# جزوه محاسبات ساختمانهای فلزی

# مهندس پیرزاده

**فهرست مطالب :**

خمش

کنترل برش

کنترل خیز

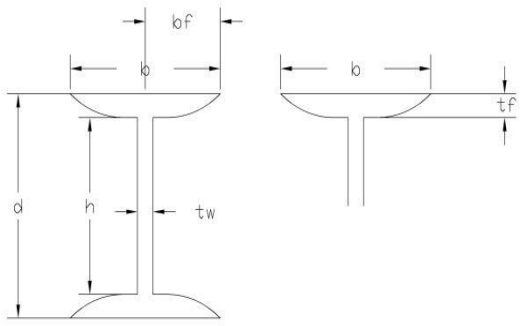
جدول اشتایل

# فصل خمش

شرایط مقطع فشرده ← یک مقطع فشرده باید دارای شرایط زیر باشد :

۱- بالها ← باید در تمام طول خود به طور پیوسته به جان یا جانها متصل باشد.

۲- نسبت عرض آزاد به ضخامت بال فشاری تقویت نشده نباید از $\frac{545}{\sqrt{F_y}}$ بیشتر باشد.




$$\frac{b_f}{t_f} \leq \frac{545}{\sqrt{F_y}}$$

۳- نسبت عرض آزاد به ضخامت بال فشاری تقویت شده نباید از $\frac{1593}{\sqrt{F_y}}$ بیشتر باشد.

۴- نسبت عمیق تر به ضخامت جان نباید از مقادیر داده شده ی زیر بیشتر شود :

اگر کمتر بود $\rightarrow \frac{F_a}{F_y} \leq 0/16 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq \frac{5366}{\sqrt{F_y}}(1 - 3/74\frac{F_a}{F_y})$

اگر بیشتر بود $\rightarrow \frac{F_a}{F_y} > 0/16 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq \frac{2155}{\sqrt{F_y}}$

۵- طول آزاد بال فشاری (فاصله بین ۲ تکیه گاه یا تکیه گاه جانبی) باید از دو مقدار زیر کمتر باشد. این شرط را شرط اتکای جانبی می نامند.

شرط اول $\rightarrow \frac{635\times b}{\sqrt{F_y}}$

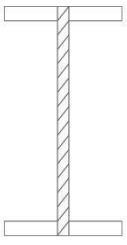
شرط دوم $\rightarrow \frac{10\times 10^4}{\frac{d}{AF}\times F_y}$

* تنش مجاز خمشی اعضای با مقطع فشرده (۴ شرط بالا به جزء شرط پنجم) که نسبت به محور ضعیف خود (محور ضعیف یعنی محوری که ممان اینرسی آن کمتر باشد، محورy) متقارن باشد و در صفحه ای مار بر این محور بارگذاری شوند و شرایط تیر با اتکای جانبی را نیز داشته باشند برابر با $F_b=0/66F_y$ تعیین می شود.

* اعضای با مقطع غیر فشرده و اتکای جانبی تنش مجاز برابر با $F_b=0/6F_y$ اعضای مقطع فشرده ۱۰% بیشتر از اعضای غیر فشرده در نظر می گیرید. فرمول زلزله برابر است با V=CW

