



فلوچارت ویژه آزمون محاسبات

تهیه و تدوین مهندس پیام عباسی

مناسب برای دانشجویان و طراحان

کانالی تلگرامی به منظور ایرادات چاپی جزوات.

آدرس کانال:

http://t.me/payam_Abbasy



http://t.me/payam_Abbasy

(نشر با ذکر منبع بلامانع است)

تهیه و تدوین : پیام عباسی

- 8..... ترکیب بار سازه‌های فولادی
- تحلیل الاستیک مرتبه اول تشدید یافته
- 9..... مقاومت محوری مرتبه دوم مورد نیاز P_u
- 9..... مقاومت خمشی مرتبه دوم مورد نیاز M_u
- اعضای کششی
- 10..... محاسبه مقاومت کششی در طول عضو
- 11..... محاسبه مقاومت کششی در محل اتصال
- 12..... کنترل برش قالبی
- 12..... کنترل معیار مقاومت اتکای
- 13..... محاسبات تسمه لولا شده با خار مغزی
- 13..... محاسبه تسمه سر پهن با خار مغزی
- 14..... ضریب طول موثر K
- ضریب لاغری بحرانی
- 15..... λ_{max}
- اعضای فشاری
- 15..... ظرفیت فشاری مقطع غیر مرکب
- 16..... ظرفیت مقاطع مرکب و نبشی تک
- 16..... مقاومت فشاری در مجاورت اتصال
- 16..... طراحی بست ها (برای ستون و ...)
- 16..... محدودیتهای ابعادی ستون مرکب و لاغری‌های اجزاء آن
- 17..... محاسبه ضریب اصلاح کمانش پیچشی – جانبی C_b
- 18..... شعاع ژیراسیون موثر در کمانش پیچشی – جانبی r_{ts}
- اعضای خمشی
- 19..... محاسبه M_u
- 19..... مفهوم M_u, M_{pe}, M_n, M_d
- 20..... ظرفیت خمسی مقطع I شکل فشرده، دو محور تقارن و خمش حول محور قوی و ناودانی شکل فشرده، خمش حول محور قوی، نورد شده و تیر ورق
- 20..... ظرفیت خمسی مقطع I شکل بال‌های غیر فشرده و جان فشرده، دو محور تقارن، نورد شده و تیر ورق
- 21..... ظرفیت خمسی مقطع I شکل بال‌های فشرده یا غیر فشرده و جان فشرده یا غیر فشرده، حوا محور قوی، نورد شده و تیر ورق و مقاطع تقویت شده در بال
- 22..... ظرفیت خمسی مقطع I شکل بال‌های فشرده یا غیر فشرده و جان لاغر، یک یا دو محور تقارن، حول محور قوی، نورد شده و تیر ورق
- 22..... ظرفیت خمسی مقطع I شکل و ناودانی، حول محور ضعیف
- 22..... ظرفیت مقاطع قوطی شکل حول محور قوی یا ضعیف
- 23..... ظرفیت مقطع لوله شکل

- 23.....ظرفیت مقطع نبشی جفت و سپری با بارگذاری در صفحه تقارن
- 24.....ظرفیت مقطع خمشی توپر دایره ای و چارگوش
- 24.....ظرفیت خمشی مقاطع نامتقارن

اعضای خمشی

- 25.....ظرفیت مقطع نبشی تک
- 26.....تناسب ابعادی مقطع تحت خمش (مقطع با بال سوراخ دار تحت کشش، مقطع I شکل، ورق تقویت بال تیر)

برش

- 27.....مقاومت برشی اعضا بدون عمل میدان کشش
- 27.....مقاومت برشی اعضا با عمل میدان کشش
- 27.....طراحی سخت کننده
- 28.....مقاومت برشی سایر قاطع غیر از مقطع I شکل
- 28.....مقاومت برشی اعضا در مجاورت ناحیه اتصال

پیچش

- 29-30.....ترکیب اثر نیروها (نیرو محوری، خمش، برش، پیچش) در اعضا

جوش

- 31-32.....سطح مقطع موثر جوش A_{we} و محدودیتهای آن
- 33.....مقاومت طراحی جوش و ارزش جوش
- 34.....حالت‌های مختلف تنش در جوش

پیچ

- 35.....انواع اتصال پیچ
- 35.....نحوی انتقال نیرو در اتصال پیچشی
- 36.....اتصال اتکای
- 37.....اتصال اصطکاک

نیروها و حالات حدی اتصالات

- 37.....خمش موضعی بال در مقابل نیروی متمرکز کششی، تک یا زوج نیرو
- 37.....تسلیم موضعی جان در مقابل نیرو متمرکز کششی و فشاری، تک یا زوج نیروی کششی – فشاری
- 38.....لهیدگی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری، تک یا زوج نیروی فشاری
- 38.....کمانش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز فشاری، یک جفت نیرو تنها یا یک جفت زوج نیرو
- 38.....کمانش جانبی جان در مقابل نیرو متمرکز فشاری
- 39.....برش در چشمه اتصال

- 39.....مقاومت اتکای سطوح به هم

- 40.....طراحی کف ستون

مقاطع مختلط

- 41.....فشار، کششی و انتقال بار بین بتن و فولاد (برش طولی) در اعضای محوری با مقطع مختلط (ستونها و مهاربندها)

- 42..... مقاومت خمشی و انتقال بار برشی اعضایی با مقطع مختلط (تیر، ستون، سقف مختلط).
- 43-44..... مقاومت خمشی و نحوی انتقال بار برشی اعضایی با مقطع مختلط (تیر، ستون، سقف مختلط).
- 45..... برش در مقطع مختلط.
- 45..... انتقال بار (برش طولی) در اعضای با مقاطع مختلط محاط در بتن و پر شده با بتن.
- 45..... ترکیب نیروی محوری و لنگر خمشی در اعضای با مقاطع مختلط (بیشتر ستون).

مقاطع مختلط

- 46..... برشگیر.
- الزامات لرزه‌ای (اگر نیروی محوری، خمشی و... خواست از این بخش استفاده شود در غیر این صورت از بخش‌های غیر لرزه‌ای)
- 46..... تعیین شکل با توجه به دوران نظیر تغییر مکان نسبی طبقه (دریافت).
- 47..... پارامترهای مربوط به مصالح لرزه‌ای و اتصالات لرزه‌ای R_y, F_y, F_u, C_{pr} .
- 47..... حداقل آرماتور دورپیچ ستون مختلط (شکل پذیری زیاد).
- 48..... الزامات لرزه‌ای وصله ستون.
- 48..... الزامات لرزه‌ای کف ستون.
- 49..... الزامات لرزه‌ای وصله تیر.
- 49..... محاسبه نیروی برشی لرزه‌ای و لنگر خمشی لرزه‌ای در قاب خمشی (شکل پذیری متوسط و ویژه).
- 49..... مهار جانبی تیرها در قاب خمشی (شکل پذیری متوسط و ویژه).
- 50..... مقاومت مورد نیاز تیر در قاب خمشی (شکل پذیری متوسط و ویژه).
- 50..... اتصال تیر به ستون در قاب خمشی با شکل پذیری معمولی.
- 50..... اتصال تیر به ستون در قاب خمشی با شکل پذیری متوسط و ویژه.
- 50..... ورق تقویت چشمه اتصال، ورق مضاعف، با شکل پذیری متوسط و ویژه.
- 51..... ورق پیوستگی با شکل پذیری متوسط و ویژه.
- 51..... نسبت لنگر خمشی مجاز ستون به تیر در قالب با شکل پذیری ویژه (قاعده ستون قوی تیر ضعیف).
- 52..... ضوابط فشرده‌گی اعضا در قاب مهاربندی شده همگرا.
- 52..... تحلیل و ضوابط تیر دهانه‌ی مهاربندی شورون (۷ و ۸) در قاب مهاربندی همگرای معمولی.
- 52..... اتصالات مهاربندی در قاب‌های مهاربندی شده همگرای معمولی.
- 52..... تحلیل تیرهای و ستون‌های قاب‌های مهاربندی شده همگرای ویژه.
- 53..... اتصالات مهاربندیها در قاب مهاربندی شده همگرای ویژه.
- 53..... طراحی مهاربندی تیر و محدودیت‌ها در قاب مهاربندی شده‌ی واگرا.
- 53..... مقاومت برشی تیر پیوند.
- 53..... طول تیر پیوند.
- 54..... دوران تیر پیوند.
- 54..... به دست آوردن دوران تیر پیوند با توجه به ابعاد دهانه مهاربند واگرا و Δ_i .
- 54..... طراحی اعضای خارج از ناحیه تیر پیوند (مهاربند، ستون، تیرها، و اتصالات آن‌ها).
- 54..... اتصال تیر پیوند به ستون.
- 55..... اتصال تیر خارج از ناحیه پیوند به ستون.
- 56-55..... سخت کننده تیر پیوند.
- 57..... کنترل ارتعاشات سازه.
- 64-58..... مشخصات اتصالات از پیش تایید شده.
- 65..... جدول مشخصات هندسی مقاطع.
- 65..... منابع.

این نوشتار را بنده حقیر، پیام عباسی، تهیه و تنظیم کرده ام که حاصل بیش از چند صد ساعت مطالعه‌ی تخصصی آیین‌نامه‌ها، کتاب‌ها و آزمون‌های ادوار گذشته‌ی ورود به حرفه‌ی نظام مهندسی رشته عمران - محاسبات می باشد که به رایگان در اختیار شما مخاطبان قرار گرفته و نشر آن با ذکر منبع بلامانع می باشد. احتمالاً زیاد شنیده‌اید که آزمون نظام مهندسی کتاب باز است (*open book*) و همراه داشتن ماشین حساب نیز مجاز است زمانی که خود برای این آزمون مطالعه می‌کردم به این نتیجه رسیدم که قبولی در این آزمون بدون یادداشت برداری‌های مرتب و دقیق شاید غیر ممکن باشد (البته اکثر قریب به اتفاق موسسات معتبر، اساتید و همچنین قبول شدگان نیز چنین نظری دارند) چون داوطلبین با حجم بسیاری بالای از فرمولهای منابع مختلف مواجه هستند همچنین همراه داشتن کتاب‌ها و جزوات کمک آموزشی سر جلسه آزمون هم نمی‌تواند راهگشا باشد زیرا این کتاب‌ها به طوری تخصصی به تفسیر و ارائه مطلب پرداخته‌اند و یک موضوع را در چندین و چند صفحه ارائه داده که همین امر باعث شده همراه داشتن چنین کتاب‌های در سر جلسه آزمون بسیار بسیار کم تأثیر باشد. لازم به ذکر است این نوشتار به قدری جامع است که می‌تواند برای طراحان و دانشجویان مقاطع مختلف نیز مفید می‌باشد.

فلوچارت چه کمکی به شما می‌کند؟

"اولاً" در ذخیره‌ی زمان در حین مطالعه و سر جلسه آزمون کمک بسیار بزرگی به شما کرده به طوری که شما به جای صرف زمان زیادی جهت نوشتن چنین خلاصه‌ای، زمان مذکور را صرف مطالعه مطالب و تست زنی می‌کنید. حداقل 3.5 تا 4 ماه به مدت روزی 4.5 تا 5 ساعت به شما کمک خواهد کرد و سر جلسه آزمون حداقل برای هر سوال 1.5 دقیقه زمان ذخیره می‌کنید. "دوماً" به شما این اطمینان خاطر را می‌دهد که یک منبع مطمئن و منسجم را همراه خود دارید که بیش از 90٪ مطالب آزمون را پوشش میدهد و خود این امر باعث کاهش استرس شما در قبل و حین آزمون می‌شود.

"سوماً" اگر شرایط شما به شکلی است که مطالب تئوری و دانشگاهی همیشه ارتباط داشته‌اید (مدرس مدعو دانشگاه، مطالعه برای آزمون ارشد و... باشید) خوب این فلوچارت به تنهای کمک کننده خواهد بود و شما را از خرید کتاب و شرکت در کلاس‌ها بی‌نیاز می‌کند. اما اگر مدتی است که از مطالب و دانشگاه دور بوده‌اید باید ابتدا با مطالعه کتاب‌های تخصصی یا شرکت در کلاس‌های مؤسسات معتبری همچون سری عمران برای آزمون آماده شده سپس از این فلوچارت کمک بگیرید.

"چهارماً" فلوچارت بیش از 90٪ مطالب را پوشش می‌دهد اگر هم در حل آزمون‌های سالهای گذشته و جلسه آزمون با سوالاتی

مواجهه شده که نتوانستید با استفاده از فلوجارت حل کنید نگران نشوید از سوالات جدید بیش از 4_5 سوال در هر آزمون نداشته و به راحتی می توانید حدود 55 سوال را با این فلوجارت ها پاسخ بدهید.

چه طور از فلوجارتها استفاده کنیم؟

اجازه بدهید این سوال را در قالب تشریح یکی از فلوجارت‌های درس سازه‌های فولادی در قالب حل سوال خدمتان عرض کنم. فرض کنید تعیین ظرفیت خمشی یک تیر \bar{I} شکل از ما خواسته شده با توجه به فهرست این نوشتار و یا **لبیل‌های** که به آن می‌چسبانید به فصل خمش مراجعه می‌کنید و با توجه به اطلاعات مسئله تشخیص می‌دهید و فرضاً "خمش اعضای \bar{I} شکل با یک یا دو محور تقارن با بالهای فشرده و جان فشرده یا غیر فشرده حول محور قوی" مد نظر طراح است حال با توجه به عنوان مطرح شده حالت‌های مختلف رخ میدهد که به صورت زیر شاخه آورده شده، **ترتیب اهمیت زیر شاخه‌های اول از چپ به راست است**، باردیگر با توجه به اطلاعات مطرح شده در صورت سؤال زیر شاخه یا زیر شاخه‌های مرتبط را انتخاب کرده و از فرمولهای آن استفاده می‌کنید توجه داشته باشید یک زیر شاخه خود ممکن است چند زیر شاخه دیگر داشته باشد که شما با توجه به خواسته‌های مسئله مسیر خودتان را انتخاب کرده هر شاخه نیز به یک فرمول نهایی ختم شده که قبل از رسیدن به فرمول نهایی گام به گام پارامترهای آن فرمول محاسبه می‌شود و درانتهای شاخه مورد نظر در فرمول نهایی جای گذاری شده و به جواب نهایی خواهید رسید.

نکته که وجود دارد این است که ممکن است طراح سؤالی مطرح کند که به قسمت‌های میانی یا انتهایی یک شاخه از یک فلوجارت مرتبط باشد که طبیعاً شما باید از مرحله و قسمت مورد نظر استفاده کنید و دیگری نیازی به استفاده از قسمت‌های دیگر آن شاخه از فلوجارت نیست.

نکته بسیار مهم:

شما اگر جزء افرادی هستید که در مباحث تئوری پایه‌ای قوی دارید و ارتباط شما با مطالب دانشگاهی قطع نشده (مثلاً مدرس مدعو دانشگاه، مطالعه آزمون ارشد و... هستید) صرفاً این نوشتار را چند باز روزنامه مطالعه بفرمایید که با ساختار شکلی آن آشنا شوید سپس از آزمون‌های سالهای 91 به بعد شروع کنید به حل کردن (بانک تست سوی عمران پیشنهادی گردد) با استفاده از فلوجارتها تا کاملاً به مطالب مطرح شده در آزمون مسلط شوید.

****یک اصطلاح اشتباه وجود دارد که می گویند اگر شما تستی را یک بار حل کنید آن تست سوخته محسوب شده باید عرض کنم که در آزمون محاسبات و دیگر آزمون های ورود به حرفه نظام مهندسی این عبارت محلی از اعراب ندارد زیرا سوالات هرآزمون بیش از 50٪ مشابهت بسیار زیادی با سؤالات سنوات گذشته داشته لذا اگر شما تست های 10 سال اخیر را 2_3 بار هم بزنید نه تنها چیزی را از دست نداده اید بلکه تسلط شما را افزایش خواهد داد فقط تنها نکته ای که باید رعایت کنید این است که سؤال را خودتان از اول تا آخر بدون نگاه کردن به پاسخ نامه حل کنید و به جواب برسائید و سعی کنید هر بار زمان انجام این فرآیند پاسخ گویی کم و کمتر کنید که به زیر 3 دقیقه برسائید.**

اما اگر جزء افرادی هستید که رابطه شما با مطالب درسی قطع شده حتماً باید با توجه به زمانی که می توانید به مطالعه آزمون اختصاص بدهید از منابع کمک آموزشی تخصصی مانند کلاس ها (برای افرادی که زمان کمی دارند 5 ماه روزی 4 ساعت) یا کتابها (برای افرادی که زمان بیشتری دارند 7_8 ماه روزی 6_7 ساعت) موسسات معتبری همچون سری عمران استفاده کنید. حال این افراد فلوچارت را چگونه استفاده کنند؟ خوب این افراد باید پس از اتمام مطالعه کتاب یا اتمام کلاس نگاه گذرا به سر فصل مربوطه ی فلوچارت با مطالعه ای که کرده اند داشته باشند تا نحوی فرمول بندی و ساختار شکلی فلوچارت آشنا شوند سپس تمرین ها و تست های کتاب و کلاس را با کمک فلوچارت حل کنند.

در پایان این نوشتار را تقدیم می کنم به تنها عشق زندگیم، خانوادگی عزیزم.

همیشه "شاد و پیروز" باشید.

ارادتمند شما پیام عباسی

1400/09/27

کنترل زلزله بهره برداری : $D + 0.5L + 0.5(L_r \text{ یا } S) + E_{ser}$

اثر مؤلفه قائم زلزله سازه فولادی : $\begin{cases} (1.2 + 0.6AI)D + \rho E_h + 1.0L + 0.2S \\ (0.9 - 0.6AI)D + \rho E_h \end{cases}$

(1) $1.4D$ (2) $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$

(3) $1.2D + 1.6(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } 0.5(1.6w)]$ (4) $1.2D + 1.0(1.6w) + L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$

(5) $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$ (6) $0.9D + 1.0(1.6w)$ (7) $0.9D + 1.0E$

(8) $1.2D + 0.5L + 0.5(L \text{ یا } S) + 1.2T$ (9) $1.2D + 1.6L + 1.6(L_r \text{ یا } S) + 1.0T$

از (1) تا (9) = بار ترکیبی و یا مقاومت مورد نیاز برای تحمل بارهای با ضریب و یا لنگر ها و نیروهای داخلی مربوطه؛

D = بارهای مرده و یا لنگرها و نیروهای داخلی مربوطه؛

F = بارهای ناشی از وزن و یا فشارهای مرتبط با سیالات با چگالی مشخص و با حداکثر ارتفاع قابل کنترل، و یا لنگرها و

نیروهای داخلی مربوطه؛

L = بارهای زنده و یا لنگرها و نیروهای داخلی مربوطه؛

H = بارهای ناشی از وزن یا فشار خاک، آب در خاک یا سایر مصالح و یا لنگرها و نیروهای داخلی مربوطه؛

L_r = بارزنده ی بام و یا لنگرها و نیروهای داخلی مربوطه؛

S = بار برف و یا لنگرها و نیروهای داخلی مربوطه؛

R = بار باران و یا لنگرها و نیروهای داخلی مربوطه؛

W = بار باد و یا لنگرها و نیروهای داخلی مربوطه؛

E = تأثیرات نیروهای زلزله و یا لنگرها و نیروهای داخلی مربوطه؛

مقاومت محوری مورد نیاز مرتبه دوم P_u

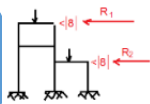
(1) محاسبه نیروی محوری مرتبه اول
تحت بار ثقلی (بدون جابه جایی)
 P_{nt} :

در قاب ها با هندسه و بارگذاری متقارن

در قاب های غیر متقارن و یا بارگذاری غیر متقارن

از تحلیل مرتبه اول بار ثقلی ضریبدار: P_{nt}

تحلیل قاب برای بار قائم ضریبدار، بدون جابه جایی جانبی



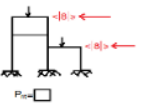
(2) نیروی محوری مرتبه اول
تحت بار جانبی: P_{lt}

در قاب ها با هندسه و بارگذاری متقارن

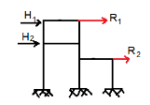
در قاب ها با هندسه و بارگذاری غیر متقارن

از تحلیل مرتبه اول قاب در اثر بار جانبی ضریب دار: P_{lt}

(الف) تحلیل قاب برای بار قائم ضریب دار (بدون جابه جایی جانبی) به دست آوردن R_1 و R_2 .



(ب) تحلیل قاب برای بار جانبی ضریب دار + واکنش تکیه گاهی مرحله الف



(3) ضریب تشدید برای در نظر گرفتن P-A هر طبقه: B_2

روش تقریبی

روش دقیق

$$B_2 \cong \frac{\Delta_{man} \text{تحلیل مرتبه دوم}}{\Delta_{man} \text{تحلیل مرتبه اول}}$$

(الف) برای سیستم ساده یا مهار بند و دیوار برشی = 0
قاب خمشی و سیستم دو گانه یا ترکیبی در صورتی P_{story} که کلیه اتصالات گیردار باشد
قاب خمشی و سیستم دو گانه یا ترکیبی که $\sum P = P_{story}$ بعضی از قاب ها به صورت ثقلی باشند
 $\sum P : P_{mf}$ قاب خمشی از ترکیب بار قائمی از جابه جای جانبی

(ب) $P_{story} = \sum P$

بار قائم طبقه ناشی از ترکیب بارگذاری ناشی از جابه جای جانبی

(پ) $P_{e story} = (1 - 0.15 \frac{P_{mf}}{P_{story}}) \frac{H L}{\Delta_H}$

H: برش طبقه (بارجانبی)
L: ارتفاع طبقه
 Δ_H : تغییر مکان جانبی طبقه صفحه 303 میحث 10

(ت) $B_2 = \frac{1}{1 - \frac{P_{e story}}{P_{story}}} \geq 1.0$

$P_u = P_{nt} + B_2 \cdot P_{et}$ (4)

مقاومت خمشی مورد نیاز مرتبه دوم M_u

از مرحله 1 تا 3 کاملاً مشابه P_u ، با این تفاوت که در تحلیل ها مقدار M (لنگر خمشی) را به دست آورده (به جای P نیروی قائم)

C_m (ف)

تیرستونهای در معرض بار جانبی هستند $C_m = 1$

تیرستون فاقد هرگونه بار جانبی

$$C_m = 0.6 - 0.4 \frac{M_1}{M_2}$$

$$|M_1| \leq |M_2| *$$

انحنای عضو مضاعف: $\frac{M_1}{M_2} > 0$

انحنای عضو ساده: $\frac{M_1}{M_2} < 0$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 (EI)^*}{(K_1 \ell)^2} \quad (\delta)$$

$(EI)^*$: تحلیل مستقیم EI کاهش یافته
روش طول مؤثر یا مرتبه اول تشدید یافته EI کاهش نیافته
طول عضو: ℓ

ضریب طول مؤثر: $K_1 = 1$

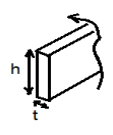
$$B_1 = \frac{C_m}{1 - (\frac{P_u}{P_{e1}})} \quad (\epsilon)$$

$$P_u = P_{nt} + P_{lt}$$

(و)

$$M_u = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M$$

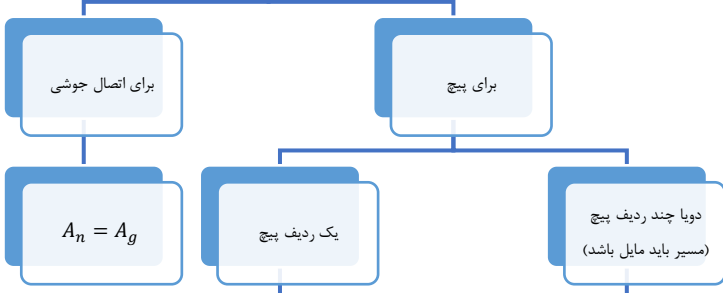
محاسبه مقاومت کششی در طول عضو



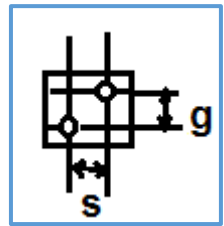
$A_g = h \cdot t$
برحسب A_g : $(mm)^2$

تسلیم کشش سطح مقطع کل:
 $\phi \cdot T_{n1} = \phi \cdot F_y \cdot A_g$
0.9 : ϕ
 T_{n1} : برحسب (N)
 F_y : برحسب (MPa)
 A_g : برحسب $(mm)^2$

سطح مقطع خالص عضو: A_n



$D = d + 2mm$
D: قطر محاسباتی سوراخ
d: قطر اسمی سوراخ



$A_n = (h - D) \cdot t$
یا
 $A_n = A_g - D \cdot t$
D: قطر محاسباتی سوراخ
 A_n : برحسب $(mm)^2$

$A_n = (h - n \cdot D + \sum_{i=1}^n \frac{S^2}{4g}) \cdot t$
یا
 $A_n = A_g - n \cdot D \cdot t + \sum_{i=1}^n \frac{S^2}{4g} \cdot t$
n: تعداد پیچ در مسیر
D: قطر مجاز از سوراخ

$\phi \cdot T_{n2} = \phi \cdot F_u \cdot A_n$
 $T_u \leq \phi \cdot T_n = \min\{\phi \cdot T_{n1}, \phi \cdot T_{n2}\}$
• ϕ : 0.75
• A_n : برحسب $(mm)^2$
• F_u : برحسب (MPa)
• T_{n2} : برحسب (N)

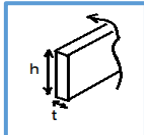
نکته: نبشی، ناودانی و... که هم از بال و هم از جان اتصال دارد مانند یک ورق محاسبه کرده یعنی نبشی، ناودانی و... را باز می کنیم و به اندازه یک ضخامت از پهنای آن کم کرده. مثل شکل

	$\geq M36$	M30	M27	M24	M22	M20	M16	نمره پیچ
قطر اسمی پیچ (d_b)	$d_b \geq 36mm$	30mm	27mm	24mm	22mm	20mm	16mm	
قطر اسمی سوراخ (d)	$d_b + 3mm$	33mm	30mm	27mm	24mm	22mm	18mm	
قطر محاسباتی سوراخ (D)	$d + 2 = d_b + 5$	35mm	32mm	29mm	26mm	24mm	20mm	

سوراخ استاندارد و دیگر سوراخ ها (صفحه 160 مبحث 10)

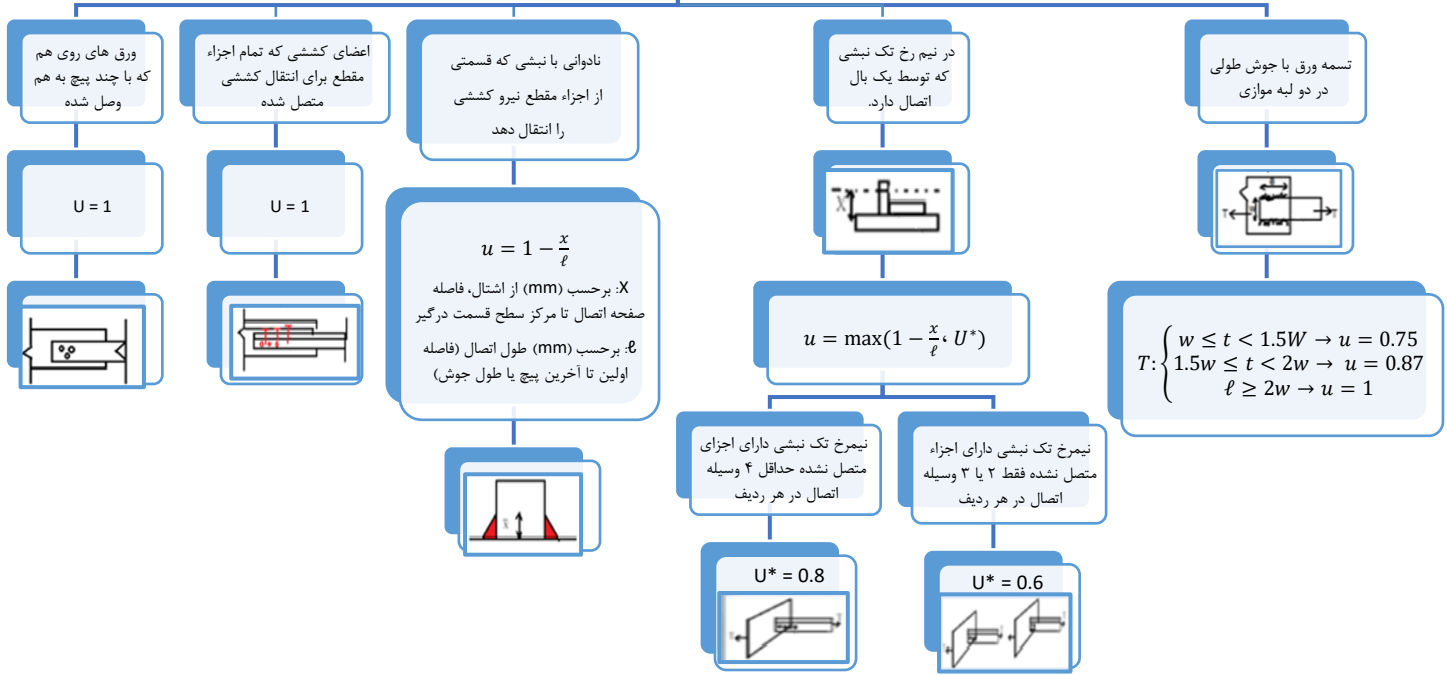
محاسبات کششی در محل اتصال

$A_g = h.t \quad (1)$
 برحسب $(mm)^2$ بدون در نظر گرفتن سوراخ

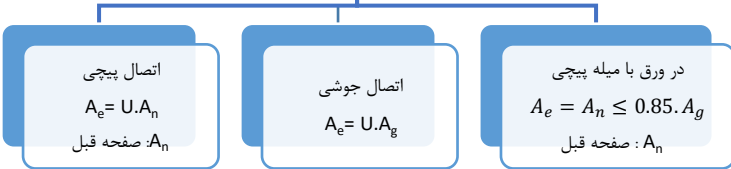


(۲) تسلیم کششی سطح مقطع کل
 $\phi \cdot T_{n1} = \phi \cdot F_y \cdot A_g$
 برحسب T_{n1} : (N)
 $\phi : 0.9$
 بر حسب (MPa) : F_y
 بر حسب $(mm)^2$: A_g

(۳) ضریب تأخیر برش: U



(۴) مصالح مقطع خالص مؤثر: A_e

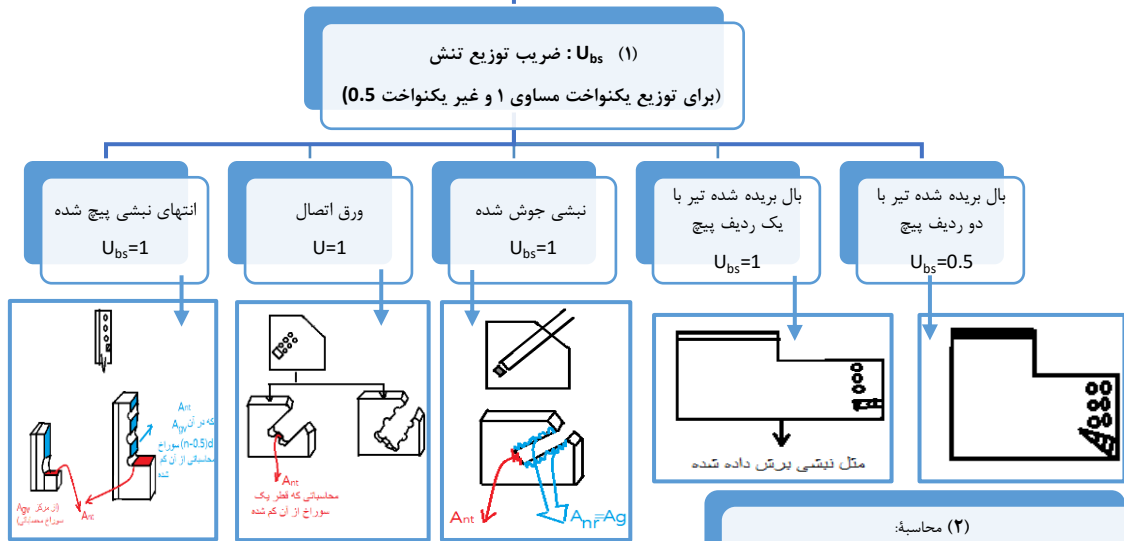


(۵) گسیختگی کششی در مقطع خالص مؤثر عضو در محل اتصال
 $\phi \cdot T_{n2} = \phi \cdot F_u \cdot A_e$
 $\phi : 0.75$
 برحسب $(mm)^2$: A_e
 برحسب (MPa) : F_u
 برحسب (N) : T_{n2}

(۶)
 $T_U \leq \phi \cdot T_n = \min\{\phi \cdot T_{n1}, \phi \cdot T_{n2}\}$

نشر با ذکر منبع بلامانع <http://t.me/>

کنترل برش قالبی



کنترل لاغری: اعضای کششی $(\ell/r_{min})_{max} \leq 300$

در طراحی کاربرد دارد $r_{min} = \min\{r_y, r_x\}$

برای قلاب ها و میل مهارهای کششی به دارای پیش بندی اولیه به مقدار کافی باشد طوری که پس از ایجاد کشش اولیه عضو به حالت مستقیم در آید رعایت محدودیت لاغری ضرورت ندارد.

