

**平成27年度
駒岡清掃工場更新事業地質調査業務**

報 告 書

平成 28 年 1 月

 **川崎地質株式会社**

<<<<<<<< 目 次 >>>>>>>>

調査位置案内図 (S=1 : 25,000)

1. 調査概要	-----	1
2. 調査方法	-----	3
2.1 機械ボーリング	-----	3
2.2 標準貫入試験	-----	4
3. 地形・地質概要	-----	5
4. 調査結果	-----	7
4.1 ボーリング・標準貫入試験結果	-----	7
4.2 地下水位観測結果	-----	13
5. 考察	-----	14
5.1 地盤定数の設定	-----	14
5.2 設計・施工上の留意点	-----	21

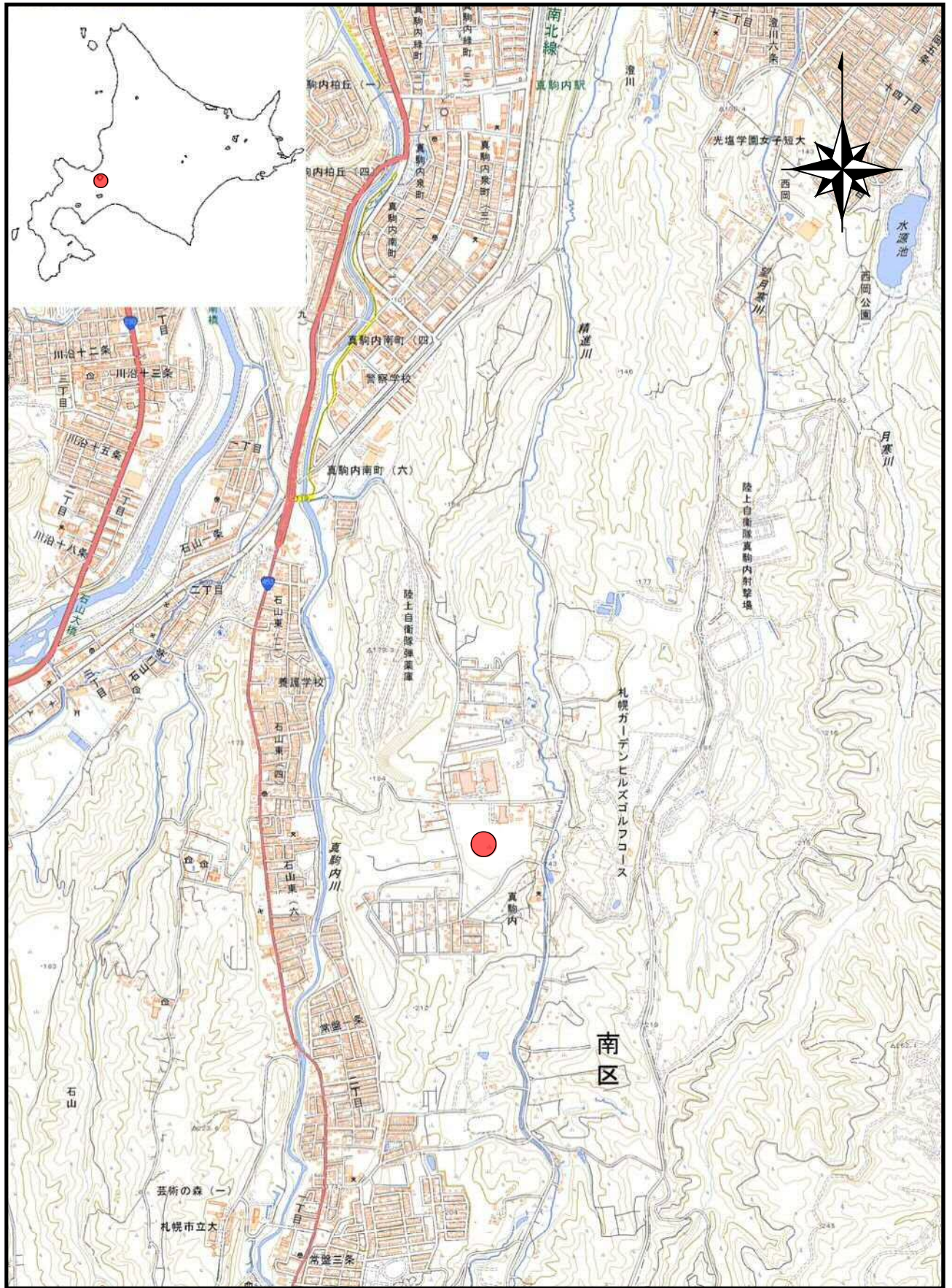
<巻末資料>

調査位置平面図

ボーリング柱状図

コア写真

調査位置案内図



● : 調査地

S=1:25,000

0 500 1000 (m)

1. 調査概要

- (1) 調査名：駒岡清掃工場更新事業地質調査業務
- (2) 調査箇所：札幌市南区真駒内 129 番地 3 ほか（案内図参照）
- (3) 工期： 自) 平成 27 年 9 月 10 日
至) 平成 28 年 1 月 12 日
- (4) 調査目的：本業務は、駒岡清掃工場更新事業に先立ち、地質調査により事業候補地の地盤構成および地盤工学的特性をとりまとめ、今後の設計・施工に必要な資料を得ることを目的としたものである。
- (5) 調査内容：(※ 詳細については、表-1.1 に示す。)
- ・ボーリング（孔径 φ 66mm） 3 箇所 延 36m
 - ・標準貫入試験 36 回
- (6) 発注者：札幌市 環境局 環境事業部 施設管理課
札幌市中央区北 1 条西 2 丁目
TEL 011-211-2922, FAX 011-218-5105
- (7) 調査機関：川崎地質株式会社 北海道支店
札幌市中央区北 1 条東 2-5-2
TEL 011-232-1344, FAX 011-232-1343
主任技術者：吉田 透（技術士：建設部門）
担当技術者：村上淳一（RCCM：土質及び基礎，地質調査技士）
日下田亮（地質調査技士）
- (8) 成果品：報告書 製本（A 4 版） 2 部
報告書 電子データ（CD） 1 部
土質標本 1 式

表-1.1 実施数量表

調査種別	調査細目および形状寸法		単位	合計	No.1	No.2	No.3
ボーリング	φ66mm	粘土・シルト	m	4.35	4.35		
		砂・砂質土	m	19.15	2.95	7.60	8.60
		礫混じり土砂	m	0.00			
		軟岩	回	12.50	3.70	4.40	4.40
	合計		m	36	11	12	13
原位置・他	標準貫入試験	粘土・シルト	回	4	4		
		砂・砂質土	回	18	3	7	8
		礫混じり土砂	回	0			
		軟岩	回	14	4	5	5
	合計		回	36	11	12	13

2. 調査方法

2.1 機械ボーリング

調査ボーリングは、巻末の「調査位置平面図」に示すとおり、本事業候補地内の3地点において実施した。

試錐機は、一般に土質調査に用いられているロータリー式スピンドル型試錐機を使用した。ここで、掘進装置の全体図を図-2.1.1に示す。

掘削孔径はφ66mmとし、併せて次節に述べる標準貫入試験を実施した。また、掘削深度は、支持層の確認を目的として、*N*値60回以上を5m程度確認できるまでとした。

なお、掘削にあたっては、採取試料およびスライムの観察等により土層変化を正確に把握するとともに、標準貫入試験等がスムーズに実施できるように保孔（掘削泥水による孔壁の安定化・ケーシングの挿入）しながら実施した。

