sub></i> (%)	
BV-1	1-P3	3.15~3.43	2.50	Ag	6.6		10.6000	○
	1-P5	5.15~5.36		Ag	5.2		7.9000	○
	1-P8	8.15~8.39		Ag	12.4		6.3100	○
BV-2	2-P3	3.05~3.17	2.38	Ag	11.6		4.1300	○
	2-P6	6.05~6.27		Ag	8.8		5.3000	○
	2-P9	9.05~9.09		Ag	6.7		5.1700	○
BV-3	3-P4	4.15~4.31	3.18	Ag	6.0		5.1000	○
	3-P8	8.05~8.23		Ag	11.1		6.5600	○
	3-P11	11.05~11.20		Ag	2.2		7.8600	○
BV-4	4-P5	5.05~5.19	4.00	Ag	3.2		4.9000	○
	4-P8	8.05~8.12		Ag	15.3		3.9700	○
	4-P12	12.00~12.12		Ag	15.0		2.7200	○
BV-5	5-P5	5.15~5.38	4.09	Ag	6.4		11.4000	○
	5-P9	9.05~9.21		Ag	10.0		6.6900	○
	5-P11	11.15~11.40		Ag	17.6		0.4880	○

※灰色欄：試験未実施

※赤文字：液状化判定の対象に当てはまる

表 5.3.1 より、Ag 層について液状化の検討を行う必要があることが分かる。

ここで、調査地近傍における液状化履歴について、図 5.3.1 に液状化発生履歴図を、図 5.3.2 に北陸地方整備局による液状化危険度マップを示す。液状化の危険度としては「危険度 1」に区分されているものの、河川近傍において平成 16 年新潟県中越地震時に所々液状化現象が発生している。

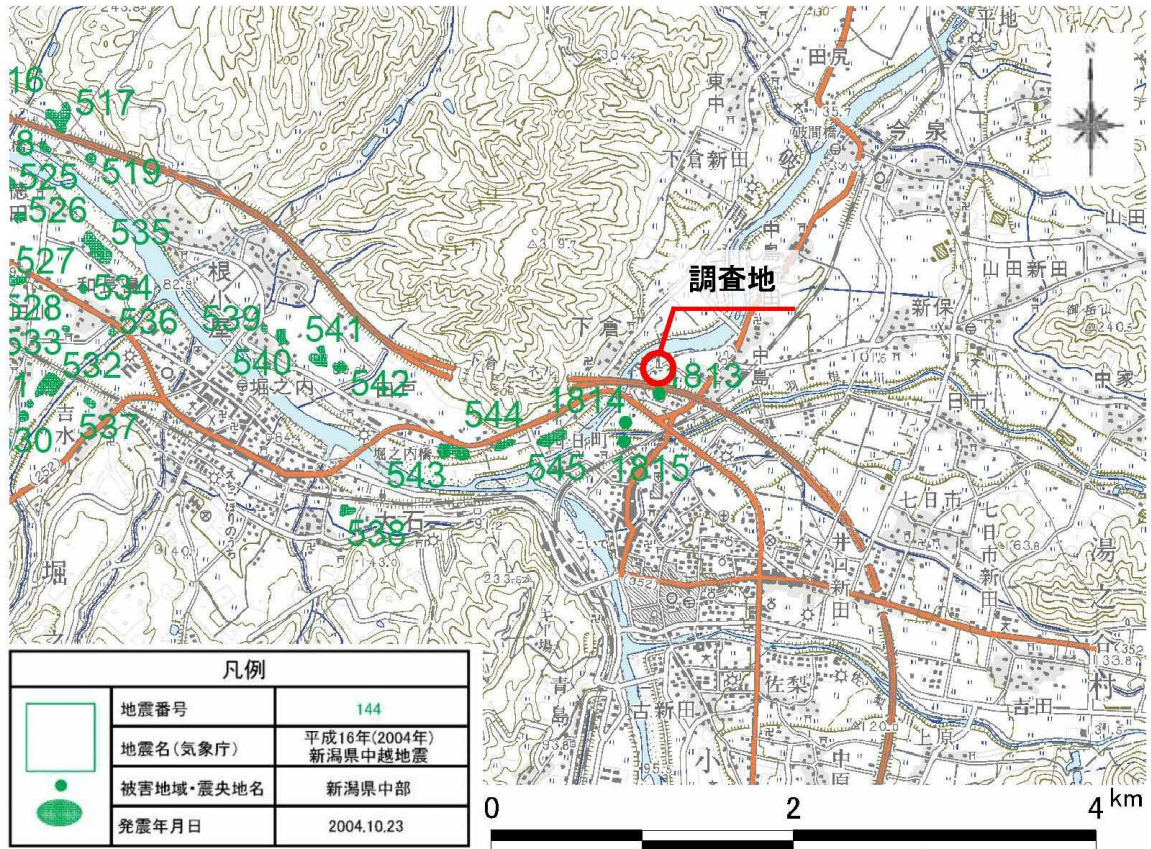


図 5.3.1 調査地付近の液状化履歴図

東京大学出版会「日本の液状化履歴マップ」より



図 5.3.2 調査地付近の液状化危険度

国土交通省北陸地方整備局「新潟県内の液状化しやすさマップ」より

## (2) 液状化の判定方法

ここでは、液状化の可能性の検討( $F_L$ 法)、液状化の程度の検討( $D_{cy}$ 法)、液状化による危険度の検討( $P_L$ 法)により検討を行う。なお、東京都では、各判定方法により液状化を判定するフローチャートを作成している(図 5.3.3 参照)。

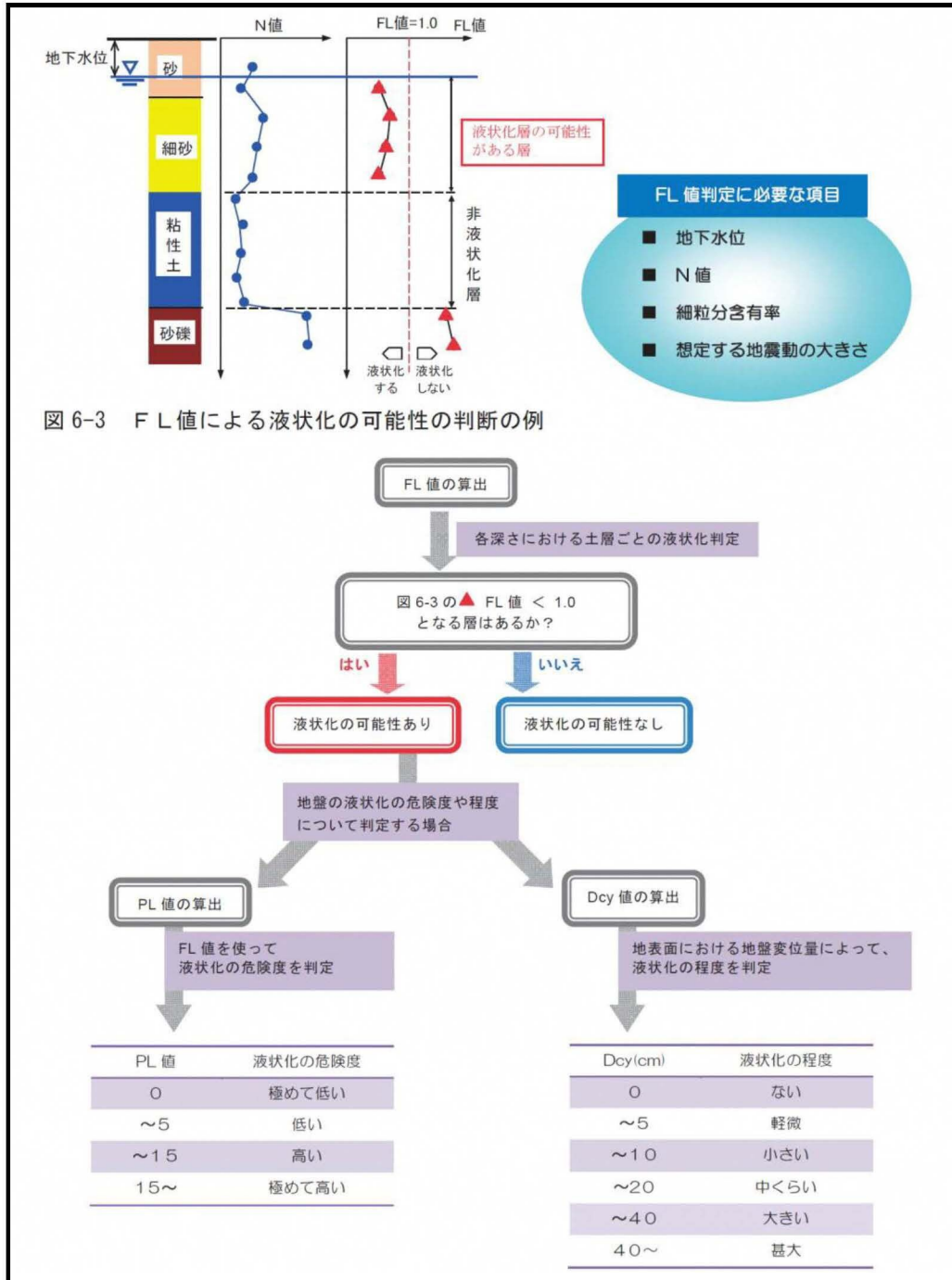


図 5.3.3 液状化を判定するフローチャート

東京都都市整備局「液状化による建物被害に備えるための手引」平成 28 年 3 月, p37

#### a) 液状化の可能性の検討( $F_L$ 法)

液状化判定は、液状化が発生する可能性を示す指標として指針に示されている「 $F_L$ 値」を用いて判断するのが一般的である。 $F_L$ 値は、対象地盤の各深さにおける土層ごとに算出する。 $F_L$ 値が 1.0 以下で「液状化の可能性あり」、 $F_L$ 値が 1.0 を超えると「液状化の可能性なし」と、それぞれ判断する(図 5.3.3 参照)。

$F_L$ 値は、ボーリング調査や(スクリーウエイト貫入試験等の)静的貫入試験などで採取した土の成分や地下水位の高さなどから算出する。土層ごとの「 $N$ 値」や「細粒分含有率  $F_c$ 」を用いて対象層の液状化強度を算出し、この液状化強度と、想定される地震動によって地盤に発生する力の比率を、液状化発生に対する安全率  $F_L$ 値としている。

通常は、震度 5 強程度の地震動を想定し検討するが、より大きい震度 6 強以上の地震動により検討することもある。

#### b) 液状化の程度の検討( $D_{cy}$ 法)

「 $D_{cy}$ 法」は、地震時の地表面における変位から、地盤の沈下量や液状化の程度を評価する方法である。

$F_L$ 値が 1.0 以下の層(液状化対象層)について、各層ごとの変位を推定し、これらを足し合わせることで地震時の地表面における地盤変位量( $D_{cy}$ )を算出する。 $D_{cy}$ 値によって液状化の程度が軽微か大きいかを評価する。

