

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

به نام اول مهندس هستی

طراحی اتصالات سازه های فولادی

جویشی و پیرایی

کاربرد و اجرایی

با استفاده از خروجی های نرم افزار ETABS 2016

محسن چشمی مقدم

موسسه تخصصی مهندسی

میان آنان که فکر میکنند  
تا آنان که فکر میکنند که فکر میکنند  
فاصله زیاد است.

این مجموعه را با ادب و احترام

تقدیم میکنم

به تمام انسان های همسان خودم که اگر

فکر نمیکنیم تو هم تفکر نیز نداریم.

## مقدمه

بنا بر احساس نیاز شخصی خود نسبت به تهیه منبعی کامل و جامع و البته قابل اطمینان در زمینه ی طراحی اتصالات سازه های فولادی بدون اضافه گویی و مطالب تئوری و عدم پاسخ گویی به این نیاز از سوی منابع و مراجع موجود برآن شدم تا با جمع آوری مطالبی در این زمینه به شکلی گام به گام و با توجه به نکات اجرایی و البته با نیم نگاهی به همه گیر بودن نرم افزار ETABS در بین جامعه ی طراحان سازه کشور خدمتی هر چند کوچک به همکاران و البته دانشجویان عزیز کرده باشم. بدیهی است این مجموعه مانند هر مصنوع دیگری از بشر جایز به داشتن اشکال است لذا جایی بسی خرسندی برای اینجانب که از طریق [کانال تلگرام](#) شخصی پذیرای نکته نظرات همکاران و اساتید محترم باشم.

۱- بخش اول (اتصالات تیر به ستون)

۱-۱- اتصال تیر به ستون مفصلی

۱-۱-۱- اتصال تیر به ستون مفصلی جوشی

۱-۱-۱-۱- اتصال تیر به ستون مفصلی جوشی با جفت نبشی جان

۱-۱-۱-۲- اتصال تیر به ستون مفصلی جوشی با نبشی نشیمن بدون سخت کننده

۱-۱-۱-۳- اتصال تیر به ستون مفصلی جوشی با نبشی نشیمن با سخت کننده

۱-۱-۱-۴- اتصال تیر به ستون مفصلی جوشی با ورق نشیمن و سخت کننده ذوزنقه ای

۱-۱-۱-۵- اتصال تیر به ستون مفصلی جوشی با ورق نشیمن و سخت کننده مثلثی

۱-۱-۲- اتصال تیر به ستون مفصلی پیچی

۱-۱-۲-۱- اتصال تیر به ستون مفصلی پیچی با جفت نبشی جان

۱-۱-۲-۲- اتصال تیر به ستون مفصلی پیچی با نبشی نشیمن بدون سخت کننده

۱-۲-۱- اتصال تیر به ستون گیردار

۱-۲-۱-۱- اتصال مستقیم تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)

۱-۲-۱-۲- اتصال فلنجی چهارپیچی بدون استفاده از ورق لچکی (BUEEP)

۱-۲-۱-۳- اتصال فلنجی چهار یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی (BSEEP)

۱-۲-۱-۴- اتصال پیچی به کمک ورق های روسری و زیرسری (BFP)

۱-۲-۱-۵- اتصال جوشی به کمک ورق های روسری و زیرسری (WFP)

۱-۲-۱-۶- اتصال مستقیم تقویت نشده جوشی (WUF-W)

۱-۲-۲- طراحی چشمه ی اتصال گیردار

۱-۲-۲-۱- طراحی ورق مضاعف جان ستون

۱-۲-۲-۲- طراحی ورق های پیوستگی

۲- بخش دوم ( طراحی سخت کننده های تیر )

۳- بخش سوم (طراحی وصله ی تیرها)

۳-۱- طراحی وصله جوشی تیرها با ورق جان و بال

۳-۲- طراحی وصله پیچی تیرها با ورق جان و بال

۳-۳- طراحی وصله پیچی تیرها با ورق انتهایی

۴- بخش چهارم (صفحه ستون)

۵- بخش پنجم (طراحی اتصالات بادبند)

۵-۱- طراحی اتصالات بادبند جوشی

۵-۲- طراحی اتصالات بادبند پیچی

۶- بخش ششم ( محاسبه طول ورق تقویتی در تیرهای تقویت شده با ورق بال )

۷- بخش هفتم ( طراحی اتصالات ستون های مرکب)

۷-۱- طراحی بست های ستون های پاباز

۷-۲- طراحی جوش اتصال ستون های پابسته

۸- بخش هشتم ( طراحی وصله ستون ها )

۸-۱- طراحی وصله ی ستون ها به کمک جوش

۸-۱-۱- طراحی وصله ی ستون های هم سائز با جوش

۸-۱-۲- طراحی وصله ی ستون های غیرهمسائز به وسیله ی ورق های پرکننده با استفاده از جوش

۸-۱-۳- طراحی وصله ی ستون های غیرهمسائز به وسیله ی کاهش مقطع با استفاده از جوش

۸-۱-۴- طراحی وصله ی ستون های غیرهمسائز به وسیله ی ورق واسط

۸-۲- طراحی وصله ی ستون ها به کمک پیچ

۸-۲-۱- طراحی وصله ی ستون های هم سائز با پیچ

۸-۲-۲- طراحی وصله ی ستون های غیرهمسائز به وسیله ی ورق های پرکننده با استفاده از پیچ

۸-۲-۳- طراحی وصله ی ستون های غیرهمسائز به وسیله ی کاهش مقطع با استفاده از پیچ

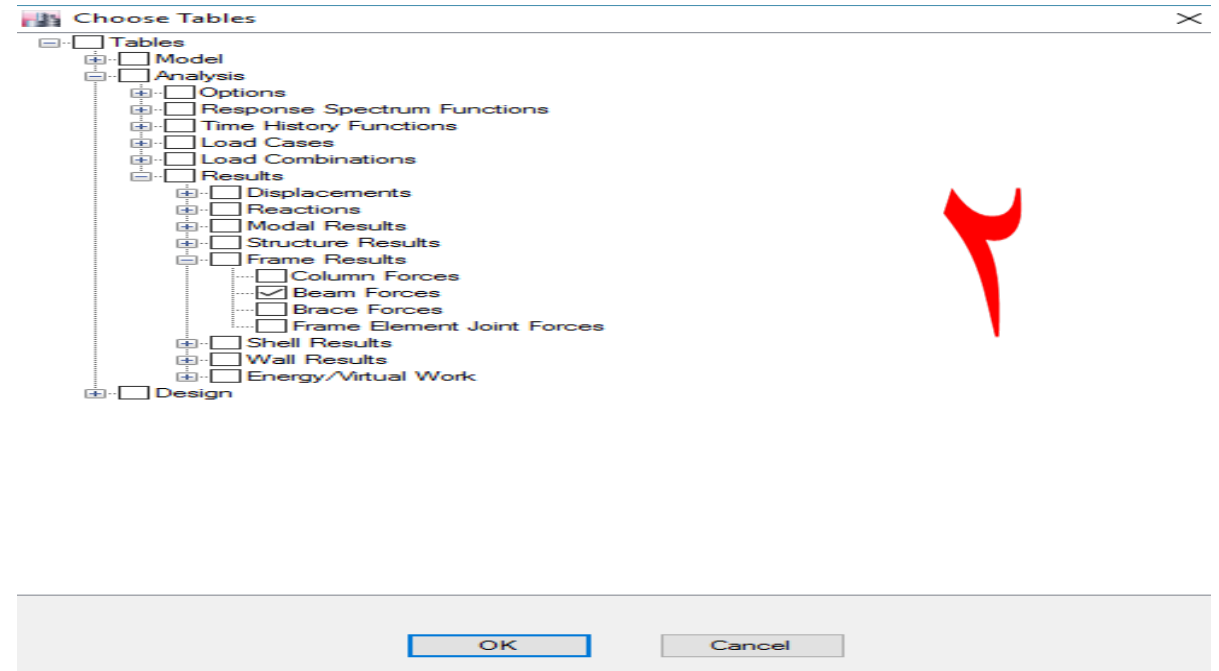
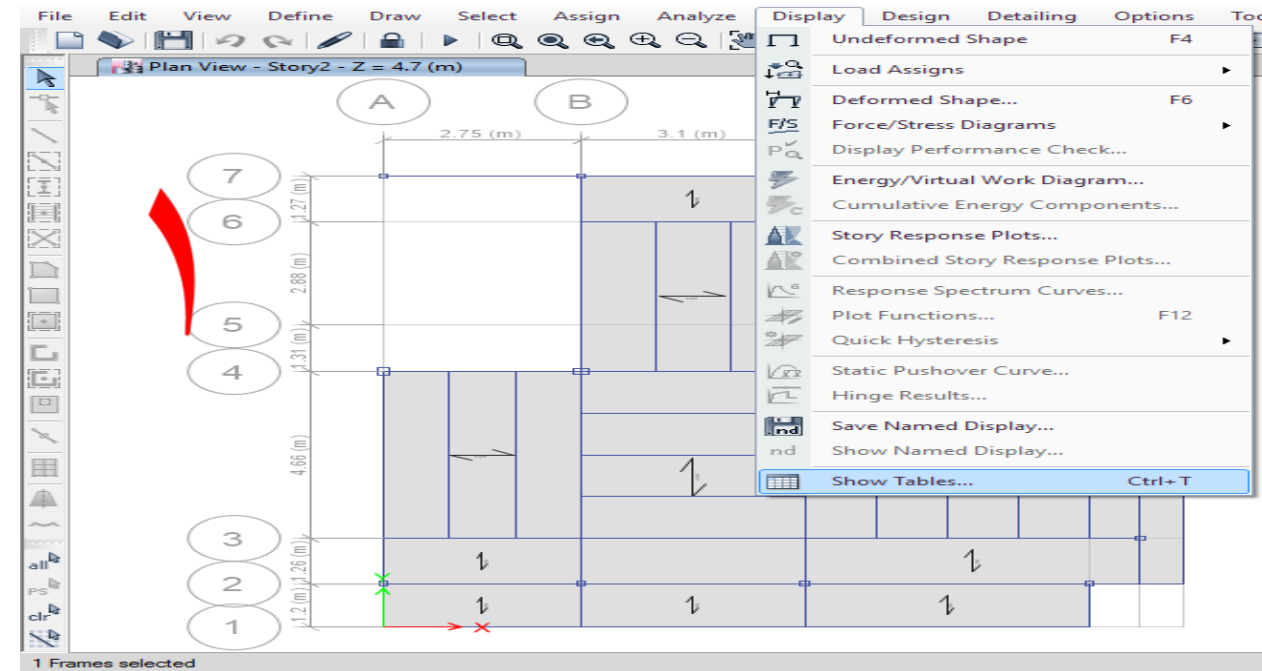
## ۱- بخش اول (اتصالات تیر به ستون)

### ۱-۱- اتصال تیر به ستون مفصلی

در تمامی بخش ۱-۱- مقدار نیرویی که اتصال برای آن طراحی میشود (**Vu**) به شکل زیر از نرم افزار ETABS استخراج میگردد.

ابتدا باید تمامی تیرهایی که شرایط شبیه و یا نزدیک به هم دارند را انتخاب کرده (منظور از شرایط ابعاد مقطع تیر و ستون متصل به آن میباشد) و به شکل زیر مقدار Vu را برداشت کرد.

در شکل شماره ۳ در قسمت Loda case/combo ترکیب بارهایی که سازه با آنها طراحی شده را انتخاب کرده و مقدار max ستون V2 را به عنوان Vu برداشت میکنیم.



Beam Forces

1 of 44 | Reload Apply

| Story  | Beam | Unique Name | Load Case/Combo | Station m | P kgf | V2 kgf  | V3 kgf | T kgf-m | M2 kgf-m | M3 kgf-m |
|--------|------|-------------|-----------------|-----------|-------|---------|--------|---------|----------|----------|
| Story2 | B58  | 204         | ST10(D)         | 0         | 0     | -705.52 | 1.41   | 0       | 0        | 0        |
| Story2 | B58  | 204         | ST10(D)         | 0.465     | 0     | -564.41 | 1.13   | 0       | -0.59    | 295.26   |
| Story2 | B58  | 204         | ST10(D)         | 0.93      | 0     | -423.31 | 0.85   | 0       | -1.05    | 524.91   |
| Story2 | B58  | 204         | ST10(D)         | 1.395     | 0     | -282.21 | 0.56   | 0       | -1.38    | 688.94   |
| Story2 | B58  | 204         | ST10(D)         | 1.86      | 0     | -141.1  | 0.28   | 0       | -1.57    | 787.36   |
| Story2 | B58  | 204         | ST10(D)         | 2.325     | 0     | 0       | 0      | 0       | -1.64    | 820.17   |
| Story2 | B58  | 204         | ST10(D)         | 2.79      | 0     | 141.1   | -0.28  | 0       | -1.57    | 787.36   |
| Story2 | B58  | 204         | ST10(D)         | 3.255     | 0     | 282.21  | -0.56  | 0       | -1.38    | 688.94   |
| Story2 | B58  | 204         | ST10(D)         | 3.72      | 0     | 423.31  | -0.85  | 0       | -1.05    | 524.91   |
| Story2 | B58  | 204         | ST10(D)         | 4.185     | 0     | 564.41  | -1.13  | 0       | -0.59    | 295.26   |
| Story2 | B58  | 204         | ST10(D)         | 4.65      | 0     | 705.52  | -1.41  | 0       | 0        | 0        |
| Story2 | B58  | 204         | ST11(D)         | 0         | 1.41  | -705.52 | 0      | 0       | 0        | 0        |
| Story2 | B58  | 204         | ST11(D)         | 0.465     | 1.13  | -564.41 | 0      | 0       | 0        | 295.26   |
| Story2 | B58  | 204         | ST11(D)         | 0.93      | 0.85  | -423.31 | 0      | 0       | 0        | 524.91   |
| Story2 | B58  | 204         | ST11(D)         | 1.395     | 0.56  | -282.21 | 0      | 0       | 0        | 688.94   |
| Story2 | B58  | 204         | ST11(D)         | 1.86      | 0.28  | -141.1  | 0      | 0       | 0        | 787.36   |
| Story2 | B58  | 204         | ST11(D)         | 2.325     | 0     | 0       | 0      | 0       | 0        | 820.17   |
| Story2 | B58  | 204         | ST11(D)         | 2.79      | -0.28 | 141.1   | 0      | 0       | 0        | 787.36   |
| Story2 | B58  | 204         | ST11(D)         | 3.255     | -0.56 | 282.21  | 0      | 0       | 0        | 688.94   |
| Story2 | B58  | 204         | ST11(D)         | 3.72      | -0.85 | 423.31  | 0      | 0       | 0        | 524.91   |
| Story2 | B58  | 204         | ST11(D)         | 4.185     | -1.13 | 564.41  | 0      | 0       | 0        | 295.26   |

mes selected X 10.7 Y 4.4 Z 4.7 (m) One S



## ۱-۱-۱- اتصال تیر به ستون مفصلی جوشی

در مورد اتصالات جوشی قبل از شروع به عملیات طراحی باید نوع الکتروود مورد استفاده و همچنین نوع کنترلی که قرار است بر روی جوش صورت پذیرد مشخص گردد.

در جدول زیر انواع الکتروود ها به همراه تنش طراحی آنها ارائه گردیده است:

| تنش طراحی (mpa) | نوع الکتروود |
|-----------------|--------------|
| 420             | E60          |
| 490             | E70          |
| 560             | E80          |

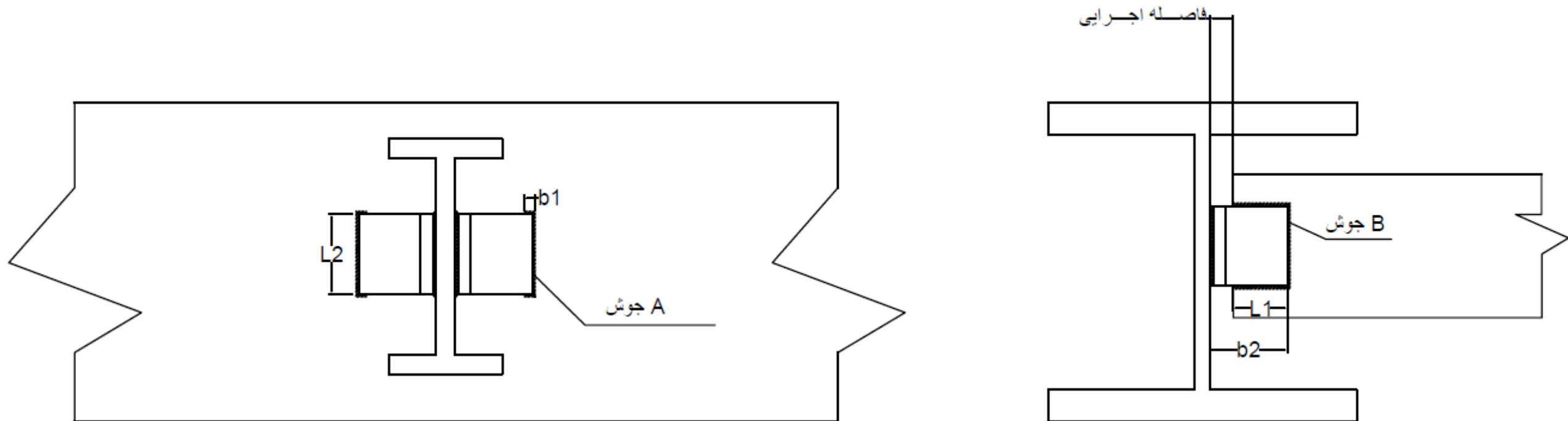
| حداقل بعد جوش گوشه | حداکثر بعد جوش گوشه           | ضخامت قطعه نازکتر |
|--------------------|-------------------------------|-------------------|
| ۳ میلیمتر          | ضخامت قطعه نازکتر             | تا ۶ میلیمتر      |
| ۵ میلیمتر          | ضخامت قطعه نازکتر - ۲ میلیمتر | ۶ تا ۱۲ میلیمتر   |
| ۶ میلیمتر          | ضخامت قطعه نازکتر - ۲ میلیمتر | ۱۲ تا ۲۰ میلیمتر  |
| ۸ میلیمتر          | ضخامت قطعه نازکتر - ۲ میلیمتر | بیش از ۲۰ میلیمتر |

همچنین در جدول زیر ضرایب کنترل جوش B آمده است:

| B    | نوع بازرسی جوش                            |
|------|---|
| 1    | انجام آزمایش غیر مخرب                     |
| 0.85 | انجام عملیات جوش در کارخانه و بازرسی چشمی |
| 0.75 | انجام عملیات جوش در محل و بازرسی چشمی     |

## ۱-۱-۱-۱- اتصال تیر به ستون مفصلی جوشی با جفت نبشی جان

از این اتصال معمولاً برای اتصال تیر به تیر استفاده میشود و به دلیل سختی اجرا معمولاً برای اتصال تیر به ستون از آن استفاده نمیگردد اما تمام فرمول هایی که در این بخش ارائه خواهد شد برای هر دو اتصال کاربرد دارد. (شکل زیر برای حالت اتصال تیر به تیر تهیه شده است).



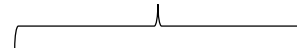
انتخاب سایز نبشی به عنوان حدس اولیه با توجه به موارد زیر:

۱- شماره نبشی (b2) باید از نصف عرض بال یا جان ستون ( بسته به اینکه تیر به بال ستون وصل باشد یا جان ستون) کمتر باشد.

۲- ارتفاع نبشی (L2) باید حداقل ۲ سانتیمتر از ارتفاع آزاد تیر کمتر باشد.

حال با توجه به ابعاد نبشی انتخابی مقاومت برشی را محاسبه میکنیم:

**t**



$$V_n = \Phi_v * 0.6 * F_y * C_v * A = \Phi_v * 0.6 * 2400 * C_v * (2 * L_2 * \text{ضخامت ورق نبشی})$$

در رابطه ی بالا  $\Phi_v$  ضریب کاهش مقاومت برشی و  $C_v$  ضریب برشی جان میباشد که از جدول زیر بدست می آید:

| $C_v$  | $\Phi_v$ | شرایط مقطع   |
|--|----------|--|
| 1  | 0.9      | $\frac{L_2}{t} < 1.1 \sqrt{\frac{5E}{F_y}}$                              |
| $\frac{1.1 \sqrt{\frac{5E}{F_y}}}{\frac{L_2}{t}}$    | 0.9      | $1.37 \sqrt{\frac{5E}{F_y}} > \frac{L_2}{t} > 1.1 \sqrt{\frac{5E}{F_y}}$ |
| $\frac{1.51 * 5E}{\left(\frac{L_2}{t}\right)^2 F_y}$ | 0.9      | $1.37 \sqrt{\frac{5E}{F_y}} < \frac{L_2}{t}$                             |

حال با داشتن مقاومت برشی نبشی ها آن را با مقدار  $V_u$  مقایسه میکنیم.

$$V_u < V_n$$

در غیر اینصورت باید ابعاد نبشی را تقویت کرد.

بعد از محاسبه ی ابعاد نبشی حال باید بعد جوش های A و B را بدست آورد.

محاسبه ی بعد جوش B:

فاصله اجرایی -  $L_1 = b_2$

$$X_g = \frac{L_1^2}{2L_1 + L_2} = \text{فاصله ی مرکز هندسی جوش تا لبه ی نبشی}$$

$$e = b_2 - X_g = \text{فاصله ی محل اثر نیروی برشی از انتهای اتصال}$$

$$Y = \frac{L2}{2} \quad X = L1 - Xg$$

بازوهای لنگر پیچشی موثر بر مرکز جوش

$$Tu = Vu * e$$

$$I_p = \frac{8L1^3 + (6L1 * L2^2) + L2^3}{12} - \frac{L1^4}{2L1 + L2} = \text{ممان اینرسی قطبی جوش}$$

$$F1 = \frac{Tu * Y}{2I_p}$$

$$F2 = \frac{TU * X}{2I_p}$$

$$F3 = \frac{Vu}{2(2L1 + L2)}$$

$$Fr = \sqrt{F1^2 + (F3 + F2)^2}$$



$$B_{\text{بعد جوش}} = \frac{Fr}{0.75 * B * 0.6 * Fu * 0.707} < 0.75 * \text{ضخامت جان تیر}$$

در رابطه اخیر منظور از Fu تنش طراحی الکتروود مورد استفاده میباشد

محاسبه بعد جوش A:

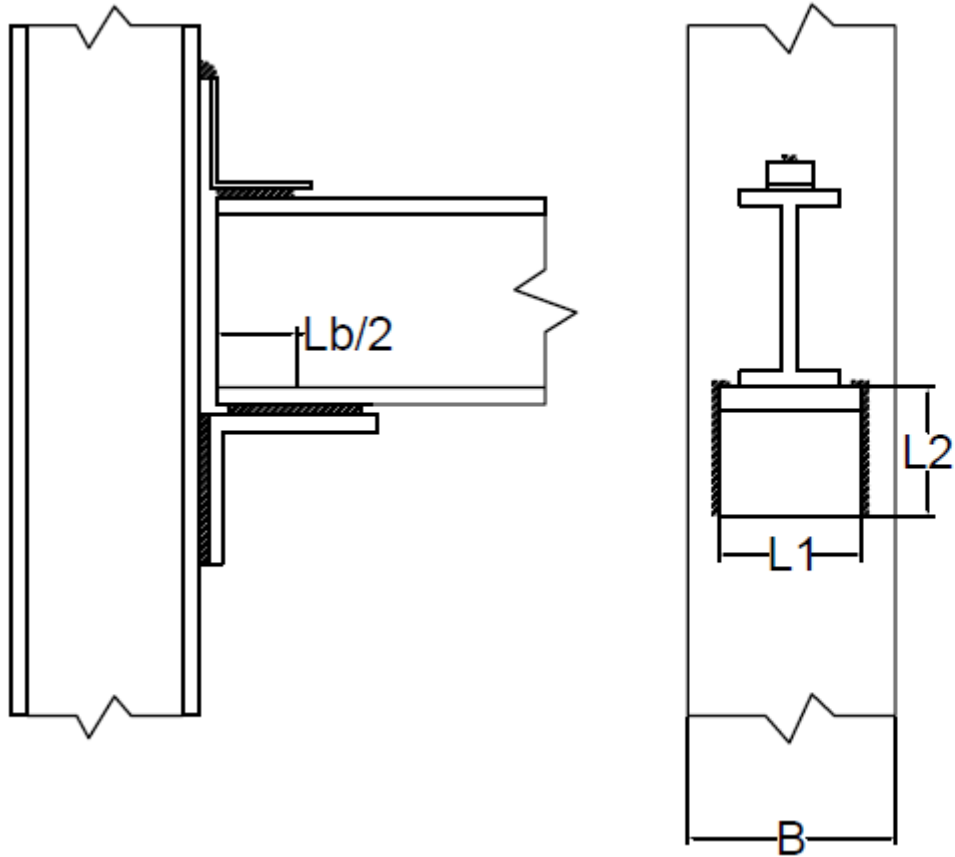
با فرض اینکه  $b_1 = \frac{L_2}{12}$  : میزان برگشت جوش

$$Fr = \frac{Vu}{2 * L_2^2} \sqrt{L_2^2 + (20.5 * e^2)}$$

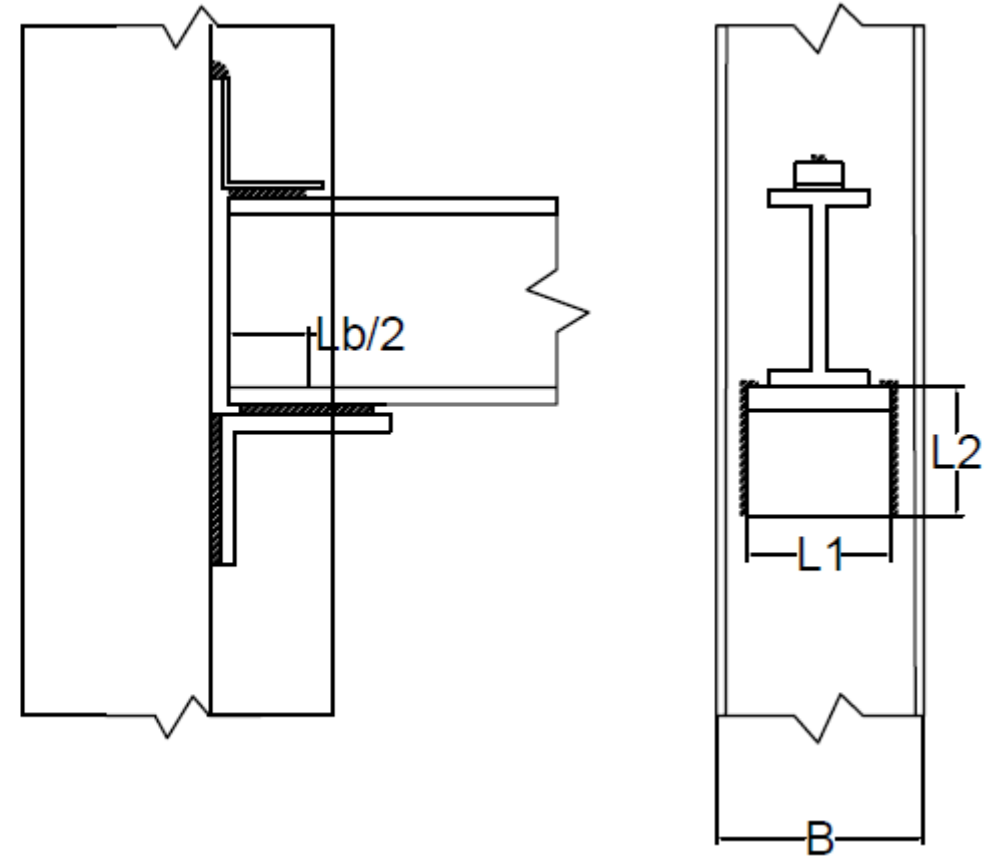
$$A_{\text{بعد جوش}} = \frac{Fr}{0.75 * B * 0.6 * Fu * 0.707}$$

در رابطه اخیر منظور از Fu تنش طراحی الکتروود مورد استفاده میباشد

## ۱-۱-۲- اتصال تیر به ستون مفصلی جوشی با نبشی نشیمن بدون سخت کننده



تیر متصل به بال ستون



تیر متصل به جان ستون

ابتدا باید مقدار  $L_b$  را که در حقیقت طول بلوک تنشی میباشد را محاسبه کنیم محل اثر نیروی برشی  $V_u$  در فاصله ی نصف  $L_b$  از انتهای تیر قرار دارد.

$$L_b = \max (L_{b1} \& L_{b2}) > K$$

$$L_{b1} = \frac{V_u}{F_y * t_w} - 2.5k$$

$$L_{b2} = \begin{cases} \frac{d}{3} \left( \frac{V_u}{0.3t_w^2} \sqrt{\frac{t_w}{E * F_y * t_f}} - 1 \right) * \left( \frac{t_f}{t_w} \right)^{1.5} & \text{If } L_{b2} \leq 0.2d \\ \frac{d}{4} \left( \left( \frac{V_u}{0.3t_w^2} \sqrt{\frac{t_w}{E * F_y * t_f}} - 1 \right) * \left( \frac{t_f}{t_w} \right)^{1.5} + 0.2 \right) & \text{If } L_{b2} > 0.2d \end{cases}$$

در روابط بالا:

$t_w$  = ضخامت جان تیر

$$k = \frac{h - 2c}{2}$$

$k$  = فاصله از سطح خارج بال تا انتهای ماهیچه تیر

$d$  = ارتفاع تیر

$t_f$  = ضخامت بال تیر

**\*نکته مهم:** در هر صورت  $L_b$  نباید از  $k$  کمتر منظور شود.



در این مرحله بر اساس مقدار زیر یک سایز نبشی را به عنوان حدس اولیه انتخاب میکنیم:

$$\text{فاصله اجرایی} = Lb + \text{شماره نبشی}$$

بعد از محاسبه شماره نبشی حال باید طول نبشی (L1) را محاسبه کرد:

$$ef = \frac{Lb}{2} + \text{فاصله اجرایی} :$$

فاصله ی محل اثر نیروی برشی از انتهای نبشی

$$e = ef - (r1 + \text{ضخامت نبشی}) :$$

بازوی بحرانی خمش از محل اثر نیروی برشی

از جدول اشتایل برای نبشی انتخابی برداشت میشود

$$L1 = \frac{1.85 * Vu}{Fy * t}$$

بر اساس برش  $L1$  ضخامت نبشی

$$L1 = \frac{4.44 * Vu * e}{Fy * t^2} :$$

اگر از روابط بالا مقدار (e) منفی حاصل شود طول نبشی فقط بر اساس برش محاسبه میگردد

ضخامت نبشی

ذکر این نکته ضروریست که به دلیل مسائل اجرایی مقدار L1 باید از عرض بال تیر 2 سانتیمتر بزرگتر و از مقدار B دو سانتیمتر کمتر در نظر گرفته شود.

جوش اتصال تیر به نبشی جوش حداقل اجرایی بوده و نیازی به محاسبه ندارد هم چنین نبشی بالا سری تیر یک نبشی حداقل برای جلوگیری از حرکت افقی تیر میباشد و باید از نبشی ضعیفی استفاده گردد تا لنگر را به ستون انتقال ندهد.

حال به طراحی جوش نبشی به ستون میپردازیم:

با فرض اینکه  $\frac{L2}{12}$  میزان برگشت جوش

$$Fr = \frac{Vu}{2 * L2^2} \sqrt{L2^2 + (20.5 * ef^2)}$$

$$A_{\text{جوش}} = \frac{Fr}{0.75 * B * 0.6 * Fu * 0.707}$$

در رابطه اخیر منظور از Fu تنش طراحی الکتروود مورد استفاده میباشد

## ۱-۱-۱-۳- اتصال تیر به ستون مفصلی جوشی با نبشی نشیمن با سخت کننده

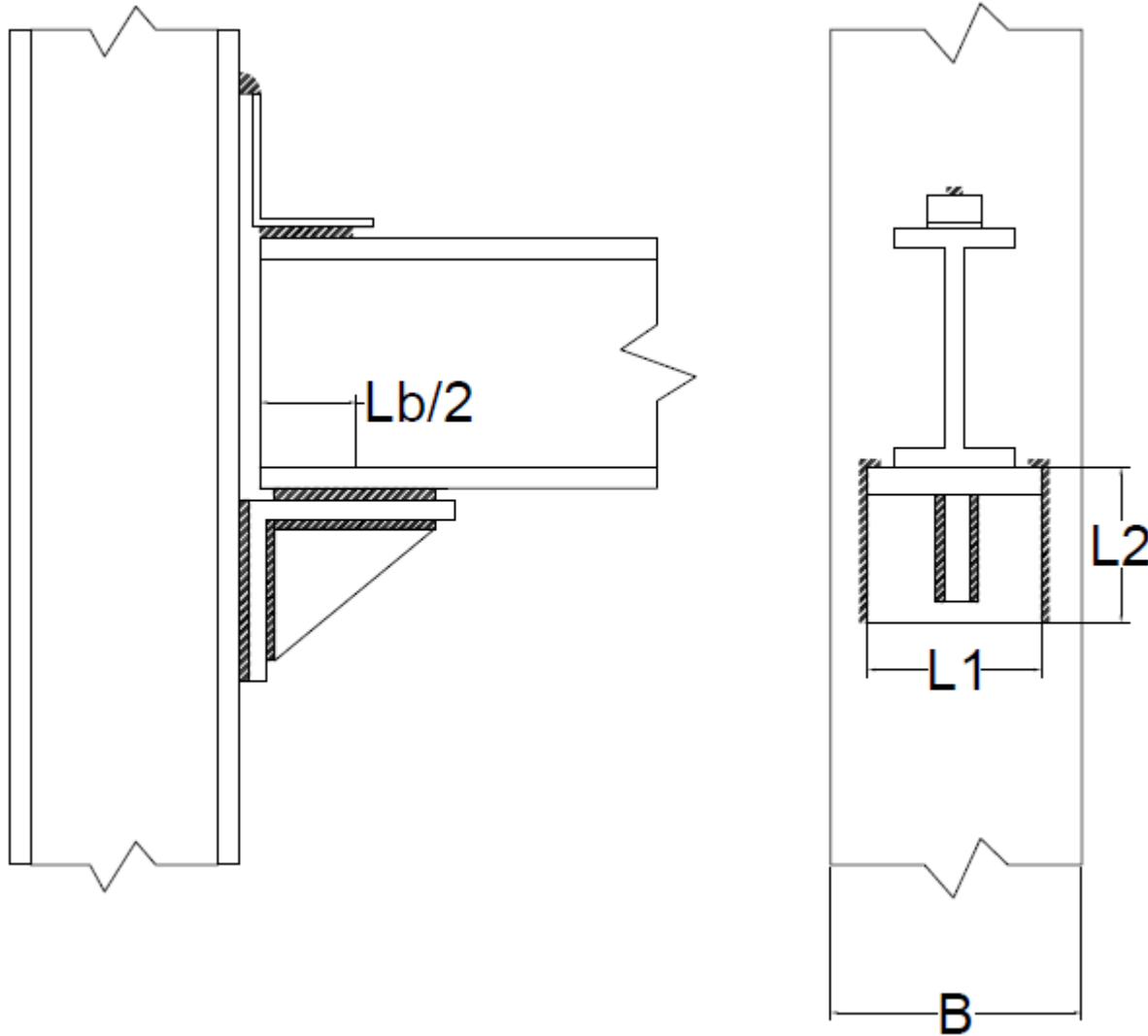
در مواردی که با طراحی اتصال قبل طول نبشی مقدار زیاد و غیر اجرایی حاصل شود با قرار دادن یک سخت کننده مثلی درون نبشی نشیمن میتوان مقدار  $L1$  را کاهش داد.

در این اتصال مقدار  $L1$  را بر اساس مسائل اجرایی انتخاب میکنیم (مقدار  $L1$  باید از عرض بال تیر 2 سانتیمتر بزرگتر و از مقدار  $B$  دو سانتیمتر کمتر در نظر گرفته شود) و نیازی به کنترل معیارهای برش و خمش نمیباشد.

شماره نبشی نیز مانند اتصال قبل محاسبه میگردد.

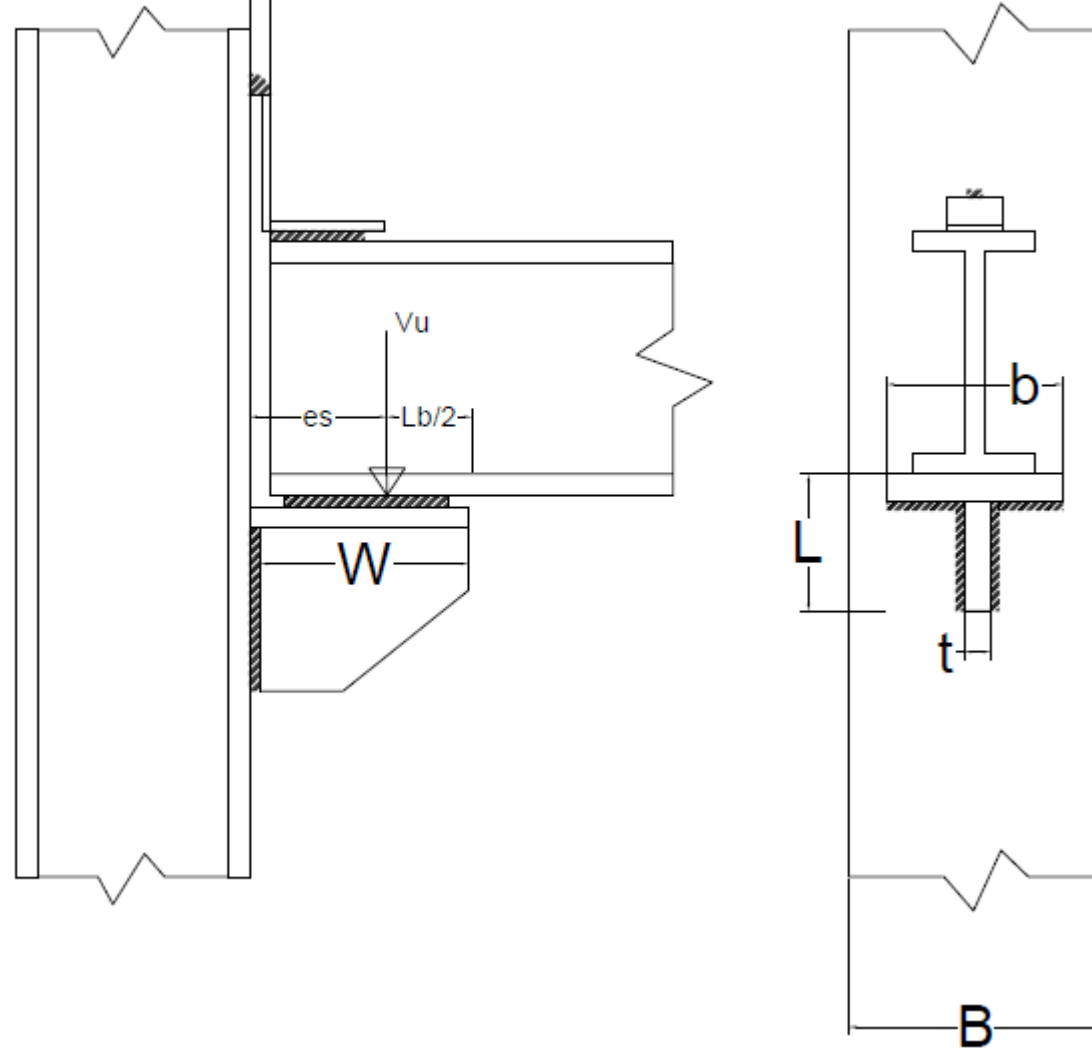
طراحی بعد جوش مانند اتصال قبل انجام میشود با این تفاوت که مقدار  $ef$  از رابطه ی زیر محاسبه میگردد:

$$ef = \frac{Lb}{2} - \text{شماره نبشی}$$



## ۱-۱-۱-۴- اتصال تیر به ستون مفصلی جوشی با ورق نشیمن و سخت کننده دوزنقه ای

فاصله اجرایی



ابتدا باید مقدار  $L_b$  را که در حقیقت طول بلوک تنشی میباشد را محاسبه کنیم.

$$L_b = \max (L_{b1} \ \& \ L_{b2}) > K$$

$$L_{b1} = \frac{V_u}{F_y * t_w} - 2.5k$$

$$L_{b2} = \begin{cases} \frac{d}{3} \left( \frac{V_u}{0.3t_w^2} \sqrt{\frac{t_w}{E * F_y * t_f}} - 1 \right) * \left( \frac{t_f}{t_w} \right)^{1.5} & \text{If } L_{b2} < 0.2d \\ \frac{d}{4} \left( \left( \frac{V_u}{0.3t_w^2} \sqrt{\frac{t_w}{E * F_y * t_f}} - 1 \right) * \left( \frac{t_f}{t_w} \right)^{1.5} + 0.2 \right) & \text{If } L_{b2} > 0.2d \end{cases}$$

در روابط بالا:

$t_w$  = ضخامت جان تیر

$$k = \frac{\text{ارتفاع تیر} - (h - 2c)}{2}$$

$k$  = فاصله از سطح خارج بال تا انتهای ماهیچه تیر

$d$  = ارتفاع تیر

$t_f$  = ضخامت بال تیر

\*نکته مهم: در هر صورت  $L_b$  نباید از  $k$  کمتر منظور شود.

محاسبه ی ابعاد ورق نشیمن:

$$b = \max(2 \text{ سانتیمتر} + \text{عرض بال تیر} \text{ \& } 0.4L + t) < B - 2 \text{ سانتیمتر}$$

$$W = Lb + \text{فاصله اجرایی}$$

بهرتر است به ضخامت بال تیر و ضخامت سخت کننده نزدیک باشد = ضخامت ورق نشیمن

محاسبه ابعاد سخت کننده:

$$W = \text{طول سخت کننده}$$

$$t = \max(t1 \text{ \& } t2 \text{ \& } t3) = \text{ضخامت سخت کننده}$$

$$t1 = \text{ضخامت جان تیر}$$

$$t2 = \frac{w}{0.56 \sqrt{\frac{E}{Fy}}}$$

$$t3 = \frac{Vu * (6es - 2w)}{0.75(1.8Fy)w^2}$$

$$es = w - \frac{Lb}{2}$$

برای محاسبه ی ارتفاع سخت کننده ابتدا طول جوش لازم برای اتصال سخت کننده به ستون را محاسبه میکنیم و بر اساس آن ارتفاع سخت کننده را برداشت میکنیم.

$$Fr = \frac{Vu}{2.4L^2} \sqrt{L^2 + 16 * es}$$

$$Fr = 0.75 * B * 0.6 * Fu * 0.700 * a$$

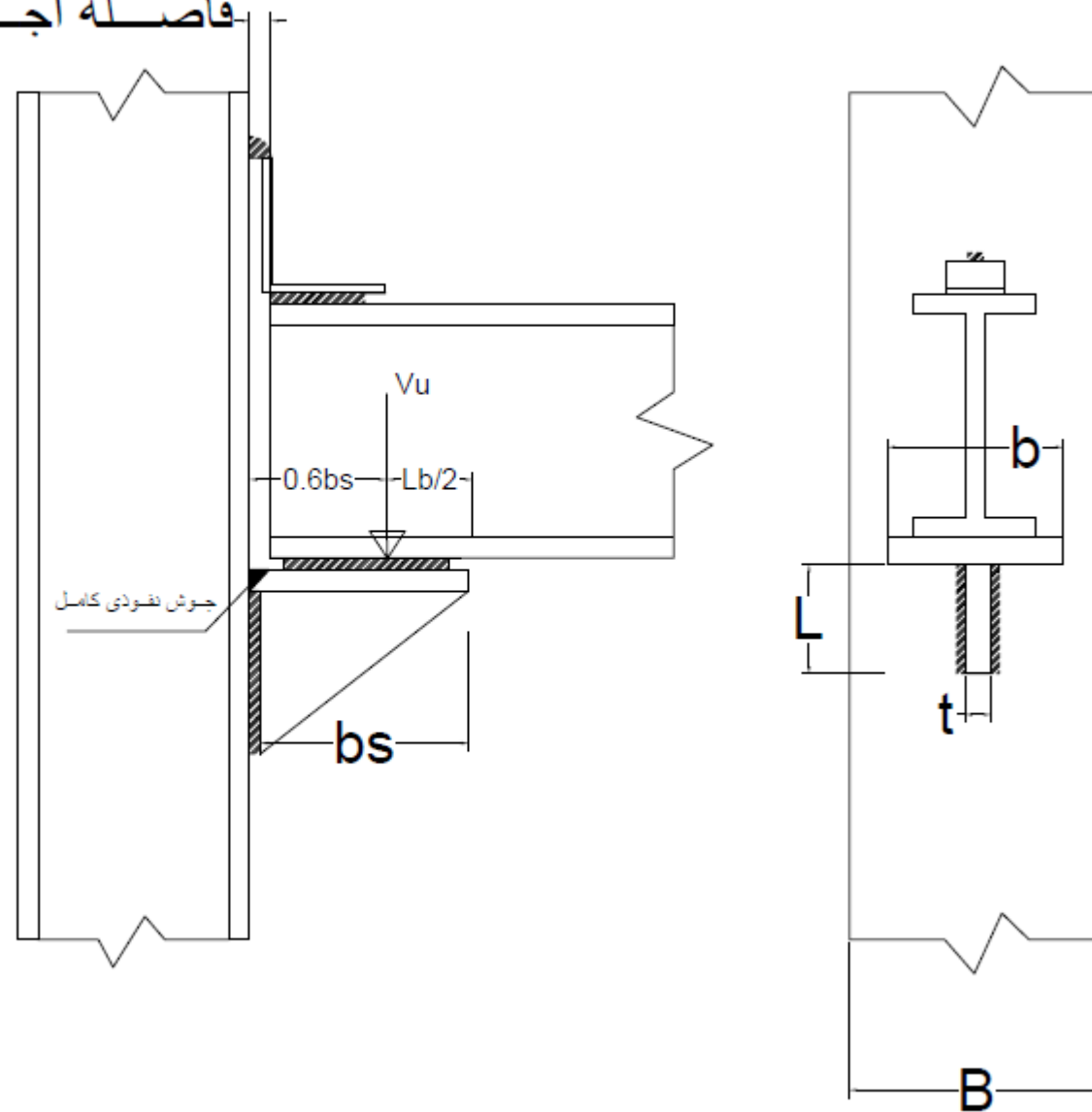
در معادله بالا منظور از a بعد جوش میباشد که با فرض کردن آن میتوان مقدار L را محاسبه کرد یا برعکس.

