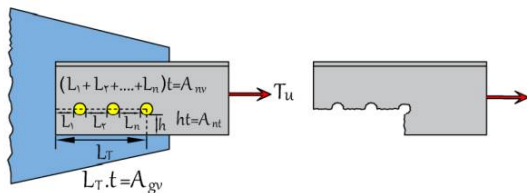


فهرست

- ۱- کنترل اعضاء برای نیروی کششی ۱
- ۲- کنترل تسلیم ۱
- ۳- کنترل گسیختگی ۱
- ۴- کنترل برش قالبی ۲
- ۵- کنترل مقاومت اتکایی (لهیدگی) ۲
- ۶- کنترل پارگی در ورق ۳
- ۷- کنترل لاغری ۳
- ۸- الزامات اعضاء کششی شده ساخته از چند نیمرخ یا نیمرخ و ورق (اعضای مرکب) ۴
- ۹- طراحی اعضا برای نیروی محوری فشاری ۵
- ۱۰- محاسبه لاغری و مقاومت فشاری اعضاء بدون اجزای لاغر ۷
- ۱۱- محاسبه مقاومت فشاری اعضاء دارای اجزای لاغر ۱۰
- ۱۲- مقاومت فشاری اعضاء مرکب با پستهای موازی و مورب ۱۱
- ۱۳- طراحی پستهای اعضاء فشاری مرکب ۱۳
- ۱۴- ستونهای مختلط ۱۵
- ۱۵- مقاومت فشاری مقاطع مختلط پرشده با بتن دارای ۲ محور تقارن ۱۶
- ۱۶- مقاومت کششی مقاطع مختلط محاط در بتن و پرشده با بتن ۱۸
- ۱۷- برش طولی مورد نیاز (V_r) در مقاطع مختلط ۱۹
- ۱۸- مقاومت برشی طولی موجود در مقاطع مختلط ۲۱
- ۱۹- طراحی اعضاء برای لنگر خمشی ۲۳
- ۲۰- مقاومت خمشی مقطع I شکل با دومحور تقارن و ناودانی (مقطع فشرده و خمش حول محور قوی) ۲۶
- ۲۱- مقاومت خمشی مقطع I شکل با دومحور تقارن (بال غیر فشرده یا لاغر و جان فشرده و خمش حول محور قوی) ۲۷
- ۲۲- مقاومت خمشی مقطع I شکل با یک یا دومحور تقارن (بال فشرده یا غیر فشرده یا لاغر و جان فشرده و خمش حول محور قوی) ۲۸
- ۲۳- مقاومت خمشی مقطع I شکل و ناودانی تحت اثر خمش حول محور ضعیف ۳۱
- ۲۴- مقاومت خمشی اعضاء با مقطع قوطی شکل (HSS) و جعبه‌ای تحت اثر خمش حول محورهای قوی و ضعیف ۳۲

- ۲۵- مقاومت خمشی اعضای با مقطع دایره‌ای توخالی ۳۴
- ۲۶- مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع دایره‌ای و چهارگوش توپر ۳۵
- ۲۷- اعضای خمشی دارای بال کششی سوراخ‌دار ۳۶
- ۲۸- مقاومت خمشی تیرهای مختلط ۳۷
- ۲۹- محدودیت‌های مربوط به ضخامت دال بتنی و ابعاد هندسی عرشه فولادی ۳۷
- ۳۰- مقاومت خمشی تیرهای مختلط با عملکرد مختلط کامل در نواحی لنگر خمشی مثبت ۳۸
- ۳۱- اعضای مختلط با مقطع فولادی و دال بتنی متکی بر آن به همراه عرشه فولادی ۳۹
- ۳۲- مقاومت برشی مورد نیاز و مقاومت برشی موجود برشگیرها ۴۰
- ۳۳- طراحی اعضا برای نیروی برشی ۴۲
- ۳۴- مقاومت برشی اعضای با مقطع I شکل دارای یک یا دو محور تقارن و ناودانی تحت اثر برش در صفحه جان ۴۳
- ۳۵- مقاومت برشی اعضای با مقطع سپری تحت اثر برش در صفحه تقارن و نبشی تحت اثر برش در امتداد یکی از ساق‌ها ۴۴
- ۳۶- مقاومت برشی اعضای با مقطع قوطی شکل (*HSS*)، جعبه‌ای و سایر مقاطع دارای یک یا دو محور تقارن ۴۵
- ۳۷- مقاومت برشی اعضای با مقطع دایره‌ای شکل توخالی ۴۶
- ۳۸- مقاومت برشی اعضای دارای یک یا دو محور تقارن تحت اثر برش در راستای عمود بر محور ضعیف مقطع ۴۷
- ۳۹- ضوابط استفاده از سخت کننده‌های عرضی ۴۷
- ۴۰- پیوست ۴۸



$$R_n = \min \left\{ \begin{aligned} &0.16 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \\ &0.16 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \end{aligned} \right.$$

$$, \phi = 0.75$$

۳- کنترل برش قالبی

t : ضخامت قطعه

$$A_{gv} = L_T t, \quad A_{nt} = ht$$

$$A_{nv} = A_{gv} - \sum nDt = \sum L_i t$$

A_{gv} : سطح مقطع کلی تحت برش (سطحی در راستای نیرو)

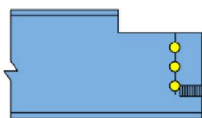
A_{nt} : سطح مقطع خالص تحت کشش (سطحی در راستای عمود بر نیرو)

A_{nv} : سطح مقطع خالص تحت برش

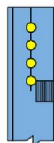
D : قطر محاسباتی سوراخ

U_{bs} : ضریب توزیع تنش که برای توزیع یکنواخت تنش کششی در انتهای عضو مقدار آن مساوی یک و برای توزیع غیر یکنواخت

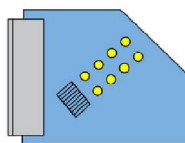
تنش کششی در انتهای عضو مقدار آن مساوی ۰/۵ در نظر گرفته می شود.



