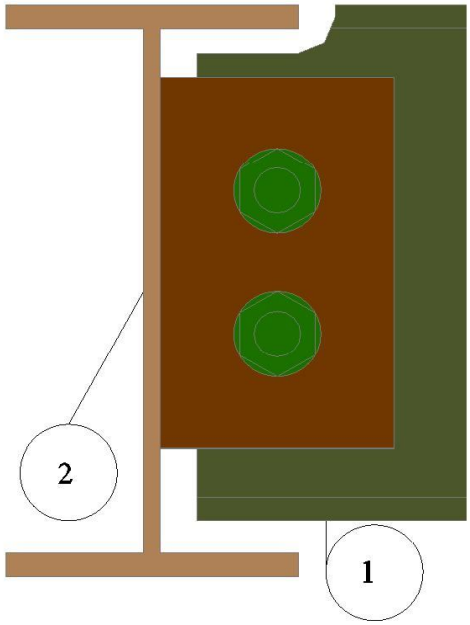
فصل هفتم : اتصال مفصلی تیر به تیر (تیر به جان تیر)

۷- ۱- مقدمه

استفاده از ورق تکی یا جفت جان یکی از روش های ساده و معمول در اجرای اتصال مفصلی تیر به ستون و یا تیر به جان تیر می باشد. اتصال ورق تکی یا جفت می تواند به جان تیر دوم یا بال ستون از نوع جوشی و اتصال آن به جان تیر اول (تیر متصل شونده) می تواند از نوع پیچی یا جوشی باشد. اتصال ورق به جان تیر اول که می تواند از نوع پیچی یا جوشی باشد تحت اثر برش (اگر بیش از یک ردیف پیچ نیاز باشد تحت پیچش نیز می باشد) قرار دارد. و اتصال ورق به جان تیر دوم تحت اثر برش و خمش می باشد[۱].

طراحی اتصال بر اساس ضوابط مندرج در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۹۲) می باشد.



۷- ۲- نمونه طراحی اتصال تیر به تیر (تیر به جان تیر)

در این ساختمان اتصال تیر به تیر در ۱ تیپ طراحی شده است که محاسبات اتصال مهاربند IPE 18 به تیر IPE 20 در ادامه گزارش آمده است.

مشخصات تیر IPE 18 (تیر ۱) :

$$b_f = 9.1\ cm, \quad t_f = 0.8\ cm, \quad h_w = 18\ cm, \quad t_w = 0.53\ cm, \quad I = 1320, \quad Z_b = 166\ cm^3$$

مشخصات تیر IPE 20 (تیر ۲):

$$b_f = 10\ cm, \quad t_f = 0.85\ cm, \quad h_w = 20\ cm, \quad t_w = 0.56\ cm, \quad I = 1940, \quad Z_b = 221\ cm^3$$

[۱] جلد ششم از کتاب طراحی سازههای فولادی تالیف دکتر مجتبی ازهری

باز نشر با ذکر منبع مجاز می باشد. Strain.blog.ir

۷- ۲- ۲- نیرو های اتصال تیر به تیر

در طراحی اتصالات در قاب های لرزه ای در ویرایش ۹۲ از مبحث دهم به طراحی در حالت ظرفیت نهایی مقطع تاکید شده است. به طوری که اتصال باید قادر باشد نیرو های معادل طرفیت نهایی مقطع متصل شونده را انتقال دهند. در اتصال تیر به تیر (تیر به جان تیر) به دلیل اینکه جز اتصالات لرزه ای محسوب نمی شود می توان برای تعیین نیروی طراحی از بار وارده بر تیر درمحل اتصال استفاده کرد نه طرفیت نهایی مقطع.

