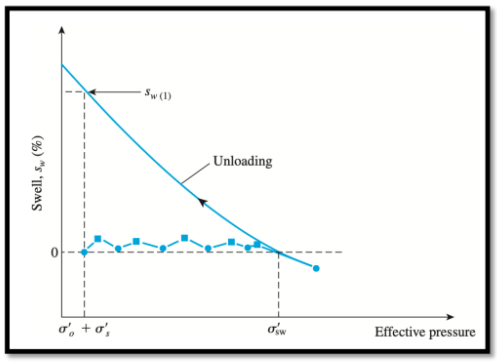
وقت ۱۲۰ دقیقه -ماشین حساب و دو برگ فرمول آزاد-در صورت نیاز به پارامتری که در داده‌های مسائل نیست می‌توانید از متوسط آنها استفاده کنید یا به صورت منطقی فرض کنید.

سوال۱- چگونه می توان با استفاده از آزمایش حجم ثابت میزان تورم خاک را بدست آورد؟ **۱.۵ نمره**

آزمایش حجم ثابت

در آزمایش فشار تورم، نمونه در حلقه تحکیم قرار داده شده و بر آن فشاری مساوی فشار مؤثر سربار (σ'_o) به علاوه فشار تقریبی شالوده (σ'_s) اعمال می‌شود. سپس آب به نمونه اضافه می‌شود. به محض آغاز تورم نمونه فشار با نموهای تدریجی طوری بر نمونه اعمال می‌شود که از تورم آن جلوگیری نماید. این عمل تا حصول فشار تورم کامل ادامه می‌یابد. در این زمان فشار کل وارد بر نمونه برابر است با:



$$\sigma'_{sw} = \sigma'_o + \sigma'_s + \sigma'_1$$

σ'_{sw} فشار کل به منظور جلوگیری از تورم و یا فشار تورم صفر=

σ'_1 فشار اضافی برای جلوگیری از تورم بعد از افزودن آب=

50 %

شکل روبه‌رو نشان دهنده‌ی تغییرات درصد تورم در مقابل فشار در حین آزمایش فشار تورم می‌باشد. مقدار $\sigma'_{sw} \approx 20 - 30\ ^{kN}/_{m^3}$ کم و مقدار $1500 - 2000\ ^{kN}/_{m^3}$ خیلی زیاد در نظر گرفته می‌شود. بعد از حصول فشار تورم ،صفر نمونه را میتوان تا فشار سربار σ'_o به تدریج باربرداری کرد. باربرداری باعث ایجاد تورم در نمونه می‌شود. تورم متعادل برای هر تراز فشار نیز ثبت می‌شود:

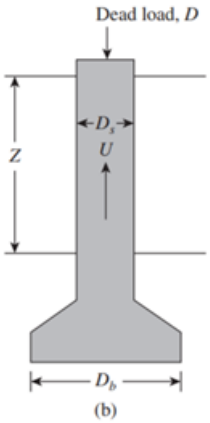
با استفاده از فشار تورم می‌توان مقدار بالازدگی یک شالوده را تعیین کرد (**اونیل و پورمؤید**[1] - ۱۹۸۰). داریم:

$$\Delta S = \sum_{i=1}^{n} [s_{w(1)}(\%)](H_i)(0.01)$$

50 %

$s_{w(1)}(\%) = \sigma'_o + \sigma'_s$ تحت فشار i تورم بر حسب درصد، برای لایه‌ی

$\Delta H_i = i$ ضخامت لایه‌ی



سوال۲- شکل زیر را در نظر بگیرید برای پایهٔ عمیق اطلاعات زیر در دست است: **۱.۵ نمره**

