

清水住宅地質調査（第3次）

報 告 書

平成 27 年 12 月

愛知県建設部建築局公営住宅課  
株式会社中部ウエルボーリング社

## 【目次】

1. 調査概要	
1.1 一般事項	1
1.2 調査数量	2
調査地案内図	3
調査地点位置図	4
2. 調査方法	
2.1 仮設工	5
2.2 機械ボーリング	6
2.3 標準貫入試験	7
2.4 孔内水平載荷試験	8
2.5 室内土質試験	9
3. 地形・地質概要	
3.1 地形概要	10
3.2 地質概要	11
4. 調査結果	
4.1 ボーリング調査結果	13
4.2 孔内水位	23
4.3 孔内水平載荷試験結果	24
4.4 室内土質試験結果	25
5. 考察	
5.1 地盤定数の提案	26
5.2 液状化の判定	29
5.3 支持地盤及び基礎形式	36
5.4 設計・施工上の留意点	39

### [巻末資料]

- ・ボーリング柱状図
- ・既存ボーリング柱状図【清水住宅地質調査(第1次), (第2次)】
- ・孔内水平載荷試験データ
- ・室内土質試験データ
- ・液状化判定結果図
- ・調査記録写真
- ・採取試料写真

## 1. 調査概要

### 1.1 一般事項

- 1) 委託業務名：清水住宅地質調査（第3次）
- 2) 路線等の名称：清水住宅  
東海市荒尾町地内
- 3) 履行期間：着手 平成27年10月10日  
完了 平成27年12月21日
- 4) 調査目的：本業務は、清水住宅第3次建替工事に伴い、計画建物の基礎設計に必要な地盤情報を得ることを目的として実施した。
- 5) 調査内容：

機械ボーリング	2箇所	延べ76m
標準貫入試験	76回	
孔内水平載荷試験	1回	
室内土質試験		
土の細粒分含有率試験	4試料	

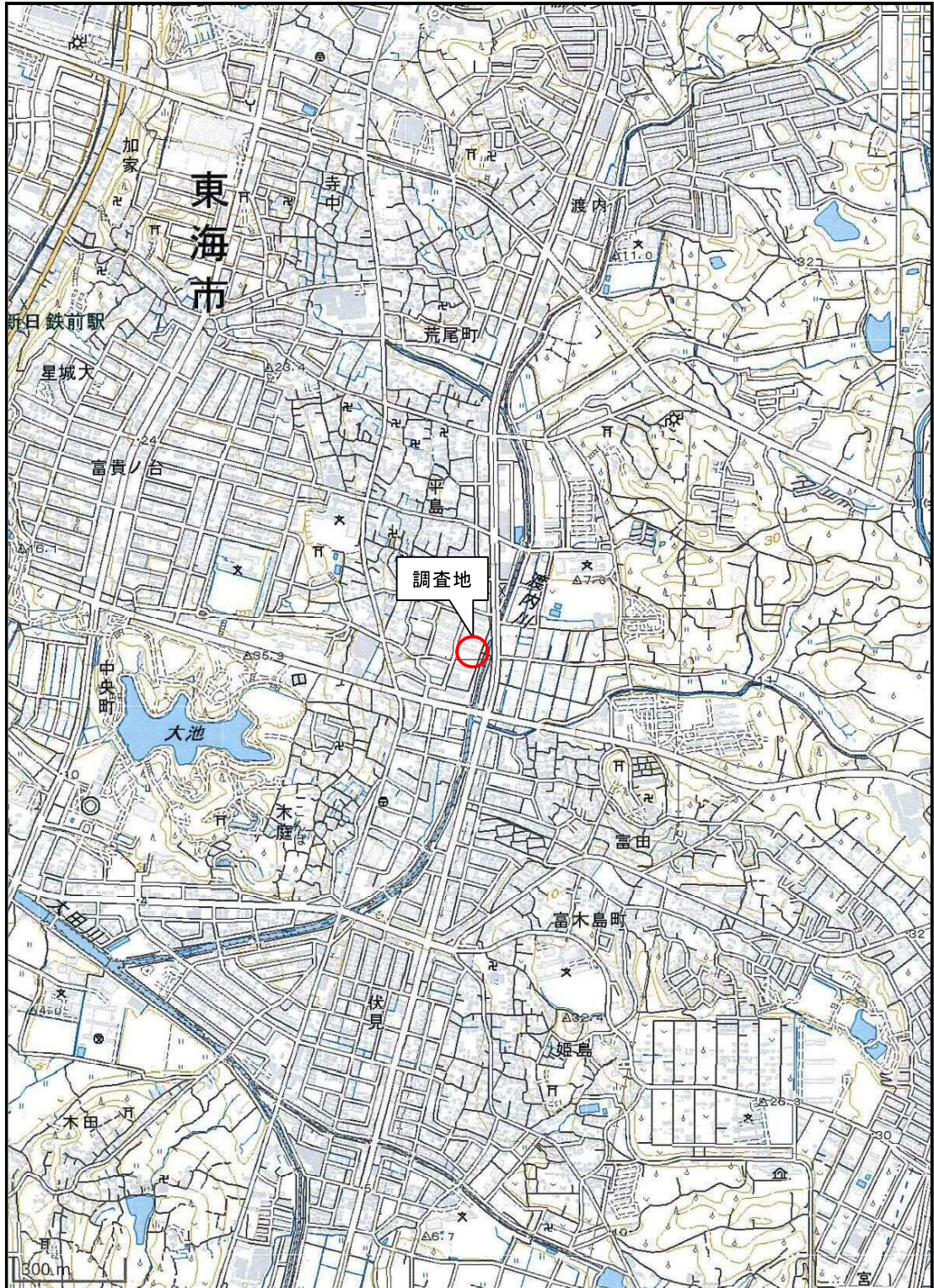
（詳細は次頁の数量表に示す。）
- 6) 発注者：愛知県建設部建築局公営住宅課  
〒460-8501 名古屋市中区三の丸三丁目1番2号  
TEL 052-954-6575 FAX 052-951-3421
- 7) 受注者：株式会社 中部ウエルボーリング社  
〒464-0027 名古屋市千種区新池町四丁目55番地  
TEL 052-781-4131 FAX 052-781-4132  
E-mail cwb@utopia.ocn.ne.jp  
管理技術者 伊藤 博之（地質調査技士）  
照査技術者 近藤 義明（地質調査技士）

## 1.2 調査数量

本業務の調査数量を下表にまとめた。

表 1.1 調査数量一覧表

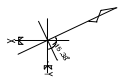
名称・規格		単位	調査箇所		合計
			No. 1	No. 2	
機械ボーリング φ 66mm	粘性土・シルト	m	11.90	12.85	24.75
	砂・砂質土	m	16.70	16.55	33.25
	礫混じり土砂	m	1.10	0.00	1.10
	固結シルト	m	8.30	8.60	16.90
	合計	m	38.00	38.00	76.00
標準貫入試験	粘性土・シルト	回	12	12	24
	砂・砂質土	回	16	16	32
	礫混じり土砂	回	1	0	1
	固結シルト	回	9	10	19
	合計	回	38	38	76
孔内水平載荷試験	普通載荷	回	0	1	1
室内土質試験	土の細粒分含有率試験	試料	0	4	4
足場仮設	平坦地足場	箇所	1	1	2
安全対策	仮囲い	箇所	1	1	2
調査孔閉塞		箇所	1	1	2



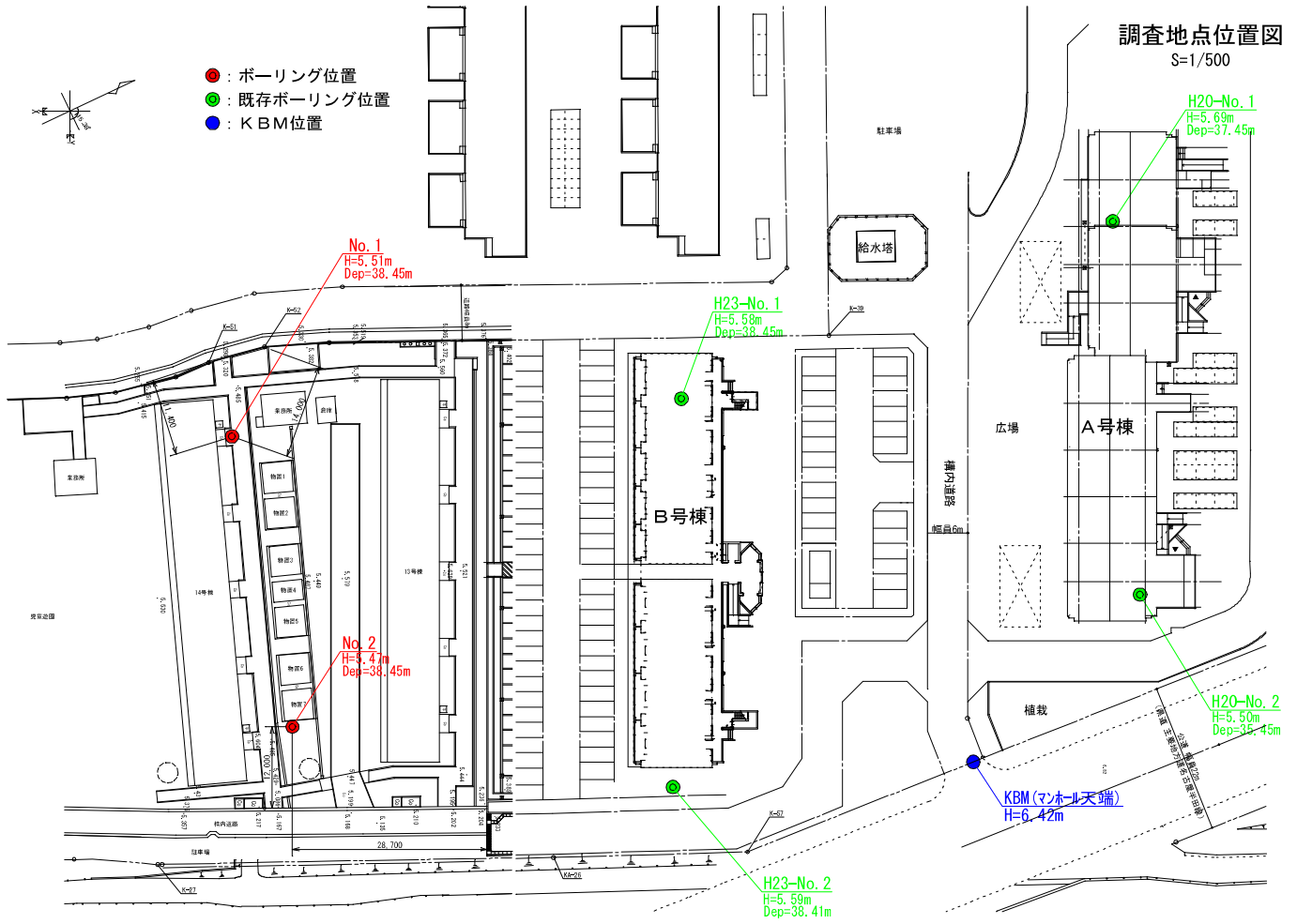
### 調査地案内図

この地図は、国土地理院のウェブサイトで開催している地理院地図(電子国土Web)を編集・加工して作成したものである。

調査地点位置図  
S=1/500



- : ボーリング位置
- : 既存ボーリング位置
- : KBM位置



## 2. 調査方法

### 2.1 仮設工

ボーリング機材はクレーン付きトラックで運搬し、調査地点に作業足場(自走式台車による平坦地足場)を仮設して設置した。また、安全対策としてネットフェンスによる仮囲いを設置した。

