

平成 27 年度
鳴海住宅地質調査(第 3 次)

報 告 書

平成 27 年 12 月

愛知県建設部建築局
株式会社 大和地質

目 次

1. 調査概要	(1)
1-1. 調査概要	(1)
1-2. 調査地案内図(縮尺 1:25,000)	(2)
2. 調査方法	(3)
2-1. ボーリング	(3)
2-2. 標準貫入試験	(4)
2-3. 孔内水平載荷試験	(5)
2-4. 室内土質試験	(6)
2-5. 主要使用機材	(6)
3. 地形・地質概要	(7)
3-1. 地形概要	(7)
3-2. 地質概要	(8)
4. 調査結果	(12)
4-1. ボーリング結果	(12)
4-2. 標準貫入試験結果	(17)
4-3. 孔内水平載荷試験結果	(19)
4-4. 室内土質試験結果	(20)
5. 考 察	(21)
5-1. 地盤構成と支持層	(21)
5-2. 地盤定数の設定	(23)
5-3. 液状化の検討	(28)
5-4. 支持力検討	(31)
5-5. 設計・施工上の留意点	(35)

《巻末資料》

・ 調査地点位置図	1 葉
・ ボーリング柱状図	2 葉
・ 既存ボーリング柱状図	2 葉
・ 土層推定断面図	3 葉
・ 孔内水平載荷試験データ	1 式
・ 室内土質試験データ	1 式
・ 液状化判定結果表	1 式
・ 現場記録写真	1 式
・ 打合せ記録簿	1 式

1. 調査概要

1-1. 調査概要

- (1)業務の名称：平成 27 年度 鳴海住宅地質調査(第 3 次)
- (2)業務の場所：名古屋市緑区浦里四丁目地内
- (3)業務の期間：自)平成 27 年 9 月 5 日
至)平成 27 年 12 月 21 日
- (4)調査目的：本業務は、名古屋市緑区浦里四丁目地内に計画されている鳴海住宅建替工事に必要な地質資料(地盤の成層状態や支持層の把握等)を得ることを目的とした。
- (5)調査内容：○調査ボーリング：2 箇所 延べ 60m
[ロータリー式オイルフィード型試錐機により孔径 66mm で掘進]
○標準貫入試験：2 箇所 延べ 60 回
[JIS A 1219 に準拠し、原則として深度 1m 毎に実施]
○孔内水平載荷試験：2 箇所
○室内土質試験：細粒分含有率試験 5 試料

表 1.1 調査数量表

No	掘進工 (m)				原位置試験 (回)				細有 粒率 分試 含験 (個)	
	孔径 φ=66mm				標準貫入試験					孔載 内荷 水試 平験 (回)
	シ粘 ル ト土	砂 砂質 土	礫土 混 り砂	小 計	シ粘 ル ト土	砂 砂質 土	礫土 混 り砂	小 計		
No. 1	14.35	2.20	13.45	30.0	14	3	13	30	1	3
No. 2	15.30	2.20	12.50	30.0	16	2	12	30	1	2
合計	29.65	4.40	25.95	60.0	30	5	25	60	2	5

(6)発注者：愛知県建設部建築担当局 公営住宅課

(7)受注者：株式会社 大和地質

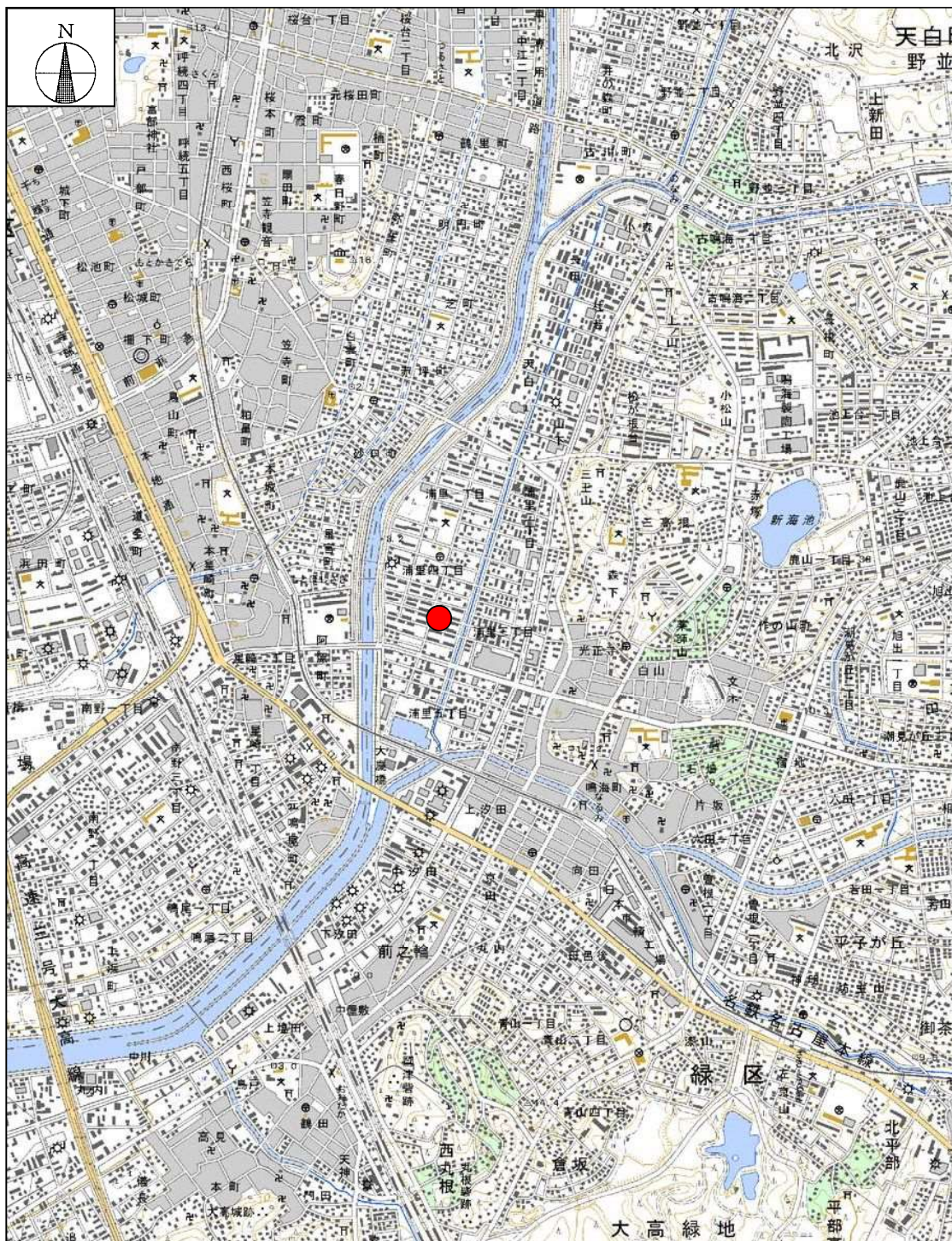
〒454-0054

名古屋市中川区八剣町 4 丁目 28 番地の 1

TEL. 052-354-5700 FAX. 052-354-5703

管理技術者：丹羽 善一(RCCM：土質及び基礎)

照査技術者：大澤 和美(技術士：応用理学)



● : 調査地

1-3. 調査地案内図

縮尺 1:25,000



この地図は、国土地理院発行の25,000分の1地形図「名古屋南部」を使用した。

2. 調査方法

2-1. ボーリング

ボーリング調査は、地盤の鉛直方向の地質構成や土質状況を把握し、併せて標準貫入試験を行う目的で実施した。

ボーリング調査における試錐の概念図を図 2.1 に示す。

- ・ボーリング掘進は、ロータリー式オイルフィード型試錐機を使用し、鉛直下方とした。また、標準貫入試験を併せて実施し、掘進孔径を 66mm とした。
- ・ボーリング掘進にあたっては、地下水確認までは原則として無水掘りを行い、崩壊性地盤に対してはベントナイト泥水およびケーシングなどによる孔壁保護を行い、予定深度まで掘進した。
- ・各ボーリング孔において、調査目的が達成された時は、速やかに担当者に連絡し、調査深度確認の検尺を行った。検尺時の状況等については写真撮影を行い、報告書に添付した。
- ・検尺終了後は、速やかに機械類を撤去し、ボーリング孔はセメントミルクにより充填し、調査範囲の原形復旧に努めた。
- ・掘進時の状況や確認された土質状況および地下水位等はボーリング柱状図に整理し、報告書に添付した。

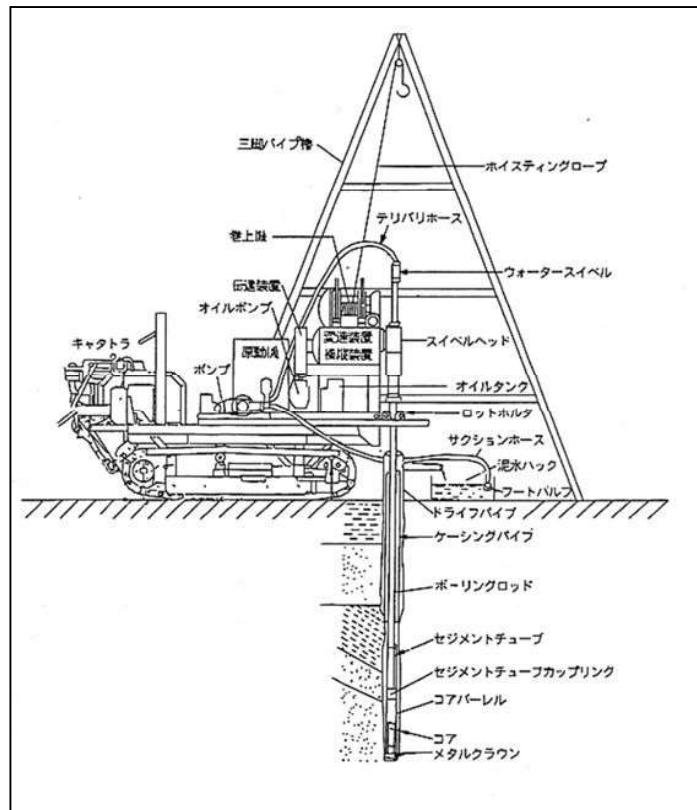


図 2.1 試錐の概念図

2-2. 標準貫入試験

標準貫入試験は、原位置における土の硬軟や締り具合の相対値(N値)を測定する目的で実施したものであり、試験時に併せて土質試料の採取を行った。試験方法は、JIS A 1219 に準拠し、原則として深さ 1.0m 毎に実施した。試験は、図 2.2-1、2.2-2 に示すように全長 810±1.0mm、外径 51±1.0mm の標準貫入試験用サンプラーを所定の孔底に降ろし、質量 63.5±0.5kg の鋼製ハンマー（モンケン）を 76±1cm の高さから自由落下させ、サンプラーを地盤に打ち込むものである。打ち込む深さは、予備打ち 15cm、本打ち 30cm の計 45cm であり、N値は本打ち 30cm 打ち込むのに要する打撃回数が相当している。

試験終了後、地表に引き上げたサンプラーを分解し、採取試料の土質・色調・混入物の種類と状態等の観察を行った後、プラスチックビンに入れ「標本箱」に収納した。

試験結果は、測定したN値と採取試料の観察結果をボーリング結果と合わせて巻末の「ボーリング柱状図」に整理した。

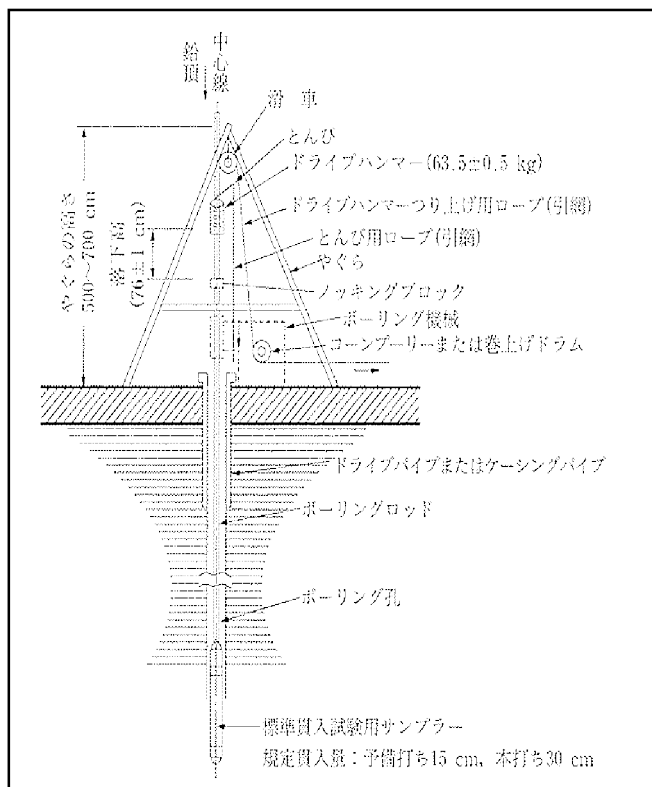
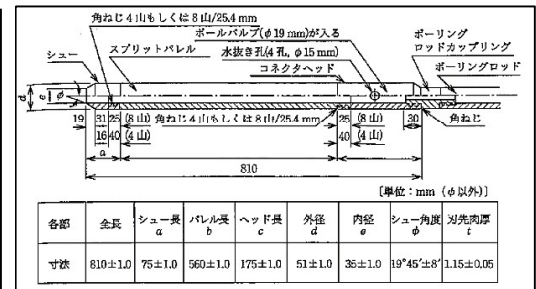
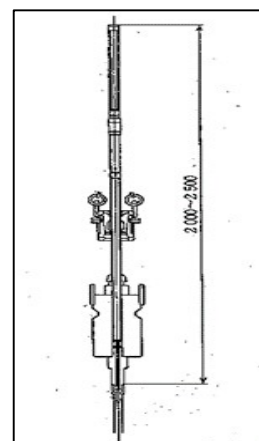


