

添付資料 4 地質調査報告書（立体駐車場部分）

福岡市博物館収蔵庫棟増築工事
地質調査業務委託(駐車場施設)

報 告 書

令和6年6月

福岡市財政局 アセットマネジメント推進部
株式会社 佐藤総合計画 九州オフィス
富士工業株式会社

調査地
福岡市早良地区百道浜三丁目 1-1



目 次

§1. 調査概要	5
§2. 調査方法	7
2.1 調査ボーリング	7
2.2 標準貫入試験	10
2.3 孔内載荷試験(地盤の指標値を求めるためのプレッシャーメーター試験)	12
2.4 室内土質試験	14
2.5 使用資機材	15
§3. 地形・地質概要	16
3.1 地形概要	16
3.2 地質概要	16
§4. 調査結果	18
4.1 ボーリング結果	18
4.2 標準貫入試験結果	19
4.3 孔内載荷試験結果	22
4.4 室内土質試験結果	23
§5. 考 察	26
5.1 設計用土質定数について	26
5.2 地盤の液状化について	32
5.3 基礎工について	39
5.4 設計・施工上の留意点	41

巻 末 資 料

・ボーリング柱状図	3 葉
・地質推定断面図	1 葉
・孔内載荷試験データシート	1 葉
・室内土質試験データシート	1 式
・液状化判定結果データシート	1 式
・せん断抵抗角算定シート	3 葉
・現場記録写真	1 式
・室内土質試験写真	1 式
・土質標本箱(別途納品)	3 箱

§ 1. 調査概要

本業務は、福岡市博物館収蔵庫増築工事に先立ち、設計に必要となる地質構成や地盤の土質工学的特性を把握するために地質調査を実施したものである。

1.1 調査仕様

- 1) 業 務 名 : 福岡市博物館収蔵庫棟増築工事地質調査業務委託 (駐車場施設)

- 2) 履行場所：福岡市早良区百道浜三丁目 1-1（調査地案内図参照）

- 3) 調査工期：自)令和6年1月15日
至)令和6年1月31日(現場作業)

- | | |
|----------------------------|---------|
| 4) 調査内容：機械ボーリング(φ66mm：3箇所) | 延長 67 m |
| 標準貫入試験 | 合計 67 回 |
| 孔内載荷試験(普通載荷) | 合計 1 回 |
| 室内土質試験 | 合計 8 試料 |
| 解析等調査業務 | 合計 1 式 |
| ※詳細な内訳は次頁「表 1.1.1」を参照。 | |

- 5) 発注者：福岡市 経済観光文化局 博物館事業管理部

- 6) 監 督 課：福岡市 アセットマネジメント推進部施設建設課
TEL 092(711)4562 FAX 092(733)5868
監督員 七瀬 匠

- 7) 受注者：株式会社 佐藤総合計画 九州オフィス
〒812-0025
福岡市博多区店屋町 5-18 博多 NS ビル
TEL：092-263-0870 FAX：092-263-0871

【地質調査会社】

富士工業株式会社

宮崎市江平中町 8-7

TEL 0985-20-1877 FAX 0985-20-1899

表 1.1.1 調査実施数量一覧表

孔 番			立体駐車場			合計
			No.1	No.2	No.3	
土地素ボーリング (φ66ノンコア)	粘性土・シルト	m	1.3	1.6	0.3	3.2
	砂・砂質土		17	16.3	16	49.3
	軟岩		4.7	5.1	4.7	14.5
	計		23	23	21	67
標準貫入試験	粘性土・シルト	回	2	2	-	4
	砂・砂質土		16	15	16	47
	軟岩		5	6	5	16
	計		23	23	21	67
孔内水平載荷試験	普通載荷	回		1		1
室内土質試験	土の粒度試験（沈降分析）	試料		6		6
	土の液性・塑性限界試験			2		2
平坦地足場 （嵩上げ）		箇所	1	1	1	3

§ 2. 調査方法

2.1 調査ボーリング

1) ボーリング機材運搬及び足場仮設、基準点 (KBM 管理)

調査ボーリング位置は、図 2.1.2 調査位置平面図に示す 3 地点で実施した。

ボーリング機材の運搬は、ユニッククレーン付き 2 t トラックを使用し、調査地まで運搬した。

また、ボーリング足場は単管パイプ、クランプ等で平坦地足場を組立て、ボーリングマシンを設置した。

基準点については KBM を基準とし、レベル測量により測定した。

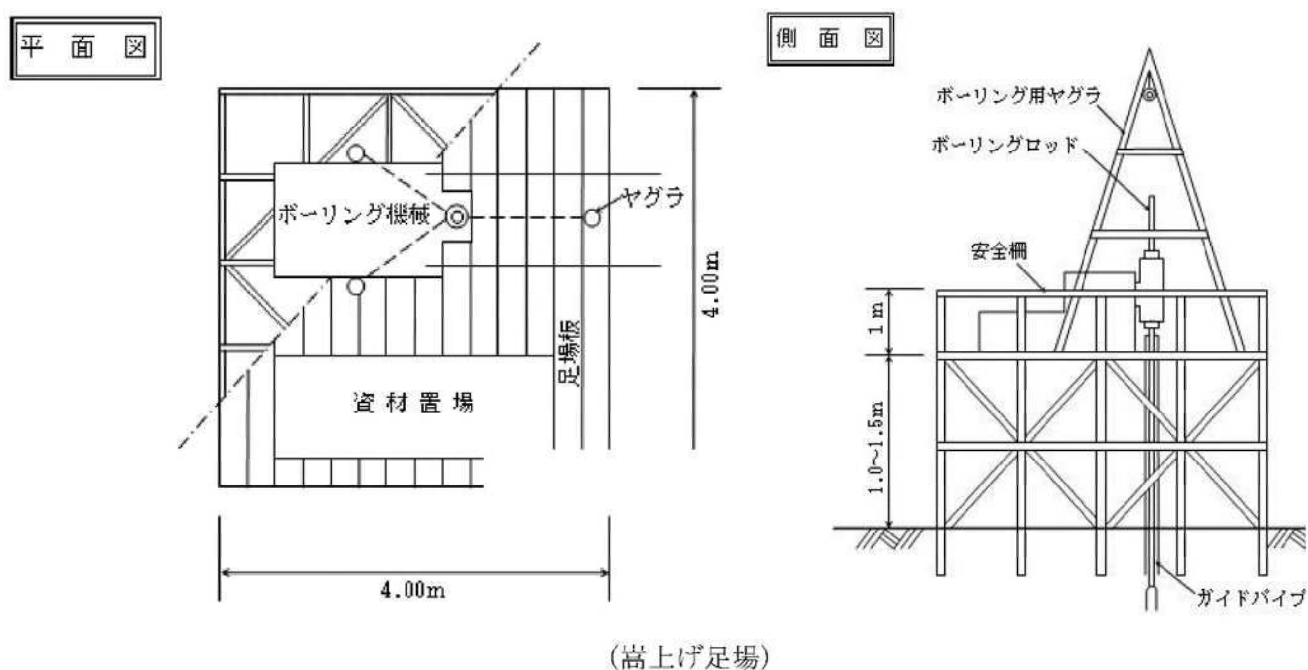
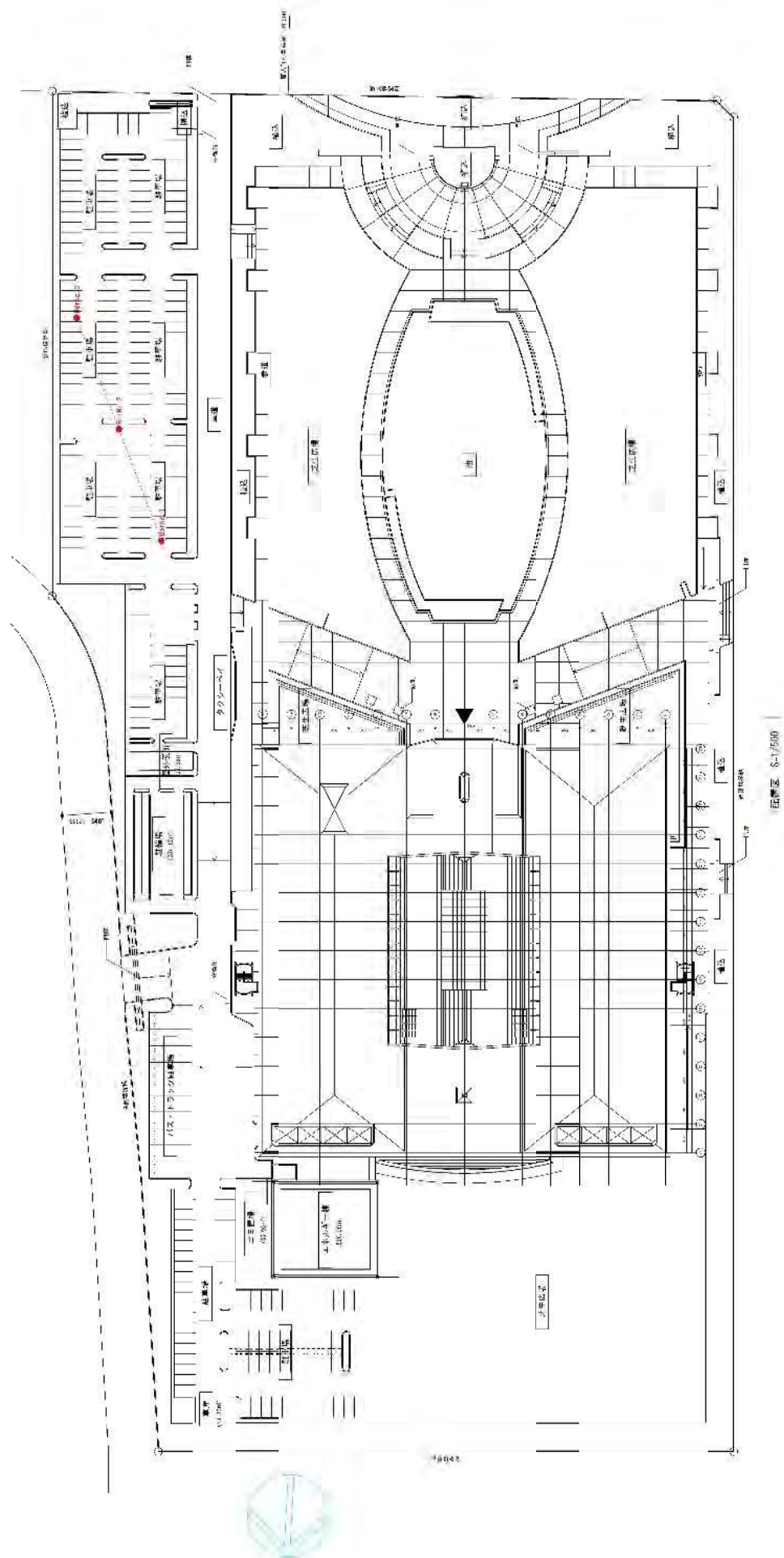


図 2.1.1 平坦地足場標準構造図



2) ボーリング工

ボーリングは、ロータリー式オイルフィード型ボーリングマシンにより、孔径 $\phi 66\text{mm}$ で掘進した。

ボーリング方法は、図 2.1.3 に示すようにボーリングマシンを正規の位置に設置後、孔径 86mm のケーシングパイプにより孔壁保護を行いながら、孔壁 $\phi 66\text{mm}$ のコアチューブ方式で掘進した。

掘進は、地盤を鉛直下方に掘進し、調査目的 ($N \geq 50$ を 5m 確認) を達成した時点で監督職員に状況を報告し、ロッド検尺を実施した。

ボーリング完了後は、孔内閉塞を行った上で原形に復旧した。

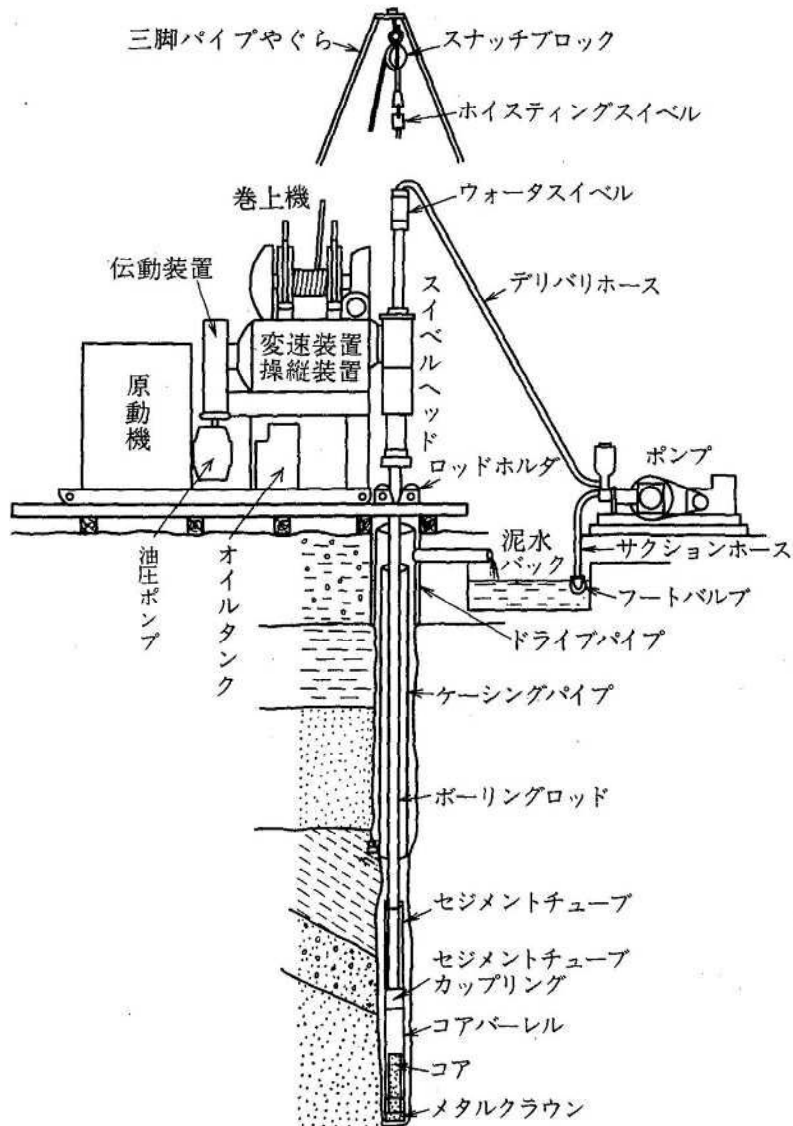


図 2.1.3 調査ボーリング作業概要図

2.2 標準貫入試験

地盤の締まり具合を把握するために JISA1219:2013(土の標準貫入試験方法)に準拠して標準貫入試験を 1m 間隔で実施した。

試験方法は、試験深さの孔底にスライム等が残っていない状態で行い、予備打(15cm)を行った後、重量 $63.5 \pm 0.5 \text{ kg}$ のドライブハンマーを $76 \pm 1 \text{ cm}$ の高さから自由落下させ、貫入量 10cm 毎の打撃回数を測定しながら、累計 30cm 貫入時の打撃回数をN値とした。また、N値が 50 回を超える場合は、50 回時点の貫入量を記録した。

標準貫入試験において採取された試料は、地質の観察等を行った後、含水比等が変化しないようにビニール袋に収納した。

以下、標準貫入試験の概要図と試験用サンプラー構造図を図 2.2.1～図 2.2.2 に示す。

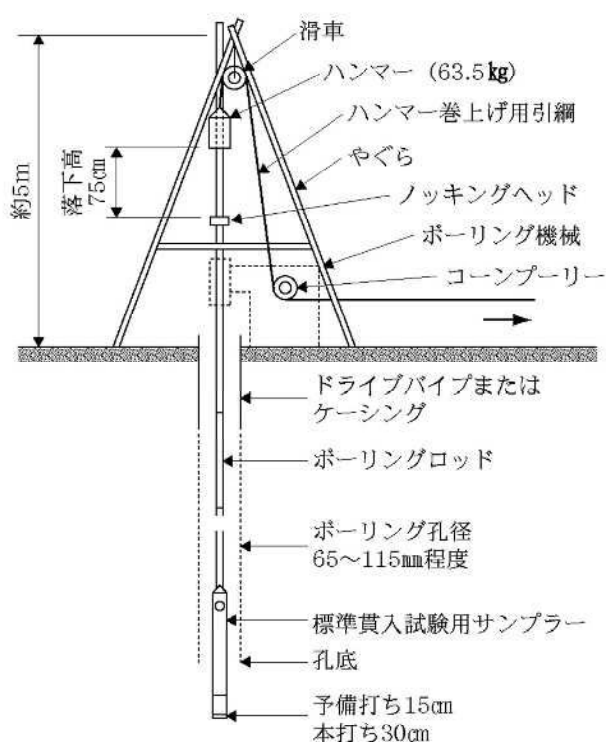
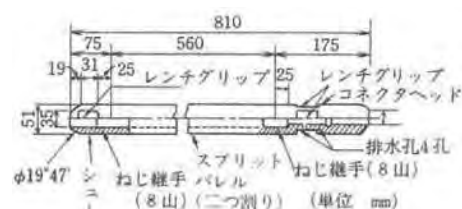


図 2.2.1 標準貫入試験概要図



(a) 標準貫入試験用サンプラー

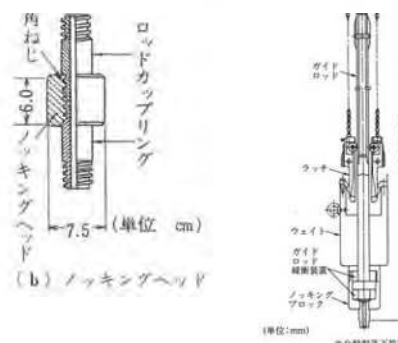


図 2.2.2 標準貫入試験器具

また、標準貫入試験から得られるN値により埋土層並びに沖積層地盤の相対密度及びコンシステンシーは次頁の表 2.2.1～2.2.2 のように判断される。

表 2.2.1 粗粒土(砂質土及び礫質土)と相対密度の関係

N 値	相 対 密 度 (Terzaghi・Peck)	現 場 判 別 法
0～4	非常に緩い (very loose)	鉄筋が容易に手で貫入
4～10	緩 い (loose)	ショベル(スコップ)で掘削可能
10～30	中 位 の (medium)	鉄筋を 5 ポンドハンマで打込み容易
30～50	密 な (dense)	同上, 30 cm 程度貫入
>50	非常に密な (very dense)	同上, 5～6 cm 貫入, 掘削につるはし必要, 打ち込み時金属音

注) 鉄筋は $\phi 13\text{mm}$

引用文献「(公社)地盤工学会 地盤調査の方法と解説 p305 参

表 2.2.2 粘性土とコンシステンシーの関係

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

引用文献「(公社)地盤工学会 地盤調査の方法と解説 p305 参

2.3 孔内载荷試験(地盤の指標値を求めるためのプレッシャーメーター試験)

孔内水平载荷試験は、地盤反力係数やバネ定数の推定に用いる地盤の変形特性を把握するために実施した。

2.3.1 目的

孔内水平载荷試験は、ボーリング孔の孔壁面を加圧し、そのときの孔壁面の変形量（孔壁の広がり）を測定することによって、地盤の物性（地盤の強さ・変形特性）を調べる原位置試験である（図 2.3.3 参照）。

2.3.2 試験器具・原理・適用性

孔内水平载荷試験は载荷方式により 3 種類〔等分布荷重方式(1 室型)、等分布荷重方式(3 室型)、等分布変位方式〕の試験器具があるが、当調査では等分布荷重方式(1 室型)の試験器具 AUTOLLT（普通载荷）を用いる。この試験器具は、ボーリング孔内にゴムチューブを挿入し、水をゴムチューブ内に送ることにより加圧膨張させ、このときの圧力と孔内におけるチューブの膨張量により地盤の変形特性を求める装置である。

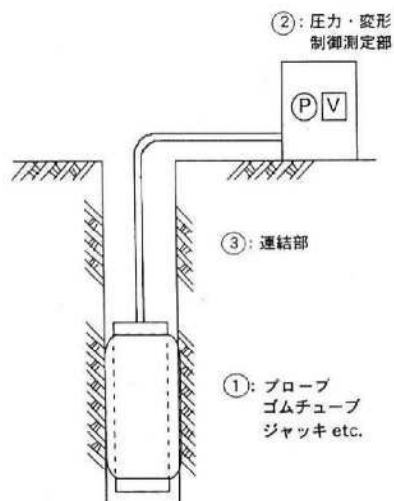
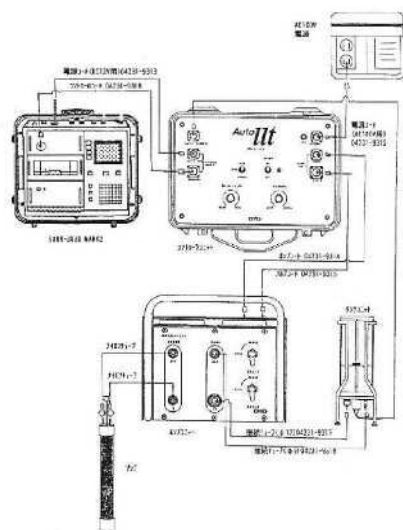


表 2.3.1 LLT 測定時における N 値加圧ステップ

砂質土	N 値	0～4	4～15	15～30	30 以上
	加圧ステップ	20	20～40	50	100
粘性土	N 値	0～2	2～8	8～15	15 以上
	加圧ステップ	10～20	20	40～50	100

注) 圧力単位 : kN/m^2

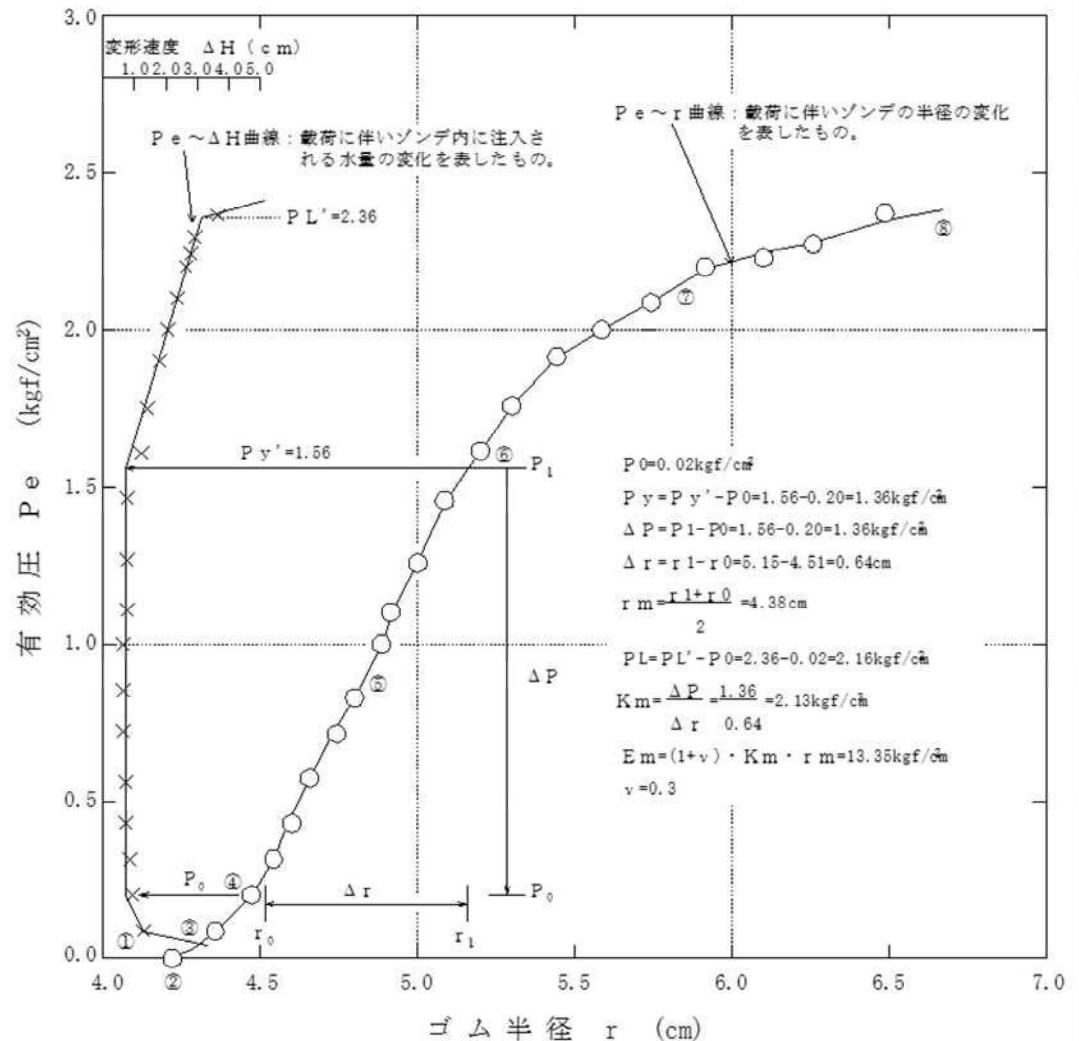
図 2.3.1 孔内水平载荷試験装置概念図



【OYO 製】

MODEL-4231
Auto LLT
MODEL-4020
ジョロガ-3030 Mark-2

図 2.3.2 AUTOLLT 装置接続図



- ① セル（ゴムチューブ）自身の自由膨張過程で、孔壁には接しておらず地盤への応力伝達はない。
- ② セル（ゴムチューブ）が孔壁に接する点。
- ③ 押し出された孔壁の、主動土圧に抗して押し戻す孔壁の再圧縮過程で、地盤反力を徐々に増大し、変形速度 ΔH は減少する。
- ④ 初期段階の孔壁荷達する、いわゆる地盤の静止土圧と平衡を保つ点で、この時点の圧力を静止土圧 P_0 とみなす。この状態で地盤反力は急激に増大する変曲線をなし、変形速度は最小値を示す。
- ⑤ 受動土圧を地盤内に生ずる載荷過程の初期直線状段階で、いわゆる地盤の疑似弾性変形領域である。
- ⑥ 地盤の降伏点である。
- ⑦ 地盤の流動曲線が徐々に進行して増大し、破壊に至る過程である。
- ⑧ 地盤が破壊に至ったと想定される点。

図 2.3.3 データ整理模式図

2.4 室内土質試験

室内土質試験は、液状化検討に必要な粒度組成や塑性指数を把握することを目的として、標準貫入試験試料を用いて物理試験を行った。

表 2.4.1 に室内土質試験の各項目及び試験基準を示す。

表 2.4.1 土質試験項目と規格・基準

試験項目 規格・基準				得られる主な値	試験結果の利用	対象試料
物理試験	土粒子の密度試験	JIS A 1202	JGS 0111	・土粒子の密度	・土の基本的性質の計算 ・沈降分析への利用	標準貫入試験試料
	土の粒度試験 (フルイ分析・沈降分析)	IS A 1204	JGS 0131	・最大粒径 ・粒径加積曲線 ・均等係数、曲率係数 ・細粒分含有率	・土の分類 ・地盤材料の工学的分類 ・砂質土の液状化の判定 ・簡易粒度組成判別	標準貫入試験試料

JIS：日本産業規格，JGS：(社)地盤工学会基準

2.5 使用資機材

今回の調査で使用した資機材を表 2.6.1 に示す。

表 2.6.1 使用機材一覧表

機械機材	形 式 ・ 寸 法	数 量	備 考
試 錐 機	東邦製 05 型	1 台	能力 50m
ポン プ	ヤンマー製 CP-80A 型	1 台	65 1/min
原 動 機	ヤンマー製 NFAD-9 型	1 台	10ps
ケーシング	呼び径 ϕ 86mm、長さ 1.00m 呼び径 ϕ 116mm、長さ 1.00m	30 本 10 本	1 台当り
ダブル・シングル コアチューブ	呼び径 ϕ 66mm、長さ 1.00m 及び 1.45m	各 1 本	〃
ビット	ϕ 66mm、 ϕ 86mm、 ϕ 116mm メタルクラウン、ダイヤモンド	各 1 個	〃
ロッド	呼び径 ϕ 40.5mm、 長さ 0.50、1.00、2.00、3.00m	1 式	〃
標準貫入 試験器	SPT サンプラー JIS A 1219 JIS 規格標準貫入試験器（半自動落下） 63.5kg ハンマーノッキングブロック	1 式	〃
孔内水平載荷 試験器具	OYO 製 LLT	1 式	普通載荷
地下水測定器	手動式	1 台	〃
運搬車	3.5t 積トラック（2.9t クレーン）	1 台	〃
室内土質 試験器具	JIS 規格	1 式	物理
足場仮設	平足場材料（ ϕ 50mm 単管 L=1～3m） 三脚やぐら	1 箇所	〃
その他	測量機器、看板・カラーコーン・フェンス	1 式	〃

§ 3. 地形・地質概要

3.1 地形概要

調査地は福岡市早良区百道浜三丁目 1-1 地内で、同区役所の北北東約 1.0km に位置する。

調査地周辺の地形は、二級河川である那珂川や室見川などの河川の運搬・堆積作用により形成された三角州性低地や扇状地性低地が博多湾に向けて東西方向へ広がり、さらに海岸線に沿っては埋立地や砂質裸地が狭い範囲に分布しており、調査地は前述の埋立地上にあたる。

この埋立地は海岸線の狭い範囲にのみ分布し、さらには海上からの吹き上げる風で積み上げられた砂質裸地が海岸線に沿って細長く分布している。

三角州性低地は、河川が多く流れる福岡市中心部より広く発達し、福岡市中心部に分布する丘陵地との地形変換点は非常に明瞭となっている。



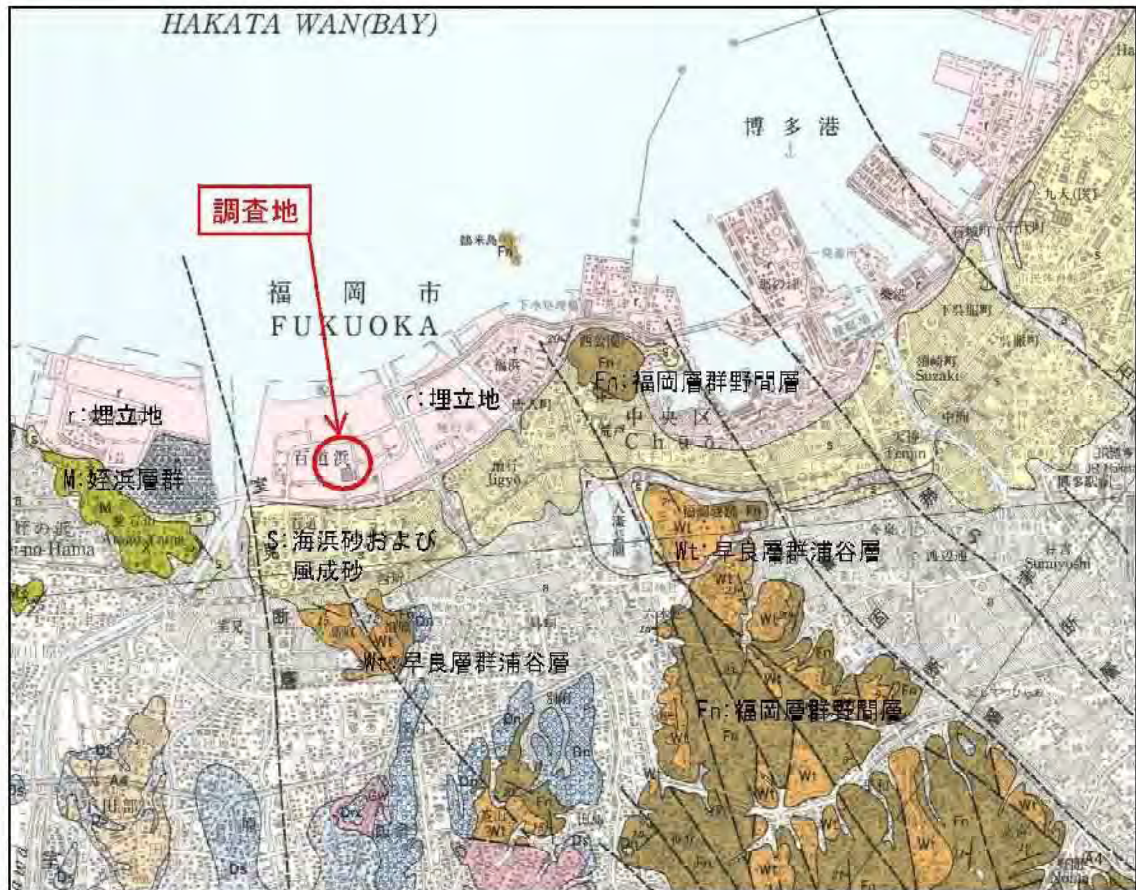
3.2 地質概要

調査地周辺の地質は、新生代第三紀漸新世の堆積岩(古第三紀層)の分布域となり、調査地の古第三紀層は、早良層群浦谷層(Wt)に対比される(既往調査でも確認されている)。

浦谷層は野間層群に不整合に覆い、上限は地表面で確認することはできないが、おもに砂岩、礫岩からなり、部分的に凝灰質シルト岩や砂質シルト岩を伴うとされており、調査地においても砂質頁岩や砂岩が確認されている。

岩質は一般的には岩着面付近では風化進行していることが多く、深度方向に風化度が弱くなる傾向を示すが、炭質頁岩などを挟む場合には、深部においても脆弱化することがある。

古第三紀層上位に分布する未固結堆積物は、洪積層の基底礫層にあたる砂質土とその上位に主に河川の運搬・堆積作用による沖積層(砂質土主体)を主とし、その上位では砂質土による埋め立て土砂が分布している。



古第三紀 Paleogene 始新世中期～後期 Middle to Late Eocene 早良層群 Sawami Group 福岡層群 Fukuoka Group 姪浜層群 Meinohama Group	姪浜層 Meinohama Formation	M	含海緑石砂岩（砂質頁岩・礫混じり砂岩及び泥灰砂を伴う） Glauconite-bearing sandstone with sandy shale, conglomeratic sandstone and mud
	愛宕層* Atago Formation	Wa	砂岩及び頁岩（石炭を伴う） Sandstone and shale with coal
	浦谷層 Uratsuni Formation	Wt	砂岩及び礫岩（凝灰質シルト岩及び砂質シルト岩を伴う） Sandstone and conglomerate with tuffaceous siltstone and sandy siltstone
	須恵層 Sue Formation	Se	礫岩・砂岩及び砂岩頁岩互層（石炭を伴う） Conglomerate, sandstone and interbedded sandstone and shale with coal
	新田層 Shinbaru Formation	Sb	シルト岩ないし泥岩（石炭・砂岩及び礫岩を伴う） Siltstone or mudstone with coal, sandstone and conglomerate
	奈島層 Najima Formation	Sn	砂岩及び礫岩（シルト岩を伴う） Sandstone and conglomerate with siltstone
	野間層 Nomia Formation	Fn	砂岩・礫岩及びシルト岩（凝灰岩及び石炭を伴う） Sandstone, conglomerate and siltstone with tuff and coal
	姪島層 Nokonoshima Formation	Fs	礫混じり砂岩・砂質頁岩及び凝灰質頁岩（火山碎屑物を伴う） Conglomeratic sandstone, sandy shale and tuffaceous shale with pyroclastic material
	宇恵層 Umi Formation	Rm	砂岩及び凝灰質シルト岩（凝灰岩及び石炭を伴う） Sandstone and tuffaceous siltstone with tuff and coal
	高田層 Takata Formation	Rt	砂岩及び砂岩頁岩互層（礫岩及び石炭を伴う） Sandstone and interbedded sandstone and shale with conglomerate and coal
	臼井層 Usui Formation	Ku	砂岩及び砂岩頁岩互層（角礫岩を伴う） Sandstone and interbedded sandstone and shale with breccia

図3.2.1 表層地質図 引用文献「産総研 1/5万地質図 福岡県参照」

§ 4. 調査結果

4.1 ボーリング結果

今回の調査は、福岡市博物館立体駐車場の設計に必要な地質構成や地盤の土質工学的特性を把握することを目的として、計画地において計3箇所のボーリング調査を実施した。

調査地の地盤構成は、表4.1.1に示す地層構成表、図4.1.1に示す地質推定断面図のように整理され、上位より、第四紀完新世の埋土層(Bs層)、沖積層(As～Ac1～As～Ac2～Ag層)、更新世の洪積層(Ds層)、第三紀漸新世で古第三紀層の堆積岩(Sh～Ss層)が分布する。

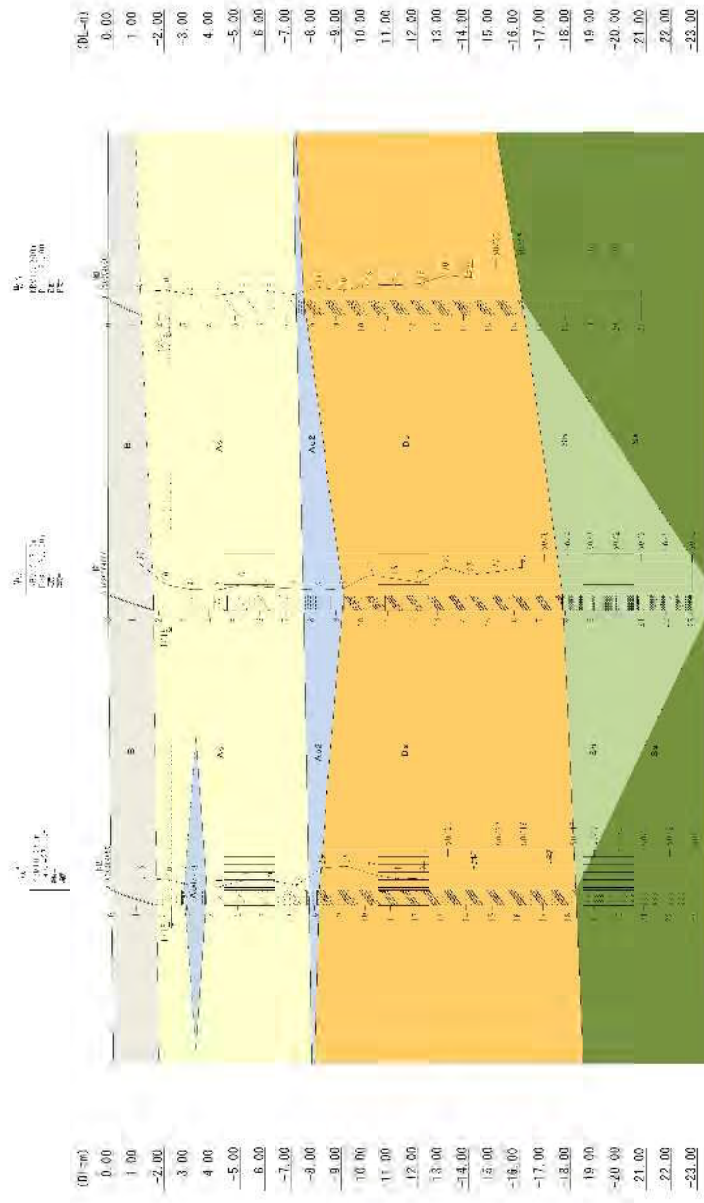
以下、ボーリング結果の詳細を巻末のボーリング柱状図に整理し、各層の詳細を整理する。

表 4.1.1 調査地の地層構成表

地質年代			地層・地質区分	土質区分 岩質区分	記号	N 値範囲	設計 N 値	層厚(m)
新生代	第四紀	完新世	埋土層	砂質土	B	8～37 (19.0)	12	1.30～1.80
			沖積層	砂質土	As	1～10 (6.2)	4	6.10～9.10
				上部粘性土	Ac1	2	2	0.9
				下部粘性土	Ac2	3	3	0.40～1.60
	更新世		洪積層	砂質土	Ds	10～48 (24.4)	18	7.70～8.60
第三紀	鮮新世	古第三紀	砂質泥岩	軟岩	Sh	300	300	5.1m以上
			砂岩	軟岩	Sh	300	300	4.70m以上

換算 N 値が $N \geq 300$ を示す岩盤部については、上限を $N = 300$ として平均値を算定して示した。

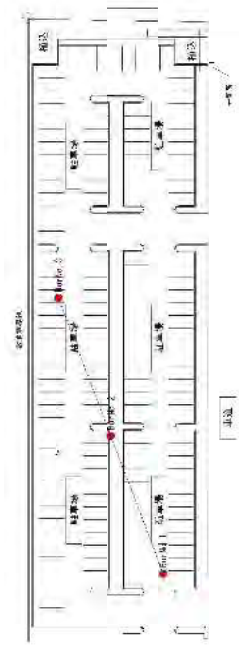
地層想定断面図 S=1:100



地層・地質凡例

地層名称	地層・地質凡例	地層番号	地層記号	地層厚さ(m)
河床	河床	12	12	0.00~1.00
河床底	河床底	13	13	0.00~1.00
河床砂	河床砂	14	14	0.00~1.00
河床砂	河床砂	15	15	0.00~1.00
河床砂	河床砂	16	16	0.00~1.00
河床砂	河床砂	17	17	0.00~1.00
河床砂	河床砂	18	18	0.00~1.00
河床砂	河床砂	19	19	0.00~1.00
河床砂	河床砂	20	20	0.00~1.00
河床砂	河床砂	21	21	0.00~1.00
河床砂	河床砂	22	22	0.00~1.00
河床砂	河床砂	23	23	0.00~1.00
河床砂	河床砂	24	24	0.00~1.00
河床砂	河床砂	25	25	0.00~1.00
河床砂	河床砂	26	26	0.00~1.00
河床砂	河床砂	27	27	0.00~1.00
河床砂	河床砂	28	28	0.00~1.00
河床砂	河床砂	29	29	0.00~1.00
河床砂	河床砂	30	30	0.00~1.00
河床砂	河床砂	31	31	0.00~1.00
河床砂	河床砂	32	32	0.00~1.00
河床砂	河床砂	33	33	0.00~1.00
河床砂	河床砂	34	34	0.00~1.00
河床砂	河床砂	35	35	0.00~1.00
河床砂	河床砂	36	36	0.00~1.00
河床砂	河床砂	37	37	0.00~1.00
河床砂	河床砂	38	38	0.00~1.00
河床砂	河床砂	39	39	0.00~1.00
河床砂	河床砂	40	40	0.00~1.00
河床砂	河床砂	41	41	0.00~1.00
河床砂	河床砂	42	42	0.00~1.00
河床砂	河床砂	43	43	0.00~1.00
河床砂	河床砂	44	44	0.00~1.00
河床砂	河床砂	45	45	0.00~1.00
河床砂	河床砂	46	46	0.00~1.00
河床砂	河床砂	47	47	0.00~1.00
河床砂	河床砂	48	48	0.00~1.00
河床砂	河床砂	49	49	0.00~1.00
河床砂	河床砂	50	50	0.00~1.00
河床砂	河床砂	51	51	0.00~1.00
河床砂	河床砂	52	52	0.00~1.00
河床砂	河床砂	53	53	0.00~1.00
河床砂	河床砂	54	54	0.00~1.00
河床砂	河床砂	55	55	0.00~1.00
河床砂	河床砂	56	56	0.00~1.00
河床砂	河床砂	57	57	0.00~1.00
河床砂	河床砂	58	58	0.00~1.00
河床砂	河床砂	59	59	0.00~1.00
河床砂	河床砂	60	60	0.00~1.00
河床砂	河床砂	61	61	0.00~1.00
河床砂	河床砂	62	62	0.00~1.00
河床砂	河床砂	63	63	0.00~1.00
河床砂	河床砂	64	64	0.00~1.00
河床砂	河床砂	65	65	0.00~1.00
河床砂	河床砂	66	66	0.00~1.00
河床砂	河床砂	67	67	0.00~1.00
河床砂	河床砂	68	68	0.00~1.00
河床砂	河床砂	69	69	0.00~1.00
河床砂	河床砂	70	70	0.00~1.00
河床砂	河床砂	71	71	0.00~1.00
河床砂	河床砂	72	72	0.00~1.00
河床砂	河床砂	73	73	0.00~1.00
河床砂	河床砂	74	74	0.00~1.00
河床砂	河床砂	75	75	0.00~1.00
河床砂	河床砂	76	76	0.00~1.00
河床砂	河床砂	77	77	0.00~1.00
河床砂	河床砂	78	78	0.00~1.00
河床砂	河床砂	79	79	0.00~1.00
河床砂	河床砂	80	80	0.00~1.00
河床砂	河床砂	81	81	0.00~1.00
河床砂	河床砂	82	82	0.00~1.00
河床砂	河床砂	83	83	0.00~1.00
河床砂	河床砂	84	84	0.00~1.00
河床砂	河床砂	85	85	0.00~1.00
河床砂	河床砂	86	86	0.00~1.00
河床砂	河床砂	87	87	0.00~1.00
河床砂	河床砂	88	88	0.00~1.00
河床砂	河床砂	89	89	0.00~1.00
河床砂	河床砂	90	90	0.00~1.00
河床砂	河床砂	91	91	0.00~1.00
河床砂	河床砂	92	92	0.00~1.00
河床砂	河床砂	93	93	0.00~1.00
河床砂	河床砂	94	94	0.00~1.00
河床砂	河床砂	95	95	0.00~1.00
河床砂	河床砂	96	96	0.00~1.00
河床砂	河床砂	97	97	0.00~1.00
河床砂	河床砂	98	98	0.00~1.00
河床砂	河床砂	99	99	0.00~1.00
河床砂	河床砂	100	100	0.00~1.00

図 4.1.1 地層想定断面図 S=1:200



調査位置図 S=1:200

1) 埋土層 砂質土：Bs 層

本層は、層厚 1.30～1.80m で分布し、色調は淡灰褐～暗茶褐色を呈する。シルト質の砂及び礫混じり砂で構成される。含水量は低位～中位にある。

N 値は $N=8\sim37$ (平均 N 値=19.0) の範囲で「緩い～中位の」相対密度を示す。

2) 沖積層 砂質土：As 層

本層は、層厚 6.10～9.10m で分布し、色調は暗喝灰～暗灰～淡灰～黒灰～淡喝灰と色調変化に富む。微細砂～粗砂で構成され細粒土を不規則に含み、深部には貝殻片を含む。なお、ボーリング No. 1 孔では粘性土を挟む。

N 値は $N=1\sim10$ (平均 N 値=6.2) の範囲で「非常に緩い～緩い」相対密度を示す。

3) 沖積層 上部粘性土：Ac1 層

本層は、ボーリング No. 1 孔の深度 2.80m 付近より層厚 0.90m で確認される砂質シルトである。色調は淡褐灰色を呈する。粘性、含水量もともに中位程度にあり中間土の性質を示す。

N 値は $N=2$ を示し「非常に柔らかい」コンシステンシーを示す。

4) 沖積層 下部粘性土：Ac2 層

本層は、層厚 0.40～1.60m で分布し、色調は暗喝色を呈する。全体的に高含水比で粘性は強く、細砂を不規則に混入する。また、腐植物混入する。

N 値は $N=3$ を示し「柔らかい」コンシステンシーを示す。

5) 洪積層 砂質土：ds 層

本層は、層厚 7.7～8.6m で分布し、色調は淡灰～谷茶喝～淡喝灰～淡青灰色を呈する基質は花崗岩起源の細砂～粗砂が主体となり、不均質に粘土の薄層及び細粒土優勢箇所がみられる。φ 30 mm 以下の角礫を多く含み礫は風化した花崗岩で、一部ではクサリ礫で粘土化が進む。

