



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
دانشگاه صنعتی سیرجان

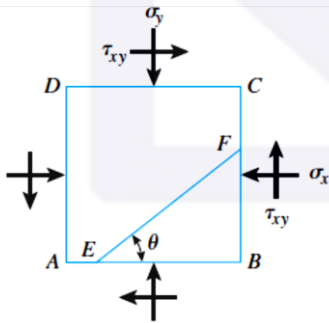
# مکانیک خاک

## فصل ۸. تنش در توده خاک

دکتر علیرضا غنی زاده

دانشکده مهندسی عمران-دانشگاه صنعتی سیرجان

### تنش قائم بر روی یک صفحه مشخص

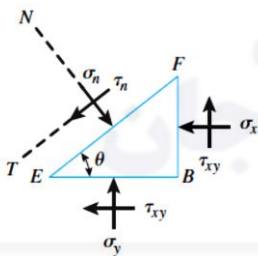


$$\overline{EB} = \overline{EF} \cos \theta \quad \overline{FB} = \overline{EF} \sin \theta$$

$$\sigma_n(\overline{EF}) = \sigma_x(\overline{EF}) \sin^2 \theta + \sigma_y(\overline{EF}) \cos^2 \theta + 2\tau_{xy}(\overline{EF}) \sin \theta \cos \theta$$

$$\sigma_n = \sigma_x \sin^2 \theta + \sigma_y \cos^2 \theta + 2\tau_{xy} \sin \theta \cos \theta$$

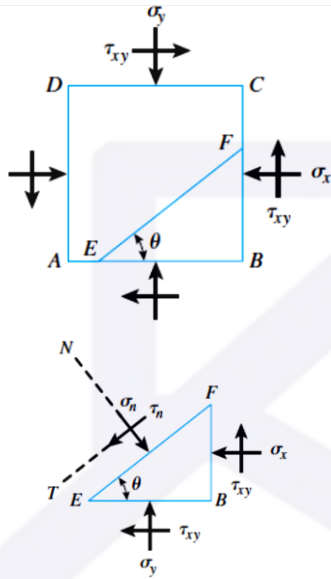
$$\sigma_n = \frac{\sigma_y + \sigma_x}{2} + \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta$$



# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## تنش برشی بر روی یک صفحه مشخص



$$\overline{EB} = \overline{EF} \cos \theta \quad \overline{FB} = \overline{EF} \sin \theta$$

$$\begin{aligned} \tau_n(\overline{EF}) = & -\sigma_x(\overline{EF}) \sin \theta \cos \theta + \sigma_y(\overline{EF}) \sin \theta \cos \theta \\ & - \tau_{xy}(\overline{EF}) \cos^2 \theta + \tau_{xy}(\overline{EF}) \sin^2 \theta \end{aligned}$$

$$\tau_n = \sigma_y \sin \theta \cos \theta - \sigma_x \sin \theta \cos \theta - \tau_{xy}(\cos^2 \theta - \sin^2 \theta)$$

$$\tau_n = \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} \sin 2\theta - \tau_{xy} \cos 2\theta$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

3

## تنش در صفحات اصلی

$$\tan 2\theta = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_y - \sigma_x}$$

Major principal stress:

$$\sigma_n = \sigma_1 = \frac{\sigma_y + \sigma_x}{2} + \sqrt{\left[\frac{(\sigma_y - \sigma_x)}{2}\right]^2 + \tau_{xy}^2}$$

Minor principal stress:

$$\sigma_n = \sigma_3 = \frac{\sigma_y + \sigma_x}{2} - \sqrt{\left[\frac{(\sigma_y - \sigma_x)}{2}\right]^2 + \tau_{xy}^2}$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

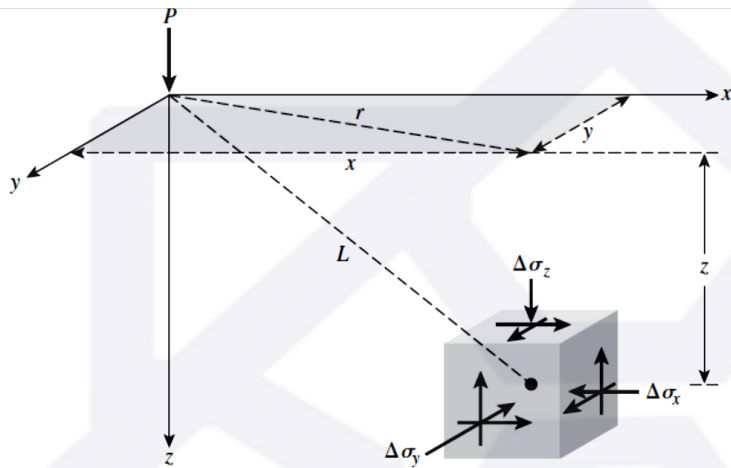
مکانیک خاک

4

# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## تنش ناشی از بار نقطه‌ای



$$\Delta\sigma_x = \frac{P}{2\pi} \left\{ \frac{3x^2z}{L^5} - (1-2\mu) \left[ \frac{x^2-y^2}{Lr^2(L+z)} + \frac{y^2z}{L^3r^2} \right] \right\}$$

$$\Delta\sigma_y = \frac{P}{2\pi} \left\{ \frac{2y^2z}{L^5} - (1-2\mu) \left[ \frac{y^2-x^2}{Lr^2(L+z)} + \frac{x^2z}{L^3r^2} \right] \right\}$$

$$\Delta\sigma_z = \frac{3P}{2\pi} \frac{z^3}{L^5} = \frac{3P}{2\pi} \frac{z^3}{(r^2+z^2)^{5/2}}$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$L = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \sqrt{r^2 + z^2}$$

$\mu$  = Poisson's ratio

Boussinesq (1883)

