

令和7年度
(仮称)「道の駅かみのかわ」
地質調査業務委託(委R7-059)

〔上三川町大字磯岡・石田地内 外〕

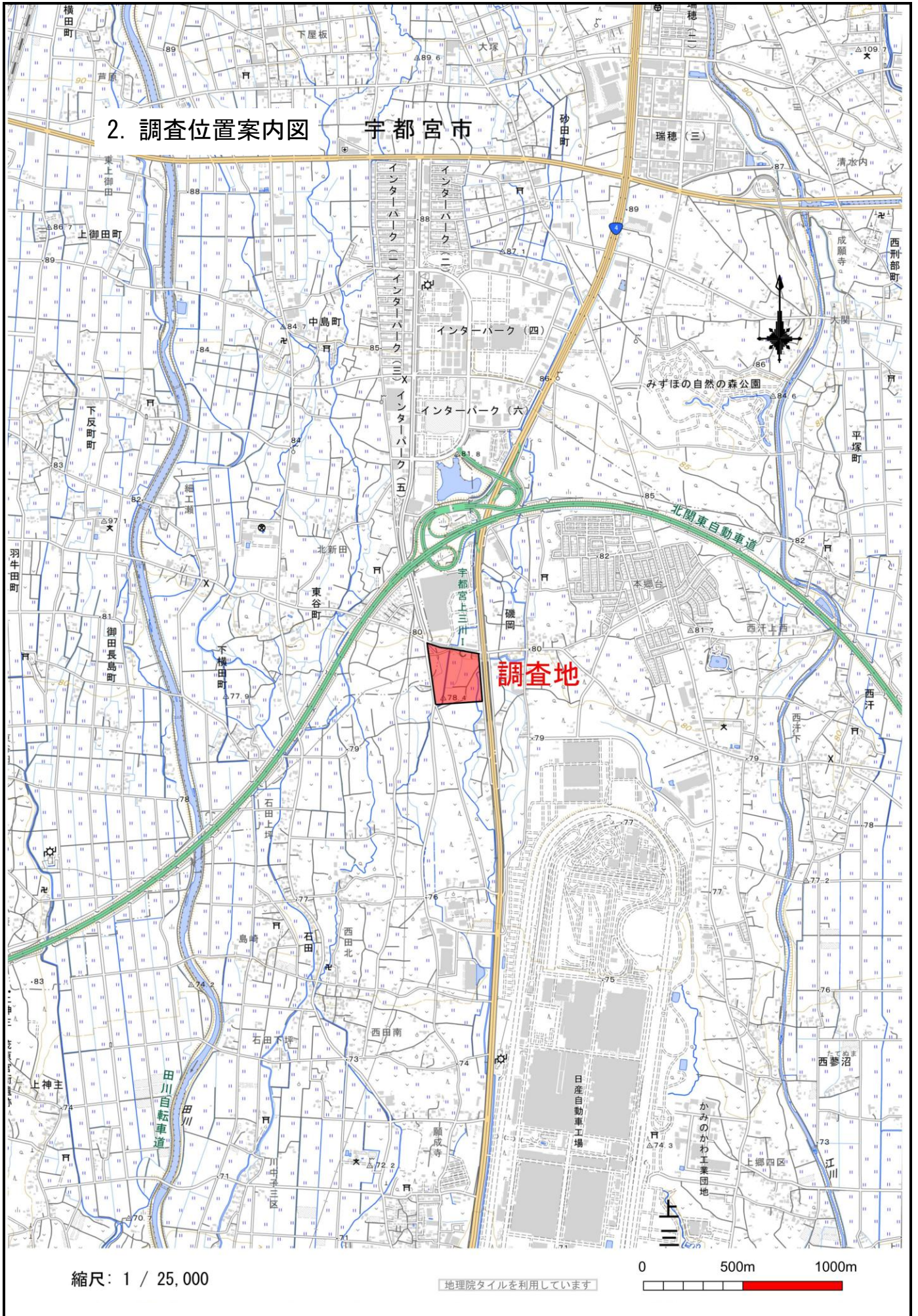
報 告 書

令和 8 年 3 月

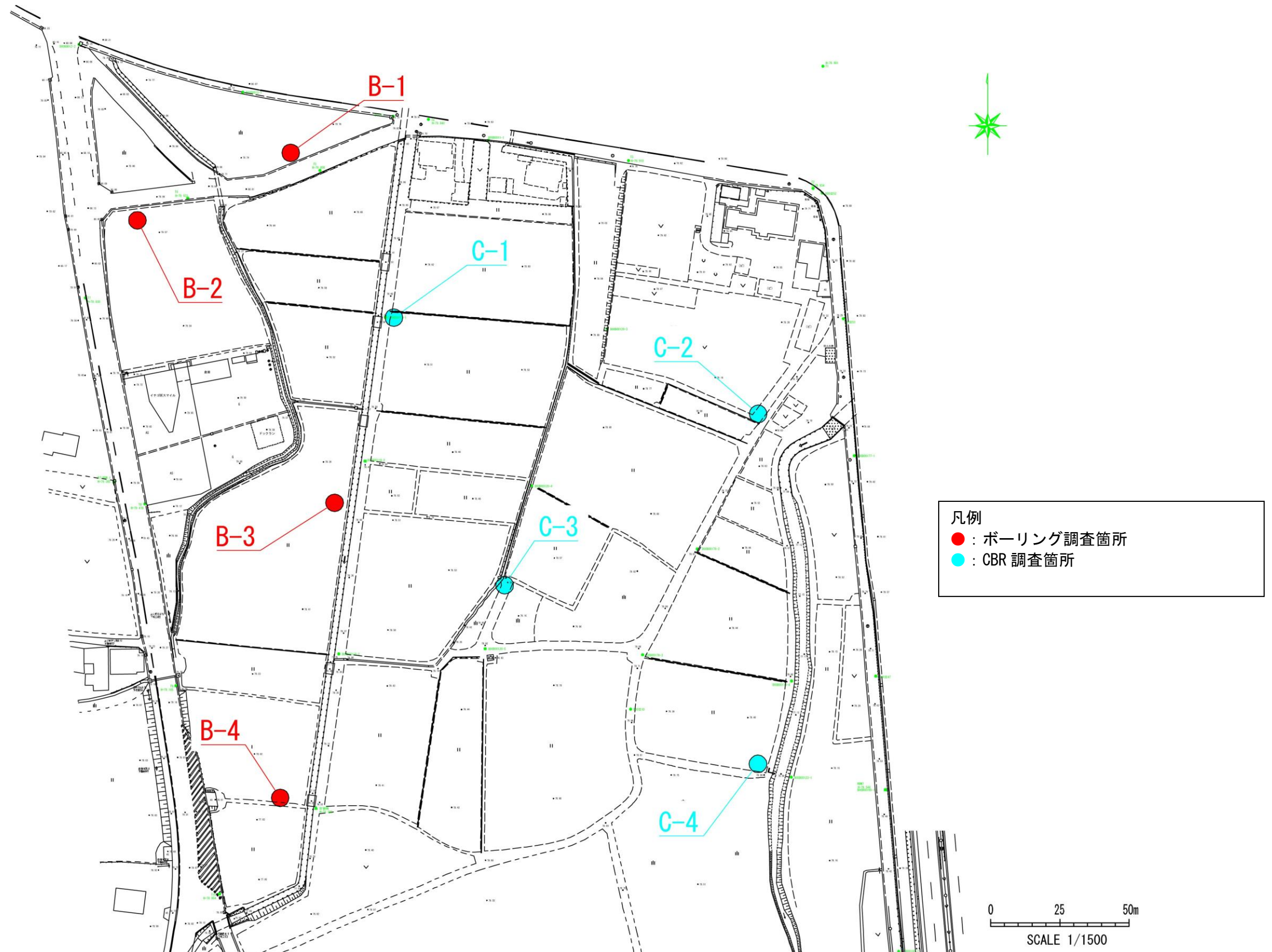
パスキン工業株式会社

2. 調査位置案内図

宇都宮市



3. 調査位置平面図



4. 調査・試験方法

本章では、調査・試験結果について、下記のように区分して述べる。

- 4.1 計画・準備
- 4.2 機械ボーリング
- 4.3 標準貫入試験
- 4.4 現場透水試験
- 4.5 サンプリング
- 4.6 室内土質試験
- 4.7 CBR調査

4.1 計画・準備

(1) 既存資料の収集・現地調査

現地調査は、調査対象地付近の既存資料の収集・土地への立入および土地使用に関する必要な手続きを得て実施した。仮設計画は、現場作業が安全に行えるように、予定箇所の確認、地形状況、搬入方法、交通条件、その他気象条件などを確認し立案した。

4.2 機械ボーリング

(1) 位置

機械ボーリングの位置は、調査対象箇所の地形・地質状況や現地障害物、ゾーニングなどを考慮し、協議により決定した地点にて調査を実施した。その詳細な位置については、「3. 調査位置平面図」を参照されたい。

なお、ボーリング調査位置(+CBR調査位置)の決定の際に参考とした「ゾーニングの設定」を下図に示す。

ボーリング調査は、「地域振興施設ゾーン」や「調整池ゾーン」、後述するCBR調査位置は「駐車場ゾーン」を対象とした。



図 4.1 ゾーニング図

(仮称)「道の駅かみのかわ」基本計画(案) 上三川町 P30

(2) 搬入・搬出や足場仮設について

ボーリングマシンの資機材搬入に際しては、2tユニット付きトラックにより調査地近傍でまで搬入を行い、トラックが進入できない場所からは特装車（クローラ）にて、各ボーリングポイントまで運搬し荷下ろしを行った。搬出も同様な手順で行った。

足場仮設については、調査地の地形、現地状況に合わせて平坦地足場仮設を行った。

(3) 使用機械

ボーリング機械はハイドロリックフィード式のロータリーボーリング機械を用いて行った。その仕様を表 4.1に示し、機械ボーリングの概要を図 4.4に示す。

表 4.1 ボーリングマシンの仕様

名 称	形 式	数 量	備 考
ボーリングマシン	扶桑工業 KR-100HB-2	1 台	ロータリー式
エンジン	Kubota EA-E3-NB	1 台	—
コアバレル	—	1 式	シングルコアバレル(φ 66-86mm)
ガイドパイプ	—	1 式	φ 86-116mm ケーシングパイプ
ポンプ	扶桑工業 V6-B	1 台	ボーリングポンプ

(4) 掘削孔径および削孔方向

ボーリングの削孔径は、φ 66～86mmのノンコアボーリングとし、削孔方向は鉛直下方ボーリングとして実施した。

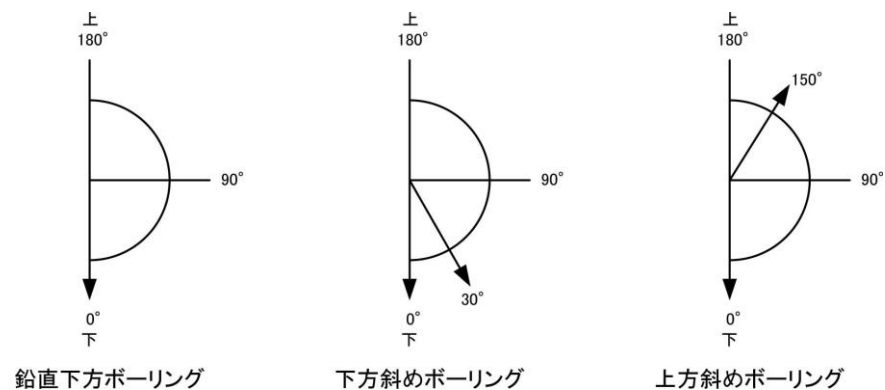


図 4.2 ボーリング角度の表示例

(5) 掘 進

掘削に際して、主にメタルクラウン・シングルコアバレルを用いた。孔口部およびそれ以深で孔壁の崩壊の恐れがある場合は、泥水循環水にて孔壁を自立させるとともに崩壊が著しい場合にはケーシングパイプを仮設し、孔壁の安定を図った。

掘進中は、掘進速度、ロッド給圧計およびポンプ圧力計、送排水量、排水色、スライムの状態などを記録し、地質状況や掘進状況の変化に対応した。また、毎日の作業前に孔内水位を測定した。掘削終了後はケーシングパイプを撤去と同時に発生土またはセメントミルク注入により調査孔閉塞を行った。

(6) 掘止め深度の目安

掘止め深さの目安は、計画構造物などに対する良質な支持地盤を確認することとした。また、耐震設計上の基盤面の確認は、B-3地点で行い、目安は粘性土ではN値25回以上、礫・砂質土ではN値50回以上で、層厚5m程度確認できる深度までとした。

ボーリング掘進長の検尺は、調査目的を満足した深度にて、監督職員と協議の上、標準貫入試験の最終貫入深度で行った。別孔については、本孔で土層確認後に、協議の上決定した土層に対してサンプリングを行った。

(7) コアの整理と写真撮影

本業務では、ノンコアボーリングのため、コアの整理と写真撮影はなしとなる。

(8) 土質材料の試料観察

観察は、1)土質区分、2)相対密度・相対稠度、3)色 調の各項目について実施した。

各項目の基準、定義は以下のとおりである。

1) 土質区分

土質の区分は地盤工学会基準「地盤材料の工学的分類方法」を考慮しつつ下図 4.3に留意し目視観察にて区分した。薄層については、代表的な層に含めて表記したが、設計・施工上注意を払う必要がある場合には区分対象とする。