کنترل های بر حسب لاغری:

لاغری مهاربندهای 7 و 8 شکل، صفحه 224 مبحث 10

- 1 - کنترل فاصله وسایل اتصال
 - 2 - کنترل فاصله ها لقمه
 - 3 - کنترل فاصله ورق سبک
 - 4 - کنترل فاصله بست موازی
- مبحث 10، صفحه 40 و 39

(2) محاسبه:
 A_{gv} : سطح مقطع کل برش بدون در نظر گرفتن سوراخ محاسباتی
 A_{nt} : سطح مقطع خالص کشش (سوراخ محاسباتی)
 A_{nv} : سطح مقطع خالص برش

(3) تسلیم برشی - گسیختگی کششی:

$$\phi . R_{n1} = \phi [0.6 . F_y . A_{gv} + U_{bs} . F_u . A_{nt}]$$

$\phi : 0.75$ و F_y و F_u : بر حسب (MPa) A_{gv} و A_{nt} : بر حسب $(mm)^2$

(4) گسیختگی کششی - گسیختگی کششی:

$$\phi . R_{n2} = \phi [0.6 . F_u . A_{nv} + U_{bs} . F_u . A_{nt}]$$

$\phi : 0.75$ و F_y و F_u : بر حسب (MPa) A_{gv} ، A_{nt} : بر حسب $(mm)^2$

$$R_u \leq \phi . R_n = \min\{\phi . R_{n1}, \phi . R_{n2}\} \quad (5)$$

کنترل مقاومت اتکای
(لهیدگی)

$$R_n \quad (1)$$

سوراخ لوبیای بلند در امتداد عمود بر نیرو

$$R_n = L_c . t . f_u \leq 2d . t . f_u$$

سوراخ استاندارد، سوراخ بزرگ شده، سوراخ لوبیای کوتاه، سوراخ لوبیای بلند در امتداد نیرو

$$R_n = 1.2L_c . t . f_u \leq 2.4d . t . f_u$$

$$R_u \leq \phi . R_n \quad (2)$$

$$0.75 . \phi$$

R_n : مقاومت اتکایی طرح برای کششی

$$R_u = \frac{T}{n} \rightarrow n . R_u = n . \phi . R_n \quad (3)$$

R_u : نیروی اتکایی هر پیچ

T : نیروی وارد بر صفحه

n : تعداد پیچ

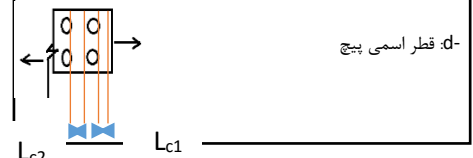
$n . \phi . R_n$: مقاومت اسمی اتصال

$$\ell_{e2} \leftrightarrow \ell_{e1}$$

اعضای کششی، کنترل
مقاومت اتکای (لهیدگی):

لغزش جزئی بین صفحات اتصال:

کنترل لهیدگی در ردیف یک و دو
نکته L_c - فاصله خالص بین لبه سوراخ با یک دیگر یا لبه ورق
قطر اسمی سوراخ باید لحاظ شود

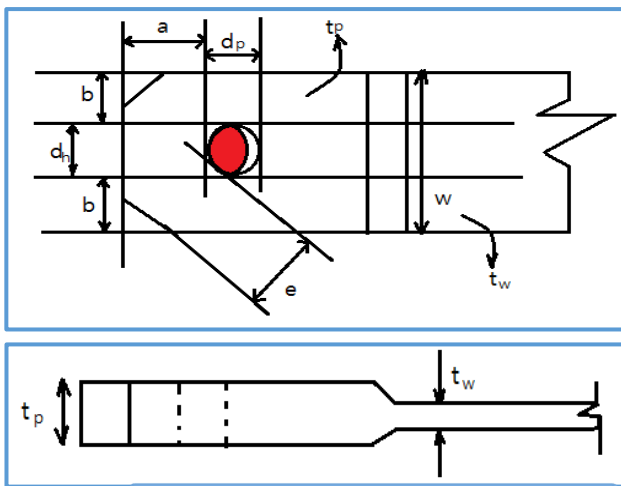


(نشر با ذکر منبع بلامانع است)

تهیه و تدوین: پیام عباسی

محاسبات تسمه لولا

شده: (با خار مغزی)



$$\left. \begin{aligned} a &\geq \frac{4}{3} b_{eff} - 1 \\ e &\geq a - 2 \\ w &\geq 2b_{eff} + d_p - 3 \\ A_g &= w \cdot t_w - 4 \\ b_{eff} &= 2t_p + 16mm \leq b - 5 \\ d_h &= d_p + 1mm - 6 \end{aligned} \right\} \text{محدودیت ها:}$$

a : کوتاه ترین فاصله لبه سوراخ و لبه عضو در امتداد نیرو

W : ضخامت تسمه در ناحیه دور

محاسبات تسمه لولا شده (با خار مغزی)

b_{eff} : پهنایی مؤثر d_h : قطر سوراخ d_p : قطر بین (قلم لوله)

۱) گسیختگی کششی سطح مقطع خالص مؤثر (۱)

$$b_{eff} = 2t_p + 16mm \leq b$$

$$\phi \cdot P_{n1} = \phi \cdot F_u (2t_p \cdot b_{eff})$$

ϕ : 0.75 F_u : بر حسب MPa t_p : بر حسب mm b_{eff} : بر حسب mm

۲) گسیختگی برشی در سطح مقطع مؤثر (۲)

$$A_{sf} = 2t_p \left(a + \frac{d_p}{2} \right)$$

$$\phi \cdot P_{n2} = 0.6 \cdot \phi \cdot F_u \cdot A_{sf}$$

t_p : ضخامت تسمه در ناحیه سوراخ ، بر حسب mm ، d_p : قطر سوراخ ، بر حسب mm ، A_{sf} : سطح مقطع مؤثر در مسیر گسیختگی برشی ، بر حسب mm

ϕ : 0.75 F_u : (MPa) A_{sf} : بر حسب mm²

۳) مقاومت انکابی در سطح تصویر شده قلم لوله و پین (۳)

$$A_{pb} = d_h \cdot t_p$$

$$\phi \cdot P_{n3} = 1.8 \cdot \phi \cdot f_y \cdot A_{pb}$$

A_{pb} : سطح تصور انکا (mm)²

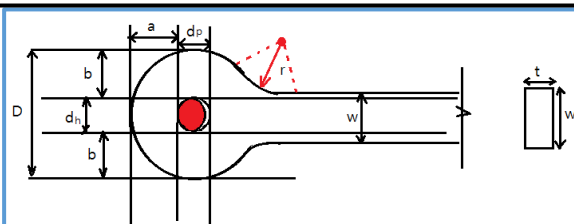
ϕ : 0.75 F_u : (MPa)

۴) تسلیم سطح مقطع کل (۴)

$$\phi \cdot P_{n4} = \phi \cdot f_y \cdot w \cdot t_w$$

ϕ : 0.6 F_u : بر حسب (MPa) W : بر حسب (mm) t_w : بر حسب (mm)

$$(5) p_u \leq \phi \cdot p_n = \min\{\phi \cdot p_{n1}, \phi \cdot p_{n2}, \phi \cdot p_{n3}, \phi \cdot p_{n4}\}$$



محاسبات تسمه سر پهن (با خار مغزی)

محدودیت

$$\left. \begin{aligned} t &\geq 12mm - 1 \\ w &\leq 8t - 2 \\ \text{if } f_y > 485MPa &\rightarrow d_f \leq 5t - 3 \\ d_h &= w \cdot t - 4 \\ d_h &\leq d_p + 1mm - 5 \\ d_p &\geq \frac{7}{8} w - 6 \\ a &= b - 7 \\ \frac{2}{3} w &\leq b \leq \frac{3}{4} w - 8 \\ r &> D - 9 \end{aligned} \right\} \text{ها:}$$

محاسبات تسمه سر پهن (با خار مغزی)

(1) $\phi \cdot P_{n1} = \phi \cdot F_u (2t \cdot b_{eff})$ ، ϕ : 0.75 $b_{eff} = 2t + 16mm \leq b$

(2) $\phi \cdot P_{n2} = 0.6 \cdot \phi \cdot f_y \cdot A_{sf}$ ، ϕ : 0.75 $A_{sf} = 2t \left(a + \frac{d_p}{2} \right)$

(3) $\phi \cdot P_{n3} = 1.8 \cdot \phi \cdot f_y \cdot A_{pb}$ ، ϕ : 0.75 $A_{pb} = d_h \cdot t_p$

(4) $\phi \cdot P_{n4} = \phi \cdot F_y \cdot A_g$ ، ϕ : 0.9 $A_g = w \cdot t$

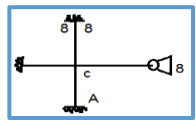
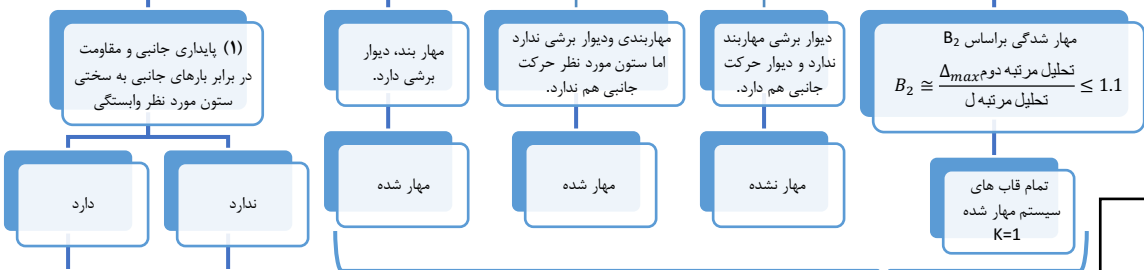
(5) $p_u \leq \phi \cdot p_n = \min\{\phi \cdot p_{n1}, \phi \cdot p_{n2}, \phi \cdot p_{n3}, \phi \cdot p_{n4}\}$

(نشر با ذکر منبع بلامانع است)

تهیه و تدوین: پیام عباسی

k
ضریب طول مؤثر

ستون یا شرایط تکیه گاهی ایده ال
(1) ستون های داخلی قاب

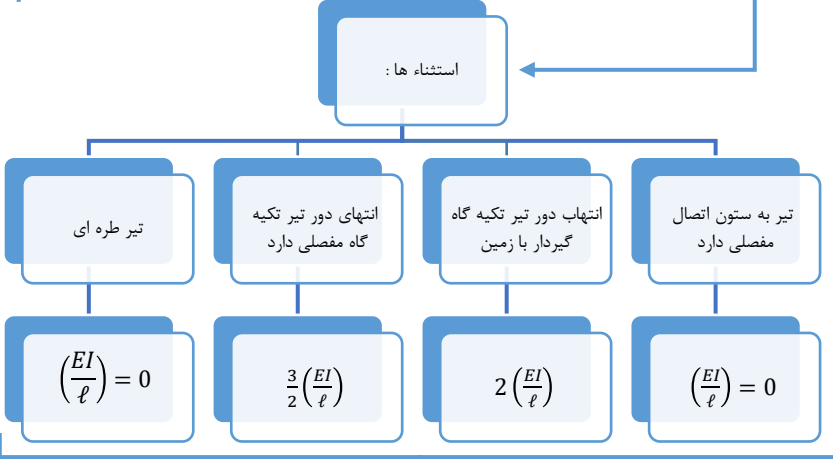
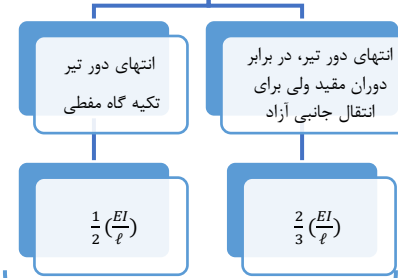
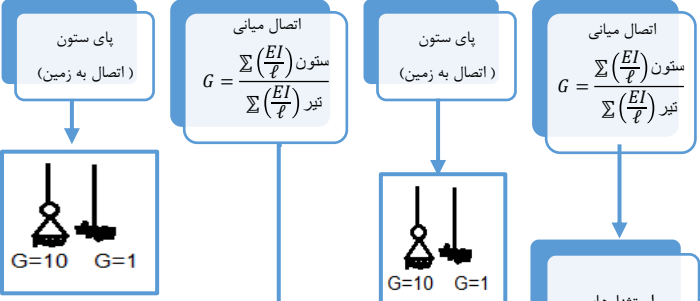
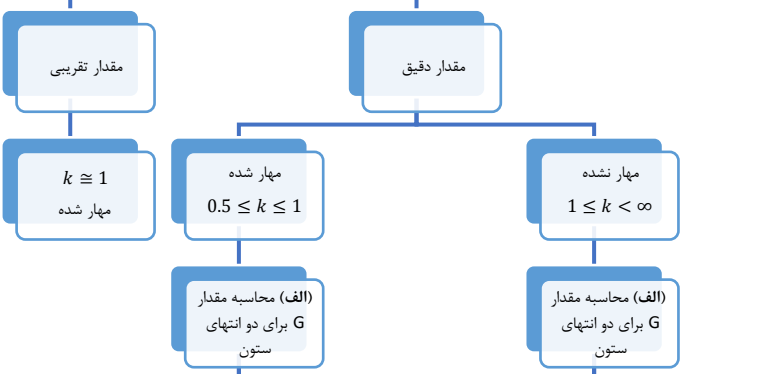
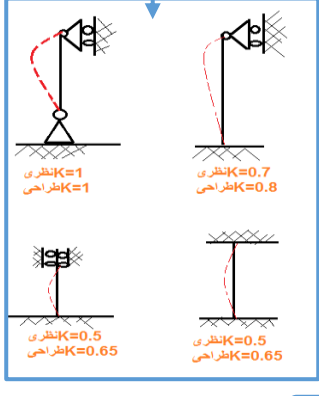
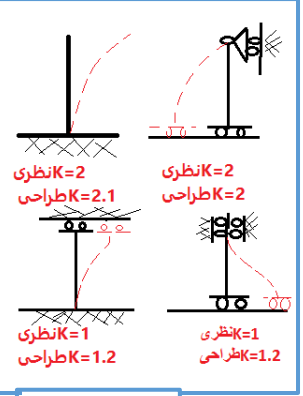


**** حالت کلی که بر این حالت ها قالب است:**
پایداری جانبی و مقاومت در برابر بارهای جانبی به مجموع سختی ستون های طبقه مورد نظر بستگی دارد.
مهار نشده چون نسبت به هم حرکت دارد

(2) معادل کردن دو انتهای مورد نظر ستون با تکیه گاه های مشخص

(3) مقایسه با مقادیر مشخص در شکلهای پایین

مهار نشده $1 \leq k \leq \infty$
مهار شده $0.5 \leq k \leq 1$



$$1 \leq k = \sqrt{\frac{1.6G_A G_B + 4(G_A + G_B) + 7.5}{G_A + G_B + 7.5}}$$

GA, GB : اتصال ابتدای و انتهای ستون

$$k = \frac{3G_A G_B + 1.4(G_A + G_B) + 0.64}{3G_A G_B + 2(G_A + G_B) + 1.28} \leq 1$$

GA, GB : اتصال ابتدای و انتهای ستون

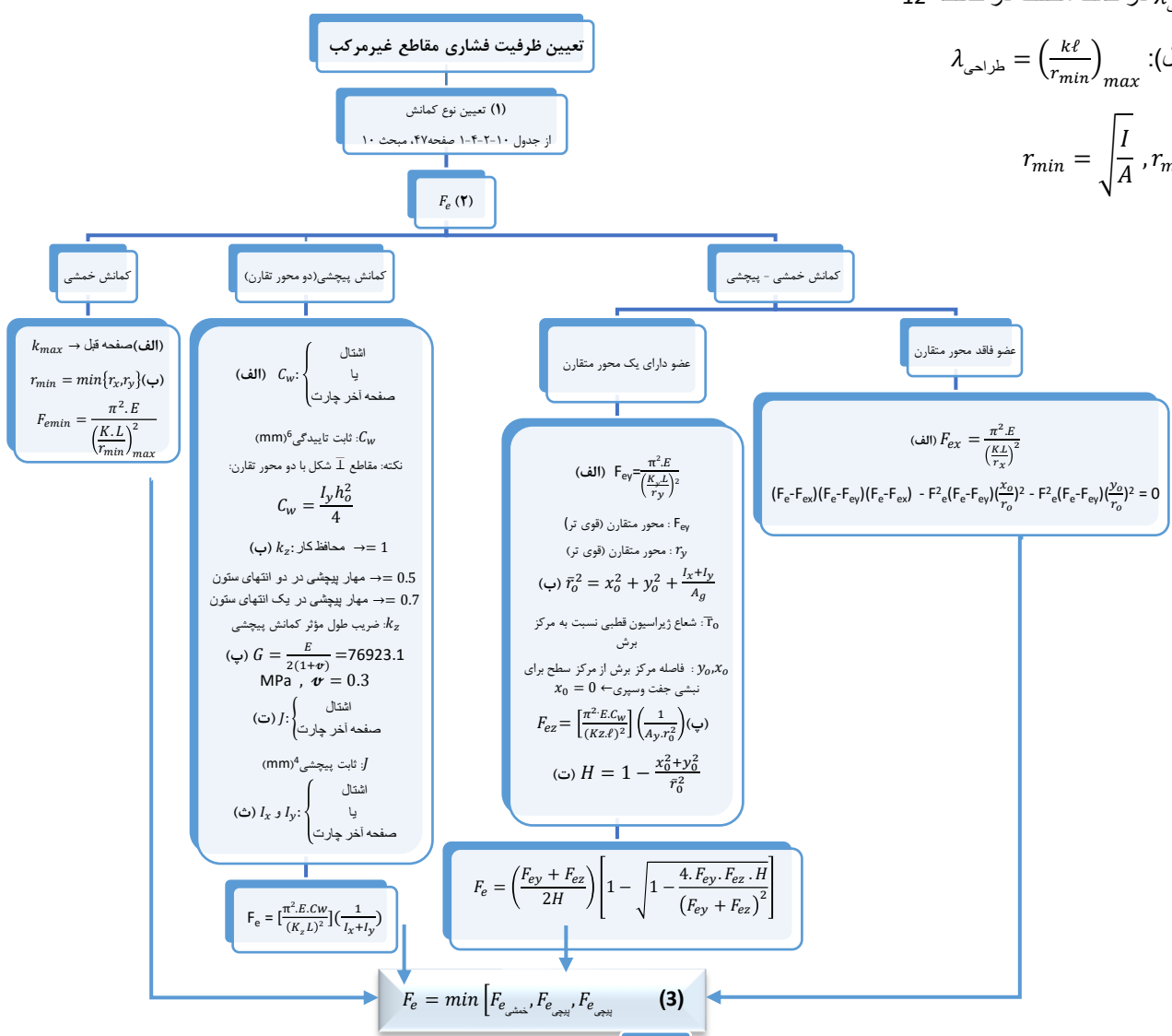
نکته: k مهار بندها: $\left. \begin{array}{l} \text{مهار بند ضرب دری} \\ \text{عمود بر صفحه قاب} \\ \text{مهار بند هفتی، هشتی، قطری} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \leftarrow k = 0.5 \\ \leftarrow k = 0.7 \\ \leftarrow k = 1 \end{array}$

نسبت لاغری بحرانی $\lambda_{طراحی} = \max[\lambda_x, \lambda_y] \leq 200$ که بهینه ترین حالت: $\lambda_x = \lambda_y$ ← مقاومت عضو در راستای x برابر راستای y است.
 نسبت لاغری طراحی λ در حالت مختلف در صفحه 12

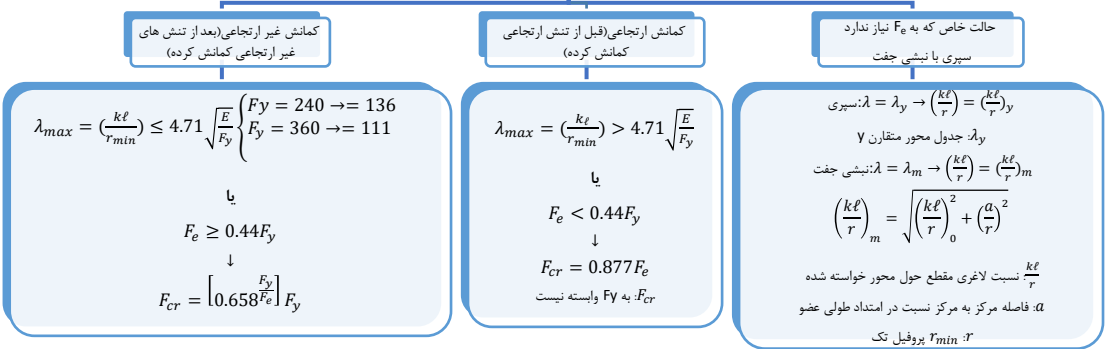
مقطع استاندارد (اشتال): $\lambda_{طراحی} = \left(\frac{k\ell}{r_{min}}\right)_{max}$

$r_{min} = \sqrt{\frac{I}{A}}, r_{min} = \min\{r_x, r_y\}$

تعیین ظرفیت فشاری مقاطع غیر مرکب



(4) F_{cr}



$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{(\lambda)^2}$

$P_U \leq \phi \cdot P_n = \phi \cdot F_{cr} \cdot A_g$ (5)

$F_{ery} = F_{cr}$ و $F_{crz} = \frac{GJ}{A_g \bar{r}_0^2}$
 (ن) $F_{cr} = \frac{F_{ery} + F_{crz}}{2H} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 F_{ery} \cdot F_{crz} \cdot H}{(F_{ery} + F_{crz})^2}}\right]$

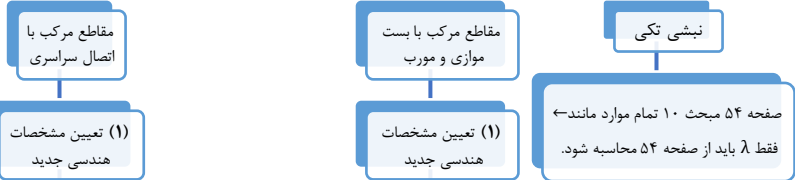
نکته: P_{ne} نیروی فشاری مورد انتظار: به جای F_y در فرمول اصلی $R_y F_y$ گذاشته

<http://>

تهیه و تدوین: پیام عباسی

تعیین ظرفیت فشاری مقطع مرکب و نبشی تک

تعیین ظرفیت فشاری مقاطع مرکب و نبشی تک



(۱) تعیین مشخصات هندسی جدید

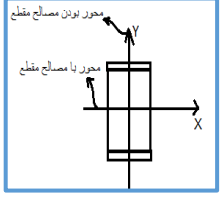
$$\begin{cases} \hat{I}_x = 2I_x \\ \hat{I}_y = 2 \left[I_y + A \left(\frac{b}{2} \right)^2 \right] \\ \hat{A} = 2A, \quad r_{min} = \sqrt{\frac{\hat{I}_{min}}{2A}} \\ I_{min} = I_y \end{cases}$$

(۱) تعیین مشخصات هندسی جدید

$$\begin{cases} \hat{I}_x = 2I_x \\ \hat{I}_y = 2 \left[I_y + A \left(\frac{b}{2} \right)^2 \right] \\ \hat{A} = 2A, \quad r_x = \sqrt{\frac{\hat{I}_x}{2A}} \\ r_y = \sqrt{\frac{\hat{I}_y}{2A}} \end{cases}$$

\hat{A} : بدون در نظر گرفتن مساحت بست

صفحه ۵۴ مبحث ۱۰ تمام موارد مانند ← فقط λ باید از صفحه ۵۴ محاسبه شود.



(۲) $\lambda = \max(\lambda_x, \lambda_y) \leq 200$

(۲) λ

$\lambda_x = \left(\frac{k_x \cdot \ell}{r_x} \right)$ λ_{ym}

بست با بیج اتکایی

بست با جوش یا بیج اصطکاک

$\lambda_{ym} = \left(\frac{k_y \cdot \ell}{r_y} \right) m \sqrt{\left(\frac{k_y \cdot \ell}{r_y} \right)_0^2 + (a/r_i)^2}$

r : شعاع زیراسیون کل مقطع
 A : فاصله مرکز به مرکزیت ها در امتداد طولی
 r_i : شعاع زیراسیون حداقل پروفیل تک
 $\left(\frac{k_y \cdot \ell}{r_y} \right)_0$: نسبت لاغری مقطع ساخته شده نسبت به محوره‌های موردنظر (y)

$a/r_i \leq 40$

$a/r_i > 40$

$\lambda_{ym} = \left(\frac{k_y \cdot \ell}{r_{min}} \right) m = \left(\frac{k_y \cdot \ell}{r} \right)_0$
 λ طراحی = $\max\{\lambda_x, \lambda_{ym}\}_T$

$\lambda_{ym} = \left(\frac{k_y \cdot \ell}{r} \right) m = \sqrt{\left(\frac{k_y \cdot \ell}{r} \right)_0^2 + \left(\frac{k_y \cdot a}{r_i} \right)^2}$

(۳) روند محاسبه مقاومت: $f_e \Rightarrow f_{cr} \Rightarrow \phi \cdot P_n = \phi \cdot f_{cr} \cdot A_g \geq P_u$

بست موازی (افقی)

(۱) $V_{design} = 0.02P_u + V_{uicolt}$
 نیروی طراحی: V_{design}
 نیروی فشاری ستون: P_u
 نیرو برشی در راستای بست ها: V_{uicolt}
 $V_x = V_{uicolt} = \frac{M_y}{\ell}$
 در جهت بست ها: V_x
 عمود بر بست ها: M_y

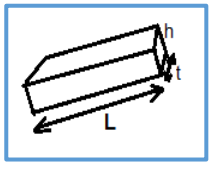
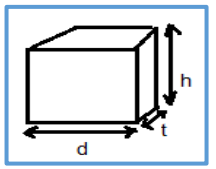
V_{uicolt} و M_u (۲)
 $V_{uicolt} = \frac{V_{design} \times a}{2b}$
 V_{uicolt} : نیروی وارد به "هریست" برای طراحی
 a : فاصله مرکز به مرکز بست ها در طول
 b : فاصله مرکز به مرکز تیمرخ ها
 V_{uicolt} : برش طراحی "هریست"
 M_{uicolt} : خمش طراحی "هریست"

(۳)
 $M_{uicolt} = \frac{V_{design} \times a}{4}$
 $A = t \cdot h, s = \frac{t \cdot h^2}{6}, z = \frac{t \cdot h^2}{4}$

(۴)
 کنترل برش بست ها: $V_{uicolt} \leq 0.9V_n$
 $V_n = 0.6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v$
 کنترل خمش بست ها: $M_{uicolt} \leq 0.9M_n$
 $M_n = F_y \cdot Z \leq 1.6M_y$

(۵) طراحی جوش دورتا دور در صفحه ۲۴ است.

طراحی بست ستون



بست مورب

$V_{design} = 0.02P_u + V_{u, col}$ (۱)

$P_u = \frac{V_{design}}{m \cdot n \cdot \sin \alpha}$ (۲)
 P_u : نیروی ایجاد شده در بست ها
 $m = 1$: مورب تکي، $m = 2$: مورب ضربدری
 n : تعداد صفحات بست در دو طرف ستون
 α : زاویه بست با محور قائم

$\lambda_{max} = \left(\frac{k \cdot \ell}{r_{min}} \right)_{max}$
 $\ell = S$: بست تکي
 $\ell = 0.75S$: بست ضربدری
 $r_{min} \approx 0.3t$ و

(۴)
 روند محاسبه مقاومت: $f_e \Rightarrow f_{cr} \Rightarrow \phi \cdot p_n = \phi \cdot f_{cr} \cdot A_g \geq 0.9 \cdot P_u$
 نکته: اگر بست، ورق باشد مثل مقطع توپر به آن نگاه کرده

ظرفیت فشاری در ناحیه اتصال

مقاومت فشاری در ناحیه اتصال

$\frac{k \cdot \ell}{r} \leq 25$
 k : صفحه ۱۴
 $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$

$\frac{k \cdot \ell}{r} > 25$
 k : صفحه ۱۴
 $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$

$P_u \leq \phi \cdot P_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g$
 $P_u = 1.2P_D + 1.6P_L \dots$
 $0.9 \cdot \phi$

مشابه صفحه قبل

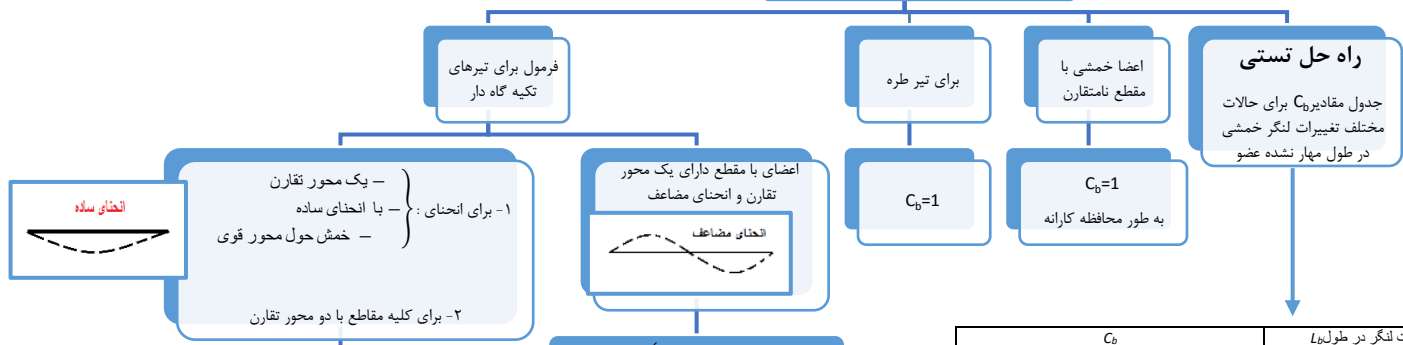
نکته: محدودیت های ابعادی های ستون مرکب و لاغری های اجزاء آن از صفحه ۵۵ تا صفحه ۵۹ مبحث ۱۰

<http://t.me>

(نشر با ذکر منبع)

تهیه و تدوین: پیام عباسی

ضریب اصلاح لنگر کمانش پیچشی جانبی C_b



فرمول برای تیرهای تکیه گاه دار

۱- برای انحنای: - با انحنای ساده - خمش حول محور قوی

۲- برای کلیه مقاطع با دو محور تقارن

اعضای با مقطع دارای یک محور تقارن و انحنای مضاعف

انحنای مضاعف

برای تیر طره $C_b=1$

اعضا خمشی با مقطع نامتقارن $C_b=1$ به طور محافظه کارانه

راه حل تستی

جدول مقادیر C_b برای حالات مختلف تغییرات لنگر خمشی در طول مهار نشده عضو

بدست آوردن نمودار لنگر

$M_{max} = |M_{max}|$
|: قدر مطلق
 M_{max} : در حد فاصل دو مهار جانبی

$M_A = |M_{2/4}|$
 $M_{2/4}$: در فاصله $\frac{2}{4}$ از مهار جانبی (بین دو مهار جانبی)

$M_B = |M_{1/2}|$
 $M_{1/2}$: در فاصله $\frac{1}{2}$ از مهار جانبی (بین دو مهار جانبی)

$M_C = |M_{3/4}|$
 $M_{3/4}$: در فاصله $\frac{3}{4}$ از مهار جانبی (بین دو مهار جانبی)

$C_b = \frac{12.5M_{max}}{2.5M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$

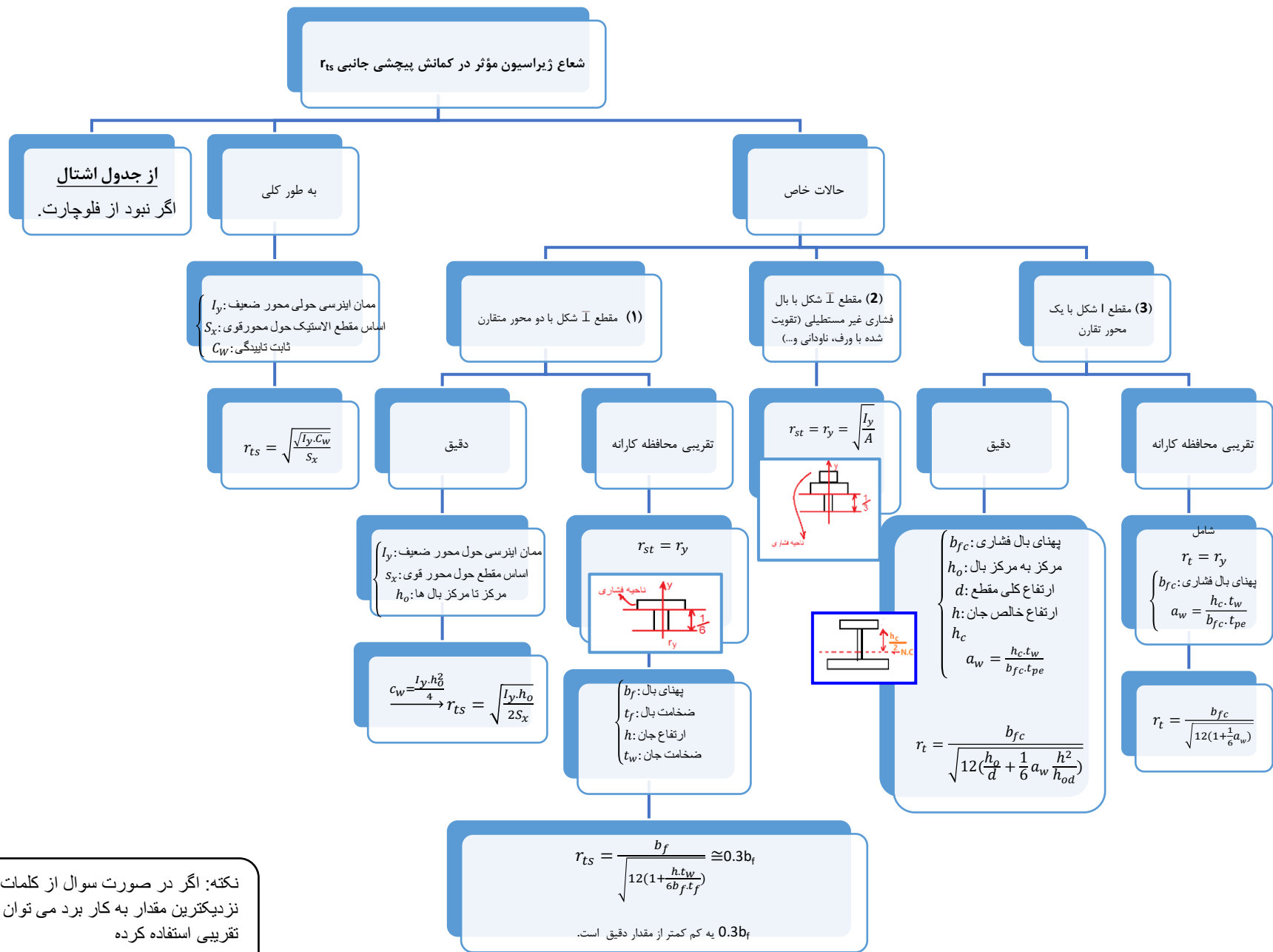
اقتتال I_y اگر نبود محاسبه دستی

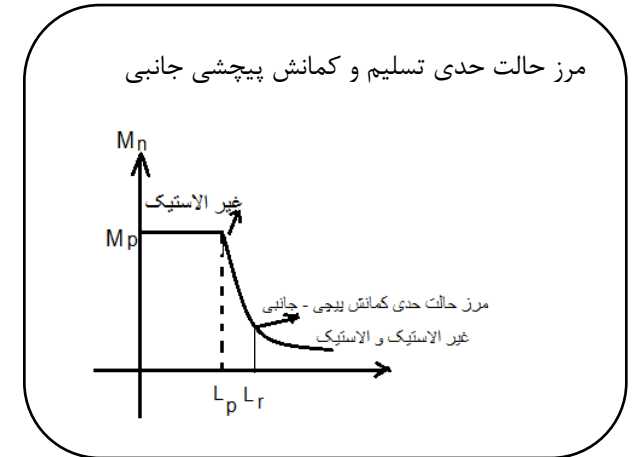
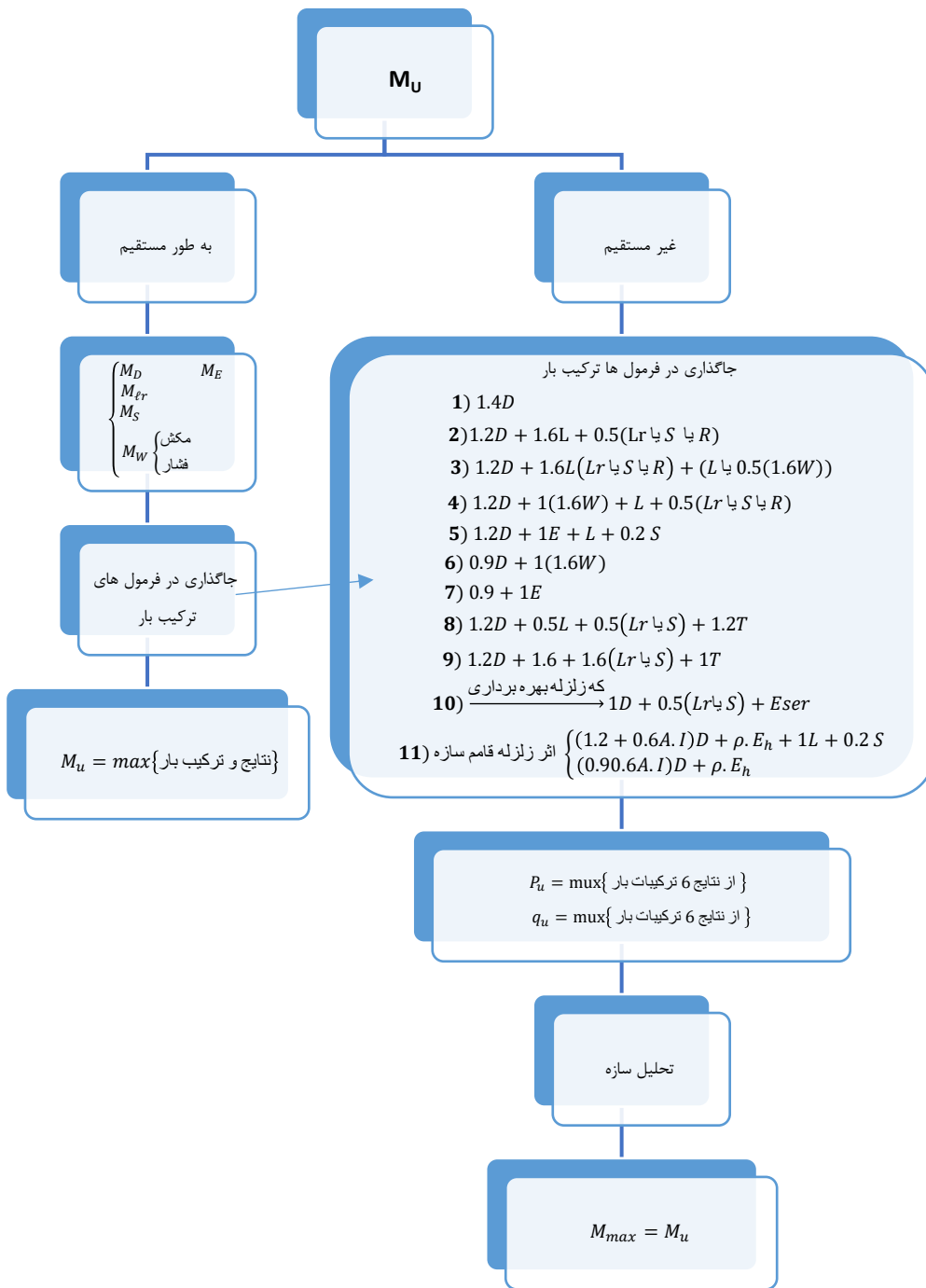
ممان اینرسی بال فوقانی حول محور I_{yTop}

