

بخش اول

فصل ۱

- مقدمه

$$\sigma = \frac{32 M}{\pi d^3} \quad 1-8$$

$$= \frac{(32) (300) (10^6)}{\pi (200 \times 10^{-3})^3} = 382 \text{ Mpa}$$

$$\bar{y} = \frac{64 FL^3}{3\pi Ed^4} \quad 1-9$$

$$= \frac{64 (0.45) (10^3) (300 \times 10^{-3})^3}{3\pi (207) (10^9) (19)^4 (10^{-3})^4} = 3060 \text{ } \mu\text{m}$$

$$F = \frac{3\pi Ed^4 \bar{y}}{64 L^3} \quad 1-10$$

$$= \frac{3\pi (207) (10^9) (20 \times 10^{-3})^4 (1.5) (10^{-3})}{64 (250 \times 10^{-3})^3} = 0.468 \text{ KN}$$

$$d = \left(\frac{32 M}{\pi \sigma} \right)^{1/3} \quad 1-11$$

$$= \left\{ \frac{32 (200)}{\pi (150) (10^6)} \right\}^{1/3} \times 10^3 = 23.9 \text{ mm}$$

$$U = \frac{4F^2 D^3 N}{d^4 G} \quad 1-12$$

$$= \frac{4 (4)^2 (11)^3 (10^{-3})^3 (36)}{(1.2)^4 (10^{-3})^4 (79.3) (10^9)}$$

$$= 0.0187 \text{ N.m}$$

$$y = \frac{8FD^3 N}{d^4 G} \quad 1-13$$

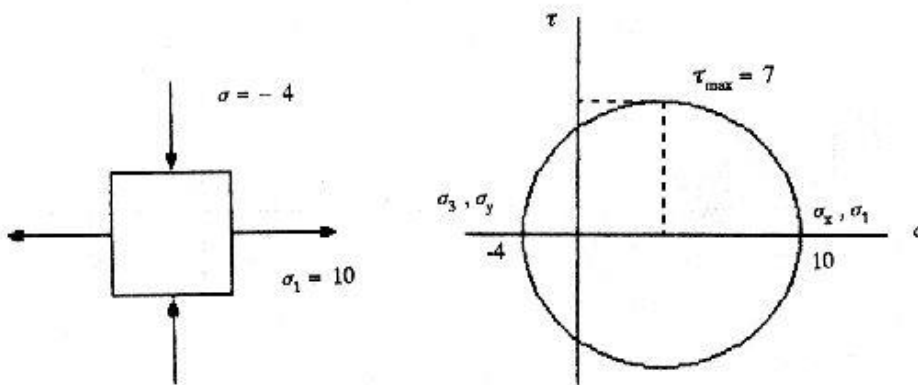
$$= \frac{8 (4) (11) (10^{-3})^3 (36) (10^3)}{(1.2)^4 (10^{-3})^4 (79.3) (10^9)} = 9.32 \text{ mm}$$

فصل ۲

تجزیه تنش

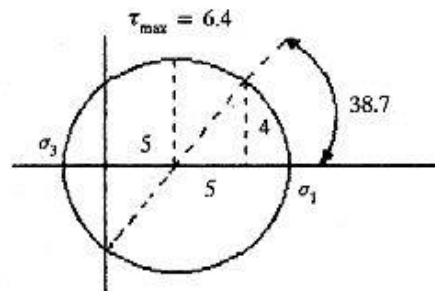
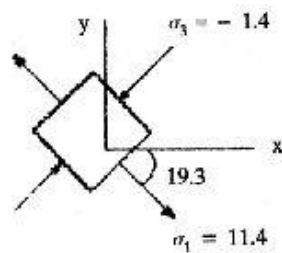
۲-۱

$$\sigma_x = 10 ; \sigma_y = -4 ; \tau_{xy} = 0$$



$$\sigma_x = 10 ; \sigma_y = 0 ; \tau_{xy} = 4 \text{ cw}$$

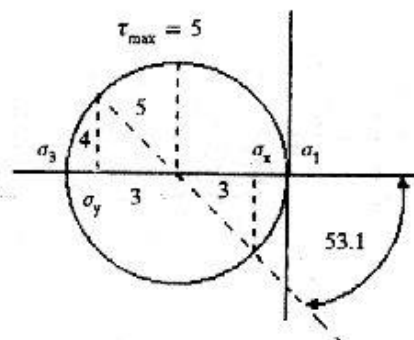
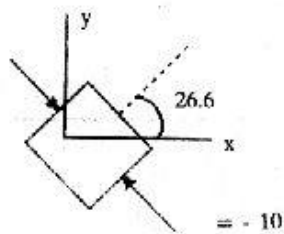
۲-۲



$$2\varphi = \tan^{-1}(4/5) = 38.7^\circ ; \varphi = 19.3^\circ$$

$$\sigma_x = -2 ; \sigma_y = -8 , \tau_{xy} = 4 \text{ ccw}$$

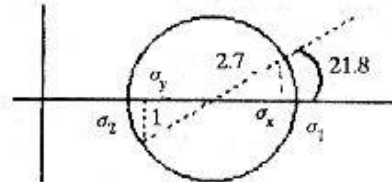
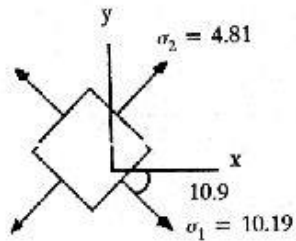
۲-۳



$$2\varphi = \tan^{-1}(4/3) = 53.1^\circ ; \varphi = 26.6^\circ$$

$$\sigma_x = 10 ; \sigma_y = 5 ; \tau_{xy} = 1 \text{ cw}$$

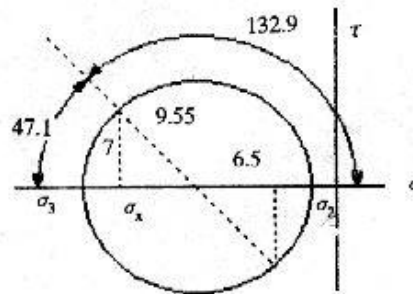
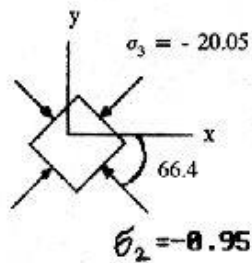
۲-۴



$$2\varphi = \tan^{-1}(4/3) = 21.8 ; \tau_{\max} = 5.1$$

$$\sigma_x = -17 ; \sigma_y = -4 ; \tau_{xy} = 7 \text{ cw}$$

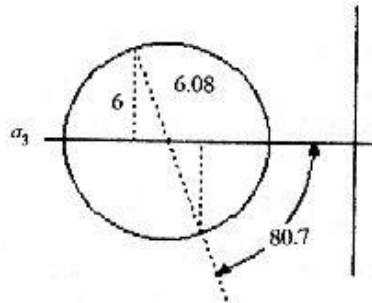
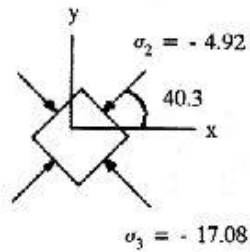
۲-۵



$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_3}{2} = 10$$

$$\sigma_x = -10 ; \sigma_y = -12 ; \tau_{xy} = 6 \text{ ccw}$$

۲-۶

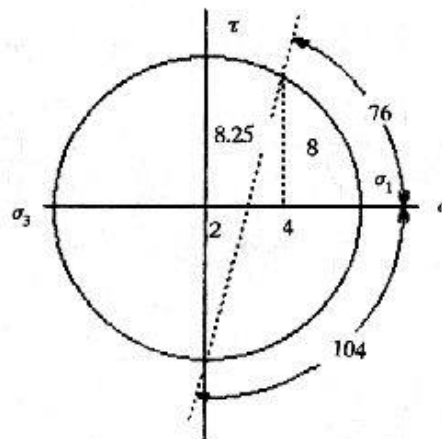
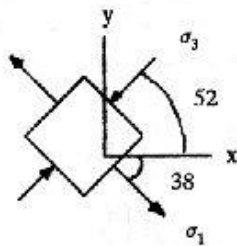


$$\sigma_3 = -17.08$$

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_3}{2} = 8.54 ; 2\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{6.08}{1}\right) ; \varphi = 40.3^\circ$$

$$\sigma_x = 4 ; \sigma_y = 0 ; \tau_{xy} = 8 \text{ cw}$$

τ - ν



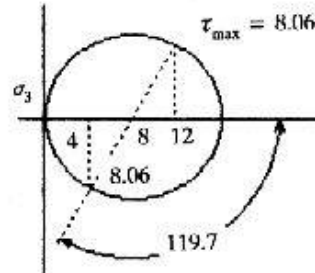
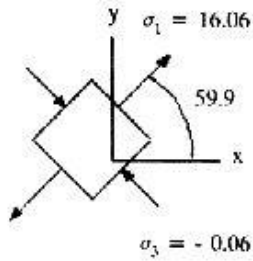
$$\sigma_1 = 10.25$$

$$\sigma_3 = -6.25$$

$$\tau_{\max} = 8.25$$

$$\sigma_x = 4 ; \sigma_y = ; \tau_{xy} = 7 \text{ ccw}$$

۲-۸



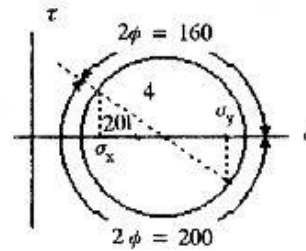
$$\varphi = 100^\circ : \sigma_x = 10 - 4 \cos 20^\circ = 6.24 \text{ Mpa}$$

۲-۹

$$\sigma_y = 10 + 4 \cos 20^\circ = 13.76 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{xy} = 4 \sin 20^\circ = 1.37 \text{ Mpa}$$

همچنین اگر $\varphi = 80^\circ$ ، همان نتایج
بالا را خواهیم داشت.



این مسئله و مسئله ۲-۱۱ در مسائل قبلی حل شده است.

۲-۱۰

$$a) A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (15)^2}{4} = 177 \text{ mm}^2$$

۲-۱۲

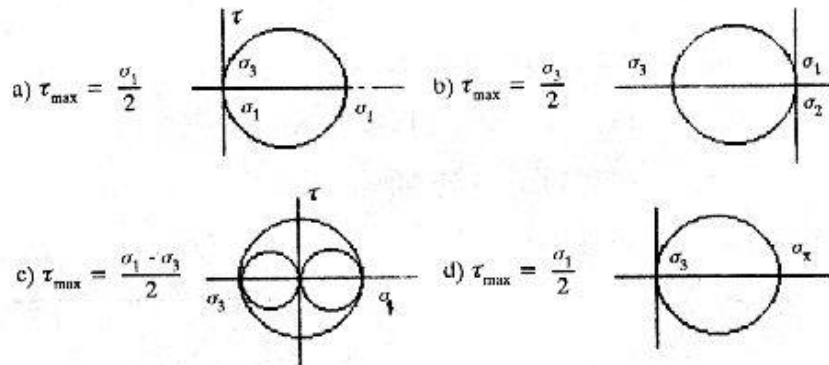
$$\sigma = \frac{-175}{177} = -0.989 \text{ Gpa}$$

$$b) \varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{-0.989}{207} = -4.78 (10^{-3})$$

$$e) \delta_a = \frac{\sigma \cdot L}{E} = \frac{-0.989 (80)}{207} = -0.382 \text{ mm}$$

$$d) \delta = \mu \delta_a = -(0.292) (-0.382) = 0.112 \text{ mm}$$

۲-۱۳



۲-۱۴ (a) براساس تغییر شکل پیچ‌ها

$$\delta = \frac{\sigma \cdot l}{E} \rightarrow A = \frac{F \cdot l}{E \delta}$$

$$A = \frac{50 (10^3) * 900}{(1.5) (200000)} = 37.5 \text{ mm}^2$$

$$d = \left(\frac{4A}{\pi} \right)^{1/2} = \left(\frac{4 * 37.5}{\pi} \right)^{1/2} = 6.91 \text{ mm} \sim 7 \text{ mm}$$

(b) براساس تنش

$$\sigma = \frac{4F}{\pi d^2} \rightarrow d = 12.6 \text{ mm} \sim 13 \text{ mm}$$

$$E = 2 G (1 + \mu) \rightarrow \mu = \frac{E}{2G} - 1 \quad ۲-۱۵$$

$$\mu = \frac{3.4}{2(1.4)} - 1 = 0.214$$

$$\epsilon_3 = \frac{-\mu\sigma_1}{E} - \frac{\mu\sigma_2}{E} = \frac{-2\mu\sigma x}{E} = -2.52 (10^{-4})$$

$$t = 1.2 - 1.2 (2.54) (10^{-4}) = 1.997 \text{ mm}$$

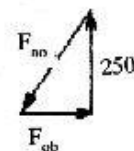
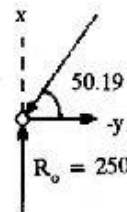
$$\epsilon_x = \frac{\sigma x}{E} - \frac{\mu\sigma y}{E} = \frac{2000}{3.4 (10^6)} (1 - 0.214) = 4.62 (10^{-4})$$

با توجه به شکل داریم

$$250 = F_{Ao} \cdot \sin 50.19$$

$$F_{Ac} = F_{Ao} = \frac{250}{\sin 50.19} = 325 \text{ KN}$$

$$F_{Bc} = F_{oB} = \frac{250}{\tan 50.19} = 208 \text{ KN}$$



۲-۱۶

برای عضوهای OB و Bc داریم: $\delta = \frac{F}{A}$

$$A = \frac{208(10^6)}{50000} = 4160 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{عضو AB}} = \frac{500(10^6)}{50000} = 10000 \text{ mm}^2$$

$$\delta_{\text{OB}} = \delta_{\text{BC}} = \frac{FL}{AE} = \frac{208 (10^3) (5) (10^3)}{4160 (10^{-6}) (207) (10^9)} = 1.208 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{AB}} = \frac{500 (6) (10^3)}{10000 (207)} = 1.45 \text{ mm}$$

$$A_{\text{st}} = \frac{\pi (20)^2}{4} = 314 \text{ mm}^2$$

۲-۱۷

$$A_{\text{al}} = \frac{\pi [(40)^2 - (22)^2]}{4} = 877 \text{ mm}^2$$

$$\delta_{\text{st}} + \delta_{\text{al}} = \frac{1}{3} (2.5) = 0.833 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \frac{FL}{A_{\text{st}} \cdot E_{\text{st}}} + \frac{FL}{A_{\text{al}} \cdot E_{\text{al}}} = 0.833$$

$$L = 0.35 \text{ m} ; E_{\text{st}} = 207 \text{ Gpa} ; E_{\text{al}} = 71 \text{ Gpa} \text{ می دانیم}$$

$$\rightarrow F = 75.7 \text{ KN}$$

$$\sigma_{\text{st}} = \frac{75.7}{314} = 241 \text{ Mpa} ; \sigma_{\text{al}} = -\frac{75.7}{877} = -86.3 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_x = \sigma_y \quad ; \quad \sigma_1, \sigma_2 = \sigma_x \pm \tau_{xy}$$

۲-۱۸

$$\tau_1, \tau_2 = \pm \tau_{xy}$$

$$\rightarrow \varepsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E} - \frac{\gamma\sigma_2}{E} \quad ; \quad \varepsilon_2 = \frac{\sigma_2}{E} - \frac{\gamma\sigma_1}{E}$$

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \frac{2\sigma_x}{E} (1 - \gamma) \quad ; \quad \varepsilon_3 = -\frac{2\sigma_x}{E} \gamma$$

$$\rightarrow \varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3 = \frac{2\sigma_x}{E}$$

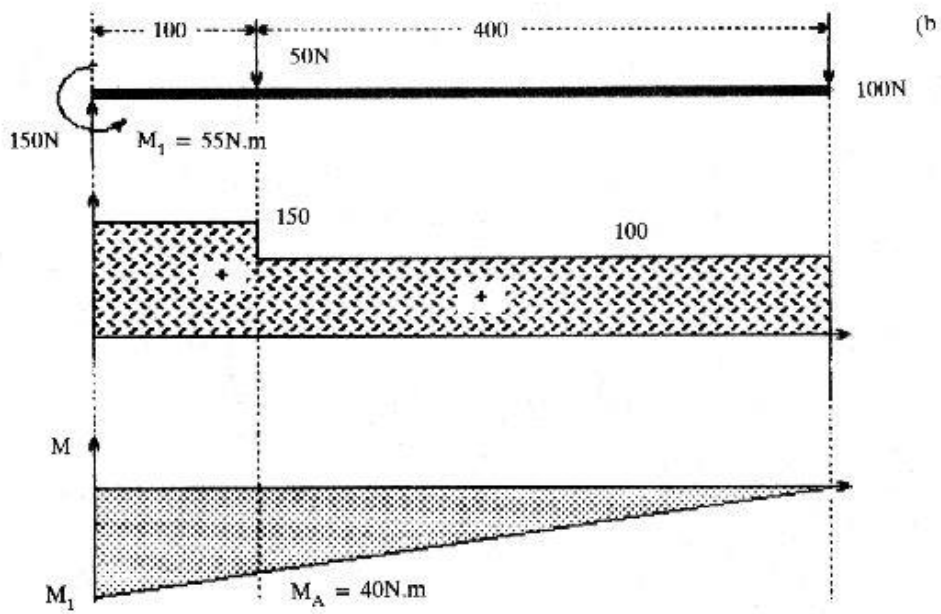
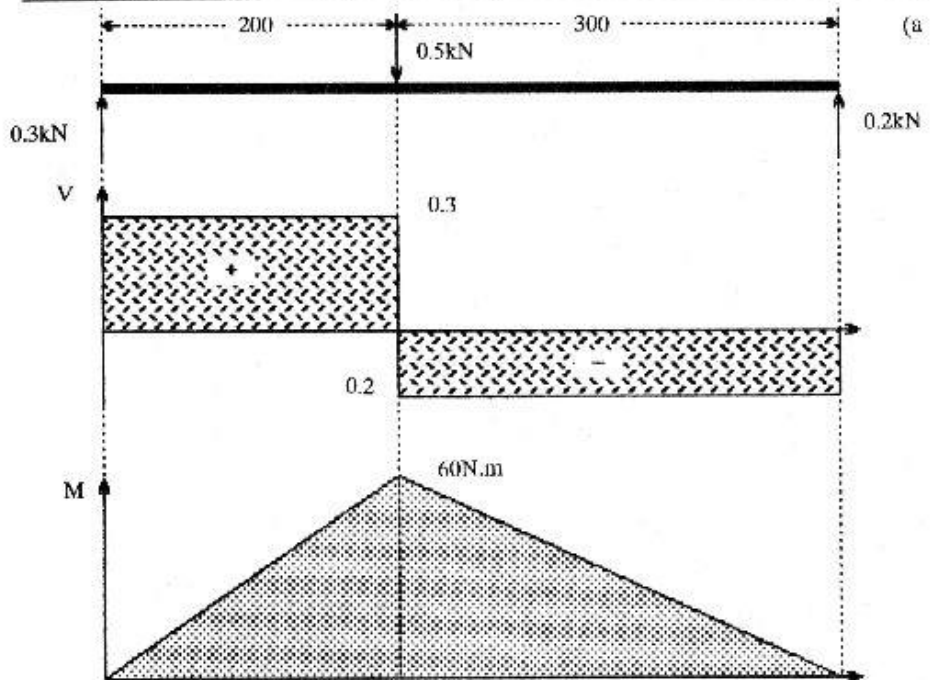
۲-۱۹ فرض می‌کنیم $\sigma_3 = 0$

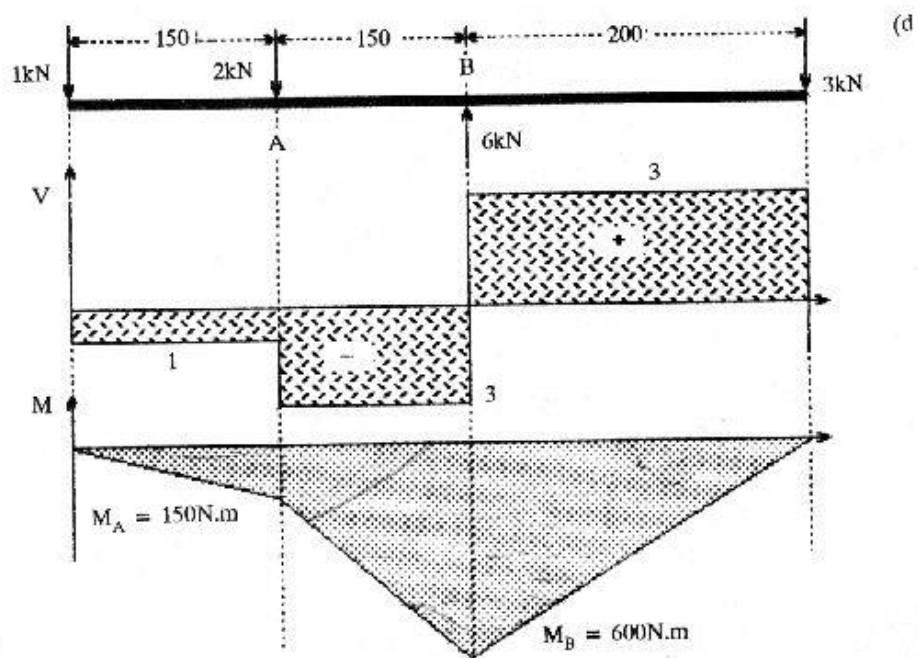
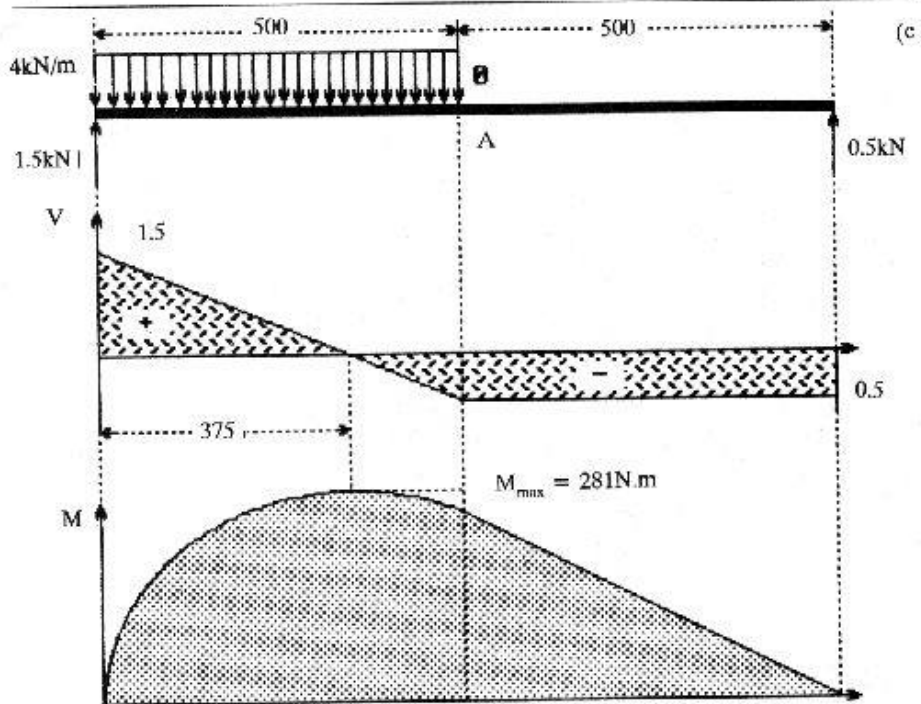
$$\sigma_1 = \frac{E (\varepsilon_1 + \mu\varepsilon_2)}{\lambda - \mu_2} = 425 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_2 = \frac{E (\varepsilon_2 + \mu\varepsilon_1)}{\lambda - \mu^2} = -33.2 \text{ Mpa}$$

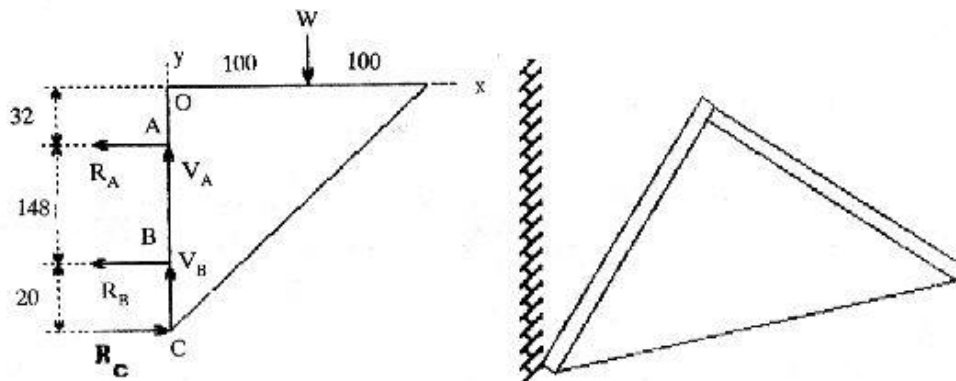
$$\varepsilon_3 = -\frac{\mu}{E} (\sigma_1 - \sigma_2) = -5.53 (10^{-4})$$

۲-۲۰ توضیح اینکه دیاگرامهای مربوط به این مسئله در صفحات بعد آورده شده است.





۲-۲۱ فرض می شود شکست بصورت روبرو باشد.



$$\Sigma F_y = V_A + V_B - W = 0 \quad \text{I}$$

$$\Sigma F_x = -R_A - R_B + R_C = 0 \quad \text{II}$$

$$\Sigma M_O = -100 W - 32 R_A - 180 R_B + 200 R_C = 0 \quad \text{III}$$

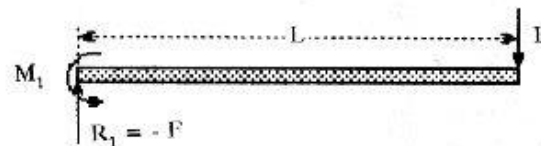
$$V_A = V_B = W/2 \quad ; \quad R_B = 0$$

فرض می کنیم

$$\rightarrow R_A = R_C \quad ; \quad R_A = R_C = 0.593 W$$

(a)

۲-۲۲



$$q = -M_1 \langle x \rangle^{-2} + R_1 \langle x \rangle^{-1} - F \langle x - L \rangle^{-1}$$

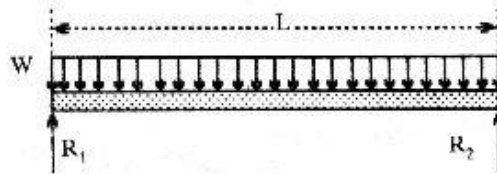
$$V = -M_1 \langle x \rangle^{-1} + R_1 \langle x \rangle^0 - F \langle x - L \rangle^0$$

$$M = -M_1 \langle x \rangle^0 + R_1 \langle x \rangle^1 - F \langle x - L \rangle^1$$

یادرنظر گرفتن بیشترین مقدار برای $(x = L)$ داریم:

$$M_1 = R_1 L = -FL$$

(b)



$$q = R_1 \langle x \rangle^{-1} - W \langle x \rangle^0 + W \langle x - L \rangle^0 + R_2 \langle x - L \rangle^{-1}$$

$$V = R_1 \langle x \rangle^0 - W \langle x \rangle^1 + W \langle x - L \rangle^1 + R_2 \langle x - L \rangle^0$$

$$M = R_1 \langle x \rangle^1 - \frac{W}{2} \langle x \rangle^2 + \frac{W}{2} \langle x - L \rangle^2 + R_2 \langle x - L \rangle^1$$

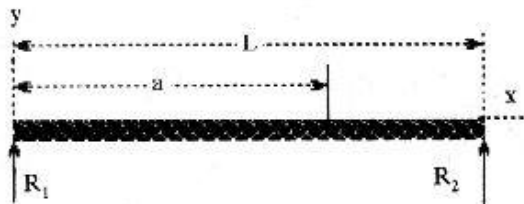
$$x = L \text{ در } V = 0 \rightarrow R_1 = \frac{WL}{2}$$

$$R_2 = \frac{WL}{2}$$

از تقارن داریم

$$q = R_1 \langle x \rangle^{-1} - F \langle x - a \rangle^{-1} + R_2 \langle x - L \rangle^{-1}$$

(a ۲-۲۳)



$$V = R_1 \langle x \rangle^0 - F \langle x - a \rangle^0 + R_2 \langle x - L \rangle^0$$

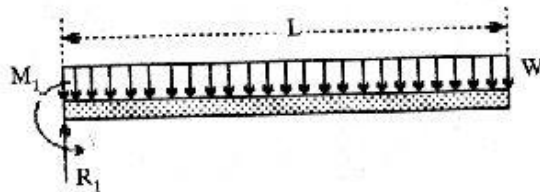
$$M = R_1 \langle x \rangle^1 - F \langle x - a \rangle^1 + R_2 \langle x - L \rangle^1$$

$$x \geq L \text{ در } \rightarrow V = 0 \rightarrow R_1 - F + R_2 = 0$$

$$x \geq L \text{ در } \rightarrow M = 0 \rightarrow R_1 L - F(L - a) = 0$$

$$\rightarrow R_1 = \frac{L - a}{L} F ; R_2 = \frac{a}{L} F$$

(b)



$$q = -M_1 \langle x \rangle^{-2} + R_1 \langle x \rangle^{-1} - w \langle x \rangle^0 + w \langle x - L \rangle^0$$

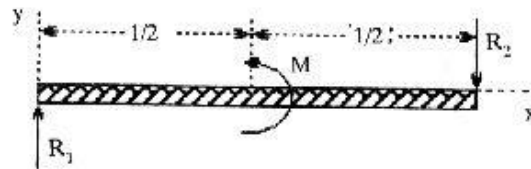
$$V = -M_1 \langle x \rangle^{-1} + R_1 \langle x \rangle^0 - w \langle x \rangle^1 + w \langle x - L \rangle^1$$

$$M = -M_1 \langle x \rangle^0 + R_1 \langle x \rangle^1 - \frac{w}{2} \langle x \rangle^2 + \frac{w}{2} \langle x - L \rangle^2$$

$$x \geq L \text{ در } \rightarrow V = 0 \rightarrow R_1 = wL$$

$$x \geq L \text{ در } \rightarrow M = 0 \rightarrow M_1 = \frac{wL^2}{2}$$

(a) ۲-۲۴



$$q = R_1 \langle x \rangle^{-1} + M \langle x - L/2 \rangle^{-2} - R_2 \langle x - L \rangle^{-1}$$

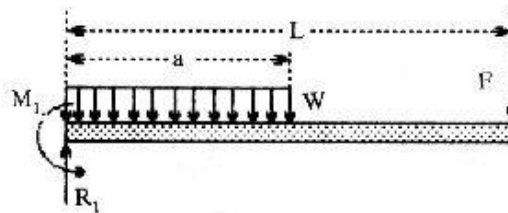
$$V = R_1 \langle x \rangle^0 + M \langle x - L/2 \rangle^{-1} - R_2 \langle x - L \rangle^0$$

$$M = R_1 \langle x \rangle^1 + M \langle x - L/2 \rangle^0 - R_2 \langle x - L \rangle^1$$

$$\text{در } x \geq L \rightarrow V = 0 \rightarrow R_1 = R_2$$

$$\text{در } x \geq L \rightarrow M = 0 \rightarrow R_1 = R_2 = \frac{M}{L}$$

(b)



$$q = -M_1 \langle x \rangle^{-2} + R_1 \langle x \rangle^{-1} - w \langle x \rangle^0 + w \langle x - a \rangle^0 - F \langle x - L \rangle^{-1}$$

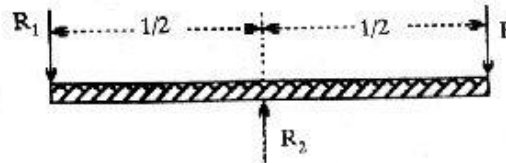
$$V = -M_1 \langle x \rangle^{-1} + R_1 \langle x \rangle^0 - w \langle x \rangle^1 + w \langle x - a \rangle^1 - F \langle x - L \rangle^0$$

$$M = -M_1 \langle x \rangle^0 + R_1 \langle x \rangle^1 - \frac{W}{2} \langle x \rangle^2 + \frac{W}{2} \langle x - a \rangle^2 - F \langle x - L \rangle^1$$

$$\text{در } x \geq L \rightarrow V = 0 \rightarrow R_1 = F + Wa$$

$$\text{در } x \geq L \rightarrow M = 0 \rightarrow M_1 = FL + \frac{Wa^2}{2}$$

(a) ۲-۲۵



$$q = -R_1 \langle x \rangle^{-1} + R_2 \langle x - L/2 \rangle^{-1} - F \langle x - L \rangle^{-1}$$

$$V = -R_1 \langle x \rangle^0 + R_2 \langle x - L/2 \rangle^0 - F \langle x - L \rangle^0$$

$$M = -R_1 \langle x \rangle^1 + R_2 \langle x - L/2 \rangle^1 - F \langle x - L \rangle^1$$

$$\text{در } x \geq L \rightarrow V = 0 \rightarrow 0 = R_1 + R_2 - F$$

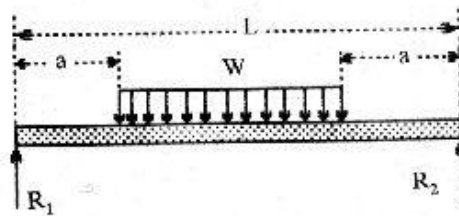
$$\text{در } x \geq L \rightarrow M = 0 \rightarrow 0 = R_1 L + R_2 L/2$$

$$R_1 = F$$

$$R_2 = 2F$$

از حل ۲ معادله و ۲ مجهول فوق نتیجه می‌گیریم:

(b)



$$q = R_1 \langle x \rangle^{-1} - w \langle x - a \rangle^{-1} + w \langle x - (L - a) \rangle^{-1} + R_2 \langle x - L \rangle^{-1}$$

$$V = R_1 \langle x \rangle^0 - w \langle x - a \rangle^1 + w \langle x - (L - a) \rangle^1 + R_2 \langle x - L \rangle^0$$

$$M = R_1 \langle x \rangle^1 - \frac{w}{2} \langle x - a \rangle^2 + \frac{w}{2} \langle x - (L - a) \rangle^2 + R_2 \langle x - L \rangle^1$$

به ترتیب فوق عمل می‌کنیم.

$$W = 22 (650)(10^{-3}) = 14.3 \text{ KN}$$

۲-۲۶

$$R_1 = R_2 = 7.2 \text{ KN}$$

$$M_{\max} = 14.3 (325) - 14.3 (162.5) = 2.3 \text{ KN.m}$$

فرض اول: قطر 50 و ضخامت 6 میلی متر - از جدول A-13 داریم

$$Z = \frac{\pi}{3d} (d^4 - d_1^4) \rightarrow Z = 8.2 (10^{-6}) \text{ m}^3$$

$$\rightarrow M/Z = 280 \text{ Mpa} > 110 \text{ Mpa}$$

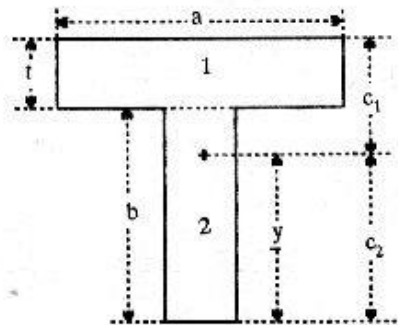
فرض دوم: قطر 75 و ضخامت 6.5 mm

$$\rightarrow Z = 22 (10^{-6}) \text{ m}^3 \rightarrow M/Z = 105 \text{ Mpa} < 110 \text{ Mpa}$$

$$\rightarrow d = 75 \text{ mm}$$

$$t = 7 \text{ mm}$$

۲-۲۷



(a) ابتدا \bar{y} را بترتیب زیر می یابیم:

$$A = (a + b)t$$

سطح مقطع نبشی فوق برابر است با

حل مجموع ممتمهای ۱ و ۲ را نسبت به لیه بالائی بدست می آوریم

$$(a+b)c_1 = \frac{at^2}{2} + bt \left(t + \frac{b}{2}\right) = \frac{b^2 + at + 2bt}{2(a+b)}$$

$$C_2 = \bar{y} = b + t - c_1 = \frac{b^2 - 2ab + at}{2(a+b)}$$

قرار می دهیم $c_2 = 4c_1$ و پس از ساده کردن

$$\rightarrow a = \frac{3b^2 + 8bt}{2b - 3t}$$

$$A = (a+b)t = \left(\frac{3b^2 + 8bt}{2b - 3t} + b\right)t = \frac{5b^2t + 5bt^2}{2b - 3t}$$

$$\frac{dA}{db} = 0 \rightarrow b = \frac{6t \pm \sqrt{36t^2 - 4(2)(-3t^2)}}{4}$$

$$\rightarrow b_1 = \frac{3 + (15)^{1/2}}{2}t, \quad b_2 = \frac{3 - (15)^{1/2}}{2}t$$

b_2 غیرقابل قبول چون منفی است

$$\rightarrow b = 3.44t, \quad a = 16.24t$$

با جایگذاری خواهیم داشت

$$C_1 = 0.888t \quad ; \quad C_2 = 3.552t$$

$$C_2 / C_1 = 4$$

فرض اولیه درست بوده است.

(b) خیر

$$R_x = R_x i + R_y j \quad ; \quad R_c = R_x i + R_y j$$

۲-۲۸

$$\gamma_A = 150 \text{ K} ; \gamma_B = 250 \text{ K} ; \gamma_G = 300 \text{ K}$$

$$F_A = -2 i + 0.5 j \quad ; \quad F_B = -1.5 i - 1 j$$

$$\Sigma M_A = \gamma_A F_A + \gamma_B F_B + \gamma_C R_C = 0$$

$$\rightarrow R_C = 2.25 i + 0.583 j = 2.324/14.53 \text{ KN}$$

$$R_A = -F_A - F_B - R_C = 1.25 i - 0.083 j = 1.25/-3.8 \text{ KN}$$

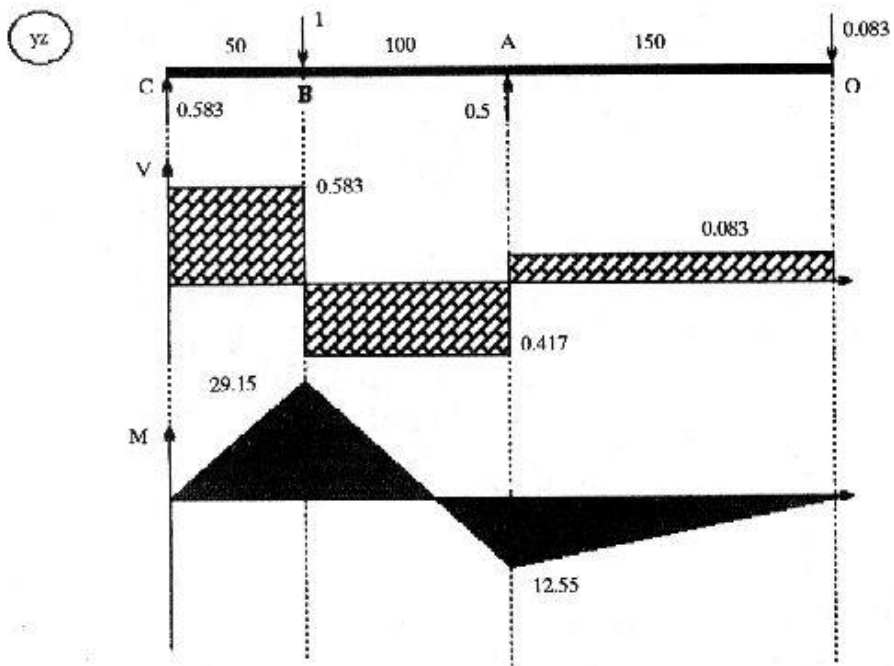
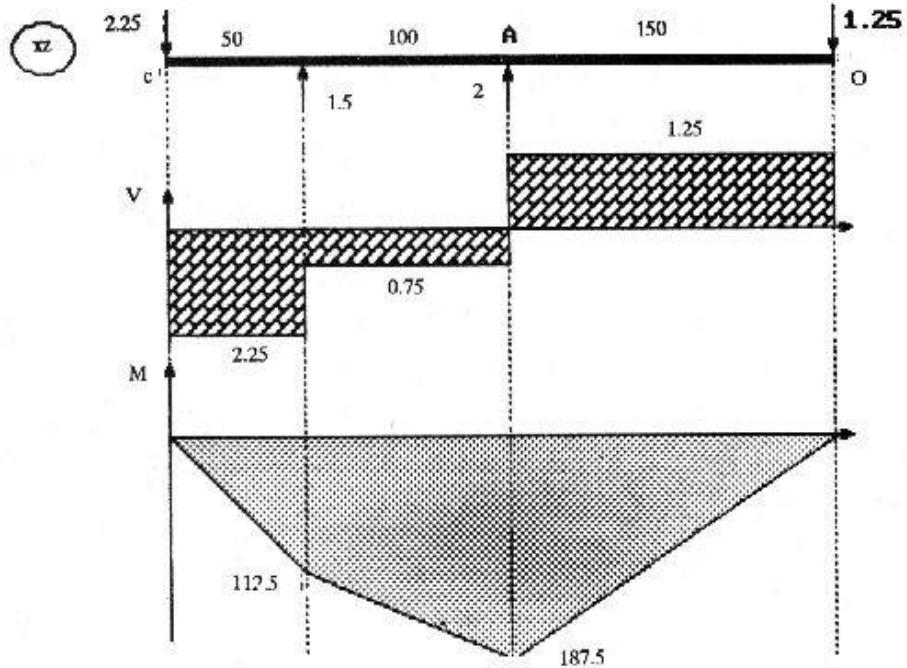
با توجه به شکل‌های صفحه بعد می‌توانیم بنویسیم

$$M_A = [(112.5)^2 + (29.15)^2]^{1/2} = 116.2 \text{ N.M}$$

$$M_B = [(187.5)^2 + (12.55)^2]^{1/2} = 187.9 \text{ N.M}$$

$$S_y = 385 \text{ Mpa} ; \sigma_p = \frac{385}{2.3} = 167.4 \text{ Mpa}$$

$$d = \left(\frac{32M}{\pi \sigma_p} \right)^{1/3} \rightarrow d = 23 \text{ mm}$$