分類名(記号)	コード	図模様	分類名(記号)	コード	図模様	補 助 記 号
玉 石 (B)	510000010		改 良 土 (I)	534120100		分 類 名
礫 (G)	531111000		風 化 土	540110000		図模様
粗 礫 (CG)	531111100		ま さ 土(WG)	540111000		礫 質 (G)
中 礫 (MG)	531111200		赤 色 土	540112000		砂 質 (S)
細 礫 (FG)	531111300		く さ り 礫	540113000		シ ル ト 質 (M)
砂 礫 (GS)	531120000		火 山 灰 (VA)	540120000		粘 土 質 (C)
砂 質 土 (SF)	531200000		関 東 ロ ー ム (Lm)	540121000		有 機 質 (O)
砂 (S)	531211000		黒 ぼ く (Kb)	540122000		火 山 灰 質 (V)
粗 砂 (CS)	531211100		あ か ほ や	540123000		
中 砂 (MS)	531211200		軽 石 (Pm)	540130000		補 助 記 号
細 砂 (FS)	531211300		し ら す (Si)	540131000		分 類 名
粘 性 土 (C)	532100000		ば ら	540132000		図模様
シ ル ト (M)	532110000		鹿 沼 土	540133000		玉 石 混 り (-B)
粘 土 (CH)	532120000		ス コ リ ア (Sc)	540140000		礫 混 じ り (-G)
有 機 質 土 (O)	532200000		盛 土 (BS)	599200001		砂 混 じ り (-S)
火山灰質粘性土 (V)	532300000		埋 土 (FI)	599200002		シ ル ト 混 じ り (-M)
高有機質土 (Pt)	533100000		表 土 (SF)	599200003		粘 土 混 じ り (-C)
泥 炭 (Pt)	533101000		崩 積 土 (Dt)	599200004		腐 植 物 混 じ り (-O)
黒 泥 (Mk)	533102000		沖 積 層	999200001		火 山 灰 混 じ り (-V)
廃 棄 物 (W)	534110100		洪 積 層	534110100		貝 殻 混 じ り (-Sh)
瓦 礫 (BG)	534110200		破 砕 帯	999010001		サ ン ゴ 混 じ り (-Co)

注：記号と図模様は参考

図 4.3 土質柱状図記号

「ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案)同解説」
(財) 全国地質調査業協会連合会 P43～50

2) 相対密度・相対稠度

相対密度・相対稠度の表現が必要な場合は、下表を参考にする。

表 4.2 砂地盤の相対密度の表現法

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

表 4.3 細粒土の相対稠度区分と状態表現

記号	相対稠度 (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)
rc1	非常に軟らかい	親指を 25mm 以上押し込める。
rc2	軟らかい	親指を 25mm ぐらい押し込める。
rc3	締まった	親指を 6mm ぐらい押し込める。
rc4	硬い	親指を押し込めないが、親指の爪はたやすく入る。
rc5	非常に硬い	親指の爪も入らない。

「ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案)同解説」
(財) 全国地質調査業協会連合会 P65(加筆)

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

(Terzaghi and Peck)

N 値	qu (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

「地盤調査の方法と解説」(社)地盤工学会 P308

3) 色 調

色調は明るい自然光の中、湿潤状態で観察した。

表現に用いる色は「黒、褐色、赤、橙色、黄色、緑、青、紫、灰色、白」を基本色とし、必要に応じて「濃」、「淡」、「暗(黒味を帯びるとき)」、「帯(従色が特に微弱なとき)」の形容詞をつける。雑多な色を呈するときは、何色と何色の「雑色」。色が入り混じっているときは何色と何色の「斑色」とする。

ロータリー式機械ボーリング	
概要	(目的) 1) 地層判別(掘進時のスライム状況、給圧、ポンプ圧) 2) サンプリング、各種孔内の原位置試験の実施) 3) 水抜き孔、揚水井などの削孔 (基準・規格) ボーリングに基準・規格はないが、必要とする孔径を選定することが重要となる。 (適用範囲と概要) 地盤に適したコアバレル・ビットを選択することができるため、土から岩まで適用範囲が広く、任意の方向に掘進することが可能である。また、コアバレルを用いて土または岩のコアが採取できる。
測定原理・試験法	コアバレルの先端に取り付けられたビットに回転と給圧を与えて土砂～岩を掘進し、掘り屑(スライム)は清水(主に岩の場合)またはベントナイト泥水(主に土砂の場合)で孔外に排除することを基本的機構とする。 給圧を与える方法は、人力(ハンドフィード式)と油圧(ハイドロリックフィード式)の2種類があり、機械の機構もそれぞれ異なる。 孔壁は表層部での崩壊を防ぐため、ケーシングチューブを挿入するが、ケーシングチューブ挿入深度以深についてはベントナイト泥水で保護を行う。 ハンドフィード式は、機構が簡単で、現場での分解組立・修理が容易であること、掘進中の地質状態の変化が直ちにレバーに伝達され地層境界の判別が可能であること、孔内条件の急変に際してハンドル操作が簡単で、事故防止が可能なことが特徴である。適用土質は土砂～軟岩であり、硬質岩盤には不適當である。また、適用深度も一般的には100m以浅が対象となる。 ハイドロリックフィード式は、高速回転が可能であり、給圧も油圧により任意に調整できるのでダイヤモンドビットの使用には最適であり、岩掘削に適していることと、スピンドル径60mm以上の機種ではワイヤーライン工法が可能なことが特徴である。
試験測定装置モデル図	
ハイドロリックフィード式ボーリングマシン ボーリング調査見取り図	

図 4.4 ロータリー式機械ボーリング概要

4.3 標準貫入試験

標準貫入試験は原位置における地層の硬軟、締まり具合の相対値としてのN値を求めるため、JIS A 1219：2013に準拠し、地表より深度1mごとに実施した。

試験方法は、重量 $63.5 \pm 0.5\text{kg}$ のハンマーを $760 \pm 10\text{mm}$ の高さから自由落下させて、SPTサンプラーを300mm打ち込むのに要する打撃回数を測定した。試験長は、原則150mmの予備打ち後、本打ちとして300mm貫入させた。本打ちの打撃回数は、50回を限度とし、50回打撃時にはその貫入長を記載した。また、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し試料ビンに詰め、成果品として土質標本箱に収め提出する。

標準貫入試験の使用機器を表 4.5に、概要を図 4.5に示す。

表 4.5 標準貫入試験使用機器一覧表

名 称	形式・規格	仕 様
ハンマー(半自動型)	JIS 規格	重量 $63.5\text{kg} \pm 0.5\text{kg}$
SPT サンプラー	JIS 規格	全長 810mm、外径 51mm
アンビル	JIS 規格	全長 64mm、外径 75mm

土の標準貫入試験

- 概要
- (目的)

1) N 値および試料による土質柱状図、土質断面図の作成

2) 原位置における土の硬軟、締まり具合の判定

3) 採取した試料による土の判別、分類

4) N 値による概略支持力の算定

(基準・規格)

JIS A 1219-2013: 土の標準貫入試験方法

(適用範囲と概要)

1) ボーリング孔径: $\phi 65 \sim 150 \text{ mm}$

2) 適 応 土 質: 岩盤や粗石を除くあらゆる土。ただしきわめて軟弱な粘性土などでは、N 値=0 となり、正確な硬さの判定はできない。また、軟岩・風化岩などに対して換算 N 値($N < 300$)を用いた地盤定数の推定も試みられている

3) 深さ方向の間隔は、調査目的によって異なるが、通常 1m ごとに行われることが多い

4) 打撃回数の上限は、各機関によって異なるが、通常 50 回を上限とする

(条件)

N 値に及ぼす影響因子として、以下の項目がある。

 - ・ハンマーの落下方法(トンビ法、コーンプリー法、自動落下法)
 - ・ロッドの長さによる影響
 - ・上載圧の大きさによる影響
 - ・削孔底の乱れの影響

測定原理・試験法

SPT サンプラーを所定の深さの孔底におろして質量 $63.5 \pm 0.5 \text{ kg}$ のハンマーを $760 \pm 10 \text{ mm}$ の高さからアンビルに落下させて、SPT サンプラーを打ち込む。

N 値は、ハンマーの打撃により 150mm の予備打ち後、本打ちとして 300mm 貫入させる。このときの 300mm 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。

試験測定装置モデル図

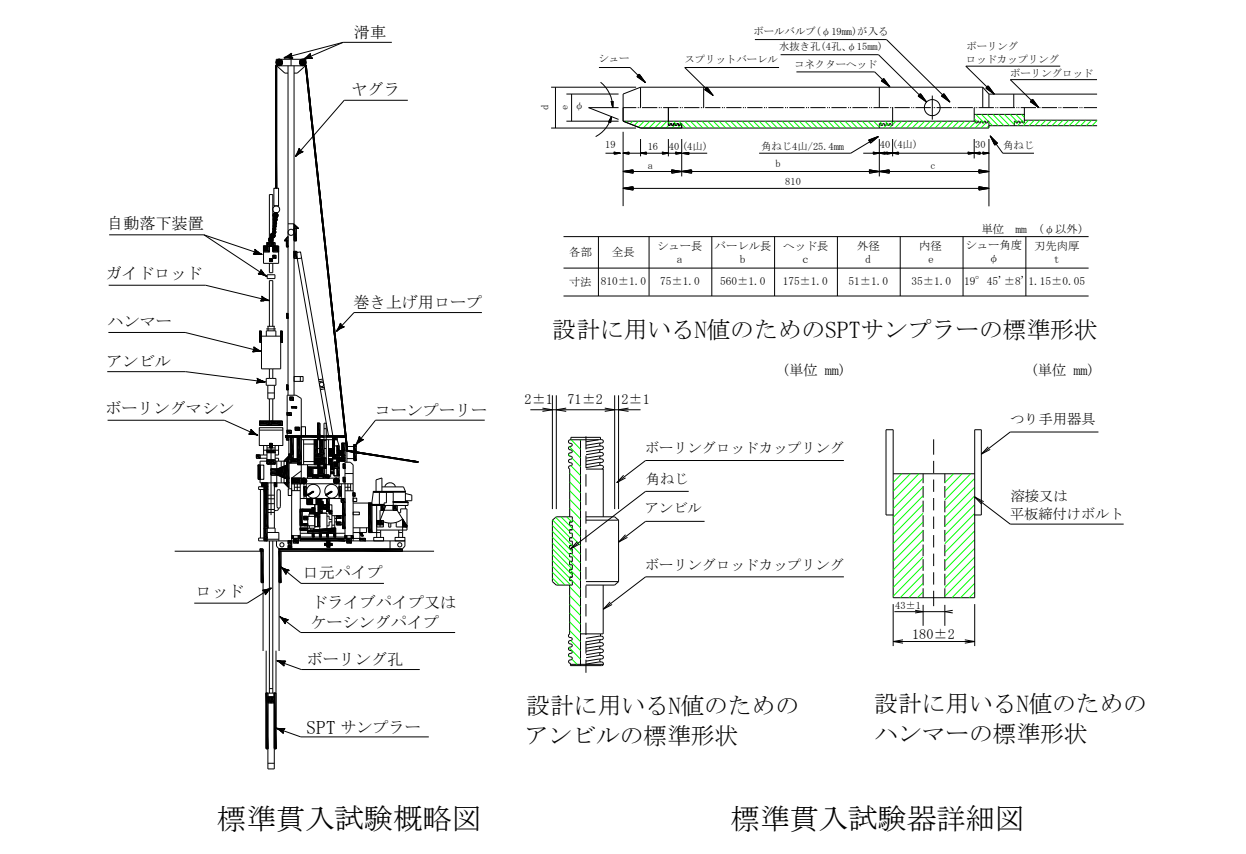


図 4.5 標準貫入試験概要

4.4 現場透水試験

現場透水試験は、ボーリング孔を利用して地下水情報の基本となる自然水位(もしくは被圧水頭)と透水係数 k を原位置で簡易的に計測する方法の一つであり、JGS 1314の単孔を利用した透水試験方法に準拠し行った。