ضخامت لایه فعال Z = 9m ، بار مرده2000kN، بار زنده250kN، D_s =1m قطر تنه پایه

= 550kN/m² فشار تورم صفر برای رس موجود در ناحیه فعال

ϕ_{ps}= 15° ، چسبندگی زهکشی نشده متوسط رس در اطراف کوره150 kN

مطلوب است تعیین: الف) قطرکوره(D_b) وقتی که ضریب اطمینانی در حدود ۲ در مقابل آپلیفت با فرض بار مرده و زنده مساوی صفر ب) با محفوظ ماندن بار مرده، قطر کوره چقدر می‌شود؟

$$U = \pi D_s Z \sigma'_{sw} \tan \phi'_{ps}$$

$U = \pi(1)(9)(550)\tan 15 = 4167$ kN

20 %

با فرض صفر بودن بار مرده و زنده و ضریب اطمینان FSمساوی ۲ در رابطه زیر خواهیم داشت:

$$U = \frac{c_u N_c}{FS}\left(\frac{\pi}{4}\right)(D_b^2 - D_s^2)$$

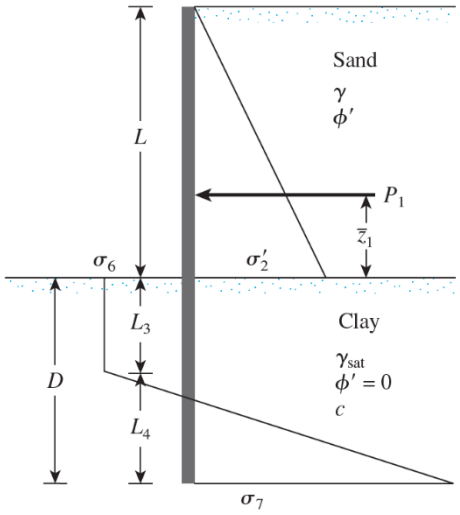
$4167 = \frac{(150)(6.14)\pi}{(2)(4)}\left(D_b^2 - 1\right)$　　$D_b = 3.54\,m$　　40 %

قطر کوره با لحاظ کردن بار مرده:

$$FS = \frac{c_u N_c \left(\frac{\pi}{4}\right)(D_b^2 - D_s^2)}{U - D}$$

$U - D = 4167 - 2000 = 2167$　　$2 = (150)(6.14)\frac{\frac{\pi}{4}(D_b^2 - 1)}{2041}$,　　$D_b = 2.64\,m$　　40 %

سوال ۳- الف- مطلوبست تعیین عمق اجرایی، ب- تعیین حداقل ضخامت سپر؟ **۳ نمره**



5 %

Sand : $L = 6\,m,\ \gamma = 16\,\mathrm{kN/m^3},\ \varphi = 30,$

Clay : $\gamma_{sat} = 18.9\,\mathrm{kN/m^3},\ c' = 95\,kPa$

$D_{\text{actual}} = 1.5\,D_{\text{theory}},$

$\sigma_{\text{all}} = 172.5\,\mathrm{MPa}$

5 %

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) = \tan^2\left(45 - \frac{30}{2}\right) = \frac{1}{3}$$

$$P_1 = \frac{1}{2}\sigma_2' L = \frac{1}{2}\gamma L^2 K_a = \frac{1}{2}(16)6^2\left(\frac{1}{3}\right) = 96\,\mathrm{kN/m}$$

10 %

$$D^2(4c - \gamma L) - 2DP_1 - \frac{P_1(P_1 + 12c\bar{z}_1)}{\gamma L + 2c} = 0$$

$\bar{z}_1 = \frac{L}{3} = \frac{6}{3} = 2\,m,$　　$284D^2 - 192D - 797.5 = 0 \Rightarrow D = D_{\text{theory}} = 2.1m,\ D_{\text{actual}} = 1.5\,D_{\text{theory}} = 3.15\,m$

