

ニセコひらふ地区シンボル空間形成事業業務委託

【地質調査報告書】

令和6年12月



株式会社ドーコン

目 次

1	業務概要	1
1.1	業務の目的・概要	1
1.1.1	業務の目的	1
1.1.2	業務の概要	1
1.2	業務内容	2
2	調査・試験方法	4
2.1	原位置調査・試験	4
2.1.1	機械ボーリング	4
2.1.2	標準貫入試験	5
2.1.3	孔内水平載荷試験	6
2.2	室内土質試験	7
3	地形地質概要	8
4	調査・試験結果	11
4.1	土層構成	11
4.2	標準貫入試験結果	16
4.3	孔内水平載荷試験結果	23
4.4	室内土質試験結果	24
4.4.1	土粒子の密度試験結果	25
4.4.2	土の含水比試験結果	26
4.4.3	土の粒度試験結果	27
4.4.4	土の液性限界・塑性限界試験結果	31
5	総合解析	35
5.1	未固結層の設計土質定数の設定	36
5.1.1	単位体積重量の設定方法	36
5.1.2	内部摩擦角	37
5.1.3	変形係数の設定方法	40
5.2	固結層の設計土質定数の設定	41
5.2.1	基盤岩の単位体積重量： γ_t	41
5.2.2	基盤岩のせん断強度： c, ϕ	42
5.2.3	基盤岩の変形係数： E_o	42
6	液状化の可能性について	43
7	設計施工上の留意点	44
7.1	構造物の良質な支持層と基礎形式の選定について	44
7.2	その他留意事項	45

1 業務概要

1.1 業務の目的・概要

1.1.1 業務の目的

本業務は、シンボル空間形成事業の推進に必要な地質調査を実施するものである。当該敷地の土層構成及び強度の把握を目的として地質調査を実施する。

1.1.2 業務の概要

(1) 業務名

ニセコひらふ地区シンボル空間形成事業業務委託

(2) 業務箇所

倶知安町ニセコひらふ 1 条 183

(3) 業務工期

令和 6 年 4 月 16 日～令和 7 年 3 月 31 日

(4) 発注者

倶知安町

(5) 受注者



株式会社ドーコン

〒004-8585 北海道札幌市厚別区厚別中央 1 条 5 丁目 4-1

TEL : 011-801-1500 (代 表)、TEL : 011-801-1570 (地質部)

◆ 環境事業本部 地質部 主幹 長谷川章也

◆ 環境事業本部 地質部 技師 那須野海秀

1.2 業務内容

表 1.1 に本業務での調査・試験数量を、図 1.1 に調査位置図を示す。

表 1.1 調査・試験数量表

調査孔 番号	足場	計画/実績	機械ボーリング									標準貫入試験					孔内水平 載荷試験 (普通載荷)	室内土質試験					
			φ 66mm				φ 86mm				計	砂、 砂質土	礫まじり 土砂	玉石混り 土砂	軟岩	計		土粒子 の密度 試験	土の 含水比 試験	粒度試験		液性限 界 試験	塑性限 試験
			砂、 砂質土	礫まじり 土砂	玉石混り 土砂	軟岩	砂、 砂質土	礫まじり 土砂	玉石混り 土砂	軟岩										ふるい	沈降		
B-1	平坦	計画	14	5.0	-	-	-	-	-	-	19.0	14.0	5	-	-	19.0	0	10	10	10	10	10	10
		実績	0.0	0.0	7.7	11.4	0.0	0.3	1.6	0.0	21.0	0.0	0	9	12	21	1	1	1	1	1	1	1
B-2	平坦	計画	14	5.0	-	-	-	-	-	-	19.0	14.0	5	-	-	19.0	0	-	-	-	-	-	-
		実績	0.0	0.4	10.1	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.0	0	10	14	24	0	1	1	1	1	1	1
B-3	平坦	計画	7	9.0	-	-	5.0	-	-	-	21.0	12.0	9	-	-	21.0	1	-	-	-	-	-	-
		実績	0.0	7.1	5.9	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	0.0	6	6	6	18	0	9	9	9	9	9	9
合計	平坦 3箇所	計画	35	19	0	0	5	0	0	0	59.0	40.0	19	0	0	59	1	10	10	10	10	10	10
		実績	0.0	7.5	23.7	29.9	0.0	0.3	1.6	0.0	63.0	0.0	6.0	25.0	32.0	63.0	1	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0

2 調査・試験方法

2.1 原位置調査・試験

2.1.1 機械ボーリング

機械ボーリングは、建設物の設計に必要な土層構成および地下水位を明らかにするとともに、原位置試験(標準貫入試験・孔内水平載荷試験)を行うことを目的に実施する。

ボーリング作業は、図 2.1 に示す回転式スピンドル型オイルフィードボーリング機械を使用し、室内コーン試験試料採取箇所まではφ86mm、それ以外はφ66mm にて掘削する。

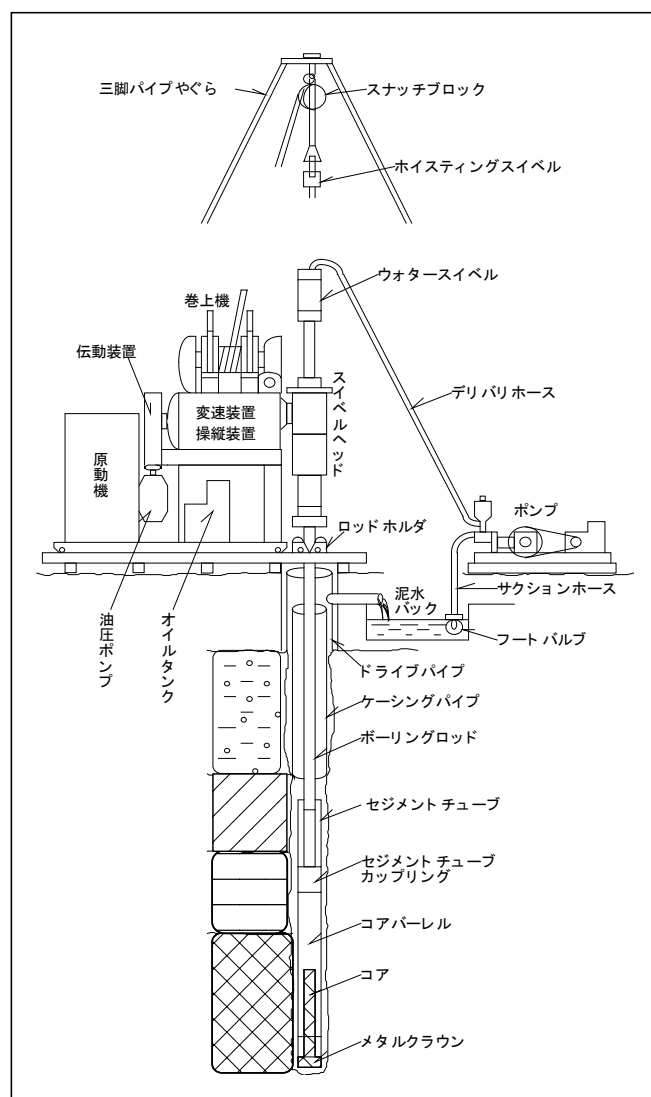


図 2.1 ボーリング装置の全体図

2.1.2 標準貫入試験

標準貫入試験は、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、土の代表的試料の採取を目的とし、深さ 1m 毎を基本として行う。

N 値とは、質量 $63.5\text{kg} \pm 0.5\text{kg}$ のハンマーを $76\text{cm} \pm 1\text{cm}$ 自由落下させ、標準貫入試験用サンプラーを 30cm 打ち込むのに要する打撃回数をいう。

試験に用いる試験用具、試験方法は JIS A 1219「標準貫入試験方法」に規定されており、この試験に用いられる主な試験用具を以下の図 2.2 に示す。

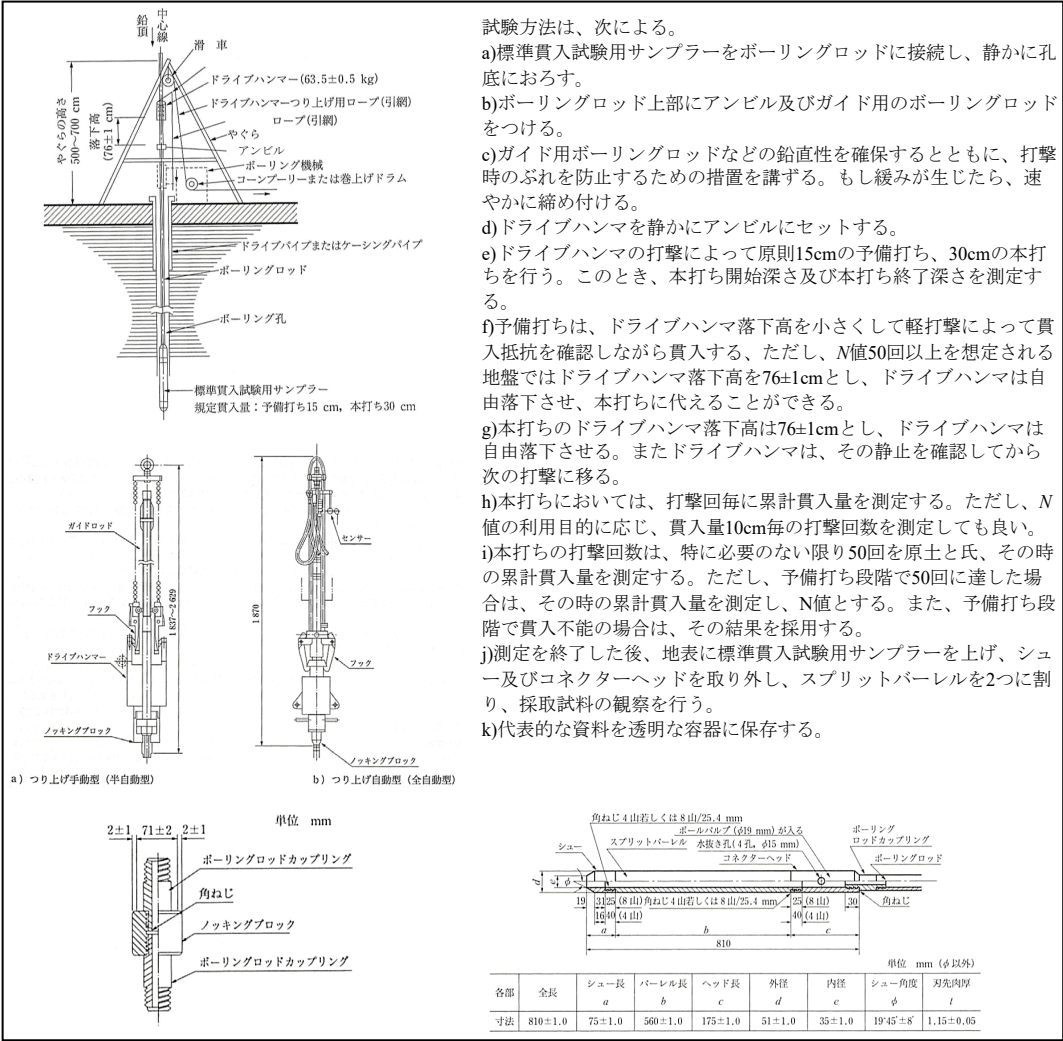


図 2.2 標準貫入試験の装置、用具及び方法

※「地盤調査の方法と解説」（2013 年 3 月 (社)地盤工学会）p.279～297 より抜粋・加筆

2.1.3 孔内水平載荷試験

孔内水平載荷試験は、ボーリング孔内において孔壁に対して垂直方向に載荷することにより、地盤の変形係数、降伏圧力および極限圧力を求めるものである。普通載荷による試験は、比較的低い強度の地盤を対象としたもので、ゴムチューブ製のセルによって載荷する方式である。