図 2.2-1 標準貫入試験装置および器具の名称
(出典:「地盤調査の方法と解説」地盤工学会 P. 251)



(a) 標準貫入試験用サンプラー



(b) 半自動落下型

図 2.2-2 標準貫入試験装置の主な用具
(出典:「地盤調査の方法と解説」地盤工学会

P. 284~286)

2-3. 孔内水平載荷試験

孔内水平載荷試験は、ボーリング孔に挿入した測定管を加圧し、圧力と孔壁の変形量の関係より地盤の水平方向の抵抗力である変形係数や地盤係数を把握する目的で実施した。

試験は、地盤工学会基準「孔内水平載荷試験法：JGS 1421」に基づき、等分布荷重方式(1室型)のLLT試験器(低圧)を使用して実施した。

LLT試験器の構造を図2.3に示す。また、使用した測定管の外径は60mmで実施した。

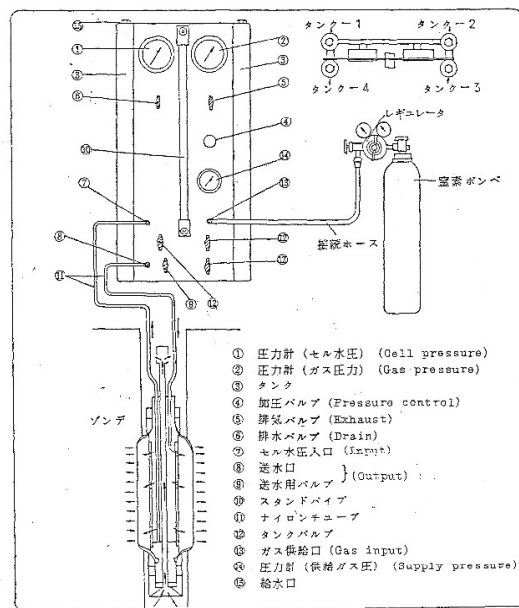


図 2.3 孔内水平載荷試験概要図

<試験手順の概要>

- ①試験深度まで掘進し、乱れの少ない孔壁を作成した。
- ②測定管および地上測定部との連結管中の気泡を除去する。
- ③挿入前に測定管をゴムチューブのたるみのない状態で地表面上に置き、スタンドパイプ、圧力計などの値を記録し、これを初期値とする。
- ④測定管を試験孔中に挿入し、測定深さに達した後、スタンドパイプ・圧力計などの値を記録する。
- ⑤測定管を段階的に加圧する。各加圧段階で一定圧力を一定時間保持し、圧力と変位量を測定する。測定時間は加圧後 15 秒、30 秒、1 分とした。
- ⑥測定終了後、速やかに次の圧力段階へ移行した。
- ⑦極限圧力が確認された時点で試験を終了した。
- ⑧加圧力を開放し、測定管に圧入した水を元の状態に戻し、測定管を回収した。

2-4. 室内土質試験

室内土質試験は、液状化検討に必要な土の細粒分含有率を把握する目的で実施した。

土質試験方法は、JIS(日本工業規格)およびJGS(地盤工学会基準)に基づいて実施した。

表 2.1 土質試験項目、規格

試験名称	規格	
	JIS(日本工業規格)	JGS(地盤工学会基準)
土の細粒分含有率試験	JIS A 1223	JGS 0135

2-5. 主要使用機器材

表 2.2 主要使用機器一覧表

名称	型式・能力	メーカー名	数量
試錐機	ロータリー式オイルフィート型試錐機 カノ KR-50HC 型、掘進能力 50m	(株)扶桑工業	1 台
試錐ポンプ	カノ V-6 型、吐出量 90ℓ/min	(株)扶桑工業	1 台
同エンジン	ディーゼルエンジン NFD-9 型 最大力 9PS、回転速度 2200rpm	ヤマハホールディング(株)	1 台
ロッド	JIS M 1409、呼び径 40.5mm(0.5、1、2、3m)	(株)扶桑工業	1 式
コアバレル	シングルコアチューブ 径 66mm~86mm	(株)扶桑工業	1 式
ビット	メタルビット 径 66mm~86mm	(株)扶桑工業	1 式
その他	ケーシング、三又、工具類	—	1 式
標準貫入試験器	試験用サンプラー(シュ、スプリットバレル、コネクター) ノッキングヘッド、ハンマー(63.5kg)	(株)扶桑工業	1 式
孔内水平載荷試験器	LLT(Model-4188) ゾンデ径:径 60mm	応用地質(株)	1 式
測量機器	レベル、スタッフ、テープ	(株)ニコン他	1 式

3. 地形・地質概要

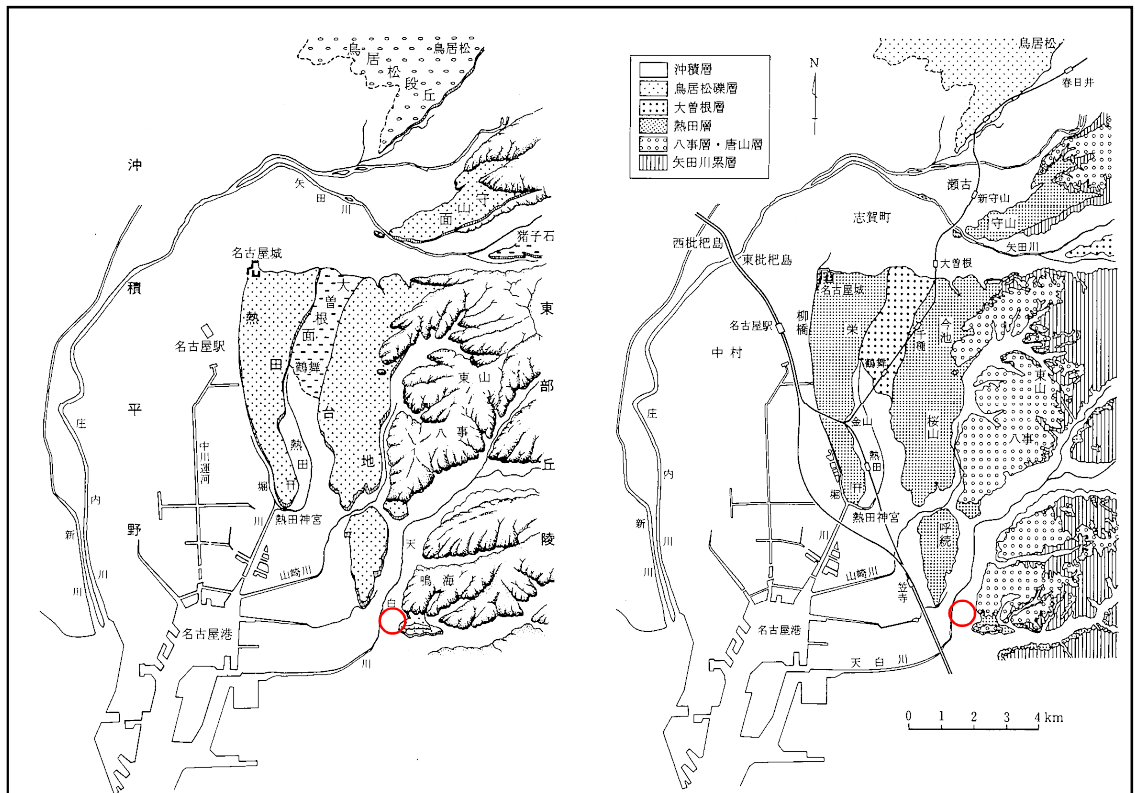
3-1. 地形概要

本調査地は名古屋市南東部にあり、名鉄名古屋本線「星崎」駅の東方約 700m に位置する県営鳴海住宅敷地内である。

調査地は、図 3.1 に示すとおり、濃尾平野の東側に発達する丘陵地(鳴子丘陵)と中位段丘相当の台地面(笠寺台地)の間を南流する天白川の左岸側に位置する。調査地周辺の天白川流域の谷幅は 1km 程度と幅広く、東側及び北側には鳴子・東山丘陵が、西側には笠寺台地が発達している。

調査地は、沖積平野(蟹江三角州(尾張低地))の東部域に位置する。ここで、蟹江三角州は河川の沖積作用や海水準の低下などによって奈良時代(約 1,200 年前)以降に陸化した低湿地が該当している。さらに、蟹江三角州の南部域には、港湾施設や工場用地(一部住宅地)として、主に 1950 年以降に埋立により造成された地域が広がっている。

調査地点は、天白川流域の沖積低地内に位置している。



○：調査地

図 3.1 名古屋地域の地形・地質概略図

(出典:「最新名古屋地盤図」(土質工学会中部支社)P.26)

3-2. 地質概要

濃尾平野の基盤岩は古生層及び花崗岩からなる。基盤岩は養老山地の東麓を北北西—南南東に走る断層（養老断層）を境にして、断層東側付近では地表下千数百 m の深所に分布し、東方へと向かって次第に浅く隆起し、標高 629m の猿投山塊で地表に露出している。このように基盤面は東から西に向かってゆるく傾斜している。したがって、基盤岩の上に載る新第三系及び第四系の洪積層を構成する各累層は基盤面の傾斜にしたがっていずれも東から西へ傾斜し、地塊全体が東高西低の傾動地塊を成している。各累層は上位のものよりも下位のものほど傾斜角度が大きくなっていると共に、いずれの累層も、一般には、東部よりも西部ほど次第に層厚を増している傾向が見られる。

濃尾平野の第四紀層は、表 3.1 に示すように、下位から洪積層である弥富累層、第三礫層、海部累層、第二礫層、熱田層、第一礫層、濃尾層と沖積層の南陽層が分布している。

調査地周辺の地質は、新第三紀鮮新世に形成された東海層群（矢田川累層）を基盤とし、その上位に第四紀更新世に形成された洪積層堆積物（熱田層）、同紀完新世に形成された沖積層堆積物（南陽層）が分布している。

調査地である沖積低地において、ボーリング調査で確認された最深部の地層は、第三紀鮮新世に形成された矢田川累層である。調査地周辺の矢田川累層は、全体として砂礫層とシルト層が数mないし 10 数mごとに繰り返す互層よりなる。

砂礫層は、花崗岩質で白色の粗粒砂を基質とし、2-3cm 大以下の円ないし亜円礫を含んでいる。礫としては、チャートや白色風化の著しい流紋岩礫が多く、花崗岩やホルンフェルスの礫も含まれる。また、下位層から削り取られたシルト塊もしばしば含まれる。礫はあまり密集せず、また、配列に規則性を示さないことが多い。砂礫層の基底は、しばしば下位の泥質層を浸食しており、時には 4-5m の深さの凹所が形成されている。

シルト層は、主に灰白色・塊状のシルトからなり、ときに細粒砂の薄層を挟んで細互層状になったり、あるいは砂層をレンズ状に挟んだりする。シルトはときに植物破片を多く含んで暗褐色を呈するが、明瞭な亜炭層は挟まない。また、シルト層は特にその上限において、著しい赤色風化を示すことがある。

熱田層は、第四紀更新世の後期に形成された地層であり、熱田台地及び笠寺台地の主部を構成している。熱田層は、海成粘土層を主とする下部層と砂層を主とする上部層に区分される。下部層は、濃尾平野全体に広く連続して分布し有効な鍵層として用いられる。ただ、笠寺台地では熱田層の堆積時に海部・弥富累層の上面が高位に位置していたことから、下部層が欠如していることがある。一方、上部層は、砂層を主体とするが粘性土層をレンズ状に挟在する他、御岳火山起源の軽石を密に含む層準を伴うことがある。

