دانشگاه یزد

طراحی سازه های فولادی ۱

مبحث پنجم:

طراحی اعضا در برش

مدرس: دکتر محمدرضا میرجلیلی

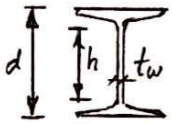
نیمسال اول ۰۳-۱۴۰۲

توجه: این درسنامه برگرفته از جزوه جناب آقای دکتر رحیمی و کتاب طراحی سازه های فولادی (جلد ششم) دکتر ازهری و دکتر میرقادری می باشد. جهت رعایت حقوق ناشر و مولفان لازم است که دانشجویان محترم این کتاب را تهیه کنند. در غیر این صورت مجاز به چاپ و انتشار صفحات کتاب نمی باشند.

طرح برای برش (shear)

$V_u \leq \phi_v \cdot V_n$

I) مقطع I شکل نورد شده با $\frac{h}{t_w} \leq 2.24\sqrt{\frac{E}{F_y}}$.

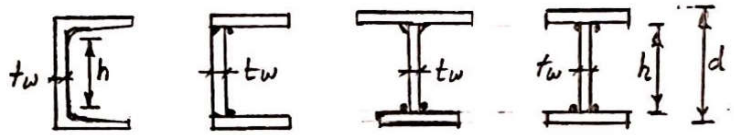


$V_n = 0.6 F_y \cdot A_w \cdot C_v$ ، $A_w = d \cdot t_w$ ، $C_v = 1.0$ ، $\phi_v = 1.0$

II) مقاطع I شکل ساخته شده با ورق‌های سازی یا نبرساری + مقاطع ناودانی + مقاطع I شکل نورد شده با $\frac{h}{t_w} > 2.24\sqrt{\frac{E}{F_y}}$.

$\phi_v = 0.9$

$A_w = d \cdot t_w$



$V_n = 0.6 F_y \cdot A_w \cdot C_v$

II-الف) بدون اثر عمل میدان کششی ←

ضریب برشی جان

$\frac{h}{t_w} \leq 1.1\sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} \longrightarrow C_v = 1.0$

$1.1\sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1.37\sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} \longrightarrow C_v = \frac{1.1\sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}}}{(h/t_w)}$ ★

$\frac{h}{t_w} > 1.37\sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} \longrightarrow C_v = \frac{1.51\, K_v \cdot E}{(h/t_w)^2 \cdot F_y}$

برای سهولت محاسبات :

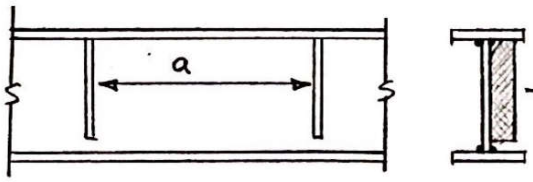
$\lambda_w = \frac{h}{t_w}$ ، $\lambda_p = 1.1\sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}}$ ، $\lambda_r = 1.245\,\lambda_p$

$\lambda_w \leq \lambda_p \rightarrow C_v = 1.0$

$\lambda_p < \lambda_w \leq \lambda_r \rightarrow C_v = \frac{\lambda_p}{\lambda_w}$

$\lambda_w > \lambda_r \rightarrow C_v = \frac{1}{1.245}\left(\frac{\lambda_r}{\lambda_w}\right)^2$

ضریب کمانش برشی ورق جان (K_v)



سخت‌کننده عرضی ← Transverse stiffener

① در صورتیکه سخت کننده عرضی شرایط عمومی (شرط‌های 1 تا 4) را دارا باشد و همچنین $\frac{a}{h} \leq \text{Min}\left\{3.0 \;,\; \left[\frac{260}{h/t_w}\right]^2\right\}$ باشد (جان سخت شده باشد) :

$K_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2}$

② درصورتیکه سخت کننده عرضی نداشته باشیم (جان سخت نشده) و یا ضوابط بالا ① برقرار نباشد :