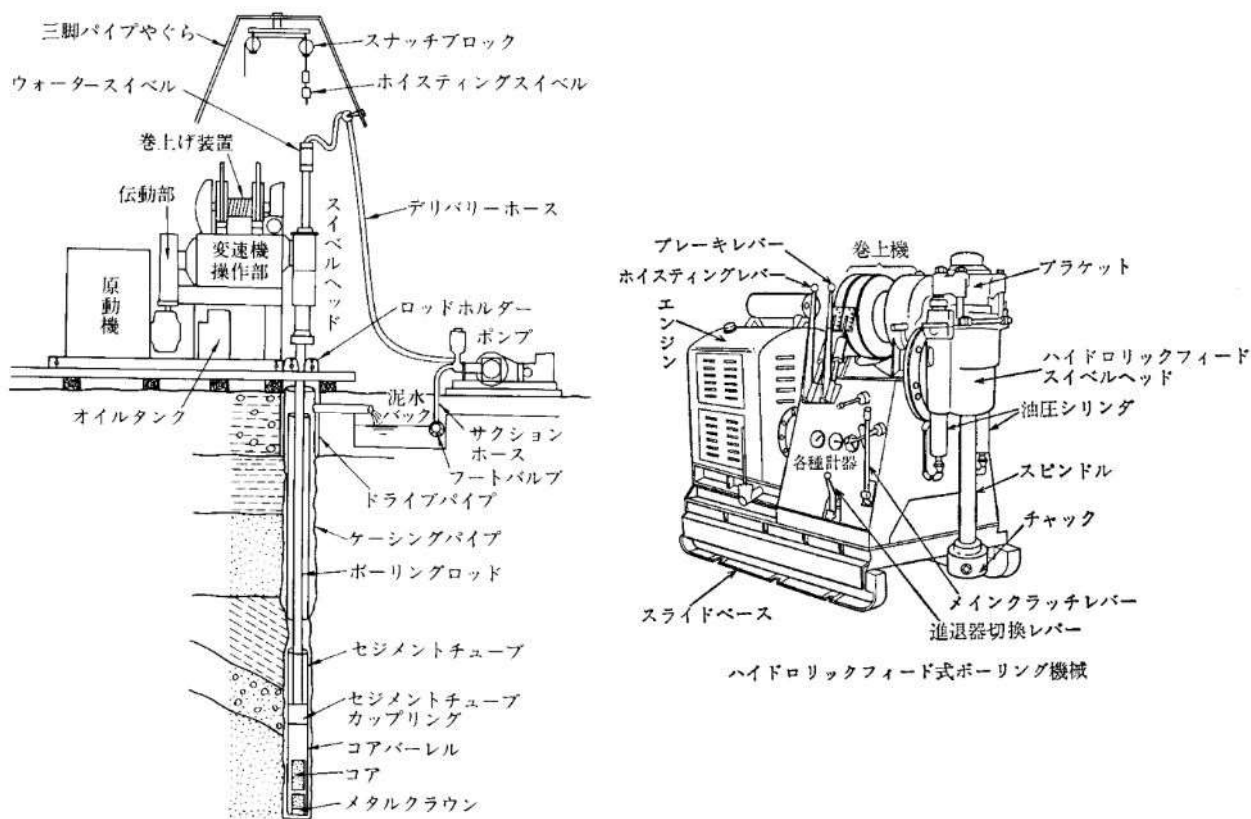


図-2.1.1 掘進装置全体図（ハイドロリックフィードタイプ）

2.2 標準貫入試験

標準貫入試験は、原位置における土の硬軟・締め具合の相対値を知るための N 値の測定と採取試料からの土の判別を目的に実施した。

試験方法は JIS-A-1219 に準拠し、自動落下法を選択し実施した。

試験は、試験用サンプラーを所要の深さで孔底に下ろし、ハンマーの打撃によって、15 cm の予備打ち、30 cm の本打ち（ハンマーを 76 ± 1 cm の高さから自由落下）、約 5 cm の後打ちを行った。この際、本打ち 30 cm 貫入に要する打撃回数を測定し、 N 値として記録した。なお、測定は 10 cm 貫入毎の打撃回数を記録した。本打ちの打撃回数は 60 回を限度とし、そのときの累計貫入量を測定した。

なお、試料用サンプラーにより採取された試料は、土の粒度・色、水分の状態混入物等を観察後、性状が変化しないようにビニール袋または標本瓶に保管し標本用試料に供し、特定の深度については室内土質試験用試料としても利用した。

標準貫入試験の概略図、ハンマーおよび試験用サンプラーを、図-2.2.1 に示す。

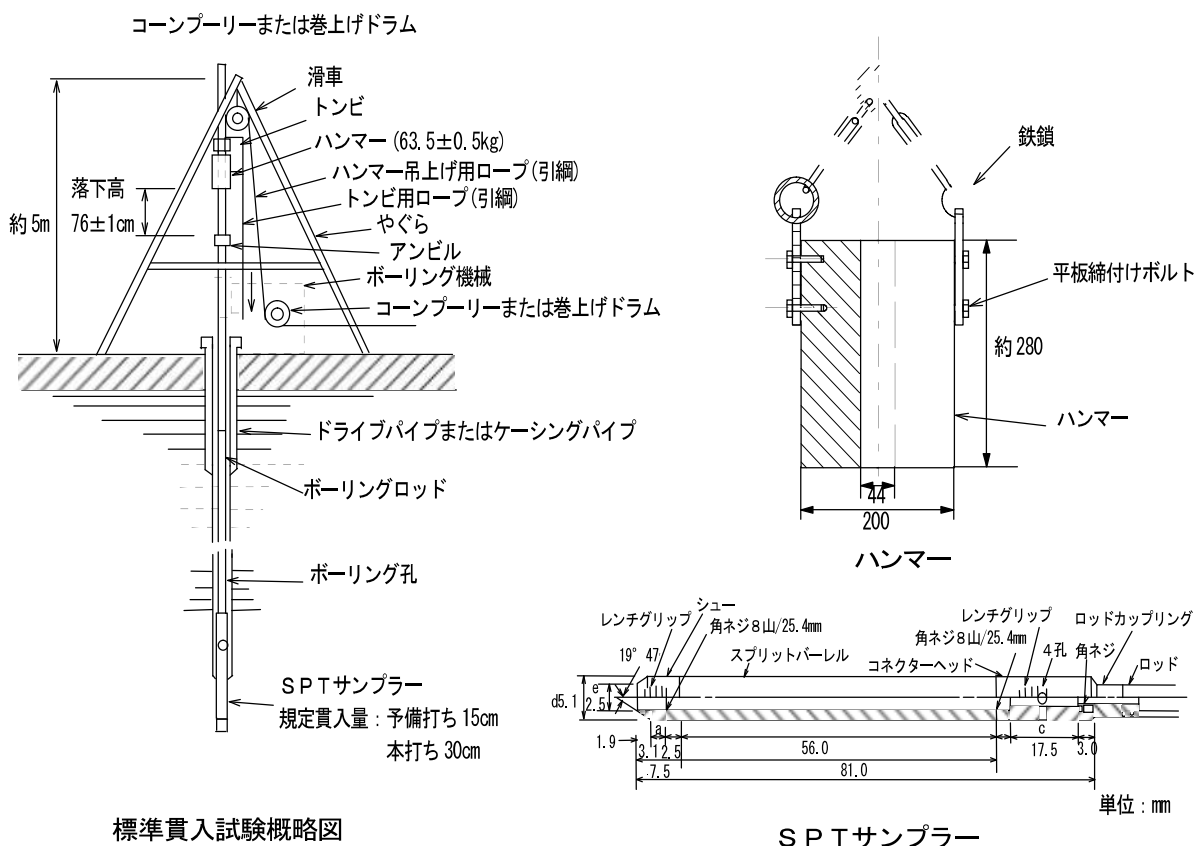


図-2.2.1 標準貫入試験概略図および試験用サンプラー

3. 地形・地質概要

本調査地は、札幌市営地下鉄南北線「真駒内」駅より南方に約 3.4 km、現駒岡清掃工場に隣接する丘陵地上に位置するが、過去の人工的な改変により、計画敷地内は平坦化されている。

札幌市の地形は、その形態や構成する地質から、**図-3.1** に示すように、北部低地、南東部丘陵地、南西部山地、扇状地の 4 つに大別される。このうち、調査地は、南東部丘陵地に位置する。

この南東部丘陵地は、札幌市街地の東側、白石～厚別から南東方の真駒内～里塚にかけて、更に南方の滝野～有明から支笏湖方向へ連なるものであり、標高は、北端の白石区北郷付近で約 10m、南端の滝野南方で約 350m と、一般に南方へ行くほど高くなっている。



図-3.1 札幌周辺の地形

(出典：「札幌の自然 (地学編)」, 岡部三郎, (株)富士書院, 1987 年 12 月)

次に、**図-3.2** に示すように、札幌市周辺地域には、新第三紀 (約 2330 万年前～約 164 万年前の地質時代) から第四紀 (約 164 万年前～現在までの最新の地質時代) の地層が分布しており、調査地が該当する南東部丘陵は、主に支笏火山噴出物 (再堆積も含む) で覆われた火砕流台地である。

支笏湖火山噴出物とは、今から約 4 万年前、当時の支笏火山が激しい爆発的噴火を起こして、多量の軽石を東方のはるか遠くまで降下させたことに始まり、その後の破局的噴火 (山体崩壊) により、高温で水分の多い軽石、火山灰等が膨大な火砕流となり、支笏湖周辺に広大な台地を作った際の堆積物である。この際の火砕流は、石狩平野の南部を埋めつくす非常に巨大なもので、低い谷地形を流下し、その一部は札幌まで達している。



図-3.2 札幌市周辺の地質

(出典：「札幌の自然 (地学編)」，岡部三郎，(株)富士書院，1987年12月)

また、図-3.3の模式図示すように、火砕流が厚く堆積した所には、熔結凝灰岩が存在する。これは、厚さ100m以上にも達する火砕流堆積物の中央部では、高温(約600℃以上)と自重のために、軽石や火山灰が互いに熔結したもので、岩質の部分をも熔結凝灰岩と呼んでいる。この岩石は、固結した火山灰の間に絹糸状光沢を示す軽石を多く含み、安山岩、泥岩等の岩片や炭化木片を含むこともある。この熔結凝灰岩は、札幌軟石とも呼ばれ、採石状跡の石山緑地では、現在でも大きな露頭を望むことができる。

