

中学校給食センター地質調査業務委託

報 告 書

令和3年8月

茨 木 市

目 次

1. 業務概要	1
1.1 業務の目的	1
1.2 業務概要	1
1.3 調査数量	1
1.4 調査位置	1
2. 調査方法	4
2.1 ボーリング調査	4
2.2 標準貫入試験	5
2.3 孔内水平載荷試験	7
2.4 室内土質試験	10
3. 地形地質概要	11
3.1 地形概要	11
3.2 地質概要	11
4. 調査結果	14
4.1 ボーリング調査結果	14
4.2 標準貫入試験結果	22
4.3 孔内水平載荷試験結果	29
4.4 室内土質試験結果	30
5. 考察	31
5.1 地盤定数の提案	31
5.2 地盤の液状化判定	35
5.3 支持層と基礎形式及び設計施工における留意点	45

【巻末資料】

- ・ボーリング柱状図
- ・孔内水平載荷試験結果
- ・室内土質試験結果
- ・液状化の簡易判定結果

1. 業務概要

1.1 業務の目的

当地質調査は、茨木市の中学校給食センターの建設に先立ち、計画建築物の基礎構造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ものである。

調査は、ボーリング調査、各種原位置試験及び、室内土質試験を行い、当該地における地盤の地層構成及び地盤の工学的特性を把握した。

1.2 業務概要

業務名： 中学校給食センター地質調査業務委託

業務場所： 茨木市彩都はなだ一丁目3番1

履行期間： 自) 令和3年5月26日

至) 令和3年8月31日

調査内容：

- | | | | |
|------------|------------|-------------|---------|
| 1) ボーリング調査 | 機械ボーリング5箇所 | 掘削径φ86～66mm | ΣL=185m |
| 2) 原位置試験 | 標準貫入試験 | 深度1.0m毎 | 計185回 |
| | 孔内水平載荷試験 | 普通載荷 | 1回 |
| 3) 室内土質試験 | 一式 | | |

発注者： 茨木市

受注者：

1.3 調査数量

調査の実施数量表を表1.3.1に示す。

1.4 調査位置

調査位置図を図1.4.1に示す。

表 1.3.1 調査実施数量表

			単位	実施数量					合計
				No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	
ボーリング掘削	φ 86mm 掘削	砂質土	m			3.50			3.50
		小計	m			3.50			3.50
	φ 66mm 掘削	砂質土	m	7.15	10.90	5.40	0.60	2.25	26.30
		礫質土	m	25.20	29.10	22.10	29.40	38.35	144.15
		軟岩	m	5.65				5.40	11.05
		小計	m	38.00	40.00	27.50	30.00	46.00	181.50
	総掘進長		m	38.00	40.00	31.00	30.00	46.00	185.00
原位置試験	標準貫入試験	砂質土	回	8	11	9		2	30
		礫質土	回	24	29	22	30	38	143
		軟岩	回	6				6	12
		小計	回	38	40	31	30	46	185
	孔内水平載荷試験		回			1			1
土質試験	土の液性限界試験		試料	4	7	1	6	6	24
	土の塑性限界試験		試料	4	7	1	6	6	24
	土の細粒分含有率試験		試料	4	7	1	6	6	24

