

بنام خداوند جان و



موسسه آموزشی ACE

ویژه آزمون محاسبات رشته عمران نظام مهندسی ایران

طراحی سازه‌های فولادی

ویرایش پاییز ۱۳۹۹

نویسنده:

محمد یزدانی



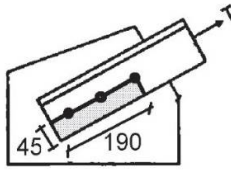
اشارات عصر قلم

فهرست مطالب

۵	مقدمه	فصل اول
۷	کلیات طراحی و ترکیبات بار	فصل دوم
۱۱	اعضای کششی	فصل سوم
۳۹	کمانش موضوعی	فصل چهارم
۶۱	ستون	فصل پنجم
۱۰۵	خمش	فصل ششم
۱۵۹	برش	فصل هفتم
۱۷۷	پیچش	فصل هشتم
۱۸۱	اعضای مختلط	فصل نهم
۱۹۹	الزامات تأمین پایداری	فصل دهم
۲۱۵	تیر ستون	فصل یازدهم
۲۱۹	جوش	فصل دوازدهم
۲۳۳	پیچ	فصل سیزدهم
۲۷۳	وصله	فصل چهاردهم
۲۷۹	ورق پای ستون	فصل پانزدهم
۲۸۷	چشمه اتصال	فصل شانزدهم
۲۹۱	اثر بارهای متمرکز	فصل هفدهم
۳۰۳	ضوابط لرزه‌ای	فصل هجدهم
۳۴۳	شرایط بهره‌برداری	فصل نوزدهم
۳۴۹	جداول کاربردی	پیوست‌ها

پاسخ

گزینه ۱ صحیح است.



$$A_{nt} = 45t - 0.5Dt = 45 \times 10 - 0.5 \times 26 \times 10 = 320 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 190t - 2.5Dt = 190 \times 10 - 2.5 \times 26 \times 10 = 1250 \text{ mm}^2$$

$$A_{gv} = 190 \times 10 = 1900 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 0.75 \times \min \left\{ \begin{array}{l} 0.6F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \\ 0.6F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \end{array} \right\} = 0.75 \times \min \left\{ \begin{array}{l} 0.6 \times 370 \times 1250 + 1 \times 370 \times 320 \\ 0.6 \times 240 \times 1900 + 1 \times 370 \times 320 \end{array} \right\}$$

$$\phi R_n = \quad \text{kN}$$

۳-۱-۶ مقاومت برشی عضو در مجاورت ناحیه اتصال

نگاهی به آیین نامه



۱۰-۲-۹-۱۴ نوامی تأثیرپذیر اجزای اتصال دهنده و وسایل اتصال

الزامات این بند مربوط می‌شود به کنترل نواحی تأثیرپذیر اجزای اتصال دهنده و وسایل اتصال نظیر انتهای تیرهایی که قسمتی از بال فوقانی آن برداشته شده (زبانه شده) است یا در حالت‌های نظیر که ممکن است به علت برش در سطحی که از وسیله اتصال می‌گذرد و یا به علت اثر ترکیبی برش در سطح مار بر وسیله اتصال و کشش در سطح عمود بر آن خرابی اتفاق افتد.

۱-۱۴-۹-۲-۱۰ مقاومت کششی اعضا در مجاورت نامیه اتصال

مقاومت کششی این اعضا باید مطابق الزامات بخش ۱۰-۲-۳ با در نظر گرفتن اثرات اتصال تعیین شود.

۱-۱۴-۹-۲-۱۰ مقاومت برشی اعضا در مجاورت نامیه اتصال

مقاومت برشی طراحی اعضا در مجاورت ناحیه اتصال، R_n ، باید به شرح زیر برابر کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده بر اساس حالت‌های حدی تسلیم برشی روی مقطع کلی و گسیختگی برشی روی مقطع خالص تعیین شود.

الف) بر اساس تسلیم برشی روی مقطع کلی:

$$\phi = 1$$

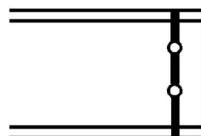
$$R_n = F_y A_{gv}$$

$$(14-9-2-10)$$

ب) بر اساس گسیختگی برشی روی مقطع خالص:

$$\phi = 0.75$$

$$R_n = 0.6F_u A_{nv}$$



$$(14-9-2-10)$$

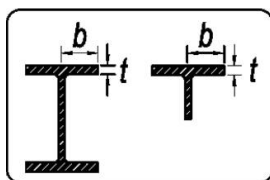
تبصره



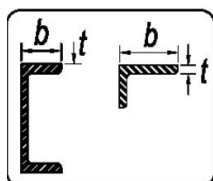
مطابق مقررات این مبحث، از به کار بردن مقاطع فولادی با اجزای فشاری لاغر در اعضایی که تحت تأثیر تنش فشاری ناشی از خمش قرار دارند، باید خودداری شود، مگر برای جان تیورق‌ها که در این صورت الزامات بخش‌های ۵-۲-۱۰ و ۶-۲-۱۰ باید تأمین گردد.