30 %

$$M_{\max} = P_1(z' + \bar{z}_1) - \frac{\sigma_6 z'^2}{2}$$

5 %

$\sigma_6 = 4c - \gamma L = 4 \times 95 - 16 \times 6 = 284\,\mathrm{kN/m^2}$

10 %

$z' = \frac{P_1}{\sigma_6} = \frac{\frac{1}{2}\gamma L^2 K_a}{4c - \gamma L} = \frac{96}{284} = 0.338\,m$

$$M_{\max} = 96 \times (0.338 + 2) - \frac{284 \times 0.338^2}{2} = 224.45 - 16.22 = 208.23\ \frac{\mathrm{kN.m}}{\mathrm{m}}$$

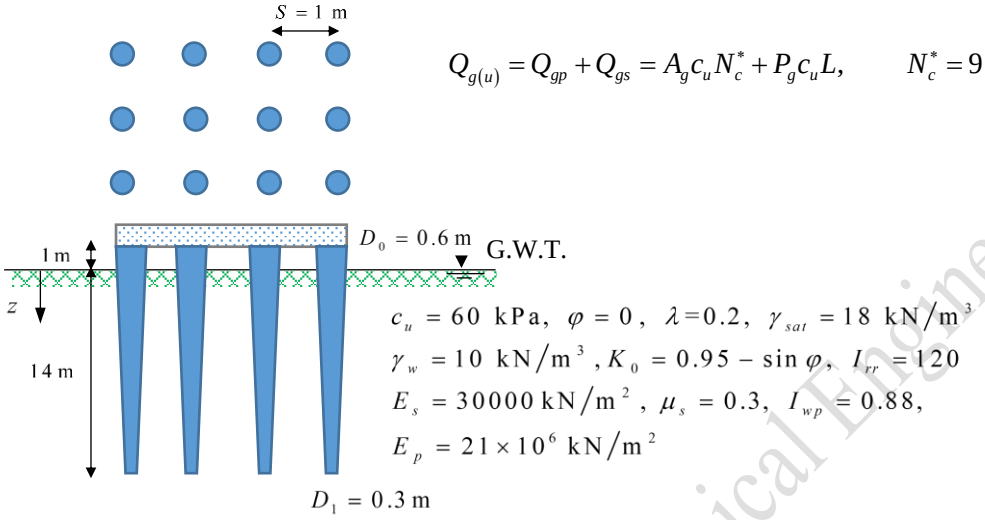
20 %

$$S = \frac{M_{\max}}{\sigma_{all}} = \frac{208.23}{172.5 \times 10^3} = 1.207 \times 10^{-3}\,m^3/m$$

15 %

Ali Asgari PhD in Geotechnical Engineering

سوال ۴- الف- راندمان گروه شمع با مقطع دایره ای متغیر و فواصل مساوی و برابر با یک متر را تعیین کنید؟ با توجه به داده‌های زیر مقاومت نوک شمع از روش وسیک و جدار را از روش λ محاسبه کنید؟ ب- مکانیسم انتقال بار را برای یک شمع تکی تحت بار مجاز با ضریب اطمینان ($S.F.=3$) خود شمع تکی را ترسیم و معادله آنرا محاسبه کنید؟ ج- محاسبه نشست کل گروه شمع تحت بار مجاز (برای راحتی کار از قطر متوسط شمع استفاده کنید)؟ برای محاسبه ظرفیت گروه و نشست از قطر متوسط شمع $D_{av}=0.45\text{m}$ استفاده کنید. **۷ نمره**



$$Q_{g(u)}=Q_{gp}+Q_{gs}=A_g c_u N_c^* + P_g c_u L, \qquad N_c^*=9$$

$$\eta=\frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_u} \qquad Q_u=Q_p+Q_s,$$

$$N_\sigma=\frac{3}{3-\sin[\varphi]}\left\{e^{\left(\frac{\pi}{2}-\varphi\right)\tan[\varphi]}\tan\left[\frac{\varphi}{2}+\frac{\pi}{4}\right]^2 I_{rr}^{\frac{4\sin\varphi}{3(1+\sin[\varphi])}}\right\}=\frac{3}{3-\sin[0]}\left\{e^{\left(\frac{\pi}{2}-0\right)\tan[0]}\tan\left[\frac{\pi}{4}\right]^2 100^{\frac{4\sin 0}{3(1+\sin[0])}}\right\}=1$$

