

平成 27 年度

むつ総合病院人工透析センター

地質調査業務委託

報 告 書

平成 28 年 2 月

一部事務組合下北医療センター
有 限 会 社 三 陽 技 研

は し め に

今般，一部事務組合下北医療センターより承りました地質調査の結果を，本書をもって御報告致します。

本書についてのご質問，本書の提案に基づき設計・施工される場合の照会は，弊社担当職員が誠意をもって対応致しますので随時お申しつけ下さい。

この度のご依頼に対し厚くお礼申し上げますとともに種々ご配慮下さいました関係各位の皆様に深謝いたします。

今後とも変わらぬ御指導御鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

平成 28 年 2 月

有限会社 三 陽 技 研

代表取締役 渡辺 秀寿

「むつ総合病院人工透析センター地質調査業務委託」概要版

1.業務目的

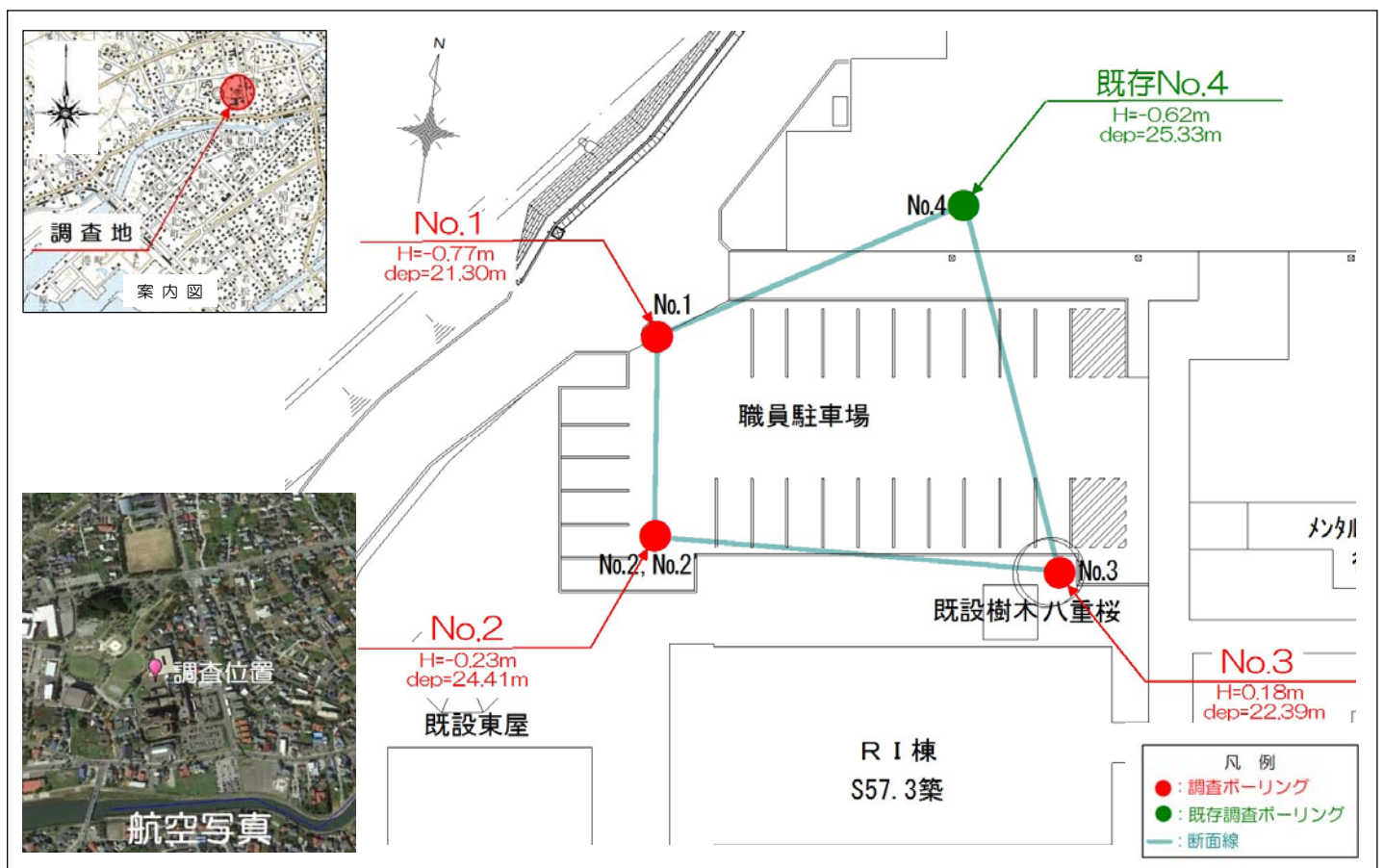
本業務は、むつ総合病院人工透析センターの建設工事に先立ち、建設予定地の地盤情報を把握し、設計・施工に必要な地盤資料(地層構成，地下水位，支持層，地盤工学的特性)を得ることを目的とする。

調査概略数量：①機械ボーリング:φ66mm 3孔(延67.0m) φ116mm 1孔(延14.7m)

②標準貫入試験:3孔(延67回) ③孔内水平載荷試験:1回

④トリプルサンプリング:1本 ⑤室内土質試験:1式

2.調査位置平面図 (S=1:non)



3.地形地質概要

調査地は、むつ総合病院の敷地内に位置する。調査地周辺の地形は、田名部台地 (Ⅲa) と呼称され、標高10～40mの比較的平坦な砂礫台地とこの台地を開析する谷底平野によって形成されており、これらの境界部付近に調査地が位置する。

調査地周辺の地質は、第四紀の沖積低地堆積物 (泥がち堆積物) と段丘堆積物 (火山灰・砂・粘土) で構成される。

4.調査のまとめ

4.1 地盤構成と堆積状況

- ① 調査地盤は、盛土{(砂質土Bs)・(粘性土Bc)}の下位より、沖積層2層(Ac・As)と洪積層4層(Ds1・Dc・Dgs・Ds2)の計8層で構成される。
- ② 堆積状況は、*N*値=2を示す盛土(砂質土)[Bs]が層厚0.90～1.50m、*N*値=3～5を示す盛土(粘性土)[Bc]が層厚1.10～2.00mで盛土されている。

表 4.1 調査地の地盤構成					
地質時代	層区分	記号	主な土質	層厚(m)	<i>N</i> 値(回)
第四紀	沖積	盛土(砂質土)	Bs	アスファルト 碎石 シルト混じり砂 シルト質砂	0.90～1.50
		盛土(粘性土)	Bc	火山灰質粘性土 砂混じりシルト コンクリート片	1.10～2.00
	世	粘性土層	Ac	埋木 砂混じりシルト	1.40
		砂質土層	As	細砂・粗砂 シルト混じり砂 シルト質砂	6.80～8.50
	洪積	第1砂質土層	Ds1	軽石混じり砂 軽石質砂	3.60～3.80
		粘性土層	Dc	砂混じりシルト シルト	1.70～1.85
		礫混じり砂質土層	Dgs	シルト混じり砂 礫混じり砂 砂礫	0.70～1.45
		第2砂質土層	Ds2	軽石質砂	4.85～8.01

赤字は計算*N*値を示す。

以深のGL-10m付近までは軟弱地盤で、*N*値=3を示す沖積粘性土層(Ac)がNo.1に層厚1.40mで堆積し、その下位に*N*値=2～45を示す沖積砂質土層(As)が層厚6.80～8.50mで厚く堆積する。

以深は*N*値=6～60<を示す洪積第1砂質土層(Ds1)が層厚3.60～3.80m、*N*値=8～15を示す洪積粘性土層(Dc)が層厚1.70～1.85m、*N*値=15～60<を示す洪積礫混じり砂質土層(Dgs)が層厚0.70～1.45mで各層ともに概ね水平に堆積する。

最深部は、*N*値=33～60<を示す洪積第2砂質土層(Ds2)が層厚4.80～8.01mで堆積する。

- ③ 孔内水位は、GL-2.80～3.20mの沖積砂質土層(As)内に位置し、降雨等の影響により変動する自由面地下水位と推察される。なお被圧や湧水は認められていない。

4.2 支持層

- ① GL-16.50～20.00m以深の洪積第2砂質土層(Ds2)は、*N*値60以上が5m程度連続することから、支持層として良好と判断される。また構造物の重要度にもよるが、洪積第1砂質土層(Ds1)を支持地盤とすることも考えられる。

4.3 調査地の懸念される問題点

- ① 沖積粘性土層(Ac)は、*N*値=3を示す軟らかい粘性土であることから、圧密沈下による不同沈下が懸念される。
- ② 盛土(砂質土)[Bs]と沖積砂質土層(As)と洪積第1砂質土層(Ds1)および洪積礫混じり砂質土層(Dgs)は液状化の可能性があると判断される。

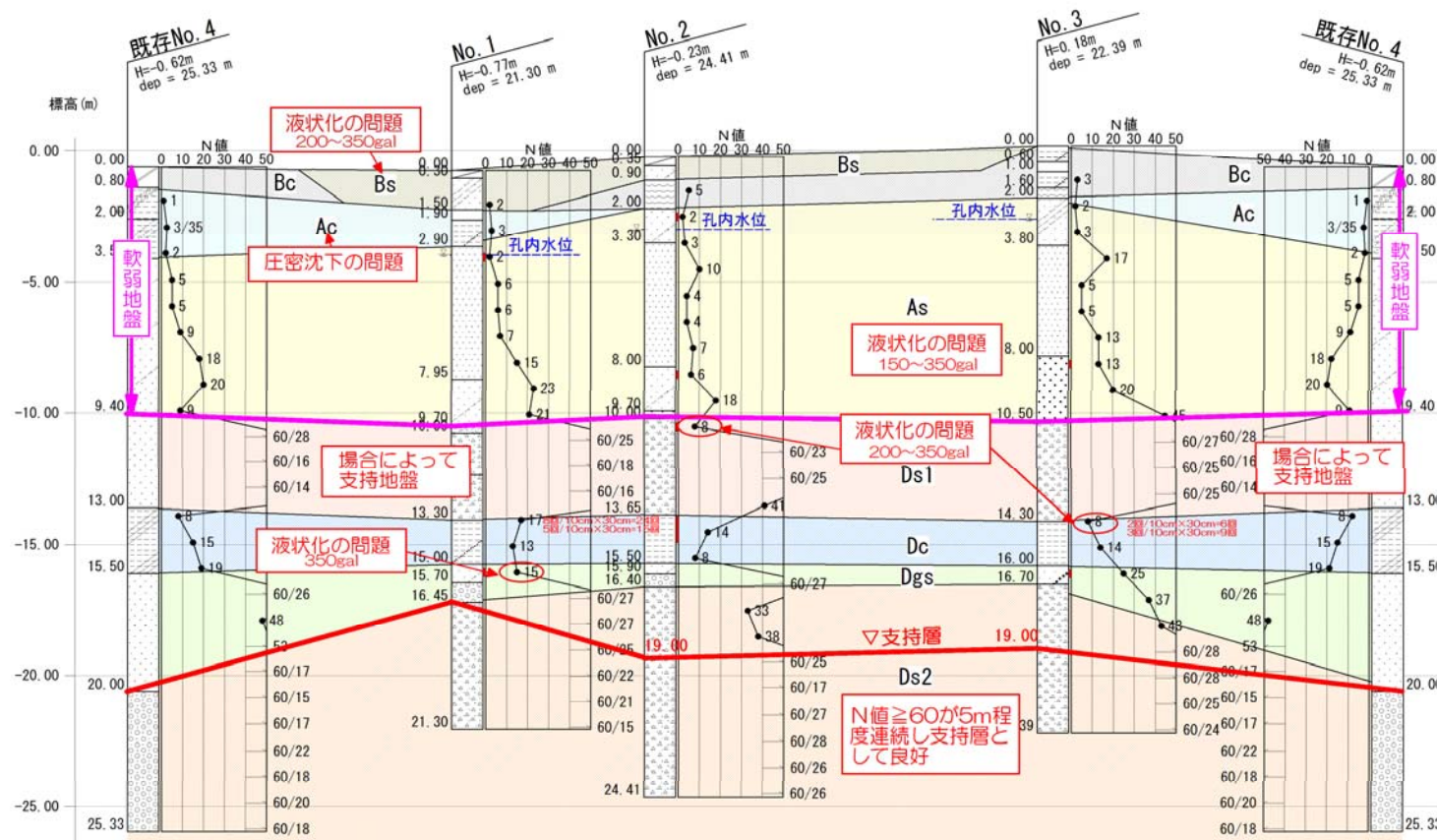


図4.1 推定地層断面図と問題点

4.4 基礎形式

直接基礎とする場合、盛土(砂質土)[Bs]・沖積砂質土層(As)の支持力不足と液状化、盛土(粘性土)[Bc]・沖積粘性土層(Ac)の支持力不足と圧密沈下による不同沈下が懸念され、柱状改良や杭基礎等の地盤補強対策が必要である。

- ① 柱状改良は、GL-9.40～10.50mまでを改良することが必要と考える。なお、2m程度の表層改良を併用するパイルド・ラフト基礎の検討も望まれる。
- ② 杭基礎は、GL-16.50～20.00m以深の洪積第2砂質土層(Ds2)を支持層とする杭基礎が提案される。また、構造物の重要度にもよるが洪積第1砂質土層(Ds1)を支持地盤とした杭基礎も提案され、以深の洪積粘性土層(Dc)についての2層地盤の検討も必要と考える。なお設計時には、液状化が発生する地盤であることを考慮し、地盤定数を低減する必要がある。

4.5 地下水対策

- ① 基礎底面が孔内水位以深となる場合は、仮設構造物や排水設備の検討が必要と考える。

最後に、基礎形式や仮設構造物は、安全性・施工性・経済性等を含め総合的な比較検討を行い決定することが望まれる。

以上

目 次

1.調査概要	1
1.1 調査目的	1
1.2 一般事項	1
1.3 調査位置案内図	2
1.4 調査数量	3
1.5 主な基準と図書	4
2.調査方法	5
2.1 業務フローチャート	5
2.2 調査地点の測定と標高	6
2.3 搬入・運搬	6
2.4 足場仮設	6
2.5 機械ボーリング	7
2.6 標準貫入試験	9
2.7 孔内水平載荷試験	11
2.8 乱れの少ない土試料採取	13
2.9 室内土質試験	15
3.地形・地質概要	18
3.1 地形概要	18
3.2 地質概要	20
4.調査結果	22
4.1 調査ボーリング結果	25
4.2 孔内水位(初期水位).....	31
4.3 孔内水平載荷試験結果	35
4.4 室内土質試験結果	38
5.地盤構成と工学的特性	45
6.地盤定数	54
6.1 算定式	54
6.2 地盤定数の提案	57
6.3 地盤定数の算定	58
7.液状化の概略検討	61
8.考 察	68
8.1 地盤状況	68
8.2 支持層	68
8.3 問題点	69
8.4 基礎形式の提案	69

< 巻末資料 >

ボ ー リ ン グ 柱 状 図
孔内水平載荷試験データシート
室内土質試験データシート
液 状 化 検 討 結 果
現 場 記 録 写 真
室内土質試験記録写真
打 合 せ 協 議 記 録 簿

1.調査概要

1.1 調査目的

本業務は、むつ総合病院人工透析センターの建設工事に先立ち、建設予定地の地盤情報を把握し、設計・施工に必要な地盤資料(地層構成、地下水位、支持層、地盤工学的特性)を得ることを目的とする。

1.2 一般事項

業 務 名：むつ総合病院人工透析センター地質調査業務委託

業 務 場 所：青森県むつ市小川一丁目 地内

履 行 期 限：自 平成27年12月 1日

至 平成28年 2月26日

発 注 者：一部事務組合下北医療センター

受 注 者：有限会社 三陽技研

青森市久須志四丁目19番33号

TEL 017(766)9912

FAX 017(782)0843

e-mail:info@sanyoweb.co.jp

主任技術者：木村 斉 (地質調査技士 第10778号)

1.3 調査位置案内図 S=1:50000



1.4 調査数量

表 1.1 調査数量

工種・細目				孔番	No.1	No.2		No.3	合 計	
					本孔	本孔	別孔	本孔		
足 場 仮 設		平 坦 地		箇所	1	1		1	3	
機 械 ボ リ ン グ 機 械 原 試 位 置 調 査 室 内 土 質 試 験	φ66 mm	粘 シ ル 土 ト	m	3.0	3.0			1.6	7.6	
		砂 質 土	m	17.3	20.5			20.0	57.8	
		礫 混 じ り 土 砂	m	0.7	0.5			0.4	1.6	
		合 計	m	21.0	24.0			22.0	67.0	
	φ 116 mm	粘 シ ル 土 ト	m				2.5		2.5	
		砂 質 土	m				12.2		12.2	
		合 計	m				14.7		14.7	
	標 試 準 貫 入 験 孔 内 水 平 載 荷 試 験 ト リ プ ル サ ン プ リ ン グ	粘 シ ル 土 ト	回	3	3			1	7	
			砂 質 土	回	17	20			21	58
			礫 混 じ り 土 砂	回	1	1				2
合 計			回	21	24			22	67	
孔 内 水 平 載 荷 試 験			回			1		1		
ト リ プ ル サ ン プ リ ン グ			本			1		1		
調 査 孔 閉 塞				孔	1	1	1	1	4	
室 内 土 質 試 験	物 理 試 験	土 粒 子 の 試 験	試料				1		1	
		土 密 度 試 験	試料				1		1	
		土 含 水 比 試 験	試料				1		1	
		土 粒 度 試 験 (1)	試料				1		1	
		土 湿 潤 密 度 試 験	試料				1		1	
		土 細 粒 分 含 有 率 試 験	試料	2	3			2	7	
	力 学 試 験	土 三 軸 圧 縮 試 験 (UU)	試料				1		1	
		土 の 圧 密 試 験	試料				1		1	

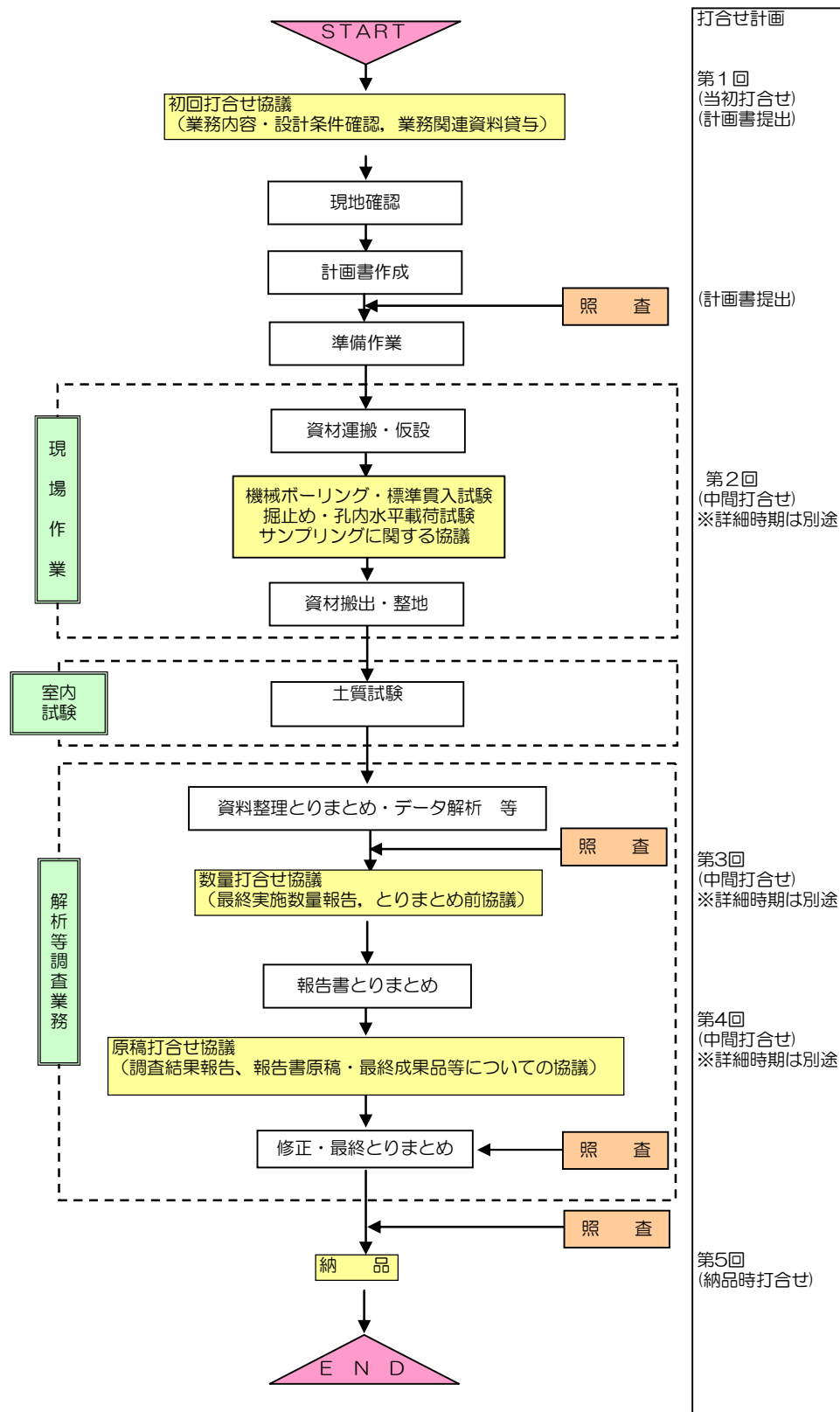
1.5 主な基準と図書

- ① むつ総合病院人工透析センター地質調査業務委託 特記仕様書
- ② 敷地調査共通仕様書
国土交通省 大臣官房 官庁営繕部 整備課(平成23年12月27日)
- ③ 共通仕様書(測量作業・地質・土質調査編)
青森県県土整備部制定(平成27年10月)
- ④ 地盤調査の方法と解説(平成24年版) (社)地盤工学会
- ⑤ 地盤材料試験の方法と解説 (社)地盤工学会
- ⑥ 新版ボーリングポケットブック(平成4年版)
(社)全国地質調査業協会連合会
- ⑦ ボーリング柱状図作成要領(案)解説書(平成11年版)
(財)日本建設情報総合センター
- ⑧ 土地分類基本調査 大湊(1971年版) 青森県
- ⑨ 建築設計のための地盤調査計画指針(2009年版) 日本建築学会
- ⑩ 道路橋示方書(平成24年版) (社)日本道路協会
- ⑪ 設計要領第二集(平成23年7月版)
東日本・中日本・西日本高速道路(株)
- ⑫ その他関連図書