$K_v = 5.0$

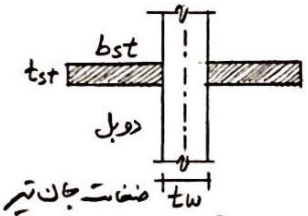
← II-ب) با اثر عمل میدان کششی.

$$V_n = 0.6 F_y \cdot A_w \left(C_v + \frac{1 - C_v}{1.15\sqrt{1+(a/h)^2}} \right)$$

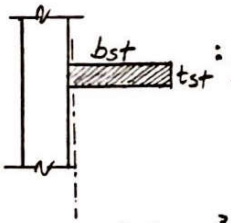
در این حالت لازمست چشمه یا پانل مورد نظر جزو موارد ممنوعیت کاربرد اثر عمل میدان کششی نباشد و ضمناً سخت کننده های عرضی علاوه بر شرایط عمومی (1 تا 4) ، شرایط اضافی (4+1) و (4+2) را نیز برآورده کند.

← در صورتیکه $\frac{h}{t_w} \geq 260$ باشد، استفاده از سخت کننده عرضی الزامی است.

← شرایط عمومی سخت کننده های عرضی:



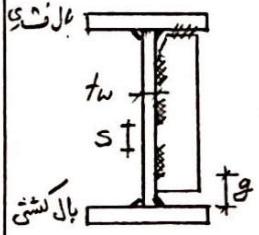
$$I_{st} = 2\left[\frac{1}{12} t_{st} \cdot b_{st}^3 + (b_{st} \cdot t_{st})\left(\frac{b_{st}+t_w}{2}\right)^2\right]$$



$$I_{st} = \frac{1}{3} t_{st} \cdot b_{st}^3$$

شرط 1) تأمین سختی حداقل:

$$\begin{cases} I_{st} \geq b \cdot t_w^3 \cdot j \\ b = \text{Min}\{a, h\} \\ j = \text{Max}\left\{0.5 \;,\; \left[\frac{2.5}{(a/h)^2} - 2\right]\right\} \end{cases}$$



شرط 2) سخت کننده عرضی باید به بال فشاری متصل شود تا از بلند شدن بال در اثر پیچش جلوگیری کند.

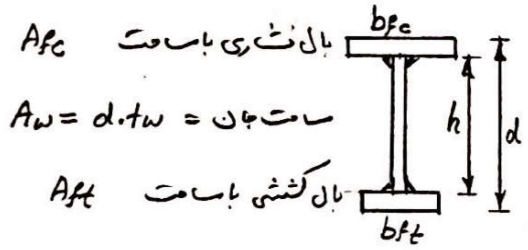
شرط 3) می‌توان سخت کننده عرضی را نتوان به بال کششی جوش نداده و یا حتی نرسیده به بال کششی قطع کرد. در این حالت لازمست:

$$4 t_w \leq g \leq 6 t_w$$

شرط 4) اتصال به جان: اگر توسط پیچ است باید فاصله مرکز به مرکز پیچها کمتر از 300 میلیمتر باشد و اگر توسط جوش متقطع است باید فاصله آزاد بین کله جوشها:

$$s \leq \text{Min}\{16 t_w \;,\; 250\,mm\}$$

← موارد ممنوعیت کاربرد اثر عمل میدان کششی:



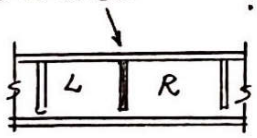
الف) اگر $\frac{a}{h} > \text{Min}\left\{3.0 \;,\; \left[\frac{260}{h/t_w}\right]^2\right\}$ باشد.

ب) در چشمه های دو انتهای عضو

پ) اگر $\frac{2A_w}{(A_{fc}+A_{ft})} > 2.5$ باشد.

ت) اگر $h/b_{ft} > 6$ یا $h/b_{fc} > 6$ باشد.