$R_m = 0.5 + 2\left(\frac{I_{yTop}}{I_y}\right)^2$

$C_b = R_m \cdot C_b \leq 3$

ردیف	تغییرات لنگر در طول L_b	C_b
1		1
2		1.14
3		1.32
4		2.27
5		1.32
6		1.67
7		1
8		1.25
9		1.92
10		$\frac{12.5}{11 - 1.5\alpha} (\alpha \leq 1)$
11		$\alpha \geq \frac{1}{3} \Rightarrow C_b = \frac{12.5}{1 + 8.5\alpha} (\alpha \leq 1)$ $\alpha \leq \frac{1}{3} \Rightarrow C_b = \frac{12.5}{4 - 0.5\alpha}$
12		1.30
13		$C_b = \frac{2.5\alpha}{1 + 1.5\alpha} (\alpha \geq 1)$
14		$C_b = \frac{25\alpha}{13.5\alpha - 5.5 + 1.5 \alpha - 3 } (\alpha \geq 1)$





نکته

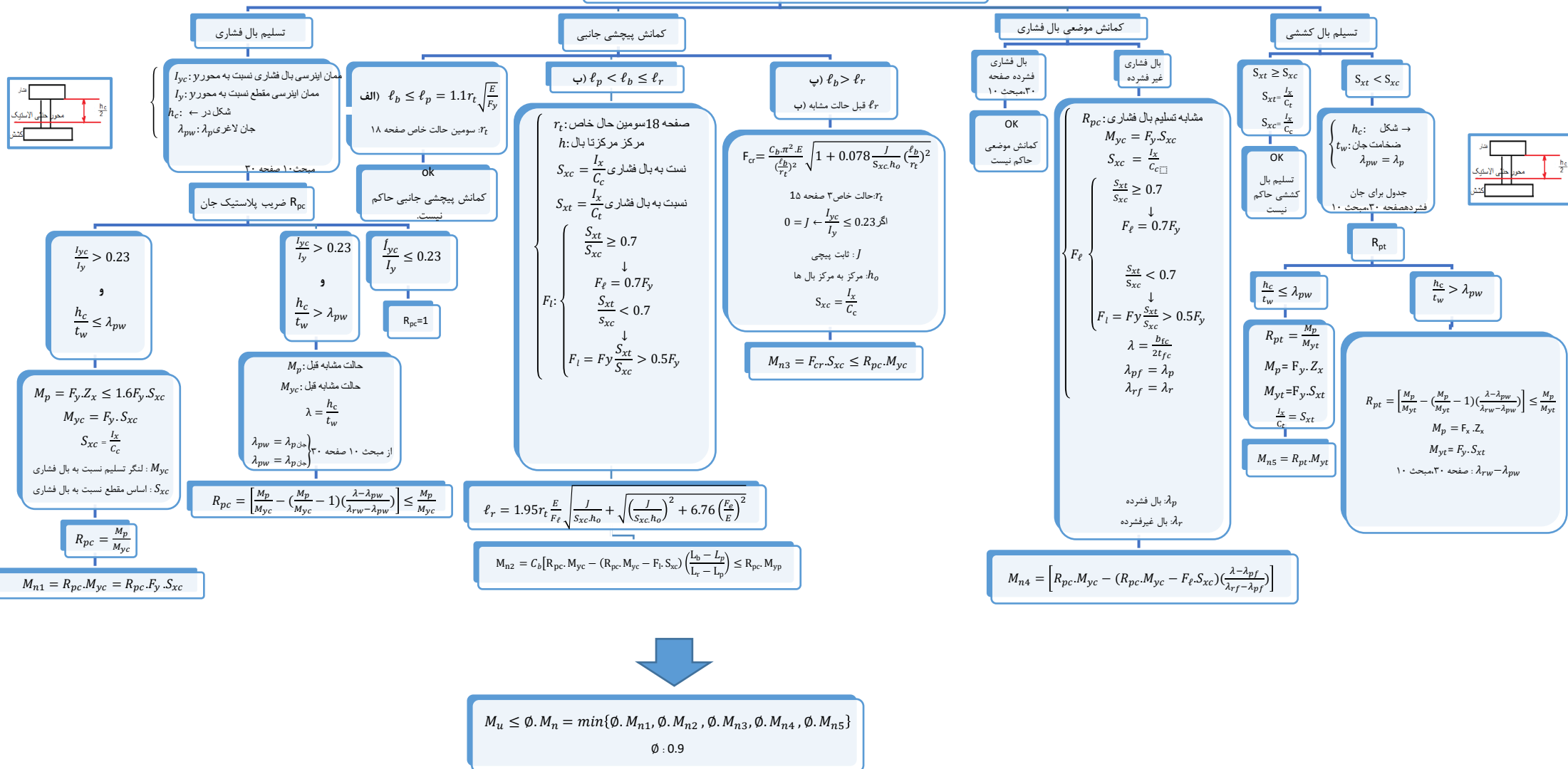
M_u - مقاومت مورد نیاز یا (لنگر) تلاش های نهایی حاصل از بار ضریب دار

M_{pe} - لنگر مورد انتظار \Leftarrow به جای F_y در فرمول اصلی $F_y R_y$ گذاشته

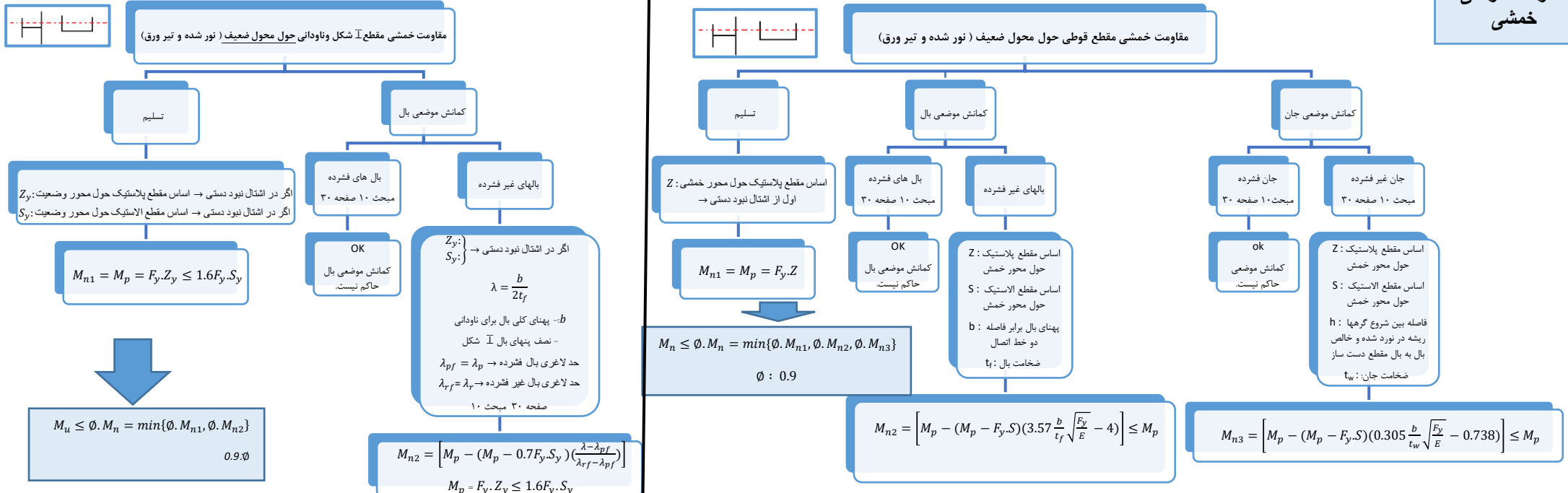
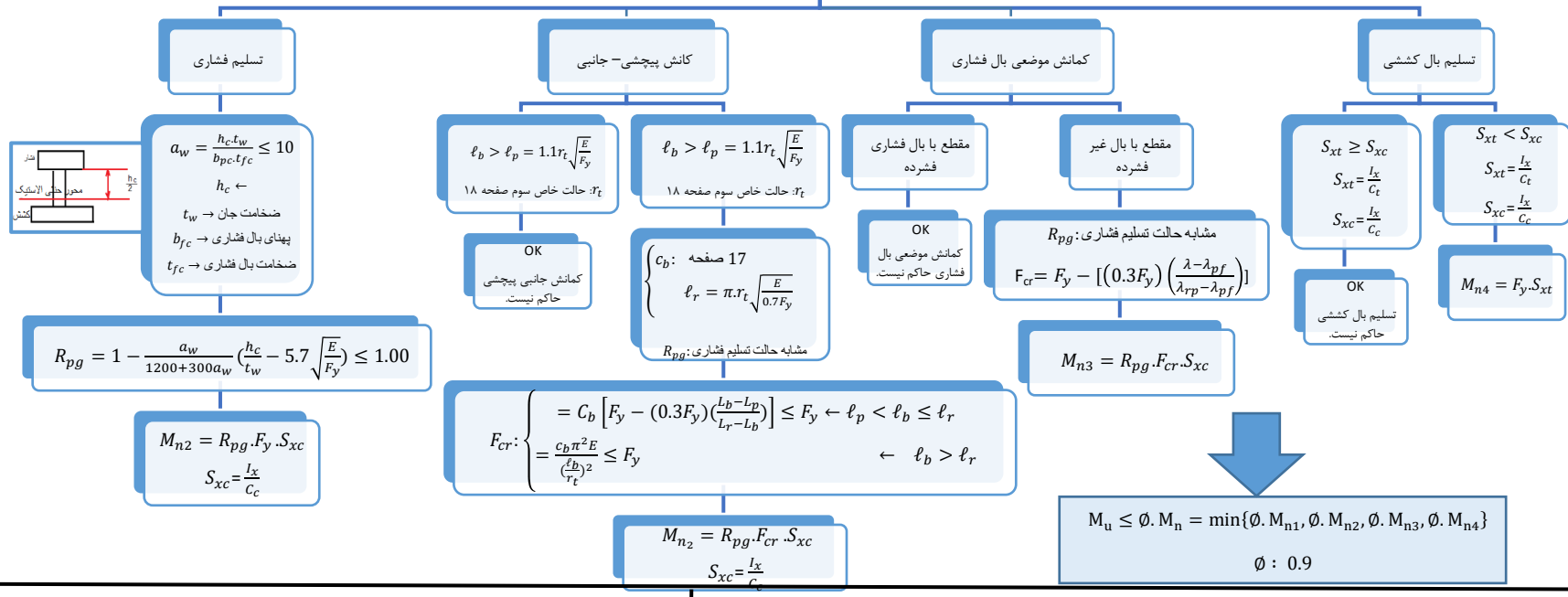
M_n - مقاومت اسمی که بدون در نظر گرفتن هیچ گونه ضریب کاهش مقاومت است

M_d - مقاومت طراحی برابر است با $M_n \cdot \phi$ \Leftarrow ضریب تعلیل $M_u \leq M_d$

اعضای I شکل با یک یا دو محور تقارن با بال های فشرده و جان فشرده یا غیر فشرده
حول محور قوی (نور شده و تیر ورق) (تقویت شده در بال با ورق)



اعضای با مقاطع I شکل با یک یا دو محور تقارن با بال های فشرده و غیر فشرده و جان لاغری حول محور قوی (نورد شده و تیر ورق)



مقاومت خمشی مقاطع لوله ای شکل

$$\frac{D}{t} \leq 0.31 \frac{E}{F_y}$$

قطر خارجی : D
ضخامت : t

$$\frac{D}{t} > 0.31 \frac{E}{F_y}$$

قطر خارجی : D
ضخامت : t

تسلیم

کمانش موضعی

مقطع لاغر

اساس مقطع : Z
پلاستیک از اشتال

مقطع فشرده
(میجت ۱۰ صفحه ۳۰)

مقطع غیر فشرده
(میجت ۱۰ صفحه ۳۰)

N.G ← طراحی در این حالت غیر مجاز است.

$$M_{n1} = M_p = F_y \cdot Z$$

OK
کمانش موضعی حاکم نیست.

$$S = \frac{I}{c}$$

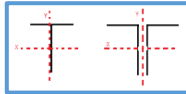
$$M_{n2} = \left(\frac{0.021E}{\left(\frac{D}{t}\right)} + F_y \right) S$$

$$E = 2 \times 10^5 MPa$$

$$M_n \leq \phi M_n = \min\{\phi \cdot M_{n1}, \phi \cdot M_{n2}\}$$

0.9 · ϕ

مقاومت خمشی مقاطع نبشی جفت و سپری با بارگذاری در صفحه تقارن



تسلیم

کمانش بپشتی جانبی

کمانش موضعی بال سپری ها

کمانش موضعی سپری ها

جان کشش جانبی در فشار

جان در فشار بال در کشش

1- بال در کشش یا 2- بال فشرده

مقاطع با بال غیر فشاری

بال تحت کشش (جان در فشار)

اساس مقطع پلاستیک از : Z_x
اشتال
اساس مقطع الاستیک از اشتال : S_x

اساس مقطع پلاستیک از : Z_x
اشتال
اساس مقطع الاستیک از : S_x

ممان اینرسی معمول محور : I_y
ضعیف

$$G = \frac{E}{2(1+V)}$$

$$J = \sum \frac{bt^3}{3}$$

$$B \pm 2.3 \left(\frac{d}{t_b} \right) \sqrt{\frac{I_y}{J}}$$

بر حسب MPa : G
 $2 \times 10^5 MPa$: E
0.3 : V
ارتفاع کل مقطع : d
+ : بال یا بال ها در فشار
- : بال یا بال ها در کشش

از اشتال : Z_x
 $S_{xc} = \frac{I_x}{C_c}$
 $\lambda = \frac{b_f}{2t_f}$
 $\lambda_{pf} = \lambda_p$
 $\lambda_{rf} = \lambda_r$

$$M_{n4} = \left[M_p - (M_p - 0.7F_y S_{xc}) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_r - \lambda_{pf}} \right) \right] \leq 1.6f_y S_x \min$$

لنگر تسلیم : M_y

ارتفاع کل مقطع : d
ضخامت جان : t_w
الاستیک مقطع اساس : S_x

$$\frac{d}{t_w} \leq 0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \Rightarrow F_{cr} = F_y$$

$$0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{d}{t_w} \leq 1.03 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \Rightarrow F_{cr} = \left[2.55 - 1.84 \frac{d}{t_w} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right] F_y$$

$$\frac{d}{t_w} > 1.03 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \Rightarrow F_{cr} = \frac{0.69E}{\left(\frac{d}{t_w}\right)^2}$$

$$M_{n1} = M_p = F_y \cdot Z_x \leq F_y \cdot S_x \min$$

لنگر تسلیم : M_y

$$M_{n2} = M_p = F_y \cdot Z_x \leq F_y \cdot S_x \min$$

لنگر تسلیم : M_y

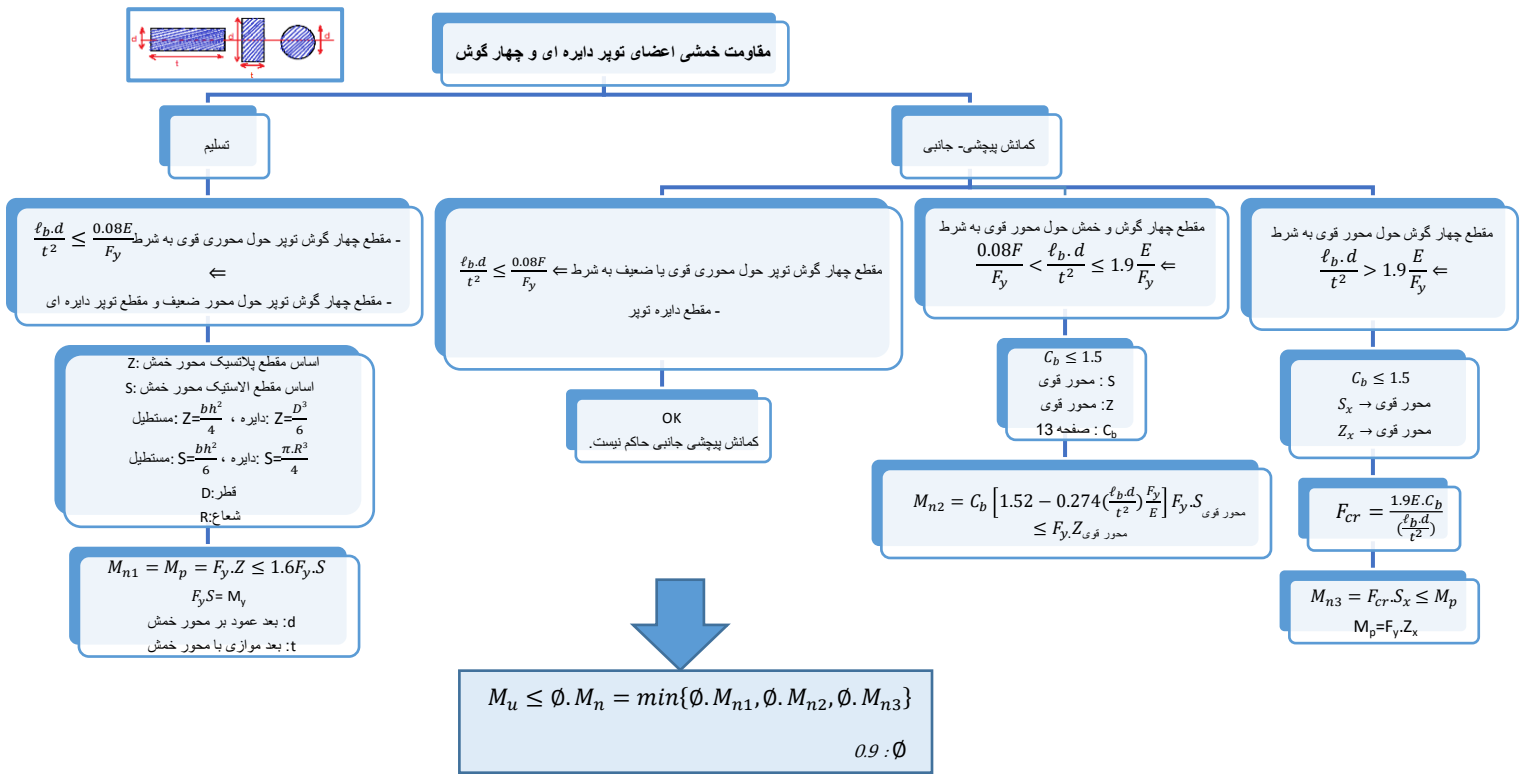
$$M_u \leq \phi \cdot M_n = \min\{\phi \cdot M_{n1}, \phi \cdot M_{n2}, \phi \cdot M_{n3}, \phi \cdot M_{n4}, \phi \cdot M_{n5}\}$$

0.9 · ϕ

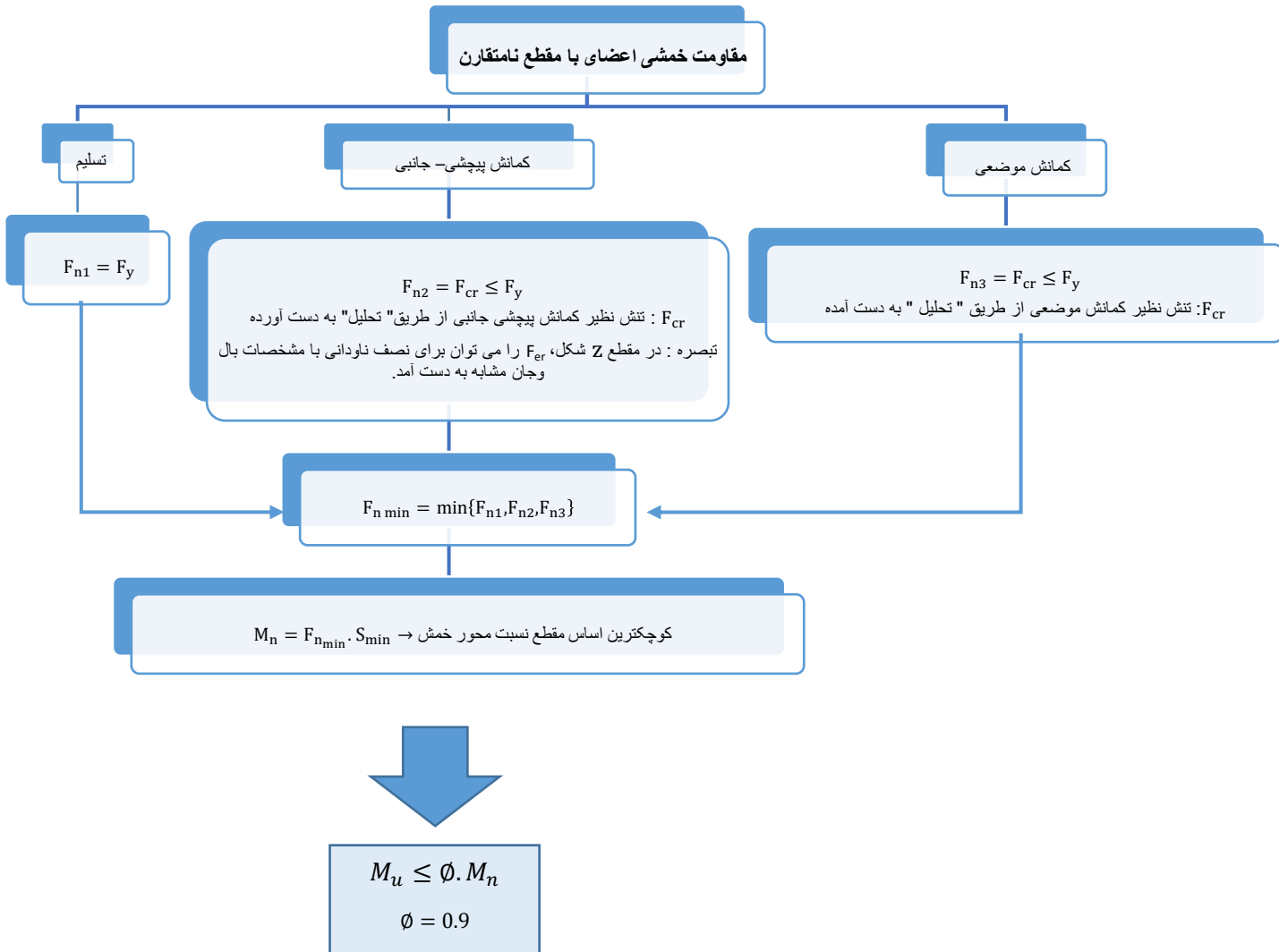
$$M_{n3} = M_{cr} = \frac{\pi \sqrt{E I_y G J}}{\ell_b} (B + \sqrt{1 + B^2})$$

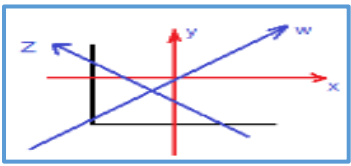
$$M_{n5} = F_{cr} \cdot S_x$$

مقاومت خمشی اعضای توپر دایره ای و چهار گوش



مقاومت خمشی اعضای با مقطع نامتقارن





مقاومت خمشی اعضا با مقطع نبشی تک

محاسبه M_n

در تمام طول خود به طور پیوسته در مقابل کماتش پیچشی- جانبی مهار شده

در تمام طول خود فاقد مهار کافی در برابر کماتش پیچشی- جانبی



استفاده از محور (x,y)

تسلیم

کوماتش پیچشی- جانبی

کوماتش موضعی ساق نبشی

استفاده از محور (W,Z)

اساس مقطع الاستیک حول محور خمش S:

فاقد مهار جانبی کافی

مهار جانبی کافی در تمام طول خود دارد.

کابرد در حالتی که لبه آزاد ساق پنجه، نبشی در فشار

$$M_{n1} = 1.5 F_y \cdot S$$

$$M_e \text{ و } M_y \text{ (1)}$$

OK
کوماتش جانبی پیچشی حاکم نیست

مقطع فشرده
مبحث 10 صفحه 31

مقطع غیر فشرده

خمش حول محور x یا y
با هم → نبشی دو ساق مساوی فاقد مهار جانبی کافی

خمش حول محور x یا y
با هم → نبشی دو ساق مساوی (در محل $M_{u,max}$ دارای مهار کوماتش پیچشی- جانبی)

خمش حول W
محور اصلی قوی W
نبشی یا دو ساق مساوی

خمش حول محور اصلی W
نبشی یا دو ساق نا مساوی

OK
کوماتش موضعی ساق نبشی حاکم نیست.

$$b, t, S_c: \begin{cases} \frac{I}{C_c} \\ \left[\begin{matrix} 1 - \text{همزمان} \\ -2 \end{matrix} \right] \Rightarrow 0.8 (S_x, S_y) \\ \text{فاقد مهار جانبی} \end{cases}$$

نسبت به محور خمش I

$$M_{n4} = F_y \cdot S_c \cdot (2.43 - 1.72 \left(\frac{b}{t}\right) \sqrt{\frac{F_y}{E}})$$

محاسبه M_e

محاسبه M_y

$$M_e = 1.25 M_e$$

$$M_y = F_y \cdot S$$

$$C_b \leq 1.5$$

b: پهنای ساق
t: ضخامت ساق

$$\beta_w = \pm \left[\frac{1}{t_w} \int Z (w^2 + Z^2) dA - 2Z_o \right]$$

β : مشخصه هندسی برای در نظر گرفتن ساق های نا مساوی
+ ساق کوتاه در فشار
- ساق بلند در فشار
I_Z: ممان اینرسی حول محور اصلی ضعیف
r_Z: شعاع ژیراسیون حول محور اصلی ضعیف
I_W: ممان اینرسی حول محور اصلی قوی
Z_o: فاصله عمود مرکز برش
Z: اساس مقطع پلاستیک نسبت به محور اصلی ضعیف

$$M_e = \frac{4.9 E \cdot I_z C_b}{L_b^2} \left[\sqrt{\beta_w^2 + 0.52 \left[\frac{\ell_b t}{r_z} \right]^2} + \beta_w \right]$$

فشار حداکثر در لبه آزاد نبشی (پنجه)

کشش حداکثر در لبه آزاد نبشی و پنجه

$$\frac{\ell_b}{a} > \frac{1.64 E}{F_y} \sqrt{\left(\frac{t}{b}\right)^2 - 1.4 \frac{F_y}{E}} \rightarrow \beta = 0.8$$

$$\leq \beta = 0.1$$

$$\beta \cdot M_y$$

β : ضریب تعدیل
 $F_y S : M_y$: نسبت محور خمش (فشار در لبه آزاد پنجه)

$$M_e = \frac{0.66 E \cdot b^4 \cdot t \cdot C_b}{\ell_b^2} \left(\sqrt{1 + 0.78 \left(\frac{\ell_b \cdot t}{b^2}\right)^2} \pm 1 \right)$$

- فشار در لبه آزاد پنجه
+ کشش در لبه آزاد پنجه

M_n (2)

$$M_e \leq M_y$$

$$M_y = \beta \cdot F_y \cdot S$$

β : در صورت وجود

$$M_e > M_y$$

$$M_{n2} = \left(0.92 - \frac{0.17 M_e}{M_y} \right) M_e$$

$$M_{n3} = (1.92 - 1.17 \sqrt{\frac{M_y}{M_e}}) M_y \leq 1.5 M_y$$

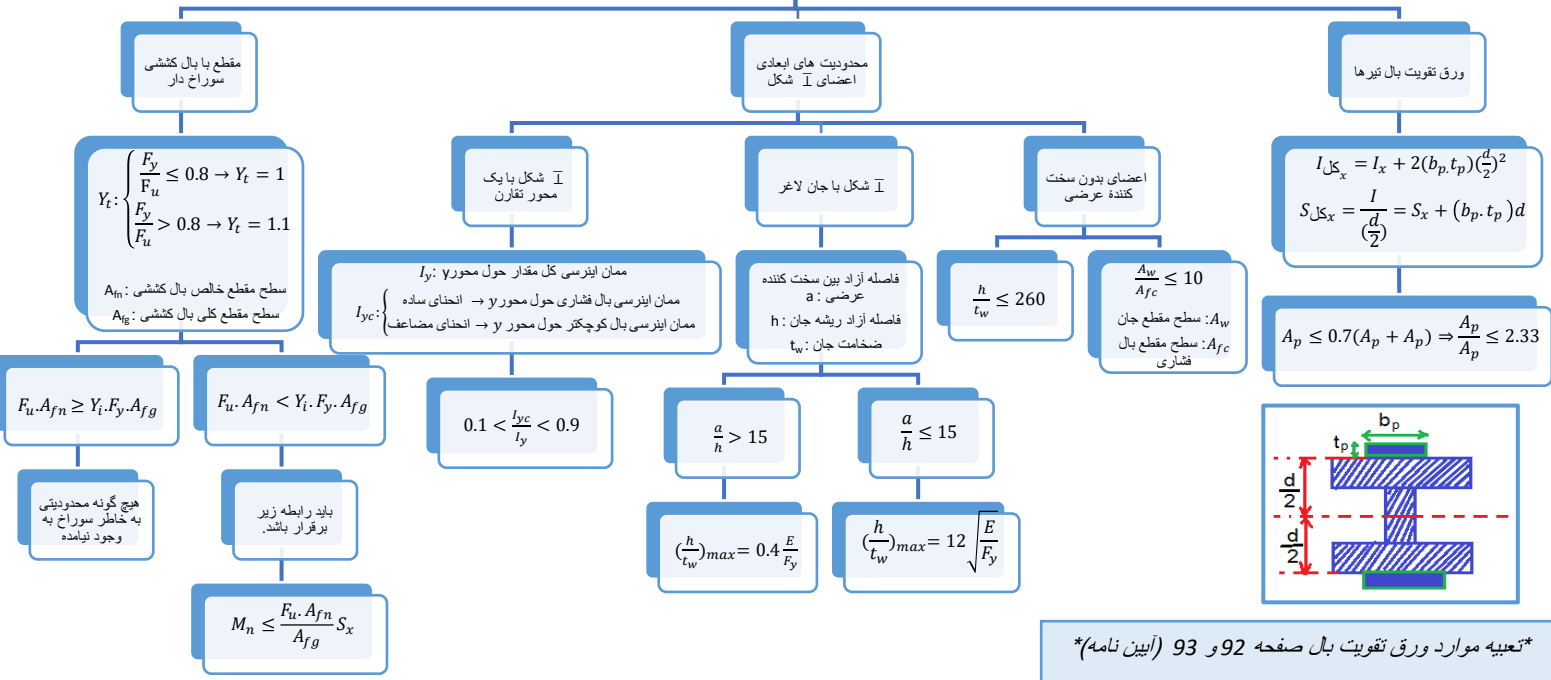
$$M_u \leq \phi \cdot M_n = \min\{\phi \cdot M_{n1}, \phi \cdot M_{n2}, \phi \cdot M_{n3}, \phi \cdot M_{n4}\}$$

0.9: ϕ

تهیه و تدوین: پیام عباسی (نشر با ذکر منبع بلامانع است)

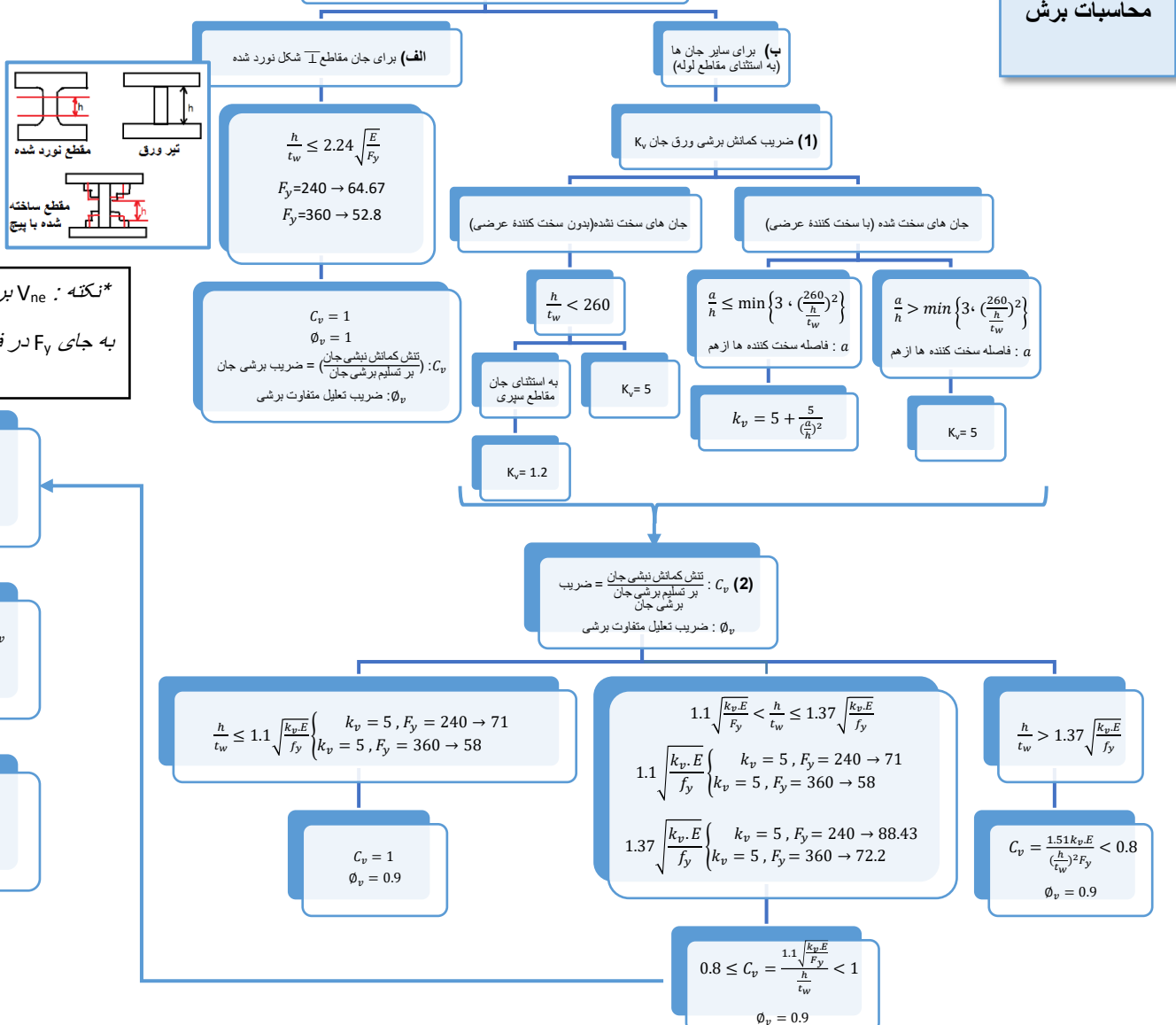
تناسب ابعادی مقطع تحت خمش

تناسب ابعادی مقطع تحت خمش



محاسبات برش

مقاومت برشی تیرها بدون عمل میدان کشش (تیر ورق یا خورد شده)



مقاومت برشی تیرها با عمل میدان کشش (تیر ورق یا نورد شده)

K_v
از صفحه قبل

$$\frac{h}{t_w} \leq 1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} \left(\begin{array}{l} k_v = 5, F_y = 240 \rightarrow 71 \\ k_v = 5, F_y = 360 \rightarrow 58 \end{array} \right)$$

$$\frac{h}{t_w} > 1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} \left(\begin{array}{l} k_v = 5, F_y = 240 \rightarrow 71 \\ k_v = 5, F_y = 360 \rightarrow 58 \end{array} \right)$$

$$V_n = 0.6 F_y A_w$$

$$A_w = d \cdot t_w$$

ارتفاع کل مقطع: d

C_v
از صفحه قبل

$$V_n = 0.6 F_y A_w \left[C_v + \frac{1 - C_v}{1.15 \sqrt{1 + \left(\frac{d}{h}\right)^2}} \right]$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

استفاده از عمل میدان کشش برای حالت های زیر **مجاز نیست**:

1- چشمه های ابتدای و انتهای دارای سخت کننده

$$2- \text{ در اعضای که } \frac{a}{h} > 3 \text{ یا } \frac{a}{h} > \left(\frac{260}{t_w}\right)^2$$

$$3- \left[\frac{2A_w}{A_{fc} + A_{ft}} \right] > 2.5$$

$$4- \text{ در انحنای که } \left(\frac{h}{b_{ft}}\right) > 6 \text{ یا } \left(\frac{h}{b_{fc}}\right) > 6$$

A_{fc} : مساحت بال فشاری b_{fc} : پهنای بال فشاری

A_{ft} : مساحت بال کششی b_{ft} : پهنای بال کششی

نکته: در صورتی می توان از تئوری میدان کشش استفاده کرد که سخت کننده وجود داشته باشد.

