（2）室内土質試験結果

ア　粒度試験結果

各層の粒度試験結果は、表 5.1-3 に示すとおりです。

表 5.1-3　各層の粒度試験結果

地層名		礫 (%)	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)	細粒分含有率 Fc (%)	均等係数 *Uc*	10%粒径 D_{10} (mm)
出店層	Ddc1（1）	0.0	13.2	28.1	58.7	86.8	—	—
	Ddg1（3）	22.8～49.3	25.2～43.7	5.0～22.1	2.4～22.0	24.1～33.5	9.9～577.9 (316.2)	0.00156～0.266 (0.0918)
	Dds2（1）	0.2	74.8	17.3	7.7	25.0	51.2	0.00739
	Ddg2（1）	47.3	23.9	20.4	8.4	28.8	631.3	0.00651
稲城層	Is1（2）	0.0～0.2	81.6～89.0	7.8～14.2	3.0～4.2	10.8～18.4	7.7～19.7 (13.7)	0.0203～0.0634 (0.0419)
	Is2（4）	0.0～0.1	81.1～94.0	4.2～14.3	1.8～4.6	6.0～18.9	1.9～10.7 (5.0)	0.0177～0.125 (0.0731)
	Is3（1）	0.0	84.6	11.5	3.9	15.4	5.0	0.0333

注１）地層名の下段の（　）内の数値は試験個数を示します。
注２）均等係数・10%粒径の下段の（　）内の数値は平均値を示します。

層ごとの粒径加積曲線は図 5.1-3 に示すとおりです。

出店層（Ddc1,Ddg1,Dds1,Ddg2）においては概ね粒径幅の広い（曲線の傾きが緩やか）締固め特性の良い土を表しており、細粒分を多く含んでいます。稲城層（Is1～Is3 層）においては全体的に分級された砂（曲線が立ち粒径が比較的そろっている）であることを示し、強さや安定性が低い場合があります。

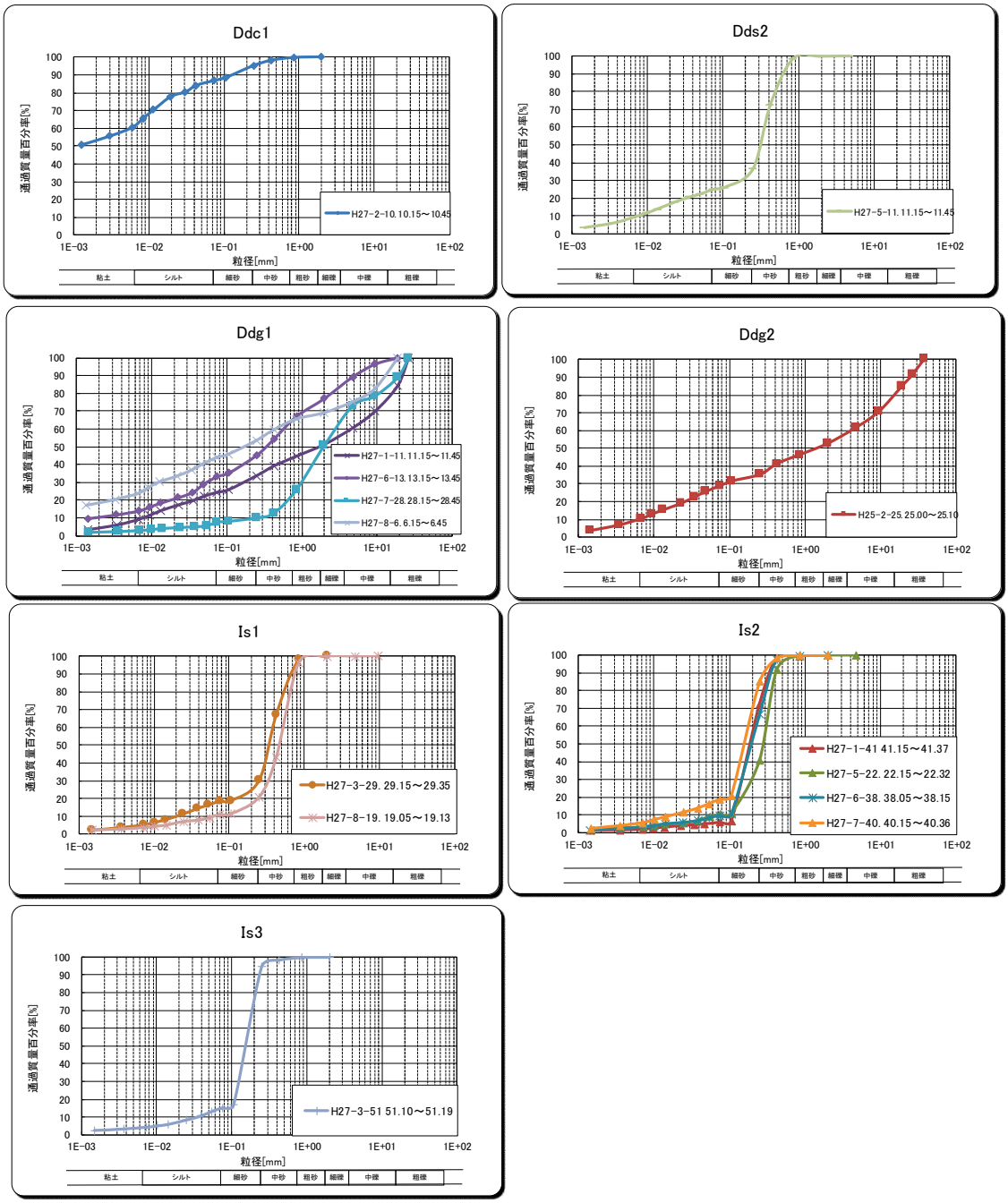
Ddc1
通過質量百分率[%]
粒径[mm]
H27-2-10.10.15～10.45
Dds2
H27-5-11.11.15～11.45
Ddg1
H27-1-11.11.15～11.45
H27-6-13.13.15～13.45
H27-7-28.28.15～28.45
H27-8-6.6.15～6.45
Ddg2
H25-2-25.25.00～25.10
Is1
H27-3-29.29.15～29.35
H27-8-19.19.05～19.13
Is2
H27-1-41 41.15～41.37
H27-5-22.22.15～22.32
H27-6-38.38.05～38.15
H27-7-40.40.15～40.36
Is3
H27-3-51 51.10～51.19
粘土
シルト
細砂
中砂
粗砂
細礫
中礫
粗礫

