

地質調査業務 福江市街地地区

＜愛知県田原市福江町地内＞

報 告 書

令和 6 年 3 月

田 原 市 教 育 部 ス ポ ー ツ 課

目 次

§ 1	調査概要	1
1.1	業務目的	1
1.2	一般事項	1
1.3	使用機械・器具	1
1.4	調査位置案内図	2
1.5	調査孔位置図	3
1.6	基準および参考文献	4
§ 2	調査方法	5
2.1	ボーリング調査	5
2.2	標準貫入試験	6
2.3	孔内水平載荷試験	9
2.4	室内土質試験	10
§ 3	地形・地質概要	11
3.1	地形概要	11
3.2	地質概要	13
§ 4	調査結果	16
4.1	ボーリング調査結果	16
4.2	孔内水位測定結果	28
4.3	標準貫入試験結果	29
4.4	孔内水平載荷試験結果	30
4.5	室内土質試験結果	32
§ 5	考察	33
5.1	設計用地盤定数の提案	33
5.2	地盤の液状化検討	39
5.3	支持地盤および基礎形状について	58
§ 6	まとめ	59
6.1	設計・施工時の留意点	59

《巻末資料》

- ・ 調査孔位置図
- ・ ボーリング柱状図
- ・ 地質推定断面図
- ・ 孔内水平載荷試験結果
- ・ 室内土質試験結果
- ・ 液状化判定結果
- ・ 現場記録写真
- ・ 室内土質試験写真

《別途提出品》

- ・ 土質標本一式（標本ビン）

§1 調査概要

1.1 業務目的

本業務は、市民プール建設予定地の地質等を調査解析するものであり、土質状況・地層構成を把握し、設計に必要な資料を得る目的で地質調査ボーリングを6箇所実施した。

1.2 一般事項

(1) 業務名：地質調査業務 福江市街地地区

(2) 業務場所：愛知県田原市福江町地内

(3) 業務期間：自 令和5年12月26日
至 令和6年 3月29日

(4) 発注者：田原市 教育部 スポーツ課

(5) 受注者：

(6) 業務内容：	・ ボーリング調査	6箇所	延120.00m
	・ 標準貫入試験		計120回
	・ 孔内水平載荷試験		1回
	・ 室内土質試験		一式
(詳細は、表1.2.1に示す。)			

表 1.2.1 地質調査業務実施数量表

工種、種別、細別、規格				単位	地点毎数量						合計
					No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	
現場調査	掘削全長			m	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	120.00
	ノンコア ボーリング 掘削長	孔径 φ 66mm	粘性土・シルト	m	1.20	2.15	2.30	3.95	3.70	2.10	15.40
			砂・砂質土	m	4.65	3.90	5.05	4.40	2.05	4.90	24.95
			礫混じり土砂	m	14.15	13.95	12.65	11.65	14.25	13.00	79.65
	サウンディングおよび 原位置試験	標準貫入 試験	合計	回	20	20	20	20	20	20	120
			粘性土・シルト	回	1	2	2	4	3	2	14
			砂・砂質土	回	6	5	6	5	3	5	30
			礫混じり土砂	回	13	13	12	11	14	13	76
			孔内載荷試験	回	1	－	－	－	－	－	1
	土質試験	粒度試験（フルイ）		試料	2	2	1	2	－	3	10
足場仮設	平坦地	高さ0.3m以下		箇所	1	1	1	1	1	1	6

1.3 使用機械・器具

本業務で使用した機械・器具を表 1.3.1 に示す。

表 1.3.1 使用機械器具一覧表

工 種	型 式	仕様および性能	付属品他
機械ボーリング	試錐機 ワイビーエム製 YBM-05 東邦地下工機製 D0-D	50 m	三脚、ロッド ケーシングパイプ コアチューブ
	ポンプ 扶桑工業製 V5 東邦地下工機製 BG-4	送水：40 L/min	サクションホース デリバリーホース ウォータースイベル
	エンジン YANMAR 製 NFD9 NFD10	最大出力：9～10PS	軽 油
標準貫入試験	JIS 規格	半自動落下装置	SPT サンプラー アンビル

1.4 調査位置案内図



図 1.4.1 調査位置案内図（縮尺図中左下参照）

（出典：国土地理院ウェブサイト（<https://maps.gsi.go.jp/>））

1.5 調査孔位置図

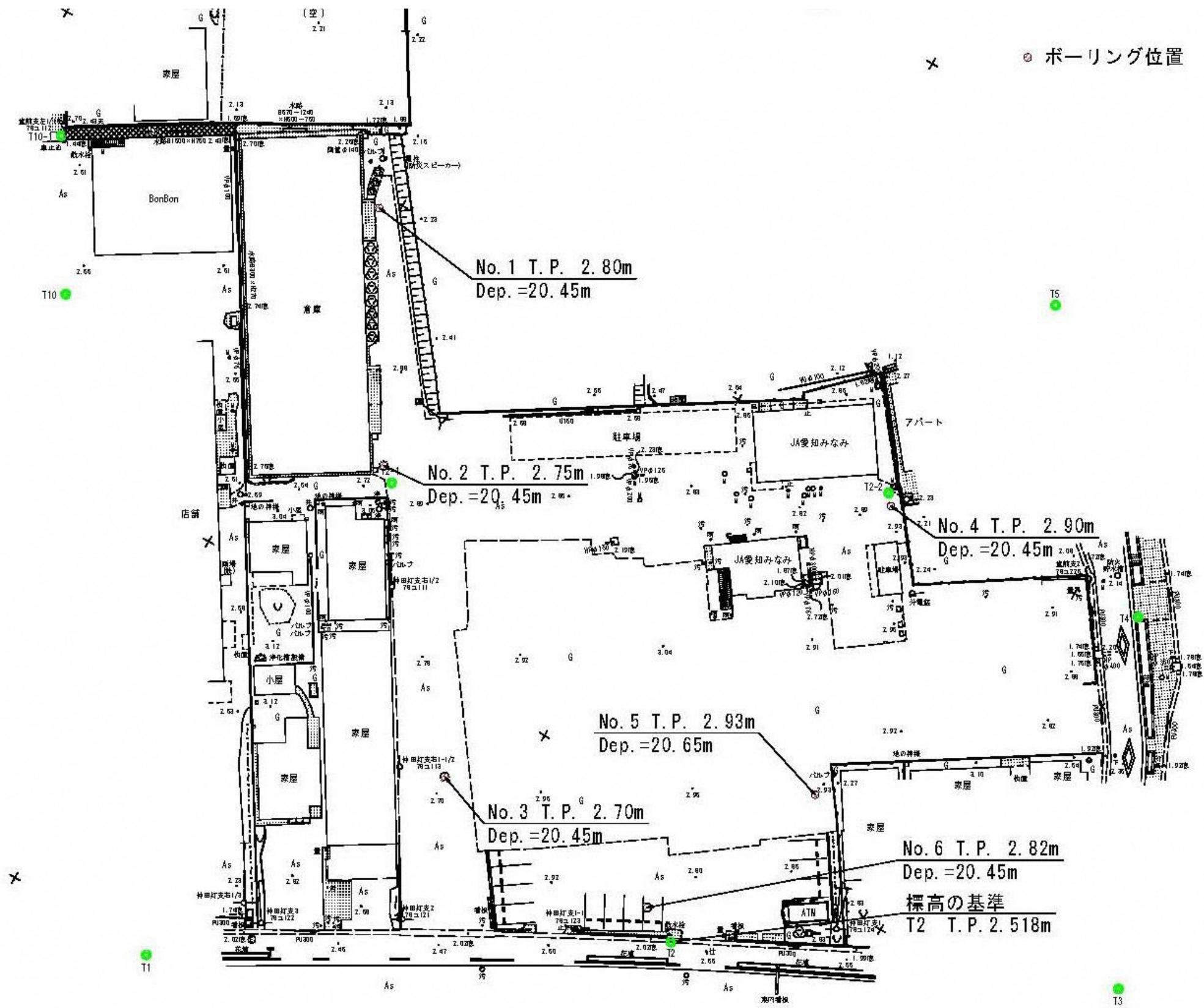


図 1.5.1 調査孔位置図 (縮尺任意)

1.6 基準および参考文献

表 1.6.1 基準および参考文献

図書名	発行所名	発行年月
地質・土質調査業務共通仕様書	愛知県	2023 年 10 月
本業務仕様書	田原市	2023 年 12 月
地盤調査の方法と解説	地盤工学会	2013 年 3 月
地盤材料試験の方法と解説（第一回改訂版）	地盤工学会	2020 年 12 月
新編 ボーリング孔を利用した原位置試験 についての技術マニュアル	関東地質調査業協会技術委員会	1995 年 10 月
ボーリング柱状図作成およびボーリングコア 取扱い保管要領（案）・同解説	一般社団法人 全国地質調査業協会連合会	2015 年 6 月
土地分類基本調査「伊良湖岬」 地形分類図、表層地質図	国土交通省	2010 年 2 月
5 万分の 1 地質図幅「伊良湖岬」 図幅、説明書	産総研 地質調査総合センター	1995 年 3 月
日本の地質 5 中部地方 II	共立出版株式会社	1996 年 6 月
建築基礎構造設計指針	一般社団法人日本建築学会	2019 年 11 月

§2 調査方法

2.1 ボーリング調査

機械ボーリングは、調査地の地盤構成を把握することを目的として実施した。使用した機械は、一般に広く使用されている hidroリックフィードタイプマシン（図 2.1.1 参照）でボーリング掘削を行った。