۲-۲۹

$$R_s = R_{ox} i + R_{oy} j$$

$$F_A = 1.2/30^\circ = 0.771 i + 0.919 j$$

$$R_B = R_{BX} i + R_{BY} j$$

$$F_c = 0.8 j \quad ; \quad \gamma_A = 120 \text{ K} \quad ; \quad \gamma_B = 240 \text{ K} \quad ; \quad \gamma_C = 370 \text{ K}$$

$$\Sigma M_o = \gamma_A (F_A) + \gamma_B (R_B) + \gamma_C (F_C) = 0$$

$$\rightarrow \gamma_B (R_B) = -240 R_{BY} i + 240 R_{BX} j \quad ۱$$

$$-(\gamma_B \times R_B) = \gamma_A (F_A) + \gamma_C (F_C) \quad ۲ \quad \text{از طرفی}$$

$$۱ و ۲ \rightarrow R_B = 0.3855 i - 1.693 j$$

$$= 1.74 / -77.2^\circ \text{ KN}$$

$$R_s = -R_B - F_A - F_c = 0.3855 i - 0.026 j \text{ KN}$$

$$= 0.386 / -3.86^\circ \text{ KN}$$

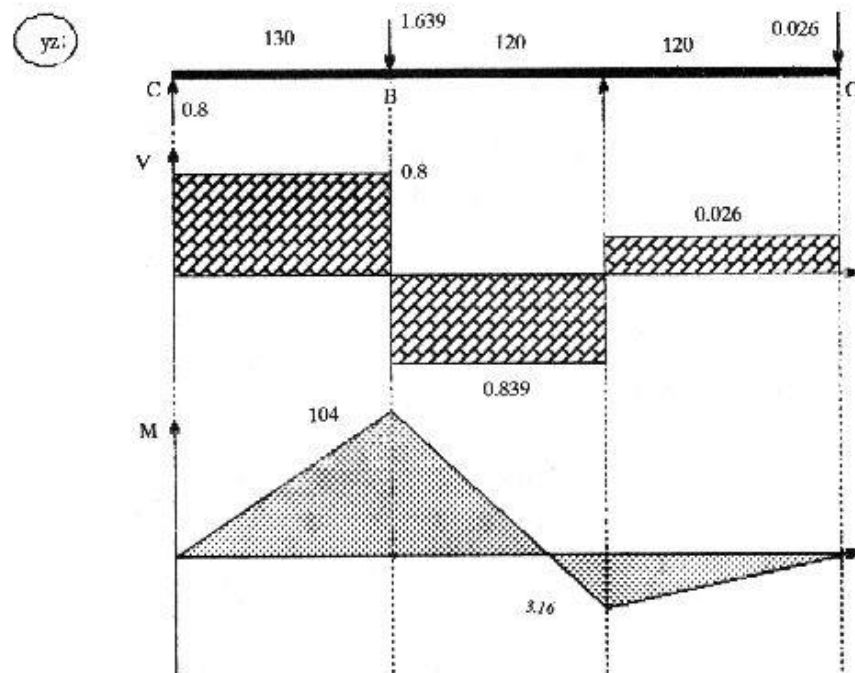
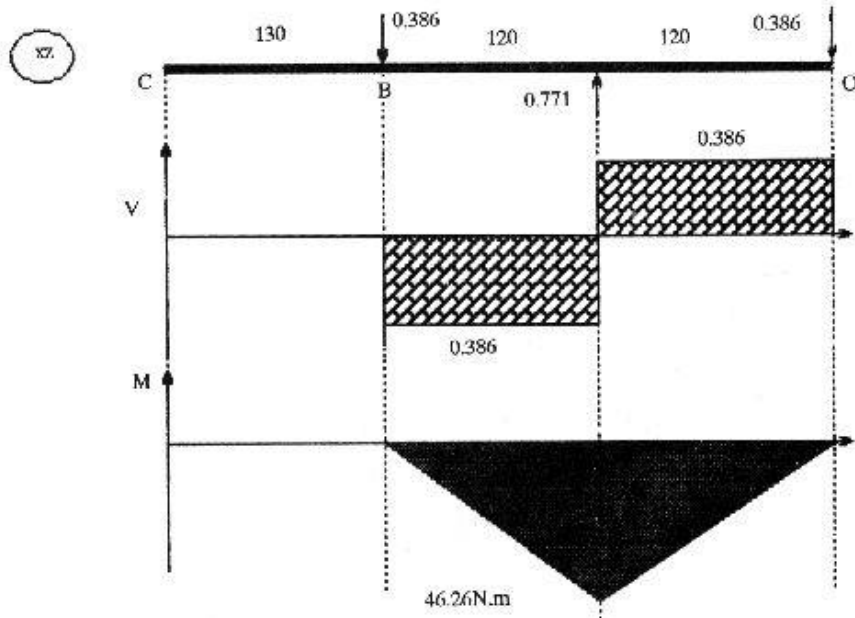
با توجه به دیاگرامهای صفحه بعد می‌توانیم بنویسیم

$$M_{\max} = 104 \text{ N.m}$$

$$B : \sigma = \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{32 (104)}{\pi (20)^3} (10^3) = 132 \text{ Mpa}$$

خیر، زیرا تنها مقدار ممتوم در A برابر است با

$$M_A = [(46.26)^2 + (3.16)^2]^{1/2} = 46.36 \text{ N.m}$$

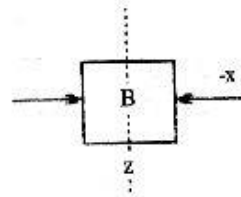


۲-۳۰

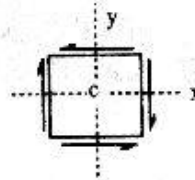
در مقطع A-A داریم

$$R_1 = \frac{F}{2}, \quad M = \frac{Fx}{2}$$

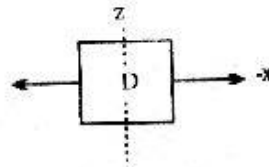
$$\sigma = - \frac{32M}{\pi d^3} = - \frac{16Fx}{\pi d^3}$$

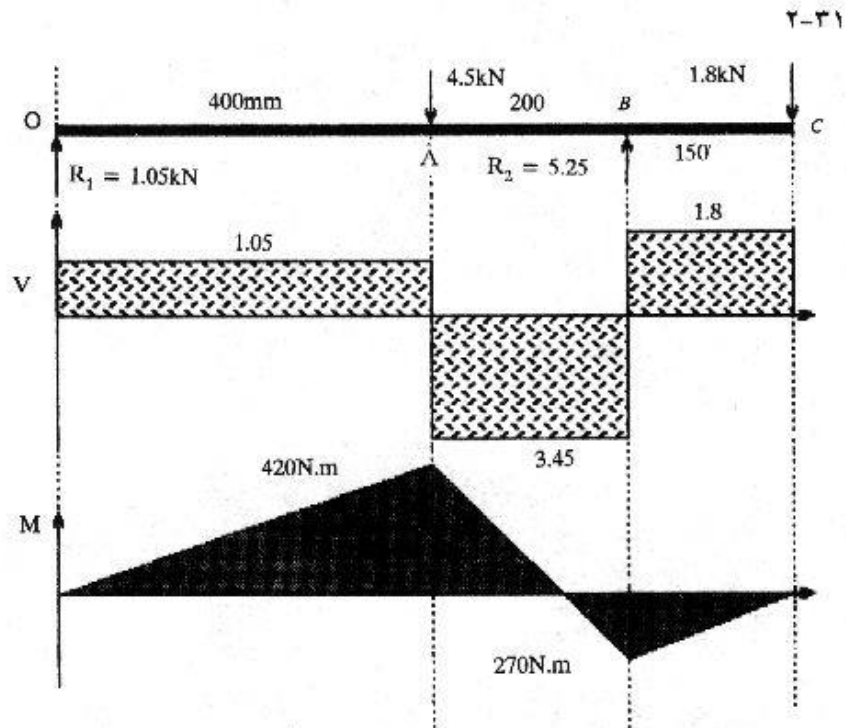


$$\tau_{xy} = \frac{4}{3} \frac{V}{A} = \frac{4F}{6} \frac{\pi}{\pi d^2} = \frac{8F}{3\pi d^2}$$



$$\sigma = + \frac{16Fx}{\pi d^3}$$





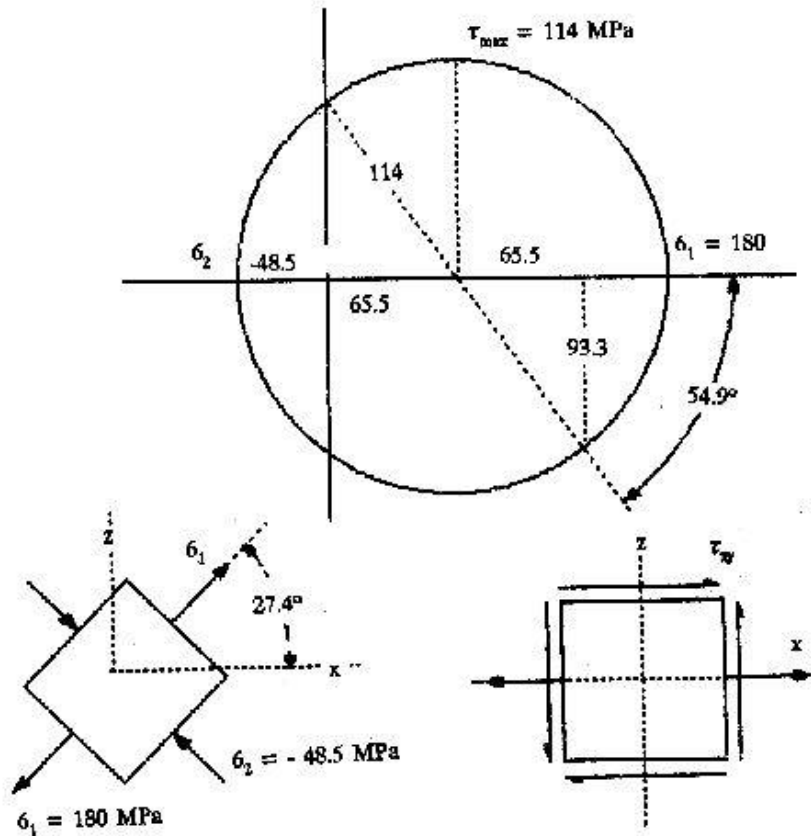
$$\Sigma M_A = -400(4.5) + 600R_2 - 750(1.8) = 0$$

$$\rightarrow R_2 = 5.25 \text{ KN}$$

$$R_1 = -5.25 + 4.5 + 1.8 = 1.05 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{32M}{\pi d^3} \\ &= \frac{32(420)}{\pi(3.2)^3} = 131 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16(600)}{\pi(3.2)^3} = 93.3 \text{ Mpa}$$



$$\sigma_x = \frac{P}{A} + \frac{M}{I/C} =$$

A در ۲-۳۲

$$= \frac{4P}{\pi d^2} + \frac{32(100F)}{\pi d^3} = \frac{4(8)}{\pi(20)^2} + \frac{32(100)(0.55)}{\pi(20)^3}$$

$$\rightarrow \sigma_x = 95.7 \text{ Mpa}$$

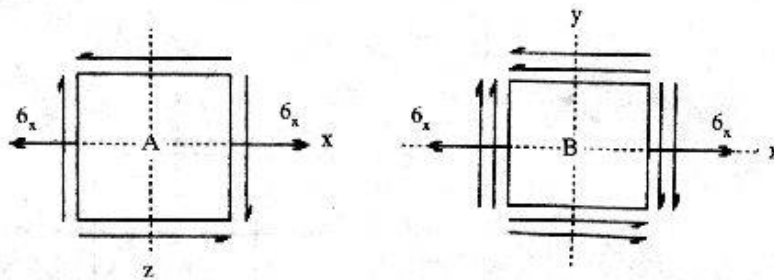
$$\tau_{xz} = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16(30)}{\pi (20)^3} = 19.1 \text{ Mpa}$$

$$\tau'_{xy} = 0.0191 \text{ Gpa} \quad \text{در B}$$

$$\tau''_{xy} = \frac{4}{3} \frac{V}{A} = \frac{4(0.55)(4)}{3\pi(20)^2} = 0.00233 \text{ Gpa}$$

$$\sigma_x = \frac{P}{A} = \frac{4P}{\pi d^2} = \frac{4(8)}{\pi(20)^2} = 25.5 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{xy} = 0.0191 + 0.00233 = 2.14 \text{ Mpa}$$



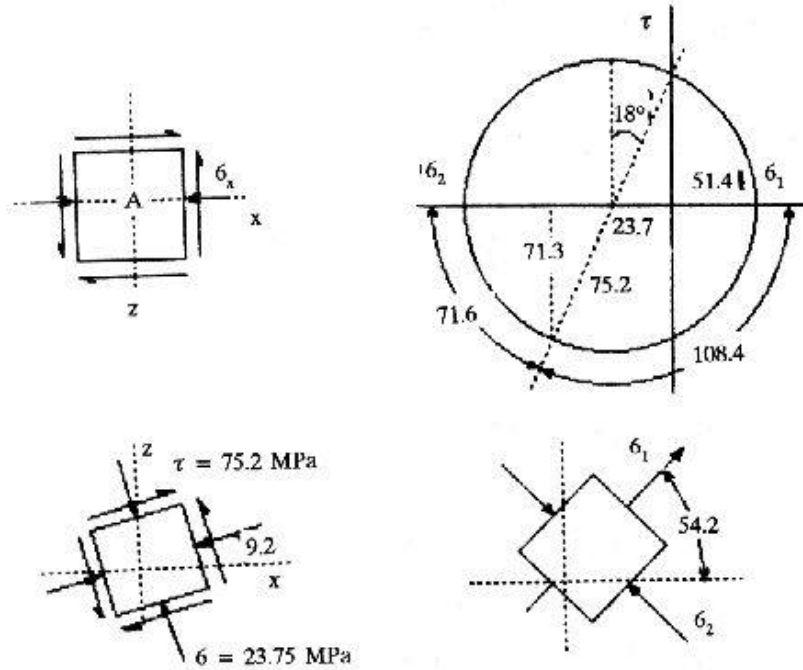
$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16(600)}{\pi(35)^3} * (10^3) = 71.3 \text{ Mpa}$$

۲-۲۳

$$F = \frac{T}{\gamma} = \frac{600}{150} = 4 \text{ KN} \quad ; \quad M = \frac{4}{2} (100) = 200 \text{ N.m}$$

$$\sigma_x = - \frac{32M}{\pi d^3} = - \frac{32(200)}{\pi(35)^3} (10^3)$$

$$\rightarrow \sigma_x = -47.5 \text{ Mpa}$$



$$T_s = \frac{\pi d^3}{16} \tau = \frac{\pi (0.1)^3}{16} \tau = 1.96(10^{-4}) \tau$$

۲-۳۴

$$T_h = \frac{\pi (d_o^4 - d_i^4)}{16 d_o} \tau = \frac{\pi [(0.1)^4 - (0.08)^4]}{16(0.1)} \tau = 1.16(10^{-4}) \tau$$

$$\rightarrow \frac{T_h}{T_s} = 0.591 ; A_s = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (100)^2}{4} = 7850 \text{ mm}^2$$

$$A_h = \pi/4 [(100)^2 - (80)^2] = 2830 \text{ mm}^2$$

$$\frac{m_s}{m_h} = \frac{7850}{2830} = 2.77$$

$$I/C = \frac{bh^2}{6} \rightarrow I/C = \frac{6(30)^2}{6} = 900 \text{ mm}^3$$

۲-۳۵

$$\sigma = M/I/C = \frac{1300(100)}{900} = 144.4 \text{ Mpa}$$

B در

$$\tau_{\max} = \frac{T}{wt^2} \left(3 + 108 \frac{l}{w} \right) = \frac{(1300)(25)}{30(6)^2} \left(3 + 108 \frac{6}{30} \right)$$

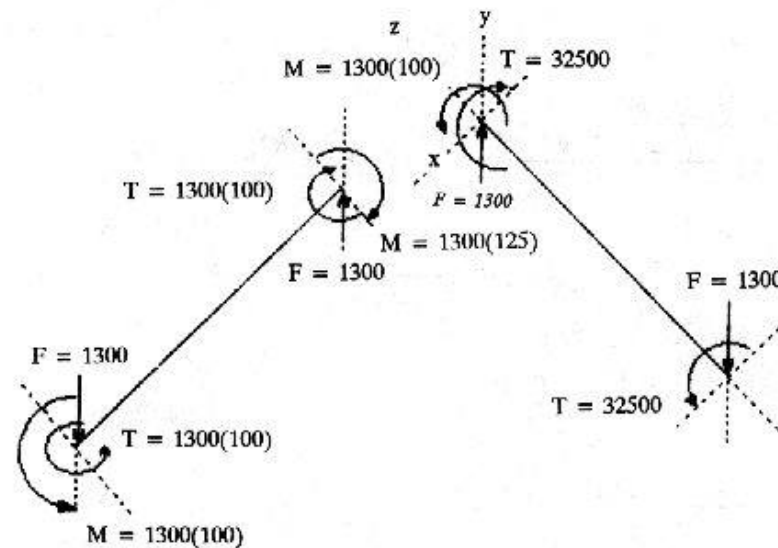
$$= 101.1 \text{ Mpa}$$

$$AB : I_c = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi (20)^3}{32} = 785.4 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_x = \frac{M}{I/C} = \frac{(1300)(125)}{785.4} = 206.9 \text{ Mpa}$$

$$J/C = (785.4)(2) = 1570.8 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{xy} = \frac{T}{J/C} = \frac{(1300)(100)}{1570.8} = 82.8 \text{ Mpa}$$



۲-۳۶ بیشترین فشار مجرانی در شعاع داخلی است

$$\sigma_r = 0$$

$$\sigma_t = -\frac{2b^2 p_i}{b^2 - a^2} = -\frac{2(150)^2(100)}{(150)^2 - (100)^2} = -504 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\max} = \sigma_t / 2 = 504 / 2 = 227 \text{ Mpa}$$

۲-۳۸ در $r = a$

$$\sigma_t = P_i \frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2} = 150 \frac{(25)^2 + (12.5)^2}{(25)^2 - (12.5)^2} = 250 \text{ Mpa}$$

در $r = b$

$$\sigma_t = P_i \frac{2a^2}{b^2 - a^2} = 150 \frac{2(12.5)^2}{(25)^2 - (12.5)^2} = 100 \text{ Mpa}$$

۲-۳۹ در $r = a$

$$\sigma_t = -\frac{2b^2 P_i}{b^2 - a^2} = -\frac{2(25)^2(150)}{(25)^2 - (12.5)^2} = -400 \text{ Mpa}$$

در $r = b$

$$\sigma_t = -P_i \frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2} = -250 \text{ Mpa}$$

$$r_i = 50 ; r_o = 150 ; \bar{r} = 100$$

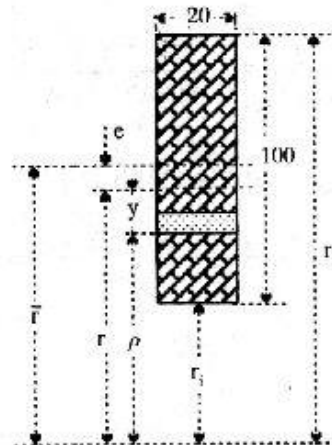
$$A = 2000 \text{ mm}^2$$

$$r = \frac{h}{\ln \frac{r_o}{r_i}} = \frac{100}{\ln \frac{150}{50}} = 8.98 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} + \frac{My}{Ae(r-y)}$$

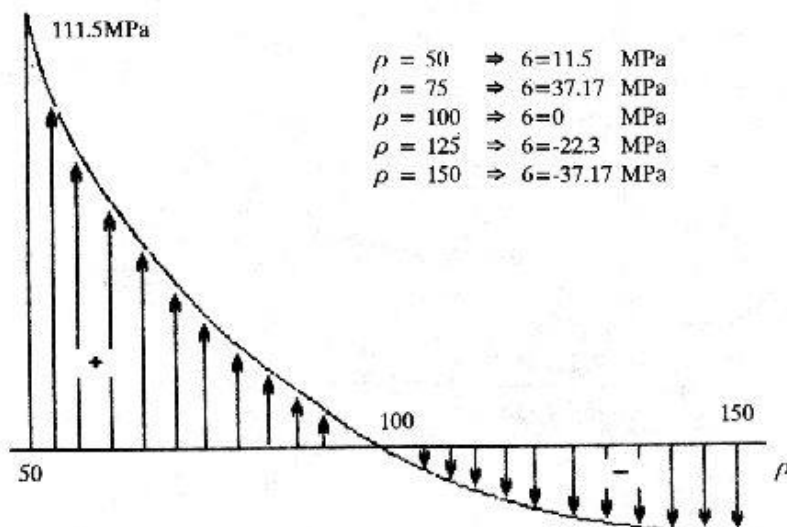
پس از جایگذاری خواهیم داشت

$$\sigma = 11 + 122.5 [(91.02 - \rho) / \rho] \text{ Mpa}$$



۲-۴۰

با دادن مقادیر برای ρ بین 50 تا 150 مقادیر y و σ را بدست می آوریم.



$$\bar{r} = r_i + h/3 \frac{b_i + 2b_o}{b_i + b_o} = 25 + \frac{38}{3} \frac{20 + 2(6)}{20 + 6}$$

۲-۴۱

$$\bar{r} = 42.54 \text{ mm}$$

$$A = (6 \times 38) + 2\left(\frac{38}{2}\right)(7) = 494 \text{ mm}^2$$

$$r = \frac{A}{b_o - b_i + [(b_i r_o - b_o r_i)/h] \ln(r_o/r_i)}$$

$$r = 38$$

پس از جایگذاری خواهیم داشت

$$L = \bar{r} - r = 42.54 - 38 = 4.54 \text{ mm}$$

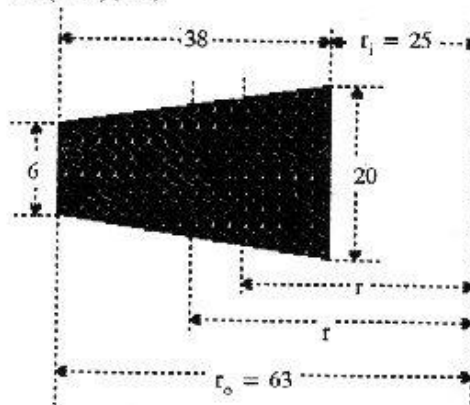
$$C_i = r - r_i = 38 - 25 = 13 ; C_o = r_o - r = 63 - 38 = 25$$

$$\sigma_i = \frac{F}{A} + \frac{MC_i}{A_e r_i}$$

$$= \frac{2200}{494} + \frac{2200 \times 142.54 \times 13}{494(4.54)(25)} = 68.25 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_o = \frac{F}{A} - \frac{MC_o}{A_e r_o}$$

$$= \frac{2200}{494} - \frac{2200(142.54)(25)}{494(4.54)(63)} = -51.03 \text{ Mpa}$$



۲-۴۲

No	x	ρ	ΔA	$(\Delta A) x$	$\Delta A/\rho$
1	1	51	45	45	0.882
2	3	53	76	228	1.434
3	5	55	82	410	1.491
4	6.7	56.7	44	295	0.776
5	9	59	28	252	0.475
6	11	61	28	308	0.459
7	13	63	28	365	0.444
8	15	65	27	405	0.415
9	17	67	27	459	0.403
10	19	69	26	494	0.377
11	21	71	26	546	0.366
12	23	73	25	575	0.342
13	25	75	24	600	0.320
	14	27	77	635	0.305
15	29	79	23.5	681.5	0.297
16	31	81	23.2	713	0.284
17	33	83	23.5	775.5	0.283
18	35	85	76	2660	0.894
19	37	87	69	2553	0.793
20	38	88	30	1140	0.341

Total:

754.5

14139

11.381

$$X = \frac{\sum \Delta A x_i}{\sum \Delta A}$$

$$r = \frac{\sum \Delta A}{\frac{\sum \Delta A}{\rho}}$$

$$\rho = r_i + x ; r_i = 50$$

$$\rightarrow X = \frac{14139}{754.5} = 18.74 \text{ mm}$$

$$r = \frac{754.5}{11.381} = 66.29 \text{ mm}$$

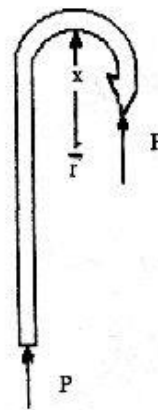
$$e = x - (r - r_i) = 18.74 - 16.29 = 2.45 \text{ mm}$$

$$\bar{r} = 4.32/2 = 2.16 \text{ m}$$

$$r_i = 2.16 - \frac{0.38}{2} = 2.0 \text{ mm}$$

$$r_o = 2.16 + \frac{0.38}{2} = 2.33$$

$$r = \frac{d^2}{4 [2 \bar{r} - (4 \bar{r}^2 - d^2)^{1/2}]}$$



۲-۴۳

پس از جایگذاری خواهیم داشت

$$r = 2.155803 \text{ mm}$$

$$e = \bar{r} - r = 0.0041979$$

جهت تعیین مقادیر C_i و C_o می توانیم بنویسیم

$$C_o = 0.19 + 0.0041979 = 0.194198 \text{ mm}$$

$$C_i = 0.19 - 0.0041979 = 0.185802 \text{ mm}$$

$$A = \pi/4(0.83)^2 = 0.11335 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_i = p/A + \frac{p e_i}{A e_i} = p \left(\frac{1}{A} + \frac{C_i}{A e_i} \right)$$

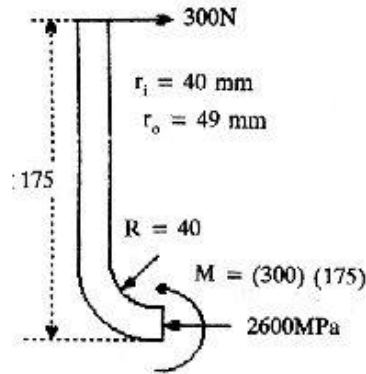
$$\rightarrow \frac{\sigma_i}{\rho} = 204.0458$$

$$\sigma_i = S_y = 2300 \text{ Mpa}$$

داریم

$$\rightarrow P = \frac{S_y}{204.0458} \rightarrow P = 11219 \text{ KN}$$

۲-۴۴



$$A = (4.5)(9) = 40.5 \text{ mm}^2$$

$$I/C = \frac{bh^2}{6} = \frac{4.5(9)^2}{6} = 60.75 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{F}{A} + \frac{M}{I/C} = \frac{300}{40.5} \pm \frac{300(175)}{60.75}$$

$$\sigma = -7.41 \pm 864.2$$

$$\rightarrow \sigma_1 = -871.6 \text{ Mpa} ; \sigma_2 = 856.8 \text{ Mpa}$$

$$r = \frac{h}{\ln r_o / r_i} = \frac{9}{\ln \frac{49}{40}} = 44.4 \text{ m}$$

$$\bar{r} = 40 + 4.5 = 44.5 \text{ mm}$$

$$e = \bar{r} - r = 0.1 \text{ mm}$$

$$C_o = r_o - r = 49 - 44.5 = 4.6 \text{ mm}$$

$$C_i = r - r_i = 44.4 - 40 = 4.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_i = - \frac{Mc_i}{Aeri} = - \frac{(300)(175)(4.4)}{40.5(0.1)(40)} = - 1425.9 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_o = \frac{Mc_o}{Aer_o} = \frac{(300)(175)(4.6)}{40.5(0.1)(44)} = 1216.9 \text{ Mpa}$$

$$\rightarrow \sigma_i = - 7.41 - 1425.9 = - 1433.3 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_o = - 7.41 - 1216.9 = - 1209.5 \text{ Mpa}$$

فصل ۳

= بررسی خیز و سفتی

$$\delta = \frac{FL}{AE} ; F = 18 \text{ KN} ; L = 250 \text{ mm}$$

۳-۱

$$d = 5 \text{ mm} , e = 207 \text{ Gpa}$$

$$\rightarrow \delta = 0.001107 \text{ mm} \rightarrow \sigma = 1.11 \mu\text{m}$$

$$K = \frac{AE}{L} = 65 \text{ MN/m}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = 916 \text{ Mpa}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = 707 \text{ Mpa}$$

۳-۲

$$\delta = \frac{4FL}{\pi d^2} = 27.3 \text{ mm} ; K = \frac{\pi d^2 E}{4L} = 45.7 \text{ KN/m}$$

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16(300)(10^3)}{\pi(15)^3} = 453 \text{ Mpa}$$

۳-۳

$$\theta = \frac{585TL}{Gd^4} = \frac{585(300)(2.5)}{(79.3)(10^9)(15)^4(10^{-3})^4} = 109.3^\circ$$

$$K = \frac{GJ}{L} = \frac{\pi d^2 G}{32L} = 158 \text{ N/rad}$$

$$K_A = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 K_2}} = \frac{\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 K_1 K_2}{K_1 + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 K_2}$$

۳-۴

به همین ترتیب

$$K_B = \frac{\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 K_1 K_2}{\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 K_1 + K_2}$$

$$T = \frac{H}{2\pi n} = \frac{15000}{2\pi(60)} = 39.8 \text{ N.m}$$

۳-۵

$$L = 30 d; \theta = 1^\circ$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{585(30)T}{G}} = \sqrt[3]{\frac{(585)(30)(39.8)}{79.3(10)^9} 10^3} = 20.7 \text{ mm}$$

$$\rightarrow d = 21 \text{ mm}$$

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{(16)(39.8)}{\pi(21)^3} (10^3) = 21.9 \text{ Mpa}$$

$$d = 3.4 \text{ mm} ; L_0 = 7.5 \text{ mm}$$

۳-۶

$$\Sigma F_y = 2p \sin \theta - W = 0$$

$$\sin \theta \sim \tan \theta = y/L_0$$

$$\rightarrow P_y = \frac{WL_0}{2} = \frac{40(7.5)}{2} = 150 \quad \text{A}$$

$$\delta = L - L_0 = \frac{PL_0}{AE} ; L = \frac{4PL_0}{\pi d^2 E} + L_0 = \frac{4p(7.5)}{\pi(3.4)^2(207)(10^9)}$$

$$+ 7.5 \quad \rightarrow L = \frac{P}{4(10^6)} + 7.5 \quad \text{B}$$

$$L = [L_0^2 + y^2]^{1/2} = [(7.5)^2 + y^2]^{1/2} \quad \text{C}$$

از حل ۳ معادله فوق خواهیم داشت

$$y = 217.8 \text{ mm}$$

$$L = 7503.2 \text{ mm}$$

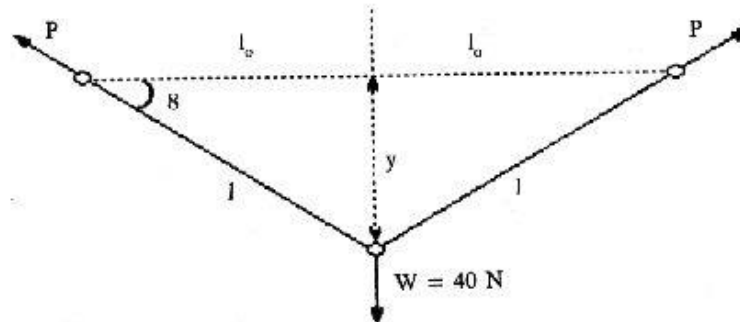
$$2(L - L_0) = 2(7503.2 - 7500) = 6.4 \text{ mm}$$

مقدار کشیدگی

$$P_1 = 225 + \frac{150}{y} = 1602.4 \text{ N}$$

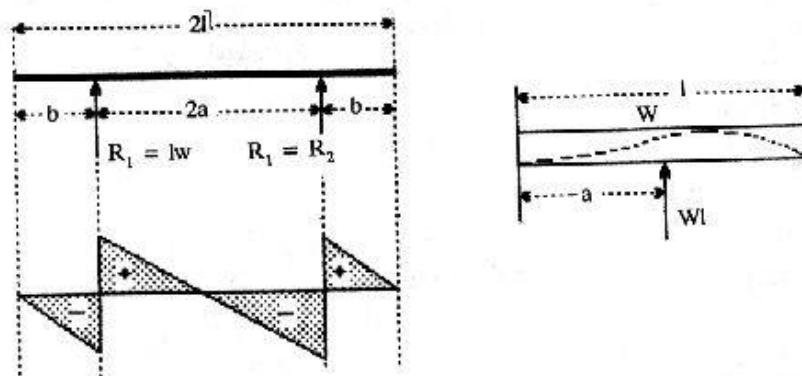
$$\sigma = \frac{4F}{\pi d^2} = 176.5 \text{ Mpa}$$

— رابطه خطی نیست و مانند یک فنر سخت شونده عمل می‌کند.



۳-۷ ابتدا جای نیروهای عکس‌العمل را بدست می‌آوریم، میزان تغییر مکان در دو انتها با تغییر مکان وسط برابر است.

همچنین نیروی برشی در وسط صفر است و ما می‌توانیم وسط را ثابت فرض کنیم با توجه به اصل جمع‌پذیری و اینکه تغییر مکان در اثر F و W یکسان می‌باشد. داریم:



$$\frac{WL^4}{8EI} = -\frac{Fa^2}{6EI}(a-3L) ; F = WL$$

$$\rightarrow 3L^2 - 12a^2L + 4a^3 = 0 \rightarrow L = 1.8a$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = 0.0833 bh^3$$

$$W = 76.5 (10^3)(bh)(1) = 76.5 (10^3) bh \text{ N/m}$$

$$L = 0.5 \text{ m} ; E = 207 \text{ Gpa}$$

$$y = \frac{WL^4}{8EI} \rightarrow 12.5 (10^{-6}) = \frac{76.5 (10^3)(bh)(0.5)^4}{8(207)(10^9)(0.0833)bh^3}$$

$$h = 52.7 \text{ mm}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi (30)^4}{64} = 3.98 (10^4) \text{ mm}^4$$

۳-۸

$$x = \frac{1}{2} ; y = \frac{2Fa^2 (L/2)^2}{6EIL^3} [(L/2)(3b+a) - 3bL]$$

$$F = 1800 \text{ N} ; a = 200 \text{ mm} , L/2 = 550 \text{ mm}$$

$$b = 500 ; E = 207 \text{ Gpa}$$

$$\rightarrow y = -474 \mu\text{m}$$

$$y' = \frac{Fa}{24 EI} (4a^2 - 3L^2)$$

برای یک انتها داریم

$$\rightarrow y' = -2385 \mu\text{m}$$

$$R = \frac{y'}{y} = \frac{2385}{474} = 5.03$$

$$y_{\max} = -\frac{FL^3}{192EI} - \frac{WL^4}{384EI} \quad ۳-۹$$

$$\rightarrow I = \frac{L^3}{192 EY_{\max}} \left(F + \frac{WL}{2} \right)$$

$$F = 1100 \text{ N} ; WL = 1250 \text{ N} ; E = 207 \text{ Gpa} , y = 400 \mu\text{m}$$

$$\rightarrow I = 13560 \text{ mm}^4 ; I = \frac{\pi d^4}{64} \rightarrow d = 22.9 \text{ mm}$$

$$d = 23 \text{ mm}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{b^4}{12(10^3)} ; y = \frac{FL^3}{3EI} ; I = \frac{FL^3}{3Ly} \quad ۳-۱۰$$

$$\rightarrow \frac{b^4}{12(10^3)} = \frac{FL^3}{3Ey} \rightarrow b^4 = \frac{12(10^3)FL^3}{3Ey}$$

در فرمول فوق واحدهای b, F, L, E, Y به ترتیب mm, N, mm, Gpa, mm می باشد.

$$\rightarrow b = 21.7 \text{ mm} ; h = \frac{b}{10} = 2.17 \text{ mm}$$

$$M = 20 (350) \text{ N.m} , \frac{I}{C} = \frac{bh^2}{6} = 17.03 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{M}{I/C} = \frac{20(350)}{17.03} = 411 \text{ Mpa} \quad 410 > 400 \quad \text{بلند}$$

$$I = \frac{FL^3}{3Fy_{\max}} = \frac{\left(\frac{25}{200}\right) (200)^3}{3(207)(6)} = 268.4 \text{ mm}^4 \quad ۳-۱۱$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{2h^4}{3} \rightarrow h = 4.48 \text{ mm}$$

$$b = 8h = 35.84 \text{ mm} ; F_{\max} = (1/4)(25) = 6.25 \text{ KN}$$

$$\sigma = \frac{MC}{I} = \frac{156(200)(4.48/2)}{268.4} = 256 \text{ Mpa}$$

$$U = \int_0^L M^2 dx / 2EI \rightarrow Y_{\max} = \frac{\partial u}{\partial F} \quad 3-12$$

$$Y_{\max} = \int_0^L \frac{2M}{2EI} \frac{\partial M}{\partial F} dx$$

$$= \int_0^{L/2} \frac{Fx}{EI} (x) dx + \int_{L/2}^L \frac{Fx}{2EI} (x) dx$$

$$y_{\max} = \frac{3FL^3}{16EI}$$

$$M = -\frac{Wx^2}{2} \Big|_0^{L/2} ; M = -\frac{Wx^2}{2} - Fx + FL/2 \Big|_{L/2}^L \quad (a) \quad 3-13$$

$$x = \frac{L}{2} ; y = \frac{\partial v}{\partial F} = \int_0^{L/2} \frac{2M}{2EI} \frac{\partial M}{\partial F} dx + \int_{L/2}^L \frac{2M}{2EI} \frac{\partial M}{\partial F} dx$$

$$\rightarrow y = \frac{1}{EI} \int_0^{L/2} \left(-\frac{Wx^2}{2} \right) (x) dx + \dots$$

$$= \frac{17WL^4 + 16FL^3}{384EI}$$

$$M = -Qx - \frac{wx^2}{2} \Big|_0^{L/2} ; M = -Qx - \frac{wx^2}{2} - Fx + FL/2 \Big|_{L/2}^L \quad (b)$$

$$x = 0 : y = \frac{\partial u}{\partial Q} = \int_0^{L/2} \frac{2M}{2EI} \cdot \frac{\partial M}{\partial Q} \cdot dx + \int_{L/2}^L \frac{2M}{2EI} \cdot \frac{\partial M}{\partial Q} dx$$

$$\rightarrow y = \frac{1}{EI} \int_0^{L/2} (-Qx - \frac{wx^2}{2}) (-x) dx + \frac{1}{EI} \int_{L/2}^L (-ax - \frac{wx^2}{2} - Fx + FL/2) (-x) dx$$

$$\rightarrow y = \frac{1}{EI} \left(\frac{wx^4}{8} \right) \Big|_0^{L/2} + 1/EI \left(\frac{wx^4}{8} + \frac{Fx^3}{3} - \frac{FLx^2}{4} \right) \Big|_{L/2}^L$$

$$\rightarrow y = \frac{6wl^4 + 5FL^3}{48EI}$$

$$A_{CD} = A_{AB} = 475 \text{ mm}^2 ; I_{AB} = I_{CD} = 112.5 (10^3) \text{ mm}^4 \quad ۳-۱۴$$

$$A_{BC} = 375 \text{ mm}^2 = I_{BC} = 55.6 (10^3) \text{ mm}^4$$

$$U = 2 \int_0^{300} \frac{M_{AB} \cdot dy}{2EI_{AB}} + 2 \int_0^{200} \frac{M_{BC} \cdot dx}{2EI_{BC}} + \frac{R_H^2 (400)}{2A_{BC}E} + \frac{2(F/2)^2 (300)}{2A_{AB}E}$$

$$\frac{\partial u}{\partial R_H} = 0 = 2 \int_0^{300} \frac{M_{AB}}{EI_{AB}} \frac{\partial M_{AB}}{\partial R_H} dy + \int_0^{200} \frac{M_{BC}}{EI_{BC}} \cdot \frac{\partial M_{BC}}{\partial R_H} dx + \frac{400R_H}{A_{BC}E} + 0$$

$$M_{AB} = R_H y; M_{BC} = \frac{Fx}{2} - 300R_H; \frac{\partial M_{AB}}{\partial R_H} = y$$

$$\frac{\partial M_{BC}}{\partial R_H} = -300$$

$$\frac{2}{I_{AB}} \int_0^{300} (P_H y) (y) dy + \frac{2}{I_{AB}} \int_0^{200} \left(\frac{Fx}{2} - 300R_H \right) (-300) \times dx + \frac{400R_H}{A_{BC}} = 0$$

$$\frac{18 (10^6) RH}{I_{AB}} - \frac{6 (10^6) F}{I_{BC}} + \frac{36 (10^6) RH}{I_{BC}} + \frac{400 RH}{A_{BC}} = 0$$

$$\rightarrow R_H = 0.134 F$$

حال فرمول برای جابجایی ماکزیمم بدست می آوریم:

$$Y_{\max} = \frac{\partial v}{\partial F} = 2 \int_0^{300} \frac{M_{AB}}{EI_{AB}} \cdot \frac{\partial M_{AB}}{\partial F} dy + 2 \int_0^{200} \frac{M_{BC}}{EI_{BC}} \cdot \frac{\partial M_{BC}}{\partial F} dx$$

$$+ \frac{2 (0.134F) (300)}{2 A_{BC} E} + \frac{300 F}{A_{AB} \cdot E}$$

$$\rightarrow Y_{\max} = \frac{2}{EI_{AB}} \int_0^{300} (0.134 Fy) (0.134 y) dy +$$

$$\frac{2}{EI_{BC}} \int_0^{200} \left[\frac{Fx}{2} - 300 (0.134 F) \right] \left[\frac{x}{2} - 40.2 \right] dx + \frac{40.2 F}{A_{BC} E} + \frac{300 F}{A_{AB} E}$$

$$\rightarrow EY_{\max} = \frac{2F}{I_{AB}} \frac{(0.134)^2 Y^3}{3} \Big|_0^{300} + \frac{2F}{I_{BC}} \left[\frac{x^2}{4} (40.2 x) + 1616 \right] dx + \frac{40.2 F}{A_{BC}} + \frac{300 F}{A_{AB}}$$

در نهایت

$$\rightarrow E y_{\max} = 10.295 F, E = 71.0 \text{ Gpa}, Y_{\max} = 1500 \text{ m}$$

$$F = \frac{E y_{\max}}{10.295} = \frac{71.0 (1500)}{10.295} = 10300 \text{ N}$$

$$\rightarrow F = 10.3 \text{ KN}$$

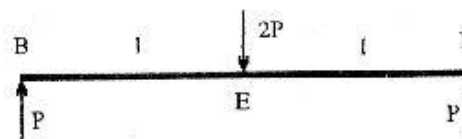
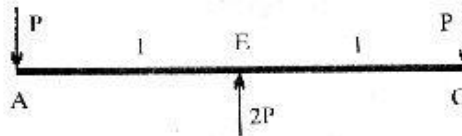
$$M = Px; \frac{\partial M}{\partial P} = x; U = \int_0^L \frac{M^2 dx}{2EI} \quad ۳-۱۵$$

$$AC: \frac{\partial U}{\partial P} = 2 \int_0^L \frac{2M}{2EI} \frac{\partial M}{\partial P} dx = \frac{2}{EI} \int_0^L Px^2 dx = \frac{2Pl^3}{3EI}$$

BD :

