

07 漁単委第3号
みなつと立体駐車場地質調査業務

報 告 書

令和8年3月

株式会社 東建ジオテック

目 次

【本 文】

●調査地案内図(1)・(2)

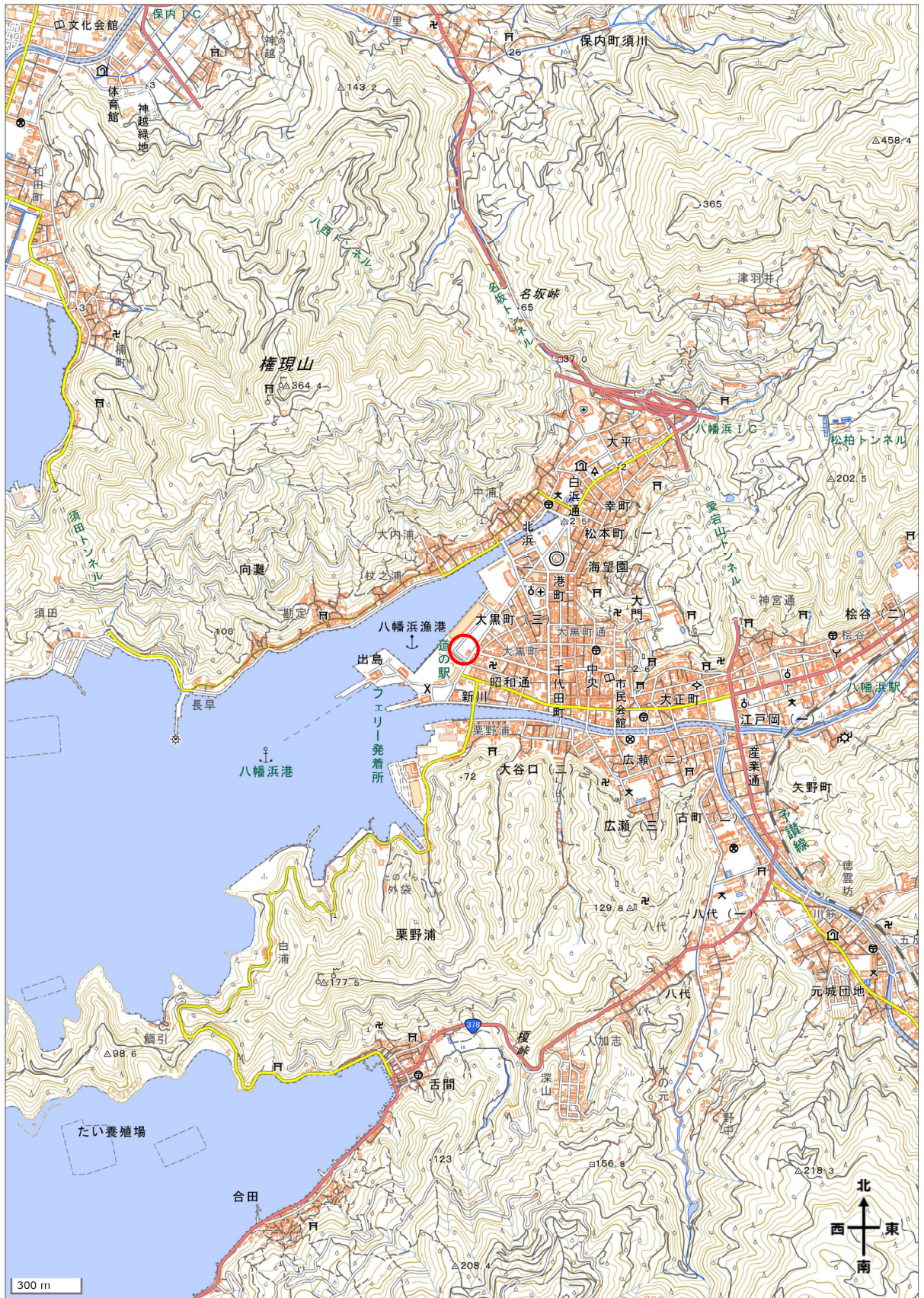
1. 業務概要	(1)
2. 調査方法	
2.1 調査手順	(4)
2.2 使用図書および基準	(5)
2.3 各種調査方法	
2.3.1 機械ボーリング	(6)
2.3.2 標準貫入試験	(10)
2.3.3 孔内載荷試験	(14)
2.3.4 乱れの少ない試料採取	(17)
2.3.5 室内土質試験	(20)
3. 調査結果	
3.1 地形・地質概要	(22)
3.2 機械ボーリング結果	(28)
3.3 標準貫入試験結果	(48)
3.4 孔内載荷試験結果	(51)
3.5 室内土質試験結果	(54)
4. 総合解析とりまとめ	
4.1 調査結果のまとめ	(71)
4.2 設計用地盤定数の検討	(79)
4.3 地盤の液状化の検討	(89)
4.4 支持層・基礎形式について	(112)
4.5 設計・施工上の留意点	(116)

【巻末資料】

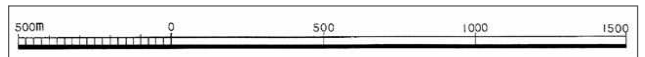
1. 調査位置平面図・推定地質断面図
2. ボーリング柱状図
3. 孔内載荷試験データ
4. 室内土質試験データ
5. 地盤情報検定証明書
6. 内部摩擦角推定計算書
7. 液状化判定計算書
8. 調査記録写真
9. 打合せ記録簿

【付属資料】

- 土質標本 10 箱

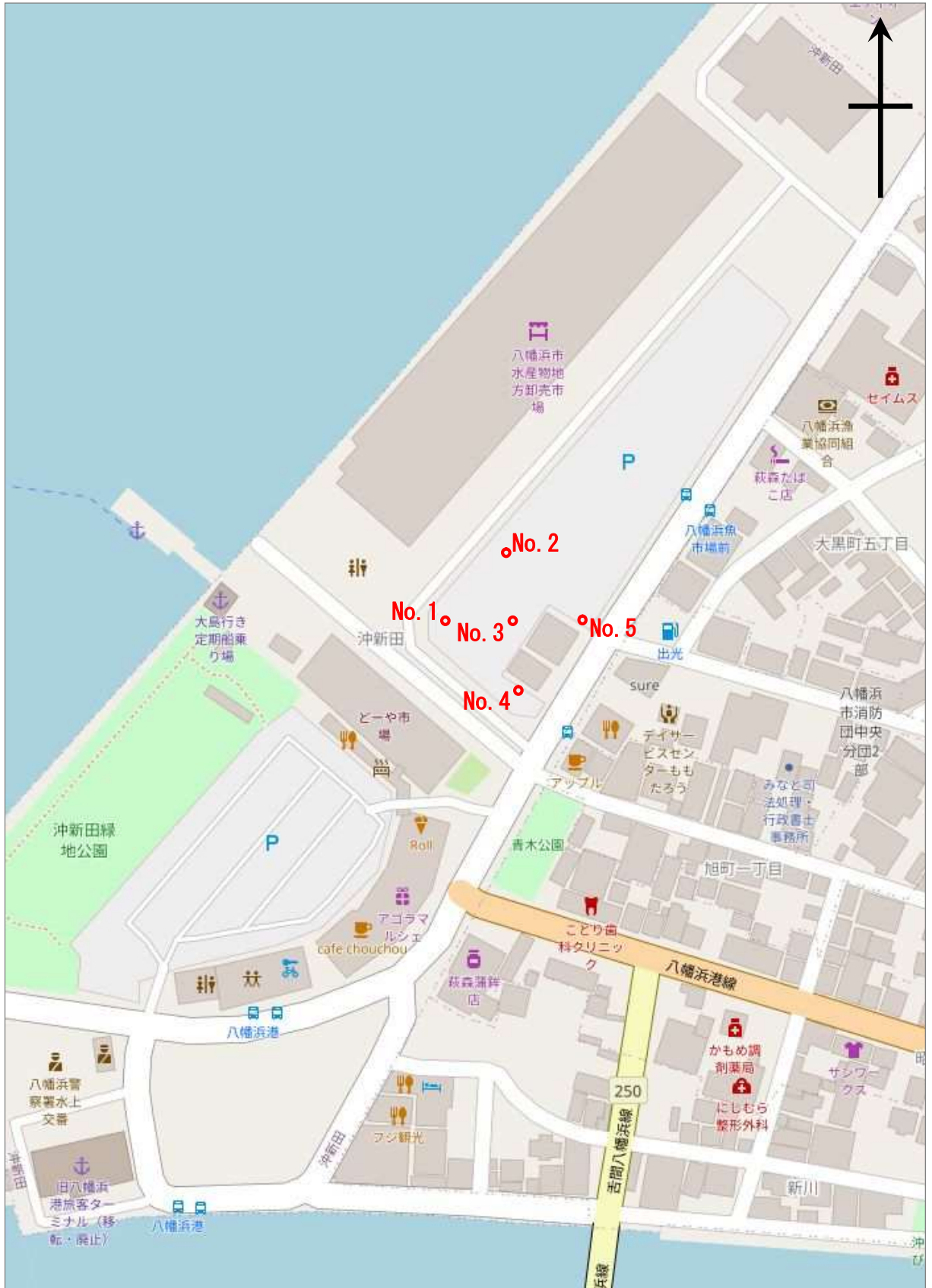


調査地 ○



調査地案内図(1) (S=1:25,000)

出典) 地理院地図(電子国土Web) (<https://maps.gsi.go.jp>) に一部加筆



調査位置 ◦

50m

調査地案内図(2) (任意縮尺)

出典) OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org>) に一部加筆

1. 業務概要

- (1) 業務番号：07 漁単委第3号
- (2) 業務名称：みなつと立体駐車場地質調査業務
- (3) 業務箇所：八幡浜市沖新田地区
- (4) 業務目的： 本業務は、みなつと立体駐車場建設工事に伴い、設計・施工に必要な地盤の基礎資料を得ることを目的とした。
- (5) 業務内容：
- | | |
|------------|----------------------|
| 1) 機械ボーリング | N = 6 本 (L = 342.0m) |
| 2) サンプルング | N = 5 本 |
| 3) 標準貫入試験 | N = 294 回 |
| 4) 孔内載荷試験 | N = 1 回 |
| 5) 室内土質試験 | 1 式 |
| 6) 解析等調査 | 1 式 |
- ※業務内容・数量の詳細は、表 1-1・1-2 参照。
- (6) 業務期間： (自) 令和7年10月 1日
(至) 令和8年 3月27日 (現場作業期間)
- (7) 発注者：八幡浜市長 大城 一郎
監督員 八幡浜市役所 産業建設部 水産港湾課 工務第1係
工務係長 亀井 泰志
- (8) 受注者：株式会社東建ジオテック 松山支店 支店長 細沼 紀康
所在地 〒790-0038 松山市和泉北2丁目12-21
TEL 089-945-3328 FAX 089-943-4688
管理技術者 細沼 紀康
(技術士 応用理学部門-地質・総合技術監理部門、地質調査技士)
担当技術者 片岡 健 (地質調査技士、地盤品質判定士)
中川 裕二 (RCCM 土質及び基礎部門、地質調査技士)
彦坂 章仁
(技術士 建設部門-土質及び基礎、地質調査技士、測量士)
- (9) 成果品：
- | | |
|---------|------|
| 1) 報告書 | 1 式 |
| 2) 土質標本 | 10 箱 |

表 1-1 業務数量表(1)

No.1

地質調査業務

名称	規格	単位	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	合計	備考						
せん孔作業															
せん孔作業 (本孔) φ66mm 鉛直下方	粘性土・シルト	m	20.0	24.7	20.0	22.6	20.0	28.1	20.0	27.0	20.0	27.4	100.0	129.8	ノンコア
	砂・砂質土	m	5.0	13.5	5.0	15.2	5.0	4.7	5.0	4.1	5.0	3.5	25.0	41.0	ノンコア
	礫混じり土砂	m	31.0	20.8	31.0	21.2	31.0	13.8	31.0	29.0	31.0	28.1	155.0	112.9	ノンコア
	玉石混じり土砂	m						11.4		0.9			-	12.3	ノンコア
	固結シルト・固結粘土	m													
	合計	m	56.0	59.0	56.0	59.0	56.0	58.0	56.0	61.0	56.0	59.0	280.0	296.0	
せん孔作業 (別孔) φ116mm 鉛直下方	粘性土・シルト	m						20.0	25.4				20.0	25.4	ノンコア
	砂・砂質土	m						5.0	3.7				5.0	3.7	ノンコア
	礫混じり土砂	m						31.0	5.5				31.0	5.5	ノンコア
	玉石混じり土砂	m							11.4				-	11.4	ノンコア
	固結シルト・固結粘土	m													
	合計	m						56.0	46.0				56.0	46.0	
サンプリング															
シンウォールサンプリング		本						1	3				1	3	予備2本
トリプルサンプリング		本						1	2				1	2	予備1本
サウンディング及び原位試験															
標準貫入試験	粘性土・シルト	回	20	25	20	22	20	29	20	27	20	28	100	131	
	砂・砂質土	回	5	14	5	16	5	4	5	4	5	4	25	42	
	礫混じり土砂	回	31	20	31	21	31	14	31	29	31	27	155	111	
	玉石混じり土砂	回						10					-	10	
	固結シルト・固結粘土	回													
	合計	回	56	59	56	59	56	57	56	60	56	59	280	294	
孔内載荷試験	普通載荷	回						1	1				1	1	
土質試験費															
土粒子の密度試験	試料	4	7	4	5	4	1		2	4		4	20	15	
土の粒度試験 フルイ分析 (砂質土)	試料	10	2	10	5	10	5		10	8	10	8	50	28	
土の粒度試験 沈降分析 (粘性土)	試料	4	7	4	5	4	1		2	4		4	20	15	
土の液性限界試験	試料	4	7	4	5	4	1		2	4		4	20	15	
土の塑性限界試験	試料	4	7	4	5	4	1		2	4		4	20	15	
土の湿潤密度試験	試料								2				-	2	
三軸圧縮試験 非圧密非排水 (粘性土) UU	試料							1	2				1	2	
圧密試験	試料							1	2				1	2	
解析等調査業務 (直接調査費分)															
資料整理とりまとめ	業務												1	1	本数:5本
断面図等の作成	業務												1	1	本数:5本
直接経費															
地盤情報の検定費	業務	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	5	5	
間接調査費 (運搬費)															
クレーン付トラック運転	クレーン装置付3t積 2.9t吊	日											2	2	
間接調査費 (準備費)															
準備及び跡片付け	業務												1	1	
給水費	箇所		1		1		1		1		1		-	6	
調査孔閉塞	箇所	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	
間接調査費 (仮設費)															
平地地足場	高さ0.3m以下	箇所	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	50m超80m以下
間接調査費 (安全費)															
環境保全	仮囲い	箇所	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	

※左列赤字が当初数量、右列黒字が実施数量をあらわす。

表 1-2 業務数量表(2)

解析業務

No. 2

名 称	規 格	単位	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	合計	備 考
解析等調査業務（解析等調査業務費分）									
計画準備		業務						-	1
既存資料の収集・現地調査		業務						1	1 本数：5本
資料整理とりまとめ		業務						1	1 本数：5本
断面図等の作成		業務						1	1 本数：5本
総合解析とりまとめ		業務						1	1 本数：5本 試験種目数：6～9種
打合せ									
打合せ	中間打合せ1回	業務						1	1

※左列赤字が当初数量、右列黒字が実施数量をあらわす。

2. 調査方法

2.1 調査手順

本調査は、おもに以下の手順で実施した。

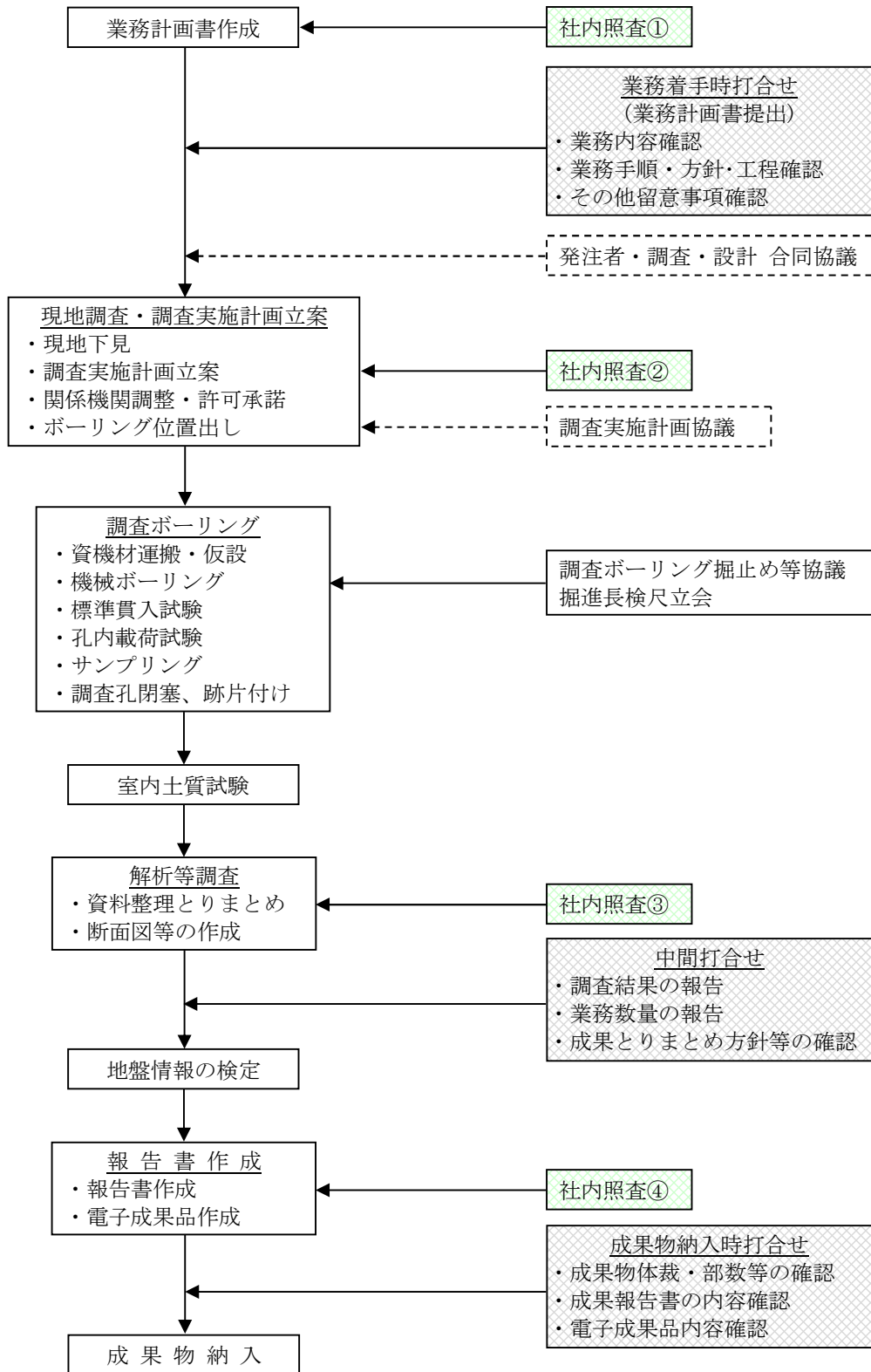


図 2.1-1 本業務のおもな作業フロー

2.2 使用図書および基準

本業務で使用したおもな図書・基準は以下のとおりである。

(1) 仕様書・基準・要領等

- 1) 本業務契約書・設計書・特記仕様書
- 2) 愛媛県：地質・土質調査共通仕様書
- 3) 愛媛県：測量業務共通仕様書
- 4) 愛媛県：土木設計業務等の電子納品要領
- 5) (一社)全国地質調査業協会連合会・社会基盤情報標準化委員会（H27年6月）：ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案)・同解説
- 6) 国土交通省（H28年10月）：地質・土質調査成果電子納品要領
- 7) (一社)日本建築学会（2019年）：建築基礎構造設計指針

(2) 参考図書

- 1) (公社)地盤工学会（2013年）：地盤調査の方法と解説
- 2) (公社)地盤工学会（2020年）：地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]

2.3 各種調査方法

2.3.1 機械ボーリング

(1) 目的

機械ボーリングは、採取試料（標準貫入試験試料）や掘進状況から、土質・地下水状況等を把握することを目的として実施した。

(2) 仕様

ボーリングは、標準貫入試験併用の鉛直ボーリング、ノンコア、孔径φ66mmで実施した。ただし、孔内載荷試験および乱れの少ない試料採取を行ったNo.3別孔については、ノンコア、孔径φ116mmで実施した。

なお、ボーリングマシンの機構および装置の模式図を **図 2.3.1-1** に示す。

(3) 方法

1) 位置出し

ボーリング地点の位置出しは、調査敷地近傍の基準点（J04 交 10、10A15）をもとに、トータルステーションを用いた測量にて行った。

また、ボーリング地点の地盤高さは、同じく調査敷地近傍の基準点（BM.1）を仮ベンチマーク（KBM）とし、レベル測量にて測定した。

2) 機材運搬・仮設

ボーリング機材の運搬・仮設には、クレーン付トラックを使用した。

また、周辺環境に配慮し、騒音防止のため防音シートを設置した。

3) 掘進作業

掘進作業にあたっては、地層状況によりビットの選択や給圧・回転数・送水量等を調整し、地層の状態や微細な変化に注意しながら掘進した。

また、ボーリング孔の孔壁保護と崩壊防止のため、送水には泥水を使用し、ケーシングを挿入しながら掘進した。

なお、掘進期間中は、地下水状況を把握する目的で作業の前後に孔内水位を測定した。

※ 無水掘り：水を使用しないでボーリングを行う掘進方法のこと。

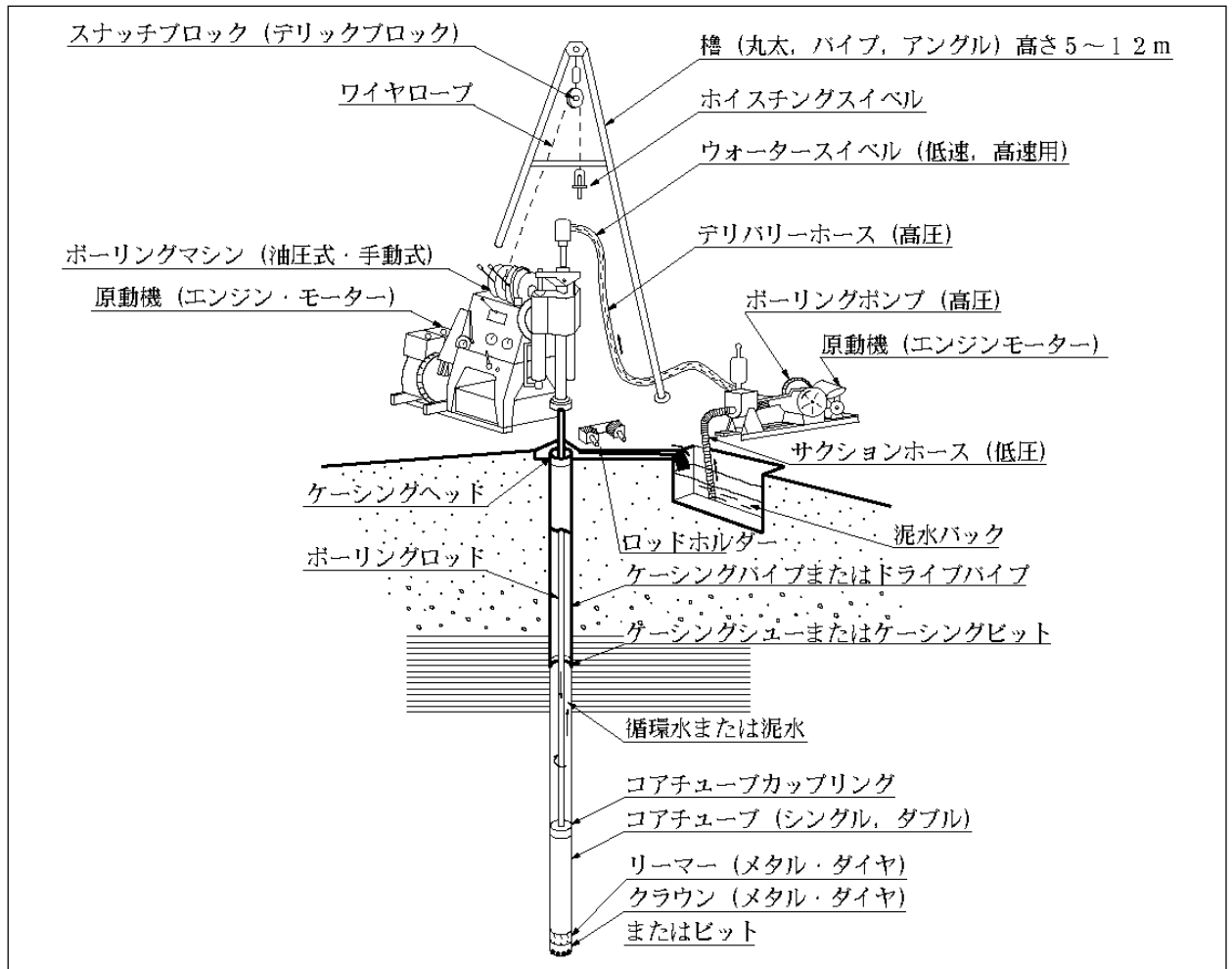


図 2.3.1-1 オイルフィード型ボーリングマシンの機構および装置

出典) (社) 全国地質調査業協会連合会 (1993 年) : 新版ボーリングポケットブック、p. 26、オーム社

(4) 結果の整理

1) 土質区分

土質区分は、地盤工学会の基準 (図 2.3.1-2・2.3.1-3) をもとに区分した。

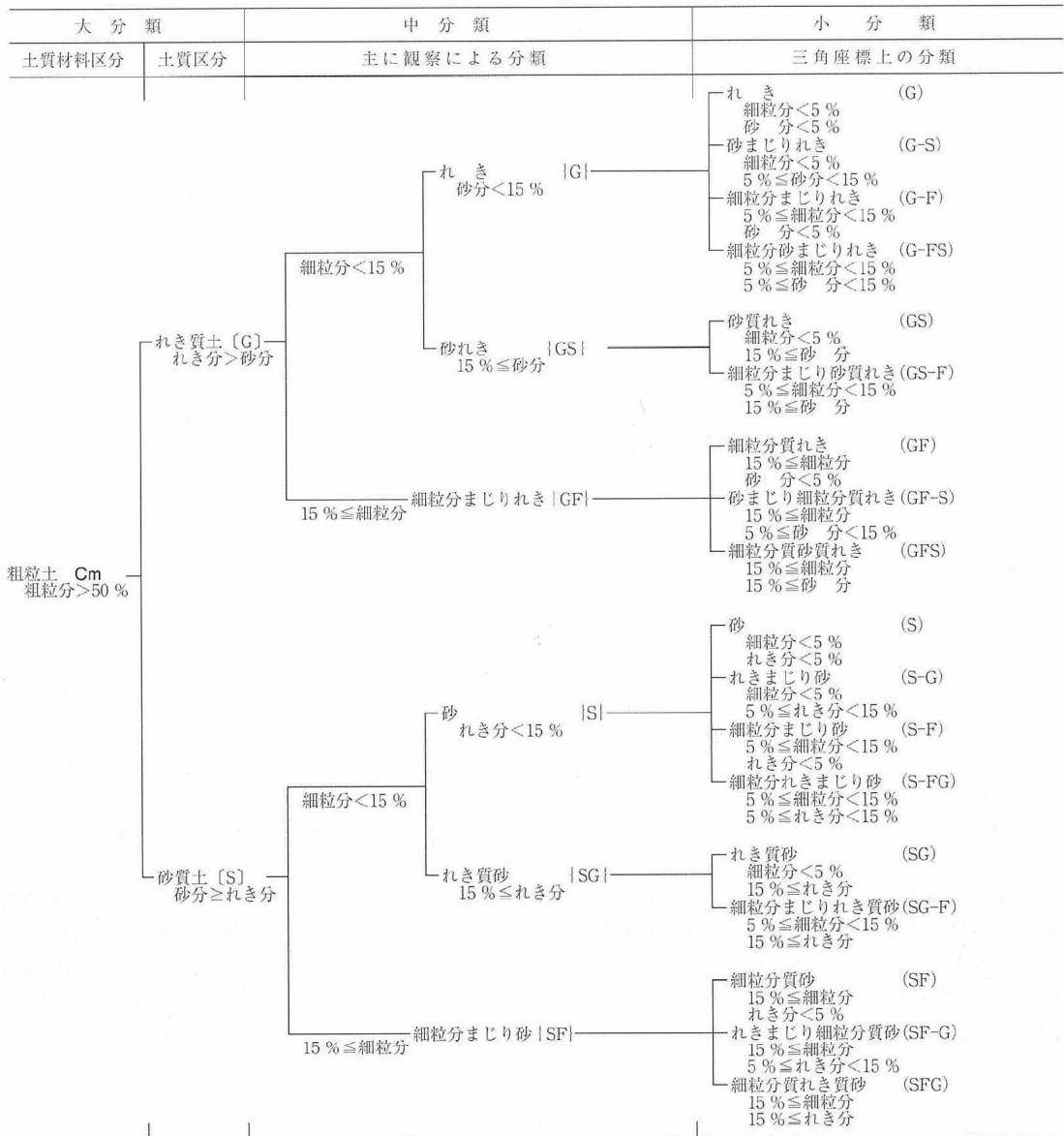
なお、肉眼判定 (目視や指先での判定) の場合には、粒度やコンシステンシーによる区分の境界を明確に判断することが困難である。

よって、「土の粒度試験」などの室内土質試験を行っていない地層における判定精度は、一般に〇〇質と呼ばれるものはその含有量が相対的に多いものを、〇〇混じりと呼ばれるものはその含有量が相対的に少ないものを指す。

		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	細れき	中れき	粗れき	粗石 (ゴブル)	巨石 (ボルダ)	
		砂			れき			石		
細粒分		粗粒分					石分			

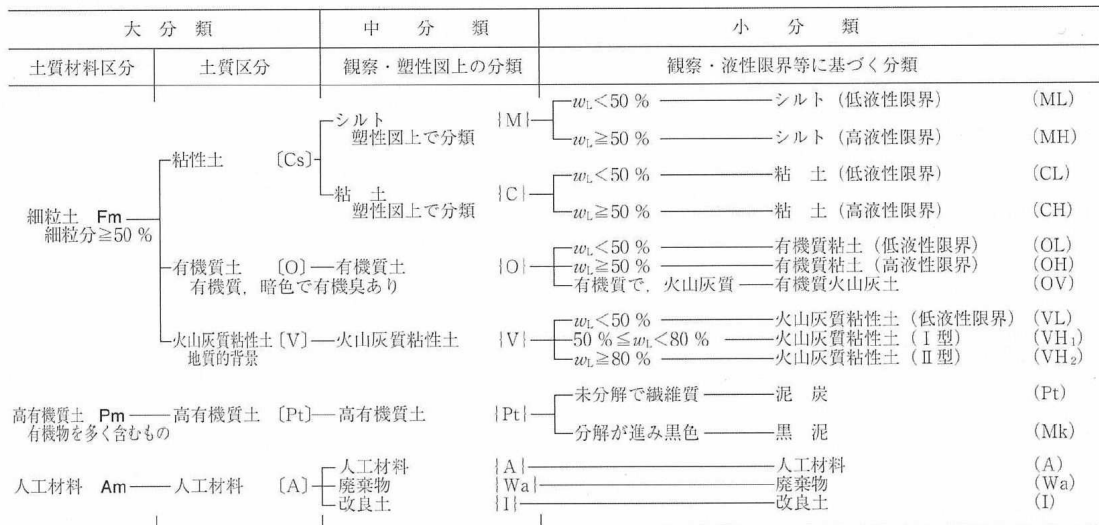
図 2.3.1-2 地盤材料の粒径区分とその呼び名

出典) (公社) 地盤工学会 (2020 年) : 地盤材料試験の方法と解説 [第一回改訂版]、p. 73



注: 粒径区分による含有率は地盤材料全体に対する質量分率 (%)

(a) 粗粒土の工学的分類体系



(b) 細粒土・高有機質土・人工材料の工学的分類体系

図 2.3.1-3 土質材料の工学的分類

出典) (公社)地盤工学会 (2020年) : 地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]、p. 74

2) 柱状図記号

ボーリング結果の整理は、原則として「(一社)全国地質調査業協会連合会(H27年6月):ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案)・同解説」に準拠し、所定の記号および図模様(下表)により表示した。

表 2.3.1-1 土質区分コード・柱状図模様一覧

分類名(記号)	コード	図模様
玉石(B)	51000010	
礫(G)	531111000	
粗礫(CG)	531111100	
中礫(MG)	531111200	
細礫(FG)	531111300	
砂礫(GS)	531120000	
砂質土(SF)	531200000	
砂(S)	531211000	
粗砂(CS)	531211100	
中砂(MS)	531211200	
細砂(FS)	531211300	
粘性土(C)	532100000	
シルト(M)	532110000	
粘土(CH)	532120000	
有機質土(O)	532200000	
火山灰質粘性土(V)	532300000	
高有機質土(Pt)	533100000	
泥炭(Pt)	533101000	
黒泥(Mk)	533102000	
廃棄物(W)	534110100	
瓦礫(BG)	534110200	
改良土(I)	534120100	
風化土	540110000	
まさ土(WG)	540111000	
赤色土	540112000	
くさり礫	540113000	
火山灰(VA)	540120000	
関東ローム(Lm)	540121000	
黒ぼく(Kb)	540122000	
あかぼや	540123000	
軽石(Pm)	540130000	
しらす(Si)	540131000	
ぼら	540132000	
鹿沼土	540133000	
スコリア(Sc)	540140000	
盛土(BS)	599200001	
埋土(FI)	599200002	
表土(SF)	599200003	
崩積土(Dt)	599200004	
沖積層	999200001	
洪積層	999200002	
破砕帯	999010001	

補助記号	
分類名	図模様
礫質(G)	
砂質(S)	
シルト質(M)	
粘土質(C)	
有機質(O)	
火山灰質(V)	

補助記号	
分類名	図模様
玉石混り(-B)	
礫混じり(-G)	
砂混じり(-S)	
シルト混じり(-M)	
粘土混じり(-C)	
腐植物混じり(-O)	
火山灰混じり(-V)	
貝殻混り(-Sh)	
サンゴ混じり(-Co)	

注:記号と図模様は参考

出典) (社)地盤工学会(2009年):地盤材料試験の方法と解説、p.67

2.3.2 標準貫入試験

(1) 目的

標準貫入試験は、SPTサンプラーを地盤内に動的貫入することによって地盤の硬軟や締まり具合の判定、ならびに土層構成を把握するための試料採取を行うことを目的として実施した。

(2) 定義

標準貫入試験は、ボーリング孔において、質量63.5kgのハンマーを呼び径40.5(JIS G 3465)のロッド上部に取り付けたアンビルに高さ760mmから自由落下させて打撃し、ロッド先端に取り付けたSPTサンプラーを300mm貫入するのに要する打撃回数(N値)を測定する試験である。

下図には、標準貫入試験の模式図を示す。

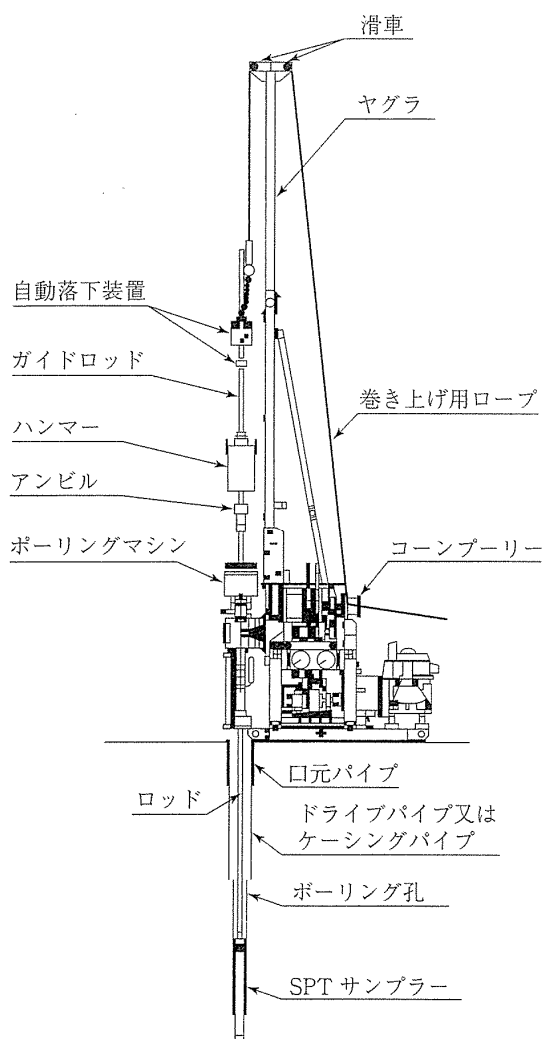


図 2.3.2-1 標準貫入試験模式図

出典) (公社)地盤工学会 (2013年) : 地盤調査の方法と解説、p. 295

(3) 方法

標準貫入試験は、日本産業規格「標準貫入試験方法(JIS A 1219 : 2023)」に準拠し、原則として1m毎に実施した。ハンマー落下装置は、半自動落下型(吊り上げ手動型)を用いた。試験装置および器具の形状を 図 2.3.2-2 に示し、以下では試験手順について述べる。

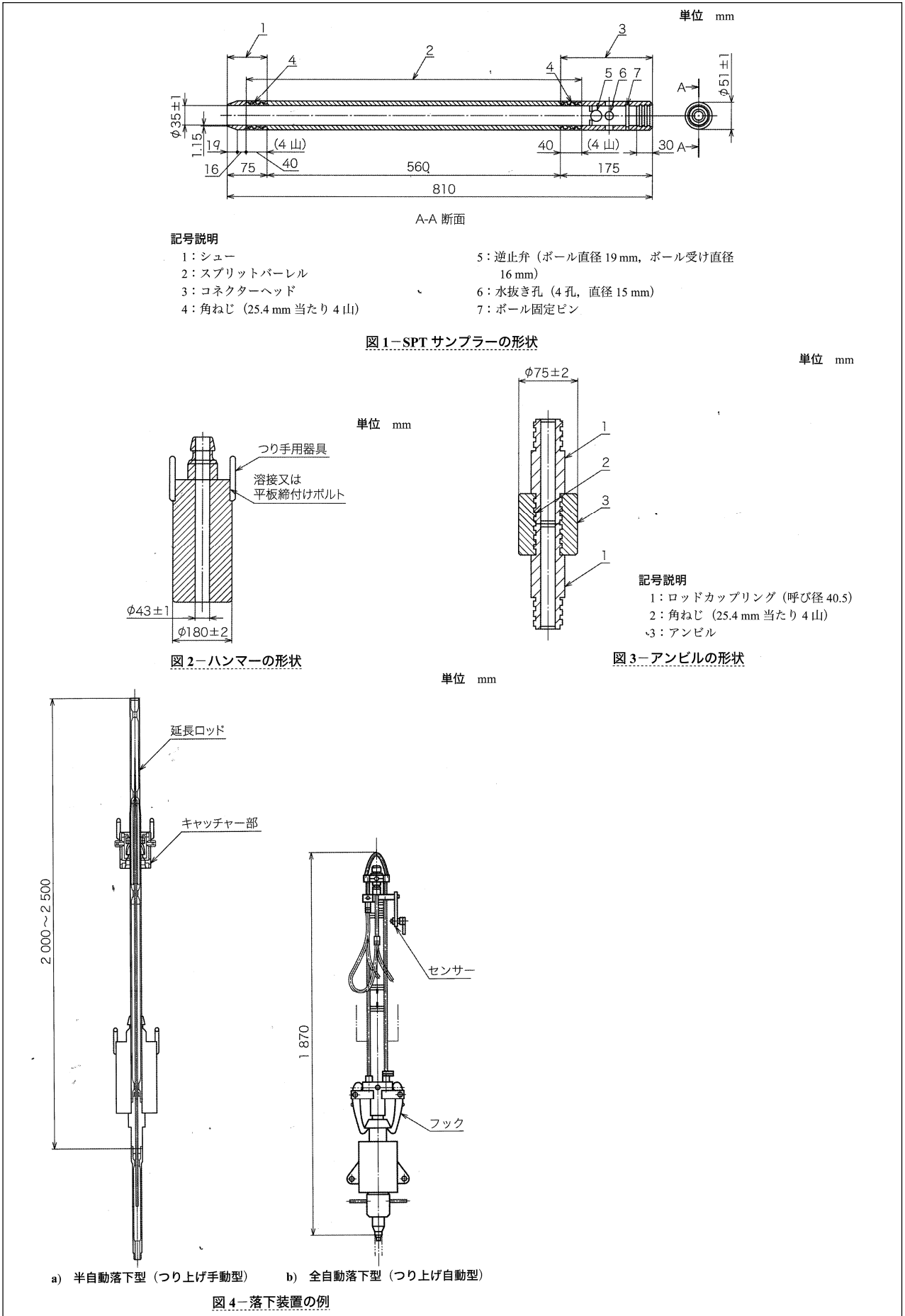


図 2.3.2-2 標準貫入試験器具の仕様

出典) (一財)日本規格協会 (2023 年): JIS A 1219 標準貫入試験方法、pp.3・5・6

- 1) 新規調査地点または少なくとも 20 孔の試験ごとに、次の点検を行う。
 - ・ロッドの直線性の目視確認。
 - ・SPTサンプラー、ハンマーおよびアンビルの形状が、それぞれ本規格の仕様図と同等であることを確認。
 - ・ハンマーの質量が $63.5\text{kg} \pm 0.5\text{kg}$ を満たすことの確認。
- 2) 試験前に次の点検を行う。
 - ・落下装置が正常に作動すること、およびハンマーの落下高さが $760\text{mm} \pm 10\text{mm}$ であることの確認。
 - ・ハンマー底面およびアンビル受圧面の平滑性の目視確認。
- 3) 孔径 65～150mm の試験孔を所定の試験深度まで掘削し、試験孔底のスライムを取り除く。その際、孔底以深の地盤を乱してはならない。上方向への水圧勾配がないようにする。
- 4) ロッド先端にSPTサンプラーを取り付け、鉛直性を確保して試験孔底へ降ろす。
- 5) 地上のロッド上部に打撃装置（アンビル・ハンマーおよび落下装置）を取り付け、この時点での貫入量を記録する。なお、自沈による貫入量が、予備打ちを含めて 450mm に達した場合、本打ちは行わない。
- 6) 予備打ちとして、ハンマーを落下高さから自由落下させ、試験孔底から 150mm まで（自沈を含む）打撃する。
 - ※1 打撃による貫入量が 150mm を超えた場合には、その貫入量を記録して予備打ちを終了する。
 - ※2 自沈による貫入量が 150mm を超えた場合は、予備打ちを行わない。
 - ※3 軟弱な地盤では、予備打ちは、ハンマー落下高さを小さくした軽打撃等によって貫入抵抗を確認しながら貫入する。
 - ※4 N 値 50 以上と想定される地盤では、予備打ちを本打ちに代えることができる。
- 7) 予備打ち後、本打ちとして、ハンマーを落下高さから自由落下させ、SPTサンプラーを 300mm 貫入させる。ただし、通常 100mm ごとの貫入量として、100mm 前後での打撃回数および貫入量を記録する。
- 8) 本打ちは 60 回の打撃回数で打ち切り、その打撃回数と貫入量を記録し、報告する。

また、所定の打撃回数で貫入量が 300mm に達しない場合は、打撃回数に対する貫入量を記録する。

 - ※5 予備打ちおよび本打ちにおいて、50 回の打撃に対する貫入量が 10mm 未満となった場合は、コンクリート塊などの障害物、硬質な岩盤および玉石・転石などに接触している可能性が高いため、「貫入不能」として記録し、報告する。
- 9) 採取された試料を逆止弁の位置に到達させてはならない。
- 10) 測定終了後、地表にSPTサンプラーを引き上げ、ロッド、シューおよびコネクターヘッドを取り外し、スプリットバーレルを二つに割って採取試料の観察を行う。
- 11) 代表的な試料を標本ビンなどの密閉容器に保存し、標本箱等に整理のうえ納品する。
- 12) 試験結果は、 N 値または打撃回数に対する貫入量として報告する。