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

5

## تنش ناشی از بار نقطه‌ای

$r/z$	$I_1$	$r/z$	$I_1$	$r/z$	$I_1$
0	0.4775	0.36	0.3521	1.80	0.0129
0.02	0.4770	0.38	0.3408	2.00	0.0085
0.04	0.4765	0.40	0.3294	2.20	0.0058
0.06	0.4723	0.45	0.3011	2.40	0.0040
0.08	0.4699	0.50	0.2733	2.60	0.0029
0.10	0.4657	0.55	0.2466	2.80	0.0021
0.12	0.4607	0.60	0.2214	3.00	0.0015
0.14	0.4548	0.65	0.1978	3.20	0.0011
0.16	0.4482	0.70	0.1762	3.40	0.00085
0.18	0.4409	0.75	0.1565	3.60	0.00066
0.20	0.4329	0.80	0.1386	3.80	0.00051
0.22	0.4242	0.85	0.1226	4.00	0.00040
0.24	0.4151	0.90	0.1083	4.20	0.00032
0.26	0.4050	0.95	0.0956	4.40	0.00026
0.28	0.3954	1.00	0.0844	4.60	0.00021
0.30	0.3849	1.20	0.0513	4.80	0.00017
0.32	0.3742	1.40	0.0317	5.00	0.00014
0.34	0.3632	1.60	0.0200		

$$\Delta\sigma_z = \frac{P}{z^2} \left\{ \frac{3}{2\pi} \frac{1}{[(r/z)^2 + 1]^{5/2}} \right\} = \frac{P}{z^2} I_1$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

6

# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## مثال ۱

Consider a point load  $P = 5 \text{ kN}$  (Figure 10.7). Calculate the vertical stress increase ( $\Delta\sigma_z$ ) at  $z = 0, 2 \text{ m}, 4 \text{ m}, 6 \text{ m}, 10 \text{ m},$  and  $20 \text{ m}$ . Given  $x = 3 \text{ m}$  and  $y = 4 \text{ m}$ .

**Solution**

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ m}$$

The following table can now be prepared.

$r$ (m)	$z$ (m)	$\frac{r}{z}$	$I_1$	$\Delta\sigma_z = \left(\frac{P}{z^2}\right)I_1$ (kN/m <sup>2</sup> )
5	0	$\infty$	0	0
	2	2.5	0.0034	0.0043
	4	1.25	0.0424	0.0133
	6	0.83	0.1295	0.0180
	10	0.5	0.2733	0.0137
	20	0.25	0.4103	0.0051

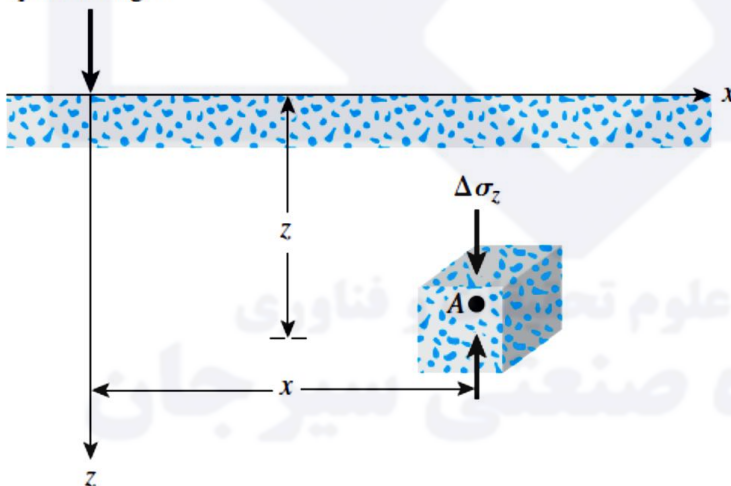
دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

7

## تنش قائم ناشی از بار خطی قائم

$q/\text{Unit length}$



$$\Delta\sigma_z = \frac{2qz^3}{\pi(x^2 + z^2)^2}$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

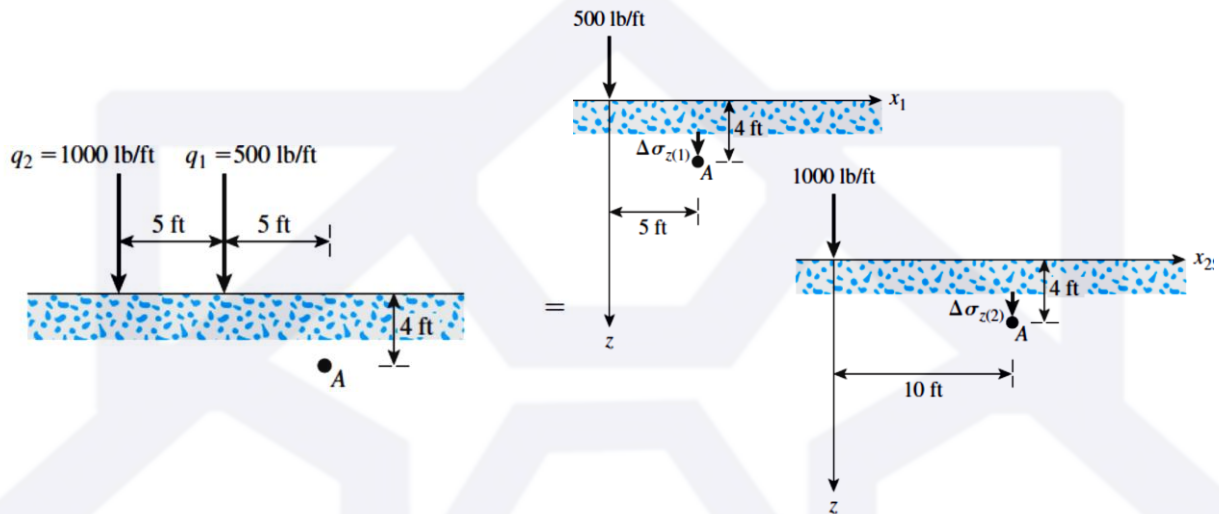
مکانیک خاک

8

# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## مثال ۲



دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

9

## ادامه مثال ۲

$$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{z(1)} + \Delta\sigma_{z(2)}$$

$$\Delta\sigma_{z(1)} = \frac{2q_1z^3}{\pi(x_1^2 + z^2)^2} = \frac{(2)(500)(4)^3}{\pi(5^2 + 4^2)^2} = 12.12 \text{ lb/ft}^2$$

$$\Delta\sigma_{z(2)} = \frac{2q_2z^3}{\pi(x_2^2 + z^2)^2} = \frac{(2)(1000)(4)^3}{\pi(10^2 + 4^2)^2} = 3.03 \text{ lb/ft}^2$$

$$\Delta\sigma_z = 12.12 + 3.03 = 15.15 \text{ lb/ft}^2$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