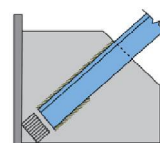
بال بریده شده تیر با یک ردیف پیچ



انتهای نبشی

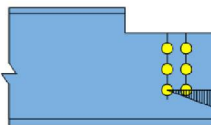


ورق اتصال



نبشی جوش شده

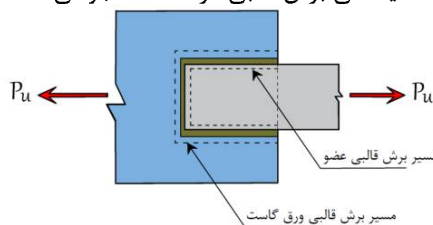
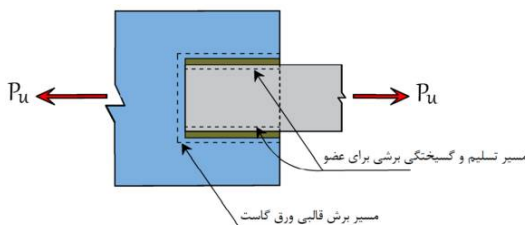
حالت هایی که در آنها $U_{bs} = 1.0$ در نظر گرفته می شود.



بال بریده شده تیر با دو ردیف پیچ

حالت هایی که در آنها $U_{bs} = 0.5$ در نظر گرفته می شود.

*** حالت های مختلف گسیختگی برش قالبی در اتصالات جوشی ***

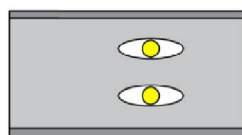


$$R_D = \phi R_n n = 0.75 \times (2.16 dt F_u) n$$

۱- برای سوراخ استاندارد، سوراخ بزرگ شده،

سوراخ لوبیایی کوتاه و سوراخ لوبیایی بلند در

حالتی که نیرو در امتداد طولی باشد



سوراخ لوبیایی بلند (نیرو در امتداد طولی)

$$\phi = 0.75$$

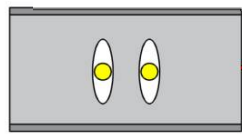
T_u

$$R_D = \phi R_n n = 0.75 \times (2.16 dt F_u) n$$

۲- برای سوراخ لوبیایی بلند در حالتی که نیرو

در امتداد عرضی باشد (محور شکاف عمود بر

امتداد نیرو باشد)



سوراخ لوبیایی بلند (نیرو عمود بر محور شکاف)

$$\phi = 0.75$$

T_u

d : قطر اسمی پیچ ، t : ضخامت قطعه اتصال ، n : تعداد پیچ ها

۴- کنترل مقاومت اتکایی

(لپیدگی)

تبصره: استفاده از سوراخ های بزرگ شده، لوبیایی کوتاه و بلند موازی امتداد نیرو فقط به اتصالات اصطکاکی محدود می گردد.

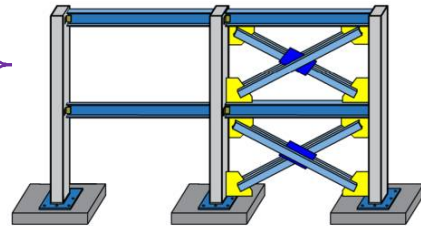
$$G_A = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right) \text{ ستون‌های متصل به گره A}}{\sum \left(\beta \frac{EI}{L} \right) \text{ تیرهای متصل به گره A}}$$

$$G_B = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right) \text{ ستون‌های متصل به گره B}}{\sum \left(\beta \frac{EI}{L} \right) \text{ تیرهای متصل به گره B}}$$

گام ۱: محاسبه ضرایب G_A و G_B

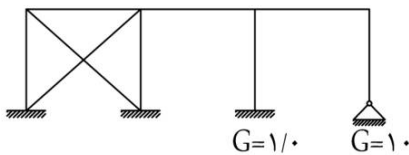
۱- ضریب طول موثر اعضا (K) فشاری

قاب های مهاربندی شده



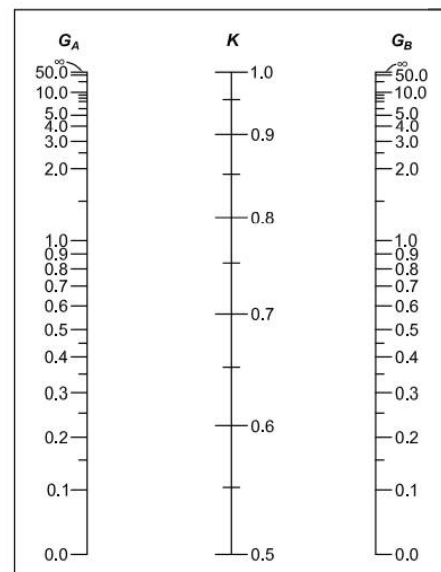
نکته ۱: برای انتهای گیردار ستون که ضریب G به صورت نظری صفر است، مقدار G برابر یک فرض شود.

نکته ۲: برای انتهای مفصلی ستون که ضریب G به صورت نظری بی‌نهایت است، مقدار G برابر ۱۰ فرض شود.



