土力学课后习题答案

第一章

1-1：

已知：$V=72cm^3$　$m=129.1g$　$m_s=121.5g$　$G_s=2.70$

则：$$w=\frac{m-m_s}{m_s}=\frac{129.1-121.5}{121.5}=6.3\%$$

$$\gamma=\rho g=\frac{m}{v}g=\frac{129.1}{72}*10=17.9KN/m^3$$

$$V_s=\frac{m_s}{\rho_s}=\frac{121.5}{2.7}=45cm^3$$

$$V_V=V-V_s=72-45=27cm^3$$

$$\gamma_{sat}=\rho_{sat}g=\frac{m_{sat}}{V}g=\frac{\rho_w V_V+m_s}{V}g=\frac{1.0*27+121.5}{72}*10=20.6KN/m^3$$

$$\gamma'=\gamma_{sat}-\gamma_w=20.6-10=10.6KN/m^3$$

$$\gamma_d=\frac{m_s}{V}g=\frac{121.5}{72}*10=16.9KN/m^3$$

则$\gamma_{sat}>\gamma>\gamma_d>\gamma'$

1-2：

已知：$G_s=2.72$　　设 $V_s=1cm^3$

$$\rho_s=2.72g/cm^3$$

$$m_s=2.72g$$

$$\gamma_d=\rho_d g=\frac{m_s}{V}g=\frac{2.72}{1.7}*10=16KN/m^3$$

$$\gamma=\rho g=\frac{m_s+V_V\rho_w}{V}g=\frac{2.72+0.7*1}{1.7}*10=20.1KN/m^3$$

则$\gamma'=\gamma-\gamma_w=20.1-10=10.1KN/m^3$

当$S_r=75\%$时，

$$m_w=\rho_w V_V S_r=1.0*0.7*75\%=0.525g$$

$$w=\frac{m_w}{m_s}=\frac{0.525}{2.72}=19.3\%$$

$$\gamma=\rho g=\frac{m_w+m_s}{V}g=\frac{0.525+2.72}{1.7}*10=19.1KN/m^3$$

1-3：

$m_s = \rho_d V = 1.70*10^3*8*10^4 = 13.6*10^7 kg$

$m_w = m_s w = 13.6*10^7*20\% = 2.72*10^7 kg$

$V_{挖} = \frac{m_s + m_w}{\rho} = \frac{13.6*10^7 + 2.72*10^7}{1.92*10^3} 85000 m^3$

1-4:

甲:

$I_p = w_L - w_P = 40 - 25 = 15$

设$V_s = 1$则

$m_s = \rho_s * V_s = 2.7g$

$m_w = 2.7*30\% = 0.81g$

又因为 $S_r = 100\%$

$\therefore V_V = \frac{m_w}{\rho_w} = 0.81$

$\rho = \frac{m_s + m_w}{V_s + V_w} = \frac{2.7 + 0.81}{1 + 0.81} = 1.94 g/cm^3$

$\gamma = \rho g = 19.4 KN/m^3$

$\rho_d = \frac{m_s}{V_s + V_w} = \frac{2.7}{1.81} = 1.48 g/cm^3$

$\gamma_d = \rho_d g = 14.8 KN/m^3$

$e = \frac{V_v}{V_s} = 0.81$

乙:

$I_p = w_L - w_p = 8$

设$V_s = 1$则$m_s = \rho_s V_s = 2.68g$

$m_w = m_s w = 2.68*22\% = 0.4796g$

则$V_V = 0.4796 cm^3$

$\rho = \frac{m_s + m_w}{V_s + V_V} = \frac{2.68 + 0.4796}{1 + 0.4796} = 2.14 g/cm^3$

$\gamma = \rho g = 2.14*10 = 21.4 KN/m^3$

$\rho_d = \frac{m_s}{V_s + V_w} = \frac{2.68}{1.4796} = 1.84 g/cm^3$

$\gamma_d = \rho_d g = 1.84*10 = 18.4 KN/m^3$

$e = \frac{V_V}{V_s} = 0.4796$

$\therefore \gamma_{甲} < \gamma_{乙} \qquad \gamma_{d甲} < \gamma_{d乙} \qquad e_{甲} > e_{乙} \qquad I_{p甲} > I_{p乙}$

则（1)、(4）正确

1-5：

$\rho_d = \frac{G_s \rho_w}{1+e}$ 　则

$e = \frac{G_s \rho_w}{\rho_d} - 1 = \frac{2.7*1}{1.70} - 1 = 0.59$

$S_r = \frac{wG_s}{e} = \frac{22\%*2.7}{0.59} = 1 > 85\%$

所以该料场的土料不适合筑坝，建议翻晒，使其含水率降低。

1-6：

$$D_r = \frac{(\rho_d - \rho_{d\min})\rho_{d\max}}{(\rho_{d\max} - \rho_{d\min})\rho_d}$$

式中 D_r=0.7 　$\rho_{d\max} = 1.96g/cm^3$ 　$\rho_{d\min} = 1.46g/cm^3$

则可得：$\rho_d = 1.78g/cm^3$

1-7：

设 S=1， 则$V_s = Sh = h$

则压缩后：

$m_s = V_s G_s = 2.7h$ 　$m_w = m_s w = 2.7h*28\%$ 　则$V_w = \frac{m_w}{\rho_w} = 2.7h*28\%$

