

(仮称)まちなか第 1 団地地質調査業務委託
(青森県三戸郡三戸町大字川守田 地内)

報 告 書

令和 6 年 9 月

**三 戸 町
株 式 会 社 東 北 基 礎 調 査**

まえがき

今般、三戸町のご依頼で実施した、「(仮称) まちなか第1団地地質調査業務委託」を終了致しましたので、調査結果をご報告致します。

本調査結果の詳細は、当報告書の本文および巻末資料にてご報告致します。

令和6年9月

株式会社 東北基礎調査
代表取締役 川島 龍也

〒039-1167

青森県八戸市大字沢里字上沢内 86 番地

TEL : 0178-44-8441

FAX : 0178-44-8505



現地案内図（縮尺 FREE）※12

電子国土 Web 国土交通省 国土地理院

目 次
まえがき
現地案内図

項 目	頁
1. 調査概要	1
2. 調査方法	3
2.1 運搬・仮設方法	3
2.2 機械ボーリング	5
2.3 標準貫入試験	6
2.4 孔内載荷試験	7
2.5 室内地盤材料試験	8
3. 地形・地質概要	9
3.1 地形概要	9
3.2 地質概要	10
4. 調査結果	12
4.1 機械ボーリング結果	12
4.2 標準貫入試験結果	23
4.3 孔内載荷試験結果	24
4.4 室内地盤材料試験結果	27
5. 考 察	41
5.1 地盤定数の設定	41
5.2 軟弱地盤解析(建築構造物基礎地盤の液状化検討)	52
5.3 建築構造物基礎およびその他	64

参考資料および引用文献

《巻末データ》

- ・調査位置平面図
- ・ボーリング柱状図
- ・地質推定断面図
- ・孔内載荷試験結果
- ・室内地盤材料試験結果
- ・液状化判定結果
- ・写真集
- ・検定証明書
- ・打合せ協議記録簿
- ・電子データ

《別途納入》

- ・土質標本

1. 調査概要

本調査の概要は、項目ごとに整理して以下に箇条書きする。

- (1) 調査名 : (仮称) まちなか第1団地地質調査業務委託
- (2) 調査場所 : 青森県三戸郡三戸町大字川守田 地内
- (3) 工期 : 令和6年5月16日 ~ 令和6年9月30日
- (4) 調査目的 : 本調査は、まちなか第1団地地質調査業務委託に伴い、計画建築物敷地の基礎地盤の状況を明らかにし、建築基礎の設計施工に必要な基礎地盤の地盤工学的情報を把握することを目的とする。
- (5) 調査内容 :

機械ボーリング (ノンコア) ϕ 66mm		4 孔	37.30m
(オールコア) ϕ 66mm		4 孔	16.70m
(ノンコア) ϕ 86mm		1 孔	6.10m
標準貫入試験		4 孔	54 回
孔内載荷試験		1 孔	1 回
室内地盤材料試験		11 試料	

(詳細は表-1.1 参照)
- (6) 準拠事項 :

地盤調査の方法と解説	(公社)地盤工学会 2013 年 3 月
地盤材料試験の方法と解説	(公社)地盤工学会 2021 年 3 月
- (7) 発注者 : 三戸町
- (8) 地盤調査 : 株式会社 東北基礎調査
- (9) 担当技術者 :

管理技術者	池本 栄一 (技術士 建設部門)
担当技術者	坂野 真暉

表-1.1 調査数量一覧表

項目・工種・種別	細別・規格	単位	実 施 数 量				合 計 (実施)
			R6-B1	R6-B2	R6-B3	R6-B4	
【地 質 調 査 業 務】							
【地 質 調 査】		式					1
機械ボーリング		箇所					4
土質ボーリングφ66mm ノンコア		式					
	φ66mm 粘性土・シルト	m	1.30	1.20	2.30	1.10	5.90
	φ66mm 砂・砂質土	m	6.20	5.60	5.60	6.70	24.10
	φ66mm 玉石混じり土砂	m	1.60	2.00	1.10	2.60	7.30
	計 - 1	m	9.10	8.80	9.00	10.40	37.30
土質ボーリングφ66mm オールコア		式					
	φ66mm 軟岩	m	3.90	3.20	5.00	4.60	16.70
土質ボーリングφ86mm ノンコア（別孔）		式					
	φ86mm 粘性土・シルト	m	—	—	0.90	—	0.90
	φ86mm 砂・砂質土	m	—	—	5.20	—	5.20
	計 - 2	m	—	—	6.10	—	6.10
サウンディング及び原位置試験：標準貫入試験		式					
	標準貫入試験 粘性土・シルト	回	1	—	2	1	4
	標準貫入試験 砂・砂質土	回	6	6	5	6	23
	標準貫入試験 玉石混じり土砂	回	2	2	1	3	8
	標準貫入試験 軟岩	回	4	4	6	5	19
	計 - 3	回	13	12	14	15	54
孔内載荷試験		箇所					
	孔内載荷試験	箇所	—	—	1	—	1
シンワールサンプリング		本	—	—	1	—	1
室内試験（土質試験）		式					
	土粒子の密度試験	試料	3	3	2	3	11
	土の含水比試験	試料	3	3	2	3	11
	土の粒度試験（沈降）	試料	3	3	2	3	11
	土の液性限界試験	試料	1	—	1	1	3
	土の塑性限界試験	試料	1	—	1	1	3
	土の湿潤密度試験	試料	—	—	1	—	1
	土の圧密試験	試料	—	—	1	—	1
	土の三軸圧縮試験(UU)	試料	—	—	1	—	1
	計 - 4	試料	3	3	2	3	11
【地質調査】解析等調査業務		式					
	資料整理のとりまとめ（直接調査分）	業務					1
	断面図等の作成（直接調査分）	業務					1
	地盤情報DB検定費	本	1	1	1	1	4
仮 設 費		式					1
	足場仮設 平坦地 嵩上げ足場0.3m超	箇所	1	1	1	1	4
運 搬 費		式					
	クローラー運搬距離（往復）	m	—	—	100.00	40.00	140.00
【その他間接調査費】		式					
	準備及び後片付け	業務					1
	調査孔閉塞	箇所	1	1	2	1	5
【設計業務】							
【調査業務】解析等調査業務		式					1
	既存資料の収集・現地調査（解析等調査業務分）	業務					1
	資料整理とりまとめ（解析等調査業務分）	業務					1
	断面図等の作成（解析等調査業務分）	業務					1
	総合解析とりまとめ（解析等調査業務分）	業務					1

2. 調査方法

本章では、今回行なった地盤調査の運搬・仮設、各種原位置調査、室内地盤材料試験などの方法について、それぞれ節を改めて詳細を述べる。

2.1 運搬・仮設方法

(1) 運搬方法

現場までの資機材運搬は、付近の交通に十分留意し事故のないように行う。基本的には4t ユニーク車にて行い、現場状況に応じて不整地運搬車による小運搬をした。

以下に、搬入状況および不整地運搬車の概略図を示す。

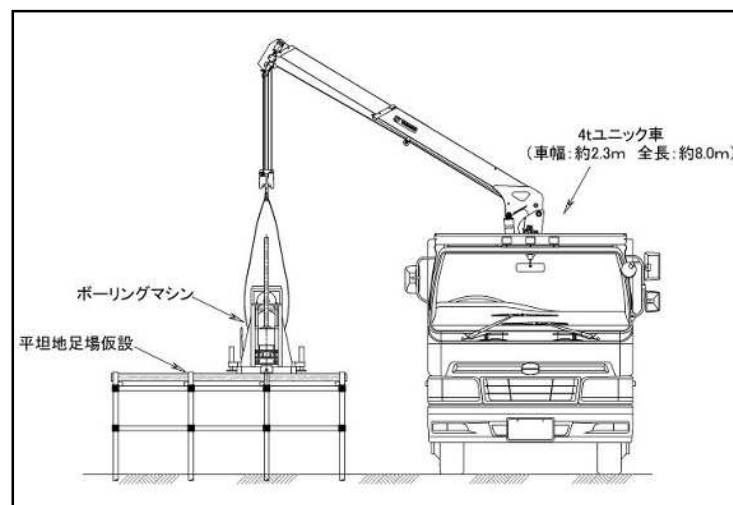


図-2.1.1 搬入・設置状況

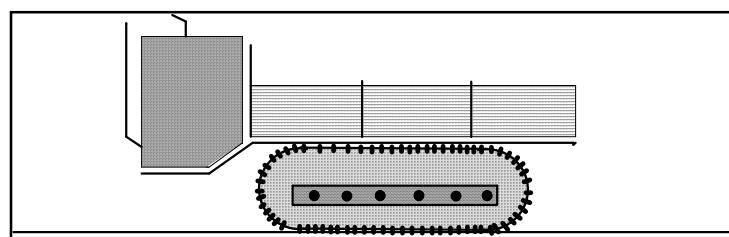


図-2.1.2 資機材運搬用特装運搬車概略図および運搬状況の例

(2) 仮設方法

ボーリング作業エリアは、ボーリング地点の四方 4m×4m 程度とした。ボーリングマシン設置部は、単管パイプを使用し平坦地足場として仮設した。

以下に足場仮設図を掲げる。

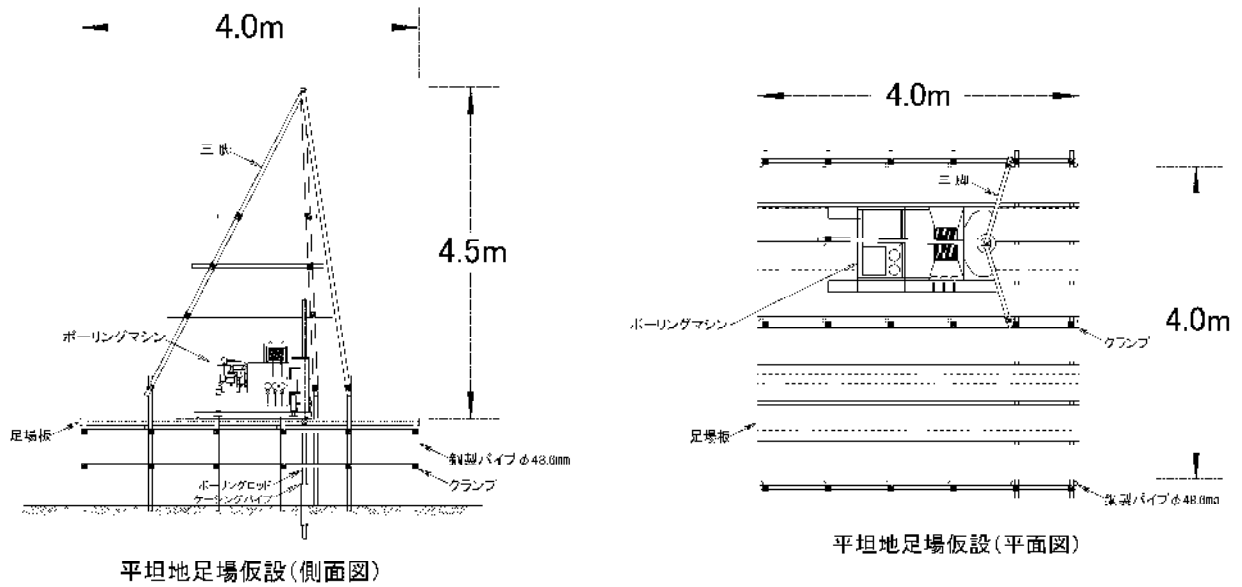


図-2.1.3 足場仮設図

2.2 機械ボーリング

(1) 概 要

機械ボーリングは、コアバーレル先端に取り付けたビットに回転と給圧を与えることによって地盤を掘進するもので、図-2.2.1に示すようなボーリング装置を用いて実施した。切削した土砂や岩はコアバーレル内にコアとして取り込み、掘り屑（スライム）は掘削流体（清水または泥水）で孔外に排出した。孔壁が崩れやすい場合は、掘削流体に泥水を用いることによってマッドケーキを形成して保孔した。崩壊が著しい場合や孔壁の押出し現象の発生する地盤では、鋼製のケーシングチューブを挿入して保孔した。

(2) 目 的

- 1) 地層構成の判別
- 2) 地盤の性質を知るためのサンプリング
- 3) 原位置試験の実施

(3) 実施仕様

1) 掘削孔径

φ 66mm：地層判別と N 値測定

φ 86mm：サンプリングおよび孔内載荷試験

2) 掘削流体、ビット等

ボーリングの掘進は地質状況に応じて給水量、ビット荷重、ビット回転数等を調整するとともに、コアチューブを適宜選択した。

3) 掘止め

掘止めは、N 値 50 以上を層厚 5m 確認するまでとし、発注者の確認を受けて掘止めとした。

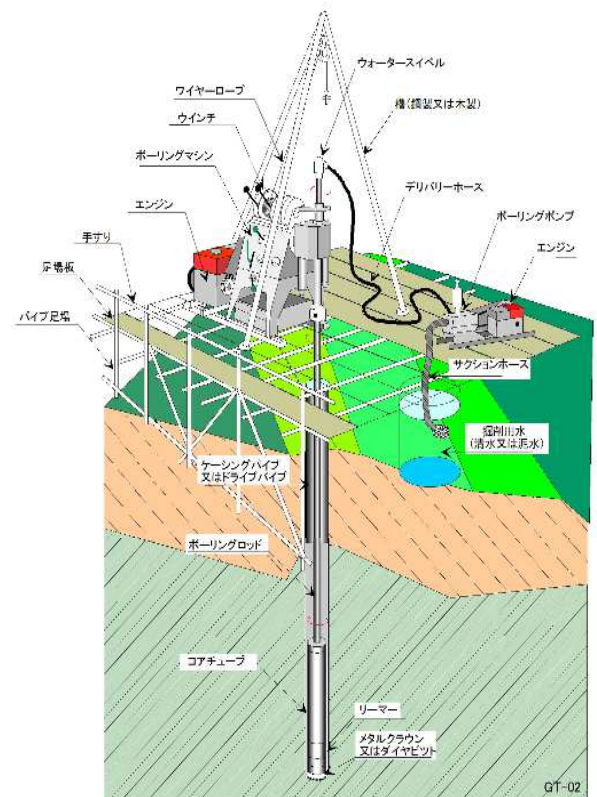


図-2.2.1 ボーリング装置の一般図

2.3 標準貫入試験

(1) 概 要

標準貫入試験は、標準試験用サンプラーを所定の深さの孔底におろし、質量 $63.5 \pm 0.5 \text{ kg}$ のドライブハンマーを高さ $76 \pm 1 \text{ cm}$ から自由落下させて打撃して地盤に貫入させるもので、図-2.3.1に示す試験装置、用具などを用いて実施した。

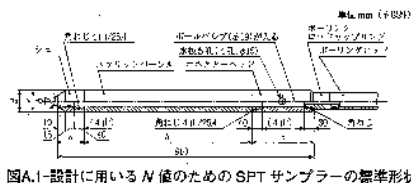
貫入量 30cm の時の打撃回数（N 値）を記録し、測定と共にその深さの試料を採取した。

(2) 目 的

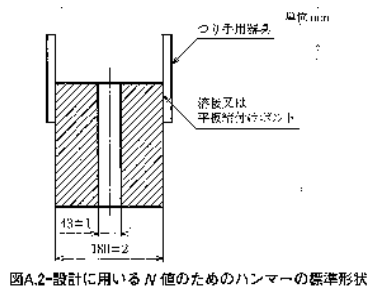
- 1) 原位置における土の硬軟や締まり具合の判定。
- 2) 採取した試料による土の判別および分類。
- 3) N 値との相関から土の力学定数の推定。

(3) その他、留意した事項

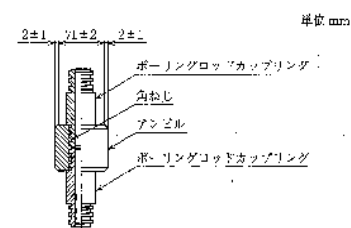
- 1) 測定間隔：標準貫入試験方法（JIS A 1219）に従い、1m ピッチで実施した。
- 2) 予備打ち：孔底の乱された部分を対象から除くため、15cm の予備打ちを行った。
- 3) 打撃回数の上限：50 回を上限とし、50 回の打撃で貫入量が 30cm に満たない場合は、貫入量を測定して 30cm 貫入に要する換算 N 値を求めた。
- 4) 採取試料の観察：土質、色調、層相などを記録し、含水比が変化しないようにビニール袋に密封し、土質標本箱に収納した。



図A.1-設計に用いる N 値のための SPT サンプラーの標準形状



図A.2-設計に用いる N 値のためのハンマーの標準形状



図A.3-設計に用いる N 値のためのアンビルの標準形状

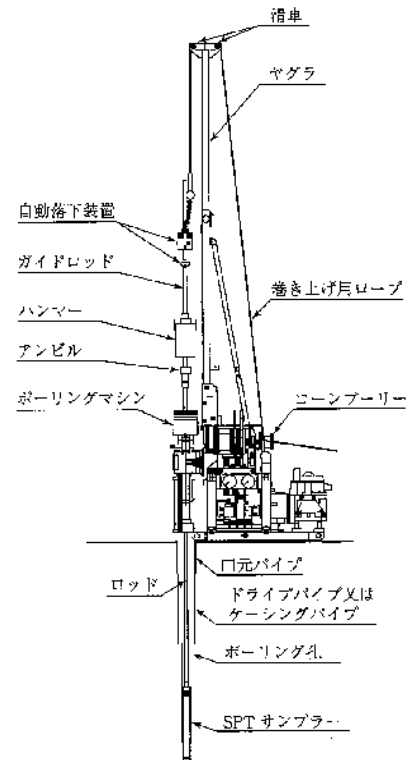


図-2.3.1 標準貫入試験装置と主な試験用具※8

2.4 孔内载荷試験

(1) 概 要

ボーリング孔内に挿入したゴムチューブ（ゾンデ）にポンプ制御による圧力水を注入することにより孔壁面を加圧し、ゴムセルへの注水量を測定することによって、その時の孔壁面の変位量を測定する。JGS 1531-2012（地盤工学会基準）に準拠し、A型（等分布荷重方式1室型）を用いて実施した。

(2) 目 的

地盤の変形係数、降伏圧力および極限圧力を求める。

(3) その他、留意する事項

- 1) 試験は乱されない孔壁面で行うことが重要であるから、次の点に留意する。
- 2) 試験機の適用孔径が 86 mm のため、別孔を削孔して試験を実施する。
- 3) 試験は削孔後直ちに行う。
- 4) 循環泥水をふかしすぎない。
- 5) 崩壊性地盤では孔壁保護に特に注意する。
- 6) 約 20cm 程度の余掘りを行う。

