

平成 28 年度

ごみ処理施設用地地質調査委託

四街道市吉岡地先

報 告 書

平成 29 年 2 月

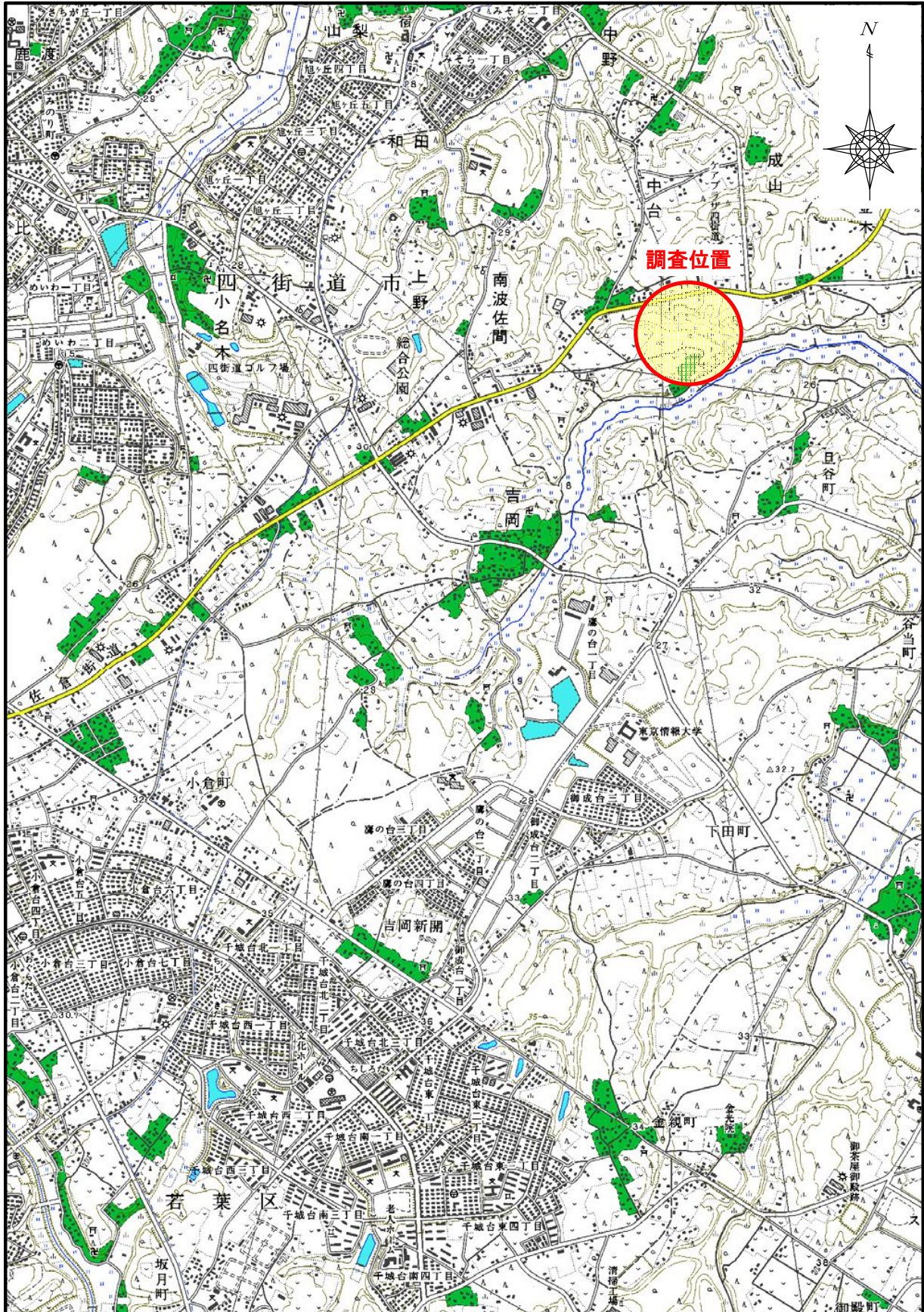
四 街 道 市 役 所

株式会社 地下調査工業



# 調査位置案内図

縮尺 1:25000



この案内図は国土地理院発行の地形図「千葉東部」を使用しました。



## 目 次

| 調査位置案内図（縮尺 1:25000） |       | 頁    |
|---------------------|-------|------|
| 1. 業務概要             |       |      |
| 1.1 調査目的            | ..... | 1    |
| 1.2 調査概要            | ..... | 1    |
| 1.3 調査数量            | ..... | 2    |
| 1.4 調査位置            | ..... | 3    |
| 2. 調査方法             |       |      |
| 2.1 機械ボーリング         | ..... | 5    |
| 2.2 標準貫入試験          | ..... | 5    |
| 2.3 乱れの少ない試料採取      | ..... | 5    |
| 2.4 室内土質試験          | ..... | 10   |
| 3. 地形・地質概要          |       |      |
| 3.1 地形概要            | ..... | 11   |
| 3.2 地質概要            | ..... | 13   |
| 4. 調査結果             |       |      |
| 4.1 ボーリング結果         | ..... | 17   |
| 4.2 室内土質試験結果        | ..... | 26   |
| 5. 調査結果に基づく考察       |       |      |
| 5.1 土質定数の提案値        | ..... | 44   |
| 5.2 地盤構成と基礎計画       | ..... | 57   |
| 5.3 地震時の液状化         | ..... | 62   |
| 5.4 留意の必要な地層        | ..... | 64   |
| 5.5 今後の地質調査について     | ..... | 69   |
| <b>【 調 査 資 料 】</b>  |       |      |
| ・ 調査位置図             | ..... | 1 葉  |
| ・ ボーリング柱状図          | ..... | 5 葉  |
| ・ 室内土質試験データ         | ..... | 67 葉 |
| ・ 調査記録写真            | ..... | 55 葉 |
| <b>【 付 図 】</b>      |       |      |
| ・ 地質想定断面図           | ..... | 1 葉  |
| <b>【 そ の 他 】</b>    |       |      |
| ・ 電子データ（CD-R）       | ..... | 1 部  |
| ・ 土質標本              | ..... | 1 式  |

## 1. 業務概要

### 1.1 調査目的

本業務は、ごみ処理施設建設予定地の地質及び土質を明確にし、予定される建築物・構造物の設計に関する基礎資料を得ることを目的とする。

### 1.2 調査概要

1) 調査件名 : ごみ処理施設用地地質調査委託

2) 調査場所 : 四街道市吉岡地先

3) 調査期間 : 自) 平成 28 年 11 月 10 日  
至) 平成 29 年 2 月 28 日

4) 調査位置 : 別紙 図-1.1 調査位置図に示す

5) 調査内容 : 詳細は表-1.1 実施数量表による

|            |              |
|------------|--------------|
| 機械ボーリング    | 5 箇所, 延 181m |
| 標準貫入試験     | 181 回        |
| 乱れの少ない試料採取 | 7 本          |
| 室内土質試験     | 1 式          |

6) 発注者 : 四街道市役所 廃棄物対策課

7) 受注者 : 株式会社 地下調査工業

千葉県若葉区桜木北 1-3-34

TEL 043-234-9393

FAX 043-234-9323

主任技術者 秋元 克彦



### 1.3 調査数量

本業務で実施した作業数量は、次のとおりである。

表-1.1 実施数量表

| 項 目     |                        |     | 地 点 No. |      |      |      |      | 合 計  |       |
|---------|------------------------|-----|---------|------|------|------|------|------|-------|
|         |                        |     | B-1     | B-2  | B-3  | B-4  | B-5  |      |       |
| 機械ボーリング | 総掘進長                   |     | (m)     | 20.0 | 42.0 | 33.0 | 43.0 | 43.0 | 181.0 |
|         | φ116 mm                | 粘性土 | (m)     | 5.9  | 6.0  | 14.0 | 5.0  | 0.0  | 30.9  |
|         |                        | 砂質土 | (m)     | 3.1  | 3.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 6.1   |
|         | φ66 mm                 | 粘性土 | (m)     | 2.5  | 4.1  | 1.9  | 14.0 | 16.8 | 39.3  |
|         |                        | 砂質土 | (m)     | 8.5  | 28.9 | 17.1 | 24.0 | 26.2 | 104.7 |
| 原位置試験   | 標準貫入試験                 | 粘性土 | (回)     | 8    | 11   | 15   | 18   | 16   | 68    |
|         |                        | 砂質土 | (回)     | 12   | 31   | 18   | 25   | 27   | 113   |
|         |                        | 小計  | (回)     | 20   | 42   | 33   | 43   | 43   | 181   |
| サンプリング  | デニソングサンプリング            |     | (本)     | 2    | 2    | 1    | 2    | 0    | 7     |
| 物理試験    | 土粒子の密度試験               |     | (試料)    | 2    | 2    | 1    | 2    | 0    | 7     |
|         | 土の含水比試験                |     | (試料)    | 2    | 2    | 1    | 2    | 0    | 7     |
|         | 土の粒度試験(沈降)             |     | (試料)    | 2    | 2    | 1    | 2    | 0    | 7     |
|         | 土の液性限界試験               |     | (試料)    | 2    | 2    | 1    | 2    | 0    | 7     |
|         | 土の塑性限界試験               |     | (試料)    | 2    | 2    | 1    | 2    | 0    | 7     |
|         | 土の湿潤密度試験               |     | (試料)    | 2    | 2    | 1    | 2    | 0    | 7     |
| 力学試験    | 土の一軸圧縮試験               |     | (試料)    | 2    | 2    | 1    | 2    | 0    | 7     |
|         | 土の圧密試験                 |     | (試料)    | 2    | 2    | 1    | 0    | 0    | 5     |
|         | 土の三軸圧縮試験<br>非圧密非排水(UU) |     | (試料)    | 2    | 2    | 1    | 2    | 0    | 7     |

## 1.4 調査位置

### ボーリング位置

調査地は、谷津（低地）地形が入り込んだ箇所を埋土し、現況は平坦地となっている。その敷地状況を勘案して、監督員と協議立ち合いの上、ボーリング地点を選定した。

各ボーリング地点は最寄りの目印となる所より検測し、図-1.1の調査位置図に示した。

### 地盤高

ボーリング地点の地盤高は、KBM.3を水準基準点として測量を行い、下記の高さを求めた。なお、地質調査時に於けるKBMの高さと位置は、四街道市の下記の測量成果簿を使用した。

使用水準点 KBM.3 H=29.587m

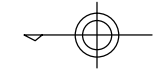
表-1.2 調査地点の地盤高と読み取り座標

| 地点 No. | 地盤高<br>TP±(m) | 緯度・経度<br>(世界測地系)                  | 備考    |
|--------|---------------|-----------------------------------|-------|
| B-1    | 30.64         | 35° 39' 23.45"<br>140° 12' 22.62" | 台地    |
| B-2    | 30.05         | 35° 39' 17.10"<br>140° 12' 22.51" | 台地    |
| B-3    | 30.17         | 35° 39' 20.20"<br>140° 12' 17.75" | 低地    |
| B-4    | 30.53         | 35° 39' 18.17"<br>140° 12' 27.28" | 低地    |
| B-5    | 30.30         | 35° 39' 21.07"<br>140° 12' 22.38" | 台地～低地 |

※ボーリング地点の緯度・経度は図面読みであるため、精度としては整数値までである。

### 測量成果簿

「現況測量委託（次期ごみ処理施設等用地）」平成21年3月 株式会社 中央測量



四街道市 中台 字山 中台 字六反歩 S=1:1500 図-1.1 調査位置図



凡例  
 ● ボーリング地点  
 ■ 仮基準点

|      |                |      |   |
|------|----------------|------|---|
| 業務名  | この処理施設用地地質調査委託 |      |   |
| 図面名  | 調査位置図          |      |   |
| 作成年月 | 平成29年2月        |      |   |
| 縮尺   | S=1:1500       | 図面番号 | / |
| 会社名  | 株式会社 地下調査工業    |      |   |
| 事業者名 | 四街道市役所         |      |   |



## 2. 調査方法

調査方法は、本件設計図書および特記仕様書、千葉県「地質・土質調査業務共通仕様書（平成28年1月改定）」を準用したほか、日本工業規格（JIS）、社団法人地盤工学会（JGS）の「地盤調査の方法と解説」、「土質試験の方法と解説」に準拠して実施した。

### 2.1 機械ボーリング

ボーリングは地盤構成を確認する他、標準貫入試験などの原位置試験やサンプリングを行う手段として実施した。今回のボーリングには、ロータリーボーリング機ハイドロリュックフィード式試錐機を使用した。ボーリング孔径は、標準貫入試験のみの本孔ボーリングは、呼び径66mmを最小孔径とし、サンプリング・原位置試験を行う別孔は、呼び径116～86mmで掘進した。図説-2.1にボーリング装置及び原理の一般図を示す。

### 2.2 標準貫入試験（JIS.A.1219）

標準貫入試験機は、原位置における土の硬軟、締まり具合又は土層構成を判定するためのN値を求めるとともに、土試料を採取することを目的に実施した。原理及び装置・レイモンドサンプラーの一般図を図説-2.2に示す。本打ちの打撃数は、特に必要のない限り50回を上限とし、その時（50回打撃）の貫入量を測定することにした。採取された試料は直ちに試料観察を行い、含水比に変化がないようビニール袋に詰めて土質試験（物理試験）及び土質標本として供した。

### 2.3 乱れの少ない試料採取

力学土質試験に必要な乱れの少ない試料は、採取土層のN値などを目安としてサンプラーを使い分けて採取する。今回調査は、ロータリー式二重管サンプラー（俗称デニソン）、ロータリー式三重管サンプラー（俗称トリプル）を用いた。図説-2.3(1)～(2)に使用したサンプラー装置の一般図を示す。

表-2.1 基準化（JGS）されたサンプラーの構造と適用地盤の関係

| サンプラーの種類             | 構造                 | 地盤の種類 |     |      |       |      |      |      |    |    | 掘削孔径 (mm) | 採取試料径 (mm) |     |        |
|----------------------|--------------------|-------|-----|------|-------|------|------|------|----|----|-----------|------------|-----|--------|
|                      |                    | 粘性土   |     |      | 砂質土   |      |      | 砂礫   |    | 岩盤 |           |            |     |        |
|                      |                    | 軟質    | 中位  | 硬質   | 緩い    | 中位   | 密な   | 緩い   | 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   | エクステンションロッド式<br>単管 | ◎     | ○   |      | ○     |      |      |      |    |    |           | 86         | 75  |        |
|                      | 水圧式<br>単管          | ◎     | ◎   |      | ○     |      |      |      |    |    |           | 86         | 75  |        |
| ロータリー式二重管サンプラー       | 二重管                |       | ◎   | ○    |       |      |      |      |    |    |           | 116        | 75  |        |
| ロータリー式三重管サンプラー       | 三重管                |       | ◎   | ◎    | ○     | ◎    | ◎    |      | ○  |    |           | 116        | 83  |        |
| ロータリー式スリーブ内蔵二重管サンプラー | 二重管                |       | ○   | ○    |       |      | ○    |      |    | ◎  | ◎         | ◎          | 66～ | 50～125 |
| ブロックサンプリング           | —                  | ◎     | ◎   | ◎    | ○     | ○    | ◎    |      | ○  | ○  |           |            |     |        |

◎ 最適 ○ 適



| 調査方法    | 図説-2.2 標準貫入試験(JIS.A.1219)   |         |         |         |         |         |         |      |        |    |         |     |      |      |     |     |         |
|---------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|--------|----|---------|-----|------|------|-----|-----|---------|
| モデル図    | <table border="1" data-bbox="496 1126 1278 1189"> <thead> <tr> <th>各部規格</th> <th>全長</th> <th>a シュー長さ</th> <th>b バレル長さ</th> <th>c ヘッド長さ</th> <th>d 外径</th> <th>e 内径</th> <th>φシュー角度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>規格</td> <td>cm 81.0</td> <td>7.5</td> <td>56.0</td> <td>17.5</td> <td>5.1</td> <td>3.5</td> <td>19° 47'</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">(単位: cm)</p> | 各部規格    | 全長      | a シュー長さ | b バレル長さ | c ヘッド長さ | d 外径    | e 内径 | φシュー角度 | 規格 | cm 81.0 | 7.5 | 56.0 | 17.5 | 5.1 | 3.5 | 19° 47' |
| 各部規格    | 全長  | a シュー長さ | b バレル長さ | c ヘッド長さ | d 外径    | e 内径    | φシュー角度  |      |        |    |         |     |      |      |     |     |         |
| 規格      | cm 81.0   | 7.5     | 56.0    | 17.5    | 5.1     | 3.5     | 19° 47' |      |        |    |         |     |      |      |     |     |         |
| 原理      | <p>土の標準貫入試験方法(JIS. A. 1219)による。</p> <p>標準貫入試験用サンプラーを所定の深さの孔底に降ろし、質量 63.5kg のドライブハンマーを 75cm の高さより自由落下させノッキングヘッドを打撃する。ドライブハンマーの打撃は原則 15cm の予備打ち後、30cm の本打を行う。このとき、本打開始深さ終了深さ、30cm 貫入の際の打撃回数(N値)を測定すると共に、その場所の試料を採取する。</p>   |         |         |         |         |         |         |      |        |    |         |     |      |      |     |     |         |
| 目的      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 採取した試料による土の判別, 分類</li> <li>2) 原位置における土の硬軟, 締り程度の判定</li> <li>3) 試料及びN値による土質(ボーリング)柱状図, 土質断面図の作成</li> <li>4) これらによる地盤の総合判定並びに概略支持力の算定</li> </ol>  |         |         |         |         |         |         |      |        |    |         |     |      |      |     |     |         |
| 注意事項その他 | <p>適応土質は岩盤や玉石を除くあらゆる土。但し、極めて軟弱な有機質土などではN=0 となり、詳細な判定はできない。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値も変化する場合がある。土層が密な砂礫や固結した粘土でN値が 50 を超える場合には、特に必要のない限り、一般に 50 回の打撃で打止めにする。但し、礫などの硬質なものに当たった場合の打撃回数(N値)評価には注意がいる。深さ方向の試験間隔は調査目的によって異なるが、概略調査などでは 1m 毎に行われることが多い。</p>   |         |         |         |         |         |         |      |        |    |         |     |      |      |     |     |         |



|                  |   |
|------------------|---|
| 調査方法             | 図説-2.3 (1) ロータリー式二重管サンプラー(デニソン型):JGS 1222   |
| モ<br>デ<br>ル<br>図 | <p>(a) デニソンサンプラー (H. L. Johnsonによる)</p> <p>(b) デニソン型サンプラーの例</p>   |
| 原理               | <p>内管と外管の二重管からできており、外管はボーリングロッドと連結し、送水しながら回転することによって地盤を掘削する。このとき内管の先端は、外管の先端より下に突出して土の中に押込まれる。内管外管はボールベアリングによって分離されているので外管の回転は内管には伝わらない。内管の突出し量は地盤の硬軟により調節できるようになっている。</p>  |
| 目的               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 比較的硬質粘性土N値が4~10程度の乱さない試料採取</li> <li>2) 採取した試料の観察による地層の確認</li> <li>3) 土の物理試験, 力学試験</li> <li>4) 土質試験結果により土を分類し地盤の総合判定など設計施工への利用</li> </ol>  |
| 注意事項その他          | <p>適応土質：比較的硬質N値が4~10程度の粘性土にもっとも適す。<br/>粘性のある砂質土(N=4~10)の範囲は可能可。</p> <p>有効深さ：ボーリング孔を利用するので適応土質(N=4~10)の範囲は可能。</p> <p>サンプラーの降下に際して孔壁を削る、サンプラー先端下の土を圧迫しないようにすること。試料の脱落を防ぐためバルブの点検を行う。サンプラーのベアリングは常に点検。送水は土質により適宜調整した押し込み圧力を一定に保ち掘進中のサンプラーの上下は避けねばならない。</p> <p>採取した試料は、チューブの両端をシールし運搬中の振動、保管注の直射日光、凍結などに注意する。</p> |

|         |  |
|---------|--|
| 調査方法    | 図説-2.3 (2) ロータリー式三重管サンプラー(トリプル型): JGS 1223   |
| モデル図    |  |
| 原理      | <p>アウターチューブ、インナーチューブ、ライニングチューブからなる三重管構造である。原理的には、アウターチューブとインナーチューブの二重管構造のサンプラーと同様である。アウターチューブとインナーチューブはベアリングによって切られており、共回りしない仕組みとなっている。試料は、インナーチューブ内側のライニングチューブに収納される。</p>   |
| 目的      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 土および軟岩の乱さない試料の採取</li> <li>2) 力学試験用の供試体を得るため</li> <li>3) 採取した試料の観察</li> </ol>   |
| 注意事項その他 | <p>ボーリング孔径：φ 125 mm以上<br/> 適応深さ：N値が 4 以上の粘性土から砂質土，軟岩まで適用範囲は広い。<br/> 有効深さ：サンプラーの剛性が高く，比較的深掘り (100～200m) も可能。</p> <p>サンプラーの回転時における振動をダンパーによって吸収できる構造になっている。シュー上部に試料脱落防止装置が施されているものもある。シューはライニングチューブから独立させて剛性の高いインナーチューブにつけており，押込み，追い切りの圧力で採取試料が変形・攪乱することを防止している。</p> |

## 2.4 室内土質試験

室内土質試験は、次表の規格・基準に準拠して行った。

表-2.2 土質試験の規格・基準

| 区分       | 試験の項目    | 試験方法の種類            | 結果から得られる主な値  | 試験結果の利用   | 対応する諸規格の番号   |                  |
|----------|----------|--------------------|--|---|--------------|------------------|
|          |          |                    |  |   | J G S        | J I S            |
| 物理<br>試験 | 土粒子の密度   | ・ピクノメーター法          | ・土粒子の密度 ( $\rho_s$ )   | ・土の基本的性質(間隙比、飽和度など)の計算<br>・粒度(沈降分析)の計算            | 0111         | A-1202           |
|          | 含水比      | ・110℃炉乾燥法          | ・含水比(W)  | ・土の基本的性質の計算<br>・土の鋭敏度合の判別                         | 0121         | A-1203           |
|          | 粒 度      | ・ふるい分析<br>・沈降分析    | ・最大粒径 ( $D_{max}$ )<br>・粒度加積曲線と各粒径<br>・均等係数 (UC)<br>・曲率係数 ( $UC'$ )  | ・土の分類<br>・粘土の圧縮性の判別<br>・砂質土の安定性の判別<br>・砂質土の液状化の判別 | 0131<br>0132 | A-1204<br>A-1223 |
|          | コンシステンシー | ・液性限界試験<br>・塑性限界試験 | ・コンシステンシー指数 (Ic)<br>・液性限界 (WL)<br>・流動曲線(流動指数) (If)<br>・塑性限界 (Wp)   | ・自然状態粘性土の安定性の判別<br>・材料としての土の判定<br>・粘着性の度合の判定      | 0141         | A-1205           |
|          | 湿潤土の密度   | ・ノギス法              | ・湿潤密度 ( $\rho_t$ )<br>・乾燥密度 ( $\rho_d$ )   | ・土の基本的性質の計算<br>・各種土圧の計算<br>・土の締め固め度の判定            | 0191         | A-1225           |
| 力学<br>試験 | 一軸圧縮     | ・一軸圧縮試験            | ・供試体の破壊状況<br>・圧縮応力-ひずみ曲線<br>・一軸圧縮強さ (qu), 破壊ひずみ<br>・E 50 (必要に応じて)  | ・粘性土地盤の基礎, 斜面掘削面, 擁壁などの安定計算                       | 0511         | A-1216           |
|          | 圧 密      | ・段階載荷による方法         | ・時間~圧缩量曲線<br>・e-logP曲線, f-logP曲線<br>・圧縮指数 (Cc)<br>・圧密降伏応力 (Pc)<br>・体積圧縮係数 (mv)<br>・一次圧密比 (r)<br>・圧密係数 (Cv) | ・粘性土地盤の圧密沈下量および沈下速さの計算                            | 0411         | A-1217           |
|          | 三軸圧縮     | ・非圧密非排水 (UU法)      | ・主応力差-軸ひずみ曲線<br>・圧縮強さ-側方向応力関係 (粘着力 $c$ , 内部摩擦角 $\phi$ )  | ・粘性土地盤の基礎・斜面掘削面, 擁壁などの安定計算                        | 0521         | —                |



### 3. 地形・地質概要

調査地は、四街道市役所の南東 4km 程に位置する、国道 51 号に隣接した敷地である。周辺域の地形は、標高 30m 前後の台地と印旛沼に流入する鹿島川支流の低地（谷津）に大別できる。周辺低地の標高は 10～15m 程で、調査敷地の中央付近にも縦断する形で谷が入り込んでいる。現況は盛土工事が行われており、台地と同じ平坦面、あるいは残土仮置き盛土となっている。

#### 3.1 地形概要

調査地の台地は、千葉県北部を形成する「下総台地」と称される洪積台地で、下総台地の中央付近に調査地がある（図-3.1 参考）。

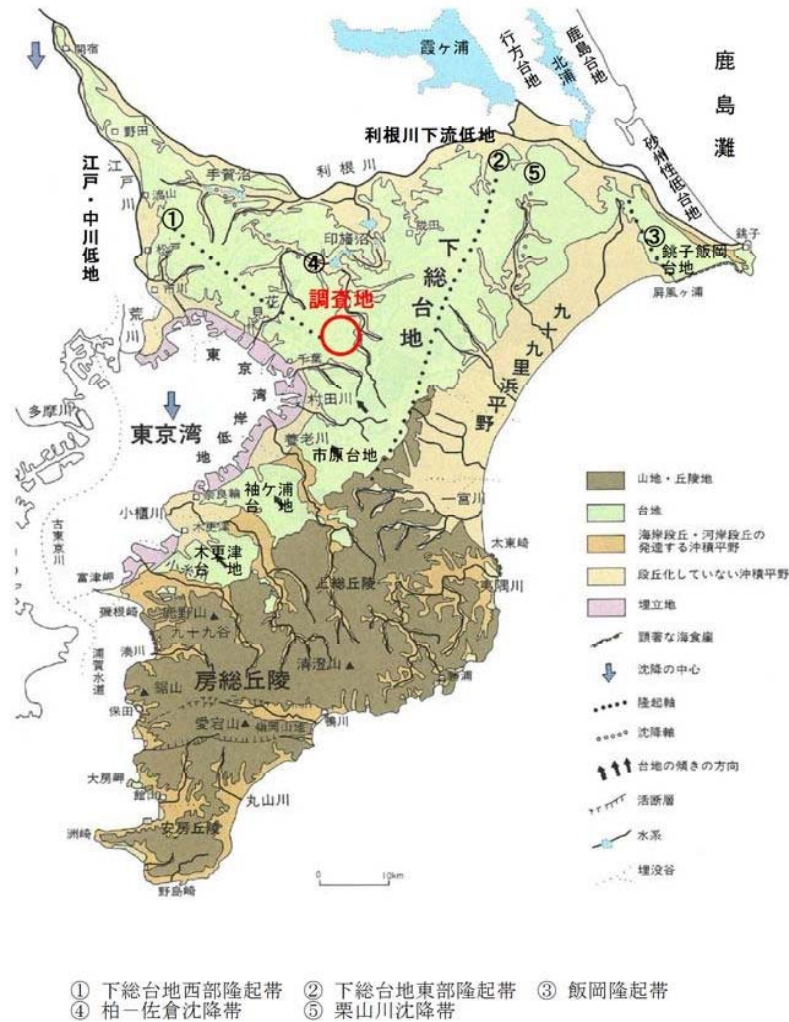


図-3.1 千葉県の地形分類図

「千葉県の自然誌 本編1 千葉県の自然 (p. 66) 平成 8 年 千葉県」に加筆

調査地が位置する関東平野南東部は、房総半島北部から関東平野中央部にかけて広がる「下総台地」と、それを取り囲む「沖積低地」からなる。沖積低地は西の江戸川・中川と東京湾岸地域、北の印旛沼と利根川下流地域の河川沿いに広く発達する。