#### c) 液状化による危険度の検討( $P_L$ 法)

「 $P_L$ 値」は、各深さにおける土層ごとに算出される  $F_L$ 値をもとに、深さ方向に重みをつけて足し合わせて液状化の危険度を示したものである。

#### d) 液状化の判定方法

液状化の判定を「(一社)日本建築学会：建築基礎構造設計指針(2019)」に準じて行う。以下、計算方法を基準書から抜粋する。

##### 1. 液状化判定

###### (1) 対象とすべき土層

液状化の判定を行う必要がある飽和土層は、原則的に地表面から20m程度以浅の土層で、考慮すべき土の種類は、細粒分含有率が35%以下の土とする。ただし、埋立地盤等の造成地盤で地表面から20m程度以深まで連続している場合には、造成地盤の下端まで以下の(2)の手順などにより液状化判定を行う必要がある。また、埋立地盤等の造成地盤では、細粒分含有率が35%以上の低塑性シルト、液性限界に近い含水比を持ったシルトなどが液状化した事例も報告されているので、粘土分(0.005mm以下の粒径を持つ土粒子)含有率が10%以下、または塑性指数が15以下の埋立地盤あるいは盛土地盤については液状化の検討を行う。ただし、20m以深に関しては、(2)の液状化危険度予測の精度が悪くなるので、地盤応答解析<sup>323)</sup>を用いることが推奨される。また、細粒分を含む礫や透水性の低い土層に囲まれた礫、洪積層でもN値が小さな土層では液状化の可能性が否定できないので、そのような場合にも液状化の検討を行う。

###### (2) 液状化危険度予測

液状化判定は図3.2.1、図3.2.2を用い、以下の手順<sup>324)</sup>により行ってよい。図3.2.1は、液状化の実被害と室内試験による液状化抵抗比の関係から限界値を示すものであり、図3.2.2は、細粒分含有率が増えると液状化抵抗比が増加する影響をN値増分の形式で評価するものである。

① 検討地点の地盤内の各深さに発生する等価な繰返しせん断応力比を次式から求める。

$$\frac{\tau_d}{\sigma_z'} = r_n \frac{\alpha_{\max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma_z'} r_d \quad (3.2.1)$$

$$r_n = 0.1(M-1) \quad (3.2.2)$$

$$r_d = 1 - 0.015z \quad (3.2.3)$$

ここに、 $\tau_d$  (kN/m<sup>2</sup>): 水平面に生じる等価な一定繰返しせん断応力振幅、 $\sigma_z'$  (kN/m<sup>2</sup>): 検討深さにおける有効土被り圧(鉛直有効応力)、 $r_n$ : 等価な繰返し回数に関する補正係数、 $M$ : 地震のマグニチュードで通常は7.5、 $\alpha_{\max}$  (m/s<sup>2</sup>): 地表面における設計用水平加速度、 $g$  (m/s<sup>2</sup>): 重力加速度(9.8 m/s<sup>2</sup>)、 $\sigma_z$  (kN/m<sup>2</sup>): 検討深さにおける全土被り圧(鉛直全応力)、 $r_d$ : 地盤が剛体でないことによる低減係数、 $z$  (m): 地表面からの検討深さ

② 対応する深度の補正  $N$  値  $N_a$  を、次式から求める。

$$N_a = N_1 + \Delta N_f \quad (3.2.4)$$

$$N_1 = C_N N \quad (3.2.5)$$

$$C_N = \sqrt{\frac{100}{\sigma_z'}} \quad (3.2.6)$$

ここに、 $N_1$ ：換算  $N$  値、 $C_N$ ：拘束圧に関する換算係数、 $\Delta N_f$ ：細粒分含有率  $F_c$  に応じた補正  $N$  値増分で図 3.2.2 による、 $N$ ：自動落下法による実測  $N$  値

③ 図 3.2.1 中のせん断ひずみ 5% の曲線を用いて、補正  $N$  値  $N_a$  に対応する飽和土層の液状化抵抗比  $R$  を次式から求める。

$$R = \frac{\tau_L}{\sigma_z'} \quad (3.2.7)$$

ここに、 $\tau_L$  ( $\text{kN/m}^2$ )：水平面における液状化抵抗

④ 各深さにおける液状化発生に対する安全率  $F_L$  を次式により算定する。

$$F_L = \frac{\tau_L / \sigma_z'}{\tau_d / \sigma_z'} \quad (3.2.8)$$

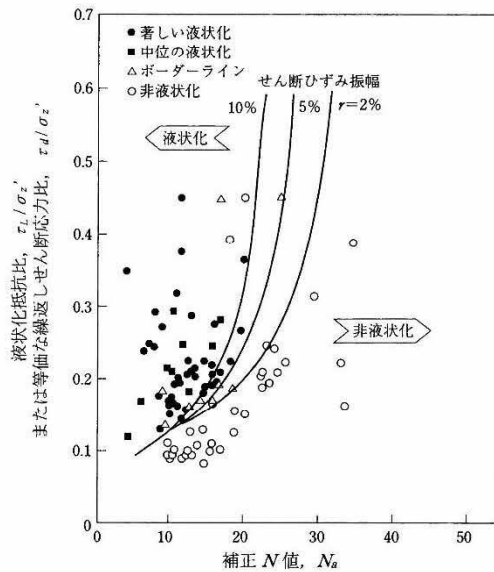


図 3.2.1 補正  $N$  値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係<sup>324)</sup>

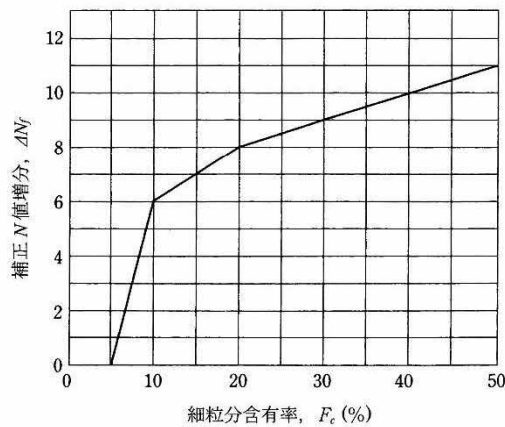


図 3.2.2 細粒分含有率と  $N$  値の補正係数<sup>325)</sup>

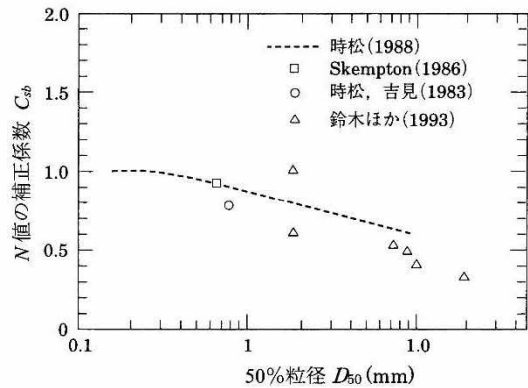


図 3.2.3 砂礫地盤の  $N$  値補正係数<sup>329)</sup>

式 3.2.8 から求めた  $F_L$  値が 1 より大きくなる土層については液状化発生の可能性はないものと判定し、逆に 1 以下となる場合はその可能性があり、値が小さくなるほど液状化発生危険度が高く、また、 $F_L$  値が 1 以下となる土層が厚くなるほど危険度が高くなるものと判断する。

上記手順中、繰返しせん断応力比  $\tau_d/\sigma'_z$  の算定における地表面水平加速度値は、本来、地盤応答の結果であり、地盤特性の影響を強く受ける。しかし、以下では、レベル 1 荷重検討用として  $1.5\sim 2.0\text{ m/s}^2$ 、レベル 2 荷重検討用として  $3.5\text{ m/s}^2$  程度を推奨する。 $3.5\text{ m/s}^2$  は、1995 年兵庫県南部地震などの際、液状化した地盤上で観測された最大値にほぼ対応している。より適切にせん断応力を求めたい場合、工学的基盤に対する入力地震動を最大速度やスペクトルで定義し、①応答解析を行ってせん断応力の深度分布を求める、②地表面加速度を推定した後、上記①の方法によりせん断応力比を求めるなどの方法をとることができる。なお、式 3.2.3 の  $r_d$  の精度は、深度が深くなるほど悪くなるため、特に深度 20 m 以深の検討が予想される場合も、応答解析を用いることが推奨される。これらの解析は等価線形解析でも良いものと考えられる。この場合、解析により求められた最大せん断応力比に式 3.2.2 の  $r_n$  を乗じて  $\tau_d/\sigma'_z$  とし、以下本節の手順に従うことができる。また、等価な繰返し回数に関する補正係数  $r_n$  は、長時間の揺れが続いた東日本大震災でも有効であることが確認されている<sup>326)</sup>。

洪積層は沖積層に比べて地質年代の幅が広く、堆積期間が様々である。年代の古い沖積層<sup>327)</sup>や洪積層<sup>328)</sup>が液状化した事例も報告されていることから、洪積層というだけで液状化のおそれがないとするのではなく、地質年代や当該地の過去の液状化履歴などを含めて総合的に判断することが妥当である。洪積層では沖積層に比べて、 $N$  値が小さくても応力履歴等の影響で S 波速度や粘着力が大きくなること、更に正のダイレイタンスの影響でコーン貫入試験時の間隙水圧が負になることなどが知られている。このような特性を評価可能な地盤調査法や推定法、ならびにサンプリング試料による液状化試験を実施して直接液状化強度を確認するなど、総合的に検討することが望まれる。

$N$  値が大きくなりやすい礫質土に対しては、その 50% 粒径  $D_{50}$  により図 3.2.3 のような  $N$  値補正係数  $C_{sb}$  を  $N$  値に乗じて  $N$  値を低減することができる<sup>329)</sup>。しかし、その信頼性に鑑み、大型貫入試験による推定法<sup>3210)</sup>、S 波速度を用いた推定法<sup>3211).3212)</sup>などにより総合的に検討することが望まれる。また、細粒分含有率が比較的高く、 $N$  値の信頼性が低いと考えられる土に対しては  $N$  値を用いた推定法に頼らず、例えばコーン貫入試験を用いた推定法<sup>3213)</sup>または不攪乱試料に対する室内試験法<sup>3214)</sup>を用いて液状化抵抗を求めることが望ましい。