図 5.1-3　粒径加積曲線

地層別の土粒子の密度（ρs）と自然含水比（Wn）の結果は表 5.1-4 に示すとおりです。

表 5.1-4　土粒子の密度、含水比の試験結果

地層名		土粒子の密度 ρs(g/cm³)	含水比 Wn(%)
出店層	Ddc1	2.734	58.1
	Ddg1	2.694～2.730	15.2～26.1
	Dds2	2.673	23.8
	Ddg2	2.753	14.7
稲城層	Is1	2.659～2.667	21.7～24.3
	Is2	2.674～2.732	20.2～26.1
	Is3	2.679	32.3

イ　工学的分類

参考として、主な鉱物と土粒子の密度と含水比の測定例と我が国における土の密度のおおよその範囲は表 5.1-5 及び表 5.1-6 に示すとおりです。

全試料で土粒子の密度が 2.7g/cm³ 程度、含水比についても 10～30%程度であり、沖積砂質土の範囲を示します。日本統一土質分類法に基づく工学的分類は表 5.1-7 に示すとおりです。

表 5.1-5　主な鉱物と土粒子の密度と含水比の測定例

	沖積世	洪積世	砂質土	関東ローム	高有機質土
	粘性土	粘性土			
湿潤密度 ρt(g/cm³)	1.2～1.8	1.6～2.0	1.6～2.0	1.2～1.5	0.8～1.3
含 水 比 Wn (%)	30～150	20～40	10～30	80～180	80～1200
乾燥密度 ρd(g/cm³)	0.5～1.4	1.1～1.6	1.2～1.8	0.6～0.7	0.1～0.6
含 水 比 Wn (%)	30～150	20～40	10～30	80～180	80～1200

資料：「地盤材料試験の方法と解説」（平成 21 年 11 月 社団法人　地盤工学会）

表 5.1-6　我が国における土の密度のおおよその範囲

土質名	密度 ρs (g/cm³)
豊浦砂	2.64
沖積砂質土	2.6～2.8
沖積粘性土	2.50～2.75
洪積砂質土	2.6～2.8
洪積粘性土	2.50～2.75
泥炭（ピート）	1.4～2.3
関東ローム	2.7～3.0
まさ土	2.6～2.8
しらす	1.8～2.4
黒ぼく	2.3～2.6