$V_s + V_w = 2.7h*28\% + h = 1.95$ 　则 $h = 1.11cm$

$\therefore h_V = 2.0 - 1.11 = 0.89cm$

$e = \frac{V_V}{V_s} = \frac{h_V}{h} = \frac{0.89}{1.11} = 0.8$

1-8：

甲：$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p} = \frac{45-25}{40-25} = 1.33$ 　流塑状态

乙：$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p} = \frac{20-25}{40-25} = -0.33$ 　坚硬（半固态）

$I_p = w_L - w_p = 15$ 　属于粉质粘土（中液限粘质土）

乙土较适合作天然地基

1-9：

$$A_{甲}=\frac{I_{p甲}}{P_{0.002甲}}=\frac{53-36}{55}=0.31<0.75$$ 属非活性粘土

$$A_{乙}=\frac{I_{p乙}}{P_{0.002乙}}=\frac{70-35}{27}=1.3>1.25$$ 属活性粘土

乙土活动性高，可能为伊利石，及少量的高岭石，工程性质乙土的可能较

第二章

2-1 解：

根据渗流连续原理，流经三种土样的渗透速度 v 应相等，即 $v_A = v_B = v_C$

根据达西定律，得：$R_A \frac{\Delta h_A}{L_A} = R_B \frac{\Delta h_B}{L_B} = R_C \frac{\Delta h_C}{L_C}$

$\therefore \Delta h_A : \Delta h_B : \Delta h_C = 1:2:4$

又Q $\Delta h_A + \Delta h_B + \Delta h_C = 35cm$

$\therefore \Delta h_A = 5cm, \Delta h_B = 10cm, \Delta h_C = 20cm$

$V = k_A \frac{\Delta h_A}{L_A} = 1*10^{-3} cm/s$

$V_{加水} = V*A*\text{t=0.1cm}^3$

2-2 解：

$i_{cr} = \frac{G_s - 1}{1+e} = \frac{2.70-1}{1+0.58} = 1.076$

2-3 解：

（1）土样单位体积所受的渗透力 $j = 1*r_w \frac{\Delta h}{L} = 1*9.8*\frac{20}{30} = 6.53N$

（2）$i_{cr} = \frac{G_s - 1}{1+e} = \frac{2.72-1}{1+0.63} = 1.055$

$i = \frac{\Delta h}{L} = \frac{20}{30} = 0.667$

Q $i < i_{cr}$ 　则土体处于稳定状态，不会发生流土现象

（3）当 $i > i_{cr}$ 时，会发生流土破坏，即 $\frac{h}{L} > i_{cr}$时

$h > L*i_{cr} = 30*1.055 = 31.65cm$

水头差值为 32cm 时就可使土样发生流土破坏

2-4 解：

（1）$h_A = 6m, h_C = 7.5m, h_B = \frac{h_A + h_C}{2} = 6.75m$

$j = r_w * i = \frac{r_w * \Delta h}{l} = 3.675kN/m^3$

（2）若要保持水深 1m，$i = \frac{\Delta h}{L} = 0.625$

而 $Q = Akv = 20*10*1.5*10^{-8}*0.625 = 1.875*10^{-6} m^3/s$

故单位时间内抽水量为$1.875*10^{-6}m^3/s$

2-5：解：

$\rho_{sat}=\frac{G_s+e}{1+e}\rho_w=\frac{G_s+e}{1+e}$，而$i_{cr}=\frac{G_s-1}{1+e}$

$\therefore i_{cr}=\frac{G_s+e-(1+e)}{1+e}=\frac{G_s+e}{1+e}-1=\rho_{sat}-1$

又Q $\rho_{sat粘土}<\rho_{sat砂层}$，故只考虑$\rho_{sat粘土}$就可以

$i_{cr}=\rho_{sat粘土}-1=2.04-1=1.04g/cm^3$

又Q $i_{cr}\geq\frac{\Delta h}{L}=\frac{7.5-(h+3)}{3}=\frac{4.5-h}{3}$

则$h\geq1.38$

故开挖深度为 6m 时，基坑中水深至少 1.38m 才能防止发生流土现象

2-6：解：

（1）地基中渗透流速最大的不为在等势线最密集处，故在第二根流线上

$\Delta h=\frac{\Delta H}{N}=\frac{\Delta H}{n-1}=\frac{(5-1)m}{16-1}=0.267m$

$i=\frac{\Delta h}{L}=\frac{0.267}{0.667}=0.4$

$v=ki=1*10^3*0.4=4*10^4cm/s$

（2）$i_{均}=\frac{\Delta h}{L_{均}}=\frac{0.267}{2.5}=0.1068$

$i_{cr}=\rho_{sat}-1=2-1=1$

则$i_{均}<i_{cr}$　故地基土处于稳定状态

（3）$q=M\Sigma q=Mk\Delta h=5*1*10^{-5}*0.267=1.335*10^{-5}m^2/s$

2-7：解：

（1）$\Delta H=3.6m$，$\Delta h=\frac{\Delta H}{14}=\frac{3.6}{14}=0.257m$

$q=M\Delta q=Mk\Delta h=6*1.8*10^{-4}*0.257=2.776*10^{-4}m^3/s=1.666*10^{-2}m^3/\min$