下総台地は関東平野の中央部に位置する「関東構造盆地」内の海湾（古東京湾）に堆積した下総層群（いわゆる「洪積層」）を土台としている。下総層群の地形や地質構造を大観すると、上総丘陵に望む南縁部や九十九里浜側が高く（長生郡長柄町では 100m、木更津市矢那では 180m に達する）、内陸側である北西部が低い（野田市付近では標高 20m）傾向がある。これは、第四紀（160 万年前～現在）を通じて継続した「関東造盆地運動」の影響と考えられる。

下総台地には、下総層群木下層がつくる下総上位面（下末吉（S）面相当）と、東京湾沿岸部と利根川下流部流域の 2 地域に分かれて分布する下総下位面（武蔵野（M<sub>1</sub>）面に相当）に区分される。さらにこれらの台地を樹枝状に刻む谷沿いには、千葉第 1、第 2 段丘が、いずれも河岸段丘として分布する。

現在の台地上位面は、洪積時代の浸食面に関東ローム層が被覆した地形であるが、鹿島川や東京湾に流入する都川の支谷や枝谷の谷筋には、小規模な中位・下位の侵食面、内陸部には低地に続く浸食浅谷～凹地などの緩斜面地がある。更に、図-3.2 の調査地の地形分類図によれば、調査地の中央付近に鹿島川支谷から枝分かれした谷が入り込み、台地を分断している。現況は、谷地形を埋め立てることで平坦地化するような人工改変が進んでいるが、調査地周囲の台地平坦面（上位面）の広がりには狭いと考えられる。

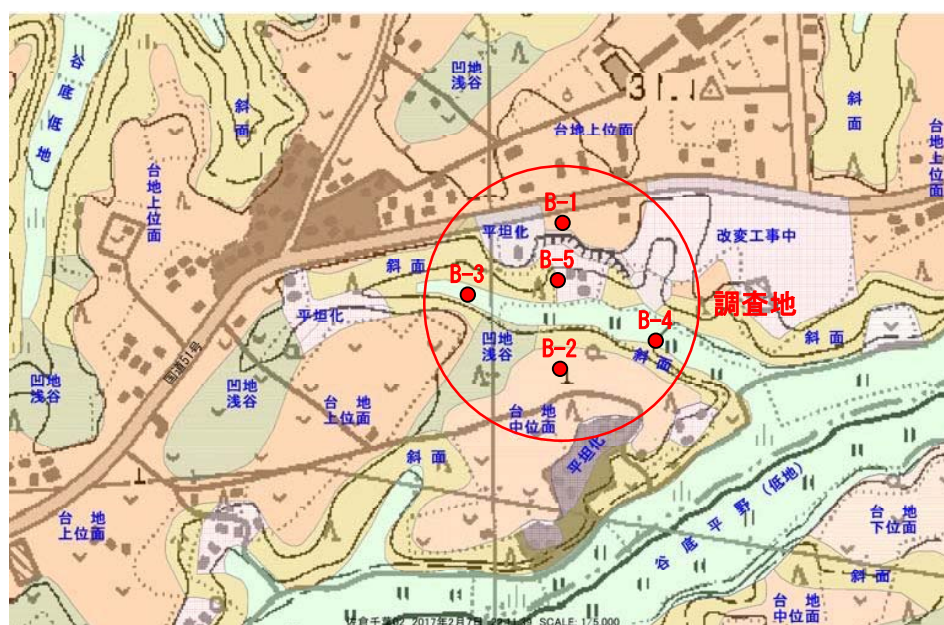


図-3.2 調査地周囲の地形分類(国土地理院 土地分類図より)

### 3.2 地質概要

表-3.1 に千葉県西部～東部にかけての地質層序を示す。調査地付近の台地を構成する地層は、後期更新世（約 45 万年～8.5 万年前）に堆積した海成の砂質土層を主体とする下総層群となっている。第四紀を通じて汎世界的に起こった周期的な「氷河性海水準変動」と、「関東造盆地運動」の進行によって、浸食・堆積が繰り返されて下総層群が形成されたと考えられている。

下総層群の堆積が完了（最終間氷期終了）し、約 10 万年前より最終氷期に入ると、調査地を含めた関東平野は陸化した。その頃活動期であった富士、箱根山起源の火山灰が関東平野全域に降灰し、関東ローム層が全域を覆うようになった。

最終氷期極期（21,000～19,000 年前）～ヤンガードライアス期（12,900～11,500 年前頃）には、海水準が大きく低下（最大 130～140m 程度）し、調査地付近の利根川水系の流域は浸食を受けて、印旛沼に至る深い埋没谷が形成された。その後の現在に至るまでの急速な海進によって谷は埋め立てられ、いわゆる「沖積層」が厚く堆積した。その後埋没谷の埋積がほぼ完了すると、再び河川堆積物へと変化した。

表-3.1 調査地付近の地質層序

5 万分の 1 地質図「姉崎」地域層序総括図(徳橋・遠藤 1984 一部改変に加筆)

| 地質時代 | 層序区分(姉崎地域層序)     |                 | 主地形              | 主な層相               |                    |                                       |                    |
|------|------------------|-----------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|
| 第四紀  | 完新世              | 最上部<br>沖積層      | 久留里段丘<br>堆積層     | 低地                 | 砂・泥(含腐植)<br>含貝砂泥   |                                       |                    |
|      |                  | 下部              |                  |                    | 上部泥・下部砂泥           |                                       |                    |
|      | 更新世              | 後期              | 新期<br>立川<br>ローム層 | 南総段丘Ⅲ              | 下総<br>台地<br>模<br>式 | ローム<br>礫・砂・泥                          |                    |
|      |                  |                 |                  | 南総段丘Ⅱ              |                    | ローム<br>礫・砂・泥                          |                    |
|      |                  |                 | 武蔵野<br>ローム層      | 南総段丘Ⅰ              |                    |                                       | 下総<br>台地<br>模<br>式 |
|      |                  |                 |                  | 市原段丘Ⅱ              |                    |                                       |                    |
|      |                  |                 | 市原段丘Ⅰ            | 下総<br>台地<br>模<br>式 |                    | 粘土・砂<br>砂礫・粘土<br>含貝砂・砂質泥<br>上部泥質砂・下部泥 |                    |
|      |                  |                 | 常総粘土層            |                    |                    |                                       |                    |
|      |                  | 姉崎層             |                  |                    |                    |                                       |                    |
|      |                  | 木下(成田)層         |                  |                    |                    |                                       |                    |
|      |                  | 横田層(6m以上)       |                  |                    |                    |                                       |                    |
|      |                  | 清川層<br>(25-20m) |                  |                    |                    |                                       |                    |
|      |                  | 中期              | 層群               | 上泉層<br>(50-6m)     | 上総<br>台地           | 砂泥・砂礫                                 |                    |
|      |                  |                 |                  | 藪層<br>(60-20m)     |                    | 砂泥・粗粒砂                                |                    |
|      | 地藏堂層<br>(85-50m) |                 |                  | 砂泥・粗粒砂             |                    |                                       |                    |
|      | 金剛地層             |                 |                  | 中-粗粒砂<br>塊状細粒砂層    |                    |                                       |                    |
|      | 上総層群             |                 | 笠森層              | 上総<br>台地           | 砂質泥岩～<br>泥質砂質      |                                       |                    |
|      |                  |                 | 長南層              |                    | 泥岩砂岩互層             |                                       |                    |
|      |                  |                 | 柿ノ木台層            |                    | 砂質泥岩               |                                       |                    |
| 国本層  | 砂泥岩互層            |                 |                  |                    |                    |                                       |                    |

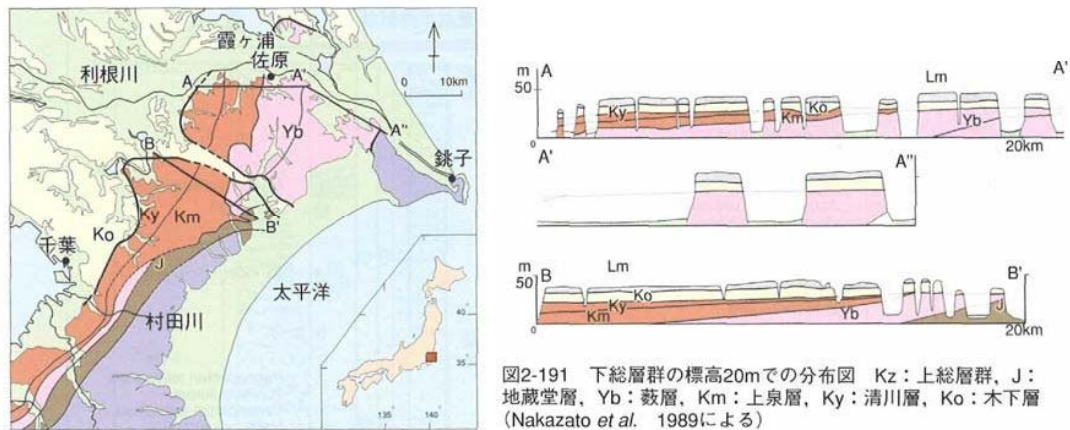


図-3.3 調査地付近の地質図

「千葉県 naturally 本編1 千葉県の自然 (p. 245) 平成8年 千葉県」

最も海水準が低下した最終氷期極期（23,000～18,000年前頃）には浸食作用はピークに達し、利根川及び支流の河川沿いには深い谷が形成された。

その後海水準は急激な上昇に転じ、調査地付近は浸食から堆積の場に変化した。約6,000年前の温暖期に海水準が最も高くなり（縄文海進と呼ばれる）、海がかつての谷沿いに内陸深くまで入り込んで、浅い内海を形成した。それとともに、東京湾の水の流れによって砂が運ばれ、内海の湾口に砂州（砂嘴）が形成されるようになった。内海は砂州によって次第に閉塞され、排水不良の低湿地となり、大部分が腐植土を伴う泥炭地となった。

以下にその概要を述べる。

### 1) 下総層群

下総層群は地盤工学的には洪積層と認識され、千葉県北部を中心に、茨城県南部、埼玉県東部に広範囲に分布している。第四紀更新世中～後期（約45万～8.5万年前）に堆積したと考えられており、東京都における東京層群、神奈川県における相模層群相当の地層とされている。層厚は最大で300m程度。比較的厚い砂層と、薄い泥層や礫層の繰り返しからなるが、この砂層と泥層・礫層の繰り返しは、下記の堆積サイクルを形成している。

- 
- (1) 砂礫層（河川成）→ (2) 泥質砂層（はんらん原～干潟）→ (3) 厚い砂層（ひらけた湾～陸棚）→ (4) 斜交葉理～平行葉理の発達する砂層（海浜）→ (5) 中粒～粗粒の砂層（砂丘）～不整合～→ (1)へ
- 

下総層群の層区分は、このサイクルに基づいて構成され、「〇〇層」等と呼ばれる一つの層は、一回の海進・海退によって形成されたと考えられている。このサイクルが生じた主因は、第四紀に汎世界的に起こった氷河性海水準変動（規則的な海水準の上下動）と、関東造盆地運動（継続した沈降）の進行が組み合わさった結果と考えられている。

下総層群は上総層群の上に不整合で重なり、下位から地蔵堂層、葦層、上泉層、清川層（上岩橋層・横田層）、木下層、姉崎層（竜ヶ崎層）、常総粘土の順に堆積している。

## 2) 関東ローム層

調査地付近の台地上部は、いわゆる「関東ローム層」が被覆している。関東ローム層は、俗に赤土と呼ばれる細かなスコリア質の暗茶褐色を呈する火山灰性粘土層で、相模野台地を含む関東平野全体を覆っている。

関東ローム層の主要な供給源は、富士・箱根火山であると考えられている。層状に挟まれているテフラは、噴火によって直接もたらされたと考えられているが、大部分を占める赤土の部分は、噴火後に二次的に上空に舞い上げられた火山性の物質が降り積もることにより形成されたといわれている。またローム堆積時期は冷涼で乾燥した時代で、裸地からの風塵・砂埃が舞い上がるような環境が長く続いたと考えられている。N値は3～8であることが多い。

調査地付近は下総下位面に属するため、下位から下末吉ローム層上部、武蔵野ローム層、立川ローム層の順に堆積していると考えられる。

## 3) 沖積層

最終氷期極期（23,000～18,000年前頃）には、海水準が現在より120～140m前後低下（海退）したため、相対的に河川の勾配が急となり浸食力が強くなったことから、全国各地で浸食地形（埋没谷、段丘、波食台等）が形成された。その後汎世界的に起こった急速な温暖化、海水準の上昇（海進）によって堆積作用が顕著となり、上記の浸食地形を埋積した。このような堆積物のことを、地盤工学的に沖積層と呼ぶ。

調査地は谷底低地上に分布するため、谷底低地堆積物が分布する。

### 谷底低地堆積物

下总台地を細長く開析した小河川の谷底には、谷底低地堆積物と呼ばれるが分布している。このような堆積物を形成した小河川は、勾配も緩く集水範囲も狭いため、浸食力が弱い。また、流域には関東ローム層及び下総層群といった細粒分に富む地層しか分布しないため、堆積物は細粒（火山灰質の粘土～シルト主体）であることが多い。利根川に合流する根木名川・取香川の下流付近は、下位に海成の貝殻片を含む砂泥土層が厚く堆積し、上部は陸地化してからの三角州堆積物や自然堤防砂を堆積する。

調査地は取香川の上流部に位置することから、谷口が閉塞されること、またせき止め等により、おぼれ谷性の湿地や池沼を形成しやすく、腐植土層～有機質粘土層が谷地形の上部に堆積し、台地より続く下総層群の層序となる。



調査地周辺の地層を図-3.4 の模式断面図に示す。台地上位面には、立川・武蔵野ロームに相当する新期ローム層が覆い、その下位に下総層群の常総層以下が続く（図-3.3 参照）。調査地南側の鹿島川の支谷には、上位面より一段低い中位面や下位面の分布が見られ、下総層群の浸食面に、新期ローム層が覆っているものと推察される。また、枝谷の末端部は台地上位面の凹地・浅谷につながるが、上部層の新期ローム層～常総層にかけて欠層し、崖錐性の粘性土が下総層群を覆う所もある。

（図-3.2 の土地条件図による地形分類では、台地の段丘面を高位・上位・中位・下位・低位に分類している。調査地付近の下総台地に於いては、中位面が下総下位面，下位面は千葉面に相当するものと思われる。）

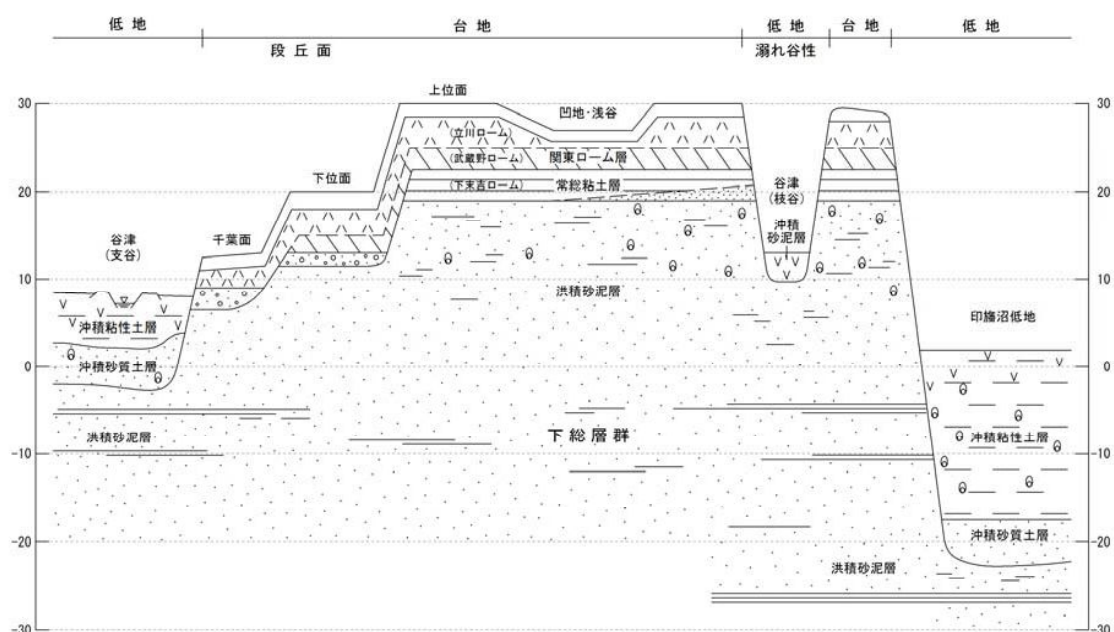


図-3.4 調査地周辺の模式断面図



## 4. 調査結果

### 4.1 ボーリング結果

今回の地質調査は、計5箇所のボーリング調査を行った。前章で述べたように（図-3.2 参照 p.12）、調査敷地には鹿島川支谷から枝分かれした谷が縦断しており、B-1・B-2 地点は台地、B-3～B-5 地点は低地（谷部）に位置する。ボーリングの結果は、巻末調査資料のボーリング柱状図（JACIC 様式）に整理報告してある。この結果に基づき、低地横断と縦断の地質想定断面図を作成し、巻末調査資料に付図した。ここでは、後頁（p.19）の図-4.1 に縮小した図面を添付する。

#### 1) 地盤構成

調査地の現況は標高 30m 程に平坦化され、旧地形面の低地（谷部）や斜面、台地の凹地は埋土されている。特に低地の埋土は、概 12～15m の厚さになる。

埋土層の下位には、台地・低地とも下総層群の砂質土層を主に、台地では新期ローム層と常総層が、低地は沖積の粘性土層と砂質土層が堆積する。

これらの土層は、層相や $N$ 値を基に表-4.1 のように区分、まとめられる。地質想定断面図は、低地を横断する A-A'断面（B-1→B-5→B-2）と低地を縦断する B-B'断面（B-3→投影 B-5→B-4）を作成した。

#### A-A' 断面

低地を挟んで国道 51 号側の B-1 地点の上部層は、表土が黒ぼく（Bs）、ローム層（Lm）、常総層（Js/c）からなる。B-2 地点は埋土層（Bs）が 4m 程あり、凹地・浅谷の地形が推定され、ローム層（Lm）と常総層（Js/c）の層厚も薄い。常総層（Js/c）は B-1 地点側が砂質系、B-2 地点は凝灰質粘土からなり、標高 24m 付近を下限としている。この下位に中砂～粗砂の洪積第 1 砂質土層（Ds1）、シルト・粘土の洪積第 1 粘性土層（Dc1）が堆積する。標高 19m 付近からは、 $N$ 値 20～50 以上を示す洪積第 2 砂質土層（Ds2）となる。低地に続く洪積第 3 砂質土層（Ds3）は、微砂状の砂で $N$ 値 10～30 を主体とする。標高 3～0m 付近から、再び締めり程度の良い洪積第 4 砂質土層（Ds4）となるが、薄く粘性土を挟在する。特に標高-2～-7m 付近間は砂泥互層（Dc/s5）を呈し、 $N$ 値 11～50 以上にばらつく層となる。標高-7m 付近より下位は、 $N$ 値 50 以上の連続層であるが、薄く粘性土を挟在している。

（今回調査で最初のボーリング地点である B-1 地点は、Ds2 層で $N$ 値 50 以上を 5m 以上確認でき掘り止めとした。）

### B-B' 断面

B-3 地点側は谷の末端，B-4 地点が谷口となる断面で 14～15m の埋土層（盛土）となる。埋土層（Bs）直下には，沖積砂泥層（Ac・As）を 2m 内外堆積する。粘性土層（Ac）は圧密の影響もあり N 値 4～9 を示すが，砂質土層（As）は含水が多く N 値 4～16 で緩い。沖積の谷底は標高 12.6m（B-3）～11.7m（B-4）にあり，谷口方向に緩く傾斜する。沖積層の下位は洪積第 3 砂質土層（Ds3）で，以深台地部と同じ層序になる。洪積第 4 砂質土層（Ds4）は良く締まった砂質土が主体で，薄く粘性土を挟在し，次第に砂泥互層（Dc/s5）となる。洪積第 6 砂質土層（Ds6）は，N 値 50 以上の連続層であるが，薄く粘性土を挟在している。

表-4.1 調査地の地層区分

| 地質時代                       |                  | 地層区分       | 記号                    | 主な土質名                      | 層厚(m)             | N 値               |
|----------------------------|------------------|------------|-----------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|
| 新<br>生<br>代<br>更<br>新<br>世 | 現世               | 埋 土 層      | Bs                    | 砂質土<br>粘性土                 | 1.40～14.90        | 1.8～12<br>(5.7)   |
|                            | 完<br>新<br>世      | 沖積粘性土層     | Ac                    | 有機質粘土<br>砂質シルト             | 1.80～2.20         | 4～9<br>(6.8)      |
|                            |                  | 沖積砂質土層     | As                    | シルト混じり細砂<br>細 砂            | 1.70～3.90         | 4～16<br>(8.9)     |
|                            | 下<br>総<br>層<br>群 | 新期ローム層     | Lm                    | ローム                        | 1.00～3.30         | 1.9～5<br>(3.5)    |
|                            |                  | 常 総 層      | Js/c                  | 粘 土<br>粘土質細砂               | 0.60～2.00         | 6～9<br>(8.0)      |
|                            |                  |            | 洪積第 1 砂質土層            | Ds1                        | 細 砂               | 1.10～3.00         |
|                            |                  | 洪積第 1 粘性土層 | Dc1                   | 粘 土<br>シルト<br>粘土質シルト       | 2.25～3.70         | 1.7～7.3<br>(4.2)  |
|                            |                  |            | 洪積第 2 砂質土層            | Ds2                        | 粘土混じり細砂<br>細 砂    | 7.15～8.80以上       |
|                            |                  | 洪積第 3 砂質土層 | Ds3                   | 細 砂<br>微細砂<br>シルト混じり細砂     | 8.70～13.20        | 6～39<br>(24.4)    |
|                            |                  | 洪積第 4 砂質土層 | Ds4                   | シルト混じり細砂<br>細 砂<br>貝殻混じり細砂 | 2.80～6.76以上       | 30～50以上<br>(47.6) |
| 洪積第 5 砂泥互層                 |                  | Dc/s5      | 細 砂<br>砂混じりシルト<br>粘 土 | 5.00～5.10                  | 11～50以上<br>(32.7) |                   |
| 洪積第 6 砂質土層                 | Ds6              | 細 砂        | 4.95以上                | 50以上                       |                   |                   |

※N 値欄の( )内は単純な平均値。

但し上限を50，貫入量30cm以上のものは30cmの打撃数に修正した値を用いた。



## 2) N値

各層のN値をまとめ表-4.2 に示す。N値深度分布図を図-4.2 に示したが、Bs・Ac・As・Lm・Js/c・Dc1層は、N値10～15以下を主体とする。Ds2・Ds4・Ds6層は、N値50以上の分布が多く見られ、Ds1・Ds3・Dc/s5層は、殆どがN値10～40の範囲にある。

表-4.2 各層のN値

| 記号    | 試料数 | 最小値  | 最大値  | 平均値  | 標準偏差<br>$\sigma_{n-1}$ |
|-------|-----|------|------|------|------------------------|
| Bs    | 42  | 2.0  | 12.0 | 5.7  | 2.7                    |
| Ac    | 4   | 4.0  | 9.0  | 6.8  | 2.2                    |
| As    | 9   | 4.0  | 16.0 | 8.9  | 4.3                    |
| Lm    | 4   | 2.0  | 5.0  | 3.5  | 1.3                    |
| Js/c  | 3   | 6.0  | 9.0  | 8.0  | 1.7                    |
| Ds1   | 4   | 10.0 | 23.0 | 14.8 | 5.9                    |
| Dc1   | 6   | 2.0  | 8.0  | 4.2  | 2.0                    |
| Ds2   | 16  | 20.0 | 60.0 | 45.5 | 9.2                    |
| Ds3   | 40  | 6.0  | 39.0 | 24.4 | 9.5                    |
| Ds4   | 20  | 30.0 | 50.0 | 47.6 | 5.3                    |
| Dc/s5 | 15  | 11.0 | 50.0 | 32.7 | 14.1                   |
| Ds6   | 18  | 50.0 | 50.0 | 50.0 | —                      |

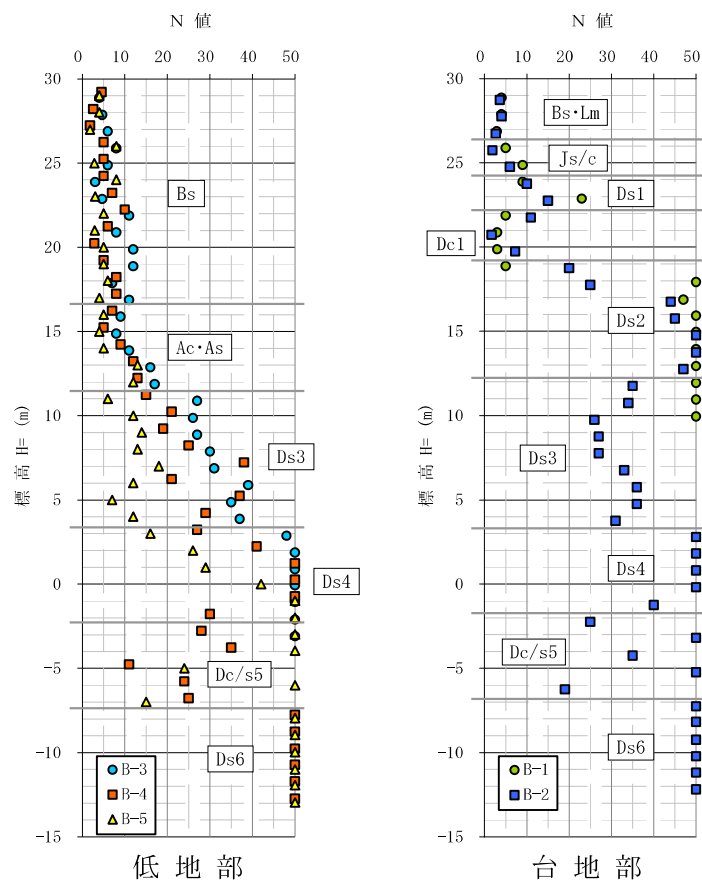


図-4.2 N値深度分布図

### 3) 地下水位

ボーリングによって確認した水位を表-4.3 に示すが、埋土層の厚い B-3~B-5 地点は、掘進終了後の泥水位である。B-1・B-2 地点は、難透水性の粘土層面で確認しており、降雨などの浸透水が溜まった宙水に考えられる。また、下位には 3m 程の粘性土層 (Dc1) が堆積するが、この上位の砂質土層 (Ds1) は含水量の多い試料が観察された。埋土層中で砂分の多い部分では、水がしみ出る、逸水 (ボーリング泥水) の生じる所が見られた。