沖積層(南陽層)は、第四紀完新世に形成され、濃尾平野の低地部表層を構成している。南陽層は大別して上部砂層と下部粘性土層とに区分される。上部砂層は中粒ないし細粒砂からなり、一部では小礫混じりとなる。平野南端部では、厚さ数m程度の灰緑色粘土ないし淡褐色シルト質粘土を伴う。地形的に後背地に当たる所の最上部には、一般に厚さ 2-3mのシルト質粘土層が分布する。名古屋港西側及び同東側の大江川と天白川に挟まれた範囲では、最上部にシルト層が発達する。上部砂層全体の層厚は、名古屋市街地付近では 4-6m程度であるが、西方へ次第に厚くなり、最厚部の蟹江町南部では厚さ 10m前後となる。

下部粘土層は、暗灰色ないし青灰色を呈するシルト質粘土ないし粘土を主とし、極めて軟弱である。全体として層厚の変化は大きい、大局的には南西へ向かって厚くなり、最厚部では厚さ 30m以上となる。

次頁の図 3.2 に笠寺台地周域の地質区分図、図 3.3 に調査地付近の地質断面図(東西方向：9-9 断面)を示す。

表 3.1 「名古屋南部」地域の地史略表

(出典：「名古屋南部地域の地質」地質調査所。p. 9)



調査地点周辺の地質

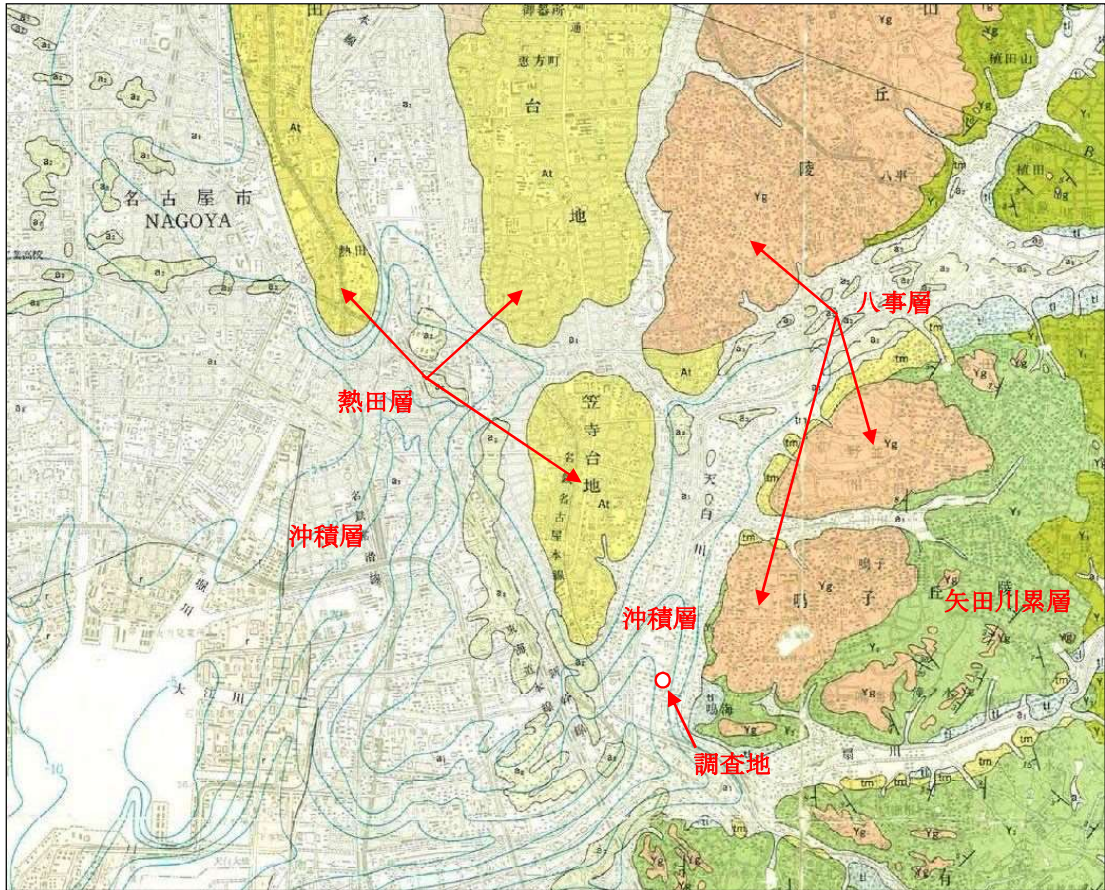
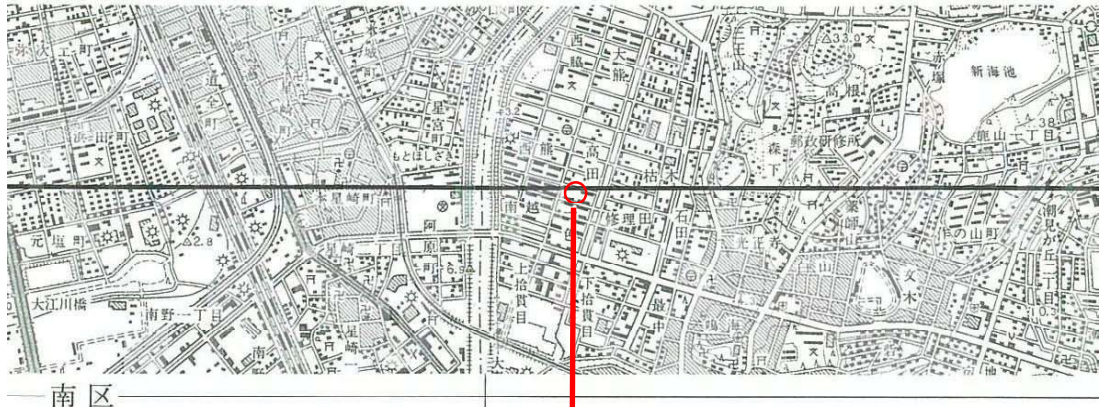


図 3.2 笠寺台地周域の地質区分図

(出典：名古屋南部地域の地質(地質調査所, 昭和 61 年), p. 2 による)



< 西側 >

< 東側 >

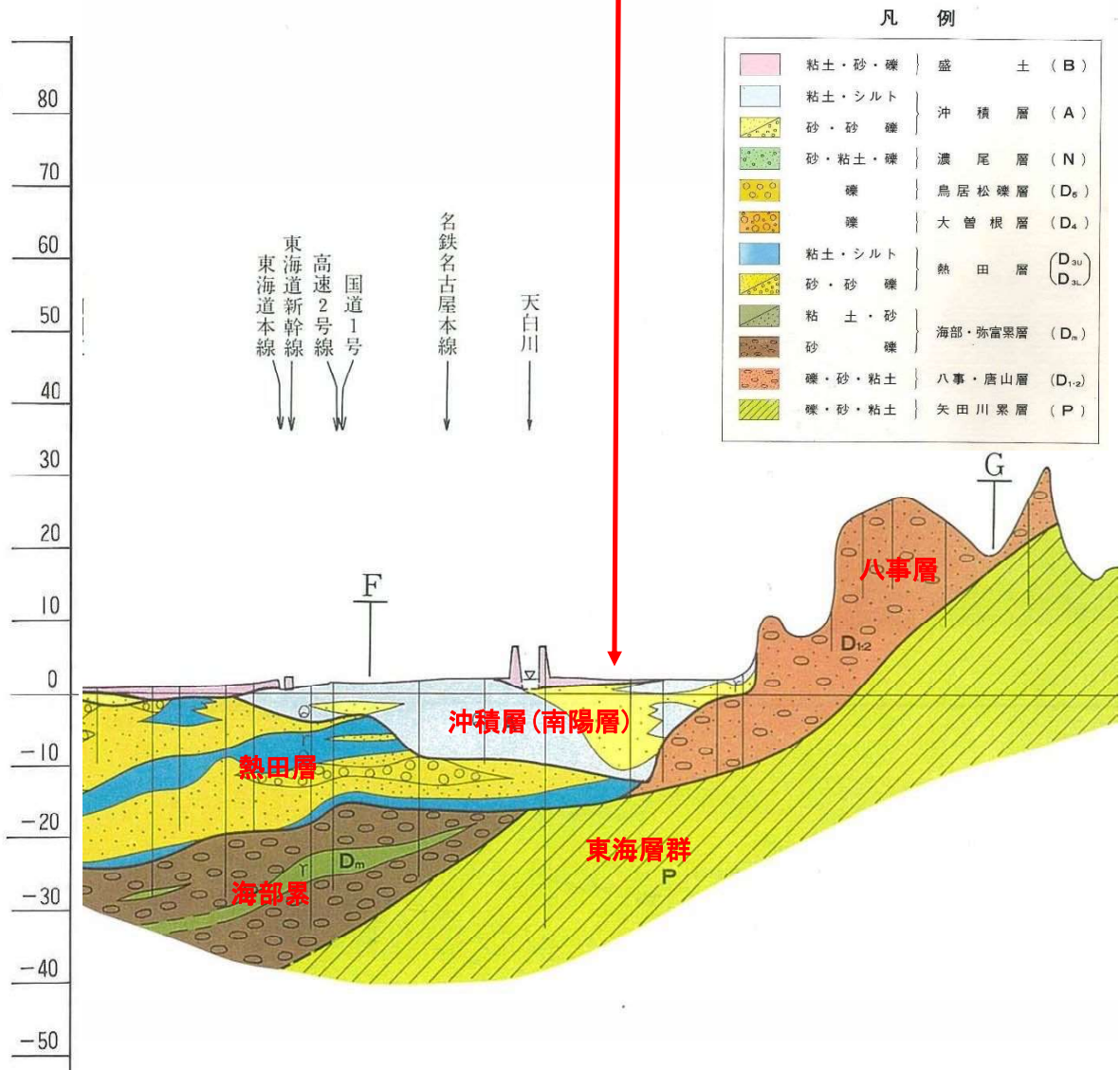


図 3.3 調査地付近の東西方向の地質断面図(9-9' 断面)

(出典:「名古屋地盤図」地盤工学会中部支部)

4. 調査結果

4-1. ボーリング結果

ボーリング結果は、「ボーリング柱状図(JASIC方式の土質ボーリング)」に取りまとめて報告書の巻末に添付した。

(1) 柱状図の記載要領

コア観察にあたっては、日本建設情報総合センターによる「ボーリング柱状図作成要領(JASIC様式)」の土質ボーリング柱状図の項に記述されている以下の事項に準拠して区分を行った。

<土質区分>

原則として下図の第1分類を用い、必要に応じて第2分類を組み合わせて記入してある。なお、第2分類で示してある「--質」はその含有量が多いものを示し、「--混り」はその含有量が少ないものを示している。

表 4.1 ボーリング記載区分(土質区分)一覧表

第 1 分類			第 2 分類			第 3 分類		
区分	分類名	図模様	区分	分類名	図模様	区分	分類名	図模様
土質	礫 (G)	○ ○ ○ ○	補助記号	砂質 (S)	斜線	岩石材料	硬岩 (HR)	縦線
	礫質土 (GF)	○ ○ ○ ○		シルト質 (M)	斜線		中硬岩 (MR)	縦線
	砂 (S)	● ● ● ●		粘土質 (C)	斜線		軟岩、風化岩 (WR)	縦線
	砂質土 (SF)	● ● ● ●		有機質 (O)	斜線		玉石 (B)	○ ○ ○ ○
	シルト (M)	--- ---		火山灰質 (V)	斜線		浮石(軽石) (Pm)	△ △ △ △
	粘性土 (C)	=====		玉石混り(-B)	○ ○ ○ ○		シラス (Si)	△ △ △ △
	有機質土 (O)			砂材、礫混り(-G)	● ● ● ●		スコリア (Sc)	▲ ▲ ▲ ▲
	火山灰質粘性土 (V)	~~~~~		砂混り(-S)	○ ○ ○ ○		火山灰 (VA)	△ △ △ △
	高有機質土(腐植土) (Pt)			シルト混り(-M)	--- ---		ローム (Lm)	△ △ △ △
		粘土混り(-C)	=====	黒ボク (Kb)	● ● ● ●			
		有機質土混り(-O)		マサ (WG)	● ● ● ●			
		火山灰混り(-V)	~~~~~	表土 (Ss)	斜線			
		貝殻混り(-Sh)	○ ○ ○ ○	埋土 (F1)	斜線			
				廃棄物 (W)	斜線			

注) 上表によると、一般に砂と礫がほぼ等量の土質に対して用いられる「砂礫」を表すことができないことから、「砂礫」に関しては上記のルールによらず土質表示を行ってある。

