**به نام خدا**

# طراحی اتصالات در سازه های فولادی

منطبق بر ویرایش جدید مبحث دهم ۱۴۰۱

نسخه ۱۴۰۳/۰۵/۲۰

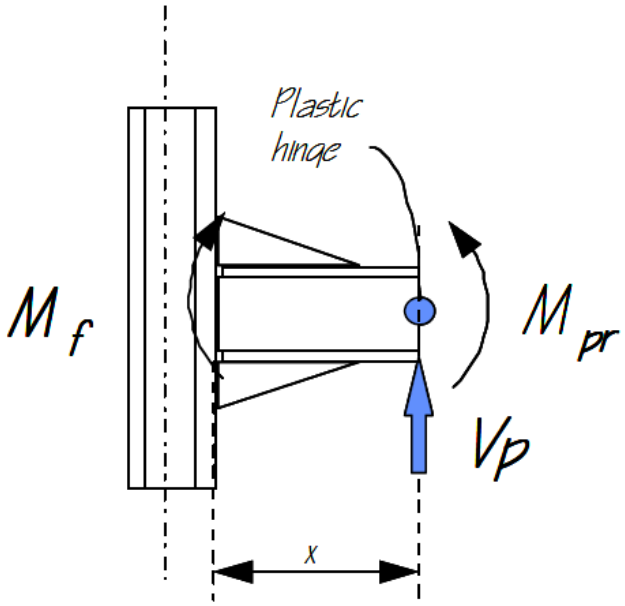

ارائه دهنده :

**علیرضا فاروقی**

*دکترای تخصصی مهندسی سازه*

@ISTAINS

@Faroughi.alireza



*استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق*

*عضو کمیته ایرانی نرم افزارهای مهندسی*

*عضو کارگروه تدوین استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش پنجم*

*عضو کارگروه تدوین استاندارد بارهای طراحی سازه های غیرساختمانی*

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# سر فصل مطالب:

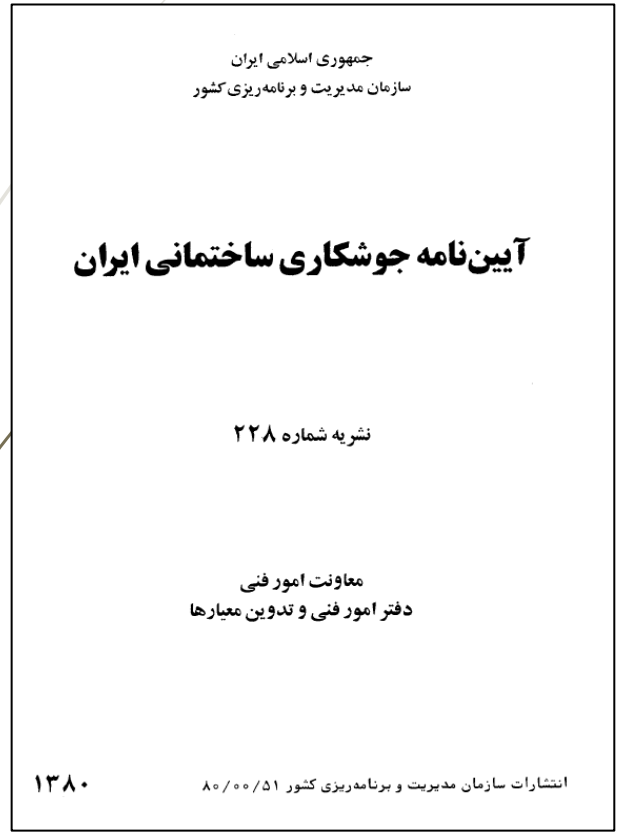
| رشته : عمران( پایه سه به دو) | صلاحیت : محاسبات | شماره دوره: ۳۲۳ |
|---|---|---|

