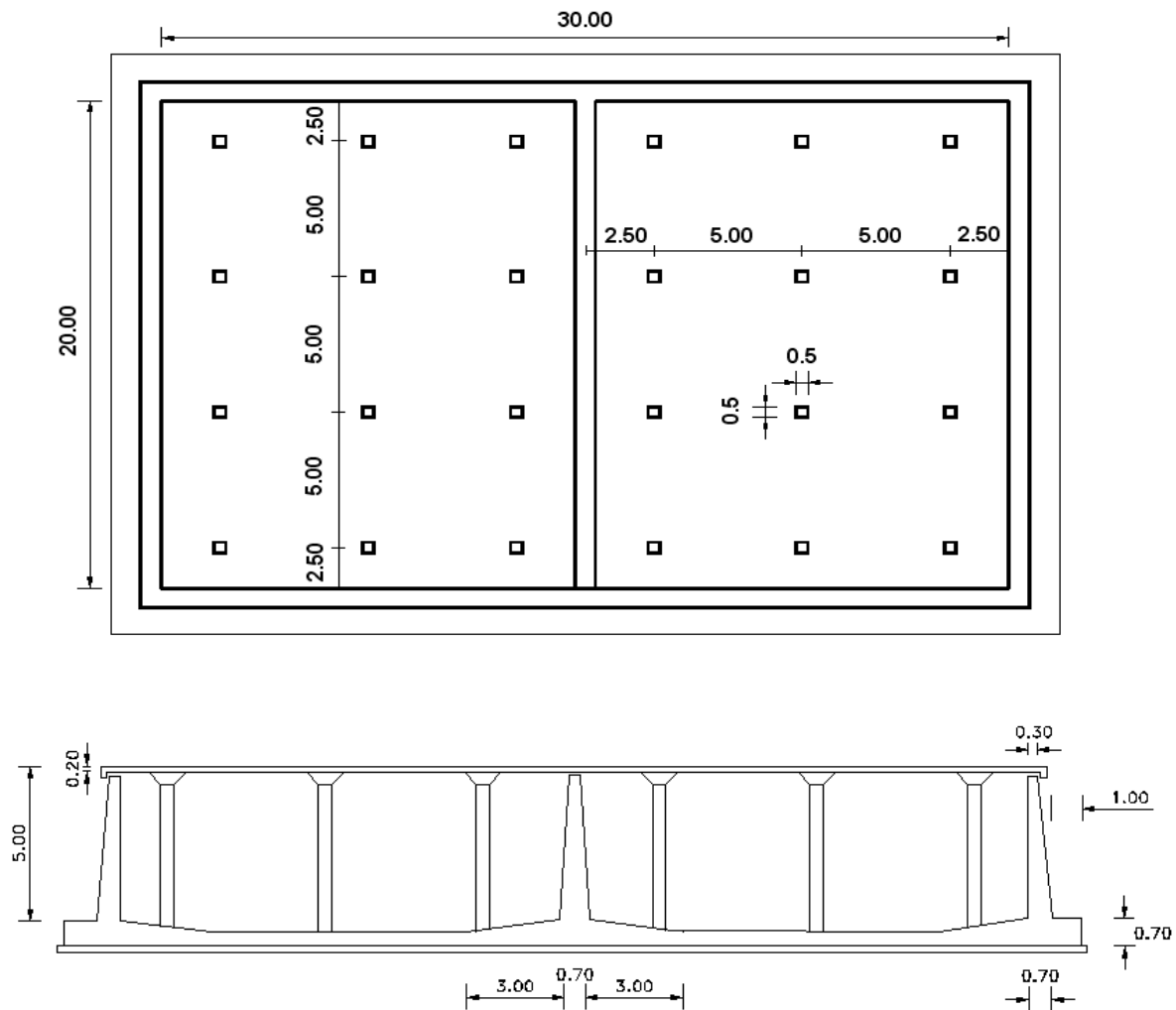


مخزن ۲۵۰۰ متر مکعبی



مشخصات اولیه :