（2）$i_{cr}=\frac{r'}{r_w}=\frac{r_{sat}}{r_w}-1=\frac{18.5}{9.8}-1=0.888$

$i=\frac{\Delta h}{L}=\frac{0.257}{0.5}=0.514$，故$i<i_{cr}$，不可能发生流土破坏

$F_s=\frac{i_{cr}}{i}=\frac{0.888}{0.514}=1.73$

第三章　　　土体中的应力计算

3-1：解：

41.0m：$\sigma_{s1}=\gamma_1 H_1=1.70*10*3=51kpa$

40.0m：$\sigma_{s2}=\sigma_{s1}+\gamma_2 H_2=51+(1.90-1.0)*10*1=60kpa$

38.0m：$\sigma_{s3}=\sigma_{s2}+\gamma_3 H_3=60+(1.85-1.0)*10*2=77kpa$

35.0m：$\sigma_{s4}=\sigma_{s3}+\gamma_4 H_4=77+(2.0-1.0)*10*3=107kpa$

水位降低到 35.0m

41.0m：$\sigma_{s1}=51kpa$

40.0m：$\sigma_{s2}=\sigma_{s1}+\gamma_2 H_2=51+1.90*10*1=70kpa$

38.0m：$\sigma_{s3}=\sigma_{s2}+\gamma_3 H_3=70+1.85*10*1=88.5kpa$

35.0m：$\sigma_{s4}=\sigma_{s3}+\gamma_4 H_4=88.5+1.82*10*3=143.1kpa$

3-2：解：

偏心受压：

$e=0.2m$

$p_{\max}=\frac{p}{B}(1+\frac{6e}{B})=\frac{700}{10}(1+\frac{6*0.2}{10})=78.4kN$

$p_{\min}=61.6kN$

由于是中点，故 $F_s=\frac{\gamma' H\cos\alpha\tan\phi+F_c}{\gamma' H\sin\alpha+J}=1.097$

z(m)	n=z/B	均布荷载 p=	61.6	三角形荷载 p	16.8	水平附加应力	总附加应力 σ（kPa）
		K	σ	K	σ		
0.1	0.01	0.999	61.5384	0.5	8.4	0	69.9384
1	0.1	0.997	61.4152	0.498	8.3664	0	69.7816
2	0.2	0.978	60.2448	0.498	8.3664	0	68.6112
4	0.4	0.881	54.2696	0.441	7.4088	0	61.6784
6	0.6	0.756	46.5696	0.378	6.3504	0	52.92
8	0.8	0.642	39.5472	0.321	5.3928	0	44.94
10	1	0.549	33.8184	0.275	4.62	0	38.4384
12	1.2	0.478	29.4448	0.239	4.0152	0	33.46
14	1.4	0.42	25.872	0.21	3.528	0	29.4
20	2	0.306	18.8496	0.153	2.5704	0	21.42

3-3：解：

（1）

可将矩形分为上下两部分，则为 2 者叠加

$m=\frac{L}{B},n=\frac{z}{B}$，查表得 K，$\sigma_{zo}=2K*\sigma$

（2）

可将该题视为求解条形基础中线下附加应力分布，上部荷载为 50kN/m^2 的均布荷载与 100 kN/m^2 的三角形荷载叠加而成。

3-4：解：

只考虑 B 的影响：

用角点法可分为 4 部分,

$m_1=\frac{L_1}{B_1}=1.5,n_1=\frac{z}{B_1}=0.5$,得 $K_1=0.2373$

$m_2=\frac{L_2}{B_2}=3,n_2=\frac{z}{B_2}=1$，得 $K_2=0.2034$

$m_3=\frac{L_3}{B_3}=2,n_3=\frac{z}{B_3}=1$，得 $K_3=0.1999$

$m_4=\frac{L_4}{B_4}=1,n_4=\frac{z}{B_4}=1$，得 $K_4=0.1752$

$\sigma_z=(K_1-K_2-K_3+K_4)\sigma=2.76kN/m^2$

只考虑 A：为三角形荷载与均布荷载叠加

$m=1,n=1$，$K_1=0.1752,\sigma_{z1}=K_1\sigma_1=0.1752*100=17.52kN/m^2$

$K_2=0.0666,\sigma_{z2}=K_2\sigma_2=0.066*100=6.6kN/m^2$

$\sigma_z=\sigma_{z1}+\sigma_{z2}=24.12kN/m^2$

则 $\sigma_{z总}=2.76+24.12=26.88kN/m^2$

3-6：解：

（1）不考虑毛细管升高：

深度 z（m）	σ （kN/m2）	u（kN/m2）	σ′ （kN/m2）
0.5	16.8*0.5=8.4	0	8.4
2	16.8*2=33.6	0	33.6
4	33.6+19.4*2=72.4	2*9.8=19.6	52.8
8(上）	72.4+20.4*4=154	6*9.8=58.8	95.2
8（下）	72.4+20.4*4=154	10*9.8=98	56
12	154+19.4*4=231.6	14*9.8=137.2	94.4