2.調査方法

2.1 業務フローチャート

本調査は、下図の業務フローチャートに従い実施する。



2.2 調査地点の選定と標高

調査地点は、監督員と現地にて確認した位置とする。ボーリング孔口標高は、監督員の指示されたKBM(別館Ⅲ 階段基礎部)からとする。



写真2.1 KBM(近景)

2.3 搬入・運搬

機材の搬入・運搬は、調査地点が平坦地であることから、トラック運搬し調査地点に直接搬入する。

2.4 足場仮設

ボーリング地点の足場仮設は、平坦地で2.0m～2.5m四方程式のパイプ足場を組んでマシンを設置する。なお、足場仮設の概略を下図に示す。

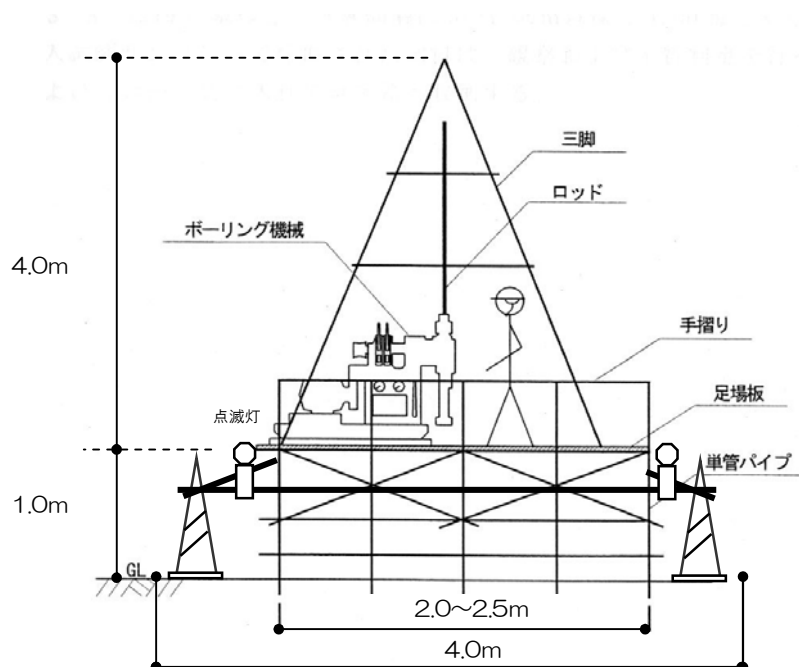


図2.2 足場仮設の概略図

2.5 機械ボーリング

2.5.1 目的

採取したコアの観察を行い、土質構成の確認と地下水位を把握するとともに、各種原位置試験用の試験孔と土質試験用の試料採取孔とすることを目的とする。

2.5.2 使用機械

ハイドロリックフィード式ロータリーボーリング機械を使用する。

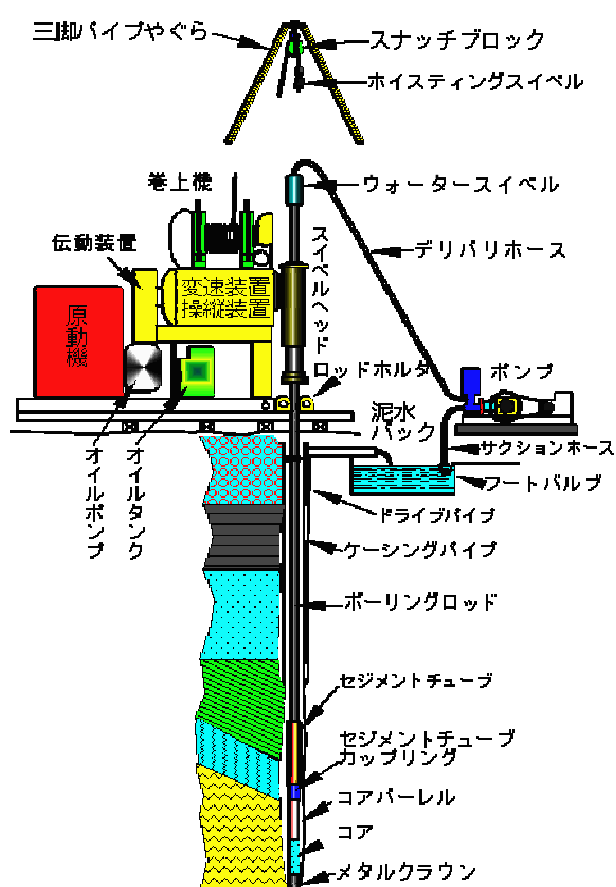


図2.3 ハイドロリックフィード式モデル

2.5.3 原 理

掘削方法は、泥水循環方式による。ロッドの先端に取り付けられたコアチューブおよびビットに回転と圧力を与えて土～岩を掘進する。掘り屑は、清水または泥水の循環で孔外に排除することを原則とする。

2.5.4 品質管理その他

- ①採取したコアの土質・色調・混入物および混入状態を観察してボーリング柱状図に整理する。
- ②採取したコア試料はコア箱に保管する。
- ③原則として地下水位が確認できるまで無水掘りとする。
- ④高速回転のため、掘削には清水～泥水の循環が不可欠であり、周辺の清掃に注意する。

2.6 標準貫入試験

2.6.1 目的

- ① 原位置における土の硬軟，締まりぐあいの判定。
- ② 採取した試料による土の判別，分類。
- ③ N 値と試料による土質柱状図，土質断面図の作成。
- ④ N 値と試料による地盤の総合判定，概略支持力の算定。

2.6.2 使用機械

標準貫入試験は，日本工業規格 JIS A 1219:2013 による標準貫入試験機を使用する。

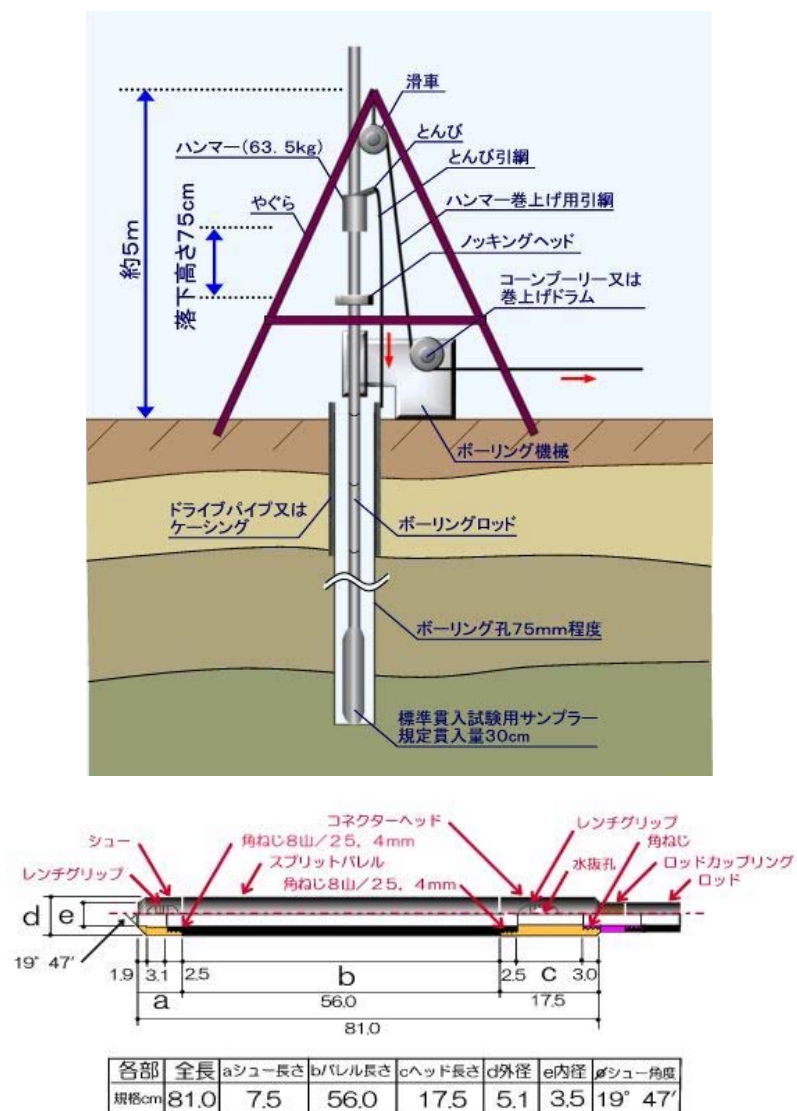


図2.4 標準貫入試験モデル

2.6.3 原 理

標準貫入試験用サンプラーを所定の深さの孔底におろし、重量 63.5 ± 0.5 kgのハンマーを 76 ± 1 cmの高さから自由落下させてハンマーの打撃により、原則 15 cmの予備打ち後に本打ちとして 30 cm貫入させる。

30 cm貫入の際の打撃回数(*N*値)を測定するとともに、その深さの試料を採取する。

2.6.4 品質管理その他

- ①試験は、スライムを十分除去した後に実施する。
- ②採取した試料の土質・色調・混入物および混入状態を観察してボーリング柱状図に整理する。
- ③採取した試料は、観察後に代表試料として一部を標本ビンに詰めて標本箱に収納し、残りは初期状態が変化しないようにビニール袋に入れコア箱に保管する。なお、ビニール袋にボーリングNo・採取深度を記入する。
- ④一般に砂質土は粘性土より高い*N*値を示し、砂と粘土の混合割合によって*N*値も変化する。また、きわめて軟弱な粘性土などでは*N*値=0となり、正確な判定はできない。
- ⑤打撃回数の上限は、特に必要のない限り、60 回の打撃で打ち止めにする。その時の累計貫入量をcm単位で測定する。
- ⑥深さ方向の試験間隔は調査目的によって異なるが、原則として1 m 毎に行なうものとする。

2.7 孔内水平載荷試験

2.7.1 目的

ボーリング孔内の孔壁を加圧し，地盤の変形係数と降伏圧力および極限圧力を求めることを目的とする。

2.7.2 使用機械

孔内水平載荷試験は，地盤工学会基準 JGS 1421-2013 に準拠した A 型 (等分布荷重方式・1 室型) 試験機を使用する。

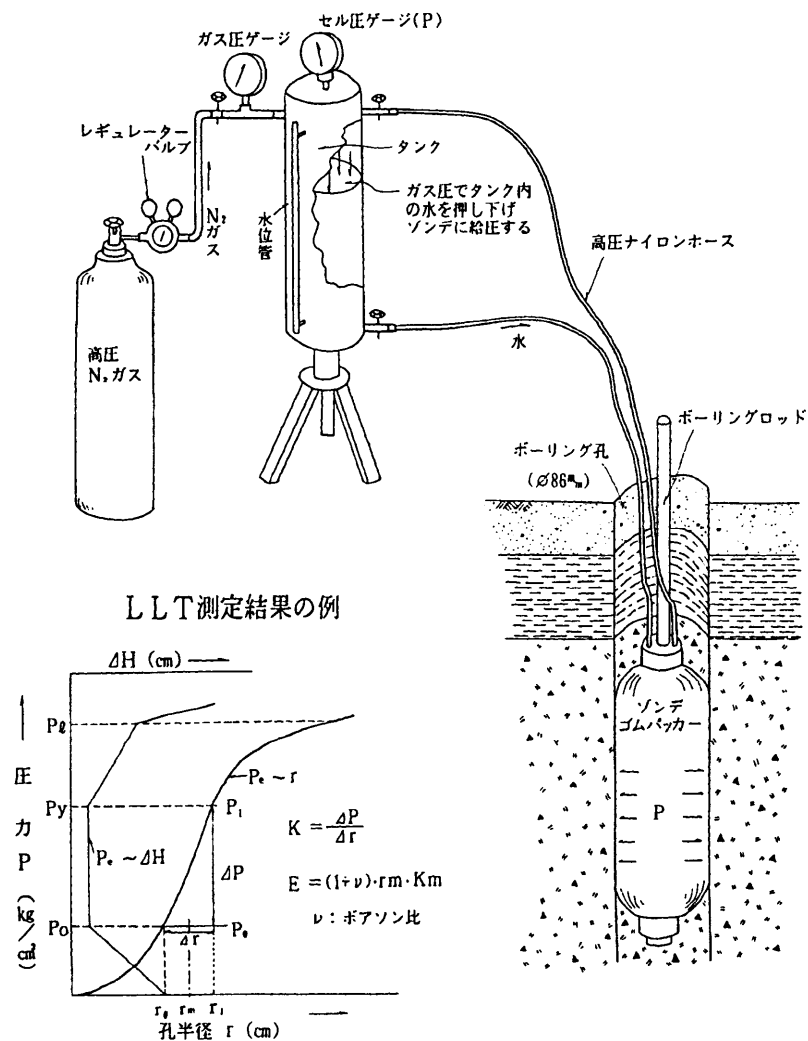


図2.5 孔内水平載荷試験モデル

2.7.3 原 理

ゴムチューブを備えた孔内ジャッキを孔内に挿入し、孔壁面の垂直方向に膨張させ加圧し、その時の圧力と孔壁面の変位量を測定する。

2.7.4 品質管理その他

- ①試験孔の掘削は、できるだけ乱れの少ない滑らかな試験孔に仕上げる。また、孔径は測定管直径の1.1倍以内とする。
- ②測定管およびその地上測定部との連結管中の気泡は、測定前に除去しておく。
- ③キャリブレーションは、測定管ゴムチューブを空气中または水中で最大測定範囲まで3回以上膨張させた後に実施する。また、試験前にゴムチューブの張力補正を各変位量(または体積量)に対して実施し、補正量を求めておく。
- ④測定管を段階的に加圧する。各圧力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、測定終了後は速やかに次の圧力段階へ移行する。なお、加圧力が一定値に落ち着くまでに時間を要する場合は、圧力保持時間を2分間まで延長する。
- ⑤試験の終了は、極限圧力が確認された場合とする。また、極限圧力が確認できない場合は、測定管や圧力計などの測定限界または圧力限界に達する前に試験を終了する。

2.8 乱れの少ない土試料採取

2.8.1 目 的

基礎地盤の設計施工に必要な地盤情報を得るための地質観察や室内力学試験に供する乱れの少ない土試料の採取を目的とする。

※乱れの少ない土試料とは、土の構造と力学的性質をできるだけ原位置に近い状態で採取した土試料をいう。

2.8.2 使用器械

トリプルサンプリング

地盤工学会基準JGS 1223-2013に準拠した器械を使用する。

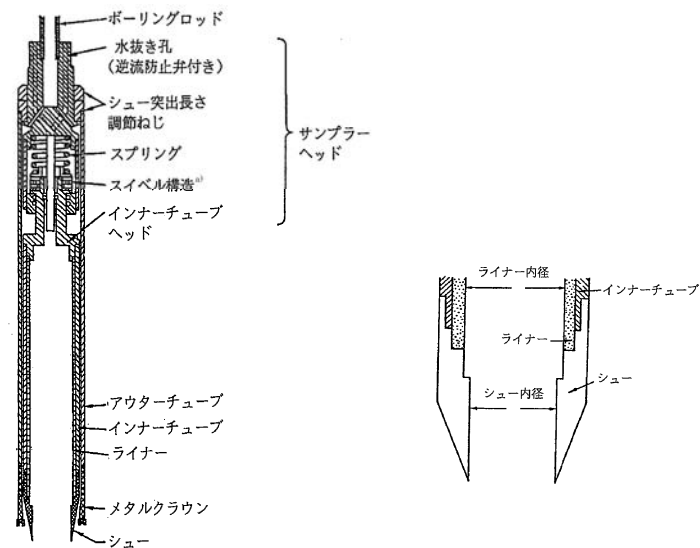


図 2.9 トリプルサンプラーモデル

2.8.2.1 原 理

トリプルサンプラーは，外側の回転するアウターチューブで土を切削しながら，内側の回転しないインナーチューブを地盤に押し込みインナーチューブ内に装着したライナー内に土を採取する。

2.8.2.2 品質管理その他

- ①トリプルサンプリングの適用範囲は，粘性土で N 値4以上，砂質土で N 値10以上を目安とし，細粒分含有量の少ないきれいな砂や礫を混入する場合には使用の適否を十分検討する必要がある。
- ②ボーリング孔の掘削は，サンプラーがスムーズに降下できるように，また孔底より下位の土を乱さないように注意する。
- ③サンプラー押し込み後は直ちに回収する。この時に縁を切るための回転は試料を乱す原因となるので行わない。
- ④試料採取後は，チューブ両端をパラフィンで密封し，運搬中の振動，保管中の直射日光および凍結などに注意して管理する。

2.9 室内土質試験

室内土質試験は、当該地盤に出現する土質に対して、物理特性と力学特性を把握する目的で実施する。

試験項目と試験方法は、下表に示す日本工業規格(JIS)と地盤工学会基準(JGS)に準拠する。

表2.5 試験項目と試験方法

試験項目		日本工業規格(JIS)	地盤工学会基準(JGS)	試料数
物理試験	土粒子の密度試験	JIS A 1202:2009	JGS 0111-2009	1
	土の含水比試験	JIS A 1203:2009	JGS 0121-2009	1
	土の粒度試験	JIS A 1204:2009	JGS 0131-2009	1
	土の湿潤密度試験	JIS A 1225:2009	JGS 0191-2009	1
	土の細粒分含有率試験	JIS A 1223:2009	JGS 0135-2009	7
力学試験	土の三軸圧縮試験(UU)	-	JGS 0521-2009	1
	土の圧密試験	JIS A 1217:2009	JGS 0411-2009	1

2.9.1 物理試験

①土粒子の密度試験

土粒子と有機物からなる土の固体部分の平均的な質量を測定するもので、土粒子密度は、土の鉱物組織や有機物の含有量によってその値が異なる。また、この値は土の基本的な性質をあらわすために他の物性値とあわせて用いることが多く、土質試験結果の整理や土の締固め程度など、その土の状態量を算定するうえでの基礎となる。

②土の含水比試験

土塊を構成している土粒子・水・空気のうち、水と土粒子の質量比を百分率であらわしたもので、110℃の炉乾燥によって失われる水分の量を測定するもっとも基本的な物理試験である。自然状態の含水比は、その土の圧縮性や強度特性などを支配する重要な物性値である。

③土の粒度試験

土を構成している土粒子の大きさを「フルイ」と「比重計」により分析するもので、土の分類や土層の連続性ならびに液状化などの検討に用いられる。粗粒土(礫・砂)の粒度分布や細粒土(シルト・粘土)の含有率が、締固め特性など土の力学的性質におよぼす影響は大きい。なお、粒度試験(1)は粒径0.075mm未満の土粒子(細粒土)についても沈降分析を併用するものであり、粒度試験(2)は粒径0.075mm以上の土粒子(粗粒土)についてフルイ分析のみを行うものである。

④土の湿潤密度試験

土の基本的な物理量のひとつであり、土の締まり具合を判定する指標として利用される。また、地盤の支持力・圧密沈下・土圧や安定解析などの構造物設計に必要な土の単位体積重量の算定に利用されるばかりでなく、間隙比、飽和度といった土の状態量を示す指標を求める際にも利用される。。

⑤土の細粒分含有率試験

土を細粒分と粗粒分に分類し、液状化強度を推定する際のパラメーターとして用いられる。

2.9.2 力学試験

①土の三軸圧縮試験(UU)

本試験は、非圧密・非排水状態で軸圧縮されるとき土の強度・変形特性を求めることを目的とする。過圧密の程度があまり大きくない地盤の支持力、斜面安定、土圧などの算定に用いる非排水強度の推定、杭の周面摩擦力の算定に用いる付着力の推定、施工中の短期安定検討などに利用される。