← شرایط خاص (اضافی) برای سخت کننده های عرضی در صورت استفاده از اثر عمل میدان کششی:



شرط 4+1) جلوگیری از کمانش موضعی:

$$\frac{b_{st}}{t_{st}} \leq 0.56\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

شرط 4+2) تأمین سختی حداقل بیشتر از شرط (1):

$$I_{st} \geq I_{st1} + (I_{st2} - I_{st1})\left[\frac{V_u - V_{c1}}{V_{c2} - V_{c1}}\right]$$

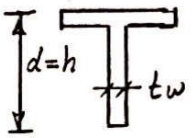
شرط (1) ← $I_{st1} = b \cdot t_w^3 \cdot j$ و

$$I_{st2} = \frac{h^4 \cdot \rho_{st}^{1.3}}{40}\left[\frac{F_{yw}}{E}\right]^{1.5} \quad , \quad \rho_{st} = \text{Max}\left\{1 \;,\; \frac{\text{حد تسلیم جان}}{\text{حد تسلیم سخت کننده}} = \frac{F_{yw}}{F_{y_{st}}}\right\} \quad , \quad V_u = \text{Max}\left\{V_u^L \;,\; V_u^R\right\}$$

$V_{c1} = \text{Min}\{V_{c1}^L \;,\; V_{c1}^R\}$ و $V_{c1} = \phi_v \times V_{n1}$ و V_{n1} = مقاومت برشی اسمی بدون اثر عمل میدان کششی

$V_{c2} = \text{Min}\{V_{c2}^L \;,\; V_{c2}^R\}$ و $V_{c2} = \phi_v \times V_{n2}$ و V_{n2} = مقاومت برشی اسمی با اثر عمل میدان کششی

III) مقطع سپری شکل



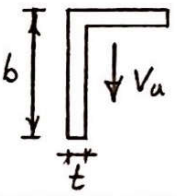
$V_n = 0.6\,F_y \cdot A_w \cdot C_v$ ، $\phi_v = 0.9$

$A_w = d \cdot t_w$

$K_v = 1.2$ $\xrightarrow[\text{(*)}]{\frac{h}{t_w}=\frac{d}{t_w}}$ C_v

---

IV) مقطع تک نبشی



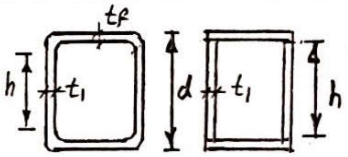
$V_n = 0.6 F_y \cdot A_w \cdot C_v$ ، $\phi_v = 0.9$

$A_w = b \cdot t$

$K_v = 1.2$ $\xrightarrow[\text{(*)}]{\frac{h}{t_w}=\frac{b}{t}}$ C_v

---

V) مقطع قوطی شکل



$h \approx d - 3t_f$

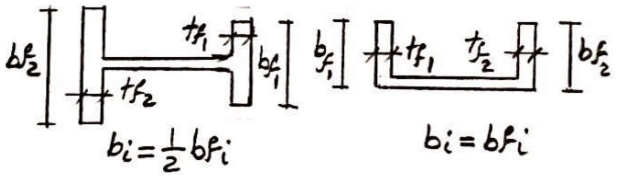
$V_n = 0.6 F_y \cdot A_w \cdot C_v$ ، $\phi_v = 0.9$

$A_w = 2h \cdot t$ ، $t = \begin{cases} 0.93\,t_1 & \text{جوش زیر پودری} \\ t_1 & \text{جوش قوس الکتریکی} \end{cases}$

$K_v = 5$ $\xrightarrow[\text{(*)}]{\frac{h}{t_w}=\frac{h}{t}}$ C_v

---

VI) مقاطع با یک یا دو محور تقارن تحت برش عمود بر محور ضعیف (و بدون پیچش)



$\phi_v = 0.9$

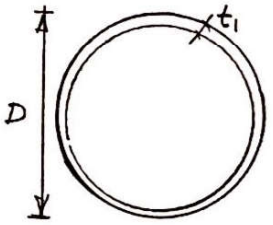
$V_n = \sum V_{ni}$ ، V_{ni} = مقاومت برشی بال i ام