گام ۲: محاسبه ضریب طول موثر (K) از روی نمودار یا رابطه

$$\frac{G_A G_B}{4} (\pi/K)^2 + \left(\frac{G_A + G_B}{2} \right) \left(1 - \frac{\pi/K}{\tan(\pi/K)} \right) + \frac{2 \tan(\pi/K)}{\pi/K} - 1 = 0$$

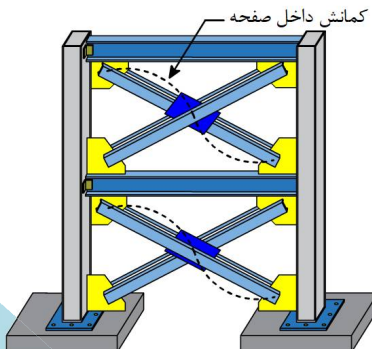


شرایط تیر	ضریب اصلاحی β
انتهای دورتیر، تکیه گاه گیردار باشد	$\beta = 2$
انتهای دورتیر، تکیه گاه مفصلی باشد	$\beta = \frac{3}{2}$
در نقطه مورد نظر تیر متصل به آن مفصلی یا انتهای تیر متصل به آن طره باشد	$\beta = 0$
سایر حالات	$\beta = 1$

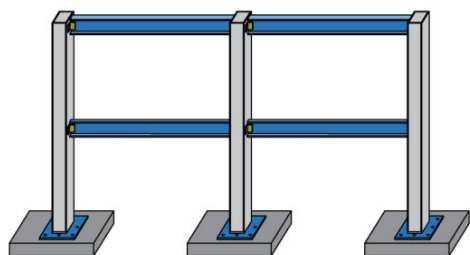
نکته: در طراحی قاب‌های مهاربندی شده ضریب طول موثر ستون‌ها باید برابر ۱ در نظر گرفته شود.

۲- ضریب طول موثر (K) مهاربندها

ضریب طول موثر در مهاربند های ضربدری، برای کمانش داخل صفحه برابر ۰/۵ و برای کمانش خارج از صفحه برابر ۰/۷ می‌باشد و در سایر مهاربند ها برابر ۱/۰ است.



۳- ضریب طول موثر (K) اعضا فشاری قاب های مهار نشده



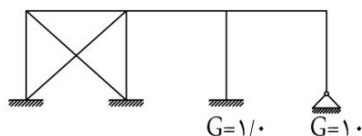
$$G_A = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right) \text{ ستون های متصل به گره A}}{\sum \left(\alpha \frac{EI}{L} \right) \text{ تیر های متصل به گره A}}$$

$$G_B = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right) \text{ ستون های متصل به گره B}}{\sum \left(\alpha \frac{EI}{L} \right) \text{ تیر های متصل به گره B}}$$

گام ۱: محاسبه ضرایب G_A و G_B

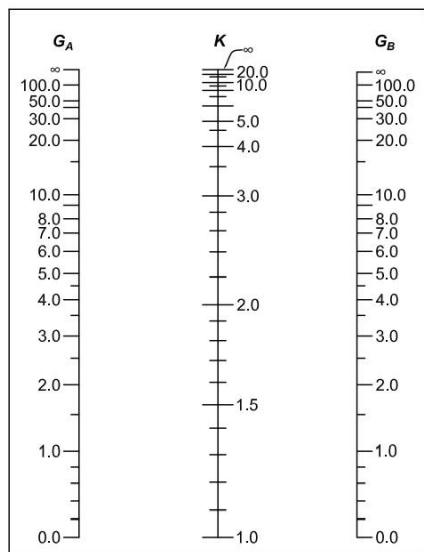
نکته ۱: برای انتهای گیردار ستون که ضریب G به صورت نظری صفر است، مقدار G برابر یک فرض شود.

نکته ۲: برای انتهای مفصلی ستون که ضریب G به صورت نظری بی نهایت است، مقدار G برابر ۱۰



گام ۲: محاسبه ضریب طول موثر (K) موثر از روی نمودار یا رابطه

$$K = \sqrt{\frac{1/6 G_A G_B + 4(G_A + G_B) + 7/5}{G_A + G_B + 7/5}} \geq 1$$



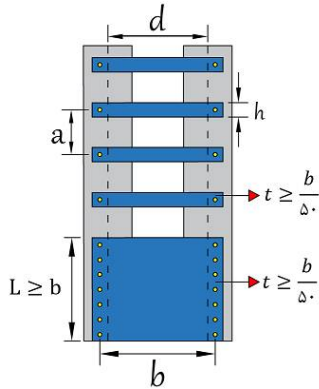
شرایط تیر	ضریب اصلاحی α
انتهای دورتیر، در برابر دوران مقید ولی انتقال جانبی آن آزاد باشد	$\alpha = \frac{2}{3}$
انتهای دورتیر، تکیه گاه مفصلی باشد	$\alpha = \frac{1}{2}$
در نقطه مورد نظر تیر متصل به آن مفصلی یا انتهای تیر متصل به آن طره باشد	$\alpha = 0$
سایر حالات	$\alpha = 1$

۴- ضریب طول موثر با شرایط تکیه گاهی ایده آل

توضیحات	انواع مختلف اعضای فشاری با شرایط تکیه گاهی ایده آل					
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
شکل کمانش یافته عضو فشاری به صورت خط چینی نمایش داده شده است.						
مقادیر نظری K	۰/۵	۰/۷	۱/۰	۱/۰	۲/۰	۲/۰
مقادیر پیشنهادی K برای طراحی	۰/۶۵	۰/۸	۱/۲	۱/۰	۲/۱	۲/۰

طراحی بست‌های اعضای فشاری مرکب

الف- بست‌های موازی (افقی)