در رابطه اخیر منظور از Fu تنش طراحی الکتروود مورد استفاده میباشد.

در مورد جوش تیر به ورق نشیمن باید گفت که یک جوش حداقلی است و نیازی به طراحی ندارد.

## ۱-۱-۱-۵- اتصال تیر به ستون مفصلی جوشی با ورق نشیمن و سخت کننده مثلثی

فاصله اجرایی





ابتدا باید مقدار  $L_b$  را که در حقیقت طول بلوک تنشی میباشد را محاسبه کنیم.

$$L_b = \max (L_{b1} \ \& \ L_{b2}) > K$$

$$L_{b1} = \frac{V_u}{F_y * t_w} - 2.5k$$

$$L_{b2} = \begin{cases} \frac{d}{3} \left( \frac{V_u}{0.3t_w^2} \sqrt{\frac{t_w}{E * F_y * t_f}} - 1 \right) * \left( \frac{t_f}{t_w} \right)^{1.5} & \text{If } L_{b2} < 0.2d \\ \frac{d}{4} \left( \left( \frac{V_u}{0.3t_w^2} \sqrt{\frac{t_w}{E * F_y * t_f}} - 1 \right) * \left( \frac{t_f}{t_w} \right)^{1.5} + 0.2 \right) & \text{If } L_{b2} > 0.2d \end{cases}$$

در روابط بالا:

$t_w$  = ضخامت جان تیر

$$k = \frac{ارتفاع \ تیر - (h - 2c)}{2}$$

$k$  = فاصله از سطح خارج بال تا انتهای ماهیچه تیر

$d$  = ارتفاع تیر

$t_f$  = ضخامت بال تیر

\*نکته مهم: در هر صورت  $L_b$  نباید از  $k$  کمتر منظور شود.

محاسبه ی ابعاد ورق نشیمن:

۲سانتیمتر - B < ۲سانتیمتر + عرض بال تیر = b = عرض ورق نشیمن

طول ورق نشیمن = bs = max(Lb + فاصله اجرایی & 1.25\*Lb & 10cm)

بهتر است به ضخامت بال تیر و ضخامت سخت کننده نزدیک باشد = ضخامت ورق نشیمن

محاسبه ابعاد سخت کننده:

طول سخت کننده = bs

برای محاسبه ی ضخامت سخت کننده ابتدا باید یک ارتفاع را برای سخت کننده L حدس بزنیم و سپس داریم:

$$t = \max(t_1 \& t_2 \& t_3)$$

در رابطه های روبرو n برابر با تعداد سخت کننده

ها میباشد و Z نسبت تنش متوسط به تنش

حداکثر میباشد که از رابطه زیر حاصل میشود:

$$Z = 1.39 - 2.2\left(\frac{bs}{l}\right) + 1.27\left(\frac{bs}{L}\right)^2 - 0.25\left(\frac{bs}{L}\right)^3$$

$$\text{If } 0.5 < \frac{bs}{L} < 1 : ts_1 > \frac{bs}{1.49 \sqrt{\frac{E}{Fy}}}$$

$$\text{If } 1 < \frac{bs}{L} < 2 : ts_1 > \frac{L}{1.49 \sqrt{\frac{E}{Fy}}}$$

$$ts_2 > \frac{1.6 * Vu}{1.35 * Fy * n * bs}$$

$$ts_3 > \frac{Vu}{0.9 * Fy * n * z * bs}$$

حال با معلوم بودن ارتفاع سخت کننده میتوان بعد جوش اتصال سخت کننده به ستون را محاسبه کرد.

$$M_u = 0.6 * V_u * b_s$$

$$F_y = \frac{V_u}{2L}$$

$$F_x = \frac{3 * M_u}{L^2}$$

$$F_r = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$\text{بعد جوش} = \frac{F_r}{0.75 * B * 0.6 * F_u * 0.707}$$

## ۱-۱-۲- اتصال تیر به ستون مفصلی پیچی

برای طراحی اتصالات پیچی باید محدودیت های زیر را در نظر داشت:

۱- فاصله ی مرکز به مرکز سوراخ ها باید حداقل از سه برابر قطر اسمی پیچ بزرگتر شود.

۲- فاصله ی مرکز به مرکز سوراخ ها باید از مقادیر زیر کمتر اختیار شود:

الف) شرایط جوی کم و متوسط: ۲۴ برابر ضخامت قطعه نازکتر و ۳۰۰ میلیمتر

ب) شرایط جوی شدید: ۱۴ برابر ضخامت قطعه نازکتر و ۲۰۰ میلیمتر

۳- فاصله مرکز سوراخ تا لبه ی قطعه باید از مقادیر زیر بزرگتر اختیار شود:

الف) برای لبه ی بریده شده با قیچی این مقدار ۲ برابر قطر اسمی پیچ میباشد

ب) برای لبه های نورد شده یا بریده شده با سایر ابزار این مقدار ۱.۷۵ برابر قطر اسمی پیچ میباشد.

۴- فاصله ی مرکز سوراخ تا لبه ی قطعه باید از مقادیر زیر کمتر اختیار شود:

الف) شرایط جوی کم و متوسط: ۱۲ برابر ضخامت قطعه نازکتر و ۱۵۰۰ میلیمتر

ب) شرایط جوی شدید: ۸ برابر ضخامت قطعه نازکتر و ۱۲۵ میلیمتر

برای سوراخ های بزرگ شده این مقدار به علاوه  
میلیمتر ۳، برای سوراخ های لوبیایی کوتاه به  
علاوه ۵ میلیمتر و برای سوراخ های لوبیایی بلند  
به علاوه ۰.۷۵ قطر اسمی پیچ میشود.

همچنین برای طراحی اتصالات پیچی باید ابعاد محاسباتی سوراخ ها را از جدول زیر برداشت کرد:

| ابعاد اسمی سوراخ (mm) |                |          |           | قطر اسمی پیچ (mm) |
|-----------------------|----------------|----------|-----------|-------------------|
| لوبیایی بلند          | لوبیایی کوتاه  | بزرگ شده | استاندارد |                   |
| ۴۰*۱۸                 | ۲۲*۱۸          | ۲۰       | ۱۸        | ۱۶                |
| ۵۰*۲۲                 | ۲۶*۲۲          | ۲۴       | ۲۲        | ۲۰                |
| ۵۵*۲۴                 | ۳۰*۲۴          | ۲۸       | ۲۴        | ۲۲                |
| ۶۰*۲۷                 | ۳۲*۲۷          | ۳۰       | ۲۷        | ۲۴                |
| ۶۷*۳۰                 | ۳۷*۳۰          | ۳۵       | ۳۰        | ۲۷                |
| ۷۵*۳۳                 | ۴۰*۳۳          | ۳۸       | ۳۳        | ۳۰                |
| $(d+3)*2.5d$          | $(d+3)*(d+10)$ | $D+8$    | $D+3$     | $۳۶<$             |

قطر اسمی سوراخ = dh

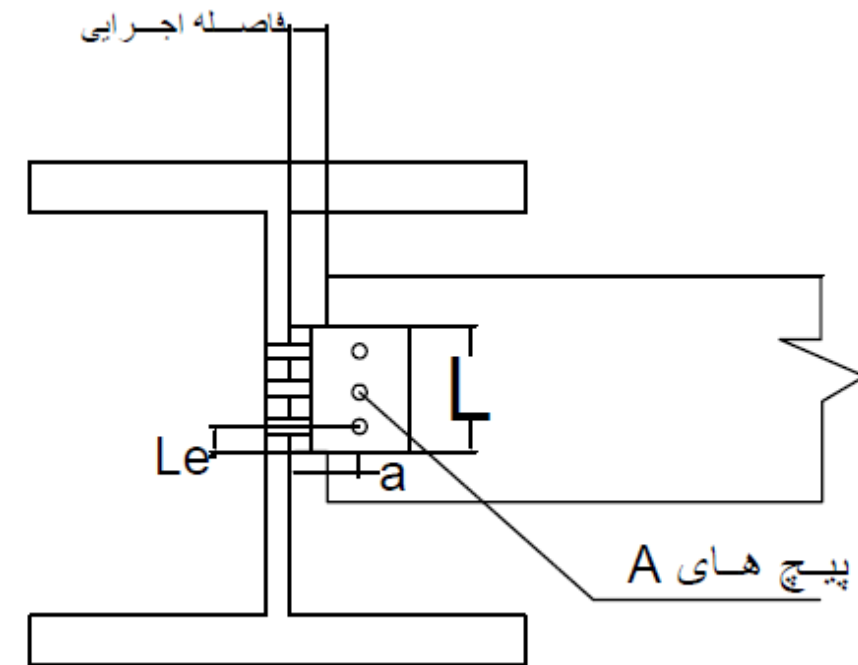
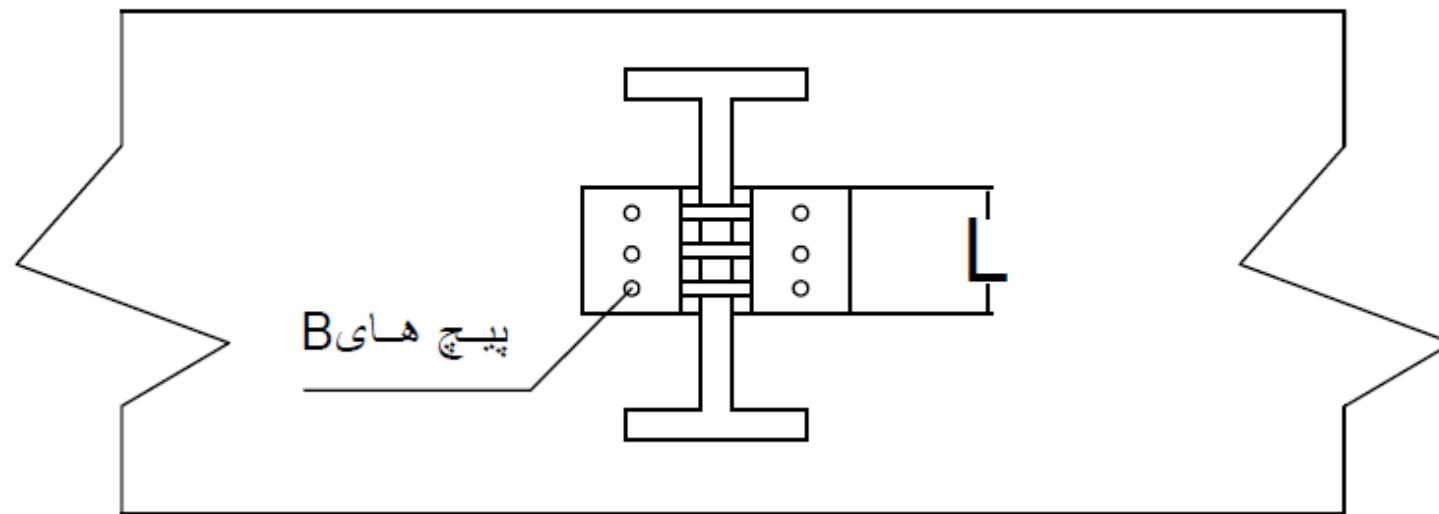
قطر محاسباتی سوراخ = dn = dh + 2cm

تنش تسلیم و تنش نهایی پیچ های مختلف به شرح زیر میباشد:

| Fu (Mpa) | Fy (Mpa) | نوع پیچ        |
|----------|----------|----------------|
| 400      | 240      | A307           |
| 800      | -        | A325<br>D<24mm |
| 725      | -        | A325<br>D>24mm |
| 1000     | -        | A490           |

## ۱-۱-۲-۱- اتصال تیر به ستون مفصلی پیچی با جفت نبشی جان

از این اتصال معمولاً برای اتصال تیر به تیر استفاده میشود و به دلیل سختی اجرا معمولاً برای اتصال تیر به ستون از آن استفاده نمیگردد اما تمام فرمول هایی که در این بخش ارائه خواهد شد برای هر دو اتصال کاربرد دارد. (شکل زیر برای حالت اتصال تیر به تیر تهیه شده است).



در ابتدا باید با توجه به محدودیت های اجرایی محل اتصال و مشخصات مقاطع متصل شونده یک سایز نبشی را به عنوان حدس اولیه انتخاب کرد و سپس با توجه به ابعاد نبشی تعداد پیچ ها را با توجه به محدودیت های آیین نامه ای انتخاب کرد و یک شماره از پیچ ها را به عنوان حدس اولیه در نظر گرفت.

ارتفاع آزاد تیر  $L <$  ارتفاع نبشی

حال با مشخص بودن تعداد و شماره ی پیچ ها و همچنین ابعاد نبشی داریم:

$d$  = قطر اسمی پیچ

$d_h$  = قطر اسمی سوراخ

$d_n$  = قطر محاسباتی سوراخ  $= d_h + 2\text{cm}$

$A_g = (L * t) * 2$  : عدد دو به خاطر وجود دو عدد نبشی در دو طرف جان میباشد

$A_n = A_g - (2 * n * (d_n * t))$  : در این رابطه منظور از  $n$  تعداد پیچ های  $A$  میباشد

در دو رابطه ی اخیر منظور از  $t$  ضخامت نبشی میباشد.



کنترل حالت حدی تسلیم برشی نبشی:

$$V_u < 1 * 0.6 * F_y * A_g$$

مصالح نبشی

کنترل حالت حدی گسیختگی برشی:

$$V_u < 0.75 * 0.6 * F_u * A_n$$

مصالح نبشی

در صورتی که کنترل های فوق جوابگو نباشد باید در ابعاد نبشی تجدید نظر کرد.

بعد از کنترل نبشی به کنترل پیچ های A میپردازیم با فرض اینکه مقدار a از ۷۵ میلیمتر کمتر است:

$$A_b = \frac{\pi d^2}{4}$$

مصالح پیچ

$$F_{nv} = 0.45 * F_u$$

$$R_n = n * (0.75 * A_b * F_{nv})$$

مخرج ۲ به خاطر آنست که پیچ های A تحت اثر برش دو طرفه قرار دارند :  $\frac{V_u}{2} < R_n$

برای پیچ های B از مشخصات پیچ های A استفاده میشود و نیازی به طراحی و کنترل ندارند.

کنترل لهیدگی در جدار سوراخ ها:

مصالح تیر

$$R_n = 0.75 * 2.4 * d * t_w * F_u$$

$$\frac{Vu}{2} < R_n$$

در رابطه ی اخیر منظور از  $t_w$  ضخامت جان تیر میباشد.

کنترل پارگی در محل سوراخ های کناری:

مصالح نبشی

$$L_c = L_e - \frac{dh}{2}$$

$$R_n = 2 * (0.75 * 1.2 * L_c * t * F_u)$$

ضخامت نبشی

$$\frac{Vu}{2} < R_n$$

کنترل گسیختگی قالبی در نبشی ها:

$$A_{gv} = (L - L_e) * t$$

$$A_{nv} = (L - (L_e + n * d_n)) * t$$

$$A_{nt} = (a - \text{شماره نبشی}) * t$$

ذکر این نکته ضروریست که برای محاسبه مقادیر  $L_e$  و  $a$  از روی شکل قطر محاسباتی سوراخ باید در نظر گرفته شود.

$$R_1 = 0.6 * F_y * A_{gv}$$

$$R_2 = 0.6 * F_u * A_{nv}$$

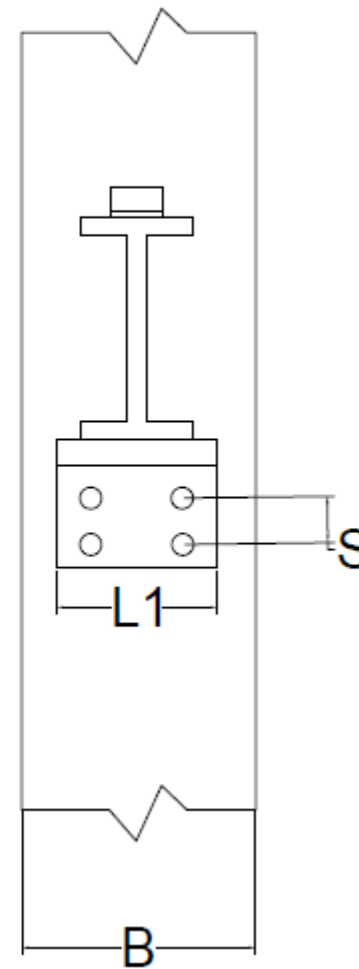
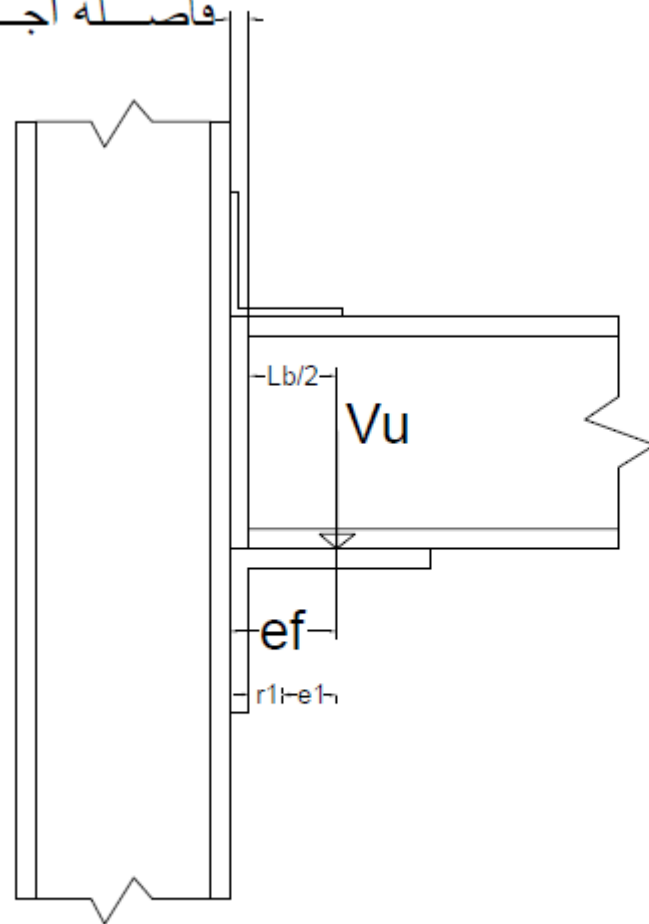
$$R_3 = 1 * F_u * A_{nt}$$

$$R_n = 0.75 * (\min(R_1 \& R_2) + R_3)$$

$$\frac{V_u}{2} < R_n$$

## ۱-۱-۲-۲- اتصال تیر به ستون مفصلی پیچی با نبشی نشیمن بدون سخت کننده

فاصله اجرایی



ابتدا باید مقدار  $L_b$  را که در حقیقت طول بلوک تنشی میباشد را محاسبه کنیم.

$$L_b = \max (L_{b1} \ \& \ L_{b2}) > K$$

$$L_{b1} = \frac{V_u}{F_y * t_w} - 2.5k$$

$$L_{b2} = \begin{cases} \frac{d}{3} \left( \frac{V_u}{0.3t_w^2} \sqrt{\frac{t_w}{E * F_y * t_f}} - 1 \right) * \left( \frac{t_f}{t_w} \right)^{1.5} & \text{If } L_{b2} < 0.2d \\ \frac{d}{4} \left( \left( \frac{V_u}{0.3t_w^2} \sqrt{\frac{t_w}{E * F_y * t_f}} - 1 \right) * \left( \frac{t_f}{t_w} \right)^{1.5} + 0.2 \right) & \text{If } L_{b2} > 0.2d \end{cases}$$

در روابط بالا:

$t_w$  = ضخامت جان تیر

$$k = \frac{\text{ارتفاع تیر} - (h - 2c)}{2}$$

$k$  = فاصله از سطح خارج بال تا انتهای ماهیچه تیر

$d$  = ارتفاع تیر

$t_f$  = ضخامت بال تیر

\*نکته مهم: در هر صورت  $L_b$  نباید از  $k$  کمتر منظور شود.

حال با داشتن مقدار  $L_b$  میتوان به عنوان یک حدس اولیه شماره ی نبشی و به طبع آن تعداد و قطر پیچ ها را با توجه به محدودیت ها در نظر گرفت :

ذکر این نکته ضروریست که پیچ هایی که قرار است بال تحتانی تیر را به نبشی وصل کنند نیازی به طراحی ندارند و در این مرحله منظور از طراحی و کنترل پیچ ها، پیچ های متصل کننده ی نبشی به ستون میباشد:

فاصله اجرایی  $L_b + >$  شماره نبشی

$B - 2cm > L1 >$  عرض بال تیر  $+2cm$

حال به کنترل خمش و برش نبشی میپردازیم:

ضخامت نبشی

$$e_f = \text{فاصله اجرایی} + \frac{L_b}{2}$$



جدول اشتایل }  $e_1 = e_f - t - r_1 =$  مقطع بحرانی خمش نبشی

کنترل برش:

$$R_n = 1 * 0.6 * F_y * L_1 * t$$

$$V_u < R_n$$

کنترل خمش:

$$M_n = 0.9 * \frac{L_1 * t^2}{4} * F_y$$

$$M_u = V_u * e_1$$

$$M_u < M_n$$

بعد از کنترل نبشی حال به کنترل پیچ ها میپردازیم:

$$R_v = \frac{V_u}{n}$$

$$M_u = V_u * e_f$$

$$R_t = \frac{M_u}{n_1 * s}$$

در روابط روبرو منظور از n تعداد کل پیچ ها میباشد و منظور از n1 تعداد پیچ های موجود در هر ردیف است

$$F_{uv} = \frac{RV}{Ab}$$

$$F_{ut} = \frac{Rt}{Ab}$$

مصالخ پیچ

$$f_{nv} = 0.45 * F_u$$

مصالخ پیچ

$$f_{nt} = 0.75 * F_u$$

$$F_{nt} = f_{nt} * \left(1.3 - \frac{F_{uv}}{0.75 * f_{nv}}\right) < f_{nt}$$

$$F_{nv} = f_{nv} * \left(1.3 - \frac{F_{ut}}{0.75 * f_{nt}}\right) < f_{nt}$$

سطح مقطع اسمی پیچ

$$R_{nt} = F_{nt} * A_b$$

$$R_{nv} = F_{nv} * A_b$$

$$R_t > 0.75 * R_{nt}$$

$$R_v > 0.75 * R_{nv}$$



کنترل لهیدگی در جدار سوراخ ها:

$$R_n = 0.75 * 2.4 * d * t * F_u$$

مصالح نبشی

ضخامت نبشی

$$R_v < R_n$$

کنترل پارگی در محل سوراخ های کناری:

$$L_c = S - d_h$$
$$R_n = 1.2 * 0.75 * L_c * t * F_u$$

مصالح نبشی

ضخامت نبشی

$$R_v < R_n$$

## ۱-۲- اتصال تیر به ستون گیردار

- (۱) کلیه اتصالات باید به صورت صلب (گیردار کامل) در نظر گرفته شوند.
- (۲) کلیه جوش های بکار رفته در اتصالات باید از طریق آزمایش های غیر مخرب نظیر رادیوگرافی و اولتراسونیک (فراصوتی) تأیید شوند.
- (۳) در کلیه اتصالات از پیش تأیید شده فاصله بین مفصل پلاستیک در داخل تیر تا بر ستون با علامت  $S_h$  نمایش داده می شود و برای انواع مختلف اتصالات مذکور بر اساس نتایج آزمایش، محل تشکیل مفصل پلاستیک در بخش های مربوطه ارائه شده است.
- (۴) در دو انتهای تیرهای ساخته شده از ورق، به فاصله  $(S_h+d)$  که در آن  $d$  عمق تیر است، اتصال جان به بال باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل با جوش گوشه تقویتی در هر دو طرف جان باشد. ضخامت جوش های گوشه تقویتی در هر طرف جان نباید از ۸ میلی متر کمتر در نظر گرفته شود. در مواردی که در بخش های مربوط به اتصالات گیردار از پیش تأیید شده در این خصوص الزام دیگری وضع شده باشد، تأمین این شرایط برای اتصال جان به بال تیر الزامی نیست.

(۶) در ستون‌های H شکل ساخته شده از ورق، در محل اتصال تیر به ستون به فاصله‌ای شامل عمق تیر بعلاوه ۳۰۰ میلی‌متر بالا و پایین بال‌های تیر، اتصال جان به بال‌های مقطع ستون باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل با جوش گوشه تقویتی در هر دو طرف جان باشد. ضخامت جوش‌های گوشه تقویتی در هر طرف جان نباید از ۸ میلی‌متر و ضخامت جان مقطع ستون کمتر در نظر گرفته شود.

(۷) در ستون‌های قوطی شکل ساخته شده از ورق، در محل اتصال تیر به ستون به فاصله‌ای شامل عمق تیر بعلاوه ۳۰۰ میلی‌متر بالا و پایین بال تیر، اتصال جان‌ها به بال‌های مقطع ستون، باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل باشد.

(۸) در ستون‌های ساخته شده از ورق با مقطع صلیبی شکل، در محل اتصال تیر به ستون به فاصله‌ای شامل عمق تیر بعلاوه ۳۰۰ میلی‌متر بالا و پایین بال تیر، اتصال جان‌ها به بال‌ها و جان دیگر باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل با جوش گوشه تقویتی در هر دو طرف جان باشد. ضخامت جوش‌های گوشه تقویتی در هر طرف جان نباید از ۸ میلی‌متر و ضخامت جان مقطع ستون کمتر در نظر گرفته شود.

## ۱-۲-۱- اتصال مستقیم تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)

در طراحی این اتصال باید موارد زیر را در نظر گرفت:

اتصال بال‌های تیر به بال ستون باید از طریق جوش نفوذی با نفوذ کامل صورت گیرد. برای این جوش رعایت ضابطه طراحی خاصی الزامی نیست.

اتصال جان تیر به بال ستون باید از طریق جوش نفوذی با نفوذ کامل صورت گیرد. در این حالت برای این جوش رعایت ضابطه طراحی خاصی الزامی نیست.

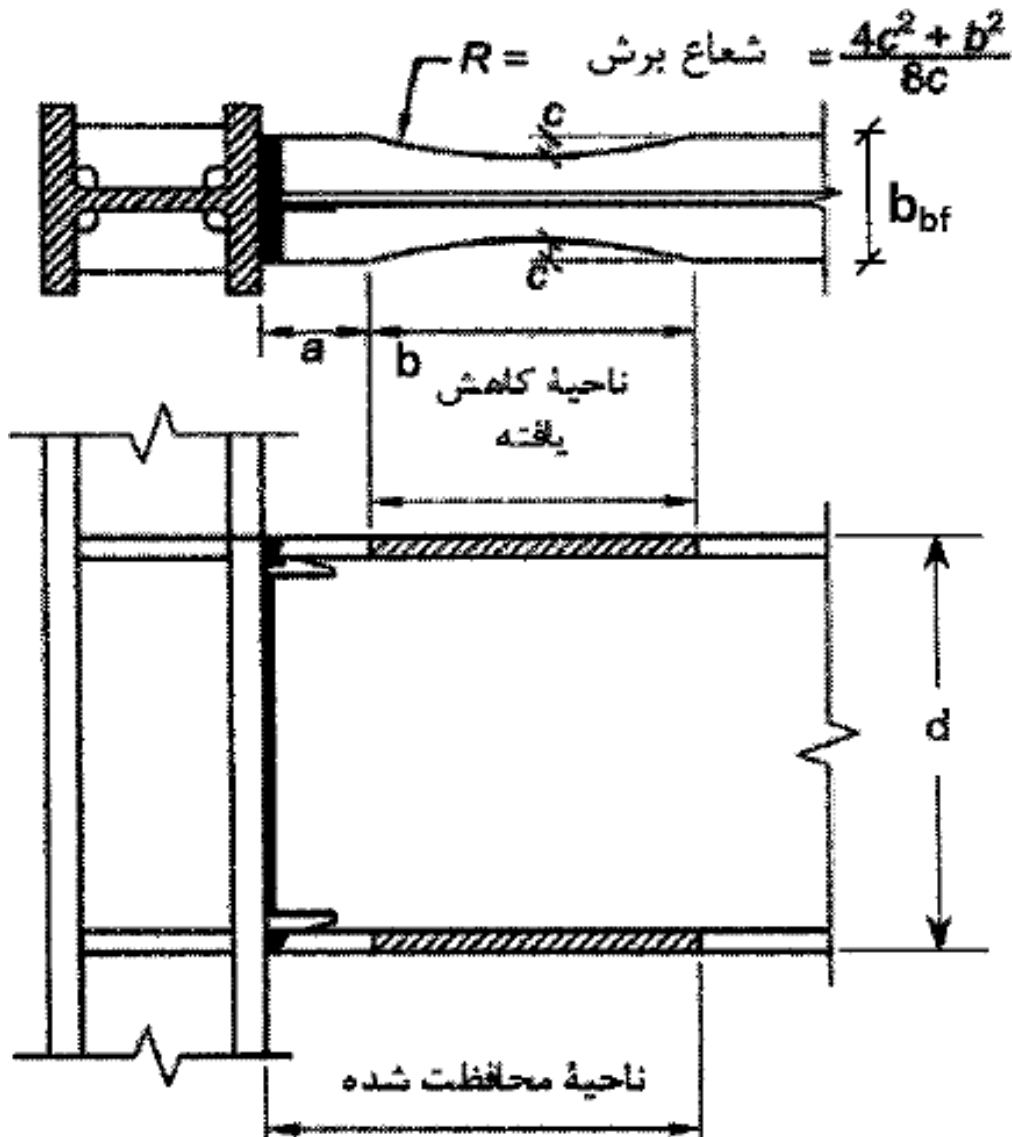
جرم واحد طول تیر نباید از ۴۵۰ کیلوگرم تجاوز نماید.

عمق مقطع تیر نباید از ۱۰۰۰ میلی‌متر تجاوز نماید.

ضخامت بال مقطع تیر نباید از ۵۰ میلی‌متر تجاوز نماید.

( عمق مقطع ستون‌های H شکل و صلیبی نباید از ۱۰۰۰ میلی‌متر و عمق پهنای مقطع ستون‌های قوطی شکل ساخته شده از ورق نباید از ۷۰۰ میلی‌متر تجاوز نماید.

( نسبت دهانه آزاد تیر به عمق مقطع آن نباید از ۷ در قاب‌های خمشی ویژه و از ۵ در قاب‌های خمشی متوسط کمتر در نظر گرفته شود.



ابتدا باید با توجه به موارد زیر مشخصات قسمت کاهش یافته را به عنوان حدس اولیه در نظر گرفت و در ادامه آنها را کنترل کرد.

$$R = (fc^2 + b^2) / \lambda c$$

$$0.5 b_{bf} \leq a \leq 0.75 b_{bf}$$

$$0.65 d \leq b \leq 0.85 d$$

$$0.1 b_{bf} \leq c \leq 0.25 b_{bf}$$

در ادامه باید اساس مقطع پلاستیک قسمت کاهش یافته را محاسبه کرد که البته برای این امر به اساس مقطع پلاستیک تیر اصلی نیازمندیم که میتوان آن را از نرم افزار ETABS برداشت کرد.

در رابطه ی بالا منظور از  $Z_b$  اساس مقطع پلاستیک تیر, منظور از  $t_{bf}$  ضخامت بال تیر و منظور از  $d$  ارتفاع کل تیر میباشد.

$$Z_r = Z_b - (2 * c * t_{bf} * (d - t_{bf}))$$

اساس مقطع پلاستیک کاهش یافته

$$1.1 < C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2 * F_y} < 1.2$$

لنگر پلاستیک مقطع تیر در قسمت کاهش یافته  $M_p = Z_r * F_y$

لنگر پلاستیک محتمل تیر در قسمت کاهش یافته  $M_{pr} = M_p * C_{pr} * R_y$

| $R_y$ | نوع محصول   |
|-------|---|
| ۱/۲۵  | مقاطع لوله ای و قوطی شکل نورد شده                                 |
| ۱/۳۰  | سایر مقاطع نورد شده شامل مقاطع I شکل، H شکل، ناودانی، نبشی و سپری |
| ۱/۱۵  | مقاطع ساخته شده از ورق، ورق ها و تسمه ها                          |



منظور از بار مرده و زنده در این رابطه بار انتقال یافته از سقف به اضافه ی بار موجود بر روی خود تیر میباشد لذا برای محاسبه مقدار فوق باید سطح بارگیر تیر مورد نظر مشخص باشد :  $Wu = 1.2$  (بار مرده) +  $1$  (بار زنده)

$$Lh = (2 * (a+b)) - \text{فاصله ی برتا بر ستون}$$

$$V_{pr} = \frac{2 * M_{pr}}{Lh} + \frac{Wu * Lh}{2}$$

$$Sh = a+b$$

$$Mu = M_{pr} + (v_{pr} * Sh) + \frac{Wu * Sh^2}{2}$$

$$Mn = Ry * Fy * Zb$$

$$Mu < Mn$$

کنترل مقاومت برشی:

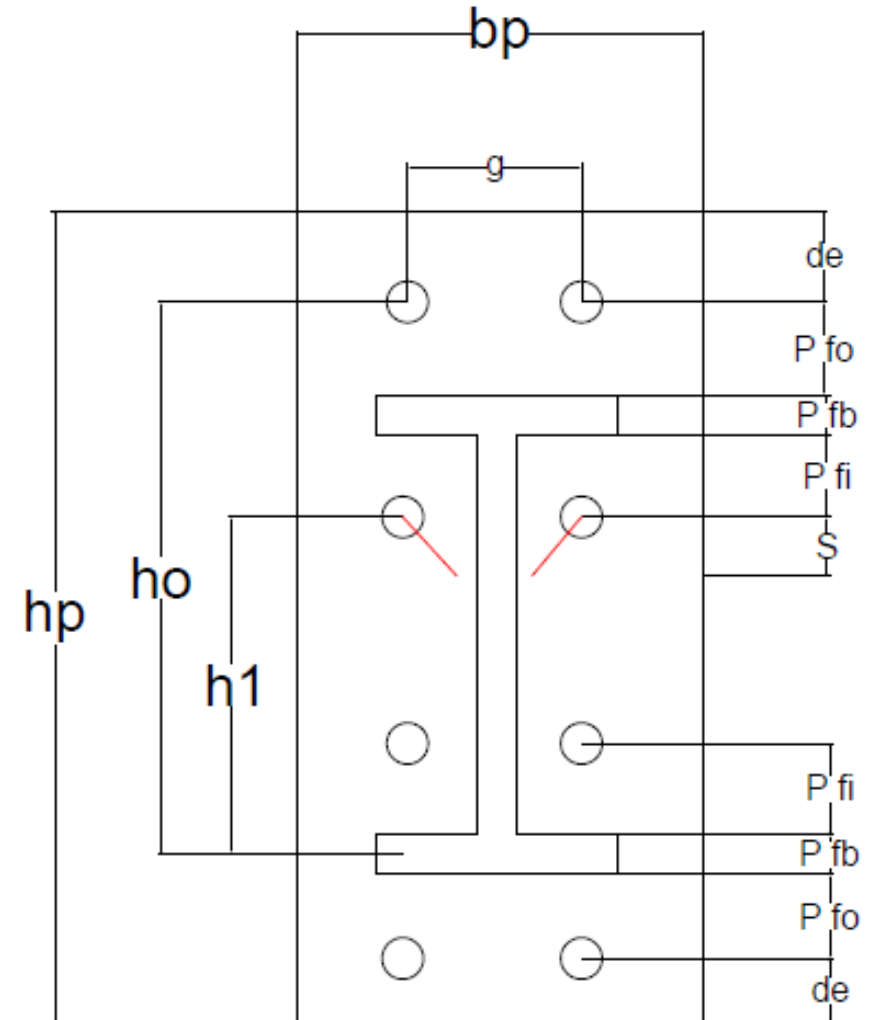
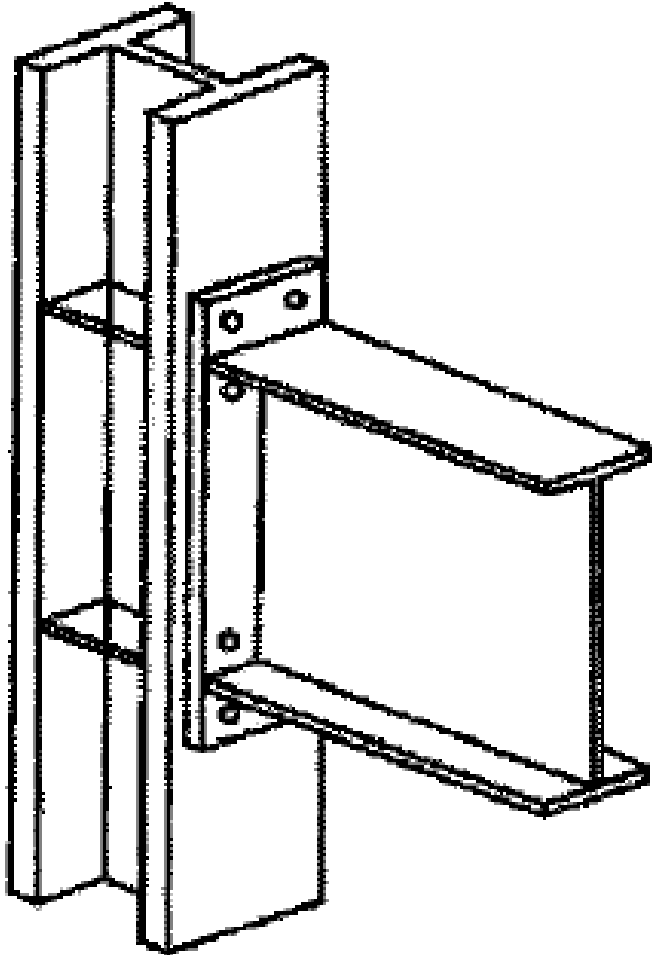
$$Vu = V_{pr} + (Wu * Sh)$$

$$Aw = d * t_{bw}$$

$$Vn = 0.9 * 0.6 * Fy * Aw * Cv$$

$$Vu < Vn$$

۱-۲-۲- اتصال فلنجی چهارپیچی بدون استفاده از ورق لچکی (BUEEP)





در طراحی این اتصال باید موارد زیر را در نظر داشت:

در دو انتهای تیر، تعبیه سوراخ‌های دسترسی برای انجام جوش نفوذی بال تیر به ورق انتهایی مجاز نمی‌باشد.

در قاب‌های خمشی با دال بتنی سازه‌ای، در فاصله  $1/5$  برابر عمق تیر از بر ستون، تعبیه برشگیر در روی بال فوقانی تیر مجاز نمی‌باشد. همچنین در فاصله حداقل برابر  $25$  میلی‌متر از طریق مصالح انعطاف‌پذیر (نظیر یونولیت) باید از اتصال دال بتنی به هر دو طرف هر دو بال ستون اجتناب شود.

پهنای ورق انتهایی نباید از بال تیر متصل شونده به آن کوچکتر در نظر گرفته شود. همچنین پهنای موثر ورق انتهایی نباید از بال تیر متصل شونده بعلاوه  $25$  میلی‌متر بزرگتر در نظر گرفته شود.

در دو انتهای تیرهای ساخته شده از ورق، به فاصله حداقل برابر کوچکترین دو مقدار عمق تیر و سه برابر پهنای بال تیر، اتصال جان به بال باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل یا جوش گوشه دو طرفه باشد. ضخامت جوش های گوشه دو طرفه نباید از  $0.75t_w$  (ضخامت جان مقطع تیر است) و ۶ میلی متر کمتر در نظر گرفته شود.

اتصال بال تیر به ورق انتهایی باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل بوده و در وجه داخلی بال تیر با جوش گوشه به ضخامت حداقل ۸ میلی متر تقویت گردد. برای این جوش رعایت ضابطه طراحی خاصی الزامی نیست.

اتصال جان تیر به ورق انتهایی باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل باشد. چنانچه ضخامت جان مقطع تیر کوچکتر یا مساوی ۱۰ میلی متر باشد، استفاده از جوش گوشه دو طرفه نیز مجاز است. ضخامت جوش های گوشه نباید از  $0.8 t_w$  و ۸ میلی متر کمتر در نظر گرفته شوند. برای اتصال جان تیر به ورق انتهایی غیر از الزامات این بند، رعایت ضابطه طراحی خاصی الزامی نیست. عمق مقطع ستون های با مقطع H شکل و صلیبی نباید از ۱۰۰۰ میلی متر تجاوز نماید.

منظور از ناحیه ی محافظت شده در این اتصال کوچکترین دو مقدار عمق تیر و سه برابر پهنای بال تیر میباشد که از بر ستون اندازه گیری میشود

در قابهای خمشی ویژه با دال بتنی سازه‌ای و دارای برشگیر فولادی مدفون در بتن در فاصله بین دو ناحیه محافظت شده تیر، عمق مقطع تیر نباید از ۷۰۰ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شود.

نسبت دهانه آزاد تیر به عمق مقطع آن نباید از ۷ در قابهای خمشی ویژه و از ۵ در قابهای خمشی متوسط کمتر در نظر گرفته شود.

| حداکثر<br>(mm) | حداقل<br>(mm) | پارامتر          |
|----------------|---------------|------------------|
| ۲۵             | ۱۰            | $t_{bf}$         |
| ۲۵۰            | ۱۵۰           | $b_{bf}$         |
| ۱۴۰۰           | ۳۴۰           | $d$              |
| ۶۰             | ۱۲            | $t_p$            |
| ۳۰۰            | ۱۸۰           | $b_p$            |
| ۱۶۰            | ۱۰۰           | $g$              |
| ۱۲۰            | ۳۵            | $p_{fi}, p_{fo}$ |

$b_{bf}$  = پهناى بال تیر

$b_p$  = پهناى ورق انتهایی

$d$  = عمق تیر متصل شونده به ورق انتهایی

$g$  = فاصله افقی بین دو ردیف قائم پیچ

$p_b$  = فاصله قائم بین دو ردیف پیچ در هر دو طرف بال تیر در اتصال فلنجی هشت پیچی

$p_{fi}$  = فاصله قائم بین نزدیکترین ردیف پیچ داخلی تا بر بال کششی تیر

$p_{fo}$  = فاصله قائم بین نزدیکترین ردیف پیچ بیرونی تا بر بال کششی تیر

$t_{bf}$  = ضخامت بال مقطع تیر

$t_p$  = ضخامت ورق انتهایی

در ابتدا باید با توجه به محدودیت ها ، ابعادی را برای پلایت انتهایی و محل پیچ ها در نظر گرفت سپس داریم:

$$bp = 2\text{cm} + \text{عرض بال تیر}$$

$$g = \frac{bp}{2}$$

در رابطه ی زیر منظور از Zb اساس مقطع پلاستیک تیر میباشد.

$$1.1 < Cpr = \frac{Fy + Fu}{2 * Fy} < 1.2$$

$$\text{لنگر پلاستیک مقطع تیر} = Mp = Zb * Fy$$

$$\text{لنگر پلاستیک محتمل تیر} = Mpr = Mp * Cpr * Ry$$

$$Sh = \min \left( \frac{\text{ارتفاع مقطع تیر}}{2} \text{ \& \text{سه برابر عرض بال تیر}} \right)$$

$$Lh = (2 * Sh) - \text{فاصله ی بر تا بر ستون}$$

$$Vpr = \frac{2 * Mpr}{Lh} + \frac{Wu * Lh}{2}$$

$$Mu = Mpr + (vpr * Sh) + \frac{Wu * Sh^2}{2}$$

$$Vu = Vpr + (Wu * Sh)$$

محاسبه قطر پیچ بر اساس لنگر:

مصالح پیچ

$$fnt = 0.75 * Fu$$

$$\text{قطر پیچ} = d > \sqrt{\frac{2 * Mu}{\pi * 0.75 * fnt * (ho + h1)}}$$

کنترل قطر پیچ انتخاب شده بر اساس برش:

مصالح پیچ

$$fnt = 0.45 * Fu$$

سطح مقطع اسمی پیچ

$$Vu < 0.9 * 4 * fnt * Ab$$

تعیین ضخامت ورق انتهایی:

$$S = \frac{1}{2} \sqrt{bp * g}$$

$$Yp = \frac{bp}{2} \left( h1 \left( \frac{1}{Pfi} + \frac{1}{S} \right) + ho \left( \frac{1}{Pfo} \right) - \frac{1}{2} \right) + \frac{2}{g} (h1(Pfi + s))$$

در این رابطه اگر مقدار Pfi از S بزرگتر باشد Pfi را برابر با S در نظر میگیریم.

$$\text{ضخامت ورق انتهایی} = tp = \sqrt{\frac{1.11 * Mu}{0.9 * Fy * Yp}}$$

کنترل تسلیم برشی در ورق انتهایی:

$$T_u = \frac{M_u}{\text{ضخامت بال تیر-ارنفاع کل تیر}}$$

وجود عدد ۲ به خاطر اینست که دو سطح برش در مقابل  $T_u$  مقاومت میکنند :

$$R_n = 0.9 * 2 * \underbrace{0.6 * F_y * b_p}_{\text{مصالح ورق}} * t_p$$

$$T_u < R_n$$

کنترل گسیختگی برشی در ورق انتهایی:

قطر محاسباتی سوراخ

$$\text{عرض موثر ورق} = b_{pn} = b_p - 2 * \underbrace{d_n}_{\text{قطر محاسباتی سوراخ}}$$

$$R_n = 2 * 0.6 * \underbrace{F_u}_{\text{مصالح ورق}} * b_{pn} * t_p$$

مصالح ورق

$$T_u < R_n$$

کنترل لهیدگی در جدار سوراخ ها:

$$R_{ni} = 2.4 * d * t * F_u$$

$$R_{no} = \min\left(1.2 * \left(d_e - \frac{dh}{2}\right) * t * F_u\right) \& (2.4 * d * t * F_u)$$

$$R_n = (0.75 * 2 * R_{ni}) + (0.75 * 2 * R_{no})$$

$$V_u < R_n$$

در روابط بالا منظور از  $t$  حداقل ضخامت بال ستون یا ورق انتهایی میباشد.