۱۰-۲-۳-۳ پهنای آزاد اجزای تقویت نشده

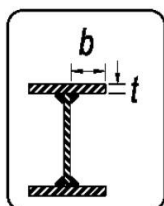
مطابق الزامات این بخش، اجزای تقویت نشده به اجزایی گفته می‌شوند که فقط در یک لبه در امتدادی به موازات نیروی فشاری نگهداری شده‌اند. پهنای آزاد چنین اجزایی باید به شرح زیر تعیین گردد.



الف برای بال‌های نیمرخ‌های I و نیمرخ‌های سپری (T)، پهنای آزاد (b) برابر نصف پهنای کل بال (f) است.



ب برای ساق‌های نیمرخ‌های نبشی (L) و بال‌های نیمرخ‌های ناودانی (U) و نیمرخ‌های Z شکل پهنای آزاد (b) معادل کل بعد اسمی بال است.

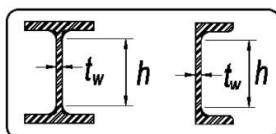


پ برای مقطع ساخته شده از ورق، پهنای آزاد (b) برابر فاصله بین لبه آزاد تا اولین ردیف وسایل اتصال یا خط جوش است.

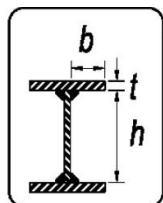
ت برای تیغه (جان) نیمرخ‌های سپری (T) پهنای آزاد (d) برابر ارتفاع کلی مقطع سپری است.

۱۰-۲-۳-۴ پهنای آزاد اجزای تقویت شده

مطابق الزامات این بخش، اجزای تقویت شده به اجزایی گفته می‌شوند که در هر دو لبه در امتدادی موازی با نیروی فشاری نگهداری شده‌اند. پهنای آزاد چنین اجزایی باید به شرح زیر تعیین گردد.

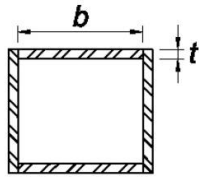


الف برای جان مقاطع نورد شده یا شکل داده شده، h عبارت است از فاصله بین نقاط شروع گردی ریشه اتصال جان به بال.



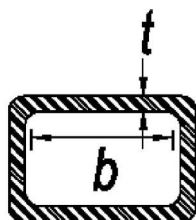
ب برای جان مقاطع ساخته شده از ورق، h عبارت است از فاصله بین نزدیکترین دو خط وسایل اتصال و چنانچه از جوش استفاده شده باشد، h برابر فاصله خالص بین دو بال است.

برای مقاطع با بال‌های نامساوی، عبارت است از دو برابر فاصله تار خنثای الاستیک تا نزدیکترین ردیف وسایل اتصال در سمت بال فشاری و چنانچه از جوش استفاده شده باشد، عبارت است از دو برابر فاصله تار خنثای الاستیک تا رویه داخلی بال فشاری. همچنین برای مقطعی با بال‌های نامساوی p عبارت است از دو برابر فاصله تار خنثای پلاستیک تا نزدیکترین ردیف وسایل اتصال در سمت بال فشاری و چنانچه از جوش استفاده شده باشد، عبارت است از دو برابر فاصله تار خنثای پلاستیک تا رویه داخلی بال فشاری.



پ برای مقاطع جعبه‌ای ساخته شده از ورق، پهنای b و h عبارت از فاصله بین دو خط وسایل اتصال یا دو خط جوش است.

ت برای ورق‌های پوششی (تقویتی) در بال تیرها و ورق‌های دیافراگم در مقاطع ساخته شده از ورق، پهنای b عبارت است از فاصله بین دو خط وسایل اتصال یا دو خط جوش است.



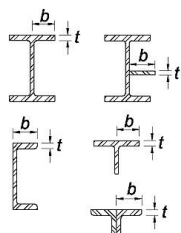
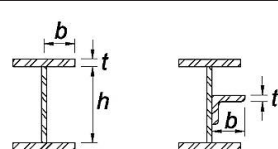
ث برای بال‌های مقاطع توخالی مستطیلی شکل (HSS)، پهنای b عبارت است از فاصله آزاد بین جان‌ها منهای شعاع گوشه داخلی در هر طرف. برای جان‌های مقاطع توخالی مستطیل شکل (HSS)، h عبارت است از فاصله آزاد بین بال‌ها منهای شعاع گوشه داخلی در هر طرف. چنانچه شعاع گوشه‌ها معلوم نباشد، مقادیر b و h را می‌توان معادل بعد متناظر خارجی منهای سه برابر ضخامت در نظر گرفت.

ج برای مقاطع توخالی دایره‌ای شکل، D عبارت است از قطر خارجی مقطع دایره‌ای.

۱-۴ فشردگی اعضای تحت فشار محوری

مطابق توضیحات ارائه شده، فشردگی اعضای تحت فشار محوری با توجه به جداول ۱-۲-۱ و ۱-۲-۲-۱۰ و ۲-۲-۲-۱۰ کنترل می‌شود. لاغری اعضای تحت فشار محوری نباید از مقدار مجاز r تجاوز نماید.