（2）毛细管升高 1.5m

深度 z（m）	σ （kN/m2）	u（kN/m2）	σ′ （kN/m2）
0.5	16.8*0.5=8.4	9.8*（-1.5）=（-14.7）	23.1
2	8.4+19.4*1.5=37.5	0	37.5
4	37.5+19.4*2=76.3	2*9.8=19.6	56.7
8(上）	76.3+20.4*4=157.9	6*9.8=58.8	99.1
8（下）	76.3+20.4*4=157.9	10*9.8=98	59.9
12	157.9+19.4*4=235.5	14*9.8=137.2	98.3

3-7：解：

点号	σ （kN/m2）	u（kN/m2）	σ′ （kN/m2）
A	2*9.8=19.6	2*9.8=19.6	0
B	19.6+2*20=59.6	5.5*9.8=53.9	5.7
C	59.6+2*20=99.6	7.5*9.8=73.5	26.1

3-8：解：

试件饱和，则 B=1

可得 $A=\dfrac{\Delta u_{A_1}}{\Delta\sigma_1-\Delta\sigma_3}=0.5$

$\Delta u_{A2}=A(\Delta\sigma_1'-\Delta\sigma_3)=75kN/m^3$

则水平向总应力 $\sigma_3=100kN/m^3$ 有效应力 $\sigma'=\sigma_3-\Delta u_{A2}=25kN/m^3$

竖直向总应力 $\sigma_1=\Delta\sigma_{12}=150kN/m^3$ 有效应力 $\sigma'=\sigma_1-\Delta u_{A2}=75kN/m^3$

3-10：解：

（1）粉质粘土饱和，$G_s=2.7, w=26\%$

$\rho_s=2.7g/cm^3$

$m=m_s+m_w=\rho_sV_s+\rho_sV_sw=\rho_sV_s(1+w)$

$V=V_s+V_w=V_s+\dfrac{m_w}{\rho_w}=V_s(1+\dfrac{\rho_s}{\rho_w}w)$

$\rho_{sat}=\dfrac{m}{V}=\dfrac{\rho_s(1+w)}{1+\dfrac{\rho_s}{\rho_w}w}=2g/cm^3$

由图可知，未加载前 M 点总应力为：

竖直向：$\sigma_1=\sigma_{砂}+\sigma_{粉粘}=\gamma_{砂}H_1+\gamma_{粉粘}H_2=1.8*10*2+2*10*3=96kN/m^2$

孔隙水压力为：$u_1=\gamma_w H_2=1.0*10*3=30kN/m^2$

有效应力：$\sigma_1'=\sigma-u=66kN/m^2$

水平向：$\sigma_{x1}'=K_0\sigma_1'=0.6*66=39.6kN/m^2$

$u_{x1}=u_1=30kN/m^2$，$\sigma_{x1}=u_{x1}+\sigma_{x1}'=69.6kN/m^2$

(2)加荷后，M 点的竖直向附加应力为：$\sigma_z=K^s p=0.5*100=50kN/m^2$

水平向附加应力为：$\sigma_x=0.3\sigma_z=0.3*50=15kN/m^2$

在加荷瞬间，上部荷载主要有孔隙水压力承担，则：

竖直向：$\sigma_2=\sigma_1+\sigma_z=96+50=146kN/m^2$

$u_2=u_1+\sigma_z=30+50=80kN/m^2$

$\sigma_2'=\sigma_2-u_2=146-80=66kN/m^2$

水平向：$u_{x2}=u_2=80kN/m^2$

$\sigma_{x2}'=K_0\sigma_2'=0.6*66=39.6kN/m^2$

$\sigma_{x2}=\sigma_{x2}'+u_{x2}=119.6kN/m^2$

（3）土层完全固结后，上部荷载主要由有效应力部分承担

竖直向：$\sigma_3=\sigma_1+\sigma_z=96+50=146kN/m^2$

$u_3=u_1=30kN/m^2$

$\sigma_3'=\sigma_1'+\sigma_z=66+50=116kN/m^2$

水平向：$u_{x3}=u_3=30kN/m^2$

$\sigma_{x3}'=K_0\sigma_3'=0.6*116=69.6kN/m^2$

$\sigma_{x3}=\sigma_{x3}'+u_{x3}=99.6kN/m^2$

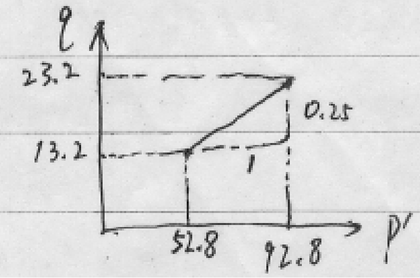
（4）$K_0=0.6$，即 $\sigma_x'=0.6\sigma_z'$

$$\Delta p'=\frac{1}{2}(\Delta\sigma_z'+\Delta\sigma_x')=0.8\Delta\sigma_z'$$

$$\Delta q' = \frac{1}{2}(\Delta\sigma_z' - \Delta\sigma_x') = 0.2\Delta\sigma_z'$$

