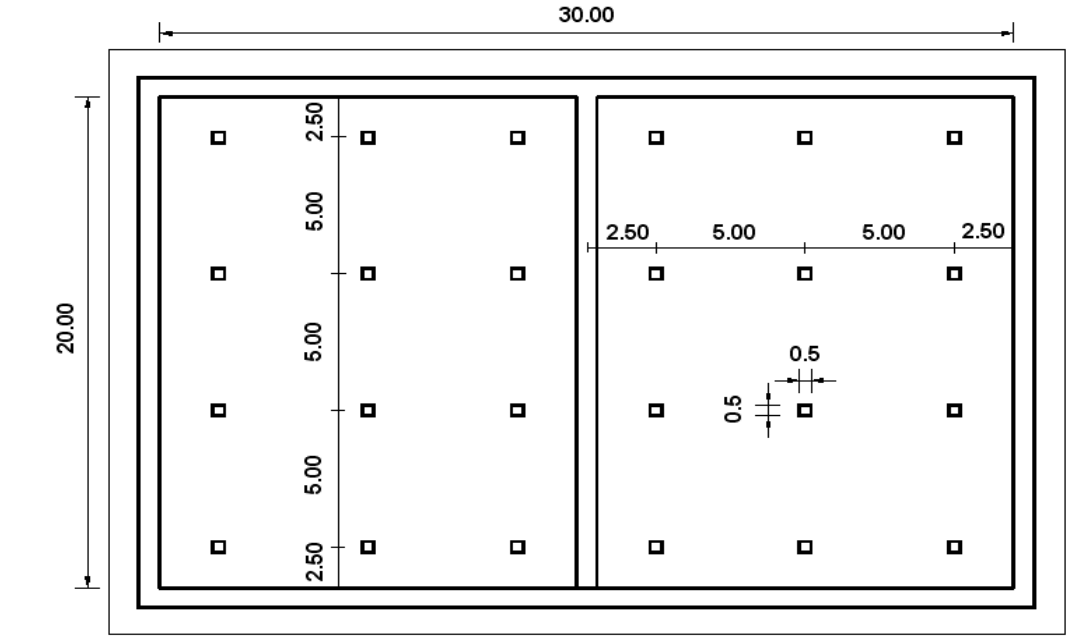
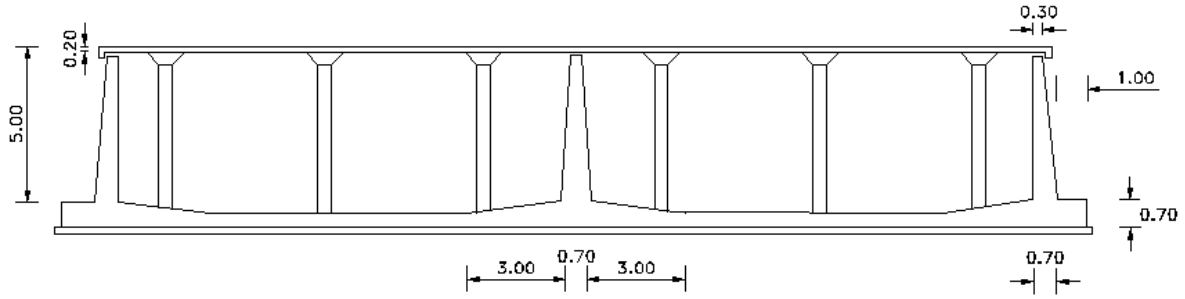
مخزن ۲۵۰۰ متر مکعبی





مشخصات اولیه :

$K_s = 1 \, {kg}/{m^3}$ ، $q_a = 0.8 \, {kg}/{cm^2}$

$\gamma_c = 2400 \, {kg}/{m^3}$ ، $\gamma_w = 1000 \, {kg}/{m^3}$

$f_c = 210 \, {kg}/{cm^2} \Rightarrow f_c = 2.1 \times 10^6 \, {kg}/{m^2}$

$f_y = 3000 \, {kg}/{cm^2} \Rightarrow f_y = 3 \times 10^7 \, {kg}/{m^2}$

$E_c = 15100\sqrt{f_c} \Rightarrow E_c = 15100\sqrt{210} = 2.18 \times 10^5 \, {kg}/{cm^2} = 2.18 \times 10^9 \, {kg}/{m^2}$

$E_s = 2 \times 10^6 \, {kg}/{cm^2} = 2 \times 10^{10} \, {kg}/{m^2}$

$\alpha = 11 \times 10^{-6} \, \frac{1}{c}$ ، $v = 0.2$

گام ۱- کنترل محدودیت هندسی :

$$\frac{b}{a} \le \frac{3}{2} \Rightarrow b \le 1.5a$$

$$b = 30m \ , \ a = 20m \Rightarrow 30 = 1.5 \times 20 \ ok$$

گام ۲- کنترل تنش ناشی از وزن مخزن بر روی زمین :

$A = \frac{0.7+0.3}{2} \times 5 = 2.5 \ m^2$ مساحت دیوار

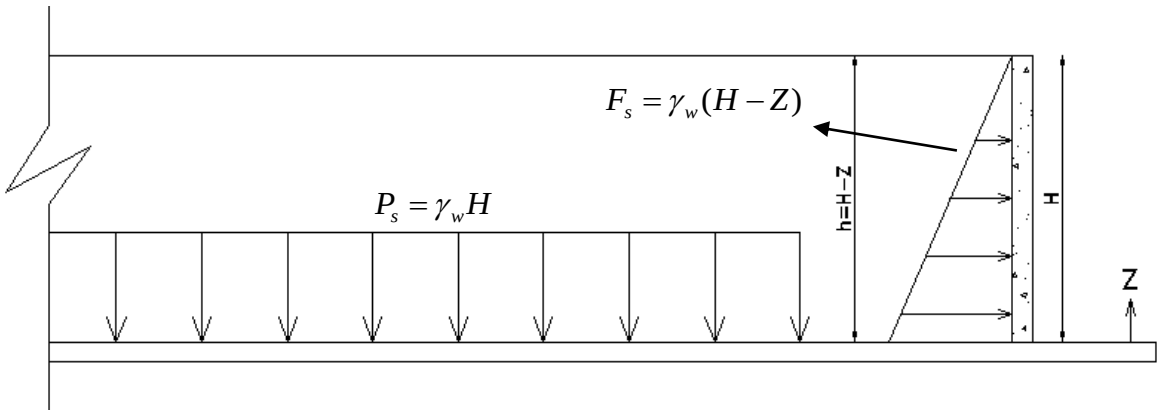
$$W_{D.L} = \{(2.5 \times 2 \times 30 + 21) + (0.6 \times 33 \times 23) + (12 \times 0.5 \times 0.5 \times 5) + (31 \times 21 \times 0.2) + (2.5 \times 20)\} \times 2400 = 2173440kg$$

$$W_{L.L} = (20 \times 30 \times 5) \times 100 = 3 \times 10^6 \ kg$$

$$W = 2173440 + 3 \times 10^6 = 5173440 \ kg$$

$$q = \frac{W}{A} \Rightarrow q = \frac{5173440}{3300 \times 2300} = 0.68 \ {}^{kg}\!/_{cm^2} < q_a = 0.8 \ {}^{kg}\!/_{cm^2} \ ok$$