ボーリング柱状図には、下表の水位を孔内水位として記載してある。

表-4.3 調査地点の孔内水位

| 地点 No. | 確認 泥 水 位 |          | 備 考       |
|--------|----------|----------|-----------|
|        | 孔口からの深度  | 標高深度 TP± |           |
| B-1    | GL-6.43m | +24.21m  | Js/c 層    |
| B-2    | GL-4.90m | +25.15m  | Lm 層      |
| B-3    | GL-4.37m | +25.80m  | Bs 層 (泥水) |
| B-4    | GL-8.30m | +22.23m  | Bs 層 (泥水) |
| B-5    | GL-8.50m | +21.80m  | Bs 層 (泥水) |

表-4.4 ボーリング孔内水位の種類と解釈

| 孔内水    | 水位の求め方   | 水位の解釈  |
|--------|--|--|
| 無水掘り確認 | 泥水を用いないで掘り進んだとき、孔内に地下水が流入し始めた深度                        | 粘性土中の場合は溜り水(宙水)、砂質土中の場合は不圧地下水を示す。                      |
| 泥 水    | 泥水を用いて削孔し、ボーリングが終了した後の安定水位                             | 孔壁にマッドケーキができるために値そのものは参考にならない。実際の水位はそれ以深と判断される。        |
| 清水置換え  | 削孔後に泥水を清水に置換えし、孔内を洗浄した後の安定水位被圧地下水位の正確な測定には上位帯水層との遮水が必要 | 洗浄が十分ならば砂質土中では不圧地下水、粘性土中では溜り水またはその下部の砂質土層の被圧地下水の水位を示す。 |

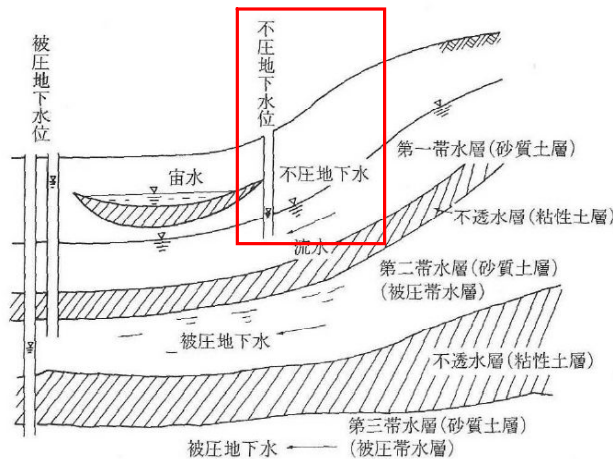


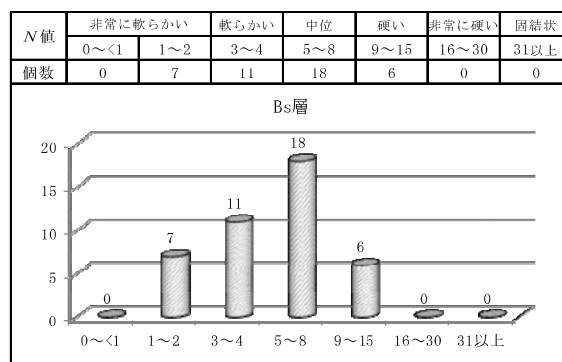
図-4.3 地下水の種類と状態  
地盤工学会「地盤調査の方法と解説」より

#### 4) 各土層の特徴

以下、各土層の特徴・*N*値についてまとめ述べる。

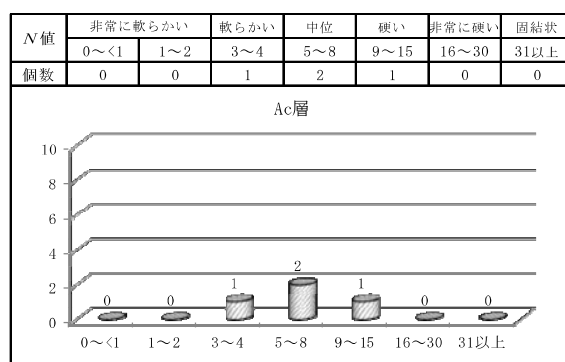
##### 埋土層 (Bs)

台地の凹地や低地（谷部）の埋土に使用された土砂で、台地部はローム質，低地部はローム・粘土・シルトなどの粘性土と砂の混合土からなる。掘削残土（雑土）のシルトと粘土を主体とするが、固結状の粘土、砂分の多い所、礫や貝殻片を混じるほか、碎石・煉瓦やコンクリート塊、木片などの混入物がある。*N*値 2～12 の範囲で、平均 *N*値 5.7 を示す。層厚は低地（谷部）が 11.90～14.90m，台地は黒ぼく（表土層）を含め 1.40～4.00m，色調は暗灰・暗褐・黄褐・黄灰色など不規則である。



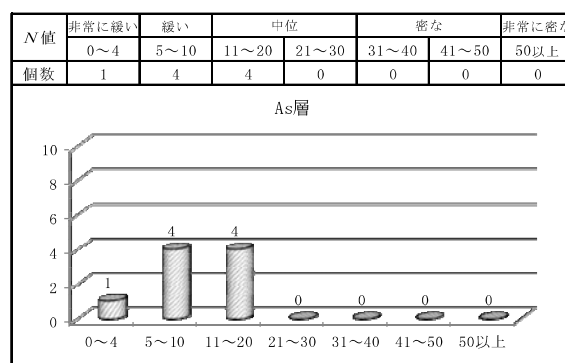
##### 沖積粘性土層 (Ac)

低地の最上部を構成する土層で、B-3・B-5 地点は腐植物を混入した有機質シルト・粘土からなる（B-4 地点は砂質シルトに碎石・木片など混入した不均質な土層であり埋土に含めた）。埋土荷重の影響で水気少なく、圧密脱水の状態で *N*値 4～9 の範囲にあり、平均 *N*値 6.8 を示す。層厚 1.80～2.20m，色調は黒茶・暗褐・褐灰色である。



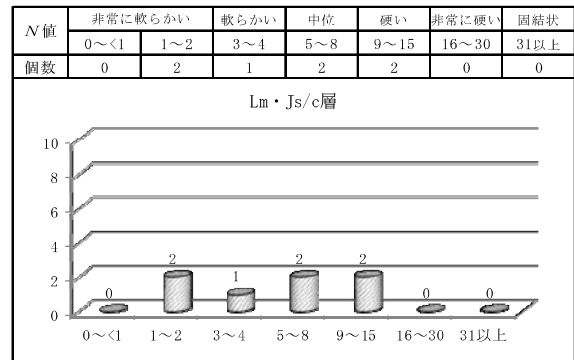
##### 沖積砂質土層 (As)

細砂を主体に、シルト分を含む・薄く挟む，シルト混じりの細砂からなる。全般的に含水量多く，所々，酸化した黄褐色部がある。*N*値 4～16 の範囲で、平均 *N*値 8.9 を示し，締めり程度「緩い～中位」に評価される。層厚 1.70～3.90m，色調は暗灰・暗褐・黄褐・暗黄灰色である。



### 新期ローム層 (Lm)

下総台地面を覆う風成の火山灰質粘性土である。上部は多孔質ローム、下部ほど粘土分が多くなる。軽石粒や炭化粒子を混入し、B-1 地点の下部は粘土や砂分を混入して不均質である。N値 2~5 の範囲で、平均N値 3.5 を示す。層厚は B-1 地点が 3.30m, B-2 地点は 1.00m で薄い。色調は黄褐・茶褐色である。

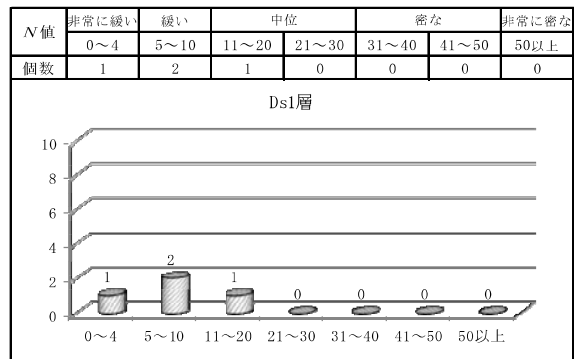


### 常総層 (Js/c)

水中堆積の火山灰が風化粘土化した凝灰質粘土で、水の流れがあった所は、砂質土が主体となる。下末吉ローム相当層に考えられ、新期ローム層の下位に堆積する。N値 6~9 の範囲で、平均N値 8.0 を示す。層厚は B-1 地点が 2.00m で有機物を混入した粘土質細砂、B-2 地点は 0.60m で凝灰質粘土、色調は暗黄灰・暗褐色である。

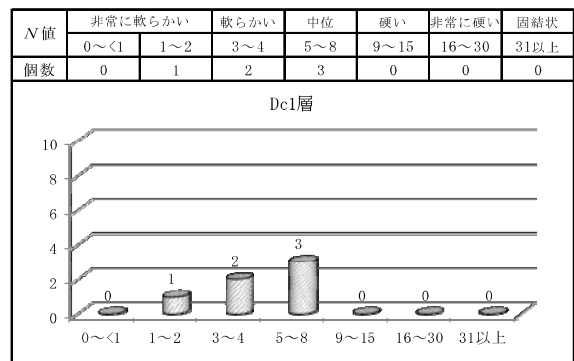
### 洪積第1砂質土層 (Ds1)

中砂~粗砂を混じる細砂主体で、上部は一様にして黄褐・暗褐色である。シルト・粘土を薄く挟み、含水量は多めである。N値 10~23 の範囲で、平均N値 14.8 を示し、締まり程度「中位」に評価される。層厚 1.10~3.00m である。



### 洪積第1粘性土層 (Dc1)

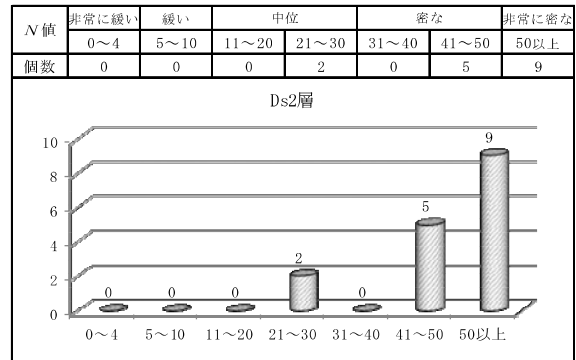
木下層の谷埋め堆積と考えられるシルト・粘土からなる。微量に炭化物や雲母片を混入する以外は均質である。N値 2~7 の範囲で、平均N値 4.2 を示す。層厚 2.25~3.70m, 色調は暗灰・暗黄色である。





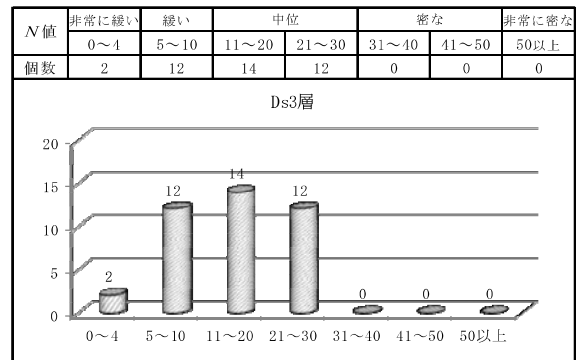
### 洪積第2砂質土層 (Ds2)

粒子均一な細砂を主体に、B-1 地点の上部は貝殻片を混入し、B-2 地点の上部は粘土や酸化部を線状に挟んでいる。B-2 地点の上部、粘土混じり細砂の  $N$  値 20~25 を示すが、全般的には  $N$  値 44~50 以上の締まりが良い砂層、平均  $N$  値 45.5 を示す。層厚 7.15~8.80 m 以上、色調は暗黄灰・暗褐~褐色である。



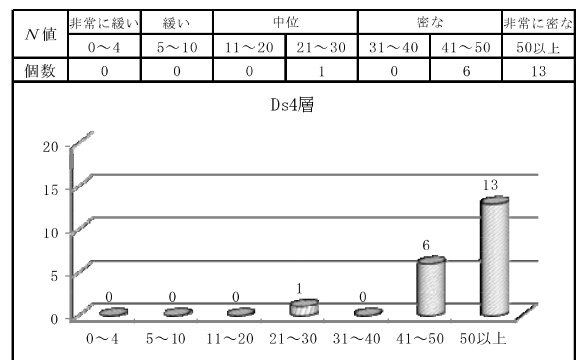
### 洪積第3砂質土層 (Ds3)

粒子細かい微細砂・細砂で構成する砂質土で、台地~低地の沖積層下位の全域に分布する。薄くシルト・粘土を挟むが、全般的に変化のない均質な砂質土である。 $N$  値 6~39 の範囲で、平均  $N$  値 24.4 を示すが、ばらつきが大きい。台地の B-2 地点は  $N$  値 26~36、低地の B-3・B-4 地点は  $N$  値 15~39 の範囲で締まり程度「中位~密」、B-5 地点は  $N$  値 6~29 の範囲で「緩い~中位」を示す。層厚 8.70~13.20m、色調は暗褐・暗黄灰色である。



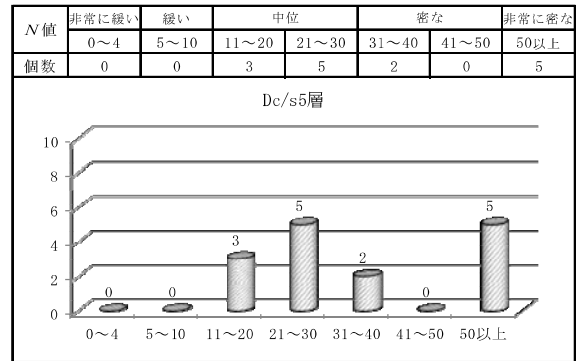
### 洪積第4砂質土層 (Ds4)

Ds3 層より続く粒子均一な砂質土からなる。 $N$  値 30~50 以上の範囲で、平均  $N$  値 47.6 を示し、締まり程度は良好である。やや粗い細砂や薄くシルトなどを挟む部分で  $N$  値が落ちる傾向が見られ、B-2 地点の上部は貝殻片を多量に混入する。層厚 2.80~6.76m 以上、色調は暗褐・暗黄灰色である。



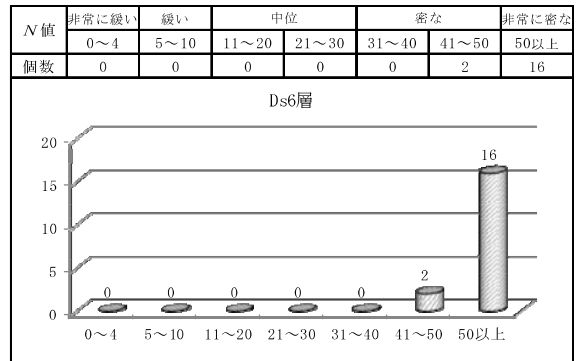
### 洪積第5砂泥互層 (Dc/s5)

細砂と硬いシルト・粘土が互層をなす層で、全体的な層厚は5.00～5.10mである。粘性土は0.35～3.20m、砂質土は0.80～1.65mの厚さで互層をなすが、薄層状にも砂・シルトを挟んでいる。N値11～50以上の範囲で、平均N値32.7を示し、極端なばらつき傾向を示す。粘性土は固結部がありN値11～50以上、砂質土はN値35～50以上を示す。色調は暗灰・暗黄灰色である。



### 洪積第6砂質土層 (Ds6)

粒子細かい均一な微砂状の細砂で、硬いシルトを薄く挟む。微少に貝殻小片・雲母片を混入する。今回の調査では、N値50以上を連続する(5m以上)締まり程度の良い、最も安定した砂質土である。色調は暗黄灰・暗灰色である。



### ◆ 参考

N値による土の締まり程度，硬軟の評価は次の指標による。

#### 砂の相対密度，内部摩擦角とN値との関係 (Peck, Meyerhofによる)

| N値    | 相 対 密 度<br>(Relative density) |              | $Dr = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$ | 内部摩擦角 $\phi$ |           |
|-------|-------------------------------|--------------|--|--------------|-----------|
|       |                               |              |  | ヘックによる       | マイヤーホフによる |
| 0～4   | 非常に緩い                         | (Very Loose) | 0.0～0.2                                      | 28.5以下       | 30以下      |
| 4～10  | 緩い                            | (Loose)      | 0.2～0.4                                      | 28.5～30      | 30～35     |
| 10～30 | 中位の                           | (Medium)     | 0.4～0.6                                      | 30～36        | 35～40     |
| 30～50 | 密な                            | (Dense)      | 0.6～0.8                                      | 36～41        | 40～45     |
| 50以上  | 非常に密な                         | (Very Dense) | 0.8～1.0                                      | 41以上         | 45以上      |

#### 粘土のコンシステンシー，一軸圧縮強さとN値との関係 (Terzaghi)

| コンシステンシー                | 非常に軟らかい | 軟らかい  | 中位の    | 硬い      | 非常に硬い   | 固結した  |
|-------------------------|---------|-------|--------|---------|---------|-------|
| N値                      | 2以下     | 2～4   | 4～8    | 8～15    | 15～30   | 30以上  |
| qu (kN/m <sup>2</sup> ) | 25以下    | 25～50 | 50～100 | 100～200 | 200～400 | 400以上 |

単位：kgf/cm<sup>2</sup> → 10 kN/m<sup>2</sup> に換算

## 4.2 室内土質試験結果

室内土質試験は、調査地の主な粘性土層（Ac・Lm・Dc1）と埋土層（Bs）で乱れの少ない試料を採取し、物理試験と一軸・三軸圧縮試験、圧密試験を行った。

各試験成績は、巻末調査資料の土質試験結果一覧表、及びデータシートに整理報告してある。ここでは、主な結果を取りまとめ、表-4.5に示す。

また、土性図（図-4.4～-4.7）、主な試験結果の関係図、集積図などを作成したので、後頁に添付する。

### 【関係図表資料】

表-4.5 土質試験結果一覧表

図-4.4～-4.7 土性図（孔別）

表-4.6 土粒子密度と含水比の試験結果

表-4.7 湿潤・乾燥密度と間隙比の試験結果

図-4.8 自然含水比と湿潤・飽和密度の関係

図-4.9 自然含水比と間隙比の関係

表-4.8 粒度組成の結果

表-4.9 液性・塑性限界試験の結果

図-4.10 塑性図

表-4.10 一軸・三軸圧縮試験の結果

図-4.11  $N$ 値と粘着力  $C$  の関係

図-4.12  $qu$  値と変形係数  $E_{50}$  の関係

表-4.11 圧密状態の関係

表-4.12 各層の圧密特性

図-4.13  $e \sim \log P$  曲線

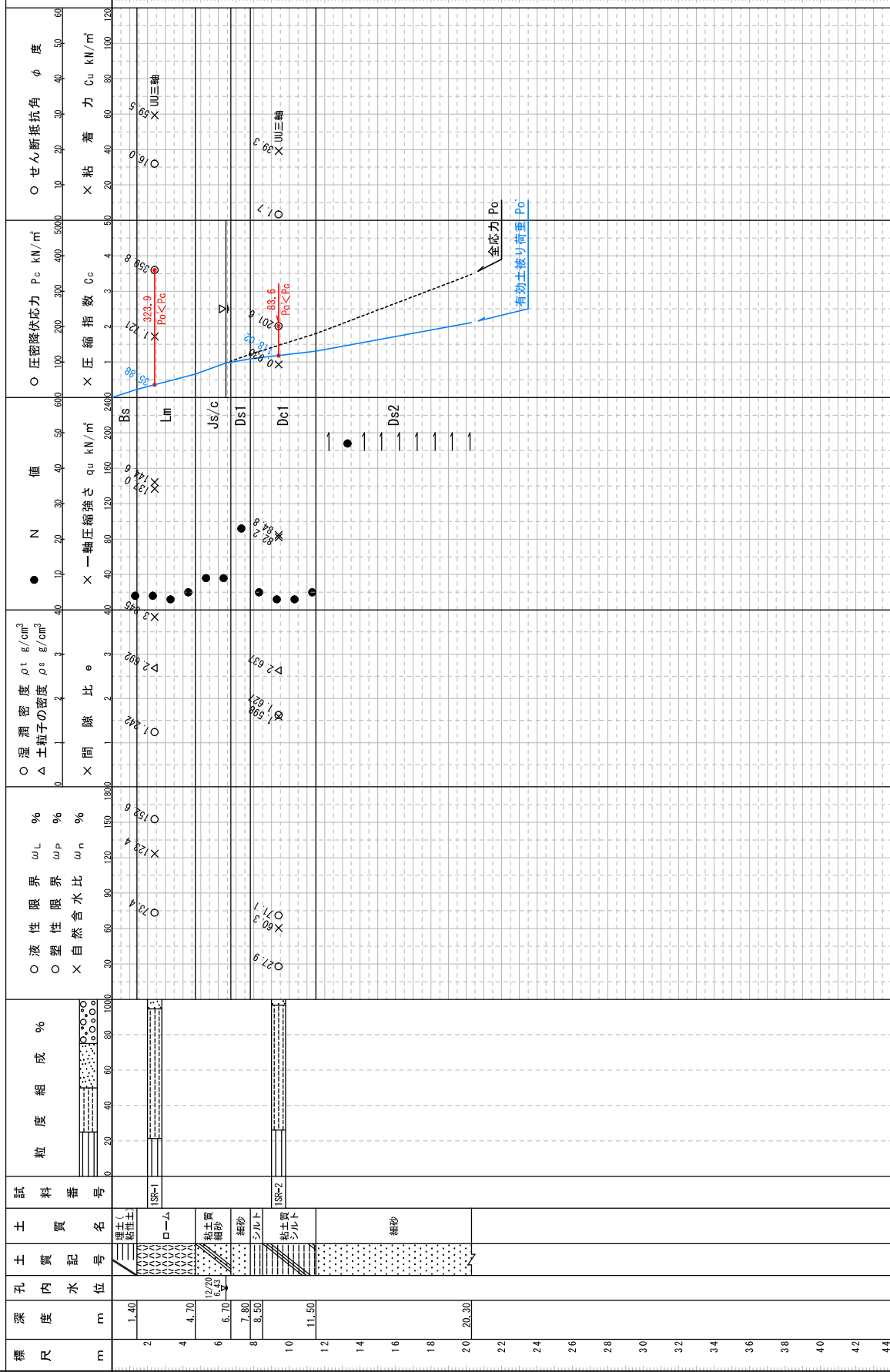
図-4.14  $\log C_v \sim \log P$  曲線

表-4.5 土質試験結果一覧表

|  | 土 層  | Bs                                       |                   | Ac                     | Lm                       |                          | De1               |                   |        |
|--|--|--|-------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|--------|
|  | ボーリング No.                                  | B-4                                      | B-4               | B-3                    | B-1                      | B-2                      | B-1               | B-2               |        |
| 試料情報                                   | 標 高 TP+ (m)                                | 30.53                                    | 30.53             | 30.17                  | 30.64                    | 30.05                    | 30.64             | 30.05             |        |
|  | 試 料 番 号                                    | 4SR-1                                    | 4SR-2             | 3SR-1                  | 1SR-1                    | 2SR-1                    | 1SR-2             | 2SR-2             |        |
|  | ( 深 さ )                                    | 2.00<br>~<br>2.85                        | 5.00<br>~<br>5.85 | 14.00<br>~<br>14.80    | 2.00<br>~<br>2.80        | 4.00<br>~<br>4.80        | 9.00<br>~<br>9.80 | 9.00<br>~<br>9.80 |        |
|  | 中央深度 TP+ (m)                               | 28.11                                    | 25.11             | 15.77                  | 28.24                    | 25.65                    | 21.24             | 20.65             |        |
|  | 中央深度 GL- (m)                               | 2.43                                     | 5.43              | 14.40                  | 2.40                     | 4.40                     | 9.40              | 9.40              |        |
|  | N 値  | 2.6                                      | 5                 | 9                      | 4                        | 1.9                      | 3                 | 1.7               |        |
|  | 基本性質                                       | 湿潤密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )       | 1.652             | 1.651                  | 1.791                    | 1.242                    | 1.441             | 1.627             | 1.565  |
|  |  | 乾燥密度 $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )       | 1.145             | 1.178                  | 1.266                    | 0.557                    | 0.724             | 1.015             | 0.920  |
| 土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )    |  | 2.752                                    | 2.714             | 2.692                  | 2.692                    | 2.679                    | 2.637             | 2.629             |        |
| 自然含水比 Wn (%)                           |  | 44.3                                     | 40.8              | 41.5                   | 123.4                    | 99.2                     | 60.3              | 70.1              |        |
| 間 隙 比 e                                |  | 1.405                                    | 1.337             | 1.126                  | 3.845                    | 2.706                    | 1.598             | 1.857             |        |
| 飽 和 度 Sr (%)                           |  | 86.8                                     | 84.1              | 99.1                   | 86.4                     | 98.3                     | 99.5              | 99.3              |        |
| 飽和密度 $\rho_{sat}$ (g/cm <sup>3</sup> ) |  | 1.789                                    | 1.813             | 1.799                  | 1.391                    | 1.459                    | 1.632             | 1.573             |        |
| 間 隙 比 $e_{sat}$                        |  | 1.219                                    | 1.107             | 1.117                  | 3.322                    | 2.658                    | 1.590             | 1.843             |        |
| 粒 度                                    | 礫 分 (%)                                    | 9.9                                      | 5.4               | 0.0                    | 0.0                      | 0.0                      | 0.0               | 0.0               |        |
|  | 砂 分 (%)                                    | 47.5                                     | 50.2              | 23.5                   | 5.4                      | 13.7                     | 3.1               | 1.3               |        |
|  | シルト分 (%)                                   | 34.3                                     | 37.1              | 45.9                   | 73.1                     | 61.3                     | 70.6              | 50.5              |        |
|  | 粘 土 分 (%)                                  | 8.3                                      | 7.3               | 30.6                   | 21.5                     | 25.0                     | 26.3              | 48.2              |        |
|  | 粗 粒 分 (%)                                  | 57.4                                     | 55.6              | 23.5                   | 5.4                      | 13.7                     | 3.1               | 1.3               |        |
|  | 細 粒 分 (%)                                  | 42.6                                     | 44.4              | 76.5                   | 94.6                     | 86.3                     | 96.9              | 98.7              |        |
|  | 最 大 粒 径 (mm)                               | 19                                       | 19                | 0.850                  | 0.250                    | 0.425                    | 0.250             | 0.106             |        |
|  | 均等係数 $U_c$                                 | 21.48                                    | 15.46             | —                      | 8.77                     | —                        | 11.20             | —                 |        |
|  | 曲率係数 $U_c'$                                | 2.00                                     | 2.13              | —                      | 1.22                     | —                        | 1.43              | —                 |        |
|  | 粒 径  | D <sub>60</sub> (mm)                     | 0.1310            | 0.1237                 | 0.0354                   | 0.0193                   | 0.0238            | 0.0168            | 0.0089 |
|  |  | D <sub>50</sub> (mm)                     | 0.0945            | 0.0893                 | 0.0201                   | 0.0146                   | 0.0169            | 0.0125            | 0.0055 |
|  |  | D <sub>30</sub> (mm)                     | 0.0400            | 0.0459                 | 0.0047                   | 0.0072                   | 0.0072            | 0.0060            | 0.0010 |
|  |  | D <sub>20</sub> (mm)                     | 0.0181            | 0.0268                 | —                        | 0.0046                   | 0.0031            | 0.0035            | —      |
| D <sub>10</sub> (mm)                   |  | 0.0061                                   | 0.0080            | —                      | 0.0022                   | —                        | 0.0015            | —                 |        |
| コンシステンシー                               | 液性限界 WL (%)                                | 65.2                                     | 47.6              | 68.5                   | 152.6                    | 140.6                    | 71.1              | 82.4              |        |
|  | 塑性限界 WP (%)                                | 33.9                                     | 31.7              | 23.5                   | 73.4                     | 49.8                     | 27.9              | 30.6              |        |
|  | 塑性指数 IP                                    | 31.3                                     | 15.9              | 45.0                   | 79.2                     | 90.8                     | 43.2              | 51.8              |        |
|  | 液性指数 IL                                    | 0.33                                     | 0.57              | 0.40                   | 0.63                     | 0.54                     | 0.75              | 0.76              |        |
|  | コンシステンシー指数 I <sub>c</sub>                  | 0.67                                     | 0.43              | 0.60                   | 0.37                     | 0.46                     | 0.25              | 0.24              |        |
| 分 類                                    | 分 類 名                                      | 礫混じり<br>細粒分質砂                            | 礫混じり<br>細粒分質砂     | 砂質有機質<br>粘土<br>(高液性限界) | 砂混じり<br>火山灰質<br>粘性土(II型) | 砂混じり<br>火山灰質<br>粘性土(II型) | 粘土<br>(高液性限界)     | 粘土<br>(高液性限界)     |        |
|  | 分 類 記 号                                    | SF-G                                     | SF-G              | OHS                    | VH2-S                    | VH2-S                    | CH                | CH                |        |
| 一 軸                                    | 圧縮強さ                                       | qu (1) (kN/m <sup>2</sup> )              | 190.3             | 142.4                  | 129.5                    | 137.0                    | 83.8              | 82.2              | 121.0  |
|  |  | qu (2) (kN/m <sup>2</sup> )              | —                 | 148.7                  | 131.1                    | 144.6                    | 78.4              | 84.8              | 125.3  |
|  |  | 平均 (kN/m <sup>2</sup> )                  | 190.3             | 145.6                  | 130.3                    | 140.8                    | 81.1              | 83.5              | 123.2  |
|  | 変形係数                                       | E <sub>50</sub> (1) (MN/m <sup>2</sup> ) | 6.8               | 11.6                   | 6.1                      | 7.4                      | 8.0               | 5.3               | 12.3   |
|  |  | 平均 (MN/m <sup>2</sup> )                  | 6.8               | 9.5                    | 5.2                      | 6.8                      | 8.3               | 4.6               | 9.5    |
| 三 軸<br>(全応力)                           | 粘 着 力 C <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )  | 51.6                                     | 51.1              | 61.0                   | 59.5                     | 31.6                     | 39.3              | 57.5              |        |
|  | 内 部 摩 擦 角 $\phi_u$ (Deg)                   | 27.8                                     | 19.4              | 4.1                    | 16.0                     | 12.5                     | 1.7               | 4.4               |        |
| 圧 密                                    | 圧縮指数 C <sub>c</sub>                        | —  | —                 | 0.448                  | 1.721                    | 1.007                    | 0.930             | 0.855             |        |
|  | 圧密降伏応力 P <sub>c</sub> (kN/m <sup>2</sup> ) | —  | —                 | 278.3                  | 359.8                    | 208.9                    | 201.6             | 267.0             |        |