$$\therefore \frac{\Delta q'}{\Delta p'} = 0.25$$

又∵ $q = q'$　即在 $p'-q$ 坐标上的有效应力路径为坡比0.25的线段



第四章

4-1：解：

试验结束时，$e=\frac{w\rho_s}{S_r}=\frac{0.278*2.7}{1}=0.7506$

此过程中，土样变化 $s=2.0-1.98=0.02cm$

初始孔隙比 $e_0=\frac{e+s/H_0}{1-s/H_0}=\frac{0.7506+0.02/2.0}{1-0.02/2.0}=0.768$

孔隙比 $e=e_0-(1+e_0)\frac{s}{H_0}=0.768-(1+0.768)*\frac{s}{2.0}=0.768-0.884s$

当 $\sigma_1=200kPa$ 时，$s_1=2.0-1.990=0.01cm$，$e_1=0.768-0.884*0.01=0.7592$

当 $\sigma_2=300kPa$ 时，$s_1=2.0-1.970=0.03cm$，$e_1=0.768-0.884*0.03=0.7415$

$a_{2-3}=-\frac{\Delta e}{\Delta\sigma}=\frac{0.7592-0.7415}{100}=0.18MPa^{-1}$

4-4：解：

（1） 两基础中心点沉降量不相同

（2） 通过调整两基础的 H 和 B，可使两基础的沉降量相近

调整方案有：方案一：增大 B_2 使 $B_2>2B_1$，则附加应力 $p_{0乙}<p_{0甲}$

而 $K^s{}_{z乙}>K^s{}_{z甲}$，故可能有 $\sigma_{z乙}=\mathrm{p}_{0乙}K^s{}_{z乙}=\sigma_{z甲}$

方案二：使 $B_2=B_1$，则 $K^s{}_{z乙}=K^s{}_{z甲}$，即增加 H1 或减小 H2

方案三：增大 B2，使 $B_1<B_2<2B_1$,同时，减小 H2 或增大 H1

（3） 方案三较好，省原料，方便施工

4—5：解：

（1）t=0，t=4 个月，t=无穷大时土层中超静水压力沿深度分布如图所示：

（2）由图可知 4 个月时 $U_t\approx45.3\%$

$T_v=\frac{\pi}{4}U^2{}_t=\frac{\pi}{4}*0.453^2=0.161$

$C_v=\frac{T_vH^2}{t}=39.22m^2/年$

当 $U_t=90\%$ 时，$T_v=-0.933\lg(1-U_t)-0.085=0.933\lg0.1-0.085=0.848$

$t=\frac{T_0H^2}{C_v}=\frac{0.848*9^2}{39.22}=1.75年$

4-6：解：

（1）$S_\infty = \frac{a}{1+e_1} AH = \frac{0.25MPa^{-1}}{1+0.8} * 240kN/m^2 * 10m = 0.33m$

$$C_v = \frac{k(1+e_1)}{a\gamma_w} = \frac{2.0cm/年 * 1.8}{0.25MPa * 9.8kN/m^3} = 14.69m^2/年$$

$$T_v = \frac{C_v}{H^2} t = \frac{14.69m^2/年}{100m^2} * 1年 = 0.1469$$

$$U_t = 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-(\frac{\pi^2}{4})T_v} = 0.4359$$

则 $S_t = U_t * S_\infty = 0.142m$

（2）当 $S_t = 0.2m$ 时，

$$U_t = \frac{S_t}{S_\infty} = \frac{0.2}{0.33} = 0.6061$$

查表有：$T_v = 0.293$

$$t = \frac{T_v H^2}{C_v} = \frac{0.392 * 100m^2}{14.69m^2/年} = 1.99年 \approx 2年$$

故加荷历史 2 年地面沉降量可达 20cm

第五章　土的抗剪强度

5-2

解：由剪破面与大主应力面交角 60°　　60° =α=45° +Φ/2 得：Φ=30°

由试样达到破坏状态的应力条件：

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2(45° + \varphi/2) + 2c\tan(45° + \varphi/2)$$

$$\sigma_3 = \sigma_1 \tan^2(45° - \varphi/2) - 2c\tan(45° - \varphi/2)$$

已知：

$$\sigma_1 = 500KN/m^2$$

$$\sigma_3 = 100KN/m^2$$

$$则 c = 100/\sqrt{3} = 57.7KN/m^2$$

$$法向应力: \sigma = (\sigma_1 + \sigma_3)/2 + (\sigma_1 - \sigma_3) * \cos 2\alpha/2 = 300 + 200*(-0.5) = 200kpa$$

$$剪应力：\tau = (\sigma_1 - \sigma_3) * \sin 2\alpha/2 = 200*\sqrt{3}/2 = 173kpa$$

5-3

解：（1）求该点主应力值

$$\sigma_3' = \frac{\sigma_z + \sigma_x}{2} \pm \sqrt{(\frac{\sigma_z - \sigma_x}{2})^2 + \tau^2} = 175 \pm 85$$

$$\therefore \sigma_1 = 260kpa$$

$$\sigma_3 = 90kpa$$

（2）该点破坏可能性判断

∵　c=0

$$\sigma_{1f} = \sigma_{3m}\tan^2(45° + \phi/2) = 90*\tan^2(45° + 15°) = 270 > \sigma_{1m} = 260kpa$$

改用式：$\sigma_{3f} = \sigma_{1m}\tan^2(45° - \phi/2) = 260*\tan^2(45° - 15°) = 86.67 < \sigma_3 = 90kpa$