資料：「土質試験基本と手引き」（平成 22 年 3 月 社団法人　地盤工学会）

表 5.1-7　各層の工学的分類

地層名		分類名
出店層	Ddc1	砂まじり粘性土
	Ddg1	粘性土質砂
	Dds2	粘性土まじり砂質礫 粘性土質砂質礫 粘性土質礫質砂
	Ddg2	粘性土質砂質礫
稲城層	Is1	粘性土まじり砂 粘性土質砂
	Is2	粘性土まじり砂 粘性土質砂
	Is3	粘性土質砂

（3）透水試験結果

層ごとの透水試験の結果は表 5.1-8 に示すとおりです。

出店層については、Ddg1 と Ddg2、Dds2 に区分され、この中では Ddg2 が最も透水係数が小さく（2.39×10^{-8}m/s)、その上位の Ddg1 よりも１桁～２桁程度小さい値を示します。これは、Ddg1 と Ddg2 の既往のコア写真、粒径加積曲線の比較から、Ddg2 は Ddg1 に比べて平均的に基質に細粒分（粘土分）を多く含む（淘汰不良）ためと考えられます。また、Ddg2 よりも下位には、Dc や Dds2 など Ddg1 よりも高い透水性（1.28×10^{-6}～4.3×10^{-6}m/s）を示すゾーンがあります。

稲城層は細砂～中砂であり、相乗平均で 2.71×10^{-7}m/s と Ddg1 と同程度の透水性を示しますが、Ddg2 よりは大きな値を示します。局所的に中砂のような粒度の荒い層(深度 33m～33.5m)が不均質に挟在している場合は、更に高い透水性（1.01×10^{-5}m/s）を示します。

表 5.1-8　透水試験結果

地層名	分類 既存資料	分類 現地調査	孔番	深度(m)	透水係数(m/s)		分類ごとの平均値 (相乗平均) (m/s)
出店層	-	Ddg1	H27-1	18.00～20.00	5.07×10^{-7}		1.35×10^{-7}
	-	Ddg1	H27-2	14.00～16.00	2.39×10^{-9}		
	-	Ddg1・Dds2	H27-5	9.50～11.00	9.64×10^{-7}		
	-	Ddg1	H27-6	12.50～13.45	2.85×10^{-9}		
	-	Ddg1	H27-7	18.00～20.00	1.03×10^{-8}		
	砂礫(Dg)	Ddg1	B-2	15.00～15.50	6.87×10^{-6}		
	礫質土層(Gg2)	Ddg1	B-31	10.50～11.90	9.46×10^{-7}		
	礫質土層(Gg2)	Ddg1	B-32	14.00～15.00	4.83×10^{-7}		
	-	Ddg2	H27-2	25.00～27.00	1.05×10^{-8}		2.39×10^{-8}
	-	Ddg2	H27-4	16.00～17.00	1.07×10^{-6}※		
	-	Ddg2	H27-6	27.45～29.15	5.13×10^{-9}		
	-	Ddg2	H27-7	27.50～29.50	6.92×10^{-8}		
	礫質土層(Gg2)	Ddg2	B-31	16.70～25.50	2.31×10^{-8}		
	-	Dds2・Ddg2	H27-3	16.00～18.00	9.02×10^{-8}		
	-	Dds2	H28-1	25.00～28.00	1.28×10^{-6}		1.28×10^{-6}
	粘土質細砂(Dc)	-	B-3	25.50～26.00	4.30×10^{-6}		4.30×10^{-6}
稲城層	-	Is1	H27-1	33.00～35.00	1.17×10^{-7}		2.71×10^{-7}
	-	Is1	H27-8	14.00～15.00	5.44×10^{-7}		
	-	Is1	H27-8	16.00～18.00	3.01×10^{-7}		
	-	Is2	H27-4	32.00～34.00	1.28×10^{-7}		
	-	Is2	H27-5	19.00～20.00	1.16×10^{-7}		
	-	Is2	H27-7	47.00～49.00	測定開始直後	2.53×10^{-8}	
					測定終了直前	1.10×10^{-7}	
	-	Is1・Is2	H27-3	35.00～37.00	1.53×10^{-7}		
	細砂(Is-2)	Is1	B-2	26.00～26.50	2.62×10^{-6}		
	中砂(Is-2)	Is1	B-2	33.00～33.50	1.01×10^{-5}		
	細砂(Is-3)	Is1	B-23	29.50～30.50	4.79×10^{-8}		
	細砂(Is-3)	Is2	B-23	40.00～40.30	5.78×10^{-8}		
	細砂(Is-3)	Is2	B-23	45.50～50.00	2.51×10^{-8}		
	細砂(Is-1)	-	B-1	10.00～10.50	2.82×10^{-6}		
	細砂(Is-1)	-	B-1	16.00～16.50	4.70×10^{-7}		
	細砂(Is-1)	-	B-1	22.00～22.50	6.18×10^{-7}		
	細砂(Is-1)	-	B-21	13.50～14.50	8.04×10^{-8}		
	細砂(Is-1)	-	B-21	20.00～21.00	1.90×10^{-7}		
	細砂(Is-2)	-	B-3	32.00～32.50	2.15×10^{-5}		
	細砂(Is-2)	-	B-3	38.00～38.50	1.89×10^{-6}		
	中～細砂(Is-3)	-	B-22	17.00～17.50	7.51×10^{-7}		
	中～細砂(Is-3)	-	B-22	28.00～28.50	2.16×10^{-6}		
	中～細砂(Is-3)	-	B-22	34.00～34.50	5.19×10^{-7}		
	中～細砂(Is-3)	-	B-24	32.00～32.50	8.25×10^{-8}		
	細砂(Is-3)	-	B-24	42.50～43.00	1.69×10^{-7}		
	細砂(Is-3)	-	B-24	47.50～48.00	1.20×10^{-7}		
	中～細砂(Is-3)	-	B-25	30.50～31.00	3.79×10^{-7}		
	細砂(Is-3)	-	B-25	46.00～49.00	1.98×10^{-8}		
	細砂(Is-3)	-	B-25	51.50～54.50	3.09×10^{-8}		