試験に用いる試験用具および試験方法の詳細は JGS 1421「孔内水平載荷試験方法」に規定されており、この試験で用いられる主な試験用具を図 2.3 に示す。

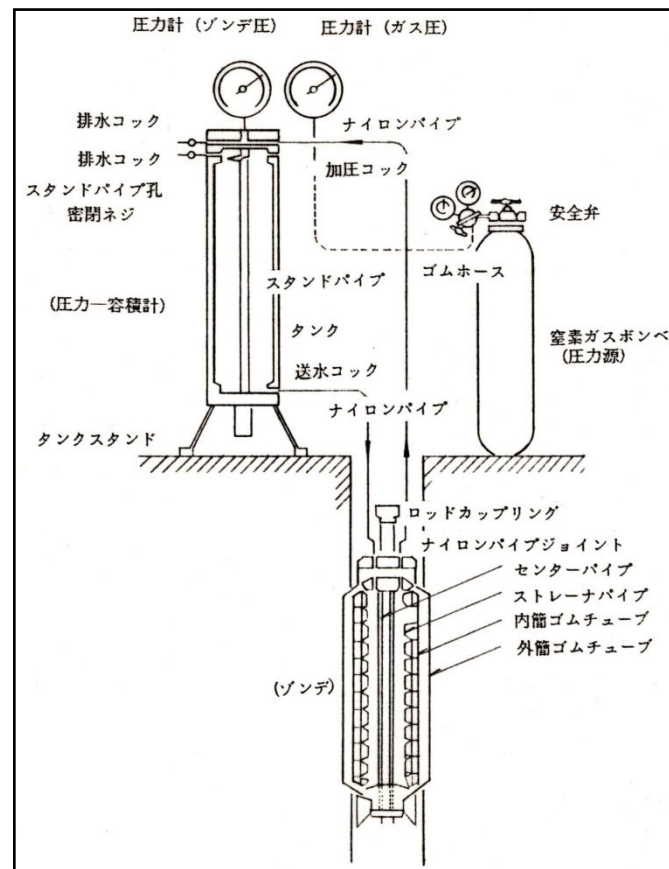


図 2.3 孔内水平載荷試験装置の一般図

2.2 室内土質試験

室内土質試験は、土の基本的な物理的特性を把握するために標準貫入試験試料を用いて実施する。

表 2.1 に試験の概要と仕様を示す。

表 2.1 室内土質試験項目一覧表

試験項目		概 要	仕 様
物理試験	土粒子の密度試験	土の基本的性質を把握するものの1つで、土粒子の実質部分の質量と水の比で求め、粒度試験(沈降)や突固め試験のとりまとめおよび土の分類等に用いる。	JIS A 1202:2020
	土の含水比試験	110℃の炉乾燥によって失われる土中水の質量と土の乾燥質量に対する比を百分率で表したもので、土層分類の判定の際にも用いられる。	JIS A 1203:2020
	土の粒度試験	土粒子径の分布状態を質量百分率で表したもので、土を川迫鵜する土粒子の粒径やその範囲から細粒分含有量や粒径分布状態を把握することができる。また、土の分類にも用いる。	JIS A 1204:2020
	土の液性限界試験	土が塑性状態から液体状態に移る境界の含水比をいい、一般には多量の水分を含む土の塑性体として最小のせん断強さを示す状態の含水比と言われている。塑性限界との差から塑性指数が求められる。また、土の分類にも用いる。LLと略記する。	JIS A 1205:2020
	土の塑性限界試験	土が塑性体から半固体の状態に移る境界の含水比をいい、土の含水比がそれ以上になるともろくなって亀裂を生じやすくなり、自由に変形しにくくなる境界の含水比をいう。液性限界との差から塑性指数が求められる。PLと略記する。	JIS A 1205:2020

3 地形地質概要

当調査地域は JR 比羅夫駅から北西に 2.5km 程度離れたニセコアンヌプリ裾野付近にあり、調査地域の地形は山地につながる傾斜地となっている。

5 万分の 1 地質図副説明書「岩内」(昭和 30 年 3 月、地質調査所)より、地質的には年代が新しい順番に第四紀沖積世の火山砕屑物および崖錐 (g)、第四紀洪積世の基底噴出物(b)が分布している。各層の特徴は下記に示すとおりである。

(1) 火山砕屑物および崖錐 (g)

主として火山灰および崖錐からなり、火山の周辺部に分布している。火山灰層は岩雄登火山の基底噴出物・軽石層等を覆っており、厚さは所によりかなり変化し、厚さ 3m 以上の所もある。

(2) 基底噴出物(b)

噴出物は主として凝灰角礫岩からなる。厚さは地域の南部では 100m 以上と推定される。礫および膠結物の種類は多様で大きさおよび形状は不規則である。礫の種類は各種の安山岩である。膠結物は礫と同質の各種安山岩の小片、火山灰ないし粘土質の物などからなっている。

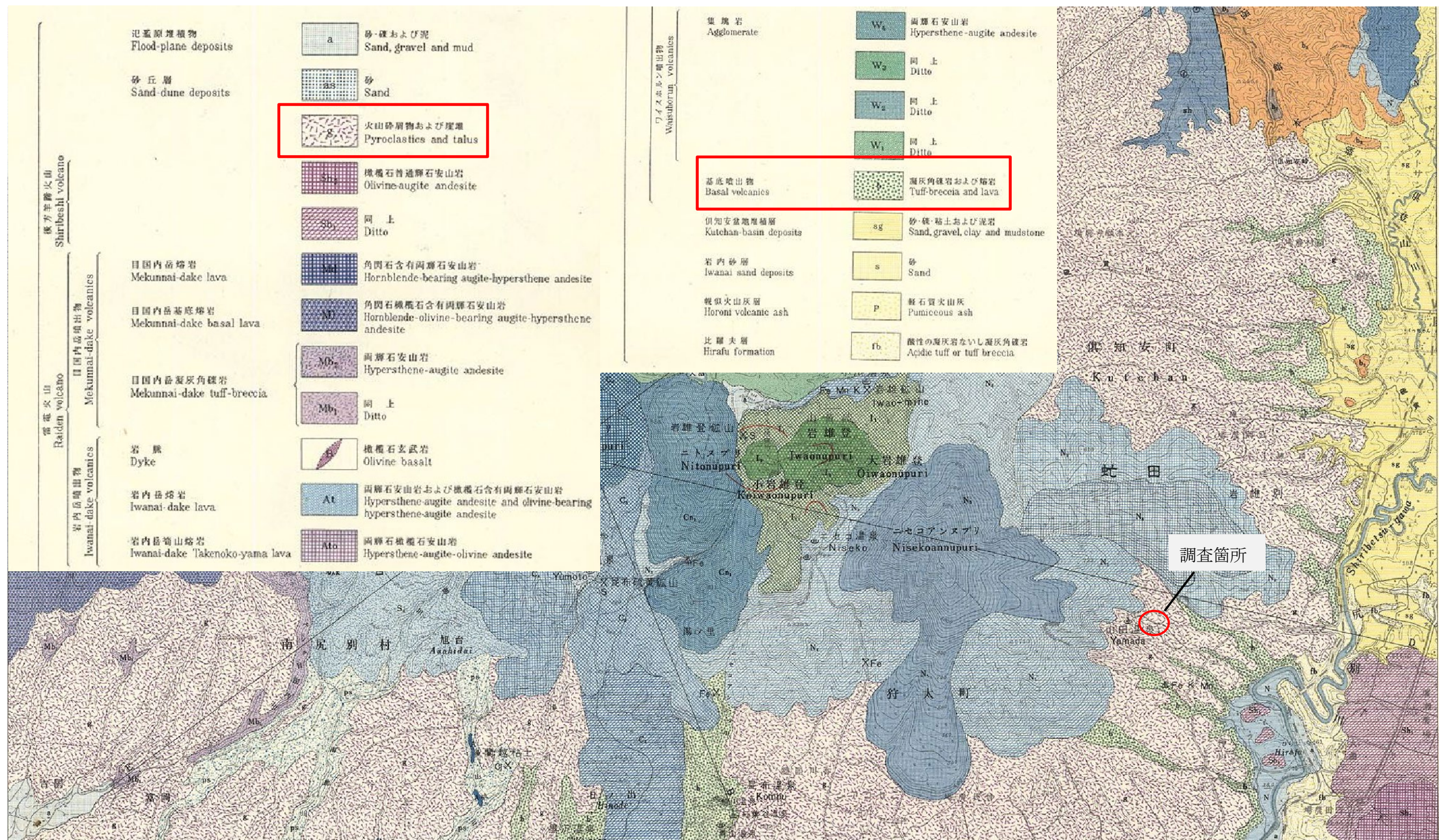


図 3.1 5 万分の 1 地質図幅-岩内

表 3.1 地質総括表

(5 万分の 1 地質図副説明書 「岩内」 より)

年 代 区 分		堆 積 岩		噴 出 岩 類
		層 序	主 要 岩 質	
第 四 紀	沖積世 ↑ ↓ 洪積世	氾濫原堆積物 砂、丘 層	砂・礫・泥砂	崖 錐 火山礫層物 岩 雄 登 火 山 雷 電 火 山 後 方 羊 蹄 火 山
		供知安盆地堆積層	砂・礫・粘土な いし泥岩	
		岩 内 砂 層	砂	
		幌似火山灰層 (留寿都層) 比 羅 夫 層 (昆布層群)	軽石質火山灰 酸性の凝灰岩な いし凝灰角礫岩	
新 第 三 紀	鮮 新 世	漸 棚 階 ↑ ↓ 黒松内階	無 沢 層	安 山 岩
	中 新 世	後 期	八雲階 パンノ沢頁岩層 (柏谷板状頁岩層)	流紋岩岩脈 粗粒玄武岩
	中 初 期	訓 縫 階	小沢凝灰角礫岩層 (国富凝灰岩)	流 紋 岩

4 調査・試験結果

4.1 土層構成

本業務の調査結果をもとに作成した土層概要表を表 4.1 に、調査平面図を図 4.1 に、土層断面図を図 4.2～図 4.4 に整理した。なお、本業務における土層断面図は「R5 年度 新中区配水池新設実施設計業務(地質調査)」のボーリングデータも参考に作成している。

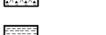
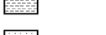
当該地の土層は上部から、Bk 層が層厚 0.30m～2.10m、Ag 層が層厚 5.90m～10.10m、Avg 層が 6.50m～11.35m 堆積している。その下部には、基盤岩となる凝灰質砂岩が層厚 5.00m 以上、凝灰質砂岩が層厚 2.05m～2.50m、泥質砂岩の強風化層が層厚 5.35m～7.00m、泥質砂岩の中風化層が層厚 4.00m 以上堆積している。

土層概要および土層断面図から当該地における構造物の良質な支持層は、A-A'層より北西部では Tb 層、AA'層より南東部では Sb-w2 層となる。

表 4.1 土層概要表

土層名		土層 記号	設計 N値 (回)	層厚 (m)	色 調	観 察 事 項
盛土		Bk	-	0.30～2.10	白灰	草根および碎石からなる。
沖積層	沖積砂礫層	Ag	15	5.90～10.10	褐灰～灰	全体の約50%～60%がφ30mm～100mm程度の玉石混り砂礫となる。マトリクスは礫混り砂で、礫はφ5mm～20mm程度となる。
	沖積礫まじり火山灰層	Avg	11	6.5～11.35	暗褐	粗粒の火山灰主体。礫は凝灰角礫岩でφ2mm～10mm程度となり、下部礫分多くなる。深度9.70m付近φ100mm程度の玉石混入する。
洪積層 (岩盤)	凝灰角礫岩層	Tb	147	5.00～	暗灰	深度13.25m～14.70m間安山岩主体の棒状コアとなる。深度14.70m以深多亀裂の凝灰岩が主体で中風化となる。
	凝灰質砂岩	Sb	46	2.05～2.50	黄灰～褐灰	半固結程度でナイフで切削できる程度の硬さで粒径は微～細程度となる。
	泥質砂岩(強風化)	Sb-w1	24	5.35～7.00	茶褐～暗灰～暗緑灰	風化した泥質砂岩となる。風化の程度はナイフで切削できる程度。一部棒状コアで採取。
	泥質砂岩(中風化)	Sb-w2	56	4.00～	褐色～暗灰～緑灰	棒状・塊状で採取されるが、固結の程度はナイフで切削できる程度。

土層断面図 A-A'