کنترل پارگی در حدفاصل سوراخ ها و حدفاصل سوراخ های پایینی تا لبه ی ورق:

$$L_{c1} = (p_{fo} + p_{fb} + p_{fi}) - dh$$

$$R_{n1} = 1.2 * L_{c1} * t_c * F_u$$

تکثیر ورق

$$L_{c2} = \min\left(\left(d_e - \frac{dh}{2}\right) \& ((p_{fo} + p_{fb} + p_{fi}) - dh)\right)$$

$$R_{n2} = 1.2 * L_{c2} * t_p * F_u$$

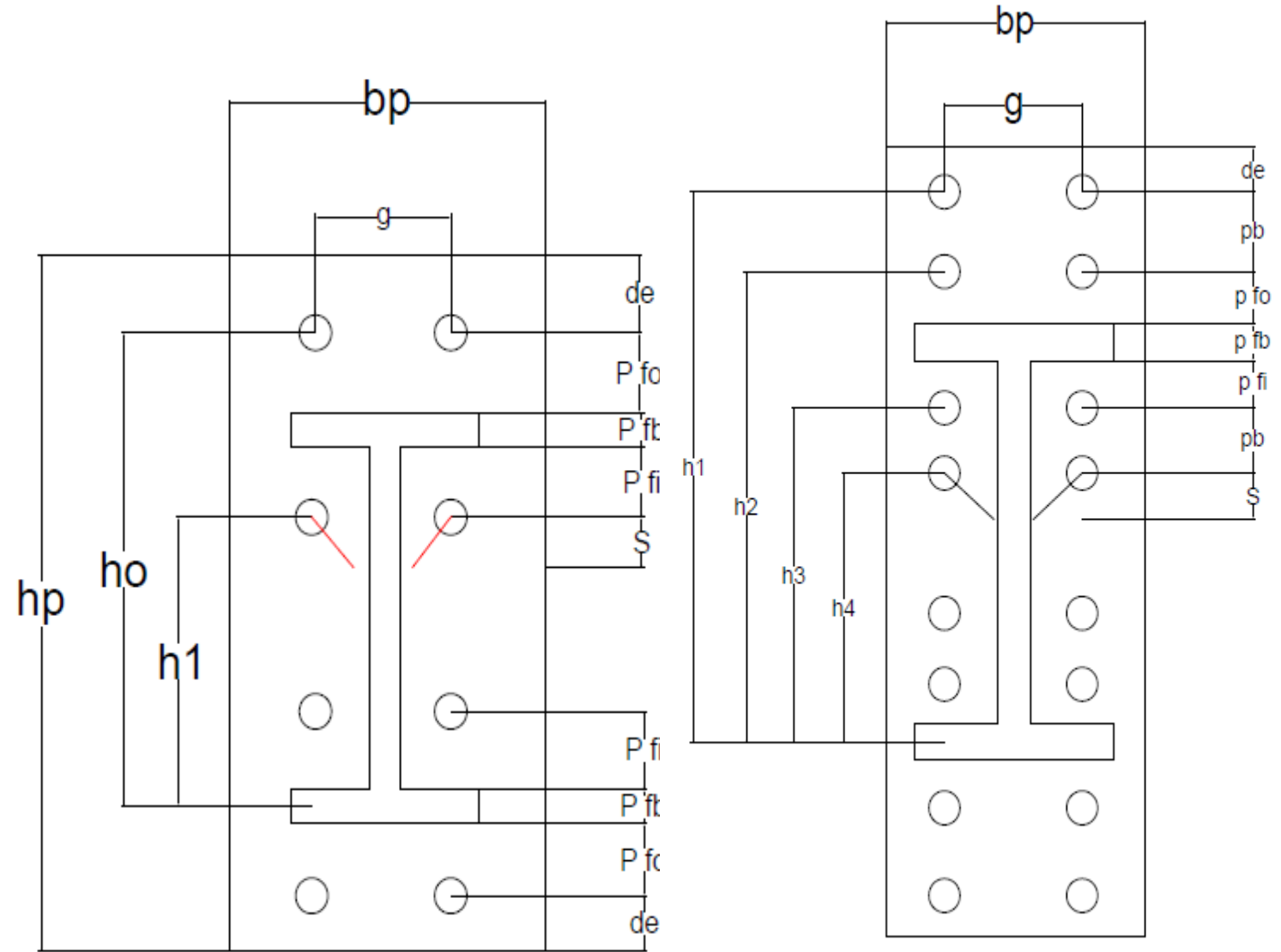
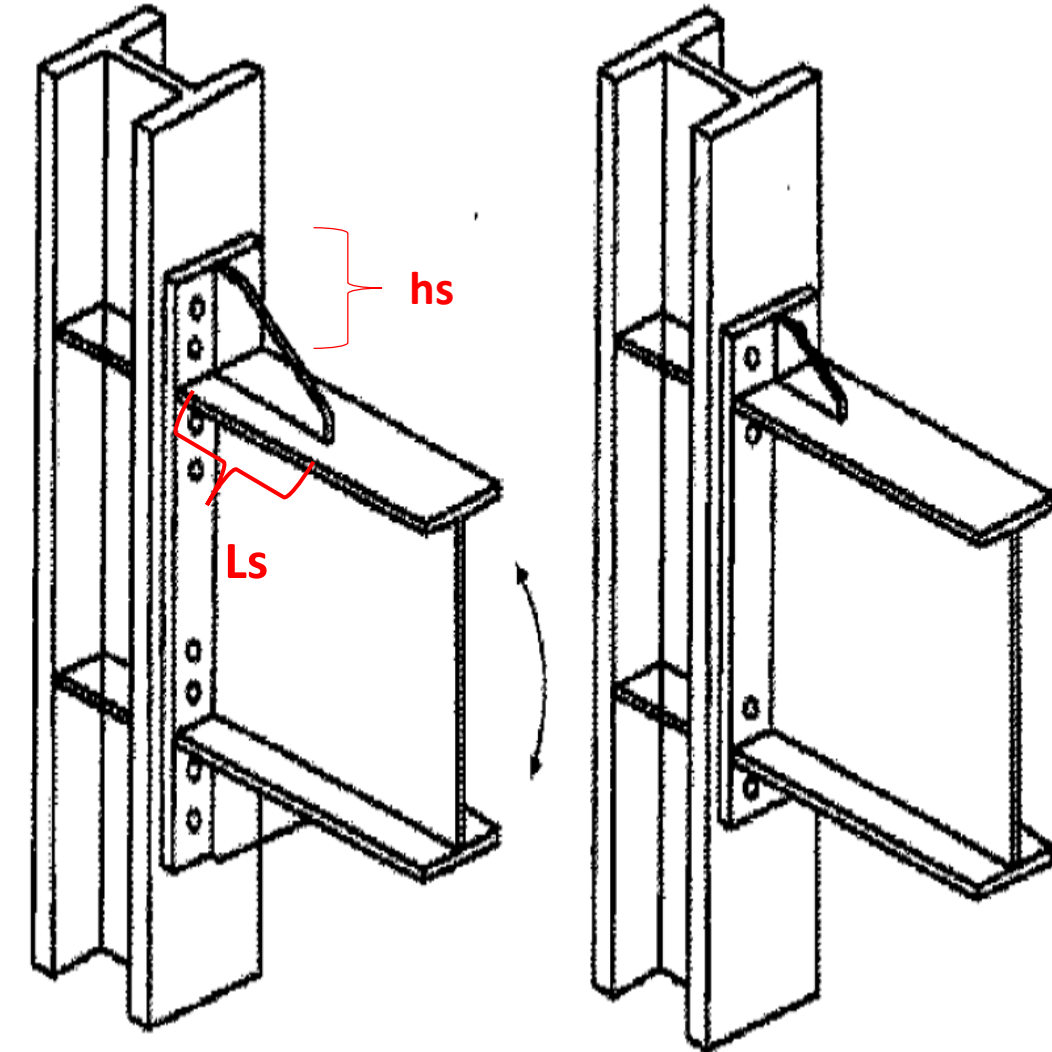
$$R_n = 0.75 \min ( R_{n1} \& R_{n2} )$$

$$R_v = \frac{V_u}{4}$$

$$R_v < R_n$$



۱-۲-۳- اتصال فلنجی چهار یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی (BSEEP)



رعایت تمام نکاتی که برای اتصال فلنجی چهار پیچی بدون سخت کننده ذکر شد برای این اتصال نیز باید رعایت گردد با این تفاوت که :

ورق‌های لچکی باید در امتداد جان تیر و در وسط ورق انتهایی تعبیه شوند. طول ورق‌های لچکی نباید از  $1/75h_{st}$  کوچکتر در نظر گرفته شود که در آن  $h_{st}$  ارتفاع لچکی‌ها در امتداد محور ستون می‌باشد. ورق‌های لچکی در روی بال تیر و نیز در انتهای ورق انتهایی باید حدوداً ۲۵ میلی‌متر برش عمودی داشته و سپس به صورت مورب بریده شوند. ضخامت ورق‌های لچکی نباید کمتر از ضخامت جان مقطع تیر در نظر گرفته شود. لچکی‌ها باید دارای شرایط  $h_{st}/t_s \leq 0.156\sqrt{E/F_y}$  نیز باشند.

اتصال لچکی‌ها (در صورت استفاده) به ورق انتهایی باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل باشد. چنانچه ضخامت لچکی‌ها کوچکتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر باشد، استفاده از جوش گوشه دو طرفه نیز مجاز است. ضخامت جوش‌های گوشه نباید از  $0.75 t_s$  ضخامت ورق لچکی (است) و ۶ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شود. برای اتصال لچکی‌ها به ورق انتهایی غیر از الزامات این بند، رعایت ضابطه طراحی خاصی الزامی نیست.

منظور از ناحیه ی محافظت شده در این اتصال طول لچکی به علاوه کوچکترین دو مقدار نصف عمق تیر و سه برابر عرض بال تیر میباشد که از بر ستون اندازه گیری میشود

| هشت پیچی    |            | چهار پیچی   |            | پارامتر          |
|-------------|------------|-------------|------------|------------------|
| حداکثر (mm) | حداقل (mm) | حداکثر (mm) | حداقل (mm) |                  |
| ۳۰          | ۱۵         | ۲۵          | ۱۰         | $t_{bf}$         |
| ۳۵۰         | ۲۰۰        | ۲۵۰         | ۱۵۰        | $b_{bf}$         |
| ۱۰۰۰        | ۴۴۰        | ۷۰۰         | ۳۴۰        | $d$              |
| ۷۰          | ۲۰         | ۵۰          | ۱۲         | $t_p$            |
| ۴۰۰         | ۲۴۰        | ۳۰۰         | ۱۸۰        | $b_p$            |
| ۲۰۰         | ۱۵۰        | ۱۶۰         | ۱۰۰        | $g$              |
| ۵۰          | ۴۰         | ۱۵۰         | ۵۰         | $p_{fi}, p_{fo}$ |
| ۱۰۰         | ۹۰         | -           | -          | $p_b$            |

$b_{bf}$  = پهناى بال تیر

$b_p$  = پهناى ورق انتهایی

$d$  = عمق تیر متصل شونده به ورق انتهایی

$g$  = فاصله افقی بین دو ردیف قائم پیچ

$p_b$  = فاصله قائم بین دو ردیف پیچ در هر دو طرف بال تیر در اتصال فلنجی هشت پیچی

$p_{fi}$  = فاصله قائم بین نزدیکترین ردیف پیچ داخلی تا بر بال کششی تیر

$p_{fo}$  = فاصله قائم بین نزدیکترین ردیف پیچ بیرونی تا بر بال کششی تیر

$t_{bf}$  = ضخامت بال مقطع تیر

$t_p$  = ضخامت ورق انتهایی

در ابتدا باید با توجه به محدودیت ها , ابعادی را برای پلایت انتهایی و محل پیچ ها در نظر گرفت سپس داریم:

$$b_p = 2\text{cm} + \text{عرض بال تیر}$$

$$g = \frac{b_p}{2}$$

در رابطه ی زیر منظور از  $Z_b$  اساس مقطع پلاستیک تیر میباشد.

$$1.1 < C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2 * F_y} < 1.2$$

$$M_p = Z_b * F_y = \text{لنگر پلاستیک مقطع تیر}$$

$$M_{pr} = M_p * C_{pr} * R_y = \text{لنگر پلاستیک محتمل تیر}$$

از آنجا در ابتدای طراحی طول ورق لچکی و ضخامت ورق انتهایی معلوم نیست باید آنها را فرض کرد و پس از پایان طراحی اگر مقدار بیشتری بدست آمد باید محاسبات تکرار شود :

$$Sh = \text{ضخامت ورق انتهایی} + \text{طول ورق لچکی}$$

$$L_h = (2 * Sh) - \text{فاصله ی بر تا بر ستون}$$

$$V_{pr} = \frac{2 * M_{pr}}{L_h} + \frac{W_u * L_h}{2}$$

$$M_u = M_{pr} + (v_{pr} * Sh) + \frac{W_u * Sh^2}{2}$$

$$V_u = V_{pr} + (W_u * Sh)$$

محاسبه قطر پیچ بر اساس لنگر:

$$f_{nt} = 0.75 * F_u$$

$$f_{nv} = 0.45 * F_u$$

قطر پیچ برای چهار پیچ =  $d > \sqrt{\frac{2 * M_u}{\pi * 0.75 * f_{nt} * (h_o + h_1)}}$

قطر پیچ برای هشت پیچ =  $d > \sqrt{\frac{2 * M_u}{\pi * 0.75 * f_{nt} * (h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}}$

برای چهار پیچ

برای هشت پیچ

کنترل قطر پیچ انتخاب شده بر اساس برش:

$V_u < 0.9 * 4 * f_{nv} * A_b$

$V_u < 0.9 * 8 * f_{nv} * A_b$

تعیین ضخامت ورق انتهایی:

$$S = \frac{1}{2} \sqrt{b_p * g}$$

$$Y_p = \frac{bp}{2} \left( h_1 \left( \frac{1}{P f_i} + \frac{1}{s} \right) + h_o \left( \frac{1}{P f_o} + \frac{1}{2s} \right) \right) + \frac{2}{g} (h_1(P f_i + s) + h_o (de + p f_o)) \quad : \quad de < s$$
$$Y_p = \frac{bp}{2} \left( h_1 \left( \frac{1}{P f_i} + \frac{1}{s} \right) + h_o \left( \frac{1}{s} + \frac{1}{p f_o} \right) \right) + \frac{2}{g} (h_1(P f_i + s) + h_o (s + p f_o)) \quad : \quad de > s$$

چهار پیچی

$$Y_p = \frac{bp}{2} \left( h_1 \left( \frac{1}{2de} \right) + h_2 \left( \frac{1}{P f_o} \right) + h_3 \left( \frac{1}{p f_i} \right) + h_4 \left( \frac{1}{s} \right) \right) + \frac{2}{g} \left( h_1 \left( de + \frac{pb}{4} \right) + h_2 \left( p f_o + \frac{3pb}{4} \right) + h_3 \left( p f_i + \frac{pb}{4} \right) + h_4 \left( s + \frac{3pb}{4} \right) + pb^2 \right) + g \quad : \quad de < s$$
$$Y_p = \frac{bp}{2} \left( h_1 \left( \frac{1}{s} \right) + h_2 \left( \frac{1}{P f_o} \right) + h_3 \left( \frac{1}{p f_i} \right) + h_4 \left( \frac{1}{s} \right) \right) + \frac{2}{g} \left( h_1 \left( s + \frac{pb}{4} \right) + h_2 \left( p f_o + \frac{3pb}{4} \right) + h_3 \left( p f_i + \frac{pb}{4} \right) + h_4 \left( s + \frac{3pb}{4} \right) + pb^2 \right) + g \quad : \quad de > s$$

هشت پیچی

$$ضخامت ورق انتهایی = t_p = \sqrt{\frac{1.11 * M_u}{0.9 * F_y * Y_p}}$$

در روابط بالا اگر مقدار P fi از S بزرگتر باشد P fi را برابر با S در نظر میگیریم.

کنترل لهیدگی در جدار سوراخ ها برای چهار پیچ :

$$R_{ni} = 2.4 * d * t * F_u$$

$$R_{no} = \min \left( \left( 1.2 * \left( d_e - \frac{dh}{2} \right) * t * F_u \right) \& \left( 2.4 * d * t * F_u \right) \right)$$

$$R_n = (0.75 * 2 * R_{ni}) + (0.75 * 2 * R_{no})$$

$$V_u < R_n$$

در روابط بالا منظور از  $t$  حداقل ضخامت بال ستون یا ورق انتهایی میباشد.

کنترل پارگی در حدفاصل سوراخ ها و حدفاصل سوراخ های پایینی تا لبه ی ورق برای چهار پیچ :

$$L_{c1} = (p_{fo} + p_{fb} + p_{fi}) - dh$$

$$R_{n1} = 1.2 * L_{c1} * t_c * F_u$$

$$L_{c2} = \min \left( \left( d_e - \frac{dh}{2} \right) \& \left( (p_{fo} + p_{fb} + p_{fi}) - dh \right) \right)$$

$$R_{n2} = 1.2 * L_{c2} * t_p * F_u$$

$$R_n = 0.75 \min ( R_{n1} \& R_{n2} )$$

$$R_v = \frac{V_u}{4} \quad R_v < R_n$$

کنترل لهیدگی در جدار سوراخ ها برای هشت پیچ:

$$R_{ni} = \min( (1.2 * (p_b - d_h) * t * f_u ) & (2.4 * d * t * F_u) )$$

$$R_{no} = \min( (1.2 * (d_e - \frac{d_h}{2}) * t * F_u) & (2.4 * d * t * F_u) )$$

$$R_n = (0.9 * 2 * R_{ni}) + (0.9 * 2 * R_{no})$$

$$V_u < R_n$$

در روابط بالا منظور از  $t$  حداقل ضخامت بال ستون یا ورق انتهایی میباشد.

$$L_{c1} = (p_b) - d_h$$

$$R_{n1} = 1.2 * L_{c1} * t_c * F_u$$

$$L_{c2} = \min( (d_e - \frac{d_h}{2}) & (p_b - d_h) )$$

$$R_{n2} = 1.2 * L_{c2} * t_p * F_u$$

کنترل پارگی در حدفاصل سوراخ ها و حدفاصل سوراخ های پایینی تا لبه ی ورق برای هشت پیچ :

$$R_n = 0.75 \min ( R_{n1} & R_{n2} )$$

$$R_v = \frac{V_u}{8} \quad R_v < R_n$$



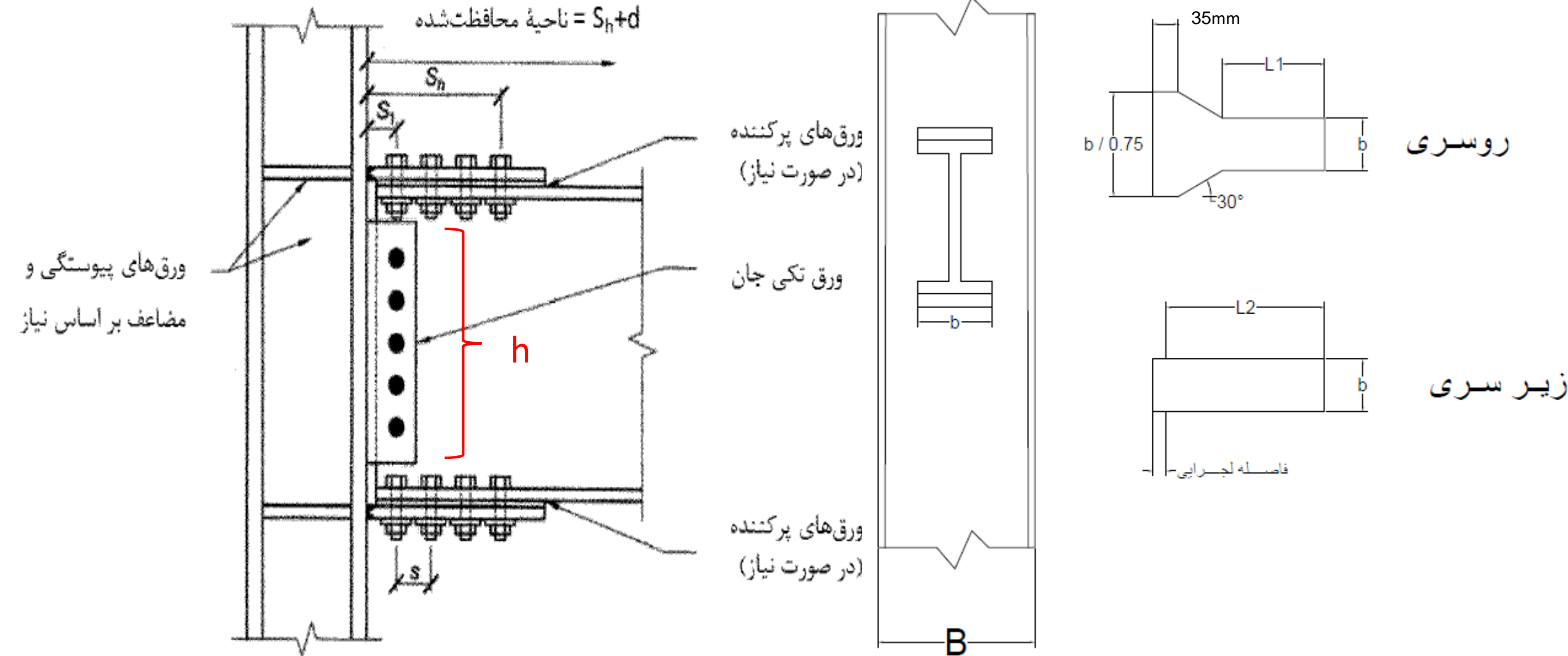
تعیین ابعاد سخت کننده :

منظور از  $tw$  ضخامت جان تیر و منظور از  $Fyb$  تنش تسلیم مصالح تیر و منظور از  $Fys$  تنش تسلیم مصالح سخت کننده میباشد. :  $ts = tw * \frac{Fyb}{Fys}$  = ضخامت سخت کننده

منظور از  $hs$  ارتفاع سخت کننده میباشد. :  $LS = \frac{hs}{\tan 30}$  = طول سخت کننده

کنترل کمانش سخت کننده :  $\frac{hs}{ts} < 0.56 * \sqrt{\frac{E}{Fy}}$

## ۱-۲-۴- اتصال پیچی به کمک ورق های روسری و زیرسری (BFP)



در طراحی این اتصال باید موارد زیر را در نظر داشت :

در دو انتهای تیر تعبیه سوراخ دسترسی برای انجام جوشکاری مجاز نمی باشد.

در دو انتهای تیر، ناحیه محافظت شده باید برابر فاصله از بر ستون تا دورترین ردیف پیچ در روی بال تیر نسبت به بر ستون به علاوه عمق تیر در نظر گرفته شود.

محل تشکیل مفصل پلاستیک ( $S_h$ ) در روی تیر باید در محل دورترین ردیف پیچ در روی بال تیر نسبت به بر ستون، در نظر گرفته شود.

۱۰-۳-۶، در دو انتهای تیر، تعبیه مهارجانبی در فاصله ای بین انتهای ناحیه محافظت شده تیر تا نصف عمق تیر بعد از آن الزامی است. در قاب های خمشی با دال بتنی سازه ای در صورتی که تیرها در فاصله بین دو ناحیه محافظت شده دارای برشگیرهای فولادی مدفون در بتن به فاصله حداکثر برابر ۳۰۰ میلی متر باشند، تعبیه مهارجانبی در محل های مذکور الزامی نیست.

در قاب‌های خمشی ویژه با دال بتنی سازه‌ای و دارای برشگیرهای فولادی مدفون در بتن، در فاصله حداقل برابر ۲۵ میلی‌متر از طریق مصالح انعطاف‌پذیر (نظیر یونولیت) باید از اتصال دال بتنی به هر دو طرف هر دو بال ستون جلوگیری به عمل آید.

استفاده از ورق‌های پرکننده به ضخامت مجموعاً ۶ میلی‌متر بین ورق‌های اتصال و بال تیر مجاز است.

اتصال ورق‌های روسری و زیرسری به بال ستون باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل و به بال‌های تیر از نوع پیچی با قطر پیچ حداکثر برابر ۲۷ میلی‌متر باشد. در صورت استفاده از تسمه پشت‌بند در پشت جوش نفوذی تسمه‌های پشت‌بند باید پس از انجام جوشکاری برداشته شوند.

اتصال ورق تکی جان به بال ستون باید از نوع نفوذی با نفوذ کامل یا جوش گوشه دو طرفه باشد. ضخامت جوش‌های گوشه در هر دو طرف نباید از  $0.18t_w$  (ضخامت ورق تکی جان) و ۸ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شود.

- اتصال ورق تکی جان به جان تیر باید از نوع پیچی و دارای سوراخ لوبیایی کوتاه افقی باشد.
- جرم واحد طول تیر نباید از ۲۵۰ کیلوگرم تجاوز نماید
- عمق مقطع تیر نباید از ۱۰۰۰ میلی متر تجاوز نماید.
- ضخامت بال مقطع تیر نباید از ۳۰ میلی متر تجاوز نماید.
- نسبت دهانه آزاد تیر به عمق مقطع آن نباید از ۹ در قاب های خمشی ویژه و از ۷ در قاب های خمشی متوسط کمتر در نظر گرفته شود.
- عمق مقطع ستون های H شکل و صلیبی در قاب های خمشی با دال بتنی سازه ای و دارای برشگیر فولادی مدفون در بتن نباید از ۱۰۰۰ میلی متر و در غیاب دال بتنی سازه ای از ۴۰۰ میلی متر تجاوز نماید. عمق و پهناي مقطع ستون های قوطی شکل ساخته شده از ورق نباید از ۷۰۰ میلی متر تجاوز نماید.

در رابطه ی زیر منظور از  $Z_b$  اساس مقطع پلاستیک تیر میباشد.

$$1.1 < C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2 * F_y} < 1.2$$

$$M_p = Z_b * F_y = \text{لنگر پلاستیک مقطع تیر}$$

$$M_{pr} = M_p * C_{pr} * R_y = \text{لنگر پلاستیک محتمل تیر}$$

از آنجا در ابتدای طراحی این مقدار معلوم نیست باید آن را فرض کرد و پس از پایان طراحی اگر مقدار متفاوتی بدست آمد باید محاسبات تکرار شود : فاصله ی مرکز دورترین ردیف پیچ از بر ستون  $Sh =$

$$L_h = (2 * Sh) - \text{فاصله ی بر تا بر ستون}$$

$$V_{pr} = \frac{2 * M_{pr}}{L_h} + \frac{W_u * L_h}{2}$$

$$M_u = M_{pr} + (v_{pr} * Sh) + \frac{W_u * Sh^2}{2}$$

$$V_u = V_{pr} + (W_u * Sh)$$

تعیین ابعاد ورق روسری و زیرسری:

عرض ورق روسری در قسمت باریک را و عرض ورق زیر سری را برابر با عرض بال تیر در نظر میگیریم.

عرض ورق روسری در قسمت پهن برابر است با :  $\frac{b}{0.75}$

$t_p = \max(t_1 \text{ \& } t_2) =$  ضخامت ورق روسری و زیر سری

$$T_u = \frac{Mu}{\text{ارتفاع تیر}}$$

$$t_1 = \frac{T_u}{0.9 * F_y * b}$$

$$t_2 = \frac{T_u}{0.75 * F_u * (b - 2 * d_n)} \quad \text{: عدد ۲ به خاطر وجود ۲ ردیف پیچ بر روی بال تیر میباشد}$$

طراحی پیچ ها :

ابتدا یک شماره ی پیچ را حدس میزنیم و کنترل میکنیم:

مصالح پیچ



$$f_{nv} = 0.45 * F_u$$

$$R_n = 0.75 * A_b * f_{nv} \quad : \quad \text{منظور از } A_b \text{ مساحت پیچ میباشد} \quad A_b = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$n = \frac{T_u}{R_n} = \text{تعداد پیچ برای هر ورق}$$

در انتخاب و آرایش تعداد پیچ ها به محدودیت های فاصله ی پیچ ها از هم و فاصله ی پیچ تا لبه ها دقت داشته باشید.



کنترل لهیدگی در جدار سوراخ ها:

منظور از  $t$  حداقل ضخامت ورق یا بال تیر میباشد :  $Rn = 0.75 * 2.4 * d * t * Fu$ 

$$Ru = \frac{Tu}{n}$$

$$Ru < Rn$$

کنترل پارگی در حدفاصل سوراخ ها و نیز در فاصله سوراخ انتهایی تا لبه ورق:

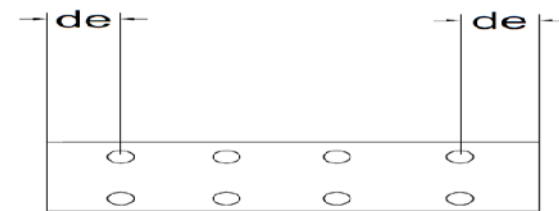
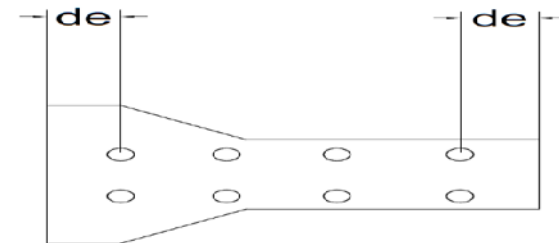
$$Lc = \min(Lc1 \ \& \ Lc2)$$

$$Lc1 = dh - \text{فاصله سوراخ ها}$$

$$Lc2 = de - \frac{dh}{2}$$

منظور از  $t$  حداقل ضخامت ورق یا بال تیر میباشد :  $Rn = 0.75 * 1.2 * Lc * t * Fu$ 

$$Ru < Rn$$



کنترل گسیختگی قالبی در ورق روسری و بال فوقانی تیر:

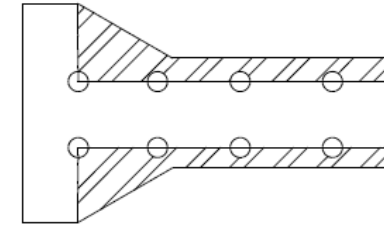
$$R1 = 0.6 * Fy * Agv$$

$$R2 = 0.6 * Fu * Anv$$

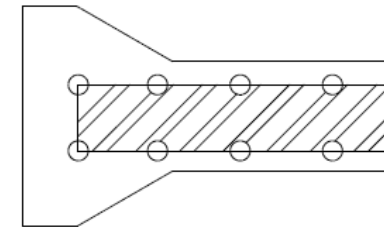
$$R3 = 1 * Fu * Ant$$

$$Rn = 0.75 * (\min(R1 \ \& \ R2) + R3)$$

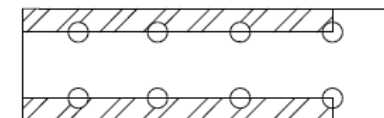
$$Tu < Rn$$



ورق روسری



ورق روسری



بال فوقانی تیر

برای هر سه شکل بالا باید روابط داده شده چک گردد.

طراحی ورق تکی جان:

ابتدا با توجه به ابعاد جان تیر یک ورق را با ابعاد مشخص حدس میزنیم و تعداد و شماره ی پیچ ها را نیز به عنوان یک حدس انتخاب میکنیم:

$$A_{gv} = h * t$$

$$A_{nv} = A_{gv} - (n * d_n * t)$$

$$V_u < 1 * A_{gv} * F_y$$

$$V_u < 0.75 * A_{nv} * F_u$$

کنترل برش در پیچ ها:

مصالح پیچ

$$f_{nv} = 0.45 * F_u$$

$$R_n = 0.75 * A_b * f_{nv} \quad \text{منظور از } A_b \text{ مساحت پیچ میباشد:} \quad A_b = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$R_u = \frac{V_u}{n} \quad \text{منظور از } n \text{ تعداد پیچ ها میباشد:}$$

$$R_u < R_n$$

کنترل لهیدگی در جدار سوراخ ها:

منظور از  $t$  حداقل ضخامت ورق یا جان تیر میباشد :  $R_n = 0.75 * 2.4 * d * t * F_u$

منظور از  $n$  تعداد پیچ ها میباشد:  $R_u = \frac{Vu}{n}$

$R_u < R_n$

کنترل پارگی در حدفاصل سوراخ ها و نیز در فاصله سوراخ انتهایی تا لبه ورق:

$L_{c1} = \min( (dh - \text{فاصله سوراخ ها}) \& (d_e - \frac{dh}{2}) )$

منظور از  $t_p$  ضخامت ورق میباشد :  $r_{n1} = 1.2 * L_{c1} * t_p * F_u$

$L_{c2} = dh - \text{فاصله سوراخ ها}$

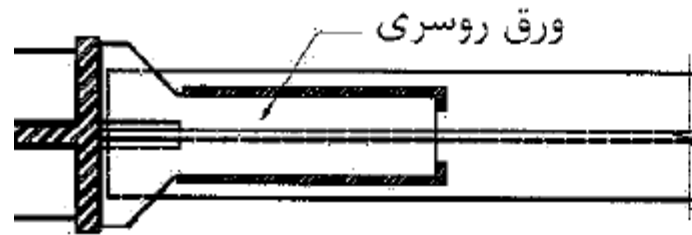
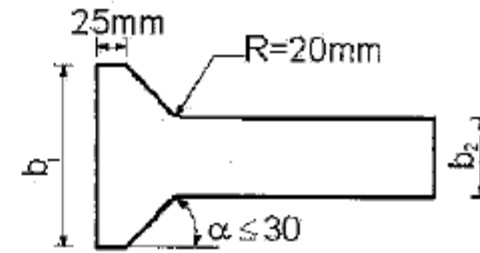
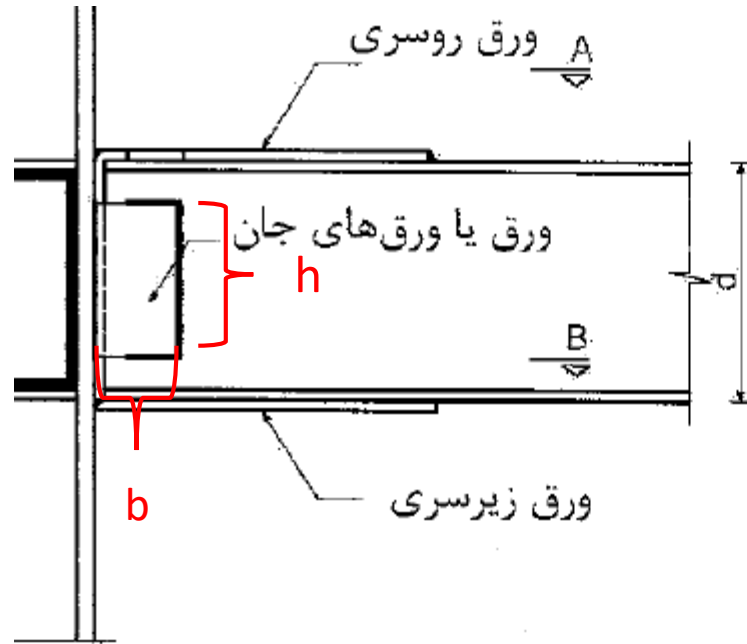
منظور از  $t_w$  ضخامت جان تیر میباشد :  $r_{n2} = 1.2 * L_{c2} * t_w * F_u$

$R_n = 0.75 * \min(r_{n1} \& r_{n2})$

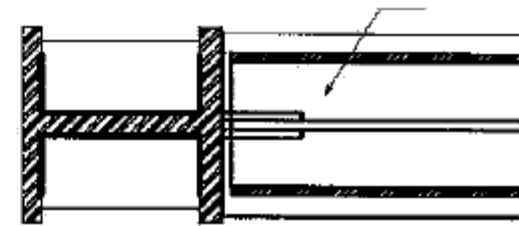
$R_u = \frac{Vu}{n}$

$R_u < R_n$

## ۱-۲-۵- اتصال جوشی به کمک ورق های روسری و زیرسری (WFP)



مقطع A-A



مقطع B-B

در طراحی این اتصال باید موارد زیر را در نظر داشت :

در دو انتهای تیر، تعبیه سوراخ‌های دسترسی برای انجام جوشکاری مجاز نمی‌باشد.

در دو انتهای تیر، ناحیه محافظت‌شده باید برابر فاصله از بر ستون تا انتهای ورق‌های روسری و

زیرسری (هر کدام که بزرگتر است) بعلاوه نصف عمق تیر بعد از آن، در نظر گرفته شود.

محل تشکیل مفصل پلاستیک ( $S_h$ ) در روی تیر باید در محل انتهای ورق‌های روسری و

زیرسری (هر کدام که بزرگتر است)، در نظر گرفته شود.

۱۰-۳-۶ در دو انتهای تیر، تعبیه مهار جانبی در فاصله بین انتهای ناحیه محافظت شده تا

نصف عمق تیر بعد از آن الزامی است. در قاب‌های خمشی با دال بتنی سازه‌ای در صورتی که

تیرها در فاصله بین دو ناحیه محافظت شده دارای برشگیرهای فولادی مدفون در بتن به

فاصله حداکثر ۳۰۰ میلی‌متر باشند، تعبیه مهار جانبی در محل‌های مذکور الزامی نیست.

اتصال ورق‌های روسری و زیرسری به بال ستون باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل و به بال‌های تیر از نوع جوش گوشه باشد. در صورت استفاده از تسمه‌های پشت‌بند در پشت جوش‌های نفوذی، تسمه‌های پشت‌بند باید پس از انجام جوشکاری برداشته شوند.

اتصال ورق (یا ورق‌های) جان به بال ستون باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل یا جوش گوشه باشد. در صورت استفاده از ورق تکی جان، جوش گوشه باید دو طرفه باشد.

اتصال ورق (یا ورق‌های) جان به جان تیر باید از نوع جوش گوشه باشد.

عمق مقطع تیر نباید از ۹۰۰ میلی‌متر تجاوز نماید.

ضخامت بال مقطع تیر نباید از ۳۰ میلی‌متر تجاوز نماید.

(نسبت دهانه آزاد تیر به عمق مقطع آن نباید از ۵ کمتر در نظر گرفته شود.

عمق مقطع ستون های H شکل و صلیبی در قاب های خمشی با دال بتنی سازه ای و دارای برشگیرهای فولادی مدفون در بتن، نباید از ۹۰۰ میلی متر و در غیاب دال بتنی سازه ای از ۴۰۰ میلی متر تجاوز نماید. عمق و پهناي ستون های قوطی شکل ساخته شده از ورق نباید از ۷۰۰ میلی متر تجاوز نماید.



در رابطه ی زیر منظور از  $Z_b$  اساس مقطع پلاستیک تیر میباشد.

$$1.1 < C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2 * F_y} < 1.2$$

$$M_p = Z_b * F_y = \text{لنگر پلاستیک مقطع تیر}$$

$$M_{pr} = M_p * C_{pr} * R_y = \text{لنگر پلاستیک محتمل تیر}$$

از آنجا در ابتدای طراحی این مقدار معلوم نیست باید آن را فرض کرد و پس از پایان طراحی اگر مقدار متفاوتی بدست آمد باید محاسبات تکرار شود : طول ورق روسری  $Sh =$

$$L_h = (2 * Sh) - \text{فاصله ی برتا بر ستون}$$

$$V_{pr} = \frac{2 * M_{pr}}{L_h} + \frac{W_u * L_h}{2}$$

$$M_u = M_{pr} + (V_{pr} * Sh) + \frac{W_u * Sh^2}{2}$$

$$V_u = V_{pr} + (W_u * Sh)$$

حال با توجه به محدودیت های زیر برای ورق های روسری و زیر سری ابعاد اولیه را حدس میزنیم:

$$b2 < 20\text{mm} - \text{عرض بال تیر} < b2$$

$$b1 > 1.33b2 > \text{عرض بال ستون}$$

$$b1 = \text{عرض ورق زیر سری}$$

محاسبه ضخامت ورق ها:

$$T_u = \frac{M_u}{\text{ارتفاع تیر}}$$

$$\text{ضخامت ورق روسری} = t_{p1} = \frac{T_u}{0.9 * F_y * b2}$$

$$\text{ضخامت ورق زیرسری} = t_{p2} = \frac{T_u}{0.9 * F_y * b1}$$

محاسبه ی طول ورق روسری :

ابتدا با توجه به محدودیت ها برای اتصال ورق روسری به بال تیر یک بعد جوش انتخاب میکنیم:

منظور از  $B$  ضریب بازرسی جوش و منظور از  $F_u$  تنش طراحی الکتروود جوش و منظور از  $a$  بعد جوش میباشد :

$$L1 = \frac{Tu}{2 * 0.75 * B * 0.6 * Fu * 0.707 * a}$$

$$\text{طول ورق روسری} = L1 + 25\text{mm} + \frac{b1 - b2}{2 \tan 30}$$

برای ورق زیر سری از طول ورق روسری استفاده میکنیم.