(4) 結果の評価

粗粒土の相対密度（締まり具合）と粘性土の相対稠度（コンシステンシー）については、それぞれ下表を目安に評価した。

表2.3.2-1 N値と砂の相対密度の関係(Terzaghi and Peck)

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)	φ13mmの鉄筋を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

出典) (公社)地盤工学会 (2013年) : 地盤調査の方法と解説、p. 305 に一部加筆

表2.3.2-2 N値と粘土のコンシステンシー、一軸圧縮強さの関係(Terzaghi and Peck)

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

出典) (公社)地盤工学会 (2013年) : 地盤調査の方法と解説、p. 308

2.3.3 孔内载荷試験

(1) 目的

孔内载荷試験は、ボーリング孔内において孔壁を水平方向に载荷し、载荷圧力と地盤の変位量の関係から地盤の変形係数、降伏圧力等を求めることを目的とする。

(2) 仕様

孔内载荷試験の仕様は、荷重载荷方式により、ガスや加圧水でプローブを膨張させる「等分布荷重载荷方式」と、剛体载荷板で孔壁面を強制強制変位させる「等変位载荷方式」の2種類に大別される。さらに前者については、プローブ内ゴムチューブの構造により、「1室型」と「3室型」の2種類に細別され、対象地盤に応じてこれらを使い分ける（右図参照）。

本調査では、このうち未固結堆積層で一般に用いられる等分布荷重载荷方式の1室型試験装置である「LLT-S（応用地質（株）製）」を使用する（下図参照）。

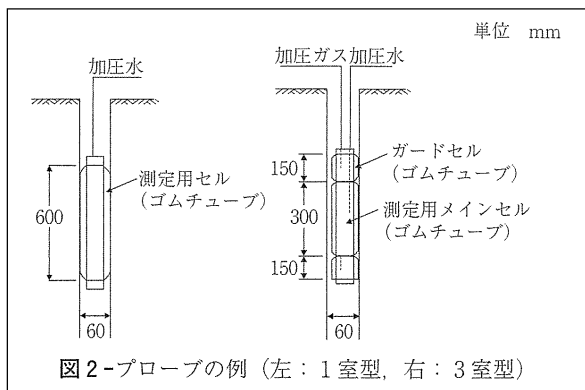


図2.3.3-1 等分布荷重载荷方式プローブ模式図
出典) (公社)地盤工学会 (2013年) : 地盤調査の方法と解説、p.666

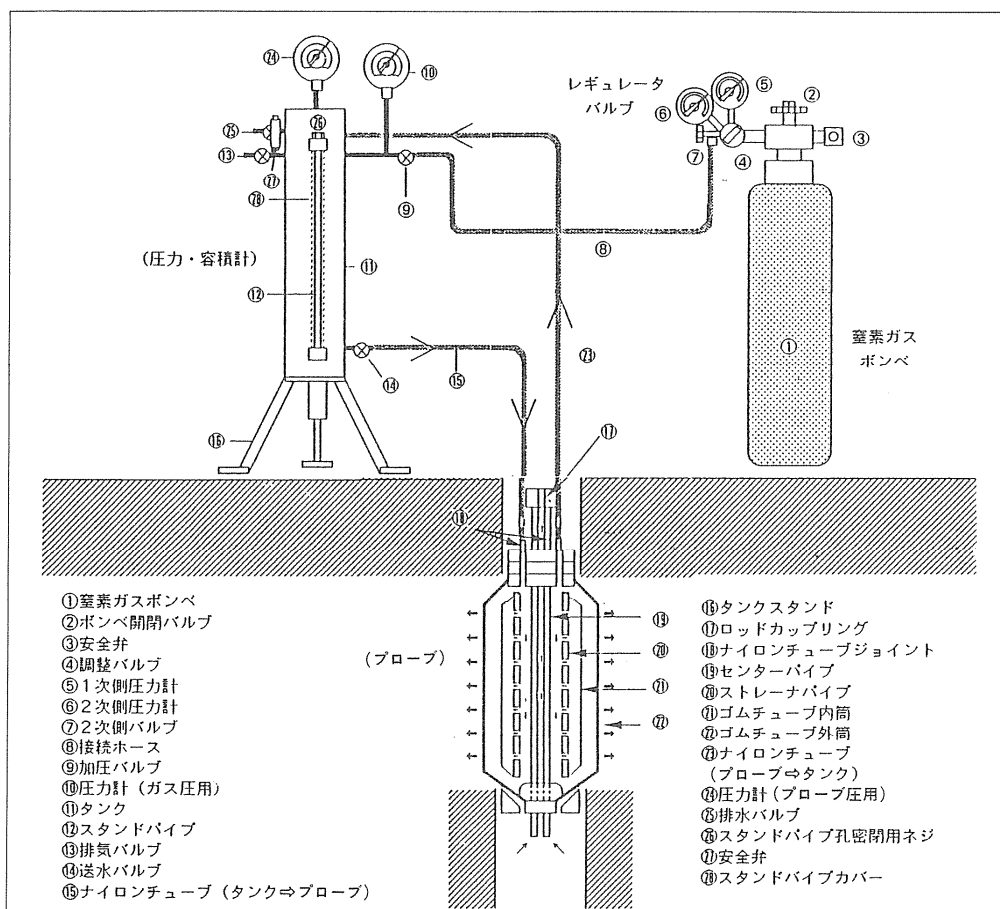


図2.3.3-2 LLT試験装置模式図

出典) 関東地質調査業協会 (H7年10月) : 新編 ボーリング孔を利用する原位置試験についての技術マニュアル、p.120

(3) 試験方法

孔内載荷試験の方法は、地盤工学会基準「地盤の指標値を求めるためのプレッシャーメータ試験方法(JGS 1531-2012)」に準拠する。

試験孔の孔径はφ66mmとし、孔壁は乱れのないよう注意して仕上げ、削孔後速やかに試験を行う。

試験では、窒素ガス圧を段階的に増加させ、タンクからプローブへ注水することによりゴムチューブを膨張させて孔壁を載荷した。載荷パターンは右図に示すような「単調載荷」とし、載荷ステップについては下表を参考に設定する。また、各載荷ステップの保持時間は1分間とし、測定間隔は加圧後15秒、30秒、60秒とする

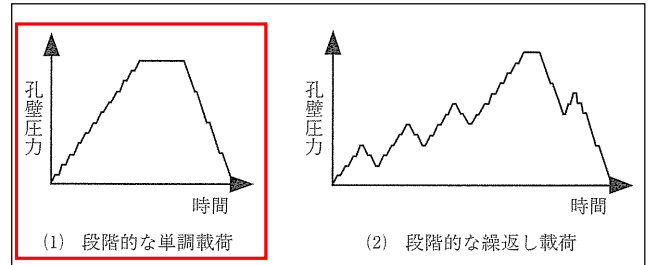


図 2.3.3-3 載荷パターンの例

出典) (公社)地盤工学会 (2013 年) : 地盤調査の方法と解説、p.667 に一部加筆

表 2.3.3-1 載荷ステップの目安 ※圧力単位 : MN/m² (MPa)

土質	砂質土				粘性土				
	N 値	4 以下	4~15	15~30	30 以上	2 以下	2~8	8~15	15 以上
加圧ステップ	0.02	0.02 ~0.04	0.05	0.1	0.01 ~0.02	0.02 ~0.05	0.05 ~0.10	0.10	
使用圧力計	1.0		3.0		1.0		3.0		

出典) 関東地質調査業協会 (H17 年 11 月) : 現場技術者のための地質調査技術マニュアル、p109 を一部修正・加筆

載荷圧力と地盤の変位量の関係については、まずスタンドパイプの初期水位と各載荷ステップ 60 秒時の水位差 H から注水量およびプローブ半径 r を求め、次に各載荷ステップ 60 秒時と 30 秒時のスタンドパイプ水位差 ΔH および r と孔壁圧 Pe との関係をグラフ化する (図 2.3.3-4 参照)。

なお、Pe については、地上にてプローブにセットしているゴムのキャリブレーションをあらかじめ行い、ゴムの内圧と膨張量 (すなわち、ゴム反力と水位変化 H) の関係を求めておき、これと静水圧から下式により求められる。

$$Pe = P_m + P_s - PG$$

ここに、Pe : 孔壁圧力 (有効圧力) (kN/m²)

P_m : プローブ圧力 (セル水圧) (kN/m²)

P_s : 静水圧力 (kN/m²)

PG : ゴム反力 (kN/m²)

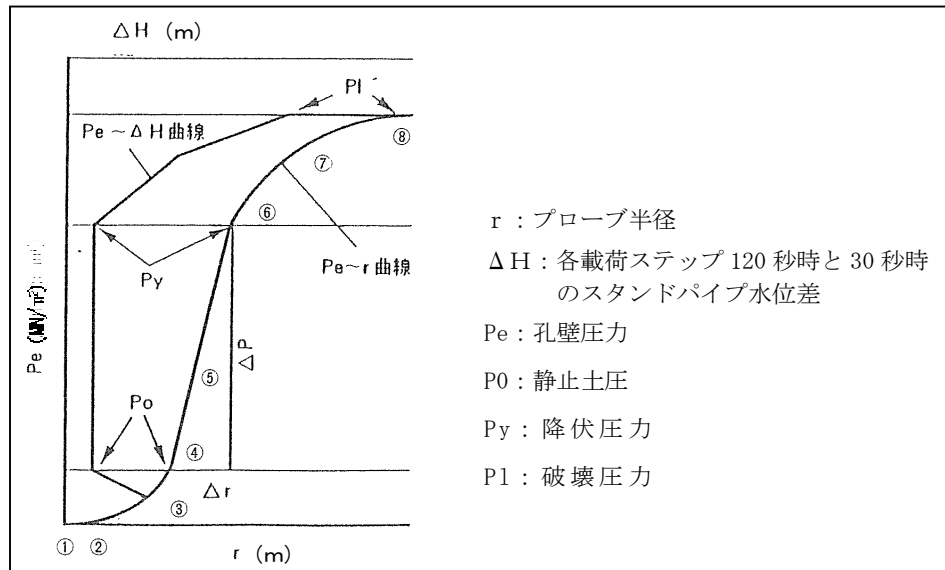


図 2.3.3-4 試験結果整理概念図

出典) 関東地質調査業協会 (H7 年 10 月) : 新編 ボーリング孔を利用する原位置試験についての技術マニュアル、p.12 に加筆・修正

(4) 解析方法

地盤の単位変位量に対する荷重強度をあらわす地盤係数 K (MN/m^3) は、 $Pe-r$ 曲線における初期直線部 (地盤の擬似弾性変形領域) の勾配として次式で求められる。

$$K = \frac{\Delta Pe}{\Delta r}$$

ここに、 ΔPe : 圧力-変位量曲線の直線部分における圧力増分 (MN/m^2)

Δr : ΔP に対応する変位増分 (m)

また、地盤の剛性をあらわす変形係数 E (MN/m^2) は、地盤係数 K から次式で求められる。

$$E = (1 + \nu) r_m \cdot K$$

$$= (1 + \nu) r_m \frac{\Delta Pe}{\Delta r}$$

ここに、 ν : ポアソン比 (通常、0.3 と仮定する)

r_m : $\Delta Pe / \Delta r$ 算定区間の中間半径 (m)

(5) 成 果

試験データは、データシートに整理する。

2.3.4 乱れの少ない試料採取

(1) 目的

乱れの少ない試料採取は、力学的試験等に供するための「乱れの少ない試料」を採取することを目的として実施した。

(3) 仕様・方法

乱れの少ない試料採取の方法には多くの種類があるが、このうちボーリング孔の孔底を利用するチューブサンプリング法は、その構造から大きく「単管式」、「二重管式」、「三重管式」に分類される。また、ピストンの有無により「ピストンサンプラー」と「オープンサンプラー」に分類され、さらにピストンサンプラーは「固定ピストン式」と「自由ピストン式」に分けられる。加えて、サンプラーの押込み方法には、静的、打撃式、ロータリー式など種々の方法があり、サンプラーごとに異なっている。

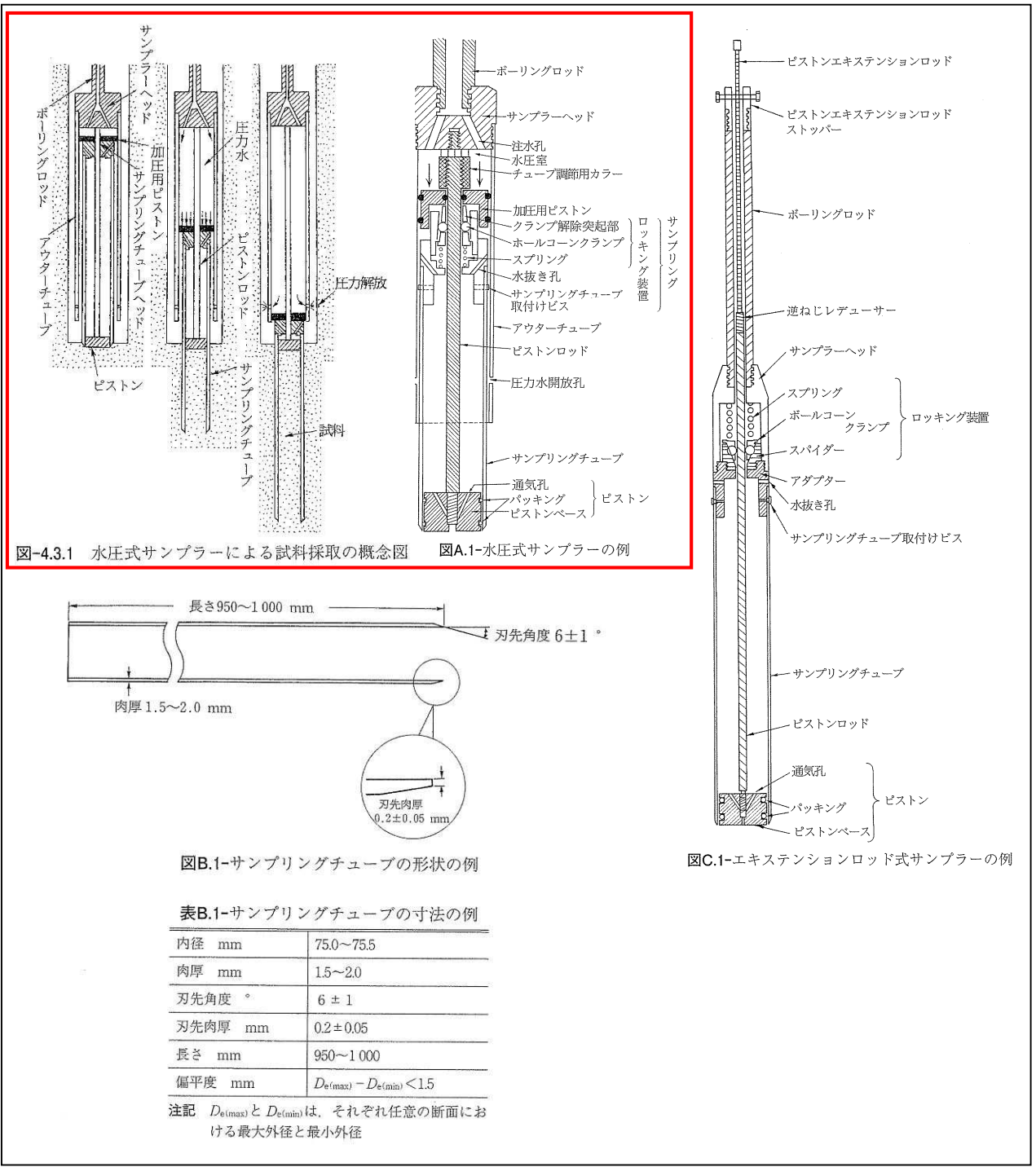
本調査では、試料採取の対象土層が「軟らかい」～「硬い」粘性土であったため、「固定ピストン式シンウォールサンプラー（水圧式）」および「ロータリー式三重管サンプラー（通称：トリプルサンプラー）」を用いてサンプリングを行った（下表および 図 2.3.4-1 参照）。

表 2.3.4-1 基準化されたサンプリング方法におけるサンプラーの構造と適用地盤の関係

サンプリング法	サ ン プ リ ン グ カ テ ゴ リ ー	構 造	地盤の種類												
			粘性土			砂質土			砂礫		岩 盤				
			軟 質	中 くらい	硬 質	ゆるい	中 くらい	密 な	ゆるい	密 な	軟 岩	中 硬 岩	硬 岩		
			N 値の目安												
0～4	4～8	8以上	10以下	10～30	30以上	30以下	30以上								
固定ピストン式シンウォールサンプラー (JGS 1221)	水圧式	A	単管	◎	◎	○、◎ ¹⁾	○、◎ ¹⁾	◎ ¹⁾	◎ ¹⁾						
	エクステンションロッド式	A	単管	◎	○		○								
ロータリー式二重管サンプラー (JGS 1222)		A	二重管		◎	○									
ロータリー式三重管サンプラー (JGS 1223)		A	三重管		◎	◎	○	◎	◎		○				
ロータリー式スリーブ内蔵二重管サンプラー (JGS 1224)		A, B	二重管	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	◎	◎	
ブロックサンプリング (JGS 1231)		A	-	◎	◎	◎	○	○	◎		○				
ロータリー式チューブサンプリング (JGS 3211)		A	多重管			○						◎	○		

◎適している、○適用可能、1) 小径倍圧型水圧式サンプラー

出典) (公社)地盤工学会 (2013 年) : 地盤調査の方法と解説、p.202 に一部加筆



表B.1-サンプリングチューブの寸法の例

内径 mm	75.0~75.5
肉厚 mm	1.5~2.0
刃先角度 °	6 ± 1
刃先肉厚 mm	0.2 ± 0.05
長さ mm	950~1 000
扁平度 mm	$D_{e(max)} - D_{e(min)} < 1.5$

注記 $D_{e(max)}$ と $D_{e(min)}$ は、それぞれ任意の断面における最大外径と最小外径

図 2.3.4-1 固定ピストン式シンウォールサンプラー概要図

出典) (公社)地盤工学会 (2013年) : 地盤調査の方法と解説、pp.230-232・234

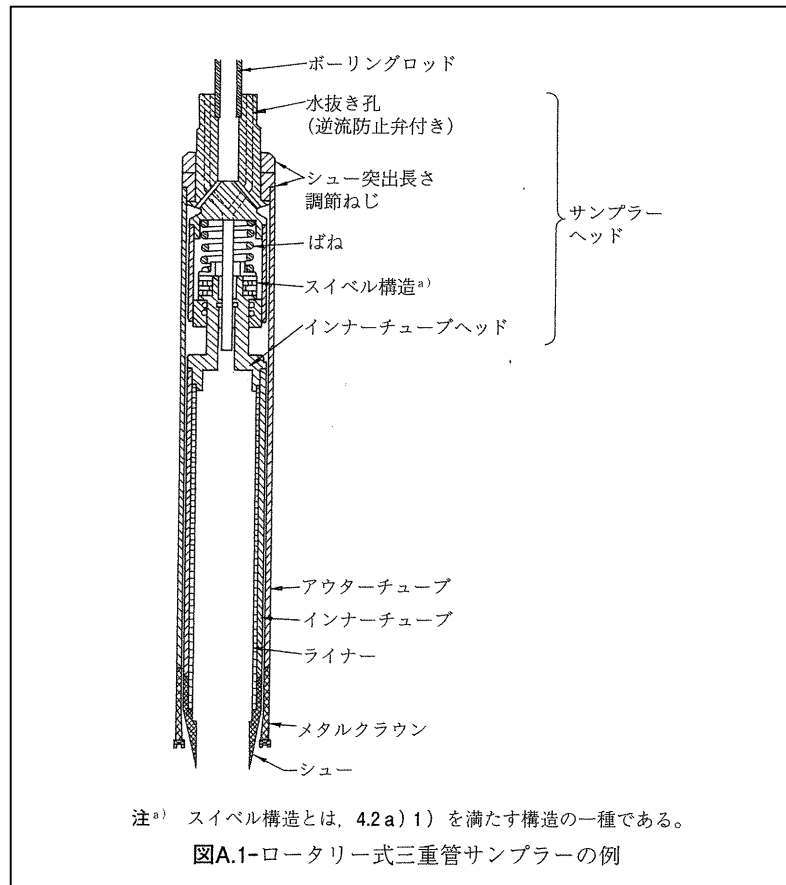


図 2.3.4-2 ロータリー式三重管サンプラー（トリプルサンプラー）概要図

出典) (公社)地盤工学会 (2013年) : 地盤調査の方法と解説, p. 246

なお、サンプリングの実施にあたっては、無理に押し込んで試料を乱すことがないように十分注意するとともに、サンプリング後は速やかに試料の保護を行った。

(4) 試料の運搬

採取試料は、試料に乱れが生じないように、細心の注意を払って丁寧に取り扱った。

試料の運搬にあたっては、緩衝材（スポンジ）が入った専用の試料運搬箱を使用した。

2.3.5 室内土質試験

(1) 目的

室内土質試験は、日本統一土質分類をもとに定量的な土質型の判別分類を行い、地盤を構成する土の諸性質（物理的特性および変形・強度特性）を明らかにすること、および地盤の液状化判定を行うための基礎資料を得ることなどを目的として実施した。

(2) 試験方法および結果とその利用について

土質試験は、日本産業規格（JIS）または地盤工学会基準（JGS）に準拠して実施した。

下表には、各試験項目と試験方法の規格、および試験結果から得られる値とその利用について示す。

表 2.3.5-1 室内土質試験の方法および結果とその利用

区分	試験項目	試験方法	試験結果から得られるおもな値	試験の目的・利用
物理的試験	土粒子の密度試験	JIS A 1202 :2020	土粒子の密度 ρ_s (Mg/m ³)	土の基本的性質の把握 粒度の沈降分析
	土の含水比試験	JIS A 1203 :2020	含水比 w_n (%)	土の基本的性質の計算 土の鋭敏度合の判別
	土の粒度試験 (ふるい分析・沈降分析)	JIS A 1204 :2020	地盤材料の分類名 粒度組成 (%) 細粒分含有率 FC (%) 最大粒径 (mm) 均等係数 U_c 曲率係数 U_c'	土の分類 粒度分布の把握 透水性の推定 粘土の圧縮性の判別 地盤の液状化判定
	土の液性限界試験 土の塑性限界試験	JIS A 1205 :2020	液性限界 w_L (%) 液性限界 w_p (%) 塑性指数 I_p	土の分類 土の工学的性質の推定 自然状態における粘性土の安定性の判定
	土の湿潤密度試験	JIS A 1225 :2020	湿潤密度 ρ_t (Mg/cm ³) 乾燥密度 ρ_d (Mg/cm ³)	土の基本的性質の計算 各種土圧の算定 土の締固め土の判定 土の単位体積重量の算定
力学的試験	土の段階载荷による圧密試験	JIS A 1217 :2021	圧縮指数 C_c 圧密降伏応力 P_c (kN/m ²)	粘性土の圧密特性の推定
	土の非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験	JGS 0521 -2020	粘着力 c_u 、 (kN/m ²) せん断抵抗角 ϕ_u (°)	土の強度・変形特性の推定

(3) 試験項目と試験試料について

1) 物理的試験

物理的試験（土粒子の密度試験、土の粒度試験、土の液性限界試験、土の塑性限界試験）は、標準貫入試験で得られた「乱した試料」を用いて実施した。

また、沖積粘性土層（Ac1・Ac2）については、シンウォールサンプラー等による「乱れの少ない試料」を使用し、上記の物理的試験に加えて「土の含水比試験」と「土の湿潤密度試験」を行った。

2) 力学的試験

力学的試験（土の段階載荷による圧密試験、土の三軸圧縮試験(UU)）は、沖積粘性土層（Ac1・Ac2）で採取した「乱れの少ない試料」を用いて行った。

(4) 成 果

各種試験データは、地盤工学会制定のデータシート様式に整理した。

3. 調査結果

3.1 地形・地質概要

(1) 地 形

調査地は、八幡浜市沖新田の八幡浜港隣接地にあり、JR 予讃線「八幡浜駅」の西方微北 1.6km 付近に位置する。調査地周辺には四国西部のリアス式海岸地形が広がり、複雑に入り組んだ山地斜面が海岸まで迫って大小の湾を形成している（下図参照）。

下図の色別標高図・地形重ね図をみると、主要な尾根地形および谷地形の伸長方向はおよそ東北東－西南西系が卓越しており、これにほぼ直交する北北西－南南東系の短い谷地形が前述の主要尾根を刻んでいる。

調査地周辺では、山間部を縫うように二級河川千丈川が東側より流下し、その下流域では千丈川水系の五反田川、八代川などが合流する。また、調査地北東側からは千丈川水系と比較して小規模な谷川が流下している。八幡浜市では、おもにこれら河川によって形成された狭小な平坦地に市街地が集中している。

調査敷地は、谷状の湾に面した臨海部にあたり、千丈川など河川の河口付近に位置する。

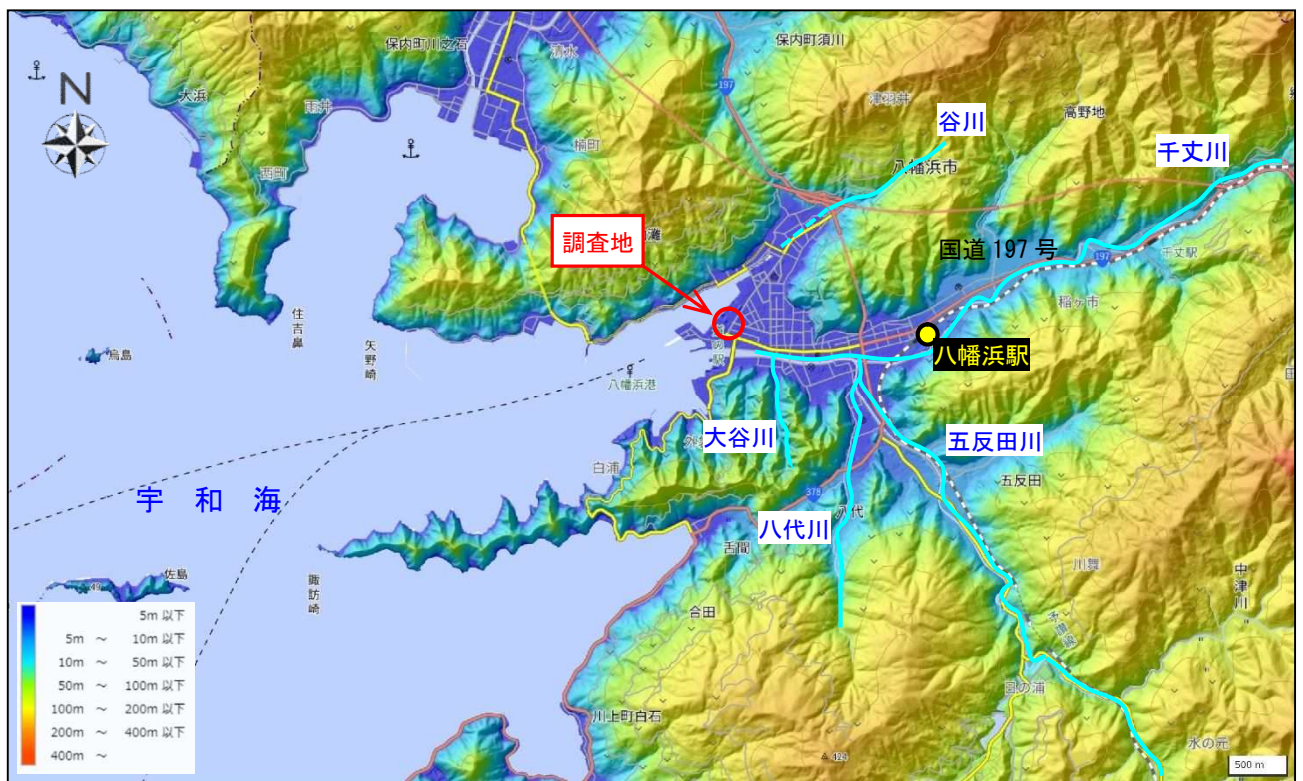


図 3.1-1 調査地周辺の色別標高図・地形重ね図（任意縮尺）

出典) 地理院地図 Vector (<https://maps.gsi.go.jp/vector/>) より引用・一部加筆

図 3.1-2 は、調査地周辺の地形分類図である。これによれば、調査地周辺の地形は、山地や丘陵地に囲まれた沖積低地の「三角州」や「埋立地」に分類される。

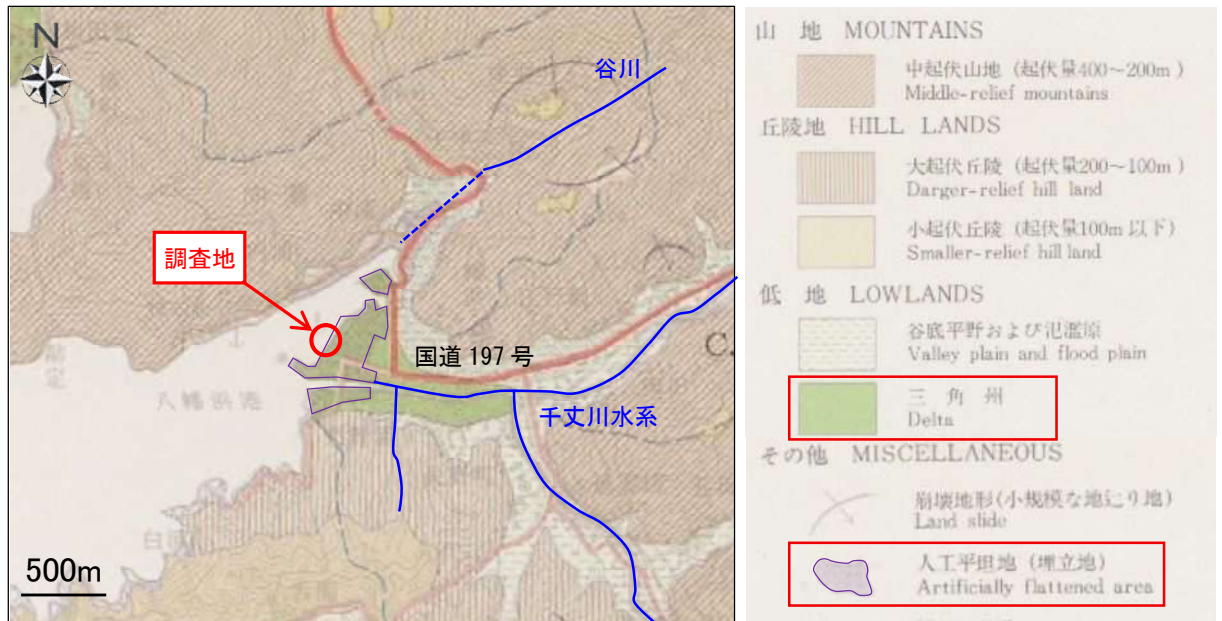


図 3.1-2 調査地周辺の地形分類図 (任意縮尺)

出典) 愛媛県 (1972) : 5 万分の 1 土地分類基本調査「八幡浜」—地形分類図 より引用・一部加筆

また、下図には調査地周辺の埋立時期区分図を示す。八幡浜市では、江戸時代以降、商業活動の発展に伴い海岸部の埋立が進められ、市街地が段階的に拡大してきた。下図によれば、調査地近傍の港湾部は、大正期から現在までに造成された埋立地であり、比較的新しい人工地盤であることがわかる。

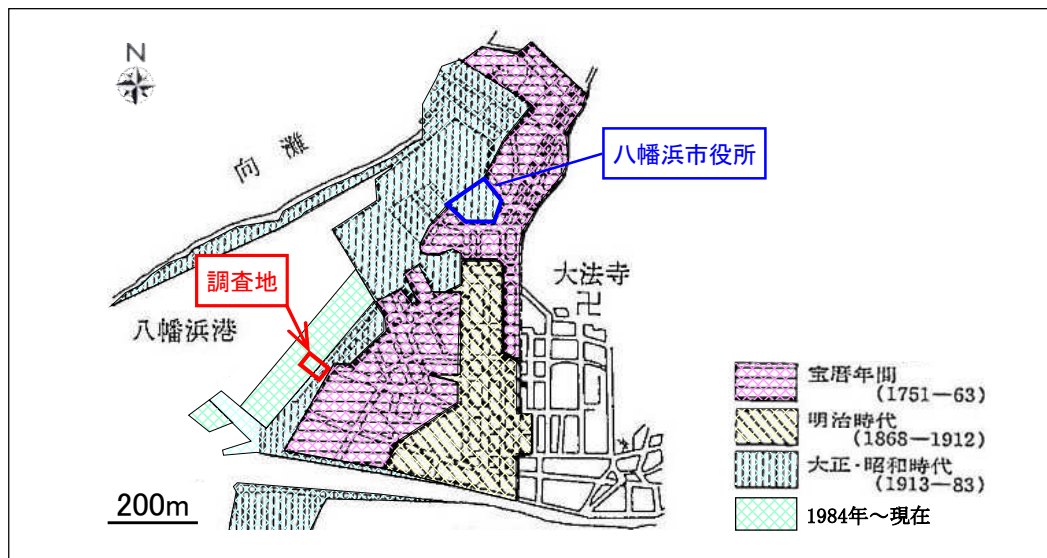


図 3.1-3 八幡浜市の埋立時期区分 (任意縮尺)

出典) 愛媛県生涯学習センター (S60 年 3 月 31 日) : 愛媛県史 地誌Ⅱ (南予) より引用・加筆
<https://www.i-manabi.jp/system/regionals/regionals/ecode:2/34/view/4892>

写真 3.1-1～3.1-4 には、調査地付近の空中写真を年代別に示す。



写真 3.1-1 調査地付近の空中写真（1964年5月撮影）（任意縮尺）

出典）地理院地図（電子国土 Web）（<https://maps.gsi.go.jp>）に一部加筆



写真 3.1-2 調査地付近の空中写真（1975年2月撮影）（任意縮尺）

出典）地理院地図（電子国土 Web）（<https://maps.gsi.go.jp>）に一部加筆



写真 3.1-3 調査地付近の空中写真（2008年9月撮影）（任意縮尺）

出典）地理院地図（電子国土 Web）（<https://maps.gsi.go.jp>）に一部加筆



写真 3.1-4 調査地付近の空中写真（2013年2月撮影）（任意縮尺）

出典）地理院地図（電子国土 Web）（<https://maps.gsi.go.jp>）に一部加筆

(2) 地 質

四国の基盤地質は、その構成岩種や形成年代により大きく四つの地質帯に区分される（下図参照）。すなわち、北から南へ、おもに花崗岩類からなる「領家帯」、おもに変成作用を受けた結晶片岩類からなる「三波川帯」、オリストストローム※1やテクトニック・メランジュ※2などで特徴付けられる「秩父累帯」および「四万十帯」がほぼ東西に帯状の分布を示す。また、三波川帯と秩父累帯の境界部には、レンズ状の断続的な分布を示す海洋地殻・海底火山起源の「御荷鉢(みかぶ)緑色岩類」が分布する。これらのうち、調査地は三波川帯に位置する。

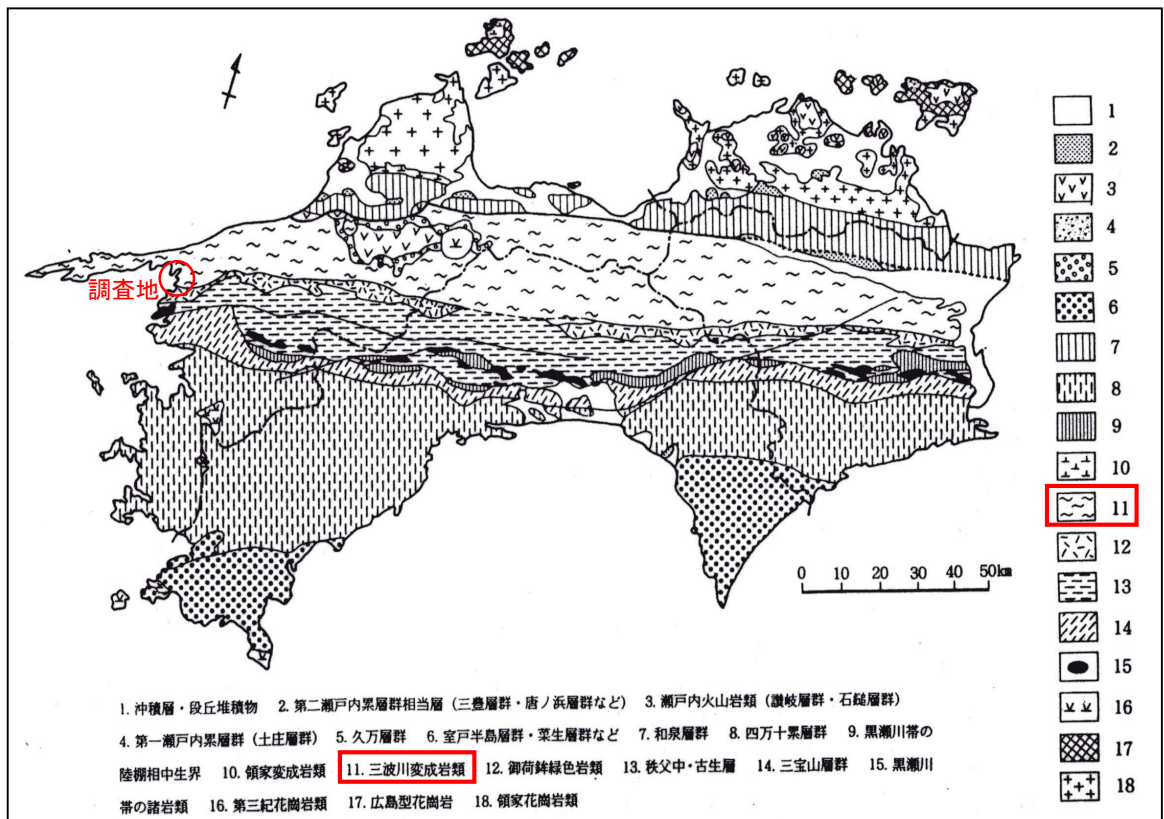


図 3.1-4 四国の地質概要図 （任意縮尺）

出典）（社）地盤工学会四国支部（1999）：土砂災害の現状と発生機構論文集 より引用・加筆

図 3.1-5 は、調査地周辺の表層地質図である。これによれば、調査地付近は海岸部の埋立地にあたり、その下位には未固結堆積物である「谷底堆積物・山間盆地堆積物・河川堆積物・海岸平野堆積物」が分布する。また、基盤地質は泥質片岩などの結晶片岩類からなるものと推定される。

※1 オリストストローム：泥質優勢な地層群が海底地すべりにより遠方に移動・再堆積し、岩相が混在化したもの。
 ※2 メランジュ：大小様々な岩塊が、破断された泥岩など細粒基質地層中に含まれるもの。岩塊は砂岩など単一種からなる場合と、緑色岩・石灰岩・チャート・砂岩泥岩互層など多様な岩種からなる場合がある。海洋プレート物質がプレート収束域にて沈み込む過程で構造的に混在化したものを、とくに「テクトニック・メランジュ」とよぶ。



図 3.1-5 調査地付近の表層地質図 (任意縮尺)

出典) 地質図 Navi (<https://gbank.gsj.jp>) より引用・一部加筆

なお、今回調査ボーリングでは GL-60m 前後まで掘進し、地質状況を確認した。その結果、上から、GL-10~-14m 付近までは埋立盛土が、以深 GL-47~-50m 付近までは沖積層とみられる粘性土層および砂質土・砂礫層が認められた。また、およそ GL-47~-50m 以深では、おおむねよく締まった砂礫からなる洪積層が認められたが、基盤岩は確認できなかった。

3.2 機械ボーリング結果

(1) ボーリング諸元

ボーリングは、建物計画位置において、計5箇所を実施した（下図参照）。

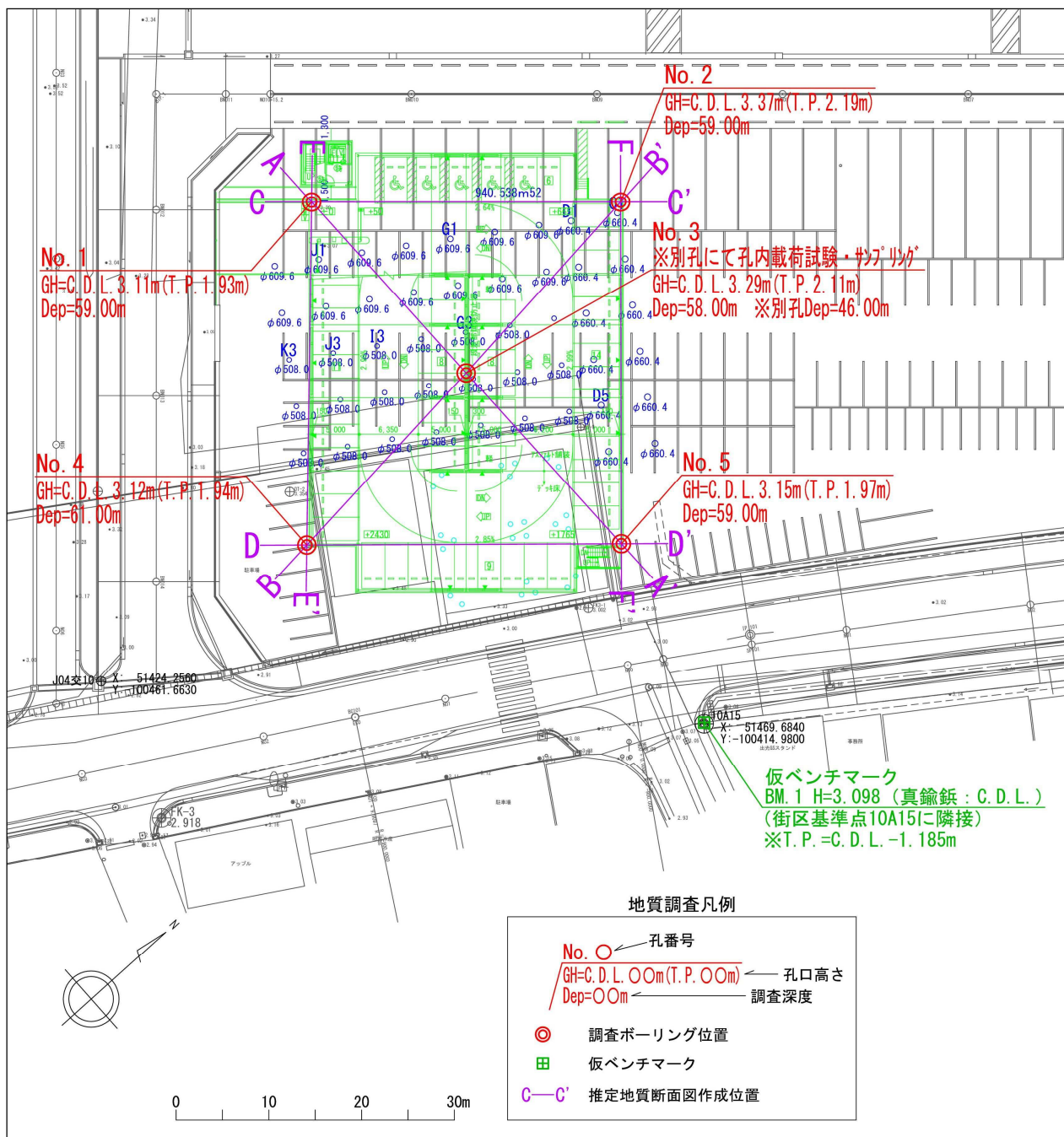


図 3.2-1 調査位置平面図 (任意縮尺)