مشابه حالت فوق

$$\rightarrow Y_P = \frac{4Pl^3}{3EI}$$

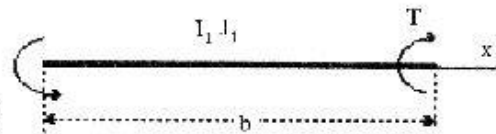
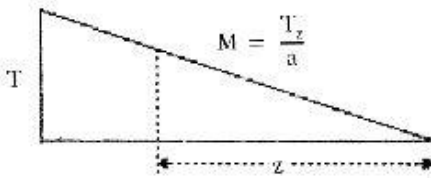
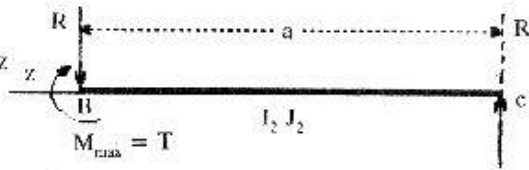


$$U = U_{AB} + U_{BC} = \frac{T^2 b}{2GJ_1} + \int_0^a \frac{M^2 dz}{2EI_2} \quad ۳-۱۶$$

$$\theta = \frac{\partial v}{\partial T} = \frac{2Tb}{2GJ_1} + \int_0^a \frac{2M}{2EI_2} \cdot \frac{\partial M}{\partial T} dz$$

$$\rightarrow \theta = \frac{Tb}{GJ_1} + \frac{1}{EI_2} \int_0^a \left(\frac{Tz}{a}\right) \left(\frac{z}{a}\right) dz$$

$$\rightarrow \theta = \frac{Tb}{GJ_1} + \frac{Ta}{3EI_2}$$



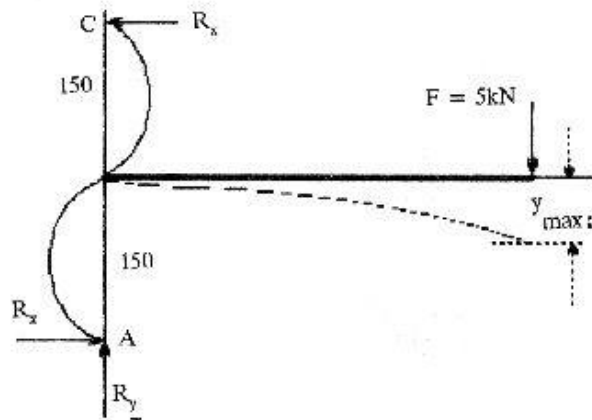
$$410F = 300 R_x \rightarrow R_x = 1.367F ; R_y = F \quad ۳-۱۷$$

$$M_{AB} = R_x y = 1.367 Fy$$

$$M_{BD} = F(410 - x)$$

$$\frac{M_{BD}}{F} = 410 - x$$

$$\frac{M_{BD}}{F} = 410 - x$$



$$U = \int_0^{410} \frac{M_{BD}^2}{2EI_{BD}} dx + 2 \int_{-150}^0 \frac{M_{AB}^2}{2EI_{AB}} dy + \frac{F^2 L_{AB}}{2A_{AB} E}$$

$$E y_{\max} = E \frac{\partial u}{\partial F} = \frac{1}{I_{BD}} \int_0^{140} M_{BD} \frac{\partial M_{BD}}{\partial F} dx + \frac{2}{I_{AB}} \int_{150}^0 (1.367y)^2 dy + \frac{150F}{A_{AB}}$$

$$E y_{\max} = \frac{F}{I_{BD}} \int_0^{140} [(140)^2 - 820x + x^2] dx + \frac{2(1.367)^2 F}{I_{AB}} \int_{150}^0 dy + \frac{150F}{A_{AB}}$$

$$F = 5 (10)^3 \text{ N} ; I_{BD} = 20 (50)^3 / 12 \text{ mm}^4 \quad \text{داریم}$$

$$I_{AB} = 50 (20)^3 / 12 ; E = 207 \text{ Gpa} ; A_{AB} = 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow Y_{\max} = 5.72 \text{ mm}$$

$$S_y = 186 \text{ Mpa} ; K = 0.289 \text{ h} = 2.89 \text{ mm}$$

۳-۱۸

$$\left(\frac{L}{K}\right)_1 = \left(\frac{2\pi^2 CE}{S_y}\right)^{1/2} = \left(\frac{2\pi^2 (1) (207) (10^9)}{186 (10^6)}\right)^{1/2} = 148$$

$$85 \text{ mm} : \frac{L}{K} = \frac{85}{2.89} = 59.4 , b = \left(\frac{S_y}{2\pi}\right)^2 \left(\frac{1}{nE}\right)$$

$$= \left(\frac{186}{2\pi}\right)^2 \frac{10^{1/2}}{1 (207)(10^9)} = 4230$$

$$\frac{P_{cr}}{A} + 186 - 4.23 (10)^{-3} \left(\frac{L}{K}\right)^2 = 182.3 \text{ Mpa}$$

$$\rightarrow P_{cr} = 182.3 (10) (10^3) = 45.6 \text{ KN}$$

$$175 \text{ mm} : \frac{L}{K} = \frac{175}{2.89} = 60.5, \frac{P_{cr}}{A} = 186 - 4.23 (10^{-3}) (60.5)^2$$

$$= 170.5 \text{ Mpa}$$

$$\rightarrow P_{cr} = 170.5 (10) (25) (10^{-3}) = 42.6 \text{ KN}$$

$$400 \text{ mm} : \frac{L}{K} = \frac{400}{2.89} = 138 ; \frac{P_{cr}}{A} = 104.9 \text{ Mpa}$$

$$\rightarrow P_{cr} = 104.9 (10) (25) (10^{-3}) = 26.2 \text{ KN}$$

$$600 \text{ mm} : \frac{L}{K} = \frac{600}{2.89} = 208 ; \frac{P_{cr}}{A} = \frac{C\pi^2 E}{\left(\frac{L}{K}\right)^2} = \frac{(1) \pi^2 (207)(10^3)}{(208)^2}$$

$$= 47.2 \text{ Mpa}$$

$$\rightarrow P_{cr} = 47.2 (10) (25) (10^{-3}) = 11.8 \text{ KN}$$

$$n = 1/4 ; E = 207 \text{ Gpa} ; A = 24 \text{ mm}^2, L = 2.5 \text{ m}$$

۳-۱۹

$$a) d = \left(\frac{4A}{\pi}\right)^{1/2} = \left(\frac{4(600)}{\pi}\right)^{1/2} = 27.6 \text{ mm}, K = \frac{d}{4} = 6.91$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi (27.6)^4}{64} = 28.5 (10^3) \text{ mm}^4$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} = \frac{(0.25) (\pi^2) (71) (10^9) (28.5) (10^3) (10^{-12})}{(2.5)^2} = 799 \text{ N}$$

$$b) d_o = 50 \text{ mm}, A = \pi/4 (d_o^2 - d_i^2) \rightarrow d_i = 41.7 \text{ mm}$$

$$I = \frac{\pi}{64} (d_o^4 - d_i^4) = \frac{\pi}{64} (50^4 - 41.7^4) = 158.4 (10^3) \text{ mm}^4$$

$$P_{cr} = \frac{(0.25)(\pi^2)(71)(10^9)(158.4)(10^3)(10^{-12})}{(2.5)^2} = 4440 \text{ N}$$

$$c) A = a^2 - b^2, b = \sqrt{(50)^2 - 600} = 43.6 \text{ mm}$$

$$I = \frac{50 (50)^3}{12} - \frac{43.6 (43.6)^3}{12} = 220(10^3) \text{ mm}^4$$

$$P_{cr} = \frac{0.25 \pi^2 (71)(10^9) (220) (10^3) (10^{-12})}{(2.5)^2} = 6170 \text{ N}$$

$$d) a = \sqrt{600} = 24.5 \text{ mm}, I = 30 (10^3) \text{ mm}^4$$

$$P_{cr} = 841 \text{ N}$$

$$I = \frac{\pi}{64} (d^4 - d_i^4); A = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_i^2)$$

۳-۲۰

$$K = \left(\frac{d^2 + d_i^2}{16} \right)^{1/2}; P_{cr} = \frac{c\pi^2 EI}{L^2}; \left(\frac{L}{K} \right)_1 = \left(\frac{2\pi^2 CE}{S_y} \right)$$

$$P_{cr} = A \left[S_y - \left(\frac{S_y}{2\pi} \right)^2 \frac{1}{CE} \left(\frac{L}{K} \right)^2 \right]$$

با جایگذاری $d, d_1, S_y, C, L, E, P_{cr}$ را تعیین می‌نمائیم.

$$P_{cr} \cong 3(15)(10^3) = 45000 \text{ N}$$

a) $L = 50 \text{ mm}$

$$D = 15 ; D_1 = 5 ; S = 385 ; C = 1 ; L = 50 ; E = 257000$$

$$L/K_1 = 104.8041725 ; \frac{L}{K} = 12.64911064$$

$$\rightarrow P = 58008.0292 \rightarrow d = 15 \text{ mm} , d_1 = 5 \text{ mm}$$

b) $L = 400 \rightarrow d = 17.5 \text{ mm} ; d_1 = 7.5 \text{ mm}$

c) $L = 1000 \rightarrow d = 27.5 \text{ mm} ; d_1 = 17.5 \text{ mm}$

$$P = \frac{\pi D^2}{4} (24 \text{ Mpa}) = \frac{\pi (75)^2}{4} (24) = 106.03 \text{ KN}$$

۳-۲۱

$$P_{cr} = np = 3 (106.03) = 318.1 \text{ KN}$$

$$L = 2 \text{ m} \rightarrow d = 58 \text{ mm}$$

$$L = 1 \text{ m} \rightarrow d = 42 \text{ mm}$$

همانند مسئله فوق داریم

$$L = d = 0.5 \text{ m} \rightarrow t = 32 \text{ mm}$$

$$S_{y_1} = 200 \text{ Mpa} ; S_{y_2} = 470 \text{ Mpa}$$

۳-۲۲

$$K_w = 0.289 \text{ t} ; W = 4 \text{ t} ; K_s = 4(0.289t) = 1.156 \text{ t}$$

$$\frac{C}{(L/kw)^2} = \frac{0.1}{(1/t)^2} ; \frac{C}{(L/K_s)^2} = \frac{1.34}{(1/t)^2}$$

$$P_{cr} = 15 (10^3) (3.5) = 52.5 (10^3) \text{ N} ; W/t = 4$$

$$L = 500 \text{ mm} ; t = 11.25 \text{ mm} ; (L/K)_1 = 149 ; L/K = 153$$

$$P = 52500 ; C = 1.2 ; E = 207000$$

با جایگذاری مقادیر روبرو در معادله

$$S = 200 ; W/T = 4$$

اوپدر خواهیم داشت

$$T \Rightarrow 11.26 \rightarrow T = 12 \text{ mm} , W = 48 \text{ mm}$$

$$L = 250 \text{ mm} \quad S_y = 200 \text{ Mpa} \rightarrow t = 7.7 \text{ mm}$$

$$(L/K)_1 = 149 ; L/K = 112 \text{ mm}$$

$$S_y = 470 \text{ Mpa} \rightarrow t = 7.96 \text{ mm};$$

$$(L/K)_1 = 99.4 ; L/K = 109$$

از معادله اوپلر

$$\rightarrow t = 8 \text{ mm}$$

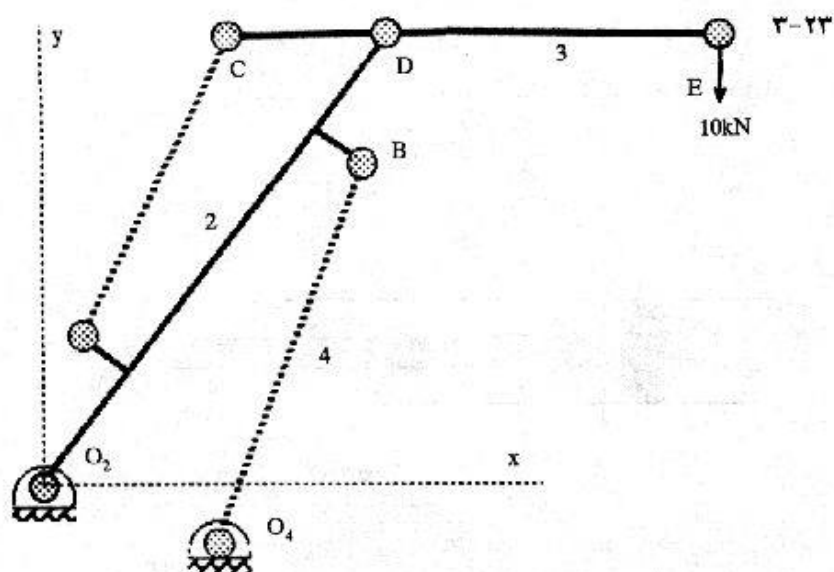
از معادله جانسون داریم

$$L = 125 \text{ mm} , S_y = 200 \text{ Mpa} \rightarrow t = 7.7$$

$$(L/K)_1 = 149 ; L/K = 56$$

$$S_y = 470 \text{ Mpa} \rightarrow t = 5.17 ; (l/K_1) = 99.4 ; (L/K) = 83.6$$

$$t = 6 \rightarrow w = 24 \text{ mm}$$



$$\text{کورس } 2CD = 1.5 \text{ m}$$

سیلندر 5

$$\text{کمترین کورس } AC = 1.75 \text{ m}$$

$$\text{بیشترین کورس } AC = 1.75 + 1.5 = 3.25$$

از آنالیز نیرو مقدار نیروی C ، 43 KN بدست می آید و C یک عضو کششی است.

با انتخاب جنس BSO 80 M 30 داریم

و با در نظر گرفتن $n = 3$ داریم

$$S_y = 470 \text{ Mpa}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi d^2} \rightarrow \frac{S_y}{n} = \frac{4F}{\pi d^2}$$

$$d = \left[\frac{4 F n}{\pi S_y} \right]^{1/2} = \left[\frac{4(43)(10^3)(3)}{\pi(470)} \right]^{1/2} = 18.7 \text{ mm}$$

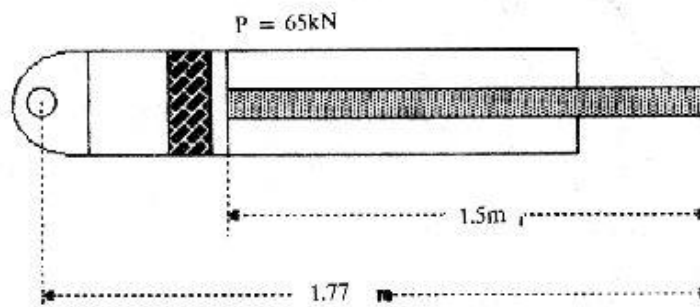
$$\rightarrow d = 20 \text{ mm}$$

$$O_4B \text{ (Min)} = O_2B - 0.75 = \left[(2.5)^2 + (0.3)^2 \right]^{1/2} - 0.75 = 1.77 \text{ m} \quad \text{سیلندر 4}$$

$$O_4B \text{ (Max)} = O_2B + 0.75 = 3.27 \text{ m}$$

$$\text{کورس} = 1.5 \text{ m}$$

عضو B فشاری است



همان جنس قبلی است

$$n = 6 ; S_y = 470 \text{ Mpa}$$

$$P_{cr} = 6 (65) = 390 \text{ KN} , C = 1.2 , E = 207 \text{ Gpa}$$

$$L = 1500 \rightarrow D = 51.965 \rightarrow d = 60 \text{ mm}$$

$$(L/K)_1 = 103 ; (L/K) = \frac{1500 (4)}{52.0} = 115.4$$

فصل ۲

- مواد و خواص آنها

۲-۱ و ۲ داده‌های مسئله با سیستم متریک مطابقت ندارد و جواب‌های نامعقول به دست می‌آید. لذا مسأله را با داده‌های زیر حل می‌کنیم.

$$E \text{ در نقطه } E : E = \frac{400}{0.00193} = 207000 \text{ Mpa}$$

$$Y \text{ در نقطه } Y : S_y = 286 \text{ Mpa}$$

$$U \text{ در نقطه } U : S_u = 372 \text{ Mpa}$$

$$R = \frac{A_s - A_f}{A_s} (100) = \frac{129.28 - 68.8}{129.28} * 100$$

$$\rightarrow R = 46.8 \%$$

$$S_u = \frac{P}{A} = 0.327 \text{ Gpa}$$

داریم:

$$\epsilon_u = n = 0.224$$

با توجه به شیب نمودار داریم:

$$\log \epsilon = -2 \quad ; \quad \log S = -1$$

$$\sigma = k' \epsilon^n$$

پس

$$\log \sigma = \log k' + n \log \epsilon$$

یا

$$\text{بنابراین} : \log k' = \log \sigma - n \log \epsilon = -0.552$$

$$\log \epsilon = \circ$$

که مطابق است با

همچنین در قسمت AB می توان نوشت:

$$\log k = -0.18 \quad ; \quad k = 0.661 \text{ Gpa}$$

$$\sigma = 661 \epsilon^{0.224}$$

جهت چک مدول الاستیته:

$$\log S = \circ \quad ; \quad \log \epsilon = -2.31 \quad \rightarrow \sigma = E \epsilon$$

$$\log E = \log \sigma - \log \epsilon = 2.31 \quad \rightarrow E = 209 \text{ Gpa}$$

$$A_1 = A_0 (1 - w) = 129.28 (1 - 0.2) = 103.4 \text{ mm}^2$$

$$\epsilon_1 = \ln \frac{A_0}{A_1} = \ln \frac{129.28}{103.4} = 0.22$$

$$\text{همچنین} : S'_y = k (\epsilon_1)^n = 661 (0.22)^{0.224}$$

$$\rightarrow S'_y = 470 \text{ Mpa} \quad ; \quad S'_u = \frac{S_u}{1 - w} = 408.75 \text{ Mpa}$$

تست الاستیک

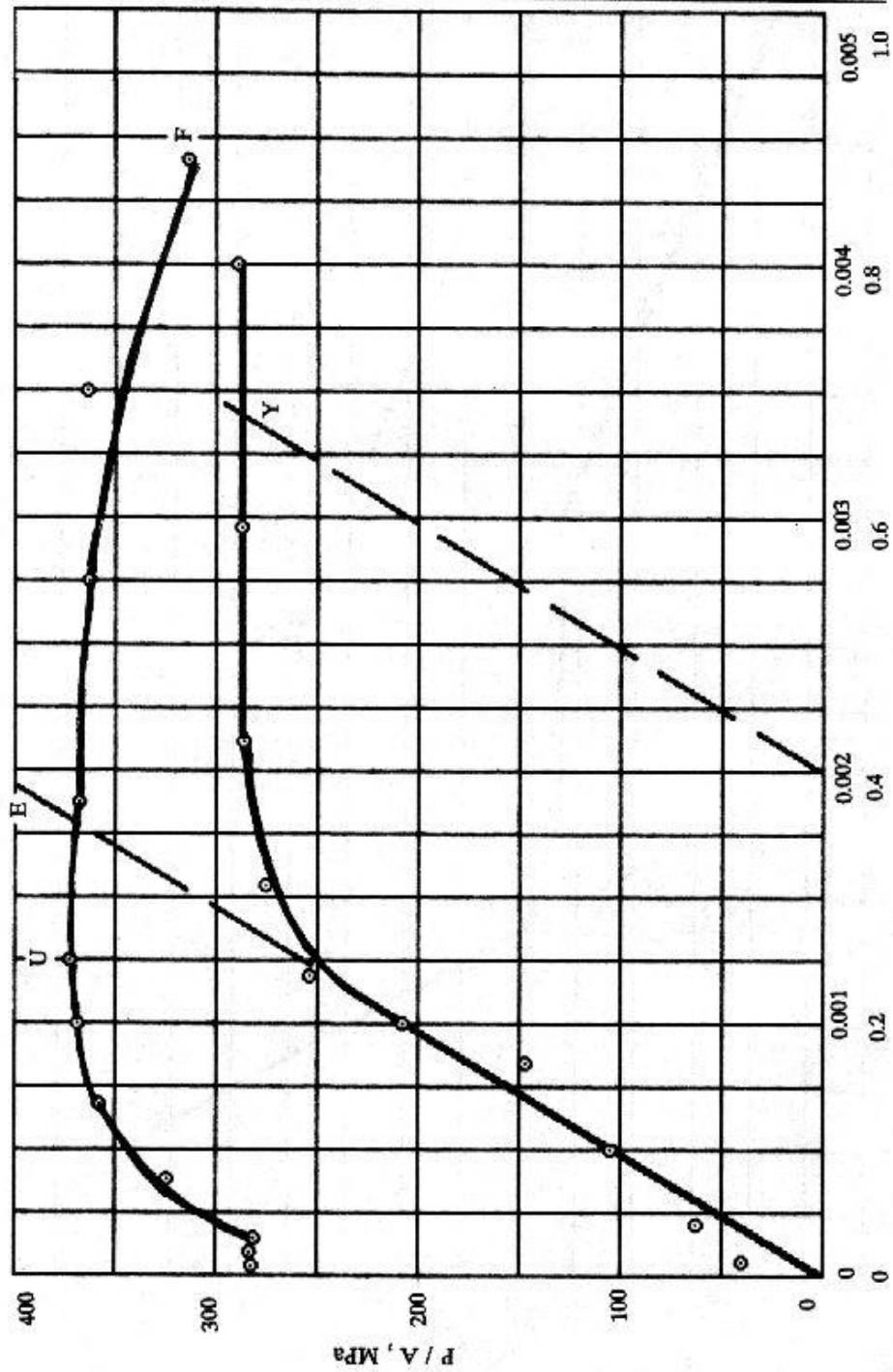
P	5.5	7.8	13.6	18.9	26.9
δ	0.005	0.015	0.025	0.035	0.05
ϵ	0.0001	0.0003	0.0005	0.0007	0.001
ε	0.0001	0.0003	0.0005	0.0007	0.001
A	129.3	129.3	129.2	129.2	129.1
P / A	0.043	0.06	0.105	0.146	0.208
σ	0.043	0.06	0.105	0.146	0.208
$\log \sigma$	- 1.37	- 1.22	- 0.978	- 0.83	- 0.68
$\log \epsilon$	- 4.0	- 3.53	- 3.3	- 3.16	- 3.0

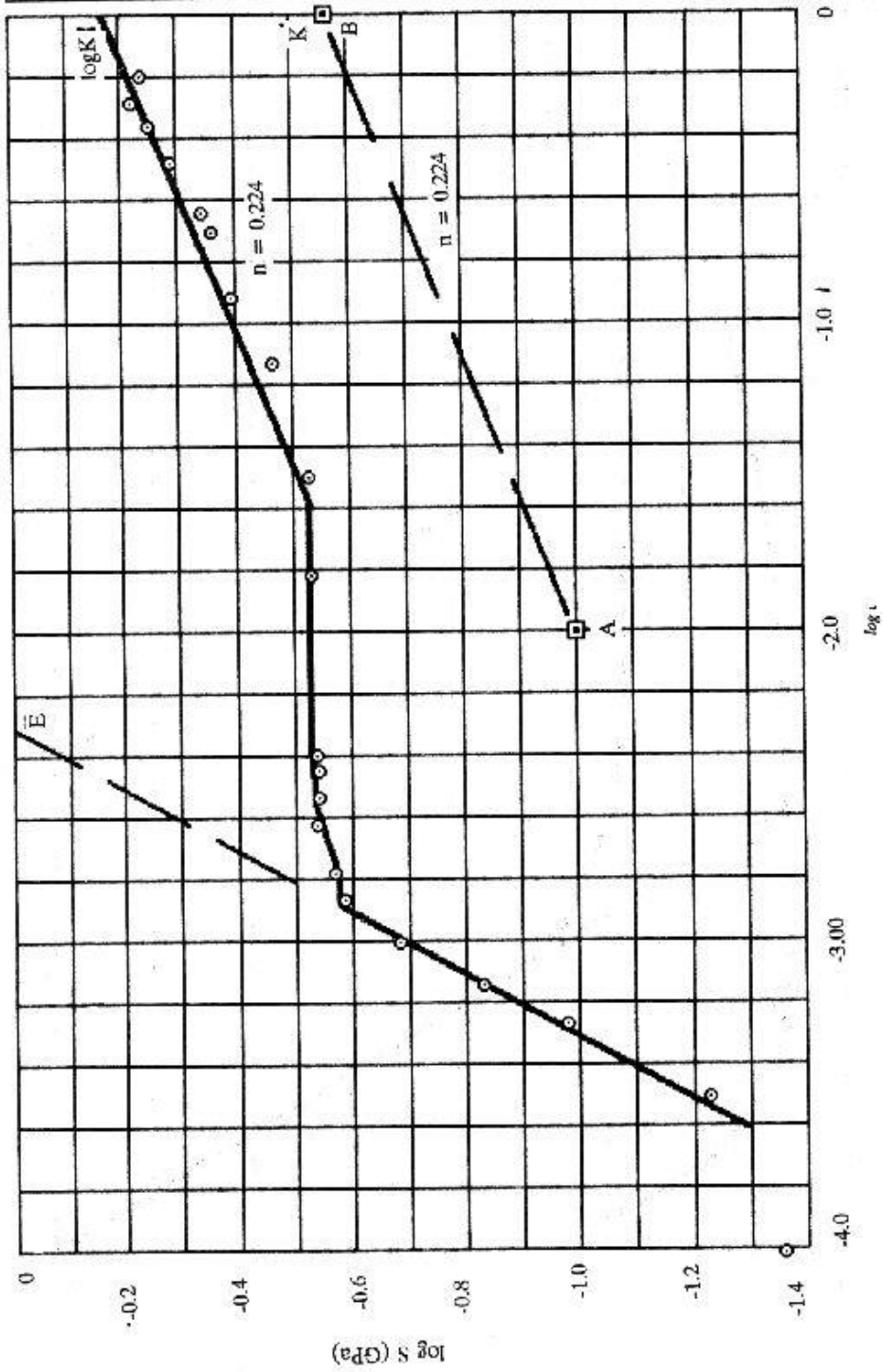
P	33.2	35.6	36.8	37.0	37.1
δ	0.065	0.08	0.11	0.145	0.2
ϵ	0.0013	0.0016	0.0022	0.0029	0.004
ε	0.0013	0.0016	0.0022	0.0029	0.004
A	129.11	129.1	129	128.9	128.8
P / A	0.257	0.275	0.285	0.286	0.287
σ	0.257	0.276	0.285	0.287	0.288
$\log \sigma$	- 0.59	- 0.56	- 0.55	- 0.54	- 0.54
$\log \epsilon$	- 2.89	- 2.8	- 2.66	- 2.53	- 2.4

تست پلاستیک

P	37	37.1	37.0	37.0	42.0	46.4
A	128.9	128.8	127.3	125.4	120.1	114.3
ε	0.003	0.004	0.0155	0.0305	0.0737	0.1232
ϵ	0.003	0.004	0.0156	0.0309	0.0765	0.1311
P / A	0.286	0.287	0.286	0.286	0.325	0.359
σ	0.287	0.288	0.291	0.295	0.349	0.4059
$\log \sigma$	- 0.54	- 0.54	- 0.53	- 0.53	- 0.46	- 0.39
$\log \varepsilon$	- 2.52	- 2.43	- 1.81	- 1.52	- 1.13	- 0.91

P	48	48.1	47.9	47.3	46.5	40.3
A	107.8	103.3	94.1	83.4	76.0	68.8
ε	0.1817	0.2244	0.3176	0.4385	0.5313	0.6308
ϵ	0.1993	0.2515	0.3739	0.5501	0.7011	0.8791
P / A	0.371	0.372	0.371	0.366	0.359	0.312
σ	0.4453	0.4656	0.509	0.5671	0.6118	0.5858
$\log \sigma$	- 0.35	- 0.33	- 0.29	- 0.25	- 0.21	- 0.23
$\log \varepsilon$	- 0.74	- 0.65	- 0.498	- 0.36	- 0.28	- 0.20





فصل ۵

نکات آماری

$$b = 0.726 \quad ; \quad m = 0.526 \quad ; \quad r = 0.989 \quad \text{۵-۱}$$

$$S_{\sigma_e} = 0.726 + 0.526 S_{\sigma_e} \quad \text{بلی}$$

$$r = 0.592 \quad ; \quad b = 154 \quad ; \quad m = 0.180 \quad \text{(a) } \text{۵-۲}$$

$$r = 0.865 \quad ; \quad b = 57.6 \quad ; \quad m = 0.436 \quad \text{(b)}$$

$$S_{\sigma_u} = 188 \quad \text{(c) اگر } HB = 300 \text{ داریم}$$

$$\bar{K} = 1765 \text{ N/m} \quad , \quad \bar{L}_F = 80.00 \text{ mm} \quad \text{(a) } \text{۵-۳}$$

$$S_k = 8.97 \text{ N/m} \quad ; \quad S_L = 0.178 \text{ mm}$$

$$r = 0.948 \quad \text{بلی - (b)}$$

اقتصاد (301) ; $\bar{x} = 83.7$; $S_x = 8.43$

(a) ۵-۴

ریاضیات (316) ; $\bar{y} = 83.6$; $S_y = 9.13$

(b) $r = 0.0358$ خیر

$$Z_{1100} = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{1100 - 1200}{42} = -2.3810$$

(a) ۵-۶

$$Q_{1(z)} = 0.00863 , N = 800 [Q_{(z)}] = 6.91$$

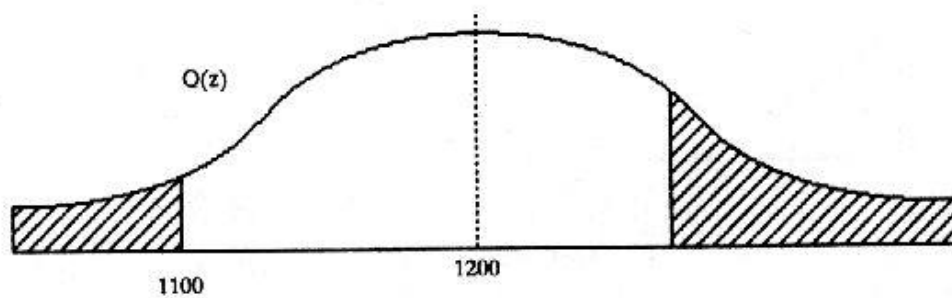
→ فنر

$$Z_{1250} = \frac{1250 - 1200}{42} = 1.1905$$

(b)

$$Q_{2(z)} = 0.1169$$

$$1 - Q_{1(z)} - Q_{2(z)} = 0.8744 \rightarrow N = 700 \quad \text{فنر}$$

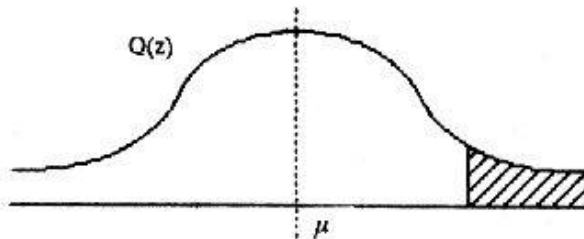


$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{95 - 82}{7.5} = 1.7333$$

(a) ۵-۷

$$Q_{(z)} = 0.041518 \quad \rightarrow \quad N = Q_{(z)}(30) = 1.24$$

یا یک دانشجو



$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{60 - 82}{7.5} = 2.93, \quad Q_{(z)} = 0.00168$$

(b)

$$\rightarrow N = Q_{(z)}(30) = 0.05$$

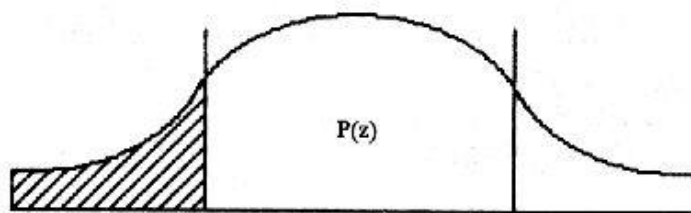
هیچ دانشجو

$$Z = 1; \quad Q_{(z)} = 0.15865$$

(c)

$$P_{(z)} = 1 - 2Q_{(z)} = 1 - 2(0.15865) = 0.6827$$

در حدود 68%



$$P_{(z)} = 0.99; \quad Q_{(z)} = 0.01$$

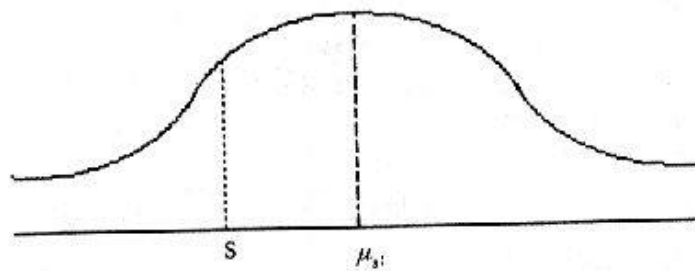
۵-۸

$$\rightarrow Z = 2.3269$$

$$\hat{\sigma} = \frac{s - \mu_s}{z} \rightarrow s - \mu_s = \hat{\sigma}_2 = (0.06) (2.3269)$$

$$\rightarrow s - \mu_s = 0.1396$$

$$K = 1 - 0.1396 = 0.8604$$



$$d_{\min} = 3.75 - 0.03 = 3.72 \text{ mm}$$

۵-۹

$$d_{\max} = 3.75 + 0.03 = 3.78 \text{ mm}$$

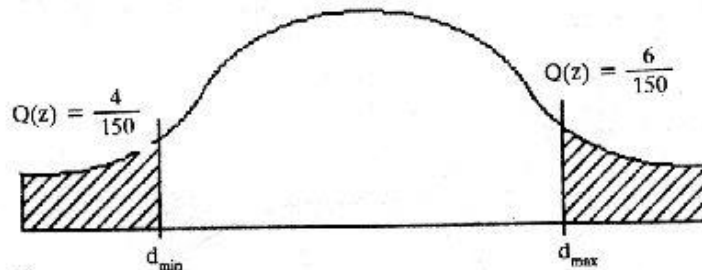
$$z_4 = -1.9326$$

$$\sigma = \frac{3.72 - \mu}{-1.9326}$$

$$Q(z) = \frac{4}{150}$$

$$Q(z) = \frac{6}{150}$$

$$z_6 = 1.7511$$



$$\hat{\sigma} = \frac{3.78 - \mu}{1.7511}$$

II

$$I, D \rightarrow \hat{\sigma} = 0.01629, \mu = 3.75148$$

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16 (1.77) (10^3)}{\pi (0.26)^3} = 0.513 \text{ Mpa}$$

۵-۱۰

$$\hat{\sigma}_d = \frac{0.003}{3} = 0.001 \text{ mm}$$

$$d = 0.26 - 0.001 = 0.259 \text{ mm}$$

$$\tau = 0.513 \frac{(0.26)^3}{(0.259)^3} = 0.519 \text{ Mpa}$$

$$\hat{\sigma} = 0.519 - 0.513 = 0.06 \text{ Mpa}$$

$$C_{\min} = \text{بزرگترین مقدار شافت - کوچکترین مقدار سوراخ} \\ = 15.875 - 15.845 = 0.03 \text{ m}$$

۵-۱۱

$$C_{\max} = \text{کوچکترین مقدار شافت - بزرگترین مقدار سوراخ} \\ = 15.925 - 15.795 = 0.13 \text{ m}$$

$$\mu_c = \frac{0.03 + 0.13}{2} = 0.08 \text{ mm}$$

$$\hat{\sigma}_s = \frac{0.05}{3} = 0.0167 \text{ mm}$$

۵-۱۲

$$\hat{\sigma}_H = \frac{0.075}{3} = 0.025 \text{ mm}$$

$$\hat{\sigma}_C = [(0.025)^2 + (0.0167)^2]^{1/2} = 0.0301 \text{ mm}$$

$$0.5 - A = 0.05 \quad \rightarrow A = 0.45, \quad Z = -1.645$$

$$Z = \frac{C - \mu_c}{\hat{\sigma}_c} \quad \rightarrow 0.002 + (1.645)(0.0301) = \mu_c$$

$$\rightarrow \mu_c = 0.052 \text{ mm}$$

$$Z = \frac{0.175 - 0.052}{0.0301} = 4.1 \quad \rightarrow A_2 = 0.498$$

$$P(c > 0.175) = 0.5 - 0.498 = 0.002$$

$$\rightarrow 0.2 \%$$

فصل ۶

- طراحی

(استاتیکی)

$$\sigma_1 = 120 \text{ Mpa} ; \sigma_2 = 0 \text{ Mpa} ; \sigma_3 = -90 \text{ Mpa}$$

۶-۱

$$n = \frac{S_y}{\sigma_1} = \frac{360}{120} = 3$$

$$\tau_{\max} = \sigma_1 - \sigma_3 = 210 ; \quad n = \frac{S_y}{\tau_{\max}} = 1.714 \quad (\text{b})$$

$$\sigma' = 182.483 ; \quad n = \frac{S_y}{\sigma'} = 1.973 \quad (\text{c})$$

$$n = \frac{350}{70} = 5$$

(a) برای هر سه تنوری

۶-۲

$$\sigma_{\max} = 70 \text{ Mpa} \quad \rightarrow \quad \tau_{\max} = 35 \text{ Mpa}$$

(b)

$$\sigma' = [(70)^2 - (70)(35) + (35)^2]^{1/2} = 60.6 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{350}{70} = 5$$

- ماکزیمم تنش نرمال

$$n = \frac{350/2}{70/2} = 5$$

- ماکزیمم تنش برشی

$$n = 350/60.6 = 5.78$$

- انرژی تغییر شکل

$$\sigma_{\max} = 70 \text{ Mpa} \quad ; \quad \tau_{\max} = 70 \text{ Mpa}$$

(c)

$$\sigma' = [(70)^2 - (70)(-70) + (-70)^2]^{1/2} = 121 \text{ Mpa}$$

$$n = 350/70 = 5$$

- ماکزیمم تنش نرمال

$$n = \frac{350/2}{70} = 2.5$$

- ماکزیمم تنش برشی

$$n = \frac{350}{121} = 2.89$$

- انرژی تغییر شکل

$$n = 5$$

(d) برای هر سه تئوری

$$S_y = 310 \quad , \quad \sigma_{\max} = 70 \text{ Mpa} \quad ; \quad \tau_{\max} = 35 \text{ Mpa}$$

(a) ۶-۳

$$\sigma' = [(70)^2 - (70)(30) + (30)^2]^{1/2} = 60.8 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{310}{70} = 4.43$$

- ماکزیمم تنش نرمال

$$n = \frac{310/2}{35} = 4.43$$

- ماکزیمم تنش برشی

$$n = 310/60.8 = 5.1$$

- انرژی تغییر شکل

$$\sigma_1 = 81.1 \text{ Mpa} ; \sigma_2 = -11.1 \text{ Mpa}$$

(b)

$$\sigma_{\max} = 81.1 \text{ Mpa} ; \tau_{\max} = 46.1 \text{ Mpa}$$

$$\sigma' = [(81.1)^2 - (81.1)(-11.1) + (-11.1)^2]^{1/2} = 87.2 \text{ Mpa}$$

$$n = 310/81.1 = 3.82$$

- ماکزیمم تنش نرمال

$$n = \frac{310/2}{46.1} = 3.36$$

- ماکزیمم تنش برشی

$$n = 310/87.2 = 3.55$$

- انرژی تغییر شکل

$$\sigma_1 = 4.1 \text{ Mpa} ; \tau_{\max} = 39.1 \text{ Mpa} ; \sigma_2 = -74.1 \text{ Mpa}$$

(c)

$$\sigma_{\max} = -74.1 \text{ Mpa} \quad \sigma' = [(4.1)^2 - (4.1)(-74.1) + (74.1)^2]^{1/2}$$

$$\rightarrow \sigma' = 76.2 \text{ Map}$$

$$n = \frac{310}{74.1} = 4.18$$

- ماکزیمم تنش نرمال

$$n = \frac{310/2}{39.1} = 3.96$$

- ماکزیمم تنش برشی

$$n = \frac{310}{76.2} = 4.07$$

انرژی تغییر شکل

$$\sigma_1 = 77.7 \text{ Mpa} ; \sigma_2 = -7.7 \text{ Mpa} , \tau_{\max} = 42.7 \text{ Mpa} \quad (d)$$

$$\sigma' = 81.8 \text{ Mpa}$$

$$n = 3.99$$

- ماکزیمم تنش نرمال

$$n = 3.63$$

- ماکزیمم تنش برشی

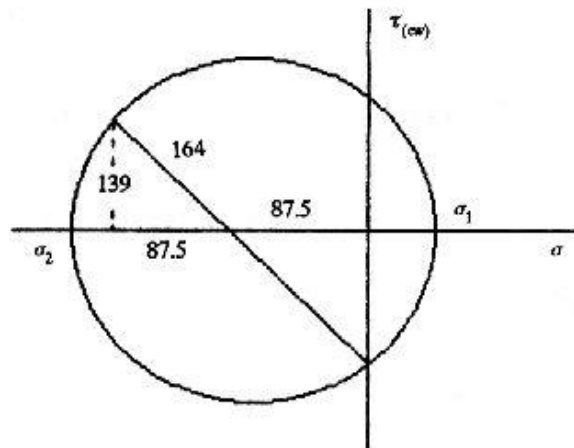
$$n = 3.79$$

- انرژی تغییر شکل

$$M_z = 1.1 (10^6) \text{ N.mm}$$

۴-۶

$$\sigma_x = -\frac{32 M_z}{\pi d^3} = -\frac{32 (1.1) (10^6)}{\pi (40)^3} = -175 \text{ Mpa}$$



 VT

 فصل ۶- طراحی (استاتیکی)

$$\tau_{xz} = \frac{16 M_x}{\pi d^3} = \frac{16 (1.75) (10^6)}{\pi (40)^3} = 139 \text{ Mpa c.w}$$

$$\tau_{\max} = 164 \text{ Mpa} ; \sigma_1 = 76.5 \text{ Mpa} ; \sigma_2 = -251.5 \text{ Mpa}$$

$$\sigma' = [(-251.5)^2 - (-251.5)(76.5) + (76.5)^2]^{1/2} = 297 \text{ Mpa}$$

$$S_y = 50 (6.89) = 344.4 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{344.5/2}{164} = 1.05$$

- ماکزیمم تنش برشی

$$n = \frac{344.5}{297} = 1.16$$

انرژی تغییر شکل

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16 (1.8) (10^3) (225)}{\pi (25)^3} = 132.1 \text{ Mpa}$$

(a ۶-۵)

$$\sigma_x = \frac{32 M}{\pi d^3} = \frac{32 (1.8) (10^3) (175)}{\pi (25)^3} = 205.35 \text{ Mpa}$$

$$S_y = 1020 \text{ Mpa}$$

(b)

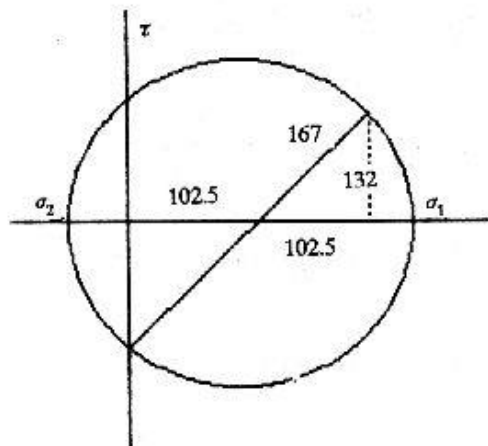
$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \tau_{xy}^2} = 307 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{1020}{307} = 3.32$$

$$S_{sy} = 0.5 (1020) = 510$$

(c)

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{\max}} = \frac{510}{167} = 3.05$$



$$\sigma_x = \frac{35 M}{\pi d^3} ; \tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

۶-۶

$$\tau_{\max} = [(\sigma_{x/2})^2 + \tau_{xy}^2]^{1/2} = (16 / \pi d^3) [(M^2 + T^2)]^{1/2}$$

$$\frac{S_y}{2n_s} = \frac{16}{\pi d^3} (M^2 + T^2)^{1/2} \rightarrow d = [(\frac{32n_s}{S_y}) (M^2 + T^2)^{1/2}]^{1/3}$$

با وارد کردن مقادیر n_s ، S_y ، M و T می توانیم d را بدست آوریم.

$$d = [(\frac{32n_s}{S_y}) (M^2 + T^2)^{1/2}]^{1/3}$$

۶-۷ مشابه بالا داریم

که با وارد کردن مقادیر d را به دست می آوریم.

$$T = 1.8 (10^3) (225)$$

۶-۸ از مسئله ۵ داریم

$$M = 1.8 (10^3) (175)$$

$$T_p = 1.8 (450) = 729 \text{ N.m} \quad ; \quad M_p = 1.8 (315) = 567 \text{ N.m}$$

$$I = \frac{\pi}{64} (d^4 - d_i^4) \quad ; \quad J = \frac{\pi}{32} (d^4 - d_i^4)$$

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I} = \frac{32 Md}{\pi (d^4 - d_i^4)} \quad ;$$

$$\sigma_{xp} = \frac{32 (567)}{\pi} \frac{d}{d^4 - d_i^4} = 5775.4 \frac{d^4}{d^4 - d_i^4}$$

$$\begin{aligned} \tau_{xyp} &= \frac{Tc}{J} = \frac{Td}{2 \left[\frac{\pi}{32} (d^4 - d_i^4) \right]} = \frac{16Td}{\pi (d^4 - d_i^4)} \\ &= \frac{16 (729)}{\pi} \frac{d}{d^4 - d_i^4} = 3712.8 \frac{d}{d^4 - d_i^4} \end{aligned}$$

$$S_y = 385 \text{ Mpa} \quad ; \quad \sigma_p = \frac{S_y}{n_s} = \frac{385}{1.3} = 296.15 \text{ Mpa}$$

$$\text{با فرض } A = \frac{d}{d^4 - d_i^4} \text{ خواهیم داشت}$$

$$\rightarrow \sigma_x = 5775.4 A \quad ; \quad \tau_{xy} = 3712.8 A$$

$$\sigma' = (\sigma_x^2 + 3 \tau_{xy}^2)^{1/2} = 8643.5 A$$

$$\sigma' = \sigma_p \text{ با قرار دادن}$$

$$e = A - \frac{d}{d^4 - d_i^4} \quad \text{بنابراین مقدار A بدست می آید و از آنجا}$$

$$1) \quad d = 1, \quad t = 0.25; \quad d_i = 0.5 \quad \rightarrow e = -0.596 \quad \text{اشتباه}$$

$$2) \quad d = 1.5, \quad t = 0.125; \quad d_i = 1.25 \quad \rightarrow e = -0.1017 \quad \text{اشتباه}$$

$$3) \quad d = 1.5, \quad t = 0.25; \quad d_i = 1 \quad \rightarrow e = 0.1013 \quad \text{جواب}$$

$$S_y = 276 \text{ Mpa}; \quad F_p = 0.8 (2.2) = 1.76 \text{ KN}$$

۶-۹

$$P_p = 7.2 (1.3) = 9.36 \text{ KN}$$

$$T_p = 38 (1.9) = 72.2 \text{ N.m}$$

$$\sigma'_p = \frac{S_y}{n_s} = \frac{275.6}{1.5} = 183.7 \text{ Mpa} (0.1837 \text{ Gpa})$$

$$M_p = 120 F_p = 211.2 \text{ N.m}$$

$$A = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_i^2); \quad \frac{\pi}{32} d (d^4 - d_i^4), \quad \frac{J}{C} = \frac{\pi}{16d} (d^4 - d_i^4)$$

$$\sigma_x = \frac{P}{A} + \frac{M}{I/C}$$

$$\rightarrow \sigma_x = \frac{11.92}{d^2} + \frac{2151}{d^4} \text{ Gpa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{TC}{J} = \frac{367.7 d}{d^4 - d_i^4} \text{ Gpa}$$

$$\sigma'_p = [\sigma_{x,p}^2 + 3 \tau_{xz,p}^2]^{1/2} \text{ باروش تکرار از معادلات روبرو مقادیر زیر به دست می آید.}$$

$$d_i = 13 ; d = 25 ; t = 6 \text{ mm}$$

$$S_y = 344 \text{ Mpa}$$

۶-۱۰

$$\sigma_x = \frac{PD}{2t} = \frac{8.5 [25 - 2 (1.5)]}{2 (1.5)} = 62.4 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_y = \frac{PD}{4t} = \frac{\sigma_x}{2} = 31.2 ; \sigma_{\max} = 62.4 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\max} = 31.2$$

$$\sigma' = [(62.4)^2 - (62.4) (31.2) + (31.2)^2]^{1/2} = 54.04 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{344}{62.4} = 5.513$$

