پاسخ تشریحی سازه‌های فولادی

کارشناسی ارشد ۹۹

دکتر زرفام

@Dr_Zarfam

۱۰۶- محدودیت تغییر شکل یک تیر فولادی دو سر مفصل تحت بار مرده گسترده یکنواخت ($\Delta_{max} = \frac{L}{۳۲۰}$ طول = L) تیر) می‌باشد. اگر این تیر فقط برای بار مرده نهایی طراحی شده باشد با فرض مقاومت خمشی اسمی تیر برابر با ZF_y و ضریب شکل برابر با ۱/۲۵، حداقل ارتفاع تیر کدام است؟ ($F_y = ۳۳۶MPa$, $E = ۲\times۱۰^۵ MPa$، ضریب افزایش بار مرده = ۱/۴)

۱) $d \geq ۰/۰۵L$

۲) $d \geq ۰/۰۹L$

۳) $d \geq ۰/۱L$

۴) $d \geq ۰/۱۸L$

پاسخ سوال ۱۰۶) گزینه ۲ (دشوار)

مطابق با روابط حفظی از تحلیل سازه برای جابجایی حداکثر تیر ساده تحت بار گسترده یکنواخت داریم :

$$\Delta_{max} = \frac{۵}{۳۸۴}\frac{wL^۴}{EI}$$

$$M_{max} = \frac{۱.۴\, wL^۲}{۸} = \varphi Z F_y \Longrightarrow wL^۲ = \frac{۸\times ۰.۹}{۱.۴}\times Z \times F_y$$

از طرفی با توجه به ضریب شکل داده شده در صورت سوال داریم :

$$\alpha = \frac{Z}{S} = ۱.۲۵ \Longrightarrow Z = ۱.۲۵S \Longrightarrow Z = ۲.۵\frac{I}{d}$$

$$\Longrightarrow wL^۲ = \frac{۸\times ۰.۹}{۱.۴}\times ۲.۵\frac{I}{d}\times F_y$$

$$\Delta_{max} = \frac{۵}{۳۸۴}\frac{۱.۴wL^۴}{EI} = \frac{۵}{۳۸۴}\frac{wL^۲\times L^۲}{EI} = \frac{۵}{۳۸۴}\times\frac{۸\times ۰.۹}{۱.۴}\times ۲.۵\frac{I}{d}\times F_y \times \frac{L^۲}{EI} \leq \frac{L}{۳۲۰}$$

$$\Longrightarrow d \geq \frac{۵}{۳۸۴}\times\frac{۸\times ۰.۹}{۱.۴}\times ۲.۵\times ۳۲۰\times\frac{۱}{۲\times ۱۰^۵}\times ۳۳۶\times L$$

$$\Longrightarrow d \geq ۰.۰۹L$$

@Dr_Zarfam

۱۰۷- براساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، در مقاطع I شکل با ارتفاع جان h ضریب کمانش برشی ورق جان (K_v) کدام است؟ (a فواصل سخت‌کننده‌های عرضی است.)

۱) $K_v = ۵ + \frac{۵}{(a/h)^۲}$ (اگر a کم باشد)

۲) $K_v = ۱/۲$

۳) K_v براساس مشخصات بال‌های تیر تعیین می‌شود.

۴) در هر حال ضریب K_v نباید بیش از ۲ انتخاب شود.

پاسخ سوال ۱۰۷) گزینه ۱ (متوسط)

مطابق با آیین نامه ضریب کمانش برشی ورق جان برای جان سخت نشده (اگر a زیاد باشد) برابر با ۵ و برای جان سخت شده (اگر a کم باشد) برابر با $۵ + \frac{۵}{(\frac{a}{h})^۲}$ می‌باشد . که در زیر شرح کامل آیین نامه نمایش داده شده است.

مقاومت برشی اسمی(V_n) اعضای با مقطع دارای جان سخت‌نشده (بدون سخت‌کننده) و سخت‌شده (با سخت‌کننده) بر اساس حالت‌های حدی تسلیم برشی و کمانش برشی از رابطهٔ زیر تعیین می‌شود.