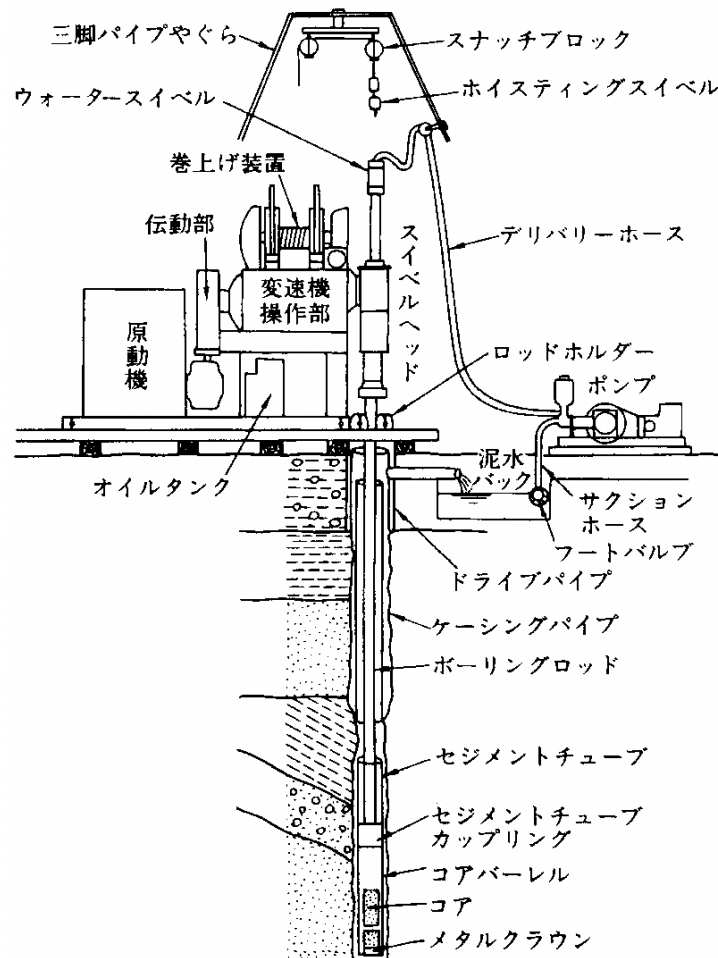


図 2.1.1 ボーリングマシン一般図

（出典：「地盤調査の方法と解説」，地盤工学会，2013，p. 193）

掘削に際しては、可能なかぎり無水掘りを行い、それ以深硬質な場合は、シングルコアチューブを使用し、送水して掘削した。またケーシングパイプにより孔壁の安定を計った。更にポンプの圧力、スライム、泥水の色調、掘進速さ、機械の振動、標準貫入試験用サンプラーで採取された試料の目視観察等により、地盤状況の把握に努めた。

2.2 標準貫入試験

本試験は、図 2.2.1～図 2.2.3 に示すような標準貫入試験用具を使用し、原位置における土の硬軟、締まり具合の相対値を知るために N 値を求める一方、試料採取および観察を目的とした。

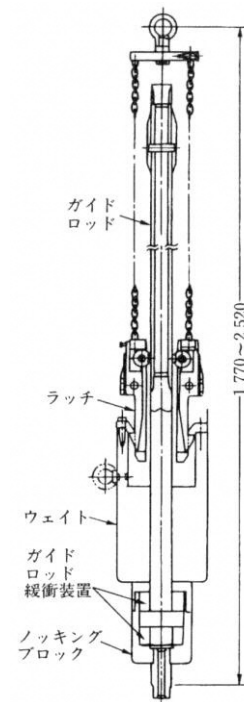
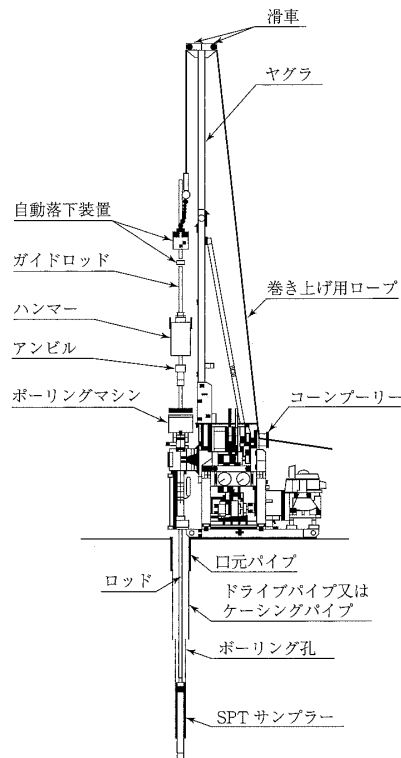


図 2.2.1 標準貫入試験装置の概略図

図 2.2.2 半自動型落下装置

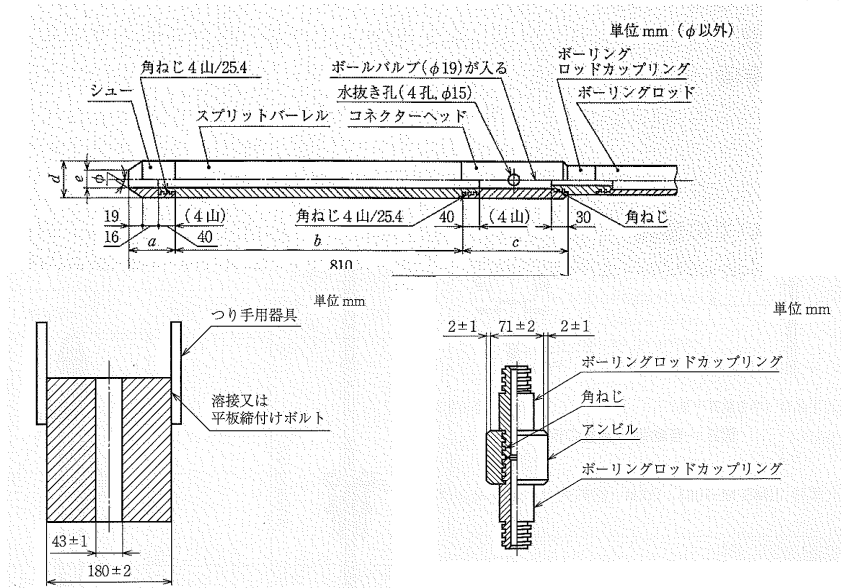


図 2.2.3 標準貫入試験器具

(出典：「地盤調査の方法と解説」，地盤工学会，2013，p. 284-285，295)

標準貫入試験方法は、JIS A 1219 に準じて行い、試験装置は半自動型落下装置(図 2.2.2 参照)を使用し、精度向上に努める。また、当試験により採取する試料は土質標本として利用した。

表 2.2.1～2.2.4 に、 N 値と砂質土および粘性土との関係について掲載した。なお、本表を基に柱状図に記載されている相対密度および相対稠度を決定した。

表 2.2.1 N 値と砂の相対密度の関係(Terzaghi and Peck)

(出典：「地盤調査の方法と解説」, 地盤工学会, 2013, p. 305)

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

注) 鉄筋は $\phi 13\text{mm}$

表 2.2.2 砂地盤の相対密度の表現法

(出典：「ボーリング柱状図作成およびボーリングコア取扱い・保管要領(案)・同解説」

一般社団法人全国地質調査業協会連合会、社会基盤情報標準化委員会, 2015, p. 65)

記号	相対密度	N 値
rd1	非常に緩い	0～4
rd2	緩い	4～10
rd3	中ぐらい	10～30
rd4	密な	30～50
rd5	非常に密な	50以上

表 2.2.3 N 値と粘土のコンシステンシー、
一軸圧縮強さの関係 (Terzaghi and Peck)

(出典：「地盤調査の方法と解説」, 地盤工学会, 2013, p. 308)

N 値	q_u (kN/m ²)	コンシステンシー
0～2	0.0～24.5	非常に軟らかい
2～4	24.5～49.1	軟らかい
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

表 2.2.4 ASTM の稠度の区分

(出典：「ボーリング柱状図作成およびボーリングコア取扱い・保管要領(案)・同解説」,
一般社団法人全国地質調査業協会連合会、社会基盤情報標準化委員会, 2015, p. 65)

記号	Description	Criteria
rc1	Very soft	Thumb will penetrate soil more than 1 in. (25 mm)
rc2	Soft	Thumb will penetrate soil about 1 in. (25 mm)
rc3	Firm	Thumb will penetrate soil about 1/4 in. (6 mm)
rc4	Hard	Thumb will not indent soil but readily indented with thumbnail.
rc5	Very hard	Thumb will not indent soil.

2.3 孔内水平載荷試験

地盤の強度、変形特性を把握するため、LLTを用いて孔内水平載荷試験を実施した。特徴として、原位置で測定することができるので、乱れの少ない試料採取が技術的に困難な地層などでは、室内試験に代わって地盤の工学的性質を確認することが可能である。

試験方法は、プローブを試験位置に下ろした後、一定刻みで圧力を増加させていく。このステップは、土の種類及び N 値の大きさより推定して定める。各圧力段階において、一定圧を維持した状態で加圧後15、30、60、120秒の4回行い、120秒経過後直ちに次のステップに移る。

試験終了は極限圧力に至るか、または容量計の容量を超える変形が生じる場合とした。

図2.3.1に試験装置の概略図を示す。

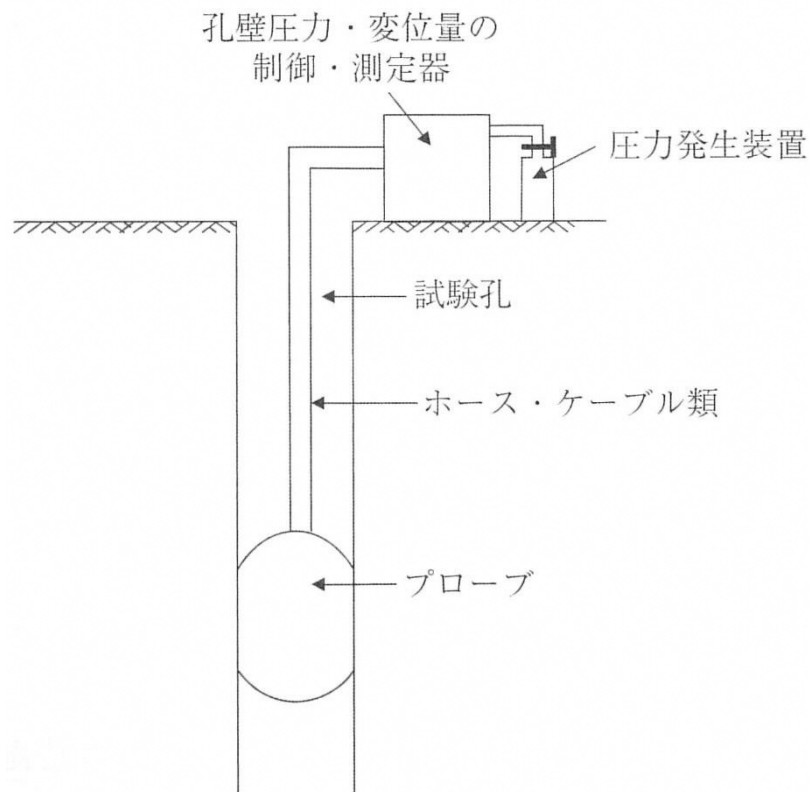


図 2.3.1 孔内水平載荷試験基本構成図

(出典：「地盤調査の方法と解説」, 地盤工学会, 2013, p. 665)