②土の圧密試験

直径6cm高さ2cmの供試体を用い、側方変位を拘束し、上下面の排水を許した状態で、荷重を初期値から順に2倍ずつ段階的に24時間載荷し、その時間と圧密量を測定する方法で、飽和粘性土地盤の沈下量と沈下時間の推定や、圧密降伏応力と地盤内の有効土被り圧との比較から、過圧密状態、正規圧密状態の判定に利用される。

3.地形・地質概要

3.1 地形概要

調査地は、むつ市小川町のむつ総合病院敷地内に位置する。

調査地周辺の地形は、台地に区分される。

台地は、田名部台地(Ⅲa)と呼称され、GtⅠ面からGtⅢ⁺面までの砂礫台地と谷底平野(P)で構成される。

砂礫台地(GtⅠ)は、標高60～80mで、とくに70m付近に平坦な部分が見られる。また、この地形面はかなり開析されていて、大湊北方で消失する。

砂礫台地(GtⅡ⁺)は、標高40～60mで、GtⅠ面に比べるとよく連続する地形面であるが、GtⅠ面と同様開析が進んでいる。

砂礫台地(GtⅡ)は、標高10～40mで、この台地の中で最も広く分布し、かつ平坦な地形面である。

砂礫台地(GtⅢ⁺)は、標高5～10mで、面積が大変狭い。

谷底平野(P)は、扇状地性の平野である。

このうち調査地は、田名部台地(Ⅲa)の砂礫台地(GtⅡ)と谷底平野(P)の境界部に位置する。

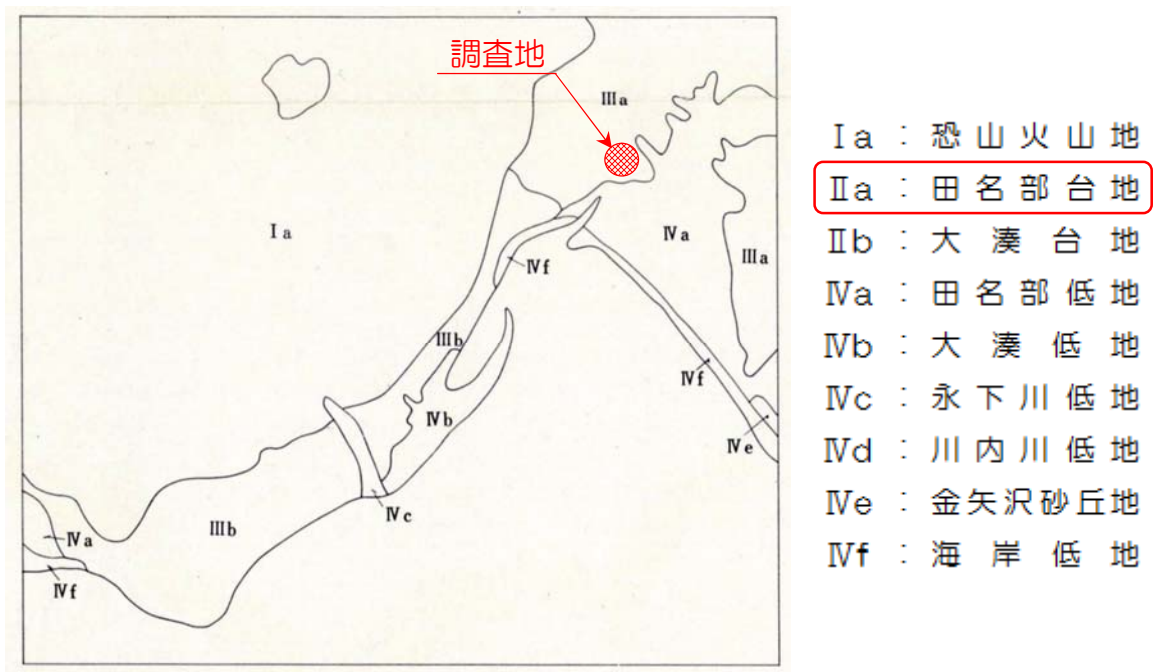


図3.1 地形区分図

「土地分類基本調査：大湊」

凡 例 LEGEND
山地および丘陵地 MOUNTAINS AND HILL LANDS

- | | |
|---|---|
|  | 大起伏火山地
Larger relief volcanic mountains |
|  | 中起伏火山地
Middle relief volcanic mountains |
|  | 小起伏火山地
Smaller relief volcanic mountains |
|  | 火山麓地
Volcanos' foots |



台地 UPLANDS

- | | |
|---|--|
|  | 砂礫台地 Gt I
Gravel terrace Gt I |
|  | 砂礫台地 Gt II ⁺
Gravel terrace Gt II ⁺ |
|  | 砂礫台地 Gt II
Gravel terrace Gt II |
|  | 砂礫台地 Gt III ⁺
Gravel terrace Gt III ⁺ |
|  | 砂礫台地 Gt III
Gravel terrace Gt III |

低地 LOWLANDS

- | | |
|---|-------------------------|
|  | 谷底平野
Valley plain |
|  | 三角洲
Delta |
|  | 磯
Rocky-foreshore |
|  | 浜
Beach (Sand beach) |

その他 MISCELLANEOUS

- | | |
|---|---|
|  | 砂礫堆
Sand and gravelly mound |
|  | 被覆砂丘
Sand dune covered with vegetation |
|  | 崖錐
Talus |
|  | 崖
Cliff |
|  | 国道
National highway |
|  | 主要地方道
Principal local road |
|  | 水深線
Depth curves (metre) |
|  | 2級河川流域界
Boundaries of class B river drainage-basin |

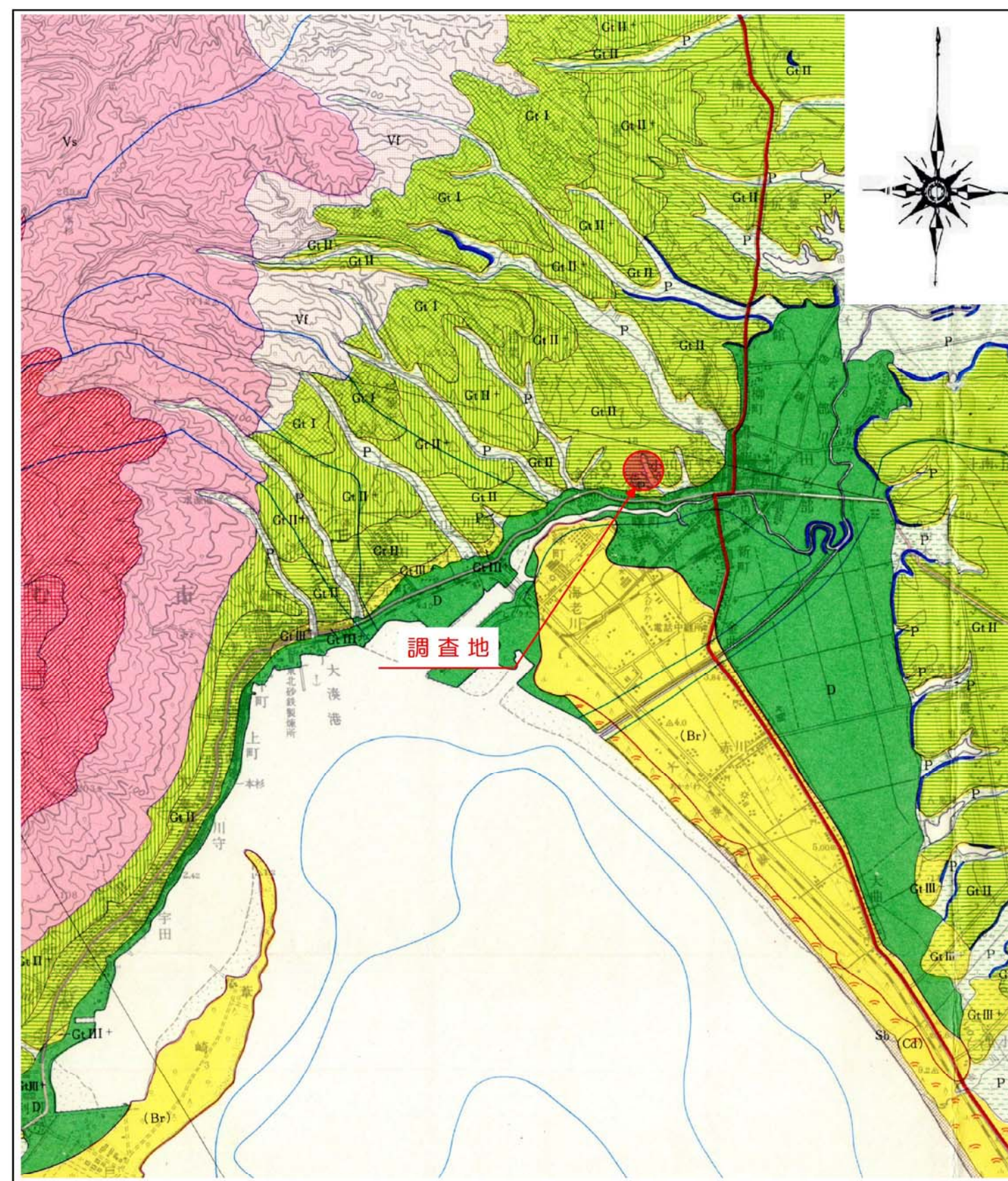


図3.1 地形分類図 S=1:50000

「土地分類基本調査：大湊」

3.2 地質概要

調査地周辺の地質は，第四紀の未固結堆積物で構成される。未固結堆積物は沖積低地堆積物と段丘堆積物である。

以下に，調査地周辺における構成地質の概略を記述する。

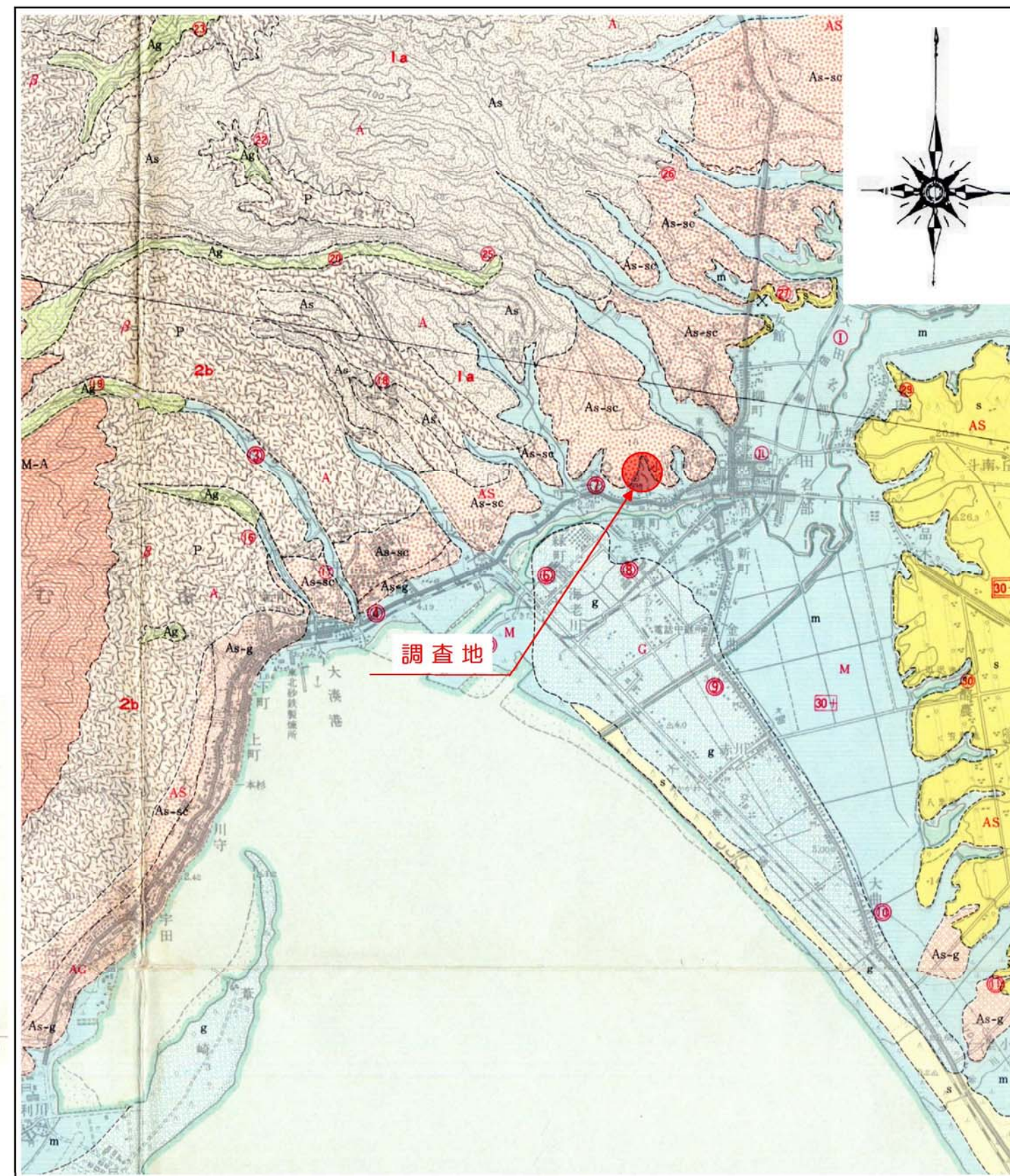
a 泥がち堆積物(m):沖積低地堆積物

田名部平野の中心部と田名部川の下流の谷底平野部にみられ，軟弱地盤地帯と湿地帯となっている。

この湿地帯は，泥と細粒砂および泥炭が埋積したものと考えられ，層厚は約30mである。

b 火山灰-砂・粘土(As-sc):段丘堆積物

陸奥湾沿岸と田名部平野の周辺部に最も広く発達し，段丘を構成しているものである。この段丘には，恐山から供給された数層の浮石質火山灰(ローム)と砂および粘土との互層が比較的厚く堆積している。



「土地分類基本調査：大湊」

4.調査結果

調査ボーリングは、図4.1 調査位置平面図に示す3地点で実施した。
また、孔内水平載荷試験を1回と室内土質試験を8試料実施した。

なお、詳細は巻末のボーリング柱状図と各データシートのとおりである。

実施数量を下表に示す。

表4.1 実施数量

孔 番	標 高 H(m)	ボーリング 深度L(m)	標準貫入 試験(回)	孔内水平 載荷試験(回)	室内土質 試験(試料)
No.1	-0.77	21.0	21	0	2
No.2	-0.23	24.0	24	1	4
No.3	0.18	22.0	22	0	2
合計		67.0	67	1	8

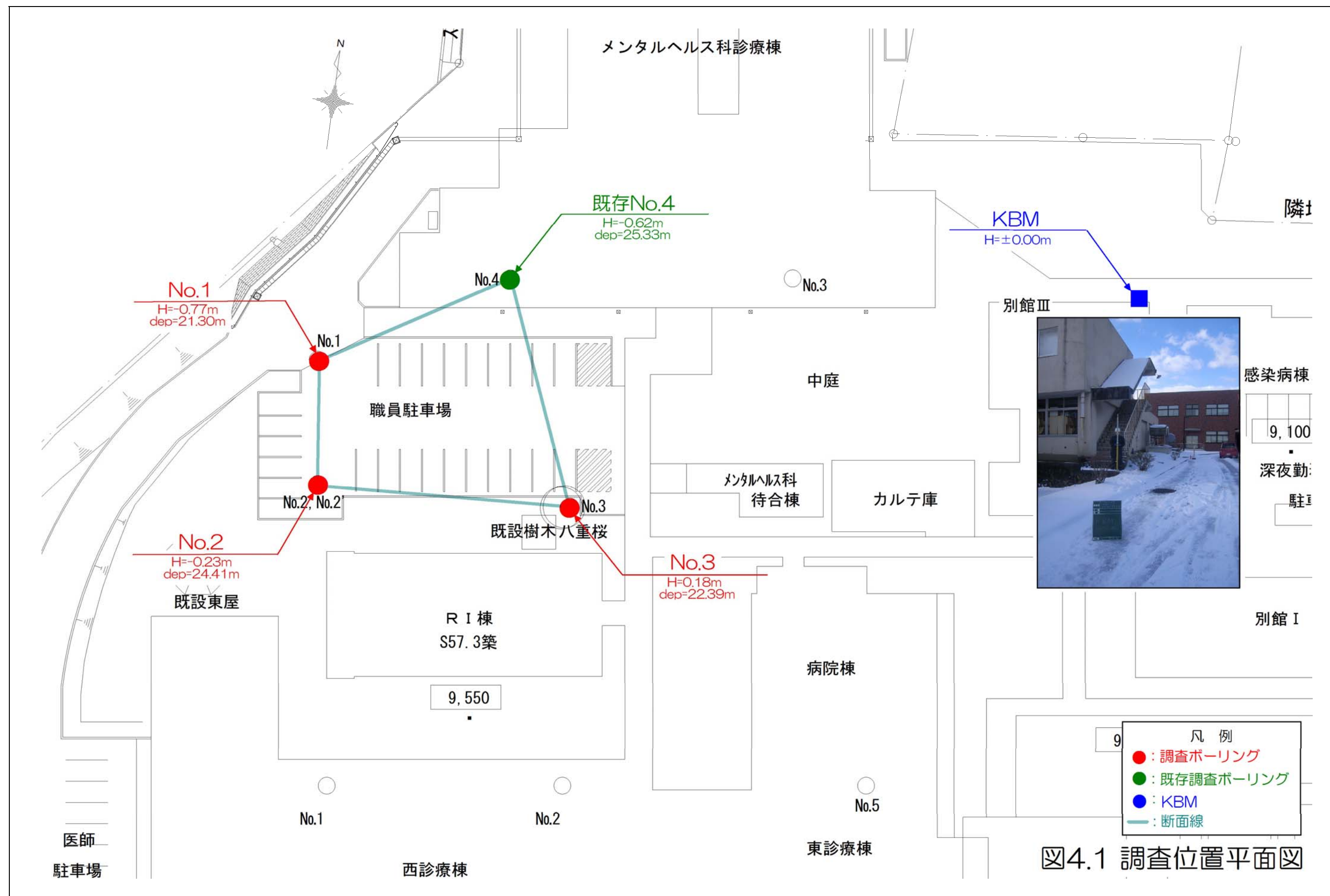


図4.1 調査位置平面図

調査ボーリング結果より地盤構成と各地層の層相及び N 値特性について簡単に記述する。なお、土の相対密度と土の相対稠度は、表 4.2～表 4.3 に従った。

表 4.2 土の相対密度 (Terzaghi and Peck)

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

注) 鉄筋は $\phi 13\text{mm}$

「地盤工学会：地盤調査の方法と解説 P263」より

表 4.3 土の相対稠度 (Terzaghi and Peck)

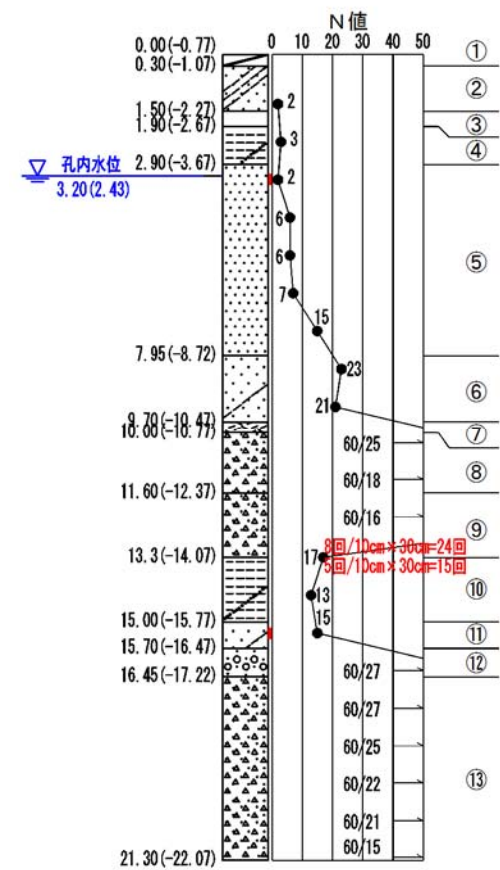
N 値	q_u (kN/m^2)	コンシステンシー
0 ～ 2	0.0 ～ 24.5	非常に軟らかい
2 ～ 4	24.5 ～ 49.1	軟らかい
4 ～ 8	49.1 ～ 98.1	中位の
8 ～ 15	98.1 ～ 196.2	硬い
15 ～ 30	196.2 ～ 392.4	非常に硬い
30 ～	392.4 ～	固結した