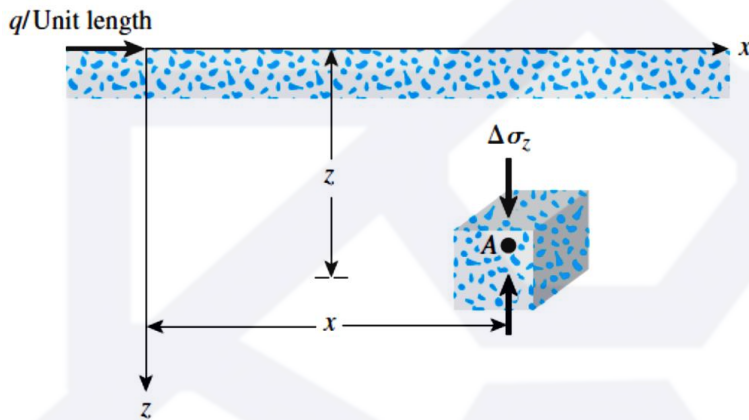
مکانیک خاک

10

# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## تنش قائم ناشی از بار خطی افقی



$$\Delta\sigma_z = \frac{2q}{\pi} \frac{xz^2}{(x^2 + z^2)^2}$$

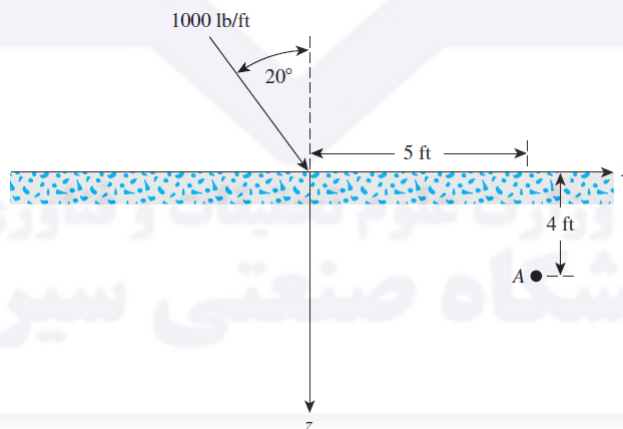
دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

11

## مثال ۳

An inclined line load with a magnitude of 1000 lb/ft is shown in Figure 10.11. Determine the increase of vertical stress  $\Delta\sigma_z$  at point A due to the line load.



دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

12

# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## ادامه مثال ۳

The vertical component of the inclined load  $q_V = 1000 \cos 20 = 939.7$  lb/ft, and the horizontal component  $q_H = 1000 \sin 20 = 342$  lb/ft. For point A,  $x/z = 5/4 = 1.25$ . Using Table 10.2, the vertical stress increase at point A due to  $q_V$  is

$$\frac{\Delta\sigma_{z(V)}}{\left(\frac{q_V}{z}\right)} = 0.098$$

$$\Delta\sigma_{z(V)} = (0.098) \left(\frac{q_V}{z}\right) = (0.098) \left(\frac{939.7}{4}\right) = 23 \text{ lb/ft}^2$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

13

## ادامه مثال ۳

Similarly, using Table 10.3, the vertical stress increase at point A due to  $q_H$  is

$$\frac{\Delta\sigma_{z(H)}}{\left(\frac{q_H}{z}\right)} = 0.125$$

$$\Delta\sigma_{z(H)} = (0.125) \left(\frac{342}{4}\right) = 10.7 \text{ lb/ft}^2$$

Thus, the total is

$$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{z(V)} + \Delta\sigma_{z(H)} = 23 + 10.7 = 33.7 \text{ lb/ft}^2$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

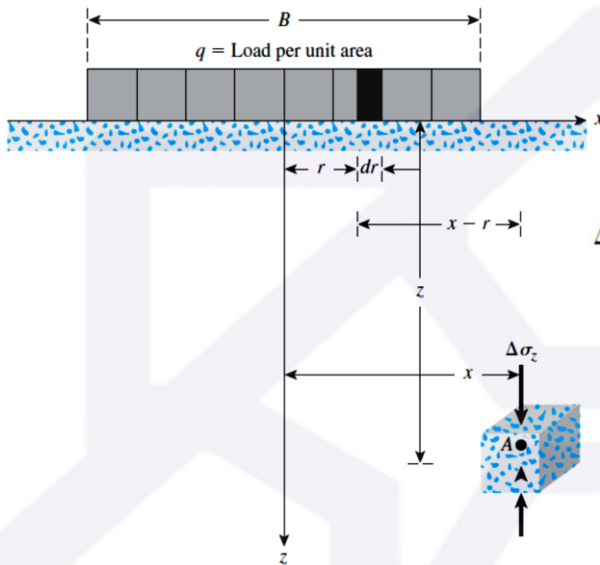
مکانیک خاک

14

# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## تنش قائم ناشی از بار نواری با عرض محدود و طول نامحدود



$$d\sigma_z = \frac{2(q dr)z^3}{\pi[(x-r)^2 + z^2]^2}$$

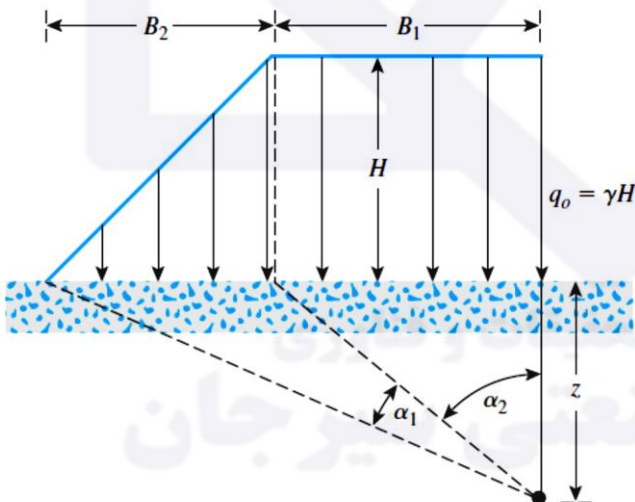
$$\begin{aligned} \Delta\sigma_z &= \int d\sigma_z = \int_{-B/2}^{+B/2} \left(\frac{2q}{\pi}\right) \left\{ \frac{z^3}{[(x-r)^2 + z^2]^2} \right\} dr \\ &= \frac{q}{\pi} \left\{ \tan^{-1} \left[ \frac{z}{x - (B/2)} \right] - \tan^{-1} \left[ \frac{z}{x + (B/2)} \right] \right. \\ &\quad \left. - \frac{Bz[x^2 - z^2 - (B^2/4)]}{[x^2 + z^2 - (B^2/4)]^2 + B^2z^2} \right\} \end{aligned}$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