جدول ۱-۲-۲-۱۰ نسبت‌های پهنای به ضخامت اجزای فشاری تقویت نشده در اعضای تحت اثر فشار محوری

ردیف	شرح اجزا	نسبت پهنای به ضخامت	حداکثر نسبت پهنای به ضخامت، r (لاغر/غیر لاغر)	مثال‌های نمونه
۱	بال‌های مقاطع I شکل نورد شده، ورق‌های بیرون زده از مقاطع I شکل نورد شده، ساق‌های برجسته جفت نبشی با اتصال پیوسته، بال‌های مقاطع ناودانی و بال‌های مقاطع سپری		[a] $\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
۲	بال‌های مقاطع I شکل ساخته شده از ورق و ورق‌ها یا ساق‌های نبشی بیرون زده از مقاطع I شکل ساخته شده از ورق		[b] $\sqrt{\frac{K_o E}{F_y}}$	

۱-۵ ضریب K

در محاسبات مربوط به کمانش ستون‌ها با سه پارامتر مواجه هستیم:

۱ ضریب طول موثر K

۲ طول ستون L

۳ شعاع ژیراسیون مقطع r

ضریب طول موثر (K) تنها به شرایط انتهایی عضو وابسته است. مقادیر این ضریب برای شرایط انتهایی مشخص و ایده‌آل (نظیر گیرداری کامل، مفصلی کامل و ...) در آیین‌نامه داده شده است. برای سایر حالات با توجه به مهارشدگی سازه و همچنین سختی خمشی اعضای متصل به گره‌های دو سر عضو می‌توان مقادیر آن را محاسبه نمود.

نگاهی به آیین‌نامه



پ-۱-۱ ضریب طول موثر ستون‌هایی با شرایط تکیه‌گاهی ایده‌آل

طول موثر در واقع فاصله بین نقاط عطف شکل کمانش یافته عضو فشاری است. در جدول پ-۱-۱ تعدادی ستون با شرایط تکیه‌گاهی ایده‌آل همراه با ضرایب طول موثر نظری آن‌ها نمایش داده شده است. با توجه به این‌که ایجاد شرایط تکیه‌گاهی ایده‌آل همواره در عمل امکان‌پذیر نیست، لذا در این مبحث برای ضرایب طول موثر این‌گونه اعضای فشاری بعضاً مقادیر بزرگتری پیشنهاد شده است.

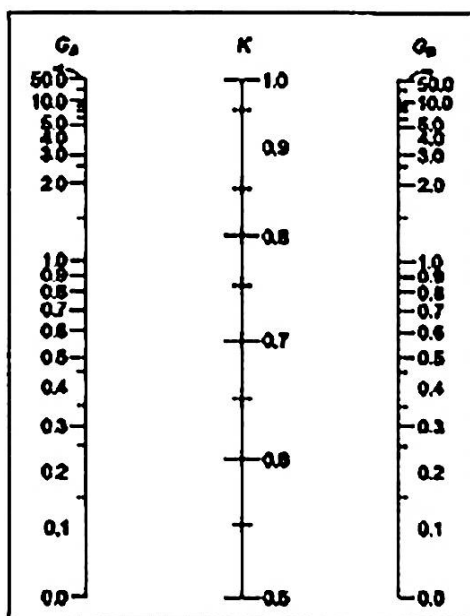
جدول پ-۱-۲ ضریب طول موثر (K) اعضای فشاری یا شرایط تکیه‌گاهی ایده‌آل

توضیحات	انواع مختلف اعضای فشاری با شرایط تکیه‌گاهی ایده‌آل					
شکل کمانش یافته عضو فشاری به صورت خط‌چینی نمایش داده شده است.	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
مقادیری 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
نماد شرایط مرزی	انتقال و دوران مفید =					
	انتقال مفید، دوران آزاد =					
	انتقال آزاد، دوران مفید =					
	انتقال و دوران آزاد =					

پ-۱-۲ ضریب طول موثر اعضای فشاری قاب‌های مهار شده

همان‌گونه که در بخش ۱-۳-۱-۲-۱ عنوان شد، ضریب طول موثر برای اعضای فشاری این نوع قاب‌ها باید برابر یک در نظر گرفته شود، مگر آن‌که تحلیل دقیق مقدار کمتری را تعیین نماید. مطابق الزامات این پیوست، می‌توان ضریب طول موثر (K) اعضاء فشاری قاب‌های مهار شده را از رابطه پ-۱-۱ و یا نمودار شکل پ-۱-۱ نیز محاسبه نمود.

$$\frac{G_A G_B (\pi / K)^2 + \left(\frac{G_A + G_B}{\pi / K} \right) \left(1 - \frac{\pi / K}{\tan\left(\frac{\pi}{K}\right)} + \frac{2 \tan\left(\frac{\pi}{2K}\right)}{\pi / K} - 1 \right) = 0 \quad (\text{پ-۱-۱})$$



شکل پ-۱-۱ ضریب طول موثر (K) اعضای فشاری قاب‌های مهار شده بر حسب G_A و G_B

در رابطه پ-۱-۱ و نمودار شکل پ-۱-۱ G_A و G_B پارامترهای مبین دو انتهای A و B عضو فشاری بوده و عبارتند از:

$$G_A = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{\text{ستون‌های متصل به گره A}}}{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{\text{تیرهای متصل به گره A}}} \quad (\text{پ-۱-۲})$$

$$G_B = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{\text{ستون‌های متصل به گره B}}}{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{\text{تیرهای متصل به گره B}}} \quad (\text{پ-۱-۳})$$