なお、厚い火砕流堆積物の上部と下部では、急冷するため高温が維持されなく熔結していない傾向にあり、北方の厚さの薄い所では、中央部でも温度が低いため熔結していない。

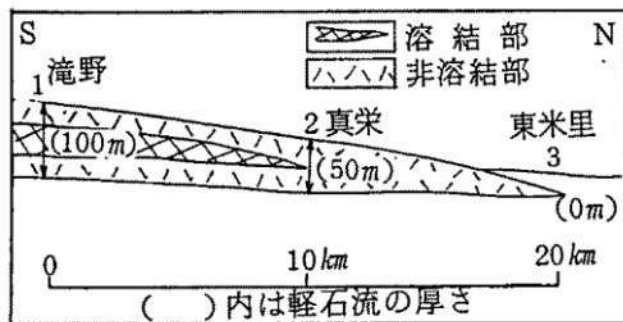


図-3.3 軽石流堆積物の模式図

(出典：「札幌の自然 (地学編)」，岡部三郎，(株)富士書院，1987年12月)

以上より、本調査において確認した主な地層は、支笏火山噴出物の熔結凝灰岩と未熔結部(火山灰)および近年の人工的な埋土層と考えられ、この地層構成を基本として、報告書を整理した。

4. 調査結果

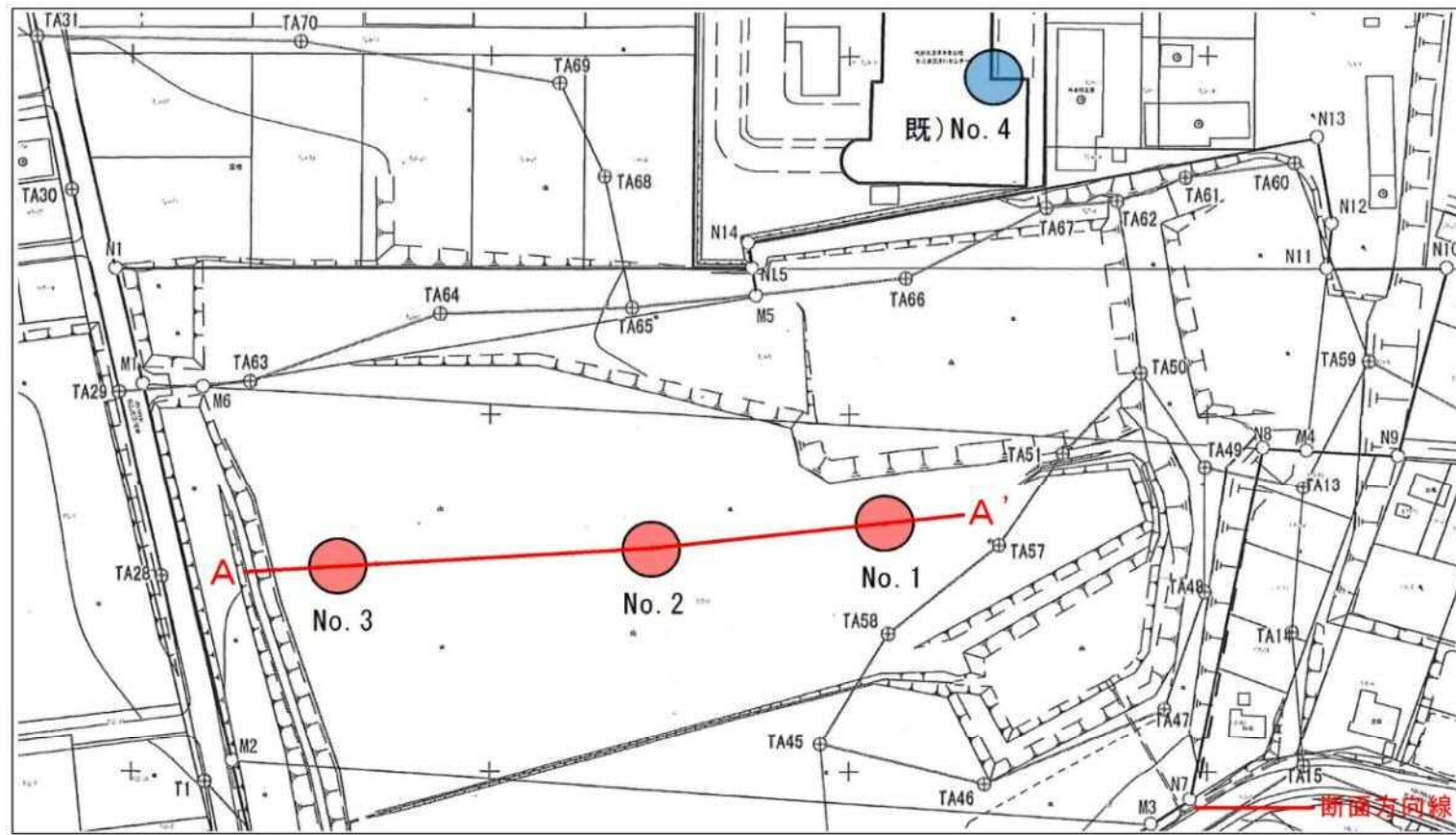
4.1 ボーリング・標準貫入試験結果

調査結果の詳細は、巻末の「ボーリング柱状図」に示すとおりである。ここでは、**図-4.1.1**に地質推定断面図を、**表-4.1.1**に地質層序表を整理し、確認した地層についての土質特性を述べる。

表-4.1.1 調査地の地盤構成

時代	地層名 (主な土質)	記号	層厚 (m)	N値 (回)	備考
第 四 紀	埋 粘 土 性 土 層 (粘 土 性 土)	Bs	0.80~3.80	4~7	<ul style="list-style-type: none"> 人工的な埋土層。 礫混じり火山灰質シルトを主体とするが、砂分優勢部もあり不均質。 鉄くず、ビニール片、ガラス片等が点在。 No.3地点では欠層。
	沖 積 火 山 灰 層 (軽 石 混 じ り 火 山 灰)	Av	1.00	10	<ul style="list-style-type: none"> 火山灰(砂状)を主体とし、軽石を混入する。 黒色を帯び、埋木が確認されていることから、旧表土と推定。 No.1地点でのみ確認。
	沖 積 粘 性 土 層 (礫 混 じ り 火 山 灰 質 シ ル ト)	Ac	0.55	7 ^{注)}	<ul style="list-style-type: none"> 火山灰質シルトを主体とするが、礫を混入し、やや不均質。 二次堆積物(崖錐)の可能性あり。 No.1地点でのみ確認。
更 新 世	支 笏 火 山 噴 出 物 層 (火 山 灰)	Sv	1.95~8.60	22~60 以上	<ul style="list-style-type: none"> 主体となる火山灰は、微細砂~細砂に相当する粒径。 径2~60mmの白~灰色の軽石を多量混入。 所々に黒色のスコリアや炭化物を点在。 全地点で確認。
	支 笏 火 山 噴 出 物 層 (熔 結 凝 灰 岩)	Swt	3.72~4.43 以上	60以上	<ul style="list-style-type: none"> 支笏火山噴出物の熔結凝灰岩からなる。 高温と自重のために、軽石や火山灰が熔結したもの。 下位に従い非常に硬質。 全地点で確認。

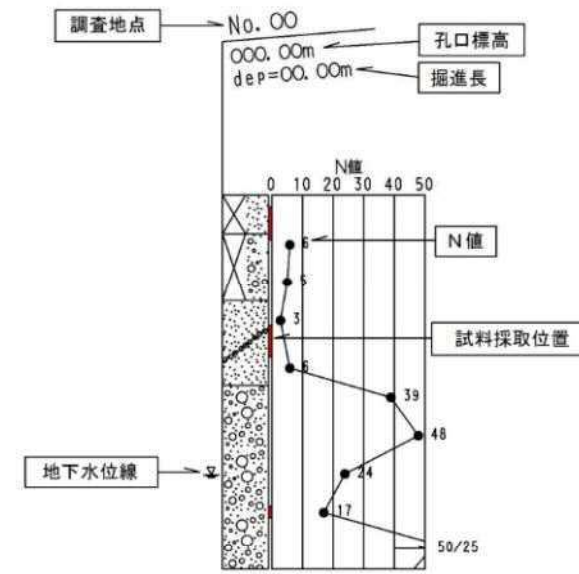
注) Ac層のN値は、No.1地点GL-5.15~5.45m間の標準貫入試験における上部20cm間の打撃回数5に基づく換算N値である(5回/20cm×30cm=7.5回_≒7)。



断面方向線図 (S=1/2,000)

