

۱. تیر مستطیل شکلی به دهانه ۱۰ متر، وزن خود، بار مرده سقف ۱۴.۵ kN/m و بار زنده ۲۵.۵ kN/m را تحمل می کند. ابعاد تیر و میزان فولاد کششی مورد نیاز را محاسبه کنید (۵ نمره).

$$f_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

۲۲۲۸۰

$$\left(h \right) \frac{l}{16} = \frac{10000}{16} = 625 \text{ mm}, b = .5h = 313 \text{ mm}$$

۱. محاسبه لنگر طراحی

وزن بر روی تیر

$$q_D = 14.5 + 5.7 = 20.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_D = \frac{q_D l^2}{8} = \frac{20.2 \times 10^2}{8} = 253 \text{ kN.m}$$

$$q_L = 25.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad M_L = \frac{25.5 \times 10^2}{8} = 319 \text{ kN.m}$$

$$M_u = 1.25 M_D + 1.5 M_L = 1.25 \times 253 + 1.5 \times 319 = 795 \text{ kN.m}$$

۲. تعیین ابعاد هندسی مقطع

$$bd^2 = \frac{M_u}{\rho f_{yd} (1 - .5 \rho m)}$$

$$m = \frac{f_{yd}}{.85 f_{cd}} = \frac{.85 \times 420}{.85 \times (.6 \times 25)} = \frac{357}{.85 \times 15} = 28$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = .003 < \rho = .015 < \rho_b = .85 \rho \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{.85 \times .85 \times 15}{600 + 420} \times \frac{600}{357} = .018$$

معاقل

$$bd^2 = \frac{M_u}{.015 \times 357 (1 - .5 \times .015 \times 28)} = .236 M_u = .236 \times 795 \times 10^6 = 187923271 \text{ mm}^3$$

$$d = h - 60$$

$$h - 90 = 650 - 90 = 560 \text{ mm}$$

$$bd^2 = 350 \times 560^2 = 109'760'000 \text{ mm}^3$$

$$h = 900 \text{ mm}, d = 810 \text{ mm}, b = 400 \text{ mm}$$

$$bd^2 = 400 \times 810^2 = 262'440'000 \text{ mm}^3 > 187'923'271 \text{ mm}^3$$

۳- اصلاح بار مرده و M_u

$$q_D = 14.5 + 25(.9 \times .4) = 14.5 + 8.75 = 23.25 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$M_D = \frac{23.25 \times 10^2}{8} = 291 \text{ KN.m}$$