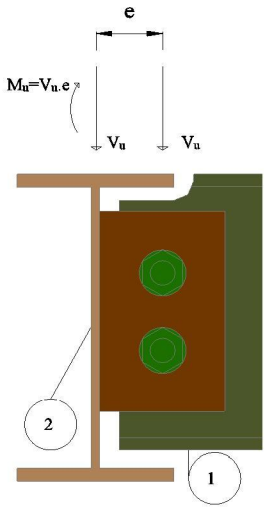
اتصال تیر به تیر (تیر به جان تیر) از نوع مفصلی است و نیرویی که باید منتقل شود نیروی برشی است که با توجه به توضیحات سطر بالا مقاومت مورد نیاز طراحی V_u برابر زیر خواهد بود.

موقعیت تیر IPE 18 و IPE 20 به صورت زیر می باشد که بار های وارده بر IPE18 به قرار زیر خواهد بود.

IPE 18 دارای ۵۸۰ کیلوگرم بر متر بار طولی ناشی از دیوار است (Dead) و ۸۳۰ کیلوگرم بار ناشی از زلزله قائم (Ev) در مرکز تیر. طول تیر برابر ۴/۹ متر می باشد. بنابراین برای V_u داریم:

ترکیب بار $1.41\ Dead + Ev$ $V_u = \frac{1.41 \times 4.9 \times 580}{2} + \frac{830}{2} = 2.41\ T$

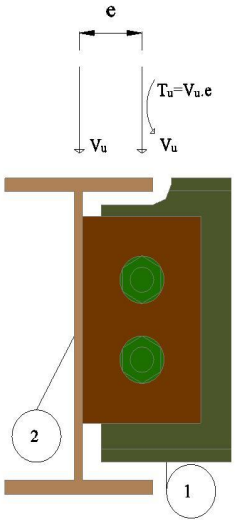
۷- ۲- ۳- طراحی ورق تکی اتصال



ورق در بر اتصال به IPE 20 (تیر شماره ۲) تحت اثر برش و خمش خواهد بود. و هم چنین در محل پیچ ها تحت اثر برش خواهد بود.
بنابر این با فرض ضخامت ورق اتصال برابر ۸ میلیمتر داریم :

تعداد پیچ برای اتصال تیر شماره یک به ورق اتصال

فرض استفاده از ۲ پیچ نمره M16 و ۴ سانتی متر فاصله مرکز پیچ از لبه ورق و ۵ سانتمی متر برای فاصله پیچ ها



$$T_u = V_u.e = 0.096\ T.m, \qquad j = \sqrt{2 \times 2.5^2} = 3.53\ , y = 2.5\ cm, \qquad f_{tx} = \frac{T_u.y}{J} = 0.067\ T$$

$$f_{ty} = 0, f_{vy} = \frac{V_u}{2} = 1.2\ T\ , \qquad f = \sqrt{0.067^2 + 1.2^2} = 1.201\ T$$

$$R_{nv} = \mu D_u h_f T_b n_s \ \rightarrow T_b = 9.1T\ , R_{nv} = 0.5 \times 1.13 \times 1 \times 9.1 \times 1 = 5.14\ \ T$$

$$f < \phi R_{nv}, \qquad 1.201 < 5014\ o.k$$

معمولا با فرض تعداد و قطر پیچ ها نیروی برشی ایجاد شده در پیچ را کنترل می کنند. این روش مبتنی بر تجربه و سعی و خطایی است.

کنترل برش در مقطع گذرنده از محل پیچ ها

فرض استفاده از پیچ نمره M16 و ۴ سانتی متر فاصله مرکز پیچ از لبه ورق و ۵ سانتمی متر برای فاصله پیچ ها