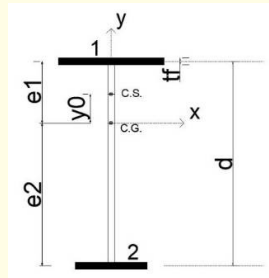
E = مدول الاستیسیته فولاد

I = ممان اینرسی تیرها و ستون‌ها حول محور عمود بر صفحه کمانش

L = طول اعضا

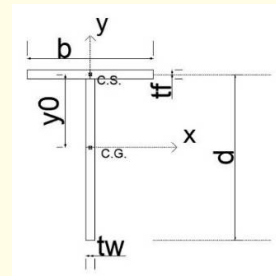
یک گام فراتر

ضریب تابیدگی (y_w) و پارامتر y برای چند نمونه به صورت زیر محاسبه می شود:



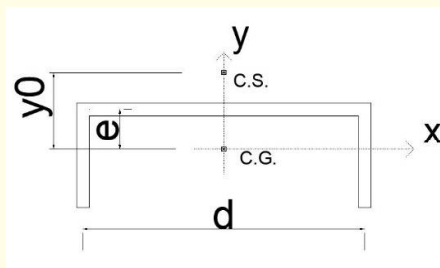
$$y_o = \frac{e_1 I_y^1 - e_2 I_y^2}{I_y}$$

$$C_w = \frac{d^2 I_y^{(1)} I_y^{(2)}}{I_y}$$



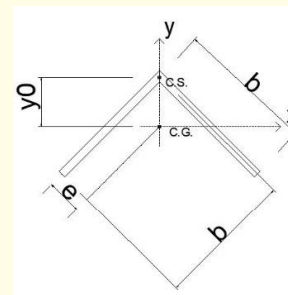
$$y_o = \frac{t_w d^2}{2A}$$

$$C_w = \frac{(dt_w)^2}{36} + \frac{bt_f}{144}$$



$$y_o = \frac{d^2}{4} \frac{e}{r_y^2} + e$$

$$C_w = \frac{d^2}{4} (I_x - y_o e A + 2Ae^2)$$



$$y_o = \frac{\sqrt{2}}{4} b = \sqrt{2} e$$

$$C_w = \frac{A^2}{144}$$

◀ ۵-۲-۳-۱ کمانش خمشی-پیچشی برای مقاطع سپری و نبشی جفت

برای اعضای فشاری با مقطع سپری و نبشی جفت بر اساس حالت حدی کمانش خمشی-پیچشی از فرمول زیر استفاده می کنیم.

$$F_{cr} = \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry}F_{crz}H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right]$$

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A_g \bar{I}_x^2}$$

F_{cry} برابر است با تنش ناشی از کمانش خمشی حول محور y (بند ۵-۲-۱)

الف برای نبشی‌ها با ساق‌های مساوی یا نامساوی که از طریق ساق‌های بلندتر متصل شده‌اند و عضوی از جان خربای جعبه‌ای یا فضایی می‌باشند که با اعضای مجاورشان به یک طرف ورق اتصال یا بال‌ها متصل شده‌اند، لاغری اصلاح شده با استفاده از روابط زیر بدست می‌آید:

$$\begin{cases} \text{if } \frac{L}{r_x} \leq \gamma \rightarrow \frac{KL}{r} = \phi_0 + \phi_1 \frac{L}{r_x} \\ \text{if } \frac{L}{r_x} > \gamma \rightarrow \frac{KL}{r} = \frac{L}{r_x} \end{cases}$$

، طول نبشی، r_x ، شعاع ژیراسیون مقطع نبشی حول محور موازی بال متصل شده و ، ضریب لاغری اصلاح شده برای تعیین تنش بحرانی



برای نبشی‌ها با ساق‌های نامساوی با نسبت ساق کوچکتر از ۱٫۷ که از طریق ساق کوچکتر متصل شده‌اند:

$$\begin{cases} \text{if } \frac{L}{r_x} \leq \gamma \rightarrow \frac{KL}{r} = \phi_0 + \phi_1 \frac{L}{r_x} + \phi_2 \left[\left(\frac{b_L}{b_s} \right)^2 - 1 \right] \geq \phi_3 \frac{L}{r_z} \\ \text{if } \frac{L}{r_x} > \gamma \rightarrow \frac{KL}{r} = \frac{L}{r_x} \left[\frac{\left(\frac{b_L}{b_s} \right)^2}{\left(\frac{b_r}{b_s} \right)^2} \right] \cdot \frac{L}{r_z} \end{cases}$$

b_L ، عرض بال بزرگتر، b_s ، عرض بال کوچکتر نبشی و r_z ، شعاع ژیراسیون حداقل مقطع نبشی حول محور اصلی