15

## تنش قائم ناشی از خاکریز



$$\Delta\sigma_z = \frac{q_o}{\pi} \left[ \left( \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} (\alpha_2) \right]$$

$$q_o = \gamma H$$

$\gamma$  = unit weight of the embankment soil

$H$  = height of the embankment

$$\alpha_1 \text{ (radians)} = \tan^{-1} \left( \frac{B_1 + B_2}{z} \right) - \tan^{-1} \left( \frac{B_1}{z} \right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left( \frac{B_1}{z} \right)$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

16



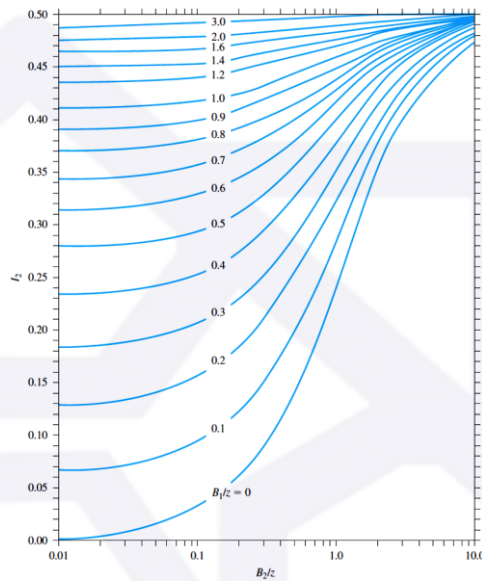
# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## تنش قائم ناشی از خاکریز

$$\Delta\sigma_z = q_o I_2$$

Osterberg, 1957

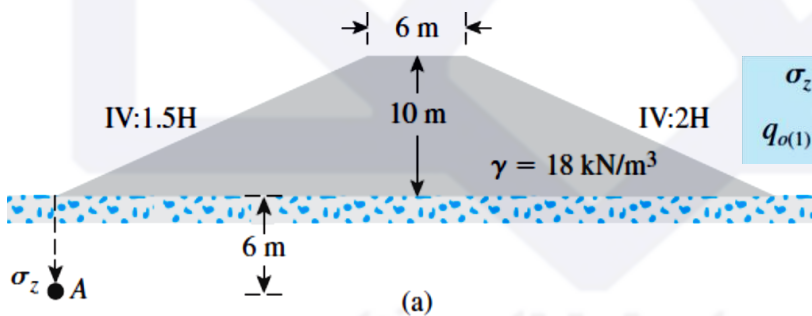


دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

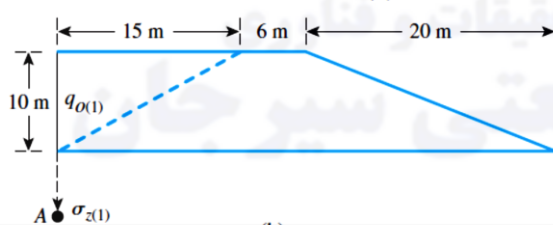
17

## مثال ۴

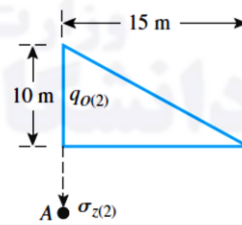


$$\sigma_z = \sigma_{z(1)} - \sigma_{z(2)}$$

$$q_{o(1)} = q_{o(2)} = (10)(18) = 180 \text{ kN/m}^2$$



(b)



(c)

دانشگاه صنعتی سیرجان

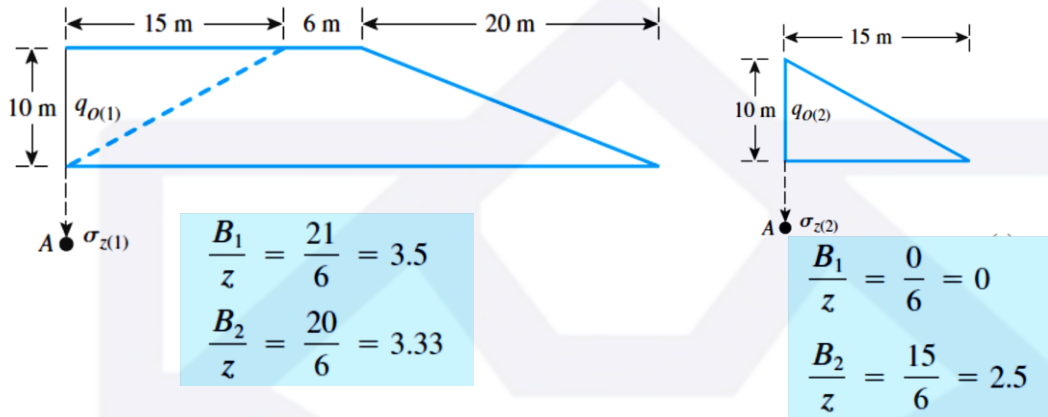
مکانیک خاک

18

# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## ادامه مثال ۴



$$\sigma_z = \sigma_{z(1)} - \sigma_{z(2)} = q_{o(1)}I_{2(1)} - q_{o(2)}I_{2(2)} = 180[0.490 - 0.39] = 18.9 \text{ kN/m}^2$$