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

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

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

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

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

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

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

گام ۱- کنترل محدودیت هندسی:

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

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

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

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

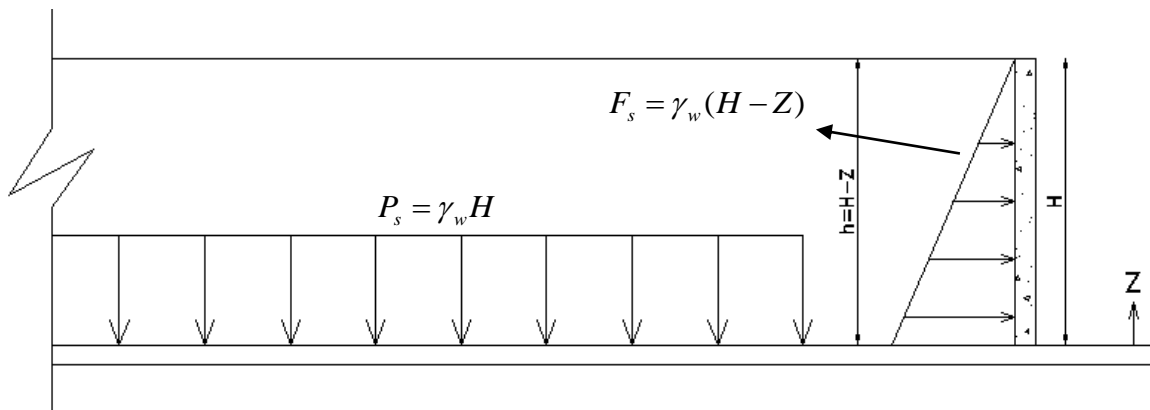
$$W_{D.L} = \{(2.5 \times 2 \times 30 + 21) + (0.6 \times 33 \times 23) + (12 \times 0.5 \times 0.5 \times 5) + (31 \times 21 \times 0.2) + (2.5 \times 20)\} \times 2400 = 2173440 \text{ kg}$$

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

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

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

گام ۳- فشار استاتیکی سیال (F_s):



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

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

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

گام ۴- محاسبه جرم سخت و جرم موج :

$$W = (20 \times 15 \times 5 \times 1000) = 1500000 \text{ kg}$$

$$W_w = (20 \times 2.5 \times 2400) = 120000 \text{ kg}$$

$$W_w = (15 \times 2.5 \times 2400) = 90000 \text{ kg}$$

$$W_{r(D,L)} = (21 \times 16 \times 0.2 \times 2400) + (12 \times 0.5 \times 0.5 \times 5 \times 0.5 \times 2400) = 179280 \text{ kg}$$

$$W_{r(L,L)} = (0.2 \times 16 \times 21 \times 150) = 10080 \text{ kg}$$

$$W_r = 189360 \text{ kg}$$

الف) جرم سخت (W_1) :

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

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

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

$$\text{دیوار طولی } \frac{H}{L} = \frac{5}{20} = 0.25 \left\{ \begin{array}{l} W_1 = 0.288W = 0.288 \times 1500000 = 432000 \text{ kg} \\ h_1 = 0.375h = 0.375 \times 5 = 1.875 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$\text{دیوار عرضی } \frac{H}{L} = \frac{5}{15} = 0.33 \left\{ \begin{array}{l} W_1 = 0.381w = 0.381 \times 1500000 = 571500 \text{ kg} \\ h_1 = 0.375h = 0.375 \times 5 = 1.875 \text{ m} \end{array} \right.$$

ب) جرم موج (W_2) :

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

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

$$\text{دیوار طولی } \frac{H}{L} = 0.25 \left\{ \begin{array}{l} W_2 = 0.695 \times 1500000 = 1042500 \text{ kg} \\ h_2 = 0.524 \times 5 = 2.62 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$\text{دیوار عرضی } \frac{H}{L} = 0.33 \left\{ \begin{array}{l} W_2 = 0.617 \times 1500000 = 925500 \text{ kg} \\ h_2 = 0.541 \times 5 = 2.71 \text{ m} \end{array} \right.$$

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

$$A=0.3, R=3.5, I=1.4$$

زمین نوع یک و در مسجد سلیمان

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

بنابراین مخزن باید حداقل به میزان ۴۵ سانتی متر کمتر آبرگیری شود تا هنگام ارتعاش فشاری روی سقف ایجاد نشود.