5 %

$$N_q=\frac{1+2K_0}{3}N_\sigma=\frac{1+2(0.95-\sin 0)}{3}\times 1=0.9667,$$

$$N_c=\frac{1}{6}\left(14+3\pi+8\ln\left(I_{rr}\right)\right)=\frac{1}{6}\left(14+3\pi+8\ln(120)\right)=10.29,$$ 5 %

$$q'=\gamma' L=8\times 14=112\,\text{kPa}$$

$$q_p=cN_c+q'N_q=60\times 10.29+112\times 0.9667=421.6+3594.84=725.6$$ 5 %

$$Q_p=q_p A_p=725.51\times\pi\left(\frac{0.3}{2}\right)^2=51.3\,\text{kN},$$ 5 %

$$Q_s=\int_{z=0}^{z=L}P(z)f(z)dz=?$$

$$P(z)=\pi\times B(z)=\pi\times(-0.02z+0.58), \qquad \sigma_v'(z)=(\gamma_{sat}-\gamma_w)z=8z$$ 5 %

$$f(z)=\lambda\left(\sigma_v'(z)+2c_u\right)=0.2(8z+120)=1.6z+24,$$ 5 %

$$Q_s=\int_{z=0}^{z=L}P(z)f(z)dz=\int_{z=0}^{z=14}\{1.822-0.063z\}(1.6z+24)dz=\int_{z=0}^{z=14}\left(43.731+1.407z-0.1z^2\right)dz$$

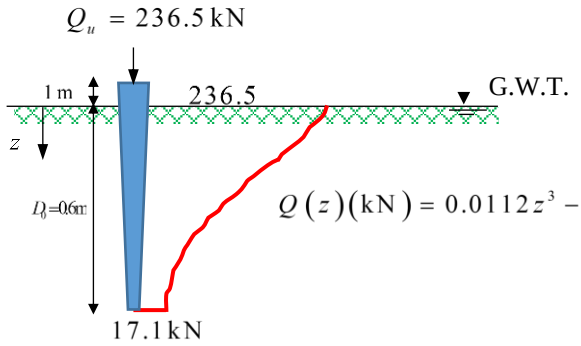
$$=43.731z+0.704z^2-0.0335z^3\Big|_0^{14}=658.21\,\text{kN}$$ 10 %

5 %

Ali Asgari, PhD in Geotechnical Engineering

$$Q_u = Q_p + Q_s = 51.3 + 658.21 = 709.5\,\text{kN}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{S.F} = \frac{Q_p + Q_s}{S.F} = \frac{51.3}{3} + \frac{658.21}{3} = 17.1 + 219.4 = 236.5\ \text{kN}$$ 5 %



$$Q(z)(\text{kN}) = 0.0112z^3 - 0.235z^2 - 14.577z + 236.5$$ 10 %

$$L_g = 3\times 1 + \frac{0.3+0.6}{2} = 3.45, \quad B_g = 2\times 1 + \frac{0.3+0.6}{2} = 2.45,$$ 5 %

$$A_g = L_g \times B_g = 3.45\times 2.45 = 8.4525\,\text{m}^2, \quad P_g = 2\times\left(L_g + B_g\right) = 2\times(3.45+2.45) = 11.8\text{m}$$

$$Q_{g(u)} = Q_{gp} + Q_{gs} = 9c_u A_g + P_g c_u L = 9\times 60\times 8.4525 + 11.8\times 60\times 14 = 14476.35\,\text{kN}$$ 5 %

$$\eta = \frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_u} = \frac{14476.35}{12\times 709.5} = \frac{14476.35}{8514} = 1.7 \geq 1$$ 5 %

