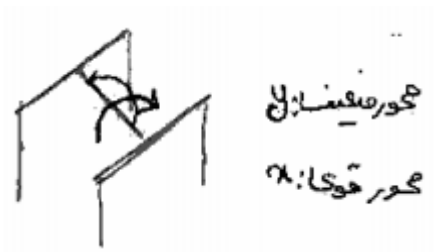
إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

التصميم الفولاذي على الضغط والشد اللامركزيين

تركيب الضغط مع الانعطاف في المقاطع التي تحوي محور تناظر:

اثر وجود ضغط محوري وعزم انعطاف حول محور او محورين x وy في العناصر الحاوية على محور تناظر أو محوري تناظر وبشرط $0.1 \le \frac{I_{yc}}{I_y} \le 0.9$ حيث I_y عزم العطالة الكلي للمقطع، I_{yc} عزم العطالة لجناح الضغط حول المحور الضعيف y .



ألف) إذا كان $\frac{P_r}{\phi_c P_n} \ge 0.2$:

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9}\left[\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{ny}}\right] \le 1$$

ب) إذا $\frac{P_r}{\phi_c P_n} \prec 0.2$:

$$\frac{P_r}{2\phi_c P_n} + \left[\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{ny}}\right] \le 1$$

P_r : مقاومة الضغط المطلوبة

P_n : مقاومة الضغط الاسمية للمقطع.

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

ϕ_c: معامل المقاومة على الضغط ويساوي 0.9

M_{rx}: المقاومة العزمية على الانعطاف المطلوبة (المصعدة و المشددة) حول المحور القوي x

M_{ry}: المقاومة العزمية على الانعطاف المطلوبة (المصعدة والمشددة) حول المحور الضعيف y

M_{nx}: المقاومة العزمية على الانعطاف الاسمية حول المحور القوي x

M_{ny}: مقاومة العزمية على الانعطاف الاسمية حول المحور الضعيف y

ϕ_b: معامل المقاومة على الانعطاف ويساوي 0.9.

تركيب الشد مع الانعطاف في المقاطع التي تحوي محور تناظر على الأقل:

ألف) إذا $\frac{P_r}{\phi_t P_n} \geq 0.2$:

$$\frac{P_r}{\phi_t P_n} + \frac{8}{9}\left[\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{ny}}\right] \leq 1$$

ب) إذا كان $\frac{P_r}{\phi_t P_n} \prec 0.2$:

$$\frac{P_r}{2\phi_t P_n} + \frac{8}{9}\left[\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{ny}}\right] \leq 1$$

P_r: المقاومة على الشد المطلوبة (المصعدة)

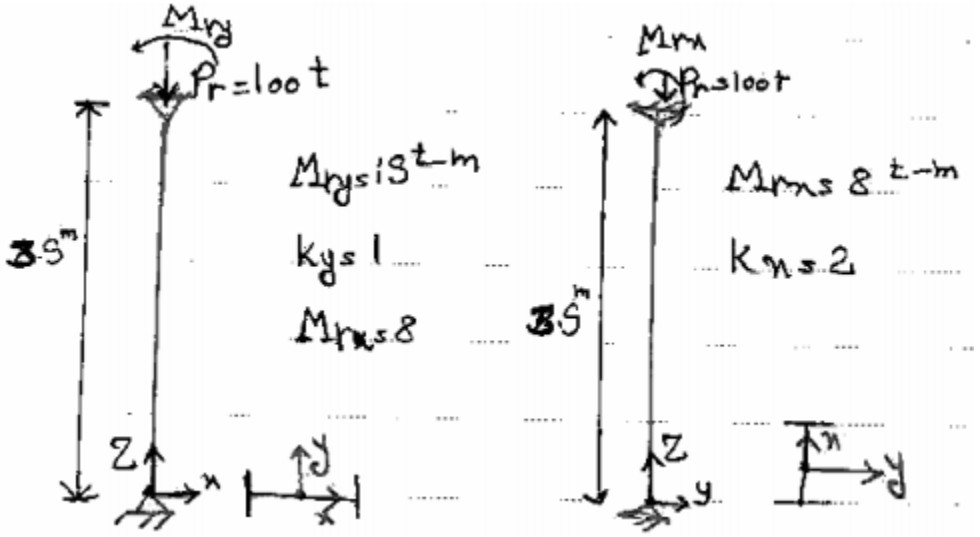
P_n: المقاومة على الشد الاسمية للعنصر

ϕ_t: معامل المقاومة في الشد.