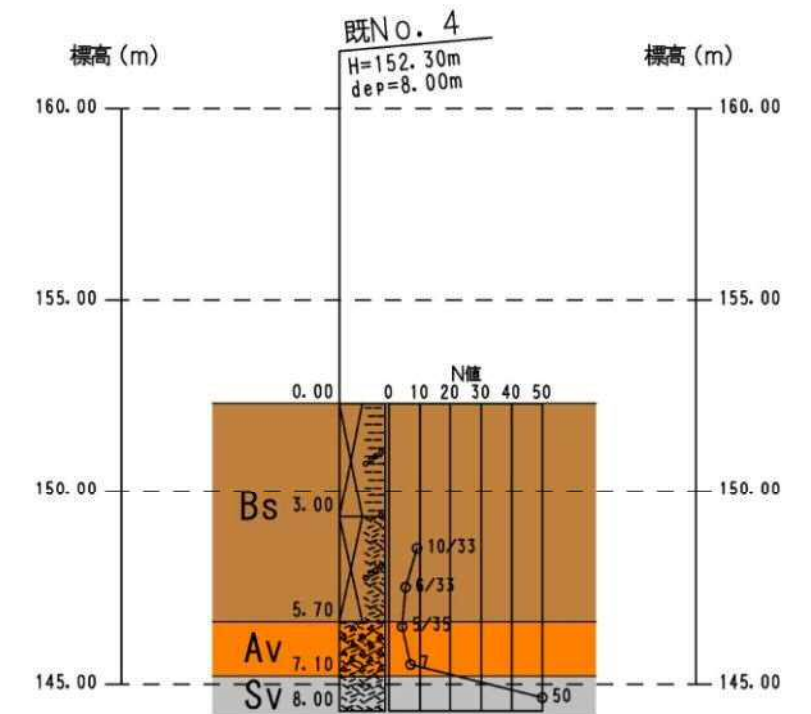
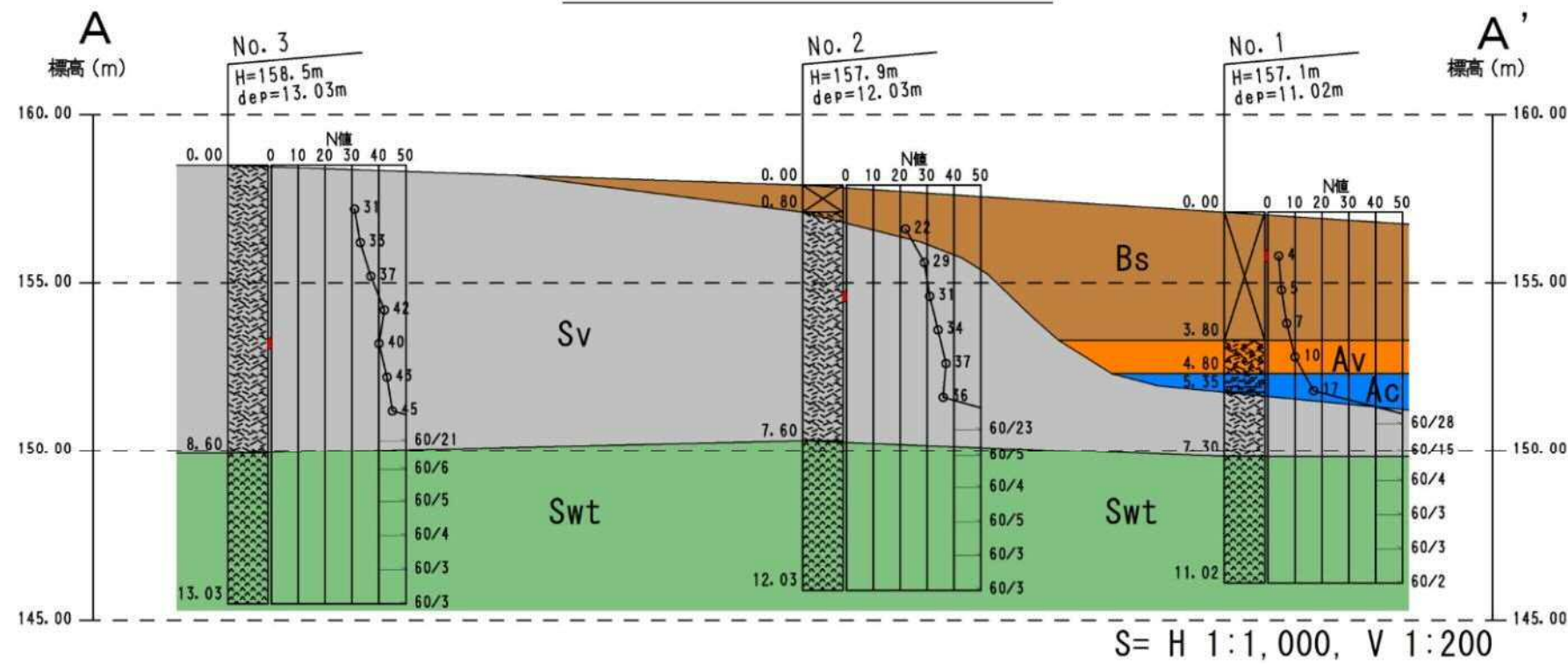
A - A' 断面

柱状図凡例



地質層序表

時代	地層名 (主な土質)	記号	層厚 (m)	N値 (回)
現世	埋土層 (粘性土)	Bs	0.80~3.80	4~7
	沖積火山灰層 (軽石混じり火山灰)	Av	1.00	10
完新世	沖積粘性土層 (礫混じり火山灰質シルト)	Ac	0.55	7
	支笏火山噴出物 (火山灰)	Sv	1.95~8.60	22~60以上
更新世	支笏火山噴出物 (熔結凝灰岩)	Sw	3.72~4.43以上	60以上



注) 本調査地点の標高は、仮B.M. (4級基準点M1) からの比高差に基づき、M1の高さをH=158.5mと仮定した場合の推定値である。

図-4.1.1 地質推定断面図

① Bs 層：埋土層（礫混じり火山灰質シルト）

本層は、近年、計画敷地一帯を平坦化するために造成した際の埋土層と考えられる。火山灰質シルトを主体とするが、不均質であり、礫を多量混入し、砂分優勢部も存在する。また、ボーリングと標準貫入試験による採取試料中に、鉄片、ビニール片、ガラス片等の人工物が少量混在する。これらは、過去の造成時に地表に点在していたものが混合したものと推察する（写真-4.1.1 参照）。

層厚は 0.80～3.80m と変化があり、No.1 地点で最も厚く、No.3 地点では欠層となっている。N値は 4～7 と、比較的軟らかい地層である。



写真-4.1.1 Bs 層のコア写真（No.1 地点：GL-0.00～4.00m 間）

② Av 層：沖積火山灰層（軽石混じり火山灰）

本層は、軽石を混入する火山灰を主体としており、火山灰は微細砂～細砂に相当する粒径である。上部は黒色を帯びるとともに、本層中には埋木が確認されており、旧表土と考えられる（写真-4.1.2 参照）。

層厚は 1.00m と、No.1 地点でのみ確認されている。N値は 10 であり、締まり具合が緩い砂質土層である。

③ Ac 層：沖積粘性土層（礫混じり火山灰質シルト）

本層は、火山灰質シルトを主体とするが、礫を混入し、やや不均質であり、二次堆積物（崖錐）の可能性が考えられる（写真-4.1.2 参照）。

層厚は 0.55m と、No.1 地点でのみ確認されている、N値は 7（GL-15.15～15.35m の打撃数に基づく換算値）と、中位の硬さの粘性土層である。



写真-4.1.2 Av・Ac 層のコア写真（No.1 地点：GL-3.00～6.00m 間）

④ Sv 層：支笏火山噴出物-火山灰層（火山灰）

本層は、調査地に広く堆積する支笏火山噴出物の内、火山灰からなる地層である。構成する火山灰は、微細砂～細砂に相当する粒径であり、若干のシルト分も混入する。また、全体に径2～60mmの白～灰色の軽石を多量混入し、所々に黒色のスコリアや炭化物を点在する。層全体としては、ほぼ均質であり、灰色を呈す部分が大半である（写真-4.1.3参照）。

本層は全地点で確認されており、層厚は1.95～8.60mと変化があり、No.3地点で最も厚く、No.1地点で最も薄い。N値は、22～60以上と、概ね締まり具合が密な砂質土層である。



写真-4.1.3 Sv 層のコア写真（No.3地点：GL-1.00～5.00m間）

⑤ Swt 層：支笏火山噴出物-熔結凝灰岩層（熔結凝灰岩）

本層は、調査地に広く堆積する支笏火山噴出物の内、熔結凝灰岩からなる地層である。構成する熔結凝灰岩は、前述のとおり、火砕流堆積物として流下する際、高温と自重のために、軽石や火山灰が熔結したものであり、岩質となっている（写真-4.1.4参照）。

無水掘削による採取コアは、円盤状～短柱状となり、全体にほぼ均質で、暗灰色を呈す部分が多い。本層は最下位の地層であり、全地点で確認され、本調査では概ね4m以上確認している。N値は、60以上と固結しており、下位に従い非常に硬質となる傾向を有す。



写真-4.1.4 Swt 層のコア写真（No.3地点：GL-10.00～13.00m間）

さらに、標準貫入試験より得られた各層の N 値頻度分布を図-4.1.2 に示し、統計値を表-4.1.2 にまとめる。なお、Av、Ac 層は 1 データのみであることから、 N 値頻度分布図からは除外している。また、参考として、柱状図中の表記として用いた、砂質土の相対密度と粘性土の相対稠度（コンシステンシー）を、表-4.1.3 に示す。