گام ۳- فشار استاتیکی سیال (F_s) :



$$F_s = \gamma_w (H - Z) \Rightarrow F_s = 1000(5 - Z) \Rightarrow \boxed{F_s = 5000 - 1000Z}$$

$$Z = 0 \Rightarrow F_s = 5000 \ {}^{kg}\!/_{m^2}$$

$$P_s = \gamma_w H \Rightarrow P_s = 1000 \times 5 = 5000 \ {}^{kg}\!/_{m^2}$$

گام ۴- محاسبه جرم سخت و جرم مواج :

وزن آب $W = (20\times15\times5\times1000) = 1500000\ kg$

وزن دیوار طولی $W_w = (20\times2.5\times2400) = 120000\ kg$

وزن دیوار عرضی $W_w = (15\times2.5\times2400) = 90000\ kg$

وزن مرده سقف $W_{r(D.L)} = (21\times16\times0.2\times2400) + (12\times0.5\times0.5\times5\times0.5\times2400) = 179280\ kg$

وزن زنده سقف $W_{r(L.L)} = (0.2\times16\times21\times150) = 10080\ kg$

$W_r = 189360\ kg$

الف) جرم سخت (W_1) :

$$\frac{W_1}{W} = \frac{\tanh\left[0.866(\frac{L}{H})\right]}{0.866(\frac{L}{H})}$$

$$\frac{L}{H} < 1.333 \quad \Rightarrow \quad \frac{h_1}{h} = 0.5 - 0.09375(\frac{L}{H})$$

$$\frac{L}{H} \geq 1.333 \quad \Rightarrow \quad \frac{h_1}{h} = 0.375$$

دیوار طولی $\frac{H}{L} = \frac{5}{20} = 0.25 \begin{cases} W_1 = 0.288W = 0.288\times1500000 = 432000\,kg \\ h_1 = 0.375h = 0.375\times5 = 1.875m \end{cases}$

دیوار عرضی $\frac{H}{L} = \frac{5}{15} = 0.33 \begin{cases} W_1 = 0.381w = 0.381\times1500000 = 571500kg \\ h_1 = 0.375h = 0.375\times5 = 1.875m \end{cases}$

ب) جرم مواج (W_2) :

$$\frac{W_2}{W} = 0.264(\frac{L}{H})\ \tanh\left[3.16(\frac{H}{L})\right]$$

$$\frac{h_2}{h} = 1 - \frac{\mathrm{Cosh}\left[3.16(\frac{H}{L})\right] - 1}{3.16(\frac{H}{L})\mathrm{Sinh}\left[3.16(\frac{H}{L})\right]}$$

دیوار طولی $\frac{H}{L} = 0.25 \begin{cases} W_2 = 0.695\times1500000 = 1042500\,kg \\ h_2 = 0.524\times5 = 2.62\,m \end{cases}$

دیوار عرضی $\frac{H}{L} = 0.33 \begin{cases} W_2 = 0.617\times1500000 = 925500kg \\ h_2 = 0.541\times5 = 2.71m \end{cases}$

گام ۵- محاسبه ضریب زلزله جرم سخت (C_1) :

$A=0.3$ ، $R=3.5$ ، $I=1.4$

زمین نوع یک و در مسجدسلیمان

$$T=0.05H^{\frac{3}{4}}\le 0.3s \Rightarrow T=0.05\times 5^{\frac{3}{4}}=0.17s$$

$$T=0.1\ ,\ T_s=0.4\ ,\ S=1.5$$

$$(T=0.1<T=0.17<T_s=0.4)\Rightarrow B_1=S+1\Rightarrow B_1=2.5$$

$$C_1=\frac{AB_1I}{R}\Rightarrow C_1=\frac{0.3\times 2.5\times 1.4}{3.5}=0.3$$

گام ۶- محاسبه ضریب زلزله جرم مواج (C_2) :

$$\omega=\sqrt{\frac{3.16g\tanh[3.16{}^{H}\!/_{L}]}{L}}\quad ,\quad T=\frac{2\pi}{\omega}$$

دیوار طولی $\frac{H}{L}=0.25\Rightarrow \omega=\sqrt{\frac{3.16\times 9.806\times \tanh(3.16\times 0.25)}{20}}=1.01\ {}^{rad}\!/_{s}$

دیوار عرضی $\frac{H}{L}=0.33\Rightarrow \omega=\sqrt{\frac{3.16\times 9.806\times \tanh(3.16\times 0.33)}{15}}=1.27\ {}^{rad}\!/_{s}$

دیوار طولی $T=\frac{2\pi}{1.01}=6.22s\Rightarrow (T=6.22s>T_s=0.4s)$

دیوار عرضی $T=\frac{2\pi}{1.27}=4.95s\Rightarrow (T=4.95s>T_s=0.4s)$

دیوار طولی $B_2=(s+1)(\frac{T_s}{T})^{\frac{2}{3}}\Rightarrow B_2=2.5(\frac{0.4}{6.22})^{\frac{2}{3}}\Rightarrow B_2=0.4$

دیوار عرضی $B_2=(s+1)(\frac{T_s}{T})^{\frac{2}{3}}\Rightarrow B_2=2.5(\frac{0.4}{4.95})^{\frac{2}{3}}\Rightarrow B_2=0.5$

دیوار طولی $C_2=\frac{AB_2I}{R}\Rightarrow C_2=\frac{0.3\times 0.4\times 1.4}{3.5}=0.05$

دیوار عرضی $C_2=\frac{AB_2I}{R}\Rightarrow C_2=\frac{0.3\times 0.5\times 1.4}{3.5}=0.06$

گام ۷- محاسبه $d_{\min}$(محل قرارگیری سرریز) :

$$K_d=1.58\tanh(3.16\frac{H}{L})$$

دیوار طولی $K_d=1.58\tanh(3.16\times 0.25)=1.04$

دیوار عرضی $K_d=1.58\tanh(3.16\times 0.33)=1.23$

$$d_{\min} = \left[\frac{0.417\ C_2}{1 - K_d C_2}\right] L$$

دیوار طولی $d_{\min} = \left[\frac{0.417 \times 0.05}{1 - 1.04 \times 0.05}\right] \times 2000 = 44cm$

دیوار عرضی $d_{\min} = \left[\frac{0.417 \times 0.06}{1 - 1.23 \times 0.06}\right] \times 1500 = 40cm$

بنابراین مخزن باید حداقل به میزان ۴۵ سانتی‌متر کمتر آبگیری شود تا هنگام ارتعاش فشاری روی سقف ایجاد نشود .