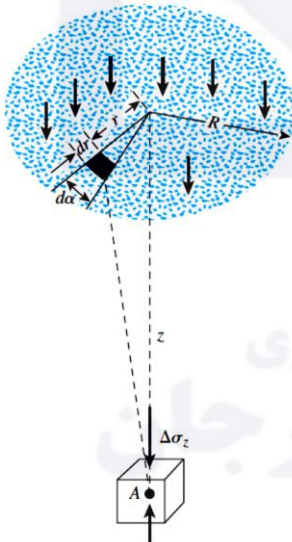
دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

19

## تنش قائم در مرکز بارگذاری ناشی از بارگذاری دایره‌ای

Load per unit area =  $q$



$$d\sigma_z = \frac{3(qr \, dr \, d\alpha)}{2\pi} \frac{z^3}{(r^2 + z^2)^{5/2}}$$

$$\Delta\sigma_z = \int d\sigma_z = \int_{\alpha=0}^{\alpha=2\pi} \int_{r=0}^{r=R} \frac{3q}{2\pi} \frac{z^3 r}{(r^2 + z^2)^{5/2}} dr \, d\alpha$$

$$\Delta\sigma_z = q \left\{ 1 - \frac{1}{[(R/z)^2 + 1]^{3/2}} \right\}$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

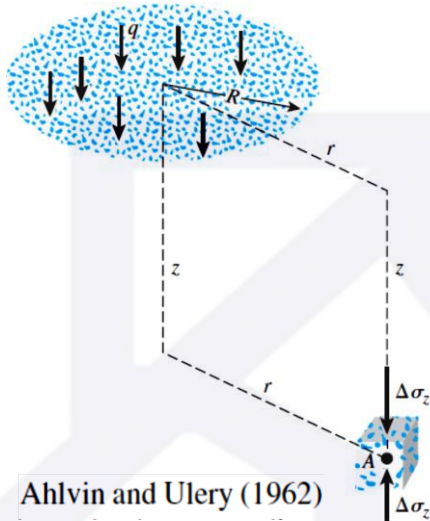
مکانیک خاک

20

# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## تنش قائم در هر نقطه دلخواه ناشی از بارگذاری دایره‌ای



$$\Delta\sigma_z = q(A' + B')$$

$A'$  and  $B'$  are functions of  $z/R$  and  $r/R$

Ahlvin and Ulery (1962)

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

21

### $A'$

$z/R$	$r/R$								
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.5	2
0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0	0	0
0.1	0.90050	0.89748	0.88679	0.86126	0.78797	0.43015	0.09645	0.02787	0.00856
0.2	0.80388	0.79824	0.77884	0.73483	0.63014	0.38269	0.15433	0.05251	0.01680
0.3	0.71265	0.70518	0.68316	0.62690	0.52081	0.34375	0.17964	0.07199	0.02440
0.4	0.62861	0.62015	0.59241	0.53767	0.44329	0.31048	0.18709	0.08593	0.03118
0.5	0.55279	0.54403	0.51622	0.46448	0.38390	0.28156	0.18556	0.09499	0.03701
0.6	0.48550	0.47691	0.45078	0.40427	0.33676	0.25588	0.17952	0.10010	
0.7	0.42654	0.41874	0.39491	0.35428	0.29833	0.21727	0.17124	0.10228	0.04558
0.8	0.37531	0.36832	0.34729	0.31243	0.26581	0.21297	0.16206	0.10236	
0.9	0.33104	0.32492	0.30669	0.27707	0.23832	0.19488	0.15253	0.10094	
1	0.29289	0.28763	0.27005	0.24697	0.21468	0.17868	0.14329	0.09849	0.05185
1.2	0.23178	0.22795	0.21662	0.19890	0.17626	0.15101	0.12570	0.09192	0.05260
1.5	0.16795	0.16552	0.15877	0.14804	0.13436	0.11892	0.10296	0.08048	0.05116
2	0.10557	0.10453	0.10140	0.09647	0.09011	0.08269	0.07471	0.06275	0.04496
2.5	0.07152	0.07098	0.06947	0.06698	0.06373	0.05974	0.05555	0.04880	0.03787
3	0.05132	0.05101	0.05022	0.04886	0.04707	0.04487	0.04241	0.03839	0.03150
4	0.02986	0.02976	0.02907	0.02802	0.02832	0.02749	0.02651	0.02490	0.02193
5	0.01942	0.01938				0.01835			0.01573
6	0.01361					0.01307			0.01168
7	0.01005					0.00976			0.00894
8	0.00772					0.00755			0.00703
9	0.00612					0.00600			0.00566
10								0.00477	0.00465

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

22

# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

B'

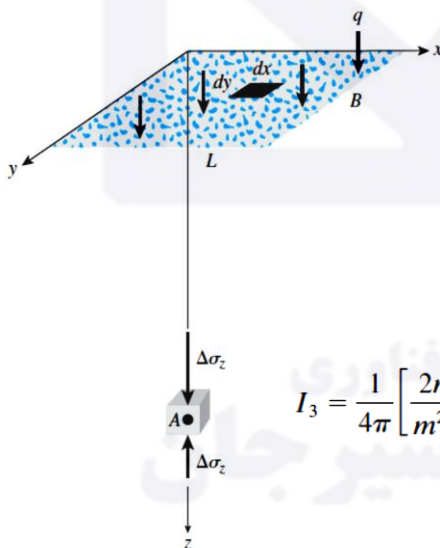
z/R	r/R								
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.5	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	0.09852	0.10140	0.11138	0.13424	0.18796	0.05388	-0.07899	-0.02672	-0.00845
0.2	0.18857	0.19306	0.20772	0.23524	0.25983	0.08513	-0.07759	-0.04448	-0.01593
0.3	0.26362	0.26787	0.28018	0.29483	0.27257	0.10757	-0.04316	-0.04999	-0.02166
0.4	0.32016	0.32259	0.32748	0.32273	0.26925	0.12404	-0.00766	-0.04535	-0.02522
0.5	0.35777	0.35752	0.35323	0.33106	0.26236	0.13591	0.02165	-0.03455	-0.02651
0.6	0.37831	0.37531	0.36308	0.32822	0.25411	0.14440	0.04457	-0.02101	
0.7	0.38487	0.37962	0.36072	0.31929	0.24638	0.14986	0.06209	-0.00702	-0.02329
0.8	0.38091	0.37408	0.35133	0.30699	0.23779	0.15292	0.07530	0.00614	
0.9	0.36962	0.36275	0.33734	0.29299	0.22891	0.15404	0.08507	0.01795	
1	0.35355	0.34553	0.32075	0.27819	0.21978	0.15355	0.09210	0.02814	-0.01005
1.2	0.31485	0.30730	0.28481	0.24836	0.20113	0.14915	0.10002	0.04378	0.00023
1.5	0.25602	0.25025	0.23338	0.20694	0.17368	0.13732	0.10193	0.05745	0.01385
2	0.17889	0.18144	0.16644	0.15198	0.13375	0.11331	0.09254	0.06371	0.02836
2.5	0.12807	0.12633	0.12126	0.11327	0.10298	0.09130	0.07869	0.06022	0.03429
3	0.09487	0.09394	0.09099	0.08635	0.08033	0.07325	0.06551	0.05354	0.03511
4	0.05707	0.05666	0.05562	0.05383	0.05145	0.04773	0.04532	0.03995	0.03066
5	0.03772	0.03760				0.03384			0.02474
6	0.02666					0.02468			0.01968
7	0.01980					0.01868			0.01577
8	0.01526					0.01459			0.01279
9	0.01212					0.01170			0.01054
10								0.00924	0.00879

