



HACETTEPE UNIVERSITY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
IMU 438 – Geotechnical Design

Foundations on Difficult Soils

A buildings of B+Z+4 floors will be constructed. The soil profile consist of approximately 20m thick clay. The plan dimensions of foundations are 20m x 20m and the depth is thought to be ~2m below the ground level. No water table is reported at the site. But it should be kept in mind that there may be high rainfall during spring.

Please design a mat foundation by considering bearing capacity and settlement using the data given below. Check whether the soil is collapsible or expansive and make your design accordingly. If any data is missing, feel free to make a reasonable assumption.

You are expected to prepare a ~10 min. presentation and a report of 8-10 pages.

Table 1. SPT results

Sondaj No	Derinlik (m)	N ₆₀	Birim
SK1	1.50 - 1.95	7	Apa FM (Orta Katı Kil)
	3.00 - 3.45	11	Apa FM (Katı Kil)
	4.50 - 4.95	13	Apa FM (Katı Kil)
	6.00 - 6.45	13	Apa FM (Katı Kil)
	7.50 - 7.95	18	Apa FM (Çok Katı Kil)
	9.00 - 9.45	15	Apa FM (Katı Kil)
	10.50 - 10.95	17	Apa FM (Çok Katı Kil)
	12.00 - 12.45	32	Apa FM (Sert Kil)
	13.50 - 13.95	35	Apa FM (Sert Kil)
	15.00 - 15.45	36	Apa FM (Sert Kil)
	16.50 - 16.95	37	Apa FM (Sert Kil)
	18.00 - 18.45	41	Apa FM (Sert Kil)
	19.50 - 19.95	40	Apa FM (Sert Kil)
SK2	1.50 - 1.95	6	Apa FM (Orta Katı Kil)
	3.00 - 3.45	11	Apa FM (Katı Kil)
	4.50 - 4.95	14	Apa FM (Katı Kil)
	6.00 - 6.45	14	Apa FM (Katı Kil)
	7.50 - 7.95	19	Apa FM (Çok Katı Kil)
	9.00 - 9.45	14	Apa FM (Katı Kil)
	10.50 - 10.95	15	Apa FM (Katı Kil)
	12.00 - 12.45	30	Apa FM (Çok Katı Kil)
	13.50 - 13.95	34	Apa FM (Sert Kil)
	15.00 - 15.45	37	Apa FM (Sert Kil)
	16.50 - 16.95	38	Apa FM (Sert Kil)
	18.00 - 18.45	42	Apa FM (Sert Kil)
	19.50 - 19.95	43	Apa FM (Sert Kil)
SK3	1.50 - 1.95	7	Apa FM (Orta Katı Kil)
	3.00 - 3.45	10	Apa FM (Katı Kil)
	4.50 - 4.95	15	Apa FM (Katı Kil)
	6.00 - 6.45	16	Apa FM (Çok Katı Kil)
	7.50 - 7.95	20	Apa FM (Çok Katı Kil)
	9.00 - 9.45	13	Apa FM (Katı Kil)
	10.50 - 10.95	15	Apa FM (Katı Kil)
	12.00 - 12.45	31	Apa FM (Sert Kil)
	13.50 - 13.95	33	Apa FM (Sert Kil)
	15.00 - 15.45	36	Apa FM (Sert Kil)
	16.50 - 16.95	37	Apa FM (Sert Kil)
	18.00 - 18.45	41	Apa FM (Sert Kil)