$$M_u = 1.25 \times 291 + 1.5 \times 319 = 842 \text{ KN.m}$$

$$b = 400, d = 810 \text{ mm}$$

A_s - b - ϵ

$$M_u = C(d - \frac{a}{2}) = .85 f_{cd} a b (d - \frac{a}{2})$$

$$842 \times 10^6 = .85 \times 15 \times 400 \times a (810 - \frac{a}{2})$$

$$.5 a^2 - 810 a + 1650980 = 0 \quad a = 810 \pm 571 = 239 \text{ mm}$$

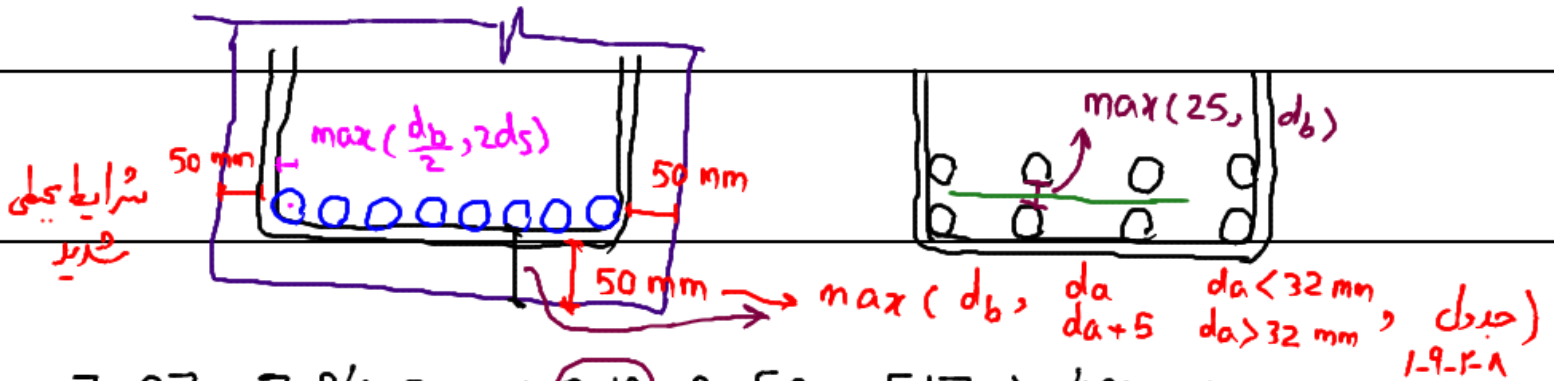
$$M_u = C(d - \frac{a}{2})$$

$$M_u = 1 \left(d - \frac{a}{2} \right) = f_{yd} A_s \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$A_s = \frac{M_u}{f_{yd} \left(d - \frac{a}{2} \right)} = \frac{842 \times 10^6}{357 \left(810 - \frac{239}{2} \right)} = 3416 \text{ mm}^2$$

$\cdot 85 \times 810$

use $8 \Phi 24 = 8 \times 452 = 3619 > 3416 \text{ mm}^2$



$$b_{\min} = 7 \times 27 + 7 \times 24 + 2(2 \times 10) + 2 \times 10 + 2 \times 50 = 517 > 400 \text{ mm}$$

$\rightarrow \max(25, 1.33d_{ag}, d_b)$

$\rightarrow 20$ (for d_{ag})

$\rightarrow 24$ (for d_b)

$$b_{\min} = 3 \times 27 + 3 \times 24 + 2(20) + 2 \times 10 + 2 \times 50 = 313 < 400 \text{ mm}$$

$$s = \frac{400 - 3 \times 24 + 2(20) + 2 \times 10 + 2 \times 50}{3} = 56 \text{ mm}$$

$$d = 900 - 50 - \max(25, d_b) - 24 - \frac{25}{2} = 804 \text{ mm}$$

$\rightarrow 24$ (for $\max(25, d_b)$)

د - کنترل ماکس حدائق

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{420} = 0.0033 \quad A_{s, \min} = 0.0033 \times 400 \times 804 = 1072 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 3619 > 1072 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$b = 400, d = 804, A_s = 3619 \text{ mm}^2 \quad M_r \quad \text{حساب ظرفیت مقطع}$$

$$C = T \rightarrow .85 f_{cd} a b = f_{yd} A_s$$

$$.85 \times 15 \times a \times 400 = 357 \times 3619$$

$$a = 253 \text{ mm}$$

$$M_r = T \left(d - \frac{a}{2} \right) = f_{yd} A_s \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 357 \times 3619 \left(804 - \frac{253}{2} \right) = 875 > 842 \text{ kN.m}$$

لا، کنترل شکل پذیری

$$a = 253 \rightarrow \chi = \frac{a}{\beta_1} = \frac{253}{.85} = 298 \text{ mm}$$

$$\frac{\chi}{d} = \frac{298}{804} = .37 < \left(\frac{\chi}{d} \right)_{\text{lim}} = \frac{\chi_b}{d} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_y} = \frac{600}{600 + f_y} = \frac{600}{600 + 420} = .59$$

o.k

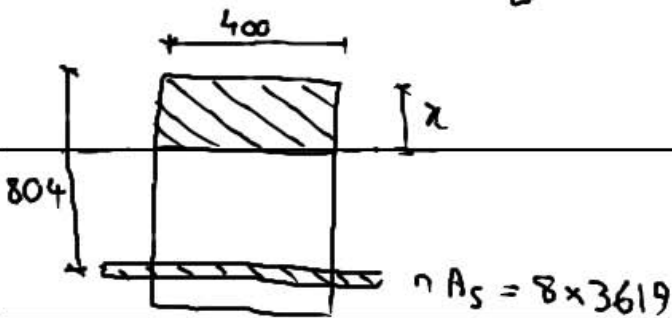
خلاق طراحی:

$$M_u \rightarrow b, d \rightarrow M_u \rightarrow A_s \rightarrow d \rightarrow A_{s, \text{min}} \rightarrow M_r \rightarrow \frac{\chi}{d}$$

$$h = 900 \text{ mm}, b = 400 \text{ mm}, d = 804 \text{ mm}, A_s = 8\Phi 24 \quad 56 \text{ mm} \text{ باطله}$$

۱۸ کنترل ترک خوردگی آبا ۱۴-۳-۲۰۲۰

① $M_s = M_D + M_L = 291 + 319 = 610 \text{ kN.m}$ *لنگر مورداری*



حاسب مستقیماً مقطع ترک خورد

② $n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200\ 000}{5000 \sqrt{f_c}} = 8$

$$\frac{400 \times x^2}{2} - 8 \times 3619 \times (804 - x)$$

$$x^2 + 144.76x - 116387 = 0 \quad x = \frac{-144.76 \pm 697.5}{2} = 276 \text{ mm}$$

$$I_{cr} = \frac{400 \times 276^3}{3} + (8 \times 3619) \times \frac{(804 - 276)^2}{528} = 1.087 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