試験は、非定常法と定常法に分けられ下図のような種類がある。オーガー法を除くとケーシング先端深度およびストレーナー部付近の局部的な透水係数が求められる。

本業務では、一般的な方法である非定常法のピエゾメーター法によって実施した。

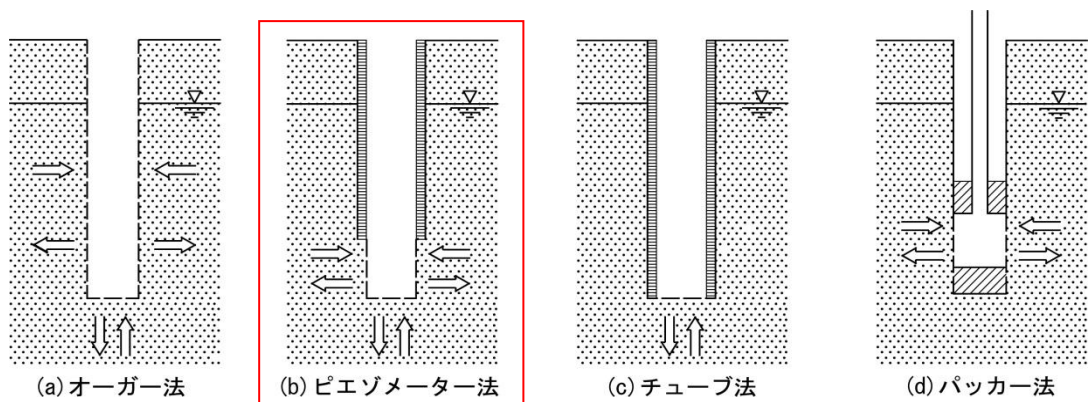


図 4.6 試験孔仕様による試験法の分類

「地盤調査の方法と解説」(社)地盤工学会 P381

表 4.6に現場透水試験の使用機器一覧表を、図 4.7に概要を示す。

表 4.6 現場透水使用機器一覧表

名 称	形式・規格	仕 様
ストップウォッチ	—	デジタル
水位計	ロープ式	30m 巻
ベラー(汲み上げ器)	—	—

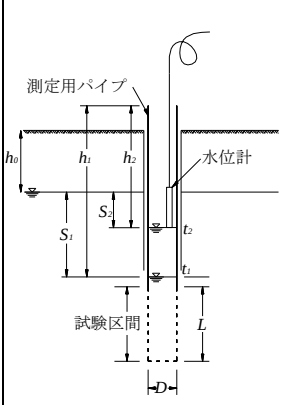
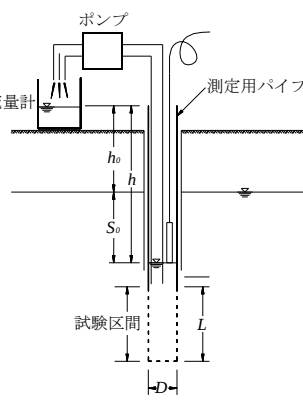
現場透水試験	
概要	(目的) 1) 地下水面下の砂質地盤の透水係数および地下水位を求める。 2) 排水工法検討のための資料とする。 (基準・規格) JGS 1314:単孔を利用した透水試験方法 (適用範囲と概要) 1) 透水係数(k)は次式で算定する。 [非定常法、直線勾配法] a. 得られた直線の勾配 $a(1/s)$ を求める。勾配 a は、直線上にある任意の2点座標(t_1, $\log s_1$)および(t_2, $\log s_2$)から次式で求める。 $a = \frac{\log(s_1/s_2)}{t_2 - t_1}$ b. 透水係数 $k(m/s)$ を次式で算定する。 $k = \frac{(2.3d)^2}{8L} \log\left(\frac{2L}{D}\right) a \quad \text{ただし、} \frac{L}{D} \geq 4$ d: 水位変動区間における測定用パイプの内径(m) D: 試験区間の孔径あるいは測定用パイプのスクリーン外径 L: 試験区間の長さ [定常法] $k = \frac{Q_0}{2\pi s_0 L} \ln\left(\frac{2L}{D}\right)$ $k = \frac{2.3Q_0}{2\pi s_0 L} \log\left(\frac{2L}{D}\right)$ ただし、$\frac{L}{D} \geq 4$ ここに、Q_0: 揚水流量または注水流量 (m^3/s) s_0: 定常時の水位変動量(m) 2) 非定常法は、透水係数 $10^{-4}m/s$ 以下の地盤を目安に、定常法は $10^{-5}m/s$ 以上の地盤を目安に適用することが望ましい。 3) 測定用パイプで試験区間の遮水を十分に行い、試験区間は削孔によって作製する。 4) 透水係数の算定には、非定常法の場合、曲線一致法があるが、これについては参考文献等を参照されたい。
	測定原理・試験法 地下水面下の砂質地盤を対象として地盤の透水係数を求める試験法には次の2種類がある。 1) 孔内水位を一時的に低下または上昇させ、その水位変化を経時的に測定する非定常法 2) 揚水、または注水して孔内水位が一定となる流量を測定する定常法 なお、試験孔の測定用パイプに有無や透水試験部分の形状などによって試験方法は異なり、透水係数の算出方法も異なるので注意が必要である(オーガー法、ピエゾメーター法、チューブ法、パッカー法など)。
試験・測定装置モデル図	
 (a) 非定常法  (b) 定常法(揚水による)	
測定例・参考資料	
測定水位 h と時間 t の関係 Log $s \sim t$ 曲線	

図 4.7 現場透水試験概要

4.5 サンプリング

サンプリングは、土質試験に供する試料を原位置における性状(乱れの少ない状態)で採取することを目的として実施した。

本業務では、固定ピストン式シンウォールサンプラーを用いた。

シンウォールサンプラーの概要を図 4.8に示す。

表 4.7 サンプラーの構造と適用地盤の関係

サンプリング法		サン プ リ ン グ カ テ ゴ リ	構 造	地盤の種類										
				粘性土			砂質土			砂礫		岩盤		
				軟質	中くらい	硬質	ゆるい	中くらい	密な	ゆるい	密な	軟 岩	中 硬 岩	硬 岩
				N値の目安										
				0～4	4～8	8以上	10以下	10～30	30以上	30以下	30以上			
固定ピストン式シン ウォールサンプラー (JGS 1221)	水圧式	A	単管	◎	◎	○, ◎ ¹⁾	○, ◎ ¹⁾	◎ ¹⁾	◎ ¹⁾					
	エクステンシ ョンロッド式	A	〃	◎	○		○							
ロータリー式二重管サンプラー (JGS 1222)		A	二重管		◎	○								
ロータリー式三重管サンプラー (JGS 1223)		A	三重管		◎	◎	○	◎	◎		○			
ロータリー式スリーブ内蔵二重管サンプ ラー (JGS 1224)		A,B	二重管	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	◎	◎
ブロックサンプリング(JGS 1231)		A	-	◎	◎	◎	○	○	◎		○	○		
ロータリー式チューブサンプリング (JGS 3211)		A	多重管			○						◎	○	

◎適している、○適用可能、1)小径倍圧型水圧式サンプラー

「地盤調査の方法と解説」(社)地盤工学会 P202

固定ピストン式シンウォールサンプラーによる土の乱れの少ない試料の採取方法	
概要	(目的) ① N 値 0～4 程度の軟らかい粘性土の乱れの少ない試料の採取 ② 力学試験用の供試体とする ③ 採取した試料の観察 (基準・規格) JGS1221-2012: 固定ピストン式シンウォールサンプラーによる土の乱れの少ない試料の採取方法 (適用範囲と概要) ① ボーリング径: $\phi 86\text{mm}$ 以上 ② 適 応 土 質: 主として N 値 3～4 以下の軟弱な粘性土。N 値 10 以下の細粒土分を含んだ砂地盤にも適用可(小孔径を採用することが望ましい)。水圧式サンプラーの場合には、N 値 15 程度までの砂地盤にも適用可能とされる。 ③ 有効深さ: ボーリング孔を利用するので適応土質の範囲で深さに関係なく可能。 ④ サンプリング孔底のスライム排除を十分に行い、静かにサンプラーをおろす。孔底にスライムの沈積がある場合は再度排除する。サンプラー引き上げは、押し込み後、直ちに行う。
	測定原理・試験法 エキステンションロッド式シンウォールサンプラーは、薄肉のサンプリングチューブとサンプラーヘッド、固定ピストンで校正されたサンプラーを所定の深さの孔底におろし、ターンバックルなどによりピストンを地上に固定し、ボーリングロッドでサンプリングチューブを地盤に押し込んで乱れの少ない試料を採取する。 水圧式サンプラーは、ピストンをサンプラーヘッドで固定し、ボーリングロッドを継ぎ足しながらサンプラーを所定の深さの孔底におろしてボーリングロッドをボーリング機械に固定し、水圧を利用してサンプリングチューブを地盤に押し込むものである。
試験測定装置モデル図	
エキステンションロッド式シンウォールサンプラー 水圧式サンプラー	

図 4.8 シンウォールサンプラーによる土の乱れの少ない試料の採取方法

4.6 室内土質試験

室内土質試験は、下表に示す土質試験を実施した。

表 4.8 室内土質試験一覧

分類	室内試験名 (規格・基準)	試料 状態	求められる値	主な利用法
物理 試験	土粒子の密度試験 (JIS A 1202)	△	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	物質の判断 ほかの試験値の計算
	土の含水比試験 (JIS A 1203)	△	含水比 w (%)	土の状態判断 ほかの試験値の計算
	土の粒度試験 (JIS A 1204)	△	粒度加積曲線 一定粒径の対する重量比% 均等係数、曲率係数	粒度分布の良否、透水性の推定 土の分類 材料としての判定
	土の液性限界試験 土の塑性限界試験 (JIS A 1205)	△	液性塑性 W_L (%) 塑性限界 W_P (%)	土の分類 土の安定性判断 塑性指数 液性指数
	土の湿潤密度試験 (JIS A 1225)	○	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	土被り圧 土の分類
圧密 試験	土の段階载荷による 圧密試験 (JIS A 1217)	○	圧密係数 C_v (cm ² /d) 圧縮指数 C_c 圧密降伏応力 P_c (kN/m ²) 体積圧縮係数 m_v (m ² /kN)	沈下量の計算 沈下に要する時間の計算
せん断 試験	土の三軸圧縮試験 (JGS T 0521 UU)	○	粘着力 C (kN/m ²) 内部摩擦角 ϕ (°)	土の支持力 摩擦力の算定

○：乱れの少ない試料 △：乱した試料

JIS：日本産業規格、 JGS：地盤工学会基準

4.7 CBR調査

本調査地点は、「3. 調査位置平面図」に示す箇所で、下記のような計画・手順・方法で調査・試験を行った。

4.7.1 調査計画

現時点では舗装計画は未決定である。そのため、現況地盤高≒計画地盤高と仮定し調査を計画した。

表 4.9 CBR調査計画

区間	駐車場ゾーン			
舗装計画交通量	N ₅ -2(500 以上 1000 未満)			
目標設計 CBR	8			
舗装厚(m)	0.50～0.75(設計舗装厚)			
地点	C-1	C-2	C-3	C-4
計画地盤高(m)	≒調査地点高			
調査地点高(m)	78.46	78.84	79.00	78.43
路床土範囲(GL-m)	0.50～1.75	0.50～1.75	0.50～1.75	0.50～1.75
試掘調査深度(GL-m)	1.75	1.75	1.75	1.75

4.7.2 調査方法

(1) 試掘調査

試掘調査は、スコップ、ダブルスコップなどを使用して地盤の穿孔を行い、路床範囲の土層の確認を行った。試験用試料は、路床範囲内の土質の分布・状態・地下水位の有無を調べた後に採取し、調査孔は、調査後に発生土で埋戻しを行い、十分転圧して原状復旧した。

4.7.3 CBR 試験

(1) 試料採取

代表的な地点において路床範囲の土層の確認を行い試料採取した。

試料の採取方法は、乱した試料採取(変状土)と乱れの少ない試料採取(現状土)があり、路床土の土質や施工方法に応じて使い分けをする。本調査では、乱した試料(変状土)で試料採取を行った。なお、路床範囲内に層厚20cm以上の異層が確認された場合は、監督員と協議の上、各々の土層より試料採取を行った。

また、採取した試料は、試料ビンに入れ土質標本箱に入れ、成果品として納品した。

(2) 供試体の作成・成形

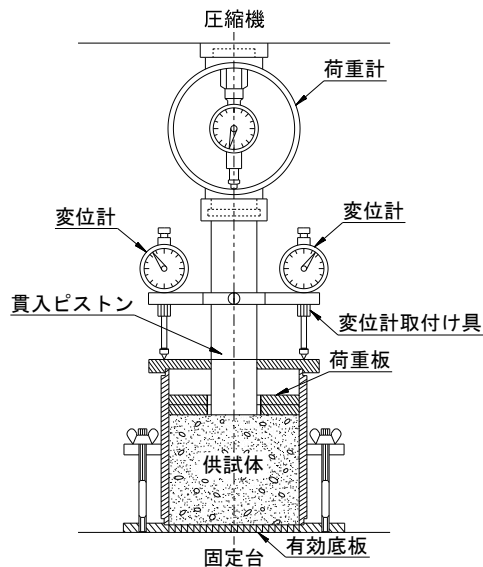
1) 締固めた土の供試体作成

現地より変状土で採取した試料を 37.5mm ふるいで通過させた試料を用いる。モールドにスペーサーディスクを入れ、有孔底板に結合し 4.5kg ランマーで 3 層 67 回の突固めにて供試体作成を行う。なお、成形時に残った試料で含水比を測定した。

(3) 試験方法

貫入試験は、作成した試験用供試体を4日間水浸して、吸水量と膨張量を測定した後に行った。

貫入試験は、供試体を載荷試験装置に設置し、供試体とピストンを密着させるために0.05kN以下の荷重を加え、このときの荷重計および貫入量測定装置の読みを初期値とする。貫入ピストンは1mm/minの速さで貫入させ、貫入量が0.5mm、1.0mm、1.5mm、2.0mm、2.5mm、3.0mm、4.0mm、5.0mm、7.5mm、10.0mm、12.5mmの



とき、荷重計の読みを記録する。ただし、荷重強さと貫入量の関係の傾向が経験的にわかっている場合は、技術者の判断により、貫入量10.0mmおよび12.5mmのときの読みは省略した(地盤材料試験の方法と解説P420より)。

貫入試験後の含水比の測定は、モールドから供試体を押し出されたものから測定する。CBRの算出は、貫入量2.5mm、5.0mmそれぞれにおける荷重強さ-貫入量曲線から求め、各々の貫入量に対応する標準荷重強さを用いて次式により求めた。

図 4.9 CBR試験機の例

「地盤材料試験の方法と解説〔第一回改訂版〕」(社)
地盤工学会 P414

$$CBR = q/q_0 \times 100 \dots \dots \dots \text{式 4.1}$$

CBR : CBR試験結果の算出値(%)

q : 所定の貫入量における荷重強さ(MN/m²)

q₀ : 所定の貫入量における標準荷重強さ(MN/m²)

