

4. 現位置試験結果

現位置試験は No. 1～No. 3 で標準貫入試験を 1m 毎に実施し、現場透水試験と孔内水平載荷試験は No. 4 (No. 1 の近傍) で実施した。以下に現位置試験の結果を示す。

4.1. 標準貫入試験結果

標準貫入試験は 1m 毎の土層の N 値を求める試験である。標準貫入試験結果は、3 章の中でも土層毎に記述したが、全体的な傾向を以下に記述する。各土層でとりまとめた N 値は以下の表-4.1.1 に示し、土層毎の個別の N 値は表-4.1.2 に示す。

また、標準貫入試験結果をとりまとめるに当たって、上部層は軟弱であるため貫入量が 30cm 以上となる部分が多く、以下のように N 値の補正を実施した。

平均値等の算出は、換算 N 値を使用した。換算 N 値とは実際の貫入量 a(cm) を規定値 30(cm) に換算した時の N 値である [換算 N 値 = 実測 N 値 × 30/a(回)]。

表-4.1.1. N 値一覧表

土質区分		データ数 (個)	最小N値 (回)	最大N値 (回)	平均N値 (回)	標準偏差 σ	平均N値-σ/2 (回)	
沖積層 上部層	盛土	B	3	0.9	1.9	1.3	0.4	1.1
	第1粘性土層	Ac1-1	19	0.0	4.0	1.7	1.1	1.1
	第1砂質土層	As1-1	2	3.0	3.0	3.0	0.0	3.0
	第2粘性土層	Ac1-2	19	1.2	4.0	2.6	0.7	2.3
	第2砂質土層	As1-2	5	4.0	14.0	8.4	4.2	6.3
	第3粘性土層	Ac1-3	20	1.3	5.0	3.4	1.9	2.5
	第3砂質土層	As1-3	4	4.0	9.0	6.0	0.8	5.6
沖積層 中部層	第1粘性土層	Ac2-1	47	2.8	14.0	5.6	2.0	4.6
	第1砂質土層	As2-1	18	6.0	22.0	13.2	5.1	10.6
	第2粘性土層	Ac2-2	34	4.0	11.0	7.4	1.5	6.7
	第2砂質土層	As2-2	10	7.0	54.0	28.1	15.8	20.2
	有機質土層	Apt	4	11.0	25.0	17.8	6.3	14.6
更新世	砂礫層	Pg1	25	22.0	75.0	52.7	12.9	46.3
	第1粘性土層	Pc1	3	14.0	20.0	18.0	2.8	16.6

- ・粘性土層は下位層になる毎に(深度が深くなるにつれ)、N 値は徐々に大きくなる。
- ・砂質土層は粘性土層より大きい N 値となるが、粘性土が混入する砂層の N 値は小さくなる傾向がある。
- ・沖積層上部層の第 1 粘性土層は、ハンマー(標準貫入試験用の重り)を載せた時点で自沈(N=0)する部分が認められる。
- ・沖積層中部層の有機質土層は、中位の締めり具合の砂層程度に大きな N 値が確認される。
- ・更新世の砂礫層は、礫の少ない砂層部分で N 値が低下するが、砂礫部分は概ね N 値 50 以上となる。

表-4.1.2. 標準貫入試験個別データ表

B	個数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	個数	3
	No.1	1.914										平均	1.34
	No.2	0.938										最大	1.91
	No.3	1.182										最小	0.94
Ac1-1	個数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	個数	19
	No.1	2.00	0.00	2.73	1.94	1.71						平均	1.69
	No.2	0.61	1.88	0.00	1.88	3.00	2.73	0.67	4.00			最大	4.00
	No.3	3.00	1.00	0.60	0.63	0.94	2.81					最小	0.00
As1-1	個数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	個数	2
	No.1	3.00										平均	3.00
	No.2	3.00										最大	3.00
	No.3											最小	3.00
Ac1-2	個数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	個数	19
	No.1	3.00	3.00	1.20	2.81	2.57	2.65	4.00				平均	2.64
	No.2	2.73	2.90	2.81	3.87							最大	4.00
	No.3	2.00	2.81	2.73	2.81	1.33	3.00	1.94	1.94			最小	1.20
As1-2	個数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	個数	5
	No.1	13.00	14.00									平均	8.40
	No.2	6.00	4.00									最大	14.00
	No.3	5.00										最小	4.00
Ac1-3	個数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	個数	20
	No.1	4.00	4.00	3.00	3.87	5.00	4.00					平均	3.40
	No.2	3.00	1.33	3.64	2.57	3.00						最大	5.00
	No.3	3.00	2.81	3.87	2.90	3.00	5.00	3.00	4.00	3.00		最小	1.33
As1-3	個数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	個数	4
	No.1	9.00										平均	6.00
	No.2	5.00										最大	9.00
	No.3	4.00	6.00									最小	4.00
Ac2-1	個数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	個数	47
	No.1	6.00	9.00	2.90	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00	6.00	10.00	平均	5.58
		6.00	7.00	5.00	8.00	14.00	5.00	5.00				最大	14.00
	No.2	3.87	6.00	6.00	6.00	4.00	2.81	4.00	6.00	6.00	4.00	最小	2.81
		4.00	7.00	6.00	7.00	3.00	8.00						
	No.3	3.87	5.00	5.00	4.00	6.00	4.00	4.00	2.90	2.90	6.00		
4.00		7.00	6.00	6.00									
As2-1	個数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	個数	18
	No.1	7.00	15.00	20.00	15.00	19.00						平均	13.17
	No.2	7.00	8.00	6.00	17.00	12.00	8.00	16.00	9.00			最大	22.00
	No.3	9.00	14.00	22.00	12.00	21.00						最小	6.00
Ac2-2	個数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	個数	34
	No.1	6.00	7.00	8.00	6.00	7.00	8.00	10.00	6.00	8.00	9.00	平均	7.41
		8.00	8.00	6.00	5.81							最大	11.00
	No.2	11.00	4.00	8.00	7.00	9.00	7.00	7.00	7.00	6.00	8.00	最小	4.00
		10.00	7.00										
	No.3	6.00	6.00	6.00	8.00	7.00	8.00	7.00	10.00				
As2-2	個数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	個数	10
	No.1	16.00	21.00									平均	28.1
	No.2	22.00	11.00	21.00								最大	54.00
	No.3	7.00	34.00	47.00	54.00	48.00						最小	7.00
Apt	個数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	個数	4
	No.1	23.00										平均	17.75
	No.2	25.00										最大	25.00
	No.3	11.00	12.00									最小	11.00
Pg1	個数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	個数	25
	No.1	43.00	56.00	68.00	75.00	63.00	52.00	54.00	54.00			平均	52.72
	No.2	45.00	50.00	50.00	56.00	60.00	22.00	58.00	65.00			最大	75.00
	No.3	48.00	41.00	68.00	56.00	52.00	23.00	68.00	33.00	58.00		最小	22.00
Pc1	個数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	個数	3
	No.1	14.00										平均	18.00
	No.2	20.00										最大	20.00
	No.3	20.00										最小	14.00

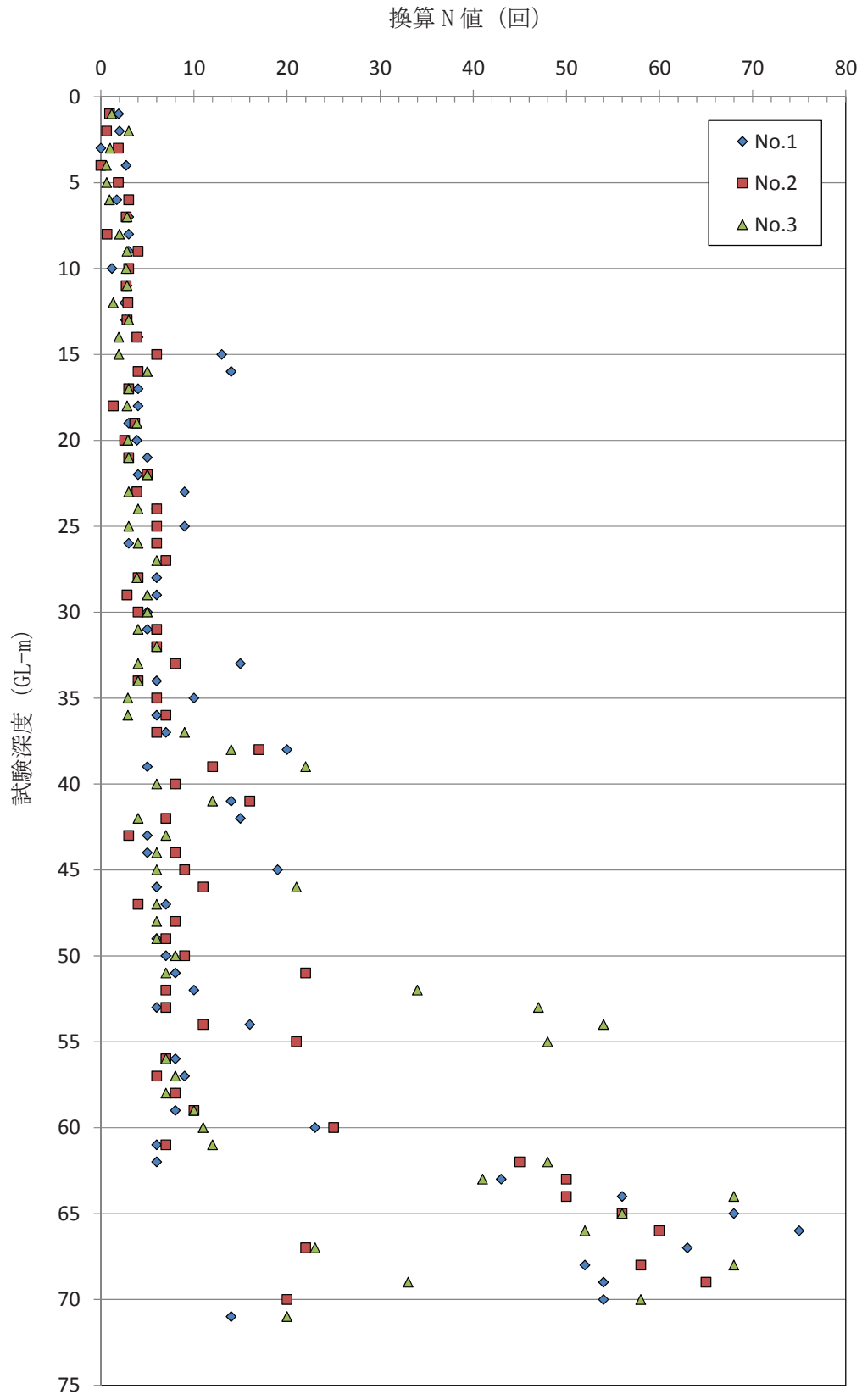


図-4. 2. 1. N 値深度分布図

4.2. 現場透水試験結果

現場透水試験は、杭や地下掘削に影響する砂層や砂礫層を対象として、地下水の被圧状況や透水係数を求めることを目的として実施した。試験深度は、ボーリング調査結果で層区分した各砂層で実施した。ただし、As2-1 や As2-2 の様に複数の砂層がある場合は層厚が厚い箇所を対象とした。

以下の図-4.2.1 に透水係数の一般値を示し、表-4.2.1 に現場透水試験結果一覧表を示す。

透水係数 k (m/s)					
10 ⁻¹³ 10 ⁻¹⁰ 10 ⁻⁹ 10 ⁻⁸ 10 ⁻⁷ 10 ⁻⁶ 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴ 10 ⁻³ 10 ⁻² 10 ⁻¹ 10 ⁰					
透水性	実質上不透水	非常に低い	低い	中位	高い
対応する土の種類	粘性土 {C}	微細砂, シルト, 砂-シルト-粘土混合土 {SF} [S-F] {M}		砂および礫 {GW} {GP} {SW} {SP} {G-M}	清浄な礫 {GW} {GP}
透水係数を直接測定する方法	特殊な変水位透水試験	変水位透水試験		定水位透水試験	特殊な変水位透水試験
透水係数を間接的に推定する方法	圧密試験結果から計算	なし		清浄な砂と礫は粒度と間隙比から計算	

図-4.2.1. 一般的な土質と透水係数

(地盤材料試験の方法と解説, 平成 21 年 11 月, (社)地盤工学会より引用)

表-4.2.1. 現場透水試験結果一覧表

土層	試験区間(m)	試験区間長(m)	自然水位(GL-m)	平衡水位(GL-m)	透水係数 k (m/s)
As1-1	7.5~8.0	0.5	1.40	2.13 (翌朝)	1.4×10^{-5}
As1-2	16.0~16.5	0.5		1.63 (翌朝)	9.9×10^{-7}
As1-3	23.0~23.5	0.5		3.44 (5時間)	4.7×10^{-6}
As2-1	42.0~42.5	0.5		2.80 (翌朝)	5.2×10^{-6}
As2-2	54.0~54.5	0.5		4.79 (3時間)	8.3×10^{-7}
Pg1	64.0~64.5	0.5		3.61 (翌朝)	1.1×10^{-4}

- 現場透水試験から、As1-1~As2-2 の透水係数 k は図-4.2.1 の透水性で低い($10^{-5} \sim 10^{-7}$) 単位に相当する。対応する土の種類は、微細砂や砂-シルト-粘土混合土であるため実際の土質とも概ね整合している。
- Pg1 の透水係数 k は、As 層より透水性が良く、透水性で中位(10^{-4}) 単位に相当する。対応する土の種類は、砂および礫相当であるために実際の土質とも整合している。
- 調査時に確認した自然水位が GL-1.40m であり、各層の平衡水位は自然水位と同程度〜以深であった。これより、自然水位を基準とした静水圧分布以上の高い水頭を持つ土層は確認されなかった。

4.3. 孔内水平載荷試験

孔内水平載荷試験は地盤の水平方向の変形特性を把握することを目的とする。

一般的には杭径の5倍程度の深度を対象に実施するが、杭径の大きさ、杭頭深度が分からないことや、既存の焼却場では地表から10m近い地下構造となる場所もあることから、地表から20m程度までの土層を対象として試験を実施した。当初設計では粘性土のみを対象としていたが、20m以浅に分布する砂層(As1-1、As1-2)も対象として試験を行った。

孔内水平載荷試験の結果は、以下の表-4.3.1に示す。

表-4.3.1. 孔内水平載荷試験結果

土層	中心深度(GL-m)	換算N値	変形係数E (MN/m ²)
Ac1-1	5.50	1.93	0.842
As1-1	7.50	2.73	2.771
Ac1-2	12.00	2.57	1.384
As1-2	15.50	13	3.466
Ac1-3	20.50	4	3.919

N値と孔内水平載荷試験から求まる変形係数の関係は、地盤材料の違いによらず $E = 0.670N^{0.986} \approx 700N$ (MN/m²) という関係が近似的に成立することが知られている (図-4.3.1 参照)。

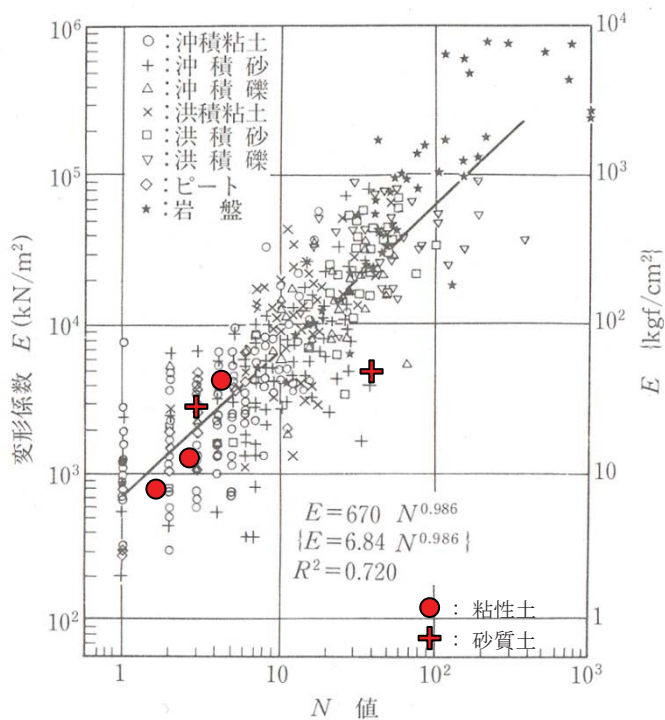


図-4.3.1. 孔内水平載荷試験から得られる変形係数EとN値の関係 (地盤調査の方法と解説, 平成16年6月, (社)地盤工学会より引用)

また、本調査区間及びその周辺において孔内水平載荷試験より求められた変形係数 E と N 値の関係図を図-4.3.2、変形係数 E の深度分布図を図-4.3.3 に示す。

本調査地においても上記の一般式の前後に値が位置している。 As1-2 については、図-4.3.1 に示される値のばらつき下限付近に位置する。これは、対象土層の層厚が薄いため試験の制約で透水試験を行った深度であることの影響が出ている可能性が考えられる。次に、深度方向に対する変形係数の分布状況としては、図-4.3.3 に示されるように深度方向に対して漸増する傾向にある。

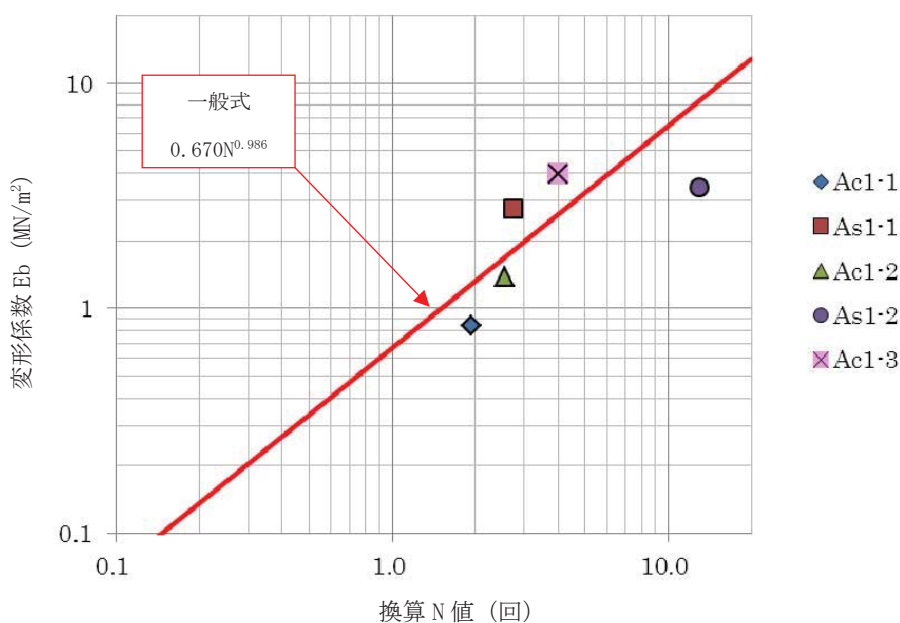


図-4.3.2. 変形係数 E と N 値の関係

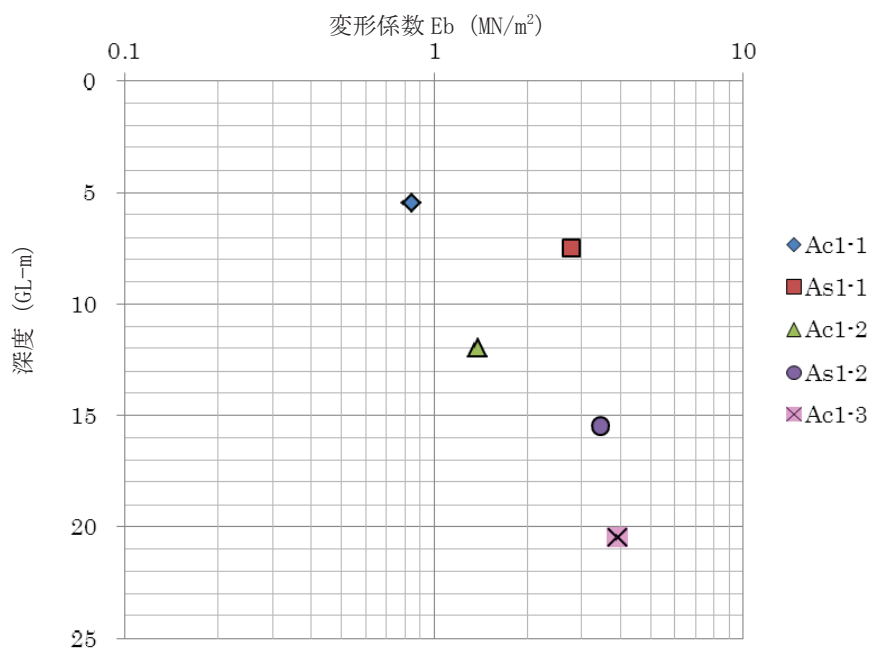


図-4.3.3. 変形係数 E の深度分布図

5. 室内土質試験結果

当地に分布する土層の物理・力学特性を把握するため、以下位置で試料を採取し、土質試験を実施した。

表-5.1. 採取試料一覧表

ボーリング 番号	試料No.	採取深度 (GL-m)	採取 方法	試験項目	土層	凡例
No. 4	T-1-1	3.00~3.80	T	物理・一軸・圧密	Ac1-1	○ :T-1-1
	T-1-2	4.00~4.77			Ac1-1	◇ :T-1-2
	T-2-1	9.50~10.33			Ac1-2	■ :T-2-1
	T-2-2	10.50~11.34			Ac1-2	◆ :T-2-2
	T-3	19.00~19.70			Ac1-3	▲ :T-3
	T-4	36.00~36.77			Ac2-1	● :T-4
	T-5	58.00~58.65			Ac2-2	■ :T-5
	T-6	59.70~60.80			Apt	▲ :T-6
	P-1	7.00~7.50	P	物理	As1-3	○ :P-1
	P-2	15.00~15.50			As1-2	□ :P-2
	P-3	23.00~23.50			As1-3	▲ :P-3
	P-4	42.00~42.50			As2-1	○ :P-4
	P-5	54.00~54.50			As2-2	■ :P-5
	P-6	64.00~64.50			Pg	▲ :P-6