$$Q_{g(u)} = 8514\,\text{kN}$$

حل ج: برای پیدا کردن ξ در این مسئله به صورت زیر عمل می کنیم:

$$\xi = \frac{\overline{z}}{L} = \frac{1}{L}\frac{\int_{z=0}^{z=L} P(z)f(z)z\,dz}{\int_{z=0}^{z=L} P(z)f(z)\,dz} = \frac{1}{L}\frac{\int_{z=0}^{z=L} P(z)f(z)z\,dz}{Q_s} = \frac{1}{14}\frac{\int_{z=0}^{z=L}\left(43.731z + 1.407z^2 - 0.1z^3\right)dz}{658.21} = 0.5$$ 5 %

Ali Asgari, PhD in Geotechnical Engineering

$$Q_{wp} = \frac{Q_p}{\text{F.S}} 17.1\text{kN}, \quad Q_{ws} = \frac{Q_s}{\text{F.S}} = 219.4\,\text{kN}$$

$$S_1 = \frac{\left(Q_{wp} + \xi Q_{ws}\right)L}{A_{av}E_p} = \frac{\left(17.1 + 0.5\times 219.4\right)\times 15}{\pi\left(0.225\right)^2 \times 21\times 10^6} = 0.00057\,\text{m} = 0.57\,\text{mm},$$ 2.5 %

$$S_2 = \frac{Q_{wp}D}{A_pE_s}\left(1-\mu_s^2\right)I_{wp} = \frac{17.1\times 0.25}{\pi\left(0.15\right)^2\times 30\times 10^3}\left(1-0.3^2\right)\times 0.88 = 0.001291\text{m} = 1.291\text{mm},$$ 5 %

$$S_3 = \frac{Q_{ws}}{pL_m}\frac{D}{E_s}\left(1-\mu_s^2\right)I_{ws}, \qquad I_{ws} = 2 + 0.35\sqrt{\frac{L_m}{D}} = 2 + 0.35\sqrt{\frac{14}{0.45}} = 3.952$$ 5 %

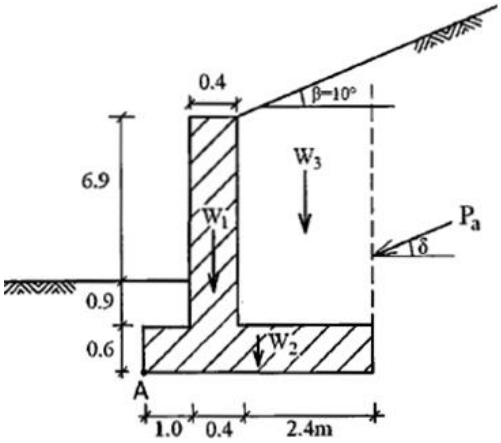
$$S_3 = \frac{219.4}{\pi\left(0.45\right)\times 14}\frac{0.45}{30\times 10^3}\left(1-0.3^2\right)\times 4.01 = 0.000598\text{m} = 0.598\,\text{mm},$$ 2.5 %

$$S = S_1 + S_2 + S_3 = 0.57 + 1.291 + 0.598 = 2.46\,\text{mm}$$ 5 %

$$s_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}}s_e = \sqrt{\frac{2.45}{0.45}}\times 2.459 = 5.74\,\text{mm}$$ 2.5 %

2.5 %

سوال۵- مطلوب است تعیین موارد خواسته شده از دیوار حائل طره‌ای با مشخصات زیر:



الف) ضریب اطمینان در مقابل واژگونی(استاتیکی و لرزه‌ای در حالت تقریبی)، ب) لغزش(استاتیکی و لرزه‌ای) را تعیین کنید؟ از وزن خاک شماره ۲ جهت برآورد ضریب اطمینان در مقابل واژگونی صرفنظر کنید ولی در مقابل لغزش در نظر بگیرید. (ضریب فشار جانبی را از رابطه کولمب استفاده کنید) ج) کنترل ظرفیت باربری در دو حالت استاتیکی و لرزه‌ای، د) کنترل ضخامت پای دیوار در مقابل برش و تعیین میله گرد کششی در قسمت طره‌ای دیوار؟ **۷ نمره**

$$q_a = 250\,kPa \quad , \quad \gamma_{concrete} = 25\,kN/\text{m}^3,\ k_h = 0.3, k_v = 0$$