# * کنترل برش :

**برش را جان تحمل می کند – خمش را بال تحمل می کند.**

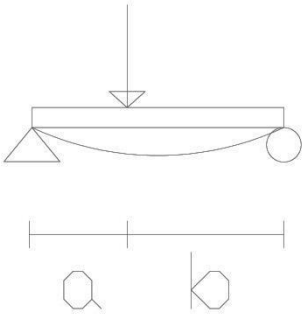


تنش مجاز برشی $F_v = 0/4F_y^{\times 2400} = 960kg/cm^2$

تنش برشی وارده $F_v = \frac{V(kg)}{A} = \frac{V(kg)}{d.t_w}\ kg/cm^2$

$$FV \leq Fv$$

## * کنترل خیز :

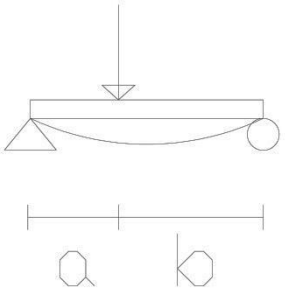


مرده $D_{ead}$ $\Delta D \times L \leq \frac{L}{240}$

مرده $D_{ead}$ $\Delta L \times L \leq \frac{L}{360}$

$$\Delta_{max} = \frac{5qL^2}{384EI}$$

فولاد $E=2/05 \times 10^6\ kg/cm^2$




$D_{max} = \frac{pa^2b^2}{3EIL}$ در محل اثر نیروی متمرکز

$\Delta\ D + L$ = در فرمول خیز q را در اثر بار D+L محاسبه کنیم :

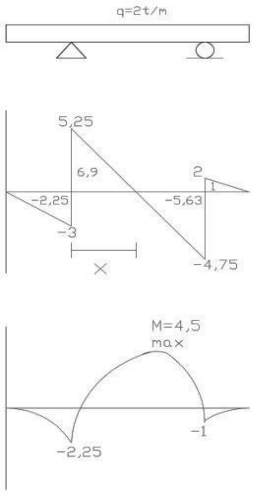
$\Delta L$ = در فرمول خیز q را در اثر بار L محاسبه کنیم.

44 kg/cm = $d_r$ = 4400 kg/x = 5/5 ×800 D+L

Q=5/5 × 200 = 1100 kg/m = 11kg

q = 4400 kg/m

**مثال : به تیر مقابل از مقطع IPE طراحی کنید تک یا دوبل مقطع را فشرده یا اتکاء جانبی فرض کنید.**




تنش مجاز خمشی Fb=0/66 Fy

$$\Rightarrow \frac{m.c_{max}}{I_x} = \frac{M_{max}}{s_x} \leq Fb_x = 0/66F_y \rightarrow s_x \geq \frac{m_{max}}{0/66F_y} 2400kg/cm$$

تنش خمشی ماکزیمم وارده بر تیر

کنترل برش :

$$\frac{V_{max}}{d.t} \leq F_v = 0/4F_y$$

$$4m_a = 0 \Rightarrow 2 \times 7/5 \times 2/25 - B_y \times 5 = 0 \Rightarrow B_y = 6/75\ ton$$

$$4F_y = 0 \Rightarrow A_y - 15 + 6/75 = 0 \Rightarrow A_y = 8/25\ ton$$

$$\frac{5/25}{x} = \frac{5/25 + 4/75}{5} \Rightarrow x = 2/63$$

$$V_{max} = 5/25ton \rightarrow 5/25 \times 10^3 kg$$

$$M_{max} = 4/65\ ton \rightarrow 4/65 \times 10^5 kg/cm$$

$$s_x \geq \frac{M_{max}}{0/66F_y} = \frac{4/65 \times 10^5 kg.cm}{0/66 \times 2400 kg.cm^2} = 293/6cm^3$$

$$Sx_{Ip22} = 252cm^3 \qquad Sx_{Ip24} = 324cm^3$$

* انتخاب پروفیل ، IPE 24 تک

* انتخاب پروفیل ، $\frac{263/6}{2}$=2IPE 18 . 146/8

$$\text{کنترل پرش} \rightarrow \begin{cases} IPE248 \quad d = 24cm \quad .t = \frac{6}{200m} = 0/62cm \Rightarrow \\ \frac{V_{max}}{d.t} = \frac{5/25 \times 10^3}{24 \times 0/62} = 352/8 < 0/4 \times 2400 = 960 \end{cases}$$

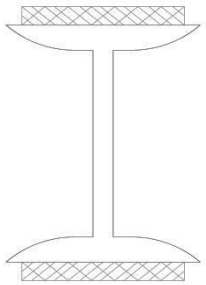
$$2IPE\ 18: \quad d = 18\ cm \qquad t = 5/3mx \Rightarrow 0/53cx$$

$$\frac{V}{d.t} = \frac{5/25 \times 10^3}{2(18 \times 0/53)} = 275/2 < 960$$

$$\text{کنترل خیژ} \rightarrow \begin{cases} L \rightarrow \Delta < \frac{L\nearrow^{500\ cm}}{360} \\ D + L \rightarrow \Delta < \frac{L\nearrow^{500\ cm}}{240} \end{cases}$$