N 値は $N=10\sim48$ (平均 N 値=24.4：一部補正した N 値の平均値) の範囲で「中位～密な」相対密度を示す。

6) 古第三紀層 砂質泥岩：Sh 層

本層は、基盤岩である古第三紀層の砂質泥岩で、ボーリング No. 2 層厚 5.10m で分布し、色調は淡喝灰を呈する。砂岩 (Ss) の上位に分布すると想定される。

10 cm～20 cm 庁の柱状コアで採取される。ハンマーの弱～中程度の打撃にて濁音を発して割れる。表 4.1.2 岩盤等級の例より岩盤区分「C_L級岩盤」に相当する。

N 値は全て換算 $N=300$ を示す。

10) 古第三紀層 砂岩：Ss 層

本層は、基盤岩である古第三紀層の砂岩で、ボーリング No. 1 及び No. 3 でともに層厚 4.70m で分布し、色調は淡灰～淡喝灰を呈する。

短柱状～片状コアで採取される。ハンマーの中程度の打撃にて濁音を発して割れる。表 4.1.2 岩盤等級の例より岩盤区分「C_L級岩盤」に相当する。

N 値は全て換算 $N=300$ を示す。

11) 孔内水位測定結果

ボーリング孔内において地下水位の分布深度を得る目的でボーリング孔内の孔内水位を測定した。測定結果としては全孔で孔内水位が観測されているが、概ねレベルであることや、海岸沿いの埋立地であることを考慮すれば、今回観測された孔内水位は地下水位と想定して、特に問題ないものとする。

表 4.4.2 孔内水位一覧

孔番	掘進深度 (m)	孔内水位 (GL-m)
1	21	2.40
2	23	2.50
3	21	2.40

4.2 標準貫入試験結果

標準貫入試験で得られた地層別の N 値集計結果を表4.2.2に、表4.2.3にボーリング毎に整理した。このとき、土砂部で礫打ち障害となる箇所は N 値の修正（10 cm当たりの貫入量の最小値の3倍）とした。また、古第三紀層の打撃数50回時点の貫入量が30 cm未満となった場合は、次式を用いて規定貫入量に相当する換算 N 値で算出した。なお、換算 N 値の上限は、岩盤の土質定数を算定する際に使用する N 値の適用範囲が $N=300$ 程度までとなることから、最大値=300と設定した。

換算 N 値の算定式： $N=50 \times \text{規定貫入量(30 cm)} \div \text{実際の貫入量}$

表4.2.1に示す各地層の N 値の平均値を設計 N 値とした。

表 4.2.1 設計 N 値一覧表

地質年代			地層・地質区分		土質区分岩質区分	記号	設計 N 値
新生代	第四紀	完新世	埋土層		砂質土	B	12
			沖積層	砂質土		As	4
				上部粘性土		Ac1	2
				下部粘性土		Ac2	3
	第三紀	更新世	洪積層		砂質土	Ds	18
		鮮新世	古第三紀	砂質泥岩	軟岩	Sh	300
				砂岩	軟岩	Ss	300

表 4.2.2 地層別 N 値集計結果一覧表

地層・地質区分		記号	No. 1			No. 2			No. 3			N 値 個数	不 採用 数	採 用 数	N 値範囲		平均 N 値	標準偏差	設計 N 値	
			12			37			8						最小値	最大値				
埋土層	砂質土	B	10	1	10	4	3	10	4	3	3	0	3	8	37	19.0	12.8	12		
	砂質土	As	9	3	2	10	7	5	8	9	4	18	0	18	1	10	6.2	3.2	4	
			上部粘性土	Ac1	2								1	0	1	2	2	2.0	0.0	2
					下部粘性土	Ac2			3	3				2	0	2	3	3	3.0	0.0
洪積層	砂質土	Ds	25	28	17	23	18	13	14	10	18	28	1	27	10	48	24.4	11.0	18	
			11	12	48	12	23	27	17	19	30									
			24	42	45	21	50		27	39	18									
			33	45																
古第三紀層	砂質泥岩	SSh				300	300	300			6	0	6	300	300	300.0	0.0	300		
						300	300	300												
	砂岩	Ss	300	300	300				300	300	300	10	0	10	300	300.0	0.0	300		

※洪積層の砂質土 (Ds) の青は礫打ち障害の可能性があるため、10 cm 当たりの貫入量の最小値の 3 倍とした値。

※洪積層の砂質土 (Ds) の赤は明らかな礫打ち障害のため除外した値。

※古代三紀の岩盤の青は換算 N 値の値。

表 4.2.3 N値一覧表

孔番	深度 (m)	打撃回数 (10cm当り)		換算 N値	地層・地質名 岩級区分		孔番	深度 (m)	打撃回数 (10cm当り)		換算 N値	地層・地質名 岩級区分		孔番							
		貫入量	N値		貫入量 (各10cm)	N値			貫入量 (各10cm)	N値		貫入量 (各10cm)	N値								
1	1.15 ～ 1.45	6	3	12	埋土	2	1.15 ～ 1.45	12	12	13	37	埋土	3	1.15 ～ 1.45	3	2	3	8	埋土		
	2.15 ～ 2.45	10	3	10	砂		2.15 ～ 2.45	4	3	3	10	砂		2.15 ～ 2.45	4	3	3	10	砂		
	3.15 ～ 3.45	10	10	30			砂質シルト	3.15 ～ 3.45	2	1	1			4	砂	3.15 ～ 3.45	2	1		1	4
	4.15 ～ 4.45	20	15	35	シルト混じり砂			4.15 ～ 4.45	1	1	1	3		シルト質砂		4.15 ～ 4.45	2	1	10	10	30
	5.15 ～ 5.45	4	4	2			10	10	30	シルト混じり砂	5.15 ～ 5.45	3			3	4	10	10	30	シルト混じり砂	
	6.15 ～ 6.45	3	3	9	9		シルト混じり砂	6.15 ～ 6.45	3		2	2		7	シルト混じり砂	6.15 ～ 6.45	3	3	3		9
	7.15 ～ 7.45	1	1	3	3			シルト質砂	7.15 ～ 7.45	2	2	1		5		シルト混じり砂	7.15 ～ 7.45	2	1	1	4
	8.15 ～ 8.45	8	8	25	25		礫質シルト混じり砂		8.15 ～ 8.45	1	1	1		3	粘土		8.15 ～ 8.45	4	6	4	14
	9.15 ～ 9.45	10	10	30	30			礫質シルト混じり砂	9.15 ～ 9.45	10	10	10		30		粘土	9.15 ～ 9.45	10	10	10	30
	10.15 ～ 10.45	7	7	3	17		30		礫質シルト混じり砂	10.15 ～ 10.45	6	8		9	23		礫質粘土質砂	10.15 ～ 10.45	6	6	8
	11.15 ～ 11.45	3	3	5	11		30	礫質シルト質砂		11.15 ～ 11.45	6	6		6	18	礫質粘土質砂		11.15 ～ 11.45	4	4	9
	12.15 ～ 12.45	3	3	6	12		30		礫質シルト質砂	12.15 ～ 12.45	4	4		5	13		礫質粘土質砂	12.15 ～ 12.45	6	7	6
	13.15 ～ 13.40	16	17	50	48		礫質シルト質砂	13.15 ～ 13.45		4	5	24		33	礫質粘土質砂	13.15 ～ 13.45		8	10	12	30
	14.15 ～ 14.45	9	7	8	24			30	礫質シルト質砂	14.15 ～ 14.45	6	8		9		23	礫質粘土質砂	14.15 ～ 14.45	8	8	11
	15.15 ～ 15.42	14	19	50	42		礫質シルト質砂	15.15 ～ 15.45		8	8	11		27	礫質粘土質砂	15.15 ～ 15.45		13	26	11	50
	16.15 ～ 16.34	15	35	50	45			礫質シルト質砂	16.15 ～ 16.34	7	9	17		33		礫質粘土質砂	16.15 ～ 16.34	9	9	32	50
	17.15 ～ 17.45	7	10	16	33		30		礫質シルト質砂	17.15 ～ 17.21	50	6		50	250		礫質粘土質砂	17.00 ～ 17.03	50	10	10
	18.00 ～ 18.03	15	35	50	30		礫質シルト質砂	18.10 ～ 18.14		50	50	50		300	砂質泥岩	17.00 ～ 17.03		3	3	3	3
	19.00 ～ 19.03	50	50	50	300			砂岩	19.00 ～ 19.03	50	50	50		300		砂質泥岩	17.00 ～ 18.02	50	50	2	2
	20.00 ～ 20.02	50	50	50	300		砂岩		20.00 ～ 20.02	50	50	50		300	砂質泥岩		19.00 ～ 19.02	50	50	2	2
	21.00 ～ 21.02	50	50	50	300			砂岩	21.00 ～ 21.02	50	50	50		300		砂質泥岩	20.00 ～ 20.00	50	0	0	0
	22.00 ～ 22.02	50	50	50	300		砂岩		22.00 ～ 22.02	50	50	50		300	砂質泥岩		20.00 ～ 20.00	0	0	0	0
	23.00 ～ 23.02	50	50	50	300			砂岩	23.00 ～ 23.02	50	50	50		301		砂質泥岩	21.00 ～ 21.00	50	50	0	0
							CL								砂質泥岩						
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL							砂質泥岩								
					CL							砂質泥岩									
						CL															

※No. 1 孔の砂質シルトは局所的と想定し砂質土として評価する。

※洪積層の砂質土 (0s) の青は礫打ち障害の可能性があるため、10 cm 当たりの貫入量の最小値の 3 倍とした値。

※洪積層の砂質土 (0s) の赤は明らかな礫打ち障害のため除外する値。

※古代三紀の岩盤の青は換算 N 値の値。

4.3 孔内載荷試験結果

基礎底面付近にあたる沖積層の砂質土層(As1層)で、地盤の水平方向抵抗特性(応力～変形特性)を求めるために、ボーリング孔を利用した孔内水平載荷試験(普通載荷)を行った。

測定機器は、応用地質製のLLT-typeM型を使用した。測定の記録は、巻末の孔内水平載荷試験データに示した。測定深度はゾンデ中央位置で表示する。

ここでは、今回の解析結果をとりまとめて表4.3.1に示す。

表 4.3.1 孔内載荷試験結果一覧表

孔 番	孔口標高 FL=(m)	試験深度 GL=(m)	試験標高 FL=(m)	対象地層 [記号]	N 値	変形係数 E_m	
						(kN/m^2)	(MN/m^2)
No. 2	1.28	-3.00		沖積層 砂質土層 [As1]	4	3,554	3.554

一般的な $E=700N$ の相関関係(図4.3.1)から推定した値と比較すると、試験値はやや高い値となった。

測定値が推定式から求めた値よりも極端に小さい場合は、孔壁の乱れの原因が考えられるが、今回の試験結果は平均的な値に近いことから、試験値は概ね妥当な測定値と判断される。

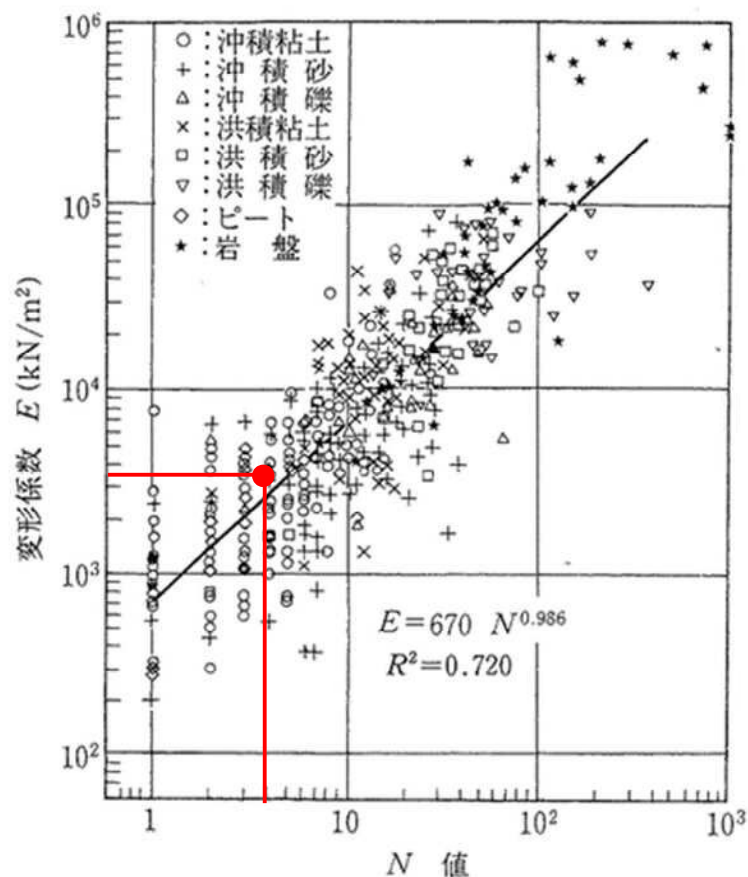


図 4.3.1 孔内載荷試験より得られた変形係数とN値との関係

地盤調査の方法と解説：(社)地盤工学会 P687

4.4 室内土質試験結果

今回の調査においては、土質性状の把握と液状化検討に必要となる細粒分を把握することを目的として、標準貫入試験試料を用いて物理試験を行った。

以下、試験結果を一覧表に示し、試験結果について記述する。

表 4.4.1 室内土質試験結果一覧表

孔番号		BorNo. 2						
深度 (m)		1.15～2.15	3.15～3.45	6.15～6.45	8.15～8.45	10.15～10.45	12.15～12.45	15.15～15.45
コア観察による土質区分								
土粒子の密度 ρ_s	g/cm ³	2.715	2.646	2.705	2.680	2.680	2.691	2.678
自然含水比 w_n	%	10.4	22.2	27.0	40.9	10.7	24.3	21.0
石分 (75mm 以上)	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
礫分 (2～75mm)	%	49.9	13.3	5.9	7.2	49.4	5.4	36.5
砂分 (0.075～2mm)	%	41.0	81.2	80.9	21.0	38.7	59.4	50.9
シルト分 (0.005～0.075mm)	%	6.3	3.5	8.6	44.2	8.9	16.9	8.5
粘土分 (0.005mm 未満)	%	2.8	2.0	4.6	27.6	3.0	18.3	4.1
最大粒径	mm	26.5	4.75	19	19	26.5	9.5	19
50%粒径 D ₅₀	mm	1.9894	1.2451	0.2270	0.0224	1.9504	0.2414	1.4370
均等係数 U_c		39	3	6	—	73	—	47
20%粒径 D ₂₀	mm							
塑性指数 IP					37.6		32.1	
粒度試験結果による土質区分		粘性土混じり砂質礫 (GS-Cs)	粘性土礫混じり砂 (S-Csg)	粘性土礫混じり砂 (S-Csg)	礫混じり砂質粘土 (高液性限界)	粘性土混じり砂質礫 (GS-Cs)	礫混じり粘性土質砂 (Scs-G)	粘性土混じり礫質砂 (SG-Cs)

以下、各試験結果について概説する。

(1) 土粒子の密度 (ρ_s)

土粒子の密度は、土の一般的な性質を表すもので、一般的には $\rho_s=2.40\sim2.80\text{g/cm}^3$ の範囲に入り、また鉱物や土質区分によって表 4.4.2 の範囲にあるとされる。

表 4.4.2 土粒子の密度の測定例

鉱物名	密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	土質名	密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$
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	黒ばく	2.3～2.6

引用文献「(社)地盤工学会：地盤材料試験方法と解説(第1回改訂版) 令和3年4月 p118参照」

沖積の砂質土層及び洪積層の値 ($\rho_s=2.646\sim2.715\text{g/cm}^3$) は、一般的な値の範囲を示す。

(2) 粒度特性

粒度試験結果より、図 4.4.1 に各層の粒径加積曲線図を、図 4.4.2 に各層の地盤の工学的分類を示し、地層ごとの特性について説明する。

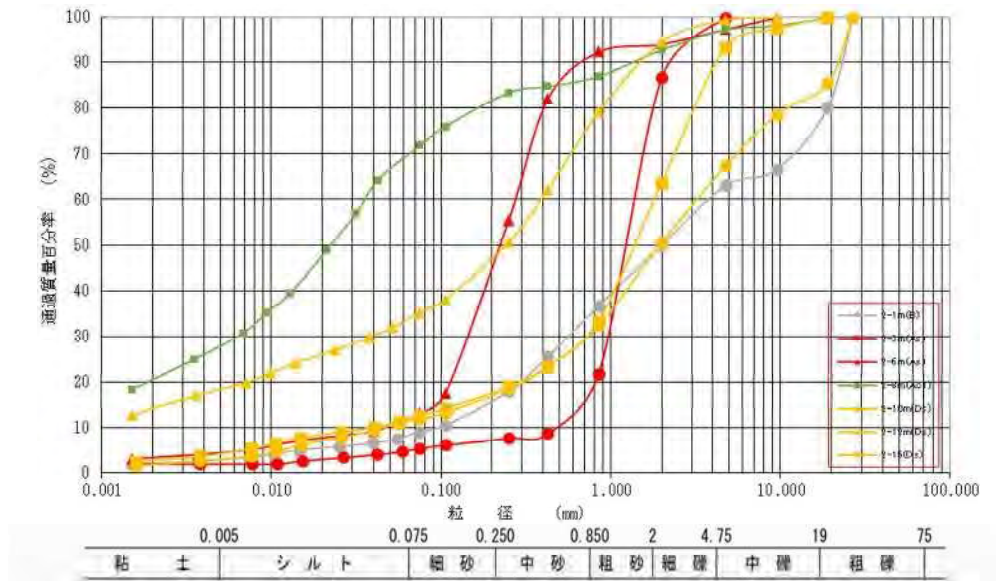


図 4.4.1 各層の粒径加積曲線

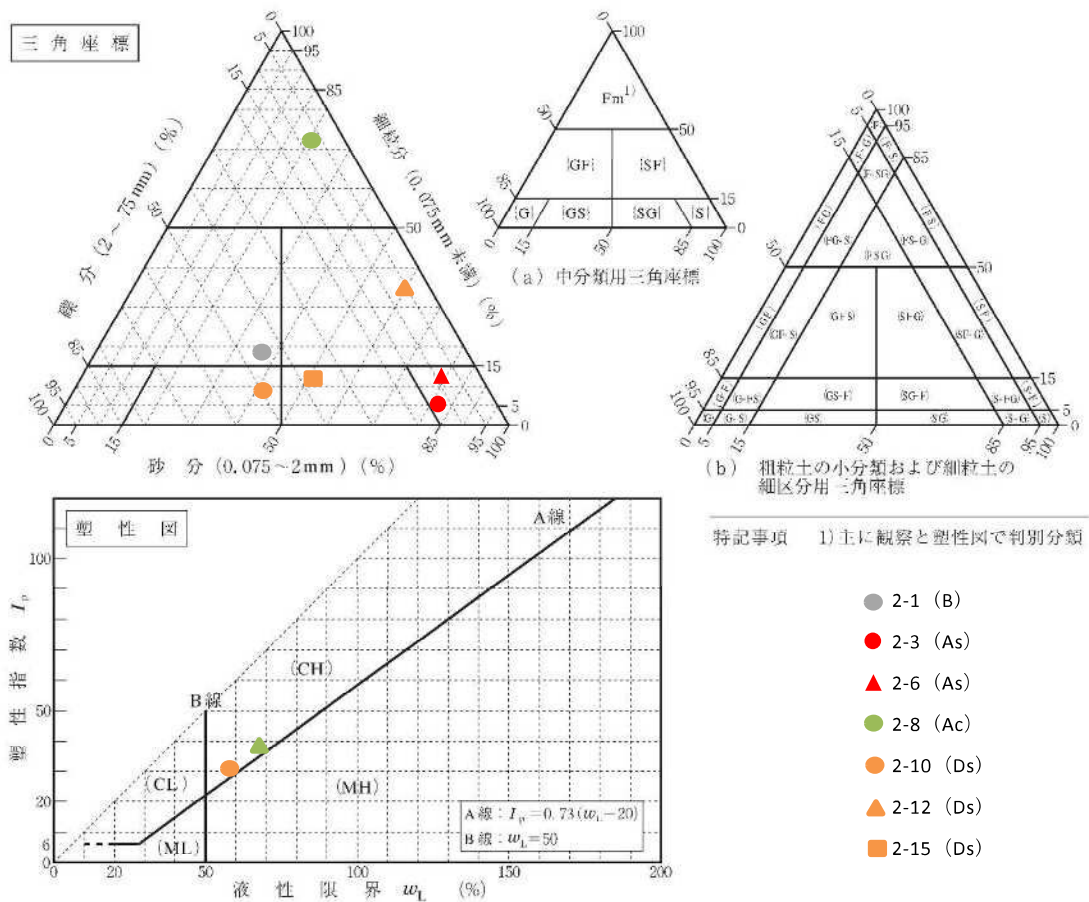


図 4.4.2 地盤の工学的分類図

B層の粒度分布は、粗粒土のうち、礫分（49.9%）及び砂分（41.0%）を主体とし、細粒分（9.1%）と程よく混在している。

三角座標では粘性土混じり砂質礫（GS-C s）に区分される

As層 2-3（GL-3.15～34.5m）の粒度分布は、粗粒土のうち、砂分（81.2%）を主体とし、礫分（13.3%）及び細粒分（5.5%）の混入量は少ない。

三角座標では粘性土混じり砂（S-CsG）に区分される。

As層 2-6（GL-6.15～6.45m）の粒度分布は、粗粒土のうち、砂分（80.9%）を主体とし、礫分（5.9%）及び細粒分（13.2%）の混入量は少ない。

三角座標では粘性土混じり砂（S-CsG）に区分される。

Ac層 2-8（GL-8.15～8.45m）の粒度分布は、細粒分（71.8%）を主体とし、粗粒土の砂分（21.0%）、礫分（7.2%）となる。

三角座標では礫混じり砂質粘土（高液性限界 CHS-G）に区分される。

Ds層 2-10（GL-10.15～10.45m）の粒度分布は、粗粒土のうち、礫分（49.4%）、砂分（38.7%）、細粒分（11.9%）と程よく混在している。

三角座標では粘性土混じり砂質礫（GS-Cs）に区分される。

Ds層 2-12（GL-12.15～12.45m）の粒度分布は、粗粒土のうち、礫分（59.4%）、砂分（5.4%）、細粒分（45.2%）と細粒分を多く含む。

三角座標では礫混じり粘性土質礫（SCs-G）に区分される。

Ds層 2-15（GL-15.15～15.45m）の粒度分布は、粗粒土のうち、礫分（36.5%）、砂分（50.9%）、細粒分（12.6%）と程よく混在する。

三角座標では粘性土混じり礫質砂（SG-Cs）に区分される。

(2) コンシステンシー特性

塑性指数とは液性限界 WL から塑性限界 Wp を引いた値（液性限界と塑性限界の差）である。塑性指数が大きいほど土の塑性状態（べとべとの状態）の範囲が広いことを意味する。塑性指数が求められた地層は Ac 層及び Ds 層の 2-10（10.15～10.45m）であった。

§ 5. 考 察

5.1 設計用土質定数 について

今回提案する土質定数は、設計 N 値、単位体積重量 (γ)、粘着力 (C)、せん断抵抗角 (ϕ)、変形係数 (E) の 5 項目とし、提案方法は設計 N 値をもとに各種文献に記載されている式より算定する。

(1) 各地層の設計 N 値

設計 N 値は、表 4.2.1 に示す平均 N 値 (切り捨て) を設計 N 値と設定する。

表 5.1.1 設計 N 値 一 覧 表

地質年代			地層・地質区分		土質区分岩質区分	記号	設計 N 値
新生代	第四紀	完新世	埋土層		砂質土	B	12
			沖積層	砂質土		As	4
				上部粘性土		Ac1	2
				下部粘性土		Ac2	3
	第三紀	更新世	洪積層		砂質土	Ds	18
		鮮新世	古第三紀	砂質泥岩	軟岩	Sh	300
				砂岩	軟岩	Ss	300

(2) 単位体積重量

① 未固結堆積物の単位体積重量

今回の調査では表 5.1.2 に示す文献より、単位体積重量を設定する。

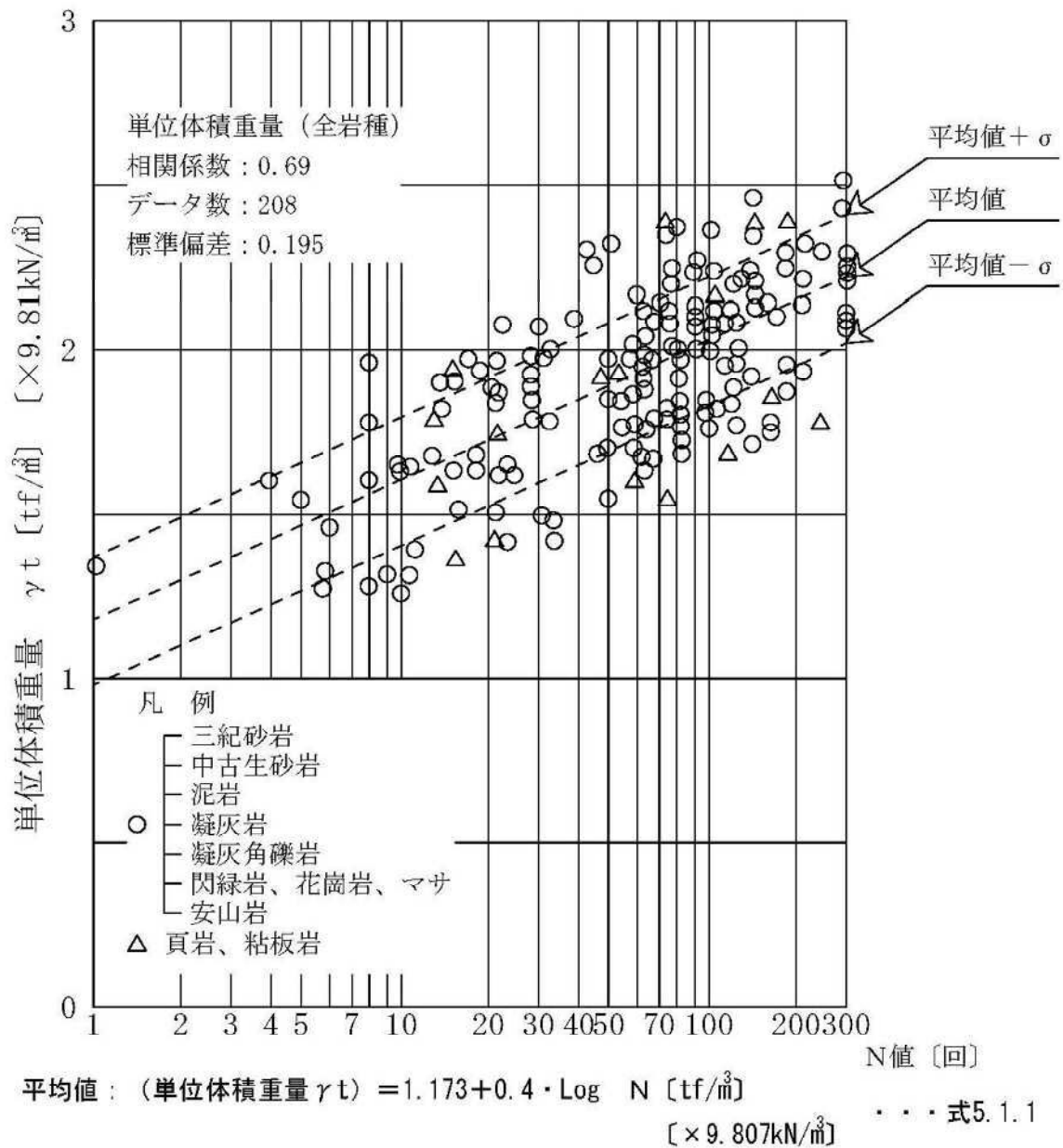
表 5.1.2 土の単位重量

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 (Bs 層)	17 (As 層)	19 (Ds 層)	7	9
シルト	14	16	15	17	5	7
粘土	13	15	14 (Ac1～Ac2 層)	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

引用文献「日本建築学会 建築基礎構造設計指針 p30 参照」

② 岩盤の単位体積重量

岩盤の単位体積重量は、設計 N 値をもとに東・中・西日本高速道(NEXCO)の「設計要領」に記載の式 5.1.1 を用いて算定する。



引用文献「東・中・西日本高速道路株：設計要領第二集 橋梁建設編 図4-2-4参照」

(3) せん断強度(粘着力、せん断抵抗角)

①未固結堆積物の単位体積重量

各地層のせん断強度は、以下に示す各式により算定する。

なお、粘性土においては粘着力(C)のみで評価し、砂質地盤においてはせん断抵抗角(ϕ)のみで評価するものとする。

【粘性土の粘着力 C 】

$$q_u = 12.3 N \sim 13.1 N \neq 12.5 N$$

$$C = \frac{q_u}{2} = \frac{12.5 N}{2} = 6.25 N \quad \cdots \text{式5.1.2}$$

ここに、

C : 粘着力 (kN/m^2)

q_u : 一軸圧縮強度 (kN/m^2)

N : 標準貫入試験による N 値

引用文献「(社)地盤工学会 地盤調査の方法と解説 p267参照」

【粗粒土のせん断定数 ϕ 】

$$\phi_d = \sqrt{20N} + 15 \quad (Fc \geq 20 \text{ の土質に採用}) \quad \cdots \text{式 5.1.3}$$

$$\phi_d = \sqrt{20N} + 20 \quad (3.5 \leq N_1 \leq 20), \quad \phi_d = 40 \quad (N_1 > 20) \quad \cdots \text{式 5.1.4}$$

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

ここに、

$\phi_d (^\circ)$: 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/m^2) : 有効上載圧

引用文献「日本建築学会 建築基礎構造設計指針 p30 参照」

②岩盤のせん断定数

岩盤のせん断定数は、設計 N 値をもとに表 5.1.3 に示す泥岩の式より算定する。

表 5.1.3 岩盤の換算 N 値による場合のせん断定数の測定例

		砂 岩 ・ 礫 岩 深 成 岩	安 山 岩	泥 岩 ・ 凝 灰 岩 凝 灰 角 礫 岩
粘 着 力 (kN/m^2)	換 算 N 値 と 平 均 値 の 関 係	$15.2 N^{0.327}$	$25.3 N^{0.334}$	$16.2 N^{0.606}$
	標 準 偏 差	0.218	0.384	0.464
せ ん 断 抵 抗 角 ($^{\circ}$)	換 算 N 値 と 平 均 値 の 関 係	$5.10 \text{Log } N + 29.3$	$6.82 \text{Log } N + 21.5$	$0.888 \text{Log } N + 19.3$
	標 準 偏 差	4.40	7.85	9.78

引用文献「東・中・西日本高速道路：設計要領 第二集 p.4-11 参照」

(4) 変形係数

①未固結堆積物の変形係数

未固結堆積物の変形係数は、設計 N 値をもとに次式により算定する。

$$\text{変形係数} \quad E = 700 N (\text{kN/m}^2) \cdots \text{式 5.1.5}$$

ここに、 E : 変形係数(kN/m^2)

N : 標準貫入試験から得られる N 値

引用文献「(社)地盤工学会：地盤調査の方法と解説 p687 参照」

②岩盤の変形係数

岩盤の変形係数は、設計 N 値をもとに次式により算定する。

$$\text{変形係数} \quad E_s = 27.1 N^{0.69} \times 98.1 (\text{kN/m}^2) \cdots \text{式 5.1.6}$$

ここに、 E_s : 変形係数(kN/m^2)

N : 標準貫入試験から得られる N 値

引用文献「東・中・西日本高速道路(株)：設計要領 第二集 p.4-11 参照」

5) 設計用地盤定数の設定

1)～4)の項目を基に設定した設計用地盤定数提案値の一覧表を表 5.1.4 に示す。

表 5.1.4 土質定数提案値一覧表

地質年代	地層・地質区分	土質区分 要五分	記号	単位体積重量 γ (kN/m ³)		粘着力 c (kN/m ²)		内摩擦角 ϕ (°)		変形係数 E (kN/m ²)	
				提案値	適用	提案値	適用	提案値	適用	提案値	適用
新 生 代	白 垩 紀	湖一層	B	18	①表5.1.2 砂一密た ※地下水位	0	砂質土のため評価しない	27.4	①式5.1.4 せん断抵抗係数推定式	8400	①式5.1.5 変形係数推定式
				18	①表5.1.2 砂 ゆるい、と砂の川出層	0	砂質土のため評価しない	28.9	①式5.1.4 せん断抵抗係数推定式	2800	①式5.1.5 変形係数推定式
		湖枝層	Ac1	14	①表5.1.2 粘土一やわらかい	12.5	①式5.1.2 粘着力推定式	0	粘性土のため評価しない	1400	①式5.1.5 変形係数推定式
				14	①表5.1.2 粘土一やわらかい	18	①式5.1.2 粘着力推定式	0	粘性土のため評価しない	2100	①式5.1.5 変形係数推定式
	更 新 世	湖枝層	Ds	19	①表5.1.2 砂一密た	0	砂質土のため評価しない	39.4	①式5.1.4 せん断抵抗係数推定式	12600	①式5.1.5 変形係数推定式
				23.1	②式5.1.1 + 1.9kN/m ³	513	②表5.1.3 泥岩の粘着力推定式	21.4	②表5.1.3 泥岩の粘着力推定式	136093.0	②式5.1.6 変形係数推定式
	第 三 紀	砂質粘岩	Sl	28	②式5.1.1 + 1.9kN/m ³	98	②表5.1.3 砂岩の粘着力推定式	41.9	②表5.1.3 砂岩の粘着力推定式	136098.0	②式5.1.6 変形係数推定式
				300	②式5.1.1 + 1.9kN/m ³	98	②表5.1.3 砂岩の粘着力推定式	41.9	②表5.1.3 砂岩の粘着力推定式	136098.0	②式5.1.6 変形係数推定式
	第 二 紀	砂岩	Gr	28	②式5.1.1 + 1.9kN/m ³	98	②表5.1.3 砂岩の粘着力推定式	41.9	②表5.1.3 砂岩の粘着力推定式	136098.0	②式5.1.6 変形係数推定式
				300	②式5.1.1 + 1.9kN/m ³	98	②表5.1.3 砂岩の粘着力推定式	41.9	②表5.1.3 砂岩の粘着力推定式	136098.0	②式5.1.6 変形係数推定式
第 一 紀	白 垩 紀	砂岩	Gr	28	②式5.1.1 + 1.9kN/m ³	98	②表5.1.3 砂岩の粘着力推定式	41.9	②表5.1.3 砂岩の粘着力推定式	136098.0	②式5.1.6 変形係数推定式
				300	②式5.1.1 + 1.9kN/m ³	98	②表5.1.3 砂岩の粘着力推定式	41.9	②表5.1.3 砂岩の粘着力推定式	136098.0	②式5.1.6 変形係数推定式

5.2 地盤の液状化について

液状化の判定は、日本建築学会「建築基礎構造設計指針(2019)」に準拠して実施する。

(1)判定条件(パターン)

液状化判定条件は以下の2ケースとする。

マグニチュード(M) : 7.5

地表面水平加速度(α_{max})

Case-1 1.5m/s^2 (レベル 1 荷重検討用)

Case-2 2.0m/s^2 (レベル 1 荷重検討用)

Case-3 3.5m/s^2 (レベル 2 荷重検討用)

(2)対象とすべき土層

液状化の判定を行う必要がある土層は、建築基礎構造設計指針(2019)より、以下のとおりとする。

- 1)地表面から20m程度以浅の飽和土層。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は造成地盤の下端までとする。
- 2)考慮すべき土の種類は、細粒分含有率が35%以下の土層。また、洪積層でも N 値が小さい土層。

この条件をもとに、今回の調査結果に照らし合わせて、各孔番における液状化検討の対象地層の可否を抽出して次頁の表5.2.1に示す。

表 5.2.1 液状化判定対象地層の要否一覧表

地層名	No. 1	No. 2	No. 3	細粒分含有率 Fc (%)	液状化判定 要 否
Bs 砂質土	埋土	埋土	埋土	$F_c \leq 35$ ($F_c=9.1\%$)	要
As 砂質土	砂	砂	砂	$F_c \leq 35$ ($F_c=5.5\%$)	要
	シルト混じり砂	シルト質砂 シルト混じり砂	シルト混じり砂	$F_c \leq 35$ ($F_c=13.1\%$)	要
Ac1 上部粘性土	砂質シルト			粘性土のため対象外	
Ac2 下部粘性土	粘土	粘土	粘土	粘性土のため対象外	
Ds 砂質土	礫質シルト混じり砂	礫質シルト混じり砂	礫質シルト混じり砂	$F_c \leq 35$ ($F_c=12.6\%$)	要
	礫質シルト質砂	礫質シルト質砂 礫質シルト質砂		$F_c \leq 35$ ($F_c=35.2\%$) $F_c \leq 35$ ($F_c=20.4\%$)	否 要

要否) 要・・・地下水以深、且つ $F_c \leq 35\%$

否・・・ $F_c > 35\%$ 、完全な粘性土

上表より、土の粒度試験を実施した砂質土のうち礫質シルトの上部では $F_c > 35$ を示したが、他の地点においては細粒分含有率が $F_c \leq 35\%$ を示したため、参考値として液状化検討を行う。

なお、計算に使用する細粒分含有率(F_c)は、No. 2 地点で実施した粒度試験で得られた F_c を代表値として使用する。

また、地下水位は多雨期を考慮し GL-1.0m とした。

(3) 液状化判定方法

液状化判定方法は、図 5.2.1 をもとに判定を行う。

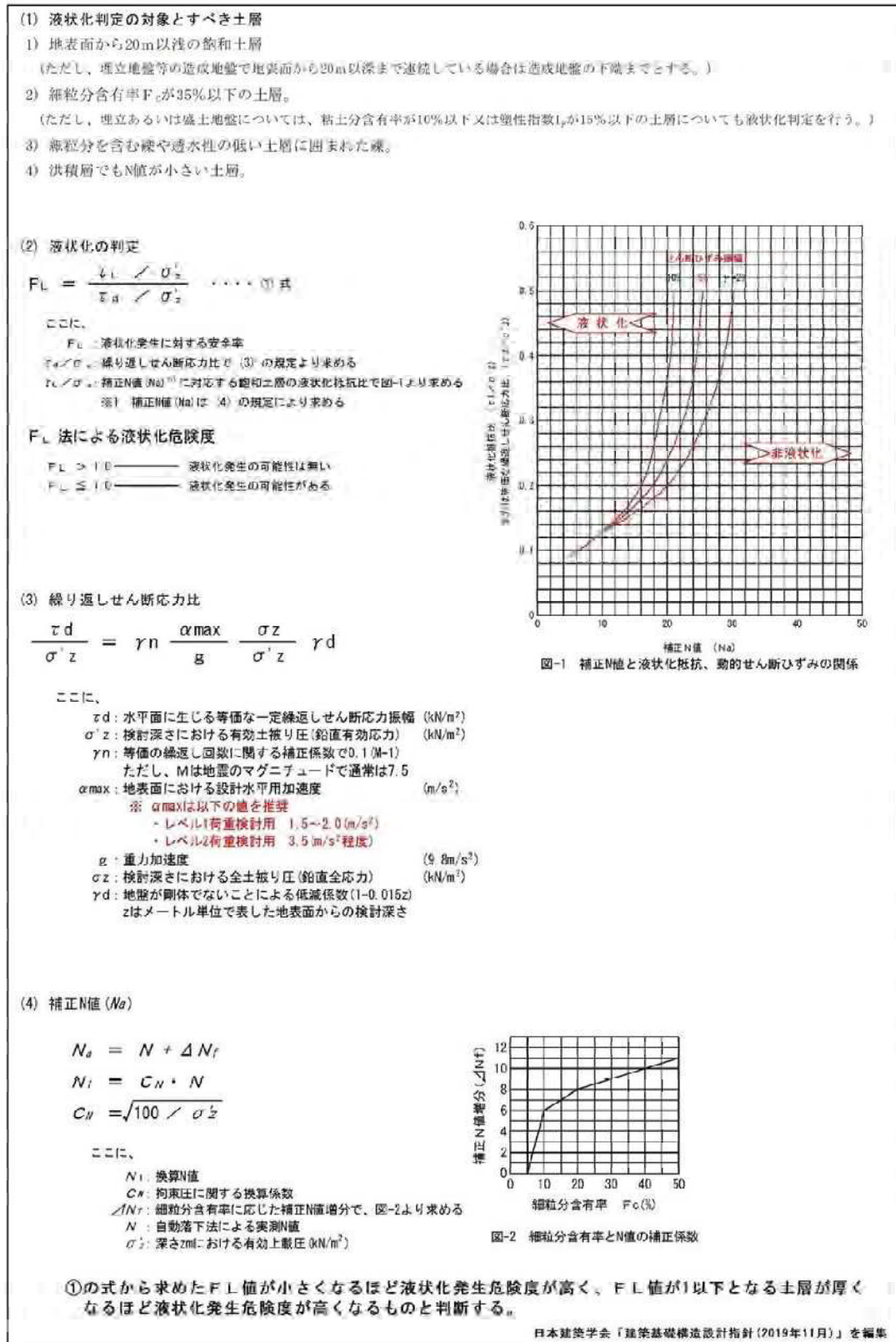


図 5.2.1 建築基礎構造設計指針における液状化判定方法

(4) 液状化指数 (P_L)

ある地点の液状化の可能性を総合的に判断するために、参考値として、液状化指数 P_L 値を算出した。

P_L 値は、各深度の F_L 値を算出し、その値 ($F_L < 1$) を深さ方向に重みをつけて足し合わせた値であり、判断基準は以下のとおりである。(中央防災会議の専門委員会資料より)

- ・ $P_L = 0$ 液状化危険度は極めて低い。
- ・ $0 < P_L \leq 5$ 液状化危険度は低い。
- ・ $5 < P_L \leq 15$ 液状化危険度がやや高い
- ・ $15 < P_L$ 液状化危険度が高い。

(5) 液状化判定結果

(1)～(4)の条件をもとに実施した液状化判定結果を表 5.2.2～5.2.6 に示し、判定結果について記述する。

なお、判定結果図の詳細は巻末の液状化計算書に整理する。

表 5.2.2 BorNo. 1 液状判定一覧表

判 定 条 件		マグニチュード M=7.5					
		$\alpha_{\max}=1.5\text{m/s}^2$ (レベル 1 荷重検討用)		$\alpha_{\max}=2.0\text{m/s}^2$ (レベル 1 荷重検討用)		$\alpha_{\max}=3.5\text{m/s}^2$ (レベル 2 荷重検討用)	
計算中心深度 GL-(m)	対象地層	F_L 値	判 定	F_L 値	判 定	F_L 値	判 定
1.300	Bs	5.357	しない	4.027	しない	2.299	しない
2.300	As	1.557	しない	1.166	しない	0.667	液状化する
3.300	Ac 1	—	—	—	—	—	—
4.300	As	0.417	液状化する	0.311	液状化する	0.178	液状化する
5.300	As	0.959	液状化する	0.717	液状化する	0.410	液状化する
6.300	As	0.845	液状化する	0.634	液状化する	0.361	液状化する
7.300	As	0.400	液状化する	0.300	液状化する	0.172	液状化する
8.300	Ds	3.409	しない	2.553	しない	1.460	しない
9.300	Ds	3.448	しない	2.586	しない	1.478	しない
10.300	Ds	2.279	しない	1.712	しない	0.978	液状化する
11.300	Ds	1.136	しない	0.850	液状化する	0.486	液状化する
12.300	Ds	1.186	しない	0.892	液状化する	0.509	液状化する
13.300	Ds	3.659	しない	2.740	しない	1.571	しない
14.300	Ds	3.727	しない	2.791	しない	1.596	しない
15.300	Ds	3.797	しない	2.844	しない	1.626	しない
16.300	Ds	3.871	しない	2.899	しない	1.653	しない
17.300	Ds	3.922	しない	2.956	しない	1.685	しない
18.300	Ds	4.000	しない	3.000	しない	1.719	しない
19.015	Ss	—	—	—	—	—	—
20.010	Ss	—	—	—	—	—	—
21.010	Ss	—	—	—	—	—	—
22.010	Ss	—	—	—	—	—	—
23.010	Ss	—	—	—	—	—	—
P_L 値(参考)		9.751	やや高い	15.513	高い	27.608	高い

- ・ 水平加速度 $1.5(\text{m/s}^2)$ では、As1 層で $F_L \leq 1.0$ を示し液状化発生の可能性がある」と判定される。参考値として、 P_L 値は $P_L=9.751$ を示し「液状化危険度はやや高い」と判定される。
- ・ 水平加速度 $2.0(\text{m/s}^2)$ では、As1 層と Ds 層で $F_L \leq 1.0$ を示し「液状化発生の可能性がある」と判定される。参考値として、 P_L 値は $P_L=15.513$ を示し「液状化危険度が高い」と判定される。
- ・ 水平加速度 $3.5(\text{m/s}^2)$ では、As 層のすべてと Ds 層の一部で $F_L \leq 1.0$ を示し「液状化の可能性がある」と判定される。参考値として、 P_L 値は $P_L=27.608$ を示し「液状化危険度が高い」と判定される。

表 5.2.3 BorNo.2 液状判定一覧表

判 定 条 件		マグニチュード M=7.5					
		$\alpha_{max}=1.5m/s^2$ (レベル 1 荷重検討用)		$\alpha_{max}=2.0m/s^2$ (レベル 1 荷重検討用)		$\alpha_{max}=3.5m/s^2$ (レベル 2 荷重検討用)	
計算中心深度 GL-(m)	対象地層	F_L 値	判 定	F_L 値	判 定	F_L 値	判 定
1.300	Bs	5.357	しない	4.027	しない	2.299	しない
2.300	As	1.557	しない	1.166	しない	0.667	液状化する
3.300	As	0.714	液状化する	0.534	液状化する	0.306	液状化する
4.300	As	0.852	液状化する	0.639	液状化する	0.364	液状化する
5.300	As	1.443	しない	1.086	しない	0.620	液状化する
6.300	As	1.012	しない	0.757	液状化する	0.433	液状化する
7.300	As	0.871	液状化する	0.652	液状化する	0.373	液状化する
8.300	Ac1	—	—	—	—	—	—
9.300	Ac1	—	—	—	—	—	—
10.300	Ds	—	—	—	—	—	—
11.300	Ds	—	—	—	—	—	—
12.300	Ds	1.278	しない	0.960	液状化する	0.550	液状化する
13.300	Ds	3.614	しない	2.715	しない	1.550	しない
14.300	Ds	3.681	しない	2.765	しない	1.579	しない
15.300	Ds	3.750	しない	2.817	しない	1.609	しない
16.300	Ds	3.822	しない	2.871	しない	1.639	しない
17.300	Ds	3.896	しない	2.927	しない	1.671	しない
18.300	Sh	—	—	—	—	—	—
19.015	Sh	—	—	—	—	—	—
20.010	Sh	—	—	—	—	—	—
21.010	Sh	—	—	—	—	—	—
22.010	Sh	—	—	—	—	—	—
P_L 値(参考)		4.370	低い	10.602	やや高い	24.395	高い

