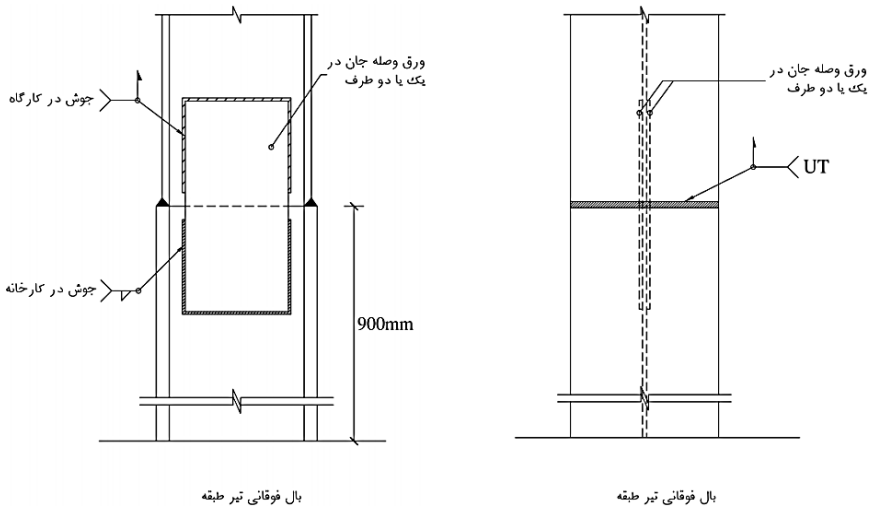
موسسه آموزش عالی جهاددانشگاهی خوزستان، اهواز
گروه آموزشی مهندسی عمران

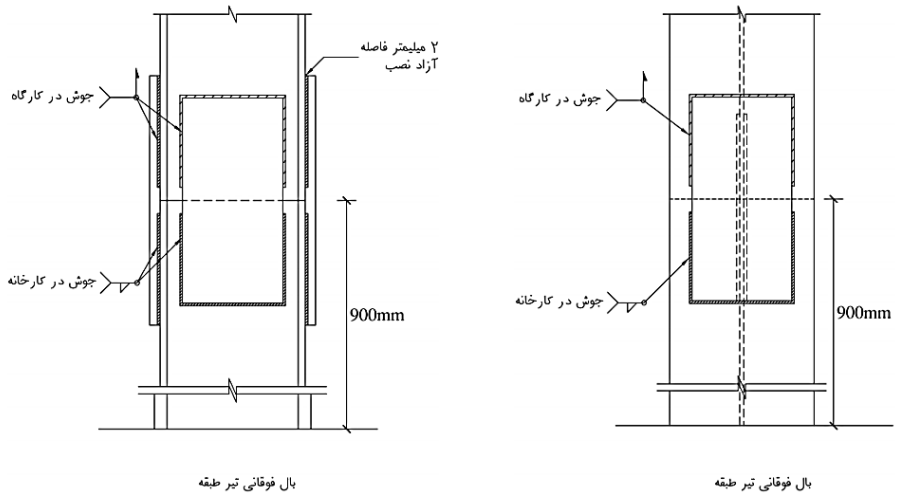
طراحی وصله ستون

بروش تنش مجاز

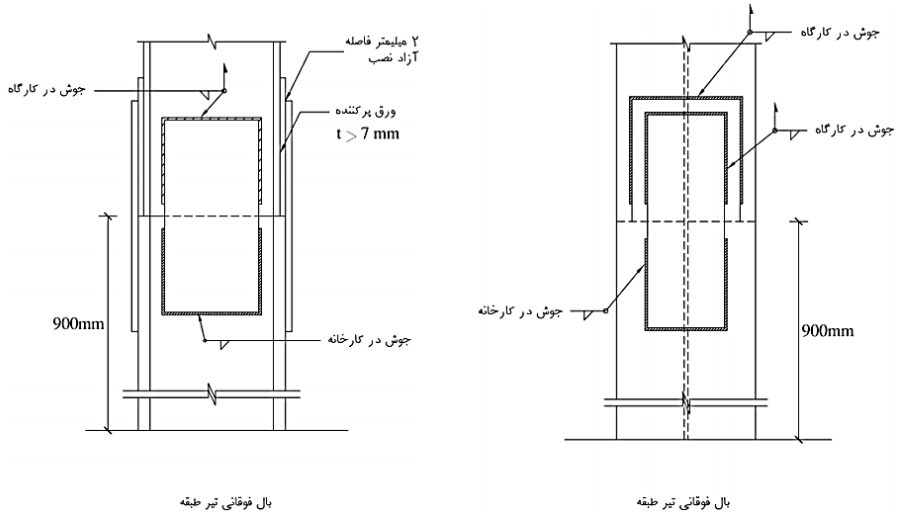
تهیه و تنظیم :
نوید سیاه پلو
عضو هیئت علمی گروه آموزشی مهندسی عمران