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

23

## تنش قائم ناشی از بارگذاری مستطیلی



$$dq = q \, dx \, dy$$

$$d\sigma_z = \frac{3q \, dx \, dy \, z^3}{2\pi(x^2 + y^2 + z^2)^{5/2}}$$

$$\Delta\sigma_z = \int d\sigma_z = \int_{y=0}^B \int_{x=0}^L \frac{3qz^3(dx \, dy)}{2\pi(x^2 + y^2 + z^2)^{5/2}} = qI_3$$

$$I_3 = \frac{1}{4\pi} \left[ \frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + m^2n^2 + 1} \left( \frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} \right) + \tan^{-1} \left( \frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 - m^2n^2 + 1} \right) \right]$$

$$m = \frac{B}{z}$$

$$n = \frac{L}{z}$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

24

# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## $I_3$

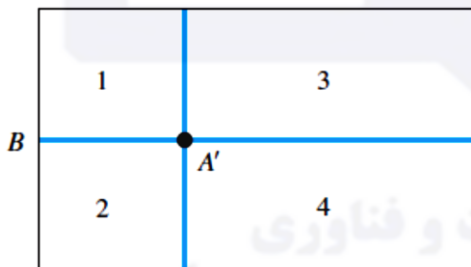
$n$	$m$									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.1	0.0047	0.0092	0.0132	0.0168	0.0198	0.0222	0.0242	0.0258	0.0270	0.0279
0.2	0.0092	0.0179	0.0259	0.0328	0.0387	0.0435	0.0474	0.0504	0.0528	0.0547
0.3	0.0132	0.0259	0.0374	0.0474	0.0559	0.0629	0.0686	0.0731	0.0766	0.0794
0.4	0.0168	0.0328	0.0474	0.0602	0.0711	0.0801	0.0873	0.0931	0.0977	0.1013
0.5	0.0198	0.0387	0.0559	0.0711	0.0840	0.0947	0.1034	0.1104	0.1158	0.1202
0.6	0.0222	0.0435	0.0629	0.0801	0.0947	0.1069	0.1168	0.1247	0.1311	0.1361
0.7	0.0242	0.0474	0.0686	0.0873	0.1034	0.1169	0.1277	0.1365	0.1436	0.1491
0.8	0.0258	0.0504	0.0731	0.0931	0.1104	0.1247	0.1365	0.1461	0.1537	0.1598
0.9	0.0270	0.0528	0.0766	0.0977	0.1158	0.1311	0.1436	0.1537	0.1619	0.1684
1.0	0.0279	0.0547	0.0794	0.1013	0.1202	0.1361	0.1491	0.1598	0.1684	0.1752
1.2	0.0293	0.0573	0.0832	0.1063	0.1263	0.1431	0.1570	0.1684	0.1777	0.1851
1.4	0.0301	0.0589	0.0856	0.1094	0.1300	0.1475	0.1620	0.1739	0.1836	0.1914
1.6	0.0306	0.0599	0.0871	0.1114	0.1324	0.1503	0.1652	0.1774	0.1874	0.1955
1.8	0.0309	0.0606	0.0880	0.1126	0.1340	0.1521	0.1672	0.1797	0.1899	0.1981
2.0	0.0311	0.0610	0.0887	0.1134	0.1350	0.1533	0.1686	0.1812	0.1915	0.1999
2.5	0.0314	0.0616	0.0895	0.1145	0.1363	0.1548	0.1704	0.1832	0.1938	0.2024
3.0	0.0315	0.0618	0.0898	0.1150	0.1368	0.1555	0.1711	0.1841	0.1947	0.2034
4.0	0.0316	0.0619	0.0901	0.1153	0.1372	0.1560	0.1717	0.1847	0.1954	0.2042
5.0	0.0316	0.0620	0.0901	0.1154	0.1374	0.1561	0.1719	0.1849	0.1956	0.2044
6.0	0.0316	0.0620	0.0902	0.1154	0.1374	0.1562	0.1719	0.1850	0.1957	0.2045

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

25

## تنش قائم ناشی از بارگذاری مستطیلی



$$\Delta\sigma_z = q[I_{3(1)} + I_{3(2)} + I_{3(3)} + I_{3(4)}]$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