図-4.4 土 土 性 性

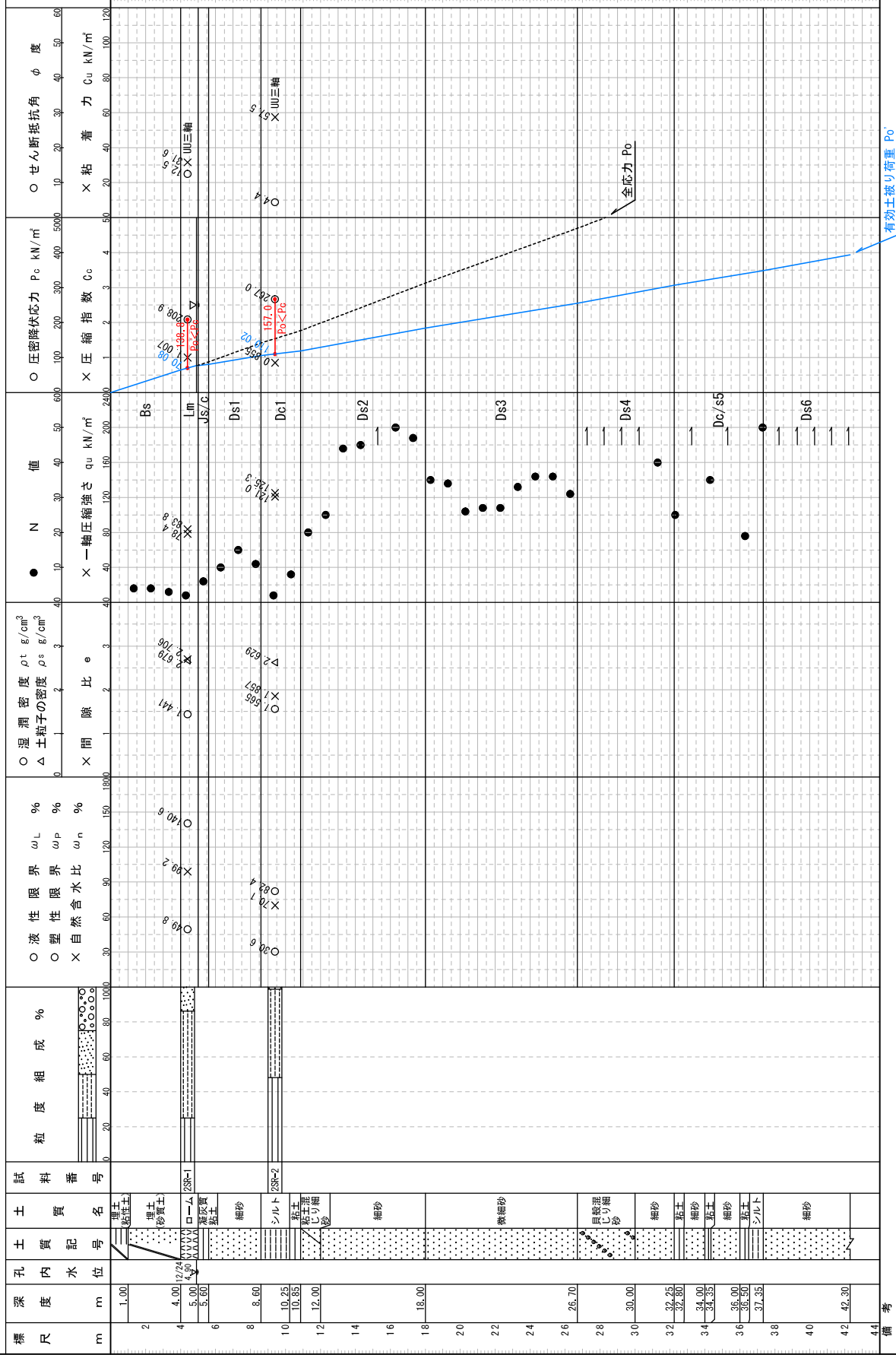
ボーリング孔 B-1 標高 TP+30.64m 孔内水位 6.43m



備考

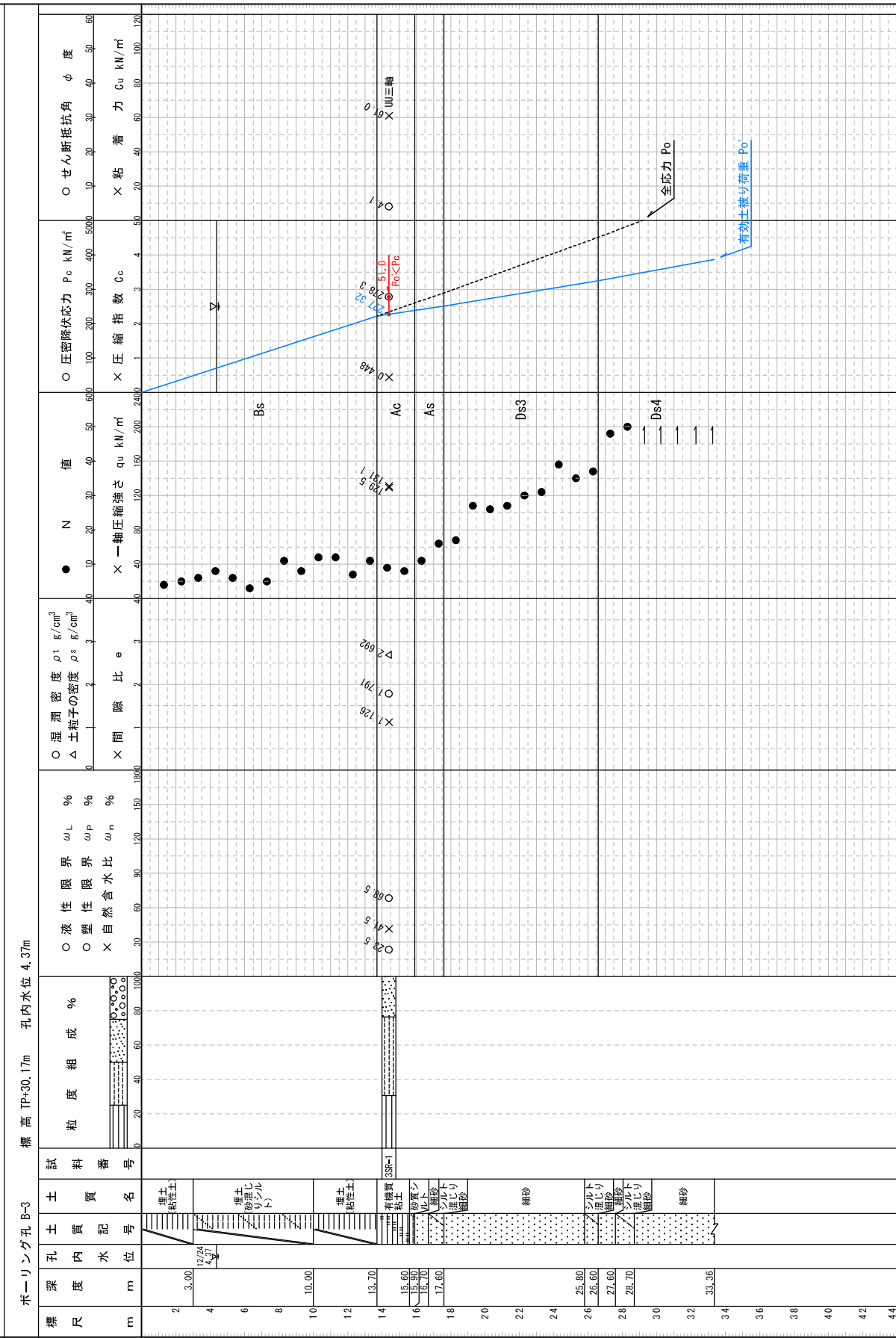
図-4.5 土 性 性

ボーリング孔 B-2 標高 TP+30.05m 孔内水位 4.90m



備考

図-4.6 土 土 性 性



備考





## 1) 土の基本的性質

土粒子密度 ( $\rho_s$ ), 自然含水比 ( $W_n$ ), 湿潤密度 ( $\rho_t$ ), 間隙比 ( $e$ ) などの試験成績は, 土の状態を表す指標となるもので, 土の強度や変形特性を左右する重要な要素になる。

### 土粒子密度

土粒子密度は, 土を構成する土粒子部分 (鉱物と有機物) の単位体積あたりの平均質量として求められる土固有の値である。この値は, 土粒子を構成する鉱物組成により異なるが, 代表的な鉱物・土質の測定例として参表-4.1 がある。一般的に有機物を多く含む土ほど小さく, 通常の土 (無機質な粘性土や砂質土) は  $\rho_s=2.6\sim 2.8$  の範囲にある。

今回の試験成績を表-4.6 に示すが, 各層ともに一般的な土粒子密度の範囲にある。

表-4.6 土粒子密度と含水比の試験結果

| 記号  | 土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) |       | 含水比 $W_n$ (%)  |       |
|-----|-------------------------------------|-------|----------------|-------|
|     | 試験値                                 | 平均    | 試験値            | 平均    |
| Bs  | 2.714<br>~2.752                     | 2.733 | 40.8<br>~44.3  | 42.6  |
| Ac  | 2.692                               | 2.692 | 41.5           | 41.5  |
| Lm  | 2.679<br>~2.692                     | 2.686 | 99.2<br>~123.4 | 111.3 |
| Dc1 | 2.629<br>~2.637                     | 2.633 | 60.3<br>~70.1  | 65.2  |

参表-4.1 主な鉱物と土粒子の密度測定例 (嘉門・浅川に加筆修正)

| 鉱物名    | 密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 土質名      | 密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------|----------------------------------|----------|----------------------------------|
| 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    | 2.5 ~ 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    | 2.5 ~ 2.75                       |
| 磁鉄鉱    | 5.1 ~ 5.2                        | 泥炭 (ピート) | 1.4 ~ 2.3                        |
| クワイト   | 2.6 ~ 3.0                        | 関東ローム    | 2.7 ~ 3.0                        |
| イソト    | 2.6 ~ 2.7                        | まさ土      | 2.6 ~ 2.8                        |
| カリアイト  | 2.5 ~ 2.7                        | しらす      | 1.8 ~ 2.4                        |
| モンリナイト | 2.0 ~ 2.4                        | 黒ぼく      | 2.3 ~ 2.6                        |

### 自然含水比

含水比は、土粒子の質量と土に含まれている水の質量比で表せられ、土の物理・力学特性を左右する。各層の含水比は表-4.5 によるが、Lm 層は大凡  $W_n = 100\%$  以上の高含水比を示す。Dc1 層は  $W_n = 65\%$  あり、洪積粘性土としては高い含水比である。一般値を参表-4.2 に示したが、沖積粘性土  $W_n = 50 \sim 150\%$ 、沖積砂質土  $W_n = 10 \sim 30\%$  の範囲が多いので、沖積粘性土の Ac 層は圧密による影響か、やや低い傾向を示す。

### 湿潤密度・乾燥密度・間隙比

湿潤密度は、土塊の体積に対する土塊の質量（重さ）比で求められる。地中応力や土圧などの検討に必要な土質定数で、乱れの少ない試料を採取し、試験によって求められる。乾燥密度は湿潤密度と含水比から、間隙比は土粒子密度と乾燥密度から求められる。

乱れの少ない試料を採取した各粘性土層の試験成績は表-4.7 のとおりであるが、Lm 層は湿潤密度が小さく、間隙比が大きい特徴がある。Ac 層は沖積粘性土としては、やや高目の値を示す。各層とも一般的な土の基本的性質（参表-4.2）の範囲内にあり、試験値は妥当である。

表-4.7 湿潤・乾燥密度と間隙比の試験結果

| 記号  | 湿潤密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> ) |       | 間隙比 e           |       | 乾燥密度 $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> ) |       |
|-----|------------------------------------|-------|-----------------|-------|------------------------------------|-------|
|     | 試験値                                | 平均    | 試験値             | 平均    | 試験値                                | 平均    |
| Bs  | 1.651<br>~1.652                    | 1.652 | 1.337<br>~1.405 | 1.371 | 1.145<br>~1.178                    | 1.162 |
| Ac  | 1.791                              | 1.791 | 1.126           | 1.126 | 1.266                              | 1.432 |
| Lm  | 1.242<br>~1.441                    | 1.342 | 2.706<br>~3.845 | 3.276 | 0.557<br>~0.724                    | 1.460 |
| Dc1 | 1.565<br>~1.627                    | 1.596 | 1.598<br>~1.843 | 1.728 | 0.920<br>~1.015                    | 0.968 |

参表-4.2 我が国における土の密度・含水比のおおよその範囲

| 地層名                                | 沖積層     |         | 洪積層<br>粘性土 | 関東<br>ローム | 有機質土<br>ピート |
|------------------------------------|---------|---------|------------|-----------|-------------|
|                                    | 粘性土     | 砂質土     |            |           |             |
| 湿潤密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.2~1.8 | 1.6~2.0 | 1.6~2.0    | 1.2~1.5   | 0.8~1.3     |
| 乾燥密度 $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 0.5~1.4 | 1.2~1.8 | 1.1~1.6    | 0.6~0.7   | 0.1~0.6     |
| 自然含水比 $W_n$ (%)                    | 50~150  | 10~30   | 20~40      | 80~180    | 80~1200     |

「土質試験の方法と解説（第一回改訂版）」社団法人地盤工学会 p.151

土の基本的性質には相関関係があり、既知があれば計算で求められる関係もある。その中で含水比と湿潤密度、含水比と間隙比は、図-4.8～4.9の相関図となる。

なお、飽和密度は土粒子密度と含水比から次式で求められる。

$$\rho_{sat} = \frac{(1 + W_n / 100) * \rho_w}{1 / \rho_s + (W_n / S_r)} \dots\dots\dots \text{式 4.1}$$

ここに、

$\rho_{sat}$  : 飽和密度 (g/cm<sup>3</sup>)

$\rho_w$  : 水の密度 1.0 (g/cm<sup>3</sup>)

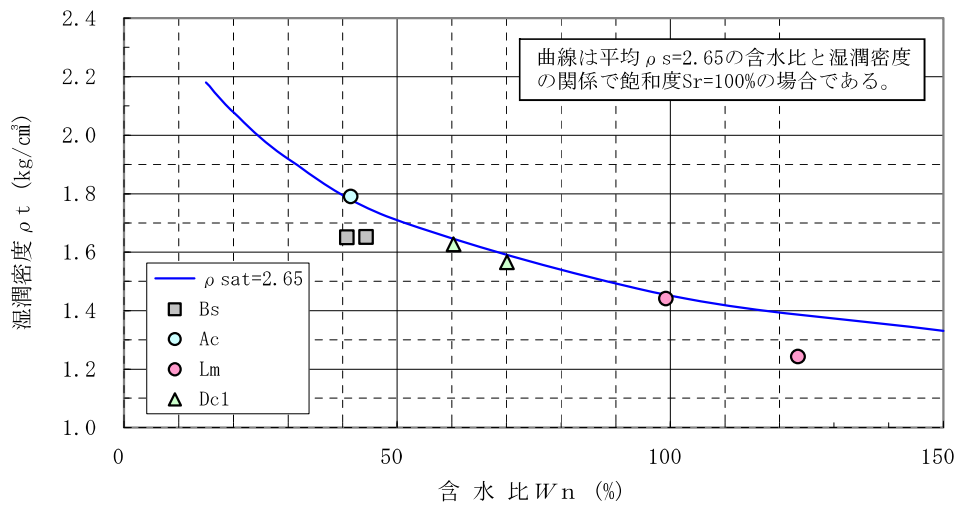


図-4.8 自然含水比と湿潤・飽和密度の関係

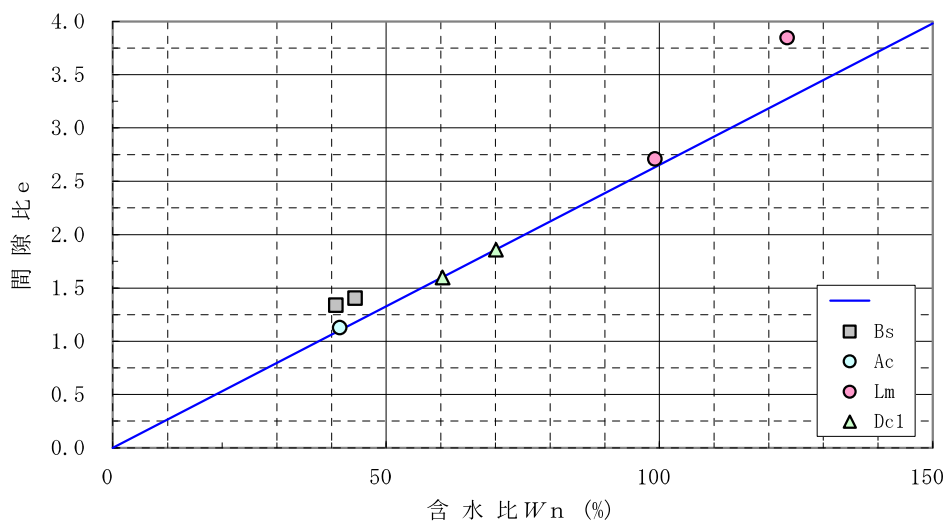


図-4.9 自然含水比と間隙比の関係

## 2) 粒度特性

粒度試験による各層の粗粒分（礫・砂）と細粒分（シルト・粘土）含有率は、次のとおりである。

表-4.8 粒度組成の結果

| 記号  | 粗粒分 (%)     |               |               | 細粒分 (%)       |               |               | 分類名                   |
|-----|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|
|     | 礫分          | 砂分            | 粗粒分計          | シルト分          | 粘土分           | 細粒分計          |                       |
| Bs  | 5.4<br>～9.9 | 47.5<br>～50.2 | 55.6<br>～57.4 | 34.3<br>～37.1 | 7.3<br>～8.3   | 42.6<br>～44.4 | 礫混じり細粒分質砂 (SF-G)      |
| Ac  | 0.0         | 23.5          | 23.5          | 45.9          | 30.6          | 76.5          | 砂質有機質粘土 (OHS)         |
| Lm  | 0.0         | 5.4<br>～13.7  | 5.4<br>～13.7  | 61.3<br>～73.1 | 21.5<br>～25.0 | 86.3<br>～94.6 | 砂混じり火山灰質粘性土Ⅱ型 (VH2-S) |
| Dc1 | 0.0         | 1.3<br>～3.1   | 1.3<br>～3.1   | 50.5<br>～70.6 | 26.3<br>～48.2 | 96.9<br>～98.7 | 粘土 (CH)               |

### 工学的分類

Bs 層は礫分を 5～10%弱混入し、砂分と細粒分は若干砂分が優勢で礫混じり細粒分質砂 (SF-G) に分類される。

Ac 層は砂分を 23%含有し、腐植物の混入が見られることから砂質有機質粘土 (OHS) に分類される。

Lm 層の細粒分はシルト分の含有 (61～73%) が多く、砂分は 5～14%弱あるので砂混じり火山灰質粘性土 (VH-S) に分類される。

Dc1 層は殆どが細粒分からなる粘土 (CH) である。

### 3) コンシステンシー特性

液性限界は、土が塑性状態から液状に移る限界の含水比であり、一般に土に含まれる粘土分が多いほど大きく、土の粘性も大きい。塑性限界は、土が半固体状から塑性状態に移る限界の含水比である。この液性限界と、塑性限界との差で与えられる指数が塑性指数 ( $I_p$ ) で、この値が大きいほど土は塑性状態にあつて含水比の幅が大きいことを示す。

一般にシルト分や砂分が多いと塑性指数は小さく、含水比によって土の状態が変化しやすい性質がある。一般的な土の液性・塑性限界の測定例としては参表のようである。

また、自然含水状態における細粒土の相対的な硬さや安定の度合いを表す指標に、液性指数 ( $I_L$ ) と、コンシステンシー指数 ( $I_c$ ) とがあり次式で求められる。

$$\text{液性指数 } I_L = \frac{W_n - W_p}{I_p} \dots\dots\dots \text{式 4.2}$$

$$\text{コンシステンシー指数 } I_c = \frac{W_l - W_n}{I_p} \dots\dots\dots \text{式 4.3}$$

上記の式からは、次のような特性が分かる。

- ・  $I_c \geq 1$  ほど、 $I_L$  が 0 に近いほど、自然含水比は塑性限界に近く、安定した状態にある。
- ・ 逆に  $I_c = 0$  ほど、 $I_L$  が 1 に近いほど、自然含水比は液性限界に近く、乱れ含水比が増加することでより不安定な状態になる。

参表-4.3 液性限界・塑性限界の測定例

(土質試験の方法と解説：地盤工学会)

| 土の種類     | 液性限界<br>$W_L$ (%) | 塑性限界<br>$W_P$ (%) |
|----------|-------------------|-------------------|
| 粘土(沖積層)  | 50～130            | 30～60             |
| シルト(沖積層) | 30～80             | 20～50             |
| 粘土(洪積層)  | 35～90             | 20～50             |
| 関東ローム    | 80～150            | 40～80             |

### 試験結果

今回の液性・塑性試験結果を表-4.9に、塑性図を図-4.10に示す。塑性図からはA線より上が粘土，下がシルトの区分，B線（液性限界 50%）を境に数値が高い方が高液性限界と低液性限界に区別される。

Lm層は高含水比・高液性限界であり，典型的なVH2型の火山灰質粘性土である。

Dc1層は含水比が液性限界に近いので（液性指数が1に近い），含水比の増加や乱されることで不安定な地盤になりやすい特徴を持つ。

表-4.9 液性・塑性限界試験の結果

| 記号  | 液性限界<br>$W_L$ (%) | 塑性限界<br>$W_P$ (%) | 塑性指数<br>$I_P$ | 液性指数<br>$I_L$ | 含水比<br>$W_n$ (%) |
|-----|-------------------|-------------------|---------------|---------------|------------------|
| Bs  | 47.6<br>~65.2     | 31.7<br>~33.9     | 15.9<br>~31.3 | 0.3<br>~0.6   | 40.8<br>~44.3    |
| Ac  | 68.5              | 23.5              | 45.0          | 0.4           | 41.5             |
| Lm  | 140.6<br>~152.6   | 49.8<br>~73.4     | 79.2<br>~90.8 | 0.5<br>~0.6   | 99.2<br>~123.4   |
| Dc1 | 71.1<br>~82.4     | 27.9<br>~30.6     | 43.2<br>~51.8 | 0.8           | 60.3<br>~70.1    |

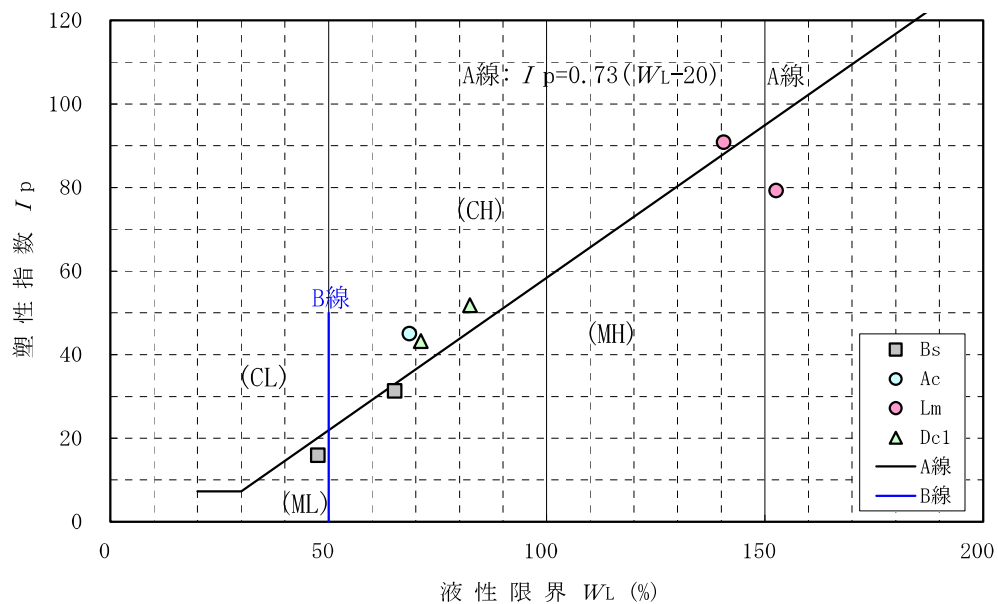


図-4.10 塑性図



#### 4) 強度特性

せん断強度試験は、乱れの少ない試料を用いて一軸圧縮試験と、非圧密非排水（UU）条件による三軸圧縮試験を行った。

各層のせん断試験結果を整理して次表に示す。

##### 一軸圧縮試験

供試体を鉛直方向に圧縮して土の圧縮強さを求める試験で、三軸圧縮試験における液圧の作用しない（ $\sigma_3=0$ ）条件に等しい。飽和粘土の試験の場合、せん断速度が速いので間隙水が排水できず UU 条件のせん断となる。