$V_n = ۰/۶ F_y A_w C_v$

F_y = تنش تسلیم فولاد جان

A_w = مساحت جان مقطع که برابر است با حاصل‌ضرب عمق کلی مقطع (d) در ضخامت جان (t_w)

C_v = ضریب برشی جان به شرح زیر:

الف) برای جان مقاطع I شکل نورد شده با $\frac{h}{t_w} \le ۲/۲۴ \sqrt{\frac{E}{F_y}}$:

$C_v = ۱$ و $\phi_v = ۱$

ب) برای جان سایر مقاطع به استثنای مقاطع لوله‌ای، ضریب برشی جان به شرح زیر است:

ب-۱) برای $\frac{h}{t_w} \le ۱/۱ \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}$:

$C_v = ۱$

ب-۲) برای $۱/۱ \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} \le ۱/۳۷ \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}$:

$C_v = \frac{۱/۱ \sqrt{k_v E/F_y}}{h/t_w}$

ب-۳) برای $\frac{h}{t_w} > ۱/۳۷ \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}$:

$C_v = \frac{۱/۵۱ k_v E}{(h/t_w)^۲ F_y}$

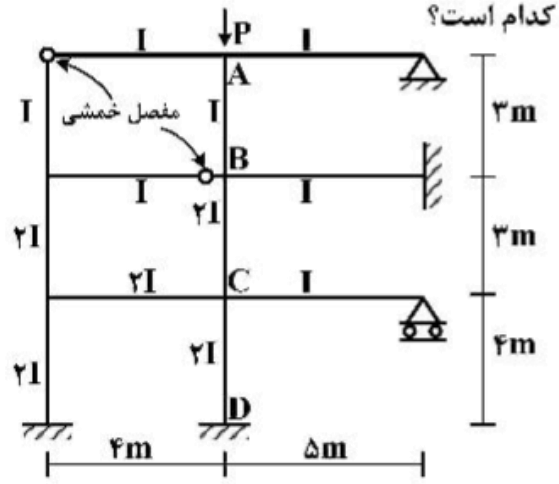
در روابط فوق k_v ضریب کمانش برشی ورق جان بوده و به شرح زیر تعیین می‌شود.

۱. برای جان‌های سخت‌نشده (بدون سخت‌کنندهٔ عرضی) با $\frac{h}{t_w} < ۲۶۰$ ، $k_v = ۵$ می‌باشد. به استثنای جان مقاطع سپری که برای آن $k_v = ۱/۲$ است.

۲. برای جان‌های سخت‌شده (دارای سخت‌کنندهٔ عرضی):

$$\begin{cases} k_v = ۵ + \frac{۵}{(a/h)^۲} & \frac{a}{h} \le \left\{ ۳ \text{ و } \left[\frac{۲۶۰}{h/t_w}\right]^۲ \right\} \\ k_v = ۵ & \frac{a}{h} > \left\{ ۳ \text{ یا } \left[\frac{۲۶۰}{h/t_w}\right]^۲ \right\} \end{cases}$$

۱۰۸- ضریب طول مؤثر ستون‌های AB و BC و CD در قاب داده شده کدام است؟



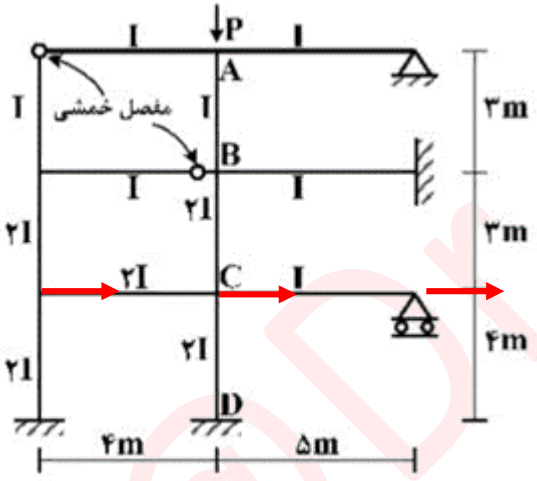
۱) $K_{AB}<1\ ,\ K_{BC}>1\ ,\ K_{CD}>1$

۲) $K_{CD}<1\ ,\ K_{AB}>1\ ,\ K_{CB}<1$

۳) $K_{CD}=\frac{1}{2}\ ,\ K_{AB}=K_{BC}=1$

۴) $K_{AB}=K_{BC}=K_{CD}$ و هر سه بزرگ‌تر از یک می‌باشند.