گام ۸- محاسبه نیروی جانبی ناشی از جرم سخت :

الف) دیوار طولی :

$$P_r = C_1 W_r = 0.3 \times 189360 = 56808 \text{ kg}$$

$$P_w = C_1 W_w = 0.3 \times 120000 = 36000 \text{ kg}$$

$$P_1 = C_1 W_1 = 0.3 \times 432000 = 129600 \text{ kg}$$

$$P_r = C_1 W_r = 0.3 \times 18360 = 56808 \text{ kg}$$

$$P_w = C_1 W_w = 0.3 \times 90000 = 27000 \text{ kg}$$

$$P_1 = C_1 W_1 = 0.3 \times 571500 = 171450 \text{ kg}$$

ب) دیوار عرضی :

گام ۹- محاسبه نیروی جانبی ناشی از جرم موج :

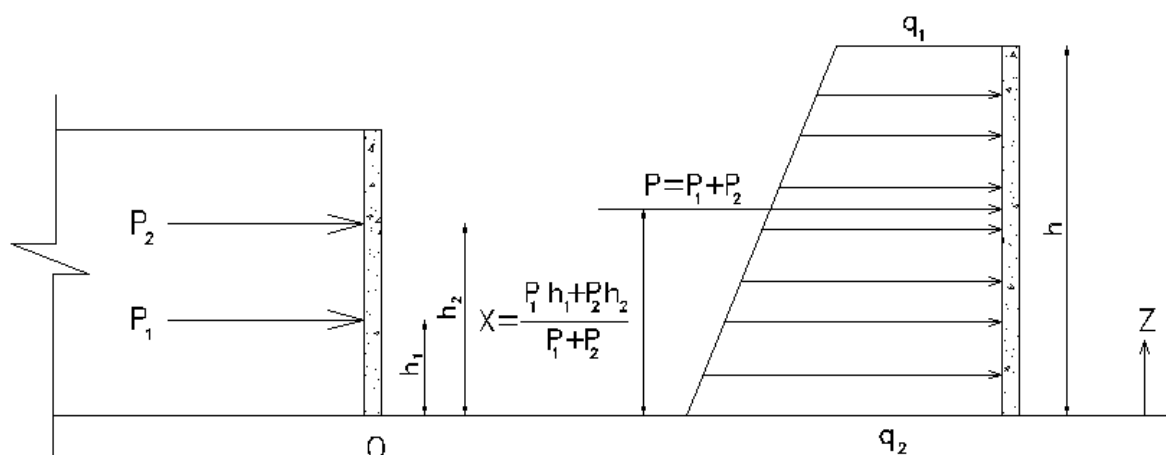
الف) دیوار طولی :

$$P_2 = C_2 W_2 = 0.05 \times 1042500 = 52125 \text{ kg}$$

ب) دیوار عرضی :

$$P_2 = C_2 W_2 = 0.06 \times 925500 = 55530 \text{ kg}$$

گام ۱۰- محاسبه فشار دینامیکی سیال (F_d) :



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

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

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

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

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

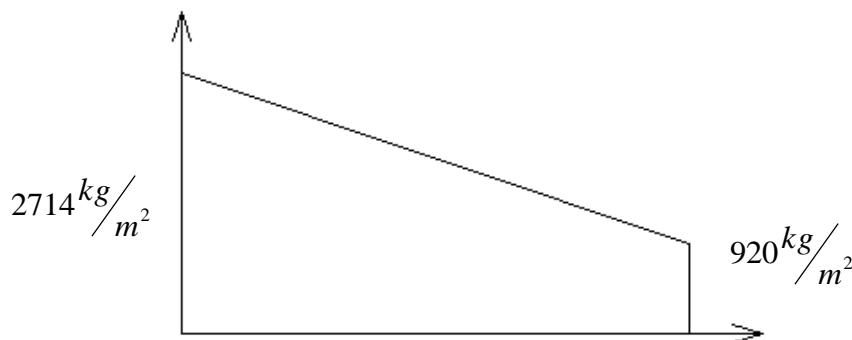
الف) دیوار طولی :