「地盤工学会：地盤調査の方法と解説 P267」より

4.1 調査ボーリング結果

①No.1

標高H=-0.77m，深度dep=21.30m

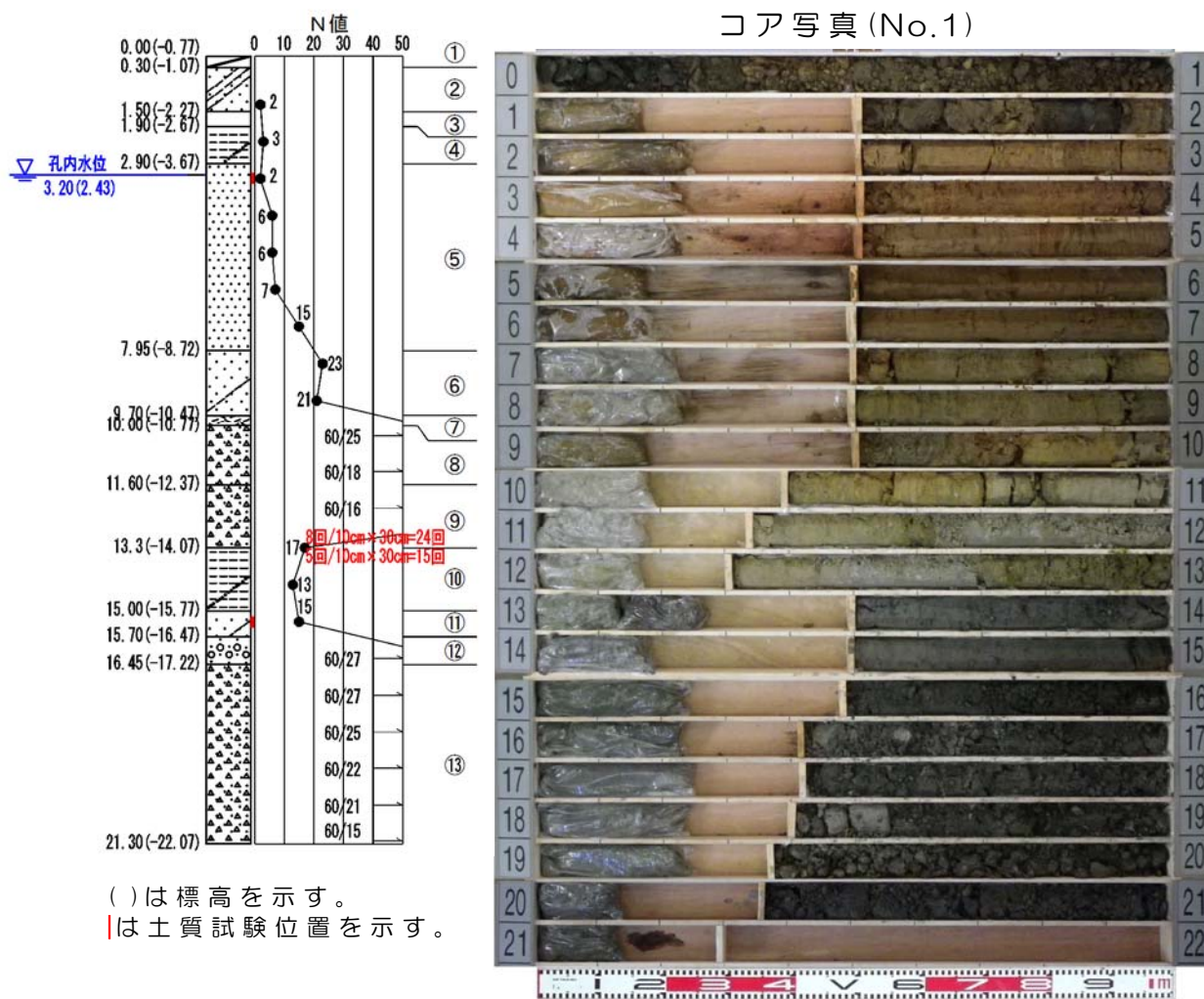


()は標高を示す。
|は土質試験位置を示す。

表 4.4 地盤構成

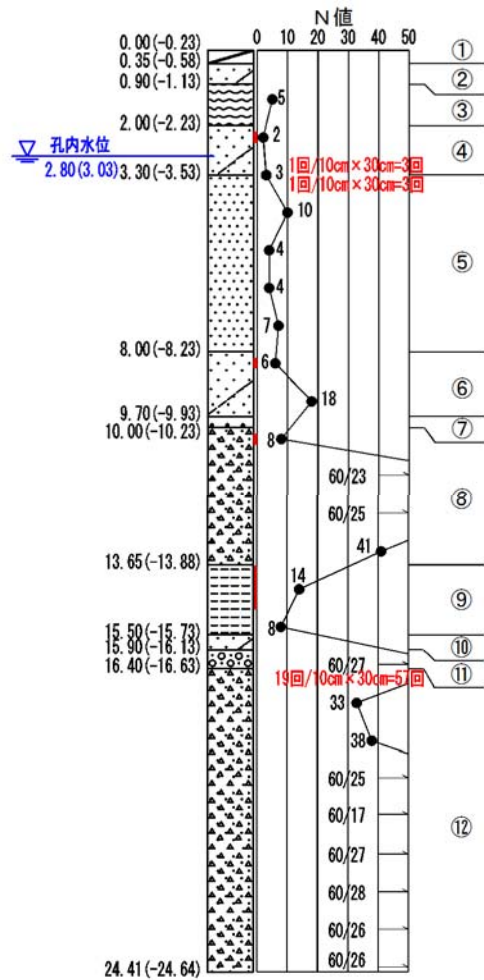
番号	主な土質	深 度 (m)	層 厚 (m)	N 値 (回)	色 調	相対密度	相対稠度	特 徴
①	盛 土	0.30	0.30	—	暗灰			0.00～0.05m間はアスファルトである。 0.05～0.30m間は細砂を主体としφ40mm以下の碎石を混入する。
②	シルト質砂	1.50	1.20	2	黄褐	非常に緩い		砂は細砂を主体とする。 シルト分を多く混入する。 有機物と炭化物を混入する。 φ2～10mmの亜角礫をわずかに混入する。
③	埋 木	1.90	0.40	—	暗褐			1.60～1.70m間にφ70mm程度の亜角礫を混入する。 1.70～1.80m間にシルトを狭む。
④	砂混じりシルト	2.90	1.00	3	黄褐		軟らかい	有機物と炭化物を混入する。 細砂をわずかに混入する。
⑤	細 砂	7.95	5.05	2～15	黄褐 ～ 褐灰	非常に緩い ～ 中位の		全体に粒子はほぼ均一である。 火山灰を混入する。 φ2～5mmの暗褐色の腐れ礫を混入し、指圧で潰れる。 7.00mから褐灰色に色調変化が認められる。 7.00～7.50m間に膠結した砂を混入する。 7.80m付近は褐色を呈する。
⑥	シルト混じり砂	9.70	1.75	21～23	褐灰	中位の		全体に砂は細砂を主体とする。 火山灰を混入する。 φ2mm以下の石英とシルトをブロック状にわずかに混入する。 9.50m以深から粗砂を多く混入する。
⑦	火 山 灰	10.00	0.30	—	淡灰			φ2mm程度の火山礫を混入する。
⑧	軽石混じり砂	11.60	1.60	60<	黄灰	非常に密な		全体に砂は細砂を主体とする。 φ2～5mmの軽石を混入する。 φ2mm以下の火山礫を混入する。 φ2mm程度の石英を混入する。
⑨	軽 石 質 砂	13.30	1.70	24 ～ 60<	淡灰	中位の ～ 非常に密な		全体に砂は粗砂を主体とする。 φ2～10mmの軽石を多く混入する。 軽石は所々指圧で潰れる。 φ2～5mmの火山礫を混入する。
⑩	砂混じりシルト	15.00	1.70	13～15	暗青灰		硬い	全体に細砂を混入する。 有機物と炭化物を混入する。 φ2～5mmの亜円礫をわずかに混入する。 13.30～13.50m間に有機質シルトを挟む。
⑪	シルト混じり砂	15.70	0.70	15	暗灰	中位の		全体に砂は細砂を主体とする。 φ2～5mmの亜角～亜円礫を混入する。 φ2mm以下の石英を混入する。
⑫	砂 礫	16.45	0.75	60<	暗褐	非常に密な		礫はφ2～20mmの亜角礫を主体とし、最大径φ50mm程度である。 マトリックスは粗砂を主体とし、φ2～20mmの軽石をわずかに混入する。 礫の混入割合:90%
⑬	軽 石 質 砂	21.30	4.85	60<	紫灰	非常に密な		全体に砂は粗砂を主体とする。 全体にφ2～20mmの軽石を多く混入する。 φ2～5mmの亜角～亜円礫とφ2～10mmの火山礫を混入する。 18.45～18.55m間にφ100mmの軽石を混入する。

※赤字は計算N値を示す。



②No.2

標高H=34.19m，深度dep=20.40m

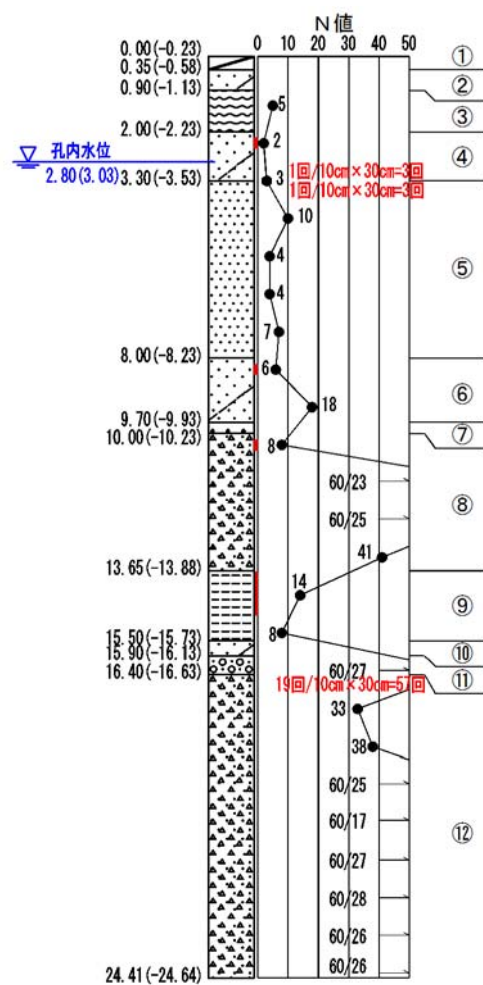


()は標高を示す。
|は土質試験位置を示す。

表 4.5 地盤構成

番号	主な土質	深 度 (m)	層 厚 (m)	N 値 (回)	色 調	相対密度	相対稠度	特 徴
①	盛 土	0.35	0.35	—	暗灰			0.00～0.05m間はアスファルトである。 0.05～0.35m間はφ40mm以下の碎石である。
②	シルト質砂	0.90	0.55	—	暗褐			砂は細砂を主体とする。 シルトをブロック状に混入する。
③	火山灰質粘性土	2.00	1.10	5	褐		中位の	火山灰を混入する。 細砂とφ2mm以下の軽石および火山礫をわずかに混入する。
④	シルト混じり砂	3.30	1.30	2～3	黄褐	非常に緩い		全体に砂は細砂を主体とする。 火山灰を混入する。 φ2mm程度の火山礫をわずかに混入する。
⑤	細 砂	8.00	4.70	3～10	褐灰	非常に緩い ～ 緩い		全体に粒子はほぼ均一である。 3.80～4.80m間は赤褐色を呈する。 4.60～4.85m間にφ2～10mmの亜角～亜円礫を混入する。
⑥	シルト混じり砂	9.70	1.70	6～18	褐灰	緩い ～ 中位の		全体に砂は粗砂を主体とする。 火山灰とφ2～5mmの亜角礫を混入する。 所々に膠結している。 φ2mm程度の軽石をわずかに混入する。 9.50m付近は黒褐色を呈する。
⑦	粗 砂	10.00	0.30	—	褐			φ2～10mmの亜角～亜円礫と軽石をわずかに混入する。
⑧	軽 石 質 砂	13.65	3.65	8 ～ 60<	淡褐灰	緩い ～ 非常に密な		砂は粗砂を主体とする。 φ2～20mmの軽石を多く混入する。 火山灰とφ2mm程度の石英を混入する。 φ2～5mmの火山礫をわずかに混入する。
⑨	シ ル ト	15.50	1.85	8～14	暗青灰		硬い	ほぼ均質である。 有機物と炭化物をわずかに混入する。 13.65～13.85m間と14.85～14.95m間に有機質シルトを挟む。 15.00m以深に砂分を多く混入する。
⑩	シルト混じり砂	15.90	0.40	—	暗灰			全体に砂は細砂を主体とする。 φ2～5mmの亜角～亜円礫とφ2mm以下の石英をわずかに混入する。 15.50～15.65m間にφ50mm程度の軽石を混入する。
⑪	砂 礫	16.40	0.50	57	暗灰	非常に密な		礫はφ2～10mmの亜角～亜円礫が主体で、最大径φ20mm程度である。 マトリックスは粗砂を主体としφ2～5mmの軽石をわずかに混入する。 礫の混入割合:85%
⑫	軽 石 質 砂	24.41	8.01	33 ～ 60<	紫灰	密な ～ 非常に密な		全体に砂は粗砂を主体とする。 φ2～10mmの軽石を多く混入する。 φ2～20mmの亜角～亜円礫を混入する。 φ2mm程度の石英をわずかに混入する。 21.40～21.50m間に緑灰色のφ50mmの軽石を混入する。

※赤字は計算N値を示す。

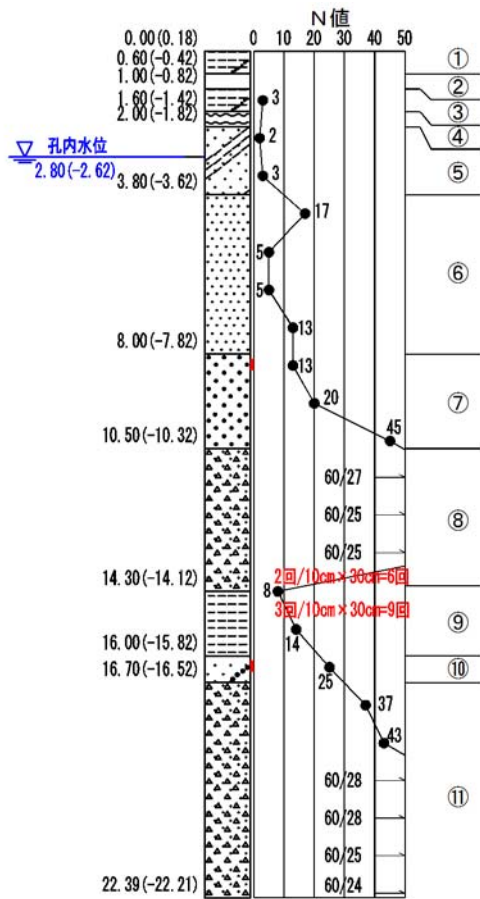


()は標高を示す。
|は土質試験位置を示す。

コア写真 (No.2)



③No.3
標高H=33.98m，深度dep=20.43m

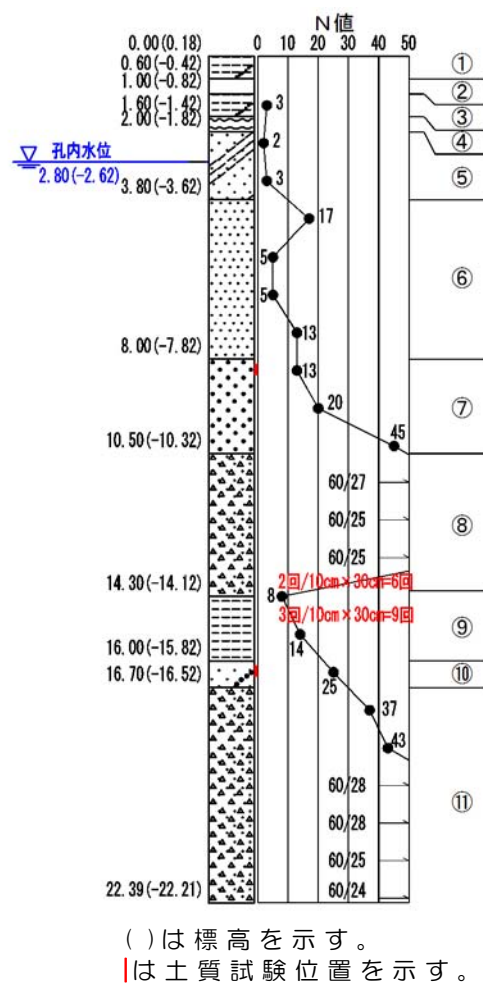


()は標高を示す。
|は土質試験位置を示す。

表 4.6 地盤構成

番号	主な土質	深 度 (m)	層 厚 (m)	N 値 (回)	色 調	相対密度	相対稠度	特 徴
①	砂混じりシルト	0.60	0.60	—	暗灰			全体に細砂を混入する。 0.00～0.15m間に草根と有機物および炭化物を混入する。 0.15～0.45m間にφ30～70mmの碎石が点在する。
②	コンクリート片	1.00	0.40	—	灰			φ30～100mmである。
③	砂混じりシルト	1.60	0.60	3	暗褐		軟らかい	粗砂を混入する。 φ10～30mmの亜角～亜円礫をわずかに混入する。
④	火山灰質粘性土	2.00	0.40	—	黄褐			火山灰を混入する。 細砂と炭化物およびφ2mm程度の火山礫をわずかに混入する。
⑤	シルト質砂	3.80	1.80	2～3	黄灰	非常に緩い		全体に砂は細砂を主体とする。 火山灰を混入する。 φ2mm程度の火山礫をわずかに混入する。 3.50m以深にφ5～10mmの風化軽石を混入し、指圧で容易に潰れる。
⑥	細砂	8.00	4.20	5～17	褐灰	緩い ～ 中位の		全体に粒子はほぼ均一である。 7.70～8.00m間は赤褐色を呈し、φ2mm程度の亜円礫をわずかに混入する。
⑦	粗砂	10.50	2.50	13～45	暗灰	中位の ～ 密な		所々膠結している。 石英とφ2～5mmの亜角礫をわずかに混入する。
⑧	軽石質砂	14.30	3.80	6 ～ 60<	暗灰	緩い ～ 非常に密な		全体に砂は細砂を主体とする。 全体にφ2～5mmの軽石を混入する。 所々膠結している。 火山灰とφ2mm程度の火山礫およびφ2～5mmの亜角礫をわずかに混入する。 14.00m以深より暗緑灰色に色調変化する。
⑨	シルト	16.00	1.70	9～14	暗青灰		硬い	ほぼ均質である。 炭化物をわずかに混入する。 15.50～15.75m間に腐植土を挟む。 15.75～15.85m間は埋木である。
⑩	礫混じり砂	16.70	0.70	25	暗灰	中位の		全体に砂は粗砂を主体とする。 全体にφ2mm程度の石英とφ2～5mmの角～亜円礫を混入する。 有機物をわずかに混入する。
⑪	軽石質砂	22.39	5.69	37 ～ 60<	紫灰	密な ～ 非常に密な		全体に砂は粗砂を主体とする。 全体にφ2～10mmの軽石を多く混入する。 φ2～5mmの火山礫を混入する。 φ20～30mmの軽石が点在する。

※赤字は計算N値を示す。



コア写真 (No.3)



4.2 孔内水位(初期水位)