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

مسألة (1):

عمود بمقطع IPB300 ، مطبق عليه قوى الضغط والعزوم المشددة والمصعدة. المطلوب التحقق من قردة تحمل العموج للحمولات.



الحل:

مواصفات المقطع :

$Z_x = 1868$, $r_x = 13$, $A = 149.1$

$S_x = 1680$, $r_y = 9.58$, $S_y = 8563$

المقطع يحوي محوري تناظر وهناك ضغط وانعطاف :

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} = ? \quad P_r = 100t \quad \phi_c = 0.9 \quad P_n = ?$$

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$\lambda_x = \left(\frac{KL}{r}\right)_x = \frac{2\times 3.5\times 10^2}{7.58} = 92.3$$

$$\lambda_y = \left(\frac{KL}{r}\right)_y = \frac{1\times 350}{13} = 26.9$$

$$\lambda_{max} = 92.3 \leq 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 138.8 \quad \text{OK}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\lambda_{max}^2} = \frac{\pi^2\times 2.1\times 10^6}{(92.3)^2} = 24.33$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\left(\frac{F_y}{F_e}\right)}\right]\times F_y$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\left(\frac{2400}{24.33}\right)}\right]\times 2400 = 1588$$

$$P_n = F_{cr}\cdot A_g = 1588\times 149.1 = 236771$$

$$\frac{P_r}{\Phi_c P_n} = \frac{100000}{0.9\times 236771} = 0.47 \leq 0.8$$

وبالتالي نستخدم الرابطة الاولى:

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9}\left[\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{ny}}\right] \leq 1$$

$$M_{rx} = 8t.m$$

$$M_{ry} = 15t.m$$

إيجاد M_{ny}:

محور قوي، العنصر يمتلك سند جانبي للجناح المضغوط:

$$M_{ny} = Z_y\cdot F_y = 1868\times 2400 = 44.83\times 10^5\ kg\text{-}m = 44.83\ t\text{-}m$$

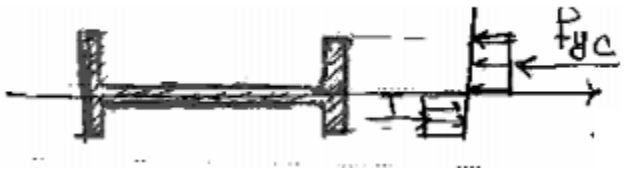
إيجاد M_{nx}:

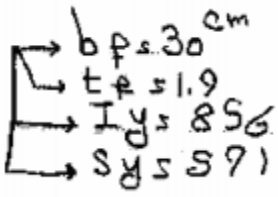
إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

محور ضعيف ، المقطع مكتنز:

$$M_{nx} = M_{px} = Z_x f_y = 1.6 f_y S_x =$$

نهمل الجسد،





$$T = C = (b_f \times t_f) F_y$$

$$M_{px} = Z_x f_y = T \times \frac{b_f}{2} = \frac{b_f^2 t_f f_y}{2}$$

$$\rightarrow Z = \frac{b_f^2 t_f}{2} = \frac{(30)^2 \times 1.9}{2} = 835$$

$$\rightarrow M_{nx} = 835 \times 2400 = 20.52 \times 10^5 kg$$

$$M_{nx} = 20.52 \times 10^5 \leq 1.6 \times 591 \times 2400 = 21.93 \times 10^5$$

$$\frac{P_r}{\Phi_c P_n} + \frac{8}{9}\left[\frac{M_{rx}}{\Phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\Phi_b M_{ny}}\right] = 0.47 + \frac{8}{9} \times \left[\frac{8}{0.9 \times 20.52} + \frac{15}{0.9 \times 44.83}\right]$$

$$= 1.18 \not\leq 1 \rightsquigarrow$$

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

وبالتالي المقطع غير محقق.