柱状図凡例	
	砂 (砂 質) (混じり)
	砂 礫
	礫 (礫 質) (混じり)
	凝灰角礫岩
	泥 岩
	砂 岩

記号凡例	
	標準貫入試験 N値 (回)
	地下水位
	物理試験

土層凡例	
Bk	盛土
Ag	沖積砂礫層
Avg	沖積礫まじり火山灰層
Tb	凝灰角礫岩層

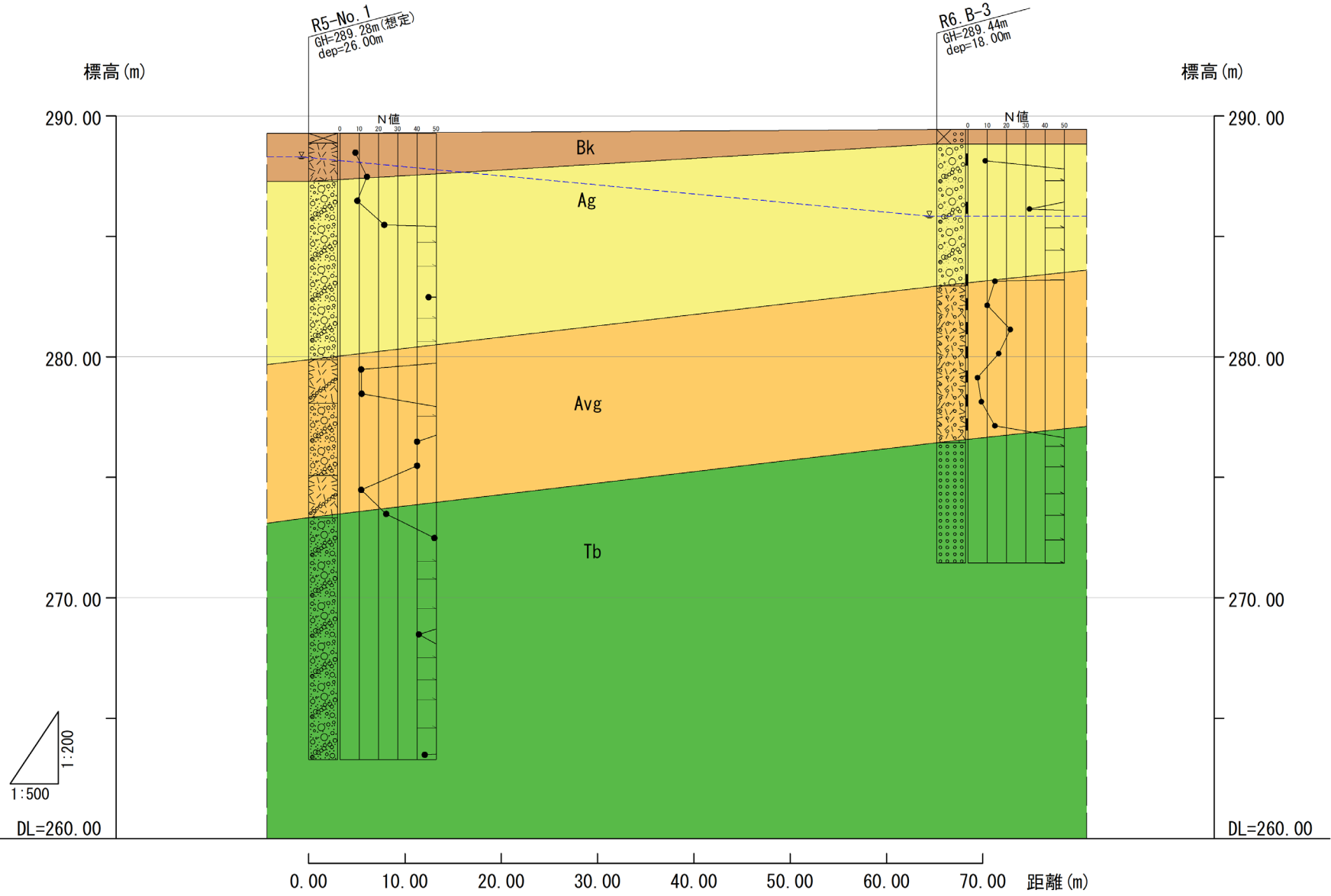


図 4.2 土層断面図 A-A' (SH=1:500 SV=1:200)

土層断面図 B-B'

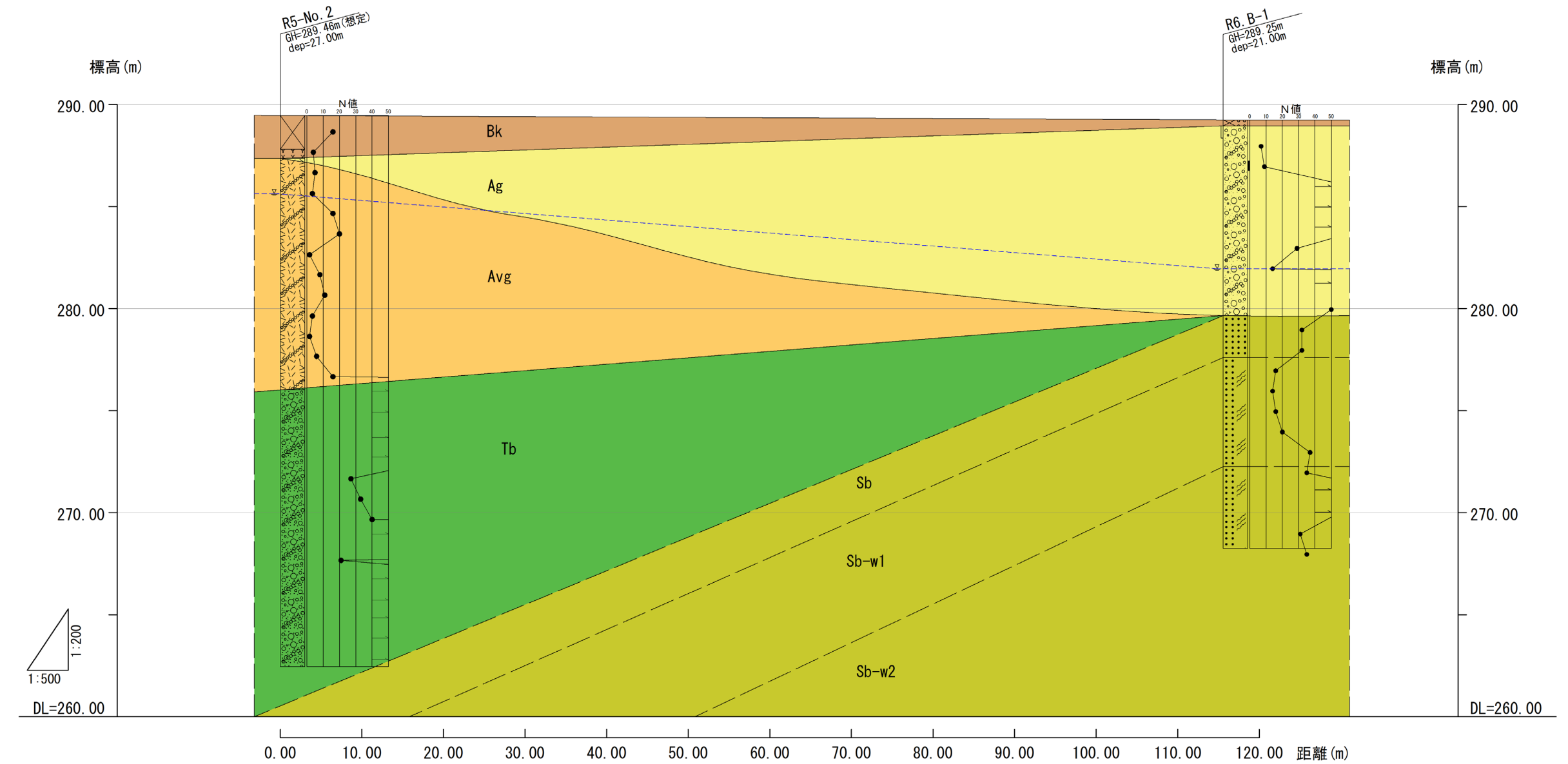
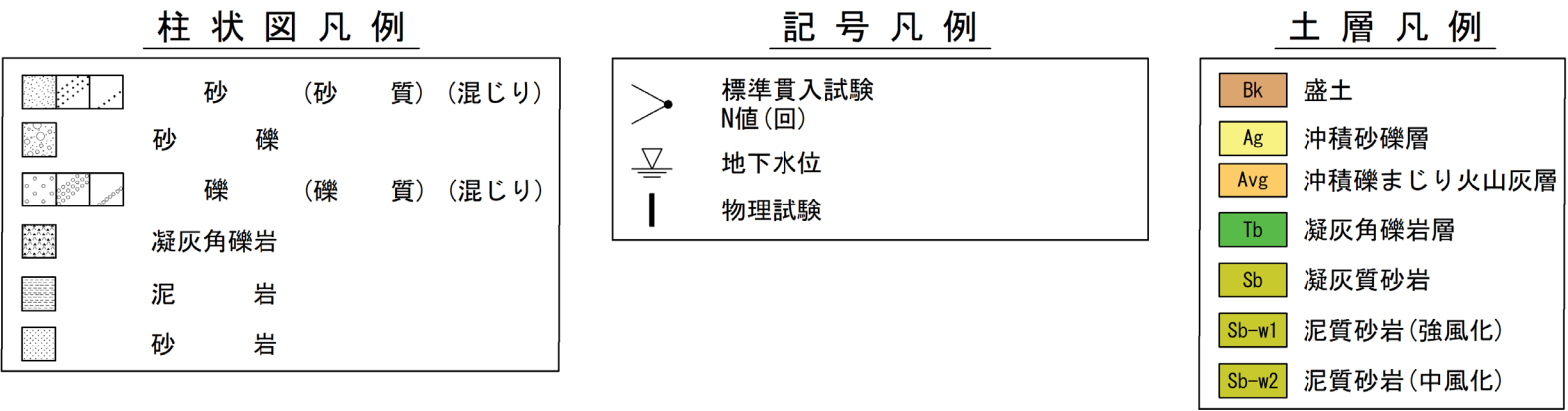


図 4.3 土層断面図 B-B' (SH=1:500 SV=1:200)

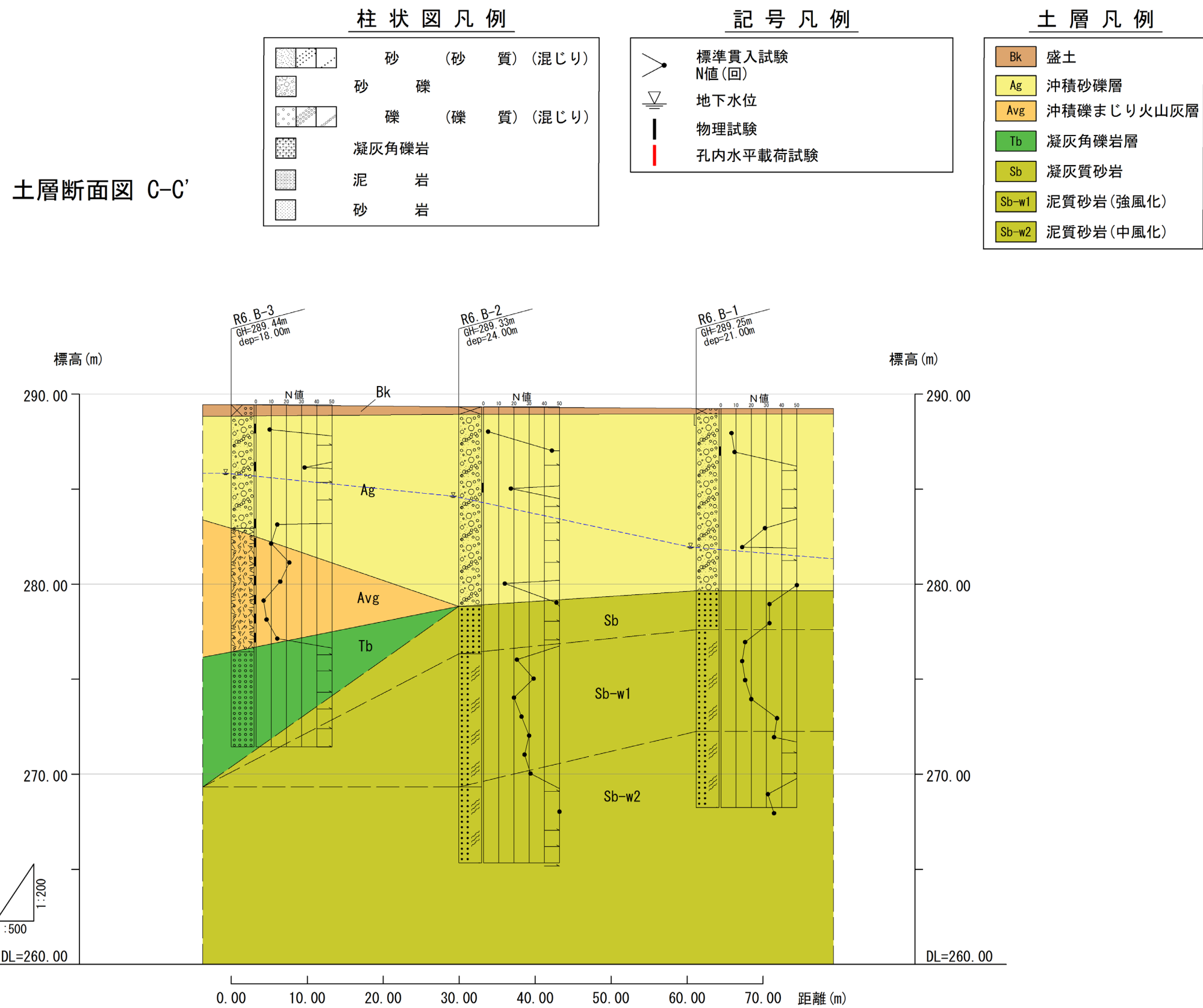


図 4.4 土層断面図 C-C' (SH=1:500 SV=1:200)