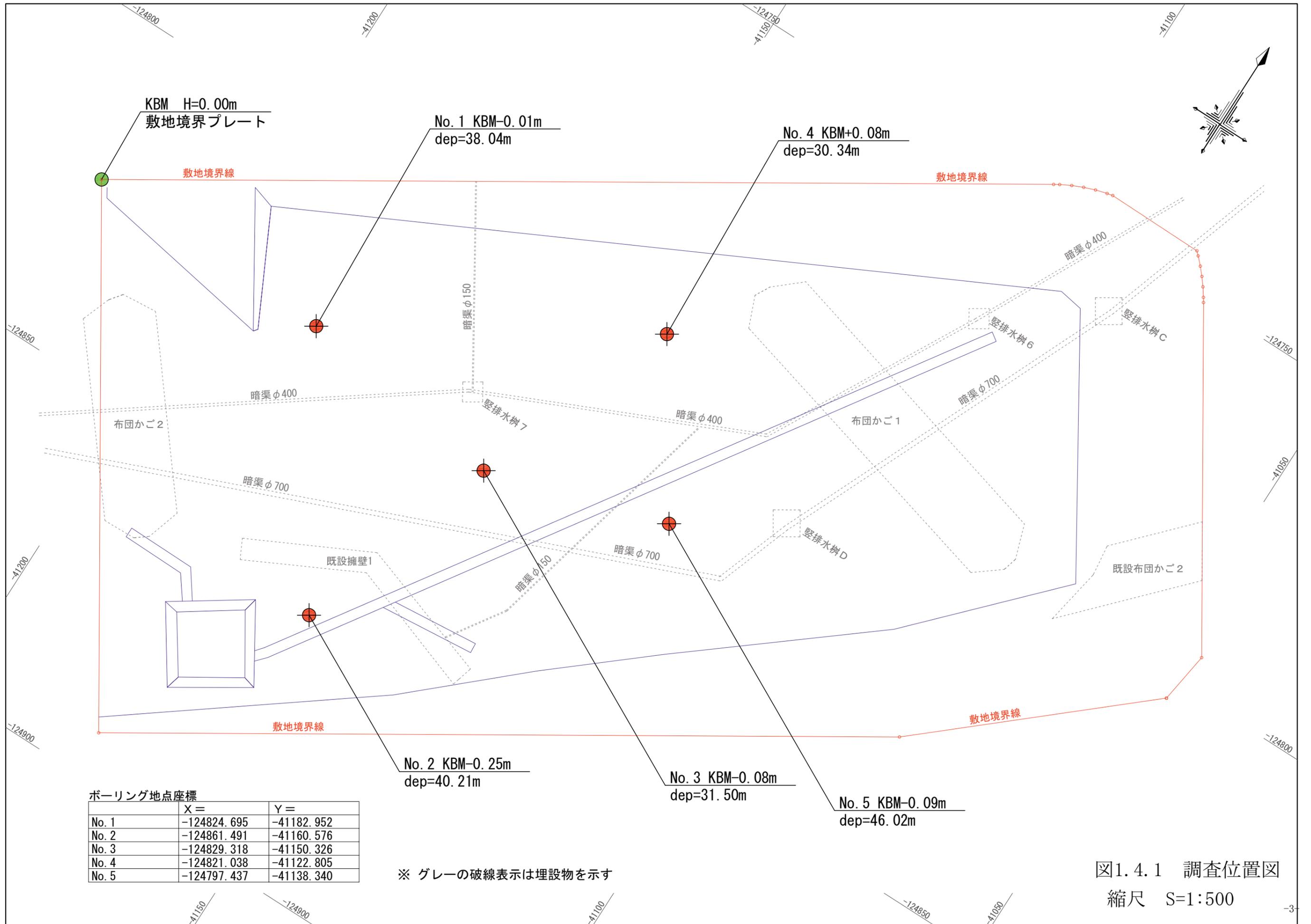


図1.4.1 調査位置図
縮尺 S=1:500

2. 調査方法

2.1 ボーリング調査

ボーリングは、ハイドロリック式ロータリーボーリング機械を用いて掘削し、必要に応じてベントナイト泥水あるいはケーシングパイプを使用して孔壁崩壊を防止した。

また、JIS A 1219に基づき、深度 1.0m 毎に標準貫入試験を行い地盤の相対密度及び相対稠度を求めた。

標準貫入試験用サンプラーによって採取された試料については肉眼観察にて判別分類し、掘進状況と併せてボーリング柱状図にまとめた。

ボーリング位置は、建築物の配置計画や地中埋設物等を考慮した配置とし、監督員との協議によって決定した。なお、ボーリング調査位置を現地に再現可能とするための情報として、ボーリング調査位置の座標を求めた。

また、高さ基準として当該敷地西端の敷地境界プレートを仮ベンチマーク (KBM, H=0.00m) と設定し、これより水準測量を行ってボーリング調査地点の地盤の比高を求めた。

ボーリング装置概念図を図2.1.1に示す。

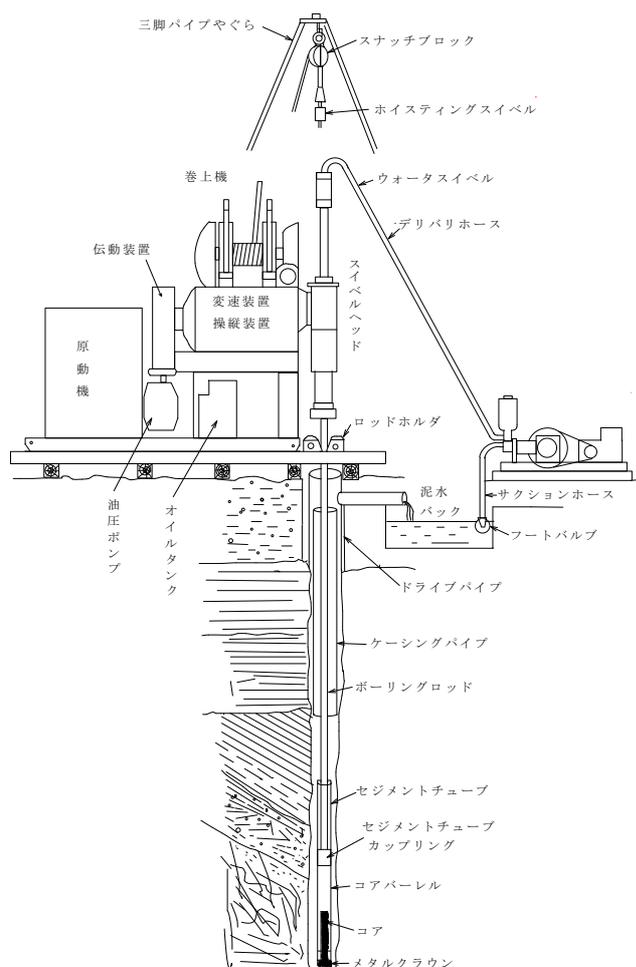


図 2.1.1 ボーリング装置概念図

2.2 標準貫入試験(JIS A 1219)

原位置における地盤の密実度を知るため、JIS A 1219に基づき、深度1.0m毎に標準貫入試験を実施した。当試験は、重量 $63.5 \pm 0.5\text{kg}$ のハンマーを $76 \pm 1\text{cm}$ の高さから自由落下させて、標準貫入試験用サンプラーを30cm貫入させるのに必要な落下回数をN値として記録するものであり、その結果をボーリング柱状図にまとめた。

N値は10cm貫入毎に落下回数を記録するが、60回落下打撃しても貫入量が30cmに達しないときは、60回落下打撃に対する貫入量を記録した。

サンプラーによって採取した土質標本は、含水が変化しないようにビニール袋に入れて保存し、現地にて観察を行った。なお、代表的な試料を標本ビンに入れ土質標本コア箱に収めた。