$V_{ni} = 0.6 F_y \cdot A_{wi} \times C_{vi}$

$A_{wi} = b_{fi} \times t_{fi}$

$K_v = 1.2$ $\xrightarrow[\text{(*)}]{\frac{h}{t_w}=\frac{b_i}{t_{fi}}}$ C_{vi}

VII) مقطع لوله‌ای



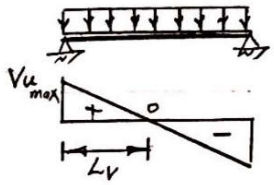
$V_n = \frac{1}{2} F_{cr} \cdot A_g$ ، A_g = سطح مقطع کل لوله ، $\phi_v = 0.9$

برای حالات حدی تسلیم و کمانش برشی:

$$F_{cr} = \text{Max}\begin{Bmatrix} F_{cr1} \\ F_{cr2} \end{Bmatrix} \leq 0.6\,F_y$$

$$F_{cr1} = \frac{1.6\,E}{\sqrt{\frac{L_v}{D}}\left(\frac{D}{t}\right)^{5/4}} \quad \text{و} \quad F_{cr2} = \frac{0.78\,E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{3/2}}$$

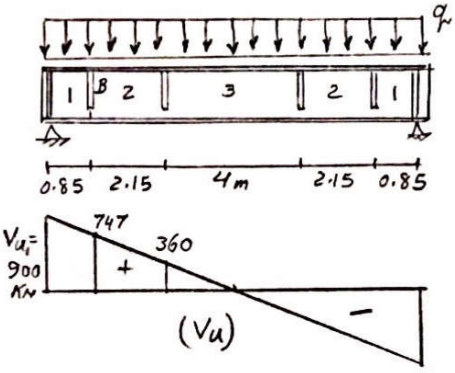
L_v = فاصله بین محل نیروی برشی صفر تا محل نیروی برشی صفر در طول عضو

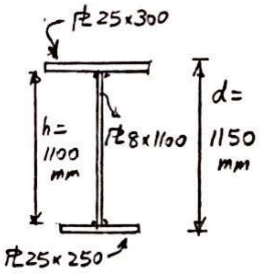


$t = \begin{cases} 0.93\,t_1 & \text{جوش زیر پودری} \\ t_1 & \text{جوش قوس الکتریکی} \end{cases}$

تذکر: عموماً برای مقاطع ساخته شده از فولاد پرمقاومت و با دهانه های بزرگ، حالت حدی کمانش $\frac{D}{t} > 100$ تعیین کننده است: $F_{cr} = \text{Max}\{F_{cr1}, F_{cr2}\}$

اما برای مقاطع لوله‌ای استاندارد معمولاً حالت حدی تسلیم تعیین کننده است: $F_{cr} = 0.6 F_y$





برای تیر ساده به طول $L=10m$ بازهای ①، ②، ③ را برای برش کنترل کنید. (S235 ($F_y = 235 MPa$))

در صورتیکه سخت کننده عرضی B حایل دوطرفی $2PL\ 10\times100\times L$ باشد، کافی بودن آنرا ثابت کنید.

برای ترکیب بار ثقلی حاکم $q_u = 1.2D + 1.6L = 180\ KN/m$ دیاگرام برش نهایی (با مقاومت برشی مورد نیاز) مطابق شکل روبرو خواهد بود.

کنترل پانل ①

$V_u = 900\ KN$, $a = 850\ mm$, $h = 1100$, $t_w = 8$, $d = 1150$

این پانل، پانل انتهایی است، بنابراین از اثر عمل میدان کششی نمی‌توان استفاده کرد.