図 3.2.4 はコーン貫入抵抗と液状化強度の関係を示したものである。拘束圧と粒度の影響を補正した補正コーン貫入抵抗  $q_{ta}$  (kN/m<sup>2</sup>) を次式で求めることで、図 3.2.4 より液状化抵抗比  $\tau_L/\sigma_z'$  を推定し、式 3.2.8 から液状化に対する安全率  $F_L$  が推定できる。

$$q_{ta} = C_N q_t F(I_c) \quad (3.2.9)$$

$$I_c = \sqrt{(3.47 - \log Q_t)^2 + (\log F_R + 1.22)^2} \quad (3.2.10)$$

$$Q_t = \frac{q_t - \sigma_z}{\sigma_z'} \quad (3.2.11)$$

$$F_R = 100 \frac{f_s}{q_t - \sigma_z} \quad (3.2.12)$$

ここに、 $C_N$ ：式 3.2.6 と同じ値で拘束圧に関する換算係数、 $q_t$  (kN/m<sup>2</sup>)：原位置で測定されたコーン貫入抵抗、 $F(I_c)$ ：図 3.2.5 から求められる粒度（土の挙動特性）に関する補正係数、 $I_c$ ：土の挙動特性指標、 $Q_t$ ：基準化先端抵抗、 $F_R$  (%)：基準化摩擦比、 $f_s$  (kN/m<sup>2</sup>)：周面摩擦抵抗

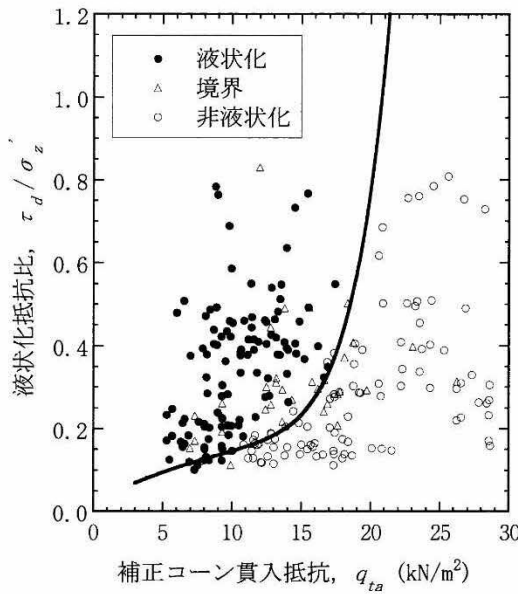


図 3.2.4 コーン貫入抵抗と液状化強度の関係<sup>3.2.13)</sup>

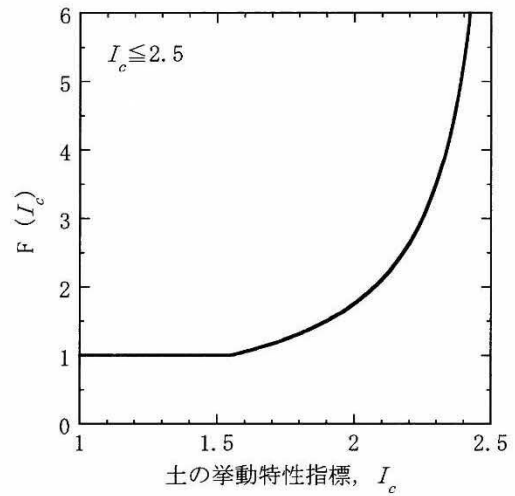


図 3.2.5 細粒分含有率とコーン貫入抵抗の補正係数<sup>3.2.13)</sup>

## 2. 液状化に伴う地盤物性と地盤変形量の予測

液状化発生の可能性が高いと判断された地盤においては、対象とする建物の基礎設計に必要な情報を、下記の方法により評価するものとする。

### (1) 液状化の程度と液状化・側方流動に伴う地盤変位の予測

#### a) 水平成層地盤における地盤変位の予測

水平成層地盤における動的水平変位、残留水平変位、沈下量などの液状化の程度の子測は、地盤応答解析<sup>3.2.3)</sup>によるほか、液状化判定の後、以下の手順によることができる。

- ① 図 3.2.6 から  $i$  層の  $N_{ai}$ ,  $(\tau_d/\sigma'_z)_i$  に対応する繰返しせん断ひずみ  $\gamma_{cvi}$  (%) を推定する。
- ② 各層のせん断ひずみが同一方向に発生すると仮定し、次式により下層から鉛直方向に積分して振動中の地表最大水平変位  $D_{cy}$  (m) を算定する。

$$D_{cy} = \sum \left( \frac{\gamma_{cvi} H_i}{100} \right) \quad (3.2.13)$$

ここに、 $\gamma_{cvi}$  (%) :  $i$  層の繰返しせん断ひずみ、 $H_i$  (m) :  $i$  層の層厚

- ③ 地表最大水平変位  $D_{cy}$  を液状化程度の指標とする。液状化の程度は、 $D_{cy}$  の値により表 3.2.1 のように評価する。

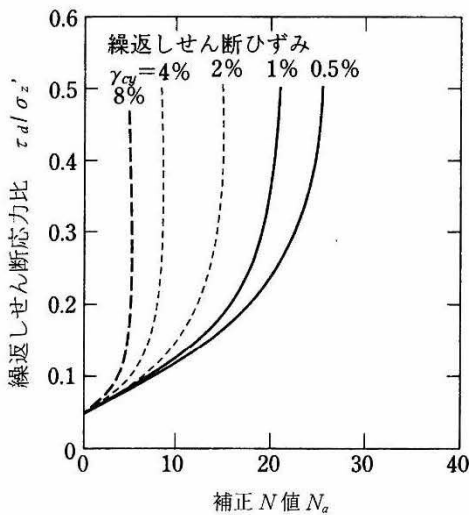


図 3.2.6 補正  $N$  値と繰返しせん断ひずみの関係<sup>3.2.9)</sup>に加筆

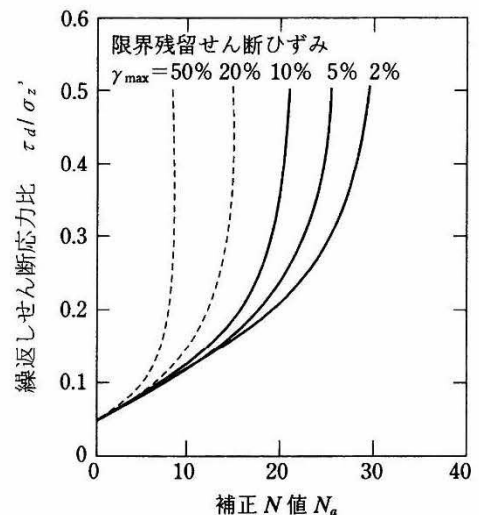


図 3.2.7 補正  $N$  値と限界残留せん断ひずみの関係<sup>3.2.9)</sup>

表 3.2.1  $D_{cy}$  と液状化の程度の関係

$D_{cy}$ (m)	液状化の程度
0	なし
~0.05	軽微
0.05~0.10	小
0.10~0.20	中
0.20~0.40	大
0.40~	甚大

また、建築基礎構造物設計指針とは別に、岩崎・龍岡らが提案する液状化指数  $P_L$  も合わせて検討を行う。これは、建築指針に示された手順に従って、各深度での  $F_L$  値を算出し、その値を深さ方向に重みをつけて足し合わせ、地点での液状化危険度を表す  $P_L$  値を算出し、この  $P_L$  値によって液状化危険度判定(表 5.3.2 参照)を行うものである。

・液状化指数  $P_L$  算出式

$$P_L = \int_0^{20} (1 - FL) \times w(z) dz, w(z) = 10 - 0.5z$$

$F_L$ : 液状化に対する抵抗率  $z$ ; 地表面からの深さ(m)

表 5.3.2 液状化指数 ( $P_L$ ) の評価基準

建設省土木研究所 土木研究所資料第 1729 号

地震時における砂質地盤の液状化判定法と耐震設計への適用に関する研究 昭和 56 年 9 月

$P_L$ 値	液状化の判定
$P_L=0$	液状化の危険性はかなり低い。 液状化に関する詳細な調査は一般に不要。
$0 < P_L \leq 5$	液状化の危険性は低い。 特に重要な構造物の設計に際しては、より詳細な調査が必要。
$5 < P_L \leq 15$	液状化の危険性が高い。 重要な構造物に対して、より詳細な調査が必要。液状化対策が一般に必要。
$15 < P_L$	液状化の危険性が極めて高い。 液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避。

#### e) 液状化の判定条件

以下に、液状化の判定を行う際の諸条件を示す。

##### ○モデル地盤

- ・ボーリング地点：BV-1、BV-2、BV-3、BV-4、BV-5

##### ○判定対象深度

- ・G.L.-20m 以浅で液状化の可能性が懸念される箇所

※ただし地下水位以深の地層

##### ○地表面水平加速度値

- ・レベル 1 荷重検討用(損傷限界検討用)：150～200cm/s<sup>2</sup>
- ・レベル 2 荷重検討用(終局限界検討用)：350cm/s<sup>2</sup>

##### ○マグニチュード

- ・地震規模 M=7.5

##### ○単位体積重量 $\gamma_t$

- ・前述 5.1 節の表 5.1.4 より

##### ○繰返し液状化抵抗比 R

- ・各地点の N 値や細粒分含有率  $F_c$ (試験値)を用いて求める

### 5.3.2 液状化検討結果

Ag層を対象に上記項目の条件下で行った液状化判定結果を、図 5.3.4 に示す。

#### ① $F_L$ 法(液状化の有無)

$F_L$  値 $>1.0$  で「液状化の可能性なし」、 $F_L$  値 $\leq 1.0$  で「液状化の可能性あり」と判断する。

調査地は各地点とも、150・200・350gal いずれの水平加速度に対しても  $F_L$  値 1 以上を示し、液状化の可能性は低いと評価できる。

#### ② $D_{cy}$ 法(液状化の程度)

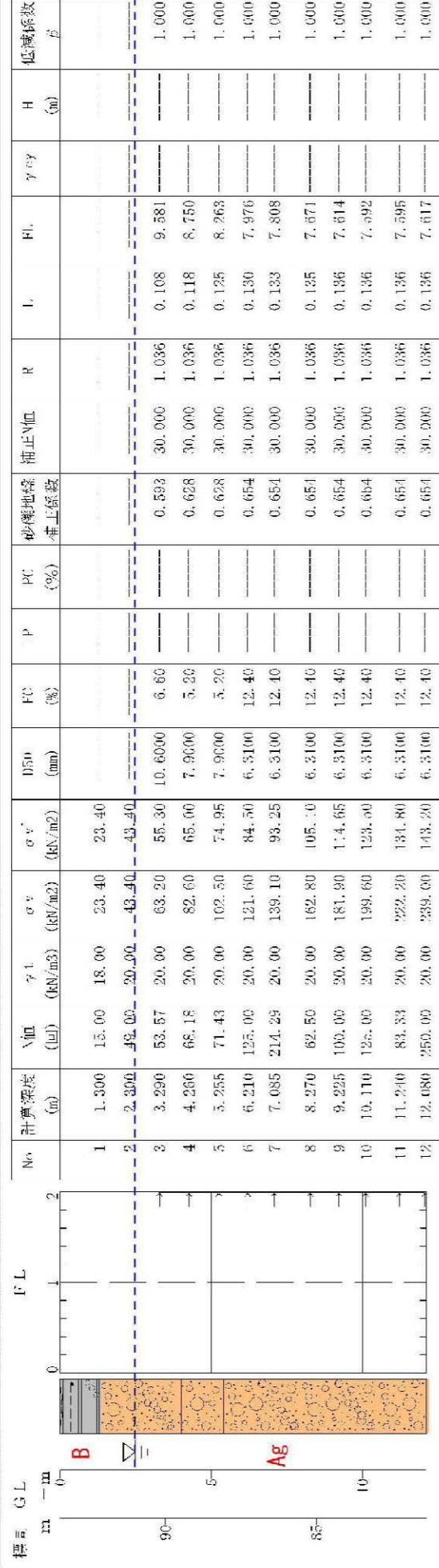
$D_{cy}$  法は、 $F_L$  値が 1.0 以下の層(液状化対象層)について、各層ごとの変位を推定し、これらを足し合わせることで地震時の地表面における地盤変位量( $D_{cy}$ )を算出する方法である。これにより、液状化の程度が軽微か大きいかを評価する。