Soil under foundation: $\phi = 30^\circ$, $C = 0$, $\gamma = 17\,kN/\text{m}^3$, $\delta = \frac{2}{3}\phi$

Embankment behind the wall: $\phi = 34^\circ$, $C = 0$, $\gamma = 18\,kN/\text{m}^3$, $\delta = 20^\circ$

$$f_c' = 210\,\text{kg/cm}^2\ ,\ f_y = 3500\,\text{kg/cm}^2$$

با توجه به مشخص بودن ابعاد دیوار با توجه به تناسبات ارائه شده، تعیین نیروهای وارد بر دیوار شروع می‌کنیم. چون ارتفاع خاکریز زیاد است برای آن که طرح اقتصادی‌تر شود می‌توان از تئوری کولمب استفاده کرد. فشار جانبی خاک را بر روی سطح قائم فرضی که از پاشنه می‌گذرد، حساب می‌کنیم.

Ali Asgari in Geotechnical Engineering

$$p_a = \frac{1}{2}.\gamma.H^2.K_a$$

$$H = 0.6 + 7.8 + 2.4 \times \tan 10^o = 0.6 + 7.8 + = 8.82\,\text{m}$$

$$\beta = 10^o, \quad \phi = 34^o, \quad \alpha = 90^o, \quad \delta = 20^\circ \left(\text{Assumption}\right) \rightarrow K_a = 0.287$$ 5 %

$$p_a = \frac{1}{2} \times 18 \times 8.82^2 \times 0.287 = 200.96\,kN$$

نکته مهم: زاویه اثر نیروی محرک برابر با $\delta + \beta$(۳۰درجه نسبت به افق تأثیر می‌کند، ولی زوایای کمتر در جهت اطمینان است. در اینجا طبق داده مساله زاویه را δ (۲۰درجه فرض می‌کنیم، بنابراین خواهیم داشت:

$$p_{ah} = p_a.\cos 20^o = 188.84\,\text{kN} \quad , \quad p_{av} = p_a.\sin 20^o = 68.73\,\text{kN}$$ 5 %

الف) کنترل واژگونی

لنگرها حول نقطه A در جلوی پنجه محاسبه می‌شود:

Section no.	Area(m2)	whieht/unit length	Arm(m)	Moment
1	3.12	78	1.2	93.6
2	2.28	57	1.9	108.3
3--1	18.72	336.96	2.6	876.1
3--2	0.508	9.141	3	27.42
	Pv	68.73	3.8	261.174
		V=549.83		M_R=1366.59

10 %　　10 %

$$\text{FS}_{\text{overturning}} = \frac{\text{Passive Moments}}{\text{Active Moments}}$$

5 %

$$\text{Active Moments: } \sum M_o = 188.84 \times \frac{8.82}{3} = 555.19\,\text{kN.m} \rightarrow \text{FS}_{(\text{Overturing})} = \frac{\sum M_R}{\sum M_o} = \frac{1366.59}{555.19} = 2.46 > 1.5 \rightarrow O.K.$$

در حالت وقوع زلزله نیز خواهیم داشت:

$$\Delta P_E = 0.1 P_{ah} = 0.1 \times 188.84 = 18.88\,\text{kN}$$

نقطه اثر این نیرو 0.6H ارتفاع دیوار است:

$$\text{Active Moments: } \sum M_E = 188.84 \times \frac{8.82}{3} + 18.884 \times 8.82 \times 0.6 = 655.12\,\text{kN.m} \rightarrow \text{FS}_{(\text{Overturing})} = \frac{1366.59}{655.12} = 2.086 > 1.1$$