(a) ماکزیمم تنش نرمال

$$n = \frac{172}{31.2} = 5.513$$

(b) ماکزیمم تنش برشی

$$n = \frac{344}{54.04} = 6.37$$

- انرژی تغییر شکل

$$S_y = 138 \text{ Mpa}$$

۶-۱۱

$$\sigma_x = \frac{PD}{2t} = \frac{P[60 - 2(1.5)]}{2(1.5)} = 19 P$$

$$\sigma_y = \frac{\sigma_x}{2} = 9.5 P$$

$$S_y^2 = \sigma_1^2 - \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2^2$$

$$\rightarrow P = 8.38 \text{ Mpa}$$

با جایگذاری خواهیم داشت

$$\sigma_x = 50 ; \sigma_y = 0 , \tau_{xy} = 30$$

(a) ۶-۱۲

$$\rightarrow \sigma_1 = 64.051 ; \sigma_2 = 0$$

$$\sigma_3 = -14.051 ; \tau_{\max} = 39.051$$

$$(M.N.S \text{ تنوری}) n = \frac{150}{64.051} = 2.34$$

$$(C.M \text{ تنوری}) n = 2.22$$

$$(M.M \text{ تنوری}) n = 2.34$$

$$\sigma_x = -80 ; \sigma_y = -40 ; \tau_{xy} = 20$$

(b)

$$\sigma_1 = 0 ; \sigma_2 = -31.7 ; \sigma_3 = -88.28$$

$$\tau_{\max} = -44.14$$

$$(M.N.S \text{ تنوری}) n = 6.79$$

$$(C.M \text{ تنوری}) n = 6.79$$

$$(M.M \text{ تنوری}) n = 6.79$$

$$\sigma_x = 40 ; \sigma_y = 30 ; \tau_{xy} = 10 \quad (c)$$

$$\sigma_1 = 46.18 ; \sigma_2 = 23.8$$

$$\sigma_3 = 0 ; \tau_{\max} = 23.09$$

$$(MNS \text{ تنوری}) n = 3.24$$

$$(C.M \text{ تنوری}) n = 3.24$$

$$(M.M \text{ تنوری}) n = 3.24$$

$$\sigma_x = 30 ; \sigma_y = -60 , \tau_{xy} = -30 \quad (d)$$

$$\sigma_1 = 39.08 ; \sigma_2 = 0$$

$$\sigma_3 = -69.08 ; \tau_{\max} = 54.08$$

$$(MNS \text{ تنوری}) n = 3.84$$

$$(C.M \text{ تنوری}) n = 2.66$$

$$(M.M \text{ تنوری}) n = 3.22$$

فصل ۷

- طراحی

(خستگی)

$$S_{ut} = 490 \text{ Mpa}$$

V-1

$$S_e = 0.5 (S_{ut}) = 245 \text{ Mpa}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{0.8 S_{ut}}{S_e} = 0.068$$

$$C = \log \frac{[(0.8) S_{ut}]^2}{S_e} = 2.797 \quad \rightarrow S_y = 10^C N^b$$

$$\begin{aligned} \rightarrow S_y &= 10^{(2.797)} * (250 \times 10^3)^{-0.068} \\ &= 269 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\rightarrow k_a = 0.89 \quad \text{دریلها را معمولاً سنگ می‌زنند.} \quad \text{V-۴}$$

$$S_{ut} > 1400 \text{ Mpa} \quad \rightarrow S'_e = 700 \text{ Mpa}$$

$$k_b = K_c = 1$$

$$S_e = 0.89 (700) = 623 \text{ Mpa}$$

$$S_u = 600 \text{ Mpa} \quad ; \quad K_a = 0.73 \quad \text{V-۵}$$

$$k_b = 1.189 (25)^{-0.097} = 0.87$$

$$S'_e = 0.5 (600) = 300$$

$$S_e = 0.73 (0.87) (300) = 190.6 \text{ Mpa}$$

$$S_{ut} = 520 \text{ Mpa} \quad ; \quad k_a = 0.83 \quad \text{V-۶}$$

$$k_b = 0.6 \quad ; \quad k_c = 0.897$$

$$d/w = 12/60 = 0.2 \quad \rightarrow \text{شکل ۱-۲۳} \quad k_t = 2.5$$

$$q = 0.78 \quad \rightarrow k_f = 1 + 0.78 (2.5 - 1) = 2.17$$

$$k_e = 1/2.17 = 0.461$$

$$S'_e = 0.5 (520) = 260 \text{ Mpa}$$

$$S_e = (0.83) (0.6) (0.897) (0.461) (260) = 53.5 \text{ Mpa}$$

$$A = 10 (60 - 12) = 480$$

$$F = S_e A = 53.5 (480) (10^{-3}) = 25.68 \text{ KN}$$

$$S_{ut} = 650 \text{ Mpa} \quad \rightarrow S'_e = 325 \text{ Mpa} \quad \text{V-V}$$

$$k_a = 0.89$$

$$d = \left[\frac{0.05 \text{ hb}}{0.0766} \right]^{1/2} = \left[\frac{0.05 (20) (10)}{0.0766} \right]^{1/2} = 11.43 \text{ mm}$$

$$k_b = 1.189 (11.43)^{-0.097} = 0.939$$

$$r/d = 0.05 \quad ; \quad D/d = 30/20 = 1.5$$

$$(A - 23 - b) \rightarrow k_t = 2.3$$

$$r = 1 \text{ mm} \rightarrow q = 0.92 \rightarrow k_f = 1 + 0.92 (2.3 - 1) = 2.2$$

$$k_c = 1/k_f = 1/2.2 = 0.455$$

$$S_e = (0.89) (0.939) (0.455) (325) = 123.6 \text{ Mpa}$$

$$I/C = \frac{bh^2}{6} = \frac{10 (20)^2}{2} = 667 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = 0.112F \text{ Mpa} \quad ; \quad S_e = \sigma$$

$$F = \frac{\sigma}{0.112} = \frac{123.6 (10^{-3})}{0.112} = 1.1 \text{ KN}$$

$$M_{cr} = 10.4 (262.5) - 8.9 (62.5) \\ = 2173.75 \text{ N.m}$$

V-A

$$k_a = 0.89 \quad ; \quad k_c = 1 \quad ; \quad k_t = 1.94 \quad ; \quad q = 0.78$$

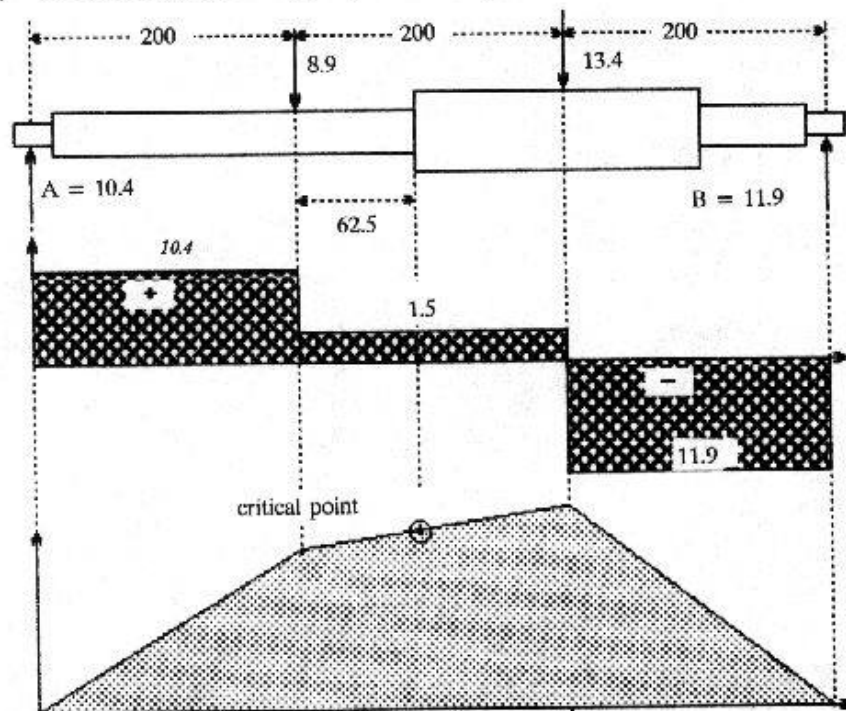
$$k_b = 1.189 (40)^{-0.097} = 0.831$$

$$k_f = 1 + 0.78 (1.94 - 1) = 1.734$$

$$k_e = 1/1.734 = 0.575$$

$$S'_e = 0.5 (610) = 305 \text{ Mpa}$$

$$S_e = 0.89 (0.839) (1) (0.575) (305) = 129.4 \text{ Mpa}$$



$$N = 3 (1720) = 5160 \text{ cycles}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{0.8 S_{ut}}{S_e} = -0.1922$$

$$c = \log \frac{(0.8 S_{ut})^2}{S_e} = 3.265 \quad ; \quad S_f = 10^c N^b = 356 \text{ Mpa}$$

$$\frac{I}{C} = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi (40)^3}{32} = 6283.2 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{2173.75}{6283.2 (10^9)} = 346 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{S_f}{\sigma} = 1.06 \quad ; \quad n = \frac{S_y}{\sigma} = 0.9$$

$$S_{ut} = 530 \text{ Mpa}$$

V-۹

$$k_a = 0.77 \quad ; \quad k_c = 0.702$$

$$k_b = 1.189 (35)^{-0.097} = 0.842$$

$$D/d = 50/35 = 1.43 \quad ; \quad r/d = 3/35 = 0.0857$$

$$\rightarrow k_t = 1.7 \quad ; \quad q = 0.8$$

$$k_f = 1 + 0.8 (1.7 - 1) = 1.56 \quad ; \quad k_e = 1/1.56 = 0.641$$

$$S'_e = 0.5 (530) = 265 \text{ Mpa}$$

$$S_e = 0.77 (0.842) (0.702) (0.641) (265) = 77.3 \text{ Mpa}$$

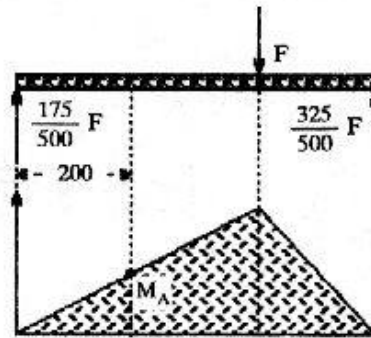
$$R_1 = \frac{175F}{500} = \frac{175(3)}{500} = 1.05 \text{ KN}$$

$$I_c = 4210 \text{ mm}^3$$

$$M = 1.05 (200) = 210 \text{ N.m}$$

$$\sigma = \frac{M}{I_c} = \frac{210 (10^3)}{4210} = 44.9$$

$$n = \frac{S_e}{\sigma} = \frac{77.3}{44.9} = 1.55$$



$$S_{ut} = 600 \text{ Mpa}$$

V-۱۰

$$S'_e = 0.5 (600) = 300 \text{ Mpa}$$

$$k_a = 0.77 \quad ; \quad k_b = 0.6 \quad ; \quad k_c = 0.814$$

(a)

$$D/d = 15/8 = 1.88 \quad ; \quad r/d = 15/8 = 0.188$$

$$k_t = 1.8 \quad ; \quad q = 0.73$$

بر اساس شکست نسبی

$$k_1 = 1 + 0.73 (1.8 - 1) = 1.58 \quad ; \quad k_e = 1/1.58 = 0.631$$

$$S_e = 0.77 (0.6) (0.814) (0.631) (300) = 71.19 \text{ Mpa}$$

$$\frac{S_e}{n} = \frac{F}{A} \quad \rightarrow \quad F = \frac{71.19}{2} (8) (10) = 2847.6 \text{ N}$$

(b)

$$h/w = 1/2 \quad ; \quad d/w = 8/15 = 0.533$$

بر اساس شکست سوراخ

$$k_t = 2.6 \quad ; \quad q = 0.82$$

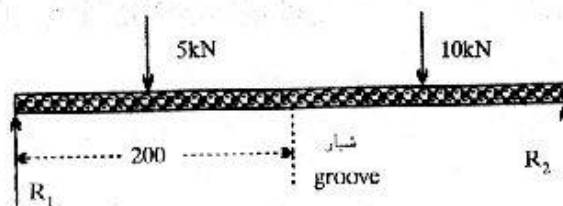
$$k_1 = 1 + 0.82 (2.6 - 1) = 2.31$$

$$k_e = 1/k_1 = 0.433$$

$$S_e = 0.77 (0.6) (0.814) (0.423) (300) = 48.9 \text{ Mpa}$$

$$F = \frac{S_e}{n} A \quad \rightarrow \quad F = 1710 \text{ N}$$

۷-۱۱



$$k_b = 1.189 (35)^{-0.097} = 0.842$$

$$k_a = 0.65 \quad ; \quad k_c = 1$$

$$D/d = 50/35 = 1.43 \quad ; \quad r/d = 5/35 = 0.143$$

$$K_t = 1.73 \quad , \quad q = 0.96$$

$$K_f = 1 + 0.96 (1.73 - 1) = 1.7 \quad ; \quad K_e = 1/1.7 = 0.589$$

$$S'_e = 0.5 (1300) = 650 \text{ Mpa}$$

$$I/c = \pi/32 (35)^3 = 4210 \text{ mm}^3$$

$$S_e = 0.65 (0.842) (1) (0.589) (650) = 209.5 \text{ Mpa}$$

$$N = 350 (10^3) \quad \rightarrow \quad S_F = 267 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma M = 5 (100) + 10 (250) - 350 R_2 = 0$$

$$\rightarrow R_2 = 8.57 \text{ KN} \quad ; \quad R_1 = 6.43 \text{ KN}$$

$$M_G = 6.43 (200) - 5 (100) = 786 \text{ N.m}$$

$$\sigma = \frac{M}{I/c} = \frac{786}{4210} = 0.187 \text{ Gpa}$$

$$\rightarrow n = \frac{S}{\sigma} = \frac{0.267}{0.187} = 1.43$$

۱۲-۷ (a) تحت خمش متناوب بین ۴۰ و ۱۰۰

$$\sigma_a = \frac{100 - 40}{2} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_m = \frac{100 + 40}{2} = 70 \text{ Mpa}$$

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{n} \quad \rightarrow n = 3.75$$

(b) تحت خمش متناوب بین ۰ و ۲۰۰

$$\sigma_a = 100 ; \sigma_m = 100 \quad \rightarrow n = 2$$

(c) تحت بار فشاری و محوری

$$\sigma_a = 100 ; \sigma_m = -100$$

$$n_f = \frac{200}{100} = 2 ; n_s = \frac{480}{200} = 2.4$$

$$S_u = (3.45) \text{ Bhn} = 1300 \text{ Mpa}$$

۷-۱۳

$$\rightarrow S'_e = 650 \text{ Mpa} ; K_a = 0.37$$

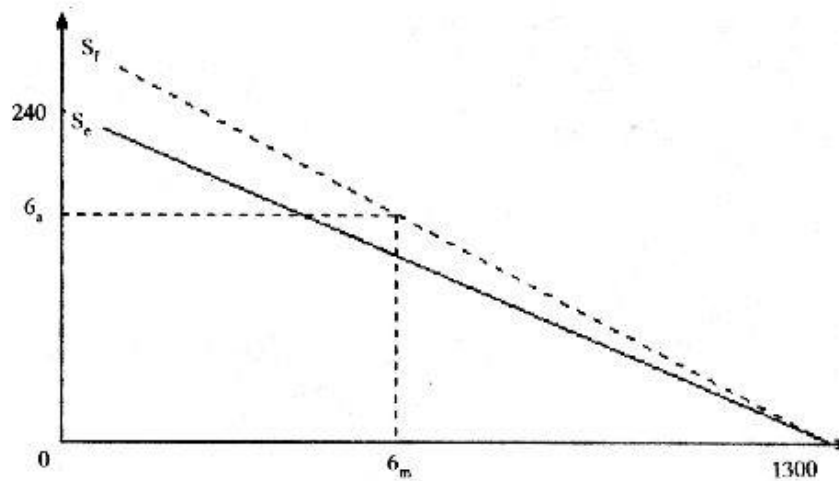
$$d = \left[\frac{0.0105 (9)^2}{0.0766} \right]^{1/2} = 3.33 \quad \rightarrow K_b = 1$$

$$\rightarrow S_e = 0.37 (1) (650) = 240.5 \text{ Mpa}$$

$$F_a = \frac{140 - 70}{2} = 35 \text{ N} ; F_b = 105 \text{ N}$$

$$\sigma_m = \frac{32 \text{ Mm}}{\pi d^3} = \frac{32 (105) (400)}{\pi (9)^3} = 586.8 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_a = \frac{35}{105} \sigma_m = 195.6$$



$$S_f = 320 \text{ Mpa}$$

از روی نمودار داریم

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{0.8 S_{ut}}{S_e} = -\frac{1}{3} \log \frac{0.8 (1300)}{240.5}$$

$$b = -0.212$$

$$C = \log \frac{[(0.8) S_{ut}]^2}{S_e} = 3.65$$

$$S_f = 10^C N^b$$

$$\rightarrow N = 251 (10^3)$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{18 (3)^3}{12} = 40.5 \text{ mm}^4$$

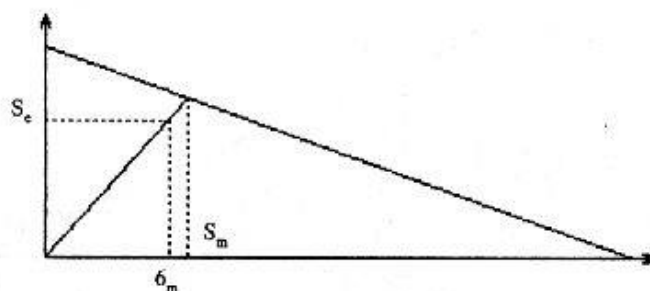
V-۱۴

$$K = \frac{3EI}{r^3} = \frac{3 (207 \text{ Gpa}) (40.5)}{(100)^3} = 2515.05 \text{ N/m}$$

$$F_{\min} = Ky_{\min} = 50 \text{ N} ; F_{\max} = Ky_{\max} = 151 \text{ N}$$

$$K_a = 0.62$$

$$d = \left[\frac{0.05 (3) (8)}{0.0766} \right] = 5.94 \text{ mm}$$



$$\rightarrow K_b = 1 ; q = 1 ; K_f = K_t = 1.7$$

$$K_c = 1/1.7 = 0.588 ; S_u = (3.45) \text{ Bhn Mpa}$$

$$S_u > 1400 \rightarrow S'_e = 700 \text{ Mpa}$$

$$S_e = 0.62 (1) (0.588) (700) = 255.2 \text{ Mpa}$$

$$F_a = \frac{15 - 50}{2} = 50.5 \text{ N}$$

$$F_m = \frac{151 + 50}{2} = 100.5 \text{ N}$$

$$I_c = \frac{40.5}{3/2} = 27 \text{ mm}^3 ; \sigma_a = \frac{Ma}{I_c} = \frac{58.5 (100)}{27}$$

$$\rightarrow \sigma_a = 187 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_m = \frac{Mm}{I_c} = \frac{100.5 (100)}{27} = 372.2 \text{ Mpa}$$

$S_m = 425.2$: از روی دیاگرام داریم

$$\rightarrow n = \frac{S_m}{\sigma_m} = \frac{425.2}{375.2} = 1.14$$

$$S_{ut} = 1000 \text{ Mpa} \quad ; \quad S_y = 755 \text{ Mpa}$$

۷-۱۵

$$K_b = 0.89 \quad ; \quad K_b = 0.6$$

$$K_c = 0.659 \quad ; \quad d/w = 10/36 = 0.278$$

$$h/w = 1/2 = 0.5 \quad ; \quad K_t = 4.3 \quad ; \quad q = 0.92$$

$$K_f = 1 + 0.92 (4.3 - 1) = 4.04 \quad , \quad K_e = 0.248$$

$$S'_e = 0.5 (1000) = 500 \text{ Mpa}$$

$$S_e = 0.89 (0.6) (0.702) (0.248) (500) = 46.48$$

$$F_a = \frac{70 - 30}{2} = 20 \text{ KN} \quad ; \quad F_m = \frac{70 + 30}{2} = 50 \text{ KN}$$

$$\sigma_a = \frac{20 (10^3)}{(36 - 10)t} = \frac{769}{t} \text{ Mpa}$$

$$\sigma_m = \frac{50 (10^3)}{(36 - 10)t} = \frac{1923}{t} \text{ Mpa}$$

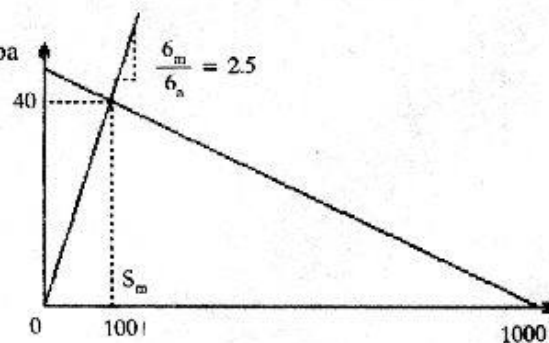
$$\frac{\sigma_m}{\sigma_a} = 2.5$$

از روی شکل روبرو داریم

$$S_m = 100$$

$$\rightarrow \sigma_m = \frac{S_m}{n} = \frac{1923}{t} = \frac{100}{1.35}$$

$$\rightarrow t = 26 \text{ mm}$$



$$S_u = 1400 \text{ Mpa} \quad ; \quad S_y = 950 \text{ Mpa}$$

۷-۱۶

$$HB = 399 \quad ; \quad K_t = 2.5 \quad ; \quad n = 2.8$$

$$K_a = 0.24 \quad ; \quad K_b = 0.8 \quad ; \quad K_e = 1/2.5 = 0.4$$

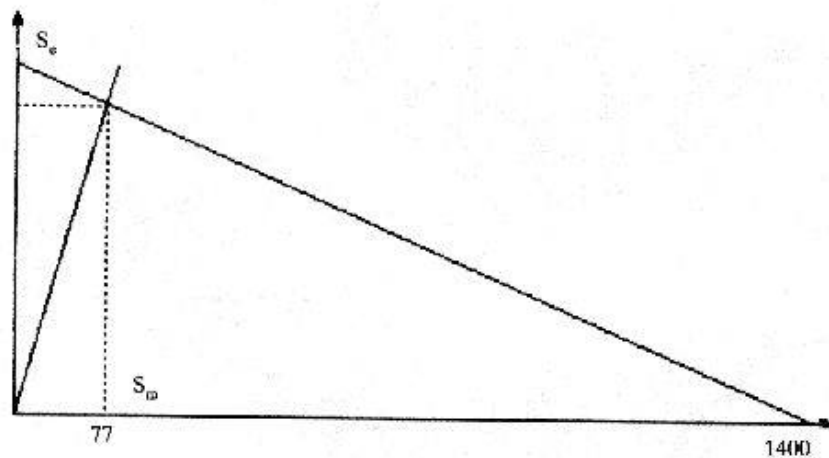
$$S'_e = 700 \text{ Mpa} \quad ; \quad S_e = 0.24 (0.8) (0.4) (700) = 53.76$$

$$F_a = \frac{3 - 0.9}{2} = 1.05 \text{ KN}$$

$$F_m = \frac{3 + 0.9}{2} = 1.95 \text{ KN}$$

$$M = \frac{150F}{2} = 75F \text{ N.m}$$

$$I_c = \frac{bh^3}{6} = \frac{(75 - 10)t^3}{6} = 10.83 t^3 \text{ mm}^3$$



$$\sigma_a = \frac{M_a}{I_c} = \frac{75 (1.05)}{10.83 t^3} = \frac{7.27}{t^3}$$

$$\sigma_m = \frac{M_m}{I_c} = \frac{75 (1.95)}{10.83 t^3} = \frac{13.5}{t^3} \quad \frac{\sigma_a}{\sigma_m} = 0.539$$

$$n = 2.8$$

$$\sigma_{a,p} = \frac{7.27}{t^2} (2.8) = \frac{20.36}{t^2} \text{ Gpa} ; \sigma_{m,p} = \frac{13.5}{t^2} (2.8) = \frac{37.8}{t^2}$$

$$S_m = 77 \text{ Mpa}$$

از روی دیاگرام داریم:

$$S_m = \sigma_{m,p} \rightarrow 77 = \frac{13.5}{t^2} (10^3) \rightarrow t = 13.2 \text{ mm}$$

$$\rightarrow t = 14 \text{ mm}$$

۷-۱۷ ابتدا بر مبنای شکست استاتیکی طراحی می‌کنیم. مقادیر روبرو را انتخاب می‌کنیم.

$$n = 3$$

$$S_u = 430 \text{ Mpa}$$

$$S_y = 340 \text{ Mpa}$$

$$M_{\max} = 30 (250) = 7500 \text{ N.m}$$

$$\sigma = \frac{32 M}{\pi D^3} \Rightarrow \frac{340}{3} = \frac{32 (7500)}{\pi D^3} \rightarrow D = 87.7 \text{ mm}$$

حال شکست را بر مبنای خستگی چک می‌کنیم

$$F_a = F_m = \frac{30}{2} = 15 \text{ KN}$$

$$M_a = M_m = 15 (250) = 3750 \text{ N.m}$$

$$S'_e = 0.5 (430) = 215 \text{ Mpa} ; K_a = 0.82 , K_e = 0.868 (R = 95\%)$$

$$d_{eq} = [0.0105 d^2 / 0.0766]^{1/2} = 32.5 \text{ mm}$$

$$K_p = 1.189 (32.5)^{-0.097} = 0.85$$

$$K_t = 1.5 ; q = 0.78 , K_f = 1 + 0.78 (1.5 - 1) = 1.39$$

$$K_c = 0.72$$

$$S_e = 0.82 (0.85) (0.868) (0.72) (215) = 94 \text{ Mpa}$$

$$S_m = \frac{S_e}{\left(\frac{\sigma_a}{\sigma_m} + \frac{S_c}{S_u} \right)} = \frac{94}{\left(1 + \frac{94}{430} \right)} = 77.14 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_m = \frac{32 (3.75)}{\pi (87.7)^3} = 56.7 \text{ Mpa}$$

$$(n_{\text{خستگی}}) = \frac{S_m}{\sigma_n} = \frac{77.14}{56.7} = 1.4 \rightarrow d = 90 \text{ mm}$$

$$\tau_u = 41 \text{ Mpa} ; \tau_m = 62 \text{ Mpa}$$

V-1A

$$\tau_{\max} = 41 + 62 = 103 \text{ Mpa}$$

$$(n_{\text{خستگی}}) = \frac{S_{se}}{\tau_u} = \frac{117}{41} = 2.85$$

$$(n_{\text{استاتیکی}}) = \frac{S_{sy}}{\tau_{\max}} = \frac{274}{103} = 2.68$$

$$S_y = 462 \text{ Mpa}$$

V-1A

$$S_u = 550 \text{ Mpa} ; K_a = 0.77 ; K_b = 2.85$$

$$K_b = 1.189 (20)^{-0.097} = 0.889 ; q = 0.96$$

$$I_c = \frac{\pi D^3}{16} - \frac{dD^2}{6} = \frac{\pi (20)^3}{16} - \frac{6 (20)^2}{6} = 1170 \text{ mm}^3$$

$$S' = 0.5 (550) = 275 \text{ Mpa}$$

$$K_f = 1 + 0.96 (2.85 - 1) = 2.78$$

$$K_e = 1/2.78 = 0.360 \quad ; \quad S_e = 0.77 (0.889) (0.36) (275)$$

$$\rightarrow S_e = 67.8 \text{ Mpa}$$

$$S_{\infty} = 0.577 (67.8) = 39.1 \text{ Mpa}$$

$$a) T_u = \frac{90}{2} = 45 \text{ N.m}$$

$$T_m = 45 \text{ N.m}$$

$$\tau_a = \frac{T}{J/c} = \frac{45 (10^3)}{1170} = 38.5 \text{ Mpa}$$

$$n_{\text{(خستگی)}} = \frac{39.1}{38.5} = 1.016$$

$$n_{\text{(استاتیکی)}} = \frac{0.577 (462)}{77} = 3.46$$

$$b) \tau_{\max} = \tau_a = \frac{T}{J/c} = \frac{40 (10^3)}{1170} = 34.2 \text{ Mpa}$$

$$n_{\text{(خستگی)}} = \frac{39.2}{34.2} = 1.15$$

$$n_{\text{(استاتیکی)}} = \frac{0.577 (462)}{34.2} = 12.9$$

$$c) \tau_a = \left(\frac{35}{45}\right) (38.5) = 29.9 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\max} = 29.9 + \frac{50}{45} (38.5) = 72.7 \text{ Mpa}$$

$$n_{\text{(خستگی)}} = \frac{39.2}{29.9} = 1.3 \quad ; \quad n_{\text{(استاتیکی)}} = 3.67$$

$$S_e = 276 \text{ Mpa} ; S_y = 413 \text{ Mpa}$$

V-۲۰

$$S_u = 551 \text{ Mpa}$$

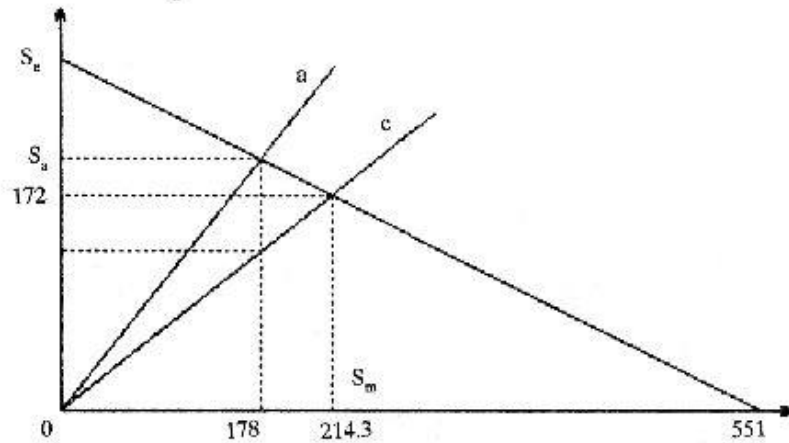
$$\sigma'_a = 172 \text{ Mpa} ; \tau'_m = 103 \text{ Mpa}$$

(a)

$$\rightarrow \sigma'_m = [3 (103)^2]^{1/2} = 178.4 \text{ Mpa}$$

$$\text{از روی دیاگرام} \rightarrow S_a = 184.2 \text{ Mpa}$$

$$n_{\text{(حتمی)}} = \frac{S_a}{\sigma'_a} = \frac{184.2}{172} = 1.07$$



$$\sigma'_{\max} = [(172)^2 + 3 (103)^2]^{1/2} = 248$$

$$n_{\text{(استاتیکی)}} = \frac{413}{248} = 1.67$$

$$\text{b) } S_{se} = 0.577 (276) = 159.25 , \tau_{\max} = 69 + 138 = 207$$

$$n_{\text{(حتمی)}} = \frac{159.25}{69} = 2.31 ; S_{sy} = 238.3$$

$$n_{\text{(استاتیکی)}} = \frac{S_{sy}}{\tau_{\max}} = 1.15$$

$$c) \sigma'_m = [3 (103)^2]^{1/2} = 178.4$$

$$\sigma'_a = [(83)^2 + 3(69)^2]^{1/2} = 145.51$$

$$\rightarrow \text{از روی دیاگرام داریم } S_m = 214.3 \text{ Mpa}$$

$$\rightarrow n_{\text{(خستگی)}} = \frac{S_m}{\sigma'_m} = \frac{214.3}{178.4} = 1.2$$

$$\sigma'_{\max} = [(83)^2 + 3(69 + 103)^2]^{1/2} = 309.26$$

$$\rightarrow n_{\text{(استاتیکی)}} = \frac{S_v}{\sigma'_{\max}} = \frac{413}{309.26} = 1.34$$

$$d) n_{\text{(خستگی)}} = \frac{S_{se}}{\tau_n} = \frac{159.25}{207} = 0.77$$

$$\rightarrow S_{sf} = \tau_a \quad \rightarrow S_f = \frac{S_{sf}}{0.577} = 358.8$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{0.8 S_v}{S_e} = -0.068$$

$$c = \log \frac{(0.8 S_v)^2}{S_e} = 2.85$$

$$\rightarrow S_f = 10^c N^b \quad \rightarrow 358.8 = 10^{2.85} (N)^{-0.068}$$

$$\rightarrow N = 21898$$

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_1 = \sigma_2 = \frac{PD}{4k} = \frac{P(600)}{4(3)} = 50P \text{ Kpa}$$

$$S_y = 370 \text{ Mpa} ; S_u = 440 \text{ Mpa}$$

$$\rightarrow P_{\max} = \frac{370000}{50} = 7400 \text{ Kpa}$$

$$K_a = 0.82 ; K_b = 0.6 ; S'_c = 0.5 (440) = 220^{\text{Mpa}} \quad (\text{b})$$

$$S_c = 0.82 (0.6) (220) = 108.24 \text{ Mpa}$$

$$\sigma'_a = \sigma'_m = \frac{\sigma_x}{2} = 25P$$

$$S_m = S_c / \left(\frac{\sigma_u}{\sigma_m} + \frac{S_c}{S_u} \right) = 108.24 / \left(1 + \frac{108.24}{440} \right)$$

$$\rightarrow S_m = 86.87 \text{ Mpa}$$

$$P_{\max} = \frac{86.87 (10^3)}{25} = 3475$$

$$M = 100 (35) = 3500 \text{ N.m}$$

V-۲۲

$$\sigma_m = \frac{32 M}{\pi d^3} = \frac{32 (3500)}{\pi d^3} = \frac{35.65 (10^3)}{d^3} \text{ Mpa}$$

$$\tau_m = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16 (4) (10^3)}{\pi d^3} = \frac{20.37 (10^3)}{d^3} \text{ Mpa}$$

$$S_u = 1100 \text{ Mpa} ; S_y = 850 \text{ Mpa}$$

$$S'_c = 0.5 (1100) = 550 \text{ Mpa} ;$$

فرض می‌کنیم $q = 1$

$$\tau_a = K \frac{16T}{\pi d^3} = 1.42 \frac{16 (4) (10^3)}{\pi d^3} = \frac{28.9 (10^3)}{d^3} \text{ Mpa}$$

$$K_b = 0.89 \quad ;$$

$$d_{eq} = \left[\frac{0.0107 d^2}{0.0766} \right]^{1/2} = 0.374 d$$

$$K_b = 0.85 \quad ; \quad K_e = 1 \quad \rightarrow S_e = 416 \text{ Mpa}$$

$$\sigma'_a = (3 \tau_a^2)^{1/2} = \left\{ 3 \left[(28.9) (10^3) / d^3 \right]^2 \right\}^{1/2} = \frac{50.1 (10^3)}{d^3} \text{ Mpa}$$

$$\sigma'_m = \frac{10^3}{d^3} \left[(35.65)^2 + 3 (20.37)^2 \right]^{1/2} = \frac{50.16 (10^3)}{d^3} \text{ Mpa}$$

$$S_m = 416 / \left(\frac{50.1}{50.16} + \frac{405}{1100} \right) = 304.3 \text{ Mpa}$$

$$\sigma'_m = \frac{S_m}{n} \quad \rightarrow \frac{50.16 (10^3)}{d^3} = \frac{304.3}{1.8}$$

$$\rightarrow d = 6.67 \text{ mm}$$

حال بر اساس خستگی محاسبه می‌نمائیم

$$\tau_{max} = 2 \tau_m = \frac{40.74 (10^3)}{d^3} \text{ Mpa}$$

$$\sigma'_{max} = \frac{10^3}{3} \left[(35.65)^2 + 3 (40.74)^2 \right]^{1/3} = \frac{79.1 (10^3)}{d^3} \text{ Mpa}$$

$$\frac{S_y}{n} = \sigma'_{max} \quad ; \quad \frac{850}{1.8} = \frac{79.1 (10^3)}{d^3} \quad \rightarrow d = 5.51$$

→

→ $d = 7 \text{ mm}$

$$S_y = 385 \text{ Mpa} ; S_u = 530 \text{ Mpa}$$

V-۲۳

$$S'_e = 265 \text{ Mpa} ; K_a = 0.77$$

$$K_b = 0.8 ; R = 95\% \rightarrow K_c = 0.868$$

$$q = 0.96 ; K_f = 1.86 ; K_g = 0.536$$

$$\rightarrow S_e = (0.77) (0.8) (0.868) (0.536) (265) = 76 \text{ Mpa}$$

$$S_{se} = 0.577 (76) = 43.8 \text{ Mpa}$$

$$\tau_m = 0 ; \tau_a = \frac{16Ta}{\pi d^3} = \frac{2291.8}{d^3}$$

$$\frac{S_{se}}{n} = \tau_a \rightarrow \frac{43.8}{1.9} = \frac{2291.8}{d^3} \rightarrow d = 44.6 \text{ mm}$$

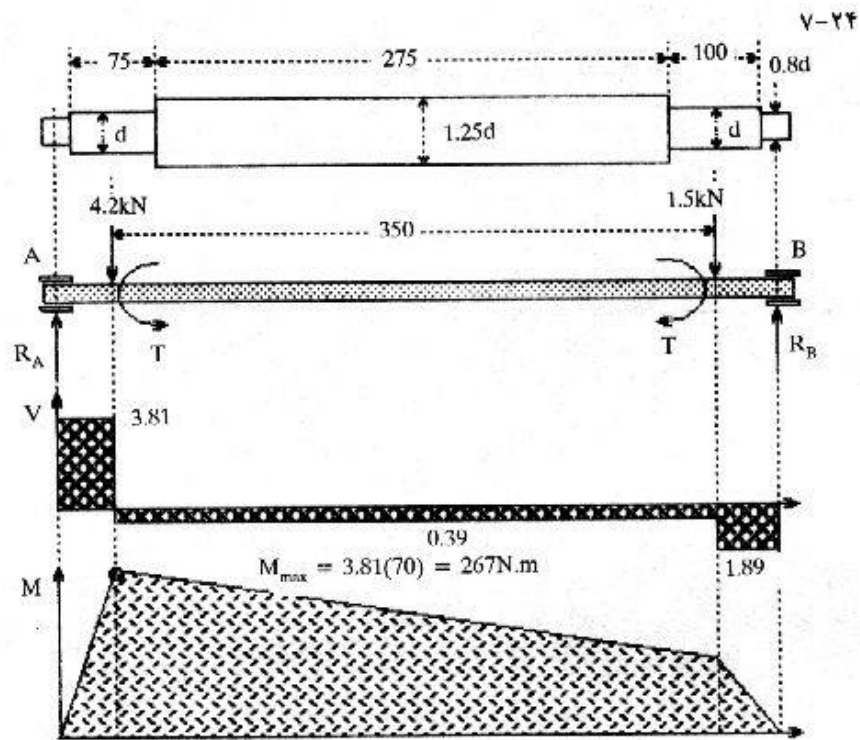
حال مقدار جابجایی و ضریب ایمنی را چک می‌کنیم.

$$\theta = \frac{585 \text{ TL}}{Gd^4}$$

$$\rightarrow \theta = \frac{585 (450) (800 + 100 + 125)}{79.3 (44.6)^4} = 0.85^\circ$$

$$\tau = \frac{2291.8}{(44.6)^3} = 25.832 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{0.577 S_y}{\tau} = \frac{(0.577) (385)}{25.832} = 8.6$$



$$\sum M_A = -4.2(70) - 1.5(420) + 490 R_B = 0$$

$$\rightarrow R_B = 1.89 \text{ KN} \quad \rightarrow R_A = 3.81 \text{ KN}$$

جنس BS530 M40 را در نظر می‌گیریم. در نتیجه داریم:

$$S_u = 750 \text{ Mpa}$$

$$S_y = 525 \text{ Mpa}$$

سطح را ماشین‌کاری شده در نظر می‌گیریم سپس:

$$K_a = 0.73 \quad ; \quad K_b = 0.8$$

$$R = 99\% \quad \rightarrow \quad K_c = 0.814$$

$$\frac{r}{d} = 0.1 \quad ; \quad \frac{D}{d} = 1.25 \quad ; \quad K_t = 1.65$$

$$q = 0.85 \quad ; \quad K_t = 2.7 \quad \rightarrow \quad K_e = 0.37$$

$$S'_e = 0.5 (750) = 375 \text{ Mpa}$$

$$S_e = 0.73 (0.8) (0.814) (0.37) (375) = 66 \text{ Mpa}$$

$$\sigma'_a = \sigma_a = \frac{32 M}{\pi d^3} = \frac{32 (267)}{\pi d^3} = \frac{2720}{d^3} \text{ Gpa}$$

$$\tau_m = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16 (200)}{\pi d^3} = \frac{1020}{d^3} \text{ Gpa}$$

$$\sigma'_m = (3 \tau_m^2)^{1/2} = \frac{1767}{d^3} \text{ Gpa}$$

$$S_m = S_e / \left(\frac{\sigma_a}{\sigma_m} + \frac{S_e}{S_u} \right) = 40.6 \text{ Mpa}$$

حال ضریب ایمنی 2.5 را انتخاب می‌کنیم.

$$\frac{S_m}{n} = \sigma'_m \rightarrow \frac{40.6}{2.5} = \frac{1767 (10^3)}{d^3}$$

$$\rightarrow d = 47.7 \text{ mm} \quad \rightarrow d = 50 \text{ mm}$$

$$1.25 d = 62.5 \text{ mm}$$

$$0.8 d = 40 \text{ mm}$$

بخش دوم

فصل ۸

طراحی پیمانه، بستها و اتصالات

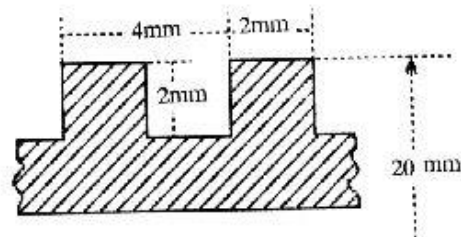
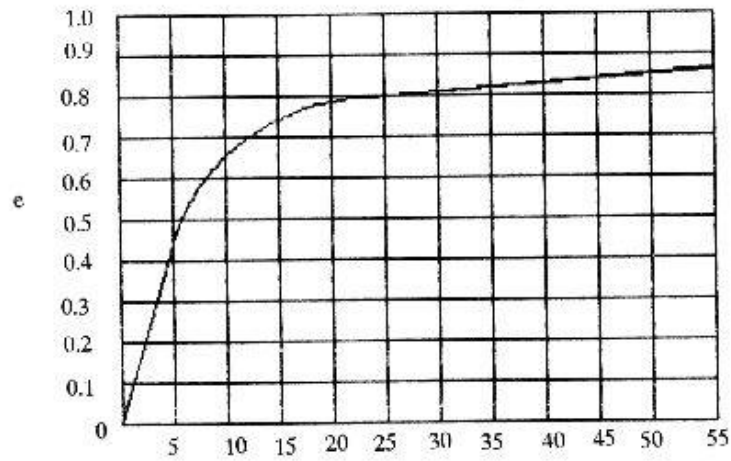
$$P = F \frac{\tan \lambda + \mu}{1 - \mu \tan \lambda} \quad ; \quad T = \frac{Fdm}{2} \quad \text{۸-۱}$$

$$\rightarrow T = \frac{Fdm}{2} \frac{\tan \lambda + \mu}{1 - \mu \tan \lambda}$$

$$e = \frac{T_c}{T} \quad \rightarrow \quad e = \frac{\frac{FL}{2\pi}}{\frac{Fdm}{2} \frac{\tan \lambda + \mu}{1 - \mu \tan \lambda}}$$