孔内水位(初期水位)は、無水掘りによる掘削作業を行い、確認後測定する。また、初期水位確認後は、泥水掘りによる掘削作業を行い、泥水位を測定している。

なお泥水位は、掘削作業終了後ケーシング内を泥水で満たし、翌日の作業前に測定した水位である。

今回測定された水位と孔内水位変動図を次頁以降に示す。

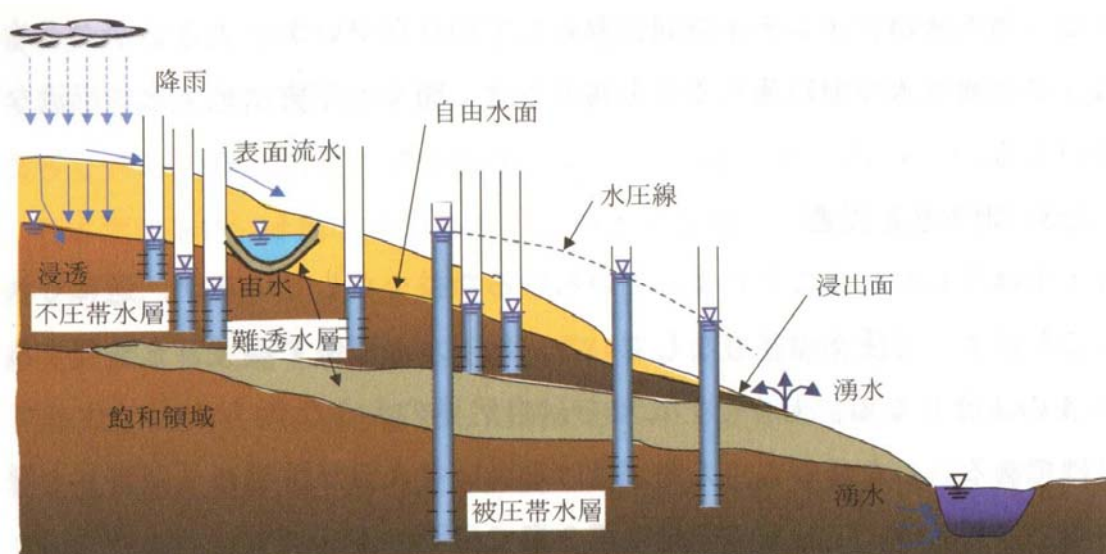
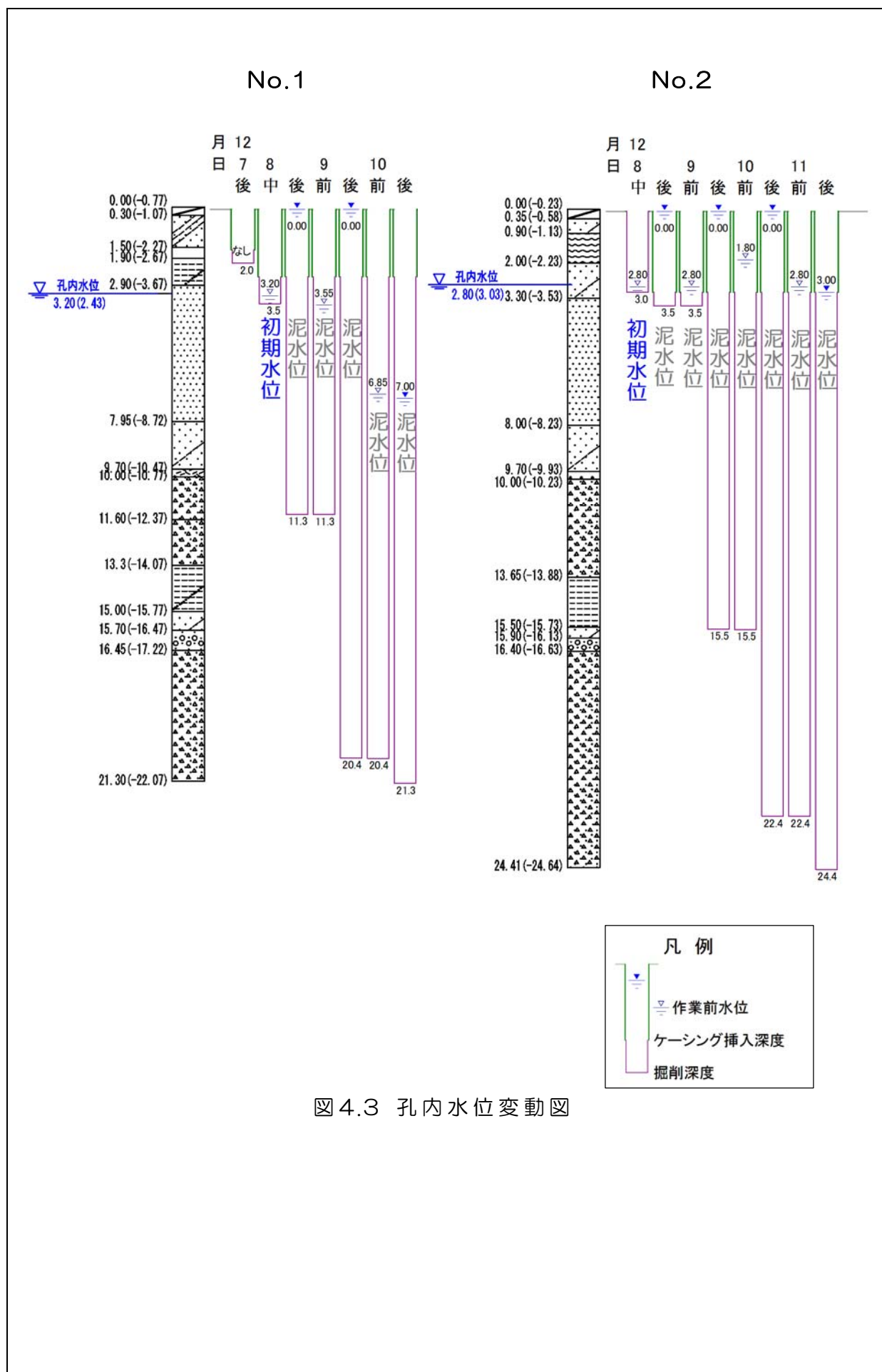


図4.2 地下水のある地層のモデル図

表 4.7 孔内水位

孔番	測定月日		孔口標高 H (m)	ケーシ ング深度	掘削深度	孔内水位 GL (m)	水位標高 H (m)	水位の位置 する土質	備考		
No.1	12月7日	作業後	-0.77	-1.50	-2.00	-	-	認められず	無水掘		
	12月8日	作業中		-2.50	-3.50	-3.20	-3.97	細砂	初期水位 (無水)		
		作業後			-11.33	0.00	-0.77	ケーシング 頂部			
	12月9日	作業前			-3.55	-4.32	細砂				
		作業後			-20.36	0.00	-0.77	ケーシング 頂部			
	12月10日	作業前			-6.85	-7.62	細砂				
		作業後			-21.30	-7.00		-7.77			
	No.2	12月8日		作業中	-0.23	-	-3.00	-2.80	-3.03	シルト 混じり砂	初期水位 (無水)
作業後			-3.50	0.00		-0.23	ケーシング 頂部				
12月9日		作業前		-2.80		-3.03	シルト 混じり砂				
		作業後	-15.50	0.00		-0.23	ケーシング 頂部				
12月10日		作業前	-1.80	-2.03		ローム					
		作業後	-22.43	0.00		-0.23	ケーシング 頂部				
12月11日		作業前	-2.80	-3.03		シルト 混じり砂					
		作業後	-24.41	-3.00			-3.23				
No.3		12月10日	作業後	0.18		-	-1.00	-	-	認められず	試掘
		12月11日	作業中				-3.00	-2.80	-2.62	シルト質砂	初期水位 (無水)
	作業後		-2.50		-3.50	0.00	0.18	ケーシング 頂部			
	12月14日	作業前			-2.80	-2.62	シルト質砂				
		作業後	-4.00		-12.40	0.00	0.18	ケーシング 頂部			
	12月15日	作業前			-5.85	-5.67	細砂				
		作業後			-22.39	-6.00		-5.82			

被圧や湧水は，作業期間中に認められていない。



No.3

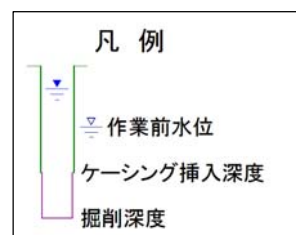
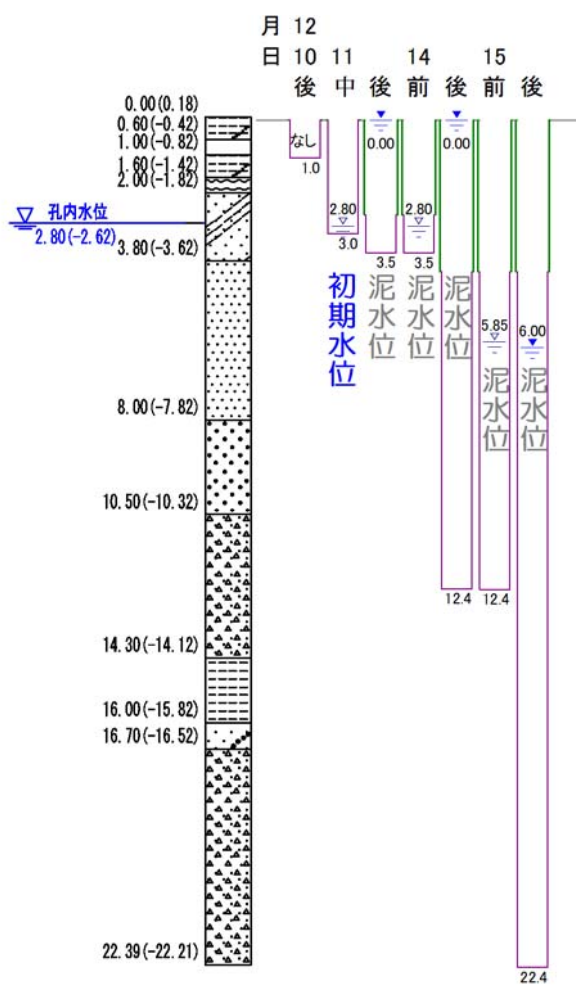


図 4.4 孔内水位変動図

4.3 孔内水平載荷試験結果

試験は、地盤の変形係数と降伏圧力および極限圧力を求めることを目的とし、No.2別孔のGL-4.70～5.30m間において実施した。なお、別孔で標準貫入試験を実施した結果、 N 値=6回であった。測定深度と対象土質および N 値を下表に示す。

表4.8 測定深度と対象土質および N 値

孔 番	測定深度 GL-(m)	中心深度 GL-(m)	対象土質	N 値 (回)
No.2	4.70 ～ 5.30	5.00	細砂	4 (6)

()内は別孔の N 値

< 解析方法 >

孔内水平載荷試験によって得られた圧力～変位量の関係図から地盤の変形係数(E)、初期圧(P_0)・降伏圧(P_y)および破壊圧(P_l)を求める。このうち、基礎の設計に多く用いられる地盤の変形係数は、圧力～変位量曲線における直線部分の勾配を利用して、以下の方法で求める。

$$E = (1 + \nu) r_m \Delta p / \Delta r$$

ここに、

ν : ポアソン比 (通常 $\nu = 0.3$ と仮定する。)

Δp : 圧力～変位量曲線の直線部分における圧力増分

Δr : Δp に対応する孔壁変位増分

r_m : $\Delta p / \Delta r$ 算定区間の中間半径

試験結果と試験結果整理図を以下に示す。なお詳細は、巻末のデータシートのとおりである。

表4.9 孔内水平載荷試験結果

[No.2(中心深度：GL-5.00m)]

孔 番	静止土圧 P_0 (kN/m^2)	降伏圧 P_y (kN/m^2)	破壊圧 P_L (kN/m^2)
No.2	20.67	338.65	593.30

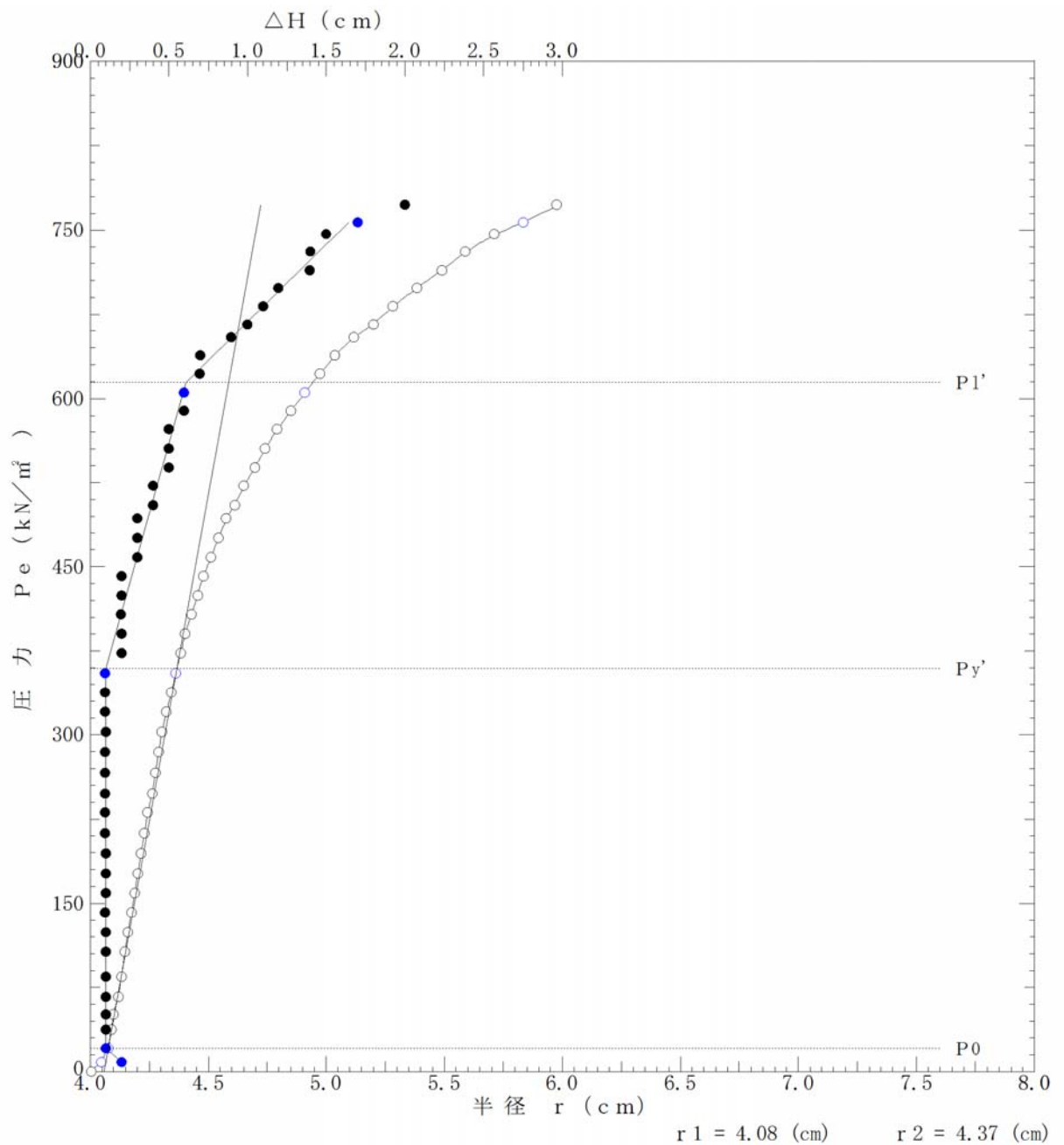


図4.5 孔内水平載荷試験結果整理図

試験結果より，圧力～変位量曲線における直線部分の勾配を基に求めた地盤係数 (K_m)と変形係数 (E_m)を下表に示す。

表4.10 試験結果

孔 番	測定中心深度 GL-(m)	N 値 (回)	地盤係数 $K_m(\text{MN}/\text{m}^3)$	試験結果より求めた変形係数 $E_m(\text{MN}/\text{m}^2)$
No.2	5.00	4 (6)	116.232	6.383

()内は別孔の N 値

E と N 値との関係は，下図のように示されており，近似的には土質に関わらず， $E=0.7N(0.4N\sim 1.4N)(\text{MN}/\text{m}^2)$ が知られている。

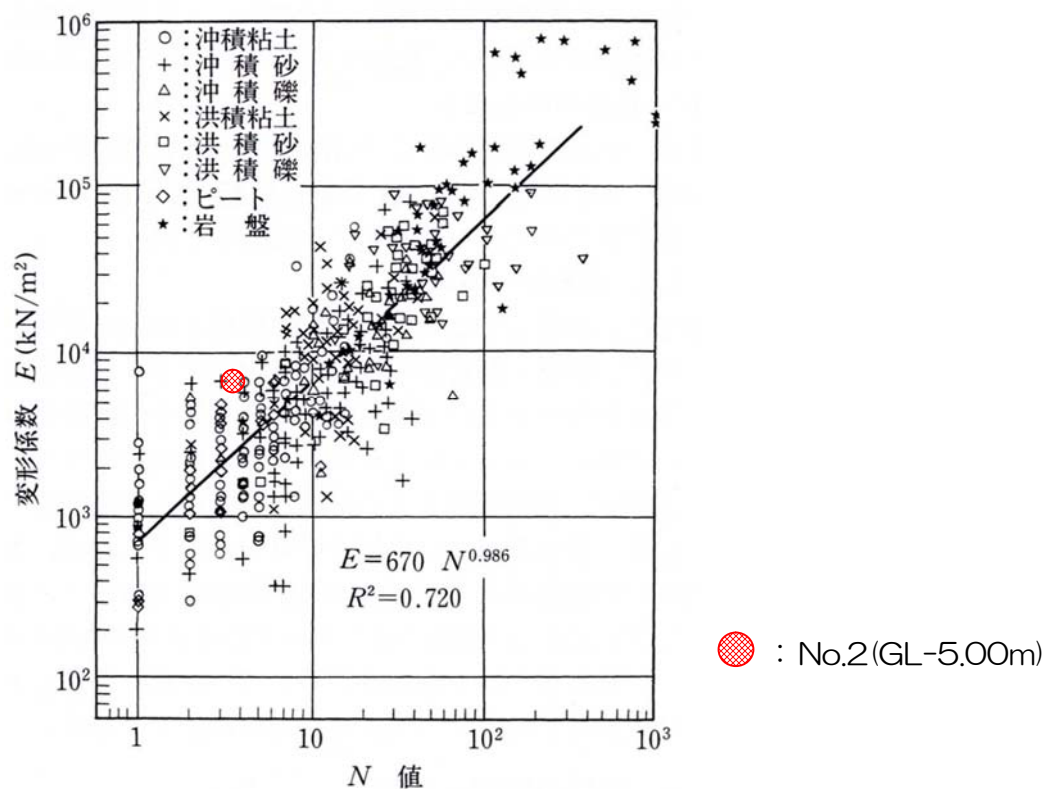


図4.6 変形係数と N 値との関係 (土屋・豊岡)

「地盤工学会：地盤調査の方法と解説(平成25年3月) P687」

4.4 室内土質試験結果

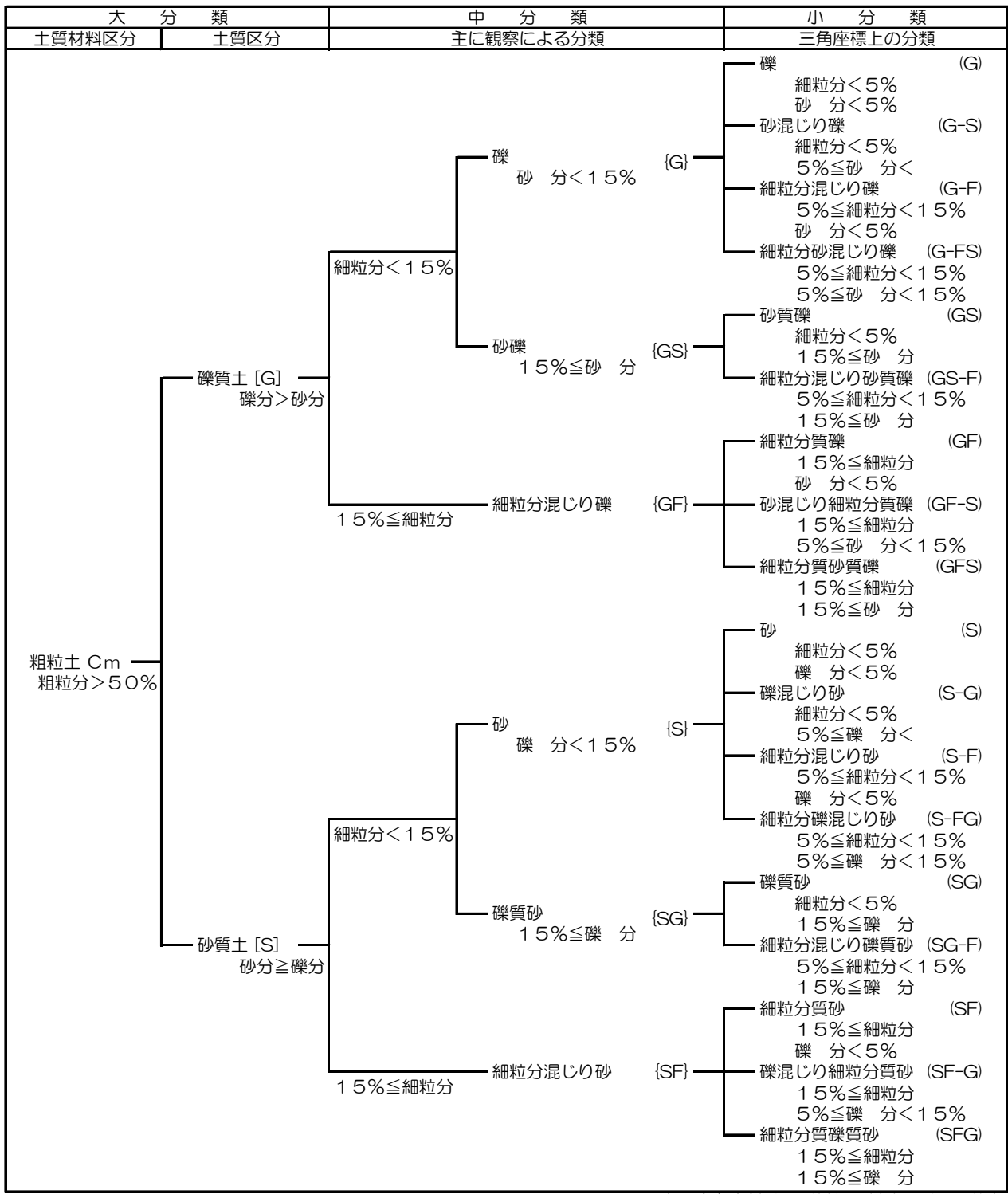
試験は、土質の物理・力学特性と液状化を検討する目的として、下表に示す項目について実施した。なお試験試料は、標準貫入試験で採取した乱した土試料と、トリプルサンプリングにより採取した乱れの少ない土試料を用いた。