下図に標準貫入試験方法及び器具を、次頁表 2.2.1 にN値と相対密度との関係、表 2.2.2 に粘土のコンシステンシー、一軸圧縮強さとN値との関係を示す。

尚、N値の精度を高めるために半自動落下装置を使用した。

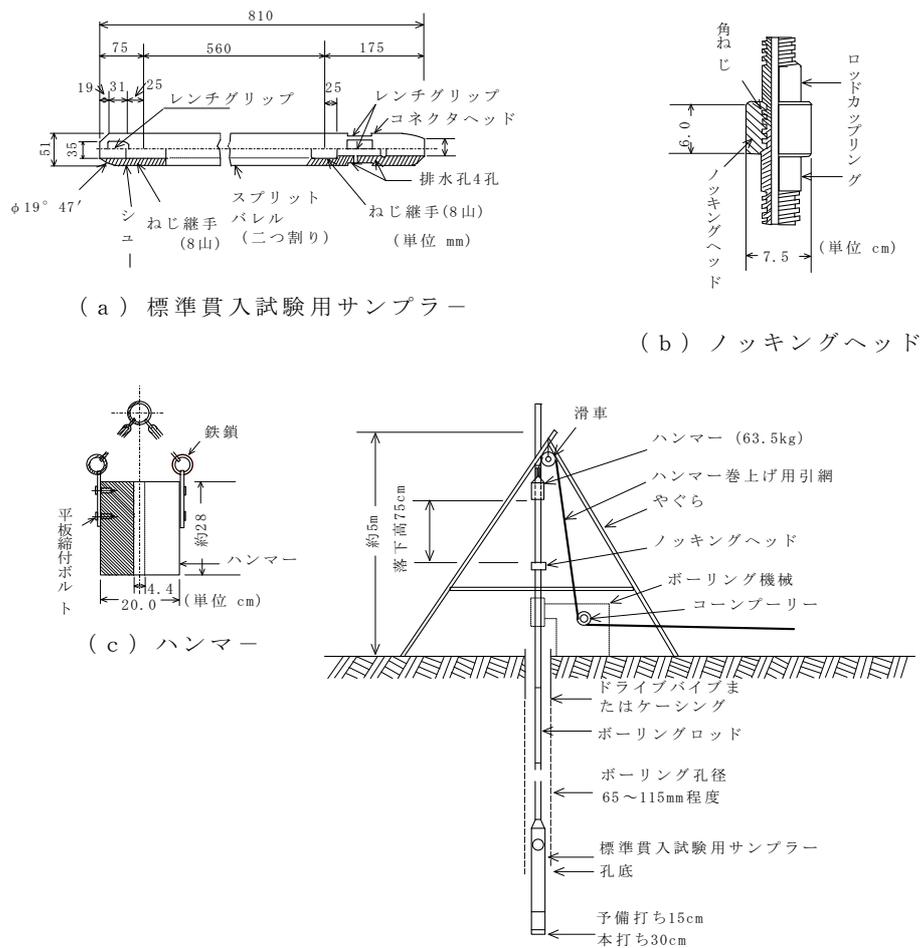


図 2.2.1 標準貫入試験方法及び器具

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

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

注) 鉄筋は $\phi 13\text{mm}$
(地盤調査の方法と解説)

表2.2.2 N値と粘土のコンシステンシー, 一軸圧縮強さの関係 (Terzaghi and Peck)

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

(地盤調査の方法と解説)

2.3 孔内水平載荷試験

(1) 試験方法

試験には、応用地質(株)製の LLT(Lateral Load tester)を用いた。

本装置はボーリング孔内の所定の位置にゴムチューブゾンデを挿入した後、高压ガス(窒素ガス)を介してゾンデ内に送水、加圧膨張させ、この時の圧力とゴムチューブの膨張量、すなわち土に与えた変形量の関係から地盤の変形特性を求めるものである。LLT の測定装置の概要は、下図に示したとおりであり、圧力-容積計(タンク)、ゾンデ(載荷部)、ガスボンベ(給圧部)と各々を連結するナイロンチューブから構成される。

試験は急速載荷(時間制御)で行い、加圧後 15 秒、30 秒、60 秒、120 秒にタンクのスタンドパイプの水位を読み、105 秒でセル圧(ゾンデ内圧力)を記録する。1 段階の載荷は 120 秒で終了し、直ちに次の加圧段階に入る。