##### 三軸圧縮試験

UU 条件は、供試体からの水の出入りのない条件で等方圧を作用させ、圧密を行わず直ちに軸方向に圧縮を行い、その圧縮強さ及び土の応力とひずみ関係を求めるもので、現場強度の推定に用いられる。

表-4.10 一軸・三軸圧縮試験の結果

| 記号  | 試料No.        | 試料深度<br>GL-(m)  | N値  | 一軸強さ $qu$ (kN/m <sup>2</sup> ) |       | 変形係数 $E_{50}$ (MN/m <sup>2</sup> ) |     | 三軸圧縮 |                                 |                     | 変形係数<br>$E_{50}$<br>(MN/m <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|-----------------|-----|--------------------------------|-------|------------------------------------|-----|------|---------------------------------|---------------------|--|
|     |              |                 |     | 試験値                            | 平均    | 試験値                                | 平均  | 試験条件 | 粘着力<br>$C$ (kN/m <sup>2</sup> ) | 内部摩擦角<br>$\phi$ (°) |  |
| Bs  | B-4<br>4SR-1 | 2.00<br>~2.85   | 2.6 | 190.3                          | 190.3 | 6.8                                | 6.8 | UU   | 51.6                            | 27.8                | 7.70                                     |
|     | B-4<br>4SR-2 | 5.00<br>~5.85   | 5   | 142.4<br>148.7                 | 145.6 | 11.6<br>7.4                        | 9.5 | UU   | 51.1                            | 19.4                | 4.85                                     |
| Ac  | B-3<br>3SR-1 | 14.00<br>~14.80 | 9   | 129.5<br>131.1                 | 130.3 | 6.1<br>4.2                         | 5.2 | UU   | 61.0                            | 4.1                 | 5.48                                     |
| Lm  | B-1<br>1SR-1 | 2.00<br>~2.80   | 4   | 137.0<br>144.6                 | 140.8 | 7.4<br>6.1                         | 6.8 | UU   | 59.5                            | 16.0                | 11.3                                     |
|     | B-2<br>2SR-1 | 4.00<br>~4.80   | 1.9 | 83.8<br>78.4                   | 81.1  | 8.0<br>8.5                         | 8.3 | UU   | 31.6                            | 12.5                | 6.91                                     |
| Dc1 | B-1<br>1SR-2 | 9.00<br>~9.80   | 3   | 82.2<br>84.8                   | 83.5  | 5.3<br>3.9                         | 4.6 | UU   | 39.3                            | 1.7                 | 5.17                                     |
|     | B-2<br>2SR-2 | 9.00<br>~9.80   | 1.7 | 121.0<br>125.3                 | 123.2 | 12.3<br>6.7                        | 9.5 | UU   | 57.5                            | 4.4                 | 5.33                                     |

### 一軸圧縮強さ $qu$ と粘着力 $C$

飽和度の高い粘性土のせん断強さは  $C$  で表され、 $C=qu/2$  で与えられる。

非圧密非排水 (UU) の三軸圧縮試験結果と比較すると、飽和度の高い粘性土は  $qu/2$  と  $C$  との差は小さいが、飽和度の低い Bs・Lm 層は、 $qu/2$  と  $C$  との差が大きい傾向を示す。

#### Bs 層

B-4 4SR-1 :  $qu=190.3 \text{ kN/m}^2 \rightarrow C=95.1 \text{ kN/m}^2$ , 三軸 UU  $Cu=51.6 \text{ kN/m}^2$

4SR-2 :  $qu=145.6 \text{ kN/m}^2 \rightarrow C=72.8 \text{ kN/m}^2$ , 三軸 UU  $Cu=51.1 \text{ kN/m}^2$

#### Ac 層 (飽和粘性土)

B-3 3SR-1 :  $qu=130.3 \text{ kN/m}^2 \rightarrow C=65.1 \text{ kN/m}^2$ , 三軸 UU  $Cu=61.0 \text{ kN/m}^2$

#### Lm 層

B-1 1SR-1 :  $qu=140.8 \text{ kN/m}^2 \rightarrow C=70.4 \text{ kN/m}^2$ , 三軸 UU  $Cu=59.5 \text{ kN/m}^2$

B-2 2SR-1 :  $qu=81.1 \text{ kN/m}^2 \rightarrow C=40.5 \text{ kN/m}^2$ , 三軸 UU  $Cu=31.6 \text{ kN/m}^2$

#### Dc1 層 (飽和粘性土)

B-1 1SR-2 :  $qu=83.5 \text{ kN/m}^2 \rightarrow C=41.7 \text{ kN/m}^2$ , 三軸 UU  $Cu=39.3 \text{ kN/m}^2$

B-2 2SR-2 :  $qu=123.2 \text{ kN/m}^2 \rightarrow C=61.6 \text{ kN/m}^2$ , 三軸 UU  $Cu=57.5 \text{ kN/m}^2$

粘着力  $C$  ( $=qu/2$  含む) と  $N$  値の関係を下図に示す。  $N$  値に比例した粘着力の増加傾向が見られるが、ばらつきの範囲が大きく関係を与えるまででない。

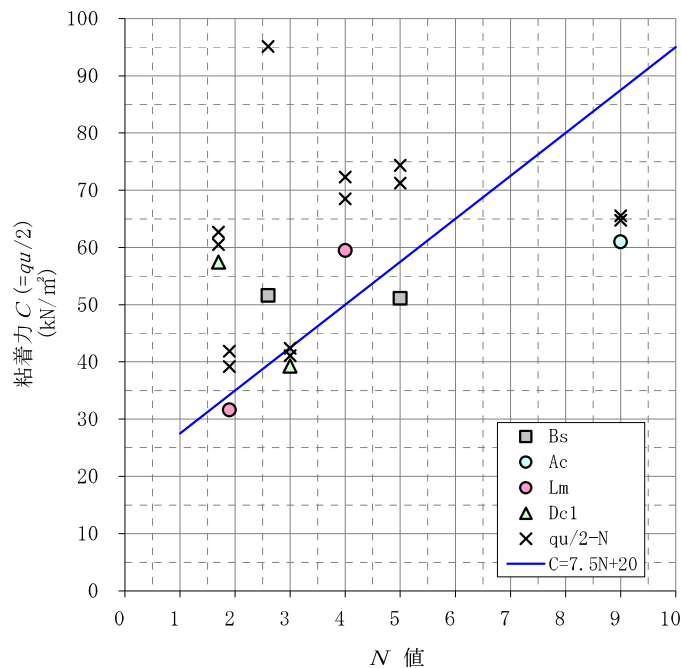


図-4.11  $N$  値と粘着力  $C$  の関係

### 変形係数

変形係数  $E_{50}$  は、一軸圧縮強さと、軸ひずみ  $\varepsilon_f$  より求められ、表-4.10 にその結果を示した。

なお、三軸圧縮試験からは、主応力差  $(\sigma_a - \sigma_r) / 2$  と軸ひずみより求められるが、今回は3供試体の内、最小値を記載した。

$$E_{50} = (qu \times 1/2) / (\varepsilon_{50} \times 1/100)$$

ここに、

$E_{50}$  : 変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$\varepsilon_{50}$  :  $qu/2$  における圧縮ひずみ (%)

$qu$  と  $E_{50}$  は比例関係にあつて、 $E_{50} = (20 \sim 100) qu$  の範囲にあると言われている。

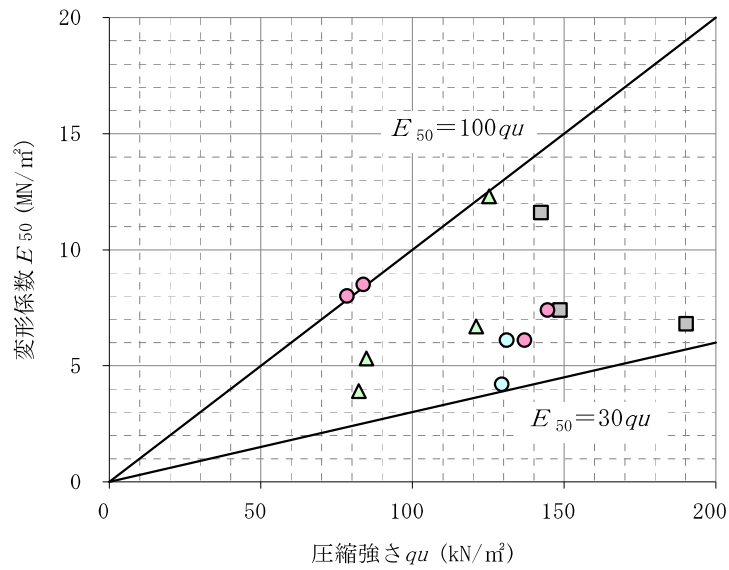


図-4.12  $qu$  値と変形係数  $E_{50}$  の関係

## 5) 圧密特性

圧密試験で得られる圧密降伏応力  $P_c$  は、圧密先行荷重で地中で過去に受けた最大応力に相当する。圧縮指数  $C_c$  は、増加荷重に対する間隙比の変化量の傾きを示す。

圧密降伏応力  $P_c$  と、その土の原位置有効応力  $P_o'$  を比較すると応力履歴がわかり、 $P_c \leq P_o'$  の時 未圧密土、 $P_c = P_o'$  の時 正規圧密土、 $P_c \geq P_o'$  の時 過圧密土 と呼ぶ。

また、 $P_c/P_o'$  の比を過圧密比 (OCR) とよび、応力履歴の要素として用いられる。

各試験地点の圧密降伏応力  $P_c$  と有効土被り荷重  $P_o'$  との関係は、図-4.4~4.6 の土性図に示してあるが、圧密試験結果を整理して次表に示す。

表-4.11 圧密状態の関係

|      | $P_c \leq P_o'$ | $P_c = P_o'$ | $P_c \geq P_o'$ | $P_c \geq P_o'$ | $P_c \geq P_o'$ |
|------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 応力状態 | 未圧密             | 正規圧密         | 軽い過圧密           | 過圧密             | 強い過圧密           |
| OCR  | $\leq 1$        | 1            | 1 ~ 2           | 3 以上            | 8 $\geq$        |
| 備考   |                 |              | 沖積層             | 洪積層             |                 |

表-4.12 各層の圧密特性

| 記号  | 試料No.        | 試料深度<br>GL-(m)  | 圧密特性                                 |               | 有効<br>土被り荷重<br>$P_o'$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $P_c$ と $P_o'$<br>の関係 | 圧密状態            |
|-----|--------------|-----------------|--------------------------------------|---------------|--|-----------------------|-----------------|
|     |              |                 | 圧密降伏応力<br>$P_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) | 圧縮指数<br>$C_c$ |  |                       |                 |
| Ac  | B-3<br>3SR-1 | 14.00<br>~14.80 | 278.3                                | 0.448         | 227.3                                      | $P_c \approx P_o'$    | 過圧密<br>OCR=1.2  |
| Lm  | B-1<br>1SR-1 | 2.00<br>~2.80   | 359.8                                | 1.721         | 35.9                                       | $P_c > P_o'$          | 過圧密<br>OCR=10.0 |
|     | B-2<br>2SR-1 | 4.00<br>~4.80   | 208.9                                | 1.007         | 70.1                                       | $P_c > P_o'$          | 過圧密<br>OCR=3.0  |
| Dc1 | B-1<br>1SR-2 | 9.00<br>~9.80   | 201.6                                | 0.930         | 118.0                                      | $P_c > P_o'$          | 過圧密<br>OCR=1.7  |
|     | B-2<br>2SR-2 | 9.00<br>~9.80   | 267.0                                | 0.855         | 110.0                                      | $P_c > P_o'$          | 過圧密<br>OCR=2.4  |

圧密検討に用いられる  $e \sim \log P$  曲線（圧密荷重に対する間隙比の変化図）、圧密時間の推定に必要な  $\log C_v \sim \log P$  曲線（平均圧密荷重に於ける圧密係数）の集積図を図-4.13～4.14に作成した。

$e \sim \log P$  曲線を見ると Lm 層は間隙比が大きく、圧密降伏応力を過ぎた勾配が急である。Dc1 層は Lm 層と同様に、圧密降伏応力を過ぎた勾配が急である。Ac 層は低平な曲線で、間隙比が小さい。

$\log C_v \sim \log P$  曲線で、圧密降伏応力に対応した時間係数  $C_v$  を見ると、 $C_v = 1000 \sim 3000$  ( $\text{cm}^2/\text{d}$ ) の範囲にあり、大半が  $1000$  ( $\text{cm}^2/\text{d}$ ) 以上の係数となることから、圧密時間は短いことが想定できる。

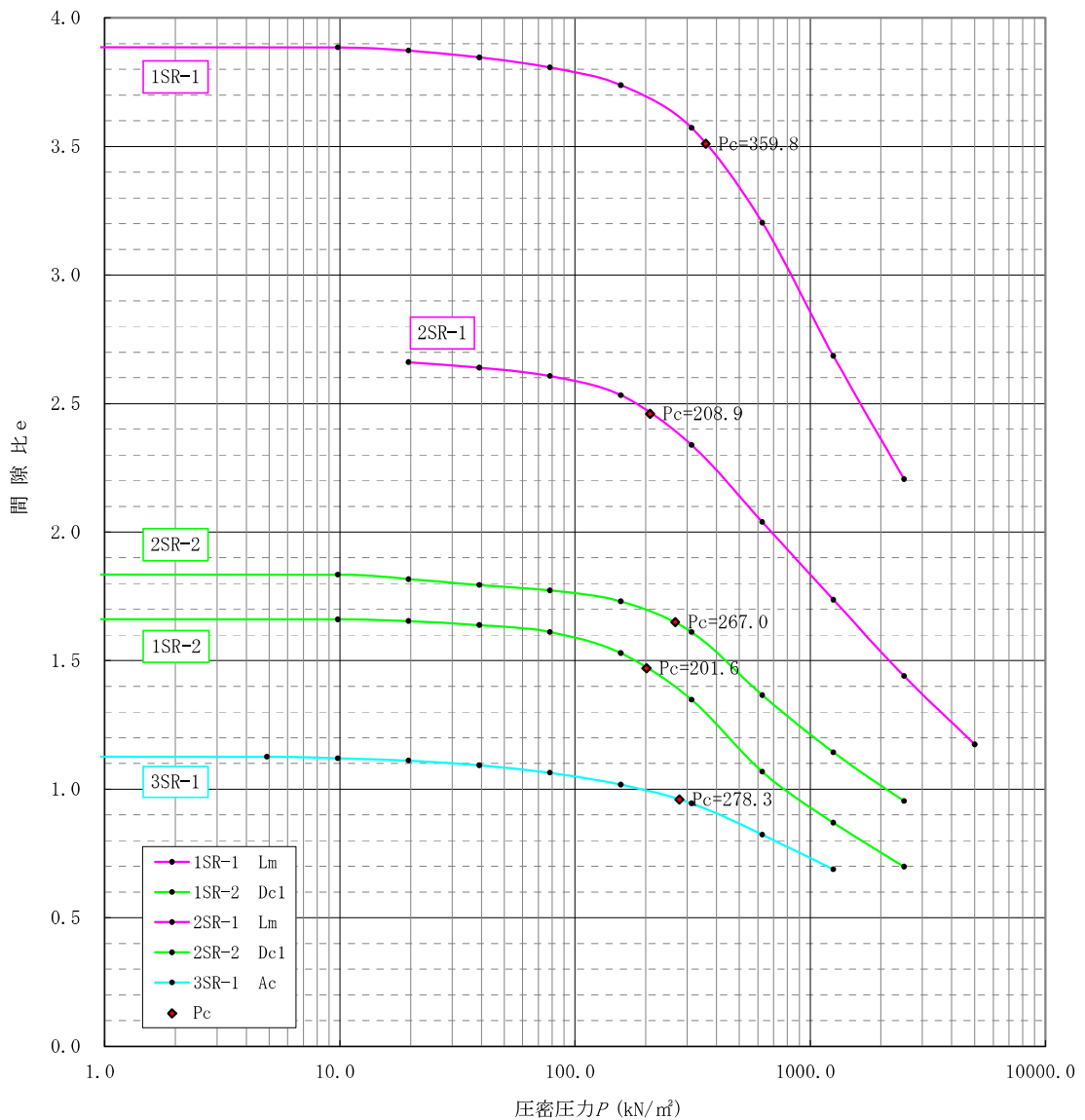


図-4.13  $e \sim \log P$  曲線

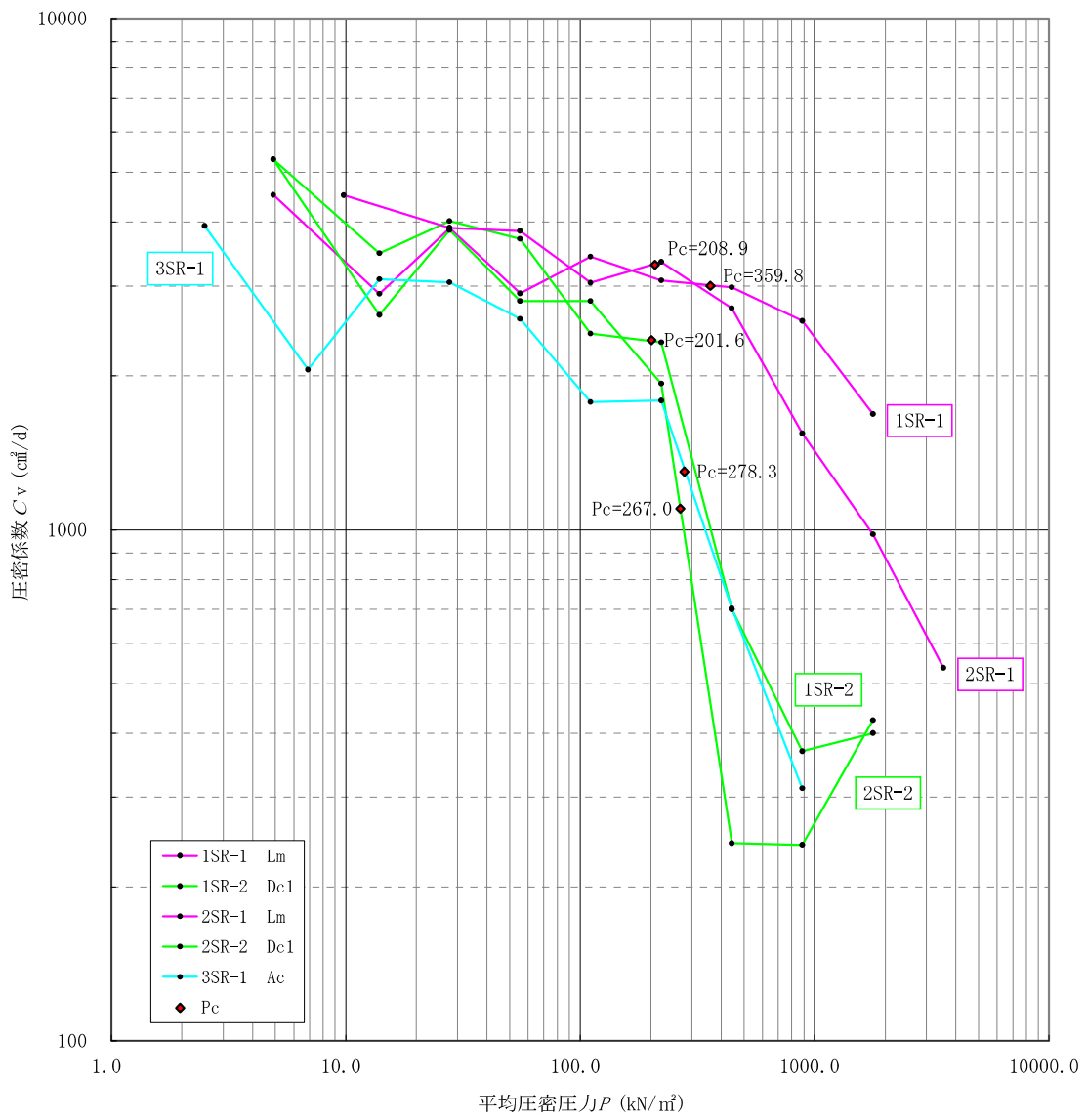


图-4.14  $\log C_v \sim \log P$  曲线

## 5. 調査結果に基づく考察

### 5.1 土質定数の提案値

使用頻度の多い土質定数を次に示す要領で取りまとめ、表-5.7 (p. 56) に提案する。

#### 1) 代表 $N$ 値

代表  $N$  値は、標準偏差を考慮した次式より求める。

$$\text{代表 } N \text{ 値} = \text{平均 } N \text{ 値} - (\text{標準偏差 } \sigma_{n-1} / 2) \quad \dots \text{式 5.1}$$

なお、埋土層 (Bs) と沖積層 (Ac・As) の端数は切り捨て、洪積層は四捨五入の整数値とした。

表-5.1 代表  $N$  値

| 土層記号  | 試料数 | 最小値  | 最大値  | 平均値  | 標準偏差<br>$\sigma_{n-1}$ | 代表 $N$ 値        |
|-------|-----|------|------|------|------------------------|-----------------|
| Bs    | 42  | 2.0  | 12.0 | 5.7  | 2.7                    | 4               |
| Ac    | 4   | 4.0  | 9.0  | 6.8  | 2.2                    | 5               |
| As    | 9   | 4.0  | 16.0 | 8.9  | 4.3                    | 6               |
| Lm    | 4   | 2.0  | 5.0  | 3.5  | 1.3                    | 3               |
| Js/c  | 3   | 6.0  | 9.0  | 8.0  | 1.7                    | 7 <sup>*</sup>  |
| Ds1   | 4   | 10.0 | 23.0 | 14.8 | 5.9                    | 12              |
| Dc1   | 6   | 2.0  | 8.0  | 4.2  | 2.0                    | 3               |
| Ds2   | 16  | 20.0 | 60.0 | 45.5 | 9.2                    | 41              |
| Ds3   | 40  | 6.0  | 39.0 | 24.4 | 9.5                    | 20              |
| Ds4   | 20  | 30.0 | 50.0 | 47.6 | 5.3                    | 45              |
| Dc/s5 | 15  | 11.0 | 50.0 | 32.7 | 14.1                   | 26 <sup>*</sup> |
| Ds6   | 18  | 50.0 | 50.0 | 50.0 | —                      | 50              |

注：代表  $N$  値は標準偏差の1/2を引いて求めた  
平均値は上限を50として求めた

※Js/c 層と Dc/s5 層で粘性土部と砂質土部に分けた場合の代表  $N$  値を次に示す

Js/c 層 : 粘性土  $N=6$  , 砂質土  $N=9$

Dc/s5 層 : 粘性土  $N=20$  , 砂質土  $N=43$

## 2) 単位体積重量 $\gamma_t$

湿潤密度の試験成績がある粘性土層 (Bs・Ac・Lm・Dc1) は、単位を変換して求める。その他の層は、土の硬軟・締まり程度を基に経験的に推定される「日本道路公団 設計要領 第一集 平成10年5月 p.1-37」の参表-5.1を用いる。

表-5.2 単位体積重量

| 土層記号  | 湿潤密度<br>$\rho_t$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 湿潤単体<br>$\gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 推定<br>$\gamma_t$<br>参表-5.1 | 採用値<br>$\gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 備考               |
|-------|--|--|----------------------------|---|------------------|
| Bs    | 1.65                                     | 16.2                                       | 18                         | 16.2                                      | 試験値平均            |
| Ac    | 1.79                                     | 17.5                                       | 17                         | 17.5                                      | 試験値              |
| As    | —  | —  | 17                         | 17  | 推定値              |
| Lm    | 1.34                                     | 13.2                                       | 14                         | 13.2                                      | 試験値平均            |
| Jc    | —  | —  | 16                         | 16  | 推定値:粘性土          |
| Js    | —  | —  | 18                         | 18  | 推定値:砂質土          |
| Ds1   | —  | —  | 18                         | 18  | 推定値              |
| Dc1   | 1.6                                      | 15.7                                       | 17                         | 15.7                                      | 試験値平均            |
| Ds2   | —  | —  | 19                         | 19  | 推定値              |
| Ds3   | —  | —  | 18                         | 18  | 推定値              |
| Ds4   | —  | —  | 19                         | 19  | 推定値              |
| Dc/s5 | —  | —  | 18                         | 18  | 推定値:粘性土<br>砂質土同じ |
| Ds6   | —  | —  | 19                         | 19  | 推定値              |

Js/c 層 : 粘性土 (Jc) と砂質土 (Js) の単位体積重量に分けた

Dc/s5 層 : 固い粘土と砂質土であり同一の値にした



参表-5.1 土質定数

「日本道路公団 設計要領」より

| 種類                   |         | 状態                        | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | せん断抵抗角<br>(度) | 粘着力<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 地盤分類             |              |
|----------------------|---------|---------------------------|--------------------------------|---------------|-----------------------------|------------------|--------------|
| 盛土                   | 礫及び礫混り砂 | 締固めたもの                    | 20                             | 40            | 0                           | (GW, GP)         |              |
|                      | 砂       | 締固めたもの                    | 粒度の良いもの                        | 20            | 35                          | 0                | (SW, SP)     |
|                      |         |                           | 粒度の悪いもの                        | 19            | 30                          | 0                |              |
|                      | 砂質土     | 締固めたもの                    | 19                             | 25            | 30以下                        | (SM, SC)         |              |
|                      | 粘性土     | 締固めたもの                    | 18                             | 15            | 50以下                        | (ML, CL, MH, CH) |              |
| 関東ローム                | 締固めたもの  | 14                        | 20                             | 10            | (VH)                        |                  |              |
| 自然地盤                 | 礫       | 密実なもの, 粒度の良いもの            | 20                             | 40            | 0                           | (GW, GP)         |              |
|                      |         | 密実でないもの, 粒度の悪いもの          | 18                             | 35            | 0                           |                  |              |
|                      | 礫混り砂    | 密実なもの                     | 21                             | 40            | 0                           | (GW, GP)         |              |
|                      |         | 密実でないもの                   | 19                             | 35            | 0                           |                  |              |
|                      | 砂       | 密実なもの, 粒度の良いもの            | 20                             | 35            | 0                           | (SW<SP)          |              |
|                      |         | 密実でないもの, 粒度の悪いもの          | 18                             | 30            | 0                           |                  |              |
|                      | 砂質土     | 密実なもの                     | 19                             | 30            | 30以下                        | (SM, SC)         |              |
|                      |         | 密実でないもの                   | 17                             | 20            | 0                           |                  |              |
|                      | 粘性土     | 固いもの (指で強く押し多少へこむ N=8~15) | やや軟いもの (指の中程度の力で貫入 N=4~8)      | 18            | 25                          | 50以下             | (ML, CL)     |
|                      |         |                           | やや軟いもの (指の中程度の力で貫入 N=4~8)      | 17            | 20                          | 30以下             |              |
|                      |         |                           | 軟いもの (指が容易に貫入 N=2~4)           | 16            | 15                          | 15以下             |              |
|                      | 粘土及びシルト | 固いもの (指で強く押し多少へこむ N=8~15) | やや軟いもの (指の中程度の力で貫入 N=4~8)      | 17            | 20                          | 50以下             | (CH, MH, ML) |
|                      |         |                           | やや軟いもの (指の中程度の力で貫入 N=4~8)      | 16            | 15                          | 30以下             |              |
| 軟いもの (指が容易に貫入 N=2~4) |         |                           | 14                             | 10            | 15以下                        |                  |              |
| 関東ローム                |         | 14                        | 5( $\phi$ u)                   | 30以下          | (VH)                        |                  |              |