	r_x (۲۴۰)	r_x (۳۶۰)	λ	r_x (۲۴۰)	r_x (۳۶۰)	λ	r_x (۲۴۰)	r_x (۳۶۰)	λ	r_x (۲۴۰)	r_x (۳۶۰)	λ	r_x (۲۴۰)	r_x (۳۶۰)
۱	۲۴۰	۳۶۰	۴۱	۲۲۰٫۳	۳۱۶٫۶	۸۱	۱۷۱٫۹	۲۱۸٫۲	۱۲۱	۱۱۳٫۹	۱۱۸٫۲	۱۶۱	۶۶٫۸	۶۶٫۸
۲	۲۴۰	۳۵۹٫۹	۴۲	۲۱۹٫۴	۳۱۴٫۶	۸۲	۱۷۰٫۵	۲۱۵٫۵	۱۲۲	۱۱۲٫۵	۱۱۶٫۳	۱۶۲	۶۶	۶۶
۳	۲۳۹٫۹	۳۵۹٫۸	۴۳	۲۱۸٫۴	۳۱۲٫۶	۸۳	۱۶۹	۲۱۲٫۸	۱۲۳	۱۱۱٫۱	۱۱۴٫۴	۱۶۳	۶۵٫۲	۶۵٫۲
۴	۲۳۹٫۸	۳۵۹٫۶	۴۴	۲۱۷٫۵	۳۱۰٫۵	۸۴	۱۶۷٫۶	۲۱۰٫۱	۱۲۴	۱۰۹٫۷	۱۱۲٫۶	۱۶۴	۶۴٫۴	۶۴٫۴
۵	۲۳۹٫۷	۳۵۹٫۳	۴۵	۲۱۶٫۵	۳۰۸٫۴	۸۵	۱۶۶٫۲	۲۰۷٫۴	۱۲۵	۱۰۸٫۴	۱۱۰٫۸	۱۶۵	۶۳٫۶	۶۳٫۶
۶	۲۳۹٫۶	۳۵۹	۴۶	۲۱۵٫۵	۳۰۶٫۳	۸۶	۱۶۴٫۷	۲۰۴٫۷	۱۲۶	۱۰۷	۱۰۹	۱۶۶	۶۲٫۸	۶۲٫۸
۷	۲۳۹٫۴	۳۵۸٫۷	۴۷	۲۱۴٫۵	۳۰۴٫۱	۸۷	۱۶۳٫۳	۲۰۲	۱۲۷	۱۰۵٫۶	۱۰۷٫۳	۱۶۷	۶۲٫۱	۶۲٫۱
۸	۲۳۹٫۲	۳۵۸٫۲	۴۸	۲۱۳٫۴	۳۰۱٫۹	۸۸	۱۶۱٫۸	۱۹۹٫۳	۱۲۸	۱۰۴٫۳	۱۰۵٫۷	۱۶۸	۶۱٫۳	۶۱٫۳
۹	۲۳۹	۳۵۷٫۸	۴۹	۲۱۲٫۴	۲۹۹٫۷	۸۹	۱۶۰٫۴	۱۹۶٫۷	۱۲۹	۱۰۲٫۹	۱۰۴	۱۶۹	۶۰٫۶	۶۰٫۶
۱۰	۲۳۸٫۸	۳۵۷٫۳	۵۰	۲۱۱٫۳	۲۹۷٫۵	۹۰	۱۵۸٫۹	۱۹۴	۱۳۰	۱۰۱٫۶	۱۰۲٫۴	۱۷۰	۵۹٫۹	۵۹٫۹
۱۱	۲۳۸٫۵	۳۵۶٫۷	۵۱	۲۱۰٫۲	۲۹۵٫۲	۹۱	۱۵۷٫۵	۱۹۱٫۳	۱۳۱	۱۰۰٫۲	۱۰۰٫۹	۱۷۱	۵۹٫۲	۵۹٫۲
۱۲	۲۳۸٫۲	۳۵۶٫۱	۵۲	۲۰۹٫۱	۲۹۲٫۹	۹۲	۱۵۶	۱۸۸٫۷	۱۳۲	۹۸٫۹	۹۹٫۴	۱۷۲	۵۸٫۵	۵۸٫۵
۱۳	۲۳۷٫۹	۳۵۵٫۴	۵۳	۲۰۸	۲۹۰٫۵	۹۳	۱۵۴٫۵	۱۸۶	۱۳۳	۹۷٫۶	۹۷٫۹	۱۷۳	۵۷٫۸	۵۷٫۸
۱۴	۲۳۷٫۶	۳۵۴٫۷	۵۴	۲۰۶٫۹	۲۸۸٫۲	۹۴	۱۵۳٫۱	۱۸۳٫۴	۱۳۴	۹۶٫۲	۹۶٫۴	۱۷۴	۵۷٫۲	۵۷٫۲
۱۵	۲۳۷٫۳	۳۵۳٫۹	۵۵	۲۰۵٫۸	۲۸۵٫۸	۹۵	۱۵۱٫۶	۱۸۰٫۸	۱۳۵	۹۴٫۹	۹۵	۱۷۵	۵۶٫۵	۵۶٫۵



۱۰-۲-۸-۳ اعضای خمشی با مقطع مختلط

اعضای خمشی با مقطع مختلط به سه گروه زیر طبقه‌بندی می‌شوند.

- الف اعضای خمشی با مقطع فولادی و دال متکی بر آن به همراه برشگیر
- ب اعضای خمشی با مقطع مختلط محاط در بتن
- پ اعضای خمشی با مقطع مختلط پر شده با بتن

۱۰-۲-۸-۱۳ عرض مؤثر و حداقل ضخامت دال بتنی

عرض مؤثر دال بتنی که در هر طرف تیر با آن به صورت مختلط عمل می‌نماید، نباید از کوچک‌ترین مقادیر زیر بزرگ‌تر در نظر گرفته شود.