表4.11 試験項目と試験規格

試験項目		日本工業規格(JIS)	地盤工学会基準(JGS)	試料数
物理試験	土粒子の密度試験	JIS A 1202:2009	JGS 0111-2009	1
	土の含水比試験	JIS A 1203:2009	JGS 0121-2009	1
	土の粒度試験	JIS A 1204:2009	JGS 0131-2009	1
	土の湿潤密度試験	JIS A 1225:2009	JGS 0191-2009	1
	土の細粒分含有率試験	JIS A 1223:2009	JGS 0135-2009	7
力学試験	土の三軸圧縮試験(UU)	-	JGS 0521-2009	1
	土の圧密試験	JIS A 1217:2009	JGS 0411-2009	1

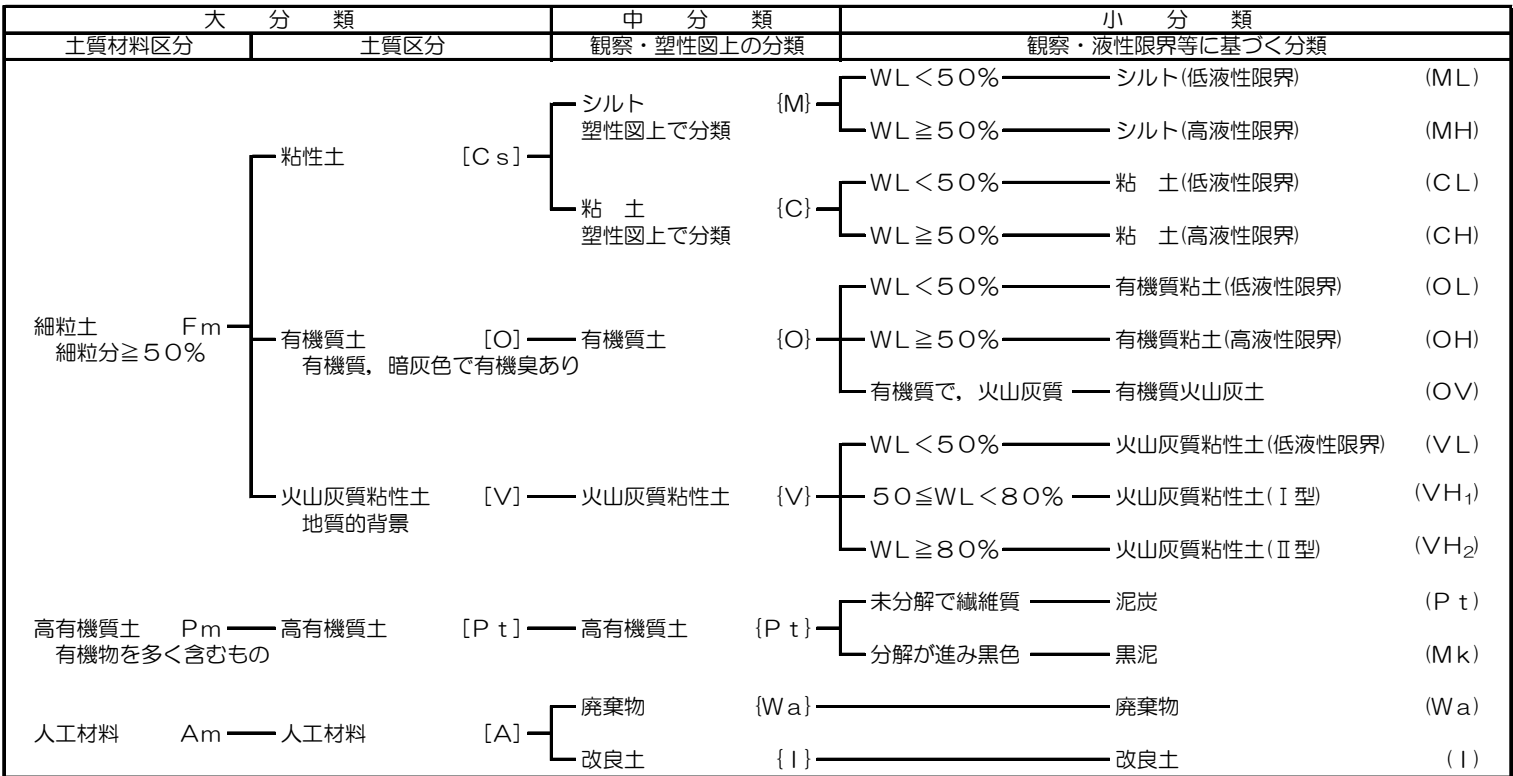
試験結果一覧を表4.12と表4.13にまとめた。また室内土質試験結果一覧の分類は、図4.7 土質材料の工学的分類体系に従った。

なお試験結果の詳細は、巻末の室内土質試験データシートのとおりである。



(a) 粗粒土の工学的分類体系

注：含有率は土質材料に対する質量百分率



(b) 細粒土の工学的分類体系

地 盤 材 料 区 分		主 記 号		副 記 号	
記号	意 味	記号	意 味	記号	意 味
Cm	粗粒土 (Coarse-grained material)	G	礫質土 (G-soil または Gravel)	L	低液性限界 (WL<50%)
Fm	細粒土 (Fine-grained material)	S	砂粒土 (S-soil または Sand)		(Low liquid limit)
Pm	高有機質土 (Highly organic material)	F	細粒土 (Fine soil)	H	高液性限界 (WL≥50%)
Am	人工材料 (Artificial material)	M	シルト (Mo : スウェーデン語のシルト)		(High liquid limit)
		C	粘土 (Clay)	H1	火山灰質粘性土のⅠ型 (WL<80%)
		O	有機質土 (Organic soil)	H2	火山灰質粘性土のⅡ型 (WL≥80%)
		V	火山灰質粘性土 (Volcanic cohesive soil)		
		P t	高有機質土 (Highly organic soil)		
			または泥炭 (Peat)		
		M k	黒泥 (Muck)		
		W a	廃棄物 (Wastes)		
		I	改良土 (I-soil または Improved soil)		

(C) 分類番号の意味

注) 小分類名における「まじり」：混入粒子の含有率が、5%以上15%未満に用いる(記号にーを入れる)。
小分類名における「質」：混入粒子の含有率が、15%以上50%未満に用いる。

図4.7 土質材料の工学的分類体系

「(社)地盤工学会発行：地盤材料試験の方法と解説(P56～57)，土質試験 基本と手引き第二回改訂版(P160～161)」より

表4.12 室内土質試験結果(1)

ボーリング孔		No.2
土質名		シルト
試料番号		Tr2-14
深度 (m)		13.70 } 14.70
一般	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.734
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.179
	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.659
	自然含水比 Wn (%)	47.1
	間隙比 e	1.257
	飽和度 Sr (%)	99.7
粒度	礫分 2~75mm (%)	0.0
	砂分 0.075~2mm (%)	4.1
	シルト分 0.005~0.075mm (%)	45.6
	粘土分 0.005mm未満 (%)	50.3
	均等係数 U_c	-
	最大粒径 mm	0.250
分類	地盤材料の分類名	細粒土
	分類記号	F
三軸圧縮	試験方法	UU
	粘着力 C (kN/m ²)	99.20
	内部摩擦角 ϕ (°)	6.8
圧密	圧縮指数 C_c	0.565
	圧密降伏応力 P_y (kN/m ²)	342.40

表4.13 室内土質試験結果(2)

孔 番		No.1		No.2			No.3	
土 質	名	細砂	シルト 混じり砂	シルト 混じり砂	シルト 混じり砂	軽石質砂	粗砂	礫混じり砂
試 料 番 号		P1-3	P1-15	P2-2	P2-8	P2-10	P3-8	P3-16
深 度 (m)		3.15 }	15.15 }	2.15 }	8.15 }	10.15 }	8.15 }	16.15 }
		3.45	15.45	2.45	8.45	10.45	8.45	16.45
一 般	含 水 比 W (%)	58.46	36.15	41.99	35.71	44.06	33.85	21.28
粒 度	最 大 粒 径 mm	4.75	4.75	4.75	19	4.75	9.5	19
	細粒分含有率 F C (%)	34.8	40.6	47.1	31.7	48.5	25.8	17.6

①土粒子の密度試験結果

土粒子の密度(ρ_s)は、土の固有性質を示し、土の間隙比・飽和度・乾燥密度を求めるために用いられる。また、一般にはその土が生成された起源の岩石鉱物・堆積環境及び混入物により定まり、通常 $\rho_s=2.6\sim 2.7\text{g/cm}^3$ の値を示すが、これ以上の値を示す場合は岩石鉱物を多く、これ以下の値を示す場合は有機物を含む場合が多く、これにより土の性質をある程度判断できる。

Tr2-14の土粒子の密度(ρ_s)は、 2.659g/cm^3 を示す。

②土の含水比試験結果

土の含水比は、土塊を構成している土粒子・水・空気の三要素のうち、水と土粒子の質量比を百分率で表したものである。

Tr2-14の土の含水比(Wn)は、47.1%を示す。

③土の粒度試験結果

土の粒度とは、土を構成する土粒子径の分布状態を全質量に対する百分率で表したものをいう。粒度分布の把握には、均等係数 U_c 、曲率係数 $U_{c'}$ がそれぞれ用いられ粒径加積曲線の通過質量百分率60(%), 30(%), 10(%)にそれぞれ相当する粒径 D_{60} , D_{30} , D_{10} (有効径)をとり、このうち、均等係数(U_c)は粒径加積曲線の傾度を表すもので、大きくなる程、粒度分布が広いことを示している。

一般に U_c が4~5以下の土は「粒度分布が悪い」といい、10以上の土は「粒度分布が良い」といわれている。

曲率係数 $U_{c'}$ は粒径加積曲線のなだらかさを示すもので、 $U_{c'}$ が1~3の場合に「粒度分布が良い」という。

表4.14 粒度構成

試料番号	礫分	砂分	シルト分	粘土分	工学的分類名	記号
Tr2-14	0.0	4.1	45.6	50.3	細粒土	F

④土の湿潤密度試験結果

土の湿潤密度とは，間隙に含まれる水の量によって変化する値で，重量で表したものを単位体積重量(γ_t)という。

通常，一般の土で $1.6\sim 2.0\text{g/cm}^3$ ，有機物が混入していると小さい値，高有機質土の泥炭で $0.8\sim 1.3\text{g/cm}^3$ をそれぞれ示し，同じ種類の地盤では，値が大きいほど地盤が硬く良く締まっていることを示す。

表4.15 湿潤密度・乾燥密度

孔番	試料番号	土質名	湿潤密度 $\rho_t(\text{g/cm}^3)$	乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	間隙比 e	飽和度 $S_r(\%)$
No.2	Tr2-14	シルト	1.734	1.179	1.257	99.70

⑤三軸圧縮試験結果

土の強度定数である粘着力(c)とせん断抵抗角(ϕ)は，破壊時の拘束圧と圧縮強さに基づいて決定されるモール円に対し，モールの破壊理論を適用した破壊基準線の切片と傾きをいう。なお，本試験により求められる粘着力(c)とせん断抵抗角(ϕ)は，過剰間隙水圧が発生しない条件での有効応力(=全応力)表示の強度定数である。一般に，全応力で強度定数を表現した場合，排水条件によって異なる。

表4.16 全応力

孔番	試料番号	土質名	条件	粘着力 $C(\text{kN/m}^2)$	内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$
No.2	Tr2-14	シルト	UU	99.2	6.8

⑥ 圧密試験結果

圧密降伏応力 (P_c) は、過去に受けた最大の応力であり、通常 P_c が土被り圧 (P_o) の同等の範囲にある場合は正規圧密、土被り圧 (P_o) を超えるものは過圧密と評価される。一般に沖積粘性土で正規圧密が多く、洪積粘性土では過圧密状態のものが多い。

圧縮指数 (C_c) は、間隙比-圧密圧力曲線における直線部分の勾配であり、値が大きいほど圧縮性が大きい。

表 4.17 圧縮指数 (C_c) と圧密降伏応力 (P_c)

孔番	試料番号	土質名	圧縮指数 C_c	圧密降伏応力 $P_c(\text{kN/m}^2)$
No.2	Tr2-14	シルト	0.565	342.4

5.地盤構成と工学的特性

地盤構成は、盛土(砂質土・粘性土)[Bs・Bc]2層，沖積粘性土層(Ac)，沖積砂質土層(As)，洪積砂質土層(Ds1・Ds2)2層，洪積粘性土層(Dc)，洪積礫混じり砂質土層(Dgs)の計8層で構成される。

調査地の地盤構成を下表に示す。

表5.1 調査地の地盤構成

地質時代	層区分	記号	主な土質	層厚(m)	N値(回)
第四紀	沖積世	盛土(砂質土) Bs	アスファルト 碎石 シルト混じり砂 シルト質砂	0.90~1.50	2
		盛土(粘性土) Bc	火山灰質粘性土 砂混じりシルト コンクリート片	1.10~2.00	3~5
		粘性土層 Ac	埋木 砂混じりシルト	1.40	3
		砂質土層 As	細砂・粗砂 シルト混じり砂 シルト質砂	6.80~8.50	2~45
	洪積世	第1砂質土層 Ds1	軽石混じり砂 軽石質砂	3.60~3.80	6~60<
		粘性土層 Dc	砂混じりシルト シルト	1.70~1.85	8~15
		礫混じり砂質土層 Dgs	シルト混じり砂 礫混じり砂 砂礫	0.70~1.45	15~60<
		第2砂質土層 Ds2	軽石質砂	4.85~8.01	33~60<

赤字は計算N値を示す。

調査地は、N値=2を示し「非常に緩い」の相対密度で表される盛土(砂質土)[Bs]が層厚0.90~1.50m，N値=3~5を示し「軟らかい~中位の」の相対稠度で表される盛土(粘性土)[Bc]が層厚1.10~2.00mで盛土されている。

以深のGL-10m付近までは軟弱地盤で、N値=3を示す「軟らかい」の相対稠度で表される沖積粘性土層(Ac)がNo.1に層厚1.40mで堆積し、その下位にN値=2~45を示す概ね「非常に緩い~中位の」の相対密度で表される沖積砂質土層(As)が層厚6.80~8.50mで厚く堆積する。

以深は、 N 値=6～60<を示す概ね「非常に密な」の相対密度で表される洪積第1砂質土層(As2)が層厚3.60～3.80m、 N 値=8～15を示す「硬い」の相対稠度で表される洪積粘性土層(Dc)が層厚1.70～1.85m、 N 値=15～60<を示す「中位の～非常に密な」の相対密度で表される洪積礫混じり砂質土層(Dgs)が層厚0.70～1.45mで各層ともに概ね水平に堆積する。

最深部は、 N 値=33～60<を示す「密な～非常に密な」の相対密度で表される洪積第2砂質土層(Ds2)が層厚4.80～8.01mで堆積する。

孔内水位は、GL-2.80～3.20mの沖積砂質土層(As)内で測定され、降雨等の影響により変動する自由面地下水位と推察される。なお被圧や湧水は認められていない。

地盤構成を明らかにするために、既存資料を含め作成した推定地層断面図を図5.1に示す。

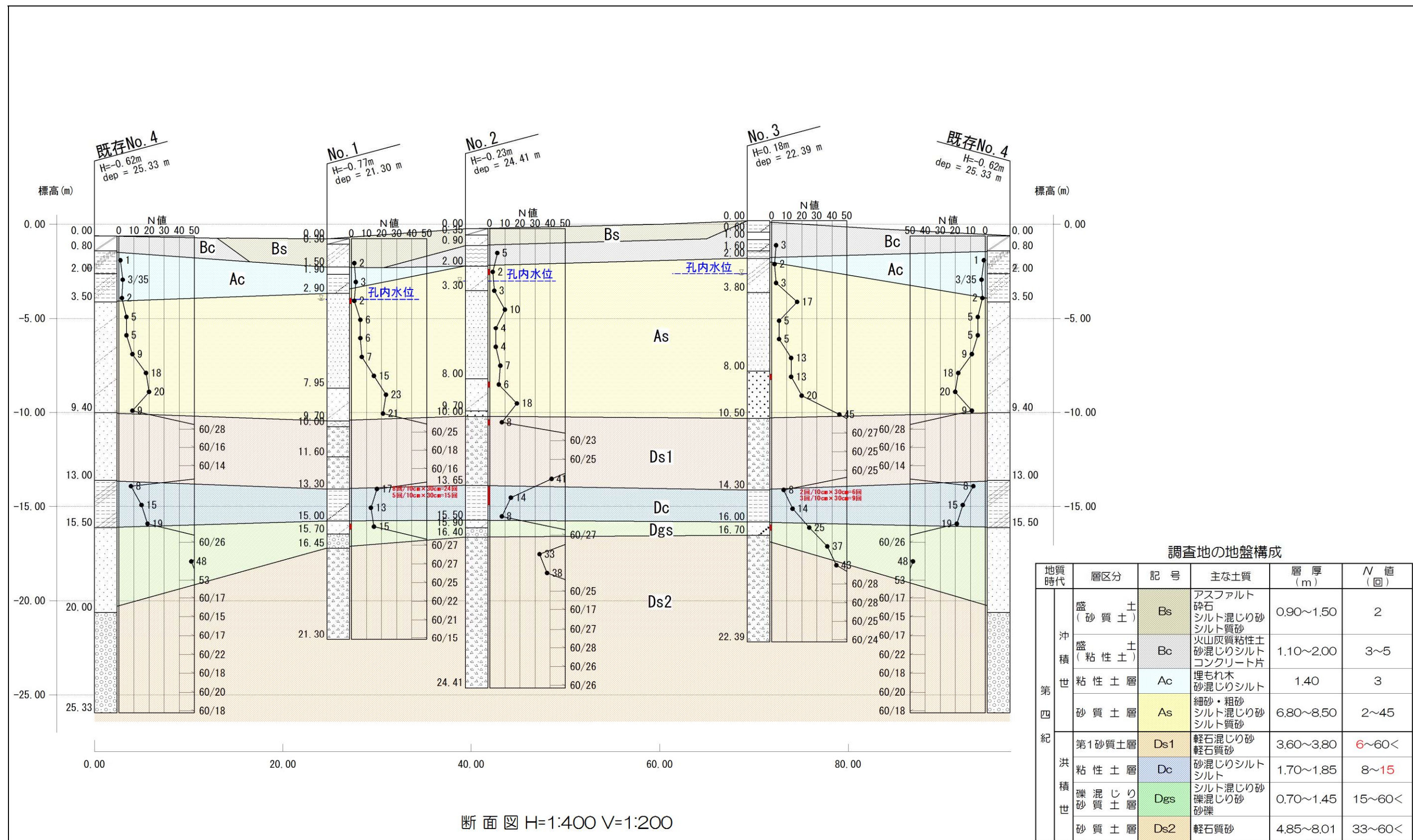


図5.1 推定地層断面図

次頁より地質状況と工学的特性を記述する。なお、物理特性における一般値として、自然状態の土の性質と土粒子の密度の値を表5.2～表5.4に示す。

表5.2 自然状態の土の性質

特性 土質	自然含水比 (%)	土粒子の 密度 (真比重)	液性限界 (WL) (%)	塑性限界 (Wp) (%)	湿潤密度 (t/m^3)	自然間隙比
砂	5～20	2.6～2.8	—	—	1.6～2.0	0.5～1.0
砂質土	20～40	2.5～2.7	30～50	20～40	1.6～1.8	1.1～2.0
砂質シルト	30～60	2.5～2.7	40～70	30～50	1.5～1.6	1.5～2.5
粘土シルト	50～100	2.5～2.7	40～120	30～70	1.4～1.7	1.5～3.0

「土質工学会編：土質試験法 - 第2回改訂版- P6」より

表5.3 土粒子の密度の例

鉱物名	密度 ρ_s (g/cm^3)	土質名	密度 ρ_s (g/cm^3)
石英	2.6～2.7	豊浦砂	2.64
長石	2.5～2.8	沖積砂質土	2.6～2.8
雲母	2.7～3.2	沖積粘性土	2.50～2.75
角閃石	2.9～3.5	洪積砂質土	2.6～2.8
輝石	2.8～3.7	洪積粘性土	2.50～2.75
磁鉄鉱	5.1～5.2	泥炭（ピート）	1.4～2.3
クォーライト	2.6～3.0	関東ローム	2.7～3.0
イライト	2.6～2.7	まさ土	2.6～2.8
カオリナイト	2.5～2.7	しらす	1.8～2.4
モンモリロナイト	2.0～2.4	黒ぼく	2.3～2.6

「地盤工学会編：地盤材料試験の方法と解説 P101」より

表5.4 我が国における土の密度のおおよその範囲

特性 土質	沖積層		洪積層 粘性土	関東ローム	高有機質土
	粘性土	砂質土			
湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)	1.2～1.8	1.6～2.0	1.6～2.0	1.2～1.5	0.8～1.3
乾燥密度 ρ_d (g/cm^3)	0.5～1.4	1.2～1.8	1.1～1.6	0.6～0.7	0.1～0.6
含水比 W (%)	30～150	10～30	20～40	80～180	80～1200