※採取方法・・・T：シウォールサンプリング
P：標準貫入試験試料

○室内土質試験項目（粘性土層対象）

物理試験

- ・土粒子の密度 ・含水比 ・粒度 ・湿潤密度 ・乾燥密度 ・間隙比 ・飽和度
- ・液性限界 ・塑性限界

力学試験

- ・一軸 ・三軸UU ・圧密

○室内土質試験項目（砂質土層対象）

物理試験

- ・土粒子の密度 ・含水比 ・粒度 ・湿潤密度 ・乾燥密度 ・間隙比 ・飽和度

ここでは、土質試験結果をとりまとめ、後の設計に用いる土質定数の設定については後述する。土質試験結果を粘性土と砂質土に分けて次頁の表-5.2、5.3にまとめる。

表-5.2. 粘性土土質試験結果一覧表

土 質		粘性土							
試料番号 (採取深度(GL-m))		T-1-1	T-1-2	T-2-1	T-2-2	T-3	T-4	T-5	T-6
		3.00~3.80	4.00~4.77	9.50~10.33	10.50~11.34	19.00~19.70	36.00~36.77	58.00~58.65	59.70~60.80
一般	湿潤密度 ρ_t g/cm ³	1.55	1.63	1.57	1.58	1.53	1.63	1.67	1.29
	乾燥密度 ρ_d g/cm ³	0.93	1.07	1.05	0.99	0.90	1.06	1.05	0.76
	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.61	2.63	2.60	2.63	2.61	2.63	2.52	1.88
	自然含水比 w_n %	67.5	51.6	60.8	62.2	68.8	54.2	47.1	92.9
	間隙比 e	1.82	1.44	1.68	1.71	1.89	1.49	1.22	2.03
	飽和度 S_r %	96.8	95.0	94.1	95.7	95.0	95.7	97.2	90.8
粒度	礫分 (2mm~75mm) %	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
	砂分 (0.075~2mm) %	0.6	0.7	0.3	0.7	1.9	0.4	0.9	29.0
	シルト分 (0.005~0.075mm) %	28.6	36.5	41.9	22.4	24.2	25.9	36.3	70.0
	粘土分 (0.005mm未満) %	70.8	62.8	57.8	76.9	73.9	73.7	62.8	
	最大粒径 mm	2	0.85	2	2	2	0.85	2	4.75
	均等係数 U_c	-	-	-	-	-	-	-	-
	曲率係数 U_c'	-	-	-	-	-	-	-	-
特性	液性限界 w_L %	89.6	76.0	65.6	86.7	93.5	67.5	81.8	200.7
	塑性限界 w_p %	33.6	27.8	31.7	36.7	39.3	31.2	37.2	126.6
	塑性指数 I_p	56.0	48.2	33.9	50.0	54.2	36.3	44.6	74.1
分類	地盤材料の分類名	粘土 (高液性限界)	粘土 (高液性限界)	粘土 (高液性限界)	粘土 (高液性限界)	粘土 (高液性限界)	粘土 (高液性限界)	シルト (高液性限界)	砂質有機質粘土 (高液性限界)
	分類記号	(CH)	(CH)	(CH)	(CH)	(CH)	(CH)	(MH)	(OHS)
圧密	試験方法	段階載荷	段階載荷	段階載荷	段階載荷	段階載荷	段階載荷	段階載荷	段階載荷
	圧縮指数 C_c	0.694	0.482	1.056	0.850	0.920	0.714	0.624	0.638
	圧密降伏応力 p_c kN/m ²	76.4	114.5	80.6	138.8	170.6	292.5	564.0	581.1
一軸圧縮	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²	31.9, 24.5, 25.8	47.6, 30.1, 37.2	56.1, 50.9, 47.3	69.1, 85.8, 76.1	115.6, 123.9, 138.8	235.0, 211.8, 211.5	246.7, 254.6, 170.6	220.1, 221.2, 200.3
	破壊ひずみ ϵ_f %	13.0, 15.0, 15.0	15.0, 15.0, 7.6	6.5, 6.2, 5.5	4.7, 5.6, 4.2	4.5, 3.8, 3.6	2.8, 3.1, 3.6	3.0, 3.3, 10.8	11.1, 15.0, 8.7
	変形係数 E_{50} MN/m ²	1.38, 1.10, 0.84	1.43, 0.92, 1.37	1.26, 5.50, 1.52	3.40, 3.62, 3.32	4.71, 4.78, 6.54	12.78, 9.27, 8.33	11.24, 10.56, 2.43	4.67, 4.32, 5.91
せん断	試験条件					UU	UU	UU	
	全応力 c_{un} kN/m ²					110.2	139.1	85.2	
	ϕ_{un} °					0.0	0.0	0.0	

ボーリング 番号	試料No.	採取深度 (GL-m)	採取 方法	試験項目	土層	凡例
No. 4	T-1-1	3.00~3.80	T	物理・一軸・圧密	Ac1-1	○ : T-1-1
	T-1-2	4.00~4.77			Ac1-1	◇ : T-1-2
	T-2-1	9.50~10.33			Ac1-2	■ : T-2-1
	T-2-2	10.50~11.34			Ac1-2	◆ : T-2-2
	T-3	19.00~19.70			Ac1-3	▲ : T-3
	T-4	36.00~36.77			Ac2-1	● : T-4
	T-5	58.00~58.65	P	物理 三軸・圧密	Ac2-2	■ : T-5
	T-6	59.70~60.80			Apt	▲ : T-6
	P-1	7.00~7.50			As1-3	○ : P-1
	P-2	15.00~15.50			As1-2	□ : P-2
	P-3	23.00~23.50			As1-3	▲ : P-3
	P-4	42.00~42.50			As2-1	○ : P-4
P-5	54.00~54.50	As2-2	■ : P-5			
P-6	64.00~64.50	Pg1	▲ : P-6			

※採取方法・・・T: シンウォールサンプリング
P: 標準貫入試験試料

表-5.3. 砂質土土質試験結果一覧表

土 質		砂質土					
試料番号 (採取深度(GL-m))		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
		7.00~7.50	15.00~15.50	23.00~23.50	42.00~42.50	54.00~54.50	64.00~64.50
一般	湿潤密度 ρ_t g/cm ³	1.78	1.85	1.76	1.88	1.82	2.22
	乾燥密度 ρ_d g/cm ³	1.26	1.44	1.26	1.47	1.37	1.96
	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.68	2.65	2.67	2.66	2.63	2.66
	自然含水比 w_n %	40.5	28.4	39.8	28.3	33.3	13.4
	間隙比 e	1.06	0.84	1.05	0.77	0.88	0.36
	飽和度 S_r %	99.6	90.0	97.8	94.8	97.0	99.4
粒度	礫分 (2mm~75mm) %	0.3	0.4	0.8	0.5	0.0	49.6
	砂分 (0.075~2mm) %	69.9	89.5	80.6	71.3	63.0	45.7
	シルト分 (0.005~0.075mm) %	16.1	4.0	10.4	16.9	23.9	4.7
	粘土分 (0.005mm未満) %	13.7	6.1	8.2	11.3	13.1	
	最大粒径 mm	4.75	4.75	9.5	4.75	2	37.5
	均等係数 U_c	108.22	4.22	59.33	51.12	54.65	26.32
	曲率係数 U_c'	10.25	1.61	12.11	11.10	10.12	0.42
分類	地盤材料の分類名	細粒分質砂	細粒分混じり砂	細粒分質砂	細粒分質砂	細粒分質砂	粒径幅の広い砂質礫
	分類記号	(SF)	(S-F)	(SF)	(SF)	(SF)	(GWS)

ボーリング 番号	試料No.	採取深度 (GL-m)	採取 方法	試験項目	土層	凡例
No. 4	T-1-1	3.00~3.80	T	物理・一軸・圧密	Ac1-1	○ :T-1-1
	T-1-2	4.00~4.77			Ac1-1	◇ :T-1-2
	T-2-1	9.50~10.33			Ac1-2	■ :T-2-1
	T-2-2	10.50~11.34			Ac1-2	◆ :T-2-2
	T-3	19.00~19.70			Ac1-3	▲ :T-3
	T-4	36.00~36.77			Ac2-1	● :T-4
	T-5	58.00~58.65		Ac2-2	■ :T-5	
	T-6	59.70~60.80		Apt	▲ :T-6	
	P-1	7.00~7.50	P	物理	As1-3	○ :P-1
	P-2	15.00~15.50			As1-2	□ :P-2
	P-3	23.00~23.50			As1-3	▲ :P-3
	P-4	42.00~42.50			As2-1	○ :P-4
	P-5	54.00~54.50			As2-2	■ :P-5
P-6	64.00~64.50	Pg1			▲ :P-6	

※採取方法・・・T：シウォールサンプリング
P：標準貫入試験試料

5.1. 物理試験結果

今回実施した物理試験結果（土粒子の密度、含水比、湿潤密度、粒度、液性・塑性）を以下に取りまとめる。

(1). 一般物理特性(土粒子の密度, 含水比, 間隙比, 湿潤密度)

表-5.1.1 に土粒子の密度・含水比・間隙比・湿潤密度の深度分布図を示す。

①土粒子の密度(ρ_s)

主な鉱物と土粒子の密度の例を以下の表-5.1.1 に示し、その中で沖積粘性土の一般的な範囲は $\rho_s=2.5\sim 2.75\text{g/cm}^3$ とされ、沖積砂質土の一般的な範囲は $\rho_s=2.6\sim 2.8\text{g/cm}^3$ とされている。また、これより小さい場合は有機物を多く含み、大きい場合は重鉱物類を多く含むとされている。

本調査における土粒子の密度試験の結果を以下の表-5.1.2 と 5.1.3 に示す。

今回の土粒子の密度試験から、Ac1-1～Ac2-2 の沖積粘性土の土粒子の密度は $2.52\sim 2.63\text{g/cm}^3$ 、As1-1～As2-2 の沖積層の砂質土の土粒子の密度は $2.63\sim 2.68\text{g/cm}^3$ 、Apt の有機質土の土粒子の密度は 1.88g/cm^3 となった。

砂礫層 Pg1 については、As1-1～As2-2 の砂層と変わらない密度となった。

その結果、全ての試験試料について沖積粘性土、沖積砂質土、泥炭の一般的な密度の範囲に収まっている。その中で、T-5(Ac2-2)は $\rho_s=2.52\text{g/cm}^3$ と他の粘性土よりやや小さな値が得られており、有機物がやや多く混入しているものと考えられる。

表-5.1.1. 主な鉱物と土粒子の密度の例

鉱物名	密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	土質名	密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	
石英	2.6～2.7	豊浦砂	2.64	
長石	2.5～2.8	沖積砂質土	2.6～2.8	As1-1～Pg1
雲母	2.7～3.2	沖積粘性土	2.50～2.75	Ac1-1～Ac2-2
角閃石	2.9～3.5	洪積砂質土	2.6～2.8	
輝石	2.8～3.7	洪積粘性土	2.50～2.75	
磁鉄鉱	5.1～5.2	泥炭(PEAT)	1.4～2.3	Apt
クロライト	2.6～3.0	関東ローム	2.7～3.0	
イライト	2.6～2.7	まさ土	2.6～2.8	
カオリナイト	2.5～2.7	しらす	1.8～2.4	
モンモリロナイト	2.0～2.4	黒ぼく	2.3～2.6	

(地盤材料試験の方法と解説, 平成 21 年 11 月, (社)地盤工学会より引用・加筆)

表-5.1.2. 粘性土の土粒子の密度 ρ_s (単位: g/cm³)

孔番	土質記号	試料 No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	中心標高 (m)	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)
						平均
No. 4	Ac1-1	T-1-1	3.00~3.80	3.40	-3.40	2.61
		T-1-2	4.00~4.77	4.39	-4.39	2.63
	Ac1-2	T-2-1	9.50~10.33	9.92	-9.92	2.60
		T-2-2	10.50~11.34	10.92	-10.92	2.63
	Ac1-3	T-3	19.00~19.70	19.35	-19.35	2.61
	Ac2-1	T-4	36.00~36.77	36.39	-36.39	2.63
	Ac2-2	T-5	58.00~58.65	58.33	-58.33	2.52
	Apt	T-6	59.70~60.80	60.25	-60.25	1.88

表-5.1.3. 砂質土の土粒子の密度 ρ_s (単位: g/cm³)

孔番	土質記号	試料 No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	中心標高 (m)	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)
						平均
No. 4	As1-1	P-1	7.00~7.50	7.25	-7.25	2.68
	As1-2	P-2	15.00~15.50	15.25	-15.25	2.65
	As1-3	P-3	23.00~23.50	23.25	-23.25	2.67
	As2-1	P-4	42.00~42.50	42.25	-42.25	2.66
	As2-2	P-5	54.00~54.50	54.25	-54.25	2.63
	Pg1	P-6	64.00~64.50	64.25	-64.25	2.66

②自然含水比(Wn), 間隙比(e)

自然含水比は、土粒子の質量に対する土中の水の質量の割合(%)を示した値である。

一般的な値は、沖積粘性土で $W_n=30\sim150\%$ 、沖積砂質土で $W_n=10\sim30\%$ 、高有機質土で $80\sim1200\%$ とされている(表-5.1.4)。

本調査における自然含水比試験結果を以下の表-5.1.5~5.1.6、間隙比試験結果を表-5.1.7~5.1.8に示す。その結果、粘性土の自然含水比は $W_n=47.1\sim68.8\%$ 、有機質土の自然含水比は $W_n=92.9$ となり、沖積粘性土や高有機質土の一般的な自然含水比の範囲に分布する。また、砂質土の自然含水比は $W_n=13.4\sim40.4\%$ となり、洪積層の砂礫である Pg1 の $W_n=13.4\%$ 以外は、砂質土層の一般的な自然含水比の範囲と比べてやや大きい傾向が見られる。

間隙比 e は、土粒子の体積に対する土中の水と空気の体積の比を示した値である。

間隙比は、Ac1-1~Ac2-2の粘性土で $e=1.22\sim1.89$ 、As1-1~As2-2の砂質土で $e=0.77\sim1.06$ となった。有機質土(Apt)の間隙比は $e=2.03$ となり、土粒子の密度が低いこと、含水比が粘性土に比べて大きい結果を反映して間隙比も上位の粘性土より大きい結果となっている。また、砂礫層(Pg1)の間隙比は、 $e=0.36$ となり、上位の砂質土より小さい。

表-5.1.4. 土の密度, 含水比のおおよその範囲

	沖積層		洪積層 粘性土	関 東 ローム	高有機 質 土
	粘性土	砂質土			
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.2~1.8	1.6~2.0	1.6~2.0	1.2~1.5	0.8~1.3
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	0.5~1.4	1.2~1.8	1.1~1.6	0.6~0.7	0.1~0.6
含水比 w (%)	30~150	10~30	20~40	80~180	80~1 200

(地盤材料試験の方法と解説, 平成 21 年 11 月, (社)地盤工学会より抜粋)

表-5.1.5. 粘性土の自然含水比 Wn(単位:%)

孔番	土質 記号	試料 No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	中心標高 (m)	自然含水比 w_n (%)								
						①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	平均
No. 4	Ac1-1	T-1-1	3.00~3.80	3.40	2.36	66.3	66.9	65.6	71.3					67.5
		T-1-2	4.00~4.77	4.39	1.37	48.5	51.8	55.4	50.6					51.6
	Ac1-2	T-2-1	9.50~10.33	9.92	-4.16	52.5	51.3	52.4	86.8					60.8
		T-2-2	10.50~11.34	10.92	-5.16	61.8	57.0	59.5	70.5					62.2
	Ac1-3	T-3	19.00~19.70	19.35	-13.59	72.1	73.5	60.8	68.6					68.8
	Ac2-1	T-4	36.00~36.77	36.39	-30.63	52.5	52.9	53.0	57.7	54.3	53.2	54.1	56.0	54.2
	Ac2-2	T-5	58.00~58.65	58.33	-52.57	41.3	49.5	57.1	52.8	44.8	45.0	43.7	42.8	47.1
Apt	T-6	59.70~60.80	60.25	-54.49	38.7	37.1	34.8	67.1	175.2	182.8	114.8		92.9	

①~③: 湿潤密度試験結果、④: 圧密試験結果、⑤~⑧: 三軸試験結果から得られた値

表-5.1.6. 砂質土の自然含水比 w_n (単位:%)

孔番	土質記号	試料 No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	中心標高 (m)	自然含水比 w_n (%)			
						①	②	③	平均
No. 4	As1-1	P-1	7.00~7.50	7.25	-7.25	39.2	43.1	38.9	40.4
	As1-2	P-2	15.00~15.50	15.25	-15.25	30.2	24.8	30.3	28.4
	As1-3	P-3	23.00~23.50	23.25	-23.25	37.8	43.1	38.6	39.8
	As2-1	P-4	42.00~42.50	42.25	-42.25	34.1	27.9	22.9	28.3
	As2-2	P-5	54.00~54.50	54.25	-54.25	35.7	35.0	29.1	33.3
	Pg1	P-6	64.00~64.50	64.25	-64.25	16.8	12.6	10.8	13.4