表 3.2-1 には、ボーリングの位置、孔口地盤高、掘進長などの諸元を示す。

表 3.2-1 ボーリング諸元一覧


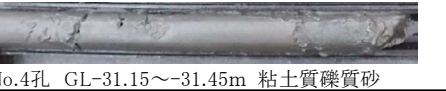
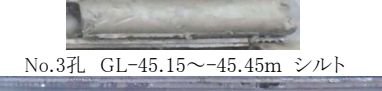
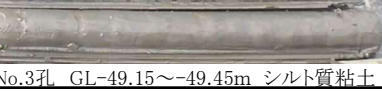
孔番号	位置		孔口地盤高		掘進長	掘進長根拠
	平面直角座標	緯度・経度	C. D. L.	T. P.		
No. 1	X=51475.504 Y=-100484.997	33° 27' 34.05275 132° 25' 08.53084	3.11	1.93	59.00	N値 50 以上の地層を 層厚 5m以上確認。
No. 2	X=51500.343 Y=-100462.818	33° 27' 34.86640 132° 25' 09.37962	3.37	2.19	59.00	同上。
No. 3	X=51475.685 Y=-100460.201	33° 27' 34.06699 132° 25' 09.49089	3.29	2.11	58.00	同上。
No. 3 別孔					46.00	最深部サンプリング の上端深度。
No. 4	X=51451.027 Y=-100457.585	33° 27' 33.26759 132° 25' 09.60211	3.12	1.94	61.00	N値 50 以上の地層を 層厚 5m以上確認。
No. 5	X=51475.866 Y=-100435.407	33° 27' 34.08124 132° 25' 10.45086	3.15	1.97	59.00	同上。

(2) 地層構成・特徴

ボーリングで確認された地層の構成と特徴を 表 3.2-2 に地質層序表としてまとめ、ボーリング柱状図の縮版を 図 3.2-2~3.2-6 に示す。

ボーリング結果の詳細は、巻末資料「ボーリング柱状図」に示し、以下では結果の要点を記載する。

表 3.2-2 地質層序表

地質時代	下限深度 (層厚)	地層区分	記号	おもな土質区分	おもな 色調	N値 ※		地層の特徴	土質試料写真	
						値の範囲	平均値			
現世	9.80~13.70 (9.80~13.70)	埋立盛土	BS	シルト混り砂礫 砂混り礫 シルト質礫質砂 粘土質礫質砂 礫混り砂 改良土	暗灰 暗褐灰 淡褐灰 灰褐 黒灰 青灰	0.9~100	16.4	海岸部の埋立盛土。粗粒土主体だが、一部粘性土を含む。礫はφ40mm以下の角~亜角礫主体で、φmax100mm。所により、コンクリート片・プラスチック片・繊維片などの人工物を混入し、非常に不均質である。No.3孔では、表層付近より水砕スラグによる改良土が認められる。非常に硬く、棒状コアにて採取されるが、ハンマー打撃にてボロボロに砕けて砂状となる。 (見かけの)含水量は、おおむね中位~やや多い。所により、削孔水の漏水が認められる。 N値は総じて小さくルーズな部分が多いが、一部では30台~60より大を示し、ばらつきが非常に大きい。	 No.2孔 GL-8.15~8.45m 粘土質礫質砂  No.3孔 GL-3.0~4.0m 水砕スラグによる改良土	
	新生代 第四紀	30.00~31.35 (16.40~21.55)	沖積第1 粘性土層	Ac1	シルト質粘土 粘土 シルト 砂質粘土	暗灰	1.5~10	4.9	おおむね均質な粘性土。粘性は中位~強い。所々、数mm程度の貝殻片を少量~ごく少量混入する。層上部では、一部でφ20mm未満の礫を少量混入する。層下部では、No.1孔で火山灰層(Ac1-v)を、No.2孔で砂質土層(Ac1-s)を挟む。含水量はおおむね中位だが、一部でやや多い。試料は指圧にて容易に変形し、軟らかい。N値は10以下を示し、相対稠度は「非常に軟らかい」~「硬い」に区分される。	 No.1孔 GL-21.15~21.45m 粘土  No.5孔 GL-28.15~28.45m シルト質粘土
		27.50 (1.50)	砂質土 挟み層	Ac1-s	シルト質砂	暗灰	6~11	8.5	Ac1層中の挟み層。細砂主体。全体にシルト分を混入するが、上部で多い。含水量は中位である。相対密度は「緩い」~「中位」に区分される。 ※No.2孔のみで確認。	 No.2孔 GL-26.15~26.45m シルト質砂
		28.00 (0.90)	火山灰 挟み層	Ac1-v	火山灰	暗灰	—	17	Ac1層中の挟み層。ほぼ均質な火山灰だが、所によりごく少量の貝殻片を混入する。含水量は中位である。 ※No.1孔のみで確認。	 No.1孔 GL-27.15~27.45m 火山灰
		32.00~33.00 (1.10~3.00)	沖積第1 砂質土層	As1	シルト質砂 粘土質砂 粘土質礫質砂 礫混りシルト質砂	暗灰	4~18	9	細砂~細・中砂主体。シルト・粘土分をやや多く~かなり多く含む。一部でφ5~40mm以下の礫およびごく少量の貝殻片を混入する。No.1孔では、本層下位に薄い粘性土(As1-c)を挟む。含水量は中位~少ない。N値は10以下の部分が多く、相対密度は「緩い」~「中位」に区分される。	 No.3孔 GL-32.15~32.45m シルト質砂  No.4孔 GL-31.15~31.45m 粘土質礫質砂
		32.45 (0.45)	粘性土 挟み層	As1-c	砂混り粘土	暗灰	—	11	As1層の下位に分布する挟み層。細砂分を不規則に混入する。粘性強い。含水量は中位である。相対稠度は「硬い」に区分される。 ※No.1孔のみで確認。	—
		39.10~42.00 (7.10~9.00)	沖積第1 砂礫層	Ag1	シルト混り砂礫 シルト質砂礫 粘土質砂礫 玉石混りシルト質砂礫	褐灰 暗褐灰 灰褐 暗灰褐 黄褐 黄茶褐 暗茶褐	12~100	31.6	φ2~30mm程度の亜角~角礫主体。φ40~200mm程度の硬質な粗礫・玉石を混入する。風化礫が認められる。砂分は粗・中砂主体。全体に細粒分を混入する。粒径幅が広く、総じてやや不均質である。 (見かけの)含水量はやや少ない~多い。一部で削孔水の漏水が認められる。 N値は10台~50以上を示し、ばらつきが非常に大きい。60より大を示す部分は、粗礫・玉石の影響による過大値となっているものが多い。相対密度は、過大値を除けば「中位」~「密」を主体とする。	 No.2孔 GL-36.15~36.30m シルト混り砂礫  No.3孔 GL-39.15~39.37m 玉石混りシルト質砂礫
		46.00~47.10 (5.10~6.90)	沖積第2 粘性土層	Ac2	シルト混り粘土 シルト質粘土 シルト 粘土質シルト	暗灰 黒灰	7~16	9.4	おおむね均質な粘性土。粘性はおおむね中位である。所により、腐植物やφ10mm以下の礫および貝殻片、細砂分を少量~ごく少量混入する。含水量はやや少ない~少ない。試料は指圧にて変形する。N値は10以下の部分が多い。相対稠度は「中位」~「非常に硬い」に区分される。	 No.3孔 GL-45.15~45.45m シルト  No.4孔 GL-42.15~42.45m シルト混り粘土
		46.70~49.00 (0.70~3.00)	沖積第2 砂質土層	As2	礫混りシルト質砂 シルト質礫質砂 粘土質礫質砂	暗灰	9~21	13.7	細砂~細・中砂主体。総じてシルト・粘土分を多く含む。φ10~35mm以下の礫を混入し、一部で貝殻片がみられる。含水量はやや少ない。N値は10台の部分が多く、相対密度は「緩い」~「中位」に区分される。	 No.2孔 GL-47.15~47.45m 礫混りシルト質砂
	49.70 (1.70)	沖積第3 粘性土層	Ac3	礫混り砂質シルト シルト質粘土	暗灰	9~10	9.5	上部層はシルト主体だが、細砂分を多く含み、φ15mm以下の礫を混入する。含水量はやや少ない。下部層は均質な粘土。粘性強く、含水量はやや少ない。相対稠度は「硬い」に区分される。 ※No.3孔のみで確認。	 No.3孔 GL-49.15~49.45m シルト質粘土	
更新世	— (8.44以上)	洪積第1 砂礫層	Dg1	シルト混り砂礫 シルト質砂礫 粘土質砂礫 玉石混り砂礫	暗灰 青灰 暗青灰 灰褐 暗灰褐 黄褐 黄茶褐 茶褐 褐灰	14~100	60.3	φ2~20mm程度の亜角~角礫主体。φ30~150mm程度の硬質な粗礫・玉石を混入する。礫は結晶片岩が多く、風化礫を混入する。砂分は粗・中砂主体。全体にシルト・粘土分を混入する。粒径幅が広く、総じて不均質である。 (見かけの)含水量は中位~少ない部分が多い。一部で削孔水の漏水が認められる。 N値は、層上部では10台~30台の部分を含みばらつきがみられるが、層下部では50以上が連続し、非常に密に締まっている。	 No.1孔 GL-56.15~56.30m シルト混り砂礫  No.4孔 GL-56.15~56.45m シルト質砂礫	
	53.00 (0.90)	粘性土 挟み層	Dg1-c	礫混り砂質粘土	淡緑灰	—	15	Dg1層中の挟み層。細砂及びφ35mm以下の角~亜角礫を混入する。粘性強く、含水量は中位である。相対稠度は「硬い」に区分される。 ※No.2孔のみで確認。	 No.2孔 GL-52.15~52.45m 礫混り砂質粘土	

※1 各地層のN値範囲および平均N値は、表 3.3.1 の地層別N値整理結果による。

図 3.2-2 No.1 ボーリング柱状図

調査名	07漁単第3号 みなと立体駐車場地質調査業務		
事業名または工事名	調査目的及び調査対象 建築 構造物基礎		
ボーリング名 No.1	調査位置	愛媛県八幡浜市沖新田	北緯 33° 27' 34.0528"
発注機関	愛媛県 八幡浜市産業建設部水産港湾課	調査期間	令和7年12月13日～令和8年1月9日
調査業者名	株式会社 東建ジオテック TEL 089-945-3328	主任技師	細沼 紀康 登録地質士 16996
現場代理人	細沼 紀康 登録地質士 16996	コア鑑定者	細沼 紀康 登録地質士 16996
ボーリング責任者	清家 一彦 登録地質士	試験機	東邦D-1
ポンプ	東邦BG-3	試験機	ヤンマー-NFD13

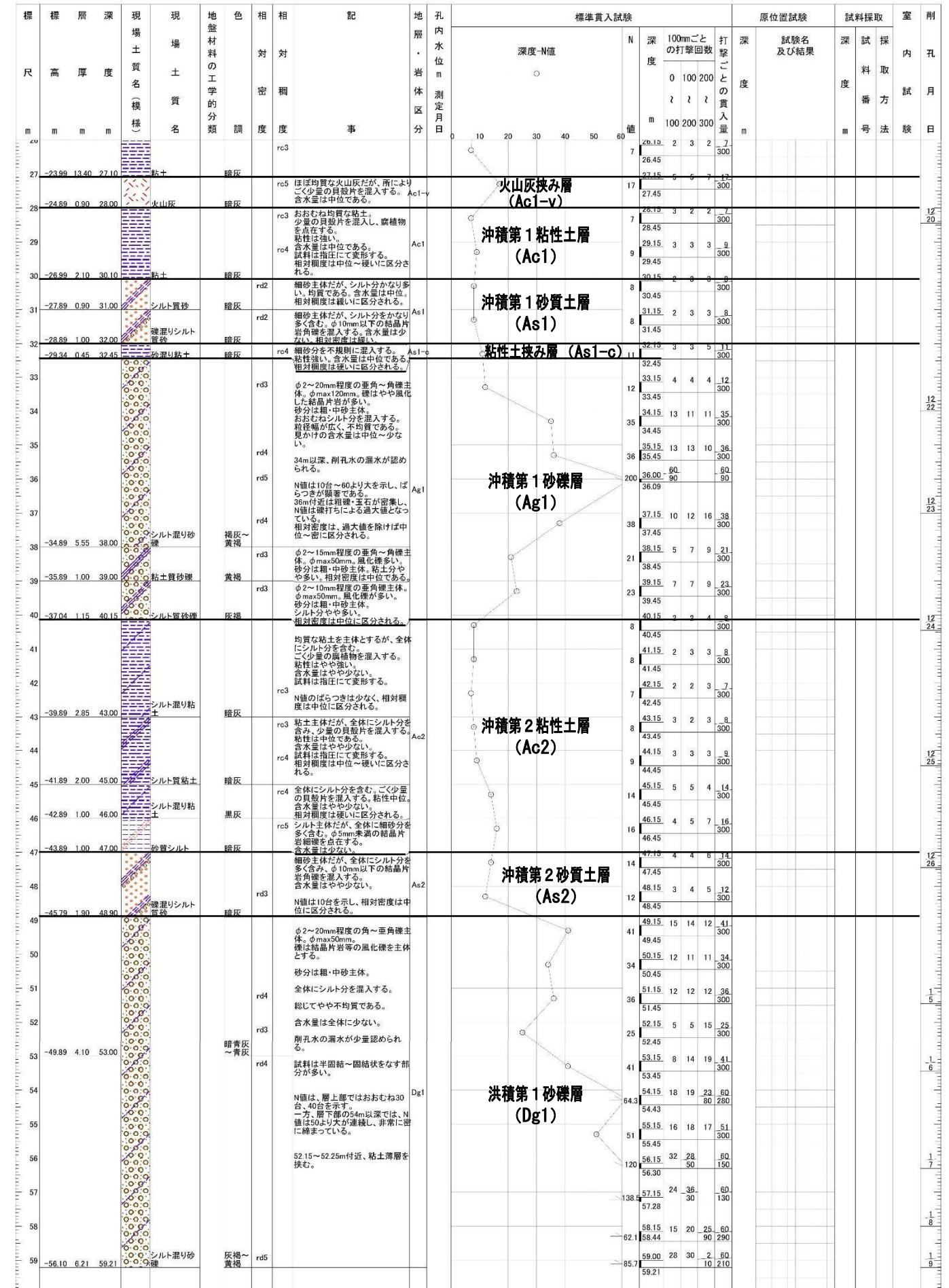
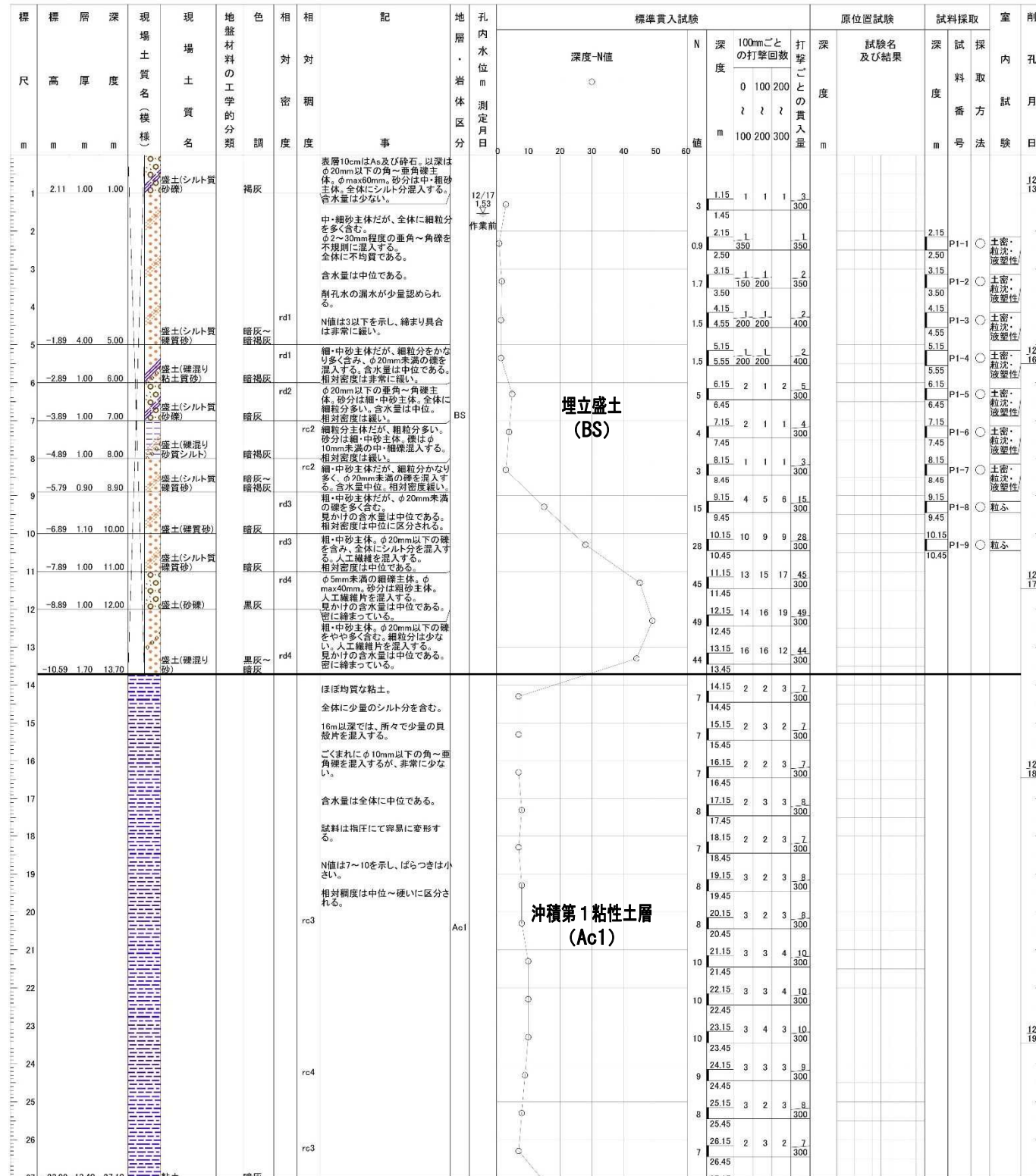


図 3.2-3 No.2 ボーリング柱状図

調査名	07漁単委第3号 みなと立体駐車場地質調査業務		
事業名または工事名			
調査目的及び調査対象	建築 構造物基礎		
ボーリング名 No.2	調査位置	愛媛県八幡浜市沖新田	北緯
			33° 27' 34.8664"
発注機関	愛媛県 八幡浜市産業建設部水産港湾課	調査期間	令和7年11月18日～令和7年12月12日
		東経	132° 25' 09.3796"
調査業者名	株式会社 東建ジオテック TEL 089-945-3328	主任技師	細沼 紀康 登録番号 16996
		現代理人	細沼 紀康 登録番号 16996
		鑑定者	ア 細沼 紀康 登録番号 16996
		ボーリング責任者	清家 一彦 登録番号
孔口標高	C.D.L. 3.37 m	角	180° 上下 0°
方位	北 270° 西 180° 南 0°	地盤勾配	水平 90° 0°
総削孔長	59.00 m	試験機	東邦D-1
		エンジン	ヤンマー-NFD13
		ポンプ	東邦BG-3

標尺	層高	深	現場土質名(模様)	現場土質名	地盤材料の工学的分類	相対密度	相対稠度	記	地層・岩体区分	孔内水位 m	標準貫入試験	原位置試験	試料採取	室内	削		
m	m	m								測定日	N	深	深	深	削		
											値	度	度	度	削		
											値	度	度	度	削		
											値	度	度	度	削		
2.97	0.40	0.40	盛土(シルト混り砂)	盛土(シルト混り砂)	シルト			表面10cmはAs及び碎石。以下、砂質主体。粗・中砂主体。φ35mm以下の礫及びシルトを含む。含水少ない。	BS	11/25	1.15	10	12	15	37	11/18	
2.37	0.60	1.00	盛土(砂混り砂)	盛土(砂混り砂)	砂			細砂主体だが、φ2~50mm程度の角礫を多く含む。全体に少量のシルト分を含む。総して不均質である。含水少ない。	rd4	11/20	2.15	11	17	22	50	11/20	
0.32	2.05	3.05	盛土(シルト混り砂)	盛土(シルト混り砂)	シルト			N値は20より大を示し、全体に非常に締まっている。	rd5	11/21	3.15	1	1	2	300	11/21	
			盛土(粘土質混り砂)	盛土(粘土質混り砂)	粘土質砂			細・中砂主体だが、細粒分を多く含む。φ30mm以下の礫を不規則に混入する。木片の混入がみられる。含水中位である。	rd1	11/24	4.15	1	1	2	400	11/24	
-2.63	2.95	6.00	盛土(粘土質混り砂)	盛土(粘土質混り砂)	粘土質砂			N値は2程度を示し、全体に非常に緩い。	rd1	11/24	5.45	1	1	2	300	11/24	
			盛土(砂混り砂)	盛土(砂混り砂)	砂			細・中砂主体だが、細粒分を多く含む。φ20mm未満の礫を混入する。N値は20台より大を示し、相対密度は非常に緩い。	rd1	11/24	6.15	1	1	2	300	11/24	
-3.63	1.00	7.00	盛土(粘土質混り砂)	盛土(粘土質混り砂)	粘土質砂			細・中砂主体だが、細粒分を多く含む。φ20mm未満の礫を混入する。	rd2	11/24	6.45	1	1	2	400	11/24	
-4.13	0.50	7.50	盛土(粘土質混り砂)	盛土(粘土質混り砂)	粘土質砂			φ20mm以下の垂直~垂直角礫主体。φmax45mm。全体に少量のシルト分を含む。シルト片混入する。含水多量、細い。9m付近、全漏水あり	rd2	11/24	7.15	1	1	2	400	11/24	
-5.63	1.50	9.00	盛土(砂混り砂)	盛土(砂混り砂)	砂			φ20mm以下の垂直~垂直角礫主体。φmax45mm。全体に少量のシルト分を含む。シルト片混入する。含水多量、細い。9m付近、全漏水あり	rd2	11/24	7.45	1	1	2	400	11/24	
-6.83	1.20	10.20	盛土(粘土質混り砂)	盛土(粘土質混り砂)	粘土質砂			φ2~10mm程度の垂直~垂直角礫主体。φmax40mm。砂分は粗・中砂主体。全体にシルト分を含む。シート片を混入する。含水量非常に緩い。	rd1	11/24	8.15	2	3	3	300	11/24	
-7.63	0.80	11.00	盛土(粘土質混り砂)	盛土(粘土質混り砂)	粘土質砂			中・細砂主体だが、φ30mm以下の礫を多く含む。細粒分含む。木片・ガラス片混入する。	rd2	11/24	8.45	1	1	2	300	11/24	
-8.73	1.10	12.10	盛土(砂混りシルト)	盛土(砂混りシルト)	砂			全体に細砂主体の砂分を含む。一部、φ15mm以下の礫混入する。含水量中位で、軟らかい。	rd2	11/24	10.45	1	1	2	300	11/24	
-9.63	0.90	13.00	盛土(シルト混り砂)	盛土(シルト混り砂)	シルト			中砂がやや卓越する砂分主体だが、φ20mm未満の垂直~垂直角礫を多く含む。木片を混入する。含水量は中位である。	rd3	11/24	11.15	1	1	2	300	11/24	
			シルト質粘土	シルト質粘土	シルト			粘土主体だが、全体にシルト分を含み、上部で多い。	rd3	11/24	12.15	5	5	15	300	11/24	
			シルト	シルト	シルト			総じて均質だが、16m以深では少量の貝殻片を混入する。	rc1	11/25	13.55	200	200	400		11/25	
			シルト	シルト	シルト			含水量は上部で多いが、下位に従って中位~やや少なくなる。	rc2	11/25	14.15	1	1	2	400	11/25	
			シルト	シルト	シルト			試料は指圧にて容易に変形し、軟らかい。	rc2	11/25	14.55	200	200	400		11/25	
			シルト	シルト	シルト			N値は3以下を示し、全体に軟弱である。	rc1	11/25	15.15	1	1	2	300	11/25	
			シルト質粘土	シルト質粘土	シルト			おおむね均質な粘土。全体に少量のシルト分を含む。21m以深では、少量の貝殻片を混入する。	rc1	11/26	16.15	1	1	2	300	11/26	
			シルト	シルト	シルト			粘性は強い。	rc1	11/26	17.15	1	1	2	300	11/26	
			シルト	シルト	シルト			含水量は全体に中位である。	rc1	11/26	18.15	1	1	2	300	11/26	
			シルト	シルト	シルト			試料は指圧にて容易に変形し、軟らかい。	rc1	11/26	18.45	1	1	2	300	11/26	
			シルト	シルト	シルト			N値は2~6を示し、おおむね下位に従ってやや増加する。	rc1	11/26	19.15	1	1	2	300	11/26	
			シルト	シルト	シルト			相対稠度は非常に軟らかい~軟らかいに区分され、全体に軟弱である。	rc2	11/26	19.45	1	1	2	300	11/26	
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	20.15	1	2	1	4	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	20.45	1	2	1	4	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	21.15	1	2	1	4	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	21.45	1	2	1	4	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	22.15	1	2	1	4	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	22.45	1	2	1	4	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	23.15	2	2	2	5	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	23.45	1	2	2	5	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	24.15	1	2	2	5	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	24.45	1	2	2	5	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	25.15	2	2	2	6	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	25.45	2	2	2	6	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	26.15	2	2	2	6	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	26.45	2	2	2	6	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	26.75	2	2	2	6	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	27.15	2	2	2	6	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	27.45	2	2	2	6	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	27.75	2	2	2	6	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	28.15	2	2	2	6	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	28.45	2	2	2	6	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	28.75	2	2	2	6	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	29.15	2	2	2	6	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	29.45	2	2	2	6	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	30.15	1	2	3	8	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	30.45	1	2	3	8	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	31.15	2	3	3	8	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	31.45	2	3	3	8	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	32.15	4	5	9	18	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	32.45	4	5	9	18	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	33.15	6	7	8	21	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	33.45	6	7	8	21	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	34.15	7	10	13	30	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	34.45	7	10	13	30	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	35.15	10	17	15	42	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	35.45	10	17	15	42	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	36.15	40	20	60	150	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	36.30	40	20	60	150	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	37.15	11	11	18	40	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	37.45	11	11	18	40	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	38.15	6	7	7	20	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	38.45	6	7	7	20	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	39.15	10	10	15	35	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	39.45	10	10	15	35	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	40.15	18	18	14	50	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	40.45	18	18	14	50	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	41.15	8	6	8	22	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	41.45	8	6	8	22	300	11/27
			シルト	シルト	シルト				rc3	11/27	42.15	2	4	4	10	300	11/27
			シルト	シルト	シルト												

図 3.2-4 No.3 ボーリング柱状図

調査名	07漁単第3号 みなと立体駐車場地質調査業務		
事業名または工事名			
調査目的及び調査対象	建築 構造物基礎		
ボーリング名	No.3	調査位置	愛媛県八幡浜市沖新田
発注機関	愛媛県 八幡浜市産業建設部水産港湾課	調査期間	令和7年11月21日～令和7年12月19日
調査業者名	株式会社 東建ジオテック TEL 089-945-3328	主任技師	細沼 紀康 登録技師 16996
現場代理人	細沼 紀康 登録技師 16996	コ鑑定者	ア 細沼 紀康 登録技師 16996 ボ 堀見 涼 登録技師
ボーリング責任者	堀見 涼 登録技師		
孔口標高	C.D.L. 3.29 m	方位	北緯 33°27'34.0670" 東経 132°25'09.4909"
総削孔長	58.00 m	試験機	東邦D1-C
		エンジン	ヤンマー-NF012
		ポンプ	東邦BG-3C

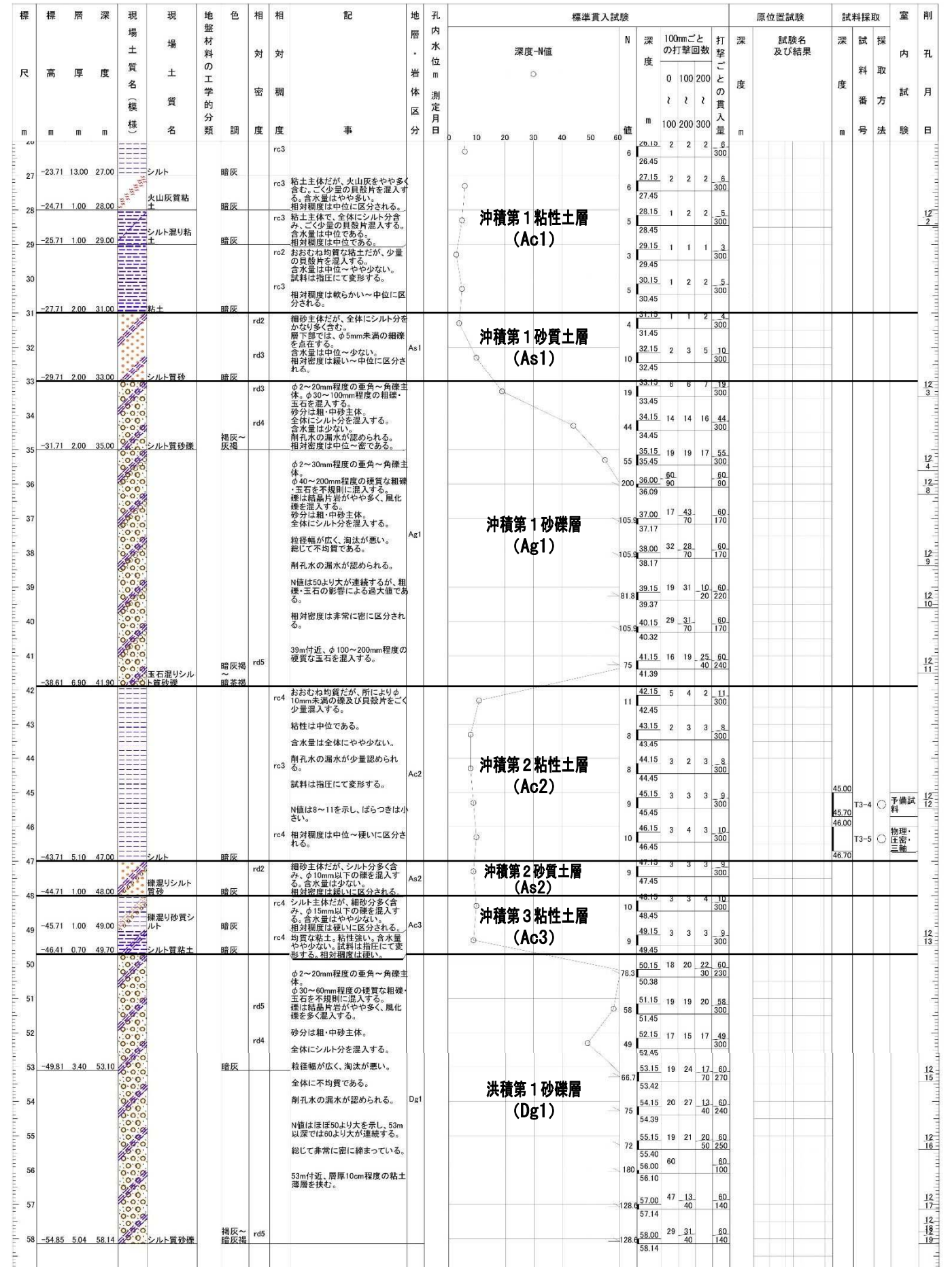
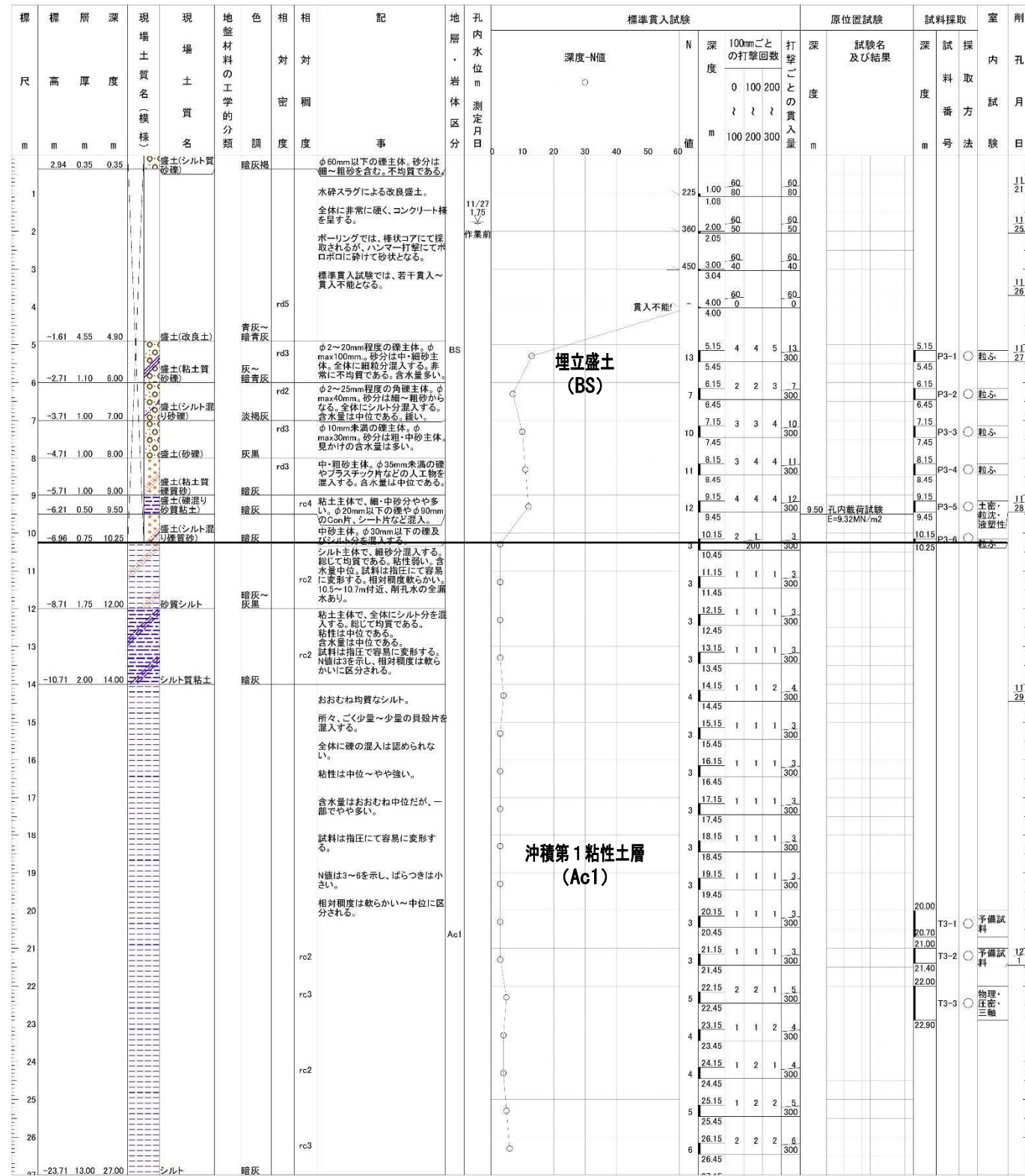


図 3.2-5 No.4 ボーリング柱状図

調査名	07漁単第3号 みなと立体駐車場地質調査業務		
事業名または工事名	調査目的及び調査対象 建築 構造物基礎		
ボーリング名	No.4	調査位置	愛媛県八幡浜市沖新田
発注機関	愛媛県 八幡浜市産業建設部水産港湾課	調査期間	令和7年11月20日～令和7年12月8日
調査業者名	株式会社 東建ジオテック TEL 089-945-3328	主任技師	細沼 紀康 登録番号 16996
孔口標高	C.D.L. 3.12 m	現場代理人	細沼 紀康 登録番号 16996
総削孔長	61.00 m	試験機	東邦D-1
方位	北緯 33° 27' 33.2523"	ポンプ	東邦BG-3
東経	132° 25' 09.5927"	ボーリング責任者	水崎 博文 登録番号 16996
地盤勾配	北緯 0° 西 180° 東 90° 南 180°	試験機	東邦D-1
方位	北緯 0° 西 180° 東 90° 南 180°	ポンプ	東邦BG-3

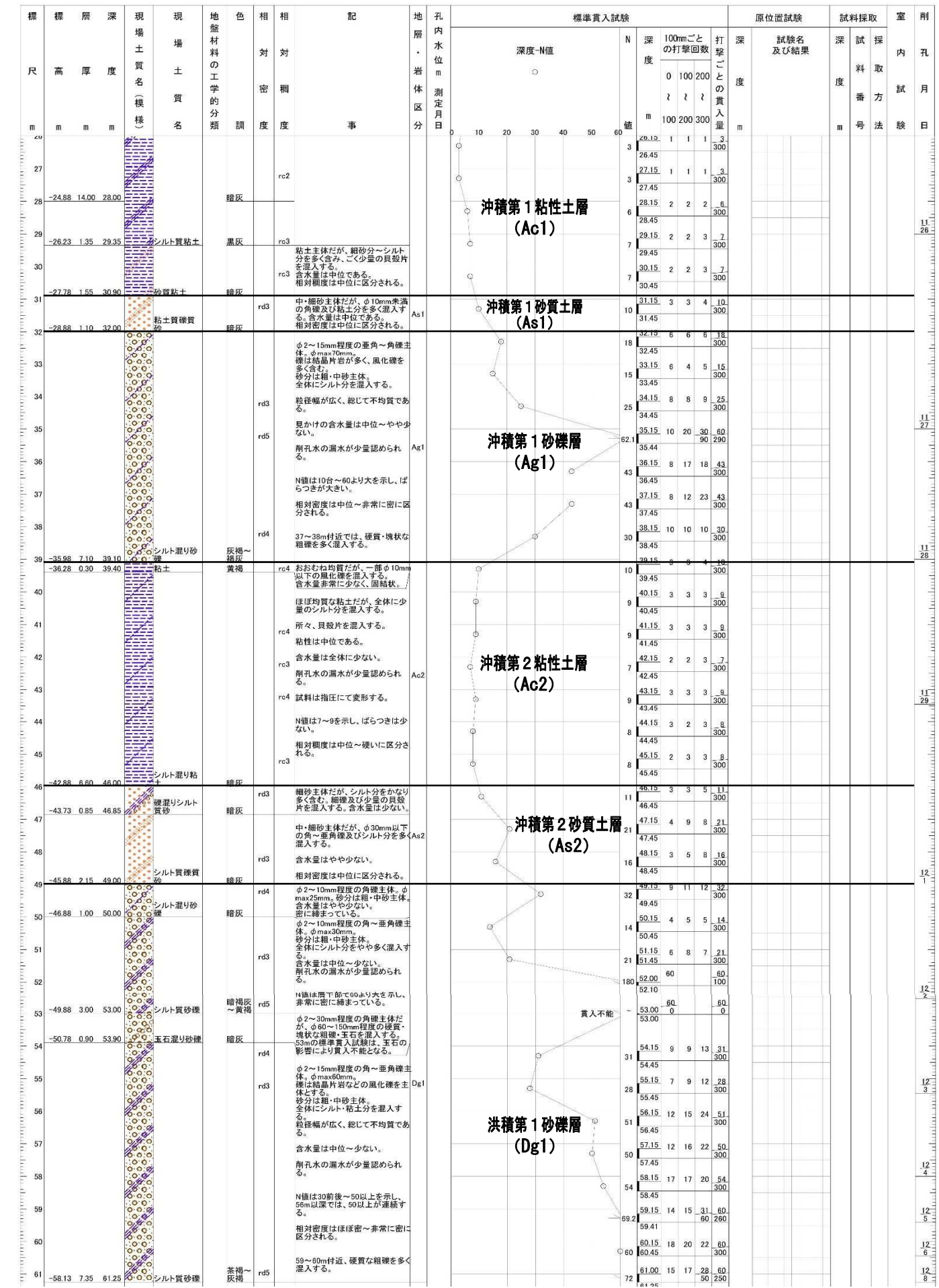
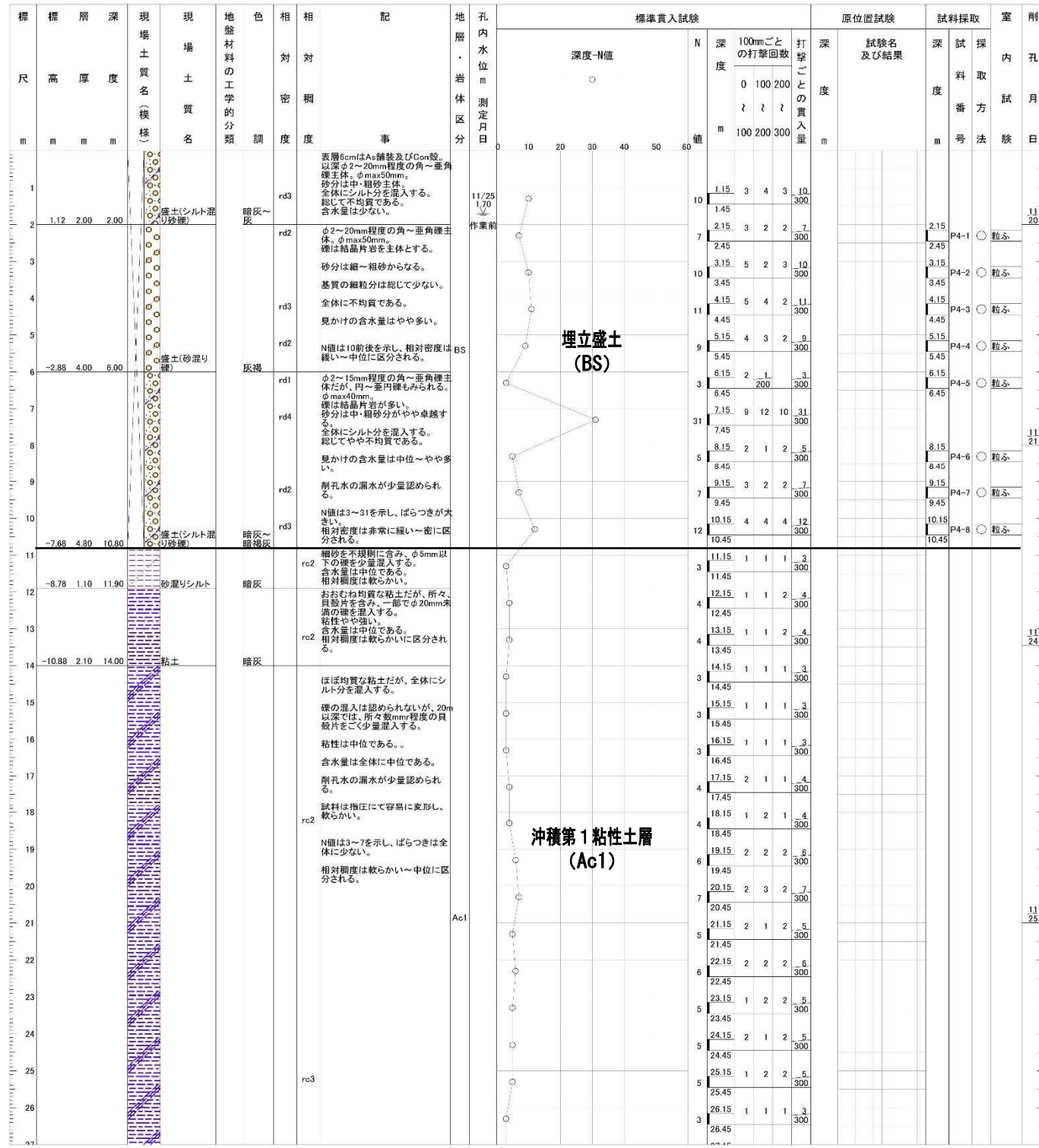
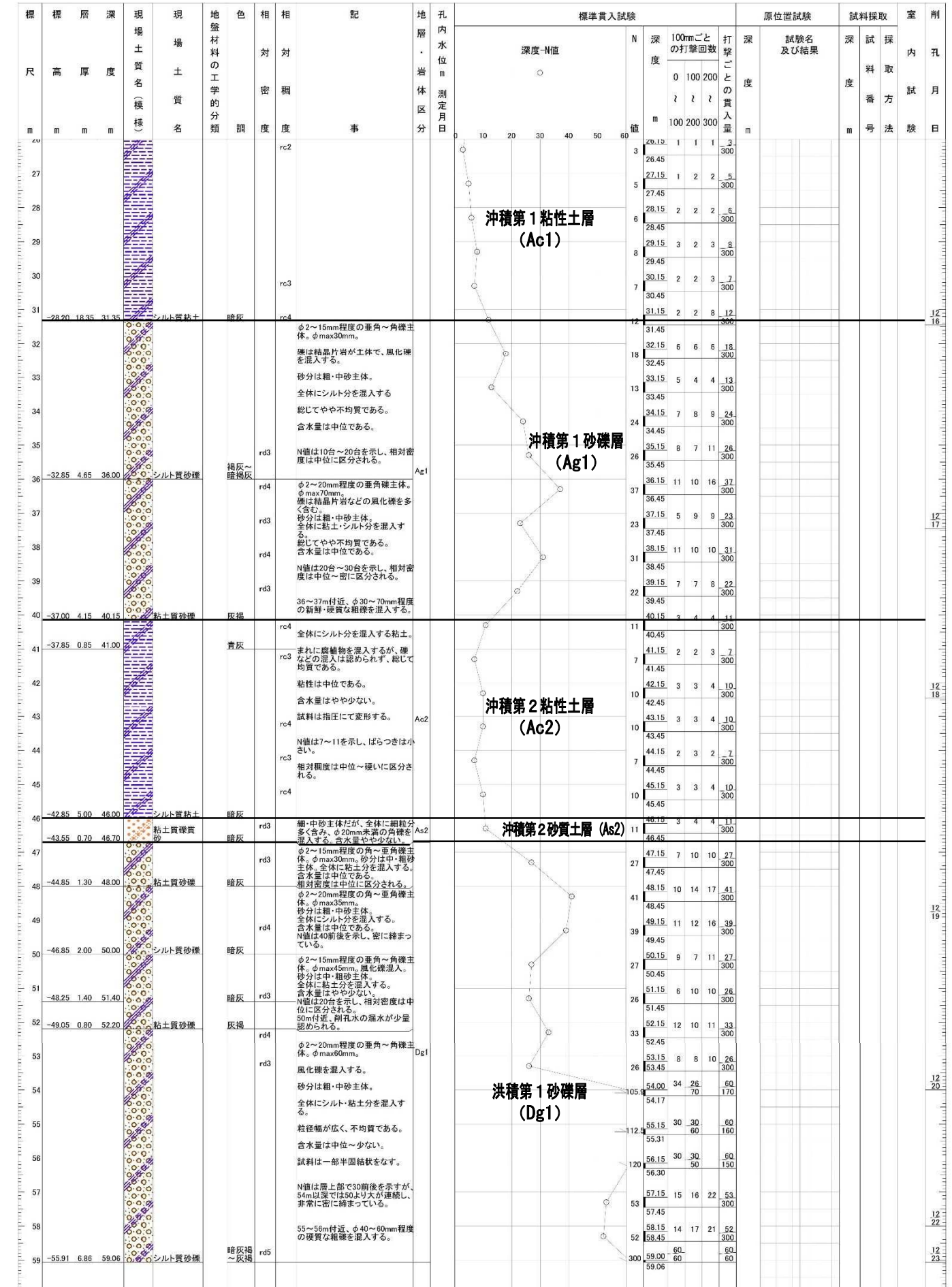