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

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

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

$$F_d = -359z + 2714$$



ب) دیوار عرضی :

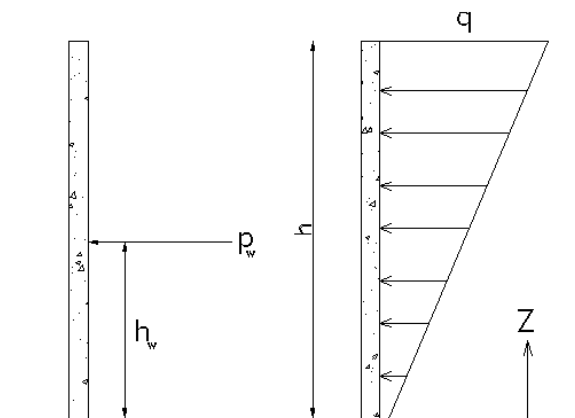
$$\begin{cases} q_1 + q_2 = \frac{2(P_1 + P_2)}{hl} \Rightarrow q_1 + q_2 = \frac{2(171450 + 55530)}{5 \times 15} \\ 2q_1 + q_2 = \frac{6(P_1 h_1 + P_2 h_2)}{h^2 l} \Rightarrow 2q_1 + q_2 = \frac{6(171450 \times 1.875 + 55530 \times 2.71)}{25 \times 15} \end{cases}$$

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

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

$$F_d = -611z + 4554$$

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



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

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

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

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

الف) دیوار طولی :

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

ب) دیوار عرضی :

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

• 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) :

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

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

لنگر منفی در پای دیوار در جهت y :

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

لنگر مثبت در وسط دیوار در جهت x :

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

برش در کف :

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

لنگر در ارتفاع 2.5 متر از کف :

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

(۲) تحلیل دینامیکی دیوارهای طولی :

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

$$M_d = P_1 h_1 + P_2 h_2$$

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

$$m_d = \frac{379567}{20} = 18978 \text{ kg.m/m}$$

لنگر در واحد طول دیوار

$$V_d = P_1 + P_2$$

$$V_d = 129600 + 52125 = 181725 \text{ kg}$$

$$v_d = \frac{181725}{20} = 9086 \text{ kg/m}$$

برش در واحد طول دیوار

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

$$M_{EQ} = P_w h_w$$

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

$$m_{EQ} = \frac{78120}{20} = 3906 \text{ kg.m/m}$$

لنگر در واحد طول دیوار

$$V_{EQ} = P_w$$

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

$$v_{EQ} = \frac{36000}{20} = 1800 \text{ kg/m}$$

برش در واحد طول دیوار

۳) تحلیل استاتیکی دیوارهای عرضی :

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

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5}{15} = 0.33$$

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

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

$$m_{xmax} = \frac{PL_y^2}{47.57} = \frac{5000 \times 5^2}{47.57} = 2628 \text{ kg.m/m}$$

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

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

۴) تحلیل دینامیکی دیوارهای عرضی :