∴该点未剪破

（3）当 τ 值增加至 60KN/㎡时

$$\sigma_{1f} = \sigma_3 \tan^2(45° + \phi/2) = 236.7 < 271kpa$$

$$\sigma_{3f} = \sigma_{1m}\tan^2(45° - \phi/2) = 271*\tan^2(45° - 15°) = 90.33 > \sigma_{3m}$$

（$\sigma_3' = 175 \pm 96, 则 \sigma_3 = 79kpa, \sigma_1 = 271kpa$)

即实际的小主应力低于维持极限平衡状态所要求的小主应力，故土体破坏

5-4

解：（1）绘总应力圆图如下

由图可量得，总应力强度指标：$C_{cu} = 17.5kpa, \phi_{cu} = 16°$

（2）计算有效应力

① $\sigma_1' = \sigma_1 - u = 145 - 31 = 114kpa$

$\sigma_3' = 60 - 31 = 29kpa$

② $\sigma_1' = 228 - 55 = 173kpa, \sigma_3' = 100 - 55 = 45kpa$

③ $\sigma_1' = 310 - 92 = 218kpa, \sigma_3' = 150 - 92 = 58kpa$

④ $\sigma_1' = 401 - 120 = 281kpa, \sigma_3' = 200 - 120 = 80kpa$

绘有效应力圆图如下

由图可量得：$c' = 7.5kpa, \phi' = 32°$

（3）破坏主应力线如上图中的虚线表示：

可得 $a = 7kpa, \alpha = 27.4°$

$$\therefore \phi = \sin^{-1}(\tan\alpha) = \sin^{-1}(\tan 27.4°) = 31.2°$$

$$c = \frac{a}{\cos\phi} = \frac{7}{\cos 31.2°} = 8.18kpa$$

5-5

解：（1）砾砂粘聚力 c=0

$$\sigma_3' = \frac{\sigma_z + \sigma_x}{2} \pm \sqrt{(\frac{\sigma_z - \sigma_x}{2})^2 + 2^2} = \frac{350+150}{2} \pm \sqrt{100^2 + (-100)^2} = 250 \pm 100\sqrt{2}$$

$$\sigma_1 = 250 + 100\sqrt{2} = 391.4kpa, \sigma_3 = 250 - 100\sqrt{2} = 108.6kpa$$

∵M 点处于极限平衡状态，则

$$\phi = \sin^{-1}\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3} = \sin^{-1} 0.5656 = 34.4°$$

（2）求大主应力方向：

$$\tan 2\alpha = \frac{\tau}{\frac{\sigma_z - \sigma_x}{2}} = \frac{100*2}{350-150} = 1$$

$$2\alpha = 45°, \alpha = 22.5°$$

由于破裂面与最大主应力面成 45° +Φ/2 的夹角，故：

$$\beta = \alpha + 45° + \phi/2 = 22.5° + 45° + 34.4°/2 = 84.7°$$

滑裂面通过 M 点的方向如图：

5-6

解：$u=\Delta\sigma_3+A(\sigma_1-\sigma_3)$

$u_1=50+0.2*85=67kpa$
$u_2=100+0.2*83=116.5kpa$
$u_3=150+0.2*87=167.4kpa$

试件①：$\sigma_3'=\sigma_3-u_1=33kpa,\sigma_1'=\sigma_1-u_1=118kpa$

试件②：$\sigma_3'=\sigma_3-u_2=33.4kpa,\sigma_1'=\sigma_1-u_2=116.4kpa$

试件③：$\sigma_3'=\sigma_3-u_3=32.6kpa,\sigma_1'=\sigma_1-u_3=119.6kpa$

5-7
解：由图可知

$$C_u=\sin\phi'(\frac{\sigma_1'+\sigma_3'}{2}+c'ctg\phi')=\sin\phi'*\frac{\sigma_1'+\sigma_3'}{2}+c'\cos\phi'$$

$$\because C_u=\frac{\sigma_1'-\sigma_3'}{2}$$

即 $\sigma_1'=2C_u+\sigma_3'$

$$C_u=(C_u+\sigma_3')\sin\phi'+c'\cos\phi'$$

$$C_u=\frac{\sin\phi'\sigma_3'+c'\cos\phi'}{1-\sin\phi'}$$

5-10
解：①σ$_3$等于常量，增大σ$_1$直至试件剪切破坏
当开始固结 $P=\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}=\frac{2\sigma_3}{2}=\sigma_3,q=\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}=0$
当开始剪切时，σ$_3$等于常量

$$\Delta P=P_2-P_1=\frac{\sigma_3+\sigma_1+\Delta\sigma_1}{2}-\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}=\frac{1}{2}\sigma_1$$
$$\Delta q=q_2-q_1=\frac{\sigma_1-\sigma_3+\Delta\sigma_1}{2}-\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}=\frac{1}{2}\sigma_1$$