کنترل گسیختگی برشی در محل اتصال بال به ورق بر اساس مقاومت فلز پایه:

$$f_u = \frac{Tu}{2 * l1}$$

منظور از  $t$  حداقل ضخامت ورق و ضخامت بال تیر میباشد :  $f_u < 0.6 * F_y * t$

منظور از  $t$  حداقل ضخامت ورق و ضخامت بال تیر میباشد :  $f_u < 0.45 * F_u * t$

طراحی ورق های جان :

ابتدا با توجه به محدودیت های زیر برای ورق یک ابعاد انتخاب میکنیم:

$$h < 4 \text{ cm} - \text{ارتفاع جان تیر}$$

$$\text{ضخامت جان تیر} = t = \text{ضخامت ورق}$$

$$b = \text{حدس میزنیم}$$

کنترل ورق در برابر برش :

$$Vu < 0.6 * Fy * 2 * h * t \quad : \quad \text{عدد ۲ با فرض استفاده از دو عدد ورق در دو طرف جان است در صورت استفاده از یک ورق باید عدد ۲ حذف گردد}$$

محاسبه بعد جوش ورق به جان تیر :

$$fr = \frac{Vu}{2 * h} \quad : \quad \text{عدد ۲ با فرض استفاده از دو عدد ورق در دو طرف جان میباشد در صورت استفاده از یک ورق باید آن را از رابطه حذف کرد}$$

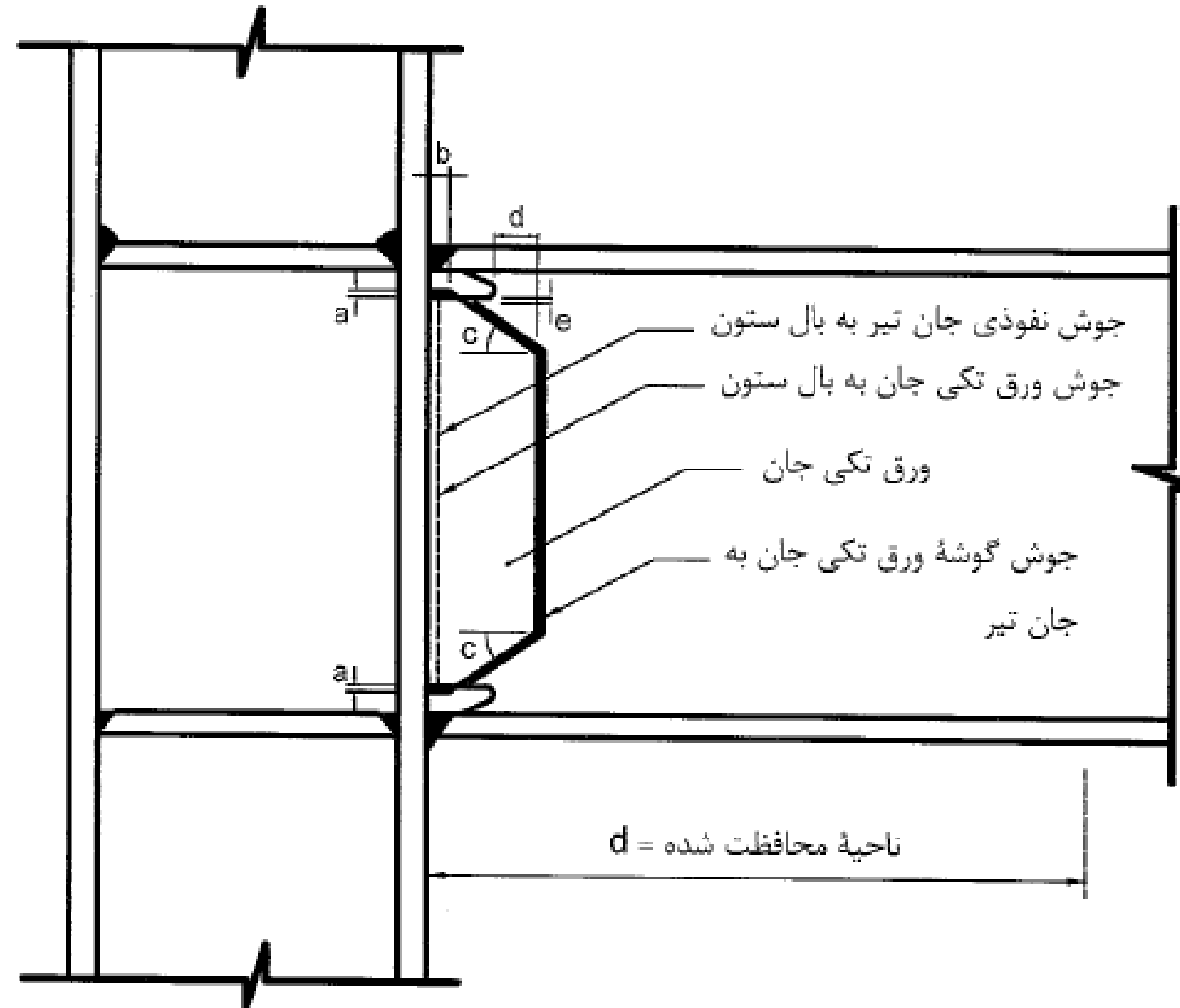
$$\text{منظور از } B \text{ ضریب بازرسی جوش و منظور از } Fu \text{ تنش طراحی الکتروود جوش میباشد} : \quad \text{بعد جوش} = \frac{fr}{0.75 * B * 0.6 * Fu * 0.707}$$

محاسبه بعد جوش ورق به بال ستون :

$f_r = \frac{Vu}{2 * h}$  : دقت داشته باشید که در صورت استفاده از یک ورق برای اتصال به بال ستون باید هر دو طرف ورق دارای جوش گوشه باشد بنابراین عدد 2 در این رابطه در هر دو صورت (چه استفاده از یک ورق چه دو ورق) ثابت است :

منظور از B ضریب بازرسی جوش و منظور از Fu تنش طراحی الکتروود جوش میباشد :  $\text{بعد جوش} = \frac{f_r}{0.75 * B * 0.6 * Fu * 0.707}$

## ۱-۲-۶- اتصال مستقیم تقویت نشده جوشی (WUF-W)



| ردیف | شرح  | محدودیت                               |
|------|--|---------------------------------------|
| ۱    | همپوشانی ورق جان با سوراخ‌های دسترسی                     | $6\text{mm} \leq a \leq 12\text{mm}$  |
| ۲    | شیب پهنای ورق جان  | $20^\circ \leq c \leq 40^\circ$       |
| ۳    | فاصله قائم انتهای جوش ورق جان به جان تیر تا سوراخ دسترسی | $12\text{mm} \leq e \leq 25\text{mm}$ |
| ۴    | برگشت عمودی انتهای ورق جان                               | $b \geq 25\text{mm}$                  |
| ۵    | انتهای پهنای ورق جان به انتهای سوراخ‌های دسترسی          | $d \geq 50\text{mm}$                  |

در طراحی این اتصال باید موارد زیر را در نظر داشت :

در دو انتهای تیر، تعبیه سوراخ‌های دسترسی برای انجام جوش نفوذی بال تیر به بال ستون، مطابق الزامات فصل ۱۰-۲، الزامی است.

در دو انتهای تیر، ناحیه محافظت‌شده باید برابر فاصله از بر ستون تا یک برابر عمق مقطع تیر بعد از آن در نظر گرفته شود.

محل تشکیل مفصل پلاستیک ( $S_h$ ) در روی تیر باید در محل بر ستون در نظر گرفته شود ( $S_h=0$ ).

۱۰-۳-۶، در دو انتهای تیر تعبیه مهار جانبی در فاصله بین انتهای ناحیه محافظت شده تا نصف عمق تیر بعد از آن الزامی است. در قاب‌های خمشی با دال بتنی سازه‌ای، در صورتی که تیرها در فاصله بین دو ناحیه محافظت شده دارای برشگیرهای فولادی مدفون در بتن به فاصله حداکثر برابر ۳۰۰ میلی‌متر باشند، تعبیه مهار جانبی در محل‌های مذکور الزامی نیست.

اتصال بال‌های تیر به بال ستون باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل باشد. برای این جوش رعایت ضابطه طراحی خاصی الزامی نیست.

در این نوع اتصالات، انتقال برش باید از طریق دو عامل، یکی اتصال مستقیم جان تیر به بال ستون و دیگری اتصال ورق تکی جان به بال ستون صورت گیرد. اتصال جان تیر به بال ستون باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل باشد. اتصال ورق تکی جان به بال ستون می‌تواند از طریق جوش نفوذی با نفوذ کامل یا جوش گوشه صورت گیرد. مقاومت برشی طراحی اتصال ورق تکی جان به بال ستون می‌تواند از طریق جوش نفوذی با نفوذ کامل یا جوش گوشه صورت گیرد. مقاومت برشی طراحی اتصال ورق تکی جان به بال ستون باید حداقل برابر  $h_p t_p (0.6 R_y F_y)$  باشد که در آن  $h_p$  ارتفاع ورق تکی جان و  $t_p$  ضخامت آن است. اتصال ورق تکی جان به جان تیر باید از طریق جوش گوشه به ضخامت برابر ضخامت ورق تکی جان منهای ۲ میلی‌متر انجام پذیرد. ضخامت ورق تکی جان باید حداقل برابر ضخامت جان مقطع تیر باشد.



مقاطع تیرها باید از نوع I شکل بوده و عمق مقطع آنها حداکثر برابر ۱۰۰۰ میلی متر باشد.

جرم واحد طول تیر نباید از ۲۵۰ کیلوگرم تجاوز نماید.

ضخامت بال مقطع تیرها نباید از ۳۰ میلی متر تجاوز نماید

نسبت دهانه آزاد تیر به عمق آن نباید از ۷ برای قابهای خمشی ویژه و از ۵ برای قابهای خمشی متوسط کمتر در نظر گرفته شود.

عمق مقطع ستونهای H شکل و عمق پهنای ستونهای با مقطع صلیبی شکل نباید از ۱۰۰۰ میلی متر تجاوز نماید. همچنین عمق و پهنای ستونهای با مقطع قوطی شکل نباید از ۷۰۰ میلی متر تجاوز نماید.

در این گونه اتصالات ضریب  $C_{pr}$  باید برابر ۱/۴ در نظر گرفته شود.

## ۱-۲-۲- طراحی چشمه ی اتصال گیردار

پس از پایان طراحی اتصال تیر به ستون گیردار حال باید چشمه ی اتصال را طراحی کنیم.  
دقت داشته باشید که روابط و کنترل های این بخش باید بر روی تمامی اتصالات گیردار سازه متوسط و ویژه انجام گردد.

## ۱-۲-۲-۱- طراحی ورق مضاعف جان ستون:

در مرحله اول باید مقادیر نیروی لازم برای طراحی ورق مضاعف را برداشت و یا محاسبه کنیم.

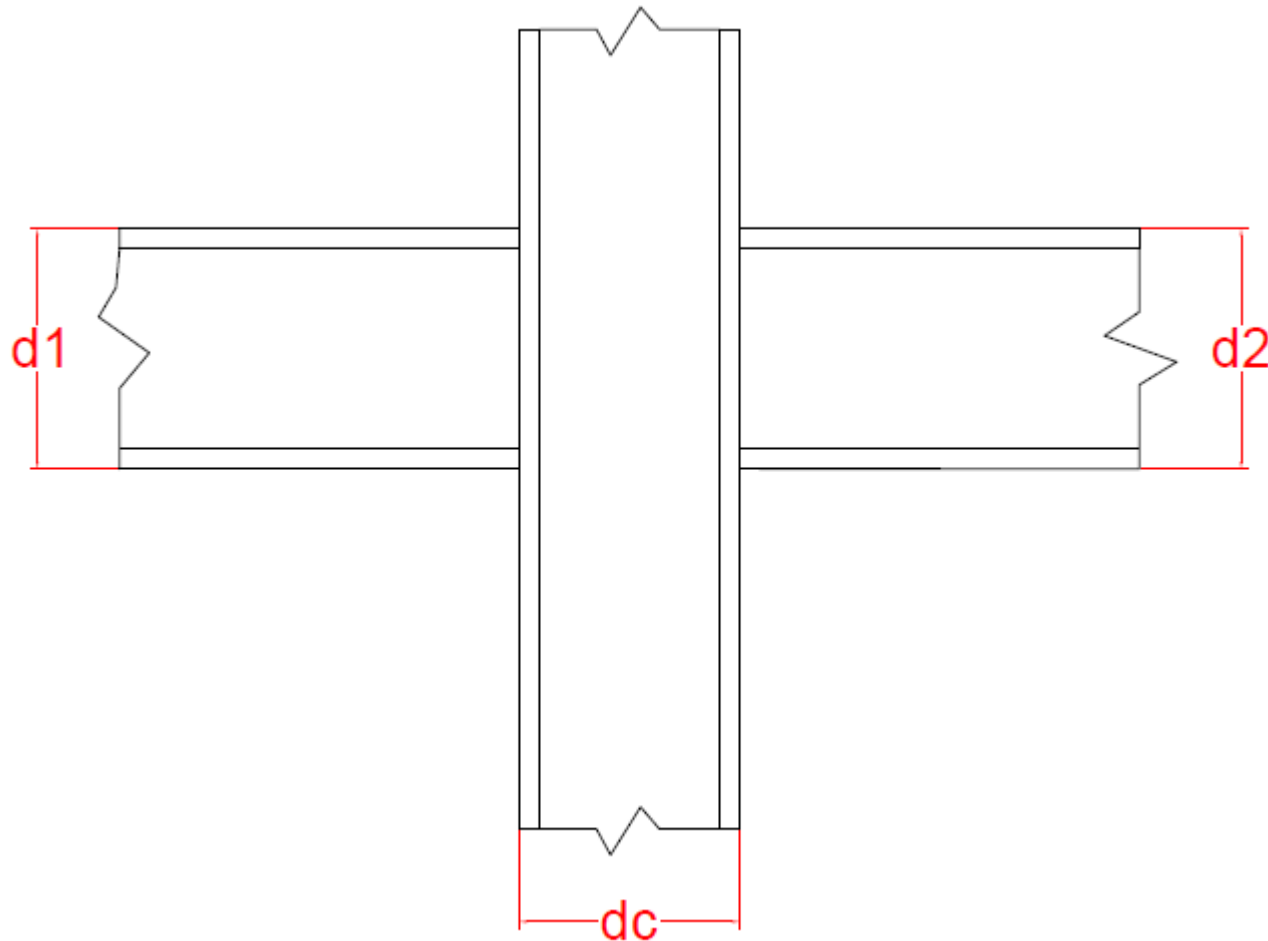
در مرحله ی طراحی اتصالات گیردار با نحوه ی محاسبه لنگر های

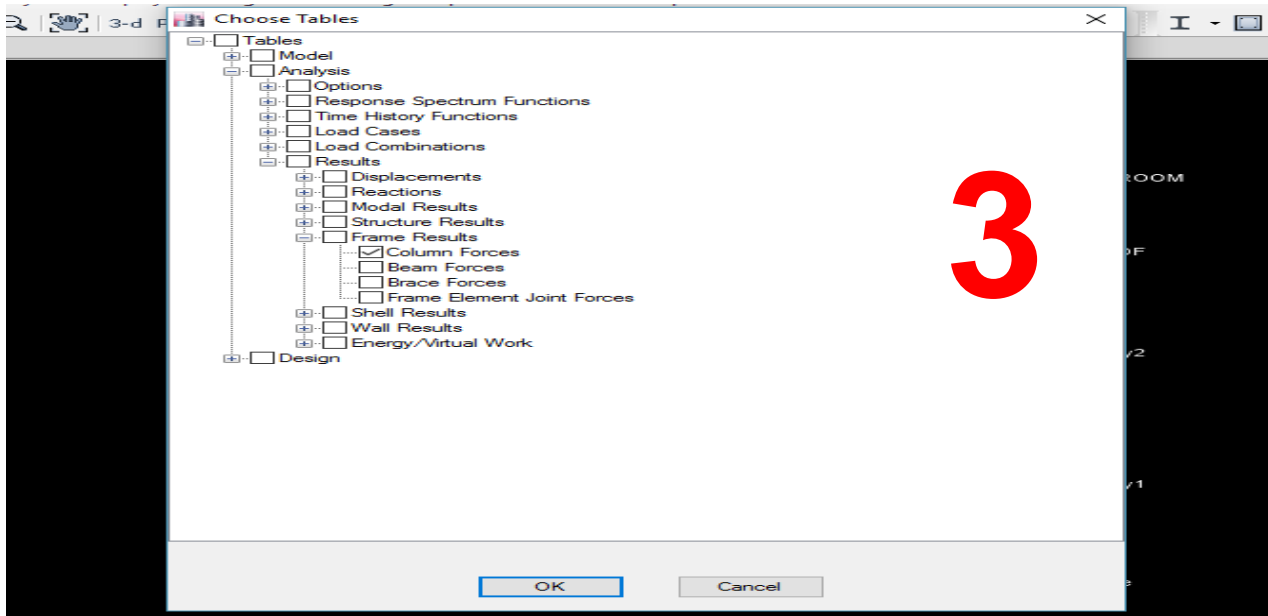
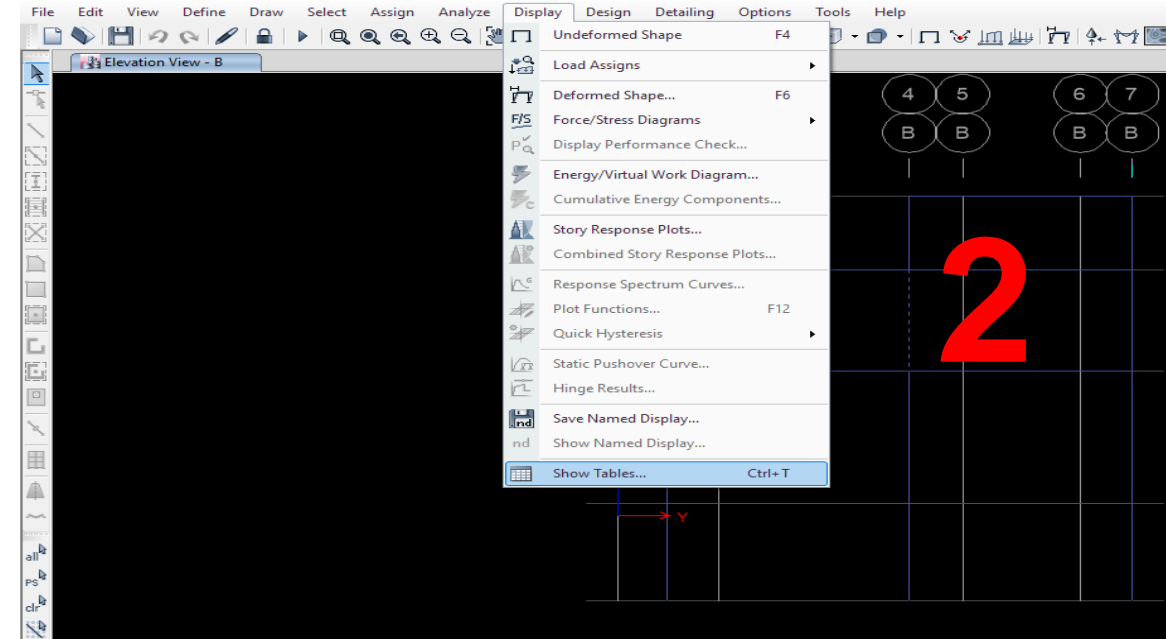
$$((M_u = M_{pr} + (v_{pr} * S_h) + \frac{W_u * S_h^2}{2}))$$

برای هر دو تیر مقدار فوق را برداشت میکنیم.

در ادامه باید نیروی برشی منتقل شده از ستون طبقه ی بالاتر و همچنین

نیروی محوری ستون را به ترتیب تصاویر صفحه بعد برداشت کنیم.





| Story | Column | Unique Name | Load Case/Combo | Station m | P kgf  | V2 kgf | V3 kgf | T kgf-m | M2 kgf-m | M3 kgf-m |
|-------|--------|-------------|-----------------|-----------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|
| ROOF  | C7     | 27          | Dead            | 0         | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | Dead            | 1.53      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | Dead            | 3.06      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | Live            | 0         | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | Live            | 1.53      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | Live            | 3.06      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | LIVE(RE)(0.5)   | 0         | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | LIVE(RE)(0.5)   | 1.53      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | LIVE(RE)(0.5)   | 3.06      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | LIVE(RE)(1)     | 0         | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | LIVE(RE)(1)     | 1.53      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | LIVE(RE)(1)     | 3.06      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | LIVE ROOF       | 0         | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | LIVE ROOF       | 1.53      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | LIVE ROOF       | 3.06      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | SNOW            | 0         | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | SNOW            | 1.53      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | SNOW            | 3.06      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | WALL            | 0         | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | WALL            | 1.53      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | WALL            | 3.06      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0        | 0        |
| ROOF  | C7     | 27          | MASS            | 0         | 291.19 | 2.6    | 2.18   | 0.01    | 5.64     | -8.59    |

4

در پنجره ی شماره ۱ ستون بالای اتصال را انتخاب کرده و مسیر نشان داده شده را طی میکنیم. در پنجره ی شماره ی ۴ دقت داشته باشید که باید با توجه به جهت مختصات نرم افزار از ستون V2 یا V3 استفاده کرد. برای انتخاب به این موضوع دقت کنید که به طور پیشفرض V2 موازی جهت X در نرم افزار میباشد مگر اینکه ستون را با زاویه ۹۰ درجه ترسیم یا چرخانده باشید که در این صورت V3 موازی X خواهد بود. با تشخیص اینکه تیر هایی که قرار است اتصالشان طراحی شود موازی کدام محور هستند باید ستون V2 یا V3 را به اکسل انتقال داده و مقدار ماکزیمم آن را به عنوان Vu برداشت کرد. برای مثال اگر تیرهای مورد طراحی موازی جهت X نرم افزار باشند و ستون به صورت پیشفرض ترسیم شده باشد در این صورت باید از ستون V2 استفاده کرد.

برای برداشت نیروی محوری ستون همان مسیر قبلی طی خواهد شد با این تفاوت که در پنجره ۱ باید ستون زیر اتصال انتخاب شود و در پنجره ی شماره ۴ مقدار ماکزیمم ستون P را به عنوان Pu برداشت خواهیم کرد.

ذکر این نکته ضروریست که در پنجره ی شماره ی ۴ در هر دو حالت در قسمت lade case/combo فقط ترکیب بارهای طراحی را انتخاب کنید.

در ادامه کنترل خواهیم کرد که آیا چشمه ی اتصال موردنظر به ورق مضاعف نیاز دارد یا خیر:

$$V_r = \frac{Mu_1}{d_1} + \frac{Mu_2}{d_2} - Vu$$

بدیهی است اگر ستون تنها از یکطرف دارای اتصال گیردار باشد یکی از کسرهای و اگر ستون طبقه ی آخر باشد مقدار  $V_u$  حذف خواهد شد.

$$V_n = \begin{cases} 0.6 * F_y * d_c * t_w & P_u \leq 0.4 P_n \\ 0.6 * F_y * d_c * t_w * (1.4 - \frac{P_u}{P_n}) & P_u > 0.4 P_n \end{cases}$$

در روابط بالا منظور از  $t_w$  ضخامت جان ستون و منظور از  $P_n$  مقاومت محوری تسلیم مقطع ستون که از رابطه ی زیر محاسبه میگردد:

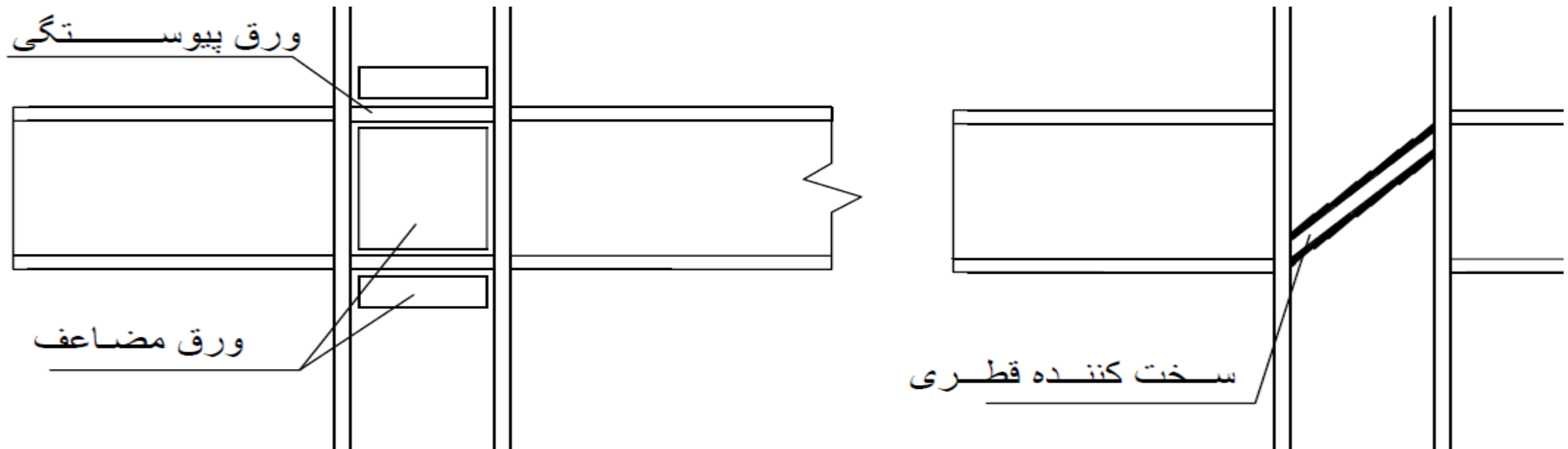
$$P_n = A * F_y$$

در رابطه ی اخیر منظور از  $A$  سطح مقطع ستون میباشد.

اگر رابطه ی زیر برقرار نباشد جان ستون نیاز به تقویت دارد.

$$V_r < 0.9 V_n$$

دقت داشته باشید در رابطه ی بالا نیروی  $V_r$  بین جان یا جان های ستون تقسیم خواهد شد به این معنی که اگر ستون چند جان داشته باشد مقدار  $V_r$  به تعداد جان ها تقسیم میگردد. به طور مثال اگر ستون جعبه ای باشد مقدار  $V_r$  بر عدد ۲ تقسیم خواهد شد. در ادامه اگر جان ستون نیاز به تقویت داشته باشد میتوان آن را به دوشکل زیر تقویت کرد.



در این مرحله باید نوع تقویت را مشخص کرده سپس ابعاد ورق (مضاعف یا قطری) را تعیین کرده و از رابطه ی زیر ضخامت آنرا محاسبه کنیم :

در مورد ابعاد ورق مضاعف جان ستون دقت داشته باشید که عرض آن به اندازه ۲ سانتیمتر کمتر از عرض آزاد جان ستون (( دو ضخامت بال-dc)) باشد.

برای انتخاب ارتفاع ورق مضاعف جان ستون باید به این نکته دقت داشت که اگر در ناحیه اتصال ورق پیوستگی داریم ارتفاع ورق مضاعف باید ۲۰ سانتیمتر از

ارتفاع تیر بیشتر باشد و اگر ورق پیوستگی نداریم ارتفاع ورق مضاعف باید ۳۰ سانتیمتر بیشتر از ارتفاع تیر باشد.

ذکر این نکته ضروریست که اگر ستون H شکل باشد ورق مضاعف و سخت کننده ی قطری باید در هر دو طرف جان قرار گیرد و اگر ستون جعبه ای باشد

ورق مضاعف باید برای هر دو جان ستون تعبیه شود.

$$t \geq \frac{Vr - 0.9 Vn}{1.08 * Fy * (dc - 2tf)} \quad \text{ضخامت هر ورق مضاعف}$$

$$t \geq \frac{Vr - 0.9 Vn}{1.8 * Fy * bs * \cos\theta} \quad \text{در این رابطه منظور از } bs \text{ عرض سخت کننده ی قطری و منظور از } \theta \text{ زاویه ی سخت کننده با تیر میباشد :}$$

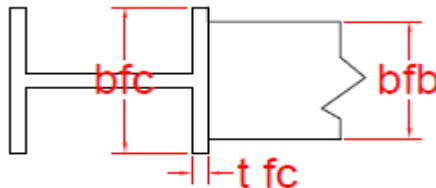
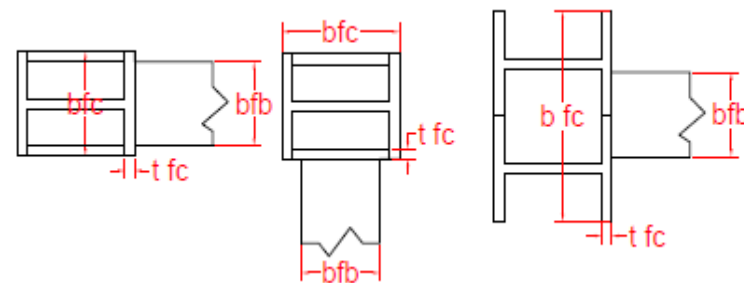
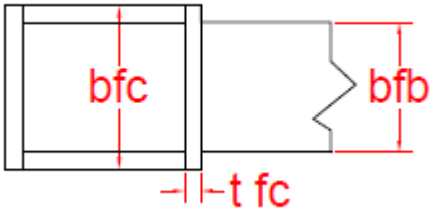
در آخر رابطه ی زیر باید برای پایداری ورق مضاعف کنترل شود:

$$t \geq \frac{\text{عرض آزاد جان ستون} + \text{ارتفاع ورق مضاعف}}{90}$$

۱-۲-۲- طراحی ورق های پیوستگی

ابتدا باید بررسی کنیم که آیا چشمه ی اتصال به ورق پیوستگی نیاز دارد یا خیر. برای این کار باید کنترل های زیر را انجام دهیم :

الف) کنترل خمش موضعی بال ستون :

|         |  |                          |  |   |
|---------|--|--------------------------|--|---|
| $R_n =$ | $6.25 * F_y * t_{fc}^2$  | طبقه های غیر از طبقه آخر | } ستون های H شکل                             |    |
|         | $3.125 * F_y * t_{fc}^2$   | طبقه ی آخر               |  |   |
|         | $\frac{1}{1 - \frac{bfb}{bfc} (1 - \frac{bfb}{4bfc})} * 6.25 * F_y * t_{fc}^2$   | طبقه های غیر از طبقه آخر | } ستون های H شکل جعبه ای شده و ستون های مرکب |    |
|         | $\frac{0.5}{1 - \frac{bfb}{bfc} (1 - \frac{bfb}{4bfc})} * 6.25 * F_y * t_{fc}^2$ | طبقه ی آخر               |  |   |
|         | $\frac{3}{(\frac{3bfc}{bfb} - \frac{bfb}{bfc})} * 6.25 * F_y * t_{fc}^2$         | طبقه های غیر از طبقه آخر | } ستون های جعبه ای ساخته شده از ورق          |  |
|         | $\frac{1.5}{(\frac{3bfc}{bfb} - \frac{bfb}{bfc})} * 6.25 * F_y * t_{fc}^2$       | طبقه ی آخر               |  |   |



در تمامی حالات بالا اگر  $bfb < 0.15 * bfc$  نیازی به کنترل خمش موضعی بال ستون نیست.

در ادامه اگر رابطه ی زیر برقرار نباشد تعبیه ی ورق های پیوستگی بر اساس کمانش موضعی بال ستون الزامیست:

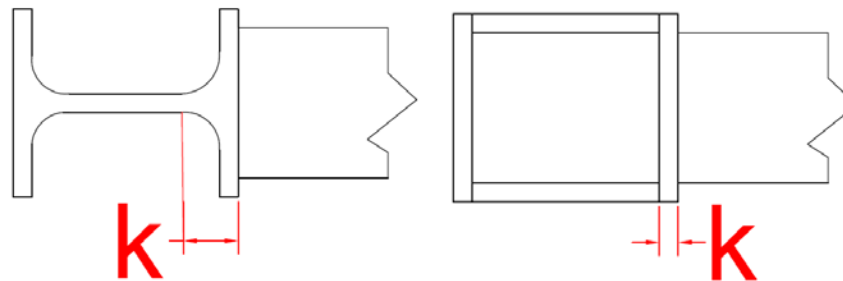
$$F_u = \frac{M_u}{\text{ارتفاع تیر}}$$

$$F_u \leq 0.9 * R_n$$

(ب) کنترل تسلیم موضعی جان ستون در برابر نیروی متمرکز کششی و فشاری:

$$R_n = \begin{cases} F_y * t_{wc} * (5k + t_{fb}) & \text{طبقه های غیر از طبقه آخر} \\ F_y * t_{wc} * (2.5K + t_{fb}) & \text{طبقه ی آخر} \end{cases}$$

در این روابط منظور از  $t_{wc}$  ضخامت یا مجموع ضخامت های جانهای ستون و منظور از  $t_{fb}$  در اتصال های مستقیم ضخامت بال تیر و در اتصال با ورق های روسری ضخامت ورق روسری میباشد. پارامتر  $k$  نیز از شکل های زیر حاصل میشود.



در ادامه اگر رابطه ی زیر برقرار نباشد تعبیه ی ورق های پیوستگی بر اساس تسلیم موضعی جان ستون الزامیست:

$$F_u = \frac{M_u}{\text{ارتفاع تیر}}$$

$$F_u \leq R_n$$

(ج) کنترل چروکیدگی جان ستون در مقابل نیروی متمرکز فشاری :

$$R_n = \begin{cases} 0.8 * t_w c^2 * \left( 1 + \left( 3 \left( \frac{t_f b}{d} \right) * \left( \frac{t_w c}{t_f c} \right)^{1.5} \right) \right) \sqrt{\frac{E * F_y * t_f c}{t_w c}} \\ 0.4 * t_w c^2 * \left( 1 + \left( 3 \left( \frac{t_f b}{d} \right) * \left( \frac{t_w c}{t_f c} \right)^{1.5} \right) \right) \sqrt{\frac{E * F_y * t_f c}{t_w c}} \\ 0.4 * t_w c^2 * \left( 1 + \left( \frac{4 * t_f b}{d} - 0.2 \right) * \left( \frac{t_w c}{t_f c} \right)^{1.5} \right) \sqrt{\frac{E * F_y * t_f c}{t_w c}} \end{cases}$$

در این روابط منظور از  $t_w c$  ضخامت یا مجموع ضخامت های جانهای ستون و منظور از  $t_f b$  در اتصال های مستقیم ضخامت بال تیر و در اتصال با ورق های روسری ضخامت ورق روسری میباشد.

در ادامه اگر رابطه ی زیر برقرار نباشد تعبیه ی ورق های پیوستگی بر اساس چروکیدگی جان ستون الزامیست:

$$F_u = \frac{M_u}{\text{ارتفاع تیر}}$$

$$F_u \leq 0.9 * R_n$$

(د) کنترل کمانش فشاری جان ستون در مقابل یک جفت نیروی فشاری:

این ضابطه برای ستون هایست که از دوطرف به انها اتصال گیردار وجود دارد در غیر اینصورت نیازی به کنترل این بند نمیباشد.

$$R_n = \begin{cases} \frac{24 * t_w c^3 * \sqrt{E * F_y}}{(d_c - 2t_{f_c})} & \text{طبقه های غیر از طبقه آخر} \\ \frac{12 * t_w c^3 * \sqrt{E * F_y}}{(d_c - 2t_{f_c})} & \text{طبقه ی آخر} \end{cases}$$

در این روابط منظور از  $t_w c$  ضخامت یا مجموع ضخامت های جانهای ستون و منظور از  $t_{f_c}$  ضخامت بال ستون میباشد.

در ادامه اگر رابطه ی زیر برقرار نباشد تعبیه ی ورق های پیوستگی بر اساس کمانش فشاری جان ستون الزامیست:

$$F_u = \frac{Mu}{\text{ارتفاع تیر}}$$

$$F_u \leq 0.9 * R_n$$

ه) کنترل ضخامت بال ستون :

ضخامت بال ستون باید از مقادیر زیر بیشتر باشد در غیر این صورت تعبیه ورق های پیوستگی الزامیست :

$$t_{cf} \geq 0.4 * \sqrt{1.8 * b_{fb} * t_{fb} * \frac{R_{yb} * F_{yb}}{R_{yc} * F_{yc}}}$$

$$t_{cf} \geq \frac{b_{fb}}{6}$$

برای ستون های H شکل

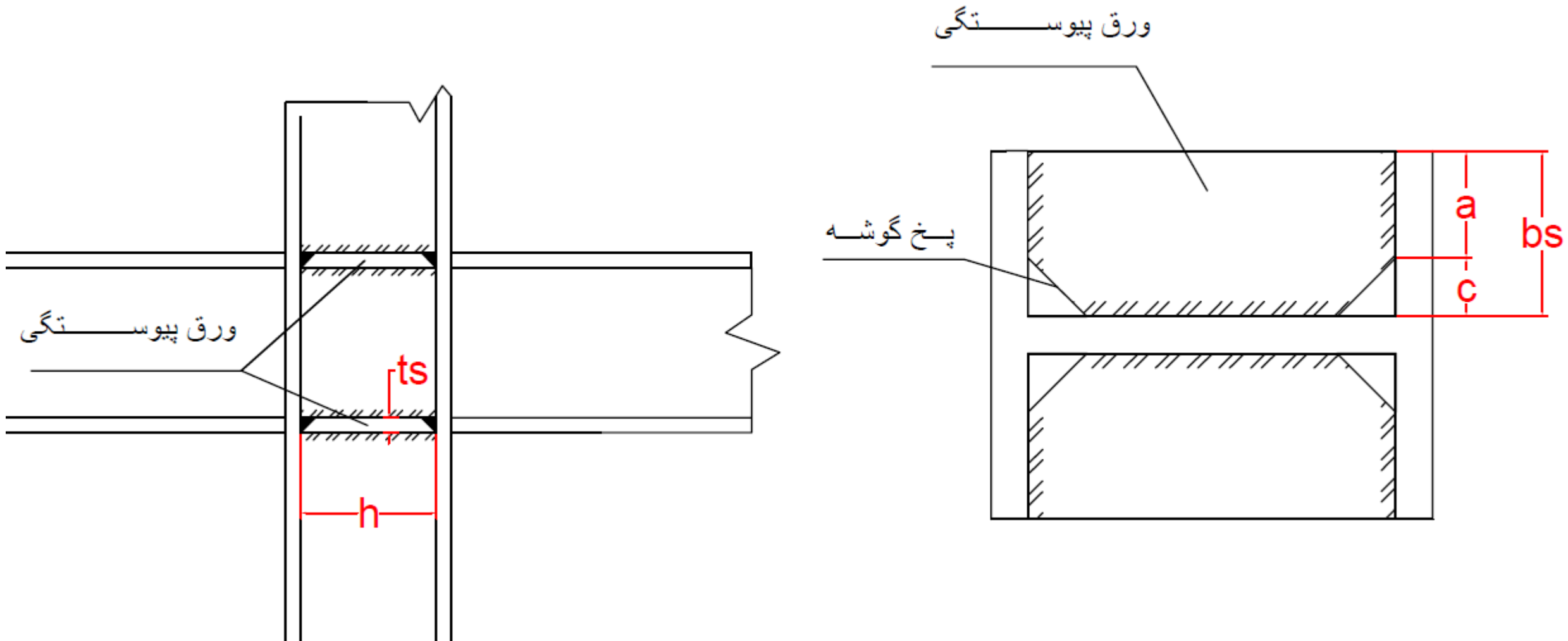
در این روابط منظور از  $b_{fb}$  عرض بال تیر و منظور از  $t_{fb}$  ضخامت بال تیر و منظور از  $R_{yb}$  و  $R_{yc}$  نسبت تنش به ترتیب در تیر و ستون و منظور از  $F_{yb}$  و  $F_{yc}$  تنش تسلیم مصالح به ترتیب تیر و ستون و منظور از  $b_{fc}$  عرض بال ستون میباشد.

$$t_{cf} \geq 0.4 * \sqrt{\left(1 - \left(\frac{b_{fb}}{b_{fc}^2} * \left(b_{fc} - \frac{b_{fb}}{4}\right)\right)\right) * \left(1.8 * b_{fb} * t_{fb} * \frac{R_{yb} * F_{yb}}{R_{yc} * F_{yc}}\right)}$$

برای ستون های جعبه ای

$$t_{cf} \geq \frac{b_{fb}}{12}$$

در هر یک از پنج حالت قبل اگر نیاز به ورق پیوستگی در چشمه اتصال حاصل شد باید فرآیند زیر برای طراحی این ورق ها صورت گیرد :



## رعایت ضوابط زیر برای ورق های پیوستگی الزامیست:

طول ورق های پیوستگی باید برابر با فاصله خالص دو بال ستون باشد.

پهنای ورق های پیوستگی در ستون های با مقطع قوطی شکل باید برابر فاصله خالص دو جان مقطع ستون بوده و در ستون های با مقطع H شکل مجموع پهنای ورق های پیوستگی در هر طرف جان مقطع ستون نباید از پهنای بال تیر یا پهنای ورق پوششی اتصال کمتر باشد.

ضخامت ورق های پیوستگی نباید از نصف ضخامت بال تیر یا ضخامت ورق های پوششی اتصال (ورق های روسری و زیرسری) در اتصالات گیرداری که در امتداد موردنظر فقط به یک وجه ستون متصل هستند و از ضخامت بال تیر یا ضخامت ورق های پوششی اتصال (ورق های روسری و زیرسری) در اتصالات گیرداری که در امتداد موردنظر به هر دو وجه ستون متصل هستند، کمتر در نظر گرفته شود.

جوش ورق های پیوستگی به بال ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل باشد. در صورتی که ضخامت ورق پیوستگی کوچکتر یا مساوی ۱۰ میلی متر باشد، استفاده از جوش گوشه دو طرفه نیز مجاز است.

جوش ورق های پیوستگی به جان ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه دو طرفه باشد.

در این مرحله با توجه به محدودیت های آیین نامه ای ذکر شده و مسایل اجرایی، طول ((h)) و عرض ((bs)) ورق های پیوستگی را انتخاب و با توجه به روابط زیر ضخامت آنها را محاسبه میکنیم.

$$R_u = F_u - (0.9 * \min(R_n))$$

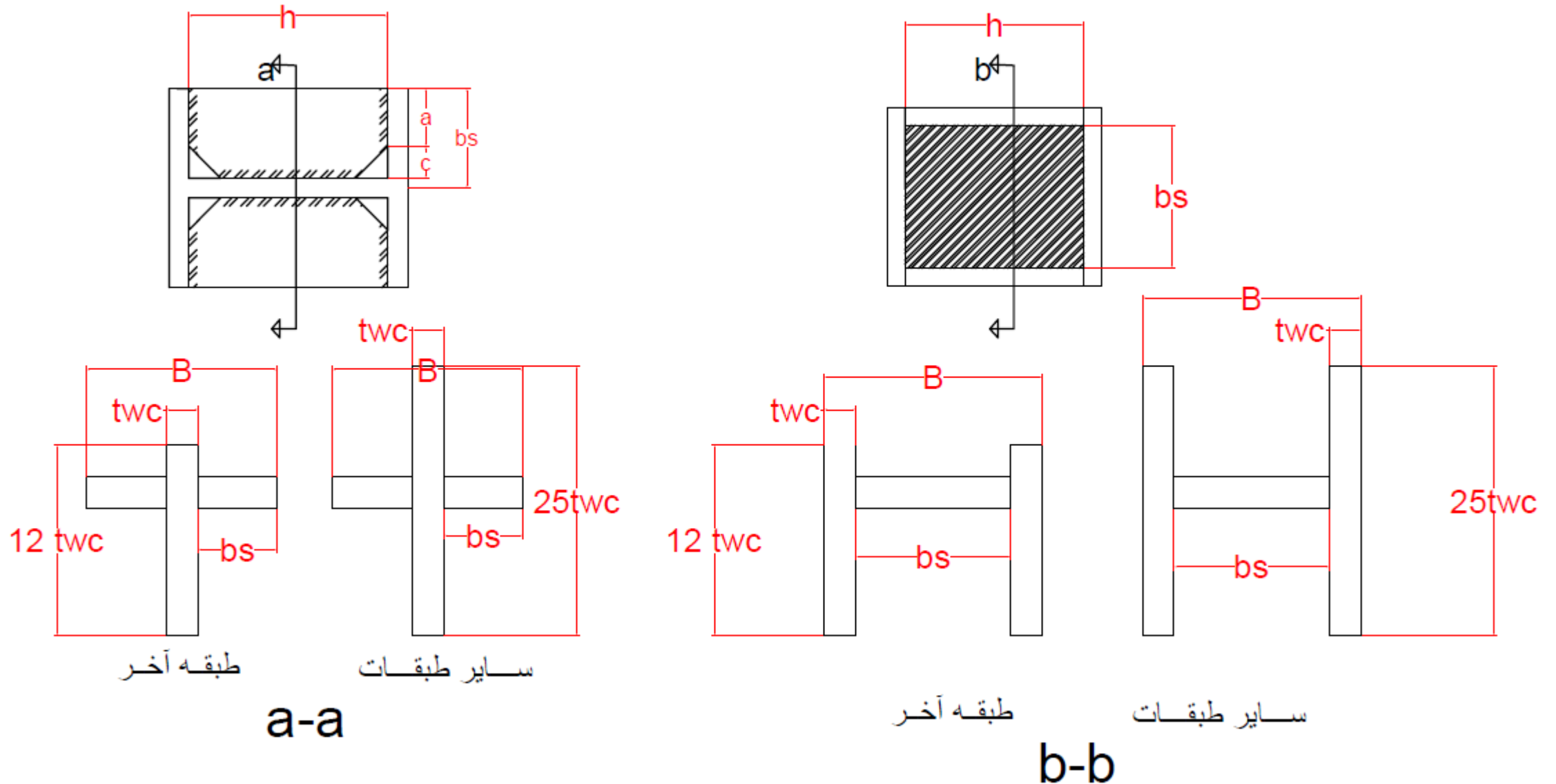
$$t_s \geq \frac{R_u}{1.8 * a * F_y}$$

بر اساس نیروی متمرکز کششی

$$t_s \geq \frac{R_u}{1.8 * b * F_y}$$

بر اساس نیروی متمرکز فشاری

پس از نهایی شدن ابعاد سخت کننده ها باید آنها به عنوان یک ستون فرضی به شکل زیر مورد کنترل قرار داد :





$$I = \frac{ts * B^3}{12}$$

A = مساحت ستون فرضی طبق شکل های صفحه قبل

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$\lambda = \frac{0.75 * h}{r}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\lambda^2}$$

$$F_{cr} = \begin{cases} (0.658)^{\frac{F_y}{F_e}} * F_y & \frac{F_y}{F_e} \leq 2.25 \\ 0.877 * F_e & \frac{F_y}{F_e} > 2.25 \end{cases}$$

$$P_n = F_{cr} * A$$

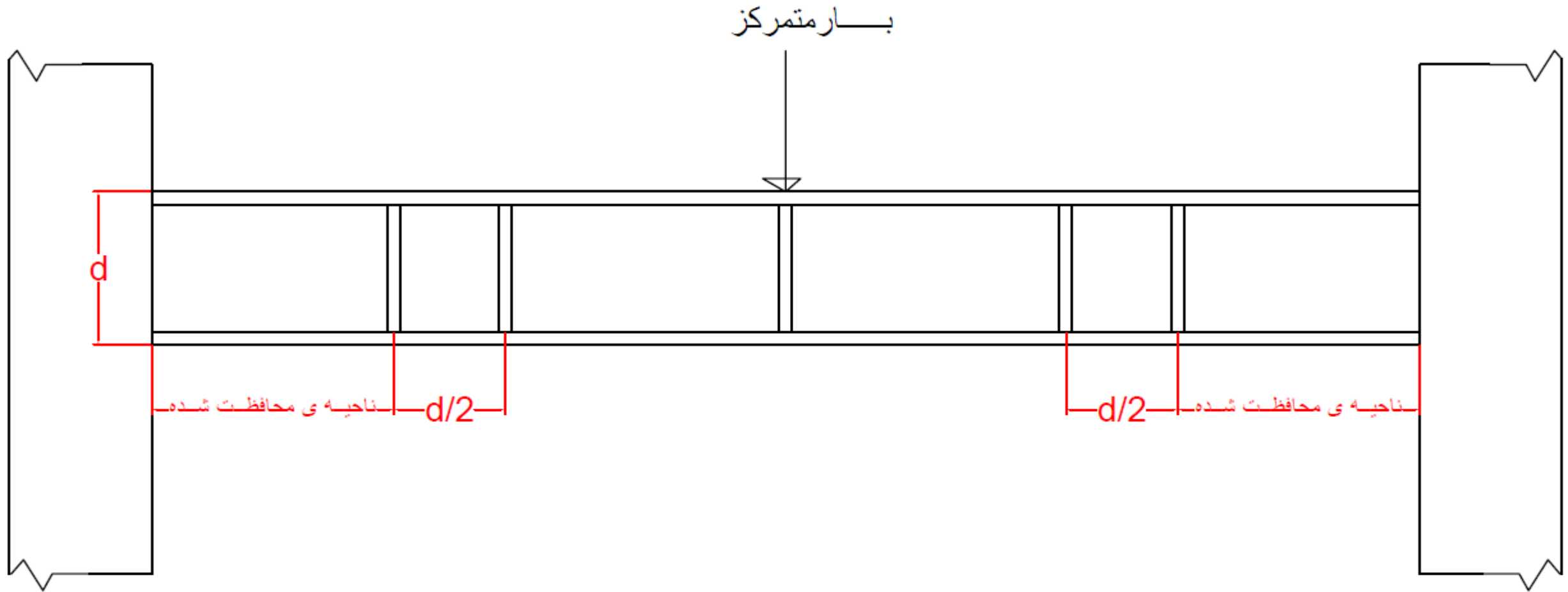
$$R_u \leq 0.9 P_n$$

## ۲- بخش دوم ( طراحی سخت کننده های تیر)

میدانیم که قسمت فشاری تیرهای فولادی تحت خمش ((معمولا بال بالایی تیرها)) مانند یک ستون تحت فشار عمل کرده و مستعد کمانش جانبی میباشند. ازین رو باید تمهیداتی برای جلوگیری از ایجاد کمانش در تیرها اندیشید.