注）※を付した透水係数は平均値の算出から除外しました。

（4）電気検層結果

層ごとの電気検層の結果は表 5.1-9 に示すとおりです。

出店層では稲城層との境界付近を除くとすべて 100Ωm 未満となり、全孔の試験において難透水層と言えます。ただし、細かく分けてみていくと後述のとおりです。

主にトンネルが通過する Is1 層及び Is2 層においては、最大の比抵抗値が 165Ωm と砂質土層としては低い値となり、事前のボーリング調査の実施、地盤変形の防止に係る措置及び地下水位のモニタリング等を実施し土砂の安定性に留意して施工する必要があります。一般的な見かけ比抵抗値と帯水層区分を表 5.1-10 に示します。

表 5.1-9　電気検層結果

地層名		記号	見かけ比抵抗値(Ωm)		
			H27-1	H27-2	H27-3
新期ローム層		Lm	50～170	―	70～270
古期ローム層		Tc	30～ 50	25～ 40	35～ 70
出店層	第１粘性土層	Ddc1	―	25～ 30	15～ 35
	第１砂礫層	Ddg1	20～ 65	25～ 30	15～ 20
	第２砂質土層	Dds2	30～ 40	―	20～100※
	第２粘性土層	Ddc2	―	30～ 40	―
	第２砂礫層	Ddg2	―	35～ 95	20～ 30
稲城層	第１砂質土層	Is1	35～165	95～110	100～145
	第２砂質土層	Is2	85～150	100～135	55～140
	第３砂質土層	Is3	90～ 95	85～100	55～ 65

注）※を付した箇所は稲城層との境界部付近を示します。

表 5.1-10　透水層および不透水層と比抵抗との関連

	岩　石	比　抵　抗	
		乾（Ω・m）	湿（Ω・m）
透水層	礫	1,000～15,000	200～10,000
	砂　礫	1,000～ 7,000	200～ 5,000
	砂	300～ 7,000	100～ 700
	礫　岩	300～ 1,800	100～ 500
	砂　岩	200～ 2,500	100～ 500
難透水層（A）	ロ　ー　ム	500～ 5,000	100～ 1,000
	凝　灰　岩	100～ 1,000	
難透水層（B）	シ　ル　ト		100 以下
	粘　土		100 以下
	泥　灰　岩		100 以下
	頁　岩		約 100 以下
非透水層	花　崗　岩	1,000～ 10,000	
	安　山　岩	200～ 10,000	
	玄　武　岩	20,000	
	結　晶　片　岩	200～ 20,000	
	片　麻　岩	200～ 20,000	
	溶　岩	1,000～ 20,000	
	石　灰　岩	60～500,000	

資料：「トンネルの地質調査と岩盤計測」（昭和 58 年 7 月 社団法人　土木学会）