$t_p = 8$ mm ضخامت ورق اتصال $A_n = 13 \times 0.8 - 2(1.6 + 0.2) \times 0.8 = 7.52\ cm^2$

$$\phi V_n = \phi 0.6 F_y A_n = 9.74\ T\ \ , V_u < \ \phi V_n\ o.k$$

کنترل کفایت ضخامت ورق اتصال به تیر شماره دو تحت خمش و برش

$$e = 4\ cm\ \ \rightarrow M_u = V_u.e = 0.096\ T.m, \qquad Z_t = \text{مدول پلاستیک ورق} = \frac{b^2 t}{4} = 33.8\ cm^3$$

$$M_b = \phi M_n = \phi Z_t F_y = 0.73\ , \qquad M_u < \phi M_n\ o.k$$

$V_u = 2.41\ T\ ,\qquad V_c = \phi V_n = \phi 0.6 F_y A_g = 13.4\ T,\qquad \frac{M_u}{M_b} + (\frac{V_u}{V_c})^2 = 0.16\ ,o.k$

ممکن است در برخی منابع مقطع گذرنده از پیچ ها را نیز تحت خمش و برش در نظر بگیرند. که با توجه مقاومت طراحی مقطع در بر تیر ۲ مقاومت طراحی در مقطع سوراخ دار نیز جواب گو خواهد بود.

۷- ۲- ۳- ۱- کنترل برش قالبی [۲]

$R_n = 0.6F_u A_{nv} + U_{bs}F_u A_{nt} \le 0.6F_u A_{gv} + U_{bs}F_u A_{nt}$

$A_{gv} = (4+5)\times t = 7.2\ cm^2,\ A_{nt} = (4\times t) - 0.5\times 1.6\times t = 2.56\ cm^2,$

$A_{nv} = (4+5)\times t - 1.5\times 1.6\times t = 5.28\ cm^2$

↳ $0.6F_u A_{nv} + U_{bs}F_u A_{nt} = 11721 + 9472 = 21.5\ T,\qquad 0.6F_y A_{gv} + U_{bs}F_u A_{nt} = 19.8\ T$

$\phi R_n = 14.58\ \mathrm{T}\ ,\qquad V_u < \phi R_n,\qquad \mathrm{o.k}$

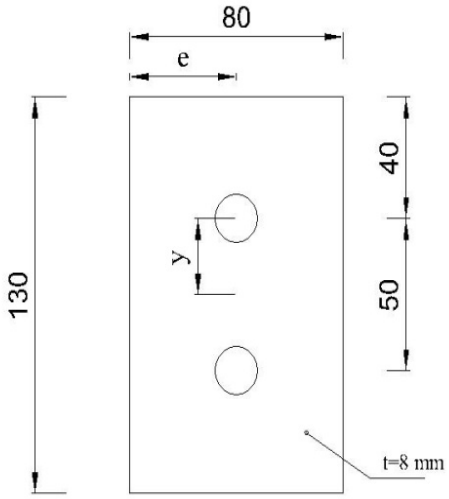
۷-۲-۳-۲- طراحی جوش ورق تکی به تیر ۲

جوش ورق تکی به تیر ۲ تحت اثر خمش و برش قرار دارد. مشخصات فولاد و الکترود مصرفی :

$f_y = 2400\ {}^{kg}/_{cm^2}\ ,\qquad f_u = 3700\ {}^{kg}/_{cm^2}\ ,\qquad$ الکترود $E60\ F_{ue} = 4200\ {}^{kg}/_{cm^2}$

$l_w = 13\ cm,$ طول جوش $I_w = \frac{{l_w}^3}{12} = 183.1\ cm^3, f_b = \frac{M_u \frac{l_w}{2}}{I_w} = 340.8\ {}^{kg}/_{cm}$

$f_v = \frac{V_u}{l_w} = 185\ {}^{kg}/_{cm},\ f = \sqrt{{f_b}^2 + {f_v}^2} = 387\ ,f = \varphi\beta F_{nw}\frac{\sqrt{2}}{2}a_w \rightarrow a_w = \frac{f}{\varphi\beta F_{nw}\frac{\sqrt{2}}{2}} = 0.23\ cm\ use\ a_w = 5\ mm$



[۲] بند ۱۰- ۲- ۹- ۴- ۳ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۹۲)