- ۱ یک هشتم دهانه تیر (مرکز تا مرکز تکیه‌گاه‌های تیر)
- ۲ نصف فاصله محور تیر تا محور تیر مجاور
- ۳ فاصله محور تیر تا لبه دال



تبصره

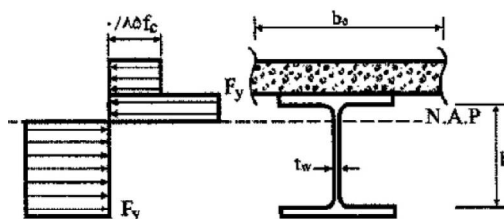
حداقل ضخامت دال بتنی ۸۰ میلی‌متر مقرر می‌گردد.

۱۰-۲-۸-۱۳ مقاومت خمشی مقاطع مختلط دارای برشگیر

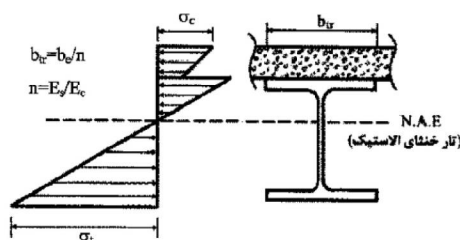
الف مقاومت خمشی مثبت

مقاومت خمشی مثبت طراحی مساوی M_n می‌باشد که در آن b ضریب کاهش مقاومت برابر ۰٫۹ و n مقاومت خمشی مثبت اسمی می‌باشد که باید براساس حالت حدی تسلیم به شرح زیر تعیین شود.

- ۱ در صورتی که $\frac{h}{t_w} \leq \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ باشد، n باید براساس توزیع پلاستیک تنش بر روی مقطع مختلط تعیین شود.



شکل ۱۰-۲-۸-۲ - توزیع پلاستیک تنش در مقطع مختلط



شکل ۱۰-۲-۳- توزیع الاستیک تنش در مقطع مختلط تبدیل یافته

❶ در صورتی که $\frac{h}{t_w} > \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ باشد، n باید براساس روی هم‌گذاری تنش‌های الاستیک با فرض مقطع تبدیل یافته و با در نظر گرفتن اثر پایه‌های موقت برای حالت حدی تسلیم در تارهای انتهایی مقطع مختلط (y) تعیین گردد. به عبارت دیگر:

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

(۱۸-۸-۲-۱۰)

در روابط فوق:

M_n = لنگر خمشی نظیر تنش y در دورترین تار فولادی مقطع تبدیل یافته

M_n = لنگر خمشی نظیر تنش c ، در دورترین تار دال بتنی در مقطع تبدیل یافته

y = تنش تسلیم فولاد

c = مقاومت فشاری مشخصه نمونه استوانه‌ای بتن

w = ضخامت جان تیر فولادی

= فاصله بین شروع گردی ریشه جان به بال برای نیم‌رخ‌های نورد شده و فاصله آزاد بین دو بال برای مقاطع فولادی ساخته شده از ورق

ب) مقاومت خمشی منفی

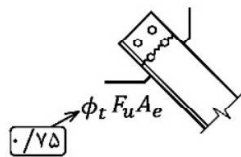
از آنجایی که نواحی فوقانی تحت کشش قرار می‌گیرد، باید دال بتنی از محاسبات حذف شود و مقطع به صورت مختلط عمل نمی‌کند و ظرفیت طبق روابط فصل خمش تعیین می‌گردد. اما اگر شرایط زیر برقرار باشد، می‌توان از روش توزیع تنش پلاستیک بر روی مقطع مختلط با منظور کردن اثر آرماتورهای طولی ظرفیت را تعیین کرد.

❶ شرط ۱) مقطع فولادی فشرده و دارای اتکای جانبی کافی مطابق روابط فصل خمش باشد.

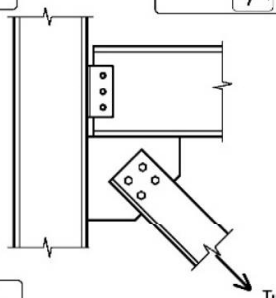
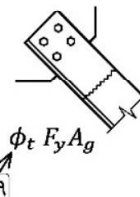
❷ شرط ۲) در ناحیه لنگر منفی، دال بتنی به کمک برش گیرهای کافی به تیر فولادی وصل شده باشد.

❸ شرط ۳) در محدوده عرض موثر دال بتنی، آرماتورهای موازی با محور تیر به طور کامل الزامات مربوط به چسبندگی و طول مهاری را مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان برآورده نمایند.