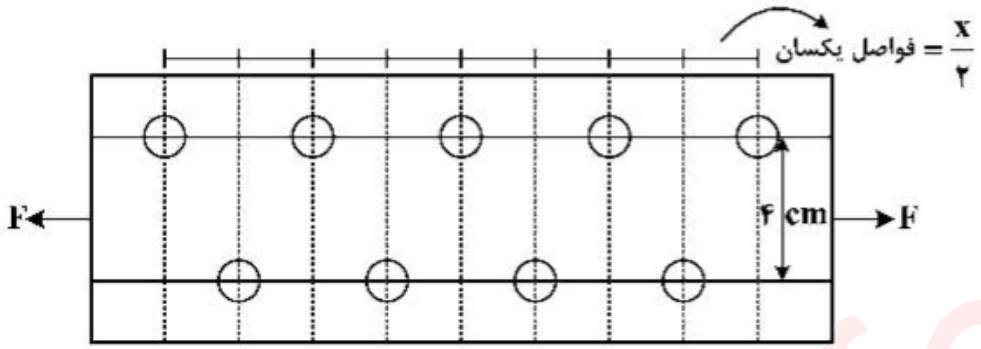
پاسخ سوال ۱۰۸) گزینه ۱ (متوسط)



با توجه به اینکه تکیه‌گاه چرخ دار در جهت افقی (مطابق شـــکل فوق) قابلیت جابجایی دارد ســـتون های *BC* و *CD* مهار نشـــده بوده ($K_{CD}>1$ و $K_{BC}>1$) و همچنین با توجه به اینکه ســـتون *AB* در قســـمت فوقانی و تحتانی قابلیت جابجایی افقی ندارد ، مهار شده محسوب شده پس $K_{AB}<1$

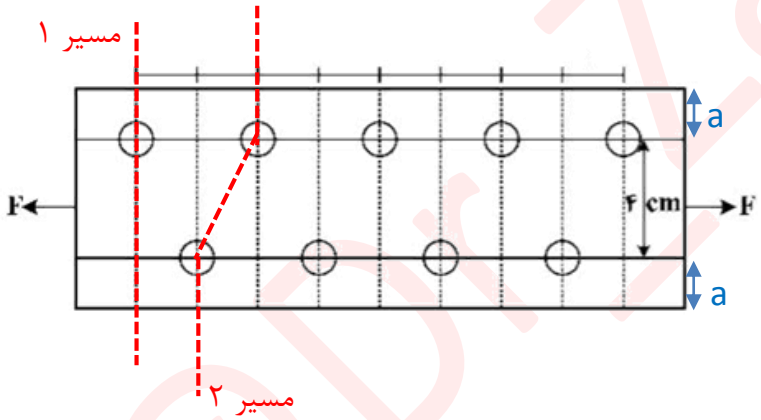
۱۰۹- برای یک تسمهٔ کششی دو ردیف سوراخ به فاصلهٔ ۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. قطر سوراخ‌ها ۱cm بوده و فواصل سوراخ‌ها در هر ردیف در جهت محور عضو از یکدیگر x است. مقدار x چند سانتی‌متر (cm) باشد که در محاسبهٔ عرض مؤثر ورق در مسیر شکست‌های مختلف جواب‌ها یکسان باشد؟

۱) ۱۲
۲) ۸
۳) $۴\sqrt{۲}$
۴) ۴



پاسخ سوال ۱۰۹) گزینه ۲ (متوسط)

مطابق شکل دو مسیر کاندیدای بحرانی بودن مسیر ۱ و ۲ می‌باشد پس داریم :



بررسی مسیر ۱ :

$$b_{n_۱} = b - \sum d + \sum \frac{s^۲}{۴g} \Rightarrow b_{n_۱} = (۲a + ۴) - ۱ = ۲a + ۳$$