2.4 室内土質試験

室内土質試験は、標準貫入試験にて採取した試料を用いて行った。

なお、室内土質試験は、表 2.4.1 に示す項目で日本産業規格(JIS)および地盤工学会基準(JGS)に準じて行った。

表 2.4.1 試験項目と基準番号

試験項目	日本産業規格 規格番号	地盤工学会 基準番号
土の粒度試験	JIS A 1204	JGS 0131

§ 3 地形・地質概要

本調査地は愛知県田原市福江町地内にあり、田原市役所渥美支所から西北西方向に約 850m の地点に位置する。

以下に本調査地の地形および地質概要を述べる。

3.1 地形概要

本調査地周辺は、近傍を流れる免々田川によって形成された福江低地と呼ばれる沖積低地に位置する。福江低地は、上流部では基盤山地内を流下する幅の狭い谷底平野、下流部は海岸平野・砂州・干拓地からなる。このうち本調査地は砂州にあたる。

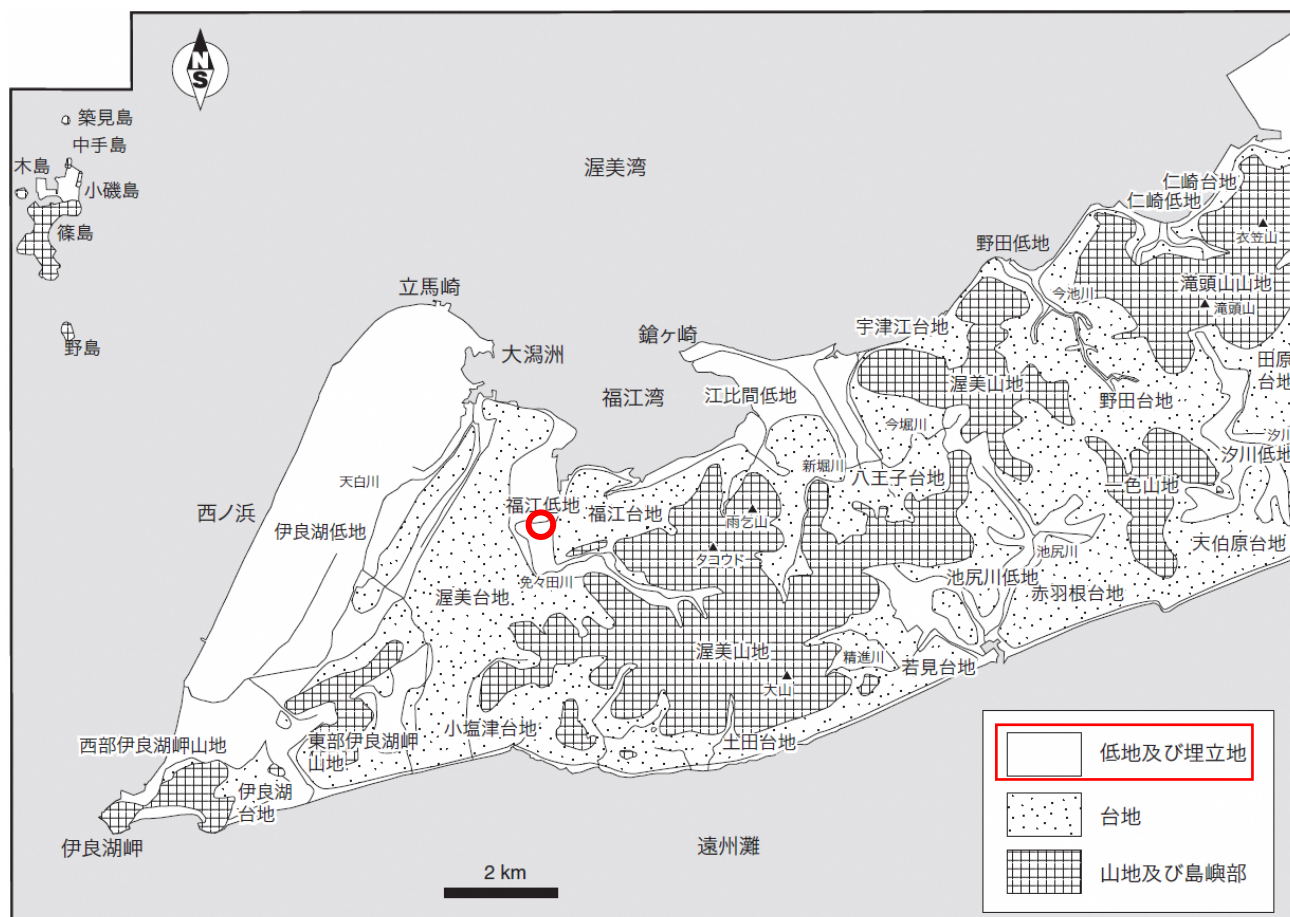


図 3.1.1 調査地点周辺地形区分図（縮尺図中参照）○ 調査地

（出典：中島礼・堀常東・宮崎一博・西岡芳晴，「伊良湖地域の地質」，産総研地質長総合センター，2010，p. 2）

3.2 地質概要

本調査地周辺の地質は、渥美層群を基盤とし、その上位に沖積層の礫層が堆積する。渥美層群は、中期更新世における氷河性海水準変動による海進海退によって形成された堆積物からなる洪積層である。下位より二川層、田原層、豊橋層に区分されるが、それぞれが不整合に重なり、明確に区分されない場所も多い。

表 3.1.1 調査地周辺の地層層序表

(出典：中島礼・堀常東・宮崎一博・西岡芳晴,「伊良湖地域の地質」,産総研地質長総合センター,2010,p.8)

	地質時代		年代 (Ma)	「伊良湖岬」地域 (本図幅)	「豊橋及び田原」地域 (中島ほか, 2008b)
新生代	第四紀	完新世	0.01	沖積層	沖積層
		後期		低位段丘堆積物	低位段丘堆積物
				野田層	新期扇状地堆積物
		更新世		扇状地堆積物	
				福江層	福江層・豊川層
		中期	0.12		南大清水層
		前期		渥美層群	旧期扇状地堆積物
				豊橋層	小野田層
				田原層	
			0.78		渥美層群
中生代	第三紀	鮮新世	1.81		豊橋層
		中新世	5.33		田原層
		漸新世	23.0		二川層
		始新世	33.9		
		暁新世	55.8		
	白堊紀	後期	65.5	北陸隆起帯	北陸隆起帯
		前期		神原トーナル岩	神原トーナル岩
				三河川変成コンプレックス	三河川変成コンプレックス
				トニックコックス	トニックコックス
				三河川変成コンプレックス	三河川変成コンプレックス
中生代	ジュラ紀	後期	99.6	秩父帯ジュラ紀付加コンプレックス	秩父帯ジュラ紀付加コンプレックス
		前期		多米ユニット	雲谷ユニット
				嵩山ユニット	多米ユニット
					嵩山ユニット
			145.5		石巻山ユニット