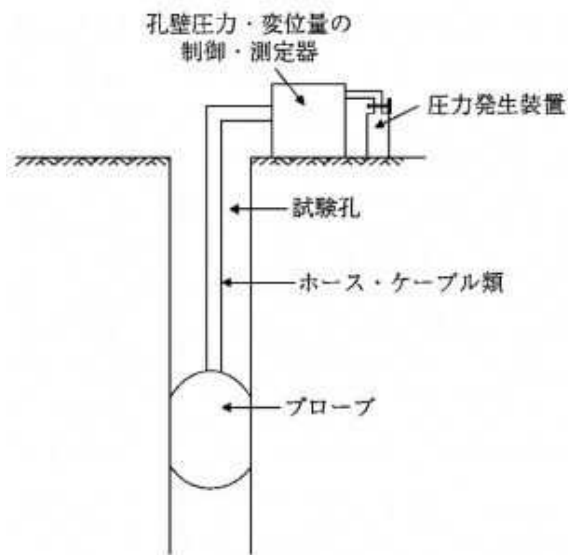


図-2.4.1 孔内载荷試験概念図※⁸

地盤調査の方法と解説 二分冊の2
地盤工学会 2013.3 P665



図-2.4.2 応用地質(株)製 AUTO LLT2

2.5 室内地盤材料試験

(1) 概 要

室内地盤材料試験の試験規準は、主に日本工業規格（JIS）に準拠する。

試験項目と試験方法、および試験から得られる主な値は、表-2.5.1のとおりである。

(2) 目 的

本調査地区に分布する各土層の物理的・力学的性質を把握し、液状化検討および設計施工の資料とすることを目的とする。

表-2.5.1 試験規格および得られる主な値

区分	試験項目 (試験基準)	試験方法・種類	試験から得られる 主要な物性値	試験結果の利用
物理的 試験	土粒子の密度 (JIS A 1202:2020)	・ピクノメーター法	・土粒子の密度	・土の基本的性質(間隙比,飽和度など)の算出 ・粒度の沈降分析
	含水比 (JIS A 1203:2020)	・110℃炉乾燥法	・含水比	・土の基本的性質の把握 ・土の鋭敏度合の判別
	粒度 (JIS A 1204:2020)	・ふるい分析 ・沈降分析 ・細粒分含有率試験方法	・最大粒径 ・粒径加積曲線 ・均等係数 ・曲率係数 ・細粒分含有率	・土の分類 ・粘性土の圧縮性の判別 ・砂質土の安定性の判別 ・砂質土の液状化の判定 ・簡易粒度組成の判別
	湿潤土の密度 (JIS A 1225:2020)	・寸法測定法 ・浮力法 ・体積置換法	・湿潤密度 ・乾燥密度	・土の基本的性質の算出 ・土圧の計算 ・締固め度の判定
	液性限界 (JIS A 1205:2020)	・自由落下により黄銅皿内試料が溝切部1.5mmで接触する時の含水比	・液性限界 ・塑性限界 ・収縮限界 ・液性指数 ・塑性指数	・細粒土の分類 ・強度増加率の推定 ・圧縮指数の推定 ・圧密係数の推定
	塑性限界 (JIS A 1205:2020)	・太さ3mmのひも状試料が切れざれになる時の含水比		
力学的 試験	三軸圧縮 (JGS 0521-2020)	・土の非圧密－非排水(UU)	・圧縮強さ $(\delta_1 - \delta_3)_{\max}$ ・軸ひずみ ϵ_f ・粘着力 C_u ・せん断抵抗角 ϕ_u	・地盤の基礎、斜面掘削面、擁壁などの安定計算
	標準圧密 (JIS A 1217:2020)	・段階載荷法	・時間－圧密量曲線 ・ $e-\log P$, $f-\log P$ 曲線 ・ $\log C_v-\log P$ 曲線 ・圧縮指数 ・圧密降伏応力 ・体積圧縮係数 ・圧密係数 ・一次圧密比	・粘性土の圧密特性の把握(圧密沈下量, 沈下速度の計算)

3. 地形・地質概要

本章では、既往の地質文献を基に、本調査地区の地形および地質概要を述べる。なお、既往分には、「青森県の地質」（青森県編：1998年）や「青森県の地質」（青森県編：1972）、20万分の1地質図「三戸」（地質調査所編：1996）などがあり、これらを参考にする。

3.1 地形概要

三戸町は青森県の南東部に位置し、町の東部には北から南へ一級河川馬淵川が横断し、沿岸に集落が形成されている。町の東部に標高615mの名久井岳がそびえるほかは、標高200m前後の緩やかな丘陵が広く発達する。

三戸地域で卓越する地形は台地である。台地はその分布域が広いだけでなく、7段もの標高の異なる段丘群から成り、これらの段丘は、各地域を流れる河川の本支流により開析され、その開析谷内に谷底平野を形成している。

本調査地は、三戸町役場から北東に1.9km程度の箇所に位置する「三戸町川守田 地内」にあり、図-3.1.1「調査位置の地形図」によると、Ni（低地 自然堤防）に分類されている。地区内は、一部で旧河道や自然堤防から成ることから、地層構成が一様でないことが推定され、このような場所では詳細な調査が求められる。

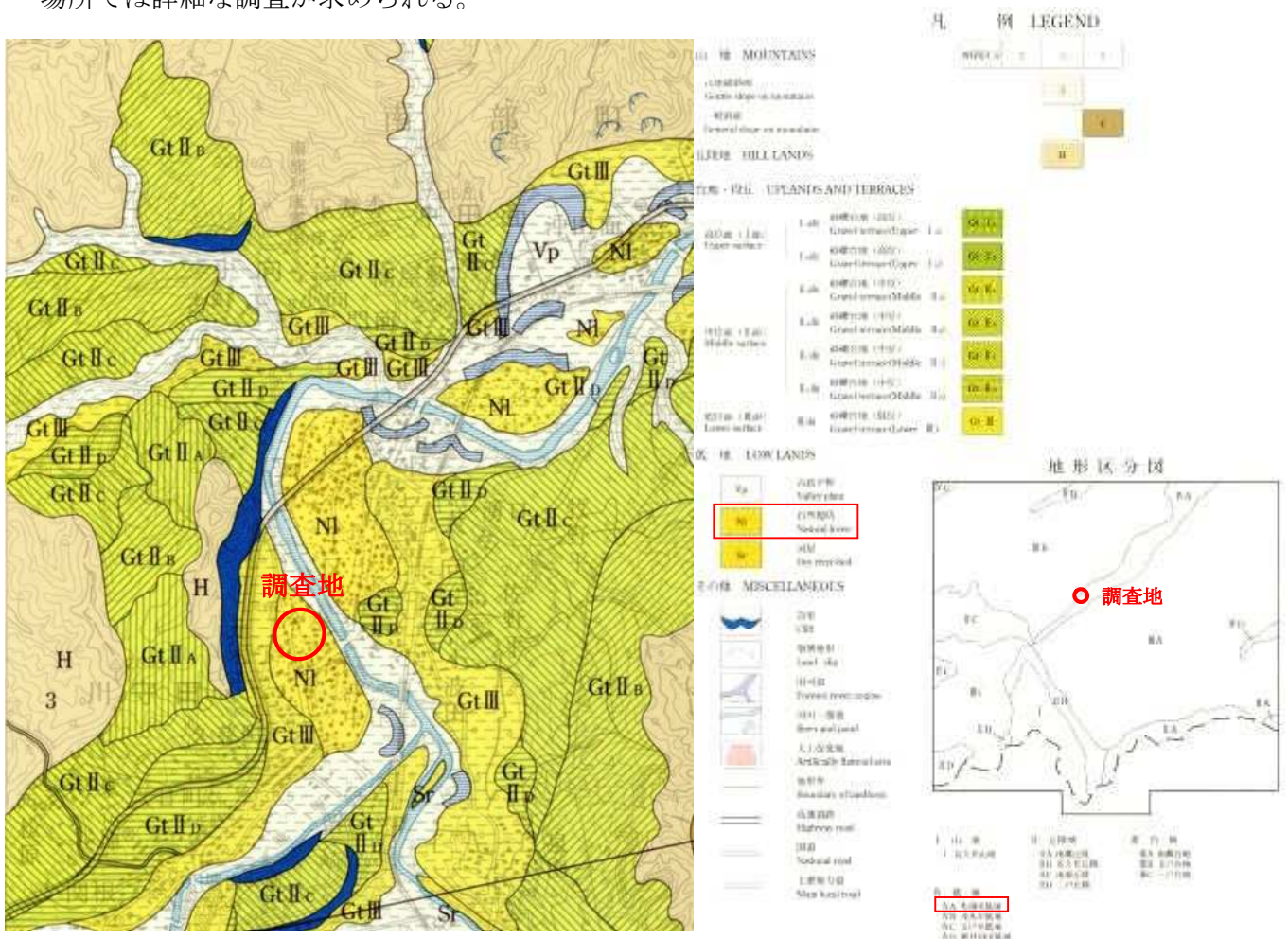


図-3.1.1 調査位置の地形図※2

3.2 地質概要

当該地域の基盤は、図-3.2.1「調査付近の地質図」によると、新第三紀中新世の「Ts 末の松山層・大坊層など」や、新第三紀鮮新世の「Ku 久保層」、「Tgs 斗川層砂岩部」なども分布する。本調査でも砂岩が確認されており、上記地質図から「久保砂岩層」と推定される。

基盤の上位には、第四紀更新世の堆積物「t2 砂及び泥」または「t3 砂及び礫」が分布する。

さらに、第四紀更新世の地層の上位には、第四紀完新世の沖積層「a 礫・砂及び泥」が分布するが、当地区での分布は少ない。

八戸地域の地質層序表を表-3.2.1に掲げる。

表-3.2.1 八戸地域の地質層序表^{※3}
青森県八戸・三沢地区の地盤（1970 建設省計画局・青森県編）

地質時代			標準区分		上北郡北部	上北郡南部	三戸郡	八戸地域
新 世	第 四 紀	完 新 世 （ 沖 積 世 ）	沖積後期層 高瀬浮石層 沖積中期砂層 南部浮石層 沖積前期泥層		”現谷底・氾濫原・海岸平野堆積物” 高瀬浮石層（三本木火山灰層上部） 中掘段丘層・”沖積前期砂層” 南部浮石層（三本木火山灰層下部） ”沖積前期泥層”			
		洪 積 世 （ 沖 積 世 ）	洪積末期砂礫層	八戸火山灰層上部	三本木層 八戸火山灰層 （三本木火山灰層下部）	”名久井礫層・洪積末期砂礫層” “洪積末期泥・砂互層”		
	新 積 世 （ 沖 積 世 ）	後 期	八戸礫層	高館火山灰層		八戸火山灰層 （三本木火山灰層下部）		
		中 期	高館砂礫層	天狗岱火山灰層	沼崎層	（高館砂礫層）	（高館砂礫層）	種市段丘層 （高館砂礫層）
		前 期	七崎層	最高位段丘 火山灰層		（天狗岱砂層）	（長苗代層）	
		初 期	野辺地層		野辺地層			
	第 三 紀	鮮 新 世	尻内層群	甲地層・砂子又層	清水目層 市ノ渡層・川口砂岩	斗川累層	斗川累層	
		中 新 世	三戸層群	上部 鷹架層・内沼層 下部 鷹架層	道地層 小坪川層	久保累層 舌崎累層		
		中 期	第三紀下部層群		四沢凝灰岩	留崎累層・和田川層 大王層（下斗米層）	名久井岳安山岩および火砕岩 末の松山累層	名久井岳安山岩類
		前 期				門の沢累層		
		初 期				金ヶ沢安山岩類	四つ役累層	
	中 生 代 （ジュラ紀～白亜紀）		花崗岩類 中生代噴出岩類				花崗岩類 中生代噴出岩類 プレート付加体 （石灰岩、チャートなど）	

4. 調査結果

本章では、機械ボーリングと標準貫入試験・孔内载荷試験および室内地盤材料試験結果について、以下に詳細を述べる。

4.1 機械ボーリング結果

機械ボーリングは、調査地盤の地層構成および性状の把握を目的に、標準貫入試験を併用して行った。機械ボーリングの概要は、表-4.1.1に整理した。

ボーリング位置は、巻末資料の調査位置平面図に示した。

表-4.1.1 ボーリング孔の深度

孔番	孔口標高 (m)	掘削深度 (m)
R6-B1	H=35.959m	13.00
R6-B2	H=35.652m	12.00
R6-B3	H=35.732m	14.00
R6-B4	H=35.920m	15.00

機械ボーリング結果の詳細は、「ボーリング柱状図」に整理し、巻末に収録したので参照されたい。

また、本調査地点で確認した地層は、表-4.1.2に整理した。さらに、本調査地点における地層の分布状況を把握するため、「地質推定断面図」を作成し巻末に収録するとともに、図-4.1.1～図-4.1.2に掲げる。

地質推定断面図

V=1 : 200
H=1 : 300 (A3)

【 A - A' 断面】

土質構成表			
地質時代	地質区分	記号	土質構成
第四紀	完新世 (沖積世)	盛土層	Bs 砕石 有機質シルト
		粘性土層	Ac 有機質シルト
	更新世 (洪積世)	火山灰質砂層	Dvs 火山灰質砂
		第1粘性土層	Dc1 有機質シルト
		軽石層	Dp 軽石
		第2粘性土層	Dc2 シルト
		砂質土層	Ds 細砂
		第3粘性土層	Dc3 砂質シルト
		礫質土層	Dg 玉石混じり砂礫
	中新世	久保砂岩層	BR1 砂岩

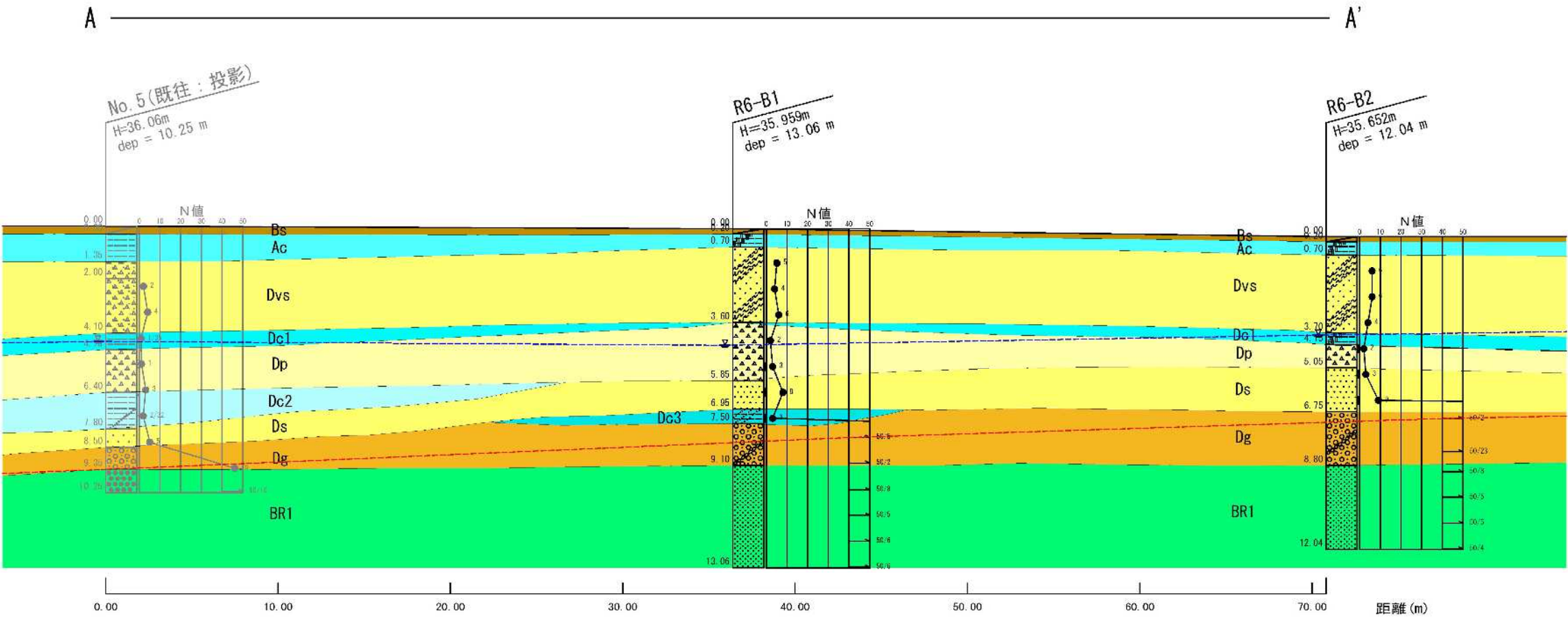
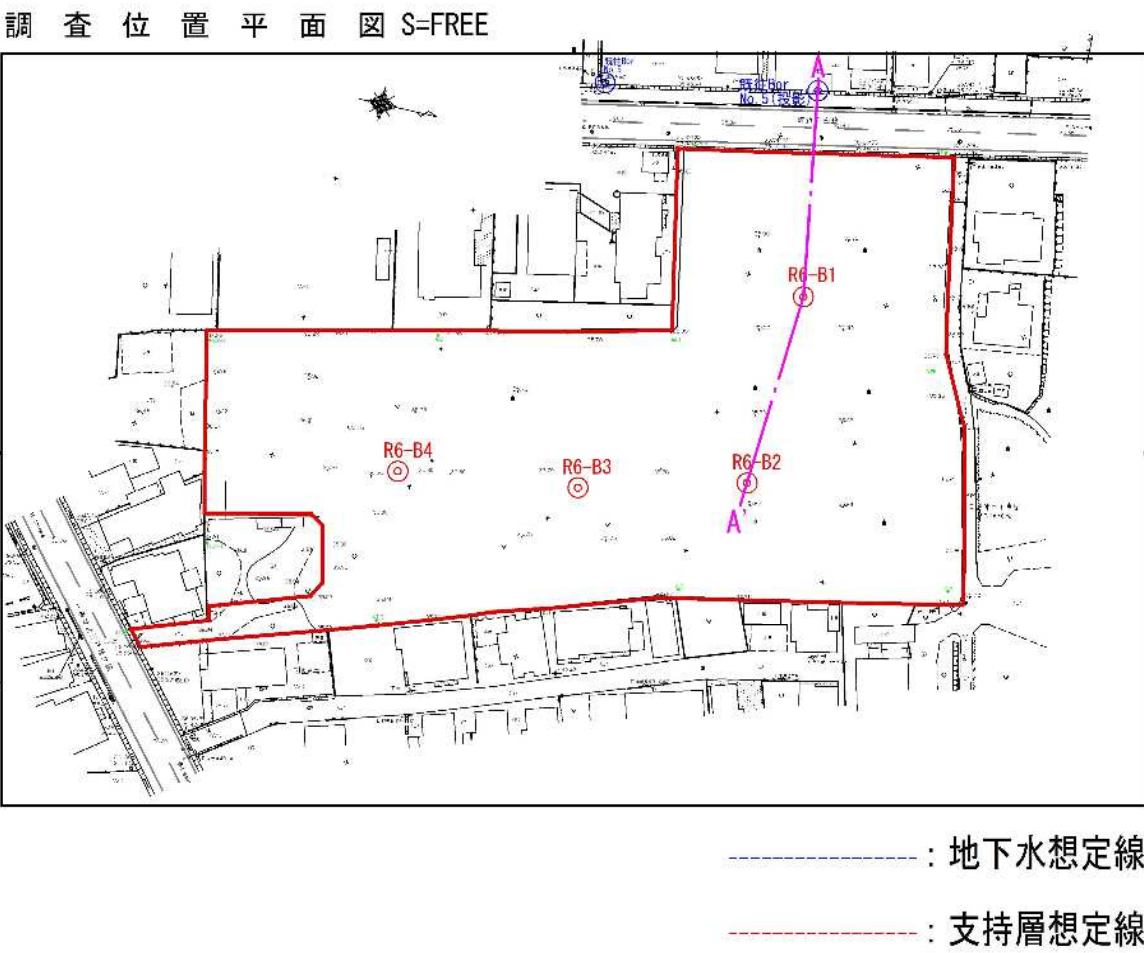


図-4. 1. 1 地質推定断面図【A-A' 断面】

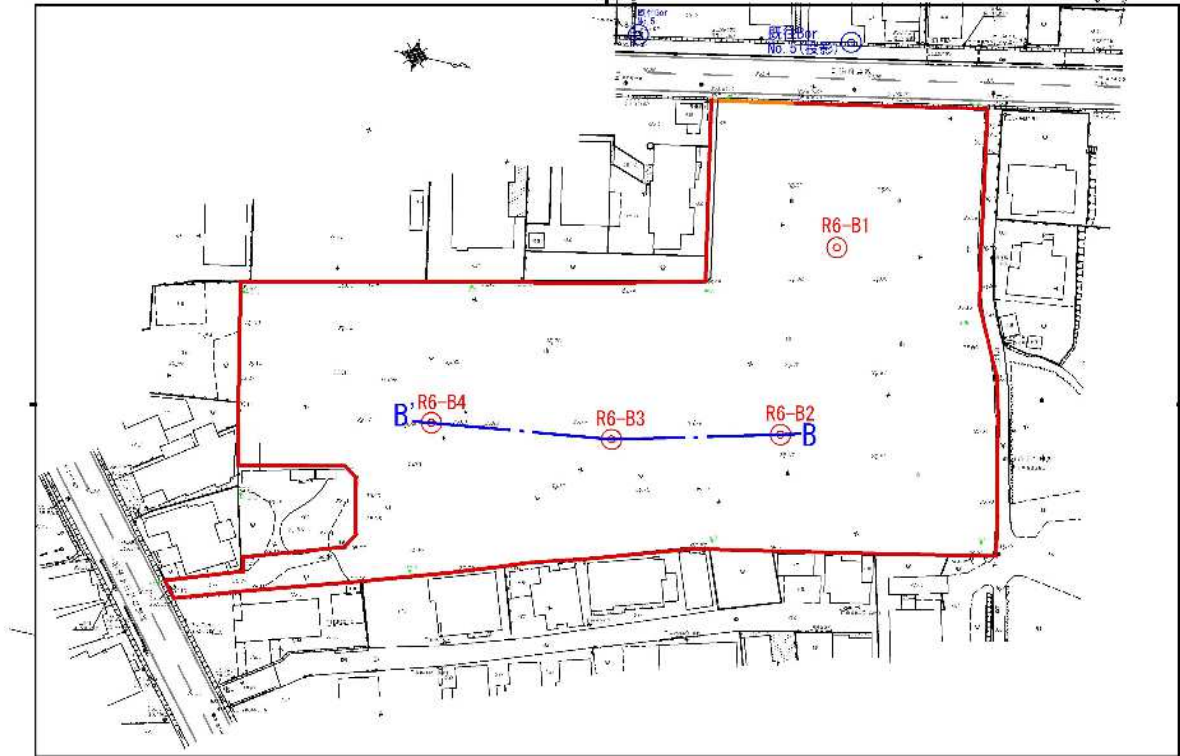
地質推定断面図

【 B — B' 断面】

V=1 : 200
H=1 : 300 (A3)