گام ۸- محاسبه نیروی جانبی ناشی از جرم سخت :

الف) دیوار طولی :

$$P_r = C_1 W_r = 0.3 \times 189360 = 56808\ kg$$
$$P_w = C_1 W_w = 0.3 \times 120000 = 36000\ kg$$
$$P_1 = C_1 W_1 = 0.3 \times 432000 = 129600\ kg$$

ب) دیوار عرضی :

$$P_r = C_1 W_r = 0.3 \times 18360 = 56808\ kg$$
$$P_w = C_1 W_w = 0.3 \times 90000 = 27000\ kg$$
$$P_1 = C_1 W_1 = 0.3 \times 571500 = 171450\ kg$$

گام ۹- محاسبه نیروی جانبی ناشی از جرم مواج :

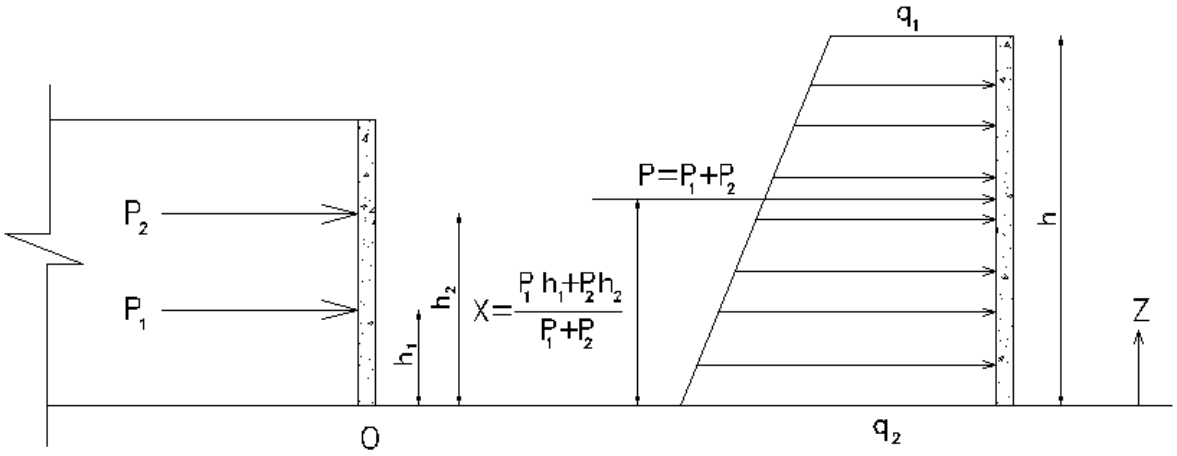
الف) دیوار طولی :

$$P_2 = C_2 W_2 = 0.05 \times 1042500 = 52125\ kg$$

ب) دیوار عرضی :

$$P_2 = C_2 W_2 = 0.06 \times 925500 = 55530\ kg$$

گام ۱۰- محاسبه فشار دینامیکی سیال (F_d) :



$$\sum F = 0 \Rightarrow P_1 + P_2 = (\frac{q_1 + q_2}{2}) \times h \times l$$

$$\boxed{q_1 + q_2 = \frac{2(P_1 + P_2)}{hl}}$$

$$\sum M_0 = 0 \Rightarrow P_1 h_1 + P_2 h_2 = \left[(q_1 h \times \frac{h}{2}) + (q_2 - q_1) \times \frac{h}{2} \times \frac{h}{3} \right] l$$

$$P_1 h_1 + P_2 h_2 = \frac{(2q_1 + q_2) h^2 l}{6}$$

$$\boxed{2q_1 + q_2 = \frac{6(P_1 h_1 + P_2 h_2)}{h^2 l}}$$

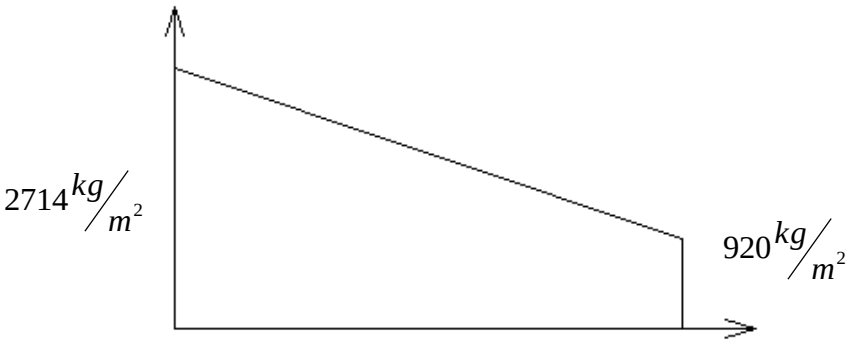
الف) دیوار طولی :

$$\begin{cases} q_1 + q_2 = \dfrac{2(P_1 + P_2)}{hl} \Rightarrow q_1 + q_2 = \dfrac{2(129600 + 52125)}{5 \times 20} \\ 2q_1 + q_2 = \dfrac{6(P_1 h_1 + P_2 h_2)}{h^2 l} \Rightarrow 2q_1 + q_2 = \dfrac{6(129600 \times 1.875 + 52125 \times 2.62)}{25 \times 20} \end{cases}$$

$$\begin{cases} q_1 + q_2 = 3634.5 & q_1 = 920 \ {kg}/{m^2} \\ 2q_1 + q_2 = 4554.8 & q_2 = 2714 \ {kg}/{m^2} \end{cases}$$

$$F_d - 2714 = \frac{920 - 2714}{5} \ z$$

$$\boxed{F_d = -359z + 2714}$$



ب) دیوار عرضی :