نکته: حداکثر مقدار $C_v = 1.00$ حداکثر مقدار مقاومت برشی حتی با وجود سخت کننده و استفاده از عمل میدان کششی برابر $0.6 F_y A_w$ است

طراحی سخت کننده (ابعاد و فاصله آنها)

بدون اثر میدان کشش

$$j = \left(\frac{2.5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} - 2\right) \geq 0.5$$

$$I_{\text{مورد نیاز}} = \min(a, h) \times t_w^3 \cdot j$$

$$I_{\text{موجود}} \begin{cases} \text{تک ورق تقویت: } I_{st} = \frac{1}{3} b^3 s \cdot t_s \\ \text{جفت ورق تقویت: } I_{st} = \frac{(2b_s + t_s)^3 \times t_s}{12} \end{cases}$$

$$I_{\text{مورد نیاز}} \geq I_{\text{موجود}}$$

با اثر میدان کشش

$$1) j = \left(\frac{2.5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} - 2\right) \geq 0.5$$

$$2) I_{st1} = \min(a, h) \times t_w^3 \cdot j$$

$$3) I_{st2} = \frac{h^4 \rho_{st}^{0.33} \left[\frac{F_{yst}}{E}\right]^{1.5}}{40}, \rho_{st} = \max\left(1, \frac{F_{yst}}{F_y}\right)$$

$$4) I_{\text{موجود}} \begin{cases} \text{تک ورق تقویت: } I_{st} = \frac{1}{3} b^3 s \cdot t_s \\ \text{جفت ورق تقویت: } I_{st} = \frac{(2b_s + t_s)^3 \times t_s}{12} \end{cases}$$

$$I_{\text{موجود}} \geq I_{st1} + (I_{st2} - I_{st1}) \left(\frac{V_u - V_{c2}}{V_u - V_{c1}}\right)$$

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{st} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_{yst}}} \left(\begin{array}{l} F_y = 240 \rightarrow 16.16 \\ F_y = 360 \rightarrow 13.20 \end{array} \right)$$

V_{c1} : کوچکترین مقاومت برشی موجود در چشمه های مجاور: بدون توجه به میدان کشش
 V_{c2} : کوچکترین مقاومت برشی موجود در چشمه های مجاور بدون توجه به میدان کشش

مقاومت برشی در امتداد عمود بر محور ضعیف (فقط I شکل و ناودانی)

$$A_w = \sum_{i=1}^n (b_f \cdot t_f)_i$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{b}{t_f} \text{ شکل I: } \frac{b_f}{t_f}$$

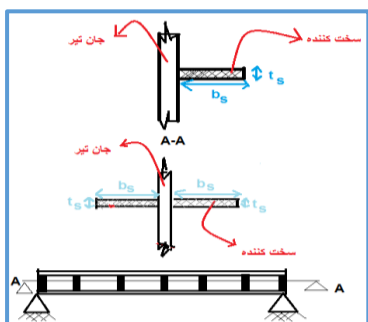
$$\text{ناودانی: } \frac{b_f}{t_f}$$

$$K_v = 1.2$$

حالت (ب) صفحه قبل

نکته: ضریب C_v برای IPE عمود بر محور وضعیت همواره 1.0 است.

نکته: در صورتی که عضو تحت اثر پیچش نباشد رابطه بالا برقرار است.



مقاومت برشی اعضا در مجاورت ناحیه اتصال

تسلیم برشی روی کل مقطع

گسیختگی برشی روی مقطع خالص

$$R_{n2} = 0.6F_y A_{gv}, \phi = 1$$

$$A_{gv} = d \cdot t_w$$

$$R_{n2} = 0.6F_u A_{nv}$$

$$\phi = 0.75$$

$$A_{nv} = A_{gv} - \sum D \times t$$

D: قطر سوراخ
t: ضخامت در برش

$$R_u \leq R_d = \min\{\phi_1 \cdot R_{n1}, \phi_2 \cdot R_{n2}\}$$

$$\phi_2 = 0.75, \phi_1 = 1$$

مقاومت برشی سایر مقاطع (به غیر از I شکل، چه حول محور ضعیف چه قوی)

نشی تک

$$A_w = b \cdot t$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{b}{t}$$

t, b: پهنای و ضخامت ساق مقاوم
مقطع در برابر نیروی برشی
 $K_v = 1.2$

حالت (ب)
صفحه 22

مقطع قوطی شکل

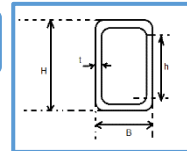
$$A_w = 2h \cdot t$$

برشی چه برای محور قوی چه ضعیف همین رابطه
اسمی جان t : محاسبی $= 0.93 \times t$ (فوس جوش الکتریکی (ERW)
اسمی جان t : محاسبی $= t$ (جوش زیر پودری (SAW)

2 × شعاع گردی - فاصله آزاد در بال h → شعاع گردی مشخص است
اسمی جان t - 3 × بُعد بیرونی کلی مقطع h → شعاع گردی مشخص است

$$k_v = 5$$

حالت (ب)
صفحه 22



برای هر سه حالت به صورت مجزا

$$V_u \leq \phi_v \cdot V_n$$

$$0.9: \phi_v$$



مقطع لوله ای

$$F_{cr1} = \frac{1.6E}{\sqrt{\frac{L}{D} \left(\frac{D}{t}\right)^3}}$$

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

$$F_{cr} = \max(F_{cr1}, F_{cr2}) \leq 0.6F_y$$

$$E: 2 \times 10^5 MPa$$

کمانش برشی: F_{cr1}, F_{cr2}

تسلیم: F_y

t: دقیقاً مشابه حالت قوطی شکل

L_v: فاصله بین محل نیروی برشی حداکثر تا محل

نیروی برشی صفر

$$V_n = 0.5F_{cr} \cdot A_g$$

A_g: سطح مقطع کل

نکته: مقطع لوله استاندارد - حالت حدی تسلیم برشی قالب است (0.6F_y)

لوله نازک ($\frac{D}{t} > 100$)
حالت حدی ← F_{cr} ساخته شده از فولاد پر مقاومت اعضا با دهانه بسیار بزرگ کمانش برشی

مقاومت پیچشی مقاطع

لوله ای

$$F_{cr1} = \frac{1.23E}{\sqrt{\frac{L}{D} \left(\frac{D}{t}\right)^3}}$$

$$F_{cr2} = \frac{0.6E}{\left(\frac{D}{t}\right)^3}$$

$$F_{cr} = \max(F_{cr1}, F_{cr2}) \leq 0.6F_y$$

t, D: →

$$C = \frac{\pi(D-t)^2 t}{2}$$

$$T_u \leq \phi_T \cdot T_n = \phi_T \cdot F_{cr} \cdot C$$

$$\phi_T: 0.9$$



قوطی

$$\frac{h}{t} \leq 2.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left\{ \begin{array}{l} F_y = 240 \rightarrow 70.72 \\ F_y = 360 \rightarrow 57.75 \end{array} \right.$$

$$F_{cr} = 0.6F_y$$

$$2.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{h}{t} \leq 3.07 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$2.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left\{ \begin{array}{l} F_y = 240 \rightarrow 70.72 \\ F_y = 360 \rightarrow 57.75 \end{array} \right.$$

$$3.07 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left\{ \begin{array}{l} F_y = 240 \rightarrow 88.62 \\ F_y = 360 \rightarrow 72.36 \end{array} \right.$$

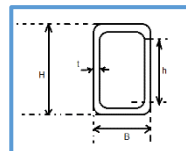
$$F_{cr} = \frac{0.6F_y \left(2.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}\right)}{\left(\frac{h}{t}\right)^2}$$

$$C = [2t(B-t)(H-t)] - [4.5(4-\pi)t^3]$$

2 × شعاع گردی - فاصله آزاد در بال h → شعاع گردی مشخص است
اسمی جان t - 3 × بُعد بیرونی کلی مقطع h → شعاع گردی مشخص است

$$T_u \leq \phi_T \cdot T_n = \phi_T \cdot F_{cr} \cdot C$$

$$\phi_T = 0.9$$



سایر مقاطع

تسلیم تحت اثر تنش قائم

$$F_{n1} = F_y$$

تسلیم برشی تحت اثر تنش برشی

$$F_{n2} = 0.6F_y$$

حالت حدی کمانش

$$F_{n3} = F_{cr}$$

$$F_n = \min(F_{n1}, F_{n2}, F_{n3})$$

$$T_u \leq \phi_T \cdot T_n = \phi_T \cdot F_n \cdot C$$

$$0.9: \phi_T$$

C: ثابت پیچشی

طراحی مقاطع نامتقارن تحت اثر خمشی و نیروی محوری

$$\left| \frac{F_{ua}}{F_{ca}} + \frac{F_{ubw}}{F_{cbw}} + \frac{F_{ubz}}{F_{cbz}} \right| \leq 1.00$$

F_{ua} : تنش محور مورد نیاز
 اعضای کششی ← صفحه 10
 اعضای فشاری ← صفحه 15

F_{ubz} و F_{cbz} : تنشهای خمشی مورد نیاز
 $F_{cbw} = \frac{\phi_b \cdot M_{nw}}{S_w}$
 $F_{cbz} = \frac{\phi_b \cdot M_{nz}}{S_z}$ } تنش های خمشی طراحی

W: اندیس مربوط به خمش حول محور اصلی قوی
 Z: اندیس مربوط به خمش حول محور اصلی ضعیف

محاسبه اعضای دارای یک یا دو محور تقارن تحت اثر خمشی و نیروی کششی (طراحی تیر- ستون خمشی کششی)

$\frac{p_u}{p_t} \geq 0.2$ $\frac{p_u}{p_t} < 0.2$

$\frac{p_u}{p_t} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1.00$ $\frac{p_u}{2p_t} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1.00$

$0.1 \leq \frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0.9$
 I_{yc} : ممان اینرسی یال فشاری حول y
 I_y : ممان اینرسی مقطع کل حول y

مقاومت کششی مورد نیاز: P_u
 مورد نیاز طراحی ← صفحه 15
 $P_t = \phi_t \cdot P_n$
 M_{ux} : مقاومت خمشی مورد نیاز نسبت به محور X (قوی)
 M_{uy} : مقاومت خمشی مورد نیاز نسبت به محور Y (ضعیف)
 $M_{cx} = \phi_b \cdot M_{nx}$: مقاومت خمشی طراحی نسبت به محور X (قوی) ← صفحه 20
 $M_{cy} = \phi_b \cdot M_{ny}$: مقاومت خمشی طراحی نسبت به محور Y (ضعیف) ← صفحه 22

مقاومت کششی مورد نیاز: P_u
 مورد نیاز طراحی ← صفحه 15
 $P_t = \phi_t \cdot P_n$
 M_{ux} : مقاومت خمشی مورد نیاز نسبت به محور X (قوی)
 M_{uy} : مقاومت خمشی مورد نیاز نسبت به محور Y (ضعیف)
 $M_{cx} = \phi_b \cdot M_{nx}$: مقاومت خمشی طراحی نسبت به محور X (قوی) ← صفحه 20
 $M_{cy} = \phi_b \cdot M_{ny}$: مقاومت خمشی طراحی نسبت به محور Y (ضعیف) ← صفحه 22

ضریب اصلاح کماتش پیشی- جانبی C_b
 $C_b = C_b \times \sqrt{1 + \frac{p_u}{p_{ey}}} \rightarrow p_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_b^2}$
 L_b^2 : فاصله مهار جانبی
 صفحه 15 C_b

محاسبه اعضای دارای یک یا دو محور تقارن تحت اثر خمشی و نیروی فشاری (طراحی تیر- ستون خمشی فشاری)

$\frac{p_u}{p_c} \geq 0.2$ $\frac{p_u}{p_c} < 0.2$

$\frac{p_u}{p_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1.00$ $\frac{p_u}{2p_c} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1.00$

$0.1 \leq \frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0.9$
 I_{yc} : ممان اینرسی یال فشاری حول y
 I_y : ممان اینرسی مقطع کل حول y

مقاومت فشاری مورد نیاز: P_u
 مورد نیاز طراحی ← صفحه 15
 $P_c = \phi_c \cdot P_n$
 M_{ux} : مقاومت خمشی مورد نیاز نسبت به محور X (قوی)
 M_{uy} : مقاومت خمشی مورد نیاز نسبت به محور Y (ضعیف)
 $M_{cx} = \phi_b \cdot M_{nx}$: مقاومت خمشی طراحی نسبت به محور X (قوی) ← صفحه 20
 $M_{cy} = \phi_b \cdot M_{ny}$: مقاومت خمشی طراحی نسبت به محور Y (ضعیف) ← صفحه 22

نکته: اگر $\frac{p_u}{p_c}$ مشخص نبود با یکی از دو حالت بالا شروع کرده در آخر صحت فرض اولیه را چک کرده.

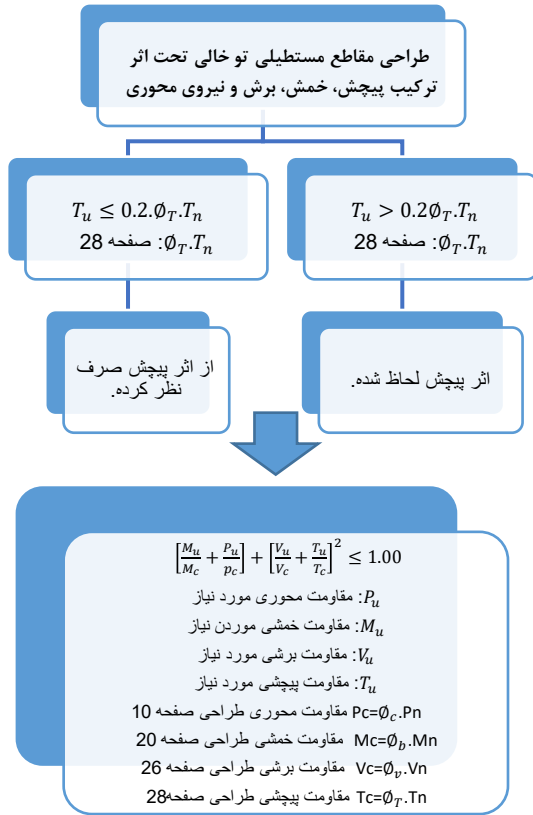
اعضا با مقطع نورد شده دارای دو محور تقارن تحت اثر همزمان نیرو محوری فشاری و لنگر خمشی حول یک محور

حالت حدی کماتش در صفحه خمش حالت حدی کماتش خارج از صفحه

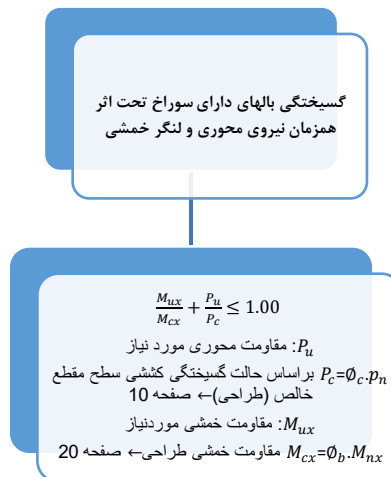
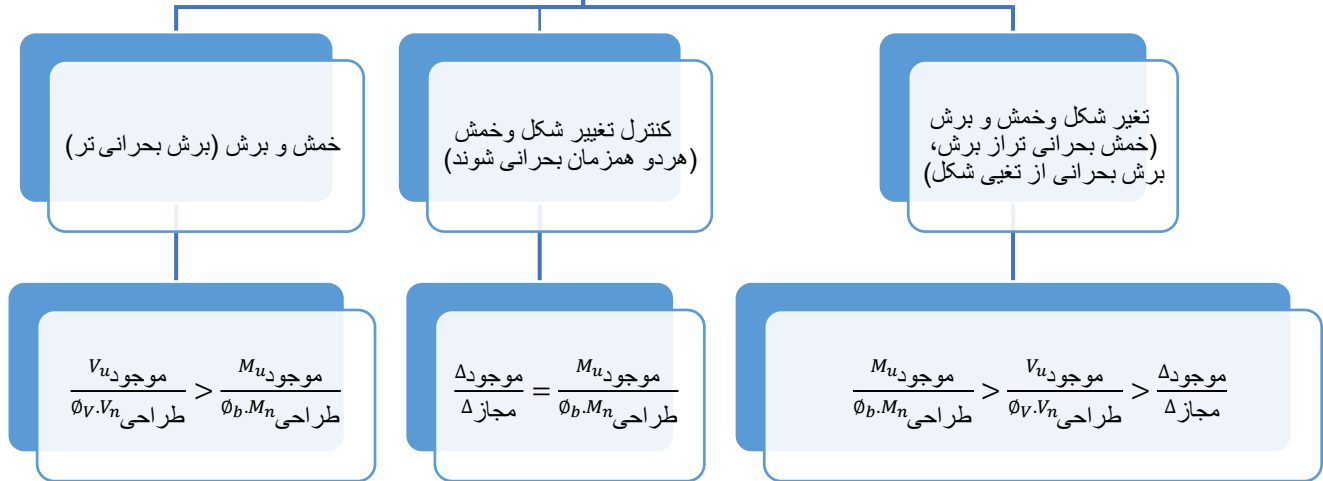
مشابه حالت بالا یا فرض:
 M_{cx}, M_{ux}, p_c
 در صفحه خمش
 P_{cx} : مقاومت فشاری طراحی نظیر کماتش خارج از صفحه ← صفحه 16
 C_b : ضریب اصلاح کماتش پیشی- جانبی ← صفحه 17
 M_{cy} : مقاومت خمشی طراحی نظیر کماتش پیشی- جانبی با $C_b=1$

$\frac{p_u}{p_{cy}} \left[1.5 - 0.5 \frac{p_u}{p_{cy}} \right] + \left(\frac{M_{ux}}{C_b \cdot M_{cx}} \right)^2 \leq 1.00$

نکته: اعضای دارای لنگر های دو محوره قابل توجه $\left(\frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \geq 0.05$ الزامات بند بالا↑



همزمانی معیارهای مختلف طراحی

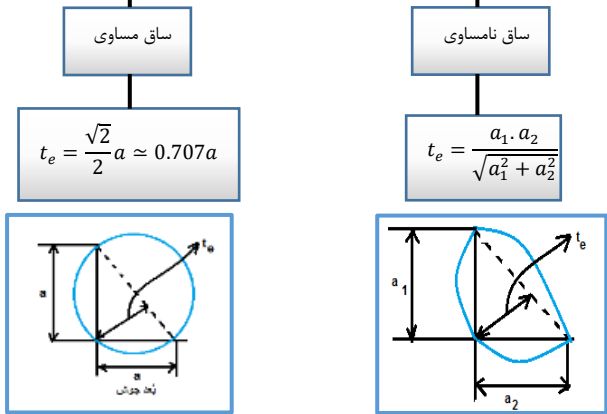
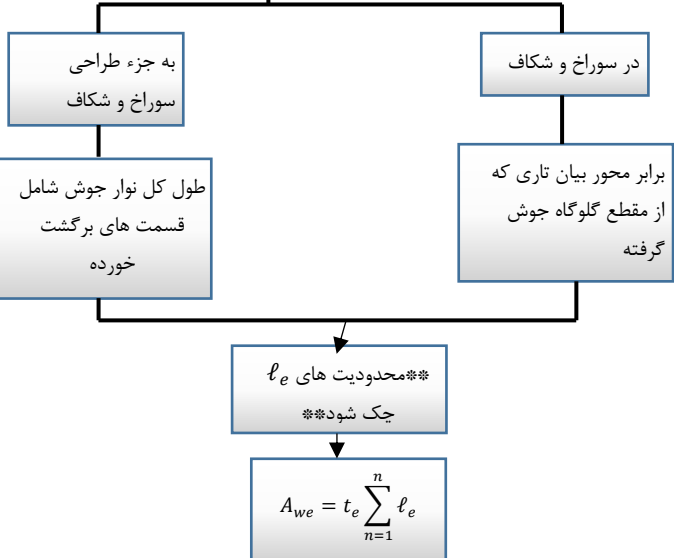


سطح مؤثر جوش گوشه Ae و محدودیت های آن

محدودیت های جوش گوشه

بُعد گُلوی جوش یا بُعد مؤثر جوش (نه بعد جوش) a

طول مؤثر $\sum_{n=1}^n \ell_e$



محدودیت بُعد جوش (تابع ضخامت ورق نازکتر)

$$a_{min} \begin{cases} \text{استاتیکی} = \max(a_{\text{محاسباتی}}, a_{min}) \\ \text{دینامیکی} = 5mm \end{cases} \leq a_{\text{محاسباتی}} \leq a_{max} \begin{cases} t_{min} \leq 6mm \rightarrow a_{max} = t_{min} \\ t_{min} > 6mm \rightarrow a_{max} = t_{min} - 2mm \end{cases}$$

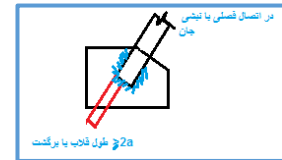
حداقل بعد جوش شیباری با نفوذ نسبی	
ضخامت نقطه نازکتر	حداقل ضخامت مولر
تا 6mm	3mm
6mm تا 12mm	5mm
12mm تا 20mm	6mm
بیش از 20mm	8mm

طول مؤثر جوش در هر خط جوش

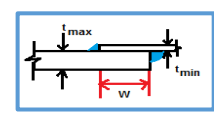
$$\ell_{e_{min}} \geq 4a \leftrightarrow a \leq \frac{\ell_e}{4}$$

جوش گوشه در انتهای اعضا (قلاب یا برگشت):
در کلبه جوشهای گوشه باید قلاب یا برگشت اجرا شود.
 $\geq 2a$ طول قلاب یا برگشت

به دلیل حفظ انعطاف پذیری طول برگشت در نبشی جان:
 $2a \leq \text{قلاب یا برگشت طول} \leq 4a$

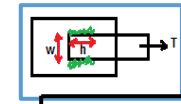


جوش گوشه در اتصالات پوششی

$$W \geq \max(5t_{min}, 25mm)$$


محدودیت تسمه تحت کشش که در لب های طولی و موازی نیرو جوش شده

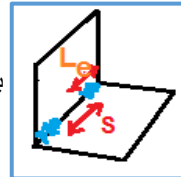
$$W \leq 200mm$$

$$L \geq W$$


به شرطی مجاز است مقاومت جوش سراسری یا حداقل بُعد < نیروهایی وارده

جوش گوشه منقطع

موارد استفاده صفحه 149 مبحث 10



انتهای اعضای محوری که به وتر طولی ، جوش بارگذاری شده

$$\begin{cases} L_e = L & h \leq 100a \\ L_e = \beta \cdot L & 100a < h \leq 200a \\ L_e = 180a & a > 300a \end{cases}$$

$$\beta = 1.2 - 0.002 \left(\frac{L}{a}\right) \leq 1$$

$\ell_e \geq \max(4a, 40mm)$
در حالت فشار $S \leq 16 t_{min}$
در حالت کشش $S \leq 24 t_{min}$

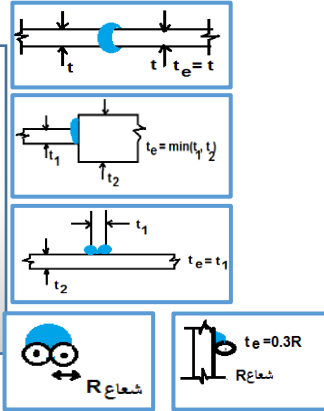
سطح مؤثر جوش A_e و محدودیت های آن

جوش شیاری

طول مؤثر جوش برابر طول جوش داده نشده: l_e

اتصال لب به لب (ورق با ضخامت یکسان) $t_e = t$
 اتصال لب به لب ورقها با ضخامت متفاوت $t_e = \min(t_1, t_2)$
 اتصال کنج و سپری $t_e = t_1$
 بین لبه گرد و تخت $t_e = 0.3R$ ، بین دو لبه گرد مثل میلگرد $t_e = 0.5R$

t_e - عمق شیار = 3mm $t_{e_{min}} \leq t_e \leq t_{e_{max}}$ → جوش شیاری با نفوذ نسبی: t_e



حداقل بعد جوش شیاری با نفوذ نسبی

ضخامت قطعه نازکتر	ضخامت مؤثر
تا 6mm	3mm
بیش از 6mm تا 12mm	5mm
بیش از 12mm تا 20mm	6mm
بیش از 20mm تا 40mm	8mm
بیش از 40mm تا 60mm	10mm
بیش از 60mm تا 150mm	13mm
بیش از 150mm	16mm

جوش شیاری

سایر محدودیت های جوش شیاری

صفحه 145-146 مبحث 100

جوش شیاری: $A_{we} = L_e \cdot t_e$

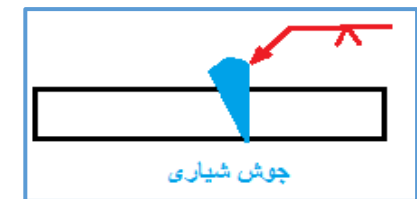
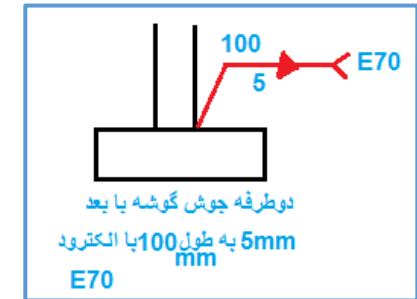
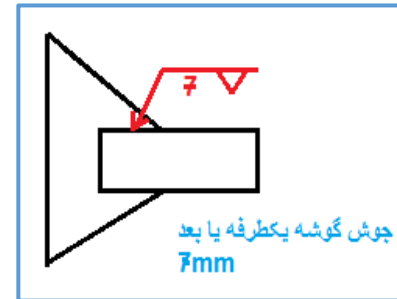
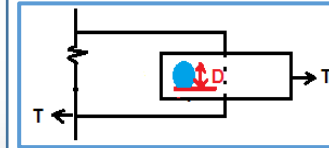
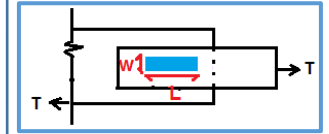
جوش کام وانگستانه

جوش کام: $A_{we} = W \cdot L$

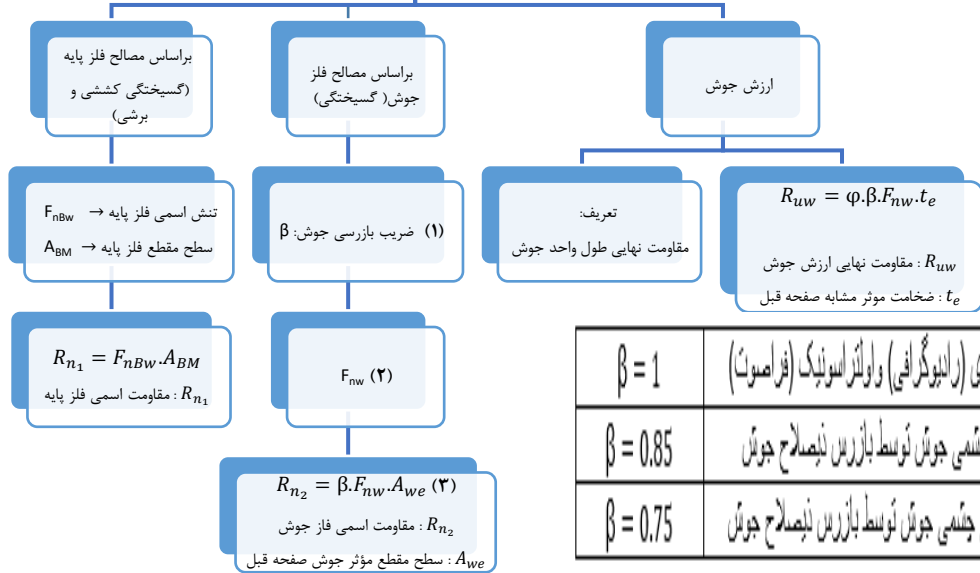
$$A_{we} = \frac{\pi D^2}{4}$$

محدودیت های جوش کام وانگستانه

صفحه 153 مبحث 10



مقاومت طراحی جوش و ارزش جوش (برای انواع جوش شیاری، گوشه، کام و..)



$\beta = 1$	بازرسی جوش توسط تست یرئو نگاری (رادیوگرافی) و اولتراسونیک (فراصوت)
$\beta = 0.85$	جوش کاری در کارخانه و بازرسی چشمی جوش توسط بازرسان ناصلاح جوش
$\beta = 0.75$	جوشکاری در محل کارگاه و بازرسی چشمی جوش توسط بازرسان ناصلاح جوش

نوع جوش	نوع تنش	ضریب کاهش مقاومت	تنش اسمی (F_{nw} یا F_{nBW})
جوش تیاری با نفوذ کامل	کششی یا فشاری	۰,۹	مقاومت تسلیم فلز پایه (F_y)
جوش گوشه	برشی	۰,۷۵	$0.6 F_{ue}$ (مقاومت نهایی کششی فلز جوش)
جوش کام و انگشتانه	برشی	۰,۷۵	$0.6 F_{ue}$ (مقاومت نهایی کششی فلزی جوش)

$$R_u \leq \phi \cdot R_n = \min\{\phi \cdot R_{n1}, \phi \cdot R_{n2}\}$$
 حاصل از بارگذاری مقاومت نهایی مورد نیاز R_u :
 ϕ : از جدول کناری به دست آمده
 ϕR_n : مقاومت نهایی مقطع جوش

نوع الکتروود	مقاومت نهایی کششی فلز الکتروود (F_{ue})
E 60	420mpa
E 70	490mpa
E 80	560mpa

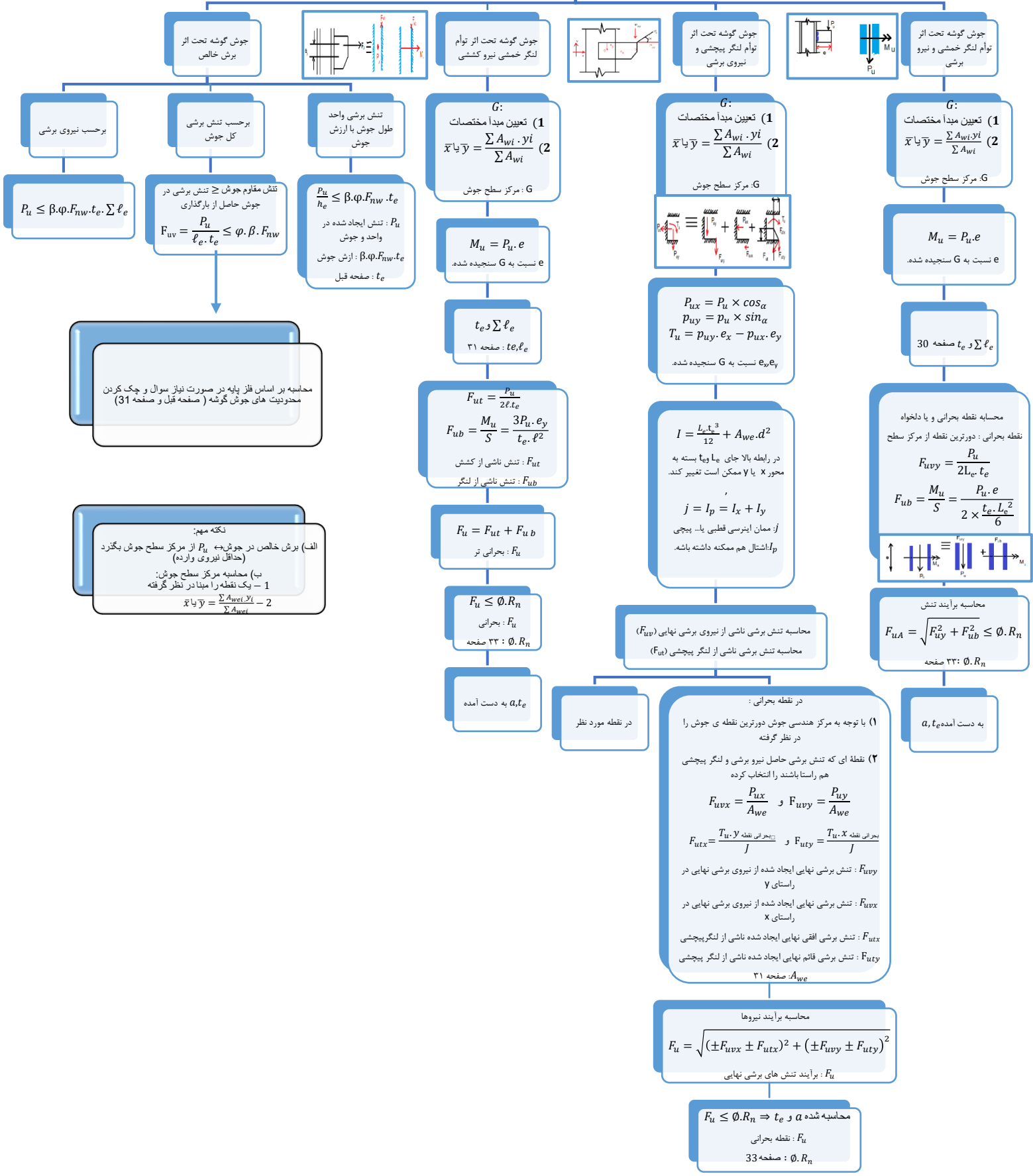
$$E \text{ xo(ksl)} = \text{xo} \times 70 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \times 10^{-1} = \dots \text{ MPa}$$

$$R_D = \frac{V_{max} Q}{I}$$

$$\sum A_i d_i$$
 Q: کشتاور اول سطح
 I: ممان اینرسی کل مقطع

نکته: الزامات ورق پر کننده صفحه 170 میحت 10 حالت های مختلف تنش در جوش گوشه

حالت های مختلف تنش در جوش گوشه



انواع اتصال پیچی

اتصال اتکایی

انواع سوراخ پیچ ها و محدودیت

اتصال اصطکاکی

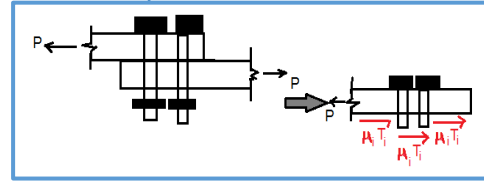
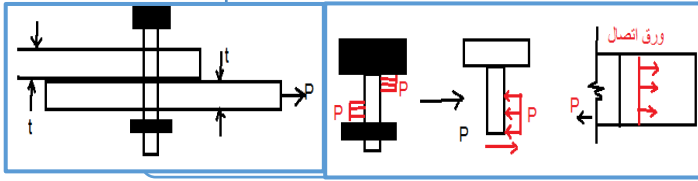
نیروی پیش تنبیدی