表 4.10 標準荷重強さおよび標準荷重の値

貫入量 mm	標準荷重強さ MN/m ²	標準荷重 kN
2.5	6.9	13.4
5.0	10.3	19.9

「地盤材料試験の方法と解説〔第一回改訂版〕」(社)地盤工学会 P417

7. 考察

本章では、各調査・試験の結果をもとに、考察を下記のように区分して述べる。

- 7.1 調査地周辺の地形・地質の検討
- 7.2 調査結果に基づく地盤物性値(土質定数)の検討
- 7.3 調査結果に基づく支持地盤の設定と基礎形式の検討
- 7.4 地盤の工学的性質について
- 7.5 地盤の透水性(浸透性)の検討
- 7.6 CBR調査結果からの検討
- 7.7 設計・施工上の留意点

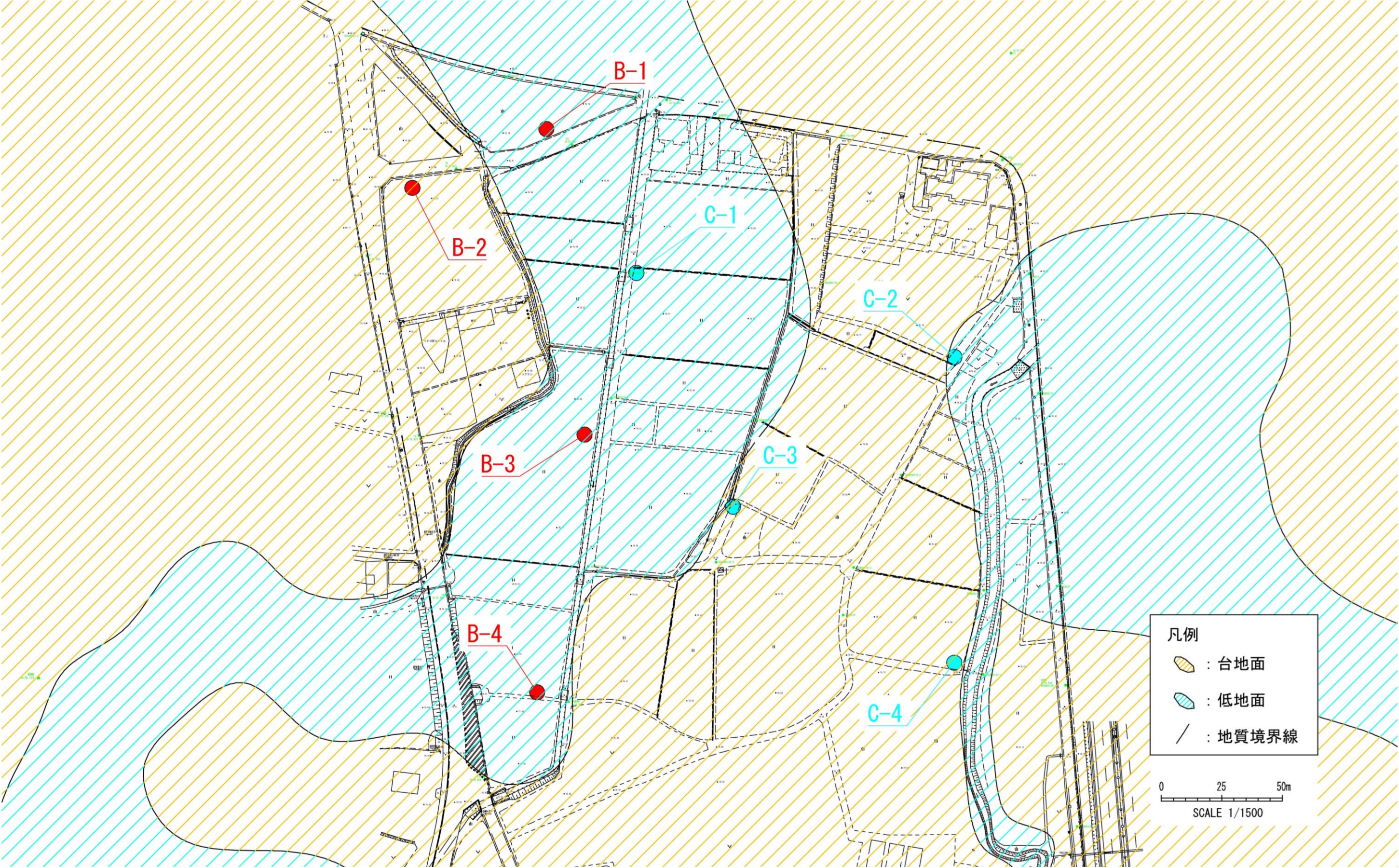
7.1 調査地周辺の地形・地質の検討

調査地は、田原台地(低位段丘面)に位置しているが、計画地内には、低地面が広い範囲で分布している。B-2地点を除き、低地面の土層層序が確認され、地表から「人工地盤・完新統粘性土→完新統砂質土→完新統礫質土→更新統粘礫質土」の層序となっている。いっぽう、台地面の土層が確認されたB-2地点では「表土→関東ローム→更新統砂質土→更新統礫質土」の層序で分布している。なお、更新統礫質土層中には、薄く粘性土や砂質土が狭在・介在している。

本調査結果(CBRを含む)と周辺地形、既往文献の情報を総合的に検討し、「7.1.1 地表地質平面図」および「7.1.2 推定地質断面図」を作成した。なお、推定地質断面図は、「B-2→B-1→B-3→B-4」の順で想定した。

次頁に、それぞれ示す。

7.1.1 地表地質平面圖



7.1.2 推定地質断面図

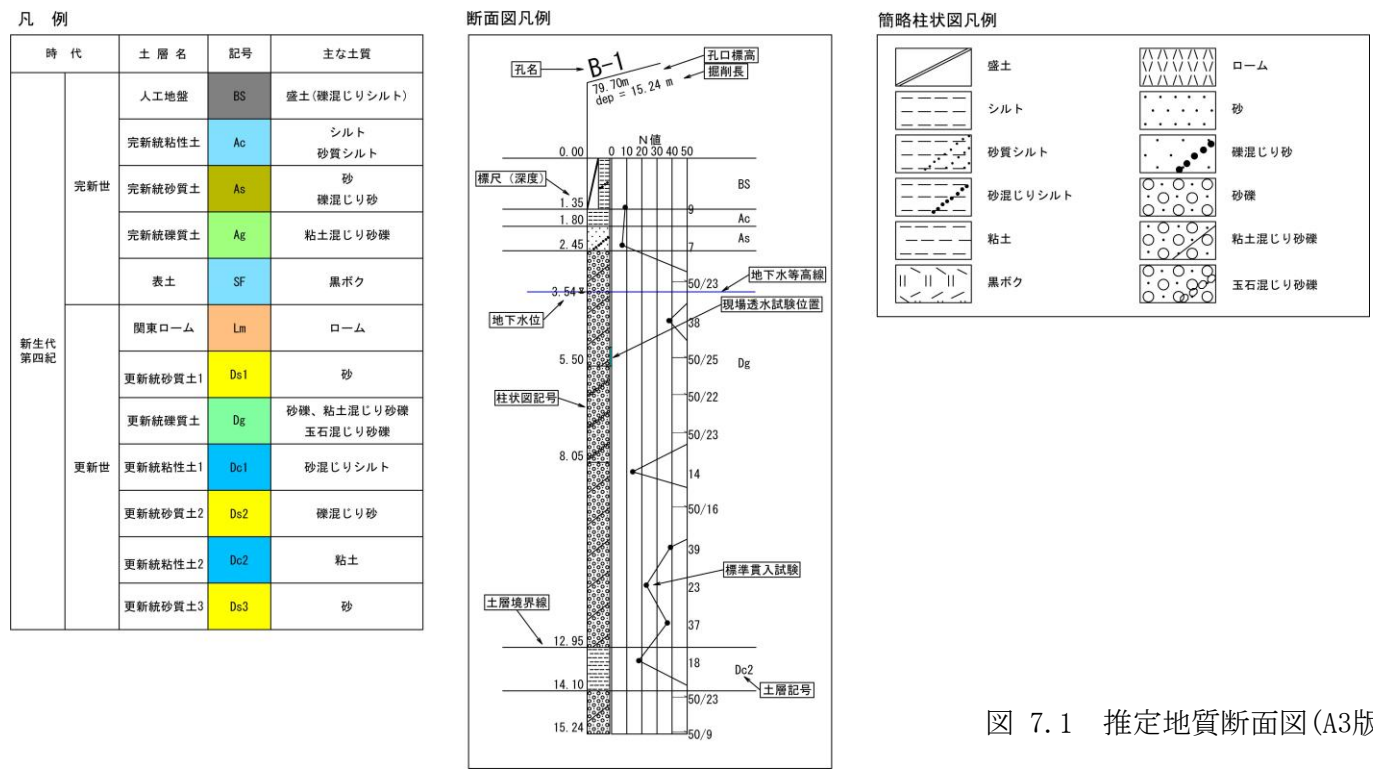
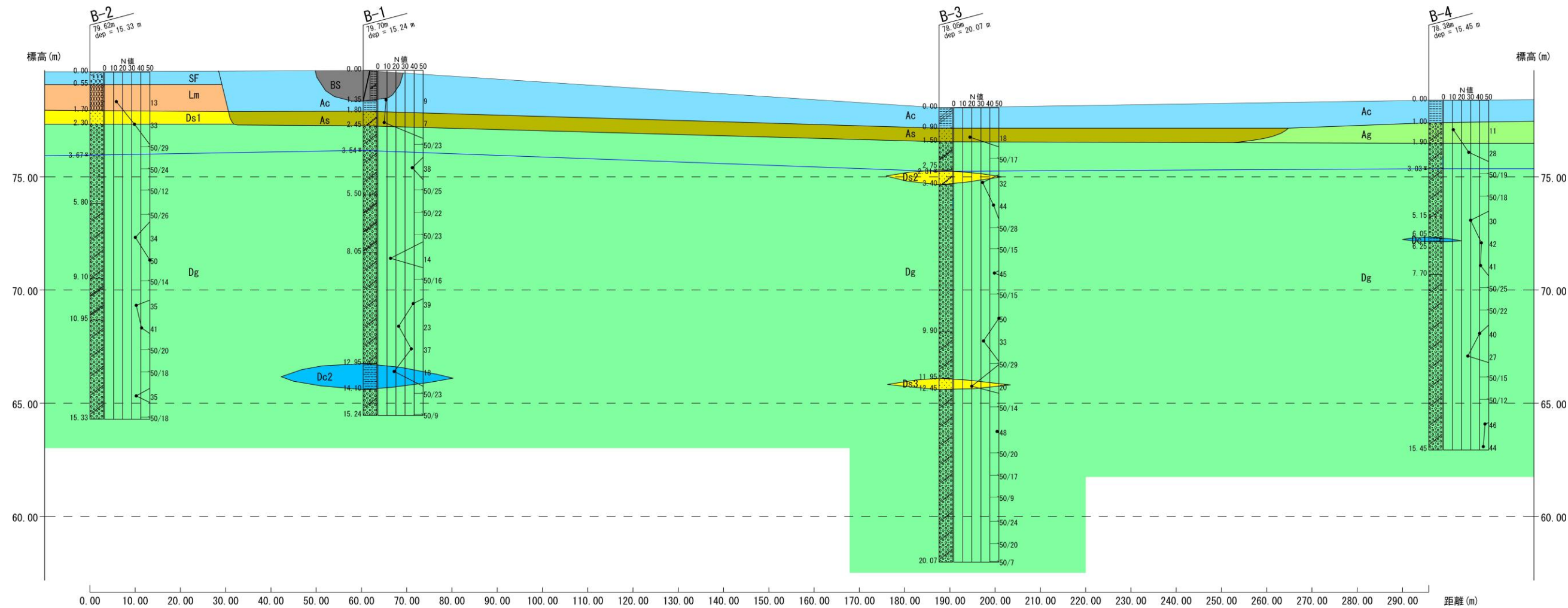


図 7.1 推定地質断面図(A3版 H=1:2000 V=1:400)

7.2 調査結果に基づく地盤物性値(土質定数)の検討

各種設計時に必要となる代表的な地盤物性値は、粘着力(c)やせん断抵抗角(ϕ)、単位体積重量(γ)、変形係数(E)がある。

地盤物性値は、土の湿潤密度試験、一軸・三軸圧縮試験などの土質試験、孔内載荷試験などの原位置試験で求められるとともに、N値を用いて推定することができる。

本調査では、土質試験結果やN値、一般値をもとに地盤物性値の検討を行う。

7.2.1 地盤物性値の提案

表 7.1 地盤物性値の提案

土層名	土層記号	代表N値	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)	変形係数 E (MN/m ²)
人工地盤	BS	6	14	38	0	4.2
完新統粘性土	Ac	12	16	75	0	8.4
完新統砂質土	As	9	16	0	28	6.3
完新統礫質土	Ag	11	18	0	30	7.7
表土	SF	—	14	—	—	—
関東ローム	Lm	13	15.28	93.4	2.7	6.66
更新統砂質土1	Ds1	42	18	0	44	29.4
更新統礫質土	Dg	45	20	0	45	31.5
更新統粘性土1	Dc1	9	16	56	0	6.3
更新統砂質土2	Ds2	27	18	0	38	18.9
更新統粘性土2	Dc2	18	15	113	0	12.6
更新統砂質土3	Ds3	20	18	0	35	14.0