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

$$M_d = P_1 h_1 + P_2 h_2$$

$$M_d = 171450 \times 1.875 + 55530 \times 2.71 = 471955 \text{ kg.m}$$

$$m_d = \frac{471955}{15} = 31464 \text{ kg.m/m}$$

$$V_d = P_1 + P_2$$

$$V_d = 171450 + 55520 = 226980 \text{ kg}$$

$$v_d = \frac{226980}{15} = 15132 \text{ kg/m}$$

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

$$M_{EQ} = P_w h_w$$

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

$$m_{EQ} = \frac{58590}{15} = 3906 \text{ kg.m/m}$$

$$V_{EQ} = P_w$$

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

$$v_{EQ} = \frac{27000}{15} = 1800 \text{ kg/m}$$

نیرو و لنگر ناشی از کشش مستقیم در طول دیوار :

$$T_s = 0.27 \gamma_w H^2 = 0.27 \times 1 \times 5^2 = 6.75 \text{ t/m} = 6750 \text{ kg/m}$$

$$M_s = 0.053 \gamma_w H^3 = 0.053 \times 1 \times 5^3 = 6.63 \text{ t.m/m} = 663000 \text{ kg.m/m}$$

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

$$T_d = 0.27 \times 0.75 \times 5^2 = 5.1 \text{ t/m} = 5100 \text{ kg/m}$$

$$M_d = 0.053 \times 0.75 \times 5^3 = 4.97 \text{ t.m/m} = 497000 \text{ kg.m/m}$$

کام ۱۳ - طراحی :

۱- کنترل تنشی برشی :

$$V_c = 0.18 \sqrt{f_c} \leq 0.84 \text{ N/mm}^2$$

$$V_c = 0.18 \sqrt{21} = 0.82 \text{ N/mm}^2 = 8.2 \text{ kg/cm}^2$$

الف) ديوار طولی :

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

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

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

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

ب) ديوار عرضی :

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

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

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

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

۲- نیروی محوری کششی :

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

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

$$T_u = 0.75(1.7T_s + 1.87T_d) = 0.75(1.7 \times 6.75 + 1.87 \times 5.1) = 15.76 \text{ t/m} = 15760 \text{ kg/m}$$

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

Use $\phi 16 @ 25 \text{ cm}$

۳- لنگر خمشی :

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

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

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

الف) طراحی آرماتورهای قائم دیوار طولی :

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

$$b = 100$$

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

$$d = 60 - 7 = 53 \text{ cm}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\rho_1 = 0.133 \quad \rho_2 = 0.0069$$

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

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

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

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

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

Use $\phi 26 @ 15 \text{ cm}$

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

$$b = 100$$

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

$$d = 40 - 7 = 33 \text{ cm}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\rho_1 = 0.136 \quad \rho_2 = 0.0038$$

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

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

$$A_s = \rho b d = 0.0047 \times 100 \times 37 = 15.51 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Use $\phi 20 @ 15 \text{ cm}$

(ب) طراحی آرماتورهای قائم دیوار عرضی :

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

$$d = 53 \text{ cm}$$

$$M_s = 15432 \text{ kg.m/m}$$

$$M_d = 31464 \text{ kg.m/m}$$

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

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

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

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

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

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

$$\rho_1 = 0.131 \quad \rho_2 = 0.0088$$

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

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

$$A_s = \rho b d = 0.0088 \times 100 \times 53 = 46.64 \text{ cm}^2/m$$

Use $\phi 32 @ 15 \text{ cm}$

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

$$d = 33 \text{ cm}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\rho_1 = 0.134 \quad \rho_2 = 0.0063$$

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

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

$$A_s = \rho b d = 0.0063 \times 100 \times 33 = 20.79 \text{ cm}^2/m$$

Use $\phi 22 @ 15 \text{ cm}$

ج (طراحی آرماتورهای افقی :

$$d = 45 \text{ cm}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\rho_1 = 0.137 \quad \rho_2 = 0.0026$$

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

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

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

Use $\phi 20 @ 12.5 \text{ cm}$

گام ۱۵) تحلیل با نرم افزار SAP2000 :

(۱) لنگر افقی (M_{11}):

$$COMBO1 = 1403415 \text{ kg.m/m}$$

$$COMBO2 = 1052561 \text{ kg.m/m}$$

$$COMBO3 = 1052561 \text{ kg.m/m}$$

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

$$COMBO5 = 1052561 \text{ kg.m/m}$$

(۲) لنگر قائم (M_{22}):

$$COMBO1 = 3460090 \text{ kg.m/m}$$

$$COMBO2 = 2595067 \text{ kg.m/m}$$

$$COMBO3 = 2595067 \text{ kg.m/m}$$

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

$$COMBO5 = 2978630 \text{ kg.m/m}$$

گام ۱۶) کنترل :