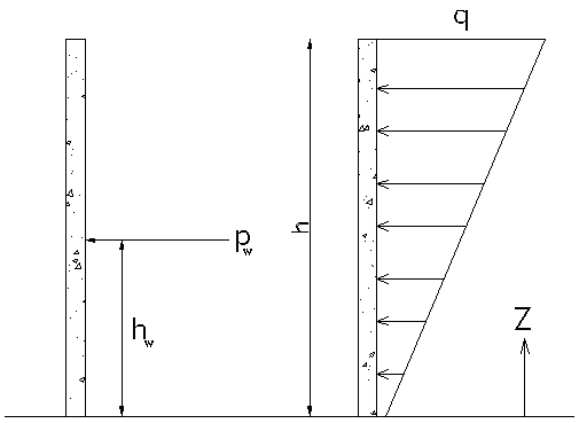
$$\begin{cases} q_1 + q_2 = \dfrac{2(P_1 + P_2)}{hl} \Rightarrow q_1 + q_2 = \dfrac{2(171450 + 55530)}{5 \times 15} \\ 2q_1 + q_2 = \dfrac{6(P_1 h_1 + P_2 h_2)}{h^2 l} \Rightarrow 2q_1 + q_2 = \dfrac{6(171450 \times 1.875 + 55530 \times 2.71)}{25 \times 15} \end{cases}$$

$$\begin{cases} q_1 + q_2 = 6052.8 & q_1 = 1498 \ {kg}/{m^2} \\ 2q_1 + q_2 = 7551.3 & q_2 = 4554 \ {kg}/{m^2} \end{cases}$$

$$F_d - 4554 = \frac{1498 - 4554}{5} \ z$$

$$\boxed{F_d = -611z + 4554}$$

گام ۱۱- محاسبه نیروی زلزله به علت ارتعاش دیوار (EQ) :



$$\sum M_0 = 0 \Rightarrow P_w h_w = \frac{q \times h}{2} \times \frac{2h}{3} \times L$$

$$\boxed{q = \frac{3P_w h_w}{h^2 L}}$$

$$h_w = \frac{\sum Ah}{\sum A}$$

$$h_w = \frac{(0.3 \times 5 \times 2.5) + (0.4 \times 2.5 \times \frac{5}{3})}{(0.3 \times 5) + (0.4 \times 2.5)} = 2.17m$$

الف) دیوار طولی :

$$q = \frac{3 \times 36000 \times 2.17}{25 \times 20} = 469 \; {kg}/{m^2} \Rightarrow \boxed{EQ = 94z}$$

ب) دیوار عرضی :

$$q = \frac{3 \times 27000 \times 2.17}{25 \times 15} = 469 \; {kg}/{m^2} \Rightarrow \boxed{EQ = 94z}$$

- ترکیبات بارگذاری :

$$Combo1 = 1.4D_L + 1.7L_L + 1.7F_s$$

$$Combo2 = 0.75(1.4D_L + 1.7L_L + 1.7F_s + 1.4T)$$

$$Combo3 = 0.75(1.4D_L + 1.7L_L + 1.7F_s - 1.4T)$$

$$Combo4 = 0.75(1.4D_L + 1.7L_L + 1.7F_s + 1.87F_d + 1.87E_Q)$$

گام ۱۲- تحلیل دستی :

۱) تحلیل استاتیکی دیوارهای طولی :

لنگر و برش ناشی از بار استاتیکی سیال (F_s) :

$$P = 5000 \ {kg}/{m^2}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5}{20} = 0.25$$

لنگر منفی در پای دیوار در جهت y :

$$m_{yerm} = \frac{-PL_y^2}{6.92} = \frac{-5000 \times 5^2}{6.92} = -18064 \ {kg.m}/{m}$$

لنگر مثبت در وسط دیوار در جهت x :

$$m_{x\max} = \frac{PL_y^2}{71.51} = \frac{5000 \times 5^2}{71.51} = 1748 \ {kg.m}/{m}$$

برش در کف :

$$q_{yerm} = \frac{PL_y}{1.97} = \frac{5000 \times 5}{1.97} = 12690 \ {kg}/{m}$$

لنگر در ارتفاع 2.5 متر از کف :

$$m_y = \frac{-PL_y^2}{6} = \frac{-2500 \times 2.5^2}{6} = -2604 \ {kg.m}/{m}$$

۲) تحلیل دینامیکی دیوارهای طولی :

الف) لنگر و برش ناشی از جرم سخت و مواج (F_d) :

$$M_d = P_1 h_1 + P_2 h_2$$

$$M_d = 129600 \times 1.875 + 52125 \times 2.62 = 379567 \ kg.m$$

لنگر در واحد طول دیوار $m_d = \frac{379567}{20} = 18978 \ {kg.m}/{m}$

$$V_d = P_1 + P_2$$

$$V_d = 129600 + 52125 = 18725 \ kg$$

برش در واحد طول دیوار $v_d = \frac{181725}{20} = 9086 \ {kg}/{m}$

ب) لنگر و برش ناشی از نیروی زلزله به علت ارتعاش دیوار (EQ) :

$$M_{EQ} = P_W h_W$$
$$M_{EQ} = 36000 \times 2.17 = 78120\ kg.m$$

لنگر در واحد طول دیوار $m_{EQ} = \frac{78120}{20} = 3906\ {}^{kg.m}\!/_{m}$

$$V_{EQ} = P_w$$
$$V_{EQ} = 36000\ kg$$

برش در واحد طول دیوار $v_{EQ} = \frac{36000}{20} = 1800\ {}^{kg}\!/_{m}$

۳) تحلیل استاتیکی دیوارهای عرضی :

$$P = 5000\ {}^{kg}\!/_{m^2}$$
$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5}{15} = 0.33$$

لنگر و برش ناشی از بار استاتیکی سیال (F_s) :

$$m_{yerm} = \frac{-PL_y^2}{8.1} = \frac{-5000 \times 5^2}{8.1} = -15432\ {}^{kg.m}\!/_{m}$$

$$m_{x\max} = \frac{PL_y^2}{47.57} = \frac{5000 \times 5^2}{47.57} = 2628\ {}^{kg.m}\!/_{m}$$

$$q_{yerm} = \frac{PL_y}{1.99} = \frac{5000 \times 5}{1.99} = 12563\ {}^{kg}\!/_{m}$$

$$m_y = \frac{-PL_y^2}{6} = \frac{-2500 \times 2.5^2}{6} = -2604\ {}^{kg.m}\!/_{m}$$

۴) تحلیل دینامیکی دیوارهای عرضی :

الف) لنگر و برش ناشی از جرم سخت و مواج (F_d) :

$$M_d = P_1 h_1 + P_2 h_2$$
$$M_d = 171450 \times 1.875 + 55530 \times 2.71 = 471955\ kg.m$$

$$m_d = \frac{471955}{15} = 31464\ {}^{kg.m}\!/_{m}$$

$$V_d = P_1 + P_2$$
$$V_d = 171450 + 55520 = 226980\ kg$$

$$v_d = \frac{226980}{15} = 15132\ {}^{kg}\!/_{m}$$

ب) لنگر و برش ناشی از نیروی زلزله به علت ارتعاش دیوار (EQ) :

$$M_{EQ} = P_W h_W$$
$$M_{EQ} = 27000 \times 2.17 = 58590\ kg.m$$

$$m_{EQ} = \frac{58590}{15} = 3906\ {}^{kg.m}\!/_{m}$$

$$V_{EQ} = P_w$$
$$V_{EQ} = 27000\ kg$$

$$v_{EQ} = \frac{27000}{15} = 1800\ {}^{kg}\!/_{m}$$

نیرو و لنگر ناشی از کشش مستقیم در طول دیوار :

$$T_s = 0.27\gamma_w H^2 = 0.27 \times 1 \times 5^2 = 6.75\ {}^{t}\!/_{m} = 6750\,{}^{kg}\!/_{m}$$
$$M_s = 0.053\gamma_w H^3 = 0.053 \times 1 \times 5^3 = 6.63\ {}^{t.m}\!/_{m} = 663000\,{}^{kg.m}\!/_{m}$$