土質構成表			
地質時代	地質区分	記号	土質構成
第四紀	完新世 (沖積世)	Bs	砕石 有機質シルト
		Ac	有機質シルト
	更新世 (洪積世)	Dvs	火山灰質砂
		Dc1	有機質シルト
		Dp	軽石
		Dc2	シルト
		Ds	細砂
		Dc3	砂質シルト
		Dg	玉石混じり砂礫
第三紀	中新世	BR1	砂岩
		BR2	礫混じり砂岩

調査位置平面図 S=FREE



----- : 地下水想定線
----- : 支持層想定線

B ————— B'

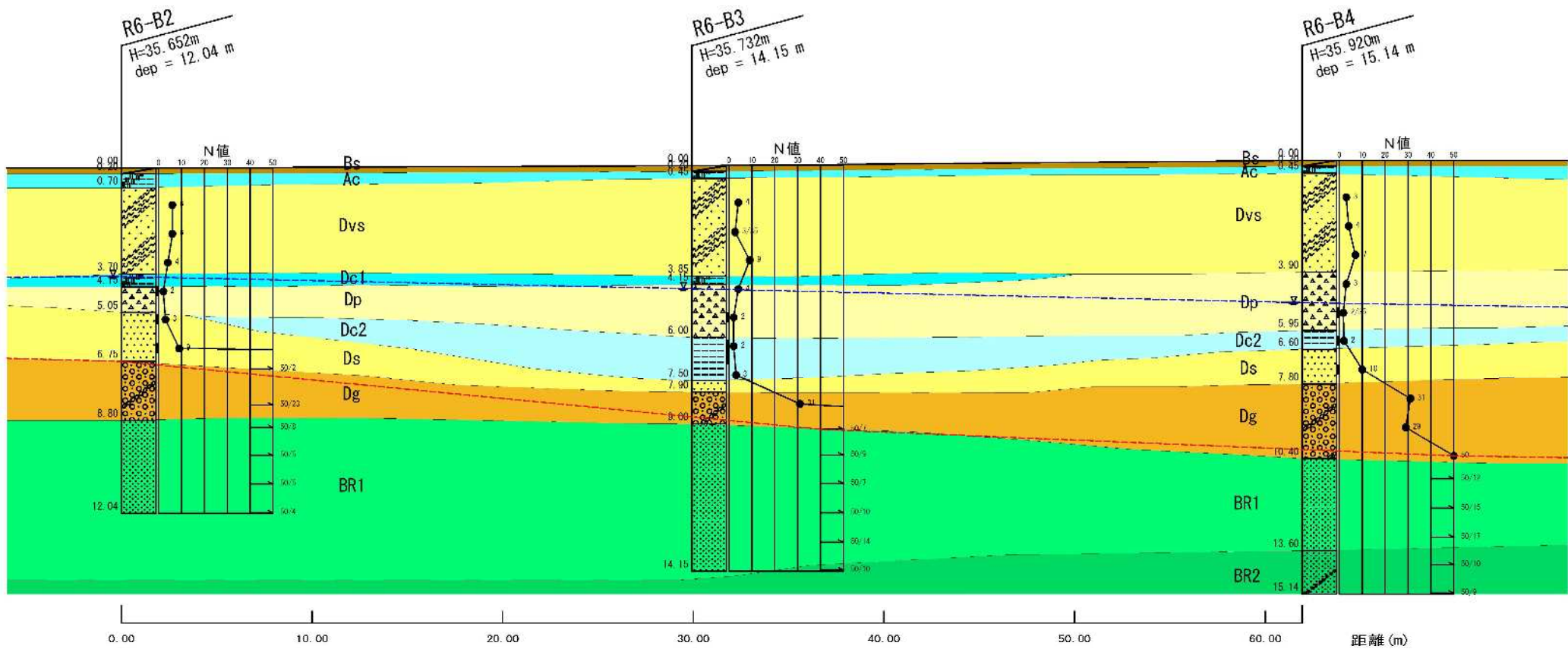


図-4.1.2 地質推定断面図【B-B' 断面】

表-4. 1. 2 地層構成表

地質時代		地 層 名	記号	地層構成	確認層厚 (m)	N 値 (回)
第四紀 (更新世・洪積世)	完新世 (—)	盛土層	Bs	有機質シルト	0. 20	—
		沖積粘性土層	Ac	有機質シルト	0. 25～0. 50	—
	更新世 (洪積世)	洪積 火山灰質砂層	Dvs	火山灰質砂	2. 90～3. 45	3～9
		洪積第 1 粘性土層	Dc1	有機質シルト	0. 30～0. 45	—
		洪積軽石層	Dp	軽 石	0. 90～2. 25	2～4
		洪積第 2 粘性土層	Dc2	シルト	0. 65～1. 50	2～3
		洪積砂質土層	Ds	細 砂	0. 40～1. 70	3～10
		洪積第 3 粘性土層	Dc3	砂質シルト	0. 55	3
		洪積 玉石混じり礫質土層	Dg	玉石混じり砂礫	1. 10～2. 60	29～50 以上
新第三紀	中新世	久保砂岩層	BR1	砂 岩	3. 20～5. 15	88～300 以上
			BR2	礫混じり砂岩	1. 54	150～167

・換算N値＝打撃回数× $\frac{30\text{cm}}{\text{打撃時の貫入量cm}}$

(1) 各地層の概要

本調査で確認した地層は、上位から第四紀完新世（沖積世）の堆積物が2層、更新世（洪積世）の堆積物が7層、中新世の基盤層（岩盤）が2層、計11層であり、第四紀更新世の堆積物が主体となっている。

なお、各地層のN値の記述では、粘性土のコンシステンシーと砂質土や礫混り土の相対密度に言及する。その関係は、表-4.1.3の「N値と土の相対密度（砂質土）」、表-4.1.4の「N値とコンシステンシー（粘性土）」に掲げた。

表-4.1.3 N値と土の相対密度の関係（Terzaghi & Peck による）※8

地盤調査の方法と解説 二分冊の1 地盤工学会 2013.3 P305

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、打込み時に金属音

注) 鉄筋はφ13mm

表-4.1.4 N値とコンシステンシー（相対稠度）の関係（Terzaghi & Peck）※8

地盤調査の方法と解説 二分冊の1 地盤工学会 2013.3 P308

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	196.2～329.4	非常に硬い
30～	329.4～	固結した

以下に、ボーリング調査で確認した各地層について、詳細を述べる。

なお、N 値を 2 回以上記録した地層では、参考に N 値の頻度分布図も添える。

— 新生代 第四紀 完新世 —

1) 盛土層 (Bs)

〔土質〕 黒灰色を呈する、有機質シルトから成る盛土層である。全体に草根および碎石を混入する。

〔分布〕 全孔で確認され、本調査地の地表面から層厚 0.20m で分布する。

〔N 値〕 層厚と試験深度の関係上、未測定であるが指頭の感触から非常に柔らかい粘性土と判断する。

2) 沖積粘性土層 (Ac)

〔土質〕 黒灰色を呈する、有機質シルトからなる。未分解の植物繊維および ϕ 2mm 以下の軽石を混入する。

〔分布〕 全孔で確認され、Bs 層の下位に、層厚 0.25～0.50m と薄層で分布する。

〔N 値〕 層厚と試験深度の関係上、未測定であるが非常に柔らかい粘性土と判断する。

— 新生代 第四紀 更新世 —

3) 洪積火山灰質砂層 (Dvs)

〔土質〕 暗褐・暗褐灰・暗灰・褐灰色を呈する、火山灰質砂層。含水量は少～中位で、層全体に $\phi 2\sim 20\text{mm}$ 程度の軽石を混入し、砂は細～中砂主体で粒径は不均一である。

〔分布〕 全孔で確認され、Ac 層の下位に、層厚 2.90～3.45m で分布する。

〔N値〕 12 件記録しており、3～9（平均 5.083）の範囲にある。相対密度は平均値から「緩い」と評価する。

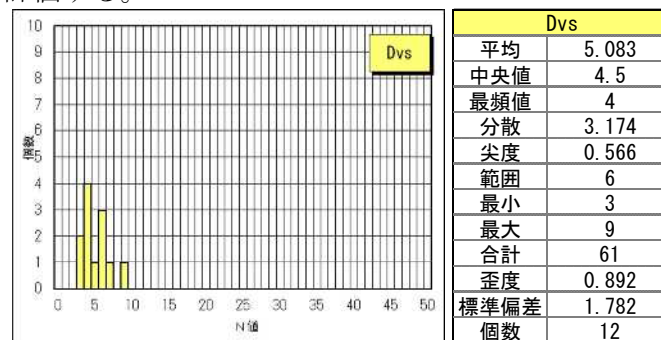


図-4.1.3 Dvs 層の N 値頻度分布図

4) 洪積第 1 粘性土層 (Dc1)

〔土質〕 黒灰色を呈する有機質シルト層で、粘性は中位～強く、未分解の植物繊維や $\phi 3\text{mm}$ 以下の軽石を混入する。

〔分布〕 R6-B2、R6-B3 孔で確認され、Dvs 層の下位に層厚 0.30～0.45m で分布する。

〔N値〕 層厚と試験深度の関係上、未測定であるが非常に柔らかい粘性土と判断する。

5) 洪積軽石層 (Dp)

〔土質〕 暗褐灰～白灰～褐灰色を呈する、 $\phi 2\sim 15\text{mm}$ 程度の軽石を混入する火山灰質砂層。含水量は中位～多く、軽石は軟質である。

〔分布〕 全孔で確認され、Dc1 層、Dvs 層の下位に、層厚 0.90～2.25m で分布する。

〔N値〕 7 件記録しており、2～4（平均 2.571）の範囲にある。相対密度は平均値から「非常に緩い」と評価する。

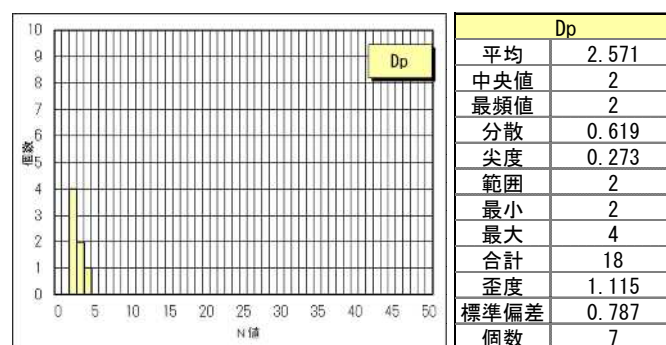


図-4.1.4 Dp 層の N 値頻度分布図

6) 洪積第2粘性土層 (Dc2)

〔土質〕 暗青灰色を呈する、シルトからなる。粘性が強く、全体に若干の砂分および未分解の植物繊維を混入する。全体に比較的均質である。

〔分布〕 R6-B3、R6-B4 孔で確認され、Dp 層の下位に、層厚 0.65～1.50m で分布する。

〔N値〕 3 件確認しており、2～3 (平均 2.333) の範囲にある。コンシステンシーは平均値から「非常に柔らかい」と評価する。

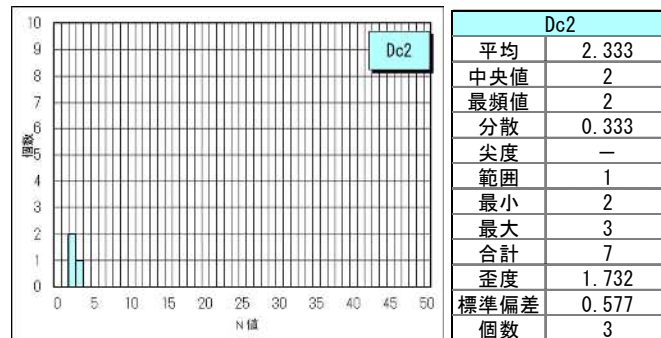


図-4.1.5 Dc2 層の N 値頻度分布図

7) 洪積砂質土層 (Ds)

〔土質〕 暗青灰色を呈する細砂からなる。全体が比較的粒径均質である。所々にシルト分およびシルトをブロック状に点在する。層下部には、 $\phi 10\sim 50\text{mm}$ 程度の垂円礫を混入する。

〔分布〕 全孔で確認され、Dc2 層、Dp 層の下位に、層厚 0.40～1.70m で分布する。

〔N値〕 4 件記録しており、3～10 (平均 7.500) の範囲にある。相対密度は平均値から「緩い」と評価する。

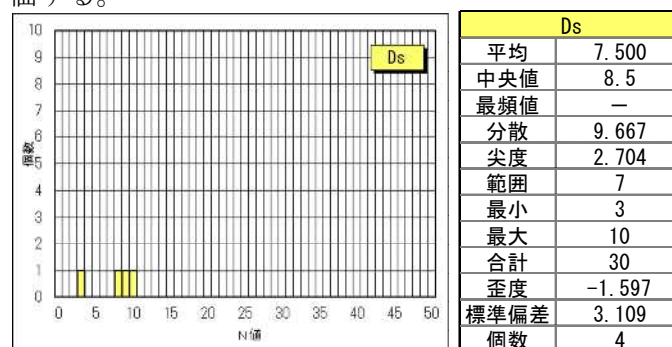


図-4.1.6 Ds 層の N 値頻度分布図

8) 洪積第 3 粘性土層 (Dc3)

〔土質〕 層全体に細砂を混入し、青灰色を呈するシルト層である。含水量、粘性ともに中位で、比較的均質である。

〔分布〕 R6-B1 孔のみで確認され、Ds 層の下位に、層厚 0.55m で分布する。

〔N 値〕 3 を 1 件記録している。コンシステンシーは「柔らかい」と評価する。

9) 洪積礫質土層 (Dg)

〔土質〕 暗灰色を呈する、φ2～50 mm 程度の亜円礫主体の礫層である。礫は最大コア長が、50～100mm 程度で点在し、最大 φ 200～300mm 程度の玉石が点在する可能性がある。マトリックスは細～中砂から成り、粒径不均質である。玉石はチャート質で非常に硬質である。R6-B1 および R6-B2 孔では、玉石の混入量が多いが、R6-B3、R6-B4 孔では少ない。

〔分布〕 全孔で確認され、Dc3 層、Ds 層の下位に、層厚 1.10～2.60m で分布する。

〔N 値〕 8 件記録しており、29～50 (平均 42.750) の範囲にある。相対密度は平均値から「密な」と評価する。

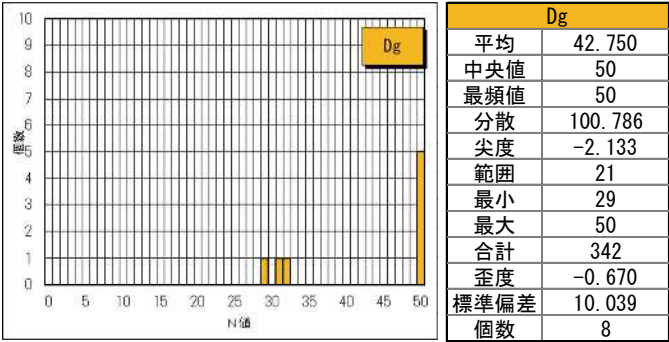


図-4.1.7 Dg 層の N 値頻度分布図

— 新第三紀 中新世 —

10) 第1基盤岩層 (BR1)

〔土質〕 当地区の基盤である、新第三紀中新世の久保砂岩層と考えられ、暗青灰色を呈する砂岩からなる。コアは送水掘りにて短棒状～棒状コアで採取され、所々で片状コアとなる。所々にφ5mm以下の垂円礫を点在する。コアはハンマーで数回叩くと砕くことができ、岩級区分はCL級程度と判断する。

〔分布〕 全孔で確認され、Dg層の下位に、層厚3.20～5.15mを確認して調査を終了した。

〔N値〕 17件記録しており、88～300以上（平均199.471）の範囲にある。

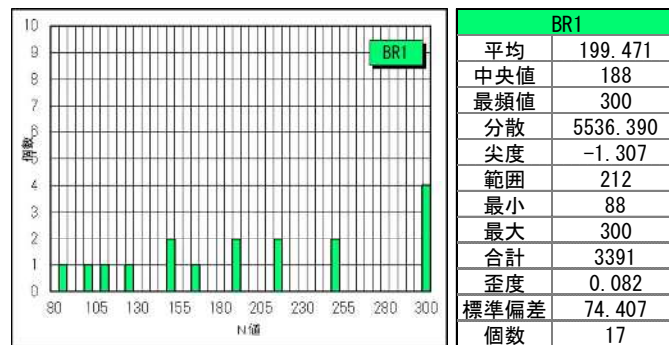


図-4.1.8 BR1層のN値頻度分布図

11) 第2基盤岩層 (BR2)

〔土質〕 当地区の基盤である、新第三紀中新世の久保砂岩層と考えられ、暗青灰色を呈する礫混じりの砂岩からなる。コアは送水掘りにて短棒状～棒状コアで採取される。全体にφ10mm以下の垂円礫を混入する。コアはハンマーで数回叩くと砕くことができ、岩級区分はCL級程度と判断する。

〔分布〕 R6-B4孔のみで確認され、BR1層の下位に、層厚1.54mを確認し調査を終了した。

〔N値〕 2件記録しており、150、167（平均158.500）の範囲にある。

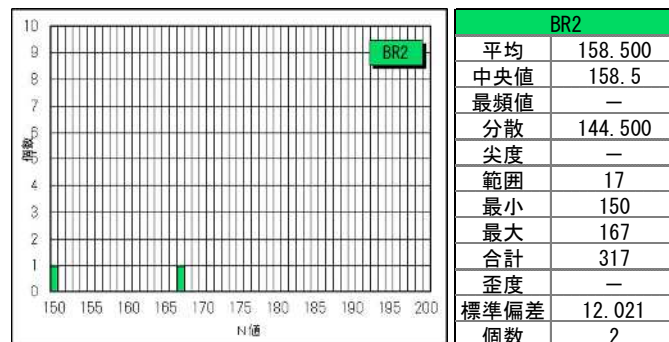


図-4.1.9 BR2層のN値頻度分布図

(2) 孔内水位について

機械ボーリング作業時に、地下水を確認するまで無水で掘削した。ボーリング孔内で確認した地下水位は、表-4.1.5 のとおりである。

表-4.1.5 孔内水位

孔番	深度 (GL-m)	対象層
R6-B1	4.48	洪積軽石層 (Dp)
R6-B2	3.78	洪積第1粘性土層 (Dc1)
R6-B3	4.28	洪積軽石層 (Dp)
R6-B4	4.96	

本調査地区では、全孔で地下水位を確認しており、洪積第1粘性土層 (Dc1) および洪積軽石層 (Dp) 中にある。

なお、地下水位は、常に一定ではなく、年間を通じて変化しているため、季節や環境変化による地下水位の挙動については留意が必要であるが、全般的に地下水位が高いことが当地区の特徴である。