(۱) آرماتورهای افقی نیمه پایین دیوار :

$$d = 45 \text{ cm}$$

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

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

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

$$\rho_1 = 0.137 \quad \rho_2 = 0.003$$

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

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

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

Use $\phi 20 @ 12.5 \text{ cm}$

(۲) آرماتورهای قائم نیمه پایین دیوار :

$$d = 53 \text{ cm}$$

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

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

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

$$\rho_1 = 0.132 \quad \rho_2 = 0.0072$$

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

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

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

Use $\phi 30 @ 15 \text{ cm}$

گام ۱۷ - تعیین فولاد حرارتی :

الف (درصد فولاد بحرانی (ρ_{cr})) :

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

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

ب (کرنش حرارتی (ε_t)) :

$$\varepsilon_t = \frac{1}{2}\alpha(T_1 + T_2)$$

$$\alpha = 11 \times 10^{-6}$$

$$\text{دیوار با ضخامت بیش از } 50 \text{ سانتی متر (سازه نوع ۲)} \quad \left\{ \begin{array}{l} T_1 = 40^\circ \\ T_2 = 0 \end{array} \right\}$$

$$\text{بتن کف} \quad \left\{ \begin{array}{l} T_1 = 40^\circ \\ T_2 = 25^\circ \end{array} \right\}$$

$$\text{دیوار} \quad \varepsilon_t = \frac{1}{2} \times 11 \times 10^{-6} \times 40 = 0.00022$$

$$\text{کف} \quad \varepsilon_t = \frac{1}{2} \times 11 \times 10^{-6} \times (40 + 25) = 0.00036$$

د (درصد فولاد حرارتی (ρ)) :

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

$$B \text{ در محیط } w = 0.2 \text{ mm} \Rightarrow \text{دیوار} \quad \rho = \frac{0.67 \times 0.00022 \times 16}{2 \times 0.2} = 0.0059 > \rho_{cr} \quad \text{ok}$$

$$C \text{ در محیط } w = 0.3 \text{ mm} \Rightarrow \text{کف} \quad \rho = \frac{0.67 \times 0.00036 \times 16}{2 \times 0.3} = 0.0064 > \rho_{cr} \quad \text{ok}$$

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

A_s نیمه پایین دیوار در وجه تماس با آب :

$$\text{دیوار طولی } \phi 30 @ 15 \text{ cm} \Rightarrow A_s = 49.48 \text{ cm}^2$$

$$\text{دیوار عرضی } \phi 26 @ 15 \text{ cm} \Rightarrow A_s = 37.16 \text{ cm}^2$$

A_s نیمه بالای دیوار در وجه تماس با آب :

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

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

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

A_s در وجه تماس با محیط :

ρ نیمه پایین دیوار :

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

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

ρ نیمه بالای دیوار :

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

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

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 :

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \times 10^6}{2.18 \times 10^5} \approx 9$$

$$b = 100$$

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

$$d = 60 - 7 = 53 \text{ cm}$$

$$A_s = 49.48 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$x^2 + \frac{2 \times 9 \times 49.48}{100} x - \frac{2 \times 9 \times 49.48 \times 53}{100} = 0$$

$$x^2 + 8.91x - 472 = 0$$

$$x = 17.72 \text{ cm}$$

$$f_s = 0.475 f_y \Rightarrow f_s = 0.475 \times 3000 = 1425 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_1 = \frac{60 - 17.72}{53 - 17.72} \cdot \frac{1425}{2 \times 10^6} = 0.00085$$

$$\varepsilon_m = 0.00085 - \frac{0.7 \times 100 \times 60}{49.48 \times 1425} = -0.0587$$

مقطع ترک نمی خورد .