- 1 لغزش جزئی ضخامت مجاز است تنش لهدنگی در ورق و پیچ
- 2 معمولاً ورق $F_u > F_u$ پیچ F_u لهدنگی در ورق بحرانی تر
- 3 در پیچ تنش برشی ایجاد شده

صفحه 62 و 159 مبحث 10

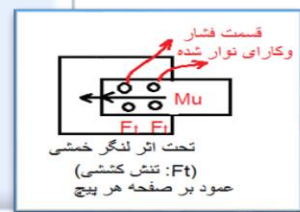
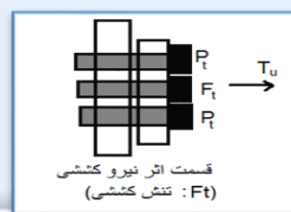
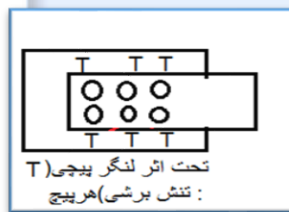
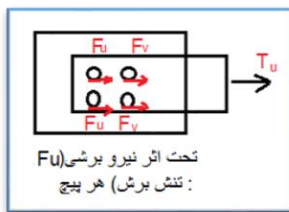
- 1 ایجاد نیروی پیش تنبیدی T_i در پیچ ← جلوگیری از لغزش ورق ها توسط نیروی اصطکاکی $\mu_i T_i$
- 2 حداکثر نیرو قابل تحمل با شرط عدم لغزش $P_{max} = n \mu_i T_i$
- 3 عدم ایجاد تنش لهدنگی در بنده پیچ ← عدم ایجاد تنش برشی در پیچ

نیروی پیش تنبیدی $= 0.55 F_u \cdot A_b$
 سطح مقطع اسمی پیچ A_b
 مقاومت نهایی پیچ یا جدول 158 F_u



نحوی انتقال نیرو در اتصال پیچی

نحوی انتقال نیرو در پیچ	نوع بارگذاری
رفتار برشی	نیروی برشی ←
رفتاری برشی	لنگر پیچشی ←
رفتار کششی	نیروی کششی ←
رفتار کششی	نیروی فشاری ←
رفتار کششی	لنگر خمشی ←



اتصال اتکایی پیچ

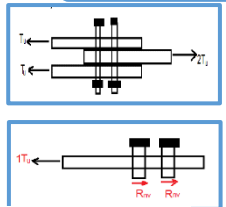
کنترل ورق اتصال

- کنترل مقاومت اتکایی در جدار سوراخ: صفحه 12
- کنترل گسیختگی قالبی: صفحه 12
- تحت اثر برش خالص: $R_{uv} = \frac{T_u}{n}$
نیروی هر پیچ: R_{uv}
تعداد پیچ: n

$$R_{uv} \leq \phi \cdot R_{nv} = \phi \cdot F_{nv} \cdot A_{nb}$$

0.75 : ϕ
مقاومت برشی طراحی هر پیچ: $\phi \cdot R_{nv}$
مساحت مقطع پیچ: A_{nb}

نکته:
 $n \cdot \phi \cdot R_{nv} =$ مقاومت (ظرفیت) برشی طراحی یا اتصال
تعداد پیچ: n



مقاومت پیچ

- تحت اثر توأم نیروی برشی و لنگر پیچشی: تعیین مرکز سطح پیچ ها
- تحت اثر کشش خالص: $R_{ut} = \frac{P_u}{n}$
نیروی نهایی: R_{ut}
کششی وارد بر هر پیچ: R_{ut}
تعداد پیچ: n
- تحت اثر توأم نیروی کششی و برشی: $R_{uv} = \frac{P_{uv}}{n}$
نیروی نهایی: R_{uv}
برشی وارد بر هر پیچ: R_{uv}
تعداد پیچ: n

تعیین مبدأ فرضی (1)
تعیین مرکز سطح پیچ (2)

$$\bar{x} = \frac{\sum A_{bi} \cdot x_i}{\sum A_{bi}}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum A_{bi} \cdot y_i}{\sum A_{bi}}$$

تعیین ممان اینرسی برشی پیچشی
 $I_p = J$

حالت خاص اگر پیچ ها در مسیر دایره قرار گیرند:

$$J = \sum A_{bi} (\bar{x}_i^2 + \bar{y}_i^2)$$

محاسبه نیروی نهایی هر پیچ در راستای اصلی برای پیچ بحرانی

$$J = R^2 \sum_{i=1}^n A_{bi}$$

حالت خاص A_b همه پیچ ها یکسان:

$$R_{Tx} = \frac{T_u \cdot y_i}{J} \times A_{bi}$$

$$R_{Ty} = \frac{T_u \cdot x_i}{J} \times A_{bi}$$

محاسبه برآیند نیروهای نهایی هر پیچ

$$R_v = \sqrt{R_{Tx}^2 + R_{Ty}^2} \leq \phi \cdot R_{nv}$$

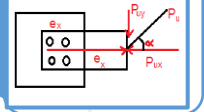
$\phi \cdot R_{nv}$: مقاومت برشی طرح حالت برش ساده

تعیین نقطه بحرانی

(1) دورترین پیچ از مرکز سطح
(2) هم راستای بین برش ناشی از نیروی برشی و لنگر پیچشی

$$e_x: \begin{cases} P_{ux} = P_u \times \cos \alpha \\ P_{uy} = P_u \times \sin \alpha \end{cases}$$

$$e_y: \begin{cases} T_{ux} = P_{uy} \cdot e_x - P_{ux} \cdot e_y \end{cases}$$



مقاومت کششی طرح هر پیچ: R_{nt}
تنش کششی هر پیچ: F_{nt}
مساحت مقطع هر پیچ: A_{nb}
 $\phi : 0.75$

$$R_{ut} \leq \phi \cdot R_{nt} = \phi \cdot F_{nt} \cdot A_{nb}$$

$$R_{uy} = \frac{P_{uy}}{n}$$

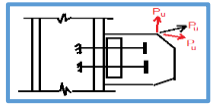
$$R_{ux} = \frac{P_{ux}}{n}$$

R_{Tx} و R_{Ty}

محاسبه برآیند

$$R_{uv} = \sqrt{(R_{vx} + R_{Tx})^2 + (R_{vy} + R_{Ty})^2} \leq \phi \cdot R_{nv}$$

$\phi \cdot R_{nv}$: مقاومت برشی طرح حالت برش خالص



ایا تنش کششی یا برشی رابطه $F_u \leq 0.3 \cdot \phi \cdot F_{nt}$ را پاس می کند؟
برای کشش $F_{nt} = F_{nt}$, $F_u = \frac{R_{ut}}{A_b}$ صفحه
برای برش $F_{nt} = F_{nv}$, $F_u = \frac{R_{uv}}{A_b}$ صفحه

پس نیازی به لحاظ کردن اندرکش کشش و برش نیست. و مطابق کشش و برش خالص محاسبه کرده.

کنترل اندرکش برش و کشش

$$f_{nv} = F_{nv} (1.3 - \frac{f_{uv}}{\phi \cdot F_{nv}}) \leq F_{nv}$$

$$f_{ut} = \frac{R_{ut}}{A_b}$$

تنش کششی وارد بر هر پیچ f_{ut}
 f_{nv} : (مقاومت) حداکثر تنش کششی اسمی تحت اثر نیروی کششی- برشی
از جدول پایین صفحه: F_{nt} , F_{nv}
0.75 : ϕ

$$R_{uv} \leq \phi \cdot R_{nv} = \phi \cdot f_{nv} \cdot A_b$$

$\phi : 0.75$

$$f_{nt} = F_{nt} (1.3 - \frac{f_{uv}}{\phi \cdot F_{nt}}) \leq F_{nt}$$

$$f_{uv} = \frac{R_{uv}}{A_b}$$

تنش برشی وارد بر هر پیچ f_{uv}
 f_{nt} : (مقاومت) حداکثر تنش کششی اسمی تحت اثر نیروی کششی- برشی
از جدول پایین صفحه: F_{nt} , F_{nv}
0.75 : ϕ

$$R_{ut} \leq \phi \cdot R_{nt} = \phi \cdot f_{nt} \cdot A_b$$

$\phi : 0.75$

نوع پیچ	استاندارد	تنش تسلیم	تنش کششی نهایی
پیچ معمولی	ISO	مصلح پیچ (f_y)	مصلح پیچ (F_u)
	ASTM	400MPa	240MPa
	—	4.6	400MPa
	—	4.8	420MPa
	—	5.6	300MPa
	—	5.8	400MPa
پیچ پرمقاومت	—	6.8	600MPa
	—	8.8	800MPa
	—	10.8	1000MPa
	—	12.9	1200MPa
	—	—	—
	—	—	—

نوع وسیله اتصال	تنش اسمی برشی F_{nv}	
پیچ معمولی	$0.45 F_u$	
قطعه دندانه شده	صفحه برش از قسمت دنده شده عبور میکند	$0.45 F_u$
	صفحه برش از قسمت دنده شده عبور نمی کند	$0.55 F_u$
پیچ پر مقاومت	صفحه برش از قسمت دنده شده عبور می کند	$0.45 F_u$
	صفحه برش از قسمت دنده شده عبور نمی کند	$0.55 F_u$

نوع وسیله اتصال	تنش کششی اسمی (F_{nt})
پیچ معمولی	$0.75 F_u$
قطعه دندانه شده	$0.75 F_u$
پیچ پر مقاومت	$0.75 F_u$

F_u مقاومت نهایی پیچ

F_u مقاومت نهایی پیچ

ضوابط طراحی اتصال اصطکاکی بیج

تحت اثر نیرو کششی خالص

$$R_{ut} = \frac{P_u}{n}$$

n : نیرو نهایی وارد بر هر بیج

$$R_{ut} \leq \phi \cdot R_{nt} = \phi \cdot F_{nt} \cdot A_{nb}$$

$\phi \cdot R_{nt}$: مقاومت کششی طرح هر بیج
 A_{nb} : سطح مقطع بیج
 F_{nt} : از جدول پایین
 ϕ : 0.75

تکته: $R_{ut} < T_f \Rightarrow$ با پذیرش خطای اندک نیروی کششی هر بیج را T_f در نظر گرفته
 T_f : نیرو پیشین تنیدگی صفحه 158 مبحث 10
 $n \cdot \phi \cdot R_{nt}$: مقاومت کششی طراحی یا اتصال

نوع وسیله اتصال	تنش کششی اسمی (F_{nt})
بیج معمولی	$0.75F_u$
قطعه دندانه شده	$0.75F_u$
بیج پر مقاومت	$0.75F_u$

تحت اثر برش خالص

$\mu = 0.3$: سطح کلاس A سطح فلز دار تمیز و رنگ نشده
 $\mu = 0.5$: سطح کلاس B با ماسه یا شی و رنگ نشده

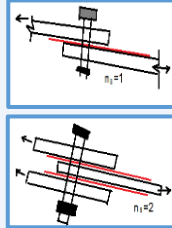
نسبت پیشین تنیدگی متوسط بیج ها به پیشین تنیدگی حداقل بیج ها : $D_u = 1.13$

$1 =$ عدم نیاز به ورق کننده
 $1 =$ استفاده فقط از یک ورق پر کننده
 $0.85 =$ استفاده از دو یا بیشتر ، ورق پر کننده

h_f : ضریب کاهش ورق های پرکننده

T_b : حداقل نیرو پیش تنیدگی بیج از جدول پایین

n_s : تعداد صفحات لغزش



$$R_{uv} = \frac{T_u}{n} \leq \phi \cdot R_{nv} = \phi \cdot \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s$$

R_{uv} : نیرو نهایی برشی هر بیج

n : تعداد بیج

$\phi \cdot R_{nv}$: مقاومت برشی طرح هر بیج

$1 =$ سوراخ استاندارد و لوبیا کوتاه عمود بر نیرو
 $0.85 =$ سوراخ بزرگ شده و لوبیایی کوتاه در امتداد نیرو
 ϕ : $0.7 =$ لوبیایی بلند

$n \cdot \phi \cdot R_{nv}$: مقاومت (ظرفیت) برشی طراحی یا اتصال

اثر توأم کشش و برش

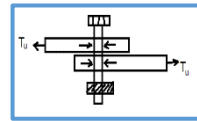
$$K_{sc} = 1 - \frac{T_u}{D_u \cdot T_b \cdot n_b}$$

T_u : نیرو کششی نهایی مجموعه بیج ها
 n_b : تعداد بیج های در کشش
 سایر پارامترها مشابه حالت برش خالص

$$\hat{R}_{nv} = k_{sc} \cdot R_{nv}$$

$$R_{uv} = \frac{T_u}{n} \leq \phi \cdot k_{sc} \cdot R_{nv}$$

R_{nv} : مشابه حالت برش خالص
 $n \cdot \phi \cdot k_{sc} \cdot R_{nv}$: مقاومت (ظرفیت) برشی طراحی یا اتصال تحت اثر توأم کشش و برش
 n : تعداد بیج



برای بیج 8.8 یا A325

قطر اسمی بیج (mm)	نیروی پیش تنیدگی (KN)	لنگر پیچشی لازم (KN.m)	روغن کاری شده	لنگر پیچشی لازم (KN.m)
M16	91	0.28	0.2	0.25
M20	142	0.48	0.35	0.45
M22	176	0.72	0.52	0.65
M24	205	0.88	0.64	0.8
M27	267	1.32	1.00	1.25
M30	326	1.76	1.32	1.65
M36	475	3.04	2.24	2.8

برای بیج 10.9 یا A490

قطر اسمی بیج (mm)	نیروی پیش تنیدگی (KN)	لنگر پیچشی لازم (KN.m)	روغن کاری شده	لنگر پیچشی لازم (KN.m)
M16	114	0.35	0.25	0.3
M20	179	0.6	0.45	0.5
M22	221	0.9	0.65	0.7
M24	257	1.1	0.8	0.9
M27	334	1.65	1.25	1.4
M30	408	2.2	1.65	1.9
M36	595	3.8	2.8	3.3

تسلیم موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز کششی و فشاری (تکی یا زوج نیروی کششی - فشاری)

فاصله پای متمرکز از انتهای عضو d (ارتفاع کلی مقطع مورد بررسی تسلیم موضعی جان)

فاصله پای متمرکز از انتهای عضو $d \geq$ (ارتفاع کلی مقطع مورد بررسی تسلیم موضعی جان)



$$R_n = F_{yw} \cdot t_w (5k + \ell_b)$$

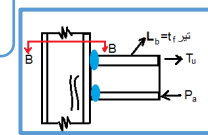
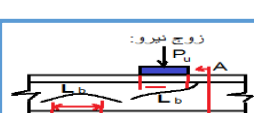
F_{yw} : تنش تسلیم جان
 t_w : ضخامت جان
 ℓ_b : طول اتکالی بار در شکل پایین مشخص شده، که در محل عکس العمل تکیه گاهی $K \leq \ell_b$
 K : از اشتال به دست آمده یا مطابق شکل بالا.

$$R_n = F_{yw} \cdot t_w (2.5K + \ell_b)$$

ℓ_b : طول اتکالی بار در شکل پایین مشخص شده، که در محل عکس العمل تکیه گاهی $K \leq \ell_b$
 K : از اشتال به دست آمده یا مطابق شکل بالا.

$$P_u \leq \phi \cdot R_n \rightarrow OK$$

یک جفت سخت کننده ->
 (با ورق پیوستگی) برای نیروی $T_u - \phi R_n =$ نیرو نهایی داده شده.
 P_u : ϕ : 1



خمش موضعی بال در مقابل نیرو متمرکز کششی (تکی یا زوج نیرو)

$b_1 \geq 0.15b_f$ در شکل زیر b_1, b_f

$b_1 < 0.15b_f$ در شکل زیر b_1, b_f

$e \geq 10 t_f$
 e : فاصله نقطه اثر نیرو از انتهای عضو
 t_f : ضخامت بال مقطع

$e < 10 t_f$
 e : فاصله نقطه اثر نیرو از انتهای عضو
 t_f : ضخامت بال مقطع

t_f مورد نیاز برای جلوگیری از خمش موضعی بال تحت اثر نیرو کشش

$$R_n = 6.25 \cdot F_{yf} \cdot t_f^2$$

R_n : مقاومت اسمی خمش موضعی بال
 F_{yf} : تنش تسلیم بال (MPa)
 t_f : ضخامت بال (mm)

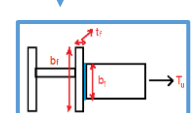
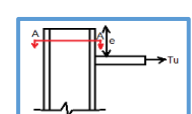
$$R_n = 0.5 \times 6.25 \cdot F_{yf} \cdot t_f^2$$

$$t_f \geq 0.4 \sqrt{\frac{T_u}{0.9F_{yf}}} \rightarrow OK$$

یک جفت سخت کننده نیاز است ->

$$R_u \leq \phi \cdot R_n \rightarrow OK$$

یک جفت سخت کننده ->
 (با ورق پیوستگی) برای نیروی $T_u - \phi R_n =$ نیرو نهایی داده شده.
 R_u : ϕ : 0.9



لهیدگی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری (تکی یا زوج نیرو)

فاصله بار متمرکز از انتهای عضو $\leq \frac{d}{2}$
(d: ارتفاع کل مقطع)

$$R_n = 0.8t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{\ell_b}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_{yw} t_f}{t_w}}$$

(mm) ضخامت جان: t_w
(mm) $k \leq \ell_b$: طول اتکای بار که در محل عکس العمل k
(mm) ارتفاع کل مقطع: d
(mm) ضخامت بال: t_f
 $2 \times 10^5 MPa$: مدول الاستیسیته: E
 MPa : تنش تسلیم جان: F_{yw}

فاصله بار متمرکز از انتهای عضو $> \frac{d}{2}$
(d: ارتفاع کل مقطع)

$$\frac{\ell_b}{d} \leq 0.2$$

ℓ_b : طول اتکای بار که در محل عکس العمل $k \leq \ell_b$
d: ارتفاع کل مقطع

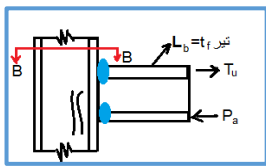
$$R_n = 0.4t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{\ell_b}{d} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_{yw} t_f}{t_w}}$$

$$\frac{\ell_b}{d} > 0.2$$

ℓ_b : طول اتکای بار که در محل عکس العمل $k \leq \ell_b$
d: ارتفاع کل مقطع

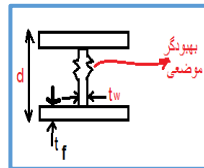
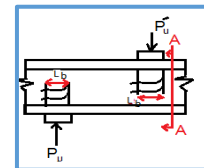
$$R_n = 0.4t_w^2 \left[1 + \left(\frac{4\ell_b}{d} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_{yw} t_f}{t_w}}$$

$k \leq \ell_b$: طول اتکای بار که در محل عکس العمل



$$P_u \leq \phi R_n \rightarrow OK$$

یک جفت سخت کنند-
> (یا ورق پیوستگی) برای نیروی
 $T_u - \phi R_n =$
نیروی نهایی داده شده.
 $0.75 : \phi$



کمانش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز فشاری (یک جفت نیرو تنها یا یک جفت زوج نیرو)

محل اثر نیرو از انتهای عضو $\leq \frac{d}{2}$

$$R_n = \frac{24t_w^3 \sqrt{E \cdot F_{yw}}}{h}$$

h: ارتفاع آزاد جان، در شکل پایین.

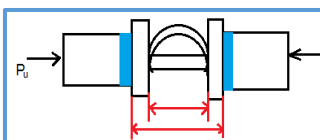
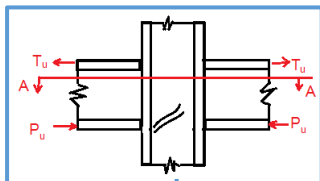
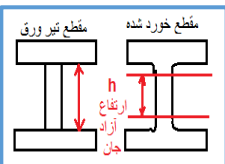
محل اثر نیرو از انتهای عضو $> \frac{d}{2}$

$$R_n = 0.5 \frac{24t_w^3 \sqrt{E F_{yw}}}{h}$$

h: ارتفاع آزاد جان، در شکل پایین.

$$P_u \leq \phi R_n \rightarrow OK$$

یک جفت سخت کنند-
> (با ورق پیوستگی) برای نیروی
 $T_u - \phi R_n =$
نیروی نهایی داده شده.
 $0.9 : \phi$

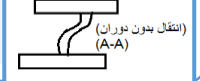


کمانش جانبی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری (نیروی فشاری تکی که از حرکت جانبی بال فشاری نسبت به بال کششی در محل اعمال نیرو جلوگیری به عمل نیامده) مهار جانبی ندارد))

$$\alpha = \left(\frac{h}{L_b} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)$$

L_b : بزرگترین طول بدون مهار جانبی هر دو بال در محدوده اعمال بال متمرکز
 L_b با ℓ_b فرق دارد**

اگر بال فشاری در برابر دوران زاویه ای نگهداری شده باشد.



اگر بال فشاری در برابر دوران زاویه ای نگهداری نشده باشد.



$$\alpha \leq 2.3$$

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2} [1 + 0.4 \alpha^3]$$

$P_u \leq \phi R_n \rightarrow OK$
> 1- بال کششی مهار کرده
2- یک جفت سخت کنند-صفحه 9-2-10 189-8-10
یا
3- ورق تقویت جان (ورق مضاعف)-صفحه 9-2-10 188-9-10-9-2-10
 $0.85 : \phi$

$$\alpha > 2.3$$

کنترل کمانش جانبی لزومی ندارد

$$\alpha \leq 1.7$$

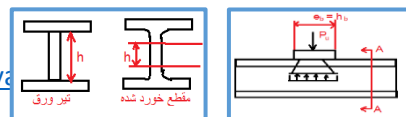
$$R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2} [0.4 \alpha^3]$$

$P_u \leq \phi R_n \rightarrow OK$
تعبیه مهار جانبی برای هر دو بال فشاری و کششی در محل اثر بار متمرکز->
 $0.85 : \phi$

$$\alpha > 1.7$$

لزومی به کنترل کمانش جانبی نیست

$M_y = F_y S$ جان ضخامت: t_w بال پهنای: b_f
ضخامت بال: t_f ارتفاع آزاد جان: h
در محل بار $M_y \leq M_u < M_y \leq M_u$ یا $M_u < M_y \leq M_u$ ضربی است: C_r
(در محل بار $M_u \geq M_y \leq M_u$)
 $C_r = 6.62 \times b_f^2 MPa$
 $C_r = 3.31 \times 10^6 MPa$



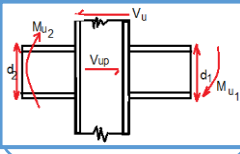
تعبیه و تدوین: پیام عباسی (نشر با ذکر من)

برش در چشمه اتصال

محاسبه برش نهایی وارد چشمه اتصال (مقاومت برشی مورد نیاز)

$$V_{up} = \frac{M_{u1}}{d_{b1}} + \frac{M_{u2}}{d_{b2}} - V_u$$

مقاومت برش مورد نیاز: V_{up}
 لنگرهای خمشی انتهای تیرهای سمت چپ و راست چشمه: M_{u1} و M_{u2}
 ارتفاع کل تیرهای راست و چپ: d_{b1} و d_{b2}
 نیروی برشی ستون در طبقه بالای چشمه: V_u



محاسبه مقاومت برشی طراحی در چشمه اتصال

تأثیر تغییر شکل چشمه اتصال در تحلیل سازه منظور نشده.

$P_u \leq 0.4P_c$
 $P_c = P_y = A_g \cdot F_y$
 مقاومت محوری مورد نیاز ستون: P_u
 مقاومت محوری سطح ستون: P_c
 سطح مقطع کلی: A_g

$R_n = 0.6F_y \cdot d_c \cdot t_w$
 ارتفاع کلی مقطع ستون: d_c
 ضخامت جان: t_w

$P_u > 0.4P_c$
 $P_c = P_y = A_g \cdot F_y$
 مقاومت محوری مورد نیاز ستون: P_u
 مقاومت محوری سطح ستون: P_c
 سطح مقطع کلی: A_g

$R_n = 0.6F_y \cdot d_c \cdot t_w \left(1.4 - \frac{P_u}{P_c}\right)$
 ارتفاع کلی مقطع ستون: d_c
 ضخامت جان: t_w

تأثیر تغییر شکل چشمه اتصال در تحلیل سازه منظور شود.

$P_u \leq 0.75P_c$

$R_n = 0.6F_y \cdot d_c \cdot t_w \left(1 + \frac{3b_{cf} \cdot t_{cf}^2}{d_b \cdot d_c \cdot t_w}\right)$
 پهنال بال ستون: b_{cf}
 ضخامت بال ستون: t_{cf}
 ارتفاع کلی مقطع تیر: d_b
 ارتفاع کلی مقطع ستون: d_c

$P_u > 0.75P_c$

$R_n = 0.6F_y \cdot d_c \cdot t_w \left(1 + \frac{3b_{cf} \cdot t_{cf}^2}{d_b \cdot d_c \cdot t_w}\right) \left(1.9 - \frac{1.2P_u}{P_c}\right)$

تعیین ضخامت ورق تقویت جان:

- 1- V_{up} را محاسبه کرده.
- 2- بسته به حالات مختلف، $V_{up} = \phi \cdot R_n$ قرار داده و فرمول را مجهول فرض کرده.
- 3- t_w موجود - t_w تقویت ورق = t_w مورد نیاز

$V_{up} \leq \phi \cdot R_n \rightarrow OK$, $\phi : 0.9$

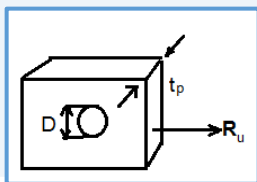
1 - اضافه کردن ورق تقویت جان یا

2 - یک جفت سخت کننده قطری ← 10 - 2 - 9 - 2 - 10 تا 10 - 7 - 10 - 2 - 9 - 2 - 10

مقاومت اتکای سطوح متکی به هم

جدار سوراخ های تنظیم شده برای بین و انتهای سخت کننده ها کاملاً جفت شده (سطوح صاف و آماده)

$R_n = 1.8F_y \cdot A_{pb}$
 سطح تصویر اتکا ($D \cdot t_p = A_{pb}$)



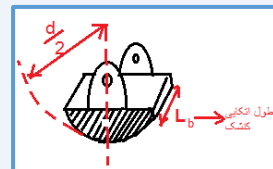
برای کشک های تکیه گاهی

$d \leq 635mm$

$R_n = 1.2(F_y - 90) \frac{\ell_b \cdot d}{20}$
 مقاومت اسمی اتکایی (N): R_n
 $MPa : F_y$

$d > 635mm$

$R_n = 30.2(F_y - 90) \frac{\ell_b \sqrt{d}}{20}$
 $MPa : F_y$



$R_u \leq \phi \cdot R_n$

$\phi : 0.75$

طراحی کف ستون

ابعاد کف ستون

ستون تحت نیرو محوری
خالص فشاری

P_p : مقاومت کلی بر اساس حالت حدی خرد شدن
مصالح

فشار مستقیم بر روی تکیه گاه
مصالح بنایی یا سنگ آهکی یا
ماسه سنگ متراکم و ماسه
سیمان

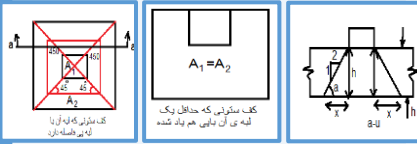
$P_p = F_p \cdot A_p$
 F_p : تنش اتکالی
6 MPa

فشار مستقیم بر روی
تکیه گاه مصالح بنایی آجر
فشار و ماسه سیمان

$P_p = F_p \cdot A_p$
 F_p : تنش اتکالی
4 MPa

فشار سیستم بر
روی تکیه گاه بتنی

$P_p = 0.85 f_c \cdot A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 f_c \cdot A_1$
 f_c : بر حسب مقاومت مشخصه فضای بتن بر روی نمونه استوانه
ای استاندارد.
 A_1 : سطح ورق کف ستون در تماس با شالوده.
 A_2 : حداکثر سطحی از شالوده هم مرکز و متناهی با ورق کف ستون در
پلان عمق شالوده.



$$\tan \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{h}{x} \Rightarrow x = 2h$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{x}$$

$$P_u \leq \phi_c \cdot P_p$$

$\phi : 0.65$

ضخامت کف ستون

ستون تحت اثر
نیروی محوری
خالص فشاری

$f_{pmax} = f_p$
مشابه قسمت ابعاد کف
ستون، نیروی محوری خالص
فشاری

ستون تحت اثر
نیرو محوری و
لنگر خمشی

مشابه قسمت
ابعاد کف ستون،
قسمت لنگر خمشی و
نیروی محوری

ستون تحت اثر
نیرو محوری
فشاری خالص

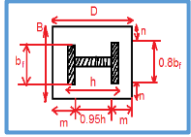
از نظر طراحی
نیازی به میل مهار
نیست ولی از نظر
اجرای 4020

ستون تحت اثر
نیرو محوری و
لنگر خمشی

به قسمت طراحی
بیشتر ها مراجعه
شود.

$$m = \frac{D - 0.95h}{2}$$

$$n = \frac{B - 0.8b_f}{2}$$



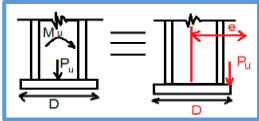
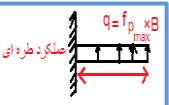
$$M_u = M_{max} = \frac{q \cdot m^2}{2} = \frac{(f_{pmax} \cdot B) \cdot m^2}{2}$$

$$M_u \leq 0.9 M_n$$

$$M_n = F_y \cdot Z \leq 1.6 F_y \cdot S$$

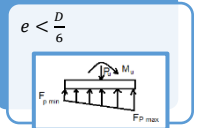
$$Z : \frac{B \cdot t^2}{4}$$

$$S : \frac{B \cdot t^2}{6}$$

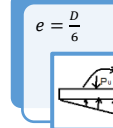


ستون تحت نیروی محوری و لنگر خمشی

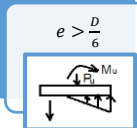
$$e = \frac{M_u}{P_u}$$



$$\begin{cases} f_{pmax} = \frac{P_u}{B \cdot D} + \frac{M_u}{S} = \frac{P_u}{B \cdot D} + \frac{6M_u}{B \cdot D^2} \\ f_{pmin} = \frac{P_u}{B \cdot D} - \frac{M_u}{S} = \frac{P_u}{B \cdot D} - \frac{6M_u}{B \cdot D^2} \end{cases}$$



$$\begin{cases} f_{pmax} = \frac{P_u}{B \cdot D} + \frac{6M_u}{B \cdot D^2} = \frac{2P_u}{B \cdot D} = \frac{2P_u}{A} \\ f_{pmin} = 0 \end{cases}$$



$$\begin{cases} f_{pmax} = \frac{4P_u}{3\ell(D - 2e_p)} \\ f_{pmin} = 0 \end{cases}$$

ℓ : بعد دیگر صفحه ستون

$$1) M_u = M_{max} = \frac{f_{pmax} \cdot B \cdot m^2}{2}$$

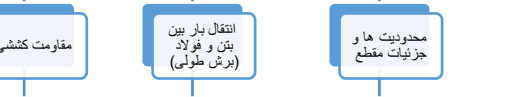
$$2) M_u \leq 0.9 M_n$$

$$M_n = F_y \cdot Z \leq 1.6 F_y \cdot S$$

$$Z : \frac{B \cdot t^2}{4}$$

$$S : \frac{B \cdot t^2}{6}$$

فشار، کشش و انتقال بار بین بتن و فولاد (برش طولی) در اعضای محوری با مقطع مختلط
(ستون، مهار بندی جانبی)



مقاومت کششی
 $P_n = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr}$
 $P_u \leq \phi_t P_n$
 0.9ϕ

انتقال بار بین بتن و فولاد (برش طولی)
 سه صفحه بعد

محدودیت ها و جزئیات مقطع

- 1) $A_s \geq 0.01 A_g$
- 2) پوشش بتنی هسته فولادی به کمک میلگردهای طولی و تنگ عرضی یا مار پیچ مسلح شده باشند
- 3) $d_b \geq 10mm$
- 4) فاصله تنگ های عرضی: $S \leq 0.5b$
- 5) نسبت آرماتور طولی: $\rho_{sr} = \frac{A_{sr}}{A_g} > 0.004$
- 6) فاصله آزاد بتن مقطع فولادی و آرماتور های طولی: $d \geq \max\{1.5d_b, 40mm\}$
- 7) به طور کلی این گونه اعضا نیازی به در نظر گرفتن کماتش موضعی نیست.