<相対密度、相対稠度>

砂質土の相対密度、細粒土の相対稠度区分は、下表に基づいて記入してある。

表 4.2 ボーリング記載区分(相対密度、相対稠度)一覧表

砂質土の相対密度の表示

相対密度	N 値
非常に緩い	0~4
緩い	4~10
中ぐらい	10~30
密な	30~50
非常に密な	50以上

細粒土の相対稠度の表示

状態表現	現場における判別方法 (原位置土に対する親指試験)
軟らかい	親指をたやすく押し込める
中位	かなり力を入れないと親指は押し込めない
硬い	親指でへこませることはできるが、親指を貫入させるには大きな力を要する
非常に硬い	親指の爪はたやすく入る
固結した	親指の爪も入らない

(2) 地質状況

ボーリング調査で確認された地質状況とそれらの特徴は、以下のとおりである。

表 4.3 地質状況(ボーリングコア観察結果)

<No. 1 孔(孔口標高 TP+2.45m) >

孔内水位 GL-1.05m(H27.10.20 測定)

地質区分	深度 (m)	土層 区分	土層 記号	記 載
盛土	0～ 1.80	礫質土	B	敷地造成時の盛土。φ2～50mm 程度の亜円礫を主体とする砂礫よりなる。含水量は少ない。コンクリート片及び玉石を混入する不均質な層である。
沖積層 (南陽層)	1.80～ 2.85	粘性土	Ac	高粘性のシルトよりなり、下部で細砂を混入する。含水量は中位。腐植物を若干混入する。N値3と相対稠度「軟らかい」を示す軟弱な層である。
	2.85～ 4.50	砂質土	As	粒径均一～やや不均一な中粒砂よりなる。含水量は中位。N値は3～11と相対密度「緩い～中位」を示す密実度の低い層である。
	4.50～ 14.10	粘性土	Ac	高粘性のシルトよりなり、一部で細礫を混入する。含水量はやや多い。貝殻片、腐植物を少量混入する。N値0～2(平均N=0)と相対稠度「非常に軟らかい」を示す軟弱な層である。
洪積層 (熱田層)	14.10～ 14.65	砂質土	D3s	粒径やや不均一な中粒砂よりなる。含水量は中位。N値は23と相対密度「中位な」を示す密実度中位の層である。
	14.65～ 19.80	礫質土	D3g	φ2～20mm 程度(φmax40mm 程度)の亜角礫を主体とする砂礫よりなる。礫間充填物は砂よりなる。含水量はやや多く、泥水が希釈され、孔壁崩壊が顕著である。GL-16.95～17.20m 間で、シルトを挟む。N値31～60以上(平均N=49)と相対密度「密な～非常に密な」を示す、良く締まった層である。
第三紀層 矢田川累層	19.80～ 21.80	礫質土1	Tg1	φ2～30mm 程度(φmax50mm 程度)の亜円～亜角礫を主体とする砂礫よりなる。礫間充填物は砂よりなる。含水量は多く、泥水が希釈され、孔壁崩壊が顕著である。N値は37～44(平均N=40)と相対密度「密な」を示す良く締まった層である。
	21.80～ 25.20	粘性土	Tc1	高粘性の均質なシルトよりなる。含水量は中位。下部は砂分を多く混入する。N値は10～17(平均N=12)と相対稠度「硬い」を示す固結状を呈する硬質な粘性土層である。
	25.20～ 29.70	礫質土2	Tg2	φ2～30mm 程度(φmax50mm 程度)の亜円～亜角礫を主体とする砂礫よりなる。礫間充填物はシルト混じり砂よりなる。含水量はやや多い。N値は全て60以上と相対密度「非常に密な」を示す非常に良く締まった層である。
	29.70～ 30.45	粘性土	Tc2	粘性中位な固結状を呈するシルトよりなる。含水量はやや少ない。N値は35を示す硬質な粘性土層である。

<No. 2 孔(孔口標高 TP+2.91m) >

孔内水位 GL-3.20m(H27.10.22 測定)

地質区分	深度 (m)	土層 区分	土層 記号	記 載
盛土	0.00～ 2.35	粘性土	B	敷地造成時の盛土。GL-1.10mまではφ2～50mm程度の礫を主体とする砂礫よりなる。コンクリート片、プラスチック片及び玉石を混入する。以深は、粘性中位な砂質シルトよりなる。含水量は中位。下部、φ10mm程度の礫を混入する。全体に軟弱である。
沖積層 (南陽層)	2.35～ 4.70	粘性土	Ac	高粘性のシルトよりなる。砂は細砂を主体とし、不規則に混入する。含水量は多い。GL-4.0m付近、腐植物片を混入する。N値2～4(平均N=3)と相対稠度「軟らかい」を示す軟弱な層である。
	4.70～ 5.50	砂質土	As	粒径均一な細粒砂よりなる。含水量は中位。N値は4と相対密度「緩い」を示す実度の低い層である。
	5.50～ 11.70	粘性土	Ac	高粘性のシルトよりなり、一部で細砂を混入する。含水量は多い。小さな貝殻片を点在する。N値0～2(平均N=1)と相対稠度「非常に軟らかい」を示す軟弱な層である。
洪積層 (熱田層)	11.70～ 13.10	砂質土	D3s	粒径均一な細粒砂よりなる。含水量は中位。N値は5と相対密度「緩い」を示す実度の低い層である。
	13.10～ 16.60	礫質土	D3g	φ2～20mm程度(φmax40mm程度)の亜円～亜角礫を主体とする砂礫よりなる。礫間充填物は砂よりなる。含水量は多く、泥水が希釈され、孔壁崩壊が顕著である。N値25～60以上(平均N=40)と相対密度「中位な～非常に密な」を示す実度の高い締まった層である。
	16.60～ 17.35	粘性土	D3c	粘性中位なシルトよりなる。含水量は中位。N値(9)と相対稠度「硬い」を示す硬質な粘性土層である。熱田層の基底層である。
第三紀層 矢田川累層	17.35～ 22.80	礫質土1	Tg1	φ2～30mm程度(φmax50mm程度)の亜円～亜角礫を主体とする砂礫よりなる。礫間充填物はシルト混じり砂よりなる。含水量は多く、泥水が希釈され、孔壁崩壊が顕著である。所々シルト分の混入量が多い箇所が見られる。N値31～60以上(平均N=48)と相対密度「密な～非常に密な」を示す良く締まった層である。
	22.80～ 25.25	粘性土1	Tc1	粘性中位な比較的均質なシルトよりなる。含水量はやや少ない。全体に硬質で固結状を呈する粘性土層である。
	25.25～ 28.80	礫質土2	Tg2	φ2～30mm程度の亜円～亜角礫を主体とする砂礫よりなる。礫間充填物は砂よりなる。含水量は中位。N値は全て60以上を示す非常に良く締まった層である。
	28.80～ 30.30	粘性土2	Tc2	粘性中位な比較的均質なシルトよりなる。含水量は少ない。全体に硬質で固結状を呈する粘性土層である。
	30.30～ 30.45	礫質土2	Tg2	φ2～30mm程度の亜円～亜角礫を主体とする砂礫よりなる。礫間充填物は砂よりなる。含水量は中位。N値は55を示す非常に良く締まった層である。

ボーリングで確認された土層は、表層部の盛土、沖積層(南陽層)の粘性土層、挟在砂質土層、洪積層(熱田層)の砂質土層、礫質土層、粘性土層、最下位には矢田川累層の礫質土層1、粘性土層1、礫質土層2、粘性土層2が分布している。これらをまとめて表4.4に示す。

表4.4 土層構成表

地質時代	土層区分	土質名	土層記号	観察記事
現世	盛土	盛土	B	敷地造成時の盛土。No.1孔はφ2~50mm程度の礫を主体とする砂礫よりなる。No.2孔は粘性中位なシルトよりなる。層厚は1.80~2.35mで概ね水平に分布している。N値は2~8(平均N=5)を示す不均質な層である。
第四紀	完新世	粘性土1	Ac1	高粘性の比較的均質なシルトよりなる。含水量は中位。層厚は1.05~2.35m程度で東側で薄くなるが、概ね水平に分布している。N値は2~4(平均N=3)を示す非常に軟弱な粘性土層である。
		砂質土	As	粒径均一な細粒砂~均一中粒砂よりなる。含水量は中位。層厚は6.20~9.60mで東側(No.2孔)に向かって薄くなる。N値は3~11(平均N=6)を示す密実度の低いルーズ層である。
		粘性土2	Ac2	高粘性の比較的均質なシルトよりなる。含水量は中位。層厚は6.20~9.60m程度で東側(No.2孔)に向かって薄くなる。N値は0~2(平均N=0)を示す非常に軟弱な粘性土層である。
	更新世	砂質土	D3s	粒径均一な細粒砂~やや不均一中粒砂よりなる。含水量は中位。層厚は0.55~1.40m程度でNo.2孔に向かって薄くなる。N値は5~23(平均N=14)を示す密実度「緩い~中位な」の層である。
		礫質土	D3g	φ2~20mm程度(φmax40mm程度)の亜円~亜角礫を主体とする。礫間充填物は砂よりなる。含水量は中位~やや多く、泥水が希釈され、孔壁崩壊が顕著である。層厚は3.50~5.15m程度で東側(No.2孔)で薄くなり、西側に向かってやや傾斜して分布している。N値は25~60以上(平均N=45)を示す密実度の高い締まった層である。
		粘性土	D3c	粘性中位なシルトよりなる。含水量は中位。層厚は0.75mと薄く、No.2孔のみに分布している。熱田層の基底層として表示した。
第三紀	鮮新世	礫質土1	Tg1	φ2~30mm程度(φmax50mm程度)の亜円~亜角礫を主体とする。礫間充填物はシルト混じり砂よりなる。含水量は多く、泥水が希釈され、孔壁崩壊が顕著である。層厚は2.00~5.45m程度で西側(No.1孔)で薄くなっている。N値は31~60以上(平均N=46)を示す密実度の高い良く締った層である。
		粘性土2	Tc1	高粘性の比較的均質なシルトよりなる。含水量は中位~やや少ない。層厚は2.45~2.90m程度で概ね水平分布している。N値は10~18(平均N=13)を示す硬質な粘性土層である。
		礫質土2	Tg2	φ2~30mm程度(φmax50mm程度)の亜円~亜角礫を主体とする。礫間充填物はシルト混じり砂よりなる。含水量は中位~やや多い。層厚は3.55~4.50m程度で概ね水平分布している。N値は全て60以上を示す密実度の高い非常に良く締った層である。
		粘性土2	Tc2	粘性中位な比較的均質なシルトよりなる。含水量は少ない。層厚は0.75m以上~1.50m程度で西側に若干傾斜している。N値は24~35(平均N=28)を示す固結状を呈する硬質な粘性土層である。
		礫質土3	Tg3	φ2~30mm程度の亜円~亜角礫を主体とする。礫間充填物はシルト混じり砂よりなる。含水量は中位。No.2孔の最下部で15cm程度を確認している。N値は(60以上)と密実度の高い非常に良く締った層である。

※()内は10cm貫入時の打撃回数を3倍した換算N値。

(2) 地下水位

地下水位は、無水掘りにより GL-1.05～3.20m において確認した。確認深度からみて盛土～沖積層(南陽層)の粘性土中に存在する自由地下水の水頭を示すものと判断される。

(3) 地盤高

調査地点の地盤高と緯度、経度を表 4.5 に示す。なお、地盤高は調査敷地南東側の南越公園内にある消防用水標識天端(KBM(仮ベンチ・マーク: H=TP+2.25m)を基準点として高低測量を実施した。また、緯度・経度は地形図から読み取った。

表 4.5 調査地点の地盤高および緯度、経度

孔 番	地盤高(TP+m)	緯度(北緯)	経度(東経)
No. 1	+2.45	35° 5' 9.3"	136° 56' 38.0"
No. 2	+2.91	35° 5' 9.6"	136° 56' 39.4"
基準点	+2.25	—	—

4-2. 標準貫入試験結果

標準貫入試験は、土の原位置における概略強度特性を把握する目的で深度 1m 毎に実施した。試験結果は、巻末の調査資料集「ボーリング柱状図」に示したとおりであり、各土層別に整理し、表 4.6 および図 4.1-1～2 に示す。

表 4.6 土層別の N 値特性

土層名		土質名	土層記号	試験結果			
				Nmax	Nmin	平均値	個数
盛土	粘性土	礫混りシルト	Bc	8	2	5	3
南陽層	粘性土	シルト～砂混シルト	Ac	4	0	1	19
	砂質土	砂	As	11	3	6	3
熱田層	砂質土	砂	D3s	23	5	14	2
	礫質土	砂礫	D3g	60	25	45	9
	粘性土	シルト	D3c	(13)	(13)	(13)	1
矢田川累層	礫質土 1	砂礫	Tg1	60	31	46	8
	粘性土 1	シルト	Tc1	18	10	13	6
	礫質土 2	砂礫	Tg2	60	60	60	10
	粘性土 2	シルト	Te1	35	24	28	3

