

一 報 告 書 目 次 一

	ページ
1. 調査概要	1
1-1 調査要項	1
1-2 調査・試験方法	3
2. 地形・地質概要	6
2-1 地形概要	6
2-2 地質概要	7
3. 調査結果	10
3-1 ボーリング結果	10
3-2 各土層の土性・N値の特徴	15
3-3 地下水位について	20
3-4 現場透水試験	21
3-5 孔内水平載荷試験結果	23
3-6 土質試験結果	25
4. 調査結果からの考察	31
4-1 支持地盤及び基礎形式の選定	31
4-2 地盤定数の決定条件	34
4-3 地盤の液状化について	37
4-4 設計・施工上の留意点	43

一 添 付 図 表 一

調査位置平面図
土層想定断面図
ボーリング柱状図
孔内水平載荷試験結果
標準貫入打撃曲線図
現場透水試験結果
孔内水位観測記録表
室内土質試験結果
液状化判定結果
記録写真集
土質標本

1. 調査概要

本報告書は、愛国浄水場敷地内(釧路市愛国西4丁目)で実施した地質調査について取りまとめたものである。

1-1 調査要項

- (1) 調査名：第3回拡張事業 愛国浄水場配水施設 実施設計業務委託
- (2) 調査地：釧路市愛国西4丁目（図-1.1.1に示す。）
- (3) 調査期間：平成22年5月18日～平成22年6月7日
- (4) 調査目的：釧路市愛国浄水場敷地内に計画されている配水池及びポンプ室建設予定地の調査で土層構成、概略強度（N値）、透水係数、変形係数及び物理特性を把握し、設計・施工時の基礎資料を得ることを目的とする。
- (5) 調査内容及び調査数量

：孔径86mmのロータリー式コアボーリングと、ボーリング孔を利用した原位置試験（標準貫入試験・孔内水平載荷試験・現場透水試験）の現地調査、室内土質試験からなり実施数量は表-1.1.1に示す。

表-1.1.1 調査実施数量

調査地点	掘削深度 (m)	標準貫入 試験 (回)	孔内水平 載荷試験 (回)	現場透水 試験 (回)	室内土質試験(試料)		
					密度試験	粒度試験	含水比試験
No.1	20.00	20	1	1	-	-	-
No.2	20.00	20	1	1	12	12	12
No.3	30.00	30	1	1	-	-	-
合計	70.00	70	3	3	12	12	12

- (6) 発注機関：釧路市
- (8) 受注者：株式会社 日水コン

TEL 011-281-2408

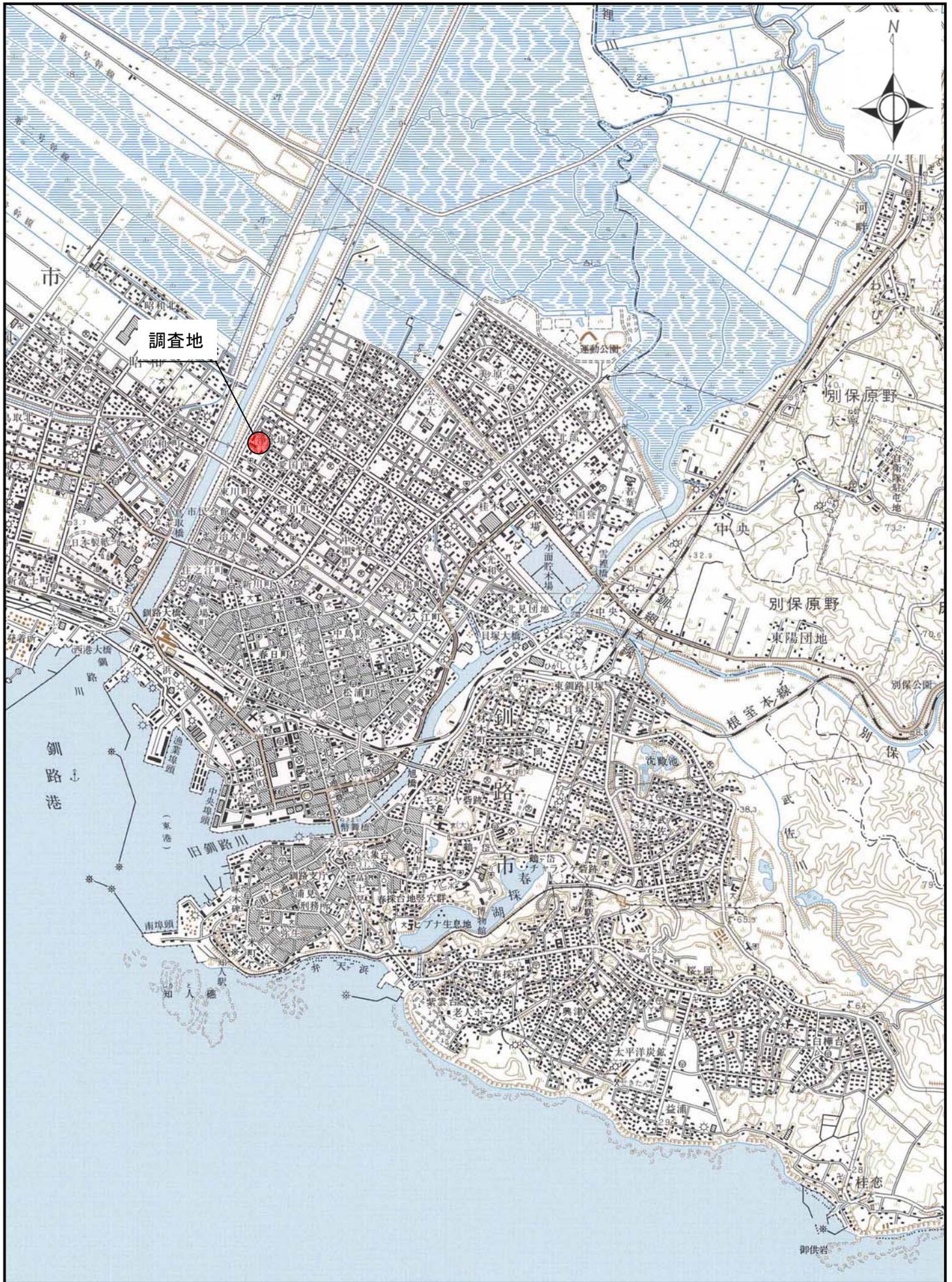


図-1.1.1 調査位置案内図 S=1:50,000

1-2 調査・試験方法

本業務は、機械ボーリングとボーリング孔を利用する原位置試験（標準貫入試験、孔内水平載荷試験、現場透水試験）及び室内土質試験からなる。

以下に、調査方法・試験方法について述べる。

(1) 調査位置の選定

調査位置は、監督員と協議し構造物建設予定敷地内に3点を選定し調査位置とした。調査位置は以下の通りである。

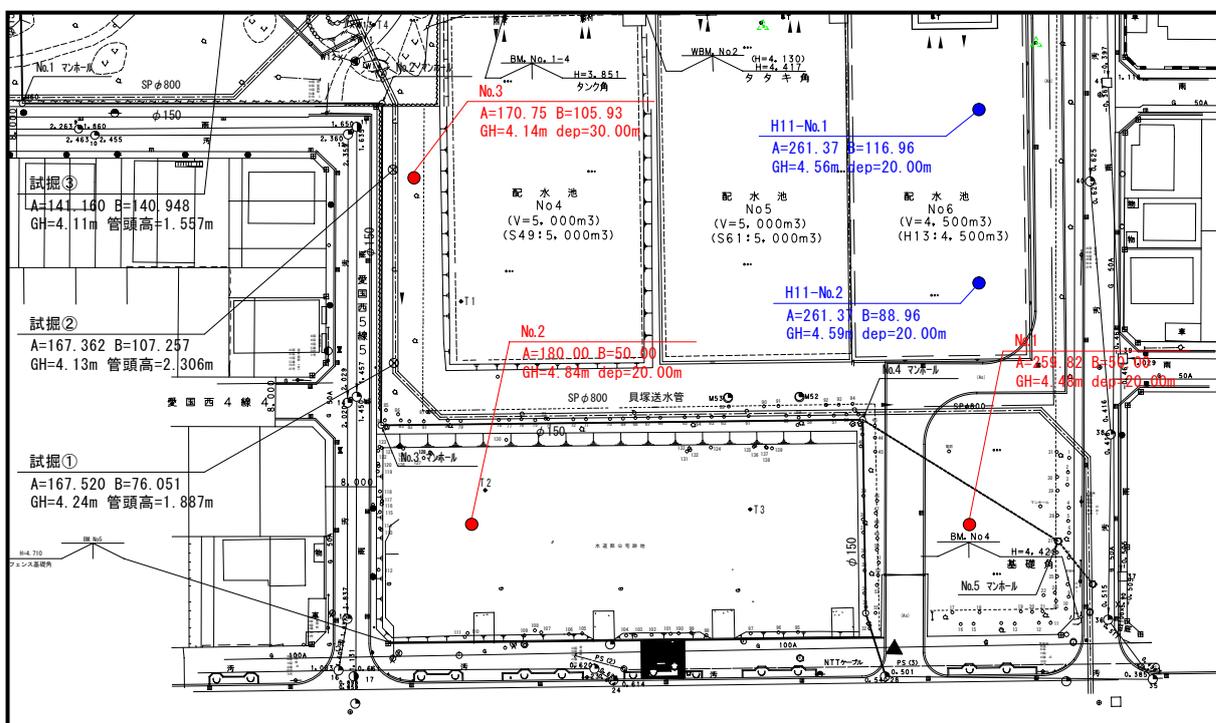


図-1.2.1 調査位置平面図

なお、地盤高については、調査地敷地内に設定された以下のBMを使用し水準測量によって求めた。

《使用BM》

BM No.1 H=4.710m フェンス基礎角

(2) 機械ボーリング

ボーリングは、調査地の土層構成の把握と原位置試験（標準貫入試験）を行う目的で実施した。

本調査で使用したボーリングマシンは、図-1.2.2 に示す鉦研試錐工業(株)製スピンドルタイプ KT-100 型試錐機および株利根製スピンドルタイプ TS-100 型試錐機である。

掘削にあたっては孔径 86 mm のシングルチューブコアバーレルを使用し、掘進中は土質名や色調及び地下水位の把握に努めた。

掘削の打止めは、監督員の承諾を得て掘削終了した。

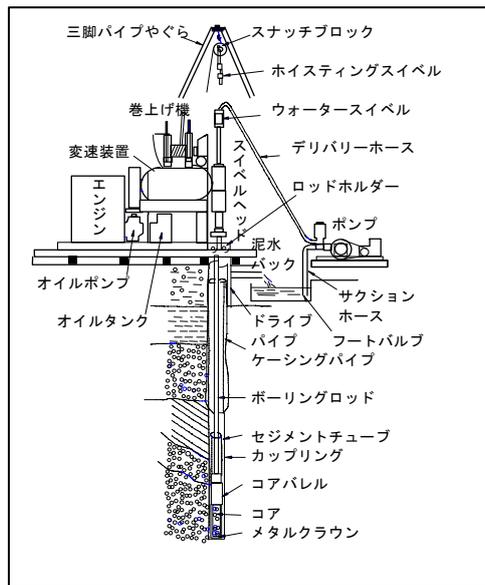


図-1.2.2 ボーリング設備概略図

(3) 標準貫入試験

当試験は、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値を求めるために実施した。

試験方法は、JIS A 1219 に規定される方法により全地点で深度 0.5m から 1.0m 間隔で実施した。

なお、打撃回数の上限は 50 回とし、貫入量 30cm 未満でこれに達した場合は貫入長を記録する。当試験で採取された試料は、土質判定・観察を行った後、ビニール袋と標本ビンに詰め、標本ビンを標本箱に整理収納し土質標本として提出した。

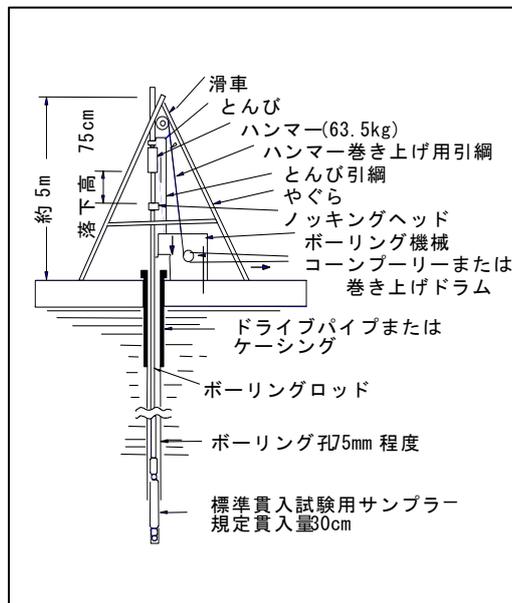


図-1.2.3 標準貫入試験概略図

(4) 孔内水平載荷試験 (LLT)

孔内水平載荷試験は地盤の横方向の反力係数を求めるためにボーリング孔壁を利用して行う原位置試験で、図-1.2.4に示すようにボーリング孔内にゾンデ（ゴムチューブ）を挿入し、このゴムチューブを高压ガスを圧力源とする圧力水の流入によって加圧膨張させ、このときの圧力と孔内におけるチューブの膨張量の関係により、地盤の変形係数を求める装置である。

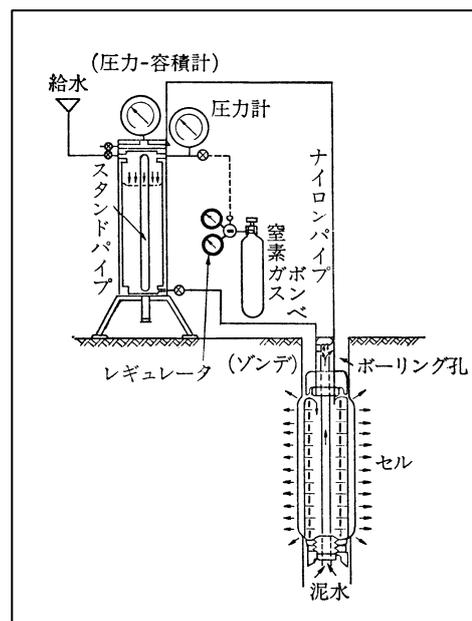


図-1.2.4 LLT 装置の一般図

(5) 現場透水試験

現場透水試験は基礎底面付近の土層を対象に、水位回復法により実施した。（詳細については、3-4）節に説明する。

(6) 室内土質試験

土質試験は、土の物理特性を把握する目的で、標準貫入試験器によって採取された試料を用い地盤工学会基準に準じた表-1.2.1の各試験を実施した。

表-1.2.1 土質試験の試験項目

分類	試験名	地盤工学会基準	日本工業規格 (JIS)
物理試験	土粒子の密度試験	JGS 0111	JIS A 1202
	土の含水比試験	JGS 0121	JIS A 1203
	土の粒度試験	JGS 0131	JIS A 1204