①~③：湿潤密度試験結果

表-5.1.7. 粘性土の間隙比 e

孔番	土質記号	試料 No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	中心標高 (m)	間隙比 e								
						①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	平均
No. 4	Ac1-1	T-1-1	3.00~3.80	3.40	2.36	1.803	1.840	1.777	1.865					1.82
		T-1-2	4.00~4.77	4.39	1.37	1.363	1.479	1.573	1.348					1.44
	Ac1-2	T-2-1	9.50~10.33	9.92	-4.16	1.467	1.457	1.483	2.306					1.68
		T-2-2	10.50~11.34	10.92	-5.16	1.697	1.578	1.670	1.886					1.71
	Ac1-3	T-3	19.00~19.70	19.35	-13.59	2.021	2.078	1.639	1.834					1.89
	Ac2-1	T-4	36.00~36.77	36.39	-30.63	1.463	1.393	1.411	1.570	1.529	1.488	1.541	1.529	1.49
	Ac2-2	T-5	58.00~58.65	58.33	-52.57	1.121	1.250	1.459	1.338	1.176	1.212	1.105	1.107	1.22
	Apt	T-6	59.70~60.80	60.25	-54.49	0.728	0.703	0.723	1.265	4.067	4.027	2.708		2.03

①~③：湿潤密度試験結果、④：圧密試験結果、⑤~⑧：三軸試験結果から得られた値

表-5.1.8. 砂質土の間隙比 e

孔番	土質記号	試料 No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	中心標高 (m)	間隙比 e			
						①	②	③	平均
No. 4	As1-1	P-1	7.00~7.50	7.25	-7.25	1.030	1.126	1.019	1.06
	As1-2	P-2	15.00~15.50	15.25	-15.25	0.871	0.776	0.860	0.84
	As1-3	P-3	23.00~23.50	23.25	-23.25	0.988	1.130	1.035	1.05
	As2-1	P-4	42.00~42.50	42.25	-42.25	0.895	0.763	0.660	0.77
	As2-2	P-5	54.00~54.50	54.25	-54.25	0.931	0.924	0.786	0.88
	Pg1	P-6	64.00~64.50	64.25	-64.25	0.451	0.336	0.289	0.36

①~③：湿潤密度試験結果

③乾燥密度(ρ_d), 湿潤密度(ρ_t)

乾燥密度(ρ_d)とは、土全体の体積(土粒子・水・空気の体積)に対する土粒子の質量であり、湿潤密度(ρ_t)とは、土全体の体積(土粒子・水・空気の体積)に対する土粒子・水・空気の質量のことである。また、湿潤密度は土全体の単位体積質量に当たる。

土質毎の一般的な乾燥密度と湿潤密度を表-5.1.4に示す。

表-5.1.4. 土の密度, 含水比のおおよその範囲

	沖積層		洪積層 粘性土	関東 ローム	高有機 質土
	粘性土	砂質土			
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.2~1.8	1.6~2.0	1.6~2.0	1.2~1.5	0.8~1.3
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	0.5~1.4	1.2~1.8	1.1~1.6	0.6~0.7	0.1~0.6
含水比 w (%)	30~150	10~30	20~40	80~180	80~1 200

(地盤材料試験の方法と解説, 平成21年11月, (社)地盤工学会より抜粋)

本調査における乾燥密度を表-5.1.9~10に示し、湿潤密度を表-5.1.11~12に示す。

乾燥密度は、粘性土で $\rho_d=0.90\sim 1.15\text{g/cm}^3$ 、砂質土で $\rho_d=1.26\sim 1.47\text{g/cm}^3$ となり、Ac1-1~Ac2-2の粘性土とAs1-1~As2-2の砂質土は、上記の一般的な範囲に分布する。また、Aptは $\rho_d=0.76\text{g/cm}^3$ となり、高有機質土の一般的な乾燥密度の範囲より大きな値を示す。Pg1は $\rho_d=1.96\text{g/cm}^3$ となり、上位の砂質土と比べて大きな値を示す。

湿潤密度は粘性土で $\rho_t=1.53\sim 1.67\text{g/cm}^3$ 、砂質土で $\rho_t=1.76\sim 1.88\text{g/cm}^3$ となり、Ac1-1~Ac2-2の粘性土とAs1-1~As2-2の砂質土は、上記の一般的な範囲に分布する。また、Aptは $t=1.29\text{g/cm}^3$ となり、含水比が大きいこともあり高有機質土の一般的な湿潤密度の範囲に分布する。Pg1は $t=2.22\text{g/cm}^3$ となり、上位の砂質土より大きな値となった。

表-5.1.9. 粘性土の乾燥密度 ρ_d (単位:g/cm³)

孔番	土質 記号	試料 No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	中心標高 (m)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)									
						①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	平均	
No. 4	Ac1-1	T-1-1	3.00~3.80	3.40	2.36	0.931	0.919	0.940							0.93
		T-1-2	4.00~4.77	4.39	1.37	1.113	1.061	1.022							1.07
	Ac1-2	T-2-1	9.50~10.33	9.92	-4.16	1.054	1.058	1.047							1.05
		T-2-2	10.50~11.34	10.92	-5.16	0.975	1.020	0.985							0.99
	Ac1-3	T-3	19.00~19.70	19.35	-13.59	0.864	0.848	0.989							0.90
	Ac2-1	T-4	36.00~36.77	36.39	-30.63	1.068	1.099	1.091		1.040	1.057	1.035	1.040		1.06
	Ac2-2	T-5	58.00~58.65	58.33	-52.57	1.188	1.120	1.025		1.158	1.139	1.197	1.196		1.15
Apt	T-6	59.70~60.80	60.25	-54.49	1.088	1.104	1.091		0.371	0.374	0.507			0.76	

①~③：湿潤密度試験結果、④：圧密試験結果、⑤~⑧：三軸試験結果から得られた値

表-5. 1. 10. 砂質土の乾燥密度 ρ_d (単位; g/cm³)

孔番	土質記号	試料 No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	中心標高 (m)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)			
						①	②	③	平均
No. 4	As1-1	P-1	7.00~7.50	7.25	-7.25	1.281	1.223	1.288	1.26
	As1-2	P-2	15.00~15.50	15.25	-15.25	1.416	1.492	1.425	1.44
	As1-3	P-3	23.00~23.50	23.25	-23.25	1.298	1.211	1.268	1.26
	As2-1	P-4	42.00~42.50	42.25	-42.25	1.372	1.475	1.566	1.47
	As2-2	P-5	54.00~54.50	54.25	-54.25	1.331	1.336	1.439	1.37
	Pg1	P-6	64.00~64.50	64.25	-64.25	1.833	1.991	2.063	1.96

①~③：湿潤密度試験結果

表-5. 1. 11. 粘性土の湿潤密度 ρ_t (単位; g/cm³)

孔番	土質記号	試料 No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	中心標高 (m)	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)								
						①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	平均
No. 4	Ac1-1	T-1-1	3.00~3.80	3.40	2.36	1.548	1.533	1.557	1.561					1.55
		T-1-2	4.00~4.77	4.39	1.37	1.653	1.611	1.588	1.687					1.63
	Ac1-2	T-2-1	9.50~10.33	9.92	-4.16	1.607	1.601	1.596	1.469					1.57
		T-2-2	10.50~11.34	10.92	-5.16	1.578	1.602	1.571	1.553					1.58
	Ac1-3	T-3	19.00~19.70	19.35	-13.59	1.487	1.471	1.590	1.552					1.53
	Ac2-1	T-4	36.00~36.77	36.39	-30.63	1.628	1.681	1.669	1.614	1.604	1.620	1.595	1.622	1.63
	Ac2-2	T-5	58.00~58.65	58.33	-52.57	1.678	1.675	1.610	1.647	1.677	1.651	1.720	1.708	1.67
	Apt	T-6	59.70~60.80	60.25	-54.49	1.509	1.514	1.471	1.387	1.021	1.058	1.090		1.29

①~③：湿潤密度試験結果、④：圧密試験結果、⑤~⑧：三軸試験結果から得られた値

表-5. 1. 12. 砂質土の湿潤密度 ρ_t (単位; g/cm³)

孔番	土質記号	試料 No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	中心標高 (m)	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)			
						①	②	③	平均
No. 4	As1-1	P-1	7.00~7.50	7.25	-7.25	1.787	1.752	1.789	1.78
	As1-2	P-2	15.00~15.50	15.25	-15.25	1.844	1.862	1.857	1.85
	As1-3	P-3	23.00~23.50	23.25	-23.25	1.789	1.733	1.757	1.76
	As2-1	P-4	42.00~42.50	42.25	-42.25	1.840	1.887	1.924	1.88
	As2-2	P-5	54.00~54.50	54.25	-54.25	1.806	1.803	1.858	1.82
	Pg1	P-6	64.00~64.50	64.25	-64.25	2.141	2.242	2.286	2.22

①~③：湿潤密度試験結果

④飽和度 (Sr)

飽和度 (Sr) は、土粒子、水、空気の 3 成分の内、水と空気を合わせた体積に対する水の体積の割合を示した値である。一般的には、地下水位よりも深い深度から採取した試料は土粒子間隙が水で飽和されているため、飽和度 (Sr) は 100% を示す。

飽和度は粘性土・砂質土共に 90～100% の間の値となった。全試料の中でも Apt は Sr=90.8% と上位の粘性土に比べて飽和度は若干小さい結果となった。

得られた飽和度を表-5.1.13～14 に示す。

表-5.1.13. 粘性土の飽和度 Sr (単位; %)

孔番	土質記号	試料 No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	中心標高 (m)	飽和度 s_r (%)								
						①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	平均
No. 4	Ac1-1	T-1-1	3.00～3.80	3.40	2.36	96.00	94.90	96.50	99.80					96.8
		T-1-2	4.00～4.77	4.39	1.37	96.60	92.10	92.60	98.70					95.0
	Ac1-2	T-2-1	9.50～10.33	9.92	-4.16	93.60	92.10	92.60	97.90					94.1
		T-2-2	10.50～11.34	10.92	-5.16	95.80	95.00	93.70	98.30					95.7
	Ac1-3	T-3	19.00～19.70	19.35	-13.59	93.10	92.30	96.80	97.60					95.0
	Ac2-1	T-4	36.00～36.77	36.39	-30.63	94.40	99.90	98.80	96.70	93.40	94.00	92.30	96.30	95.7
	Ac2-2	T-5	58.00～58.65	58.33	-52.57	92.80	99.80	98.60	99.40	96.00	93.60	99.70	97.40	97.2
	Apt	T-6	59.70～60.80	60.25	-54.49	99.90	99.20	90.50	99.70	81.00	85.30	79.70		90.8

①～③：物理試験結果、④：圧密試験結果、⑤～⑧：三軸試験結果から得られた値

表-5.1.14. 砂質土の飽和度 Sr (単位; %)

孔番	土質記号	試料 No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	中心標高 (m)	飽和度 s_r (%)			
						①	②	③	平均
No. 4	As1-1	P-1	7.00～7.50	7.25	-7.25	99.70	99.80	99.30	99.6
	As1-2	P-2	15.00～15.50	15.25	-15.25	91.90	84.70	93.40	90.0
	As1-3	P-3	23.00～23.50	23.25	-23.25	98.70	98.40	96.20	97.8
	As2-1	P-4	42.00～42.50	42.25	-42.25	99.10	95.10	90.20	94.8
	As2-2	P-5	54.00～54.50	54.25	-54.25	98.50	97.30	95.10	97.0
	Pg1	P-6	64.00～64.50	64.25	-64.25	99.10	99.80	99.40	99.4

①～③：物理試験結果

また、P. 61 と 62 の図-5.1.1 と 5.1.2 に物理試験結果深度分布図を示す。

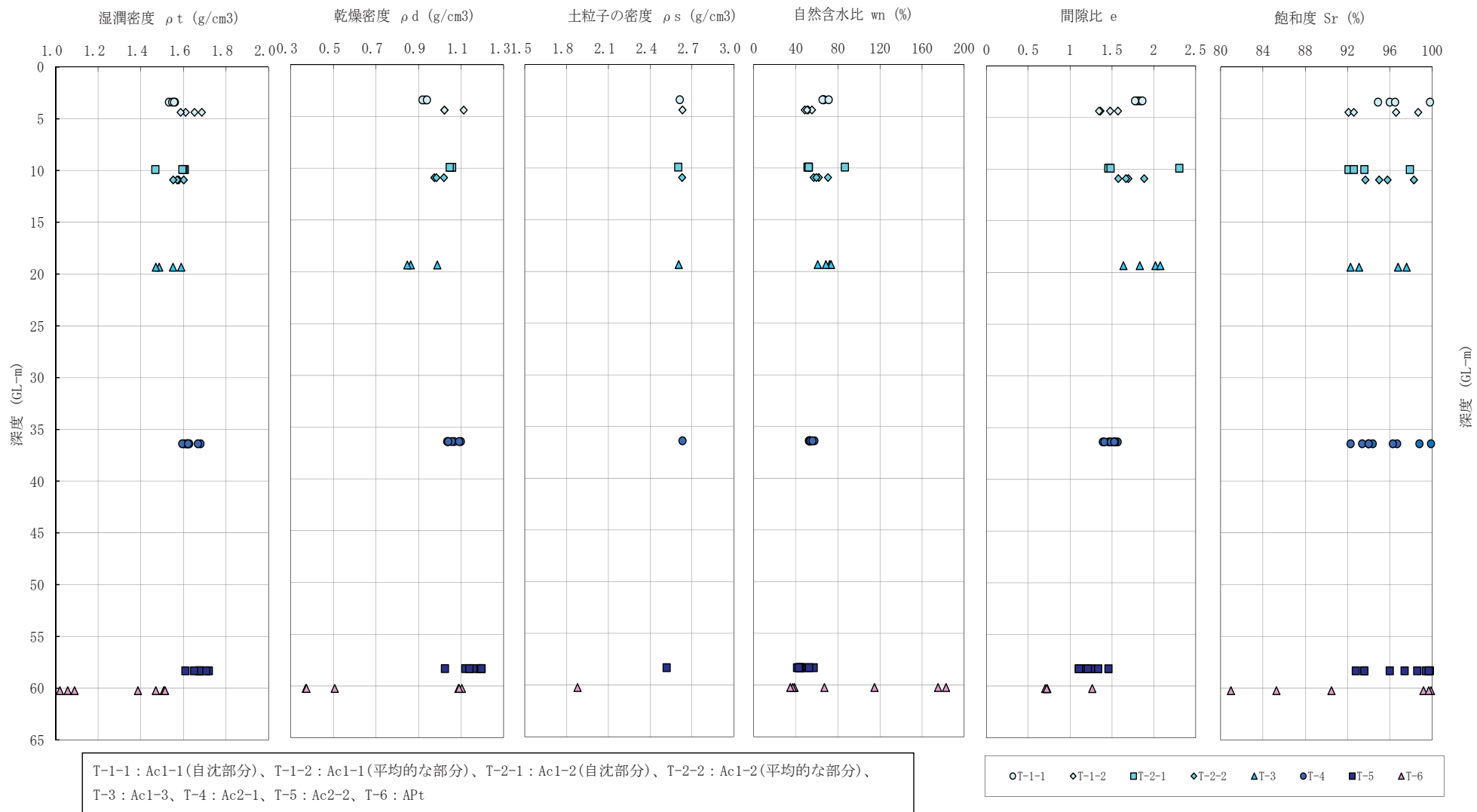


図-5.1.1. 粘性土の物理試験結果深度分布図（湿潤密度、乾燥密度、土粒子の密度、自然含水比、間隙比、飽和度）

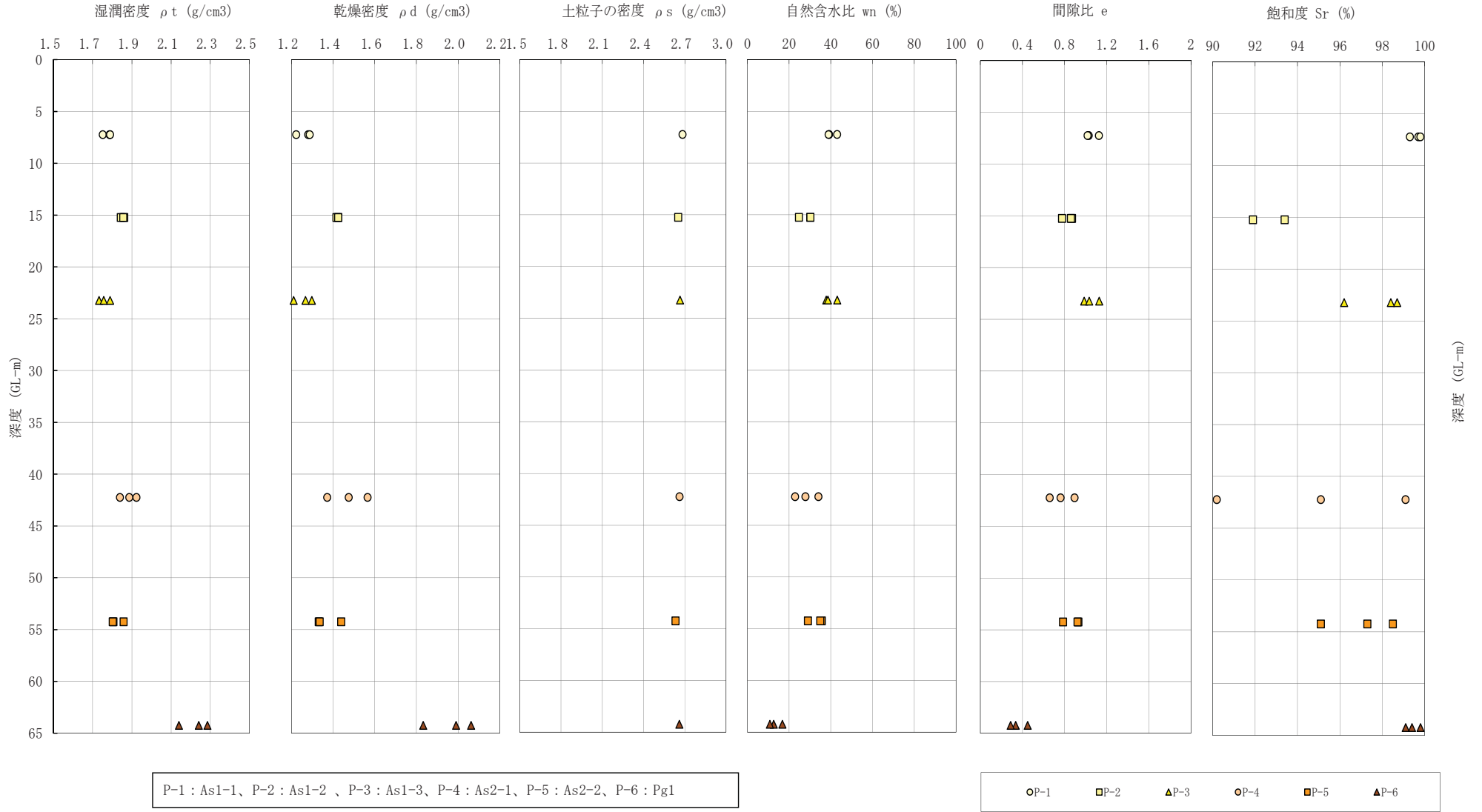


図-5.1.2. 砂質土の物理試験結果深度分布図（湿潤密度、乾燥密度、土粒子の密度、自然含水比、間隙比、飽和度）

(2). 粒度特性

粒度試験結果より得られた、粒度組成一覧表を表-5.1.15～5.1.16 に、また各試料の粒径加積曲線を図-5.1.3～5.1.4、粒度組成図を図-5.1.5～5.1.6 に示す。

粒度特性は、その土を構成する土粒子の大きさによって、礫分、砂分、シルト分、粘土分の4階に区分し、各々の占める割合を質量百分率で表したものである。

Ac1-1～Ac2-2の粘性土は、細粒分(シルト及び粘土分)が98%以上を占める結果となった。砂分は、多い試料でも1.9%とほとんど混入していない。また、土層や深度による粒度組成の大きな違いは見られない。