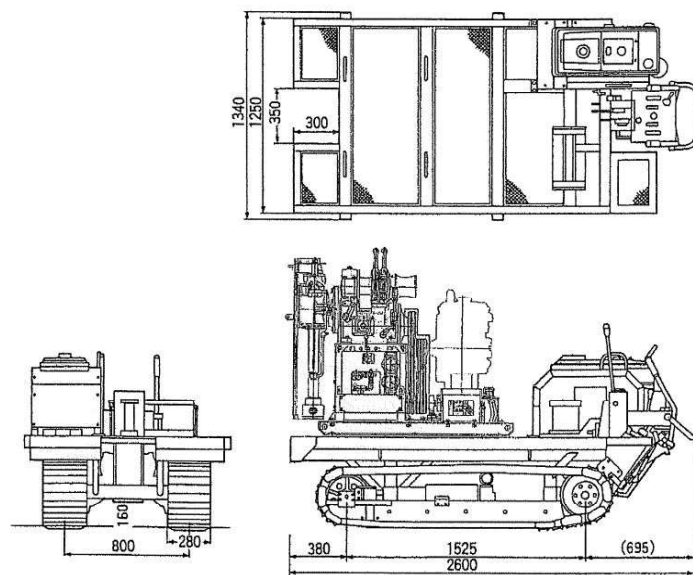


図 2.1 自走式台車の概念図

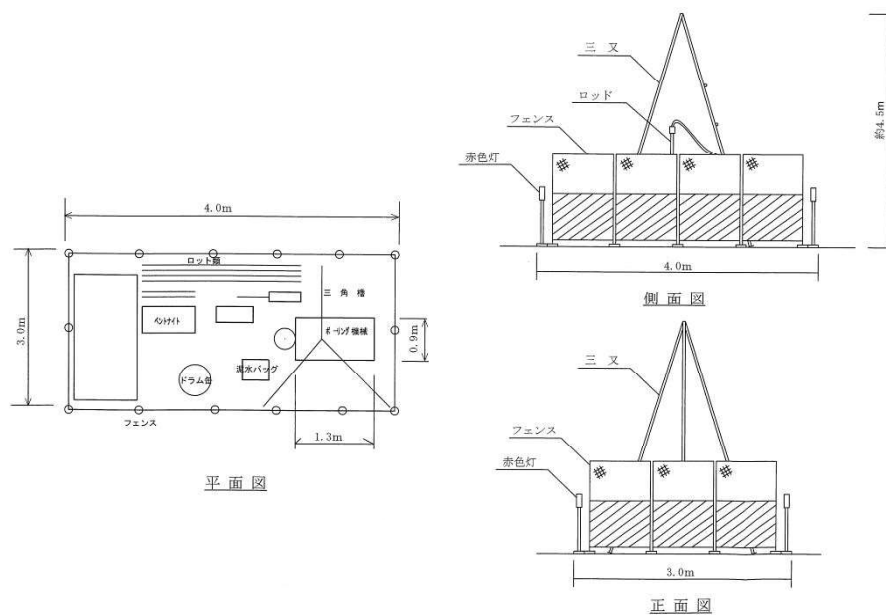


図 2.2 安全対策(仮囲い)の概念図

## 2.2 機械ボーリング

機械ボーリングは、地盤構成を把握することを目的として実施した。

ボーリング装置は、ロータリー式ボーリングマシン(オイルフィード)を使用した。

掘進にはメタルクラウン装着のシングルコアチューブを用いた。掘進孔径はφ66mmである。掘進時はベントナイト泥水を循環させ、ビットの冷却及びスライムの排除を行った。また、崩壊性の大きい土層ではケーシングパイプを設置し、孔壁の保護に努めた。

地下水位は原則として無水掘りで確認することとし、掘進中に地下水が認められた場合は水位の安定を待って記録した。

調査完了後は建築設計者立会いで検尺を受け、土砂にて調査孔を閉塞し、地表面は可能なかぎり現状復旧に努めた。

図 2.3 にボーリング装置の全体図を示す。

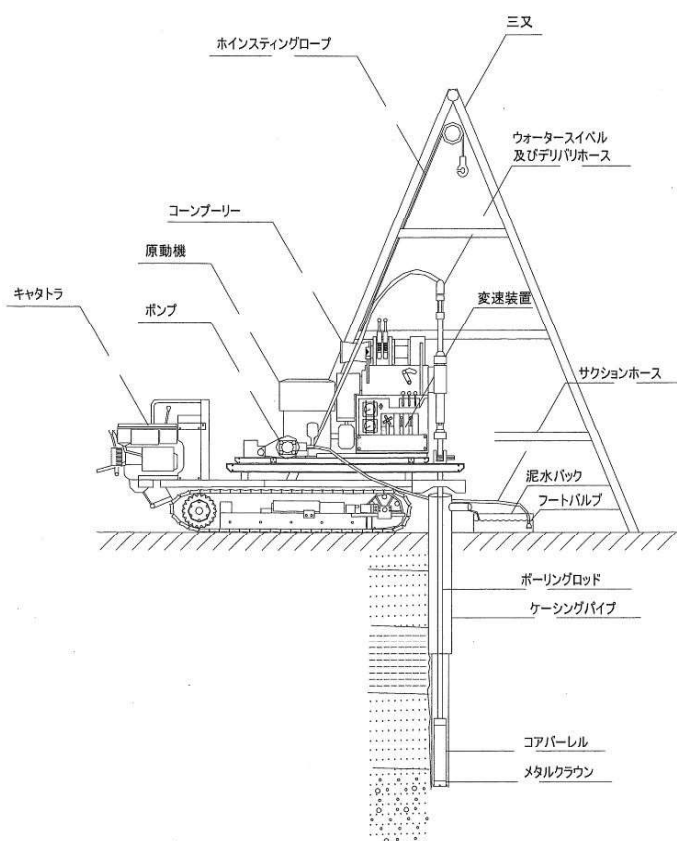


図 2.3 ボーリング装置の全体図



### 2.3 標準貫入試験

標準貫入試験は、ボーリング孔を利用して地盤の硬軟性を把握する目的で実施した。試験は、日本工業規格(JIS A 1219)に準拠し、半自動型モンケンを使用して地表面より深度 1m 毎に行った。

打撃回数は最大 60 回とし、60 回を超える場合はその時の貫入量を測定し、60/貫入量 (cm) と表した。

標準貫入試験用サンプラーにより採取した試料は、引き揚げと同時に観察を行った後、代表試料をプラスチック製の標本ビンに詰め、深度順に標本箱に収納し、成果品として提出した。

図 2.4 に標準貫入試験装置概念図を、図 2.5 に半自動型落下装置を示す。

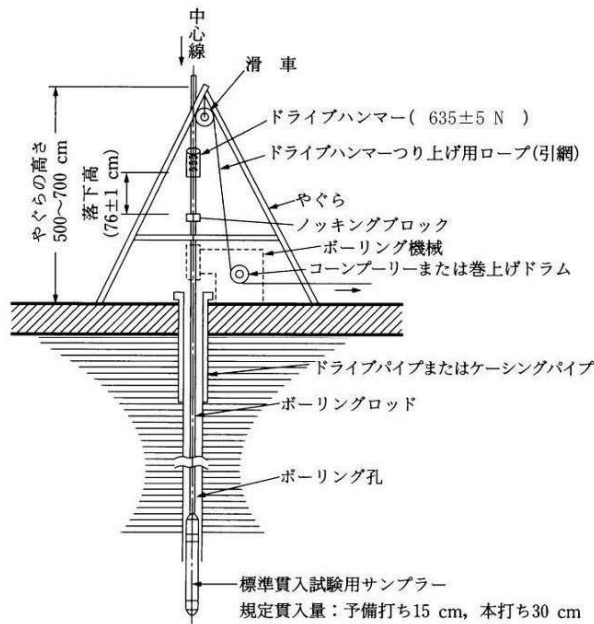


図 2.4 標準貫入試験の概念図

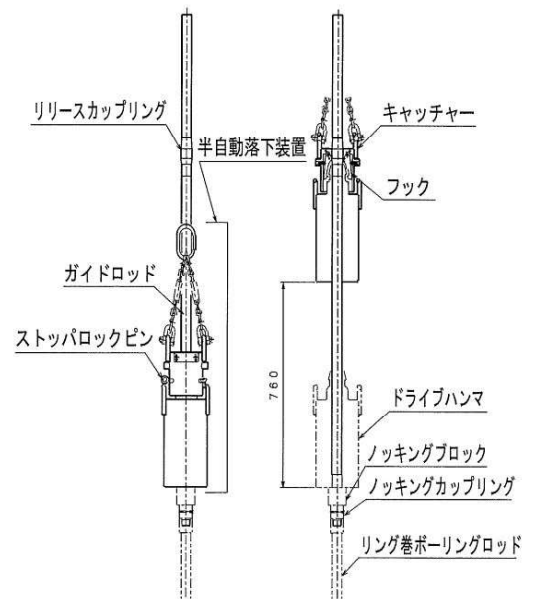


図 2.5 半自動落下装置

(出典：地盤調査の方法と解説 (社)地盤工学会 平成 16 年 6 月)

## 2.4 孔内水平載荷試験

孔内水平載荷試験は、ボーリング孔を利用して地盤の変形特性・強度特性を求めることを目的として実施した。

試験は、地盤工学会基準(JGS 1421)に準拠して行った。

測定装置には、等圧分布載荷方式1室型の一室型であるL.L.T(Lateral Load Tester)を使用した。この測定装置は、孔内の挿入する長さ約60cmのゴム製のゾンデ(測定管)と地上に設置する圧力・変形制御測定器、およびこれらを接続するホースとからなる。

測定は、上記装置内に水を満たして一連の循環系としたのち、孔内に挿入したゾンデに窒素ガスを圧力源とする圧力水を注入することによって孔壁面を加圧し、一方でゾンデへの注入量から孔壁面の変位量を測定した。