- ・ 水平加速度 $1.5(m/s^2)$ では、As1 層で $F_L \leq 1.0$ を示し液状化発生の可能性がある」と判定される。参考値として、 P_L 値は $P_L=4.370$ を示し「液状化危険度は低い」と判定される。
- ・ 水平加速度 $2.0(m/s^2)$ では、As1 層と Ds 層の一部で $F_L \leq 1.0$ を示し「液状化発生の可能性がある」と判定される。参考値として、 P_L 値は $P_L=10.602$ を示し「液状化危険度がやや高い」と判定される。
- ・ 水平加速度 $3.5(m/s^2)$ では、As 層のすべてと Ds 層の一部で $F_L \leq 1.0$ を示し「液状化の可能性がある」と判定される。参考値として、 P_L 値は $P_L=24.395$ を示し「液状化危険度が高い」と判定される。

表 5.2.4 BorNo.3 液状判定一覧表

判 定 条 件		マグニチュード M=7.5					
		$\alpha_{max}=1.5m/s^2$ (レベル 1 荷重検討用)		$\alpha_{max}=2.0m/s^2$ (レベル 1 荷重検討用)		$\alpha_{max}=3.5m/s^2$ (レベル 2 荷重検討用)	
計算中心深度 GL-(m)	対象地層	F_L 値	判 定	F_L 値	判 定	F_L 値	判 定
1.300	Bs	2.750	しない	2.067	しない	1.180	しない
2.300	As	1.557	しない	1.166	しない	0.667	液状化する
3.300	As	0.714	液状化する	0.534	液状化する	0.306	液状化する
4.300	As	0.432	液状化する	0.324	液状化する	0.185	液状化する
5.300	As	1.150	しない	0.865	液状化する	0.494	液状化する
6.300	As	1.183	しない	0.885	液状化する	0.506	液状化する
7.300	As	0.824	液状化する	0.617	液状化する	0.353	液状化する
8.300	Ds	1.795	しない	1.346	しない	0.769	液状化する
9.300	Ds	1.112	しない	0.836	液状化する	0.477	液状化する
10.300	Ds	2.613	しない	1.969	しない	1.123	しない
11.300	Ds	2.018	しない	1.516	しない	0.868	液状化する
12.300	Ds	2.448	しない	1.830	しない	1.047	しない
13.300	Ds	3.727	しない	2.804	しない	1.600	しない
14.300	Ds	3.797	しない	2.844	しない	1.626	しない
15.300	Ds	3.846	しない	2.885	しない	1.653	しない
16.300	Ds	3.922	しない	2.941	しない	1.681	しない
17.300	Ss	—	—				
18.300	Ss	—	—	—	—	—	—
19.015	Ss	—	—	—	—	—	—
20.010	Ss	—	—	—	—	—	—
21.010	Ss	—	—	—	—	—	—
P_L 値(参考)		7.966	低い	14.289	やや高い	31.077	高い

- ・ 水平加速度 $1.5(m/s^2)$ では、As1 層で $F_L \leq 1.0$ を示し液状化発生の可能性がある」と判定される。参考値として、 P_L 値は $P_L=7.966$ を示し「液状化危険度はやや高い」と判定される。
- ・ 水平加速度 $2.0(m/s^2)$ では、As1 層とDs層の一部で $F_L \leq 1.0$ を示し「液状化発生の可能性がある」と判定される。参考値として、 P_L 値は $P_L=14.289$ を示し「液状化危険度がやや高い」と判定される。
- ・ 水平加速度 $3.5(m/s^2)$ では、As 層のすべてとDs層の一部で $F_L \leq 1.0$ を示し「液状化の可能性がある」と判定される。参考値として、 P_L 値は $P_L=31.077$ を示し「液状化危険度が高い」と判定される。

5.3 基礎工について

(1) 支持地盤について

調査地には、福岡市博物館収蔵庫棟の増築工事が計画されており、公共性が高い重要建築物であることから、長期的に安定した地盤に支持させるのが適当と判断される。

調査地の地層及び N 値は以下の通りである。

①GL-7～9m付近までは、沖積層($A_s \sim A_{c1} \sim A_s \sim A_{c2}$)が分布しており、代表 N 値は $N=2 \sim 18$ で支持力不足である。

②GL-16m～-18m付近までは洪積層(D_s)が分布しており、 N 値は代表 $N=18$ で支持力不足である。

③GL-16m以深では調査地の基盤岩である、古第三紀層(Sh 及び Ss)が分布している。同層以深に分布する砂質泥岩(Sh)及び砂岩(Ss)では N 値が $N \geq 50$ が連続で確認できており、古第三紀層を支持層とすることが望ましい。

以下、支持層($N \geq 50$)の分布深度を一覧表に示す。

表 5.3.1 支持層分布深度一覧表

孔 番	孔口標高 (m)	支持層深度 (m)	支持層標高 (m)	対象地層
No.1	0.085	-18.30	-18.22	砂岩 (Ss)
No.2	0.210	-17.90	-17.69	砂質泥岩 (Sh)
No.3	0.200	-16.30	-16.10	砂岩 (Ss)

(2) 基礎形式について

基礎構造を選定する場合は、下記の4項目を満たす基礎形式を選定する必要がある。

- ①建物の要求性能を満たす(鉛直・水平)支持性能と沈下・変形性能が確保できる。
- ②施工性に優れ、施工品質に対する信頼性が高いこと。
- ③敷地周辺への環境保全上の影響が少ないこと。
- ④そのうえで経済性に優れている。

調査地の支持層と考えられる、 $N \geq 50$ の出現深度は GL-16.3～-18.3m 程度以深と深いため、基礎形式として杭基礎並びに地盤改良が考えられる。ただし、基礎形式の選定にあたっては、計画建物の荷重条件のほか、施工性や経済性、周辺地域での施工実績を考慮して、総合的に検討を行うことが望ましい。

5.4 設計・施工上の留意点

調査結果をもとに、今後の設計・施工上における留意点について以下に記す。

(1) 地震時における地盤の液化について

液状化検討結果より、レベル 1 荷重検討用の設計用水平加速度 $1.5\text{m/s}^2 \sim 2.0\text{m/s}^2$ の地震動での液状化指数 PL 値は $PL=4.37 \sim 15.513$ を示し「液状化危険度はやや低い～液状化危険度が高い」と判定される。

レベル 2 荷重検討用の設計用水平加速度 3.5m/s^2 を採用する場合は、液状化指数 PL 値が $PL=24.395 \sim 31.077$ と高く「液状化危険度が高い」と判定される。

(2) 地下水位について

調査地の孔内水位は、 $GL-2.40\text{m} \sim -2.50\text{m}$ ($FL=-0.23\text{m} \sim -1.43\text{m}$) 付近に存在し、基礎工事において孔内水位以深まで掘削を行う場合は、釜場等の排水計画が必要と思われる。

(3) 基礎工に関する留意点

- ・ 当地の基礎工としては、杭基礎並びに地盤改良が考えられる。
- ・ 杭基礎等の施工にあたっては、中間層に $\phi 30\text{mm}$ 程度の硬質礫が確認される。施工時には、その 3 倍程度の $\phi 150\text{mm}$ 程度の巨礫の混入が推定される。
- ・ 杭基礎の場合、地震時に地盤が液状化すると、鉛直支持力及び水平抵抗力の低下、さらにこれらの低下に伴う沈下、傾斜、水平変位の増大等の影響を受ける可能性がある。

地盤の液状化について、極限値の設計用水平加速度 3.5m/s^2 を採用する場合は、このような影響を考慮に入れた杭基礎の性能要求を満足するように設計するか、地盤改良等の対策工によって液状化防止を検討する必要がある。

- ・ 近接する既存の博物館が存在しており、低騒音・低振動の工法を採用することが望ましい。

以 上

巻 末 資 料

ボーリング柱状図

3 葉

ボーリング柱状図

調 査 名 福岡市博物館収蔵庫棟増築工事地質調査業務委託（駐車場施設）

ボーリングNo									
---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

事業・工事名

シート No.

ボーリング名	No. 1		調査位置	福岡市早良区百道浜3丁目1－1						北緯		
発注機関	福岡市財政局 アセットマネジメント推進部					調査期間	令和 6年 1月 15日 ～ 6年 1月 17日				東経	
調査業者名	株式会社 佐藤総合計画 九州オフィス 電話 (092-263-0870)		主任技師	長友 隆治		現代場 代理人	長友 隆治	コ 鑑 定 者	長谷 良浩	ボーリング 責任者	薦野 憲太朗	
孔口標高	KBM +0.085m	角 180° 上 90° 下 0° 度	方 北 0° 270° 西 90° 東 180° 南 向	地盤勾配 鉛直 90° 水平 0° 配	使用機種	試錐機	YBM-05		ハンマー 落下用具	半自動		
総掘進長	23.00m					エンジン	NFD-10		ポンプ	GP-5		

標尺 (m)	標高 (m)	層厚 (m)	深度 (m)	柱状 図	土質 区分	色調	相対 密度	相対 稠度	記 事	孔内 水位 (m) ／測定 月日	標準貫入試験					位置試験		試験採取			室内 試験 (月日)	掘 進 月日					
											深 度 (m)	10cmごとの 打撃回数			打撃 回数 ／貫入 量 (cm)	N 値	深 度 (m)	試 験 名 試 お よ び 結 果	深 度 (m)	試 料 番 号			採 取 方 法				
												0 10	10 20	20 30													
1					埋土	淡褐色			シルト質砂。 含水量中位。		1.15	6	3	3	12 30	12											
2	-1.72	1.80	1.80		砂	淡褐色			基質は細砂。 GL-2.4m付近より含水量が増える。	1/15 2/40	1.45																
3					砂質シルト	淡褐色			粘性、含水量ともに中位。 中間土に近い。		2.15	4	3	3	10 30	10											
4					シルト 混じり 砂	淡灰 ／ 暗灰			基質は細砂。 含水量は中～高位。 GL-4.2～4.5m付近には粘性土の薄層 を挟む。 貝殻微片が不均質に少量混じる。	2.45																	
5				3.15						1 20	1 15	2 35	2														
6				4.15						1 30		1 30	1														
7				4.45																							
8	-7.62	0.90	7.70		シルト 質砂	黒灰			基質は微細砂。 貝殻微片が混在。		5.15	4	4	2	10 30	10											
9					礫質 シルト 混じり 砂	淡灰			基質は花崗岩起源の細～中砂が主 体。 礫はφ30mm以下の亜角礫主体。	5.45																	
10				6.15						3	3	3	9 30	9													
11				6.45																							
12				7.15						1	1	1	3 30	3													
13	-8.02	0.40	8.10		粘土	暗褐色			含水量中位、粘性高位。		7.15																
14					礫質 シルト 混じり 砂	淡灰			基質は花崗岩起源の細～中砂が主 体。 礫はφ30mm以下の亜角礫主体。	8.15	8	8	9	25 30	25												
15				8.45																							
16				9.15						8	10	10	28 30	28													
17				9.45																							
18	-10.52	2.50	10.60		礫質 シルト 質砂	淡茶褐 ／ 淡褐色			基質は花崗岩起源の細～粗砂が主 体。 不均質に粘土の薄層および細粒土優 勢箇所が見られる。 花崗岩の風化礫が全体に混じる。 風化礫の一部はクサリ礫で粘土化が 進行する。 硬質礫はφ30mm以下の角礫主体。	10.15	7	7	3	17 30	17												
19				10.45						3	3	5	11 30	11													
20				11.15																							
21				12.15						3	3	6	12 30	12													
22					礫質 シルト 質砂	淡茶褐 ／ 淡褐色			基質は花崗岩起源の細～粗砂が主 体。 不均質に粘土の薄層および細粒土優 勢箇所が見られる。 花崗岩の風化礫が全体に混じる。 風化礫の一部はクサリ礫で粘土化が 進行する。 硬質礫はφ30mm以下の角礫主体。	12.45																	
23				13.15						16	17	17 5	50 25	60													
24				13.40																							
25				14.15						9	7	8	24 30	24													
26					砂岩	淡灰			細粒砂岩。 短柱～片状コアで採取される。 ハンマーの中等度の打撃にて濁音を 発して割れる。 CL級岩盤相当。	14.45																	
27				15.15						14	19	17 7	50 27	56													
28				15.42																							
29				16.15						15	35 9		50 19	79													
30					砂岩	淡灰			細粒砂岩。 短柱～片状コアで採取される。 ハンマーの中等度の打撃にて濁音を 発して割れる。 CL級岩盤相当。	16.34																	
31				17.15						7	10	16	33 30	33													
32				17.45																							
33				18.15						15	35 5		50 15	100													
34	-18.22	7.70	18.30		砂岩	淡灰			細粒砂岩。 短柱～片状コアで採取される。 ハンマーの中等度の打撃にて濁音を 発して割れる。 CL級岩盤相当。	18.30	50 3			50 3	500												
35				19.00																							
36				19.03																							
37				20.00						50 2			50 2	750													
38					砂岩	淡灰			細粒砂岩。 短柱～片状コアで採取される。 ハンマーの中等度の打撃にて濁音を 発して割れる。 CL級岩盤相当。	20.02																	
39				21.00						50 2			50 2	750													
40				21.02																							
41				22.00						50 2			50 2	750													
42					砂岩	淡灰			細粒砂岩。 短柱～片状コアで採取される。 ハンマーの中等度の打撃にて濁音を 発して割れる。 CL級岩盤相当。	22.02																	
43				23.00						50 2			50 2	750													
44				23.02																							
45																											

ボーリング柱状図

調査名福岡市博物館収蔵庫棟増築工事地質調査業務委託（駐車場施設）

ボーリングNo									
---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

事業・工事名

シートNo

ボーリング名	No. 2			調査位置	福岡市早良区百道浜3丁目1-1					北緯	
発注機関	福岡市財政局 アセットマネジメント推進部				調査期間	令和 6年 1月 17日 ~ 6年 1月 22日				東経	
調査業者名	株式会社 佐藤総合計画 九州オフィス 電話 (092-263-0870)		主任技師	長友 隆治	現代場 代理人	長友 隆治	コ 鑑 定 者	長谷 良浩	ボーリング 責任者	薦野 憲太朗	
孔口標高	KBM +0.210m	角 180° 上 90° 下 0° 度	方 北 0° 270° 90° 西 180° 東 向	地盤勾配 鉛直 90° 水平 0°	使用機種	試錐機	YBM-05		ハンマー 落下用具	半自動	
総掘進長	23.00m					エンジン	NFD-10		ポンプ	GP-5	

ボーリング柱状図

調 査 名 福岡市博物館収蔵庫棟増築工事地質調査業務委託（駐車場施設）

ボーリングNo

事業・工事名

シート No.

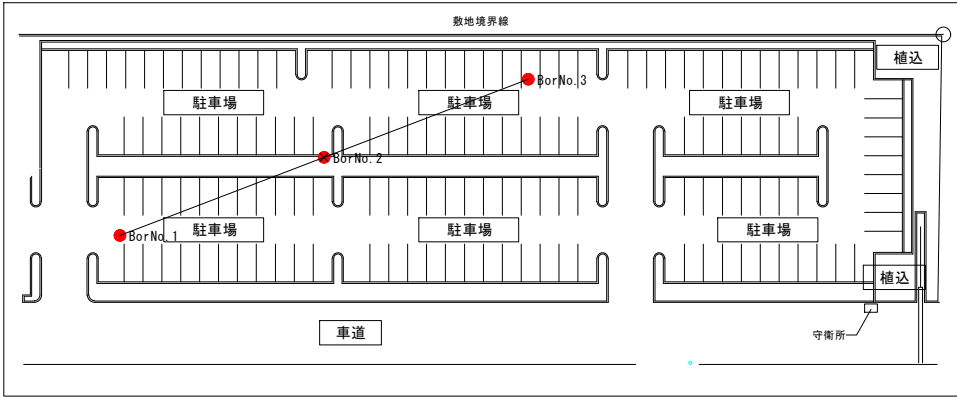
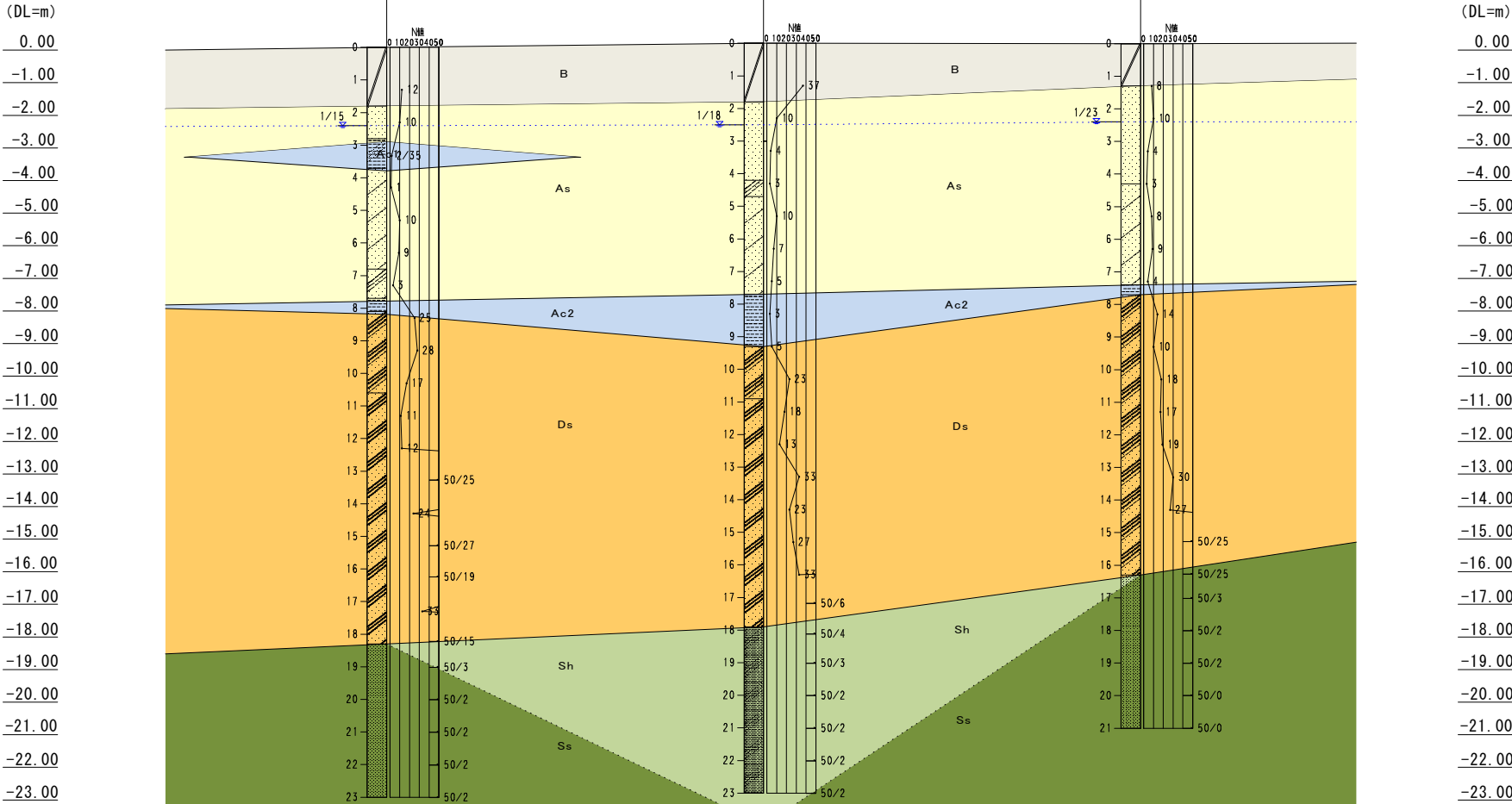
ボーリング名	No. 3			調査位置	福岡市早良区百道浜3丁目1-1						北緯	
発注機関	福岡市財政局 アセットマネジメント推進部					調査期間	令和 6年 1月 23日 ~ 6年 1月 26日				東経	
調査業者名	株式会社 佐藤総合計画 九州オフィス 電話 (092-263-0870)			主任技師	長友 隆治		現場代理人	長友 隆治	コ 鑑 定 者	長谷 良浩	ボーリング責任者	薦野 憲太朗
孔口標高	KBM +0.200m	角 180° 上 90° 下 0° 度		方 北 0° 270° 90° 西 東 180° 南	地盤勾配 鉛直 水平 0° 90° 0°	使用機種	試錐機	YBM-05		ハンマー落下用具	半自動	
総掘進長	21.00m						エンジン	NFD-10		ポンプ	GP-5	

標尺 (m)	標高 (m)	層厚 (m)	深度 (m)	柱状図	土質区分	色調	相対密度	相対稠度	記 事	孔内水位(m)／測定月日	標準貫入試験					原位置試験		試料採取			室内試験(月日)	掘進						
											深 度 (m)	10cmごとの 打撃回数			打撃回数／貫入量 (cm)	N 値	深 度 (m)	試験名および結果	深 度 (m)	試料番号			採取方法					
												0	10	20														
											1/23 2/40	1.15	3	2	3	8/30	8							1/23				
2					砂	淡褐灰			上部、シルト混じり細砂。 下部は礫混じり砂。 GL-2.4m付近より含水量が増える。 層下部には貝殻微片が少量混じる。	2.15	4	3	3	10/30	10													
3				2.45						2	1	1	4/30	4														
4	-4.10	3.00	4.30	3.15						2			3/30	3														
5				3.45						2	1/20		3/30	3														
6				4.15	シルト混じり砂	暗灰			基質は細砂。 層上部は含水量高位、以深は中位。 貝殻片が少量混じる。	4.45	3	3	2	8/30	8													
7	-7.20	3.10	7.10	4.15						3	3	3	9/30	9														
8	-7.50	0.30	7.70	5.15						3	3	2	8/30	8														
9				5.45						3	3	3	9/30	9														
10				6.15	礫質シルト混じり砂	淡褐灰・淡青灰・淡茶褐			基質は花崗岩起源の細～粗砂が主体。 層上部は高含水、不均質に粘土の薄層を挟む。 花崗岩の風化礫が全体に混じる。 風化礫の一部はクサリ礫で粘土化が進行する。 硬質礫はφ30mm以下の角礫主体。	6.45	2	1	1	4/30	4													
11				7.15						4	6	4	14/30	14														
12				8.15						4	3	3	10/30	10														
13				8.45						6	6	6	18/30	18														
14				9.15						4	4	9	17/30	17														
15				9.45						6	7	6	19/30	19														
16	-16.10	8.60	16.30	10.15						8	10	12	30/30	30														
17				10.45						8	8	11	27/30	27														
18				11.15						13	26	11/5	50/25	60														
19				11.45						9	9	32/5	50/25	60														
20				12.15						50/3			50/3	500														
21	-20.80	4.70	21.00	12.45						50/2			50/2	750														
				13.15	50/2			50/2	750																			
				13.45	貫入不能			50/0																				
				14.15	貫入不能			50/0																				
				14.45	貫入不能			50/0																				
				15.15	貫入不能			50/0																				
				15.40	貫入不能			50/0																				
				16.15	貫入不能			50/0																				
				16.40	貫入不能			50/0																				
				17.00	貫入不能			50/0																				
				17.03	貫入不能			50/0																				
				18.00	貫入不能			50/0																				
				18.02	貫入不能			50/0																				
				19.00	貫入不能			50/0																				
				19.02	貫入不能			50/0																				
				20.00	貫入不能			50/0																				
				20.00	貫入不能			50/0																				
				21.00	貫入不能			50/0																				
				21.00	貫入不能			50/0																				

地質推定断面図

1 葉

地層想定断面図 S=1:100



調査位置図 S=1 : 200

地層・地質凡例

地質年代		地層・地質區劃		区分	岩質	区分記号	N値範圍	設計N値	層厚 (m)
新生代	第四紀	完新世	埋土層		砂質土	B	8～37 (19.0)	12	1.30～1.80
			冲積層	砂質土	As	1～10 (6.2)	4	6.10～9.10	
				上部粘性土	Ac1	2	2	0.9	
				下部粘性土	Ac2	3	3	0.40～1.60	
			更新世	洪積層		砂質土	Ds	10～48 (24.4)	18
	第三紀	白堊紀		砂質泥岩	軟岩	Sh	300	300	5.1m以上
			砂岩	軟岩	Ss	300	300	4.70m以上	

孔内載荷試験データシート

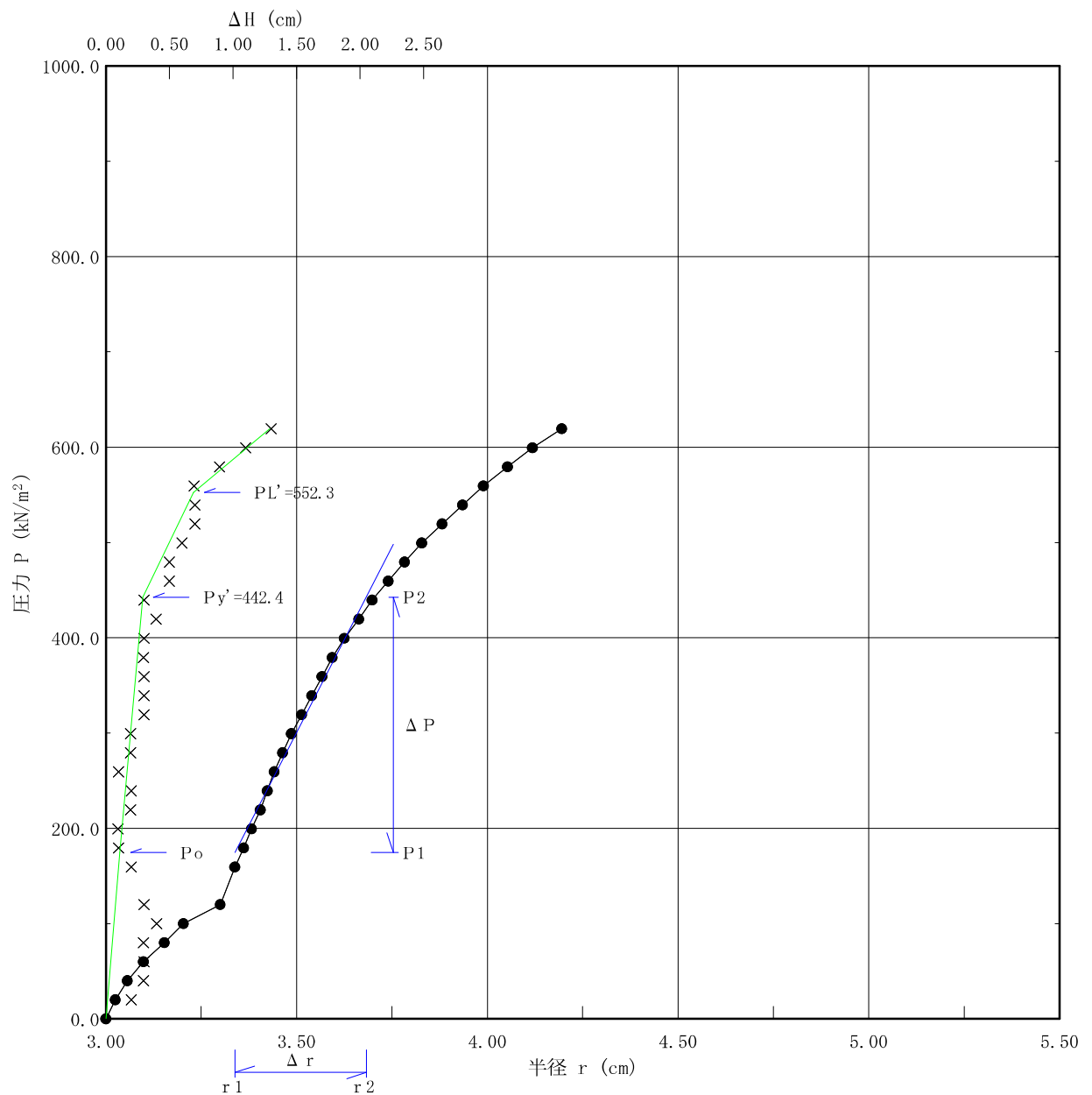
1 葉

孔内水平載荷試験

調査件名	福岡市博物館立体駐車場		
測定番号	No. 2 - 2-1	深 度	GL -3.00 m
測定月日	2024年 1月22日	時 間	10:00
使用ゴム筒	生ゴムハイカー	N 値	4
地 質 名	砂		

試験装置	L L T
試験時の状況	

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_m (kN/m ³)	変形係数 E (kN/m ²)	K値を求めた 中間半径 r_m (cm)
174.3	268.1	378.0	77,860	3,554	3.51



L L T測定データシート

調査件名	福岡市博物館立体駐車場		
測定番号	2-1	深 度	GL -3.00 m
測 定 日	1月22日	時 間	10:00
使用ゴム筒	生ゴムハイカー	N 値	4
地 質	砂		

測 定 者	薦 野 憲 太 朗	自然水位	GL -2.40 m
記 録 者		孔内水位	GL +5.00 m
機器番号	No. 1	タンク高さ	GL m

初期スタンドパイプの水位 H_o	1.00 cm
挿入後スタンドパイプの水位 H_o'	1.00 cm

- [注記] 1) PGは使用ゴムに応じてあらかじめ定めたH-PG曲線より求める。
 2) P_s は(PG-P)を求め、その最大値とする。 $P_s = 0.0$ (kN/m²)
 3) P_e は次式から求める。 $P_e = P + P_s - PG$

セル水圧 P (kN/m ²)	ガス圧 P (kN/m ²)	スタンドパイプ読みH' (cm)			
		15	30	60	120
0.0	0.0				1.00
20.0	20.0	1.20	1.30	1.40	1.50
40.0	40.0	1.70	1.80	1.90	2.10
60.0	60.0	2.50	2.60	2.70	2.90
80.0	80.0	3.50	3.70	3.80	4.00
100.0	100.0	4.40	4.60	4.80	5.00
120.0	120.0	6.50	6.70	6.90	7.00
160.0	160.0	7.50	7.60	7.70	7.80
180.0	180.0	8.10	8.20	8.20	8.30
200.0	200.0	8.50	8.60	8.60	8.70
220.0	220.0	8.90	9.00	9.00	9.20
240.0	240.0	9.30	9.40	9.50	9.60
260.0	260.0	9.80	9.90	9.90	10.00
280.0	280.0	10.30	10.30	10.40	10.50
300.0	300.0	10.70	10.80	10.90	11.00
320.0	320.0	11.30	11.30	11.50	11.60
340.0	340.0	11.80	11.90	12.00	12.20
360.0	360.0	12.40	12.50	12.70	12.80
380.0	380.0	13.00	13.10	13.30	13.40
400.0	400.0	13.70	13.80	14.00	14.10
420.0	420.0	14.50	14.60	14.80	15.00
440.0	440.0	15.30	15.50	15.60	15.80
460.0	460.0	16.10	16.30	16.50	16.80
480.0	480.0	17.10	17.30	17.50	17.80
500.0	500.0	18.10	18.30	18.60	18.90
520.0	520.0	19.30	19.50	19.80	20.20
540.0	540.0	20.50	20.80	21.10	21.50
560.0	560.0	21.90	22.20	22.50	22.90
580.0	580.0	23.30	23.60	23.90	24.50
600.0	600.0	24.80	25.10	25.60	26.20
620.0	620.0	26.60	26.90	27.50	28.20

ΔH (cm)	H (cm)	PG (kN/m ²)	PG-P (kN/m ²)	P_e (kN/m ²)	r (cm)
$H'_{120} - H'_{30}$	$H'_{120} - H_o$				
	0.00	0.0	0.0	0.0	3.000
0.20	0.50	0.1	-19.9	19.9	3.026
0.30	1.10	0.2	-39.8	39.8	3.057
0.30	1.90	0.3	-59.7	59.7	3.099
0.30	3.00	0.4	-79.6	79.6	3.154
0.40	4.00	0.5	-99.5	99.5	3.204
0.30	6.00	0.7	-119.3	119.3	3.301
0.20	6.80	0.7	-159.3	159.3	3.339
0.10	7.30	0.7	-179.3	179.3	3.363
0.10	7.70	0.8	-199.2	199.2	3.382
0.20	8.20	0.8	-219.2	219.2	3.405
0.20	8.60	0.8	-239.2	239.2	3.424
0.10	9.00	0.8	-259.2	259.2	3.442
0.20	9.50	0.9	-279.1	279.1	3.465
0.20	10.00	0.9	-299.1	299.1	3.488
0.30	10.60	0.9	-319.1	319.1	3.515
0.30	11.20	0.9	-339.1	339.1	3.542
0.30	11.80	1.0	-359.0	359.0	3.568
0.30	12.40	1.0	-379.0	379.0	3.595
0.30	13.10	1.0	-399.0	399.0	3.625
0.40	14.00	1.0	-419.0	419.0	3.665
0.30	14.80	1.1	-438.9	438.9	3.699
0.50	15.80	1.1	-458.9	458.9	3.741
0.50	16.80	1.1	-478.9	478.9	3.783
0.60	17.90	1.1	-498.9	498.9	3.829
0.70	19.20	1.2	-518.8	518.8	3.883
0.70	20.50	1.2	-538.8	538.8	3.935
0.70	21.90	1.2	-558.8	558.8	3.991
0.90	23.50	1.3	-578.7	578.7	4.054
1.10	25.20	1.3	-598.7	598.7	4.120
1.30	27.20	1.3	-618.7	618.7	4.196

室内土質試験データシート

1 式

土質試験結果一覧表（基礎地盤）

調査件名 福岡市博物館 立体駐車場 地質調査

整理年月日 2024年 03月 08日

整理担当者 川口 聖也

試料番号 (深 さ)		No. 2 (1. 15～1. 45m)	No. 2 (3. 15～3. 45m)	No. 2 (6. 15～6. 45m)	No. 2 (8. 15～8. 45m)	No. 2 (10. 15～10. 45m)	No. 2 (12. 15～12. 45m)
一般	湿潤密度 ρ_t g/cm ³						
	乾燥密度 ρ_d g/cm ³						
	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2. 715	2. 646	2. 705	2. 680	2. 680	2. 691
	自然含水比 w_n %	10. 4	22. 2	27. 0	40. 9	10. 7	24. 3
	間隙比 e						
	飽和度 S_r %						
粒度	石分 (75mm以上) %	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0
	礫分 ¹⁾ (2～75mm) %	49. 9	13. 3	5. 9	7. 2	49. 4	5. 4
	砂分 ¹⁾ (0. 075～2mm) %	41. 0	81. 2	80. 9	21. 0	38. 7	59. 4
	シルト分 ¹⁾ (0. 005～0. 075mm) %	6. 3	3. 5	8. 6	44. 2	8. 9	16. 9
	粘土分 ¹⁾ (0. 005mm未満) %	2. 8	2. 0	4. 6	27. 6	3. 0	18. 3
	最大粒径 mm	26. 5	4. 75	9. 5	19	26. 5	9. 5
	均等係数 U_c	39	3	6	—	73	—
	50 % 粒径 D_{50} mm	1. 9894	1. 2451	0. 2270	0. 0224	1. 9504	0. 2414
コンシステンシー特性	液性限界 w_L %				66. 2		58. 7
	塑性限界 w_p %				28. 6		26. 6
	塑性指数 I_p				37. 6		32. 1
分類	地盤材料の分類名	粘性土まじり砂質礫	粘性土礫まじり砂	粘性土礫まじり砂	礫まじり砂質粘土 (高液性限界)	粘性土まじり砂質礫	礫まじり粘性土質砂
	分類記号	(GS-Cs)	(S-CsG)	(S-CsG)	(CHS-G)	(GS-Cs)	(SCs-G)
圧密	試験方法						
	圧縮指数 C_c						
	圧密降伏応力 p_c kN/m ²						
一軸圧縮	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²						
	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²						
	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 °						
	有効応力 c' kN/m ²						
	ϕ' °						

特記事項

1) 石分を除いた75mm未満の土質材料に対する百分率で表す。
[1kN/m²≒0. 0102kgf/cm²]

	土質試験結果一覧表（基礎地盤）	
--	-----------------	--

調査件名	福岡市博物館 立体駐車場 地質調査	整理年月日	2024年 03月 08日
------	-------------------	-------	---------------

整理担当者 川口 聖也

試料番号 (深 さ)		No. 2 (15.15~15.45m)					
一般	湿潤密度 ρ_t g/cm ³						
	乾燥密度 ρ_d g/cm ³						
	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.678					
	自然含水比 w_n %	21.0					
	間隙比 e						
	飽和度 S_r %						
粒度	石分 (75mm以上) %	0.0					
	礫分 ¹⁾ (2~75mm) %	36.5					
	砂分 ¹⁾ (0.075~2mm) %	50.9					
	シルト分 ¹⁾ (0.005~0.075mm) %	8.5					
	粘土分 ¹⁾ (0.005mm未満) %	4.1					
	最大粒径 mm	19					
	均等係数 U_c	47					
	50%粒径 D_{50} mm	1.4370					
コンシステンシー特性	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	粘性土まじり礫質砂					
	分類記号	(SG-Cs)					
圧密	試験方法						
	圧縮指数 C_c						
	圧密降伏応力 p_c kN/m ²						
一軸圧縮	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²						
	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²						
	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 °						
	有効応力 c' kN/m ²						
	ϕ' °						

特記事項	1) 石分を除いた75mm未満の土質材料に対する百分率で表す。 [1kN/m ² ≒0.0102kgf/cm ²]
------	---

JIS A 1202 JGS 0111	土 粒 子 の 密 度 試 験 (測定)	
------------------------	----------------------	--

調査件名 福岡市博物館 立体駐車場 地質調査 試験年月日 2024年 03月 06日

試 験 者 川口 聖也

試 料 番 号 (深 さ)		No. 2 (1.15～1.45m)			No. 2 (3.15～3.45m)		
ピクノメーター No.		6	19	22	26	11	17
(試料+蒸留水+ピクノメーター)の質量 m_b g		171.594	178.495	175.867	176.574	174.129	172.708
m_b をはかったときの内容物の温度 T °C		19	19	19	19	19	19
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³		0.99841	0.99841	0.99841	0.99841	0.99841	0.99841
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_s g		156.051	161.578	161.897	162.882	158.231	157.419
試 料 の	容 器 No.	837	863	810	858	866	848
	(炉乾燥試料+容器)質量 g	129.679	131.148	133.084	127.851	129.001	126.623
炉乾燥質量	容 器 質 量 g	105.096	104.402	110.980	105.902	103.434	102.064
	m_s g	24.583	26.746	22.104	21.949	25.567	24.559
土 粒 子 の 密 度 ρ_s g/cm ³		2.715	2.717	2.713	2.654	2.640	2.645
平 均 値 ρ_s g/cm ³		2.715			2.646		
試 料 番 号 (深 さ)		No. 2 (6.15～6.45m)			No. 2 (8.15～8.45m)		
ピクノメーター No.		31	15	23	49	8	5
(試料+蒸留水+ピクノメーター)の質量 m_b g		175.595	166.910	171.658	176.086	172.602	170.597
m_b をはかったときの内容物の温度 T °C		19	19	19	19	19	19
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³		0.99841	0.99841	0.99841	0.99841	0.99841	0.99841
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_s g		161.192	153.626	157.375	161.571	159.060	157.646
試 料 の	容 器 No.	830	831	875	804	851	834
	(炉乾燥試料+容器)質量 g	127.374	128.342	127.899	128.892	128.905	127.622
炉乾燥質量	容 器 質 量 g	104.564	107.282	105.241	105.734	107.347	106.986
	m_s g	22.810	21.060	22.658	23.158	21.558	20.636
土 粒 子 の 密 度 ρ_s g/cm ³		2.709	2.704	2.701	2.675	2.685	2.681
平 均 値 ρ_s g/cm ³		2.705			2.680		
試 料 番 号 (深 さ)		No. 2 (10.15～10.45m)			No. 2 (12.15～12.45m)		
ピクノメーター No.		53	21	30	60	14	3
(試料+蒸留水+ピクノメーター)の質量 m_b g		171.245	170.363	168.825	176.901	175.986	166.013
m_b をはかったときの内容物の温度 T °C		19	19	19	19	19	19
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³		0.99841	0.99841	0.99841	0.99841	0.99841	0.99841
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_s g		156.939	157.689	154.235	162.000	161.594	151.545
試 料 の	容 器 No.	825	847	816	874	812	852
	(炉乾燥試料+容器)質量 g	118.541	120.096	129.470	126.538	129.037	124.703
炉乾燥質量	容 器 質 量 g	95.762	99.897	106.191	102.847	106.176	101.686
	m_s g	22.779	20.199	23.279	23.691	22.861	23.017
土 粒 子 の 密 度 ρ_s g/cm ³		2.684	2.680	2.675	2.691	2.695	2.688
平 均 値 ρ_s g/cm ³		2.680			2.691		

特記事項 1) ピクノメーターの検定結果から求める。

$$\rho_s = \frac{m_s}{m_s + (m_s - m_b)} \times \rho_w(T)$$

JIS A 1202 JGS 0111	土 粒 子 の 密 度 試 験 (測定)	
------------------------	----------------------	--

調査件名 福岡市博物館 立体駐車場 地質調査 試験年月日 2024年 03月 06日

試 験 者 川口 聖也

試 料 番 号 (深 さ)		No. 2 (15. 15～15. 45m)					
ピ ク ノ メ ー タ ー No.		66	64	51			
(試料+蒸留水+ピクノメーター)の質量 m_b g		177. 972	172. 725	175. 819			
m_i をはかったときの内容物の温度 T °C		19	19	19			
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³		0. 99841	0. 99841	0. 99841			
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_a g		162. 617	156. 500	161. 629			
試 料 の	容 器 No.	827	867	821			
	(炉乾燥試料+容器)質量 g	132. 002	129. 498	134. 155			
炉 乾 燥 質 量	容 器 質 量 g	107. 536	103. 611	111. 525			
	m_s g	24. 466	25. 887	22. 630			
土 粒 子 の 密 度 ρ_s g/cm ³		2. 681	2. 675	2. 677			
平 均 値 ρ_s g/cm ³		2. 678					
試 料 番 号 (深 さ)							
ピ ク ノ メ ー タ ー No.							
(試料+蒸留水+ピクノメーター)の質量 m_b g							
m_i をはかったときの内容物の温度 T °C							
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³							
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_a g							
試 料 の	容 器 No.						
	(炉乾燥試料+容器)質量 g						
炉 乾 燥 質 量	容 器 質 量 g						
	m_s g						
土 粒 子 の 密 度 ρ_s g/cm ³							
平 均 値 ρ_s g/cm ³							
試 料 番 号 (深 さ)							
ピ ク ノ メ ー タ ー No.							
(試料+蒸留水+ピクノメーター)の質量 m_b g							
m_i をはかったときの内容物の温度 T °C							
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³							
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_a g							
試 料 の	容 器 No.						
	(炉乾燥試料+容器)質量 g						
炉 乾 燥 質 量	容 器 質 量 g						
	m_s g						
土 粒 子 の 密 度 ρ_s g/cm ³							
平 均 値 ρ_s g/cm ³							

特記事項

1) ピクノメーターの検定結果から求める。

$$\rho_s = \frac{m_s}{m_s + (m_a - m_b)} \times \rho_w(T)$$

J I S A 1 2 0 3 J G S 0 1 2 1	土 の 含 水 比 試 験	
----------------------------------	---------------	--

調査件名 福岡市博物館 立体駐車場 地質調査 試験年月日 2024年 03月 05日

試 験 者 川口 聖也

試料番号 (深さ)	No. 2 (1. 15～1. 45m)			No. 2 (3. 15～3. 45m)		
容 器 No.	1742	1745	630	1747	1720	640
m_a g	119. 25	110. 95	104. 87	136. 44	137. 83	125. 05
m_b g	115. 50	107. 80	100. 80	125. 65	126. 89	113. 44
m_c g	79. 75	76. 28	62. 73	76. 39	77. 52	61. 62
w %	10. 5	10. 0	10. 7	21. 9	22. 2	22. 4
平 均 値 w %	10. 4			22. 2		
特 記 事 項						

試料番号 (深さ)	No. 2 (6. 15～6. 45m)			No. 2 (8. 15～8. 45m)		
容 器 No.	1746	1757	637	612	606	632
m_a g	141. 17	145. 86	132. 75	125. 43	122. 86	118. 05
m_b g	127. 26	131. 24	117. 58	108. 41	104. 69	102. 45
m_c g	76. 03	77. 17	61. 20	65. 54	61. 36	64. 40
w %	27. 2	27. 0	26. 9	39. 7	41. 9	41. 0
平 均 値 w %	27. 0			40. 9		
特 記 事 項						

試料番号 (深さ)	No. 2 (10. 15～10. 45m)			No. 2 (12. 15～12. 45m)		
容 器 No.	646	570	655	1749	1603	662
m_a g	100. 27	111. 04	107. 54	111. 44	104. 56	107. 31
m_b g	96. 46	106. 47	103. 28	105. 34	96. 38	98. 67
m_c g	61. 88	62. 26	63. 84	79. 76	63. 42	63. 28
w %	11. 0	10. 3	10. 8	23. 8	24. 8	24. 4
平 均 値 w %	10. 7			24. 3		
特 記 事 項						

試料番号 (深さ)	No. 2 (15. 15～15. 45m)					
容 器 No.	627	1722	574			
m_a g	105. 44	123. 37	117. 44			
m_b g	97. 96	115. 07	107. 90			
m_c g	62. 13	75. 74	62. 64			
w %	20. 9	21. 1	21. 1			
平 均 値 w %	21. 0					
特 記 事 項						