$$\frac{a}{h} = \frac{850}{1100} = 0.773 \leq Min \begin{cases} 3.0 \\ \left[\frac{260}{h/t_w}\right]^2 = 3.58 \end{cases} \Rightarrow K_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 13.37$$

$$\frac{h}{t_w} = 137.5 \begin{cases} \geq 1.1\sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} = 117.3 \\ < 1.37\sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} = 146.1 \end{cases} \Rightarrow C_v = \frac{1.1\sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}}{(h/t_w)} = 0.85$$

$$A_w = d \cdot t_w = 9200\ mm^2$$

$$V_n = 0.6 F_y \cdot A_w \cdot C_v = 1102.6\ KN$$

$$V_u = 900 \leq \phi_v \cdot V_n = 0.9 \times 992.3\ KN \quad O.K. \checkmark$$

کنترل پانل ②

$V_u = 747\ KN$, $a = 2150\ mm$

الف) بدون استفاده از اثر عمل میدان کششی:

$$\frac{a}{h} = 1.95 \leq Min \begin{cases} 3.0 \\ \left[\frac{260}{h/t_w}\right]^2 = 3.58 \end{cases} \Rightarrow K_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 6.31$$

$$\frac{h}{t_w} = 137.5 > 1.37\sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} = 100.4 \Rightarrow C_v = \frac{1.51\ K_v E}{(h/t_w)^2 \cdot F_y} = 0.43$$

$$V_n = 0.6 F_y \cdot A_w \cdot C_v = 557.8\ KN$$

$$V_u = 747 \not\leq \phi_v \cdot V_n = 502.0\ KN \quad N.G.$$

ب) با استفاده از اثر عمل میدان کششی:

کنترل شرایط استفاده از اثر عمل میدان کششی: موارد ممنوعیت:

الف) پانل انتهایی O.K.✓ ب) $\frac{a}{h} = 1.95 \not> Min \begin{cases} 3.0 \\ \left[\frac{260}{h/t_w}\right]^2 = 3.58 \end{cases}$ O.K

پ) $A_{fc} = 25\times250$, $A_{ft} = 25\times300$, $A_w = 9200\ mm^2$ داریم: $\frac{2A_w}{A_{fc}+A_{ft}} > 2.5$

$$\frac{2A_w}{A_{fc}+A_{ft}} = 1.34 \not> 2.5 \quad O.K.\checkmark$$

ت) $\frac{h}{b_{fc}} = \frac{1100}{250} = 4.4 \not> 6.0$ O.K.✓

$\frac{h}{b_{ft}} = \frac{1100}{300} = 3.67 \not> 6.0$ O.K.✓

بنابراین نمی‌توان از اثر عمل میدان کششی (به صورت کامل) استفاده کرد.

$$\frac{h}{t_w} = 137.5 > 1.1\sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} = 80.6 \Rightarrow V_n = 0.6 F_y \cdot A_w \left[C_v + \frac{1 - C_v}{1.15\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right]$$

$$\Rightarrow V_n = 851.2 \text{ KN}$$

$$V_u = 747 \leq \phi_v \cdot V_n = 766.1 \text{ KN} \quad \text{O.K.} \checkmark$$

کنترل پانل ③

$V_u = 360$ KN ، $a = 4000$ mm

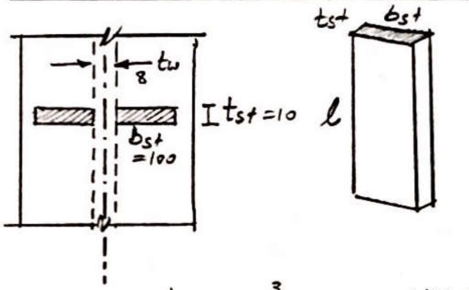
$$\frac{a}{h} = 3.63 > Min \begin{cases} \boxed{3.0} \\ \left[\frac{260}{h/t_w}\right]^2 = 3.58 \end{cases} \Rightarrow K_v = 5.0$$

$$\frac{h}{t_w} = 137.5 > 1.37\sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} = 89.4 \Rightarrow C_v = \frac{1.51 K_v \cdot E}{(h/t_w)^2 \cdot F_y} = 0.34$$

$$V_n = 0.6 F_y \cdot A_w \cdot C_v = 441.0 \text{ KN}$$

$$V_u = 360 \leq \phi_v \cdot V_n = 396.9 \text{ KN} \quad \text{O.K.} \checkmark$$