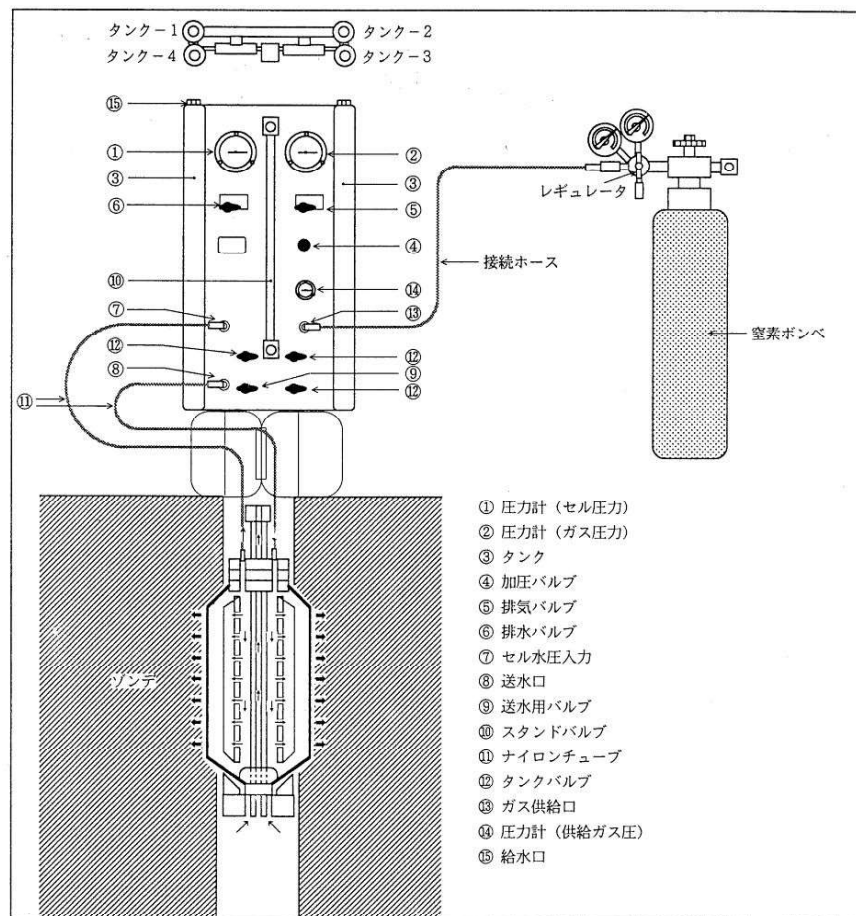


図 2.6 孔内水平載荷試験(LLT)の構成図

## 2.5 室内土質試験

室内土質試験は、液状化判定に必要となる細粒分を把握するため、標準貫入試験用サンプラーで採取した乱れた試料を用いて土の細粒分含有率試験を実施した。

試験は、下表に示す規格で行った。

表 2.1 試験項目及び規格

試験項目	試験規格・試験個数
土の細粒分含有率試験	JIS A 1223 : 1 試料につき 1 個

### 3. 地形・地質概要

#### 3.1 地形概要

調査地は、知多半島の付け根にある東海市のほぼ中央部、東海市役所の東北東約 1.2km に位置している。

東海市の地形は、名古屋市東方の猿投山麓から知多半島南端へと連なる丘陵地、丘陵地内の大田川・渡内川などの沿岸に小規模に発達する中位段丘及び低位段丘、大田川・渡内川及びその支流によって形成された沖積低地よりなる。

知多半島北部の丘陵地は、東側の大府丘陵と西側の知多丘陵に区分される（図 3.1）。

調査地付近の丘陵地は標高 50m 以下で、丘陵地内は中小河川によってブロック状に区分され、各ブロック内は更に樹枝状に発達する支流によって幅の狭い谷底平野が密に発達しており、谷の上流部には大小数多くの溜池が点在している。この地域の丘陵は、最近の宅地開発や道路建設などで大規模な人工的地形改変が進み、かつての丘陵をうかがうことはかなり困難になっている。

調査地は、大府丘陵と知多丘陵の間を流れる渡内川沿いの沖積低地上に位置している。

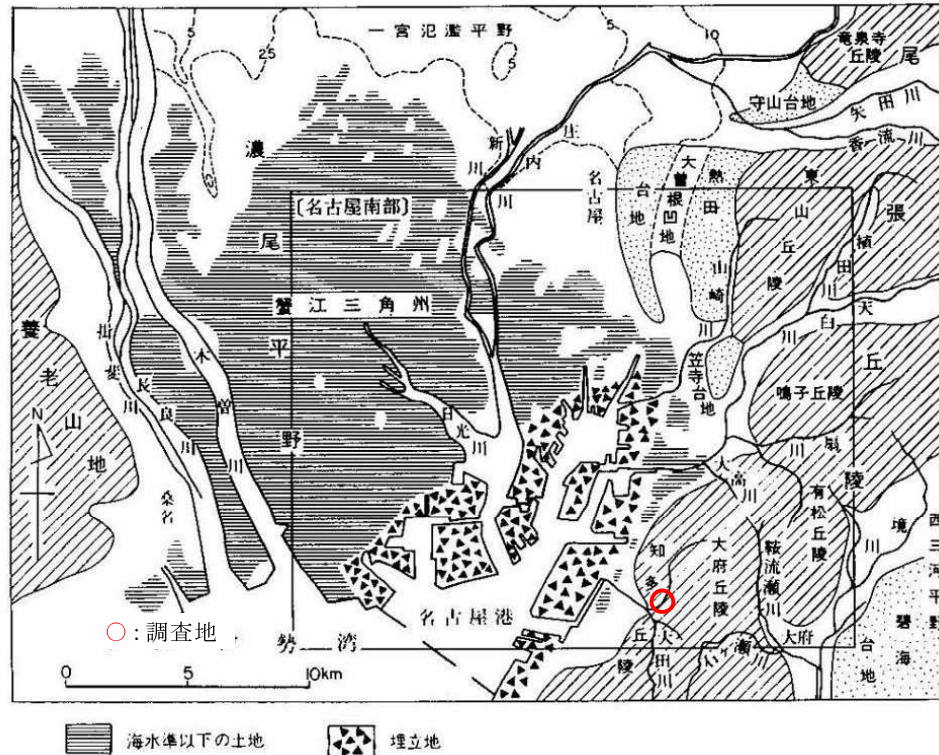


図 3.1 名古屋南部地域の地形区分  
(出典：名古屋南部地域の地質 地質調査所)

### 3.2 地質概要

図 3.2 に調査地周辺の地質図を示す。この図によれば、調査地付近は新第三紀鮮新世の矢田川累層を基盤として、その上位に第四紀更新世の加木屋層、中位段丘層、低位段丘層、完新世の沖積層が分布している。以下に、各地層の特徴を述べる。

#### ◎矢田川累層

矢田川累層は、砂層とシルト層の互層を主とする部分と、砂礫層とシルト層の互層を主とする部分とに 2 分される。両者の差異は明確なものではないが、大局的には前者が下位に、後者が上位にあり、この地域の矢田川累層が全体として上方へ粗粒化していく状況を示している。

砂層は花崗質で白色を呈することが多く、中粒ないし粗粒、しばしば 10-20mm 大のチャート細円礫を含む。

シルト層は灰白-灰色を呈する塊状のシルトを主とし、その中に亜炭薄層(厚さ 30cm 程度)を挟むこともある。時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。

砂礫層は花崗質で白色の粗粒砂を基質とし、20-30mm 大以下の円-亜円礫を含む。礫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。

#### ◎加木屋層

加木屋層は、知多半島北部において、矢田川累層の上位に不整合に重なる礫層である。主として、名和-加木屋撓局に沿って南北に細長く分布している。また、名和東方の丘陵頂部に散点的に分布している。径数 cm 大のチャートの円-亜円礫を主材とした礫層を主としている。チャート礫は、溶脱作用のため、表面が白色化していることが多い。流紋岩や中・古生層の砂岩・頁岩の礫は、著しい風化のため、くさり礫となっている。

#### ◎中位段丘層

中位段丘層は、丘陵地内の中・小河川に沿って分布する。市街化の進行のため、その地形も構成層も判然としないことが多いが、主として粗粒砂を基質とする層厚 3-5m 程度の砂礫層よりなる。

#### ◎低位段丘層

低位段丘層は、丘陵を刻む中・小河川に沿って分布する段丘のうち、中位段丘より新しいものをいう。層厚は 3m 前後で、チャート円礫を主とする砂礫層よりなる。

#### ◎沖積層

沖積層は、谷底平野堆積物と自然堤防・砂州堆積物に区分される。谷底平野堆積物は丘陵地内の中・小河川沿いに分布し、砂・礫及びシルトよりなる。自然堤防・砂州堆積物は淡褐色を呈する中粒-細粒砂を主とする。

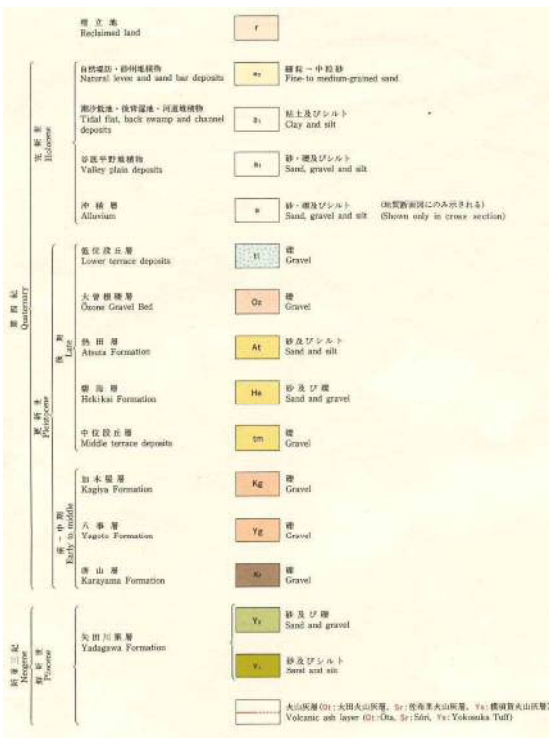
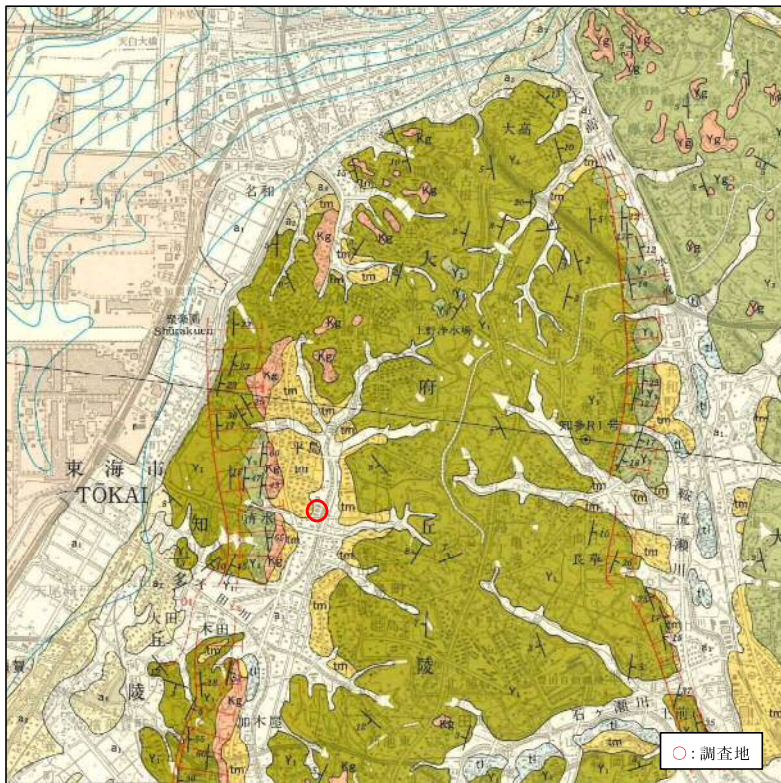


図 3.2 調査地周辺の地質図  
(出典: 5 万分の 1 地質図「名古屋南部」 地質調査所)

## 4. 調査結果

### 4.1 ボーリング調査結果

機械ボーリング及び標準貫入試験の成果は、巻末のボーリング柱状図にまとめた。また、今回のボーリング結果に既存の調査\*を加えた地質断面図を作成し、図 4.1～図 4.3 に示した。

\*「清水住宅地質調査（第2次）」平成23年12月 株式会社葵エンジニアリング

今回の調査で確認した地層は、上位より盛土、沖積層、及び東海層群矢田川累層である。

表 4.1 に調査地点毎の地層区分、表 4.2 に本調査地における地質層序を示した。

以下に、地層毎の調査結果をまとめて述べる。なお、ボーリング柱状図及び本文中に用いる相対密度とコンスステンシー(柱状図は相対稠度)の判定は、表 4.3 と表 4.4 に基づいた。

表 4.1 調査地点毎の地層区分

調査地点	標高 TP (m)	地層区分深度 GL-(m)		
		盛土	沖積層	矢田川累層
No. 1	5.51	0.00～2.60	2.60～9.70	9.70～38.45
No. 2	5.47	0.00～2.70	2.70～10.20	10.20～38.45