調査地は各地点とも、150・200・350gal いずれの水平加速度に対しても  $F_L$  値 1 以上を示すため、 $D_{cy}$  値も 0 となり、液状化の程度はなしと評価できる。

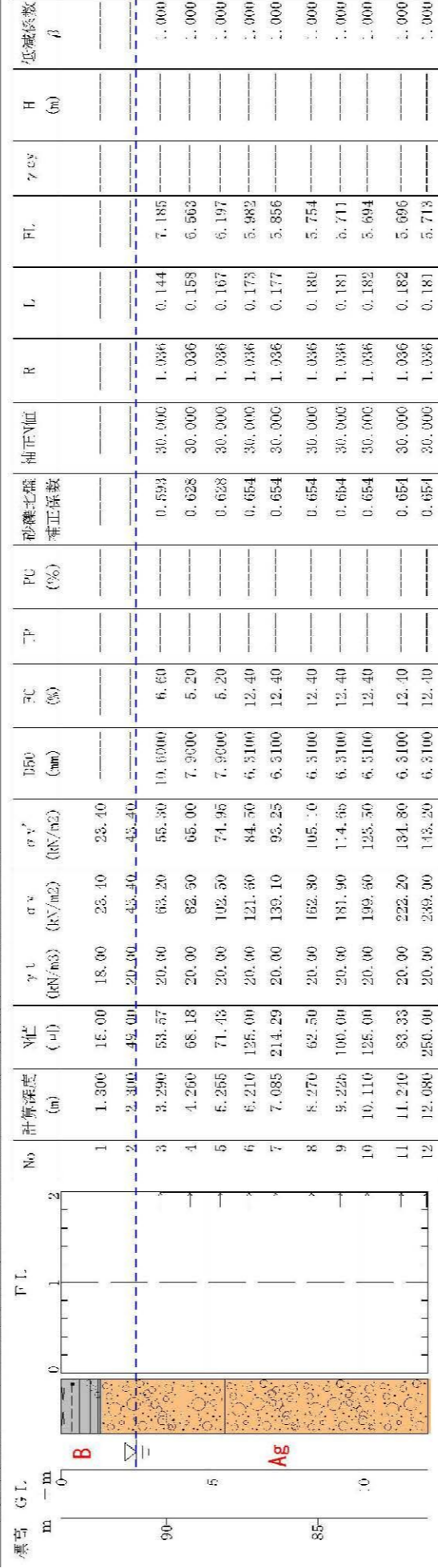
#### ③ $P_L$ 法(液状化による危険度)

調査地は各地点とも、150・200・350gal いずれの水平加速度に対しても  $P_L$  値 0 を示し、液状化の危険性はかなり低いと評価できる。

適用式	建築基礎構造設計指針式(2019)
調査件名	魚沼市新ごみ処理施設建設予定地地質調査業務委託
調査住所	新潟県魚沼市川口町内
調査位置	北緯:37°14'39.48秒 東経:138°57'35.25秒
ボーリング名	BV-1
孔口標高	+93.48(m)
孔下水位	GI-2.50(m)
液状化指数PI(加減度)	0.000(1.500m/s2)
低減係数	0.015
マグニチュード	7.500
計算対象範囲	地下水位以降で、FC≦35% FC>35%かつ(粘土含有率≦10%またはIP≦15)



適用式	建築基礎構造設計指針式(2019)
調査件名	魚沼市新ごみ処理施設建設予定地地質調査業務委託
調査住所	新潟県魚沼市川口町内
調査位置	北緯:37°14'39.48秒 東経:138°57'35.25秒
ボーリング名	BV-1
孔口標高	+93.48(m)
孔下水位	GI-2.50(m)
液状化指数PI(加減度)	0.000(2.000m/s2)
低減係数	0.015
マグニチュード	7.500
計算対象範囲	地下水位以降で、FC≦35% FC>35%かつ(粘土含有率≦10%またはIP≦15)



適用式	建築基礎構造設計指針式(2019)
調査件名	魚沼市新ごみ処理施設建設予定地地質調査業務委託
調査住所	新潟県魚沼市川口町内
調査位置	北緯:37°14'39.48秒 東経:138°57'35.25秒
ボーリング名	BV-1
孔口標高	+93.48(m)
孔下水位	GI-2.50(m)
液状化指数PI(加減度)	0.000(3.500m/s2)
低減係数	0.015
マグニチュード	7.500
計算対象範囲	地下水位以降で、FC≦35% FC>35%かつ(粘土含有率≦10%またはIP≦15)

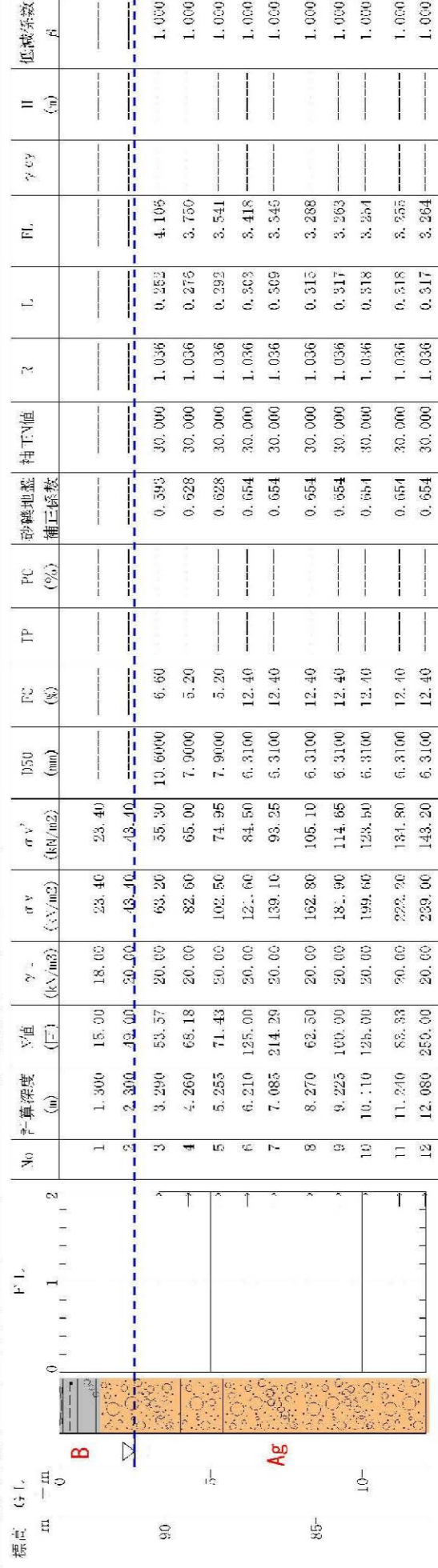


図 5.3.4(1) 液状化判定結果 (BV-1)

適用式	建築基礎構造設計指針式(2019)
調査件名	横浜市新ふみ処理施設建設予定地地質調査業務委託
調査住所	新鶴見角田市牛島地内
調査位置	北緯:37度14分38.38秒 東経:138度57分36.46秒
ボーリング名	BV-2
ボーリング高	+94.72(m)
地下水位	CL-2.38(m)
液化化指数PL(加減度)	0.000(C:500mm/s <sup>2</sup> )
低減係数	0.015
マグニチュード	7.500
計算対象範囲	地下水位以下深で、FC≦35%、FC>35%かつ(粘土含有率≦10%またはIP≦15)