در اغلب سازه ها به واسطه ی در گیری بال بالایی تیرها با سقف میتوانیم سیستم سقف را برای بال بالایی تیر مهار جانبی بدانیم و وقتی که بال بالا کمانش نکند یعنی کل تیر مهار جانبی شده است و این به خودی خود مشکل مهار جانبی تیرها را حل خواهد کرد. اما در تیرهایی که اتصال آنها به ستون به صورت گیردار میباشد در دوانتهای تیر لنگر وارده منفی بوده و بال پایینی تیر را تحت فشار قرار میدهد و این یعنی باید به شکلی بال پایینی تیر را در دوانتها مهار کرد تا از کمانش جانبی تیر جلوگیری شود. برای این کار میتوان با المان هایی که اصطلاحا ان ها را سخت کننده ی عرضی مینامند بال پایینی تیر را به بال بالایی وصل میکنیم که با این کار بال مهار نشده ی تیر ((بال پایینی)) به بال مهار شده تیر ((بال بالایی)) متصل و از نظر کمانش جانبی مهار میشود.

علاوه بر توضیحات بالا طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان تعبیه ی مهار جانبی در دوانتهای ناحیه ی محافظت شده تیر ها برای اتصالات گیردار با ورق های روسری وزیرسری ((چه پیچی و چه جوشی)) و همچنین اتصال گیردار تقویت نشده جوشی الزامیست. ((رجوع شود به بخش طراحی اتصالات گیردار)) دقت داشته باشید که اگر بر روی تیر بار متمرکزی اعمال میگردد تعبیه ی مهار جانبی در زیر بار متمرکز الزامیست.



محل های اجباری برای تعبیه ی مهار جانبی

همانطور که گفته شد تنها تیرهایی که دارای اتصال گیردار هستند در دو انتها نیاز به تعبیه ی سخت کننده دارند.

ابتدا باید طولی از تیر را که دارای لنگر منفی میباشد از نرم افزار تحت عنوان  $L$  برداشت کنیم. (( نحوه ی نمایش نمودار لنگر تیر در بخش محاسبه ی طول ورق تقویتی تیر آموزش داده شده است)).

در ادامه باید حداکثر فاصله ی مجاز برای سخت کننده ها را از طریق رابطه ی زیر محاسبه کنیم :

$$L_b = \begin{cases} 0.17 * r_{22} * \frac{E}{F_y} \\ 0.086 * r_{22} * \frac{E}{F_y} \end{cases}$$

در روابط بالا منظور از  $r_{22}$  شعاع ژیراسیون مقطع تیر حول محور ضعیف میباشد که از نرم افزار قابل برداشت خواهد بود. در ادامه اگر رابطه ی زیر برقرار نباشد باید برای انتهای تیر سخت کننده ی عرض تعبیه کرد.

$$L_b \geq L$$

در ادامه اگر به سخت کننده ی عرضی نیاز باشد ابعاد آن را حدس زده و روابط زیر را کنترل میکنیم :

$$P_u = \frac{0.06 * R_y * F_y * Z_{33}}{h_o}$$

مقدار Z33 تیر از نرم افزار قابل برداشت است :

$$V_u = \frac{P_u}{2}$$

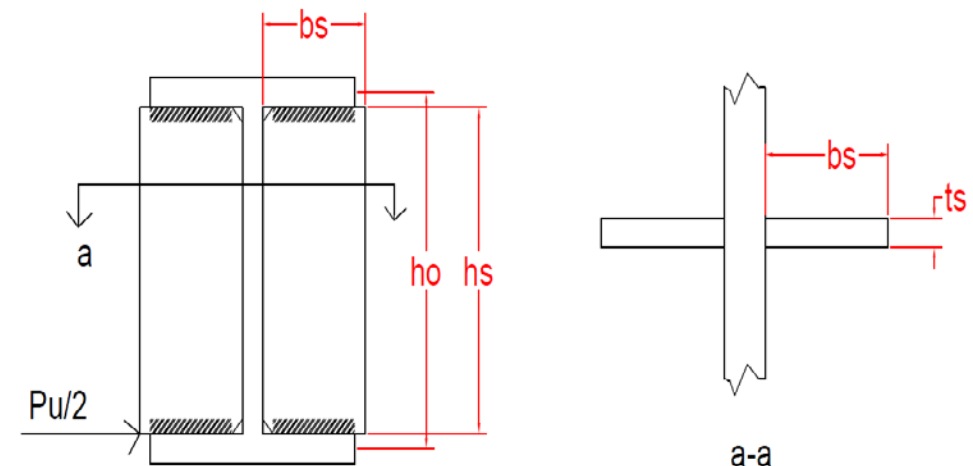
$$M_u = \frac{P_u}{2} * h_s$$

$$b_s \geq 2.1 * \sqrt{\frac{M_u}{F_y * t_s}}$$

$$V_u \leq 0.9 * 0.6 * F_y * b_s * t_s$$

$$\frac{b_s + \text{ضخامت جان تیر}}{t_s} < 0.84 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

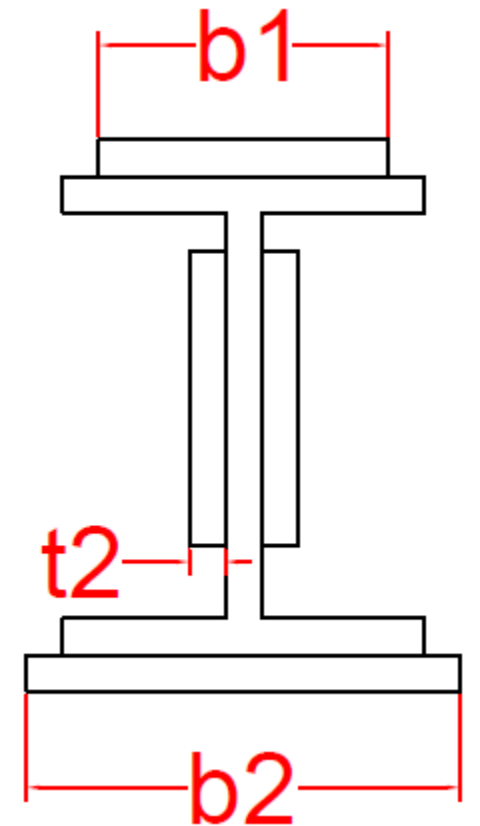
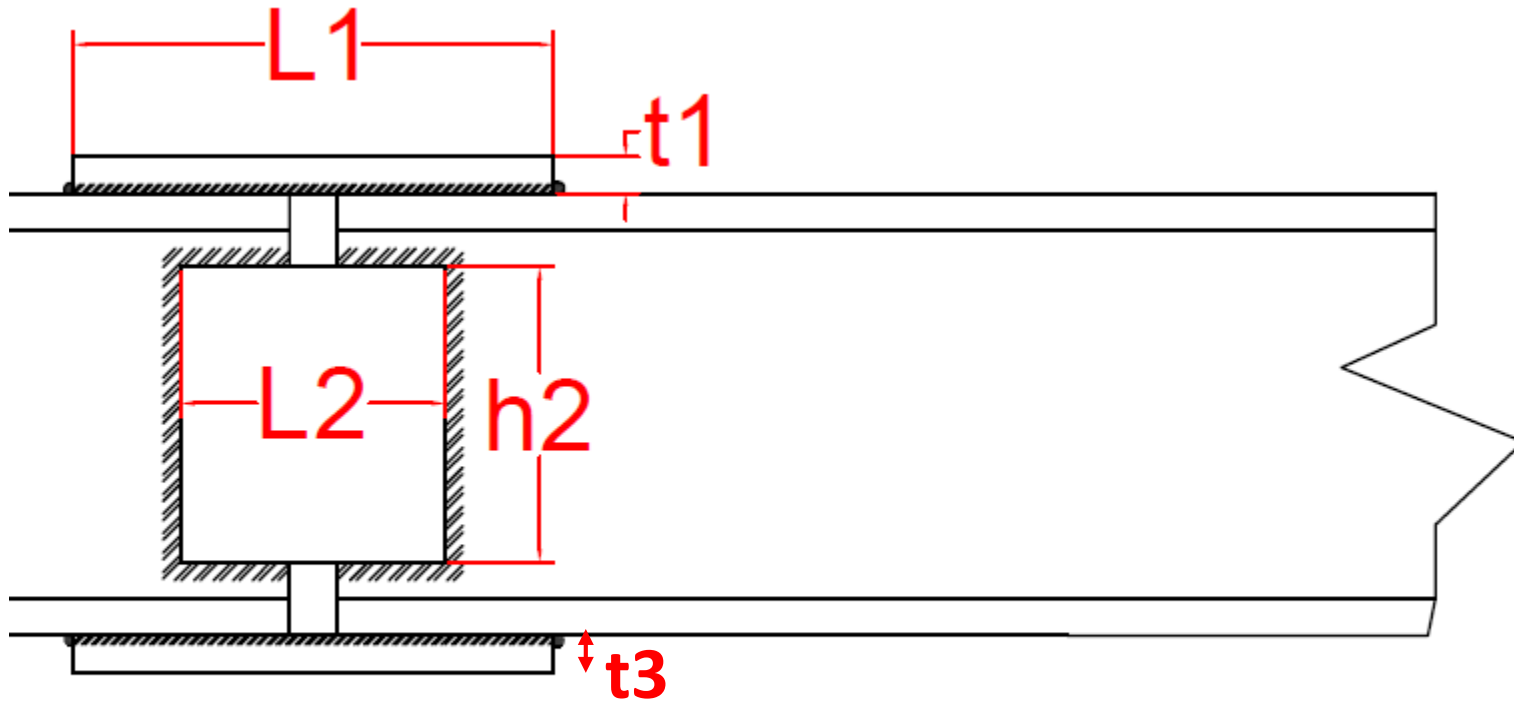
کنترل فشردگی سخت کننده ها :



## ۲- طراحی وصله ی تیرها

دقت داشته باشید که محل تمام وصله ها باید خارج از ناحیه ی حفاظت شده ی تیر باشد.

### ۲-۱- طراحی وصله جوشی تیرها با ورق جان و بال



در این اتصال برای جلوگیری از مشکلات جوشکاری سقفی عرض ورق وصله ی رویی را کمتر از عرض بال و عرض ورق وصله ی زیرین را بیشتر از عرض بال در نظر میگیریم.

در گام اول باید نیروهایی را که وصله باید برای آن طراحی شود را محاسبه کنیم برای این کار مقدار Z33 تیر مورد نظر را از نرم افزار برداشت میکنیم و داریم

$$M_u = 0.9 * Z * F_y$$

$$P_u = \frac{M_u}{\text{ارتفاع تیر}}$$

حال با توجه به نکات اجرایی برای ورق فوقانی و تحتانی یک عرض ((b1 و b2)) انتخاب میکنیم و داریم :

$$t_1 \geq \frac{P_u}{0.9 * b_1 * F_y}$$

$$t_3 \geq \frac{P_u}{0.9 * b_2 * F_y}$$

بعد از محاسبه ی عرض و ضخامت ورق های تحتانی و فوقانی حال باید با توجه به طول جوش لازم طول ورق های وصله (L1) را محاسبه کنیم:  
ابتدا با توجه به محدودیت های آیین نامه ای یک بعد جوش را انتخاب میکنیم و داریم :

$$\text{طول جوش لازم} = \frac{\frac{Pu}{2}}{0.75 * B * 0.6 * Fu * 0.707 * a}$$

در این رابطه منظور از Fu تنش طراحی الکتروود و منظور از B ضریب بازرسی جوش و منظور از a بعد جوش میباشد :

$$L1 = (2 * \text{طول جوش لازم} - (2 * \min(b1 \& b2)))$$

بعد از نهایی شدن ابعاد و جوش ورق های تحتانی و فوقانی حال به طراحی ورق وصله ی جان میپردازیم :

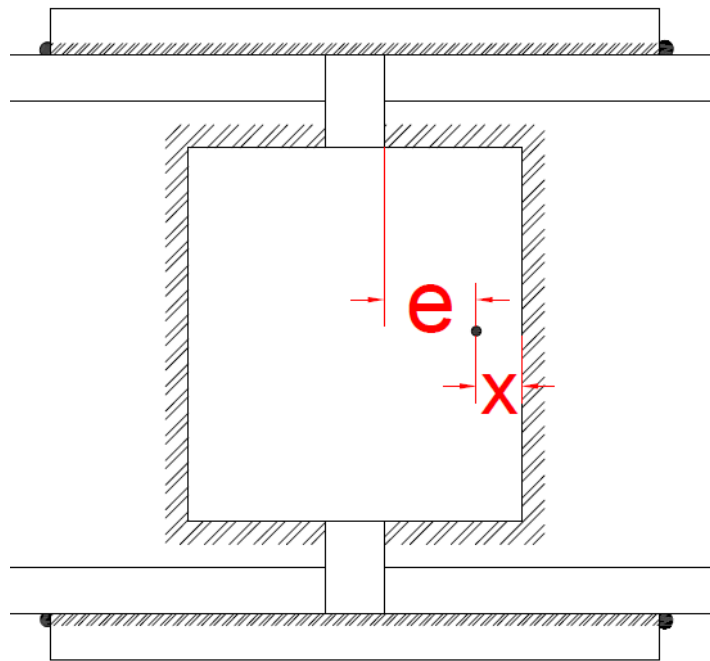
$$Vu = 0.9 * 0.6 * Fy * \text{تیر جان مساحت}$$

در این مرحله با توجه به محدودیت های اجرایی برای ارتفاع ورق وصله جان (h2) یک مقدار را انتخاب میکنیم و از طریق رابطه ی زیر ضخامت آن را محاسبه میکنیم :



$$t_2 \geq \frac{\frac{Vu}{2}}{0.9 * 0.6 * F_y * h_2}$$

در این مرحله باید یک عرض برای ورق وصله جان (L2) حدس زده و براساس آن بعد جوش لازم را محاسبه کنیم:



$$X = \frac{\left(\frac{L_2}{2}\right)^2}{L_2 + h_2}$$

$$e = \frac{L_2}{2} - x$$

$$T = \frac{Vu}{2} * e$$

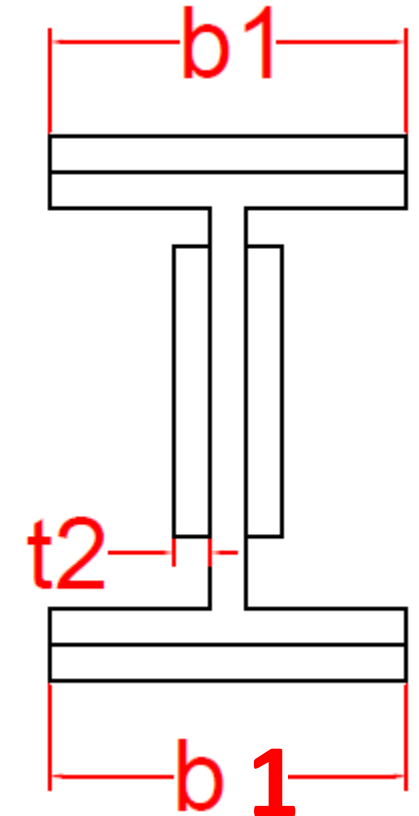
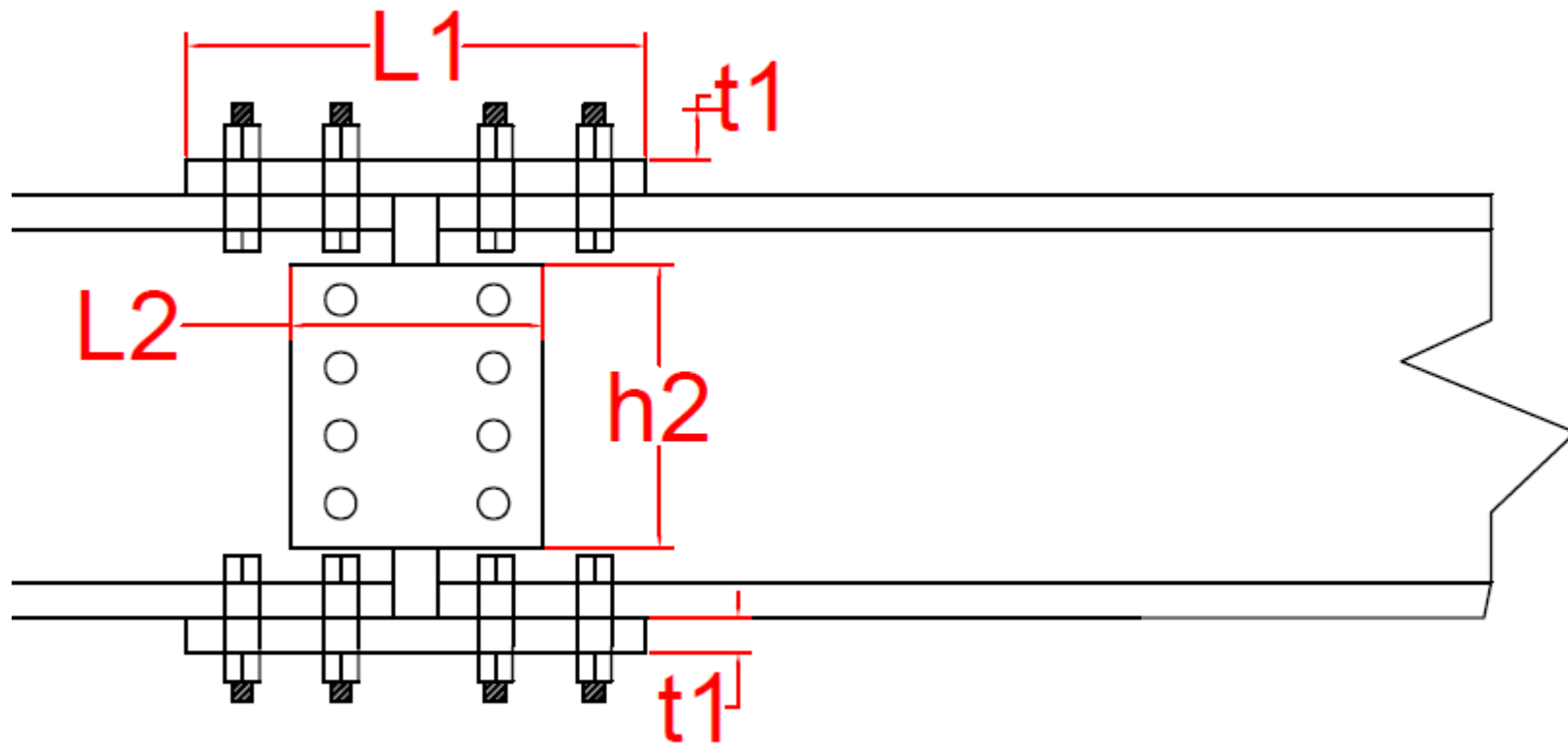
$$I = \frac{\left(8 * \left(\frac{L_2}{2}\right)^3\right) + \left(6 * \frac{L_2}{2} * h_2^2\right) + h_2^3}{12} - \frac{\left(\frac{L_2}{2}\right)^4}{L_2 + h_2}$$

$$f_{1y} = \frac{\frac{Vu}{2}}{L_2 + h_2} \quad f_x = \frac{T * \frac{h_2}{2}}{I} \quad f_{2y} = \frac{T * e}{I}$$

$$Fr = \sqrt{(f_{1x})^2 + (f_{1y} + f_{2y})^2} \quad \longrightarrow \quad \geq \frac{Fr}{0.75 * B * 0.6 * Fu * 0.707} \quad \text{بعد جوش}$$

عدد های 2 قرمز به خاطر  
وجود دو ورق وصله میباشد

۲-۲- طراحی وصله پیچی تیرها با ورق جان و بال



در گام اول باید نیروهایی را که وصله باید برای آن طراحی شود را محاسبه کنیم برای این کار مقدار Z33 تیر مورد نظر را از نرم افزار برداشت میکنیم و داریم

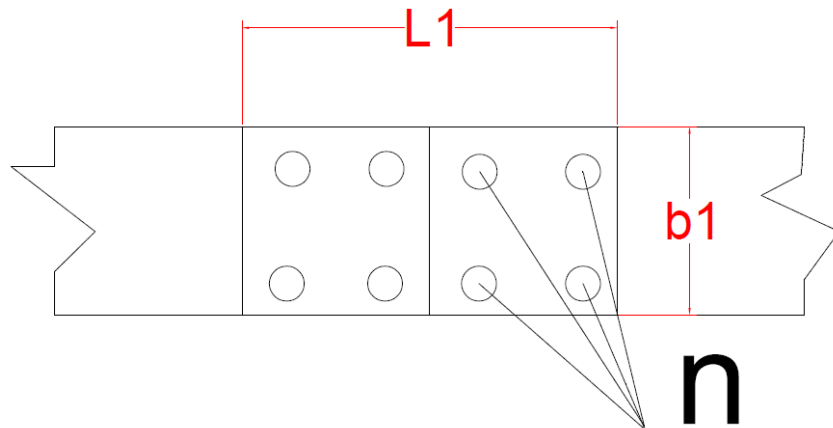
$$M_u = 0.9 * Z * F_y$$

$$P_u = \frac{M_u}{\text{ارتفاع تیر}}$$

در این مرحله تعداد پیچ های لازم برای ورق اتصال بال ها را محاسبه خواهیم کرد :

$$n = \frac{P_u}{0.75 * 0.45 * F_u * A_b} = \text{تعداد پیچ لازم برای هر طرف ورق وصله}$$

در این رابطه منظور از  $A_b$  مساحت هر پیچ و منظور از  $F_u$  تنش طراحی پیچ میباشد

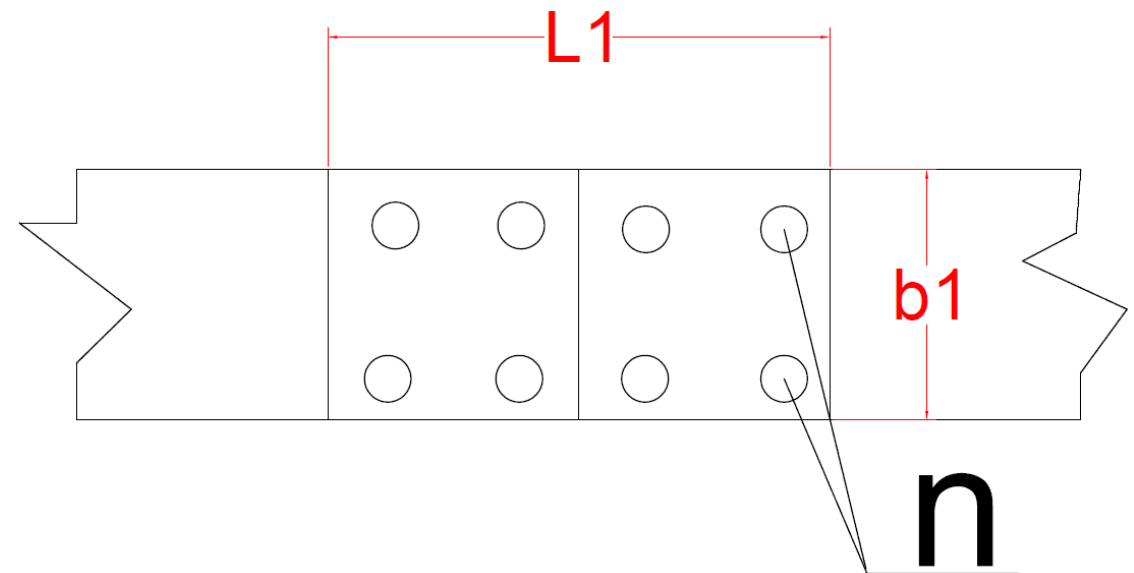


در ادامه به تعیین ضخامت ورق های تحتانی و فوقانی خواهیم پرداخت :

$$t1 > \frac{Pu}{0.9 * b1 * Fy}$$

کنترل گسیختگی کششی ورق های فوقانی و تحتانی :

$$Pu < 0.75 * (b1 - (n * dn)) * t1 * Fu$$

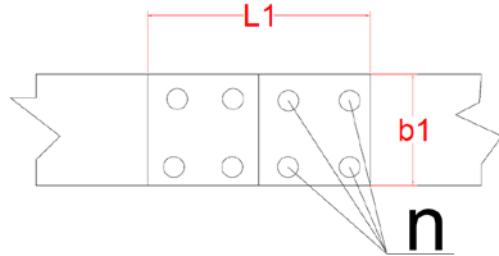


در این مرحله با توجه به محدودیت های آیین نامه برای فاصله ی پیچ ها طولی را برای ورق های فوقانی و تحتانی در نظر میگیریم و روابط زیر را کنترل میکنیم:

منظور از  $t$  حداقل ضخامت ورق وصله یا بال تیر میباشد:  $Rn = 0.75 * 2.4 * d * t * Fu$

$$Ru = \frac{Fu}{n}$$

$$Ru < Rn$$



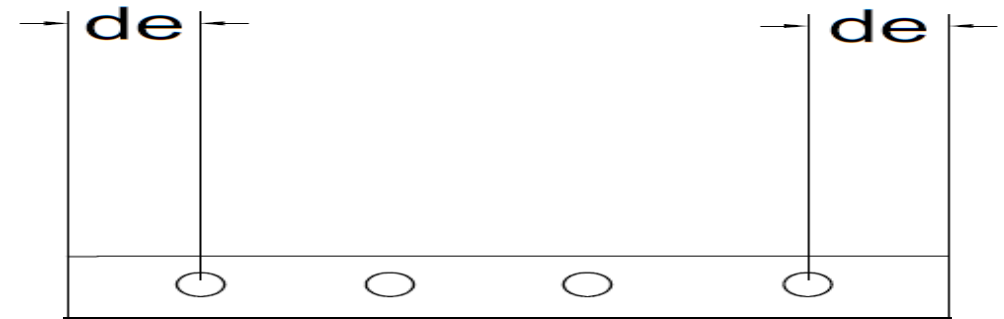
کنترل لهیدگی در جدار سوراخ ها:

کنترل پارگی در حدفاصل سوراخ ها و نیز در فاصله سوراخ انتهایی تا لبه ورق:

$$Lc = \min(Lc1 \ \& \ Lc2)$$

$Lc1 = dh$  - فاصله مرکز به مرکز سوراخ ها

$$Lc2 = de - \frac{dh}{2}$$



منظور از  $t$  حداقل ضخامت ورق وصله یا بال تیر میباشد:  $Rn = 0.75 * Lc * t * Fu$

$$Ru < Rn$$

همچنین برش قالبی برای ورق و بال تیر باید کنترل گردد. به علت تکراری بودن از ذکر آن صرف نظر می‌گردد.

بعد از نهایی شدن ابعاد و پیچ های ورق های تحتانی و فوقانی حال به طراحی ورق وصله ی جان میپردازیم :

$$V_u = 0.9 * 0.6 * F_y * \text{مساحت جان تیر}$$

در این مرحله با توجه به محدودیت های اجرایی برای ارتفاع ورق وصله جان ( $h_2$ ) یک مقدار را انتخاب می‌کنیم و از طریق رابطه ی زیر ضخامت آن را محاسبه می‌کنیم :

$$t_2 \geq \frac{\frac{V_u}{2}}{0.9 * 0.6 * F_y * h_2}$$

عدد های 2 قرمز به خاطر وجود دو ورق وصله میباشد

در ادامه به تعیین قطر پیچ ها و تعداد آنها برای ورق وصله جان میپردازیم:

ابتدا باید یک حدس از نحوه ی آرایش و شماره ی پیچ ها و ضوابط آیین نامه ای برای فاصله ی آنها برای وصله در نظر گرفت و در ادامه این حدس را چک کرد

شکل زیر را برای توضیح بیشتر حل میکنیم:

$$\sum xi^2 = 8 * \left(\frac{x}{2}\right)^2$$

$$\sum yi^2 = (4 * y1^2) + (4 * y2^2)$$

مفهوم عدد ۴ اینست که در شکل زیر ۴ پیچ از مرکز هندسی پیچ ها به اندازه  $y1$  فاصله دارند. به طور مشابه برای  $y2$  هم همچنین.

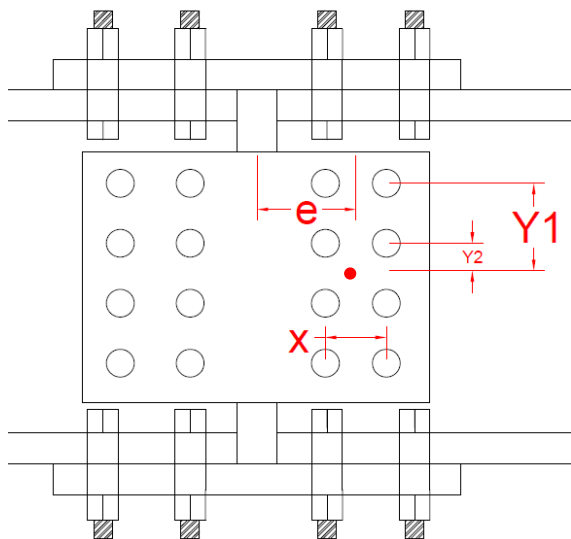
عدد های ۲ قرمز به خاطر وجود دو ورق وصله میباشد. در مورد  $e$  دقت داشته باشید که فاصله ی محل اتصال تا مرکز هندسی پیچ ها میباشد.

منظور از  $xi$  فاصله ی افقی هر پیچ تا مرکز هندسی پیچ ها و منظور از  $yi$  فاصله ی عمودی هر پیچ تا مرکز هندسی پیچ ها میباشد..

در این رابطه بدیهی است که اگر یک ردیف عمودی پیچ موجود باشد مقدار  $r_{tx}$  برابر با صفر خواهد بود.

در مورد  $y1$  منظور فاصله ی دورترین پیچ تا مرکز هندسی پیچ ها میباشد:

منظور از  $N$  تعداد پیچ های یک طرف ورق وصله میباشد. به طور مثال در شکل روبرو  $N$  برابر با ۸ میباشد.



$$r_{tx} = \frac{T * x}{J}$$

$$r_{ty} = \frac{T * Y1}{J}$$

$$r_{vy} = \frac{vU}{N}$$

$$J = \sum xi^2 + \sum yi^2$$

$$T = \frac{Vu}{2} * e$$

$$R_u = \sqrt{rty^2 + (rtx + rvy)^2}$$

$$R_n = 0.75 * A_b * 0.45 * F_u$$

$$R_u \leq R_n$$



## 2-3- طراحی وصله پیچی تیرها با ورق انتهایی

در گام اول باید نیروهایی را که وصله باید برای آن طراحی شود را محاسبه کنیم برای این کار مقدار Z33 تیر مورد نظر را از نرم افزار برداشت میکنیم و داریم

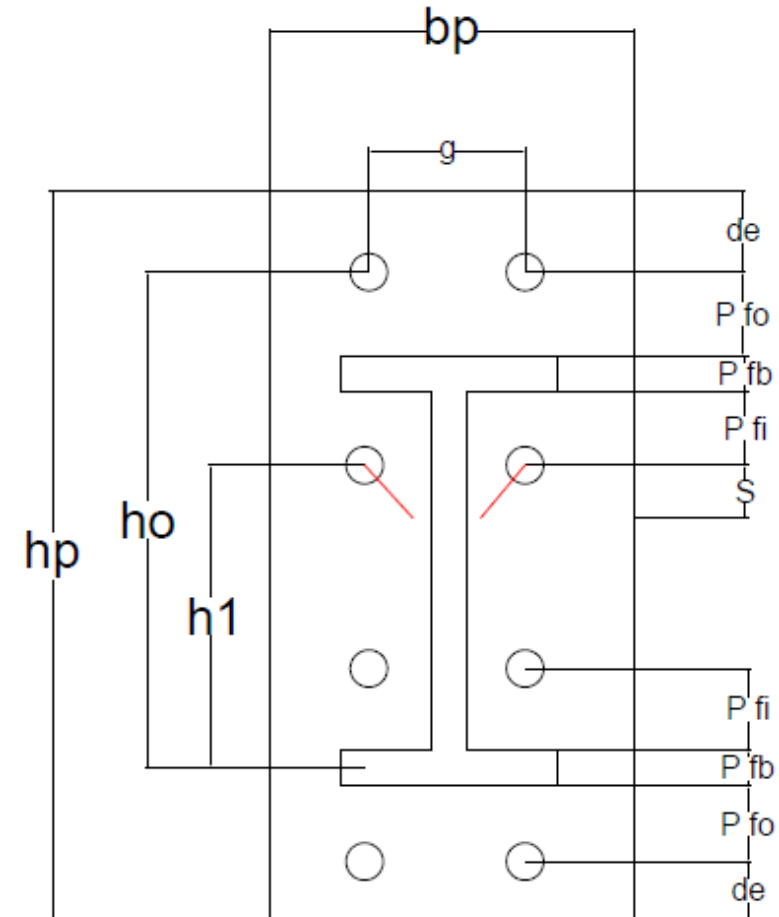
$$Mu = 0.9 * Z * Fy$$

در ادامه باید با توجه به محدودیت ها , ابعادی را برای پلیت انتهایی و محل پیچ ها در نظر گرفت سپس داریم:

$$bp = \text{عرض بال تیر}$$

$$g = \frac{bp}{2}$$

$$\text{قطر پیچ} = d > \sqrt{\frac{2 * Mu}{\pi * 0.75 * 0.75 * Fu * (ho + h1)}}$$



کنترل قطر پیچ انتخاب شده بر اساس برش:

$$V_u = 0.9 * \underbrace{\text{مساحت جان تیر}}_{\text{مصلح پیچ}} * 0.6 * F_y$$

$$f_{nv} = 0.45 * F_u \quad \underbrace{\text{سطح مقطع اسمی پیچ}}$$

$$V_u < 0.9 * 4 * f_{nv} * A_b$$

تعیین ضخامت ورق انتهایی:

$$S = \frac{1}{2} \sqrt{b_p * g}$$

$$Y_p = \frac{b_p}{2} \left( h_1 \left( \frac{1}{P_{fi}} + \frac{1}{S} \right) + h_o \left( \frac{1}{P_{fo}} \right) - \frac{1}{2} \right) + \frac{2}{g} (h_1 (P_{fi} + s))$$

: در این رابطه اگر مقدار  $P_{fi}$  از  $S$  بزرگتر باشد  $P_{fi}$  را برابر با  $S$  در نظر میگیریم.

$$\text{مجموع ضخامت های دو ورق انتهایی} = t_p = \sqrt{\frac{1.11 * M_u}{1 * F_y * Y_p}}$$

کنترل تسلیم برشی در ورق انتهایی:

$$T_u = \frac{M_u}{\text{ضخامت بال تیر-ارنفاع کل تیر}}$$

وجود عدد ۲ به خاطر اینست که دو سطح برش در مقابل  $T_u$  مقاومت میکنند :

$$R_n = 0.9 * 2 * \underbrace{0.6 * F_y * b_p}_{\text{مصالح ورق}} * t_p$$

$$T_u < R_n$$

کنترل گسیختگی برشی در ورق انتهایی:

قطر محاسباتی سوراخ

$$\text{عرض موثر ورق} = b_{pn} = b_p - 2 * \underbrace{d_n}_{\text{قطر محاسباتی سوراخ}}$$

$$R_n = 2 * 0.6 * \underbrace{F_u}_{\text{مصالح ورق}} * b_{pn} * t_p$$

مصالح ورق

$$T_u < R_n$$

کنترل لهیدگی در جدار سوراخ ها:

$$R_{ni} = 2.4 * d * t * F_u$$

$$R_{no} = \min\left(1.2 * \left(d_e - \frac{dh}{2}\right) * t * F_u\right) \& (2.4 * d * t * F_u)$$

$$R_n = (0.75 * 2 * R_{ni}) + (0.75 * 2 * R_{no})$$

$$V_u < R_n$$

$$L_{c1} = (p_{fo} + p_{fb} + p_{fi}) - dh$$

$$R_{n1} = 1.2 * L_{c1} * t * F_u$$

$$L_{c2} = \min\left(\left(d_e - \frac{dh}{2}\right) \& ((p_{fo} + p_{fb} + p_{fi}) - dh)\right)$$

$$R_{n2} = 1.2 * L_{c2} * t * F_u$$

کنترل پارگی در حدفاصل سوراخ ها و حدفاصل سوراخ های پایینی تا لبه ی ورق:

$$R_n = 0.75 \min ( R_{n1} \& R_{n2} )$$

$$R_v = \frac{V_u}{4} \quad R_v < R_n$$

در روابط بالا منظور از t ضخامت ورق انتهایی میباشد.

## ۴- بخش چهارم (صفحه ستون)

در تمامی بخش دوم مقادیری را که برای طراحی صفحه ستون نیاز داریم به شکل زیر از نرم افزار ETABS برداشت میکنیم :

دقت داشته باشد که باید پای ستون هایی که ویژگی هایی شبیه به هم دارند را انتخاب کرد (نه تمامی پای ستون ها) منظور از ویژگی ها , ابعاد ستون , متصل بودن یا نبودن بادبند به ستون و محل قرار گیری ستون نسبت به صفحه ستون (میانی, کناری و گوشه) میباشد.

سپس مانند تصاویر صفحه بعد عمل کرده و در شکل شماره ۳ در قسمت Loda case/combo ترکیب بارهایی که سازه با آنها طراحی شده را انتخاب کرده و جدول حاصل را به اکسل انتقال میدهیم.

حال با استفاده از ویژگی های اکسل ردیفی را که بحرانی ترین حالت را دارد انتخاب میکنیم:

ردیفی بحرانی ترین حالت را دارد که دارای بیشترین مقدار زیر باشد:

$$e_r = \sqrt{\left(\frac{My}{Fz}\right)^2 + \left(\frac{Mx}{Fz}\right)^2}$$

دقت داشته باشید که منظور از Fz مقادیر مثبت آن است

پس از پیدا کردن ردیف بحرانی مقادیر ردیف مربوطه را به شرح زیر برداشت میکنیم:

ممکن است مقادیر منفی باشند که باید حتما با علامت منفی برداشت شوند:  $Mx=Mx$     $My=My$     $Fx=Vx$     $Fy=Vy$     $Pu=Fz$

ETABS 2016 Ultimate 16.0.0 - s

File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Detailing Options Toc

Undeformed Shape F4

Load Assigns

Deformed Shape... F6

Force/Stress Diagrams

Display Performance Check...

Energy/Virtual Work Diagram...

Cumulative Energy Components...

Story Response Plots...

Combined Story Response Plots...

Response Spectrum Curves...

Plot Functions... F12

Quick Hysteresis

Static Pushover Curve...

Hinge Results...

Save Named Display...

Show Named Display...

Show Tables... Ctrl+T

Joint Reactions

1 of 1611 | Reload Apply

|   | Story | Joint Label | Unique Name | Load Case/Combo | FX kgf   | FY kgf | FZ kgf  | MX kgf-m | MY kgf-m | MZ kgf-m |
|---|-------|-------------|-------------|-----------------|----------|--------|---------|----------|----------|----------|
| ▶ | Base  | 2           | 3           | Dead            | -1.41    | -0.02  | 1222.82 | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | Live            | 0        | 0      | 0       | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | LIVE(RE)(0.5)   | 0        | 0      | 0       | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | LIVE(RE)(1)     | 0        | 0      | 0       | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | LIVE ROOF       | -0.22    | -0.04  | 521.97  | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | SNOW            | -0.24    | -0.04  | 574.16  | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | WALL            | 0        | 0      | 0       | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | MASS            | 0        | 0      | 0       | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | WIND 1          | -6       | 0.09   | 4754.42 | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | WIND 2          | 0.002626 | -0.24  | 62.44   | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | WIND 3          | -3.18    |        | 6.11    | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | WIND 4          | -5.82    |        | 5.52    | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | WIND 5          | 0.2      |        | 44      | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | WIND 6          | -0.2     |        | 1.1     | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | WIND 7          | -4.5     |        | 8.98    | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | WIND 8          | -4.5     | -0.11  | 3612.65 | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | WIND 9          | -2.24    | 0.1    | 2059.08 | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | WIND 10         | -4.52    | 0.26   | 3224.08 | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | WIND 11         | -2.24    | -0.16  | 2129.39 | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | WIND 12         | -4.52    | 0      | 3294.39 | 0        | 0        | 0        |
|   | Base  | 2           | 3           | EX              | -1.11    | 0.02   | 958.85  | 0        | 0        | 0        |

Plan View - Base - Z = 0 (m) X-7.2 Y 8.3 Z 0 (m)

3-d P Choose Tables

- Tables
  - Model
  - Analysis
    - Options
    - Response Spectrum Functions
    - Time History Functions
    - Load Cases
    - Load Combinations
    - Results
      - Displacements
      - Reactions
        - Base Reactions
        - Joint Reactions
        - Design Reactions
      - Modal Results
      - Structure Results
      - Frame Results
      - Shell Results
      - Energy/Virtual Work
  - Design

OK Cancel

در ادامه فرآیند طراحی کف ستون هایی ارائه میگردد که ستون در وسط آنها قرار دارد با این توضیح که برای طراحی کف ستون های کناری و گوشه تمام مراحل شبیه هم است با این تفاوت که مقادیر زیر باید جایگزین مقادیری شوند که در مرحله قبل از اکسل برداشت شد:

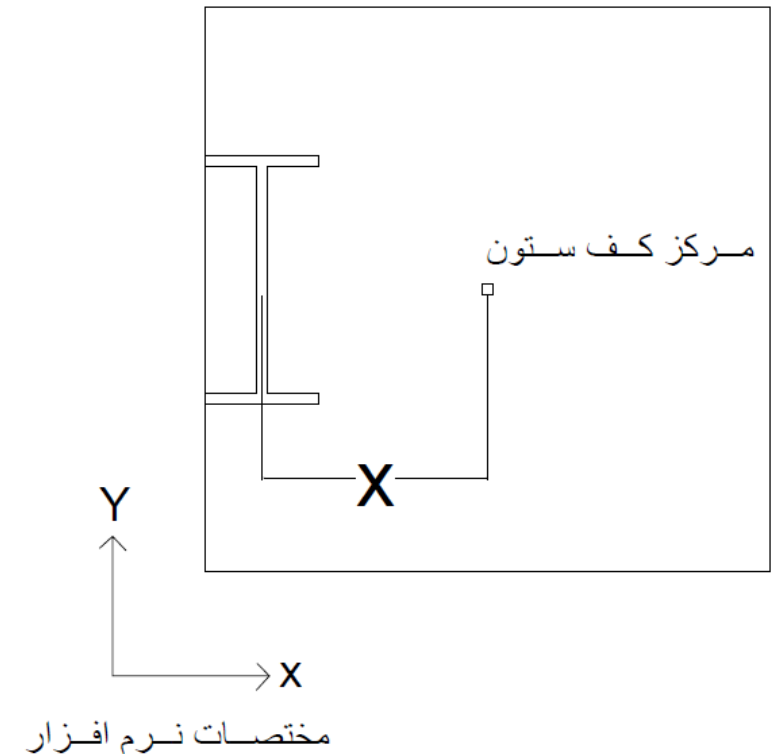
برای کف ستون کناری داریم:

$$P_u = F_z \quad F_x = V_x \quad F_y = V_y \quad M_x = M_x \quad M_y^* = M_y \mp (P_u * x)$$

\*دقت داشته باشید که ممکن است شرایط بالا برای جهت دیگر اتفاق بیفتد که در اینصورت  $M_y$  ثابت و  $M_x$  تغییر خواهد کرد.