کنترل سخت کننده Ⓑ



$b_{st} = 100$ mm ، $t_{st} = 10$ mm ،

برای پانل ②

$$b = Min\{a, h\} = Min\{2150, 1100\} = 1100 \text{ mm}$$

$$j = Max \begin{cases} \boxed{0.5} \\ \frac{2.5}{(a/h)^2} - 2 = -1.34 \end{cases} \Rightarrow I_{st1} = b\, t_w^3 \cdot j = 281{,}600 \text{ mm}^4$$

شرط ۱) سختی کافی :

$$I_{st} = 2\left[\frac{1}{12} \times 10 \times 100^3 + (10 \times 100)\left(\frac{100+8}{2}\right)^2\right] = 5{,}833{,}667 \text{ mm}^4 \geq I_{st1} \quad \text{O.K}$$

شرط ۲، ۳ و ۴) ✓

شرط ۱+۴) کمانش موضعی :

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{st} = \frac{b_{st}}{t_{st}} = \frac{100}{10} = 10 \leq 0.56\sqrt{\frac{E}{F_{y_{st}}}} = 16.3 \quad \text{O.K}$$

شرط ۲+۴) سختی کافی برای کاربرد اثر عمل میدان کششی :

— سخت کننده B بین پانل ① و ② واقع شده است ،

$$V_u = Max \begin{cases} 900 \text{ KN} \\ 747 \end{cases} = 900 \text{ KN}$$

— برای پانل ② بدون اثر عمل میدان کششی : (از مطالب بالا) : $V_n = 557.8$ KN $\rightarrow V_{c1} = \phi_v \cdot V_n = 502$ KN

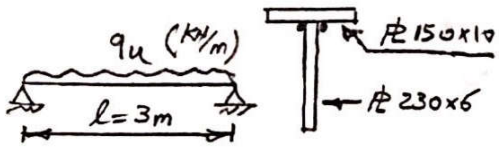
— " " ② با " " " " : $V_n = 851.2$ KN $\rightarrow V_{c2} = \phi_v \cdot V_n = 766.1$ KN

$$I_{st2} = \frac{h^4 \times \rho^{1.3}}{40}\left[\frac{F_{yw}}{E}\right]^{1.5}$$ ، $h = 1100$ mm, $F_{yw} = 235$, $E = 200{,}000$ Mpa, $\rho = Max \begin{cases} 1.0 \\ \frac{F_{yw}}{F_{yst}} \end{cases} = 1.0$

$$\boxed{I_{st2} = 1{,}447{,}238 \text{ mm}^4}$$

$$I_{st} \text{ موجود} = 5{,}833{,}667 \geq \left\{ I_{st1} + (I_{st2} - I_{st1})\left(\frac{V_u - V_{c1}}{V_{c2} - V_{c1}}\right) \right\} = 2{,}038{,}222 \text{ mm}^4 \quad \text{O.K.} \checkmark$$

مثال کنترل برش



مثال ۱. برای تیر نشان داده شده بیشینه مقدار q_u را از نظر کنترل برش بدست آورید. فولاد مصرفی $F_y = 235\ MPa$.

گام ۱) بارگذاری، تحلیل و ترکیب بار

$$V_{u\max} = \frac{q_u \cdot l}{2} = 1.5\, q_u \ (KN)$$

گام ۲) تعیین V_n :

$$d = 230+10 = 240\ mm\ ,\ t_w = 6\ mm\ ,\ A_w = d \cdot t_w = 1440\ mm^2$$

برای مقطع نسبری : $K_v = 1.2$

$$\frac{h}{t_w} \rightarrow \frac{d}{t_w} = 40.0 \begin{cases} > 1.1\sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} = 35.15 \\ < 1.37\sqrt{\ \ } = 43.78 \end{cases}$$