- 1- A_c : مساحت مقطع بتن (mm)²
 - 2- A_s : مساحت مقطع فولاد (mm)²
 - 3- A_{sr} : مجموع سطح مقطع آرماتورهای طولی (mm)²
 - 4- E_c : مدول الاستیته بتن (MPa)
 - 5- $(EI)_{eff}$: صلبیت مؤثر مقطع مختلط
 - 6- F_{ysr} : تنش تسلیم آرماتور طولی (MPa)
 - 7- I_c : ممان اینرسی مقطع بتن نسبت به تار خشی الاستیک مقطع مختلط (mm)⁴
 - 8- I_s : ممان اینرسی مقطع فولادی نسبت به تار خشی الاستیک مقطع مختلط (mm)⁴
 - 9- I_g : ممان اینرسی میلگرد طولی نسبت به تار خشی الاستیک مقطع مختلط (mm)⁴
- نکته: روش های کلی تحلیل صفحه 113 مبحث 10
 محدودیت مصالح صفحه 113-114 مبحث 10



مقاومت فشاری

مقاطع فشرده
 $P_p = F_y A_s + C_2 \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) f_c$
 $2 \times 10^5 : E_s$
 مقطع فولادی مستطیلی: $0.85 = C_2$
 مقطع فولادی دایره ای: $0.95 = C_2$
 $P_{no} = P_p$

مقاطع غیر فشرده
 $P_p = P_p = F_y A_s + C_2 \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) f_c$
 $P_y = F_y A_s + 0.7 f_c \left[A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right]$
 $P_{no} = P_{no} - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)} (\lambda - \lambda_p)^2$
 $2 \times 10^5 : E_s$
 مقطع فولادی مستطیلی: $0.85 = C_2$
 مقطع فولادی دایره ای: $0.95 = C_2$

برای مقطع فولادی با اجزاء لاغر
 $F_{cr} = \begin{cases} \text{مستطیلی} \leftarrow \frac{9E_s}{\left(\frac{b}{t}\right)^2} \\ \text{دایره} \leftarrow \frac{0.72F_y}{\left[\left(\frac{D}{T}\right) \frac{F_y}{E_s}\right]^{0.2}} \end{cases}$
 $P_{no} = F_{cr} A_s + 0.7 f_c \left[A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right]$
 بزرگترین نسبت پهنا به ضخامت اجزاء مقطع: $\frac{b}{t}$

مقاومت کششی
 $P_n = P_n \left[0.658 \frac{P_{no}}{P_e} \right]$
 $P_n = 0.877 P_e$

مقاومت فشاری
 $P_e = \frac{\pi^2 (EI)_{eff}}{(kL)^2}$
 $E_s I_s + E_s I_{sr} + C_3 E_c I_c = (EI)_{eff}$
 $C_3 = 0.6 + 2 \left[\frac{A_s}{A_c + A_s} \right] \leq 0.9$

ادامه مرحله (2)
 مقاطع محاط در بتن

مقاومت فشاری، کششی، و انتقال بار بین فولاد و بتن:
(برش طولی)

1) λ : نسبت پهنا به ضخامت اجزاء مقطع فولادی
 2) λ_p : حد لاغری برای بال و جان فشرده مقطع مختلط
 3) λ_r : حد لاغری برای بال و جان غیرفشرده مقطع

مقاومت خمشی و انتقال بار برشی اعضایی با مقطع مختلف (تیر، ستون، سقف مختلط)

سقف مختلط

محاسبه مقاومت خمشی سقف مختلط

بنون ورق فولادی (بنون عرش فولادی) / ادامه صفحه ی بعد

محدودیت

$h_p \geq 80mm$
ضخامت دال: h_p

مقاومت خمشی منفی

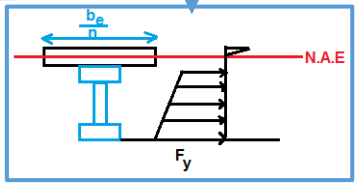
(1) باید بر اساس مقطع فولادی تنها محاسبه شود. (فصل خمشی چارت) مگر:
(الف) مقطع فولادی فشرده و دارای ارتکای جانبی کافی (ب) دارای برشگیر کافی (پ) در موردی عرض مؤثر میلگرد ها پیوسته باشند.
معادله تعادل: $A_s \cdot f_y + (b_f \cdot t_f) f_y + (y_p - t_f) t_w \cdot f_y = (d - y_p - t_f) t_w \cdot f_y + (b_f \cdot t_f) f_y \rightarrow y_p = \dots$

مقاومت خمشی مثبت

$\frac{h}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E_s}{F_y}} \left\{ \begin{matrix} F_{240} \rightarrow 108.54 \\ F_{360} \rightarrow 88.62 \end{matrix} \right.$
مقاطع اشغال رابطه بالا را پاس می کنند.
با فرض تنش الاستیک و مقطع تبدیل یافته

مشابه حالات قبل $y_p =$
 $M_n = A_s \cdot F_y \left(\frac{d}{2} + h_f - \frac{y_p}{2} \right)$
یا
 $M_n = (0.85 f_c) \times (b_c \times y_p) \times \left(\frac{d}{2} + h_f - \frac{y_p}{2} \right)$

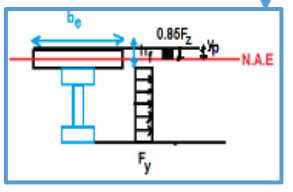
$M_u \leq \phi_n \cdot M_n$
 $0.9 \cdot \phi_n$



$M_n = [A_s \cdot F_y \cdot (y_p + \text{فاصله میلگردها تا بال تیر})] + [(b_f \cdot t_f) f_y \cdot (y_p - \frac{t_f}{2})] + [(y_p - t_f) t_w \cdot (\frac{y_p - t_f}{2}) f_y] + [(h + t_f - y_p) \cdot t_w \cdot f_y \cdot (\frac{h + t_e - y_p}{2})] + [(b_f \times t_f) \cdot f_y \cdot (\frac{h + t_e - y_p}{2} + \frac{t_f}{2})]$
 $M_u \leq \phi_n \cdot M_n$
 $0.9 \cdot \phi_n$

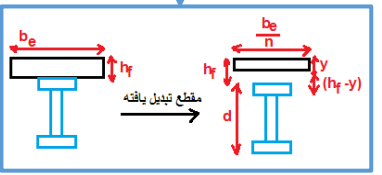
محاسبه تار خمشی پلاستیک

(1) محاسبه b_e
(2) فرض کرده y_p در بتن می افتد.
(3) معادل تعادل را نوشته
مساحت بتن تحت تنش \times تنش فولادی = مساحت بتن تحت تنش \times تنش فولادی
 $\Rightarrow (0.85 f_c) \times (b_e \times y_p) = f_y \times A_s$
 $\Rightarrow y_p = \square$
 $0 \leq y_p \leq h_f$: تار خمشی در ناحیه بتن است.
 $y_p > h_f$: تار خمشی در مقطع فولادی است.



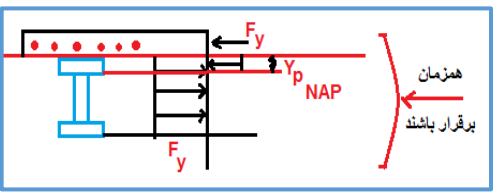
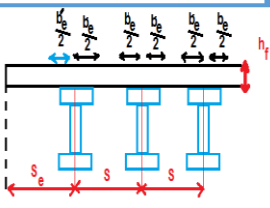
محاسبه تار خمشی الاستیک

(1) محاسبه b_e
(2) محاسبه مقطع تبدیل یافته $n = \frac{E_s}{E_c} \rightarrow \frac{b_e}{n}$
 $E_s = 2 \times 10^5 MPa$
 $S \geq 3H$
 $d \geq 1.5H$
(3) در نظر گرفتن γ فرض در مقطع تبدیل یافته بتن و نوشتن معادله تعادل برای به دست آوردن آن
 $(\frac{b_e}{n}) \times y \times \frac{y}{2} = A_s \times (\frac{d}{2} + (h_f - y)) \rightarrow y = \square$
 $\gamma =$ تار خمشی الاستیک
 $h_f < \square$: تار خمشی در بتن نیفتاده \Rightarrow بتن ترک نخورده.
 $h_f = \square$: تار خمشی بین بتن و فولاد \Rightarrow بتن ترک نخورده.
 $h_f > \square$: تار خمشی بین بتن افتاده \Rightarrow بتن ترک می خورد.
 $I_{\text{مقطع مختلط}} = I_s + A_s \left(\frac{d}{2} + (h_f - y) \right)^2 + \frac{(\frac{b_e}{n}) y^3}{3}$
 I_s : اساس مقطع بتن فولادی به تنهایی
مقطع مختلط: I
 $S = \frac{I}{C}$



عرض مؤثر دال b_e

تیر کناری: $\frac{b_e}{2} = \min \left\{ \frac{f_c}{8} \text{ و } S_0 \right\}$
تیر میانی: $\frac{b_e}{2} = \min \left\{ \frac{f_c}{8} \text{ و } \frac{S_0}{2} \right\}$



مقاومت خمشی و نحوی انتقال بار برشی اعضایی با مقطع مختلط (تیر، ستون، سقف مختلط)

سقف مختلط

انتقال بار بین تیر فولادی و دال (برش طولی)

محدودیت کلی سقف های مختلط :
 اگر هنگام بتن ریزی از پایه موقت استفاده نشود تا زمان $f_{c,موقت} \geq 0.75 f_{c,سقف}$ تیر فولادی به تنهایی باید همه بارها را تحمیل کند.

محاسبه مقاومت خمشی سقف مختلط

محاسبه M_{Rn} مشابه صفحه قبل

بارق فولادی

کنگره ها عمود بر محور تیر

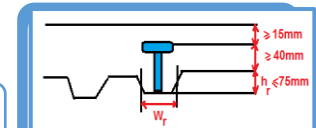
کنگره های موازی با محور تیر

در محاسبه A_c و مشخصات هندسی مقطع می توان از بتن موجود در زیر سطح فولادی ورق استفاده کرد.

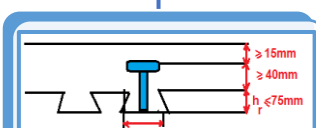
محدودیت
 h_r
 برای یک گل میخ : $w_r \geq 50mm$
 برای چند گل میخ کنار هم : $w_r \geq 50mm + n \cdot 4d_b$
 $= 40mm \cdot w_r$
 قطر گل میخ : d_b
 تعداد گل میخ : n

محدودیت ها

$d_b \geq 20mm - 1$
 قطر گل میخ : d_b



ارتفاع اسمی ورق های فولادی : h_r
 پهنای متوسط کنگره پر شده : $w_r \geq 50mm$



ارتفاع اسمی ورق های فولادی : h_r
 پهنای متوسط کنگره پر شده : $w_r \geq 50mm$

مقاومت برشی مورد نیاز

$$V_{hu} = \min \begin{cases} 0.85 f_c A_c & \text{خرد شدن بتن} \\ F_y A_s & \text{تسلیم موضعی فولاد} \end{cases}$$

A_c : سطح مقطع دال در عرض مؤثر
 A_s : سطح مقطع فولاد

نواحی لنگر خمشی مثبت

مقاومت برش اسمی یک عدد برشگیر

گل میخ

$$Q_n = 0.5 A_{sa} \sqrt{f_c E_c} \leq R_y R_p A_{sa} F_u$$

F_u : تنش نهایی گل میخ
 A_{sa} : سطح مقطع گل میخ

ناودانی

$$Q_n = 0.3 (t_p + 0.5 t_w) \rho_a \sqrt{f_c E_c}$$

ρ_a : طول ناودانی

نواحی لنگر خمشی منفی

مقاومت برشی مورد نیاز

$$V_{hu} = F_{yr} A_{sr}$$

F_{yr} : تنش تسلیم آرماتور
 A_{sr} : سطح مقطع کل آرماتور در عرض مؤثر

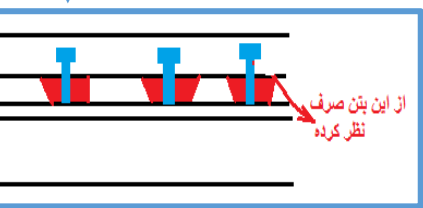
مقاومت برشی اسمی یک برشگیر مشابه حالت لنگر خمشی مثبت

محدودیت ها

سه صفحه بعد

$$V_{hu} \leq \sum_{i=1}^n Q_n \rightarrow n = \frac{V_{hu}}{Q_n}$$

n : تعداد گل میخ در یک سمت لنگر مثبت



R_p	R_y	حالت
0.75	1	1-مقاطع مختلط بدون استفاده از ورق فولادی شکل داده شده
0.75	1	$\frac{w_r}{h_r} \geq 1.5$
0.75	0.85	$\frac{w_r}{h_r} < 1.5$
0.6	1	تعداد گل میخ در یک کنگره در محل تقاطع بار تیر مساوی 1
0.6	0.85	تعداد گل میخ در یک کنگره در محل تقاطع بار تیر مساوی 2
0.6	0.7	تعداد گل میخ در یک کنگره در محل تقاطع بار تیر مساوی 3

نکایت بسیار مهم:
 1- Q_n مقاومت برشی اسمی یک عدد برشگیر است.
 2- حداقل تعداد گل میخ حداقل لنگر صفر و لنگر حداکثر مثبت است برای محاسبه تعداد گل میخ خمشی منفی هم صادق است.

مقاومت خمشی و انتقال بار برشی اعضایی با مقطع مختلط (تیر، ستون، سقف مختلط)

مقاطع مختلط محاط در بتن (تیر)

مقاطع مختلط پرشده با بتن (تیر)

محاسبه مقاومت خمشی
به یکی از روش های
زیر

انتقال بار برشی
(برش طولی)

مقاومت خمشی

انتقال بار برشی
(برش طولی)

(1) براساس بر
هم نهی تنش
الاستیک با
فرض مقطع تبدیل
(M_p) یافته

(2) براساس توزیع
پلاستیک تنش
برروی مقطع فولادی
تنها (M_p)

(3) در صورت تعیبه
برشگیرهای کافی یکی
از روشهای توزیع
پلاستیک تنش یا
سازگاری کرنش ها

صفحه بعد

مقاطع فشرده

مقاطع غیر فشرده

مقطع لاغر

صفحه بعد

$$M_n = M_p$$

$$M_n = M_p - (M_p - M_y) \left[\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right]$$

توزیع الاستیک
تنش فشاری = $0.7f_c$
مستطیلی $\rightarrow \frac{9E_s}{(\frac{b}{t})^2}$
دایره $\rightarrow \frac{0.72F_y}{\left[\frac{D}{t} \times \frac{E_y}{E_s} \right]^{0.2}}$
فولاد
بزرگترین نسبت $\left(\frac{b}{t} \right)$

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

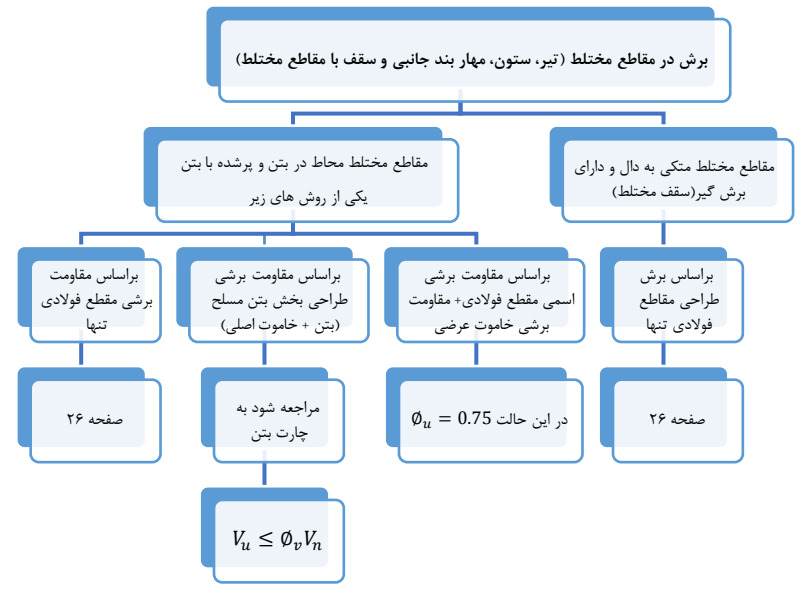
$$0.9 = \phi$$

(مقاومت خمشی و اتصال بار برشی برش
طولی (تیر، سقف مختلط))

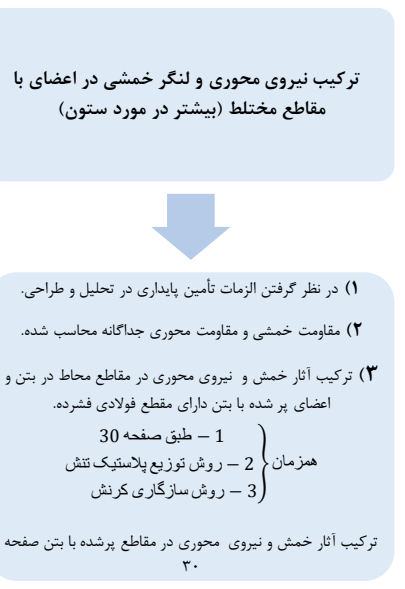
$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

M_y : لنگر تسلیم بر اساس توزیع الاستیک تنش بتن
 M_p : لنگر پلاستیک مقطع مختلط
 λ_r : حد لاغری بال و جان غیر فشرده
 λ_p : حد لاغری بال و جان فشرده
 λ : پهنا به ضخامت اجزاء

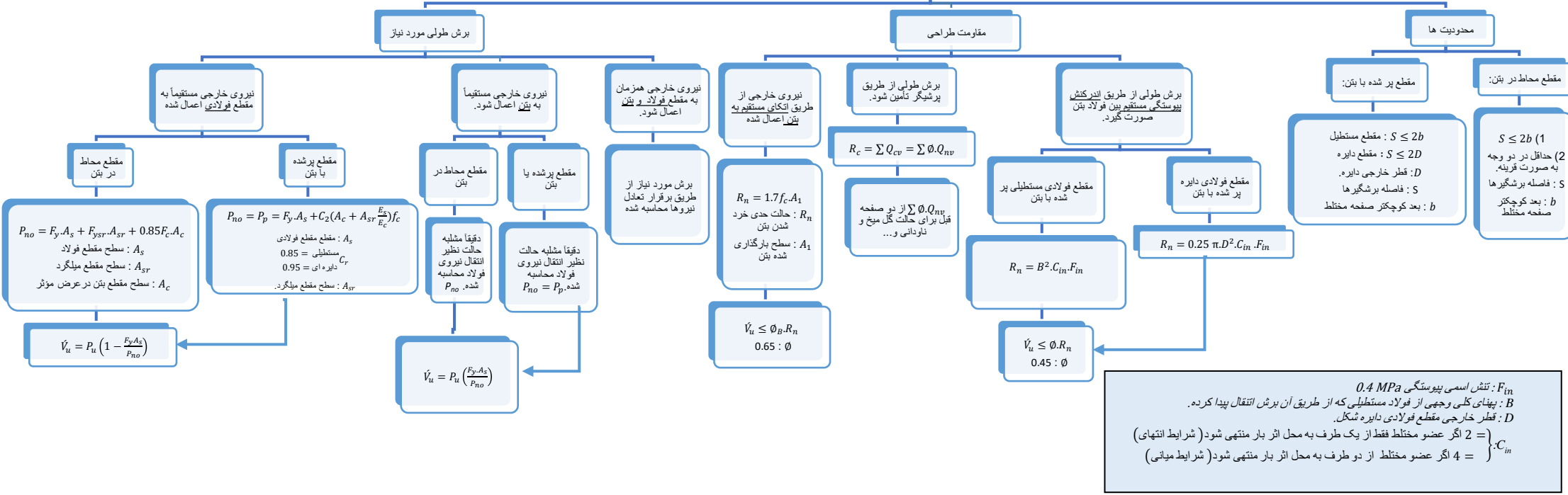
مقاومت برشی مقاطع مختلف



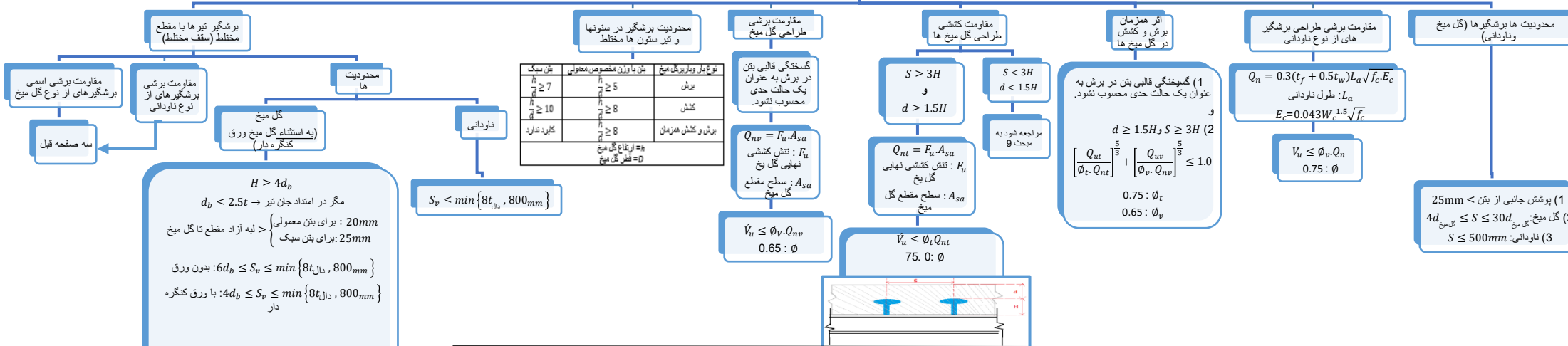
ترکیب نیروی محوری و لنگر خمشی



انتقال بار (برش طراحی) در اعضای با مقطع مختلف محاط در بتن و پر شده با بتن (تیر، ستون، مهار بند جانبی)



برشگیر



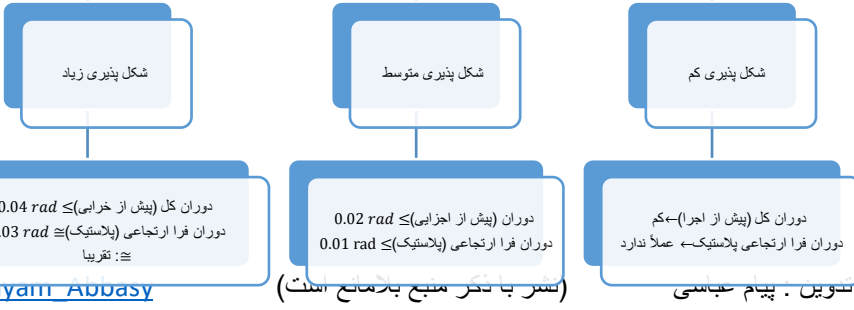
نوع تیر و تیر ستون	بش یا برین مخصوص معمولی	بش سبک
برش	$\frac{h}{d} \geq 5$	$\frac{h}{d} \geq 7$
کشش	$\frac{h}{d} \geq 8$	$\frac{h}{d} \geq 10$
برش و کشش همزمان	$\frac{h}{d} \geq 8$	$\frac{h}{d} \geq 8$

$H \geq 4d_b$
 $d_b \leq 2.5t \rightarrow$ مگر در امتداد جان تیر
 برای بتن معمولی: 20mm
 برای بتن سبک: 25mm
 $6d_b \leq S_v \leq \min\{8t, 800\text{mm}\}$ بدون ورق
 $4d_b \leq S_v \leq \min\{8t, 800\text{mm}\}$ با ورق کنگره دار

$S_v \leq \min\{8t_n, 800\text{mm}\}$

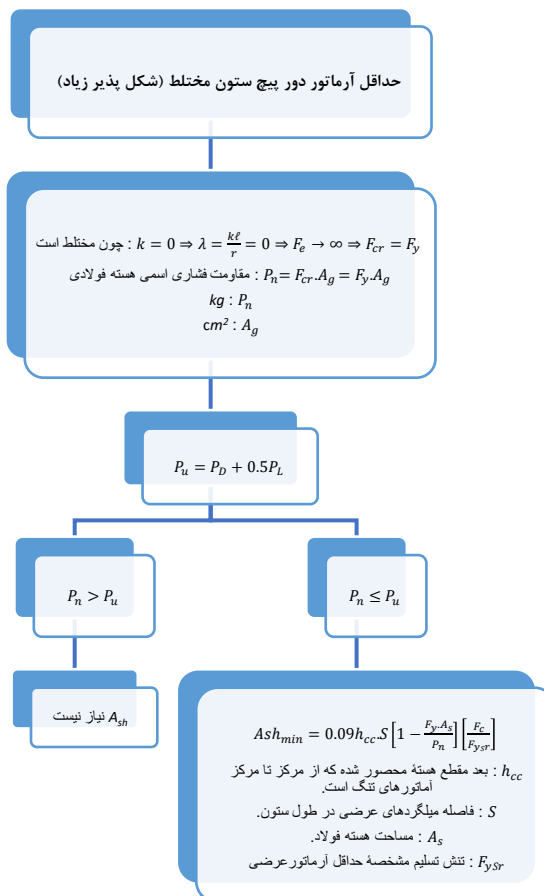
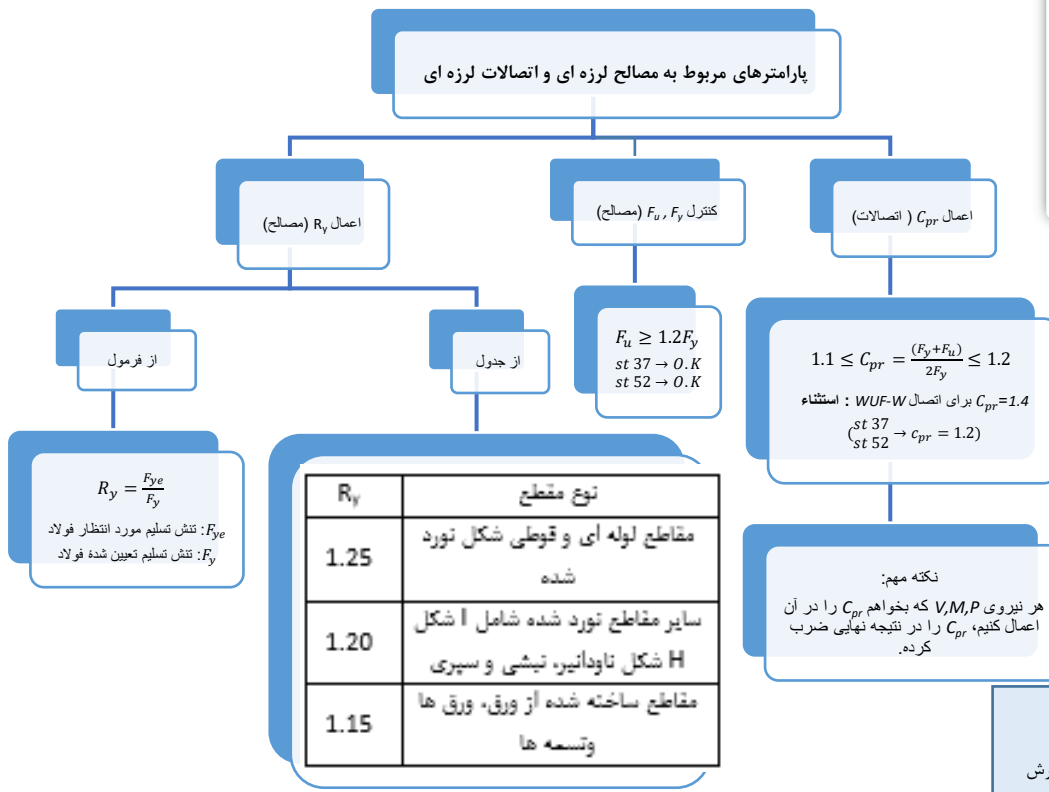
تعیین شکل پذیری با توجه به دوران نظیر تغییر مکان نسبی طبقه (دریفت)

کل دوران (پیش از خرابی) $= \frac{\Delta_{Rot}}{h}$
 دوران فرا ارتجاعی (پلاستیک) $= \frac{\Delta_{PE}}{h} = \frac{\Delta_{Rot} - \Delta_{EL}}{h}$
 $(\text{mm}) = \Delta_{PE}$
 $(\text{mm}) = \text{ارتفاع طبقه} = h$
 دوران: rad
 $(\text{mm}) = \Delta_{Rot}$

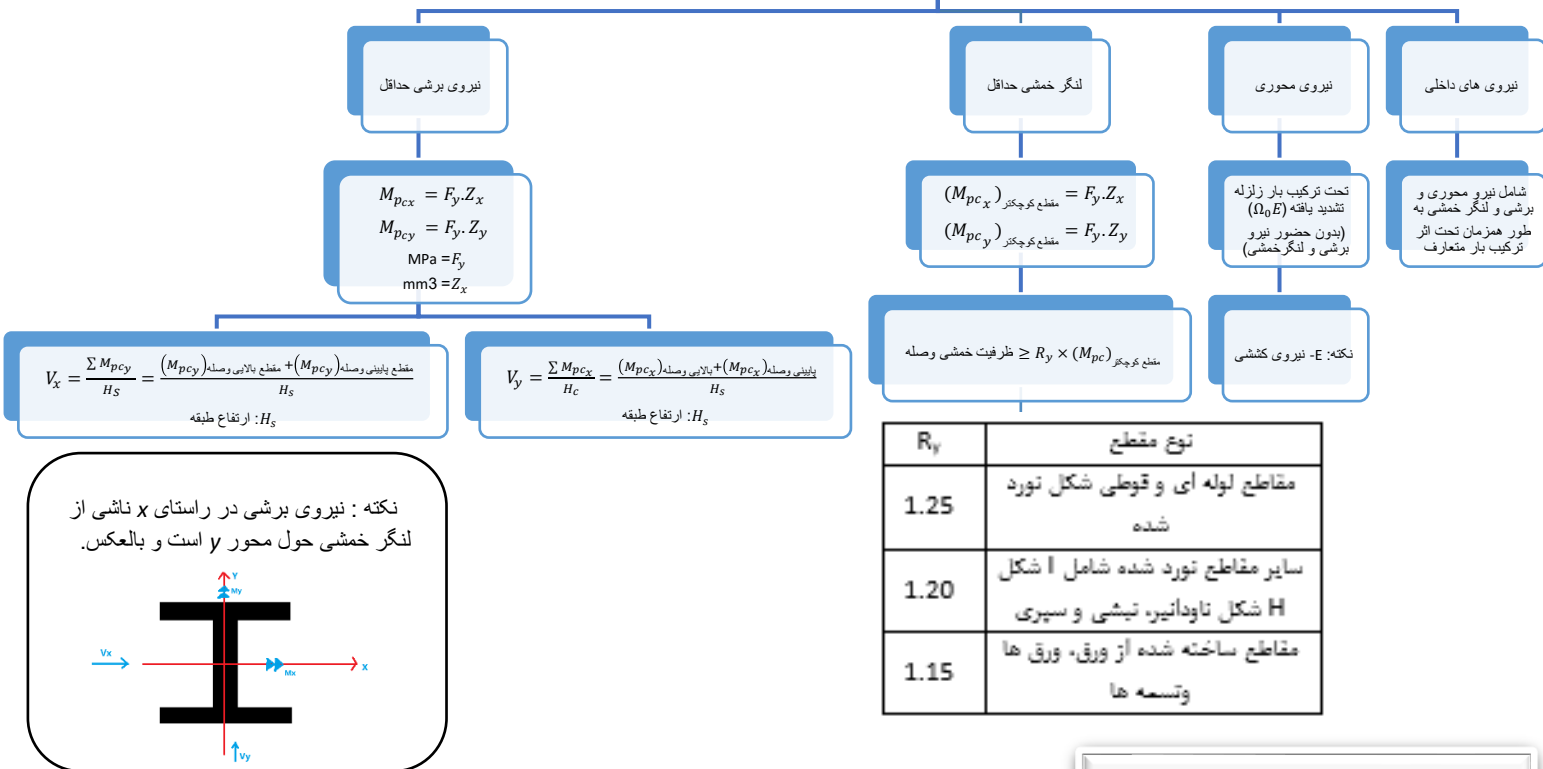


الزامات لرزه ای:
 اگر نیرو محوری، فشاری، خمشی خواست (متوسط، زیاد) از ضوابط لرزه ای اگر طراحی خواست از فصل های قبل

اگر نیرو محوری، فشاری، خمشی خواست (متوسط)،
زیاد، از ضوابط لرزه ای اگر طراحی خواست از
فصل های قبل

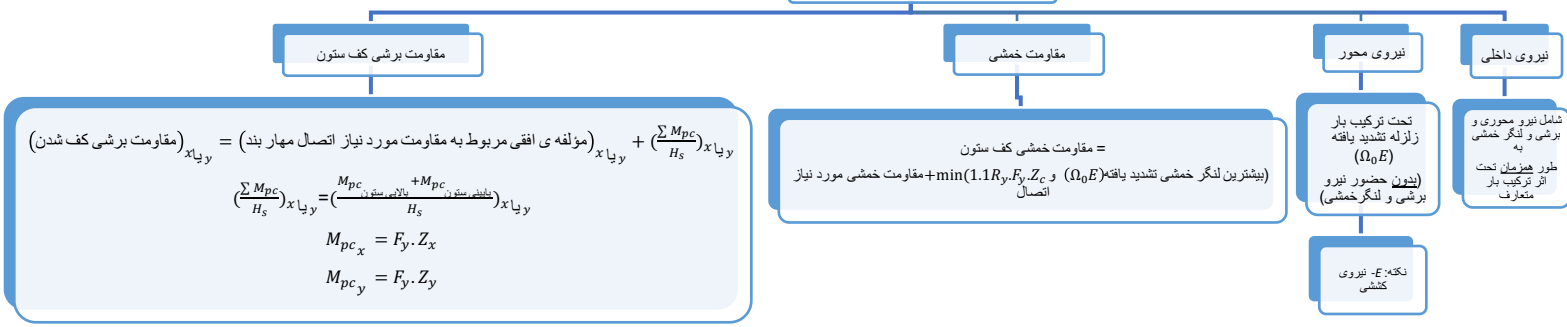


الزامات لرزه ای طراحی وصله ستون



الزامات لرزه ای:
اگر نیرو محوری، فشاری، خمشی خواست (متوسط)، زیاد، از ضوابط لرزه ای اگر طراحی خواست از فصل های قبل

الزامات لرزه ای طراحی کف ستون



Ω_0	سیستم باربر جانبی لرزه ای
3	کلیه قابهای خمشی فولادی
2	کلیه قابهای ساختمانی ساده توام با مهار بندی هم محور و برون محور فولادی
2.5	کلیه سیستم های دو گانه یا ترکیبی

الزامات لرزه ای:

اگر نیرو محوری، فشاری، خمشی خواست (متوسط، زیاد) از ضوابط لرزه ای اگر طراحی خواست از فصل های قبل

محاسبه نیرو برشی و لنگر خمشی لرزه ای در تیرهای قاب خمشی (چه قاب متوسط چه ویژه) (با هر نوع اتصالی)

اثر لنگر بار جانبی بین دو انتهای ستون + $\Omega_0 P_{Ex}$ یا $\Omega_0 P_{Ey}$ + $\Omega_0 (0.3 P_{Ex}$ یا $0.3 P_{Ey})$ در صورتی که ستون فولاد در دو راستای متعامد عمل کرده

ترکیب بار ثقلی که با لرزه باشد $\rightarrow q_{u,max} = 1.2D + L + 0.2S + (E = 0)$ بخش ثقلی $1.2D + L + 0.2S$ بخش زلزله E

لنگر خمشی در محل تشکیل مفصل پلاستیک $\rightarrow M_{pr} = C_{pr} \cdot R_y \cdot M_p$ دو صفحه قبل C_{pr}

$$M_p = F_y \cdot Z$$

نیرو برشی در محل تشکیل مفصل پلاستیک $\rightarrow V_{pr1} = \frac{2M_{pr}}{L_h} + \frac{q_u \cdot L_h}{2}$

$$V_{pr2} = \frac{2M_{pr}}{L_h} - \frac{q_u \cdot L_h}{2}$$

لنگر خمشی در محل اتصال تیر به ستون $\rightarrow M_{u1} = M_{pr} + V_{pr1} \cdot S_h + \frac{q_u \cdot S_h^2}{2} = M_{pr} + \left[\frac{2M_{pr}}{L_h} + \frac{q_u \cdot L_h}{2} \right] S_h + \frac{q_u \cdot S_h^2}{2}$

$$M_{u2} = M_{pr} + V_{pr2} \cdot S_h - \frac{q_u \cdot S_h^2}{2} = M_{pr} + \left[\frac{2M_{pr}}{L_h} - \frac{q_u \cdot L_h}{2} \right] S_h - \frac{q_u \cdot S_h^2}{2}$$

نیرو برش در محل اتصال تیر به ستون $\rightarrow V_{u1} = V_{pr1} + q_u \cdot S_h = \frac{2M_{pr}}{L_h} + \frac{q_u \cdot L}{2}$

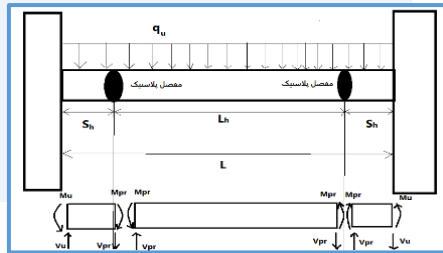
$$V_{u2} = V_{pr2} - q_u \cdot S_h = \frac{2M_{pr}}{L_h} - \frac{q_u \cdot L}{2}$$

$$V_d = \phi \cdot V_n \geq V_{u1}$$

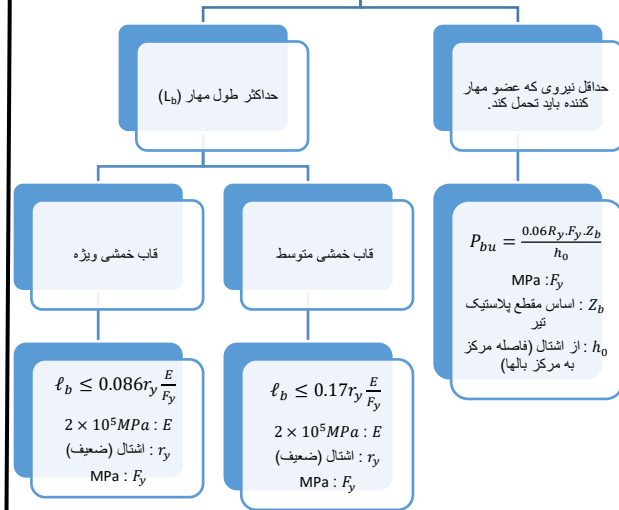
$$M_d = \phi \cdot M_n \geq M_{u1}$$

از فصل های قبل $\phi \cdot V_n$

طراحی V_d, M_d



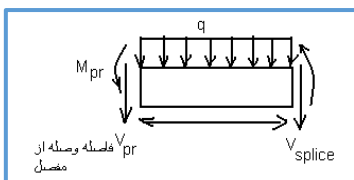
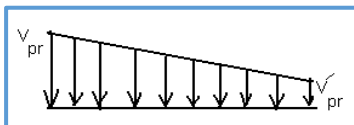
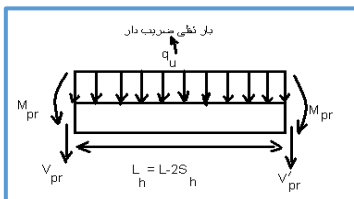
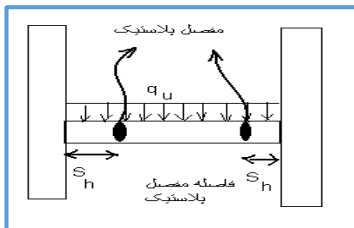
مهار جانبی تیرها در قاب های خمشی متوسط و ویژه