مطابق توزیع فشار خطی زلزله می‌توان بار اضافی زلزله را نیروی جانبی مایعی با وزن مخصوص $\gamma = 0.75\ {}^{t}\!/_{m^3}$ در نظر گرفت .

$$T_d = 0.27 \times 0.75 \times 5^2 = 5.1\ {}^{t}\!/_{m} = 5100\,{}^{kg}\!/_{m}$$
$$M_d = 0.053 \times 0.75 \times 5^3 = 4.97\ {}^{t.m}\!/_{m} = 497000\,{}^{kg.m}\!/_{m}$$

گام ۱۳- طراحی :

۱- کنترل تنشی برشی :

$$V_c = 0.18\sqrt{f_c} \le 0.84\ {}^{N}\!/_{mm^2}$$
$$V_c = 0.18\sqrt{21} = 0.82\ {}^{N}\!/_{mm^2} = 8.2\ {}^{kg}\!/_{cm^2}$$

الف) دیوار طولی :

$$q_u = 1.7\ F_s = 1.7 \times 1.3 \times 12690 = 28045\ {kg}/{m}$$

$$q_u = 0.75(1.7F_s + 1.87F_d + 1.87EQ)$$

$$q_u = 0.75(1.7 \times 12690 + 1.87 \times 9086 + 1.87 \times 1800) = 31447\ {kg}/{m}$$

$$V_u = \frac{q_u}{bh} \Rightarrow V_u = \frac{31447}{100 \times 70} = 4.5\ {kg}/{cm^2} < 8.2\ {kg}/{cm^2}\ ok$$

ب) دیوار عرضی :

$$q_u = 1.7\ F_s = 1.7 \times 1.3 \times 12563 = 27764\ {kg}/{m}$$

$$q_u = 0.75(1.7F_s + 1.87F_d + 1.87E_Q)$$

$$q_u = 0.75(1.7 \times 12563 + 1.87 \times 15132 + 1.87 \times 1800) = 39765\ {kg}/{m}$$

$$V_u = \frac{q_u}{bh} \Rightarrow V_u = \frac{39765}{100 \times 70} = 5.7\ {kg}/{cm^2} < 8.2\ {kg}/{cm^2}\ ok$$

۲- نیروی محوری کششی :

$$A_s = \frac{T}{\phi f_y}$$

$$T_u = 1.7T_s = 1.7 \times 1.65 \times 6.75 = 18.93\ {t}/{m} = 18930\ {kg}/{m}$$

$$T_u = 0.75(1.7T_s + 1.87T_d) = 0.75(1.7 \times 6./75 + 1.87 \times 5.1) = 15.76\ {t}/{m} = 15760\ {kg}/{m}$$

$$A_s = \frac{18930}{0.9 \times 3000} = 7.01\ {cm^2}/{m}$$

$Use \phi 16@25cm$

۳- لنگر خمشی :

$$M_u = \rho b d^2 f_y (1 - 0.5\rho \frac{f_y}{f_c})$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} \quad , \quad P_{\max} = 0.75\rho_b$$

$$\rho_b = \frac{0.85\beta f_c}{f_y} (\frac{6000}{6000 + f_y})$$

الف) طراحی آرماتورهای قائم دیوار طولی :

طراحی آرماتورهای قائم در وجه تماس با آب نیمه پایین دیوار :

$b = 100$

$h = \frac{50+70}{2} = 60\ cm$

$d = 60 - 7 = 53 cm$

$M_s = 18064\ {kg.m}/{m}$

$M_d = 18978\ {kg.m}/{m}$

$M_{EQ} = 3906\ {kg.m}/{m}$

$M_u = 1.7 M_s = 1.7 \times 1.3 \times 18064 = 39921\ {kg.m}/{m}$

$M_u = 0.75(1.7M_s + 1.87M_d + 1.87M_{EQ})$

$M_u = 0.75(1.7 \times 18064 + 1.87 \times 18978 + 1.87 \times 3906) = 55126\ {kg.m}/{m}$

$5512600 = \rho \times 100 \times 53^2 \times 3000(1 - 0.5\rho \times \frac{3000}{210})$

$6019285714\rho^2 - 8427 \times 10^5 \rho + 55126 \times 10^2 = 0$

$\rho_1 = 0.133 \qquad \rho_2 = 0.0069$

$\rho_{\min} = \frac{14}{3000} = \frac{14}{3000} = 0.0047$

$\rho_b = \frac{0.85^2 \times 210}{3000} (\frac{6000}{9000}) = 0.034$

$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.034 = 0.026$

$\rho_{\min} = 0.0047 < \rho = 0.0069 < \rho_{\max} = 0.026$

$A_s = \rho bd = 0.0069 \times 100 \times 53 = 36.57\ {cm^2}/{m}$

$Use \phi 26\ @15 cm$

طراحی آرماتورهای قائم در وجه تماس با آب نیمه بالای دیوار :

$b = 100$

$h = \frac{30+50}{2} = 40\ cm$

$d = 40 - 7 = 33 cm$

$M_s = 2604 \ {}^{kg.m}/_{m}$

$M_d = 52125 \times (2.62 - 2.5) = 6255 \ {}^{kg.m}/_{m}$

$M_u = 1.7 M_s = 1.7 \times 1.3 \times 2604 = 5755 \ {}^{kg.m}/_{m}$

$M_u = 0.75(1.7M_s + 1.87M_d)$

$M_u = 0.75(1.7 \times 2604 + 1.87 \times 6255) = 12093 \ {}^{kg.m}/_{m}$

$1209300 = \rho \times 100 \times 33^2 \times 3000(1 - 0.5\rho \times \frac{3000}{210})$

$2333571429\rho^2 - 3267 \times 10^5 \rho + 1209300 = 0$

$\rho_1 = 0.136 \qquad \rho_2 = 0.0038$

$\rho_{\min} = 0.0047$

$\rho_{\max} = 0.034$

$A_s = \rho bd = 0.0047 \times 100 \times 37 = 15.51 \ {}^{cm^2}/_{m}$

$Use \ \phi 20 \ @15cm$

ب) طراحی آرماتورهای قائم دیوار عرضی :

طراحی آرماتورهای قائم در وجه تماس با آب نیمه پایین دیوار :