4.2 標準貫入試験結果

標準貫入試験は、地盤の締まり具合や硬さを把握し、さらに土質試料を得るために行った。

試験結果の詳細は、巻末に収録した「ボーリング柱状図」のとおりである。各地層の N 値の特性は、表-4.2.1「各地層の N 値特性」に整理した。

表-4.2.1 各地層の N 値特性

地層名	記号	個数	最小値	最大値	平均値	標準偏差
盛土層	Bs	—	—	—	—	—
沖積粘性土層	Ac	—	—	—	—	—
洪積火山灰質砂層	Dvs	12	3	9	5.083	1.782
洪積第 1 粘性土層	Dc1	—	—	—	—	—
洪積軽石層	Dp	7	2	4	2.571	0.787
洪積第 2 粘性土層	Dc2	3	2	3	2.333	0.577
洪積砂質土層	Ds	4	3	10	7.500	3.109
洪積第 3 粘性土層	Dc3	1	3		—	—
洪積 玉石混じり礫質土層	Dg	8	29	50	42.750	10.039
久保砂岩層	BR1	17	88	300	199.471	74.407
	BR2	2	150	167	158.500	12.021

※基盤岩の最大 N 値は最大値 300 として算出

表-4.2.1 の標準偏差は次式による。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}$$

ここに、

σ : 標準偏差

n : 個数

x_i : 各データの値

$\bar{x}$: 平均値

4.3 孔内載荷試験結果

孔内載荷試験は、地盤の変形係数（弾性係数）を得る目的で実施した。

表-4.3.1 にボーリング孔と試験深度、対象土質を整理した。

表-4.3.1 試験深度および対象土質

孔番	試験中心深度 (GL-m)	N 値	土層区分	対象土質
R6-B3	5.00	2	Dp	洪積軽石層

試験結果の詳細は、巻末に「孔内載荷試験結果一覧表」として収録した。

以下に、解析法および解析結果を示す。

(1) 解析方法および解析結果

1) 解析方法

a. 地盤係数 (Km)

地盤係数は、 $P_e \sim r$ 曲線上の擬似弾性領域（ $P_e \sim r$ 曲線の直線部分の勾配）として次式より求める。

$$K_m = \frac{\Delta P}{\Delta r} = \frac{(P_1 - P_0)}{(r_1 - r_0)}$$

ここに、 ΔP 、 Δr 、 P_0 、 P_1 、 r_0 、 r_1 は図-4.3.1 を参照されたい。

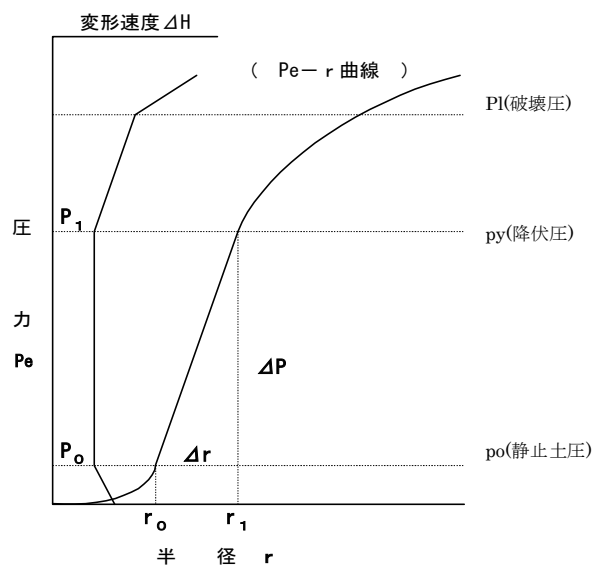


図-4.3.1 解析モデル図

b. 変形係数 (Em)

変形係数は、測定時の地盤の挙動をある水平面で切った二次元変形として取り扱う。
応力が弾性領域内にあり、半径方向の面に関して平面歪が満たされていると仮定すれば、
Em 値は次式で表される。

$$Em = (1 + \nu) \times Km \times rm \text{ kN/m}^2$$

- ここに、 Em : 変形係数 kN/m²
 ν : ポアソン比 (=0.3 と仮定)
 Km : 地盤係数 kN/m³
 rm : 地盤係数算出区間の中間半径 (m)

2) 解析結果

解析結果は、巻末資料の孔内載荷試験解析図を基に、表-4.3.2 に整理した。

表-4.3.2 孔内載荷試験結果

孔番	試験中心深度 (GL-m)	N 値	土層区分	対象土質	地盤係数 Km kN/m ³ (MN/m ³)	変形係数 Em kN/m ² (MN/m ²)
R6-B3	5.00	2	Dp	洪積軽石層	21935 (21.935)	1362 (1.362)

(2) 変形係数と N 値

変形係数 E_m と N 値は、一般に図-4.3.2 のような正の相関関係がある。

また、N 値から変形係数を推定する算定式として、図-4.3.2 の直線回帰式である $E_m \cong 700N$ が用いられているが、図で分かるように幅がある（バラツキが大きい）。

D_p 層の変形係数は、直線回帰式のほぼ直線勾配上の位置にある。

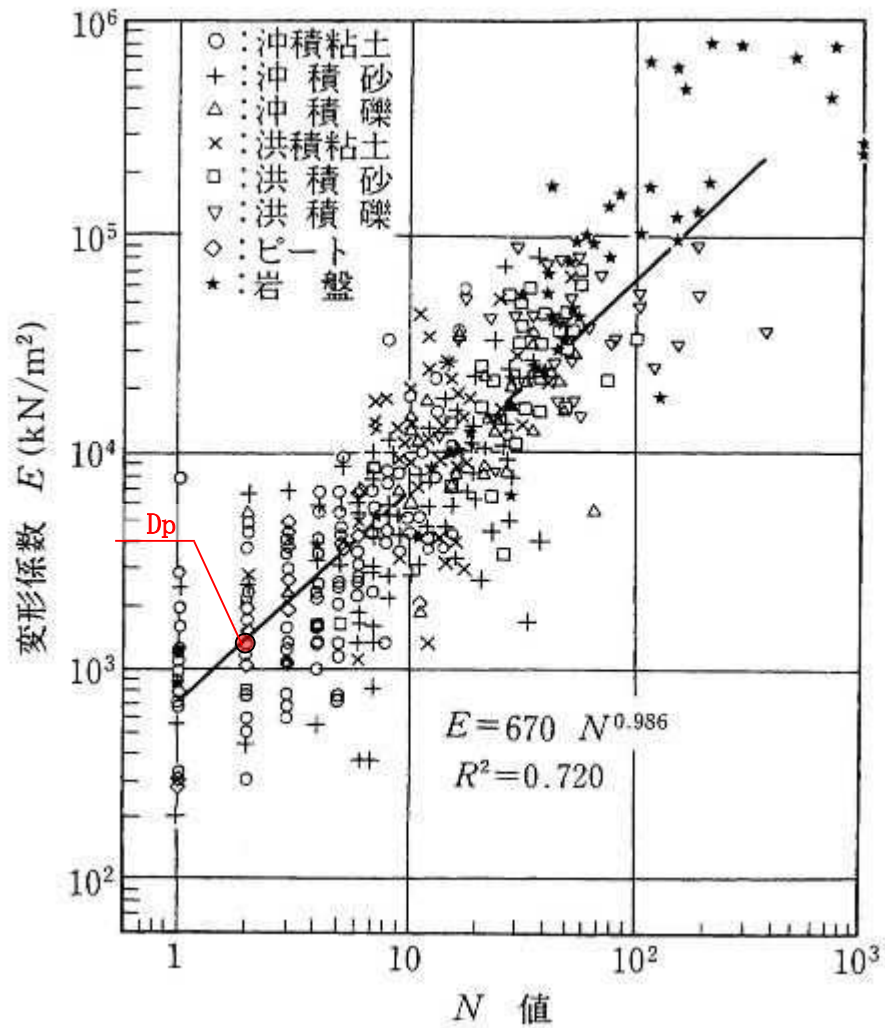


図-4.3.2 孔内載荷試験より得られた変形係数と N 値との関係※⁸

4.4 室内地盤材料試験結果

室内地盤材料試験のうち、表-4.4.1に示す物理試験は、いずれも土の分類や基本的な性質を知る上で必要となる。本試験は標準貫入試験で得られた試料を用い試験を実施した。

物理試験結果は、当該地における軟弱地盤解析（液状化の検討）にも用いられる。詳細は、巻末の「室内地盤材料試験データ」に収録したが、本節では表-4.4.2 室内地盤材料試験結果一覧表に整理して示す。試験結果について試験項目ごとに述べる。

表-4.4.1 本業務の室内地盤材料試験一覧（前項、表-2.5.1 参照）

区分	試験項目 (試験基準)	試験方法・種類	試験から得られる 主要な物性値	試験結果の利用
物理的 試験	土粒子の密度 (JIS A 1202:2020)	・ピクノメーター法	・土粒子の密度	・土の基本的性質(間隙比,飽和度など)の算出 ・粒度の沈降分析
	含水比 (JIS A 1203:2020)	・110℃炉乾燥法	・含水比	・土の基本的性質の把握 ・土の鋭敏度合の判別
	粒度 (JIS A 1204:2020)	・ふるい分析 ・沈降分析	・最大粒径 ・粒径加積曲線 ・均等係数 ・曲率係数	・土の分類 ・粘性土の圧縮性の判別 ・砂質土の安定性の判別 ・砂質土の液状化の判定
	液性限界・塑性限界 (JIS A 1205:2020)	・液性限界試験 ・塑性限界試験	・液性限界 ・塑性限界 ・液性指数 ・塑性指数	・細粒土の分類 ・強度増加率の推定 ・圧縮指数の推定 ・圧密係数の推定
	湿潤土の密度 (JIS A 1225:2020)	・寸法測定法 ・浮力法 ・体積置換法	・湿潤密度 ・乾燥密度	・土の基本的性質の算出 ・土圧の計算 ・締固め度の判定
力学的 試験	三軸圧縮 (JGS 0521-2020)	・土の非圧密－非排水 (UU)	・圧縮強さ $(\delta_1 - \delta_3)_{\max}$ ・軸ひずみ ε_f ・粘着力 C_u, C_d ・せん断抵抗角 ϕ_u, ϕ_d	・地盤の基礎、斜面掘削 面、擁壁などの安定計算
	標準圧密 (JIS A 1217:2020)	・段階載荷法	・時間－圧密量曲線 ・ $e - \log P$, $f - \log P$ 曲線 ・ $\log C_v - \log P$ 曲線 ・圧縮指数 ・圧密降伏応力 ・体積圧縮係数 ・圧密係数 ・一次圧密比	・粘性土の圧密特性の把握 (圧密沈下量, 沈下速度 の計算)

表-4. 4. 2 室内地盤材料試験結果一覧表

試料番号		P1-1	P1-2	P1-3	P2-1	P2-2	P2-3	P3-1	T3-1	P4-1	P4-2	P4-3
深度		(5.15m~5.45m)	(6.15m~6.45m)	(7.15m~7.45m)	(4.15m~4.45m)	(5.15m~5.45m)	(6.15m~6.45m)	(5.15m~5.45m)	(6.10m~6.90m)	(5.15m~5.45m)	(6.15m~6.45m)	(7.15m~7.45m)
一般	湿潤密度								1.428			
	乾燥密度								0.724			
	土粒子の密度	2.550	2.754	2.585	2.632	2.541	2.700	2.620	2.556	2.601	2.514	2.687
	自然含水比	103.04	29.97	53.55	131.55	47.87	33.08	129.79	97.36	149.30	75.81	36.43
	間隙比								2.532			
	飽和度								98.7			
粒度	石分											
	礫分	44.8	0.1	0.0	47.7	0.7	0.8	38.3	0.0	48.7	0.0	0.1
	砂分	42.2	88.6	42.0	36.1	33.0	89.4	43.4	3.9	36.3	8.6	80.6
	シルト分	5.7	6.6	42.3	7.9	45.5	4.6	13.2	67.3	7.3	56.6	13.7
	粘土分	7.3	4.7	15.7	8.3	20.8	5.2	5.1	28.8	7.7	34.8	5.6
	最大粒径	19	4.75	2	19	9.5	9.5	26.5	2	19	2	4.75
	均等係数	86.7	4.5	-	363	-	3.25	131	-	292	-	11.9
	50 % 粒径 mm	1.6	0.19	0.062	1.8	0.0031	0.22	0.72	0.011	1.8	0.010	0.17
コンシステ	10 % 粒径 mm	0.030	0.047	-	0.0091	-	0.077	0.013	-	0.012	-	0.016
	液性限界			46.7		43.9			83.6		80.3	
	塑性限界			27.7		31.0			55.6		47.3	
	塑性指数			19.0		12.9			28.0		33.0	
分類	分類名	細粒分まじり砂質礫	細粒分まじり砂	砂質シルト	細粒分質砂質礫	砂質シルト	細粒分まじり砂	細粒分質礫質砂	シルト(高液性限界)	細粒分質砂質礫	砂まじりシルト	細粒分質砂
	分類記号	(GS-F)	(S-F)	(MLS)	(GSF)	(MLS)	(S-F)	(SFG)	(MH)	(GSF)	(MH-S)	(SF)
圧密	試験方法								段階載荷			
	圧縮指数								1.12			
	圧密降伏応力								120.8			
せん断	試験条件								UU三軸			
	粘着力 c								11.4			
	内部摩擦角 φ								6.6			

(1) 土粒子の密度 (ρ_s)

土粒子の密度は、表-4.4.3 のとおりである。

表-4.4.3 各地層の土粒子の密度

【R6-B1】				【R6-B2】			
試料番号	対象土質名	記号	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	試料番号	対象土質名	記号	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)
P1-1	軽石	Dp	2.550	P2-1	軽石	Dp	2.632
P1-2	細砂	Ds	2.754	P2-2	細砂	Ds	2.541
P1-3	砂質シルト	Dc3	2.585	P2-3			2.700

【R6-B3】				【R6-B4】			
試料番号	対象土質名	記号	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	試料番号	対象土質名	記号	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)
P3-1	軽石	Dp	2.620	P4-1	軽石	Dp	2.601
T3-1	シルト	Dc2	2.556	P4-2	シルト	Dc2	2.514
—	—	—	—	P4-3	細砂	Ds	2.687

土粒子の密度は、土の間隙比、飽和度、密度を求めるために用いられるが、値そのものも土の特性を表している。代表的な鉱物と土質別の土粒子の密度は、表-4.4.4 のとおりである。

表-4.4.4 土粒子の密度の測定例^{*7}

地盤材料試験の方法と解説 二分冊の1 地盤工学会 2020.12 P118

鉱物名	密度 ρ_s (g/cm ³)	土質名	密度 ρ_s (g/cm ³)
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(PEAT)	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	黒ボク	2.3 ~ 2.6

- 1) 洪積軽石層 (Dp) 2.550~2.632(平均 2.601)g/cm³

表-4.4.4 の「洪積砂質土」の一般的な範囲にある。

- 2) 洪積第2粘性土層 (Dc2) 2.514/2.556(平均 2.535)g/cm³

表-4.4.4 の「洪積粘性土」の一般的な範囲値にある。

- 3) 洪積砂質土層 (Ds) 2.541~2.754(平均 2.671)g/cm³

表-4.4.4 の「洪積砂質土」の一般的な範囲にある。

- 4) 洪積第3粘性土層 (Dc3) 2.585g/cm³

表-4.4.4 の「洪積粘性土」の一般的な範囲値にある。

(2) 自然含水比 (Wn)

各地層の自然含水比は、表-4.4.5 のとおりである。

表-4.4.5 各地層の自然含水比

【R6-B1】

試料番号	対象土質名	記号	自然含水比 Wn (%)
P1-1	軽石	Dp	103.04
P1-2	細砂	Ds	29.97
P1-3	砂質シルト	Dc3	53.55

【R6-B2】

試料番号	対象土質名	記号	自然含水比 Wn (%)
P2-1	軽石	Dp	131.55
P2-2	細砂	Ds	47.87
P2-3			33.08

【R6-B3】

試料番号	対象土質名	記号	自然含水比 Wn (%)
P3-1	軽石	Dp	129.79
T3-1	シルト	Dc2	97.36
—	—	—	—

【R6-B4】

試料番号	対象土質名	記号	自然含水比 Wn (%)
P4-1	軽石	Dp	149.30
P4-2	シルト	Dc2	75.81
P4-3	細砂	Ds	36.43

我が国における土の含水比のおおよその範囲は、表-4.4.6 のとおりである。

表-4.4.6 我が国における土の密度のおおよその範囲^{*7}
地盤材料試験の方法と解説 二分冊の1 地盤工学会 2020.12 P205

地 層 物理的性状	沖積世		洪積世	関東ローム	高有機質土
	粘性土	砂質土	粘性土		
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.2～1.8	1.6～2.0	1.6～2.0	1.2～1.5	0.8～1.3
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	0.5～1.4	1.2～1.8	1.1～1.6	0.6～0.7	0.1～1.6
含水比 W (%)	30～150	10～30	20～40	80～180	80～1200

1) 洪積軽石層 (Dp) 103.04～149.30(平均 128.42)%

表-4.4.6 にないため、「沖積砂質土」と対比すると非常に高い値を示している。これは、軽石主体の層であることが起因すると考えられる。

2) 洪積第2粘性土層 (Dc2) 75.81/97.36(平均 86.59)%

表-4.4.6 の、「洪積粘性土」と対比すると高い値を示している。これは、軽石の混入量の混入に起因すると考えられる。

3) 洪積砂質土層 (Ds) 29.97～47.87(平均 36.84)%

表-4.4.6 にないため、「沖積砂質土」と対比すると一般的な範囲にある。

4) 洪積第3粘性土層 (Dc3) 53.55%

表-4.4.6 の、「洪積粘性土」を参考にすると高い値を示している。

これは、軽石の混入量や細粒分の混入に起因すると考えられる。

(3) 粒度特性 (%)

孔ごとに各試料の粒径加積曲線を図-4.4.2～図-4.4.5に整理した。また、土質材料の工学的分類は、図-4.4.6の土質材料の工学的分類体系に準拠した。

		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(ボルダー)	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