4.2 標準貫入試験結果

標準貫入試験より得られた N 値より設計 N 値を設定した。設計 N 値の一覧を表 4.4～表 4.8 に示す。設計 N 値は標準貫入試験より得られた N 値の平均を取ったものである。 N 値頻度分布図を図 4.5 に整理した。

なお、土砂部における標準貫入試験で所定の貫入量 30(cm)未満で打撃回数 50 となった場合は最大値を 50 として N 値を整理し、基盤岩においては N 値 50 以上は 30cm 貫入換算値(ただし換算 N 値 $\leq$ 300)とした。表 4.2 には砂の N 値と相対密度の関係を、表 4.3 には粘土のコンシステンシーとの関係を示す。これらの結果より、土層を以下のように評価する。

① Bk 層

$N=11$ となり「締まった」状態を示す。

② Ag 層

$N=15$ となり「締まった」状態を示す。

③ Avg 層

$N=11$ となり「締まった」状態を示す。

④ Sb 層

$N=46$ となり「密な」状態を示す。

⑤ Sb-w1 層

$N=24$ となり「締まった」状態を示す。

⑥ Sb-w2 層

$N=56$ となり「非常に密な」状態を示す。

⑦ Tb 層

$N=147$ となり「非常に密な」状態を示す。

表 4.2 砂の相対密度、内部摩擦角と N 値との関係 (Meyerhof による)

砂の状態	相対密度 D_r	N 値	内部摩擦角 φ (°)	静的コーン支持力 q_c (Mpa)
非常に緩い (Very Loose)	<0.2	<4	<30	<2
緩い (Loose)	0.2 ~ 0.4	4 ~ 10	30 ~ 35	2 ~ 4
締まった (Compact)	0.4 ~ 0.6	10 ~ 30	35 ~ 40	4 ~ 12
密な (Dense)	0.6 ~ 0.8	30 ~ 50	40 ~ 45	12 ~ 20
非常に密な (Very Dense)	>0.8	>50	>45	>20

表 4.3 粘土のコンシステンシー、 N 値との関係 (Terzaghi による)

コンシステンシー	非常に 軟らかい	軟らかい	中ぐらい	硬い	非常に硬い	固結した
N 値	2以下	2 ~ 4	4 ~ 8	8 ~ 15	15 ~ 30	30以上
粘着力 c (kN/m ²)	12以下	12 ~ 25	25 ~ 50	50 ~ 100	100 ~ 200	200以上

表 4.4 設計N値一覧(Bk 層)

土層	孔番号	深度 (m)	N値	平均N値
Bk	R5-No.1	0.65～0.95	8	11
		1.65～1.95	14	
	R5-No.2	0.65～0.95	16	
		1.65～1.95	4	

表 4.5 設計N値一覧(Ag 層)

土層	孔番号	深度 (m)	N値	平均N値
Ag	R6.B-1	1.15～1.45	7	15
		2.15～2.45	9	
		3.15～3.39	50	
		4.15～4.40	50	
		5.15～5.35	50	
		6.15～6.45	29	
		7.15～7.45	14	
		8.00～8.03	50	
		9.15～9.45	50	
	R6.B-2	1.15～1.45	3	
		2.15～2.45	45	
		3.05～3.10	50	
		4.15～4.45	18	
		5.15～5.35	50	
		6.10～6.12	50	
		7.00～7.07	50	
		8.15～8.21	50	
		9.15～9.45	14	
		10.15～10.45	48	
	R6.B-3	1.15～1.45	9	
		2.05～2.19	50	
		3.15～3.45	32	
		4.05～4.11	50	
		5.00～5.02	50	
		6.15～6.45	14	
	R5-No.1	2.65～2.95	9	
		3.65～3.95	23	
		4.50～4.55	50	
		5.50～5.53	50	
		6.65～6.95	46	
		7.65～7.70	50	
		8.60～8.68	50	

: 礫障害

表 4.6 設計 N 値一覧(Avg 層)

土層	孔番号	深度 (m)	N値	平均N値
Avg	R6.B-3	7.15～7.45	10	11
		8.15～8.45	22	
		9.15～9.45	16	
		10.15～10.45	5	
		11.15～11.45	7	
		12.15～12.45	14	
	R5-No.1	9.65～9.95	11	
		10.65～10.97	12	
		11.65～11.84	50	
		12.65～12.95	40	
		13.65～13.95	40	
		14.65～14.95	11	
		15.65～15.95	24	
	R5-No.2	2.65～2.95	5	
		3.65～4.00	4	
		4.65～4.95	16	
		5.65～5.95	20	
		6.65～7.00	2	
		7.65～7.95	8	
		8.65～8.95	11	
		9.65～10.00	4	
		10.65～11.00	2	
		11.65～11.95	6	
		12.65～12.95	16	

: 礫障害

表 4.7 設計 N 値一覧 (Sb 層、Sb-w1 層、Sb-w2 層)

土層	孔番号	深度 (m)	N値	平均N値
Sb	R6.B-1	10.15～10.45	32	46
		11.15～11.45	32	
	R6.B-2	11.15～11.41	58	
		12.15～12.39	63	
Sb-w1	R6.B-1	12.15～12.45	16	24
		13.15～13.45	14	
		14.15～14.45	16	
		15.15～15.45	20	
		16.15～16.45	37	
	R6.B-2	13.15～13.45	22	
		14.15～14.45	33	
		15.15～15.45	20	
		16.15～16.45	25	
		17.15～17.45	30	
Sb-w2	R6.B-1	17.15～17.45	35	56
		18.05～18.23	83	
		19.10～19.37	56	
		20.15～20.45	31	
		21.15～21.45	35	
	R6.B-2	20.10～20.38	54	
		21.15～21.45	50	
		22.15～22.40	60	
		23.05～23.21	94	
		24.05～24.38	65	

表 4.8 設計N値一覧(Tb層)

土層	孔番号	深度 (m)	N値	平均N値
Tb	R6.B-3	13.05～13.25	75	147
		14.00～14.02	300	
		15.05～15.20	100	
		16.00～16.02	300	
		17.00～17.08	188	
		18.00～18.02	300	
	R5-No.1	16.65～16.95	49	
		17.65～17.89	65	
		18.50～18.52	300	
		19.65～19.83	83	
		20.65～20.95	41	
		21.65～21.89	63	
		22.65～22.73	188	
		23.50～23.53	300	
		24.65～24.71	250	
		25.65～25.95	44	
	R5-No.2	13.50～13.52	300	
		14.50～14.58	188	
		15.65～15.92	56	
		16.65～16.82	88	
		17.65～17.95	27	
		18.65～18.95	33	
		19.65～19.95	40	
		20.50～20.52	300	
		21.65～21.95	21	
		22.65～22.75	150	
		23.65～23.85	75	
		24.60～24.63	300	
		25.50～25.69	79	
		26.60～26.75	100	

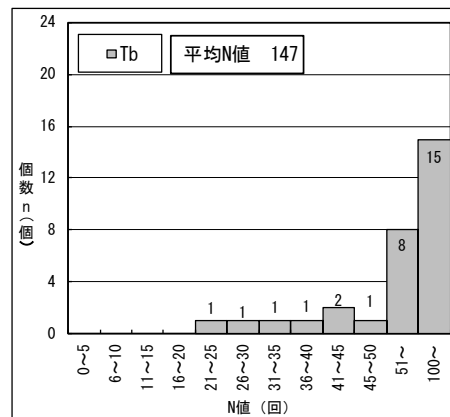
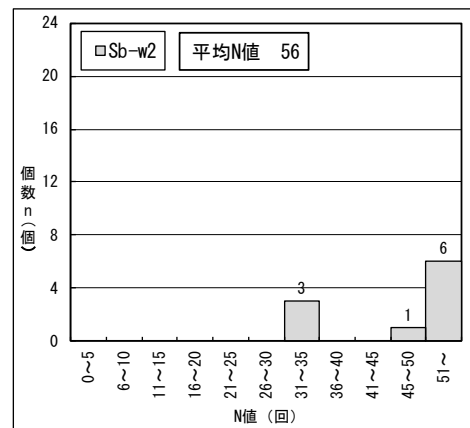
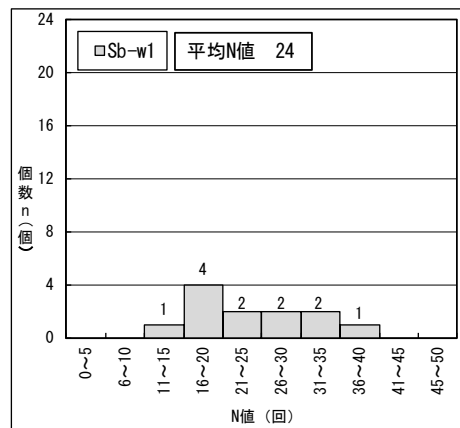
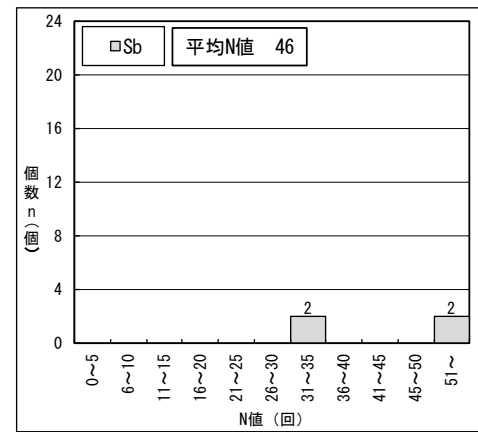
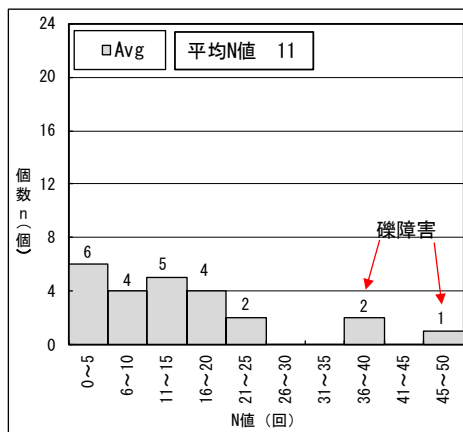
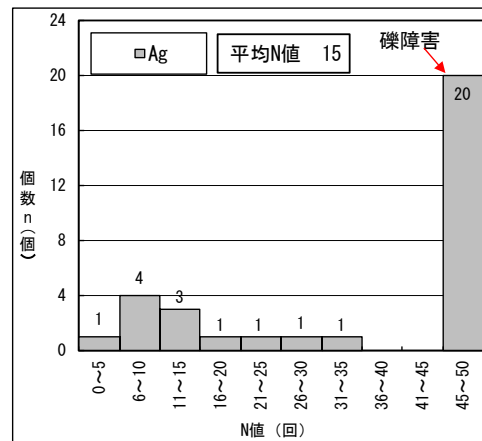
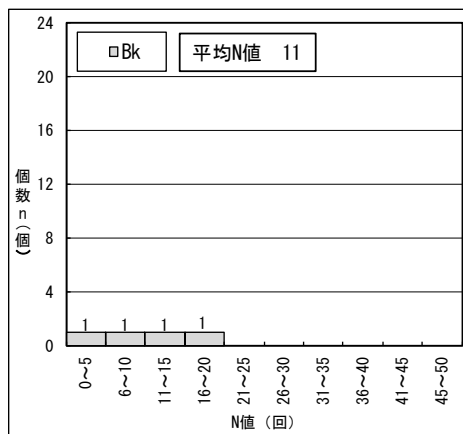


図 4.5 N 値頻度分布図

4.3 孔内水平載荷試験結果

孔内水平載荷試験結果を表 4.9 に示す。

試験対象土層は沖積砂礫層(Ag 層)で N 値は $N=15$ である。当該土層の試験値と図 4.6 に示す変形係数 E と N 値の関係を比較したところ、試験値は一般値と同程度の値であると判断できる。

表 4.9 孔内水平載荷試験結果一覧

孔番	土層記号	試験深度 (m)	設計 N 値	初期圧力 P_0 (kN/m^2)	降伏圧 P_y (kN/m^2)	地盤係数 K_m (kN/m^2)	変形係数 E_m (kN/m^2)
B-1	Ag	1.3	15	25.45	120.14	32,961	1,881