$d = 53cm$

$M_s = 15432 \ {}^{kg.m}/_{m}$

$M_d = 31464 \ {}^{kg.m}/_{m}$

$M_{EQ} = 3906 \ {}^{kg.m}/_{m}$

$M_u = 1.7 M_s = 1.7 \times 1.3 \times 15432 = 34105 \ {}^{kg.m}/_{m}$

$M_u = 0.75(1.7M_s + 1.87M_d + 1.87M_{EQ})$

$M_u = 0.75(1.7 \times 15432 + 1.87 \times 31464 + 1.87 \times 3906) = 69282 \ {}^{kg.m}/_{m}$

$6928200 = \rho \times 100 \times 53^2 \times 3000(1 - 0.5\rho \times \frac{3000}{210})$

$6019285714\rho^2 - 8427 \times 10^5 \rho + 6928200 = 0$

$\rho_1 = 0.131 \qquad \rho_2 = 0.0088$

$\rho_{\min} = 0.0047$

$\rho_{\max} = 0.034$

$A_s = \rho bd = 0.0088 \times 100 \times 53 = 46.64 \; {cm^2}/{m}$

$Use \phi 32 \; @15cm$

طراحی آرماتورهای قائم در وجه تماس با آب نیمه بالای دیوار :

$d = 33 \; cm$

$M_s = 2604 \; {kg.m}/{m}$

$M_d = 555300 \times (2.71 - 2.5) = 11661 \; {kg.m}/{m}$

$M_u = 1.7 M_s = 1.7 \times 1.3 \times 2604 = 5755 \; {kg.m}/{m}$

$M_u = 0.75(1.7 M_s + 1.87 M_d)$

$M_u = 0.75(1.7 \times 2604 + 1.87 \times 11661) = 19675 \; {kg.m}/{m}$

$1967500 = \rho \times 100 \times 33^2 \times 3000 (1 - 0.5 \rho \times \frac{3000}{210})$

$2333571429 \rho^2 - 3267 \times 10^5 \rho + 1967500 = 0$

$\rho_1 = 0.134 \qquad \rho_2 = 0.0063$

$\rho_{\min} = 0.0047$

$\rho_{\max} = 0.034$

$A_s = \rho bd = 0.0063 \times 100 \times 33 = 20.79 \; {cm^2}/{m}$

$Use \; \phi 22 \; @15cm$

ج) طراحی آرماتورهای افقی :

$d = 45 \; cm$

$M_s = 663000 \; {kg.m}/{m}$

$M_d = 497000 \; {kg.m}/{m}$

$M_u = 1.7 M_s = 1.7 \times 1.3 \times 663000 = 1465230 \; {kg.m}/{m}$

$M_u = 0.75(1.7 M_s + 1.87 M_d)$

$M_u = 0.75(1.7 \times 663000 + 1.87 \times 497000) = 1542368 \; {kg.m}/{m}$

$$1542368 = \rho \times 100 \times 45^2 \times 3000(1 - 0.5\rho \frac{3000}{210})$$

$$4339285714\rho^2 - 6075 \times 10^5 \rho + 1542368 = 0$$

$$\rho_1 = 0.137 \qquad \rho_2 = 0.0026$$

$$\rho_{\min} = 0.0047$$

$$\rho_{\max} = 0.034$$

$$A_s = \rho bd = 0.0047 \times 100 \times 45 = 21.15 \ cm^2/m$$

$$Use \phi 20 \ @12.5 cm$$

گام ۱۵) تحلیل با نرم‌افزار SAP2000 :

۱) لنگر افقی (M_{11}) :

$$COMBO1 = 1403415 \ kg.m/m$$

$$COMBO2 = 1052561 \ kg.m/m$$

$$COMBO3 = 1052561 \ kg.m/m$$

$$COMBO4 = 1766048 \ kg.m/m$$ لنگر ملاک طراحی

$$COMBO5 = 1052561 \ kg.m/m$$

۲) لنگر قائم (M_{22}) :

$$COMBO1 = 3460090 \ kg.m/m$$

$$COMBO2 = 2595067 \ kg.m/m$$

$$COMBO3 = 2595067 \ kg.m/m$$

$$COMBO4 = 5791525 \ kg.m/m$$ لنگر ملاک طراحی

$$COMBO5 = 2978630 \ kg.m/m$$

گام ۱۶) کنترل :

۱) آرماتورهای افقی نیمه پایین دیوار :

$d = 45\ cm$

$M_u = 1766048\ {kg.m}/{m}$

$$1766048 = \rho \times 100 \times 45^2 \times 3000(1 - 0.5\rho \frac{3000}{210})$$

$$4339285714\rho^2 - 6075 \times 10^5 \rho + 1766048 = 0$$

$$\rho_1 = 0.137 \qquad \rho_2 = 0.003$$

$$\rho_{\min} = 0.0047$$

$$\rho_{\max} = 0.034$$

$$A_s = \rho bd = 0.0047 \times 100 \times 45 = 21.15\ {cm^2}/{m}$$

$Use \phi 20\ @12.5 cm$

۲) آرماتورهای قائم نیمه پایین دیوار :

$d = 53 cm$

$M_u = 5791525\ {kg.m}/{m}$

$$5791525 = \rho \times 100 \times 53^2 \times 3000(1 - 0.5\rho \times \frac{3000}{210})$$

$$6019285714\rho^2 - 8427 \times 10^5 \rho + 5791525 = 0$$

$$\rho_1 = 0.132 \qquad \rho_2 = 0.0072$$

$$\rho_{\min} = 0.0047$$

$$\rho_{\max} = 0.034$$

$$A_s = \rho bd = 0.0072 \times 100 \times 53 = 38.16\ {cm^2}/{m}$$

$Use \phi 30\ @15 cm$

گام ۱۷ – تعیین فولاد حرارتی :

الف) درصد فولاد بحرانی (ρ_{cr}) :

$$f_{ct} = 0.26\sqrt{f_c} \Rightarrow f_{ct} = 0.26\sqrt{21} = 1.19\,{}^{N}\!/_{mm^2} = 11.9\,{}^{kg}\!/_{cm^2}$$

$$\rho_{cr} = \frac{f_{ct}}{f_y} \Rightarrow \rho = \frac{11.9}{3000} = 0.004$$

ب) کرنش حرارتی (ε_t) :

$$\varepsilon_t = {}^{1}\!/_{2}\,\alpha(T_1 + T_2)$$

$$\alpha = 11\times10^{-6}$$

دیوار با ضخامت بیش از ۵۰ سانتی متر (سازه نوع ۲) $\left\{\begin{matrix} T_1 = 40^\circ \\ T_2 = 0 \end{matrix}\right\}$

بتن کف $\left\{\begin{matrix} T_1 = 40^\circ \\ T_2 = 25^\circ \end{matrix}\right\}$

دیوار $\varepsilon_t = {}^{1}\!/_{2}\times11\times10^{-6}\times40 = 0.00022$

کف $\varepsilon_t = {}^{1}\!/_{2}\times11\times10^{-6}\times(40+25) = 0.00036$

د) در صد فولاد حرارتی (ρ) :

$$\rho = \frac{k\varepsilon_t\phi}{2w}$$

در محیط B $w = 0.2mm \Rightarrow$ دیوار $\rho = \dfrac{0.67\times0.00022\times16}{2\times0.2} = 0.0059 > \rho_{cr}$ ok

در محیط C $w = 0.3mm \Rightarrow$ کف $\rho = \dfrac{0.67\times0.00036\times16}{2\times0.3} = 0.0064 > \rho_{cr}$ ok

همچنین آرماتورهای قائم دیوار نیز نباید از ρ_{cr} کمتر باشند .