上表の使用に当たっては、次の点に注意するものとする。

- (a) 地下水位以下にある土の単位体積重量は、それぞれの表中の値から10を差引いた値とする。
- (b) 単位体積重量の値を決定する場合、次の点に注意すること。  
イ. 碎石は、礫と同じ値とする。  
ロ. トンネル屑や岩塊などは、粒径や間隙により異なるので既往の実績や現場試験により決定する。  
ハ. 礫まじり砂質土や礫まじり粘性土は、礫の混合割合および状態により適宜定める。
- (c) せん断抵抗角及び粘着力の値は、圧密非排水せん断に対する概略的な値である。  
この場合、盛土に対する地下水、湧水などの影響は考慮していない。
- (d) 碎石、トンネルずり、岩塊などの内部摩擦角及び粘着力は、礫の値を用いてよい。
- (e) 粒度の悪い砂とは、粒径のそろった砂をいう。礫の場合も同様である。
- (f) 粘性土、粘土及びシルトの区分でN値の目安は、おおむね次のとおりである。  
固いもの(N=8~15)、やや軟いもの(N=4~8)、軟いもの(N=2~4)
- (g) 摘要に示す統一分類記号はおおよその目安である。

### 3) 粘着力 $C$

Bs・Ac・Lm・Dc1 層は、三軸圧縮試験より求められる粘着力を採用する（端数は丸めた）。試験成績のない Js/c・Dc/s5 層の粘性土部は、 $N$ 値と  $qu$  値の関係図より導かれた推定式より求める。砂・砂質土層の粘着力成分は、無視する（ $C=0$ ）する。

表-5.3 粘着力

| 土層記号  | 代表 $N$ 値   | 粘着力 $C_u$ (kN/m <sup>2</sup> ) | 一軸強さ $qu$ (kN/m <sup>2</sup> ) | 図中央破線読み $qu$ (kN/m <sup>2</sup> ) | 採用値 $C$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-------|------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Bs    | 4          | 51                             | 167                            | 110                               | 50                           |
| Ac    | 5          | 61                             | 130                            | 130                               | 60                           |
| As    | 6          | —                              | —                              | —                                 | 0                            |
| Lm    | 3          | 45                             | 110                            | 100                               | 45                           |
| Jc    | 6          | —                              | —                              | 150                               | 60 <sup>※</sup>              |
| Js    | 9          | —                              | —                              | —                                 | 0                            |
| Ds1   | 12         | —                              | —                              | —                                 | 0                            |
| Dc1   | 3          | 48                             | 103                            | 100                               | 45                           |
| Ds2   | 41         | —                              | —                              | —                                 | 0                            |
| Ds3   | 20         | —                              | —                              | —                                 | 0                            |
| Ds4   | 45         | —                              | —                              | —                                 | 0                            |
| Dc/s5 | 26 (Dc=20) | —                              | —                              | 400                               | 200 <sup>※</sup>             |
| Ds6   | 50         | —                              | —                              | —                                 | 0                            |

※ $N$ 値からの推定値は  $C=(6\sim 10)N$ より  $C=10N$ で推定

#### $N$ 値と $qu$ 値の関係

$N$ 値と  $qu$  値の関係に図-5.1 があり、今回の一軸圧縮強さ  $qu$  値を赤丸で示した。洪積粘土は  $qu=40N$  (kN/m<sup>2</sup>)、東京周辺地盤は  $qu=20\sim 100N$  (kN/m<sup>2</sup>)、海成粘土は  $qu=50N$  (kN/m<sup>2</sup>)に近い値を示すが、バラツキ範囲が大きく、密接な関係には乏しいと指摘されている。今回の  $qu$  値と  $N=2\sim 9$  の関係を見ると、図中の平均的な範囲に示されている。

道路土工では、洪積粘性土の粘着力を推定する  $C=(6\sim 10)N$  (kN/m<sup>2</sup>)があり、図中の下限値（ $C=qu/2$ ）を示す。よって、Js/c・Dc/s5 層の粘着力は次式を用いる。

$$C = 10N \text{ (kN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{式 5.2}$$

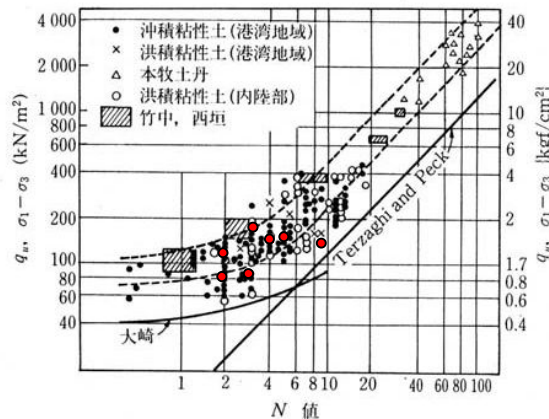


図-5.1  $N$  値と  $qu$  値の関係

「地盤調査の方法と解説 平成 25 年 公益社団法人地盤工学会」p. 309

#### 4) せん断抵抗角 $\phi$

砂質土層のせん断抵抗角は、 $N$ 値を用いて推定する。 $N$ 値からせん断抵抗角を推定する方法には種々あるが、2001年度版の建築基礎構造設計指針では、凍結サンプリング試料を用いた三軸圧縮試験結果から導かれた、有効上載圧を考慮した式が提案されている。

地盤状況（地下水や地層）の深度方向に有効上載圧は増加・変化するので、貫入試験深度毎にせん断抵抗を求め、対象層の平均値を提案する。

なお、今回は①大崎の式、②有効上載圧を考慮した畑中の式を用いて、せん断抵抗角を求める。粘性土層のせん断抵抗角は、微少であることから無視する。

##### ① 大崎の式

$$\phi = \sqrt{20 N_1} + 15^\circ \quad \dots\dots\dots \text{式 5.3}$$

##### ② 畑中の式

$$\phi = \sqrt{20 N_1} + 20^\circ \quad (3.5 \leq N_1 \leq 20) \quad \dots\dots\dots \text{式 5.4 (1)}$$

$$\phi = 40^\circ \quad (20 < N_1) \quad \dots\dots\dots \text{式 5.4 (2)}$$

但し、 $N_1 = N \cdot \sqrt{98 / \sigma'_{v0}}$ （有効上載圧を補正した換算  $N$  値  $\sigma'_{v0}$  kN/m<sup>2</sup>）

ここに、

$\phi$  : 砂のせん断抵抗角 (°)

$\sigma'_v$  : 有効上載圧 (kN/m<sup>2</sup>) で標準貫入試験を実施した時点の値

$N$ 値より  $\phi$  を推定する方法に下図がある。

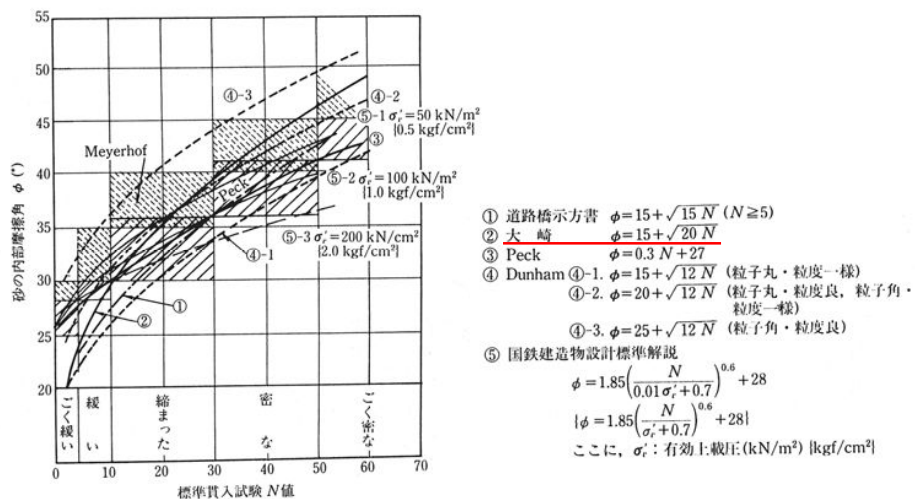


図-5.2 砂のせん断抵抗角  $\phi$  と  $N$  値との関係

「地盤調査の方法と解説 平成 25 年 公益社団法人地盤工学会」 p. 306

式 5. 3, 5. 4 で求めたせん断抵抗角を, 各層の平均値で示すと下表のようになる。

表-5.4 有効上載圧を考慮したせん断抵抗角

| 土層記号  | 代表 $N$ 値 | $N$ 値 推 定 $\phi$ (°) |      |      |      |                   | 採用値<br>$\phi$<br>(°) |
|-------|----------|----------------------|------|------|------|-------------------|----------------------|
|       |          | B-1                  | B-2  | B-3  | B-4  | B-5               |                      |
| Bs    | 4        | —                    | —    | —    | —    | —                 | 0                    |
| Ac    | 5        | —                    | —    | —    | —    | —                 | 0                    |
| As    | 6        | —                    | —    | 33.0 | 31.8 | 24.6 <sup>※</sup> | 25                   |
| Lm    | 3        | —                    | —    | —    | —    | —                 | 0                    |
| Jc    | 6        | —                    | —    | —    | —    | —                 | 0                    |
| Js    | 9        | 33.8                 | —    | —    | —    | —                 | 30                   |
| Ds1   | 12       | 40.0                 | 35.5 | —    | —    | —                 | 35                   |
| Dc1   | 3        | —                    | —    | —    | —    | —                 | 0                    |
| Ds2   | 41       | 40.0                 | 39.8 | —    | —    | —                 | 40                   |
| Ds3   | 20       | —                    | 39.6 | 38.4 | 36.8 | 32.8              | 35                   |
| Ds4   | 45       | —                    | 40.0 | 40.0 | 39.5 | 40.0              | 40                   |
| Dc/s5 | 26       | —                    | 38.1 | —    | 35.3 | 37.5              | 35                   |
| Ds6   | 50       | —                    | 40.0 | —    | 40.0 | 40.0              | 40                   |

※B-5 地点の As 層は  $N_1 \leq 3.5$  であるため大崎の式で求め, 採用値は最小値を丸めた

表-5.5(1) B-1 地点せん断抵抗角算定結果

| 深度<br>Z (m) | 記号  | N 値  | 全応力<br>$\delta v$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 有効応力<br>$\delta v'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 有効応力<br>考慮 N 値<br>N1 | ①大崎の式<br>$\phi (^{\circ})$ | ①平均<br>$\phi (^{\circ})$ | ②畑中の式<br>$\phi (^{\circ})$ | ②平均<br>$\phi (^{\circ})$ |
|-------------|-----|------|---|---|----------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1.45        | Bs  | 4.0  | 23.34                                     | 23.34                                       | 8.20                 | 23.9                       | 23.9                     | 32.8                       | 32.8                     |
| 2.45        | Lm  | 4.0  | 36.54                                     | 36.54                                       | 6.55                 | —                          | —                        | —                          | —                        |
| 3.46        | Lm  | 2.9  | 49.87                                     | 49.87                                       | 4.07                 | —                          |                          | —                          |                          |
| 4.45        | Lm  | 5.0  | 62.94                                     | 62.94                                       | 6.24                 | —                          |                          | —                          |                          |
| 5.45        | Js  | 9.0  | 79.74                                     | 79.74                                       | 9.98                 | 28.4                       | 28.4                     | 34.1                       | 33.8                     |
| 6.45        | Js  | 9.0  | 97.74                                     | 97.54                                       | 9.02                 | 28.4                       |                          | 33.4                       |                          |
| 7.45        | Ds1 | 23.0 | 115.74                                    | 105.73                                      | 22.14                | 36.4                       | —                        | 40.0                       | 40.0                     |
| 8.45        | Dc1 | 5.0  | 132.25                                    | 112.43                                      | 4.67                 | —                          |                          | —                          |                          |
| 9.45        | Dc1 | 3.0  | 147.95                                    | 118.32                                      | 2.73                 | —                          |                          | —                          |                          |
| 10.45       | Dc1 | 3.0  | 163.65                                    | 124.21                                      | 2.66                 | —                          |                          | —                          |                          |
| 11.45       | Dc1 | 5.0  | 179.35                                    | 130.10                                      | 4.34                 | —                          | —                        | —                          | 40.0                     |
| 12.35       | Ds2 | 50.0 | 196.28                                    | 138.20                                      | 42.10                | 46.6                       | 40.0                     |                            |                          |
| 13.45       | Ds2 | 47.0 | 217.18                                    | 148.31                                      | 38.20                | 45.7                       | 40.0                     |                            |                          |
| 14.33       | Ds2 | 50.0 | 233.90                                    | 156.40                                      | 39.58                | 46.6                       | 40.0                     |                            |                          |
| 15.28       | Ds2 | 50.0 | 251.95                                    | 165.13                                      | 38.52                | 46.6                       | 40.0                     |                            |                          |
| 16.31       | Ds2 | 50.0 | 271.52                                    | 174.60                                      | 37.46                | 46.6                       | 40.0                     |                            |                          |
| 17.31       | Ds2 | 50.0 | 290.52                                    | 183.79                                      | 36.51                | 46.6                       | 40.0                     |                            |                          |
| 18.32       | Ds2 | 50.0 | 309.71                                    | 193.07                                      | 35.62                | 46.6                       | 40.0                     |                            |                          |
| 19.29       | Ds2 | 50.0 | 328.14                                    | 201.98                                      | 34.83                | 46.6                       | 40.0                     |                            |                          |
| 20.30       | Ds2 | 50.0 | 347.33                                    | 211.27                                      | 34.05                | 46.6                       | 40.0                     |                            |                          |

表-5.5(2) B-2 地点せん断抵抗角算定結果

| 深度<br>Z (m) | 記号    | N 値  | 全応力<br>$\delta v$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 有効応力<br>$\delta v'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 有効応力<br>考慮 N 値<br>N1 | ①大崎の式<br>$\phi (^{\circ})$ | ①平均<br>$\phi (^{\circ})$ | ②畑中の式<br>$\phi (^{\circ})$ | ②平均<br>$\phi (^{\circ})$ |
|-------------|-------|------|---|---|----------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1.48        | Bs    | 3.6  | 23.98                                     | 23.98                                       | 7.28                 | 23.5                       | 23.2                     | 32.1                       | 31.6                     |
| 2.45        | Bs    | 4.0  | 39.69                                     | 39.69                                       | 6.29                 | 23.9                       |                          | 31.2                       |                          |
| 3.49        | Bs    | 2.6  | 56.54                                     | 56.54                                       | 3.42                 | 22.2                       |                          | —                          |                          |
| 4.46        | Lm    | 1.9  | 70.87                                     | 70.87                                       | 2.23                 | —                          | —                        | —                          | —                        |
| 5.45        | Jc    | 6.0  | 85.20                                     | 79.80                                       | 6.65                 | —                          | —                        | —                          | —                        |
| 6.45        | Ds1   | 10.0 | 102.90                                    | 87.69                                       | 10.57                | 29.1                       | 30.4                     | 34.5                       | 35.5                     |
| 7.45        | Ds1   | 15.0 | 120.90                                    | 95.88                                       | 15.16                | 32.3                       |                          | 37.4                       |                          |
| 8.45        | Ds1   | 11.0 | 138.90                                    | 104.07                                      | 10.67                | 29.8                       |                          | 34.6                       |                          |
| 9.50        | Dc1   | 1.7  | 155.73                                    | 110.60                                      | 1.60                 | —                          | —                        | —                          | —                        |
| 10.48       | Dc1   | 7.3  | 171.12                                    | 116.38                                      | 6.70                 | —                          |                          | —                          |                          |
| 11.45       | Ds2   | 20.0 | 188.33                                    | 124.07                                      | 17.78                | 35.0                       | 43.0                     | 38.9                       | 39.8                     |
| 12.45       | Ds2   | 25.0 | 207.33                                    | 133.26                                      | 21.44                | 37.4                       |                          | 40.0                       |                          |
| 13.45       | Ds2   | 44.0 | 226.33                                    | 142.45                                      | 36.50                | 44.7                       |                          | 40.0                       |                          |
| 14.45       | Ds2   | 45.0 | 245.33                                    | 151.64                                      | 36.18                | 45.0                       |                          | 40.0                       |                          |
| 15.42       | Ds2   | 50.0 | 263.76                                    | 160.55                                      | 39.06                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 16.45       | Ds2   | 50.0 | 283.33                                    | 170.02                                      | 37.96                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 17.45       | Ds2   | 47.0 | 302.33                                    | 179.21                                      | 34.76                | 45.7                       |                          | 40.0                       |                          |
| 18.45       | Ds3   | 35.0 | 320.88                                    | 187.95                                      | 25.27                | 41.5                       | 40.1                     | 40.0                       | 39.6                     |
| 19.45       | Ds3   | 34.0 | 338.88                                    | 196.14                                      | 24.03                | 41.1                       |                          | 40.0                       |                          |
| 20.45       | Ds3   | 26.0 | 356.88                                    | 204.33                                      | 18.01                | 37.8                       |                          | 39.0                       |                          |
| 21.45       | Ds3   | 27.0 | 374.88                                    | 212.52                                      | 18.33                | 38.2                       |                          | 39.1                       |                          |
| 22.45       | Ds3   | 27.0 | 392.88                                    | 220.71                                      | 17.99                | 38.2                       |                          | 39.0                       |                          |
| 23.45       | Ds3   | 33.0 | 410.88                                    | 228.90                                      | 21.59                | 40.7                       |                          | 40.0                       |                          |
| 24.45       | Ds3   | 36.0 | 428.88                                    | 237.09                                      | 23.15                | 41.8                       |                          | 40.0                       |                          |
| 25.45       | Ds3   | 36.0 | 446.88                                    | 245.28                                      | 22.76                | 41.8                       |                          | 40.0                       |                          |
| 26.45       | Ds3   | 31.0 | 464.88                                    | 253.47                                      | 19.28                | 39.9                       |                          | 39.6                       |                          |
| 27.36       | Ds4   | 50.0 | 481.92                                    | 261.58                                      | 30.60                | 46.6                       | 46.0                     | 40.0                       | 40.0                     |
| 28.35       | Ds4   | 50.0 | 500.73                                    | 270.68                                      | 30.09                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 29.33       | Ds4   | 50.0 | 519.35                                    | 279.69                                      | 29.60                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 30.32       | Ds4   | 50.0 | 538.16                                    | 288.78                                      | 29.13                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 31.45       | Ds4   | 40.0 | 559.63                                    | 299.17                                      | 22.89                | 43.3                       |                          | 40.0                       |                          |
| 32.45       | Dc/s5 | 25.0 | 578.43                                    | 308.16                                      | 14.10                | 37.4                       | 41.3                     | 36.8                       | 38.1                     |
| 33.33       | Dc/s5 | 50.0 | 594.27                                    | 315.37                                      | 27.87                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 34.45       | Dc/s5 | 35.0 | 614.43                                    | 324.54                                      | 19.23                | 41.5                       |                          | 39.6                       |                          |
| 35.43       | Dc/s5 | 50.0 | 632.07                                    | 332.57                                      | 27.14                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 36.45       | Dc/s5 | 19.0 | 650.43                                    | 340.92                                      | 10.19                | 34.5                       | 34.3                     | 46.6                       | 40.0                     |
| 37.45       | Ds6   | 50.0 | 668.53                                    | 349.21                                      | 26.49                | 46.6                       | 40.0                     |                            |                          |
| 38.31       | Ds6   | 50.0 | 684.87                                    | 357.11                                      | 26.19                | 46.6                       | 40.0                     |                            |                          |
| 39.42       | Ds6   | 50.0 | 705.96                                    | 367.31                                      | 25.83                | 46.6                       | 40.0                     |                            |                          |
| 40.39       | Ds6   | 50.0 | 724.39                                    | 376.23                                      | 25.52                | 46.6                       | 40.0                     |                            |                          |
| 41.34       | Ds6   | 50.0 | 724.39                                    | 376.23                                      | 25.52                | 46.6                       | 40.0                     |                            |                          |
| 42.30       | Ds6   | 50.0 | 724.39                                    | 376.23                                      | 25.52                | 46.6                       | 40.0                     |                            |                          |

表-5.5(3) B-3 地点せん断抵抗角算定結果

| 深度<br>Z (m) | 記号  | N 値  | 全応力<br>$\delta v$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 有効応力<br>$\delta v'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 有効応力<br>考慮 N 値<br>N1 | ①大崎の式<br>$\phi$ (°) | ①平均<br>$\phi$ (°) | ②畑中の式<br>$\phi$ (°) | ②平均<br>$\phi$ (°) |
|-------------|-----|------|---|---|----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1.45        | Bs  | 4.0  | 23.49                                     | 23.49                                       | 8.17                 | 23.9                | 27.0              | 32.8                | 32.1              |
| 2.47        | Bs  | 4.7  | 40.01                                     | 40.01                                       | 7.36                 | 24.7                |                   | 32.1                |                   |
| 3.45        | Bs  | 6.0  | 55.89                                     | 55.89                                       | 7.95                 | 26.0                |                   | 32.6                |                   |
| 4.45        | Bs  | 8.0  | 72.09                                     | 72.09                                       | 9.33                 | 27.6                |                   | 33.7                |                   |
| 5.45        | Bs  | 6.0  | 88.29                                     | 88.29                                       | 6.32                 | 26.0                |                   | 31.2                |                   |
| 6.45        | Bs  | 3.0  | 104.49                                    | 104.49                                      | 2.91                 | 22.7                |                   | —                   |                   |
| 7.47        | Bs  | 4.7  | 121.01                                    | 121.01                                      | 4.23                 | 24.7                |                   | 29.2                |                   |
| 8.45        | Bs  | 11.0 | 136.89                                    | 136.89                                      | 9.31                 | 29.8                |                   | 33.6                |                   |
| 9.45        | Bs  | 8.0  | 153.09                                    | 153.09                                      | 6.40                 | 27.6                |                   | 31.3                |                   |
| 10.45       | Bs  | 12.0 | 169.29                                    | 169.29                                      | 9.13                 | 30.5                |                   | 33.5                |                   |
| 11.45       | Bs  | 12.0 | 185.49                                    | 185.49                                      | 8.72                 | 30.5                |                   | 33.2                |                   |
| 12.45       | Bs  | 7.0  | 201.69                                    | 201.69                                      | 4.88                 | 26.8                |                   | 29.9                |                   |
| 13.45       | Bs  | 11.0 | 217.89                                    | 217.89                                      | 7.38                 | 29.8                |                   | 32.1                |                   |
| 14.45       | Ac  | 9.0  | 235.07                                    | 227.71                                      | 5.90                 | —                   | —                 | —                   |                   |
| 15.45       | Ac  | 8.0  | 252.57                                    | 235.40                                      | 5.16                 | —                   | —                 | —                   |                   |
| 16.45       | As  | 11.0 | 269.79                                    | 242.81                                      | 6.99                 | 29.8                | 31.4              | 31.8                | 33.0              |
| 17.45       | As  | 16.0 | 286.79                                    | 250.00                                      | 10.02                | 32.9                |                   | 34.2                |                   |
| 18.45       | Ds3 | 17.0 | 304.64                                    | 258.04                                      | 10.48                | 33.4                | 39.3              | 34.5                | 38.4              |
| 19.45       | Ds3 | 27.0 | 322.64                                    | 266.23                                      | 16.38                | 38.2                |                   | 38.1                |                   |
| 20.45       | Ds3 | 26.0 | 340.64                                    | 274.42                                      | 15.54                | 37.8                |                   | 37.6                |                   |
| 21.45       | Ds3 | 27.0 | 358.64                                    | 282.61                                      | 15.90                | 38.2                |                   | 37.8                |                   |
| 22.45       | Ds3 | 30.0 | 376.64                                    | 290.80                                      | 17.42                | 39.5                |                   | 38.7                |                   |
| 23.45       | Ds3 | 31.0 | 394.64                                    | 298.99                                      | 17.75                | 39.9                |                   | 38.8                |                   |
| 24.45       | Ds3 | 39.0 | 412.64                                    | 307.18                                      | 22.03                | 42.9                |                   | 40.0                |                   |
| 25.45       | Ds3 | 35.0 | 430.64                                    | 315.37                                      | 19.51                | 41.5                |                   | 39.8                |                   |
| 26.45       | Ds3 | 37.0 | 448.64                                    | 323.56                                      | 20.36                | 42.2                |                   | 40.0                |                   |
| 27.45       | Ds4 | 48.0 | 467.49                                    | 332.60                                      | 26.06                | 46.0                | 46.5              | 40.0                | 40.0              |
| 28.45       | Ds4 | 50.0 | 486.49                                    | 341.79                                      | 26.77                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |
| 29.44       | Ds4 | 50.0 | 505.30                                    | 350.89                                      | 26.42                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |
| 30.35       | Ds4 | 50.0 | 522.59                                    | 359.25                                      | 26.11                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |
| 31.30       | Ds4 | 50.0 | 540.64                                    | 367.98                                      | 25.80                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |
| 32.40       | Ds4 | 50.0 | 561.54                                    | 378.09                                      | 25.46                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |
| 33.36       | Ds4 | 50.0 | 579.78                                    | 386.92                                      | 25.16                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |

表-5.5(4) B-4 地点せん断抵抗角算定結果

| 深度<br>Z (m) | 記号    | N 値  | 全応力<br>$\delta v$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 有効応力<br>$\delta v'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 有効応力<br>考慮 N 値<br>N1 | ①大崎の式<br>$\phi (^{\circ})$ | ①平均<br>$\phi (^{\circ})$ | ②畑中の式<br>$\phi (^{\circ})$ | ②平均<br>$\phi (^{\circ})$ |
|-------------|-------|------|---|---|----------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1.48        | Bs    | 4.5  | 23.98                                     | 23.98                                       | 9.10                 | 24.5                       | 25.3                     | 33.5                       | 30.5                     |
| 2.50        | Bs    | 2.6  | 40.50                                     | 40.50                                       | 4.04                 | 22.2                       |                          | 29.0                       |                          |
| 3.48        | Bs    | 1.8  | 56.38                                     | 56.38                                       | 2.37                 | 21.0                       |                          | —                          |                          |
| 4.45        | Bs    | 5.0  | 72.09                                     | 72.09                                       | 5.83                 | 25.0                       |                          | 30.8                       |                          |
| 5.45        | Bs    | 5.0  | 88.29                                     | 88.29                                       | 5.27                 | 25.0                       |                          | 30.3                       |                          |
| 6.45        | Bs    | 5.0  | 104.49                                    | 104.49                                      | 4.84                 | 25.0                       |                          | 29.8                       |                          |
| 7.45        | Bs    | 7.0  | 120.69                                    | 120.69                                      | 6.31                 | 26.8                       |                          | 31.2                       |                          |
| 8.45        | Bs    | 10.0 | 136.89                                    | 136.89                                      | 8.46                 | 29.1                       |                          | 33.0                       |                          |
| 9.45        | Bs    | 6.0  | 153.09                                    | 153.09                                      | 4.80                 | 26.0                       |                          | 29.8                       |                          |
| 10.47       | Bs    | 2.8  | 169.61                                    | 169.61                                      | 2.13                 | 22.5                       |                          | —                          |                          |
| 11.45       | Bs    | 5.0  | 185.49                                    | 185.49                                      | 3.63                 | 25.0                       |                          | 28.5                       |                          |
| 12.45       | Bs    | 8.0  | 201.69                                    | 201.69                                      | 5.58                 | 27.6                       |                          | 30.6                       |                          |
| 13.45       | Bs    | 8.0  | 217.89                                    | 217.89                                      | 5.37                 | 27.6                       |                          | 30.4                       |                          |
| 14.45       | Bs    | 7.0  | 234.09                                    | 234.09                                      | 4.53                 | 26.8                       |                          | 29.5                       |                          |
| 15.45       | As    | 5.0  | 250.73                                    | 245.33                                      | 3.16                 | 25.0                       | —                        | 31.8                       |                          |
| 16.45       | As    | 9.0  | 267.73                                    | 252.52                                      | 5.61                 | 28.4                       | 30.6                     |                            |                          |
| 17.45       | As    | 12.0 | 284.73                                    | 259.71                                      | 7.37                 | 30.5                       | 32.1                     |                            |                          |
| 18.45       | As    | 13.0 | 301.73                                    | 266.90                                      | 7.88                 | 31.1                       | 32.6                     |                            |                          |
| 19.45       | Ds3   | 15.0 | 319.38                                    | 274.74                                      | 8.96                 | 32.3                       | 37.5                     | 33.4                       | 36.8                     |
| 20.45       | Ds3   | 21.0 | 337.38                                    | 282.93                                      | 12.36                | 35.5                       |                          | 35.7                       |                          |
| 21.45       | Ds3   | 19.0 | 355.38                                    | 291.12                                      | 11.02                | 34.5                       |                          | 34.8                       |                          |
| 22.45       | Ds3   | 25.0 | 373.38                                    | 299.31                                      | 14.31                | 37.4                       |                          | 36.9                       |                          |
| 23.45       | Ds3   | 38.0 | 391.38                                    | 307.50                                      | 21.45                | 42.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 24.45       | Ds3   | 21.0 | 409.38                                    | 315.69                                      | 11.70                | 35.5                       |                          | 35.3                       |                          |
| 25.45       | Ds3   | 37.0 | 427.38                                    | 323.88                                      | 20.35                | 42.2                       |                          | 40.0                       |                          |
| 26.45       | Ds3   | 29.0 | 445.38                                    | 332.07                                      | 15.75                | 39.1                       |                          | 37.8                       |                          |
| 27.45       | Ds3   | 27.0 | 463.38                                    | 340.26                                      | 14.49                | 38.2                       | 37.0                     |                            |                          |
| 28.45       | Ds4   | 41.0 | 481.83                                    | 348.90                                      | 21.73                | 43.6                       | 44.6                     | 40.0                       | 39.5                     |
| 29.44       | Ds4   | 50.0 | 500.64                                    | 358.00                                      | 26.16                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 30.40       | Ds4   | 50.0 | 518.88                                    | 366.83                                      | 25.84                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 31.37       | Ds4   | 50.0 | 537.31                                    | 375.74                                      | 25.54                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 32.45       | Ds4   | 30.0 | 557.83                                    | 385.66                                      | 15.12                | 39.5                       |                          | 37.4                       |                          |
| 33.45       | Dc/s5 | 28.0 | 576.28                                    | 394.30                                      | 13.96                | 38.7                       | 36.8                     | 36.7                       | 35.3                     |
| 34.45       | Dc/s5 | 35.0 | 594.28                                    | 402.49                                      | 17.27                | 41.5                       |                          | 38.6                       |                          |
| 35.45       | Dc/s5 | 11.0 | 612.28                                    | 410.68                                      | 5.37                 | 29.8                       |                          | 30.4                       |                          |
| 36.45       | Dc/s5 | 24.0 | 630.28                                    | 418.87                                      | 11.61                | 36.9                       |                          | 35.2                       |                          |
| 37.45       | Dc/s5 | 25.0 | 648.28                                    | 427.06                                      | 11.98                | 37.4                       |                          | 35.5                       |                          |
| 38.42       | Ds6   | 50.0 | 666.26                                    | 435.53                                      | 23.72                | 46.6                       | 46.6                     | 40.0                       | 40.0                     |
| 39.41       | Ds6   | 50.0 | 685.07                                    | 444.63                                      | 23.47                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 40.45       | Ds6   | 50.0 | 704.83                                    | 454.18                                      | 23.23                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 41.36       | Ds6   | 50.0 | 704.83                                    | 454.18                                      | 23.23                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 42.34       | Ds6   | 50.0 | 704.83                                    | 454.18                                      | 23.23                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |
| 43.39       | Ds6   | 50.0 | 704.83                                    | 454.18                                      | 23.23                | 46.6                       |                          | 40.0                       |                          |



表-5.5(5) B-5 地点せん断抵抗角算定結果

| 深度<br>Z (m) | 記号    | N 値  | 全応力<br>$\delta v$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 有効応力<br>$\delta v'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 有効応力<br>考慮 N 値<br>N1 | ①大崎の式<br>$\phi$ (°) | ①平均<br>$\phi$ (°) | ②畑中の式<br>$\phi$ (°) | ②平均<br>$\phi$ (°) |
|-------------|-------|------|---|---|----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1.45        | Bs    | 4.0  | 23.49                                     | 23.49                                       | 8.17                 | 23.9                | 24.7              | 32.8                | 31.1              |
| 2.45        | Bs    | 4.0  | 39.69                                     | 39.69                                       | 6.29                 | 23.9                |                   | 31.2                |                   |
| 3.48        | Bs    | 1.8  | 56.38                                     | 56.38                                       | 2.37                 | 21.0                |                   | —                   |                   |
| 4.45        | Bs    | 8.0  | 72.09                                     | 72.09                                       | 9.33                 | 27.6                |                   | 33.7                |                   |
| 5.47        | Bs    | 2.8  | 88.61                                     | 88.61                                       | 2.94                 | 22.5                |                   | —                   |                   |
| 6.45        | Bs    | 8.0  | 104.49                                    | 104.49                                      | 7.75                 | 27.6                |                   | 32.4                |                   |
| 7.45        | Bs    | 8.0  | 120.69                                    | 120.69                                      | 7.21                 | 27.6                |                   | 32.0                |                   |
| 8.45        | Bs    | 5.0  | 136.89                                    | 136.89                                      | 4.23                 | 25.0                |                   | 29.2                |                   |
| 9.46        | Bs    | 2.9  | 153.25                                    | 153.25                                      | 2.32                 | 22.6                |                   | —                   |                   |
| 10.45       | Bs    | 5.0  | 169.29                                    | 169.29                                      | 3.80                 | 25.0                |                   | 28.7                |                   |
| 11.45       | Bs    | 5.0  | 185.49                                    | 185.49                                      | 3.63                 | 25.0                |                   | 28.5                |                   |
| 12.45       | Ac    | 6.0  | 202.41                                    | 197.01                                      | 4.23                 | —                   | —                 | —                   |                   |
| 13.45       | Ac    | 4.0  | 219.91                                    | 204.70                                      | 2.77                 | —                   | —                 | —                   |                   |
| 14.45       | As    | 5.0  | 237.03                                    | 212.01                                      | 3.40                 | 25.0                | 24.6              | —                   | $N_1 \leq 3.5$    |
| 15.45       | As    | 4.0  | 254.03                                    | 219.20                                      | 2.67                 | 23.9                |                   | —                   |                   |
| 16.45       | As    | 5.0  | 271.03                                    | 226.39                                      | 3.29                 | 25.0                |                   | —                   |                   |
| 17.45       | Ds3   | 13.0 | 288.68                                    | 234.23                                      | 8.41                 | 31.1                | 31.7              | 33.0                | 32.8              |
| 18.45       | Ds3   | 12.0 | 306.68                                    | 242.42                                      | 7.63                 | 30.5                |                   | 32.4                |                   |
| 19.45       | Ds3   | 6.0  | 324.68                                    | 250.61                                      | 3.75                 | 26.0                |                   | 28.7                |                   |
| 20.45       | Ds3   | 12.0 | 342.68                                    | 258.80                                      | 7.38                 | 30.5                |                   | 32.2                |                   |
| 21.45       | Ds3   | 14.0 | 360.68                                    | 266.99                                      | 8.48                 | 31.7                |                   | 33.0                |                   |
| 22.45       | Ds3   | 13.0 | 378.68                                    | 275.18                                      | 7.76                 | 31.1                |                   | 32.5                |                   |
| 23.45       | Ds3   | 18.0 | 396.68                                    | 283.37                                      | 10.59                | 34.0                |                   | 34.6                |                   |
| 24.45       | Ds3   | 12.0 | 414.68                                    | 291.56                                      | 6.96                 | 30.5                |                   | 31.8                |                   |
| 25.45       | Ds3   | 7.0  | 432.68                                    | 299.75                                      | 4.00                 | 26.8                |                   | 28.9                |                   |
| 26.45       | Ds3   | 12.0 | 450.68                                    | 307.94                                      | 6.77                 | 30.5                |                   | 31.6                |                   |
| 27.45       | Ds3   | 16.0 | 468.68                                    | 316.13                                      | 8.91                 | 32.9                |                   | 33.3                |                   |
| 28.45       | Ds3   | 26.0 | 486.68                                    | 324.32                                      | 14.29                | 37.8                | 36.9              |                     |                   |
| 29.45       | Ds3   | 29.0 | 504.68                                    | 332.51                                      | 15.74                | 39.1                | 37.7              |                     |                   |
| 30.45       | Ds4   | 42.0 | 523.13                                    | 341.15                                      | 22.51                | 44.0                | 45.7              | 40.0                | 40.0              |
| 31.44       | Ds4   | 50.0 | 541.94                                    | 350.25                                      | 26.45                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |
| 32.45       | Ds4   | 50.0 | 561.13                                    | 359.53                                      | 26.10                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |
| 33.41       | Dc/s5 | 50.0 | 578.76                                    | 367.75                                      | 25.81                | 46.6                | 41.8              | 40.0                | 37.5              |
| 34.36       | Dc/s5 | 50.0 | 595.86                                    | 375.53                                      | 25.54                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |
| 35.45       | Dc/s5 | 24.0 | 615.48                                    | 384.45                                      | 12.12                | 36.9                |                   | 35.6                |                   |
| 36.44       | Dc/s5 | 50.0 | 633.30                                    | 392.56                                      | 24.98                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |
| 37.45       | Dc/s5 | 15.0 | 651.48                                    | 400.83                                      | 7.42                 | 32.3                |                   | 32.2                |                   |
| 38.37       | Ds6   | 50.0 | 668.51                                    | 408.84                                      | 24.48                | 46.6                | 46.6              | 40.0                | 40.0              |
| 39.36       | Ds6   | 50.0 | 687.32                                    | 417.94                                      | 24.21                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |
| 40.40       | Ds6   | 50.0 | 707.08                                    | 427.50                                      | 23.94                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |
| 41.44       | Ds6   | 50.0 | 707.08                                    | 427.50                                      | 23.94                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |
| 42.32       | Ds6   | 50.0 | 707.08                                    | 427.50                                      | 23.94                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |
| 43.37       | Ds6   | 50.0 | 707.08                                    | 427.50                                      | 23.94                | 46.6                |                   | 40.0                |                   |

### 5) 変形係数 $E$

変形係数と  $N$  値の関係に、土谷・豊岡の  $E \approx 700 N$  (kN/m<sup>2</sup>)がある。図-5.3 では、 $E \approx 400 \sim 1000 N$  の範囲にばらついており、この平均的値が  $E \approx 700 N$  である。

今回は代表  $N$  値を用いて推定するが、この関係 ( $E = 700 N$ ) は、孔内水平載荷試験で得られる変形係数  $E_m$  値を推定する。

なお、一軸・三軸試験からは、変形係数  $E_{50}$  が求められ、即時沈下の検討などに用いられる。表-5.6 には、一軸試験結果から求まる最小値  $E_{50}$  を採用した。

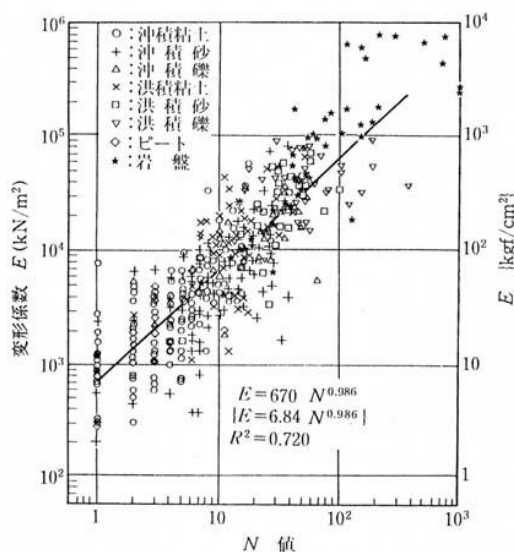


図-5.3 孔内水平載荷試験と  $N$  値の関係

「地盤調査法 平成7年 社団法人地盤工学会」 p. 201

表-5.6 変形係数

| 土層記号  | 代表 $N$ 値 | 一軸 $E_{50}$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $N$ 値推定 $E = 700 N$ (kN/m <sup>2</sup> ) | 採用値 $E$ (MN/m <sup>2</sup> ) |
|-------|----------|----------------------------------|--|------------------------------|
| Bs    | 4        | 6800                             | 2800                                     | 2                            |
| Ac    | 5        | 5200                             | 3500                                     | 3                            |
| As    | 6        | —                                | 4200                                     | 4                            |
| Lm    | 3        | 6800                             | 2100                                     | 2                            |
| Jc    | 6        | —                                | 4200                                     | 4                            |
| Js    | 9        | —                                | 6300                                     | 6                            |
| Ds1   | 12       | —                                | 8400                                     | 8                            |
| Dc1   | 3        | 4600                             | 2100                                     | 2                            |
| Ds2   | 41       | —                                | 28700                                    | 28                           |
| Ds3   | 20       | —                                | 14000                                    | 14                           |
| Ds4   | 45       | —                                | 31500                                    | 31                           |
| Dc/s5 | 26       | —                                | 18200                                    | 18                           |
| Ds6   | 50       | —                                | 35000                                    | 35                           |

以上の要領によって求めた土質定数を下表に示す。

表-5.7 土質定数の提案値

| 土層記号  | 代表 $N$ 値 | 単位体積重量<br>$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 粘着力<br>$C$ (kN/m <sup>2</sup> ) | せん断抵抗角<br>$\phi$ (°) | 変形係数<br>$E$ (MN/m <sup>2</sup> ) |
|-------|----------|---|---------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| Bs    | 4        | 16.2                                      | 50                              | 0                    | 2                                |
| Ac    | 5        | 17.5                                      | 60                              | 0                    | 3                                |
| As    | 6        | 17  | 0                               | 25                   | 4                                |
| Lm    | 3        | 13.2                                      | 45                              | 0                    | 2                                |
| Jc    | 6        | 16  | 60                              | 0                    | 4                                |
| Js    | 9        | 18  | 0                               | 30                   | 6                                |
| Ds1   | 12       | 18  | 0                               | 35                   | 8                                |
| Dc1   | 3        | 15.7                                      | 45                              | 0                    | 2                                |
| Ds2   | 41       | 19  | 0                               | 40                   | 28                               |
| Ds3   | 20       | 18  | 0                               | 35                   | 14                               |
| Ds4   | 45       | 19  | 0                               | 40                   | 31                               |
| Dc/s5 | 26       | 18  | (200)                           | (35)                 | 18                               |
| Ds6   | 50       | 19  | 0                               | 40                   | 35                               |

- 1) Ac 層の定数は、盛土直下の値である。(圧密後)
- 2) Dc/s5 層は、粘性土部  $C=200$  (kN/m<sup>2</sup>),  $\phi = 0^\circ$   
砂質土部  $C= 0$  (kN/m<sup>2</sup>),  $\phi = 35^\circ$
- 3) 変形係数は、孔内水平載荷試験に対応した値であり  
水平地盤反力の計算に用いられる。  
一軸試験による  $E_{50}$  は、表-5.6 を参照。

## 5.2 地盤構成と基礎計画

調査地は、台地地形とその中央付近に枝谷が入り込んだ低地からなる。台地の凹地や浅谷箇所の埋土，低地（谷部）では12～15mの埋土によって，現況の敷地は平坦面を形成している。調査結果で付図したA-A'断面を下図に示す。台地部は，最上部にローム層（Lm）が覆う洪積地盤であるが，低地部の埋土層（Bs）下位には，沖積砂泥層（Ac・As）が4～5m堆積し，Ds3層の砂質土層より洪積層となる。

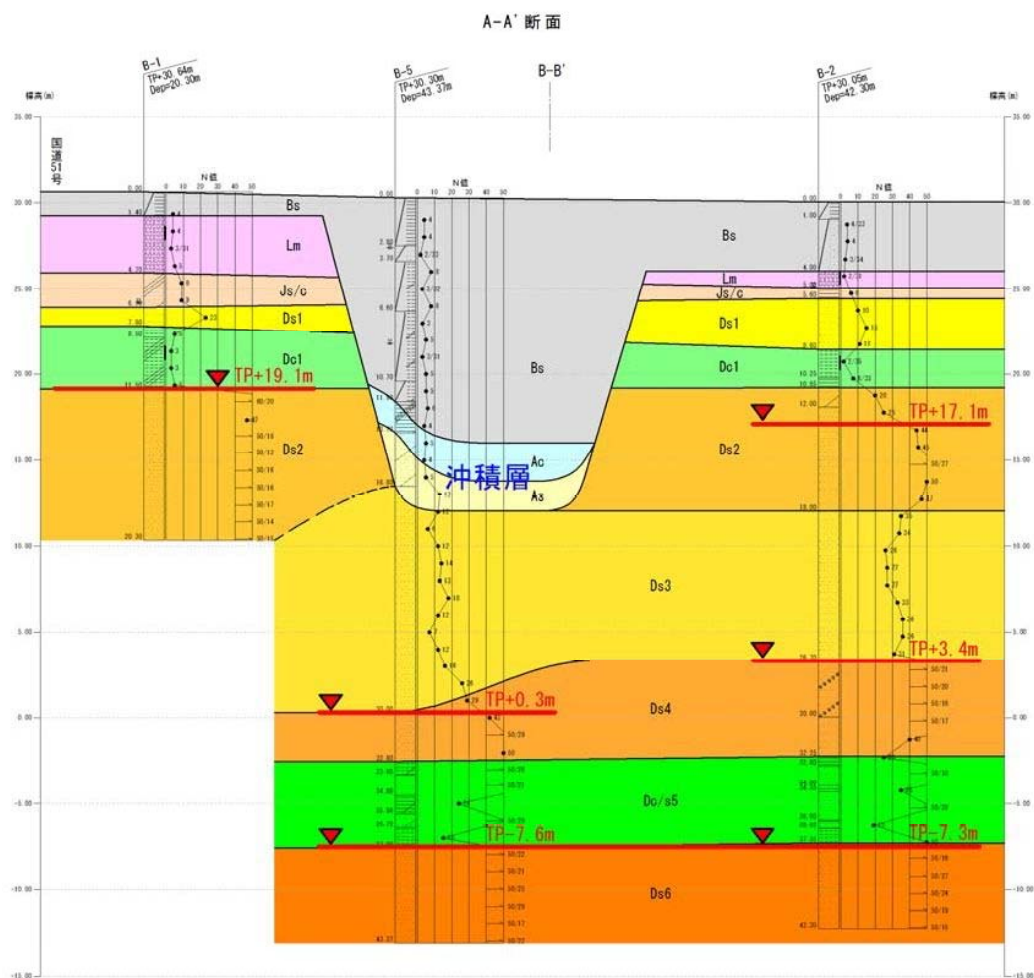


図-5.4 調査地の地質断面

表-5.8 調査地の地層区分

| 地質時代     | 地層区分      | 記号     | 主な土質名                | 層厚(m)               | N値                           | 分布・特徴  |   |   |   |
|----------|-----------|--------|----------------------|---------------------|------------------------------|--|---|---|---|
| 新<br>世   | 現世        | 埋土層    | Bs<br>砂質土<br>粘性土     | 1.40~14.90          | 1.8~12<br>(5.7)              | 台地部の表層・凹地埋土。谷部(低地)の埋積土。シルト・粘土混合の粘性土主体に砂・小礫など混じる。ガラ混入があるが今回調査では玉石程度以下を確認。   |   |   |   |
|          | 完新世       | 沖積粘性土層 | Ac<br>有機質粘土<br>砂質シルト | 1.80~2.20           | 4~9<br>(6.8)                 | 谷部(低地)の上部土層。B-4地点側は埋土直下不明瞭。沖積粘性土としてはN値・強度定数が大きい(経験的)。埋土直下のため圧密排水の影響が考えられる。 |   |   |   |
|          |           | 沖積砂質土層 | As<br>シルト混じり細砂<br>細砂 | 1.70~3.90           | 4~16<br>(8.9)                | 谷部の下部土層で含水多くルーズ(緩い)。シルトを含み腐植物を混入する。  |   |   |   |
|          | 生<br>代    | 第四紀    | 新期ローム層               | Lm<br>ローム           | 1.00~3.30                    | 1.9~5<br>(3.5)   | 台地部の最上部を覆う火山灰質粘性土。上部はやや多孔質。しだいに粘土分多くなる。高含水・高液性限界の特殊土である。                          |   |   |
|          |           |        | 常総層                  | Js/c<br>粘土<br>粘土質細砂 | 0.60~2.00                    | 6~9<br>(8.0)   | 水中堆積の火山灰が粘土化。Lm層の下位に堆積する。粘り気が非常に強い。酸化・炭化部分不規則に混じる。B-1地点は粘土混じり細砂でN=9、B-2地点は粘土でN=6。 |   |   |
|          |           |        |                      | 下                   | 洪積第1砂質土層                     | Ds1<br>細砂  | 1.10~3.00   | 10~23<br>(14.8)   | 台地部に分布する。細砂主体にやや粗粒の砂を混じる。全体的に含水多い。上部は一様に酸化し黄褐色を呈す。                                    |
|          |           |        | 新<br>世               | 群                   | 洪積第1粘性土層                     | Dc1<br>粘土<br>シルト<br>粘土質シルト   | 2.25~3.70   | 1.7~7.3<br>(4.2)  | 台地部に分布する。均質なシルト・粘土。上部に酸化した部分、やや軟化した部分が見られる。   |
|          |           |        |                      |                     | 洪積第2砂質土層                     | Ds2<br>粘土混じり細砂<br>細砂   | 7.15~8.80以上   | 20~50以上<br>(45.5)   | 粒子均一な細砂主体。酸化部分を薄く層状に挟む。B-1地点の上部は貝殻片を混入。N50を連続する。B-2地点は上部の層境N=20~25、以深N=44~50以上。       |
|          |           |        |                      |                     | 洪積第3砂質土層                     | Ds3<br>細砂<br>微細砂<br>シルト混じり細砂   | 8.70~13.20  | 6~39<br>(24.4)  | 台地部から谷部(低地)に続く。粒子均一な微細砂主体。N=20~30を主体とするが谷部は上部の層境。台地際のB-5地点はN=10~20主体(特にB-5地点は全体的に緩い)。 |
|          |           |        |                      |                     | 洪積第4砂質土層                     | Ds4<br>シルト混じり細砂<br>細砂<br>貝殻混じり細砂   | 2.80~6.76以上   | 30~50以上<br>(47.6)   | 調査地全域に分布。粒子均一な細砂主体。含水中位。少量の粘土を挟む。中砂を混じる所がある。N50続くが部分的にN=30~48に落ちる所がある。                |
| 洪積第5砂泥互層 |           |        |                      |                     | Dc/s5<br>細砂<br>砂混じりシルト<br>粘土 | 5.00~5.10  | 11~50以上<br>(32.7)   | 1m前後の厚さで砂・泥が互層をなす。砂質土層は厚さ0.80~1.20m、N=35~50以上。粘性土層は厚さ0.80~3.20m、N=11~50以上。硬質・固結状。 |   |
| 洪積第6砂質土層 | Ds6<br>細砂 | 4.95以上 |                      |                     | 50以上                         | 粒子細かく均一な暗灰色の細砂主体。含水中位。所々シルトを薄く挟むがN≧50を連続する(5m)。                            |   |   |   |

建築基礎構造設計指針による基礎構造を選定するうえでの基本原則としては、次のように示されている。

- a) 建物の要求性能を満たす(鉛直・水平)支持性能と沈下・変形性能が確保できること
- b) 施工性で優れ施工品質に対する信頼性が高いこと
- c) 敷地周辺への環境保全上の影響が少ないこと
- d) そのうえで経済性に優れていること

「建築基礎構造設計指針」2001年改定 社団法人日本建築学会より

1. 支持地盤や基礎の選定にあたっては、要求性能を満足する組み合わせを抽出し、その構造性能のほか、施工性や経済性等に関する比較検討を行ったうえで最も合理的な基礎形式を選定する。
2. 基礎の選定にあたっては、敷地周辺に及ぼす影響を十分に考慮する。

すなわち建築基礎の支持層は、地盤条件や建物の要求性能によって変わるが、調査段階に於いては下記が目安となる。これら①~③に該当する地層としては、Ds2層、Ds4層、Ds6層が挙げられる。

- ① 砂・砂質土でN値≧30~50、粘性土でN値≧20~30
- ② かつ層厚が5~10m以上あること
- ③ 支持層以深に軟弱・圧密沈下を生じるような地盤がないこと

以下、埋土層と洪積各層について地盤評価する。

#### 埋土層 (Bs)

全般的に良く締固められた砂とシルト・粘土の混合土からなるが、水気の多い部分の軟化や緩い部分、碎石・礫混入部や固化した部分などがあり、 $N$ 値 2~12 にばらつく。B-3 地点の三軸試験 (UU) より、粘着力  $C=50\text{kN/m}^2$  が得られ、長期許容支持力度の概算値は  $qa=(5.3 \times C)/3=88\text{kN/m}^2$  となる。この値は、戸建て程度の荷重に於いては支持層になりうるが、不均質地盤であること、台地 (地山) との境付近は、下部の地盤状況によって不同沈下を生じる可能性があり、その対策として地盤改良を行うことがある。