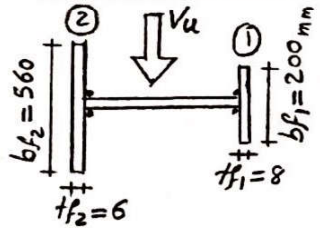
$$\bigstar \Rightarrow C_v = \frac{1.1\sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}}{(h/t_w) \rightarrow (d/t_w)} = \frac{35.15}{40} = 0.88$$

$$V_n = 0.6 F_y \cdot A_w \cdot C_v = 178.7\ KN$$

گام ۳) کنترل

$$V_{u\max} \le \phi_v \cdot V_n \rightarrow 1.5 q_u \le 0.9 \times 178.7 = 160.8 \Rightarrow \boxed{q_u \le 107.2\ KN/m}$$

مثال ۲. برای مقطع تیر روبرو مقاومت برشی اسمی (V_n) را بدست آورید. ($F_y = 235$)



الف) تعیین V_{n1} (بال ①) : ($K_v = 1.2$)

$$bf_1 = 200\ mm \rightarrow b_1 = \frac{bf_1}{2} = 100\ ,\ tf_1 = 8\ ,\ A_{w1} = bf_1 \cdot tf_1 = 1600\ mm^2$$

$$\frac{h_1}{t_{w1}} \rightarrow \frac{b_1}{t_1} = 12.5 < 1.1\sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} = 35.15 \Rightarrow \bigstar \Rightarrow C_{v1} = 1.0 \rightarrow V_{n1} = 0.6 F_y \cdot A_{w1} \cdot C_{v1} = \underline{225.6\ KN}$$

ب) تعیین V_{n2} (بال ②) : ($K_v = 1.2$)

$$bf_2 = 560 \rightarrow b_2 = \frac{bf_2}{2} = 280\ ,\ tf_2 = 6\ ,\ A_{w2} = bf_2 \cdot tf_2 = 3360\ mm^2$$

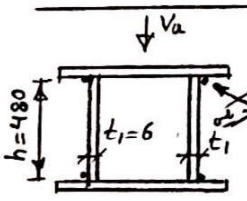
$$\frac{h_2}{t_{w2}} \rightarrow \frac{b_2}{t_2} = 46.67 > 1.37\sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} = 43.78 \Rightarrow \bigstar \Rightarrow C_{v2} = \frac{1.51\, K_v E}{(h/t_w)^2 \cdot F_y} = 0.71$$

$$V_{n2} = 0.6 F_y \cdot A_{w2} \cdot C_{v2} = \underline{336.4\ KN}$$

ب) تعیین V_n کل :

$$V_n = V_{n1} + V_{n2} = \underline{562\ KN}$$

مثال ۳. برای مقطع جعبه‌ای روبرو V_n را بدست آورید. ($F_y = 275\ MPa$)



$K_v = 5$

جوش توسن الکترودی $\Rightarrow t = t_1 = 6\ mm$

$$A_w = 2h \cdot t = 5760\ mm^2$$

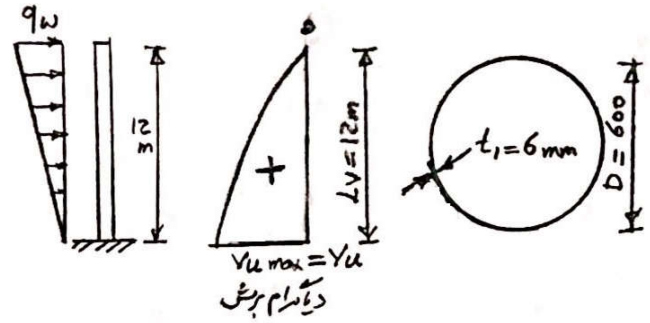
$$\frac{h}{t_w} \rightarrow \frac{h}{t} = \frac{480}{6} = 80 \begin{cases} > 1.1\sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} = 66.3 \\ \le 1.37\sqrt{\ \ } = 82.6 \end{cases} \Rightarrow \bigstar \Rightarrow C_v = \frac{1.1\sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}}{(h/t_w)} = 0.83$$

$$V_n = 0.6 F_y \cdot A_w \cdot C_v = 788.8\ KN$$

مثال ۴. پایه زیر را برای برش کنترل کنید ($F_y = 275\ MPa$)

حداکثر شدت بار باد عبارت است از: $q_w = 80\ KN/m$

سوشعاری دندانه ساخت لوله بصورت زیر پودری اجرا شده است.