図 3.2-6 No.5 ボーリング柱状図

調査名	07漁単第3号 みなと立体駐車場地質調査業務		
事業名または工事名	調査目的及び調査対象 建築 構造物基礎		
ボーリング名	No.5	調査位置	愛媛県八幡浜市沖新田
発注機関	愛媛県 八幡浜市産業建設部水産港湾課	調査期間	令和7年11月29日～令和7年12月23日
調査業者名	株式会社 東建ジオテック TEL 089-945-3328	主任技師	細沼 紀康 登録技師 16996
現場代理人	細沼 紀康 登録技師 16996	コア鑑定者	細沼 紀康 登録技師 16996
ボーリング責任者	水崎 博文 登録技師	試験機	東邦D-1
ポンプ	東邦BG-3	エンジン	ヤンマー-NFD13

標高	層厚	現場土質名(模様)	現場土質名	地盤材料の工学的分類	相対密度	相対密実度	記号	地層・岩体区分	孔内水位 m	標準貫入試験			原位置試験	試験採取	室内	削
										深度-N値	N	打撃ごとの貫入量				
2.15	1.00	1.00	盛土(砂礫)	灰~黒灰	rd2		埋立盛土 (BS)	12/12 1.80		1.15	3	3	2	8		
1.15	1.00	2.00	盛土(シルト混砂礫)	灰褐色	rd2					2.15	2	2	1	5		
0.15	1.00	3.00	盛土(シルト質砂礫)	淡褐色	rd2					2.45	2	2	1	5		
-1.85	2.00	5.00	盛土(シルト混砂礫)	灰褐色	rd2					3.15	1	2	2	5		
-2.85	1.00	6.00	盛土(シルト混砂礫)	灰褐色	rd2					3.45	5	5	5	12		
-3.85	1.00	7.00	盛土(シルト混砂礫)	緑褐色	rd3					4.15	3	2	2	7		
-4.85	1.00	8.00	盛土(シルト質砂礫)	暗褐色	rd3					5.15	4	3	5	12		
-5.85	1.00	9.00	盛土(シルト混砂礫)	暗褐色	rd2					5.45	5	5	5	15		
-6.65	0.80	9.80	盛土(シルト質砂礫)	淡褐色	rd2					6.15	5	5	5	15		
-8.45	1.80	11.60	シルト質粘土	暗褐色	rc2					6.45	5	5	5	15		
-9.85	1.40	13.00	砂質粘土	暗褐色	rc2					7.15	4	3	3	10		
					rc3					7.45	10	7	4	30		
					rc2					8.15	2	1	2	5		
					rc3					8.45	2	2	2	6		
					rc2					9.15	2	2	2	6		
					rc2					9.45	6	6	6	24		
					rc2					10.15	1	2	1	4		
					rc2					10.45	1	1	1	3		
					rc2					11.15	1	1	1	3		
					rc2					11.45	1	2	1	4		
					rc2					12.15	1	2	1	4		
					rc2					12.45	1	1	1	3		
					rc2					13.15	1	1	1	3		
					rc3					13.45	2	1	2	5		
					rc3					14.15	2	1	2	5		
					rc2					14.45	1	2	1	4		
					rc3					15.15	1	2	1	4		
					rc3					15.45	2	1	2	5		
					rc3					16.15	2	1	2	5		
					rc3					16.45	1	1	1	3		
					rc2					17.15	1	1	1	3		
					rc2					17.45	1	1	1	3		
					rc2					18.15	1	1	1	3		
					rc3					18.45	2	1	2	5		
					rc3					19.15	2	1	2	5		
					rc2					19.45	2	1	1	4		
					rc2					20.15	2	1	1	4		
					rc2					20.45	2	1	2	5		
					rc2					21.15	2	1	2	5		
					rc2					21.45	2	3	2	7		
					rc2					22.15	2	2	2	6		
					rc2					23.15	2	2	2	6		
					rc2					23.45	2	2	2	6		
					rc2					24.15	2	2	2	6		
					rc3					25.15	2	2	1	5		
					rc2					25.45	1	1	1	3		
					rc2					26.15	1	1	1	3		
					rc2					26.45	3	3	3	9		



(3) 地層の特徴の要点

以下では、ボーリングで確認した地層について、埋立盛土 (BS)、沖積層、洪積層の3つに分け、それぞれの特徴について要点を示す。

1) 埋立盛土 (BS) ⇒ 写真 3.2-1~3.2-7 参照

- ・海岸部を埋め立てた盛土である。下限深度は GL-9.8~-13.7m と推定され、海側の No. 1・No. 2 孔で厚く、中央部の No. 3 孔から陸側の No. 4・No. 5 孔でやや薄い分布を示す。
- ・構成土質は砂礫・砂混り礫・礫質砂・礫混り砂などの粗粒土を主体とするが、一部で薄い粘性土を挟む。
また、No. 3 孔の表層部には、水砕スラグが固結した改良土が層厚 4.6m 程度分布し、棒状コアにて採取された。
- ・No. 1~No. 3 孔では、所によりコンクリート片・プラスチック片・人工繊維 (シート) などの人工物を混入する。
- ・全体に不均質であり、場所・深度によって土質状況の変化が大きい。
- ・色調は、暗灰色・黒灰色系や褐灰色・灰褐色系などを示し、ばらつきが大きい。
- ・礫径は ϕ 40mm 程度以下を主体とし、最大で ϕ 100mm の玉石が認められた。
- ・N値は、No. 1 孔の上部~中間部および No. 2 孔で 4 以下 (相対密度「非常に緩い」~「緩い」) 部分がある。一方、No. 1 孔下部では 40 台 (相対密度「密な」)、No. 3 孔上部の改良土では 60 より大~貫入不能の固結した部分が存在し、場所・深度によって締まり具合のばらつきが顕著である。



写真 3.2-1 埋立盛土 (BS) 標準貫入試験採取試料 (No. 1 孔 GL-3.15~-3.5m、シルト質礫質砂)



写真 3.2-2 埋立盛土 (BS) 標準貫入試験採取試料 (No. 2 孔 GL-4.15~-4.55m、粘土質礫質砂)



写真 3.2-3 埋立盛土(BS) 標準貫入試験採取試料 (No. 4 孔 GL-4.15~4.45m、砂混り礫)



写真 3.2-4 埋立盛土(BS) 標準貫入試験採取試料 (No. 5 孔 GL-6.15~6.45m、シルト混り砂礫)

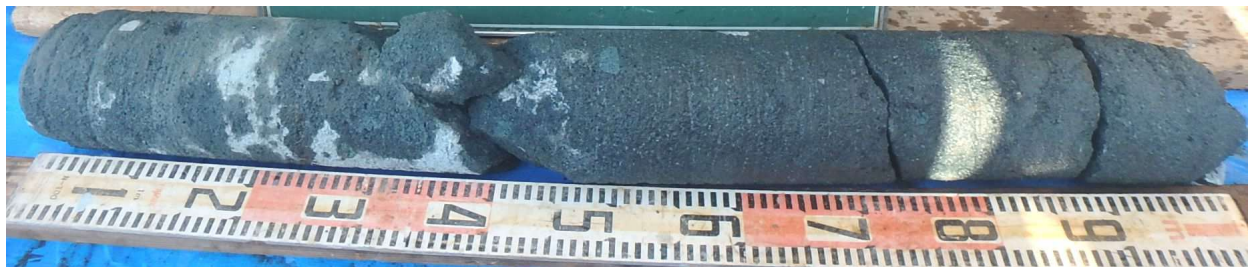


写真 3.2-5 埋立盛土(BS) 標準貫入試験採取試料 (No. 3 孔 GL-3.0~4.0m、水砕スラグによる改良土)



写真 3.2-6 埋立盛土(BS) 中の粗礫・粗石 (No. 3 孔 GL-5.0~6.0m付近)



写真 3.2-7 埋立盛土(BS) 標準貫入試験採取試料 (No. 2 孔 GL-11.15~11.45m、砂混りシルト)

2) 沖積層 ⇒ 写真 3.2-8~3.2-20 参照

- ・沖積層は、大きくは粘性土層 (Ac1~Ac3)、砂質土層 (As1・As2)、砂礫層 (Ag1) に区分される。ただし、Ac1 層には火山灰挟み層 (Ac1-v)、砂質土挟み層 (Ac1-s) が、As1 層には粘性土挟み層 (As1-c) が含まれ、これらを入れると計 10 層からなる。
- ・総じて粘性土層の占める割合が大きい。とくに Ac1 層の層厚はおよそ 16.4~21.6m を示し、層厚が厚い。
- ・地層の連続性はおおむね良好だが、挟み層のほかに As1 層・Ac3 層など層厚が薄い地層ではやや連続性が悪い。
- ・色調は暗灰色を主体とするが、Ag1 層では褐灰色・灰褐色・茶褐色系を呈する。
- ・礫径は、Ag1 層で ϕ 30mm 程度以下を主体とし、最大で ϕ 200mm 程度の硬質な玉石を混入する。このほか、As1 層で最大 ϕ 40mm、As2 層で最大 ϕ 35mm の礫を混入する。
- ・Ac1 層の N 値は、1.5~10 (相対稠度「非常に軟らかい」~「硬い」) を示すが、総じて 4 以下の軟弱な部分が多い。
ただし、No. 1 孔では、7~10 (相対稠度「中位」~「硬い」) を示し、比較的硬い。
- ・Ac2・Ac3 層の N 値は、7~16 (相対稠度「中位」~「非常に硬い」) を示し、Ac1 層より硬いと言える。
- ・As1・As2 層の N 値は、4~21 (相対密度「緩い」~「中位」) を示す。
- ・Ag1 層の N 値は、12~60 より大 (相対密度「中位」~「非常に密な」) を示し、ばらつきが非常に大きい。60 より大を示す部分は、粗礫・玉石の影響 (礫打ち) による過大値であり、とくに No. 3 孔ではほとんどが玉石等による過大値と考えられる。



写真 3.2-8 沖積第 1 粘性土層 (Ac1) 標準貫入試験採取試料 (No. 2 孔 GL-17.15~17.45m、粘土)



写真 3. 2-9 沖積第 1 粘性土層 (Ac1) 標準貫入試験採取試料 (No. 3 孔 GL-19. 15~-19. 45m、シルト)



写真 3. 2-10 沖積第 1 粘性土層砂質土挟み層 (Ac1-s) 標準貫入試験採取試料 (No. 2 孔 GL-26. 15~-26. 45m、シルト質砂)



写真 3. 2-11 沖積第 1 粘性土層火山灰挟み層 (Ac1-v) 標準貫入試験採取試料 (No. 2 孔 GL-27. 15~-27. 45m、火山灰)



写真 3. 2-12 沖積第 1 砂質土層 (As1) 標準貫入試験採取試料 (No. 2 孔 GL-30. 15~-30. 45m、粘土質砂)



写真 3.2-13 沖積第 1 砂礫層 (Ag1) 標準貫入試験採取試料 (No. 4 孔 GL-34.15~34.45m、シルト混り砂礫)



写真 3.2-14 沖積第 1 砂礫層 (Ag1) 中の粗礫・玉石 (No. 1 孔 GL-36m付近)



写真 3.2-15 沖積第 1 砂礫層 (Ag1) 中の粗礫・玉石 (No. 4 孔 GL-37.0~38.0m付近)



写真 3.2-16 沖積第 1 砂礫層 (Ag1) コアチューブ採取試料 (No. 3 孔 GL-40.15~40.32m、玉石混りシルト質砂礫)



写真 3.2-17 沖積第2粘性土層(Ac2) 標準貫入試験採取試料 (No. 3 孔 GL-46.15~46.45m、シルト)



写真 3.2-18 沖積第2粘性土層(Ac2) 標準貫入試験採取試料 (No. 5 孔 GL-43.15~43.45m、シルト質粘土)



写真 3.2-19 沖積第2砂質土層(As2) 標準貫入試験採取試料 (No. 4 孔 GL-47.15~47.45m、シルト質礫質砂)



写真 3.2-20 沖積第3粘性土層(Ac3) 標準貫入試験採取試料 (No. 3 孔 GL-48.15~48.45m、礫混り砂質シルト)

3) 洪積層 ⇒ 写真 3.2-21~3.2-25 参照

- ・ 洪積層では、砂礫層 (Dg1) と粘性土挟み層 (Dg1-c) の計 2 層を確認した。
- ・ Dg1 層の層厚は、およそ 8.4~12.3m を確認しており、実際にはこれ以上の層厚で分布している可能性がある。
- ・ Dg1 層の上面深度は GL-46.7~-49.7m を示し、若干の高低差が認められる。
- ・ 確実な支持層とみなせる N 値 50 以上を示す部分の上面深度は、海側の No. 1 孔・No. 2 孔 および陸側の No. 5 孔で GL-54m、中央部の No. 3 孔で GL-53m、陸側の No. 4 孔で GL-56m を示し、やや不陸が認められる。
- ・ Dg1-c 層は No. 2 孔の Dg1 層上部に認められ、層厚は 0.9m と薄い。
- ・ 色調は、暗灰・青灰色系~灰褐・黄褐・茶褐色系を主体とする。
- ・ Dg1 層の礫径は ϕ 20mm 程度以下を主体とし、最大径は ϕ 150mm 程度を示す。
- ・ N 値は、層上部では 10 台~30 台 (相対密度「中位」~「密な」) の部分があり、ばらつきがみられる。
一方、層下部の GL-53~-56m 以深では 50 以上 (相対密度「非常に密な」) が連続し、 N 値は安定している。



写真 3.2-21 洪積第 1 砂礫層 (Dg1) 標準貫入試験採取試料 (No. 1 孔 GL-51.15~-51.45m、シルト混り砂礫)



写真 3.2-22 洪積第 1 砂礫層 (Dg1) 中の粗礫・玉石 (No. 4 孔 GL-52.0~-53.0m 付近)



写真 3.2-23 洪積第 1 砂礫層 (Dg1) コアチューブ採取試料 (No. 4 孔 GL-53.0~-54.0m、玉石混り砂礫)



写真 3.2-24 洪積第 1 砂礫層 (Dg1) 標準貫入試験採取試料 (No. 2 孔 GL-55.15~55.43m、シルト質砂礫)



写真 3.2-25 洪積第 1 砂礫層粘性土挟み層 (Dg1-c) 標準貫入試験採取試料 (No. 2 孔 GL-52.15~52.45m、礫混り砂質粘土)

(4) 孔内水位等について

図 3.2-7~3.2-11 には、各孔のボーリング作業期間に測定した孔内水位について、それぞれ掘進時孔内水位変動図として整理した。

ここで、本調査地は海岸部の埋立地にあたり、地下水位は潮位の影響を受けている可能性がある。このため、調査時の潮位を埋立地端部の護岸部にて任意で測定したところ、およそ GL-1.3~-2.6m の間で変動していることが認められた。

以上の潮位測定結果と孔内水位変動の整理結果を踏まえ、各孔の代表水位 (= 柱状図記載水位) は、およそ埋立盛土下端付近にあたる GL-10m 前後以浅を掘進時の作業前水位、すなわち掘進初期の作業前水位のうち浅い水位を採用した。

表 3.2-3 には、各ボーリングの代表水位を示す。

表 3.2-3 各ボーリングの代表水位一覧

孔番号	孔口地盤高		代表水位			掘進深度 GL (m)	測定 月日	水位 種別	備 考
	C. D. L. (m)	T. P. (m)	GL (m)	C. D. L. (m)	T. P. (m)				
No. 1	3.11	1.93	-1.53	1.58	0.40	-5.55	12/17	作業前	
No. 2	3.37	2.19	-1.75	1.62	0.44	-9.45	11/25	〃	C. D. L. および T. P. 基準で最 も高い水位
No. 3	3.29	2.11	-1.75	1.54	0.36	-3.04	11/27	〃	
No. 4	3.12	1.94	-1.70	1.42	0.24	-13.45	11/25	〃	
No. 5	3.15	1.97	-1.80	1.35	0.17	-10.00	12/12	〃	

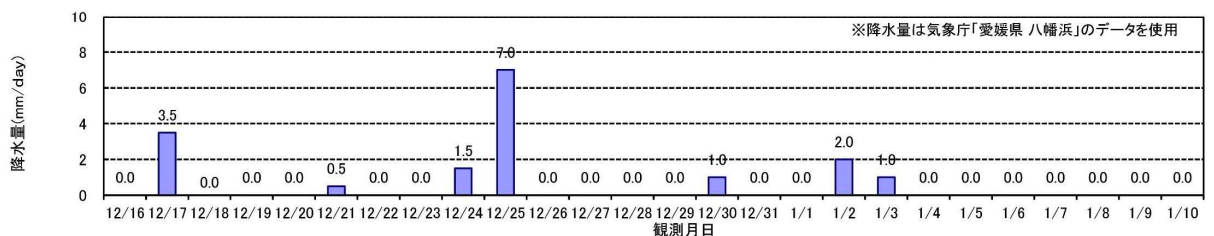
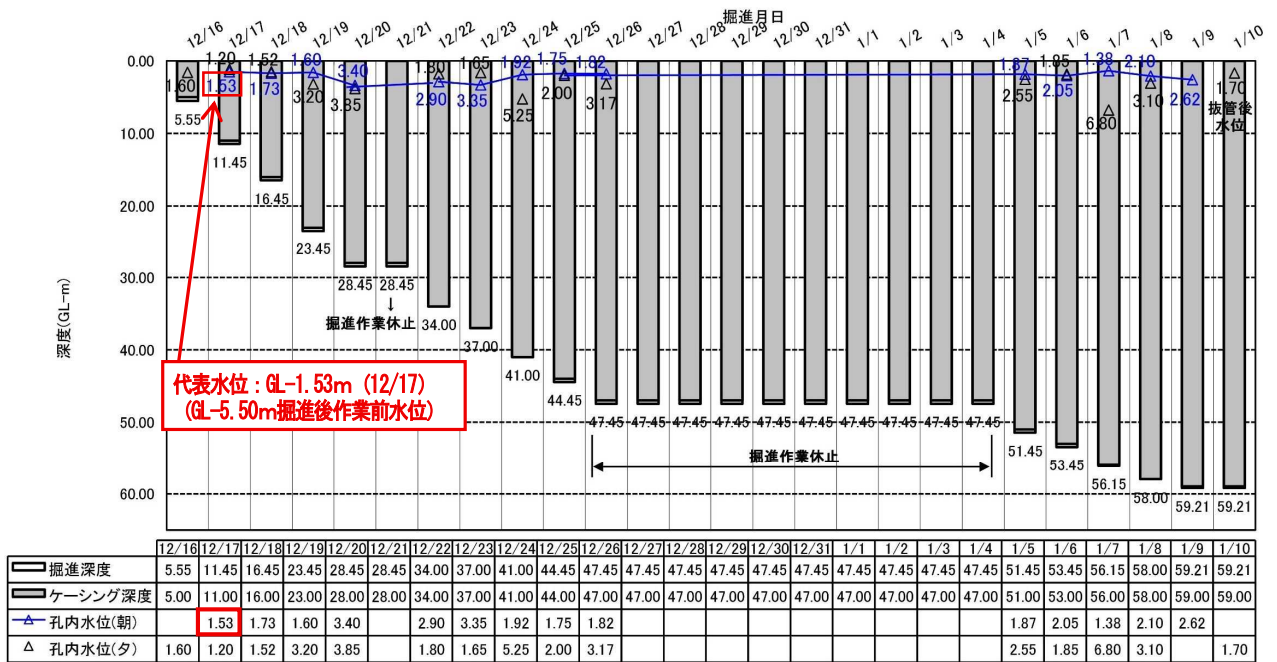


図 3.2-7 No. 1 孔 掘進時孔内水位変動図

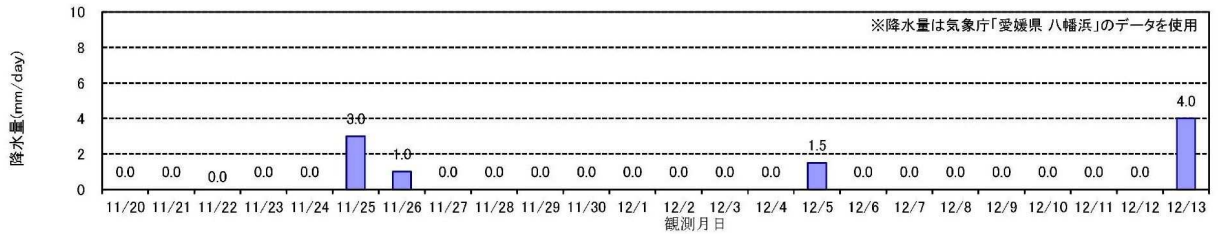
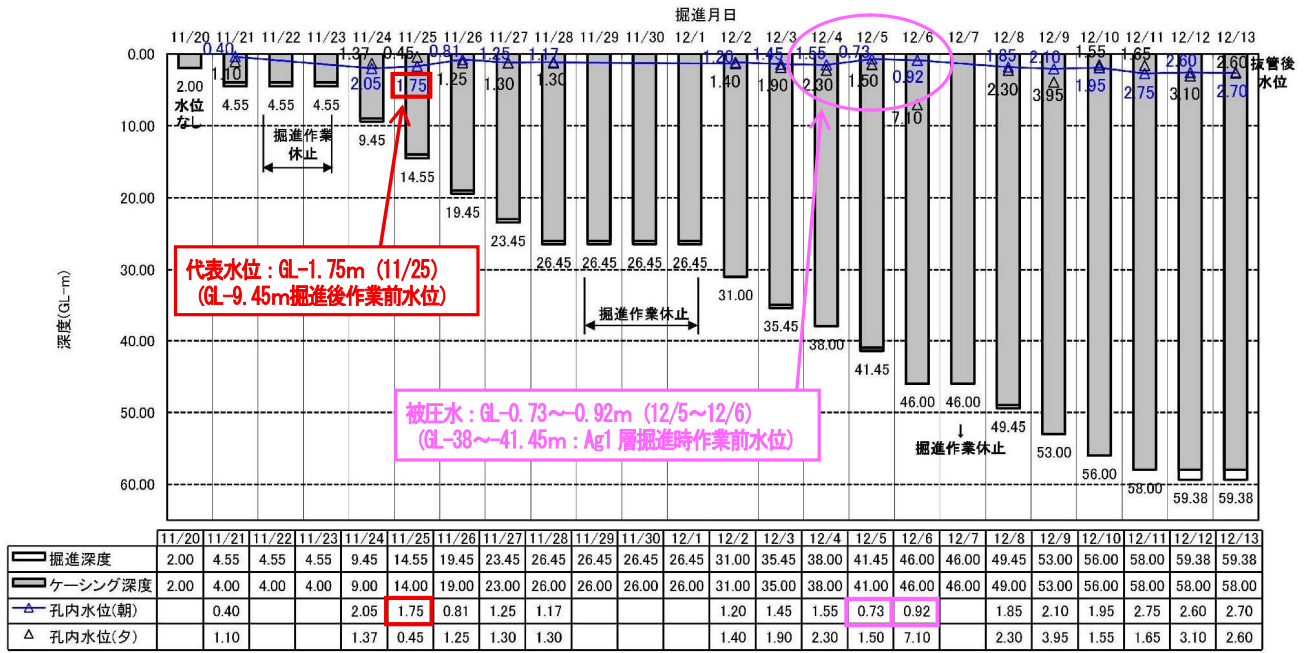


図 3.2-8 No. 2 孔 掘進時孔内水位変動図

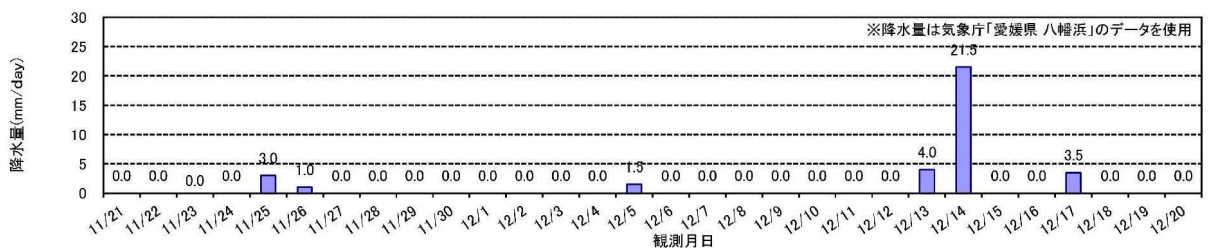
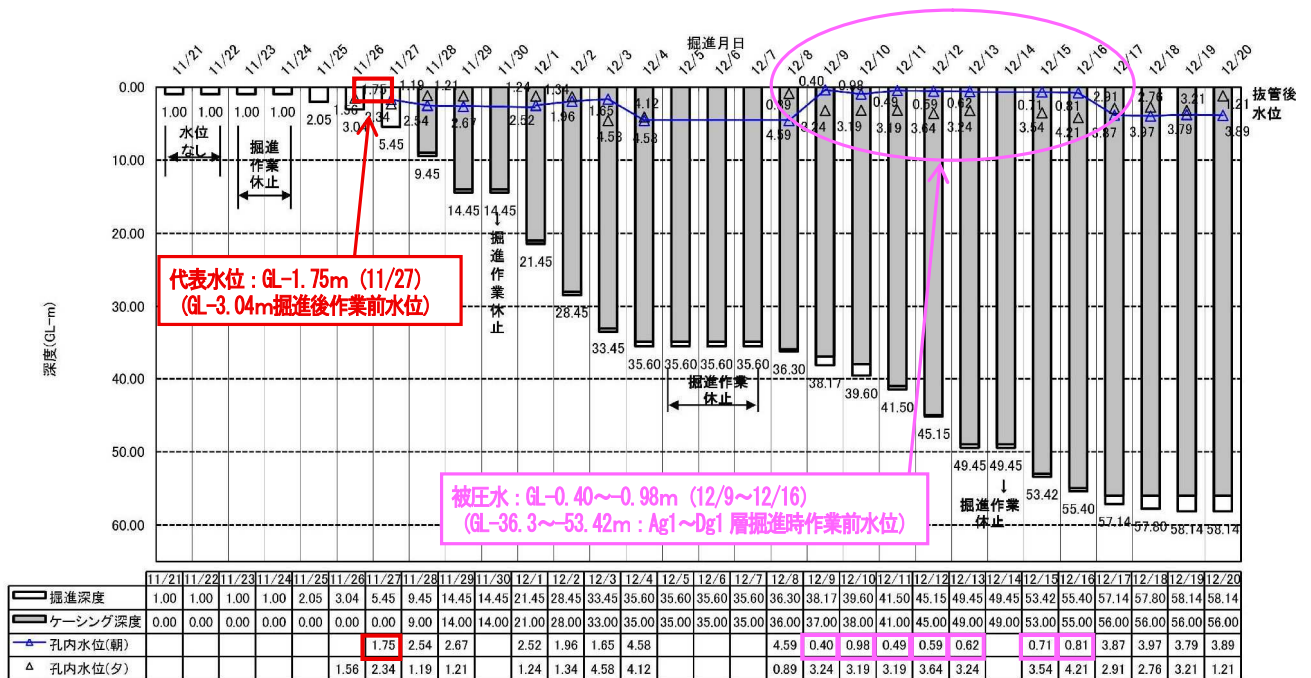


図 3.2-9 No. 3 孔 掘進時孔内水位変動図

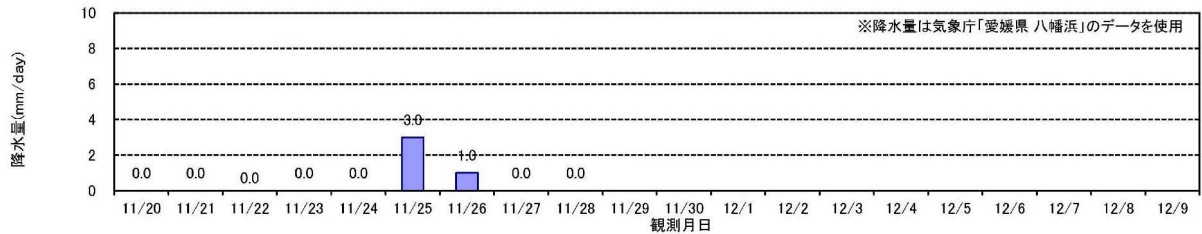
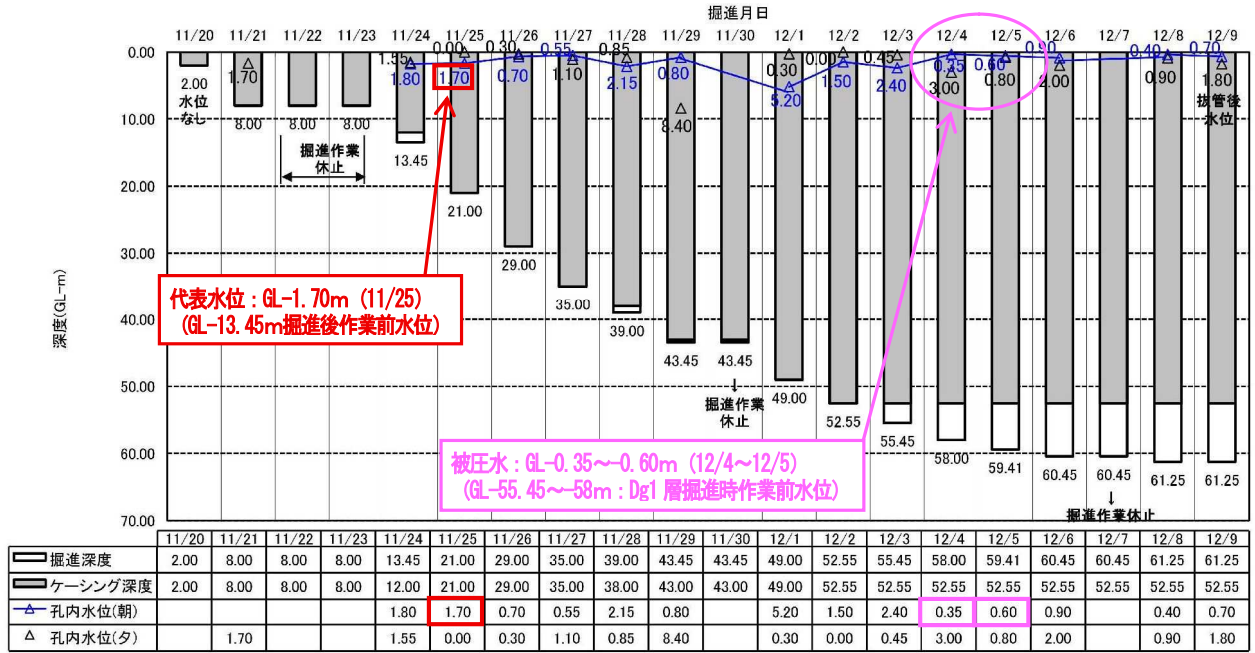


図 3.2-10 No. 4 孔 掘進時孔内水位変動図

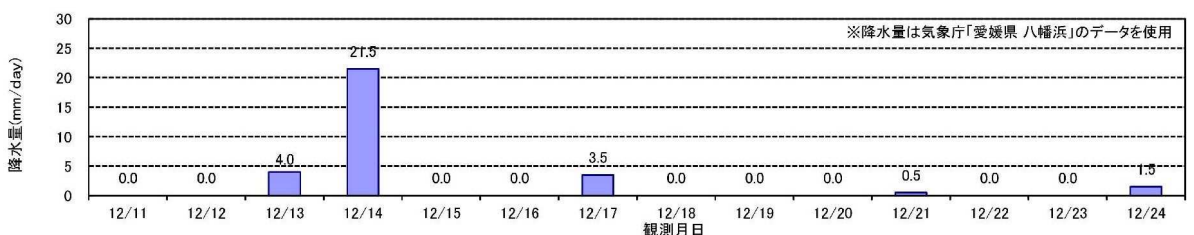
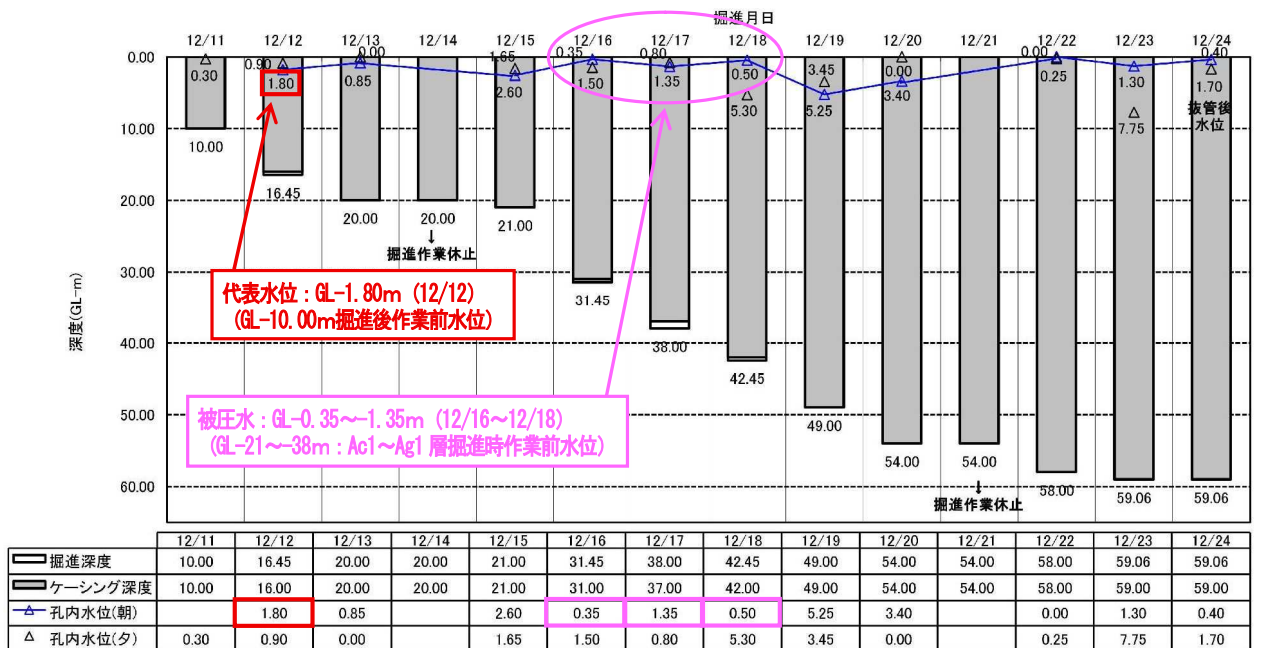


図 3.2-11 No. 5 孔 掘進時孔内水位変動図

孔内水位等より、調査地の地下水位に関連する事項として以下のことが挙げられる。

- 各地点では、浅部より礫を混入する土質などが分布し、おおむね送水掘りを行ったため、無水掘り水位は確認できなかった。
- 各孔の作業前水位は、掘進長が深くなってもおおむね GL-1~-3m前後で変動しており、変動幅は小さい。
- GL-10m前後以浅掘進時の初期における作業前水位は、おおむね GL-1~-2m前後を示す。これらのうち、各孔の代表水位として採用したものは GL-1.53~-1.80mであり、標高基準では T.P. 0.40~0.17mとなる。
- ボーリング作業中の被圧水は、No. 2 孔：GL-38.0~-41.45mの沖積第1砂礫層 (Ag1)、No. 3 孔：GL-36.0~-53.42mの沖積第1砂礫層 (Ag1) ~洪積第1砂礫層 (Dg1)、No. 4 孔：GL-55.45~-58.0mの洪積第1砂礫層 (Dg1)、No. 5 孔：GL-21.0~-38.0mの沖積第1粘性土層 (Ac1) ~洪積第1砂礫層 (Dg1) の掘進時において、それぞれ作業後水位から翌朝作業前水位へ明らかな上昇が認められ、おおむね GL-1m以浅を示すごく浅い水位を確認した。
- ボーリング削孔水の漏水は、埋立盛土 (BS)、沖積第1砂礫層 (Ag1)、洪積第1砂礫層 (Dg1)、沖積粘性土層 (Ac1・Ac2) において、所々で認められた。このうち、No. 2 孔では BS 層で、No. 3 孔では Ac1 層上部で、それぞれ全漏水が生じた。
- BS 層の標準貫入試験採取試料では、(みかけの) 含水量はおおむね中位~多い状況であった。

以上のことから、本孔の掘進作業期間 (11月~12月) における調査地の浅層地下水位は、おおむね各孔の代表水位が示す GL-1.5~-1.8m付近にあった可能性が高い。

また、沖積砂質土層 (As1・As2) や沖積砂礫層 (Ag1)、洪積砂礫層 (Dg1) などの粗粒土層では、やや被圧した地下水が帯水している可能性がある。

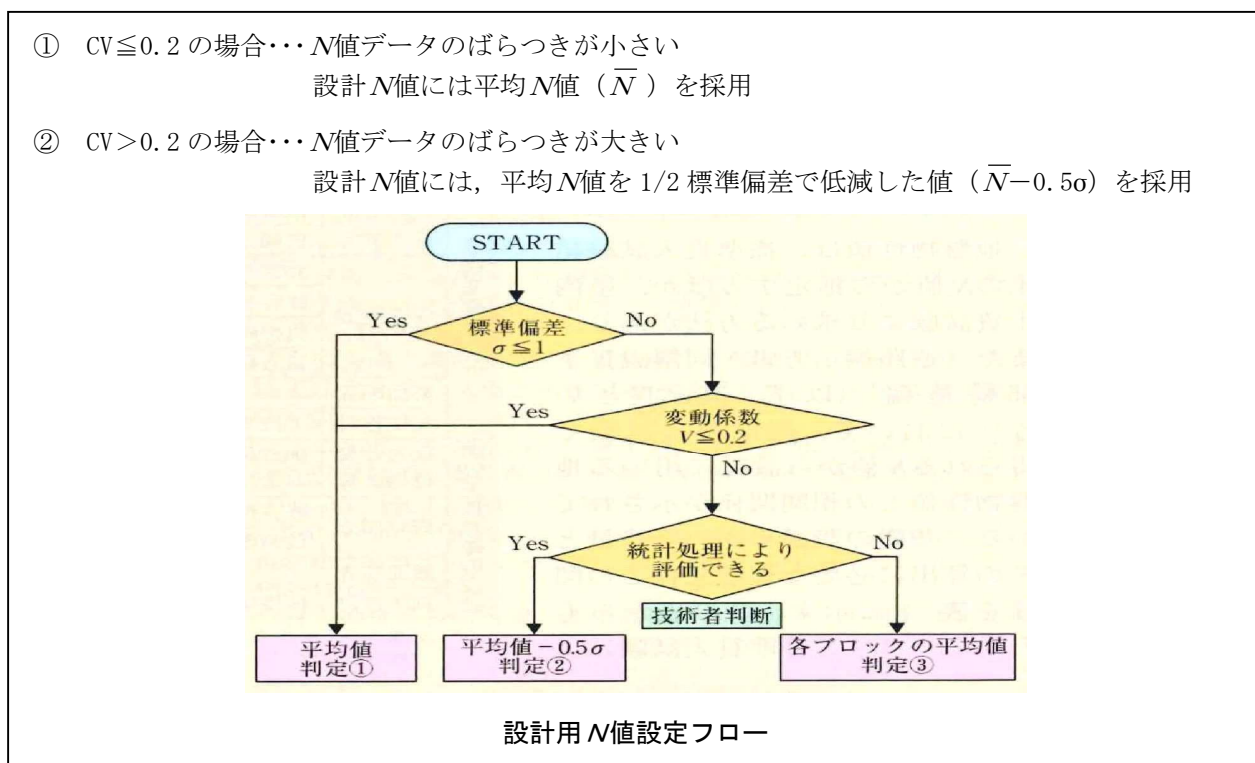
3.3 標準貫入試験結果

一般に N 値は、細粒分と粗粒分の混入割合や含水・圧密状態などの変化を反映してばらつきを示すことが多い。また、とくに盛土などの人工地盤や砂礫などの粗粒土層では、礫打ちなどの影響で過大値を含む場合があり、ばらつきの度合いが大きくなりやすい。

そこで、表 3.3-1 には、地層ごとに N 値データを整理し、埋立盛土 (BS) および粗粒土層 (砂質土層・砂礫層) については値のばらつきを「変動係数 $CV (= \text{標準偏差} / \text{平均値})$ 」※1 を用いて評価した。

具体的には、下の資料に示すように、各地層を代表する N 値 (代表 N 値) として、値のばらつきが小さいと評価できる場合は「平均 N 値 (\bar{N})」を、ばらつきが大きい場合は「1/2 標準偏差で低減した値 ($\bar{N} - 0.5\sigma$)」を採用することとした。

資料 3.3-1 N 値の評価方法



出典) 基礎工 (2009 年 4 月) : 道路橋基礎設計に用いる地盤物性値の評価、p. 10、総合土木研究所 より抜粋・加筆

※1 変動係数と N 値について

変動係数 (CV) は、データの相対的なばらつきの程度をあらわすもので、標準偏差 (σ) と平均値 (μ) の比 ($CV = \sigma / \mu$) で定義される無単位数である。これに 100 をかけて百分率 (%) であらわされることも多く、値が大きいほどデータのばらつきが大きいとみなせる。