5 %

ب) کنترل لغزش

Ali Asgari, PhD - Engineering

$$P_p = \frac{1}{2}.\gamma.H^2.K_p = \frac{1}{2}\times 17\times 1.5^2\times 7.803 = 149.23\,\text{kN}$$

$$\beta = 0^\circ \quad , \quad \phi = 30^\circ \quad , \quad \alpha = 90^o \quad , \quad \delta = 20^\circ \longrightarrow K_p = 7.803$$ 5 %

$$F.S._{sliding} = \frac{149.23 + \left(549.83\times \tan 20^\circ\right)}{188.84} = \frac{349.35}{188.84} = 1.85 > 1.5 \rightarrow O.K.$$ 5 %

در حالت وقوع زلزله نیز خواهیم داشت:

$$F.S._{sliding} = \frac{10.3 + \left(54.91\times 0.67\tan 30^\circ\right)}{19.3 + 1.93} = \frac{149.23 + \left(549.83\times \tan 20^\circ\right)}{188.84 + 18.884} = 1.68 > 1.1 \rightarrow O.K.$$ 5 %

اگر احتمال برداشتن خاک جلوی دیوار وجود داشته باشد، در آن صورت فشار غیرفعال نباید در محاسبات در نظر گرفته شود و به جای آن باید در پاشنه دیوار زائد تعبیه گردد.

ج) کنترل ظرفیت باربری خاک: برای کنترل ظرفیت باربری باید حداکثر تنش در زیر پی مشخص باشد، لذا ابتدا باید برایند نیروها یعنی R و نقطه اثر آن در زیر پی تعیین گردد.

$$M_{net} = \sum M_R - \sum M_o = 1366.59 - 555.19 = 811.4\,\text{kN-m/m},$$

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_o}{\sum V} = \frac{3.8}{2} - \frac{811.4}{555.19} = 0.439\,m < \frac{B}{6}$$ 5 %

$$\sigma = \frac{V}{B}\left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) = \frac{555.19}{3.8}\left(1 \pm \frac{6\times 0.439}{3.8}\right) \rightarrow \begin{cases} q_{\max} = 247.37 < q_a = 250\dfrac{kN}{\text{m}^2} \rightarrow O.K. \\ q_{\min} = 44.94 > 0.0 \rightarrow O.K. \end{cases}$$ 5 %

اگر جواب $q_{\max}$ بیشتر از q_a به‌دست آید و یا تنش $q_{\min}$ در زیر پی منفی شود باید ابعاد پی را بزرگ‌تر کرده و کنترل‌ها را دوباره انجام داد.

تنش در زیر پی را در حالت وقوع زلزله نیز کنترل می‌کنیم. باید توجه داشت که در این حالت می‌توان q_a را در 1.33 ضرب نمود.

$$\text{Active Moments: } \sum M_{oE} = 655.12\,\text{kN.m}.$$

$$M_{net} = \sum M_R - \sum M_{oE} = 1366.59 - 655.12 = 711.47\,\text{kN-m/m},$$

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_o}{\sum V} = \frac{3.8}{2} - \frac{711.47}{555.19} = 0.619\,m < \frac{B}{6}$$ 5 %

$$\sigma = \frac{V}{B}\left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) = \frac{555.19}{3.8}\left(1 \pm \frac{6\times 0.619}{3.8}\right) \rightarrow \begin{cases} q_{\max} = 288.9 < 1.33\times 250\dfrac{\text{kN}}{\text{m}^2} \rightarrow O.K. \\ q_{\min} = 3.42 > 0.0 \rightarrow O.K. \end{cases}$$ 5 %

با توجه به موارد فوق نتیجه می‌گیریم که ابعاد دیوار مناسب طرح شده است.