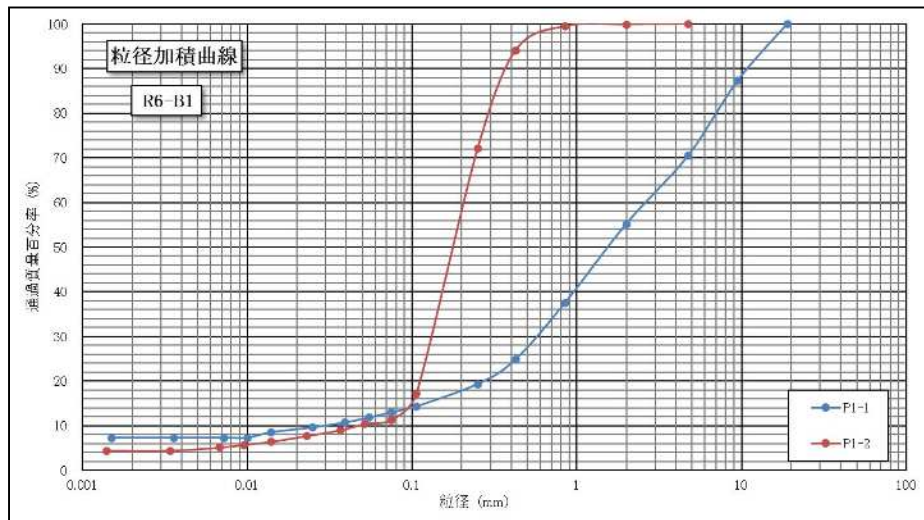


図-4.4.2 R6-B1 粒径加積曲線

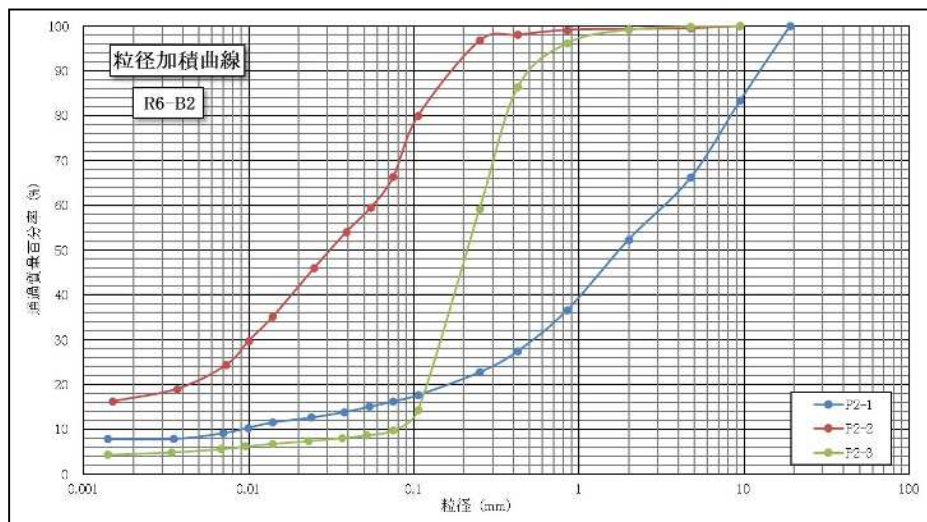


図-4.4.3 R6-B2 粒径加積曲線

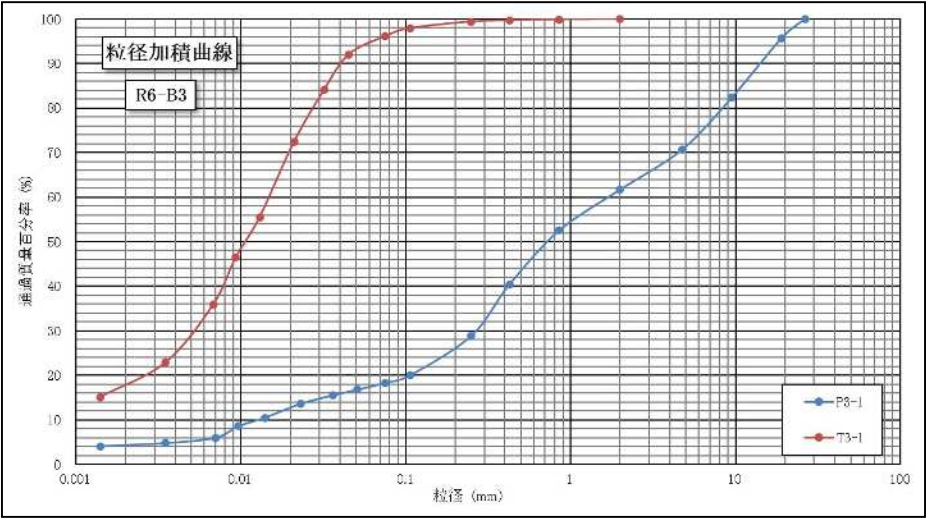


图-4. 4. 4 R6-B3 粒径加積曲線

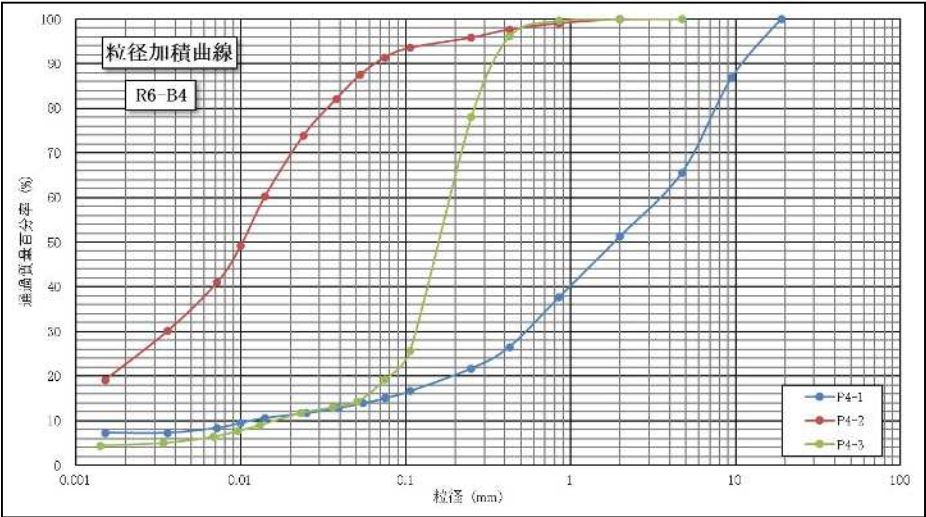


图-4. 4. 5 R6-B4 粒径加積曲線

1) 洪積軽石層 (Dp)

粗粒分が 81.7～87.0% (礫分=38.3～48.7、砂分=36.1～43.4%) を占め、砂質土に区分される。粒径加積曲線では、曲線が右側に偏っている。

2) 洪積第 2 粘性土層 (Dc2)

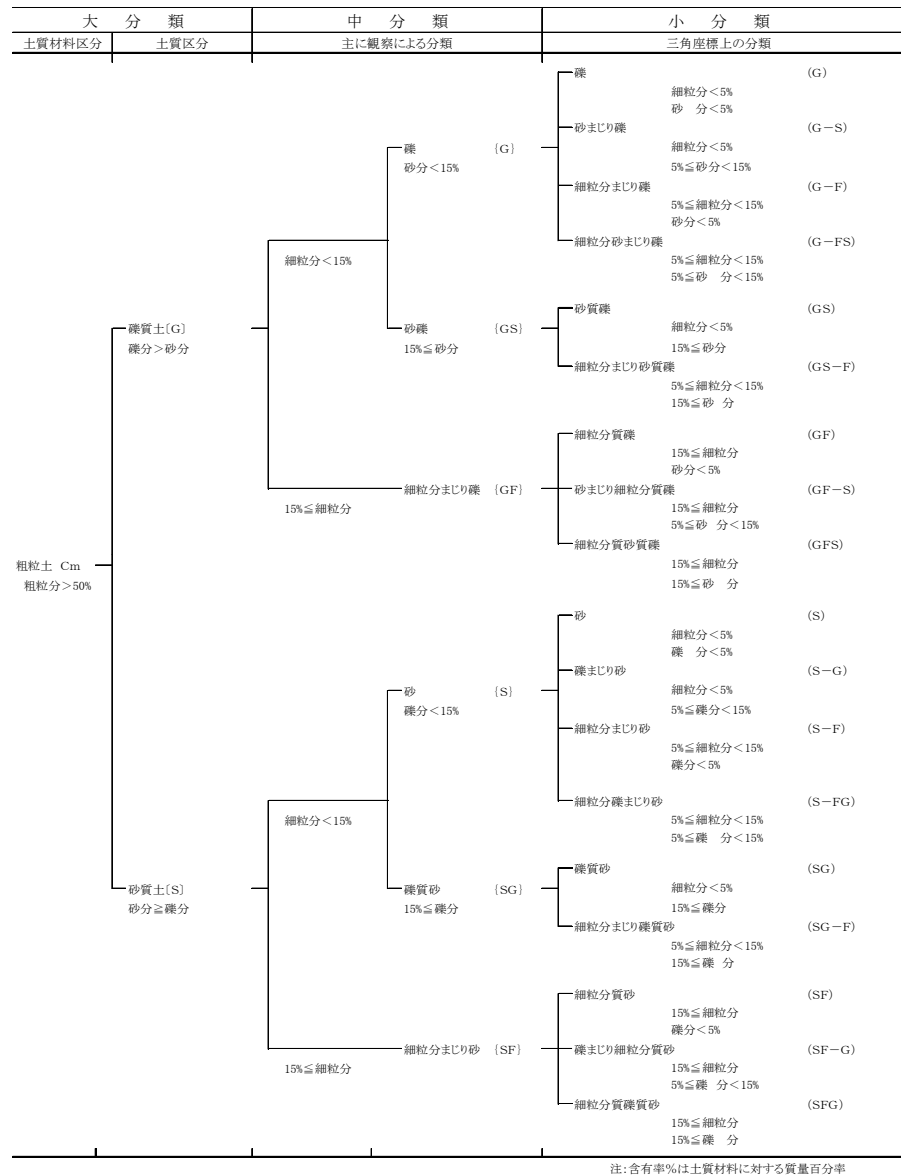
細粒分が 91.4/96.1% (シルト分が 56.6/67.3%、粘土分が 28.8/34.8%) を占め、粘性土に区分される。粒径加積曲線では、曲線が左側に偏っている。

3) 洪積砂質土層 (Ds)

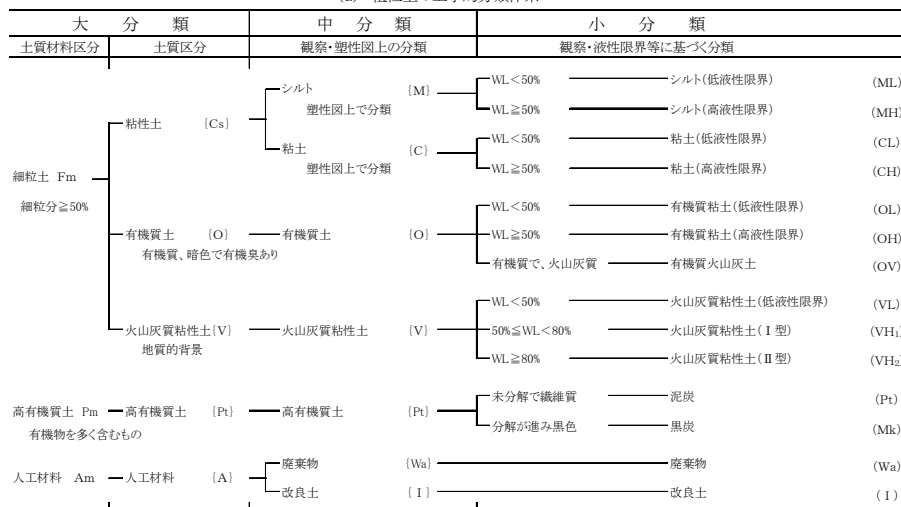
粗粒分が 33.7～90.2% (礫分が 0.1～0.8、砂分が 33.0～89.4%) を占め、砂質土に区分される。P2-2 は細粒分の混入量が多いため、粒度試験では粘性土に区分された。粒径加積曲線では、P2-2 以外は曲線が右側に偏っている。

4) 洪積第 3 粘性土層 (Dc3)

細粒分が 58.0% (シルト分が 42.3、粘土分が 15.7%) を占め、粘性土に区分される。粒径加積曲線では、曲線が左側に偏っている。



(a) 粗粒土の工学的分類体系



(b) 主に細粒土の工学的分類体系

図-4.4.6 土質材料の工学的分類体系※7

(4) 液性限界・塑性限界試験 (W_L 、 W_P)

各地層の液性限界 W_L 、塑性限界 W_P および塑性指数 I_p は、表-4.4.7 のとおりである。

表-4.4.7 各地層の液性限界・塑性限界

地層記号	Dc2	Ds	Dc3
自然含水比 W_n (%)	97.36 75.81	47.87	53.55
液性限界 W_L (%)	83.6 80.3	43.9	46.7
塑性限界 W_P (%)	55.6 47.3	31.0	27.7
塑性指数 I_p	28.0 33.0	12.9	19.0

液性限界とは、土が液体から塑性の状態に移る境界の含水比を指し、一般には多量の水分を含む土が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。

塑性限界とは土が塑性体から半固体の状態に移る境界の含水比を指し、土の含水比がそれ以下になるともろくなって亀裂を生じ易くなり、自由に変形しにくくなる境界の含水比を言う。



図-4.4.7 土の状態とコンシステンシー限界

表-4.4.8 代表的な液性限界・塑性限界の測定例^{※7}

地盤材料試験の方法と解説 二分冊の1 地盤工学会 2020.12 P168

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

1) 洪積第2粘性土層 (Dc2)

表-4.4.8の一般的な測定例の、「粘土(洪積層)」と対比すると、液性限界(W_L) = 80.3/83.6%、塑性限界(W_p) = 47.3/55.6%で、概ね一般的な値と考えられる。

2) 洪積砂質土層 (Ds)

表-4.4.8の一般的な測定例にはないものの、「粘土(洪積層)」と対比すると、液性限界(W_L) = 43.9%、塑性限界(W_p) = 31.0%で、一般的な値を示す。

3) 洪積第3粘性土層 (Dc3)

表-4.4.8の一般的な測定例の、「粘土(洪積層)」と対比すると、液性限界(W_L) = 46.7%、塑性限界(W_p) = 27.7%で、一般的な値と考えられる。

(5) 湿潤密度 (g/cm^3)

湿潤密度は、土の締め具合や構造などの状態を表す基本的かつ最も簡単な指標として常用されている。

一般的な土の密度の例は表-4.4.9 に、湿潤密度結果は表-4.4.10 に整理した。

表-4.4.9 我が国における土の密度のおおよその範囲^{※7}

地盤材料試験の方法と解説 二分冊の1 地盤工学会 2020.12 P205

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

表-4.4.10 湿潤密度結果

地層記号	試料番号	湿潤密度試験 $\rho_t (\text{g}/\text{cm}^3)$
Dc2	T3-1	1.428

1) 洪積第2粘性土層 (Dc2)

1.428 g/cm^3 で、表-4.4.9 「洪積世 粘性土」と対比すると一般値より低い値を示す。

(6) 圧密特性

圧密試験は、圧密による沈下量および沈下の速さを推定するのに必要な土の圧縮特性を求めるために行った。表-4. 4. 11 に Dc2 層の試験結果を示す。

表-4. 4. 11 圧密降伏応力 P_c および圧縮指数 C_c

試料番号 項 目	T3-1 (6.10～6.90m)
土質記号	Dc2
土質分類名	シルト
圧密降伏応力 $P_c(kN/m^2)$	120.8
圧縮指数 C_c	1.12

圧密降伏応力 P_c は、その土が以前に受けた荷重履歴を意味し、有効土被り圧 P_o との比較により、正規圧密状態 ($P_c = P_o$) であるか、あるいは過圧密状態 ($P_c > P_o$) であるかを知ることができ、この関係は過圧密比として次式により表される。

$$OCR = P_c / P_o$$

ここに、OCR：過圧密比

P_c ：圧密降伏応力 (kN/m^2)

P_o ：有効土被り圧 (kN/m^2)

過圧密比 OCR	地盤種別
1	正規圧密地盤
1～2	軽い圧密地盤
2～8	過圧密地盤
>8	強い圧密地盤

各試料の有効土被り圧 P_o を試算し、式に代入すると以下のような評価となる。

表-4. 4. 12 圧密状態一覧表

試料番号 項 目	T3-1 (6.10～6.90m)
圧密降伏応力 $P_c(kN/m^2)$	120.8
有効土被り圧 $P_o(kN/m^2)$	89.4
過圧密比 OCR	1.35
地盤種別	軽い圧密地盤

圧縮指数 C_c は、 e - $\log P$ 曲線に現れる直線部分の勾配（正規圧密領域）で表され、値が大きいほど急勾配を示し、圧縮性が大きい土である。図-4.4.8 には e - $\log P$ 曲線を示した。

圧密係数 C_v は、圧密沈下時間の算定に用いられる。図-4.4.9 に $\log C_v$ - $\log P$ 曲線を示した。

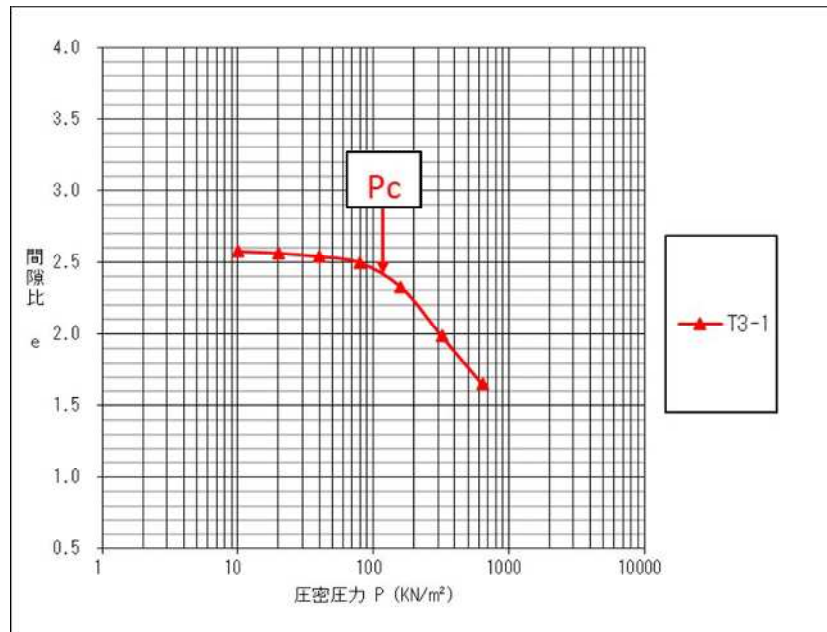


図-4.4.8 e - $\log P$ 曲線図

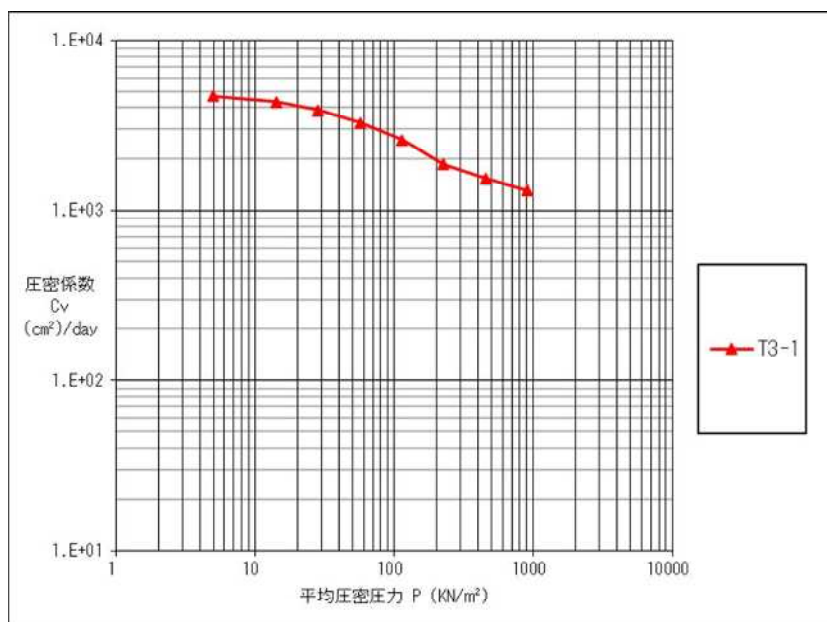


図-4.4.9 $\log C_v$ - $\log P$ 曲線図

(7) 三軸圧縮試験(UU 条件)

三軸試験は、地盤中の土試料の応力状態を室内で再現することである。すなわち、水圧（側圧）によって地盤中の拘束圧を与え、ピストンからの载荷によって圧縮あるいは伸張するというものである。図-4. 4. 10 に三軸試験装置の概念図を示す。

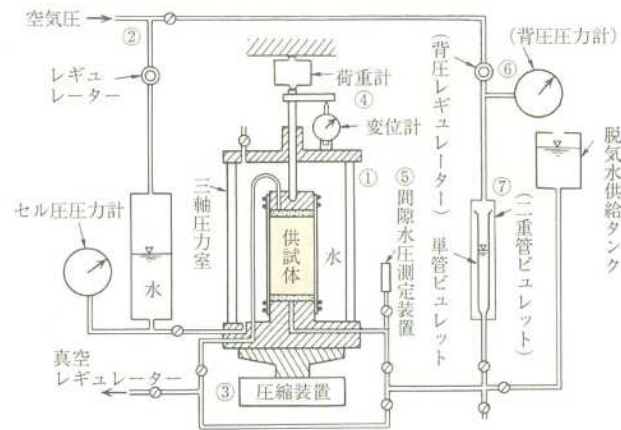


図-4. 4. 10 三軸試験装置概念図^{※7}

地盤材料試験の方法と解説 二分冊の2 地盤工学会 2020. 12 P617

三軸圧縮試験には、いくつかの方法があるが、本試験は非圧密非排水三軸圧縮試験（UU 条件）を行った。今回試験に供した試料は、シンウォールサンプリングで採取した乱れの少ない試料である。

粒度試験結果を踏まえ、粘性土層は三軸圧縮試験（UU 条件）を実施した。

表-4. 4. 13 に三軸圧縮試験結果を示す。

表-4. 4. 13 三軸圧縮試験（UU 条件）の試験結果

地層記号	試験条件	粘着力 C_u (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ_u ($^\circ$)
試料番号			
Dc2	UU	11.4	6.6
T3-1			