بررسی مسیر ۲ :

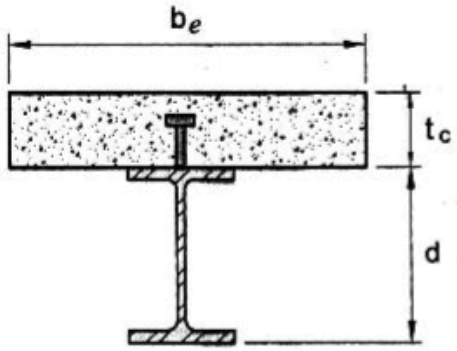
$$b_{n_۲} = b - \sum d + \sum \frac{s^۲}{۴g} \Rightarrow b_{n_۲} = (۲a + ۴) - ۲ + \frac{\left(\frac{x}{۲}\right)^۲}{۴ \times ۴} = ۲a + ۲ + \frac{x^۲}{۱۶ \times ۴}$$

با توجه به اینکه احتمال گسیختگی در دو مسیر با هم برابر است پس مقاومت مسیر ها با یکدیگر برابر خواهد شد:

$$R_{n_۱} = R_{n_۲} \Rightarrow b_{n_۱} = b_{n_۲} \Rightarrow ۲a + ۳ = ۲a + ۲ + \frac{x^۲}{۱۶ \times ۴} \Rightarrow x^۲ = ۶۴ \Rightarrow x = ۸cm$$

۱۱۰- در شکل زیر مقطع یک تیر مختلط با عملکرد مختلط کامل نشان داده شده است. اگر محور خنثی پلاستیک مقطع منطبق بر خط میانی ضخامت دال بتنی باشد، لنگر پلاستیک مقطع چقدر است؟

A_s = مساحت مقطع فولادی، F_y = تنش تسلیم مقطع فولادی، f'_c = مقاومت مشخصهٔ فشاری بتن



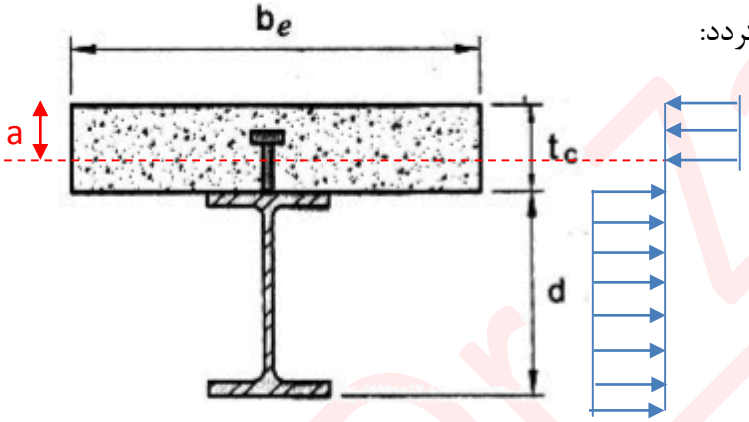
۱) $\frac{1}{2}A_sF_y(d+t_c)+\frac{0.85}{4}b_et_c^2f'_c$

۲) $\frac{1}{2}A_sF_yd+\frac{3\times0.85}{8}b_et_c^2f'_c$

۳) $A_sF_y(d+\frac{t_c}{2})+\frac{0.85}{4}b_et_c^2f'_c$

۴) $\frac{1}{2}A_sF_y(d+t_c)+\frac{0.85}{8}b_et_c^2f'_c$

پاسخ سوال ۱۱۰) گزینه ۴ (متوسط)



ابتدا محل محور خنثی در حالت پلاستیک محاسبه می‌گردد:

$$a\times b_e\times 0.85\times f'_c=F_y\times A_s$$

$$\Rightarrow a=\frac{F_y\times A_s}{b_e\times 0.85\times f'_c}=\frac{t_c}{2}$$

$$\Rightarrow F_y\times A_s=\frac{0.85}{2}b_e\times f'_ct_c$$

حال مقدار لنگر پلاستیک (با صرف نظر از بتن تحت کشش) برابر است با :