試験は、明らかに地盤が破壊状態になるか、タンク内の水が全てゾンデに注入された時点で終了とする。

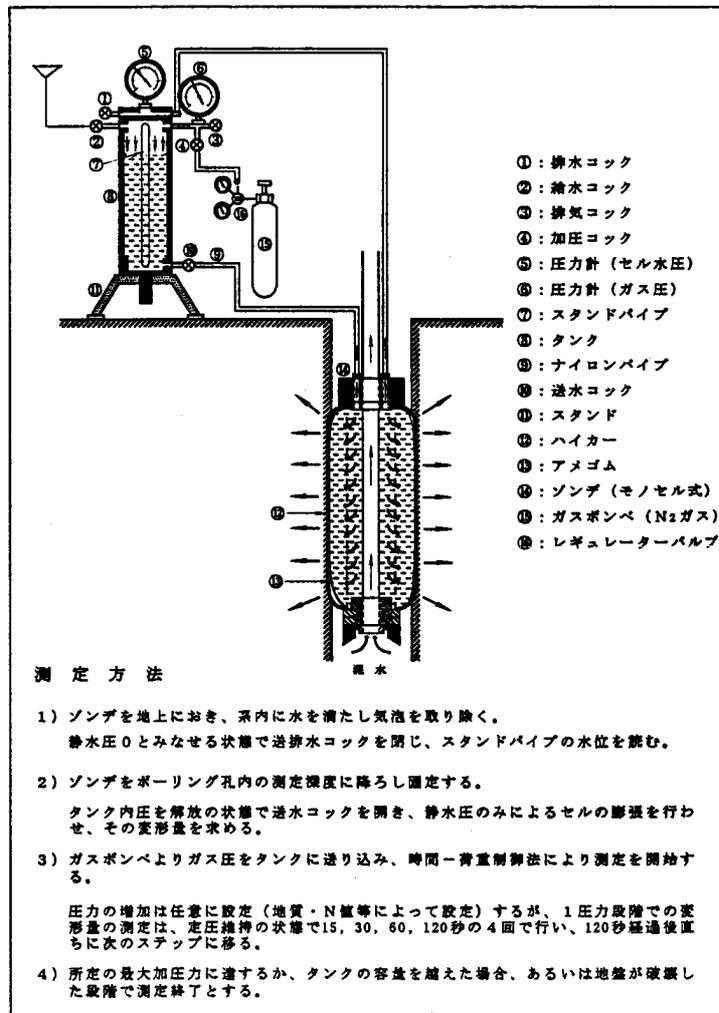


図 2.3.1 LLT 装置図

(2) 解析方法

試験結果は図 2.3.2 に示すような载荷圧力 (P_e) ~ 変形速度 (ΔH) 曲線、および载荷圧力 (P_e) ~ 半径 (r) 曲線として整理する。

測定 K 値 (K_m) は、初期半径以降の擬似弾性領域、すなわち $P_e - r$ 曲線がほぼ直線をなす部分の勾配として次式のように決定される。

$$K_m = \frac{\Delta P_e}{\Delta r} \quad (\text{kN/m}^3)$$

また、変形係数 (E_m) は、弾性論から 2 次元変形問題として取り扱う。すなわち、応力は弾性領域内にあり、半径方向の面に関して平面歪の条件が満たされていると仮定すると、次式で表される。

$$E_m = (1 + \nu) \cdot r_m \cdot K_m \quad (\text{kN/m}^2)$$

ここに、 E_m : 変形係数 (kN/m^2)

r_m : K_m を求めた中間半径 (m)

ν : ポアソン比

K_m : 測定 K 値 (kN/m^3)

なお、ポアソン比は軟弱地盤においては 0.3~0.5 程度と考えられるが、一般的には $\nu = 0.3$ と仮定して用いることが多い。

その他、地盤の力学的特性点 (静止土圧 P_o , 降伏圧 P_y , 破壊圧 P_1) は、 $P_e - r$ 曲線、 $P_e \sim \Delta H$ 曲線の形状から決定され、真の降伏圧 P_y , 破壊圧 P_1 は次式で表すことができる。

$$P_y = P_y' - P_o \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$P_1 = P_1' - P_o \quad (\text{kN/m}^2)$$