A_s نیمه پایین دیوار در وجه تماس با آب :

دیوار طولی $\phi30@15cm \Rightarrow A_s = 49.48cm^2$

دیوار عرضی $\phi26@15cm \Rightarrow A_s = 37.16cm^2$

A_s نیمه بالای دیوار در وجه تماس با آب :

دیوار طولی $\phi 22@15cm \Rightarrow A_s = 26.61cm^2$

دیوار عرضی $\phi 20@15cm \Rightarrow A_s = 22cm^2$

A_s در وجه تماس با محیط :

$\phi 16@15cm \Rightarrow A_s = 14.07cm^2$

ρ نیمه پایین دیوار :

دیوار طولی $\rho = \frac{A_s}{bh} \Rightarrow \rho = \frac{49.48+14.07}{100\times 53} = 0.012 > \rho_{cr}$

دیوار عرضی $\rho = \frac{A_s}{bh} \Rightarrow \rho = \frac{37.16+14.07}{100\times 53} = 0.0097 > \rho_{cr}$

ρ نیمه بالای دیوار :

دیوار طولی $\rho = \frac{A_s}{bh} \Rightarrow \rho = \frac{26.61+14.07}{100\times 33} = 0.012 > \rho_{cr}$

دیوار عرضی $\rho = \frac{A_s}{bh} \Rightarrow \rho = \frac{22+14.07}{100\times 33} = 0.011 > \rho_{cr}$

گام ۱۸- محاسبه عرض ترک :

$$\varepsilon_1 = \frac{h-x}{d-x}\cdot\frac{f_s}{E_s} \quad , \quad x^2 + \frac{2nA_s}{b}x - \frac{2nA_s d}{b} = 0$$

$$\varepsilon_m = \varepsilon_1 - \frac{0.7bh}{A_s f_s} \quad , \quad w = \frac{4.5a_{cr}\varepsilon_m}{1+2.5\left(\frac{a_{cr}-c}{h-x}\right)}$$

۱- دیوار طولی :

الف) در وجه تماس با آب نیمه پایین دیوار :

$$n=\frac{E_s}{E_c}=\frac{2\times10^6}{2.18\times10^5}\approx9$$
$$b=100$$
$$h=\frac{50+70}{2}=60\ cm$$
$$d=60-7=53\ cm$$
$$A_s=49.48\,{cm^2}/{m}$$

$$x^2+\frac{2\times9\times49.48}{100}x-\frac{2\times9\times49.48\times53}{100}=0$$
$$x^2+8.91x-472=0$$
$$x=17.72cm$$

$$f_s=0.475\,f_y\ \Rightarrow\ f_s=0.475\times3000=1425\,{kg}/{cm^2}$$

$$\varepsilon_1=\frac{60-17.72}{53-17.72}\cdot\frac{1425}{2\times10^6}=0.00085$$
$$\varepsilon_m=0.00085-\frac{0.7\times100\times60}{49.48\times1425}=-0.0587$$

مقطع ترک نمی خورد .

ب) در وجه تماس با آب نیمه بالای دیوار :

$$n=\frac{E_s}{E_c}=\frac{2\times10^6}{2.18\times10^5}\approx9$$
$$b=100$$
$$h=\frac{50+30}{2}=40\ cm$$
$$d=40-7=33\ cm$$
$$A_s=26.61\,{cm^2}/{m}$$

$$x^2+\frac{2\times9\times26.61}{100}x-\frac{2\times9\times26.61\times33}{100}=0$$
$$x^2+4.79x-158.1=0$$
$$x=10.4cm$$

$$f_s=0.475\,f_y\ \Rightarrow\ f_s=0.475\times3000=1425\,{kg}/{cm^2}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{40-10.4}{33-10.4}\cdot\frac{1425}{2\times10^6} = 0.00093$$
$$\varepsilon_m = 0.00093 - \frac{0.7\times100\times40}{26.61\times1425} = -0.0413$$

مقطع ترک نمی خورد .

۲- دیوار عرضی :

الف) در وجه تماس با آب نیمه پایین دیوار :

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2\times10^6}{2.18\times10^5} \approx 9$$
$$b = 100$$
$$h = \frac{50+70}{2} = 60\ cm$$
$$d = 60-7 = 53\ cm$$
$$A_s = 37.16\ {cm^2}/{m}$$

$$x^2 + \frac{2\times9\times37.16}{100}x - \frac{2\times9\times37.16\times53}{100} = 0$$
$$x^2 + 6.69x - 354.51 = 0$$
$$x = 15.78cm$$

$$f_s = 0.475 f_y \Rightarrow f_s = 0.475\times3000 = 1425\ {kg}/{cm^2}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{60-15.78}{53-15.78}\cdot\frac{1425}{2\times10^6} = 0.00085$$
$$\varepsilon_m = 0.00085 - \frac{0.7\times100\times60}{37.16\times1425} = -0.0785$$

مقطع ترک نمی خورد .

ب) در وجه تماس با آب نیمه بالای دیوار :

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2\times10^6}{2.18\times10^5} \approx 9$$
$$b = 100$$
$$h = \frac{50+30}{2} = 40\ cm$$
$$d = 40-7 = 33\ cm$$
$$A_s = 22\ {cm^2}/{m}$$

$$x^2 + \frac{2\times9\times22}{100}x - \frac{2\times9\times22\times33}{100} = 0$$
$$x^2 + 3.96x - 130.68 = 0$$
$$x = 9.62cm$$

$$f_s = 0.475\, f_y \;\Rightarrow\; f_s = 0.475 \times 3000 = 1425\ {}^{kg}\!/_{cm^2}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{40-9.62}{33-9.62} \cdot \frac{1425}{2\times10^6} = 0.00093$$

$$\varepsilon_m = 0.00093 - \frac{0.7\times100\times40}{22\times1425} = -0.0884$$

مقطع ترک نمی خورد .