p-q 坐标上的三轴试验应力路径为：
②σ$_1$等于常量，减小σ$_3$直至试件剪切破坏 ，固结同①剪切过程，σ$_1$为常量

第六章　挡土结构物上的土压力

6-1：解：

静止土压力系数：$K_0 = 1 - \sin\phi' = 0.357$

主动土压力系数：$K_a = \tan^2(45° - \phi/2) = 0.217$

被动土压力系数：$K_p = \tan^2(45° + \phi/2) = 4.6$

静止土压力：$E_0 = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_0 = 80.33kN/m$

主动土压力：$E_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a = 48.8kN/m$

被动土压力：$E_p = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_p = 1035kN/m$

$\delta = 20°$ 时：

主动土压力系数为：$K_a = 0.199$

主动土压力：$E_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a = 44.775kN/m$

6-2：解：

（1）$K_a = \tan^2(45° - \phi/2) = 0.455$

$$p_a = qK_a + \gamma z K_a - 2c\sqrt{K_a} = 20*0.455 + 18*0.455z - 2*16\sqrt{0.455} = 8.19z - 12.5$$

z	0	1	1.53	2	3	4	5	6
pa	0	0	0	3.88	12.07	20.26	28.45	36.64

（2）

$$E_a = \frac{1}{2}p_z(H - z_0) = 0.5*36.64*(6-1.53) = 81.9$$

作用点在 z=4.51m 处

（3）

$z_0 = 1.53m$

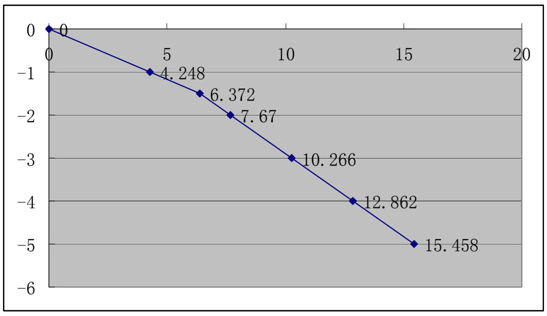
6-4：解：

查表得：$K_a = 0.236$

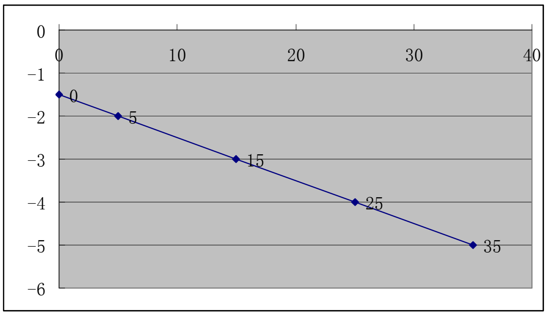
水位以上土压力：$p_a = \gamma z K_a$　　水位以下土压力：$p_a = \gamma'(z-1.5)K_a + \gamma H_1 K_a$

结果如下：

z	0	1	1.5	2	3	4	5
pa	0	4.248	6.372	7.67	10.266	12.862	15.458



主动土压力分布图



水压力分布图

水压力：$p_w = \gamma_w (z - H_1)$　结果如下：

z	1.5	2	3	4	5
pw	0	5	15	25	35

6-5：解：

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2\alpha * \cos(\alpha + \delta) * [1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) * \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) * \cos(\alpha - \beta)}}]^2} = 0.755$$

$$E_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a + qHK_a = 278.142$$

方向与水平向呈 64 度角，指向墙背；作用点为梯形面积重心

第七章　土坡稳定分析

7-1：解：

渗流出段内水流的方向平行于地面故θ=0

$i=\tan\alpha=0.364$

土坡的稳定安全系数

$$F_s=\frac{[\gamma^{/}V\cos\alpha-\gamma_w iV\sin(\alpha-\theta)]\tan\phi}{\gamma^{/}V\sin\alpha+\gamma_w iV\cos(\alpha-\theta)}=0.755$$

7-2：解：

从无限长坡中截取单宽土柱进行稳定分析，单宽土柱的安全系数与全坡相同

土柱重量：$W=\gamma H$

沿基面滑动力：$T=W\sin\alpha$

沿基面抗滑力：$R=W\cos\alpha\tan\phi$

粘性土的粘聚力：$F_c=c*l=cb/\cos\alpha$

$$F_s=\frac{R+F_c}{T}=\frac{W\cos\alpha\tan\phi+cb/\cos\alpha}{W\sin\alpha}$$

$又F_s=1.0,则H=7.224m$

7-3：解：

$$\gamma_{sat}=\frac{G_s(1+w)}{1+e}*g=19.31kN/m^3$$

$$i=\frac{\Delta h}{\Delta s}=\frac{b\tan\alpha}{b/\cos\alpha}=\sin\alpha=0.342$$

$$J=Aj=H\gamma_w i=9.8*4*0.342=13.41kN$$

安全系数：$F_s=\dfrac{\gamma' H\cos\alpha\tan\phi+F_c}{\gamma' H\sin\alpha+J}=1.097$

第八章

8-1：解：

（1） 基础宽度、基础埋深和粘聚力同时增加 1 倍时，地基的承载力也增加 1 倍，地基的承载力随基础宽度、基础埋深和粘聚力成倍增长，随着内摩擦角Φ的增加，N_r，N_q，N_c 增加很大，承载力也增大很多。