Sondaj No	Derinlik (m)	N ₆₀	Birim
SK5	1.50 - 1.95	8	Apa FM (Orta Katı Kil)
	3.00 - 3.45	12	Apa FM (Katı Kil)
	4.50 - 4.95	13	Apa FM (Katı Kil)
	6.00 - 6.45	15	Apa FM (Katı Kil)
	7.50 - 7.95	19	Apa FM (Çok Katı Kil)
	9.00 - 9.45	17	Apa FM (Çok Katı Kil)
	10.50 - 10.95	18	Apa FM (Çok Katı Kil)
	12.00 - 12.45	31	Apa FM (Sert Kil)
	13.50 - 13.95	36	Apa FM (Sert Kil)
	15.00 - 15.45	39	Apa FM (Sert Kil)
	16.50 - 16.95	40	Apa FM (Sert Kil)
	18.00 - 18.45	43	Apa FM (Sert Kil)
	19.50 - 19.95	44	Apa FM (Sert Kil)
SK6	1.50 - 1.95	7	Apa FM (Orta Katı Kil)
	3.00 - 3.45	12	Apa FM (Katı Kil)
	4.50 - 4.95	14	Apa FM (Katı Kil)
	6.00 - 6.45	15	Apa FM (Katı Kil)
	7.50 - 7.95	16	Apa FM (Çok Katı Kil)
	9.00 - 9.45	18	Apa FM (Çok Katı Kil)
	10.50 - 10.95	22	Apa FM (Çok Katı Kil)
	12.00 - 12.45	29	Apa FM (Çok Katı Kil)
	13.50 - 13.95	35	Apa FM (Sert Kil)
	15.00 - 15.45	40	Apa FM (Sert Kil)
	16.50 - 16.95	44	Apa FM (Sert Kil)
	18.00 - 18.45	45	Apa FM (Sert Kil)
	19.50 - 19.95	45	Apa FM (Sert Kil)
SK7	1.50 - 1.95	8	Apa FM (Orta Katı Kil)
	3.00 - 3.45	11	Apa FM (Katı Kil)
	4.50 - 4.95	16	Apa FM (Çok Katı Kil)
	6.00 - 6.45	16	Apa FM (Çok Katı Kil)
	7.50 - 7.95	17	Apa FM (Çok Katı Kil)
	9.00 - 9.45	19	Apa FM (Çok Katı Kil)
	10.50 - 10.95	23	Apa FM (Çok Katı Kil)
	12.00 - 12.45	31	Apa FM (Sert Kil)
	13.50 - 13.95	37	Apa FM (Sert Kil)
	15.00 - 15.45	42	Apa FM (Sert Kil)
	16.50 - 16.95	45	Apa FM (Sert Kil)
	18.00 - 18.45	47	Apa FM (Sert Kil)
	19.50 - 19.95	48	Apa FM (Sert Kil)

Sondaj No	Derinlik (m)	N ₆₀	Birim
SK8	1.50 - 1.95	8	Apa FM (Orta Kat Kil)
	3.00 - 3.45	14	Apa FM (Kat Kil)
	4.50 - 4.95	15	Apa FM (Kat Kil)
	6.00 - 6.45	16	Apa FM (Çok Kat Kil)
	7.50 - 7.95	18	Apa FM (Çok Kat Kil)
	9.00 - 9.45	20	Apa FM (Çok Kat Kil)
	10.50 - 10.95	22	Apa FM (Çok Kat Kil)
	12.00 - 12.45	31	Apa FM (Sert Kil)
	13.50 - 13.95	36	Apa FM (Sert Kil)
	15.00 - 15.45	41	Apa FM (Sert Kil)
	16.50 - 16.95	45	Apa FM (Sert Kil)
	18.00 - 18.45	45	Apa FM (Sert Kil)
	19.50 - 19.95	47	Apa FM (Sert Kil)
SK9	1.50 - 1.95	9	Apa FM (Kat Kil)
	3.00 - 3.45	13	Apa FM (Kat Kil)
	4.50 - 4.95	16	Apa FM (Çok Kat Kil)
	6.00 - 6.45	17	Apa FM (Çok Kat Kil)
	7.50 - 7.95	21	Apa FM (Çok Kat Kil)
	9.00 - 9.45	23	Apa FM (Çok Kat Kil)
	10.50 - 10.95	24	Apa FM (Çok Kat Kil)
	12.00 - 12.45	32	Apa FM (Sert Kil)
	13.50 - 13.95	34	Apa FM (Sert Kil)
	15.00 - 15.45	41	Apa FM (Sert Kil)
	16.50 - 16.95	44	Apa FM (Sert Kil)
	18.00 - 18.45	45	Apa FM (Sert Kil)
	19.50 - 19.95	48	Apa FM (Sert Kil)
SK10	1.50 - 1.95	13	Apa FM (Kat Kil)
	3.00 - 3.45	13	Apa FM (Kat Kil)
	4.50 - 4.95	14	Apa FM (Kat Kil)
	6.00 - 6.45	16	Apa FM (Çok Kat Kil)
	7.50 - 7.95	21	Apa FM (Çok Kat Kil)
	9.00 - 9.45	25	Apa FM (Çok Kat Kil)
	10.50 - 10.95	24	Apa FM (Çok Kat Kil)
	12.00 - 12.45	33	Apa FM (Sert Kil)
	13.50 - 13.95	37	Apa FM (Sert Kil)
	15.00 - 15.45	38	Apa FM (Sert Kil)
16.50 - 16.95	40	Apa FM (Sert Kil)	