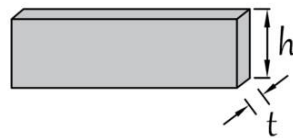
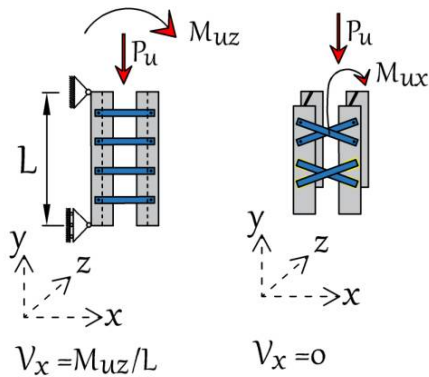
$$V_{design} = 0.5 P_u + \left(\frac{\sum M}{L} + V \right)$$

$$V_u = \frac{V_{design} \times a}{2b}, M_u = \frac{V_{design} \times a}{4}$$

$$V_u \leq \phi V_n = 0.9 \times 0.6 F_y A_w$$

$$M_u \leq 0.9 M_n, M_n = F_y Z \leq 1.6 M_y$$

محاسبه مقدار برش و
لنگر طراحی مورد نیاز



$$A_w = th, Z = \frac{th^2}{6}$$

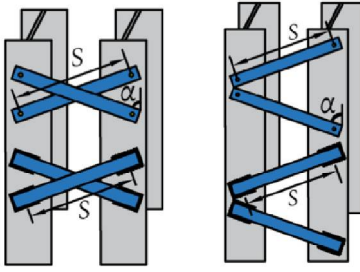
$$S = \frac{th^2}{6}, r_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} \approx 0.3t$$

برش ناشی از وجود لنگر در ستون

V : مقدار برش وارده به ستون در راستای بست‌ها در محل برش حداکثر (تکیه‌گاه‌ها)

یادداشت‌های دانشجو :

ب- بست‌های مورب



$$\left(\frac{a}{r_i}\right) \leq \frac{r}{f} \max(\lambda_x, \lambda_{ym})$$

$$\lambda_d = \frac{K_d S}{r_d} = \begin{cases} \frac{S}{r_d} \leq 140 & \text{بست مورب تکی} \\ \frac{0.17S}{r_d} \leq 200 & \text{بست مورب ضربدری} \end{cases}$$

$$F_{cr} = \left(0.386\right)^{\frac{\lambda^2}{\lambda_c^2}} \times F_y \quad \leftarrow \text{کمانش غیر الاستیک} \quad \lambda_d \leq \lambda_c$$

$$F_{cr} = 0.177 F_e \quad \leftarrow \text{کمانش الاستیک} \quad \lambda_d > \lambda_c$$

اگر

محاسبه مقدار برش و
نیروی فشاری مورد نیاز

P_u : نیروی محوری فشار وارده به ستون

m : برابر ۱ برای بست‌های مورب تکی و ۲ برای بست‌های مورب ضربدری

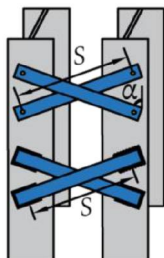
n : تعداد بست در طرفین ستون (اگر ستون در دو طرف بست داشته باشد برابر ۲)

α : زاویه بین بست و محور طولی ستون

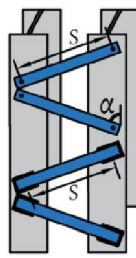
A_g : سطح مقطع بست (th)

S : طول بست و r_d : شعاع ژیراسیون حداقل مقطع بست و برابر $\frac{t_d}{\sqrt{12}}$ است.

K_d : ضریب طول موثر برای بست‌ها که برای بست‌های مورب تکی برابر ۱ و برای بست‌های مورب ضربدری برابر ۰.۷ می‌باشد.

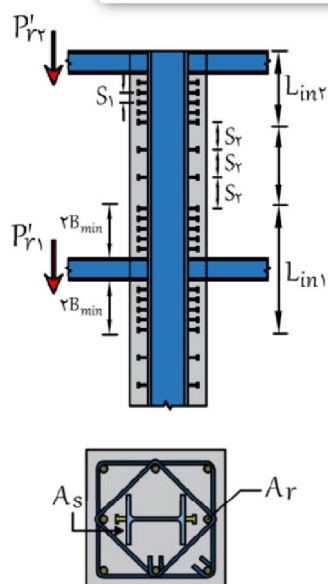


$$\alpha \geq 45^\circ$$



$$\alpha \geq 60^\circ$$

برش طولی مورد نیاز (V_r') در مقاطع مختلف



(۱) هنگامی که نیروی خارجی مستقیماً به مقطع فولادی وارد می‌شود

$$V_r' = P_r' \left(1 - \frac{A_s F_y}{P_{no}} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{الف) مقطع مختلف} \\ \text{محاط در بتن} \end{array} \right\}$$

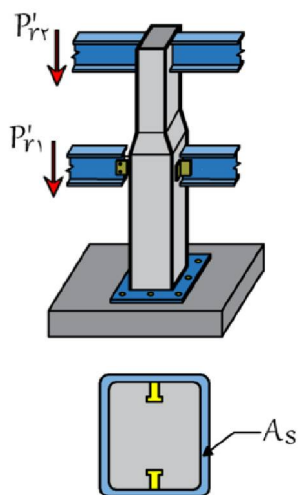
$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f_c' A_c$$

P_r' : نیروی خارجی وارد بر مقطع، در تراز طبقات

$$V_r' = P_r' \left(1 - \frac{A_s F_y}{P_{no}} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{مقطع با اجزای} \\ \text{فولادی فشرده} \end{array} \right\}$$

$$P_{no} = A_s F_y + C_r f_c' \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

C_r : برای مقاطع قوطی شکل (HSS) و جعبه‌ای برابر ۰.۸۵ و برای مقاطع دایره‌ای شکل توخالی برابر ۰.۹۵