5. 考 察

5.1 地盤定数の設定

本章では、原位置地盤調査結果と室内地盤材料試験結果に基づいて、主として各種地盤定数の検討を行う。

(1) 地盤定数の検討方法

今回の調査では、力学的な室内地盤材料試験を実施していないことから、地盤定数の推定はN値から推定することになるが、一般的な地盤に対する物性値も考慮するとともに、若干経験も考慮して推定する。

以下に、各定数の検討方法を述べる。

1) 代表N値

平均N値を採用する。

岩盤であるBRは、次式で30cm貫入の換算N値を求めた。

$$\text{換算N値} = 50(\text{回}) \times \frac{30}{50 \text{ 回打撃時の貫入量}} \leq 300 \quad ※8$$

地盤調査の方法と解説 二分冊の1 地盤工学会 2013.3 P311

2) 単位体積重量 γ_t (kN/m³)

土質試料、N値による硬軟等の判定および表-5.1.2を参考に検討する。

3) 粘着力 C (kN/m²)

粘土地盤の粘着力は、三軸圧縮試験を実施した層は試験値を用い、以外は文献^{※8}に記されている下式による。砂質土のCは0とする。

$$q_u = 12.5N \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \text{Terzaghi \& Peck の提案式}$$

地盤調査の方法と解説 二分冊の1 地盤工学会 2013.3 P308

$$C = q_u / 2 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ の関係から}$$

$$C = 6.25N \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdots \cdots \cdots \text{式-5.1}$$

今回は式-5.1から推定する。

4) 内部摩擦角 ϕ (度)

N 値と砂質土の内部摩擦角 ϕ の関係は、下式により推定する。

ただし、有効上載圧が小さい地表面付近では大きな N_1 となり過大評価する可能性があるため、支持力に対する安全側を考慮し $\sigma_z' \geq 100 \text{ kN/m}^2$ とする。

また、 $N_1 \leq 3.5$ の場合は、 ϕ を求めることができない。したがって、図-5.1.1 の N 値と内部摩擦角の相関図より、最小値の $\phi = 20^\circ$ とする。

※粘性土は $\phi = 0^\circ$ とする。

$$\phi_d = \sqrt{20N_1 + 20} \quad (3.5 \leq N_1 \leq 20), \quad \phi_d = 40 \quad (N_1 > 20) \quad \dots \text{式-5.2}^{**6}$$

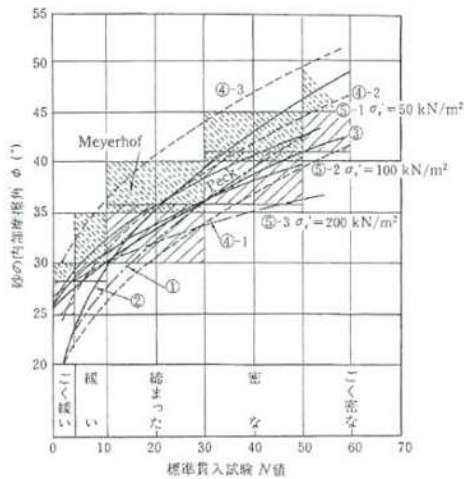
$$N_1 = \frac{N}{\sqrt{\frac{\sigma_z'}{100}}}$$

N_1 : N 値を有効上載圧で補正した換算 N 値

σ_z' (kN/m^2) : 有効上載圧 ($\sigma_z' \geq 100 \text{ kN/m}^2$)

※有効上載圧が 100 kN/m^2 以下の場合、 100 kN/m^2 とする。

建築基礎構造設計指針 日本建築学会 2019.11 P30



- ① 道路橋示方書 $\phi = 15 + \sqrt{15N}$ ($\leq 45^\circ$)
 ② 大崎 $\phi = 15 + \sqrt{20N}$
 ③ Peck $\phi = 0.3N + 27$
 ④ Dunham ④-1, $\phi = 15 + \sqrt{12N}$ (粒子丸・粒度一様)
 ④-2, $\phi = 20 + \sqrt{12N}$ (粒子丸・粒度良, 粒子角・粒度一様)
 ④-3, $\phi = 25 + \sqrt{12N}$ (粒子角・粒度良)
 ⑤ 国鉄建造物設計標準解説
 $\phi = 1.85 \left(\frac{N}{0.01\sigma_z' + 0.7} \right)^{0.8} + 28$
 ここに, σ_z' : 有効上載圧 (kN/m^2)

図-5.1.1 N 値と砂の内部摩擦角の関係^{**8}

地盤調査の方法と解説 二分冊の1 地盤工学会 2013.3 P306

5) 変形係数 E (kN/m^2)

孔内載荷試験および三軸圧縮試験を実施した土層については試験値を採用し、その他の土層については文献^{※8}に記されている下式による。

$$E = 700 \cdot N \quad (\text{kN/m}^2) \quad \dots\dots\dots \text{式-5.3}$$

地盤調査の方法と解説 二分冊の1 地盤工学会 2013.3 P309

6) 岩盤の単位体積重量

岩盤の単位体積重量は図-5.1.2に示したように、換算N値との関係図から得られる次式から設定する。 ※適用範囲換算N値 300 以下

$$\text{単位体積重量 } \gamma_t = 1.173 + 0.4 \cdot \text{Log} N \quad (\text{tf/m}^3) \{ \times 9.807 \text{kN/m}^3 \} \quad \dots\dots\dots \text{式-5.4}$$

ここに、 N : 代表N値 (換算N値)

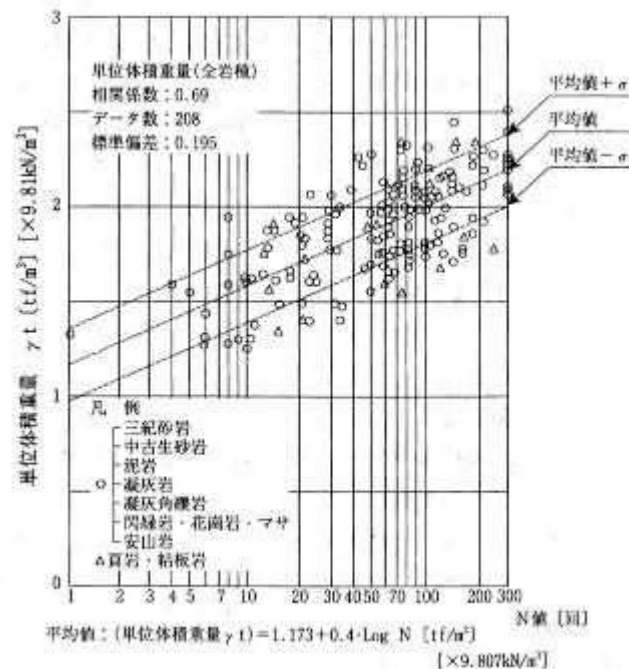


図-5.1.2 岩盤の単位体積重量の測定例^{※16}

7) 岩盤のせん断定数

内部摩擦角〔φ〕および粘着力〔C〕

岩盤の内部摩擦角および粘着力は、換算 N 値と測定例の相関式を参考に表-5.1.1 より推定する。

※適用範囲換算 N 値 300 以下

表-5.1.1 換算 N 値による場合の測定例^{※16}

		設計要領 第二集 橋梁建設編 高速道路総合技術研究所 2016.8 P4-10		
		砂岩・礫岩 深成岩類	安山岩	泥岩・凝灰岩 凝灰角礫岩
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
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
	標準偏差	4.40	7.85	9.78

ここで BR1 (第 1 基盤岩層) および BR2 (第 2 基盤岩層) は、岩種から表-5.1.1 の砂岩・礫岩・深成岩類を適用する。

$$C = 15.2 \cdot N^{0.327} \quad \dots\dots\dots \text{式-5.5}$$

$$\phi = 5.10 \cdot \text{Log}N + 29.3 \quad \dots\dots\dots \text{式-5.6}$$

ここに、C : 粘着力 (kN/m²)

φ : 内部摩擦角 (°)

N : 代表 N 値

8) 岩盤の変形係数

岩盤の変形係数については、一軸圧縮試験等を行っていないため、岩盤については、換算 N 値 300 以下の岩盤の N 値と変形係数について図-5.1.3 の関係があり、これを適用する。

$$E = 27.1 (N \text{ 値})^{0.69} \times 98.1 \text{ (kN/m}^2) \quad \dots\dots\dots \text{式-5.7}^{\text{※16}}$$

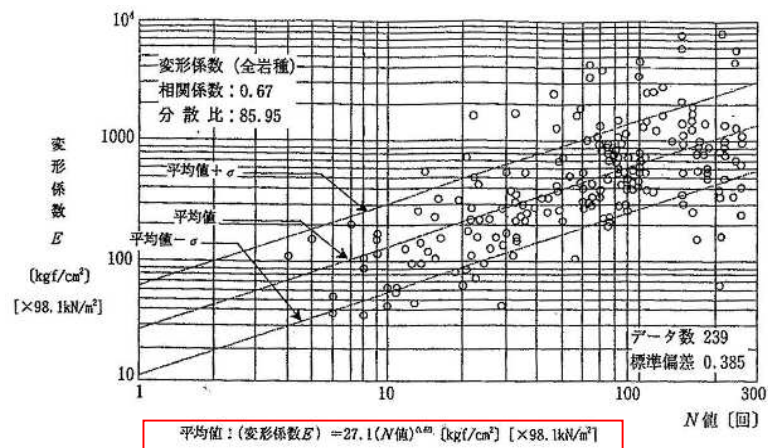
図-5.1.3 岩の変形係数の測定例^{※16}

表-5.1.2 土質定数および湿潤単位体積重量の目安^{※4}

設計要領 第一集 土工 保全編・建設編 高速道路総合技術研究所 2016.8 P1-48

種 類		状 態	単位体積重量 ρ_t (kN/m^3)	内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 C (kN/m^2)	地盤工学会 基準 ^{注2)}
盛 土	礫および礫まじり砂	締固めたもの	20	40	0	{G}
	砂	締固めたもの	粒径幅の広いもの	35	0	{S}
			分級されたもの	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	
	礫まじり砂	密実なもの	21	40	0	{G}
		密実でないもの	19	35	0	
	砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの	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	硬いもの(指で強く押し多少へこむ)注1)	18	25	50以下	{M},{C}
		やや柔らかいもの(指の中程度の力で貫入)注1)	17	20	30以下	
		柔らかいもの(指が容易に貫入)注1)	16	15	15以下	
	粘土およびシルト	硬いもの(指で強く押し多少へこむ)注1)	17	20	50以下	{M},{C}
		やや柔らかいもの(指の中程度の力で貫入)注1)	16	15	30以下	
		柔らかいもの(指が容易に貫入)注1)	14	10	15以下	
	関東ローム		14	5(ϕ_u)	30以下	{V}

以下の注釈は、旧要領と新要領を併記したものである。

注1) N値の目安は次のとおりである。

硬いもの(N=8~15)、やや柔らかいもの(N=4~8)、柔らかいもの(N=2~4)

注2) 地盤工学会基準の記号は、おおその目安である。

表の適用に当たっては、次の点に注意するものとする。

(a) 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1.0を差し引いたものとする。

(b) 単位体積重量の値を決定する場合、次の点に注意すること。

(イ) 砕石は、礫と同じ値とする

(ロ) トンネルズリや岩塊などは、粒径や間隙により異なるので既往の実績や現場試験より決定する。

(ハ) 礫まじり砂質土や礫まじり粘性土は、礫の混合割合および状態により適宜定める。

(c) 内部摩擦角および粘着力の値は、圧密非排水せん断(CU)に対する概略的な値である。この場合、盛土に対する地下水、湧水などの影響は考慮していない。

(d) 砕石、トンネルズリ、岩塊などの内部摩擦角および粘着力は、礫の値を用いてよい。

(e) 粒度の悪い砂とは、粒径のそろった砂をいう。礫も同様である。

(f) 粘土およびシルトの区分でN値の目安は、おおむね次のとおりである。

硬いもの(N=8~15)、やや柔らかいもの(N=4~8)、柔らかいもの(N=2~4)

(g) 内部摩擦角は三軸圧縮試験(CU条件)の結果。関東ロームのみ三軸圧縮試験(UU条件)の結果。

(2) 調査地盤の地盤定数

1) 代表 N 値

代表 N 値は、各地層の平均 N 値を採用する。(小数点以下を切捨て整数とし、最大値を 50 とする。)

平均 N 値を代表 N 値とし、表-5.1.3 に地層ごとに整理した。

表-5.1.3 各地層の平均 N 値と提案代表 N 値

地層記号	N 値の範囲	個 数	平均 N 値	代表 N 値
Bs	—	—	—	—
Ac	—	—	—	—
Dvs	3 ～ 9	12	5.083	5
Dc1	—	—	—	—
Dp	2 ～ 4	7	2.571	2
Dc2	2 ～ 3	3	2.333	2
Ds	3 ～ 10	4	7.500	7
Dc3	3	1	3.000	3
Dg	29 ～ 50	8	42.750	42
BR1	88 ～ 300	17	199.471	199
BR2	150 / 167	2	158.500	158

※BR: 換算 N 値 = 打撃回数 × $\frac{30 \text{ cm}}{\text{打撃時の貫入量cm}}$

2) 単位体積重量 γ_t

各地層の単位体積重量は、表-5.1.4 に整理した。

表-5.1.4 各地層の単位体積重量

記号	代表 N 値	単位体積重量 γ_t
Bs	—	表-5.1.2 「盛土 粘性土 締固めたもの」を参考に $\gamma_t = 18.0 \text{ kN/m}^3$
Ac	—	表-5.1.2 「自然地盤 粘土およびシルト 柔らかいもの」を参考に $\gamma_t = 14.0 \text{ kN/m}^3$
Dvs	5	表-5.1.2 「自然地盤 砂質土 密実でないもの」より $\gamma_t = 17.0 \text{ kN/m}^3$
Dc1	—	表-5.1.2 「自然地盤 粘土およびシルト 柔らかいもの」より $\gamma_t = 14.0 \text{ kN/m}^3$
Dp	2	表-5.1.2 「自然地盤 砂質土 密実でないもの」より $\gamma_t = 17.0 \text{ kN/m}^3$
Dc2	2	湿潤密度試験結果より 1.428×9.81 $\gamma_t = 14.0 \text{ kN/m}^3$
Ds	7	表-5.1.2 「自然地盤 砂質土 密実でないもの」を参考に $\gamma_t = 17.0 \text{ kN/m}^3$
Dc3	3	表-5.1.2 「自然地盤 粘土およびシルト 柔らかいもの」より $\gamma_t = 14.0 \text{ kN/m}^3$
Dg	42	表-5.1.2 「自然地盤 礫 密実なものまたは粒径幅の広いもの」より $\gamma_t = 20.0 \text{ kN/m}^3$
BR1	199	式-5.4 より $\gamma_t = 20.5 \text{ kN/m}^3$
BR2	158	式-5.4 より $\gamma_t = 20.1 \text{ kN/m}^3$

3) 粘着力 C および内部摩擦角 ϕ

各地層の粘着力 C および内部摩擦角 ϕ は、表-5.1.9 に整理した。表-5.1.5～表-5.1.8 に各孔の内部摩擦角を掲げ、層ごとの平均値を採用する。

表-5.1.5 R6-B1 内部摩擦角

地層 区分	単位体積重量 γ t (kN/m ³)	下端深度 (GL-m)	計算深度 (GL-m)	代表 N値	有効上載圧 σ'_{ν} (kN/m ²)		N_1	内部 摩擦角 ϕ (°)	地下水位 (GL-m)
					下端深度	計算深度			
Bs	18	0.20			3.60			粘性土	4.48
Ac	14	0.70			10.60			粘性土	
Dvs	17	3.60	2.15	5	59.90	50.00	7.08	30.39	
Dp	17	5.85	4.73	2	84.45	76.58		$N < 3.5$	
Ds	17	6.95	6.40	7	92.15	88.30	7.52	30.68	
Dc3	14	7.50			94.35			粘性土	
Dg	20	9.10	8.30	42	110.35	102.35	41.43	38.88	
BR1	20.5	13.06			151.93				

表-5.1.6 R6-B2 内部摩擦角

地層 区分	単位体積重量 γ t (kN/m ³)	下端深度 (GL-m)	計算深度 (GL-m)	代表 N値	有効上載圧 σ'_{ν} (kN/m ²)		N_1	内部 摩擦角 ϕ (°)	地下水位 (GL-m)
					下端深度	計算深度			
Bs	18	0.20			3.60			粘性土	3.78
Ac	14	0.70			10.60			粘性土	
Dvs	17	3.70	2.20	5	61.60	50.00	7.08	30.39	
Dc1	14	4.15			64.20			粘性土	
Dp	17	5.05	4.60	2	70.50	67.35		$N < 3.5$	
Ds	17	6.75	5.90	7	82.40	76.45	8.13	31.06	
Dg	20	8.80	7.78	42	102.90	92.65	43.90	39.15	
BR1	20.5	12.04			136.92				

表-5.1.7 R6-B3 内部摩擦角

地層 区分	単位体積重量 γ t (kN/m ³)	下端深度 (GL-m)	計算深度 (GL-m)	代表 N値	有効上載圧 σ'_{ν} (kN/m ²)		N_1	内部 摩擦角 ϕ (°)	地下水位 (GL-m)
					下端深度	計算深度			
Bs	18	0.20			3.60			粘性土	4.28
Ac	14	0.45			7.10			粘性土	
Dvs	17	3.85	2.15	5	64.90	50.00	7.08	30.39	
Dc1	14	4.15			69.10			粘性土	
Dp	17	6.00	5.08	2	83.35	76.88		$N < 3.5$	
Dc2	14	7.50			89.35			三軸圧縮試験	
Ds	17	7.90	7.70	7	92.15	90.75	7.40	30.61	
Dg	20	9.00	8.45	42	103.15	97.65	42.59	39.01	
BR1	20.5	14.15			157.23				

表-5.1.8 R6-B4 内部摩擦角

地層 区分	単位体積重量 γ t (kN/m ³)	下端深度 (GL-m)	計算深度 (GL-m)	代表 N値	有効上載圧 σ'_{ν} (kN/m ²)		N_1	内部 摩擦角 ϕ (°)	地下水位 (GL-m)
					下端深度	計算深度			
Bs	18	0.20			3.60			粘性土	4.96
Ac	14	0.45			7.10			粘性土	
Dvs	17	3.90	2.18	5	65.75	50.00	7.08	30.39	
Dp	17	5.95	4.93	2	90.70	83.18		$N < 3.5$	
Dc2	14	6.60			93.30			三軸圧縮試験	
Ds	17	7.80	7.20	7	101.70	97.50	7.10	30.41	
Dg	20	10.40	9.10	42	127.70	114.70	38.66	38.54	
BR1	20.5	13.60			161.30				
BR2	20.1	15.14			176.85				

・ Dvs 層 : $(30.39+30.39+30.39+30.39) / 4 = 30.39 \div 30^\circ$

・ Dp 層 : N 値が 3.5 以下のため下限値の 20° を採用する。

・ Ds 層 : $(30.89+31.06+30.61+30.41) / 4 = 30.74 \div 30^\circ$

・ Dg 層 : $(38.88+39.15+39.01+38.54) / 4 = 38.89 \div 38^\circ$

4) 変形係数 E

各地層の変形係数 E は、表-5.1.9 に推定値を示す。

表-5.1.9 各地層の粘着力および内部摩擦角・変形係数 E

記号	代表 N 値	粘着力 C および内部摩擦角 ϕ	変形係数 E
Bs	—	—	—
Ac	—	—	—
Dvs	5	式-5.2 より $\phi = 30^\circ$ $C = 0 \text{ kN/m}^2$	式-5.3 より $E = 3500 \text{ kN/m}^2$
Dc1	—	—	—
Dp	2	式-5.2 より $\phi = 20^\circ$ $C = 0 \text{ kN/m}^2$	孔内試験結果より $E = 1360 \text{ kN/m}^2$
Dc2	2	三軸圧縮試験結果より $\phi = 6.6^\circ$ $C = 11.4 \text{ kN/m}^2$	式-5.3 より $E = 1400 \text{ kN/m}^2$
Ds	7	式-5.2 より $\phi = 30^\circ$ $C = 0 \text{ kN/m}^2$	式-5.3 より $E = 4900 \text{ kN/m}^2$
Dc3	3	式-5.1 より $C = 18.0 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 0^\circ$	式-5.3 より $E = 2100 \text{ kN/m}^2$
Dg	42	式-5.2 より $\phi = 38^\circ$ $C = 0 \text{ kN/m}^2$	式-5.3 より $E = 29400 \text{ kN/m}^2$
BR1	199	式-5.5 より $C = 85.8 \text{ kN/m}^2$ 式-5.6 より $\phi = 41.0^\circ$	式-5.7 より $E = 102500 \text{ kN/m}^2$
BR2	158	式-5.5 より $C = 79.5 \text{ kN/m}^2$ 式-5.6 より $\phi = 40.5^\circ$	式-5.7 より $E = 87400 \text{ kN/m}^2$