ここで、Swt 層については、範囲、平均値を求める際、 N 値 60 以上のものについて、30cm に対する打撃回数に換算し 300 を上限とした。標準貫入試験の N 値 300（換算 N 値）までの拡大利用は、地盤物性値（ c 、 ϕ 、 E 等）を検討する上で、軟岩や砂礫などの硬質地盤に対して行われることがある。これは、硬質地盤においても、簡便かつ汎用性が高く、通常調査で多くのデータ数を有する標準貫入試験による N 値を有効的に利用しようとすることを背景としている。硬質地盤では、多くが N 値 50 以上であり、他物性値との相関を考慮する上では、換算 N 値を適切に評価することで、より広範囲の地盤強度を反映する解釈が可能になるという観点である。

上位の沖積火山灰層（Av）は、「緩い」締まり具合であるのに対し、下位の支笏火山噴出物の火山灰層（Sv）は、概ね「密な」締まり具合となっていることがわかる。また、埋土層（Bs）と沖積第粘性土層（Ac）は、「軟らかい～中位の」相対稠度を示しているが、最下位の支笏火山噴出物の熔結凝灰岩層（Swt）は、換算 N 値の全データが 300 以上となる、非常に硬質な岩盤であった。

表-4.1.2 各層の N 値

地層記号	N 値 範 囲	平均 N 値	標準偏差 σ	データ数
Bs	4 ~ 7	5.3	1.5	3
Av	10	10.0	---	1
Ac	7	7.0	---	1
Sv	22 ~ 60 以上	41.2	12.1	17
Swt	60 以上 (300 以上)	300.0	0.0	14

表-4.1.3 相対密度と相対稠度の表現法

砂質土の相対密度	N 値	粘性土の相対稠度	N 値
非常に緩い	0~4	非常に軟らかい	2 以下
緩い	4~10	軟らかい	2~4
中位の	10~30	中位の	4~8
密な	30~50	硬い	8~15
非常に密な	50 以上	非常に硬い	15~30
		固結した	30 以上

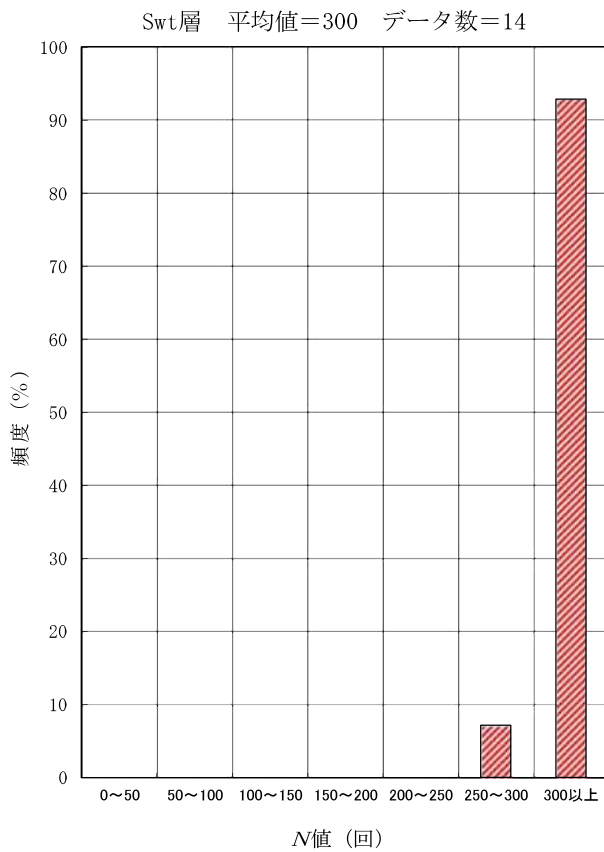
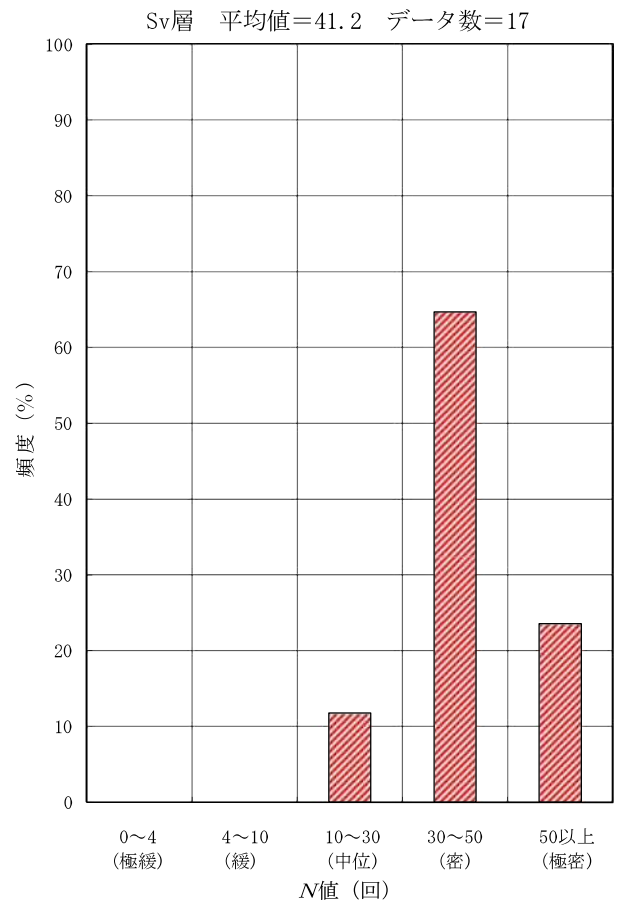
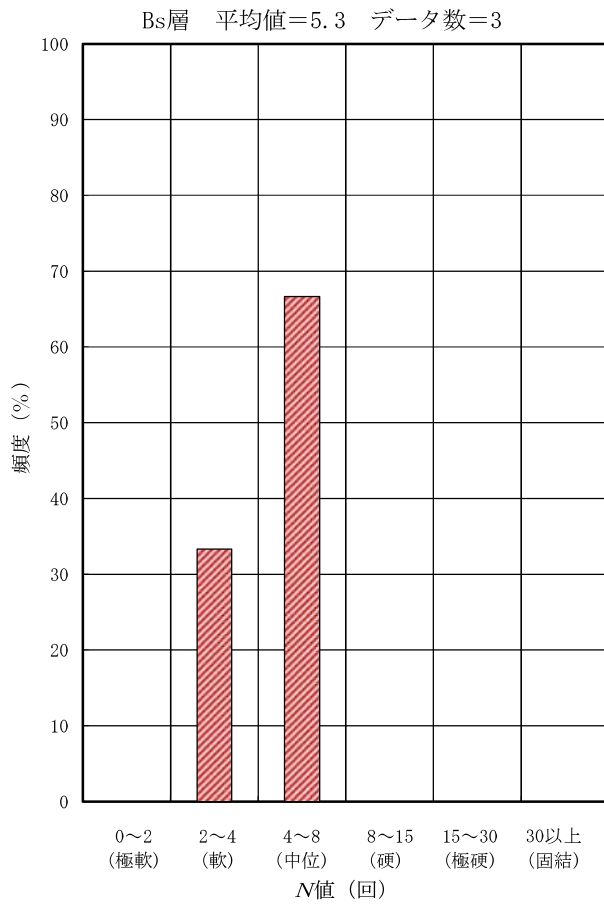


図-4.1.2 各地層のN値頻度分布

4.2 地下水位観測結果

地下水位は、設計並びに施工上極めて重要であるため、ボーリング孔掘削時に初期水位の観測を試みた。ここで、表-4.2.1 に計測状況をまとめる。

表-4.2.1 地下水位一覧表

地 点	地盤高 (m)	掘削深度 (GL-m)	水位 (GL-m)	水位標高 (m)	観測期間
No. 1	157.1	11	認めず	-----	H27.10.21 ~ H27.10.25
No. 2	157.9	12	認めず	-----	
No. 3	158.5	13	認めず	-----	

本調査の確認深度（標高 146m 付近）内では、掘削時に水位は確認されなかった。標高の比較的高い台地上であることから、恒常的な地下水位はより深部にあるものと推定される。しかし、地下水位は、気象や季節的条件によっても左右されることが知られており、融雪期や大雨時には、一時的に地下水位が存在することも予想される。

5. 考察

5.1 地盤定数の設定

ここでは、各地層の地盤定数について検討した。表-5.1.1に地盤定数一覧表を示し、各地盤定数の検討において考慮した事柄を項目ごとにまとめた。

表-5.1.1 地盤定数の参考値

地層記号	N値 (回)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)	変形係数 E (MN/m ²)
Bs	4.5	(18)	(28)	0	(3.1)
Av	10	(14)	0	(29)	(70)
Ac	7.0	(13)	(43)	0	(4.9)
Sv	35	(14)	0	(41)	(24)
Swt	300	(21)	(510)	(21)	(130)