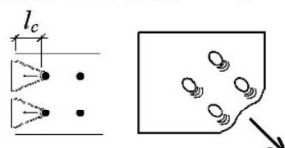
گسیختگی کششی در مقطع خالص موثر



تسلیم کششی در مقطع کلی عضو



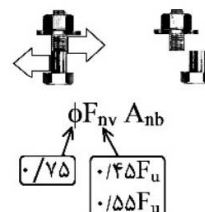
مقاومت اتکایی در جدار سوراخ پیچ



$$\phi \text{Min} \left(\frac{1}{2} l_c t F_u, \frac{2}{3} d t F_u \right)$$

$$0.75$$

مقاومت برشی طراحی در اتصالات اتکایی



$$\phi F_{nv} A_{nb}$$

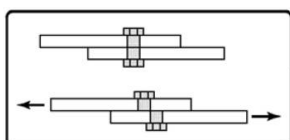
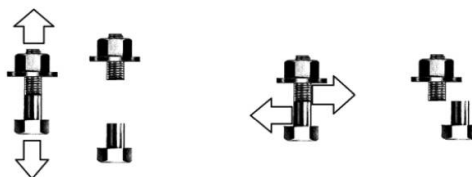
۱-۲-۱۳ مقاومت برشی و کششی پیچ‌ها - اتصال اتکایی

نگاهی به آیین‌نامه

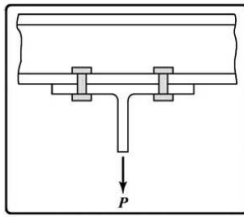


۱۰-۱۱-۱۲-۱۳ مقاومت کششی طراحی و مقاومت برشی طراحی در اتصالات اتکایی

در اتصالات اتکایی، مقاومت کششی طراحی (R_{nt}) و مقاومت برشی طراحی (R_{nv}) پیچ‌ها و قطعات داندانه شده از روابط زیر تعیین می‌گردند.



$$R_{nv} = \phi F_{nv} A_{nb}$$



$$= F_{nt} A_{nb} \quad \text{مقاومت کششی طراحی}$$

در روابط فوق:

= ضریب کاهش مقاومت و مساوی ۰,۷۵ می‌باشد.

n_t = مقاومت کششی اسمی

n_v = مقاومت برشی اسمی

n_b = سطح مقطع اسمی وسیله اتصال (پیچ یا قطعه دندانه شده)

F_{nt} و n_v ، تنش کششی اسمی و تنش برشی اسمی مطابق مقادیر جدول ۱۰-۹-۲-۱۰

جدول ۱۰-۹-۲-۱۰ تنش اسمی (پیچ و قطعات دندانه شده)

تنش کشش اسمی (n_t)	تنش برشی اسمی (n_v) در اتصالات اتکایی	نوع وسیله اتصال
F_u و [۱] و [۲]	F_u و [۳] و [۵]	پیچ‌های معمولی
F_u و [۴]	F_u و [۵]	پیچ‌های پر مقاومت در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده می‌گذرد
F_u و [۴]	F_u و [۵]	پیچ‌های پر مقاومت در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی‌گذرد
$0.75F_u$ و [۱] و [۶]	F_u	قطعه دندانه شده طبق مشخصات تعیین شده، در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده می‌گذرد
$0.75F_u$ و [۱] و [۶]	F_u	قطعه دندانه شده طبق مشخصات تعیین شده، در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی‌گذرد

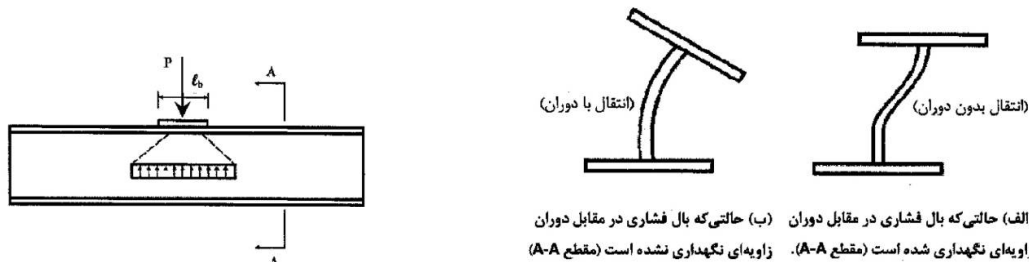
 یادداشت:

- ۱ فقط بارگذاری استاتیکی
- ۲ در پیچ‌های معمولی که طول گیره آن‌ها از ۵ برابر قطرشان بیشتر است، مقادیر فوق باید به ازای هر ۲ میلی‌متر طول اضافی گیره، یک درصد کاهش داده شود.
- ۳ قرار گرفتن دندانه‌ها در سطح برش مجاز است.
- ۴ برای تنش کششی اسمی پیچ‌های پر مقاومت تحت اثر تنش کششی ناشی از خستگی به آئین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی رجوع شود.
- ۵ وقتی که فاصله اولین و آخرین پیچ در امتداد نیرو از ۱۲۵ میلی‌متر تجاوز کند این مقادیر را باید ۲۰٪ کاهش داد.
- ۶ مقاومت کششی اسمی ناحیه دندانه شده یک قطعه دندانه شده با حدیده توپی بر اساس سطح مقطع آن در قطر خارجی حدیده، D ، باید از سطح مقطع اسمی تنه (قبل از ناحیه توپی) ضربدر y بیشتر باشد.