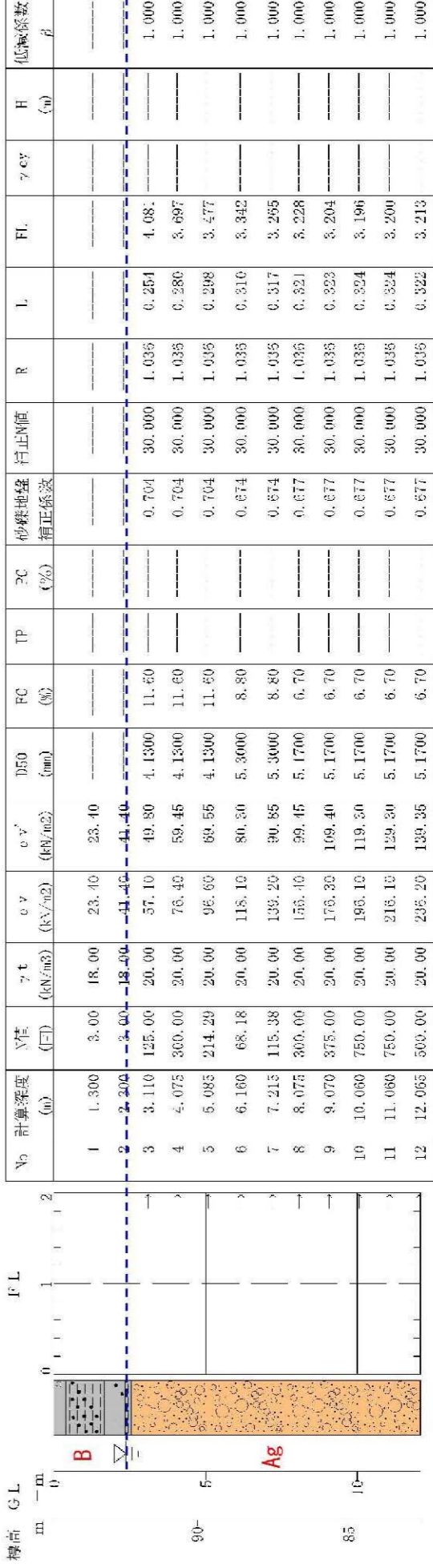
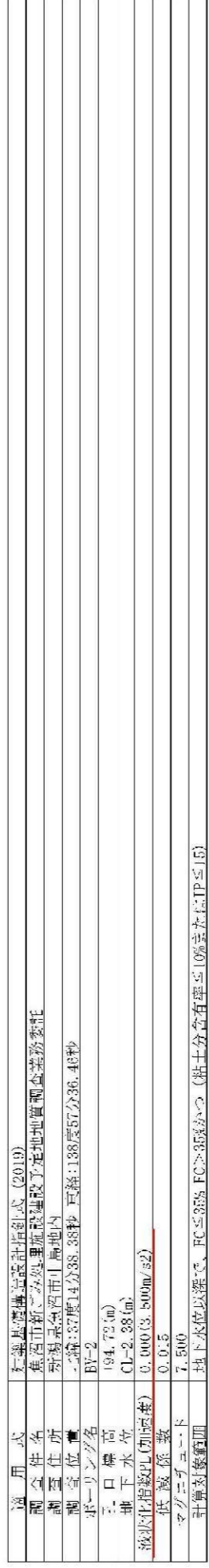
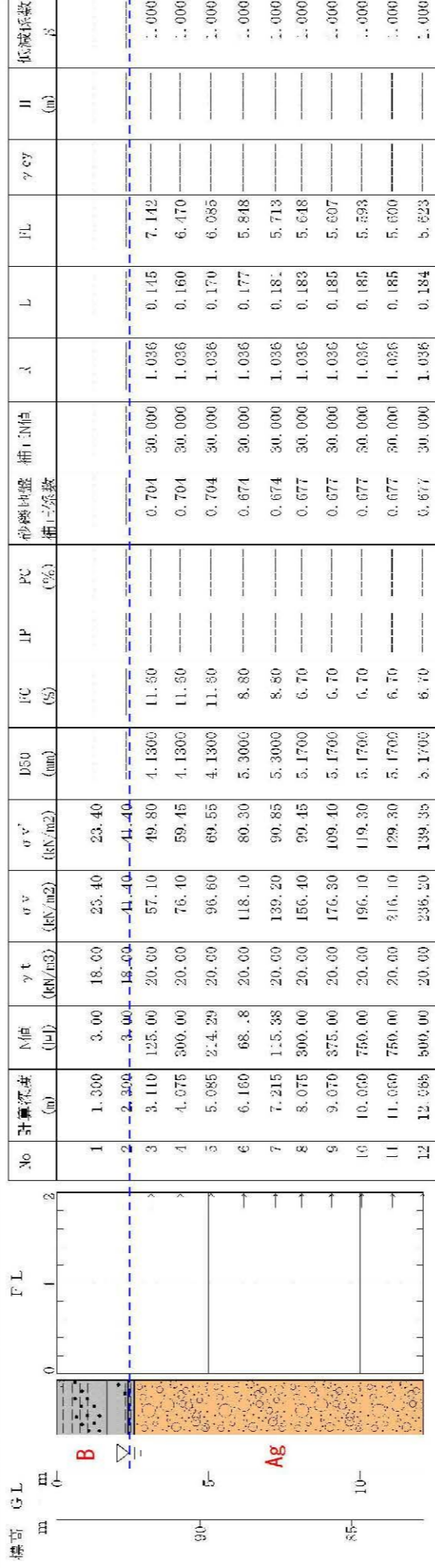
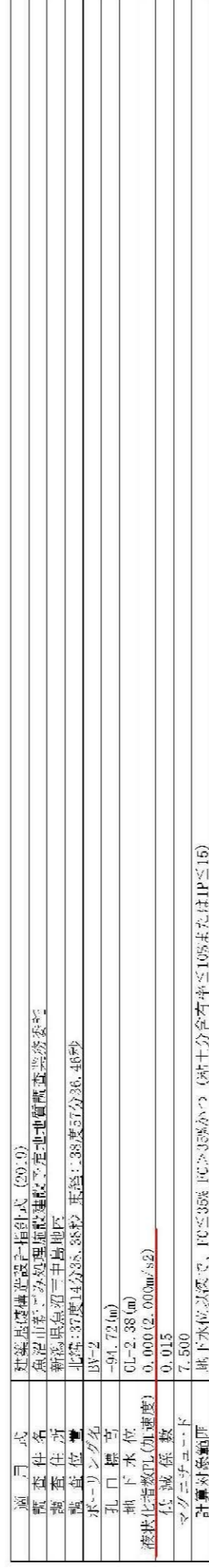
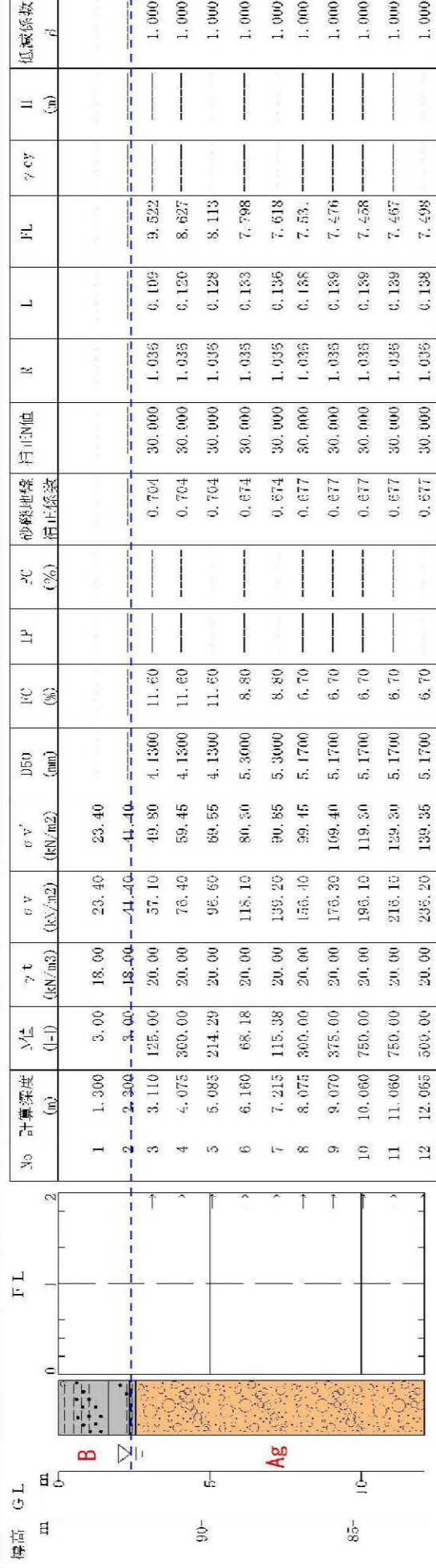
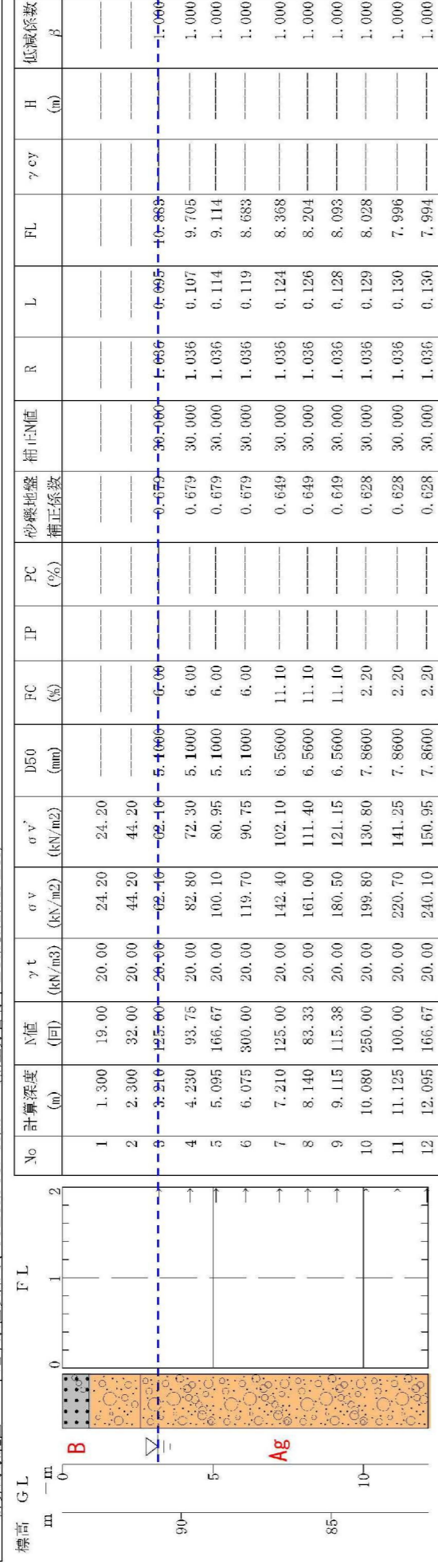
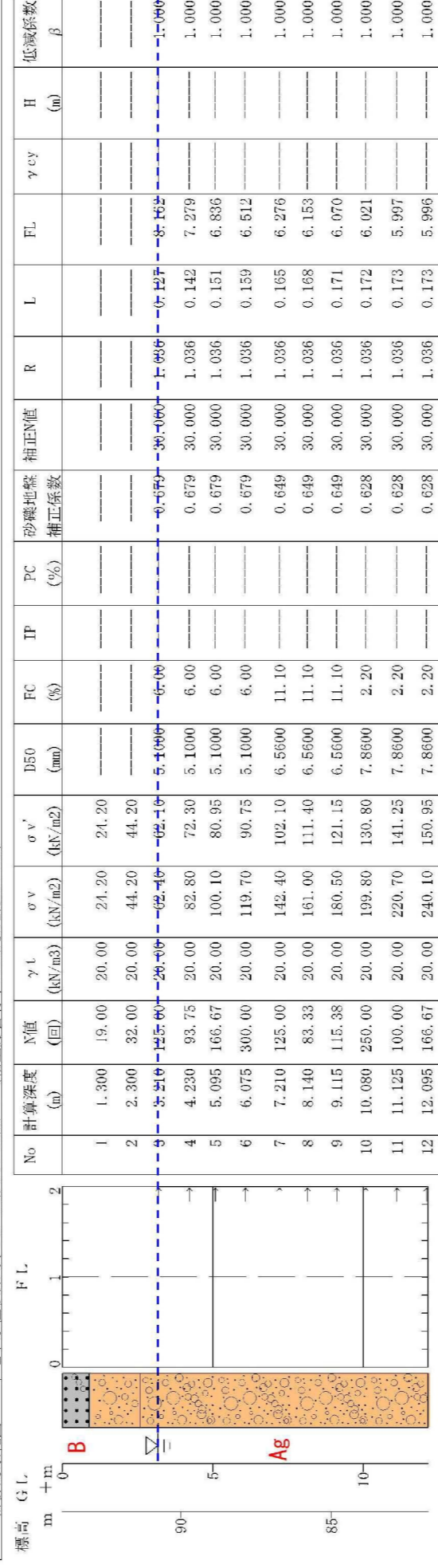