§ 4 調査結果

4.1 ボーリング調査結果

本調査は、地盤構成・地盤工学的性質を把握し、基礎検討に必要な基礎資料を取得するため、ボーリング調査・標準貫入試験を 6 箇所を実施した。

ここでは、ボーリング調査結果を述べる。

なお地盤状況の詳細は、巻末のボーリング柱状図を参照されたい。

No. 1

- ・ **盛土** （分布深度：GL-0.00～2.40m）

本層は、盛土の層である。

GL-0.05m までアスファルト、それ以深は粘土まじり砂礫からなる。

色調は暗褐灰色を呈する。

*N*値は 2、5 である。

- ・ **沖積粘性土層** （分布深度：GL-2.40～3.60m）

本層は、シルトの層である。

草根が混入する。

粘性は強い。

含水は少ない。

色調は暗灰色を呈する。

*N*値は 0 であり、*N*値から想定される相対稠度は「非常に軟らかい」に相当する。

・ **沖積砂質土層** （分布深度：GL-3.60～4.50m）

本層は、シルト質礫質砂の層である。

砂は細中砂を主体とする。

径 2～20mm 程度の円礫、亜円礫が混入する。

含水は中位。

色調は暗灰色を呈する。

N 値は 11 であり、 N 値から想定される相対密度は「緩い」に相当する。

・ **沖積礫質土層** （分布深度：GL-4.50～16.25m）

本層は、粘土質砂礫の層である。

礫は径 2～40mm 程度の円礫、亜円礫を主体とする。

最大径 60mm 程度である。

マトリックスは粗中砂からなる。

孔壁の崩壊や逸水が目立つ。

含水は中位～多い。

色調は淡黄灰色、黄褐灰色を呈する。

N 値は 16～37 であり、 N 値から想定される相対密度は「中位の～密な」に相当する。

・ **洪積砂質土層** （分布深度：GL-16.25～20.45m）

本層は、シルトまじり砂の層である。

砂は細中砂を主体とする。

径 2mm 程度の細礫が少量混入する。

雲母片が少量混入する。

含水は少ない～中位。

色調は暗褐灰色を呈する。

N 値は 24～48 であり、 N 値から想定される相対密度は「中位の～密な」に相当する。

No. 2

- **盛土**（分布深度：GL-0.00～1.90m）

本層は、盛土の層である。

GL-0.03m までアスファルト、GL-0.20m まで碎石、それ以深は粘土質砂礫からなる。

色調は暗褐灰色を呈する。

*N*値は 2 である。

- **沖積粘性土層**（分布深度：GL-1.90～4.05m）

本層は、シルトの層である。

径 2～10mm 程度の円礫、亜円礫が少量混入する。

粘性は中位～強い。

含水は少ない。

色調は暗灰色を呈する。

*N*値は 2、3 であり、*N*値から想定される相対稠度は「非常に軟らかい～軟らかい」に相当する。

- **沖積礫質土層**（分布深度：GL-4.05～16.10m）

本層は、粘土質砂礫の層である。

礫は径 2～40mm 程度の円礫、亜円礫を主体とする。

マトリックスは粗中砂からなる。

孔壁の崩壊や逸水が目立つ。

含水は中位～多い。

色調は暗灰色、暗褐灰色、黄褐灰色、淡褐灰色を呈する。

*N*値は 14～54 であり、*N*値から想定される相対密度は「中位の～非常に密な」に相当する。

・ **洪積砂質土層** （分布深度：GL-16.10～20.45m）

本層は、シルトまじり砂の層である。

砂は細中砂を主体とする。

径 2～5mm 程度の細礫が少量混入する。

GL-18.00～18.05m 間で砂まじりシルトを挟む。

含水は少ない～中位。

色調は淡褐灰色、暗褐灰色を呈する。

N 値は 16～50 であり、 N 値から想定される相対密度は「中位の～密な」に相当する。

No. 3

- **盛土**（分布深度：GL-0.00～1.70m）

本層は、盛土の層である。

GL-0.03m までアスファルト、それ以深は粘土まじり砂礫からなる。

色調は暗褐灰色、暗灰色を呈する。

*N*値は 4 である。

- **沖積粘性土層**（分布深度：GL-1.70～4.00m）

本層は、シルトの層である。

径 5～20mm 程度の円礫、亜円礫が少量混入する。

粘性は強い。

含水は少ない。

色調は暗灰色を呈する。

*N*値は 3、4 であり、*N*値から想定される相対稠度は「軟らかい」に相当する。

- **沖積礫質土層**（分布深度：GL-4.00～14.95m）

本層は、粘土質砂礫の層である。

礫は径 2～40mm 程度の円礫、亜円礫を主体とする。

マトリックスは粗中砂からなる。

孔壁の崩壊や逸水が目立つ。

含水は中位～多い。

色調は暗灰色、暗褐灰色、黄褐灰色、淡褐灰色を呈する。

*N*値は 18～40 であり、*N*値から想定される相対密度は「中位の～非常に密な」に相当する。

・ 洪積砂質土層 （分布深度：GL-14.95～20.45m）

GL-17.50m までシルトまじり砂の層である。

砂は細中砂を主体とする。

所々シルトをシーム状に挟む。

含水は少ない。

色調は淡褐灰色、黄褐灰色を呈する。

N 値は 17～33 であり、 N 値から想定される相対密度は「中位の～密な」に相当する。

GL-20.45m まで礫まじり砂の層である。

砂は細中砂を主体とする。

径 2～30mm 程度の円礫、亜円礫が混入する。

所々礫分多く砂礫状となる。

含水は少ない。

色調は黄褐灰色、暗褐灰色を呈する。

N 値は 24、32 であり、 N 値から想定される相対密度は「中位の～密な」に相当する。

No. 4

- **盛土**（分布深度：GL-0.00～2.10m）

本層は、盛土の層である。

GL-0.05m までアスファルト、GL-0.20m まで砕石、GL-0.50m まで粘土まじり砂礫、それ以深は礫まじりシルトからなる。

色調は淡褐灰色、暗灰色、暗褐灰色を呈する。

*N*値は 3 である。

- **沖積粘性土層**（分布深度：GL-2.10～4.45m）

本層は、シルトの層である。

所々径 2～5mm 程度の細礫が少量混入する。

腐植物が少量混入する。

粘性は強い。

含水は少ない。

色調は褐灰色、暗灰色を呈する。

*N*値は 2、4 であり、*N*値から想定される相対稠度は「非常に軟らかい～軟らかい」に相当する。

- **沖積礫質土層**（分布深度：GL-4.45～15.60m）

本層は、粘土まじり砂礫の層である。

礫は径 2～20mm 程度の円礫、亜円礫を主体とする。

最大径 35mm 程度である。

マトリックスは細中砂からなる。

GL-5.80～6.40m 間で炭化した木（埋木）を挟む。

孔壁の崩壊や逸水が目立つ。

含水は中位～多い。

色調は暗灰色、暗褐灰色、黄褐灰色、淡褐灰色を呈する。

*N*値は 7～39 であり、*N*値から想定される相対密度は「緩い～非常に密な」に相当する。

・ **洪積砂質土層** （分布深度：GL-15.60～20.45m）

本層は、シルトまじり砂の層である。

砂は細砂を主体とする。

雲母片が少量混入する。

径 2～5mm 程度の細礫が少量混入する。

GL-16.00～16.50m 間でシルト分多くなり砂質シルト状となる。

含水は少ない～中位。

色調は淡茶褐灰色を呈する。

N 値は 15～39 であり、 N 値から想定される相対密度は「中位の～密な」に相当する。

No. 5

・盛土（分布深度：GL-0.00～20.65m）

本層は、盛土の層である。

GL-0.30m まで碎石、GL-3.70m までシルト、GL-17.95m まで砂礫、それ以深はシルトまじり砂からなる。

他の地点と比較して同様の層相でも N 値が非常に小さいため、盛土であると判断した。

色調は淡緑灰色、茶灰色、暗灰色、灰色、淡褐灰色を呈する。

N 値は 0～25 である。

No. 6

- ・ **盛土** （分布深度：GL-0.00～1.50m）

本層は、盛土の層である。

GL-0.03m まで碎石、それ以深は粘土まじり砂礫からなる。

色調は暗褐灰色を呈する。

*N*値は 4 である。

- ・ **沖積粘性土層** （分布深度：GL-1.50～3.60m）

GL-2.75m までシルトの層である。

径 10～30mm 程度の円礫、亜円礫が少量混入する。

粘性は強い。

含水は少ない。

色調は暗灰色を呈する。

*N*値は 5 であり、*N*値から想定される相対稠度は「中位の」に相当する。

GL-3.60m まで礫まじり砂質シルトの層である。

径 2～30mm 程度の円礫、亜円礫が混入する。

粘性は弱い～中位。

含水は少ない～中位。

色調は暗灰色を呈する。

*N*値は 1 であり、*N*値から想定される相対稠度は「非常に軟らかい」に相当する。

・ **沖積礫質土層** （分布深度：GL-3.60～14.10m）

本層は、粘土まじり砂礫の層である。

礫は径 2～40mm 程度の円礫、亜円礫を主体とする。

マトリックスは細中砂からなる。

GL-2.75～2.95m 間で礫まじり砂質シルトを挟む。

孔壁の崩壊や逸水が目立つ。

含水は多い。

色調は淡青灰色、暗褐灰色、黄褐灰色、淡褐灰色を呈する。

N 値は 14～27 であり、 N 値から想定される相対密度は「中位の」に相当する。

・ **洪積砂質土層** （分布深度：GL-14.10～19.00m）

GL-16.25m までシルト質砂の層である。

砂は細砂を主体とする。

雲母片が少量混入する。

含水は少ない。

色調は暗褐灰色を呈する。

N 値は 12、28 であり、 N 値から想定される相対密度は「中位の」に相当する。

GL-19.00m まで礫まじり砂の層である。

砂は細砂を主体とする。

径 2～30mm 程度の円礫、亜円礫が混入する。

含水は少ない。

色調は暗褐灰色を呈する。

N 値は 19～26 であり、 N 値から想定される相対密度は「中位の」に相当する。

・ 洪積礫質土層 （分布深度：GL-19.00～20.45m）

本層は、砂礫の層である。

礫は径 2～30mm 程度の円礫、亜円礫を主体とする。

マトリックスは細中砂からなる。

含水は少ない。

色調は淡褐灰色を呈する。

N 値は 39、60 以上であり、 N 値から想定される相対密度は「密な～非常に密な」に相当する。

4.2 孔内水位測定結果

表 4.2.1 に孔内水位測定結果を示す。

表 4.2.1 孔内水位測定結果

孔 番	測定日	孔内水位	
		(GL- m)	
No. 1	2024/1/22	自然水位	1.25
	2024/1/23	翌朝泥水位	1.40
	2024/1/24	翌朝泥水位	0.00
No. 2	2024/1/25	自然水位	1.05
	2024/1/26	翌朝泥水位	1.60
No. 3	2024/1/29	自然水位	1.45
	2024/1/30	翌朝泥水位	1.60
	2024/1/31	翌朝泥水位	0.00
No. 4	2024/1/24	自然水位	1.75
	2024/1/25	翌朝泥水位	0.00
No. 5	2024/1/26	自然水位	2.35
	2024/1/29	翌朝泥水位	1.85
	2024/1/30	翌朝泥水位	1.35
No. 6	2024/2/1	自然水位	1.65
	2024/2/2	翌朝泥水位	0.00

4.3 標準貫入試験結果

地盤の硬さや、締まり程度を把握するために、ボーリング調査と並行して標準貫入試験を行った。試験結果の詳細は、巻末資料「ボーリング柱状図」に併記したので参照されたい。

以下に地層別の試験結果を示す。なお、安全側を考慮して、*N*値が 60 以上の場合は 60 として計算を行った（表中の 60*は 60 以上であることを示す）。また、No.5 についてはすべて盛土層であるため、安全側を考慮して検討から除外した。

表 4.3.1 地層別 *N* 値結果表

地質名	記号	孔番	<i>N</i> 値	総数	平均 <i>N</i> 値
盛土	BS	No. 1	2, 5	6	3. 3
		No. 2	2		
		No. 3	4		
		No. 4	3		
		No. 6	4		
沖積粘性土層	Ac	No. 1	0	10	2. 7
		No. 2	3, 3		
		No. 3	4, 3		
		No. 4	2, 2, 4		
		No. 6	5, 1		
沖積砂質土層	As	No. 1	11	1	11. 0
沖積礫質土層	Ag	No. 1	16, 20, 31, 37, 31, 30, 33, 37, 34, 35, 32	55	29. 5
		No. 2	17, 14, 27, 54, 44, 35, 36, 31, 36, 37, 39, 31		
		No. 3	33, 31, 27, 18, 27, 28, 37, 30, 31, 30, 40		
		No. 4	15, 7, 28, 38, 38, 28, 37, 34, 39, 33, 28		
		No. 6	14, 22, 19, 26, 21, 21, 26, 27, 26, 26		
洪積砂質土層	Ds	No. 1	24, 26, 41, 48, 33	26	29. 3
		No. 2	16, 31, 35, 50, 43		
		No. 3	22, 33, 17, 32, 24, 24		
		No. 4	15, 29, 37, 33, 39		
		No. 6	12, 28, 26, 24, 19		
洪積礫質土層	Dg	No. 6	60*, 39	2	49. 5