注 1) N 値 60 を超えるデータは N 値 60 と見なしてある。

注 2) () 内は 10cm 貫入を 3 倍した換算 N 値。

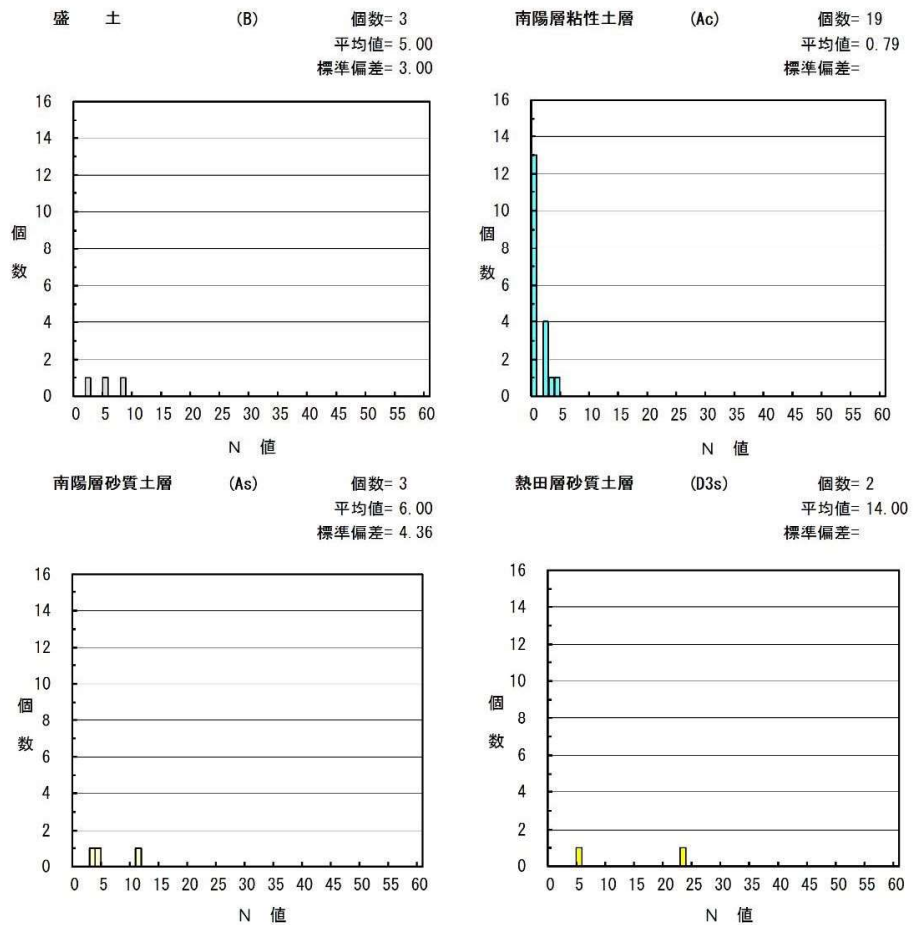


図 4.1-1 各土層別の N 値頻度分布図

4-3. 孔内水平載荷試験結果

孔内水平載荷試験は、LLT 試験器を用いて各孔で 1 回(計 2 回)実施している。試験結果は 既存データも含めて表 4.7 「孔内水平載荷結果一覧表」に示すとおりである。

表 4.7 孔内水平載荷結果一覧表

孔番号		試験深度 (GL-m)	土層区分	静止土圧 Po (kN/m ²)	降伏圧 Py (kN/m ²)	地盤係数 K (MN/m ³)	変形係数 E (MN/m ²)	試験区 間近傍 のN値
今回	No. 1	6.00	沖積層(南陽層) 粘性土層(Ac層)	17.75	38.08	21.32	0.86	0
	No. 2	6.00	沖積層(南陽層) 粘性土層(Ac層)	25.00	66.50	26.38	1.16	0
既存	既存 No. 1	6.00	沖積層(南陽層) 粘性土層(Ac層)	33.41	95.16	46.96	1.91	0
	既存 No. 2	6.00	沖積層(南陽層) 粘性土層(Ac層)	31.14	47.90	27.48	1.33	0

上表より、沖積層(南陽層)の粘性土層の変形係数(E)はE=0.86~1.91MN/m²を示している。孔内水平載荷試験で得られた変形係数の関係を以下に示す。また、試験区間の近傍で得られているN値から、以下の換算式で得られる変形係数の対比を行うと次頁に示すようになる。なお、換算式の適用はN値0では適用不可(E=0MN/m²)となるためN=1と見なして行っている。

換算式：E=670・N^{0.986}(kN/m²)-----地盤調査の方法と解説(地盤工学会)p268による

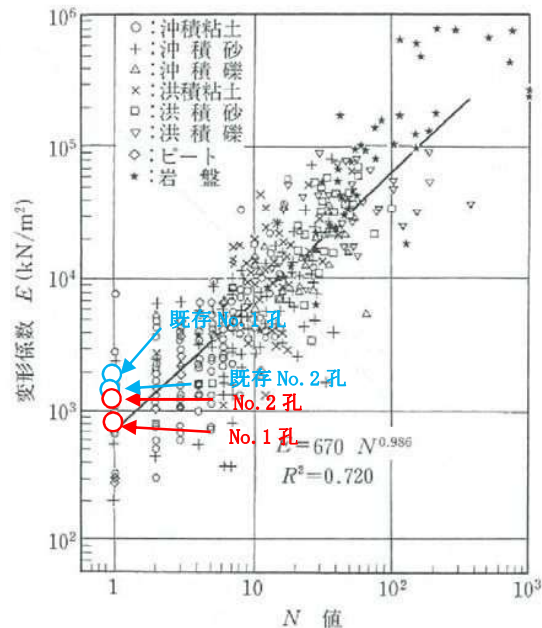


図 4.2 変形係数とN値の関係図

地盤調査の方法と解説(地盤工学会)P. 687

表 4.8 今回の試験値と換算式による変形係数の対比

孔番号	試験深度 (GL-m)	土層区分	変形係数 E (kN/m ²)		
			今回の試験値①	換算式による 変形係数②	①/②
No. 1	6.00	沖積層(南陽層) 粘性土層(Ac層)	860	678	1.27
No. 2	6.00	沖積層(南陽層) 粘性土層(Ac層)	1,160	678	1.71
既存 No. 1	6.00	沖積層(南陽層) 粘性土層(Ac層)	1,910	678	2.82
既存 No. 2	6.00	沖積層(南陽層) 粘性土層(Ac層)	1,330	678	1.96

上表より明らかなように今回の試験値は、換算式による値に比べて 1.3~1.7 倍近く高い値を示しているが、図 4.2 中の変形係数値の分散範囲には収まっており、妥当な値と判断される。

4-4. 室内土質試験結果

室内土質試験は液状化検討に必要な物性値中で特に解析に際して必要となる飽和砂質土層の細粒分含有率を求めることを目的として実施した。試験は、沖積層(南陽層)の砂質土層(As層)及び熱田層砂質土層(D3s層)の代表試料を用いて土の細粒分含有率試験を実施した。

一般に液状化の検討対象土層は、地表面から 20m 程度以浅の沖積層の飽和土層であり、考慮すべき土の種類は、細粒分含有率が 35%以下の土が該当する。ただし、埋立地盤など人工地盤では、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%以下の埋立あるいは盛土地盤については液状化の検討を行うとされている。

今回調査においては、GL-20m 以浅に飽和砂質土層が 2 層(As層、D3s層)分布しており、No. 1 孔で 3 試料、No. 2 孔で 2 試料の計 5 試料において細粒分含有率試験を実施した。

試験結果の詳細は、調査資料集の「土質試験結果一覧表および試験データ」に示したとおりであり、表 4.9 に「細粒分含有率試験結果一覧表」としてまとめて示す。

表 4.9 細粒分含有率試験結果一覧表

No.	試料番号	測定深度 (GL-m)	測定土質	土層記号	細粒分含有率 Fc (%)
No. 1	1P-1	3.15~3.47	シルト質砂	As層	38.2
	1P-2	4.15~4.45	砂	As層	7.1
	1P-3	14.15~14.45	砂	D3s層	12.2
No. 2	2P-1	5.15~5.45	シルト質細砂	As層	42.3
	2P-2	12.15~12.45	シルト質細砂	D3s層	21.6

5. 考 察

5-1. 地盤構成と支持層

(1) 調査地の地盤構成

表 5.1 土層構成表

地質時代	土層区分	土質名	土層記号	観察記事	
現世	盛土	盛土	B	敷地造成時の盛土。No.1孔はφ2～50mm程度の礫を主体とする砂礫よりなる。No.2孔は粘性中位なシルトよりなる。層厚は1.80～2.35mで概ね水平に分布している。N値は2～8(平均N=5)を示す不均質な層である。	
第四紀	完新世	沖積層 南陽層	粘性土1	Ac1	高粘性の比較的均質なシルトよりなる。含水量は中位。層厚は1.05～2.35m程度で東側で薄くなるが、概ね水平に分布している。N値は2～4(平均N=3)を示す非常に軟弱な粘性土層である。
			砂質土	As	粒径均一な細粒砂～均一な中粒砂よりなる。含水量は中位。層厚は6.20～9.60mで東側(No.2孔)に向かって薄くなる。N値は3～11(平均N=6)を示す密実度の低いルーズ層である。
			粘性土2	Ac2	高粘性の比較的均質なシルトよりなる。含水量は中位。層厚は6.20～9.60m程度で東側(No.2孔)に向かって薄くなる。N値は0～2(平均N=0)を示す非常に軟弱な粘性土層である。
	更新世	洪積層 熱田層	砂質土	D3s	粒径均一な細粒砂～やや不均一な中粒砂よりなる。含水量は中位。層厚は0.55～1.40m程度でNo.2孔に向かって薄くなる。N値は5～23(平均N=14)を示す密実度「緩い～中位な」の層である。
			礫質土	D3g	φ2～20mm程度(φmax40mm程度)の亜円～亜角礫を主体とする。礫間充填物は砂よりなる。含水量は中位～やや多く、泥水が希釈され、孔壁崩壊が顕著である。層厚は3.50～5.15m程度で東側(No.2孔)で薄くなり、西側に向かってやや傾斜して分布している。N値は25～60以上(平均N=45)を示す密実度の高い締まった層である。
			粘性土	D3c	粘性中位なシルトよりなる。含水量は中位。層厚は0.75mと薄く、No.2孔のみに分布している。熱田層の基底層として表示した。
第三紀	鮮新世	矢田川 累層	礫質土1	Tg1	φ2～30mm程度(φmax50mm程度)の亜円～亜角礫を主体とする。礫間充填物はシルト混じり砂よりなる。含水量は多く、泥水が希釈され、孔壁崩壊が顕著である。層厚は2.00～5.45m程度で西側(No.1孔)で薄くなっている。N値は31～60以上(平均N=46)を示す密実度の高い良く締った層である。
			粘性土2	Tc1	高粘性の比較的均質なシルトよりなる。含水量は中位～やや少ない。層厚は2.45～2.90m程度で概ね水平分布している。N値は10～18(平均N=13)を示す硬質な粘性土層である。
			礫質土2	Tg2	φ2～30mm程度(φmax50mm程度)の亜円～亜角礫を主体とする。礫間充填物はシルト混じり砂よりなる。含水量は中位～やや多い。層厚は3.55～4.50m程度で概ね水平分布している。N値は全て60以上を示す密実度の高い非常に良く締った層である。
			粘性土2	Tc2	粘性中位な比較的均質なシルトよりなる。含水量は少ない。層厚は0.75m以上～1.50m程度で西側に若干傾斜している。N値は24～35(平均N=28)を示す固結状を呈する硬質な粘性土層である。
			礫質土3	Tg3	φ2～30mm程度の亜円～亜角礫を主体とする。礫間充填物はシルト混じり砂よりなる。含水量は中位。No.2孔の最下部で15cm程度を確認している。N値は(60以上)と密実度の高い非常に良く締った層である。