ب) مقطع مختلف
پرسیده با بتن

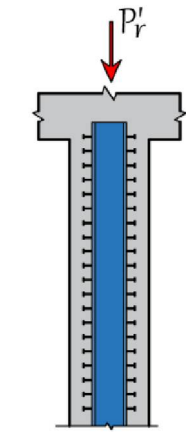
$$V_r' = P_r' \left(1 - \frac{A_s F_y}{P_{no}} \right)$$

$$P_{no} = P_p - \frac{(\lambda - \lambda_p)^r}{(\lambda_r - \lambda_p)^r} (P_p - P_y) \quad \left. \begin{array}{l} \text{مقطع با اجزای} \\ \text{فولادی غیر فشرده} \end{array} \right\}$$

$$P_y = F_y A_s + 0.85 f_c' \left[A_c + \frac{E_s}{E_c} \right]$$

$$P_p = A_s F_y + C_r f_c' \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

۲) هنگامی که نیروی خارجی مستقیماً به بتن وارد

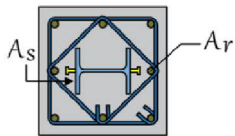


الف) مقطع مختلط محاط در بتن و پرشده با بتن با اجزا فشرده و غیر فشرده

$$V'_r = P'_r \left(\frac{A_s F_y}{P_{no}} \right)$$

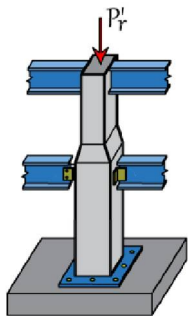
برای مقطع مختلط محاط در بتن

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f'_c A_c$$



برای مقطع مختلط پرشده با بتن

$$P_{no} = A_s F_y + C_r f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

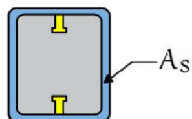


ب) مقطع مختلط پرشده با بتن با اجزای فولادی لاغر

$$V'_r = P'_r \left(\frac{A_s F_{cr}}{P_{no}} \right)$$

$$F_{cr} = \begin{cases} \frac{0.85 E_s}{\left(\frac{b}{t} \right)^2} & \text{برای مقاطع قوطی شکل (HSS) و جعبه‌ای} \\ \frac{0.85 F_y}{\left[\left(\frac{D}{t} \right) \frac{F_y}{E_s} \right]^{0.75}} & \text{و برای مقاطع دایره‌ای شکل} \end{cases}$$

$$P_{no} = A_s F_y + C_r f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

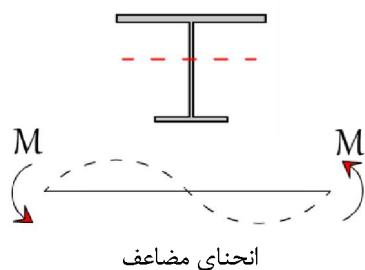


۳) هنگامی که نیروی خارجی همزمان به بخش فولادی و بتنی وارد می‌شود

مقطع مختلط محاط در بتن و پرشده با بتن

$$V'_r = \left| \alpha - \left(\frac{A_s F_y}{P_{no}} \right) \right| \times P'_r$$

$$\alpha = \left(\frac{E_s A_s}{E_s A_s + E_s A_{sr} + E_c A_c} \right)$$



$$C_b = \frac{12/5 M_{max}}{2/5 M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} R_m \leq 3/0$$

$$R_m^+ = 0/5 + 2 \left(\frac{I_{yc}^+}{I_y} \right)^2$$

برای ناحیه لنگر خمشی مثبت

$$R_m^- = 0/5 + 2 \left(\frac{I_{yc}^-}{I_y} \right)^2$$

برای ناحیه لنگر خمشی منفی

(د) اعضای با مقطع
یک محور تقارن و با
انحنای مضاعف

I_y : ممان اینرسی مقطع حول محور اصلی y

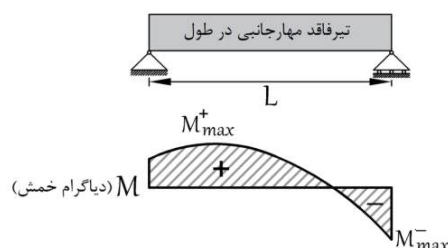
I_{yc}^+ : ممان اینرسی بال تحت فشار مقطع حول محور اصلی y برای ناحیه لنگر خمشی مثبت

I_{yc}^- : ممان اینرسی بال تحت فشار مقطع حول محور اصلی y برای ناحیه لنگر خمشی منفی

نکته: در این حالت دو مقدار C_b و دو مقدار M_u و دو مقدار M_n در حد فاصل بین دومهارجانبی خواهیم داشت و باید مقطع مورد نظر جوابگوی بارهای وارده در هر بخش به طور مجزا باشد یعنی:

$$M_{u-max}^+ \leq \phi M_n^+ \quad , \quad C_b = \frac{12/5 M_{max}}{2/5 M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} R_m^+$$

$$M_{u-max}^- \leq \phi M_n^- \quad , \quad C_b = \frac{12/5 M_{max}}{2/5 M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} R_m^-$$

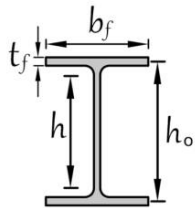


دیاگرام لنگر	C_b	دیاگرام لنگر	C_b
	2/0		1/67
	2/17		1/43
	2/22		1/25
	2/27		1/11
	1/14		1/0
	1/32		1/32
	1/3		1/92

شعاع ژیراسیون موثر (r_{ts}) و ثابت پیچش تابیدگی (C_w) برای مقاطع

رابطه کلی محاسبه شعاع ژیراسیون

$$r_{ts}^y = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$$



$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{h t_w}{6 b_f t_f} \right)}}$$