表 3.3-1 地層別 N 値整理結果一覧表

地層区分 (記号)	埋立盛土 (BS)				沖積第1粘性土層 (Ac1)					砂質土挟み層 (Ac1-s)		火山灰 挟み層 (Ac1-v)	沖積第1砂質土層 (As1)			粘性土 挟み層 (As1-c)	沖積第1砂礫層 (Ag1)			沖積第2粘性土層 (Ac2)			沖積第2砂質土層 (As2)			沖積第3粘性土層 (Ac3)			洪積第1砂礫層 (Dg1)			粘性土 挟み層 (Dg1-c)		
	3	0.9	1.7	1.5	7	7	7	8	7				17	8	8		11	12	35	36	8	8	7	14	12					41	34	36		
N 値	No.1	1.5	5	4	3	8	8	10	10	10								100	38	21	8	9	14								25	41	64.3	
		15	28	45	49	9	8	7	7	9									23			16									51	100	100	
		44																													62.1	85.7		
		37	50	2	1.5	1.5	1.5	3	2	2	6	11			6	8	18		21	30	42	10	9	9	14	15				39	28	43	15	
	No.2	2	2	4	8	3	3	4	4	4									100	40	20	12	12							35	85.7	64.3		
		3	5	3	15	6	5	6	5	8									35	50	22									100	100	100		
																														78.3				
	No.3	100	100	100	13	1.5	3	3	3	4				4	10			19	44	55	11	8	8	9			10	9		78.3	58	49		
		7	10	11	12	3	3	3	3	3								100	100	100	9	10								66.7	75	72		
		6				3	3	5	4	4								81.8	100	75										100	100	100		
						5	6	6	5	3																								
	No.4					5																												
		10	7	10	11	3	4	4	3	3				10				18	15	25	10	9	9	11	21	16			32	14	21			
		9	3	31	5	3	4	4	6	7								62.1	43	43	7	9	8						100	31	28			
		7	12			5	6	5	5	5								30			8								51	50	54			
	No.5					3	3	6	7	7																			69.2	60	72			
		8	5	5	7	4	3	4	3	5								24	18	13	11	7	10	11					27	41	39			
		12	15	10	5	4	5	3	3	5								24	26	37	10	7	10						27	26	33			
		6				4	5	7	6	6								23	31	22									26	100	100			
						5	3	5	6	8																				100	53	52		
				7	6																							100						
データ個数	53				93					2		1	8			1	33			30			9			2			55			1		
データ範囲	0.9 ~ 100				1.5 ~ 10					6 ~ 11		—	4 ~ 18			—	12 ~ 100			7 ~ 16			9 ~ 21			9 ~ 10			14 ~ 100			—		
平均値 \bar{N}	16.4				4.9					8.5		17.0	9.0			11.0	31.6			9.4			13.7			9.5			60.3			15.0		
標準偏差 σ	24.1				—					—		—	—			—	16.8			—			—			—			27.9			—		
変動係数 CV	1.47				—					—		—	—			—	0.53			—			—			—			0.46			—		
$\bar{N} - 0.5\sigma$	4.4				—					—		—	—			—	23.2			—			—			—			46.4			—		
代表 N 値	4				5					9		17	9			11	23			9			14			10			46			15		

※2 N値の整理方法について

埋立盛土 (BS) および粗粒土層 (砂質土層・砂礫層) については、変動係数 CV を用いてデータのばらつきを評価した。すなわち、CV ≤ 0.2 の場合はデータのばらつき小と判断し、代表 N 値には平均値を採用した。また、CV > 0.2 の場合はデータのばらつき大と判断し、代表 N 値には「1/2 標準偏差で低減した値 (平均値 - 0.5σ)」を採用した。ただし、粗粒土層であってもデータ個数が 10 個未満の地層については、ばらつきの度合いを評価できないと考え、代表 N 値には平均値を採用した。

※3 桃色セル [] のデータは、標準貫入試験を地層境界に跨って実施した場合や、標準貫入試験の貫入量が 300mm ちょうどでない場合 (たとえば N=60/270 など) における「換算 N 値」をあらわす。

なお、換算 N 値は次式により算定した。 換算 N = { 打撃回数 / 貫入量 (mm) } × 300

※4 個別の換算 N 値の上限は、データの信頼性を考慮して 100 とした。

※5 × 印のデータは、礫打ちによる過大値として除外した。

※6 標準偏差は「標本標準偏差」とし、下式により算定した。

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

N値データ整理結果より、各地層の相対密度（締まり具合）および相対稠度（硬さ）を代表N値で見ると下表のように区分される。

表 3.3-2 各地層の代表N値による相対密度・相対稠度

地層区分	記号	代表N値	相対密度・相対稠度
埋立盛土	BS	4	緩い
沖積第1粘性土層	Ac1	8	中位
砂質土挟み層	Ac1-s	9	緩い
火山灰挟み層	Ac1-v	17	非常に硬い ※7
沖積第1砂質土層	As1	9	緩い
粘性土挟み層	As1-c	11	硬い
沖積砂礫層	Ag1	23	中位
沖積第2粘性土層	Ac2	9	硬い
沖積第2砂質土層	As2	14	中位
沖積第3粘性土層	Ac3	10	硬い
洪積第1砂礫層	Dg1	46	密な
粘性土挟み層	Dg1-c	15	硬い

※7 火山灰は、粒度区分ではシルトに該当するものと推定されるため、便宜上、粘性土として評価した。

3.4 孔内載荷試験結果

孔内載荷試験は、No.3 地点の別孔にて1回実施した。

以下では、試験結果の一覧を下表に示し、結果の評価について述べる。

なお、試験データの詳細は、巻末資料「孔内載荷試験データ」を参照されたい。

表 3.4-1 No.3 別孔 孔内載荷試験結果

試験深度 GL- (m)	地層区分 (記号)	土質区分	N値	変形係数 E_{sb} (MN/m ²)	E_{sb} -N関係 (kN/m ²)	データの品質
9.50	埋立盛土 (BS)	礫混り砂質粘土/ シルト混り礫質砂	12	9.32	$E \approx 777 N$	良

地盤の変形係数については、一般に孔内載荷試験で得られた変形係数 E_{sb} と標準貫入試験 N 値の関係において、地盤材料に関わらず $E_{sb} = 670 N^{0.986} \approx 700 N \text{ kN/m}^2$ という関係が近似的に成り立つことが知られている（下図参照）。

ここで、本試験結果より得られた変形係数と N 値の関係を下図にプロットすると、試験値は $E_{sb} \approx 700 N$ の近似曲線近傍に位置するかたちとなる。

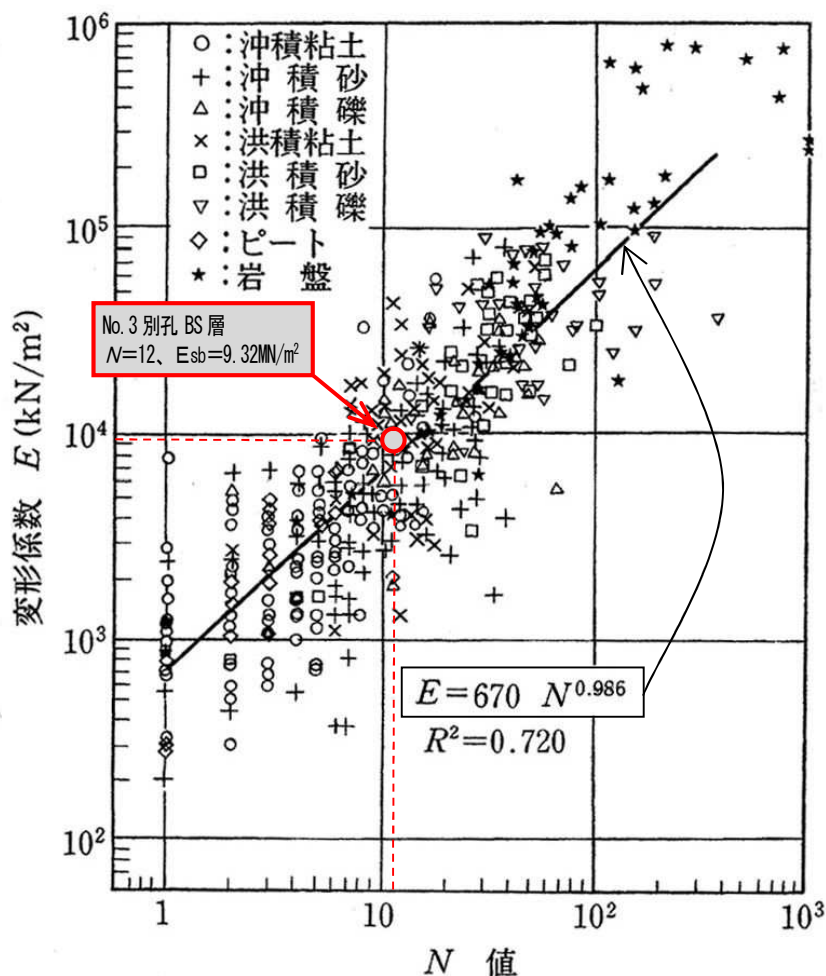


図 3.4-1 孔内載荷試験より得られた変形係数と N 値の関係

出典) (公社)地盤工学会 (2013 年) : 地盤調査の方法と解説、p.687 に一部加筆

次に、試験結果図の P_e-r 曲線（図 3.4-2）をみると、初期のプローブ半径 r は削孔径の半径値（3.3cm）からさほど大きくなっていない。このことは、すなわち孔壁崩壊による試験孔の拡大はほとんど生じておらず、試験孔がきれいに保たれていることを意味する。また、データのばらつきもほとんど認められず、地盤の擬似弾性変形領域をあらわす直線部も明瞭に確認できている。

以上のことから、本試験は適正に行われ、試験結果より得られた各種係数はおおむね試験対象層の原位置における変形特性をあらわしているものと判断される。

測定年月日 令和 8年 1月 7日

土質名 礫混り砂質粘土/シルト混り礫質砂

測定深度 GL. -9.50m

N 値 12

静止土圧 P_o kN/m ²	降伏圧 P_y kN/m ²	破壊圧 P_l kN/m ²	地盤係数 K MN/m ³	変形係数 E MN/m ²	中間半径 r_m c m
225.2	506.5		200.86	9.32	3.57

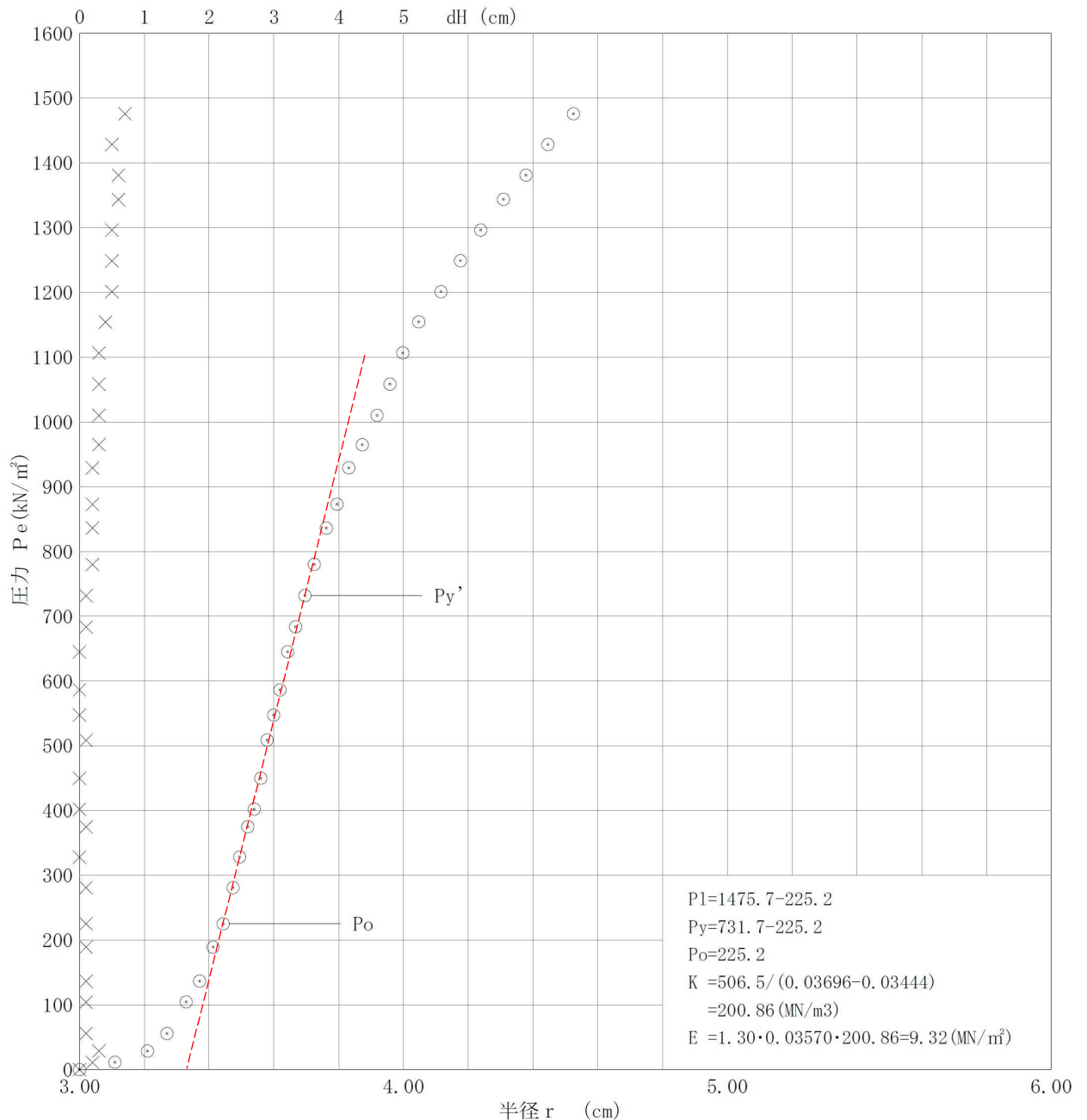


図 3.4-2 No. 3 別孔 GL-9.50m 孔内載荷試験結果図

※ 変形係数 E は、ポアソン比 $\nu = 0.30$ と仮定して算定した。

3.5 室内土質試験結果

室内土質試験（土の粒度試験）の結果の詳細は、巻末資料「**室内土質試験データ**」に示し、表 3.5-1～3.5-5 には試験結果の一覧を孔別に整理した。

なお、一覧表の下段には、「建築基礎構造設計指針(2019)」に示される液状化判定対象土層条件の該当有無を併記した。

以下では、各試験項目について、結果の要点と評価を述べる。

表 3.5-1 No.1 孔 土質試験結果一覧表

地層名 (記号)		埋立盛土 (BS)								
試料番号		P1-1	P1-2	P1-3	P1-4	P1-5	P1-6	P1-7	P1-8	P1-9
試料採取 深 度	上限GL- m	2.15	3.15	4.15	5.15	6.15	7.15	8.15	9.15	10.15
	下限GL- m	2.50	3.50	4.55	5.55	6.45	7.45	8.45	9.45	10.45
一 般	湿潤密度 ρ_t Mg/m ³									
	乾燥密度 ρ_d Mg/m ³									
	土粒子の密度 ρ_s Mg/m ³	2.72	2.73	2.72	2.73	2.72	2.74	2.72		
	自然含水比 w_n %									
	間隙比 e									
	飽和度 S_r %									
粒 度	礫 分 %	24.3	17.3	18.7	11.9	32.3	13.7	26.1	39.2	22.7
	砂 分 %	38.8	38.6	43.2	41.3	28.3	32.1	30.7	56.3	58.8
	シルト分 %	20.3	24.9	20.1	21.0	19.8	25.5	23.0	4.5	18.5
	粘土分 %	16.6	19.2	18.0	25.8	19.6	28.7	20.2		
	細粒分含有率FC %	36.9	44.1	38.1	46.8	39.4	54.2	43.2	4.5	18.5
	最大粒径 mm	19	19	19	19	19	9.5	19	19	19
	50%粒径 D_{50} mm	0.150	0.102	0.130	0.0892	0.189	0.0470	0.140	1.54	0.865
	20%粒径 D_{20} mm	0.0107	0.00596	0.00736	0.00190	0.00560	0.00110	0.00476	0.522	0.0889
	均等係数 U_c	—	—	—	—	—	—	—	8.42	—
	ン コ ン シ ン 特 性	液性限界 w_L %	45.1	40.0	38.7	52.1	39.1	50.2	41.0	
塑性限界 w_P %		32.8	28.0	26.7	38.0	26.2	34.4	29.0		
塑性指数 I_p		12.3	12.0	12.0	14.1	12.9	15.8	12.0		
分 類	地盤材料の分類名	細粒分質 礫質砂	細粒分質 礫質砂	細粒分質 礫質砂	礫まじり 細粒分質砂	細粒分質 砂質礫	礫まじり砂質シルト (高液性限界)	細粒分質 礫質砂	分級された 礫質砂	細粒分質 礫質砂
	分類記号	(SFG)	(SFG)	(SFG)	(SF-G)	(GFS)	(MHS-G)	(SFG)	(SPG)	(SFG)
圧 密	試験方法									
	圧縮指数 C_c									
	圧密降伏応力 p_c kN/m ²									
一 軸	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²									
	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²									
せん 断	試験条件									
	全応力 c kN/m ² ϕ °									
建築基礎構造設計指針 液状化判定対象土層条件 該当有無		該当する	該当する	該当する	該当する	該当する	該当しない	該当する	該当する	該当する

※1 試験データのうち赤字で示すものは、液状化判定の対象土層条件に該当することをあらわす。

表 3.5-2 No.2 孔 土質試験結果一覧表

地層名 (記号)		埋立盛土 (BS)									
試料番号		P2-1	P2-2	P2-3	P2-4	P2-5	P2-6	P2-7	P2-8	P2-9	P2-10
試料採取 深 度	上限GL- m	3.15	4.15	5.15	6.15	7.15	8.15	9.15	10.20	11.15	12.15
	下限GL- m	3.45	4.55	5.45	6.45	7.45	8.45	9.45	10.45	11.45	12.45
一 般	湿潤密度 ρ_t Mg/m ³										
	乾燥密度 ρ_d Mg/m ³										
	土粒子の密度 ρ_s Mg/m ³	2.73		2.71	2.73	2.72				2.78	
	自然含水比 w_n %										
	間隙比 e										
	飽和度 S_r %										
粒 度	礫 分 %	24.8	26.1	28.5	14.9	26.0	90.9	44.4	35.1	0.0	39.6
	砂 分 %	39.3	42.3	31.7	45.9	36.2	7.3	41.1	44.8	14.3	45.7
	シルト分 %	16.1	31.6	20.7	18.4	17.1	1.8	14.5	20.1	43.5	14.7
	粘土分 %	19.8		19.1	20.8	20.7				42.2	
	細粒分含有率FC %	35.9	31.6	39.8	39.2	37.8	1.8	14.5	20.1	85.7	14.7
	最大粒径 mm	19	19	19	19	19	26.5	19	26.5	2	19
	50%粒径 D_{50} mm	0.194	0.223	0.168	0.160	0.179	17.8	1.56	0.503	0.00768	1.08
	20%粒径 D_{20} mm	0.00524	—	0.00577	0.00439	0.00369	10.3	0.178	—	—	0.167
	均等係数 U_c	—	—	—	—	—	7.54	—	—	—	—
	ン コ ン シ ョ ン 特 性 テ	液性限界 w_L %	51.8		46.1	40.5	43.9				55.9
塑性限界 w_P %		34.3		29.5	27.9	29.0				33.5	
塑性指数 I_p		17.5		16.6	12.6	14.9				22.4	
分 類	地盤材料の分類名	細粒分質 礫質砂	細粒分質 礫質砂	細粒分質 礫質砂	礫まじり 細粒分質砂	細粒分質 礫質砂	分級された 砂まじり礫	細粒分まじり 砂質礫	細粒分質 礫質砂	砂まじりシルト (高液性限界)	細粒分まじり 礫質砂
	分類記号	(SFG)	(SFG)	(SFG)	(SF-G)	(SFG)	(GP-S)	(GS-F)	(SFG)	(MH-S)	(SG-F)
圧 密	試験方法										
	圧縮指数 C_c										
	圧密降伏応力 p_c kN/m ²										
一 軸	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²										
	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²										
せん 断	試験条件										
	全応力 c kN/m ² ϕ °										
建築基礎構造設計指針 液状化判定対象土層条件 該当有無		該当しない	該当する	該当しない	該当する	該当する	該当する	該当する	該当する	該当しない	該当する

※1 試験データのうち赤字で示すものは、液状化判定の対象土層条件に該当することをあらわす。

表 3.5-3 No.3 孔 土質試験結果一覧表

地層名 (記号)		埋立盛土 (BS)						沖積第1粘性土層 (Ac1)	沖積第2粘性土層 (Ac2)	
試料番号		P3-1	P3-2	P3-3	P3-4	P3-5	P3-6	T3-3	T3-5	
試料採取深度	上限GL- m	5.15	6.15	7.15	8.15	9.15	10.15	22.00	46.00	
	下限GL- m	5.45	6.45	7.45	8.45	9.45	10.25	22.90	46.70	
一般	湿潤密度 ρ_t Mg/m ³							1.79	1.75	
	乾燥密度 ρ_d Mg/m ³							1.24	1.18	
	土粒子の密度 ρ_s Mg/m ³					2.77		2.83	2.80	
	自然含水比 w_n %							44.6	48.9	
	間隙比 e							1.28	1.38	
	飽和度 S_r %							98.4	99.5	
粒度	礫分 %	59.5	72.1	49.4	32.6	6.8	24.1	0.0	0.0	
	砂分 %	21.6	16.3	48.1	48.7	33.9	61.8	3.4	3.9	
	シルト分 %	18.9	11.6	2.5	18.7	33.7	14.1	50.5	52.2	
	粘土分 %					25.6		46.1	43.9	
	細粒分含有率FC %	18.9	11.6	2.5	18.7	59.3	14.1	96.6	96.1	
	最大粒径 mm	26.5	26.5	26.5	19	9.5	19	0.850	0.425	
	50%粒径 D_{50} mm	6.37	8.31	1.96	0.773	0.0367	0.582	0.00593	0.00666	
	20%粒径 D_{20} mm	0.0920	0.694	0.655	0.0916	0.00289	0.171	—	—	
	均等係数 U_c	—	—	7.29	—	—	—	—	—	
	コンシステンス特性	液性限界 w_L %					49.0		55.7	60.9
塑性限界 w_P %						27.7		30.4	33.2	
塑性指数 I_p						21.3		25.3	27.7	
分類	地盤材料の分類名	細粒分質砂質礫	細粒分まじり砂質礫	分級された砂質礫	細粒分質礫質砂	礫まじり砂質粘土 (低液性限界)	細粒分まじり礫質砂	シルト (高液性限界)	シルト (高液性限界)	
	分類記号	(GFS)	(GS-F)	(GPS)	(SFG)	(CLS-G)	(SG-F)	(MH)	(MH)	
圧密	試験方法							段階載荷	段階載荷	
	圧縮指数 C_c							0.422	0.575	
	圧密降伏応力 p_c kN/m ²							212.0	391.6	
一軸	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²									
	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²									
せん断	試験条件							UU三軸	UU三軸	
	全応力	c kN/m ²							43.8	49.8
		ϕ °							1.3	2.2
建築基礎構造設計指針 液状化判定対象土層条件 該当有無		該当する	該当する	該当する	該当する	該当しない	該当する	該当しない	該当しない	

※1 試験データのうち赤字で示すものは、液状化判定の対象土層条件に該当することをあらわす。

表 3.5-4 No.4 孔 土質試験結果一覧表

地層名 (記号)		埋立盛土 (BS)							
試料番号		P4-1	P4-2	P4-3	P4-4	P4-5	P4-6	P4-7	P4-8
試料採取 深 度	上限GL- m	2.15	3.15	4.15	5.15	6.15	8.15	9.15	10.15
	下限GL- m	2.45	3.45	4.45	5.45	6.45	8.45	9.45	10.45
一 般	湿潤密度 ρ_t Mg/m ³								
	乾燥密度 ρ_d Mg/m ³								
	土粒子の密度 ρ_s Mg/m ³								
	自然含水比 w_n %								
	間隙比 e								
	飽和度 S_r %								
粒 度	礫 分 %	82.5	89.8	76.7	85.5	63.1	57.4	75.1	66.0
	砂 分 %	11.3	5.9	11.3	8.8	27.6	34.1	18.9	26.8
	シルト分 %	6.2	4.3	12.0	5.7	9.3	8.5	6.0	7.2
	粘土分 %								
	細粒分含有率FC %	6.2	4.3	12.0	5.7	9.3	8.5	6.0	7.2
	最大粒径 mm	26.5	37.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5
	50%粒径 D_{50} mm	16.8	16.7	13.6	14.9	4.81	3.33	7.36	4.82
	20%粒径 D_{20} mm	3.21	8.21	1.03	4.09	0.430	0.324	1.34	0.708
	均等係数 U_c	61.2	10.3	—	22.1	82.9	64.2	31.7	44.6
ン シ ン 特 性 テ	液性限界 w_L %								
	塑性限界 w_P %								
	塑性指数 I_p								
分 類	地盤材料の分類名	細粒分砂まじり礫	粒径幅の広い砂まじり礫	細粒分砂まじり礫	細粒分砂まじり礫	細粒分まじり砂質礫	細粒分まじり砂質礫	細粒分まじり砂質礫	細粒分まじり砂質礫
	分類記号	(G-FS)	(GW-S)	(G-FS)	(G-FS)	(GS-F)	(GS-F)	(GS-F)	(GS-F)
圧 密	試験方法								
	圧縮指数 C_c								
	圧密降伏応力 p_c kN/m ²								
一 軸	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²								
	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²								
せん 断	試験条件								
	全 応 力	c kN/m ²							
		ϕ °							
建築基礎構造設計指針 液状化判定対象土層条件 該当有無		該当する	該当する	該当する	該当する	該当する	該当する	該当する	該当する

※1 試験データのうち赤字で示すものは、液状化判定の対象土層条件に該当することをあらわす。

表 3.5-5 No.5 孔 土質試験結果一覧表

地層名 (記号)		埋立盛土 (BS)							
試料番号		P5-1	P5-2	P5-3	P5-4	P5-5	P5-6	P5-7	P5-8
試料採取 深 度	上限GL- m	2.15	3.15	4.15	5.15	6.15	7.15	8.15	9.15
	下限GL- m	2.45	3.45	4.45	5.45	6.45	7.45	8.45	9.45
一 般	湿潤密度 ρ_t Mg/m ³								
	乾燥密度 ρ_d Mg/m ³								
	土粒子の密度 ρ_s Mg/m ³								
	自然含水比 w_n %								
	間隙比 e								
	飽和度 S_r %								
粒 度	礫 分 %	62.2	65.5	69.0	42.5	62.6	38.1	49.7	35.3
	砂 分 %	22.0	24.3	24.1	43.4	28.3	46.1	36.4	49.6
	シルト分 %	15.8	10.2	6.9	14.1	9.1	15.8	13.9	15.1
	粘土分 %								
	細粒分含有率FC %	15.8	10.2	6.9	14.1	9.1	15.8	13.9	15.1
	最大粒径 mm	37.5	26.5	37.5	37.5	37.5	19	19	19
	50%粒径 D_{50} mm	5.3	5.3	7.12	1.11	3.96	0.974	1.96	0.707
	20%粒径 D_{20} mm	0.200	0.493	0.764	0.167	0.435	0.145	0.183	0.150
	均等係数 U_c	—	—	57.2	—	64.5	—	—	—
ン コ ン シ ン 特 性 テ	液性限界 w_L %								
	塑性限界 w_P %								
	塑性指数 I_p								
分 類	地盤材料の分類名	細粒分質 砂質礫	細粒分まじり 砂質礫	細粒分まじり 砂質礫	細粒分まじり 礫質砂	細粒分まじり 砂質礫	細粒分質 礫質砂	細粒分まじり 砂質礫	細粒分質 礫質砂
	分類記号	(GFS)	(GS-F)	(GS-F)	(SG-F)	(GS-F)	(SFG)	(GS-F)	(SFG)
圧 密	試験方法								
	圧縮指数 C_c								
	圧密降伏応力 p_c kN/m ²								
一 軸	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²								
	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²								
せん 断	試験条件								
	全 応 力	c kN/m ²							
		ϕ °							
建築基礎構造設計指針 液状化判定対象土層条件 該当有無		該当する	該当する	該当する	該当する	該当する	該当する	該当する	該当する

※1 試験データのうち赤字で示すものは、液状化判定の対象土層条件に該当することをあらわす。

(1) 土粒子の密度試験結果

土粒子の密度は、土を構成している土粒子・水・空気の三相のうち、土の固相部分である土粒子群の単位体積当たりの平均質量である。この値は、土の基本的物理量の算定に用いられるほか、粒度試験（沈降分析）、圧密試験など他の土質試験結果の整理に用いられる。

土粒子の密度の大小は、土の鉱物組成や粒子の風化程度、有機物含有量などの影響を受ける。このうち、一般的な無機質土であれば2.6~2.8Mg/m³のごく狭い範囲の値を示すのに対し、泥炭のような高有機質土では1.4~2.3Mg/m³の小さい値を示す（表3.5-6 参照）。

下表に土粒子の密度試験結果の概要を示す。

表 3.5-6 おもな鉱物と土粒子の密度

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	黒ぼく	2.3~2.6

出典）（公社）地盤工学会（2020年）：地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]、p.118 に一部加筆

表3.5-7 土粒子の密度試験結果の概要

地層区分	地層記号	土粒子の密度 ρ_s (Mg/m ³)	
		値の範囲	平均値
埋立盛土	BS	2.71~2.78	2.73
沖積第1粘性土層	Ac1	2.83	2.83
沖積第2粘性土層	Ac2	2.80	2.80

試験結果を 表 3.5-6 の値と比較すると、各層の試験値はいずれも一般的な値の範囲内、または近似する値であると言える。

(2) 土の含水比試験結果

土の含水比（自然含水比） w_n は、土を構成している土粒子・水・空気の三相のうち、土粒子に対する水の質量比を百分率であらわしたものである。この値は、土の基本的物理量の算定や他の土質試験結果の整理に用いられる。

自然状態の土の含水比は、一般に砂質土では5~30%程度、粘性土では30~80%程度を示す場合が多く、ふつう土粒子径が小さい土ほど大きな含水比を示す（表3.5-8 参照）。

表3.5-9 に含水比試験結果の概要を示す。

表 3.5-8 土の含水比の測定例

土質名	地域	含水比 (%)
沖積粘土	東京	50~80
洪積粘土	東京	30~60
関東ローム	関東	80~150
まさ土	中国	6~30
しらす	南九州	15~33
黒ぼく	九州	30~270
泥炭	石狩	110~1 300

出典) (公社)地盤工学会 (2020 年) : 地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]、p. 127 に一部加筆

表3.5-9 土の含水比試験結果の概要

地層区分	地層記号	試料番号	自然含水比 w_n (%)
沖積第1粘性土層	Ac1	T3-3	44.6
沖積第2粘性土層	Ac2	T3-5	48.9

試験結果を 表3.5-8 の沖積粘土の一般的な含水比と比較すると、いずれも若干小さめの値を示し、どちらかと言えば洪積粘土に近い含水比であると言える。

(3) 土の粒度試験結果

土の粒度は、地盤を構成する土粒子径の分布状態を全質量に対する百分率であらわしたもので、大きくは下図に示す粒径を境にして粘土・シルト・砂・礫のように区分する。

		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	細れき	中れき	粗れき	粗石 (ゴブル)	巨石 (ボルダ)	
		砂			れき			石		
細粒分		粗 粒 分						石 分		

[再掲] 図 3.5-1 地盤材料の粒径区分とその呼び名

出典) (公社)地盤工学会 (2020 年) : 地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]、p. 73

一般に、粘土・シルトをあわせた含有率である「細粒分含有率(FC)」が高いほど、土の液状化強度が増すことが知られている。また、日本建築学会「建築基礎構造設計指針(2019)」では、液状化判定を行う必要がある土層として、資料 3.5-1 の条件が示されている。

資料 3.5-1 液状化判定の対象とすべき土層

- ・対象深度：地下水位下の飽和土層で、原則的に地表面から 20m 程度以浅の土層
ただし、埋立地盤等の造成地盤で、地表面から 20m 程度以深まで連続している場合には、造成地盤の下端までとする
- ・土の種類：細粒分含有率 (FC) が 35% 以下の土
ただし、埋立地盤等の造成地盤では、粘土分含有率 (PC) が 10% 以下、または塑性指数 (Ip) が 15 以下の土
細粒土を含む礫や透水性の低い土層に囲まれた礫
洪積層でも N 値が小さな土層

出典) (社)日本建築学会 (2019 年) : 建築基礎構造設計指針, p. 50 の記載をもとに加筆・修正

下表には、粒度試験結果の概要を地層別に整理して示す。これより、試験を行った試料の 9 割近くが液状化検討の対象土層条件 (FC ≤ 35%) に該当する結果であった。

表 3.5-10 土の粒度試験結果の概要

地層区分	地層記号	地盤材料の分類名	細粒分含有率 FC (%)	液状化判定対象土層条件 該当有無
沖積第 1 砂質土層	BS	分級された砂まじり礫 粒径幅の広い砂まじり礫 細粒分砂まじり礫 細粒分質砂質礫 細粒分まじり砂質礫 分級された砂質礫 細粒分質礫質砂 細粒分まじり礫質砂 礫まじり細粒分質砂 分級された礫質砂 礫まじり砂質シルト (高液性限界) 砂まじりシルト (高液性限界) 礫まじり砂質粘土 (低液性限界)	1.8~85.7	41 試料中 36 試料が該当する
沖積第 1 粘性土層	Ac1	シルト (高液性限界)	96.6	該当しない
沖積第 2 粘性土層	Ac2	シルト (高液性限界)	96.1	該当しない

※2 試験データのうち赤字で示すものは、液状化判定の対象土層条件に該当することをあらわす。

(4) 土の液性限界・塑性限界試験

本試験は、沖積第1粘性土層 (Ac1) で採取した「乱れの少ない試料」にて行った。

液性限界 w_L とは土が塑性状態から液状に移るときの含水比を、塑性限界 w_p とは土が塑性状態から半固体状に移るときの含水比を言い、このような土の状態変化や変形抵抗の大きさを総称して「コンシステンシー」と呼ぶ (右図参照)。また、塑性指数 I_p とは、液性限界と塑性限界の差 ($w_L - w_p$) であり、その土が粘着力を有する塑性状態を保つ含水比の範囲を示し、含水比をどれだけ増大させると液状になるか、という意味を持つ。

一般に土の土木的安全性の目安として、含水比 w_n が液性限界 w_L に近いほど不安定、塑性限界 w_p に近いほど安定であると言える。とくに、 $w_n \geq w_L$ となる場合には土の乱れによる強度低下が著しく、その取り扱いには注意を要する。

下表には、液性限界・塑性限界試験結果と関連するほかの試験結果をあわせて示す。

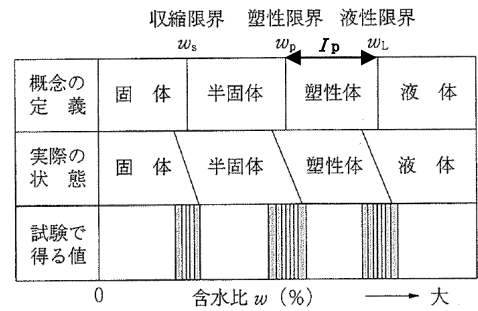


図 3.5-2 コンシステンシー限界の定義と実際の状態
出典) (公社)地盤工学会 (2020 年) : 地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]、p.158 に一部加筆

表 3.5-11 土の液性限界・塑性限界試験等の結果一覧

地層区分	地層記号	試料番号	地盤材料の分類名	細粒含有率 FC (%)	自然含水比 w_n (%)	液性限界 w_L (%)		塑性限界 w_p (%)		塑性指数 I_p	
						値の範囲	平均値	値の範囲	平均値	値の範囲	平均値
埋立盛土	BS	—	※3	1.8 ~ 85.7	—	38.7 ~ 55.9	45.6	26.2 ~ 38.0	30.5	12.0 ~ 22.4	15.1
沖積第1粘性土層	Ac1	T3-3	シルト (高液性限界)	96.6	44.6	55.7	55.7	30.4	30.4	25.3	25.3
沖積第2粘性土層	Ac2	T3-5	シルト (高液性限界)	96.1	48.9	60.9	60.9	33.2	33.2	27.7	27.7

※3 表 3.5-10 参照。

このうち、埋立盛土における試験結果から、液状化判定対象土層条件のうち塑性指数の条件 ($I_p \leq 15$) に該当したものは、本試験を行った 13 試料中 8 試料であった。

また、沖積粘性土層 (Ac1・Ac2) の試験結果を右表の一般的な値と比較すると、性限界・塑性限界ともに、シルト (沖積層) の一般的な値の範囲内にあると言える。

さらに、Ac1 層・Ac2 層の含水比 w_n と液性限界 w_L ・塑性限界 w_p の関係を見ると、いずれも w_n は w_p と w_L の中間から若干 w_L 側の値を示し、土木的にはやや不安定な状態にあると言える。

表 3.5-12 液性限界・塑性限界の測定例

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

出典) (公社)地盤工学会 (2020 年) : 地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]、p.168 に一部加筆

(5) 土の湿潤密度試験結果

本試験は、沖積第1砂質土層 (As1) および沖積第1粘性土層 (Ac1) で採取した「乱れの少ない試料」にて行った。

土の湿潤密度 ρ_t は、土の単位体積あたりの質量で、土粒子の質量と間隙に含まれる水の質量の総和にあたる。また、土の乾燥密度 ρ_d は、このうち間隙を含んだ単位体積あたりの土粒子の質量にあたる。

土の湿潤密度は、土の締まり具合の判定指標や、地盤の支持力、圧密沈下、土圧、安定解析など構造物の設計に必要な「土の単位体積重量」の算定に利用される。

間隙比 e は、土粒子体積 V_s に対する間隙体積 V_v の比 ($e = V_v / V_s$) であり、土の状態量を示す指標を求める際にも利用される。 e が大きいほど間隙が大きい土であることをあらわし、経験的には沖積砂質土で 0.75~1.5 程度、沖積粘性土で 1.6~2.4 程度、洪積粘土で 1.3~1.7 程度であることが知られている。 ※3

表3.5-13 には、土の密度の一般値を示す。また、表3.5-14 には、湿潤密度試験結果と関連するほかの試験結果をあわせて示す。

表 3.5-13 我が国における土の密度のおおよその範囲

	沖積層		洪積層 粘性土	関 東 ローム	高有機 質 土
	粘性土	砂質土			
湿潤密度 ρ_t (Mg/m 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 (Mg/m ³)	0.5~1.4	1.2~1.8	1.1~1.6	0.6~0.7	0.1~0.6
含水比 w (%)	30~150	10~30	20~40	80~180	80~1 200

出典) (社)地盤工学会 (2020年) : 地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]、p. 205 より抜粋・一部加筆

表3.5-14 土の湿潤密度試験等の結果一覧

地層区分	地層 記号	試料 番号	地盤材料の分類名	自然 含水比 w_n (%)	湿潤密度 ρ_t (Mg/m ³)	乾燥密度 ρ_d (Mg/m ³)	間隙比 e
沖積第1粘性土層	Ac1	T3-3	シルト (高液性限界)	44.6	1.79	1.24	1.28
沖積第2粘性土層	Ac2	T3-5	シルト (高液性限界)	48.9	1.75	1.18	1.38

試験結果のうち、湿潤密度 ρ_t と乾燥密度 ρ_d を 表 3.5-13 の一般値と比較すると、試験値はいずれも沖積粘性土層の一般的な値の範囲内であった。

一方、間隙比 e については、いずれも沖積粘性土の一般的な値 (1.6~2.4 程度) より小さい値となる。

※3 出典) 小松田精吉 (S59年) : 土質調査の基礎知識、p. 35、鹿島出版会

(6) 土の段階載荷による圧密試験結果

本試験は、沖積第1粘性土層 (Ac1) および沖積第2粘性土層 (Ac2) で採取した「乱れの少ない試料」を用いて行った。

下表に、圧密試験結果と関連するほかの試験結果をあわせて示す。

表3.5-15 土の段階載荷による圧密試験等の結果一覧

地層区分	地層記号	試料番号	採取深度 GL- (m)	地盤材料の分類名	自然含水比 w_n (%)	液性限界 w_L (%)	圧縮指数 C_c	圧密降伏応力 p_c (kN/m ²)
沖積第1粘性土層	Ac1	T3-3	22.00~22.90	シルト (高液性限界)	44.6	55.7	0.422	212.0
沖積第2粘性土層	Ac2	T3-5	46.00~46.70	シルト (高液性限界)	48.9	60.9	0.575	391.6

ここで下図は、日本各地域の圧縮指数 C_c と液性限界 w_L の関係を整理したものである。このうち、本調査地に比較的近い瀬戸内海のグラフに本試験で得られた C_c と w_L を記入すると、図中赤丸印のとおりとなる。これを見ると、 C_c はプロット群の下段付近にあたり、比較的圧縮性は低いものと考えられる。

なお、本試験値の C_c は、下図においてプロット群のばらつきの範囲内に入っており、試験値 C_c の妥当性についてもとくに問題はないものと判断される。

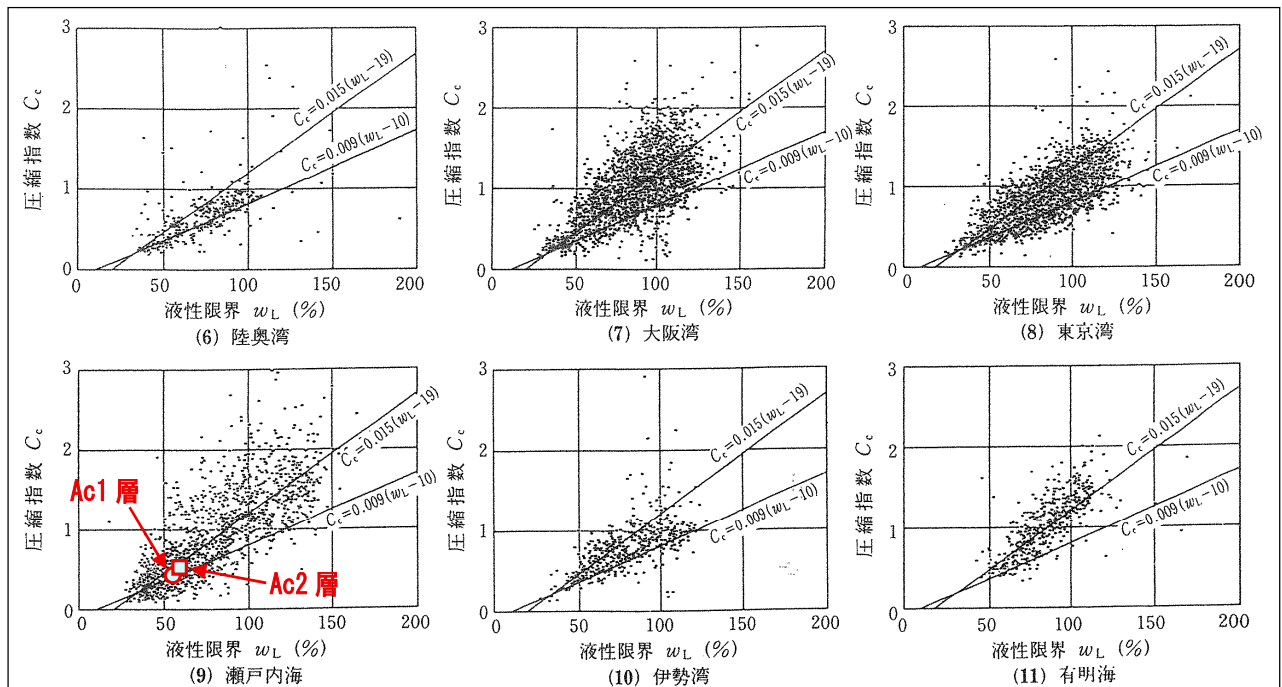
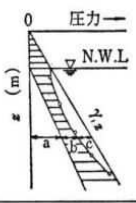
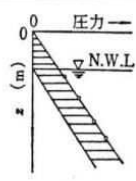
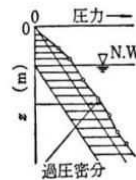