図 5.3.4(2) 液化化判定結果 (BV-2)

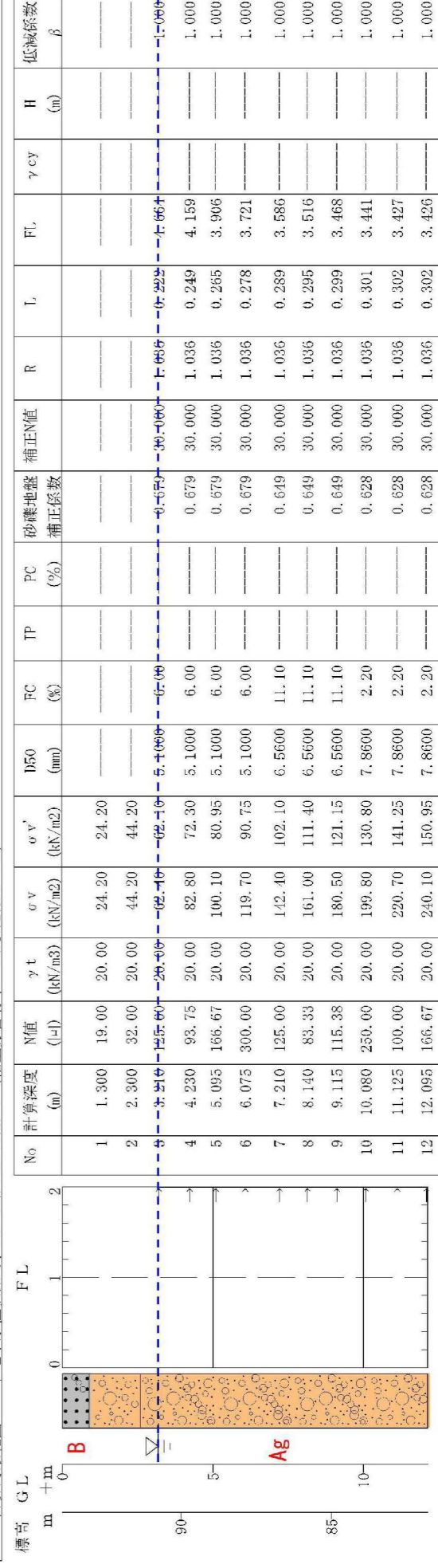
適用式	建築基礎構造設計指針式(2019)
調査件名	魚沼市新ごみ処理施設建設予定地地質調査業務委託
調査住所	新潟県魚沼市巾島地内
調査位置	北緯:37度14分39.94秒 東経:138度57分36.82秒
ボーリング名	BV-3
孔口標高	+93.94(m)
地下水位	GL-3.18(m)
液状化指数PL(加速度)	0.000(1.500m/s <sup>2</sup> )
低減係数	0.015
マグニチュード	7.500
計算対象範囲	地下水位以深で、FC≦35% FC>35%かつ(粘土含有率≦10%またはIP≦15)



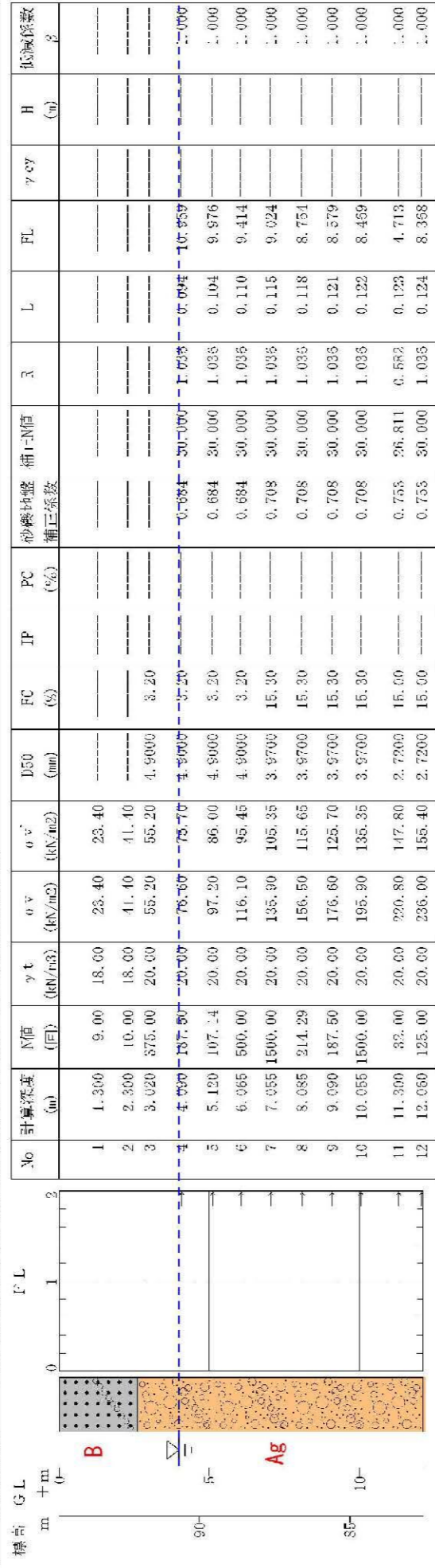
適用式	建築基礎構造設計指針式(2019)
調査件名	魚沼市新ごみ処理施設建設予定地地質調査業務委託
調査住所	新潟県魚沼市巾島地内
調査位置	北緯:37度14分39.94秒 東経:138度57分36.82秒
ボーリング名	BV-3
孔口標高	+93.94(m)
地下水位	GL-3.18(m)
液状化指数PL(加速度)	0.000(2.000m/s <sup>2</sup> )
低減係数	0.015
マグニチュード	7.500
計算対象範囲	地下水位以深で、FC≦35% FC>35%かつ(粘土含有率≦10%またはIP≦15)



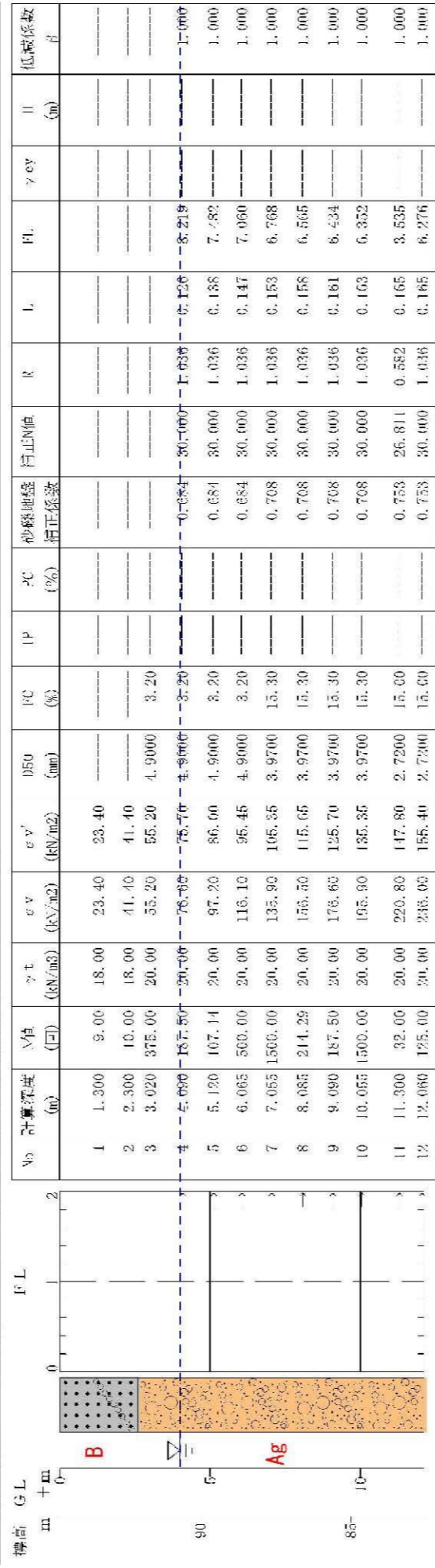
適用式	建築基礎構造設計指針式(2019)
調査件名	魚沼市新ごみ処理施設建設予定地地質調査業務委託
調査住所	新潟県魚沼市巾島地内
調査位置	北緯:37度14分39.94秒 東経:138度57分36.82秒
ボーリング名	BV-3
孔口標高	+93.94(m)
地下水位	GL-3.18(m)
液状化指数PL(加速度)	0.000(3.500m/s <sup>2</sup> )
低減係数	0.015
マグニチュード	7.500
計算対象範囲	地下水位以深で、FC≦35% FC>35%かつ(粘土含有率≦10%またはIP≦15)



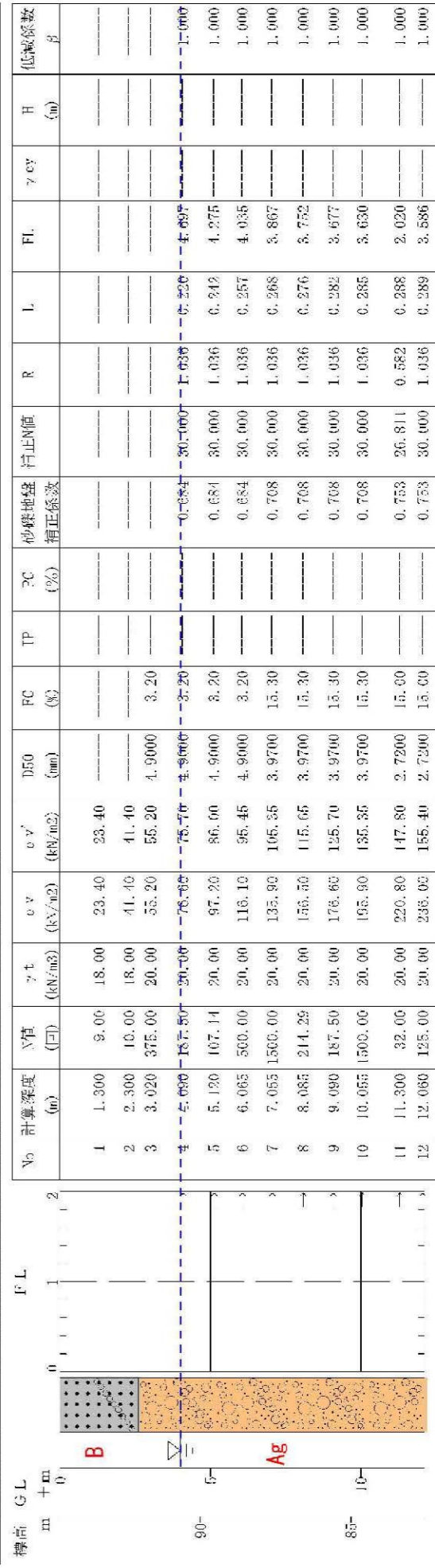
適用式	建築基礎構造設計指針式 (2019)
調査件名	名古屋市新緑区知里建設地区地質調査業務委託
調査住所	新緑区知里三井地内
調査位置	北緯:37度14分41.26秒 東経:138度57分37.95秒
ボアリング名	BV-4
孔口標高	-94.67(m)
地下水位	CL-4.00(m)
液状化指数PI(加速度)	0.00(1.500m/s <sup>2</sup> )
液状化係数	0.015
マグニチュード	7.500
計算対象範囲	地下水位以下で、FC≦85% FC>85%かつ(粘土含有率≦10%またはIP≦15)