試料番号 (深さ)						
容 器 No.						
m_a g						
m_b g						
m_c g						
w %						
平 均 値 w %						
特 記 事 項						

$$w = \frac{m_a - m_b}{m_b - m_c} \times 100$$

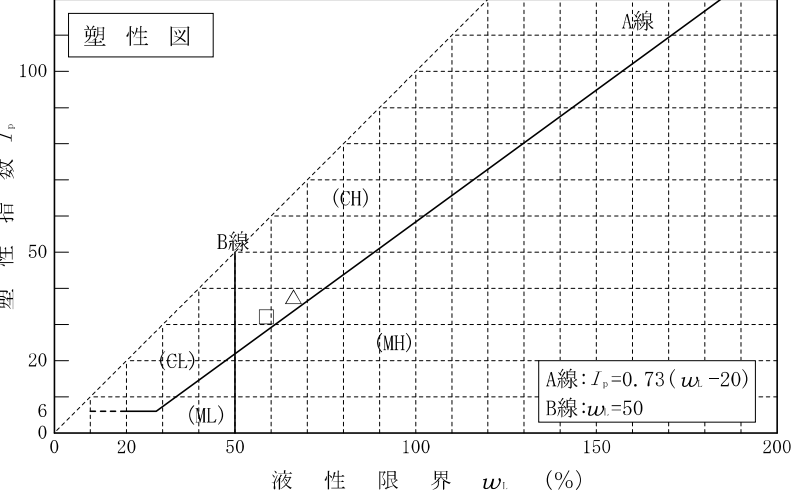
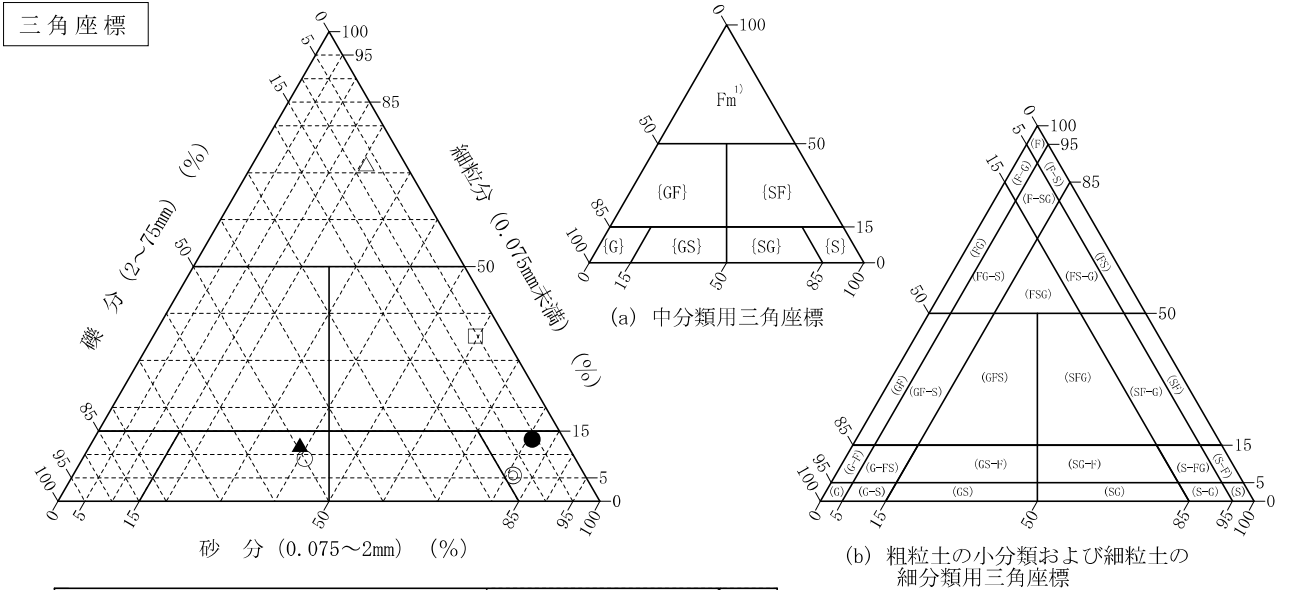
m_a : (試料+容器)質量
 m_b : (炉乾燥試料+容器)質量
 m_c : 容器質量

調査件名福岡市博物館 立体駐車場 地質調査

試験年月日2024年 03月 07日

試験者川口 聖也

試料番号 (深 さ)	No. 2 (1. 15～1. 45m)	No. 2 (3. 15～3. 45m)	No. 2 (6. 15～6. 45m)	No. 2 (8. 15～8. 45m)	No. 2 (10. 15～10. 45m)	No. 2 (12. 15～12. 45m)
石 分(75mm以上) %	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0
礫 分(2～75mm) %	49. 9	13. 3	5. 9	7. 2	49. 4	5. 4
砂 分(0. 075～2mm) %	41. 0	81. 2	80. 9	21. 0	38. 7	59. 4
細 粒 分(0. 075mm未満) %	9. 1	5. 5	13. 2	71. 8	11. 9	35. 2
シルト分(0. 005～0. 075mm) %	6. 3	3. 5	8. 6	44. 2	8. 9	16. 9
粘土分(0. 005mm未満) %	2. 8	2. 0	4. 6	27. 6	3. 0	18. 3
最大粒径 mm	26. 5	4. 75	9. 5	19	26. 5	9. 5
均等係数 U_c	39	3	6	－	73	－
液性限界 w_L %				66. 2		58. 7
塑性限界 w_p %				28. 6		26. 6
塑性指数 I_p				37. 6		32. 1
地盤材料の分類名	粘性土まじり 砂質礫	粘性土礫まじり 砂	粘性土礫まじり 砂	礫まじり砂質粘土 (高液性限界)	粘性土まじり 砂質礫	礫まじり 粘性土質砂
分類記号	(GS-Cs)	(S-CsG)	(S-CsG)	(CHS-G)	(GS-Cs)	(SCs-G)
凡例記号	○	◎	●	△	▲	□



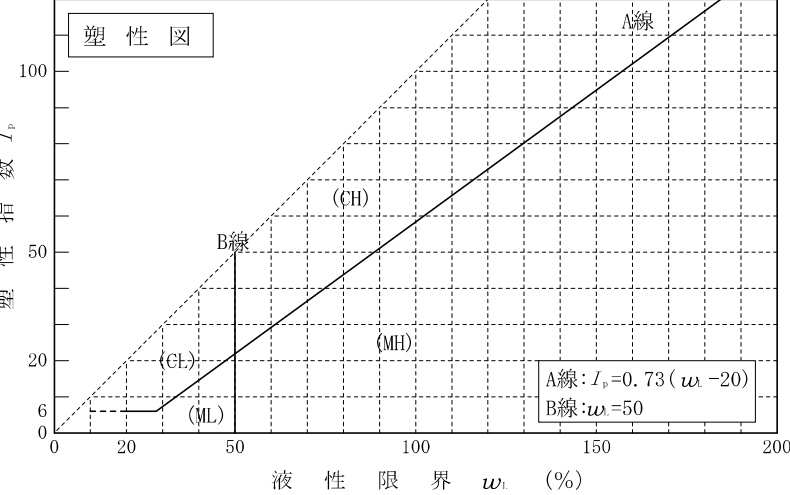
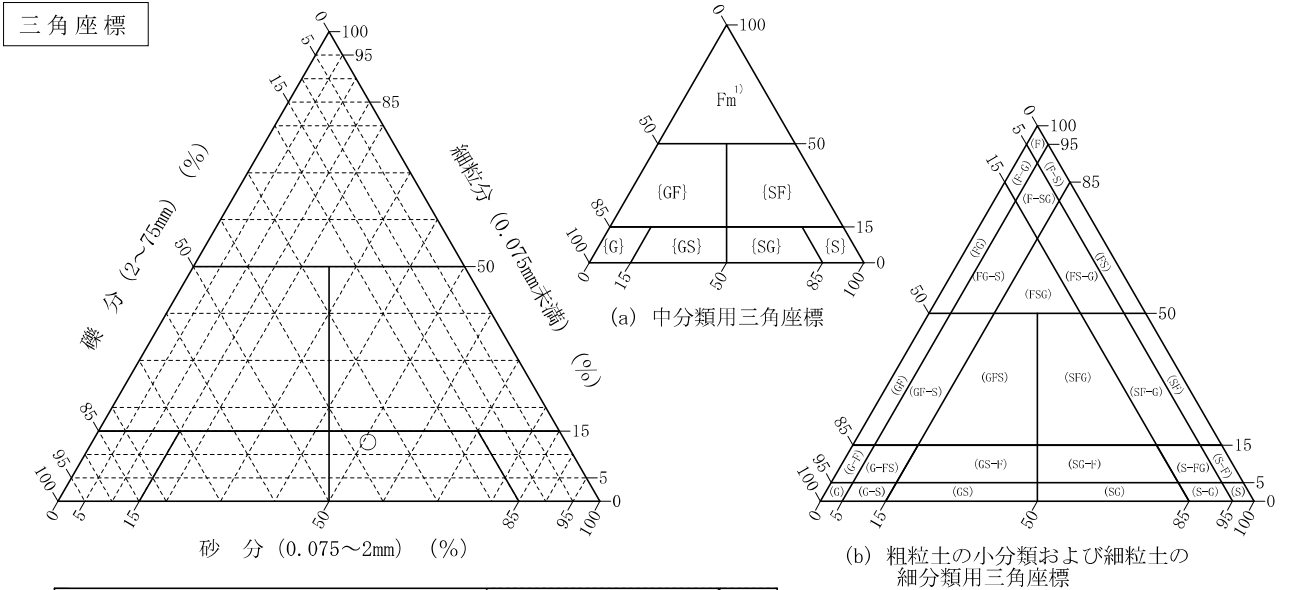
特記事項 1) 主に観察と塑性図で判別分類

JGS	0051	地盤材料の工学的分類	
-----	------	------------	--

調査件名 福岡市博物館 立体駐車場 地質調査 試験年月日 2024年 03月 07日

試験者 川口 聖也

試料番号 (深さ)	No. 2 (15.15~15.45m)					
石分(75mm以上) %	0.0					
礫分(2~75mm) %	36.5					
砂分(0.075~2mm) %	50.9					
細粒分(0.075mm未満) %	12.6					
シルト分(0.005~0.075mm) %	8.5					
粘土分(0.005mm未満) %	4.1					
最大粒径 mm	19					
均等係数 U_c	47					
液性限界 w_L %						
塑性限界 w_p %						
塑性指数 I_p						
地盤材料の分類名	粘性土まじり 礫質砂					
分類記号	(SG-Cs)					
凡例記号	○					



特記事項 1) 主に観察と塑性図で判別分類

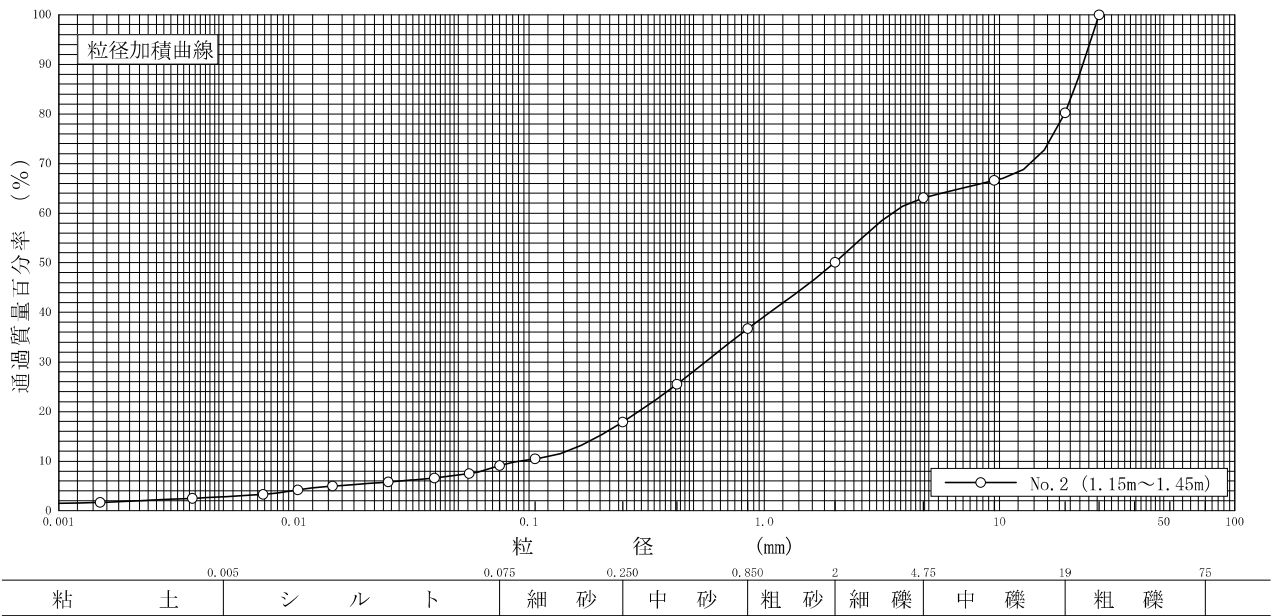
JIS A 1204 JGS 0131	土の粒度試験（粒径加積曲線）	
------------------------	----------------	--

調査件名福岡市博物館 立体駐車場 地質調査

試験年月日2024年 03月 07日

試験者 川口 聖也

試料番号 (深さ)	No. 2 (1.15~1.45m)				試料番号 (深さ)	No. 2 (1.15~1.45m)	
ふるい 分け 析	粒径 mm	通過質量百分率%	粒径 mm	通過質量百分率%	粗礫分 %	19.8	
	75		75		中礫分 %	17.1	
	53		53		細礫分 %	13.0	
	37.5		37.5		粗砂分 %	13.4	
	26.5	100.0	26.5		中砂分 %	18.8	
	19	80.2	19		細砂分 %	8.8	
	9.5	66.6	9.5		シルト分 %	6.3	
	4.75	63.1	4.75		粘土分 %	2.8	
	2	50.1	2		2mmふるい通過質量百分率 %	50.1	
	0.850	36.7	0.850		425 μ mふるい通過質量百分率 %	25.5	
	0.425	25.5	0.425		75 μ mふるい通過質量百分率 %	9.1	
	0.250	17.9	0.250		最大粒径 mm	26.5	
	0.106	10.5	0.106		60 % 粒径 D_{60} mm	3.5382	
	0.075	9.1	0.075		50 % 粒径 D_{50} mm	1.9894	
沈降 分析	0.0556	7.5			30 % 粒径 D_{30} mm	0.5624	
	0.0396	6.6			10 % 粒径 D_{10} mm	0.0909	
	0.0252	5.8			均等係数 U_c	39	
	0.0146	5.0			曲率係数 U_c'	1.0	
	0.0104	4.2			土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.715	
	0.0074	3.3			使用した分散剤	ヘキサメタリン酸ナトリウム	
	0.0037	2.5			溶液濃度, 溶液添加量	飽和溶液, 10ml	
	0.0015	1.7			20 % 粒径 D_{20} mm	0.2928	



特記事項

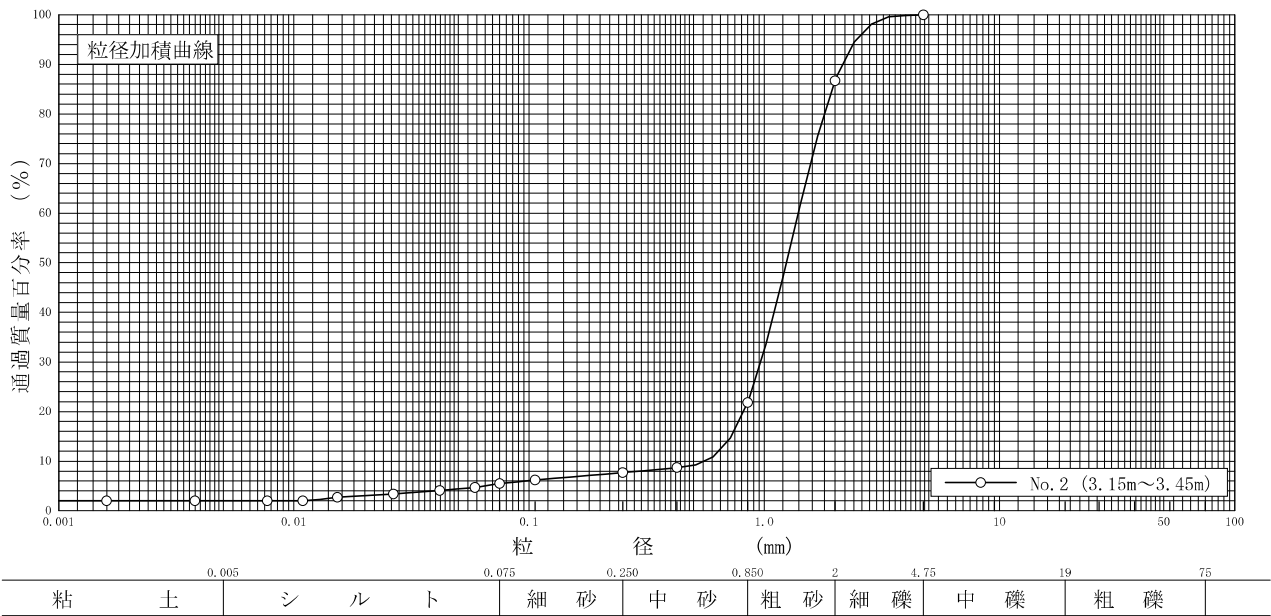
JIS A 1204 JGS 0131	土の粒度試験（粒径加積曲線）	
------------------------	----------------	--

調査件名福岡市博物館 立体駐車場 地質調査

試験年月日2024年 03月 07日

試験者 川口 聖也

試料番号 (深さ)	No. 2 (3.15~3.45m)				試料番号 (深さ)	No. 2 (3.15~3.45m)	
ふるい 分け 析	粒径 mm	通過質量百分率%	粒径 mm	通過質量百分率%	粗礫分 %	-	
	75		75		中礫分 %	-	
	53		53		細礫分 %	13.3	
	37.5		37.5		粗砂分 %	64.9	
	26.5		26.5		中砂分 %	14.1	
	19		19		細砂分 %	2.2	
	9.5		9.5		シルト分 %	3.5	
	4.75	100.0	4.75		粘土分 %	2.0	
	2	86.7	2		2mmふるい通過質量百分率 %	86.7	
	0.850	21.8	0.850		425μmふるい通過質量百分率 %	8.7	
	0.425	8.7	0.425		75μmふるい通過質量百分率 %	5.5	
	0.250	7.7	0.250		最大粒径 mm	4.75	
	0.106	6.2	0.106		60% 粒径 D_{60} mm	1.3971	
	0.075	5.5	0.075		50% 粒径 D_{50} mm	1.2451	
沈降 分析	0.0588	4.7			30% 粒径 D_{30} mm	0.9666	
	0.0417	4.1			10% 粒径 D_{10} mm	0.5547	
	0.0265	3.4			均等係数 U_c	3	
	0.0153	2.7			曲率係数 U'_c	1.2	
	0.0109	2.0			土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.646	
	0.0077	2.0			使用した分散剤	ヘキサメタリン酸ナトリウム	
	0.0038	2.0			溶液濃度, 溶液添加量	飽和溶液, 10ml	
	0.0016	2.0			20% 粒径 D_{20} mm	0.8165	



特記事項

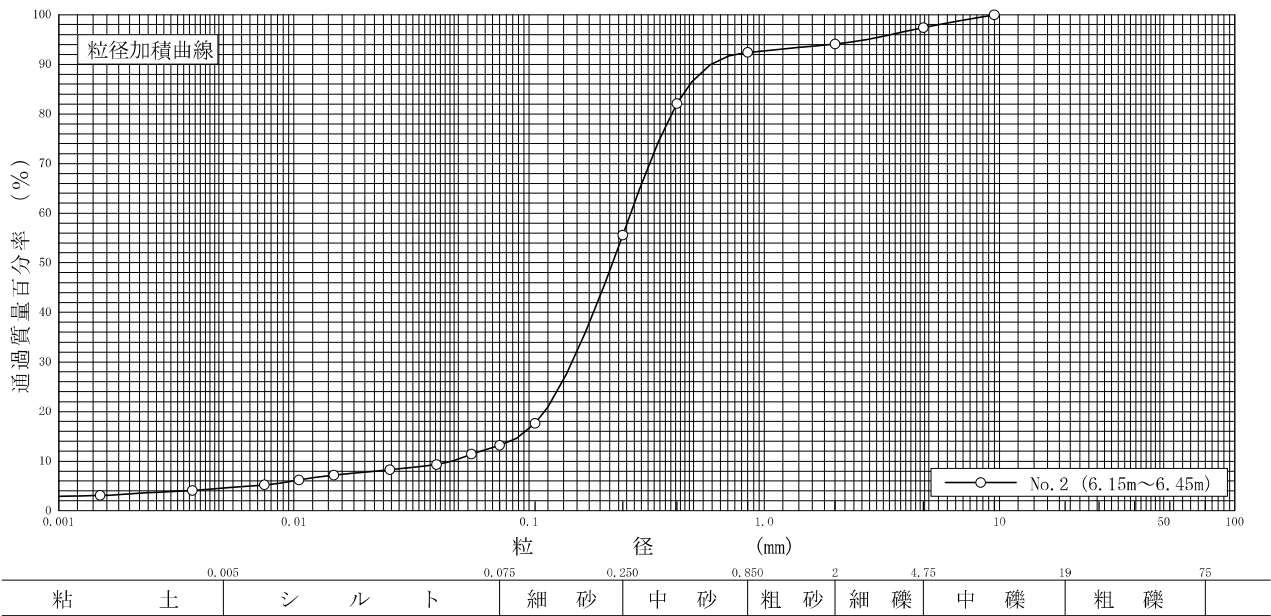
JIS A 1204 JGS 0131	土の粒度試験（粒径加積曲線）	
------------------------	----------------	--

調査件名福岡市博物館 立体駐車場 地質調査

試験年月日2024年 03月 07日

試験者 川口 聖也

試料番号 (深さ)	No. 2 (6.15~6.45m)				試料番号 (深さ)	No. 2 (6.15~6.45m)	
ふるい 分け 析	粒径 mm	通過質量百分率%	粒径 mm	通過質量百分率%	粗礫分 %	-	
	75		75		中礫分 %	2.6	
	53		53		細礫分 %	3.3	
	37.5		37.5		粗砂分 %	1.7	
	26.5		26.5		中砂分 %	36.8	
	19		19		細砂分 %	42.4	
	9.5	100.0	9.5		シルト分 %	8.6	
	4.75	97.4	4.75		粘土分 %	4.6	
	2	94.1	2		2mmふるい通過質量百分率 %	94.1	
	0.850	92.4	0.850		425 μ mふるい通過質量百分率 %	82.1	
	0.425	82.1	0.425		75 μ mふるい通過質量百分率 %	13.2	
	0.250	55.6	0.250		最大粒径 mm	9.5	
	0.106	17.6	0.106		60 % 粒径 D_{60} mm	0.2713	
	0.075	13.2	0.075		50 % 粒径 D_{50} mm	0.2270	
沈降 分析	0.0568	11.4			30 % 粒径 D_{30} mm	0.1527	
	0.0404	9.3			10 % 粒径 D_{10} mm	0.0469	
	0.0256	8.3			均等係数 U_c	6	
	0.0148	7.2			曲率係数 U_c'	1.8	
	0.0105	6.2			土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.705	
	0.0075	5.2			使用した分散剤	ヘキサメタリン酸ナトリウム	
	0.0037	4.1			溶液濃度, 溶液添加量	飽和溶液, 10ml	
	0.0015	3.1			20 % 粒径 D_{20} mm	0.1162	



特記事項

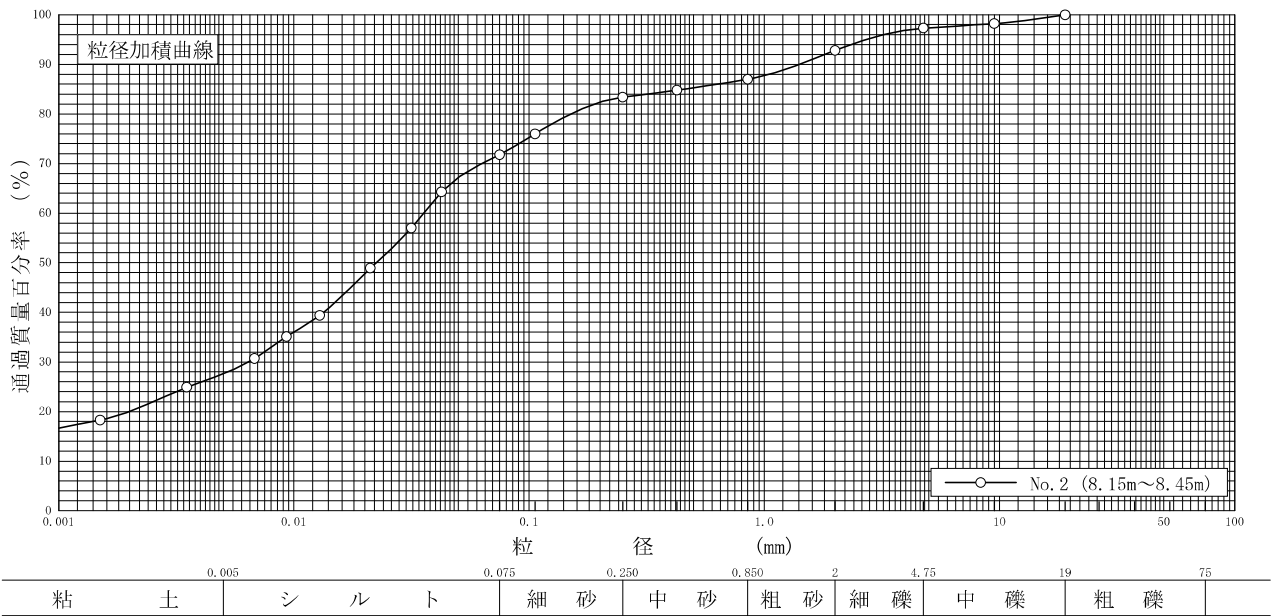
JIS A 1204 JGS 0131	土の粒度試験（粒径加積曲線）	
------------------------	----------------	--

調査件名福岡市博物館 立体駐車場 地質調査

試験年月日2024年 03月 07日

試験者 川口 聖也

試料番号 (深さ)	No. 2 (8.15~8.45m)				試料番号 (深さ)	No. 2 (8.15~8.45m)	
ふるい 分け 分析	粒径 mm	通過質量百分率%	粒径 mm	通過質量百分率%	粗礫分 %	-	
	75		75		中礫分 %	2.7	
	53		53		細礫分 %	4.5	
	37.5		37.5		粗砂分 %	5.8	
	26.5		26.5		中砂分 %	3.6	
	19	100.0	19		細砂分 %	11.6	
	9.5	98.2	9.5		シルト分 %	44.2	
	4.75	97.3	4.75		粘土分 %	27.6	
	2	92.8	2		2mmふるい通過質量百分率 %	92.8	
	0.850	87.0	0.850		425μmふるい通過質量百分率 %	84.8	
	0.425	84.8	0.425		75μmふるい通過質量百分率 %	71.8	
	0.250	83.4	0.250		最大粒径 mm	19	
	0.106	76.0	0.106		60% 粒径 D_{60} mm	0.0357	
	0.075	71.8	0.075		50% 粒径 D_{50} mm	0.0224	
沈降 分析	0.0424	64.3			30% 粒径 D_{30} mm	0.0064	
	0.0316	57.0			10% 粒径 D_{10} mm	-	
	0.0211	48.9			均等係数 U_c	-	
	0.0129	39.4			曲率係数 U_c'	-	
	0.0093	35.1			土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.680	
	0.0068	30.7			使用した分散剤	ヘキサメタリン酸ナトリウム	
	0.0035	24.9			溶液濃度, 溶液添加量	飽和溶液, 10ml	
	0.0015	18.3			20% 粒径 D_{20} mm	0.0020	



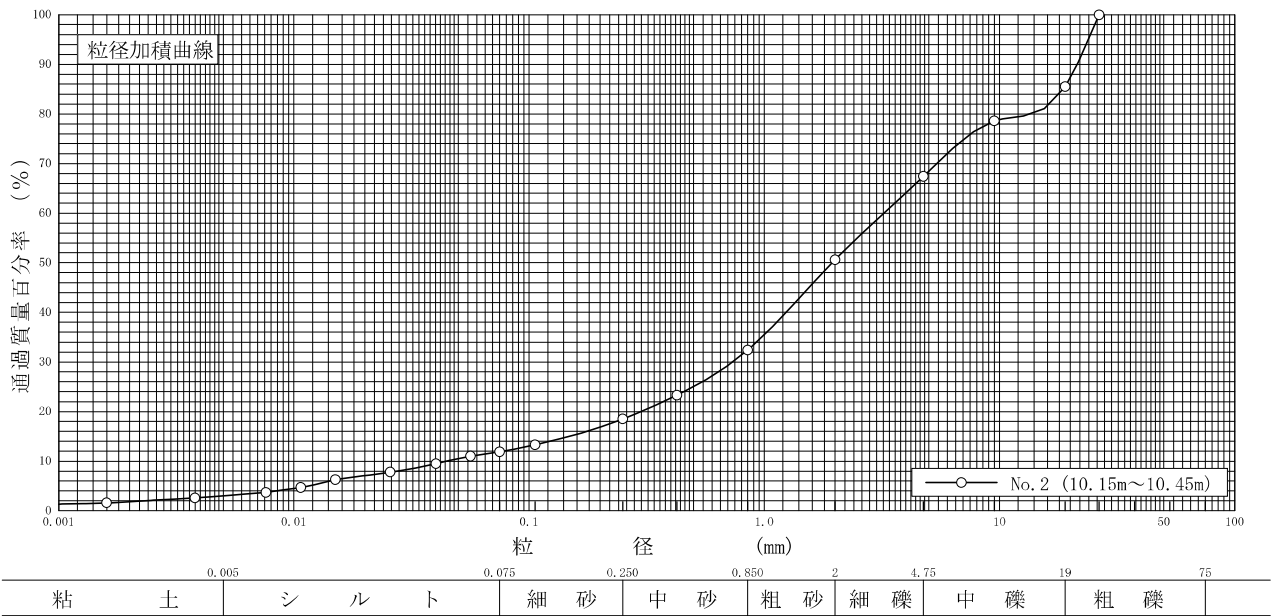
特記事項

JIS A 1204 JGS 0131	土の粒度試験（粒径加積曲線）	
------------------------	----------------	--

調査件名 福岡市博物館 立体駐車場 地質調査 試験年月日 2024年 03月 07日

試験者 川口 聖也

試料番号 (深さ)	No. 2 (10.15~10.45m)				試料番号 (深さ)	No. 2 (10.15~10.45m)	
ふるい 分析	粒径 mm	通過質量百分率%	粒径 mm	通過質量百分率%	粗礫分 %	14.5	
	75		75		中礫分 %	18.1	
	53		53		細礫分 %	16.8	
	37.5		37.5		粗砂分 %	18.2	
	26.5	100.0	26.5		中砂分 %	13.9	
	19	85.5	19		細砂分 %	6.6	
	9.5	78.6	9.5		シルト分 %	8.9	
	4.75	67.4	4.75		粘土分 %	3.0	
	2	50.6	2		2mmふるい通過質量百分率 %	50.6	
	0.850	32.4	0.850		425 μ mふるい通過質量百分率 %	23.3	
	0.425	23.3	0.425		75 μ mふるい通過質量百分率 %	11.9	
	0.250	18.5	0.250		最大粒径 mm	26.5	
	0.106	13.3	0.106		60 % 粒径 D_{60} mm	3.2324	
	0.075	11.9	0.075		50 % 粒径 D_{50} mm	1.9504	
沈降 分析	0.0563	11.0			30 % 粒径 D_{30} mm	0.7345	
	0.0402	9.5			10 % 粒径 D_{10} mm	0.0444	
	0.0257	7.8			均等係数 U_c	73	
	0.0150	6.3			曲率係数 U_c'	3.8	
	0.0107	4.7			土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.680	
	0.0076	3.7			使用した分散剤	ヘキサメタリン酸ナトリウム	
	0.0038	2.6			溶液濃度, 溶液添加量	飽和溶液, 10ml	
	0.0016	1.6			20 % 粒径 D_{20} mm	0.3004	



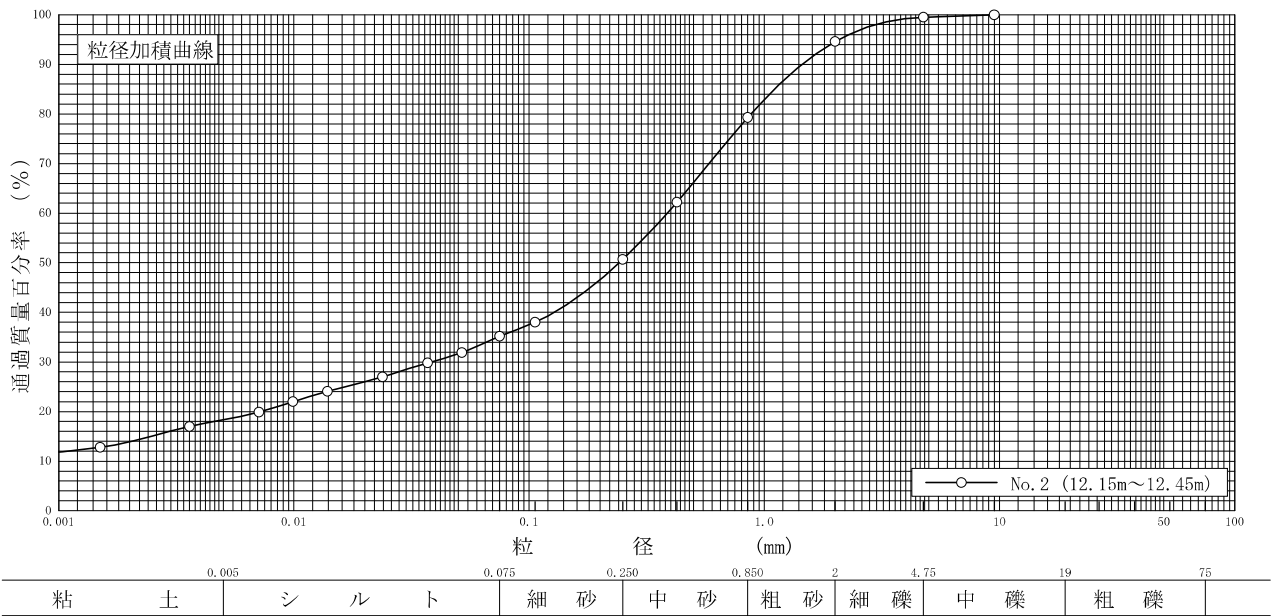
特記事項

JIS A 1204 JGS 0131	土の粒度試験（粒径加積曲線）	
------------------------	----------------	--

調査件名 福岡市博物館 立体駐車場 地質調査 試験年月日 2024年 03月 07日

試験者 川口 聖也

試料番号 (深さ)	No. 2 (12.15~12.45m)				試料番号 (深さ)	No. 2 (12.15~12.45m)	
ふるい 分け 分析	粒径 mm	通過質量百分率%	粒径 mm	通過質量百分率%	粗礫分 %	-	
	75		75		中礫分 %	0.5	
	53		53		細礫分 %	4.9	
	37.5		37.5		粗砂分 %	15.3	
	26.5		26.5		中砂分 %	28.6	
	19		19		細砂分 %	15.5	
	9.5	100.0	9.5		シルト分 %	16.9	
	4.75	99.5	4.75		粘土分 %	18.3	
	2	94.6	2		2mmふるい通過質量百分率 %	94.6	
	0.850	79.3	0.850		425μmふるい通過質量百分率 %	62.2	
	0.425	62.2	0.425		75μmふるい通過質量百分率 %	35.2	
	0.250	50.7	0.250		最大粒径 mm	9.5	
	0.106	38.0	0.106		60% 粒径 D_{60} mm	0.3881	
	0.075	35.2	0.075		50% 粒径 D_{50} mm	0.2414	
沈降 分析	0.0518	31.9			30% 粒径 D_{30} mm	0.0384	
	0.0370	29.8			10% 粒径 D_{10} mm	-	
	0.0238	27.0			均等係数 U_c	-	
	0.0139	24.1			曲率係数 U_c'	-	
	0.0099	22.0			土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.691	
	0.0071	19.9			使用した分散剤	ヘキサメタリン酸ナトリウム	
	0.0036	17.0			溶液濃度, 溶液添加量	飽和溶液, 10ml	
	0.0015	12.8			20% 粒径 D_{20} mm	0.0072	



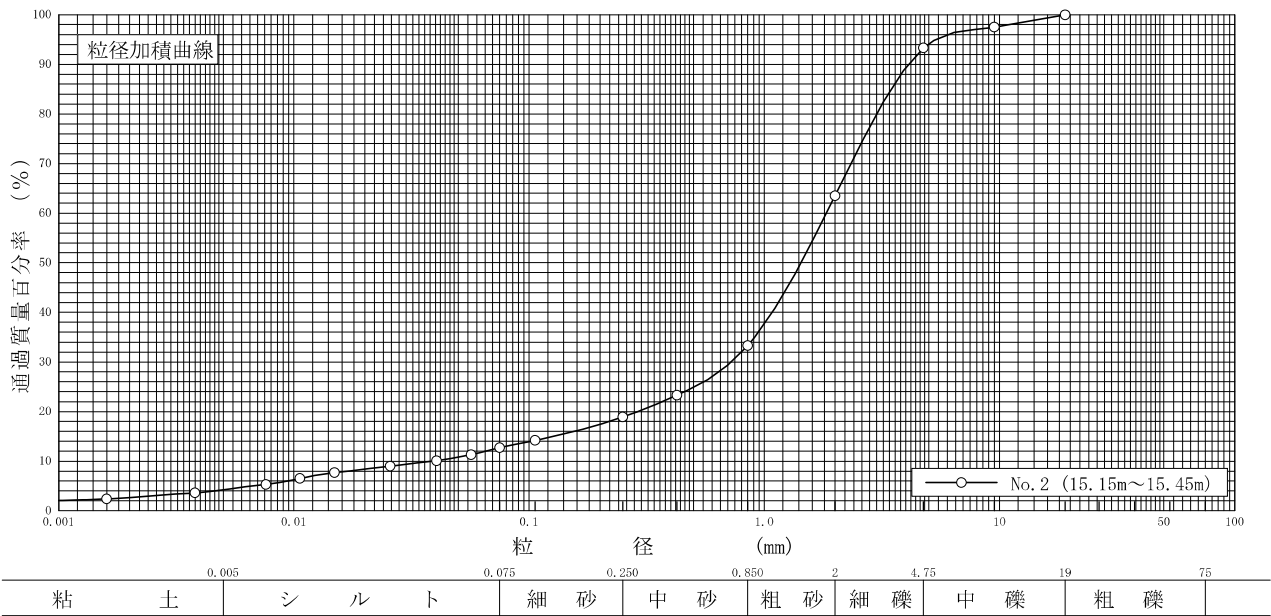
特記事項

JIS A 1204 JGS 0131	土の粒度試験（粒径加積曲線）	
------------------------	----------------	--

調査件名 福岡市博物館 立体駐車場 地質調査 試験年月日 2024年 03月 07日

試験者 川口 聖也

試料番号 (深さ)	No. 2 (15.15~15.45m)				試料番号 (深さ)	No. 2 (15.15~15.45m)	
ふるい 分け 析	粒径 mm	通過質量百分率%	粒径 mm	通過質量百分率%	粗礫分 %	-	
	75		75		中礫分 %	6.7	
	53		53		細礫分 %	29.8	
	37.5		37.5		粗砂分 %	30.2	
	26.5		26.5		中砂分 %	14.4	
	19	100.0	19		細砂分 %	6.2	
	9.5	97.5	9.5		シルト分 %	8.5	
	4.75	93.3	4.75		粘土分 %	4.2	
	2	63.5	2		2mmふるい通過質量百分率 %	63.5	
	0.850	33.3	0.850		425 μ mふるい通過質量百分率 %	23.3	
	0.425	23.3	0.425		75 μ mふるい通過質量百分率 %	12.7	
	0.250	18.9	0.250		最大粒径 mm	19	
	0.106	14.2	0.106		60 % 粒径 D_{60} mm	1.8462	
	0.075	12.7	0.075		50 % 粒径 D_{50} mm	1.4370	
沈降 分析	0.0567	11.3			30 % 粒径 D_{30} mm	0.7241	
	0.0404	10.1			10 % 粒径 D_{10} mm	0.0389	
	0.0257	9.0			均等係数 U_c	47	
	0.0149	7.7			曲率係数 U_c'	7.3	
	0.0106	6.5			土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.678	
	0.0076	5.3			使用した分散剤	ヘキサメタリン酸ナトリウム	
	0.0038	3.6			溶液濃度, 溶液添加量	飽和溶液, 10ml	
	0.0016	2.4			20 % 粒径 D_{20} mm	0.2896	



特記事項

調査件名福岡市博物館 立体駐車場 地質調査

試験年月日2024年 03月 06日

試験者 川口 聖也

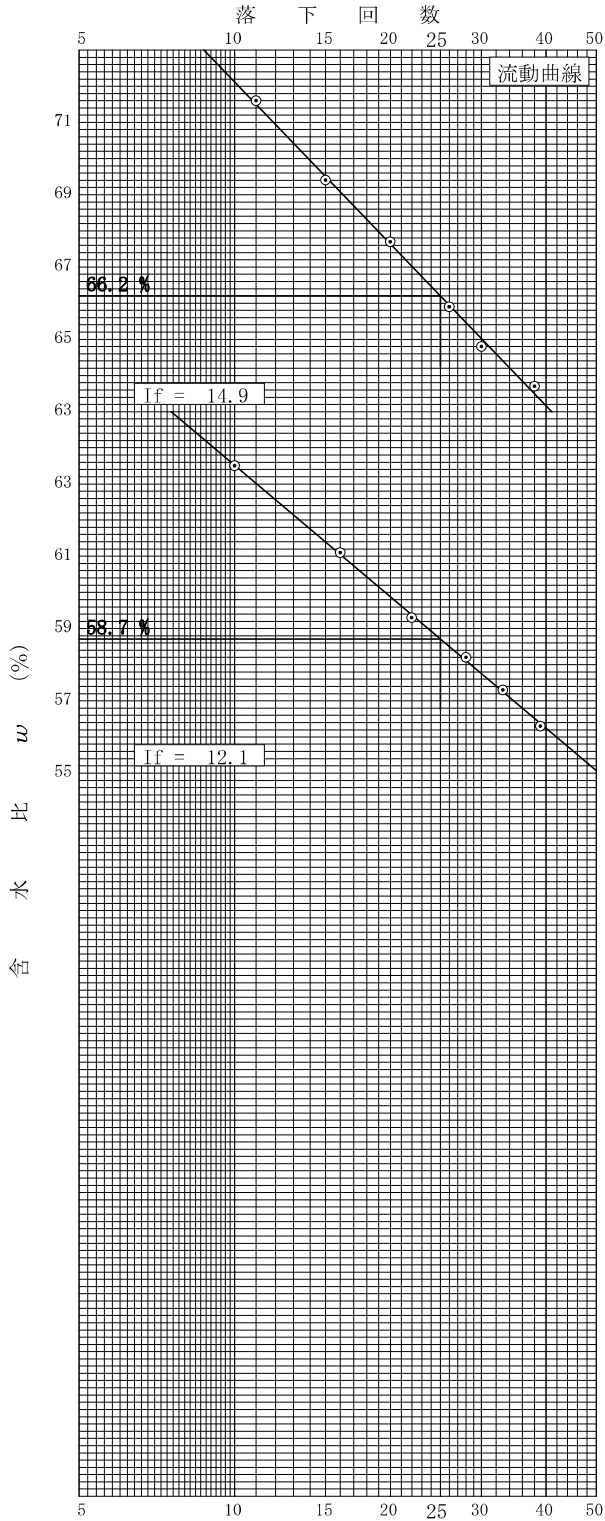
試料番号（深さ） No. 2（8.15～8.45m）			
液性限界試験		塑性限界試験	液性限界 w_L %
落下回数	含水比 w %	含水比 w %	66.2
38	63.7	28.8	塑性限界 w_p %
30	64.8	28.4	28.6
26	65.9	28.5	塑性指数 I_p
20	67.7		37.6
15	69.4		
11	71.6		

試料番号（深さ） No. 2（12.15～12.45m）			
液性限界試験		塑性限界試験	液性限界 w_L %
落下回数	含水比 w %	含水比 w %	58.7
39	56.3	26.7	塑性限界 w_p %
33	57.3	26.4	26.6
28	58.2	26.7	塑性指数 I_p
22	59.3		32.1
16	61.1		
10	63.5		

試料番号（深さ）			
液性限界試験		塑性限界試験	液性限界 w_L %
落下回数	含水比 w %	含水比 w %	
			塑性限界 w_p %
			塑性指数 I_p

試料番号（深さ）			
液性限界試験		塑性限界試験	液性限界 w_L %
落下回数	含水比 w %	含水比 w %	
			塑性限界 w_p %
			塑性指数 I_p

特記事項



液状化判定結果データシート

1 式

液状化判定 検討書

(地点名 : BorNo. 1)

業務名 : 福岡市博物館立体駐車場地質調査

地区名 :

備考 : BorNo. 1 2.0 m/s²(レベル1荷重検討用) 3.5 m/s²(レベル2荷重検討用)

1. 設計条件

適用基準 : 「建築基礎構造設計指針 2019.11 (一社)日本建築学会」

地点名 : BorNo.1

設計地震動 : レベル1およびレベル2

マグニチュード : $M = 7.5$

設計水平加速度 : $\alpha_{max} = 2.0 \text{ (m/s}^2\text{)} \text{ (レベル1)} \quad 3.5 \text{ (m/s}^2\text{)} \text{ (レベル2)}$

N値補正係数(C_{sb}) : 考慮しない

上載荷重 : $- \text{ (kN/m}^2\text{)}$

地下水位 : $h_w = 1.000 \text{ (m)}$

耐震設計上の基盤面 : 18.300 (m)

液状化の判定深度 : 20.000 (m) 以内

2. 土質条件

2.1 地層データ

地層 No	深度 (調査) z (m)	堆積 時代	適用 土質	層厚 H_i (m)	単位体積重量			非 液状化 層
					水位上 γ_{t1} (kN/m^3)	水位下 γ_{t2} (kN/m^3)	有効 γ'_{t2} (kN/m^3)	
1層	1.800	沖積世	砂質土	1.800	18.0	18.0	8.0	—
2層	2.800	沖積世	砂質土	1.000	18.0	18.0	8.0	—
3層	3.700	沖積世	粘性土	0.900	14.0	14.0	4.0	○
4層	6.800	沖積世	砂質土	3.100	18.0	18.0	8.0	—
5層	7.700	沖積世	砂質土	0.900	18.0	18.0	8.0	—
6層	8.100	沖積世	粘性土	0.400	14.0	14.0	4.0	○
7層	10.600	洪積世	砂質土	2.500	19.0	19.0	9.0	—
8層	18.300	洪積世	砂質土	7.700	19.0	19.0	9.0	—
9層	23.000	岩盤	礫質土	4.700	23.0	23.0	13.0	○

$\gamma'_{t2} = \gamma_{t2} - \gamma_w \quad (\gamma_w : \text{水の単位体積重量} = 10.0 \text{ (kN/m}^3\text{)})$

2.2 N値データ

[illegible]

2.3 試験データ

No	深度 (調査) z (m)	細粒分 含有率 F _c (%)	粘土分 含有率 C _c (%)	塑性 指数 I _p	50% 粒径 D ₅₀ (mm)	液状化抵抗比 τ_L / σ'_z	
						(N値)	(試験値)
1	1.300	9.1	2.8			○	—
2	2.300	5.5	2.0			○	—
3	3.300	5.5	2.0			○	—
4	4.300	5.5	2.0			○	—
5	5.300	5.5	2.0			○	—
6	6.300	5.5	2.0			○	—
7	7.300	5.5	2.0			○	—
8	8.300	11.9	3.0			○	—
9	9.300	11.9	3.0			○	—
10	10.300	11.9	3.0			○	—
11	11.300	12.6	4.1			○	—
12	12.300	12.6	4.1			○	—
13	13.300	12.6	4.1			○	—
14	14.300	12.6	4.1			○	—
15	15.300	12.6	4.1			○	—
16	16.300	12.6	4.1			○	—
17	17.300	12.6	4.1			○	—
18	18.300	12.6	4.1			○	—
19	19.015					○	—
20	20.010					○	—
21	21.010					○	—
22	22.010					○	—
23	23.010					○	—