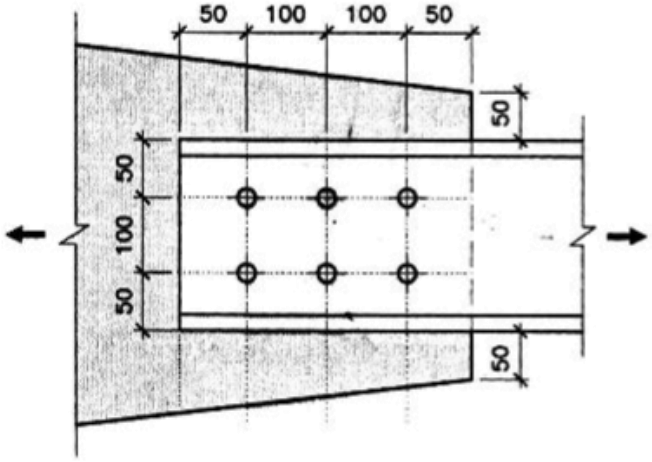
$$M_p=A_sF_y\left(\frac{d}{2}+t_c-\frac{a}{2}\right)=A_sF_y\left(\frac{d}{2}+t_c-\frac{t_c}{4}\right)$$

$$\Rightarrow M_p=\frac{1}{2}A_sF_y(d+t_c)+\frac{1}{4}(A_sF_y)t_c=\frac{1}{2}A_sF_y(d+t_c)+\frac{1}{4}(\frac{0.85}{2}b_e\times f'_ct_c)t_c$$

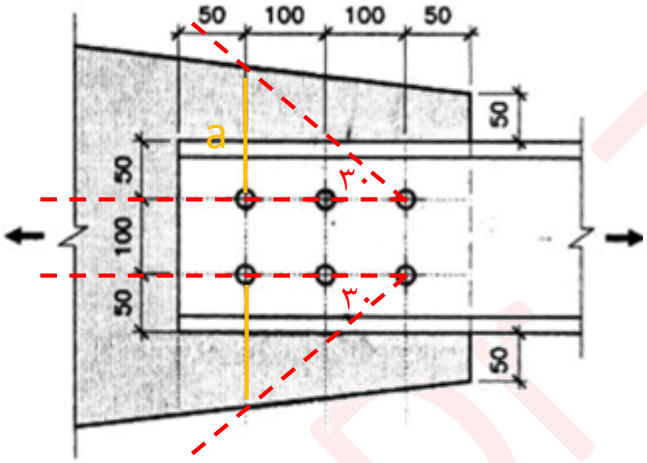
$$\Rightarrow M_p=\frac{1}{2}A_sF_y(d+t_c)+\frac{0.85}{8}b_et_c^2f'_c$$

۱۱۱- در شکل زیر اتصال یک عضو کششی با مقطع ناودانی به یک ورق اتصال (ورق گاست) نشان داده شده است. پهنای مقطع ویتمور ورق اتصال برحسب میلی‌متر (mm) به کدام‌یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ در شکل ابعاد به میلی‌متر است.

۱) ۵۰۰
۲) ۴۰۰
۳) ۳۴۰
۴) ۲۴۰



پاسخ سوال ۱۱۱) گزینه ۳ (دشوار)



برای طراحی ورق گاست می‌بایست از عرض ورق ویتمور استفاده نمود که نحوه محاسبه آن به شرح زیر است:

$$a = (۱۰۰ + ۱۰۰) \times tan۳۰ = ۲۰۰ \times \frac{۱}{\sqrt{۳}} \simeq ۱۱۵.۴۷$$

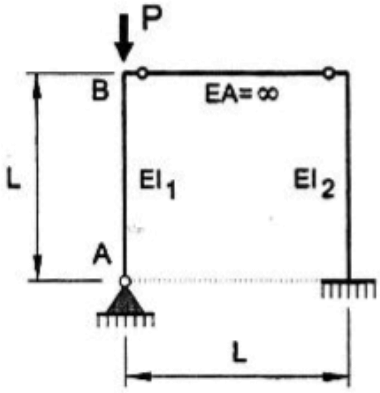
پهنای ورق ویتمور (b) برابر است :

$$b = ۲a + ۱۰۰ \simeq ۳۳۱mm$$

که نزدیکترین گزینه به جواب گزینه ۳ می‌باشد.