2. 地形・地質概要

本調査地は、JR北海道「釧路駅」の北北西約3kmの新釧路川左岸築堤に面した釧路市愛国浄水場内に位置する。

2-1 地形概要

釧路市の地形(旧釧路市地域)は比較的単調で、釧路川を境に東側の台地と西側の低地に区分される。

(1) 台地の地形

台地の地形は、釧路湿原を取り囲むように分布し、釧路川の東側と大楽毛の釧路工専裏から鶴丘・駒牧にかけての阿寒川右岸および左岸の山花方面に見られ、これらの台地は高低2段の段丘からなる。

低い方の釧路段丘面は、春採・緑ヶ岡・紫雲台・白樺台をはじめ浦見町・富士見町の標高30～60mの面を形成しており、後述する根室段丘の南縁に付着的に発達する。一方、高位の根室段丘面は、標高70～140m程度を示し、青雲台から白樺台北側の高台と武佐川より東方の地域および釧路空港周辺に分布している。

根室段丘は100万～200万年前に更新世の海成層を主体とする釧路層群が海で厚く堆積した後、海が退き隆起した地形であり、釧路段丘は10万～20万年前に隆起した後に陸成層の大楽毛層が堆積し、海の侵食によって削られ火山灰が堆積した段丘である。

(2) 低地の地形

低地の地形は、内陸部の泥炭地と海岸付近の砂丘地からなる。泥炭地は、極めて湿潤・低平で標高は10mを越えることは殆どなく、極めて緩い勾配で南東方向に傾斜している。したがって、阿寒川・仁々志別川・釧路川などの河川は泥炭地を北西から南東方向に流下している。

これらの主要河川沿いには、砂礫や粘土からなる氾濫原堆積物が分布し、泥炭地よりわずかに高い自然堤防を形成していることが多い。

泥炭地の前面には、海岸沿いに約1.5kmの幅で東西に延びる砂丘群が分布し、標高4～6m、最高8mに達し泥炭地よりも高いが、東西の両端にある大楽毛と釧路市街では崩れて形跡が不明瞭となっている。

2-2 地質概要

調査地周辺の地質層序は表-2.1.1 に示す。

表-2.1.1 調査地周辺の地質層序表

地質時代		地 層 名		層 厚 (m)	記 事	絶対年代 (万年)		
新 生 代	第 四 世	現 世	沖 積 層	最 上 部 層	1 ~ 80	泥炭、砂丘砂、泥濘原 堆積物を含む。	0) 1	
				上 部 細 礫 層				
				中 部 泥 層				
				下 部 礫 層				
	更 新 世	?	屈斜路軽石流堆積物		0 ~ 20	白色火山灰、軽石より なる。	3	
			大 楽 毛 層		15 以上	「釧路面」を形成する。	10) 20	
	新 世	?	釧 路 層	塘 路 層	上 部	20 以上	「根室面」を形成する。	100) 200
					下 部	1 0 0		
			達 古 武 層		7 ~ 30			
			東 釧 路 層		20 以上			
	古 第 三 紀	漸 新 世	浦 幌 層 群	舌 辛 層		117 以上	泥岩、砂岩を主体とす る。	2500) 3000
				双 運 層		30 ~ 36	黒色泥岩からなる。	
				雄 別 層		70 ~ 75		
				天 寧 層		90	「赤玉」と呼ばれる。	
				春 採 層		75	代表的な含炭層である。	
別 保 層				7 ~ 20	「黒玉」と呼ばれる。			
中 生 代	白 亜 紀	根 室 層 群 ・ 汐 見 層		6 以上		7000 以 前		

(1)台地の地質

釧路地域で最も古い地層は、中生代白亜紀の最末期(約7000万年前)に堆積したとされる汐見層で、西方の国境山地から東方の厚岸根室にかけて広く分布し釧路地方の土台をなす根室層群の一部である。

また、古第三紀漸新世(2500万～3700万年前)に堆積した浦幌層群は、太平洋炭鉱をはじめとする釧路炭田を含む地層群で、下位(堆積年代の古い地層)から順に別保層・春採層・天寧層・雄別層・舌辛層の5層に区分されており、下位の汐見層を覆って分布する。

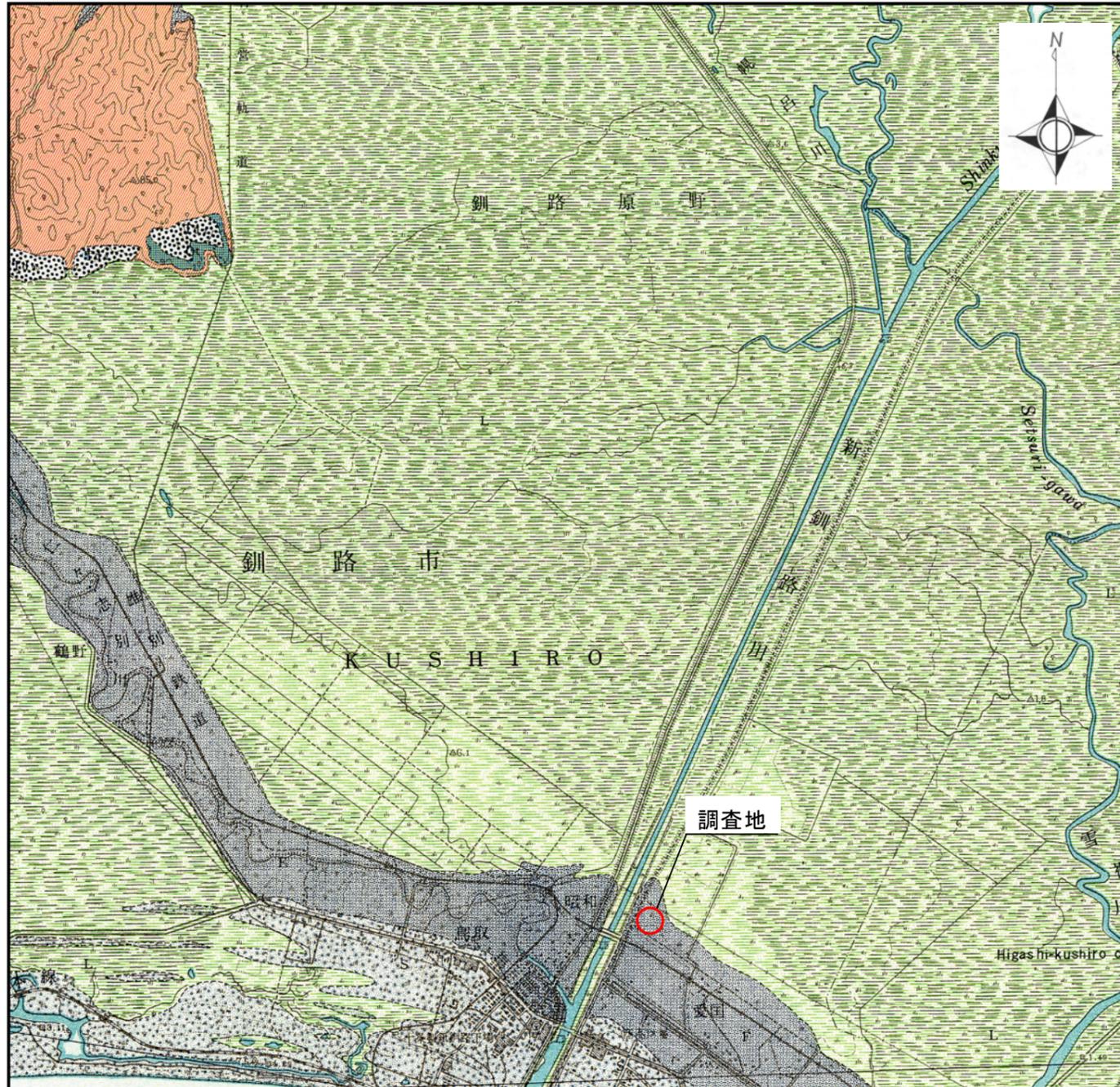
これらの白亜紀層・古第三紀層は、調査地周辺の台地の骨格をなすもので、何れもよく固結し硬質な地層である。一方、台地の地表近くにはまだ十分に固結していない半凝固、またはやや軟質な第四紀洪積世(更新世)の釧路層群および大楽毛層と屈斜路軽石流堆積物(火山灰)が根室層群と浦幌層群を覆って分布している。

(2)低地の地質

調査地のある低地には各主要河川に伴う氾濫原堆積物の沖積層が広く分布しているが、その下位には釧路層群・浦幌層群・根室層群が横たわっている。沖積層の厚さ(深さ)は、最大で80mにも及び、下位から順に下部礫層・中部泥層・上部細礫層・最上部層の4部層に区分されている。

- ・下部礫層 … 沖積層基底の礫層で、ときに泥炭・火山灰を挟む。厚さは13m以下で深度40m以下に分布する。
- ・中部泥層 … シルト・粘土を主体としてやや頻りに砂を挟み、貝殻を含むことが多い。厚さは海岸付近で15～30m、内陸部で50mに達することがある。深度10数m～22m以深に分布する。
- ・上部細礫層 … 大豆～そら豆の良くそろった円礫を主体とし、所々に多量の貝殻を含むことがある。厚さは海岸付近で10数m、内陸に向かってレンズ状に消滅する。
- ・最上部層 … 海岸側では砂丘砂、内陸では泥炭・泥からなり、現在の地表を形成している。

今回の調査地は旧仁々志別川氾濫堆積地にあたり、調査結果では砂層、砂礫層などが確認されている。



5万分の1地質図幅説明書「大楽毛」より抜粋

新第三紀 Recent	氾濫堆積物 Overflow deposits	F	礫・砂および泥 Gravel, sand and mud		
	砂丘 Sand dune	S	砂 Sand		
	泥炭 Peat	H	高位泥炭 Highland peat		
		L	低位泥炭 Lowland peat		
	沖積層 Alluvium	al	砂・礫・粘土および泥炭(断面図のみ) Sand, gravel, clay and peat		
	第四紀 Quaternary	段丘堆積物 Terrace deposits	Td	礫および砂 Gravel and sand	
			Td	礫および砂 Gravel and sand	
		扇状地堆積物 Kutcharo pumice flow deposit	Kp	軽石および火山灰 Pumice and volcanic ash	
		宮島層群 Miyajima formation	Mi	礫・砂・泥および泥炭 Gravel, sand, mud and peat	
		大楽毛層群 Otanoshike formation	Ot	礫・砂および泥 Gravel, sand and mud	
阿寒火山古期噴出物 Older ejecta of Akan volcano		Av	安山岩質凝灰岩(黒色) Andesitic tuff (black)		
釧路層群 Kushiro group		樽路層群 Toro formation	上部 Upper	Tru	凝灰岩・砂・礫および泥 Tuff, sand, gravel and mud
			下部 Lower	Trg Trs	礫質相(礫)-----Trg Gravelly facies (gravel) 砂質相(砂・泥)-----Trs Sandy facies (sand and mud)
		達古武層群 Takkobu formation	Tk	軽石質凝灰岩・礫および砂 Pumiceous tuff, gravel and sand	
東興路層群 Higashi-Kushiro formation		Hk	泥・砂・礫および泥炭 Mud, sand, gravel and peat		
釧路層群(および新第三系*) Kushiro group (and Neogene*)	Ks(+Ng?)	(断面図のみ)			
古第三紀 Paleogene Tertiary	釧路層群 Kushiro group	古幸層群 Shitakara formation	Sa	砂岩 Sandstone	
		蘆別層群 Yubetsu formation	Yb	砂岩および泥岩 Sandstone and mudstone	
		天来層群 Tenneru formation	Tn	礫岩・砂岩および泥岩 Conglomerate, sandstone and mudstone	
		春採層群 Harutori formation	Ht	砂岩・泥岩および石炭 Sandstone, mudstone and coal	
		鰐形層群 Beppo formation	Bp	礫岩・砂岩および泥岩 Conglomerate, sandstone and mudstone	
		沼見層群 Shiomi formation	Sh	泥岩・砂岩および礫岩 Mudstone, sandstone and conglomerate	

3. 調査結果

当章では、今回調査で確認された調査地の土層構成とN値、孔内水平載荷試験結果、現場透水試験および室内土質試験結果をまとめる。

3-1 ボーリング結果

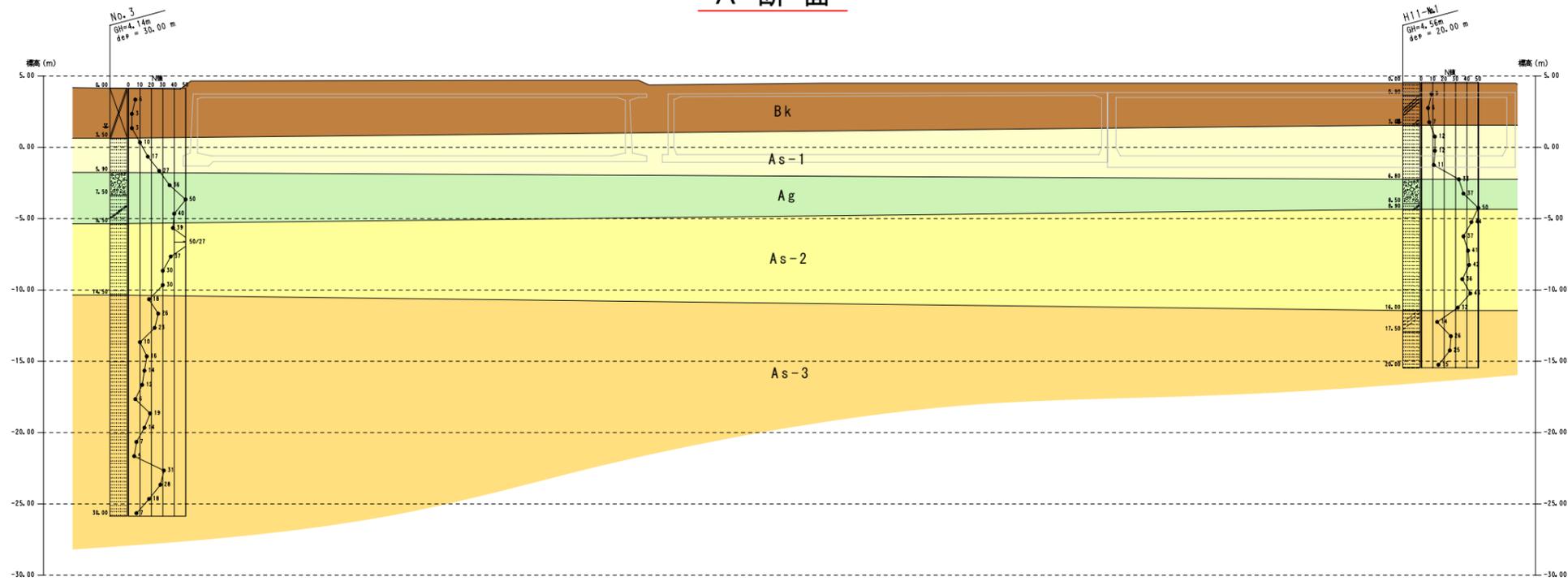
(1) 土層構成と分布状況

ボーリング結果と既存資料*より調査地一帯を構成する土層は、図-3.1.1~3.1.2に示すように土質・土性・N値等から細分すると表-3.1.1示す8層に区分される。