ابتدا ضخامت بتن در پای دیوار را برای **تحمل برش** به تنهایی کنترل می‌کنیم:

Ali Asgari, PhD in Geotechnical Engineering

$$V=\frac{1}{2}.\gamma.\bar{H}^2.K_a\cos\delta=\frac{1}{2}\times18\times7.8^2\times0.287\times\cos20^\circ=147.67\,\text{kN}\rightarrow V_u=1.7\times147.67=251.04\,\text{kN}$$

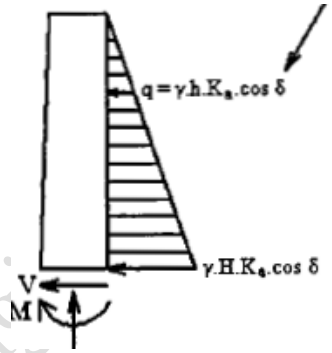
$$\bar{H}=6.9+0.9=7.8\,\text{m},\quad d=D\text{-}10(\text{cm})=40-10=30(\text{cm})$$

5 %

$$v=\frac{V}{b.d}=\frac{251.04\times10^3}{100\times30\times9.81}=8.53\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}>v_a=6.75\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\rightarrow N.A.$$

5 %

$$v_a=0.1445\sqrt{f_c'}=0.1445\sqrt{21}\times\frac{100}{9.81}=6.75\,kg/cm^2\quad \text{ACI}318-02$$



بنابراین، ضخامت ۴۰ سانتی‌متر برای تحمل برش کافی نیست و آن را به ۵۰ سانتی‌متر افزایش می‌دهیم.

$$D=50\,\text{cm}\rightarrow d=40\,\text{cm}$$

5 %

$$v=\frac{V}{b.d}=\frac{251.04\times10^3}{100\times40\times9.81}=6.4\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}<v_a=6.75\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\rightarrow O.K.$$

از آنجایی که وزن دیوار اندکی افزایش یافته است، لذا ضریب اطمینان در مقابل لغزش و واژگونی افزایش می‌یابد ولی تنش در زیر پی کمی بیشتر می‌شود که در اینجا از اضافه تنش احتمالی صرف‌نظر شده است.

حداکثر لنگر در پای دیوار (انتهای طره) وجود دارد.

$$M_{\max}=\frac{1}{2}.\gamma.\bar{H}^2.K_a\left(\cos\delta\right)\frac{H}{3}$$

$$M_{\max}=\frac{1}{2}\times18\times7.8^2\times0.287\times\cos20^\circ\times\frac{7.8}{3}=383.95\,\text{kN.m}$$

$$M_u=1.7\times383.95=652.71\,\text{kN.m}$$

5 %

$$R_n=\frac{M_u}{\phi bd^2}=\frac{\frac{652.71}{9.81}(10^5)}{0.9\times100\times40^2}=46.2,\quad m=\frac{f_y}{0.85\,f_c'}$$

$$\rho=\frac{1}{m}\left(1-\sqrt{1-\frac{2mR_n}{f_y}}\right)=\frac{0.85\,f_c'}{f_y}\left(1-\sqrt{1-\frac{1.7\,f_c'R_n}{f_y^2}}\right)=\frac{0.85\times210}{3500}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\times46.2}{0.85\times210}}\right)=0.0156$$

5 %

$$\rho=0.0156<0.75\rho_b=0.021\rightarrow O.K.$$

$$A_s=0.0156\times100\times40=62.4\,\text{cm}^2$$

$$\text{use } 20\phi20@10\,\text{cm c/c}\quad\left(A_s=62.8\,\text{cm}^2\right)$$

از آنجا که این فولاد را می‌توان در ارتفاع در نقاط مناسب قطع نمود، لذا بهتر است از ابتدا نمودار برش و لنگر برای دیوار طره‌ای رسم شود و قطع فولاد در ارتفاع دیوار بر آن اساس صورت پذیرد.

با امید موفقیت، **علی عسگری**،

عضو هیات علمی گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی،
دانشگاه مازندران

Ali Asgari, PhD in Geotechnical Engi