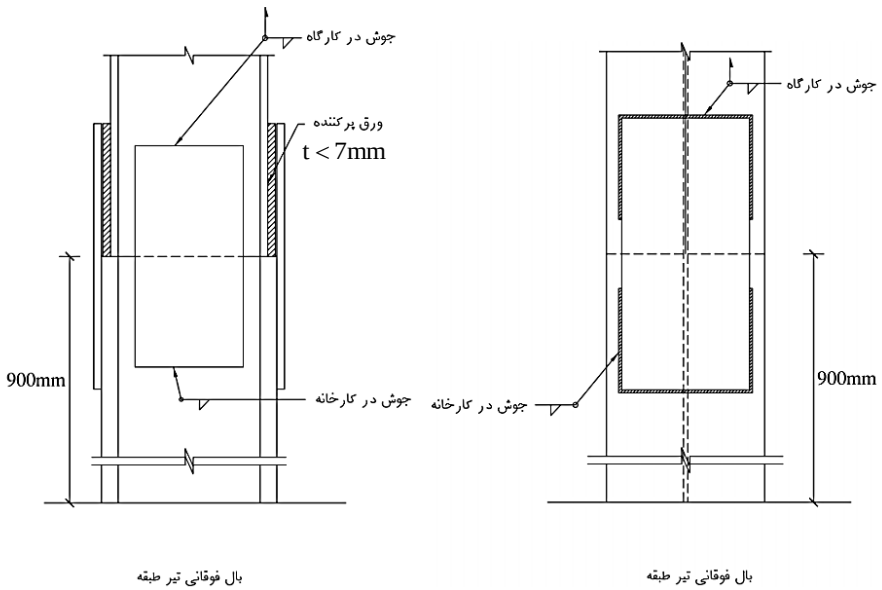
شکل ۱- اتصال لب به لب بال و ورق وصله جان



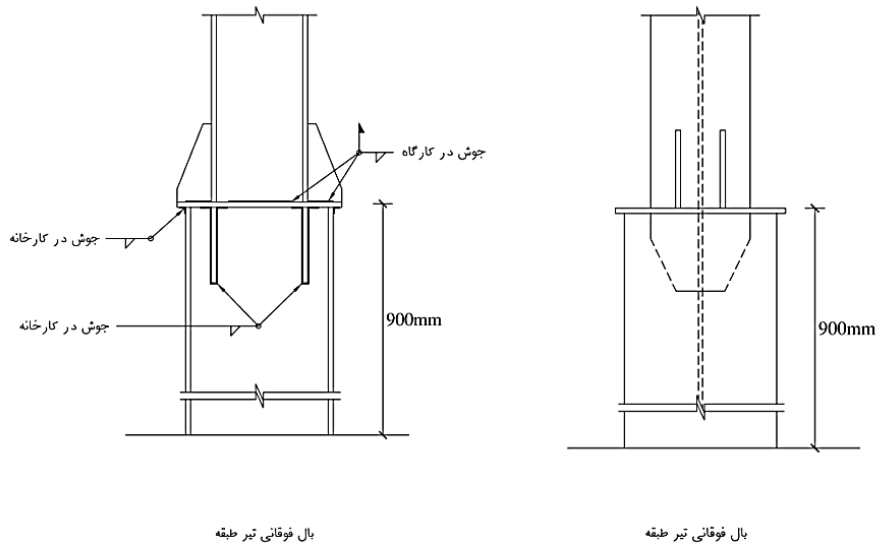
شکل ۲- اتصال ورق وصله بال و ورق وصله جان – دو پروفیل هم شماره هستند.



شکل ۳- اتصال ورق وصله بال و ورق وصله جان – ضخامت ورق پرکننده بیش از ۷ میلیمتر است



شکل ٤- اتصال ورق وصله بال و ورق وصله جان – ضخامت ورق پرکننده کمتر از ۷ میلیمتر است



شکل ٥- اتصال با صفحه ستون واسطه

در ادامه روال طراحی وصله ستون براساس شکل ۳ تشریح می گردد. این ضوابط بدون در نظر گرفتن ضوابط طرح لرزه ای است.