ب) در وجه تماس با آب نیمه بالای دیوار :

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \times 10^6}{2.18 \times 10^5} \approx 9$$

$$b = 100$$

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

$$d = 40 - 7 = 33 \text{ cm}$$

$$A_s = 26.61 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$x^2 + \frac{2 \times 9 \times 26.61}{100} x - \frac{2 \times 9 \times 26.61 \times 33}{100} = 0$$

$$x^2 + 4.79x - 158.1 = 0$$

$$x = 10.4 \text{ cm}$$

$$f_s = 0.475 f_y \Rightarrow f_s = 0.475 \times 3000 = 1425 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_1 = \frac{40 - 10.4}{33 - 10.4} \cdot \frac{1425}{2 \times 10^6} = 0.00093$$

$$\varepsilon_m = 0.00093 - \frac{0.7 \times 100 \times 40}{26.61 \times 1425} = -0.0413$$

مقطع ترک نمی خورد .

۲- دیوار عرضی :

الف) در وجه تماس با آب نیمه پایین دیوار :

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \times 10^6}{2.18 \times 10^5} \approx 9$$

$$b = 100$$

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

$$d = 60 - 7 = 53 \text{ cm}$$

$$A_s = 37.16 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$x^2 + \frac{2 \times 9 \times 37.16}{100} x - \frac{2 \times 9 \times 37.16 \times 53}{100} = 0$$

$$x^2 + 6.69x - 354.51 = 0$$

$$x = 15.78 \text{ cm}$$

$$f_s = 0.475 f_y \Rightarrow f_s = 0.475 \times 3000 = 1425 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_1 = \frac{60 - 15.78}{53 - 15.78} \cdot \frac{1425}{2 \times 10^6} = 0.00085$$

$$\varepsilon_m = 0.00085 - \frac{0.7 \times 100 \times 60}{37.16 \times 1425} = -0.0785$$

مقطع ترک نمی خورد .

ب) در وجه تماس با آب نیمه بالای دیوار :

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \times 10^6}{2.18 \times 10^5} \approx 9$$

$$b = 100$$

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

$$d = 40 - 7 = 33 \text{ cm}$$

$$A_s = 22 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$x^2 + \frac{2 \times 9 \times 22}{100} x - \frac{2 \times 9 \times 22 \times 33}{100} = 0$$

$$x^2 + 3.96x - 130.68 = 0$$

$$x = 9.62 \text{ cm}$$

$$f_s = 0.475 f_y \Rightarrow f_s = 0.475 \times 3000 = 1425 \text{ kg/cm}^2$$

$$\epsilon_1 = \frac{40 - 9.62}{33 - 9.62} \cdot \frac{1425}{2 \times 10^6} = 0.00093$$

$$\epsilon_m = 0.00093 - \frac{0.7 \times 100 \times 40}{22 \times 1425} = -0.0884$$

مقطع ترک نمی خورد .

کام 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 U2,U3

	Design Rebar	Shear Uu	Shear phi*Uc	Shear phi*Us	Shear Up
Major Shear(U2)	5.273E-04	6639.435	11719.870	5082.666	0.000
Minor Shear(U3)	0.000	0.000	11719.870	0.000	0.000