در مورد علامت  $\mp$  دقت کنید که بسته به جهت مختصات نرم افزار باید جمع یا تفریق انتخاب شود به طور مثال اگر  $M_y$  برداشت شده از نرم افزار دارای علامت منفی باشد و شکل بالا برای ستون اتفاق افتاده باشد در اینصورت باید علامت منفی را انتخاب کرد:

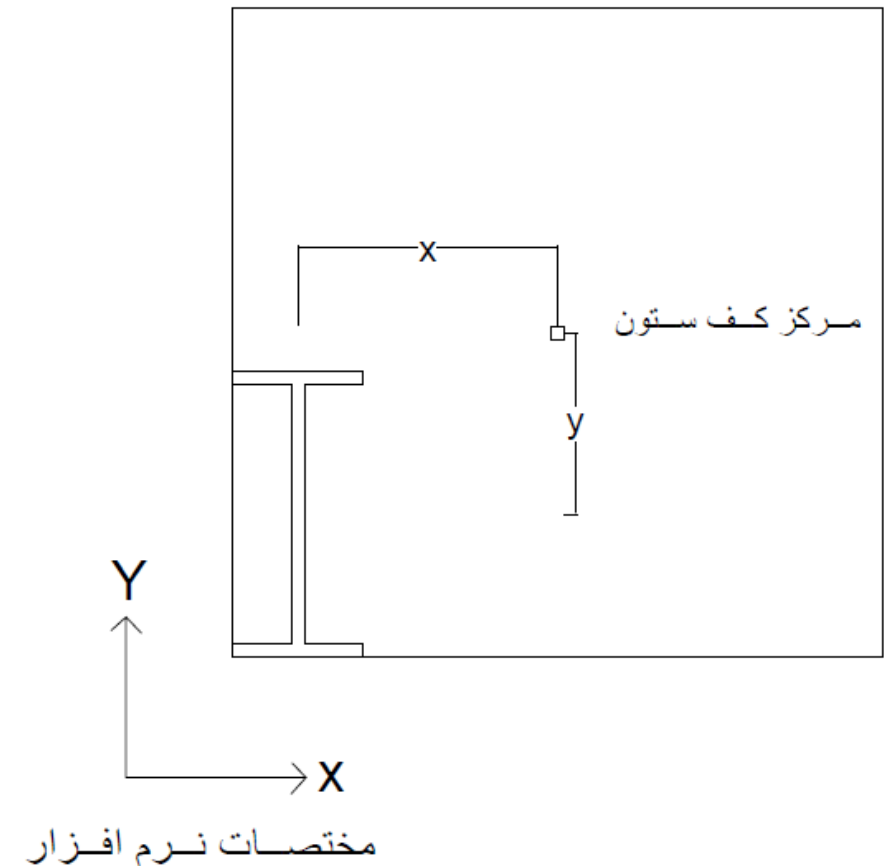
$$M_y^* = -M_y - (P_u * x)$$



برای کف ستون گوشه داریم:

$$P_u = F_z \quad F_x = V_x \quad F_y = V_y \quad M_x = M_x \mp (P_u * y) \quad M_y^* = M_y \mp (P_u * x)$$

در مورد علامت  $\mp$  دقت کنید که بسته به جهت مختصات نرم افزار باید جمع یا تفریق انتخاب شود به طور مثال اگر  $M_x$  برداشت شده از نرم افزار دارای علامت مثبت باشد و شکل بالا برای ستون اتفاق افتاده باشد در اینصورت باید علامت مثبت را انتخاب کرد:  $M_x^* = M_x + (P_u * y)$

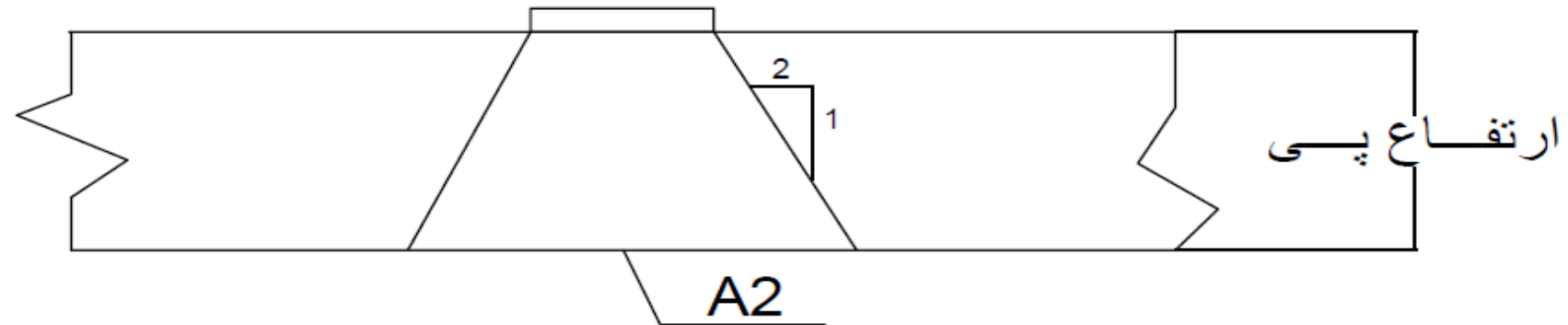
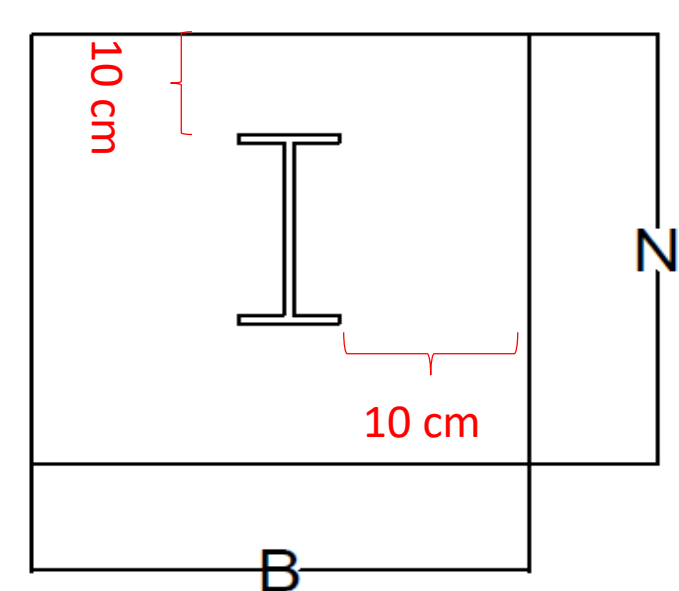




ابتدا با توجه به حداقل های اجرایی یک ابعاد برای کف ستون حدس میزنیم بهتر است ابعاد کف ستون در هر جهت از ابعاد ستون به اندازه ۲۰ سانتیمتر بزرگتر باشد.

$$A1 = \text{مساحت صفحه ستون} = B * N$$

$$A2 = \begin{cases} A1 & \text{اگر حداقل یک لبه ی صفحه ستون با لبه ی پب همباد باشد :} \\ (B + (4 * \text{ارتفاع پی})) * (N + (4 * \text{ارتفاع پی})) & \text{به جز مورد بالا :} \end{cases}$$



در نهایت با استفاده از روابط زیر کفایت ابعاد صفحه ستون را چک میکنیم:

$$P_p = 0.85 * f_c * A_1 * \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} < 1.7 * A_1 * f_c$$

$$P_u < 0.65 * P_p$$

دقت داشته باشید که در روابط بالا اگر مقدار  $P_p$  بیشتر از  $P_u$  باشد مجاز به کاهش ابعاد مقطع نیستیم چون در ابتدا ابعاد را با توجه به محدودیت های اجرایی انتخاب کردیم.

محاسبه ضخامت کف ستون:

$$e_x = \frac{|M_y|}{P_u}$$

$$e_y = \frac{|M_x|}{P_u}$$

$$\text{If } ex \leq \frac{B}{6} \text{ or } ey \leq \frac{N}{6} : F_p = \frac{Pu}{A_1} * \left( 1 + \frac{6 * ex}{B} + \frac{6 * ey}{N} \right)$$

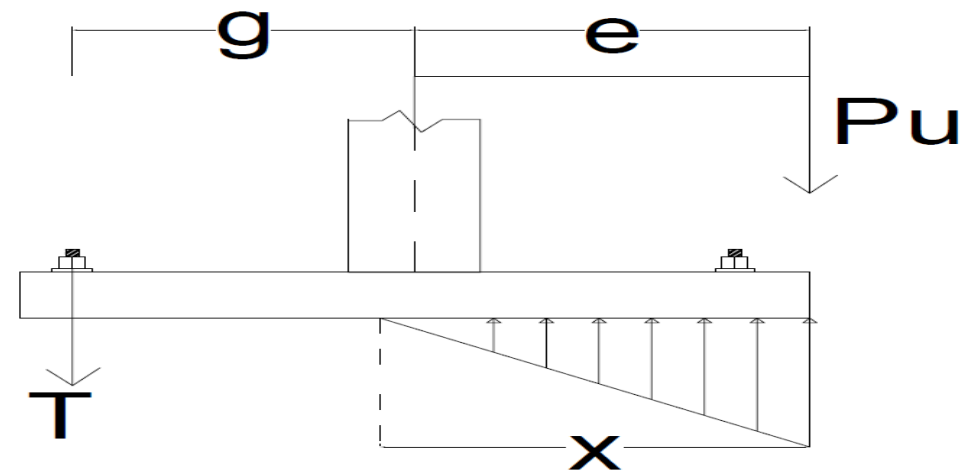
$$\text{If } ex > \frac{B}{6} \text{ or } ey > \frac{N}{6} : F_p = \frac{2 * Pu * (ex + g)}{X * N * \left( \frac{B}{2} + g - \frac{X}{3} \right)}$$

دقت داشته باشید که معادله ی روبرو برای بعد B کف ستون ها نوشته شده است و برای بعد N فقط جای B و N تعویض شده و به جای ex مقدار ey قرار میگیرد

برای حالت دوم ابتدا باید با استفاده از معادله درجه سه زیر مقدار تار خنثی ((X)) محاسبه گردد.

$$X^3 + \left( 3 \left( ex - \frac{B}{2} \right) X^2 \right) + \left( \frac{6 * n * As}{N} * (g + ex) X \right) + \left( \left( \frac{-6 * n * As}{N} * (g + ex) \right) \left( \frac{B}{2} + g \right) \right) = 0$$

منظور از n نسبت مدول الاستیسیته فولاد به بتن  $\left( \frac{Es}{Ec} \right)$  و منظور از AS مساحت آرماتورهایی است که قرار است در وجه کششی صفحه ستون قرار گیرند. دقت داشته باشید که معادله ی بالا برای بعد B کف ستون ها نوشته شده است و برای بعد N فقط جای B و N تعویض شده و به جای ex مقدار ey قرار میگیرد



شکل برای  $(e > \frac{B \text{ or } N}{6})$

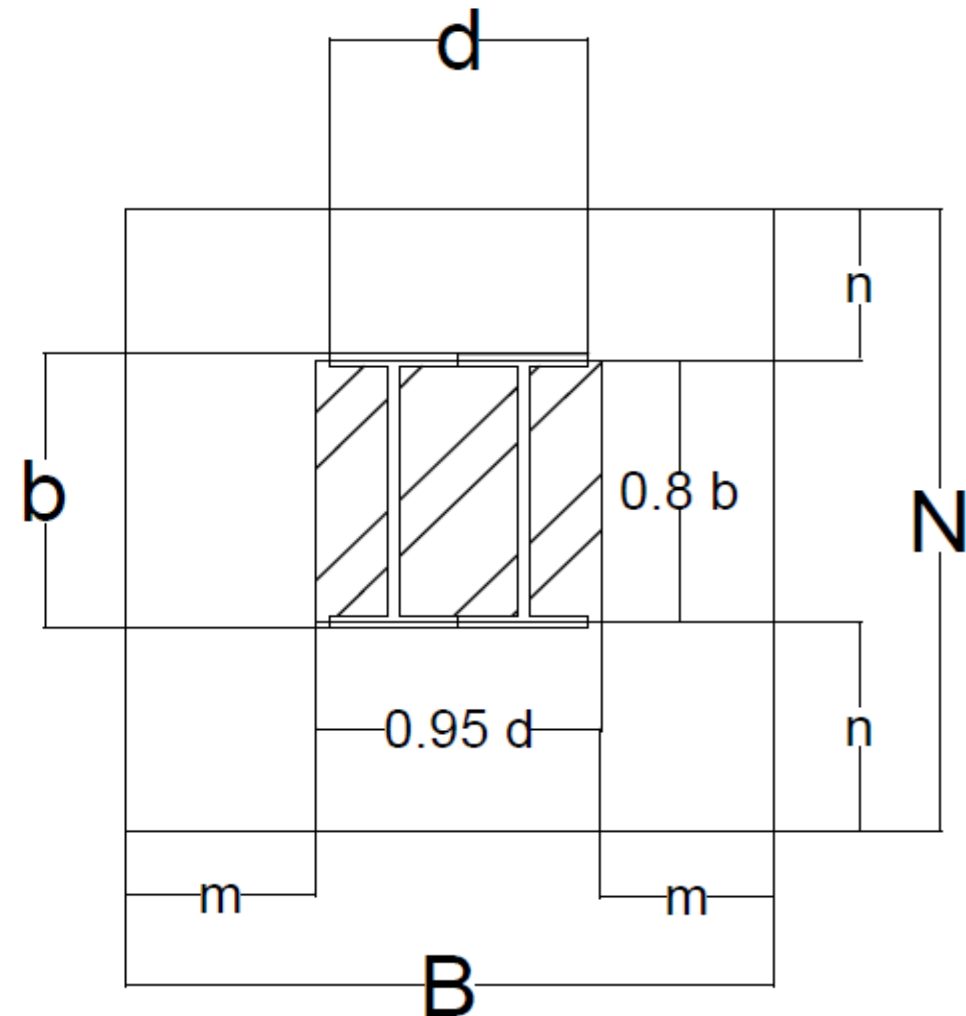
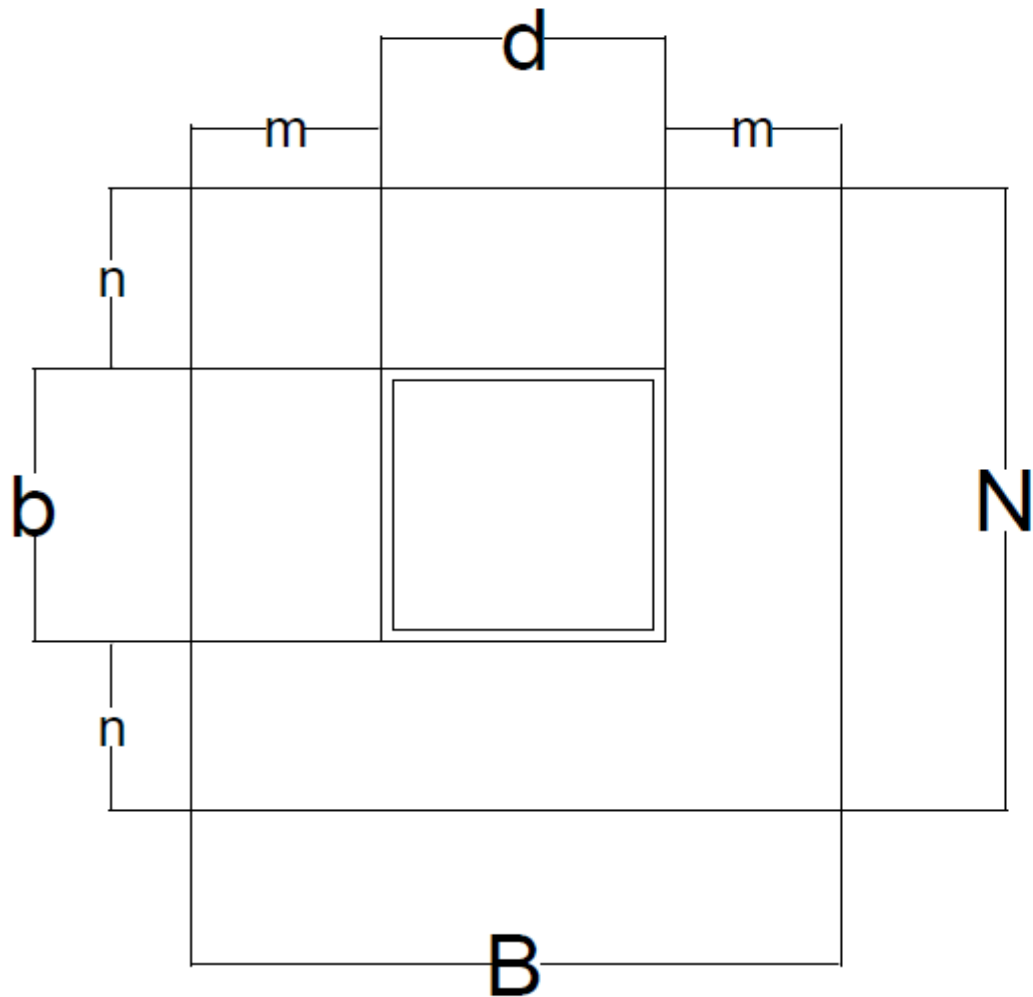
\*بعد از طی مراحل بالا یک  $F_p$  برای جهت X و یک  $F_p$  برای جهت Y خواهیم داشت که در ادامه محاسبات از مقدار max آنها ( $F_p \text{ max}$ ) استفاده میکنیم.

همانطور که در شکل صفحه ی قبل مشخص است برای  $(e > \frac{B \text{ or } N}{6})$  قسمتی از کف ستون تحت کشش میباشد که باید مقدار این کشش کحاسبه گردد :

$$T_u = P_u * \left( \frac{ex + \frac{X}{3} - \frac{B}{2}}{\frac{B}{2} + g - \frac{X}{3}} \right)$$

دقت داشته باشید که معادله ی بالا برای بعد B کف ستون ها نوشته شده است و برای بعد N فقط جای B و N تعویض شده و به جای ex مقدار ey قرار میگیرد.

حال باید مقاطع بحرانی صفحه ستون در برابر خمش را محاسبه کنیم :



با توجه به شکل های صفحه قبل مقادیر  $m$  و  $n$  را برداشت میکنیم . ((مثلا برای ستون دوبر مقدار  $m$  برابر است با :  $\left(\frac{B - 0.95 d}{2}\right)$ ))

علاوه بر مقاطع بحرانی فوق باید معیار خط تسلیم را برای محاسبه ضخامت صفحه ستون در نظر داشت:

$$X = \left(\frac{4 * b * d}{(b+d)^2}\right) * \left(\frac{Pu}{0.65 * Pp}\right) \leq 1$$

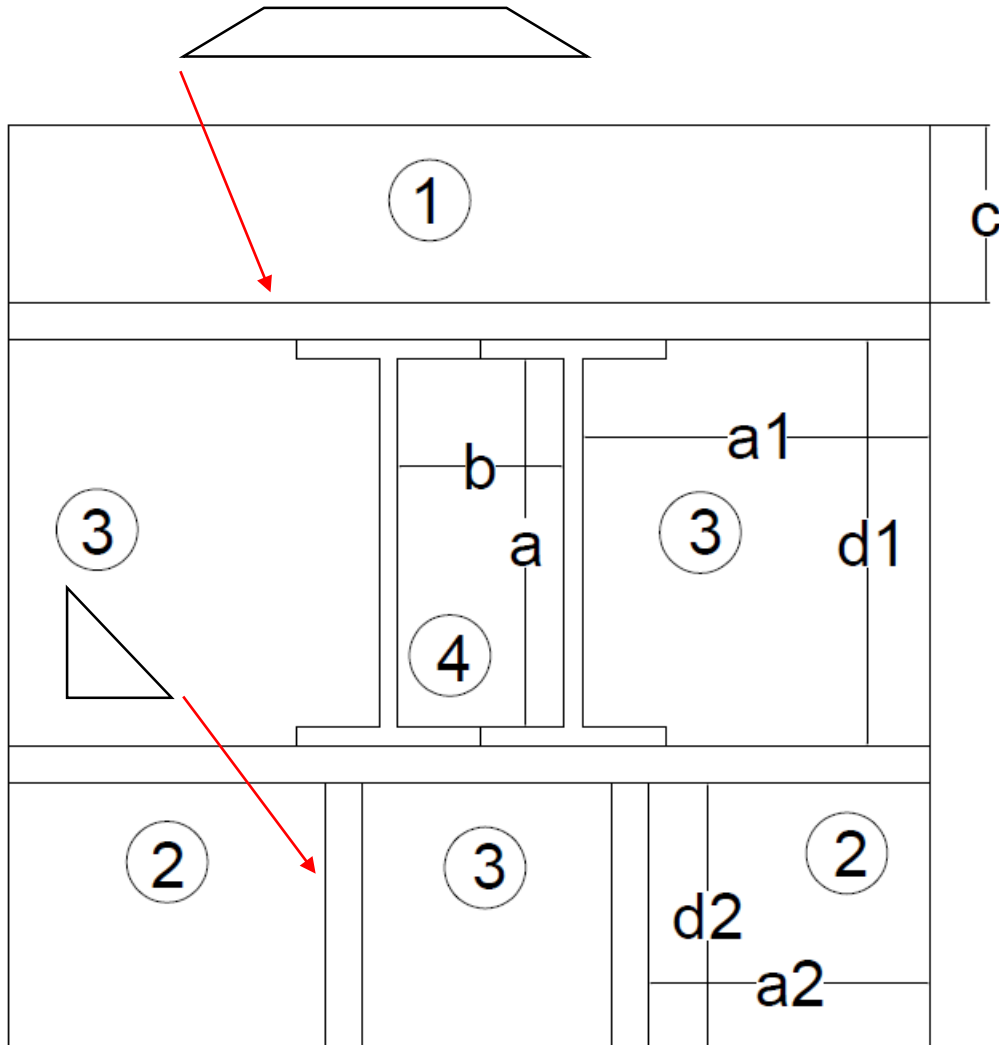
$$\lambda = \frac{2 * \sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}}$$

$$k = 0.25 * \sqrt{b * d}$$

در نهایت ضخامت کف ستون از رابطه زیر حاصل میشود :

$$t_p = 1.5 * \max ( m \& n \& \lambda k ) * \sqrt{\frac{F_p \max}{F_y}}$$

در هر یک از دو حالت فوق ( $e > \frac{B \text{ or } N}{6}$  و  $e < \frac{B \text{ or } N}{6}$ ) چنانچه ضخامت کف ستون مقداری زیاد حاصل شود میتوان با اضافه کردن سخت کننده ها از ضخامت صفحه ستون کاست برای این منظور مراحل زیر طی میشود:



در مورد چیدمان سخت کننده ها میتوان به شکل روبرو اشاره کرد که برای تمام حالت دربرگیرنده میباشد. به طور کلی ممکن است سخت کننده ها کف ستون را به چهار قسمت یک طرف گیردار (1)، دو طرف گیردار (2)، سه طرف گیردار (3) و چهار طرف گیردار (4) تقسیم کنند.

دقت داشته باشید که در شکل روبرو منظور از  $d1$  در قسمت سه طرف گیردار مقدار بیشتر است.

همچنین در قسمت چهار طرف گیردار منظور از  $a$  بعد بزرگتر است.

پس از برداشت مقادیر شکل مورد نظر به محاسبه لنگر هر قسمت میپردازیم.

$$m1 = \frac{Fp \max * C^2}{2} \quad \text{یک طرف گیردار :}$$

$$m2 = \frac{Fp \max * a^2 * d^2}{6 * (a^2 + d^2)} \quad \text{دو طرف گیردار :}$$

$$m3 = \alpha * Fp \max * d1^2 \quad \text{سه طرف گیردار :}$$

$$m4 = B * Fp \max * b^2 \quad \text{چهار طرف گیردار :}$$

مقادیر  $\alpha$  و  $B$  از جداول زیر برداشت میشوند

| ناحیه سه طرف گیردار |      |       |       |       |       |       |      |       |       |       |
|---------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| $\frac{a1}{d1}$     | 0.5  | 0.6   | 0.7   | 0.8   | 0.9   | 1     | 1.2  | 1.4   | 2     | > 2   |
| $\alpha$            | 0.06 | 0.074 | 0.088 | 0.097 | 0.107 | 0.112 | 0.12 | 0.126 | 0.132 | 0.133 |

| ناحیه چهار طرف گیردار |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| $\frac{a}{d}$         | 1     | 1.1   | 1.2   | 1.4   | 1.5   | 1.6   | 1.8   | 1.9   | 2     | > 2 |
| $B$                   | 0.048 | 0.055 | 0.062 | 0.075 | 0.081 | 0.086 | 0.094 | 0.098 | 0.099 | 0.1 |

برای ناحیه سه طرف گیردار اگر مقدار  $\frac{a1}{d1}$  از 0.5 کمتر باشد مانند ناحیه ی یک طرف گیردار به حساب می آید.



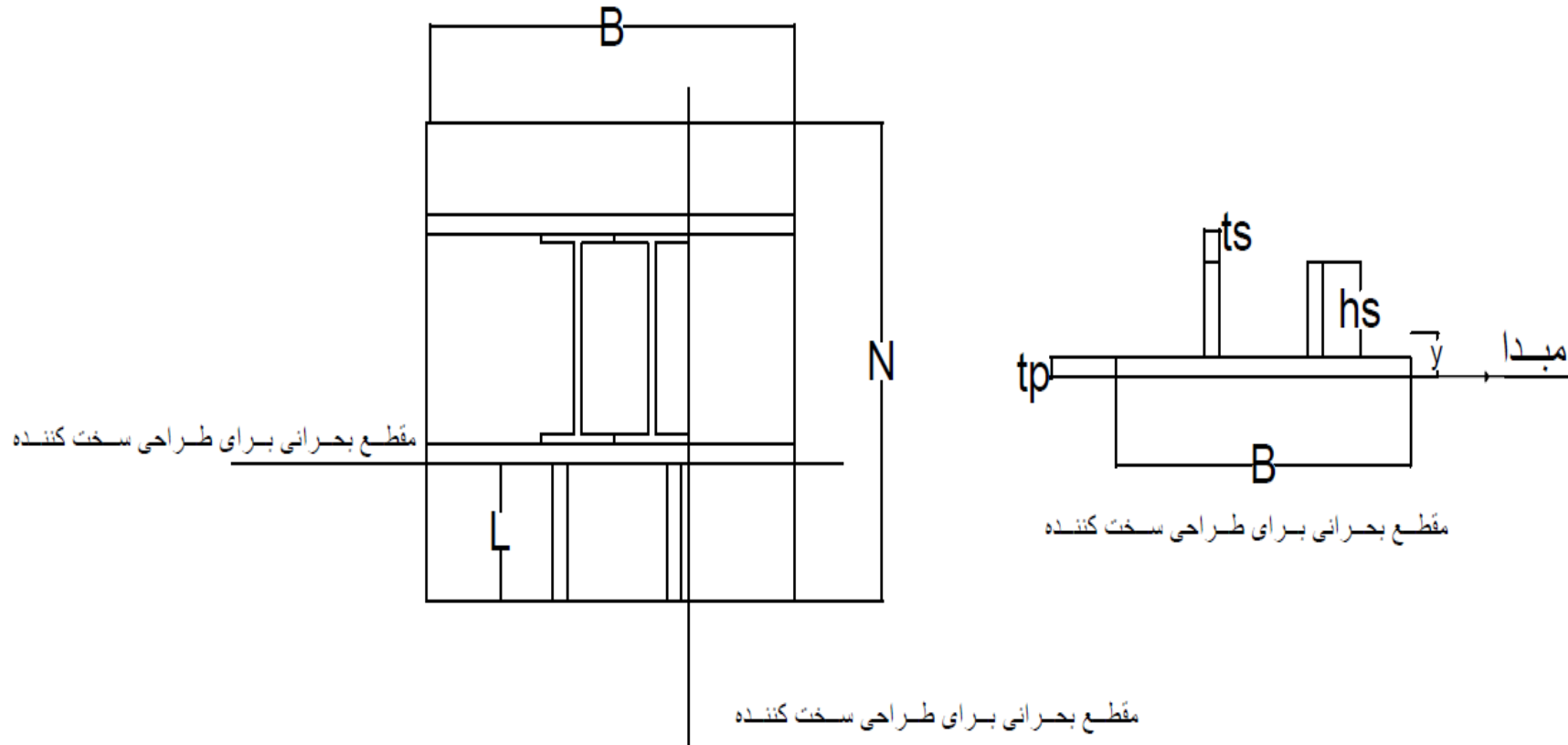
حال با داشتن مقادیر لنگر ها ضخامت صفحه ستون با سخت کننده از رابطه زیر حاصل میشود:

$$t_p = 2.11 * \sqrt{\frac{\max(m_1 \& m_2 \& m_3 \& m_4)}{F_y}}$$

طراحی سخت کننده ها :

در ابتدا برای سخت کننده ها یک ابعاد در نظر میگیریم و سپس داریم :

ابتدا باید فشرده بودن سخت کننده ها کنترل شود :



$$\frac{h_s + t_p}{t_s} < 0.84 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

حال سخت کننده ها را برای لنگر وارده به آنها کنترل میکنیم:

$$M_u = \frac{F_p * B * L^2}{2}$$

$$y = \frac{\sum A * y}{\sum A} = \frac{2 * \left( h_s * t_s * \left( \frac{h_s}{2} + t_p \right) \right) + \left( B * t_p * \frac{t_p}{2} \right)}{(2 * (h_s * t_s) + (B * t_p))}$$

$$Z_x = 2 * \left( \left( (h_s + t_p) - y \right) * t_s * \frac{\left( (h_s + t_p) - y \right)}{2} \right) + 2 * \left( (y - t_p) * t_s * \frac{(y - t_p)}{2} \right) + (B * 2 * \left( y - \frac{t_p}{2} \right))$$

$$i = 2 * \left( \frac{t_s * h_s^3}{12} + \left( (h_s * t_s) * \left( \frac{h_s}{2} + t_p - y \right)^2 \right) \right) + \left( \frac{B * t_p^2}{12} + \left( (B * t_p) * \left( \frac{t_p}{2} - y \right)^2 \right) \right)$$

$$S_x = \frac{i}{(h_s + t_p) - y}$$

$$M_n = 0.9 * \min(Z_x \& S_x) * F_y$$

$$M_u < M_n$$

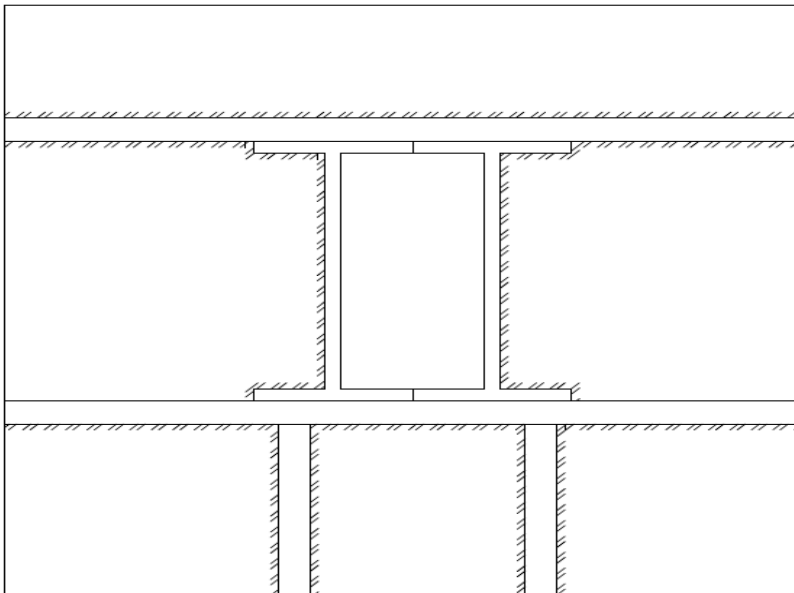
دقت داشته باشید در تمام رابطه های بالا مقدار **۲ قرمز** به خاطر وجود دوسخت کننده در شکل صفحه قبل میباشد. این کنترل به همین صورت باید برای مقاطع بحرانی دیگر تکرار شود

برای مواردی که ستون تحت کشش میباشد ( $e > \frac{B \text{ or } N}{6}$ ) باید جوش لازم برای انتقال نیروی کششی از ستون به پی طراحی گردد:

ابتدا با توجه به محدودیت های بعد جوش برای اتصال ستون به کف ستون یک بعد جوش را انتخاب میکنیم و سپس با استفاده از فرمول زیر مقدار LW یا همان طول جوش لازم برای انتقال نیروی کششی را محاسبه میکنیم:

در این رابطه منظور از B ضریب بازرسی جوش، منظور از Fu تنش طراحی الکتروود و منظور از a بعد جوش انتخابی میباشد:  $T_u < 0.75 * B * 0.6 * F_u * a * L_w$

حال با داشتن LW باید دید که آیا طول جوش به وجود آمده از طریق اتصال مستقیم ستون به کف ستون و طول جوش های سخت کننده ها ((در صورت وجود)) کفایت مقدار فوق را میکند یا خیر اینصورت باید برای تامین طول جوش لازم به تعداد سخت کننده ها افزود.



طراحی میل مهارها:

برای مواردی که ستون در هیچ جهت تحت کشش نمیباشد ((  $e < \frac{B \text{ or } N}{6}$  )) لازم است میل مهارها برای برش تنها طراحی شوند که در این صورت داریم:

$$Vu = \sqrt{Vx^2 + Vy^2}$$

$$Ab = \frac{Vu}{0.75 * 0.45 * Fu}$$

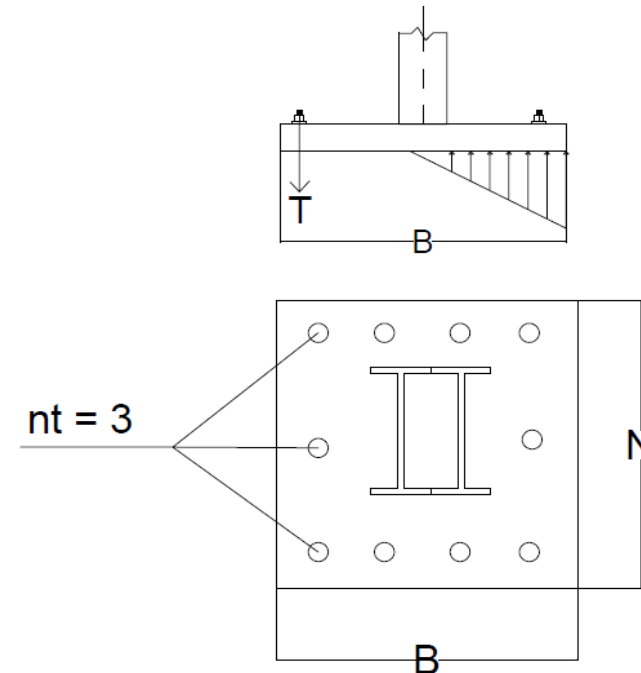
در این رابطه منظور از Fu تنش گسیختگی میلگرد مصرفی در میل مهار و منظور از Ab مجموع سطح مقطع میل مهارها میباشد :

برای مواردی که ستون در یک یا دو جهت تحت کشش میباشد ( $e > \frac{B \text{ or } N}{6}$ ) لازم است میل مهارهای تحت کشش برای برش و کشش همزمان طراحی شوند و میلگردهایی که در جهت غیر کششی صفحه ستون قرار گرفته اند برای برش تنها طراحی خواهند شد. دقت داشته باشید که زلزله ماهیت رفت و برگشتی دارد پس باید میلگردهای کششی در دو وجه جهتی از صفحه ستون که به کشش افتاده قرار بگیرند.

در ادامه ابتدا باید آرایش میل مهارها و تعداد و شماره ی آنها را به عنوان حدس اولیه معلوم کرد و سپس تعداد میلگردهای تحت کشش را برای دو رابطه ی زیر را کنترل کرد:

$$\frac{Tu}{nt} < 0.75 * 0.75 * Fu * \left(1.3 - \frac{Vu}{0.75 * 0.45 * n * Fu * Ab}\right)$$

$$\frac{Vu}{n} < 0.75 * 0.45 * Fu * \left(1.3 - \frac{Tu}{0.75 * 0.75 * nt * Fu * Ab}\right)$$



در دو رابطه فوق منظور از  $nt$  تعداد میلگردهایی است که قرار است کشش را تحمل کنند و منظور از  $Fu$  تنش گسیختگی میلگرد مصرفی در میل مهار و منظور از  $n$  تعداد کل میل مهارهای کف ستون میباشد و منظور از  $Ab$  سطح مقطع یک میل مهار است.

کنترل صفحه ستون برای ترکیب بارهای تشدید یافته :

طبق بند ۱۰-۳-۵-۳ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان صفحه ستون ها باید علاوه بر ترکیب بارهای عادی در برابر ترکیب بارهای تشدید یافته نیز کنترل شوند، به منظور برداشت نیروهای حاصل از ترکیب بار های تشدید یافته ابتدا باید مقدار ضریب  $\Omega$  مربوط به سیستم باربر جانبی را از جدول ۳-۴ آیین نامه ۲۸۰۰ برداشت کرده و مقدار فوق را در ضریب زلزله های استاتیکی در نرم افزار ETABS ضرب میکنیم.

((اگر سازه را به روش دینامیکی تحلیل میکنید بعد از عملیات فوق همپایه سازی را انجام داده سپس به محله بعد بروید)).

حال مانند مطالب گفته شده در ابتدای فصل مقادیر مورد نظر برای طراحی صفحه ستون را از نرم افزار برداشت میکنیم.

با این تفاوت که در اینجا فقط مقادیر MAX و MIN ستون Fz را نیاز داریم و بقیه پارامتر ها ((Vها و Mها)) را از مقادیر قبلی استفاده میکنیم.

حال مقدار MAX ستون Fz را به عنوان Pu و مقدار MIN آن را به عنوان Tu جایگزین مقادیر قبلی کرده و تمام محاسبات را تکرار میکنیم.

## ۵- بخش پنجم (طراحی اتصالات بادبند)

## ۵-۱- طراحی اتصالات بادبند جوشی

ابتدا باید نیرویی را که اتصالات باید برای آن طراحی شوند محاسبه کرد:

$$Tu = Ry * Fy * Ag = \text{نیروی طراحی بر اساس ظرفیت کشش مقطع بادبند}$$

$$Pu = Fcr * Ag = \text{نیروی طراحی براساس ظرفیت فشاری مقطع بایند}$$

در روابط بالا منظور از  $Ry$  نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم فولاد است که از جدول زیر برداشت میشود :

| $Ry$ | نوع محصول  |
|------|--|
| ۱/۲۵ | مقاطع لوله‌ای و قوطی شکل نوردشده                                 |
| ۱/۲۰ | سایر مقاطع نوردشده شامل مقاطع I شکل، H شکل، ناودانی، نبشی و سپری |
| ۱/۱۵ | مقاطع ساخته شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها                         |

منظور از  $Ag$  سطح مقطع بادبند میباشد و منظور از  $Fcr$  تنش ناشی از کمانش خمشی است که از روابط صفحه ی بعد محاسبه میگردد.

برای محاسبه ی  $F_{cr}$  ابتدا باید مقدار  $r_{22}$  و  $r_{33}$  مقطع بادی بند را از نرم افزار برداشت کرد سپس داریم :

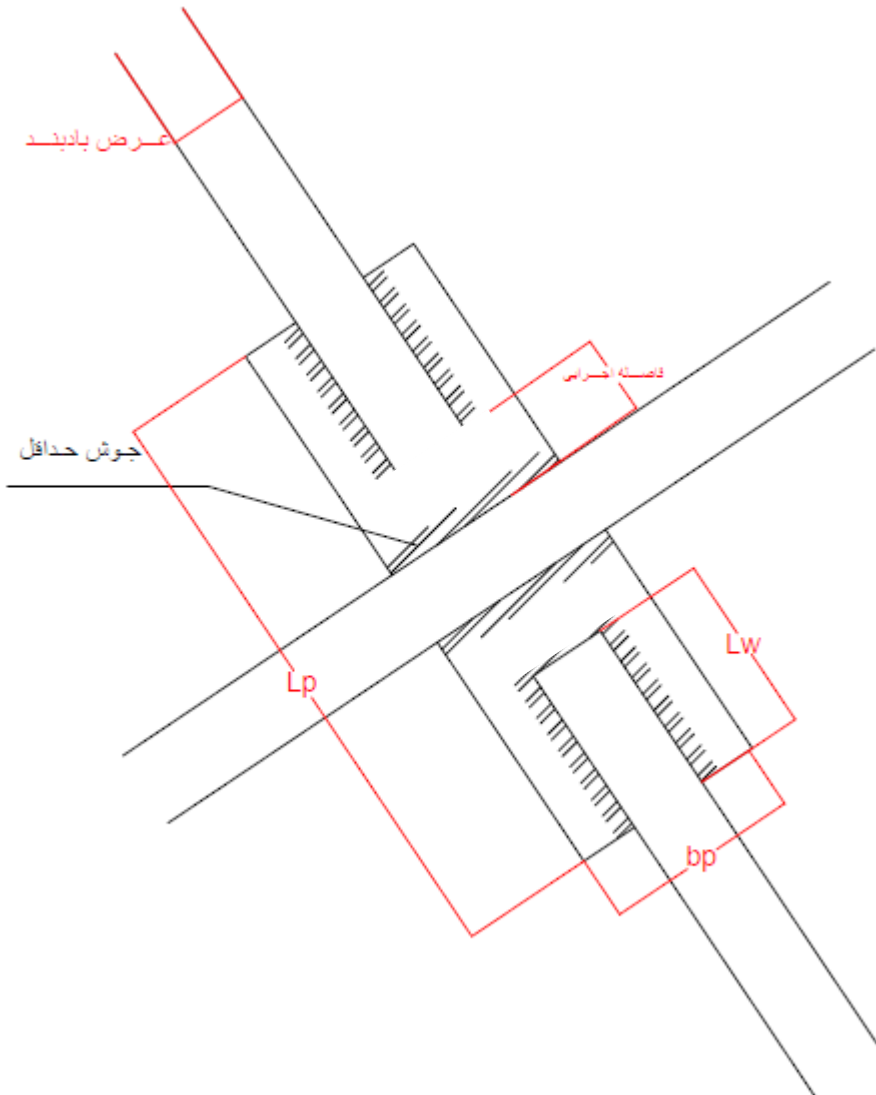
$$\lambda = \frac{\text{طول مهاربند} * 1}{\min(r_{22} \& r_{33})} < 200$$

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\lambda^2}$$

$$F_{cr} = \begin{cases} (0.658)^{\frac{F_y}{F_e}} * F_y & \frac{F_y}{F_e} \leq 2.25 \\ 0.877 * F_e & \frac{F_y}{F_e} > 2.25 \end{cases}$$



بعد از تعیین نیروهای لازم برای طراحی اتصال ابتدا به طراحی ورق اتصال در وسط مهاربند های ضربدری میپردازیم :



ابتدا یک ضخامت برای گاست پلیت (( tp )) و بعد جوش را حدس میزنیم و با استفاده از محاسبه ی طول جوش لازم برای انتقال نیرو از مهاربند به گاست پلیت (( LW )) به محاسبه طول ورق ((Lp)) میپردازیم .

$$LW = \frac{Tu}{0.75 * B * 0.6 * Fu * 0.707 * a * 4}$$

در رابطه ی بالا م منظور از  $B$  ضریب بازرسی جوش ، منظور از  $Fu$  تنش طراحی الکتروود جوش و منظور از  $a$  بعد جوش میباشد. (عدد ۲ به خاطر وجود چهار خط جوش است)

حال قبل از محاسبه ی طول ورق باید با استفاده از  $LW$  انتخابی برش قالبی را چک کنیم:

مصالح ورق

مصالح ورق

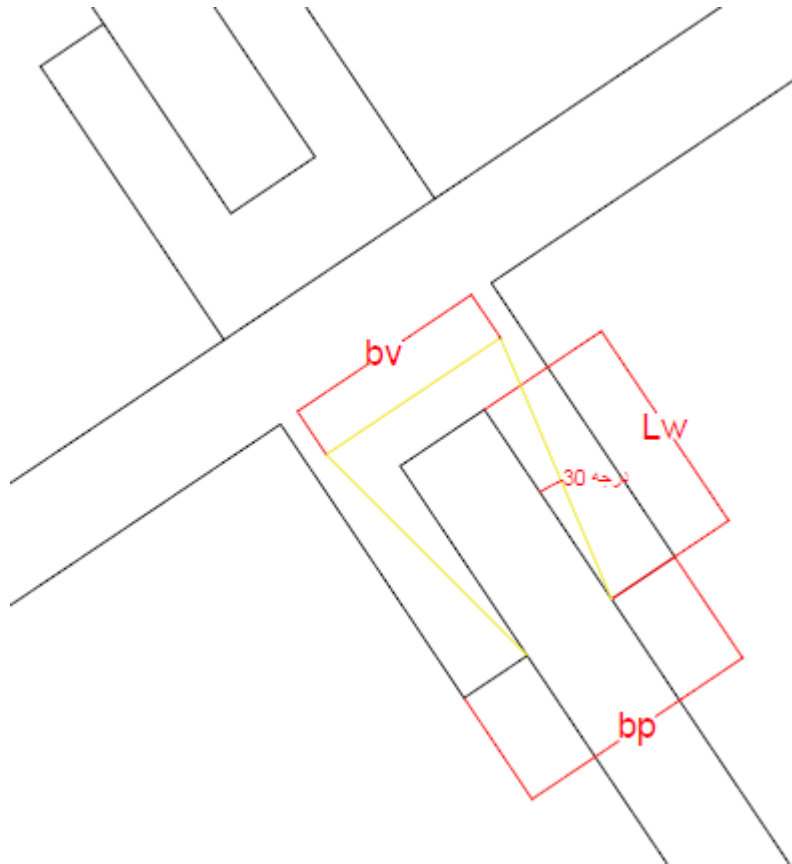
$$Tu < (0.75 * \underbrace{Fu}_{\text{مصالح ورق}} * \text{عرض بادبند} * tp) + (0.9 * \underbrace{Fy}_{\text{مصالح ورق}} * Lw * tp)$$

حال میتوان طول ورق را محاسبه کرد :

(فاصله اجرایی \* 2) + عرض مقطع بادبند =  $L_p$  = طول ورق میانی

$$\frac{L_w + \text{فاصله اجرایی}}{t_p} < 1.4 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{کنترل کمانش ورق میانی} :$$

حال باید به محاسبه ی عرض ورق میانی ((bp)) پردازیم :



$$b_v = \text{عرض بادبند} + (2 * L_w * \tan 30)$$

حال باید تنش را در عرض ویتمور ((bv)) کنترل کنیم :

$$T_u < 0.9 * F_y * b_v * t_p$$

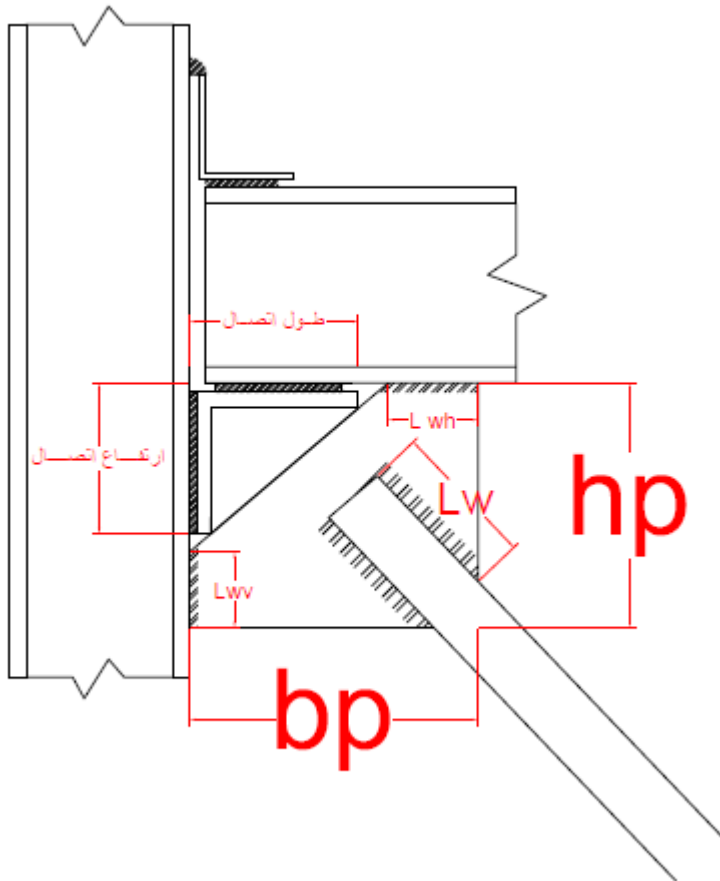
حال میتوان عرض ورق را محاسبه کرد:

$$b_p = b_v$$

در ادامه به طراحی ورق های گوشه ((اتصال بادبند به تیر وستون)) میپردازیم :

قابل ذکر است که ضخامت این ورق ها مانند ورق میانی میباشد و از همان بعد جوش استفاده خواهد شد تنها مجهولات در این بخش طول و عرض ورق ها میباشد.