پس از ساده کردن داریم

$$e = \tan \lambda \frac{1 - \mu \tan \lambda}{\tan \lambda + \mu}$$



(a) A-2

$$T = \frac{Fdm}{2} \left[\frac{L + \pi \mu dm}{\pi dm - \mu L} \right] + \frac{F\mu_c d_c}{2} \quad (b)$$

$$= \frac{5 (18)}{2} \left[\frac{4 + \pi (0.075) (18)}{\pi (18) - (0.075) (4)} \right] + \frac{5 (0.095) (30)}{2}$$

$$\rightarrow T = 13.72 \text{ N.m}$$

بالا بردن

$$T = \frac{Fdm}{2} \left[\frac{\pi \mu dm - L}{\pi dm + \mu L} \right] + \frac{F\mu_c d_c}{2}$$

$$T = \frac{5 (18)}{2} \left[\frac{\pi (0.075) (18) - 4}{\pi (18) - (0.075) (4)} \right] + 7.125$$

$$\rightarrow T = 7.32$$

باین آوردن

$$e = fL / 2\pi T = 5 (14) / 2\pi (13.72)$$

c

$$\rightarrow e = 0.232$$

$$d_m = 40 - 3 = 37 \text{ mm} \quad ; \quad L = 12 \text{ mm}$$

A-۳

$$T = \frac{10 (37)}{2} \left[\frac{12 + \pi (0.1) (37)}{\pi (37) - (0.1) (12)} \right] + \frac{10 (80) (0.1)}{2}$$

$$= 78 \text{ N.m}$$

$$n = \frac{48}{4} = 4 \text{ Sec}^{-1}$$

$$H = 2\pi nT = 2\pi (4) (78) = 1960 \text{ W}$$

$$d_m = 36 - 3 = 33 \text{ mm}$$

(a) A-۴

$$T = \frac{70 (33)}{2} \left[\frac{6 + \pi (0.13) (33)}{\pi (33) - (0.13) (6)} \right] + \frac{70 (0.1) (90)}{2}$$

$$= 534 \text{ N.m}$$

$$P = Tw = 534 (2\pi) = 3355 \text{ W}$$

$$e = \frac{70 (6)}{2\pi (534)} = 0.125$$

(b)

۸-۵ وقتی ماده اصطکاکی بی اثر می شود

$$T = 2 (220) (0.05) = 22 \text{ N.m}$$

$$T = 22 * 2 = 44 \quad ; \quad F = \frac{5T}{d} = \frac{5(44)}{10} = 22 \text{ N}$$

از توضیح جدول ۸-۱ می توانیم بنویسیم

$$d_m = d - (0.649519) P = 10 - (0.649519) (1.25) \\ = 9.1881 \text{ mm}$$

$$L_c = 8.5 \text{ mm}$$

با توجه به شکل داریم

$$A_s = \frac{\pi d_m L_c}{2} = \frac{\pi (9.881) (8.5)}{2} = 122.6 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{22}{122.6} = 179 \text{ Mpa}$$

رزوها کنده می شوند.

$$P_T = \frac{\pi}{4} (100)^2 (6) (10^{-3}) = 47.1 \text{ KN}$$

۸-۶

$$P = 4.71 \frac{\text{KN}}{\text{Bolt}}$$

با فرض پیچ ۱۶ mm مسئله را ادامه می دهیم

$$A_t = 157 \text{ mm}^2 \quad ; \quad S_{ut} = 600 \text{ Mpa} \quad ; \quad S_y = 0.8 (600)$$

$$\rightarrow S_y = 480 \text{ Mpa}$$

$$S_p = 0.85 (480) = 408 \text{ Mpa}$$

بنابراین

$$F_p = A * S_p = 157 (0.408) = 64 \text{ KN}$$

بنابراین دامنه تغییرات F_i چنین است

$$38.4 \leq F_i \leq 57.6 \text{ KN}$$

$$K_b = \frac{\pi d^3 E}{4L} = 925 \text{ MN/m}$$

ثابت سفتی پیچ چنین است

ثابت سفتی درب فولادی چنین است

$$K = \frac{\pi E d}{2 \ln \left[\frac{5(L + 0.5d)}{L + 2.5d} \right]} = \frac{\pi (207) (16)}{2 \left[\frac{5(20 + (0.5)(16))}{20 + 2.5(16)} \right]} = 6140 \text{ MN/m}$$

$$E = 14 (6.89) = 96 \text{ GPa}$$

برای مخزن

$$L = 25$$

$$K_{cyl} = \frac{\pi (96) (16)}{2 \ln \left\{ \frac{5 [25 + (0.5) (16)]}{25 + 2.5 (16)} \right\}} = 2590 \text{ MN/m}$$

$$K_m = \frac{K_1 K_2}{K_1 + K_2} = \frac{2590 (6140)}{2590 + 6140} = 1822 \text{ MN/m}$$

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m} = \frac{925}{925 + 1822} = 0.337$$

داریم:

$$F_i = A + S_y - C_{np}$$

$$= 157 (0.48) - (0.337) (3) (4.71) = 70.6 \text{ KN}$$

ملاحظه می‌کنیم که این مقدار خیلی بزرگ است پس $d = 6 \text{ mm}$ و $A_i = 20.1 \text{ mm}^2$ را و

دامنه تغییرات $4.9 \leq F_i \leq 7.4$ را امتحان می‌کنیم. خواهیم داشت

$$K = 1640 \text{ MN/m} ; K_{cyl} = 653 \text{ MN/m}$$

$$K_m = 467 \text{ MN/m} ; C = 0.219$$

$$F_i = 6.55 \text{ KN}$$

پس این پیچ مناسب است.

$$S_p = 600 \text{ Mpa} \quad (\text{a } \Lambda-V)$$

$$A_t = 245 \text{ mm}^2$$

$$F_i = 0.9 A_t S_p = 0.9 (245) (600) = 132.3 \text{ KN}$$

$$T = 0.2 F_i d = 0.2 (132.3) (20) = 529.2 \text{ N.m}$$

$$K_b = \frac{AE}{L} = \frac{\pi (20)^2 (207) (10^6)}{4 (48)} = 1.35 (10^9) \text{ N.m} \quad (\text{b})$$

$$(\text{Eq } 8.13) \rightarrow K_m = 6 (10^9) \text{ N.m}$$

$$C = \frac{K_b}{K_m + K_b} \rightarrow C = 0.185$$

$$F_m = P (1 - C) - F_i = 20 (1 - 0.185) - 132.3$$

$$= -115.98 \text{ KN / Bolt}$$

$$F_b = PC + F_i = 20 (0.184) + 10 = 135.98 \text{ KN / meber}$$

$$P_s = \frac{5.6}{2} = 2.8 \text{ KN / bolt} \quad (\text{a } \Lambda-A)$$

$$200F = 125 (2) (P) \rightarrow \quad (\text{b})$$

$$P = 4.48 \text{ KN / bolt}$$

(c) مطابق با روش مسئله قبل پس از تعیین K_b و K_m مقدار C را تعیین می‌کنیم

$$\rightarrow C = 0.174$$

$$A_t = 58 \text{ mm}^2$$

از جداول مربوطه داریم

$$S_p = 380 \text{ Mpa}$$

$$F_i = 0.75 (58) (380) = 16.530 \text{ KN}$$

$$n = \frac{A_{sy} - F_i}{CP} \rightarrow n = 12.6$$

۱۰۹

فصل ۸ - طراحی پیچها، بستها و اتصالات

$$A_s = \frac{2\pi (10)^2}{4} = 157 \text{ mm}^2$$

(d) برای هر ۲ پیچ

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{5600}{157} = 35.6 \text{ Mpa}$$

$$S_{sy} = 0.577 (380) = 219.26 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{219.26}{35.6} = 6.1515$$

$$P = 9.72 \text{ KN/Bolt}$$

۸-۹

$$S_p = 120 (6.89) = 827 \text{ Mpa}$$

$$S'_e = [19.2 + 0.314 (150)] (6.89) = 457 \text{ Mpa}$$

$$S_u = 150 (6.89) = 1030 \text{ Mpa}$$

$$S_y = 130 (6.89) = 896 \text{ Mpa}$$

$$F_p = 58 (0.827) = 48 \text{ KN} ; F_i = 0.6 (48) = 28.8 \text{ KN/Bolt}$$

$$K_b = 361 \text{ MN/m} ; K_{\text{head}} = 3182 \text{ MN/m}$$

$$K_{\text{cyl}} = 1715 \text{ MN/m} ; C = 0.245$$

$$K_c = 0.897 ; K_c = 1/3$$

$$S_e = 0.897 (1/3) (457) = 137 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{A_s S_{ut} - F_i}{\frac{C_p}{2} \left(\frac{S_u}{S_e} + 1 \right)} \rightarrow n = 3.05$$

۸-۱۰ (a) پیچ متریکی با گرید 6.8 دارای مشخصات زیر است:

$$S_{ut} = 600 \text{ Mpa} ; S_y = 480 \text{ Mpa}$$

$$S_p = 0.85 (480) = 408 \text{ Mpa}$$

$$A = \frac{\pi}{4} [(120)^2 - (100)^2] = 3460 \text{ mm}^2$$

$$K_m = \frac{AE}{L} \rightarrow K_m = \frac{3460 (207)}{300} \text{ MN/m} = 2390 \text{ MN/m}$$

$$K_m (\text{هر پیچ}) = \frac{2390}{5} = 478 \text{ MN/m}$$

$$K_b = \frac{\pi d^2 E}{4L} = \frac{\pi (12)^2 (207)}{4 (340)} = 68.9 \text{ MN/m}$$

هر پیچ

(b)

$$A_t = 84.3 \text{ mm}^2 ; P = \frac{\pi}{4} (100)^2 (4) \left(\frac{1}{3}\right) (10^{-3})$$

$$\rightarrow P = 6.28 \text{ KN/bolt}$$

$$\sigma_a = \frac{K_b}{K_b + K_m} \frac{P}{2A_t} = \frac{68.9}{68.9 + 478} \frac{6.28 (10)^3}{2 (84.3)}$$

$$\rightarrow \sigma_a = 4.69 \text{ Mpa}$$

$$F_p = A_t S_p = 84.3 (0.408) = 34.4 \text{ KN}$$

$$F_i = 0.5 (34.4) = 17.2 \text{ KN}$$

$$\sigma_m = \sigma_a + \frac{F_i}{A_t} = 209 \text{ Mpa}$$

(c)

$$S'_e = \left[19.2 + 0.314 \left(\frac{600}{6.89} \right) \right] (6.89) = 209 \text{ Mpa}$$

$$S'_e = 0.333 (321) = 107 \text{ Mpa}$$

(d) با استفاده از رهیافت اصلاح شده گودمن

$$\frac{\sigma_a^n}{S_c} + \frac{\sigma_m^n}{S_u} = 1 \quad \rightarrow \frac{4.69n}{107} + \frac{209n}{600} = 1$$

$$n \text{ (عسکی)} = \frac{1}{\frac{4.69}{107} + \frac{209}{600}} = 2.55$$

$$n \text{ (استاتیکی)} = \frac{S_y}{\sigma_a + \sigma_m} = \frac{480}{4.69 + 209} = 2.25$$

$$S_p = 600 \text{ Mpa}$$

A-11

$$A_g = \frac{\pi}{4} [(250)^2 - (120)^2] - \frac{N \pi d^2}{4}$$

$$= 37778 - 0.785 N d^2 \text{ mm}^2$$

$$F_T = A_g P_o = 0.015 A_g \text{ KN}$$

$$NF_i = 0.015 A_g = 0.015 (37778 - 0.785 N d^2)$$

$$NF_i = 0.75 NF_p$$

اگر در نظر بگیریم

$$\rightarrow N = \frac{755.56}{F_p + 0.0157 d^2}$$

پس می‌توانیم بنویسیم

$$\text{Spacing} = \frac{200 \pi}{Nd}$$

از طرفی

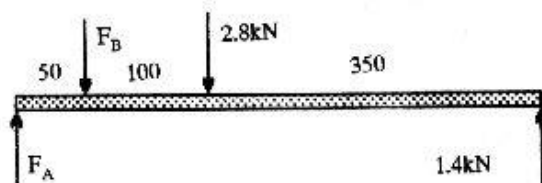
با استفاده از اطلاعات فوق و قطرهای 12 و 16 و 20 جدولی مطابق جدول صفحه بعد

تنظیم می‌کنیم.

d	A _t	F _p	N (تئوری)	N	Spacing
12	84.3	49.4	14.6	15	3.49 d
16	157	92	7.87	8	4.91 d
20	245	144	5.03	5	6.28 d

بنابراین از ۵ عدد پیچ 20^{mm} استفاده می‌کنیم.

A-۱۲



$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow -50F_B - 150(2.8) + 500(1.4) = 0$$

$$\rightarrow F_B = 5.6 \text{ KN} ; F_A = 7 \text{ KN}$$

$$\text{اعضاء : } S_y = 385 \text{ Mpa}$$

$$\text{پیچها : } S_y = 635 \text{ Mpa} ; S_{sy} = 362 \text{ Mpa}$$

تنش برشی پیچها:

$$A_s = n/4 (10^2) = 78.5 \text{ mm}^2$$

$$r = \frac{7 (10^3)}{78.5} = 89.2$$

$$n = \frac{362}{89.2} = 4.05$$

تنش لهیدگی روی عضوها

$$A_b = 100 \text{ mm}^2 ; \sigma = -\frac{7 (10^3)}{100} = -70 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{-385}{-70} = 5.5$$

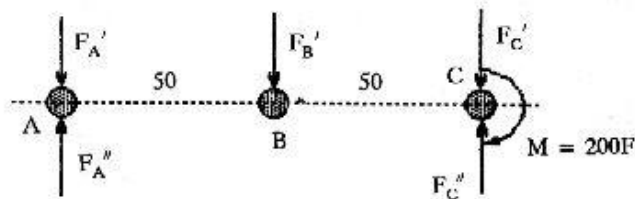
$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{10}{12} [(50)^3 - (10)^3] = 103333 \text{ mm}^4$$

$$I/C = 4133 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{M}{I} = \frac{350 (10^3)}{4133} = 84.7 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{385}{84.7} = 4.5$$

۸-۱۳



$$F'_A = F'_B = F'_C = \frac{F}{3}$$

$$F''_A = F''_C = \frac{M_{rA}}{r_A + r_c} = \frac{200F(50)}{2(50)^2} = 2F$$

$$F_C = F'_C + F''_C = \frac{7}{3}F = 2.33F$$

$$S_p = 650 \text{ Mpa}$$

$$S_y = 755 \text{ Mpa}$$

بنابراین

پیچها:

عضوها:

برای پیچها داریم:

$$A_s = \frac{n(12)^2}{4} = 113 \text{ mm}^2$$

$$\frac{S_p}{n} = \frac{F_c}{A_s}$$

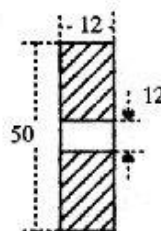
$$\rightarrow F = \frac{S_p}{n} \frac{A_s}{2.33} = 11.2 \text{ KN}$$

و برای عضوها

$$I = \frac{b}{12} (h_1^3 - h_2^3)$$

$$= \frac{12}{12} [(50)^3 - (12)^3] = 123 (10^3) \text{ mm}^4$$

$$I/c = \frac{123 (10^3)}{50.2} = 4930 \text{ mm}^3$$

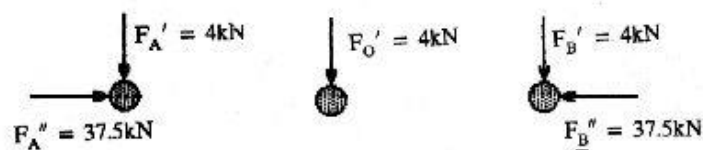


$$M = 150F \text{ N.m}$$

$$\frac{S_y}{n} = \frac{M}{I/c} \rightarrow \frac{600}{2.8} = \frac{150F (10^3)}{4930}$$

$$\rightarrow F = 7.04 \text{ KN}$$

بنابراین حداکثر نیروی کششی که می‌توان وارد نمود 7.04 KN می‌باشد.



۸-۱۴

$$F' = 4 \text{ KN} ; M = 12 (200) = 2400 \text{ N.m}$$

$$F_A^x = F_B^x = \frac{2400}{64} = 37.5 \text{ KN}$$

$$F_A = F_B = \sqrt{(4)^2 + (37.5)^2} = 37.7 \text{ KN}$$

$$A_s = \frac{\pi (12)^2}{4} = 113 \text{ mm}^2$$

تنش برشی

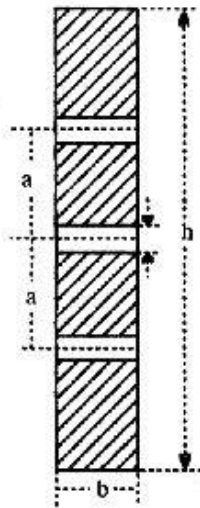
$$\tau = \frac{37.7 (10^3)}{113} = 334 \text{ Mpa}$$

تنش لهدگی

$$A_b = 12 (8) = 96 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = - \frac{37.7 (10^3)}{96} = - 393 \text{ Mpa}$$

تنش خشی در پلیت



$$I = \frac{bh^3}{12} - \frac{bd^3}{12} - 2 \left(\frac{bd^3}{12} + a^2bd \right)$$

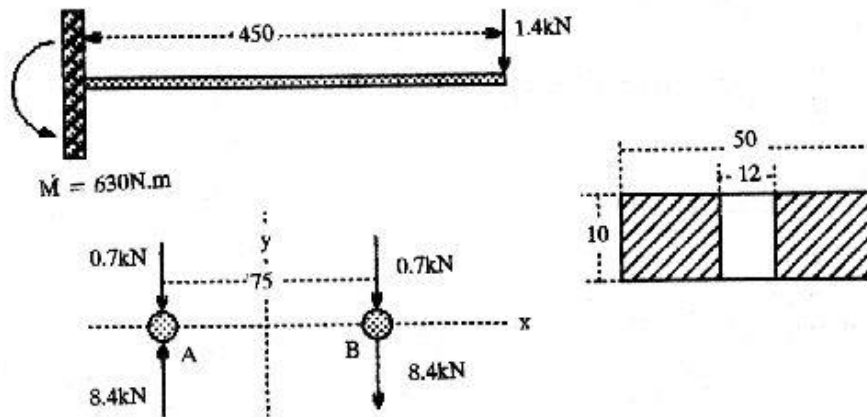
$$= 1.48 (10^6) \text{ mm}^4$$

$$M = 12 (200) = 2400 \text{ N.m}$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{2400 (10^3) (68)}{1.48 (10^6)}$$

$$\rightarrow \sigma = 110 \text{ Mpa}$$

A-۱۵



$$A_s = \pi/4 (12)^2 = 113 \text{ mm}^2$$

برش پیچها

$$\tau = \frac{9.1 (10^3)}{(113) (10^{-3})^2} = 80 \text{ Mpa}$$

$$S_{sy} = 380 \text{ Mpa}$$

از طرفی داریم

$$n = \frac{380}{80} = 4.75$$

به همین ترتیب داریم:

Bearing on bolt :

$$A_b = 12 * 10 = 120 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = - \frac{9100}{120 (10^{-6})} = 75.8 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{420}{75.8} = 5.54$$

Bearing on member

$$S_y = 368 \text{ Mpa} ; n = \frac{368}{75.8} = 4.85$$

Strenght at member :

$$M = 1400 (375) = 525 \text{ N.m}$$

$$I = \frac{10 (50)^3}{12} = \frac{10 (12)^3}{12} = 102.7 (10^3) \text{ mm}^4$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{525 * (25)}{102.7 (10^3)} = 127.7 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{368}{127.7} = 2.8$$

فصل ۹

- اتصالات و جوشکاری

$$A = 2 (0.707) (6) (60) + (0.707) (6) (50) \quad (\text{a } 9-1)$$

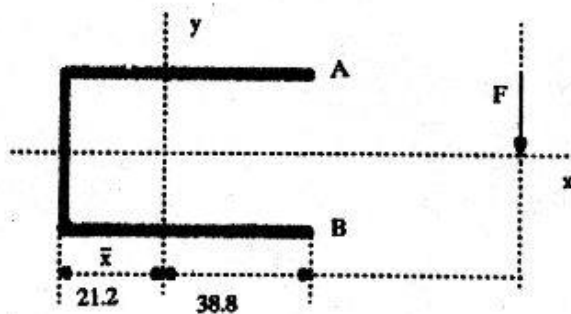
$$= 721 \text{ mm}^2$$

$$F = \tau A = \frac{140 (721)}{10^3} = 101 \text{ KN}$$

$$A = 1.414 (6) (30) = 255 \text{ mm}^2 \quad (\text{b})$$

$$F = \tau A = \frac{140 (255)}{10^3} = 35.7 \text{ KN}$$

(c)



$$A = 0.707 (6) (120 + 50) = 721 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{10^3 (F)}{721} = 1.39F \text{ Mpa}$$

$$\bar{X} = \frac{b^2}{2b + d} = \frac{(60)^2}{120 + 50} = 21.2 \text{ mm}$$

$$J_u = \frac{8 (60)^3 + 6 (60) (50)^2 + (50)^3}{12} - \frac{(60)^4}{2 (60) + 50}$$

$$= 153 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$J = 0.707h J_u = 0.707 (6) (153) (10^3) = 649 (10^3) = 649 (10^3) \text{ mm}^4$$

تنش برشی بیشینه در نقاط A و B اتفاق می افتد. در A خواهیم داشت

$$\tau_x'' = \frac{M_{xy}}{J} = \frac{138.8F (25) (10^3)}{649 (10^3)} = 5.35F \text{ Mpa}$$

$$\tau_y'' = \frac{M_{yx}}{J} = \frac{(138.8)F (38.8) (10^3)}{649 (10^3)} = 8.3F \text{ Mpa}$$

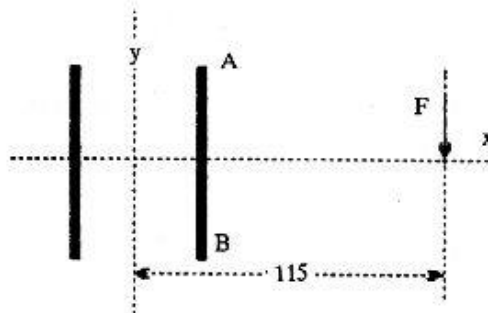
$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_x''^2 + \tau_y''^2} = F \sqrt{(8.3)^2 + (5.35 + 1.39)^2} = 10.7F$$

$$\rightarrow F = \frac{140}{10.7} = 13.1 \text{ KN}$$

$$A = 1.414 (6) (60) = 509 \text{ mm}^2$$

$$\tau' = \frac{10^3 F}{509} = 1.96F \text{ Mpa}$$





$$J_u = \frac{60 [3 (30)^2 + (60)^2]}{6} = 63 (10^3) \text{ mm}^3$$

$$J = 0.707 (6) (63) (10^3) = 267 (10^3) \text{ mm}^3$$

تنش برشی بیشینه در A و B اتفاق می افتد. در نقطه A خواهیم داشت.

$$\tau_x'' = 12.9F \text{ Mpa}$$

$$\tau_y'' = 6.64F \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\max} = 15.4F \text{ Mpa}$$

$$\rightarrow F = 9.09 \text{ KN}$$



$$\tau' = 0 ; J_u = 2\pi r^3$$

(a ۹-۲)

$$\rightarrow J_u = 2\pi (40)^3 = 402 (10^3) = 1420 (10^3)$$

$$J = 0.707 (5) (402) (10^3) = 1420 (10^3) \text{ mm}^4$$

$$\tau'' = \frac{200F (40) (10^3)}{2 (1420) (10^3)} = 2.81F \text{ Mpa}$$

$$F = \frac{140}{2.81} = 49.8 \text{ KN}$$

(b) جوشها دارای تنش برشی صفر هستند.

$$J_u = 2\pi r^3 \quad (\text{a } 9-3)$$

$$J_u = 2\pi (25)^3 = 98.1 (10^3) \text{ mm}^3$$

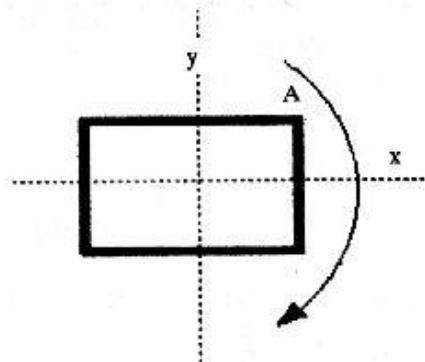
$$J = 0.707 (6) (98.1) (10^3) \text{ mm}^4$$

$$\tau = \frac{T r}{J} = \frac{T (25)}{416 (10^3)} = 140 \text{ Mpa}$$

$$T = 2329.6 \text{ N.m}$$

پس خواهیم داشت

(b)



$$J_u = \frac{(75 + 50)^3}{6} = 325.5 (10^3) \text{ mm}^3$$

$$J = 0.707 (6) (325.5) (10^3) \text{ mm}^4$$

$$\tau_x = \frac{T r}{J}$$

داریم:

$$\rightarrow r'_x = \frac{T (25)}{1380.8 (10^3)} = 0.018 (10^{-3}) T$$

$$r'_y = \frac{T (37.5)}{1380.8 (10^3)} = 0.027 (10^{-3}) T$$

$$r_{\max} = T \sqrt{[(0.018) (10^{-3})]^2 + [(0.027) (10^{-3})]^2}$$

$$= 0.0325 (10^{-3}) T = 140$$

$$\rightarrow T = 4296.8 \text{ N.m}$$

$$V = \frac{\pi d^2 L}{4} \quad \rightarrow L = \frac{4V}{\pi d^2} = 2.91$$

۹-۴ طول مخزن

$$\text{حجم فولاد در طرفین} = 2 \left(\frac{\pi d^2 \kappa}{4} \right) = \frac{\pi (1.2)^2 (5) (10^{-3})}{2}$$

$$= 11.3 (10^{-3}) \text{ m}^3$$

$$\text{حجم فولاد در بونه} = \pi d L \kappa = \pi (1.2) (2.91) (5) (10^{-3})$$

$$= 54.85 (10^{-3}) \text{ m}^3$$

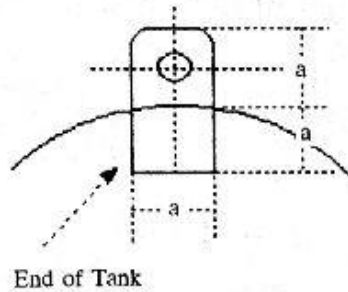
$$\text{حجم کل فولاد مصرفی} = 66.16 (10^{-3}) \text{ m}^3$$

$$\text{وزن تقریبی مخزن} = (66.16) (10^{-3}) (7.81) (10^3) (9.81)$$

$$= 5069 \text{ N}$$

هر گاه مطابق شکل ۲ ورق ۵ میلی متری به طرفین مخزن جوش دهیم با توجه به اینکه جوشها تحت

برش واقع می شوند خواهیم داشت.



$$A = 1.414 (5) (75 + 75) = 1060.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{تنش برشی در هر بست} = \frac{5069 (1/2)}{1060.5} = 2.4 \text{ Mpa}$$

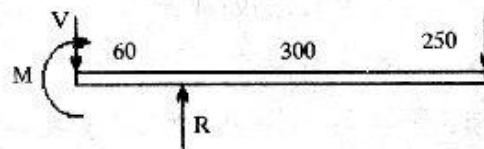
پس اگر تنش برشی مجاز 140 Mpa باشد مشکل نداریم.

۹-۵ یک پیشنهاد:

یک پیچ گوشواره‌ای را که به یک ساچمه رزوه شده در نظر بگیرید و نیروهای وارد بر پیچ را تحت اثر نیروی گریز از مرکز ناشی از حرکت باندولی آن تحت فرکانس طبیعی بررسی نمایید.

(a ۹-۶)

هر گاه دیاگرام آزاد تیر را رسم نمائیم خواهیم داشت:



$$R = 6350 \text{ N} ; V = 6100 \text{ N} ; M = 291 (10^3) \text{ N.m}$$

$$A = 1.414 (50) (5) = 354 \text{ mm}^2$$

$$I_u = \frac{50 (150)^2}{2} = 5620 \text{ mm}^3 ; I = 0.707h I_u$$

$$\rightarrow I = 19.9 (10^3) \text{ mm}^4$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{291 (10^3) (7.5)}{19.9 (10^3)} = 110 \text{ Mpa}$$

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{6100}{354} = 17.2 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{110}{2}\right)^2 + (17.2)^2} = 57.6 \text{ Mpa}$$

(b)

$$A = 1.414 \pi hr = 1.414 (\pi) (5) (16) = 355 \text{ mm}^2$$

$$I_u = \frac{\pi (16)^3}{2} = 6430 \text{ mm}^3$$

$$I = 0.707h I_u = 0.707 (51) (6430)$$

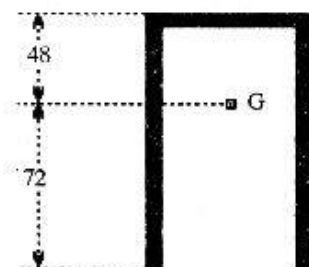
$$= 22.7 (10^3) \text{ mm}^4$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{850 (250) (16)}{22.7 (10^3)} = 150 \text{ Mpa}$$

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{850}{355} = 2.39 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{150}{2}\right)^2 + (2.39)^2} = 75 \text{ Mpa}$$

۹-۷ مطابق شکل روبرو خواهیم داشت.



$$A = 0.707 h (b + 2d) = 0.707 (6) (60 + 240)$$

$$= 1270 \text{ mm}^2$$

$$\bar{y} = 48 \text{ mm}$$

$$I_u = \frac{2 (120)^3}{3} - 2 (120)^2 (48) + 300 (48)^2$$

$$= 461 (10^3) \text{ mm}^3$$

$$I = 0.707h I_u = 0.707 (6) (461) (10^3)$$

$$= 1.96 (10^6) \text{ mm}^4$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = -33.1 \text{ Mpa} ; \tau = \frac{V}{A} = 5.91 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\max} = \sqrt{(-33.1/2)^2 + (5.91)^2}$$

$$= 17.6 \text{ Mpa}$$

بنابراین

فصل ۱۰

- فنرهای مکانیکی

$$D = 12.7 - 1.18 = 11.52 \text{ mm}$$

۱۰-۱

$$C = \frac{D}{d} = \frac{11.52}{1.18} = 9.76$$

$$K_s = 1 + \frac{0.5}{C} = 1.052$$

$$F_{\max} = \frac{\tau \pi d^3}{8 K_s D} = \frac{(740) (3.14) (1.18)^3}{8 (1.052) (11.52)} \quad (\text{a})$$

$$= 39.39 \text{ N}$$

$$Y = \frac{8FD^3N}{d^4G} = \frac{8 (39.39) (11.52)^3 (14)}{(1.18)^4 (79.3)} \quad (\text{b})$$

$$Y = 43.9 \text{ N}$$

$$K = \frac{F}{Y} = \frac{39.39}{43.9} = 0.83 \quad (c)$$

$$h = 16 (1.8) = 18.88 \text{ mm} \quad (d)$$

$$L = 43.9 + 18.88 = 62.78 \quad (e)$$

$$D = 19 - 2.36 = 16.64 \quad ۱۰-۲$$

$$C = \frac{D}{d} = \frac{16.64}{2.36} = 7.05$$

$$K_s = 1 + \frac{0.5}{C} = 1.07$$

$$F_{\max} = \frac{\tau_n d^3}{8K_s D} = 180 \text{ N} \quad (a)$$

$$Y = \frac{8FD^3 N}{d^4 G} = 37.7 \text{ mm} \quad (b)$$

$$K = \frac{F}{Y} = \frac{180}{37.3} = 4.77 \text{ N/mm} \quad (c)$$

$$h = 16 (2.36) = 37.76 \text{ mm}$$

$$L = 37.7 + 37.76 = 75.46 \text{ mm}$$

$$D = 12 - 1.2 = 10.8 \text{ mm} \quad (a) ۱۰-۳$$

$$D/d = \frac{10.8}{1.2} = 9$$

$$K_s = 1 + \frac{0.5}{9} = 1.056$$

$$F_i = \frac{\pi d^3 \tau}{8 K_s D} = \frac{\pi (12)^3 (75)}{8 (1.056) (10.8)} = 4.46 \text{ N}$$

$$F = \frac{S_y F_i}{\tau_i} = \frac{740 (4.46)}{75} \quad \text{در فنر (b)}$$

$$= 44 \text{ N}$$

بر اساس پیچش قلابها:

$$K = \frac{r_m}{r_i} = \frac{3}{3 - (1.2/2)} = 1.25$$

$$F = 44 \frac{1.056}{1.25} = 37.2 \text{ N}$$

بر اساس خمش در قلابها

$$K_m = \frac{r_m}{r_i} = \frac{5.4}{5.4 - (1.2/2)} = 1.125$$

$$\sigma = S_y = K \frac{Mc}{I} + \frac{F}{A} = K \frac{32F r_m}{\pi d^3} + \frac{4F}{\pi d^2} \quad \text{به طور خلاصه}$$

$$\rightarrow 1280 = \frac{1.125 (32) F (5.41)}{\pi (1.2)^3} + \frac{4F}{\pi (1.2)^2}$$

$$\rightarrow F = 34.9 \text{ N}$$

$$K = \frac{d^4 G}{8D^3 N} = 453 \text{ N/mm} \quad \text{(c)}$$

$$L = 70 + \frac{F}{K} = 70 + \frac{34.9 - 4.46}{453} \quad (d)$$

$$\rightarrow L = 137 \text{ mm}$$

$$N = 12.5 - 1 = 11.5 \quad (a \ ۱۰-۴)$$

$$D = 50 - 3.4 = 46.6 \text{ mm}$$

$$K = \frac{d^4 G}{8D^3 N} = \frac{(3.4)^4 (79.3) (10^6)}{8 (46.6)^3 (11.5)} = 1140 \text{ N/mm}$$

$$L_s = 12.5 (3.4) = 42.5 \text{ mm}$$

$$y_s = 120 - 42.5 = 77.5 \text{ mm} \quad (b)$$

$$F = Ky_s = 1140 (77.5) (10^{-3}) = 88.4 \text{ KN}$$

$$C = \frac{D}{d} = 13.7 \quad (c)$$

$$K_s = 1 + \frac{0.5}{C} = 1.036$$

$$\tau = K_s \frac{8FD}{\pi d^3} = 276 \text{ Mpa}$$

جواب مثبت می باشد.

$$D_o = 38.1 + 3 = 41.1 \text{ mm} \quad (a \ ۱۰-۵)$$

$$C = \frac{D}{d} = \frac{41.1}{3} = 13.7$$

$$K_s = 1.04$$

$$D_1 = 31.8 - 2.24 = 29.5 \text{ mm}$$

$$C = \frac{D}{d} = \frac{29.5}{2.24} = 12.73 \quad ; \quad K_s = 1.04$$

$$K_s = \frac{d^4 G}{8 D^3 N} \rightarrow K_s = 1228 \text{ N/m}$$

$$K_1 = 853.2 \text{ N/m}$$

به همین ترتیب داریم:

$$K = K_s + K_1 = 2081.2 \text{ N/m} \quad (b)$$

$$F = Ky = 11.88 (4.45) = 52.87 \text{ N}$$

$$\tau_i = K_s \frac{8FD}{\pi d^3} = 135 \text{ Mpa} \quad (c)$$

$$\tau_s = 118.6 \text{ Mpa}$$

به همین ترتیب داریم:

$$D = 22 - 3.4 = 18.6 \text{ mm}$$

۱۰-۶

$$C = \frac{18.6}{3.4} = 5.47 \quad ; \quad K_s = 1.091$$

$$\tau = K_s \frac{8FD}{\pi d^3} = \frac{1.091 (8) (270) (18.6)}{\pi (3.4)^3}$$

$$= 355 \text{ Mpa}$$

$$Y = \frac{8FD^3N}{d^4G} = \frac{8 (270) (18.6)^3 (8)}{(3.4)^4 (79.3)} + \left(\frac{10^{-3} \text{ mm}}{\mu \text{ m}} \right)$$

$$= 10.5 \text{ mm}$$

$$D = 7.14 - 0.9 = 6.24 \text{ mm}$$

(a ۱۰-۷)

$$L_s = 0.9 (18 + \frac{1}{2}) = 16.65 \text{ mm}$$

$$S_{ut} = \frac{2160}{0.9 \cdot 0.251} = 2217.8 \text{ Mpa}$$

$$S'_{sy} = 0.577 (0.75) (2217.8) = 959.7 \text{ Mpa}$$

$$C = \frac{6.24}{0.9} = 6.93 \quad ; \quad K_s = 1 + \frac{0.5}{6.93} = 1.072$$

$$\tau = K \frac{8FD}{\pi d^3} = 41.07 \text{ N}$$

$$Y = \frac{8FD^3N}{d^4G} = 27.6$$

$$L_f = 27.6 + 16.65 = 44.25 \text{ mm}$$

$$D = 12.7 - 2 = 10.7 \text{ mm}$$

۱۰-۸

$$L_s = 2(6 + 1) = 14 \text{ mm}$$

$$S_{ut} = \frac{1720}{2^{0.191}} = 1506.7 \text{ Mpa}$$

$$S_y = 0.577(0.75)(1506.7) = 653 \text{ Mpa}$$

$$C = \frac{10.7}{2} = 5.35 \quad ; \quad K_s = 1 + \frac{0.5}{5.35} = 1.095$$

$$F = \frac{\pi d^3 \tau S_{sy}}{8 DK_s} = \frac{\pi (2)^3 (0.9) (653)}{8 (10.7) (1.095)} = 157.5 \text{ N}$$

$$Y = \frac{8FD^3N}{d^4G} = 7.3 \text{ mm}$$

$$L_f = 7.3 + 14 = 21.7 \text{ mm}$$

۱۰-۹ از آنجا که

$$K = \frac{d^4 G}{8D^3 N} = \frac{d^3}{D^3} \frac{Gd}{8N} = \frac{Gd}{8C^3 N} \quad \rightarrow$$

$$N = \frac{Gd}{8C^3 K}$$

$$K = \frac{50 - 10}{140} = 0.286 \text{ kN/m}$$

با توجه به شرایط مسئله

با داشتن $G = 79.3 \text{ Gpa}$

$$N = \frac{(79.3)(10^9)d}{8(12)^3(0.286)(10^3)} = 20(10^3)d$$

تجزیه و تحلیل مسائل طراحی اجزاء

$$\rightarrow d = \frac{N}{20 (10^3)} \text{ m} \quad \text{بنابراین}$$

$$d = \frac{N}{20} \text{ mm} \quad \text{یا به عبارتی}$$

برای سیم یاد شده:

$$S_{ut} = \frac{2170}{d^{0.146}} \quad ; \quad S_{sy} = \frac{939}{d^{0.146}}$$

همچنین برای $C = 12$ ، $K_s = 1.042$

با توجه به اطلاعات فوق جدول زیر را رسم می‌کنیم

d mm	N	D mm	S_{sy} Mpa	τ	توضیحات
1	20	12	939	1910	کوچک است
1.6	32	19.2	877	745	تقریباً مناسب
1.4	28	16.8	894	973	کوچک است

$$\tau = K_s \frac{8FD}{\pi d^3} = 159 \frac{D}{d^3} \quad \text{در جدول فوق}$$

از جدول فوق نتیجه می‌گیریم:

$$D = 1.6 \text{ mm} \quad , \quad N = 32 \quad \text{حلقه}$$

$$K = \frac{d^4 G}{8D^3 N} = 0.287 \text{ KN/m} \quad \text{« مناسب است »}$$

$$L_s = (32 + 1) (1.6) = 52.8 \text{ mm}$$

$$L_t = 52.8 + F/K = 263 \text{ mm}$$

$$L = 2(38) + 84(4) = 412 \text{ mm} \quad (\text{a } 10-10)$$

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} = \frac{1720}{4^{(0.191)}} = 1319.8 \text{ Mpa} \quad (\text{b})$$

$$S_{sy} = (0.577)(0.75)(1319.8) = 571.2 \text{ Mpa}$$

$$D = 38 - 4 = 34 \quad ; \quad C = \frac{D}{d} = \frac{34}{4} = 8.5$$

$$\rightarrow K_s = 1.058$$

$$F = \frac{\pi d^3 \tau}{8K_s D} = 59.82 \text{ N}$$

$$K = \frac{d^4 G}{8D^3 N} = 0.768 \text{ N/m} \quad (\text{c}) \text{ داریم:}$$

$$F_y = 59.82 \frac{1}{0.15} = 398.8 \text{ N} \quad (\text{d})$$

$$r_i = 6 \text{ mm} \quad ; \quad r_m = 6.0 + \frac{4}{2} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{بنابراین } K = \frac{8}{6} = 1.33 \text{ سپس:}$$

$$F_y = \frac{\pi d^3 S_{sy}}{8KD} = \frac{\pi (4 \times 10^{-3})^3 (571.2) (10^6)}{8 (1.33) (34) (10^{-3})} = 317.5 \text{ N}$$

بر مبنای تنش نرمال:

$$r_i = 12 \text{ mm} \quad ; \quad r_m = 12 + \frac{4}{2} = 14$$

$$K = \frac{14}{12} = 1.16$$

$$S'_y = \sigma = K \frac{Mc}{I} + \frac{F}{A} = K \frac{32F_{rm}}{\pi d^3} + \frac{4F}{\pi d^2}$$

پس از جایگذاری خواهیم داشت

$$F_y = 351 \text{ N}$$

بنابراین $F_y = 317.5 \text{ N}$ را مدنظر قرار می‌دهیم

$$Y = \frac{F}{K} = 357 \text{ mm}$$

(e)

۱۰-۱۱ جهت حل این مسئله باید روشی مشابه با آنچه در ۹-۱۰ ارائه گردید، منظور گردد.