※N値が得られていない「表土」は単位体積重量のみ提案

次項より、地盤物性値の提案に使用した、推定式や一般値を示す。

7.2.2 代表 N 値

「6.3 標準貫入試験結果」で採用されたN値を下表に示す。

表 7.2 測定N値一覧表

土層名	土層記号	代表N値	測定N値																																					
人工地盤	BS	6	6																																					
完新統粘性土	Ac	12	12																																					
完新統砂質土	As	9	7	18																																				
完新統礫質土	Ag	11	11																																					
表土	SF																																							
関東ローム	Lm	13	13																																					
更新統砂質土1	Ds1	42	42																																					
更新統礫質土	Dg	45	50	38	50	50	50	14	50	39	23	37	50	50	50	50	50	34	50	50	35	41	50	50	35	50	50	44	50											
			50	45	50	50	33	50	50	48	50	50	50	50	50	28	50	50	30	41	50	50	40	27	50	50	46	44												
更新統粘性土1	Dc1	9	9																																					
更新統砂質土2	Ds2	27	27																																					
更新統粘性土2	Dc2	18	18																																					
更新統砂質土3	Ds3	20	20																																					

次に、測定N値を用いて、図 7.2に従い平均値または平均値より -0.5σ を差し引いて代表N値を求めた。なお、決定の際には四捨五入とした。

表 7.3 代表N値一覧表

土層名	土層記号	試験回数	最大値	最小値	平均値	標準偏差 σ	変動係数 V	判定①		判定②	判定③	決定方法	代表N値
								(1) 平均値 標本標準偏差 $\sigma \leq 1$	(1) 平均値 変動係数 $V \leq 0.2$	(2) 平均値 -0.5σ	(3) 各ブロック の平均値		
人工地盤	BS	1	6	6	6.00							実測N値	6
完新統粘性土	Ac	1	12	12	12.00							実測N値	12
完新統砂質土	As	2	18	7	12.50	7.78	0.62			8.61		判定②	9
完新統礫質土	Ag	1	11	11	11.00							実測N値	11
表土	SF												—
関東ローム	Lm	1	13	13	13.00							実測N値	13
更新統砂質土1	Ds1	1	42	42	42.00							実測N値	42
更新統礫質土	Dg	55	50	14	44.95	8.43	0.19		44.95			判定①	45
更新統粘性土1	Dc1	1	9	9	9.00							実測N値	9
更新統砂質土2	Ds2	1	27	27	27.00							実測N値	27
更新統粘性土2	Dc2	1	18	18	18.00							実測N値	18
更新統砂質土3	Ds3	1	20	20	20.00							実測N値	20

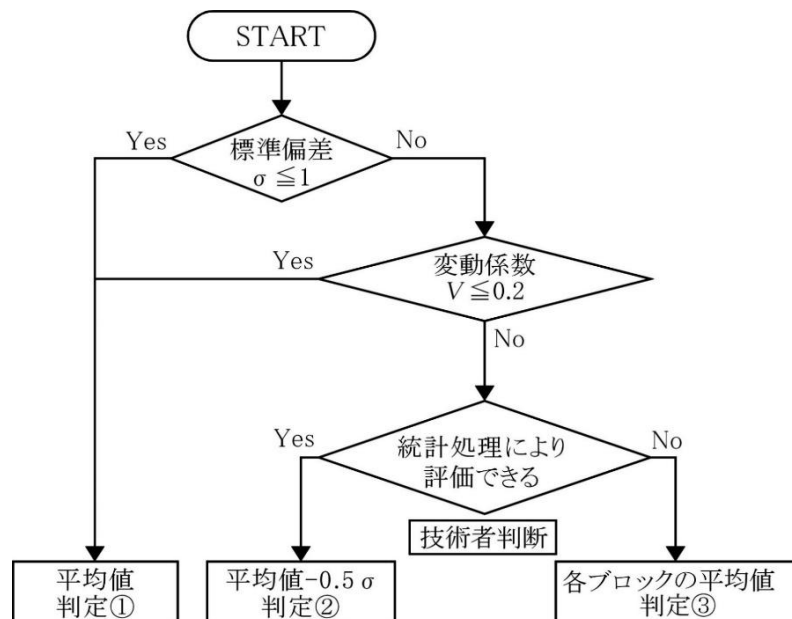


図 7.2 N値の決定方法

基礎工 Vol37.No.4 (株)総合土木研究所 P10

7.2.3 粘着力(c)およびせん断抵抗角(ϕ)

粘着力cおよびせん断抵抗角 ϕ の算出結果一覧を、下表に示す。なお、土質試験を実施している土層は試験値を採用し、その他は、N値より算出した。

表 7.4 粘着力cおよびせん断抵抗角 ϕ 一覧表

土層名	土層記号	設計N値	N値より		土質試験結果より		採用値		備考
			c	ϕ	c	ϕ	粘着力 c	せん断抵抗角 ϕ	
人工地盤	BS	6	37.5	0			38	0	
完新統粘性土	Ac	12	75.0	0			75	0	
完新統砂質土	As	9	0	28.4			0	28	
完新統礫質土	Ag	11	0	29.8			0	30	
表土	SF	—					—	—	
関東ローム	Lm	13	81.3	0	93.4	2.7	93.4	2.7	試験値を採用
更新統砂質土1	Ds1	42	0	44.0			0	44	
更新統礫質土	Dg	45	0	45.0			0	45	
更新統粘性土1	Dc1	9	56.3	0			56	0	
更新統砂質土2	Ds2	27	0	38.2			0	38	
更新統粘性土2	Dc2	18	112.5	0			113	0	
更新統砂質土3	Ds3	20	0	35.0			0	35	

(1) 粘性土の場合

せん断抵抗角を $\phi=0$ と仮定し、粘着力を推定する。なお、一軸圧縮強さ q_u の算出には、式 7.2を採用した。

$$c=q_u/2 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdots \cdots \text{式 7.1}$$

「建築基礎設計のための地盤調査計画指針」(社)日本建築学会 P53

$$q_u=12.5N \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdots \cdots \text{式 7.2}$$

「地盤調査の方法と解説」(社)地盤工学会 P308

(2) 砂・礫質土の場合

粘着力を $c=0$ と仮定し、N値からせん断抵抗角(ϕ)を次式により推定する。

$$\phi = \sqrt{20N} + 15 \cdots \cdots \text{式 7.3}$$

「建築基礎構造設計指針」(社)日本建築学会 P30

7.2.4 単位体積重量

代表N値をもとに土の締まり具合を判定し、表 7.6を参考に設定した。なお、土質試験を実施している土層は試験値を採用した。

表 7.5 単位体積重量一覧表

土層名	土層記号	設計N値	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	備考
人工地盤	BS	6	14	シルト、やわらかい
完新統粘性土	Ac	12	16	シルト、かたい
完新統砂質土	As	9	16	砂、ゆるい
完新統礫質土	Ag	11	18	礫、ゆるい
表土	SF	—	14	シルト、やわらかい
関東ローム	Lm	13	15.28	試験値 ($1.558 \times 9.81 = 15.28$)
更新統砂質土1	Ds1	42	18	砂、密な
更新統礫質土	Dg	45	20	礫、密な
更新統粘性土1	Dc1	9	16	シルト、かたい
更新統砂質土2	Ds2	27	18	砂、密な
更新統粘性土2	Dc2	18	15	粘土、かたい
更新統砂質土3	Ds3	20	18	砂、密な

表 7.6 単位体積重量の目安

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

「建築基礎構造設計指針」(社)日本建築学会 P30

7.2.5 変形係数：E

変形係数は、代表N値からの推定値から設定した。なお、土質試験を実施している土層は試験値を採用した。

表 7.7 変形係数一覧表

土層名	土層記号	設計N値	N値より	土質試験結果	採用値	備考
					変形係数 E (MN/m ²)	
人工地盤	BS	6	4.2		4.2	
完新統粘性土	Ac	12	8.4		8.4	
完新統砂質土	As	9	6.3		6.3	
完新統礫質土	Ag	11	7.7		7.7	
表土	SF	—			—	
関東ローム	Lm	13	9.1	6.66	6.66	試験値を採用(最小値)
更新統砂質土1	Ds1	42	29.4		29.4	
更新統礫質土	Dg	45	31.5		31.5	
更新統粘性土1	Dc1	9	6.3		6.3	
更新統砂質土2	Ds2	27	18.9		18.9	
更新統粘性土2	Dc2	18	12.6		12.6	
更新統砂質土3	Ds3	20	14.0		14.0	

変形係数EとN値の関係は、 $E=400\sim1000N$ (kN/m²) の統計的な相関性があり、地盤材料にかかわらず $E \approx 700N$ kN/m² ($E = 670N^{0.986}$ kN/m²) という関係式が近似的に成立している。関係図を下図に示す。

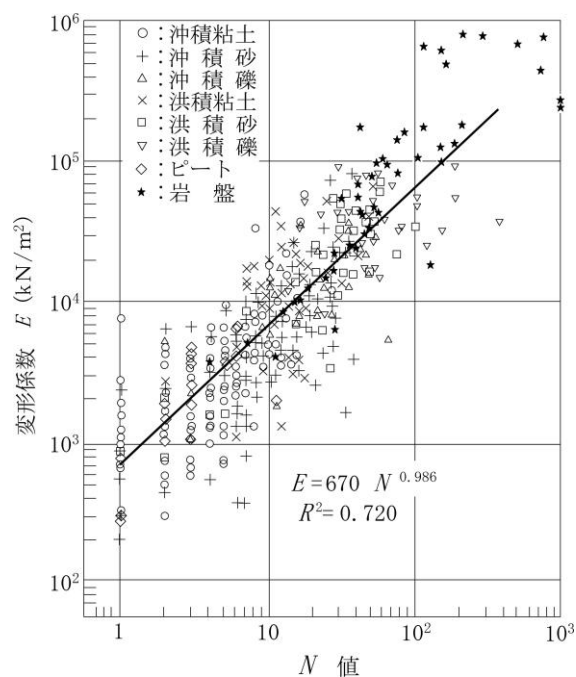


図 7.3 孔内载荷試験より得られる変形係数とN値との関係

「地盤調査の方法と解説」(社)地盤工学会 P687

7.3 調査結果に基づく支持地盤の設定と基礎形式の検討

7.3.1 支持地盤の設定

ここで、当該地に構造物を建設する場合の、基礎の支持地盤の選定にあたっては、計画構造物や地盤状況、施工性、経済性を含めて総合的に検討することとなる。

支持地盤の選定について、「建築基礎構造設計指針（社）日本建築学会 P26」では支持地盤の目安値を以下のとおりに示している。

支持層の目安は砂質土、礫質土ではN値50(または60)以上、粘性土では20～30以上であるが、建物の要求性能などを考慮して設計者が適切に判断す

また、「建築構造設計基準（社）公共建築協会 P73」では以下のとおりに述べている。

基礎は、原則として、良質な地盤に支持させることとし、上部構造からの力によって沈下等の障害が生じることのないよう設計する。基礎を支持する層は洪積層以前の安定した地盤を選定することが望ましいが、経済性を考慮して上部の沖積層に支持させることもある。いずれの場合も沈下、負の摩擦力、液状化等の検討を行い、有害な障害が生じないことを確認する。

以上、上部構造の特性に見合った地盤が支持地盤となるが、本調査地では以下に示す条件を満たしている土層を支持地盤として選定する。

- ・ 洪積層以前(≒更新統)の安定した地盤
- ・ 砂質土・礫質土の場合、N値50(または60)以上
- ・ 粘性土の場合は、N値20以上
- ・ 以上の条件を満たし、かつ水平方向に連続性のある同一層

表 7.8に、上記の条件を満たす支持地盤を示す。

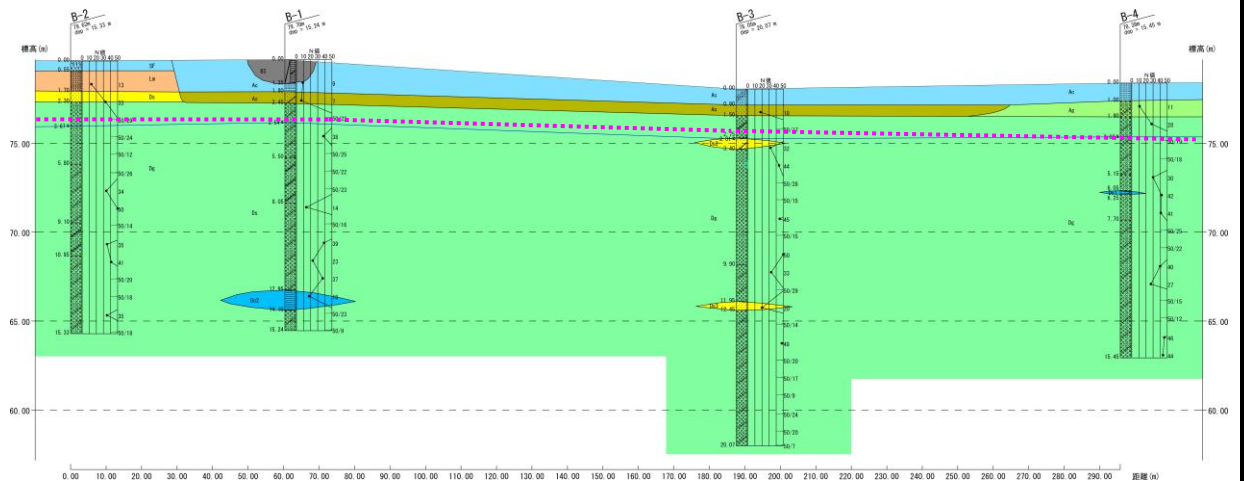
表 7.8 支持地盤の設定

土層名	評価	備考
人工地盤 表土層 完新統粘性土 完新統砂質土 完新統礫質土	×	洪積以前の土層かつ N 値が満足していないため、支持地盤としては不適
関東ローム 更新統砂質土	△	目安である N 値は満たしていないが、関東ロームは、圧密降伏応力 ($P_c=437\text{kN/m}^2$) が高いため、小規模構造物などの支持地盤としては検討できる。ただし、分布域は小規模である。
更新統礫質土	△ (○)	当層は、比較的浅層に分布し、更新世時代かつ水平方向に連続性のある層で、N 値も比較的高いため調査地において、支持地盤として検討できる。 ただし、N 値 50 回を下回る部分や、更新統粘土層、更新統砂層を挟在する部分では N 値が低下するため、建物の要求性能を考慮して支持地盤の深度については適切に判断されたい。