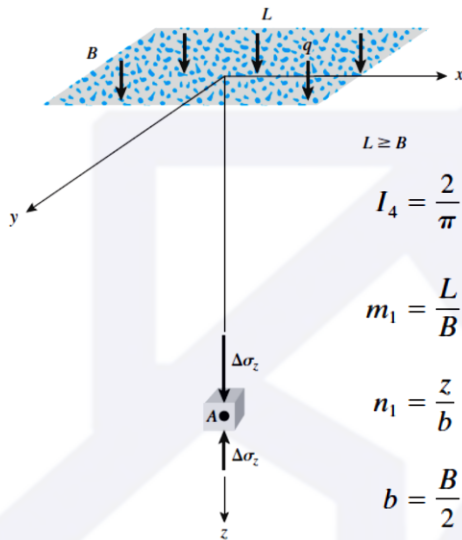
مکانیک خاک

26

# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## تنش قائم ناشی از بارگذاری مستطیلی در مرکز بارگذاری



$$\Delta\sigma_z = qI_4$$

$$I_4 = \frac{2}{\pi} \left[ \frac{m_1 n_1}{\sqrt{1 + m_1^2 + n_1^2}} \frac{1 + m_1^2 + 2n_1^2}{(1 + n_1^2)(m_1^2 + n_1^2)} + \sin^{-1} \frac{m_1}{\sqrt{m_1^2 + n_1^2} \sqrt{1 + n_1^2}} \right]$$

$$m_1 = \frac{L}{B}$$

$$n_1 = \frac{z}{b}$$

$$b = \frac{B}{2}$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

27

$I_4$

$n_1$	$m_1$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.20	0.994	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997
0.40	0.960	0.976	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977
0.60	0.892	0.932	0.936	0.936	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937
0.80	0.800	0.870	0.878	0.880	0.881	0.881	0.881	0.881	0.881	0.881
1.00	0.701	0.800	0.814	0.817	0.818	0.818	0.818	0.818	0.818	0.818
1.20	0.606	0.727	0.748	0.753	0.754	0.755	0.755	0.755	0.755	0.755
1.40	0.522	0.658	0.685	0.692	0.694	0.695	0.695	0.696	0.696	0.696
1.60	0.449	0.593	0.627	0.636	0.639	0.640	0.641	0.641	0.641	0.642
1.80	0.388	0.534	0.573	0.585	0.590	0.591	0.592	0.592	0.593	0.593
2.00	0.336	0.481	0.525	0.540	0.545	0.547	0.548	0.549	0.549	0.549
3.00	0.179	0.293	0.348	0.373	0.384	0.389	0.392	0.393	0.394	0.395
4.00	0.108	0.190	0.241	0.269	0.285	0.293	0.298	0.301	0.302	0.303
5.00	0.072	0.131	0.174	0.202	0.219	0.229	0.236	0.240	0.242	0.244
6.00	0.051	0.095	0.130	0.155	0.172	0.184	0.192	0.197	0.200	0.202
7.00	0.038	0.072	0.100	0.122	0.139	0.150	0.158	0.164	0.168	0.171
8.00	0.029	0.056	0.079	0.098	0.113	0.125	0.133	0.139	0.144	0.147
9.00	0.023	0.045	0.064	0.081	0.094	0.105	0.113	0.119	0.124	0.128
10.00	0.019	0.037	0.053	0.067	0.079	0.089	0.097	0.103	0.108	0.112

دانشگاه صنعتی سیرجان

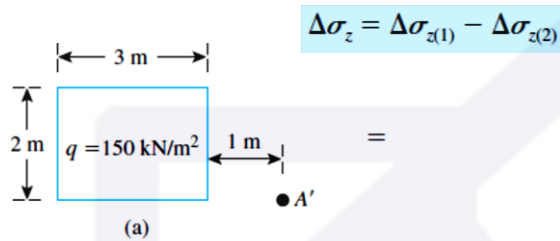
مکانیک خاک

28

# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## مثال ۵

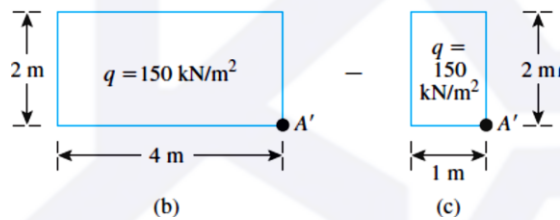


$$m = \frac{B}{z} = \frac{2}{4} = 0.5$$

$$I_3 = 0.1225$$

$$n = \frac{L}{z} = \frac{4}{4} = 1$$

$$\Delta\sigma_{z(1)} = qI_3 = (150)(0.1225) = 18.38 \text{ kN/m}^2$$



$$m = \frac{B}{z} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$I_3 = 0.0473$$

$$n = \frac{L}{z} = \frac{2}{4} = 0.5$$

$$\Delta\sigma_{z(2)} = (150)(0.0473) = 7.1 \text{ kN/m}^2$$

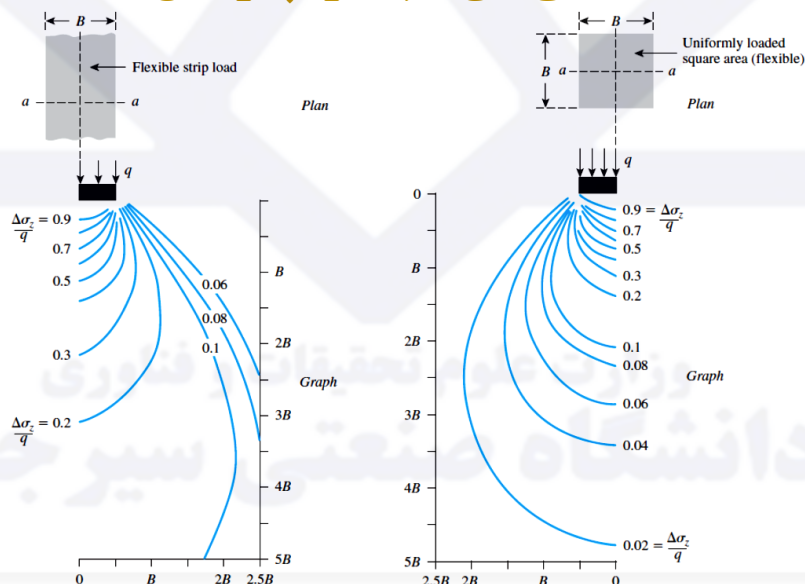
$$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{z(1)} - \Delta\sigma_{z(2)} = 18.38 - 7.1 = 11.28 \text{ kN/m}^2$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