4.4 孔内水平載荷試驗結果

水平向地盤反力係数等を求めるため、LLT を用いて孔内水平載荷試験を行った。

表 4.4.1 に孔内水平載荷試験結果を示す。また、測定データを巻末に示す。

表4.4.1 孔內水平載荷試驗結果

測定中央 深 度 (GL- m)	対象地層	近傍 N 値 (回/mm)	各状態における圧力 (kN/m ²)			地盤係数 K_m (MN/m ³)	変形係数 E_m (MN/m ²)
			静止土圧 P_0	降伏圧 P_y	破壊圧 P_L		
3.00	シルト	0/320	21.61	30.54	54.86	10.199	0.568

孔内水平載荷試験結果の変形係数(E_m)は、一般的に地盤強度との対応が良く、 N 値との相関性が良いと言われており、地盤材料に係わらず式(4.4.1)という関係が近似的に成立している。

[illegible]

ここに、E : 変形係数 (kN/m²)

N : N 値(回)

図 4.4.1 に、孔内水平載荷試験より得られた変形係数 (E_m) と N 値との関係を示し、図中に試験結果をプロットした。

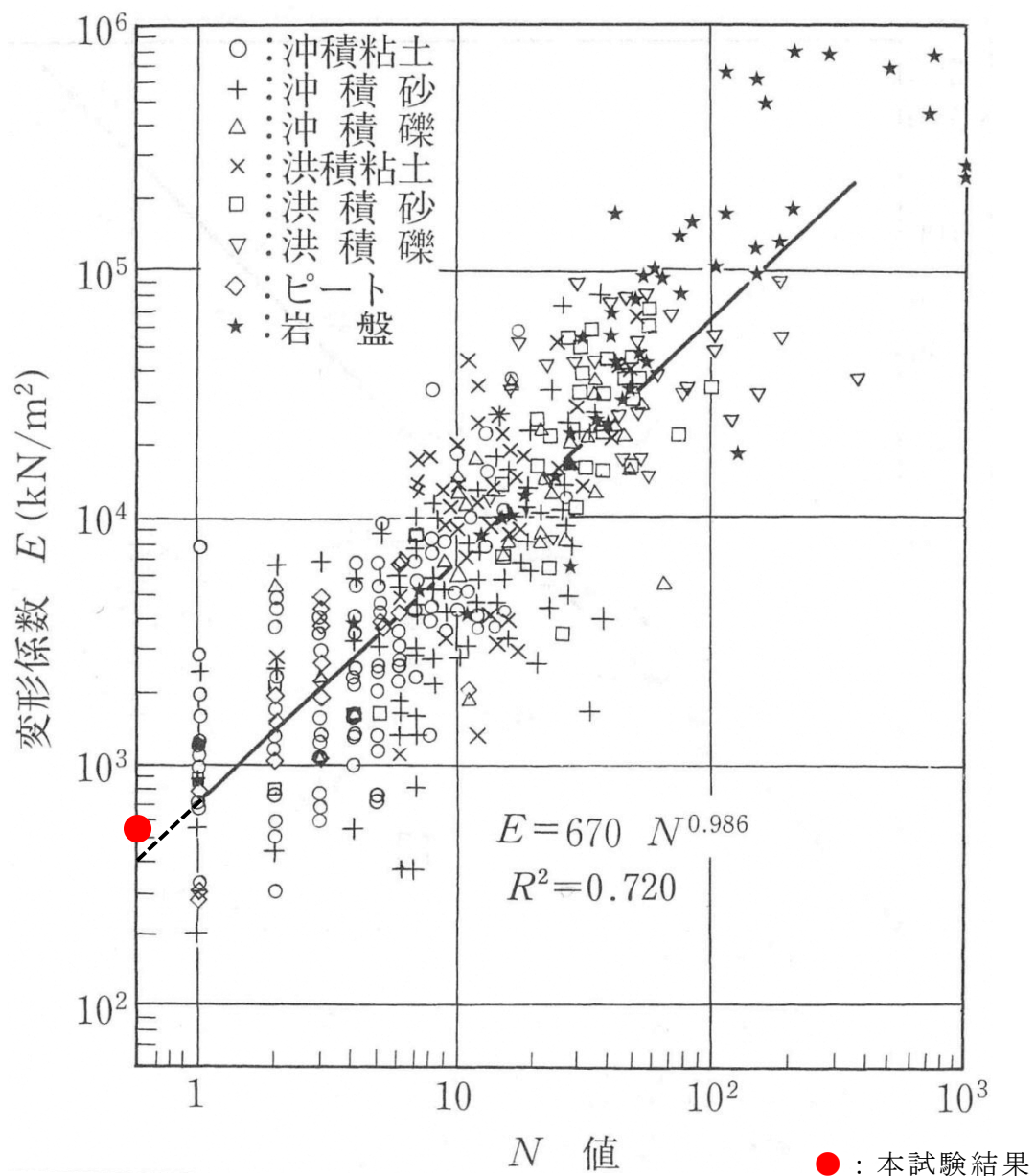


図4.4.1 変形係数と N 値の関係

(「地盤調査の方法と解説」, 地盤工学会, 2013, p. 687 を加工して作成)

4.5 室内土質試験結果

採取試料の工学的性質を把握するために、室内土質試験を行い、その結果を表 4.5.1 にまとめた。

試験結果の詳細は、巻末の「室内土質試験結果」に示す。

表 4.5.1 室内土質試験結果

試料番号 (採取深度)		1-P-1 (2.15～2.40m)	1-P-2 (4.15～4.45m)	2-P-1 (1.15～1.50m)	2-P-2 (5.15～5.45m)	3-P-1 (1.15～1.45m)	4-P-1 (5.15～5.45m)	4-P-2 (16.15～16.45m)	6-P-1 (1.15～1.45m)	6-P-2 (3.15～3.60m)	6-P-3 (14.15～14.45m)
粒 度	石分(75mm 以上) %										
	礫分(2～75mm) %	67.7	35.4	47.5	63.6	45.3	66.3	0.0	64.3	5.2	0.9
	砂分(0.075～2mm) %	18.5	45.8	29.6	19.5	40.3	26.1	47.9	22.4	35.7	67.5
	シルト分(0.005～0.075mm) %	13.8	18.8	22.9	16.9	14.4	7.6	52.1	13.3	59.1	31.6
	粘土分(0.005mm 未満) %										
	最大粒径 mm	26.5	19	19	37.5	26.5	37.5	2	19	19.0	4.75
	均等係数 U_c	－	－	－	－	－	36.9	－	－	－	－
	50%粒径 D_{50} mm	5.3	0.71	1.7	6.9	1.4	4.1	－	3.1	－	0.2
分 類	地 盤 材 料 の 分 類 名	細粒分まじり 砂質礫	細粒分質 礫質砂	細粒分質 砂質礫	細粒分質 砂質礫	細粒分まじり 砂質礫	細粒分まじり 砂質礫	砂質細粒土	細粒分まじり 砂質礫	礫まじり 砂質細粒土	細粒分質砂
	分 類 記 号	(GS-F)	(SFG)	(GFS)	(GFS)	(GS-F)	(GS-F)	(FS)	(GS-F)	(FS-G)	(SF)

§5 考察

5.1 設計用地盤定数の提案

ここでは、ボーリング、室内土質試験結果をもとに、本調査地における、設計用地盤定数の提案を行う。

設定した地盤定数については、表 5.1.1 にまとめる。なお、No.5 については、すべて盛土層であるため、安全側を考慮して検討から除外した。

表 5.1.1 提案する地盤定数値

地質名	記号	設計 N 値	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 φ_d (°)
盛土	BS	2.8	18	0	19
沖積砂質土層	As	2.0	14	12	0
沖積粘性土層	Ac	11.0	17	0	29
沖積礫質土層	Ag	25.3	19	0	37
洪積砂質土層	Ds	24.4	17	0	37
洪積礫質土層	Dg	49.5	20	0	40

(1) 設計 N 値

設計 N 値は、単純に平均値を採用するのではなく、 N 値分布範囲・測定個数等を安全側に考慮し、平均値から標準偏差（ σ_{n-1} ）の $1/2$ を減じた値を採用する（式 5.1.1）。ただし、サンプル数が 2 以下の場合は、平均値または実測値を設計 N 値として採用する。

また、安全側を考慮して N 値が 60 以上である場合には、60 として計算を行った（表 5.1.2 中の 60*は 60 以上であることを示す）。

設計 N 値 = 平均 N 値 - $\sigma_{n-1}/2$ 式 5.1.1

(出典：松尾 稔・上野 誠，「土と基礎」34(12)，土質工学会(現・地盤工学会)，1986，p.78)

表 5.1.2 設計 *N* 値算定結果

地質名	記号	孔番	<i>N</i> 値	総数	平均 <i>N</i> 値	標準偏差	標準偏差 考慮 <i>N</i> 値	設計 <i>N</i> 値	備考
盛土	BS	No. 1	2, 5	6	3.3	1.1	2.8	2.8	標準偏差 考慮 <i>N</i> 値
		No. 2	2						
		No. 3	4						
		No. 4	3						
		No. 6	4						
沖積粘性土層	Ac	No. 1	0	10	2.7	1.4	2.0	2.0	標準偏差 考慮 <i>N</i> 値
		No. 2	3, 3						
		No. 3	4, 3						
		No. 4	2, 2, 4						
		No. 6	5, 1						
沖積砂質土層	As	No. 1	11	1	11.0	-	-	11.0	実測値
沖積礫質土層	Ag	No. 1	16, 20, 31, 37, 31, 30, 33, 37, 34, 35, 32	55	29.5	8.4	25.3	25.3	標準偏差 考慮 <i>N</i> 値
		No. 2	17, 14, 27, 54, 44, 35, 36, 31, 36, 37, 39, 31						
		No. 3	33, 31, 27, 18, 27, 28, 37, 30, 31, 30, 40						
		No. 4	15, 7, 28, 38, 38, 28, 37, 34, 39, 33, 28						
		No. 6	14, 22, 19, 26, 21, 21, 26, 27, 26, 26						
洪積砂質土層	Ds	No. 1	24, 26, 41, 48, 33	26	29.3	9.7	24.4	24.4	標準偏差 考慮 <i>N</i> 値
		No. 2	16, 31, 35, 50, 43						
		No. 3	22, 33, 17, 32, 24, 24						
		No. 4	15, 29, 37, 33, 39						
		No. 6	12, 28, 26, 24, 19						
洪積礫質土層	Dg	No. 6	60*, 39	2	49.5	-	-	49.5	平均値