表 4.2 地質層序表

地質年代		地層区分		記号	主な土質
第四紀	現世	盛土		B	礫混じり砂、粘土混じり砂 砂質粘土
	完新世	沖積層	粘性土層	Ac	シルト
			砂質土層	As	シルト質砂
		礫質土層	Ag	シルト質砂礫	
新第三紀	鮮新世	矢田川累層	第1砂質土層	Ts1	粘土混じり砂礫、砂
			第1粘性土層	Tc1	粘土、砂質粘土
			第2砂質土層	Ts2	砂、礫混じり砂 粘土混じり砂
			第2粘性土層	Tc2	粘土質シルト、砂質粘土 固結シルト、砂質シルト
			第3砂質土層	Ts3	粘土混じり砂、礫混じり砂 砂、シルト混じり砂
			第3粘性土層	Tc3	砂質粘土、固結シルト

\*) 今回の調査では Ag 層は確認していない。

表 4.3 N値と砂の相対密度の関係

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(φ13mm)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ポンドハンマーで打込み容易
30～50	密な (dense)	同上、30cm程度貫入
>50	非常に密な (very dense)	同上、5～6cm貫入、掘削につるはし必要、打込み時金属音

(出典：地盤調査の方法と解説 (社)地盤工学会 平成16年6月)

表 4.4 N値と粘土のコンシステンシー、一軸圧縮強さの関係

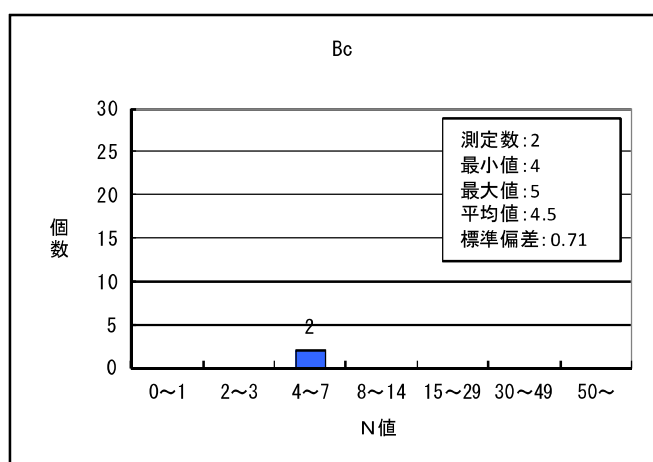
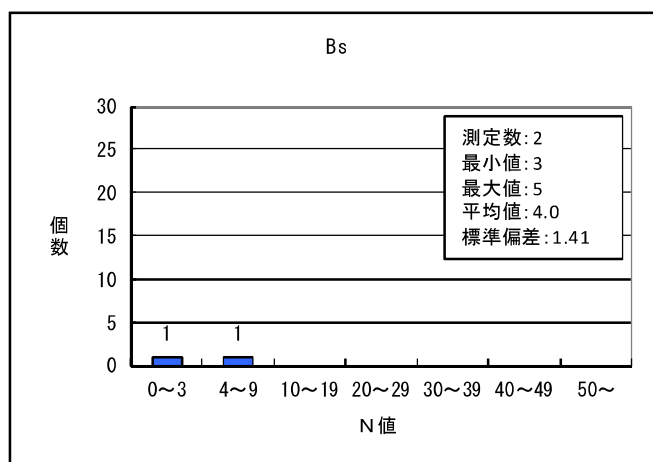
N値	qu (kN/m <sup>2</sup> )	コンシステンシー
0～2	0.0～24.5	非常に軟らかい
2～4	24.5～49.1	軟らかい
4～8	49.1～98.1	中位の
8～15	98.1～196.2	硬い
15～30	196.2～392.4	非常に硬い
30～	392.4～	固結した

(出典：地盤調査の方法と解説 (社)地盤工学会 平成16年6月)



### 盛土(B)

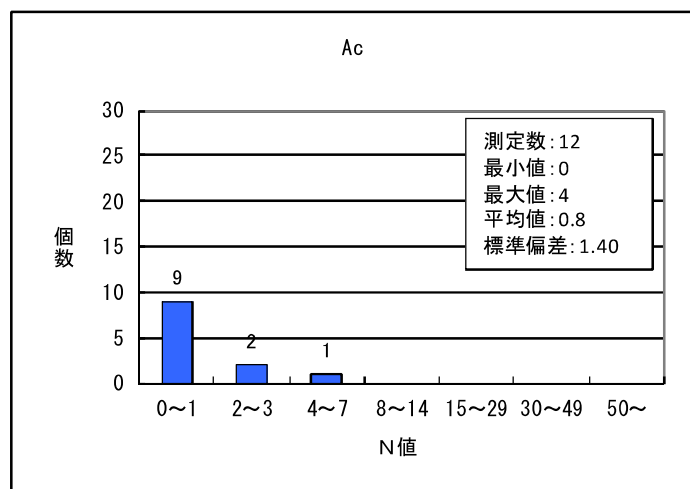
盛土は No. 1 地点が礫混じり砂～粘土混じり砂、No. 2 地点が粘土混じり砂～砂質粘土で構成される。層厚は 2.60～2.70m で、地表部に連続性よく分布する。N 値は砂質土(Bs)で 3～5、粘性土(Bc)で 4～5 である。



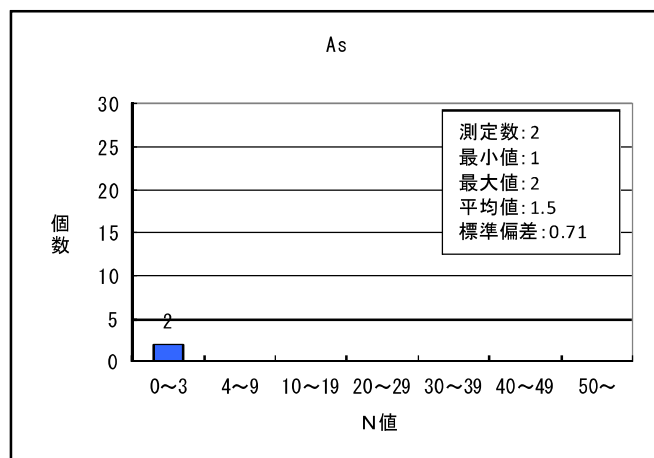
### 沖積層(A)

沖積層は粘性土層(Ac)と砂質土層(As)で構成される。Ac層が主体で、As層はNo.2地点のAc層下位でのみ確認した。沖積層全体の層厚は7.10~7.50mである。

Ac層は粘性の強いシルトを主体とし、部分的に砂分を混入する。No.1地点下部ではφ2~6mm位の礫が点在する。含水量は多い。No.1地点のGL-3m、No.2地点のGL-4mでは腐植物を多く混入する。層厚は5.20~7.10m。色調は黒灰~暗灰を呈する。N値は0~4、平均0.8である。N値は1以下が多く、コンシステンシーは「非常に軟らかい~中位の」に相当する。



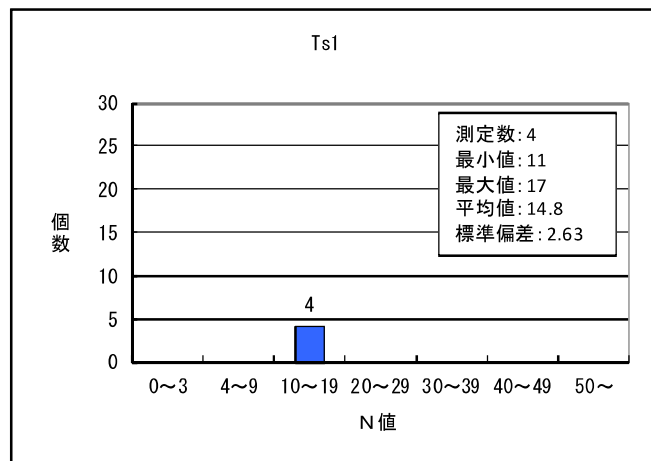
As層は細砂を主体とし、全体にシルト分を多く混入する。細礫点在する。含水量は多い。層厚は2.30m。色調は灰を呈する。N値は1~2、平均1.5である。相対密度は「非常に緩い」に相当する。



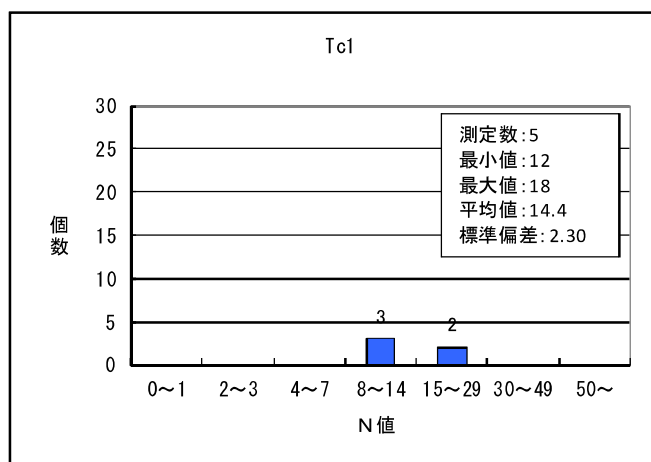
### 矢田川累層 (T)

矢田川累層は砂質土層 (Ts) と粘性土層 (Tc) の互層で構成され、各々3層確認した。

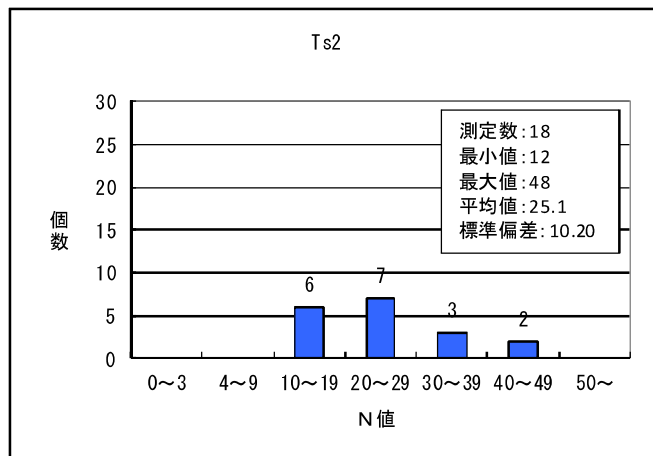
Ts1 層は細～中砂を主体とする。部分的に  $\phi 2\sim 6\text{mm}$  位の亜円～亜角礫を混入し、砂の粒径も粗くなる。含水量は少ない。No. 1 地点の上部は粘土分を混入する。層厚は 0.95～3.00m。色調は淡黄灰～淡褐灰～淡灰を呈する。N値は 11～17、平均 14.8 である。相対密度は「中位の」に相当する。



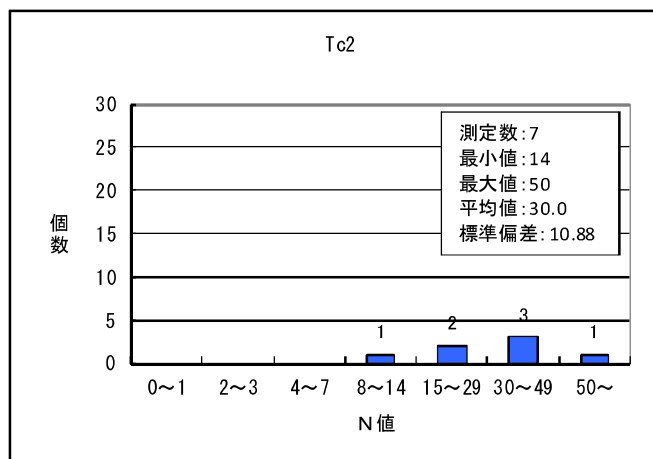
Tc1 層は粘性中位～弱い粘土を主体とする。下半部は砂質帯びる。炭化物を混入する。含水量は少ない。層厚は 1.55～3.00m。色調は白灰～淡黄灰～褐を呈する。N値は 12～18、平均 14.4 である。コンシステンシーは「硬い～非常に硬い」に相当する。