図 3.5-3 圧縮指数と液性限界の関係

出典) (公社)地盤工学会 (2020年) : 地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]、p.521 より抜粋・一部加筆

また、下図は、有効土被り圧 $\sigma v'$ と圧密降伏応力 p_c 、および圧密状態の関係を示したものである。この関係を踏まえ、試料採取深度における現況の有効土被り圧 $\sigma v'$ と試験で得られた圧密降伏応力 p_c の関係を 図表 3.5-2 に整理した。

$p_c \sim \sigma v'$ の関係	土の種類
<p>$p_c < \sigma v'$ (未圧密土)</p> <p>○粒子の自重による圧密が終了していない状態 ○埋土などの新たな荷重による圧密が終了していない土</p> <p>a = 静水圧 b = 粒子間圧 c = 残留過剰水圧</p> 	<p>○厚く堆積した沖積層の粘土 ○地下水の低下直後の粘土 ○埋立て後の下部の粘土 ○過圧密比 $OCR < 1$</p>
<p>$p_c = \sigma v'$ (正規圧密土)</p> <p>○現在の土被り荷重のもとで圧密が終了した土</p> 	<p>○一般に沖積の粘土 ○過圧密比 $OCR = 1$</p>
<p>$p_c > \sigma v'$ (過圧密土)</p> <p>○現在の土被り荷重よりも過去に大きな荷重を受けた土 ○長期に二次圧密の影響を受けた土</p> 	<p>○一般に洪積の粘土 ○関東ローム ○一度乾燥したことのある土 ○過去に地下水位低下を受けて圧密した土 ○過圧密比 $OCR > 1$</p>

図表 3.5-1 有効土被り圧と圧密降伏応力・圧密状態

出典) 小松田精吉 (S59 年) : 土質調査の基礎知識、p. 58、鹿島出版会 を一部修正・加筆

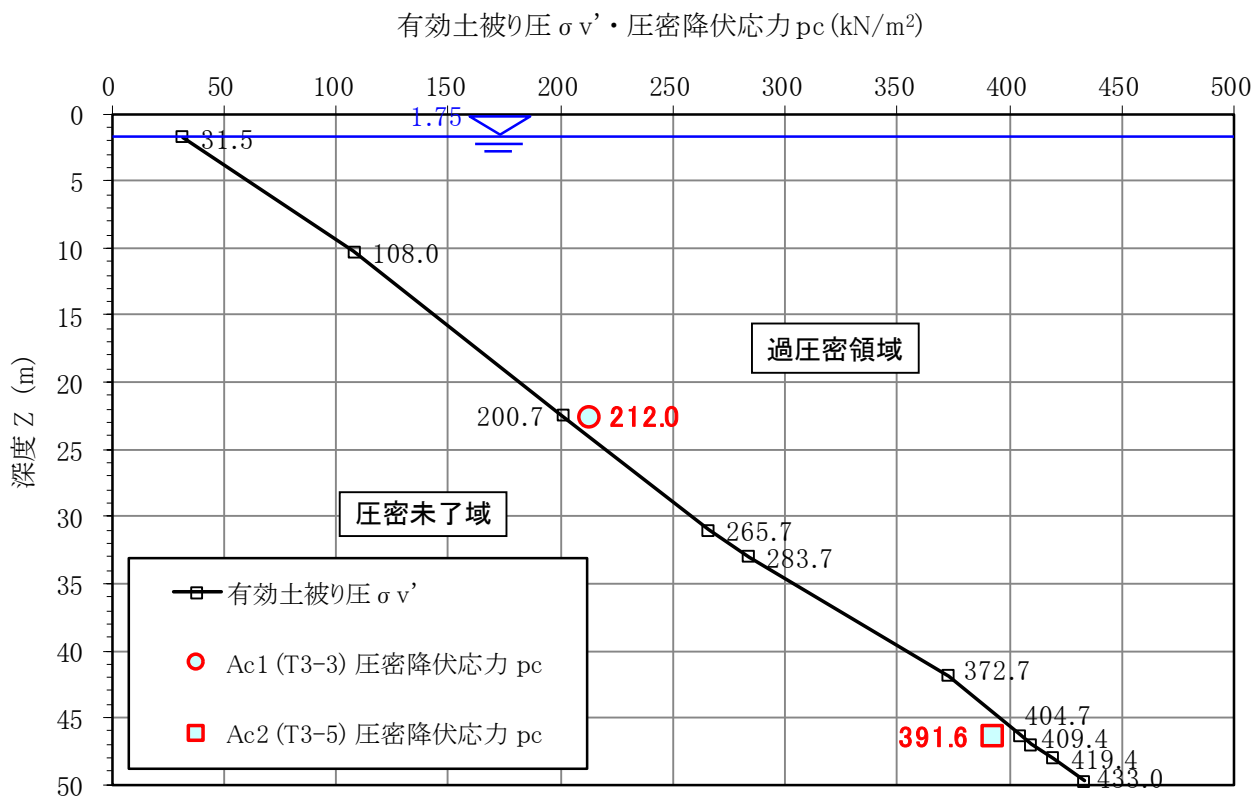
なお、有効土被り圧の算定にかかる各地層の単位体積重量については、次章「4.2 設計用地盤定数の検討」で設定した値を用いた。

また、土の圧密状態の判定は、下表を参考に行った。

表 3.5-16 過圧密比の定義

過圧密比 OCR	地盤の応力履歴の程度
1	正規圧密
1~2	軽い過圧密
2~8	過圧密
8より大	強い過圧密

出典) (社)土質工学会 (1991 年) : 技術手帳 2 実務に役立つ土質工学用語の解説、p. 52 の記載をもとに作成



有効土被り圧計算表

孔番号	地層記号	計算深度 Z (m)	湿潤単位体積重量 γt (kN/m ³)	飽和単位体積重量 γsat (kN/m ³)	有効単位体積重量 γ' (kN/m ³)	有効土被り圧 $\sigma v'$ (kN/m ²)	備考
No.3	BS	1.75	18.0	19.0	18.0	31.5	代表水位GL-1.75m
		10.25	18.0	19.0	9.0	108.0	
	Ac1	22.45	17.6	17.6	7.6	200.7	T3-3試料採取中心深度
		31.00	17.6	17.6	7.6	265.7	
	As1	33.00	18.0	19.0	9.0	283.7	
	Ag1	41.90	19.0	20.0	10.0	372.7	
	Ac2	46.35	17.2	17.2	7.2	404.7	T3-5試料採取中心深度
		47.00	17.2	17.2	7.2	409.4	
	As2	48.00	19.0	20.0	10.0	419.4	
Ac3	49.70	18.0	18.0	8.0	433.0		

過圧密比計算表

孔番号	地層記号	試料番号	試料採取中心深度 GL-(m)	圧密降伏応力 pc (kN/m ²)	有効土被り圧 $\sigma v'$ (kN/m ²)	過圧密比 OCR	圧密状態判定
No.3	Ac1	T3-3	22.45	212.0	200.7	1.06	ほぼ正規圧密
	Ac2	T3-5	46.35	391.6	404.7	0.97	ほぼ正規圧密

図表 3.5-2 No. 3 孔 沖積粘性土層 (Ac1・Ac2) の有効土被り圧と圧密降伏応力の関係

以上の整理結果より、沖積第1粘性土層 (Ac1) の圧密降伏応力 p_c は、試料採取深度における有効土被り圧 σ_v' よりわずかに大きく、過圧密比 OCR は 1.06 を示す。また、沖積第2粘性土層 (Ac2) の p_c は、 σ_v' よりわずかに小さく、OCR は 0.97 となった。

よって、Ac1 層および Ac2 層では OCR が 1 前後を示していることから、これら粘性土層は「ほぼ正規圧密」の状態にあるものと判断される。

(7) 土の三軸圧縮試験結果

本試験は、沖積第1粘性土層 (Ac1) および沖積第2粘性土層で採取した「乱れの少ない試料」を用いて行った。

下表に試験結果を抜粋して示す。

表3.5-17 土の三軸圧縮試験結果一覧

地層区分	地層記号	試料番号	地盤材料の分類名	試験条件	粘着力 c_u (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ_u (°)	圧縮強さ $(\sigma_a - \sigma_r)_{max}$ (kN/m ²)	変形係数 E_{50} (MN/m ²)	備考
沖積第1粘性土層	Ac1	T3-3	シルト (高液性限界)	UU	43.8	1.3	89.5 98.2 <u>97.7</u>	2.96 3.25 <u>3.76</u>	圧縮強さと変形係数は、試料採取深度の有効土被り圧に近い側圧で試験を行った、供試体No. 3の値を採用。
沖積第2粘性土層	Ac2	T3-5	シルト (高液性限界)	UU	49.8	2.2	109 109 <u>120</u>	2.62 2.44 <u>2.78</u>	圧縮強さと変形係数は、応力-ひずみ曲線の初期部分の丸みが小さく、ピークも比較的明瞭な供試体No. 3の値を採用。

ここで、右図は、一軸圧縮試験における試料の乱れと応力-ひずみ曲線の変化を模式的に示したものである。力学的試験では、サンプリング時の乱れや応力開放、試料の運搬・押し出し・成形時など様々な要因で乱れが生じうる。供試体に乱れがあると、図のように曲線のピークが不明瞭となり、破壊ひずみが大きくなる。また、初期の直線部分が減少し、全体に丸みを帯びた曲線となる。さらに、これら曲線から得られる変形係数 E_{50} も小さくなる。

以上のことを踏まえ、本試験の応力-ひずみ曲線 (図 3.5-5) をみると、Ac1 層では各々の曲線形状や変形係数に明確な乱れの影響は認められない。よって、Ac1 層の圧縮強さと変形係数は、試料採取深度の有効土被り圧に近い側圧で試験を行った供試体 No. 3 の値を採用した。

Ac2 層では、供試体 No. 3 は、No. 1・No. 2 に比して、軸ひずみが小さい曲線初期部分の丸みが小さく、ピークも明瞭である。よって、Ac2 層の圧縮強さおよび変形係数は、乱れの影響が比較的少ない供試体 No. 3 の値を採用した。

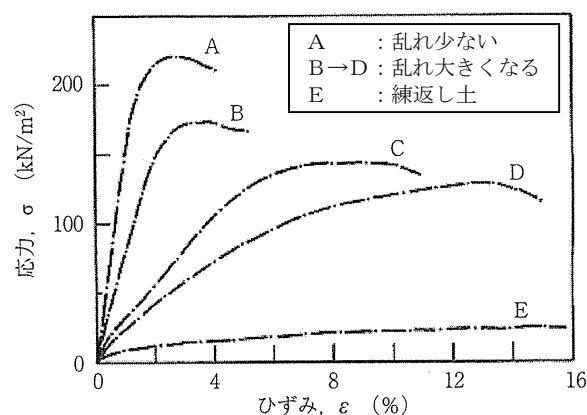


図 3.5-4 応力とひずみの関係に及ぼす攪乱の影響

出典) (公社)地盤工学会 (2013 年) : 地盤調査の方法と解説、p. 213 に一部加筆

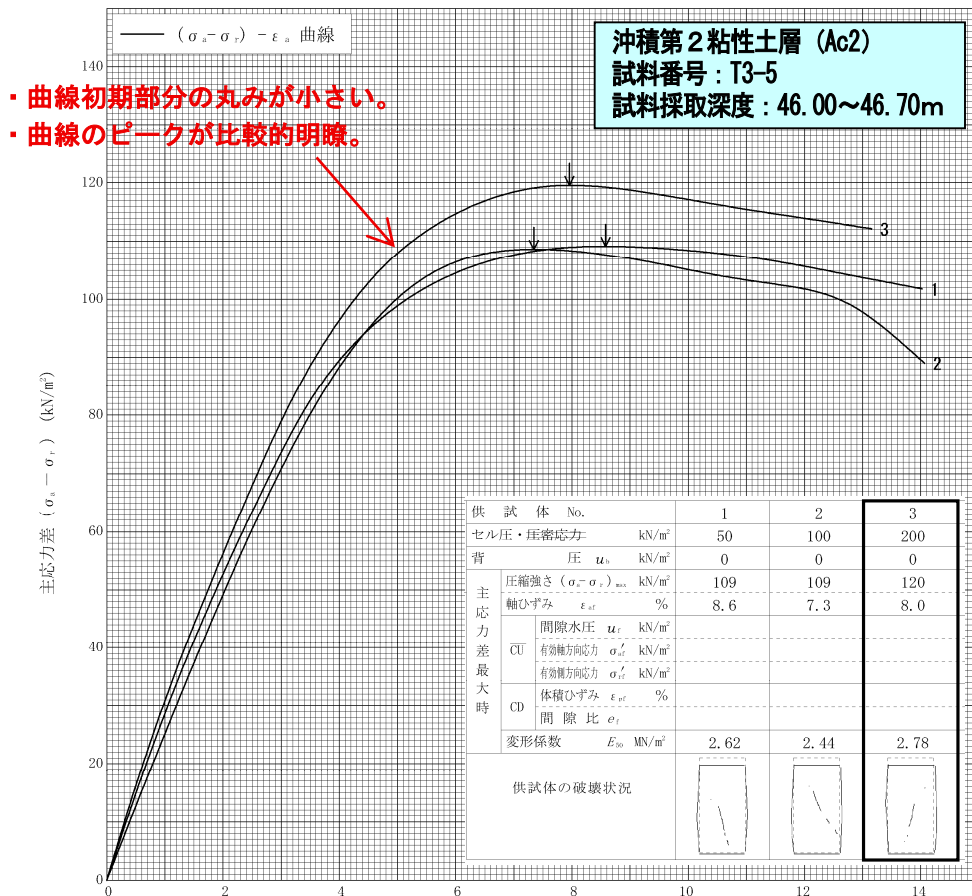
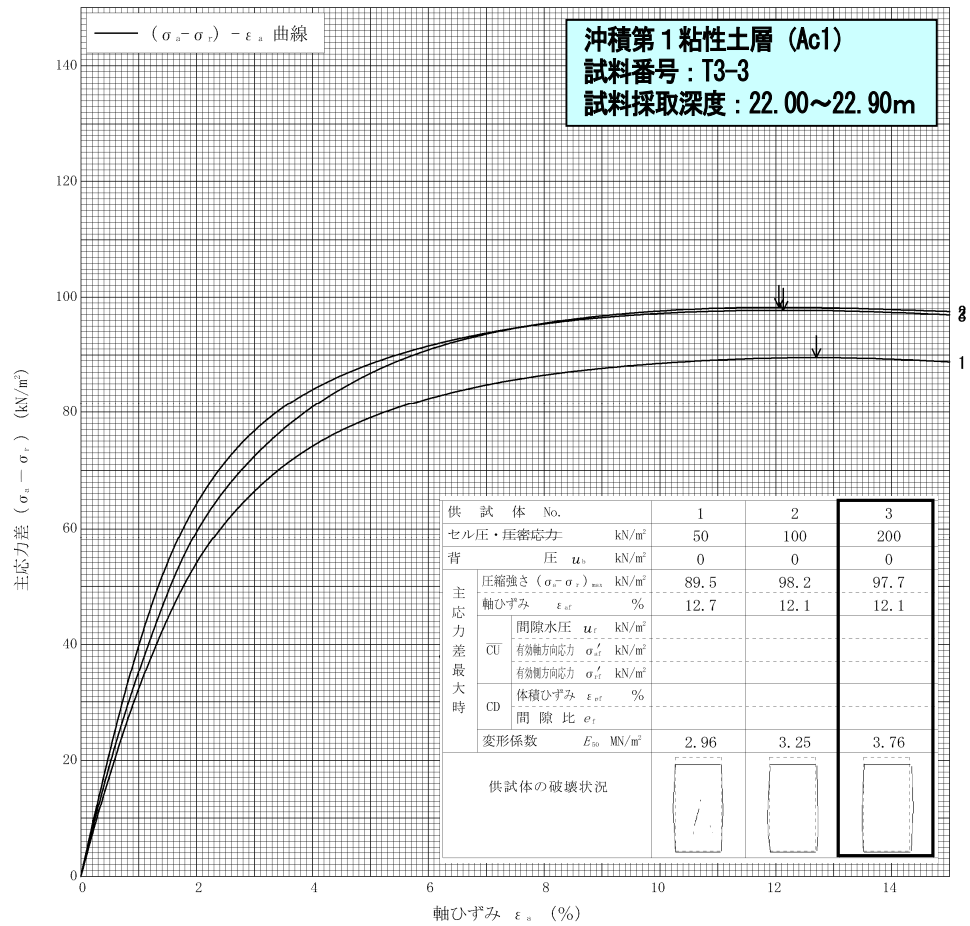


図 3.5-5 No. 3 孔 沖積粘性土層 (Ac1・Ac2) の三軸圧縮試験 応力-ひずみ曲線

また、下図は、港湾で採取した粘性土の一軸圧縮強さと N 値の関係をまとめたものである。これに本試験で得られた Ac1 層・Ac2 層の圧縮強さ $(\sigma_a - \sigma_r)_{\max}$ と試料採取深度近傍の実測 N 値の関係をプロットすると、いずれもおおむねプロット群の範囲内に入る。

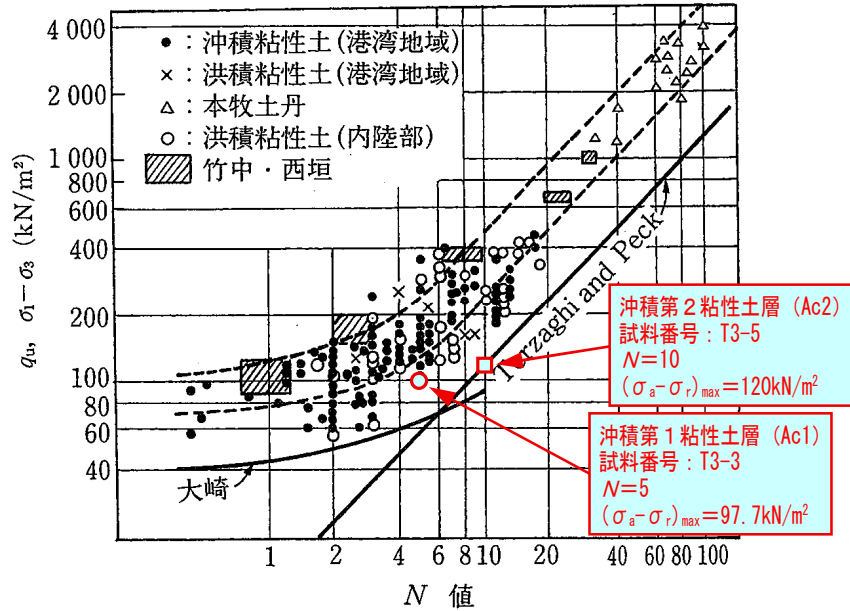


図 3.5-6 $q_u, \sigma_1 - \sigma_3$ 値と N 値との関係

出典) (公社)地盤工学会 (2013 年) : 地盤調査—基本と手引き—, p. 115 に一部加筆

以上のことを総合的に評価すると、本試験では Ac2 層にやや乱れの影響がみられるものの、試料採取および試験はおおむね適正に行われたものと判断できる。

よって、三軸圧縮試験で得られた各試料の強度値は、おおむね原位置地層の強度特性をあらわす妥当な値と考えられる。

4. 総合解析とりまとめ

4.1 調査結果のまとめ

(1) 地層構成

本調査で確認した地層の構成と概要を下表に示す。

表 4.1-1 地層構成表

地質時代	地層区分	記号	おもな土質区分	N値					
				値の範囲	平均値	代表値			
新生代第四紀	現世	埋立盛土	BS	シルト混り砂礫 砂混り礫 シルト質礫質砂 粘土質礫質砂 礫混り砂 改良土	0.9~100	16.4	4	海岸部の埋立盛土。粗粒土主体だが、一部粘性土を含む。礫の最大径はφmax100mm。所により、コンクリート片・プラスチック片など人工物を混入し、非常に不均質である。No.3孔では、水砕スラグによる改良土が認められる。非常に硬く、棒状コアにて採取される。	
	完新世	沖積第1粘性土層	Ac1	シルト質粘土 粘土 シルト 砂質粘土	1.5~10	4.9	5	ほぼ均質な粘性土。層下部では、一部で火山灰層(Ac1-v)および砂質土層(Ac1-s)を挟む。N値は10以下を示し、相対稠度は「非常に軟らかい」~「硬い」に区分される。	
			砂質土挟み層	Ac1-s	シルト質砂	6~11	8.5	9	Ac1層中の挟み層。細砂主体。相対密度は「緩い」~「中位」に区分される。
			火山灰挟み層	Ac1-v	火山灰	—	17	17	Ac1層中の挟み層。ほぼ均質な火山灰。含水量は中位である。
		沖積第1砂質土層	As1	シルト質砂 粘土質砂 粘土質礫質砂 礫混りシルト質砂	4~18	9	9	細砂~細・中砂主体。シルト・粘土分をやや多く~かなり多く含む。本層下位に薄い粘性土(As1-c)を挟む。含水量は中位~少ない。相対密度は「緩い」~「中位」に区分される。	
			粘性土挟み層	As1-c	砂混り粘土	—	11	11	As1層の下位に分布する挟み層。含水量中位。相対稠度は硬いに区分される。
		新世	沖積第1砂礫層	Ag1	シルト混り砂礫 シルト質砂礫 粘土質砂礫 玉石混りシルト質砂礫	12~100	31.6	23	φ2~30mm程度の垂角~角礫主体。φ40~200mm程度の硬質な粗礫・玉石を混入する。(見かけの)含水量はやや少ない~多い。一部で削孔水の漏水が認められる。N値は10台~50以上を示し、ばらつき顕著。60より大を示す部分は、粗礫・玉石の影響による過大値となっているものが多い。相対密度は、過大値を除けば「中位」~「密」を主体とする。
				沖積第2粘性土層	Ac2	シルト混り粘土 シルト質粘土 シルト 粘土質シルト	7~16	9.4	9
			沖積第2砂質土層	As2	礫混りシルト質砂 シルト質礫質砂 粘土質礫質砂	9~21	13.7	14	細砂~細・中砂主体。総じてシルト・粘土分を多く含む。含水量はやや少ない。N値は10台の部分が多く、相対密度は「緩い」~「中位」に区分される。
			沖積第3粘性土層	Ac3	礫混り砂質シルト シルト質粘土	9~10	9.5	10	上部層はシルト主体。含水量はやや少ない。下部層は均質な粘土。含水量はやや少ない。相対稠度は「硬い」に区分される。
			更新世	洪積第1砂礫層	Dg1	シルト混り砂礫 シルト質砂礫 粘土質砂礫 玉石混り砂礫	14~100	60.3	46
	粘性土挟み層	Dg1-c			礫混り砂質粘土	—	15	15	Dg1層中の挟み層。含水量は中位である。相対稠度は「硬い」に区分される。

※1 各地層のN値範囲および平均値・代表値は、表3.3.1の地層別N値整理結果による。

(2) 地下水位

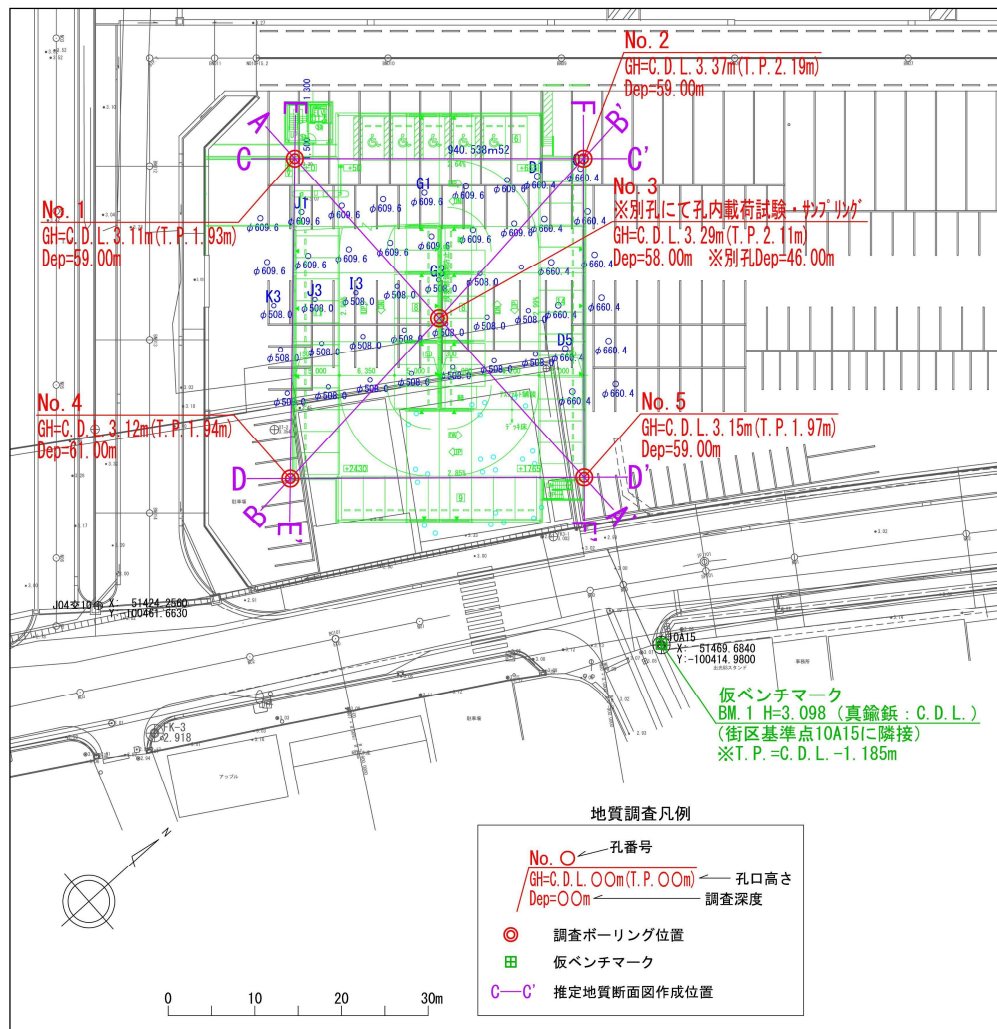
ボーリング作業期間に測定した孔内水位から、各孔の代表水位（＝柱状図記載水位）を以下のように設定した。

表 4.1-2 各ボーリングの代表水位設定値

孔番号	代表水位			測定 月日	備 考
	GL (m)	C. D. L. (m)	T. P. (m)		
No. 1	-1.53	1.58	0.40	12/17	
No. 2	-1.75	1.62	0.44	11/25	C. D. L. および T. P. 基準で最も高い水位
No. 3	-1.75	1.54	0.36	11/27	
No. 4	-1.70	1.42	0.24	11/25	
No. 5	-1.80	1.35	0.17	12/12	

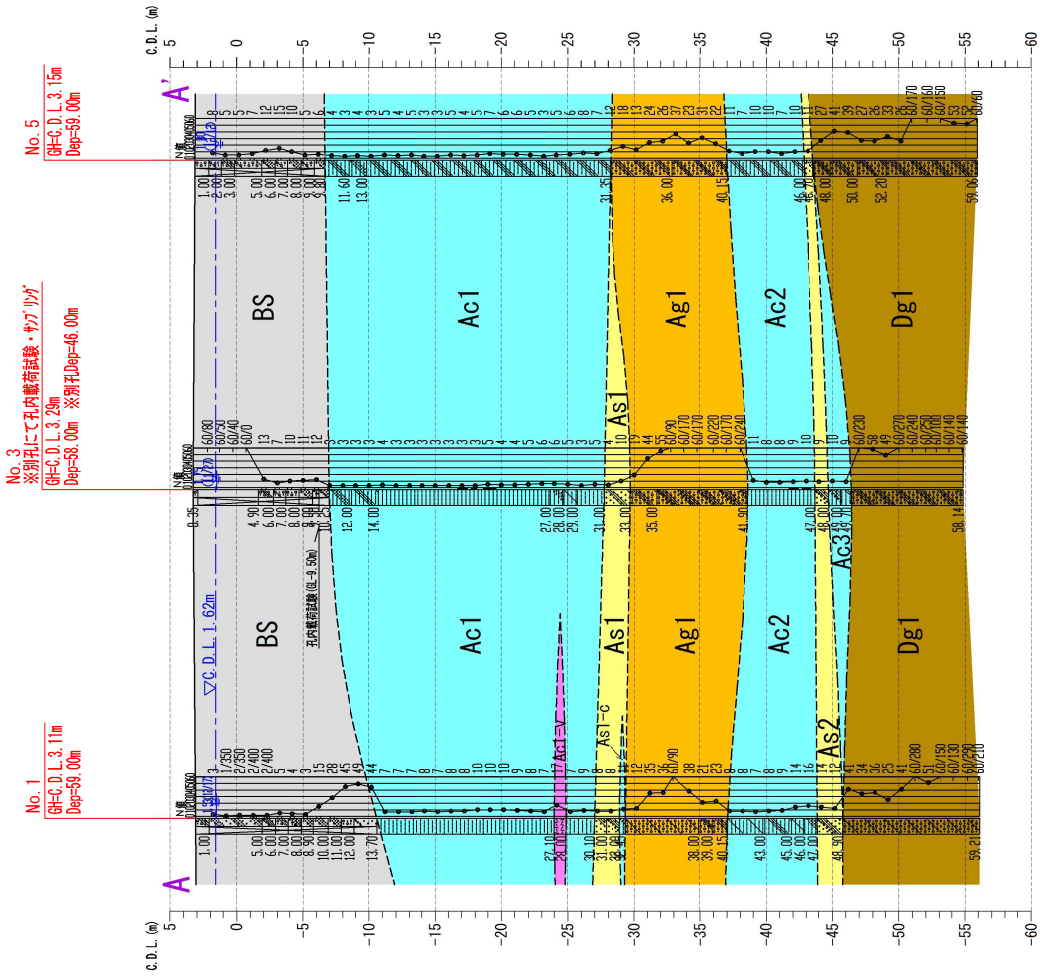
(3) 地層分布

ボーリング結果から、下図に示す A-A'～F-F'の計6断面における推定地質断面図を作成した（図 4.1-2～図 4.1-5 参照）。



[再掲] 図 4.1-1 調査位置平面図 (任意縮尺)

A-A'断面



凡例

No. O 孔番号
 GH=C.D.L. 0.00m 孔口地盤高
 Dep=0.00m 調査深度

- - - 推定地層境界線
 ▽ 設計用地下水位線

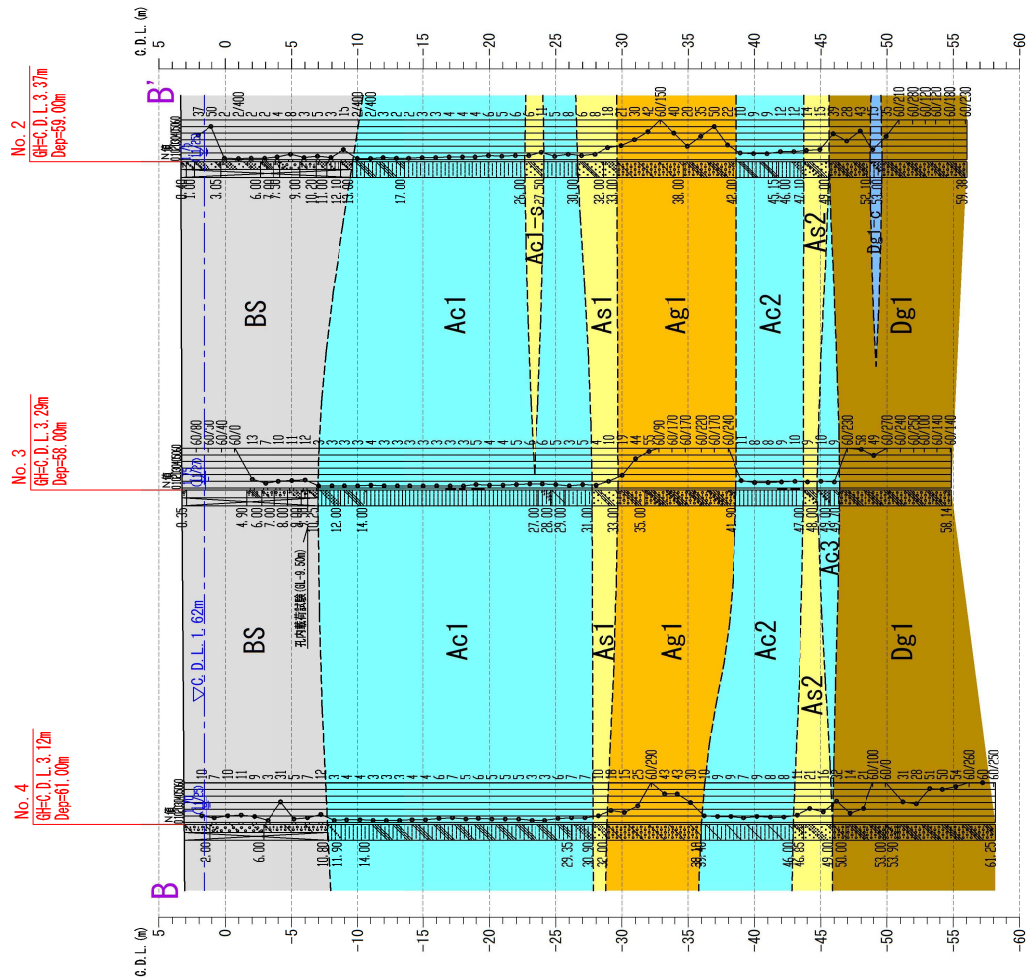
※ 各孔の代表水位 (=柱状図記載水位) のうち、C.D.L.基準で最も高い水位 (No. 2: C.D.L. 1.62m) を採用した。

BS	埋立盛土
Ac1	沖積第1粘性土層
Ac1-s	(砂質土挟み層)
Ac1-v	(火山灰挟み層)
As1	沖積第1砂質土層
As1-c	(粘性土挟み層)
Ag1	沖積第1砂礫層
Ac2	沖積第2粘性土層
As2	沖積第2砂質土層
Ac3	沖積第3粘性土層
Dg1	沖積第1砂礫層
Dg1-c	(粘性土挟み層)

※ 仮ベンチマークは、計画地東側近傍のBM. 1 (真鑛銀: C.D.L. 3.098m) とした。

図 4.1-2 推定地質断面図 (A-A' 断面) (任意縮尺)

B-B'断面



凡例

No. 2
 GH=C.D.L. 3.37m
 Dep=58.00m
 孔番号
 孔口地盤高
 調査深度

No. 3
 GH=C.D.L. 3.25m
 Dep=58.00m

No. 4
 GH=C.D.L. 3.12m
 Dep=61.00m

推定地層境界線
 設計用地下水水位線

※ 各孔の代表水位 (=柱状
 図記載水位) のうち、
 C.D.L.基準で最も高い水
 位 (No. 2 : C.D.L. 1.62m)
 を採用した。

BS
Ac1
Ac1-s
Ac1-v
As1
As1-c
Ag1
Ac2
As2
Ac3
Dg1
Dg1-c

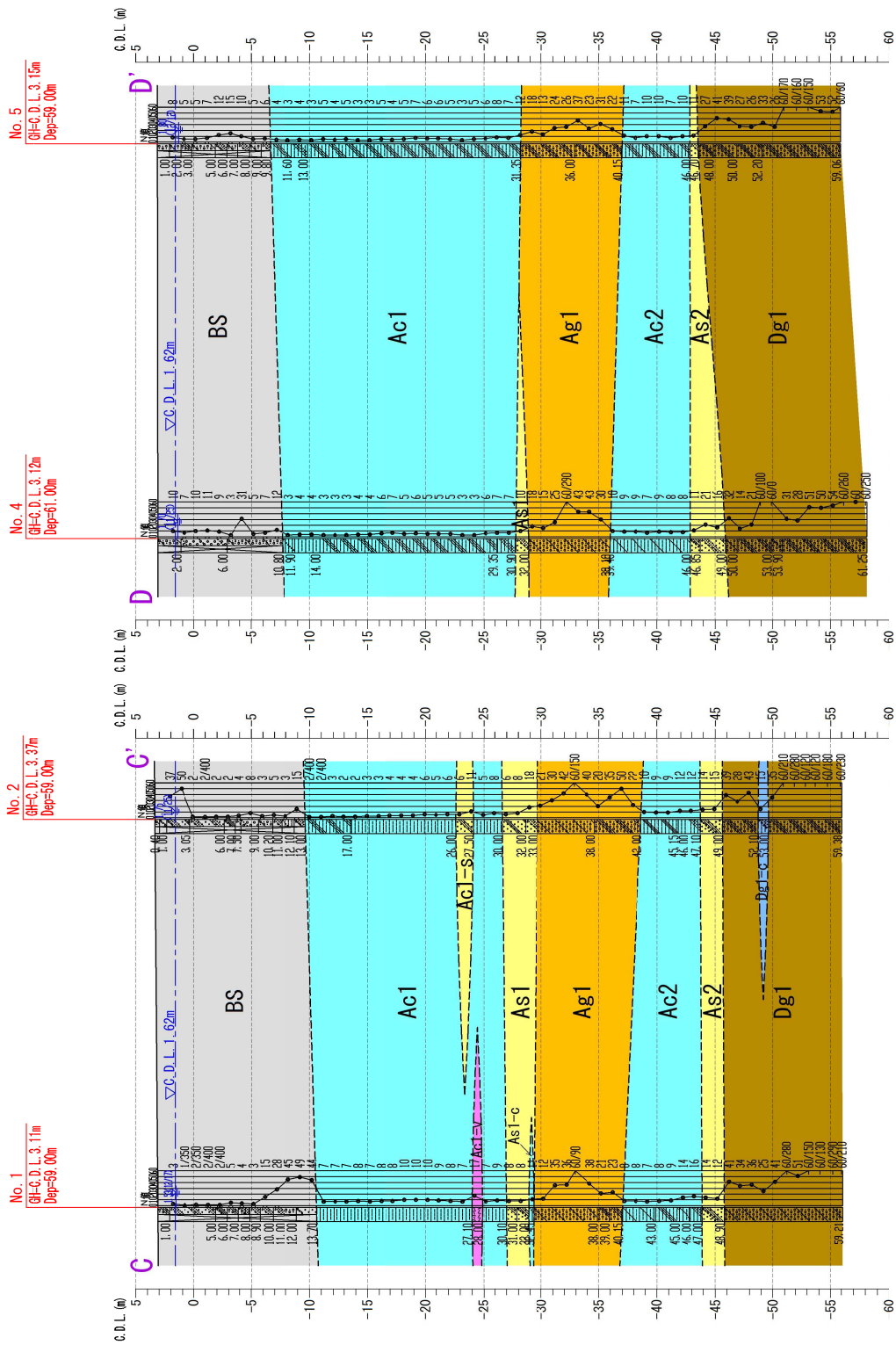
埋立盛土
 沖積第1粘性土層
 (砂質土挟み層)
 (火山灰挟み層)
 沖積第1砂質土層
 (粘性土挟み層)
 沖積第1砂礫層
 沖積第2粘性土層
 沖積第2砂質土層
 沖積第3粘性土層
 洪積第1砂礫層
 (粘性土挟み層)

※ 仮ベンチマークは、計画地東側近傍のBM. 1 (真
 縮尺 : C.D.L. 3.098m) とした。

図 4.1-3 推定地質断面図 (B-B' 断面) (任意縮尺)

C-C'断面

D-D'断面



凡例

No. O
 GH=C.D.L. 0.00m
 Dep=00m

孔番号
 孔口地盤高
 調査深度

--- 推定地層境界線
 --- 設計用地下水位線

※ 各孔の代表水位 (=柱状
 図記動水位) のうち、
 C.D.L. 基準で最も低い水
 位 (No. 2: C.D.L. 1.62m)
 を採用した。

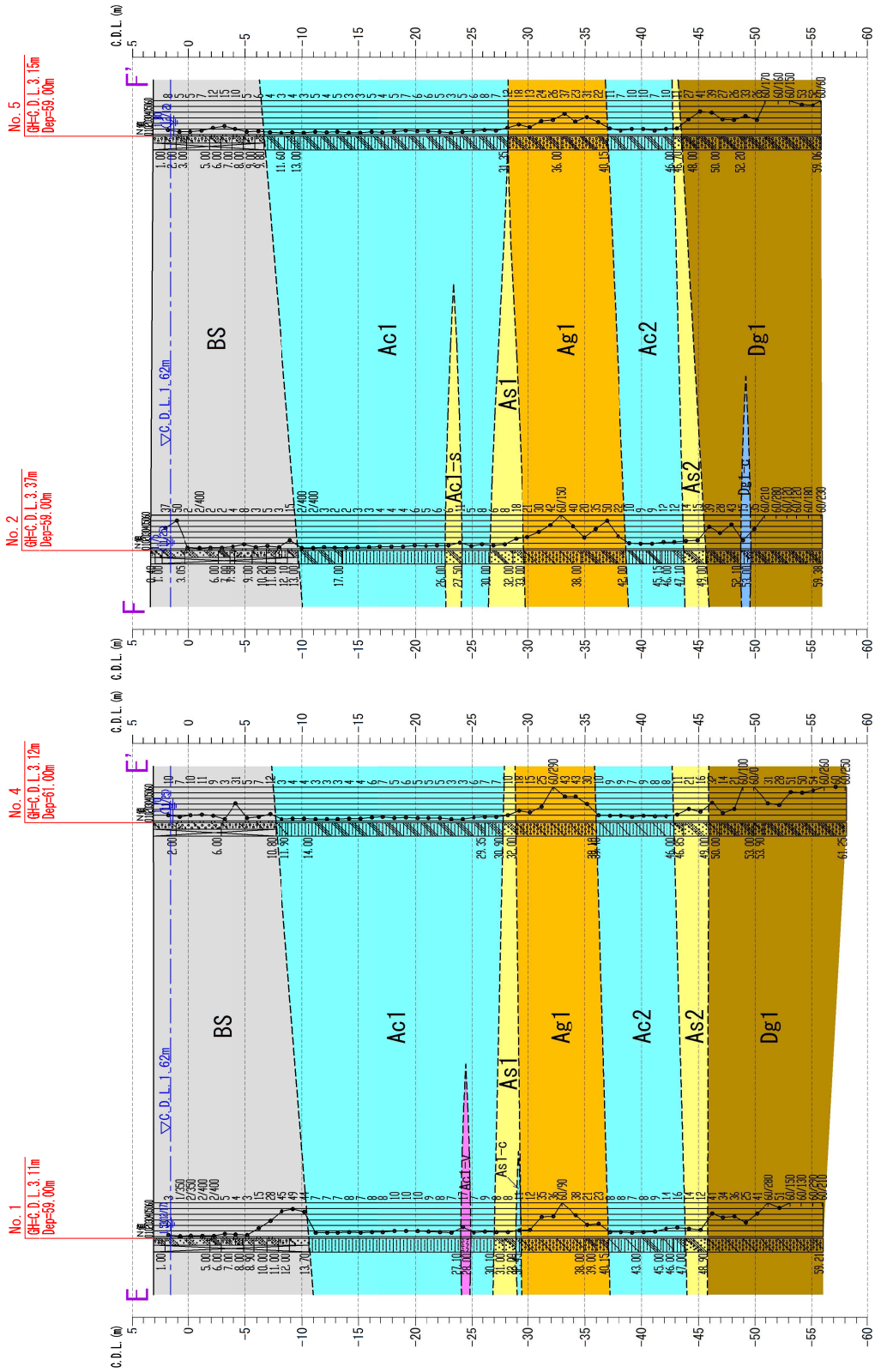
BS	埋立盛土
Ac1	沖積第1粘性土層
Ac1-s	(砂質土抜き層)
Ac1-v	(火山灰抜き層)
As1	沖積第1砂質土層
As1-c	(粘性土抜き層)
Ag1	沖積第1砂礫層
Ac2	沖積第2粘性土層
As2	沖積第2砂質土層
Ac3	沖積第3粘性土層
Dg1	洪積第1砂礫層
Dg1-c	(粘性土抜き層)

※ 仮ベンチマークは、計画地東側近傍のBM. 1(真
 鍮鏡: C.D.L. 3.098m)とした。

図 4.1-4 推定地質断面図 (C-C' - D-D' 断面) (任意縮尺)