29

## منحنی‌های هم‌فشار (پیاز تنش)



دانشگاه صنعتی سیرجان

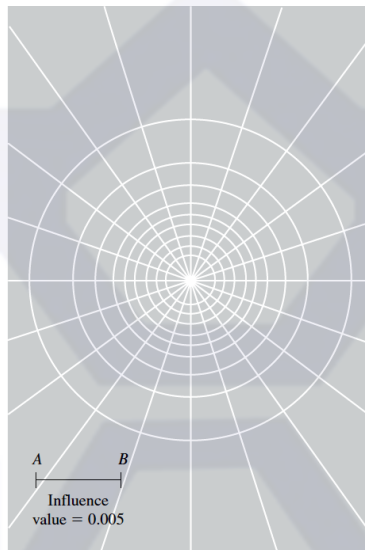
مکانیک خاک

30

# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## روش منحنی‌های تأثیر



دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

31

## روش منحنی‌های تأثیر

- ۱- عمقی که قرار است در آن عمق تنش محاسبه شود را تعیین کنید.
- ۲- سطح بارگذاری را با توجه به موقعیت نقطه ای که قرار است تنش محاسبه شود (این نقطه باید در مرکز منحنی تأثیر قرار گیرد) و همچنین با مقیاسی که عمق Z برابر با طول پاره خط AB شود ترسیم نمایید.
- ۳- تعداد سلولها را شمارش کنید (M) و از رابطه زیر مقدار تنش را به دست آورید.

$$\Delta\sigma_z = (IV)qM$$

$IV$  = influence value

$q$  = pressure on the loaded area

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

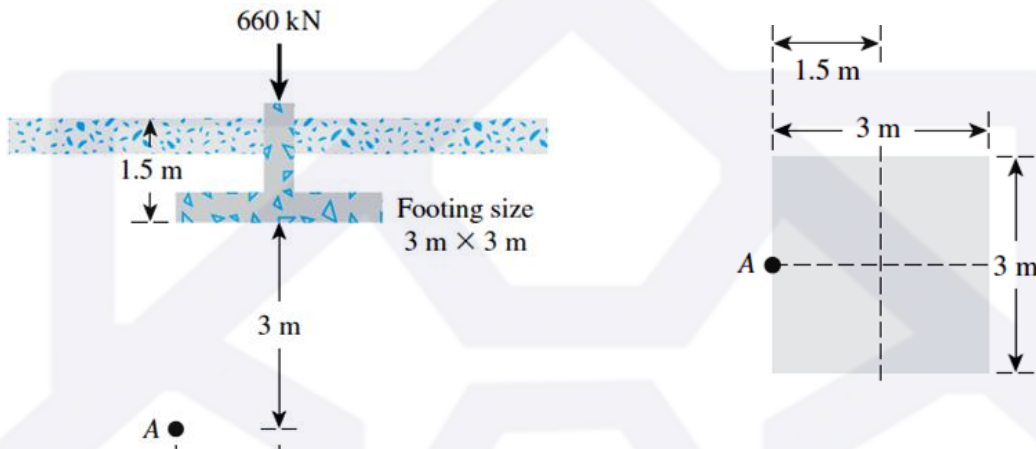
32



# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## مثال ۶

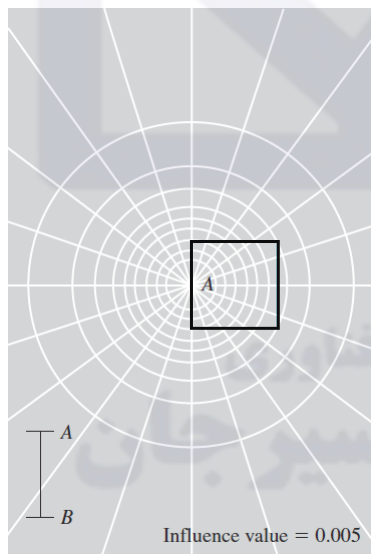


دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

33

## ادامه مثال ۶



$$\Delta\sigma_z = (IV)qM = 0.005 \left( \frac{660}{3 \times 3} \right) 48.5 = 17.78 \text{ kN/m}^2$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

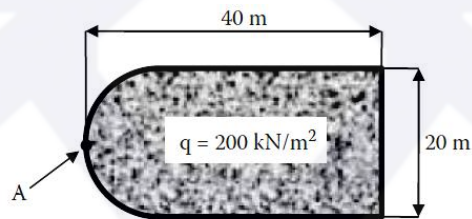
34

# Soil Mechanics

© Dr. Ali Reza Ghanizadeh

## مثال ۷

A footing shape is shown in Figure 8.22 and a uniform load  $q = 200 \text{ kN/m}^2$  is loaded on the footing. Compute  $\Delta\sigma_v$  under Point A at depth  $z = 20 \text{ m}$ .

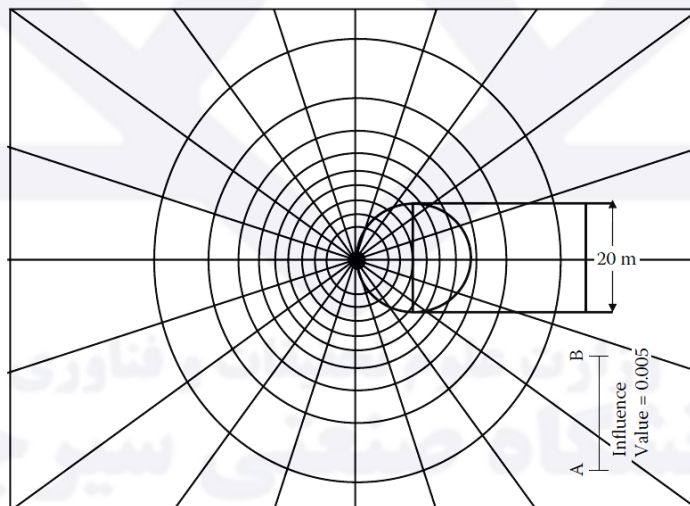


دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

35

## ادامه مثال ۷



$$\Delta\sigma_v = q N (\text{I.V.}) = 200 \times 43 \times 0.005 = 43 \text{ kN/m}^2 \leftarrow$$

دانشگاه صنعتی سیرجان

مکانیک خاک

36