注：（ ）内の数値は推定値

以下に、地盤定数の設定条件を示す。

・設計N値

各地層の設計N値は、標準貫入試験によるN値（統計値は表-4.1.2参照）を、ばらつきを考慮し、以下の要領で有効数字3桁以下を切り捨てて設定した。なお、平均値を求める際60以上の実測N値については、土砂部（Sv層）については上限60、岩盤部（Swt層）については、貫入量から30cm貫入した場合のN値に換算し、上限300とした。

※ 設計N値 = 平均値 - (0.5 × 標準偏差値)

Bs層	: 5.3 - 1.5/2	= 4.55	≒ 4.5
Av層	: 1データのみ		= 10
Ac層	: 1データのみ		= 7.0
Sv層	: 41.2 - 12.1/2	= 35.2	≒ 35
Swt層	: 300 - 0/2		= 300

・ 単位体積重量 γ_t

各層の単位体積重量は、試験値がないことから、以下に示す推定値とした。

Bs 層：人工的な埋土層であることから、表-5.1.2 に示した「設計要領 第一集：NEXCO」を参考とし、18 kN/m³（盛土：粘性土）とした。

表-5.1.2 一般的な土の単位体積重量

種 類		状 態		単位体積重量 γ_t kN/m ³
盛 土	礫及び礫混じり砂	締固めたもの		20
	砂	締固めたもの	粒度の良いもの	20
			粒度の悪いもの	19
	砂質土	締固めたもの		19
粘性土	締固めたもの		18	
自 然 地 盤	礫	密実なものまたは粒度の良いもの		20
		密実でないものまたは粒度の悪いもの		18
	礫混じり砂	密実なもの		21
		密実でないもの		19
	砂	密実なものまたは粒度の良いもの		20
		密実でないものまたは粒度の悪いもの		18
	砂質土	密実なもの		19
		密実でないもの		17
	粘性土	固いもの（指で強く押し多少へこむ）		18
		やや軟いもの（指の中程度の力で貫入）		17
		軟いもの（指が容易に貫入）		16
	粘土 及び シルト	固いもの（指で強く押し多少へこむ）		17
やや軟いもの（指の中程度の力で貫入）		16		
軟いもの（指が容易に貫入）		14		

※ 地下水位以下にある土の単位体積重量は、それぞれの表中の値から 10kN/m³ 差引いた値とする。

※ N 値の目安は次のとおりである。

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

(NEXCO 中央研究所, 設計要領 第 1 集(土工編), p. 1-44, 2010. 7 より抜粋・加筆)

Av、Ac、Sv 層：火山灰と軽石を主構成としていることから、一般の土や岩石と比較すると軽い。ここでは、「実務家のための火山灰質土－特徴と設計・施工・被災事例－：地盤工学会北海道支部」に記載されている経験的なデータを参考とした。

Av、Sv 層→ 表-5.1.3 に示す 1.1~1.6g/cm³ の中間値付近→ 14 kN/m³

表-5.1.3 火山灰質粗粒土の湿潤密度，乾燥密度，間隙比の代表的な範囲

区分	火山灰記号		湿潤密度 ρ_t g/cm ³								乾燥密度 ρ_d g/cm ³								間隙比 e											
	火山名(給源)	火山灰記号	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0		
降下テフラ	樽前	Ta-a																												
		Ta-b	データなし																											
		Ta-c																												
		Ta-d																												
	恵庭	En-a																												
	支笏	Spfa-1																												
		Spfa-2 (Kt-1)																												
		Spfa-7																												
		Spfa-10																												
	有珠	Us	データなし																											
駒ヶ岳	Ko																													
摩周	Mafa																													
火砕流堆積物	支笏	Spfl																												
	洞爺	Toya																												
	十勝岳	To (Tok)																												
	クッチャロ	Kcfl																												
	銭亀女那川	Z-M																												

((公社)地盤工学会北海道支部, 実務家のための火山灰質土, p. 32, 2010.12 より抜粋・加筆)

Ac層 → 表-5.1.4 に示す平均値 1.33g/cm³ 付近の値 → 13 kN/m³

表-5.1.4 火山灰質細粒土の基本的性質の範囲

	起源	データ数	自然含水比 w_h (%)	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	間隙比 e	飽和度 S_r (%)
降下テフラ起源	支笏 Spfa	6	60~80	1.15~1.60 (1.46)	0.70~0.95 (0.86)	1.85~2.70 (2.18)	60~100 (88)
	恵庭 En	16	65~160	1.00~1.50 (1.25)	0.40~0.85 (0.67)	2.10~6.10 (3.24)	70~100 (79)
	樽前 Ta-d	6	115~195	0.90~1.30 (1.05)	0.30~0.60 (0.42)	3.45~7.60 (5.67)	60~90 (74)
軽石流堆積物起源	支笏 Spfl	18	65~110	1.00~1.50 (1.33)	0.50~0.90 (0.78)	2.00~4.05 (2.48)	65~100 (84)
	洞爺 Toya	1	64	1.59	0.97	1.70	98
	クッチャロ Kcfl	7	40~70	1.35~1.70 (1.53)	0.80~1.20 (0.98)	1.20~2.55 (1.64)	75~100 (89)
	十勝 T	11	60~140	1.05~1.55 (1.33)	0.45~0.95 (0.74)	1.75~5.20 (2.77)	65~100 (83)

((公社)地盤工学会北海道支部, 実務家のための火山灰質土, p. 69, 2010.12 より抜粋・加筆)

Swt 層は、岩盤扱いとし、単位体積重量は図-5.1.1 より推定し、小数点第 1 位以下を四捨五入して設定した。

$$\text{岩盤の単位体積重量} \cdots \gamma_t = 1.173 + 0.4 \text{Log } N \text{ (tf/m}^3\text{)} \quad [\times 9.807 \text{ kN/m}^3]$$

N : 設計 N 値

$$\text{Swt 層} \rightarrow 1.173 + 0.4 \text{Log}(300) = 21.2 \approx 21 \text{ kN/m}^3$$

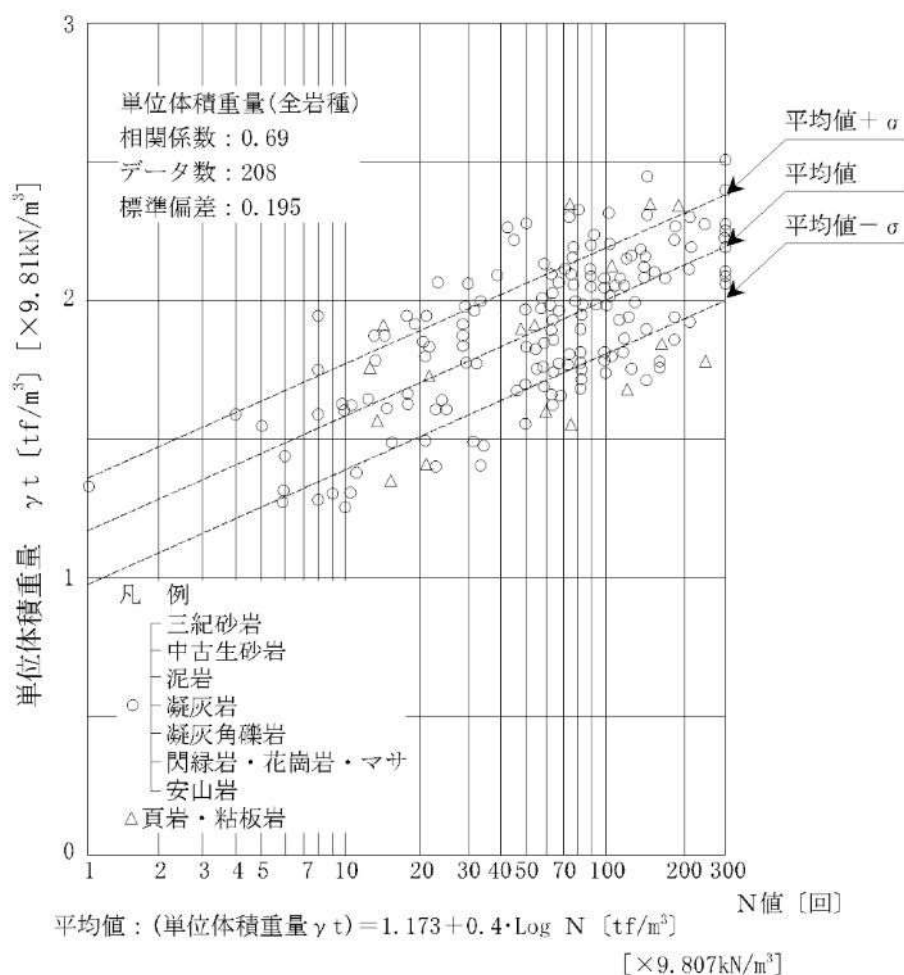


図-5.1.1 岩盤の単位体積重量の測定例

(NEXCO 中央研究所, 設計要領 第 2 集(橋梁建設編), p. 4-7, 2012. 7 より)

・せん断抵抗角 ϕ および粘着力 c

せん断抵抗角および粘着力は次の要領で決定するものとし、有効数字 3 桁以下を切り捨てて設定した。

① 礫質土、砂質土の場合のせん断抵抗角および粘着力

$$\text{せん断抵抗角} \cdots \cdots \phi = \sqrt{(20N) + 15} \quad (^\circ) \quad N: \text{設計 } N \text{ 値}$$