×：支持層として不適

△：構造物の規模や重要度、要求性能によっては支持地盤として検討できる

○：支持地盤として検討できる (標高75～76m以深)



--- : 支持地盤として検討できる

図 7.4 推定地質断面図(縮小版)

7.3.2 基礎形式の検討

構造物の基礎は、上部構造および下部構造に作用する荷重を確実に支持地盤に伝達するもので、力学的に安定し有害な変位を生じてはならない。

したがって、地盤条件、構造物の特性、施工条件、環境条件、経済性などを十分に考慮し決定する必要がある。前項で示した良質な支持地盤は、比較的浅層より分布していることから、(a)直接基礎や(b)直接基礎+地盤改良工法が有利と判断される。

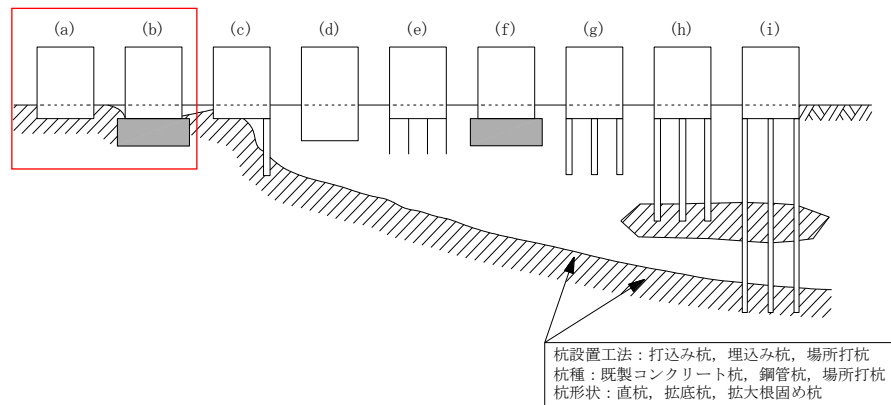


図 7.5 支持地盤の深度と適用可能な基礎形式

表 7.9 基礎形式ごとの検討事項・チェック事項一覧

基礎形式	基礎部材	検 討 事 項
(a) 直接基礎	基礎スラブ／べた基礎・布基礎・独立基礎	地盤の鉛直支持力, 滑動抵抗力, 浮上がり抵抗力 即時沈下, 圧密沈下 凍結深度, 地下水位
(b) 直接基礎+地盤改良工法(ラップルコンクリート地業を含む)	同上+改良体, 改良地盤	改良地盤の鉛直(水平)支持力, 改良地盤の滑動抵抗力, 支持地盤の鉛直支持力 即時沈下, 圧密沈下 改良体の設計基準強度, 発生(圧縮・せん断)応力度
(c) 併用基礎(異種基礎)	基礎スラブ, 改良体, 改良地盤, 杭基礎(摩擦杭, 中間支持層への支持杭, 支持杭)	直接基礎, 地盤改良工法, 杭基礎の該当欄のほか, 傾斜地盤の鉛直支持力, 境界部応力, 基礎のねじれ
(d) フローティング基礎	基礎スラブ	直接基礎の項のほか, 排土重量, 地中応力
(e) 併用基礎(パイルド・ラフト基礎)	べた基礎, 摩擦杭	同上+平均鉛直ばね定数, ラフトの相対剛性
(f) 直接基礎+地盤改良工法	同上+改良体, 改良地盤	(b) 直接+地盤改良工法の検討事項+層状地盤の鉛直支持力
(g) 杭基礎(摩擦杭)	パイルキャップ, 杭頭接合部 各種の杭種, 杭工法	杭の鉛直支持力, 引抜き抵抗力, 水平抵抗力 群杭効率, 負の摩擦力, 地盤変位を考慮した耐震設計, 液状化地盤の水平抵抗, 傾斜地盤の鉛直支持力・水平抵抗力
(h) 杭基礎(中間支持層への支持杭)	同上	杭基礎の即時沈下, 圧密沈下, 基礎の変形角・傾斜角 杭体(圧縮, 曲げ・せん断)耐力, 杭頭接合部耐力
(i) 杭基礎(支持杭)	同上	

図・表ともに「建築基礎構造設計指針」(社)日本建築学会 P35

7.4 地盤の工学的性質について

7.4.1 工学的基盤面について

参考までに「建築基礎設計のための地盤調査計画指針（社）日本建築学会」で示す工学的基盤面について、以下の条件に適合する地盤を耐震設計上の工学的基盤面とみなしている。

工学的基盤面は、一般には一定の厚さがあって水平方向にも連続したせん断速度 $V_s=300\sim700\text{m/s}$ の層とされているが、建築の設計には便宜的に $V_s=400\text{m/s}$ 、厚さ5m以上を目安とすることが多い。

「建築基礎設計のための地盤調査計画指針」（社）日本建築学会 P26

本調査ではPS検層を実施していないため、せん断速度(S波)は不明であるが、B-3地点において、深度15m(標高63.05m)よりN値50回以上層厚5m以上を確認した。そのため、当深度を、便宜的に工学的基盤面とみなす。

7.4.2 液状化について

「建築構造設計基準 (社)公共建築協会」によると、液状化を考慮すべき土の種類として、以下のように定義している。

地盤の液状化は、基礎の破壊、建築物全体の崩壊を引き起こす可能性があるため、以下については、液状化の発生の可能性の有無について十分な検討を行う。

1. 以下に該当する砂質地盤
 - ・砂質土で粒径が比較的均一中粒砂などからなること
 - ・地下水で飽和していること
 - ・N値がおおむね15以下であること
2. 細粒土含有率が35%以下の土
3. 粘土分(0.005mm以下の粒径をもつ土粒子)含有率が10%以下、又は塑性指数が15%以下の埋立あるいは盛土地盤
4. 細粒土を含む礫や透水性の低い土層に囲まれた礫
5. 自然堆積の砂地盤だけでなく、シルト、まさ土(風化花崗岩)、建設発生土のような材料が人工埋立に用いられる場合

「建築構造設計基準」(社)公共建築協会 P74

調査地において、飽和している砂質土層は確認されていないため液状化を考慮すべき土は「該当なし」となる。

7.5 地盤の透水性(浸透性)の検討

調査地には、調整池の計画がある。ここでは、浸透式調整池の場合を想定し「雨水浸透施設技術指針〔案〕調査・計画編」を参考に検討する。

概略検討項目を下記に示す。

1) 地形・地質からの判断

〈適地〉

- 1) 台地・段丘(構成地質による)
- 2) 扇状地
- 3) 自然堤防(構成堆積物による)
- 4) 山麓堆積地
- 5) 丘陵地(構成地質による、急斜面は適さない)
- 6) 浜堤・砂丘地

〈不適地〉

- 1) 沖積低地(デルタ地帯)
- 2) 人工改変地(盛土地の場合は盛土材により異なる)
- 3) 切土面で第三紀砂泥岩
- 4) 旧河道(ただし、扇状地上の河道跡は適地の場合もある)、後背湿地、旧湖沼
- 5) 法令指定地(地すべり防止区域、急傾斜地崩壊危険区域など)
- 6) 雨水の浸透でのり面など地盤の安定性が損なわれるおそれのある地域
- 7) 雨水の浸透で他の場所の居住および自然環境を害するおそれのある地域

2) 土質からの判断(透水性があまり期待できない土質)

- 1) 透水係数が 10^{-7}m/s (10^{-4}mm/s)より小さい場合
- 2) 空気間隙率が10%以下で土が良く締め固まった状態
- 3) 粒度分布において、粘土の占める割合が40%以上(ただし、火山風化物いわゆる関東ロームなどは除く)のもの

3) 地下水位からの判断

浸透施設底面から地下水位まで0.5m以上あれば浸透能力が期待できるものとして検討の対象とする。

4) 周辺環境への影響からの判断

工場跡地や埋立地などで土壌が汚染され、浸透施設によって汚染物質が拡散され地下水の汚染が予想される区域は設置対象域から除外する

5) 土地利用からの判断

都道府県および市町村において定められている土地利用計画において開発が禁止されている区域、あるいは開発が予想されない区域は設置対象域から除外する

以上の事項や次頁の「表. 7. 11」と照合して調査地の概略的な浸透施設設置について評価すると次のとおりである。

表. 7. 10 調査地における浸透施設の設置可能性の概略検討の結果

項目	結果	評価
1) 地形・地質	低地	不適地
2) 透水係数	$k=2.00 \times 10^{-6} \text{m/s}$	中 ^{注1)}
3) 地下水位	GL-3.03m	1 (深い～中程度)
4) 周辺環境	—	—
5) 土地利用	—	—

注1) 土質・地下水位の評価は次頁

注2) 表. 7. 11による

透水試験(注水法)の結果は、 $k=10^{-6} \text{m/s}$ であり、評価としては「中」となる。

浸透施設の検討が可能であるが、地下水位がGL-3.03mと比較的浅い深度に分布しており、豊水期には、水位がさらに上昇することが予想されるため、底面深度の設定には留意を要す。

表. 7. 11 地形区分と浸透能による評価

地形区分 (土地条件図より)			(地形・地質評価) 浸透能評価				(地形・地下水評価) 地下水位評価			
			大		中	小	極小	1	2	3 (不適)
			$k \geq 10^{-4}$ m/s		$10^{-4} \sim 10^{-7}$ m/s	$10^{-7} \sim 10^{-9}$ m/s	$k < 10^{-9}$ m/s	深い ～ 中程度 $L \geq 2m$	浅い (1 ～2m)	地表付近 $L < 1m$
			未固結							
			礫>砂		砂>シルト	シルト>泥	泥			
			固 結			その他の 固結岩				
I 丘陵地			現況平坦化地および今後の平坦化に対して評価する 土質・地質による				(評 価 対 象 外)			
II 台地・段丘	II 1 高位・上位段丘		土質・地質による							
	II 2 中位・下位段丘		土質・地質による							
	II 3 低位段丘		土質・地質による							
	II 4 台地・段丘上の浅い谷		土質・地質による							
III・IV 微高地 低地	III 微高地	III 1 麓斜面								
		III 2 扇状地								
		III 3 緩扇状地								
		III 4 自然堤防								
		III 5 砂丘								
		III 6 砂(礫)州 砂(礫)堆								
		III 7 微高地上の浅い谷								
	IV 低地	IV 1 谷底平野 氾濫平野								
		IV 2 海岸平野 三角洲	内陸							
			河口 付近							
		IV 3 背後低地								
		IV 4～5 旧河道		IV 4 扇状地上						
			IV 5 低地上							
V 人工 改変地	V 1 平坦化地		土質・地質による				(評価対象外)			
	V 2 盛土						(評価対象外)			
	V 3 干拓地									

注) k : 透水係数。ただし、厚い風化火山灰土あるいは火山灰土では $10^{-4} \sim 10^{-6}(\text{m/s})$ 程度のことがある。
 L : 地表と地下水位(宙水位を含む)の差。

出典: 浸透型流出抑制施設の現地浸透能力調査マニュアル試案、(旧)建設省土木研究所

7.6 CBR調査結果からの検討

調査結果より、設計CBRを求める。

7.6.1 設計 CBR

設計CBRは、CBR試験の結果より「区間のCBR」を算出し、次表より設計CBRを決定する。

表 7.12 区間のCBRと設計CBRの関係

区間の CBR	設計 CBR
(2 以上 3 未満)	(2)
3 以上 4 未満	3
4 以上 6 未満	4
6 以上 8 未満	6
8 以上 12 未満	8
12 以上 20 未満	12
20 以上	20

注) ()内は、打換え工事などで既存の路床の設計CBRが2であるものの、構築路床を設けることが困難な場合に適用する。

「舗装設計便覧」(社)日本道路協会 P70

区間のCBRは、次式により求められる。

$$\text{区間のCBR} = \bar{x} - \sigma_{n-1} \cdots \cdots \text{式 7.4}$$

ここに、

$\bar{x}$: 各地点のCBRの平均値

σ_{n-1} : 各地点のCBRの標準偏差

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}} \cdots \cdots \text{式 7.5}$$

7.6.2 地点の CBR の決定

区間CBRを求める前に、路床がいくつかの異質の土層で構成されている場合、層厚20cm以上の土層に対しCBR試験を行い、次式により平均CBR値を求めて地点のCBR値を算出する。

$$CBR_m = \left(\frac{h_1 \times CBR_1^{1/3} + h_2 \times CBR_2^{1/3} + \dots + h_n \times CBR_n^{1/3}}{h} \right)^3 \dots\dots\dots \text{式 7.6}$$