「地盤工学会編：地盤材料試験の方法と解説P181」より

各地層状況と工学的特性を以下に示す。

①盛土(砂質土)[Bs]

- ・土質は、アスファルト・碎石・シルト混じり砂・シルト質砂で構成される。
- ・層厚0.90～1.50mで盛土されている。
- ・シルト混じり砂とシルト質砂は、細砂を主体とし、シルトと有機物および炭化物を混入する。
- ・φ2～10mmの亜角礫をわずかに混入する。
- ・No.1からNo.2の表部で確認された。

< N値特性 >

- ・N値は2を示し、「非常に緩い」の相対密度で表される。

②盛土(粘性土)[Bc]

- ・土質は、火山灰質粘性土・砂混じりシルト・コンクリート片で構成される。
- ・層厚1.10～2.00mで盛土されている。
- ・細砂と粗砂および火山灰を混入する。
- ・φ2mm以下の軽石と火山礫およびφ10～30mmの亜角～亜円礫をわずかに混入する。

< N値特性 >

- ・N値は3～5を示し、「軟らかい～中位の」の相対稠度で表される。

③沖積粘性土層(Ac)

- ・土質は、埋木・砂混じりシルトで構成される。
- ・層厚1.40mで堆積する。
- ・有機物と炭化物を混入する。
- ・細砂をわずかに混入する。
- ・No.1で確認された。

< N値特性 >

- ・N値は3を示し、「軟らかい」の相対稠度で表される。

④ 沖積第1砂質土層 (As1)

- ・土質は、細砂・粗砂・シルト混じり砂・シルト質砂で構成される。
- ・層厚6.80～8.50mで堆積する。
- ・火山灰とφ2～10mmの亜角～亜円礫を混入する。
- ・石英とφ2mm以下の軽石をわずかに混入する。
- ・所々膠結しているところがある。

< N値特性 >

- ・N値は2～45を示し、「非常に緩い～密な」の相対密度で表される。下方に従いN値が大きくなる傾向を示す。

< 物理特性 >

- ・土の含水比(W)は、33.85～58.46%を示す。
- ・土の細粒分含有率(Fc)は、25.8～47.1を示す。

⑤ 洪積第1砂質土層 (Ds1)

- ・土質は、軽石混じり砂・軽石質砂で構成される。
- ・層厚3.60～3.80mで堆積する。
- ・砂は細～粗砂で構成され、φ2～20mmの軽石を多く混入する。
- ・石英とφ2～5mmの亜角礫と火山礫をわずかに混入する。

< N値特性 >

- ・N値は8～60<を示し、「緩い～非常に密な」の相対密度で表される。

< 物理特性 >

- ・土の含水比(W)は、44.06%を示す。
- ・土の細粒分含有率(Fc)は、48.5を示す。

⑥ 洪積粘性土層 (Dc)

- ・土質は、砂混じりシルト・シルトで構成される。
- ・層厚 1.70～1.85m で堆積する。
- ・ほぼ均一で、有機物と炭化物をわずかに混入する。
- ・所々に有機質シルトと腐植土および埋木を挟む。

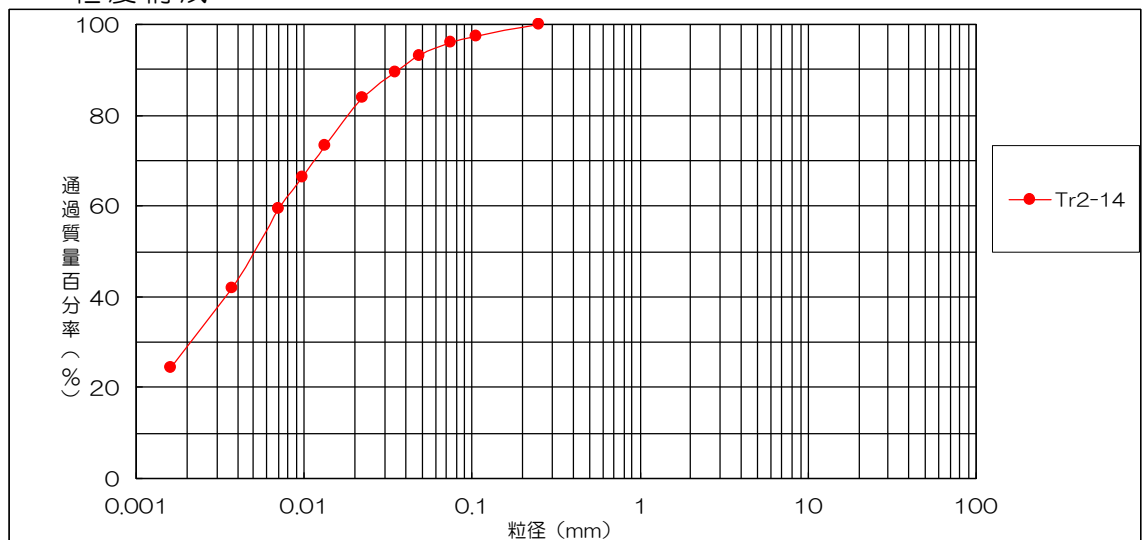
< N値特性 >

- ・N値は 8～15 を示し、「**硬い**」の相対稠度で表される。

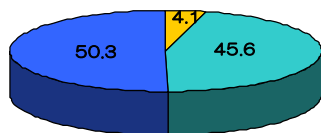
< 物理特性 >

- ・土の湿潤密度 (ρ_t) は、 1.734g/cm^3 を示し、粘土シルトの一般値 $1.4\sim 1.7\text{g/cm}^3$ の概ね範囲内の値である。
- ・土粒子の密度 (ρ_s) は、 2.659g/cm^3 を示し、粘土シルトの一般値 $2.5\sim 2.7\text{g/cm}^3$ の範囲内の値である。
- ・土の自然含水比 (Wn) は、47.1% を示し、粘土シルトの一般値 50～100% のほぼ範囲内の値である。

・ 粒度構成



Tr2-14



試料番号	礫分	砂分	シルト分	粘土分
Tr2-14	0.0	4.1	45.6	50.3

■ 礫分 ■ 砂分
■ シルト分 ■ 粘土分

図5.2 粒径加積曲線と粒度構成比率 (%)

- ・工学的分類名：「細粒土[F]」に分類される。

<力学特性>

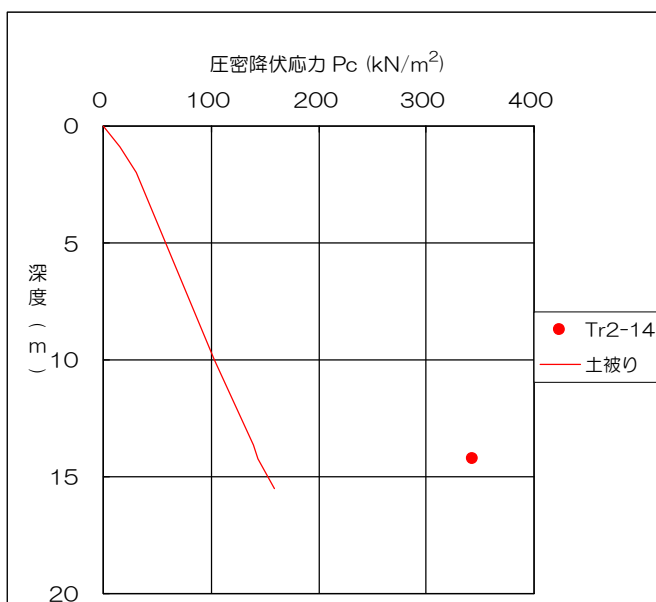
・三軸圧縮試験

表5.5 三軸圧縮試験結果

孔番	試料番号	土質名	条件	粘着力 $C(kN/m^2)$	内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$
No.2	Tr2-14	シルト	UU	99.2	6.8

<圧密特性>

T-19の土被り圧 (P_o) は約 $143.6kN/m^2$ ，圧密降伏応力 (P_c) は $342.4kN/m^2$ を示し，過圧密比 $OCR(P_c/P_o)$ は約 2.38 を示す。よって，過圧密状態であると推察される。



孔番	試料番号	土質名	圧縮指数 C_c	圧密降伏応力 $P_c(kN/m^2)$
No.2	Tr2-14	シルト	0.565	342.4

図5.3 深度と圧密降伏応力 (P_c)

⑦ 洪積礫混じり砂質土層 (Dgs)

- ・土質は、シルト混じり砂・砂礫・礫混じり砂で構成される。
- ・層厚0.70～1.45mで堆積する。
- ・砂は細～粗砂で構成され、 $\phi 2\text{mm}$ 以下の石英と $\phi 2\sim 5\text{mm}$ の亜角～亜円礫を混入する。
- ・砂礫の礫は $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の亜角～亜円礫で構成され、マトリックスは粗砂である。また、 $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の軽石をわずかに混入する。

< N値特性 >

- ・N値は15～60<を示し、「中位の～非常に密な」の相対密度で表される。

< 物理特性 >

- ・土の含水比(W)は、36.15%を示す。
- ・土の細粒分含有率(Fc)は、40.6を示す。

⑧ 洪積第2砂質土層 (Ds2)

- ・土質は、軽石質砂を主体とする。
- ・層厚4.85～8.01で堆積する。
- ・砂は細～粗砂で構成され、 $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の軽石を多く混入する。
- ・ $\phi 2\sim 10\text{mm}$ の火山礫と $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の亜角～亜円礫を混入する。
- ・ $\phi 20\sim 100\text{mm}$ の軽石が点在する。

< N値特性 >

- ・N値は33～60<を示し、「密な～非常に密な」の相対密度で表される。

6.地盤定数

前述で作成した設計モデル図より，今回調査結果に基づき地盤定数を提案する。

6.1 算定式

① 設計用 N 値 (N)

設計用 N 値は，各層毎の N 値の平均を採用する。

N 値の上限は50とし， N 値 > 60 は $N = 50$ として取り扱う。

② 単位体積重量 (γ_t)

単位体積重量は，土質試験結果および N 値等層々の観察に基づき，下表を勘案して設定した。

表6.1 単位体積重量の目安 (kN/m^3)

土質	N 値	単位体積重量	土質	N 値	単位体積重量
砂質土	< 10	17	粘性土	< 10	14~16
	10~30	18		10~20	15~17
	30~50	19		20~30	17
	> 50	20		> 30	19

*地下水位以下は，1(水中単位体積重量)を差引く。

*ピート・ローム・シラス等の特殊土については実態による。

「土質工学会・基礎の設計資料集 P21」

③ 粘着力 (c)

粘着力は，土質試験結果と以下に示す関係式より求めた。

ただし，砂質土は $c=0$ とする。

$$c = qu/2 \quad (\text{kN/m}^2) \cdots \text{③-1式}$$

「日本建築学会・建築基礎構造設計指針 P115」

$$qu = 12.5 N \quad (\text{kN/m}^2) \cdots \text{③-2式}$$

ここに， qu ：一軸圧縮強度 (kN/m^2)

N ：設計用 N 値

「地盤工学会：地盤調査の方法と解説 P267」

④ 内部摩擦角 (ϕ)

次式より推定する。

ただし，粘性土は $\phi = 0$ とする。

$$\phi = \sqrt{20 \times N + 15} \quad \cdots \text{④-1式}$$

「建築基礎構造設計指針 P113」

⑤ 変形係数 (αE_0)

標準貫入試験による設計用 N 値を用いて算出する。また、孔内水平載荷試験を実施している場合は、下表に基づき算出する。

$$\alpha E_0 = 2800 \times N \quad (\text{kN/m}^2) \cdots \text{⑤-1 式}$$

ここに、 αE_0 ：変形係数 (kN/m^2)

N ：設計用 N 値

表 6.2 変形係数 E_0 と α

変形係数 E_0 の推定方法	地盤反力係数の推定に用いる係数 α	
	常時	地震時
直径 0.3m の剛体円板による平板載荷試験の繰返し曲線から求めた変形係数の 1/2	1	2
孔内水平載荷試験で測定した変形係数	4	8
供試体の一軸圧縮試験または三軸圧縮試験から求めた変形係数	4	8
標準貫入試験の N 値より $E_0 = 2800N$ で推定した変形係数	1	2

注) 暴風時は、常時の値を用いるものとする。

「道路橋示方書・同解説・Ⅳ 下部構造編 P255」

⑥ その他

やむを得ず定数を算定しがたい場合は、下表により設定するものとする。

表 6.3 土質毎の土質定数

種類		状態	単位 体積重量 (kN/m^3)	せん断 抵抗角 (度)	粘着力 (kN/m^2)	地盤工学会 基準 (注 ₂)
盛土	礫および礫混じり砂	締固めたもの	20	40	0	{G}
	砂	締固めたもの	粒径幅の広いもの	20	35	{S}
			分級されたもの	19	30	
	砂質土	締固めたもの	19	25	30	{SF}
	粘性土	締固めたもの	18	15	50	{M} {C}
	関東ローム	締固めたもの	14	20	10	{V}
自然地盤	礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの	20	40	0	{G}
		密実でないものまたは分級されたもの	18	35	0	
	礫混じり砂	密実なもの	21	40	0	{G}
		密実でないもの	19	35	0	
	砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの	20	35	0	{S}
		密実でないものまたは分級されたもの	18	30	0	
	砂質土	密実なもの	19	30	30	{SF}
		密実でないもの	17	25	0	
	粘性土	固いもの(注 ₁) (指で強く押し多少へこむ)	18	25	50	{M} {C}
		やや軟らかいもの(注 ₁) (指の中程度の力で貫入)	17	20	30	
		軟らかいもの(注 ₁) (指が容易に貫入)	16	15	15	
	粘土およびシルト	固いもの(注 ₁) (指で強く押し多少へこむ)	17	20	50	{M} {C}
		やや軟らかいもの(注 ₁) (指の中程度の力で貫入)	16	15	30	
		軟らかいもの(注 ₁) (指が容易に貫入)	14	10	15	
	関東ローム		14	5(ϕ_u)	30	{V}

注1: N 値の目安は次のとおりである。

固いもの($N=8\sim 15$)、やや軟らかいもの($N=4\sim 8$)、軟らかいもの($N=2\sim 4$)

注2: 地盤工学会基準の記号はおよその目安である。

6.2 地盤定数の提案

前述の推定地層断面図を設計モデル図とした地盤定数の提案値を表に示す。

表6.4 地盤定数

記号	層区分	設計用 N値 (回)	単位 体積重量 γ_t (kN/m^3)	粘着力 c (kN/m^2)	内摩擦角 ϕ ($^\circ$)	地盤 反力係数 αE_o (kN/m^2)
Bs	盛 (砂質土)	2	17	0	23	5600
Bc	盛 (粘性土)	4	14	25	0	11200
Ac	沖 粘性土	3	14	19	0	8400
As	沖 砂質土	11	18	0	30	25500
Ds1	洪 第1砂質土	40	19	0	43	112000
Dc	洪 粘性土	12	17	99	0	33600
Dgs	洪 礫混じり砂質土	35	19	0	41	98000
Ds2	洪 第2砂質土	47	19	0	46	131600

6.2 地盤定数の算定

以下に算定根拠を示す。

表 6.5 設計用 N 値

土層記号	Bs	Bc	Ac	As		Ds1	Dc	Dgs	Ds2	
測定 N 値	2	5	3	2	2	50	15	15	50	50
		3		6	3	50	13	50	50	50
				6	17	50	14	50	50	50
				7	5	24	8	25	50	50
				15	5	8	9		50	
				23	13	50	14		33	
				21	13	50			38	
				2	20	41			50	
				3	45	50			50	
				10		50			50	
				4		50			50	
				4		6			50	
				7					50	
				6					37	
				18					43	
個 数	1	2	1	24		12	6	4	19	
最大 N 値	2	5	3	45		50	15	50	50	
最小 N 値	2	3	3	2		6	8	15	33	
平均 N 値	2.0	4.0	3.0	10.7		39.9	12.2	35.0	47.4	
設計用 N 値	2	4	3	11		40	12	35	47	

※ 赤字は計算 N 値を示す。

表6.6 単位体積重量 (γ_t)

記号	設計用 N 値 (回)	単位 体積重量 γ_t (kN/m^3)	設定根拠
Bs	2	17	表6.1より, 砂質土 N 値 <10 の値を採用。
Bc	4	14	表6.1より 粘性土 N 値 <10 の値の最小値を採用。
Ac	3	14	表6.1より 粘性土 N 値 <10 の値の最小値を採用。
As	11	18	表6.1より, 砂質土 N 値 $=10\sim20$ の値を採用。
Ds1	40	19	表6.1より, 砂質土 N 値 $=30\sim50$ の値を採用。
Dc	12	17	Tr2-14の試験結果より $\gamma_t=1.734\times 9.807\div 17.0\text{kN/m}^3$
Dgs	35	19	表6.1より, 砂質土 N 値 $=30\sim50$ の値を採用。
Ds2	47	19	表6.1より, 砂質土 N 値 $=30\sim50$ の値を採用。

表6.7 粘着力 (c)

記号	設計用 N 値 (回)	粘着力 c (kN/m^2)	設定根拠
Bs	2	0	砂質土より, $c=0$
Bc	4	25	③-1,③-2式より $c=(12.5\times 4)/2=25.0$
Ac	3	19	③-1,③-2式より $c=(12.5\times 3)/2=18.8$
As	11	0	砂質土より, $c=0$
Ds1	40	0	砂質土より, $c=0$
Dc	12	99	Tr2-14の試験結果より $c=99.2\text{kN/m}^2$
Dgs	35	0	砂質土より, $c=0$
Ds2	47	0	砂質土より, $c=0$

表6.8 内部摩擦角(ϕ)

記号	設計用 N値 (回)	内 摩 擦 角 ϕ ($^{\circ}$)	設定根拠
Bs	2	23	④-1式より, $\phi = \sqrt{20 \times 2 + 15} \div 21.3$
Bc	4	0	粘性土より, $\phi = 0^{\circ}$
Ac	3	0	粘性土より, $\phi = 0^{\circ}$
As	11	30	④-1式より, $\phi = \sqrt{20 \times 11 + 15} \div 29.8$
Ds1	40	43	④-1式より, $\phi = \sqrt{20 \times 40 + 15} \div 43.3$
Dc	12	0	粘性土より, $\phi = 0^{\circ}$
Dgs	35	41	④-1式より, $\phi = \sqrt{20 \times 35 + 15} \div 41.4$
Ds2	47	46	④-1式より, $\phi = \sqrt{20 \times 47 + 15} \div 45.7$

表6.9 変形係数(αE_o)

記号	設計用 N値 (回)	地盤反力係数 αE_o (kN/m^2)	設定根拠
Bs	2	5600	⑤-1式より $\alpha E_o = 1 \times 2800 \times 2 = 5600$
Bc	4	11200	⑤-1式より $\alpha E_o = 1 \times 2800 \times 4 = 11200$
Ac	3	8400	⑤-1式より $\alpha E_o = 1 \times 2800 \times 3 = 8400$
As	11	25500	孔内水平載荷試験結果(No.2, GL-5m)より $\alpha E_o = 4 \times 6383 = 25532$
Ds1	40	112000	⑤-1式より $\alpha E_o = 1 \times 2800 \times 40 = 112000$
Dc	12	33600	⑤-1式より $\alpha E_o = 1 \times 2800 \times 12 = 33600$
Dgs	35	98000	⑤-1式より $\alpha E_o = 1 \times 2800 \times 35 = 98000$
Ds2	47	131600	⑤-1式より $\alpha E_o = 1 \times 2800 \times 47 = 131600$

7.液状化の概略検討

「建築基礎構造設計指針」に基づき地盤の液状化の概略検討を行う。

1. 飽和砂質土においては，地震時における液状化発生の可能性を適切な方法により評価する。
2. 液状化の可能性が高いと判断された地盤においては，液状化の程度，液状化後の地盤変形，変状の程度と地盤剛性，地盤反力の低下などを適切な方法により評価する。
3. 液状化の可能性が高いと判断された地盤における基礎構造設計の際には，液状化による影響を考慮して基礎形式の選定を行うとともに，必要に応じて適切な対策を講じるようにする。

「建築基礎構造設計指針 P61」

液状化の危険度は，液状化発生に対する安全率(FL)により評価する。各深度における液状化発生に対する安全率 FL を求め， FL 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無いものと判定し，1以下となる場合は可能性があり，その値が小さくなるほど液状化発生危険度が高くなる。また， FL 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。

(1)液状化判定が必要な土層

本基準は以下の土層を液状化判定の対象とする。

- ・対象深度：GL±0～－20m
- ・粘土分含有率 $C_c \leq 10\%$
- ・細粒分含有率 $F_c \leq 35\%$

(ただし $35\% \leq F_c$ でも $C_c \leq 10\%$ または塑性指数 $I_p \leq 15$ の土層)

(2)地震時せん断応力比の算定

等価な繰返しせん断応力比 L を次式で算定する。

$$L = \frac{\tau_d}{\sigma'_z} = \gamma_n \cdot \frac{\alpha_{\max}}{g} \cdot \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} \cdot \gamma_d$$

$$\gamma_n = 0.1(M-1)$$

$$\gamma_d = 1 - 0.015z$$

ここに、

τ_d ：水平面に生じる等価な一定繰返しせん断応力振幅(kN/m²)