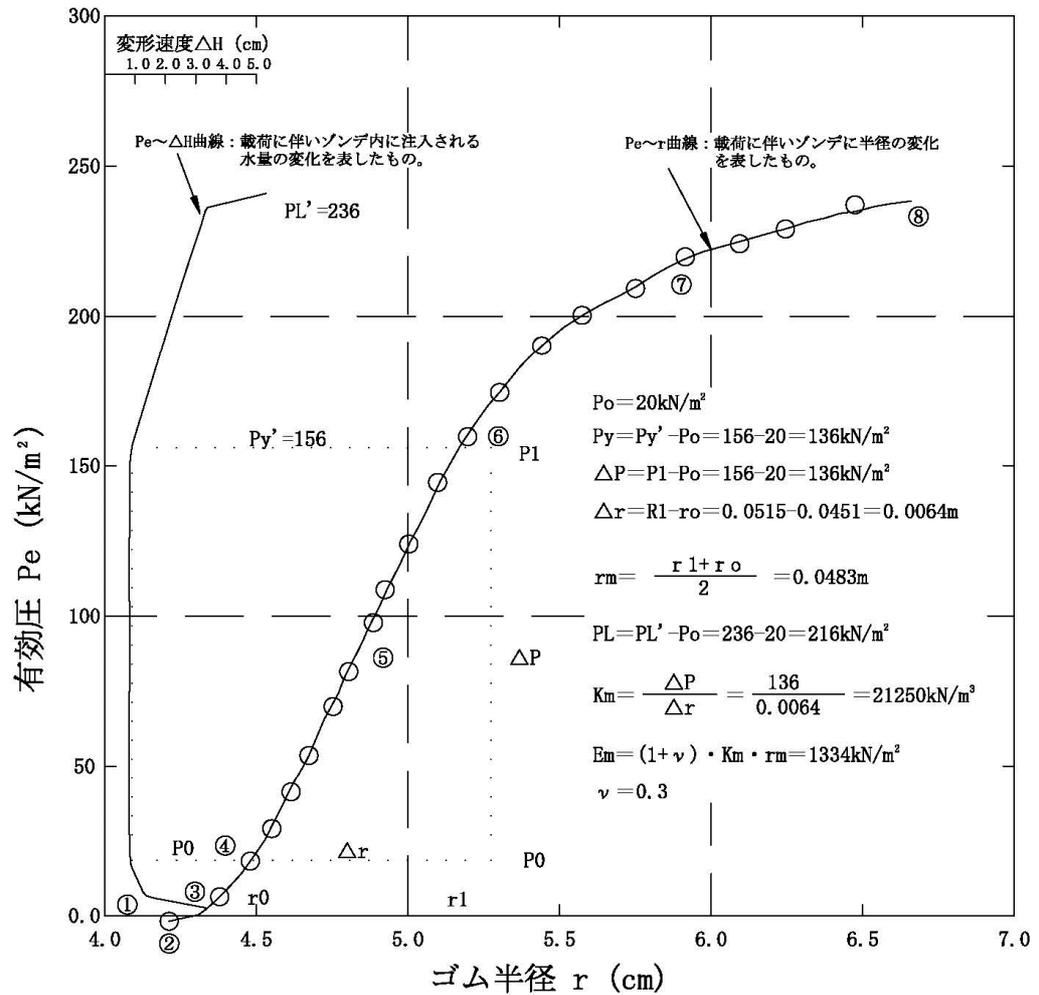
水平方向地盤反力係数は、上記の変形係数 E_m を用いて次式で算定する。

$$K_h = 0.8 E_m B^{-3/4}$$

ここに、 K_h : 水平方向地盤反力係数 (kN/m^3)

E_m : 変形係数 (kN/m^2)

B : クイ径 (m)

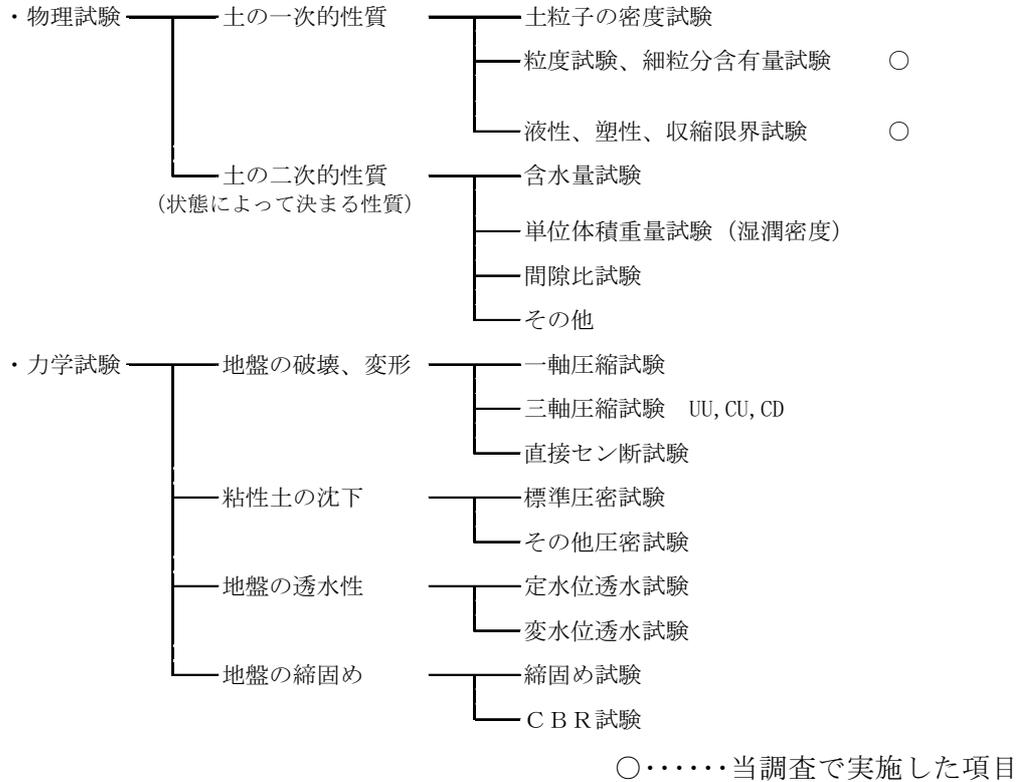


- ① セル (ゴムチューブ) 自身の自由膨張過程で、孔壁には接しておらず地盤への応力伝達はない。
- ② セル (ゴムチューブ) が孔壁に接する点。
- ③ 押し出された孔壁の、主動土圧に抗して押し戻す孔壁の再圧縮過程で、地盤反力を徐々に増大し、変形速度 ΔH は減少する。
- ④ 初期段階の孔壁に達する、いわゆる地盤の静止土圧と均衡を保つ点で、この時点の圧力を静止土圧 Po とみなす。この状態で地盤反力は急激に増大する変曲点をなし、変形速度は最小値を示す。
- ⑤ 受動土圧を地盤内に生ずる載荷過程の初期直線状段階で、いわゆる地盤の擬似弾性変形領域である。
- ⑥ 地盤の降状点である。
- ⑦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

図 2.3.2 データ整理模式図

2.4 室内土質試験

土質試験は、土の判別分類を目的とした物理試験と、その強度・変形特性などの力学特性を明らかにする力学試験がある。これを表に示すと次のようになる。



土質試験は、日本産業規格(JIS)にもとづく方法で実施した。
試験項目は、以下の通りである。

試験項目	試験方法	試験基準
液性限界・塑性限界	土の液性限界・塑性限界試験方法	JIS A 1205
細粒分含有率	土の細粒分含有率試験	JIS A 1223

3. 地形地質概要

3.1 地形概要

調査地は、大阪府北部に広がる北摂山地の南部にあたり、大阪モノレール彩都線「彩都西駅」の北東約3.2kmに位置する。

北摂山地は、東は京都盆地を望み、西は中山山塊を挟んで六甲山地に連なり、北は保津川流域の亀岡盆地に接するもので、南では急傾斜の斜面が東西に走り、丘陵地や低地に移行する。全体的には急峻な斜面が発達するが、山頂部には定高性が見られ、標高700m以下の高原状の地形的特長を示す。

高原状の地形が見られるこの山地は、断層崖による急崖が発達し、断裂の著しい地塊山地といえる。断裂は南東～北西ないしは南西～北東の方向性が見られ、河川の流路は地質構造に支配されており、断裂系の方向と類似した方向性が認められる。