Sondaj No	Derinlik (m)	N ₆₀	Birim	
SK11	1.50 - 1.95	10	Apa FM (Kat Kil)	
	3.00 - 3.45	13	Apa FM (Kat Kil)	
	4.50 - 4.95	14	Apa FM (Kat Kil)	
	6.00 - 6.45	15	Apa FM (Kat Kil)	
	7.50 - 7.95	15	Apa FM (Kat Kil)	
	9.00 - 9.45	30	Apa FM (Çok Kat Kil)	
	10.50 - 10.95	29	Apa FM (Çok Kat Kil)	
	12.00 - 12.45	29	Apa FM (Çok Kat Kil)	
	13.50 - 13.95	34	Apa FM (Sert Kil)	
	15.00 - 15.45	35	Apa FM (Sert Kil)	
	16.50 - 16.95	36	Apa FM (Sert Kil)	
	SK12	1.50 - 1.95	9	Apa FM (Kat Kil)
		3.00 - 3.45	15	Apa FM (Kat Kil)
4.50 - 4.95		16	Apa FM (Çok Kat Kil)	
6.00 - 6.45		15	Apa FM (Kat Kil)	
7.50 - 7.95		16	Apa FM (Çok Kat Kil)	
9.00 - 9.45		31	Apa FM (Sert Kil)	
10.50 - 10.95		32	Apa FM (Sert Kil)	
12.00 - 12.45		35	Apa FM (Sert Kil)	
SK13	13.50 - 13.95	38	Apa FM (Sert Kil)	
	1.50 - 1.95	8	Apa FM (Orta Kat Kil)	
	3.00 - 3.45	13	Apa FM (Kat Kil)	
	4.50 - 4.95	15	Apa FM (Kat Kil)	
	6.00 - 6.45	14	Apa FM (Kat Kil)	
	7.50 - 7.95	18	Apa FM (Çok Kat Kil)	
	9.00 - 9.45	32	Apa FM (Sert Kil)	
	10.50 - 10.95	34	Apa FM (Sert Kil)	
SK14	12.00 - 12.45	29	Apa FM (Çok Kat Kil)	
	13.50 - 13.95	35	Apa FM (Sert Kil)	
	1.50 - 1.95	11	Apa FM (Kat Kil)	
	3.00 - 3.45	13	Apa FM (Kat Kil)	
	4.50 - 4.95	17	Apa FM (Çok Kat Kil)	
	6.00 - 6.45	15	Apa FM (Kat Kil)	
	7.50 - 7.95	19	Apa FM (Çok Kat Kil)	
	9.00 - 9.45	30	Apa FM (Çok Kat Kil)	
	10.50 - 10.95	33	Apa FM (Sert Kil)	
	12.00 - 12.45	28	Apa FM (Çok Kat Kil)	

Sondaj No	Derinlik (m)	N ₆₀	Birim
SK11	1.50 - 1.95	10	Apa FM (Kan Kil)
	3.00 - 3.45	13	Apa FM (Kan Kil)
	4.50 - 4.95	14	Apa FM (Kan Kil)
	6.00 - 6.45	15	Apa FM (Kan Kil)
	7.50 - 7.95	15	Apa FM (Kan Kil)
	9.00 - 9.45	30	Apa FM (Çok Kan Kil)
	10.50 - 10.95	29	Apa FM (Çok Kan Kil)
	12.00 - 12.45	29	Apa FM (Çok Kan Kil)
	13.50 - 13.95	34	Apa FM (Sert Kil)
	15.00 - 15.45	35	Apa FM (Sert Kil)
SK12	1.50 - 1.95	9	Apa FM (Kan Kil)
	3.00 - 3.45	15	Apa FM (Kan Kil)
	4.50 - 4.95	16	Apa FM (Çok Kan Kil)
	6.00 - 6.45	15	Apa FM (Kan Kil)
	7.50 - 7.95	16	Apa FM (Çok Kan Kil)
	9.00 - 9.45	31	Apa FM (Sert Kil)
	10.50 - 10.95	32	Apa FM (Sert Kil)
	12.00 - 12.45	35	Apa FM (Sert Kil)
SK13	1.50 - 1.95	8	Apa FM (Orta Katı Kil)
	3.00 - 3.45	13	Apa FM (Kan Kil)
	4.50 - 4.95	15	Apa FM (Kan Kil)
	6.00 - 6.45	14	Apa FM (Kan Kil)
	7.50 - 7.95	18	Apa FM (Çok Kan Kil)
	9.00 - 9.45	32	Apa FM (Sert Kil)
	10.50 - 10.95	34	Apa FM (Sert Kil)
	12.00 - 12.45	29	Apa FM (Çok Kan Kil)
	13.50 - 13.95	35	Apa FM (Sert Kil)
	SK14	1.50 - 1.95	11
3.00 - 3.45		13	Apa FM (Kan Kil)
4.50 - 4.95		17	Apa FM (Çok Kan Kil)
6.00 - 6.45		15	Apa FM (Kan Kil)
7.50 - 7.95		19	Apa FM (Çok Kan Kil)
9.00 - 9.45		30	Apa FM (Çok Kan Kil)
10.50 - 10.95		33	Apa FM (Sert Kil)
12.00 - 12.45		28	Apa FM (Çok Kan Kil)