@Dr_Zarfam

۱۱۲- در قاب فولادی شکل زیر حداقل مقدار EI_2 برحسب EI_1 حدوداً چقدر باشد تا ستون AB مهار شده تلقی گردیده و ضریب طول مؤثر آن برابر واحد در نظر گرفته شود؟ فرض کنید عضو افقی به لحاظ محوری صلب بوده و از تغییر شکل محوری اعضای قائم صرف‌نظر شده است.



۱) $EI_2 \geq \pi EI_1$

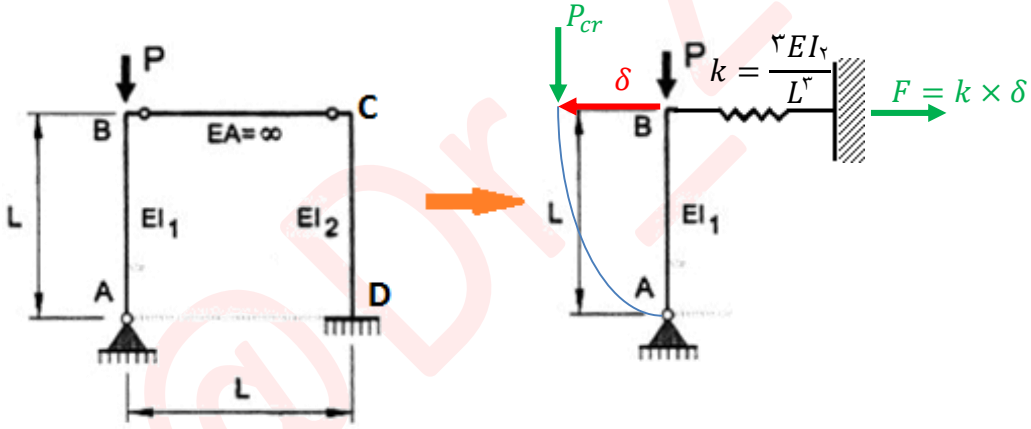
۲) $EI_2 \geq \frac{\pi}{3} EI_1$

۳) $EI_2 \geq \frac{\pi^2}{9} EI_1$

۴) $EI_2 \geq \frac{\pi^2}{3} EI_1$

پاسخ سوال ۱۱۲) گزینه ۴ (دشوار)

مطابق با روابط حفظی تحلیل سازه می‌توان مجموعه BCD را معادل یک فنر انتقالی با سختی $3EI_2/L^3$ در برابر حرکت جانبی گره B در نظر گرفت پس داریم :

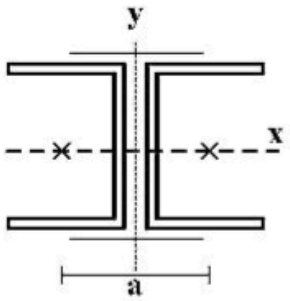


با نوشتن معادله تعادل لنگر حول تکیه‌گاه A و همچنین مطابق با صورت سوال با قرار دادن ضریب طول موثر برابر واحد برای ستون AB داریم :

$$P_{cr} \times \delta = F \times L \Rightarrow \frac{\pi^2 EI_1}{L^2} \times \delta = \frac{3EI_2}{L^3} \times \delta \times L$$

$$\Rightarrow EI_2 \geq \frac{\pi^2}{3} EI_1$$

۱۱۳- یک عضو کششی که از دو مقطع ناودانی مطابق شکل تشکیل شده است را در نظر بگیرید. اگر برای یک مقطع تک ناودانی $r_x = ۳r_y$، حداقل مقدار a چقدر باشد تا بتوان از حداکثر طول مجاز برای عضو کششی استفاده نمود؟ (a برابر فاصله مرکز به مرکز دو مقطع ناودانی است.)