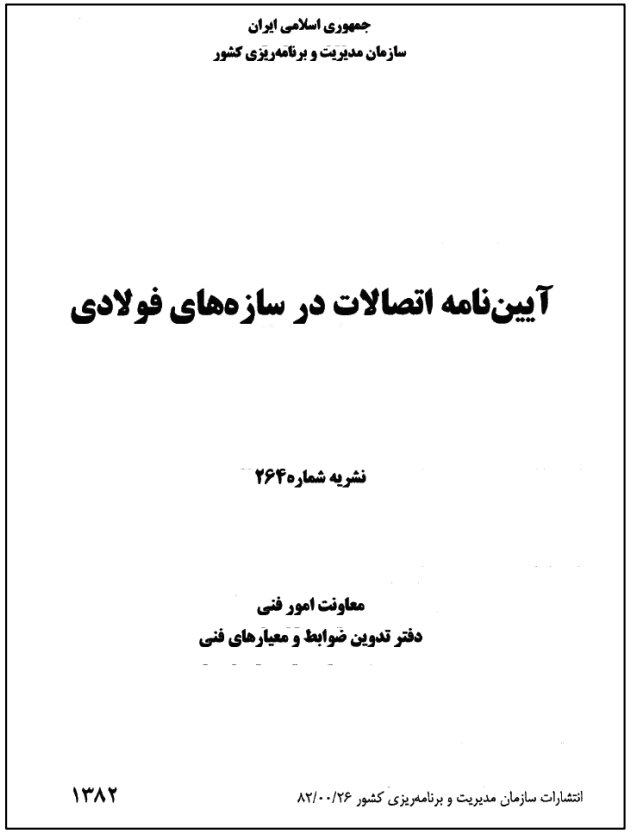
| ردیف | سرفصل ها : | مدت : (ساعت) |
|---|---|---|
| ۱ | آشنایی با طراحی جوش و آیین نامه‌های مربوطه | |
| ۲ | آشنایی با طراحی اتصالات پیچی از نوع اتکایی و اصطکاکی | |
| ۲ | طراحی اتصالات ساده پیچی و جوشی | |
| ۳ | طراحی اتصالات صلب پیچی و جوشی | |
| ٤ | طراحی وصله های پیچی و جوشی | |
| ٥ | طراحی کف ستونها | |
| ٦ | طراحی ورق‌های اتصال در سیستم‌های مهاربندی پیچی و جوشی | |
| ۷ | آشنایی با ضوابط طرح لرزه ای در طراحی اتصالات | |
| ۸ | روشهای جوشکاری و انواع آزمایشات مربوطه | |
| جمع | | ۲٤ |

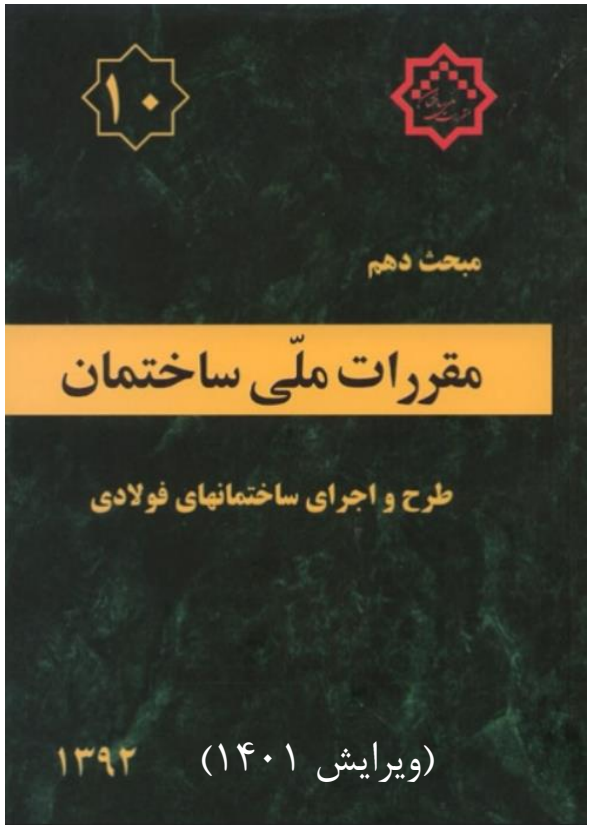
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# آیین نامه های ایرانی در موضوع اتصالات :