# طراحی ورق تقویتی

*** ضوابط آیین نامه :**



حداکثر مساحت سطح مقطع صفحات تقویت بر روی جریان از ۷۰ % مساحت کل بال (با در نظر گرفتن مساحت ورق تقویت) بیشتر نباشد.

Ap=bp× tp ⟶ سطح مقطع ورق تقویت شده

AF= bF × tF

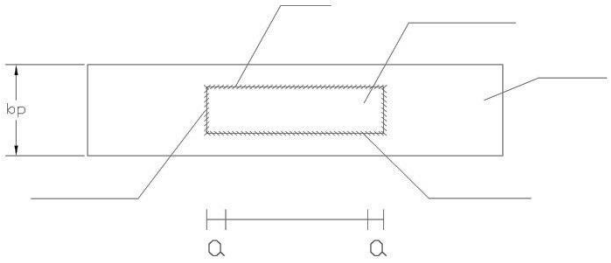
Ap ≤ 0/7 Ap + 0/7 AF

0/3 Ap ≤ 0/7 AF

AP ≤ 0/7 (AP+AF) *

$Ap \leq AF \rightarrow AP \leq \frac{2}{3} AF$ *

تعیین مقدار a ار نظر آیین نامه :




الف) اگر ورق تقویت شده در دو ضلع جانبی و ضلع انتهایی جوش شده باشد و ضخامت جوش بزرگتر از $\frac{3}{4}$ ضخامت ورق تقویت شده باشد ← a=bp

ب) اگر ضخامت تقویت شده در دو ضلع جانبی و ضلع انتهایی جوش شده باشد و ضخامت جوش کوچکتر از $\frac{3}{3}$ ضخامت ورق باشد ← a=2bp

* طرح ورق تقویت متقارن روی هر دو بال :

$AP = bp \times tp$

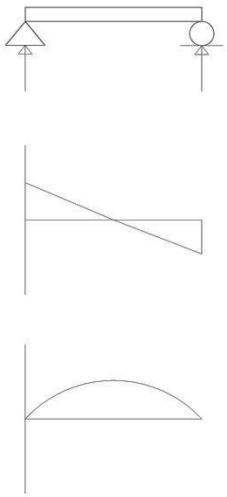
$Ap \geq \frac{S-\frac{0}{9}Sb}{h}$

$\sigma = \frac{mc}{I} = \frac{m_{max}}{s} \leq$

$F_b \longrightarrow \begin{cases} 0/6\ F_y \rightarrow \text{تیر با مقطع غیر فشرده با جانبیاتکای} \\ 0/66F_y \longrightarrow \text{تیر با مقطع فشرده با اتکای جانبی} \end{cases}$

* اساس مقطع مورد نیاز $S \geq \frac{m_{max}}{F_b}$

**مثال : مقطع تیر فشرده با اتکای جانبی ورق متقارن روی هر دو بال طراحی کندی.**



$F_b = 0/66F_y$

$$s \geq \frac{m_{max}}{F_b}$$

$$= \frac{12/25 \times 10^5}{0/66 \times 2400} = \frac{773}{4} cm^3 \quad *$$

$$m_{max} = 12/25 = 12/25 \times 10^5 kg/cm$$

$$m_{max} = 12/25 \times 10^5 kg/cm$$

ضخامت / عرض / طول 2IPE + 2PL = انتخاب اول

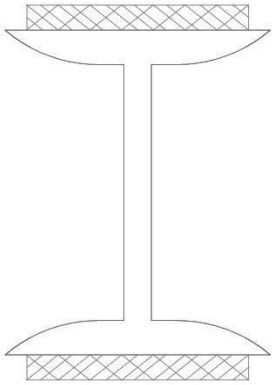
| Ipe | $S_e$ |
|---|---|
| 24 | 324 |
| 27 | 429 |

| | |
|---|---|
| 18 | 146 |
| CPE 18 | 227 |

$$Ap \geq \frac{s - 0/9.sb}{h} = \frac{773/4 - 0/9 \times 2 \times 146}{18} =$$

$$Ap \geq 28/4\ cm^3$$

نکته : $\frac{bh^3}{12}$ در مقایسه با $Ad^2$ بسیار نا چیز است.