◀ ۱۰-۲-۹-۱۰-۱۴ کمانش جانبی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری

الزامات این بند مربوط است به حالتی که یک نیروی فشاری متمرکز تکی، به عضوی اعمال می شود که از حرکت جانبی بین بال فشاری تحت بار و بال کششی، در محل تأثیر نیروی متمرکز توسط مهار جانبی جلوگیری نشده است (شکل ۱۰-۲-۹-۱۹). مقاومت طراحی کمانش جانبی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری مساوی R_n می باشد که در آن ضریب کاهش مقاومت مساوی ۰٫۸۵ و ϕ_n مقاومت اسمی است که براساس حالت حدی کمانش جانبی جان به شرح زیر تعیین می گردد.



شکل ۱۰-۲-۹-۱۹- کمانش جانبی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری

۱ اگر بال فشاری (بال بارگذاری شده) در مقابل دوران زاویه ای نگهداری شده باشد (شکل ۱۰-۲-۹-۱۹- الف):
 در صورتی که $(h/t_w)/(L_b/b_f) \leq$ ،

$$R_n = \frac{C_r t_w t_f}{h^2} \left[\left(\frac{(h/t_w)}{(L_b/b_f)} \right)^2 \right] \quad (۲۷-۹-۲-۱۰)$$

در صورتی که $(h/t_w)/(L_b/b_f) >$ ، لزومی به کنترل کمانش جانبی جان نیست.



تیسره

در صورتی که مقاومت مورد نیاز از مقاومت طراحی بیش تر باشد، باید بال کششی را مهار نمود و یا از یک جفت سخت کننده در زیر بار متمرکز، یا از ورق تقویتی جان (ورق مضاعف) استفاده نمود. در صورت استفاده از ورق تقویتی جان رعایت الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۸ و در صورت استفاده از سخت کننده در زیر بار متمرکز رعایت الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۷ ضروری است.

۲ اگر بال فشاری (بال بارگذاری شده) در مقابل دوران زاویه ای نگهداری نشده باشد (شکل ۱۰-۲-۹-۱۹- ب):

در صورتی که $(h/t_w)/(L_b/b_f) \leq$ ،

$$R_n = \frac{C_r t_w t_f}{h^2} \left[\left(\frac{(h/t_w)}{(L_b/b_f)} \right)^2 \right] \quad (۲۸-۹-۲-۱۰)$$

در روابط فوق:

b_f = پهنای بال

t_f = ضخامت بال

t_w = ضخامت جان

L_b = بزرگترین طول بدون مهار جانبی هر دو بال

در محدوده اعمال بار متمرکز

h = ارتفاع آزاد جان (فاصله بین انتهای دو ماهیچه

جان و بال در روی جان در مقاطع نورد شده و

فاصله بین دو بال در مقاطع ساخته شده از ورق)

در صورتی که $(h/t_w)/(L_b/b_f) > \dots$ باشد، لزومی به کنترل کمانش جانبی جان نیست.

تبصره

در صورتی که مقاومت مورد نیاز از مقاومت طراحی بیش‌تر باشد، تعبیه مه‌ار جانبی برای هر دو بال فشاری و کششی در محل اثر بار متمرکز ضروری است.

C_r = ضریبی است که به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

اگر در محل اعمال بار متمرکز M_u M_y باشد:

$$C_r = \dots \text{ MPa} \quad (۲۹-۹-۲-۱۰)$$

اگر در محل اعمال بار متمرکز M_u M_y باشد:

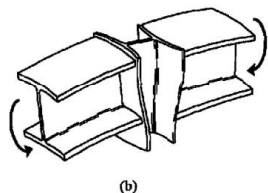
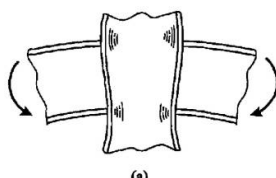
$$C_r = \dots \text{ MPa} \quad (۲۹-۹-۲-۱۰)$$

که در آن:

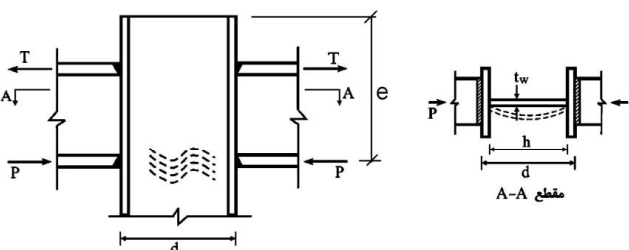
u = مقاومت خمشی مورد نیاز

y = لنگر خمشی تسلیم

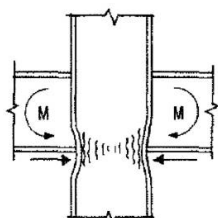
۵-۱۰-۹-۲-۱۰ کمانش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز فشاری



الزامات این بند مربوط است به حالتی که یک جفت نیروی فشاری تنها یا یک جفت مؤلفه فشاری زوج نیرو در یک مقطع در جهت مخالف به بال‌های مقابل عضو اعمال می‌شوند (شکل ۲۰-۹-۲-۱۰).



شکل ۲۰-۹-۲-۱۰ کمانش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز فشاری



مقاومت طراحی کمانش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز فشاری مساوی R_n می‌باشد که در آن ضریب کاهش مقاومت برابر ۰٫۹ و n مقاومت اسمی است که براساس حالت حدی کمانش موضعی جان از رابطه زیر تعیین می‌گردد.