以上、本調査地区を構成する地盤の地盤定数について土層ごとに推定したが、これらを整理して、次頁の表-5.1.10 に掲げる。

表-5.1.10 調査地区地盤の地盤定数一覧表

記号	代表 N 値	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)
Bs	—	18.0	—	—	—
Ac	—	14.0	—	—	—
Dvs	5	17.0	—	30	3500
Dc1	—	14.0	—	—	—
Dp	2	17.0	—	20	1360
Dc2	2	14.0	11.4	6.6	1400
Ds	7	17.0	—	30	4900
Dc3	3	14.0	18.0	—	2100
Dg	42	20.0	—	38	29400
BR1	199	20.5	85.8	41.0	102500
BR2	158	20.1	79.5	40.5	87400

これらの地盤定数は、地盤調査段階の提案値である。

5.2 軟弱地盤解析（建築構造物基礎地盤の液状化検討）

（1）液状化の予測方法

1) 地形や液状化履歴をもとにした概略的な予測方法

国土庁が公開している「液状化地域ゾーニングマニュアル【1998年1月】」では、地形から見た液状化判定基準として、次のような基準が示されている。

表-5.2.1 地形から見た液状化判定基準※13

液状化地域ゾーニングマニュアル 旧国土庁 1998 P34					
地盤表層の液状化可能性の程度					微 地 形 区 分
グレード [*]	グレード 2				
1	レベル 1 地震動		レベル 2 地震動		
液 状 化 の 検 討 を 要 す る 地 域	大	液状化の 可能性は 大きい。	極大	液状化の 可能性は 非常に大きい。	埋立地、盛土地、旧河道、旧池沼、 蛇行州、砂泥質の河原、人工海浜、 砂丘間低地、堤間低地、湧水地点
	小	液状化の 可能性は 小さい。	大	液状化の 可能性は 大きい。	自然堤防、湿地、砂州、後背低地、 三角州、干拓地、緩扇状地 デルタ型谷底平野
	極小	液状化の 可能性は 極めて小。	小	液状化の 可能性は 小さい。	扇状地、砂礫質の河原、砂礫州、 砂丘、海浜 扇状地型谷底平野
要しない 地域	無	可能性無し。	無	可能性無し。	台地、丘陵地、山地

（注1）・ここで言う盛土地とは、崖・斜面に近接した盛土地、低湿地・干拓地・谷底平野の上の盛土地をさす。これ以外の盛土地は、盛土前の地形区分と同等に扱う。

（注2）・自然堤防のうち、自然堤防縁辺部、比高の小さい自然堤防等、地下水位が高い部分（G.L_2m～G.L_3m 以浅）は液状化の可能性を1ランク高く評価する。

・砂丘のうち、砂丘末端斜面、切土部等、地下水位が高い部分は液状化の可能性を2ランク高くする。

・段丘、台地上でも凹地部分等では、地下水位が高いため、液状化の可能性がある。

これによれば自然堤防はレベル1地震動においては、液状化の可能性は無いとされているが、レベル2地震動では液状化の可能性があるとされている。本調査地は、自然堤防上に位置しており、「地形から見た液状化判定基準」から本調査地を判定すると、地盤全体の概略評価で「液状化の検討を要する」と判断される。

2) 一般的な土質調査・試験をもとにした簡易な予測方法

室内実験などから求めた限界N値と原位置で測定したN値とを比較して判定を行う「限界N値法」と、液状化強度比と繰返しせん断応力比の比をとって液状化に対する安全率を計算する「 F_L 法」の2通りの手法がある。

また、室内地盤材料試験（繰返し三軸試験）や地震応答解析を行う詳細な予測方法もあるが、本調査では室内地盤材料試験（繰返し三軸試験）を実施していないため、上述したN値や粒度試験、液性・塑性限界試験結果を用いて予測する。具体的な計算は（2）で記述する。

(2) 液状化判定

1) 液状化を考慮すべき土の種類

液状化を考慮すべき土の種類は、「国土交通省大臣官房官庁営繕部整備課：建築構造設計基準の資料【2020年】」によると、以下の5項目である。

- i. 以下に該当する砂質地盤であること
 - a. 砂質土で粒径が比較的均一な中粒砂からなること
 - b. 地下水で飽和していること
 - c. N値がおおむね15以下であること
- ii. 細粒分含有率が35%以下の土であること
- iii. 粘土分（0.005mm以下の粒径をもつ土粒子）含有率が10%以下、または塑性指数が15%以下の埋立あるいは盛土地盤
- iv. 細粒土を含む礫や透水性の低い土層に囲まれた礫
- v. 自然堆積の砂地盤だけでなく、シルト、まさ土（風化花崗岩）、建設発生土のような材料が人工埋立に用いられている場合

※検討する深さは、一般に地表面より20m以浅としてよい。

上記のi、iv、v 該当層については、柱状図により判断できる。ii、iii 該当層は粒度試験結果が必要である。

2) 液状化判定方法

i. 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。

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_z} = \gamma_n \frac{\alpha_{max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} \gamma_d$$

ここに、 τ_d : 水平面に生じる等価な一定繰返しせん断応力振幅 (kN/m²)

σ'_z : 検討深さにおける有効土被り圧 (鉛直有効応力) (kN/m²)

γ_n : 等価の繰返し回数に関する補正係数で、

0.1(M-1)、Mはマグニチュード

g : 重力加速度 (980gal) (cm/s²)

α_{max} : 地表面における設計用水平加速度 (cm/s²)

σ_z : 検討深さにおける全土被り圧 (鉛直全応力) (kN/m²)

γ_d : 地盤が剛体でないことによる低減係数で

$$\gamma_d = 1 - 0.015z$$

z はメートル単位で表した地表面からの検討深さ

ii. 対応する深度の補正 N 値 (N_a) を次式から求める。

$$N_1 = C_N \cdot N$$

$$C_N = \sqrt{98 / \sigma'_z}$$

$$N_a = N_1 + \Delta N_f$$

ここに、 N_1 : 換算 N 値

C_N : 拘束圧に関する換算係数

ΔN_f : 細粒分含有率 F_c に応じた補正 N 値増分で図-5.4.1 による

N : 実測 N 値

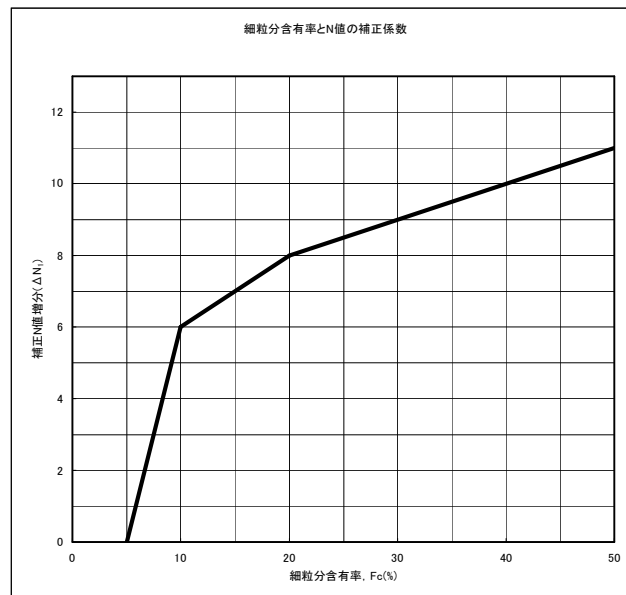


図-5.2.1 細粒分含有率と N 値の補正係数^{※6}

建築基礎構造設計指針 日本建築学会 2019.11 P52

iii. 図-5.2.2 の限界せん断ひずみ曲線 5%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 を求める。

$$R = \tau_c / \sigma'_z$$

ここに、 τ_c : 水平面における液状化抵抗

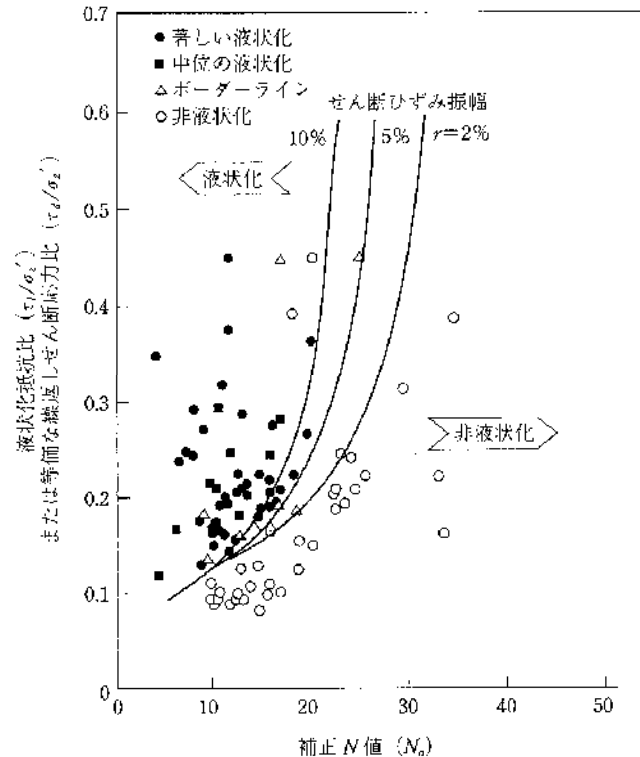


図-5.2.2 補正 N 値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係^{※6}
建築基礎構造設計指針 日本建築学会 2019.11 P51

iv. 各深さにおける液状化発生に対する安全率 F_L を次式により計算する。

$$F_L = \frac{\tau_c / \sigma'_z}{\tau_d / \sigma'_z}$$

上式から求めた 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がないものと判定する。逆に、1 以下となる場合はその可能性があり、値の小さくなるほど液状化発生危険度が高く、また、 F_L の値が 1 を切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。

以下に、液状化危険度予測に伴う留意点を述べる。

- 液状化の検討に用いる地表面における設計用水平加速度 α_{max} は 2.0 m/s^2 を用いて検討を行う。上部構造の検討レベル等に照らして、さらに高い加速度レベルにおける地盤性状を把握しておくことが望ましいと判断される場合は、水平加速度を適宜割増して、液状化する限界加速度を求め、予測される液状化の程度を検討しておく。この場合、推奨値として 3.5 m/s^2 程度とし、最大値で 4.0 m/s^2 程度を目安と考えてよい。
- 液状化の判定には繰返し三軸試験結果も併せて考慮することが望ましい。

なお、液状化の判定方法は「(社) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針^{※6}【2019 年】4.5 節 地盤の液状化」にて述べられている以下の方法で判定する。

3) 液状化判定条件

i. 検討条件

- a. 検討対象孔 : 全孔
- b. 設計用水平加速度 : $150 \cdot 200 \text{ cm/s}^2$ (国土交通省大臣官房官庁営繕部整備課：建築構造設計基準の資料【2020 年】、損傷限界検討用)
- c. 地震のマグニチュード : $M=7.5$
- d. 計算対象範囲 : 地下水位以深 (GL-20.0m)
- e. 細粒分含有率 (%) : 粒度試験結果を採用する (室内地盤材料試験項参照)

※損傷限界：損傷限界状態は、構造上何らかの被害が生じる状態のことをいう。基礎構造が構造的な被害を受けることにより、構造物を再使用するためには構造上の補修・補強などを必要とする限界の状態をいう。また、地盤や基礎構造が原因で、上部構造が構造上の補修・修復などを必要とする状態もこれに含める。

ii. 計算プログラム

中央開発(株)液状化簡易判定ソフト (CKC-Liq) ver5.6.7 を用いて液状化検討を行った。

iii. その他の条件

試験を実施していない層の概略値は、表-5.2.2 の値を使用する。

表-5.2.2 土質分類と単位重量、平均粒径、細粒分含有率の概略値

土質分類	地下水位面下の単位重量 $\gamma_{t2}(\text{kN/m}^3)$	地下水位面上の単位重量 $\gamma_{t1}(\text{kN/m}^3)$	平均粒径 $D_{50}(\text{mm})$	細粒分含有率 $FC(\%)$
表土	17.0	15.0	0.02	80
シルト	17.5	15.5	0.025	75
砂質シルト	18.0	16.0	0.04	65
シルト質細砂	18.0	16.0	0.07	50
微細砂	18.5	16.5	0.1	40
細砂	19.5	17.5	0.15	30
中砂	20.0	18.0	0.35	10
粗砂	20.0	18.0	0.6	0
砂れき	21.0	19.0	2.0	0

4) 液状化判定結果

図-5.2.3～図-5.2.10 に判定結果図を、表-5.2.3 に液状化判定結果一覧表として示す。

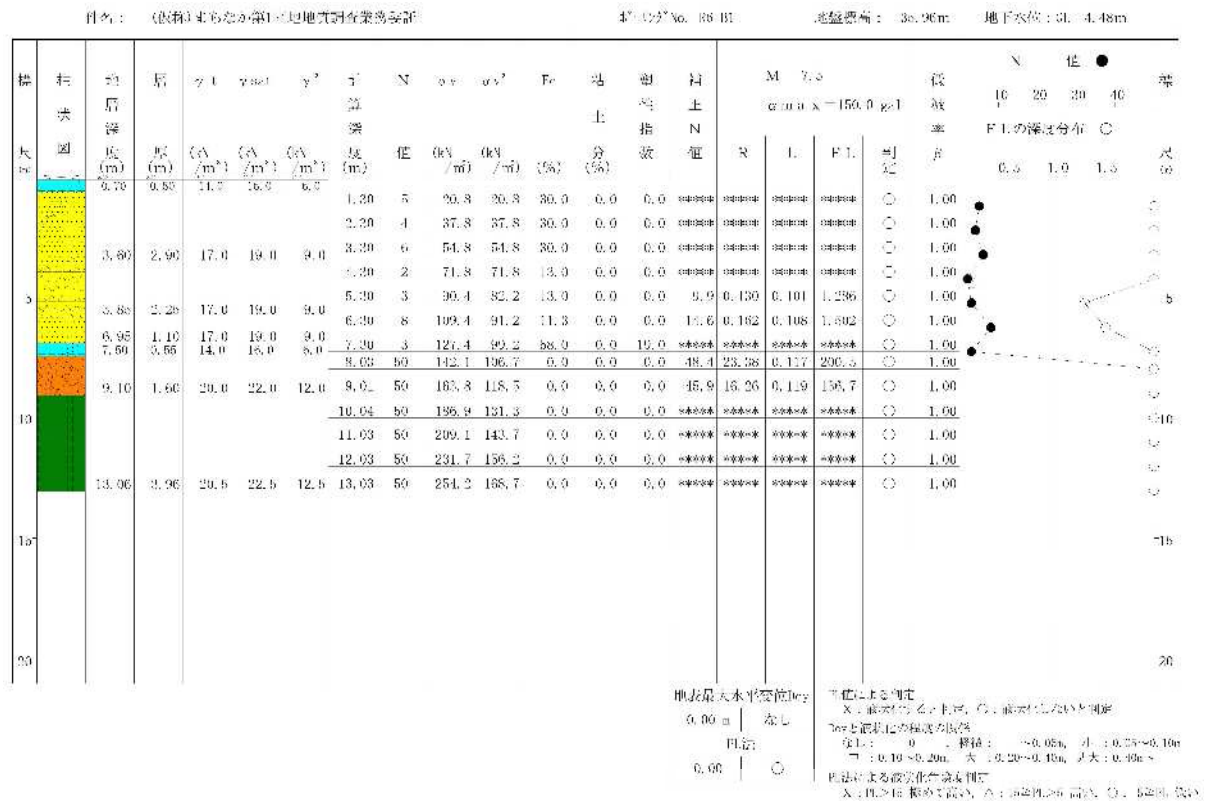


図-5.2.3 R6-B1 液状化判定結果 (150gal)

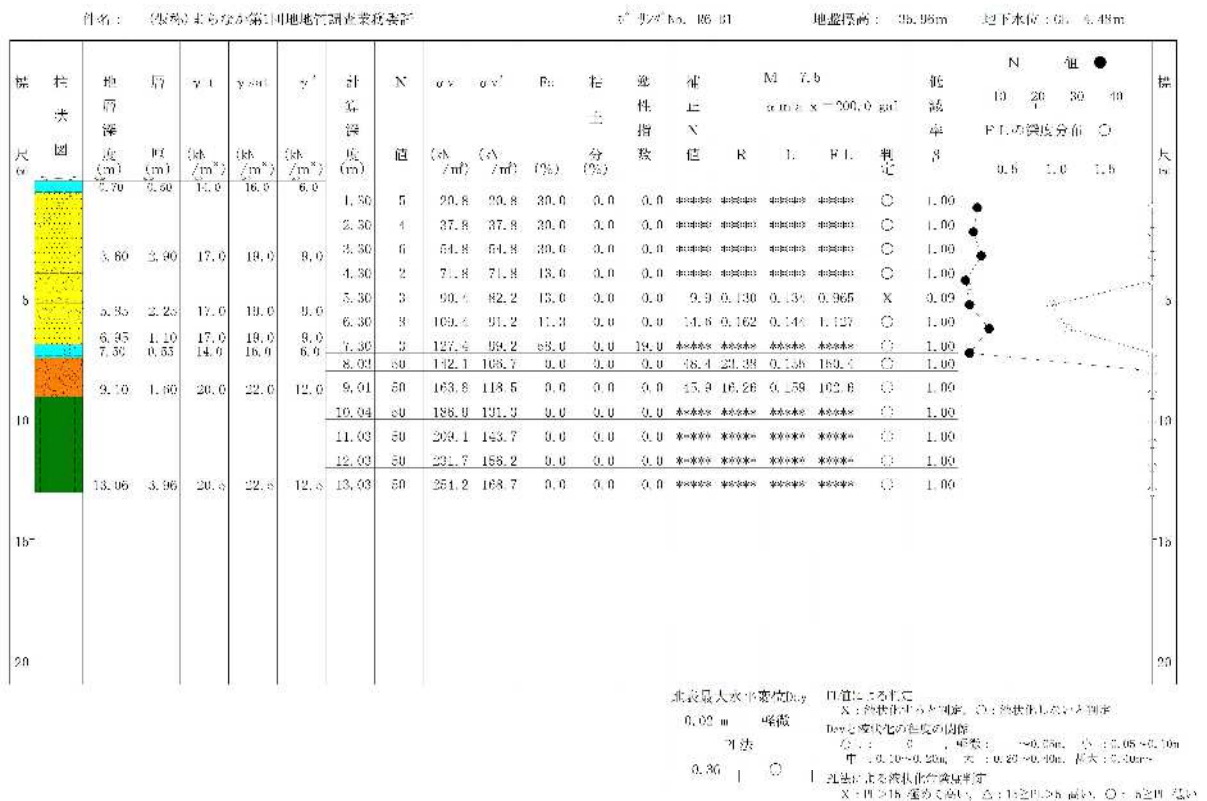


図-5.2.4 R6-B1 液状化判定結果 (200gal)