(N値)・・・N値から算出

3. 液状化の判定

本適用基準では、液状化の判定を行う必要がある土層として、次のように示されている。

液状化の判定を行う必要がある飽和土層は、原則的に地表面から20m程度以浅の土層で、考慮すべき土の種類は、細粒分含有率が 35%以下の土とする。ただし、埋立地盤等の造成地盤で、地表面から20m程度以深まで連続している場合には、造成地盤の下端まで液状化判定を行う必要がある。また、埋立地盤等の造成地盤では、細粒分含有率が 35%以上の低塑性シルト、液性限界に近い含水比を持ったシルトなどが液状化した事例も報告されているので、粘土分(0.005mm以下の粒径を持つ土粒子)含有率が 10%以下、または塑性指数が 15 以下の埋立地盤あるいは盛土地盤については液状化の検討を行う。

以下に液状化判定の必要性を検討し、該当する土層については液状化の判定を行う。

地下水位 : $h_w = 1.000$ (m)

耐震設計上の基盤面 : 18.300 (m)

液状化の判定深度 : 20.000 (m) 以内

No	深度 (調査) z (m)	N値 N	堆積 時代	適用 土質	細粒分 含有率 F_c (%)	粘土分 含有率 C_c (%)	塑性 指数 I_p	液状化判定 (F_L 算出)		
								判定深度 以内の 飽和土層	$F_c \leq 35\%$ $C_c \leq 10\%$ $I_p \leq 15$	結果
1	1.300	12	沖積世	砂質土	9.1	2.8		○	○	する
2	2.300	10	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
3	3.300	2	沖積世	粘性土	5.5	2.0		○	○	—
4	4.300	1	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
5	5.300	10	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
6	6.300	9	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
7	7.300	3	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
8	8.300	25	洪積世	砂質土	11.9	3.0		○	○	する
9	9.300	28	洪積世	砂質土	11.9	3.0		○	○	する
10	10.300	17	洪積世	砂質土	11.9	3.0		○	○	する
11	11.300	11	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
12	12.300	12	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
13	13.300	48	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
14	14.300	24	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
15	15.300	42	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
16	16.300	45	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
17	17.300	33	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
18	18.300	45	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
19	19.015	50	岩盤	礫質土				○		—

○ : 該当する — : 該当しない

4. 深度毎の土被り圧

深度毎の全土被り圧 σ_z 、有効土被り圧 σ'_z (および σ'_{zb}) は、次式により求める。

$$\sigma_z = \begin{cases} \gamma_{t1} H_i + \sigma_{zi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma_{t2} H_i + \sigma_{zi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

$$\sigma'_z = \begin{cases} \gamma_{t1} H_i + \sigma'_{zi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma'_{t2} H_i + \sigma'_{zi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

$$\sigma'_{zb} = \begin{cases} \gamma_{t1} H_i + \sigma'_{zbi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma'_{t2} H_i + \sigma'_{zbi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

σ_z : 全土被り圧 (kN/m²)

σ'_z : 有効土被り圧 (kN/m²)

σ'_{zb} : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効土被り圧 (kN/m²)

γ_{t1} : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ'_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の有効単位体積重量 (kN/m³)

H_i : 層厚 (m)

No	深度 (調査) z (m)	層厚 H_i (m)	境界	単位体積重量			全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	有効土被り圧 (調査) σ'_{zb} (kN/m ²)
				水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)			
1	0.000	—					0.00	0.00	—
2	1.000	1.000	水位				18.00	18.00	18.00
3	1.300	0.300					23.40	20.40	20.40
4	1.800	0.500		18.0	18.0	8.0	32.40	24.40	24.40
5	2.300	0.500					41.40	28.40	28.40
6	2.800	0.500		18.0	18.0	8.0	50.40	32.40	32.40
7	3.300	0.500					57.40	34.40	34.40
8	3.700	0.400		14.0	14.0	4.0	63.00	36.00	36.00
9	4.300	0.600					73.80	40.80	40.80
10	5.300	1.000					91.80	48.80	48.80
11	6.300	1.000					109.80	56.80	56.80
12	6.800	0.500		18.0	18.0	8.0	118.80	60.80	60.80
13	7.300	0.500					127.80	64.80	64.80
14	7.700	0.400		18.0	18.0	8.0	135.00	68.00	68.00
15	8.100	0.400		14.0	14.0	4.0	140.60	69.60	69.60
16	8.300	0.200					144.40	71.40	71.40
17	9.300	1.000					163.40	80.40	80.40
18	10.300	1.000					182.40	89.40	89.40
19	10.600	0.300		19.0	19.0	9.0	188.10	92.10	92.10
20	11.300	0.700					201.40	98.40	98.40
21	12.300	1.000					220.40	107.40	107.40
22	13.300	1.000					239.40	116.40	116.40
23	14.300	1.000					258.40	125.40	125.40
24	15.300	1.000					277.40	134.40	134.40
25	16.300	1.000					296.40	143.40	143.40

No	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	境界	単位体積重量			全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	有効土被り圧 (調査) σ'_{zb} (kN/m ²)
				水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)			
26	17.300	1.000					315.40	152.40	152.40
27	18.300	1.000		19.0	19.0	9.0	334.40	161.40	161.40
28	19.015	0.715					350.85	170.70	170.70
29	20.010	0.995		23.0	23.0	13.0	373.74	183.64	183.64

5. 繰返しせん断応力比

繰返しせん断応力比 τ_d/σ'_z は、次式により求める。

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_z} = r_n \frac{\alpha_{max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} r_d$$

$$r_d = 1.0 - 0.015z$$

τ_d/σ'_z : 繰返しせん断応力比

r_n : 等価の繰返し回数に関する補正係数で0.1(M-1)で算出(= 0.65)

M : マグニチュード(= 7.5)

α_{max} : 地表面における設計水平加速度(= 2.0 (m/s²) (レベル1) 3.5 (m/s²) (レベル2))

g : 重力加速度(= 9.8 (m/s²))

σ_z : 全土被り圧(kN/m²)

σ'_z : 有効土被り圧(kN/m²)

r_d : 地盤が剛体でないことによる低減係数

z : 深度(m)

No	深度 (調査) z (m)	N値 N	全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	低減係数 r_d	(レベル1)	(レベル2)
						せん断応力比 τ_d/σ'_z	せん断応力比 τ_d/σ'_z
1	1.300	12	23.40	20.40	0.981	0.149	0.261
2	2.300	10	41.40	28.40	0.966	0.187	0.327
3	3.300	2	57.40	34.40	—	—	—
4	4.300	1	73.80	40.80	0.936	0.225	0.393
5	5.300	10	91.80	48.80	0.921	0.230	0.402
6	6.300	9	109.80	56.80	0.906	0.232	0.407
7	7.300	3	127.80	64.80	0.891	0.233	0.408
8	8.300	25	144.40	71.40	0.876	0.235	0.411
9	9.300	28	163.40	80.40	0.861	0.232	0.406
10	10.300	17	182.40	89.40	0.846	0.229	0.401
11	11.300	11	201.40	98.40	0.831	0.226	0.395
12	12.300	12	220.40	107.40	0.816	0.222	0.389
13	13.300	48	239.40	116.40	0.801	0.219	0.382
14	14.300	24	258.40	125.40	0.786	0.215	0.376
15	15.300	42	277.40	134.40	0.771	0.211	0.369
16	16.300	45	296.40	143.40	0.756	0.207	0.363
17	17.300	33	315.40	152.40	0.741	0.203	0.356
18	18.300	45	334.40	161.40	0.726	0.200	0.349
19	19.015	50	350.85	170.70	—	—	—

6. 液状化抵抗比

下図の限界せん断ひずみ曲線5%を用いて、補正N値(N_a)に対する液状化抵抗比 τ_L/σ'_z を求める。

$$\frac{\tau_L}{\sigma'_z} = aC_r \left\{ \frac{16\sqrt{N_a}}{100} + \left(\frac{16\sqrt{N_a}}{C_s} \right)^n \right\}$$

τ_L/σ'_z : 液状化抵抗比

a : 係数 (=0.45)

C_r : 係数 (=0.57)

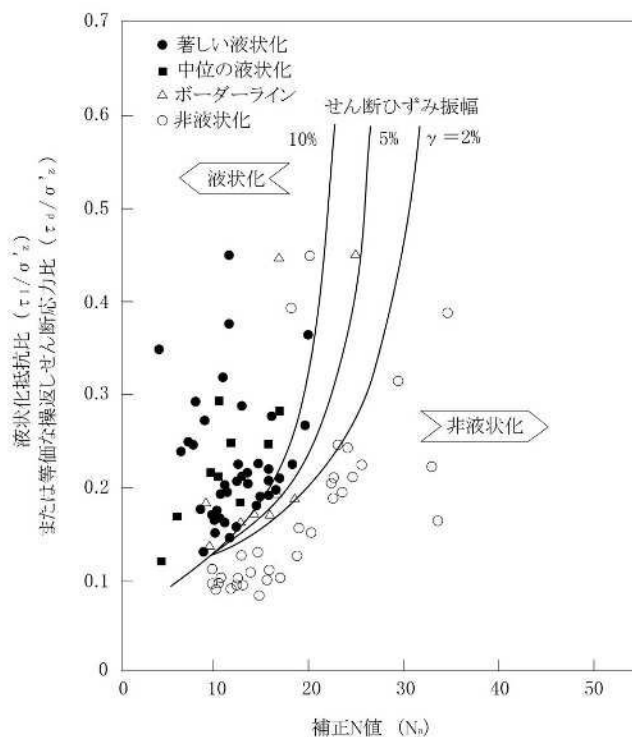
C_s : 係数 $C_s = 94 - 19 \log_{10} \gamma$

γ : せん断ひずみ(片)振幅(%)

N_a : 補正N値

n : 係数 (=14)

ここで、 $N_a < 6.00$ の場合は $\tau_L/\sigma'_z = 0.07$ 、
 $N_a > 26.00$ の場合は $\tau_L/\sigma'_z = 0.60$ とする。



補正N値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係

また、補正N値(N_a)は、次式により求める。

$$N_a = N_1 + \Delta N_f$$

$$N_1 = C_N \cdot N$$

$$C_N = \sqrt{100/\sigma'_{zb}}$$

N_a : 補正N値

N_1 : 換算N値

C_N : 拘束圧に関する換算係数

N : 標準貫入試験から得られるN値

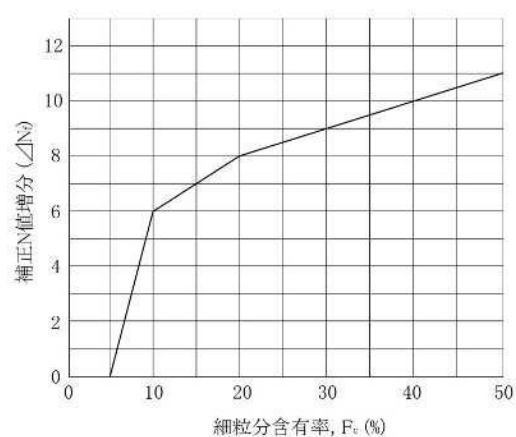
σ'_{zb} : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの
深さにおける有効土被り圧 (kN/m^2)

ΔN_f : 細粒分含有率に応じた補正N値増分

$$\Delta N_f = \begin{cases} 1.2F_c - 6 & (5\% < F_c \leq 10\%) \\ 0.2F_c + 4 & (10\% < F_c \leq 20\%) \\ 0.1F_c + 6 & (20\% < F_c \leq 50\%) \end{cases}$$

ここで、 $F_c \leq 5\%$ の場合は $\Delta N_f = 0$ 、

$F_c > 50\%$ の場合は $\Delta N_f = 11$ とする。



細粒分含有率とN値の補正係数

No	深度 (調査) z (m)	N値 N	細粒分 含有率 F _c (%)	50% 粒径 D ₅₀ (mm)	有効土被り 圧(調査) σ'_{zb} (kN/m ²)	換算 係数 C _N	換算 N値 N ₁	N値 増分 ΔN_f	補正 N値 N _a	液状化抵抗比 τ_L / σ'_z
1	1.300	12	9.1	—	20.400	2.214	26.568	4.920	31.488	0.600
2	2.300	10	5.5	—	28.400	1.876	18.760	0.600	19.360	0.218
3	3.300	2	5.5	—	34.400	—	—	—	—	—
4	4.300	1	5.5	—	40.800	1.566	1.566	0.600	2.166	0.070
5	5.300	10	5.5	—	48.800	1.431	14.310	0.600	14.910	0.165
6	6.300	9	5.5	—	56.800	1.327	11.943	0.600	12.543	0.147
7	7.300	3	5.5	—	64.800	1.242	3.726	0.600	4.326	0.070
8	8.300	25	11.9	—	71.400	1.183	29.575	6.380	35.955	0.600
9	9.300	28	11.9	—	80.400	1.115	31.220	6.380	37.600	0.600
10	10.300	17	11.9	—	89.400	1.058	17.986	6.380	24.366	0.392
11	11.300	11	12.6	—	98.400	1.008	11.088	6.520	17.608	0.192
12	12.300	12	12.6	—	107.400	0.965	11.580	6.520	18.100	0.198
13	13.300	48	12.6	—	116.400	0.927	44.496	6.520	51.016	0.600
14	14.300	24	12.6	—	125.400	0.893	21.432	6.520	27.952	0.600
15	15.300	42	12.6	—	134.400	0.863	36.246	6.520	42.766	0.600
16	16.300	45	12.6	—	143.400	0.835	37.575	6.520	44.095	0.600
17	17.300	33	12.6	—	152.400	0.810	26.730	6.520	33.250	0.600
18	18.300	45	12.6	—	161.400	0.787	35.415	6.520	41.935	0.600
19	19.015	50		—	170.700	—	—	—	—	—

7. 液状化に対する安全率

液状化に対する安全率 F_L は次式により算出し、この値が1.0以下の土層については液状化するとみなすものとする。

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

F_L : 液状化に対する安全率

τ_L / σ'_z : 液状化抵抗比

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比

No	深度 (調査) z (m)	N値 N	液状化 判定 (F_L 算出)	液状化 抵抗比 τ_L / σ'_z	(レベル1)		(レベル2)	
					せん断 応力比 τ_d / σ'_z	安全率 F_L	せん断 応力比 τ_d / σ'_z	安全率 F_L
1	1.300	12	する	0.600	0.149	4.027	0.261	2.299
2	2.300	10	する	0.218	0.187	1.166	0.327	0.667
3	3.300	2	—	—	—	—	—	—
4	4.300	1	する	0.070	0.225	0.311	0.393	0.178
5	5.300	10	する	0.165	0.230	0.717	0.402	0.410
6	6.300	9	する	0.147	0.232	0.634	0.407	0.361
7	7.300	3	する	0.070	0.233	0.300	0.408	0.172
8	8.300	25	する	0.600	0.235	2.553	0.411	1.460
9	9.300	28	する	0.600	0.232	2.586	0.406	1.478
10	10.300	17	する	0.392	0.229	1.712	0.401	0.978
11	11.300	11	する	0.192	0.226	0.850	0.395	0.486
12	12.300	12	する	0.198	0.222	0.892	0.389	0.509
13	13.300	48	する	0.600	0.219	2.740	0.382	1.571
14	14.300	24	する	0.600	0.215	2.791	0.376	1.596
15	15.300	42	する	0.600	0.211	2.844	0.369	1.626
16	16.300	45	する	0.600	0.207	2.899	0.363	1.653
17	17.300	33	する	0.600	0.203	2.956	0.356	1.685
18	18.300	45	する	0.600	0.200	3.000	0.349	1.719
19	19.015	50	—	—	—	—	—	—

8. 液状化指数

液状化の範囲、程度については、深さ方向の分布および周辺地盤の状況等から総合的に判断する必要がある。
 この場合、次式より算定される液状化指数 P_L (液状化抵抗率の深さ方向の変化から、液状化の激しさの程度を表す指標)が目安となる。

$$P_L = \int_0^{20} (1-F_L) (10-0.5x) dx$$

この積分は、 F_L 値が連続的でないために次式にて算出する。

$$P_L = \sum \frac{p_{Li-1} + p_{Li}}{2} H_i$$

$$p_{Li} = (1-F_L) (10-0.5x)$$

P_L : 液状化指数(m^2)

p_{Li} : 深度 x に対する液状化指数(m)

F_L : 液状化に対する抵抗率($F_L \geq 1$ の場合は $F_L=1$ とする)

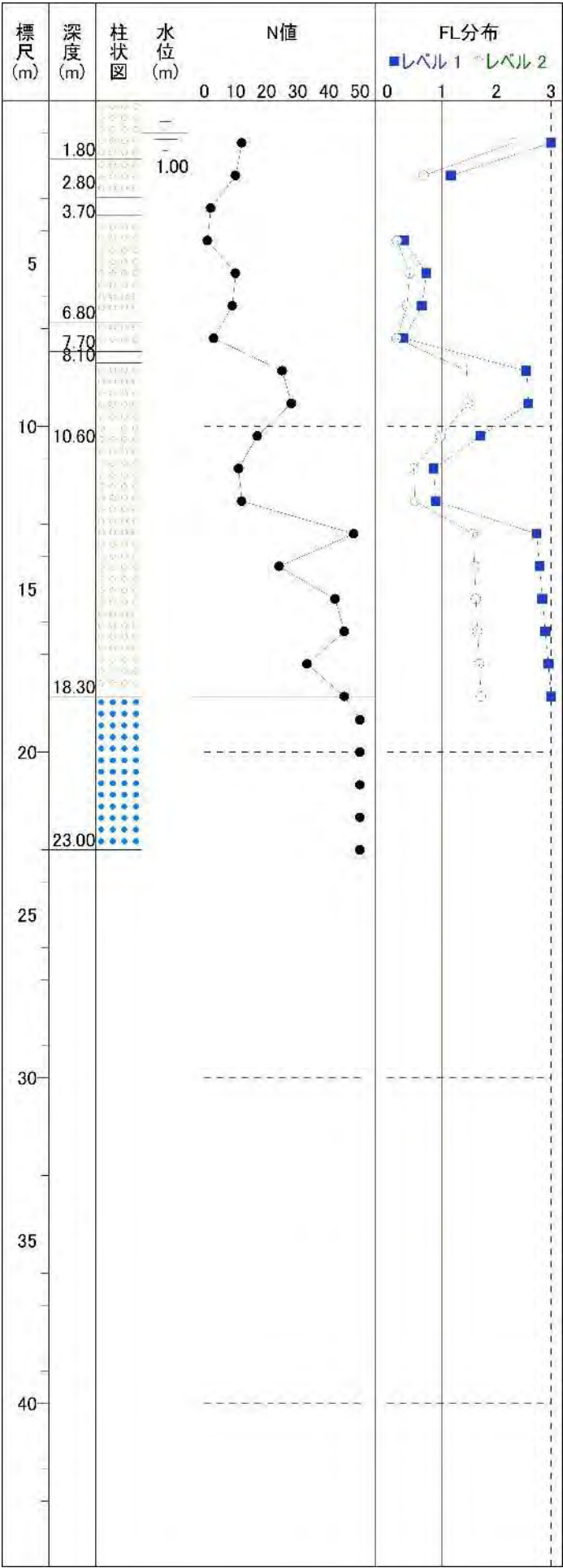
H_i : 層厚(m)

x : 深度(m)

No	深度 (調査) x (m)	層厚 H_i (m)	境界	(レベル1)			(レベル2)		
				液状化 抵抗率 F_L	液状化指数		液状化 抵抗率 F_L	液状化指数	
					p_{Li} (m)	P_L (m^2)		p_{Li} (m)	P_L (m^2)
1	1.000	1.000	水位	4.027	0.000	—	2.299	0.000	—
2	1.300	0.300		4.027	0.000	0.000	2.299	0.000	0.000
3	2.300	1.000		1.166	0.000	0.000	0.667	2.947	1.474
4	3.300	1.000		—	—	0.000	—	—	1.474
5	4.300	1.000		0.311	5.409	2.705	0.178	6.453	3.227
6	5.300	1.000		0.717	2.080	3.745	0.410	4.337	5.395
7	6.300	1.000		0.634	2.507	2.294	0.361	4.377	4.357
8	7.300	1.000		0.300	4.445	3.476	0.172	5.258	4.818
9	8.300	1.000		2.553	0.000	2.223	1.460	0.000	2.629
10	9.300	1.000		2.586	0.000	0.000	1.478	0.000	0.000
11	10.300	1.000		1.712	0.000	0.000	0.978	0.107	0.054
12	11.300	1.000		0.850	0.653	0.327	0.486	2.236	1.172
13	12.300	1.000		0.892	0.416	0.535	0.509	1.890	2.063
14	13.300	1.000		2.740	0.000	0.208	1.571	0.000	0.945
15	14.300	1.000		2.791	0.000	0.000	1.596	0.000	0.000
16	15.300	1.000		2.844	0.000	0.000	1.626	0.000	0.000
17	16.300	1.000		2.899	0.000	0.000	1.653	0.000	0.000
18	17.300	1.000		2.956	0.000	0.000	1.685	0.000	0.000
19	18.300	1.000		3.000	0.000	0.000	1.719	0.000	0.000
20	19.015	0.715		—	—	0.000	—	—	0.000
21	20.000	0.985	20m	—	—	—	—	—	—
計					15.513		計	27.608	

※地下水位の F_L は直下深度と同等にした

9. FL分布図



深度 (調査) z (m)	N値 N	(レベル1)		(レベル2)	
		液状化 安全率 FL	判定結果	液状化 安全率 FL	判定結果
1.300	12	4.027	しない	2.299	しない
2.300	10	1.166	しない	0.667	液状化する
3.300	2	—	—	—	—
4.300	1	0.311	液状化する	0.178	液状化する
5.300	10	0.717	液状化する	0.410	液状化する
6.300	9	0.634	液状化する	0.361	液状化する
7.300	3	0.300	液状化する	0.172	液状化する
8.300	25	2.553	しない	1.460	しない
9.300	28	2.586	しない	1.478	しない
10.300	17	1.712	しない	0.978	液状化する
11.300	11	0.850	液状化する	0.486	液状化する
12.300	12	0.892	液状化する	0.509	液状化する
13.300	48	2.740	しない	1.571	しない
14.300	24	2.791	しない	1.596	しない
15.300	42	2.844	しない	1.626	しない
16.300	45	2.899	しない	1.653	しない
17.300	33	2.956	しない	1.685	しない
18.300	45	3.000	しない	1.719	しない
19.015	50	—	—	—	—

10. 各地層毎のF_L

地層毎のF_Lについては各地層の平均値とし、次式により求める。

$$F_L = \Sigma (F_{Li} \cdot W_i) / \Sigma W_i$$

$$W_i = \begin{cases} H_i / 2 + H_{i+1} / 2 & (\text{直上、直下に境界が無い場合}) \\ H_i + H_{i+1} / 2 & (\text{直上に境界がある場合}) \\ H_i / 2 + H_{i+1} & (\text{直下に境界がある場合}) \\ H_i + H_{i+1} & (\text{直上、直下に境界がある場合}) \end{cases}$$

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	レベル1 液状化 安全率 F _{Li}	レベル2 液状化 安全率 F _{Li}	有効層厚		レベル1 液状化 安全率 F _L	レベル2 液状化 安全率 F _L
						W _i (m)	ΣW _i (m)		
1	水位	1.000	1.000						
2		1.300	0.300	4.027	2.299	0.800			
3	1層	1.800	0.500				0.800	4.027	2.299
4		2.300	0.500	1.166	0.667	1.000			
5	2層	2.800	0.500				1.000	1.166	0.667
6		3.300	0.500	—	—	—			
7	3層	3.700	0.400				—	—	—
8		4.300	0.600	0.311	0.178	1.100			
9		5.300	1.000	0.717	0.410	1.000			
10		6.300	1.000	0.634	0.361	1.000			
11	4層	6.800	0.500				3.100	0.546	0.312
12		7.300	0.500	0.300	0.172	0.900			
13	5層	7.700	0.400				0.900	0.300	0.172
14	6層	8.100	0.400				—	—	—
15		8.300	0.200	2.553	1.460	0.700			
16		9.300	1.000	2.586	1.478	1.000			
17		10.300	1.000	1.712	0.978	0.800			
18	7層	10.600	0.300				2.500	2.297	1.313
19		11.300	0.700	0.850	0.486	1.200			
20		12.300	1.000	0.892	0.509	1.000			
21		13.300	1.000	2.740	1.571	1.000			
22		14.300	1.000	2.791	1.596	1.000			
23		15.300	1.000	2.844	1.626	1.000			
24		16.300	1.000	2.899	1.653	1.000			
25		17.300	1.000	2.956	1.685	1.000			
26		18.300	1.000	3.000	1.719	0.500			
27	8層	18.300	0.000				7.700	2.291	1.309
28		19.015	0.715	—	—	—			
29		20.010	0.995			—			
30		21.010	1.000			—			
31		22.010	1.000			—			
32	9層	23.000	0.990				—	—	—
33		23.010	0.010			—			

11. 地盤の変位量

地盤の水平変位量 D_{cy} および沈下量 S は、次式により求める。

$$D_{cy} = \sum (\gamma_{cyi} \times W_i / 100)$$

$$S = \sum (\varepsilon_{vi} \times W_i / 100)$$

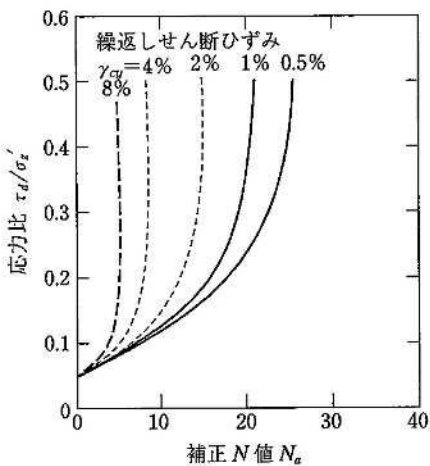
$$W_i = \begin{cases} H_i/2 + H_{i+1}/2 & (\text{直上、直下に境界が無い場合}) \\ H_i + H_{i+1}/2 & (\text{直上に境界がある場合}) \\ H_i/2 + H_{i+1} & (\text{直下に境界がある場合}) \\ H_i + H_{i+1} & (\text{直上、直下に境界がある場合}) \end{cases}$$

γ_{cy} : 繰返しせん断ひずみ (%) (線形補間で読み取り)

ε_v : 体積ひずみ (%)

N_a : 補正N値

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比



補正N値と繰返しせん断ひずみの関係

ここで、体積ひずみ ε_v は、繰返しせん断ひずみ γ_{cy} を ε_v と読み換えればよいので、地盤の沈下量は $S=D_{cy}$ となる。なお、 $F_L > 1.000$ の場合は $\gamma_{cy}=0$ とする。

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H_i (m)	有効 層厚 W_i (m)	補正 N値 N_a	(レベル1)			(レベル2)		
						せん断 応力比 τ_d / σ'_z	せん断 ひずみ $\gamma_{cy}, \varepsilon_v$ (%)	水平 変位量 D_{cy} (m)	せん断 応力比 τ_d / σ'_z	せん断 ひずみ $\gamma_{cy}, \varepsilon_v$ (%)	水平 変位量 D_{cy} (m)
	水位	1.000	1.000								
1		1.300	0.300	0.800	31.488	0.149	0.0	0.000	0.261	0.0	0.000
	1層	1.800	0.500								
2		2.300	0.500	1.000	19.360	0.187	0.0	0.000	0.327	1.0	0.010
	2層	2.800	0.500								
3		3.300	0.500	—	—	—	—	—	—	—	—
	3層	3.700	0.400								
4		4.300	0.600	1.100	2.166	0.225	8.0	0.088	0.393	8.0	0.088
5		5.300	1.000	1.000	14.910	0.230	1.5	0.015	0.402	2.0	0.020
6		6.300	1.000	1.000	12.543	0.232	2.2	0.022	0.407	2.7	0.027
	4層	6.800	0.500								
7		7.300	0.500	0.900	4.326	0.233	8.0	0.072	0.408	8.0	0.072
	5層	7.700	0.400								
	6層	8.100	0.400								
8		8.300	0.200	0.700	35.955	0.235	0.0	0.000	0.411	0.0	0.000
9		9.300	1.000	1.000	37.600	0.232	0.0	0.000	0.406	0.0	0.000
10		10.300	1.000	0.800	24.366	0.229	0.0	0.000	0.401	0.5	0.004
	7層	10.600	0.300								
11		11.300	0.700	1.200	17.608	0.226	0.8	0.010	0.395	1.5	0.018
12		12.300	1.000	1.000	18.100	0.222	0.6	0.006	0.389	1.4	0.014
13		13.300	1.000	1.000	51.016	0.219	0.0	0.000	0.382	0.0	0.000
14		14.300	1.000	1.000	27.952	0.215	0.0	0.000	0.376	0.0	0.000
15		15.300	1.000	1.000	42.766	0.211	0.0	0.000	0.369	0.0	0.000
16		16.300	1.000	1.000	44.095	0.207	0.0	0.000	0.363	0.0	0.000

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	有効 層厚 W _i (m)	補正 N値 N _a	(レベル1)			(レベル2)		
						せん断 応力比 τ_d/σ'_z	せん断 ひずみ $\gamma_{cy, \varepsilon_v}$ (%)	水平 変位量 D _{cy} (m)	せん断 応力比 τ_d/σ'_z	せん断 ひずみ $\gamma_{cy, \varepsilon_v}$ (%)	水平 変位量 D _{cy} (m)
17		17.300	1.000	1.000	33.250	0.203	0.0	0.000	0.356	0.0	0.000
18		18.300	1.000	0.500	41.935	0.200	0.0	0.000	0.349	0.0	0.000
	8層	18.300	0.000								
19		19.015	0.715	—	—	—	—	—	—	—	—
20		20.010	0.995	—							
21		21.010	1.000	—							
22		22.010	1.000	—							
	9層	23.000	0.990								
23		23.010	0.010	—							
地盤の水平変位量（沈下量） 計								0.213	計		0.253

液状化判定 検討書

(地点名 : BorNo. 1)

業務名 : 福岡市博物館立体駐車場地質調査

地区名 :

備考 : BorNo. 1 1 . 5 m / s 2 (レベル 1 荷重検討用)

1. 設計条件

適用基準 : 「建築基礎構造設計指針 2019.11 (一社)日本建築学会」

地点名 : BorNo.1

設計地震動 : レベル1

マグニチュード : M = 7.5

設計水平加速度 : $\alpha_{max} = 1.5 \text{ (m/s}^2\text{)}$ (レベル1)

N値補正係数(C_{sb}) : 考慮しない

上載荷重 : — (kN/m²)

地下水位 : $h_w = 1.000 \text{ (m)}$

耐震設計上の基盤面 : 18.300 (m)

液状化の判定深度 : 20.000 (m)以内

2. 土質条件

2.1 地層データ

地層 No	深度 (調査) z (m)	堆積 時代	適用 土質	層厚 H_i (m)	単位体積重量			非 液状化 層
					水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)	
1層	1.800	沖積世	砂質土	1.800	18.0	18.0	8.0	—
2層	2.800	沖積世	砂質土	1.000	18.0	18.0	8.0	—
3層	3.700	沖積世	粘性土	0.900	14.0	14.0	4.0	○
4層	6.800	沖積世	砂質土	3.100	18.0	18.0	8.0	—
5層	7.700	沖積世	砂質土	0.900	18.0	18.0	8.0	—
6層	8.100	沖積世	粘性土	0.400	14.0	14.0	4.0	○
7層	10.600	洪積世	砂質土	2.500	19.0	19.0	9.0	—
8層	18.300	洪積世	砂質土	7.700	19.0	19.0	9.0	—
9層	23.000	岩盤	礫質土	4.700	23.0	23.0	13.0	○

$\gamma'_{t2} = \gamma_{t2} - \gamma_w$ (γ_w : 水の単位体積重量 = 10.0 (kN/m³))

2.2 N値データ

[illegible]

2.3 試験データ

No	深度 (調査) z (m)	細粒分 含有率 F _c (%)	粘土分 含有率 C _c (%)	塑性 指数 I _p	50% 粒径 D ₅₀ (mm)	液状化抵抗比 τ_L / σ'_z	
						(N値)	(試験値)
1	1.300	9.1	2.8			○	—
2	2.300	5.5	2.0			○	—
3	3.300	5.5	2.0			○	—
4	4.300	5.5	2.0			○	—
5	5.300	5.5	2.0			○	—
6	6.300	5.5	2.0			○	—
7	7.300	5.5	2.0			○	—
8	8.300	11.9	3.0			○	—
9	9.300	11.9	3.0			○	—
10	10.300	11.9	3.0			○	—
11	11.300	12.6	4.1			○	—
12	12.300	12.6	4.1			○	—
13	13.300	12.6	4.1			○	—
14	14.300	12.6	4.1			○	—
15	15.300	12.6	4.1			○	—
16	16.300	12.6	4.1			○	—
17	17.300	12.6	4.1			○	—
18	18.300	12.6	4.1			○	—
19	19.015					○	—
20	20.010					○	—
21	21.010					○	—
22	22.010					○	—
23	23.010					○	—

(N値)・・・N値から算出

3. 液状化の判定

本適用基準では、液状化の判定を行う必要がある土層として、次のように示されている。

液状化の判定を行う必要がある飽和土層は、原則的に地表面から20m程度以浅の土層で、考慮すべき土の種類は、細粒分含有率が 35%以下の土とする。ただし、埋立地盤等の造成地盤で、地表面から20m程度以深まで連続している場合には、造成地盤の下端まで液状化判定を行う必要がある。また、埋立地盤等の造成地盤では、細粒分含有率が 35%以上の低塑性シルト、液性限界に近い含水比を持ったシルトなどが液状化した事例も報告されているので、粘土分(0.005mm以下の粒径を持つ土粒子)含有率が 10%以下、または塑性指数が 15 以下の埋立地盤あるいは盛土地盤については液状化の検討を行う。

以下に液状化判定の必要性を検討し、該当する土層については液状化の判定を行う。

地下水位 : $h_w = 1.000$ (m)

耐震設計上の基盤面 : 18.300 (m)

液状化の判定深度 : 20.000 (m) 以内

No	深度 (調査) z (m)	N値 N	堆積 時代	適用 土質	細粒分 含有率 F_c (%)	粘土分 含有率 C_c (%)	塑性 指数 I_p	液状化判定 (F_L 算出)		
								判定深度 以内の 飽和土層	$F_c \leq 35\%$ $C_c \leq 10\%$ $I_p \leq 15$	結果
1	1.300	12	沖積世	砂質土	9.1	2.8		○	○	する
2	2.300	10	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
3	3.300	2	沖積世	粘性土	5.5	2.0		○	○	—
4	4.300	1	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
5	5.300	10	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
6	6.300	9	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
7	7.300	3	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
8	8.300	25	洪積世	砂質土	11.9	3.0		○	○	する
9	9.300	28	洪積世	砂質土	11.9	3.0		○	○	する
10	10.300	17	洪積世	砂質土	11.9	3.0		○	○	する
11	11.300	11	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
12	12.300	12	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
13	13.300	48	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
14	14.300	24	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
15	15.300	42	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
16	16.300	45	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
17	17.300	33	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
18	18.300	45	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
19	19.015	50	岩盤	礫質土				○		—

○ : 該当する — : 該当しない

4. 深度毎の土被り圧

深度毎の全土被り圧 σ_z 、有効土被り圧 σ'_z (および σ'_{zb}) は、次式により求める。

$$\sigma_z = \begin{cases} \gamma_{t1} H_i + \sigma_{zi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma_{t2} H_i + \sigma_{zi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

$$\sigma'_z = \begin{cases} \gamma_{t1} H_i + \sigma'_{zi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma'_{t2} H_i + \sigma'_{zi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

$$\sigma'_{zb} = \begin{cases} \gamma_{t1} H_i + \sigma'_{zbi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma'_{t2} H_i + \sigma'_{zbi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

σ_z : 全土被り圧 (kN/m²)

σ'_z : 有効土被り圧 (kN/m²)

σ'_{zb} : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効土被り圧 (kN/m²)

γ_{t1} : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ'_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の有効単位体積重量 (kN/m³)

H_i : 層厚 (m)

No	深度 (調査) z (m)	層厚 H_i (m)	境界	単位体積重量			全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	有効土被り圧 (調査) σ'_{zb} (kN/m ²)
				水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)			
1	0.000	—					0.00	0.00	—
2	1.000	1.000	水位				18.00	18.00	18.00
3	1.300	0.300					23.40	20.40	20.40
4	1.800	0.500		18.0	18.0	8.0	32.40	24.40	24.40
5	2.300	0.500					41.40	28.40	28.40
6	2.800	0.500		18.0	18.0	8.0	50.40	32.40	32.40
7	3.300	0.500					57.40	34.40	34.40
8	3.700	0.400		14.0	14.0	4.0	63.00	36.00	36.00
9	4.300	0.600					73.80	40.80	40.80
10	5.300	1.000					91.80	48.80	48.80
11	6.300	1.000					109.80	56.80	56.80
12	6.800	0.500		18.0	18.0	8.0	118.80	60.80	60.80
13	7.300	0.500					127.80	64.80	64.80
14	7.700	0.400		18.0	18.0	8.0	135.00	68.00	68.00
15	8.100	0.400		14.0	14.0	4.0	140.60	69.60	69.60
16	8.300	0.200					144.40	71.40	71.40
17	9.300	1.000					163.40	80.40	80.40
18	10.300	1.000					182.40	89.40	89.40
19	10.600	0.300		19.0	19.0	9.0	188.10	92.10	92.10
20	11.300	0.700					201.40	98.40	98.40
21	12.300	1.000					220.40	107.40	107.40
22	13.300	1.000					239.40	116.40	116.40
23	14.300	1.000					258.40	125.40	125.40
24	15.300	1.000					277.40	134.40	134.40
25	16.300	1.000					296.40	143.40	143.40

No	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	境界	単位体積重量			全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	有効土被り圧 (調査) σ'_{zb} (kN/m ²)
				水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)			
26	17.300	1.000					315.40	152.40	152.40
27	18.300	1.000		19.0	19.0	9.0	334.40	161.40	161.40
28	19.015	0.715					350.85	170.70	170.70
29	20.010	0.995		23.0	23.0	13.0	373.74	183.64	183.64

5. 繰返しせん断応力比

繰返しせん断応力比 τ_d/σ'_z は、次式により求める。

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_z} = r_n \frac{\alpha_{max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} r_d$$

$$r_d = 1.0 - 0.015z$$

τ_d/σ'_z : 繰返しせん断応力比

r_n : 等価の繰返し回数に関する補正係数で0.1 (M-1) で算出 (= 0.65)

M : マグニチュード (= 7.5)

α_{max} : 地表面における設計水平加速度 (= 1.5 (m/s²) (レベル1))

g : 重力加速度 (= 9.8 (m/s²))

σ_z : 全土被り圧 (kN/m²)

σ'_z : 有効土被り圧 (kN/m²)

r_d : 地盤が剛体でないことによる低減係数

z : 深度 (m)

No	深度 (調査) z (m)	N値 N	全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	低減係数 r_d	(レベル1) せん断応力比 τ_d/σ'_z
1	1.300	12	23.40	20.40	0.981	0.112
2	2.300	10	41.40	28.40	0.966	0.140
3	3.300	2	57.40	34.40	—	—
4	4.300	1	73.80	40.80	0.936	0.168
5	5.300	10	91.80	48.80	0.921	0.172
6	6.300	9	109.80	56.80	0.906	0.174
7	7.300	3	127.80	64.80	0.891	0.175
8	8.300	25	144.40	71.40	0.876	0.176
9	9.300	28	163.40	80.40	0.861	0.174
10	10.300	17	182.40	89.40	0.846	0.172
11	11.300	11	201.40	98.40	0.831	0.169
12	12.300	12	220.40	107.40	0.816	0.167
13	13.300	48	239.40	116.40	0.801	0.164
14	14.300	24	258.40	125.40	0.786	0.161
15	15.300	42	277.40	134.40	0.771	0.158
16	16.300	45	296.40	143.40	0.756	0.155
17	17.300	33	315.40	152.40	0.741	0.153
18	18.300	45	334.40	161.40	0.726	0.150
19	19.015	50	350.85	170.70	—	—

6. 液状化抵抗比

下図の限界せん断ひずみ曲線5%を用いて、補正N値(N_a)に対する液状化抵抗比 τ_L/σ'_z を求める。

$$\frac{\tau_L}{\sigma'_z} = aC_r \left\{ \frac{16\sqrt{N_a}}{100} + \left(\frac{16\sqrt{N_a}}{C_s} \right)^n \right\}$$

τ_L/σ'_z : 液状化抵抗比

a : 係数 (=0.45)

C_r : 係数 (=0.57)

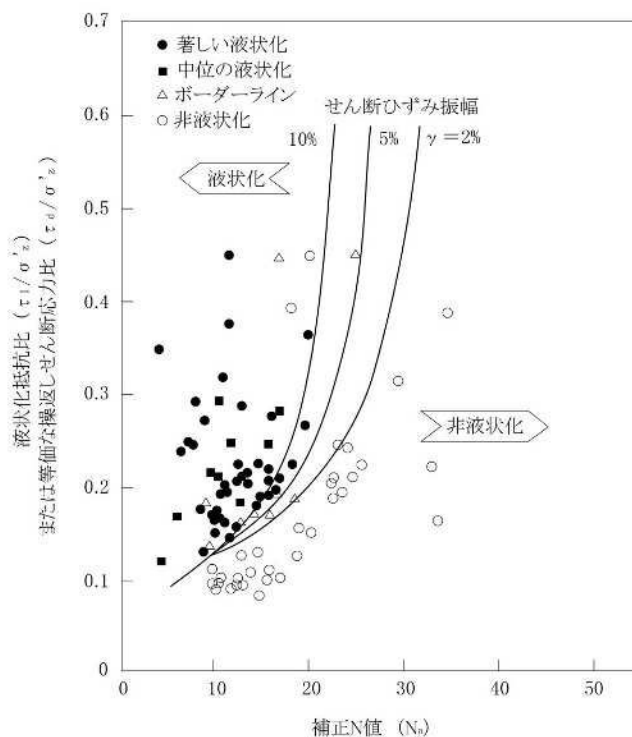
C_s : 係数 $C_s = 94 - 19 \log_{10} \gamma$

γ : せん断ひずみ(片)振幅(%)

N_a : 補正N値

n : 係数 (=14)

ここで、 $N_a < 6.00$ の場合は $\tau_L/\sigma'_z = 0.07$ 、
 $N_a > 26.00$ の場合は $\tau_L/\sigma'_z = 0.60$ とする。



補正N値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係

また、補正N値(N_a)は、次式により求める。

$$N_a = N_1 + \Delta N_f$$

$$N_1 = C_N \cdot N$$

$$C_N = \sqrt{100/\sigma'_{zb}}$$

N_a : 補正N値

N_1 : 換算N値

C_N : 拘束圧に関する換算係数

N : 標準貫入試験から得られるN値

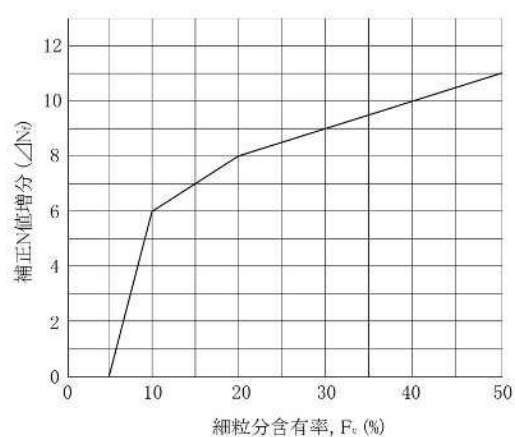
σ'_{zb} : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの
深さにおける有効土被り圧 (kN/m^2)

ΔN_f : 細粒分含有率に応じた補正N値増分

$$\Delta N_f = \begin{cases} 1.2F_c - 6 & (5\% < F_c \leq 10\%) \\ 0.2F_c + 4 & (10\% < F_c \leq 20\%) \\ 0.1F_c + 6 & (20\% < F_c \leq 50\%) \end{cases}$$

ここで、 $F_c \leq 5\%$ の場合は $\Delta N_f = 0$ 、

$F_c > 50\%$ の場合は $\Delta N_f = 11$ とする。



細粒分含有率とN値の補正係数

No	深度 (調査) z (m)	N値 N	細粒分 含有率 F _c (%)	50% 粒径 D ₅₀ (mm)	有効土被り 圧(調査) σ'_{zb} (kN/m ²)	換算 係数 C _N	換算 N値 N ₁	N値 増分 ΔN_f	補正 N値 N _a	液状化抵抗比 τ_L / σ'_z
1	1.300	12	9.1	—	20.400	2.214	26.568	4.920	31.488	0.600
2	2.300	10	5.5	—	28.400	1.876	18.760	0.600	19.360	0.218
3	3.300	2	5.5	—	34.400	—	—	—	—	—
4	4.300	1	5.5	—	40.800	1.566	1.566	0.600	2.166	0.070
5	5.300	10	5.5	—	48.800	1.431	14.310	0.600	14.910	0.165
6	6.300	9	5.5	—	56.800	1.327	11.943	0.600	12.543	0.147
7	7.300	3	5.5	—	64.800	1.242	3.726	0.600	4.326	0.070
8	8.300	25	11.9	—	71.400	1.183	29.575	6.380	35.955	0.600
9	9.300	28	11.9	—	80.400	1.115	31.220	6.380	37.600	0.600
10	10.300	17	11.9	—	89.400	1.058	17.986	6.380	24.366	0.392
11	11.300	11	12.6	—	98.400	1.008	11.088	6.520	17.608	0.192
12	12.300	12	12.6	—	107.400	0.965	11.580	6.520	18.100	0.198
13	13.300	48	12.6	—	116.400	0.927	44.496	6.520	51.016	0.600
14	14.300	24	12.6	—	125.400	0.893	21.432	6.520	27.952	0.600
15	15.300	42	12.6	—	134.400	0.863	36.246	6.520	42.766	0.600
16	16.300	45	12.6	—	143.400	0.835	37.575	6.520	44.095	0.600
17	17.300	33	12.6	—	152.400	0.810	26.730	6.520	33.250	0.600
18	18.300	45	12.6	—	161.400	0.787	35.415	6.520	41.935	0.600
19	19.015	50		—	170.700	—	—	—	—	—

7. 液状化に対する安全率

液状化に対する安全率 F_L は次式により算出し、この値が1.0以下の土層については液状化するとみなすものとする。

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

F_L : 液状化に対する安全率

τ_L / σ'_z : 液状化抵抗比

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比

No	深度 (調査) z (m)	N値 N	液状化 判定 (F_L 算出)	液状化 抵抗比 τ_L / σ'_z	(レベル1)	
					せん断 応力比 τ_d / σ'_z	安全率 F_L
1	1.300	12	する	0.600	0.112	5.357
2	2.300	10	する	0.218	0.140	1.557
3	3.300	2	—	—	—	—
4	4.300	1	する	0.070	0.168	0.417
5	5.300	10	する	0.165	0.172	0.959
6	6.300	9	する	0.147	0.174	0.845
7	7.300	3	する	0.070	0.175	0.400
8	8.300	25	する	0.600	0.176	3.409
9	9.300	28	する	0.600	0.174	3.448
10	10.300	17	する	0.392	0.172	2.279
11	11.300	11	する	0.192	0.169	1.136
12	12.300	12	する	0.198	0.167	1.186
13	13.300	48	する	0.600	0.164	3.659
14	14.300	24	する	0.600	0.161	3.727
15	15.300	42	する	0.600	0.158	3.797
16	16.300	45	する	0.600	0.155	3.871
17	17.300	33	する	0.600	0.153	3.922
18	18.300	45	する	0.600	0.150	4.000
19	19.015	50	—	—	—	—