((社)日本建築学会:建築基礎構造設計指針, p. 113, 2001. 10 より)

$$\text{粘着力} \cdots \cdots c = 0 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\text{Av 層} \rightarrow \phi = \sqrt{(20 \times 10) + 15} = 29.1 \approx 29 \quad ^\circ$$

$$\text{Sv 層} \rightarrow \phi = \sqrt{(20 \times 35) + 15} = 41.5 \approx 41 \quad ^\circ$$

② 粘性土の場合のせん断抵抗角および粘着力

$$\text{せん断抵抗角} \cdots \cdots \phi = 0 \quad (^\circ)$$

$$\text{粘着力} \cdots \cdots c = N/0.16 \quad (\text{kN/m}^2) \quad N: \text{設計 } N \text{ 値}$$

(Terzaghi-Peck の式 一軸圧縮強さ q_u (kN/m^2) = $12.5N$, $c \approx q_u/2$ より)

$$\text{Bs 層} \rightarrow c = 4.5/0.16 = 28.1 \approx 28 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{Ac 層} \rightarrow c = 7.0/0.16 = 43.8 \approx 43 \quad \text{kN/m}^2$$

③ 岩盤のせん断抵抗角および粘着力

岩盤として評価した Swt 層の強度定数は、表-5.1.5、図-5.1.2 より推定し、有効数字 2 桁で切り捨てて設定した。なお、対象となる地層は、熔結凝灰岩であることから、図表中の「泥岩・凝灰岩・凝灰角礫岩」の算定式を用いた。

$$\text{粘着力} \quad \cdots \quad c = 16.2 \cdot N^{0.606} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\text{せん断抵抗角} \quad \cdots \quad \phi = 0.888 \cdot \log N + 19.3 \quad (^\circ)$$

N : 設計 N 値 (最大 300)

$$\text{Tf-w 層} \rightarrow c = 16.2 \times 300^{0.606} = 514 \approx 510 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\phi = 0.888 \times \log(300) + 19.3 = 21.5 \approx 21 \quad ^\circ$$

表-5.1.5 換算N値による場合の強度定数の測定例

		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	5.10LogN +29.3	6.82LogN +21.5	0.888LogN +19.3	Logの底は10
	標準偏差	4.40	7.85	9.78	

(NEXCO 中央研究所, 設計要領 第2集(橋梁建設編), p.4-10, 2012.7より)

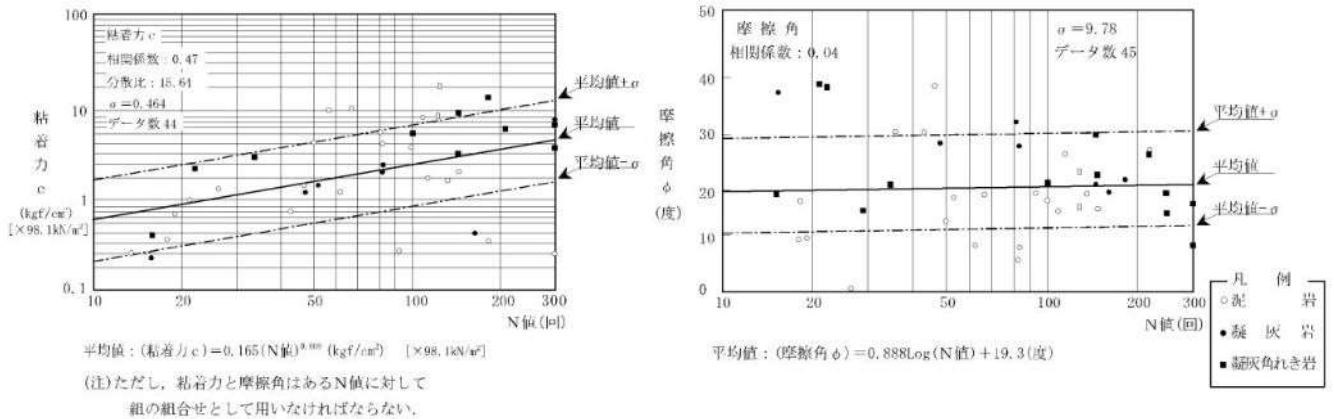


図-5.1.2 強度定数の測定例 (泥岩・凝灰岩・凝灰角礫岩)

(NEXCO 中央研究所, 設計要領 第2集(橋梁建設編), p.4-11, 2012.7より)

・ 変形係数 E

土砂や岩盤の変形係数の実測値は、孔内水平載荷試験等により求められるが、今回はそれらの試験を実施していないため、 N 値に基づく一般的な相関式により算出した。ここで、設定値は有効数字3桁以下を切り捨てて設定した。

土砂…………… $E \approx 0.7N$ (MN/m²) N : 設計 N 値

岩盤…………… $E = 27.1N^{0.69}$ (kgf/cm²) [$\times 98.1$ (kN/m²)] (図-5.1.3参照)

Bs層 → $E = 0.7 \times 4.5 = 3.15 \approx 3.1$ MN/m²

Av層 → $E = 0.7 \times 10 = 70.0 \approx 70$ MN/m²

Ac層 → $E = 0.7 \times 7.0 = 4.90 \approx 4.9$ MN/m²

Sv層 → $E = 0.7 \times 35 = 24.5 \approx 24$ MN/m²

Sv層 → $E = 27.1 \times 300^{0.69} = 136 \approx 130$ MN/m²

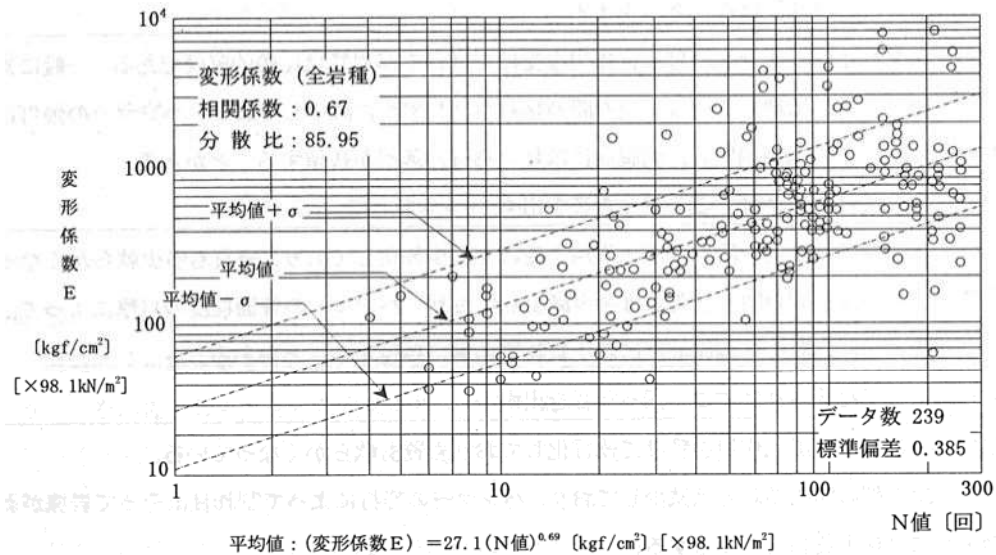


図-5.1.3 岩の変形係数の測定例

(NEXCO 中央研究所, 設計要領 第2集(橋梁建設編), p.4-14, 2012.7より)

5.2 設計・施工上の留意点

● 支持層について

支持層選定の原則は、上部構造の特性、基礎の形式、施工条件および地盤条件などからみて、構造物自体又はその機能に障害を生じないように建造物を確実に支持しうる地盤を選ぶことである。支持層とは、一般に、よく締まった N 値 30 以上の砂層や砂礫層、 N 値 20 以上の粘性土層、あるいは岩盤などが妥当であるとされている。

図-5.2.1 に示すように、当該地においては、本調査において確認した最下位の地層となる Swt 層（支笏火山噴出物：熔結凝灰岩）が N 値 50 以上の硬質な岩盤であり、確実な支持層に該当する。また、Sv 層（支笏火山噴出物：火山灰）は、表層付近で N 値 30 を下回るものの、概ね N 値 30 以上の締まり具合の密な地層であり、準支持層として期待できる。