E-E断面

F-F断面



凡例

No. O 孔番号
 G=C.D.L. 0.00m 孔口地盤高
 Dep=0.00m 調査深度

--- 推定地層境界線
 ▽ 設計用地下水水位

※ 各孔の代表水位 (=柱状図記載水位)のうち、C.D.L.基準で最も高い水位 (No. 2 : C.D.L. 1.62m) を採用した。

BS	埋立盛土
Ac1	沖積第1粘性土層
Ac1-s	(砂質土挟み層)
Ac1-v	(火山灰挟み層)
As1	沖積第1砂質土層
As1-c	(粘性土挟み層)
Ag1	沖積第1砂礫層
Ac2	沖積第2粘性土層
As2	沖積第2砂質土層
Ac3	沖積第3粘性土層
Dg1	沖積第1砂礫層
Dg1-c	(粘性土挟み層)

※ 仮ベンチマークは、計画地東側近傍のBM. 1 (真鍮鏡 : C.D.L. 3.098m) とした。

図 4.1-5 推定地質断面図 (E-E'・F-F'断面) (任意縮尺)

推定地質断面図より、地層分布について以下のことが挙げられる。

- ・埋立盛土（BS）の下限深度はGL-9.8～-13.7mと推定され、海側のNo.1・No.2孔で厚く、中央部のNo.3孔から陸側のNo.4・No.5孔でやや薄い分布を示す。
- ・BS層の下位に分布する沖積層では、総じて粘性土層の占める割合が大きい。とくにAc1層の層厚はおよそ16.4～21.6mを示し、層厚が厚い。
- ・沖積層では、地層の連続性はおおむね良好だが、挟み層のほかにAs1層・Ac3層など層厚が薄い地層ではやや連続性が悪い。
- ・洪積層では、洪積第1砂礫層（Dg1）でおよそ8.4～12.3mの層厚を確認しており、実際にはこれ以上の層厚で分布している可能性がある。
- ・Dg1層の上面深度はGL-46.7～-49.7mを示し、若干の高低差が認められる。
- ・確実な支持層とみなせるN値50以上を示す部分の上面深度は、海側のNo.1孔・No.2孔および陸側のNo.5孔でGL-54m、中央部のNo.3孔でGL-53m、陸側のNo.4孔でGL-56mを示し、やや不陸が認められる。

(4) 孔内載荷試験結果

孔内載荷試験は、建物計画地中央のNo.3地点において、埋立盛土（BS）で実施した。試験結果は下表のとおりである。

[再掲] 表 4.1-3 孔内載荷試験結果

孔番号	試験深度 GL- (m)	地層区分 (記号)	土質区分	N値	変形係数 E_{sb} (MN/m ²)	E_{sb} -N関係 (kN/m ²)	データの品質
No.3 (別孔)	9.50	埋立盛土 (BS)	礫混り砂質粘土/ シルト混り礫質砂	12	9.32	$E \approx 777 N$	良

試験結果から、変形係数EとN値の関係やデータの状況から試験は適正に行われ、試験結果より得られた各種係数はおおむね試験対象層の原位置における変形特性をあらわしているものと判断される。

(5) 室内土質試験結果

室内土質試験は、地盤を構成する土の分類と諸性質（物理的特性・力学的特性）を明らかにすること、および地盤の液状化判定を行うための基礎資料を得ることなどを目的として実施した。

以下、試験結果の要点を地層別に示す。

1) 埋立盛土（BS）

本層では、標準貫入試験試料を用いて各種物理試験を行った結果、試験試料41試料中36試料が「建築基礎構造設計指針(2019)」における液状化検討判定の対象土層条件に該当する結果であった。

2) 沖積粘性土層（Ac1・Ac2）

Ac1層・Ac2層では、物理的試験のほかに力学的試験として、「土の圧密試験」と「土の三軸圧縮試験」を行った。

圧密試験については、各層で得られた圧密降伏応力と試料採取深度で推定される現況の有効土被り圧を比較し、表 4.1-4 に示す関係が求められた。これより、Ac1 層および Ac2 層では過圧密比 OCR が 1 前後を示しており、土の圧密状態はいずれも「ほぼ正規圧密」の状態にあると判断される。

[再掲] 表 4.1-4 沖積粘性土 (Ac1・Ac2) 過圧密比計算表

孔番号	地層記号	試料番号	試料採取 中心深度 GL-(m)	圧密降伏 応力 pc (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ _v ' (kN/m ²)	過圧密比 OCR	圧密状態判定
No.3	Ac1	T3-3	22.45	212.0	200.7	1.06	ほぼ正規圧密
	Ac2	T3-5	46.35	391.6	404.7	0.97	ほぼ正規圧密

※ 過圧密比 OCR = pc / σ_v'

三軸圧縮試験については、試験結果の一覧を下表に示す。

[再掲] 表4.1-5 沖積粘性土 (Ac1・Ac2) 土の三軸圧縮試験結果一覧

地層区分	地層記号	地盤材料の 分類名	試験 条件	粘着力 c _u (kN/m ²)	せん断 抵抗角 φ _u (°)	圧縮強さ (σ _a - σ _r) _{max} (kN/m ²)	変形係数 E ₅₀ (MN/m ²)	備考
沖積第1 粘性土層	Ac1	シルト (高液性限界)	UU	43.8	1.3	89.5 98.2 <u>97.7</u>	2.96 3.25 <u>3.76</u>	圧縮強さと変形係数は、試料採取深度の有効土被り圧に近い側圧で試験を行った、供試体No.3の値を採用。
沖積第2 粘性土層	Ac2	シルト (高液性限界)	UU	49.8	2.2	109 109 <u>120</u>	2.62 2.44 <u>2.78</u>	圧縮強さと変形係数は、応力-ひずみ曲線の初期部分の丸みが小さく、ピークも比較的明瞭な供試体No.3の値を採用。

各層の試験で得られた応力-ひずみ曲線や圧縮強さとN値の関係から、本試験ではAc2層にやや乱れの影響がみられるものの、試料採取および試験はおおむね適正に行われたものと判断できる。

よって、三軸圧縮試験で得られた各試料の強度値は、おおむね原位置地層の強度特性をあらわす妥当な値と考えられる。

4.2 設計用地盤定数の検討

ここでは、調査結果において区分した各地層について、計画建物の設計に必要な各種地盤定数を検討する。

(1) 地盤定数の設定方法

1) 設計用 N 値

設計用 N 値は、表 3.3-1 地層別 N 値整理結果一覧 に示す各地層の代表 N 値を採用した。

2) 単位体積重量

各地層の湿潤単位体積重量 γ_t および飽和単位体積重量 γ_{sat} は、乱れの少ない試料にて土の湿潤密度試験を実施した沖積粘性土層 (Ac1・Ac2) については、試験結果 (湿潤密度) から求まる単位堆積重量を採用した。

また、乱れの少ない試料採取を行っていない地層については、下表に示される一般値を参考に、各地層の土質構成や締まり具合 (硬さ) などを考慮して設定した。

表 4.2-1 土の単位体積重量 (kN/m²)

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

出典) (一社) 日本建築学会 (2019 年) : 建築基礎構造設計指針、p. 30

表 4.2-2 土の単位体積重量の例 (kN/m²)

地盤	土質	緩いもの	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	

- (注) (1) 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 9 を差し引いた値としてよい。
 (2) 碎石は砂利と同じ値とする。また、ずり、岩塊等の場合は種類、形状、大きさ及び間隙等を考慮して定める必要がある。
 (3) 砂利まじり砂質土、又は砂利まじり粘性土については、混合割合及び状態に応じて適当な値を定める。
 (4) 地下水位は施工後における平均値を考える。

出典) (公社) 日本道路協会 (H29年11月) : 道路橋示方書・同解説 I 共通編、p. 119

なお、各表の「ゆるい (緩いもの)」、「密な (密なもの)」および「やわらかい」、「かたい」の区分については、設計用 N 値をもとに、表 4.2-3・4.2-4 を参考に区分した。

[再掲] 表4.2-3 N 値と砂の相対密度の関係(Terzaghi and Peck)

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)	ϕ 13mmの鉄筋を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

出典) (公社)地盤工学会 (2013年) : 地盤調査の方法と解説、p. 305 に一部加筆

[再掲] 表4.2-4 N 値と粘土のコンシステンシー、一軸圧縮強さの関係(Terzaghi and Peck)

N 値	q_u (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

出典) (公社)地盤工学会 (2013年) : 地盤調査の方法と解説、p. 308

3) 粘着力

粘性土層の粘着力 c は、乱れの少ない試料にて土の三軸圧縮試験を実施した沖積粘性土層 (Ac1・Ac2) については、試験値を採用した、

また、乱れの少ない試料採取を行っていない粘性土層については、設計用 N 値から推定することとした。推定方法は、 N 値と一軸圧縮強度 q_u の関係式 (下記参照) のうち、実測値との対比でその妥当性が検証されている竹中らの提案式を用いることとし、その最小値: $q_u=25N$ と、粘着力 c と q_u の関係: $c=q_u/2$ より、 $c=12.5N$ として算定した。

- ・竹中・西垣・奥村: $q_u=25\sim 50N$ ($N>4$) ……最小値を採用
- ・大崎: $q_u=4+5N$ ($N<10$)
- ・Terzaghi & Peck: $q_u=12.5N$

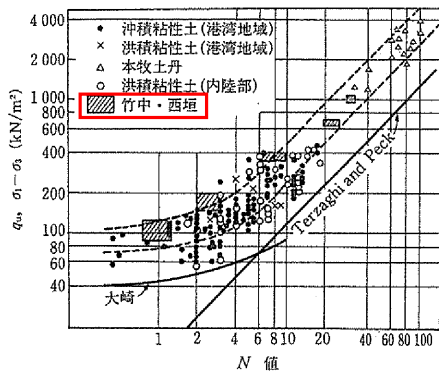


図 4.2-1 N 値と q_u の関係

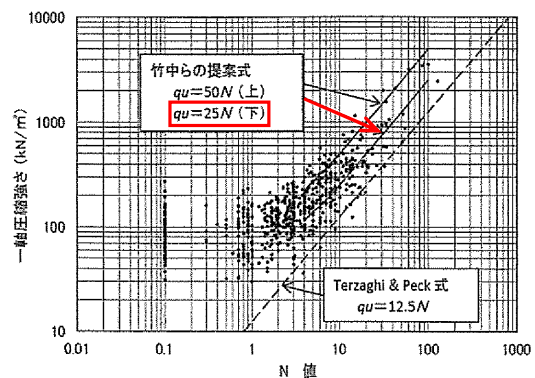


図 4.2-2 N 値と q_u の関係 (東京・関西地区)

出典) (一社)日本建築学会 (2015年) : 建築基礎構造設計のための地盤評価・Q&A、p. 96 に一部加筆

なお、粗粒土層の c については、安全側に見込まないこととした。

4) 内部摩擦角

粗粒土層の内部摩擦角 ϕ は、本調査では三軸圧縮試験を実施していないため、 N 値から推定することとした。推定方法は、「建築基礎構造設計指針(2019)」に記載の畑中らの提案式(下式)を用いた。

資料 4.2-1 内部摩擦角と N 値の関係式 (畑中らの提案式)

$$\phi_d = \sqrt{20N_1} + 20 \quad (3.5 \leq N_1 \leq 20), \quad \phi_d = 40 \quad (N_1 > 20) \quad (2.7.2)$$

$$N_1 = \frac{N}{\sqrt{\frac{\sigma'_z}{100}}} \quad (2.7.3)$$

ここに、 ϕ_d (°) : 内部摩擦角, N_1 : N 値を有効上載圧で補正した換算 N 値, σ'_z (kN/m²) : 有効上載圧

出典) (一社)日本建築学会 (2019 年) : 建築基礎構造設計指針, p. 30

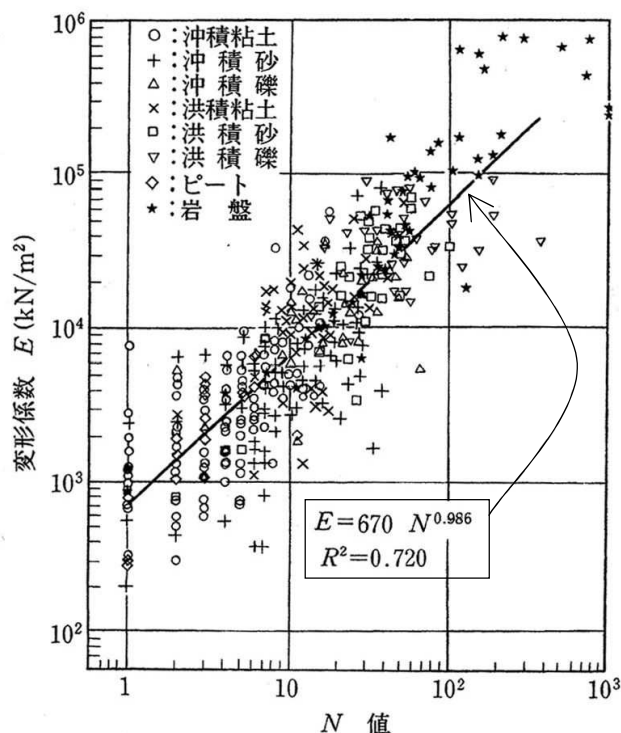
具体的には、上式を用いて各孔の各標準貫入試験深度で個別に ϕ を算定し、層ごとに算定した平均値を採用した。

ただし、上式は、 N_1 が 3.5 より小さい場合には適用できないため、その場合には上式のほかに一般に広く利用されている大崎の提案式: $\phi_d = \sqrt{20N} + 15$ を用いて ϕ を算定した。

なお、粘性土層の ϕ については、安全側に見込まないこととした。

5) 変形係数

地盤の変形係数については、一般に孔内載荷試験で得られた変形係数 E_{sb} と標準貫入試験 N 値の関係において、地盤材料に関わらず $E_{sb} = 670 N^{0.986} \approx 700 N$ kN/m² という関係が近似的に成り立つことが知られている(下図参照)。



[再掲] 図 4.2-3 孔内載荷試験より得られた変形係数と N 値の関係

出典) (公社)地盤工学会 (2013 年) : 地盤調査の方法と解説, p. 687 に一部加筆

ここで、本調査では埋立盛土（BS）において孔内載荷試験を実施し、変形係数が得られている。また、沖積粘性土層（Ac1・Ac2）では、土の三軸圧縮試験を実施し、その結果から変形係数 E_{50} が得られている。

よって、BS層およびAc1層・Ac2層の変形係数については、各試験で得られた変形係数と前述関係式（ $E_{sb} \cong 700N$ 、 N は設計用 N 値）から求まる変形係数を比較し、それぞれ小さい方の値を採用することとした。

また、孔内載荷試験を行っていない地層については、 N 値との関係式（ $E_{sb} \cong 700N$ ）を用いて、各地層の設計用 N から算定した。

(2) 地盤定数の検討結果

各地層の設計用地盤定数の検討結果を、表 4.2-5 にまとめて示す。

また、各地盤定数の具体的な設定根拠や算出方法について、以下 1)～4) に示す。

表 4.2-5 設計用地盤定数(案)

地層区分	記号	おもな土質区分	設計用 N 値	湿潤 単位体積 重量 γ_t (kN/m^3)	飽和 単位体積 重量 γ_{sat} (kN/m^3)	粘着力 c (kN/m^2)	内 部 摩擦角 ϕ ($^\circ$)	変形係数 E _{sb} (kN/m^2)	備 考
埋立盛土	BS	シルト混り砂礫 砂混り礫 シルト質礫質砂 粘土質礫質砂 礫混り砂 改良土	4	18	19	—	33	2,800	・変形係数は、孔内載荷試験で得られた値とE _{sb} =700Nから算定した値を比較し、小さい方の値であるE _{sb} =700Nの値を採用。
沖積第1粘性土層	Ac1	シルト質粘土 粘 土 シルト 砂質粘土	5	17.6	17.6	44	—	3,500	・単位体積重量は、湿潤密度試験結果から設定。 ・粘着力は、三軸圧縮試験結果を採用。 ・変形係数は、三軸圧縮試験で得られたE ₅₀ とE _{sb} =700Nから算定した値を比較し、小さい方の値であるE _{sb} =700Nの値を採用。
砂質土 挟み層	Ac1-s	シルト質砂	9	18	19	—	30	6,300	
火山灰 挟み層	Ac1-v	火山灰	17	18	19	213	—	11,900	
沖積第1砂質土層	As1	シルト質砂 粘土質砂 粘土質礫質砂 礫混りシルト質砂	9	18	19	—	30	6,300	
粘性土 挟み層	As1-c	砂混り粘土	11	18	19	138	—	7,700	
沖積第1砂礫層	Ag1	シルト混り砂礫 シルト質砂礫 粘土質砂礫 玉石混りシルト質砂礫	23	19	20	—	37	16,100	
沖積第2粘性土層	Ac2	シルト混り粘土 シルト質粘土 シルト 粘土質シルト	9	17.2	17.2	50	—	2,780	・単位体積重量は、湿潤密度試験結果から設定。 ・粘着力は、三軸圧縮試験結果を採用。 ・変形係数は、三軸圧縮試験で得られたE ₅₀ とE _{sb} =700Nから算定した値を比較し、小さい方の値であるE ₅₀ を採用。
沖積第2砂質土層	As2	礫混りシルト質砂 シルト質礫質砂 粘土質礫質砂	14	19	20	—	32	9,800	
沖積第3粘性土層	Ac3	礫混り砂質シルト シルト質粘土	10	18	19	125	—	7,000	
洪積第1砂礫層	Dg1	シルト混り砂礫 シルト質砂礫 粘土質砂礫 玉石混り砂礫	46	20	21	—	39	32,200	
粘性土 挟み層	Dg1-c	礫混り砂質粘土	15	18	19	188	—	10,500	

1) 単位体積重量

①埋立盛土 (BS)

本層は砂礫および礫を混入する砂を主体とし、設計用 N 値 4 から相対密度は「緩い」に区分される。

よって、湿潤単位体積重量 γ_t は、表 4.2-2 の「自然地盤、砂及び砂れき」、「ゆるいもの」の 18kN/m^3 を採用した。

また、飽和単位体積重量 γ_{sat} は、表 4.2-1 に示される湿潤単位体積重量と飽和単位体積重量の関係を踏まえ、 $\gamma_t+1=18+1=19\text{kN/m}^3$ に設定した。

②沖積第1粘性土層 (Ac1)

本層で実施した土の湿潤密度試験から、 $\rho_t=1.79\text{Mg/m}^3$ が得られている (表 3.5-3 参照)。

ここで、湿潤単位体積重量は、 $\gamma_t=\rho_t\times g$ (g は重力加速度で 9.81m/s^2) で求まる。

よって、 $\gamma_t=1.79\times 9.81\div 17.6\text{kN/m}^3$ を採用した。

また、飽和単位体積重量 γ_{sat} については、土の湿潤密度試験結果から飽和度 98.4% を示し、土の空隙はほぼ水分で満たされている状態であると判断されることから、

$\gamma_t=\gamma_{sat}\div 17.6\text{kN/m}^3$ に設定した。

③沖積第1粘性土層砂質土挟み層 (Ac1-s)

本層は砂質土であり、設計用 N 値 9 から相対密度は「緩い」に区分される。

湿潤単位体積重量 γ_t は、表 4.2-2 の「自然地盤、砂質土」、「ゆるいもの」では 17kN/m^3 だが、本層上位の Ac1 層で $\gamma_t=17.6\text{kN/m}^3$ であることを考慮し、これと同等以上となる 18kN/m^3 を採用値とした。

また、飽和単位体積重量 γ_{sat} は、表 4.2-1 に示される湿潤単位体積重量と飽和単位体積重量の関係を踏まえ、 $\gamma_t+1=18+1=19\text{kN/m}^3$ に設定した。

④沖積第1粘性土層火山灰挟み層 (Ac1-v)

本層は、粒径では粘性土に区分されるものと推定され、設計用 N 値 17 から相対稠度は「非常に硬い」に区分される。

よって、湿潤単位体積重量 γ_t は、表 4.2-2 の「自然地盤、粘性土」、「密なもの」の 18kN/m^3 を採用した。

また、飽和単位体積重量 γ_{sat} は、表 4.2-1 に示される湿潤単位体積重量と飽和単位体積重量の関係を踏まえ、 $\gamma_t+1=18+1=19\text{kN/m}^3$ に設定した。

⑤沖積第1砂質土層 (As1)

本層は砂質土であり、設計用 N 値 9 から相対密度は「緩い」に区分される。

湿潤単位体積重量 γ_t は、表 4.2-2 の「自然地盤、砂質土」、「ゆるいもの」で 17kN/m^3 だが、Ac1-s 層と同じ理由により 18kN/m^3 を採用値とした。

また、飽和単位体積重量 γ_{sat} についても、Ac1-s 層と同じく 19kN/m^3 に設定した。

⑥沖積第1砂質土層粘性土挟み層 (As1-c)

本層は粘性土であり、設計用 N 値 11 から相対稠度は「硬い」に区分される。

よって、湿潤単位体積重量 γ_t は、表 4.2-2 の「自然地盤、粘性土」、「密なもの」の 18kN/m^3 を採用した。

また、飽和単位体積重量 γ_{sat} は、表 4.2-1 に示される湿潤単位体積重量と飽和単位体積重量の関係を踏まえ、 $\gamma_t+1=18+1=19\text{kN/m}^3$ に設定した。

⑦沖積第1砂礫層 (Ag1)

本層は砂礫を主体とし、設計用 N 値 23 から相対密度は「中位」に区分される。

よって、湿潤単位体積重量 γ_t は、表 4.2-2 の「自然地盤、砂及び砂れき」、「ゆるいもの」と「密なもの」の中間値となる 19kN/m^3 を採用した。

また、飽和単位体積重量 γ_{sat} は、表 4.2-1 に示される湿潤単位体積重量と飽和単位体積重量の関係を踏まえ、 $\gamma_t+1=19+1=20\text{kN/m}^3$ に設定した。

⑧沖積第2粘性土層 (Ac2)

本層で実施した土の湿潤密度試験から、 $\rho_t=1.75\text{Mg/m}^3$ が得られている (表 3.5-3 参照)。

ここで、湿潤単位体積重量は、 $\gamma_t=\rho_t \times g$ (g は重力加速度で 9.81m/s^2) で求まる。

よって、 $\gamma_t=1.75 \times 9.81 \doteq 17.2\text{kN/m}^3$ を採用した。

また、飽和単位体積重量 γ_{sat} については、土の湿潤密度試験結果から飽和度 99.5% を示し、土の空隙はほぼ水分で満たされている状態であると判断されることから、

$\gamma_t=\gamma_{\text{sat}} \doteq 17.2\text{kN/m}^3$ に設定した。

⑨沖積第2砂質土層 (As2)

本層は礫を混入する砂質土であり、設計用 N 値 14 から相対密度は「中位」に区分される。

よって、湿潤単位体積重量 γ_t は、表 4.2-2 の「自然地盤、砂及び砂れき」、「ゆるいもの」と「密なもの」の中間値となる 19kN/m^3 を採用した。

また、飽和単位体積重量 γ_{sat} は、表 4.2-1 に示される湿潤単位体積重量と飽和単位体積重量の関係を踏まえ、 $\gamma_t+1=19+1=20\text{kN/m}^3$ に設定した。

⑩沖積第3粘性土層 (Ac3)

本層は粘性土であり、設計用 N 値 10 から相対稠度は「硬い」に区分される。

よって、湿潤単位体積重量 γ_t は、表 4.2-2 の「自然地盤、粘性土」、「密なもの」の 18kN/m^3 を採用した。

また、飽和単位体積重量 γ_{sat} は、表 4.2-1 に示される湿潤単位体積重量と飽和単位体積重量の関係を踏まえ、 $\gamma_t+1=18+1=19\text{kN/m}^3$ に設定した。

⑪洪積第1砂礫層 (Dg1)

本層は砂礫を主体とし、設計用 N 値 46 から相対密度は「密な」に区分される。

よって、湿潤単位体積重量 γ_t は、表 4.2-2 の「自然地盤、砂及び砂れき」、「密なもの」の 20kN/m^3 を採用した。

また、飽和単位体積重量 γ_{sat} は、表 4.2-1 に示される湿潤単位体積重量と飽和単位体積重量の関係を踏まえ、 $\gamma_t+1=20+1=21\text{kN/m}^3$ に設定した。

⑫洪積第1砂礫層粘性土挟み層 (Dg1-c)

本層は粘性土であり、設計用 N 値 15 から相対稠度は「硬い」に区分される。

よって、湿潤単位体積重量 γ_t は、表 4.2-2 の「自然地盤、粘性土」、「密なもの」の 18kN/m^3 を採用した。

また、飽和単位体積重量 γ_{sat} は、表 4.2-1 に示される湿潤単位体積重量と飽和単位体積重量の関係を踏まえ、 $\gamma_t+1=18+1=19\text{kN/m}^3$ に設定した。

2) 粘着力

①沖積第1粘性土層 (Ac1)

本層で実施した三軸圧縮試験結果より、 $c=43.8 \div 44\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

②沖積第1粘性土層火山灰挟み層 (Ac1-v)

本層では三軸圧縮試験を行っていないため、 N 値との関係式に設計用 N 値を用いて粘着力を算定し、 $c=12.5N=12.5 \times 17 \div 213\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

③沖積第1砂質土層粘性土挟み層 (As1-c)

本層では三軸圧縮試験を行っていないため、 N 値との関係式に設計用 N 値を用いて粘着力を算定し、 $c=12.5N=12.5 \times 11 \div 138\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

④沖積第2粘性土層 (Ac2)

本層で実施した三軸圧縮試験結果より、 $c=49.8 \div 50\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

⑤沖積第3粘性土層 (Ac3)

本層では三軸圧縮試験を行っていないため、 N 値との関係式に設計用 N 値を用いて粘着力を算定し、 $c=12.5N=12.5 \times 10 = 125\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

⑥洪積第1砂礫層粘性土挟み層 (Dg1-c)

本層では三軸圧縮試験を行っていないため、 N 値との関係式に設計用 N 値を用いて粘着力を算定し、 $c=12.5N=12.5 \times 15 \div 188\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

3) 内部摩擦角

各孔における粗粒土層の各標準貫入試験深度で算定した内部摩擦角を整理し、表 4.2-6 に示す平均値から設定した。

なお、各孔における内部摩擦角の計算内容は、巻末資料「内部摩擦角推定計算書」を参照されたい。

表 4.2-6 内部摩擦角推定計算値整理表

地層区分 (記号)	埋立盛土 (BS)			砂質土挟み層 (Ac1-s)			沖積第1 砂質土層 (As1)			沖積第1 砂礫層 (Ag1)			沖積第2 砂質土層 (As2)			洪積第1 砂礫層 (Dg1)			
N 値	No.1	31.1	19.2	20.8				29.9	29.8		31.9	40.0	40.0	31.8	30.9		39.9	38.1	38.4
		20.5	20.5	31.0							40.0	40.0	35.2				35.3	39.4	40.0
		22.7	37.4	40.0							35.7						40.0	40.0	40.0
		40.0	40.0	40.0													40.0	40.0	
	No.2	40.0	40.0	21.3	28.8	31.9		28.6	29.8	34.6	35.6	38.5	40.0	31.7	32.0		39.3	36.2	40.0
		20.5	21.3	21.3							40.0	40.0	34.7				37.9	40.0	40.0
		29.4	33.0	22.7							39.3	40.0	35.1				40.0	40.0	40.0
		29.8	36.3														40.0		
	No.3	40.0	40.0	40.0				23.9	31.0		35.0	40.0	40.0	29.4			40.0	40.0	40.0
		38.1	32.8	34.9							40.0	40.0	40.0				40.0	40.0	40.0
		35.2	30.8								40.0	40.0	40.0				40.0	40.0	40.0
	No.4	40.0	35.5	37.4				31.0			34.7	33.3	37.0	30.5	34.4	32.5	37.6	31.6	34.1
		37.4	35.2	28.5							40.0	40.0	40.0				40.0	36.8	35.9
		40.0	30.3	31.9							38.1						40.0	40.0	40.0
		35.2															40.0	40.0	40.0
	No.5	38.2	33.0	32.3							37.1	34.8	32.4	30.5			36.3	40.0	39.4
		33.9	37.5	38.9							36.7	37.3	40.0				36.0	35.6	37.5
		35.0	30.3	31.0							36.0	38.4	35.4				35.4	40.0	40.0
																	40.0	40.0	40.0
																40.0			
データ個数	50			2			8			33			9			55			
データ範囲	19.2 ~ 40			28.8 ~ 31.9			23.9 ~ 34.6			31.9 ~ 40			29.4 ~ 34.4			31.6 ~ 40			
平均値 $\bar{\phi}$	32.6			30.4			29.8			37.3			31.5			38.9			
採用値 ϕ	33			30			30			37			32			39			

※ ×印のデータは、計算に用いたN値が礫打ちによる過大値と判断されるため、 ϕ 平均の算定から除外した。

4) 変形係数

①埋立盛土 (BS)

本層で実施した孔内載荷試験結果より、 $E_{sb}=9,320\text{kN/m}^2$ が得られている (表 3.4-1 参照)。

一方、N値との関係式に設計用N値を用いて算定すると、

$$E_{sb}=700N=700 \times 4=2,800\text{kN/m}^2 \text{ となる。}$$

よって、これらと比較し、小さい方の値である $E_{sb}=2,800\text{kN/m}^2$ を採用した。

②沖積第1粘性土層 (Ac1)

本層で実施した土の三軸圧縮試験結果より、 $E_{50}=3,760\text{kN/m}^2$ が得られている (表 3.5-17 参照)。

一方、N値との関係式に設計用N値を用いて算定すると、

$$E_{sb}=700N=700 \times 5=3,500\text{kN/m}^2 \text{ となる。}$$

よって、これらと比較し、小さい方の値である $E_{sb}=3,500\text{kN/m}^2$ を採用した。

③沖積第1粘性土層砂質土挟み層 (Ac1-s)

本層では孔内載荷試験および三軸圧縮試験を行っていないため、 N 値との関係式に設計用 N 値を用いて変形係数を算定し、 $E_{sb}=700N=700\times 9=6,300\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

④沖積第1粘性土層火山灰挟み層 (Ac1-v)

本層では孔内載荷試験および三軸圧縮試験を行っていないため、 N 値との関係式に設計用 N 値を用いて変形係数を算定し、 $E_{sb}=700N=700\times 17=11,900\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

⑤沖積第1砂質土層 (As1)

本層では孔内載荷試験および三軸圧縮試験を行っていないため、 N 値との関係式に設計用 N 値を用いて変形係数を算定し、 $E_{sb}=700N=700\times 9=6,300\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

⑥沖積第1砂質土層粘性土挟み層 (As1-c)

本層では孔内載荷試験および三軸圧縮試験を行っていないため、 N 値との関係式に設計用 N 値を用いて変形係数を算定し、 $E_{sb}=700N=700\times 11=7,700\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

⑦沖積第1砂礫層 (Ag1)

本層では孔内載荷試験および三軸圧縮試験を行っていないため、 N 値との関係式に設計用 N 値を用いて変形係数を算定し、 $E_{sb}=700N=700\times 23=16,100\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

⑧沖積第2粘性土層 (Ac2)

本層で実施した土の三軸圧縮試験結果より、 $E_{50}=2,780\text{kN/m}^2$ が得られている (表 3.5-17 参照)。

一方、 N 値との関係式に設計用 N 値を用いて算定すると、 $E_{sb}=700N=700\times 9=6,300\text{kN/m}^2$ となる。

よって、これらを比較し、小さい方の値である $E_{50}=2,780\text{kN/m}^2$ を採用した。

⑨沖積第2砂質土層 (As2)

本層では孔内載荷試験および三軸圧縮試験を行っていないため、 N 値との関係式に設計用 N 値を用いて変形係数を算定し、 $E_{sb}=700N=700\times 14=9,800\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

⑩沖積第3粘性土層 (Ac3)

本層では孔内載荷試験および三軸圧縮試験を行っていないため、 N 値との関係式に設計用 N 値を用いて変形係数を算定し、 $E_{sb}=700N=700\times 10=7,000\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

⑪洪積第1砂礫層 (Dg1)

本層では孔内載荷試験および三軸圧縮試験を行っていないため、 N 値との関係式に設計用 N 値を用いて変形係数を算定し、 $E_{sb}=700N=700\times 46=32,200\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

⑫洪積第1砂礫層粘性土挟み層 (Dg1-c)

本層では孔内載荷試験および三軸圧縮試験を行っていないため、 N 値との関係式に設計用 N 値を用いて変形係数を算定し、 $E_{sb}=700N=700\times 15=10,500\text{kN/m}^2$ を採用値とした。

4.3 地盤の液状化の検討

(1) 液状化判定方法

地盤の液状化判定は、「建築基礎構造設計指針(2019)」に記載の方法および「液状化指数による方法(PL法)」を用いて行った。

なお、液状化計算には、「液状化判定システム LIQUER Ver17.2A、富士通 japan(株)製」を使用した。

以下、判定方法を示す。

1) 建築基礎構造設計指針(2019)の方法

各深さにおける液状化発生に対する安全率 F_L を求め、 $F_L > 1$ の場合は「液状化発生の可能性はない」、 $F_L \leq 1$ の場合は「液状化発生の可能性がある」と判定する。

上記指針より、判定方法を抜粋したものを資料4.3-1に示す。

2) 液状化指数による方法(PL法)

本方法は、 F_L 値を用いて下式により算定される「液状化による危険度を示す指標(液状化指数) P_L 」に基づき、液状化の危険度を判定するものである。

なお、式中 $(1 - F_L)$ については、 $F_L \leq 1$ 以下の層のみを算定対象とし、 $F_L > 1$ の層は $1 - F_L = 0$ とする。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) w(z) dz$$

ここで、 z は地表面からの深さ(m)、 $w(z)$ は深さに対する重み関数で、下式により算定する。

$$w(z) = 10 - 0.5z$$

液状化の危険度の判定は、過去の被害事例から P_L 値と液状化危険度の関係が下表のように示されており、これに基づいて行う。これより、 P_L 値が5以下であれば「液状化の危険度は低い」、 P_L 値が5より大であれば「液状化の危険度が高い」と判定する。

表 4.3-1 P_L 値と液状化の危険度の関係

P_L	液状化の危険度
0	かなり低い
5以下	低い
5を超え15以下	高い
15を超える	極めて高い

出典) 国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所 監修
(R7年6月) : 2025年版 建築物の構造関係技術基準解説書、p.510

資料 4.3-1 液状化判定方法 (1)

1. 液状化判定

(1) 対象とすべき土層

液状化の判定を行う必要がある飽和土層は、原則的に地表面から 20 m 程度以浅の土層で、考慮すべき土の種類は、細粒分含有率が 35 % 以下の土とする。ただし、埋立地盤等の造成地盤で地表面から 20 m 程度以深まで連続している場合には、造成地盤の下端まで以下の (2) の手順などにより液状化判定を行う必要がある。また、埋立地盤等の造成地盤では、細粒分含有率が 35 % 以上の低塑性シルト、液性限界に近い含水比を持ったシルトなどが液状化した事例も報告されているので、粘土分 (0.005 mm 以下の粒径を持つ土粒子) 含有率が 10 % 以下、または塑性指数が 15 以下の埋立地盤あるいは盛土地盤については液状化の検討を行う。ただし、20 m 以深に関しては、(2) の液状化危険度予測の精度が悪くなるので、地盤応答解析^{32,3)}を用いることが推奨される。また、細粒分を含む礫や透水性の低い土層に囲まれた礫、洪積層でも N 値が小さな土層では液状化の可能性が否定できないので、そのような場合にも液状化の検討を行う。

(2) 液状化危険度予測

液状化判定は図 3.2.1、図 3.2.2 を用い、以下の手順^{32,4)}により行ってよい。図 3.2.1 は、液状化の実被害と室内試験による液状化抵抗比の関係から限界値を示すものであり、図 3.2.2 は、細粒分含有率が増えると液状化抵抗比が増加する影響を N 値増分の形式で評価するものである。

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

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

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

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

ここに、 τ_d (kN/m²) : 水平面に生じる等価な一定繰返しせん断応力振幅、 σ_z' (kN/m²) : 検討深さにおける有効土被り圧 (鉛直有効応力)、 r_n : 等価な繰返し回数に関する補正係数、 M : 地震のマグニチュードで通常は 7.5、 α_{\max} (m/s²) : 地表面における設計用水平加速度、 g (m/s²) : 重力加速度 (9.8 m/s²)、 σ_z (kN/m²) : 検討深さにおける全土被り圧 (鉛直全応力)、 r_d : 地盤が剛体でないことによる低減係数、 z (m) : 地表面からの検討深さ

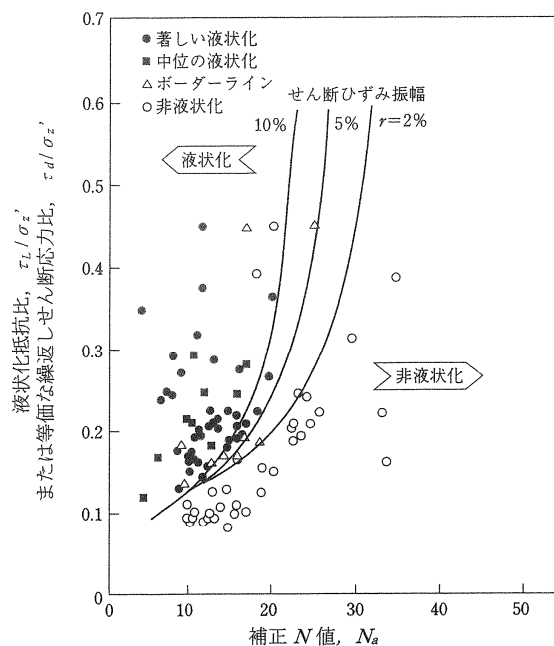


図 3.2.1 補正 N 値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係^{32,4)}

資料 4.3-1 液状化判定方法 (2)

② 対応する深度の補正 N 値 N_a を、次式から求める。

$$N_a = N_1 + \Delta N_f \quad (3.24)$$

$$N_1 = C_N N \quad (3.25)$$

$$C_N = \sqrt{\frac{100}{\sigma_z'}} \quad (3.26)$$

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 3.2.2 による、 N ：自動落下法による実測 N 値

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

$$R = \frac{\tau_L}{\sigma_z'} \quad (3.27)$$

ここに、 τ_L (kN/m^2)：水平面における液状化抵抗

④ 各深さにおける液状化発生に対する安全率 F_L を次式により算定する。

$$F_L = \frac{\tau_L / \sigma_z'}{\tau_d / \sigma_z'} \quad (3.28)$$

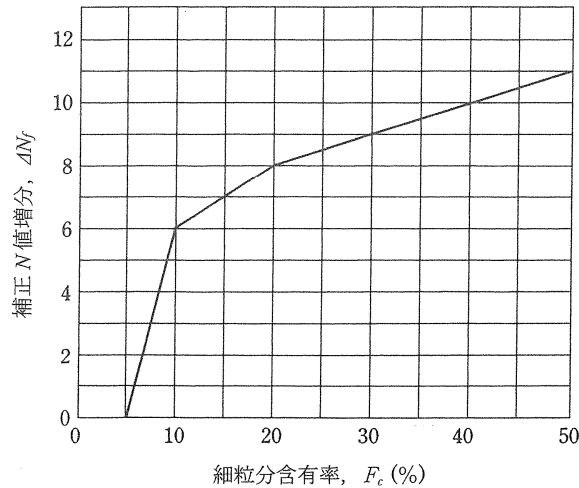


図 3.2.2 細粒分含有率と N 値の補正係数^{3.25)}

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

上記手順中、繰返しせん断応力比 τ_d / σ_z' の算定における地表面水平加速度値は、本来、地盤応答の結果であり、地盤特性の影響を強く受ける。しかし、以下では、レベル 1 荷重検討用として $1.5 \sim 2.0 \text{ m/s}^2$ 、レベル 2 荷重検討用として 3.5 m/s^2 程度を推奨する。 3.5 m/s^2 は、1995 年兵庫県南部地震などの際、液状化した地盤上で観測された最大値にほぼ対応している。より適切にせん断応力を求めたい場合、工学的基盤に対する入力地震動を最大速度やスペクトルで定義し、①応答解析を行ってせん断応力の深度分布を求める、②地表面加速度を推定した後、上記①の方法によりせん断応力比を求めるなどの方法をとることができる。なお、式 3.2.3 の r_d の精度は、深度が深くなるほど悪くなるため、特に深度 20 m 以深の検討が予想される場合も、応答解析を用いることが推奨される。これらの解析は等価線形解析でも良いものと考えられる。この場合、解析により求められた最大せん断応力比に式 3.2.2 の r_n を乗じて τ_d / σ_z' とし、以下本節の手順に従うことができる。また、等価な繰返し回数に関する補正係数 r_n は、長時間の揺れが続いた東日本大震災でも有効であることが確認されている^{3.2.6)}。

資料 4.3-1 液状化判定方法 (3)

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

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

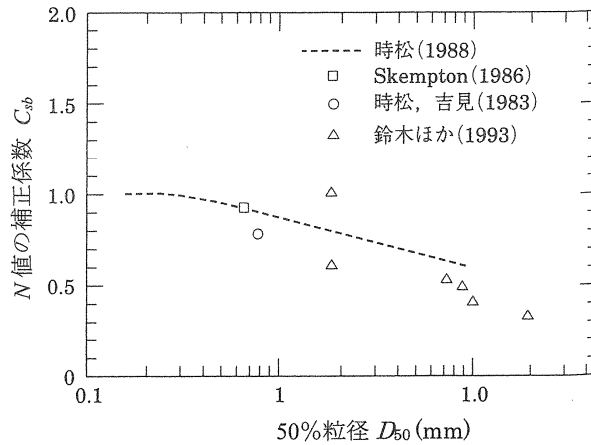


図 3.2.3 砂礫地盤の N 値補正係数³²⁹⁾

出典) (一社)日本建築学会 (2019 年) : 建築基礎構造設計指針、pp. 52・53

(2) 液状化判定条件

液状化判定計算条件の概要を以下に示す。

なお、各孔の深度別入力条件の詳細については、**図表 4.3-1~4.3-15 液状化判定結果一覧** および巻末資料「**液状化判定計算書**」を参照されたい。

1) 判定ボーリング孔 : No. 1~No. 5

2) 判定用地下水位 : No. 1 : GL-1.49m、No. 2 : GL-1.75m、No. 3 : GL-1.67m
No. 4 : GL-1.50m、No. 5 : GL-1.53m

〔各孔の柱状図記載水位 (=代表水位) のうち、C. D. L. 基準で最も高い No. 2 孔の水位を採用した (表 4.3-2 参照)。〕

表 4.3-2 液状化検討用地下水位一覧

孔番号	孔口 地盤高 C. D. L. (m)	柱状図記載水位			液状化検討採用水位	
		GL (m)	C. D. L. (m)	水位種別	C. D. L. (m)	GL (m)
No. 1	3.11	-1.53	1.58	作業前水位	1.62	-1.49
No. 2	3.37	-1.75	1.62	作業前水位		-1.75
No. 3	3.29	-1.75	1.54	作業前水位		-1.67
No. 4	3.12	-1.70	1.42	作業前水位		-1.50
No. 5	3.15	-1.80	1.35	作業前水位		-1.53

※ 液状化検討用水位は、各孔の柱状図記載水位 (=代表水位) のうち、CDL 基準で最も高いNo. 2 孔の水位を採用した。

- 3) 判定対象地層 : 判定用地下水位～GL-20mまでに分布する未固結粗粒土層。
ただし、FC>35%の深度は計算対象外とする。
- 4) N 値 : 実測 N 値、および実測 N 値をもとにした換算 N 値
- 5) 礫質土の N 値補正 : 「建築基礎構造設計指針(2019)」記載の 50%粒径による N 値補正 (資料 4.3-1 (3) 参照) は行わない。
- 6) 単位体積重量 : 前節「4.2 設計用地盤定数の検討」で設定した値を用いた (表 4.3-3 参照)。
- 7) 細粒分含有率 FC : 粒度試験値および推定値
(試験を行った箇所・深度は試験データを採用し、試験未実施深度は土質状況等を考慮のうえ、試料の肉眼観察結果をもとに設定した (表 4.3-3 参照)。
- 8) 地震のマグニチュード M : $M=7.5$
(「建築基礎構造設計指針(2019)」記載の通常値とした。)
- 9) 地表面水平加速度 α : $\alpha_{\max}=1.5\text{m/s}^2$ 、 2.0m/s^2 、 3.5m/s^2
(「建築基礎構造設計指針(2019)」記載の推奨値である 3 ケースとした (資料 4.3-1 (2) 参照)。