8. 液状化指数

液状化の範囲、程度については、深さ方向の分布および周辺地盤の状況等から総合的に判断する必要がある。
この場合、次式より算定される液状化指数 P_L (液状化抵抗率の深さ方向の変化から、液状化の激しさの程度を表す指標)が目安となる。

$$P_L = \int_0^{20} (1-F_L) (10-0.5x) dx$$

この積分は、 F_L 値が連続的でないために次式にて算出する。

$$P_L = \sum \frac{p_{Li-1} + p_{Li}}{2} H_i$$

$$p_{Li} = (1-F_L) (10-0.5x)$$

P_L : 液状化指数(m^2)

p_{Li} : 深度 x に対する液状化指数(m)

F_L : 液状化に対する抵抗率($F_L \geq 1$ の場合は $F_L=1$ とする)

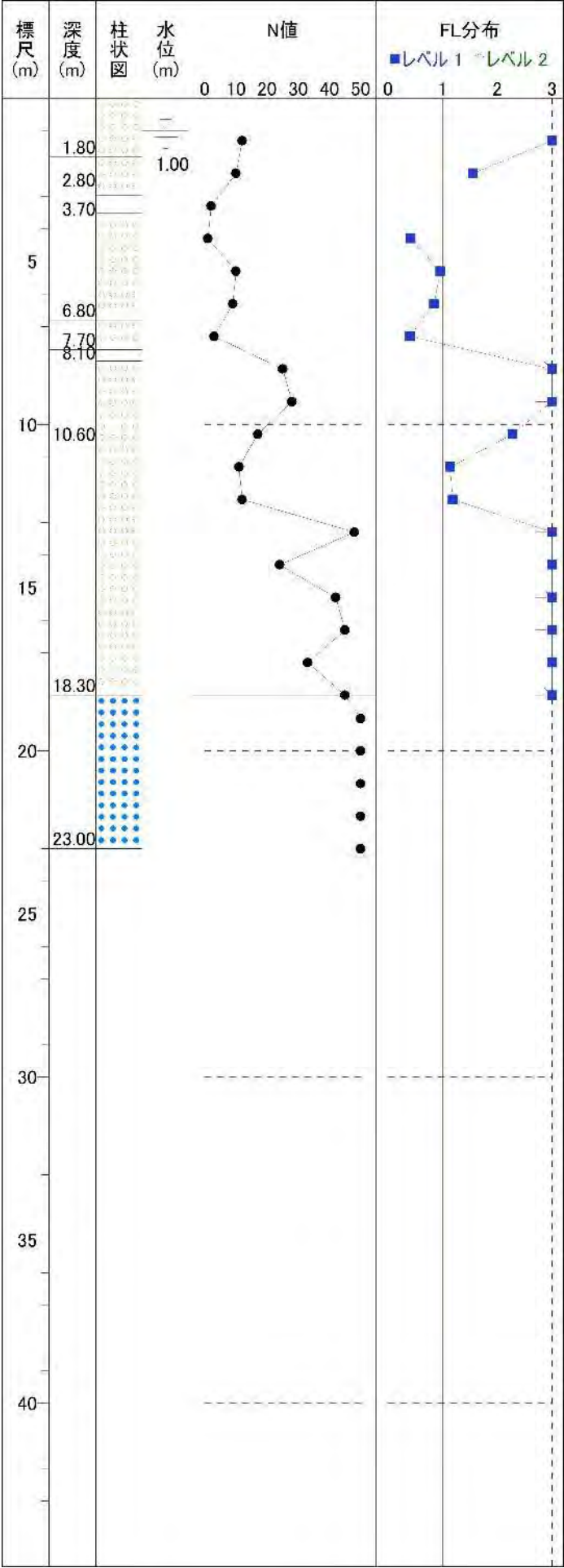
H_i : 層厚(m)

x : 深度(m)

No	深度 (調査) x (m)	層厚 H_i (m)	境界	(レベル1)		
				液状化 抵抗率 F_L	液状化指数	
					p_{Li} (m)	P_L (m^2)
1	1.000	1.000	水位	5.357	0.000	—
2	1.300	0.300		5.357	0.000	0.000
3	2.300	1.000		1.557	0.000	0.000
4	3.300	1.000		—	—	0.000
5	4.300	1.000		0.417	4.577	2.289
6	5.300	1.000		0.959	0.301	2.439
7	6.300	1.000		0.845	1.062	0.682
8	7.300	1.000		0.400	3.810	2.436
9	8.300	1.000		3.409	0.000	1.905
10	9.300	1.000		3.448	0.000	0.000
11	10.300	1.000		2.279	0.000	0.000
12	11.300	1.000		1.136	0.000	0.000
13	12.300	1.000		1.186	0.000	0.000
14	13.300	1.000		3.659	0.000	0.000
15	14.300	1.000		3.727	0.000	0.000
16	15.300	1.000		3.797	0.000	0.000
17	16.300	1.000		3.871	0.000	0.000
18	17.300	1.000		3.922	0.000	0.000
19	18.300	1.000		4.000	0.000	0.000
20	19.015	0.715		—	—	0.000
21	20.000	0.985	20m	—	—	—
計						9.751

※地下水位の F_L は直下深度と同等にした

9. FL分布図



深度 (調査) z (m)	N値 N	(レベル1)	
		液状化 安全率 FL	判定結果
1.300	12	5.357	しない
2.300	10	1.557	しない
3.300	2	—	—
4.300	1	0.417	液状化する
5.300	10	0.959	液状化する
6.300	9	0.845	液状化する
7.300	3	0.400	液状化する
8.300	25	3.409	しない
9.300	28	3.448	しない
10.300	17	2.279	しない
11.300	11	1.136	しない
12.300	12	1.186	しない
13.300	48	3.659	しない
14.300	24	3.727	しない
15.300	42	3.797	しない
16.300	45	3.871	しない
17.300	33	3.922	しない
18.300	45	4.000	しない
19.015	50	—	—

10. 各地層毎のF_L

地層毎のF_L については各地層の平均値とし、次式により求める。

$$F_L = \Sigma (F_{Li} \cdot W_i) / \Sigma W_i$$

$$W_i = \begin{cases} H_i / 2 + H_{i+1} / 2 & \text{(直上、直下に境界が無い場合)} \\ H_i + H_{i+1} / 2 & \text{(直上に境界がある場合)} \\ H_i / 2 + H_{i+1} & \text{(直下に境界がある場合)} \\ H_i + H_{i+1} & \text{(直上、直下に境界がある場合)} \end{cases}$$

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	レベル1 液状化 安全率 F _{Li}	有効層厚		レベル1 液状化 安全率 F _L
					W _i (m)	Σ W _i (m)	
1	水位	1.000	1.000				
2		1.300	0.300	5.357	0.800		
3	1層	1.800	0.500			0.800	5.357
4		2.300	0.500	1.557	1.000		
5	2層	2.800	0.500			1.000	1.557
6		3.300	0.500	—	—		
7	3層	3.700	0.400			—	—
8		4.300	0.600	0.417	1.100		
9		5.300	1.000	0.959	1.000		
10		6.300	1.000	0.845	1.000		
11	4層	6.800	0.500			3.100	0.730
12		7.300	0.500	0.400	0.900		
13	5層	7.700	0.400			0.900	0.400
14	6層	8.100	0.400			—	—
15		8.300	0.200	3.409	0.700		
16		9.300	1.000	3.448	1.000		
17		10.300	1.000	2.279	0.800		
18	7層	10.600	0.300			2.500	3.063
19		11.300	0.700	1.136	1.200		
20		12.300	1.000	1.186	1.000		
21		13.300	1.000	3.659	1.000		
22		14.300	1.000	3.727	1.000		
23		15.300	1.000	3.797	1.000		
24		16.300	1.000	3.871	1.000		
25		17.300	1.000	3.922	1.000		
26		18.300	1.000	4.000	0.500		
27	8層	18.300	0.000			7.700	3.055
28		19.015	0.715	—	—		
29		20.010	0.995		—		
30		21.010	1.000		—		
31		22.010	1.000		—		
32	9層	23.000	0.990			—	—
33		23.010	0.010		—		

11. 地盤の変位量

地盤の水平変位量 D_{cy} および沈下量 S は、次式により求める。

$$D_{cy} = \sum (\gamma_{cyi} \times W_i / 100)$$

$$S = \sum (\varepsilon_{vi} \times W_i / 100)$$

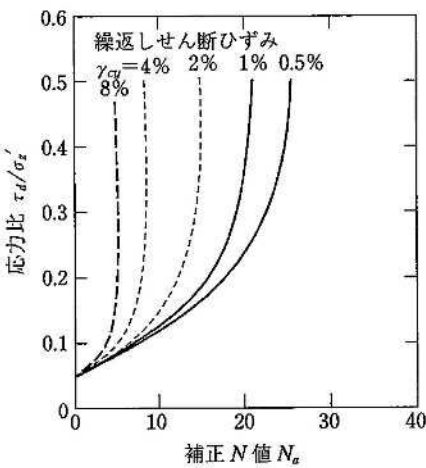
$$W_i = \begin{cases} H_i/2 + H_{i+1}/2 & \text{(直上、直下に境界が無い場合)} \\ H_i + H_{i+1}/2 & \text{(直上に境界がある場合)} \\ H_i/2 + H_{i+1} & \text{(直下に境界がある場合)} \\ H_i + H_{i+1} & \text{(直上、直下に境界がある場合)} \end{cases}$$

γ_{cy} : 繰返しせん断ひずみ (%) (線形補間で読み取り)

ε_v : 体積ひずみ (%)

N_a : 補正N値

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比



補正N値と繰返しせん断ひずみの関係

ここで、体積ひずみ ε_v は、繰返しせん断ひずみ γ_{cy} を ε_v と読み換えればよいので、地盤の沈下量は $S = D_{cy}$ となる。なお、 $F_L > 1.000$ の場合は $\gamma_{cy} = 0$ とする。

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	有効 層厚 W _i (m)	補正 N値 N _a	レベル1		
						せん断 応力比 τ_d / σ'_z	せん断 ひずみ $\gamma_{cy}, \varepsilon_v$ (%)	水平 変位量 D _{cy} (m)
	水位	1.000	1.000					
1		1.300	0.300	0.800	31.488	0.112	0.0	0.000
	1層	1.800	0.500					
2		2.300	0.500	1.000	19.360	0.140	0.0	0.000
	2層	2.800	0.500					
3		3.300	0.500	—	—	—	—	—
	3層	3.700	0.400					
4		4.300	0.600	1.100	2.166	0.168	8.0	0.088
5		5.300	1.000	1.000	14.910	0.172	0.6	0.006
6		6.300	1.000	1.000	12.543	0.174	1.5	0.015
	4層	6.800	0.500					
7		7.300	0.500	0.900	4.326	0.175	8.0	0.072
	5層	7.700	0.400					
	6層	8.100	0.400					
8		8.300	0.200	0.700	35.955	0.176	0.0	0.000
9		9.300	1.000	1.000	37.600	0.174	0.0	0.000
10		10.300	1.000	0.800	24.366	0.172	0.0	0.000
	7層	10.600	0.300					
11		11.300	0.700	1.200	17.608	0.169	0.0	0.000
12		12.300	1.000	1.000	18.100	0.167	0.0	0.000
13		13.300	1.000	1.000	51.016	0.164	0.0	0.000
14		14.300	1.000	1.000	27.952	0.161	0.0	0.000
15		15.300	1.000	1.000	42.766	0.158	0.0	0.000
16		16.300	1.000	1.000	44.095	0.155	0.0	0.000

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 Hi (m)	有効 層厚 Wi (m)	補正 N値 Na	レベル1		
						せん断 応力比 τ_d/σ'_z	せん断 ひずみ $\gamma_{cy}, \varepsilon_v$ (%)	水平 変位量 D _{cy} (mm)
17		17.300	1.000	1.000	33.250	0.153	0.0	0.000
18		18.300	1.000	0.500	41.935	0.150	0.0	0.000
	8層	18.300	0.000					
19		19.015	0.715	—	—	—	—	—
20		20.010	0.995	—				
21		21.010	1.000	—				
22		22.010	1.000	—				
	9層	23.000	0.990					
23		23.010	0.010	—				
地盤の水平変位量（沈下量）						計		0.181

液状化判定 検討書

(地点名 : BorNo. 2)

業務名 : 福岡市博物館立体駐車場地質調査

地区名 :

備考 : BorNo. 2 1.5 m/s²(レベル 1 荷重検討用)

1. 設計条件

適用基準 : 「建築基礎構造設計指針 2019.11 (一社)日本建築学会」
地点名 : BorNo.2
設計地震動 : レベル1
マグニチュード : $M = 7.5$
設計水平加速度 : $\alpha_{max} = 1.5 \quad (\text{m/s}^2)$ (レベル1)
N値補正係数(C_{sb}) : 考慮しない
上載荷重 : $- \quad (\text{kN/m}^2)$
地下水位 : $h_w = 1.000 \quad (\text{m})$
耐震設計上の基盤面 : 23.000 (m)
液状化の判定深度 : 20.000 (m)以内

2. 土質条件

2.1. 地層データ

地層 No	深度 (調査) z (m)	堆積 時代	適用 土質	層厚 H_i (m)	単位体積重量			非 液状化 層
					水位上 γ_{t1} (kN/m^3)	水位下 γ_{t2} (kN/m^3)	有効 γ'_{t2} (kN/m^3)	
1層	1.800	沖積世	砂質土	1.800	18.0	18.0	8.0	—
2層	4.200	沖積世	砂質土	2.400	18.0	18.0	8.0	—
3層	4.700	沖積世	砂質土	0.500	18.0	18.0	8.0	—
4層	7.700	沖積世	砂質土	3.000	18.0	18.0	8.0	—
5層	9.300	沖積世	粘性土	1.600	14.0	14.0	4.0	○
6層	10.900	洪積世	砂質土	1.600	19.0	19.0	9.0	—
7層	17.900	洪積世	砂質土	7.000	19.0	19.0	9.0	—
8層	23.000	岩盤	礫質土	5.100	23.0	23.0	13.0	○

$\gamma'_{t2} = \gamma_{t2} - \gamma_w$ (γ_w : 水の単位体積重量=10.0 (kN/m^3))

2.2. N 値データ

No	深度 (調査) z (m)	N 値 N	地層 No	深度 (調査) z (m)	堆積 時代	適用 土質	層厚 H _i (m)	平均 N 値 N _i
1	1.300	37	1 層	1.800	沖積世	砂質土	1.800	35.100
2	2.300	10	2 層	4.200	沖積世	砂質土	2.400	7.700
3	3.300	4						
4	4.300	3	3 層	4.700	沖積世	砂質土	0.500	4.100
5	5.300	10	4 層	7.700	沖積世	砂質土	3.000	7.000
6	6.300	7						
7	7.300	5						
8	8.300	3	5 層	9.300	沖積世	粘性土	1.600	3.900
9	9.300	5						
10	10.300	23	6 層	10.900	洪積世	砂質土	1.600	16.800
11	11.300	18	7 層	17.900	洪積世	砂質土	7.000	28.800
12	12.300	13						
13	13.300	33						
14	14.300	23						
15	15.300	27						
16	16.300	33						
17	17.180	50	8 層	23.000	岩盤	礫質土	5.100	50.000
18	18.120	50						
19	19.015	50						
20	20.010	50						
21	21.010	50						
22	22.010	50						
23	23.000	50	8 層	23.000	岩盤	礫質土	5.100	50.000

2.3. 試験データ

No	深度 (調査) z (m)	細粒分 含有率 F _c (%)	粘土分 含有率 C _c (%)	塑性 指数 I _p	50% 粒径 D ₅₀ (mm)	液状化抵抗比 τ_v / σ'_z	
						(N 値)	(試験値)
1	1.300	9.1	2.8			○	—
2	2.300	5.5	2.0			○	—
3	3.300	5.5	2.0			○	—
4	4.300	13.1	4.6			○	—
5	5.300	13.1	4.6			○	—
6	6.300	13.1	4.6			○	—
7	7.300	13.1	4.6			○	—
8	8.300	71.8	27.6			○	—
9	9.300	11.9	3.0			○	—
10	10.300	11.9	3.0			○	—
11	11.300	35.2	18.3	32.1		○	—
12	12.300	12.6	4.1			○	—
13	13.300	12.6	4.1			○	—
14	14.300	12.6	4.1			○	—
15	15.300	12.6	4.1			○	—
16	16.300	12.6	4.1			○	—
17	17.180	12.6	4.1			○	—
18	18.120					○	—
19	19.015					○	—
20	20.010					○	—
21	21.010					○	—
22	22.010					○	—

(N 値)・・・N 値から算出

3. 液状化の判定

本適用基準では、液状化の判定を行う必要がある土層として、次のように示されている。

液状化の判定を行う必要がある飽和土層は、原則的に地表面から 20m 程度以浅の土層で、考慮すべき土の種類は、細粒分含有率が 35%以下の土とする。ただし、埋立地盤等の造成地盤で地表面から 20m 程度以深まで連続している場合には、造成地盤の下端まで液状化判定を行う必要がある。また、埋立地盤等の造成地盤では、細粒分含有率が 35%以上の低塑性シルト、液性限界に近い含水比を持ったシルトなどが液状化した事例も報告されているので、粘土分(0.005mm 以下の粒径を持つ土粒子)含有率が 10%以下、または塑性指数が 15 以下の埋立地盤あるいは盛土地盤については液状化の検討を行う。

以下に液状化判定の必要性を検討し、該当する土層については液状化の判定を行う。

地下水位 : $h_w = 1.000$ (m)

耐震設計上の基盤面 : 23.000 (m)

液状化の判定深度 : 20.000 (m) 以内

No	深度 (調査) z (m)	N 値 N	堆積 時代	適用 土質	細粒分 含有率 F_c (%)	粘土分 含有率 C_c (%)	塑性 指数 I_p	液状化判定 (F_L 算出)		
								判定深度 以内の 飽和土層	$F_c \leq 35\%$ $C_c \leq 10\%$ $I_p \leq 15$	結果
1	1.300	37	沖積世	砂質土	9.1	2.8		○	○	する
2	2.300	10	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
3	3.300	4	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
4	4.300	3	沖積世	砂質土	13.1	4.6		○	○	する
5	5.300	10	沖積世	砂質土	13.1	4.6		○	○	する
6	6.300	7	沖積世	砂質土	13.1	4.6		○	○	する
7	7.300	5	沖積世	砂質土	13.1	4.6		○	○	する
8	8.300	3	沖積世	粘性土	71.8	27.6		○	○	—
9	9.300	5	沖積世	粘性土	11.9	3.0		○	○	—
10	10.300	23	洪積世	砂質土	11.9	3.0		○	○	する
11	11.300	18	洪積世	砂質土	35.2	18.3	32.1	○	—	しない
12	12.300	13	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
13	13.300	33	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
14	14.300	23	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
15	15.300	27	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
16	16.300	33	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
17	17.180	50	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
18	18.120	50	岩盤	礫質土				○		—
19	19.015	50	岩盤	礫質土				○		—

○ : 該当する — : 該当しない

4. 深度毎の土被り圧

深度毎の全土被り圧 σ_z 、および有効土被り圧 σ'_z (および σ'_{zb}) は、次式により求める。

$$\sigma_z = \begin{cases} \gamma_{t1}H_i + \sigma_{zi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma_{t2}H_i + \sigma_{zi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

$$\sigma'_z = \begin{cases} \gamma_{t1}H_i + \sigma'_{zi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma'_{t2}H_i + \sigma'_{zi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

$$\sigma'_{zb} = \begin{cases} \gamma_{t1}H_i + \sigma'_{zbi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma'_{t2}H_i + \sigma'_{zbi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

σ_z : 全土被り圧 (kN/m²)

σ'_z : 有効土被り圧 (kN/m²)

σ'_{zb} : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効土被り圧 (kN/m²)

γ_{t1} : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ'_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の有効単位体積重量 (kN/m³)

H_i : 層厚 (m)

No	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	境界	単位体積重量			全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	有効土被り圧 (調査) σ'_{zb} (kN/m ²)
				水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)			
1	0.000	—					0.00	0.00	—
2	1.000	1.000	水位				18.00	18.00	18.00
3	1.300	0.300					23.40	20.40	20.40
4	1.800	0.500		18.0	18.0	8.0	32.40	24.40	24.40
5	2.300	0.500					41.40	28.40	28.40
6	3.300	1.000					59.40	36.40	36.40
7	4.200	0.900		18.0	18.0	8.0	75.60	43.60	43.60
8	4.300	0.100					77.40	44.40	44.40
9	4.700	0.400		18.0	18.0	8.0	84.60	47.60	47.60
10	5.300	0.600					95.40	52.40	52.40
11	6.300	1.000					113.40	60.40	60.40
12	7.300	1.000					131.40	68.40	68.40
13	7.700	0.400		18.0	18.0	8.0	138.60	71.60	71.60
14	8.300	0.600					147.00	74.00	74.00
15	9.300	1.000		14.0	14.0	4.0	161.00	78.00	78.00
16	10.300	1.000					180.00	87.00	87.00
17	10.900	0.600		19.0	19.0	9.0	191.40	92.40	92.40
18	11.300	0.400					199.00	96.00	96.00
19	12.300	1.000					218.00	105.00	105.00
20	13.300	1.000					237.00	114.00	114.00
21	14.300	1.000					256.00	123.00	123.00
22	15.300	1.000					275.00	132.00	132.00
23	16.300	1.000					294.00	141.00	141.00
24	17.180	0.880					310.72	148.92	148.92
25	17.900	0.720		19.0	19.0	9.0	324.40	155.40	155.40

No	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	境界	単位体積重量			全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	有効土被り圧 (調査) σ'_{zb} (kN/m ²)
				水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)			
26	18.120	0.220		23.0	23.0	13.0	329.46	158.26	158.26
27	19.015	0.895					350.05	169.90	169.90
28	20.010	0.995					372.94	182.84	182.84

5. 繰返しせん断応力比

繰返しせん断応力比 τ_d / σ'_z は、次式により求める。

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_z} = r_n \frac{\alpha_{\max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} r_d$$

$$r_d = 1.0 - 0.015z$$

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比

r_n : 等価の繰返し回数に関する補正係数で 0.1(M-1) で算出 (=0.65)

M : マグニチュード (=7.5)

$\alpha_{\max}$: 地表面における設計水平加速度 (=1.5(m/s²) (レベル 1))

g : 重力加速度 (=9.8(m/s²))

σ_z : 全土被り圧 (kN/m²)

σ'_z : 有効土被り圧 (kN/m²)

r_d : 地盤が剛体でないことによる低減係数

z : 深度 (m)

No	深度 (調査) z (m)	N 値 N	全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	低減係数 r_d	(レベル 1)
						せん断応力比 τ_d / σ'_z
1	1.300	37	23.40	20.40	0.981	0.112
2	2.300	10	41.40	28.40	0.966	0.140
3	3.300	4	59.40	36.40	0.951	0.154
4	4.300	3	77.40	44.40	0.936	0.162
5	5.300	10	95.40	52.40	0.921	0.167
6	6.300	7	113.40	60.40	0.906	0.169
7	7.300	5	131.40	68.40	0.891	0.170
8	8.300	3	147.00	74.00	—	—
9	9.300	5	161.00	78.00	—	—
10	10.300	23	180.00	87.00	0.846	0.174
11	11.300	18	199.00	96.00	—	—
12	12.300	13	218.00	105.00	0.816	0.169
13	13.300	33	237.00	114.00	0.801	0.166
14	14.300	23	256.00	123.00	0.786	0.163
15	15.300	27	275.00	132.00	0.771	0.160
16	16.300	33	294.00	141.00	0.756	0.157
17	17.180	50	310.72	148.92	0.742	0.154
18	18.120	50	329.46	158.26	—	—
19	19.015	50	350.05	169.90	—	—

6. 液状化抵抗比

下図の限界せん断ひずみ曲線 5%を用いて、補正 N 値 (N_a) に対する液状化抵抗比 τ_L / σ'_z を求める。

$$\frac{\tau_L}{\sigma'_z} = a C_r \left\{ \frac{16 \sqrt{N_a}}{100} + \left(\frac{16 \sqrt{N_a}}{C_s} \right)^n \right\}$$

τ_L / σ'_z : 液状化抵抗比

a : 係数 (=0.45)

C_r : 係数 (=0.57)

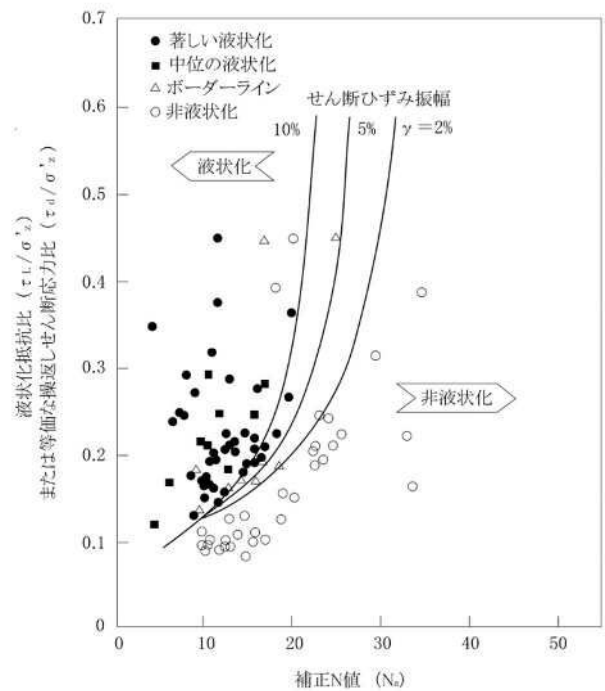
C_s : 係数 $C_s = 94 - 19 \log_{10} \gamma$

γ : せん断ひずみ(片) 振幅 (%)

N_a : 補正 N 値

n : 係数 (=14)

ここで、 $N_a < 6.00$ の場合は $\tau_L / \sigma'_z = 0.07$ 、
 $N_a > 26.00$ の場合は $\tau_L / \sigma'_z = 0.60$ とする。



補正 N 値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係
 また、補正 N 値 (N_a) は、次式により求める。

$$N_a = N_1 + \Delta N_f$$

$$N_1 = C_N \cdot N$$

$$C_N = \sqrt{100 / \sigma'_{zb}}$$

N_a : 補正 N 値

N_1 : 換算 N 値

C_N : 拘束圧に関する換算係数

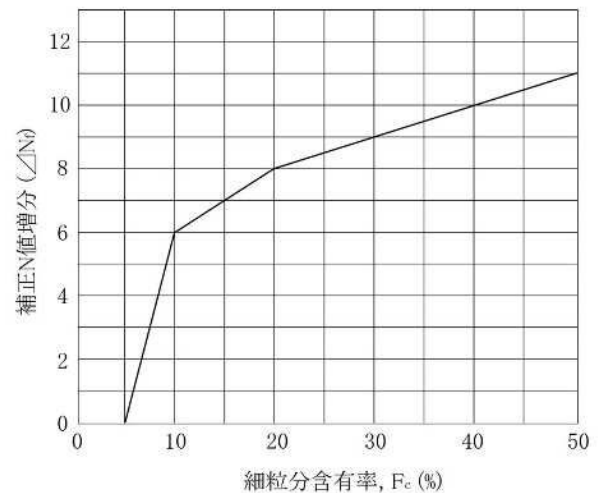
N : 標準貫入試験から得られる N 値

σ'_{zb} : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効土被り圧 (kN/m²)

ΔN_f : 細粒分含有率に応じた補正 N 値増分

$$\Delta N_f = \begin{cases} 1.2F_c - 6 & (5\% < F_c \leq 10\%) \\ 0.2F_c + 4 & (10\% < F_c \leq 20\%) \\ 0.1F_c + 6 & (20\% < F_c \leq 50\%) \end{cases}$$

ここで、 $F_c \leq 5\%$ の場合は $\Delta N_f = 0$ 、
 $F_c > 50\%$ の場合は $\Delta N_f = 11$ とする。



細粒分含有率と N 値の補正

No	深度 (調査) z (m)	N 値 N	細粒分 含有率 F _c (%)	50% 粒径 D ₅₀ (mm)	有効土被り 圧(調査) σ'_{zb} (kN/m ²)	換算 係数 C _N	換算 N 値 N ₁	N 値 増分 ΔN_f	補正 N 値 N _a	液状化 抵抗比 τ_L / σ'_z
1	1.300	37	9.1		20.400	2.214	81.918	4.920	86.838	0.600
2	2.300	10	5.5		28.400	1.876	18.760	0.600	19.360	0.218
3	3.300	4	5.5		36.400	1.657	6.628	0.600	7.228	0.110
4	4.300	3	13.1		44.400	1.501	4.503	6.620	11.123	0.138
5	5.300	10	13.1		52.400	1.381	13.810	6.620	20.430	0.241
6	6.300	7	13.1		60.400	1.287	9.009	6.620	15.629	0.171
7	7.300	5	13.1		68.400	1.209	6.045	6.620	12.665	0.148
8	8.300	3	71.8		74.000	—	—	—	—	—
9	9.300	5	11.9		78.000	—	—	—	—	—
10	10.300	23	11.9		87.000	1.072	24.656	6.380	31.036	0.600
11	11.300	18	35.2		96.000	—	—	—	—	—
12	12.300	13	12.6		105.000	0.976	12.688	6.520	19.208	0.216
13	13.300	33	12.6		114.000	0.937	30.921	6.520	37.441	0.600
14	14.300	23	12.6		123.000	0.902	20.746	6.520	27.266	0.600
15	15.300	27	12.6		132.000	0.870	23.490	6.520	30.010	0.600
16	16.300	33	12.6		141.000	0.842	27.786	6.520	34.306	0.600
17	17.180	50	12.6		148.920	0.819	40.950	6.520	47.470	0.600
18	18.120	50			158.260	—	—	—	—	—
19	19.015	50			169.900	—	—	—	—	—

7. 液状化に対する安全率

液状化に対する安全率 F_L は次式により算出し、この値が 1.0 以下の土層については液状化するとみなすものとする。

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

F_L : 液状化に対する安全率

τ_L / σ'_z : 液状化抵抗比

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比

No	深度 (調査) z (m)	N 値 N	液状化 判定 (F_L 算出)	液状化 抵抗比 τ_L / σ'_z	(レベル 1)	
					せん断 応力比 τ_d / σ'_z	安全率 F_L
1	1.300	37	する	0.600	0.112	5.357
2	2.300	10	する	0.218	0.140	1.557
3	3.300	4	する	0.110	0.154	0.714
4	4.300	3	する	0.138	0.162	0.852
5	5.300	10	する	0.241	0.167	1.443
6	6.300	7	する	0.171	0.169	1.012
7	7.300	5	する	0.148	0.170	0.871
8	8.300	3	—	—	—	—
9	9.300	5	—	—	—	—
10	10.300	23	する	0.600	0.174	3.448
11	11.300	18	しない	—	—	—
12	12.300	13	する	0.216	0.169	1.278
13	13.300	33	する	0.600	0.166	3.614
14	14.300	23	する	0.600	0.163	3.681
15	15.300	27	する	0.600	0.160	3.750
16	16.300	33	する	0.600	0.157	3.822
17	17.180	50	する	0.600	0.154	3.896
18	18.120	50	—	—	—	—
19	19.015	50	—	—	—	—

8. 液状化指数

液状化の範囲、程度については、深さ方向の分布および周辺地盤の状況等から総合的に判断する必要がある。
この場合、次式より算定される液状化指数 P_L (液状化安全率の深さ方向の変化から、液状化の激しさの程度を表す指標) が目安となる。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) (10 - 0.5z) dz$$

この積分は、 F_L 値が連続的でないために次式にて算出する。

$$P_L = \sum \frac{p_{Li-1} + p_{Li}}{2} H_i$$

$$p_{Li} = (1 - F_L) (10 - 0.5z)$$

P_L : 液状化指数 (m^2)

p_{Li} : 深度 z に対する液状化指数 (m)

F_L : 液状化に対する安全率 ($F_L \geq 1$ の場合は $F_L = 1$ とする)

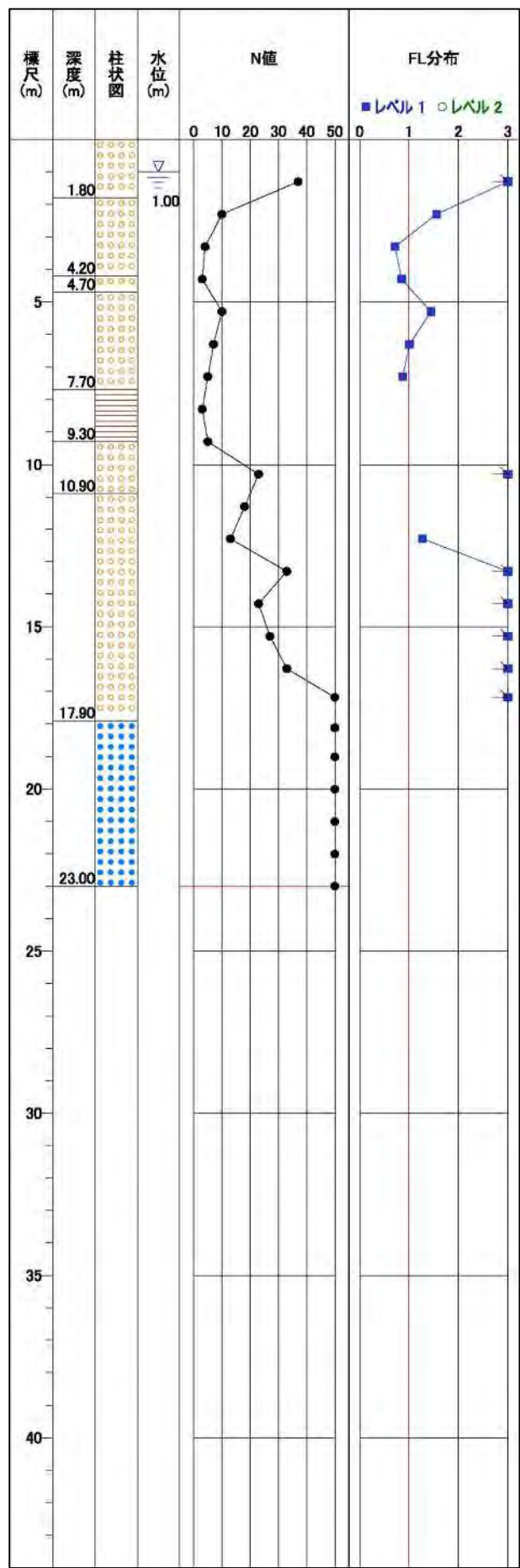
H_i : 層厚 (m)

z : 深度 (m)

No	深度 (調査) z (m)	層厚 H_i (m)	境界	(レベル 1)		
				液状化 安全率 F_L	液状化指数	
					p_{Li} (m)	P_L (m^2)
1	1.000	1.000	水位	5.357	0.000	—
2	1.300	0.300		5.357	0.000	0.000
3	2.300	1.000		1.557	0.000	0.000
4	3.300	1.000		0.714	2.388	1.194
5	4.300	1.000		0.852	1.162	1.775
6	5.300	1.000		1.443	0.000	0.581
7	6.300	1.000		1.012	0.000	0.000
8	7.300	1.000		0.871	0.819	0.410
9	8.300	1.000		—	—	0.410
10	9.300	1.000		—	—	—
11	10.300	1.000		3.448	0.000	—
12	11.300	1.000		—	—	0.000
13	12.300	1.000		1.278	0.000	—
14	13.300	1.000		3.614	0.000	0.000
15	14.300	1.000		3.681	0.000	0.000
16	15.300	1.000		3.750	0.000	0.000
17	16.300	1.000		3.822	0.000	0.000
18	17.180	0.880		3.896	0.000	0.000
19	18.120	0.940		—	—	0.000
20	19.015	0.895		—	—	—
21	20.000	0.985	20m	—	—	—
計						4.370

※地下水位の F_L は直下深度と同等にした

9. F_L 分布図



深度 (調査) z (m)	N 値 N	(レベル 1)	
		液状化 安全率 F_L	判定結果
1.300	37	5.357	しない
2.300	10	1.557	しない
3.300	4	0.714	液状化する
4.300	3	0.852	液状化する
5.300	10	1.443	しない
6.300	7	1.012	しない
7.300	5	0.871	液状化する
8.300	3	—	—
9.300	5	—	—
10.300	23	3.448	しない
11.300	18	—	—
12.300	13	1.278	しない
13.300	33	3.614	しない
14.300	23	3.681	しない
15.300	27	3.750	しない
16.300	33	3.822	しない
17.180	50	3.896	しない
18.120	50	—	—
19.015	50	—	—

10. 各地層毎の F_L

地層毎の F_L については各地層の平均値とし、次式により求める。

$$F_L = \Sigma (F_{Li} \times W_i) / \Sigma W_i$$

$$W_i = \begin{cases} H_i/2 + H_{i+1}/2 & \text{(直上、直下に境界が無い場合)} \\ H_i + H_{i+1}/2 & \text{(直上に境界がある場合)} \\ H_i/2 + H_{i+1} & \text{(直下に境界がある場合)} \\ H_i + H_{i+1} & \text{(直上、直下に境界がある場合)} \end{cases}$$

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	レベル 1 液状化 安全率 F _{Li}	有効層厚		レベル 1 液状化 安全率 F _L
					W _i (m)	Σ W _i (m)	
1	水位	1.000	1.000			0.800	5.357
2		1.300	0.300	5.357	0.800		
3	1 層	1.800	0.500				
4		2.300	0.500	1.557	1.000	2.400	1.065
5		3.300	1.000	0.714	1.400		
6	2 層	4.200	0.900				
7		4.300	0.100	0.852	0.500	0.500	0.852
8	3 層	4.700	0.400				
9		5.300	0.600	1.443	1.100		
10		6.300	1.000	1.012	1.000	3.000	1.128
11		7.300	1.000	0.871	0.900		
12	4 層	7.700	0.400				
13		8.300	0.600	—	—	—	—
14		9.300	1.000	—	—		
15	5 層	9.300	0.000				
16		10.300	1.000	3.448	1.600	1.600	3.448
17	6 層	10.900	0.600				
18		11.300	0.400	—	—		
19		12.300	1.000	1.278	1.000	6.100	3.350
20		13.300	1.000	3.614	1.000		
21		14.300	1.000	3.681	1.000		
22		15.300	1.000	3.750	1.000		
23		16.300	1.000	3.822	0.940		
24		17.180	0.880	3.896	1.160		
25	7 層	17.900	0.720				
26		18.120	0.220	—	—	—	—
27		19.015	0.895	—	—		
28		20.010	0.995		—		
29		21.010	1.000		—		
30		22.010	1.000		—		
31		23.000	0.990		—		
32	8 層	23.000	0.000				

11. 地盤の変位量

地盤の水平変位量 D_{cy} および沈下量 S は、次式により求める。

$$D_{cy} = \sum (\gamma_{cyi} \cdot W_i / 100)$$

$$S = \sum (\varepsilon_{vi} \cdot W_i / 100)$$

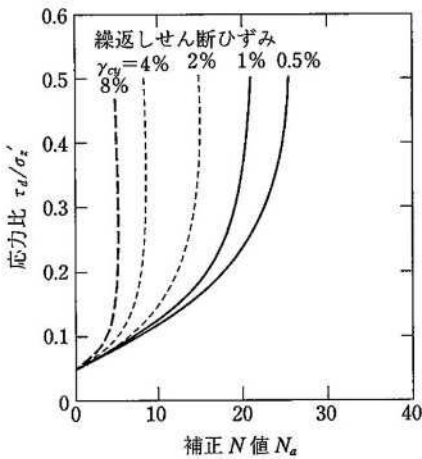
$$W_i = \begin{cases} H_i/2 + H_{i+1}/2 & \text{(直上、直下に境界が無い場合)} \\ H_i + H_{i+1}/2 & \text{(直上に境界がある場合)} \\ H_i/2 + H_{i+1} & \text{(直下に境界がある場合)} \\ H_i + H_{i+1} & \text{(直上、直下に境界がある場合)} \end{cases}$$

γ_{cy} : 繰返しせん断ひずみ (%) (線形補間で読み取り)

ε_v : 体積ひずみ (%)

N_a : 補正 N 値

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比



補正 N 値と繰返しせん断ひずみの関係

ここで、体積ひずみ ε_v は、繰返しせん断ひずみ γ_{cy} を ε_v と読み換えればよいので、地盤の沈下量は $S = D_{cy}$ となる。なお、 $F_L > 1.000$ の場合は $\gamma_{cy} = 0$ とする。

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	有効 層厚 W _i (m)	補正 N 値 N _a	レベル 1		
						せん断 応力比 τ_d / σ'_z	せん断 ひずみ $\gamma_{cy}, \varepsilon_v$ (%)	水平 変位量 D _{cy} (m)
	水位	1.000	1.000					
1		1.300	0.300	0.800	86.838	0.112	0.0	0.000
	1 層	1.800	0.500					
2		2.300	0.500	1.000	19.360	0.140	0.0	0.000
3		3.300	1.000	1.400	7.228	0.154	3.8	0.053
	2 層	4.200	0.900					
4		4.300	0.100	0.500	11.123	0.162	1.8	0.009
	3 層	4.700	0.400					
5		5.300	0.600	1.100	20.430	0.167	0.0	0.000
6		6.300	1.000	1.000	15.629	0.169	0.0	0.000
7		7.300	1.000	0.900	12.665	0.170	1.3	0.012
	4 層	7.700	0.400					
8		8.300	0.600	—	—	—	—	—
9		9.300	1.000	—	—	—	—	—
	5 層	9.300	0.000					
10		10.300	1.000	1.600	31.036	0.174	0.0	0.000
	6 層	10.900	0.600					
11		11.300	0.400	—	—	—	—	—
12		12.300	1.000	1.000	19.208	0.169	0.0	0.000
13		13.300	1.000	1.000	37.441	0.166	0.0	0.000
14		14.300	1.000	1.000	27.266	0.163	0.0	0.000
15		15.300	1.000	1.000	30.010	0.160	0.0	0.000
16		16.300	1.000	0.940	34.306	0.157	0.0	0.000
17		17.180	0.880	1.160	47.470	0.154	0.0	0.000

[illegible]

液状化判定 検討書

(地点名 : BorNo. 2)

業務名 : 福岡市博物館立体駐車場地質調査

地区名 :

備考 : BorNo. 2 2.0 m/s²(レベル 1 荷重検討用) 3.5 m/s²(レベル 2 荷重検討用)

1. 設計条件

適用基準 : 「建築基礎構造設計指針 2019.11 (一社)日本建築学会」
地点名 : BorNo.2
設計地震動 : レベル1 およびレベル2
マグニチュード : $M = 7.5$
設計水平加速度 : $\alpha_{max} = 2.0 \text{ (m/s}^2\text{)} \text{ (レベル1)} \quad 3.5 \text{ (m/s}^2\text{)} \text{ (レベル2)}$
N 値補正係数(C_{sb}) : 考慮しない
上載荷重 : $- \text{ (kN/m}^2\text{)}$
地下水位 : $h_w = 1.000 \text{ (m)}$
耐震設計上の基盤面 : 23.000 (m)
液状化の判定深度 : 20.000 (m) 以内

2. 土質条件

2.1. 地層データ

地層 No	深度 (調査) z (m)	堆積 時代	適用 土質	層厚 H_i (m)	単位体積重量			非 液状化 層
					水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)	
1 層	1.800	沖積世	砂質土	1.800	18.0	18.0	8.0	—
2 層	4.200	沖積世	砂質土	2.400	18.0	18.0	8.0	—
3 層	4.700	沖積世	砂質土	0.500	18.0	18.0	8.0	—
4 層	7.700	沖積世	砂質土	3.000	18.0	18.0	8.0	—
5 層	9.300	沖積世	粘性土	1.600	14.0	14.0	4.0	○
6 層	10.900	洪積世	砂質土	1.600	19.0	19.0	9.0	—
7 層	17.900	洪積世	砂質土	7.000	19.0	19.0	9.0	—
8 層	23.000	岩盤	礫質土	5.100	23.0	23.0	13.0	○

$\gamma'_{t2} = \gamma_{t2} - \gamma_w$ (γ_w : 水の単位体積重量=10.0 (kN/m³))

2.2. N 値データ

[illegible]

2.3. 試験データ

No	深度 (調査) z (m)	細粒分 含有率 F _c (%)	粘土分 含有率 C _c (%)	塑性 指数 I _p	50% 粒径 D ₅₀ (mm)	液状化抵抗比 τ_v / σ'_z	
						(N 値)	(試験値)
1	1.300	9.1	2.8			○	—
2	2.300	5.5	2.0			○	—
3	3.300	5.5	2.0			○	—
4	4.300	13.1	4.6			○	—
5	5.300	13.1	4.6			○	—
6	6.300	13.1	4.6			○	—
7	7.300	13.1	4.6			○	—
8	8.300	71.8	27.6			○	—
9	9.300	11.9	3.0			○	—
10	10.300	11.9	3.0			○	—
11	11.300	35.2	18.3	32.1		○	—
12	12.300	12.6	4.1			○	—
13	13.300	12.6	4.1			○	—
14	14.300	12.6	4.1			○	—
15	15.300	12.6	4.1			○	—
16	16.300	12.6	4.1			○	—
17	17.180	12.6	4.1			○	—
18	18.120					○	—
19	19.015					○	—
20	20.010					○	—
21	21.010					○	—
22	22.010					○	—

(N 値)・・・N 値から算出

3. 液状化の判定

本適用基準では、液状化の判定を行う必要がある土層として、次のように示されている。

液状化の判定を行う必要がある飽和土層は、原則的に地表面から 20m 程度以浅の土層で、考慮すべき土の種類は、細粒分含有率が 35%以下の土とする。ただし、埋立地盤等の造成地盤で地表面から 20m 程度以深まで連続している場合には、造成地盤の下端まで液状化判定を行う必要がある。また、埋立地盤等の造成地盤では、細粒分含有率が 35%以上の低塑性シルト、液性限界に近い含水比を持ったシルトなどが液状化した事例も報告されているので、粘土分(0.005mm 以下の粒径を持つ土粒子)含有率が 10%以下、または塑性指数が 15 以下の埋立地盤あるいは盛土地盤については液状化の検討を行う。

以下に液状化判定の必要性を検討し、該当する土層については液状化の判定を行う。

地下水位 : $h_w = 1.000$ (m)

耐震設計上の基盤面 : 23.000 (m)

液状化の判定深度 : 20.000 (m) 以内

No	深度 (調査) z (m)	N 値 N	堆積 時代	適用 土質	細粒分 含有率 F_c (%)	粘土分 含有率 C_c (%)	塑性 指数 I_p	液状化判定 (F_L 算出)		
								判定深度 以内の 飽和土層	$F_c \leq 35\%$ $C_c \leq 10\%$ $I_p \leq 15$	結果
1	1.300	37	沖積世	砂質土	9.1	2.8		○	○	する
2	2.300	10	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
3	3.300	4	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
4	4.300	3	沖積世	砂質土	13.1	4.6		○	○	する
5	5.300	10	沖積世	砂質土	13.1	4.6		○	○	する
6	6.300	7	沖積世	砂質土	13.1	4.6		○	○	する
7	7.300	5	沖積世	砂質土	13.1	4.6		○	○	する
8	8.300	3	沖積世	粘性土	71.8	27.6		○	○	—
9	9.300	5	沖積世	粘性土	11.9	3.0		○	○	—
10	10.300	23	洪積世	砂質土	11.9	3.0		○	○	する
11	11.300	18	洪積世	砂質土	35.2	18.3	32.1	○	—	しない
12	12.300	13	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
13	13.300	33	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
14	14.300	23	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
15	15.300	27	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
16	16.300	33	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
17	17.180	50	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
18	18.120	50	岩盤	礫質土				○		—
19	19.015	50	岩盤	礫質土				○		—