(2) 単位体積重量

本調査においては、表 5.1.3 に則って単位体積重量の選定を行った。

表 5.1.3 土の単位体積重量 (kN/m³)

(出典:建築基礎構造設計指針, 日本建築学会, 2019, p. 30)

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

単位体積重量 γ_t の決定経過・理由を以下に示す。

・BS 層

設計 N 値 6.0 の礫層を主体とした盛土層であるため、表 5.1.3 より「礫 ゆるい」の値を採用する。

$$\gamma_t = \underline{18 \text{ (kN/m}^3\text{)}}$$

・Ac 層

設計 N 値 2.0 の粘性土層（シルト主体）であるため、相対稠度は「非常に軟らかい」に該当する。そのため表 5.1.3 より「シルト やわらかい」の値を採用する。

$$\gamma_t = \underline{14 \text{ (kN/m}^3\text{)}}$$

・As 層

設計 N 値 11.0 の砂質土層であるため、相対密度は「中位の」に該当する。そのため表 5.1.3 より「砂 ゆるい」と「砂 密な」の平均値を採用する。

$$\gamma_t = (16+18)/2 = \underline{17 \text{ (kN/m}^3\text{)}}$$

・ Ag 層

設計 N 値 25.3 の礫質土層であるため、相対密度は「中位の」に該当する。そのため表 5.1.3 より「礫 ゆるい」と「礫 密な」の平均値を採用する。

$$\gamma_t = (18+20)/2 = \underline{19 \text{ (kN/m}^3\text{)}}$$

・ Ds 層

設計 N 値 24.4 の砂質土層であるため、相対密度は「中位の」に該当する。そのため表 5.1.3 より「砂 ゆるい」と「砂 密な」の平均値を採用する。

$$\gamma_t = (16+18)/2 = \underline{17 \text{ (kN/m}^3\text{)}}$$

・ Dg 層

設計 N 値 49.5 の礫質土層であるため、相対密度は「密な」に該当する。そのため表 5.1.3 より「礫 密な」の値を採用する。

$$\gamma_t = \underline{20 \text{ (kN/m}^3\text{)}}$$

(3) 粘着力および内部摩擦角

本調査においては、「建築基礎構造設計指針（日本建築学会, 2019）」および「地盤調査の方法と解説（地盤工学会, 2013）」に則って、粘着力および内部摩擦角を下記の計算式にてそれぞれ算定する。ただし、安全側を考慮して砂質土・礫質土の場合は粘着力を 0kN/m^2 、粘性土の場合は内部摩擦角を 0° とする。

また、 $N_1 < 3.5$ となる場合には、表 5.1.10 より値を設定した。

$$c = q_u/2 \quad \dots \dots \dots \text{式 5.1.2}$$

$$q_u = 12.5N \quad \dots \dots \dots \text{式 5.1.3}$$

$$\varphi_d = \sqrt{20N} + 15 \quad (\varphi_d \leq 40) \quad \dots \dots \dots \text{式 5.1.4}$$

ここに、

c : 粘着力 (kN/m^2)

q_u : 一軸圧縮強さ (kN/m^2)

N : 標準貫入試験から得られる N 値

φ_d : 内部摩擦角 ($^\circ$)

表 5.1.4 粘着力・内部摩擦角一覧

地質名	記号	設計 N 値	粘着力 $c (\text{kN/m}^2)$	内部摩擦角 $\varphi_d (^\circ)$
盛土	BS	1.1	0	19
沖積粘性土層	Ac	2.0	12	0
沖積砂質土層	As	11.0	0	29
沖積礫質土層	Ag	25.3	0	37
洪積砂質土層	Dc	24.4	0	37
洪積礫質土層	Dg	49.5	0	40

5.2 地盤の液状化検討

ここでは、地震時における地盤の液状化について検討した。

地盤内に働く動的繰り返しせん断応力によって、地盤中に過剰間隙水圧が発生する。液状化現象は、この水圧により有効応力が減少し、地盤が液体のように流動する現象である。液状化の被害の程度は、土の密度や液状化層の厚さによっても異なると考えられている。

(1) 対象とすべき土層

液状化の検討を行う必要のある土層は、対象とする構造物と地盤の特性や想定する地震動の特性に応じて、液状化検討の対象土層とすることがあるかの判断を地下水位の深さ、対象土層の深さ、対象土層の密度、粒度特性および細粒分の特性などの項目を考慮して行った。

一般に液状化の検討を行う必要がある飽和土層は、

1. 原則的に地表面から 20m 程度以浅の土層
2. 細粒分含有率が 35% 以下の土

とされている。

また、「建築基礎構造設計指針(日本建築学会, 2019, p. 50)」では、

- 1) 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液状化判定を行う。
- 2) 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等が液状化した事例も報告されているので、粘土分(0.005mm 以下の粒径をもつ土粒子)含有率が 10% 以下、または塑性指数が 15 以下の埋立地盤あるいは盛土地盤は液状化判定を行う。

3) 20m 以深に関しては、液状化危険度予測の精度が悪くなるので、地盤応答解析を用いることが推奨される。

4) 細粒分を含む礫や透水性の低い土層に囲まれた礫、洪積層でも N 値が小さな土層では液状化の可能性が否定できないので、そのような場合にも液状化検討を行う。

と、以上のような土層も対象とすべきとしている。

(2) 使用ソフトウェア

本調査は、基礎地盤コンサルタント社製「LIQ.NET(液状化簡易判定サービス)Ver. 1.1.2.1」を使用した。

(3) 判定方法

1) 液状化の判定方法

式(5.2.1)により、各深さにおける液状化発生に対する安全率 FL を計算する。

$$FL = \frac{\tau_L / \sigma'_z}{\tau_d / \sigma'_z} \quad \text{式(5.2.1)}$$

(出典：「建築基礎構造設計指針」, 2019, 日本建築学会, p. 51)

ここに、

FL：液状化発生に対する安全率

τ_L / σ'_d ：飽和土層の液状化抵抗比

τ_d / σ'_d ：繰返しせん断応力比

FL 値が 1 より大きくなる土層は、「液状化の可能性はない」と判断し、FL 値が 1 以下となる場合は、「可能性がある」と判断する。つまり、FL 値が小さいほど液状化に対する抵抗力が小さく、また、FL 値が 1 以下の土層が厚いほど、「液状化による危険度が高くなる」ことになる。

2) 飽和土層の液状化抵抗比(R)の算定

図 5.2.1 中の限界せん断ひずみ曲線 5%を用いて、補正 N 値 (N_a) に対応する飽和土層の液状化抵抗比(R)を求める。

$$N_a = N_1 + \Delta N_f \quad \text{式 (5.2.2)}$$

$$N_1 = C_N \times N \quad \text{式 (5.2.3)}$$

$$C_N = \sqrt{\frac{100}{\sigma'_z}} \quad \text{式 (5.2.4)}$$

$$R = \frac{\tau_L}{\sigma'_d} \quad \text{式 (5.2.5)}$$

(出典：「建築基礎構造設計指針」, 2019, 日本建築学会, p. 51)

ここに、

N_a : 補正 N 値

N_1 : 換算 N 値

ΔN_f : 細粒土含有率 FC に応じた補正 N 値増分 (図 5.2.2 参照)

C_N : 拘束圧に関する換算係数

N : 実測 N 値

τ_L : 水平面における液状化抵抗 (kN/m^2)

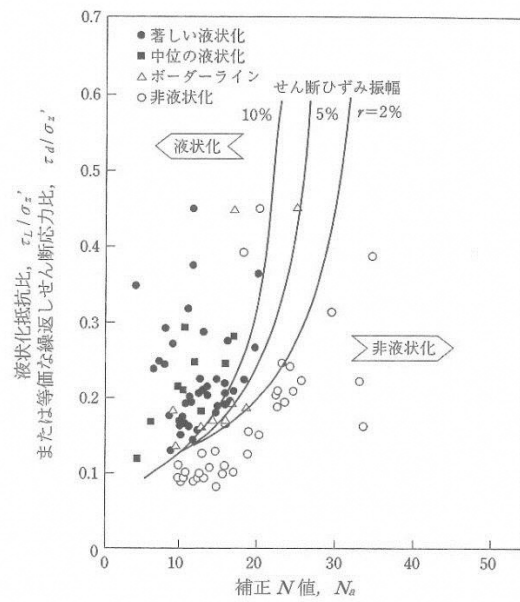


図 5.2.1 補正 N 値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係

(出典:「建築基礎構造設計指針」, 2019, 日本建築学会, p. 51)

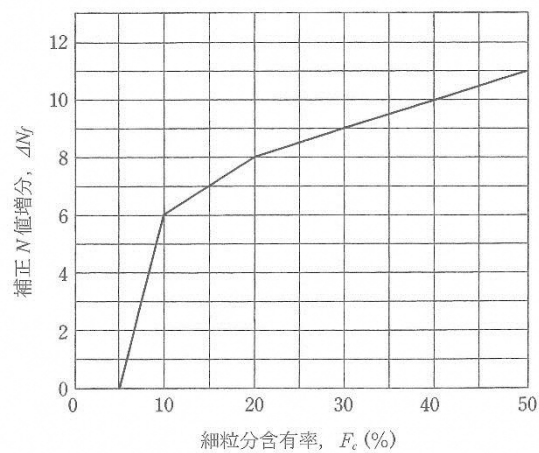


図 5.2.2 細粒分含有率と N 値の補正係数

(出典:「建築基礎構造設計指針」, 2019, 日本建築学会, p. 52)

3) 繰返しせん断応力比 (τ_d) の算定

$$\tau_d / \sigma'_d = r_n \frac{\alpha_{\max}}{g} \times \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} r_d \quad \text{式 (5.2.6)}$$

$$r_n = 0.1(M-1) \quad \text{式 (5.2.7)}$$

$$r_d = 1 - 0.015z \quad \text{式 (5.2.8)}$$

(出典:「建築基礎構造設計指針」, 2019, 日本建築学会, p. 50)

ここに、

r_n : 等価の繰返し回数に関する補正係数

M : 地震のマグニチュードで通常は 7.5

$\alpha_{\max}$: 地表面における設計用水平加速度 (m/s^2)

g : 重力加速度 (9.8 m/s^2)