As1-1～As2-2の砂質土は、砂分が63.0～89.5%であるが、細粒分(シルト及び粘土分)含有率が10.1～37.0%の範囲でと粘土やシルトを混入している。ただし、As1-1～As2-2の砂質土は細粒分含有率の違いは見られるが、礫の混入など他の粒度組成に大きな違いは見られない。

Aptの有機質土は、上位の粘性土に比べて砂分の含有率が多い。なお、図-5.1.3において、0.075mm以下の粒度曲線が得られていないが、これは腐食物が多く混入しているために、土粒子の沈降速度が正確に求められなかったためである。

Pg1の砂礫は、目視の通り礫分の含有率が多く、細粒分はほとんど混入しない。

図-5.1.3と5.1.4の粒径加積曲線を見た場合、粘性土はAptを除いたAc1-1～Ac2-2で同じ傾向が見られ、砂質土はPg1を除いたAs1-1～As2-2でほとんど同じ傾向が見られる。

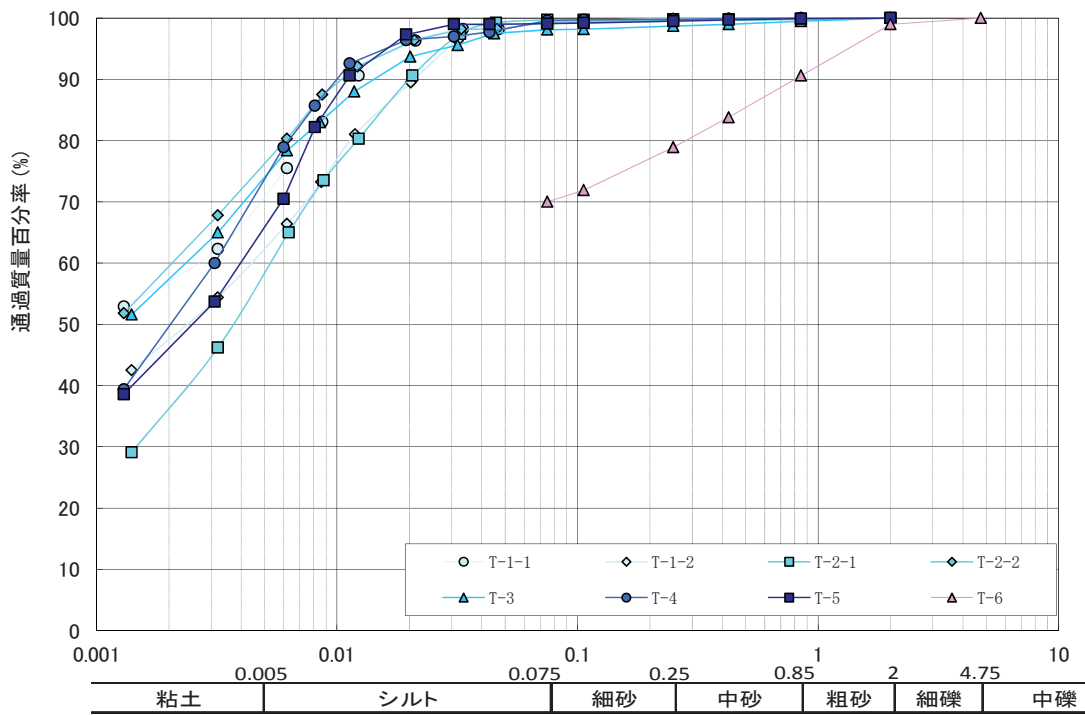
図-5.1.5と5.1.6の粒度組成図を見た場合、粒径加積曲線と同様にAptとPg1を除いてほとんど同じ傾向が見られる。

表-5.1.15. 粘性土の粒度組成一覧表

孔番	土質記号	試料No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	礫分 (2.75mm) (%)	砂分 (75μm~2mm) (%)	シルト分 (5~75μm) (%)	粘土分 (5μm未満) (%)	細粒分含有率 Fc (%)	50%粒径 D ₅₀ (mm)	10%粒径 D ₁₀ (mm)
No. 4	Ac1-1	T-1-1	3.00~3.80	3.40	0.0	0.6	28.6	70.8	99.4	-	-
		T-1-2	4.00~4.77	4.39	0.0	0.7	36.5	62.8	99.3	0.0025	-
	Ac1-2	T-2-1	9.50~10.33	9.92	0.0	0.3	41.9	57.8	99.7	0.0038	-
		T-2-2	10.50~11.34	10.92	0.0	0.7	22.4	76.9	99.3	0.0011	-
	Ac1-3	T-3	19.00~19.70	19.35	0.0	1.9	24.2	73.9	98.1	0.0012	-
	Ac2-1	T-4	36.00~36.77	36.39	0.0	0.4	25.9	73.7	99.6	0.0022	-
	Ac2-2	T-5	58.00~58.65	58.33	0.0	0.9	36.3	62.8	99.1	0.0028	-
	Apt	T-6	59.70~60.80	60.25	1.0	29.0	70.0		70.0	-	-

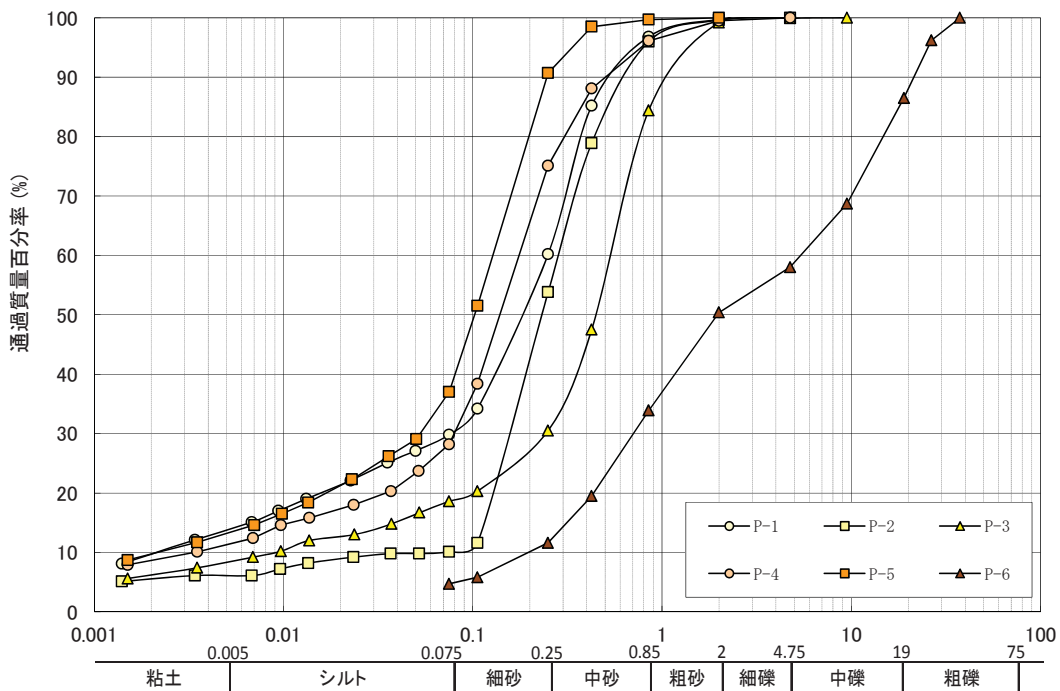
表-5.1.16. 砂質土の粒度組成一覧表

孔番	土質記号	試料No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	礫分 (2.75mm) (%)	砂分 (75μm~2mm) (%)	シルト分 (5~75μm) (%)	粘土分 (5μm未満) (%)	細粒分含有率 Fc (%)	50%粒径 D ₅₀ (mm)	10%粒径 D ₁₀ (mm)
No. 4	As1-1	P-1	7.00~7.50	7.25	0.3	69.9	16.1	13.7	29.8	0.1953	0.0023
	As1-2	P-2	15.00~15.50	15.25	0.4	89.5	4.0	6.1	10.1	0.2364	0.0664
	As1-3	P-3	23.00~23.50	23.25	0.8	80.6	10.4	8.2	18.6	0.4474	0.0091
	As2-1	P-4	42.00~42.50	42.25	0.5	71.3	16.9	11.3	28.2	0.1397	0.0034
	As2-2	P-5	54.00~54.50	54.25	0.0	63.0	23.9	13.1	37.0	0.1028	0.0023
	Pg1	P-6	64.00~64.50	64.25	49.6	45.7	4.7	0.0	4.7	1.9474	0.2145



T-1-1 : Ac1-1(自沈部分)、T-1-2 : Ac1-1(平均的な部分)、T-2-1 : Ac1-2(自沈部分)、
 T-2-2 : Ac1-2(平均的な部分)、T-3 : Ac1-3、T-4 : Ac2-1、T-5 : Ac2-2、T-6 : APt

図-5.1.3. 粘性土の粒径加積曲線



P-1 : As1-1、P-2 : As1-2、P-3 : As1-3、P-4 : As2-1、P-5 : As2-2、P-6 : Pg1

図-5.1.4. 砂質土の粒径加積曲線

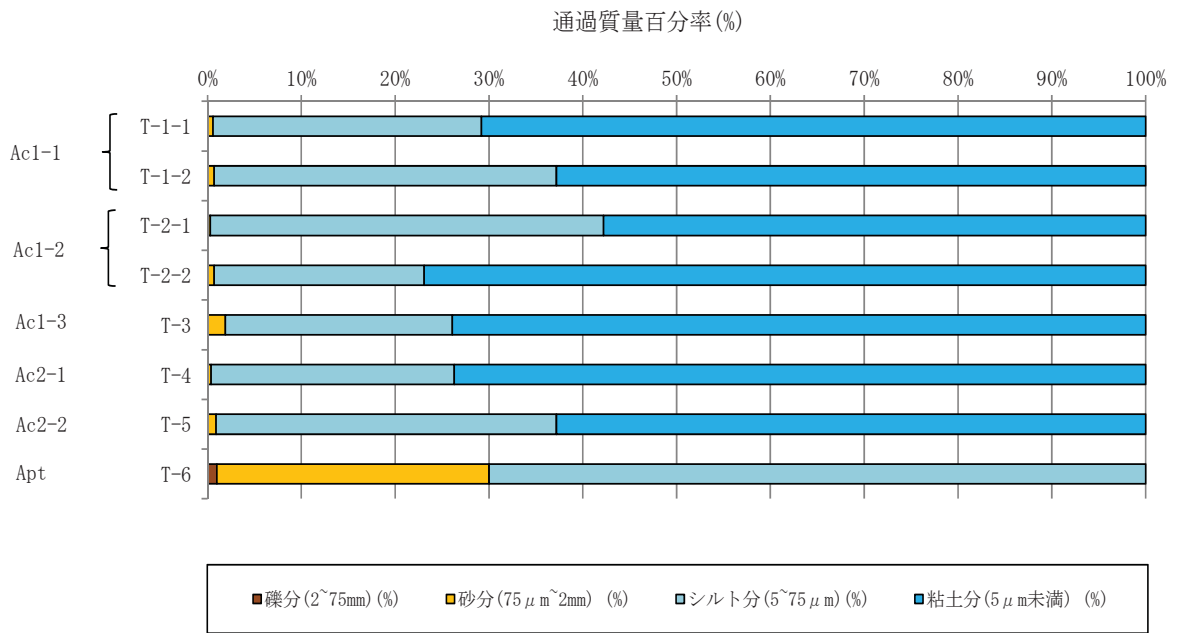


図-5. 1. 5. 粘性土の粒度組成図

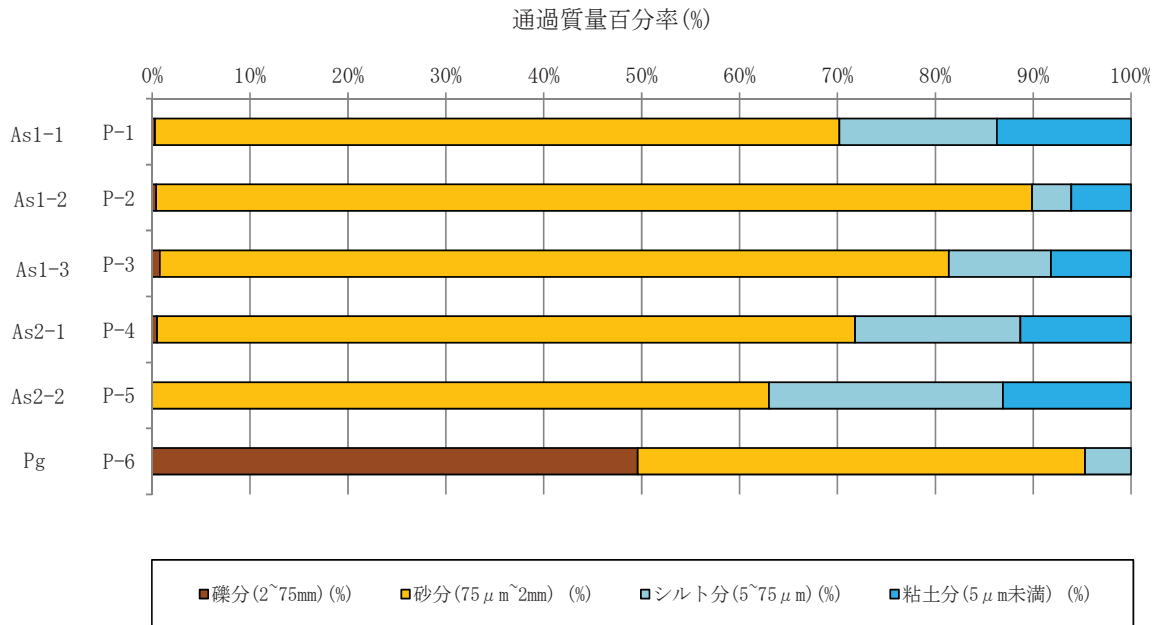


図-5. 1. 6. 砂質土の粒度組成図

(3). コンシステンシー特性

コンシステンシー特性とは、同じ土でも含水量の変化によって、土の変形・抵抗などに相違が生じる性質のことを呼ぶ。コンシステンシーの変化による土の状態は、図-5.1.7のように、収縮・塑性・液性の各限界から成り立っている。これらの限界をコンシステンシー限界と呼ぶ。また、塑性指数は液性限界と塑性限界の範囲（塑性体の範囲）を表すため、大きいほど取り扱いやすい土となる。液性・塑性限界試験は粘性土でのみ実施した。

表-5.1.17 に液性限界試験と塑性限界試験の結果一覧表を示し、図-5.1.9 に自然含水比と液性限界の関係を示す。自然含水比が液性限界より小さい値の場合は、自然状態で安定な状態といえる。今回の結果では、全ての試料で液性限界が自然含水比よりも大きい値となっており、程度の違いはあるが安定側な状態であると判断される。

また、図-5.1.10 に塑性図を示す。当地に分布する粘性土層は大部分がA線より上の「粘土」かつ液性限界50%以上の「高液性限界」であるCHに属している。

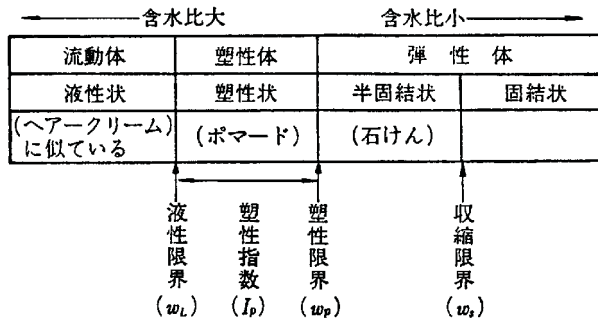


図-5.1.7. コンシステンシーの変化による土の状態

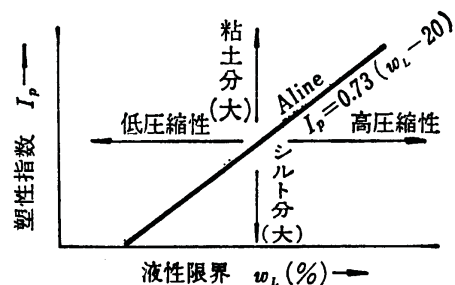


図-5.1.8. 塑性図の見方

表-5.1.17. 液性・塑性限界試験結果

孔番	土質記号	試料No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	液性限界 wL (%)	塑性限界 wp (%)	塑性指数 Ip	自然含水比 wn (%)
No. 4	Ac1-1	T-1-1	3.00~3.80	3.40	89.6	33.6	56.0	66.3
		T-1-2	4.00~4.77	4.39	76.0	27.8	48.2	51.9
	Ac1-2	T-2-1	9.50~10.33	9.92	65.6	31.7	33.9	52.1
		T-2-2	10.50~11.34	10.92	86.7	36.7	50.0	59.4
	Ac1-3	T-3	19.00~19.70	19.35	93.5	39.3	54.2	68.8
	Ac2-1	T-4	36.00~36.77	36.39	67.5	31.2	36.3	52.8
	Ac2-2	T-5	58.00~58.65	58.33	81.8	37.2	44.6	49.3
	Apt	T-6	59.70~60.80	60.25	200.7	126.6	74.1	36.9