در این قسمت ابتدا باید نیروی محوری مهاربند را به مولفه های افقی و عمودی تجزیه نمود برای این کار ابتدا باید زاویه مهاربند با افق مشخص گردد:



$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{\text{ارتفاع آزاد ستون}}{\text{طول آزار تیر}} \right)$$

$$T_x = T_u * \cos \alpha$$

$$T_y = T_u * \sin \alpha$$

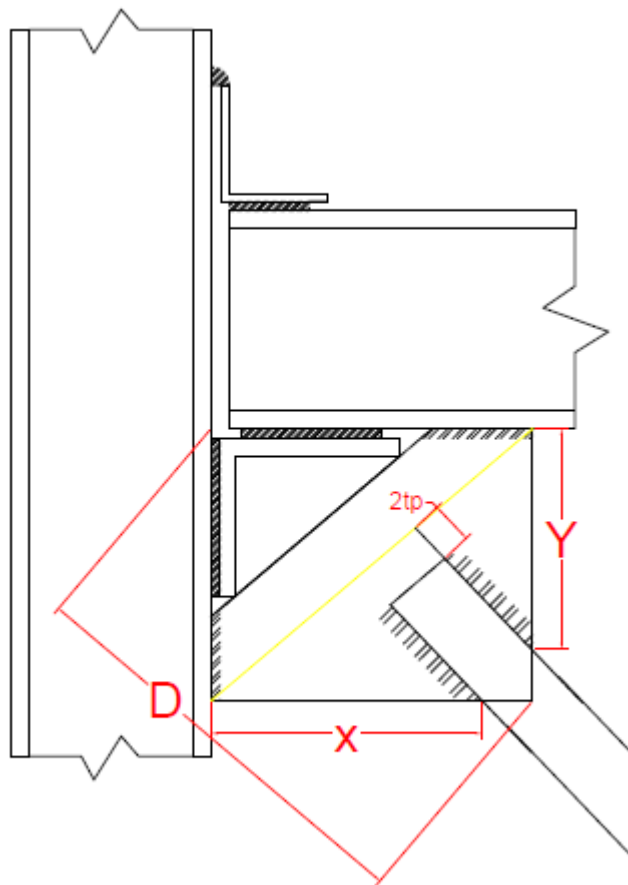
$$L_{wh} = \frac{T_{ux}}{0.75 * B * 0.6 * F_u * 0.707 * a * 2}$$

$b_p = L_{wh} +$  طول اتصال

$$L_{wv} = \frac{T_{uy}}{0.75 * B * 0.6 * F_u * 0.707 * a * 2}$$

$h_p = L_{wv} +$  ارتفاع اتصال

حال باید برای ابعاد انتخابی عرض و یتمور را کنترل کرد:



$$b_v < \sqrt{b_p^2 + h_p^2}$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{h_p}{b_p}\right)$$

$$R = b_p * \sin \alpha$$

$$D > (R) + (2 * tp) + (2 * L_w)$$

$$\frac{\max(X \& Y)}{tp} < 1.4 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

در ادامه باید مقدار D را محاسبه کرد :

و در آخر به کنترل کمانش ورق میپردازیم :

در انتها باید ورق اتصال به ستون و تیر را برای نیروی فشاری نیز کنترل کرد :

$$P_n = F_{cr} * b_v * t_p = \text{ظرفیت فشاری ورق در طول آزاد خود}$$

$$\lambda = \frac{1.2 * (R + 2t_p)}{0.3 * t_p}$$

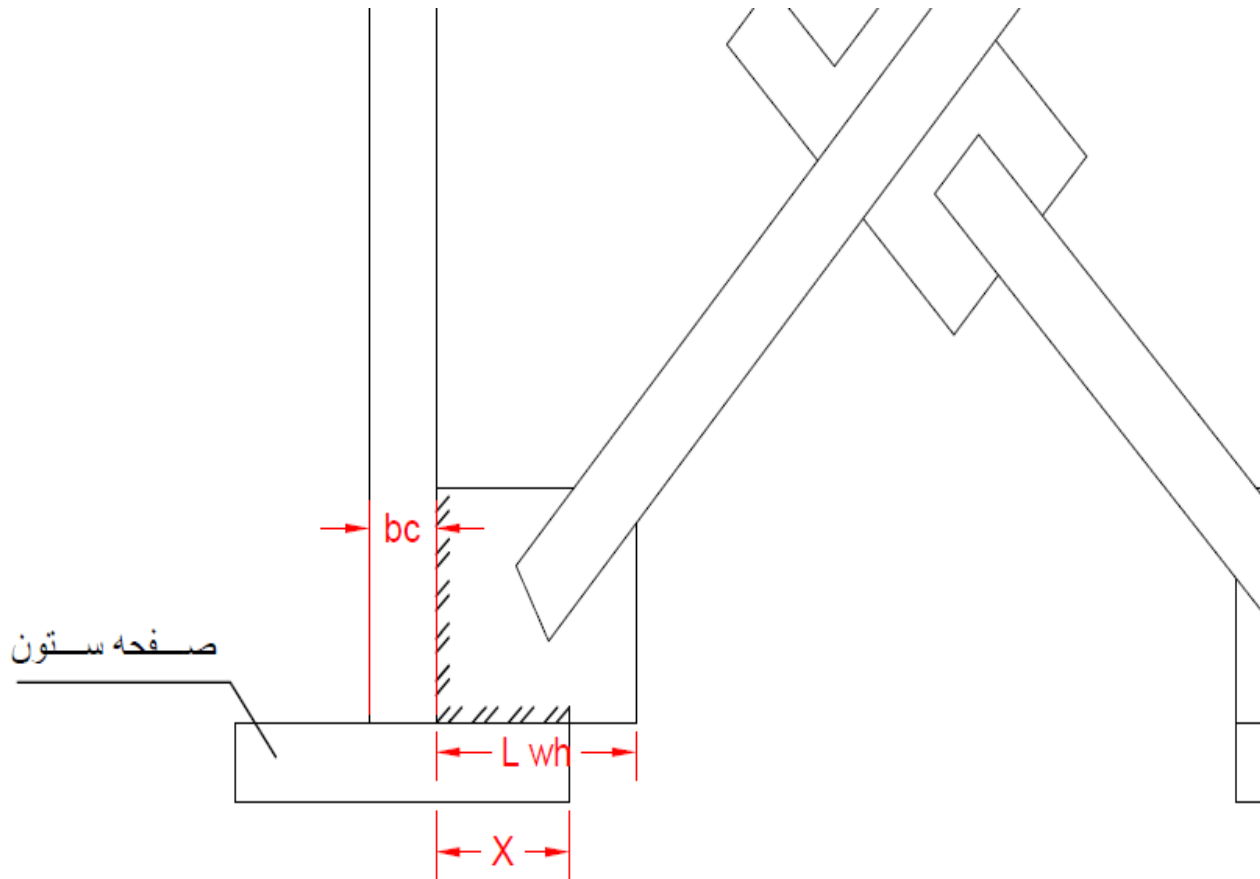
$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\lambda^2}$$

$$F_{cr} = \begin{cases} (0.658) \frac{F_y}{F_e} * F_y & \frac{F_y}{F_e} \leq 2.25 \\ 0.877 * F_e & \frac{F_y}{F_e} > 2.25 \end{cases}$$

$$P_u < 0.9 * P_n$$

در مواردی مانند اتصال بادبند به کف ستون شاید نتوان طول افقی لازم برای اتصال ورق ((L wh)) را تامین کرد.

در این موارد میتوان با اضافه کردن به طول جوش عمودی ((L wv)) این مشکل را به ترتیب زیر پوشش داد.



$$R_u = T_y + 2 (T_x - (0.75 * B * 0.6 * F_u * 0.707 * a * 2 * X))$$

$$L_{wv} = \frac{R_u}{0.75 * B * 0.6 * F_u * 0.707 * a * 2}$$

طول جوش عمودی حاصل از رابطه بالا کمبود طول جوش افقی را جبران خواهد کرد. اما چون بر شکل جوش حاصل پیچش نیز وارد میشود باید مقاومت جوش را برای لنگرهای پیچشی به شکل زیر محاسبه کرد.

$$e_x = \frac{L w h^2}{2 * (L w h + L w v)}$$

$$e_y = \frac{L w v^2}{2 * (L w h + L w v)}$$

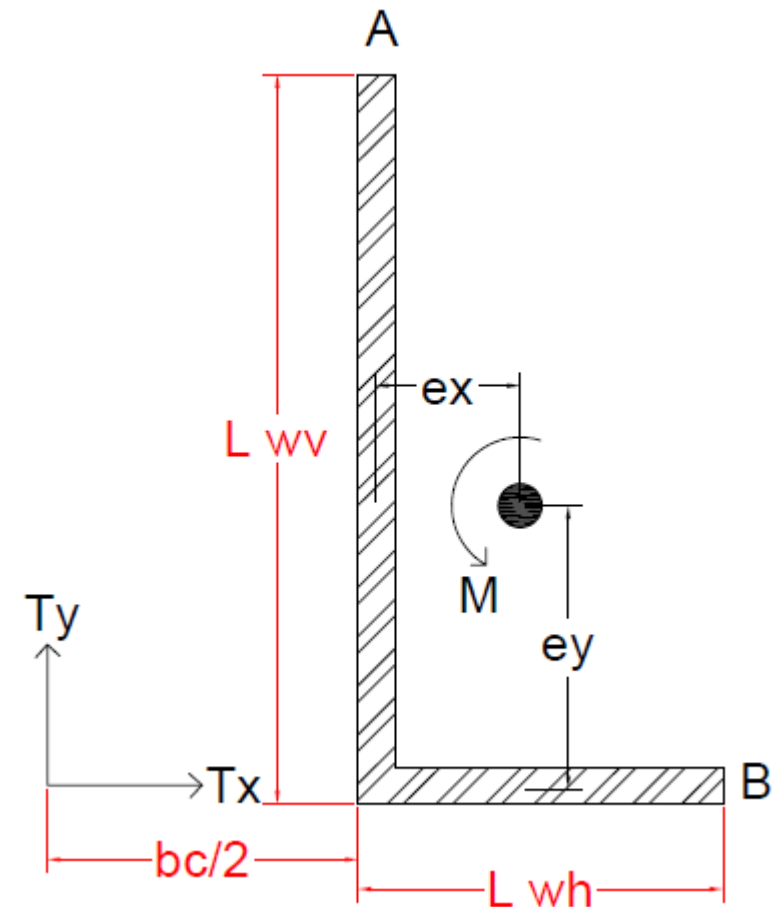
$$I_p = \frac{(L w h + L w v)^4 - ((6 * L w h^2)(L w v^2))}{12 * (L w h + L w v)}$$

با فرض مثبت بودن جهت پادساعتگرد :  $M = (T_x * e_y) - (T_y * (e_x + \frac{bc}{2}))$  = لنگر پیچشی

تنش ناشی از نیروها پس از انتقال به مرکز جوش به شکل زیر محاسبه میگردد :

$$f_{1x} = \frac{T_x}{2 * (L w h + L w v)}$$

$$f_{1y} = \frac{T_y}{2 * (L w h + L w v)}$$



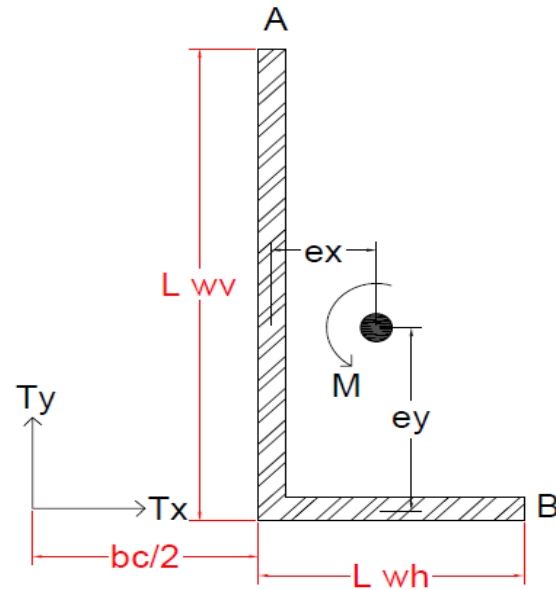
تنش ناشی از لنگر پیچشی برای دو نقطه ی A و B به شکل زیر محاسبه میشود .

نقطه A

$$\begin{cases} f_{2x} = - \frac{M * (Lwv - ey)}{2 * Ip} \\ f_{2y} = - \frac{M * ex}{2 * Ip} \end{cases}$$

نقطه B

$$\begin{cases} f_{2x} = \frac{M * ey}{2 * Ip} \\ f_{2y} = \frac{M * (Lwh - ex)}{2 * Ip} \end{cases}$$

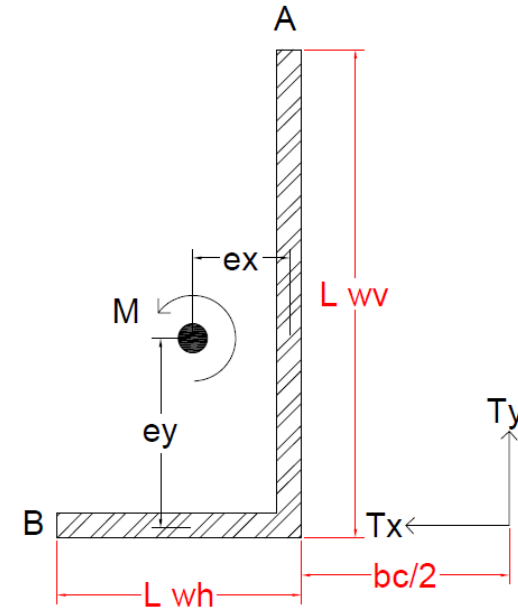


نقطه A

$$\begin{cases} f_{2x} = \frac{M * (Lwv - ey)}{2 * Ip} \\ f_{2y} = \frac{M * ex}{2 * Ip} \end{cases}$$

نقطه B

$$\begin{cases} f_{2x} = - \frac{M * ey}{2 * Ip} \\ f_{2y} = - \frac{M * (Lwh - ex)}{2 * Ip} \end{cases}$$



دقت داشته باشید که در روابط بالا فرض بر مثبت بودن  $T_x$  و  $T_y$  و همچنین مثبت بودن جهت پاد ساعتگرد برای لنگر پیچشی داریم.



و در نهایت داریم :

$$F_{rA} = \sqrt{(f_{1x} + f_{2x})^2 + (f_{1y} + f_{2y})^2}$$

$$F_{rB} = \sqrt{(f_{1x} + f_{2x})^2 + (f_{1y} + f_{2y})^2}$$

$$F_r = \max ( F_{rA} \ \& \ F_{rB} )$$

$$F_r < 0.75 * B * 0.6 * F_u * 0.707 * a$$

از آنجایی که برای مقاطع بادبند معمولاً از مقاطع دوبر استفاده میشود در این مرحله باید برای جلوگیری از لاغری عضو تک لقمه هارا طراحی کنیم , لازم به ذکر است که ابعاد لقمه ها با توجه به نکات اجرایی محاسبه میشود و نیاز به طراحی ندارند نکته ی مهم در مورد لقمه ها فاصله ی آنها از یکدیگر است. برای این مهم رابطه ی زیر باید کنترل گردد :

$$L_f < 0.75 * L$$

در رابطه ی فوق منظور از  $L_f$  فاصله ی مرکز به مرکز دو لقمه و منظور از  $L$  طول آزاد مهاربند میباشد .

## ۵-۲- طراحی اتصالات بادبند پیچی

ابتدا باید نیرویی را که اتصالات باید برای آن طراحی شوند محاسبه کرد:

$$Tu = Ry * Fy * Ag = \text{نیروی طراحی بر اساس ظرفیت کشش مقطع بادبند}$$

$$Pu = Fcr * Ag = \text{نیروی طراحی براساس ظرفیت فشاری مقطع بایند}$$

در روابط بالا منظور از  $Ry$  نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم فولاد است که از جدول زیر برداشت میشود :

| $Ry$ | نوع محصول  |
|------|--|
| ۱/۲۵ | مقاطع لوله‌ای و قوطی شکل نوردشده                                 |
| ۱/۲۰ | سایر مقاطع نوردشده شامل مقاطع I شکل، H شکل، ناودانی، نبشی و سپری |
| ۱/۱۵ | مقاطع ساخته شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها                         |

منظور از  $Ag$  سطح مقطع بادبند میباشد و منظور از  $Fcr$  تنش ناشی از کمانش خمشی است که از روابط صفحه ی بعد محاسبه میگردد.

برای محاسبه ی  $F_{cr}$  ابتدا باید مقدار  $r_{22}$  و  $r_{33}$  مقطع بادی بند را از نرم افزار برداشت کرد سپس داریم :

$$\lambda = \frac{\text{طول مهاربند} * 1}{\min(r_{22} \ \& \ r_{33})} < 200$$

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\lambda^2}$$

$$F_{cr} = \begin{cases} (0.658)^{\frac{F_y}{F_e}} * F_y & \frac{F_y}{F_e} \leq 2.25 \\ 0.877 * F_e & \frac{F_y}{F_e} > 2.25 \end{cases}$$

بعد از تعیین نیروهای لازم برای طراحی اتصال ابتدا به طراحی ورق اتصال در وسط مهاربند های ضربدری میپردازیم :

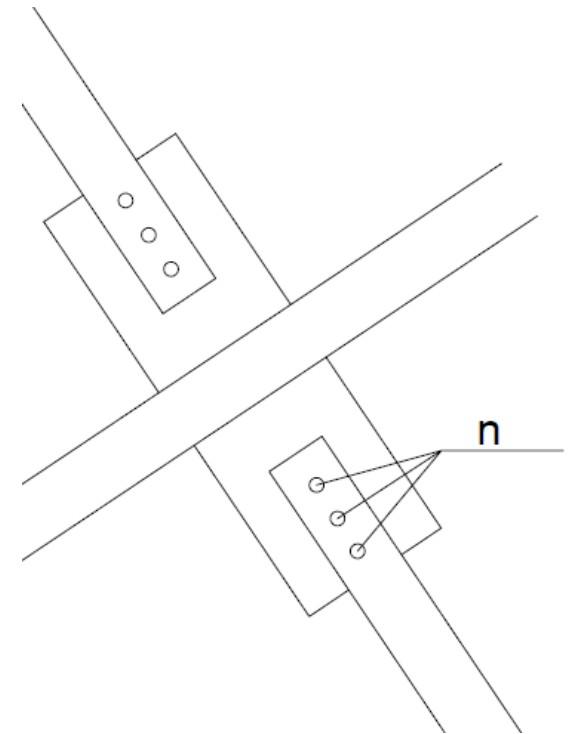
حال باید یک شماره ی پیچ ((d)) را انتخاب کرده و به محاسبه ی تعداد پیچ لازم برای انتقال نیرو از مهار بند به گاست پیت پردازیم :

مصالح پیچ

$$f_{nv} = 0.45 * F_u$$

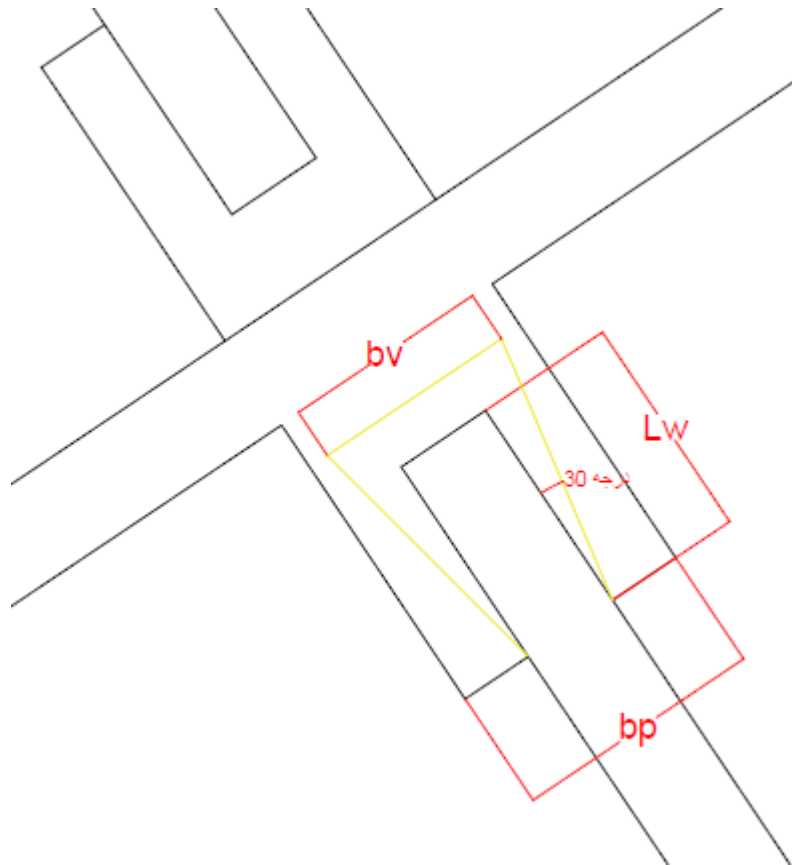
$$R_n = 0.75 * A_b * f_{nv} \quad : \quad \text{منظور از } A_b \text{ مساحت پیچ میباشد} \quad A_b = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$n = \frac{T_u}{R_n} = \text{تعداد پیچ}$$



در این مرحله با دانستن تعداد پیچ لازم و با توجه به محدودیت فاصله ی پیچ ها از یکدیگر میتوان طول ورق در وسط را محاسبه کرد.

حال باید به محاسبه ی عرض ورق میانی ((bp)) پردازیم :



$$bv = \text{عرض بادبند} + (2 * Lw * \tan 30)$$

حال باید تنش را در عرض ویتمور ((bv)) کنترل کنیم :

$$T_u < 0.9 * F_y * bv * t_p$$

حال میتوان عرض ورق را محاسبه کرد:

$$bp = bv$$

کنترل لهیدگی در جدار سوراخ ها:

$Rn = 0.75 * 2.4 * d * t * Fu$  : منظور از  $t$  حداقل ضخامت ورق یا جان ناودانی میباشد

$$Ru = \frac{Tu}{n}$$

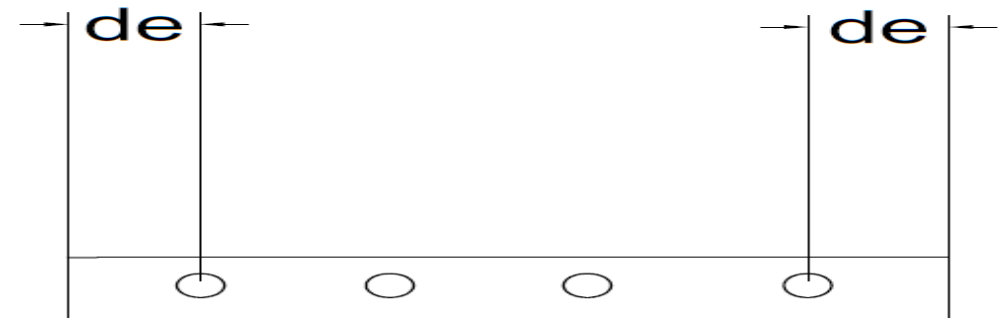
$$Ru < Rn$$

کنترل پارگی در حدفاصل سوراخ ها و نیز در فاصله سوراخ انتهایی تا لبه ورق:

$$Lc = \min(Lc1 \ \& \ Lc2)$$

$$Lc1 = dh - \text{فاصله سوراخ ها}$$

$$Lc2 = de - \frac{dh}{2}$$



$Rn = 0.75 * Lc * t * Fu$  : منظور از  $t$  حداقل ضخامت ورق یا جان ناودانی میباشد

$$Ru < Rn$$

$$\frac{\text{فاصله اجرایی} + Lw}{tp} < 1.4 * \sqrt{\frac{E}{Fy}} \quad \text{کنترل کمانش ورق میانی} :$$

در ادامه به طراحی ورق های گوشه ((اتصال بادبند به تیر وستون )) میپردازیم :

قابل ذکر است که ضخامت این ورق ها مانند ورق میانی میباشد و از همان تعداد پیچ برای اتصال مقطع بادبند به ورق استفاده خواهد شد تنها مجهولات در این بخش طول و عرض ورق ها میباشد.

بقیه ی محاسبات مانند حالت جوشی انجام خواهد شد.



## ۶- بخش ششم ( محاسبه طول ورق تقویتی در تیرهای تقویت شده با ورق بال )

ابتدا باید ظرفیت خمشی مقطع تقویت نشده را محاسبه کنیم برای این کار مقدار Z33 مقطع تک را از نرم افزار برداشت میکنیم و سپس داریم :

$$M_p = Z_{33} * F_y$$

حال در حالتی که نرم افزار در حال نمایش نتایج طراحی میباشد روی تیر مورد نظر کلیک راست کرده و به شکل زیر ترکیب بار بحرانی را برداشت میکنیم :

Steel Stress Check Information (AISC 360-10)

Story: Story2, Analysis Section: IPE180, Beam: B15, Design Section: IPE180

| COMBO ID | STATION LOC | MOMENT RATIO | INTERACTION CHECK         | MAJ-SHR RATIO | MIN-SHR RATIO |
|----------|-------------|--------------|---------------------------|---------------|---------------|
| ST3 (S)  | 0.1100      | 0.000 (C)    | = 0.000 + 0.000 + 0.000   | 0.153         | 7.0E-06       |
| ST3 (S)  | 0.5350      | 0.244 (C)    | = 0.000 + 0.244 + 2.5E-05 | 0.147         | 0.000         |
| ST3 (S)  | 0.9600      | 0.478 (C)    | = 0.000 + 0.478 + 5.0E-05 | 0.140         | 1.2E-05       |
| ST3 (S)  | 0.9600      | 0.478 (C)    | = 0.000 + 0.478 + 4.3E-05 | 0.080         | 1.1E-05       |
| ST3 (S)  | 1.4400      | 0.619 (C)    | = 0.000 + 0.619 + 2.1E-05 | 0.073         | 0.000         |
| ST3 (S)  | 1.9200      | 0.747 (C)    | = 0.000 + 0.747 + 4.3E-05 | 0.066         | 1.1E-05       |
| ST3 (S)  | 1.9200      | 0.747 (C)    | = 0.000 + 0.747 + 4.3E-05 | 0.006         | 1.1E-05       |
| ST3 (S)  | 2.4000      | 0.751 (C)    | = 0.000 + 0.751 + 2.1E-05 | 0.001         | 0.000         |
| ST3 (S)  | 2.8800      | 0.742 (C)    | = 0.000 + 0.742 + 4.3E-05 | 0.008         | 1.1E-05       |
| ST3 (S)  | 2.8800      | 0.742 (C)    | = 0.000 + 0.742 + 1.2E-05 | 0.162         | 0.000         |
| ST3 (S)  | 3.2767      | 0.496 (C)    | = 0.000 + 0.496 + 0.000   | 0.162         | 0.000         |
| ST3 (S)  | 3.6733      | 0.249 (C)    | = 0.000 + 0.249 + 6.9E-06 | 0.163         | 0.000         |
| ST3 (S)  | 4.0700      | 0.000 (C)    | = 0.000 + 0.000 + 0.000   | 0.164         | 0.000         |
| ST4 (S)  | 0.1100      | 0.000 (C)    | = 0.000 + 0.000 + 0.000   | 0.153         | 7.0E-06       |
| ST4 (S)  | 0.5350      | 0.244 (C)    | = 0.000 + 0.244 + 2.5E-05 | 0.147         | 0.000         |

Strength (selected) / Deflection

Overwrites, Details, OK, Cancel

Design Details

Summary | Envelope

Page 1 of 2 | Zoom | Fit Width

ETABS 2016 16.0.0 License #\*1SDRJZE7LEGBCS

### ETABS 2016 Steel Frame Design

AISC 360-10 Steel Section Check (Strength Envelope)

| Level  | Element | Unique Name | Section | Combo  | Location | Frame Type                           | Classification |
|--------|---------|-------------|---------|--------|----------|--------------------------------------|----------------|
| Story2 | B15     | 97          | IPE180  | ST3(S) | 2.4      | Ordinary Concentrically Braced Frame | Compact        |

Element Details

| L (m)   | LLRF | Stress Ratio Limit |
|---------|------|--------------------|
| 4.15000 | 1    | 1                  |

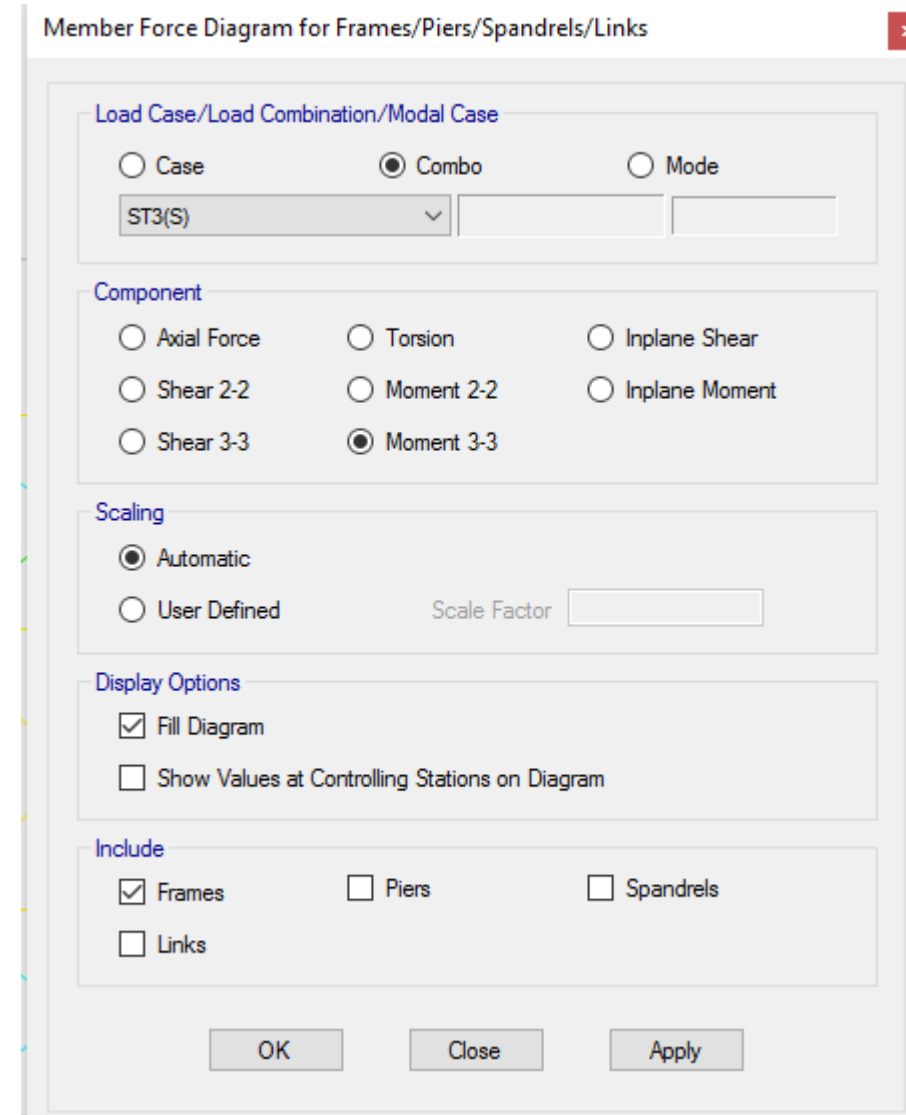
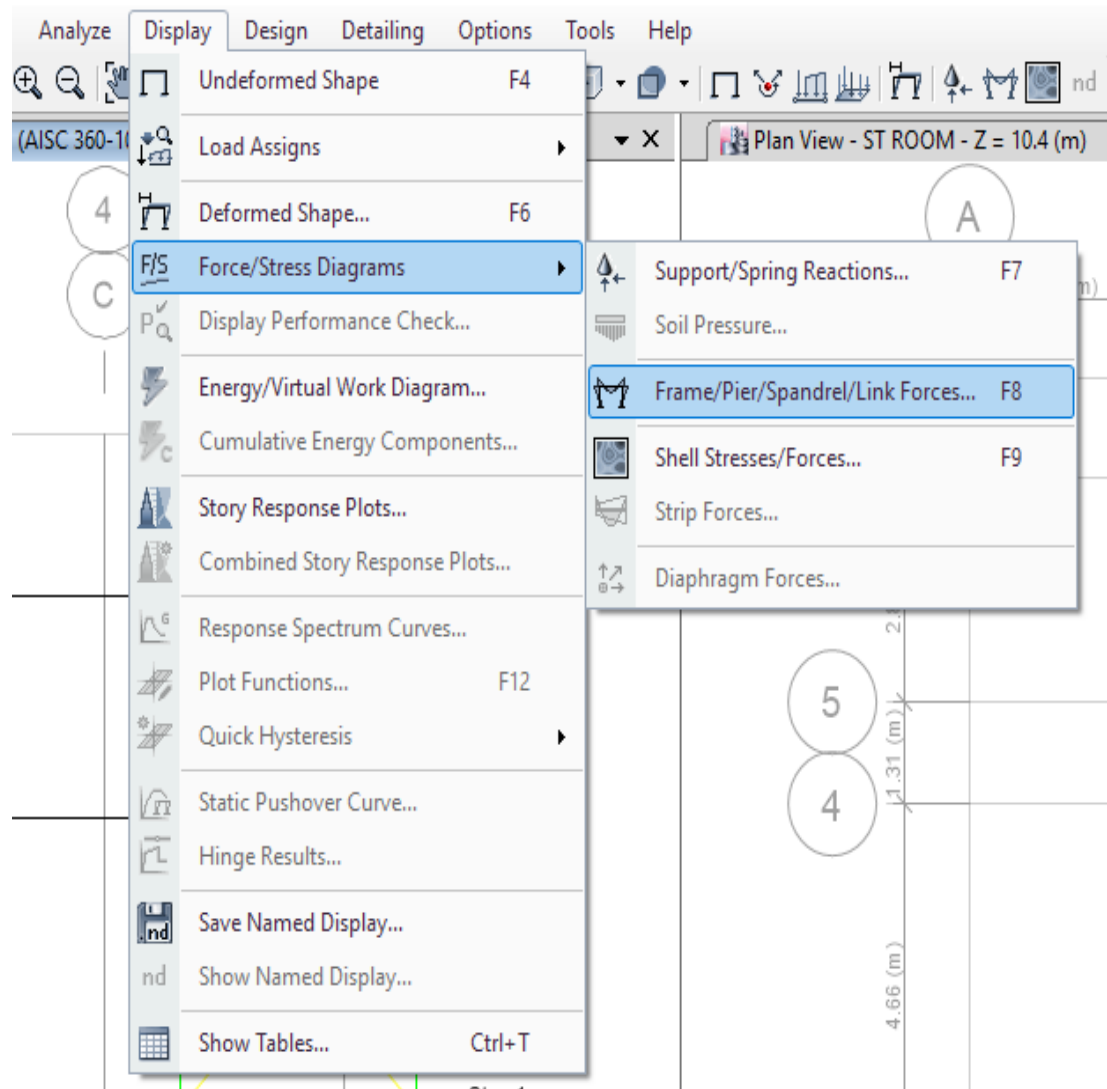
LLRF and Demand/Capacity Ratio

| Provision | Analysis        | 2nd Order         | Reduction      |
|-----------|-----------------|-------------------|----------------|
| LRFD      | Direct Analysis | General 2nd Order | Tau-b Variable |

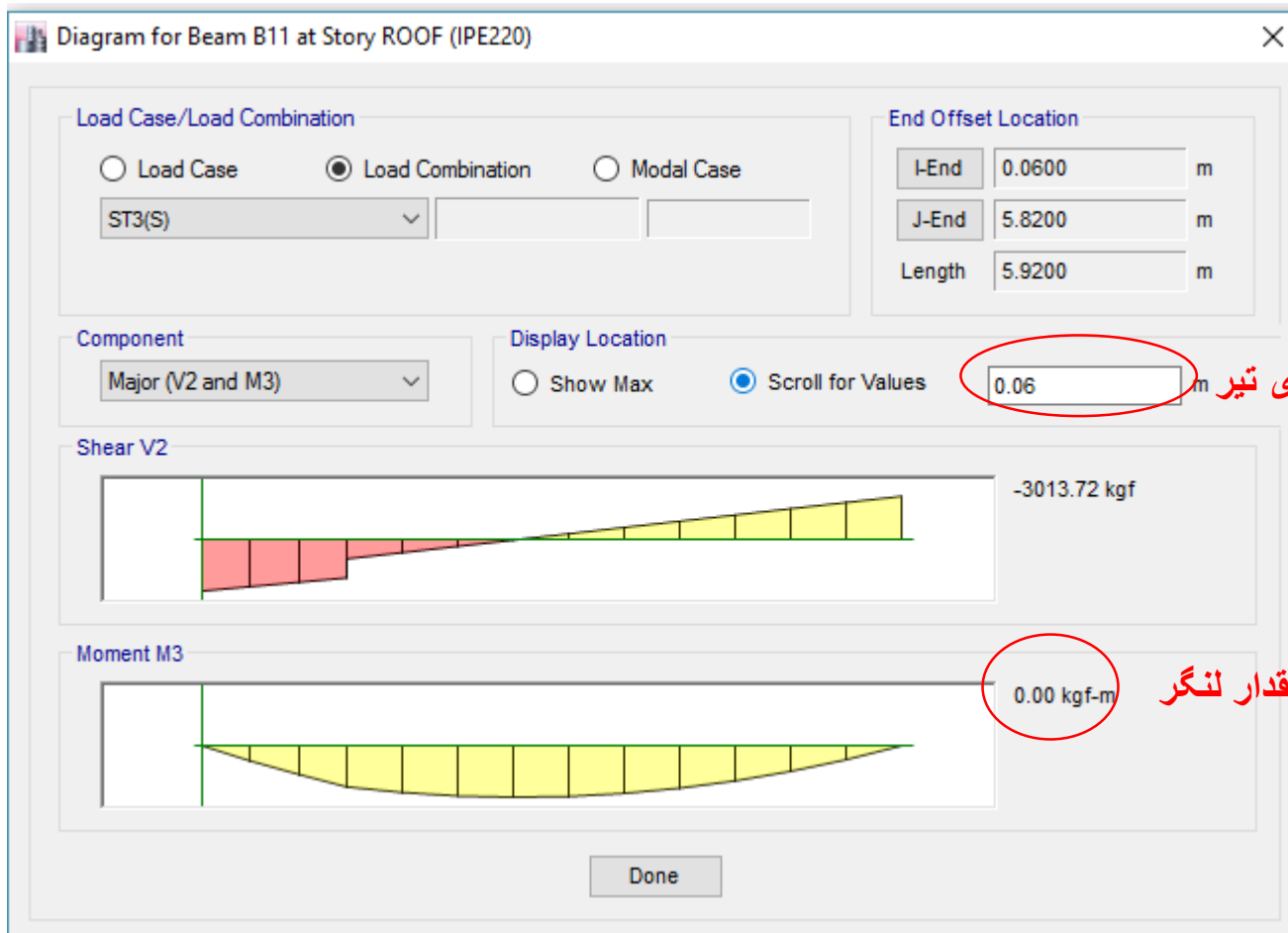
Analysis and Design Parameters

| Stiffness Reduction Factors |                  |          |           |           |
|-----------------------------|------------------|----------|-----------|-----------|
| $\alpha_P / P_y$            | $\alpha_P / P_e$ | $\tau_b$ | EA factor | EI factor |
|                             |                  |          |           |           |

در ادامه مانند تصاویر پایین طولی از تیر را که به ورق نیاز ندارد محاسبه میکنیم :



بعد از طی دو پنجره ی فوق نرم افزار نمودار لنگر هر تیر را نمایش میدهد در این مرحله بر روی تیر مورد نظر کلیک راست میکنیم و پس از فعال کردن حالت Scrol for values در پنجره فعال شده با سعی و خطا فاصله از ابتدای تیر را وارد میکنیم تا عدد لنگر نمایش داده شده به مقدار ظرفیت مقطع تک برسد.