σ_z : 検討深さにおける全土被り圧 (kN/m^2)

σ'_z : 検討深さにおける有効土被り圧 (kN/m^2)

r_d : 地盤が剛体でないことによる低減係数

z : 検討深さ (m)

4) 液状化指数 PL の算定方法 (PL 法)

各判定地点で求めた FL 値に深さの重み関数をかけることにより、その地点での液状化の危険度を表す指標 PL 値を式 (5.2.9) より求める。

なお、液状化の危険度は表 5.2.1 により判定される。

$$PL = \int_1^n F \cdot W(z) \cdot \Delta Z \quad \text{式 (5.2.9)}$$

$$F = 1.0 - FL \geq 0.0 \quad \text{式 (5.2.10)}$$

$$W(z) = 10.0 - 0.5 \times z \quad \text{式 (5.2.11)}$$

(出典:土質工学会誌「土と基礎」 vol. 28 No. 4, 1980, 土質工学会, p. 25)

ここで、

PL : PL 値、液状化指数

FL : FL 値、液状化に対する抵抗率

$W(z)$: 深さ方向の重み関数

z : 地表面からの深さ (m)

Δz : ある深度のFLが分布すると想定される土層厚

表 5.2.1 PL 値による液状化の判定

(出典:岩崎敏男,常田賢一,木全俊雄:地震時における砂質地盤の液状化判定法と耐震設計への適用に関する研究,土木研究所,土木研究資料第 1729 号,1981)

PL 値	液状化の判定
PL=0	液状化危険度はかなり低い。液状化に関する詳細な検討は一般に不要。
$0 < PL \leq 5$	同危険度は低い。特に重要構造物の設計に際しては、より詳細な調査が必要。
$5 < PL \leq 15$	同危険度が高い。重要構造物に対して、より詳細な調査が必要。 液状化対策が一般に必要。
$15 < PL$	同危険度が極めて高い。液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避。

5) 地表最大水平変位 (D_{cy}) と液状化の程度

地表最大水平変位 (D_{cy}) は各層の層厚 (H) および繰返しせん断ひずみ (γ_{cy}) より、式 (5.2.12) より求められる。繰返しせん断ひずみ (γ_{cy}) は、補正 N 値 (N_a) と繰返しせん断応力比 (τ_d/σ'_z) により、推定することができる。

なお、表 5.2.2 より、地表最大水平変位 (D_{cy}) と液状化の程度を評価した。

同様に、沈下量 (S) を求める場合、繰返しせん断ひずみ (γ_{cy}) を体積ひずみ (ε_v) と読み換えて推定した。

$$D_{cy} = \sum \left(\frac{\gamma_{cyi} \cdot H_i}{100} \right) \quad \text{式 (5.2.12)}$$

(出典:「建築基礎構造設計指針」, 2019, 日本建築学会, p. 54)

ここで、

D_{cy} : 地表最大水平変位 (m)

γ_{cyi} : i 層の繰返しせん断ひずみ (%)

H_i : i 層の層厚 (m)

N_a : 補正 N 値 (図 5.2.3 参照)

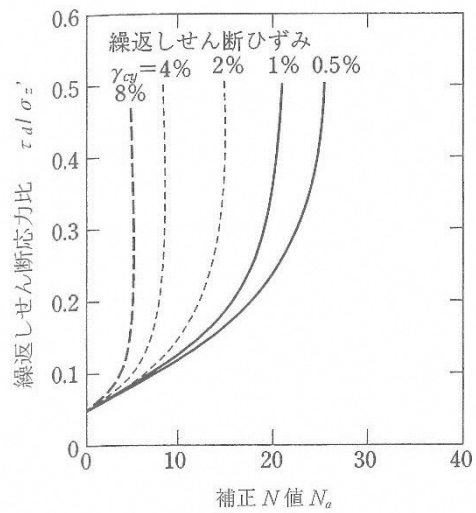


図 5.2.3 補正 N 値と繰返しせん断ひずみの関係

(出典：「建築基礎構造設計指針」，日本建築学会，2019，p. 51)

表 5.2.2 D_{cy} と液状化の程度の関係

(出典：「建築基礎構造設計指針」，日本建築学会，2019，p. 55)

D_{cy} (m)	液状化の程度
0	なし
～0.05	軽微
0.05～0.10	小
0.10～0.20	中
0.20～0.40	大
0.40～	甚大

(5) 土質定数等算定条件

表 5.2.3～5.2.6 に判定に必要な土質定数等を示す。

特に次の点を考慮した。

- ・対象層の各深度の細粒分含有率は室内土質試験結果を採用し、試験区間付近の同一地質と思われる土層は同じ値を採用した。
- ・ N 値 15 より大きい場合には、判定対象から除外した。
- ・No.3 については、判定対象層がないため判定から除外した。
- ・検討する水平加速度はレベル 1 荷重検討用の 1.5m/s^2 、 2.0m/s^2 およびレベル 2 荷重検討用の 3.5m/s^2 とした。

表 5.2.3 土質定数等一覧表 No.1

地質名	分布深度	単位体積重量 kN/m^3	細粒分含有率 %
盛土	GL- 2.40m	18.00	13.8
シルト	GL- 3.60m	14.00	--
シルト質礫質砂	GL- 4.50m	17.00	18.8
粘土質砂礫	GL- 16.25m	19.00	--
シルトまじり砂	GL- 20.45m	17.00	--

表 5.2.4 土質定数等一覧表 No.2

地質名	分布深度	単位体積重量 kN/m^3	細粒分含有率 %
盛土	GL- 1.90m	18.00	22.9
シルト	GL- 4.05m	14.00	--
粘土質砂礫	GL- 16.10m	19.00	16.9
シルトまじり砂	GL- 20.45m	17.00	--

表 5.2.5 土質定数等一覧表 No.3

表 5.2.5 土質定数等一覧表 No.4

地質名	分布深度	単位体積重量 kN/m ³	細粒分含有率 %
盛土	GL- 2.10m	18.00	--
シルト	GL- 4.45m	14.00	--
粘土まじり砂礫	GL- 15.60m	19.00	7.6
シルトまじり砂	GL- 20.45m	17.00	52.1

表 5.2.6 土質定数等一覧表 No.6

地質名	分布深度	単位体積重量 kN/m ³	細粒分含有率 %
盛土	GL- 1.50m	18.00	13.3
シルト	GL- 2.75m	14.00	--
礫まじり砂質シルト	GL- 3.60m	14.00	59.1
粘土まじり砂礫	GL- 14.10m	19.00	--
シルト質砂	GL- 16.25m	17.00	31.6
礫まじり砂	GL- 19.00m	17.00	--
砂礫	GL- 20.45m	20.00	--

(6) 液状化判定結果

表 5.2.7～5.2.10 に判定結果を示す。また、表中の記号および判定基準は表 5.2.11～5.2.13 にそれぞれ示す。

表 5.2.7 液状化判定結果 No.1

地下水位：GL-1.25m				1.5m/s ²		2.0m/s ²		3.5m/s ²		
計算深度	<i>N</i> 値	単 位 体積重量	細粒分 含有率	液状化係数	判 定	液状化係数	判 定	液状化係数	判 定	判定基準
GL- m	(回)	γ_t (kN/m ³)	FC (%)	FL		FL		FL		
1.335	2	18	13.8	1.407	○	1.055	○	0.603	×	表 5.2.11 による
2.300	5	18	13.8	1.335	○	1.001	○	0.572	×	表 5.2.11 による
3.310	0	14	--	--	--	--	--	--	--	粘性土のため対象外
4.300	11	17	18.8	2.610	○	1.958	○	1.119	○	表 5.2.11 による
5.300	16	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
6.300	20	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
7.300	31	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
8.300	37	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
9.300	31	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
10.300	30	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
11.300	33	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
12.300	37	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
13.300	34	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
14.300	35	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
15.300	32	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
16.300	24	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
17.300	26	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
18.300	41	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
19.300	48	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
20.300	33	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
			PL	0.000	○	0.000	○	5.684	△	表 5.2.12 による
			Dcy	0.000	なし	0.000	なし	0.029	軽微	表 5.2.13 による

表 5.2.8 液状化判定結果 No.2

地下水位：GL-1.05m				1.5m/s ²		2.0m/s ²		3.5m/s ²		
計算深度	<i>N</i> 値	単 位 体積重量	細粒分 含有率	液状化係数	判 定	液状化係数	判 定	液状化係数	判 定	判定基準
GL- m	(回)	γ_t (kN/m ³)	FC (%)	FL		FL		FL		
1.325	2	18	22.9	1.303	○	0.977	×	0.558	×	表 5.2.11 による
2.300	3	14	--	--	--	--	--	--	--	粘性土のため対象外
3.300	3	14	--	--	--	--	--	--	--	粘性土のため対象外
4.300	17	19	--	--	--	--	--	--	--	粘性土のため対象外
5.300	14	19	16.9	4.144	○	3.108	○	1.776	○	表 5.2.11 による
6.300	27	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
7.300	54	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
8.300	44	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
9.300	35	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
10.300	36	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
11.300	31	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
12.300	36	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
13.300	37	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
14.300	39	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
15.300	31	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
16.300	16	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
17.300	31	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
18.300	35	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
19.300	50	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
20.300	43	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
			PL	0.000	○	0.134	●	2.578	●	表 5.2.12 による
			Dcy	0.000	なし	0.009	軽微	0.026	軽微	表 5.2.13 による

表 5. 2. 9 液状化判定結果 No. 4

地下水位：GL-1.75m				1. 5m/s ²		2. 0m/s ²		3. 5m/s ²		
計算深度	<i>N</i> 値	単 位 体積重量	細粒分 含有率	液状化係数	判 定	液状化係数	判 定	液状化係数	判 定	判定基準
GL- m	(回)	γ_t (kN/m ³)	FC (%)	FL		FL		FL		
1. 300	3	18	--	--	--	--	--	--	--	地下水位以浅のため対象外
2. 300	2	14	--	--	--	--	--	--	--	粘性土のため対象外
3. 300	2	14	--	--	--	--	--	--	--	粘性土のため対象外
4. 300	4	14	--	--	--	--	--	--	--	粘性土のため対象外
5. 300	15	19	7. 6	2. 414	○	1. 811	○	1. 035	○	表 5. 2. 11 による
6. 300	7	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
7. 300	28	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
8. 300	38	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
9. 300	38	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
10. 300	28	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
11. 300	37	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
12. 300	34	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
13. 300	39	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
14. 300	33	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
15. 300	28	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
16. 300	15	17	52. 1	--	--	--	--	--	--	FC ≥ 35 のため対象外
17. 300	29	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
18. 300	37	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
19. 300	33	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
20. 300	39	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
			PL	0. 000	○	0. 000	○	0. 000	○	表 5. 2. 12 による
			Dcy	0. 000	なし	0. 000	なし	0. 000	なし	表 5. 2. 13 による