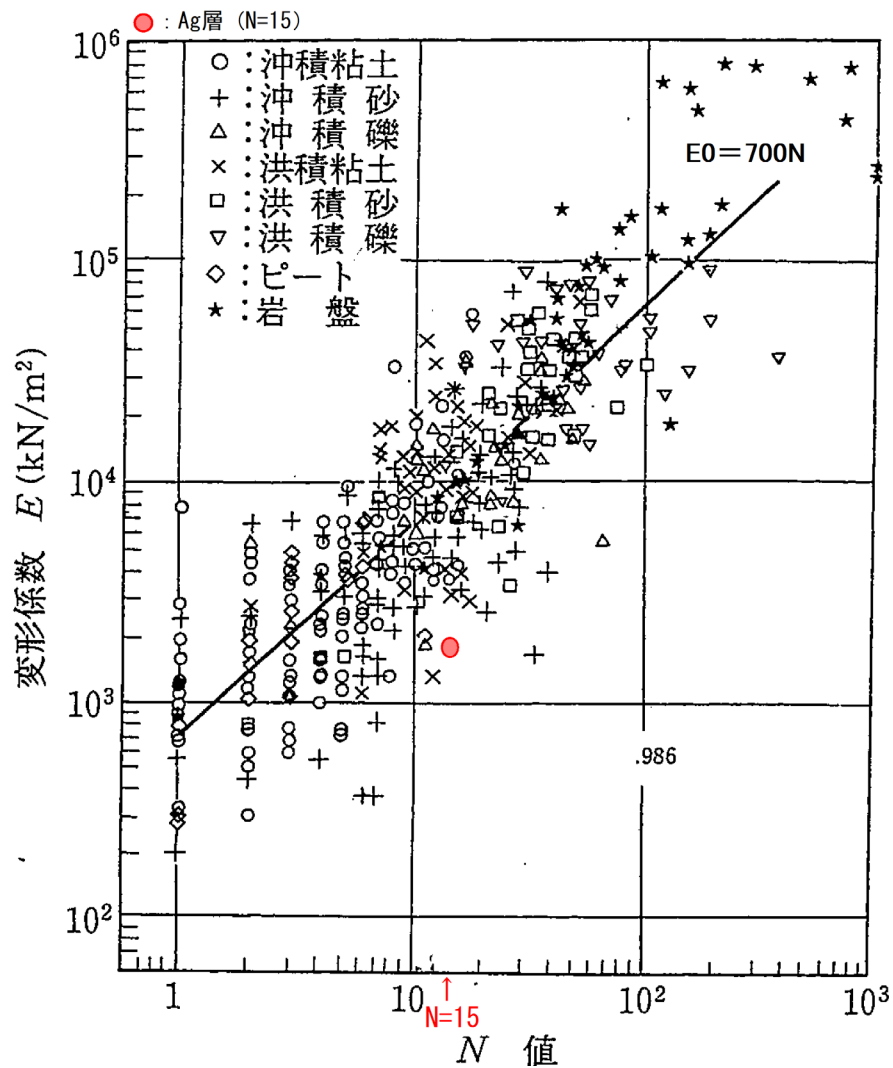


図 4.6 孔内載荷試験より得られた変形係数と N 値との関係

(「地盤調査の方法と解説」 p.687 地盤工学会編、加筆)

4.4 室内土質試験結果

表 4.10 に室内土質試験結果の一覧を示すとともに、次頁より各室内土質試験について詳細を述べる。

表 4.10 室内土質試験結果一覧

孔番号	試料 番号	深度	土層名	土層 記号	物理試験												
					一般		粒度						コンシステンシー特性			分類	
					土粒子 の密度 ρ_s (g/cm ³)	自然 含水比 w_n (%)	礫 分	砂 分	シルト分	粘土分	最大 粒径	均等 係数 U_c	液性 限界 w_L (%)	塑性 限界 w_P (%)	塑性 指数 I_p	地盤材料 の分類名	分類 記号
B-1	B-1-1	2.00 ~ 2.50	沖積砂礫層	Ag	2.772	34.5	43.7	27.3	23.0	6.0	37.500	230.10	NP	NP	NP	粘性土質砂礫質	(GCsS)
B-2	B-2-1	4.00 ~ 4.50	沖積砂礫層	Ag	2.827	16.8	17.3	40.4	24.2	18.1	26.500	181.30	44.0	32.7	11.3	火山灰質礫質砂	(SVG)
B-3	B-3-1	1.00 ~ 1.50	沖積砂礫層	Ag	2.785	18.0	39.0	33.3	22.5	5.2	26.500	116.60	NP	NP	NP	火山灰質砂質礫	(GVS)
	B-3-2	3.00 ~ 3.50	沖積砂礫層	Ag	2.738	11.8	41.3	31.0	23.2	4.5	26.500	153.50	NP	NP	NP	火山灰質砂質礫	(GVS)
	B-3-3	6.00 ~ 6.50	沖積砂礫層	Ag	2.825	12.6	63.6	24.9	7.8	3.7	37.500	246.50	NP	NP	NP	火山灰質土まじり砂質礫	(GS-V)
	B-3-4	7.00 ~ 7.50	沖積礫まじり火山灰層	Avg	2.759	55.6	27.5	42.2	21.7	8.6	19.000	114.90	NP	NP	NP	火山灰質礫質砂	(SVG)
	B-3-5	8.00 ~ 8.50	沖積礫まじり火山灰層	Avg	2.718	45.2	17.3	53.4	22.7	6.6	19.000	39.80	NP	NP	NP	火山灰質礫質砂	(SVG)
	B-3-6	9.00 ~ 9.50	沖積礫まじり火山灰層	Avg	2.719	59.9	6.3	49.6	29.4	14.7	9.500	75.50	NP	NP	NP	礫まじり火山灰質砂	(SV-G)
	B-3-7	10.00 ~ 10.50	沖積礫まじり火山灰層	Avg	2.703	65.1	46.5	35.1	12.5	5.9	19.000	191.00	NP	NP	NP	火山灰質砂質礫	(GVS)
	B-3-8	11.00 ~ 11.50	沖積礫まじり火山灰層	Avg	2.744	66.9	61.5	28.1	6.4	4.0	37.500	88.80	NP	NP	NP	火山灰質土まじり砂質礫	(GS-V)
	B-3-9	12.00 ~ 12.50	沖積礫まじり火山灰層	Avg	2.721	58.7	55.8	29.8	9.4	5.0	37.500	282.00	NP	NP	NP	火山灰質土まじり砂質礫	(GS-V)

4.4.1 土粒子の密度試験結果

土粒子部分のみの単位体積質量のことを土粒子の密度 ρ_s という。

この土粒子の密度 ρ_s は、構成土粒子の組成鉱物の種類により支配され、一般に砂鉄等の重鉱物を含有するものほど大きい値を示し、逆に有機物の含有が多いものほど小さい値を示す傾向が見られる。

各土質による標準的な土粒子の密度を表 4.11 に示し、各土層の土粒子の密度試験結果を表 4.12 に整理した。

これより、Ag 層の試料の一部で若干一般値より大きい値を示したものの、概ね一般的な土粒子の密度の値を示す結果となった。

表 4.11 土の物理的性質の一般値

「地盤調査・土質試験結果の解釈と適用例(平成 10 年 3 月)」((公社)地盤工学会、p42)

分類記号	{S}	{M}	{C}	{O}{V}{P}
自然含水比 w_n (%)	30~60	30~180	25~200	40~1000
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.5~2.0	1.2~1.5	1.2~1.8	1.0~1.3
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.5~2.8	2.6~2.7	2.5~2.8	1.7~2.7

Ag 層
Avg 層

表 4.12 土粒子の密度試験結果

土層名	土層記号	孔番号	試料番号	深度 (m)	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)			
					試験値		一般値	
					実測	平均	土質	範囲
沖積砂礫層	Ag	B-1	B-1-1	2.00 ~ 2.50	2.772	2.789	砂質土	2.500 ~ 2.800
沖積砂礫層	Ag	B-2	B-2-1	4.00 ~ 4.50	2.827			
沖積砂礫層	Ag	B-3	B-3-1	1.00 ~ 1.50	2.785			
沖積砂礫層	Ag	B-3	B-3-2	3.00 ~ 3.50	2.738			
沖積砂礫層	Ag	B-3	B-3-3	6.00 ~ 6.50	2.825			
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-4	7.00 ~ 7.50	2.759	2.727	砂質土	2.500 ~ 2.800
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-5	8.00 ~ 8.50	2.718			
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-6	9.00 ~ 9.50	2.719			
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-7	10.00 ~ 10.50	2.703			
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-8	11.00 ~ 11.50	2.744			
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-9	12.00 ~ 12.50	2.721			

4.4.2 土の含水比試験結果

自然状態における土粒子の質量に対する間隙に含まれる水の質量を百分率で表したものを自然含水比 w_n という。

この自然含水比 w_n は、他の物理的及び力学的性質との相関が高く、構成地層の土性を最も表す値といえ、一般に含水比の高いものほど圧縮性が高く強度特性が低い傾向が見られる。

各土質による標準的な自然含水比を表 4.11 に示し、各土層の土の含水比試験結果を表 4.13 に整理した。

これより、Ag 層は一般値より小さい値となり、Avg 層は一部一般値より若干大きい値となったが、概ね一般的な値の範疇にある結果となった。

表 4.13 含水比試験結果一覧

土層名	土層記号	孔番号	試料番号	深度 (m)	自然含水比 w_n (%)			
					試験値		一般値	
					実測	平均	土質	範囲
沖積砂礫層	Ag	B-1	B-1-1	2.00 ~ 2.50	34.5	18.7	砂質土	30 ~ 60
沖積砂礫層	Ag	B-2	B-2-1	4.00 ~ 4.50	16.8			
沖積砂礫層	Ag	B-3	B-3-1	1.00 ~ 1.50	18.0			
沖積砂礫層	Ag	B-3	B-3-2	3.00 ~ 3.50	11.8			
沖積砂礫層	Ag	B-3	B-3-3	6.00 ~ 6.50	12.6			
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-4	7.00 ~ 7.50	55.6	58.6	砂質土	30 ~ 60
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-5	8.00 ~ 8.50	45.2			
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-6	9.00 ~ 9.50	59.9			
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-7	10.00 ~ 10.50	65.1			
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-8	11.00 ~ 11.50	66.9			
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-9	12.00 ~ 12.50	58.7			

4.4.3 土の粒度試験結果

土を構成する土粒子の粒径分布状態を粒度という。この粒度組成は後述するコンシステンシー特性とともに土の分類の基本をなすもので、分類結果（地盤材料の工学的分類）は土の工学的な性質を類推する上で極めて有効である。

粒度は横軸に粒径を、縦軸にその粒径より小さい粒子の質量百分率を示した粒径加積曲線で表され（図 4.7）、土粒子の分布する範囲と分布の特徴が一目でわかるものであり、それにより土の粒度特性が把握できる。

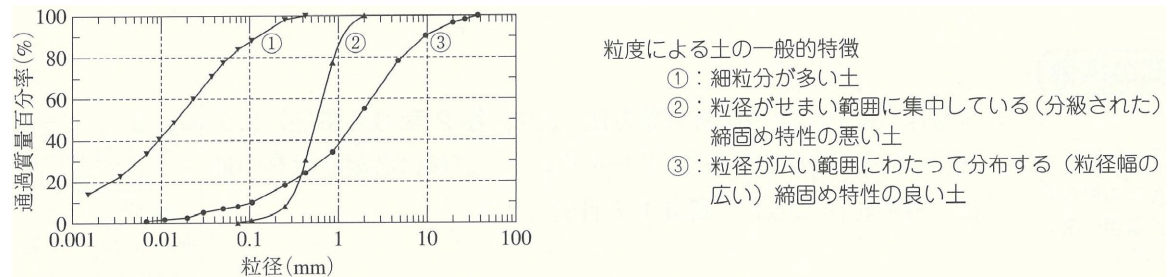


図 4.7 土の粒径加積曲線の例

※「土質試験 基本と手引き」（2014 年 2 月 （社）地盤工学会）p.27 より抜粋

各土層の粒度試験結果を表 4.14 にまとめ、図 4.8 に粒径加積曲線図として整理した。なお、分類名ならびに分類記号は、表 4.15～表 4.16 及び図 4.9 の土の工学的分類体系によるものであり、表 4.14 に併記した。