$$D = 7.2 - 0.9 = 6.6 \text{ mm}$$

(a ۱۰-۱۳)

$$L_s = 0.9 \left(18 + \frac{1}{2} \right) = 16.65 \text{ mm}$$

$$K = \frac{d^4 G}{8D^3 N} = \frac{(0.9)^4 (10^{-3}) (9.1) (10)^{10}}{8 (6.6 \times 10^{-3})^3 (18)} = 1445 \text{ N/m}$$

$$Y_s = 32 - 16.65 = 15.35 \text{ mm}$$

$$F_s = 15.35 (1445) \cdot (10^{-3}) = 22.2 \text{ N}$$

$$C = 7.03 ; K_s = 1.07$$

$$\tau = K_s \frac{8FD}{\pi d^3}$$

پس از جایگذاری خواهیم داشت:

$$\tau = 523 \text{ Mpa}$$

$$K = \frac{4c - 1}{4c - 4} + \frac{0.615}{C} = 1.21 \quad (b)$$

$$K_s = 1 + \frac{0.5}{7.03} = 1.07 \quad ; \quad K_c = \frac{K}{K_s} = 1.13$$

$$K = \frac{1}{1.13} = 0.885$$

از آنجا که $K_c = 1$ سپس

$$S_{sc} = 0.885 (306) = 271.5 \text{ Mpa}$$

$$F_a = \frac{20 - 9}{2} = 5.5 \text{ N}$$

$$\tau_a = \frac{5.5}{22.2} (523) = 129.57 \text{ Mpa}$$

و در نهایت:

$$n = \frac{S_{sc}}{\tau_a} = \frac{271.5}{129.57} = 2.1$$

$$C = 8 \quad ; \quad K_s = 1.06 \quad ; \quad D = 51 \text{ mm}$$

۱۰-۱۴

$$F_{(solid)} = \frac{\pi d^3 \tau}{8K_s D} = \frac{\pi (6.3 \times 10^{-3})^3 (827) (10^6)}{8 (1.06) (51) (10^{-3})} = 1502 \text{ N}$$

$$K = \frac{d^4 C}{8D^3 N} = 12263 \text{ N/m} \quad (a)$$

$$W = \frac{\pi^2 d^2 D N P}{4} = 3.8 \text{ N}$$

$$F = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{Kg}{W}} = 88.1 \text{ Cycle/Sec}$$

$$L_{\text{اجزاء}} = 12 (6.3) + \frac{1502}{12263} = 198 \text{ mm} \quad (\text{b})$$

$$K = 1.18 \quad ; \quad K_c = 1.11 \quad ; \quad K_e = 0.892 \quad (\text{c})$$

$$K_c = 0.897$$

$$S_{sc} = 0.892 (0.897) (460) = 368.7 \text{ Mpa}$$

$$\tau_a = 235.9 \text{ Mpa}$$

$$\rightarrow n = 1.56$$

پس می توانیم بنویسیم
مطمئن است

$$D = 4.8 - 0.6 = 4.2 \text{ mm} \quad 10-15$$

$$C = \frac{D}{d} = 7 \quad ; \quad K_s = 1.071$$

$$\tau_{\max} = K_s \frac{8F_{\max} D}{\pi d^3} = \frac{1.071 (8) (6.8) (4.2)}{\pi (6)^3} = 361 \text{ Mpa}$$

$$S_u = \frac{2170}{(0.6)^{0.146}} = 2340 \text{ Mpa}$$

$$S_{sy} = 0.577 (0.75) (2340) = 1010 \text{ Mpa}$$

$$n_{\text{(استاتیکی)}} = \frac{S_{sy}}{\tau_{\max}} = \frac{1010}{361} = 2.8$$

$$K_c = 1.13 \quad ; \quad K_e = \frac{1}{1.13} = 0.885$$

همچنین:

$$S'_{se} = 0.885 (310) = 274 \text{ Mpa}$$

$$F_a = 0.5 (6.8 - 1.1) = 2.85 \text{ N}$$

$$\tau_a = 361 \left(\frac{2.85}{6.8} \right) = 151 \text{ Mpa}$$

$$n_{(حسب)} = \frac{S'_{se}}{\tau_a} = 1.81$$

$$D = 12.5 - 2 = 10.5 \text{ mm}$$

۱۰-۱۶

$$C = \frac{10.5}{2} = 5.25 ; K_s = 1.095$$

$$K = 1.294$$

واز آنجا:

$$K_c = K_f = \frac{K}{K_s} = 1.18 ; K_a = 0.846 ; K_e = 0.868$$

$$S'_{se} = 227 \text{ Mpa} ; F_a = \frac{90 - 45}{2} = 22.5 \text{ N}$$

$$S_u = \frac{2170}{(2)^{0.146}} = 1960 \text{ Mpa}$$

$$S'_{sy} = 848 \text{ Mpa}$$

و می‌توانیم بنویسیم:

$$\tau_a = K_s \frac{8F_a D}{\pi d^3} = 82.3 \text{ Mpa}$$

$$n_{(حسب)} = \frac{S'_{se}}{\tau_a} = \frac{227}{82.3} = 2.76$$

$$\tau_{\max} = 4 \tau_a = 329 \text{ Mpa}$$

$$n_{\text{(استاتیکی)}} = \frac{S'_{sy}}{\tau_{\text{max}}} = 2.58$$

$$D = 12.7 - 2 = 10.7 \text{ mm}$$

۱۰-۱۷

$$K' = \frac{d^4 E}{10.8 DN} = 2.6 \text{ N.m}$$

(a)

$$F_r = \frac{36}{2} (84.1) = 1513.8 \text{ N.m}$$

کشتاور حاصل از نیروی ۳۶ نیوتنی

روی هر فنر

$$\rightarrow n = \frac{F_r}{K'} = 0.58 \text{ rad} = 98.4^\circ$$

با فرض اینکه زاویه بین بازوهای فنر کمتر از 180° باشد تقریباً 165° خواهیم داشت:

$$n = \frac{165}{360} = 0.458$$

$$n = 0.58 - 0.458 = 0.12 = 43.8^\circ$$

بنابراین:

بنابراین شکل زیر پیشنهاد می‌شود.



$$C = \frac{D}{d} = 5.25$$

(b)

$$K_1 = \frac{4c^2 - c - 1}{4c(c-1)} = 1.188$$

$$\sigma = K \frac{32F_c}{\pi d^3} = 2134 \text{ Mpa}$$

فصل ۱۱

- پتانسیل‌های حالتی

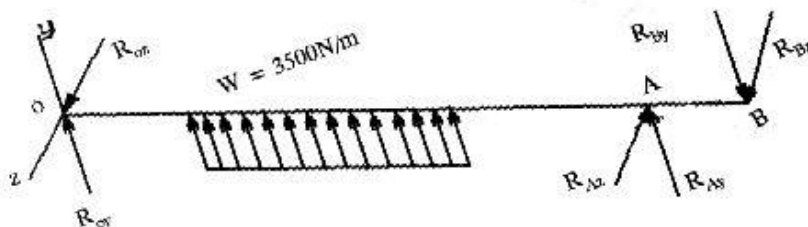
۱۱-۱ با توجه به دیاگرام نیروی شکل صفحه بعد داریم:

$$F = 900 \text{ N} ;$$

$$R_{By} = 307.8 \text{ N} ; R_{Bz} = 845.7 \text{ N}$$

$$\Sigma M_x = 0 \rightarrow R_{Ay} = 32 \text{ N} ; \Sigma F_y = 0 \rightarrow R_{oy} = 424.2 \text{ N}$$

$$\Sigma M_z = 0 \rightarrow R_{Az} = 1049 \text{ N} ; \Sigma F_z = 0 \rightarrow R_{oz} = 204.1 \text{ N}$$



$$R_A = 1050.2 \text{ N} ; R_o = 470.7 \text{ N}$$

$$C_R = (1.2) (1050.2) \left[\frac{(30 * 10^3) (500) / (3000) (500)}{0.02 + 4.91 \left[\ln \left(\frac{1}{0.9} \right) \right]^{1/1.4}} \right]^{1/3}$$

$$= 2.7 \text{ KN}$$

از یاتاقانهای 35 mm سری 2 استفاده کنید.

$$R_o = \left[(-1740)^2 + (2100)^2 \right]^{1/2} = 2.72 \text{ KN}$$

۱۱-۲

$$R_B = \left[(1420)^2 + (-7270)^2 \right]^{1/2} = 7.40 \text{ KN}$$

$$C_{R_B} = (1.4) (7400) \left[\left(\frac{(50) (10^3)}{3000} \right) \frac{(480)}{(500)} \frac{1}{6.84} \right]^{1/3}$$

$$\frac{1}{\left[\ln \left(\frac{1}{0.99} \right) \right]^{1/1.17*3}} \rightarrow C_{R_B} = 3.7 \text{ KN}$$

به همین ترتیب: $C_{R_o} = 1.36 \text{ KN}$

پس یکی از یاتاقانهای سری 2 را که C_R و قطر را جبران نماید انتخاب می‌نمائیم.

$$(T_1 - 0.15T_1) \left(\frac{250}{2} \right) = (270 - 50) \left(\frac{300}{2} \right)$$

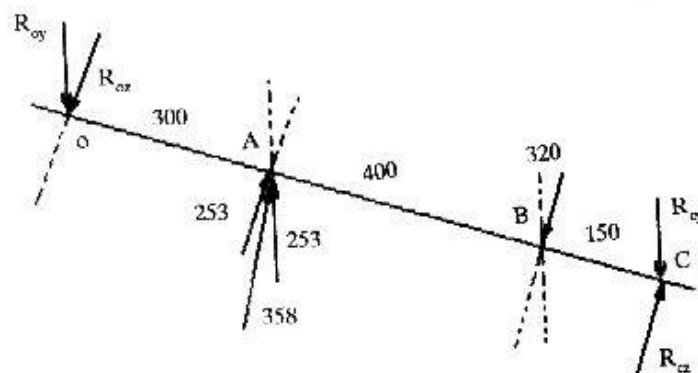
۱۱-۳

$$\rightarrow T_1 = 311 \text{ N}$$

و از آنجا:

$$T_2 = 47 \text{ N}$$

$$T_1 + T_2 = 358 \text{ N}$$



در راستای y :

$$\Sigma M_o = 0 \rightarrow 253 (300) - 850 R_{oy} = 0$$

$$\rightarrow R_{oy} = 89.3 \text{ N}$$

$$R_{oy} = 164 \text{ N}$$

و از آنجا داریم :

در راستای Z :

$$\Sigma M_o = 0 \rightarrow 253 (300) - 320 (700) + 850 R_{oz} = 0$$

$$\rightarrow R_{oz} = 174 \text{ N}$$

$$R_{oz} = 107 \text{ N}$$

و از آنجا داریم :

و در نهایت می‌توانیم بنویسیم :

$$R_o = \left[(164)^2 + (107)^2 \right]^{1/2} = 196 \text{ N}$$

$$R_c = \left[(174)^2 + (89.3)^2 \right]^{1/2} = 196 \text{ N}$$

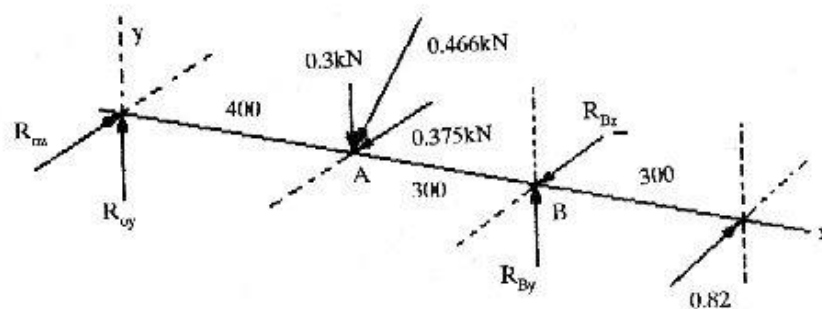
ملاحظه می‌کنیم که بارهای شعاعی $F = 196 \text{ N}$ می‌باشد.

$$C_R = 0.196 \left[\frac{12 (10^3) (60) (1100)}{106} \frac{1}{6.84} \right]^{1/3} \frac{1}{\left[\ln \frac{1}{0.99} \right] \frac{1}{(1.17) (3)}}$$

$$\rightarrow C_R = 3.54 \text{ KN}$$

با توجه به قطر $d = 35 \text{ mm}$ و C_R بدست آمده بلبرینگ سری ۰۲ مناسب است.

۱۱-۴



با توجه به شکل خواهیم داشت

$$(1 - 0.2) P (250) = 0.62 (125)$$

$$\rightarrow P = 0.388 \text{ KN} \text{ کشش در طرف سفت}$$

بنابراین کشش در طرف شل تسمه برابر است با:

$$P = 0.078 \text{ KN}$$

جهت تعیین نیروها، حول نقطه O و در راستاهای مختلف ممان‌گیری می‌نمائیم.

$$\text{در راستای } y : \Sigma M_o = 0 \rightarrow R_{By} = 0.171 \text{ KN}$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow R_{oy} = 0.129 \text{ KN}$$

$$\text{در راستای } J : \Sigma M_o = 0 \rightarrow R_{Bx} = 0.967 \text{ KN}$$

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow R_{ox} = 0.504 \text{ KN}$$

در نهایت برآیند نیروهای موجود چنین است

$$R_o = 0.52 \text{ KN}$$

$$R_B = 0.982 \text{ KN}$$

$$C = FL^{1/3} = 0.982 \left[\frac{24 (10^3) (60) (720)}{10^6} \right]^{1/3} = 9.94 \text{ KN}$$

بنابراین بلبینگ 25 mm سری 2 را انتخاب می‌کنیم

$$0.8T (225) = (800 - 160) (150)$$

۱۱-۵

$$\rightarrow T = 533.3 \text{ N}$$

$$F_c = 533.3 + 0.2 (533.3) = 640 \text{ N}$$

$$\text{در راستای } y : \Sigma M_B = 0 \rightarrow R_{oy} = 395.3 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow R_{By} = 564.7 \text{ N}$$

$$\text{در راستای } z : \Sigma M_B = 0 \rightarrow R_{oz} = 244.7 \text{ N}$$

$$\Sigma F_z = 0 \rightarrow R_{Bz} = 395.3 \text{ N}$$

برایند نیروهای موجود چنین است

$$R_o = 0.52 \text{ KN}$$

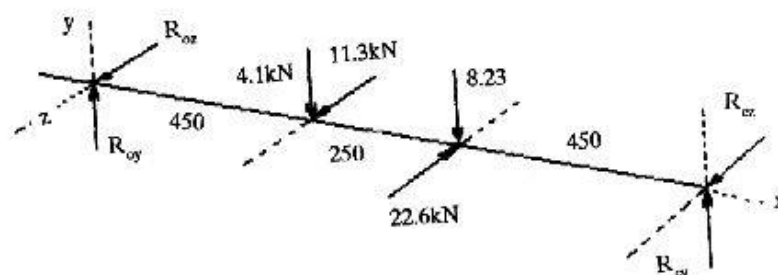
$$R_B = 0.982 \text{ KN}$$

$$C_R = 0.6892 \left[\frac{(24) (10^3) (60) (840)}{16^6} \frac{1}{6.84} \right]^{1/3} \frac{1}{\left[\text{in} \frac{1}{0.99} \right] \frac{1}{(1.17) (3)}}$$

$$\rightarrow C_R = 14.3 \text{ KN}$$

از پاناقان 30 mm سری 2 استفاده می‌کنیم.

۱۱-۶



$$T = 12 \cos 20 (350) = 3950 \text{ N.m}$$

$$F_{\cos 20} = \frac{3950}{175} = 22.6 \text{ KN}$$

$$y \text{ در راستای } : \Sigma M_D = 0 \rightarrow R_{Dy} = 6.61 \text{ KN}$$

$$R_{Dy} = 5.72 \text{ KN}$$

$$z \text{ در راستای } : \Sigma M_D = 0 \rightarrow R_{Dz} = 9.33 \text{ KN}$$

$$R_{Dz} = -1.97 \text{ KN}$$

$$D \text{ در } : R = 6.09 \text{ KN}$$

$$C \text{ در } : R = 11.4 \text{ KN}$$

از طرفی

$$F_{eD} = 1.2 [0.4 (6.06) + 0.47 (11.4)] = 9.34 \text{ KN}$$

$$F_{eC} = 1.2 [0.4 (11.4) + 0.47 (6.06)] = 8.85 \text{ KN}$$

بنابراین از $F_{eC} = 11.4 \text{ KN}$ استفاده می‌کنیم.

$$C_R = F \left[\left(\frac{L_D}{L_R} \right) \left(\frac{n_D}{N_R} \right) \left(\frac{1}{6.84} \right) \right]^{1/a} \left[\frac{1}{\left(\ln \frac{1}{R} \right)^{1/1.17a}} \right]$$

پس از جایگذاری خواهیم داشت:

$$C_R = 52.1 \text{ KN}$$

doN

بنابراین در D، بار شعاعی 5210 ظاهر می‌شود.

به همین ترتیب برای C خواهیم داشت:

$$C_R = 7600 \text{ daN}$$

$$\vec{R}_{OF} = 550 \vec{i} + 250 \vec{k} \quad \text{۱۱-۷ داریم:}$$

$$\vec{R}_{OB} = 1000 \vec{i} \quad ; \quad \vec{R}_{OD} = 1400 \vec{i} + 187.5 \vec{j}$$

$$\Sigma \vec{M}_o = \vec{R}_{OF} \times \vec{F}_F + \vec{R}_{OB} \times \vec{F}_B + \vec{R}_{eD} \times \vec{F}_D = \vec{0}$$

می‌توانیم بنویسیم:

$$\vec{R}_{OF} \times \vec{F}_F = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 550 & 0 & 250 \\ -1.05 & 4 & -1.47 \end{vmatrix} = -1000 \vec{i} + 546 \vec{j} + 2200 \vec{k} \text{ N.m}$$

به همین ترتیب می‌توان نوشت:

$$\vec{R}_{OB} \times \vec{F}_B = -1000 F_B^z \vec{j} + 1000 F_B^y \vec{k}$$

$$\vec{R}_{OD} \times \vec{F}_D = -176.25 F_D^i \vec{i} - 1316 F_D^j \vec{j} - 293.4 F_D^k \vec{k}$$

با جایگذاری در معادله ممان و مرتب کردن آیتم‌ها خواهیم داشت:

$$\vec{F}_D^x = 5.67 \text{ KN} \quad \rightarrow \vec{F}_D = -1.37\vec{i} - 1.37\vec{j} + 5.33\vec{k}$$

$$\vec{F}_B^z = -6.92 \text{ KN} \quad \rightarrow ; \vec{F}_B^y = -0.536 \text{ KN}$$

همچنین داریم:

$$\Sigma \vec{F} = \vec{F}_O + \vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{F}_D = \vec{0}$$

نتیجه اینکه:

$$\vec{F}_O = 2.42\vec{i} - 2.094\vec{j} + 3.06\vec{k} \text{ KN}$$

بنابراین بار شعاعی در O چنین است:

$$F_{ro} = \left[(2.09)^2 + (3.06)^2 \right]^{1/2} = 3.71 \text{ KN}$$

$$T_c = 2.42 \text{ KN}$$

و

بار شعاعی در B چنین است:

$$F_{rB} = \left[(6.92)^2 + (0.536)^2 \right]^{1/2} = 6.94 \text{ KN}$$

از معادلات ۱۱-۱۴ و ۱۱-۱۵ خواهیم داشت:

$$F_{eo} = 8.38 \text{ KN} ; F_{eB} = 0.89 \text{ KN}$$

بنابراین به کار می‌بریم $F_{eB} = 6.94 \text{ KN}$

$$O \text{ یا تاقان} : C_R = 21.1 \text{ KN}$$

$$B \text{ یا تاقان} : C_R = 17.4 \text{ KN}$$

از مسئله ۱۱-۷ داشتیم که:

$$F_{ro} = 3.71 \text{ KN} ; T_{eo} = 2.42 \text{ KN}$$

$$F_{eo} = 3.71 + 1.25 (2.42) = 6.47 \text{ KN}$$

یا

$$F_{eo} = 0.45 (3.71) + 1.2 (2.42) = 4.57 \text{ KN}$$

بنابراین نتیجه می‌گیریم:

$$F_{eo} = 6.74 \text{ KN}$$

$$C = 6.74 \left[\frac{36 (10^3) (60) (900)}{10^6} \right]^{1/3} = 84.1 \text{ KN}$$

بار محوری در محل پاناقان B برابر است با 6.94 KN

بنابراین به طریق فوق:

$$C = 67.3 \text{ KN}$$

فصل ۱۲

- روانگاری و پاتاقانمای لغزشی

$$r/c = \frac{100}{0.1} = 1000$$

۱۲-۲

$$L/d = \frac{100}{200} = 1/2 = 0.5$$

$$P = \frac{W}{2rL} = \frac{32 (10^3)}{2 (0.1) (0.1)} = 1600 \text{ Kpa}$$

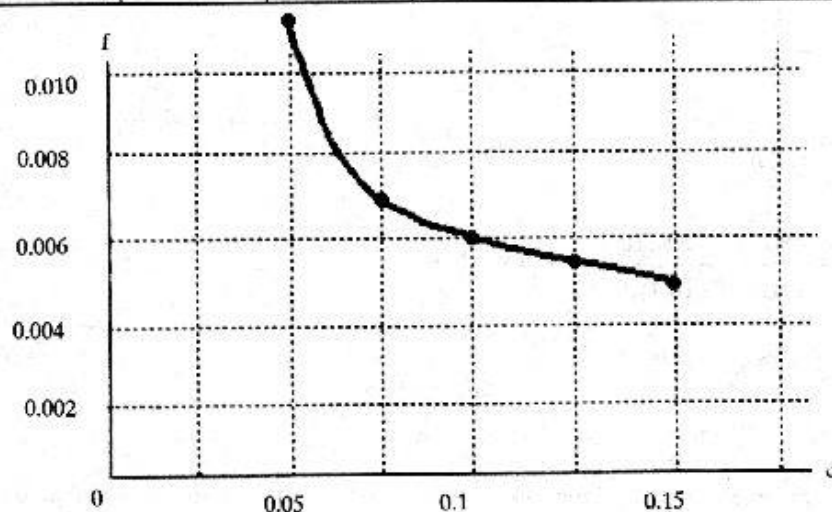
$$N = 15 \text{ rev/sec}$$

با داشتن اطلاعات فوق و استفاده از فرمولها و جداول کتاب جدول زیر را تهیه می‌نمائیم.

SAE No	μ mpa.s	S	$\% f$	F	H (W)
10	9	0.084	3.2	0.0032	965.09
20	13	0.12	4.2	0.0042	1342.8
30	20	0.18	5.4	0.0054	1723.2
40	24	0.225	6.5	0.0065	2081.3

۱۲-۳

C mm	$\% c$	S	$(/c) f$	F	H (W)
0.05	2000	0.9	21	0.0105	3364.5
0.075	1333.3	0.39	10	0.0075	2402.12
0.1	1000	0.225	6.5	0.0065	2081.3
0.125	800	0.144	4.7	0.0059	1879.9
0.15	666.7	0.1	3.6	0.0054	1730.7



$$\frac{r}{c} = \frac{37.5 (10^{-3})}{35 (10^{-6})} = 1071.4 \quad ; \quad \frac{L}{d} = 1 \quad ۱۲-۴$$

$$P = \frac{W}{2rL} = \frac{2.7 (10^6)}{2 (37.5) (75)} = 480 \text{ Mpa}$$

$$\text{فرض } \Delta T = 20^\circ \quad ; \quad T_{av} = 70 + \frac{14}{2} = 77^\circ\text{C}$$

$$\mu = 13.8 \text{ mpa.s}$$

$$S = \left(\frac{r}{c}\right)^2 \frac{\mu N}{P} = (1071)^2 \left[\frac{(13.8) (10^{-3}) (7)}{480 (10^3)} \right]$$

$$\rightarrow S = 0.231 \quad ; \quad T_{(var)} = 23^\circ$$

$$\Delta T = 23 \frac{P}{\gamma C_H} = 23 \left[\frac{480 (10^3)}{861 (1760)} \right] = 7.28$$

$$T_{av} = 70 + \frac{7.28}{2} = 74^\circ \quad ; \quad \mu = 17 \text{ mpa.sec}$$

$$S = \left(\frac{r}{c}\right)^2 \frac{\mu N}{P} = 0.284 \quad ; \quad T_{(var)} = 26^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 26 \frac{P}{\gamma C_H} = 8.23^\circ$$

تا حدود زیادی کفایت می‌کند. با توجه به نمودارها می‌توانیم بنویسیم:

$$h_e/c = 0.61 \quad \rightarrow \quad h_e = 0.61 (35) (10^{-6}) = 0.021 \text{ mm}$$

$$r_e/f = 5.4 \quad \rightarrow \quad f = 0.005$$

$$T = fwr = (0.005) (2.7) (37.5) = 0.506 \text{ N.m}$$

$$H = 2\pi (0.506) (7) = 22.2 \text{ W}$$

$$\frac{Q}{rcNL} = 3.95 \quad \rightarrow Q = 2721.8 \text{ mm}^3/\text{sec}$$

$$\frac{Q_s}{Q} = 0.48 \quad \rightarrow Q_s = 1306.4 \text{ mm}^3/\text{sec}$$

۱۲-۵ از $h_e/c = 0.5$ و $L/d = 1$ مقدار S برابر ۰.۱۸ تعیین می‌گردد. همچنین $\mu = 13.7 \text{ mp.s}$

می‌شود

$$P = \frac{3}{(32)^2 (10^{-6})} = 2930 \text{ Kpa}$$

$$\frac{\mu N}{P} = 0.281 (10^{-6})$$

$$\left(\frac{r}{c}\right)^2 = \frac{S}{\frac{\mu N}{P}} = \frac{0.18}{0.281 (10^{-6})} = 0.641 (10^6)$$

$$C = \frac{r (10^3)}{\sqrt{(r/c)^2}} = \frac{(32/2) (10^3)}{\sqrt{0.641 (10^2)}} = 20 \mu\text{m}$$

$$\text{داریم } \frac{r}{c} = 1000 ; \frac{L}{d} = 1$$

۱۲-۶

$$P = \frac{2.7 (10^6)}{(40)^2} = 1687.5 \text{ Kpa}$$

$$\text{فرض } \Delta T = 10^\circ\text{C} ; T_{av} = 40 + \frac{10}{2} = 45^\circ\text{C}$$

$$\mu = 80 \text{ mpa.s}$$

$$S = (1000)^2 \left[\frac{80 (10^{-3}) (20)}{1687.5 (10^3)} \right] = 0.948$$

$$\rightarrow T_{(\text{var})} = 12^{\circ\text{C}}$$

$$\Delta T = 12 \left[\frac{1687.5 (10^3)}{861 (1760)} \right] = 13.36^{\circ}$$

$$\rightarrow T_{(\text{var})} = 40 + \frac{13.36}{2} = 46$$

اگر همان مراحل را تکرار کنیم همین $\Delta T = 10^{\circ\text{C}}$ کفایت می‌کند.

$$T = 40 + 10 = 50^{\circ\text{C}} \quad \text{دمای خروجی}$$

$$C = \frac{20}{1000} = 0.02 \text{ mm}$$

$$\text{از نمودار داریم } h_c / c = 0.85 ; h_c = 0.02 (0.85) = 0.017^{\text{mm}}$$

$$\frac{P}{P_{\text{max}}} = 0.54 \quad \rightarrow P_{\text{max}} = 3125 \text{ Kpa}$$

$$\theta_{P_{\text{max}}} = 5.5^{\circ}$$

حل این مسئله مشابه ۱۲-۶ و ۱۲-۸ می‌باشد.

۱۲-۷

$$L/d = ; \quad l/c = \frac{5}{0.0076}$$

۱۲-۸

$$P = \frac{68 (10^6)}{10^2} = 680 \text{ Kpa} ; \quad \Delta T = 20^{\circ\text{C}}$$

$$T_{\text{av}} = 50 + 10 = 60 ; \quad \mu = 13 \text{ mp.s}$$

$$S = \left(\frac{5}{0.0076} \right)^2 \left[\frac{13 (10^3) (60)}{680 (10^3)} \right] = 0.49$$

$$T_{\text{var}} = 42^\circ\text{C} ; \Delta T = 42 \left[\frac{680 (10^3)}{861 (1760)} \right] = 18.84$$

اگر همین روش سعی و خطا را ادامه دهیم $\Delta T = 20^\circ$ کفایت می‌کند
از نمودارهای مربوطه خواهیم داشت

$$\frac{h}{c} = 0.74 ; h_c = 0.74 (0.0076) = 0.0064 \text{ mm}$$

$$L/d = 1 ; r/c = \frac{16}{0.02} = 800$$

۱۲-۹

$$P = \frac{1100 (10^6)}{(32)^2} = 1074.2 \text{ Kpa}$$

$$\Delta T = 25^\circ ; T_{\text{av}} = 50 + \frac{25}{2} = 62.5 ; \mu = 24 \text{ mpa.s}$$

$$S = (800)^2 \left[\frac{24 (10^3) (29.16)}{(1074.2) (10^3)} \right] = 0.41$$

$$\rightarrow T_{\text{var}} = 35 ; \Delta T = 35 \left[\frac{1074.2 (10^3)}{861 (1760)} \right] = 24.8$$

پس $\Delta T = 25^\circ\text{C}$ کفایت می‌کند. از طرفی داریم

$$\frac{h}{c} = 0.69 ; h_c = 0.69 (0.02) = 0.0138 \text{ mm}$$

۱۲-۱۰ هر روغنی که تغییرات دمایی کمتر داشته باشد مناسب‌تر است. اگر مسئله را حل

کنیم ملاحظه می‌کنیم که روغن SAE 10 مناسب‌ترین روغن است.

$$\frac{L}{d} = 1 \quad ; \quad \frac{r}{c} = 1000 \quad ; \quad P = 1730 \text{ Kpa} \quad 12-11$$

$$\Delta T = 50^{\circ}\text{C} \quad ; \quad T_{av} = 35 + 25 = 60$$

$$\mu = 38 \text{ mpa.s}$$

$$S = (1000)^2 \left[\frac{38 (10^{-3}) (20)}{1730 (10^3)} \right] = 0.44 \quad ; \quad T_{var} = 38^{\circ} \quad \rightarrow$$

$$\Delta T = 43^{\circ} \quad ; \quad T_{av} = 35 + \frac{43}{2} = 56.5^{\circ}\text{C}$$

$$\mu = 45 \text{ mpa.s} \quad ; \quad S = 0.52 \quad , \quad T_{(var)} = 42^{\circ} \quad \rightarrow$$

$$\Delta T = 48$$

همین مقدار ΔT کفایت می کند

$$T_{av} = 35 + \frac{48}{2} = 59^{\circ}\text{C}$$

(a)

$$\frac{h}{c} = 0.71 \quad \rightarrow \quad h_c = 0.71 \left(\frac{19}{1000} \right) = 0.0136$$

(b)

$$\frac{P}{P_{max}} = 0.51 \quad \rightarrow \quad P_{max} = 3390 \text{ Kpa}$$

(c)

$$\frac{L}{d} = 1 \quad ; \quad \frac{r}{c} = \frac{30}{0.045} = 666.7 \quad 12-12$$

$$P = \frac{4 (10^6)}{(60)^2} = 1111.1 \text{ Kpa}$$

$$\text{فرض می کنیم} \quad \Delta T = 20 \quad ; \quad T_{av} = 40 + 10 = 50^{\circ}\text{C}$$

$$\mu = 45 \text{ mpa.s}$$

$$S = (666.7)^2 \left[\frac{45 (10^{-3}) (18.7)}{1111.1 (10^3)} \right] = 0.337$$

$$\rightarrow \quad T_{var} = 30^{\circ}$$

$$\Delta T = 30 \left[\frac{1111.1 (10^3)}{861 (1760)} \right] = 21.9$$

پس با انتخاب $\Delta T = 22^\circ\text{C}$ ادامه حل را انجام می‌دهیم

$$\Delta T = 22^\circ\text{C} \quad ; \quad T_{av} = 51^\circ\text{C} \quad (a)$$

$$f = \frac{7.2}{666.7} = 0.0108 \quad (b) \text{ از نمودار}$$

$$h_c / c = 0.655 \quad \rightarrow \quad h_c = 29.5 \mu\text{m} \quad (c)$$

$$\varphi = 66^\circ$$

$$Q_s = 0.43 (3.85) (30) (45) (10^{-3}) (18.7) (60) \quad (d)$$

$$= 2510 \text{ mm}^3/\text{sec}$$

$$\rightarrow Q = \frac{2510}{0.43} = 5840 \text{ mm}^3/\text{sec}$$

$$\frac{P}{P_{max}} = 0.495 \quad \rightarrow \quad P_{max} = \frac{1111.1}{0.495} = 2240 \text{ Kpa} \quad (e)$$

$$L' = \frac{1}{2} (55 - 5) = 25 \text{ mm} \quad ۱۲-۱۳$$

$$L'/d = \frac{1}{2} \quad ; \quad l'/c = \frac{25}{0.042} = 595$$

$$P = \frac{W}{4rL'} = \frac{10 (10^6)}{4 (25) (25)} = 4000 \text{ Kpa}$$

$$\Delta T = 75^\circ \quad ; \quad T_{av} = 55 + \frac{75}{2} = 92.5^\circ\text{C}$$

$$\mu = 10.5 \text{ mpa.s}$$

جهت تعیین S داریم:

$$S = \left(\frac{27.5}{0.042} \right)^2 \left[\frac{10.5 (10^3) (48)}{4000 (10^3)} \right] = 0.054$$

$$\rightarrow T_{\text{var}} = 8.5'$$

$$\Delta T = 8.5 \left[\frac{4000 (10^3)}{861 (1760)} \right] = 22.4$$

اگر به همین منوال روش سعی و خطا را ادامه دهیم

$$\Delta T = 56^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{av}} = 83^\circ\text{C}$$

$$S = 0.0467$$

$$Q = 4.28 (25) (0.042) (48) (25) = 5392.8 \text{ mm}^3/\text{sec}$$

$$\frac{Q_s}{Q} = 0.91 \quad \rightarrow Q_s = 4907.4 \text{ mm}^3/\text{sec}$$

$$h/c = 0.134 \quad \rightarrow h_o = 0.134 (42) = 5.63 \mu\text{m}$$

فصل ۱۳

= چرخنده‌های ساده

$$m = \frac{d}{N} \quad \rightarrow \quad d_p = 5 * 21 = 105 \text{ mm} \quad ۱۳-۱$$

$$\frac{1150}{690} = \frac{d_g}{105} \quad \rightarrow \quad d_g = 175 \text{ mm}$$

$$N = \frac{175}{5} = 35$$

$$C = \frac{175 + 105}{2} = 140 \text{ mm}$$

$$P = \pi m = \pi (2.5) = 7.854 \text{ mm} \quad ۱۳-۲$$

$$N_2 = \frac{1740}{740} * (19) = 70 \text{ دندانه}$$

$$d_2 = 70 (2.5) = 175 \text{ mm} \quad ; \quad d_1 = 19 (2.5) = 47.5 \text{ mm}$$

$$C = \frac{47.5 + 175}{2} = 111.25$$

$$m = \frac{57}{\pi} = 18$$

۱۳-۳

$$d_p = 18 (18) = 324 \text{ mm}$$

$$\text{نسبت سرعت} = 3 = \frac{d_g}{324} \Rightarrow d_g = 975 \text{ mm}$$

$$N_g = \frac{975}{18} = 54 \quad ; \quad C = \frac{324 + 975}{2} = 649.5 \text{ mm}$$

$$\text{Addendum} : a = m = 9 \text{ mm}$$

۱۳-۴

$$\text{Dedendum} : b = 1.25 m = 11.25 \text{ mm}$$

$$\text{Clearance} : C = 0.25 m = 2.25 \text{ mm}$$

$$\text{Circular Pitch} : P = \pi m = 28.27 \text{ mm}$$

$$\text{Tooth thickness} : t = \frac{m}{2} = 4.5 \text{ mm}$$

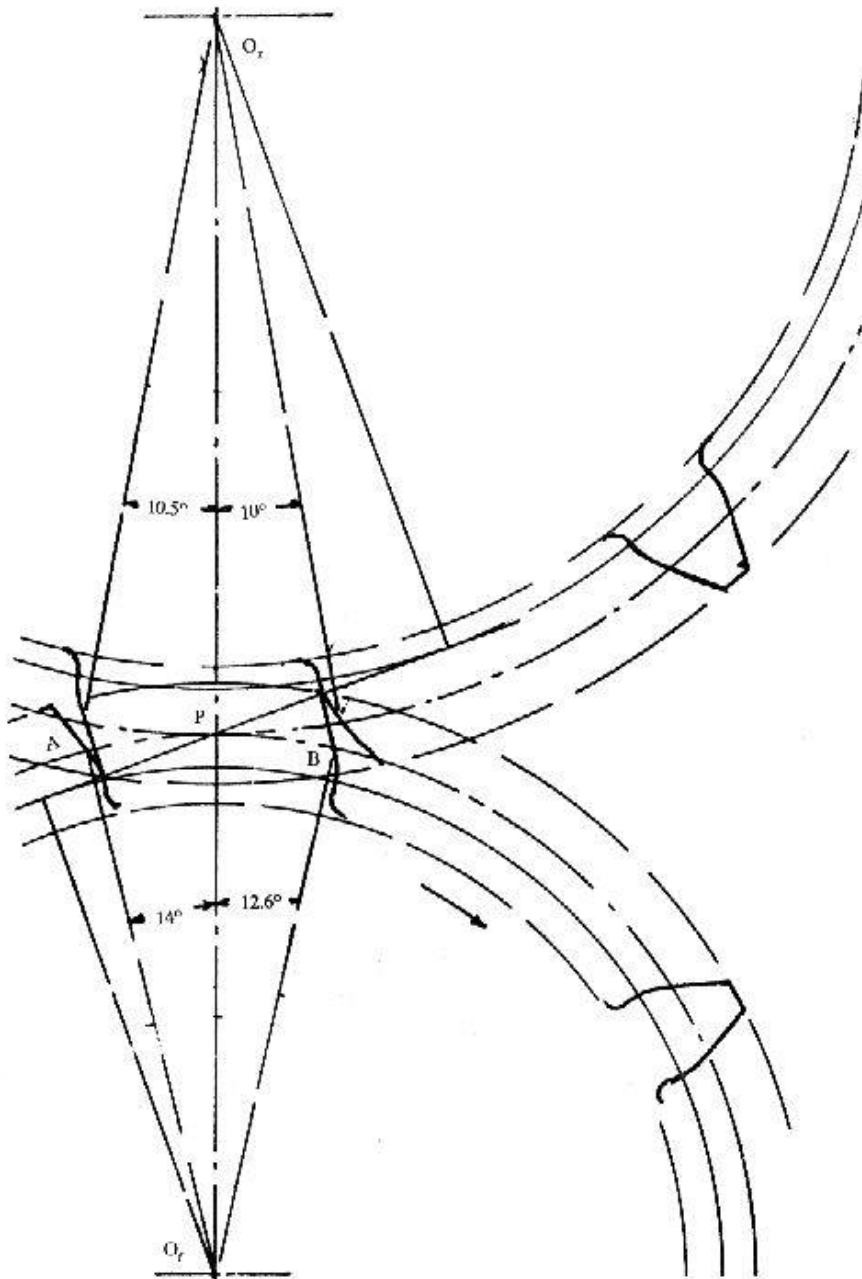
$$\text{Pinion} : 21 * 9 = 189 \text{ mm}$$

$$\text{Gear} : 28 * 9 = 252 \text{ mm}$$

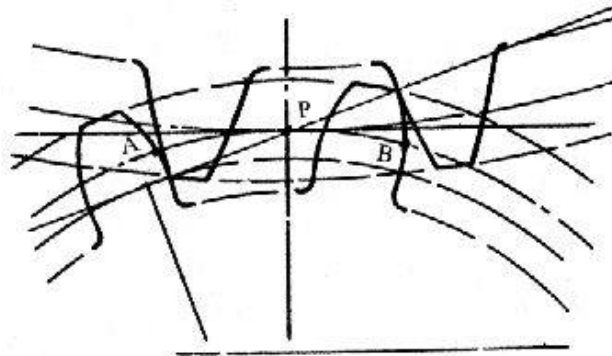
$$\text{Length of ...} : 22 \text{ mm}$$

$$\text{recers} : 19.5 \text{ mm}$$

$$L_{ab} : 38.8 \text{ mm}$$



۱۳-۵



با توجه به شکل فوق داریم:

$$q_a = 27 \text{ mm}$$

$$q_r = 25 \text{ mm}$$

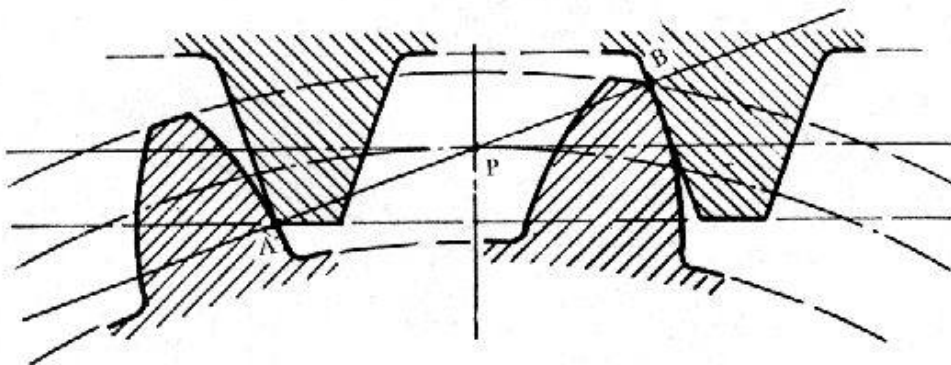
همچنین

$$m_e = 1.66$$

$$q_t = 52 \text{ mm}$$

$$P_e = 32 \text{ mm}$$

۱۳-۶

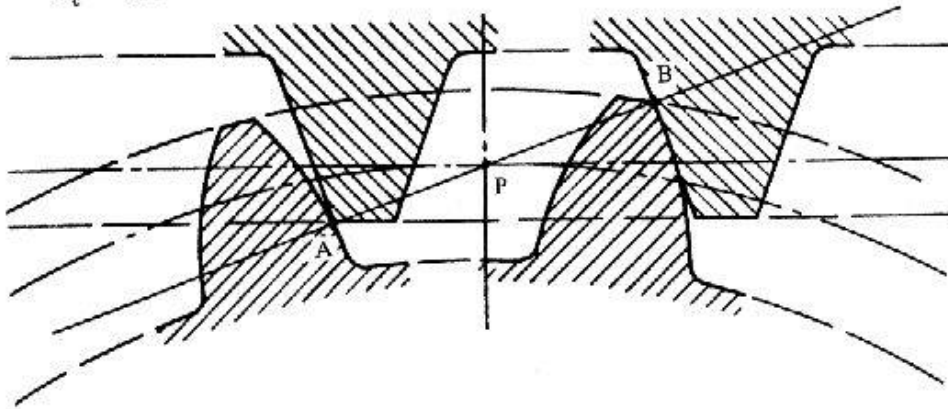


$$\text{a) } d = 330 \text{ mm} ; P = 40 ; t = 20 \text{ mm}$$

$$a = 12.7 \text{ mm} ; b = 15.8 \text{ mm}$$

$$m_c = 1.95$$

می‌توان نوشت:



$$\text{b) } q_a = 28.4 \text{ mm}$$

$$q_t = 62 \text{ mm}$$

$$q_r = 33.27 \text{ mm}$$

$$m_c = 1.55$$

زاویه فشار تغییر نمی‌کند

۱۳-۷ تماس اولیه در A

تماس نهایی در B

نقطه میانی C

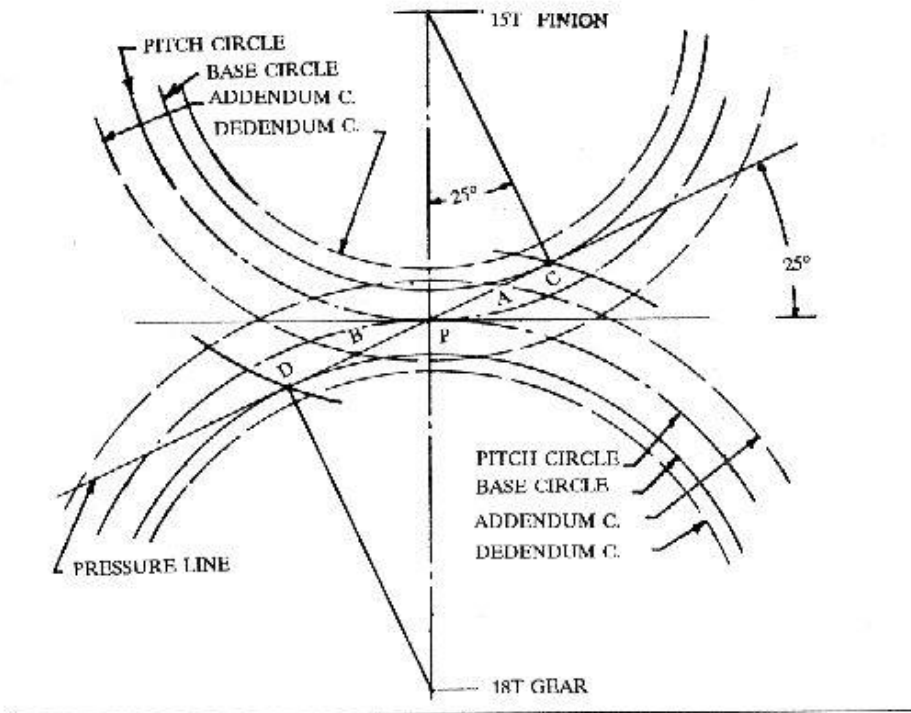
نقطه D در خارج نقطه A قرار دارد

B و سایر نقاط تداخل ندارند

$$AB = 32.2 \text{ mm}$$

$$P_b = \frac{\pi}{3} \cos 25' = 24.13 \text{ mm}$$

$$m_c = \frac{32.2}{24.13} = 1.34$$



$$a = m = 1 \text{ m}$$

$$d_p = 1(12) = 12 \rightarrow r_p = 6 \text{ m}$$

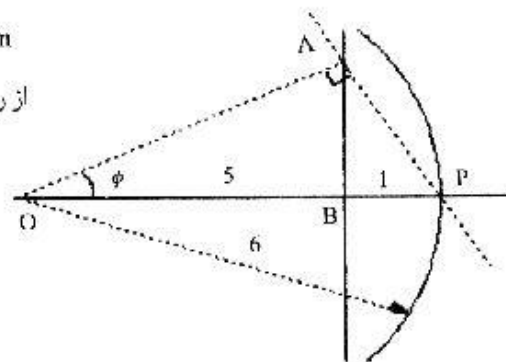
از روابط مثلثاتی داریم

$$AB = \sqrt{5} \text{ m}$$

$$OA = \sqrt{30} = 5.5 \text{ m}$$

بنابراین

$$Q = \cos^{-1} \frac{5}{5.5} = 24^\circ$$



$$e = \frac{20}{24} \frac{20}{24} = \frac{25}{36} ; n_F = \circ \quad ۱۳-۹$$

$$n_A = 800$$

$$\frac{25}{36} = \frac{n_L - 800}{\circ - 800} \rightarrow n_L = 244.4 \text{ rpm c.c.w}$$

$$e = -\frac{18}{72} \frac{21}{111} = -\frac{21}{444} \quad (\text{a } ۱۳-۱۰)$$

$$\text{بنابراین } \frac{21}{444} = \frac{\circ - n_A}{(-120) - n_A} \rightarrow n_A = -5.44 \text{ rpm}$$