Sondaj No	Derinlik (m)	N ₆₀	Birim
SK20	1.50 - 1.95	9	Apa FM (Kan Kil)
	3.00 - 3.45	13	Apa FM (Kan Kil)
	4.50 - 4.95	15	Apa FM (Kan Kil)
	6.00 - 6.45	19	Apa FM (Çok Katı Kil)
	7.50 - 7.95	20	Apa FM (Çok Katı Kil)
	9.00 - 9.45	28	Apa FM (Çok Katı Kil)
	10.50 - 10.95	31	Apa FM (Sert Kil)
	12.00 - 12.45	35	Apa FM (Sert Kil)
	13.50 - 13.95	39	Apa FM (Sert Kil)
15.00 - 15.45	43	Apa FM (Sert Kil)	

Sondaj No	Derinlik (m)	N ₆₀	Birim
SK15	1.50 - 1.95	12	Apa FM (Kan Kil)
	3.00 - 3.45	13	Apa FM (Kan Kil)
	4.50 - 4.95	15	Apa FM (Kan Kil)
	6.00 - 6.45	17	Apa FM (Çok Kan Kil)
	7.50 - 7.95	19	Apa FM (Çok Kan Kil)
	9.00 - 9.45	32	Apa FM (Sert Kil)
	10.50 - 10.95	33	Apa FM (Sert Kil)
SK16	1.50 - 1.95	9	Apa FM (Kan Kil)
	3.00 - 3.45	12	Apa FM (Kan Kil)
	4.50 - 4.95	14	Apa FM (Kan Kil)
	6.00 - 6.45	15	Apa FM (Kan Kil)
	7.50 - 7.95	17	Apa FM (Çok Kan Kil)
	9.00 - 9.45	33	Apa FM (Sert Kil)
	10.50 - 10.95	35	Apa FM (Sert Kil)
	12.00 - 12.45	32	Apa FM (Sert Kil)
	13.50 - 13.95	36	Apa FM (Sert Kil)
SK17	1.50 - 1.95	10	Apa FM (Kan Kil)
	3.00 - 3.45	15	Apa FM (Kan Kil)
	4.50 - 4.95	15	Apa FM (Kan Kil)
	6.00 - 6.45	14	Apa FM (Kan Kil)
	7.50 - 7.95	20	Apa FM (Çok Kan Kil)
	9.00 - 9.45	28	Apa FM (Çok Kan Kil)
	10.50 - 10.95	28	Apa FM (Çok Kan Kil)
SK18	1.50 - 1.95	10	Apa FM (Kan Kil)
	3.00 - 3.45	16	Apa FM (Çok Kan Kil)
	4.50 - 4.95	15	Apa FM (Kan Kil)
	6.00 - 6.45	17	Apa FM (Çok Kan Kil)
	7.50 - 7.95	15	Apa FM (Kan Kil)
	9.00 - 9.45	29	Apa FM (Çok Kan Kil)
	10.50 - 10.95	33	Apa FM (Sert Kil)
	12.00 - 12.45	37	Apa FM (Sert Kil)
	13.50 - 13.95	41	Apa FM (Sert Kil)
SK19	1.50 - 1.95	9	Apa FM (Kan Kil)
	3.00 - 3.45	12	Apa FM (Kan Kil)
	4.50 - 4.95	15	Apa FM (Kan Kil)
	6.00 - 6.45	18	Apa FM (Çok Kan Kil)
	7.50 - 7.95	17	Apa FM (Çok Kan Kil)
	9.00 - 9.45	28	Apa FM (Çok Kan Kil)
	10.50 - 10.95	34	Apa FM (Sert Kil)
	12.00 - 12.45	36	Apa FM (Sert Kil)
	13.50 - 13.95	39	Apa FM (Sert Kil)