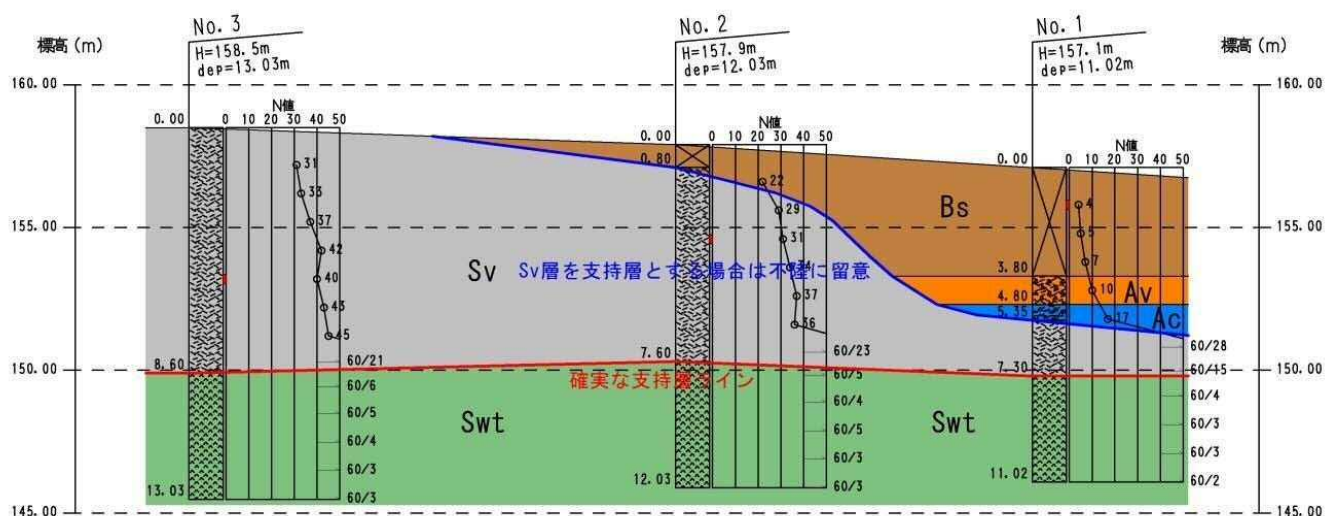


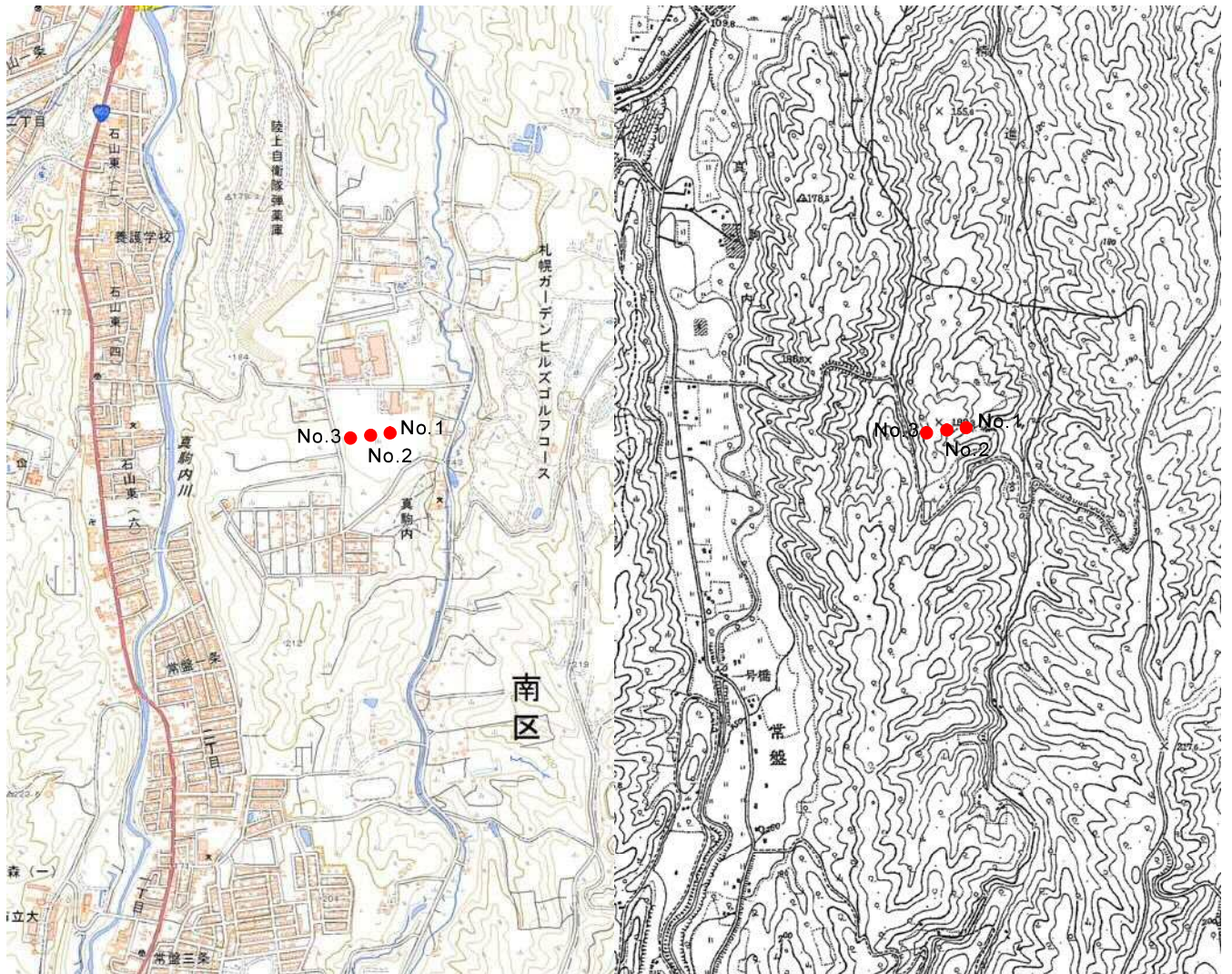
図-5.2.1 調査地の地盤構成と支持層

ここで、Swt 層を支持層とした場合、杭基礎の採用が考えられるが、その上面深度はほぼ平坦で不陸が認められないことから、大きな問題はないと考える。

次に、Sv 層を支持層とした場合、直接基礎と杭基礎（または地盤改良）等の、基礎形式の併用が考えられるが、単独の基礎よりもその挙動が複雑となるので、不同沈下や傾斜が生じないように、基礎、地盤条件を慎重に考慮して設計する必要がある。

この際、着目すべき地層は、本調査の東（No.1 地点）側で確認された Bs~Av~Ac 層であり、その分布と層厚に留意が必要となる。図-5.2.2 に示すように、造成前である昭和 30 年の地形図を見ると、当該地は、丘陵の尾根部にあたり、計画敷地の外周に向かうほど地形変化が激しい。したがって、現在の造成後の地盤において地表面がほぼ平坦であっても Sv 層の出現深度が深く、Bs~Av~Ac 層等のような軟らかい（あるいは緩い）地層が、より厚く堆積する可能性がある。

以上のように、当該地の地層構成は、過去の地形面と関連した特徴を有しており、本調査が、計画敷地全体の地層を把握しているとは言い難い。したがって、今後、実際の構造物の計画配置にあわせ、詳細なボーリング調査を実施することが望ましい。



左：地理院地図のPNG画像より抜粋・加筆
 右：2万5千分の1地形図「石山」建設省地理調査所，昭和30年より抜粋・加筆

図-5.2.2 当該地における地形変化

● 掘削について

軟弱粘性土地盤においては、地盤の強度が掘削の規模に対して不足する場合は土の回り込みやすさによって掘削底面の隆起、土留め壁の変形および背面地盤の沈下等が生じる可能性があり、この現象をヒービングという。

この場合の対策としては、土留め壁の根入れまたは剛性を増す、地盤改良により掘削底面の地盤強度を高めるなどがあげられ、掘削途中の変状に対する対策としては、掘削規模を縮小した段階施工、背面地盤の鋤取りなどがあげられる。

当該地では、 N 値 4~7 の B_s 層（埋土：粘性土）が比較的軟らかく、掘削対象となる可能性が高いことから、ヒービングについて留意が必要となる。

なお、本調査のボーリング深度（標高 146m 付近）内では、掘削時に水位は確認されなかったため、恒常的な地下水位はより深部にあるものと推定される。したがって、地下水を誘因とするボーリング、盤ぶくれ、パイピング等の現象は生じないものと想定される。

また、掘削時にバランスが崩れ、円弧を描くように掘削面側に土塊がすべる現象（円弧すべり）がある。前述のヒービングが発生するのは軟弱粘性土地盤に限られるのに対し、すべり破壊は比較的良質な地盤においても発生する可能性がある。この現象の検討には、安定解析図表や安定計算が行われ、対策としては、土留め壁の根入れを予想円弧すべり面の下深くまで入れること等が考えられる。

最下位の S_{wt} 層（支笏火山噴出物：熔結凝灰岩）は N 値 50 以上の岩盤であるが、切り出しが容易で適度な硬度を有していることから、札幌軟石と呼ばれ、かつては開拓時代の主要建造物の資材として広く使われていたものである。したがって、同層が掘削対象となる場合、リッパやブレーカー等による施工は十分に可能と考える。

● トラフィカビリティについて

表層付近の B_s 層（埋土：粘性土）は N 値 4 程度と軟弱であり、調査時においては、水はけが悪く湿地状の部分も認められ、車両の通行が困難であった。したがって、大型機械の搬入・施工にあたっては、地耐力の不足が考えられるため、敷鉄板の敷設等によりトラフィカビリティを確保する必要がある。

以 上