به طور تقریبی و محافظه کارانه

$$C_w = I_y \frac{h_o^2}{4}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_o}{12 S_x}}$$

(۱) مقطع I شکل با دو محور تقارن

h_o = مرکز تا مرکز بال‌ها

$$C_w = \frac{h_o^2}{12} \times \frac{t_{f1} t_{f1}^3 \times t_{f2} t_{f2}^3}{t_{f1} t_{f1}^3 + t_{f2} t_{f2}^3}$$

$$r_t = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} a_w \right)}}$$

به طور تقریبی و محافظه کارانه

$$r_t = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left(\frac{h_o}{d} + \frac{1}{6} a_w + \frac{h^2}{h_o d} \right)}}$$

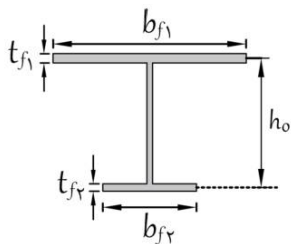
(۲) مقطع I شکل با یک محور تقارن

$$a_w = \frac{h_c t_w}{b_{fc} t_{fc}}$$

h_o = مرکز تا مرکز بال‌ها

b_{fc} = پهنای بال فشاری مقطع

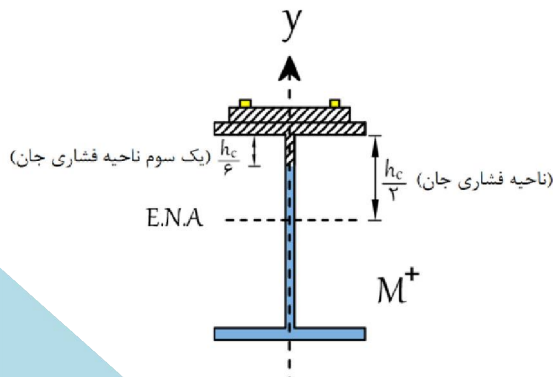
t_{fc} = ضخامت بال فشاری مقطع



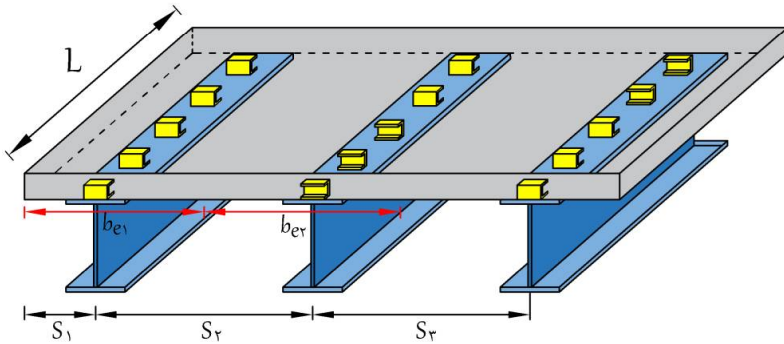
r_t برابر با شعاع ژیراسیون قسمتی از مقطع شامل مجموع بال فشاری و اجزای تقویت کننده آن به همراه یک سوم ناحیه فشاری جان حول محور ماربر جان تیر (محور y) یعنی:

(۳) مقطع I شکل با بال فشاری غیرمستطیلی

$$r_t = \sqrt{\frac{I_{y \text{ قسمت هاشور خورده}}}{A}}$$



عرض موثر دال بتنی برای تیرهای کناری

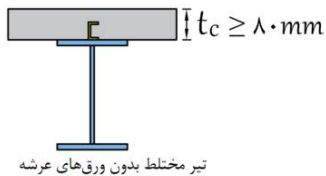


$$b_{e1} = \min \left\{ S_1, \frac{L}{\lambda} \right\} + \min \left\{ \frac{S_2}{\lambda} \text{ و } \frac{L}{\lambda} \right\}$$

عرض موثر دال بتنی برای تیرهای میانی

$$b_{e2} = \min \left\{ \frac{S_2}{\lambda} \text{ و } \frac{L}{\lambda} \right\} + \min \left\{ \frac{S_3}{\lambda} \text{ و } \frac{L}{\lambda} \right\}$$

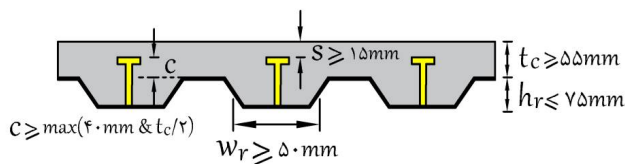
محدودیت‌های مربوط به ضخامت دال بتنی و ابعاد هندسی عرشه فولادی



۱- حداقل ضخامت دال بتنی در حالت بدون استفاده از ورق‌های عرشه برابر ۸۰ میلی‌متر است.

۲- پوشش بتن روی گل‌میخ‌ها نباید از ۱۵ میلی‌متر کمتر باشد.

۳- ارتفاع اسمی عرشه فولادی (h_r) نباید از ۷۵ میلی‌متر بیشتر باشد. پهنای متوسط کنگره‌های پر شده با بتن (w_r) نباید کمتر از ۵۰ میلی‌متر باشد.



۴- دال بتنی باید به وسیله برشگیرهای از نوع گل‌میخ با قطر حداکثر

۲۰ میلی‌متر به مقطع فولادی متصل شوند. گل‌میخ‌ها باید از طریق

عرشه فولادی یا به طور مستقیم به مقطع فولادی متصل شوند. پس

از نصب، ارتفاع گل‌میخ‌ها که از بالای عرشه فولادی اندازه‌گیری می‌شود، نباید از ۴۰ میلی‌متر و نصف ضخامت دال بتنی روی عرشه کوچک‌تر باشد.