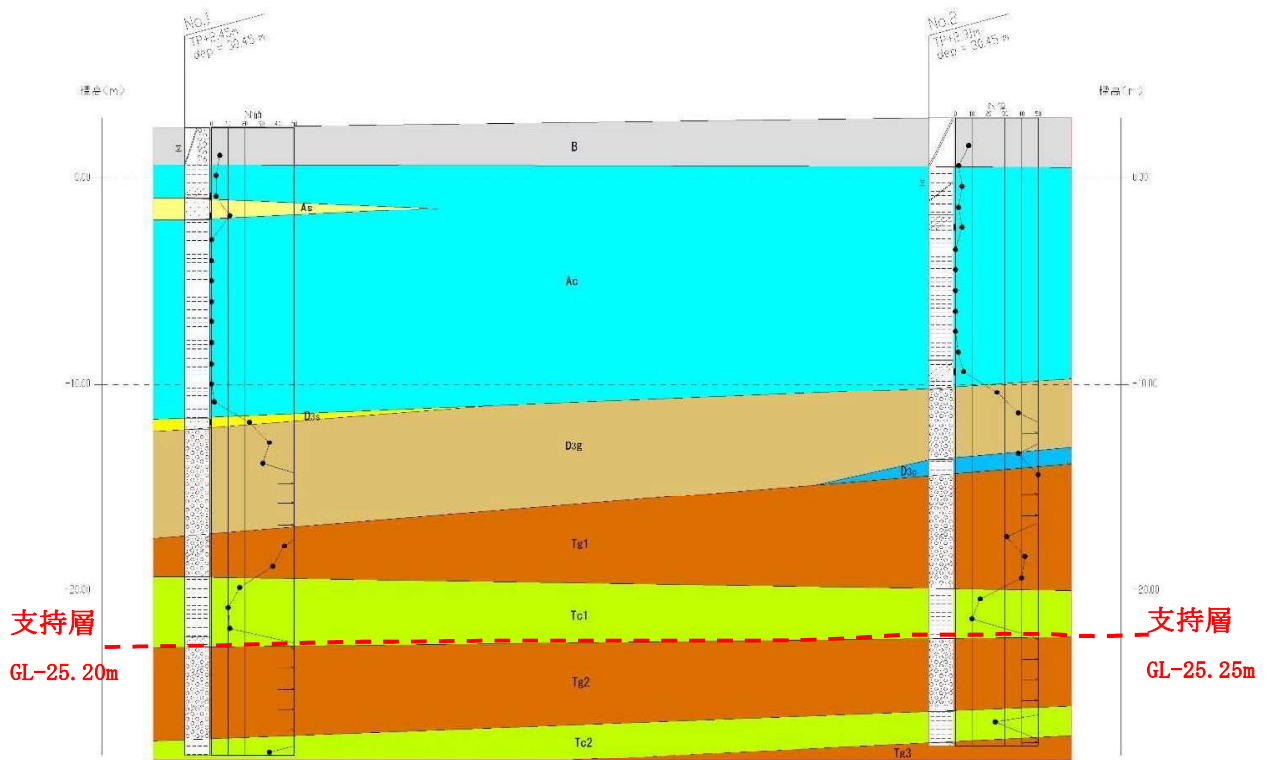
※()内は10cm貫入時の打撃回数を3倍した換算N値。

(2) 支持層

支持層としては、GL-25.20～25.25m から出現する矢田川累層の礫質土層 2 (Tg2 層) がN値 60 以上、層厚 3.55m 程度を有することより妥当と判断される (図 5.1「土層推定断面図、支持層提案図」(縮小版))。なお、熱田層礫質土層 (D3g 層) は No. 1 孔では N 値 31～60 以上を示し、層厚も 5.15m を有するが、No. 2 孔で N 値 25 と低い箇所も見られ、層厚も 3.50m とやや薄く、下位に N 値 (13) 程度の粘性土層を挟在することから、支持層としてはやや問題があると考えられる。また、矢田川累層の礫質土層 1 (Tg1 層) は、層厚 2.00～5.45m、N 値 31～60 以上を示しているが直下に粘性土層 (Tc 層) が介在し、N 値 10～18 を示していることから、安定した支持層と見なすことは問題が残ると考えられる。

(3) 基礎形式

基礎形式としては、矢田川累層の礫質土層 2 (Tg2 層) (出現深度 GL-25.20～25.25m) を支持層とした場合には、出現深度が深いことより杭基礎工法 (支持杭) の採用が提案される。



土質区分凡例

地質時代	地質区分	土層名	記号	主な土質
現世	盛土	粘性土	Bc	標準シリント
第四紀	沖積層	砂質土	As	細砂
		粘性土	Ac	シルト
	更新世	礫質土	D3g	砂礫
		熱田層	粘性土	D3c
第三紀 鮮新世	矢田川累層	砂質土	D3s	細砂～砂
		礫質土	Tg	砂礫
		粘性土	Tc	シルト

図 5.1 土層推定断面図、支持層提案図

5-2. 地盤定数の設定

調査結果に基づいて、調査地を構成する各土層の土質定数を表 5.2 に示すとおり提案する。

表 5.2 土質定数の提案値

土層名		土層記号	平均N値	単位体積重量	粘着力	せん断抵抗角	変形係数
				γ_t (kN/m ³)	C (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kN/m ²)
盛土	—	B	5	14	—	—	—
南陽層	粘性土	Ac	1	14	6	—	1,000
	砂質土	As	6	17	—	25	4,000
熱田層	砂質土	D3s	14	18	—	30	9,400
	礫質土	D3g	45	20	—	40以上	30,300
	粘性土	D3c	(13)	16	50	—	6,000
矢田川累層	礫質土1	Tg1	46	20	—	40以上	31,000
	粘性土1	Tc1	13	18	80	—	8,700
	礫質土2	Tg2	60	20	—	40以上	40,400
	粘性土2	Tc2	28	18	170	—	18,800

※地下水位：No.1孔 GL-1.05m、No.2孔 GL-3.20m

地下水位以下にある部分の単位体積重量 γ_t' は、浮力を考慮して単位体積重量 γ_t から9.8 (kN/m³)を差し引いた値を用いる（建築基礎構造設計指針 P115。）

(土質定数の設定根拠)

(1) N値

N値は、3-3項「標準貫入試験結果」の項で示した各層の平均N値を提案する。

(2) 土の単位体積重量 γ_t (kN/m³)

土の単位体積重量は、土質試験を実施していないので、表 5.3 及び表 5.4 を参考にして提案する。

表 5.3 土の単位重量(kN/m³)

(出典：道路土工擁壁工指針(日本道路協会)p.66)、道路橋示方書 I 共通編(日本道路協会)p.47)

地盤	土質	ゆるいもの	中間値	密なもの
自然地盤	砂及び砂れき	18	19	20
	砂質土	17	18	19
	粘性土	14	16	18
盛土	砂及び砂れき	20		
	砂質土	19		
	粘性土	18		

注1) 上表では出典中で表示されている自然地盤の単位体積重量が幅を有することを考慮して、中間値の設定を行ってある。

注2) 地下水位以下にある土の単位体積重量は、各々の表中の値から9を差し引いた値としてよい。

表 5.4 N 値と土の評価

N 値	砂の相対密度 (Dr)
0~4	非常に緩い
4~10	緩い
10~30	中位
30~50	密な
50 以上	非常に密な
	粘土のコンシステンシー
2 以下	非常に軟らかい
2~4	軟らかい
4~8	中位
8~15	硬い
15~30	非常に硬い
30 以上	固結した

「地盤調査の方法と解説(地盤工学会発行)」表-2.5.2、2.5.4 をまとめたもの。

表 5.5 各層の単位体積重量(kN/m³)

土層名		土層記号	平均 N 値	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	
				表 5.3	提案値
盛土	—	B	5	14	14
沖積層 (南陽層)	粘性土	Ac	1	14	14
	砂質土	As	6	17	17
熱田層	砂質土	D3s	14	18	18
	礫質土	D3g	45	20	20
	粘性土	D3c	(13)	16	16
矢田川累層	礫質土 1	Tg1	46	20	20
	粘性土 1	Tc1	13	18	18
	礫質土 2	Tg2	60	20	20
	粘性土 2	Tc2	28	18	18

- ・盛土(B層)・・・表 5.3 の自然地盤の「粘性土のゆるいもの」を採用： $\gamma_t=14\text{kN/m}^3$
- ・南陽層の粘性土層(Ac 層)・・・表 5.3 の「粘性土のゆるいもの」を採用： $\gamma_t=14\text{kN/m}^3$
- ・南陽層の砂質土層(As 層)・・・表 5.3 の「砂質土のゆるいもの」を採用： $\gamma_t=17\text{kN/m}^3$
- ・熱田層の砂質土層(D3s 層)・・・表 5.3 の「砂質土の中間値」を採用： $\gamma_t=18\text{kN/m}^3$
- ・熱田層の礫質土層(D3g 層)・・・表 5.3 の「砂及び砂礫の密なもの」を採用
： $\gamma_t=20\text{kN/m}^3$
- ・熱田層の粘性土層(D3c 層)・・・表 5.3 の「粘性土の中間値」を採用： $\gamma_t=16\text{kN/m}^3$
- ・矢田川累層の礫質土層 1(Tg1 層)・・・表 5.3 の「砂及び砂礫の密なもの」を採用

$$: \gamma t=20\text{kN/m}^3$$

- ・ 矢田川累層の粘性土層 1(Tc1 層)・・・表 5.3 の「粘性土の密なもの」を採用

$$: \gamma t=18\text{kN/m}^3$$

- ・ 矢田川累層の礫質土層 2(Tg2 層)・・・表 5.3 の「砂及び砂礫の密なもの」を採用

$$: \gamma t=20\text{kN/m}^3$$

- ・ 矢田川累層の粘性土層 2(Tc2 層)・・・表 5.3 の「粘性土の密なもの」を採用

$$: \gamma t=18\text{kN/m}^3$$

(3) 粘着力 C(kN/m²)

粘着力 C は、「建築基礎構造設計指針(日本建築学会)」に示されている算定式による値及び表 5.8(次頁参照)による値を基礎資料として提案値を決定する。なお、砂質土層(As、D3g、D3s、Tg)の粘着力は、C=0(kN/m²)として取り扱う。

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

ここで、qu：一軸圧縮強度(kN/m²)

(建築基礎構造設計指針(日本建築学会)P.115 による)

注)なお、qu は下式により推定する。

$$qu=12.5 \cdot N(\text{kN/m}^2)$$

(地盤調査の方法と解説(地盤工学会)P.308 による)

表 5.6 各層の粘着力 C(kN/m²)

土層名		土層記号	平均N値	粘着力 C(kN/m ²)		
				式 5.1	表 5.8 (参考)	提案値
盛土	—	B	5	—	—	—
沖積層 (南陽層)	粘性土	Ac	1	6.25	15 以下	6
	砂質土	As	6	—	—	—
熱田層	砂質土	D3s	14	—	—	—
	礫質土	D3g	45	—	—	—
	粘性土	D3c	(13)	56.25	30 以下	50
矢田川累層	礫質土 1	Tg1	46	—	—	—
	粘性土 1	Tc1	13	81.25	50 以下	80
	礫質土 2	Tg2	60	—	—	—
	粘性土 2	Tc2	28	175.0	50 以下	170

(4) せん断抵抗角 ϕ (°)

せん断抵抗角 ϕ (°) は、「建築基礎構造設計指針(日本建築学会)」に示されている算定式による値を基礎資料として提案値を決定する。なお、粘性土層(B、Ac、D3c、Tc1、Tc2層)のせん断抵抗角は、 $\phi=0$ (°)として扱う。

$$\phi = 15 + \sqrt{20 \cdot N} \cdots \cdots \text{式 5.2}$$

ここで、 ϕ : 砂のせん断抵抗角(内部摩擦角)(°)

(建築基礎構造設計指針(日本建築学会)P.113による)

表 5.7 各層のせん断抵抗角 ϕ (°)

土層名		土層記号	平均N値	せん断抵抗角 ϕ (°)		
				式 5.2	表 5.8(参考)	提案値
盛土	—	B	5	—	—	—
沖積層 (南陽層)	粘性土	Ac	1	—	—	—
	砂質土	As	6	25.9	25	25
熱田層	砂質土	D3s	14	31.7	30	31
	礫質土	D3g	45	45.0	40	40以上
	粘性土	D3c	(13)	—	—	—
矢田川累層	礫質土1	Tg1	46	45.3	40	40以上
	粘性土1	Tc1	13	—	—	—
	礫質土2	Tg2	60	49.6	40	40以上
	粘性土2	Tc2	28	—	—	—

表 5.8 土質定数 出典：「設計要領第一集」(旧日本道路公団、H10.5)

種類	状態		単位体積重量 (t/m ³)	せん断抵抗角 (度)	粘着力 (kN/m ²)	地盤工学会 基準
盛土	礫および 礫混り砂	締固めたもの	2.0	40	0	{G}
		砂	粒径幅の広いもの	2.0	35	0
	分級されたもの		1.9	30	0	
	砂質土	締固めたもの	1.9	25	30以下	{SF}
	粘性土	締固めたもの	1.8	15	50以下	{M}、{C}
関東ローム	締固めたもの	1.4	20	10以下	{V}	
自然地盤	礫	密実なもの、または粒径幅の広いもの	2.0	40	0	{G}
		密実でないもの、または分級されたもの	1.8	35	0	
	礫混り砂	密実なもの	2.1	40	0	{G}
		密実でないもの	1.9	35	0	
	砂	密実なもの、または粒径幅の広いもの	2.0	35	0	{S}
		密実でないもの、または分級されたもの	1.8	30	0	
	砂質土	密実なもの	1.9	30	30以下	{SF}
		密実でないもの	1.7	25	0	
	粘性土	固いもの(指で強く押し多少へこむもの)	1.8	25	50以下	{M}、{C}
		やや軟らかいもの(指の中程の力で貫入)	1.7	20	30以下	
		軟らかいもの(指が容易に貫入)	1.6	15	15以下	
	粘土 および シルト	固いもの(指で強く押し多少へこむもの)	1.7	20	50以下	{M}、{C}
		やや軟らかいもの(指の中程の力で貫入)	1.6	15	30以下	
軟らかいもの(指が容易に貫入)		1.4	10	15以下		
関東ローム		1.4	5(ϕ_u)	30以下	{V}	