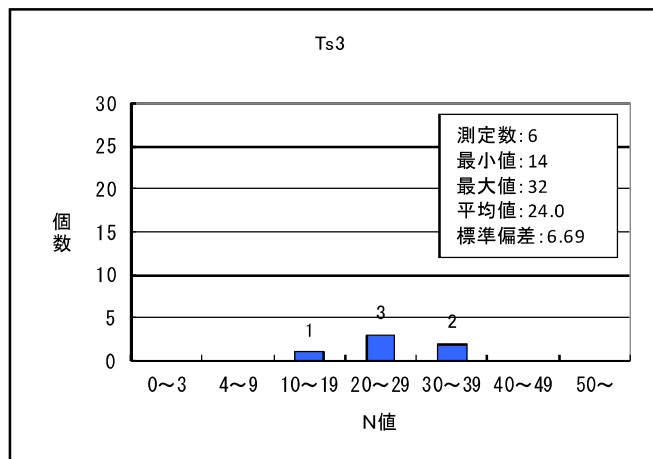
Ts2層は粒径均一な細砂と中砂を主体とする。細砂部では部分的に粘土分を混入する。中砂部では粗砂やφ2～5mm位の亜角礫を混入する。含水量は少～中位。No.1地点のGL-21m付近は含水量多い。層厚は7.20～11.60m。色調は淡褐灰～淡黄灰～淡灰を呈する。N値は12～48、平均25.1である。N値は中砂部で大きくなる傾向があり、相対密度は「中位の～密な」に相当する。



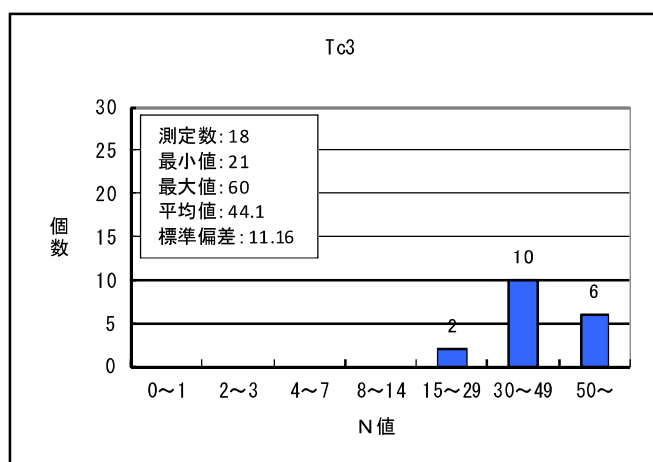
Tc2層は粘性の弱い粘土・シルトを主体とする。部分的に砂質帯びる。No.2地点では部分的に固結状を呈している。炭化物を混入する。含水量は少ない。層厚は0.80～5.40mで、No.1地点に向かい薄くなる。色調は淡褐灰～褐～淡青灰～淡緑灰を呈する。N値は14～50、平均30.0である。コンシステンシーは「硬い～固結した」に相当する。



Ts3層は粒径均一な細～中砂を主体とする。No. 1 地点の上部と No. 2 地点では細粒分を混入する。No. 1 地点の下部はφ2～6mm位の亜角礫を混入し、砂の粒径も粗くなる。含水量は少～中位。層厚は1.10～5.00mで、No. 2 地点に向かい薄くなる。色調は淡黄灰～淡灰を呈する。N値は14～32、平均24.0である。相対密度は「中位の～密な」に相当する。



Tc3層は固結状のシルトを主体とする。部分的に砂分を多く混入する所がある。炭化物を混入する。含水量は少ない。層厚は7～8m程度確認した。色調は淡緑灰～淡青灰～淡灰を呈する。N値は21～60以上、平均44.1である。コンシステンシーは「非常に硬い～固結した」に相当する。



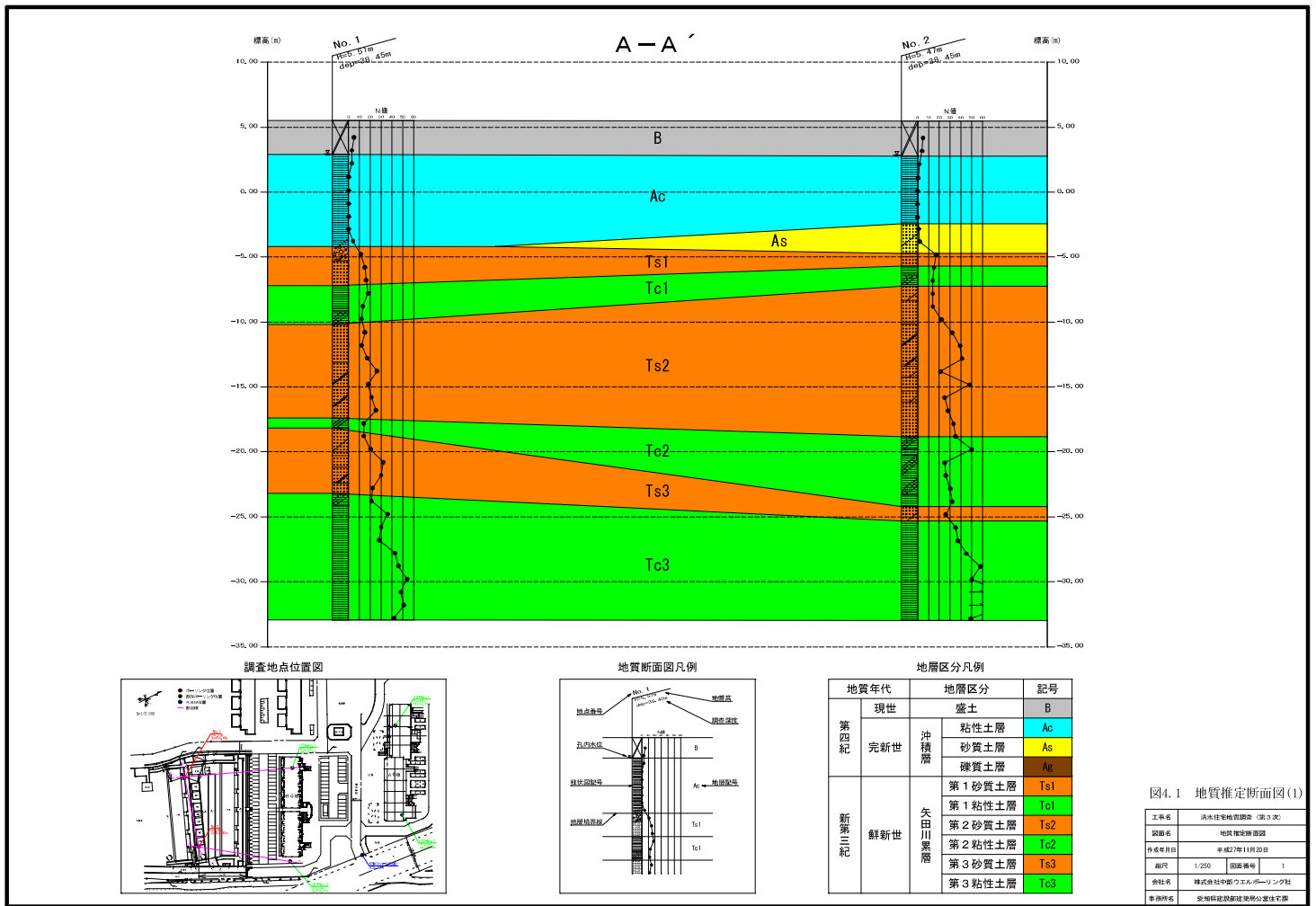


図4.1 地質推定断面図(1)

工事名	河津住宅地開発調査(第3期)		
図面名	地質推定断面図		
作成年月日	平成27年11月20日		
縮尺	1/250	図面番号	1
会社名	株式会社中野つエル・リンク社		
事務所名	茨城県建設技術センター		

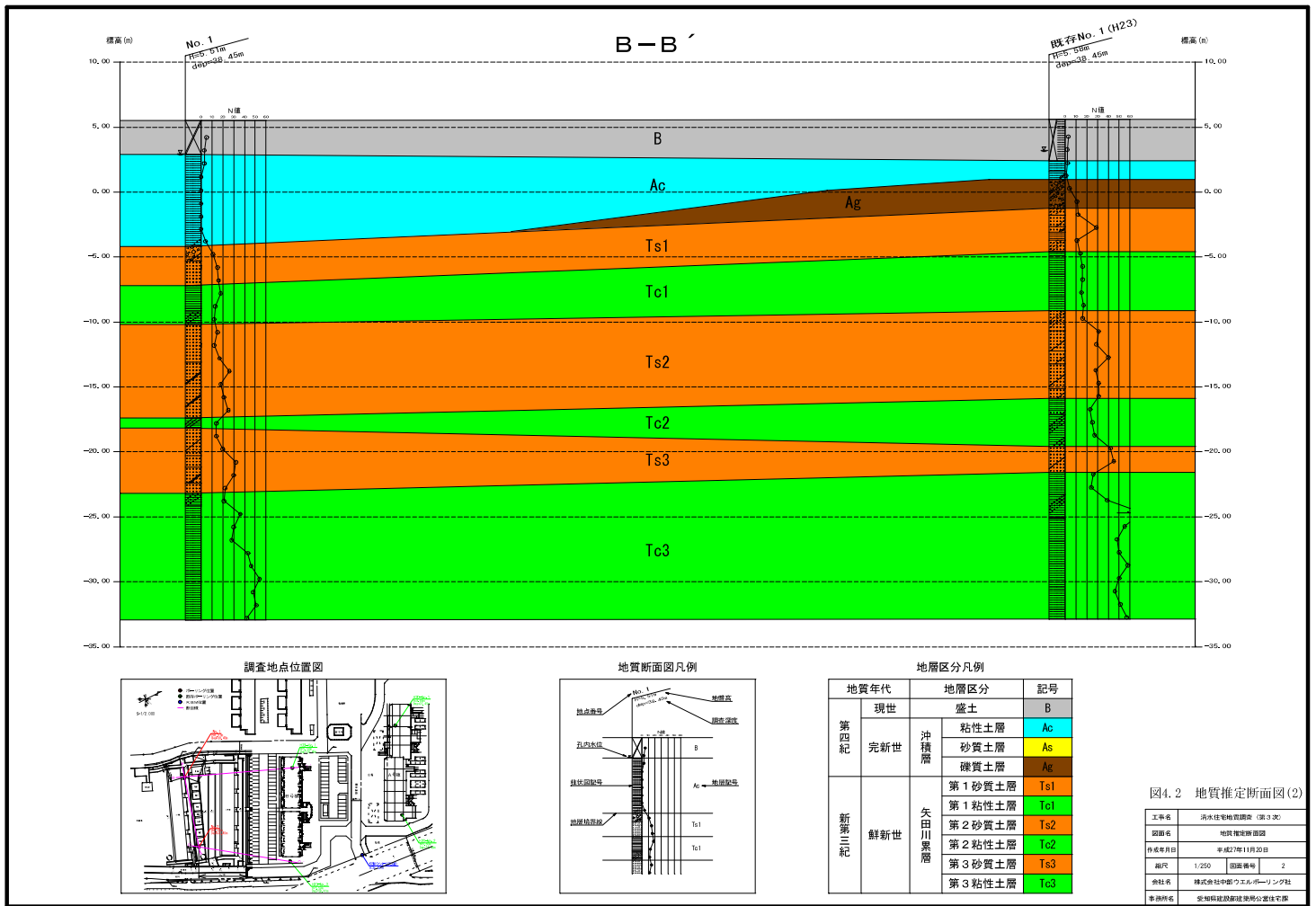


図4.2 地質推定断面図(2)