مثال (۱)

مطلوب است طرح وصله ستونی ازIPB260 به IPB280 که بار محوری آن 70Ton و لنگر خمشی آن 6ton-m و نیروی برشی آن 5Ton باشد. در حل تنش مجاز فشاری ستون را ۱۴۴۰ کیلوگرم بر سامتی متر مربع در نظر بگیرید.

$P = 70Ton$

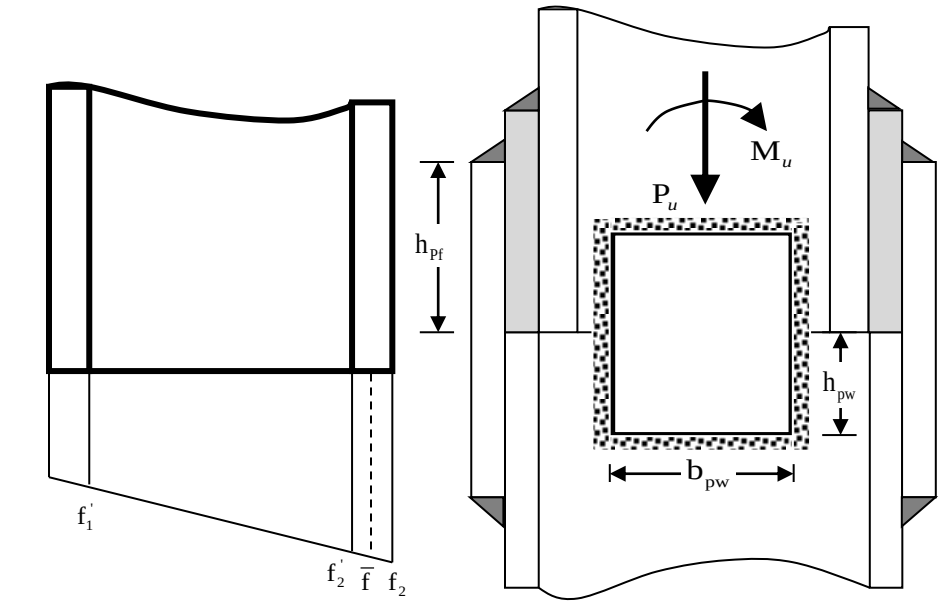
$M_x = 6T.m$

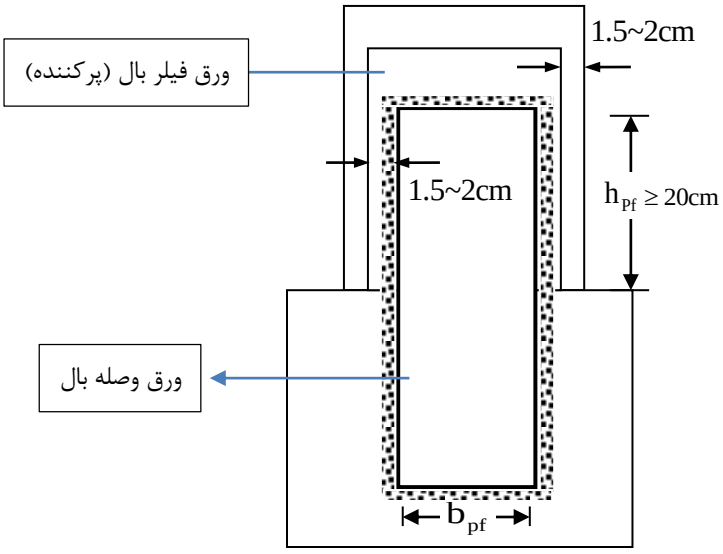
$V = 5Ton$

$KL = 4m$

$IPB26(d = 26cm, b_f = 26cm, t_w = 1cm, t_f = 1.75cm, A = 118.4cm^2, S_x = 1150cm^3)$

$(r_x = 11.2cm, r_y = 6.58cm)$





شکل (٦) : اجزای تشکیل دهنده وصله

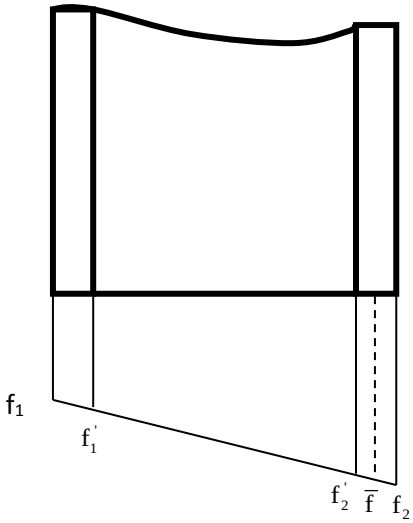
حل:

با توجه به وجود نیروی محوری و لنگر خمشی در محل وصله داریم توزیع تنش در بال فشاری ستون فوقانی محاسبه شده سپس بکمک تشابه مثلث مقادیر تنشهای فشاری در لبه های داخلی اتصال بال به جان محاسبه می گردد.

$$f=\frac{P}{A}\pm\frac{M_x}{S_x}=\frac{70\times10^3}{118.4}\pm\frac{6\times10^5}{1150}\Rightarrow\begin{cases}f_1=69.5\dfrac{kg}{cm^2}\\ f_2=1113\dfrac{kg}{cm^2}\end{cases}$$

$$\frac{t_f}{d_c}=\frac{f_1^{'}}{f_2-f_1}\Rightarrow\frac{1.75}{26}=\frac{f_1^{'}}{1113-69.5}\Rightarrow f_1^{'}=70.2\frac{kg}{cm^2}$$

$$\frac{d_c-t_f}{d_c}=\frac{f_2^{'}}{f_2-f_1}\Rightarrow\frac{26-1.75}{26}=\frac{f_2^{'}}{1113-69.5}\Rightarrow f_2^{'}=973\frac{kg}{cm^2}$$



شکل (۷) : توزیع تنش فشاری در ستون فوقانی

نیروی که توسط بال سمت راست تحمل می‌شود، برابر است با:

$$P_f=A_f\times\frac{f_2^{'}+f_2}{2}=\frac{973+1113}{2}*26*1.75=47.5\text{Ton}$$

عرض ورق وصله بال با توجه به شکل (٦) برابر است با عرض بال ستون فوقانی منهای ٤ تا ٦ سانتی متر. اگر دو پروفیل در محل وصله بیکدیگر جوش شوند می توان نیروهای طراحی وصله را **نصف** نمود. بنابراین داریم :

$$b_{pf}=b_f-(4\sim6\text{cm})=26-6=20\text{cm}$$

$$0.5P_f=F_aA_p\rightarrow t_{pf}=\frac{0.5\times47.5}{1440*20}=0.83\text{cm}\rightarrow t_{pf}=10\text{mm}$$

برای محاسبه جوش جوش ورق وصله بال فرض کنید با انتخاب بعد جوش برابر با ۸ میلیمتر به شکل زیر این گزینه تایید می گردد :

$D=8mm \geq D_{min}$

$t=12mm>7mm \rightarrow D_{max}=\max(10-2mm,7mm)=8mm$

نیروی بال یا P_{bf} توسط نوارهای جوش ناودانی شکل اتصال ورق وصله بال تحمل می شود. بنابراین داریم :

$$R_w(2h_{pf}+b_p)=P_f \rightarrow h_{pf}=0.5\left(\frac{0.5*47.5*1000}{650*0.8}-20\right)=12.8cm \ngeq 20cm \rightarrow h_{pf}=20cm$$

$R_w=650D$;φ=0.75 , E6013

لازم بذکر است در محاسبه R_w (ارزش جوش گوشه) از الکترود E6013 با کنترل چشمی-کارگاهی استفاده شده است. برای طرح ورق جان در برابر نیروی برشی داریم :

$$K_c \cong t_{fc}+t_{wc}=1+1.75=2.75cm$$

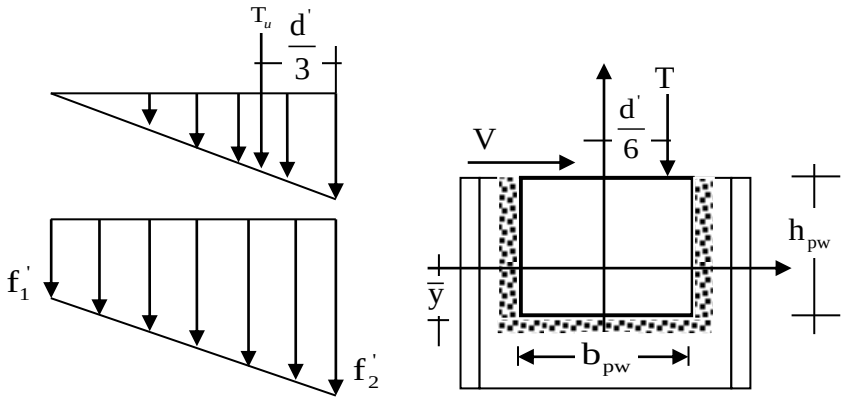
با استفاده از رابطه طراحی ورق وصله جان برای برش می نویسیم :