Ω_0	سیستم باربر جانبی لرزه ای
3	کلیه قابهای خمشی فولادی
2	کلیه قابهای ساختمانی ساده توام با مهار بندی هم محور و برون محور فولادی
2.5	کلیه سیستم های دو گانه یا ترکیبی
R_y	نوع مقطع
1.25	مقاطع لوله ای و قوطی شکل نورد شده
1.20	سایر مقاطع نورد شده شامل I شکل H شکل ناودانیر، نبشی و سپری
1.15	مقاطع ساخته شده از ورق - ورق ها و تسمه ها

نکته: برای محاسبه تعداد مهار تیر: جزء صحیح $\left[\frac{\text{طول تیر}}{\ell_b} \right]$ (نزدیک ترین عدد صحیح قسمت چپ)

الزامات لرزه ای طراحی وصله تیر



نیرو برشی در محل وصله

1) R_y, C_{pr}, Z

2) $M_{pr} = C_{pr} \cdot R_y \cdot M_p = C_{pr} \cdot R_y \cdot F_y \cdot Z$

3) $V_{pr} = \frac{2M_{pr}}{L_h} + \frac{q \cdot L_h}{2}$

$V'_{pr} = \frac{2M_{pr}}{L_h} - \frac{q \cdot L_h}{2}$

4) $V_{splice} = V_{pr} - (q \times \text{فاصله از وصله از مفصل})$

5) $\phi \cdot V_n \geq V_u = \max(V_{u0}, V_u, \phi \cdot V_n)$ (مغف کوچکتر)

برش در وصله: V_{splice}

حاصل ترکیب بار تشدید یافته: V_{u0}

مقاومت خمشی مورد نیاز M_u

$M_u \leq \phi_b \cdot M_p$ مغف کوچکتر

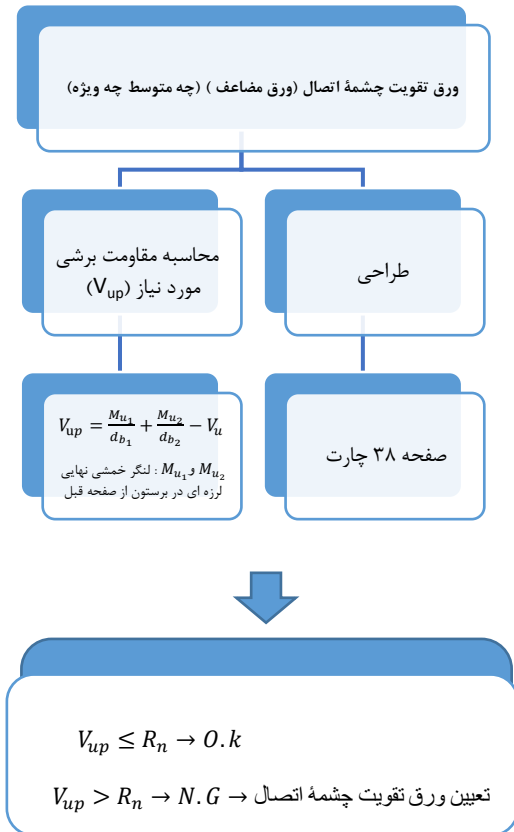
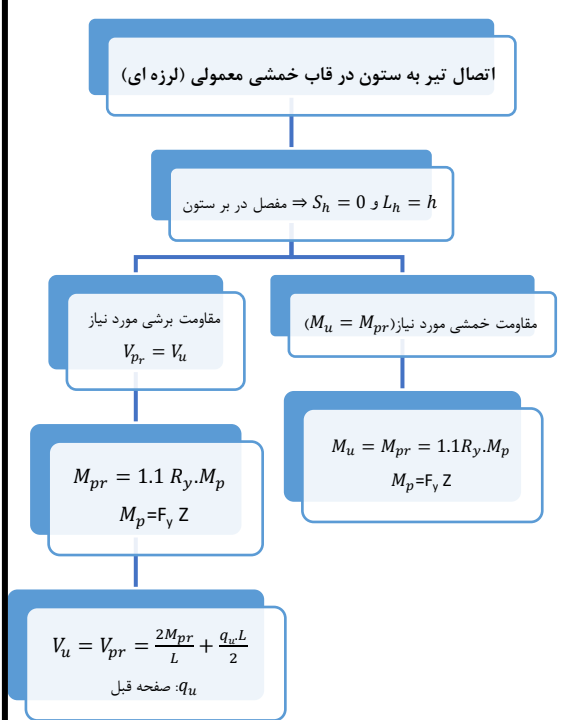
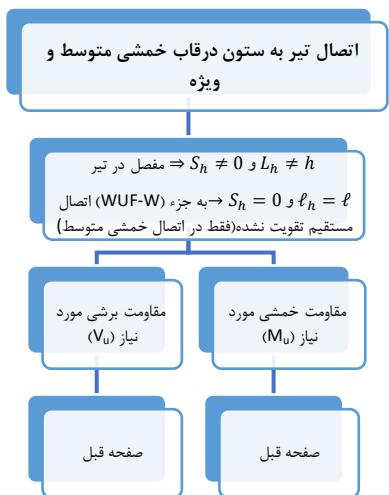
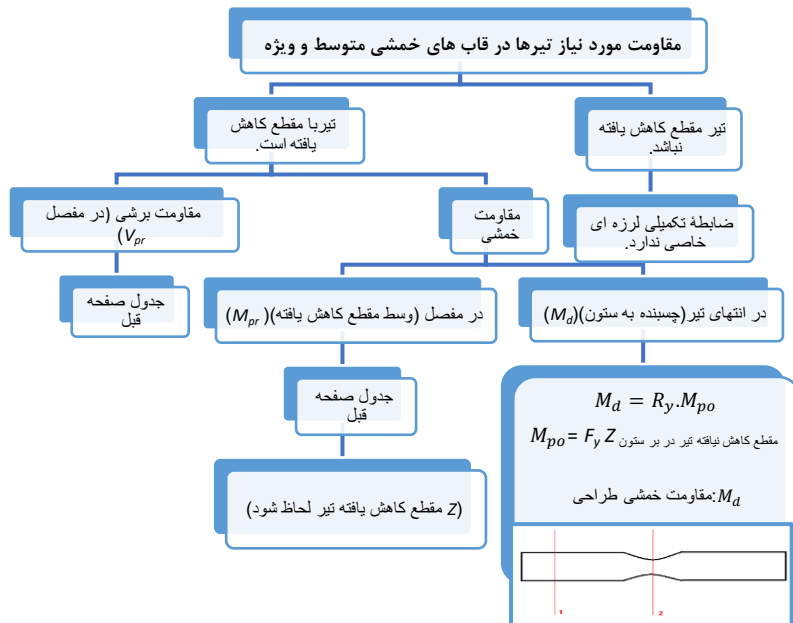
$M_p = F_y \cdot Z$

$0.9 \cdot \phi$

اگر نیرومحوری، فشاری، خمشی خواست
(متوسط، زیاد) از ضوابط لرزه ای اگر طراحی
خواست از فصل های قبل

R_y	نوع مقطع
1.25	مقاطع لوله ای و قوطی شکل تورد شده
1.20	سایر مقاطع تورد شده شامل I شکل H شکل تاوداتیر، تیشی و سپری
1.15	مقاطع ساخته شده از ورق - ورق ها و تسمه ها

نکته: در مواردی ممکن است اطلاعات مسئله طوری باشد (اطلاعات بال تیر را ندهد) و M_{pr} را بخواد باد از طریق مقاومت برشی به دست آورد.



اگر نیرو محوری، فشاری، خمشی خواست
(متوسط، زیاد) از ضوابط لرزه ای اگر طراحی
خواست از فصل های قبل

نسبت لنگر خمشی ستون به تیر در قاب های خمشی متوسط و ویژه (قاعده ستون قوی-تیر ضعیف)

تبصره در نظر نگرفتن این قاعده در گره
فوقانی ستون صفحه ۲۲۲ میحت ۱۰

$$\sum M_{pc} = \sum Z_c \left(F_{yc} - \frac{P_{uc}}{A_g} \right) = \left[Z_c \left(F_{yc} - \frac{P_{uc}}{A_g} \right) \right]_{\text{ستون بالای گره}} + \left[Z_c \left(F_{yc} - \frac{P_{uc}}{A_g} \right) \right]_{\text{ستون پایین گره}}$$

$$P_{uc} = 1.2P_D + P_L + \Omega_0 PE$$

M_{pc} : مجموع لنگر های خمشی ستون های بالا و پایین گره در امتداد مورد نظر

Z_c : اساس مقطع پلاستیک ستون

A_g : سطح مقطع ستون

P_{uc} : مقاومت فشاری مورد نیاز ستون حاصل ذکر بار زلزله تشدید بار

$$\sum M_{pb} = \left[M_{pr} + V_{pr} \left(S_h + \frac{d_c}{2} \right) + \frac{1}{2} q_u \cdot S_h (S_h + d_c) \right]_{\text{تیر سمت راست}} + \left[M_{pr} + V_{pr} \left(S_h + \frac{d_c}{2} \right) + \frac{1}{2} q_u \cdot S_h (S_h + d_c) \right]_{\text{تیر سمت چپ}}$$

$\sum M_{pb}$: مجموع تصاویر لنگر خمشی تیر ها در گره اتصال نسبت به راستای مورد نظر

M_{pr} و V_{pr} : دو صفحه قبل

d_c : ارتفاع کلی مقطع ستون

q_u : دو صفحه قبل

$$\frac{\sum M_{pc}}{\sum M_{pb}} > 1.0 \rightarrow OK$$

ستونها باید قوی تر شوند \rightarrow

ورق پیوستگی (چه متوسط چه ویژه)

در ستون H شکل

$$(1) t_{cf} \geq 0.4 \times \sqrt{1.8 b_{bf} t_{bf} \frac{R_{yb} F_{yb}}{R_{yc} F_{yc}}}$$

$$(2) t_{cf} \geq \frac{b_{bf}}{6}$$

t_{cf} : ضخامت بال ستون

b_{bf} : پهنای بال تیر

t_{bf} : ضخامت بال تیر

$R_{yb} F_{yb}$: تنش تسلیم مورد انتظار بال تیر MPa

$R_{yc} F_{yc}$: تنش تسلیم مورد انتظار بال ستون MPa

در ستون قوطی شکل

$$(1) t_{cf} \geq 0.4 \times \sqrt{\left[1 - \frac{b_{bf}}{(b_{cf})^2} \left(b_{cf} - \frac{b_{bf}}{4} \right) \right]} 1.8 b_{bf} t_{bf} \frac{F_{yb} R_{yb}}{F_{yc} R_{yc}}$$

$$(2) t_{cf} \geq \frac{b_{bf}}{12}$$

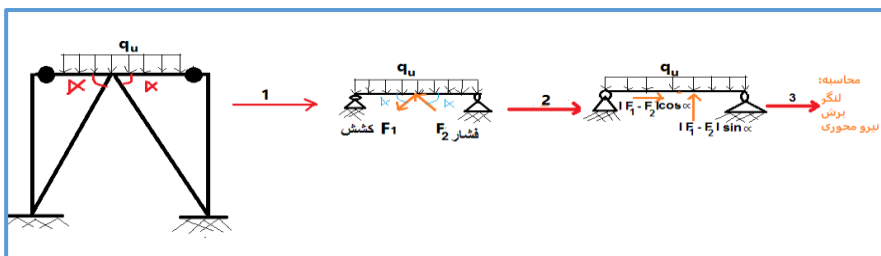
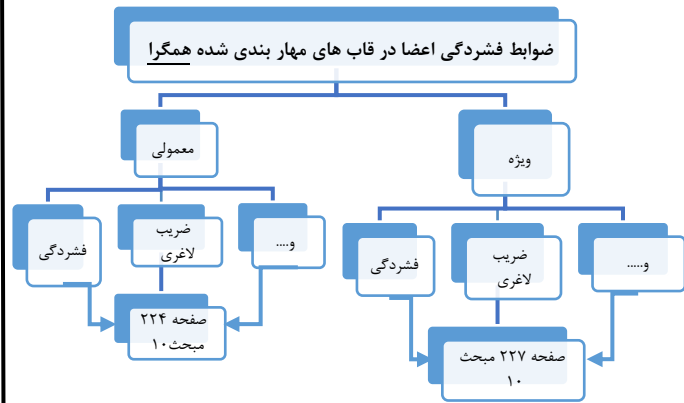
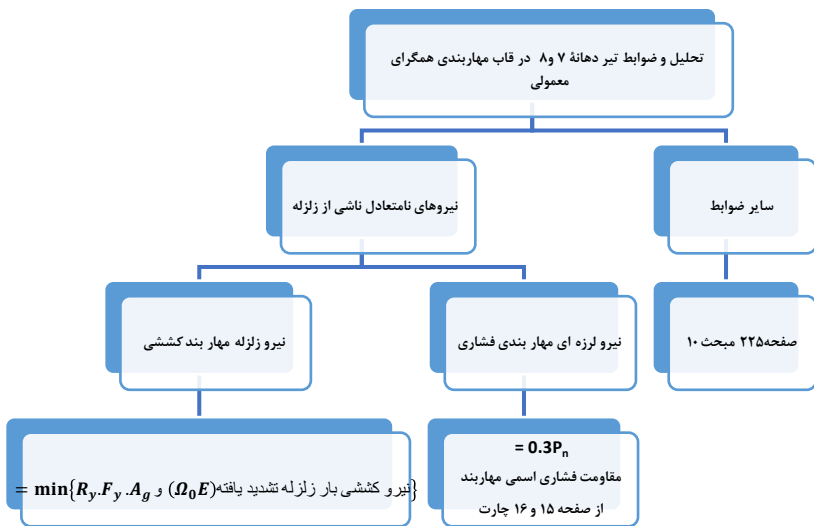
تمام پارامترها مشابه ستون H شکل \leftarrow

ورق پیوستگی نیاز نیست \rightarrow (1) و (2) با هم برقرار باشند.

در غیر این صورت یک جفت ورق پیوستگی با مشخصات صفحه 219 میحت 10

ورق پیوستگی نیاز نیست \rightarrow (1) و (2) با هم برقرار باشند

در غیر این صورت یک جفت ورق پیوستگی با مشخصات صفحه 219 میحت 10



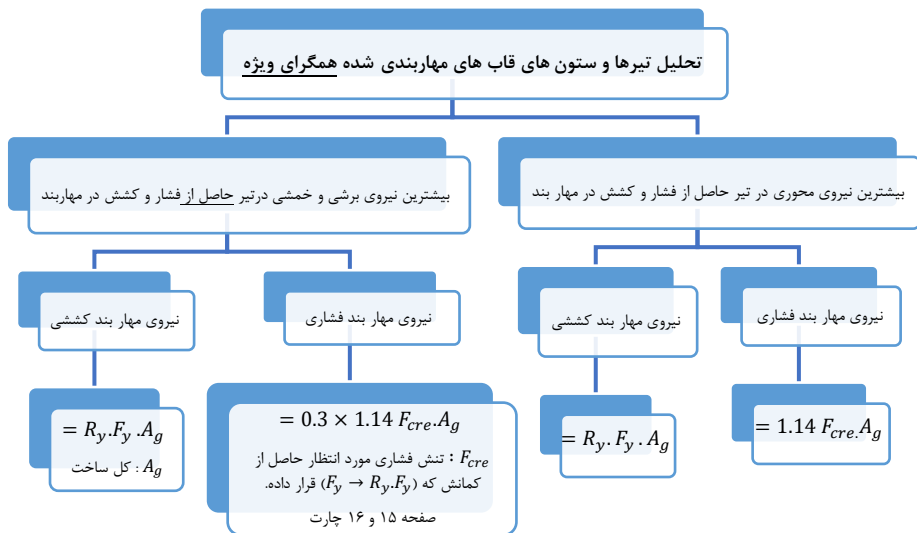
اتصالات مهار بندی ها در قاب های مهاربندی شده ی همگرای معمولی

بیشترین نیروی محوری حاصل ترکیبات زلزله تشدید یافته در مهار بندها و اتصال $\geq \max\{R_y \cdot F_y \cdot A_g, \dots\}$ مقاومت مورد نیاز
 مقاومت کششی مورد انتظار مهاربند $R_y \cdot F_y \cdot A_g$

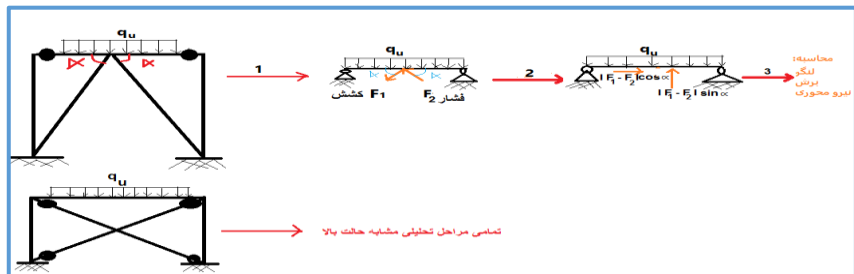
R_y	تووع مقطع
1.25	مقاطع لوله ای و قوطی شکل تورد شده
1.20	سایر مقاطع تورد شده شامل I شکل H شکل تاوداتیپر، تیشی و سپری
1.15	مقاطع ساخته شده از ورق - ورق ها و تسمه ها

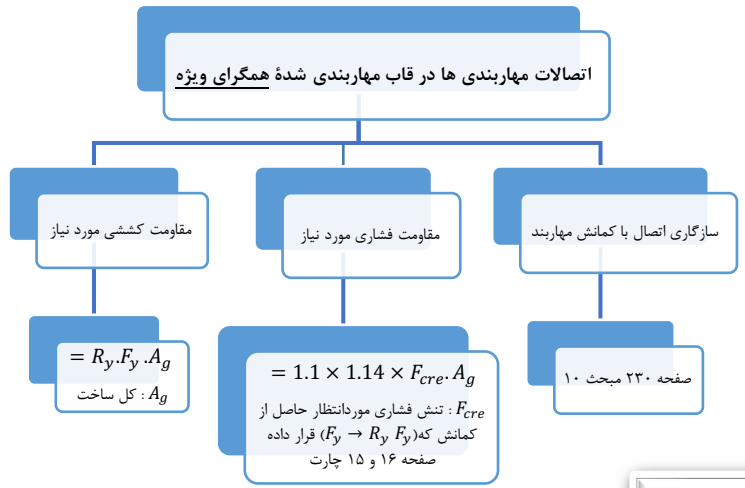
مقابل وتر $\sin \alpha = \frac{\dots}{\dots}$
 مجاز وتر $\cos \alpha = \frac{\dots}{\dots}$

الزامات لرزه ای:
 اگر نیرو محوری، فشاری، خمشی خواست (متوسط، زیاد) از ضوابط لرزه ای اگر طراحی خواست از فصل های قبل

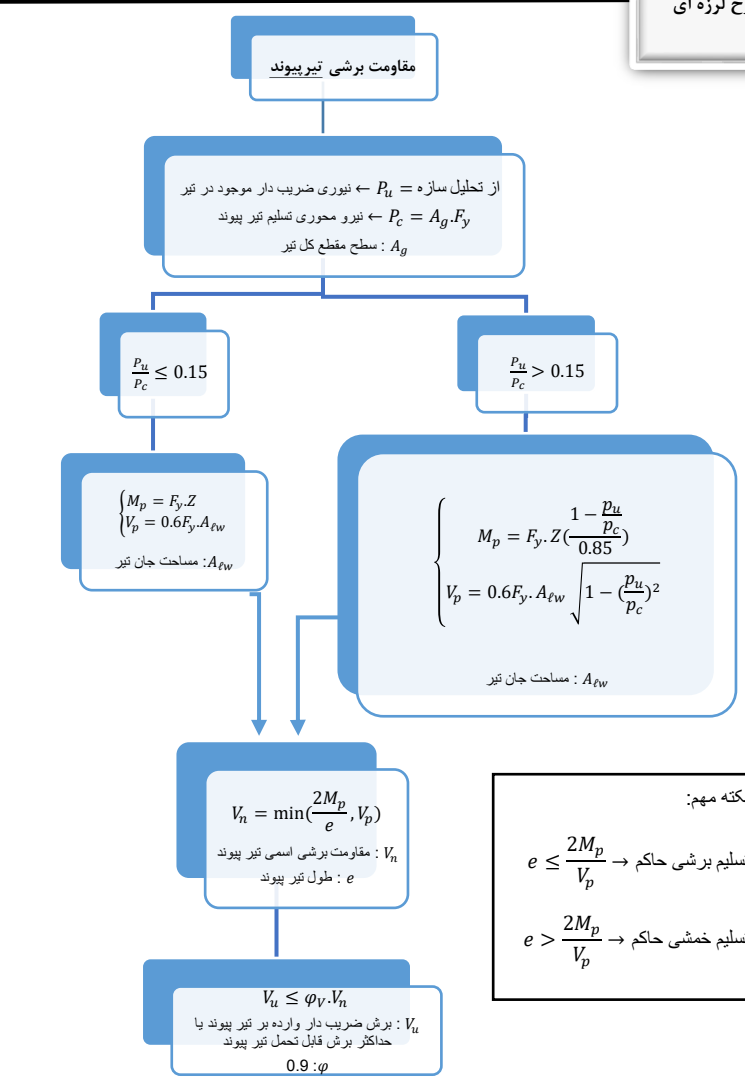


R_y	نوع مقطع
1.25	مقاطع لوله ای و قوطی شکل نورد شده
1.20	سایر مقاطع نورد شده شامل I شکل H شکل ناوداتیپر، نبشی و سپری
1.15	مقاطع ساخته شده از ورق - ورق ها و تسمه ها

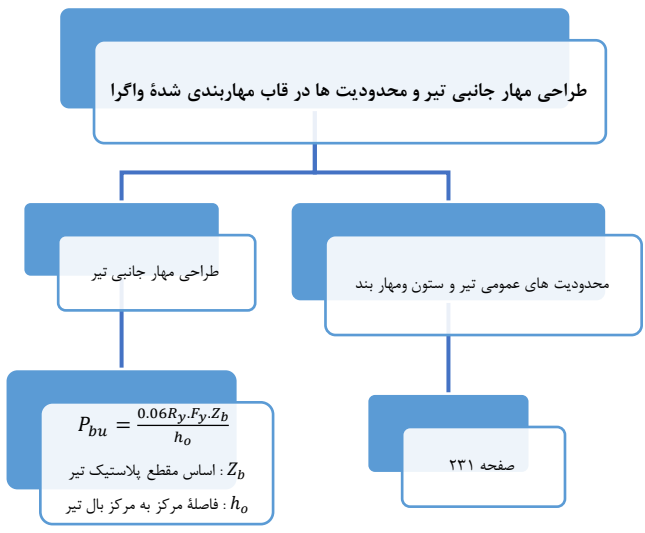




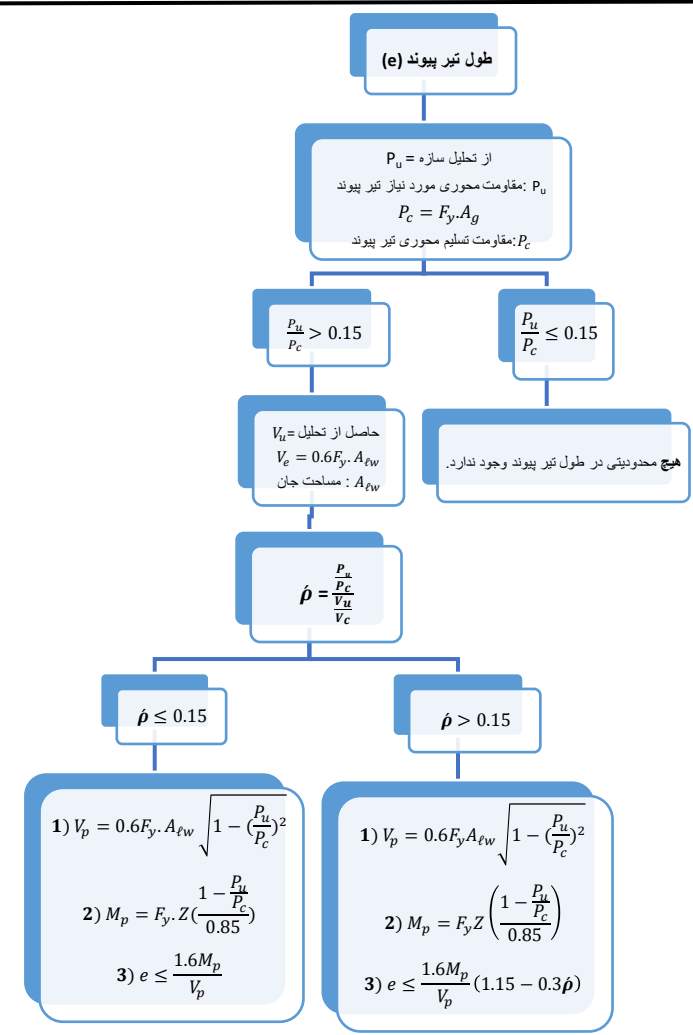
طرح لرزه ای



نکته مهم:
 $e \leq \frac{2M_p}{V_p} \rightarrow$ تسلیم برشی حاکم
 $e > \frac{2M_p}{V_p} \rightarrow$ تسلیم خمشی حاکم



R_y	نوع مقطع
1.25	مقاطع لوله ای و قوطی شکل نورد شده
1.20	سایر مقاطع نورد شده شامل I شکل H شکل ناودانیر، نبشی و سپری
1.15	مقاطع ساخته شده از ورق - ورق ها و تسمه ها



دوران تیر پیوند (γ_p)

از تحلیل سازه: $P_u = F_y \cdot A_g$

P_c : نیروی محوری تسلیم تیر پیوند
 P_u : نیروی محوری ضریب دار موجود در تیر

$\frac{P_u}{P_c} \leq 0.15$

$M_p = F_y \cdot Z$
 $V_p = 0.6 F_y \cdot A_{fW}$
 مساحت جان: A_{fW}

$\frac{P_u}{P_c} > 0.15$

$M_p = F_y \cdot Z \left(\frac{1 - \frac{P_u}{P_c}}{0.85} \right)$
 $V_p = 0.6 F_y \cdot A_{fW} \sqrt{1 - \left(\frac{P_u}{P_c} \right)^2}$
 مساحت جان تیر: A_{fW}

حالت (۱)
رفتار برشی

$e \leq \frac{1.6 M_p}{V_p}$

$\gamma_p = 0.08 \text{ rad}$

حالت (۲)
رفتار خمشی

$e \geq \frac{2.6 M_p}{V_p}$

$\gamma_p = 0.02 \text{ rad}$

حالت (۳)
رفتار برشی - خمشی

$\frac{1.6 M_p}{V_p} < e < \frac{2.6 M_p}{V_p}$

از درون یابی: γ_p

طول تیر: $\frac{1.6 M_p}{V_p}$
 دوران: 0.08
 $\frac{y M_p}{V_p}$
 0.02
 $\frac{2.6 M_p}{V_p}$

$\frac{0.08 - 0.02}{(1.6 - 2.6) \frac{M_p}{V_p}} = \frac{0.08 - x}{(1.6 - y) \frac{M_p}{V_p}}$

تست: $(\gamma_p)_{\text{محد}} = 0.176 - 0.6 \frac{V_p \cdot e}{M_p}$

نکته:

حداکثر دوران غیر الاستیک تیر پیوند نسبت به ناحیه خارج آن است.

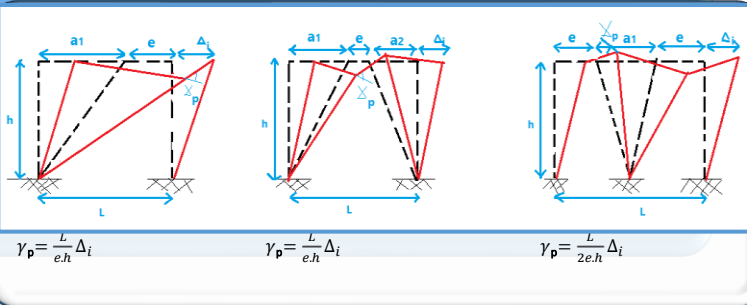
فرض بر این است که:

$\delta_i = \Delta_i$

δ_i : تغییر مکان نسبی طبقه ← از تحلیل سازه

Δ_i : تغییر مکان نسبی طرح (طبقه) ← از 2800

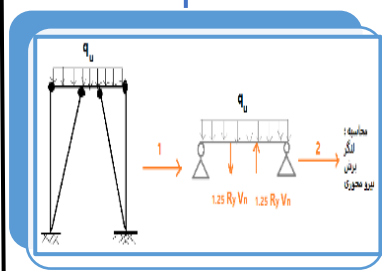
بدست آوردن دوران با توجه به ابعاد دهانه مهاربند و اگر Δ_i



طراحی اعضای خارج از ناحیه پیوند (مهاربند، ستون ها، تیرها و اتصالات آنها)

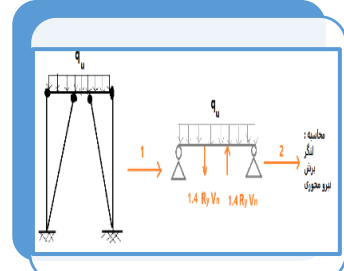
تیرها با مقطع I شکل

یک صفحه قبل قسمت مقاومت برشی تیر پیوند V_{t1}
 پنج صفحه قبل q_{t1}



تیرهای با مقطع قوطی شکل

یک صفحه قبل قسمت مقاومت برشی تیر پیوند V_{t1}
 پنج صفحه قبل q_{t1}



نکته:

استثناء ها طراحی اعضای خارج از ناحیه پیوند صفحه 235 مبحث 10 (کاهش نیروها)

اتصال تیر پیوند به ستون

مقاومت برشی مورد نیاز (V_u)

یک صفحه قبل قسمت مقاومت برشی تیر پیوند V_{t1}

$V_u \geq R_y \cdot V_{t1}$

مقاومت خمشی مورد نیاز (M_u)

یک $\frac{M_p}{V_p}$ صفحه قبل قسمت مقاومت برشی تیر پیوند

$M_u \geq \min(M_p, \frac{e \cdot V_u}{2})$

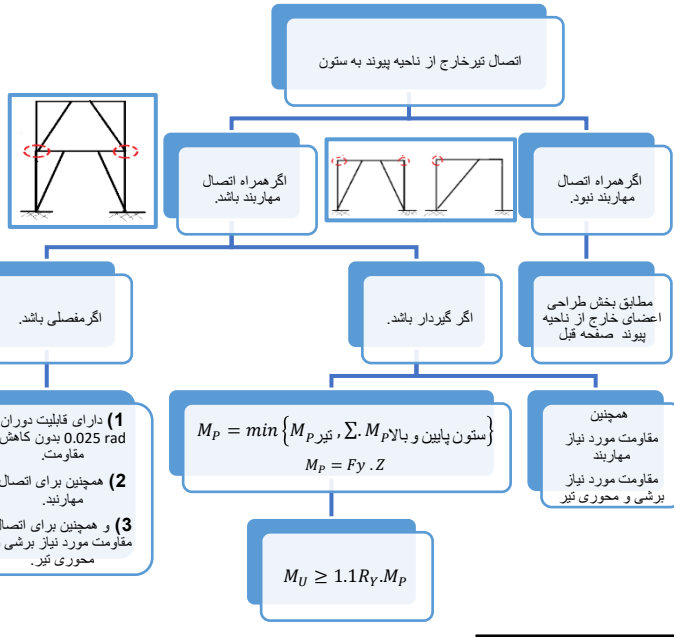
اتصال تیر پیوند به ستون به همراه اتصال مهار بندی

صفحه ۲۲۷ مبحث ۱۰ (ث)

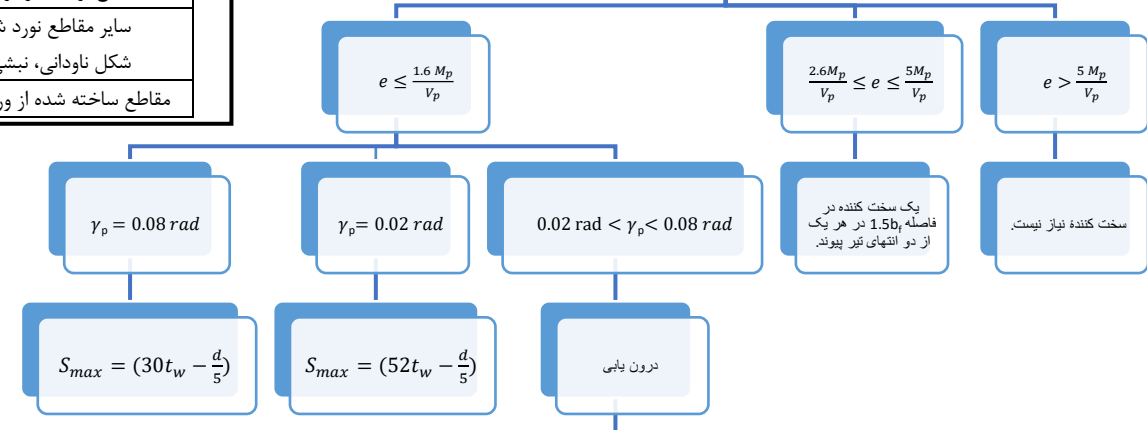
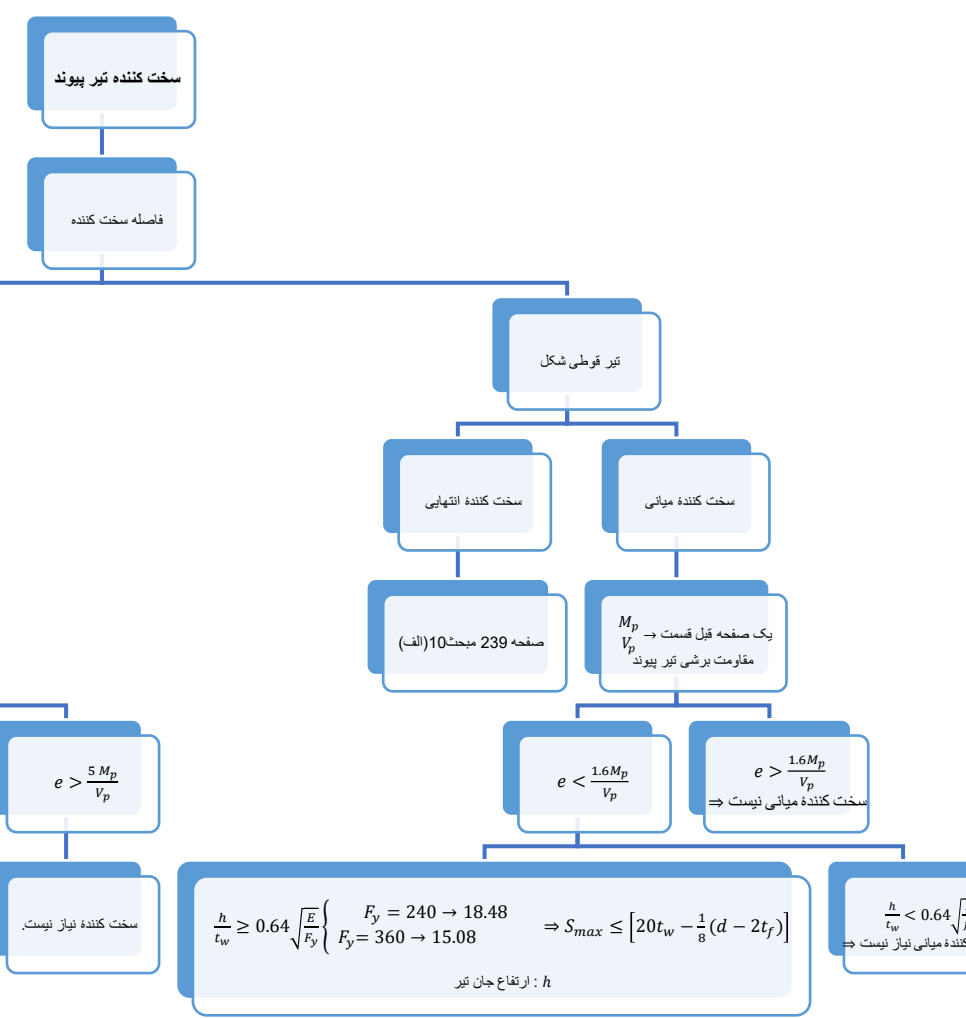
R_y	نوع مقطع
1.25	مقاطع لوله ای و قوطی شکل نورد شده
1.20	سایر مقاطع نورد شده شامل I شکل H شکل ناودانی، نبشی و سپری
1.15	مقاطع ساخته شده از ورق - ورق ها و تسمه ها