#### 新期ローム層 (Lm)

洪積層の粘性土は、 $N$ 値が低い値でも (沖積粘性土と同じでも)、時代効果の影響で強度定数が大きく得られることが知られている。B-1・B-2 地点の一軸・三軸試験 (UU) より、粘着力  $C=45\text{kN/m}^2$  が得られ、長期許容支持力度の概算値は  $qa=(5.3 \times C)/3 \approx 80\text{kN/m}^2$  となる。Bs 層同様、軽量構造物基礎の支持層になるが、B-2 地点側の出現深度が 3m 程低い、低地部は欠層するので、分布範囲が限定的である。また、高含水高液性限界の特殊土であり、含水比の増加や乱れの影響で著しく強度が低下する。降雨時の施工には留意が必要である。

#### 常総層 (Js/c)・洪積第 1 砂質土層 (Ds1)・洪積第 1 粘性土層 (Dc1)

Lm 層と同程度、それ以上 (根入れ効果もある) の長期許容支持力度が考えられるが、分布範囲は Lm 層と同じで、低地部は欠層する。また、Js/c 層と Ds1 層は層厚が薄く、Dc1 層は液性指数が高く、乱れの影響を受けやすい性質がある。

#### 洪積第 2 砂質土層 (Ds2)

標高 19m 以深より分布する粒子均一な細砂で、B-1 地点は  $N$ 値 50 以上を連続、B-2 地点は上部 1~2m が  $N$ 値 20~25、それより以深が  $N$ 値 44~50 以上となる。 $N$ 値 44 以上の層厚は 5.00~8.80m 以上あるので支持層と期待されるが、低地部は欠層するため台地部のみが対象となる。

#### 洪積第 3 砂質土層 (Ds3)

標高 12m 付近からは、シルト分を含む層厚 8.70~13.20m の微細砂~細砂である。層厚はあるが  $N$ 値 6~39 にばらつくため、支持層としては不適である。B-1 地点は Ds2 層が  $N$ 値 50 以上の連続層 (層厚 5m 以上) であり、当層を確認していないが、B-2~B-5 地点と同様に分布するものと考えられる。

#### 洪積第4砂質土層 (Ds4)

Ds3層と同じ粒子均一な微細砂～細砂を主とするが、 $N$ 値 30～50 以上を連続する。B-3 地点は $N$ 値 50 以上の連続層であるが B-2, B-4, B-5 地点は下部ほどシルトを頻繁に挟み、 $N$ 値 30～40 を示す。層厚は 2.80～5.55m であり (B-3 地点除く)、B-5 地点の層厚が薄い。従って、下位層への影響を確認する必要があり、信頼性・安定性はやや劣ると考える。

#### 洪積第5砂泥互層 (Dc/s5)

細砂と硬いシルト・粘土が互層を構成する。砂質土部の $N$ 値 35～50 以上、粘性土部は $N$ 値 11～35 (固化した 50 以上除く) の範囲にある。層厚は 5m 程あるが、不規則に互層をなすので、支持層としては不適と考える。

#### 洪積第6砂質土層 (Ds6)

標高-7m 以深 (孔口深度 GL-37～-38m) からは、暗灰色の細砂を主体とする。薄くシルトを挟む部分が見られるが B-2, B-4, B-5 地点で $N$ 値 50 以上を連続して 5m 確認した。今回調査では、最も信頼性・安定性のある層である。

支持層の深度と、一般的な基礎構造の関係を分類すると図-5.5 のように示されるが、建物計画の構造と規模 (地下構造物がある場合など)、支持層深度、敷地条件等々によって基礎形式は選択されることになる。また、杭工法による場合の一次選定表に参表-5.2 があり、中間層などの地盤条件によって、工法も絞られてくる。

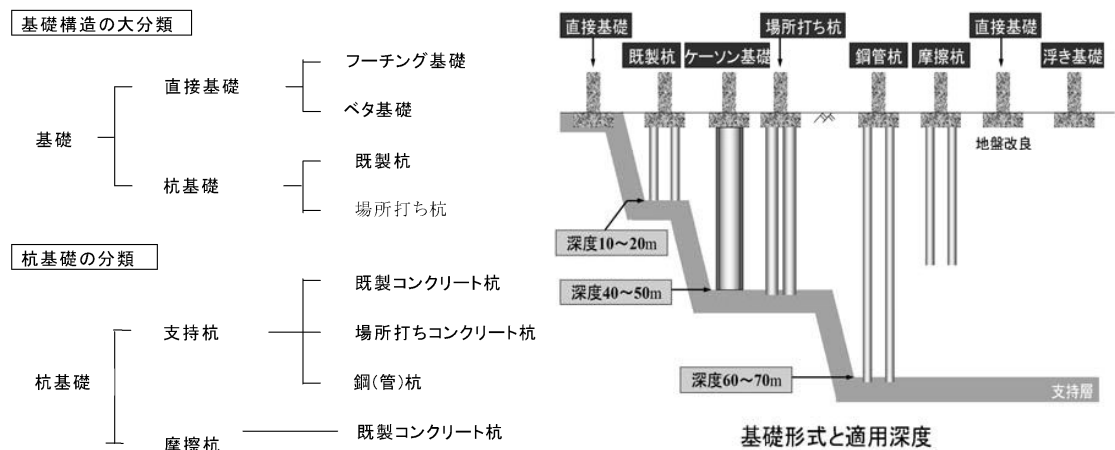


図-5.5 基礎構造の分類

建築構造設計指針 2010 東京都建築士事務所協会より





### 5.3 地震時の液状化

地震時において地盤が液状化すると構造物に過大な変形を与えるばかりでなく、液状化部分の摩擦抵抗と水平抵抗が極端に低下するので、基礎構造物への影響が非常に大きい。

「建築基礎構造設計指針 2001 年 日本建築学会」（以後、建築指針と呼ぶ）では、液状化の判定を必要とする土層として、次の事項の対象層としている。

- ・ 飽和した土層で地表面から 20m 以浅（一般的には GL-20m までの沖積層）
- ・ 細粒分含有率  $F_c \leq 35\%$  の土層（但し、埋立地盤・人工地盤など  $35\% \geq F_c$  でも粘土分  $\leq 10\%$  または塑性指数  $I_p \leq 15$  の土層）
- ・ 細粒土を含む礫層、透水性の低い土層に囲まれた礫層

これより調査地における液状化の判定が必要な地層は、低地堆積物の沖積砂泥層（Ac・As）が該当し（Ac 層の今回試験値は細粒分含有率・塑性指数が高い）、更新世（洪積層）の砂泥土層と、地下水より上部の埋土層（Bs）は液状化判定から除外される。

特に、As 層は  $N$  値 4~16 であることから、液状化の可能性が高いと想定される。仮に液状化の可能性があると判定された場合は、低減した強度定数で埋土（盛土）の安定性などを再検討する必要がある。

表-5.9 調査地の液状化判定の必要な地層

| 土層記号 | 沖積層    | 飽和土<br>(地下水以下) | 細粒分含有率<br>35%以下 | 人工地盤            |               | 細粒土<br>を含む礫 | 液状化検討<br>有・無        |
|------|--------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------|
|      |        |                |                 | 粘土分含有率<br>10%以下 | 塑性指数<br>15%以下 |             |                     |
| 人工地盤 | Bs(台地) | —              | ×               | —               | —             | ×           | 無                   |
|      | Bs(低地) | —              | ×               | ×               | ○             | ×           | 無<br>飽和した所有         |
| 沖積層  | Ac     | ○              | ○               | ×               | —             | ×           | 砂分多い所有              |
|      | As     | ○              | ○               | —               | —             | ×           | 有                   |
| 洪積層  | Lm~Ds2 | ×              | ×               | ×               | —             | ×           | 無<br>洪積粘性土<br>洪積砂質土 |
|      | Ds3    | ×              | ×               | ×               | —             | ×           | 無<br>洪積砂質土          |

○：該当する ×：該当しない —：試験データなし

建築指針による液状化の判定フローを下記に示す。

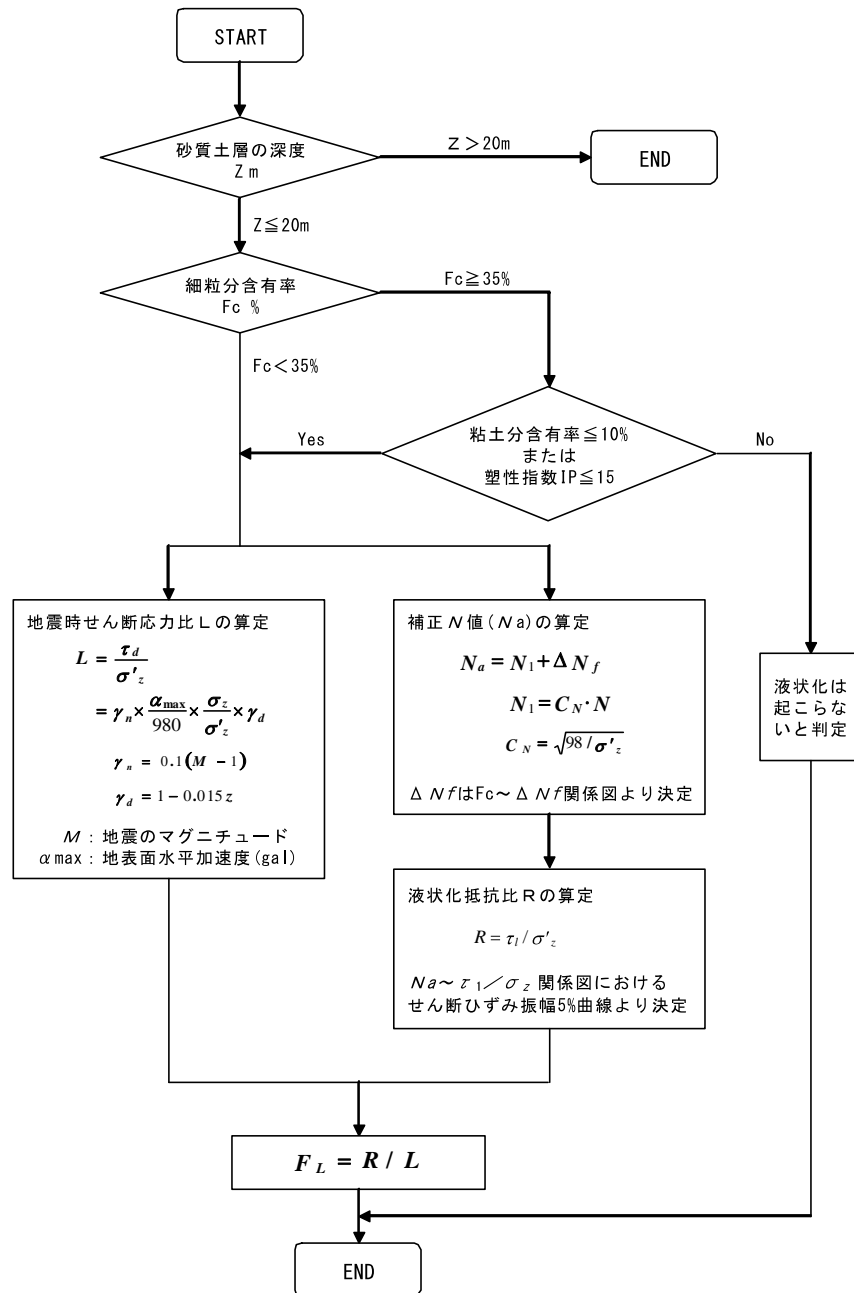


図-5.6 建築基礎構造設計指針による液状化判定フロー

## 5.4 留意の必要な地層

谷部には沖積砂泥層 (Ac・As) を埋積するが、前章で述べたように As 層は、ルーズな砂質土で液状化が懸念される。一方の Ac 層は、埋土層 (Bs) が 13.7m あり、B-3 地点の試料で  $N$  値 8~9, 粘着力  $C=61\text{ kN/m}^2$ , 圧密降伏応力  $P_c=278\text{ kN/m}^2$  を示し、埋土後の経過時間は不明であるが、埋土による圧密の影響が考えられる土質試験結果となっている。

### 1) 圧密沈下について

沈下の種類には、即時沈下と圧密沈下などがある。即時沈下は、表層部の弾性変形と考えられ、荷重度が小さい場合は即時沈下が問題になることはほとんどない。一方、圧密沈下は、増加荷重により土中の間隙水が長時間を経て排水され、結果として体積が減少する沈下で、軟弱な沖積粘性土や高有機質土などで生じ、その影響も大きい。

圧密沈下では、有効上載圧と、圧密降伏応力との関係が重要となる。図-5.7 に圧密試験結果のイメージを示したが、応力度が小さい間はほとんど体積変化 (間隙比の減少) を示さず弾性的挙動であるが、応力度が大きくなると体積は大きく減少し塑性的挙動を示す。その境界が圧密降伏応力  $P_c$  となる。

沈下の有無は、図-5.8 に示すように、有効上載圧と圧密降伏応力の大小で決まる。

- ①の状態は、有効上載圧が圧密降伏応力より大きい圧密未完了の状態 ( $P_o > P_c$ ) でこの地盤に建物を建てると大きな沈下が生じる。
- ②の状態は、①の状態から時間が経過し、ほぼ沈下が落ち着いた状態 (正規圧密  $P_o = P_c$ ) で建物荷重など新たな荷重で沈下が生ずる。
- ③の状態は、僅かに過圧密の状態 ( $P_o < P_c$ ) で沖積粘性土の多くはこのケースが多い。理論的には圧密沈下は生じないが、沖積粘性土で圧密検討を行う時には ( $P_o = P_c$ ) と考えて検討する事がある。
- ④の状態は、明らかな過圧密状態 ( $P_o < P_c$ ) でほとんどの洪積層はこの状態にある。

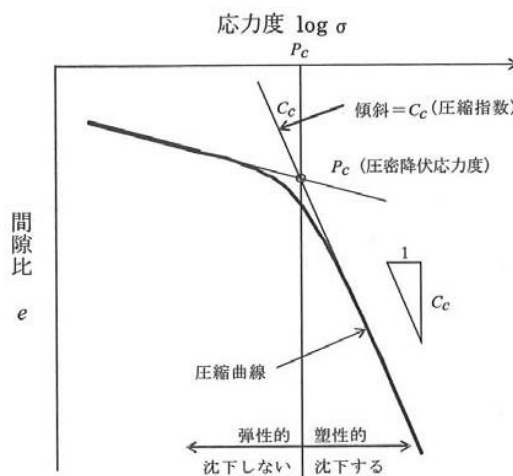


図-5.7 圧密試験結果  $e \sim \log P$  曲線イメージ

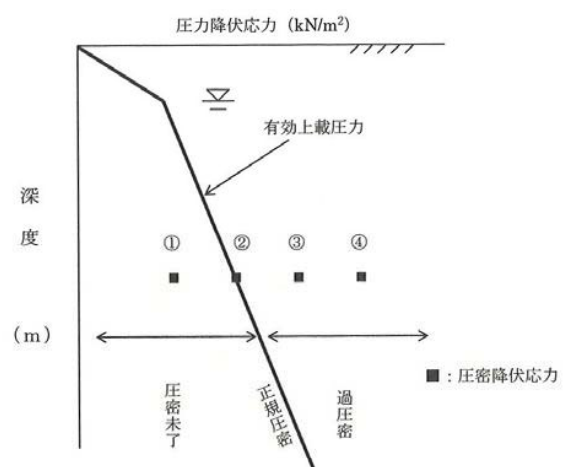


図-5.8 沈下有無の判定

## 2) Ac 層の圧密特性

B-3 地点の Ac 層の圧密降伏応力  $P_c$  と有効土被り荷重  $P_o'$  との関係は、土性図に示されるように  $P_c=278.3 > P_o'=227.3$  過圧密 1.2 であり、埋土荷重の誤差を考慮すれば正規圧密状態の②が妥当と考える。従って、新たな埋土荷重などが加われば、再び圧密沈下が生ずる可能性があることになる。

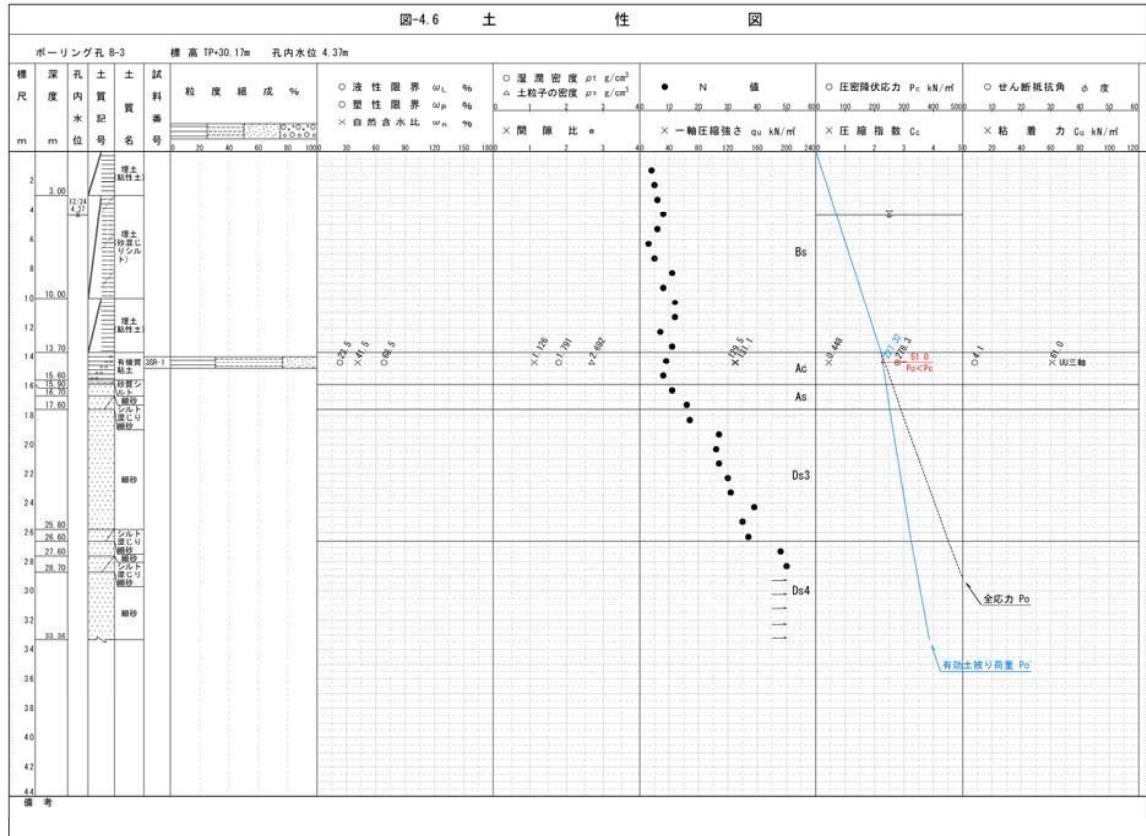


図-5.9 B-3 地点土性図(再掲)

### 3) Ac 層の圧密沈下と安定

ここで、Ac 層の沈下と安定について概略検討する。概略検討に用いる式は、「道路土工軟弱地盤対策工指針」を参考として行う。

#### 限界盛土

限界盛土高は、一軸・三軸圧縮強さからの粘着力を用いて安定計算、または安定図表を用いる方法で求められる。道路土工の軟弱地盤対策工指針 (H24.8) の解図 3-5 に示される関係より、次式で限界盛土高  $H_{EC}$  が求められる。

$$H_{EC} = q_d / \gamma_E \quad \dots\dots\dots \text{式 5.5}$$

ここに、

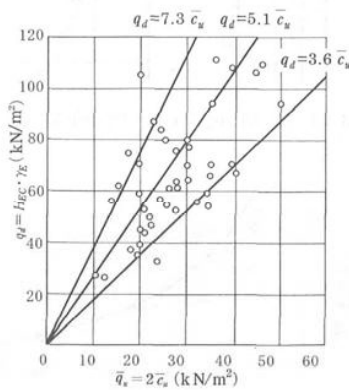
- $H_{EC}$  : 限界盛土高 (m)
- $q_d$  : 地盤の極限支持力 (kN/m<sup>2</sup>)
- $\gamma_E$  : 盛土材の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

ここで、 $q_d$  を  $5.1Cu$  (解図 3-5)、 $\gamma_E = 16.2 \text{ kN/m}^3$ 、安全率  $F_s = 1.2$  を考慮すると、式 5.5 は次のようになる。

$$H_{EC} = q_d / \gamma_E = 5.1Cu / 16.2 \times 1.2 \quad \dots\dots\dots \text{式 5.6}$$

Ac 層の限界盛土高を求めると次のようになる。

Ac 層 :  $Cu = 60 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{EC} = 306 / 19.4 = 15.7 \text{ m}$



| 地盤条件                                | $q_d$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 厚い粘性土地盤及び黒泥、または有機質土が厚く堆積した泥炭質地盤     | $3.6 \bar{c}_u$            |
| 普通の粘性土地盤                            | $5.1 \bar{c}_u$            |
| 薄い粘性土地盤及び黒泥、または有機質土をほとんど挟まない薄い泥炭質地盤 | $7.3 \bar{c}_u$            |

解図 3-5 平均一軸圧縮強さと限界支持力  $q_d$  との関係 (高速道路, 一般国道, 旧国鉄の例)

### 圧密沈下量

Ac 層の圧密試験結果  $e \sim \log P$  曲線を用い、増加応力（荷重）における概略の沈下量を求める。

#### 算定条件

- ・深度、距離に関係なく増加応力に対する影響値を 1.0 とする。
- ・圧密降伏応力  $P_c = P_o'$  有効土被り荷重の関係とする。
- ・計算式は間隙比より沈下量を求める式 5.7 を用いる。

一次圧密沈下量  $S_c$  は次式による。

$$S_c = \sum \left( \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} \right) * H \dots\dots\dots \text{式 5.7}$$

ここに、

- $S_c$  : 圧密沈下量 (cm)
- $e_0$  : 有効土被り荷重  $P_o$  に対応する間隙比 (初期間隙比)
- $e_1$  :  $P = P_o + \Delta P$  に対応する間隙比で  $e \sim \log P$  曲線から求める
- $H$  : 圧密層の層厚 (cm)
- $P_o$  : 盛土前土被り荷重 ( $\text{kN/m}^2$ )
- $\Delta P$  : 盛土荷重による増加応力 ( $\text{kN/m}^2$ )

### 概略の圧密沈下量

Ac 層 : 層厚 2.20m,  $P_o' = 55.2 \text{ kN/m}^2$ ,  $e_0 = 0.985$   
 ( $P_o'$  はサンプリング中央深度で求めた)

上記の条件で荷重 20・50・100 ( $\text{kN/m}^2$ ) を加えたケースの概略圧密沈下量を求めると、下表のように圧密沈下としては、小さい数値である。

表-5.10 増加応力と Ac 層圧密沈下量の関係

| 増加荷重 $\Delta P$ ( $\text{kN/m}^2$ )<br>換算盛土高 $\gamma_e = 16 \text{ kN/m}^3$ |            | 20<br>(1.2m) | 50<br>(3.0m) | 100<br>(6.2m) |
|---|------------|--------------|--------------|---------------|
| Ac 層  | $e_1$      | 0.975        | 0.960        | 0.940         |
|   | $S_c$ (cm) | 1.1          | 2.8          | 5.0           |

また、Ac 層の圧密時間は、平均  $\log P \sim \log C_v$  曲線より  $C_v = 1000 \text{ cm}^2/\text{d}$  ( $P = P_c$ ) 程度あるので、早い時間で収束することが考えられる。

### Ac 層の強度増加

次に、圧密沈下に伴う強度増加を求めてみる。

圧密沈下に伴う、圧密度を考慮した非排水せん断強さは、①～③の圧密状態による式を用いて求める。

① 正規圧密状態の場合 ( $P_o = P_c'$ )

$$C_{u1} = C_{u0} + m \cdot \Delta P \cdot U \quad \dots\dots\dots \text{式 5.8}$$

② 盛土荷重により正規圧密状態になる場合 ( $P_o + \Delta P > P_c'$ )

$$C_{u1} = C_{u0} + m \cdot (P_o - P_c' + \Delta P) \cdot U \quad \dots\dots\dots \text{式 5.9}$$

③ 盛土荷重の載荷後も過圧密状態の場合 ( $P_o + \Delta P \leq P_c'$ )

$$C_{u1} = C_{u0} \quad \dots\dots\dots \text{式 5.10}$$

ここに、

$C_{u1}$  : 非排水せん断強さ (kN/m<sup>2</sup>)

$C_{u0}$  : 盛土前の原地盤における土の非排水せん断強さ (kN/m<sup>2</sup>)

$m$  : 強度増加率

$P_o$  : すべり面に関わる土層の盛土前の鉛直有効応力 (kN/m<sup>2</sup>) (有効土被り荷重)

$P_c'$  : 先行圧密応力  $P_c' = C_{u0} / m$  (kN/m<sup>2</sup>)

$\Delta P$  : すべり面に関わる土層に生じる盛土荷重による鉛直増加応力 (kN/m<sup>2</sup>)

$U$  : すべり面に関わる土層の圧密度

ここで、次の条件を設定すると、

- ・ 盛土厚 13.7m, 盛土材の単位体積重量  $\gamma_E = 16.2 \text{ kN/m}^3$ , 鉛直増加応力  $\Delta P = 221 \text{ kN/m}^2$
- ・ 強度増加率  $m = 0.27$  「軟弱地盤対策工指針 解表 3-10 (p. 83)」
- ・ 圧密度  $U = 80\% = 0.8$  時の非排水せん断強さとする

解表 3-10 強度増加率  $m$  の目安

| 土 質      | $m$       |
|----------|-----------|
| 粘性土      | 0.30～0.45 |
| シルト      | 0.25～0.40 |
| 有機質土及び黒泥 | 0.20～0.35 |
| ピート      | 0.35～0.50 |

式 5.8 より、非排水せん断強さは、 $C_{u0} + 47.7 \text{ kN/m}^2$  を得る。

$$C_{u1} (=61.0 \text{ 試験値}) = C_{u0} + 0.27 \times 221 \times 0.8 = C_{u0} + 47.7 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Ac 層の初期強度は不明であるが、10～20 kN/m<sup>2</sup> を考えると、概ね現在の埋土荷重による強度増加と一致するものと考えられる。

## 5.5 今後の地質調査について

調査地には台地地形の地盤構成と、谷地形が入り込んでいることから、台地と低地の上部地層が異なるため、建物配置が決まった段階で、詳細な地質調査を行うことが考えられる。ボーリングの深度は、今回の調査結果より Ds6 層を確認する深度になるが、耐震設計上の地層を対象とした場合は、弾性波速度で  $V_s=300\sim 700\text{m/s}$ 、便宜的に  $V_s=400\text{m/s}$ 、5m 以上の地層となり、 $N$  値から推定する場合は  $N=50$  では足りず、 $N$  値の上限を 60 とするが、ボーリング孔を利用した PS 検層によって、耐震上の基盤層を確認することになる。

また、台地～低地に至る地形（旧斜面）は、 $N$  値の低い（劣化した）状態が見られるので、配置計画と斜面部が重なる場合は、密な調査が望ましく、埋土層（Bs）の安定性の検討を確認する場合は、沖積砂泥層（Ac・As）のサンプリングおよび力学特性の試験を行うことが推奨される（今回は Ac 層で 1 試料実施）。

地下水位の確認においては、埋土層中の礫・ガラの混入、台地部は締めり程度が中位～密の砂質土層のため、無水ボーリングによる地下水位確認が難しいので、必要に応じてボーリング孔を利用した観測井を設置して、確認するのが良いと考える。

以上