گام ۱) بارگذاری، تعیین ترکیب بار.

$$q_u = 1.4\,W \rightarrow q_u = 1.4 \times 80 = 112\ KN/m \rightarrow V_{umax} = \frac{1}{2} \times q_u \times 12m = 672\ KN$$

گام ۲) محاسبه V_n.

قطر داخلی $D' = D - 2t = 588.84\ mm$ ، ضخامت زیر پودری $t = 0.93\,t_1 = 5.58\ mm$

$$A_g = \frac{\pi}{4}(D^2 - D'^2) = 10420\ mm^2 \quad , \quad \frac{D}{t} = 107.5$$

$$F_{cr1} = \frac{1.6E}{\sqrt{\frac{L_v}{D}}\left(\frac{D}{t}\right)^{5/4}} = 206.7\ MPa$$

$$F_{cr2} = \frac{0.78E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{3/2}} = 140\ MPa$$

$\xrightarrow{Min}$ $F_{cr} = 140 \not\leq 0.6F_y = 165\ MPa$

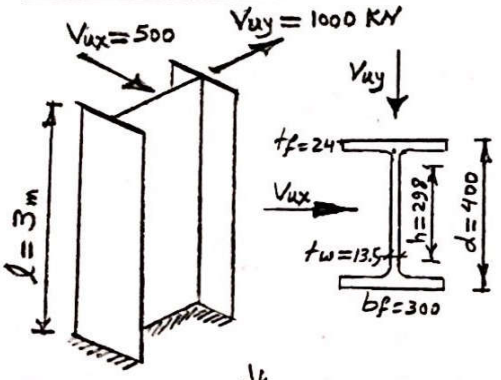
$\Rightarrow \boxed{F_{cr} = 165\ MPa}$

$$V_n = \frac{1}{2} F_{cr} \cdot A_g = 859.7\ KN$$

گام ۳) کنترل:

$$V_{umax} = 672 \leq \phi_v \cdot V_n = 0.9 \times 859.7 = 773.7\ KN \quad O.K.\checkmark$$

مثال ۵. ستون را برای برش کنترل کنید (IPBm−400 با $F_y = 355\ MPa$)



الف) کنترل برش در راستای x (موازی بالها):

$$A_w = b_f \cdot t_f = 7200\ mm^2 \text{ مربع} \quad , \quad \phi_v = 0.9 \quad , \quad K_v = 1.2$$

$$\frac{b}{t} = \frac{b_f/2}{t_f} = \frac{150}{24} = 6.25 \leq 1.1\sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} = 28.6 \xrightarrow{\star} C_v = 1.0$$

$$V_{nx} = \underset{\text{بال}}{2}\left[0.6F_y \cdot A_w \cdot C_v\right] = 2\left[0.6 \times 355 \times 7200\right] = 3067.2\ KN$$

$$V_{ux} = 500\ KN \leq \phi_v \cdot V_{nx} = \underline{0.9} \times V_{nx} = 2760.5\ KN \quad O.K.\checkmark$$

ب) کنترل برش در راستای y (موازی جان):

$\star$ مقطع فوق شده و $\frac{h}{t_w} = \frac{298}{13.5} = 22.1 \leq 2.24\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 53.2 \Rightarrow C_v = 1.0$ ، $\phi_v = 1.0$

$$A_w = d \cdot t_w = 5400\ mm^2$$

$$V_{ny} = 0.6F_y \cdot A_w \cdot C_v = 1150.2\ KN$$

$$V_{uy} = 1000\ KN \leq \phi_v \cdot V_{ny} = \underline{1.0} \times V_{ny} = 1150.2\ KN \quad O.K.\checkmark$$