مسألة (2):

أعد حل المسألة 1 بفرض القوة المصعدة والمشددة المحورية هي:

القوة المحورية 40 طن.

الحل:

$$P_r = 40^t \;,\; \frac{P_r}{\Phi_c P_n} = \frac{40}{0.9 \times 236.7} = 0.19 < 0.8$$

$$\rightsquigarrow \frac{P_r}{8\Phi_c P_n} + \left[\frac{M_{rx}}{\Phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\Phi_b M_{ny}}\right] \leq 1$$

$$\rightsquigarrow \frac{0.19}{2} + \left[\frac{8}{0.9 \times 20.52} + \frac{19}{0.9 \times 44.83}\right] = 0.9 \leq 1$$

إذا المقطع محقق واقتصادي.

مسألة 3:

أعد حل المسألة الأولى بفرض القوة المحورية المصعدة للعمود هي قوة شد 100 طن

الحل:

$$\frac{P_r}{\Phi_t P_n} = ? \qquad \rightsquigarrow \Phi_t P_n = \min\left[\Phi_t F_y A_g \,;\, \Phi_t F_u A_e\right]$$

باعتبار لايوجد هناك فتحات:

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$A_e = A_n = A_g = 149.1$$

$$\Phi_t P_n = \min[0.9 \times 2400 \times 149.1 \; , \; 0.75 \times 3700 \times 149.1]$$

$$\rightsquigarrow = \min[322056 \; , \; 413752] = 322056$$

$$\rightsquigarrow \frac{P_r}{\Phi_t P_n} = \frac{100,000}{322056} = 0.31 \geq 0.2$$

$$\rightsquigarrow \frac{P_r}{\Phi_t P_n} + \frac{8}{9}\left[\frac{M_{rx}}{\Phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\Phi_b M_{ny}}\right] = 0.31 + \frac{8}{9}\left[\frac{8}{0.9 \times 20.52} + \frac{15}{0.9 \times 44.83}\right] = 0.62 \leq 1 \rightsquigarrow$$

يمكن ان نغفل النظر عن الحد الصغير ونعتبر المقطع مقبول:

مسألة 4 :

اعد حل المسألة 3 باعتبار القوة المحورية في العمود تساوي 50 طن وهي قوة شد.

$$\frac{P_r}{\Phi_t P_n} = ? \rightsquigarrow \Phi_t P_n = \min[0.9 \times 2400 \times 149.1 \; , \; 0.75 \times 3700 \times 149.1] = 322056$$

(322056 و 413752.5)

$$\rightsquigarrow \frac{50,000}{322056} = 0.15 < 0.2 \rightsquigarrow \frac{P_r}{2\Phi_t P_n} + \left[\frac{M_{rx}}{\Phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\Phi_b M_{ny}}\right]$$

$$\rightsquigarrow \frac{50,000}{2 \times 322056} + \left[\frac{8}{0.9 \times 20.52} + \frac{15}{0.9 \times 44.83}\right] = 0.87 \leq 1 \rightsquigarrow$$

(0.37 و 0.42)

تعامل مقبول ات

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$\frac{P_r}{\Phi_t P_n} = ? \rightsquigarrow \Phi_t P_n = \min[0.9\times2400\times149.1 ;\ 0.75\times3600\times149.1] = 322056$$

(322056 — 413752.5)

$$\rightsquigarrow \frac{50{,}000}{322056} = 0.15 < 0.2 \rightsquigarrow \frac{P_r}{2\Phi_t P_n} + \left[\frac{M_{rx}}{\Phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\Phi_b M_{ny}}\right]$$