۵- ضخامت دال بتنی در قسمت فوقانی ورق عرشه فولادی نباید از ۵۵ میلی‌متر کمتر باشد.

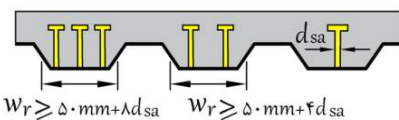
۶- در مقاطع مختلط با عرشه فولادی که کنگره‌های آن موازی با محور طولی تیر است چنانچه

ارتفاع اسمی عرشه فولادی (h_r) برابر ۴۰ میلی‌متر یا بزرگتر باشد، پهنای متوسط کنگره‌های

پر شده با بتن در روی تیر تکیه‌گاهی نباید کمتر از ۵۰ میلی‌متر برای حالت یک گل‌میخ در

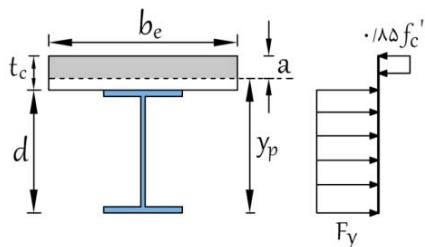
پهنا باشد. این پهنای حداقل برای هر گل‌میخ اضافی در پهنا، باید به اندازه ۴ برابر قطر گل‌میخ

افزایش یابد.



مقاومت خمشی تیرهای مختلط با عملکرد مختلط کامل در نواحی لنگر خمشی مثبت

(۱) در صورتی که $\frac{h}{t_w} \leq 3\sqrt{E/F_y}$

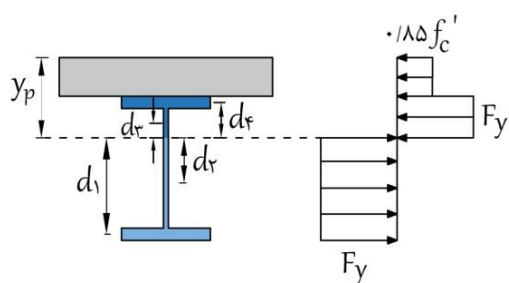


۱- الف) محور خمشی پلاستیک در داخل دال بتنی

$$a = \frac{A_s F_y}{0.85 f'_c b_e} \leq t_c$$

$$M_n = A_s F_y \left(\frac{d}{2} + t_c - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi = 0.9$$



۱- ب) محور خمشی پلاستیک با لنگرگیری حول محور خمشی در داخل مقطع فولادی
پلاستیک مقدار M_n به دست می‌آید.

نکته: اگر اجرای سقف بدون استفاده از پایه‌های موقت باشد، تیر فولادی تنها، باید دارای مقاومت موجود کافی برای تحمل بارهای شامل وزن تیر فولادی، وزن بتن تر و بارهای حین اجرا باشد.

(۲) در صورتی که $\frac{h}{t_w} > 3\sqrt{E/F_y}$

۲- الف) در صورت استفاده از پایه‌های موقت

از حل معادله بدست می‌آید $a = \frac{b_e}{n} \times a \times \frac{a}{2} = A_s \times (d + t_c - a - \bar{y}_s) \Rightarrow a =$

تار خمشی داخل بتن $a \leq t_c \Rightarrow$

تار خمشی داخل مقطع فولادی $a > t_c \Rightarrow$

$$S_{tr}^{bot} = \frac{I_{tr}}{C_1} \quad \text{و} \quad S_{tr}^{top} = \frac{I_{tr}}{C_2}$$

$$M_{n1}^+ = F_y \times S_{tr}^{bot} \quad , \quad M_{n2}^+ = 0.85 f'_c \times n \times S_{tr}^{top}$$

$$M_n^+ = \min(M_{n1}^+, M_{n2}^+)$$

$n =$ نسبت مدول الاستیسیته فولاد به بتن $\left(\frac{E_s}{E_c} \right)$

$$E_c = 0.43 w_c^{1/5} \sqrt{f'_c} \quad (MPa)$$

w_c جرم مخصوص بتن بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب و f'_c مقاومت مشخصه فشاری نمونه استوانه‌ای بتن بر حسب مگاپاسکال

$$\frac{b_e}{n} \times a \times \frac{a}{\gamma} = A_s \times (d + t_c - a - \bar{y}_s) \Rightarrow a =$$

$$a \leq t_c \Rightarrow \text{تار خنثی داخل بتن}$$

$$a > t_c \Rightarrow \text{تار خنثی داخل مقطع فولادی}$$

$$S_{tr}^{bot} = \frac{I_{tr}}{C_{\gamma}} \text{ و } S_{tr}^{top} = \frac{I_{tr}}{C_{\gamma}}$$

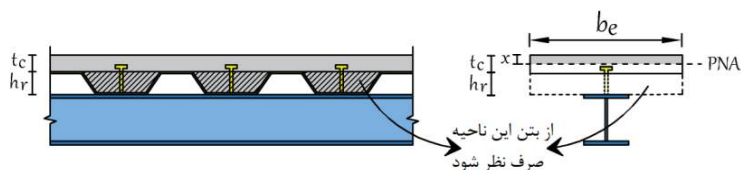
$$\frac{M_{n\gamma}^+ - M_{ro}}{S_{tr}^{bot}} + \frac{M_{ro}}{S_s^{bot}} = F_y \Rightarrow M_{n\gamma}^+ = S_{tr}^{bot} \times F_y - \left(\frac{S_{tr}^{bot}}{S_s^{bot}} - 1 \right) M_{ro}$$

$$M_{n\gamma}^+ = 0.85 f'_c \times n \times S_{tr}^{top} + M_{ro} \text{ و } M_n^+ = \min(M_{n\gamma}^+ \text{ و } M_{n\gamma}^+)$$

M_{ro} = لنگر ناشی از بارهای قبل از سفت شدن بتن است که مقدار آن برابر M_{uo}/ϕ است.