Tablo 1. Sondaj Verileri (Derinlik, Sertlik, Birim)

Table 2. Lab tests

Sondaj No	Derinlik (m)	CAKIL (%)	KUM (%)	SILT (%)	KİL (%)	Atterberg limitleri			W _p (%)	γ _s (g/cm ³)	Formasyon/Litoloji
						LL (%)	PL (%)	PI (%)			
SK1	2.50 - 3.00	0.00	9.58	42.77	47.65	38.4	26.6	31.8	30.5	1.881	Apa FM./Kat Kil
SK6	2.00 - 2.50	0.00	17.74		82.26					1.893	Apa FM./Kat Kil
SK10	2.00 - 2.50					44.9	22.5	22.4	26.3	1.881	Apa FM./Kat Kil
SK15	2.00 - 2.50	0.00	19.70	38.97	41.33					1.898	Apa FM./Kat Kil
SK19	2.00 - 2.50					54.1	25.5	28.6	29.4	1.882	Apa FM./Kat Kil
SK20	2.00 - 2.50	0.00	13.02	38.38	48.60					1.884	Apa FM./Kat Kil

Sondaj No	Derinlik (m)	γ _s (g/cm ³)	Konsolidasyon	Zeminde Üç Etk. Sıvımsı		Formasyon/Litoloji
				c (kPa)	φ (°)	
SK1	2.50 - 3.00	1.881		75.44	8.83	Apa FM./Kat Kil
SK2	2.00 - 2.50	1.868		63.80	11.12	Apa FM./Kat Kil
SK3	2.00 - 2.50	1.872		69.89	9.25	Apa FM./Kat Kil

Sondaj No	Derinlik (m)	γ _s (g/cm ³)	Konsolidasyon	Zeminde Üç Etk. Sıvımsı		Formasyon/Litoloji
				c (kPa)	φ (°)	
SK4	7.00 - 7.50	1.858		54.80	12.49	Apa FM./Kat Kil
SK5	2.00 - 2.50	1.878		74.79	9.83	Apa FM./Kat Kil
SK6	2.00 - 2.50	1.893	+	72.61	8.74	Apa FM./Kat Kil
SK6	8.00 - 8.50	1.868		58.98	9.67	Apa FM./Çok Kat Kil
SK7	2.00 - 2.50	1.856		48.31	12.49	Apa FM./Kat Kil
SK8	2.00 - 2.50	1.864		65.73	8.39	Apa FM./Kat Kil
SK9	2.00 - 2.50	1.882		73.26	7.69	Apa FM./Kat Kil
SK10	2.00 - 2.50	1.881		86.68	9.17	Apa FM./Kat Kil
SK11	2.00 - 2.50	1.868		62.78	11.43	Apa FM./Kat Kil
SK12	2.00 - 2.50	1.873		74.02	10.16	Apa FM./Kat Kil
SK13	2.50 - 3.00	1.857		51.94	10.64	Apa FM./Kat Kil
SK14	2.00 - 2.50	1.861		60.38	9.00	Apa FM./Kat Kil
SK15	2.00 - 2.50	1.898	+	86.43	8.65	Apa FM./Kat Kil
SK16	2.00 - 2.50	1.881		75.65	10.08	Apa FM./Kat Kil
SK17	2.00 - 2.50	1.867		59.85	9.17	Apa FM./Kat Kil
SK18	2.00 - 2.50	1.871		63.06	8.13	Apa FM./Kat Kil
SK19	2.00 - 2.50	1.882		77.83	7.06	Apa FM./Kat Kil
SK20	2.00 - 2.50	1.884	+	84.69	7.96	Apa FM./Kat Kil
SK20	7.00 - 7.50	1.876		61.39	9.33	Apa FM./Çok Kat Kil

Sondaj No	Kat Sayısı	Temel Derinliği (m)	Konsolidasyon		Formasyon
			Tatbük Edilen Basınç (kPa)	Hümsel Sıvımsı Katsayısı (m ³ /kN)	
SK6	B+Z=4K	3.0	(1.0 ton/(6+1)) - (3.0 x1.9) ton/m ² =13.0 kPa	0.000173	Apa FM. - Kil
SK15	B+Z=4K	3.0	(1.0 ton/(6+1)) - (3.0 x1.9) ton/m ² =13.0 kPa	0.000153	Apa FM. - Kil
SK20	B+Z=4K	3.0	(1.0 ton/(6+1)) - (3.0 x1.9) ton/m ² =13.0 kPa	0.000223	Apa FM. - Kil