(b)

$$-\frac{21}{444} = \frac{n_L - (-8)}{\circ - (-8)} \rightarrow n_L = -8.378 \text{ rpm}$$

$$e = \frac{20}{30} \frac{16}{34} = \frac{16}{51} \quad ۱۳-۱۱$$

$$n_F = n_2 = 250 \text{ rpm} ; n_L = n_\sigma = \circ$$

$$\text{داریم : } e = \frac{n_L - n_A}{n_F - n_A}$$

$$\text{بنابراین } \frac{16}{51} = \frac{\circ - n_A}{250 - n_A} \rightarrow n_A = -114.3 \text{ rpm c.c.w}$$

۱۳-۱۲ (a) از آنجا که $n_F = n_2 = \circ$ پس

$$e = \frac{99}{100} \frac{101}{100} = 0.999$$

$$\text{از طرفی } e = \frac{n_L - n_A}{n_P - n_A} = 0.9999 \quad \rightarrow \quad \frac{n_L}{n_A} = 0.0001$$

$$D = \left[2(101) + 100 \right] (2.5) + 2(12) \quad (b)$$

$$= 779 \text{ mm}$$

$$\frac{n_L}{n_A} = 0.0001 \quad ; \quad N_P = 20 \quad \rightarrow \quad N_G = 200,000 \quad (c)$$

$$D = \left[200000 + 2(20) \right] (2.5) + 2(12)$$

$$= 200064$$

$$e = -\frac{20(20)}{18(58)} = -0.383 \quad ۱۳-۱۳$$

$$n_P = n_s = 330 \text{ rpm} \quad ; \quad e = \frac{\omega - n_A}{330 - n_A}$$

$$(330 - n_A)(-0.383) = -n_A \quad \rightarrow \quad n_A = 91.4 \text{ rpm c.w}$$

۱۳-۱۴ با فرض $n_A = 1$ و $n_P = 2$ خواهیم داشت

$$e = \frac{n_L - n_A}{n_P - n_A} = \frac{\omega - 1}{2 - 1} = -1$$

$$N_6 = N_2 + N_3 + N_5 \quad \text{وی}$$

با روش سعی و خطا خواهیم داشت :

$$N_2 = 30, N_3 = 15, N_5 = 45$$

$$N_6 = 90 \quad \text{دندانه}$$

بنابراین

$$\frac{N_7}{2} + \frac{N_6}{2} = \frac{N_4}{2} + N_3 + \frac{N_2}{2} \quad (\text{a } 13-15)$$

$$\text{پس } N_7 = N_4 + 2N_3 + N_2 - N_6 = 54 \quad \text{دندانه}$$

$$c = -\frac{N_2 N_3 N_6}{N_3 N_4 N_7} = -\frac{24 (36)}{30 (54)} = -\frac{8}{15} \quad (\text{b})$$

$$e = \frac{n_L - n_A}{n_F - n_A}$$

$$\text{داریم که: } n_F = 250, n_L = 0$$

$$\text{بنابراین } -\frac{8}{15} = \frac{-n_A}{250 - n_A} \rightarrow n_A = 86.96 \text{ rpm}$$

$$e = \frac{N_2 N_3 N_4}{N_3 N_4 N_4} = \frac{18}{102} = \frac{9}{51} \quad 13-16$$

$$\frac{9}{51} = \frac{0 - n_A}{500 - n_A} \rightarrow n_A = -107 \text{ rpm c.c.w}$$

$$e = \frac{9}{51} \quad ; \quad \frac{9}{51} = \frac{150 - n_A}{500 - n_A} \quad \rightarrow \quad \text{(a) ۱۳-۱۷}$$

$$n_A = -75 \text{ rpm. c.c.w}$$

$$\frac{9}{51} = \frac{n_L - 0}{n_F - 0} \quad \rightarrow \quad n_L = \frac{9}{51} n_F \quad \text{(b)}$$

$$\rightarrow n_L = \frac{9}{51} (500) = 88.2 \text{ rpm. cw}$$

$$d_u = 12 (8) = 96 \text{ mm}$$

۱۳-۱۸

$$V = \frac{\pi (96) (600)}{60} = 3016 \text{ m/sec}$$

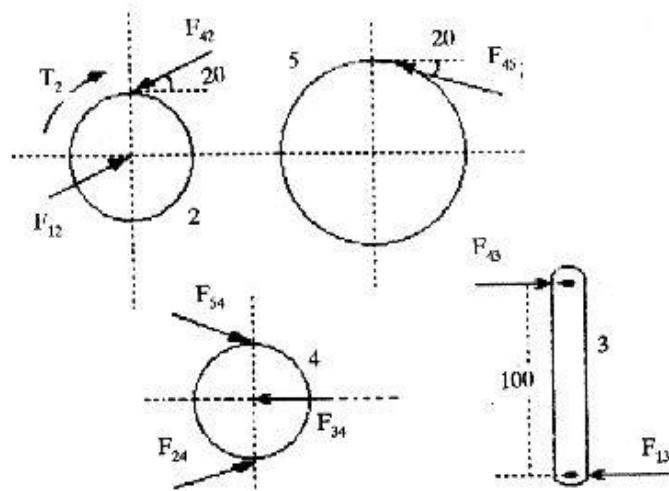
$$W_t = \frac{20 (10^3)}{3016} = 6.6 \text{ N} \quad ; \quad F_{ab} = \frac{6.6}{\cos 20} = 7.05 \text{ N}$$

$$F_{abr} = 7.05 (\sin 20) = 2.41 \text{ N}$$

داریم که:

$$F_{bt} = F_{br} = 2.41 + 6.6 = 9.01 \text{ N}$$

$$F_b = 9.01 \sqrt{2} = 12.47 \text{ N}$$



$$d_2 = 24 (3) = 72 \text{ mm} \quad ; \quad d_4 = 40 (3) = 120 \text{ mm}$$

$$d_5 = 104 (3) = 312 \text{ mm} \quad ; \quad r_3 = (72 + 120) \left(\frac{1}{2}\right) = 96 \text{ mm}$$

$$V = \frac{\pi (72) (900)}{60} = 3392.9 \text{ m/sec}$$

$$W_t = \frac{2 (10^3)}{3392.9} = 0.58 \text{ N}$$

بنابراین:

$$F_{42} = F_{12} = F_{54} = F_{24} = \frac{0.58}{\cos 20} = 0.62 \text{ N}$$

$$F_{34} = F_{43} = F_{13} = 2 (0.62 \cos 20) = 1.17 \text{ N}$$

$$T_3 = 96 (1.17) = 113.1 \text{ N.m}$$

$$N_3 = N_2 \frac{n_a}{n_b} = 24 (3.5) = 84$$

(a) ۱۳-۲۰

$$N_4 = N_5 \frac{n_b}{n_c} = 160 \left(\frac{1}{4}\right) = 40$$

$$n_b = \frac{n_a}{3.5} = \frac{1720}{3.5} = 491 \text{ rpm} \quad (\text{b})$$

$$n_c = \frac{n_b}{4} = 123 \text{ rpm}$$

$$T_a = \frac{60 (10^3) (1.25)}{2\pi (1720)} = 6.94 \text{ N.m} \quad (\text{c})$$

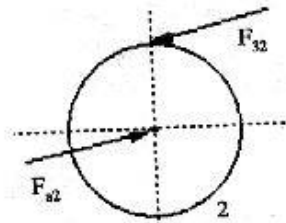
$$T_b = \frac{60 (10^3) (1.25) (0.96)}{2\pi (491)} = 23.3 \text{ N.m}$$

$$T_c = \frac{60 (10^3) (1.25) (0.96)^2}{2\pi (1720)} = 89.4 \text{ N.m}$$

۱۳-۲۱ برای پینیون ۲ که روی شافت a سوار است داریم:

$$d_2 = 20 (2.5) = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} F_{32}^t &= W_t = \frac{10^3 H}{\pi d n} \\ &= \frac{10^3 (105)}{\pi (50) (20)} = 0.477 \text{ KN} \end{aligned}$$



$$F_{42} = F_{32} = \frac{0.477}{\cos 20} = 0.508 \text{ KN}$$

برای چرخ دنده‌های ۳ و ۴ که روی شافت b سوار است داریم:

$$F_{S4}^t = F_{S4}^r \left(\frac{6}{4} \right) = 0.716 \text{ KN}$$

$$F_{S4} = \frac{0.716}{\cos 20} = 0.761 \text{ KN}$$

$$d_3 = 60 (2.5) = 150 \text{ mm}$$

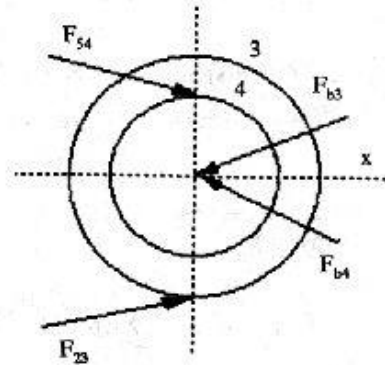
$$d_4 = 32 (3) = 96 \text{ mm}$$

$$F_{b3} = 0.508 \angle 200 \\ = 0.477 i - 0.174 j$$

$$F_{b4} = 0.761 \angle 160 = -0.715 i - 0.26 j$$

$$F_b = F_{b3} + F_{b4} = -1.192 i + 0.086 j = 1.2 \angle 175.9 \text{ KN}$$

$$F_{45} = F_{c5} = 0.761 \text{ KN}$$



$$d_3 = 2 (60) = 120 \text{ mm}$$

(a) ۱۳-۲۲

$$d_4 = 4 (24) = 96 \text{ mm}$$

$$d_5 = 4 (56) = 224 \text{ mm} ; d_2 = 2 (20) = 40$$

$$C_{ab} = 80 \text{ mm} ; C_{bc} = 160 \text{ mm}$$

$$V_2 = \frac{\pi (40) (10^{-3}) (600)}{1.25} = 1.25 \text{ m/sec}$$

(b)

$$W_{23}^r = \frac{7500 \cdot 60}{1.25} = 5968.3 \text{ N}$$

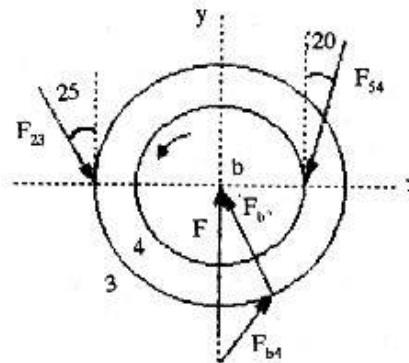
$$F_{a2} = \frac{5968.3}{\cos 25} = 6585.3 \text{ N}$$

$$F_{23}^r = 6585.3 \sin 25 = 2783 \text{ N}$$

$$F_{54}^t = \frac{120}{96} (5968.3) = 7957.7 \text{ N}$$

$$F_{34} = \frac{7957.7}{\cos 20} = 8468.4 \text{ N}$$

$$F_{54}^r = 8468.4 \sin 20 = 2896.3 \text{ N}$$



با فرض اینکه جفت چرخ دنده‌ها در یک صفحه باشند می‌توانیم بنویسیم:

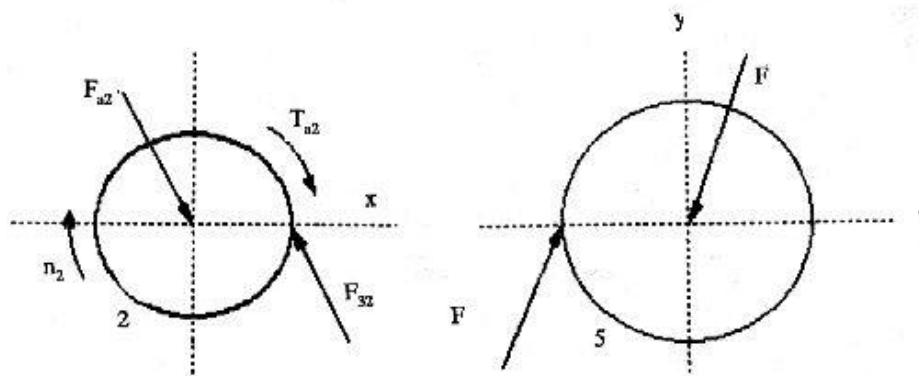
$$\vec{F}_{54} = -2896.3 \vec{i} - 7957.7 \vec{j}$$

$$\vec{F}_{23} = 2783 \vec{i} - 5968.3 \vec{j}$$

$$\Sigma \vec{F} = \vec{F}_4 + \vec{F}_{23} + \vec{F} = \vec{0} \quad \rightarrow \vec{F} = 113.3 \vec{i} + 13926 \vec{j}$$

$$|\vec{F}| = 13926.4 \text{ N}$$

بنابراین



$$d_1 + d_2 = 2 (288) = m (160 + 80)$$

۱۳-۲۳

$$\rightarrow m = 6 \text{ mm} ; d_1 = 96 \text{ mm} ; d_2 = 480 \text{ mm}$$

$$d_3 + d_4 = 2 (400) = m (20 + 60)$$

$$\rightarrow m = 10 \text{ mm} ; d_3 = 200 ; d_4 = 600 \text{ mm}$$

$$V = \frac{\pi (96) (10^{-3}) (1200)}{60} = 6.03 \text{ m/sec}$$

$$W_t = \frac{37 (10^3)}{6.03} = 6134 \text{ N}$$

$$F_{12} = \frac{6134}{\cos 25} = 6768.2 \text{ N}$$

$$F_n = 2860.3 \text{ N}$$

$$\Sigma M_A = 6134 (216) - F_{Bx} (216 + 48) = 0$$

$$\rightarrow F_{Bx} = 5018.7 \text{ N}$$

$$F_{By} = 2340.2 \text{ N}$$

$$F_B = \left[(5018.7)^2 + (2340.2)^2 \right]^{1/2} = 5537.5 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow F_{Ax} = 1115.7 \text{ N}$$

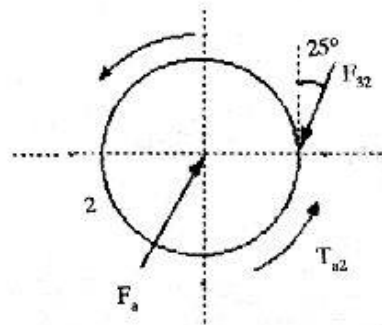
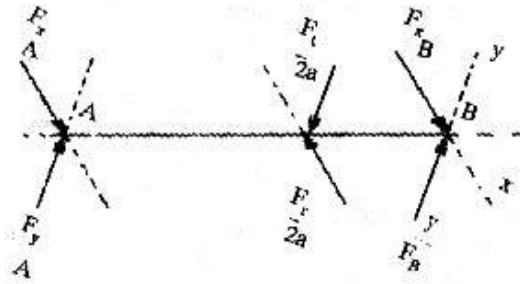
$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow F_{Ay} = 520.1 \text{ N}$$

$$F_A = \left[(1115.7)^2 + (520.1)^2 \right]^{1/2} = 1230.9 \text{ N}$$

به همین ترتیب اگر عمل کنیم خواهیم داشت:

$$F_c = 10.9 \text{ KN} ; F_D = 3.57 \text{ KN}$$

$$F_E = 11.8 \text{ KN} ; F_F = 4.42 \text{ KN}$$



$$n_c = (1800) \left(\frac{24}{32} \right) \left(\frac{75}{125} \right) = 810 \text{ rpm} \quad (\text{a } ۱۳-۲۴)$$

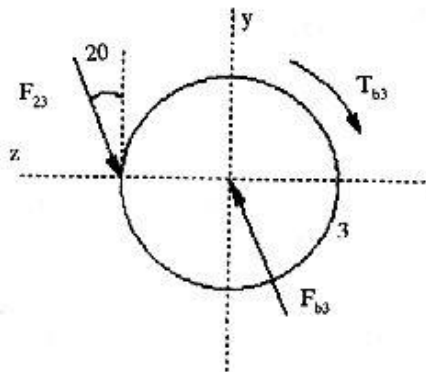
$$T_c = 9.55 \frac{H}{n} = 9.55 \frac{7500}{810} = 88.4 \text{ N.m}$$

$$T = \frac{d_s}{2} (F_T - F_L) = \frac{125 (10^{-3})}{2} (F_T - 0.2 F_T) \quad (\text{b})$$

$$\rightarrow T = 88.4 ; F_T = 1768 \text{ N} ; F_L = 353.6 \text{ N}$$

$$n_b = 1800 \left(\frac{24}{32} \right) = 1350 \text{ rpm} \quad (c)$$

$$T_b = 9.55 \frac{7500}{1350} = 53 \text{ N.m}$$



$$F_{4b} = 1768 + 353.6 = 2121.6 \quad (d)$$

$$d_2 = 24 (3) = 72 \text{ mm} \quad (e)$$

$$V_2 = \frac{\pi (72) (10^{-3}) (1800)}{60} = 6.78 \text{ m/sec}$$

$$W_\kappa = \frac{7500}{6.78} = 1105.2 \text{ N}$$

$$F_{23} = 1219.5 \text{ N} \quad ; \quad F_{23}^r = 515.4 \text{ N}$$

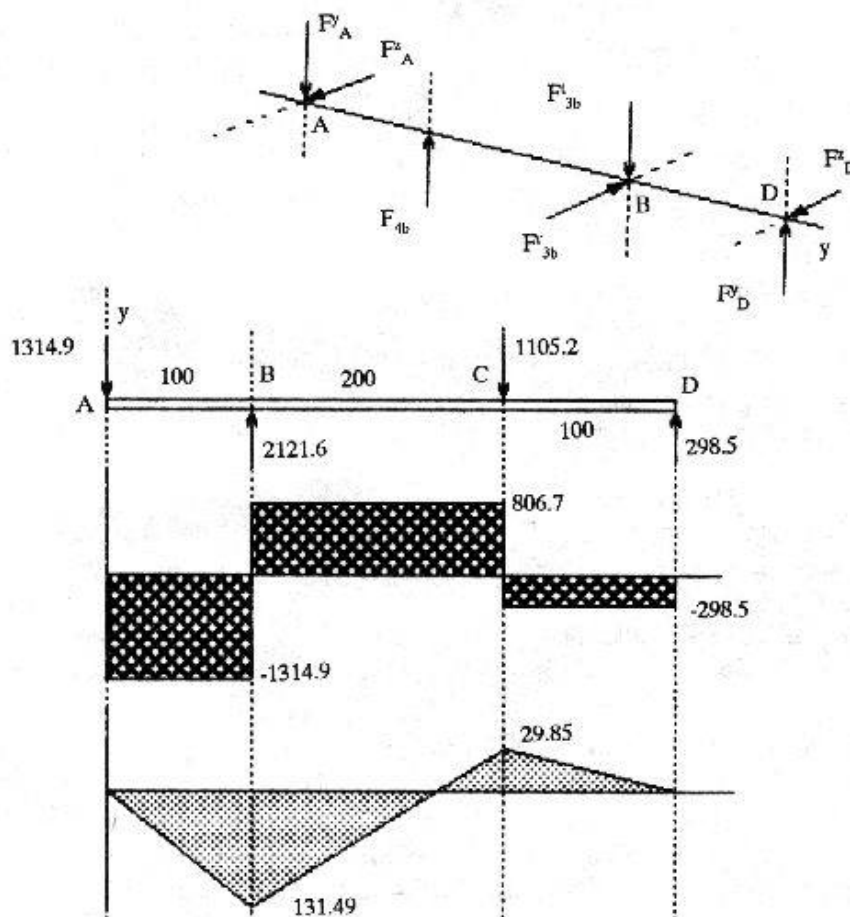
با فرض اینکه کشش تسمه‌ها عمودی باشند خواهیم داشت :

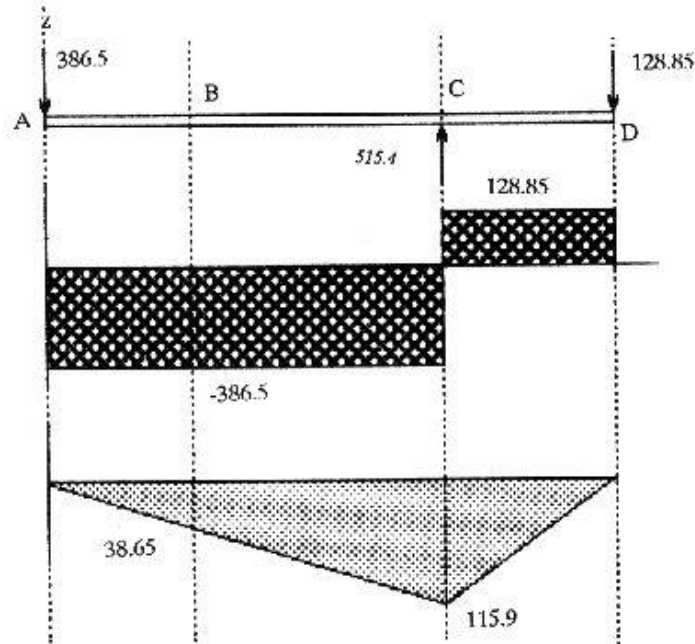
$$\Sigma M_D = 1105.2 (100) - 212.6 (300) + F_A^y (400) = 0$$

$$\rightarrow F_A^y = 1314.9 \text{ N} ; F_D^y = 298.5 \text{ N}$$

$$\Sigma M_D = 515.4 (300) - F_A^z (400) = 0$$

$$\rightarrow F_A^z = 386.55 \text{ N} ; F_D^z = 128.85 \text{ N}$$





$$M_{(\max)} = \left[(131.49)^2 + (38.65)^2 \right]^{1/2} = 137.05 \text{ N.m}$$

در نقطه B

$$d_2 = 16 (2.5) = 40 \text{ mm}$$

۱۳-۲۶

$$V_2 = \frac{\pi (40) (10^{-3}) (1720)}{60} = 3.6 \text{ m/sec}$$

$$K_v = \frac{50}{50 + \left[(200) (3.6) \right]^{1/2}} = 0.65 ; S_y = 245 \text{ Mpa}$$

$$Y = 0.27610$$

همچنین داریم:

$$\sigma_p = \frac{245}{5} = 49 \text{ Mpa}$$

$$W_t = F k_v m y \sigma_p = 703.5 \text{ N}$$

$$H = 703.5 (3.6) = 2532.6 \text{ KN} = 2.5 \text{ kw}$$

$$d_2 = 4 (22) = 88 \text{ mm}$$

۱۳-۲۷

$$V = \frac{\pi (88) (10^3) 900}{60} = 4.14 \text{ m/sec}$$

$$W_t = \frac{10 (10^3)}{4.14} = 2415.5 \text{ N}$$

همچنین داریم: $k_v = 0.581$; $Y = 0.31997$ پس

$$\sigma = \frac{W_t P}{K_v F Y} \rightarrow \sigma = 83.8 \text{ Mpa}$$

۱۳-۲۸ از جدول ۱-۱۳ کمترین تعداد دندانه را ۱۲ در نظر می‌گیریم

$$N_p = 12$$

$$N_g = 96$$

$$Y = 0.27677 ; S_y = 650 \text{ Mpa} ; \sigma_p = \frac{650}{50} = 130 \text{ Mpa}$$

$$d_p = 4 (12) = 48 \text{ mm} \quad \text{با انتخاب } m = 4 \text{ خواهیم داشت:}$$

$$V = \frac{\pi (48) (10^3) (3600)}{60} = 9.047 ; K_v = 0.398$$

$$W_t = \frac{25 (10^3)}{9.047} = 2763.3 \text{ N}$$

$$F = \frac{2763.3}{(0.398) (0.27677) (4) (130)} = 48.2 \text{ mm}$$

همانطور که می‌دانیم باید $3p \leq F \leq 5p$

$$37.69 \leq 48.2 \leq 62.8 \text{ mm}$$

داریم:

$$N_{p_{\min}} = 18$$

۱۳-۲۹ با فرض $m = 3$

$$d_p = 18(3) = 54 \text{ ; } V = \frac{\pi (54) (10^{-3}) (400)}{60} = 1.13 \text{ m/sec}$$

$$K_v = \frac{6}{6 + 1.13} = 0.86$$

$$Y = 0.29367 \text{ ; } W_t = \frac{1250}{1.13} = 1106 \text{ N}$$

$$\text{داریم } S'_y = 165 \text{ Mpa ; } \sigma_p = \frac{165}{4} = 41.25 \text{ Mpa}$$

$$F = \frac{1106}{(0.86)(0.29367)(3)(41.25)} = 35.3$$

$$3\pi(3) \leq 35.3 \leq 5\pi(3)$$

۱۳-۳۰ پینیون و چرخنده باید چک شود

$$S_y = 280 \text{ Mpa}$$

(a) پینیون

$$S_{ut} = 550 \text{ Mpa}$$

$$S'_e = 0.5(550) = 275 \text{ Mpa , } K_a = 0.72 \text{ , } K_b = 1$$

$$K_c = K_d = K_e = 1 \text{ ; } K_f = 1.33$$

$$S_e = 275(1.33)(0.72) = 263.34 \text{ Mpa}$$

$$K_v = \frac{50}{50 + [(200)(3.8)]^{1/2}} = 0.64$$

$$K_s = 1.25 - 1.5 \Rightarrow K_s = 1.375 \quad ; \quad K_m = 1.6$$

انتخاب

$$n_G = 1.375 (1.6) (2.5) = 5.5$$

$$\sigma_p = \frac{S_c}{n_G} = 47.88 \text{ Mpa}$$

$$J = 0.39118$$

از جدول ۱۳-۵ خواهیم داشت:

$$W_t = (0.64) (0.39118) (47.88) (25) (1.5)$$

$$= 449.5 \text{ N}$$

(b) چرخ دنده

$$S_c = 96 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_p = \frac{96}{5.5} = 17.45$$

$$W_t = (0.64) (0.39118) (17.45) (25) (1.5)$$

$$= 163.8 \text{ N}$$

بنابراین چرخ دنده ضعیف تر است

$$H = (163.8) (3.8) = 0.62 \text{ kw}$$

$$S_{ut} = 775 \text{ Mpa}$$

۱۳-۳۱

$$S'_c = 0.5 (775) = 387.5 \text{ Mpa}$$

$$d_p = 14 (3) = 42 \text{ mm}$$

$$V = \frac{\pi (42) (10^{-3}) (1150)}{60} = 2.5 \text{ m/sec}$$

همچنین از جداول و نمودارها داریم:

$$K_a = 0.72 \quad ; \quad K_b = 0.951 \quad ; \quad K_c = 0.814 \quad ; \quad K_d = h_e = 1$$

$$K_f = 1.33$$

$$S_e = (0.72) (0.951) (0.814) (1.33) (387.5) = 287.1 \text{ Mpa}$$

$$K_v = \left[\frac{78}{78 + [(200) (2.5)]^{1/2}} \right]^{1/2} = 0.88$$

$$K_s = 1 \quad ; \quad K_m = 1.3$$

همچنین داریم: $J = 0.33638$ پس

$$W_t = \frac{20 (10^3)}{2.5} = 8000 \text{ N}$$

$$\sigma_p = \frac{800}{(0.88) (58) (3) (0.33638)} = 155.3 \text{ Mpa}$$

$$n_G = \frac{S_e}{\sigma_p} = 1.84 \quad ; \quad n = 1.42$$

۱۳-۳۲ هر دو چرخنده باید چک شود.

(a) پینیون

$$S_{ut} = 770 \text{ Mpa} \quad , \quad S'_e = 385 \text{ Mpa}$$

$$K_a = 0.73 \quad ; \quad K_b = 0.865 \quad ; \quad K_c = 0.897$$

$$K_d = K_e = 1 \quad , \quad K_f = 1.33$$

$$S_e = 290 \text{ Mpa}$$

پس داریم:

$$S'_e = 111 \text{ Mpa}$$

(b) چرخنده

$$S_e = 114.5 \text{ Mpa}$$

با توجه به مقادیر فوق

بنابراین چرخنده ضعیف‌تر است.

$$d_g = 8 (15) = 120 \text{ mm}$$

$$V = \frac{\pi (120) (10^{-3}) (575)}{60} = 3.6 \text{ m/sec}$$

همچنین داریم:

$$K_v = \frac{50}{50 + [(200) (3.6)]^{1/2}} = 0.65$$

$$J = 0.39118$$

از جدول مربوطه داریم:

$$K_s = \quad ; \quad K_m = 1.6, \quad n_G = 6$$

$$\sigma_p = \frac{114.5}{6} = 19.08 \text{ Mpa}$$

$$W_t = (100) (0.39118) (0.65) (19.08) (8)$$

$$\rightarrow W_t = 3881.8 \text{ N}$$

$$H = 3881.8 (3.6) = 13.9 \text{ kw}$$

$$d = 4 (22) = 88 \text{ mm}$$

۱۳-۲۳

$$V = \frac{\pi (88) (10^{-3}) (575)}{60} = 2.64 \text{ m/sec}$$

$$W_t = \frac{7500}{2.64} = 2830.8 \text{ N}$$

$$C_v = \frac{50}{50 + [(200) (2.64)]^{1/2}} = 0.68$$

$$C_p = 191 \quad ; \quad m_G = 2.72$$

$$I = \frac{\cos 20 (\sin 20)}{2} \frac{2.72}{2.72 + 1} = 0.118$$

$$\sigma_H = -191 \sqrt{\frac{2830.8}{(0.68) (38) (88) (0.118)}} = 620.3 \text{ Mpa}$$

$$d = 12 (2.5) = 30 \text{ mm}$$

۱۳-۳۴

$$V = \frac{\pi (30) (10^{-3}) (1800)}{60} = 2.8 \text{ m/sec}$$

$$W_t = \frac{1500}{2.8} = 530.5 \text{ N}$$

$$C_v = 0.678 \quad ; \quad C_p = 179 \quad , \quad m_G = \frac{72}{12} = 6$$

$$I = 0.164$$

همچنین خواهیم داشت:

$$\sigma_H = -179 \sqrt{\frac{530.8}{(0.678) (0.164) (32) (30)}} = -399 \text{ Mpa}$$

$$S_c = 2.76 (363) - 70 = 931.8 \text{ Mpa}$$

۱۳-۳۵

$$C_L = 1 \quad , \quad C_R = 0.8$$

$$C_T = C_H = 1$$

$$S_H = \frac{(1) (1)}{(1) (0.8)} (931.8) = 1164.8 \text{ Mpa}$$

$$C_s = 1 \quad ; \quad C_m = 1.3$$

$$n_G = (1) (1.3) (2) = 2.6$$

$$m_G = \frac{21}{14} = 1.5 \quad , \quad I = 0.115$$

از طرفی داریم:

$$d_p = 14 (3) = 42 \text{ mm}$$

$$V = \frac{\pi (42) (10^{-3}) (1150)}{60} = 2.5 \text{ m/sec}$$

$$C_p = 191 \quad ; \quad C_v = 0.879$$

$$\rightarrow 1164.8 = 191 \left[\frac{W_{tp}}{(0.879)(0.115)(42)(50)} \right]^{1/2}$$

$$\rightarrow W_{tp} = 7.89 \text{ KN}$$

و از آنجا خواهیم داشت:

$$W_t = \frac{7.89}{2.6} = 3.03 \text{ KN}$$

$$H = 3.03 (2.5) = 7.59 \text{ kw}$$

$$HB = 116 \quad \text{پینون}$$

۱۳-۳۶ داریم

$$HB = 160 \quad \text{چرخ دنده}$$

بنابراین از $HB = 116$ استفاده می‌کنیم.

$$S_c = 2.76 (116) - 70 = 250.16 \text{ Mpa}$$

$$C_L = 1 \quad ; \quad C_R = 0.8 \quad ; \quad C_T = C_H = 1$$

$$S_H = \frac{250.16}{0.8} = 312.7 \text{ Mpa}$$

$$C_s = 1.5 \quad ; \quad C_m = 1.6 \quad , \quad n_G = C_s C_m n = 3.6$$

$$m_G = \frac{64}{12} = 5.23$$

$$I = 0.161$$

از طرفی داریم:

$$C_v = 0.646$$

$$d_p = 2 (12) = 24 \text{ mm}$$

$$C_p = 179$$

پس خواهیم داشت :

$$312.7 = 179 \left[\frac{W_{tp}}{(0.646) (0.161) (2) (25)} \right]^{1/2}$$

$$\rightarrow W_{tp} = 15.87 \text{ N}$$

$$H = 15.83 (3.8) = 60.3 \text{ W} = 0.06 \text{ kw}$$

بنابراین :

$$S_c = 763.52 \text{ Mpa}$$

۱۳-۳۷

$$C_L = 1 ; C_R = 1 , C_T = C_H = 1 , S_{II} = 763.52 \text{ Mpa}$$

$$C_o = 1 ; C_m = 1.4 ; n_U = 1.4 (1) (n) = 1.4 n$$

$$d_p = 15 (4) = 60 \text{ mm}$$

$$V = 3.6 \text{ m/sec}$$

$$\text{همچنین } m_U = 1.67 , l = 0.12 , C_p = 191$$

$$W_t = \frac{7500}{3.6} = 2075.9 \text{ N}$$

$$C_v = 0.86$$

می‌توان نوشت :

$$W_{tp} = (1.4) (2075.9) n = 2906.2 n$$

$$763.52 = \left[\frac{2906.2n}{(0.86) (0.12) (4) (58)} \right]^{1/2}$$

داریم :

$$\rightarrow n = 0.13$$

$$n_U = (1.4) (0.13) = 0.18$$

فصل ۱۴

- چرخنده‌های مارپیچ

و حلزونی

$$d_n = 3 (18) = 54 \text{ mm}$$

۱۴-۱

$$P_n = \pi m_n = \pi (3) = 9.42 \text{ mm}$$

$$P_t = \frac{9.42}{\cos 25} = 10.4 \text{ mm} ; P_x = \frac{10.4}{\tan 25} = 22.3 \text{ mm}$$

$$P_N = 9.42 (\cos 20) = 8.86 \text{ mm}$$

$$\varphi_1 = \tan^{-1} \left(\frac{\tan 20}{\cos 25} \right) = 21.9^\circ$$

$$m = \frac{m_n}{\cos \psi} = \frac{3}{\cos 25} = 3.31$$

$$d_p = 3.31 (18) = 59.6 \text{ mm}$$

$$d_g = 3.31 (32) = 106 \text{ mm}$$

$$d_n = 4 (16) = 64 \text{ mm}$$

۱۴-۲

$$P_n = \pi (4) = 25.1 \text{ mm}$$

$$P_t = \frac{12.5}{\cos 30} = 14.5 \text{ mm} ; P_x = \frac{14.5}{\tan 30} = 25.1 \text{ mm}$$

$$P_N = 12.5 \cos 20 = 11.74 \text{ mm} ; \varphi_t = \tan^{-1} \left(\frac{\tan 20}{\cos 30} \right) = 22.7^\circ$$

$$m = \frac{4}{\cos 30} = 4.61 ; d_p = 4.61 (16) = 73.7 \text{ mm}$$

$$d_g = 4.61 (48) = 221.3$$

$$W_l = 1800 \text{ N}$$

(a ۱۴-۳)

$$W = \frac{1800}{(\cos 20)(\cos 30)} = 2111.85 \text{ N}$$

$$W_r = 2111.85 (\sin 20) = 756.5 \text{ N}$$

$$W_a = 2111.85 (\cos 20)(\sin 30) = 1039.2 \text{ N}$$

$$F_{2a} = -756.5 i + 1039.2 j - 1800 k \quad \text{محور a و b}$$

(b محور c)

$$F_{4c} = -756 i + 1040 j + 180 k$$

$$d_2 = 3 (16) = 48 \text{ mm}$$

۱۴-۴

$$d_3 = 3 (36) = 108 \text{ mm}$$

$$d_4 = 3 (28) = 84 \text{ mm}$$

$$V_2 = \frac{\pi (48) (10^{-3}) (1720)}{60} = 4.32 \text{ m/sec}$$

$$W_t = \frac{5 (10^3)}{4.32} = 1156.6 \text{ N}$$

$$W_r = 1156.6 \tan 20 = 420.96 \text{ N}$$

$$W_a = 1156.6 \tan 20 = 420.96 \text{ N}$$

→

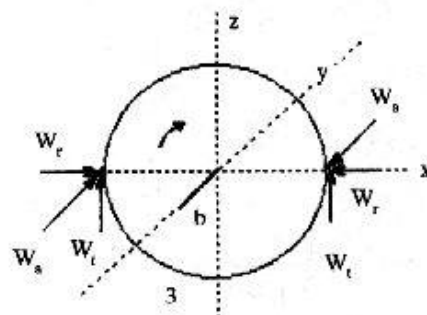
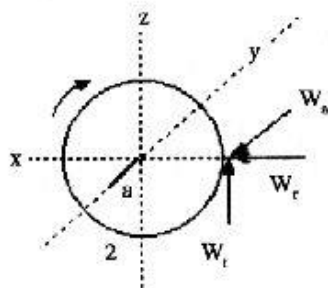
$$F_{2a} = -1156.6 \mathbf{i} - 420.96 \mathbf{j} - 310 \mathbf{k} \text{ N}$$

→

$$F_{3c} = (1156.6 - 420.96) \mathbf{i} - (1156.6 - 420.96) \mathbf{j} \\ = 735.65 \mathbf{i} - 735.65 \mathbf{j} \text{ N}$$

→

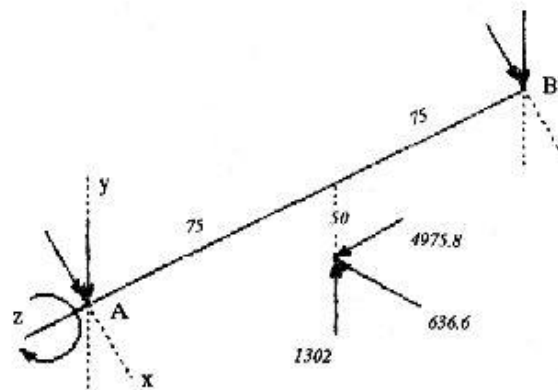
$$F_{4c} = 420.96 \mathbf{i} + 1156.6 \mathbf{j} + 310 \mathbf{k}$$



$$e = \frac{20}{40} \frac{8}{17} \frac{20}{60} = \frac{4}{51}$$

۱۴-۵

$$n_d = \left(\frac{4}{51} \right) (600) = 47.1 \text{ rpm c.w}$$



۱۴-۶

$$V = \frac{\pi (100) (10^{-3}) (600)}{60} = 3.14 \text{ m/sec}$$

$$W = \frac{2000}{3.14} = 636.6 \text{ N}$$

$$L = 25 (1) = 25 \text{ mm}$$

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{25}{\pi (100)} \right) = 4.77$$

$$V_s = \frac{3.14}{\cos 4.54} = 3.15 \text{ m/sec}$$

$$\mu = 0.042$$

$$W = \frac{636.6}{(\cos 14.5) (\sin 4.54) + (0.042) (\cos 4.54)} = 5200.4 \text{ N}$$

پس خواهیم داشت:

$$W^y = (5200.4) \sin 14.5 = 1302 \text{ N}$$

$$W^z = (5200.4) \left[(\cos 14.5) (\cos 4.77) - (0.042) (\sin 4.77) \right]$$

$$= 4975.8 \text{ N}$$

$$\vec{R}_G = -0.075 \text{ K} - 0.05 \text{ J} ; \vec{R}_B = -0.15 \text{ K}$$

$$\vec{F}_G = 1302 \text{ j} - 636.6 \text{ i} - 4975.8 \text{ K}$$

$$\vec{F}_B = F_B^x \text{ i} + F_B^y \text{ j}$$

با یک ممان‌گیری حول A داریم:

$$\vec{R}_B \times \vec{F}_B + T + \vec{R}_G \times \vec{F}_G = 0$$

با جایگذاری خواهیم داشت:

$$\vec{F}_A = 319 \text{ i} - 1960 \text{ j} - 5160 \text{ k} \text{ N}$$

A یا تاقان کفگرد است

$$\vec{F}_B = 318 \text{ i} + 620 \text{ j}$$

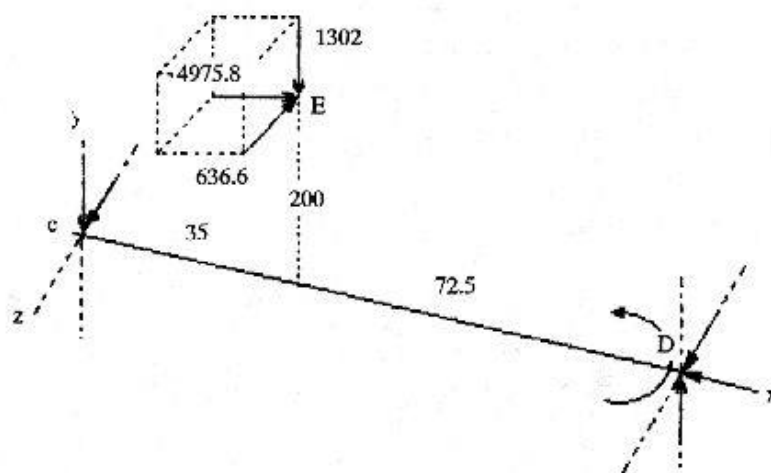
$$T = 31.8 \text{ N.m}$$

۱۴-۷ با توجه به مسئله ۱۴-۶ می‌توانیم بنویسیم:

$$W_G = 4975.8 \text{ i} - 290 \text{ j} - 1110 \text{ K} \text{ N}$$

داریم:

$$\vec{\Sigma M}_c = \vec{R}_B \times \vec{W}_G + \vec{R}_D \times \vec{F}_D + \vec{T} = \vec{0}$$



$$\begin{aligned} \rightarrow & (35 \mathbf{i} + 200 \mathbf{j}) \times (4975.8 \mathbf{i} - 290 \mathbf{j} - 1110 \mathbf{k}) + \\ & (107.5 \mathbf{i}) \times (F_D^x \mathbf{i} + F_D^y \mathbf{j} + F_D^z \mathbf{k}) + \vec{T} = \vec{0} \end{aligned}$$