表-3.1.1 調査地を構成する層順表

時 代	地 層 名	記 号	土 層 名	主 な 土 質	
第 四 紀	現 世	人工土	Bk	盛 土	碎石・砂・火山灰質砂・砂質火山灰
		沖積層	Ac	シルト層	シルト
			Pt	泥炭層	泥炭
			Avs	火山灰質砂層	火山灰質砂
			As-1	第1砂層	砂
			Ag	砂礫層	砂礫・礫混じり砂
			As-2	第2砂層	砂
			As-3	第3砂層	砂・シルト質砂

A 断面



B 断面

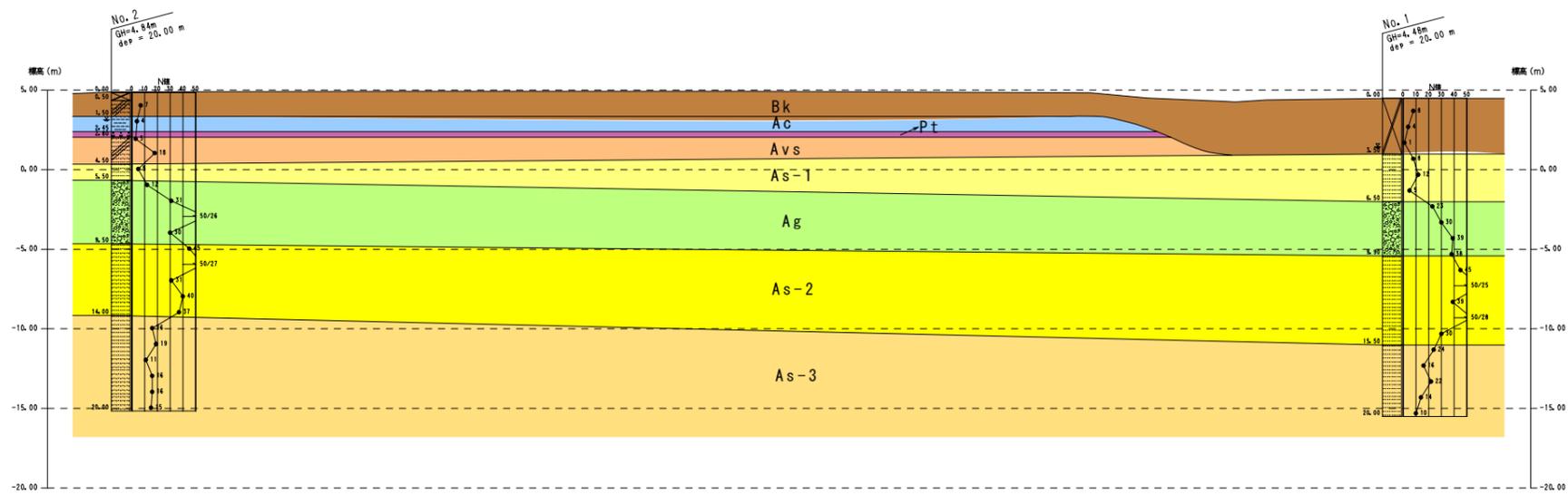
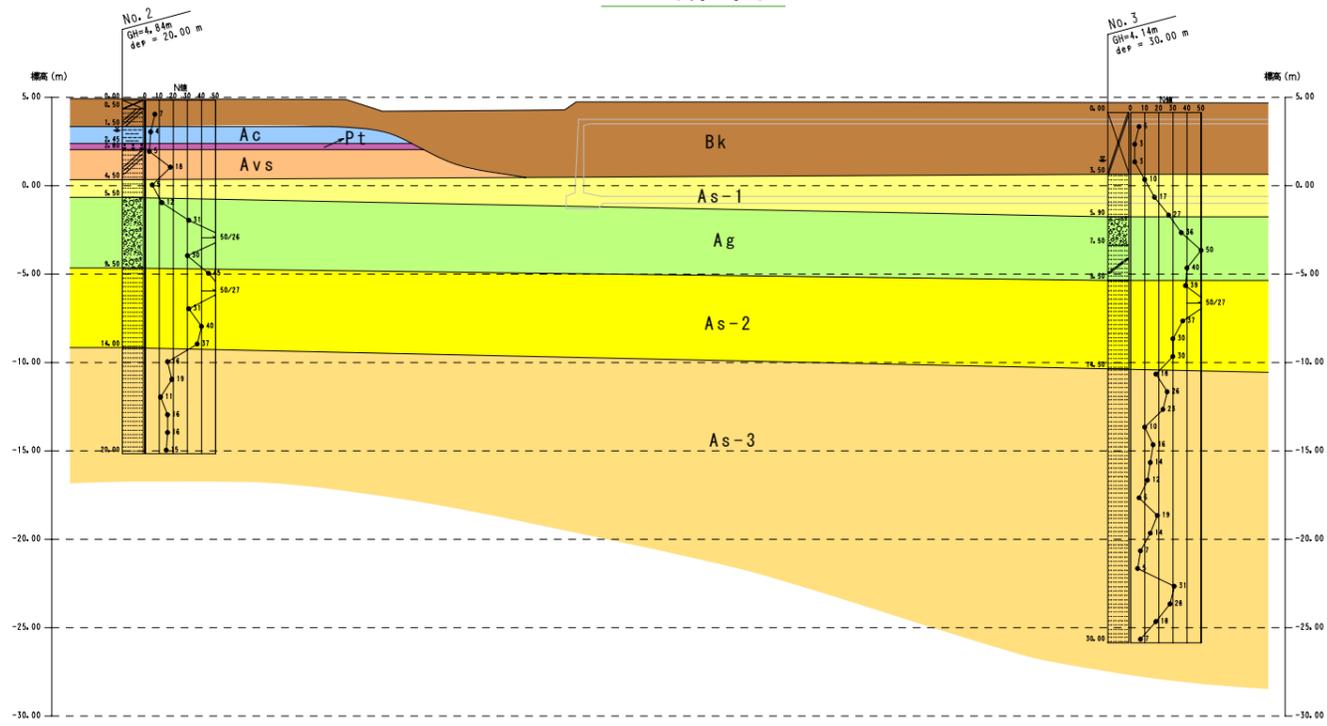


图-3.1.1 地質想定断面图 (S=1:400)

C 断面



D 断面

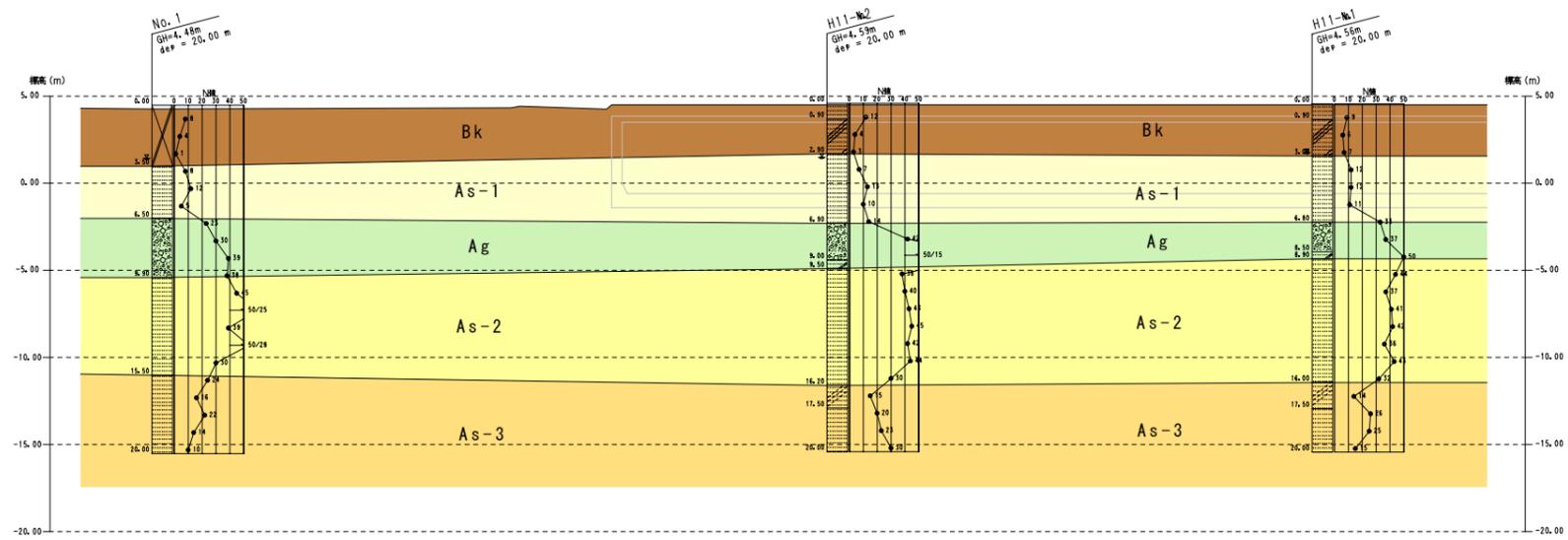


图-3.1.2 地質想定断面图 (S=1:400)

《地形特徴》

調査地は釧路市街地を流れる新釧路川に隣接し、周辺は釧路湿原と仁々志別川氾濫原域を造成した平坦な地形を示す。また、調査地周辺も釧路川に沿って平坦な地形を示し、周囲は宅地及び商業地・工業地として使用されている。

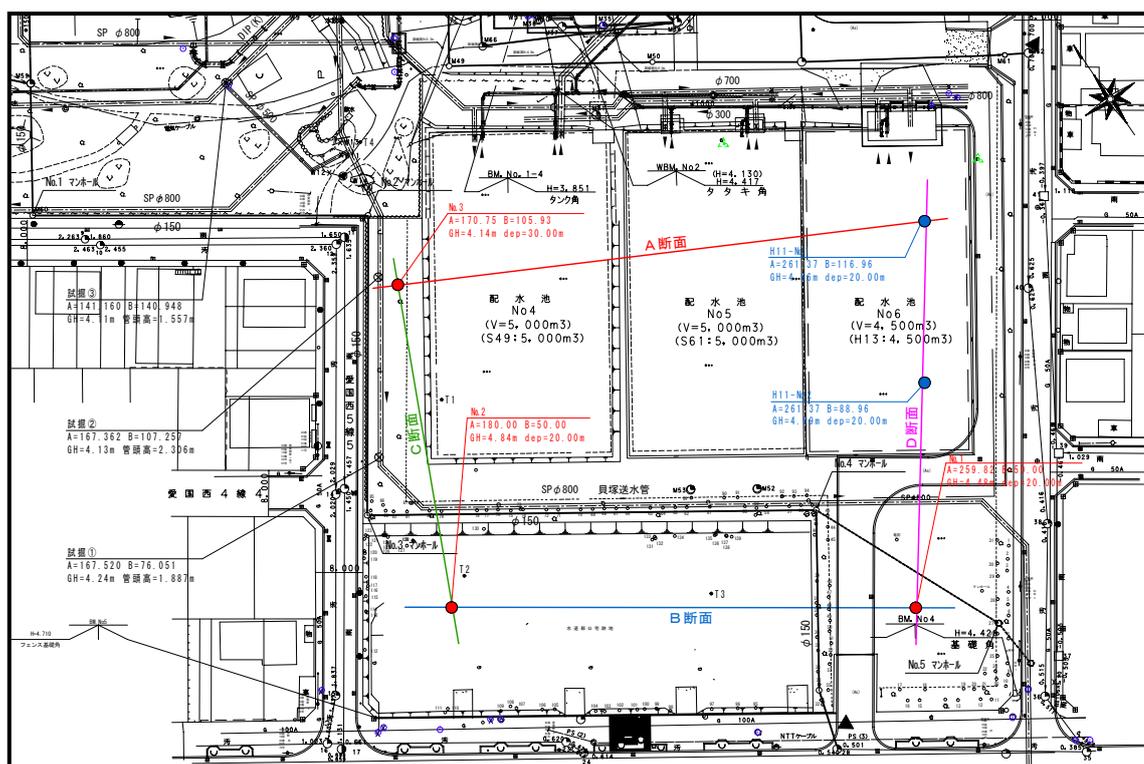


図-3.1.3 調査位置平面図

《分布状況》

【A断面】(No.3～H11-No.1)

各層の分布状況は全体に良好な堆積状況を示し、最上位には盛土が施工され下位には沖積層の第1砂層 (As-1)、砂礫層 (Ag)、第2砂層 (As-2)、第3砂層 (As-3) が堆積する。

【B断面】(No.2～No.1)

各層の分布状況は、最上位に盛土が施工され下位にはシルト層 (Ac)、泥炭層 (Pt)、火山灰質砂層 (Avs) が水道部公宅跡敷地周辺に分布する。しかし、No.1 周辺(浄水場内)では拡張事業の施工等によって盛土に置き換えられ消失している。さらに下位には沖積層の第1砂層 (As-1)、砂礫層 (Ag)、第2砂層 (As-2) 及び第3砂層 (As-3) が良好な状態で堆積する。

【C 断面】 (No.2～No.3)