表 5. 2. 10 液状化判定結果 No. 6

地下水位：GL-1. 65m				1. 5m/s ²		2. 0m/s ²		3. 5m/s ²		
計算深度	<i>N</i> 値	単 位 体積重量	細粒分 含有率	液状化係数	判 定	液状化係数	判 定	液状化係数	判 定	判定基準
GL- m	(回)	γ_t (kN/m ³)	FC (%)	FL		FL		FL		
1. 300	4	18	13. 3	--	--	--	--	--	--	地下水位以浅のため対象外
2. 300	5	14	--	--	--	--	--	--	--	粘性土のため対象外
3. 375	1	14	59. 1	--	--	--	--	--	--	FC $\geq$ 35 のため対象外
4. 300	14	19	7. 6	2. 629	○	1. 972	○	1. 127	○	表 5. 2. 11 による
5. 300	22	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
6. 300	19	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
7. 300	26	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
8. 300	21	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
9. 300	21	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
10. 300	26	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
11. 300	27	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
12. 300	26	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
13. 300	26	19	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
14. 300	12	17	31. 6	1. 457	○	1. 093	○	0. 625	×	表 5. 2. 11 による
15. 300	28	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
16. 300	26	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
17. 300	24	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
18. 300	19	17	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
19. 250	90	20	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
20. 300	39	20	--	--	--	--	--	--	--	<i>N</i> 値が大きいため対象外
			PL	0. 000	○	0. 000	○	1. 070	●	表 5. 2. 12 による
			Dcy	0. 000	なし	0. 000	なし	0. 007	軽微	表 5. 2. 13 による

表 5.2.11 FL 値による液状化判定基準

判 定	FL 値	液状化の判定
×	$1.000 \geq FL$	液状化の可能性あり
○	$FL > 1.000$	液状化の可能性低い

表 5.2.12 PL 値による地表面への影響判定基準

判定	PL 値	液状化の判定
○	PL=0	液状化危険度はかなり低い。液状化に関する詳細な検討は一般に不要。
●	$0 < PL \leq 5$	液状化危険度は低い。特に重要な構造物の設計に際しては、より詳細な調査が必要。
△	$5 < PL \leq 15$	液状化危険度が高い。重要な構造物に対しては、より詳細な調査が必要。液状化対策が一般に必要。
×	$15 < PL$	液状化危険度が極めて高い。液状化に対する詳細な調査と液状化対策は不可避。

表 5.2.13 D_{cy} と液状化の程度の関係

D_{cy} (m)	液状化の程度
0	な し
～0.05	軽 微
0.05～0.10	小
0.10～0.20	中
0.20～0.40	大
0.40～	甚 大

No. 1

・ 水平加速度 1.5m/s^2 の場合

前述した安全率 FL 値による液状化判定結果より、全ての判定対象層で FL 値 >1 となり「液状化発生の可能性が低い」と判断された。液状化指数 PL 値における結果では、 $PL=0.000$ を示し、「液状化危険度はかなり低い」と判断される。

また、表 5.2.7 より、 $D_{cy}=0.000(\text{m})$ を示し、表 5.2.13 より液状化の程度は「なし」と判断される。

・ 水平加速度 2.0m/s^2 の場合

前述した安全率 FL 値による液状化判定結果より、全ての判定対象層で FL 値 >1 となり「液状化発生の可能性が低い」と判断された。液状化指数 PL 値における結果では、 $PL=0.000$ を示し、「液状化危険度はかなり低い」と判断される。

また、表 5.2.7 より、 $D_{cy}=0.000(\text{m})$ を示し、表 5.2.13 より液状化の程度は「なし」と判断される。

・ 水平加速度 3.5m/s^2 の場合

前述した安全率 FL 値による液状化判定結果より、判定対象層の一部で FL 値 ≤ 1 となり「液状化発生の可能性がある」と判断された。液状化指数 PL 値における結果では、 $PL=5.684$ を示し、「液状化危険度は高い」と判断される。

また、表 5.2.7 より、 $D_{cy}=0.029(\text{m})$ を示し、表 5.2.13 より液状化の程度は「軽微」と判断される。

No. 2

・ 水平加速度 1.5m/s^2 の場合

前述した安全率 FL 値による液状化判定結果より、全ての判定対象層で FL 値 >1 となり「液状化発生の可能性が低い」と判断された。液状化指数 PL 値における結果では、 $PL=0.000$ を示し、「液状化危険度はかなり低い」と判断される。

また、表 5.2.8 より、 $D_{cy}=0.000(\text{m})$ を示し、表 5.2.13 より液状化の程度は「なし」と判断される。

・ 水平加速度 2.0m/s^2 の場合

前述した安全率 FL 値による液状化判定結果より、判定対象層の一部で FL 値 ≤ 1 となり「液状化発生の可能性がある」と判断された。液状化指数 PL 値における結果では、 $PL=0.134$ を示し、「液状化危険度は低い」と判断される。

また、表 5.2.8 より、 $D_{cy}=0.009(\text{m})$ を示し、表 5.2.13 より液状化の程度は「軽微」と判断される。

・ 水平加速度 3.5m/s^2 の場合

前述した安全率 FL 値による液状化判定結果より、判定対象層の一部で FL 値 ≤ 1 となり「液状化発生の可能性がある」と判断された。液状化指数 PL 値における結果では、 $PL=2.578$ を示し、「液状化危険度は低い」と判断される。

また、表 5.2.8 より、 $D_{cy}=0.026(\text{m})$ を示し、表 5.2.13 より液状化の程度は「軽微」と判断される。

No. 4

・ 水平加速度 1.5m/s^2 の場合

前述した安全率 FL 値による液状化判定結果より、全ての判定対象層で FL 値 > 1 となり「液状化発生の可能性が低い」と判断された。液状化指数 PL 値における結果では、 $PL=0.000$ を示し、「液状化危険度はかなり低い」と判断される。

また、表 5.2.9 より、 $D_{cy}=0.000(\text{m})$ を示し、表 5.2.13 より液状化の程度は「なし」と判断される。

・ 水平加速度 2.0m/s^2 の場合

前述した安全率 FL 値による液状化判定結果より、全ての判定対象層で FL 値 > 1 となり「液状化発生の可能性が低い」と判断された。液状化指数 PL 値における結果では、 $PL=0.000$ を示し、「液状化危険度はかなり低い」と判断される。

また、表 5.2.9 より、 $D_{cy}=0.000(\text{m})$ を示し、表 5.2.13 より液状化の程度は「なし」と判断される。

・ 水平加速度 3.5m/s^2 の場合

前述した安全率 FL 値による液状化判定結果より、全ての判定対象層で FL 値 > 1 となり「液状化発生の可能性が低い」と判断された。液状化指数 PL 値における結果では、 $PL=0.000$ を示し、「液状化危険度はかなり低い」と判断される。

また、表 5.2.9 より、 $D_{cy}=0.000(\text{m})$ を示し、表 5.2.13 より液状化の程度は「なし」と判断される。

No. 6

・ 水平加速度 1.5m/s^2 の場合

前述した安全率 FL 値による液状化判定結果より、全ての判定対象層で FL 値 >1 となり「液状化発生の可能性が低い」と判断された。液状化指数 PL 値における結果では、 $PL=0.000$ を示し、「液状化危険度はかなり低い」と判断される。

また、表 5.2.10 より、 $D_{cy}=0.000(\text{m})$ を示し、表 5.2.13 より液状化の程度は「なし」と判断される。

・ 水平加速度 2.0m/s^2 の場合

前述した安全率 FL 値による液状化判定結果より、全ての判定対象層で FL 値 >1 となり「液状化発生の可能性が低い」と判断された。液状化指数 PL 値における結果では、 $PL=0.000$ を示し、「液状化危険度はかなり低い」と判断される。

また、表 5.2.10 より、 $D_{cy}=0.000(\text{m})$ を示し、表 5.2.13 より液状化の程度は「なし」と判断される。

・ 水平加速度 3.5m/s^2 の場合

前述した安全率 FL 値による液状化判定結果より、判定対象層の一部で FL 値 ≤ 1 となり「液状化発生の可能性がある」と判断された。液状化指数 PL 値における結果では、 $PL=1.070$ を示し、「液状化危険度は低い」と判断される。

また、表 5.2.10 より、 $D_{cy}=0.007(\text{m})$ を示し、表 5.2.13 より液状化の程度は「軽微」と判断される。

5.3 支持地盤および基礎形状について

ここでは調査地に計画されている改修工事の計画構造物について詳細な設計が決定されていないため、基礎底面高さを地表面下 1.50m 程度と仮定して、支持地盤および基礎形状について選定する。

建物の支持地盤をどの地盤におくかは、その建物の規模や形式等により異なるが一般には次のようなことが挙げられる。

- ・ 上部建物を支えるのに十分なせん断力を有すること。
- ・ 支持地盤となり得る地盤以深に軟弱な圧密沈下層が分布しないこと。

この条件を満たす支持地盤の目安としては、一般に砂層・砂礫層は N 値 30 程度以上、粘性土層は N 値 20 程度以上といわれている。

前項の液状化判定結果も併せて考慮すると、No. 1～4 については沖積礫質土層が、No. 6 については洪積礫質土層がそれぞれ支持地盤として考えられる。

そのため、基礎形状については、No. 1～4 が、柱状改良等の補助工法を併用しての直接基礎、No. 6 については、支持地盤が深いため杭基礎の採用が考えられる。

§6 まとめ

6.1 設計・施工時の留意点

(1) 地下水について

地下水位は GL-1.00～2.00m 程度で確認されており、比較的浅い深度に存在する。そのため掘削時には排水処理について、十分な考慮をする必要がある。

(2) 液状化について

液状化判定結果としては、一部 2.0m/s^2 及び 3.5m/s^2 での液状化発生の可能性が確認されたため、詳細な調査を行うなど十分な考慮・対策が必要である。

以 上