（2） 对砂土地基，其 c=0，这时基础的埋深对极限承载力起重要作用，若此时基础埋深太浅（D<0.5B），地基的极限承载力会显著下降

（3） 由极限承载力公式 $P_{\mathrm{uv}} = 9N_q + cN_c + \frac{1}{2}\gamma BN_r$ 可知，基础宽度的增加会引起承载力的增加。

8-2：解：

均布荷载 $q = \gamma D = 19*2 = 38kN/m^2$

查表可得 $N_r = 1.51, N_q = 4.65, N_c = 10.0$

极限承载力

$$P_{vh} = \frac{1}{2}\gamma BN_r + qN_q + cN_c = \frac{1}{2}*19*3*1.51 + 38*4.65 + 10*10 = 299.4kN/m^2$$

8-3：解：

（1）地基产生整体剪切破坏时，

$$P_u = \frac{1}{2}\gamma' BN_r + qN_q + cN_c$$

查表得： $N_r = 5.0, N_q = 7.5, N_c = 18.0$

$$P_u = \frac{1}{2}(19.2 - 9.8)*2.4*5.0 + 18.4*2*7.5 + 8*18.0 = 476.4kN/m^2$$

（2）局部剪切破坏时：

$$P_u = \frac{\gamma' B}{2}N_r' + qN_q' + \frac{2}{3}cN_c'$$

查图 8-18 可得： $N_r' = 0.5, N_q' = 4.0, N_c' = 12.0$

$$P_u = \frac{1}{2}*(19.2 - 9.8)*2.4*0.5 + 18.4*2*4.0 + 8*12.0 = 248.84kN/m^2$$

8-5：解:

（1）天然容重： $\gamma_0 = 1.79*9.8 = 17.54kN/m^3$

浮容重： $\gamma' = (1.96 - 1)*9.8 = 9.41kN/m^3$

（2）求公式 8-57 中承载力系数

$$N_c = \frac{\pi ctg\phi}{ctg\phi - \frac{\pi}{2} + \phi} = \frac{3.14*ctg25^\circ}{ctg25^\circ - 3.14/2 + \frac{25}{360}*2\pi} = 6.67$$

$$N_q = 1 + \frac{\pi}{ctg\phi - \frac{\pi}{2} + \phi} = 1 + N_c tg\phi = 4.11$$

$$N_{r(\frac{1}{4})} = \frac{1}{2}\frac{\pi}{ctg\phi - \frac{\pi}{2} + \phi} = 1.56$$

$$N_{r(\frac{1}{3})} = \frac{2}{3}\frac{\pi}{ctg\phi - \frac{\pi}{2} + \phi} = 2.07$$

（3）求 $P_{cr}, P_{\frac{1}{4}}, P_{\frac{1}{3}}$

$$P_{cr} = \gamma_0 D N_q + cN_c = 17.5*1.5*4.11 + 15*6.67 = 208.18kN/m^2$$

$$P_{\frac{1}{4}} = \frac{\gamma_1 B}{2} N_{r(\frac{1}{4})} + P_{cr} = \frac{1}{2}*9.41*3*1.56 + 208.18 = 230.20kN/m^2$$

$$P_{\frac{1}{3}} = \frac{\gamma_1 B}{2} N_{r(\frac{1}{3})} + P_{cr} = \frac{1}{2}*9.41*3*2.07 + 208.18 = 237.40kN/m^2$$

按普朗德尔理论：

$$N_q = tg^2(45 + \frac{\phi}{2})e^{\pi tg\phi} = tg^2(45° + \frac{25°}{2})e^{\pi tg25°} = 10.66$$

$$N_c = (N_q - 1)tg25° = 20.7$$

$$P_u = qN_q + cN_c = \gamma_0 D N_q + cN_c = 17.54*1.5*10.66 + 15*20.7 = 590.96kN/m^2$$

按太沙基理论：$P_u = \frac{\gamma' B}{2} N_r + cN_c + qN_q$

查图 8-18 有：$N_r = 4.5, N_c = 26.0, N_q = 13.0$

$$P_u = 0.5*9.41*3*4.5 + 15*26.0 + 17.54*1.5*13.0 = 795.55kN/m^2$$

（4）$P_u = \frac{1}{2}\gamma' B N_r S_r d_r + qN_q S_q d_q + cN_c S_c d_c$

$$S_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L} = 1 + \frac{13.0*3}{26.0*8} = 1.1875$$

$$S_q = 1 + \frac{B}{L} tg\phi = 1 + \frac{3}{8} tg25° = 1.1749$$

$$S_r = 1 - 0.4\frac{B}{L} = 1 - 0.4*\frac{3}{8} = 0.85$$

$$d_c = 1 + 0.4\frac{B}{L} = 1 + 0.4*\frac{3}{8} = 1.2$$

$$d_q = 1 + 2tg\phi(1-\sin\phi)^2 \frac{D}{B} = 1 + 2 * tg25°(1-\sin 25°)^2 \frac{1.5}{3} = 1.155$$

$$d_r = 1.0$$

$$N_q = tg^2(45° + \phi/2)e^{\pi tg\phi} = 10.66$$

$$N_c = (N_q - 1)ctg\phi = 20.7$$

$$N_r = 1.8(N_q - 1)tg\phi = 8.11$$

代入得 $P_u = 920.36kN/m^2$