以上の結果より、各土層について以下の通りとなる。

表 4.14 粒度試験結果一覧

土層名	土層 記号	孔番号	試料 番号	深度 (m)	通過質量百分率				細粒分含有率 F_c (%)				最大 粒径 (mm)	60% 粒径 D_{60} (mm)	50% 粒径 D_{50} (mm)	30% 粒径 D_{30} (mm)	20% 粒径 D_{20} (mm)	10% 粒径 D_{10} (mm)	均等 係数 U_c	曲率 係数 U_c'	分類	
					礫 分	砂 分	シルト分	粘土分	実測	範囲	平均	地盤材料 の分類名									分類 記号	
					(%)	(%)	(%)	(%)														
沖積砂礫層	Ag	B-1	B-1-1	2.00 ~ 2.50	43.7	27.3	23.0	6.0	29.0	29.0 ~ 29.0	29.0	37.500	3.2445	0.7683	0.0835	0.0354	0.0141	230.1	0.2	粘性土質砂礫質	(GCsS)	
沖積砂礫層	Ag	B-2	B-2-1	4.00 ~ 4.50	17.3	40.4	24.2	18.1	42.3	42.3 ~ 42.3	42.3	26.500	0.2900	0.1396	0.0192	0.0064	0.0016	181.3	0.8	火山灰質礫質砂	(SVG)	
沖積砂礫層	Ag	B-3	B-3-1	1.00 ~ 1.50	39.0	33.3	22.5	5.2	27.7	27.7 ~ 27.7	27.7	26.500	1.7147	0.4981	0.0918	0.0437	0.0147	116.6	0.3	火山灰質砂質礫	(GVS)	
沖積砂礫層	Ag	B-3	B-3-2	3.00 ~ 3.50	41.3	31.0	23.2	4.5	27.7	27.7 ~ 27.7	27.7	26.500	2.3638	0.6876	0.0923	0.0381	0.0154	153.5	0.2	火山灰質砂質礫	(GVS)	
沖積砂礫層	Ag	B-3	B-3-3	6.00 ~ 6.50	63.6	24.9	7.8	3.7	11.5	11.5 ~ 11.5	11.5	37.500	12.4470	7.9993	0.8500	0.2700	0.0505	246.5	1.1	火山灰質土まじり砂質礫	(GS-V)	
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-4	7.00 ~ 7.50	27.5	42.2	21.7	8.6	30.3	30.3 ~ 30.3	30.3	19.000	0.7927	0.3694	0.0733	0.0328	0.0069	114.9	1.0	火山灰質礫質砂	(SVG)	
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-5	8.00 ~ 8.50	17.3	53.4	22.7	6.6	29.3	29.3 ~ 29.3	29.3	19.000	0.4534	0.2574	0.0790	0.0370	0.0114	39.8	1.2	火山灰質礫質砂	(SVG)	
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-6	9.00 ~ 9.50	6.3	49.6	29.4	14.7	44.1	44.1 ~ 44.1	44.1	9.500	0.2190	0.1180	0.0228	0.0088	0.0029	75.5	0.8	礫まじり火山灰質砂	(SV-G)	
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-7	10.00 ~ 10.50	46.5	35.1	12.5	5.9	18.4	18.4 ~ 18.4	18.4	19.000	3.2858	1.5298	0.3220	0.1005	0.0172	191.0	1.8	火山灰質砂質礫	(GVS)	
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-8	11.00 ~ 11.50	61.5	28.1	6.4	4.0	10.4	10.4 ~ 10.4	10.4	37.500	5.7308	3.5501	1.1402	0.4250	0.0645	88.8	3.5	火山灰質土まじり砂質礫	(GS-V)	
沖積礫まじり火山灰層	Avg	B-3	B-3-9	12.00 ~ 12.50	55.8	29.8	9.4	5.0	14.4	14.4 ~ 14.4	14.4	37.500	8.7137	3.9028	0.5536	0.1848	0.0309	282.0	1.1	火山灰質土まじり砂質礫	(GS-V)	

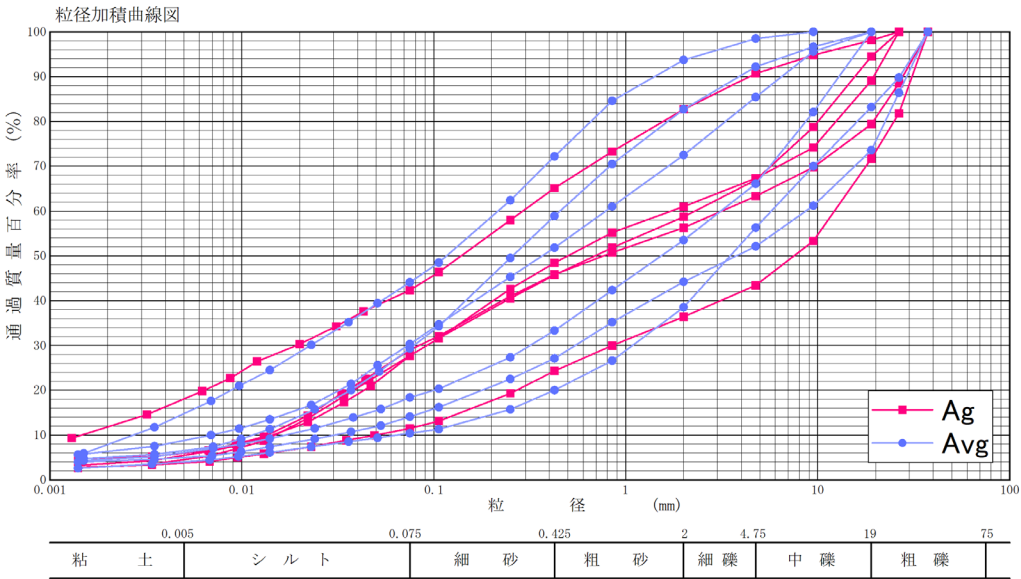


図 4.8 粒径加積曲線図

表 4.15 粗粒土の工学的分類体系

※「地盤材料試験の方法と解説」(2020年12月 (社)地盤工学会) p.74 より抜粋

大 分 類		中 分 類	小 分 類
土質材料区分	土質区分	主に観察による分類	三角座標上の分類
粗粒土 Cm 粗粒分>50%	礫質土 [G] 礫分>砂分	礫 砂分<15%	礫 (G)
			細粒分<5% 砂 分<5% (G-S)
		砂礫 15%≤砂分	細粒分<5% 5%≤砂 分<15% (G-F)
			5%≤細粒分<15% 砂分<5% (G-FS)
	15%≤細粒分	砂質礫 15%≤砂分	細粒分砂まじり礫 (G-FS)
			5%≤細粒分<15% 5%≤砂 分<15% (GS)
		細粒分まじり礫 {GS}	砂質礫 (GS)
			細粒分<5% 15%≤砂分 (GS-F)
	砂質土 [S] 砂分≥礫分	砂 礫分<15%	細粒分まじり砂質礫 (GS-F)
			5%≤細粒分<15% 15%≤砂 分 (GS)
		細粒分まじり砂 {GF}	砂質礫 (GS)
			細粒分<5% 15%≤砂分 (GS-F)
	15%≤細粒分	砂質砂 15%≤礫分	細粒分まじり砂質礫 (GF-S)
			15%≤細粒分 5%≤砂 分<15% (GF)
		細粒分まじり砂 {SF}	細粒分質礫 (GF)
			15%≤細粒分 砂分<5% (GF-S)
	15%≤細粒分	礫質砂 15%≤礫分	砂まじり細粒分質礫 (GF-S)
			15%≤細粒分 5%≤砂 分<15% (GF-S)
		細粒分質砂質礫 (GFS)	細粒分質砂質礫 (GFS)
			15%≤細粒分 15%≤砂 分 (GFS)
	砂質土 [S] 砂分≥礫分	砂 礫分<15%	砂 (S)
			細粒分<5% 礫 分<5% (S)
		礫質砂 15%≤礫分	礫まじり砂 (S-G)
			細粒分<5% 5%≤礫 分<15% (S-F)
	15%≤細粒分	砂質砂 15%≤礫分	5%≤細粒分<15% 礫分<5% (S-FG)
			細粒分礫まじり砂 (S-FG)
		細粒分質砂 (SF)	5%≤細粒分<15% 5%≤礫 分<15% (SF)
			細粒分質砂 (SF)
	15%≤細粒分	礫質砂 15%≤礫分	15%≤細粒分 礫分<5% (SF-G)
			礫まじり細粒分質砂 (SF-G)
		細粒分質礫質砂 (SFG)	15%≤細粒分 5%≤礫 分 (SFG)
			細粒分質礫質砂 (SFG)
			15%≤細粒分 15%≤礫 分 (SFG)

表 4.16 細粒土・高有機質土・人工材料の工学的分類体系

※「地盤材料試験の方法と解説」(2020年12月 (社)地盤工学会) p.74 より抜粋

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 $\geq 50\%$	粘性土 [Cs]	シルト {M}	WL $< 50\%$ シルト (低液性限界) (ML)
			WL $\geq 50\%$ シルト (高液性限界) (MH)
		粘土 {C}	WL $< 50\%$ 粘土 (低液性限界) (CL)
			WL $\geq 50\%$ 粘土 (高液性限界) (CH)
	有機質土 [O] 有機質、暗灰で有機臭あり	有機質土 {O}	WL $< 50\%$ 有機質粘土 (低液性限界) (OL)
			WL $\geq 50\%$ 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] 地質的背景	火山灰質粘性土 {V}	WL $< 50\%$ 火山灰質粘性土 (低液性限界) (VL)
			$50\% \leq \text{WL} < 80\%$ 火山灰質粘性土 (I型) (VH1)
			WL $\geq 80\%$ 火山灰質粘性土 (II型) (VH2)
高有機質土 Pm 有機物を多く含むもの	高有機質土 [Pt]	高有機質土 {Pt}	未分解で繊維質 泥炭 (Pt)
			分解が進み黒色 黒泥 (Mk)
人工材料 Am	人工材料 [A]	廃棄物 {Wa}	廃棄物 (Wa)
			改良土 {I} 改良土 (I)

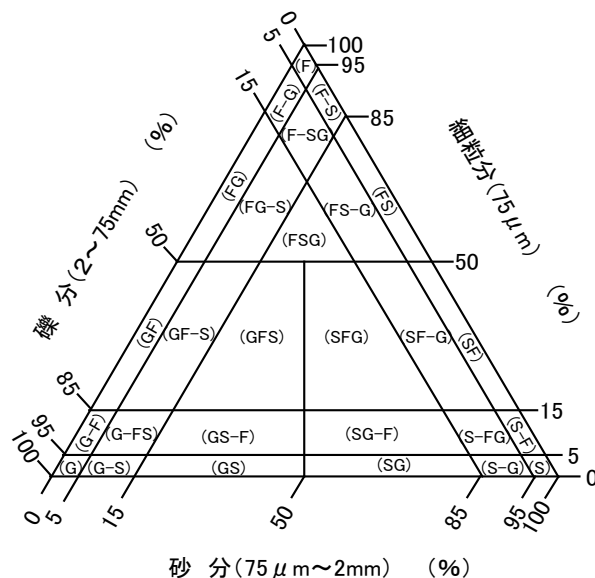


図 4.9 粗粒土の小分類および細粒土の細区分用三角座標

※「地盤材料試験の方法と解説」(2020年12月 (社)地盤工学会) p.77 より抜粋

4.4.4 土の液性限界・塑性限界試験結果

シルト・粘土の粘性土や有機質土は、含水比の高低に応じて液体から固体まで土の状態が変化する。含水比の変化によるこのような状態変化・変形のしやすさを総称してコンシステンシーという。

一般に、液性限界 w_L と塑性限界 w_P は土粒子の粒径が小さくなるほど、かつシルト・粘土粒子の量が多くなるほど大きくなる傾向にある。さらに溶存イオンや有機物の量が多いほど大きくなり、これ以外に粘土鉱物の種類や量にも関係するといわれている。

表 4.17 に土の種類ごとの測定例を、図 4.10 にコンシステンシー限界の解説図を示す。

表 4.17 液性限界・塑性限界の測定例（地盤工学会）

※「地盤材料試験の方法と解説」（2020 年 12 月 （社）地盤工学会）p.168 より抜粋

土の種類	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_P (%)
粘土(沖積層)	50 ～ 130	30 ～ 60
シルト(沖積層)	30 ～ 80	20 ～ 50
粘土(洪積層)	35 ～ 90	20 ～ 50
関東ローム	80 ～ 150	40 ～ 80

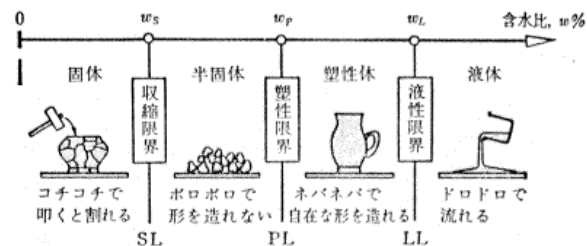


図 4.10 粘性土の4態とそれらの限界（コンシステンシー限界）

塑性指数 I_P は、液性限界 w_L と塑性限界 w_P の差であり、次式から求められる。

$$I_P = w_L - w_P$$

ここに、

I_P : 塑性指数

w_L : 液性限界(%)

w_P : 塑性限界(%)

液性指数 I_L は、自然含水比 w_n が液性限界 w_L や塑性限界 w_P に対して相対的にどの位の所にあるかを示したもので、相対含水比とも呼ばれ、自然含水比状態における土の相対的な硬さ・軟らかさを表す指数であり、次式から求められる。

自然含水比 w_n が液性限界 w_L に近い場合は、液性指数 I_L は 1 に近く、一般に変形抵抗の小さい軟弱な正規圧密粘土に多い。一方、自然含水比 w_n が塑性限界 w_P に近い場合は、液性指数 I_L は 0 に近づき、一般に圧縮強度の大きな過圧密粘土に多く見られる。液性指数は土の繰返した土の強さと相関があり、その関係を用いて土の鋭敏性を把握することができる。

$$I_L = \frac{w_n - w_P}{w_L - w_P} = \frac{w_n - w_P}{I_P}$$

ここに、

I_L : 液性指数

w_n : 自然含水比(%)