$$\left\{ s_{xPL} = \left(\frac{I}{C}\right) = \frac{2\left(Ix + A_0^d\right) + \left(\frac{bh^3}{12} + Ad^2\right)}{c} \right\}$$

$$s_{xPL} = 2\left(\frac{I}{C}\right) = 2\left(\frac{\frac{bh^3}{12} + Ad^2}{c}\right) = 2\left(\frac{AP \times \frac{9^2}{4}}{\frac{9}{8}}\right) \Rightarrow 18/03AP$$

$$S_x = 2 \times 146 + /8/03\ Ap \geq 773/4 \Rightarrow Ap \geq 26/7$$

$$Ap \geq \frac{773/4 - 0/9 \times 2 \times 227}{27} = 13/5cm^2 \longrightarrow 15cm^2$$

$$\rightarrow 15^{cm} \times 1^{cm}$$

نکته : برای محاسبه ی طول ورق تقویت باید لنگر خمشی پروفیل بدون ورق را محاسبه کنیم.

$$\frac{m}{s} \leq F_b \rightarrow m \leq s \times F_b \rightarrow m \leq 2 \times 227 \times 0/66 \times 2400 \Rightarrow$$

$$m \leq 719136\, kg.cm = \frac{7}{2} T.m$$

$$\frac{3/5x}{H} = \frac{3/5}{7} \rightarrow H = \frac{7(3/5 - x)}{3/5} =$$

H=7.2x

$$\text{مساحت ذوزنقه} = \frac{(7+7-2x)\times x}{2} = \frac{7}{2} \longrightarrow \frac{(14-2x)x}{3} = 7/2 \rightarrow$$

$$)7 - x)x = 7/2 \rightarrow 7x - x^2 - 7/2 = 0 \rightarrow x^2 - 7ط + 7/2 = 0$$

$$x_1, x_2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \rightarrow x_1, x_2 = \frac{-7 \pm \sqrt{v^2 - 4(1)(7/2}}{2 \times 1}$$

$$\begin{cases} x_1 = 1/25 \\ x_2 = 5/7 \end{cases} \Rightarrow 5/7 - 1/25 = 4/45$$

$$\text{طول اجرائی} \longrightarrow 4/45 + \frac{2\times 0/15}{a=2bp} + \frac{2\times 0/15}{a=2bp} = 5/05$$

# جدول اشتال

| IPE | h | b | $I_x$ | $I_y$ | $r_x$ | $r_y$ | $S_x$ | $S_y$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 100 | 55 | 171 | 159 | 4,07 | 1,24 | 34,2 | 5,79 |
| 12 | 120 | 64 | 318 | 277 | 4,90 | 1,45 | 53,0 | 8,65 |
| 14 | 140 | 73 | 541 | 449 | 5,74 | 1,65 | 77,3 | 12,3 |
| 16 | 160 | 82 | 869 | 683 | 6,58 | 1,84 | 109 | 16,7 |
| 18 | 180 | 91 | 1320 | 101 | 7,42 | 2,05 | 145 | 22,2 |
| 20 | 200 | 100 | 1940 | 142 | 8,26 | 2,24 | 194 | 28,5 |
| 22 | 220 | 110 | 2770 | 205 | 9,11 | 2,48 | 252 | 37,5 |
| 24 | 240 | 120 | 3890 | 282 | 9,97 | 2,69 | 324 | 47,3 |
| 27 | 270 | 135 | 5790 | 420 | 11,2 | 3,02 | 429 | 62,2 |