山地内には、これらの構造に支配された河川の侵食と堆積によって形成された小盆地群が見られる。小盆地群としては、原、田能、余野、宿野などに見られ、前述の構造線の交差部に発達したものと考えられる。

調査地近傍の地形としては、標高250～300m程度の急峻な山地地形をなしており、その間を縫うように高槻市北部及び亀岡市方面から流れる安威川が蛇行を繰り返しながら南流している。調査地の位置する安威川の右岸側は標高350m以下の比較的起伏の小さな山地よりなり、全体として中腹以下は急峻であるが上部斜面や尾根部に緩斜面～平坦面が分布している。

3.2 地質概要

調査地周辺に分布する地質は、基盤岩として超丹波帯の堆積岩類とこれに貫入する花崗岩類、被覆層として大阪層群・段丘堆積層・崖錐堆積物が分布する。

(1) 基盤岩

○ 超丹波帯

超丹波帯は丹波帯の上位に衝上する地塊であるが、丹波帯に比較するとかなり薄い地塊と考えられている。超丹波帯は構造的に上位の高槻層と下位の山下層に区分されるが、調査地の東方、安威川の左岸側に高槻層が分布する。高槻層は1,250m程度の全層厚を有し、下部は砂岩泥岩互層を主体とし、中部は成層した砂岩を主体として部分的に砂岩泥岩互層を挟み、上部は層状の砂岩を主体とする。調査地東方の安威川左岸付近では概ね砂岩が優勢である。超丹波帯の砂岩は一般に石灰質の細粒砂岩よりなり、淡緑色～白色・珪質の凝灰岩を挟むことがある。

また、高槻層は茨木複合花崗岩体に貫入されており、その近傍においては熱変成によってホルンフェルス〔熱によって元の鉱物が再結晶して生じた緻密で塊状の岩石〕となっている。一般にホルンフェルス化した岩石は、原岩より硬質で塊状となり良好な岩盤となる。

○ 茨木複合花崗岩体

茨木複合花崗岩体は、超丹波帯(一部丹波帯)を貫く白亜紀末の花崗岩体であり、茨木市桑原付近から能勢町倉垣にかけてほぼ N30W の方向に伸びた細長い楕円状を呈する。

同岩体は北側の妙見岩体と南側の能勢岩体に大別され、調査地の近傍に分布するものは能勢岩体に属する。能勢岩体は数種類の岩型よりなる複合岩体であり、岩体の中心部から外側へ、アダメロ岩・花崗閃緑岩・石英閃緑岩が分布する。

(2) 被覆層

○ 大阪層群

大阪層群は大阪湾底～大阪平野～京都盆地～奈良盆地などの広い範囲に分布する新第三紀鮮新世以降(今から約 300 万年以降)の地層であり、下半部は主に陸水成(湖沼～河川)の砂礫やシルトよりなり、上半部は海成の粘土層と陸水成の砂礫・シルトの互層よりなる。その全層厚は模式地である千里山丘陵で 300m 以上、平野部では 1,000m を越える。

安威川沿いにおける大阪層群は、大岩より下流側の丘陵地に広く分布している。この丘陵地は、平野側に対する北摂山地側の相対的隆起によって現在の高度に持ち上げられたものであり、山地の隆起に伴う浸食・剝削を免れて残存しているものである。

調査地付近に分布する大阪層群は、陸水成の砂礫と砂よりなり、下部層に相当すると推定される。海成の粘土層は含まれていない。

○ 段丘堆積層

調査箇所周辺の斜面には幾つかの高度に段丘面が認められ、時代の異なる段丘堆積層が分布する。

近畿地方における段丘堆積層は、大きく高位・中位・低位に 3 区分され、上記の段丘堆積層は中位段丘あるいは高位段丘に相当すると考えられるが、形成時期などの詳細は不明である。