۱) $\frac{۴\sqrt{۲}}{۳} r_x$

۲) $\frac{۲\sqrt{۲}}{۳} r_x$

۳) $\frac{۲\sqrt{۳}}{۳} r_x$

۴) $\sqrt{۳}\, r_x$

پاسخ سوال ۱۱۳) گزینه ۱ (دشوار)

در مقطع تک داریم :

$$r_x = ۳r_y$$

در مقطع دوبل داریم :

$$r_X = r_x \ ;$$

$$r_Y = \sqrt{\frac{I_Y}{۲A}} = \sqrt{\frac{۲I_y + ۲A(\frac{a}{۲})^۲}{۲A}} = \sqrt{\frac{I_y}{A} + \frac{a^۲}{۴}} = \sqrt{r_y^۲ + \frac{a^۲}{۴}}$$

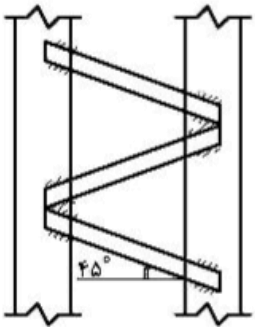
طراحی بهینه زمانی است که شعاع ژیراسیون در هر دو جهت یکسان گردد که در این صورت می‌توان از حداکثر طول استفاده نمود ، پس داریم :

$$r_Y = r_X \Longrightarrow \sqrt{r_y^۲ + \frac{a^۲}{۴}} = r_x \Longrightarrow r_y^۲ + \frac{a^۲}{۴} = r_x^۲$$

$$\Longrightarrow \frac{r_x^۲}{۹} + \frac{a^۲}{۴} = r_x^۲ \Longrightarrow a = \frac{۴\sqrt{۲}}{۳} r_x$$

@Dr_Zarfam

۱۱۴- یک ستون دوبل با بست‌های مورب در دو طرف ستون مطابق شکل در نظر بگیرید، اگر نیروی محوری نهایی $P_u = ۱۰۰ton$ و نیروی برشی نهایی $Q_u = ۲۵ton$ به ستون اعمال شود. حداقل طول هر خط جوش لازم برای اتصال بست‌های مورب به ستون چند سانتی‌متر است؟ (مقاومت جوش برابر $۳۰۰۰ \frac{kg}{cm^۲}$، بعد جوش برابر $\phi = ۰/۷۵،۱۰ mm$ و $\beta = ۱$)



۱) ۱۲
۲) ۸
۳) ۶
۴) ۳

پاسخ سوال ۱۱۴) گزینه ۳ (متوسط)

ابتدا برش وارد بر بست را محاسبه می‌کنیم :

$$V = ۲۵ + ۰.۰۲ \times ۱۰۰ = ۲۷ton$$

حال نیروی محوری داخلی بست برابر است با :

$$F = \frac{V}{۲sin\alpha} = \frac{۲۷}{۲ \times sin۴۵}$$

همچنین بعد موثر جوش برابر است با :

$$D_e = \frac{D}{\sqrt{۲}} = \frac{\sqrt{۲}}{۲} cm$$

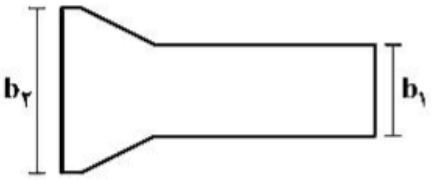
بنابراین می‌توان نوشت :

$$R_u \le \varphi R_n \Rightarrow R_u \le \varphi\beta \underbrace{۰.۶F_{ue}}_{\text{مقاومت جوش}} D_e L \Rightarrow \frac{۲۷}{۲ \times sin۴۵} \le ۰.۷۵ \times ۱ \times ۳ \times \frac{\sqrt{۲}}{۲} \times L \times ۲$$