工事名	河津住宅地開発調査(第3次)		
図面名	地質推定断面図		
作成年月日	平成27年11月20日		
縮尺	1/250	図面番号	2
会社名	株式会社中野つエル・ホールディングス		
事務所名	茨城県建設部建設課分室住宅課		

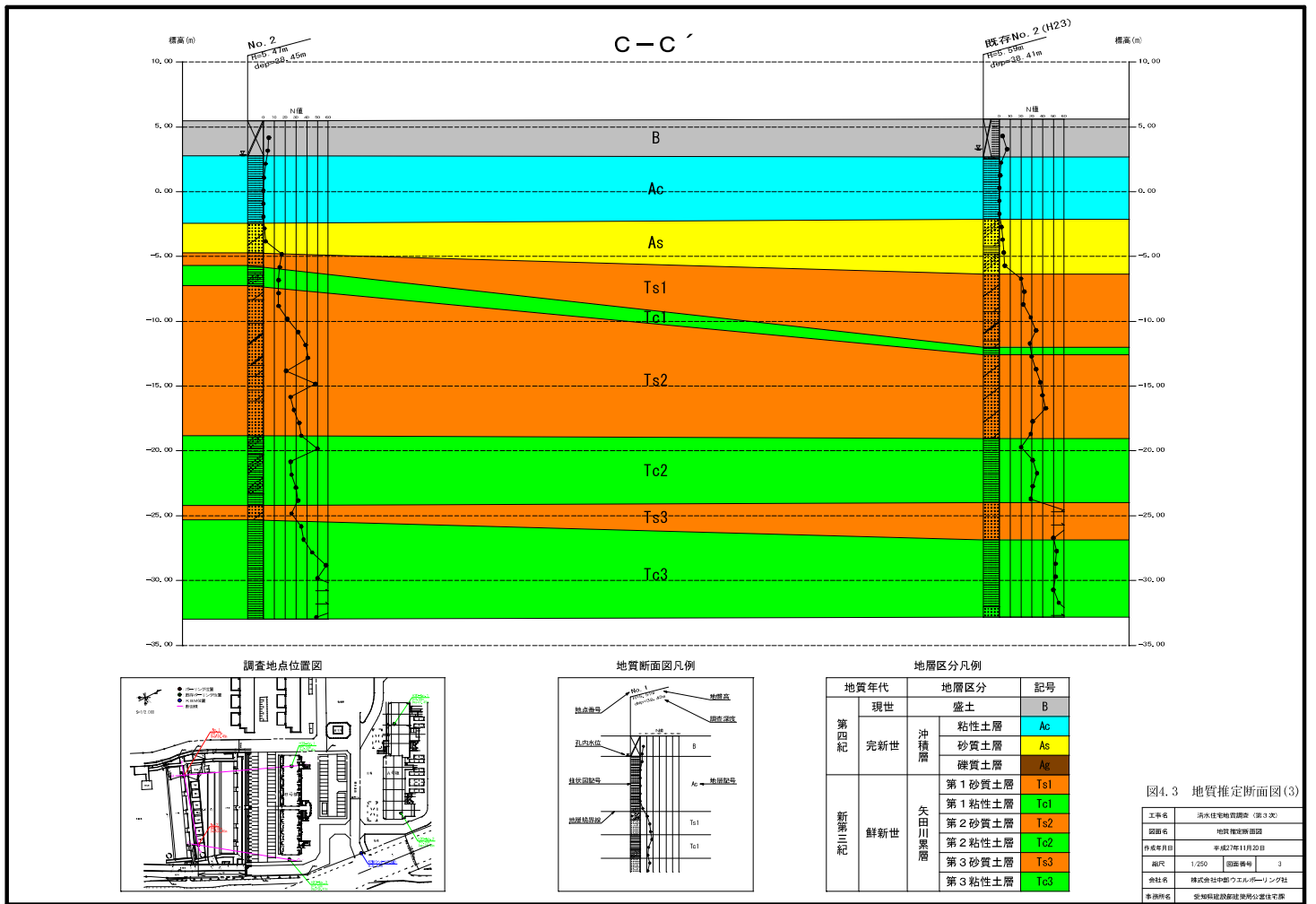


図4.3 地質推定断面図(3)

工事名	河津住宅地質調査(第3次)		
調査名	地質推定断面図		
作成年月日	平成27年11月20日		
縮尺	1/250	図面番号	3
会社名	株式会社中野つエル・リンク社		
事務所名	茨城県建設新築発祥公署住宅課		



## 4.2 孔内水位

表 4.4 にボーリング調査時の孔内水位を示す。これらの水位は無水掘りで確認した自然水位であり、気象条件や季節により変動するものと考えられる。

表 4.4 孔内水位

調査 地点	孔内水位		地層 区分	測定日	測定条件
	GL-(m)	TP(m)			
No.1	2.55	2.96	B	11月9日	無水掘り
No.2	2.60	2.87	B	11月13日	無水掘り

### 4.3 孔内水平載荷試験結果

孔内水平載荷試験は、No.2 地点の沖積粘性土層 (Ac) で実施した。

試験結果は表 4.5 にまとめた。また、詳細な試験データは巻末に付した。

表 4.5 孔内水平載荷試験結果一覧表

調査地点	試験深度 GL-(m)	地層区分	N 値	地盤係数 Km (kN/m <sup>3</sup> )	変形係数 E (kN/m <sup>2</sup> )
No. 2	5.50	Ac	0	12,940	570

一般に、孔内水平載荷試験より得られた変形係数 E と標準貫入試験の N 値との関係は、土質の種類に関わらず下式が近似的に成立していると言われている。両者を比較した例は多く、図 4.2 はその一例である。

$$E = 700N \quad (\text{kN/m}^2)$$

(出典：地盤調査の方法と解説 (社)地盤工学会)

本試験の変形係数 E と N 値の関係は、N 値を 0.5 とした場合、 $E = 1140N$  となり、相関式の約 1.6 倍とやや大きい値を示した。今回の試験値は図 4.4 の赤丸で示した付近であり、既存実測値のばらつきの範囲内にあることから、妥当な結果であると判断する。

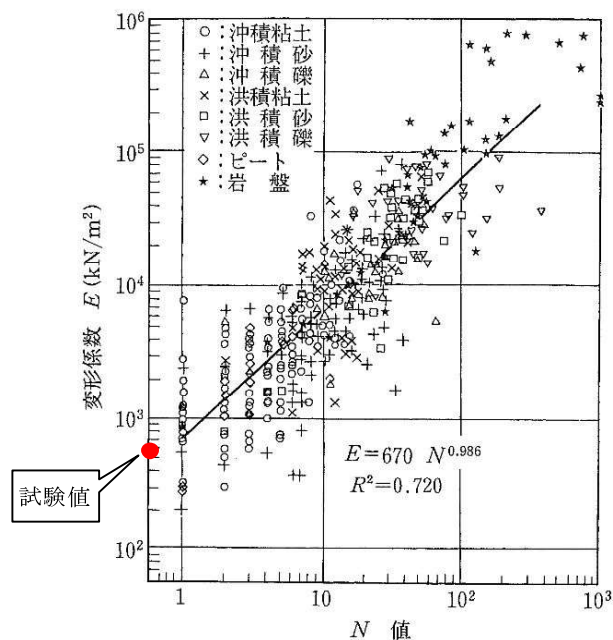


図 4.4 孔内水平載荷試験より得られた変形係数と N 値との関係

(出典：地盤調査の方法と解説 (社)地盤工学会)

#### 4.4 室内土質試験結果

室内土質試験は、液状化判定に必要となる細粒分を把握するため、GL-20m 以浅に分布する沖積層の砂質土層 (As) と矢田川累層の砂質土層 (Ts) を対象として、土の細粒分含有率試験を実施した。

試験結果は表 4.6 にまとめた。また、詳細な試験データは巻末に付した。

表 4.6 室内土質試験結果一覧表

調査地点			No. 2			
試料番号			2P-8	2P-13	2P-14	2P-16
採取深度	上端深度	m	8.15	13.15	14.15	16.15
	下端深度	m	8.45	13.45	14.45	16.45
地層区分			As	Ts2	Ts2	Ts2
細粒分含有率 (Fc)		%	29.0	19.0	28.0	13.0

## 5. 考察

### 5.1 地盤定数の提案

調査結果を基に、基礎設計に用いる地盤定数を求め、表 5.1～表 5.2 に示すように提案する。

以下に、各地盤定数の設定方法を示す。

表 5.1 地盤定数一覧表 (No.1 地点)

地層区分		下限深度 GL-(m)	設計 N 値	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 (°)	変形係数 (kN/m <sup>2</sup> )
盛土	Bs	2.60	4	19	0	24	2,800
沖積層	Ac	8.70	0.5	14	3	0	350
		9.70	4	16	24	0	2,800
矢田川累層	Ts1	12.70	14	18	0	32	9,800
	Tc1	15.70	14	17	84	0	9,800
	Ts2	22.90	19	18	0	34	13,300
	Tc2	23.70	14	17	84	0	9,800
	Ts3	28.70	24	18	0	37	16,800
	Tc3	38.45	40	18	240	0	28,000

\*1) Ac 層は下部でN値が大きいため、2つに区分した。

表 5.2 地盤定数一覧表 (No.2 地点)

地層区分		下限深度 GL-(m)	設計 N 値	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 (°)	変形係数 (kN/m <sup>2</sup> )
盛土	Bc	2.70	4	18	24	0	2,800
沖積層	Ac	7.90	0.5	14	3	0	570
	As	10.20	1	17	0	19	700
矢田川累層	Ts1	11.15	17	18	0	33	11,900
	Tc1	12.70	14	17	84	0	9,800
	Ts2	24.30	29	18	0	39	20,300
	Tc2	29.70	33	18	198	0	23,100
	Ts3	30.80	26	18	0	38	18,200
	Tc3	38.45	49	18	294	0	34,300

\*1) 赤字は孔内水平載荷試験結果による。

【地盤定数の設定方法】

(1) 設計N値

設計N値は標準貫入試験の平均値とする。N値が60を超える場合は60として計算した。

(2) 単位体積重量  $\gamma_t$  (kN/m<sup>3</sup>)

単位体積重量は土質と土の硬軟から表5.3を参考にして表5.4に示すように設定する。

表 5.3 土の単位重量(kN/m<sup>3</sup>)

地 盤	土 質	ゆるいもの	密なもの
自然 地盤	砂及び砂れき	18	20
	砂 質 土	17	19
	粘 性 土	14	18
盛土	砂及び砂れき	20	
	砂 質 土	19	
	粘 性 土	18	

- (注) (1) 地下水位以下にある土の単位重量は、それぞれの表中の値から9を差し引いた値としてよい。  
 (2) 砕石は砂利と同じ値とする。また、ずり、岩塊等の場合は種類、形状、大きさ及び間隙等を考慮して定める必要がある。  
 (3) 砂利まじり砂質土、あるいは砂利まじり粘性土にあっては、混合割合及び状態に応じて適当な値を定める。  
 (4) 地下水位は施工後における平均値を考える。