中位段丘以高の段丘堆積層は未固結の砂礫よりなり、表層は赤色に風化し、内部まで風化・軟質化した円礫を含むことを特徴とする。

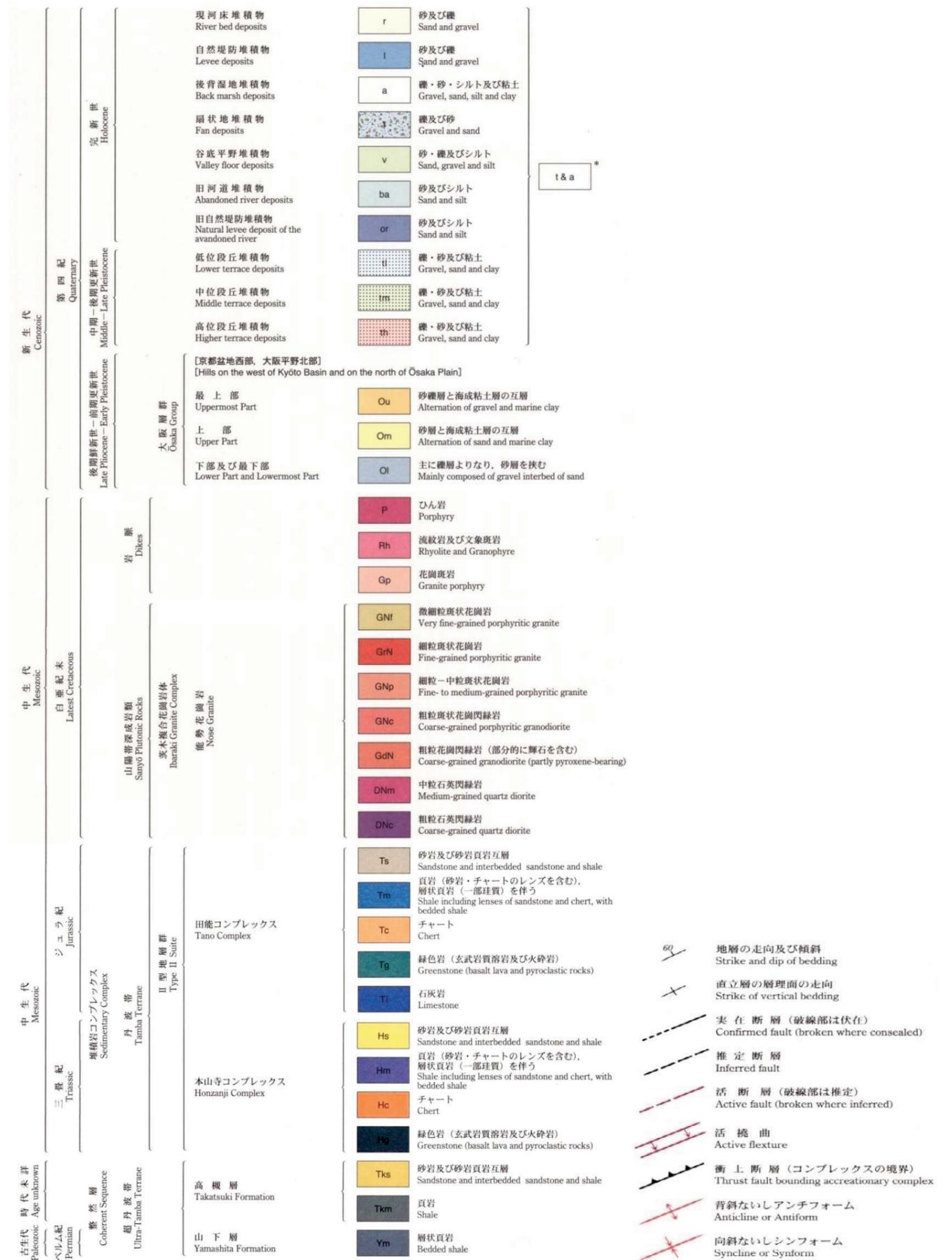
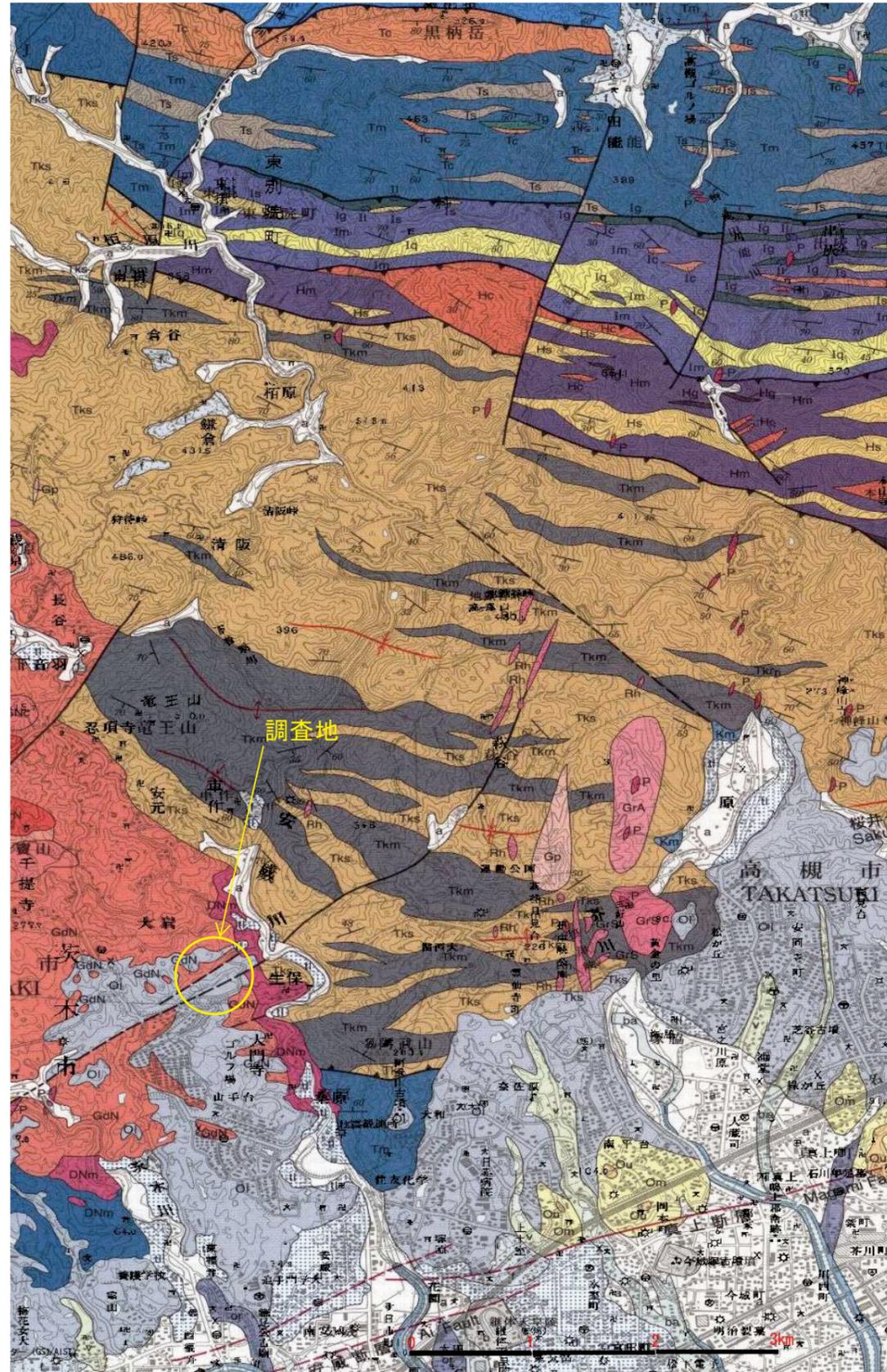