۲-ب) در صورت
عدم استفاده از
پایه‌های موقت

اعضای مختلط با مقطع فولادی و دال بتنی متکی بر آن به همراه عرشه فولادی

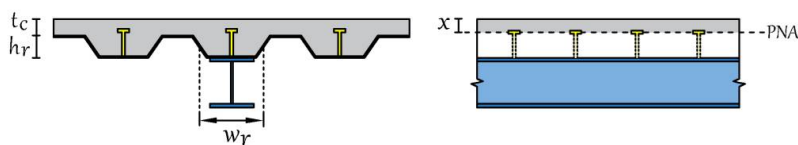


۱) کنگره عمود بر محور طولی تیر

$$A_s F_y = 0.85 f'_c x b_e \Rightarrow x = \frac{A_s F_y}{0.85 f'_c b_e}$$

با لنگرگیری حول محور خنثی پلاستیک مقدار M_n به دست می‌آید.

۲) کنگره موازی با محور طولی تیر



$$A_s F_y = 0.85 f'_c x b_e \Rightarrow x = \frac{A_s F_y}{0.85 f'_c b_e} \leq t_c$$

$$M_n = A_s F_y \left(\frac{d}{\gamma} + h_r + t_c - \frac{x}{\gamma} \right)$$

۲-الف) تار خنثی
پلاستیک در داخل قسمت
بتنی و بالای کنگره

جدول (۷) مقادیر تنش کمانشی برای فولادهای با مشخصات $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$ و $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

λ	F_{cr} (2400)	F_{cr} (3600)	λ	F_{cr} (2400)	F_{cr} (3600)	λ	F_{cr} (2400)	F_{cr} (3600)	λ	F_{cr} (2400)	F_{cr} (3600)	λ	F_{cr} (2400)	F_{cr} (3600)
1	2400	3600	41	2203	3166	81	1719	2182	121	1139	1182	161	668	668
2	2400	3599	42	2194	3146	82	1705	2155	122	1125	1163	162	660	660
3	2399	3598	43	2184	3126	83	1690	2128	123	1111	1144	163	652	652
4	2398	3596	44	2175	3105	84	1676	2101	124	1097	1126	164	644	644
5	2397	3593	45	2165	3084	85	1662	2074	125	1084	1108	165	636	636
6	2396	3590	46	2155	3063	86	1647	2047	126	1070	1090	166	628	628
7	2394	3587	47	2145	3041	87	1633	2020	127	1056	1073	167	621	621
8	2392	3582	48	2134	3019	88	1618	1993	128	1043	1057	168	613	613
9	2390	3578	49	2124	2997	89	1604	1967	129	1029	1040	169	606	606
10	2388	3573	50	2113	2975	90	1589	1940	130	1016	1024	170	599	599
11	2385	3563	51	2102	2952	91	1575	1913	131	1002	1009	171	592	592
12	2382	3561	52	2091	2929	92	1560	1887	132	989	994	172	585	585
13	2379	3554	53	2080	2905	93	1545	1860	133	976	979	173	578	578
14	2376	3547	54	2069	2882	94	1531	1834	134	962	964	174	572	572
15	2373	3539	55	2058	2858	95	1516	1808	135	949	950	175	565	565
16	2369	3530	56	2046	2834	96	1502	1781	۱۳۶	936	936	176	559	559
17	2365	3521	57	2034	2809	97	1487	1775	137	922	922	177	553	553
18	2361	3512	58	2022	2785	98	1472	1729	138	909	909	178	546	546
19	2356	3502	59	2010	2760	99	1457	1704	139	896	896	179	540	540
20	2352	3492	60	1998	2735	100	1443	1678	140	883	883	180	534	534
21	2347	3481	61	1986	2710	101	1428	1652	141	871	871	181	528	528
22	2342	3469	62	1974	2685	102	1413	1627	142	859	859	182	523	523
23	2336	3458	63	1961	2659	103	1399	1602	143	847	847	183	517	517
24	2331	3445	64	1948	2633	104	1384	1577	144	835	835	184	511	511
25	2325	3432	65	1936	2608	105	1369	1552	145	823	823	185	506	506
26	2319	3419	66	1923	2582	106	1355	1527	146	812	812	186	500	500
27	2313	3405	67	1910	2556	107	1340	1502	147	801	801	187	495	495
28	2306	3391	68	1897	2529	108	1326	1478	148	790	790	188	490	490
29	2299	3376	69	1884	2503	109	1311	1454	149	780	780	189	485	485
30	2293	3361	70	1870	2477	110	1297	1429	150	769	769	190	480	480
31	2285	3345	71	1857	2450	۱۱۱	1282	1406	151	759	759	191	475	475
32	2278	3329	72	1843	2424	112	1268	1380	152	749	749	192	470	470
33	2271	3313	73	1830	2397	113	1253	1356	153	740	740	193	465	465
34	2263	3296	74	1816	2370	114	1239	1322	154	730	730	194	460	460
35	2255	3279	75	1803	2343	115	1224	1309	155	721	721	195	455	455
36	2247	3261	76	1789	2316	116	1210	1287	156	711	711	196	451	451
37	2238	3243	77	1775	2290	117	1196	1265	157	702	702	197	446	446
38	2230	3224	78	1761	2263	118	1182	1243	158	693	693	198	442	442
39	2221	3205	79	1747	2236	119	1167	1222	159	685	685	199	437	437
40	2212	3186	80	1733	2209	120	1153	1202	160	676	676	200	433	433