表 4.3-3 液状化判定用土質定数一覧

地層区分	地層 記号	おもな土質区分	湿潤単位 体積重量 γ_t (kN/m ³)	飽和単位 体積重量 γ_{sat} (kN/m ³)	細粒分 含有率 FC (%)	備 考
埋立盛土	BS	シルト混り砂礫 砂混り礫 シルト質礫質砂 粘土質礫質砂 礫混り砂 改良土	18	19	0 ~ 85.7	$\gamma_t \cdot \gamma_{\text{sat}} \cdot \text{FC}$: 推定値および試験値
沖積第 1 粘性土層	Ac1	シルト質粘土 粘土 シルト 砂質粘土	17.6	17.6	70 ~ 95	$\gamma_t \cdot \gamma_{\text{sat}}$: 試験値 FC : 推定値 ※判定対象外

(3) 液状化判定結果

各孔の液状化判定結果のまとめを 表 4.3-4~4.3-8 に、各孔・各ケースにおける液状化判定結果の一覧を 図表 4.3-1~4.3-15 にそれぞれ示す。

以下に、判定結果の概要を地表面加速度のケースごとに述べる。

1) 地表面水平加速度 $\alpha_{max}=1.5m/s^2$

各孔とも埋立盛土 (BS) の一部深度で「液状化発生の可能性あり」と判定される。

ただし、 P_L 値は 5 未満の小さい値を示すことから、当該地点の地盤全体では「液状化危険度は低い」と評価される。

2) 地表面水平加速度 $\alpha_{max}=2.0m/s^2$

埋立盛土 (BS) の一部から大半の深度で「液状化発生の可能性あり」と判定される。

また、 P_L 値は No.3 孔を除いて 5 を超え、地盤全体では総じて「液状化危険度は高い」と評価される。

3) 地表面水平加速度 $\alpha_{max}=3.5m/s^2$

埋立盛土 (BS) の半数前後から大半の深度で「液状化発生の可能性あり」と判定される。

また、 P_L 値も No.3 孔を除いて 15 を超える大きい値を示し、地盤全体では総じて「液状化危険度は極めて高い」と評価される。

表 4.3-4 No.1 孔 液状化判定結果のまとめ ($F_L \leq 1$ のみ抜粋)

地震の マグニ チュード M	地表面 水平加速度 α_{max} (m/s^2)	液状化発生に対する安全率 F_L				液状化 指 数 P_L	コメント
		地層区分	地層 記号	計算深度 GL- (m)	F_L		
7.5	1.5	埋立盛土	BS	4.350	0.995	0.10	<ul style="list-style-type: none"> ・ BS層の 3 深度で $F_L < 1$ を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・ ただし、P_L値は 0 に近く、当地点における地盤全体の液状化危険度は「低い」と評価される。
				5.350	0.992		
				8.300	0.999		
	2.0	埋立盛土	BS	2.325	0.870	10.05	<ul style="list-style-type: none"> ・ BS層の 7 深度で $F_L < 1$ を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・ P_L値は 5 を超え、当地点における地盤全体の液状化危険度は「高い」と評価される。
				3.325	0.839		
				4.350	0.746		
				5.350	0.744		
				6.300	0.862		
				8.300	0.750		
	3.5	埋立盛土	BS	2.325	0.497	27.94	<ul style="list-style-type: none"> ・ BS層の 7 深度で $F_L < 1$ を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・ P_L値は 15 を超え、当地点における地盤全体の液状化危険度は「極めて高い」と評価される。
				3.325	0.480		
				4.350	0.426		
				5.350	0.425		
				6.300	0.493		
				8.300	0.428		
	9.300	0.466					

表 4.3-5 No.2 孔 液状化判定結果のまとめ (F_L≤1 のみ抜粋)

地震の マグニ チュード M	地表面 水平加速度 α max (m/s ²)	液状化発生に対する安全率F _L				液状化 指 数 P _L	コメント
		地層区分	地層 記号	計算深度 GL- (m)	F _L		
7.5	1.5	埋立盛土	BS	6.300	0.992	2.79	<ul style="list-style-type: none"> ・BS層の4深度でF_L<1を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・ただし、P_L値は5より小さく、当地点における地盤全体の液状化危険度は「低い」と評価される。
				8.300	0.793		
				9.300	0.860		
				10.300	0.992		
	2.0	埋立盛土	BS	4.350	0.756	11.10	<ul style="list-style-type: none"> ・BS層の6深度でF_L<1を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・P_L値は5を超え、当地点における地盤全体の液状化危険度は「高い」と評価される。
				6.300	0.744		
				7.300	0.804		
				8.300	0.595		
				9.300	0.645		
	3.5	埋立盛土	BS	4.350	0.432	23.20	<ul style="list-style-type: none"> ・BS層の7深度でF_L<1を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・P_L値は15を超え、当地点における地盤全体の液状化危険度は「極めて高い」と評価される。
				6.300	0.425		
				7.300	0.459		
				8.300	0.340		
				9.300	0.369		
				10.300	0.425		
12.300	0.703						

表 4.3-6 No.3 孔 液状化判定結果のまとめ (F_L≤1 のみ抜粋)

地震の マグニ チュード M	地表面 水平加速度 α max (m/s ²)	液状化発生に対する安全率F _L				液状化 指 数 P _L	コメント
		地層区分	地層 記号	計算深度 GL- (m)	F _L		
7.5	1.5	埋立盛土	BS	7.300	0.916	0.61	<ul style="list-style-type: none"> ・BS層の2深度でF_L<1を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・ただし、P_L値は5より小さく、当地点における地盤全体の液状化危険度は「低い」と評価される。
				10.200	0.976		
	2.0	埋立盛土	BS	6.300	0.823	4.18	<ul style="list-style-type: none"> ・BS層の3深度でF_L<1を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・ただし、P_L値は5より小さく、当地点における地盤全体の液状化危険度は「低い」と評価される。
				7.300	0.687		
				10.200	0.732		
	3.5	埋立盛土	BS	6.300	0.470	11.77	<ul style="list-style-type: none"> ・BS層の4深度でF_L<1を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・P_L値は5を超え、当地点における地盤全体の液状化危険度は「高い」と評価される。
				7.300	0.393		
				8.300	0.632		
				10.200	0.418		

表 4.3-7 No.4 孔 液状化判定結果のまとめ ($F_L \leq 1$ のみ抜粋)

地震の マグニ チュード M	地表面 水平加速度 α_{max} (m/s^2)	液状化発生に対する安全率 F_L				液状化 指 数 P_L	コメント
		地層区分	地層 記号	計算深度 GL- (m)	F_L		
7.5	1.5	埋立盛土	BS	5.300	0.984	3.51	<ul style="list-style-type: none"> ・BS層の4深度で$F_L < 1$を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・ただし、P_L値は5より小さく、当地点における地盤全体の液状化危険度は「低い」と評価される。
				6.300	0.801		
				8.300	0.823		
				9.300	0.767		
	2.0	埋立盛土	BS	2.300	0.972	10.77	<ul style="list-style-type: none"> ・BS層の7深度で$F_L < 1$を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・P_L値は5を超え、当地点における地盤全体の液状化危険度は「高い」と評価される。
				3.300	0.941		
				5.300	0.738		
				6.300	0.601		
				8.300	0.617		
				9.300	0.575		
	3.5	埋立盛土	BS	2.300	0.555	26.94	<ul style="list-style-type: none"> ・BS層の8深度で$F_L < 1$を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・P_L値は15を超え、当地点における地盤全体の液状化危険度は「極めて高い」と評価される。
				3.300	0.537		
				4.300	0.851		
				5.300	0.422		
				6.300	0.343		
8.300				0.353			
9.300				0.329			
10.300	0.446						

表 4.3-8 No.5 孔 液状化判定結果のまとめ ($F_L \leq 1$ のみ抜粋)

地震の マグニ チュード M	地表面 水平加速度 α_{max} (m/s^2)	液状化発生に対する安全率 F_L				液状化 指 数 P_L	コメント
		地層区分	地層 記号	計算深度 GL- (m)	F_L		
7.5	1.5	埋立盛土	BS	8.300	0.939	0.43	<ul style="list-style-type: none"> ・BS層の2深度で$F_L < 1$を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・ただし、P_L値は5より小さく、当地点における地盤全体の液状化危険度は「低い」と評価される。
				9.300	0.983		
	2.0	埋立盛土	BS	3.300	0.874	5.99	<ul style="list-style-type: none"> ・BS層の4深度で$F_L < 1$を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・P_L値は5を超え、当地点における地盤全体の液状化危険度は「高い」と評価される。
				4.300	0.756		
				8.300	0.704		
				9.300	0.738		
	3.5	埋立盛土	BS	2.300	0.628	21.99	<ul style="list-style-type: none"> ・BS層の8深度で$F_L < 1$を示し、「液状化発生の可能性あり」と判定される。 ・P_L値は15を超え、当地点における地盤全体の液状化危険度は「極めて高い」と評価される。
				3.300	0.500		
				4.300	0.432		
				5.300	0.876		
				6.300	0.936		
				7.300	0.576		
8.300	0.402						
9.300	0.421						

図表 4.3-4 No. 2 孔 液状化判定結果一覧 (M=7.5、 $\alpha_{max}=1.5m/s^2$)

地点名 No. 2
 基準名 建築基礎構造設計指針 2019年
 判定方法 地表面設計用水平加速度と、実測N値
 $F_c > 50\%$ の取扱い
 液状化の判定外とする

地下水位面 1.75 (m)
 (注) 判定外
 **1 地下水位より上 (液状化の可能性は低い)
 **2 $\tau d/\sigma'z$ が0.0以下である (液状化の可能性は低い)
 **3 $F_c \sim \angle NF$ グラフ範囲外 (液状化の可能性は低い)
 **4 全上載圧または有効上載圧が0.0以下となる層である
 **5 $F_c > 35$ $P_c > 10\%$ $P_p > 15\%$ により液状化判定しない

PL値 2.79
 水の単位体積重量 10.0 (kN/m³)
 上載荷重 0.0 (kN/m²)
 使用曲線 $\gamma = 5$ (%)
 設計加速度 1.500 (m/s²)
 マグニチュード 7.5

土層記号	層厚 (m)	土層種類	N値	土質特性						液状化感 判定	液状化の判定									
				判定深さ (m)	湿潤重量 (kN/m ³)	飽和重量 (kN/m ³)	有効上載圧 $\sigma'z$ (kN/m ²)	全上載圧 (kN/m ²)	細念粒含土率 (%)		平均粒径 D50	コ抵抗値 γ_{in} (kN/m ²)	固相抵抗係数	広帯比法	液状化感判定	せん断係数	せん断振幅 (kN/m ²)	補正N値	液状化比	せん断力比
BS	0.000	0.400	砂質土	37.0	18.0	18.0	19.0	23.4	23.4	5.0	0.000	0.00	0.980	2.3	76.49	**1	**1	0.147	0	
	0.400				18.0	18.0	19.0	36.5	41.9	5.0	0.000	0.00	0.965	4.0	82.82	0.600	0.111	5.427	0	
	3.050	2.050	砂質土	2.0	18.0	18.0	19.0	45.5	60.9	35.9	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.000	0	
					2.050	18.0	18.0	19.0	54.9	80.9	31.6	0.000	0.00	0.935	7.5	11.18	0.138	0.137	1.008	0
	6.000	2.950	砂質土	2.0	18.0	18.0	19.0	63.5	98.9	39.8	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.000	0	
					2.950	18.0	18.0	19.0	72.5	118.0	39.2	0.000	0.00	0.905	10.6	12.27	0.146	0.147	0.992	0
	7.000	1.000	砂質土	4.0	18.0	18.0	19.0	81.5	136.9	37.8	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.149	1.072	0
					1.000	18.0	18.0	19.0	90.5	165.9	1.8	0.000	0.00	0.876	13.6	8.41	0.119	0.150	0.793	0
	9.000	1.500	砂質土	3.0	18.0	18.0	19.0	99.5	174.9	14.5	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.151	0.860	0
					1.500	18.0	18.0	19.0	108.4	193.9	20.1	0.000	0.00	0.845	16.3	12.81	0.149	0.150	0.992	0
10.200	1.200	砂質土	5.0	18.0	18.0	19.0	117.5	212.9	85.7	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0	
				1.200	18.0	18.0	19.0	126.4	231.9	14.7	0.000	0.00	0.816	18.8	20.28	0.244	0.149	1.640	0	
11.000	0.800	粘性土	3.0	18.0	18.0	19.0	135.4	251.4	95.0	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0	
				0.800	18.0	18.0	19.0	143.0	289.0	95.0	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0
12.100	1.100	粘性土	2.0	18.0	18.0	19.0	150.2	285.7	95.0	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0	
				1.100	18.0	18.0	19.0	157.8	303.3	95.0	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0
13.000	0.900	粘性土	2.0	18.0	18.0	19.0	165.4	320.9	95.0	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0	
				0.900	18.0	18.0	19.0	173.0	338.5	95.0	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0
17.000	4.000	粘性土	3.0	18.0	18.0	19.0	180.6	356.1	95.0	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0	
				4.000	18.0	18.0	19.0	180.6	356.1	95.0	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0
20.000	3.000	粘性土	3.0	18.0	18.0	19.0	180.6	356.1	95.0	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0	
				3.000	18.0	18.0	19.0	180.6	356.1	95.0	0.000	0.00	0.000	0.00	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0
AC1																				

図表 4.3-5 No. 2 孔 液状化判定結果一覧 ($M=7.5$, $\alpha_{max}=2.0m/s^2$)

地点名 No. 2
 基準名 建築基礎構造設計指針 2019年
 判定方法 地表面設計用水平加速度と、実測N値
 $F_c > 50\%$ の取扱い
 地下水位面 1.75 (m)
 (注) 判定外
 P L値 11.10
 水の単位体積重量 10.0 (kN/m³)
 上載荷重 0.0 (kN/m²)
 使用曲線 $\gamma = 5$ (%)
 設計加速度 2.000 (m/s²)
 マグニチュード 7.5
 **1 地下水位より上(液状化の可能性は低い)
 **2 $\tau d/\sigma' z$ が0.0以下である(液状化の可能性は低い)
 **3 $P_c \sim \angle NF$ グラフ範囲外(液状化の可能性は低い)
 **4 全上載圧または有効上載圧が0.0以下となる層である
 **5 $P_c > 35$ $P_c > 10\%$ $I_p > 15\%$ により液状化判定しない

土質記号	深さ (m)	層厚 (m)	土層種類	N値	土質特性							液名状態判定	せん断振幅			液状化の判定								
					判定深さ (m)	実測重量 (kN/m ³)	飽和重量 (kN/m ³)	有上効圧 $\sigma' z$ (kN/m ²)	全上載圧 (kN/m ²)	細砂土率 (%)	平均粒径 D50		コ抵抗値 τ (kN/m ²)	円抵抗面抗力 (kN/m ²)	店算出力比	低減係数	せん断力 (kN/m ²)	補正N値	液抵抗比 $\tau/(\sigma' z)$	せん断力比 $\tau d/(\sigma' z)$	FL	判定		
BS	0.002	0.400	砂質土	37.0	18.0	19.0	23.4	23.4	5.0	0.000	0.00	0.00	0.980	3.0	76.49	**1	**1							
	0.400	0.600			18.0	19.0	36.5	41.9	5.0	0.000	0.00	0.00	0.965	5.4	82.82	0.600	0.147	4.070						
	1.000	2.050	砂質土	2.0	18.0	19.0	45.5	60.9	35.9	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000							
	2.050	4.350			18.0	19.0	54.9	80.9	31.6	0.000	0.00	0.00	0.935	10.0	11.18	0.138	0.183	0.756						
	6.000	2.950	砂質土	2.0	18.0	19.0	63.5	98.9	39.8	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000							
	7.000	1.000			18.0	19.0	72.5	118.0	39.2	0.000	0.00	0.00	0.905	14.2	12.27	0.146	0.196	0.744						
	7.500	0.500	砂質土	4.0	18.0	19.0	81.5	136.9	37.8	0.000	0.00	0.00	0.891	16.2	14.21	0.160	0.199	0.804						
	9.000	1.500			18.0	19.0	90.5	155.9	1.8	0.000	0.00	0.00	0.876	18.1	8.41	0.119	0.200	0.595						
	10.200	1.200	砂質土	3.0	18.0	19.0	94.5	174.9	14.5	0.000	0.00	0.00	0.860	20.0	9.91	0.130	0.201	0.645						
	11.000	0.800			18.0	19.0	108.4	193.9	20.1	0.000	0.00	0.00	0.845	21.8	12.81	0.149	0.201	0.744						
12.100	1.100	粘性土	15.0	18.0	19.0	117.5	212.9	85.7	0.000	0.00	0.00	0.816	25.1	20.28	0.244	0.198	1.230							
13.000	0.900			18.0	19.0	135.4	251.4	95.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000								
AC1	17.000	4.000	粘性土	2.0	17.6	17.6	165.4	320.9	95.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000							
					3.0	18.300	173.0	338.5	95.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000							
					3.0	19.300	180.6	356.1	95.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000							
					3.0	20.300	17.6	17.6																

図表 4.3-6 No. 2 孔 液状化判定結果一覧 (M=7.5, $\alpha_{max}=3.5m/s^2$)

地点名 No. 2
 地下水位面 1.75 (m)
 (注) 判定外
 PL値 23.20
 水の単位体積重量 10.0 (kN/m³)
 上載荷重 0.0 (kN/m²)
 使用曲線 $\gamma = 5$ (%)
 設計加速度 3.500 (m/s²)
 マグニチュード 7.5

基準名 建築基礎構造設計指針 2019年
 判定方法 地表面設計用水平加速度と、実測N値
 $F_c > 50\%$ の取扱い

液状化判定
 **1 地下水位より (液状化の可能性は低い)
 **2 $\tau d / \sigma' z$ が0.0以下である (液状化の可能性は低い)
 **3 $\tau c \sim \angle NF$ グラフ範囲外 (液状化の可能性は低い)
 **4 全上載圧または有効上載圧が0.0以下となる層である
 **5 $F_c > 35$ $P_c > 10\%$ $I_p > 15\%$ により液状化判定しない

土質記号	深さ (m)	層厚 (m)	土層種類	土質特性										液状化判定						
				N値	判定深さ (m)	湿潤重量 (kN/m ³)	飽和重量 (kN/m ³)	有上効圧 $\sigma' z$ (kN/m ²)	全上載圧 (kN/m ²)	細粒含有率 (%)	平均粒径 D50	コ抵抗値 γ (%)	間抵抗係数		応力比法	液状化感判定	せん断振幅	せん断振幅	補正値	液状化比
BS	0.000	0.400	砂質土	18.0	19.0	23.4	33.4	5.0	0.000	0.00	0.00	0.00	N値	0.980	5.3	76.49	**1	**1	FL	0
	0.400	0.500		37.0	1.300	18.0	19.0	36.5	41.9	5.0	0.000	0.00	0.00	0.965	9.4	82.82	0.600	0.258	2.326	0
	3.050	2.050	砂質土	18.0	19.0	45.5	60.9	35.9	0.000	0.00	0.00	0.00	N値	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	FL	0
	5.100	2.050		2.0	3.300	18.0	19.0	54.9	80.9	31.6	0.000	0.00	0.00	0.935	17.6	11.18	0.138	0.320	0.432	0
	6.000	2.950	砂質土	18.0	19.0	63.5	98.9	39.8	0.000	0.00	0.00	0.00	N値	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	FL	0
	7.000	1.000		2.0	5.300	18.0	19.0	72.5	118.0	39.2	0.000	0.00	0.00	0.905	24.8	12.27	0.146	0.342	0.425	0
	7.500	0.500	砂質土	18.0	19.0	81.5	136.9	37.8	0.000	0.00	0.00	0.00	N値	0.891	28.3	14.21	0.160	0.348	0.459	0
	8.000	1.500		4.0	7.300	18.0	19.0	90.5	155.9	1.8	0.000	0.00	0.00	0.876	31.7	8.41	0.119	0.350	0.340	0
	9.000	1.500	砂質土	18.0	19.0	99.5	174.9	14.5	0.000	0.00	0.00	0.00	N値	0.860	34.9	9.91	0.130	0.351	0.369	0
	10.200	1.200		3.0	9.300	18.0	19.0	108.4	193.9	20.1	0.000	0.00	0.00	0.845	38.1	12.81	0.149	0.351	0.425	0
11.000	0.800	粘性土	18.0	19.0	117.5	212.9	85.7	0.000	0.00	0.00	0.00	N値	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	FL	0	
12.100	1.100		3.0	11.300	18.0	19.0	126.4	231.9	14.7	0.000	0.00	0.00	0.816	43.9	20.28	0.244	0.347	0.703	0	
13.000	0.900	粘性土	18.0	19.0	135.4	251.4	95.0	0.000	0.00	0.00	0.00	N値	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	FL	0	
14.000	4.000		1.5	13.350	18.0	19.0	143.0	269.0	95.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	FL	0	
AC1	15.000	4.000	粘性土	17.6	17.6	150.2	285.7	95.0	0.000	0.00	0.00	0.00	N値	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	FL	0
	16.000	4.000		2.0	16.300	17.6	17.6	157.8	303.3	95.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	FL	0
	17.000	4.000	粘性土	17.6	17.6	165.4	320.9	95.0	0.000	0.00	0.00	0.00	N値	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	FL	0
	18.000	3.000		3.0	18.300	17.6	17.6	173.0	338.5	95.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	FL	0
	20.000	3.000	粘性土	17.6	17.6	180.6	356.1	95.0	0.000	0.00	0.00	0.00	N値	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	FL	0
21.000	3.000	3.0		19.300	17.6	17.6	180.6	356.1	95.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	FL	0	

図表 4.3-8 No.3 孔 液状化判定結果一覧 (M=7.5, $\alpha_{max}=2.0m/s^2$)

地点名 No.3 地下水位面 1.67 (m) (注) 判定外
 P L値 4.18
 水の単位体積重量 10.0 (kN/m³)
 上載荷重 0.0 (kN/m²)
 使用曲線 $\gamma = 5$ (%)
 設計加速度 2.000 (m/s²)
 マグニチュード 7.5

基準名 建築基礎構造設計指針 2019年
 判定方法 地表面設計用水平加速度と、実測N値
 $F_c > 50\%$ の取扱い

液状化の判定

**1 地下水位より上(液状化の可能性は低い)
 **2 $\tau d/\sigma' z$ が0.0以下である(液状化の可能性は低い)
 **3 $F_c \sim \angle NF$ グラフ範囲外(液状化の可能性は低い)
 **4 全上載圧または有効上載圧が0.0以下となる層である
 **5 $F_c > 35$ $P_c > 10\%$ $I_p > 15\%$ により液状化判定しない

土質記号	深さ (m)	層厚 (m)	土層種類	N値	土質特性							液状化の判定													
					判定深さ (m)	実測N値	標準N値	飽和重量 (kN/m ³)	飽和重量 (kN/m ³)	有効上載圧 $\sigma' z$ (kN/m ²)	全上載圧 (kN/m ²)		細砂土率 (%)	平均粒径 D50	コ抵抗値 τ (kN/m ²)	円抵抗面抗力 (kN/m ²)	店算出力比	液状化判定							
BS	0.993	0.350	砂質土	100.0	1.040	18.0	19.0	18.7	18.7	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	FL				
	0.383		砂質土	100.0	2.025			33.3	36.8	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
			砂質土	100.0	3.020			42.2	55.7	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
BS	4.900	4.550	砂質土	13.0	5.300	18.0	19.0	62.7	99.0	18.9	0.000	0.00	0.00	N値	0.920	24.19	0.406	0.193	2.105	0.193	0.193	0.823			
	6.000	1.100	砂質土	7.0	6.300	18.0	19.0	71.7	118.0	11.6	0.000	0.00	0.00	N値	0.905	14.59	0.163	0.198	0.198	0.198	0.198	0.687			
	7.000	1.000	砂質土	10.0	7.300	18.0	19.0	80.7	157.0	2.5	0.000	0.00	0.00	N値	0.891	11.13	0.138	0.201	0.201	0.201	0.201	1.106			
	8.000	1.000	砂質土	11.0	8.300	18.0	19.0	89.7	156.0	18.7	0.000	0.00	0.00	N値	0.876	19.35	0.223	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	1.106		
	9.000	1.000	粘性土	12.0	9.300	18.0	19.0	98.7	175.0	59.3	0.000	0.00	0.00	N値	0.000	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.732		
	9.300	0.300	粘性土	6.0	10.200	18.0	19.0	106.8	192.1	14.1	0.000	0.00	0.00	N値	0.847	12.63	0.148	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.732	
	10.250	0.750	砂質土	3.0	11.300	18.0	19.0	115.3	211.6	70.0	0.000	0.00	0.00	N値	0.000	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	12.000	1.750	粘性土	3.0	12.300	17.6	17.6	122.9	229.2	95.0	0.000	0.00	0.00	N値	0.000	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	AC1	14.000	2.000	粘性土	3.0	13.300	17.6	17.6	130.5	246.8	95.0	0.000	0.00	0.00	N値	0.000	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
				粘性土	4.0	14.300	17.6	17.6	138.1	264.4	95.0	0.000	0.00	0.00	N値	0.000	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			粘性土	3.0	15.300			145.7	282.0	95.0	0.000	0.00	0.00	N値	0.000	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			粘性土	3.0	16.300			153.3	299.6	95.0	0.000	0.00	0.00	N値	0.000	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			粘性土	3.0	17.300			160.9	317.2	95.0	0.000	0.00	0.00	N値	0.000	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			粘性土	3.0	18.300			168.5	334.8	95.0	0.000	0.00	0.00	N値	0.000	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	20.000	6.000	粘性土	3.0	19.300	17.6	17.6	176.1	352.4	95.0	0.000	0.00	0.00	N値	0.000	99.90	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

4.4 支持層・基礎形式について

ここでは、地盤調査結果の観点から、計画建物の支持層および基礎形式等について考察する。

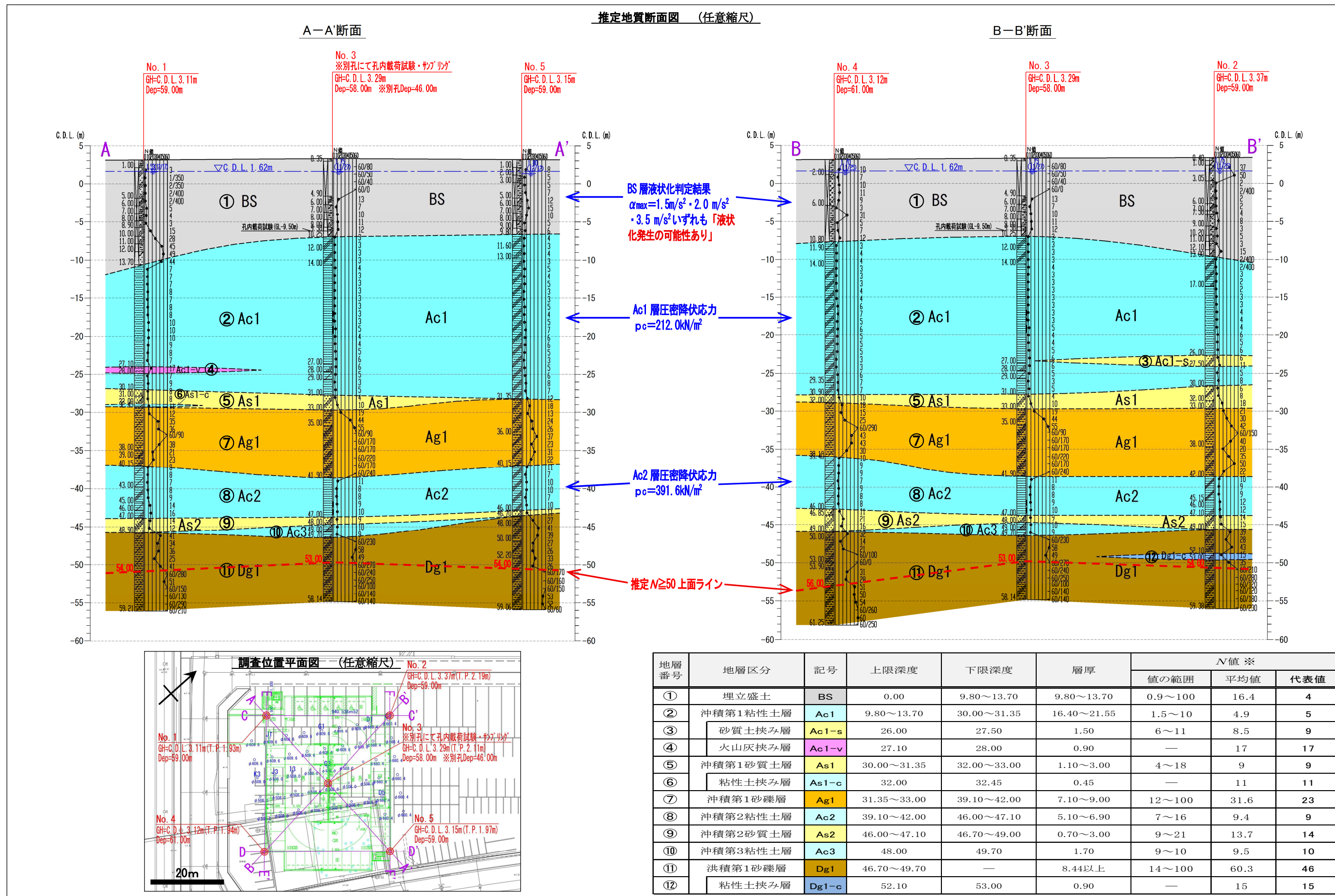
なお、支持層と基礎形式の選定にあたっては、建物の荷重や重要性・施工性・敷地条件（周辺環境条件）・経済性などを総合的に判断する必要があるため、以下事項は参考までとされたい。

(1) 支持層・基礎形式の選定条件

調査地に計画されている建物は、S造4階建ての立体駐車場である。

ここで、ボーリングで確認した地盤の概況を整理すると、**図表 4.4-1** のとおりとなる。

図表 4.4-1 地盤概況一覧



※1 各地層のN値範囲および平均値は、表 3.3-1 の地層別N値整理結果による。

(2) 支持層・基礎形式の選定結果

計画建物の規模と本調査地の地盤状況を踏まえ、最も確実性が高い支持層と基礎形式の組み合わせとして次のケースが考えられる。

① 洪積第1砂礫層 (Dg1) を支持層とする杭基礎

[選定内容・コメント]

- ・本層は、上限深度 GL-46.7~-49.7m、層厚 8.44m以上、 N 値範囲 14~100、代表 N 値 46 を示す。
- ・GL-53~-56m以深では、 N 値 50 以上が連続する部分を層厚 5m確認しており、強度・層厚ともに良好な支持層の条件を満足する。
- ・基礎形式は、 N 値 50 以上の部分に杭基礎にて支持させるものが考えられる（図表 4.4-2 参照）。
- ・GL-31~-42m付近に分布する沖積第1砂礫層 (Ag1) では、層厚 7.1~9.0m、 N 値範囲 12~100、代表 N 値 23 を示すが、層全体に N 値のばらつきがみられ、密に締まった部分がまとまった層厚で連続しない。
- ・また、Ag1 層の下位には、層厚 5.1~6.9m、 N 値範囲 7~16、代表 N 値 9、圧密降伏応力 391.6kN/m^2 でほぼ正規圧密状態の沖積第2粘性土層 (Ac2) が分布する。
- ・上記に述べた理由から、Ag1 層は計画建物の支持層として確実性が高いとは言えない。Ag1 層を支持層として採用する場合には、杭の本数を増やして杭 1 本あたりにかかる荷重を小さくすることが条件となるが、経済性のみならず施工性や安全性についても十分考慮のうえ慎重な検討が必要となる。

図表 4.4-2 基礎形式選定に関する資料

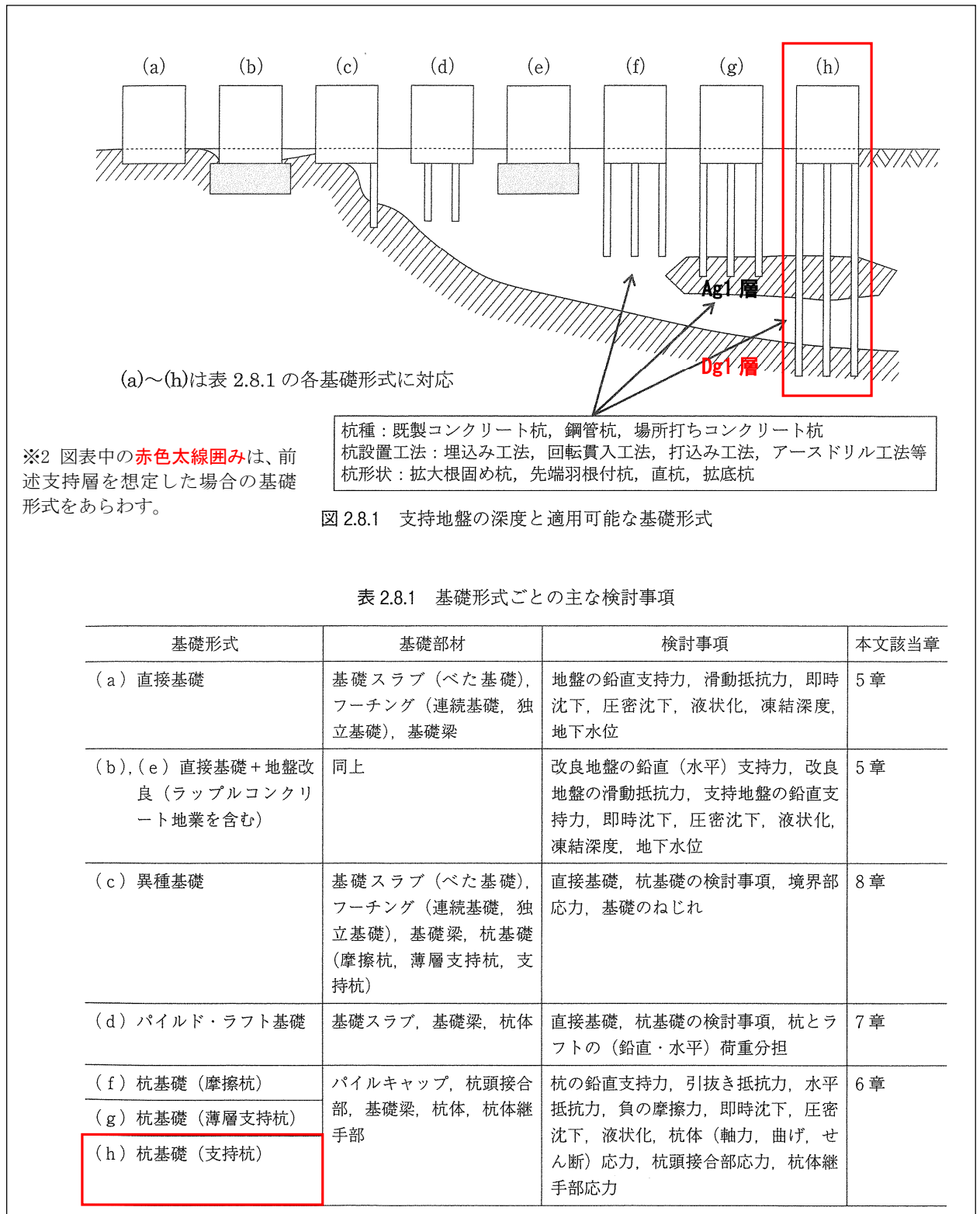


表 2.8.1 基礎形式ごとの主な検討事項

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

出典) (一社)日本建築学会 (2019年) : 建築基礎構造設計指針、p.35 に一部加筆

4.5 設計・施工上の留意点

(1) 地層分布について

本調査では、計画建物位置において計5箇所のボーリングを行った。

ここで、調査地は、谷状の湾に面した海岸部を埋め立てた造成地にあたり、千丈川など河川の河口付近に位置する。このため、埋立盛土下に分布する自然堆積層の分布は、河川の流路変化等の影響を受けているものと推測される。

また、建物計画地中央のNo.3孔では、およそGL-5m以浅で水砕スラグによる改良土の分布が認められた。この改良土は全体に固結しており、標準貫入試験では若干貫入～貫入不能、試料は棒状コアで採取されるものであった。このような改良土は他の4地点ではみられず、本調査ではその分布状況は不明であるが、計画地内では同様の改良土の分布が予想される。

以上のことから、同一敷地内であっても、ボーリング地点から外れた位置では、地層の分布や土質状況、支持層深度などがボーリング結果と異なることも考えられる。計画建物の基礎設計にあたっては、これらの「不確実性（地質リスク）」を十分考慮のうえ、安全側に検討されたい。

(2) 地下水位について

ボーリング掘進時に確認した孔内水位等の状況より、本調査時点の浅層地下水頭はGL-1.5～-1.8m付近にあった可能性が高い。ただし、本調査地は海岸部の埋立地であり、地下水位は潮位の影響を受けている可能性があり、上記の水位よりさらに上昇することも考えられる。

また、沖積砂質土層（As1・As2）や沖積砂礫層（Ag1）、洪積砂礫層（Dg1）などの粗粒土層では、やや被圧した地下水が帯水している可能性がある。

基礎工の設計・施工にあたっては、これらの地下水条件に留意されたい。

(3) 玉石径について

今回ボーリングで確認された粗石・玉石の最大径は、埋立盛土（BS）でφ100mm、沖積第1砂礫層（Ag1）でφ200mm、洪積第1砂礫層（Dg1）でφ150mmであった。

ここで、玉石の径については、下図に示すように実際の長径はボーリングで確認した大きさよりさらに大きい可能性もあり、安全側にはボーリングで確認された最大径の3倍程度を見込んでおくことが望ましい。

基礎工法の選定にあたっては、上記玉石への適用条件についても十分留意されたい。

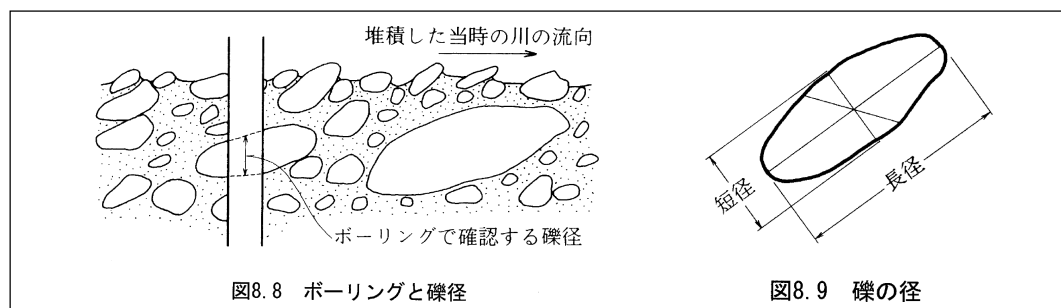


図 4.5-1 ボーリングと最大礫径

出典) (社)全国地質調査業協会連合会 (2000年) : ボーリング野帳記入マニュアル [土質編-改訂版]、p. 103

(4) 沖積粘性土層の圧密特性について

沖積第1粘性土層 (Ac1) および沖積第2粘性土層 (Ac2) で実施した土の圧密試験結果から、圧密降伏応力としてそれぞれ $p_c=212.0\text{kN/m}^2$ 、 391.6kN/m^2 が得られている。これら p_c と試料採取深度で推定される現況の有効土被り圧との関係 (図表 3.5-2) から、両層とも「ほぼ正規圧密」の状態にあると推定され、これら地層では新たに大きい荷重が加わると大きな沈下を生じることが考えられる。

以上のことから、とくに Ac2 層については、その上位に分布する沖積第1砂礫層 (Ag1) を計画建物の支持層とする場合には、杭基礎にかかる荷重の影響を慎重に検討し、基礎工が沈下に対して十分安全となるよう考慮する必要がある。

(5) 杭工法について

杭工法の選定にあたっては、支持層深さや中間層・支持層の状態 (土質・N値・礫径)、地下水状態などの各種地盤条件のほか、騒音・振動や作業スペースなどの敷地条件による各工法の適用性についても留意する必要がある。

表 4.5-1 には、参考までに「建築構造設計基準及び同解説 平成 16 年版」より杭工法の選定表を示す。選定表には、沖積第1砂礫層 (Dg1) の GL-57m まで杭を根入れする場合、すなわち、N値 50 以上を示す地層の上面深度で最も深い No. 4 孔の GL-56m から 1m 以上根入れする場合を想定し、調査結果をもとに地盤条件等の該当条件を記入した。

なお、地盤条件からは、場所打ちコンクリート杭のオールケーシング工法、全周回転式が選定される。

表 4.5-1 杭工法の選定表

選定項目	杭の種類及び杭工法		既製杭				場所打ちコンクリート杭				備考
	打ち込み工法		埋め込み工法		アースドリル工法	オールケーシング工法		リバース工法	深掘工法		
	PHC杭	鋼管杭	フルボローディング工法	中掘工法		回転工法	掃動式			全周回転式	
施工杭径	300~800	400~600	300~1000	450~800	300~600	800~3000	800~2000	800~3000	800~4000	1200~4000	
荷重規模①)	2000kN以下 2000~5000kN 5000~12000kN 12000kN以上	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1) 注1本当たりの軸力を示す。
支持層の深さ	5m以下 5~10m 10~20m 20~30m 30~40m 40~50m 50~60m 60~70m	○	○	△	△	△	△	△	△	○	
中間層の状態 (層厚4~5m)	粘土 N値<4 N値4~10 砂質土 N値10~20 N値<15 N値15~30 N値>30 礫 5cm以下 5~10cm 10~15cm 礫・粗石・巨石 15cm以上	○	○	○	○	○	○	○	○	○	・既製杭の中間層の打抜きについては試験杭で確認することが望ましい。 ・砂又は礫の場合、杭間定流の逸水に注意すること。 1) 細砂層が地下水位下で5m以上かつくると締めかためによりケーシングの引き抜きが困難な場合がある。 2) GL-10mまでにゆるい砂層があると施工が困難な場合がある。
支持層の状態	軟岩 土丹 砂質土 N値<75 N値30~50 N値>50 礫 5cm以下 5~10cm 10~15cm 礫・粗石・巨石 15cm以上 土丹 傾斜30°以下 傾斜30~45° 支持層の確認 先端の軟圧水 伏流水 逸水 ① ②	-	-	-	-	○	○	○	○	○	・岩盤、土丹の場合打込み杭は支持層中に貫入させることは前提にしない。 ・場所打ち杭は支持層に貫入可能かどうかを参考に示す。 1) 支持層の変化を事前に十分調査することが必要である。 ← Dg1層の最大玉石径 150mm の3倍を見込んだ場合
地下水の状態	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	逸水 ① 砂礫層で掘削液が周囲に逃げている場合 ② 不透水層を貫いて水位が急に低下する場合 1) 流速3m/分以上の場合はコンクリートの打設が難しいで避ける。
その他	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

(注) 中掘工法:最終打撃又は圧入による工法を対象とする。

・凡例 ○:一般的に使用される場合 △:使用するには慎重な検討が必要となる場合 ×:ほとんど使用されない場合
出典) (社)公共建築協会 (2005年); 国土交通省大臣官房官庁営繕部整備課監修 建築構造設計基準及び同解説 平成16年版、p.300 に一部加筆
※ 図中□囲みは、Dg1層のGL-57mに杭先端を支持させる場合の該当項目をあらわす。

(6) 地盤の液状化について

地盤の液状化の検討結果から、埋立盛土 (BS) では、地表面水平加速度 $\alpha_{\max}=1.5\text{m/s}^2$ 、 2.0m/s^2 、 3.5m/s^2 のいずれのケースとも、「液状化発生の可能性あり」と判定された。また、地表面水平加速度が大きくなるにつれ、地盤全体の液状化危険度も大きくなる結果が得られた。(表 4.3-4~4.3-8 参照)

杭基礎の設計にあたっては、液状化地盤となる BS 層の水平地盤反力係数等の低減についても検討されたい。

— 以上 —