各層の分布状況は、最上位に盛土が施工され下位にはシルト層 (Ac)、泥炭層 (Pt) 及び火山灰質砂層 (Avs) が水道部公宅跡敷地周辺に分布する、しかし、浄水場敷地内では拡張事業の施工等によって盛土に置き換えられ消失している。さらに下位には沖積層の第 1 砂層 (As-1)、砂礫層 (Ag)、第 2 砂層 (As-2) 及び第 3 砂層 (As-3) が良好な状況で堆積する。

【D 断面】 (No.1～H11-No.2～H11-No.1)

全体に良好な堆積状況を示し最上位には盛土が施工され下位には沖積層の第 1 砂層 (As-1)、砂礫層 (Ag)、第 2 砂層 (As-2)、第 3 砂層 (As-3) が堆積する。

3-2 各土層の土性・N値の特徴

当節では、区分した各土層の土性・N値の特徴について表-3.2.1を基に説明する。
また、各層の相対密度及びコンシステンシーは表-3.2.2～3.2.3を参考に判定した。

表-3.2.1 土層構成とN値

土層名	記号	上面標高 (m)	層厚 (m)	N値の範囲 (回)	主な土質
盛土	Bk	4.14 ～4.84	1.50～3.50	1～12 (5)	砕石・砂・火山灰質砂・砂質火山灰
シルト層	Ac	3.34	0.95	4	シルト
泥炭層	Pt	2.39	0.35	-	泥炭
火山灰質砂層	Avs	2.04	1.70	5～18 (11)	火山灰質砂
第1砂層	As-1	0.34 ～1.69	1.00～4.00	5～27 (11)	砂
砂礫層	Ag	-0.66 ～-2.31	2.10～4.00	12～50 (36)	砂礫・礫混じり砂
第2砂層	As-2	-4.34 ～-5.42	4.50～7.10	30～50 (40)	砂
第3砂層	As-3	-9.16 ～-11.61	4.00(確認) ～15.50(確認)	5～31 (17)	砂・シルト質砂

()は平均値で少数以下切捨て

表-3.2.2 N値と相対密度の関係※

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

表-3.2.3 N値と粘土のコンシステンシー，一軸圧縮強さの関係※

N値	qu (KN/m ²)	コンシステンシー
0～2	0.0～24.5	非常に柔らかい
2～4	24.5～49.1	柔らかい
4～8	49.1～98.1	中位の
8～15	98.1～196.2	硬い
15～30	196.2～392.4	非常に硬い
30～	392.4～	固結した

※地盤調査の方法と解説(地盤工学会)より

・盛土 (Bk)

本層は暗黄灰～暗灰色を呈する盛土で、層厚 1.50～3.50m を有する。浄水場内および旧水道部公宅の造成時に施工された盛土で、最上層は場内で芝生が植生され水道部公宅跡地では碎石が施工されている。下層では火山灰質砂および砂質火山灰が主体となり、微細粒の火山灰が介在し一部では砂質シルト状を呈する。含水は小位である。

N値はN=1～12（回）を示し、「非常に緩い～中位の」の相対密度を示す砂質土に区分される。

データ数=13 平均=5.6

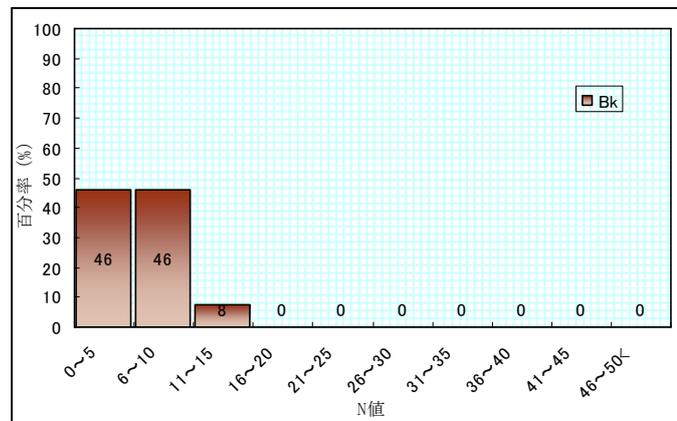


図-3.2.1 盛土 (Bk) の N 値のヒストグラム

・シルト層 (Ac)

本層は黄灰色を呈するシルトで構成され、層厚 0.95m を有する。粘性の強いシルトで木片及び繊維質が散在する。含水は小位である。なお、本層は水道部公宅跡地のNo. 2 のみの確認となった。

N値はN=4（回）を示し、「軟らかい」のコンシステンシーを示す粘性土に区分される。

データ数=1

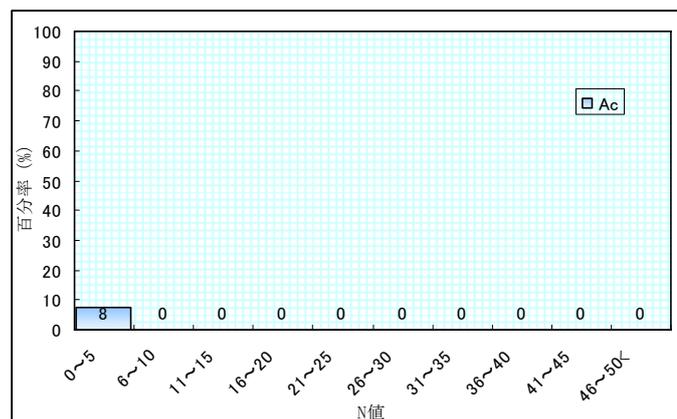


図-3.2.2 シルト層 (Ac) の N 値のヒストグラム

・泥炭層 (Pt)

本層は暗褐灰色を呈する泥炭で構成され、層厚 0.35m を有する。全体に分解が進んでおり、木片や繊維質が散在する。上位の各層によって圧密されている様子が伺えた。なお、本層は水道部公宅跡地のNo.2 のみの確認となった。

・火山灰質砂層 (Avs)

本層は黄灰～暗灰色を呈する火山灰質砂で構成され、層厚 1.70m を有する。全体に細砂主体で火山灰質、上層では微細粒の火山灰が非常に多く混在する。含水は小位である。なお、本層は水道部公宅跡地のNo.2 のみの確認となった。

N値はN=5～18（回）を示し、「緩い～中位の」の相対密度を示す砂質土に区分される。

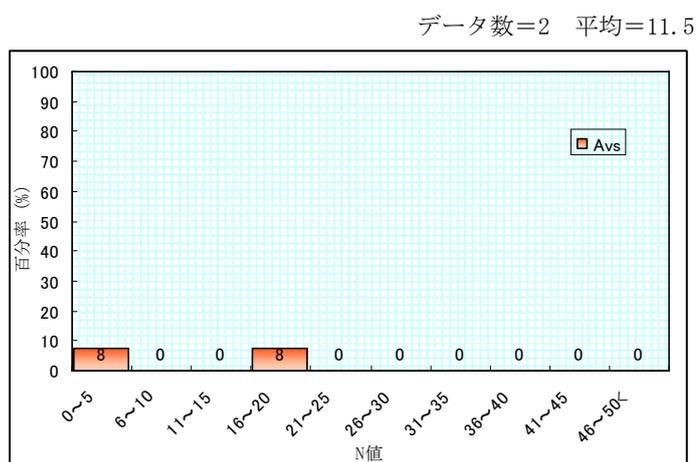


図-3.2.3 火山灰質砂層 (Avs) のN値のヒストグラム

・第1砂層 (As-1)

本層は暗灰色を呈する砂で構成され、層厚 1.00～4.00m を有する。砂の粒径は細砂～粗砂で不均一である。また、径 2～3mm の軽石を介在する。含水は小位である。

N値はN=5～27（回）を示し、「緩い～中位の」の相対密度を示す砂質土に区分される。

データ数=14 平均=11.6

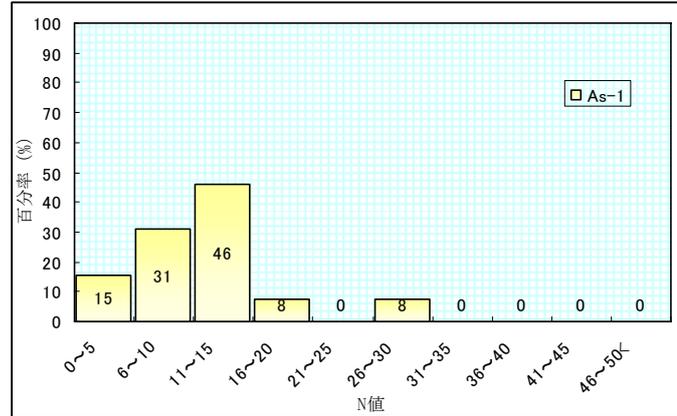


図-3.2.4 火山灰質砂層 (Avs) の N 値のヒストグラム

・砂礫層 (Ag)

本層は暗灰色を呈する砂礫及び礫混じり砂で構成され、層厚 2.10~4.00m を有する。全体に礫径 3~5mm (最大 10mm) の亜円礫を主体とし、マトリックスは主に粗砂で構成され局所的に細砂が多く混在する礫混じり砂状を呈する箇所がある。含水は小位である。

N値はN=12~50 以上(回)を示し、「中位の~非常に密な」の相対密度を示す砂質土に区分される。

データ数=16 平均=36.9

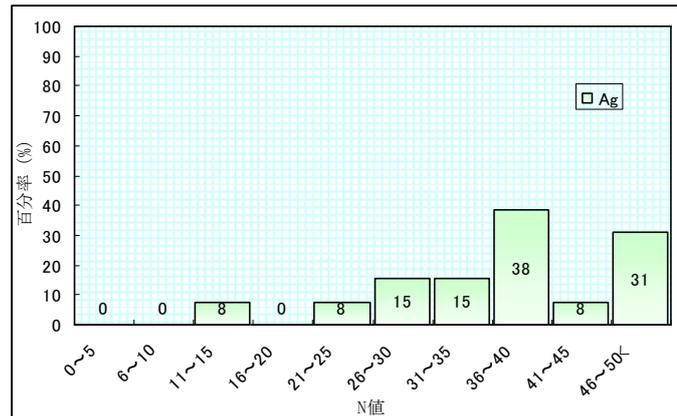


図-3.2.5 砂礫層 (Ag) の N 値のヒストグラム

・第2砂層(As-2)

本層は暗灰色を呈する砂で構成され、層厚 4.50～7.10m を有する。砂の粒径は微細砂～中砂で全体的には細砂主体である。所々で礫径 2～3mm の亜円礫が点在する。含水は小位。

N値はN=30～50(回)を示し、「中位の～非常に密な」の相対密度を示す砂質土に区分される。

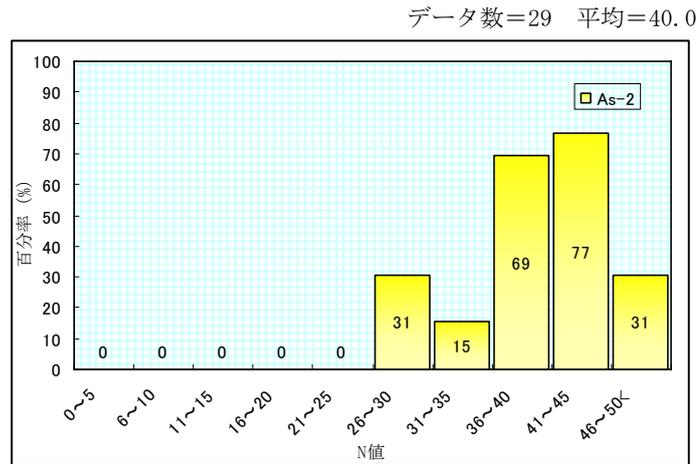


図-3.2.6 第2砂層 (As-2) の N 値のヒストグラム

・第3砂層(As-3)

本層は暗灰色を呈する砂及びシルト質砂で構成され、層厚 4.00 (確認) ～15.50m (確認) を有する。砂の粒径は細砂～粗砂で不均一である、全体的に小粒状の軽石粒が混在し、一部では貝殻片を薄層に介在する。また、細粒分の含有が多くなり局所でシルト質砂状を呈する。含水は小位である。

N値はN=5～31(回)を示し、「緩い～密な」の相対密度を示す砂質土に区分される。

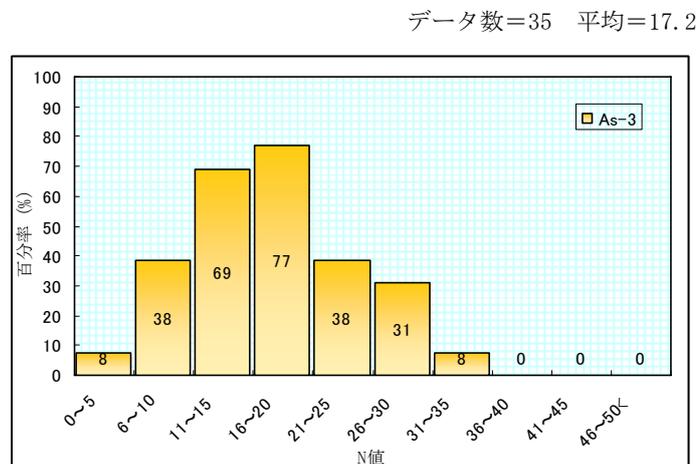


図-3.2.7 第3砂層 (As-3) の N 値のヒストグラム

3-3 地下水位について

調査地の地下水位は、ボーリング当初無水掘りで確認した初期水位でまとめると表-3.3.1 のようになる。

表-3.3.1 地下水位一覧表

孔番	地盤標高(m)	年月日	初期地下水位		地下水位を有する土層
			深度(m)	水位標高(m)	
No.1	4.48	H22.5.18	3.05	1.43	盛土(Bk)
No.2	4.84	H22.5.24	1.70	3.14	シルト層(Ac)
No.3	4.14	H22.6.1	2.70	1.44	盛土(Bk)
H11-No.1	4.56	H11.5.7	2.80	1.76	盛土(Bk)
H11-No.2	4.59	H11.5.14	3.10	1.49	第1砂層(As-1)

この結果、初期水位はH=1.43~3.14mの範囲で盛土(Bk)、シルト層(Ac)及び第1砂層(As-1)中に形成されている。なお、No.2で確認された初期水位は他の2孔と比較すると水位が1.70m程高い結果となるが、深度5.00mの掘削時にて一度孔内水を汲み上げ安定水位を確認した結果、水位はH=1.69mで安定した。

したがって、調査地一帯の自由地下水はH=1.43~1.66の盛土(Bk)、火山灰質砂層(Avs)及び第1砂層(As-1)中に形成されていると判断する、また、No.2で確認された初期水位は水道部公宅跡地周辺に分布するシルト層(Ac)に形勢された宙水と判断される。