③ $f_s = \frac{n M_s y_{sb}}{I_{cr}} = \frac{8 \times (610 \times 10^6) \times 528}{1.087 \times 10^{10}} = 237 \text{ MPa}$ *حاسب تنش در میلگرد*

$$f_s = 237 < .6 f_y = .6 \times 420 = 252 \text{ MPa}$$

④ $w = 13 \times 10^{-6} f_s^3 \sqrt{d_c} A$ (1-۲-۳-۱۴ (۱)) *حاسب عرض ترک*

$$d_c = 50 + 10 + \frac{24}{2} = 72 \text{ mm}$$

$$A = \frac{(2 \times 96) \times 400}{n} = 9600 \text{ mm}^2$$

$n \leftarrow 8$



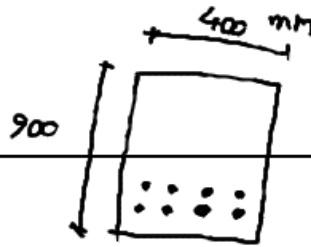
$$W = 13 \times 10^{-6} \times 252 \sqrt[3]{72 \times 9600} = .29 \text{ mm} < .35 \text{ mm} \text{ o.k.}$$

9. کنترل تغییر شکل آبی و درازمدت

$$q_D = 23.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_L = 25.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\delta_i = \frac{5}{384} \frac{q l^4}{E I_e}$$



$$I_g = \frac{b h^3}{12} = \frac{400 \times 900^3}{12} = 2.43 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_{cr} = 1.087 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$M_a = M_s = 610 \text{ kN.m}$$

$$E_c = 5000 \sqrt{f_c} = 5000 \sqrt{25} = 25 \text{ GPa}$$

$$E I_e$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} = \frac{3 \times (2.43 \times 10^{10})}{450} = 162 \text{ kN.m}$$

$\rightarrow \frac{h}{2}$

$$f_r = .6 \sqrt{f_c} = .6 \sqrt{25} = 3 \text{ MPa}$$

$$I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 < I_g$$

رابطه (1-14) آبی

$$I_e = 1.087 \times 10^{10} + (2.43 \times 10^{10} - 1.087 \times 10^{10}) \left(\frac{162}{610} \right)^3 = 1.112 \times 10^{10} < 2.43 \times 10^{10}$$

نه منتهی

$$q_p = q_D + .2 q_L = 23.25 + .2 \times 25.5 = 28.35 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

4

$$\delta_{i,p} = \frac{5}{384} \frac{q_p l^4}{E_c I_e} = \frac{5}{384} \times \frac{28.35 \times 10000}{(25 \times 10^3)(1.112 \times 10^{10})} = 13.3 \text{ mm}$$

که همیشه

$$\lambda = \frac{\xi}{1+50\rho'} = \frac{2}{1+50 \times 0} = 2 \quad \text{آیا رابط (ع-۱۴)}$$

$$\delta_{sus} = \delta_{i,p} + \lambda \delta_{i,p} = 3 \times 13.3 = 39.8 \text{ mm}$$

$$\delta_{i,v} = \frac{5}{384} \frac{q_v l^4}{E I_e} = 9.6 \text{ mm}$$

تحت بار گذرا

$$\delta_{total} = \delta_{sus} + \delta_{i,v} = 39.8 + 9.6 = 49.4 \text{ mm} \quad \text{تفاوت مجاز}$$

گذرا (دائمی) همیشه (دائمی + دراز مدت)

آیا مجاز است؟

بافرض آیین بار مرده قبل از رفت جدا سازها بر سازه وارد می شود

$$q_{D'} = 7 \times 23.25 = 16.275 \text{ KN/m}$$

$$\delta_{i,D'} = 7.6 \text{ mm}$$

$$\delta = \text{افتادگی} = \text{به نازک کاری آسیب برساند} = \delta_{total} - \delta_{i,D'} = 49.4 - 7.6 = 41.8$$

$$\delta = 41.8 < \frac{l}{240} = \frac{10000}{240} = 41.6 \text{ mm}$$

مقادیر مجاز ۱-۴-۲-۱۴

آیا جدول ۱-۴-۲-۱۴

تقریباً قابل قبول

اگر افتادگی زیاد، به نازک کاری آسیب برساند $\delta < \frac{l}{480} = 21$ باشد، که با توجه

به عدم رعایت آن، ابعاد باید اصلاح شود.