図 3.2.1 調査地周辺の地質図 (地質調査総合センター, 5 万分の 1 地質図幅「京都西南部」より)

4. 調査結果

4.1 ボーリング調査結果

当調査では、計画敷地内の計5箇所においてボーリング調査を行った。ボーリング調査結果の詳細は、巻末の「ボーリング柱状図」に示すとおりである。

また、当該地における地層の分布状況を把握するため、ボーリング調査結果を基に「地層断面図」を作成し、図4.1.1～図4.1.6に示した。

地層断面図に示したように、当該地には造成による盛土層が厚く分布しており、その下位には大阪層群に属する礫質土を主体とする土層が分布する。大阪層群の下位には、調査地周辺の山地を構成する花崗岩類による基盤岩が分布している。各地層の概要を表4.1.1に示した。

表4.1.1 調査地における土質層序表

地層		記号	N値 (平均)	層相
新生代 第四紀	現世	盛土層	B 11～ 60以上 (36)	調査地周辺地域の造成時に形成された造成盛土層であり、主に礫質土を主体としている。 含まれる礫はφ2～30mm程度が主体であり、φ40～70mm程度を混入する。また、所々に最大φ100mm程度の玉石が点在している。マトリックスの砂分は細砂～中砂から成り、粘性土を比較的多く混入している。含まれる礫の多少により、一部で砂質土状を呈する部分が見られる。 土の含水状態は概ね少なく、中位程度以上の含水を有する所は少ない。 N値は左記のとおり、N=11～60以上の範囲にありバラツキが大きいが、N=20～40程度の値を示すものが多く、平均値はN=36を示す。盛土層としては高いN値を示している。 分布層厚は、造成前の旧地形の形状に左右され、同敷地内においても分布層厚が大きく変化し、19.80～32.60mである。 なお既往資料によれば、盛土層下部の擁壁・布団かご・集水管や防災管の暗渠及び、暗渠から鉛直に立つ縦集水桝等の構造物が埋設されている。
	大阪層群	礫質土層	0g 20～ 60以上 (55)	厚い盛土層の下位に分布する礫質土層であり、造成前の周辺地形を形成していた地層である。 含まれる礫はφ2～30mm程度が主体であり、φ35～60mm程度を混入する。マトリックスの砂分は細砂～中砂から成り、粘性土を比較的多く混入している。一部で砂質土状を呈する部分が見られる。土の含水状態は概ね少ない。 N値は左記のとおり、N=20～60以上の範囲にあるが、概ねN=60以上の値を示す。 全体的にN値が高く密に締まっており、既往文献資料等から大阪層群に属する地層であると考えられる。 確認された分布層厚は、6.40以上～12.55mである。
中生代 白亜紀	深成岩類	茨木複合 花崗岩体 能勢花崗岩	Gr 60以上	調査地付近の基盤岩を構成する花崗岩から成る。 風化等が進んでおり、標準貫入試験による貫入が可能な岩盤である。採取した試料は、指圧にて容易に土砂化するものであり、礫混りシルト質砂状を呈す。 N値は左記のとおりN=60以上である。60回打撃に対する貫入量は5cm以下である。

表中のN値の詳細については、次項の「4.2 標準貫入試験結果」を参照のこと。

なお、ボーリング掘削時には地盤内の地下水位を確認するため、可能な限り無水掘削を行った。無水掘削によって確認した孔内水位は、下表のとおりである。

表中に示すように、No. 2 地点と No. 3 地点においては無水掘削による孔内水位が確認されたものの、採取した土試料の含水が少ないことから、盛土層内における溜まり水（宙水）である可能性が高いと判断する。

No. 1、No. 4、No. 5 地点では無水掘削による明瞭な孔内水位は確認できなかったが、深度 GL-9～-10m 付近より土試料の含水が増える箇所が出てくることから、これらの深度付近に地下水位が形成されている可能性もある。

なお、調査地周辺の造成工事の際には、集水暗渠や縦集水桝等の集排水設備が設置されており、これらが有効に機能していると想定すると、自然地下水位は上記よりも更に深い位置に形成されていることも考えられる。

表 4.1.2 無水掘削による孔内水位

地点	無水掘削により 確認した孔内水位 GL-m	備考
No. 1	-	明瞭な初期孔内水位は確認できなかった。 採取した試料の含水状態は、深度GL-10m付近より多くなる。
No. 2	7.65	左記の孔内水位が認められるものの、当深度前後の採取した試料の含水状態は少ないことから、盛土層内における溜まり水（宙水）である可能性が高い。
No. 3	6.17	左記の孔内水位が認められるものの、当深度前後の採取した試料の含水状態は少ないことから、盛土層内における溜まり水（宙水）である可能性が高い。
No. 4	-	明瞭な初期孔内水位は確認できなかった。 深度GL-10m付近より、採取した試料の含水状態が中位のものが見られる。
No. 5	-	明瞭な初期孔内水位は確認できなかった。 深度GL-9m付近より、採取した試料の含水状態が中位のものが見られる。