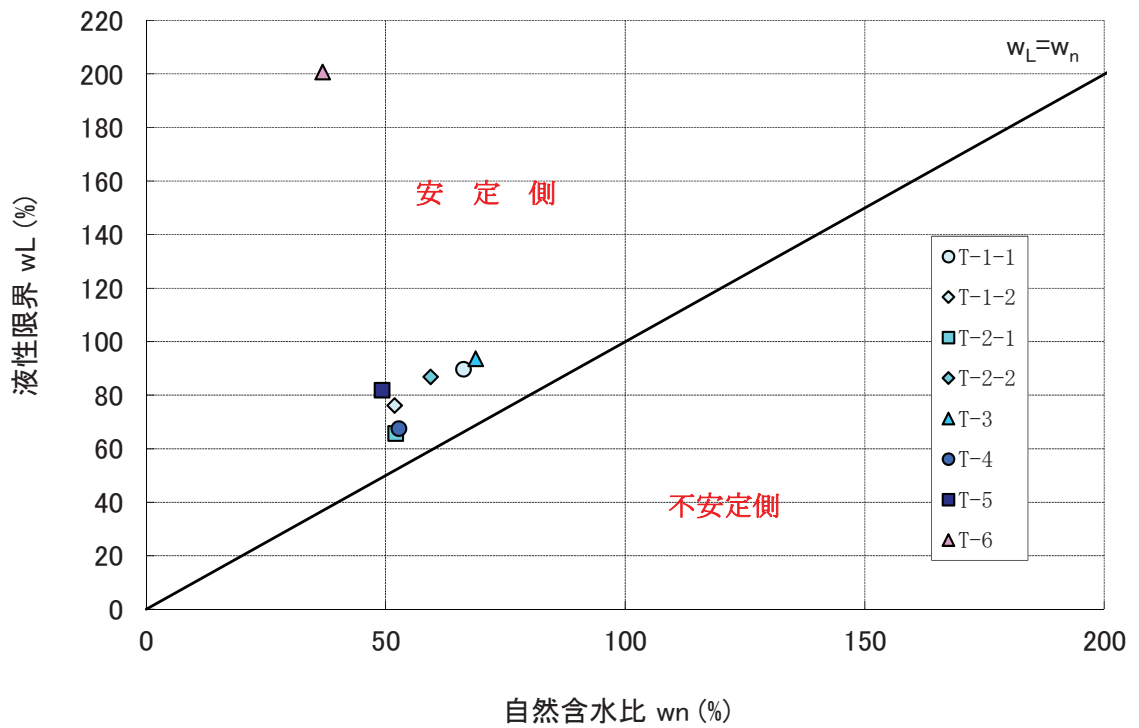


図-5. 1. 9. 液性限界 w_L と自然含水比 w_n の関係

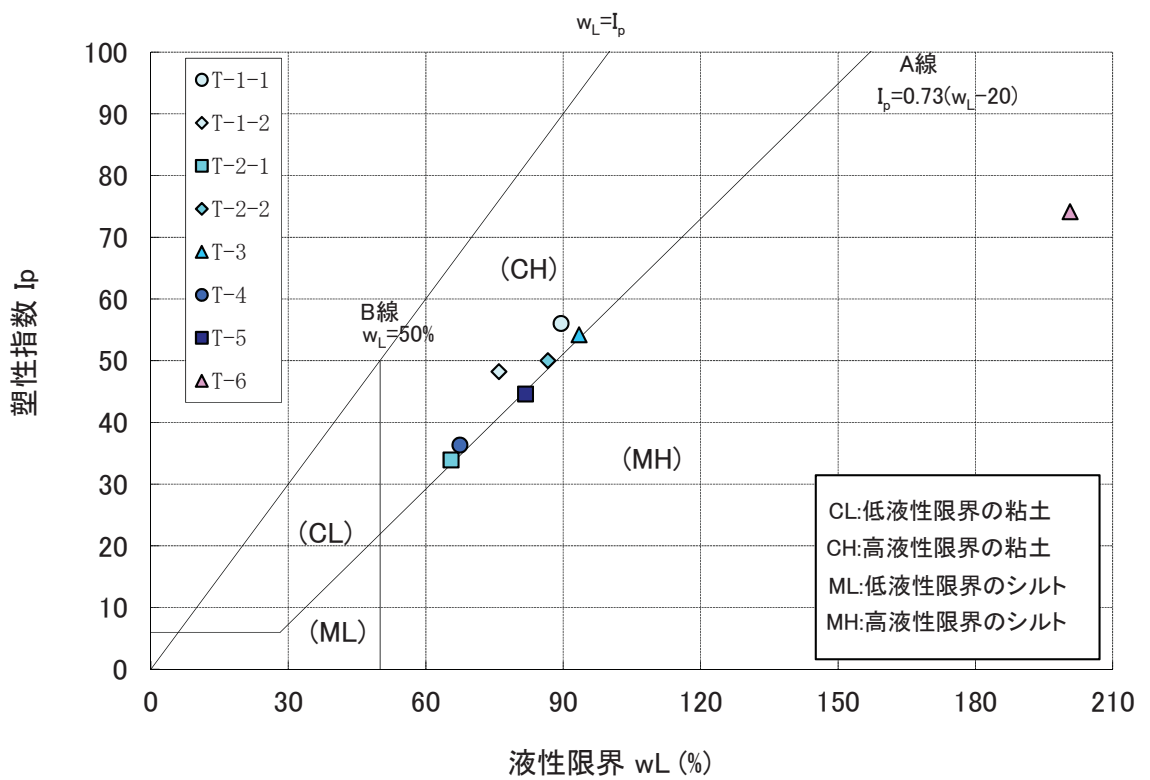


図-5. 1. 10. 塑性図

(4). 土質分類

以上の粒度特性とコンシステンシー特性より、地盤材料の工学的分類方法(地盤工学会 JGS 0051-2009)に準じた土質分類を行う。

試験結果より地盤材料の工学的分類を行い、分類結果の一覧表を表-5. 1. 18 に示す。

表-5. 1. 18. 地盤材料の工学的分類結果一覧表

孔番	土質記号	試料No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	地盤材料の分類名	分類記号
No.4	Ac1-1	T-1-1	3.00~3.80	3.40	粘土(高液性限界)	CH
		T-1-2	4.00~4.77	4.39	粘土(高液性限界)	CH
	As1-1	P-1	7.00~7.50	7.25	細粒分質砂	SF
	Ac1-2	T-2-1	9.50~10.33	9.92	粘土(高液性限界)	CH
		T-2-2	10.50~11.34	10.92	粘土(高液性限界)	CH
	As1-2	P-2	15.00~15.50	15.25	細粒分混じり砂	S-F
	Ac1-3	T-3	19.00~19.70	19.35	粘土(高液性限界)	CH
	As1-3	P-3	23.00~23.50	23.25	細粒分質砂	SF
	Ac2-1	T-4	36.00~36.77	36.39	粘土(高液性限界)	CH
	As2-1	P-4	42.00~42.50	42.25	細粒分質砂	SF
	Ac2-2	T-5	58.00~58.65	58.33	シルト(高液性限界)	MH
	As2-2	P-5	54.00~54.50	54.25	細粒分質砂	SF
	Apt	T-6	59.70~60.80	60.25	砂質有機質粘土(高液性限界)	OHS
	Pg1	P-5	64.00~64.50	64.25	粒径幅の広い砂質礫	GWS

5.2. 力学試験結果

今回実施した力学試験は、一軸圧縮試験、非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験、圧密試験の3試験である。結果は剪断強度に関する試験一軸圧縮試験・三軸圧縮試験と、圧密試験の2つに区分して説明する。

5.2.1. 一軸、三軸圧縮試験結果

粘性土層の力学特性を把握することを目的に一軸圧縮試験、三軸圧縮試験(UU)を実施した。表-5.2.1.1に試験結果一覧、表-5.2.1.2に一軸圧縮試験結果と三軸圧縮試験結果の比較表を示す。また、図-5.2.1.2には粘着力、変形係数の深度分布図を示す。

粘着力 c_u は一軸圧縮強度 q_u との相関

$$c_u = q_u / 2$$

で算出した。

また、変形係数 E_{50} は一軸圧縮試験の応力～ひずみ曲線より、

$$E_{50} = \frac{q_u / 2}{\varepsilon_{50}} / 10$$

で求めた。

T-4(Ac2-1)～T-6(Apt)は一軸圧縮試験と三軸圧縮試験(UU)の2試験を実施しており、Ac2-1では一軸圧縮試験とほとんど変わらない結果となったが、Ac2-2では圧縮強さ、変形係数、粘着力で一軸圧縮試験より大きな値が得られた。

ただし、Aptは上記のAc2-2とは逆に、圧縮強さ、変形係数、粘着力で一軸圧縮試験より小さい値が得られた。

一軸圧縮試験と三軸圧縮試験(UU)から得られた粘着力 c_u 及び変形係数 E は、図-5.2.1.2に示すように Ac1-1～Ac2-2の沖積粘性土(Aptの有機質土は除く)において深度が深くなる毎に大きくなる傾向が見られる。ただし、有機質土については、試験結果を見たときに破壊歪みが他の試料に比べてかなり大きくなっていること、深度方向に対する相関直線から大きくはずれていることから、採取深度が深い試料であるため試料が乱れてしまった可能性が考えられるため、相関直線の設定からは除外している。深度方向の関数は、以下のよう¹⁾に提案する。

粘着力 : $c_u = 2.2z + 10.0$ (kN/m²) z:深度(GL-m)

変形係数 : $E_{50} = 0.2z + 1.0$ (MN/m²) z:深度(GL-m)

また、変形係数 E は孔内水平載荷試験から得られた E を評価するため、三軸圧縮試験や一軸圧縮試験から得られた E との比較研究が行われており、次頁の図-5.2.1.1に示すような比較の関係が得られている。この関係から、変形係数は地盤材料に関わらず、ほぼ一致している。

本業務で実施した孔内水平載荷試験と一軸圧縮試験から得られた変形係数を図-5.2.1.1にプロットした。その結果、概ねばらつきの範囲内に位置しているが、一軸圧縮試験結果の変形係数の方がやや大きく出ている傾向が見られる。

図-5.2.1.3には、変形係数とN値の相関を示す。Ac1-1~Ac2-2の粘性土は、試験結果より得られた変形係数がある程度ばらつくが、一般的なばらつきの範囲内に位置しており、値の妥当性が伺える。ただし、有機質土については、前述した要因の影響からかN値より想定される値より小さい結果となった。

T-4(Ac2-1)~T-6(Apt)は三軸圧縮試験から得られた内部摩擦角 ϕ ($^{\circ}$)は3試料とも0.0($^{\circ}$)となった。

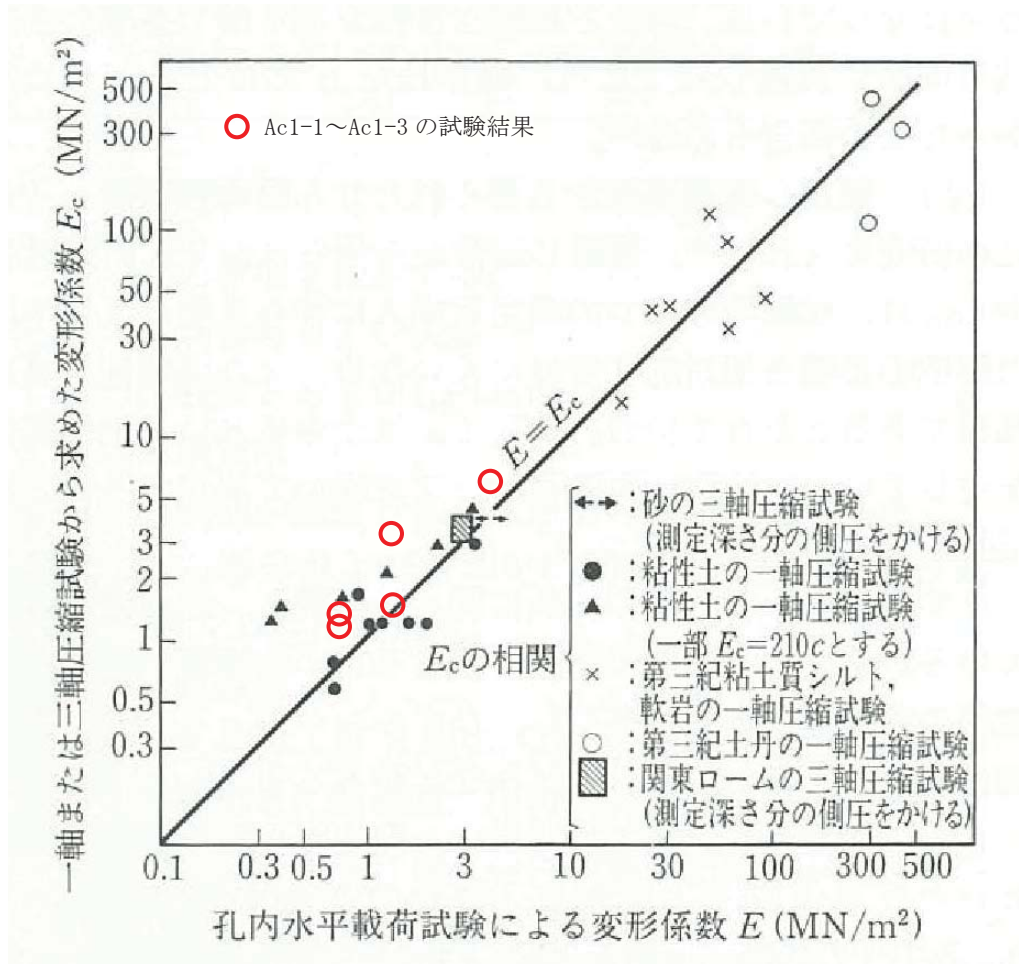


図-5.2.1.1. 孔内水平載荷試験及び室内土質試験から得られた変形係数の関係
(地盤調査の方法と解説, 平成16年6月, (社)地盤工学会より引用)

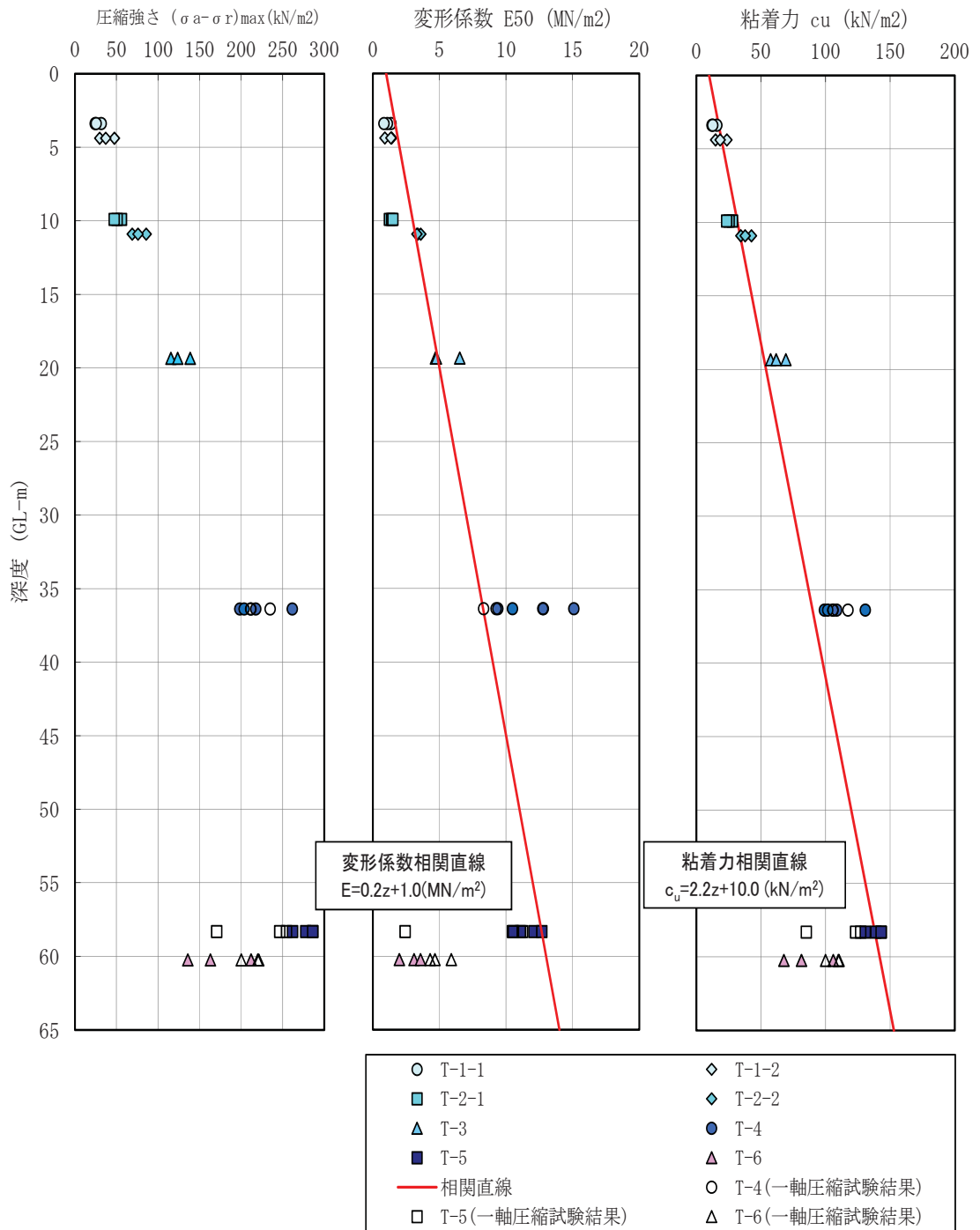
表-5.2.1.1. 試験結果一覧表

孔番	土質記号	試料No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	N値 (回)	圧縮強さ ($\sigma_a - \sigma_r$) _{max} (kN/m ²)					軸ひずみ ϵ_{af} (%)					変形係数 E_{50} (MN/m ²)					粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
						①	②	③	④	平均	①	②	③	④	平均	①	②	③	④	平均		
No. 4	Ac1-1	T-1-1	3.00~3.80	3.40	0/50 (0.00)	31.9	24.5	25.8	—	27.4	13.0	15.0	15.0	—	14.3	1.4	1.1	0.8	—	1.1	13.7	—
		T-1-2	4.00~4.77	4.39	3/33 (2.73)	47.6	30.1	37.2	—	38.3	15.0	15.0	7.6	—	12.5	1.4	0.9	1.4	—	1.2	19.2	—
	Ac1-2	T-2-1	9.50~10.33	9.92	3/30 (3.00)	56.1	50.9	47.3	—	51.4	6.5	6.2	5.5	—	6.1	1.3	1.4	1.5	—	1.4	25.7	—
		T-2-2	10.50~11.34	10.92	2/50 (1.20)	69.1	85.8	76.1	—	126.1	4.7	5.6	4.2	—	4.8	3.4	3.6	3.3	—	3.4	63.1	—
	Ac1-3	T-3	19.00~19.70	19.35	3/30 (3.00)	115.6	123.9	138.8	—	131.4	4.5	3.8	3.6	—	4.0	4.7	4.8	6.5	—	5.3	65.7	—
	Ac2-1	T-4	36.00~36.77	36.39	6/30 (6.00)	217.5	198.6	261.7	203.8	220.4	4.4	3.7	2.6	2.4	3.3	9.4	12.8	15.1	10.5	12.0	110.2	0.0
	Ac2-2	T-5	58.00~58.65	58.33	8/30 (8.00)	286.4	261.8	278.0	286.3	278.1	4.7	5.3	4.6	4.0	4.7	11.1	10.5	12.1	12.7	11.6	139.1	0.0
Apt	T-6	59.70~60.80	60.25	23/30 (23.00)	135.9	212.2	163.2	—	170.4	14.5	14.5	15.0	—	14.7	2.0	3.1	3.6	—	2.9	85.2	0.0	

T-1-1~T-3 の試験結果は一軸圧縮試験結果、T-4~T-6 の試験結果は三軸圧縮試験結果である。

表-5.2.1.2. 一軸圧縮試験結果と三軸圧縮試験(UU)結果の比較表

土質記号	試料No.	中心深度 (GL-m)	N値 (回)	圧縮試験種類	圧縮強さ ($\sigma_a - \sigma_r$) _{max} (kN/m ²)					軸ひずみ ϵ_{af} (%)					変形係数 E_{50} (MN/m ²)					粘着力 c (kN/m ²)
					①	②	③	④	平均	①	②	③	④	平均	①	②	③	④	平均	
Ac2-1	T-4	36.39	6/30 (6.00)	一軸	235.0	211.8	211.5	—	219.4	2.8	3.1	3.6	—	3.2	12.8	9.3	8.3	—	10.1	109.7
				三軸	217.5	198.6	261.7	203.8	220.4	4.4	3.7	2.6	2.4	3.3	9.4	12.8	15.1	10.5	12.0	110.2
Ac2-2	T-5	58.33	8/30 (8.00)	一軸	246.7	254.6	170.6	—	224.0	3.0	3.3	10.8	—	5.7	11.2	10.6	2.4	—	8.1	112.0
				三軸	286.4	261.8	278.0	286.3	278.1	4.7	5.3	4.6	4.0	4.7	11.1	10.5	12.1	12.7	11.6	139.1
Apt	T-6	60.25	23/30 (23.00)	一軸	220.1	221.2	200.3	—	213.9	11.1	15.0	8.7	—	11.6	4.7	4.3	5.9	—	5.0	106.9
				三軸	135.9	212.2	163.2	—	170.4	14.5	14.5	15.0	—	14.7	2.0	3.1	3.6	—	2.9	85.2



T-1-1 : Ac1-1(自沈部分)、T-1-2 : Ac1-1(平均的な部分)、T-2-1 : Ac1-2(自沈部分)、
 T-2-2 : Ac1-2(平均的な部分)、T-3 : Ac1-3、T-4 : Ac2-1、T-5 : Ac2-2、T-6 : APt