なお、自由地下水は季節や天候によって地下水位の変動が予想され、特に自由地下水については隣接する新釧路川の影響を大きく受けるものと判断される。

3-4 現場透水試験

当節では現場透水試験の方法及び試験結果についてまとめる。

3-4-1 試験方法

現場透水試験は、配水池及びポンプ施設の基礎底面が想定される位置を基に各地点において図-3.4.1に示す水位回復法（孔底法）により実施した。

当試験は、ボーリング孔保護のためのケーシングを試験の対象層となる土層まで挿入（打込み）し、地下水をベラーにより汲み上げその回復と時間の関係から次式から透水係数を求める。

○透水係数算定式

$$K = \frac{2 \times 2.3\pi r}{11(t_2 - t_1)} \log\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

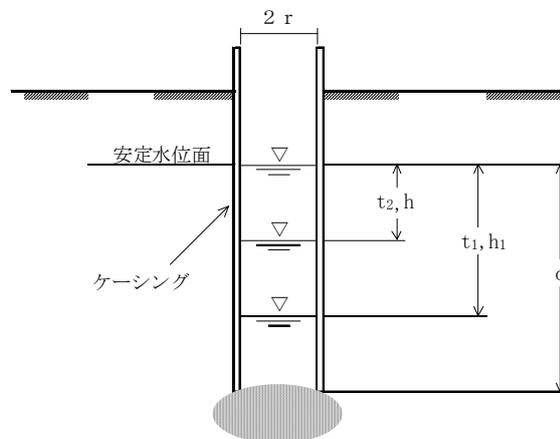


図-3.4.1 孔底法（水位回復法）

3-4-2 試験結果及び水理定数の設定

試験結果は、添付図表 現場透水試験結果図に示すとおりで表-3.4.1 のようになる。なお、同表には粒度試験結果 (D_{20}) から推定できる透水係数 ($k=0.359D^{2.327}$) を合わせて示した。

表-3.4.1 現場透水試験結果

地点番号	安定地下水位		現場透水試験結果			粒径からの推定			
	深度 (m)	標高 (m)	試験深度 (m)	対象土層	透水係数 k (cm/sec)	試験深度 (m)	細粒土 (%)	D_{20} (mm)	透水係数 $K=0.359D^{2.327}$ (cm/sec)
No.1	3.05	4.48	10.00	第2砂層	4.80×10^{-4}	-	-	-	-
No.2	3.15	4.84	-	砂礫層	-	7.65 ~7.95	4.2	0.2312	1.91×10^{-2}
			10.00	第2砂層	3.42×10^{-4}	9.65 ~9.95	5.8	0.1236	2.77×10^{-3}
No.3	2.70	4.14	9.00	砂礫層	9.30×10^{-4}	-	-	-	-

以上の結果を層ごとにまとめる。

・砂礫層 (Ag)

現場透水試験 … 9.30×10^{-4} cm/sec

室内試験結果 … 1.91×10^{-2} cm/sec

砂礫層 (Ag) は現場透水試験より室内試験結果より求めた推定値の方が 2 オーダー高い値となった。これは現場透水試験位置の土質が礫混じり砂であり細粒分が多く含有するため低い値となったと推定される。したがって、採用する透水係数 k は安全側を想定して室内試験結果より推定された値の $k=1.91 \times 10^{-2}$ cm/sec とする。

・第2砂層 (As-2)

現場透水試験 … $3.42 \times 10^{-4} \sim 4.80 \times 10^{-4}$ cm/sec

室内試験結果 … 2.77×10^{-3} cm/sec

第2砂層 (As-2) は現場透水試験より室内試験結果より求めた値の方が 1 オーダー高い値を示し、いずれも透水性は低いという結果となった。なお、採用する透水係数 k は、安全側を想定して 1 オーダー高い室内試験結果の $k=2.77 \times 10^{-3}$ cm/sec とする。

透水性	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0	10^1	10^2
	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 {C}		微細砂、シルト 砂-シルト-粘性混合土 {SF} {S-F} {M}				砂および礫 (GW) (GF) (SW) (SP) (G-M)			清浄な礫 (GW) (GP)		

図-3.4.2 土と透水係数

3-5 孔内水平載荷試験について

当試験は配水池及びポンプ室の施工基面付近の水平力に関与すると想定される砂礫層(Ag)の力学特性を把握することを目的に実施した。

孔内水平載荷試験結果は下図に示すように、クリープ曲線 (Pe-ΔH) を作成し、これより静止土圧(Po) 降伏圧(Py)、破壊圧(P1)、地盤反力係数(Km)及び弾性係数(E)などが求められる。

変形係数E (kN/m²)は圧力 (Pe)～ゾンデ半径(r) 曲線における直線部分の勾配から次式により算出される。

$$E = (1 + \nu) \cdot r_m \cdot \Delta P / \Delta r \quad \text{----- 地盤課}$$

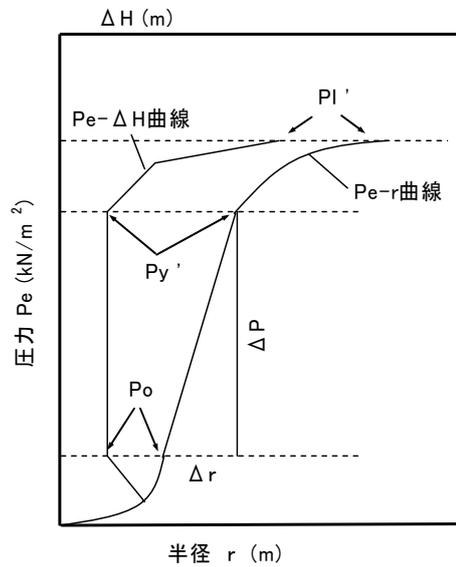
E : 変形係数(kN/m²)

ν : 土のポアソン比 (一般に 0.30 と仮定)

ΔP : 圧力-変位量曲線の直線部分における
圧力増分(kN/m²)

Δr : ΔP に対応する変位増分(m)

r_m : K値で求めた中間半径(m)



測定結果は添付図表に示す通りで、まとめると表-3.5.1 のようになる。

表-3.5.1 「LLT 測定結果」

地点No.	深度	土質名	N値	地盤係数 Km	変形係数 E
	(GL-m)				
No.1	8.70~9.30	砂礫層 (Ag)	39	171200	10100
No.2	8.70~9.30	砂礫層 (Ag)	30	305400	17730
No.3	7.70~8.30	砂礫層 (Ag)	50	324600	20180
H11-No.1	7.20~7.80	砂礫層 (Ag)	37	96432	7004
H11-No.2	7.20~7.80	砂礫層 (Ag)	42	87112	6259

地盤調査法によると、孔内水平載荷試験から得られる変形係数 E と N 値の間には地盤材料にかかわらず $E=700N \text{ KN/m}^2$ という関係が成立されているとされている。今回の N 値と変形係数の関係を図-3.5.1 に示す。

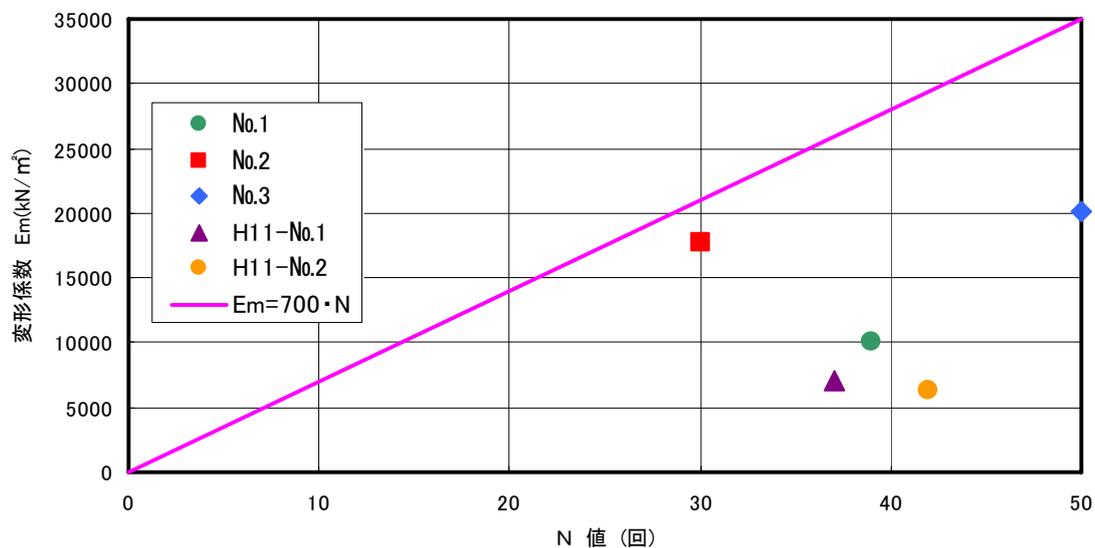


図-3.5.1 N値と変形係数

試験の結果、D断面(H11-No.1～No.1)では N 値と変形係数の関係を求めると $E_m=149.0N \sim 258.97N$ と低い値を示し、No.2では $E_m=591.0N$ 、No.3では $E_m=403.6N$ となり全体的に低い値を示す結果となった。

3-6 土質試験結果

室内土質試験は、標準貫入試験器によって採取された試料を用い、各土層の物理特性（含水・密度・粒度）を把握する目的で行った。試験結果は巻末の各図表に示す通りで表-3.6.1にまとめる。

表-3.6.1 土質試験結果一覧

土層名		盛土	シルト層	火山灰質砂	第1砂層
記号		Bk	Ac	Avs	As-1
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.642	2.494	2.576~2.648	2.641
自然含水比 W(%)		26.1	54.3	25.9~37.5	36.7
粒度特性	礫分 (%)	0.2	0	0	0.4
	砂分 (%)	90.2	29.2	47~87.4	88.1
	シルト分 (%)	9.6	54.4	12.6~53.0	11.5
	粘土分 (%)		16.3		
	均等係数 U_c	2.27	25.37	3.55~10.63	3.59
	曲率係数 U_c'	1.13	2.14	1.26~1.35	1.35

土層名		砂礫層	第2砂層	第3砂層
記号		Ag	As-2	As-3
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.673~2.705	2.717~2.789	2.654
自然含水比 W(%)		9.6~22.2	22.4~25.1	32.50
粒度特性	礫分 (%)	16.3~49.0	0.9~2.4	1
	砂分 (%)	46.8~79.5	92.5~95.6	92.8
	シルト分 (%)	4.2~8.1	3.5~5.8	6.2
	粘土分 (%)			
	均等係数 U_c	5.54~22.12	1.71~1.95	2.03
	曲率係数 U_c'	0.45~1.34	0.96~1.00	1.01

○盛土(Bk)

試験は火山灰質砂で実施しており、粒度組成は図-3.6.1に示すように粗粒土（礫・砂分）90.4%、細粒土（シルト、粘土分）9.6%と粗粒土を主体とする粒度組成となる。土粒子の密度は $\rho_s=2.642\text{g/cm}^3$ 、含水比は $W_n=26.1\%$ であり一般値を示す。

なお、均等係数 $U_c=2.27$ および曲率係数 $U_c'=1.13$ から、粒度分布が悪い土層（均等粒度）となる。土質分類は、細粒分混じり砂(S-F)に分類される。

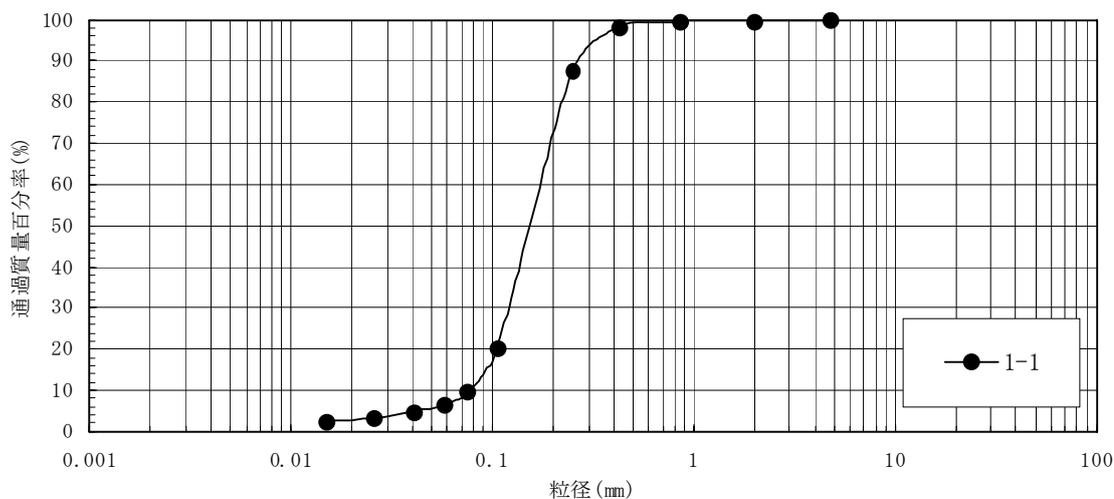


図-3.6.1 盛土(Bk)の粒径加積曲線

○シルト層(Ac)

試験はシルトで実施しており、粒度組成は図-3.6.2に示すように粗粒土（礫・砂分）29.2%、細粒土（シルト、粘土分）70.8%と細粒土を主体とする粒度組成となる。土粒子の密度は $\rho_s=2.494\text{g/cm}^3$ となりやや低い値を示す。これは全体的に黄灰色を呈しており火山灰系のシルトであることが起因と判断される。含水比は $W_n=37.5\%$ であり一般値の値を示す。

-
- ・ 粒度分布の評価
 - ・ 粒度分布が良い . . . $U_c \geq 10, 1 < U_c' \leq \sqrt{U_c}$
 - ・ 粒度分布が悪い（均等粒度） . . . $U_c < 10$
 - ・ 粒度分布が悪い（段階粒度） . . . $U_c \geq 10, U_c' \leq 1$ または $U_c' > \sqrt{U_c}$