$$V \leq 2t_{pw}\left[0.75(d_c-2K_c)\right](0.4F_y)$$

در رابطه فوق، V_u، نیروی برشی ستون در محل وصله است. از طرفی فرض شده است عرض ورق وصله جان ستون(b_{pw}) ٪۷۵ فاصله خالص جان ستون (d_c-$2K_c$) است. عدد ۲ نیز بدلیل استفاده از دوبل ورق جان در طرفین استفاده شده است. با طرفین وسطین نتیجه می گردد:

$$t_{pw} \geq \frac{5000}{2*(20-2*2.75)(0.4*2400)}=0.14cm \rightarrow t_{pw}=5mm$$

نیروی فشاری وارد بر جان مقطع عبارتست از برآیند توزیع تنش فشاری وارد بر جان مقطع. این موضوع در شکل (۸) نمایش داده شده است.



شکل (۸) توزیع تنش فشاری سهم ورق وصله جان و نیروهای موجود در طراحی ورق وصله جان.

در این شکل تنش فشاری جان مقطع، ذوزنقه ای شکل است که بر آیند آن برابر است با:

$$T=\frac{f'_1+f'_2}{2}(d_c-2t_{fc})t_{wc}n=\frac{70.2+973}{2}*(26-2*1.75)*1*1=11736kg$$

در رابطه فوق، n، تعداد پروفیل است. نیروی T باید از طریق ورق وصله جان به جان مقطع پایینی منتقل شود. محل اثر نیروی T در مرکز سطح ذوزنقه است **ولی در طراحی برای راحتی توزیع مثلثی در نظر گرفته می شود.** از طرفی عرض ورق وصله جان را ۱۸ سانتی متر و نصف ارتفاع آن را ۱۰ سانتی متر انتخاب می شود (b_{pw}=18cm و h_{pw}=10cm در شکل (٦)). این جوش در

ترکیب نیرو برشی افقی (V)، نیروی برشی قائم (T) و لنگر پیچشی ناشی از خروج از محوریت V و T (M_t) و نسبت به مرکز جوش است. **برای آشنایی با این دو نیرو شکل ۸ را ببینید**. با استفاده از جداول آماده جوش، ممان اینرسی پیچشی جوش و مرکز ثقل جوش را محاسبه می کنیم.

$$I_P = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d} = \frac{8\times10^3 + 6\times10\times18^2 + 18^3}{12} - \frac{10^4}{2\times10+18} = 2509cm^4$$

$$\bar{y} = \frac{h_{pw}^{\ 2}}{2h_{pw} + b_{pw}} = \frac{10^2}{2*10+18} = 2.63cm$$

$$M_t = V(h_{pw} - \bar{y}) + T(\frac{d_c - 2K_c}{6}) = 5000*(10-2.63) + 11736*\frac{26-2*1.75}{6} = 80860kg-cm$$

در هر طرف دو ورق وصله جان داریم لذا کلیه نیروهای وارد بر جوش را ضریب ۰/۵ ضرب می کنیم.

$V_x = 0.5V = 2.5ton \rightarrow$

$$f_{x1} = \frac{0.5V}{b_{pw}+2h_{pw}} = \frac{2.5*1000}{18+2*10} = 66\frac{kg}{cm}$$

$$f_{x2} = \frac{M_t\left(h_{pw}-\bar{y}\right)}{2I_p} = \frac{80860*(10-2.63)}{2*2509} = 119\frac{kg}{cm}$$

$V_y = 0.5T = 5868kg$

$$f_{y1} = \frac{0.5T}{b_{pw}+2h_{pw}} = \frac{5868}{18+2*10} = 154\frac{kg}{cm},$$

$$f_{y2} = \frac{M_t\left(0.5b_{pw}\right)}{2I_p} = \frac{80860*0.5*18}{2*2509} = 145\frac{kg}{cm}$$

در روابط فوق

f_{x1} و f_{x2} : تنش های برشی مستقیم و برش حاص از پیچش در جهت محور x

f_{y1} و f_{y2} : تنش های برشی مستقیم و برش حاص از پیچش در جهت محور y

بر این اساس تنش ترکیبی عبارتند از:

$$f_r = \sqrt{(66+119)^2 + (154+145)^2} = 351 = 650D \rightarrow D = 0.54mm \rightarrow choose: D = 6mm$$