CBR_m : m地点のCBR

CBR₁, CBR₂, ... CBR_n : m地点の各層のCBR値 (%)

h₁, h₂, ... h_n : m地点の各層の厚さ (cm)

h₁+h₂+...+h_n=h

ただし、平均CBR_mを求めるにあたり次の点に留意しなければならない。

※CBR_mの計算

- ・ CBR_m の計算は、通常、路床が上部ほど高い CBR を示している場合に適用することができる。
- ・ 路床の上部に下部と比べ極端に弱い層がある場合には、舗装構造はこの影響を受けることになるので、CBR_m を用いてはならない。
- ・ このような場合には全層が弱い層でできていると考えるか、またはその層を安定処理するか良質な材料で置き換えて計算を行う。

「舗装設計便覧」(社)日本道路協会 P71

以上のことから、路床内に異層が確認された地点については以下のように決定した。

- ※上層値<下層値：この場合は上層値を地点のCBR値として採用
- ※上層値>下層値：この場合は平均CBRを求める

式 7.6より各地点のCBRを決定する。

各地点の路床層厚および地点CBRは次表のとおりである。なお、地点のCBR値を算出するにあたり路床範囲(舗装厚0.50m)をGL-0.50～1.50mとした。

表 7.13 地点のCBR値の算出

※地点名：C-1

路床深度(m)	層厚(m)	試料名	土質名	CBR 値 (%)	地点の CBR の決定方法	地点の CBR 値(%)
0.50～0.90	0.40	C-1-1	シルト	0.2	上層値を採用	0.2
0.90～1.00	0.10	—	シルト質砂	—		
1.00～1.50	0.50	C-1-2	シルト質砂礫	1.3		

※地点名：C-2

路床深度(m)	層厚(m)	試料名	土質名	CBR 値 (%)	地点の CBR の決定方法	地点の CBR 値(%)
0.50～1.30	0.80	C-2-1	シルト	0.3	平均 CBR	0.3
1.30～1.50	0.20	C-2-2	礫混じり粘土質砂	0.2		

※地点名：C-3

路床深度(m)	層厚(m)	試料名	土質名	CBR 値 (%)	地点の CBR の決定方法	地点の CBR 値(%)
0.50～0.90	0.40	C-3-1	ローム	1.1	上層値を採用	1.1
0.90～1.50	0.60	C-3-2	砂	3.5		

※地点名：C-4

路床深度(m)	層厚(m)	試料名	土質名	CBR 値 (%)	地点の CBR の決定方法	地点の CBR 値(%)
0.50～1.20	0.70	C-4-1	砂質ローム	0.7	平均 CBR	0.6
1.20～1.50	0.30	C-4-2	砂	0.4		

以上、本路線の、地点のCBRを求めると、下表のとおりである。

表 7.14 地点のCBR値の決定

地点	CBR 値(%)
C-1	0.2
C-2	0.3
C-3	1.1
C-4	0.6

7.6.3 区間の設定

舗装設計に際しては、各地点のCBR値に大きなバラツキがある場合、経済性のみを考慮すれば区間を分割した舗装設計が有利となるが、施工の際には複雑となるので極端な差がない場合や局所的な場合は同一区間として扱うことが望まれる。

各地点のCBR値にバラツキはみられなかったため、同一区間として扱う。

区間の設定後は、各地点のCBR値の最大値・最小値の棄却判定を行う。

7.6.4 最大値・最小値の棄却判定

最大値および最小値の判定値を次表の $\gamma (n, 0.05)$ の値と比較して $\gamma > \gamma (n, 0.05)$ であれば棄却し、 $\gamma < \gamma (n, 0.05)$ であれば採用する。

表 7.15 棄却判定に用いる $\gamma (n, 0.05)$ の値

n	3	4	5	6	7	8
$\gamma (n, 0.05)$	0.941	0.765	0.642	0.560	0.507	0.468
n	9	10	11	12	13	14
$\gamma (n, 0.05)$	0.437	0.412	0.392	0.376	0.361	0.349
n	15	16	17	18	19	20
$\gamma (n, 0.05)$	0.338	0.329	0.320	0.313	0.306	0.300

「舗装設計便覧」(社)日本道路協会 P72

※CBR最大値の棄却判定式

$$\gamma = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_1} \gamma (n, 0.05) \cdots \cdots \text{式 7.7}$$

ここで、 X_n : CBR最大値
 X_{n-1} : CBR最大値より一つ低い値
 X_1 : CBR最小値

※CBR最小値の棄却判定式

$$\gamma = \frac{X_2 - X_1}{X_n - X_1} \gamma (n, 0.05) \cdots \cdots \text{式 7.8}$$

ここで、 X_n : CBR最大値
 X_2 : CBR最小値より一つ高い値
 X_1 : CBR最小値

各地点のCBR値を大きい順に並べると次のようになる。

「1.1, 0.6, 0.3, 0.2」

※CBR最大値(1.1)の棄却判定(式 7.7)

$$\gamma = \frac{1.1 - 0.6}{1.1 - 0.2} = 0.556 < 0.765 : \gamma(n, 0.05)$$

よって、最大値1.1%は採用となる。

※CBR最小値(0.2)の棄却判定(式 7.8)

$$\gamma = \frac{0.3 - 0.2}{1.1 - 0.2} = 0.111 < 0.765 : \gamma(n, 0.05)$$

よって、最小値0.2%は採用となる。

以上、全地点のCBR値が採用となる。

7.6.5 区間の CBR 算出

同一区間とした場合の区間のCBRは、式 7.4式 7.5より次のように算出される。

$$\bar{x} - \sigma_{n-1} = 0.6 - 0.4 = 0.2$$

上記式より、区間のCBRと設計CBR(表 7.12 参照)の関係は、下表のとおりとなる。

表 7.16 区間のCBRと設計CBRの関係

区間の CBR (%)	設計 CBR	備考
0.2	3 未満	軟弱路床土→構築路床が必要

7.6.6 構築路床について(軟弱路床土)

舗装構造の設計は、路床の設計CBRを決定したのちに詳細を検討することになるが、構造断面上の制限がある場合などでは、交通条件と舗装の構成から必要な路床の支持力を算定し、構築路床の厚さと支持力を設計する。

路床の築造工法は、盛土工法、安定処理工法、置換工法などがあり、以下では、参考までに工法について述べる。

(1) 盛土工法

盛土工法は、良質土を原地盤などの上に盛り上げて行う工法である。現在は計画高が決定していないため不明である。

(2) 安定処理工法

安定処理工法は、現位置で現状路床土と石灰やセメントなどの安定材を混合し、支持力を改善してCBR3以上の構築路床を築造する工法である。現地では、粘性土が主体となり石灰による処理となることが予想され経済比較の検討が必要である。

(3) 置換工法

置換工法は、軟弱路床土となった部分を、表 7.17を参考に置換厚を決定して、その深さまで掘削し、良質土(CBR20%以上, 細粒土分10%以下)で置き換える工法である。

工法については、現地状況や経済性などを考慮し、検討を要する。

参考までに、置換工法で検討した場合の置換層厚を求める。

交通区分は「N₅-2(500以上1000未満)」で計画されており、栃木県で実施されている標準的な置き換え厚さ(設計期間10年、信頼度90%)は下表のとおりとなる。

表 7.17 路床置換厚さ

交通量区分		N ₁ ~N ₃	N ₄	N ₅ -1, N ₅ -2	N ₆	N ₇
目標 CBR (%)		3	3	8	8	12
路床の 設計 CBR	0.1~0.8未満	40	40	70	70	80
	0.8~1.5未満	30	30	60	60	80
	1.5~2.2未満	20	20	60	60	80
	2.2~3.0未満	20	20	50	50	70

(注)路床置換厚さは、表 7.17に示す有効層厚に一律t=20cmの無効層を加えた厚さである。

「舗装の計画・設計指針(案)」 R6.10 栃木県県土整備部 P31

よって、置換層厚は下表のとおりとなる。

表 7.18 置換層厚

区間の CBR (%)	目標 CBR (%)	有効置換層厚 (cm)	合計置換層厚 (cm)
0.2	8	70	90

※ 合計置換層厚は、無効層20cm加算した値

7.7 設計・施工上の留意点

設計施工上の留意点について以下に述べる。

(1) 支持地盤について

調査地では、支持地盤までの深度が比較的浅く、構造物の規模によっては、「直接基礎」または「直接基礎＋地盤改良」が有利となる。いっぽう、構造物の重要度等により杭基礎を採用する場合には、以下の点に留意する必要がある。

- ・支持層に至るまでの中間層には、玉石混じり砂礫層が分布しており、最大でコア長 150mm（推定礫径約 450mm）の礫を含む。
- ・杭の種類・施工法によっては掘削障害・施工不能が生じる可能性がある。
- ・杭基礎を採用する場合には、中間層の礫径・礫量に適合した工法を選定する必要がある。

また、調査地周辺の、近傍構造物の施工実績を参考に工法選定を行うことが望ましい。

(2) 地下水について

各種構造物の施工に伴い、排水などで地下水を揚水する場合には、影響範囲の把握および周辺既設井戸の分布・利用状況の事前調査（井戸調査 A・B）を実施することが望ましい。さらに、地下水位の季節変動を把握するための観測孔設置と長期観測も有効である。

東京都建設局「工事に伴う環境調査標準仕様書及び環境調査要領」では、工事前、工事中、工事後の 3 期に分け調査を行うことが示されている（表 7.19）。

表 7.19 調査時期と調査内容

調査内容		調査時期		
		工事前	工事中	工事後
井戸分布の調査		○	—	—
地下水位調査	一斉観測	○	△	△
	長期観測	○	○	○
水質調査		○	△	○

注）△は、工事内容、地盤条件などを検討の上必要があれば、実施する。

「工事に伴う環境調査標準仕様書及び環境調査要領」 東京都建設局 P129

(3) 関東ロームについて

B-2 地点で確認された関東ロームは、洪積時代(更新世)に堆積した、沈下の懸念が少ない安定した土層であり、小規模構造物(外構・電力設備など)では直接基礎による検討が可能である。直接基礎を採用する場合には、平板載荷試験(JGS 1521)により許容支持力度を直接確認することも有効である。

ただし、調査地における関東ロームの分布域(台地面)は限定的であり、構造物の配置によっては、台地から低地へ地形を跨ぐことで基礎条件が変化する可能性がある。

この場合、不同沈下に配慮し、支持層の連続性や地盤強度のバラツキを事前に確認することが望ましい。

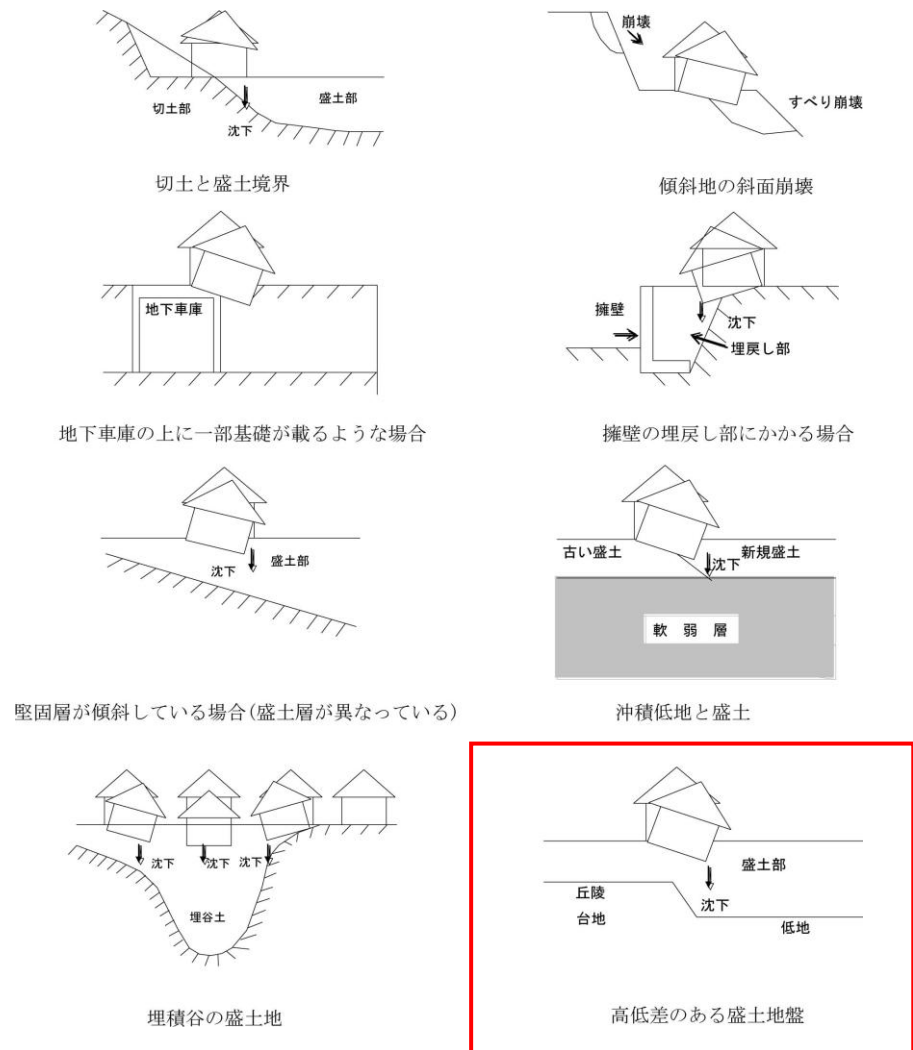


図 7.6 地形と造成地盤

小規模建築物基礎設計指針 日本建築学会 P27～28

(4) 舗装構成について

CBR調査の結果、調査地の路床土は設計CBR3未満の軟弱路床となった。これは、「現況地盤高≡計画地盤高」かつ「路床範囲(舗装厚0.50m)をGL-0.50～1.50m」と仮定した条件で算出したものであり、造成計画が反映されていない。今後、計画高が決定した段階で、改めて調査・検討を行うことが適切である。