گام ۱۹- طراحی ستونها :

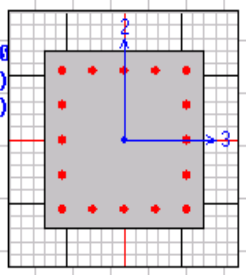
Concrete Design Data ACI 318-99

File

Units Kgf, m, C

ACI 318-99 COLUMN SECTION CHECK Type: Sway Special Units: Kgf, m, C (Summary)

L=5.000
Element : 11 B=0.450 D=0.450 dc=0.072
Station Loc : 1.000 E=2.180E+09 fc=2100000.00 Lt.Wt. Fac.=1.000
Section ID : C45X45 fy=30000000.0 fys=30000000.0 As=0.007 (Given)
Combo ID : COMB4 RLLF=1.000 As=3.574% (Given)



Phi(Compression-Spiral): 0.750 Overstrength Factor: 1.25
Phi(Compression-Tied): 0.700
Phi(Tension): 0.900
Phi(Bending): 0.900
Phi(Shear/Torsion): 0.850

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT CHECK FOR PU, M2, M3

Capacity Ratio	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3
0.878	15597.450	453.871	26557.740	448.271	448.271

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS

	Cm Factor	Delta_ns Factor	Delta_s Factor	K Factor	L Length
Major Bending(M3)	0.700	1.000	1.000	1.000	3.000
Minor Bending(M2)	1.000	1.012	1.000	1.000	3.000

SHEAR DESIGN FOR V2,V3

	Design Rebar	Shear Vu	Shear phi*Vc	Shear phi*Vs	Shear Vp
Major Shear(V2)	5.273E-04	6639.435	11719.870	5082.666	0.000
Minor Shear(V3)	0.000	0.000	11719.870	0.000	0.000

JOINT SHEAR DESIGN

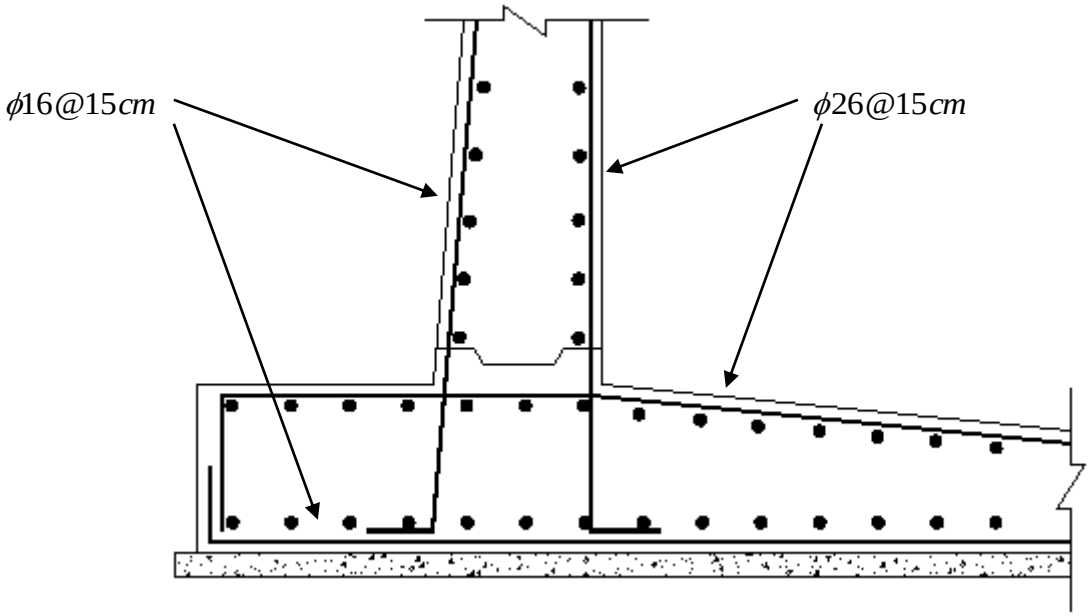
	Joint Shear Ratio	Shear VuTop	Shear VuTot	Shear phi*Vc	Joint Area
Major Shear(V2)	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
Minor Shear(V3)	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C

Longitudinal Reinforcing Use $16\phi24$ *+ Shear Reinforcing Use in Center Column* $\phi10@20cm$ *and Use in* $1m$ *from Top and bottom Column* $\phi10@10cm$

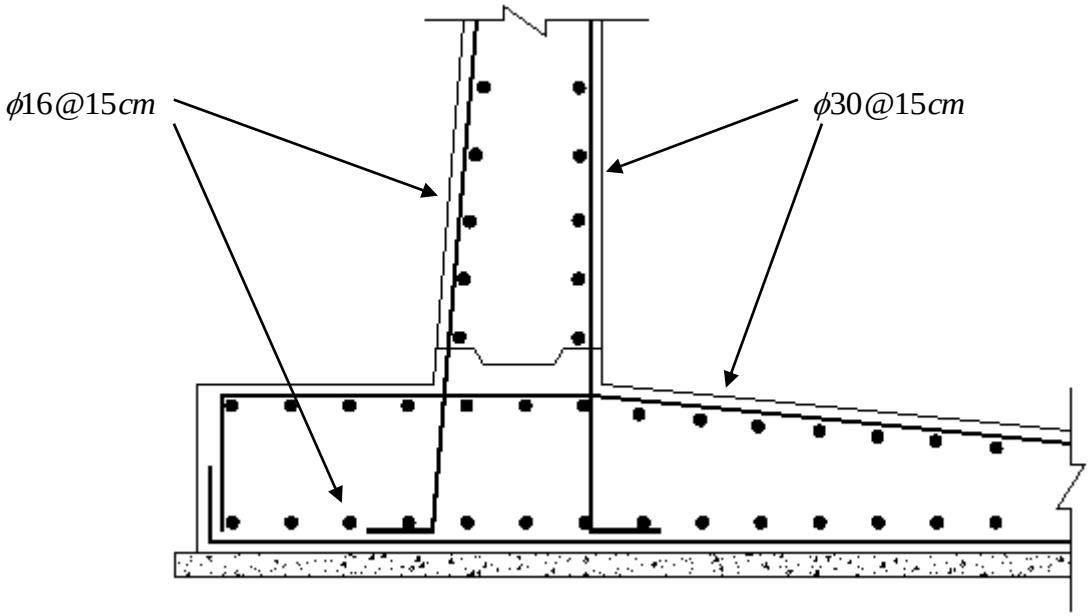
گام۲۰- طراحی آرماتورهای کف زیر دیوارها :

چون باید لنگر دیوارها به کف انتقال یابد در محدوده زیر دیوار لنگر زیادی به وجود می آید بنابراین ضروری است مقطع بزرگتری در زیر دیوار انتخاب گردد و آرماتورهای دیوار باید در دال کف ادامه پیدا کنند .

الف) دیوارهای طولی :



الف) دیوارهای عرضی :



طراح : کاوه سلطانی علاسوند