図-5. 2. 1. 2. 圧縮強さ、変形係数、粘着力の深度分布図

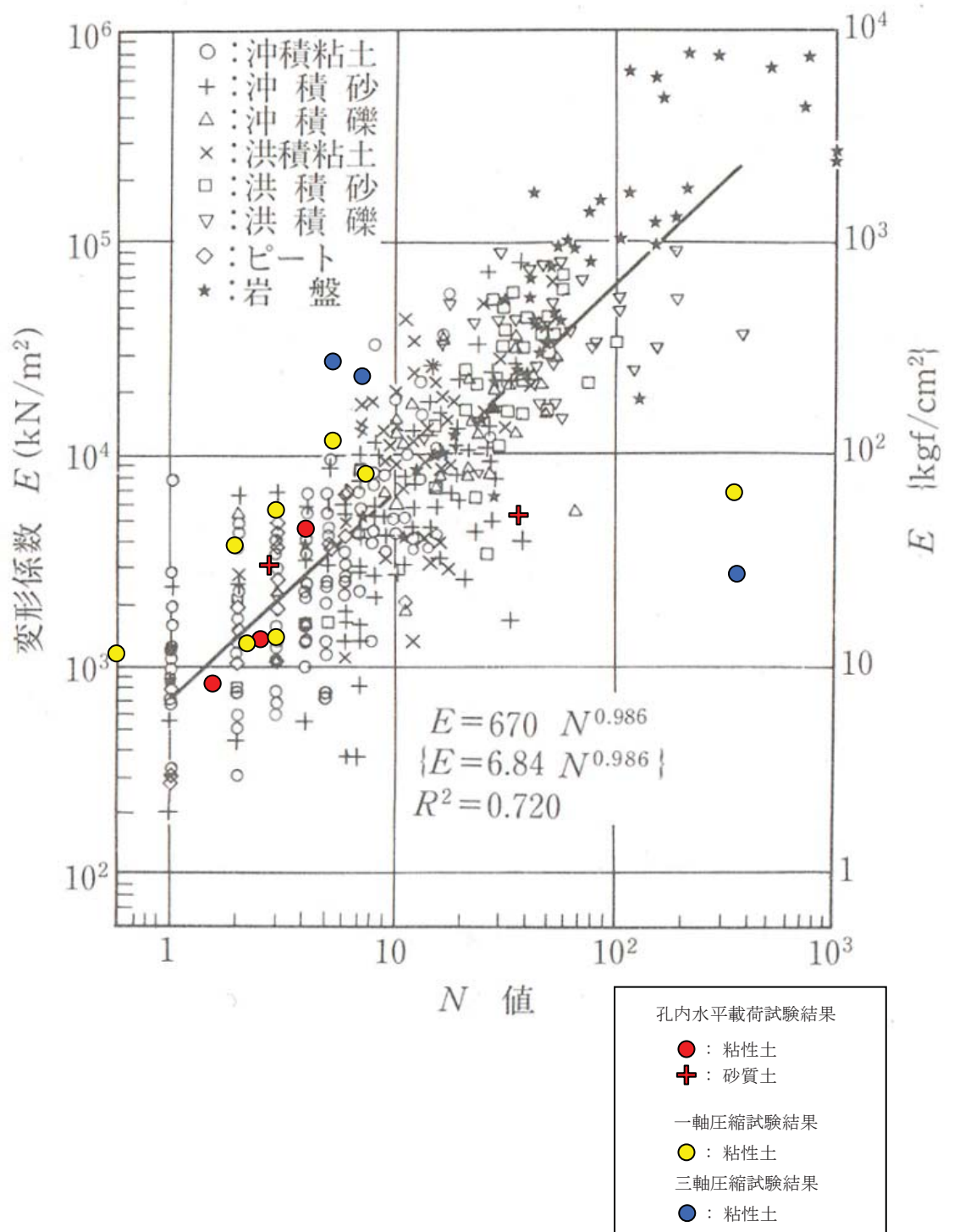


図-5.2.1.3. 一軸圧縮試験から得られる変形係数 E_b と N 値の関係
 (地盤調査の方法と解説, 平成 16 年 6 月, (社)地盤工学会より引用)

5.2.2. 圧密試験結果

今回実施した圧密試験結果（段階载荷による圧密試験）を以下に取りまとめる。

(1) 圧密試験結果

粘性土の圧密特性を把握するために、段階载荷による圧密試験を実施した。

今回実施した圧密試験結果より得られた圧縮指数 C_c 、圧密降伏応力 P_c 、過圧密比 OCR の深度分布図を図-5.2.2.1、圧密降伏応力 P_c と有効土被り圧 P_0 の関係図を図-5.2.2.2 に示す。

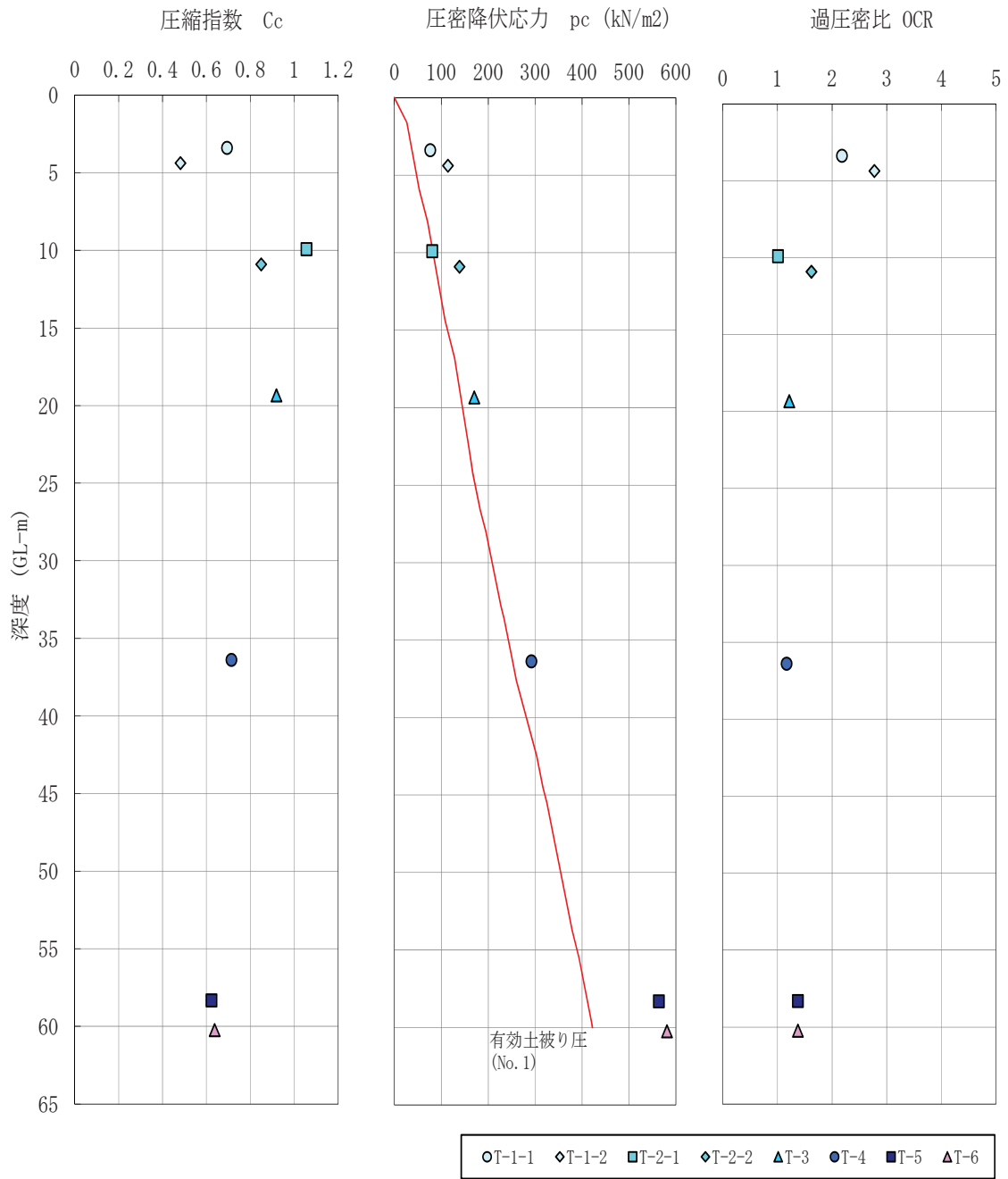
一般に粘性土は、その堆積履歴や荷重履歴の違いにより、「未圧密粘土」「過圧密粘土」「正規圧密粘土」の3種類に分類される。これらは圧密降伏応力 P_c と有効土被り圧 P_0 の関係から知られ、 $P_c = P_0$ の状態を正規圧密、 $P_c > P_0$ の状態を過圧密、 $P_c < P_0$ の状態を未圧密な状態という。

各試料の圧密試験結果を以下の表-5.2.2.1 に示す。

表-5.2.2.1. 調査区間における圧縮指数 C_c

孔番	土質記号	試料No.	採取深度 (GL-m)	中心深度 (GL-m)	圧縮指数 C_c	有効土被り圧 p_0 (kN/m ²)	圧密降伏応力 p_c (kN/m ²)	過圧密比 OCR
No. 4	Ac1-1	T-1-1	3.00~3.80	3.40	0.69	35.0	76.4	2.2
		T-1-2	4.00~4.77	4.39	0.48	41.2	114.5	2.8
	Ac1-2	T-2-1	9.50~10.33	9.92	1.06	79.5	80.6	1.0
		T-2-2	10.50~11.34	10.92	0.85	85.3	138.8	1.6
	Ac1-3	T-3	19.00~19.70	19.35	0.92	139.9	170.6	1.2
	Ac2-1	T-4	36.00~36.77	36.39	0.71	249.6	292.5	1.2
	Ac2-2	T-5	58.00~58.65	58.33	0.62	409.7	564.0	1.4
	Apt	T-6	59.70~60.80	60.25	0.64	422.2	581.1	1.4

今回の結果から判断すると、過圧密比 OCR が 1.0~2.8 の範囲にあることから、**Ac1-1~Apt 層は正規圧密~若干過圧密な状態と捉えられる。**その中でも、Ac1-1 層は OCR=2.2~2.8 と下位の粘性土に比べて相対的に過圧密な状態にある。これは、地下水の上下動、表層部の盛土等の要因により擬似的に過圧密になっているためと推測され、浅層部に分布する粘性土ではよく見られる現象である。



T-1-1 : Ac1-1(自沈部分)、T-1-2 : Ac1-1(平均的な部分)、T-2-1 : Ac1-2(自沈部分)、
T-2-2 : Ac1-2(平均的な部分)、T-3 : Ac1-3、T-4 : Ac2-1、T-5 : Ac2-2、T-6 : APt

図-5. 2. 2. 1. 圧縮指数 C_c , 圧密降伏応力 P_c , 過圧密比 OCR の深度分布図

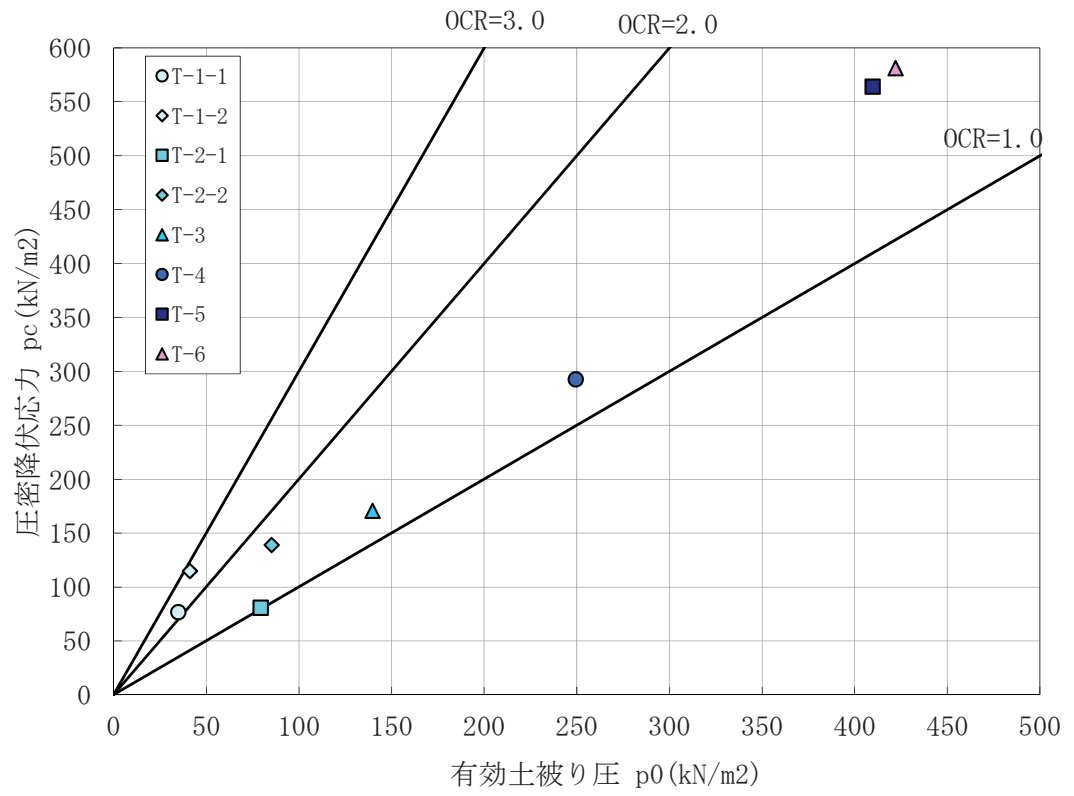


図-5.2.2.2. 圧密降伏応力 P_c と有効土被り圧 P_o の関係図

(2) 強度増加率 m

強度増加率 m は、圧密圧力: p_c に応じてせん断強度（粘着力: c_u ）が増加する割合を示すものである。この強度増加率 m は、例えば粘性土地盤上に盛土を行って十分に圧密が進行した状態での粘性土の強度予測を行う際に用いられる。

この強度増加率 m は、①圧密降伏応力 p_c と粘着力 c_u の関係から求める方法、②塑性指数 I_p を用いた関係式(スケンプトンの式)から求める方法、③一般地から求める方法、などがある。本調査では室内土質試験から圧密降伏応力 p_c 、粘着力 c_u 、塑性指数 I_p が得られていることから、上記の①と②の方法で強度増加率 m を求める。

①圧密降伏応力 P_c と粘着力 c_u の関係から求める方法

圧密降伏応力 P_c と粘着力 c_u は、下記のような関係が成り立ち、本調査での、圧密降伏応力 P_c と粘着力 c_u の関係を図-5.2.3.3 に示す。

$$m = c_u / P_c \quad m: \text{強度増加率、} c_u: \text{粘着力、} P_c: \text{圧密降伏応力}$$

②塑性指数 I_p を用いた関係式(スケンプトンの式)から求める方法

スケンプトンは強度増加率 m と塑性指数 I_p は下記の関係が成り立つとしている。

$$m = 0.11 + 0.0037 \cdot I_p \quad m: \text{強度増加率、} I_p: \text{塑性指数}$$

③一般値から求める方法

道路土工-軟弱地盤対策工指針-((社)日本道路協会)によれば、我が国の軟弱地盤に堆積している土の塑性指数は一般に 30~100 の範囲に分布することが多い。従って、強度増加率は地盤の非排水剪断強さ、圧密状態、現状の土被り圧等を考慮して、目安として以下の表-5.2.3.2 の範囲から選ぶことが出来るとしている。今回は上記の①と②の方法で強度増加率 m を求めるが、参考までに一般値を示す。

表-5.2.2.2. 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
PEAT	0.35~0.50

前述の①と②の関係式に、今回の室内土質試験結果で得られた数値を代入して強度増加率 m を求める。その結果を図-5.2.3.3 に示す。スケンプトンの式は物理特性（塑性指数）に着目して得られる数値であるため、力学試験結果：Cu-Pc 関係から得られる数値に着目すると、強度増加率の範囲は 0.12~0.45 の範囲にある。数値は若干のばらつきがあるが、中間値的には 0.27 前後となる。

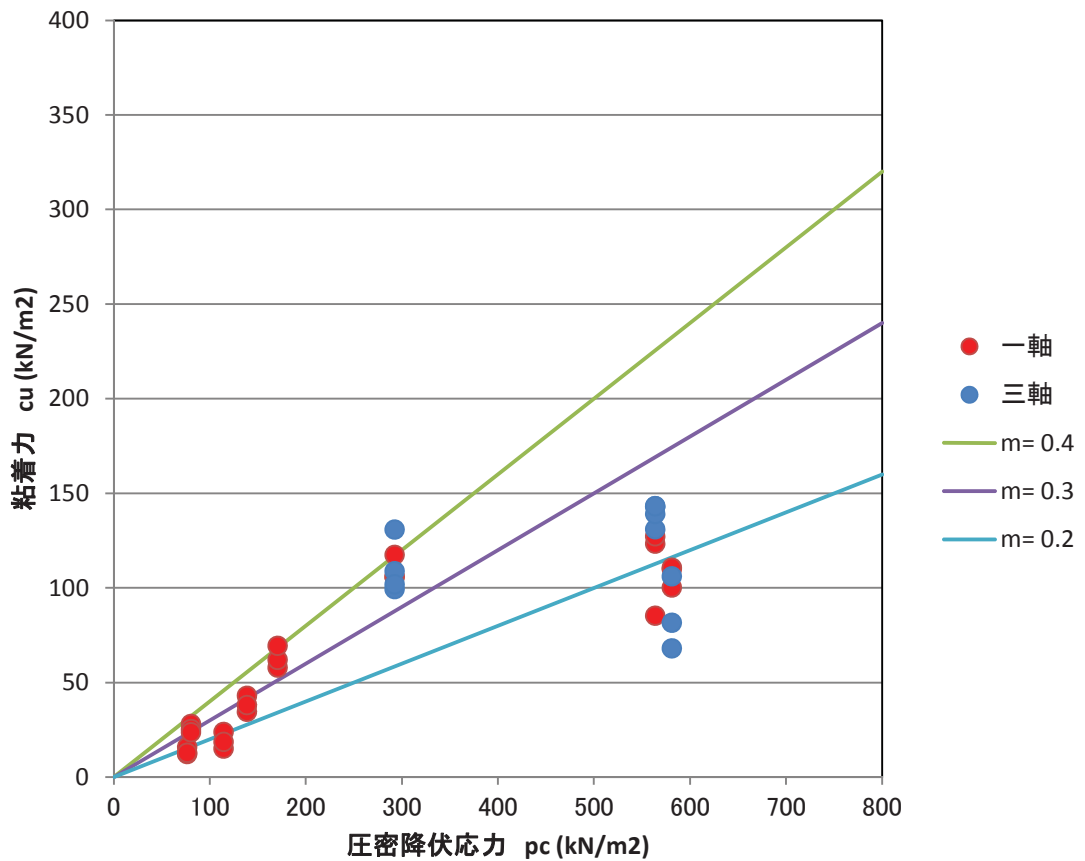


図-5.2.2.3. 圧密降伏応力 Pc と粘着力 cu の関係図

(3) 圧密曲線

沈下量及び沈下時間を求める際に必要となる土層毎の圧密曲線 $e \sim \log P$ 曲線、 $\log M_v \sim \log P$ 曲線、 $\log C_v \sim \log P$ 曲線は、沖積層上部層 Ac1 (Ac1-1～Ac1-3)、沖積層中部層 Ac2 (Ac2-1～Ac2-2)、沖積層中部層有機質土 (Apt) 毎にまとめ、図-5.2.3.4 に示す。