(5) 変形係数 E (kN/m²)

変形係数 E は、孔内水平載荷試験を実施している土層は試験値、試験が実施されていない土層は平均 N 値を用いて式 5.3 で求められる値を提案する。

$$\text{換算式} : E = 0.678 \cdot N^{0.9985} \text{ (MN/m}^2\text{)}$$

$$= 678 \cdot N^{0.9985} \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdots \text{式 5.3 「地盤調査の方法と解説」(地盤工学会、P.324)}$$

表 5.9 各層の変形係数 E (kN/m²)

土層名		土層記号	平均 N 値	変形係数 E (kN/m ²)		
				式 5.3	試験値	提案値
盛土	—	B	5	—	—	—
沖積層 (南陽層)	粘性土	Ac	1	678	1,010	1,000
	砂質土	As	6	4,057	—	4,000
熱田層	砂質土	D3s	14	9,454	—	9,400
	礫質土	D3g	45	30,330	—	30,300
	粘性土	D3c	(13)	6,080	—	6,000
矢田川累層	礫質土 1	Tg1	46	31,000	—	31,000
	粘性土 1	Tc1	13	8,780	—	8,700
	礫質土 2	Tg2	60	40,430	—	40,400
	粘性土 2	Tc2	28	18,880	—	18,800

注) 沖積層の粘性土層 (Ac 層) の変形係数は下式による

$$E = (0.86 + 1.16) / 2 \times 1,000 = 1,010 \text{ kN/m}^2$$

5-3. 液状化の検討

地下水以深の飽和砂質土層は、地震時において液状化発生の可能性があるため液状化判定を行う必要がある。「5-1. 地盤構成と支持層」の項で述べたように、本調査地は沖積層の砂質土層 (As 層)、粘性土層 (Ac 層)、洪積層の熱田層砂質土層 (D3s 層) が分布している。また、地下水位は GL-1.05~3.20m と浅所に位置している。

液状化の検討は、建築基礎構造設計指針に基づいて検討する。検討結果をまとめて表 4.9 に示す。

(検討結果)

表 4.9 液状化検討結果表

No.	マグニチュード 7.0	マグニチュード 7.5	マグニチュード 7.5	マグニチュード 8.0
	損傷限界	一般値	東海地震予測値	終局限界
	150gal	200gal	250gal	350gal
No. 1	全ての層で安全率 FL 値が 1 以上を示し、液状化しないと判定された。 FL 値 : 1.067~355.349 PL 値=0.00 低減係数 : 1.00	南陽層の砂質土層 (As 層) の 1 箇所安全率 FL 値が 1 以下を示し、液状化すると判定された。 FL 値 : 0.739~246.011 PL 値=1.20 低減係数 : 0.19	南陽層の砂質土層 (As 層) で安全率 FL 値が 1 以下を示し、液状化すると判定された。 FL 値 : 0.591~196.809 PL 値=3.10 低減係数 : 0.19~0.41	南陽層の砂質土層 (As 層) で安全率 FL 値が 1 以下を示し、液状化すると判定された。 FL 値 : 0.392~130.536 PL 値=6.51 低減係数 : 0.19~0.41
No. 2	全ての層で安全率 FL 値が 1 以上を示し、液状化しないと判定された。 FL 値 : 1.039~332.352 PL 値=0.00 低減係数 : 1.00	熱田層の砂質土層 (D3s 層) で安全率 FL 値が 1 以下を示し、液状化すると判定された。 FL 値 : 0.719~230.090 PL 値=1.51 低減係数 : 0.33	南陽層の砂質土層 (As 層) と熱田層の砂質土層 (D3s 層) で安全率 FL 値が 1 以下を示し、液状化すると判定された。 FL 値 : 0.576~184.072 PL 値=3.39 低減係数 : 0.19~0.33	南陽層の砂質土層 (As 層) と熱田層の砂質土層 (D3s 層) で安全率 FL 値が 1 以下を示し、液状化すると判定された。 FL 値 : 0.382~122.089 PL 値=6.04 低減係数 : 0.19~0.33

[検討条件]

- ・判定基準名 : 建築基礎構造設計指針 (日本建築学会, 1988)
- ・設計加速度 : 150gal (損傷限界検討用)
200gal (一般値)
250gal (大規模「東海地震」の予測値)
350gal (終局限界検討用 : 兵庫県南部地震最大値)
- ・マグニチュード : 7.5 (一般的な値)
8.0 (大規模「東海地震」の予測値)
- ・N 値 : 1m 毎の測定値
- ・地下水位 : No. 1 地点 : GL-1.05m、No. 2 地点 : GL-3.20m
- ・土質定数 : 単位体積重量 (地盤定数の提案値を採用)
盛土 (B 層) = 14kN/m³, 沖積層粘性土層 (Ac 層) = 14kN/m³, 沖積層砂質土層 (As 層) = 17 kN/m³, 熱田層砂質土層 (D3s 層) = 18kN/m³, 熱田層粘性土層 (D3c 層) = 16 kN/m³, 矢田川累層礫質土層 (Tg 層) = 20kN/m³
細粒分含有率……土質試験値 (粒度試験、細粒分含有率試験結果より)

表 4.10 液状化判定結果表

ホ-リング孔		No. 1	孔口標高		TP+2.45m		孔内水位		GL-1.05m		ホ-リング孔		No. 2	孔口標高		TP+1.19m		孔内水位		GL-2.10m		
深度 (m)	土層 記号	土質名	建築基礎構造設計指針																			
			マグニチュード M=7.0 損傷限界(150gal)		マグニチュード M=7.5 一般値(200gal)		マグニチュード M=7.5 中間値(250gal) (東海地震予測値)		マグニチュード M=8.0 終局限界(350gal) (兵庫県南部地震)		深度 (m)	土層 記号	土質名	マグニチュード M=7.0 損傷限界(150gal)		マグニチュード M=7.5 一般値(200gal)		マグニチュード M=7.5 中間値(250gal) (東海地震予測値)		マグニチュード M=8.0 終局限界(350gal) (兵庫県南部地震)		
			液状化 抵抗率 FL	土質定数 低減係数 DE	液状化 抵抗率 FL	土質定数 低減係数 DE	液状化 抵抗率 FL	土質定数 低減係数 DE	液状化 抵抗率 FL	土質定数 低減係数 DE				液状化 抵抗率 FL	土質定数 低減係数 DE	液状化 抵抗率 FL	土質定数 低減係数 DE	液状化 抵抗率 FL	土質定数 低減係数 DE	液状化 抵抗率 FL	土質定数 低減係数 DE	
1.30	B	礫質土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00				1.80	B	粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00
2.30	Ac	粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	2.30	B	粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	
3.30	As	砂質土	1.067	1.00	0.739	0.19	0.591	0.19	0.392	0.19	3.30	Ac	粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	
4.30		砂質土	1.550	1.00	1.073	1.00	0.858	0.41	0.569	0.41	4.30	Ac	粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	
5.30	Ac	粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	5.30	As	砂質土	1.468	1.00	1.016	1.00	0.813	0.19	0.539	0.19	
6.30		粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	6.30	Ac	粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	
7.30		粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	7.30		粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	
8.30		粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	8.30		粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	
9.30		粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	9.30		粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	
10.30		粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	10.30		粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	
11.30		粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	11.30		粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	
12.30		粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	12.30		D3s	砂質土	1.039	1.00	0.719	0.33	0.576	0.33	0.382	0.33
13.30		粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	13.30		D3g	礫質土	2.746	1.00	1.901	1.00	1.521	1.00	1.009	1.00
14.30		D3s	砂質土	7.029	1.00	4.866	1.00	3.893	1.00	2.582	1.00			14.30	礫質土	19.833	1.00	13.730	1.00	10.984	1.00	7.285
15.30	D3g	礫質土	16.589	1.00	11.485	1.00	9.188	1.00	6.094	1.00	15.30			礫質土	332.352	1.00	230.090	1.00	184.072	1.00	122.089	1.00
16.30		礫質土	5.995	1.00	4.150	1.00	3.320	1.00	2.202	1.00	16.30	礫質土	11.995	1.00	8.304	1.00	6.643	1.00	4.406	1.00		
17.30	D3g	礫質土	355.349	1.00	246.011	1.00	196.809	1.00	130.536	1.00	17.30	D3c	粘性土	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	
18.30		礫質土	273.366	1.00	189.253	1.00	151.402	1.00	100.420	1.00	18.30	Tg1	礫質土	169.919	1.00	117.636	1.00	94.109	1.00	62.419	1.00	
19.30	礫質土	210.464	1.00	145.706	1.00	161.565	1.00	77.313	1.00	19.30	礫質土		120.708	1.00	83.567	1.00	66.854	1.00	44.342	1.00		
20.30	Tg1	礫質土	-	-	-	-	-	-	-	-	20.30	Tg1	礫質土	-	-	-	-	-	-	-	-	
			PL 値	0.00	PL 値	1.20	PL 値	3.10	PL 値	6.51				PL 値	0.00	PL 値	1.51	PL 値	3.39	PL 値	6.04	

表 4.11 液状化指数(PL 値)に基づく判定区分

PL 値の区分	判定区分	
	レベル 1 地震動	レベル 2 地震動
判定対象域外	液状化による影響なし	液状化による影響なし
0 ≤ PL ≤ 5	液状化による影響は小さい	液状化による影響は小さい
5 ≤ PL ≤ 15	液状化による影響は大きい	液状化による影響は大きい
15 ≤ PL ≤ 20	液状化による影響は非常に大きい	液状化による影響は非常に大きい
20 < PL	液状化による影響は非常に大きい	液状化による影響は非常に大きい

表 5.11 建築基礎構造設計指針による液状化判定

建築基礎構造設計指針による地盤の液状化は

- 1) 飽和地盤の細粒土 (0.074 mm以下の粒径をもつ粒子) 含有率が 35% 以下の土
- 2) 飽和地盤の N 値が小さい土
- 3) 地下水位面が地表面に近い
- 4) 地震入力が大きい

ほど液状化が起こり易いとされている。
液状化の判定に際しては、地表面から 20m 以浅の土層を対象とする。

(液状化の判定手順)

- 1) 検討地点の地盤内の各深さは発生する等価な繰り返しせん断応力比を求める。

$$\frac{\tau d}{\sigma' z} = \gamma n \cdot \frac{\alpha_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma z}{\sigma' z} \cdot \gamma d$$

ここで、

τd : 水平面に生じる等価な一定繰り返しせん断応力振幅 (kN/m²)

$\sigma' z$: 検討深さにおける有効土被り圧 (鉛直全応力) (kN/m²)

γn : 等価な繰り返し回数に関する補正係数

$\gamma n = 0.1 (M-1)$ (但し、M は地震のマグニチュード)

α_{max} : 地表面における設計用水平加速度
平均加速度として 200Gal

g : 重力加速度 980Gal

σz : 検討深さにおける全土被り圧 (鉛直全応力) (kN/m²)

γd : 地盤が剛体でない事による低減係数

$1 - 0.015z$ (z : 地表面からの検討深さ m)

よって、

$$\begin{aligned} \frac{\tau d}{\sigma' z} &= 0.65 \times \frac{200}{980} \times \frac{\sigma z}{\sigma' z} \times \gamma d \\ &= 0.133 \times \frac{\sigma z}{\sigma' z} \times \gamma d \end{aligned}$$

2) 各深さにおける補正 N 値

$$N_a = N_1 + \Delta N_f$$

$$N_1 = C_N N$$

$$C_N = \sqrt{100 / \sigma' z}$$

ここで、 N_a : 補正 N 値

N_1 : 換算 N 値

ΔN_f : 細粒土含有率に応じた補正 N 値増分
(次図から求める)