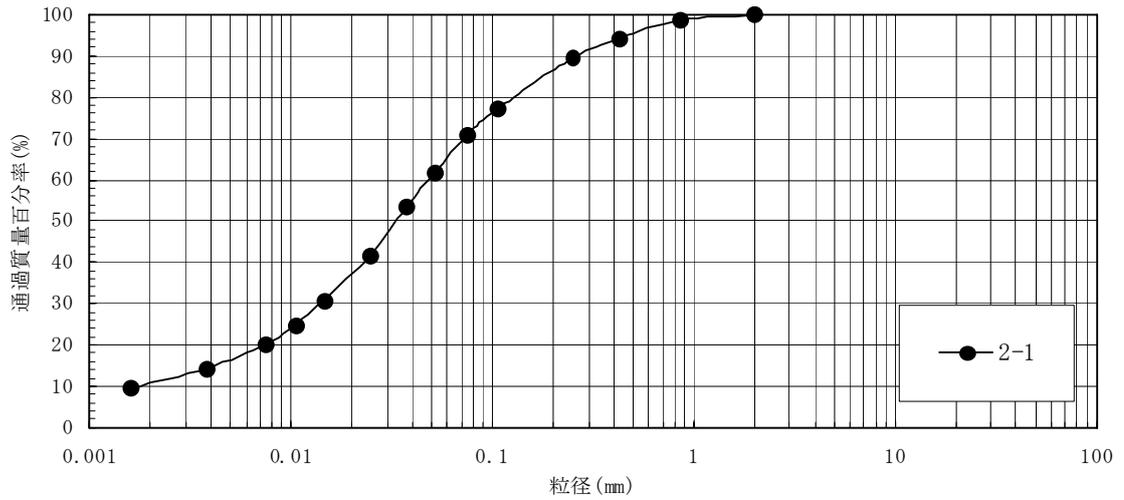


図-3.6.2 シルト層(Ac)の粒径加積曲線

○火山灰質砂層(Av)

試験は火山灰質砂で実施しており、粒度組成は図-3.6.3 に示すように 2-3 では粗粒土（礫・砂分）47.0%、細粒土（シルト、粘土分）53.0%とほぼ同等となり、中間土の性質を示す。しかし 2-4 では粗粒土（礫・砂分）87.4%、細粒土（シルト、粘土分）12.6%と粗粒土を主体とする粒度組成となる。土粒子の密度は 2-3 で $\rho_s=2.576\text{g/cm}^3$ 、2-4 で $\rho_s=2.648\text{g/cm}^3$ となり、2-3 は細粒分の含有が多い影響によってやや低い値を示す。含水比は $W_n=25.9\sim 37.5\%$ であり細粒分の影響によって若干高い値を示す。

なお、均等係数 $U_c=3.55\sim 10.63$ および曲率係数 $U_c'=1.26\sim 1.35$ から、粒度分布が良い土層～粒度分布が悪い(均等粒度)となる。

土質分類は、砂質細粒土(FS)及び細粒分混じり(S-F)に分類される。

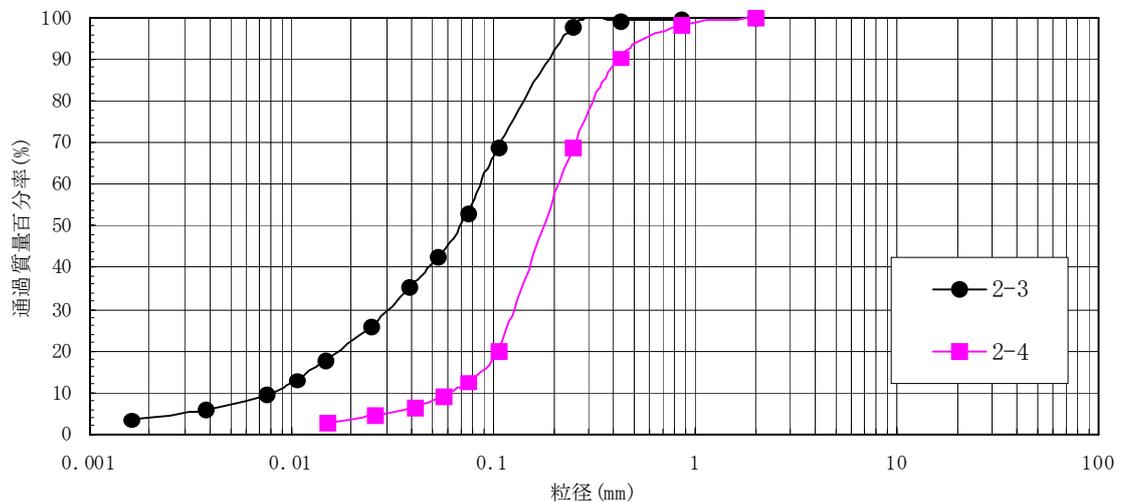


図-3.6.3 火山灰質砂層(Avs)の粒径加積曲線

○第1砂層(As-1)

試験は砂で実施しており、粒度組成は図-3.6.4 に示すように粗粒土（礫・砂分）88.5%、細粒土（シルト、粘土分）11.5%と粗粒土を主体とする粒度組成となる。土粒子の密度は $\rho_s=2.641\text{g/cm}^3$ 、含水比は $W_n=36.70\%$ となりいずれも一般値の範囲を示す。

なお、均等係数 $U_c=3.59$ および曲率係数 $U_c'=1.35$ から、粒度分布が悪い（均等粒度）土層となる。

土質分類は、細粒分混じり砂(S-F)に分類される。

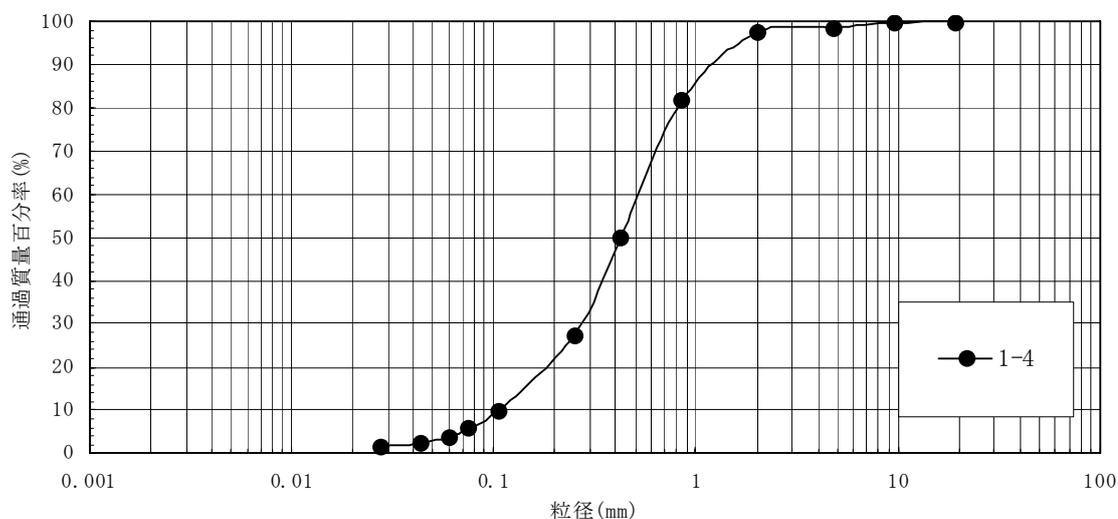


図-3.6.4 第1砂層(As-1)の粒径加積曲線

○砂礫層(Ag)

試験は砂礫及び礫混じり砂で実施しており、粒度組成は図-3.6.5 に示すように粗粒土（礫・砂分）91.9~95.8%、細粒土（シルト、粘土分）4.2~8.1%と粗粒土を主体とする粒度組成となる。土粒子の密度は $\rho_s=2.673\sim 2.733\text{g/cm}^3$ 、含水比は $W_n=9.6\sim 22.2\%$ となりいずれも一般値の範囲を示す。

なお、均等係数 $U_c=5.54\sim 22.12$ および曲率係数 $U_c'=0.45\sim 1.00$ から、粒度分布が悪い（均等粒度・段階粒度）土層となる。

土質分類は、礫質砂(SG)、細粒分混じり礫質砂(SG-F)及び砂質礫(GS)に分類される。

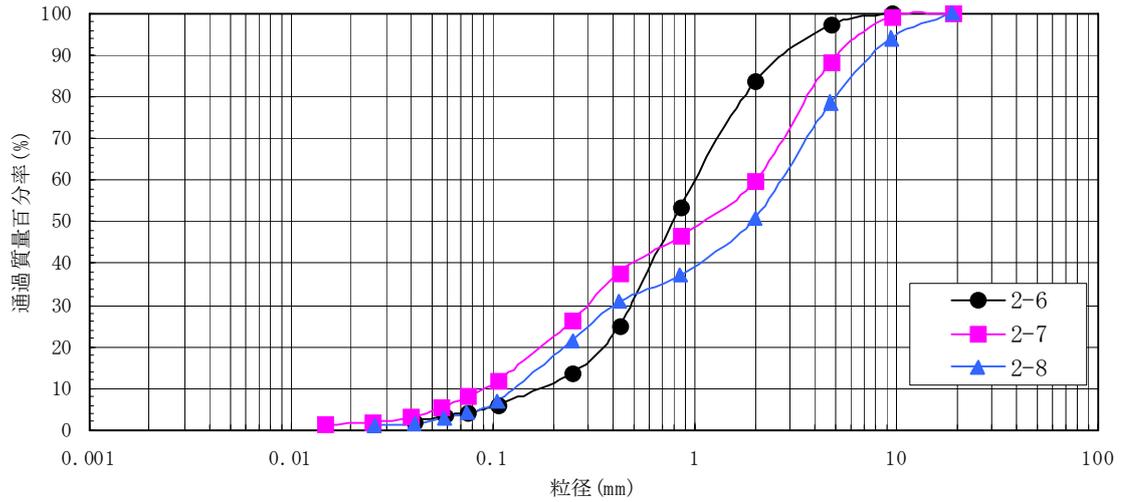


図-3.6.5 砂礫層 (Ag) の粒径加積曲線

○第2砂層 (As-2)

試験は砂で実施しており、粒度組成は図-3.6.6 に示すように粗粒土（礫・砂分）86.1～94.2%、細粒土（シルト、粘土分）5.8～13.9%と粗粒土を主体とする粒度組成となる。土粒子の密度は $\rho_s=2.717\sim 2.789\text{g/cm}^3$ 、含水比は $W_n=22.4\sim 25.1\%$ となり一般値の範囲を示す。

なお、均等係数 $U_c=1.71\sim 1.95$ および曲率係数 $U_c'=0.96\sim 1.00$ から、粒度分布が悪い(均等粒度)土層となる。

土質分類は、細粒分混じり砂(S-F)及び砂(S)に分類される。

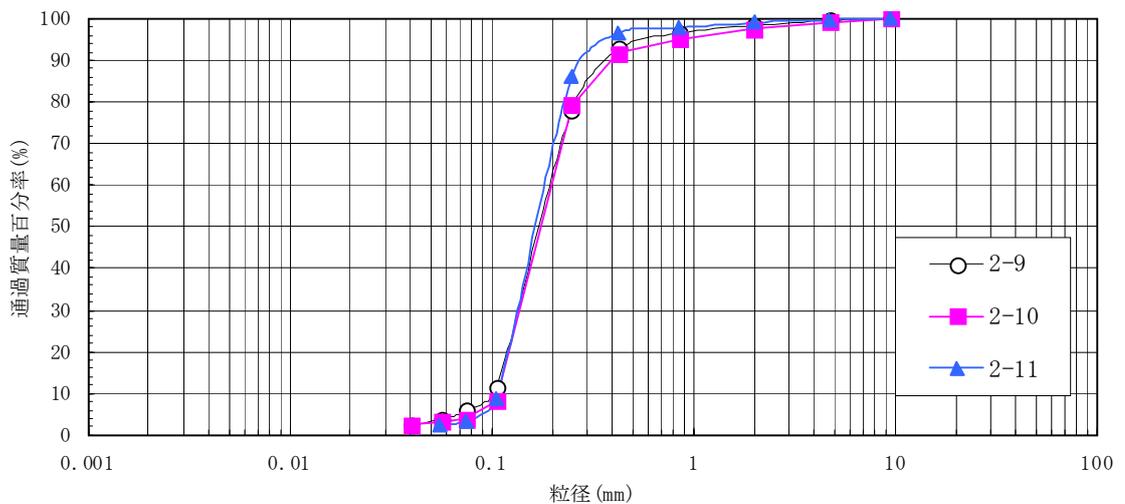


図-3.6.6 第2砂層 (As-2) の粒径加積曲線

○第3砂層(As-3)

試験は砂で実施しており、粒度組成は図-3.6.7 に示すように粗粒土（礫・砂分）93.8%、細粒土（シルト、粘土分）6.2%と粗粒土を主体とする粒度組成となる。土粒子の密度は $\rho_s=2.654\text{g/cm}^3$ 、含水比は $W_n=32.5\%$ いずれも一般値の範囲を示す。

なお、均等係数 $U_c=2.03$ および曲率係数 $U_c'=1.01$ から、粒度分布が悪い(均等粒度)土層となる。

土質分類は、細粒分質砂(SF)に分類される。

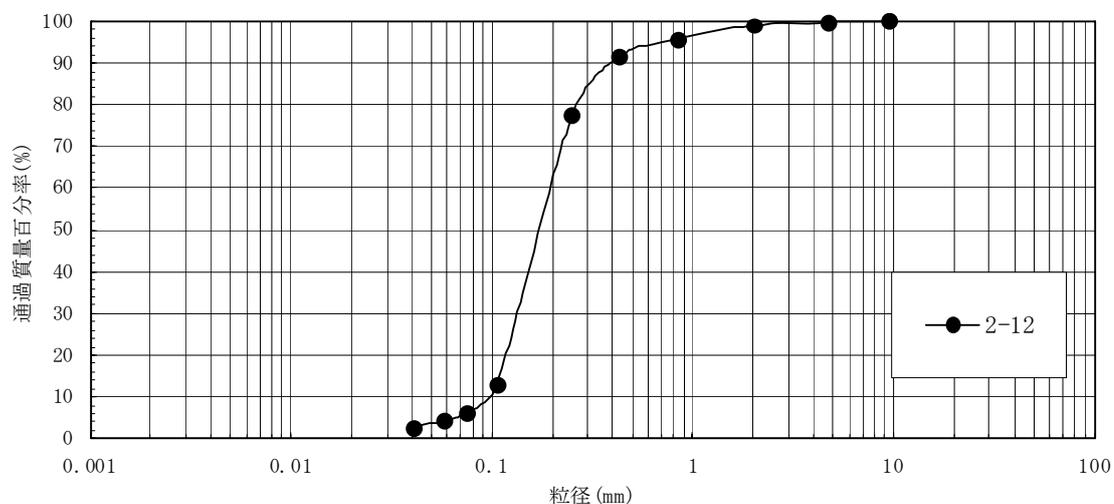


図-3.6.7 第3砂層(As-3)の粒径加積曲線

4. 調査結果からの考察

当章では、これまでの調査・試験結果を基に愛国浄水場内に計画されている配水池及びポンプ室の基礎工について検討を行う。

4-1 支持地盤及び基礎形式の選定

当節では、調査結果に基づき計画構造物の支持地盤及び基礎形式を選定する。

計画されている配水池及びポンプ室の施工基面位置は以下の通りである。

- ・ 配水池 . . . FL=-3.20m
- ・ ポンプ室 . . . FL=-5.80m

これより表-4.1.1 に示した土層構成とN値を基に支持地盤を選定し基礎形式について考察する。

表-4.1.1 土層構成・層厚・N値の要約

土層名	記号	上面標高 (m)	層厚 (m)	N値の範囲 (回)	主な土質
盛土	Bk	4.14 ~4.84	1.50~3.50	1~12 (5)	碎石・砂・火山灰質砂・砂質火山灰
シルト層	Ac	3.34	0.95	4	シルト
泥炭層	Pt	2.39	0.35	-	泥炭
火山灰質砂層	Avs	2.04	1.70	5~18 (11)	火山灰質砂
第1砂層	As-1	0.34 ~1.69	1.00~4.00	5~27 (11)	砂
砂礫層	Ag	-0.66 ~-2.31	2.10~4.00	12~50 (36)	砂礫・礫混じり砂
第2砂層	As-2	-4.34 ~-5.42	4.50~7.10	30~50 (40)	砂
第3砂層	As-3	-9.16 ~-11.61	4.00(確認)~15.50(確認)	5~31 (17)	砂・シルト質砂