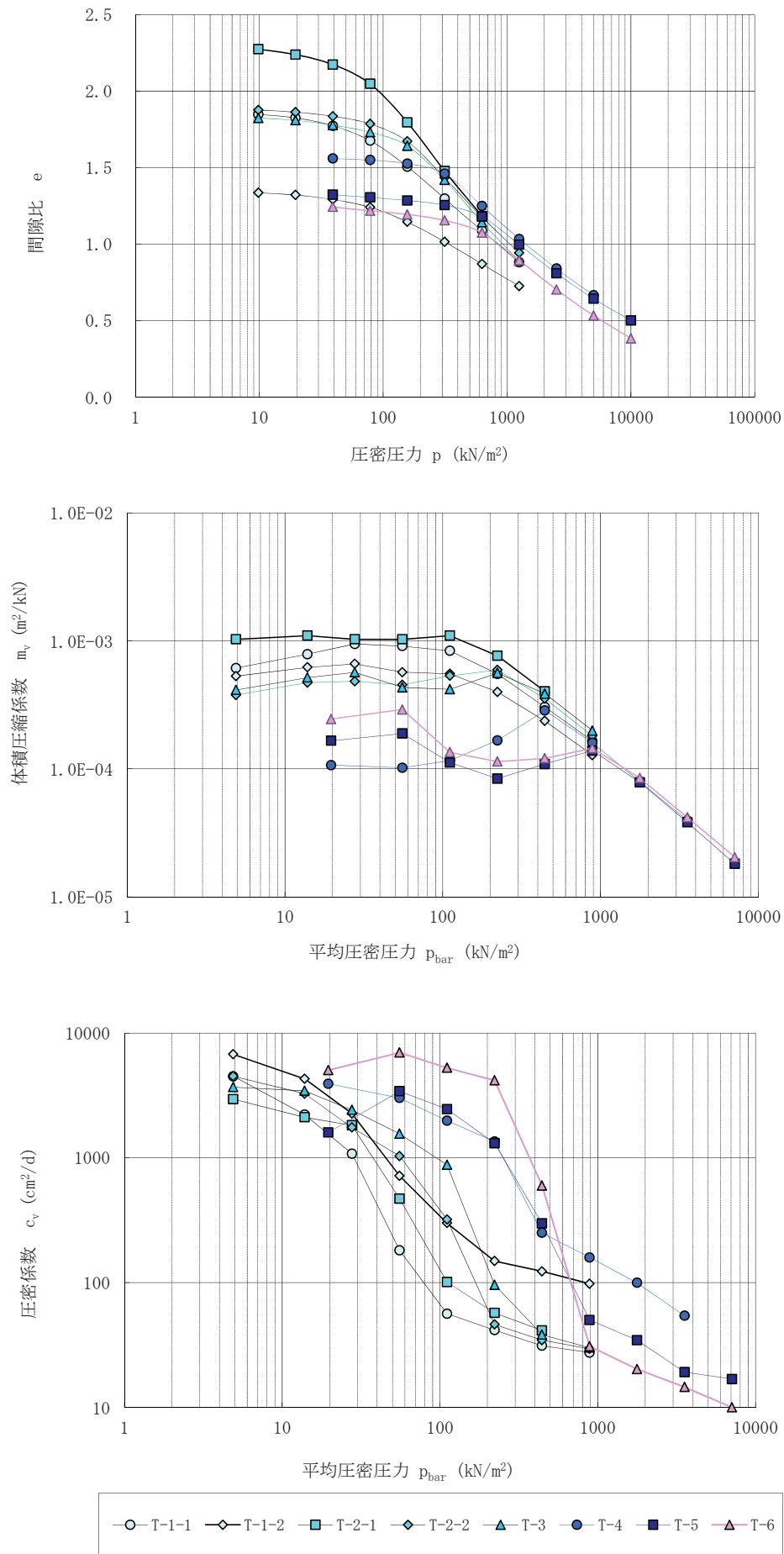


図-5.2.3.4. 各土層の $e \sim \log P$ 曲線図、 m_v 曲線図、 c_v 曲線図

6. 総合解析とりまとめ

本章では①土質定数の設定、②構造物の支持層及び基礎の選定について(液状化の検討)、③地盤の透水性の検討、④設計・施工上の留意点についてまとめる。

6.1. 調査結果に基づく土質定数の設定

本章では、設計に必要な各種土質定数の設定を行う。

ここで詳細設計として、基礎の検討で後述 P.95 の表-6.2.2 にある項目の検討および地下掘削時の安定性の検討には c_u 、 ϕ 、 γ_t 、 E といったパラメーターが必要になる。また、地下掘削時に地下水処理が必要となる場合には透水性地盤(砂質土層、礫質土層)の透水係数 k が必要となる。直接基礎の構造物、盛土造成等、新たに地盤上に直接的に荷重が加わる際には、粘性土層の圧密沈下が問題となるため、沈下検討時に沈下曲線が必要となる。これらを踏まえ、設計時に必要となる土質定数を設定する。

設定した土質定数は、以下の表-6.1.1 に示し、各項目の設定結果は後述する。

表-6.1.1. 設定土質定数一覧表

土質区分		代表N値 (回)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	粘着力 c_u (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	透水係数 k (m/s)	変形係数代表値 E (MN/m ²)	
沖積層 上部層	盛土	B	1.1	18.0	11	0	-	0.70
	第1粘性土層	Ac1-1	1.1	15.0	18	0	-	0.80
	第1砂質土層	As1-1	3.0	17.5	0	22	1.39×10^{-5}	2.70
	第2粘性土層	Ac1-2	2.3	15.4	34	0	-	1.30
	第2砂質土層	As1-2	6.3	18.1	0	26	9.90×10^{-7}	3.40
	第3粘性土層	Ac1-3	2.5	15.0	53	0	-	3.90
	第3砂質土層	As1-3	5.6	17.3	0	25	4.67×10^{-6}	3.60
沖積層 中部層	第1粘性土層	Ac2-1	4.6	16.0	85	0	-	7.80
	第1砂質土層	As2-1	10.6	18.4	0	29	5.24×10^{-6}	6.80
	第2粘性土層	Ac2-2	6.7	16.3	128	0	-	11.8
	第2砂質土層	As2-2	20.2	17.8	0	35	8.26×10^{-7}	12.9
	有機質土層	Apt	14.6	10.3	142	0	-	13.0
更新世	砂礫層	Pg1	46.3	21.7	0	40	1.12×10^{-4}	29.4
	第1粘性土層	Pc1	16.6	17.0	165	0	-	15.1

各土質定数は以下の方法で設定した。

- 代表 N 値 : 平均 N 値 - 1/2 ・ 標準偏差
- 単位体積重量 γ_t : 室内土質試験から求めた湿潤密度 × 重力加速度 (9.81)
室内土質試験を実施していない層は一般値から推定
- 粘着力 c_u : 一軸圧縮試験と三軸圧縮試験からの相関式から設定
- 内部摩擦角 ϕ : 大崎の式から設定(上限値 40°)
- 透水係数 k : 現場透水試験結果から設定
- 圧密曲線 : 圧密試験結果から設定

(1)代表 N 値

代表 N 値は、平均 N 値もしくはばらつきを考慮して平均 N 値 $-1/2 \cdot$ 標準偏差で設定されることが多い。今回の結果では砂質土層や砂礫層においてある程度ばらつきが見られたことから、安全側を考えて一律、下記の式で代表 N 値を設定することとした。

$$\text{代表 N 値} = \text{平均 N 値} - 1/2 \cdot \text{標準偏差}$$

設定した代表 N 値を表-6.1.2 に示す。

表-6.1.2. N 値の検討結果

土質区分		データ数 (個)	最小N値 (回)	最大N値 (回)	平均N値 (回)	標準偏差 σ	平均N値 $-\sigma/2$ (回)	
沖積層 上部層	盛土	B	3	0.9	1.9	1.3	0.4	1.1
	第1粘性土層	Ac1-1	19	0.0	4.0	1.7	1.1	1.1
	第1砂質土層	As1-1	2	3.0	3.0	3.0	0.0	3.0
	第2粘性土層	Ac1-2	19	1.2	4.0	2.6	0.7	2.3
	第2砂質土層	As1-2	5	4.0	14.0	8.4	4.2	6.3
	第3粘性土層	Ac1-3	20	1.3	5.0	3.4	1.9	2.5
	第3砂質土層	As1-3	4	4.0	9.0	6.0	0.8	5.6
沖積層 中部層	第1粘性土層	Ac2-1	47	2.8	14.0	5.6	2.0	4.6
	第1砂質土層	As2-1	18	6.0	22.0	13.2	5.1	10.6
	第2粘性土層	Ac2-2	34	4.0	11.0	7.4	1.5	6.7
	第2砂質土層	As2-2	10	7.0	54.0	28.1	15.8	20.2
	有機質土層	Apt	4	11.0	25.0	17.8	6.3	14.6
更新世	砂礫層	Pg1	25	22.0	75.0	52.7	12.9	46.3
	第1粘性土層	Pc1	3	14.0	20.0	18.0	2.8	16.6

(2) 単位体積重量 γ_t

今回は粘性土層と砂質土層を対象に湿潤密度試験を行っている。代表値を記入した湿潤密度深度分布図を図-6.1.1に示す。また、単位体積重量の代表値は表-6.1.4にまとめる。

湿潤密度試験を実施していない盛土(B)や更新統第1粘性土(Pc1)は、表-6.1.3に示した一般値より単位体積重量を求める。ここで、有機質土(Apt)は湿潤密度にばらつきがあり、有機質土的部分と粘性土的部分で湿潤密度が異なる。今回の調査箇所でも Apt はボーリングコアの観察から有機質土部分が優勢であることが観察されたことから有機質土的な湿潤密度を採用する。

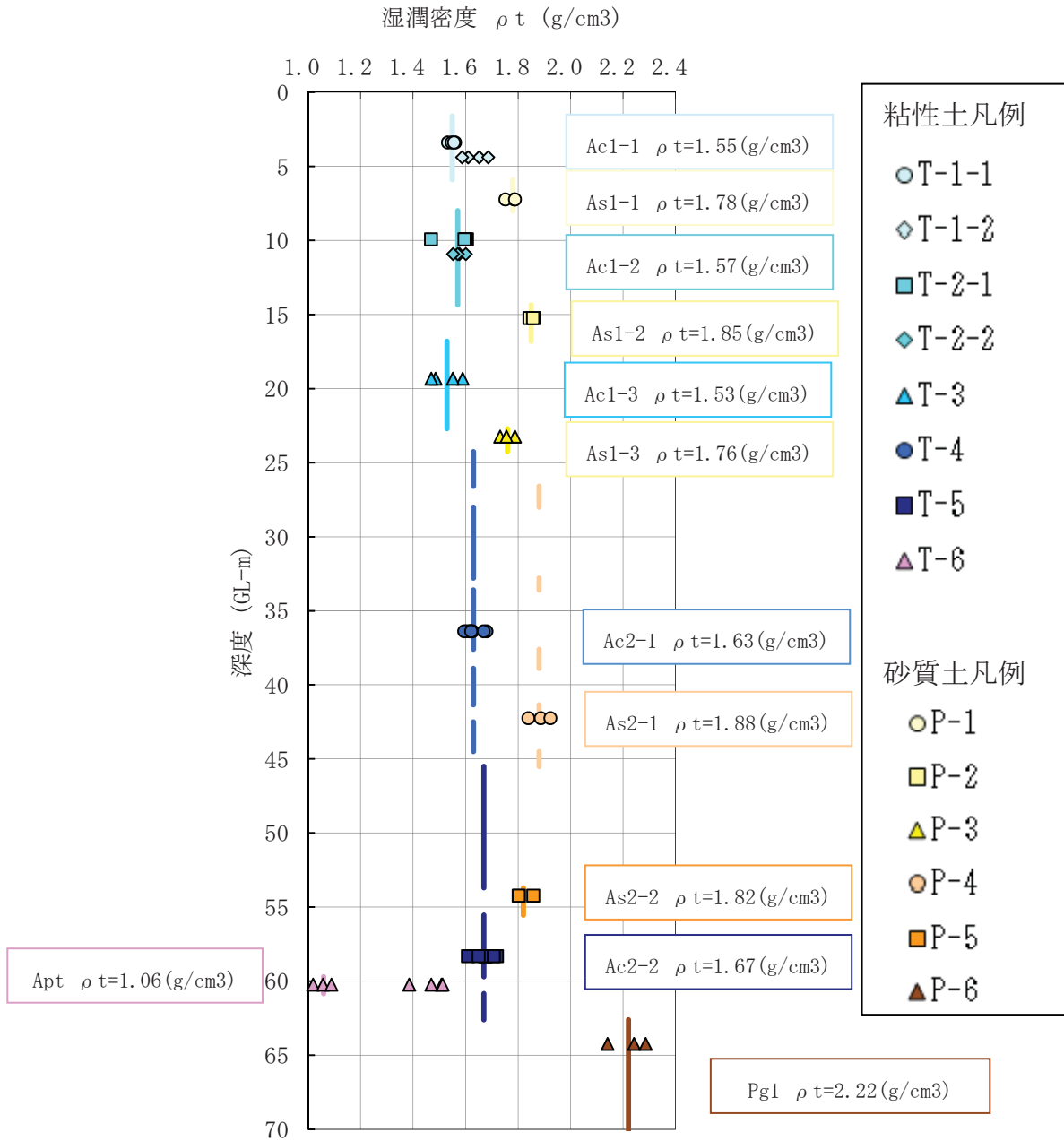


表-6.1.3. 土質定数の一般値(設計要領 道路編)

種類		状態	土の単位体積重量 (KN/m ³)	せん断抵抗角 (°)	粘着力 (KN/m ²)	地層記号	
盛土	砂利混じり砂	締め固めたもの	20	40	0		
	砂	締め固めたもの	粒度のよいもの	20	35	0	
			粒度の悪いもの	19	30	0	
	砂質土	締め固めたもの	19	25	30以下		
粘性土	締め固めたもの	18	15	50以下	B		
自然地	砂利	密実なもの又は粒度のよいもの	20	40	0		
		密実でないもの又は粒度の悪いもの	18	35	0		
	砂利混じり砂	密実なもの	21	40	0	Pg1	
		密実でないもの	19	35	0		
	砂	密実なもの又は粒度のよいもの	20	35	0		
		密実でないもの又は粒度の悪いもの	18	30	0	As1-1~As2-2	
	砂利又は岩石と土砂の混合物	密実なもの	20	35	30以下		
		密実でないもの	17	25	0		
砂質土	密実なもの	19	30	30以下			
	密実でないもの	17	25	0			
盤	粘性土	固いもの (N=8~15)	18	25	50		
		やや軟らかいもの (N=4~8)	17	20	30		
		軟らかいもの (N=2~4)	16	15	15		
	粘土及びシルト	固いもの (N=8~15)	17	20	50	Pc1	
やや軟らかいもの (N=4~8)		16	15	30			
軟らかいもの (N=2~4)		14	10	15			

(設計要領 道路編, 平成 18 年 4 月, 国土交通省北陸地方整備局より引用)

表-6.1.4. 各層の単位体積重量代表値

土質区分		代表N値 (回)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	設定方法	
沖積層上部層	盛土	B	1.1	18.0	設計要領道路編「盛土 粘性土」
	第1粘性土層	Ac1-1	1.1	15.2	湿潤密度試験結果平均値($\gamma_t=1.55 \times 9.81$)
	第1砂質土層	As1-1	3.0	17.4	湿潤密度試験結果平均値($\gamma_t=1.78 \times 9.81$)
	第2粘性土層	Ac1-2	2.3	15.4	湿潤密度試験結果平均値($\gamma_t=1.57 \times 9.81$)
	第2砂質土層	As1-2	6.3	18.1	湿潤密度試験結果平均値($\gamma_t=1.85 \times 9.81$)
	第3粘性土層	Ac1-3	2.5	15.0	湿潤密度試験結果平均値($\gamma_t=1.53 \times 9.81$)
沖積層中部層	第3砂質土層	As1-3	5.6	17.2	湿潤密度試験結果平均値($\gamma_t=1.76 \times 9.81$)
	第1粘性土層	Ac2-1	4.6	15.9	湿潤密度試験結果平均値($\gamma_t=1.63 \times 9.81$)
	第1砂質土層	As2-1	10.6	18.4	湿潤密度試験結果平均値($\gamma_t=1.88 \times 9.81$)
	第2粘性土層	Ac2-2	6.7	16.3	湿潤密度試験結果平均値($\gamma_t=1.67 \times 9.81$)
	第2砂質土層	As2-2	20.2	17.8	湿潤密度試験結果平均値($\gamma_t=1.82 \times 9.81$)
更新世	有機質土層	Apt	14.6	10.3	湿潤密度試験結果平均値($\gamma_t=1.06 \times 9.81$)
更新世	砂礫層	Pg1	46.3	21.7	湿潤密度試験結果平均値($\gamma_t=2.22 \times 9.81$)
	第1粘性土層	Pc1	16.6	17.0	設計要領道路編「粘土及びシルト 固いものN=8~15」

(3)粘着力 c_u

本調査では、粘性土において一軸圧縮試験と三軸圧縮試験(UU)を実施し粘着力を求めた。

一軸圧縮試験では、一軸圧縮強度 q_u から $c_u=q_u/2$ の関係式から粘着力を求めており、三軸圧縮試験では圧縮強さ $c_u=(\sigma_a-\sigma_r)_{max}/2$ の関係式から粘着力を求めた。

一軸圧縮試験と三軸圧縮試験の結果から、沖積層の粘性土である Ac1-1~Ac2-2 の粘着力は、深度方向に明瞭な増加傾向があり、深度相関式は概ね $c_u=2.2 \cdot Z+10.0$ となっている。

表-6.1.5 に示す粘着力の代表値は、上記の深度相関式を用いて各土層の中心深度から求める。ただし、設計の際に決まった深度での粘着力が必要となった場合には適宜、深度相関式から求めることを提案する。

As1-1~As2-2 の砂質土層や Pg1 の砂礫層については、砂や礫混じり砂は粘着力を見込まないため **As1-1~As2-2、Pg1 は $c_u=0$ (kN/m²)** とした。

表層部の盛土(B)や最深部の更新世の第1粘性土層(Pc1)についても、深度相関式から粘着力を求める。

以上より設定した粘着力の代表値を表-6.1.5 に示す。粘着力は小数点以下を切り捨てて、整数で設定している。なお、砂質土や砂礫は $c_u=0$ とする。

表-6.1.5. 各層の粘着力の代表値

土質区分		中心深度 (GL-m)	粘着力 c_u (kN/m ²)	設定方法	
沖積層 上部層	盛土	B	0.80	11	深度相関式から $c_u=2.2 \cdot 0.8+10.0=11.76$
	第1粘性土層	Ac1-1	3.75	18	深度相関式から $c_u=2.2 \cdot 3.75+10.0=18.25$
	第1砂質土層	As1-1	6.95	0	砂質土は粘着力を見込まない($c_u=0$)
	第2粘性土層	Ac1-2	11.25	34	深度相関式から $c_u=2.2 \cdot 11.25+10.0=34.75$
	第2砂質土層	As1-2	15.65	0	砂質土は粘着力を見込まない($c_u=0$)
	第3粘性土層	Ac1-3	19.75	53	深度相関式から $c_u=2.2 \cdot 19.75+10.0=53.45$
	第3砂質土層	As1-3	23.48	0	砂質土は粘着力を見込まない($c_u=0$)
沖積層 中部層	第1粘性土層	Ac2-1	34.38	85	深度相関式から $c_u=2.2 \cdot 34.38+10.0=85.636$
	第1砂質土層	As2-1	38.25	0	砂質土は粘着力を見込まない($c_u=0$)
	第2粘性土層	Ac2-2	54.05	128	深度相関式から $c_u=2.2 \cdot 54.05+10.0=128.91$
	第2砂質土層	As2-2	54.63	0	砂質土は粘着力を見込まない($c_u=0$)
	有機質土層	Apt	60.28	142	深度相関式から $c_u=2.2 \cdot 60.28+10.0=142.616$
更新世	砂礫層	Pg1	66.55	0	砂質土や砂礫は粘着力を見込まない($c_u=0$)
	第1粘性土層	Pc1	70.75	165	深度相関式から $c_u=2.2 \cdot 70.75+10.0=165.65$