(نشر با ذکر منبع بلامانع است)

تهیه و تدوین: پیام عباسی



R_y	نوع مقطع
1.25	مقاطع لوله ای و قوطی شکل نورد شده
1.20	سایر مقاطع نورد شده شامل شکل H شکل ناودانی، نیسی و سپری
1.15	مقاطع ساخته شده از ورق - ورق ها و تسمه ها



فاصله S_{max}

دوران γ

$\gamma = 0.08$

$\gamma = 0.02$

x

y

$(30t_w - \frac{d}{5})$

$(52t_w - \frac{d}{5})$

$$\frac{0.08 - 0.02}{0.08 - x} = \frac{(30t_w - \frac{d}{5})(52t_w - \frac{d}{5})}{(30t_w - \frac{d}{5}) - y}$$

<http://> (نشر با ذکر منبع)

تهیه و تدوین : پیام عباسی

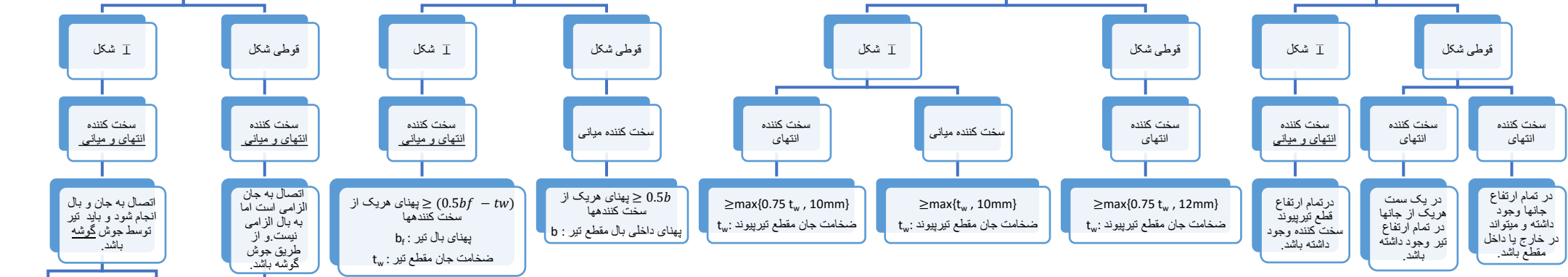
سخت کننده تیرپیوند

مقاومت اتصال
سخت کننده

پهنای سخت کننده

ضخامت سخت کننده

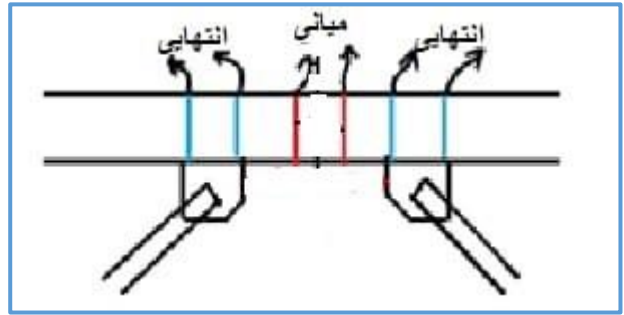
ارتفاع سخت کننده



حداقل مقاومت اتصال به جان:
 $= F_y A_{st}$
 تنش تسلیم فولاد سخت کننده: F_y
 سطح مقطع عرضی هر یک از سخت کنندهها: A_{st}

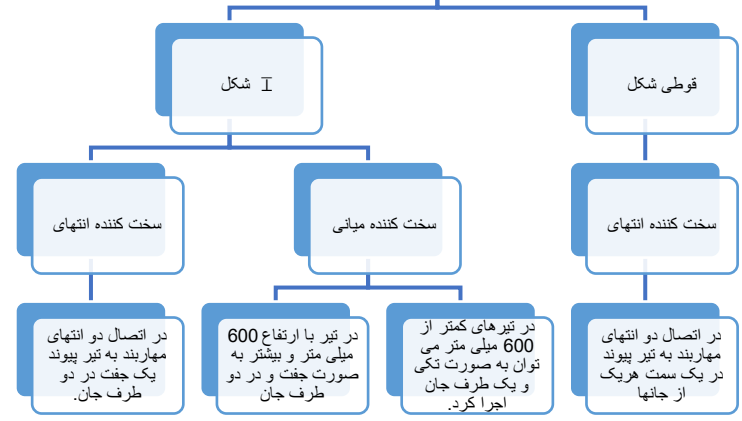
حداقل مقاومت اتصال به بال:
 $= 0.25 F_y A_{st}$
 تنش تسلیم فولاد سخت کننده: F_y
 سطح مقطع عرضی هر یک از سخت کنندهها: A_{st}

حداقل مقاومت اتصال به جان:
 $= F_y A_{st}$
 تنش تسلیم فولاد سخت کننده: F_y
 سطح مقطع عرضی هر یک از سخت کنندهها: A_{st}



سخت کننده تیرپیوند

تعداد سخت کننده



$$f = \frac{\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I_g}{q_D}} \geq 5 \text{ Hz} \Rightarrow f = \frac{2.2 \times 10^6}{l^2} \sqrt{\frac{I}{q_D}} \geq 5 \text{ Hz}$$

L : بر حسب m

I_g : بر حسب m^4

q_D : بر حسب $\frac{N}{m}$

E = مدول الاستیسیته مصالح تیر بر حسب نیوتن بر مترمربع

I = ممان اینرسی مقطع تیر بر حسب m^4

g = شتاب ثقل بر حسب متر بر مجذور ثانیه ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$)

q_D = بار مرده یکنواخت بر حسب نیوتن بر متر طول

L = طول دهانه تیر دوسر ساده بر حسب متر

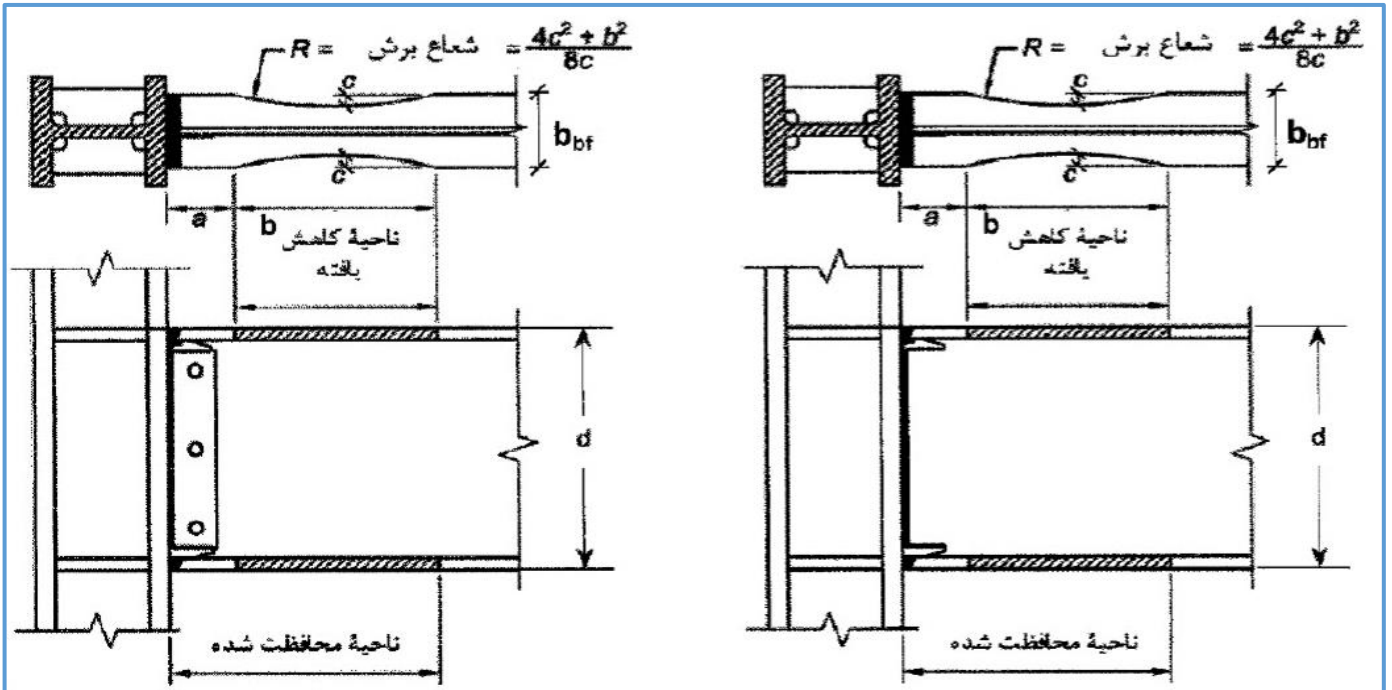
f = فرکانس دوره ای تیر بر حسب هرتز

q_D : $\frac{N}{m}$

I : بر حسب m^4

برای محاسبه فرکانس دوره ای (f) به مراجع معتبر مراجعه شود.

نکته: جزئیات اتصال مستقیم تیر با مقطع کاهش یافته (RBS) Reduced Beam Section

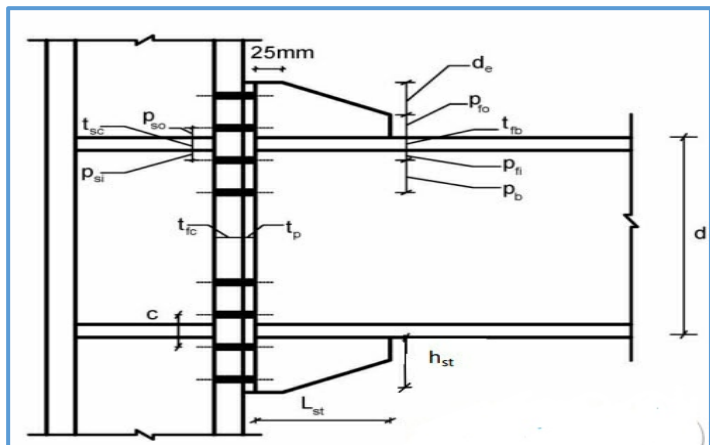
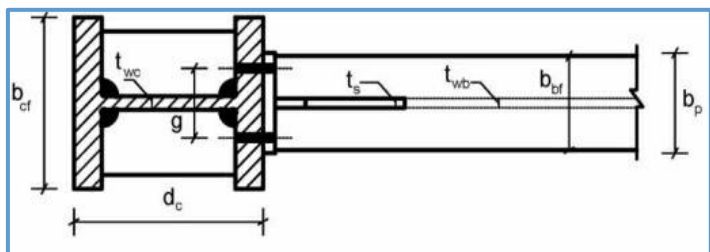


جدول خلاصه ضوابط اتصالات گیردار از نوع مستقیم تیر با مقطع کاهش یافته (SBR)

طول ناحیه محافظت شده $\leq a + b$	محل تشکیل مفصل پلاستیک $s_h = a + \frac{b}{2}$
تعبیه مهار جانبی در فاصله ای بین انتهای ناحیه کاهش یافته تا نصف عمق تیر بعد از آن	اتصال بال تیر به بال ستون \Leftarrow چون شیاری با نفوذ کامل
اگر دال بتنی سازه ای داریم و تیر در فاصله بین دو ناحیه حفاظت شده دارای برشگیر هایی به فاصله حداکثر 300 mm است ، مهار جانبی نمیخواهیم	اتصال جان تیر به بال ستون \Leftarrow جوش شیاری با نفوذ کامل توجه: ضوابط تکمیلی در مورد (6) بند (10-3-13-2) صفحه 243 مبحث 10
نسبت دهانه آزاد تیر به عمق آن $\left. \begin{array}{l} \text{قاب خمشی ویژه} \Leftarrow \text{حداقل 7} \\ \text{قاب خمشی متوسط} \Leftarrow \text{حداقل 5} \end{array} \right\}$	
جرم واحد طول تیر \Leftarrow حداکثر 450 kg	$R = \frac{4c^2 + b^2}{8c}$ شعاع برش $0.5b_{bf} \leq a \leq 0.75b_{bf}$ $0.65d \leq b \leq 0.85d$ $0.1b_{bf} \leq c \leq 0.25b_{bf}$
عمق مقطع تیر \Leftarrow حداکثر 1000 mm	
ضخامت بال تیر \Leftarrow حداکثر 50 mm	
عمق ستون H و صلیبی \Leftarrow حداکثر 1000 mm	
پهنای ستون قوطی شکل \Leftarrow حداکثر 700 mm	
در کنترل تغییر مکان های جانبی نسبی طبقه ، باید اثرات مقطع کاهش یافته لحاظ شود . برای این منظور به جای مدل سازی ناحیه کاهش یافته در نرم افزار ، می توان تغییر مکان جانبی نسبی را با ضریبی تشدید نمود که به صورت زیر دست میاید	
$c = 0 \Rightarrow \text{ضریب تشدید} = 1$, $c = 0.25 b_{bf} \Rightarrow \text{ضریب تشدید} = 1.1$, توجه: اگر $0 < c < 0.25b_{bf}$ باشد ، باید مقدار ضریب تشدید بین 1.0 و 1.1 درون یابی شود.	

Bolted unstiffened extended end-plate

Bolted stiffened extended end-plate



جدول محدودیت های ابعادی اتصالات گیردار فلنجی

BSEEP				BUEEP		
هشت پیچی		چهار پیچی		حداکثر (mm)	حداقل (mm)	پارامتر
حداکثر (mm)	حداقل (mm)	حداکثر (mm)	حداقل (mm)			
30	15	25	10	25	10	t_{bf}
350	200	250	150	250	150	b_{bf}
1000	440	700	340	1400	340	d
70	20	50	12	60	12	t_p
400	240	300	180	300	180	b_p
200	150	160	100	160	100	g
50	40	150	50	120	35	P_{fi}, P_{fo}
100	90	----	-----	-----	----	P_b

b_{bf} : پهناى بال تير

b_p : پهناى ورق انتهائى

d : عمق تير متصل شونده به ورق انتهائى

g : فاصله افقى بين دو ردیف قائم پیچ

p_b : فاصله قائم بين دو ردیف پیچ در هر دو طرف بال تير در اتصال فلنجى هشتپيچشى


p_{fi} : فاصله قائم بين نزدیک ترین ردیف پیچ داخلى تا بر بال کششى تير

p_{fo} : فاصله قائم بين نزدیک ترین ردیف پیچ بیرونى تا بر بال کششى تير

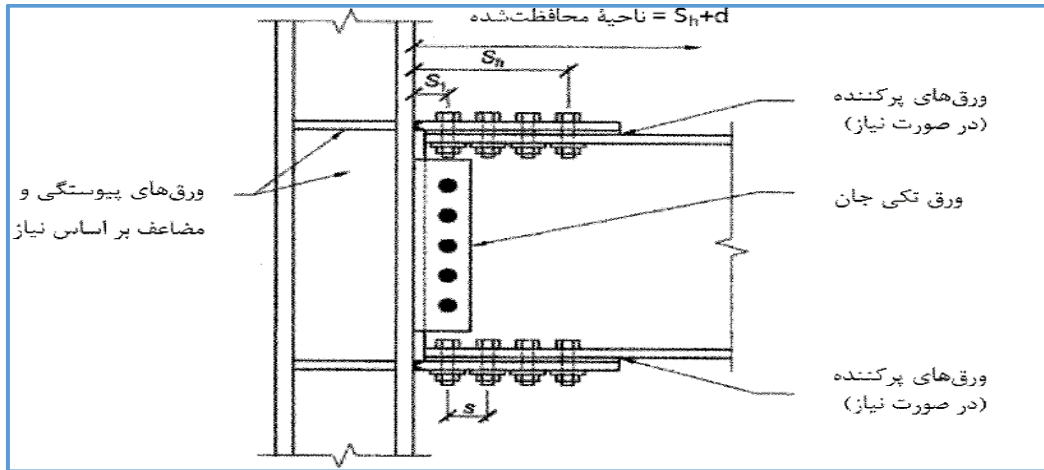
t_{bf} : ضخامت بال مقطع تير

t_p : ضخامت ورق انتهائى

جدول خلاصه ضوابط اتصالات گیردار از نوع فلنجی (BSEEP , BUEEP)

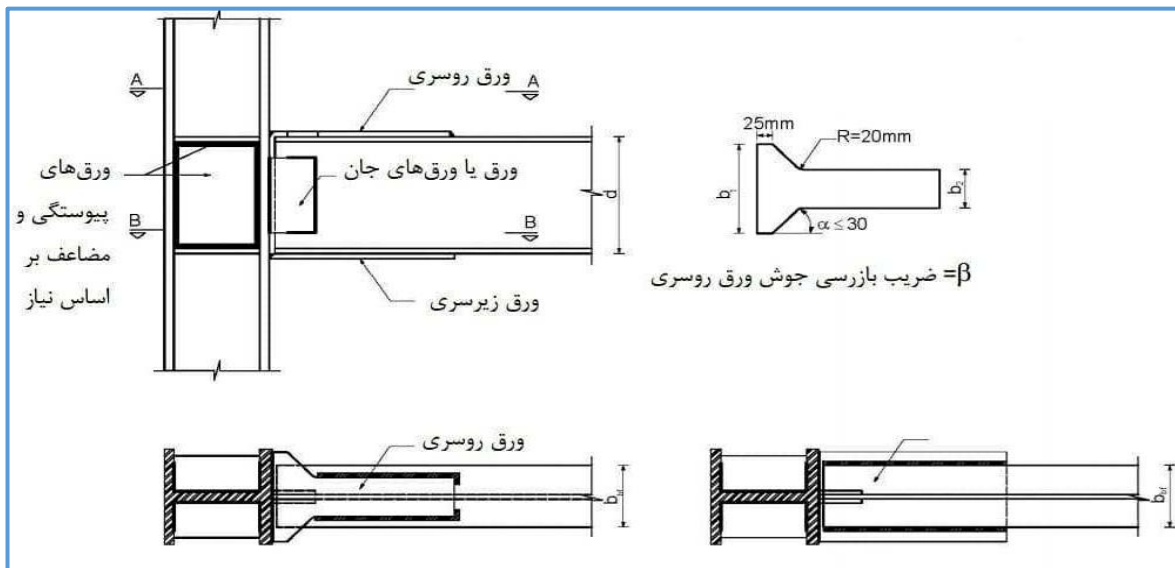
$\left. \begin{array}{l} \text{طول ناحیه محافظت شده} \\ \text{اتصال فانجی بدون ورق لچکی} \leftarrow \min(d_{\text{تیر}}, 3b_{bf \text{ تیر}}) \\ \text{اتصال فلنجی با ورق لچکی} \leftarrow L_{st} + \min\left(\frac{d}{2}, 3b_{bf \text{ تیر}}\right) \end{array} \right\} \leftarrow \text{طول لچکی}$
$\left. \begin{array}{l} \text{محل تشکیل مفصل پلاستیک} \\ \text{اتصال فانجی بدون ورق لچکی} \leftarrow S_h = \min(d_{\text{تیر}}, 3b_{bf \text{ تیر}}) \\ \text{اتصال فلنجی با ورق لچکی} \leftarrow S_h = L_{st} + t_p \end{array} \right\} \leftarrow \text{طول لچکی}$ <p style="text-align: center;">L_{st}: طول لچکی</p>
<p>اتصال دال به ستون و مهار جانبی تیر ← مواردی (4) و (5) از بند (3-13-3-10) مبحث دهم صفحه 245 مبحث 10</p>
<p>پهنای ورق انتهایی ← حداقل برابر عرض بال تیر متصل شونده / سوراخ دسترسی برای جوش نفوذی بال تیر ممنوع پهنای مؤثر ورق انتهایی ← حداکثر برابر عرض بال تیر متصل شونده + 25mm / ورق پرکننده انگشتی در بالا و پایین ورق انتهایی مجاز</p>
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p>ورق لچکی ← درامتداد جان تیر و در وسط ورق انتهایی</p> <p>طول ورق لچکی ← حداقل برابر $1.75h_{st}$</p> <p>ضخامت ورق لچکی ← حداقل برابر ضخامت جان تیر</p> <p>کنترل فشردگی ورق لچکی ← $\frac{h_{st}}{t_s} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$</p> </div> </div>
<p>عمق ستون H شکل و صلیبی ← حداکثر 1000 mm / عمق حداقل تیر در قاب خمشی ویژه $700 \text{ mm} \leq$ صفحه 247 مبحث 10 استثناء)</p>
<p>نسبت دهانه آزاد تیر به عمق آن</p> <p>قاب خمشی ویژه ← حداقل 7</p> <p>قاب خمشی متوسط ← حداقل 5</p>
<p>ضوابط جوش ورق ها از بند (3-13-3-10) ← صفحه 247 مبحث 10</p> <p>اتصال جان به بال تیر های ساخته شده از ورق (مورد 9)</p> <p>اتصال بال تیر به ورق انتهایی (مورد 10)</p> <p>اتصال جان تیر به ورق انتهایی (مورد 11)</p> <p>اتصال لچکی (در صورت وجود) به ورق انتهایی (مورد 12)</p>
<p>در تعیین مقاومت های طراحی وسایل اتصال، ضریب کاهش مقاومت (ϕ) برای طراحی پیچ ها، کنترل لهیدگی، گسیختگی کششی و برش قالبی ورق انتهایی برابر 0.9 و برای کنترل خمش و برش در ورق انتهایی برابر 1.0 در نظر گرفته می شود.</p>

جزئیات اتصال پیچشیربا ورق های روسری و زیر سری (BFP) Bolted Flange _Plate



جدول خلاصه ضوابط اتصالات گیردار از نوع پیچشیربا ورق های روسری و زیر سری (BFP)

طول ناحیه محافظت شده \Leftarrow از برستون تا دورترین ردیف پیچ روی بال تیر + عنق تیر $= (S_H+d)$			
محل تشکیل مفصل پلاستیک \Leftarrow در محل دورترین ردیف پیچ / سوراخ دسترسی برای جوش بال تیر " ممنوع "			
مهارجانبی ، نحوه اتصال به دال بتنی و سایر ضوابط اجرایی \Leftarrow موارد (4) تا (9) از بند (10-3-13-4) صفحه 250-251 مبحث 10			
جرم واحد طول تیر \Leftarrow حداکثر 250 kg			
عمق مقطع تیر \Leftarrow حداکثر 1000 mm ، ضخامت بال تیر \Leftarrow حداکثر 30 mm			
عمق ستون H شکل وصلی			
<table border="0"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td> <td>با دال بتنی سازه ای و دارای برشگیر فولادی مدفون \Leftarrow حداکثر 1000 mm</td> </tr> <tr> <td>در غیاب دال بتنی سازه ای \Leftarrow حداکثر 400 mm</td> </tr> </table>	}	با دال بتنی سازه ای و دارای برشگیر فولادی مدفون \Leftarrow حداکثر 1000 mm	در غیاب دال بتنی سازه ای \Leftarrow حداکثر 400 mm
}		با دال بتنی سازه ای و دارای برشگیر فولادی مدفون \Leftarrow حداکثر 1000 mm	
	در غیاب دال بتنی سازه ای \Leftarrow حداکثر 400 mm		
پهنای ستون قوطی شکل \Leftarrow حداکثر 700 mm			
نسبت دهانه آزاد تیر به عمق آن <table border="0"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td> <td>قاب خمشی ویژه \Leftarrow حداقل 9</td> </tr> <tr> <td>قاب خمشی متوسط \Leftarrow حداقل 7</td> </tr> </table>	}	قاب خمشی ویژه \Leftarrow حداقل 9	قاب خمشی متوسط \Leftarrow حداقل 7
}		قاب خمشی ویژه \Leftarrow حداقل 9	
	قاب خمشی متوسط \Leftarrow حداقل 7		
در تعیین مقاومت های طراحی ضریب کاهش مقاومت (ϕ) برای طراحی پیچ ها، کنترل لهیدگی ، کنترل گسیختگی کششی و برشی قالبی برابر 0.9 و برای کنترل کشش در ورق های روسری و زیر سری برابر 1.0 می باشد.			



جدول خلاصه ضوابط اتصالات گیر دار از نوع جوشی با ورق های روسری و زیر سری (WEP)

طول ناحیه محافظت شده \Leftarrow از برستون تا انتهای ورق های روسری و زیر سری (هر کدام

بزرگتر است) + نصف عمق تیر / سوراخ در سترسی "ممنوع"

محل تشکیل مفصل پلاستیک \Leftarrow انتهای ورق های روسری و زیر سری (هر کدام بزرگتر است)

روی تیر

مهارجانبی تیرها و ضوابط جوش ها \Leftarrow موارد (4) تا (7) از بند (10-3-13-5) صفحه 253

مبحث 10

عمق مقطع تیر \Leftarrow حداکثر 900 mm ، ضخامت بال تیر \Leftarrow حداکثر 30 mm

نسبت دهانه آزاد تیر به عمق آن \Leftarrow حداقل 5

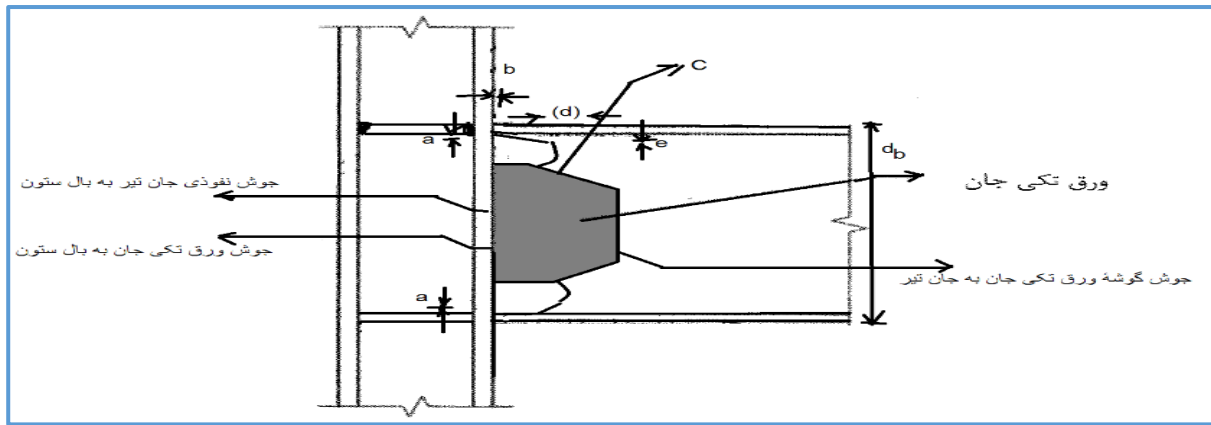
عمق ستون H شکل و

با دال بتنی سازه ای و دارای برشگیر فولادی مدفون \Leftarrow حداکثر 900 mm
در غیاب دال بتنی سازه ای \Leftarrow حداکثر 400 mm } صلیبی

پهنای ستون قوطی شکل \Leftarrow حداکثر 700 mm

در تعیین مقاومت های طراحی ضریب کاهش مقاومت (ϕ) برای تعیین مشخصات جوش برابر

0.9 و برای تعیین ضخامت ورق های روسری و زیر سری برابر 1.0 می باشد



جدول خلاصه ضوابط اتصالات گیردار از نوع مستقیم تقویت نشده جوشی (WUF-W)

طول ناحیه محافظت شده \Leftarrow به اندازه d_b از برستون	محل تشکیل مفصل پلاستیک \Leftarrow در بر ستون ($S_r=0$)
همپوشانی ورق جان با سوراخ های دسترسی $6\text{ mm} \leq a \leq 12\text{ mm}$	مهار جانبی تیرها \Leftarrow مورد (4) از بند (6-13-3-10) صفحه 255
شیب پهنای ورق جان \Leftarrow $20^\circ \leq c \leq 40^\circ$	اتصال بال تیر به بال ستون \Leftarrow جوش شیاری با نفوذ کامل
فاصله قائم انتهای جوش ورق جان به جان تیر تا سوراخ دسترسی $12\text{ mm} \leq e \leq 25\text{ mm} \Leftarrow$	مکانیزم های انتقال برش تیر به ستون:
برگشت عمودی انتهای ورق جان \Leftarrow $b \geq 25\text{ mm}$	1- اتصال مستقیم جان تیر به بال ستون \Leftarrow جوش شیاری با نفوذ کامل
انتهای پهنای ورق جان به انتهای سوراخ های دسترسی $d \geq 50\text{ mm} \Leftarrow$	2- اتصال ورق تکی جان به بال ستون \Leftarrow جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه
تیرها از نوع \bar{I} شکل باشند.	مقاومت برشی طراحی انتقال ورق تکی جان به بال ستون \Leftarrow باید حداقل برابر $(0.6R_y \cdot F_y) \cdot t_p \cdot h_p$ باشد.
عمق مقطع تیرها \Leftarrow حداکثر 1000 mm	جوش ورق تکی جان به جان تیر \Leftarrow گوشه با ضخامت ورق تکی جان منهای 2 mm
جرم واحد طول تیرها \Leftarrow حداکثر 250 Kg	ضخامت ورق تکی جان \Leftarrow حداقل ضخامت جان تیر
ضخامت بال تیرها \Leftarrow حداکثر 30 mm	عمق ستون H شکل و صلیبی \Leftarrow حداکثر 1000 mm
نسبت دهانه آزاد تیر به عمق آن } قاب خمشی ویژه \Leftarrow حداقل 7 قاب خمشی متوسط \Leftarrow حداقل 5	پهنای ستون قوطی شکل \Leftarrow حداکثر 700 mm
ضریب C_{pr} برای طراحی \Leftarrow $C_{pr}=1.4$ C_{pr} : ایجاد سوراخ دسترسی برای جوشکاری بال تیر به ستون الزامی است.	

شکل مقطع و پارامترهای هندسی هر یک					
سطح مقطع	$A = b t$	$A = 2 b t + h s$	$A = 4 a t$	$A = \pi(R_{out}^2 - R_{in}^2)$ $A = \frac{\pi}{4}(D_{out}^2 - D_{in}^2)$	$A = 2 \pi R t = \pi D t$
ممان اینرسی	$I_x = \frac{t b^3}{12}$ $I_y = \frac{t b^3}{12}$	$I_x = \frac{b t^3}{6} + \frac{b t h_0^2}{2} + \frac{s h^3}{12}$ $I_y = \frac{t b^3}{6} + \frac{h s^3}{12}$	$I_x = I_y = \frac{b^4}{12} - \frac{(b-2t)^4}{12}$ $\approx \frac{2}{3} a^3 t$	$I = \frac{\pi}{4}(R_{out}^4 - R_{in}^4)$ $I = \frac{\pi}{64}(D_{out}^4 - D_{in}^4)$	$I \approx \pi R^3 t = \frac{\pi}{8} D^3 t$ $D =$ ضخامت - قطر $R =$ ضخامت - شعاع
اساس مقطع الاستیک	$S_x = \frac{t b^2}{6}$ $S_y = \frac{b t^2}{6}$	$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{d}{2}\right)}$ $S_y = \frac{I_y}{\left(\frac{b}{2}\right)}$	$S_x = S_y = \frac{I}{\left(\frac{b}{2}\right)} \approx \frac{4}{3} a^2 t$	$S = \frac{\pi(R_{out}^4 - R_{in}^4)}{4 R_{out}}$ $S = \frac{\pi(D_{out}^4 - D_{in}^4)}{32 D_{out}}$	$S = \pi R^2 t = \frac{\pi}{4} D^2 t$ $D =$ ضخامت - قطر $R =$ ضخامت - شعاع
اساس مقطع پلاستیک	$Z_x = \frac{t b^2}{4}$ $Z_y = \frac{b t^2}{4}$	$Z_x = b t h_0 + \frac{s h^2}{4}$ $Z_y = \frac{t b^2}{2} + \frac{h s^2}{4}$	$Z_x = Z_y = \frac{d^3}{4} - \frac{(b-2t)^3}{4}$ $\approx \frac{3}{2} a^2 t$	$Z = \frac{4(R_{out}^3 - R_{in}^3)}{3}$ $Z = \frac{D_{out}^3 - D_{in}^3}{6}$	$Z \approx 4 R^2 t = D^2 t$
ثابت پیچی	$J \approx a b^3 \left(\frac{1}{3}\right) \sim 0.21$ $\frac{b}{a} \left(1 - \frac{b^4}{12 a^4}\right)$	$J = \frac{2}{3} b t^3 + \frac{1}{3} h s^3$	$J = a^3 t$	$J = \frac{\pi}{2}(R_{out}^4 - R_{in}^4)$	$J = 2 \pi R^3 t = \frac{\pi}{4} D^3 t$
اساس مقطع پلاستیک:	اساس مقطع الاستیک: S $S_{min} = \frac{I}{C_{mpu}}$ $S_{max} = \frac{I}{C_{min}}$	ثابت پیچی J $J = \sum_{n=1}^{n=m} \frac{1}{3} b t^3$ $t =$ ضخامت نخاعی $b =$ برای هر جزء	$(b_f \times t_f) + (y_p - t_f) t_w = (h + t_f - y_p) t_w + (b_f \times t_f)$	محور خنثی الاستیک: CG $\bar{y}_e = \frac{\sum_{n=1}^{n=m} A_i y_i}{\sum_{n=1}^{n=m} A_i}$ $y_i =$ فاصله مرکز هر جزء از مبدأ دلخواه	
(1) $Z = \sum_{n=1}^{n=m} A_i y_{ip}$ $y_{ip} =$ فاصله مرکز سطح خود با محور پلاستیکی (2) $Z = \frac{A}{2} y$ $A =$ ساخت کلیه فاصله مرکز سطح			محور خنثی پلاستیک: PNA 1- انتخاب مبدأ دلخواه 2- انتخاب y_p فرضی $\sum_{j=1}^{a=m} A_i = \sum_{i=1}^{n=m} A_i$ $\sum_{j=1}^{a=m} A_i =$ کششی $\sum_{j=1}^{a=m} A_i =$ فشاری		

جدول پارامترهای هندسی چند مقطع پر کاربرد

- [1] چ. ج. س. ج. ف. ایرانی (مترجم), طراحی ارتجاعی و خمیری سازه‌های فولادی, دانشگاه فردوسی مشهد
- [2] گ. م. د. م. م. ساختمان, طراحی سازه‌های فولادی مبحث 10, دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان
- [3] ن. ف. م. حیدری, سازه‌های فولادی, سری عمران

جدولهای صفحه 17، 58 الی 65 از کتاب کلیدواژه‌ی محاسبات انتشارات سری عمران اقتباس شده.