پس خواهیم داشت:

$$T = 222 \text{ N.m}$$

$$F_D^y = 9351 \text{ N} ; F_D^z = 361.4 \text{ N}$$

از طرفی داریم:

$$\vec{\Sigma F} = \vec{F}_c + \vec{W}_G + \vec{F}_D = \vec{0}$$

می‌توانیم بنویسیم:

$$(F_c^y \mathbf{j} + F_c^z \mathbf{k}) + (4975.8 \mathbf{i} - 290 \mathbf{j} - 1110 \mathbf{k})$$

$$+ (F_D^x i + 9351 j + 361.4 k) = 0$$

$$F_D^x i = -4975.8 \quad \text{پس:}$$

$$\rightarrow \vec{F}_D = -4975.8 i + 9351 j + 361.4 k$$

$$\vec{F}_c = -9351 j - 361.4 k \quad \text{همچنین:}$$

$$e = \frac{150}{250} \frac{18}{38} \frac{20}{48} \frac{3}{36} = \frac{3}{304} \quad ۱۴-۸$$

$$n_y = en_2 = \frac{3}{304} (1200) = 11.84 \text{ rpm. cw}$$

$$n_A = n_3 = 1200 \left(\frac{17}{54} \right) = 378 \text{ rpm} \quad ۱۴-۹$$

$$n_F = n_5 = 0$$

$$n_t = n_6 ; e = -1$$

$$-1 = \frac{n_6 - 378}{0 - 378} \quad \text{پس:}$$

$$\rightarrow n_6 = 756 \text{ rpm}$$

$$W = \frac{v}{r} = \frac{(50) (10^3)}{(25) (60)} = 33.3 \text{ rad/min} \quad ۱۴-۱۰$$

$$V_L = r_L w = \left[25 + 375 (10^{-3}) \right] (33.3) = 844 \text{ m/min}$$

سرعت چرخ ماشین

$$n_L = \frac{V_L}{\pi d} = \frac{844}{\pi (375)} = 716 \text{ rpm}$$

$$V_R = r_R w = \left[25 - (0.375) \right] (33.3) = 820 \text{ m/min}$$

$$n_R = \frac{V_R}{\pi d} = \frac{820 (10^3)}{\pi (375)} = 696 \text{ rpm}$$

$$n_P = n_5 = 716 \text{ rpm}$$

$$n_L = n_6 = 696 \text{ rpm} ; e = -1$$

$$-1 = \frac{696 - n_A}{716 - n_A} \rightarrow n_A = n_3 = 706 \text{ rpm}$$

$$m = 3 \text{ Bevel} \quad d_4 = 3 (20) = 60 \text{ mm}$$

۱۴-۱۱

$$m_n = 2 \text{ Helical} \quad d_5 = 3 (40) = 120 \text{ mm}$$

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{20}{40} = 26.6^\circ$$

$$\mu = 63.4^\circ$$

$$r_{5,av} = 60 - 12.5 \sin 63.4 = 48.82 \text{ mm}$$

$$r_{4,av} = 30 - 12.5 \sin 26.6 = 24.4 \text{ mm}$$

$$V = \frac{2\pi r_G n}{60} = \frac{2\pi (48.82) (10^3) (370)}{60} = 1.89 \text{ m/sec}$$

$$W_t = \frac{4500}{1.89} = 2378.9 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} W_r &= W_t \tan \varphi \cos \mu = 4759.8 \tan 20 \cos 63.4 \\ &= 387.6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_a &= W_t \tan \varphi \sin \mu = 459.8 \tan 20 \sin 63.4 \\ &= 774.2 \end{aligned}$$

→

$$R_{EG} = 18 i + 48.8 j$$

→

$$R_{EF} = 63 i$$

→

$$F_E = F_E^x i + F_E^y j + F_E^z k$$

→

$$F_F = F_F^y j + F_F^z k$$

→

$$F_G = 774.2 i + 387.6 j - 2378.9 k$$

از طرفی داریم:

$$\Sigma M_E = \overset{\rightarrow}{R_{EG}} \times \overset{\rightarrow}{F_G} + \overset{\rightarrow}{R_{EF}} \times \overset{\rightarrow}{F_F} + \vec{T} = 0 \quad I$$

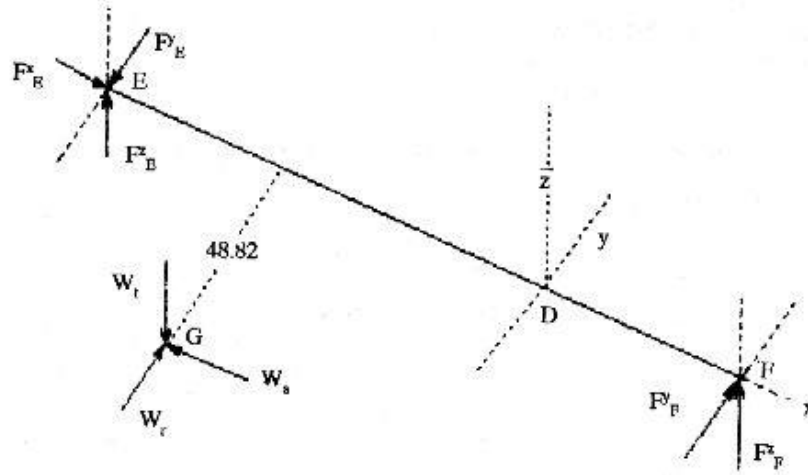
با جایگذاری مقادیر در I خواهیم داشت: (صرفنظر از مقادیر کوچک نیرو)

→

$$F_E = 775 i - 861 j + 1600 k \quad \text{N}$$

→

$$F_F = 437 j + 778 k \quad \text{N}$$



$$d_3 = 2(35) = 70 \text{ mm}$$

۱۴-۱۲

$$F_{23}^t = 2378.9 \frac{24.4}{70/2} = 1658.4 \text{ N}$$

$$F_{23}^r = F_{23}^t \tan \varphi_n = 1658.4 \tan 20 = 603.6 \text{ N}$$

$$F_{23}^a = F_{23}^t \tan \Psi = 1658.4 \tan 30 = 957.5 \text{ N}$$

$$\rightarrow F_{23} = -603.6i + 957.5j + 1658.4k \text{ N}$$

به همین ترتیب:

$$\rightarrow F_{54} = 774.2i - 387.6j + 2378.9k$$

$$\vec{R}_{CH} = 0.035i + 0.022j \quad ; \quad \vec{R}_{co} = 0.044j$$

$$\vec{R}_{GC} = -0.024i + 0.068j$$

$$\Sigma \vec{M}_c = 0 = \vec{R}_{CH} \times \vec{F}_{23} + \vec{R}_{CD} \times \vec{R}_D + \vec{R}_{GG} \times \vec{F}_{54} = 0 \quad \text{پس}$$

در که صورتی مقادیر فوق را جایگذاری نمائیم خواهیم داشت

$$\vec{F}_C = -289i + 418j \quad \text{N}$$

$$\vec{F}_D = 134.8i - 538.4j - 4192k \quad \text{N}$$

فصل ۱۵

شافتها

۱۵-۱ با توجه به دیاگرامهای صفحه بعد و $E = 207 \text{ Gpa}$ می توانیم بنویسیم:

$$y_B = \frac{1.3049 (10^7)}{I} \mu\text{m} \quad ; \quad y_D = \frac{1.283 (10^7)}{I} \mu\text{m}$$

$$z_B = \frac{-4.73 (10^6)}{I} \mu\text{m} \quad ; \quad z_D = \frac{0.1057 (10^6)}{I} \mu\text{m}$$

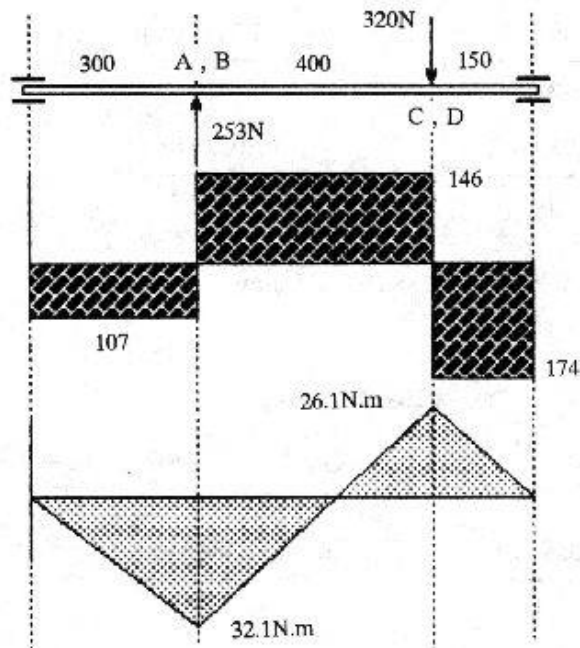
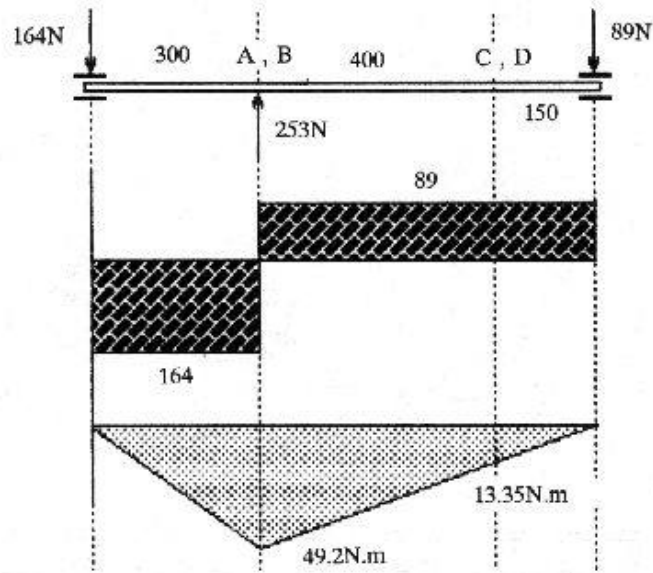
$$\delta_B = (y_B^2 + z_B^2) = 1.388 (10^7) / I \mu\text{m}$$

$$\delta_D = (y_D^2 + z_D^2) = 1.283 (10^7) / I \mu\text{m}$$

از آنجا که $I = \frac{\pi d^4}{64}$ و طبق فرض $\delta_B = 200 \mu\text{m}$ پس

$$200 = \frac{1.388 (10^7)}{I} \quad ; \quad \frac{\pi d^4}{64} = \frac{1.388 (10^7)}{200}$$

→ $d = 34.5 \text{ mm}$ پس $d = 35 \text{ mm}$ را انتخاب می‌کنیم



۱۵-۲ با توجه به دیاگرام

$$M_D = \left[(49.2)^2 + (32.1)^2 \right]^{1/2} = 58.7 \text{ N.m}$$

$$M_{D'} = \left[(13.35)^2 + (26.1)^2 \right]^{1/2} = 29.3 \text{ N.m}$$

$$S_y = 340 \text{ Mpa} ; T = (270 - 50) (0.15) = 303 \text{ N.m}$$

$$\tau_{\max} = \frac{16}{\pi d^3} \sqrt{M^2 + T^2} = \frac{16}{\pi (35)^3} \left[(58.7)^2 + (303)^2 \right]^{1/2} = 8 \text{ Mpa}$$

$$S_{sy} = 0.5 (340 \text{ Mpa}) = 170 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{170}{8} = 25.7$$

این حالت ایمن است.

$$k_a = 0.84 ; k_b = 1.189 (35)^{-0.097} = 0.842$$

$$k_c = 0.897$$

$$S'_e = 0.5 (430) = 215 \text{ Mpa}$$

$$S_e = 0.84 (0.842) (0.897) (215) = 136 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_a = \frac{32 M}{\pi d^3} = \frac{32 (58.7)}{\pi (35)^3} (10^3) = 13.9 \text{ Mpa}$$

این حالت نیز ایمن است.

$$n = \frac{136}{13.9} = 9.8$$

$$S_y = 324 \text{ Mpa}$$

۱۵-۳

$$S_u = 386 \text{ Mpa}$$

$$K_a = 0.83 ; K_b = 0.75 \text{ فرض} ; K_c = 0.814$$

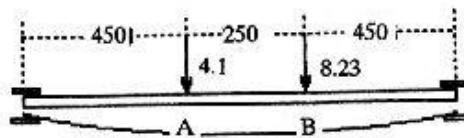
$$S'_e = 0.5 (384) = 193 \text{ Mpa}$$

$$S_e = 0.83 (0.75) (0.814) (193) (10^{-3}) = 0.098 \text{ Gpa}$$

$$d = \left(\frac{32 M}{\pi S_e} \right)^{1/3} = \left[\frac{32 (5150) (2.5)}{\pi (0.098)} \right]^{1/3} = 110 \text{ mm}$$

با استفاده از جدول $d = 120 \text{ mm}$ انتخاب می‌کنیم

۱۵-۴



$$E = 207 \text{ Gpa}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi (120)^4}{64} = 1.018 (10^7) \text{ mm}^4$$

(a) در صفحه xy ، تغییر مکان ناشی از اعمال نیرو در A

$$y'_A = \frac{Fbx}{6EIL} (x^2 + b^2 - L^2)$$

$$L = 1150 \text{ mm}, b = 700 \text{ mm}; \quad x = 450 \text{ mm}; \quad F = 4100 \text{ N}$$

$$\rightarrow y'_A = -55.96 \mu\text{m}$$

$$y'_B = \frac{Fa(L-x)}{6EIL} (x^2 + b^2 - 2Lx)$$

که در آن $x = 700 \text{ mm}$ ، $(L - x) = 450 \text{ mm}$ ، $a = 450 \text{ mm}$ ، $F = 4100 \text{ N}$

$$\rightarrow y'_B = - 52.39 \mu\text{m}$$

اکنون تغییر مکان ناشی از اعمال نیرو در B بدست می آوریم

$$\rightarrow y''_A = - 105.16 \mu\text{m}$$

$$y''_B = - 112.33 \mu\text{m}$$

در نهایت با اصل جمع بندی آثار داریم

$$y_A = - 55.96 - 105.16 = - 161.12 \mu\text{m}$$

$$y_B = - 52.39 - 112.33 = - 164.72 \mu\text{m}$$

(b) در صفحه yz اگر همین مراحل را تکرار نمائیم خواهیم داشت:

$$Z'_A = + 154.23 \mu\text{m} \quad ; \quad Z'_B = 144.39 \mu\text{m}$$

$$Z''_A = - 288.78 \mu\text{m} \quad ; \quad Z''_B = - 308.46 \mu\text{m}$$

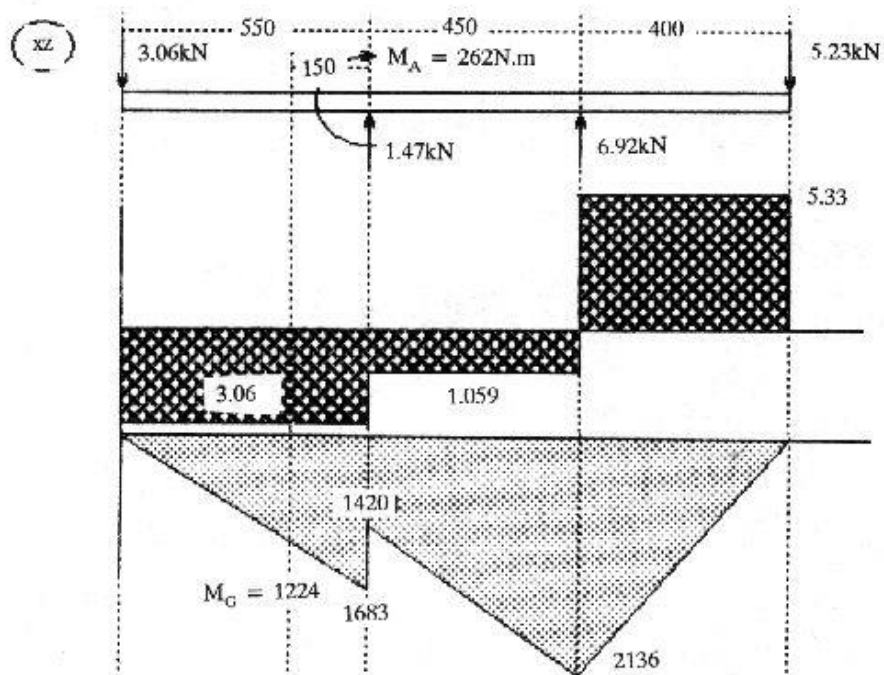
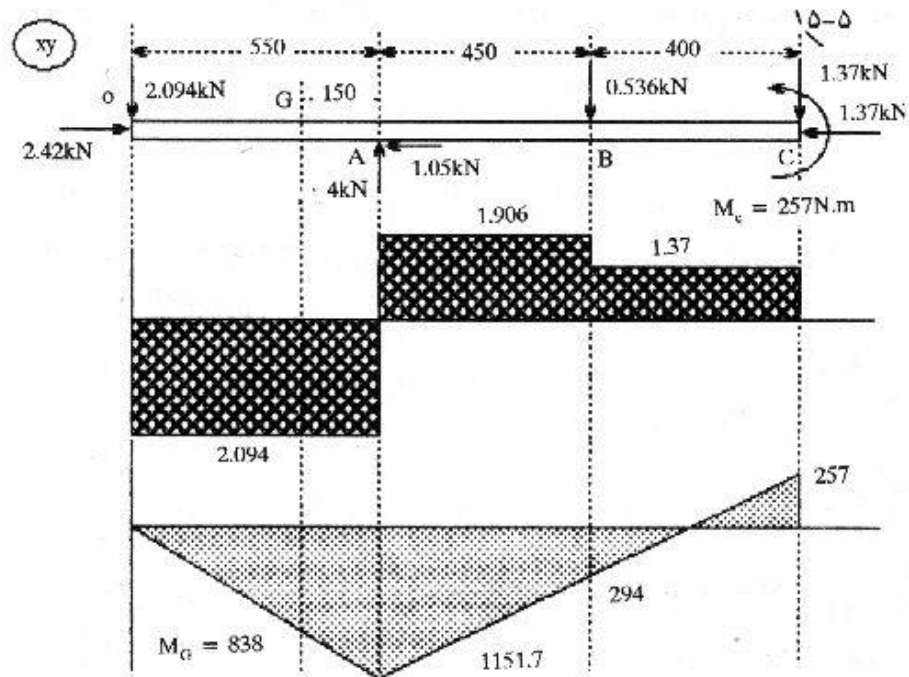
$$\rightarrow Z_A = - 134.55 \mu\text{m}$$

$$Z_B = - 164.07 \mu\text{m}$$

در نتیجه:

$$\delta_A = (y_A^2 + z_A^2)^{1/2} = 209.91 \mu\text{m}$$

$$\delta_B = (y_B^2 + z_B^2)^{1/2} = 232.49 \mu\text{m}$$



(a) برآیند ممان خمشی در G برابر است با:

$$M_G = \left[(1224)^2 + (838)^2 \right]^{1/2} = 1480 \text{ N.m}$$

$$\sigma_a = \frac{32 M}{\pi d^3} = \frac{32 (1480) (10^3)}{\pi (80)^3} = 29.4 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_m = \frac{4F}{\pi d^2} = \frac{4 (2.42) (10^3)}{\pi (80)^2} = 5.54 \text{ Mpa}$$

پیچشی در G نداریم

$$S_{ut} = 1068 \text{ Mpa}$$

از جداول مربوطه داریم:

$$S'_e = 0.5 (1068) = 534 \text{ Mpa}$$

$$K_a = 0.89 ; k_b = 1.189 (80)^{-0.097} = 0.777$$

$$k_c = 0.814 ; \frac{D}{d} = \frac{120}{80} = 1.5$$

$$\frac{r}{d} = \frac{5}{80} = 0.0625$$

$$k_c = 0.814 ; k_f = 1.75 ; q = 0.92$$

$$K_T = 1 + 0.92 (1.75 - 1) = 1.69$$

$$K_e = \frac{1}{K_f} = 0.592$$

$$\rightarrow S_e = 0.89 (0.592) (0.814) (0.777) (534) = 178 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_a = 29.4 \text{ Mpa} ; \sigma_m = 5.54$$

با استفاده از

و رهیافت گودمن می‌توانیم بنویسیم

$$S_m = 32.5 \text{ Mpa} \rightarrow n = 5.87$$

$$T = 4 (250) = 1000 \text{ N.m}$$

(b)

$$\tau_m = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16 (1000) (10^3)}{\pi (80)^3} = 9.95 \text{ Mpa}$$

نیروی محوری 1.37 KN می باشد

$$\sigma_m = \frac{4F}{\pi d^2} = \frac{4 (1.37) (10^3)}{\pi (80)^2} = 0.0273 \text{ Mpa}$$

$$\sigma'_m = \left[(0.273)^2 + 3 (9.95)^2 \right]^{1/2} = 17.24 \text{ Mpa}$$

$$M_A = \left[(1151.7)^2 + (1683)^2 \right]^{1/2} = 2040 \text{ Mpa} \quad \text{برآیند ممان خمشی در A}$$

$$\sigma_s = \frac{32 (2040) (10^3)}{\pi (80)^3} = 40.9 \text{ Mpa}$$

$$K_f = 1.38 \quad ; \quad K_f = 1 + 0.92 (1.38 - 1) = 1.35$$

$$K_e = \frac{1}{1.35} = 0.741$$

بنابراین مقدار تصحیح شده S_e چنین می گردد.

$$S_e = 178 \left(\frac{0.741}{0.592} \right) = 223 \text{ Mpa}$$

با استفاده از رهیافت گودمن مطابق بالا

$$\sigma_s = 40.6 \text{ Mpa} \quad ; \quad \sigma'_m = 17.24$$

$$S_m = 87 \text{ Mpa} \quad ; \quad n = 5.05 \quad *$$

(c) برآیند ممان خمشی در B چنین است.

$$M_B = \left[(294)^2 + (2136)^2 \right]^{1/2} = 2160 \text{ N.m}$$

$$\sigma_s = 40.6 \left(\frac{2160}{2040} \right) = 43 \text{ Mpa}$$

$$\sigma'_m = 17.24$$

$$K_e = 1 \quad ; \quad S_e = 178 \left(\frac{1}{0.592} \right) = 301 \text{ Mpa}$$

$$S_m = 108.4 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{108.4}{17.24} = 6.29$$

فصل ۱۶

کلاچها و ترمزها

$$\theta_1 = 0^\circ ; \theta_2 = 120^\circ ; \theta_n = 90^\circ$$

(a ۱۶-۱)

$$\sin \theta_n = 1 ; a = R = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_t &= \frac{f_p a b r}{\sin \theta_n} \left[0.125 (-\cos \theta)^{120} - 0.1 \left(\frac{1}{2} \sin^2 \theta \right)^{120} \right] \\ &= \frac{0.32 (600) (10^3) (0.028) (0.125)}{1} (0.1875 - 0.0375) \\ &= 101 \text{ N.m} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{P_a b r a}{\sin \theta_n} \left[\frac{\theta_2}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\theta \right]^{120}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{600 (10^3) (0.028) (0.125) (0.1)}{1} \left[\frac{\pi/2}{2} \left(\frac{120}{180} \right) - \frac{1}{4} \sin 240 \right] \\ &= 265 \text{ N.m} \end{aligned}$$

$$F = \frac{M_n - M_t}{C} = \frac{265 - 101}{2 (100 \cos 30)} = 0.947 \text{ KN}$$

$$T = \frac{f p_a b r^2 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)}{\sin \theta_a} \quad (b)$$

$$= 0.32 (600) (10^3) (0.028) (0.125)^2 (\cos 0 - \cos 120)$$

$$= 126 \text{ N.m}$$

$$M_a = \frac{265 \text{ Pa}}{600} ; M_t = \frac{101 \text{ Pa}}{600} \quad \text{برای فشار روی کفشک دیگر داریم}$$

$$0.947 = \frac{\left(\frac{265}{600}\right) P_a + \left(\frac{101}{600}\right) P_a}{2 (100 \cos 30)} ; P_a = 269 \text{ Kpa}$$

بنابراین برای کفشک دیگر داریم

$$T = \frac{f p_a b r^2 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)}{\sin \theta_a}$$

$$\text{پس از جایگذاری} \rightarrow T = 56.5 \text{ N.m}$$

$$\text{کل } T = 56.5 + 126 = 182.5 \text{ N.m}$$

(c) برای کفشک اولیه

$$F_x = 0.947 \sin 30 = 0.474$$

$$R_x = \frac{P_a b r}{\sin \theta_a} \left[\left(\frac{1}{2} \sin^2 \theta\right)^{\theta_2} \theta_1 - f \left(\frac{\theta}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\theta\right)^{\theta_2} \theta_1 \right] - F_x$$

با جایگذاری خواهیم داشت

$$R_x = 0.536 \text{ KN} ; F_y = 0.947 \cos 30 = 0.820$$

$$R_y = 2.09 \text{ KN} \quad \text{به همین ترتیب برای } R_y \text{ می‌توانیم بنویسیم}$$

$$R = \left[(0.536)^2 + (2.09)^2 \right]^{1/2} = 2.16 \text{ KN}$$

برای کفشک دوم، F_x و F_y مشابه هستند

$$R_x = \frac{269 (0.028) (0.125)}{1} \left[\left(\frac{1}{2} \sin^2 \theta \right)^{120} + 0.32 \left(\frac{\theta}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\theta \right)^{120} \right]$$

$$- 0.474 \quad \rightarrow R_y = 0.260 \text{ KN}$$

$$R_y = \frac{(269) (0.028) (0.125)}{1} \left[\frac{\theta}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\theta \right]^{120} - 0.32 \left(\frac{1}{2} \sin^2 \theta \right)^{120} - 0.820 \rightarrow$$

$$R_y = 0.257 \text{ KN}$$

$$R = \left[(0.26)^2 + (0.257)^2 \right]^{1/2} = 0.366 \text{ KN}$$

$$\theta_1 = 10^\circ \quad ; \quad \theta_2 = 75^\circ \quad ; \quad \theta_s = 75^\circ \quad \text{(a ۱۶-۲)}$$

$$A = \left[r \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta \, d\theta - a \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta \cos \theta \, d\theta \right]$$

$$= r \left[-\cos \theta \right]_{\theta_1}^{\theta_2} - a \left[\frac{1}{2} \sin^2 \theta \right]_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$= 77.5 \text{ mm}$$

با جایگذاری خواهیم داشت

$$B = 0.527 \quad ; \quad C = 0.4515$$

به همین ترتیب

$$M_f = \frac{I_p \, br}{\sin \theta} \quad A = \frac{(0.24) (10^6) (0.075) (0.2)}{\sin 75} (0.0775)$$

$$= 289 \text{ N.m}$$

$$M_n = \frac{P_a br}{\sin \theta_a} B = 1230 \text{ N.m}$$

$$F = \frac{M_n - M_f}{C} = \frac{1230 - 289}{165} = 5.7 \text{ KN}$$

(b) برای کشش اولیه

$$T = \frac{fp_a br^2 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)}{\sin \theta_a}$$

$$= \frac{(0.24) (10^6) (0.075) (0.2)^2 (\cos 10 - \cos 75)}{\sin 75} = 541 \text{ N.m}$$

$$M_n = \frac{1230}{10^6} \text{ Pa} \quad ; \quad M_f = \frac{289}{10^6} \text{ Pa} \quad \text{برای کشش دوم}$$

$$5.7 = \frac{\left(\frac{1230}{10^6}\right) \text{ Pa} + \left(\frac{289}{10^6}\right) \text{ Pa}}{165} \quad \rightarrow \text{Pa} = 0.619 (10^6) \text{ Pa}$$

$$T = \frac{(0.24) (0.619) (10^6) (0.075) (0.2)^2 (\cos 10 - \cos 75)}{\sin 75} = 335 \text{ N.m}$$

$$T_{\text{ج}} = 2 (541) + 2 (335) = 1750 \text{ N.m}$$

$$R_x = \frac{P_a br}{\sin \theta_a} (C - FB) - F_x \quad \text{(c) کشش اولیه}$$

$$= -0.65 \text{ KN}$$

$$R_y = \frac{P_a br}{\sin \theta_a} (B + FC) - F_y = 9.87 \text{ KN}$$

کفشک ثانویه

$$R_x = \frac{P_a br}{\sin \theta} (C + FB) - F_x$$

$$= 0.144 \text{ KN}$$

$$R_y = \frac{P_a br}{\sin \theta_a} (B + FC) - F_y = 4.02 \text{ KN}$$

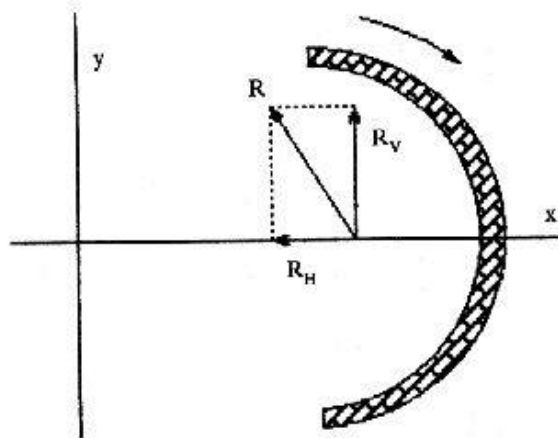
با توجه به شکل صفحه بعد ملاحظه می‌کنید که $y +$ برای هر دو کفشک یکی است.

$$R_{II} = 0.65 - 0.144 = -0.794 \text{ KN}$$

$$R_V = 9.87 - 4.02 = 5.85 \text{ KN}$$

$$\rightarrow R = \left[(0.794)^2 + (5.85)^2 \right]^{1/2}$$

$$\rightarrow R = 5.9 \text{ KN}$$



$$\theta_1 = 45^\circ - \tan^{-1} \frac{150}{200} = 8.13^\circ$$

$$\theta_2 = 8.13 + 90 = 98.13^\circ ; \theta_a = 90^\circ$$

$$a = \sqrt{(150)^2 + (200)^2} = 250 \text{ mm}$$

(a ۱۶-۳)

$$B = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta \cos \theta \delta \theta = \frac{1}{2} (\sin^2 \theta) \Big|_{8.13}^{98.13} = 0.48$$

$$A = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta \delta \theta - aB = 150 \left[-(\cos \theta) \Big|_{8.13}^{98.13} \right] - 250(0.48) = 49.71 \text{ mm}$$

$$M_f = \frac{fp_a br}{\sin \theta_a} \quad \Lambda = 44.3 \text{ N.m c.w} \quad \text{حول لولا}$$

$$C = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \theta \delta \theta = \left(\frac{\theta}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\theta \right) \Big|_{8.13}^{98.13} = 0.925$$

$$M_n = \frac{P_a bra}{\sin \theta_a} \quad C = 858 \text{ N.m c.c.w} \quad \text{حول لولا}$$

$$F = \frac{M_n - M_f}{C} = \frac{858 - 44.6}{500} = 1.63 \text{ KN}$$

$$T = \frac{fp_a br^2 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)}{\sin \theta_a} = 151 \text{ N.m} \quad (b)$$

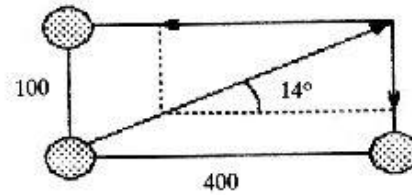
(c) گرمای تولیدی برابر است با کار انجام شده طی ۵ ثانیه

$$F = \frac{T}{r} = \frac{151}{150} = 1.007 \text{ kw}$$

$$L = \frac{\pi dn t}{2(60)} = \frac{\pi (300) (100) (5)}{2(60)} = 3930 \text{ mm}$$

بنابراین

$$H = FL \quad \rightarrow H = 3960 \text{ j}$$



۱۶-۴

$$\theta_2 = 180 - 30 - \tan^{-1} \frac{75}{300} = 136^\circ$$

$$\theta_1 = 20 - \tan^{-1} \frac{75}{300} = 6^\circ ; \quad \theta_a = 90^\circ$$

$$a = \sqrt{(75)^2 + (300)^2} = 309 \text{ mm}$$

$$C_L = 300 + 300 + 100 = 700$$

کفشک سمت چپ

$$C_R = (600 - 2 \tan 14) \cos 14 = 570 \text{ mm}$$

(a) حداکثر فشار روی کفشک سمت چپ اتفاق می افتد در ضمن M_n پادساعتگرد و M_f

ساعتگرد است.

$$M_f = \frac{fp_a br}{\sin \theta_a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta (r - a \cos \theta) d\theta$$

$$M_n = \frac{P_a bra}{\sin \theta_a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \theta d\theta$$

$$F = \frac{M_n - M_f}{C_L} ; \quad b = \dots$$

با جایگذاری M_n و M_f در F خواهیم داشت

$$b = 563 \text{ mm}$$

(b) برای کفشک سمت چپ داریم

$$T_L = \frac{fp_a br^2}{\sin \theta_a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) = 1938 \text{ N.m}$$

اکنون باید فشار را روی کفشک راست پیدا کنیم.

با پیدا کردن M_n ، M_f روی این کفشک و جایگذاری در معادله $F = \frac{M_n + M_f}{C_R}$ در نهایت خواهیم داشت:

$$P_a = 530.53 \text{ Kpa}$$

$$T_R = 993.5 \text{ N.m}$$

$$T_{\text{کل}} = 993.5 + 1938 = 2931.5 \text{ N.m}$$

۵-۱۶ (a) برای این حالت حداکثر فشار روی کفشک سمت راست اتفاق می افتد بنابراین

$$F_R = \frac{M_n - M_f}{C_R} \text{ و از آنجا } b = 47.2 \text{ mm}$$

(b) برای کفشک سمت راست

$$T_R = \frac{fp_a br^3}{\sin \theta_a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) = 1627.6 \text{ N.m}$$

از آنجا فشار را روی کفشک سمت چپ پیدا می کنیم.

با جایگذاری M_n و M_f در $F_L = \frac{M_n + M_f}{C_L}$ خواهیم داشت:

$$P_a = 725.3 \text{ Kpa}$$

$$T_L = 1183.4 \quad \rightarrow \quad T_{\text{کل}} = T_R + T_L = 2811 \text{ N.m}$$

۶-۱۶ حداکثر فشار در بالای استوانه اتفاق می افتد.

$$P_1 = \frac{P_a bD}{2} = \frac{600 (0.1) (0.35)}{2} = 10.5 \text{ KN}$$

$$F_\varphi = 0.25 (2\pi) \left(\frac{270}{360} \right) = 1.18$$

$$P_2 = \frac{P_1}{e^{f\varphi}} = \frac{10.5}{e^{1.18}} = 3.23 \text{ KN}$$

$$T = (P_1 - P_2) \left(\frac{D}{2} \right) = 1270 \text{ N.m}$$

$$\varphi = 270 - \cos^{-1} \left(\frac{25}{200} \right) = 218.7^\circ \quad (\text{a } 16-7)$$

$$f\varphi = 0.3 (2\pi) \left(\frac{218.7^\circ}{360} \right) = 1.145$$

$$P_1 = \frac{P_a b D}{2} = \frac{(1000) (0.05) (0.25)}{2} = 6.25 \text{ KN}$$

$$P_2 = \frac{P_1}{e^{f\varphi}} = \frac{6.25}{e^{1.145}} = 1.99 \text{ KN}$$

$$\Sigma M = 1.99 (125) - 400F = 0 \quad \rightarrow F = 0.622 \text{ KN}$$

$$T = (P_1 - P_2) \frac{D}{2} = 532 \text{ N.m} \quad (\text{b})$$

۱۶-۸

P_1 و P_2 همان مقادیر قبلی هستند.

$$\Sigma M = 6.25 (125) - 400F = 0 \quad ; \quad F = 1.95 \text{ KN}$$

$$\rightarrow T = 532 \text{ N.m}$$

$$T = \frac{\pi f p_a d}{8} (D^2 - d^2) \quad ۱۶-۹$$

$$= \frac{\pi (0.25) (825) (10^3) (0.225)}{8} [(0.3)^2 - (0.225)^2] = 718 \text{ N.m}$$

$$T = \frac{2\pi f p_a}{24} (D^3 - d^3) \quad ۱۶-۱۰$$

$$= \frac{2\pi (0.25) (825) (10^3)}{24} [(0.3)^3 - (0.225)^3] = 842 \text{ N.m}$$

$$P_a = \frac{2F}{\pi d (D - d)} = \frac{2 (15)}{\pi (0.1) (0.2 - 0.1)} \quad ۱۶-۱۱$$

$$= 955 \text{ Kpa}$$

$$P_a = \frac{4F}{\pi (D^2 - d^2)} = \frac{4 (15)}{\pi [(0.2)^2 - (0.1)^2]} \quad ۱۶-۱۲$$

$$= 637 \text{ Kpa}$$

$$D = 320 + 12 = 332 \text{ mm} \quad ۱۶-۱۳$$

$$d = 320 - 12 = 308 \text{ mm}$$

$$F = \frac{3 T \sin \alpha}{f} \frac{D^2 - d^2}{D^3 - d^3}$$

$$= \frac{3 (300) (\sin 11.5)}{0.26} \frac{(332)^2 - (308)^2}{(332)^3 - (308)^3} = 0.927 \text{ KN}$$

$$P_a = \frac{4F}{\pi (D^2 - d^2)} = 77 \text{ Kpa}$$

$$W = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi (500)}{60} = 52.4 \text{ rad/sec} \quad ۱۶-۱۴$$

$$T = \frac{H}{W} = \frac{2 (10^3)}{52.4} = 38.2 \text{ N.m}$$

$$F = \frac{T}{r} = \frac{38.2}{12} = 3.18 \text{ N.m}$$

متوسط تنش برشی در خار

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{3.18 (10^3)}{6 (40)} = 13.2 \text{ Mpa}$$

متوسط تنش لهیدگی

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{-3.18 (10^3)}{3 (40)} = -26.5 \text{ Mpa ;}$$

و برای گیره‌ها داریم

$$r_{av} = \frac{1}{2} \left[\frac{26}{2} + \frac{45}{2} \right] = 17.75 \text{ mm}$$

$$F = \frac{T}{r_{av}} = 2.15 \text{ KN}$$

تنش‌های تکیه‌گاهی و برشی چنین است

$$\sigma = \frac{F}{A} = -22.6 \text{ Mpa}$$

$$\tau = \frac{F}{A} = 0.869 \text{ Mpa}$$

$$W_1 = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi (1800)}{60} = 189 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad ۱۶-۱۵$$

$$W_2 = 0 ; E_1 = \frac{I_1 I_2 (W_1 - W_2)}{T (I_1 + I_2)} \rightarrow$$

$$\frac{I_1 I_2}{I_1 + I_2} = \frac{300 (8)}{189 - 0} = 12.7 \text{ N.m.Sec}^2$$

$$E = \frac{I_1 I_2}{I_1 + I_2} \frac{(W_1 - W_2)^2}{2} = 12.7 \frac{(189)^2}{2} (10^{-3}) = 227 \text{ Kj}$$

$$\Delta T = \frac{E}{cm} = \frac{227 (10^3)}{500 (20)} = 22.7^\circ\text{C}$$

$$m = \frac{\pi d^2 l \rho}{4g} = 7.66 \text{ kg}$$

۱۶-۱۶ داریم:

که در آن $\rho = 76.5 \text{ KN/m}^3$

$$I = \frac{\pi d^4}{8} = \frac{7.66 (0.25)^4}{8} = 0.0598 \text{ Kg.m}^2$$

$$W_1 = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi (500)}{60} = 52.4 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} ; W_2 = 0$$

$$W' = \frac{W_2 - W_1}{\kappa} = \frac{0 - 52.4}{0.4} = -131 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

$$E_k = \frac{1}{2} I W'^2 = \frac{1}{2} (0.588) (52.4)^2 = 82.1 \text{ j}$$

$$T = I W' = 0.0598 (131) = 7.84 \text{ N.m}$$

$$m = \frac{1.4 (10^3)}{9.8} = 143 \text{ kg}$$

۱۶-۱۷ (د) جرم چرخک

$$I = mk^2 = 143 (0.18)^2 = 4.63 \text{ kg.m}^2$$

$$W = \frac{V}{r} = \frac{3}{0.2} = 15 \text{ rad/sec}$$

$$E_k = \frac{1}{2} [I\omega^2 + mv^2] = \frac{1}{2} (4.63) (15)^2 + \frac{1}{2} (250) (3)^2$$

$$= 1650 \text{ J}$$

$$V' = \frac{v}{t} = \frac{3}{0.5} = 6 \text{ m/s}^2 ; \quad W' = \frac{w}{r} = \frac{15}{0.5} = 30 \text{ rad/s}^2$$

$$T = I W'^2 + m v' r = 4.63 (30)^2 + 250 (6) (0.2)$$

$$= 440 \text{ N.m}$$

$$n = \frac{260 - 240}{2} = 250 \text{ rpm}$$

۱۶-۱۸

$$C_s = \frac{260 - 240}{250} = 0.08$$

$$W = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi (250)}{60} = 26.18 \text{ rad/sec}$$

$$I = \frac{E_2 - E_1}{C_s W^2} = \frac{6800}{0.08 (26.18)^2} = 124 \text{ kg.m}^2$$

$$\text{اگر } d_s = d_i - d_m$$

$$I_x = \frac{md^2}{4}$$

$$\rightarrow W = \frac{4g I_u}{d^2} = \frac{4 (9.8) (124)}{(1.42)^2} = 2410.6 \text{ N}$$

۱۶-۱۹ (a) کار مفیدی که طی یک کورس انجام می‌گردد.

$$U = (300) (200) (0.15) = 9000 \text{ N.m}$$

در اثر اصطکاک مفداری کار هدر می‌رود. کل کار چنین است

$$U = \frac{9000}{1 - 0.16} = 10714.3 \text{ N.m}$$

از آنجا که ۱۵٪ از کورس چرخ لنگر، ۷/۵٪ حرکت لنگر است داریم

$$E_2 - E_1 = 900 - (10714.3) (0.075) = 8200 \text{ N.m}$$

(b) برای فلاپویل

$$n = 6 (90) = 540 \text{ rpm} ; \omega = 56.5 \text{ rad/sec}$$

$$C_s = 0.1$$

$$I = \frac{E_2 - E_1}{C_s \omega^2} = 25.68 \text{ kg m}^2$$

$$I = \frac{md^2}{4} ; \rightarrow m = 71.4 \text{ kg}$$

فصل ۱۷

- اجزاء مکانیکی

انعطاف پذیر

$$\theta = \pi + 2 \sin^{-1} \left(\frac{D + d}{2c} \right) \quad (a) \quad (17-1)$$

$$= \pi + 2 \sin^{-1} \left(\frac{1.2}{12} \right) = 3.342 \text{ rad}$$

$$L = \left[4c^2 - (D + d)^2 \right]^{1/2} + \frac{\theta}{2} (D + d)$$

$$= \left[4(6)^2 - (1.2)^2 \right]^{1/2} + \frac{3.342}{2} (1.2) = 13.9 \text{ m}$$

$$U = (F_1 - F_2) V \quad (b)$$

$$F_1 - F_2 = \frac{60}{25} = 2.4 \text{ KN} \quad I$$

$$F_c = mv^2 = 2(25)^2(10^{-3}) = 1.25 \text{ KN}$$

$$f_G = 0.38 (3.342) = 1.27$$

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{f_G} \quad \rightarrow F_1 - 1.25 = e^{1.27} (F_2 - 1.25)$$

$$\rightarrow F_1 - 3.56 F_2 = -3.2 \quad \text{II}$$

$$\text{I, II} \quad \rightarrow F_1 = 4.95 \text{ KN} ; F_2 = 2.19 \text{ KN}$$

$$G_s = \pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{D+d}{2C} \right) \quad (\text{a } 17-2)$$

$$= \pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{0.75 + 0.5}{2(5)} \right) = 3.042 \text{ rad}$$

$$F_c = mv^2 = 1.6 (20)^2 (10^{-3}) = 0.760 \text{ KN}$$

$$F_G = 0.28 (3.042) = 0.852$$

$$F_1 = \sigma A = 1400 (0.25) (0.008) = 2.8 \text{ KN}$$

$$\frac{2.8 - 0.76}{F_2 - 0.76} = e^{0.852} \quad \rightarrow F_2 = 1.63 \text{ KN}$$

(b) با فرض موازی بودن تسمه‌ها

$$F = F_1 + F_2 = 4.43 \text{ KN}$$

(a) 17-3 از جدول مربوطه داریم

$$H_v = 4.56 \text{ kw} ; k_1 = 0.7 , k_2 = 1.7$$

با فرض $k_3 = 1$

$$H = (4.56) (0.7) (1.7) (1) = 5.43$$

$$\frac{L}{P} = \frac{2c}{P} = \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 + N_1)^2}{4n^2 (r/p)} \quad (b)$$

که در آن $L/p = 82$; $P = 19.05$ می باشد.

$$\rightarrow C = 456 \text{ mm}$$

$$\frac{C}{P} = 25$$

۱۷-۴ از جدول مربوطه داریم

$$k_1 = 1.00 ; k_2 = 2.5 ; k_3 = 1.4$$

اگر ۳ ردیف انتخاب کنیم

$$H \text{ توان طراحی} = (75) (2.5) (1.4) = 262.5 \text{ kw}$$

$$\begin{cases} H = \frac{262.5}{3} = 87.5 \text{ kw} \\ n = 300 ; \text{ زنجیر ISO نوع B} \end{cases}$$

مشخصات این زنجیر $P = 50.8^{\text{mm}}$ می باشد.

$$\frac{L}{50.8} = 2 (25) + \frac{17 + 34}{2} + \frac{(34 - 17)^2}{4n^2 (25)}$$

$$\rightarrow L = 75.8 \quad \rightarrow L \sim 76 \text{ mm}$$