○ : 該当する — : 該当しない

4. 深度毎の土被り圧

深度毎の全土被り圧 σ_z 、および有効土被り圧 σ'_z (および σ'_{zb}) は、次式により求める。

$$\sigma_z = \begin{cases} \gamma_{t1}H_i + \sigma_{zi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma_{t2}H_i + \sigma_{zi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

$$\sigma'_z = \begin{cases} \gamma_{t1}H_i + \sigma'_{zi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma'_{t2}H_i + \sigma'_{zi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

$$\sigma'_{zb} = \begin{cases} \gamma_{t1}H_i + \sigma'_{zbi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma'_{t2}H_i + \sigma'_{zbi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

σ_z : 全土被り圧 (kN/m²)

σ'_z : 有効土被り圧 (kN/m²)

σ'_{zb} : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効土被り圧 (kN/m²)

γ_{t1} : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ'_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の有効単位体積重量 (kN/m³)

H_i : 層厚 (m)

No	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	境界	単位体積重量			全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	有効土被り圧 (調査) σ'_{zb} (kN/m ²)
				水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)			
1	0.000	—					0.00	0.00	—
2	1.000	1.000	水位				18.00	18.00	18.00
3	1.300	0.300					23.40	20.40	20.40
4	1.800	0.500		18.0	18.0	8.0	32.40	24.40	24.40
5	2.300	0.500					41.40	28.40	28.40
6	3.300	1.000					59.40	36.40	36.40
7	4.200	0.900		18.0	18.0	8.0	75.60	43.60	43.60
8	4.300	0.100					77.40	44.40	44.40
9	4.700	0.400		18.0	18.0	8.0	84.60	47.60	47.60
10	5.300	0.600					95.40	52.40	52.40
11	6.300	1.000					113.40	60.40	60.40
12	7.300	1.000					131.40	68.40	68.40
13	7.700	0.400		18.0	18.0	8.0	138.60	71.60	71.60
14	8.300	0.600					147.00	74.00	74.00
15	9.300	1.000		14.0	14.0	4.0	161.00	78.00	78.00
16	10.300	1.000					180.00	87.00	87.00
17	10.900	0.600		19.0	19.0	9.0	191.40	92.40	92.40
18	11.300	0.400					199.00	96.00	96.00
19	12.300	1.000					218.00	105.00	105.00
20	13.300	1.000					237.00	114.00	114.00
21	14.300	1.000					256.00	123.00	123.00
22	15.300	1.000					275.00	132.00	132.00
23	16.300	1.000					294.00	141.00	141.00
24	17.180	0.880					310.72	148.92	148.92
25	17.900	0.720		19.0	19.0	9.0	324.40	155.40	155.40

No	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	境界	単位体積重量			全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	有効土被り圧 (調査) σ'_{zb} (kN/m ²)
				水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)			
26	18.120	0.220		23.0	23.0	13.0	329.46	158.26	158.26
27	19.015	0.895					350.05	169.90	169.90
28	20.010	0.995					372.94	182.84	182.84

5. 繰返しせん断応力比

繰返しせん断応力比 τ_d / σ'_z は、次式により求める。

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_z} = r_n \frac{\alpha_{\max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} r_d$$

$$r_d = 1.0 - 0.015z$$

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比

r_n : 等価の繰返し回数に関する補正係数で 0.1(M-1) で算出 (=0.65)

M : マグニチュード (=7.5)

$\alpha_{\max}$: 地表面における設計水平加速度 (=2.0(m/s²) (レベル 1) 3.5(m/s²) (レベル 2))

g : 重力加速度 (=9.8(m/s²))

σ_z : 全土被り圧 (kN/m²)

σ'_z : 有効土被り圧 (kN/m²)

r_d : 地盤が剛体でないことによる低減係数

z : 深度 (m)

No	深度 (調査) z (m)	N 値 N	全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	低減係数 r_d	(レベル 1)	(レベル 2)
						せん断応力比 τ_d / σ'_z	せん断応力比 τ_d / σ'_z
1	1.300	37	23.40	20.40	0.981	0.149	0.261
2	2.300	10	41.40	28.40	0.966	0.187	0.327
3	3.300	4	59.40	36.40	0.951	0.206	0.360
4	4.300	3	77.40	44.40	0.936	0.216	0.379
5	5.300	10	95.40	52.40	0.921	0.222	0.389
6	6.300	7	113.40	60.40	0.906	0.226	0.395
7	7.300	5	131.40	68.40	0.891	0.227	0.397
8	8.300	3	147.00	74.00	—	—	—
9	9.300	5	161.00	78.00	—	—	—
10	10.300	23	180.00	87.00	0.846	0.232	0.406
11	11.300	18	199.00	96.00	—	—	—
12	12.300	13	218.00	105.00	0.816	0.225	0.393
13	13.300	33	237.00	114.00	0.801	0.221	0.387
14	14.300	23	256.00	123.00	0.786	0.217	0.380
15	15.300	27	275.00	132.00	0.771	0.213	0.373
16	16.300	33	294.00	141.00	0.756	0.209	0.366
17	17.180	50	310.72	148.92	0.742	0.205	0.359
18	18.120	50	329.46	158.26	—	—	—
19	19.015	50	350.05	169.90	—	—	—

6. 液状化抵抗比

下図の限界せん断ひずみ曲線 5%を用いて、補正 N 値 (N_a) に対する液状化抵抗比 τ_L / σ'_z を求める。

$$\frac{\tau_L}{\sigma'_z} = a C_r \left\{ \frac{16 \sqrt{N_a}}{100} + \left(\frac{16 \sqrt{N_a}}{C_s} \right)^n \right\}$$

τ_L / σ'_z : 液状化抵抗比

a : 係数 (=0.45)

C_r : 係数 (=0.57)

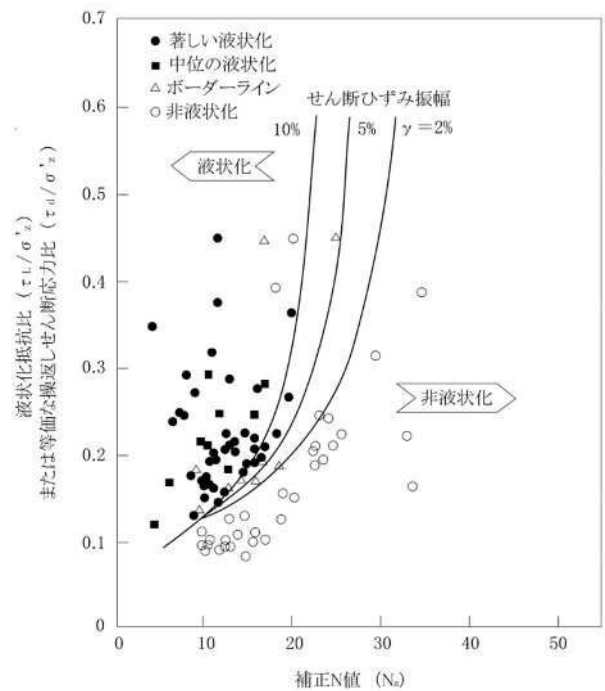
C_s : 係数 $C_s = 94 - 19 \log_{10} \gamma$

γ : せん断ひずみ(片)振幅(%)

N_a : 補正 N 値

n : 係数 (=14)

ここで、 $N_a < 6.00$ の場合は $\tau_L / \sigma'_z = 0.07$ 、
 $N_a > 26.00$ の場合は $\tau_L / \sigma'_z = 0.60$ とする。



補正 N 値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係
 また、補正 N 値 (N_a) は、次式により求める。

$$N_a = N_1 + \Delta N_f$$

$$N_1 = C_N \cdot N$$

$$C_N = \sqrt{100 / \sigma'_{zb}}$$

N_a : 補正 N 値

N_1 : 換算 N 値

C_N : 拘束圧に関する換算係数

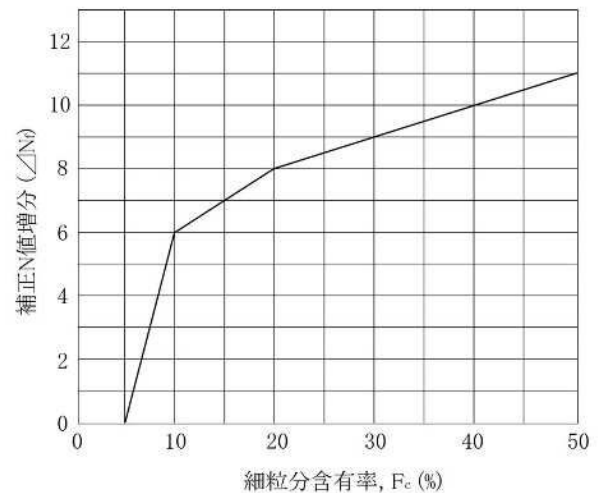
N : 標準貫入試験から得られる N 値

σ'_{zb} : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効土被り圧 (kN/m²)

ΔN_f : 細粒分含有率に応じた補正 N 値増分

$$\Delta N_f = \begin{cases} 1.2F_c - 6 & (5\% < F_c \leq 10\%) \\ 0.2F_c + 4 & (10\% < F_c \leq 20\%) \\ 0.1F_c + 6 & (20\% < F_c \leq 50\%) \end{cases}$$

ここで、 $F_c \leq 5\%$ の場合は $\Delta N_f = 0$ 、
 $F_c > 50\%$ の場合は $\Delta N_f = 11$ とする。



細粒分含有率と N 値の補正

No	深度 (調査) z (m)	N 値 N	細粒分 含有率 F _c (%)	50% 粒径 D ₅₀ (mm)	有効土被り 圧(調査) σ'_{zb} (kN/m ²)	換算 係数 C _N	換算 N 値 N ₁	N 値 増分 ΔN_f	補正 N 値 N _a	液状化 抵抗比 τ_L / σ'_z
1	1.300	37	9.1		20.400	2.214	81.918	4.920	86.838	0.600
2	2.300	10	5.5		28.400	1.876	18.760	0.600	19.360	0.218
3	3.300	4	5.5		36.400	1.657	6.628	0.600	7.228	0.110
4	4.300	3	13.1		44.400	1.501	4.503	6.620	11.123	0.138
5	5.300	10	13.1		52.400	1.381	13.810	6.620	20.430	0.241
6	6.300	7	13.1		60.400	1.287	9.009	6.620	15.629	0.171
7	7.300	5	13.1		68.400	1.209	6.045	6.620	12.665	0.148
8	8.300	3	71.8		74.000	—	—	—	—	—
9	9.300	5	11.9		78.000	—	—	—	—	—
10	10.300	23	11.9		87.000	1.072	24.656	6.380	31.036	0.600
11	11.300	18	35.2		96.000	—	—	—	—	—
12	12.300	13	12.6		105.000	0.976	12.688	6.520	19.208	0.216
13	13.300	33	12.6		114.000	0.937	30.921	6.520	37.441	0.600
14	14.300	23	12.6		123.000	0.902	20.746	6.520	27.266	0.600
15	15.300	27	12.6		132.000	0.870	23.490	6.520	30.010	0.600
16	16.300	33	12.6		141.000	0.842	27.786	6.520	34.306	0.600
17	17.180	50	12.6		148.920	0.819	40.950	6.520	47.470	0.600
18	18.120	50			158.260	—	—	—	—	—
19	19.015	50			169.900	—	—	—	—	—

7. 液状化に対する安全率

液状化に対する安全率 F_L は次式により算出し、この値が 1.0 以下の土層については液状化するとみなすものとする。

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

F_L : 液状化に対する安全率

τ_L / σ'_z : 液状化抵抗比

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比

No	深度 (調査) z (m)	N 値 N	液状化 判定 (F_L 算出)	液状化 抵抗比 τ_L / σ'_z	(レベル 1)		(レベル 2)	
					せん断 応力比 τ_d / σ'_z	安全率 F_L	せん断 応力比 τ_d / σ'_z	安全率 F_L
1	1.300	37	する	0.600	0.149	4.027	0.261	2.299
2	2.300	10	する	0.218	0.187	1.166	0.327	0.667
3	3.300	4	する	0.110	0.206	0.534	0.360	0.306
4	4.300	3	する	0.138	0.216	0.639	0.379	0.364
5	5.300	10	する	0.241	0.222	1.086	0.389	0.620
6	6.300	7	する	0.171	0.226	0.757	0.395	0.433
7	7.300	5	する	0.148	0.227	0.652	0.397	0.373
8	8.300	3	—	—	—	—	—	—
9	9.300	5	—	—	—	—	—	—
10	10.300	23	する	0.600	0.232	2.586	0.406	1.478
11	11.300	18	しない	—	—	—	—	—
12	12.300	13	する	0.216	0.225	0.960	0.393	0.550
13	13.300	33	する	0.600	0.221	2.715	0.387	1.550
14	14.300	23	する	0.600	0.217	2.765	0.380	1.579
15	15.300	27	する	0.600	0.213	2.817	0.373	1.609
16	16.300	33	する	0.600	0.209	2.871	0.366	1.639
17	17.180	50	する	0.600	0.205	2.927	0.359	1.671
18	18.120	50	—	—	—	—	—	—
19	19.015	50	—	—	—	—	—	—

8. 液状化指数

液状化の範囲、程度については、深さ方向の分布および周辺地盤の状況等から総合的に判断する必要がある。
この場合、次式より算定される液状化指数 P_L (液状化安全率の深さ方向の変化から、液状化の激しさの程度を表す指標) が目安となる。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) (10 - 0.5z) dz$$

この積分は、 F_L 値が連続的でないために次式にて算出する。

$$P_L = \sum \frac{p_{Li-1} + p_{Li}}{2} H_i$$

$$p_{Li} = (1 - F_L) (10 - 0.5z)$$

P_L : 液状化指数 (m^2)

p_{Li} : 深度 z に対する液状化指数 (m)

F_L : 液状化に対する安全率 ($F_L \geq 1$ の場合は $F_L = 1$ とする)

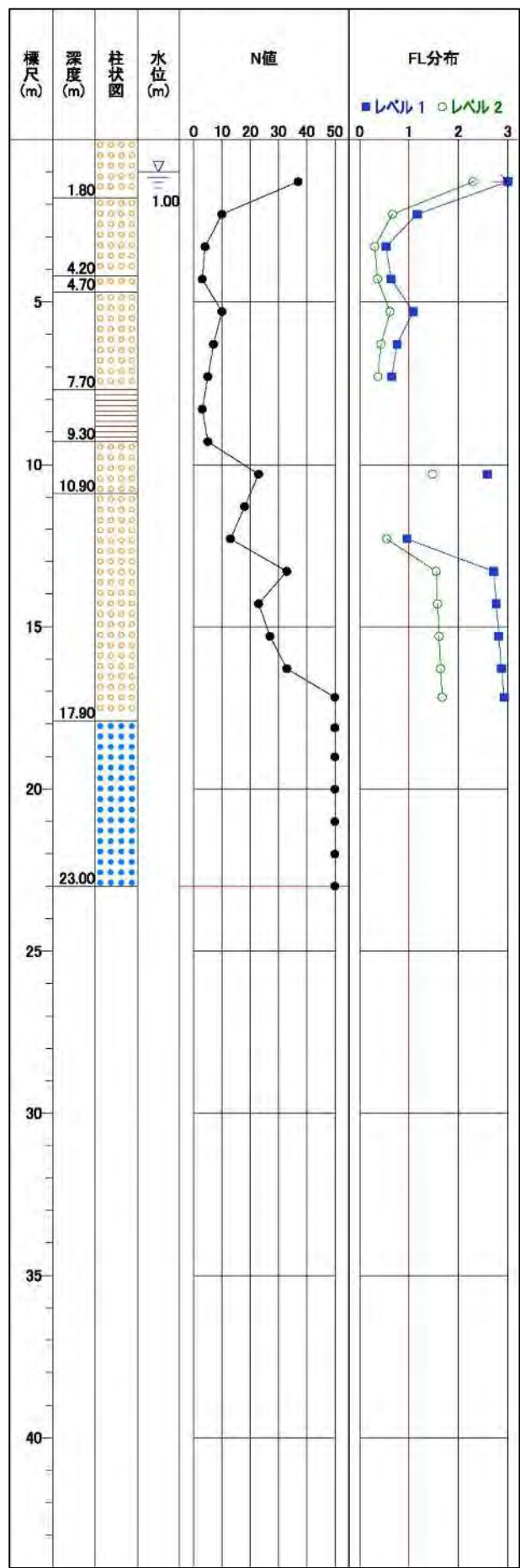
H_i : 層厚 (m)

z : 深度 (m)

No	深度 (調査) z (m)	層厚 H_i (m)	境界	(レベル 1)			(レベル 2)		
				液状化 安全率 F_L	液状化指数		液状化 安全率 F_L	液状化指数	
					p_{Li} (m)	P_L (m^2)		p_{Li} (m)	P_L (m^2)
1	1.000	1.000	水位	4.027	0.000	—	2.299	0.000	—
2	1.300	0.300		4.027	0.000	0.000	2.299	0.000	0.000
3	2.300	1.000		1.166	0.000	0.000	0.667	2.947	1.474
4	3.300	1.000		0.534	3.891	1.946	0.306	5.795	4.371
5	4.300	1.000		0.639	2.834	3.363	0.364	4.993	5.394
6	5.300	1.000		1.086	0.000	1.417	0.620	2.793	3.893
7	6.300	1.000		0.757	1.665	0.833	0.433	3.884	3.339
8	7.300	1.000		0.652	2.210	1.938	0.373	3.981	3.933
9	8.300	1.000		—	—	1.105	—	—	1.991
10	9.300	1.000		—	—	—	—	—	—
11	10.300	1.000		2.586	0.000	—	1.478	0.000	—
12	11.300	1.000		—	—	0.000	—	—	0.000
13	12.300	1.000		0.960	0.154	0.077	0.550	1.733	0.867
14	13.300	1.000		2.715	0.000	0.077	1.550	0.000	0.867
15	14.300	1.000		2.765	0.000	0.000	1.579	0.000	0.000
16	15.300	1.000		2.817	0.000	0.000	1.609	0.000	0.000
17	16.300	1.000		2.871	0.000	0.000	1.639	0.000	0.000
18	17.180	0.880		2.927	0.000	0.000	1.671	0.000	0.000
19	18.120	0.940		—	—	0.000	—	—	0.000
20	19.015	0.895		—	—	—	—	—	—
21	20.000	0.985	20m	—	—	—	—	—	—
計						10.756		計	26.129

※地下水位の F_L は直下深度と同等にした

9. F_L 分布図



深度 (調査) z (m)	N 値 N	(レベル 1)		(レベル 2)	
		液状化 安全率 F_L	判定結果	液状化 安全率 F_L	判定結果
1.300	37	4.027	しない	2.299	しない
2.300	10	1.166	しない	0.667	液状化する
3.300	4	0.534	液状化する	0.306	液状化する
4.300	3	0.639	液状化する	0.364	液状化する
5.300	10	1.086	しない	0.620	液状化する
6.300	7	0.757	液状化する	0.433	液状化する
7.300	5	0.652	液状化する	0.373	液状化する
8.300	3	—	—	—	—
9.300	5	—	—	—	—
10.300	23	2.586	しない	1.478	しない
11.300	18	—	—	—	—
12.300	13	0.960	液状化する	0.550	液状化する
13.300	33	2.715	しない	1.550	しない
14.300	23	2.765	しない	1.579	しない
15.300	27	2.817	しない	1.609	しない
16.300	33	2.871	しない	1.639	しない
17.180	50	2.927	しない	1.671	しない
18.120	50	—	—	—	—
19.015	50	—	—	—	—

10. 各地層毎の F_L

地層毎の F_L については各地層の平均値とし、次式により求める。

$$F_L = \Sigma (F_{Li} \times W_i) / \Sigma W_i$$

$$W_i = \begin{cases} H_i/2 + H_{i+1}/2 & \text{(直上、直下に境界が無い場合)} \\ H_i + H_{i+1}/2 & \text{(直上に境界がある場合)} \\ H_i/2 + H_{i+1} & \text{(直下に境界がある場合)} \\ H_i + H_{i+1} & \text{(直上、直下に境界がある場合)} \end{cases}$$

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	レベル 1 液状化 安全率 F _{Li}	レベル 2 液状化 安全率 F _{Li}	有効層厚		レベル 1 液状化 安全率 F _L	レベル 2 液状化 安全率 F _L
						W _i (m)	Σ W _i (m)		
1	水位	1.000	1.000				0.800	4.027	2.299
2		1.300	0.300	4.027	2.299	0.800			
3	1 層	1.800	0.500						
4		2.300	0.500	1.166	0.667	1.000	2.400	0.797	0.456
5		3.300	1.000	0.534	0.306	1.400			
6	2 層	4.200	0.900						
7		4.300	0.100	0.639	0.364	0.500	0.500	0.639	0.364
8	3 層	4.700	0.400						
9		5.300	0.600	1.086	0.620	1.100			
10		6.300	1.000	0.757	0.433	1.000	3.000	0.846	0.484
11		7.300	1.000	0.652	0.373	0.900			
12	4 層	7.700	0.400						
13		8.300	0.600	—	—	—	—	—	—
14		9.300	1.000	—	—	—			
15	5 層	9.300	0.000						
16		10.300	1.000	2.586	1.478	1.600	1.600	2.586	1.478
17	6 層	10.900	0.600						
18		11.300	0.400	—	—	—			
19		12.300	1.000	0.960	0.550	1.000	6.100	2.517	1.437
20		13.300	1.000	2.715	1.550	1.000			
21		14.300	1.000	2.765	1.579	1.000			
22		15.300	1.000	2.817	1.609	1.000			
23		16.300	1.000	2.871	1.639	0.940			
24		17.180	0.880	2.927	1.671	1.160			
25	7 層	17.900	0.720						
26		18.120	0.220	—	—	—			
27		19.015	0.895	—	—	—			
28		20.010	0.995			—	—	—	—
29		21.010	1.000			—			
30		22.010	1.000			—			
31		23.000	0.990			—			
32	8 層	23.000	0.000						

11. 地盤の変位量

地盤の水平変位量 D_{cy} および沈下量 S は、次式により求める。

$$D_{cy} = \sum (\gamma_{cyi} \cdot W_i / 100)$$

$$S = \sum (\varepsilon_{vi} \cdot W_i / 100)$$

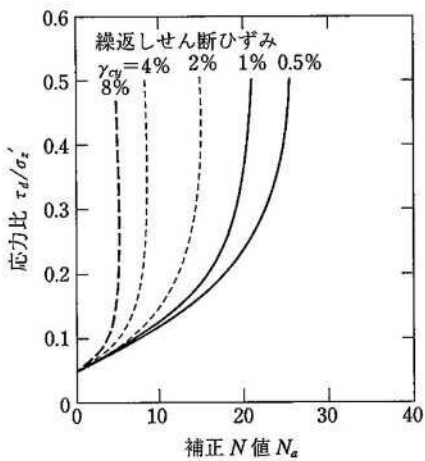
$$W_i = \begin{cases} H_i/2 + H_{i+1}/2 & \text{(直上、直下に境界が無い場合)} \\ H_i + H_{i+1}/2 & \text{(直上に境界がある場合)} \\ H_i/2 + H_{i+1} & \text{(直下に境界がある場合)} \\ H_i + H_{i+1} & \text{(直上、直下に境界がある場合)} \end{cases}$$

γ_{cy} : 繰返しせん断ひずみ (%) (線形補間で読み取り)

ε_v : 体積ひずみ (%)

N_a : 補正 N 値

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比



補正 N 値と繰返しせん断ひずみの関係

ここで、体積ひずみ ε_v は、繰返しせん断ひずみ γ_{cy} を ε_v と読み換えればよいので、地盤の沈下量は $S = D_{cy}$ となる。なお、 $F_L > 1.000$ の場合は $\gamma_{cy} = 0$ とする。

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H_i (m)	有効 層厚 W_i (m)	補正 N 値 N_a	(レベル 1)			(レベル 2)		
						せん断 応力比 τ_d / σ'_z	せん断 ひずみ $\gamma_{cy}, \varepsilon_v$ (%)	水平 変位量 D_{cy} (m)	せん断 応力比 τ_d / σ'_z	せん断 ひずみ $\gamma_{cy}, \varepsilon_v$ (%)	水平 変位量 D_{cy} (m)
	水位	1.000	1.000								
1		1.300	0.300	0.800	86.838	0.149	0.0	0.000	0.261	0.0	0.000
	1 層	1.800	0.500								
2		2.300	0.500	1.000	19.360	0.187	0.0	0.000	0.327	1.0	0.010
3		3.300	1.000	1.400	7.228	0.206	4.7	0.066	0.360	5.4	0.076
	2 層	4.200	0.900								
4		4.300	0.100	0.500	11.123	0.216	2.6	0.013	0.379	3.1	0.016
	3 層	4.700	0.400								
5		5.300	0.600	1.100	20.430	0.222	0.0	0.000	0.389	1.0	0.011
6		6.300	1.000	1.000	15.629	0.226	1.3	0.013	0.395	1.8	0.018
7		7.300	1.000	0.900	12.665	0.227	2.1	0.019	0.397	2.7	0.024
	4 層	7.700	0.400								
8		8.300	0.600	—	—	—	—	—	—	—	—
9		9.300	1.000	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 層	9.300	0.000								
10		10.300	1.000	1.600	31.036	0.232	0.0	0.000	0.406	0.0	0.000
	6 層	10.900	0.600								
11		11.300	0.400	—	—	—	—	—	—	—	—
12		12.300	1.000	1.000	19.208	0.225	0.5	0.005	0.393	1.2	0.012
13		13.300	1.000	1.000	37.441	0.221	0.0	0.000	0.387	0.0	0.000
14		14.300	1.000	1.000	27.266	0.217	0.0	0.000	0.380	0.0	0.000
15		15.300	1.000	1.000	30.010	0.213	0.0	0.000	0.373	0.0	0.000
16		16.300	1.000	0.940	34.306	0.209	0.0	0.000	0.366	0.0	0.000
17		17.180	0.880	1.160	47.470	0.205	0.0	0.000	0.359	0.0	0.000

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	有効 層厚 W _i (m)	補正 N 値 N _a	(レベル 1)			(レベル 2)		
						せん断 応力比 τ_d / σ'_z	せん断 ひずみ $\gamma_{cy}, \varepsilon_v$ (%)	水平 変位量 D _{cy} (m)	せん断 応力比 τ_d / σ'_z	せん断 ひずみ $\gamma_{cy}, \varepsilon_v$ (%)	水平 変位量 D _{cy} (m)
	7 層	17.900	0.720								
18		18.120	0.220	—	—	—	—	—	—	—	—
19		19.015	0.895	—	—	—	—	—	—	—	—
20		20.010	0.995	—							
21		21.010	1.000	—							
22		22.010	1.000	—							
23		23.000	0.990	—							
	8 層	23.000	0.000								
地盤の水平変位量 (沈下量) 計								0.116	計		0.167

液状化判定 検討書

(地点名 : BorNo. 3)

業務名 : 福岡市博物館立体駐車場地質調査

地区名 :

備考 : BorNo. 2 1.5 m/s²(レベル1荷重検討用)

1. 設計条件

適用基準 : 「建築基礎構造設計指針 2019.11 (一社)日本建築学会」
地点名 : BorNo.3
設計地震動 : レベル1
マグニチュード : M = 7.5
設計水平加速度 : $\alpha_{max} = 1.5 \text{ (m/s}^2\text{)}$ (レベル1)
N値補正係数(Csb) : 考慮しない
上載荷重 : — (kN/m²)
地下水位 : $h_w = 1.000 \text{ (m)}$
耐震設計上の基盤面 : 21.000 (m)
液状化の判定深度 : 20.000 (m)以内

2. 土質条件

2.1 地層データ

地層 No	深度 (調査) z (m)	堆積 時代	適用 土質	層厚 H _i (m)	単位体積重量			非 液状化 層
					水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)	
1層	1.300	沖積世	砂質土	1.300	18.0	18.0	8.0	—
2層	4.300	沖積世	砂質土	3.000	18.0	18.0	8.0	—
3層	7.400	沖積世	砂質土	3.100	18.0	18.0	8.0	—
4層	7.700	沖積世	粘性土	0.300	14.0	14.0	4.0	○
5層	16.300	洪積世	砂質土	8.600	19.0	19.0	9.0	—
6層	21.000	洪積世	礫質土	4.700	23.0	23.0	13.0	○

$\gamma'_{t2} = \gamma_{t2} - \gamma_w$ (γ_w : 水の単位体積重量 = 10.0 (kN/m³))

2.2 N値データ

No	深度 (調査) z (m)	N値 N	地層 No	深度 (調査) z (m)	堆積 時代	適用 土質	層厚 Hi (m)	平均N値 Ni
1	1.300	8	1層	1.300	沖積世	砂質土	1.300	8.000
2	2.300	10						
3	3.300	4						
4	4.300	3						
5	5.300	8	2層	4.300	沖積世	砂質土	3.000	6.500
6	6.300	9						
7	7.300	4						
			3層	7.400	沖積世	砂質土	3.100	6.800
			4層	7.700	沖積世	粘性土	0.300	6.500
8	8.300	14						
9	9.300	10						
10	10.300	18						
11	11.300	17						
12	12.300	19						
13	13.300	30						
14	14.300	27						
15	15.300	39						
16	16.300	27	5層	16.300	洪積世	砂質土	8.600	21.800
17	17.015	50						
18	18.010	50						
19	19.010	50						
20	20.000	50						
21	21.000	50	6層	21.000	洪積世	礫質土	4.700	48.300

2.3 試験データ

No	深度 (調査) z (m)	細粒分 含有率 F _c (%)	粘土分 含有率 C _c (%)	塑性 指数 I _p	50% 粒径 D ₅₀ (mm)	液状化抵抗比 τ_L / σ'_z	
						(N値)	(試験値)
1	1.300	9.1	2.8			○	—
2	4.300	5.5	2.0			○	—
3	7.400	13.1	4.6			○	—
4	7.700	71.8	27.6			○	—
5	16.300	12.6	4.1			○	—
6	21.000					○	—

(N値)・・・N値から算出

3. 液状化の判定

本適用基準では、液状化の判定を行う必要がある土層として、次のように示されている。

液状化の判定を行う必要がある飽和土層は、原則的に地表面から20m程度以浅の土層で、考慮すべき土の種類は、細粒分含有率が 35%以下の土とする。ただし、埋立地盤等の造成地盤で、地表面から20m程度以深まで連続している場合には、造成地盤の下端まで液状化判定を行う必要がある。また、埋立地盤等の造成地盤では、細粒分含有率が 35%以上の低塑性シルト、液性限界に近い含水比を持ったシルトなどが液状化した事例も報告されているので、粘土分(0.005mm以下の粒径を持つ土粒子)含有率が 10%以下、または塑性指数が 15 以下の埋立地盤あるいは盛土地盤については液状化の検討を行う。

以下に液状化判定の必要性を検討し、該当する土層については液状化の判定を行う。

地下水位 : $h_w = 1.000$ (m)

耐震設計上の基盤面 : 21.000 (m)

液状化の判定深度 : 20.000 (m) 以内

No	深度 (調査) z (m)	N値 N	堆積 時代	適用 土質	細粒分 含有率 F_c (%)	粘土分 含有率 C_c (%)	塑性 指数 I_p	液状化判定 (F_L 算出)		
								判定深度 以内の 飽和土層	$F_c \leq 35\%$ $C_c \leq 10\%$ $I_p \leq 15$	結果
1	1.300	8	沖積世	砂質土	9.1	2.8		○	○	する
2	2.300	10	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
3	3.300	4	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
4	4.300	3	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
5	5.300	8	沖積世	砂質土	13.1	4.6		○	○	する
6	6.300	9	沖積世	砂質土	13.1	4.6		○	○	する
7	7.300	4	沖積世	砂質土	13.1	4.6		○	○	する
8	8.300	14	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
9	9.300	10	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
10	10.300	18	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
11	11.300	17	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
12	12.300	19	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
13	13.300	30	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
14	14.300	27	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
15	15.300	39	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
16	16.300	27	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
17	17.015	50	洪積世	礫質土				○		—
18	18.010	50	洪積世	礫質土				○		—
19	19.010	50	洪積世	礫質土				○		—
20	20.000	50	洪積世	礫質土				○		—

○ : 該当する — : 該当しない

4. 深度毎の土被り圧

深度毎の全土被り圧 σ_z 、有効土被り圧 σ'_z (および σ'_{zb}) は、次式により求める。

$$\sigma_z = \begin{cases} \gamma_{t1} H_i + \sigma_{zi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma_{t2} H_i + \sigma_{zi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

$$\sigma'_z = \begin{cases} \gamma_{t1} H_i + \sigma'_{zi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma'_{t2} H_i + \sigma'_{zi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

$$\sigma'_{zb} = \begin{cases} \gamma_{t1} H_i + \sigma'_{zbi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma'_{t2} H_i + \sigma'_{zbi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

σ_z : 全土被り圧 (kN/m²)

σ'_z : 有効土被り圧 (kN/m²)

σ'_{zb} : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効土被り圧 (kN/m²)

γ_{t1} : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ'_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の有効単位体積重量 (kN/m³)

H_i : 層厚 (m)

No	深度 (調査) z (m)	層厚 H_i (m)	境界	単位体積重量			全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	有効土被り圧 (調査) σ'_{zb} (kN/m ²)
				水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)			
1	0.000	—					0.00	0.00	—
2	1.000	1.000	水位				18.00	18.00	18.00
3	1.300	0.300		18.0	18.0	8.0	23.40	20.40	20.40
4	2.300	1.000					41.40	28.40	28.40
5	3.300	1.000					59.40	36.40	36.40
6	4.300	1.000		18.0	18.0	8.0	77.40	44.40	44.40
7	5.300	1.000					95.40	52.40	52.40
8	6.300	1.000					113.40	60.40	60.40
9	7.300	1.000					131.40	68.40	68.40
10	7.400	0.100		18.0	18.0	8.0	133.20	69.20	69.20
11	7.700	0.300		14.0	14.0	4.0	137.40	70.40	70.40
12	8.300	0.600					148.80	75.80	75.80
13	9.300	1.000					167.80	84.80	84.80
14	10.300	1.000					186.80	93.80	93.80
15	11.300	1.000					205.80	102.80	102.80
16	12.300	1.000					224.80	111.80	111.80
17	13.300	1.000					243.80	120.80	120.80
18	14.300	1.000					262.80	129.80	129.80
19	15.300	1.000					281.80	138.80	138.80
20	16.300	1.000		19.0	19.0	9.0	300.80	147.80	147.80
21	17.015	0.715					317.25	157.10	157.10
22	18.010	0.995					340.14	170.04	170.04
23	19.010	1.000					363.14	183.04	183.04
24	20.000	0.990		23.0	23.0	13.0	385.91	195.91	195.91

5. 繰返しせん断応力比

繰返しせん断応力比 τ_d/σ'_z は、次式により求める。

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_z} = r_n \frac{\alpha_{\max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} r_d$$

$$r_d = 1.0 - 0.015z$$

τ_d/σ'_z : 繰返しせん断応力比

r_n : 等価の繰返し回数に関する補正係数で0.1(M-1)で算出(= 0.65)

M : マグニチュード(= 7.5)

$\alpha_{\max}$: 地表面における設計水平加速度(= 1.5 (m/s²) (レベル1))

g : 重力加速度(= 9.8 (m/s²))

σ_z : 全土被り圧(kN/m²)

σ'_z : 有効土被り圧(kN/m²)

r_d : 地盤が剛体でないことによる低減係数

z : 深度(m)

No	深度 (調査) z (m)	N値 N	全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	低減係数 r_d	(レベル1) せん断応力比 τ_d/σ'_z
1	1.300	8	23.40	20.40	0.981	0.112
2	2.300	10	41.40	28.40	0.966	0.140
3	3.300	4	59.40	36.40	0.951	0.154
4	4.300	3	77.40	44.40	0.936	0.162
5	5.300	8	95.40	52.40	0.921	0.167
6	6.300	9	113.40	60.40	0.906	0.169
7	7.300	4	131.40	68.40	0.891	0.170
8	8.300	14	148.80	75.80	0.876	0.171
9	9.300	10	167.80	84.80	0.861	0.170
10	10.300	18	186.80	93.80	0.846	0.168
11	11.300	17	205.80	102.80	0.831	0.166
12	12.300	19	224.80	111.80	0.816	0.163
13	13.300	30	243.80	120.80	0.801	0.161
14	14.300	27	262.80	129.80	0.786	0.158
15	15.300	39	281.80	138.80	0.771	0.156
16	16.300	27	300.80	147.80	0.756	0.153
17	17.015	50	317.25	157.10	—	—
18	18.010	50	340.14	170.04	—	—
19	19.010	50	363.14	183.04	—	—
20	20.000	50	385.91	195.91	—	—

6. 液状化抵抗比

下図の限界せん断ひずみ曲線5%を用いて、補正N値(N_a)に対する液状化抵抗比 τ_L/σ'_z を求める。

$$\frac{\tau_L}{\sigma'_z} = aC_r \left\{ \frac{16\sqrt{N_a}}{100} + \left(\frac{16\sqrt{N_a}}{C_s} \right)^n \right\}$$

τ_L/σ'_z : 液状化抵抗比

a : 係数 (=0.45)

C_r : 係数 (=0.57)

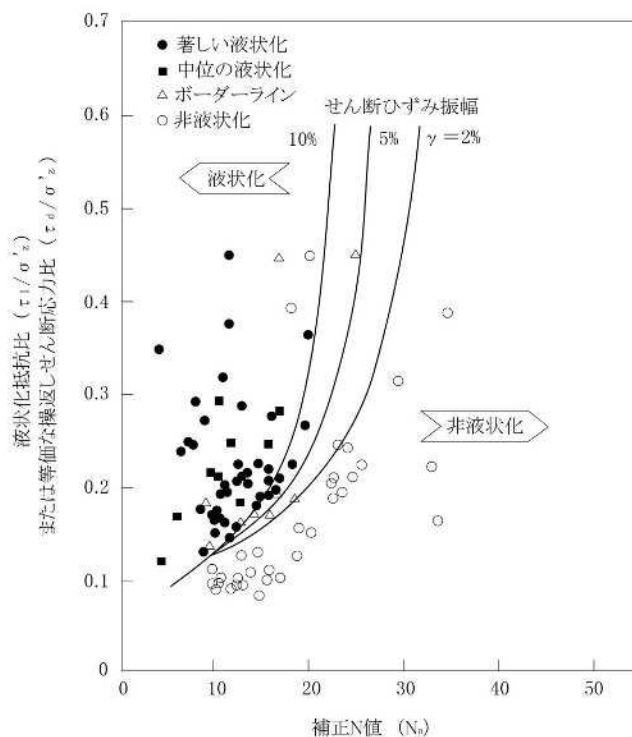
C_s : 係数 $C_s = 94 - 19 \log_{10} \gamma$

γ : せん断ひずみ(片)振幅(%)

N_a : 補正N値

n : 係数 (=14)

ここで、 $N_a < 6.00$ の場合は $\tau_L/\sigma'_z = 0.07$ 、
 $N_a > 26.00$ の場合は $\tau_L/\sigma'_z = 0.60$ とする。



補正N値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係

また、補正N値(N_a)は、次式により求める。

$$N_a = N_1 + \Delta N_f$$

$$N_1 = C_N \cdot N$$

$$C_N = \sqrt{100/\sigma'_{zb}}$$

N_a : 補正N値

N_1 : 換算N値

C_N : 拘束圧に関する換算係数

N : 標準貫入試験から得られるN値

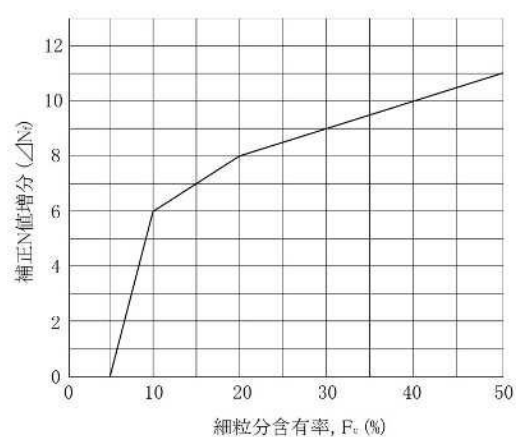
σ'_{zb} : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの
深さにおける有効土被り圧 (kN/m^2)

ΔN_f : 細粒分含有率に応じた補正N値増分

$$\Delta N_f = \begin{cases} 1.2F_c - 6 & (5\% < F_c \leq 10\%) \\ 0.2F_c + 4 & (10\% < F_c \leq 20\%) \\ 0.1F_c + 6 & (20\% < F_c \leq 50\%) \end{cases}$$

ここで、 $F_c \leq 5\%$ の場合は $\Delta N_f = 0$ 、

$F_c > 50\%$ の場合は $\Delta N_f = 11$ とする。



細粒分含有率とN値の補正係数

No	深度 (調査) z (m)	N値 N	細粒分 含有率 F _c (%)	50% 粒径 D ₅₀ (mm)	有効土被り 圧(調査) σ'_{zb} (kN/m ²)	換算 係数 C _N	換算 N値 N ₁	N値 増分 ΔN_f	補正 N値 N _a	液状化抵抗比 τ_L / σ'_z
1	1.300	8	9.1	—	20.400	2.214	17.712	4.920	22.632	0.308
2	2.300	10	5.5	—	28.400	1.876	18.760	0.600	19.360	0.218
3	3.300	4	5.5	—	36.400	1.657	6.628	0.600	7.228	0.110
4	4.300	3	5.5	—	44.400	1.501	4.503	0.600	5.103	0.070
5	5.300	8	13.1	—	52.400	1.381	11.048	6.620	17.668	0.192
6	6.300	9	13.1	—	60.400	1.287	11.583	6.620	18.203	0.200
7	7.300	4	13.1	—	68.400	1.209	4.836	6.620	11.456	0.140
8	8.300	14	12.6	—	75.800	1.149	16.086	6.520	22.606	0.307
9	9.300	10	12.6	—	84.800	1.086	10.860	6.520	17.380	0.189
10	10.300	18	12.6	—	93.800	1.033	18.594	6.520	25.114	0.439
11	11.300	17	12.6	—	102.800	0.986	16.762	6.520	23.282	0.335
12	12.300	19	12.6	—	111.800	0.946	17.974	6.520	24.494	0.399
13	13.300	30	12.6	—	120.800	0.910	27.300	6.520	33.820	0.600
14	14.300	27	12.6	—	129.800	0.878	23.706	6.520	30.226	0.600
15	15.300	39	12.6	—	138.800	0.849	33.111	6.520	39.631	0.600
16	16.300	27	12.6	—	147.800	0.823	22.221	6.520	28.741	0.600
17	17.015	50		—	157.100	—	—	—	—	—
18	18.010	50		—	170.040	—	—	—	—	—
19	19.010	50		—	183.040	—	—	—	—	—
20	20.000	50		—	195.910	—	—	—	—	—

7. 液状化に対する安全率

液状化に対する安全率 F_L は次式により算出し、この値が1.0以下の土層については液状化するとみなすものとする。

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

F_L : 液状化に対する安全率

τ_L / σ'_z : 液状化抵抗比

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比

No	深度 (調査) z (m)	N値 N	液状化 判定 (F_L 算出)	液状化 抵抗比 τ_L / σ'_z	(レベル1)	
					せん断 応力比 τ_d / σ'_z	安全率 F_L
1	1.300	8	する	0.308	0.112	2.750
2	2.300	10	する	0.218	0.140	1.557
3	3.300	4	する	0.110	0.154	0.714
4	4.300	3	する	0.070	0.162	0.432
5	5.300	8	する	0.192	0.167	1.150
6	6.300	9	する	0.200	0.169	1.183
7	7.300	4	する	0.140	0.170	0.824
8	8.300	14	する	0.307	0.171	1.795
9	9.300	10	する	0.189	0.170	1.112
10	10.300	18	する	0.439	0.168	2.613
11	11.300	17	する	0.335	0.166	2.018
12	12.300	19	する	0.399	0.163	2.448
13	13.300	30	する	0.600	0.161	3.727
14	14.300	27	する	0.600	0.158	3.797
15	15.300	39	する	0.600	0.156	3.846
16	16.300	27	する	0.600	0.153	3.922
17	17.015	50	—	—	—	—
18	18.010	50	—	—	—	—
19	19.010	50	—	—	—	—
20	20.000	50	—	—	—	—

8. 液状化指数

液状化の範囲、程度については、深さ方向の分布および周辺地盤の状況等から総合的に判断する必要がある。
この場合、次式より算定される液状化指数 P_L (液状化抵抗率の深さ方向の変化から、液状化の激しさの程度を表す指標)が目安となる。

$$P_L = \int_0^{20} (1-F_L) (10-0.5x) dx$$

この積分は、 F_L 値が連続的でないために次式にて算出する。

$$P_L = \sum \frac{p_{Li-1} + p_{Li}}{2} H_i$$

$$p_{Li} = (1-F_L) (10-0.5x)$$

P_L : 液状化指数(m^2)

p_{Li} : 深度 x に対する液状化指数(m)

F_L : 液状化に対する抵抗率($F_L \geq 1$ の場合は $F_L=1$ とする)

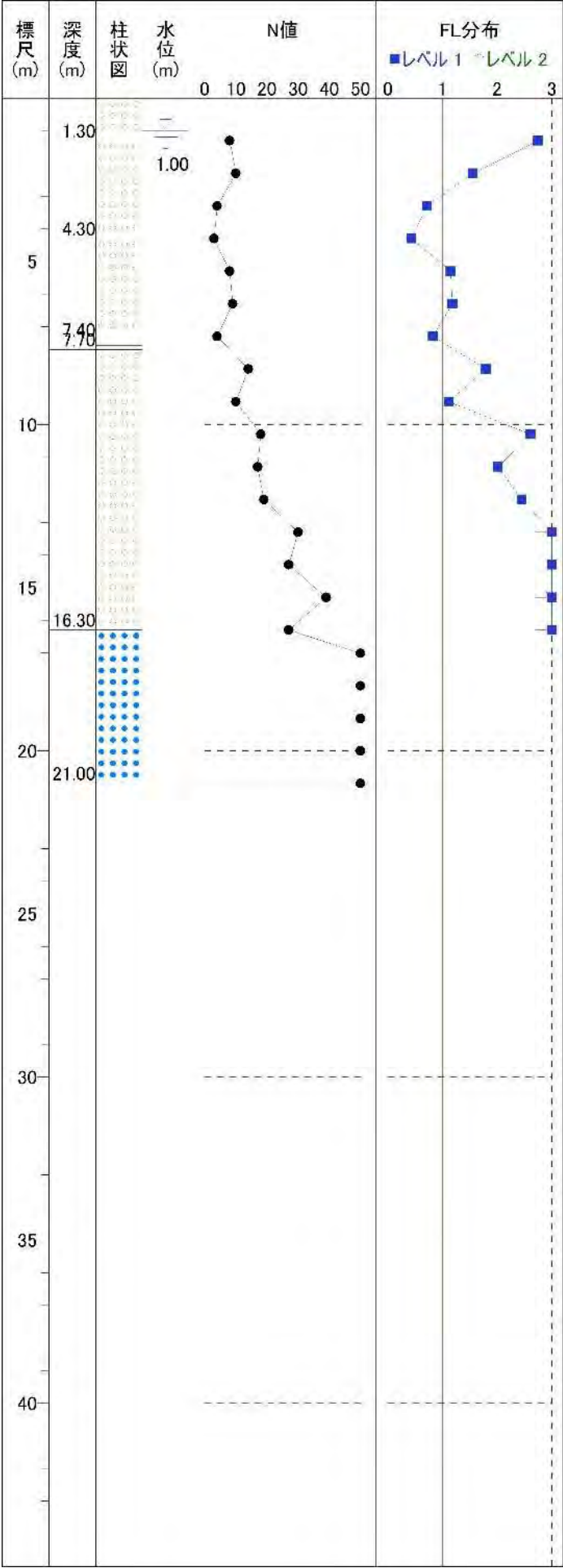
H_i : 層厚(m)

x : 深度(m)