JOINT SHEAR DESIGN

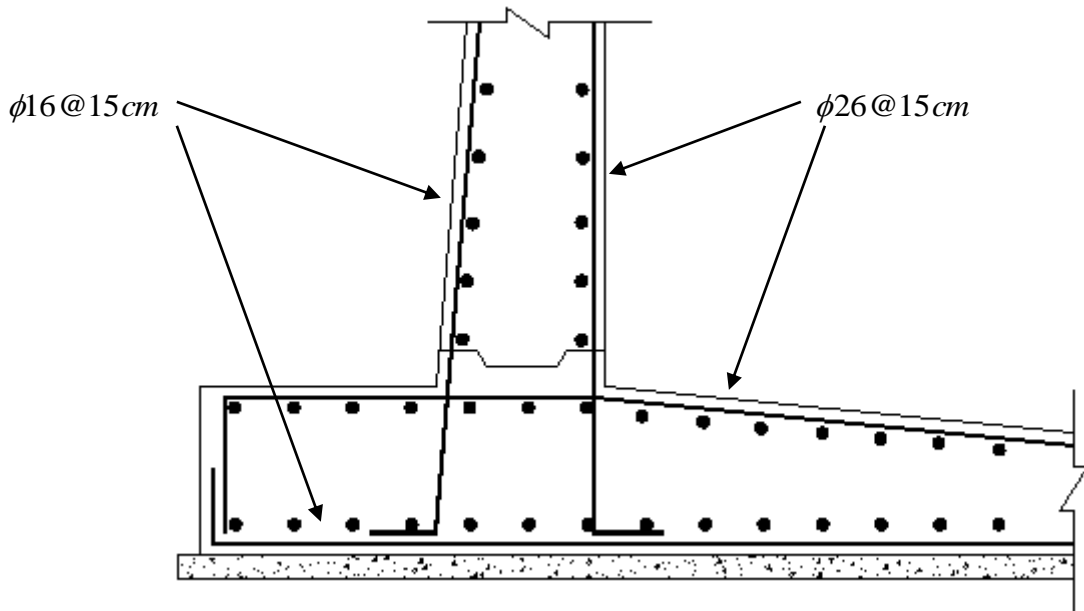
	Joint Shear Ratio	Shear UuTop	Shear UuTot	Shear phi*Uc	Joint Area
Major Shear(U2)	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
Minor Shear(U3)	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C

Longitudinal Reinforcin g Use 16φ24 + Shear Reinforcin g Use in Center Column φ10 @ 20cm and Use in 1m from Top and bottom Column φ10 @ 10cm

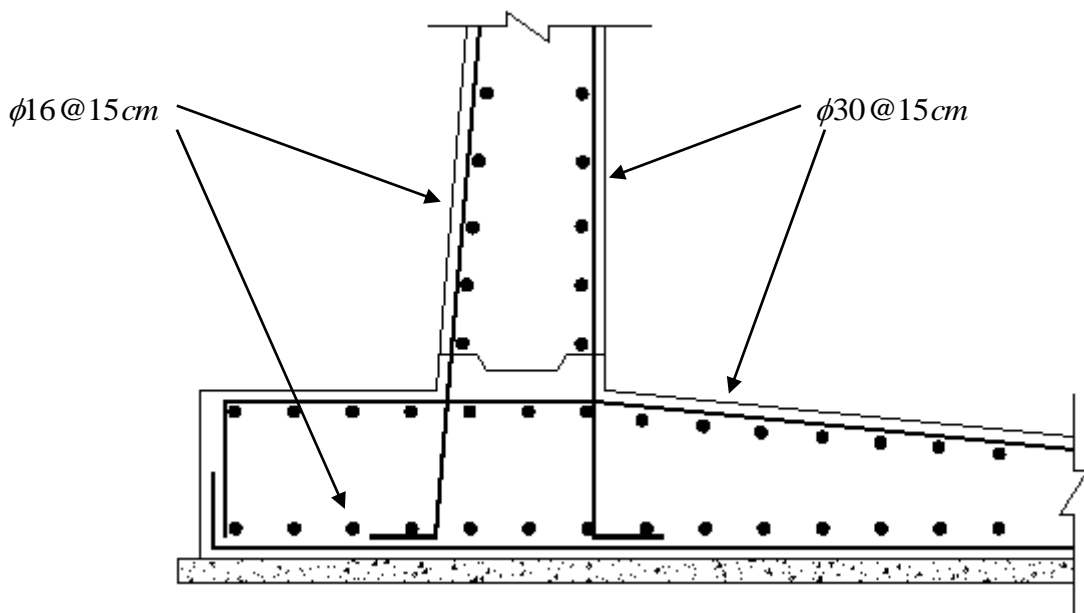
گام ۲۰- طراحی آرماتورهای کف زیر دیوارها :

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