σ'_z ：検討深さにおける有効土被り圧(kN/m²)

γ_n ：等価な繰返し回数に関する補正係数

M ：地震のマグニチュード

α_{\max} ：地表面における設計用水平加速度(gal)

g ：重力加速度(980gal)

σ_z ：検討深さにおける全土被り圧(kN/m²)

γ_d ：地盤が剛体でないことによる低減係数

z ：地表面からの検討深さ(m)

建築基礎構造設計指針では、設計水平加速度 α_{\max} について、損傷限界検討用として150～200gal、終局限界検討用として350galを推奨している。

(3) 液状化抵抗比の算定

次式より補正 N 値 N_a を求め、 N_a と液状化抵抗比 R ($=\tau_l/\sigma' z$) 関係図のせん断ひずみ振幅 5% 曲線を用いて液状化抵抗比 R を求める。

$$N_a = N_l + \Delta N_f$$

$$N_l = C_N \times N$$

$$C_N = \sqrt{10/\sigma' z}$$

ここに、

N_a : 補正 N 値

N_l : 換算 N 値

ΔN_f : 細粒分含有率に応じた補正 N 値増分

C_N : 換算 N 値係数 ($\sigma' z$ の単位は kN/m^2)

N : とんび法または自由落下による実測 N 値 (ただし、コーンブーリ法を用いたときは、ロープをブーリから外してハンマを自由落下させる努力をした場合、1割程度、自由落下の努力をしなかった場合、2割程度割り引くこととする。)

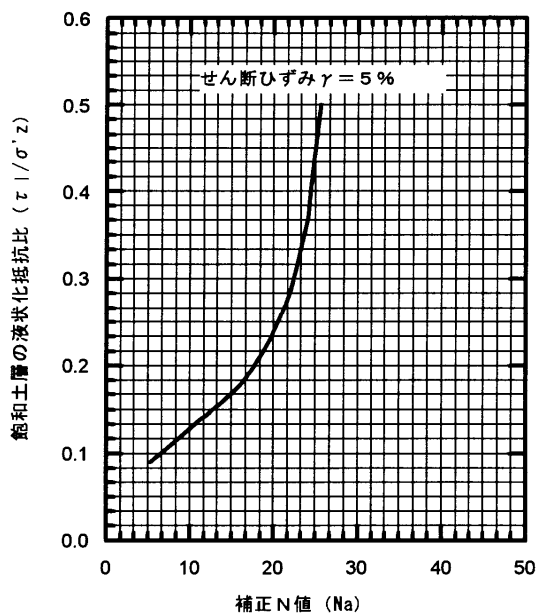


図 7.1 N_a と $\tau_l / \sigma' z$ の関係

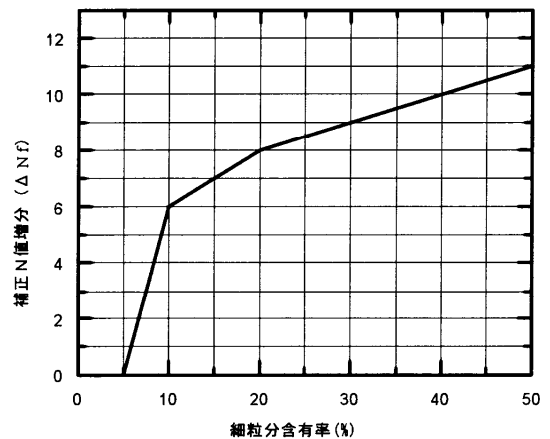


図 7.2 F_c と ΔN_f の関係

(4) 液状化の判定

液状化発生に対する安全率 FL を次式で算出する。

$$FL = \frac{\tau l / \sigma'_z}{\tau d / \sigma'_z} = \frac{\tau l}{\tau d}$$

$FL \leq 1.0$ … 液状化発生の可能性あり，値が小さくなるほど液状化発生危険度が高い。

$1.0 < FL$ … 液状化発生の可能性はない。

(5) 水平地盤反力係数の低減

$FL \leq 1.0$ となる地盤に対しては，杭基礎を用いる場合に水平地盤反力係数の低減を考慮する必要がある。本指針では FL 値，地表面からの深さ，補正 N 値 N_a をパラメータとして表 7.1 に示す低減係数を与えている。

表 7.1 水平地盤反力係数の低減係数

液状化発生に対する安全率 FL の値	地表面からの深さ z (m)	水平地盤反力係数に乘じる低減係数 γ_k			
		$N_a \leq 8$	$8 < N_a \leq 14$	$14 < N_a \leq 20$	$20 < N_a$
$FL \leq 0.5$	$0 \leq z \leq 10$	0	0.0	0.05	0.1
	$10 < z \leq 20$	0	0.05	0.1	0.2
$0.5 < FL \leq 0.75$	$0 \leq z \leq 10$	0	0.05	0.1	0.2
	$10 < z \leq 20$	0.05	0.1	0.2	0.5
$0.75 < FL \leq 1.0$	$0 \leq z \leq 10$	0.05	0.1	0.2	0.5
	$10 < z \leq 20$	0.1	0.2	0.5	1.0

「埋立て地の液状化対策ハンドブック(改訂版)平成9年 P368：沿岸開発技術センター」

(6) 液状化の検討条件

- ・ マグニチュード=7.5M(兵庫県南部地震を参考)
- ・ 損傷限界検討用 設計用水平加速度 $\alpha_{\max}=150\text{gal}$
- ・ 損傷限界検討用 設計用水平加速度 $\alpha_{\max}=200\text{gal}$
- ・ 終局限界検討用 設計用水平加速度 $\alpha_{\max}=350\text{gal}$
- ・ 孔内水位は，地下水位は安全側にGL±0.00mと設定する。
- ・ 細粒分含有率(F_c)は試験値による。
- ・ 液状化検討対象層は，GL-20m以浅の盛土(砂質土)[Bs]・沖積砂質土層(As)・洪積第1砂質土層(Ds1)・洪積礫混じり砂質土層(Dgs)・洪積第2砂質土層とする。

(7) 液状化の検討結果

検討結果を以下に示す。なお詳細は，巻末の液状化検討結果図の通りである。

[FL法]

- ① 盛土(砂質土)[Bs]は，No.1の $\alpha_{\max}=200\sim 350\text{gal}$ において $FL < 1.0$ と求められ，液状化の可能性があると判断される。
- ② 沖積砂質土層(As)は，No.1～3の $\alpha_{\max}=150\sim 350\text{gal}$ において $FL < 1.0$ と求められる部分が多く，液状化の可能性があると判断される。
- ③ 洪積第1砂質土層(Ds1)は，No.2のGL-10m付近の $\alpha_{\max}=200\sim 350\text{gal}$ において $FL < 1.0$ と求められ，局所的な液状化の可能性があると判断される。
- ④ 洪積礫混じり砂質土層(Dgs)は，No.1の $\alpha_{\max}=350\text{gal}$ において $FL < 1.0$ と求められ，液状化の可能性があると判断される。
- ⑤ 洪積第2砂質土層(Ds2)は， $\alpha_{\max}=150\sim 350\text{gal}$ において， $FL \geq 1.0$ と求められ，液状化の可能性がないと判断される。

[PL法]

- ① $\alpha_{\max}=150\text{gal}$ の場合の液状化危険度は，No.1で「低い」，No.2～3で「高い」と判定される
- ② $\alpha_{\max}=200\text{gal}$ の場合の液状化危険度は，No.1とNo.3で「高い」，No.2で「極めて高い」と判定される
- ③ $\alpha_{\max}=350\text{gal}$ の場合の液状化危険度は，すべて「極めて高い」と判定される。

[残留沈下量(D_{cy})による液状化の程度]

残留沈下量は，各深度の層厚 H と繰返しせん断ひずみ γ_{cy} より下式より求める。

$$D_{cy} = \sum (\gamma_{cy} \cdot H) \quad \text{※}H\text{は各深度の層厚である。}$$

また，液状化の程度は，下表をもとに判定する。

表7.2 D_{cy} と液状化の程度の関係

D_{cy} (cm)	液状化の程度
0	なし
—05	軽微
05—10	小
10—20	中
20—40	大
40—	甚大

「建築基礎構造設計指針」2001改定版 P66：日本建築学会—

- ① $\alpha_{\max}=150\text{gal}$ の場合の液状化の程度は，No.1とNo.3で「軽微」，No.2で「小」と判定される
- ② $\alpha_{\max}=200\text{gal}$ の場合の液状化の程度は，No.1とNo.3で「小」，No.2で「中」と判定される
- ③ $\alpha_{\max}=350\text{gal}$ の場合の液状化の程度は，No.1とNo.3で「小」，No.2で「中」と判定される

表 7.3 計算結果

No.1									No.2									No.3								
記号	計算深度	N値	M7.5 150gal		M7.5 200gal		M7.5 350gal		記号	計算深度	N値	M7.5 150gal		M7.5 200gal		M7.5 350gal		記号	計算深度	N値	M7.5 150gal		M7.5 200gal		M7.5 350gal	
			FL	γ cy	FL	γ cy	FL	γ cy				FL	γ cy	FL	γ cy	FL	γ cy				FL	γ cy	FL	γ cy	FL	γ cy
Bs	1.30	2	1.33	0.00	0.99	0.49	0.57	0.86	Bc	1.30	5	*		*		*		Bc	1.30	3	*		*		*	
Ac	2.30	3	*		*		*		As	2.30	2	0.66	1.81	0.50	2.14	0.28	2.28	As	2.30	2	0.67	1.40	0.50	1.65	0.29	1.73
As	3.30	2	0.65	1.98	0.49	2.42	0.28	2.56		3.30	3	0.75	1.43	0.56	1.83	0.32	1.99		3.30	3	0.80	1.00	0.60	1.40	0.34	1.59
	4.30	6	1.02	0.00	0.77	0.89	0.44	1.21		4.30	10	2.51	0.00	1.88	0.00	1.07	0.00		4.30	17	26.86	0.00	20.15	0.00	11.51	0.00
	5.30	6	0.96	0.46	0.72	1.06	0.41	1.43		5.30	4	0.81	1.23	0.61	1.74	0.35	1.98		5.30	5	0.86	0.86	0.64	1.39	0.37	1.67
	6.30	7	1.03	0.00	0.77	0.92	0.44	1.33		6.30	4	0.81	1.32	0.61	1.83	0.35	2.13		6.30	5	0.85	0.96	0.64	1.52	0.36	1.80
	7.30	15	4.02	0.00		3.01	0.00	1.72	0.00	7.30	7	1.01	0.00	0.76	1.04	0.43	1.48		7.30	13	2.58	0.00	1.93	0.00	1.10	0.00
	8.30	23	19.33	0.00		14.50	0.00	8.29	0.00	8.30	6	0.92	0.69	0.69	1.41	0.39	1.79		8.30	13	2.04	0.00	1.53	0.00	0.88	0.58
	9.30	21	9.57	0.00		7.18	0.00	4.10	0.00	9.30	18	4.89	0.00	3.66	0.00	2.09	0.00		9.30	20	7.28	0.00	5.46	0.00	3.12	0.00
Ds1	10.28	60	2825.75	0.00	2119.32	0.00	1211.04	0.00	Ds1	10.30	8	1.20	0.00	0.90	0.65	0.51	1.21	Ds1	10.30	45	413.75	0.00	310.31	0.00	177.32	0.00
	11.24	60	2111.88	0.00	1583.91	0.00	905.09	0.00		11.27	60	2019.27	0.00	1514.45	0.00	865.40	0.00		11.29	60	2177.58	0.00	1633.18	0.00	933.25	0.00
	12.23	60	1618.54	0.00	1213.91	0.00	693.66	0.00		12.28	60	1546.86	0.00	1160.15	0.00	662.94	0.00		12.28	60	1663.81	0.00	1247.86	0.00	713.06	0.00
	13.30	17	3.30	0.00	2.47	0.00	1.41	0.00		13.30	41	142.49	0.00	106.87	0.00	61.07	0.00		13.28	60	1304.10	0.00	978.07	0.00	558.90	0.00
Dc	14.30	13	*		*		*		Dc	14.30	14	*		*		*		Dc	14.30	8	1.17	0.00	0.88	0.73	0.50	1.42
Dgs	15.30	15	1.73	0.00	1.30	0.00	0.74	0.78	Dgs	15.30	8	*		*		*		Dc	15.30	14	*		*		*	
	16.29	60	732.75	0.00	549.57	0.00	314.04	0.00		16.29	60	485.25	0.00	363.94	0.00	207.97	0.00	Dgs	16.30	25	6.45	0.00	4.84	0.00	2.76	0.00
Ds2	17.29	60	618.51	0.00	463.88	0.00	265.07	0.00	Ds2	17.30	33	26.05	0.00	19.54	0.00	11.17	0.00	Ds2	17.30	37	46.97	0.00	35.23	0.00	20.13	0.00
	18.27	60	529.90	0.00	397.42	0.00	227.10	0.00		18.30	38	45.27	0.00	33.95	0.00	19.40	0.00		18.30	43	87.91	0.00	65.93	0.00	37.67	0.00
	19.26	60	459.61	0.00	344.71	0.00	196.98	0.00		19.27	60	451.43	0.00	338.58	0.00	193.47	0.00		19.29	60	468.18	0.00	351.13	0.00	200.65	0.00
	20.25	60	*		*		*			20.23	60	*		*		*			20.29	60	*		*		*	
PL法(液状化危険度)			低い		高い		極めて高い		PL法(液状化危険度)			高い		極めて高い		極めて高い		PL法(液状化危険度)			高い		高い		極めて高い	
残留沈下量(Dcy) (cm)			2.44		5.93		8.43		残留沈下量(Dcy) (cm)			6.48		10.64		12.86		残留沈下量(Dcy) (cm)			4.22		6.71		8.83	
液状化の程度			軽微		小		小		液状化の程度			小		中		中		液状化の程度			軽微		小		小	

8.考 察

人工透析センター新築のための設計施工上の留意点を簡単に考察する。

8.1 地盤状況

- ① 調査地は、むつ市小川町のむつ総合病院敷地内に位置し、田名部台地の砂礫台地と谷底平野の境界部に位置する。また地質は、第四紀の沖積低地堆積物(泥がち堆積物)と段丘堆積物(火山灰・砂・粘土)で構成される。
- ② 調査地盤は、盛土2層(Bs Bc)の下位より、沖積層2層(Ac・As)と洪積層4層(Ds1 Dc Dgs Ds2)の計8層で構成される。
- ③ 沖積層は、*N*値=3を示し「軟らかい」の相対稠度で表される沖積粘性土(Ac)、*N*値=2~45を示し「非常に緩い~密な」の相対密度で表される沖積砂質土層(As)である。また沖積砂質土層(As)は、局部的に*N*値=45を示す部分を除外すると概ね「非常に緩い~中位の」の相対密度で表される。なお、GL-9.40~10.50mまでは軟弱地盤である。
- ④ 洪積層は、*N*値=6~60<を示し「緩い~非常に密な」の相対密度で表される洪積第1砂質土層(Ds1)、*N*値=8~15を示し「硬い」の相対稠度で表される洪積粘性土層(Dc)、*N*値=15~60<を示し「中位の~非常に密な」の相対密度で表される洪積礫混じり砂質土層(Dgs)、*N*値=33~60<を示し「密な~非常に密な」の相対密度で表される洪積第2砂質土層(Ds2)である。
- ⑤ 孔内水位は、GL-2.80~3.20mの沖積砂質土層(As)内に位置し、降雨等の影響により変動する自由面地下水位と推察される。なお被圧や湧水は認められていない。

8.2 支持層

GL-16.50~20.00m以深の洪積第2砂質土層(Ds2)は、*N*値60以上が5m程度連続することから、支持層として良好と判断される。また構造物の重要度にもよるが、洪積第1砂質土層(Ds1)を支持地盤とすることも考えられる。

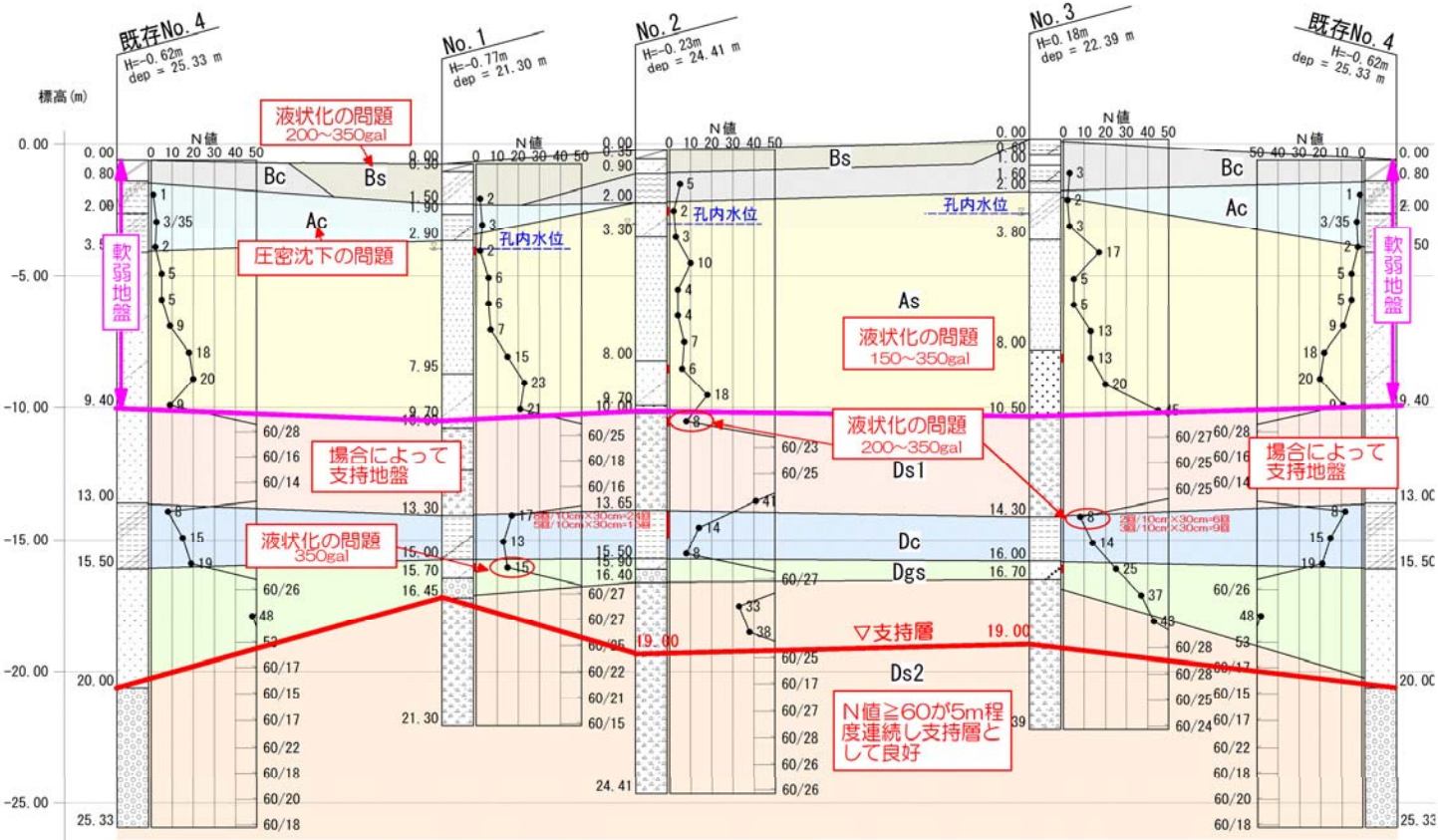


表8.1地盤構成と工学的特性

地質時代	記号	層区分	層厚(m)	N値(回)	主な土質	地盤定数				
						設定N値(回)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	内摩擦角 ϕ (°)	変形係数 E_o (kN/m ²)
第四紀	沖積世	盛土(砂質土) Bs	0.90~1.50	2	アスファルト 碎石 シルト混じり砂 シルト質砂	2	17	0	23	5600
		盛土(粘性土) Bc	1.10~2.00	3~5	火山灰質粘性土 砂混じりシルト コンクリート片	4	14	25	0	11200
		粘性土層 Ac	1.40	3	埋木 砂混じりシルト	3	14	19	0	8400
		砂質土層 As	6.80~8.50	2~45	細砂・粗砂 シルト混じり砂 シルト質砂	11	18	0	30	25500
	洪積世	第1砂質土層 Ds1	3.60~3.80	6~60<	火山灰 軽石混じり砂 軽石質砂	40	19	0	43	112000
		粘性土層 Dc	1.70~1.85	8~15	砂混じりシルト シルト	12	17	99	0	33600
		礫混じり砂質土層 Dgs	0.70~1.45	15~60<	シルト混じり砂 礫混じり砂 砂礫	35	19	0	41	98000
		第2砂質土層 Ds2	4.85~8.01	33~60<	軽石質砂	47	19	0	46	131600

赤字は計算*N*値を示す。