No	深度 (調査) x (m)	層厚 H_i (m)	境界	(レベル1)		
				液状化 抵抗率 F_L	液状化指数	
					p_{Li} (m)	P_L (m^2)
1	1.000	1.000	水位	2.750	0.000	—
2	1.300	0.300		2.750	0.000	0.000
3	2.300	1.000		1.557	0.000	0.000
4	3.300	1.000		0.714	2.388	1.194
5	4.300	1.000		0.432	4.459	3.424
6	5.300	1.000		1.150	0.000	2.230
7	6.300	1.000		1.183	0.000	0.000
8	7.300	1.000		0.824	1.118	0.559
9	8.300	1.000		1.795	0.000	0.559
10	9.300	1.000		1.112	0.000	0.000
11	10.300	1.000		2.613	0.000	0.000
12	11.300	1.000		2.018	0.000	0.000
13	12.300	1.000		2.448	0.000	0.000
14	13.300	1.000		3.727	0.000	0.000
15	14.300	1.000		3.797	0.000	0.000
16	15.300	1.000		3.846	0.000	0.000
17	16.300	1.000		3.922	0.000	0.000
18	17.015	0.715		—	—	0.000
19	18.010	0.995		—	—	—
20	19.010	1.000		—	—	—
21	20.000	0.990	20m	—	—	—
計						7.966

※地下水位の F_L は直下深度と同等にした

9. FL分布図



深度 (調査) z (m)	N値 N	(レベル1)	
		液状化 安全率 FL	判定結果
1.300	8	2.750	しない
2.300	10	1.557	しない
3.300	4	0.714	液状化する
4.300	3	0.432	液状化する
5.300	8	1.150	しない
6.300	9	1.183	しない
7.300	4	0.824	液状化する
8.300	14	1.795	しない
9.300	10	1.112	しない
10.300	18	2.613	しない
11.300	17	2.018	しない
12.300	19	2.448	しない
13.300	30	3.727	しない
14.300	27	3.797	しない
15.300	39	3.846	しない
16.300	27	3.922	しない
17.015	50	—	—
18.010	50	—	—
19.010	50	—	—
20.000	50	—	—

10. 各地層毎の F_L

地層毎の F_L については各地層の平均値とし、次式により求める。

$$F_L = \Sigma (F_{Li} \cdot W_i) / \Sigma W_i$$

$$W_i = \begin{cases} H_i / 2 + H_{i+1} / 2 & \text{(直上、直下に境界が無い場合)} \\ H_i + H_{i+1} / 2 & \text{(直上に境界がある場合)} \\ H_i / 2 + H_{i+1} & \text{(直下に境界がある場合)} \\ H_i + H_{i+1} & \text{(直上、直下に境界がある場合)} \end{cases}$$

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	レベル1 液状化 安全率 F _{Li}	有効層厚		レベル1 液状化 安全率 F _L
					W _i (m)	Σ W _i (m)	
1	水位	1.000	1.000			0.300	2.750
2		1.300	0.300	2.750	0.300		
3	1層	1.300	0.000				
4		2.300	1.000	1.557	1.500	3.000	1.089
5		3.300	1.000	0.714	1.000		
6		4.300	1.000	0.432	0.500		
7	2層	4.300	0.000				
8		5.300	1.000	1.150	1.500	3.100	1.098
9		6.300	1.000	1.183	1.000		
10		7.300	1.000	0.824	0.600		
11	3層	7.400	0.100				
12	4層	7.700	0.300			—	—
13		8.300	0.600	1.795	1.100	8.600	2.732
14		9.300	1.000	1.112	1.000		
15		10.300	1.000	2.613	1.000		
16		11.300	1.000	2.018	1.000		
17		12.300	1.000	2.448	1.000		
18		13.300	1.000	3.727	1.000		
19		14.300	1.000	3.797	1.000		
20		15.300	1.000	3.846	1.000		
21		16.300	1.000	3.922	0.500		
22	5層	16.300	0.000				
23		17.015	0.715	—	—	—	—
24		18.010	0.995	—	—		
25		19.010	1.000	—	—		
26		20.000	0.990	—	—		
27		21.000	1.000		—		
28	6層	21.000	0.000				

11. 地盤の変位量

地盤の水平変位量 D_{cy} および沈下量 S は、次式により求める。

$$D_{cy} = \sum (\gamma_{cyi} \times W_i / 100)$$

$$S = \sum (\varepsilon_{vi} \times W_i / 100)$$

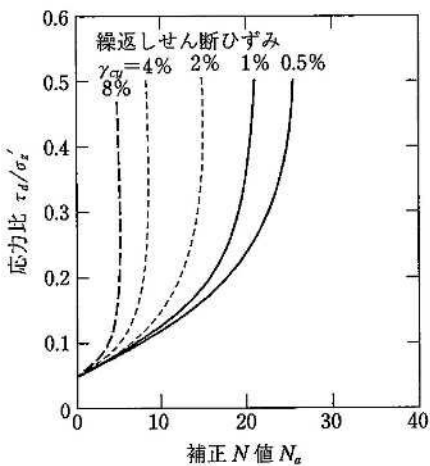
$$W_i = \begin{cases} H_i/2 + H_{i+1}/2 & (\text{直上、直下に境界が無い場合}) \\ H_i + H_{i+1}/2 & (\text{直上に境界がある場合}) \\ H_i/2 + H_{i+1} & (\text{直下に境界がある場合}) \\ H_i + H_{i+1} & (\text{直上、直下に境界がある場合}) \end{cases}$$

γ_{cy} : 繰返しせん断ひずみ (%) (線形補間で読み取り)

ε_v : 体積ひずみ (%)

N_a : 補正N値

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比



補正N値と繰返しせん断ひずみの関係

ここで、体積ひずみ ε_v は、繰返しせん断ひずみ γ_{cy} を ε_v と読み換えればよいので、地盤の沈下量は $S=D_{cy}$ となる。なお、 $F_L > 1.000$ の場合は $\gamma_{cy}=0$ とする。

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H_i (m)	有効 層厚 W_i (m)	補正 N値 N_a	レベル1		
						せん断 応力比 τ_d / σ'_z	せん断 ひずみ $\gamma_{cy}, \varepsilon_v$ (%)	水平 変位量 D_{cy} (m)
	水位	1.000	1.000					
1		1.300	0.300	0.300	22.632	0.112	0.0	0.000
	1層	1.300	0.000					
2		2.300	1.000	1.500	19.360	0.140	0.0	0.000
3		3.300	1.000	1.000	7.228	0.154	3.8	0.038
4		4.300	1.000	0.500	5.103	0.162	7.2	0.036
	2層	4.300	0.000					
5		5.300	1.000	1.500	17.668	0.167	0.0	0.000
6		6.300	1.000	1.000	18.203	0.169	0.0	0.000
7		7.300	1.000	0.600	11.456	0.170	1.8	0.011
	3層	7.400	0.100					
	4層	7.700	0.300					
8		8.300	0.600	1.100	22.606	0.171	0.0	0.000
9		9.300	1.000	1.000	17.380	0.170	0.0	0.000
10		10.300	1.000	1.000	25.114	0.168	0.0	0.000
11		11.300	1.000	1.000	23.282	0.166	0.0	0.000
12		12.300	1.000	1.000	24.494	0.163	0.0	0.000
13		13.300	1.000	1.000	33.820	0.161	0.0	0.000
14		14.300	1.000	1.000	30.226	0.158	0.0	0.000
15		15.300	1.000	1.000	39.631	0.156	0.0	0.000
16		16.300	1.000	0.500	28.741	0.153	0.0	0.000
	5層	16.300	0.000					
17		17.015	0.715	—	—	—	—	—
18		18.010	0.995	—	—	—	—	—

No	境界	深度 (調査)	層厚	有効 層厚	補正 N値	レベル1		
						せん断 応力比 τ_d / σ'_v	せん断 ひずみ $\gamma_{cy}, \varepsilon_v$ (%)	水平 変位量 D_{cy} (m)
19		19.010	1.000	—	—	—	—	—
20		20.000	0.990	—	—	—	—	—
21		21.000	1.000	—				
	6層	21.000	0.000					
地盤の水平変位量 (沈下量) 計								0.085

液状化判定 検討書

(地点名 : BorNo. 3)

業務名 : 福岡市博物館立体駐車場地質調査

地区名 :

備考 : BorNo. 2 2.0 m/s²(レベル 1 荷重検討用) 3.5 m/s²(レベル 2 荷重検討用)

1. 設計条件

適用基準 : 「建築基礎構造設計指針 2019.11 (一社)日本建築学会」
地点名 : BorNo.3
設計地震動 : レベル1 およびレベル2
マグニチュード : $M = 7.5$
設計水平加速度 : $\alpha_{max} = 2.0 \text{ (m/s}^2\text{)}$ (レベル1) $3.5 \text{ (m/s}^2\text{)}$ (レベル2)
N 値補正係数(C_{sb}) : 考慮しない
上載荷重 : $- \text{ (kN/m}^2\text{)}$
地下水位 : $h_w = 1.000 \text{ (m)}$
耐震設計上の基盤面 : 21.000 (m)
液状化の判定深度 : 20.000 (m) 以内

2. 土質条件

2.1. 地層データ

地層 No	深度 (調査) z (m)	堆積 時代	適用 土質	層厚 H_i (m)	単位体積重量			非 液状化 層
					水位上 γ_{t1} (kN/m^3)	水位下 γ_{t2} (kN/m^3)	有効 γ'_{t2} (kN/m^3)	
1 層	1.300	沖積世	砂質土	1.300	18.0	18.0	8.0	—
2 層	4.300	沖積世	砂質土	3.000	18.0	18.0	8.0	—
3 層	7.400	沖積世	砂質土	3.100	18.0	18.0	8.0	—
4 層	7.700	沖積世	粘性土	0.300	14.0	14.0	4.0	○
5 層	16.300	洪積世	砂質土	8.600	19.0	19.0	9.0	—
6 層	21.000	洪積世	礫質土	4.700	23.0	23.0	13.0	○

$\gamma'_{t2} = \gamma_{t2} - \gamma_w$ (γ_w : 水の単位体積重量=10.0 (kN/m^3))

2.2. N 値データ

No	深度 (調査) z (m)	N 値 N	地層 No	深度 (調査) z (m)	堆積 時代	適用 土質	層厚 H_i (m)	平均 N 値 N_i
1	1.300	8	1 層	1.300	沖積世	砂質土	1.300	8.000
2	2.300	10						
3	3.300	4						
4	4.300	3						
5	5.300	8	2 層	4.300	沖積世	砂質土	3.000	6.500
6	6.300	9						
7	7.300	4						
			3 層	7.400	沖積世	砂質土	3.100	6.800
			4 層	7.700	沖積世	粘性土	0.300	6.500
8	8.300	14						
9	9.300	10						
10	10.300	18						
11	11.300	17						
12	12.300	19						
13	13.300	30						
14	14.300	27						
15	15.300	39						
16	16.300	27	5 層	16.300	洪積世	砂質土	8.600	21.800
17	17.015	50						
18	18.010	50						
19	19.010	50						
20	20.000	50						
21	21.000	50	6 層	21.000	洪積世	礫質土	4.700	48.300

2.3. 試験データ

No	深度 (調査) z (m)	細粒分 含有率 F _c (%)	粘土分 含有率 C _c (%)	塑性 指数 I _p	50% 粒径 D ₅₀ (mm)	液状化抵抗比 τ_v / σ'_z	
						(N 値)	(試験値)
1	1.300	9.1	2.8			○	—
2	4.300	5.5	2.0			○	—
3	7.400	13.1	4.6			○	—
4	7.700	71.8	27.6			○	—
5	16.300	12.6	4.1			○	—
6	21.000					○	—

(N 値)・・・N 値から算出

3. 液状化の判定

本適用基準では、液状化の判定を行う必要がある土層として、次のように示されている。

液状化の判定を行う必要がある飽和土層は、原則的に地表面から 20m 程度以浅の土層で、考慮すべき土の種類は、細粒分含有率が 35%以下の土とする。ただし、埋立地盤等の造成地盤で地表面から 20m 程度以深まで連続している場合には、造成地盤の下端まで液状化判定を行う必要がある。また、埋立地盤等の造成地盤では、細粒分含有率が 35%以上の低塑性シルト、液性限界に近い含水比を持ったシルトなどが液状化した事例も報告されているので、粘土分(0.005mm 以下の粒径を持つ土粒子)含有率が 10%以下、または塑性指数が 15 以下の埋立地盤あるいは盛土地盤については液状化の検討を行う。

以下に液状化判定の必要性を検討し、該当する土層については液状化の判定を行う。

地下水位 : $h_w = 1.000$ (m)

耐震設計上の基盤面 : 21.000 (m)

液状化の判定深度 : 20.000 (m) 以内

No	深度 (調査) z (m)	N 値 N	堆積 時代	適用 土質	細粒分 含有率 F_c (%)	粘土分 含有率 C_c (%)	塑性 指数 I_p	液状化判定 (F_L 算出)		
								判定深度 以内の 飽和土層	$F_c \leq 35\%$ $C_c \leq 10\%$ $I_p \leq 15$	結果
1	1.300	8	沖積世	砂質土	9.1	2.8		○	○	する
2	2.300	10	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
3	3.300	4	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
4	4.300	3	沖積世	砂質土	5.5	2.0		○	○	する
5	5.300	8	沖積世	砂質土	13.1	4.6		○	○	する
6	6.300	9	沖積世	砂質土	13.1	4.6		○	○	する
7	7.300	4	沖積世	砂質土	13.1	4.6		○	○	する
8	8.300	14	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
9	9.300	10	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
10	10.300	18	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
11	11.300	17	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
12	12.300	19	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
13	13.300	30	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
14	14.300	27	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
15	15.300	39	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
16	16.300	27	洪積世	砂質土	12.6	4.1		○	○	する
17	17.015	50	洪積世	礫質土				○		—
18	18.010	50	洪積世	礫質土				○		—
19	19.010	50	洪積世	礫質土				○		—
20	20.000	50	洪積世	礫質土				○		—

○ : 該当する — : 該当しない

4. 深度毎の土被り圧

深度毎の全土被り圧 σ_z 、および有効土被り圧 σ'_z (および σ'_{zb}) は、次式により求める。

$$\sigma_z = \begin{cases} \gamma_{t1}H_i + \sigma_{zi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma_{t2}H_i + \sigma_{zi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

$$\sigma'_z = \begin{cases} \gamma_{t1}H_i + \sigma'_{zi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma'_{t2}H_i + \sigma'_{zi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

$$\sigma'_{zb} = \begin{cases} \gamma_{t1}H_i + \sigma'_{zbi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma'_{t2}H_i + \sigma'_{zbi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

σ_z : 全土被り圧 (kN/m²)

σ'_z : 有効土被り圧 (kN/m²)

σ'_{zb} : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効土被り圧 (kN/m²)

γ_{t1} : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ'_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の有効単位体積重量 (kN/m³)

H_i : 層厚 (m)

No	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	境界	単位体積重量			全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	有効土被り圧 (調査) σ'_{zb} (kN/m ²)
				水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)			
1	0.000	—					0.00	0.00	—
2	1.000	1.000	水位				18.00	18.00	18.00
3	1.300	0.300		18.0	18.0	8.0	23.40	20.40	20.40
4	2.300	1.000					41.40	28.40	28.40
5	3.300	1.000					59.40	36.40	36.40
6	4.300	1.000		18.0	18.0	8.0	77.40	44.40	44.40
7	5.300	1.000					95.40	52.40	52.40
8	6.300	1.000					113.40	60.40	60.40
9	7.300	1.000					131.40	68.40	68.40
10	7.400	0.100		18.0	18.0	8.0	133.20	69.20	69.20
11	7.700	0.300		14.0	14.0	4.0	137.40	70.40	70.40
12	8.300	0.600					148.80	75.80	75.80
13	9.300	1.000					167.80	84.80	84.80
14	10.300	1.000					186.80	93.80	93.80
15	11.300	1.000					205.80	102.80	102.80
16	12.300	1.000					224.80	111.80	111.80
17	13.300	1.000					243.80	120.80	120.80
18	14.300	1.000					262.80	129.80	129.80
19	15.300	1.000					281.80	138.80	138.80
20	16.300	1.000		19.0	19.0	9.0	300.80	147.80	147.80
21	17.015	0.715					317.25	157.10	157.10
22	18.010	0.995					340.14	170.04	170.04
23	19.010	1.000					363.14	183.04	183.04
24	20.000	0.990		23.0	23.0	13.0	385.91	195.91	195.91

5. 繰返しせん断応力比

繰返しせん断応力比 τ_d / σ'_z は、次式により求める。

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_z} = r_n \frac{\alpha_{\max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} r_d$$

$$r_d = 1.0 - 0.015z$$

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比

r_n : 等価の繰返し回数に関する補正係数で 0.1(M-1) で算出 (=0.65)

M : マグニチュード (=7.5)

$\alpha_{\max}$: 地表面における設計水平加速度 (=2.0(m/s²) (レベル 1) 3.5(m/s²) (レベル 2))

g : 重力加速度 (=9.8(m/s²))

σ_z : 全土被り圧 (kN/m²)

σ'_z : 有効土被り圧 (kN/m²)

r_d : 地盤が剛体でないことによる低減係数

z : 深度 (m)

No	深度 (調査) z (m)	N 値 N	全土被り圧 σ_z (kN/m ²)	有効 土被り圧 σ'_z (kN/m ²)	低減係数 r_d	(レベル 1)	(レベル 2)
						せん断応力比 τ_d / σ'_z	せん断応力比 τ_d / σ'_z
1	1.300	8	23.40	20.40	0.981	0.149	0.261
2	2.300	10	41.40	28.40	0.966	0.187	0.327
3	3.300	4	59.40	36.40	0.951	0.206	0.360
4	4.300	3	77.40	44.40	0.936	0.216	0.379
5	5.300	8	95.40	52.40	0.921	0.222	0.389
6	6.300	9	113.40	60.40	0.906	0.226	0.395
7	7.300	4	131.40	68.40	0.891	0.227	0.397
8	8.300	14	148.80	75.80	0.876	0.228	0.399
9	9.300	10	167.80	84.80	0.861	0.226	0.396
10	10.300	18	186.80	93.80	0.846	0.223	0.391
11	11.300	17	205.80	102.80	0.831	0.221	0.386
12	12.300	19	224.80	111.80	0.816	0.218	0.381
13	13.300	30	243.80	120.80	0.801	0.214	0.375
14	14.300	27	262.80	129.80	0.786	0.211	0.369
15	15.300	39	281.80	138.80	0.771	0.208	0.363
16	16.300	27	300.80	147.80	0.756	0.204	0.357
17	17.015	50	317.25	157.10	—	—	—
18	18.010	50	340.14	170.04	—	—	—
19	19.010	50	363.14	183.04	—	—	—
20	20.000	50	385.91	195.91	—	—	—

6. 液状化抵抗比

下図の限界せん断ひずみ曲線 5%を用いて、補正 N 値 (N_a) に対する液状化抵抗比 τ_L / σ'_z を求める。

$$\frac{\tau_L}{\sigma'_z} = a C_r \left\{ \frac{16 \sqrt{N_a}}{100} + \left(\frac{16 \sqrt{N_a}}{C_s} \right)^n \right\}$$

τ_L / σ'_z : 液状化抵抗比

a : 係数 (=0.45)

C_r : 係数 (=0.57)

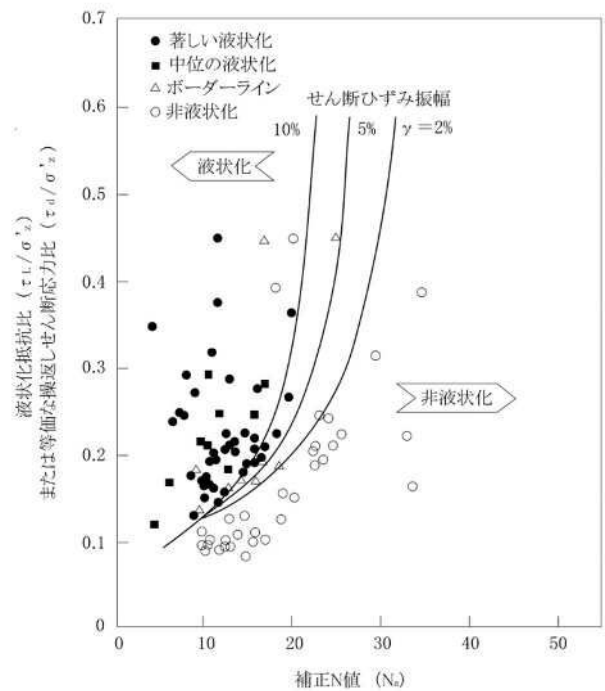
C_s : 係数 $C_s = 94 - 19 \log_{10} \gamma$

γ : せん断ひずみ(片)振幅(%)

N_a : 補正 N 値

n : 係数 (=14)

ここで、 $N_a < 6.00$ の場合は $\tau_L / \sigma'_z = 0.07$ 、
 $N_a > 26.00$ の場合は $\tau_L / \sigma'_z = 0.60$ とする。



補正 N 値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係
 また、補正 N 値 (N_a) は、次式により求める。

$$N_a = N_1 + \Delta N_f$$

$$N_1 = C_N \cdot N$$

$$C_N = \sqrt{100 / \sigma'_{zb}}$$

N_a : 補正 N 値

N_1 : 換算 N 値

C_N : 拘束圧に関する換算係数

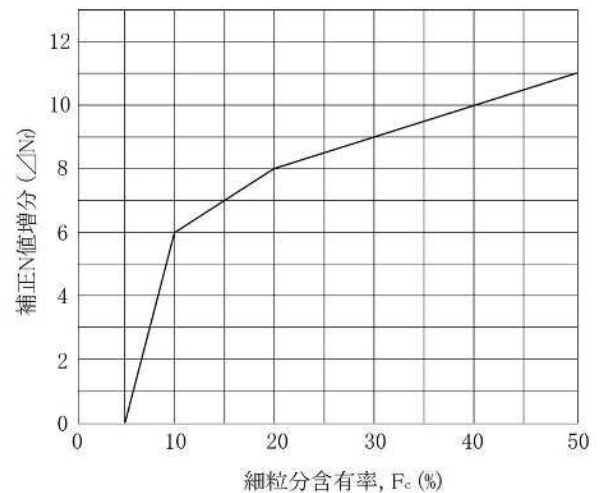
N : 標準貫入試験から得られる N 値

σ'_{zb} : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効土被り圧 (kN/m²)

ΔN_f : 細粒分含有率に応じた補正 N 値増分

$$\Delta N_f = \begin{cases} 1.2F_c - 6 & (5\% < F_c \leq 10\%) \\ 0.2F_c + 4 & (10\% < F_c \leq 20\%) \\ 0.1F_c + 6 & (20\% < F_c \leq 50\%) \end{cases}$$

ここで、 $F_c \leq 5\%$ の場合は $\Delta N_f = 0$ 、
 $F_c > 50\%$ の場合は $\Delta N_f = 11$ とする。



細粒分含有率と N 値の補正

No	深度 (調査) z (m)	N 値 N	細粒分 含有率 F _c (%)	50% 粒径 D ₅₀ (mm)	有効土被り 圧(調査) σ'_{zb} (kN/m ²)	換算 係数 C _N	換算 N 値 N ₁	N 値 増分 ΔN_f	補正 N 値 N _a	液状化 抵抗比 τ_L / σ'_z
1	1.300	8	9.1		20.400	2.214	17.712	4.920	22.632	0.308
2	2.300	10	5.5		28.400	1.876	18.760	0.600	19.360	0.218
3	3.300	4	5.5		36.400	1.657	6.628	0.600	7.228	0.110
4	4.300	3	5.5		44.400	1.501	4.503	0.600	5.103	0.070
5	5.300	8	13.1		52.400	1.381	11.048	6.620	17.668	0.192
6	6.300	9	13.1		60.400	1.287	11.583	6.620	18.203	0.200
7	7.300	4	13.1		68.400	1.209	4.836	6.620	11.456	0.140
8	8.300	14	12.6		75.800	1.149	16.086	6.520	22.606	0.307
9	9.300	10	12.6		84.800	1.086	10.860	6.520	17.380	0.189
10	10.300	18	12.6		93.800	1.033	18.594	6.520	25.114	0.439
11	11.300	17	12.6		102.800	0.986	16.762	6.520	23.282	0.335
12	12.300	19	12.6		111.800	0.946	17.974	6.520	24.494	0.399
13	13.300	30	12.6		120.800	0.910	27.300	6.520	33.820	0.600
14	14.300	27	12.6		129.800	0.878	23.706	6.520	30.226	0.600
15	15.300	39	12.6		138.800	0.849	33.111	6.520	39.631	0.600
16	16.300	27	12.6		147.800	0.823	22.221	6.520	28.741	0.600
17	17.015	50			157.100	—	—	—	—	—
18	18.010	50			170.040	—	—	—	—	—
19	19.010	50			183.040	—	—	—	—	—
20	20.000	50			195.910	—	—	—	—	—

7. 液状化に対する安全率

液状化に対する安全率 F_L は次式により算出し、この値が 1.0 以下の土層については液状化するとみなすものとする。

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

F_L : 液状化に対する安全率

τ_L / σ'_z : 液状化抵抗比

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比

No	深度 (調査) z (m)	N 値 N	液状化 判定 (F_L 算出)	液状化 抵抗比 τ_L / σ'_z	(レベル 1)		(レベル 2)	
					せん断 応力比 τ_d / σ'_z	安全率 F_L	せん断 応力比 τ_d / σ'_z	安全率 F_L
1	1.300	8	する	0.308	0.149	2.067	0.261	1.180
2	2.300	10	する	0.218	0.187	1.166	0.327	0.667
3	3.300	4	する	0.110	0.206	0.534	0.360	0.306
4	4.300	3	する	0.070	0.216	0.324	0.379	0.185
5	5.300	8	する	0.192	0.222	0.865	0.389	0.494
6	6.300	9	する	0.200	0.226	0.885	0.395	0.506
7	7.300	4	する	0.140	0.227	0.617	0.397	0.353
8	8.300	14	する	0.307	0.228	1.346	0.399	0.769
9	9.300	10	する	0.189	0.226	0.836	0.396	0.477
10	10.300	18	する	0.439	0.223	1.969	0.391	1.123
11	11.300	17	する	0.335	0.221	1.516	0.386	0.868
12	12.300	19	する	0.399	0.218	1.830	0.381	1.047
13	13.300	30	する	0.600	0.214	2.804	0.375	1.600
14	14.300	27	する	0.600	0.211	2.844	0.369	1.626
15	15.300	39	する	0.600	0.208	2.885	0.363	1.653
16	16.300	27	する	0.600	0.204	2.941	0.357	1.681
17	17.015	50	—	—	—	—	—	—
18	18.010	50	—	—	—	—	—	—
19	19.010	50	—	—	—	—	—	—
20	20.000	50	—	—	—	—	—	—

8. 液状化指数

液状化の範囲、程度については、深さ方向の分布および周辺地盤の状況等から総合的に判断する必要がある。
この場合、次式より算定される液状化指数 P_L (液状化安全率の深さ方向の変化から、液状化の激しさの程度を表す指標) が目安となる。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) (10 - 0.5z) dz$$

この積分は、 F_L 値が連続的でないために次式にて算出する。

$$P_L = \sum \frac{p_{Li-1} + p_{Li}}{2} H_i$$

$$p_{Li} = (1 - F_L) (10 - 0.5z)$$

P_L : 液状化指数 (m^2)

p_{Li} : 深度 z に対する液状化指数 (m)

F_L : 液状化に対する安全率 ($F_L \geq 1$ の場合は $F_L = 1$ とする)

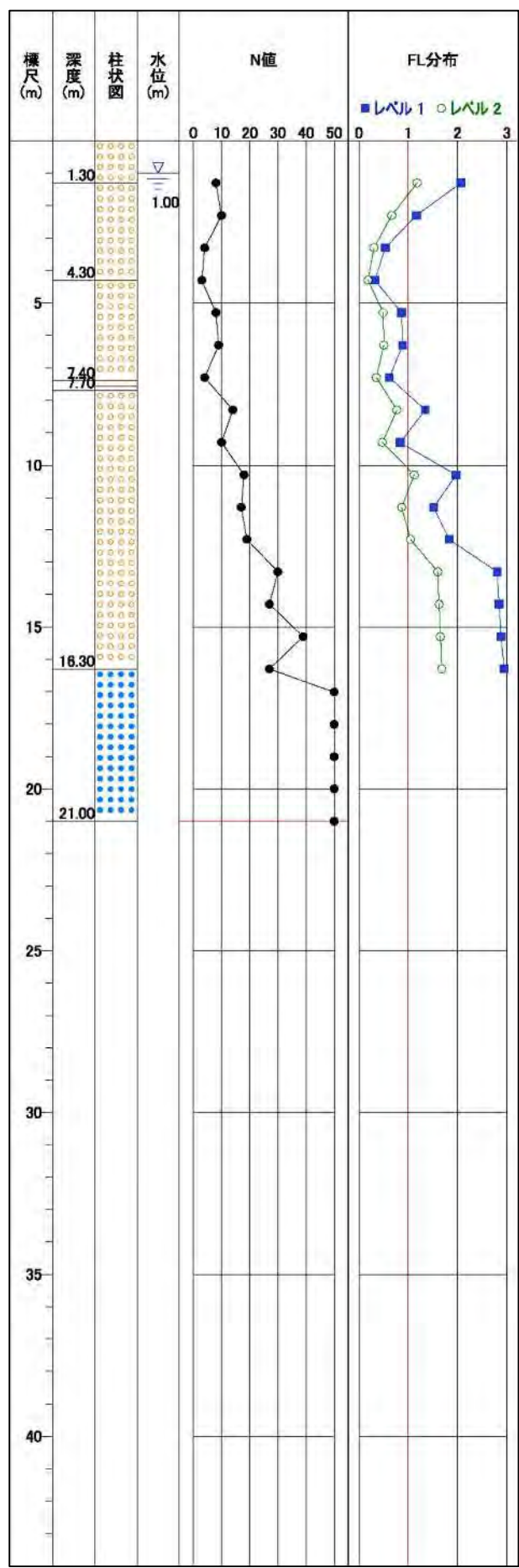
H_i : 層厚 (m)

z : 深度 (m)

No	深度 (調査) z (m)	層厚 H_i (m)	境界	(レベル 1)			(レベル 2)		
				液状化 安全率 F_L	液状化指数		液状化 安全率 F_L	液状化指数	
					p_{Li} (m)	P_L (m^2)		p_{Li} (m)	P_L (m^2)
1	1.000	1.000	水位	2.067	0.000	—	1.180	0.000	—
2	1.300	0.300		2.067	0.000	0.000	1.180	0.000	0.000
3	2.300	1.000		1.166	0.000	0.000	0.667	2.947	1.474
4	3.300	1.000		0.534	3.891	1.946	0.306	5.795	4.371
5	4.300	1.000		0.324	5.307	4.599	0.185	6.398	6.097
6	5.300	1.000		0.865	0.992	3.150	0.494	3.719	5.059
7	6.300	1.000		0.885	0.788	0.890	0.506	3.384	3.552
8	7.300	1.000		0.617	2.432	1.610	0.353	4.108	3.746
9	8.300	1.000		1.346	0.000	1.216	0.769	1.351	2.730
10	9.300	1.000		0.836	0.877	0.439	0.477	2.798	2.075
11	10.300	1.000		1.969	0.000	0.439	1.123	0.000	1.399
12	11.300	1.000		1.516	0.000	0.000	0.868	0.574	0.287
13	12.300	1.000		1.830	0.000	0.000	1.047	0.000	0.287
14	13.300	1.000		2.804	0.000	0.000	1.600	0.000	0.000
15	14.300	1.000		2.844	0.000	0.000	1.626	0.000	0.000
16	15.300	1.000		2.885	0.000	0.000	1.653	0.000	0.000
17	16.300	1.000		2.941	0.000	0.000	1.681	0.000	0.000
18	17.015	0.715		—	—	0.000	—	—	0.000
19	18.010	0.995		—	—	—	—	—	—
20	19.010	1.000		—	—	—	—	—	—
21	20.000	0.990	20m	—	—	—	—	—	—
計						14.289		計	31.077

※地下水位の F_L は直下深度と同等にした

9. F_L 分布図



深度 (調査) z (m)	N 値 N	(レベル 1)		(レベル 2)	
		液状化 安全率 F_L	判定結果	液状化 安全率 F_L	判定結果
1.300	8	2.067	しない	1.180	しない
2.300	10	1.166	しない	0.667	液状化する
3.300	4	0.534	液状化する	0.306	液状化する
4.300	3	0.324	液状化する	0.185	液状化する
5.300	8	0.865	液状化する	0.494	液状化する
6.300	9	0.885	液状化する	0.506	液状化する
7.300	4	0.617	液状化する	0.353	液状化する
8.300	14	1.346	しない	0.769	液状化する
9.300	10	0.836	液状化する	0.477	液状化する
10.300	18	1.969	しない	1.123	しない
11.300	17	1.516	しない	0.868	液状化する
12.300	19	1.830	しない	1.047	しない
13.300	30	2.804	しない	1.600	しない
14.300	27	2.844	しない	1.626	しない
15.300	39	2.885	しない	1.653	しない
16.300	27	2.941	しない	1.681	しない
17.015	50	—	—	—	—
18.010	50	—	—	—	—
19.010	50	—	—	—	—
20.000	50	—	—	—	—

10. 各地層毎の F_L

地層毎の F_L については各地層の平均値とし、次式により求める。

$$F_L = \Sigma (F_{Li} \times W_i) / \Sigma W_i$$

$$W_i = \begin{cases} H_i/2 + H_{i+1}/2 & \text{(直上、直下に境界が無い場合)} \\ H_i + H_{i+1}/2 & \text{(直上に境界がある場合)} \\ H_i/2 + H_{i+1} & \text{(直下に境界がある場合)} \\ H_i + H_{i+1} & \text{(直上、直下に境界がある場合)} \end{cases}$$

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H_i (m)	レベル 1 液状化 安全率 F_{Li}	レベル 2 液状化 安全率 F_{Li}	有効層厚		レベル 1 液状化 安全率 F_L	レベル 2 液状化 安全率 F_L
						W_i (m)	ΣW_i (m)		
1	水位	1.000	1.000				0.300	2.067	1.180
2		1.300	0.300	2.067	1.180	0.300			
3	1 層	1.300	0.000						
4		2.300	1.000	1.166	0.667	1.500	3.000	0.815	0.466
5		3.300	1.000	0.534	0.306	1.000			
6		4.300	1.000	0.324	0.185	0.500			
7	2 層	4.300	0.000						
8		5.300	1.000	0.865	0.494	1.500	3.100	0.823	0.471
9		6.300	1.000	0.885	0.506	1.000			
10		7.300	1.000	0.617	0.353	0.600			
11	3 層	7.400	0.100						
12	4 層	7.700	0.300				—	—	—
13		8.300	0.600	1.346	0.769	1.100	8.600	2.051	1.172
14		9.300	1.000	0.836	0.477	1.000			
15		10.300	1.000	1.969	1.123	1.000			
16		11.300	1.000	1.516	0.868	1.000			
17		12.300	1.000	1.830	1.047	1.000			
18		13.300	1.000	2.804	1.600	1.000			
19		14.300	1.000	2.844	1.626	1.000			
20		15.300	1.000	2.885	1.653	1.000			
21		16.300	1.000	2.941	1.681	0.500			
22	5 層	16.300	0.000						
23		17.015	0.715	—	—	—	—	—	—
24		18.010	0.995	—	—	—			
25		19.010	1.000	—	—	—			
26		20.000	0.990	—	—	—			
27		21.000	1.000			—			
28	6 層	21.000	0.000						

11. 地盤の変位量

地盤の水平変位量 D_{cy} および沈下量 S は、次式により求める。

$$D_{cy} = \sum (\gamma_{cyi} \cdot W_i / 100)$$

$$S = \sum (\varepsilon_{vi} \cdot W_i / 100)$$

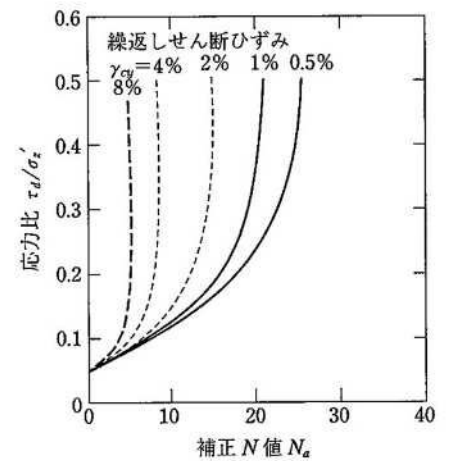
$$W_i = \begin{cases} H_i/2 + H_{i+1}/2 & \text{(直上、直下に境界が無い場合)} \\ H_i + H_{i+1}/2 & \text{(直上に境界がある場合)} \\ H_i/2 + H_{i+1} & \text{(直下に境界がある場合)} \\ H_i + H_{i+1} & \text{(直上、直下に境界がある場合)} \end{cases}$$

γ_{cy} : 繰返しせん断ひずみ (%) (線形補間で読み取り)

ε_v : 体積ひずみ (%)

N_a : 補正 N 値

τ_d / σ'_z : 繰返しせん断応力比



補正 N 値と繰返しせん断ひずみの関係

ここで、体積ひずみ ε_v は、繰返しせん断ひずみ γ_{cy} を ε_v と読み換えればよいので、地盤の沈下量は $S = D_{cy}$ となる。なお、 $F_L > 1.000$ の場合は $\gamma_{cy} = 0$ とする。

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	有効 層厚 W _i (m)	補正 N 値 N _a	(レベル 1)			(レベル 2)		
						せん断 応力比 τ_d / σ'_z	せん断 ひずみ $\gamma_{cy}, \varepsilon_v$ (%)	水平 変位量 D _{cy} (m)	せん断 応力比 τ_d / σ'_z	せん断 ひずみ $\gamma_{cy}, \varepsilon_v$ (%)	水平 変位量 D _{cy} (m)
	水位	1.000	1.000								
1		1.300	0.300	0.300	22.632	0.149	0.0	0.000	0.261	0.0	0.000
	1 層	1.300	0.000								
2		2.300	1.000	1.500	19.360	0.187	0.0	0.000	0.327	1.0	0.015
3		3.300	1.000	1.000	7.228	0.206	4.7	0.047	0.360	5.4	0.054
4		4.300	1.000	0.500	5.103	0.216	7.7	0.039	0.379	7.9	0.040
	2 層	4.300	0.000								
5		5.300	1.000	1.500	17.668	0.222	0.7	0.011	0.389	1.5	0.023
6		6.300	1.000	1.000	18.203	0.226	0.7	0.007	0.395	1.4	0.014
7		7.300	1.000	0.600	11.456	0.227	2.6	0.016	0.397	3.0	0.018
	3 層	7.400	0.100								
	4 層	7.700	0.300								
8		8.300	0.600	1.100	22.606	0.228	0.0	0.000	0.399	0.7	0.008
9		9.300	1.000	1.000	17.380	0.226	0.8	0.008	0.396	1.5	0.015
10		10.300	1.000	1.000	25.114	0.223	0.0	0.000	0.391	0.0	0.000
11		11.300	1.000	1.000	23.282	0.221	0.0	0.000	0.386	0.6	0.006
12		12.300	1.000	1.000	24.494	0.218	0.0	0.000	0.381	0.0	0.000
13		13.300	1.000	1.000	33.820	0.214	0.0	0.000	0.375	0.0	0.000
14		14.300	1.000	1.000	30.226	0.211	0.0	0.000	0.369	0.0	0.000
15		15.300	1.000	1.000	39.631	0.208	0.0	0.000	0.363	0.0	0.000
16		16.300	1.000	0.500	28.741	0.204	0.0	0.000	0.357	0.0	0.000
	5 層	16.300	0.000								
17		17.015	0.715	—	—	—	—	—	—	—	—
18		18.010	0.995	—	—	—	—	—	—	—	—

No	境界	深度 (調査) z (m)	層厚 H _i (m)	有効 層厚 W _i (m)	補正 N 値 N _a	(レベル 1)			(レベル 2)		
						せん断 応力比 τ_d / σ'_z	せん断 ひずみ γ_{cy}, ϵ_v (%)	水平 変位量 D _{cy} (m)	せん断 応力比 τ_d / σ'_z	せん断 ひずみ γ_{cy}, ϵ_v (%)	水平 変位量 D _{cy} (m)
19		19.010	1.000	—	—	—	—	—	—	—	—
20		20.000	0.990	—	—	—	—	—	—	—	—
21		21.000	1.000	—							
	6 層	21.000	0.000								
地盤の水平変位量 (沈下量) 計								0.128	計		0.193

せん断抵抗角算定シート

3 葉

孔番： No.1		掘進長： 23m	地下水位： GL-2.40m	
記号	土質名	下端深度	層厚	単位体積重量 γ
B	埋土層	GL- 2.80 m	2.80 m	18.0 kN/m ³
As	沖積砂層	GL- 2.80 m	0.00 m	18.0 kN/m ³
Ac1	沖積第1粘性土	GL- 3.70 m	0.90 m	14.0 kN/m ³
As	沖積砂層	GL- 7.70 m	4.00 m	18.0 kN/m ³
Ac2	沖積第2粘性土	GL- 8.10 m	0.40 m	14.0 kN/m ³
Ds	洪積砂質土	GL- 18.30 m	10.20 m	19.0 kN/m ³

[illegible]

[illegible][illegible]

[illegible][illegible]

現場記録写真

1 式



調査ボーリング

BorNo. 1

調査前



調査ボーリング

BorNo. 1

セット完了



調査ボーリング

BorNo. 1

全景



調査ボーリング

BorNo. 1

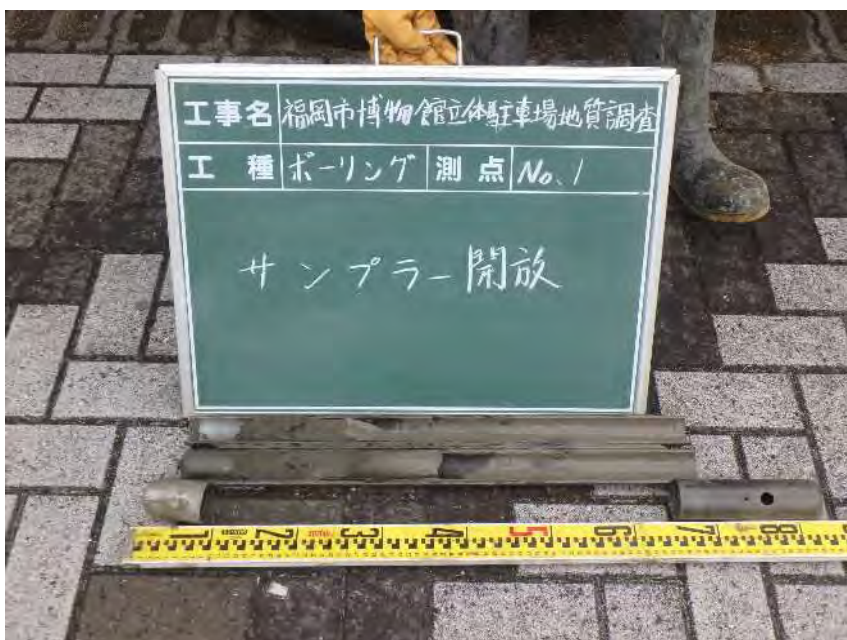
掘進状況



調査ボーリング

BorNo. 1

標準貫入試験



調査ボーリング

BorNo. 1

サンプラー開放



調査ボーリング

BorNo. 1

残尺

ロッド

3.00m × 8本 = 24.00m

C・T

1.10m × 1本 = 1.10m

全長 = 25.10m

残尺 = 2.10m

掘進長 = 23.00m



調査ボーリング

BorNo. 1

検尺

ロッド

3.00m × 8本 = 24.00m

C・T

1.10m × 1本 = 1.10m

全長 = 25.10m

残尺 = 2.10m

掘進長 = 23.00m

余白



調査ボーリング

BorNo. 2

調査前



調査ボーリング

BorNo. 2

全景



調査ボーリング

BorNo. 2

掘進状況



調査ボーリング

BorNo. 2

標準貫入試験



調査ボーリング

BorNo. 2

サンプラー開放



調査ボーリング

BorNo. 2

残尺

ロッド

3.00m × 8本 = 24.00m

C・T

1.10m × 1本 = 1.10m

全長 = 25.10m

残尺 = 2.10m

掘進長 = 23.00m



調査ボーリング

BorNo. 2

検尺

ロッド

3.00m×8本=24.00m

C・T

1.10m×1本=1.10m

全長 =25.10m

残尺 =2.10m

掘進長 =23.00m



調査ボーリング

BorNo. 2

孔内水平載荷試験

別孔

ゾンデ挿入状況



調査ボーリング

BorNo. 2

孔内水平載荷試験

別孔

測定状況

深度GL+3.0m 中心



調査ボーリング

BorNo. 2

調査後

余白

余白



調査ボーリング

BorNo. 3

調査前



調査ボーリング

BorNo. 3

全景



調査ボーリング

BorNo. 3

掘進狀況



調査ボーリング

BorNo. 3

標準貫入試験



調査ボーリング

BorNo. 3

サンプラー開放



調査ボーリング

BorNo. 3

残尺

ロッド

3.00m × 7本 = 21.00m

C・T

2.10m × 1本 = 2.10m

全長 = 23.10m

残尺 = 2.10m

掘進長 = 21.00m



調査ボーリング

BorNo. 3

残尺

ロッド

3.00m x 7本 = 21.00m

C・T

2.10m x 1本 = 2.10m

全長 = 23.10m

残尺 = 2.10m

掘進長 = 21.00m



調査ボーリング

BorNo. 3

調査後

室内土質試験写真

1 式



室内土質試験
土の含水比試験



室内土質試験
土粒子の密度試験



室内土質試験
土の粒度試験
(ふるい分け状況)



室内土質試験

土の粒度試験

(沈降分析)



室内土質試験

土の粒度試験



室内土質試験

土の液性・塑性限界試験