در نهایت فاصله ای را که در آن مقدار لنگر برابر با ظرفیت مقطع تک میباشد به عنوان L برداشت میکنیم و داریم :

$$\text{طول ورق تقویتی} = 2a - (2 * L) + \text{طول تیر}$$

فاصله از ابتدای تیر

مقدار a طول گیرایی میگویند که به شکل زیر محاسبه میشود :

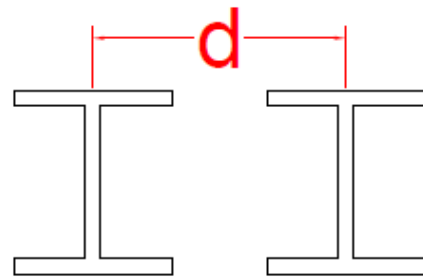
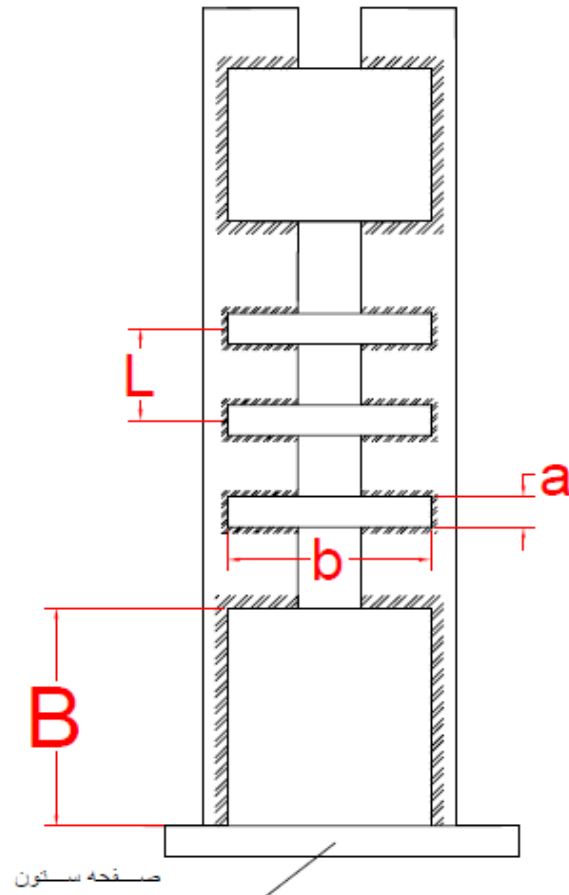
$$a = \begin{cases} \text{عرض ورق تقویت} & \text{اگر ورق هم در کنار و هم در دو انتها به بال جوش با بعد ۰.۷۵ ضخامت ورق داشته باشد} \\ 1.5 \text{ برابر عرض ورق تقویت} & \text{اگر ورق هم در کنار و هم در دو انتها به بال جوش با بعد کمتر از ۰.۷۵ ضخامت ورق داشته باشد} \\ 2 \text{ برابر عرض ورق تقویت} & \text{اگر ورق فقط در کناره ها به بال جوش شود} \end{cases}$$

مقدار لنگر

۷- بخش هفتم ( طراحی اتصالات ستون های مرکب )

۷-۱- طراحی بست های ستون های پاباز

ابتدا با توجه به محدودیت های زیر یک ابعاد را برای ورق انتهایی و بست ها انتخاب میکنیم :



$$\left\{ \begin{array}{l} B > d \\ b > d \\ \text{ضخامت ورق بست و ورق انتهایی} = tp > \frac{d}{50} \\ a > \frac{d}{2} \end{array} \right.$$

$$\text{کنترل لاغری} : \frac{3.46 * b}{tp} < 140$$

در این مرحله باید فاصله ی بست ها را محاسبه کنیم :

ابتدا باید مقادیر L factor و K را به شکل زیر از نرم افزار برداشت کنیم :

در حالتی که نرم افزار در حال نمایش نتایج طراحی است بر روی ستون مورد نظر کلیک راست میکنیم :

Steel Stress Check Information (AISC 360-10)

Story: Story2, Column: C6, Analysis Section: 2IPE200(PB)(2)(250\*8), Design Section: 2IPE200(PB)(2)(250\*8)

| COMBO ID | STATION LOC | MOMENT RATIO | INTERACTION CHECK       | MAJ-RATIO | SHR-RATIO | MIN-RATIO |
|----------|-------------|--------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| ST70 (S) | 2.0300      | 0.112 (C)    | = 0.059 + 0.007 + 0.046 | 0.001     | 0.007     |           |
| ST70 (S) | 4.0600      | 0.099 (C)    | = 0.099 + 0.000 + 0.000 | 0.001     | 0.007     |           |
| ST72 (S) | 0.0000      | 0.201 (C)    | = 0.201 + 0.000 + 0.000 | 0.003     | 0.007     |           |
| ST72 (S) | 2.0300      | 0.100 (C)    | = 0.100 + 0.000 + 0.000 | 0.003     | 0.007     |           |
| ST72 (S) | 4.0600      | 0.099 (C)    | = 0.099 + 0.000 + 0.000 | 0.003     | 0.007     |           |
| ST74 (S) | 0.0000      | 0.522 (C)    | = 0.522 + 0.000 + 0.000 | 0.013     | 0.002     |           |
| ST74 (S) | 2.0300      | 0.521 (C)    | = 0.521 + 0.000 + 0.000 | 0.013     | 0.002     |           |
| ST74 (S) | 4.0600      | 0.520 (C)    | = 0.520 + 0.000 + 0.000 | 0.013     | 0.002     |           |
| ST76 (S) | 0.0000      | 0.522 (C)    | = 0.522 + 0.000 + 0.000 | 0.011     | 0.002     |           |
| ST76 (S) | 2.0300      | 0.521 (C)    | = 0.521 + 0.000 + 0.000 | 0.011     | 0.002     |           |
| ST76 (S) | 4.0600      | 0.520 (C)    | = 0.520 + 0.000 + 0.000 | 0.011     | 0.002     |           |
| ST78 (S) | 0.0000      | 0.532 (C)    | = 0.532 + 0.000 + 0.000 | 0.012     | 0.003     |           |
| ST78 (S) | 2.0300      | 0.531 (C)    | = 0.531 + 0.000 + 0.000 | 0.012     | 0.003     |           |
| ST78 (S) | 4.0600      | 0.530 (C)    | = 0.530 + 0.000 + 0.000 | 0.012     | 0.003     |           |
| ST80 (S) | 0.0000      | 0.532 (C)    | = 0.532 + 0.000 + 0.000 | 0.010     | 0.003     |           |

Overwrites Details OK Cancel

Design Details

Summary Envelope

Page 2 of 2 Zoom Fit Width

ETABS 2010 10.0.0 LICENSE # TSDR3ZE7LEGCBS

(ASCE 12.4.3.2(5):  $(1.2+0.2*Sds)*D + 1.0*L - \Omega_e*Q_e$ )

Stress Check forces and Moments

| Location (m) | P <sub>u</sub> (kgf) | M <sub>u33</sub> (kgf-m) | M <sub>u22</sub> (kgf-m) | V <sub>u3</sub> (kgf) | V <sub>u2</sub> (kgf) | T <sub>u</sub> (kgf-m) |
|--------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 0            | -100886.95           | 0                        | 0                        | 0                     | 0                     | 0                      |

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1-1a)

|               | L Factor | K <sub>1</sub> | K <sub>2</sub> | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | C <sub>m</sub> |
|---------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Major Bending | 0.944    | 1              | 1              | 1              | 1              | 0.533          |
| Minor Bending | 0.944    | 1              | 1              | 1              | 1              | 0.612          |

سپس مقدار R min مقطع دوبر ((R2)) و مقطع تک((R1)) را از قسمت تعریف مقاطع برداشت میکنیم :

$$\lambda = \frac{K \min * L \text{ Factor} * \text{ارتفاع ستون}}{R 2}$$

فاصله ی مرکز به مرکز بست ها  $= L \leq 0.75 * \lambda * R1$

در ادامه به کنترل بست برای نیروی برشی و لنگر خمشی میپردازیم:

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\lambda^2}$$

$$F_{cr} = \begin{cases} (0.658) \frac{F_y}{F_e} * F_y & \frac{F_y}{F_e} \leq 2.25 \\ 0.877 * F_e & \frac{F_y}{F_e} > 2.25 \end{cases}$$

منظور از A سطح مقطع ستون میباشد :  $P_n = F_{cr} * A$

$$V = 0.02 * 0.9 * P_n$$

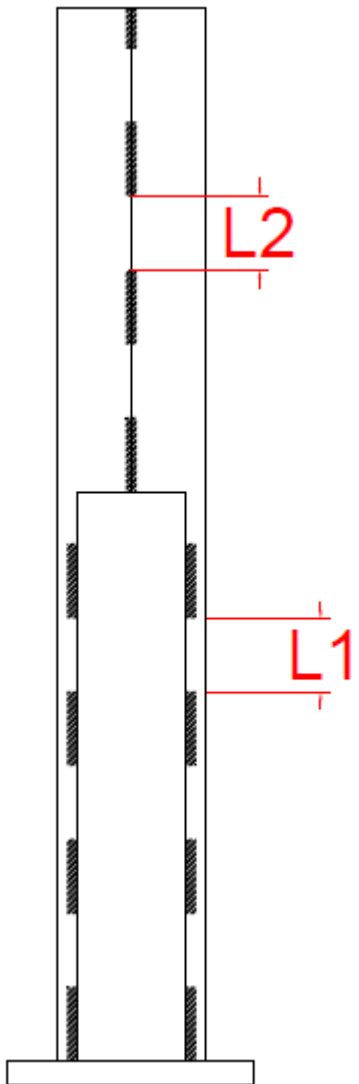
$$V_d = \frac{V * L}{2 * b}$$

$$M_d = \frac{V * L}{4}$$

$$M_d < 0.9 * F_y * \left(\frac{t_p * a^2}{4}\right)$$

$$V_d < 0.54 * F_y * t_p * a$$

۲-۷- طراحی جوش اتصال ستون های پابسته

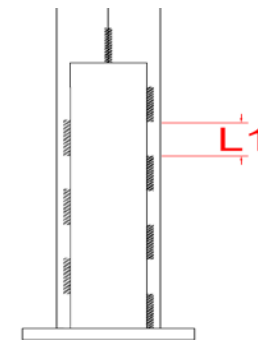


$$L2 < \min \left( 0.75 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} \ \& \ 30 \text{ cm} \right)$$

$$L1 < \begin{cases} \min \left( 0.75 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} \ \& \ 30 \text{ cm} \right) \\ \min \left( 1.12 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} \ \& \ 45 \text{ cm} \right) \end{cases}$$

اگر جوش های دو طرف ورق روبروی هم باشند

اگر جوش های دو طرف ورق یکی در میان باشند





۸- بخش هشتم ( طراحی وصله ستون ها )

۸-۱- طراحی وصله ی ستون ها به کمک جوش

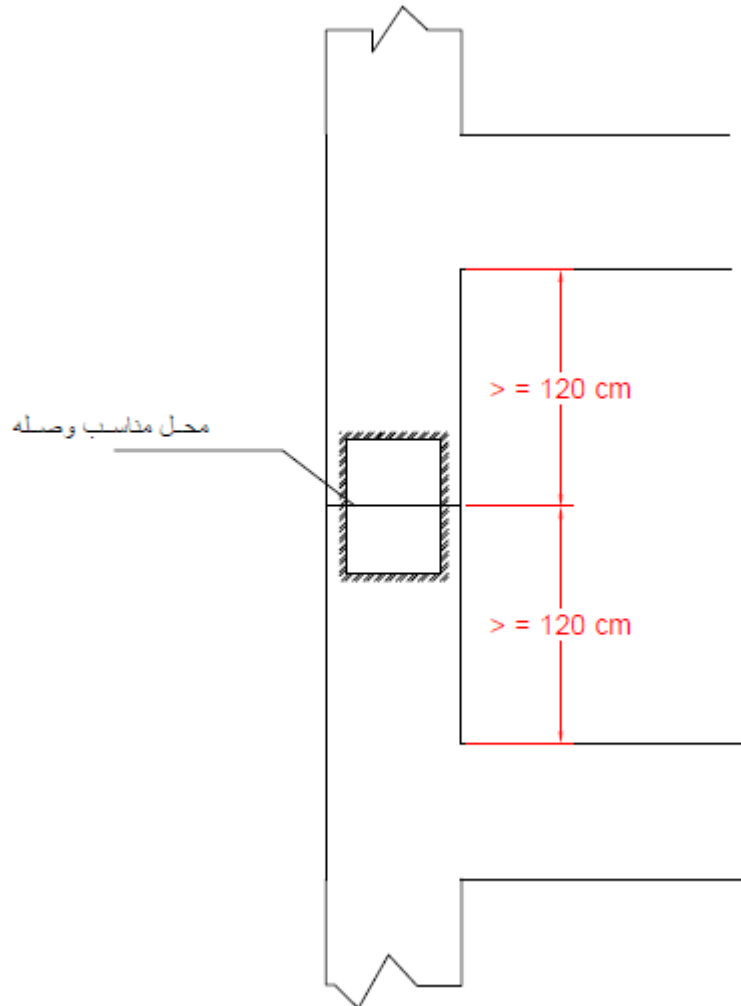
۸-۱-۱- طراحی وصله ی ستون های هم سایزبا جوش

در ابتدا ورق وصله را برای برش طراحی میکنیم و سپس آن را برای نیروی محوری و خمش کنترل خواهیم کرد.

برای شروع مقادیر اساس مقطع پلاستیک ستون (( Z22 و Z33 )) را از نرم افزار برداشت میکنیم و داریم:

$$Vu22 = \frac{2 * 0.9 * Fy * Z22}{\text{ارتفاع ستون}}$$

$$Vu33 = \frac{2 * 0.9 * Fy * z33}{\text{ارتفاع ستون}}$$

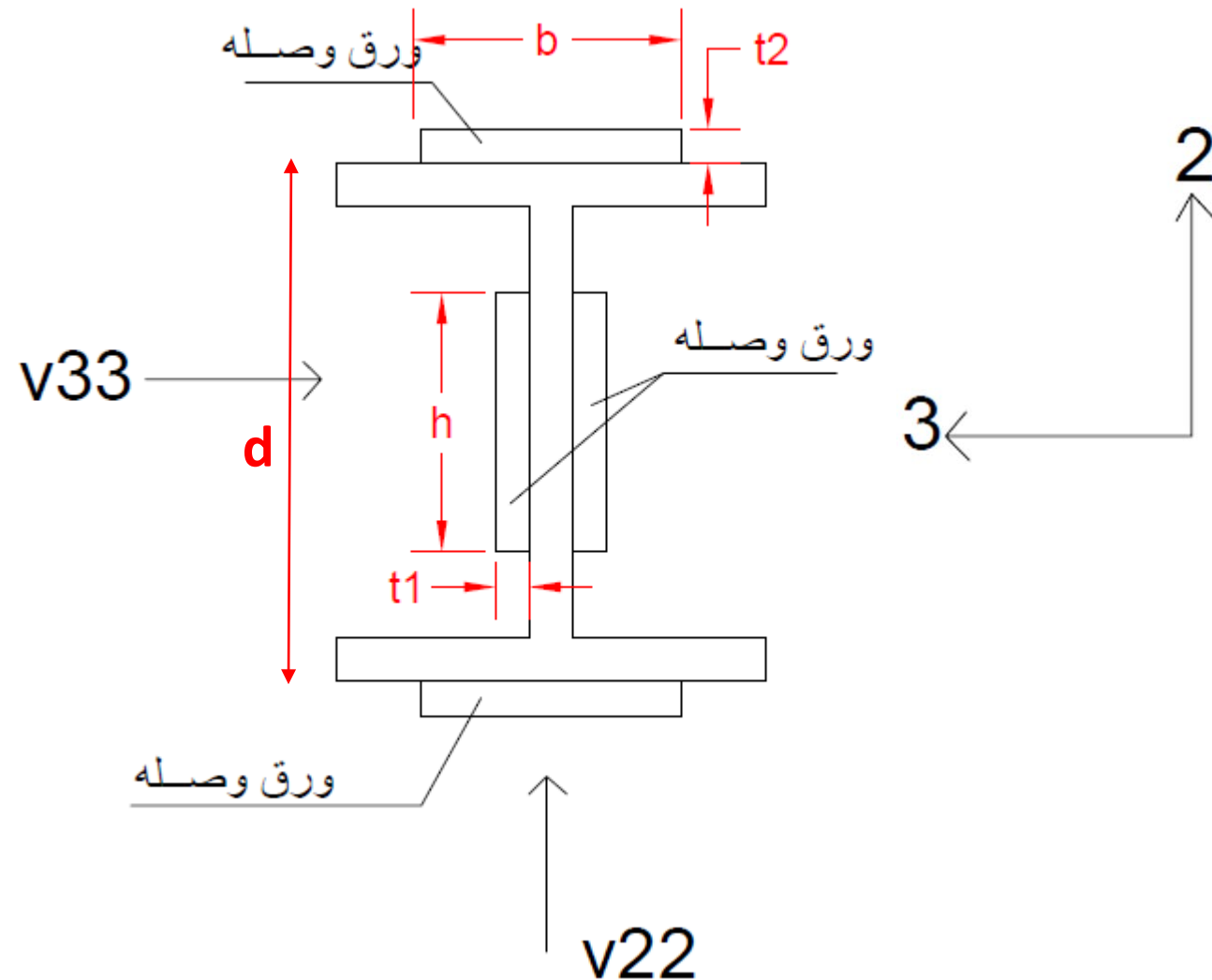


در ادامه باید تعداد ورق ها را در هر جهت و ابعاد آن ها را حدس زده و را بطه ی زیر را کنترل کنیم :

$$V_{u22} < 2 * 0.9 * 0.6 * F_y * t_1 * h$$

$$V_{u33} < 2 * 0.9 * 0.6 * F_y * t_2 * b$$

عدد ۲ قرمز در روابط بالا به خاطر وجود دو عدد ورق وصله در هر جهت میباشد



در ادامه ابعاد انتخابی را برای نیروی محوری کنترل میکنیم :

منظور از A سطح مقطع ستون میباشد :  $P_u = 0.9 * F_y * A$

$$\text{مجموع مساحت ورق های وصله} > \frac{P_u}{0.9 * F_y}$$

کنترل ورق ها برای خمش :

$$M_u22 = 1.15 * 0.9 * F_y * Z_{22}$$

$$M_u33 = 1.15 * 0.9 * F_y * Z_{33}$$

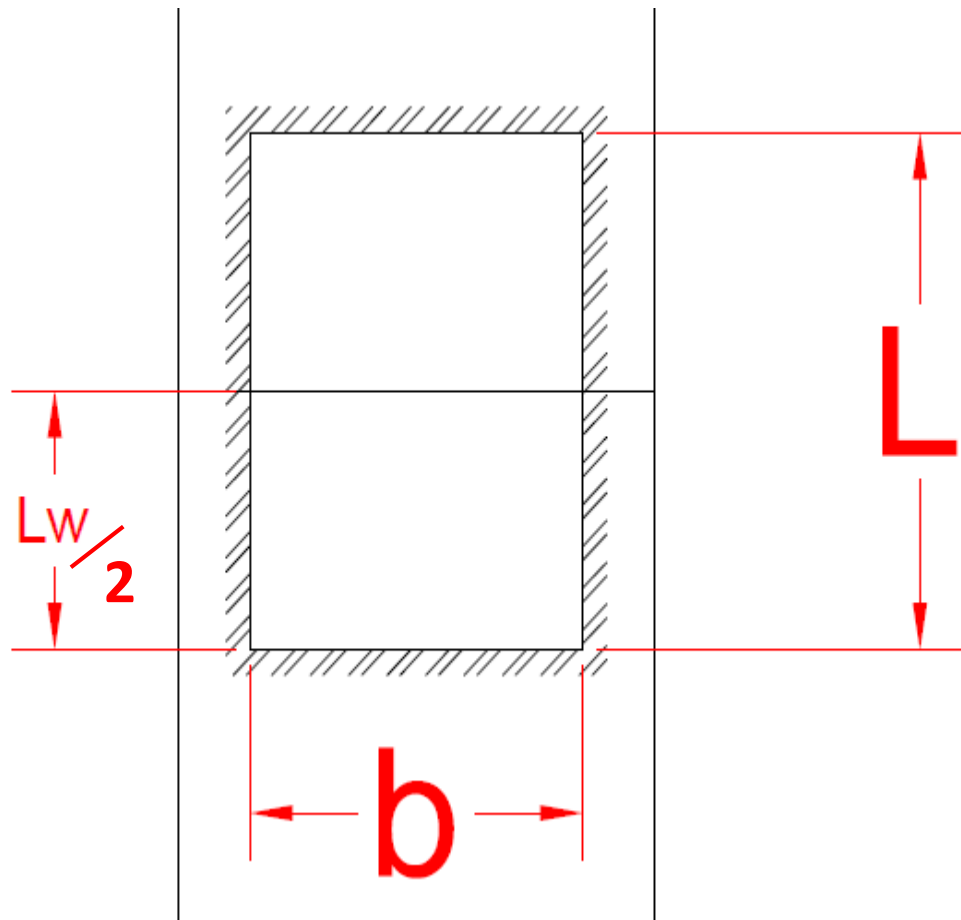
$$M_n33 = \frac{2 * \text{مساحت بال} * \frac{d}{2}}{Z_{33}} * M_u33$$

اگر ستون جعبه ای باشد مانند بالا محاسبه میگردد :  $M_n22 = M_u22$

$$\left. \begin{aligned} 2 * h * t_1 &> \frac{M_n22}{0.9 * F_y * \frac{\text{عرض بال}}{2}} \\ 2 * b * t_2 &> \frac{M_n33}{0.9 * F_y * d} \end{aligned} \right\}$$

در روابط بالا اگر ستون جعبه ای باشد عدد ۲ سبز از مخرج کسر اول حذف میگردد. قابل به ذکر است که اعداد ۲ قرمز به خاطر وجود دو ورق وصله میباشد.

بعد از محاسبه ی عرض و ضخامت ورق وصله اکنون با محاسبه ی طول جوش لازم برای انتقال نیرو طول ورق وصله نیز محاسبه میگردد . ابتدا با توجه به محدودیت های آیین نامه ای برای بعد جوش یک مقدار اولیه در نظر میگیریم و از طریق رابطه های زیر طول جوش لازم را محاسبه میکنیم :



طول جوش لازم براساس نیروی محوری :

$$Lw1 > \frac{\frac{Pu}{4}}{0.75 * B * 0.6 * Fu * 0.707 * a}$$

طول جوش لازم براساس لنگر خمشی :

$$Lw2 > \frac{\frac{Mn33}{d}}{0.75 * B * 0.6 * Fu * 0.707 * a}$$

$$Lw3 > \frac{\frac{Mn22}{\text{عرض بال}}}{0.75 * B * 0.6 * Fu * 0.707 * a}$$

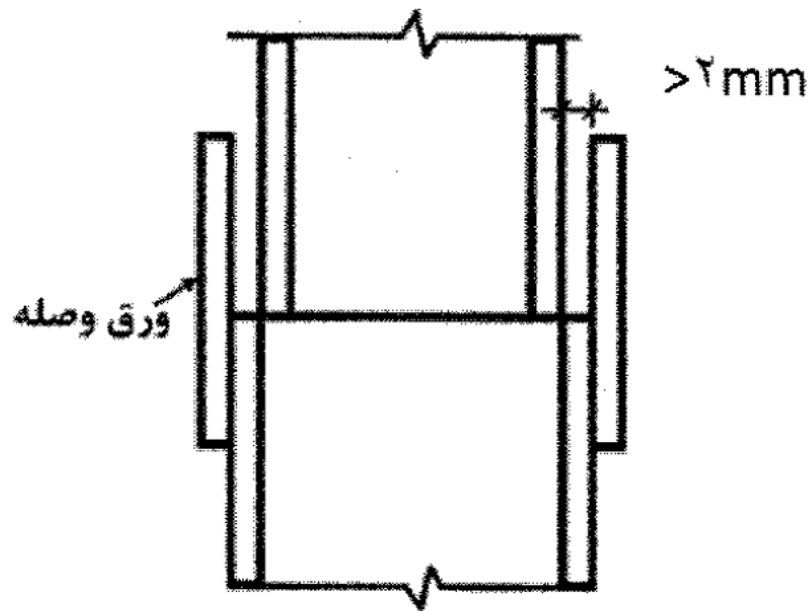
در این رابطه اگر ستون جعبه ای باشد عدد ۲ سبز از مخرج کسر حذف میگردد

$$\text{طول ورق} = L = Lw - b$$

## ۸-۱-۲- طراحی وصله ی ستون های غیرهمسایز به وسیله ی ورق های پرکننده با استفاده از جوش

از این وصله تنها در مواردی که تغییر سایز ستون اندک باشد میتوان استفاده کرد. تمام مراحل طراحی مانند حالت قبل میباشد با این تفاوت که باید الزامات زیر را درباره ی ورق های پرکننده در نظر داشت:

۱- اگر فاصله ی لبه ی داخلی ورق وصله تا لبه ی خارجی مقطع کوچکتر کمتر از ۲ میلیمتر باشد نیازی به ورق پرکننده نیست ولی باید به بعد جوش ورق وصله به ستون کوچکتر به میزان فضای خالی اضافه گردد.



۲- عرض ورق پرکننده را حداقل ۴ سانتیمتر از عرض ورق وصله باید بزرگتر در نظر گرفت .

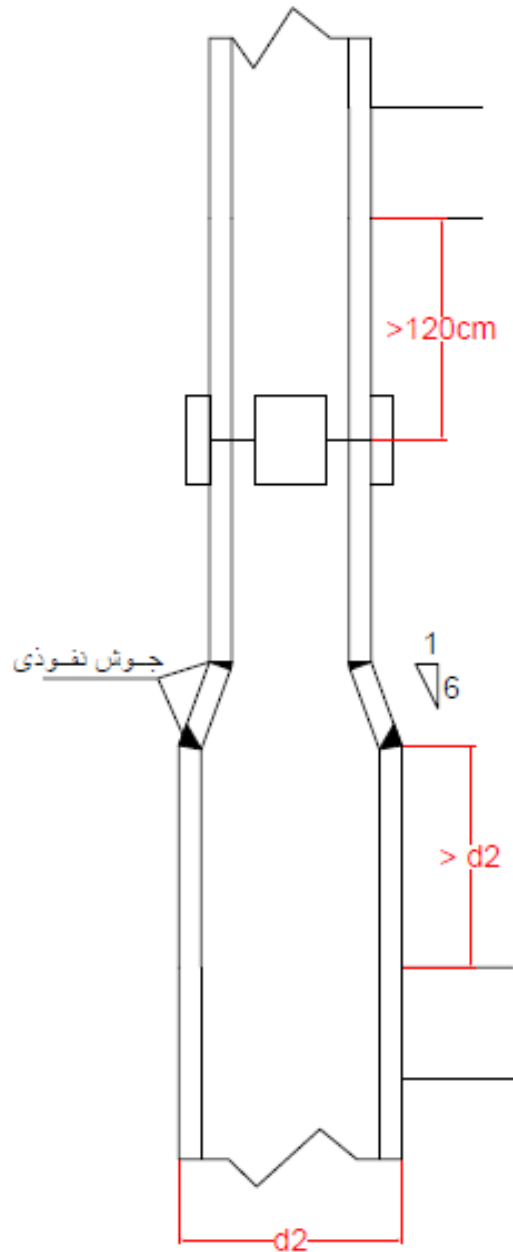
۳- اگر ضخامت ورق پرکننده کوچکتر یا مساوی ورق وصله باشد ارتفاع آن را همبند با ورق وصله در نظر میگیریم و به بعد جوش محاسباتی برای اتصال ورق وصله به ستون کوچکتر به اندازه ضخامت ورق پرکننده اضافه میکنیم.

۴- اگر ضخامت ورق پرکننده بزرگتر از ضخامت ورق وصله باشد باید ارتفاع آن را به اندازه ی کافی از بالای ورق وصله ادامه داد و آن را با بعد جوش محاسباتی ورق وصله به ستون کوچکتر جوش داد

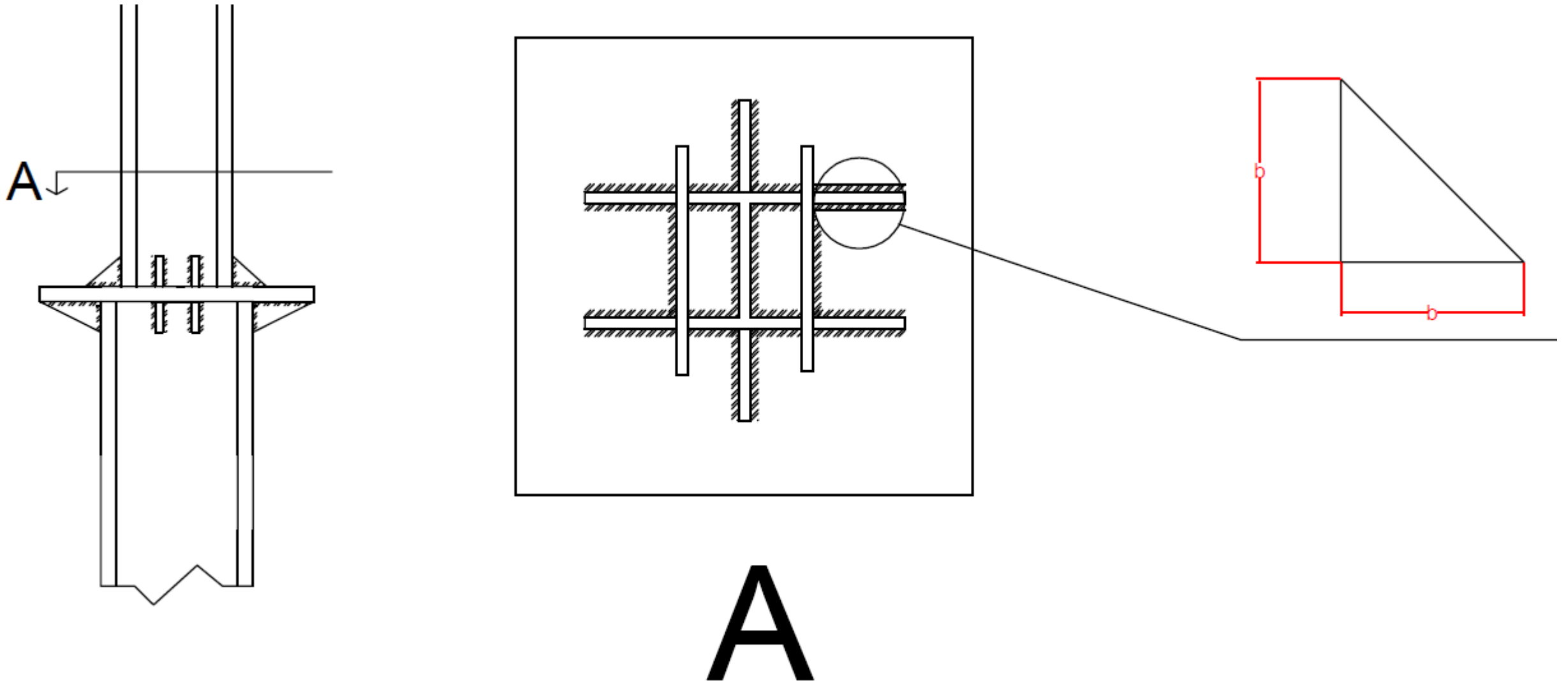
## ۸-۱-۳- طراحی وصله ی ستون های غیرهمسایز به وسیله ی کاهش مقطع با استفاده از جوش

این اتصال که برای ستون های با مقطع جعبه ای مناسب است برای تغییر مقاطع بزرگ میتواند گزینه ی مناسب باشد.

طراحی این اتصال به این صورت است که مقطع بزرگتر باید با استفاده از جزئیات تصویر روبرو به مقطع کوچکتر تبدیل شود سپس با استفاده از مراحل طراحی وصله ستون های همسایز کار طراحی انجام خواهد شد.



## ۸-۱-۴- طراحی وصله ی ستون های غیرهمسایز به وسیله ی ورق واسط



در این اتصال ابتدا باید تعداد و ابعاد سخت کننده ها را برای روی ورق واسط حدس زده سپس به کنترل آنها بپردازیم و در صورت جوابگویی از همان تعداد برای قسمت زیرین ورق واسط نیز استفاده میکنیم و در نهایت با توجه به ابعاد سخت کننده ها ابعاد ورق واسط تعیین خواهد شد.

سطح مقطع ستون کوچکتر  $P_u = 0.9 * F_y *$

$$F_r = \frac{P_u}{n * 2 * b}$$

در این رابطه منظور از n تعداد سخت کننده ها در روی ورق واسط میباشد :

$$\text{بعد جوش} = \frac{F_r}{0.75 * B * 0.6 * F_u * 0.707}$$

در این رابطه منظور از Fu تنش طراحی الکتروود و منظور از B ضریب بازرسی جوش میباشد :

دقت داشته باشید که باید مقدار بعد جوش حاصل را با حداقل و حداکثر مجاز مقایسه کنید. در صورت زیاد بودن بعد جوش میتوان با اضافه کردن به تعداد سخت کننده ها یا ابعاد آنها این مشکل را برطرف کرد.



در این مرحله ضخامت ورق واسط ((tp)) را انتخاب میکنیم که بهتر است نزدیک به ضخامت ورق مقطع ستون زیرین باشد.

$$\frac{b + tp}{ts} < 0.84 * \sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

در این رابطه منظور از ts ضخامت سخت کننده ها میباشد :

## ۸-۲- طراحی وصله ی ستون ها به کمک پیچ ۸-۲-۱- طراحی وصله ی ستون های هم سایز با پیچ

در ابتدا ورق وصله را برای برش طراحی میکنیم و سپس آن را برای نیروی محوری و خمش کنترل خواهیم کرد.

برای شروع مقادیر اساس مقطع پلاستیک ستون (( Z33 و Z22 )) را از نرم افزار برداشت میکنیم و داریم:

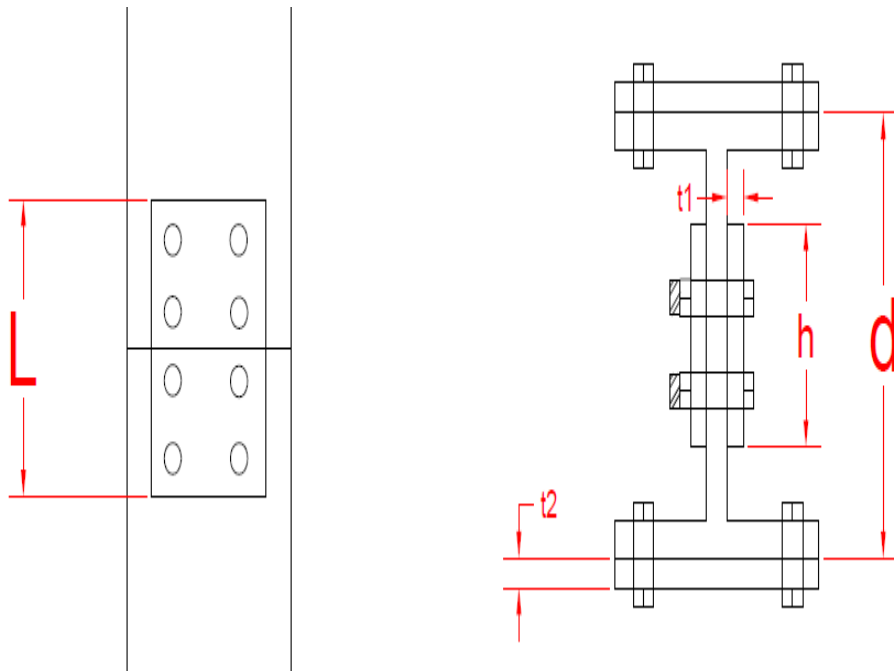
$$V_{u22} = \frac{2 * 0.9 * F_y * Z_{22}}{\text{ارتفاع ستون}}$$

$$V_{u33} = \frac{2 * 0.9 * F_y * z_{33}}{\text{ارتفاع ستون}}$$

$$P_u = 0.9 * F_y * A$$

منظور از A سطح :

مقطع ستون میباشد



$$Mu_{22} = 1.15 * 0.9 * F_y * Z_{22}$$

$$Mu_{33} = 1.15 * 0.9 * F_y * Z_{33}$$

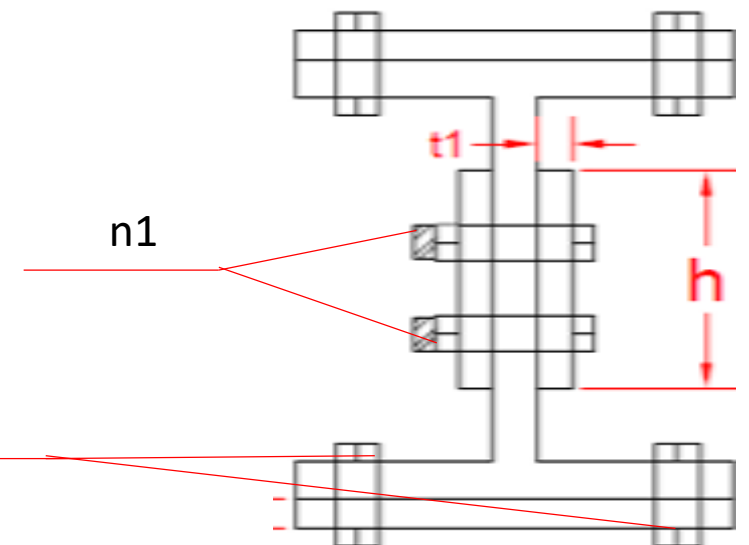
اگر ستون جعبه ای باشد مانند پایین محاسبه می‌گردد :

$$Mn_{33} = \frac{2 * \text{مساحت بال} * \frac{d}{2}}{Z_{33}} * Mu_{33}$$

در ادامه باید تعداد ورق ها در هر جهت و ابعاد آن ها و همچنین تعداد و شماره پیچ ها را حدس زده و را بطه ی زیر را کنترل کنیم :

$$Vu_{22} < \min((2 * 0.9 * 0.6 * F_y * t_1 * h) \& (2 * 0.9 * 0.75 * F_u * t_1 * (h - (n_1 * d_n))))$$

$$Vu_{33} < \min((2 * 0.9 * 0.6 * F_y * t_2 * b) \& (2 * 0.9 * 0.75 * F_u * t_2 * (b - (n_2 * d_n))))$$



عدد ۲ قرمز در روابط بالا به خاطر وجود دو عدد ورق وصله در هر جهت میباشد.

کنترل ورق ها برای خمش :

$$2 * h * t1 > \frac{Mn22}{0.9 * Fy * \frac{\text{عرض بال}}{2}}$$

$$2 * t1 * (h - (n1 * dn)) > \frac{Mn22}{0.75 * Fu * \frac{\text{عرض بال}}{2}}$$

در این روابط اگر ستون جعبه ای باشد عدد ۲ سبز از مخرج کسر حذف میگردد

$$2 * b * t2 > \frac{Mn33}{0.9 * Fy * d}$$

$$2 * t2 * (b - (n2 * dn)) > \frac{Mn33}{0.75 * Fu * d}$$

در ادامه ابعاد انتخابی را برای نیروی محوری کنترل میکنیم:

$$(2 * t1 * (h - (n1 * dn))) + (2 * t2 * (b - (n2 * dn))) > \frac{Pu}{0.75 * Fu}$$

$$(2 * t1 * h) + (2 * t2 * b) > \frac{Pu}{0.9 * Fy}$$

عدد ۲ قرمز در روابط بالا به خاطر وجود دو عدد ورق وصله در هر جهت میباشد.

در این مرحله یک ارتفاع برای ورق ها حدس زده و با توجه به محدودیت های آیین نامه ای در مورد فاصله ی پیچ ها تعداد و شماره ی پیچ ها در نظر گرفته و رابطه ی زیر را چک میکنیم.

دقت داشته باشید که در رابطه های زیر منظور از  $A_b$  سطح مقطع پیچ و منظور از  $F_u$  تنش طراحی پیچ میباشد.

$$P_{nv1} = 0.9 * 0.45 * F_u * A_b$$

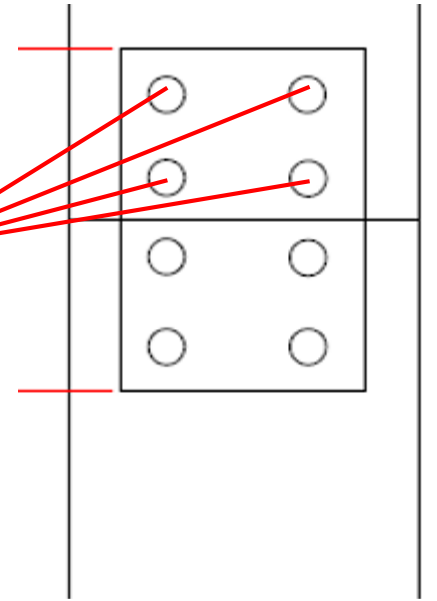
$$P_u + \frac{M_{n22}}{0.9 * F_y * \frac{\text{عرض بال}}{2}} + \frac{M_{n33}}{0.9 * F_y * d} < P_n$$

در این رابطه اگر ستون جعبه ای باشد عدد ۲ سبز از مخرج کسر اول حذف میگردد

$$V_{22} < P_{nv2} = 0.9 * 0.45 * F_u * A_b$$

$$V_{33} < P_{nv3} = 0.9 * 0.45 * F_u * A_b$$

کنترل لهیدگی در جدار سوراخ های ورق های بال:



منظور از  $t$  حداقل ضخامت ورق وصله یا بال ستون میباشد

منظور از  $n$  تعداد پیچ های متصل کننده ی ورق به یک ستون است

$$R_n = 0.75 * 2.4 * d * t * F_u :$$

$$R_u = \frac{\frac{P_u}{2} + \frac{M_n}{2 * 0.9 * F_y * d}}{n}$$

$$R_u < R_n$$

کنترل لهیدگی در جدار سوراخ های ورق های جان :

منظور از  $t$  حداقل ضخامت ورق وصله یا جان ستون میباشد

منظور از  $n$  تعداد پیچ های متصل کننده ی ورق به یک ستون است

$$R_n = 0.75 * 2.4 * d * t * F_u :$$

$$R_u = \frac{\frac{P_u}{2} + \frac{M_n}{2 * 0.9 * F_y * \frac{\text{عرض بال}}{2}}}{n}$$

$$R_u < R_n$$

در رابطه اخیراگر ستون جعبه ای باشد عدد ۲ سبز از مخرج کسر حذف میگردد

کنترل پارگی در حدفاصل سوراخ ها و نیز در فاصله سوراخ انتهایی تا لبه ورق بال:

$$L_c = \min(L_{c1} \text{ \& } L_{c2})$$

$$L_{c1} = dh - \text{فاصله سوراخ ها}$$

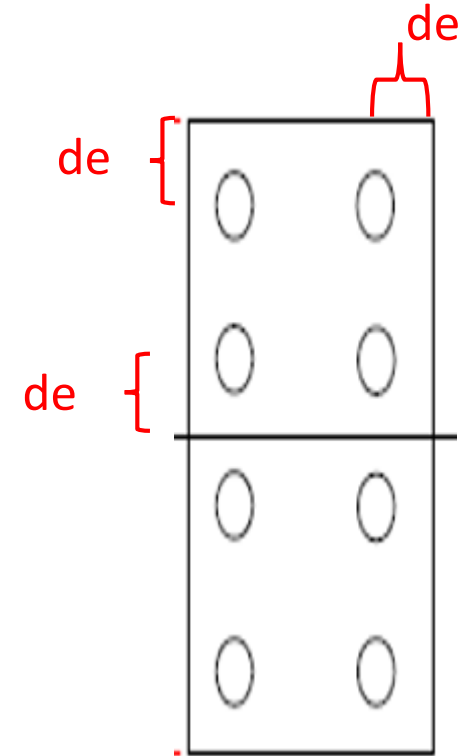
$$L_{c2} = d_e - \frac{dh}{2}$$

$R_n = 0.75 * L_c * t * F_u$  : منظور از  $t$  حداقل ضخامت ورق یا بال ستون میباشد

$$R_u = \frac{\frac{P_u}{2} + \frac{M_{n33}}{2 * 0.9 * F_y * d}}{n}$$

منظور از  $n$  تعداد پیچ های متصل کننده ی ورق به یک ستون است

$$R_u < R_n$$



کنترل پارگی در حدفاصل سوراخ ها و نیز در فاصله سوراخ انتهایی تا لبه ورق جان:

$$L_c = \min(L_{c1} \text{ \& } L_{c2})$$

$$L_{c1} = \text{فاصله سوراخ ها} - dh$$

$$L_{c2} = de - \frac{dh}{2}$$

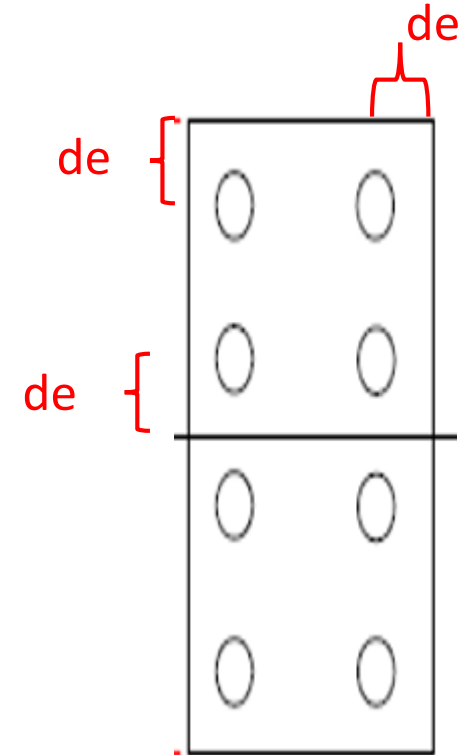
منظور از  $t$  حداقل ضخامت ورق یا جان ستون میباشد :

$$R_u = \frac{\frac{P_u}{2} + \frac{M_{n22}}{2 * 0.9 * F_y * \frac{\text{عرض بال}}{2}}}{n}$$

منظور از  $n$  تعداد پیچ های متصل کننده ی ورق به یک ستون است

$$R_u < R_n$$

در رابطه اخیر اگر ستون جعبه ای باشد عدد ۲ سبز از مخرج کسر حذف میگردد



همچنین در مرحله آخر باید حالت های مختلف گسیختگی قالبی برای ورق وصله و جان و بال ستون انجام شود که به دلیل تکراری بودن روند از بازگویی آن صرف نظر میگردد.



## ۸-۲-۲- طراحی وصله ی ستون های غیرهمسایز به وسیله ی ورق های پرکننده با استفاده از پیچ

از این وصله تنها در ماوردی که تغییر سایز ستون اندک باشد میتوان استفاده کرد. تمام مراحل طراحی مانند حالت قبل میباشد با این تفاوت که باید الزامات زیر را درباره ی ورق های پر کننده در نظر داشت:

۱- عرض ورق پر کننده را برابر ورق وصله در نظر میگیریم .

۲- اگر ضخامت ورق پرکننده کوچکتر یا مساوی ۶میلیمتر باشد ارتفاع آن را همباد با ورق وصله در نظر میگیریم .

۳- اگر ضخامت ورق پرکننده بزرگتر از ۶ میلیمتر باشد میتوان ارتفاع آنرا همباد ورق وصله در نظر گرفت تنها تغییر اینست که باید مقدار زیر در مقادیر  $P_{nv}$  ((۱ تا ۳)) ضرب گردد.

$$1 - (0.0154 * (6 - \text{ضخامت ورق پرکننده})) > 0.85$$

## ۸-۲-۳- طراحی وصله ی ستون های غیرهمسایز به وسیله ی کاهش مقطع با استفاده از پیچ

این اتصال که برای ستون های با مقطع جعبه ای مناسب است برای تغییر مقاطع بزرگ میتواند گزینه ی مناسب باشد.

طراحی این اتصال به این صورت است که مقطع بزرگتر باید با استفاده از جزئیات تصویر روبرو به مقطع کوچکتر تبدیل شود سپس با استفاده از مراحل طراحی وصله ستون های همسایز کار طراحی انجام خواهد شد.