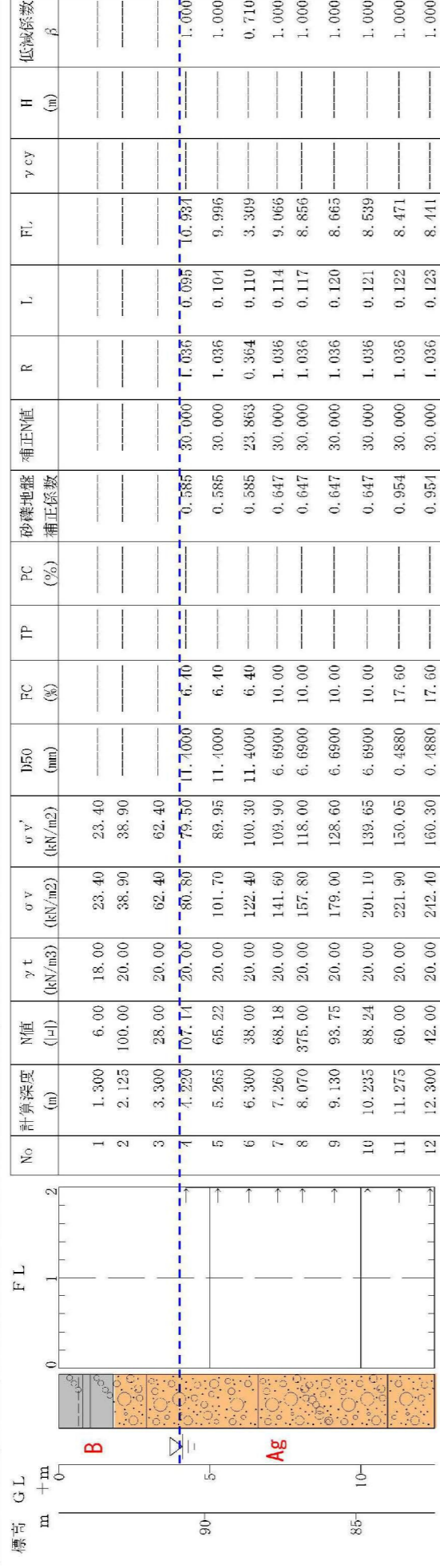
適用式	建築基礎構造設計指針式 (2019)
調査件名	名古屋市新緑区知里建設地区地質調査業務委託
調査住所	新緑区知里三井地内
調査位置	北緯:37度14分41.26秒 東経:138度57分37.95秒
ボアリング名	BV-4
孔口標高	-94.67(m)
地下水位	CL-4.00(m)
液状化指数PI(加速度)	0.00(2.000m/s <sup>2</sup> )
液状化係数	0.015
マグニチュード	7.500
計算対象範囲	地下水位以下で、FC≦85% FC>85%かつ(粘土含有率≦10%またはIP≦15)



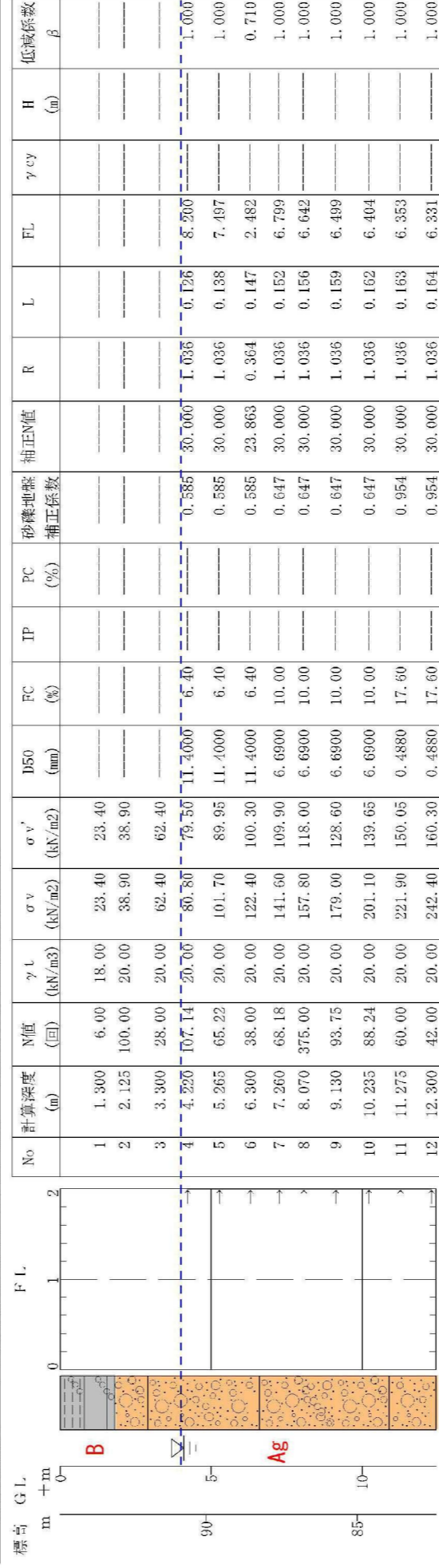
適用式	建築基礎構造設計指針式 (2019)
調査件名	名古屋市新緑区知里建設地区地質調査業務委託
調査住所	新緑区知里三井地内
調査位置	北緯:37度14分41.26秒 東経:138度57分37.95秒
ボアリング名	BV-4
孔口標高	-94.67(m)
地下水位	CL-4.00(m)
液状化指数PI(加速度)	0.00(3.000m/s <sup>2</sup> )
液状化係数	0.015
マグニチュード	7.500
計算対象範囲	地下水位以下で、FC≦85% FC>85%かつ(粘土含有率≦10%またはIP≦15)



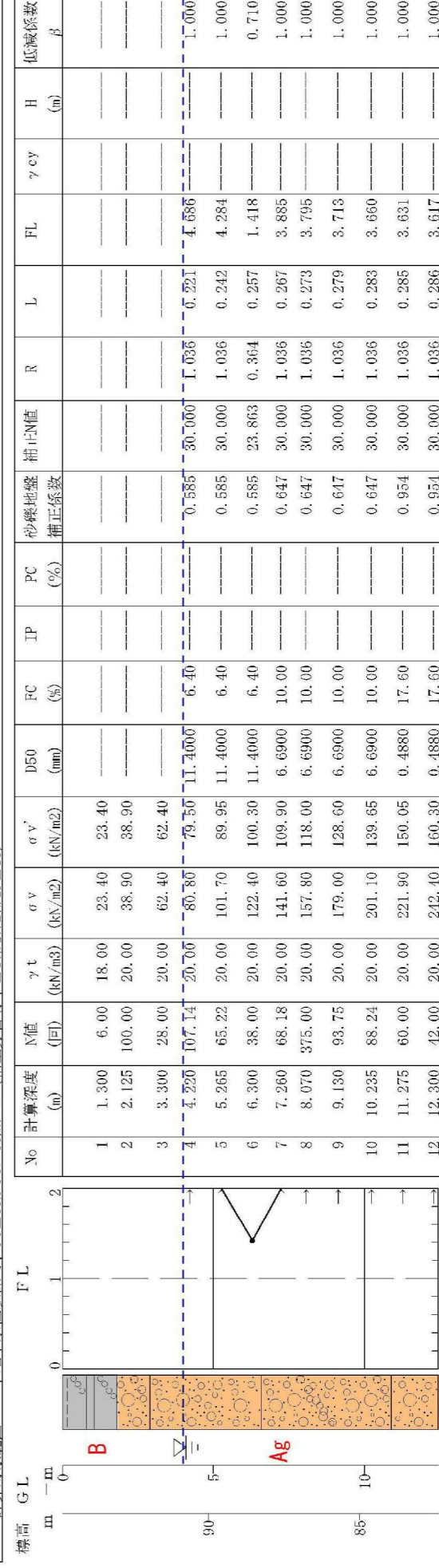
適用式	建築基礎構造設計指針式 (2019)
調査件名	角沼市新ごみ処理施設建設予定地地質調査業務委託
調査住所	新潟県魚沼市中島地区
調査位置	北緯:37度14分39.27秒 東経:138度57分38.58秒
ボーリング名	BV-5
孔口標高	+94.84(m)
地下水位	GL-4.09(m)
液状化指数PI(加速度)	0.000(1.500m/s <sup>2</sup> )
低減係数	0.015
マグニチュード	7.500
計算対象範囲	地下水位以降で、FC≦35% FC>35%かつ(粘土含有率≦10%またはIP≦15)



適用式	建築基礎構造設計指針式 (2019)
調査件名	角沼市新ごみ処理施設建設予定地地質調査業務委託
調査住所	新潟県魚沼市中島地区
調査位置	北緯:37度14分39.27秒 東経:138度57分38.58秒
ボーリング名	BV-5
孔口標高	+94.84(m)
地下水位	GL-4.09(m)
液状化指数PI(加速度)	0.000(2.000m/s <sup>2</sup> )
低減係数	0.015
マグニチュード	7.500
計算対象範囲	地下水位以降で、FC≦35% FC>35%かつ(粘土含有率≦10%またはIP≦15)



適用式	建築基礎構造設計指針式 (2019)
調査件名	角沼市新ごみ処理施設建設予定地地質調査業務委託
調査住所	新潟県魚沼市中島地区
調査位置	北緯:37度14分39.27秒 東経:138度57分38.58秒
ボーリング名	BV-5
孔口標高	+94.84(m)
地下水位	GL-4.09(m)
液状化指数PI(加速度)	0.000(3.500m/s <sup>2</sup> )
低減係数	0.015
マグニチュード	7.500
計算対象範囲	地下水位以降で、FC≦35% FC>35%かつ(粘土含有率≦10%またはIP≦15)