()は平均値で少数以下切捨て

調査地に計画されている配水池およびポンプ室の支持層としての条件は、構造物に対して十分な支持力を有すること（砂質土でN値大略 30 以上、粘性土でN値 15～20 以上）、構造物に有害な沈下を生じないことの 2 点に要約される。

以下に各構造物の支持地盤及び構造物の基礎形式について考察する。

《配水池》

計画されている配水池の基礎底面は H=-3.20m である。表-4.1.1 よりこの基礎底面に位置する土層は H=-0.66～-2.31 により堆積する砂礫層 (Ag) である。この層は No.2 の上層では N 値 12 回を示すものの、下層では N 値 30 回以上を示す良好な土層である。また、下位には N 値 30 以上を示し、層厚も 4.50m 以上を有する第 2 砂層 (As-2) が堆積しており配水池の支持地盤になりえる。

したがって、基礎形式は直接基礎の採用が適当と判断される

- 支持層 . . . H-3.20m 以深の砂礫層 (Ag)、第 2 砂層 (As-2)
- 基礎形式 . . . 直接基礎

《ポンプ室》

計画されているポンプの基礎底面は H=-5.80m である。表-4.1.1 よりこの基礎底面に位置する土層は H=-4.36～-5.42 により堆積する第 2 砂層 (As-2) である。この層は N 値 30 回以上を示し層厚も 4.50m 以上を有しており、ポンプ室の支持地盤になりえる。

したがって、基礎形式は直接基礎の採用が適当と判断される

- 支持層 . . . 第 2 砂層 (As-2)
- 基礎形式 . . . 直接基礎

4-2 地盤定数の決定条件

当節では、各土層の地盤定数を決定する上で必要な諸条件についてまとめる。

(1) 単位堆積重量 (γ)

各土層の単位体積重量は※表-4.1.2 に示す一般値および推定式を参考に設定する。

a) 土質と締まりの程度により評価した一般値

表-4.2.1 土の単位体積重量 (KN/m³)

地盤	土質	ゆるいもの	密なもの
自然地盤	砂及び砂れき	18	20
	砂質土	17	19
	粘性土	14	18
盛土	砂及び砂れき	20	
	砂質土	19	
	粘性土	18	

※「道路橋示方書・同解説 I 共通編」P.41 表-2.2.4
(社団法人 日本道路協会)

b) 推定式を用いた値

$$\gamma_t = \frac{(1+W_n/100) \gamma_w}{1/G_s+W_n/S_r}$$

ここで、
 W_n : 自然含水比 (%)
 γ_w : 水の単位体積重量 (=1.0g/cm³)
 G_s : 土粒子の密度 (g/cm³)
 S_r : 飽和度 (=100%)

(2) 強度特性(C、 ϕ)

強度特性は、各土層を砂質土と粘性土の地盤に区分して、その土性の特徴と安全側の配慮から砂質土地盤は内部摩擦角 (ϕ)、粘性土地盤は粘着力 (c) のみをそれぞれ考慮する。

a) 内部摩擦角 (ϕ)

○推 定 式

$$\phi = \sqrt{20 \cdot N + 15} \leq 40^\circ$$

(大崎式)

b) 粘着力 (c)

○推 定 式

$$c = \frac{qu}{2} \text{ (KN/m}^2\text{)}$$

$$qu=12.5N$$

調査地一帯の土層は以下のように分類される。

【粘性土】

シルト層 (Ac)、泥炭層 (Pt)

【砂質土】

盛土 (Bk)、火山灰質砂層 (Avs)、第 1 砂層 (As-1)、砂礫層 (Ag)、第 2 砂層 (As-2)、第 3 砂層 (As-3)、

以上の条件で、調査地の地盤定数を決定し表-4.1.3 にまとめて示す。

表-4.2.2 調査地の地盤定数

土層	記号	N値の範囲	平均 N値	推定値 γ_t (g/cm^3)	単位体積重量 (KN/m^3)	ϕ ($^\circ$)	C (KN/m^2)
盛土	Bk	1~12	5	1.972	19	30	
シルト層	Ac	4	4	1.635	16		25.0
泥炭層	Pt	-	3*		11		12.5
火山灰質砂層	Avs	5~18	11	1.802~1.978	17	29	
第1砂層	As-1	5~27	11	1.833	18	29	
砂礫層	Ag	12~50	36	2.050~2.336	20	40	
第2砂層	As-2	30~50	40	2.021~2.075	19	40	
第3砂層	As-3	5~31	17	1.888	18	33	

※推定値

4-3 地盤の液状化について

建築基礎構造設計指針（日本建築学会）によると、液状化の判定を行なう必要のある飽和土層は、一般に地表面から20m程度以浅の沖積層で、考慮すべき土の種類は細粒土含有率が35%以下の土層としている。前述したように本調査地において飽和土層砂質土層は盛土以深となる。

したがって、表-4.1.4に示す液状化判定手法を用い液状化の判定を行う。

この判定手法により求めたFL値が1より大きくなる土層については液状化の可能性はないものと判断し、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その土層の液状化発生危険度は高いと判定する。また、FLの値が1を切る土層の厚さが厚くなるほど危険度も高くなるとされている。

なお、本調査地の検討条件は以下の通りである。

【長期許容支持力評価】

損傷限界検討用は一般に150~200(cm/s²)で今回は200(cm/s²)を採用する。

$$\text{マグニチュード}(M) = 7.5$$

【極限支持力評価】

終局限界検討用模の設計用水平加速度は350(cm/s²)を採用する。

$$\text{マグニチュード}(M) = 7.8$$

【地下水位】

地下水位は各孔で確認された地下水位を採用する

$$\text{No.1 } H=1.43\text{m}$$

$$\text{No.2 } H=3.14\text{m}$$

$$\text{No.3 } H=1.44\text{m}$$

【細粒分含有率Fcと50%粒径D₅₀】

液状化判定に必要な細粒分含有率Fc(%)及び50%粒径(D₅₀)は各土層の室内試験結果より以下の値を採用する。なお、室内土質試験結果が複数ある場合は、平均値を採用するが、火山灰質砂層(Avs)については中間土(2-3)と砂質土(2-4)の土性の違いから試験深度の各数値を採用する。使用する各諸数値を表-4.1.5にまとめる。

表-4.3.1 細粒分含有率Fcと50%粒径一覧

土層名	記号	細粒分含有率 (Fc)	50%粒径 (D50)
盛土	Bk	9.6	0.1556
シルト層	Ac	70.8	0.0332
泥炭層	Pt	-	-
火山灰質砂層	Avs	12.6(深度3.80m)	0.2153
第1砂層	As-1	11.5	0.2000
砂礫層	Ag	4.2~8.1 (5.5)	0.7855~1.9226 (1.2937)
第2砂層	As-2	3.5~5.8 (4.4)	0.1691~0.1773 (0.1742)
第3砂層	As-3	6.2	0.1754

以上の計算式ならびに諸条件により、液状化判定を行った結果を図-4.3.1~4.3.3に示す。

表-4.3.2 液状化判定手法

指針・基準名	液状化判定の対象とすべき土層	液状化の判定方法	液状化強度の求め方	地震外力の求め方	構造物への影響の評価
<p>建築基礎構造設計指針</p> <p>日本建築学会 2001</p>	<p>・20m程度以浅の沖積飽和土層</p> <p>・細粒分含有率FCが35%以下の土層</p> <p>・ただし埋立あるいは盛土地盤については、粘土分含有率が10%以下または塑性指数が15%以下の土層についても液状化判定を行う。</p> <p>・以下に該当する土層についても液状化判定を行う。</p> <p>・細粒土を含む礫</p> <p>・透水性の低い土層に囲まれた礫</p>	<p>下式を用いて液状化判定を行う。</p> <p>$F_l > 1$: 液状化する可能性はない</p> <p>$F_l \leq 1$: 液状化する可能性がある</p> $F_l = \frac{\tau_d / \sigma'_z}{\tau_d / \sigma'_z}$ <p>ここで</p> <p>τ_d / σ'_z : 液状化抵抗比</p> <p>τ_d / σ'_z : 等価な繰返しせん断応力比</p>	<p>液状化強度は図-1の$\gamma=5\%$の曲線を用いて求める。図-1の補正N値(N_a)は次式を用いて計算を行う。</p> $N_a = N_l + \Delta N_l$ $N_l = C_N \cdot N$ $C_N = \sqrt{98 / \sigma'_z}$ <p>ここに、</p> <p>N_l: 換算N値</p> <p>ΔN_l: 細粒分含有率FCに応じた補正N値増分(図-2)</p> <p>C_N: 拘束圧に関する換算係数</p> <p>N: とんび法または自動落下法による実測N値</p> <p>σ'_z: 深さzmにおける有効上載圧(kPa)</p> <p>図-1 補正N値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係</p> <p>砂礫地盤</p> <p>N値が大きくなりやすい礫質土に対しては、平均粒径D_{50}により図-3のようなN値補正係数を暫定的に用いることができる。</p> <p>細粒分の多い地盤</p> <p>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または不攪乱試料に対する室内試験法を用いて液状化抵抗を求めることが望ましい。</p> <p>図-4よりコーン貫入試験による抵抗値q_{cl}を用いて液状化強度を推定することができる。q_{cl}は次式で求められる。</p> $q_{cl} = F(I_c) q_c / C_N$ <p>ここに、</p> <p>q_c: 位置で測定されたコーン貫入抵抗値(kPa)</p> <p>C_N: 拘束圧に関する補正係数</p> <p>$F(I_c)$: 図-5から求められる粒度に関する補正係数</p> <p>I_c: 次式で与えられる土の挙動特性指標</p> $I_c = \left\{ 3.47 - \log Q_t \right\}^2 + \left\{ \log F_R + 1.22 \right\}^2 \Bigg\}^{0.5}$ $Q_t = (q_c - \sigma_z) / \sigma'_z$ $F_R = f_s / (q_c - \sigma_z) \times 100$ <p>ここに、</p> <p>f_s: 周面摩擦抵抗(kPa)</p> <p>σ_z, σ'_z: 深さzmにおける全上載圧及び有効上載圧(kPa)</p>	<p>地震外力τ_d / σ'_zは次式によって求める。</p> $\frac{\tau_d}{\sigma'_z} = r_n \frac{\alpha_{max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} r_d$ <p>ここに、</p> <p>τ_d: 水平面に生じる等価な一定繰返しせん断応力振幅(kPa)</p> <p>σ'_z: 検討深さにおける有効土被り圧(鉛直有効応力)(kPa)</p> <p>r_n: 等価な繰返し回数に関する補正係数で、$r_n = 0.1(M-1)$、ただし、Mは地震のマグニチュード</p> <p>α_{max}: 地表面における設計用水平加速度(cm/s^2)</p> <p>g: 重力加速度($980 cm/s^2$)</p> <p>σ_z: 検討深さにおける全土被り圧(鉛直全応力)(kPa)</p> <p>r_d: 地盤が剛体でないことによる低減係数で($1-0.015z$)、zはメートル単位で表した地表面からの検討深さ</p> <p>α_{max}は以下の値を推奨する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・損傷限界検討用(レベル1): $150 \sim 200 cm/s^2$ ・終局限界検討用(レベル2): $350 cm/s^2$程度 	<p>(1) 地盤剛性の低下</p> <p>液状化した水平地盤での直接基礎の沈下量予測や等価線形応答解析による地盤変形予測に必要な地盤剛性は以下の方法によることができる。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 図-6の剛性低下率とひずみの関係から各層のひずみに適合した等価剛性を推定する。 ② 液状化抵抗率F_lが1以上で、有効応力の低下を評価したい場合、図-7(または$r_u = F_l^{-7}$)から過剰間隙水圧比r_uを求め、剛性が有効応力の平方根に比例するとして等価剛性を推定する。 <p>図-6 補正N値と剛性低下率の関係</p> <p>図-7 安全率と水圧上昇の関係</p> <p>(2) 水平地盤反力係数の低減</p> <p>水平地盤反力係数k_{hl}および塑性水平地盤反力p_{yl}を次式により低減する。</p> $k_{hl} = \beta \cdot k_{h0} \cdot y_r^{-0.5}$ $p_{yl} = \alpha \cdot p_{y0}$ <p>ここに、</p> <p>β: 補正係数(図-8)</p> <p>k_{h0}: 水平地盤反力係数</p> <p>y_r: 液状化を考慮した杭と地盤の相対変位</p> <p>α: 塑性水平地盤反力の低減値(暫定的に$\alpha = \beta$とする)</p> <p>図-8 地盤反力係数の低減率</p> <p>図-4 コーン貫入抵抗値と液状化強度の関係</p> <p>図-5 細粒分含有率とコーン貫入抵抗値補正係数</p> <p>図-2 細粒分含有率とN値の補正係数</p> <p>図-3 砂礫地盤のN値補正係数</p>