(出典：道路橋示方書・同解説 I 共通編 (社)日本道路協会 平成24年3月)

表 5.4 本調査における自然地盤の土の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)

砂及び砂礫・砂質土				粘性土			表 5.3 に よる分類
相対密度	N 値	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )		コンシス テンシー	N 値	単位体積 重量 (kN/m <sup>3</sup> )	
		砂・砂礫	砂質土				
非常に緩い	0~4	18	17	非常に軟らかい	0~2	14	ゆるいもの
緩い	4~10			軟らかい	2~4	15	
中位の	10~30	19	18	中位の	4~8	16	中位*
密な	30~50	20	19	硬い	8~15	17	密なもの
非常に密な	50以上			非常に硬い	15~30	18	
				固結した	30以上		

\* 「ゆるいもの」と「密なもの」の中間的なものは「中位」とした。

(3) 粘着力  $c$  ( $\text{kN/m}^2$ )

粘着力は設計N値から下式を用いて設定する。

$$c = q_u / 2 \text{ (kN/m}^2\text{) および } q_u = 12.5 \text{ N (kN/m}^2\text{) より}$$

(出典：地盤調査の方法と解説 (社)地盤工学会 平成16年6月)

$$c = 6 \text{ N (kN/m}^2\text{)}$$

なお、一般的な考えに従い、礫質土と砂質土については  $c=0$  とする。

(4) 内部摩擦角  $\phi$  ( $^\circ$ )

内部摩擦角は設計N値から下式を用いて設定する。

$$\phi = \sqrt{20N} + 15 \text{ (}^\circ\text{)}$$

(出典：建築基礎構造設計指針 (社)日本建築学会 平成13年10月)

なお、一般的な考えに従い、粘性土については  $\phi=0$  とする。

(5) 変形係数  $E$  ( $\text{kN/m}^2$ )

変形係数は孔内水平載荷試験を実施している土層についてはその値を採用し、実施していない土層については設計N値から下式を用いて設定する。

$$E = 700 \text{ N (kN/m}^2\text{)}$$

(出典：地盤調査の方法と解説 (社)地盤工学会 平成16年6月)

## 5.2 液状化の判定

地下水位面以深にある飽和砂質土層および軟弱な飽和中間土層については、地震時における液状化発生の可能性およびその程度を判定し、基礎構造の設計の際に、その結果を考慮する必要がある。

「建築基礎構造設計指針（社）日本建築学会 平成 13 年 10 月」では、液状化判定の対象とすべき土層について以下のように記述している。

液状化の判定を行う必要がある飽和土層は、一般に地表面から 20m 程度以浅の沖積層で、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、埋立地盤など人工造成地盤では、細粒分含有率が 35% 以上の低塑性シルト、液性限界に近い含水比を持ったシルトなどが液状化した事例も報告されているので、粘土分(0.005 mm 以下の粒径を持つ土粒子)含有率が 10% 以下、または塑性指数が 15% 以下の埋立あるいは盛土地盤については液状化の検討を行う。細粒土を含む礫や透水性の低い土層に囲まれた礫は液状化の可能性が否定できないので、そのような場合にも液状化の検討を行う。

ここでは、GL-20m 以浅に分布する沖積層の砂質土層(As)と矢田川累層の砂質土層(Ts)を対象に、「建築基礎構造設計指針」に基づき液状化の判定を行うこととする。

判定ソフトは「液状化判定プログラム CKC-Liq Ver5.5 中央開発(株)」を使用した。

(1) 液状化判定条件

- ・ 単位体積重量は表 5.1 及び表 5.2 に示す値とした。
- ・ 地下水位はボーリング調査時に無水掘りで確認した水位とした。
- ・ 細粒分含有率は土質試験を実施した土層についてはその値を用い、土質試験を実施していない土層については土質試験結果及び表 5.5 に示す概略値を参考とした。
- ・ マグニチュードは 7.5 とした。
- ・ 設計用水平加速度は 200gal 及び 350gal とした。

表 5.5 土質分類と単位重量、平均粒径、細粒分含有率の概略値

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

(出典：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 (社)日本道路協会 平成 14 年 3 月)



## (2) 液状化判定方法

### 〔液状化安全率 $F_L$ による判定方法〕

液状化判定は図 4.5.1～4.5.4 を用い、以下の手順により行ってよい。

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

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_z} = r_n \frac{\alpha_{\max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} r_d \quad (4.5.1)$$

ここに、 $\tau_d$  は水平面に生じる等価な一定繰返しせん断応力振幅 ( $\text{kPa}$ )、 $\sigma'_z$  は検討深さにおける有効土被り圧 (鉛直有効応力) ( $\text{kPa}$ )、 $r_n$  は等価の繰返し回数に関する補正係数で  $0.1(M-1)$ 、 $M$  はマグニチュード、 $\alpha_{\max}$  は地表面における設計用水平加速度 ( $\text{cm/s}^2$ )、 $g$  は重力加速度 ( $980\text{cm/s}^2$ )、 $\sigma_z$  は検討深さにおける全土被り圧 (鉛直全応力) ( $\text{kPa}$ )、 $r_d$  は地盤が剛体でないことによる低減係数で次式で与えられる。

$$r_d = 1 - 0.015z \quad (4.5.2)$$

ここに、 $z$  はメートル単位で表した地表面からの検討深さである。

(b) 対応する深度の補正  $N$  値 ( $N_a$ ) を、次式から求める。

$$N_I = C_N \cdot N \quad (4.5.3)$$

$$C_N = \sqrt{98/\sigma'_z} \quad (4.5.4)$$

$$N_a = N_I + \Delta N_f \quad (4.5.5)$$

ここに、 $N_I$  は換算  $N$  値、 $C_N$  は拘束圧に関する換算係数、 $\Delta N_f$  は細粒土含有率  $FC$  に応じた補正  $N$  値増分で、図 4.5.2 による。 $N$  はトンビ法または自動落下法による実測  $N$  値とする。

(c) 図 4.5.1 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  $R = \tau_1/\sigma'_z$  を求める。ここに、 $\tau_1$  は、水平面における液状化抵抗である。

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

$$F_L = \frac{\tau_1/\sigma'_z}{\tau_d/\sigma'_z} \quad (4.5.6)$$

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

上記手順中、繰返しせん断応力比 ( $\tau_d/\sigma'_z$ ) の算定における地表面水平加速度値は、本来、地盤応答の結果であり、地盤特性に大きく影響を受ける。しかし、以下では、損傷限界検討用として  $150\sim 200\text{cm/s}^2$ 、終局限界検討用として  $350\text{cm/s}^2$  程度と推奨する。 $350\text{cm/s}^2$  は、1995 年兵庫県南部地震などの際、液状化した地盤上で観測された最大値にほぼ対応している。より適切にせん断応力を求めたい場合、工学的基盤に対する入力地震動を最大速度やスペクトルで定義し、(1) 応答解析

を行ってせん断応力の深度分布を求める、(2) 地表加速度を推定した後、上記 (a) の方法によりせん断応力を求めるなどの方法をとることができる。なお、(4.5.1) 式の  $r_d$  の精度は、深度が深くなるほど悪くなる。このような事態が予想される場合も、応答解析を用いることが推奨される。これらの解析は等価線形解析でも許されるものと考えられる。この場合、求められた最大せん断応力比に (4.5.1) 式の  $r_n$  を乗じて  $(\tau_d/\sigma'_z)$  とし、以下指針の手順にしたがうことができる。また、計算された地震波形の有効繰返し回数と地盤密度を考慮して図 4.5.3 から  $r_n$  を決定することも可能である。

$N$  値が大きくなりやすい礫質土に対しては、その平均粒径  $D_{50}$  により図 4.5.4 のような  $N$  値補正係数  $C_{sb}$  を暫定的に用いることができる。しかし、その信頼性に鑑み、大型貫入試験による推定法、 $S$  波速度を用いた推定法などにより総合的に検討することが望まれる。また、細粒土含有率が比較的高く、 $N$  値の信頼性が低いと考えられる土に対しては  $N$  値を用いた推定法に頼らず、例えばコーン貫入試験を用いた推定法または不かく乱試料に対する室内試験法を用いて液状化抵抗を求めることが望ましい。

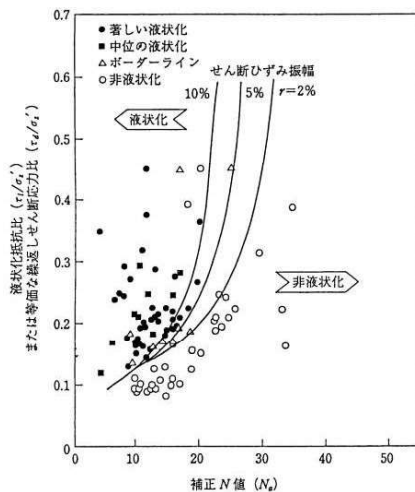


図 4.5.1 補正  $N$  値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係<sup>(4.5.3)</sup>

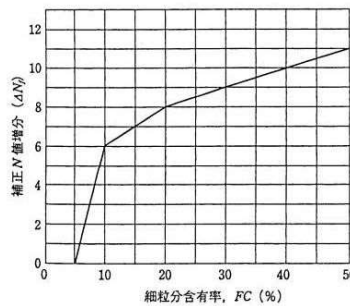


図 4.5.2 細粒分含有率と  $N$  値の補正係数<sup>(4.5.3)</sup>

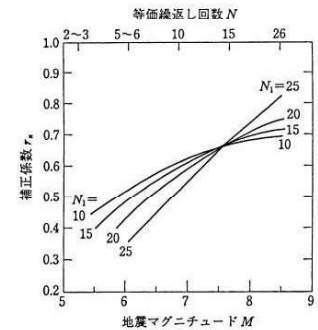


図 4.5.3 補正  $N$  値、マグニチュード、繰返し回数と補正係数の関係<sup>(4.5.3)</sup>

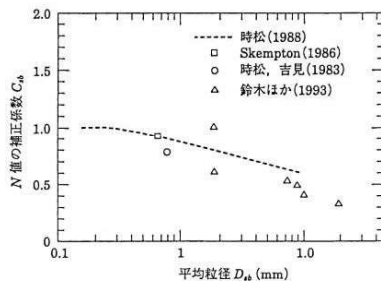


図 4.5.4 砂礫地盤の  $N$  値補正係数<sup>(4.5.3)</sup>

『建築基礎構造設計指針 4.5 節 地盤の液状化』より抜粋

### 〔液状化指数 $P_L$ による判定方法〕

建築基礎構造設計指針などに示される液状化発生に対する安全率  $F_L$  による判定方法は、いわゆる  $F_L$  法と呼ばれるもので、計算実施深度毎に  $F_L$  が求められ、液状化発生の可能性のある部分の深度分布状況が明らかになる。ただし、 $F_L$  である深さにおける液状化発生の可能性は判定出来るが、地盤内に液状化部分が存在しても、その深さ、液状化層厚、不透水層の有無とその位置関係等の条件により液状化現象が地上構造物に与える影響は異なる。

これに対し「建設省土木研究所, 土木研究所資料第 1729 号, 地震時における砂質地盤の液状化判定方法と耐震設計への適用に関する研究 (昭和 56 年 9 月)」に示される液状化指数  $P_L$  による液状化の判定方法は、液状化の影響を総合的に評価して地盤の液状化危険度を判定するものである。その方法は浅い部分の液状化が被害程度に大きな影響を与えるものとして、以下の式に示すように土層毎に求めた  $F_L$  に重み関数  $w(z)$  を乗じ、これを深さ方向に積分して  $P_L$  を求め、この  $P_L$  値を基に表 5.6 に示す基準によって液状化発生危険度の高低を判定する。

$$P_L = \int_0^{20} F \cdot w(z) dz$$

$$F = \begin{cases} 1 - F_L & (F_L < 1.0) \\ 0 & (F_L \geq 1.0) \end{cases}$$

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

ここに、

$P_L$  : 液状化指数

$F_L$  : 深度  $z$  (m) における液状化に対する抵抗率

$w(z)$  : 深度方向の重み係数

$z$  : 深度 (m)