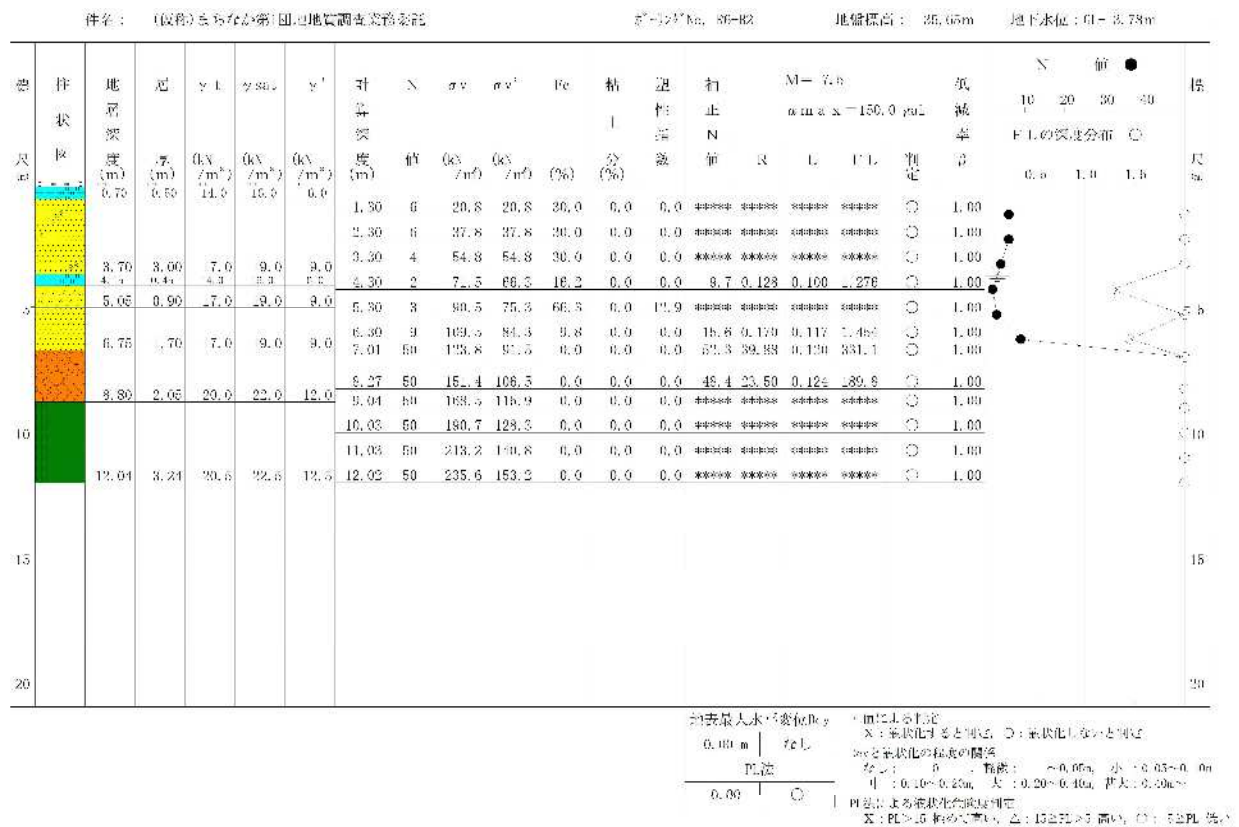


図-5.2.5 R6-B2 液状化判定結果 (150gal)

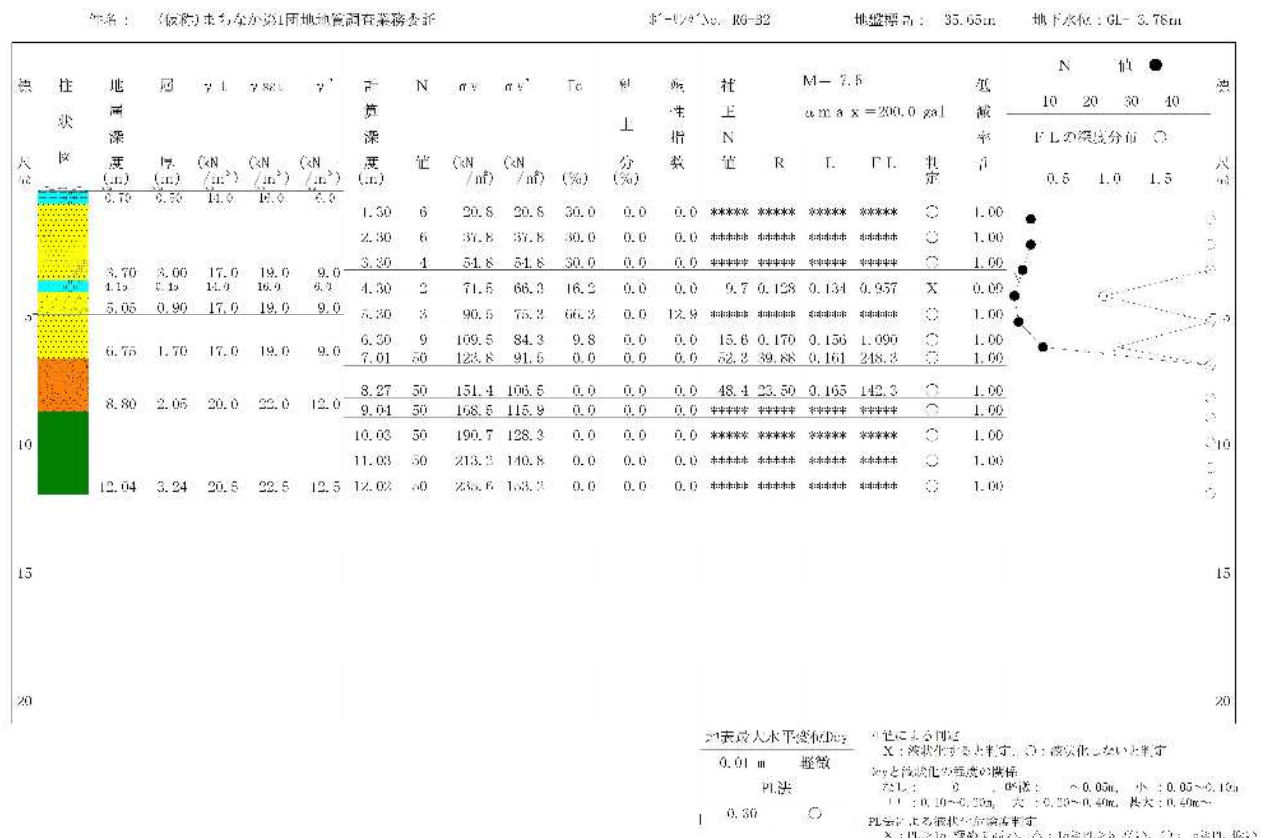


図-5.2.6 R6-B2 液状化判定結果 (200gal)



表-5.2.3 液状化算定結果一覽表

【150gal】

R6-B1 (地下水位 GL-4.48m)				
計算深度	土質	N 値	安全率 F _L	判定
1.30	Dvs	5	—	—
2.30		4	—	—
3.30		6	—	—
4.30	Dp	2	—	—
5.30		3	1.286	○
6.30	Ds	8	1.502	○
7.30	Dc3	3	—	—
8.03	Dg	50	200.5	○
9.01		50	136.7	○
10.04	BR1	50	—	—
11.03		50	—	—
12.03		50	—	—
13.03		50	—	—
PL 値			0.00	

【200gal】

R6-B1 (地下水位 GL-4.48m)				
計算深度	土質	N 値	安全率 F _L	判定
1.30	Dvs	5	—	—
2.30		4	—	—
3.30		6	—	—
4.30	Dp	2	—	—
5.30		3	0.965	×
6.30	Ds	8	1.127	○
7.30	Dc3	3	—	—
8.03	Dg	50	150.4	○
9.01		50	102.6	○
10.04	BR1	50	—	—
11.03		50	—	—
12.03		50	—	—
13.03		50	—	—
PL 値			0.36	

R6-B2 (地下水位 GL-3.78m)				
計算深度	土質	N 値	安全率 F _L	判定
1.30	Dvs	6	—	—
2.30		6	—	—
3.30		4	—	—
4.30	Dp	2	1.276	○
5.30	Ds	3	—	—
6.30		9	1.454	○
7.01	Dg	50	331.1	○
8.27		50	189.8	○
9.04	BR1	50	—	—
10.03		50	—	—
11.03		50	—	—
12.02		50	—	—
PL 値			0.00	

R6-B2 (地下水位 GL-3.78m)				
計算深度	土質	N 値	安全率 F _L	判定
1.30	Dvs	6	—	—
2.30		6	—	—
3.30		4	—	—
4.30	Dp	2	0.957	×
5.30	Ds	3	—	—
6.30		9	1.090	○
7.01	Dg	50	248.3	○
8.27		50	142.3	○
9.04	BR1	50	—	—
10.03		50	—	—
11.03		50	—	—
12.02		50	—	—
PL 値			0.30	

【150gal】

R6-B3 (地下水位 GL-4.28m)				
計算深度	土質	N 値	安全率 F _L	判定
1.30	Dvs	4	—	—
2.32		3	—	—
3.30		9	—	—
4.30	Dp	4	1.566	○
5.30		2	1.254	○
6.30	Dc2	2	—	—
7.30		3	—	—
8.30	Dg	31	9.193	○
9.19	BR1	50	—	—
10.10		50	—	—
11.09		50	—	—
12.10		50	—	—
13.12		50	—	—
14.10		50	—	—
PL 値			0.00	

【200gal】

R6-B3 (地下水位 GL-4.28m)				
計算深度	土質	N 値	安全率 F _L	判定
1.30	Dvs	4	—	—
2.32		3	—	—
3.30		9	—	—
4.30	Dp	4	1.174	○
5.30		2	0.941	×
6.30	Dc2	2	—	—
7.30		3	—	—
8.30	Dg	31	6.895	○
9.19	BR1	50	—	—
10.10		50	—	—
11.09		50	—	—
12.10		50	—	—
13.12		50	—	—
14.10		50	—	—
PL 値			0.52	

R6-B4 (地下水位 GL-4.96m)				
計算深度	土質	N 値	安全率 F _L	判定
1.30	Dvs	3	—	—
2.30		4	—	—
3.30		7	—	—
4.30	Dp	3	—	—
5.33		2	1.303	○
6.30		2	—	—
7.30	Ds	10	1.776	○
8.30	Dg	31	7.792	○
9.30		29	4.327	○
10.30		50	83.88	○
11.11	BR1	50	—	—
12.13		50	—	—
13.14		50	—	—
14.10	BR2	50	—	—
15.10		50	—	—
PL 値			0.00	

R6-B4 (地下水位 GL-4.96m)				
計算深度	土質	N 値	安全率 F _L	判定
1.30	Dvs	3	—	—
2.30		4	—	—
3.30		7	—	—
4.30	Dp	3	—	—
5.33		2	0.977	×
6.30		2	—	—
7.30	Ds	10	1.332	○
8.30	Dg	31	5.844	○
9.30		29	3.245	○
10.30		50	62.91	○
11.11	BR1	50	—	—
12.13		50	—	—
13.14		50	—	—
14.10	BR2	50	—	—
15.10		50	—	—
PL 値			0.16	

上記の液状化判定結果から、Dp 層で「×：液状化する可能性がある」と判定された。

FL 値では深度ごとの液状化判定を行うが、地点の液状化判定は PL 値で行う。

PL=0 液状化危険度は極めて低い

0<PL≤5 液状化危険度は低い

5<PL≤15 液状化危険度はやや高い

PL≥15 液状化危険度は極めて高い

PL 値の判定「150gal」では、PL 値「0.00」であるため、全体に液状化の危険度が極めて小さいと考えられる。「200gal」では、「0.16～0.52」と一部の地層で局部的に液状化の可能性があるが、地点的評価では、液状化の可能性が低いと考えられる。

したがって、1) 地形や液状化履歴をもとにした概略的な予測法、2) 一般的な土質調査・試験をもとにした簡易な予測方法から、液状化すると判定された深度については、杭基礎設計時に水平地盤反力係数や摩擦力の低減、浮力の考慮などが必要と考える。

5.3 建築構造物基礎およびその他

調査結果から建築構造物のそれぞれの設計・施工上の留意点を以下に述べる。

以下に、構造物基礎について地形地質や調査結果等を基に述べる。

(1) 地形および地盤種別から選択される基礎形式

本地点は、馬淵川沿いに発達する自然堤防と砂礫台地の境界付近に位置する。地層分布は第四紀更新世の未固結堆積物が比較的厚く分布する。

このような地形・地質的条件を有する地盤は、表-5.3.1によると「I-B種」の地盤に分類される。

表-5.3.1 地形と表層部の工学的性質による分類

地盤種別	地 形	表層部の土質等の工学的性質
I-A種	山岳地	岩盤及び硬質土 地耐力 $>100\text{tf/m}^2$ ($q_u>10\text{kgf/cm}^2$)
I-B種	台 地 丘陵地	洪積層(関東ローム, シラス層も含む, 扇状地及び段丘の堆積物(沖積世のものも含む), 風化土層 地耐力 $>10\sim100\text{tf/m}^2$ ($q_u>1\sim10\text{kgf/cm}^2$)
II種	平野, 盆地	一般の沖積層
III種	平野, 海浜 人工造成地	液状化のおそれのある地層, 鋭敏粘土, 腐植土層(泥炭(PEAT)を含む), 盛土埋立土(干拓を含む), 廃棄物層

また、地盤種別と基礎形式の関係は大略、表-5.3.2 のようになる。

表-5.3.2 地盤種別と基礎形式(RC造の場合)

地盤種別 建物規模	べた基礎にしたときの 平均接地圧	I-A種	I-B種	II種	III種
低層(1~3)階	5tf/m^2 以下	直接	直接	直接(杭等)	杭等
中層(4~5)階	$5\sim10\text{tf/m}^2$	直接	直接(杭等)	杭等	杭等
中層(6~10)階	10tf/m^2 以上	直接	直接・杭	杭	杭等

[注] (): 一部の建物に採用

表-5.3.2によると、調査地のように「I-B種」に分類される地盤では基本的には直接基礎で対応可能ではあると思うが、場合によっては杭基礎形式や地盤改良工が必要となってくる。

あくまで、地形および地盤種別のみによる基礎形式選定であり、実際の調査結果(ボーリング結果、原位置試験結果、室内試験結果)から設計時に検討されたい。

(2) 本調査結果に基づく基礎形式の検討

建築物の荷重、工費にもよるが、直接基礎を採用する場合は、表層付近に Bs 層・Ac 層・Dvs 層(代表 N 値 5)が分布することより、地盤改良等が必要となる可能性がある。

杭基礎を採用する場合、今回の調査で得られた地盤データや施工条件より杭形式選定することとなるが、本調査結果から杭種を選定する際、次の事項を考慮する。

- ・良好な支持層は、地点や深度によるが、 $N \geq 50$ の GL-6.75m~7.90m 以深の Dg 層および BR1 層である。
- ・Dg 層までの土層については、洪積世の地層が基本となるが、N 値は比較的小さい。
- ・Dg 層は、 $\phi 30 \sim 40\text{mm}$ 程度の亜円礫主体である。最大のコア長は 100mm 以下であることから、最大で $\phi 100 \sim 300\text{mm}$ 程度の玉石を点在する可能性がある。
- ・地下水位は GL-3.78m~4.96m に存在する。
- ・液状化判定から、Dp 層の一部で FL 値 ≤ 1 となり、液状化の可能性が高く、中地震程度の地震動によって液状化の可能性があることから、土質定数を低減するなどの配慮が必要である。
- ・近隣には住宅地が隣接することから、工法選定では低振動、低騒音の工法が求められる。

基礎の設計にあたっては、以上の条件の他に経済性なども考慮し、表-5.3.3 に示す選定表より杭種を比較検討することが望まれる。

表-5.3.3 に一般的な基礎形式選定表を掲げる。

表-5.3.3 基礎形式選定表^{※17}
杭基礎設計便覧 日本道路協会 2015.3 P10

選定条件			基礎形式	直 接 基 礎	打込み杭基礎			中掘り杭基礎					鋼管 ソイル セメント 杭基礎	プレ ボー リング 杭基礎	場所打ち杭基礎				ケーソン 基 礎		鋼 管 矢 板 基 礎	地 中 連 続 壁 基 礎						
					R	PHC	鋼管 杭	PHC・SC杭		鋼管杭					最 終 噴 出 打 撃 方 式	最 終 噴 出 打 撃 方 式	打 込 設 計 方 式	最 終 噴 出 打 撃 方 式	打 込 設 計 方 式	オ ー ル ケー ー ス ド リ ル 礎			深	ニ ュー マ チ ッ ク	オ ー ブ			
								打 撃 工 法	ハン プ マ 工 法	最 終 打 撃 方 式	噴 出 攪 拌 方 式	打 込 設 計 方 式														最 終 打 撃 方 式	噴 出 攪 拌 方 式	打 込 設 計 方 式
地 盤 条 件	支持層までの状態	中間層に極軟弱層がある	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○						
		中間層に極硬い層がある	○	×	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△	△	○						
		中間層れき径 50mm以下	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
		にれきれき径 50mm～100mm	○	×	△	△	○	△	△	△	△	△	△	○	○	○	△	○	○	△	○							
		が沁るれき径 100mm～500mm	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	○	△	×						
	支持層の状態	液状化する地盤がある	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
		5m未満	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×						
		5～15m	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	△						
		15～25m	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
		25～40m	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○						
		40～60m	×	×	△	○	○	△	△	△	○	○	○	○	○	△	○	×	×	△	○	○						
		60m以上	×	×	×	△	△	×	×	×	×	×	×	△	△	×	×	×	×	△	△	△						
		支持層 粘性土 (20 ≦ N) の土質	○	○	○	○	○	×	○	△	○	×	△	△	×	○	○	○	○	○	○	○						
		砂・砂れき (30 ≦ N)	○	○	○	○	○	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
		傾斜が大きい (30 程度以上)	○	×	△	○	○	△	△	△	○	○	△	△	△	○	△	△	○	△	△	△						
		支持層面の凹凸が激しい	○	△	△	○	○	△	△	△	○	△	△	△	△	○	○	○	○	△	△	○						
	地下水の状態	地下水位が地表面近い	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○						
		湧水量が極めて多い	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	△	×	○	○	△						
		地表より2m以上の被圧地下水	×	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	△	×						
地下水流速 3m/min 以上		×	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	△	×							
構造物の特性		荷重規模	鉛直荷重が小さい (支間20m以下)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	△	×	×					
	鉛直荷重が普通 (支間20m～50m)		○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
	鉛直荷重が大きい (支間50m以上)		○	×	△	○	○	△	△	△	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	○	○						
	鉛直荷重に比べ水平荷重が小さい		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△						
	鉛直荷重に比べ水平荷重が大きい		○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
	支持形式	支持	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△						
		杭	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△						
		摩擦	△	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	△	△	△	△	△						
		杭	△	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	△	△	△	△	△						
		杭	△	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	△	△	△	△	△						
施工条件	水上施工	水深 5m 未満	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	×	×	○	△	×	△	△	×							
		水深 5m 以上	×	△	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	×	×	△	×	×	△	△	×						
	作業空間が狭い	斜杭の施工	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	△	×	×	×	△	△	×						
		有害ガスの影響	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○						
		周辺環境	△	×	×	×	△	△	○	○	△	○	○	○	○	○	△	○	○	△	△	△	○					

○:適合性が高い △:適合性がある ×:適合性が低い

参考資料および引用文献

1. 青森県史友の会 : 青森県史 自然編 地学 (2001 年)
2. 青森県 : 1/50000 土地分類基本調査図 三戸・一戸 (1996 年)
3. 旧建設省・青森県 : 青森県八戸・三沢地区の地盤 (1970 年)
4. 東日本・中日本・西日本高速道路(株) : 設計要領 第一集 土工【保全編】(2020 年)
5. 国土地理院 : 1/25000 地形図 三戸 (1986 年)
6. (一社)日本建築学会 : 建築基礎構造設計指針 (2009 年)
7. (公社)地盤工学会 : 地盤材料試験の方法と解説 (2020 年)
8. (公社)地盤工学会 : 地盤調査の方法と解説 (2013 年)
9. (公社)日本道路協会 : 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 (2017 年)
10. (公社)日本道路協会 : 道路橋示方書・同解説 IV下部構造編 (2017 年)
11. 工業技術院地質調査所 : 20 万分の 1 地質図「八戸」(1991 年)
12. 国土交通省国土地理院 <http://maps.gsi.go.jp> : 電子国土 Web
13. 旧国土庁 : 液状化地域ゾーニングマニュアル (1998 年)
14. (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 (2009 年)
15. (一社)全国地質調査業協会連合会 オーム社 : ボーリングポケットブック (2013 年)
16. 東日本・中日本・西日本高速道路(株) : 設計要領 第二集 橋梁建設編 (2016 年)
17. (公社)日本道路協会 : 杭基礎設計便覧 (2015 年)