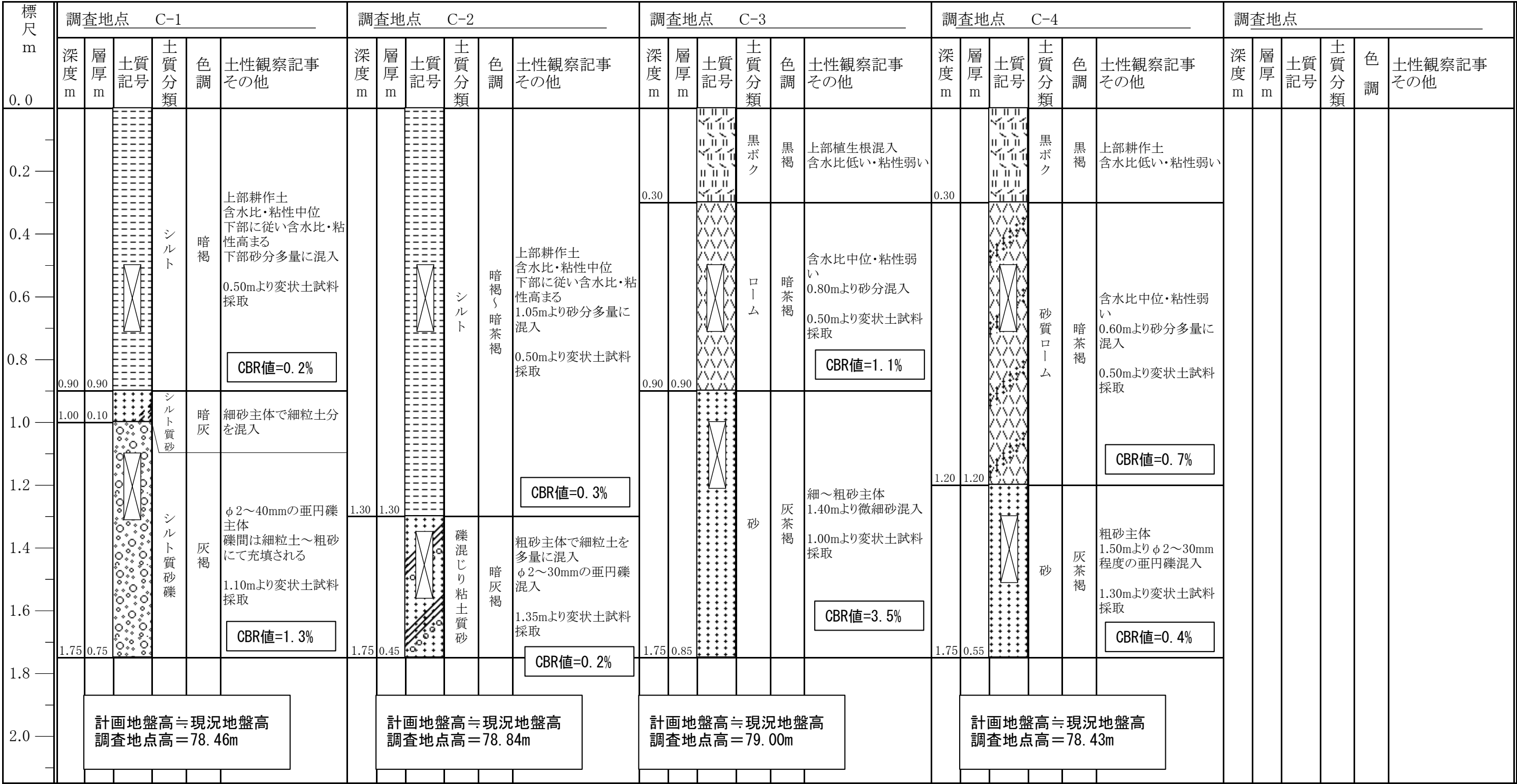
(5) 地盤物性値について

本報告書では、調査範囲全体の地盤状況を総合的に評価し、建築分野の基準に準じた地盤物性値を包括的に設定した。

今後、土木構造物や建築構造物の具体的な配置が決定した段階で追加調査を実施し、各構造物の基準に応じて再評価することが適切である。

土質柱状図

業 務 名	(仮称)「道の駅かみのかわ」地質調査業務委託(委R7-059)				会 社 名	パスキン工業(株)	
業務場所	上三川町大字磯岡・石田地内 外				調 査 員	小竹 悟史	
調査方法	試掘調査		調 査 日	2025/11/17	交通量区分	N ₅₋₂ (500以上～1000未満)	



備 考： 全地点共に地下水位は確認されず。計画高は未決定のため、計画地盤高≒現況地盤高。推定路床範囲GL-0.50～1.75m



乱さない力学試験用試料(現状土)
乱した力学試験用試料(変状土)

土質ボーリング柱状図（標準貫入試験）

調 査 名 (仮称)「道の駅かみのかわ」地質調査業務委託(委R7-059)

事業名 または 工事名

調査目的及び調査対象 建築 構造物基礎

ボーリング名	B-1			調査位置	栃木県河内郡上三川町大字磯岡地先					北緯	36° 28′ 47.72″	
発注機関	栃木県河内郡上三川町				調査期間	2025年 10月 27日 ~ 2025年 10月 31日				東経	139° 54′ 23.55″	
調査業者名	パスキン工業株式会社 電話 028-665-1201			主任技師	小竹 悟史 地質調査技士登録番号: 第21031号		現代理人	松島 秀樹 地質調査技士登録番号: 第17971号	コ鑑定者	小竹 悟史 地質調査技士登録番号: 第21031号	ボーリング責任者	加藤 篤 地質調査技士登録番号: 第24632号
孔口標高	T. P. 79.70m	角 度 180° 上下 90° 0°	方位 北 0° 270° 西 90° 東 180° 南	地盤勾配 鉛直 90° 0°	使用機種	試錐機	扶桑工業 KR-100HB-2					
総削孔長	15.24m					エンジン	Kubota EA8-E3-NB	ポンプ	扶桑工業 V6-B			

[illegible]

土質ボーリング柱状図（標準貫入試験）

調 査 名 (仮称)「道の駅かみのかわ」地質調査業務委託(委R7-059)

事業名 または 工事名

調査目的及び調査対象 建築 構造物基礎

ボーリング名	B-2			調査位置	栃木県宇都宮市東谷町地先						北緯	36° 28′ 46.93″	
発注機関	栃木県河内郡上三川町				調査期間	2025年 10月 31日 ~ 2025年 11月 6日				東経	139° 54′ 21.33″		
調査業者名	パスキン工業株式会社 電話 028-665-1201			主任技師	小竹 悟史 地質調査技士登録番号: 第21031号		現代理人	松島 秀樹 地質調査技士登録番号: 第17971号	コ鑑定者	小竹 悟史 地質調査技士登録番号: 第21031号	ボーリング責任者	加藤 篤 地質調査技士登録番号: 第24632号	
孔口標高	T. P. 79.62m	角 上下 度 180° 90° 0°	方位	北 0° 270° 西 90° 東 180° 南	地盤勾配	水平0° 鉛直 90° 0°	使用機種	試錐機	扶桑工業 KR-100HB-2				
総削孔長	15.33m							エンジン	Kubota EA8-E3-NB	ポンプ	扶桑工業 V6-B		

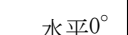
標尺	標高	深度	現場土質名 (模様)	現場土質名	地盤材料の工学的分類	色調	相対密度	相対稠度	地質時代名	記号	孔内水位／測定月日	標準貫入試験										試験採取			室内位置試験	削孔月日																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
												深度－N値図					N値	深度	100mmごとの打撃回数			打撃ごとの貫入量	50回の貫入量	自沈時の貫入量			深度	試験番号	採取方法																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
																			0 100	100 200	200 300																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
												0 20 40 50 100 200 300																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

土質ボーリング柱状図（標準貫入試験）

調 査 名 (仮称)「道の駅かみのかわ」地質調査業務委託(委R7-059)

事業名 または 工事名

調査目的及び調査対象 建築 構造物基礎

ボーリング名	B-3			調査位置	栃木県河内郡上三川町大字磯岡地先						北緯	36° 28′ 43.62″			
発注機関	栃木県河内郡上三川町					調査期間	2025年 11月 12日 ~ 2025年 11月 17日					東経	139° 54′ 24.18″		
調査業者名	パスキン工業株式会社 電話 028-665-1201			主任技師	小竹 悟史 地質調査技士 登録番号: 第21031号		現代理人	松島 秀樹 地質調査技士 登録番号: 第17971号		コ鑑定者	小竹 悟史 地質調査技士 登録番号: 第21031号		ボーリング責任者	加藤 篤 地質調査技士 登録番号: 第24632号	
孔口標高	T. P. 78.05m		角 度 	方位 	地盤勾配 	使用機種	試錐機	扶桑工業 KR-100HB-2							
総削孔長	20.07m						エンジン	Kubota EA8-E3-NB			ポンプ	扶桑工業 V6-B			

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	現場土質名 (模様)	現場土質名	地盤材料の工学的分類	色調	相対密度	相対稠度	地質時代名	記事	孔内水位／測定月日	標準貫入試験					試料採取			室原位置試験	削孔月日													
												深度－N値図	N値	深度 (m)	100mmごとの打撃回数			打撃ごとの貫入量	50回の貫入量			自沈時の貫入量	深度 (m)	試料番号	採取方法									
															0 100	100 200	200 300																	
1	77.15	0.90		砂質シルト		暗褐			完新世	上部耕作土 含水比中位 粘性中位 0.40mまで砂分の混入少ない 以深より不均質に細砂を多く混入	11/14 2.81 ▽																							
	76.55	1.50		砂		褐灰	rd3					中砂主体で粒子不均質 1.00mまでφ2～20mm程度の亜円礫点在																						
2				玉石混じり砂礫		褐灰	rd5					φ2～20mm程度の亜円礫主体 礫間は細～粗砂にて充填され若干の細粒土を含む 最大コア長150mm程度の粗・巨石混入																						
3	75.30	2.75		礫混じり砂		茶褐						粗砂主体でφ2～20mm程度の亜円礫混入																						
4	74.65	3.40		砂礫		褐灰	rd4		更新世	φ2～70mm程度の亜円礫主体 礫間は細～粗砂にて充填される 4.65～4.80m間細～中砂を多量に混入 5.50～6.80m間最大でコア長110mmの巨石点在 8.60mより掘削水の逸水著しい 以深より細粒土分多く混入	11/14 2.81 ▽																							
5																																		
6																																		
7																																		
8				粘土混じり砂礫		暗褐	rd4		更新世	φ2～50mm程度の亜円・亜角礫主体 礫間は細粒土～粗砂にて充填される 所々に風化礫を多く混入	11/14 2.81 ▽																							
9																																		
10	68.15	9.90																																
11												粘土混じり砂礫																						
12	66.10	11.95		砂		暗褐	rd3			細砂主体	11/14 2.81 ▽																							
	65.60	12.45																																
13				粘土混じり砂礫			褐灰	rd4		φ2～70mm程度の亜円・亜角礫主体 礫間は細粒土～粗砂にて充填される 14.15～14.25m間細砂層挟在 15.50mより最大でコア長90mm程度の粗石点在		11/14 2.81 ▽																						
14																																		
15																																		
16																																		
17				粘土混じり砂礫		褐灰	rd4		更新世	φ2～70mm程度の亜円・亜角礫主体 礫間は細粒土～粗砂にて充填される 14.15～14.25m間細砂層挟在 15.50mより最大でコア長90mm程度の粗石点在	11/14 2.81 ▽																							
18																																		
19																																		
20	57.98	20.07																																

土質ボーリング柱状図（標準貫入試験）

調査名	(仮称)「道の駅かみのかわ」地質調査業務委託(委R7-059)		
事業名 または 工事名			
調査目的及び調査対象	建築 構造物基礎		

ボーリング名	B-4		調査位置	栃木県河内郡上三川町大字磯岡地先			北緯	36° 28′ 40.17″			
発注機関	栃木県河内郡上三川町				調査期間	2025年 11月 6日 ～ 2025年 11月 12日		東経	139° 54′ 23.39″		
調査業者名	パスキン工業株式会社 電話 028-665-1201		主任技師	小竹 悟史 地質調査技士 登録番号: 第21031号		現場代理人	松島 秀樹 地質調査技士 登録番号: 第17971号	コピア鑑定者	小竹 悟史 地質調査技士 登録番号: 第21031号	ボーリング責任者	加藤 篤 地質調査技士 登録番号: 第24632号
孔口標高	T. P. 78.38m		角度			方位			使用機種	試錐機 扶桑工業 KR-100HB-2	
総削孔長	15.45m		度	0°		地盤勾配			エンジン	Kubota EA8-E3-NB	
									ポンプ	扶桑工業 V6-B	

標尺	標高	深度	現場土質名 (模様)	現場土質名	地盤材料の工学的分類	色調	相對密度	相對稠度	地質時代名	記述	孔内水位／測定月日	標準貫入試験							試料採取			室内位置試験	削孔月日																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
												N値	深度 (m)	100mmごとの打撃回数			打撃ごとの貫入量	50回の貫入量	自沈時の貫入量	深度 (m)	試験番号			採取方法																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
														0	100	200																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
(m)	(m)	(m)								事		0	20	40	50	100	200	300	値	(m)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				</