コンシステンシー指数 I_c は、粘性土の相対的な硬さや安定度を表す指数であり、次式から求められる。

自然含水比 w_n が塑性限界 w_P に近ければ、コンシステンシー指数 I_c は 1 に近くなり、硬くて圧縮強度が大きく、比較的安定な状態にあることを意味している。一方、自然含水比 w_n が液性限界 w_L に近ければ、コンシステンシー指数 I_c は 0 に近くなり、土を乱せば液状の軟らかい性状を示し、不安定な状態にあることを意味している。

$$I_c = \frac{w_L - w_n}{w_L - w_P} = \frac{w_L - w_n}{I_P}$$

ここに、

I_c : コンシステンシー指数

Ag 層の土の液性限界・塑性限界試験結果を表 4.18 にまとめ、各土層の塑性図及び自然含水比と液性限界の関係図を図 4.11 に整理した。

これらの結果より、Ag 層の一部は圧縮性の小さいシルトであり、安定した土質であると判断される。

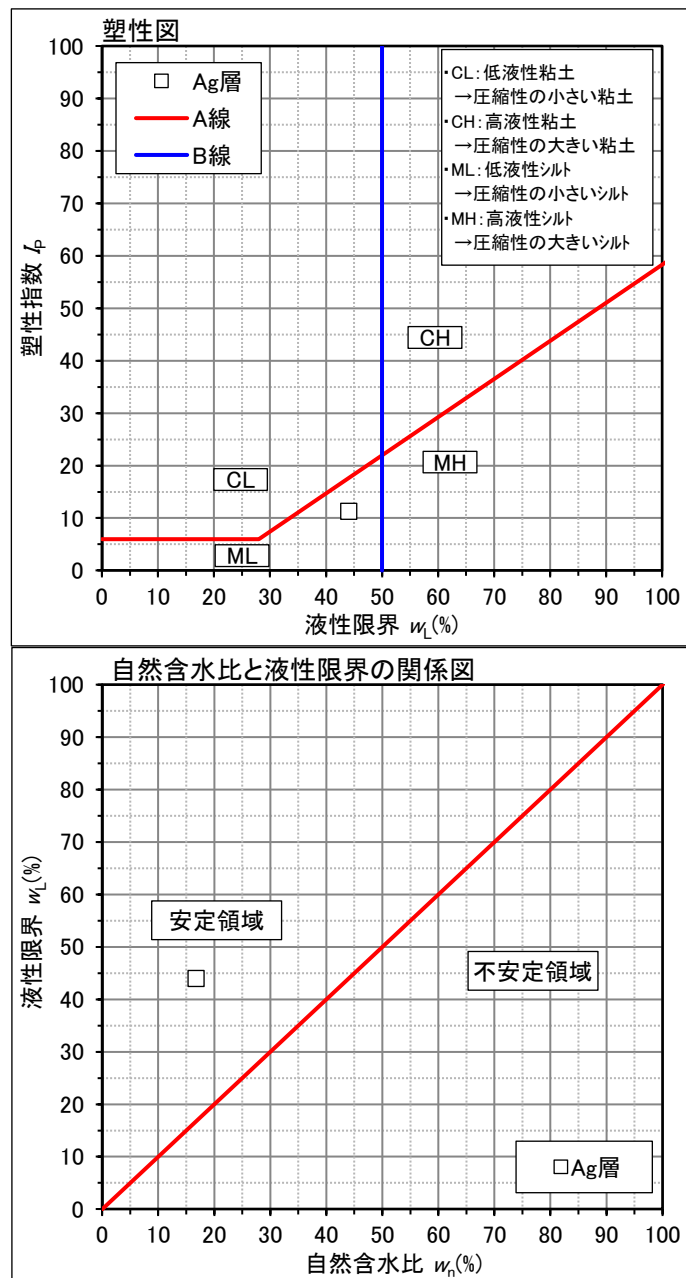


図 4.11 各土層の塑性図及び自然含水比と液性限界の関係

表 4.18 各土層の土の液性限界・塑性限界試験結果一覧

土層名	土層 記号	孔番号	試料 番号	深度 (m)	自然 含水比 w_n (%)	液性 限界 w_L (%)	塑性 限界 w_P (%)	塑性 指数 I_P	液性 指数 I_L	コンス テンシー 指数 I_c
沖積砂礫層	Ag	B-2	B-2-1	4.00 ~ 4.50	16.8	44.0	32.7	11.3	-1.4	2.41

5 総合解析

本調査で確認された各土層において、設計土質定数を設定した。表 5.1 に土質定数一覧をまとめると共に、以下に各土層における地盤定数の設定について述べる。なお、本調査における設計土質定数は未固結層、固結層に分けて設定した。

表 5.1 設計土質定数一覧

土層名		土層 記号	設計 N値	単位体積 重量 $\gamma_t(\text{kN/m}^3)$	粘着力 c (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)	変形係数 E(kN/m^2)
人工土	盛土	Bk	11	16.0	-	34	30,800
沖積層	沖積砂礫層	Ag	15	18.0	-	35	7,524
	沖積礫まじり火山灰層	Avg	11	18.0	-	33	36,400
洪積層	凝灰質砂岩	Sb	46	18.0	53.0	38	37,320
	泥質砂岩(強風化)	Sb-w1	24	17.0	43.0	36	23,822
	泥質砂岩(中風化)	Sb-w2	56	18.0	57.0	38	42,745
	凝灰質砂岩	Tb	147	20.0	333.0	21	83,193

5.1 未固結層の設計土質定数の設定

今回の調査・試験結果による「未固結層」とは、土砂状コアを主体とする以下の地質を対象とし、一般的な粘性土、砂質土として評価する。

・Bk、Ag、Avg

5.1.1 単位体積重量の設定方法

単位体積重量は、湿潤密度試験を実施していないため、「建築基礎構造設計指針」((社)日本建築学会 2019年11月) p.30 に示されている一般値(表 5.2)をもとに、設定した。表 5.3 に設定した単位体積重量の一覧を示す。

表 5.2 土の単位体積重量(kN/m³)

※「建築基礎構造設計指針」((社)日本建築学会 2019年11月) p.30 より抜粋

土質	湿潤単位体積重量 (地下水位以浅)		飽和単位体積重量 (地下水位以深)		水中単位体積重量 (地下水位以深)	
	ゆるい (やわらか)	密な (かたい)	ゆるい (やわらか)	密な (かたい)	ゆるい (やわらか)	密な (かたい)
礫	18	20	19	21	9	11
砂	16	18	17	19	7	9
シルト	14	16	15	17	5	7
粘土	13	15	14	16	4	6
関東ローム	12	14	13	15	3	5
高有機質土	9	12	10	13	0	3

表 5.3 単位体積重量一覧表

土層	N値		単位体積重量 $\gamma_t(\text{kN/m}^3)$
Bk	11	緩い	16
Ag	15	緩い	18
Avg	13	緩い	18

5.1.2 内部摩擦角

当該層の内部摩擦角は、「建築基礎構造設計指針」((社)日本建築学会 2019 年 11 月) p.30 に示されている「 N 値と φ との関係 (畑中の式)」を用いて設定した。ただし、 $\varphi=40^\circ$ を上限とした。また、地表面付近においては有効上載圧が小さくなり、 N_1 が大きな値となって内部摩擦角を過大評価するおそれがあることから、本調査では安全性を考えて $\sigma_v \geq 100\text{kN/m}^2$ とした。

なお、赤字のものに関しては、礫障害により N 値が大きくなり換算 N 値が過大に評価され正確に内部摩擦角が評価されていないと考えられるため、平均値から除外している。

$$\varphi_d = \sqrt{20N} + 15 \quad (3.5 < N_1)$$

$$\varphi_d = \sqrt{20N_1} + 20 \quad (3.5 \leq N_1 \leq 20)$$

$$\varphi_d = 40 \quad (N_1 > 20)$$

$$N_1 = \frac{N}{\sqrt{\frac{\sigma'_z}{100}}}$$

ここに、

φ_d : 内部摩擦角($^\circ$)

N : N 値

N_1 : N 値を有効上載圧で補正した換算 N 値

σ'_z : 有効上載圧(kN/m^2)

表 5.4～表 5.6 に上記に示した式によって求めた内部摩擦角の一覧を示す。

表 5.4 内部摩擦角一覧(Bk 層)

孔番号	土層 記号	貫入試験 深度 (m)	標準貫入 試験から得 られるN値	貫入試験 深度での 有効上載圧 σ'_v (kN/m ²)	補正N値 (N _i)	内部摩擦角 ϕ (°)	平均内部 摩擦角 ϕ (°)
R5-No.1	Bk	0.8	8	100	8	33	34
		1.8	14	100	14	37	
R5-No.2		0.8	16	100	16	38	
		1.8	4	100	4	29	

表 5.5 内部摩擦角一覧(Ag 層)

孔番号	土層 記号	貫入試験 深度 (m)	標準貫入 試験から得 られるN値	貫入試験 深度での 有効上載圧 σ'_v (kN/m ²)	補正N値 (N _i)	内部摩擦角 ϕ (°)	平均内部 摩擦角 ϕ (°)
R6.B-1	Ag	1.3	7	100	7	32	35
		2.3	9	100	9	33	
		3.3	50	100	50	40	
		4.3	50	100	50	40	
		5.3	50	100	50	40	
		6.3	29	112.8	27	40	
		7.3	14	130.8	12	36	
		8.3	50	138.8	42	40	
		9.3	50	146.8	41	40	
R6.B-2		1.3	3	100	3	23	
		2.3	45	100	45	40	
		3.3	50	100	50	40	
		4.3	18	100	18	39	
		5.3	50	100	50	40	
		6.3	50	100	50	40	
		7.3	50	104.6	49	40	
		8.3	50	112.6	47	40	
		9.3	14	120.6	13	36	
R6.B-3		10.3	48	128.6	42	40	
		1.3	9	100	9	33	
		2.3	50	100	50	40	
		3.3	32	100	32	40	
		4.3	50	100	50	40	
		5.3	50	100	50	40	
R5-No.1		6.3	14	100	14	37	
		2.8	9	100	9	33	
		3.8	23	100	23	40	
		4.53	50	100	50	40	
		5.51	50	100	50	40	
		6.8	46	100	46	40	
		7.67	50	100	50	40	
		8.64	50	100	50	40	

表 5.6 内部摩擦角一覧(Avg 層)

孔番号	土層 記号	貫入試験 深度 (m)	標準貫入 試験から得 られるN値	貫入試験 深度での 有効上載圧 σ_v (kN/m2)	補正N値 (N _I)	内部摩擦角 ϕ (°)	平均内部 摩擦角 ϕ (°)
R6.B-1	Avg	7.3	10	100.00	10	34	33
		8.3	22	101.20	22	40	
		9.3	16	109.2	15	37	
		10.3	5	117.2	5	30	
		11.3	7	125.2	6	31	
		12.3	14	133.2	12	36	
R5-No.1		9.8	11	100	11	35	
		10.8	12	100	12	35	
		11.74	50	100	50	40	
		12.8	40	108.2	38	40	
		13.8	40	116.2	37	40	
		14.8	11	124.2	10	34	
R5-No.2		15.8	24	132.2	21	40	
		2.8	5	100	5	30	
		3.8	4	100	4	29	
		4.8	16	100	16	38	
		5.8	20	100	20	40	
		6.8	2	100	2	21	
		7.8	8	100	8	33	
		8.8	11	104.4	11	35	
		9.8	4	112.4	4	29	
		10.8	2	120.4	2	21	
		11.8	6	128.4	5	30	
		12.8	16	136.4	14	37	

5.1.3 変形係数の設定方法

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編」(2017 年 11 月 (社)日本道路協会) p.188 によると、地盤反力係数を推定するための地盤の変形係数 E_0 (平板載荷試験相当) と孔内水平載荷試験による変形係数 E_s や標準貫入試験による N 値との関係は表 5.7 のとおりとなっており、次式によって近似的に示される。

$$E_0 = 4 \times E_s \cdots \text{孔内水平載荷試験を実施しているもの(式①)}$$

$$E_0 = 2800 \times N \cdots \text{孔内水平載荷試験を実施していないもの(式②)}$$

ここに、

E_0 : 平板載荷試験による変形係数(kN/m²)

E_s : 孔内水平載荷試験による変形係数(kN/m²)

N : N 値

表 5.7 変形係数 E_0 と地盤反力係数の換算係数 α

※「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編」(2017 年 11 月 (社)日本道路協会)
p.188 より抜粋