$$\Rightarrow L \ge ۶cm$$

@Dr_Zarfam

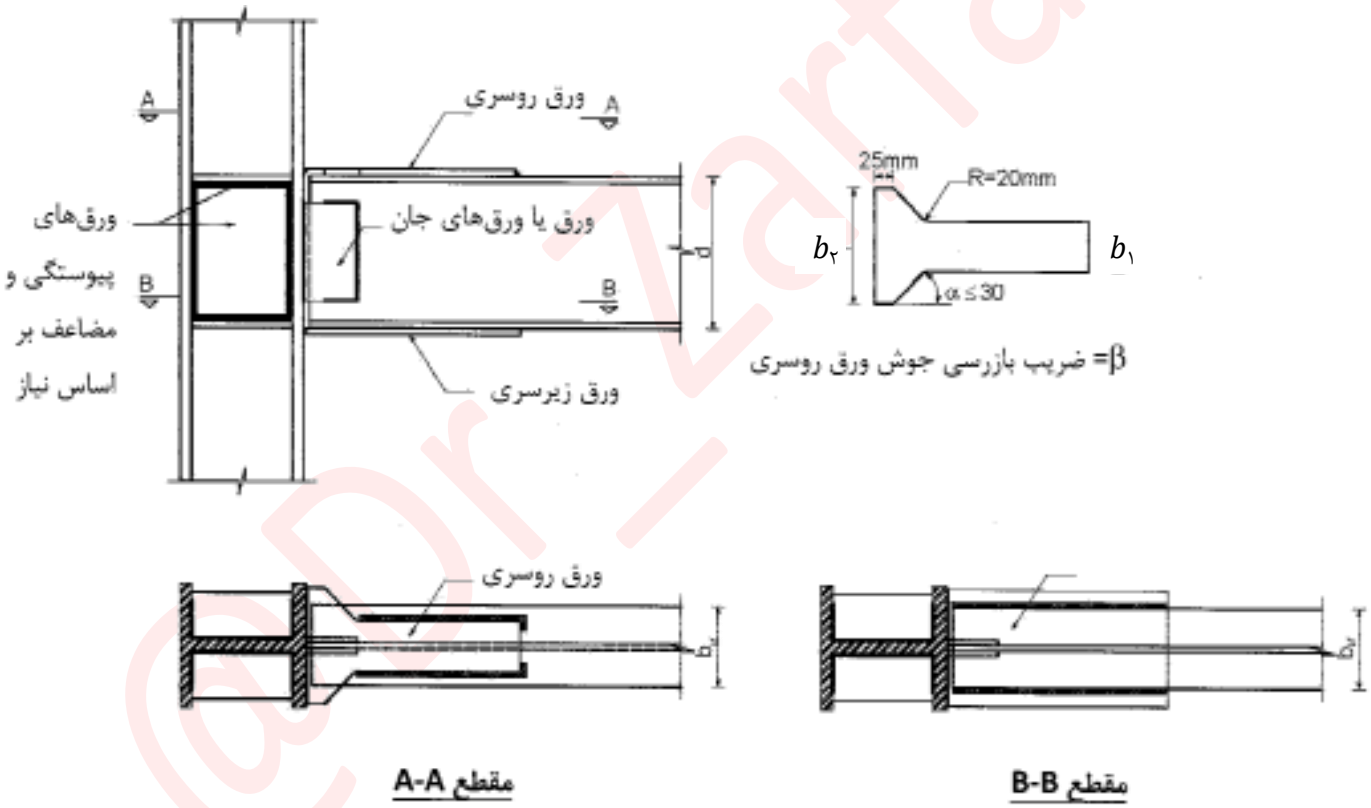
۱۱۵- در ورق روسری نشان داده شده در شکل نسبت $\frac{b_1}{b_2}$ بر چه اساسی تعیین می‌گردد؟



۱) میزان نیروی کششی ورق روسری
۲) نسبت ابعاد تیر به ستون
۳) ϕ (ضریب کاهش مقاومت جوش)
۴) β (ضریب بازرسی جوش)

پاسخ سوال ۱۱۵) گزینه ۴ (متوسط)

مطابق با بند ۱۰-۳-۱۳-۵ آیین نامه نسبت b_1/b_2 بر اساس ضریب بازرسی جوش تعیین می‌گردد.



$$R_{n_1} = R_{n_2} \Rightarrow \underbrace{0.9\, F_y b_2 \times \beta \times t}_{\text{بر حسب مقاومت جوش نفوذی}} = \underbrace{0.9 F_y b_1 \times t}_{\text{بر حسب مقاومت ورق}}$$

$$\Rightarrow \frac{b_1}{b_2} = \beta$$