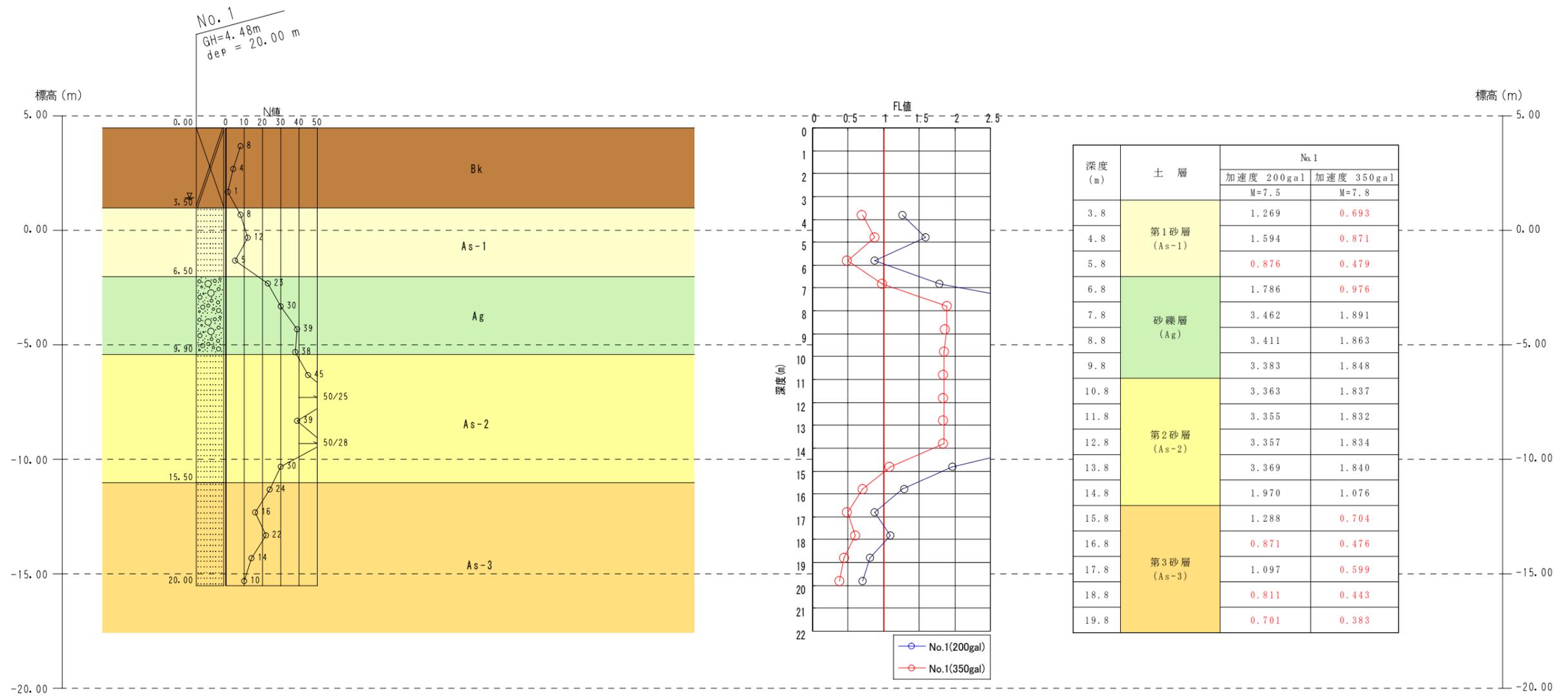


図-4.3.1 No.1 液状化判定結果

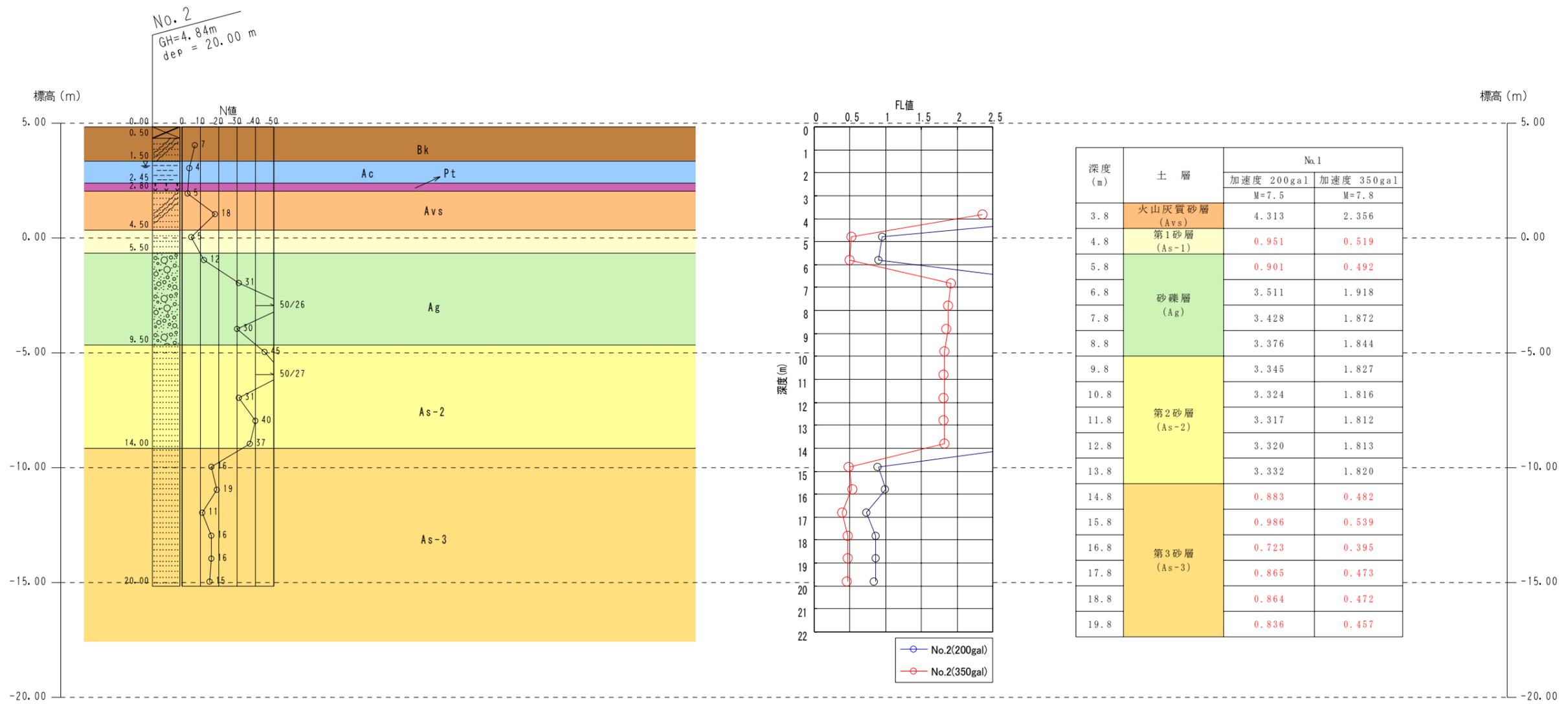


図-4.3.2 No.2 液状化判定結果

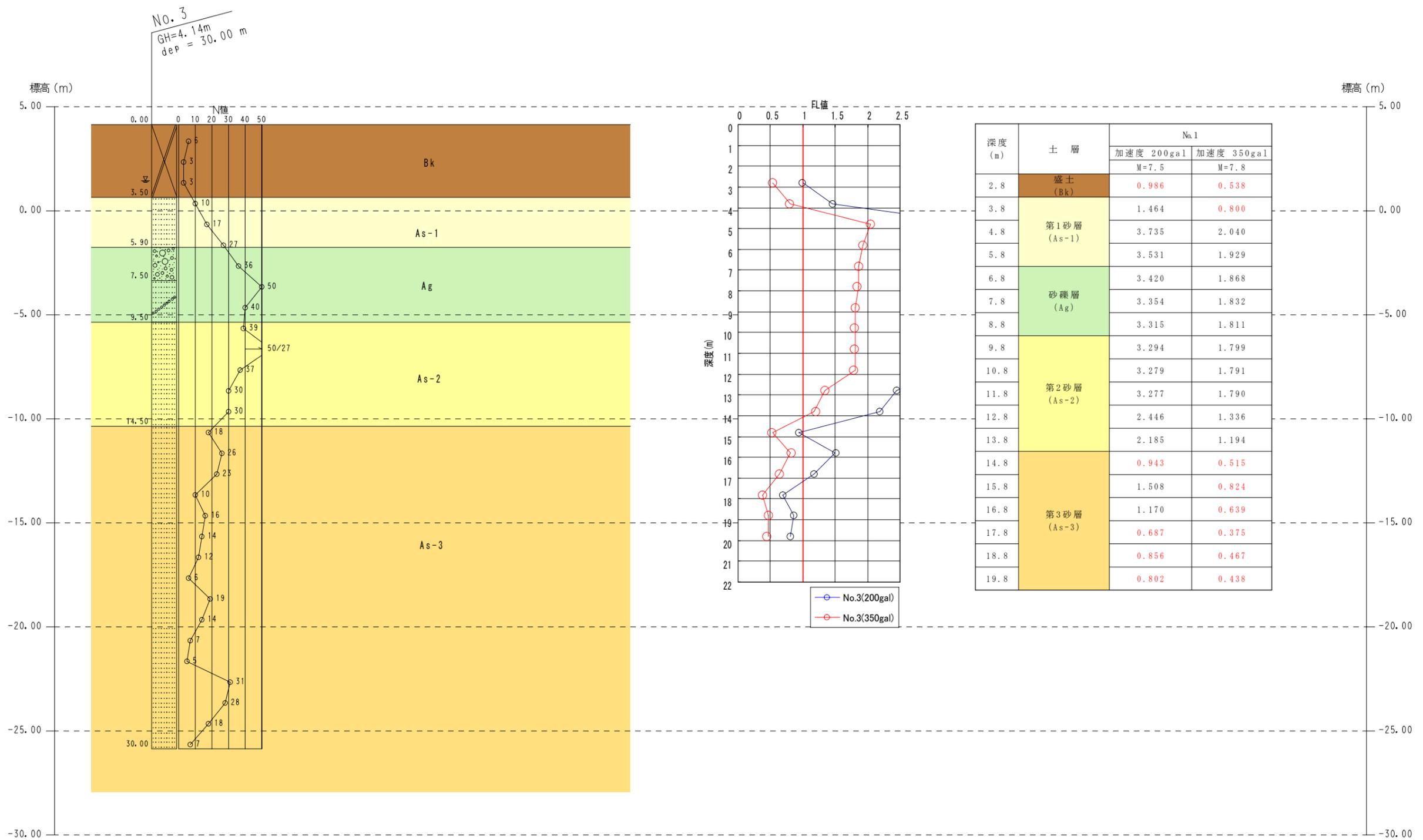


図-4.3.3 No.3 液状化判定結果

以上の結果、設計加速度が200gal及び350galで $FL < 1$ となる土層は盛土、第1砂層(As-1)砂礫層(As-2)、第3砂層(As-3)の4層となる。以下に各層を取りまとめる。

【盛土(Bk)】

本層は、地下水位以下の深度では設計加速度200gal及び350galで $FL < 1$ となり、地下水位以下では液状化の可能性が非常に高いと判断される。

【第1砂層(As-1)】

本層は、N値が $N=15$ (回)以下の深度では設計砂速度350galで $FL < 1$ となる。また、N値が $N=10$ (回)以下の深度では設計加速度200galでも $FL < 1$ となっており、液状化の可能性が非常に高いと判断される。

【砂礫層(Ag)】

本層は、上層にてN値が $N=20$ (回)以下では200galで $FL < 1$ となり、 $N=30$ (回)未満では350galで $FL < 1$ となる。しかし、N値が $N=30$ 以上ではいずれも $FL > 1$ となる。したがって、上層の一部で液状化する可能性はあるが、層全体としては液状化の可能性は低いものと判断する。

【第3砂層(As-3)】

本層は、設計加速度350galで $FL < 1$ となり液状化すると判断された。しかし、上位の砂礫層(Ag)および第2砂層(As-2)はいずれも液状化しないと判定されている。したがって、本層は液状化する可能性は高いが各構造物に与える影響は低いものと判断する。

なお、液状化すると判定された各土層はその影響を考慮して設計・施工法を検討する必要がある。

4-4 設計・施工上の留意点

ここでは、調査地に計画されている配水池及びポンプ室の設計・施工上の留意点について述べる。

○基礎工の検討では、配水池及びポンプ室の基礎形式は何れも直接基礎の採用が適当判断する。なお支持層は砂礫層(Ag)及び第2砂層(As-2)となる。

○安定地下水位は $H=1.44\sim 1.66\text{m}$ の盛土中で確認されておりNo.2では $H=3.14\text{m}$ にて宙水も確認されている。これらの地下水は比較的高い位置で形成されており、配水池及びポンプ室の施工においては排水処理工の検討が必要とされる。この場合、基礎底面位置の砂礫層(Ag)及び第2砂層(As-2)の透水係数は砂礫層(Ag)で $k=1.91\times 10^{-2}\text{cm/s}$ 、第2砂層(As-2)で $K=2.77\times 10^{-3}\text{cm/sec}$ となる。各構造物の施工において矢板工による土留め工が検討されているが、止水性の高い矢板工を併用する等の対策と、調査結果を踏まえた排水処理工の検討が必要である。

○配水池及びポンプ室の基礎底面は現地盤よりも $8\text{m}\sim 10\text{m}$ と比較的深い位置である。また、調査地一帯の地下水は比較的高い位置に形成されているため矢板工による土留めを検討する場合、根入れの長さによってボイリングを起す可能性が考えられる。したがって、矢板工の根入れ長を検討する場合はボイリングの可能性も含めた検討が必要とされる。

○調査地に分布する各層の液状化を検討した結果、盛土(Bk)の地下水位以下、第1砂層(As-1)、砂礫層(Ag)の上層及び第3砂層(As-3)は液状化すると判定された。しかし、第3砂層(As-3)は液状化すると判定されたが、堆積状況を考慮すると液状化による各構造部への影響は少ないと判断される。また、配水池の基礎底面 $H=-3.20\text{m}$ は砂礫層(Ag)に位置するが液状化の検討の結果、基礎底面付近の砂礫層(As)では液状化しないと判断された。なお、設計にはこれらの結果を踏まえた検討が必要と判断する。

— 以 上 —