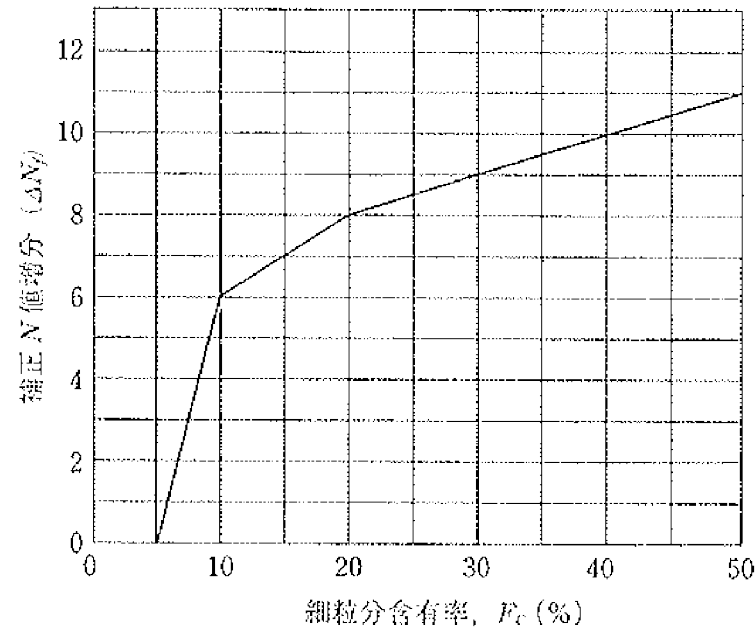


図 5.2-1 細粒土含有率と補正 N 値増分 ΔN_f の関係

C_N : 換算 N 値係数 ($\sigma' z$) (kN/m²)

N : トンビ法又は自動落下による実測 N 値

3) 下図中、せん断ひずみ振幅 5% 曲線を用いて、補正 N 値 (N_a) に対応する飽和土層の液状化抵抗比を求める。

ここで、 τ_1 : 水平断面における液状化抵抗

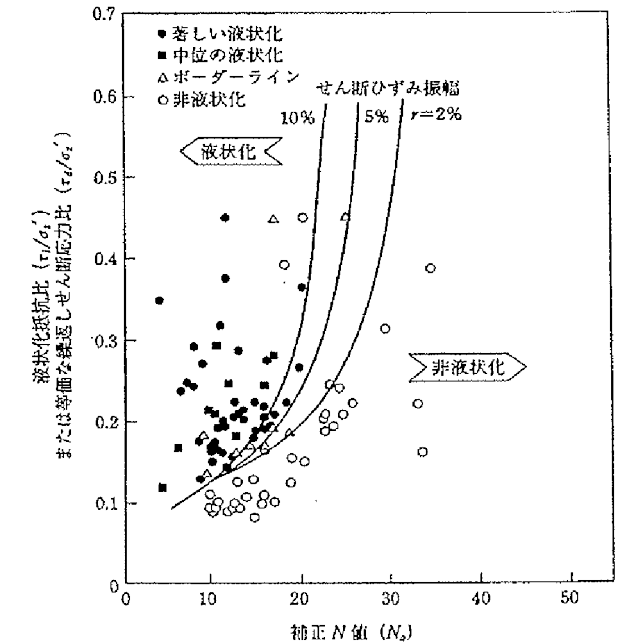


図 5.2-2 補正 N 値 (N_a) と飽和土層の液状化抵抗比 τ_1 / σ

4) 各深さにおける液状化発生に対する安全率 (FL) を求める。

$$FL = \left(\frac{\tau_1}{\sigma' z} \right) / \left(\frac{\tau d}{\sigma' z} \right) = \frac{\tau_1}{\tau d}$$

5) 低減係数 (β) 図 5.2-3 で求める。

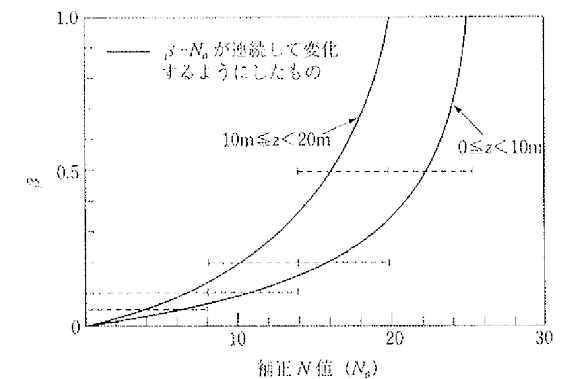


図 5.2-3 水平地盤反力係数の低減率 (β)

5-4. 支持力検討

基礎構造設計の参考までに、計画建物の基礎工に対する地盤支持力を「建築基礎構造設計指針」(日本建築学会編)に基づき、仮定条件を定めて検討を行う。

(1) 検討条件

1) 支持力公式 (「建築基礎構造設計指針」第6章 6.3.1式より)

$$R_u = q_p \cdot A_p + \tau_s \cdot L_s \cdot \phi + \tau_c \cdot L_c \cdot \phi \quad (\text{kN})$$

R_u : 極限支持力 (kN)

q_p : 極限先端支持力度 (kN/m²) 表 3-1 参照

A_p : 杭先端の閉塞断面積 (m²)

τ_s 、 τ_c : 砂質土および粘性土の極限周面摩擦力度 (kN/m²)

L_s 、 L_c : 砂質土および粘性土部分の長さ (m)

ϕ : 砂質土および粘性土部分の杭周長さ (m)

2) 検討条件

- ・ 基礎形式 : 埋込み杭
- ・ 杭先端深度 : No. 1 地点 : GL-26.50m、No. 2 地点 : GL-26.50m
- ・ 杭径 : $\phi = 500\text{mm}$ 、 600mm 、 800mm

(2) 検討結果

1) 杭先端 N 値

表 5.12 杭先端位置と N 値表

ボーリング No.	杭先端位置 (GL-m)	杭先端 N 値
No. 1	26.50	60
No. 2	26.50	60

※1. 盛土(B層)の極限周面摩擦力度は考慮しない。

2. 沖積層(南陽層)の砂質土は液状化、粘性土は流動化が懸念されることより極限周面摩擦力度は考慮しない。

2) 極限先端支持力 ($R_p = q_p \cdot A_p$) の計算

表 5.13 極限先端支持力表

孔番 No	杭径 (mm)	先端 N 値	q_p (kN/m ²)	A_p (m ²)	$q_p \cdot A_p$ (kN)
No. 1	500	60	12000	0.196	2352
	600			0.282	3384
	800			0.502	6024
No. 2	500	60	12000	0.196	2352
	600			0.282	3384
	800			0.502	6024

注) $q_p = 200 \times$ 先端 N 値, q_p の上限値 12000 kN/m²)

3) 極限周面摩擦力 ($R_f = \tau_s \cdot L_s \cdot \phi + \tau_c \cdot L_c \cdot \phi$) の計算

① No. 1 地点 ($\tau_s \cdot L_s + \tau_c \cdot L_c$) の計算

表 5.14 No. 1 地点 ($\tau_s \cdot L_s + \tau_c \cdot L_c$) の計算表

計算深度 GL-(m)	厚さ L _s , L _c (m)	土質	N 値	$\tau_s \cdot L_s + \tau_c \cdot L_c$ (kN/m)
14.10				
14.65	0.55	砂質土	23	31.6
19.80	5.15	礫質土	43	553.6
21.80	2.00	礫質土	40	200.0
25.20	3.40	粘性土	12	204.0
26.50	1.30	礫質土	50	162.5
Σ	12.40			1151.7

注) $\tau_s = 2.5 \times N$ (上限 $N=50$), $\tau_c = 0.8c$ (上限 $c=125\text{kN/m}^2$), $c=6.25N$

② No. 2 地点 ($\tau_s \cdot L_s + \tau_c \cdot L_c$) の計算

表 5.15 No. 2 地点 ($\tau_s \cdot L_s + \tau_c \cdot L_c$) の計算表

計算深度 GL-(m)	厚さ L _s , L _c (m)	土質	N 値	$\tau_s \cdot L_s + \tau_c \cdot L_c$ (kN/m)
13.10				
16.60	3.50	礫質土	37	323.7
17.35	0.75	粘性土	(13)	48.7
22.80	5.45	礫質土	43	585.8
25.25	2.45	粘性土	(14)	171.5
26.50	1.25	礫質土	50	156.2
Σ	13.40			1285.9

注) $\tau_s = 2.5 \times N$ (上限 $N=50$), $\tau_c = 0.8c$ (上限 $c=125\text{kN/m}^2$), $c=6.25N$

③ $\tau_s \cdot L_s \cdot \phi + \tau_c \cdot L_c \cdot \phi$ の計算

表 5.16 $\tau_s \cdot L_s \cdot \phi + \tau_c \cdot L_c \cdot \phi$ の計算表

孔番	杭径 (mm)	$\tau_s \cdot L_s + \tau_c \cdot L_c$ (kN/m)	ϕ (m)	$(\tau_s \cdot L_s + \tau_c \cdot L_c) \phi$ (kN)
No. 1	500	1151.7	1.570	1808
	600	1151.7	1.884	2169
	800	1151.7	2.512	2893
No. 2	500	1285.9	1.570	2018
	600	1285.9	1.884	2422
	800	1285.9	2.512	3230

(3) 極限支持力 (Ru) 及び長期許容支持力 (Ra) の計算

表 5.17 極限支持力 (Ru) 及び長期許容支持力 (Ra) の計算表

孔番	杭径 (mm)	Rp (kN)	Rf (kN)	Ru (kN)	Ra (kN)
No. 1	500	2352	1808	4160	1386
	600	3384	2169	5553	1851
	800	6024	2893	8917	2972
No. 2	500	2352	2018	4370	1456
	600	3384	2422	5806	1935
	800	6024	3230	9254	3084

注) $Ra=1/3 \times Ru$, $Ru=Rp+Rf$

したがって、調査地点では地盤条件の劣る No. 1 地点の計算結果から極限支持力 Ru は 4160～8910 (kN/本) 程度、長期許容支持力 Ra は 1380～2970 (kN/本) 程度が期待できると考えられる。

表 5.18 杭の極限先端支持力度、極限周面摩擦力度の算定式(表 6.3.1 より)

	極限先端支持力度 q_p (kN/m ²)		極限周面摩擦力度 (kN/m ²)	
	砂質土	粘性土	砂質土	粘性土
打込み杭	$q_p=300N$ N: 杭先端から下に 1d、上に 4d 間の平均 N 値 (d: 杭径)	$q_p=6C_u$ C_u : 土の非排水せん断強さ (kN/m ²)	$\tau_s=2.0N$ N: 杭周面地盤の平均 N 値 (上限 N=50)	$\tau_c=\beta \cdot C_u$ $\beta=\alpha_p \cdot LF$ $\alpha_p=0.5\sim 1.0$ $LF=0.7\sim 1.0$ (上限 $C_u=100$ kN/m ²)
	$q_p=0.7q_c$ q_c : 杭先端から下に 1d、上に 4d 間の平均貫入抵抗 q_c 値 (kN/m ²)			
	上限値 $q_p=18000$ kN/m ²			
場所打ちコンクリート杭	$q_p=100N$ N: 杭先端から下に 1d、上に 1d 間の平均 N 値	$q_p=6C_u$	$\tau_s=3.3N$ (上限 N=50)	$\tau_c=C_u$ (上限 $C_u=100$ kN/m ²)
	上限値 $q_p=7500$ kN/m ²			
埋込み杭	$q_p=200N$ N: 杭先端から下に 1d、上に 1d 間の平均 N 値	$q_p=6C_u$	$\tau_s=2.5N$ (上限 N=50)	$\tau_c=0.8 \cdot C_u$ (上限 $C_u=125$ kN/m ²)
	上限値 $q_p=12000$ kN/m ²			

ただし、 $C_u=q_u/2$ (q_u : 土の一軸圧縮強さ) としてよい。

5-5. 留意事項

1. 調査地点の GL-4m 以浅に分布する沖積層(南陽層)の粘性土層(Ac 層)は、低いN値(平均N=1)を示しており、非常に軟弱な地盤をなしている。そのため、施工機械(重量機種)の搬入時には搬入盤のトラフィカビリティ(建設機械の走行性)の検討を行うことが必要となる。
2. 調査地点の地下水位は深度 1.05~3.20m 付近の浅い個所に位置していることから、地下室などの建設に伴う掘削に際しては湧水を生ずることが予想される。その場合、十分な止水対策を講じる(止水性の高い矢板施工を行う、または地下水位低下工法を考慮するなど)必要がある。
3. 調査地点の沖積層(南陽層)の粘性土層(Ac 層)は平均N値 1 を示すことから軟弱層の性状を有すると判断される。したがって、建築構造物の規模及び荷重、浅層地下水のくみ上げなどによっては沈下を生ずる可能性があり、注意を必要とする。
4. 沖積層(南陽層)の砂質土層(As 層)及び熱田層の砂質土層(D3s 層)は、液状化検討の結果、液状化を生ずる危険性があると判断された。また、沖積層(南陽層)の粘性土層(Ac 層)についても極めて軟弱な粘性土層(平均N値=1)であり、地震時の流動化発生の有無について検討が必要であると考ええる。
5. 現地は、住宅街であり、環境(騒音や振動など)に配慮した基礎工(杭工)の選定を行う必要がある。