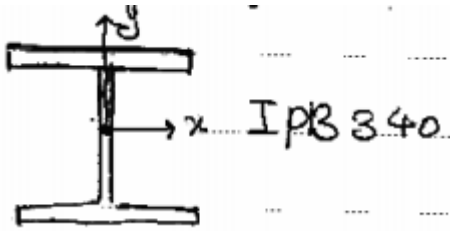
$$\rightsquigarrow \frac{50{,}000}{2\times322056} + \left[\underbrace{\frac{8}{0.9\times20.52}}_{0.43} + \underbrace{\frac{15}{0.9\times44.83}}_{0.37}\right] = 0.87 \leq 1$$

المقطع مقبول.

مسألة 5:

اعد حل المسألة الاولى بفرض:

القوة المحورية المصعدة والمشددة للعمود 100 طن وهي ضغط ، ومقطع العمود IPB340 وهو متموضع كما يبينه الشكل أدناه، واجنحة العمود مقيدة من التحنيب الفتلي الجانبي و الحركة الجانبية فقط عند نهايتي العمود.



الحل:

حساب P_n حسب التحنيب الانعطافي:

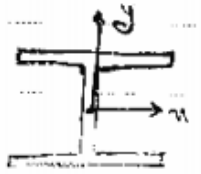
إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$\phi_c P_n \geq P_r$

$P_n = F_{cr} \cdot A_g$

$\lambda_x = \left(\frac{K_x L}{r}\right)_x = \left(\frac{2\times 350}{14.6}\right) = 47.95$

$\lambda_y = \left(\frac{K_y L}{r}\right)_y = \left(\frac{1\times 350}{7.58}\right) = 46.5 \rightarrow \lambda_{max} = \lambda_x = 47.95$



$\lambda_{max} = 47.95 < 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 129 \rightarrow F_{cr} = [0.658^{\left(\frac{F_y}{F_e}\right)}]F_y$

$F_{cr} = [0.658^{\frac{2400}{788.3}}]2400 = 788.3$

$F_e = \frac{\pi^2 E}{\lambda_{max}^2} = \frac{\pi^2 \times 2.1\times 10^6}{(47.95)^2} = 900.53$

$P_n = (788.8)(\quad) = 184720.6$

حساب p_n حسب التحنيب الفتلي والفتلي الجانبي:

$F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ\right]\left(\frac{1}{I_x + I_y}\right)$

$C_w = \frac{I_y \times h_o^2}{4} = \frac{9690\times(34-2.15)^2}{4} \quad \& \quad C_w = 9,829,754.0^4$

$F_e = \left[\frac{\pi^2 \times 2.1\times 10^5}{(1\times 350)^2} + (\quad)(217.11)\right]\left(\frac{1}{\quad}\right)$

$\& \; G = \frac{E}{2.6} = \frac{2.1\times 10^6}{2.6} = 807,692.3$

$J = \frac{1}{3}[2\times 20\times(1.5)^3 + (21.85)(1.2)^3] = 217.11$

$I_x = 26660\ cm^4 \qquad I_y = 9690\ cm^4$

عند حساب P_n هناك تحنيب انعطافي + تحنيب فتلي + تحنيب فتلي – انعطافي ،

المقطع يحوي محوري تناظر عند حساب F_e هناك التحنيب الفتلي و التحنيب الفتلي الانعطافي

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

عند حساب M_{nx} (المقاومة الانعطافية الاسمية حول الحمور القوي) مرة تحسب على اساس وجود سند جانبي ومرة ثانية بعدم وجود سند جانبي ثم ناخذ الأصغر (واكيد ستكون الحالة الثانية هي الحاكمة)

عند حساب M_{ny} (المقاومة الانعطافية حول المحور الضعيف) لايوجد اختلاف مع المثال السابق