(4)内部摩擦角

砂質土、礫質土層の内部摩擦角は、「建築基礎構造設計指針、平成 15 年 2 月、日本建築学会」等に示されている大崎の式(各種式の中で N 値の低い砂に対して安全側となる)(下式②)を用いて、内部摩擦角 ϕ を推定する。

内部摩擦角 ϕ を求める式として「道路橋示方書・同解説 下部構造編、平成 24 年 3 月、日本道路協会」に記されている下式①もあるが、①式は N 値 5 回を超える砂質土に適用するものであり、N 値 5 回以下の砂質土には適用できない。当地に分布する沖積層上部の砂質土層 As1-1 は N 値 5 回以下となるため、②大崎の式を用いて内部摩擦角 ϕ を推定する。

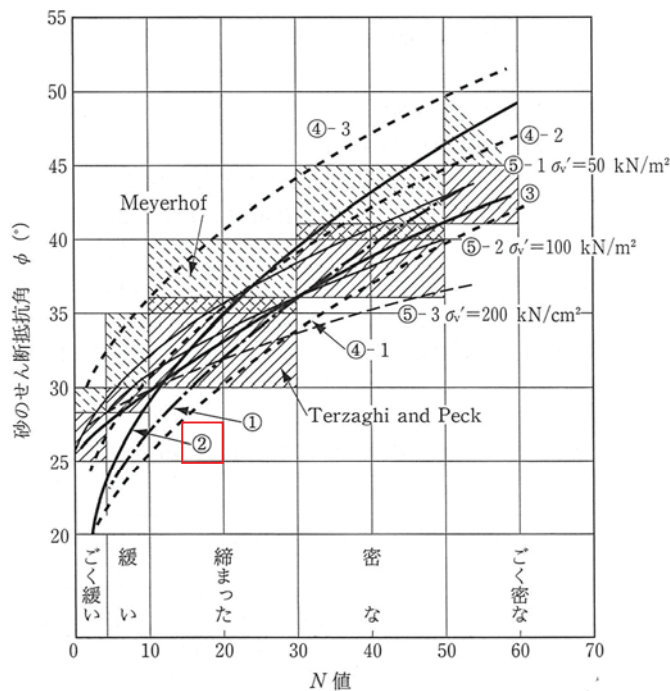
ただし、内部摩擦角の上限値は先の表-6.1.3 の土質と一般的な内部摩擦角の上限値 40° とする。

②大崎の式

$$\phi = 15 + \sqrt{20 \cdot N}$$

ここに、 ϕ : 砂のせん断抵抗角〔内部摩擦角〕($^\circ$)

N : 標準貫入試験から得られる N 値



- ① 道路橋示方書 $\phi = 15 + \sqrt{15N}$ ($N \geq 5$)
- ② 大崎 $\phi = 15 + \sqrt{20N}$
- ③ Peck $\phi = 0.3N + 27$
- ④ Dunham
 - ④-1. $\phi = 15 + \sqrt{12N}$ (粒子丸・粒度一様)
 - ④-2. $\phi = 20 + \sqrt{12N}$ (粒子丸・粒度良, 粒子角・粒度一様)
 - ④-3. $\phi = 25 + \sqrt{12N}$ (粒子角・粒度良)
- ⑤ 国鉄建造物設計標準解説

$$\phi = 1.85 \left(\frac{N}{0.01\sigma'_v + 0.7} \right)^{0.6} + 28$$

ここに、 σ'_v : 有効上載圧 (kN/m²)

図-6.1.2. N 値と砂のせん断抵抗角の関係

(地盤調査の方法と解説, (社)地盤工学会より引用)

以上より設定した内部摩擦角の代表値を表-6.1.6に示す。内部摩擦角は小数点以下を切り捨て、整数で設定している。なお、三軸圧縮試験結果や一般値から粘性土は $\phi=0$ とする。

表-6.1.6. 各層の内部摩擦角代表値

土質区分		代表N値 (回)	内部摩擦角 ϕ (°)	設定方法	
沖積層 上部層	盛土	B	1.1	0	粘性土は内部摩擦角を見込まない($\phi=0$)
	第1粘性土層	Ac1-1	1.1	0	粘性土は内部摩擦角を見込まない($\phi=0$)
	第1砂質土層	As1-1	3.0	22	大崎の式より $\phi=15+\sqrt{20 \cdot 3.0}=22.7$
	第2粘性土層	Ac1-2	2.3	0	粘性土は内部摩擦角を見込まない($\phi=0$)
	第2砂質土層	As1-2	6.3	26	大崎の式より $\phi=15+\sqrt{20 \cdot 6.3}=26.2$
	第3粘性土層	Ac1-3	2.5	0	粘性土は内部摩擦角を見込まない($\phi=0$)
	第3砂質土層	As1-3	5.6	25	大崎の式より $\phi=15+\sqrt{20 \cdot 5.6}=25.6$
沖積層 中部層	第1粘性土層	Ac2-1	4.6	0	粘性土は内部摩擦角を見込まない($\phi=0$)
	第1砂質土層	As2-1	10.6	29	大崎の式より $\phi=15+\sqrt{20 \cdot 10.6}=29.6$
	第2粘性土層	Ac2-2	6.7	0	粘性土は内部摩擦角を見込まない($\phi=0$)
	第2砂質土層	As2-2	20.2	35	大崎の式より $\phi=15+\sqrt{20 \cdot 20.2}=35.1$
	有機質土層	Apt	14.6	0	粘性土は内部摩擦角を見込まない($\phi=0$)
更新世	砂礫層	Pg1	46.3	40	大崎の式より $\phi=15+\sqrt{20 \cdot 46.3}=45.4$ よって上限値40
	第1粘性土層	Pc1	16.6	0	粘性土は内部摩擦角を見込まない($\phi=0$)

(5) 透水係数 k

本調査では、As1-1~Pg1の砂質土層や砂礫層において、現場透水試験を実施し透水係数k(m/s)を求めた。透水係数の代表値については、現場透水試験を各砂質土層・砂礫層の代表箇所1箇所から求めているために試験値をそのまま代表値とする。

設定した透水係数kの代表値を表-6.1.7に示す。

表-6.1.7. 透水係数kの代表値

土層	試験区間(m)	試験区間長(m)	自然水位(GL-m)	平衡水位(GL-m)	透水係数k(m/s)
As1-1	7.5~8.0	0.5	1.40	2.13 (翌朝)	1.4×10^{-5}
As1-2	16.0~16.5	0.5		1.63 (翌朝)	9.9×10^{-7}
As1-3	23.0~23.5	0.5		3.44 (5時間)	4.7×10^{-6}
As2-1	42.0~42.5	0.5		2.80 (翌朝)	5.2×10^{-6}
As2-2	54.0~54.5	0.5		4.79 (3時間)	8.3×10^{-7}
Pg1	64.0~64.5	0.5		3.61 (翌朝)	1.1×10^{-4}

(6) 圧密定数; $e \sim \log P$, M_v , C_v 曲線

圧密沈下量を求める方法としては、一般に以下に示すような算定式を用いる。

この算定式内の各圧密定数は、圧密沈下量と圧密時間を求めるために、圧密試験結果より求められる。

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} \cdot H \cdot \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \quad \dots \dots \dots \quad \text{①}$$

$$S_c = H \cdot m_v \cdot \Delta P \quad \dots \dots \dots \quad \text{②}$$

$$S_c = H \cdot \frac{e_0 - e_f}{1+e_0} \quad \dots \dots \dots \quad \text{③}$$

ここに、 S_c : 圧密沈下量 (m)

H : 圧密層の層厚 (m)

P_0 : 載荷前の有効土被り応力 (kN/m²)

ΔP : 盛土荷重による増加荷重 (kN/m²)

e_0 : 載荷前の圧密層の間隙比

e_f : 載荷後の最終間隙比

C_c : 圧密層の圧縮指数

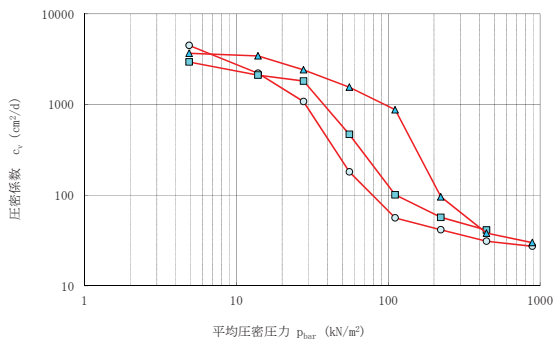
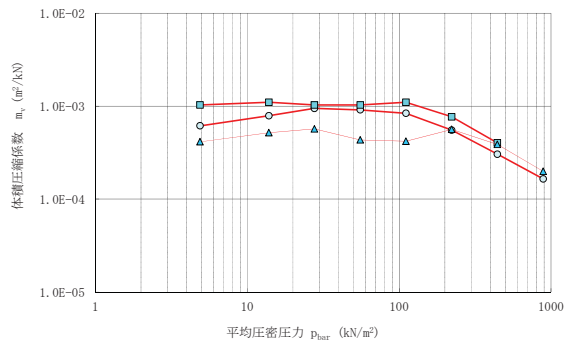
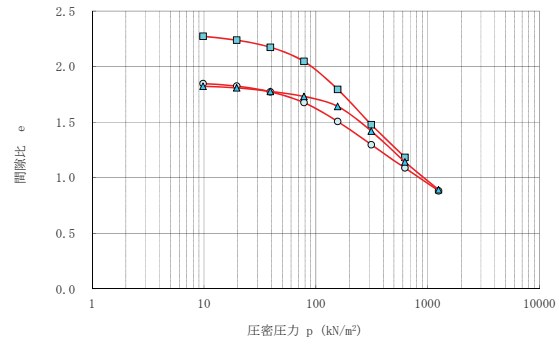
m_v : 圧密層の体積圧縮係数 (m²/kN)

上記の沈下算定式の中で、「道路橋示方書・同解説 下部構造編, (社)日本道路協会」では、①式と③式が記載されている。しかし、①式は圧縮曲線の勾配(C_c)を一定とした計算式で正規圧密土のみを対象とした計算式である。本調査では各層の圧密領域が正規圧密～過圧密領域に位置している(5.2.3項参照)ため、①式は過大な沈下となり適用を避けるべきである。よって、ここでは③式による沈下計算が行われるものとして、③式の計算に必要な $e \sim \log P$ 曲線を設定する。また、圧密沈下時間の算出には C_v 値が必要となる。よって、各層の $e \sim \log P$ 曲線、 C_v 曲線の代表曲線を求める。

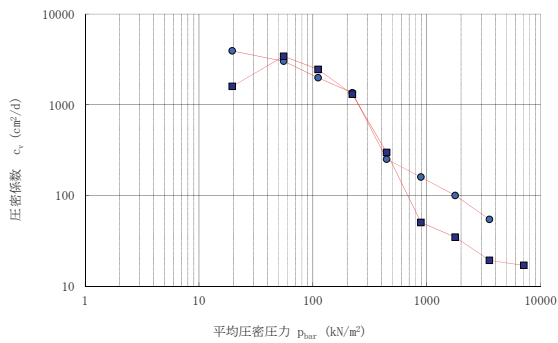
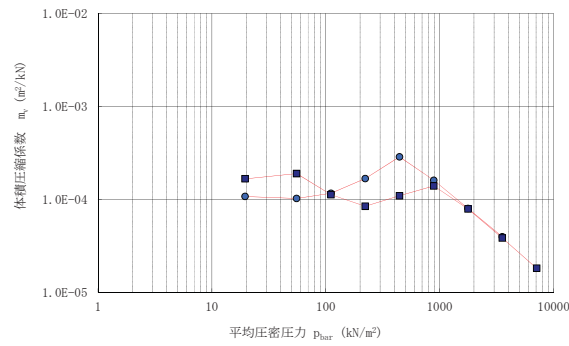
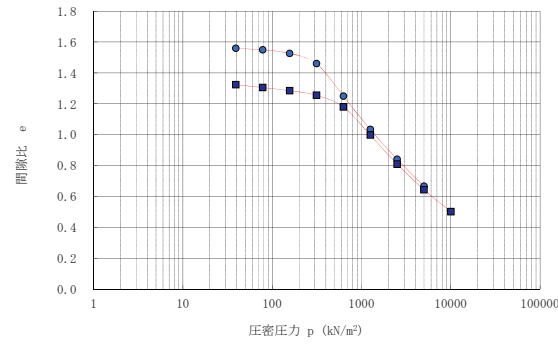
Ac1-3～Ac2-2、Apt については 1 試料で圧密試験を実施しているために試験値をそのまま採用する。 Ac1-1 と Ac1-2 は自沈が確認された部分(T-1-1 と T-2-1)と平均的な部分(T-1-2 と T-2-2)の 2 試料で試験を実施した。そこで採用する代表曲線は、安全側を考慮して沈下量が相対的に大きく、沈下時間が相対的に長い(T-1-1 と T-2-1 の曲線) $e \sim \log P$ 曲線、 C_v 曲線とする。

各層の代表曲線は図-6.1.3 に示す。

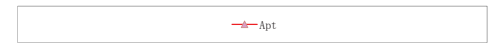
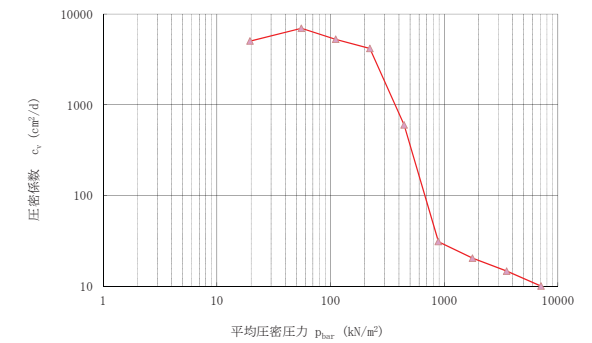
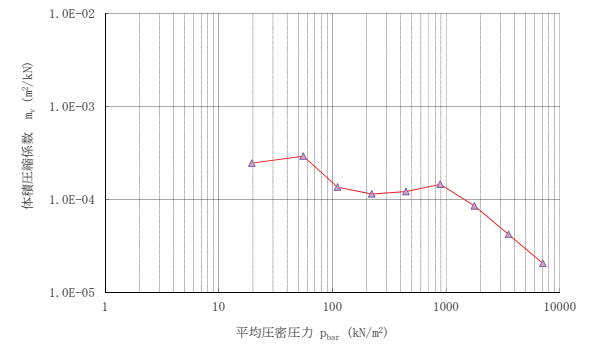
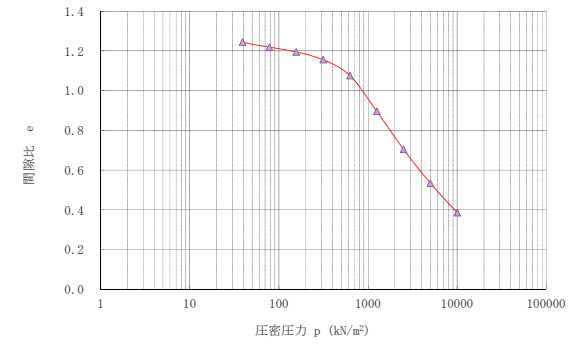
沖積層上部層 Ac1-1~Ac1-3



沖積層中部層 Ac2-1~Ac2-2



沖積層中部層 Apt



Ac1-1 : T-1-1、Ac1-2 : T-2-1、Ac1-3 : T-3、Ac2-1 : T-4、Ac2-2 : T-5、Apt : T-6

図-6.1.3. 各土層の代表 e~logP 曲線、Cv 曲線

(7) 変形係数

変形係数は、種々の室内試験・原位置試験によって求められる。本調査では沖積層上部層の粘性土 Ac1-1, Ac1-2, Ac1-3 と砂質土 As1-1, As1-2 は孔内水平載荷試験を実施し、現位置での変形係数が得られている。また、粘性土層は一軸圧縮試験や三軸圧縮試験より変形係数 E50 が得られている。今回はこの2手法と N 値からの推定式を含め、変形係数を設定する。

下記の方法で設定した変形係数の代表値を表-6.1.8 に示す。

・孔内水平載荷試験を実施した土層については、現位置で測定された最も信頼性の高い手法であるため、この平均値を採用することとする(4.3項参照)。

・孔内水平載荷試験を実施していない深度の深い粘性土は、5.2.1章で求めた深度相関式

$$E=0.2Z+1.0 \text{ (MN/m}^2\text{)} \text{ (Zは深度)}$$

から求める。

・孔内水平載荷試験を実施していない深度の深い砂質土は、N 値との関係式

$$E=670N^{0.986} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

から求める。

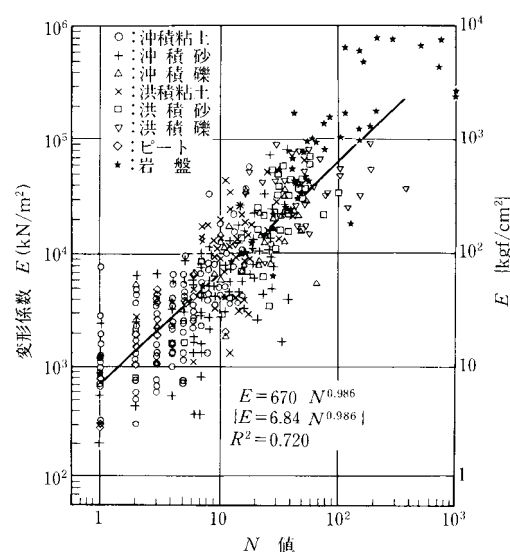


図-6.1.4. 孔内水平載荷試験から得られる変形係数と N 値の関係

(地盤調査の方法と解説, (社)地盤工学会より引用)

表-6.1.8. 各層の変形係数代表値

土質区分		代表N値 (回)	中心深度 (GL-m)	孔内水平載荷 試験変形係数 Eb(MN/m²)	一軸圧縮試験 変形係数 E50(MN/m²)	三軸圧縮試験 変形係数 E50(MN/m²)	N値からの 変形係数 E _n (MN/m²)	深度相関式から の変形係数 E _i (MN/m²)	変形係数 代表値 E(MN/m²)	
沖積層 上部層	盛土	B	1.1	0.80	—	—	0.74	1.16	0.70	
	第1粘性土層	Ac1-1	1.1	3.75	0.84	1.10~1.20	—	0.74	1.75	0.80
	第1砂質土層	As1-1	3.0	6.95	2.77	—	—	1.98	—	2.70
	第2粘性土層	Ac1-2	2.3	11.25	1.38	1.40~3.40	—	1.52	3.25	1.30
	第2砂質土層	As1-2	6.3	15.65	3.47	—	—	4.11	—	3.40
	第3粘性土層	Ac1-3	2.5	19.75	3.92	5.30	—	1.65	4.95	3.90
	第3砂質土層	As1-3	5.6	23.48	—	—	—	3.66	—	3.60
沖積層 中部層	第1粘性土層	Ac2-1	4.6	34.38	—	10.10	12.00	3.02	7.88	7.80
	第1砂質土層	As2-1	10.6	38.25	—	—	—	6.87	—	6.80
	第2粘性土層	Ac2-2	6.7	54.05	—	8.10	11.60	4.37	11.81	11.8
	第2砂質土層	As2-2	20.2	54.63	—	—	—	12.98	—	12.9
	有機質土層	Apt	14.6	60.28	—	5.00	2.90	9.42	13.06	13.0
更新世	砂礫層	Pg1	46.3	66.55	—	—	—	29.40	—	29.4
	第1粘性土層	Pc1	16.6	70.75	—	—	—	10.69	15.15	15.1

* 変形係数は有効数字 4 桁以下を切り捨てて、有効数字 3 桁で設定している。