表 5.6  $P_L$  による液状化の判定

$P_L$ 値	液状化の判定
$P_L = 0$	液状化危険度はかなり低い。液状化に関する詳細な調査は一般に不要。
$0 < P_L \leq 5$	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。
$5 < P_L \leq 15$	液状化危険度が高い。重要な構造物に対して、より詳細な調査が必要。液状化対策が一般に必要。
$15 < P_L$	液状化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。

(出典:地震時における砂質地盤の液状化判定方法と耐震設計への適用に関する研究  
建設省土木研究所 昭和 56 年 9 月)

### (3) 液状化判定結果

液状化の判定結果を表 5.7～表 5.8 に、詳細な計算結果は巻末の「液状化判定結果図」に示した。

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

#### ○水平加速度 200gal の場合

No. 1 地点の GL-10m(Ts1)、No. 2 地点の GL-8m、GL-9m(As) で  $F_L$  が 1 以下を示し、液状化の可能性があると判定されたが、 $P_L$  による判定では 0.23～4.32 と  $PL \leq 5$  を示し、液状化危険度は「低い」と判定された。

#### ○水平加速度 350gal の場合

No. 1 地点の GL-10m、GL-11m(Ts1)、GL-16m、GL-17m、GL-18m(Ts2)、No. 2 地点の GL-8m、GL-9m(As)、GL-13m、GL-14m(Ts2) で  $F_L$  が 1 以下を示し、液状化の可能性があると判定された。 $P_L$  による判定では 3.54～9.78 を示し、液状化危険度は No. 1 地点で「低い」、No. 2 地点で「高い」と判定された。

表 5.7 液状化判定結果 (No.1 地点)

計算深度 (m)	地層	N値	200gal		350gal	
			F <sub>L</sub>	低減係数	F <sub>L</sub>	低減係数
1.30	B	5	—	—	—	—
2.30		3	—	—	—	—
3.30	Ac	3	—	—	—	—
4.35		0	—	—	—	—
5.40		0	—	—	—	—
6.40		0	—	—	—	—
7.40		0	—	—	—	—
8.35		0	—	—	—	—
9.30		4	—	—	—	—
10.30	Ts1	11	0.957	0.68	0.547	0.68
11.30		15	1.737	1.00	0.992	1.00
12.30		16	1.835	1.00	1.048	1.00
13.30	Tc1	18	—	—	—	—
14.30		13	—	—	—	—
15.30		12	—	—	—	—
16.30	Ts2	15	1.345	1.00	0.769	1.00
17.30		12	1.057	1.00	0.604	0.74
18.30		17	1.533	1.00	0.876	1.00
19.30		26	2.971	1.00	1.698	1.00
			P <sub>L</sub> =0.23		P <sub>L</sub> =3.54	

— : 非液状化層のため対象外

表 5.8 液状化判定結果 (No.2 地点)

計算深度 (m)	地層	N値	200gal		350gal	
			F <sub>L</sub>	低減係数	F <sub>L</sub>	低減係数
1.30	B	5	—	—	—	—
2.30		4	—	—	—	—
3.31	Ac	2	—	—	—	—
4.40		1	—	—	—	—
5.40		0	—	—	—	—
6.40		0	—	—	—	—
7.40		0	—	—	—	—
8.30	As	1	0.645	0.09	0.369	0.09
9.30		2	0.672	0.11	0.384	0.11
10.30	Ts1	17	2.657	1.00	1.519	
11.30	Tc1	15	—	—	—	—
12.30		14	—	—	—	—
13.30	Ts2	14	1.218	1.00	0.696	1.00
14.30		14	1.303	1.00	0.744	1.00
15.30		22	3.405	1.00	1.946	1.00
16.30		32	9.565	1.00	5.466	1.00
17.30		39	23.37	1.00	13.35	1.00
18.30		41	26.76	1.00	15.29	1.00
19.30		21	1.941	1.00	1.109	1.00
			P <sub>L</sub> =4.32		P <sub>L</sub> =9.78	

— : 非液状化層のため対象外

### 5.3 支持地盤及び基礎形式

#### (1) 支持地盤

支持層の選定にあたっては、標準貫入試験のN値等から判断して、上部構造物に有害な沈下や傾斜・滑動を起こさない良く締まった層を選ぶ必要がある。

支持層については、「建築基礎構造設計指針」では具体的な条件は記載されていないが、「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編 (社)日本道路協会 平成24年3月」では以下の事項を目安にしてよいと記載されている。

- 1) 粘性土層は砂質土層に比べて大きな支持力が期待できず、沈下量も大きい場合が多いため支持層とする際には十分な検討が必要であるが、N値が20程度以上（一軸圧縮強度  $q_u$  が  $0.4\text{N/mm}^2$  程度以上）あれば良質な支持層と考えてよい。
- 2) 砂層、砂れき層はN値が30程度以上あれば良質な支持層と考えてよい。ただし、砂れき層ではれきをたたいてN値が過大に出る傾向があるので、支持層の決定には十分な注意が必要である。
- 3) 岩盤は材料としての強度が大きく、均質な岩盤を支持層とした場合には大きな支持力が期待できる。しかし、岩盤に不連続面が存在したり、スレーキング等の影響を受けやすい場合には、均質な岩盤に比べて十分な支持力が得られないことがある。したがって、岩盤を支持層とする場合には、これらの影響について事前に検討を行っておく必要がある。
- 4) N値から判断して良質な支持層と考えられる層でも、その層厚が薄くその下に相対的に弱い層又は圧密層がある場合には、支持層として適切かどうか支持力と沈下についてその影響を検討する必要がある。

調査地に分布する地層で上記支持層の条件に該当するのは、矢田川累層の第3粘性土層(Tc3)である。標高(T.P)-25~26m以深のTc3層はN値30~60以上を示し、層厚も7~8m程度確認しているため、計画構造物の支持地盤として妥当と考えられる。

表5.9に各ボーリング地点での支持地盤までの深度と確認層厚を示す。

表 5.9 支持層の上面深度と層厚

地点	地層区分	上面深度 (GL-m)	標高 T.P(m)	確認層厚 (m)
No. 1	Tc3	29.70	-24.19	8.75
No. 2	Tc3	30.80	-25.33	7.65

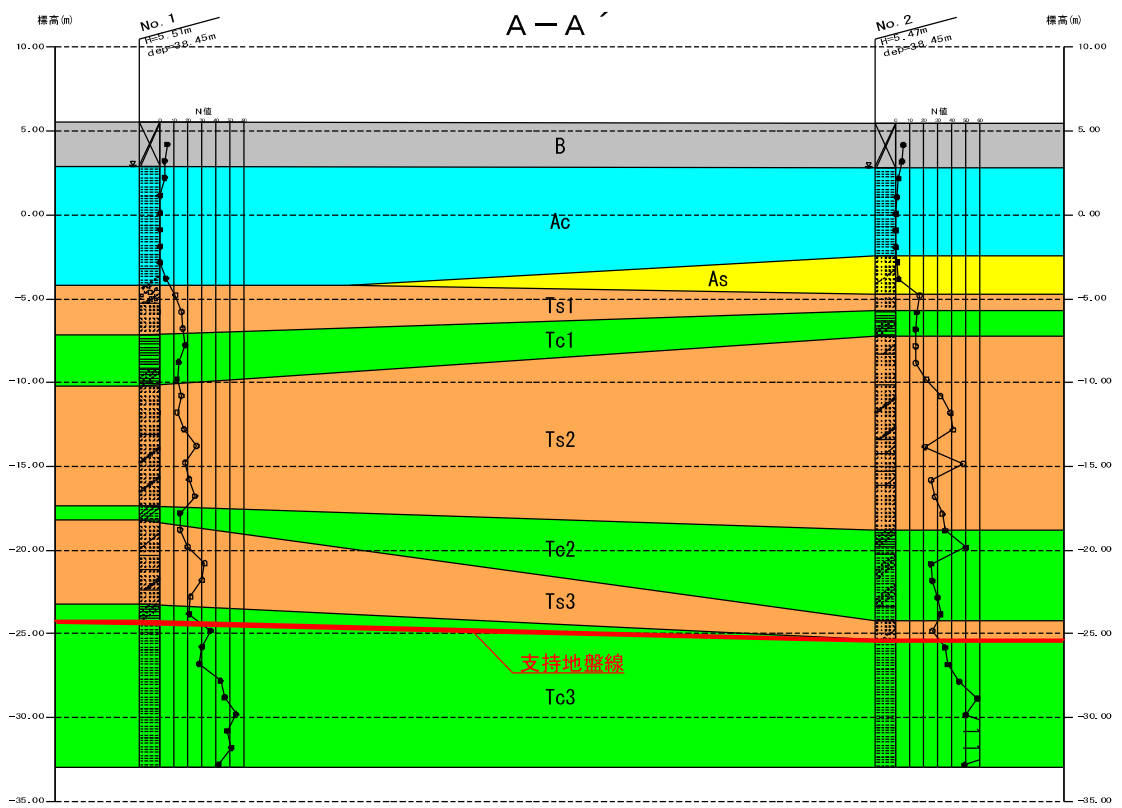


图 5.1 支持地盤断面图





## 5.4 設計・施工上の留意点

### (1) 地下水位について

調査地の地下水位は、GL-2.5m 付近に分布すると考えられる。よって、この深さまで掘削する場合は、地下水の排水対策が必要となる。

なお、地下水位は気象条件や季節により変動するため留意が必要である。

### (2) 液状化について

$F_L$ による判定結果では、水平加速度 200gal の場合、As 層と Ts1 層で液状化が発生する可能性があるとして判定された。水平加速度 350gal の場合は、As 層と Ts1 層及び Ts2 層上部で液状化が発生する可能性があるとして判定された。

$P_L$ による判定結果では、水平加速度 200gal の場合、2 地点とも液状化危険度は「低い」と判定されたが、水平加速度 350gal の場合は No.1 地点で「低い」、No.2 地点で「高い」と判定された。

ただし、調査地の地盤構成(上部に非液状化層である Ac 層が厚く分布すること、Ts1 層と Ts2 層は液状化した事例のない第三紀層であること)や図 5.2 による液状化の履歴(調査地では過去に液状化の履歴は見られない)などから、実際に液状化が発生する可能性は低いと考えられる。

### (3) 支持地盤及び基礎形式

支持地盤としては、矢田川累層の第 3 粘性土層(Tc3)が適している。Tc3 層はN値 30～60 以上を示し、層厚も 7～8m 程度確認しているため、計画構造物の支持地盤として妥当と考えられる。支持層の上面深度は GL-30～31m 付近で、東方向へ緩く傾斜している。

基礎形式は杭基礎が適している。杭の施工方法としては、建設予定地が団地内であることから、埋込み杭または場所打ち杭など、騒音や振動の小さい工法が適していると考えられる。なお、No.1 地点の Tc3 層上部ではN値 21 とやや固結度の低い部分が存在するため、施工時は掘削抵抗等により支持地盤の確認を実施されたい。



図 5.2 調査地周辺における液状化の履歴（出典：日本の地盤液状化履歴図 東京大学出版会）