変形係数 E_0 の推定方法	地盤反力係数の換算係数 α	
	作用の組合せに地震の影響を含まない場合	作用の組合せに地震の影響を含む場合
直径0.3mの剛体円板による平板載荷試験の繰返し曲線から求めた変形係数の1/2	1	2
孔内水平載荷試験から求めた変形係数	4	8
供試体の一軸圧縮試験又は三軸圧縮試験から求めた変形係数	4	8
標準貫入試験の N 値より $E_0=2,800N$ で推定した変形係数	1	2

表 5.8 に設定した変形係数の一覧を示す。

表 5.8 変形係数一覧

土層記号	設計 N 値	孔内水平載荷試験結果 (kN/m ²)	変形係数 (kN/m ²)	採用式
Bk	11	-	30,800	②
Ag	15	1,881	7,524	①
Avg	13	-	36,400	②

5.2 固結層の設計土質定数の設定

本業務における基盤岩は、以下の土層を対象とする。

- ・ Sb、Sb-w1、Sb-w2、Tb

岩盤の設計定数の設定方法は、一般の未固結層とは異なることから「設計要領第二集橋梁設計編」(東・中・西日本高速道路株式会社)で提示されている方法によって求める。表 5.9 に岩盤の設計土質定数の一覧を示す。

表 5.9 岩盤の設計土質定数一覧

土層名	土層記号	設計N値(回)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	変形係数 E (kN/m ²)
洪積層	凝灰質砂岩	Sb	46	18.0	53.0	37,320
	泥質砂岩(強風化)	Sb-w1	24	17.0	43.0	23,822
	泥質砂岩(中風化)	Sb-w2	56	18.0	57.0	42,745
	凝灰質砂岩	Tb	147	20.0	333.0	83,193

5.2.1 基盤岩の単位体積重量： γ_t

基盤岩の単位体積重量は、「設計要領 第二集」(p.4-7)で示されている「岩盤の概略的な単位体積重量と換算N値の関係式」より求める(ただし、換算N値は300回以下)。

○ 平均単位体積重量 γ_t (kN/m³) = $(1.173 + 0.4 \cdot \text{Log} N) \times 9.807$

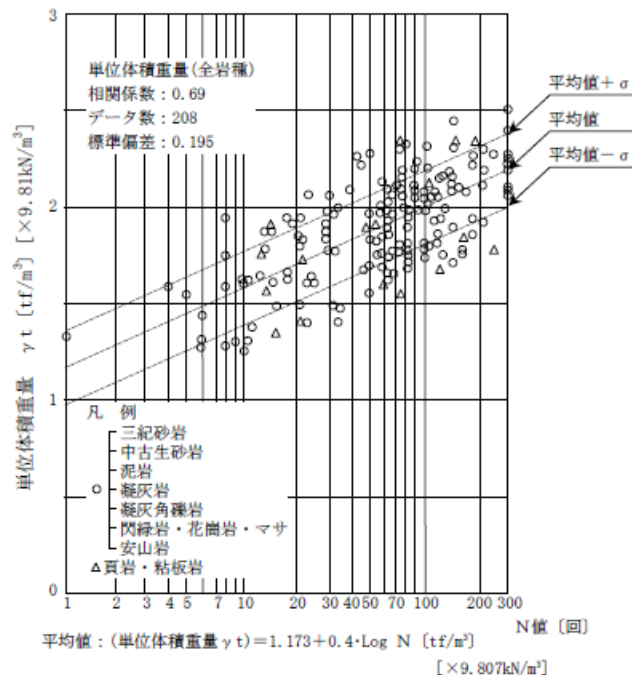


図 5.1 岩盤の単位体積重量の測定例

5.2.2 基盤岩のせん断強度：c, ϕ

「設計要領 第二集」(p.4-10)で示されている表 5.10 を参考に設定する。岩盤区分は以下の通りとする。

表 5.10 岩盤の換算 N 値とせん断定数の測定例

		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^2)	換算 N 値と 平均値の関係	$15.2N^{0.327}$	$25.3N^{0.334}$	$16.2N^{0.606}$	
	標準偏差	0.218	0.384	0.464	Log 軸上の値
せん断抵抗角 (度)	換算 N 値と 平均値の関係	$5.10\text{Log}N+29.3$	$6.82\text{Log}N+21.5$	$0.888\text{Log}N+19.3$	Log の底は 10
	標準偏差	4.40	7.85	9.78	

注1) N : N値(50以上は30cm貫入換算値、ただし換算N値 ≤ 300)

5.2.3 基盤岩の変形係数： E_0

「設計要領 第二集」(p.4-13)で示されている「岩盤の変形係数(孔内水平載荷試験相当値)と換算 N 値の関係」を用いて設定した。

$$\text{平均変形係数} = 27.1 \cdot N^{0.69} \times 98.1 (\text{kN/m}^2)$$

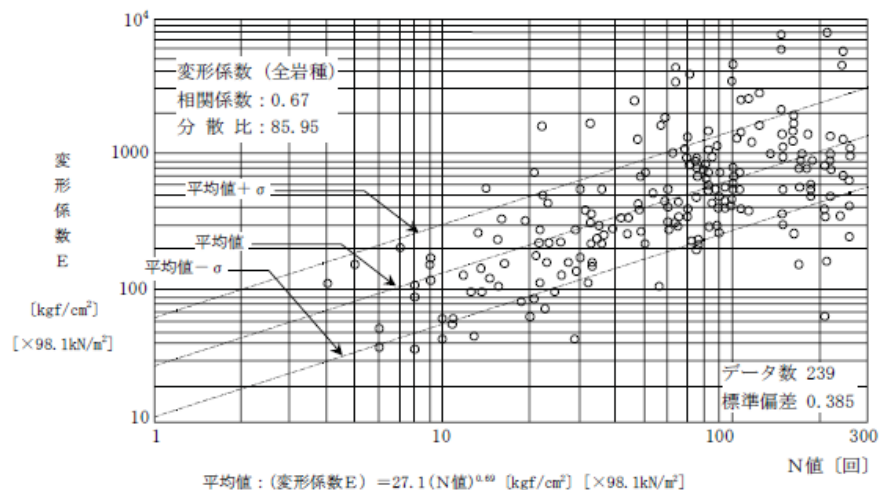


図 5.2 換算 N 値と変形係数(孔内水平載荷試験結果相当値)の関係例

6 液状化の可能性について

地盤液状化は、「建築基礎構造設計指針」（2019 年 11 月 （社）日本建築学会）によると液状化判定を行う必要がある土層について以下のように示されている。

※以下、「建築基礎構造設計指針」（2019 年 11 月 （社）日本建築学会） p.51 より抜粋

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。

上記に記されている液状化判定の必要性の有無について判定結果をまとめたものを表 6.1 に示す。これより液状化検討対象土層は Ag 層および Avg 層となる。よって、必要に応じて液状化判定を実施されたい。

表 6.1 液状化検討対象土層

孔番号	試料番号	深度 (m)	土質記号	土層名	細粒分含有率 (%)	塑性指数 I_p	粘土分含有率 (%)	液状化検討の必要性
B-3	B-3-3	6.00~6.50	Ag	沖積砂礫層	11.5	NP	3.7	あり
	B-3-4	7.00~7.50	Avg	沖積礫まじり火山灰層	30.3	NP	8.6	あり
	B-3-5	8.00~8.50			29.3	NP	6.6	あり
	B-3-6	9.00~9.50			24.5	NP	14.7	あり
	B-3-7	10.00~10.50			18.4	NP	5.9	あり
	B-3-8	11.00~11.50			10.4	NP	4.0	あり
	B-3-9	12.00~12.50			14.4	NP	5.0	あり

7 設計施工上の留意点

7.1 構造物の良質な支持層と基礎形式の選定について

当該地における構造物の良質な支持層としては、「建築基礎構造設計指針(令和元年 11 月)」((日本建築学会)p.26)より、Sb-w2 層および Tb 層であると判断される。

支持層は敷地内で実施されるすべてのボーリングで確認することが望ましいが、支持層より深い地盤性状の確認は少なくとも 1 本以上のボーリングで実施する。これには、信頼できる既存のデータを参照してもよい。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 以上であるが、建物の要求性能などを考慮して設計者が適切に設定する。薄層支持を検討する場合、詳細設計時に支持層位置が変更になる可能性に配慮し、薄層支持層の下部にある支持層候補となる深さまで複数本のボーリング調査を計画しておく。地震応答解析を行う場合は、工学的基盤を確認できる深さまで調査を行う。工学的基盤は一般にせん断波速度 $V_s=300\sim700$ m/s の層とされているが、 $V_s=400$ m/s 以上で、厚さ 5 m 以上の層とする文献²⁶⁹⁾もある。

「建築基礎構造設計指針(令和元年 11 月)」((日本建築学会)p.26)より抜粋

図 7.1 は建築物の基礎構造をその支持地盤と基礎形式の組み合わせで分類したものであり、表 7.1 には各基礎構造を適用する際の検討項目をまとめたものである。

これより、建築物の規模にもよるが基礎形式は多岐にわたるため、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とともに施工性・経済性も考慮して最も合理的な基礎形式を選定する必要がある。

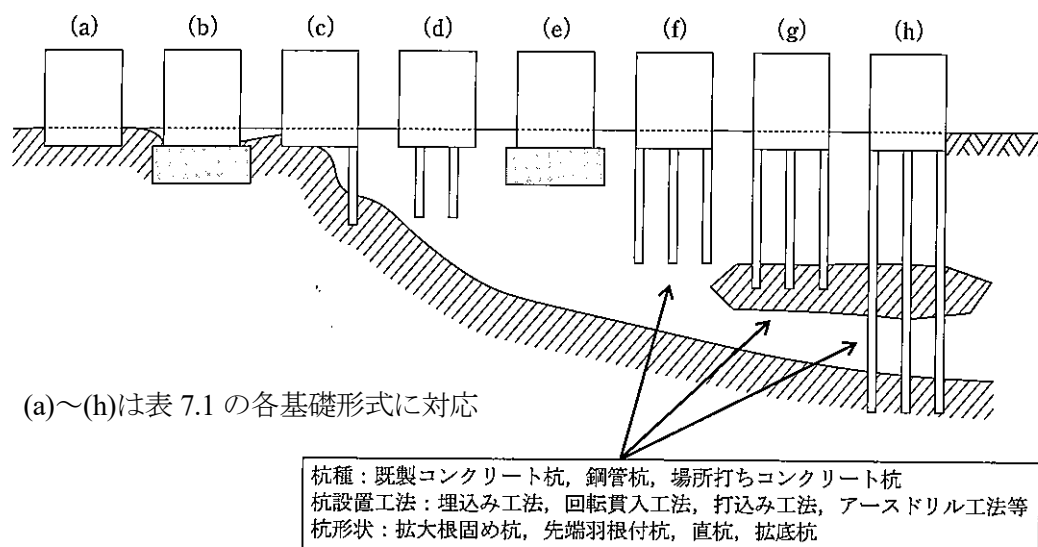


図 7.1 支持地盤の深度と適用可能な基礎形式

「建築基礎構造設計指針(令和元年 11 月)」(日本建築学会)p.35

表 7.1 基礎形式ごとの検討事項・チェック事項一覧

基礎形式	基礎部材	検討事項	本文該当章
(a) 直接基礎	基礎スラブ (べた基礎), フーチング (連続基礎, 独立基礎), 基礎梁	地盤の鉛直支持力, 滑動抵抗力, 即時沈下, 圧密沈下, 液状化, 凍結深度, 地下水位	5 章
(b), (e) 直接基礎 + 地盤改良 (ラップルコンクリート地業を含む)	同上	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, 液状化, 凍結深度, 地下水位	5 章
(c) 異種基礎	基礎スラブ (べた基礎), フーチング (連続基礎, 独立基礎), 基礎梁, 杭基礎 (摩擦杭, 薄層支持杭, 支持杭)	直接基礎, 杭基礎の検討事項, 境界部応力, 基礎のねじれ	8 章
(d) バイルド・ラフト基礎	基礎スラブ, 基礎梁, 杭体	直接基礎, 杭基礎の検討事項, 杭とラフトの (鉛直・水平) 荷重分担	7 章
(f) 杭基礎 (摩擦杭)	パイルキャップ, 杭頭接合部, 基礎梁, 杭体, 杭体継手部	杭の鉛直支持力, 引抜き抵抗力, 水平抵抗力, 負の摩擦力, 即時沈下, 圧密沈下, 液状化, 杭体 (軸力, 曲げ, せん断) 応力, 杭頭接合部応力, 杭体継手部応力	6 章
(g) 杭基礎 (薄層支持杭)			
(h) 杭基礎 (支持杭)			

「建築基礎構造設計指針(令和元年 11 月)」(日本建築学会)p.35

7.2 その他留意事項

p43 で示した、液状化の可能性のある条件と室内試験値を比較した結果、Ag 層および Avg 層が対象土層となった。そのため、必要に応じて液状化判定を実施されたい。