## 5.4 設計施工上の留意点

### (1) 地下水位、透水性について

本調査地の地下水位は、G.L.-2.38～4.09mで、B層～Ag層中にて確認された。Ag層の透水性は $10^{-4} \sim 10^{-5}(\text{m/s})$ オーダーで、礫分を主体とする土質としては一般的な中位程度の透水性を有する。また、現場透水試験では汲み上げから平衡水位までの水位回復が非常に早い(30秒～60秒程度で平衡水位まで回復)傾向がみられた。以上から、基礎の根切り掘削深度によっては止水・排水対策が必要と考えられる。

今回、確認された地下水位は短期的なものであり、季節や河川水位より変動する可能性が高いため、必要に応じて通年の地下水位や河川水位との関係を確認するのが望ましい。

### (2) 支持層と基礎形式について

本調査地ではAg層において、大半の深度で $N \geq 50$ を示し、かつ5m以上の層厚を確認しているため、支持層として期待できる。

支持層の分布深度は比較的浅いため、直接基礎の検討も可能と考えられる。ただし、表層部のB層は不均質かつ $N$ 値が不足しているため、直接基礎を採用する場合は置き換えや掘削除去等の検討が必要と考えられる。

### (3) 掘削について

計画構造物の基礎掘削における掘削底面深度等については詳細が不明であるが、掘削深度をGL-5m前後と想定すると、Ag層が対象層となる。当該層ではコア長80～150mm程度を主体とし、最大コア長300mm程度の玉石も確認された。

調査ボーリングは一般に径66～116mm程度の比較的小径で掘削されるため、礫の一部はコアとして採取される。採取されるコアは、礫をくり抜いたもの、礫端部を切断したもの、破碎したものなどが考えられ、地盤中に実在する礫や玉石の最大粒径は、ボーリングで確認された礫径の3倍程度の礫が含まれる場合があることが経験的に知られている。したがって、最大径900～1500mm程度の玉石が分布する可能性があり、基礎掘削時の障害となりうることから、上記に留意のうえ、掘削方法や機械を選定する必要がある。

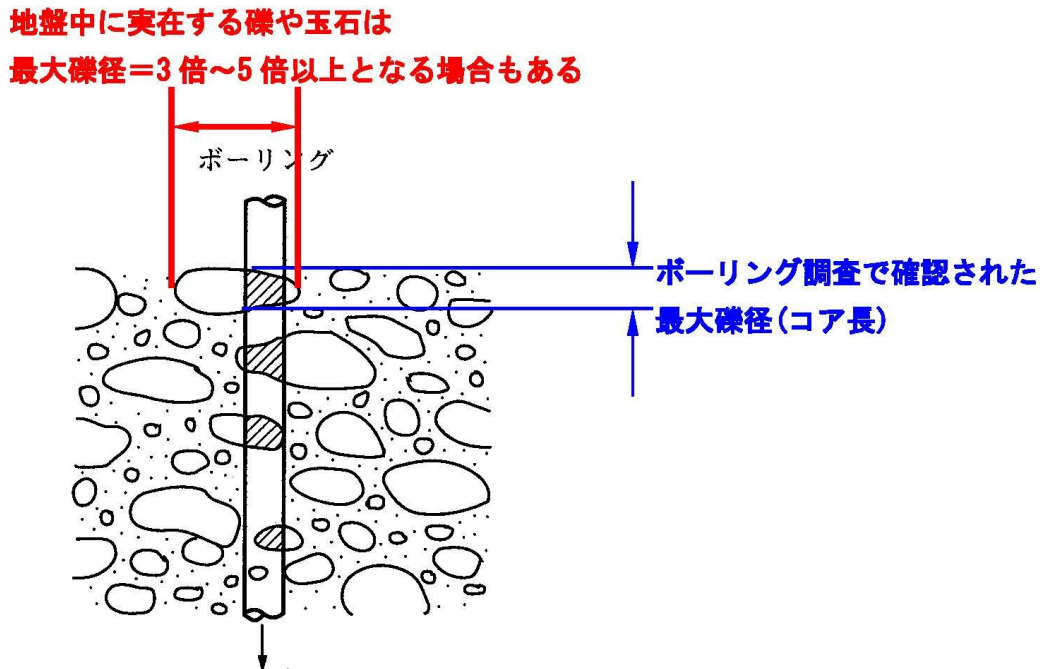


図5.4.1 ボーリング掘削における礫径の概略図

三橋晃司他「トラブルを防ぐためのボーリングデータの見方と活用ノウハウ」(1995)

## (1) ボーリング柱状図





# ボーリング柱状図

調査名 魚沼市新ごみ処理施設建設予定地地質調査業務委託

ボーリングNo

事業・工事名 5債新整委第2号

シートNo

ボーリング名	BV-3	調査位置	新潟県魚沼市中島地内			北緯	37° 14' 39.94"						
発注機関	新潟県魚沼市			調査期間	令和 6年 5月 1日 ~ 6年 5月 11日			東経	138° 57' 36.82"				
調査業者名	主任技師			現場代理人	コア鑑定者			ボーリング責任者					
孔口標高	T.P. +93.94m	角	180° 上 90° 下 0°	方	北 0° 270° 西 90° 東 180° 南	地盤勾配	鉛直 90° 水平 0°	使用機種	試験機	TOHO D0-D	ハンマー落下用具	半自動式	
総掘進長	12.14m	度		向				エンジン	YANMAR NFAD-9	ポンプ	丸山製作所 MS-753		

標尺 (m)	層高 (m)	層厚 (m)	深度 (m)	柱状図	土質区分	色調	相対密度	相対稠度	記号	標準貫入試験				原位置試験	試料採取		室内試験	掘進月日	
										深 (m)	10cmごとの打撃回数	打撃回数/貫入量 (cm)	N 値		深 (m)	試験名および結果			深 (m)
93.04	0.90	0.90			礫混じり砂	褐			細砂主体。径5~10mm程度の亜角礫を全体に混じる。	1.15	9	6	4	19					
91.34	1.70	2.60			砂礫	褐灰	中くらい~密な		径5~30mm程度の亜円礫を主体とする。コア長100mm程度の玉石を混じる。基質は粘土・細~粗砂を主体とし、細礫を多く混じる。	2.15	12	10	10	32					
									含水量やや多い。コア長100~150mm程度の玉石を全体に混じる。礫径は雑多で、最大コア長は200mm程度。礫は径5~30mm程度の亜円礫を主体とする。基質は粘土や細~粗砂・径2mm程度の細礫を主体とする。	3.15	36	14	2	50					
									深度6.00m以深、基質に粘土分をやや多く混じる。	3.27	27	23	6	50					
					玉石混じり砂礫	褐灰	非常に密な			5.05	50	9		50	5.00				
										6.10	30	20	2	50					
										7.15	17	33	8	50					
										8.05	35	15	3	50					
										8.23	50	6		50					
										9.05	28	22	5	50					
										9.18	50	9		50					
										10.05	50	9		50					
										10.11	28	22	5	50					
										11.05	50	9		50					
										11.20	50	9		50					
										12.05	50	9		50					
										12.14	50	9		50					



# ボーリング柱状図

調査名 魚沼市新ごみ処理施設建設予定地地質調査業務委託

ボーリングNo

事業・工事名 5債新整委第2号

シートNo

ボーリング名	BV-5		調査位置	新潟県魚沼市中島地内			北緯	37° 14' 39.27"					
発注機関	新潟県魚沼市			調査期間	令和 6年 5月 18日 ~ 6年 5月 28日		東経	138° 57' 38.58"					
調査業者名	主任技師			現場代理人	コア鑑定者		ボーリング責任者						
孔口標高	T.P. +94.84m	角	180° 上 90° 下 0°	方	北 0° 270° 西 180° 南 90° 東	地盤勾配	鉛直 90° 水平 0°	使用機種	試験機	TOHO D0-D	ハンマー落下用具	半自動式	
総掘進長	12.45m	度		向				エンジン	YANMAR NFAD-9	ポンプ	丸山製作所 MS-753		

標尺 (m)	層高 (m)	厚度 (m)	柱状図	土質区分	色調	相対密度	相対稠度	記号	孔内水位 (m) / 測定月日	標準貫入試験					原位置試験	試験名および結果	試料採取	室内試験 (掘進月日)
										深 (m)	10cmごとの打撃回数	打撃回数 / 貫入量 (cm)	N 値	深 (m)				
94.04	0.80	0.80		機混じりシルト	褐灰			含水量やや少ない。	5/23	1.15	1	2	3	6				
93.04	1.00	1.80		機混じり粘土	褐灰暗		中位の	含水量やや少ない、粘性やや弱い。砂分全体に混じる。	4/09	1.45	18	32	5	50				
91.94	1.10	2.90		玉石混じり砂礫	褐灰	非常に密な		玉石の最大コア長は250mm程度。基質は粘土・細〜粗砂を主体とする。	5/23	2.05				100				
88.24	3.70	6.60		砂礫	褐灰	非常に密な		含水量中位〜やや多い。礫は径5〜50mm程度の亜円礫を主体とする。所々、コア長80〜100mm程度の玉石を混じる。基質は粘土・細〜粗砂を主体とする。径5mm程度の細礫を多く混じる。	5/23	3.15	9	8	11	28				
83.94	4.30	10.90		玉石混じり砂礫	褐灰	非常に密な		含水量やや多い。コア長100mm程度の玉石を全体に混じり、最大コア長150mm程度。礫は径10〜50mm程度の亜円礫を主体とし、礫径は雑多。基質は粘土および細砂を主体とする。深度8.20m付近および9.40m付近、粘土分やや多く混じる。	5/23	3.45	25	25	4	50				
82.39	1.55	12.45		砂礫	褐灰	非常に密な		含水量やや多い。礫は径10〜コア長50mm程度の亜円礫を主体とする。基質は粘土および細砂を主体とする。	5/23	4.15	14	20	16	50	5.00	5.15	5-P5	物理3
										4.29	17	12	9	38		5.38		
										5.15	14	20	16	50	6.00			
										5.38	17	12	9	38				
										6.15	17	12	9	38				
										6.45	17	18	15	50				
										7.15	17	18	15	50				
										7.37	50	4		50				
										8.06	50	4		50				
										8.09	34	16	6	50		9.06	5-P9	物理3
										9.06	34	16	6	50		9.21		
										9.21	16	34	7	50				
										10.15	16	34	7	50				
										10.32	8	11	31	50		11.15	5-P11	物理3
										11.15	8	11	31	50		11.40		
										11.40	12	16	14	42				
										12.15	12	16	14	42				
										12.45				42				