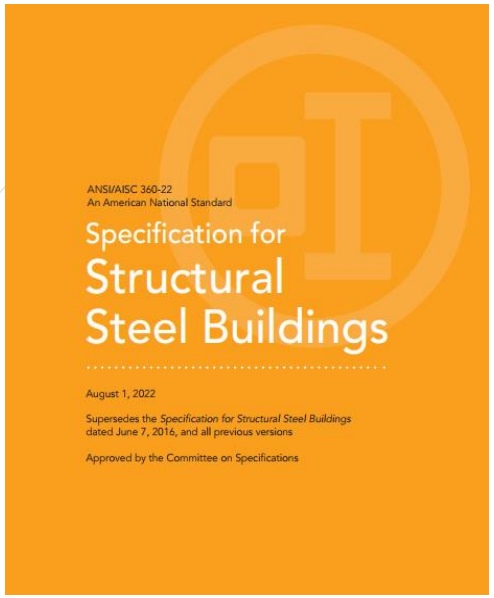

۱۰-۲-۹ الزامات طراحی اتصالات

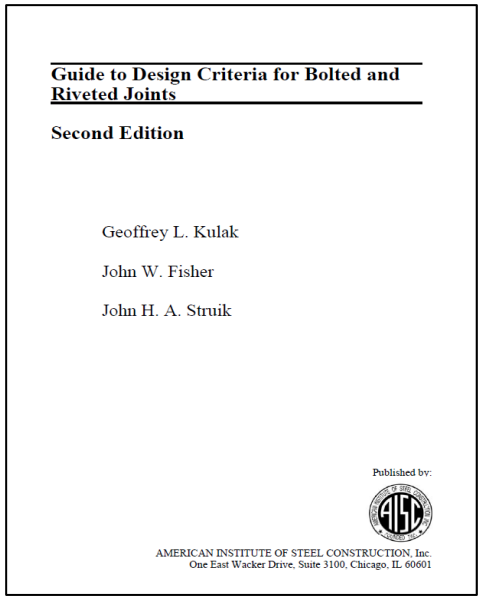
۱۰-۴ ساخت، نصب و کنترل

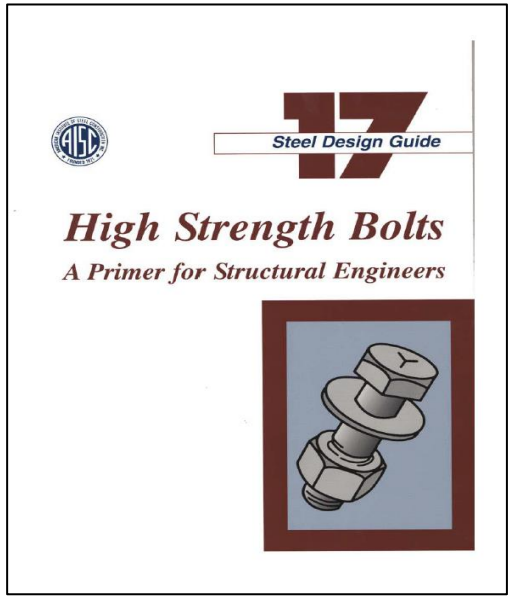
**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

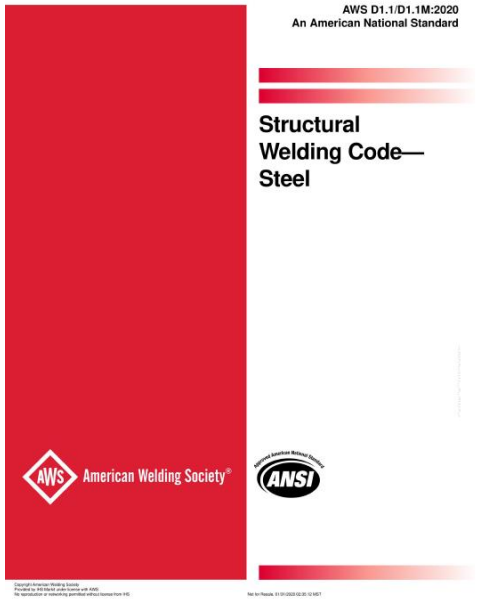
**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

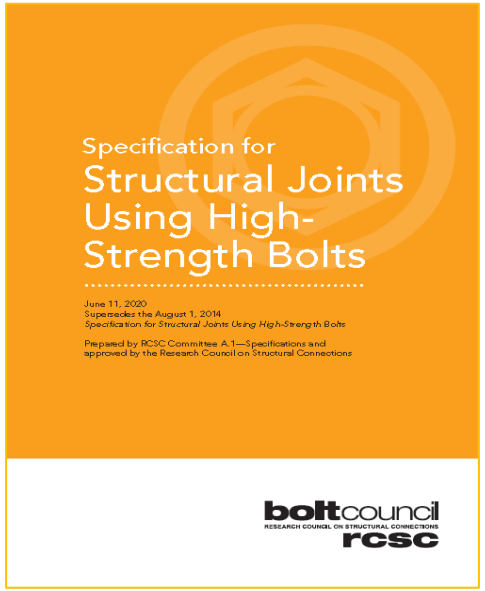
# آیین نامه ها و دستورالعملهای آمریکایی :

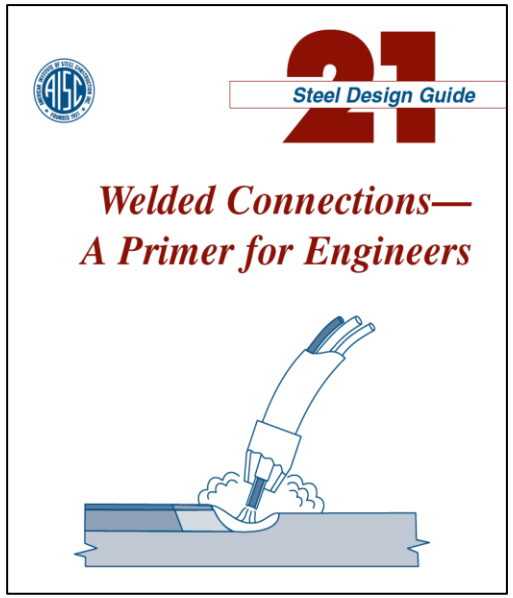


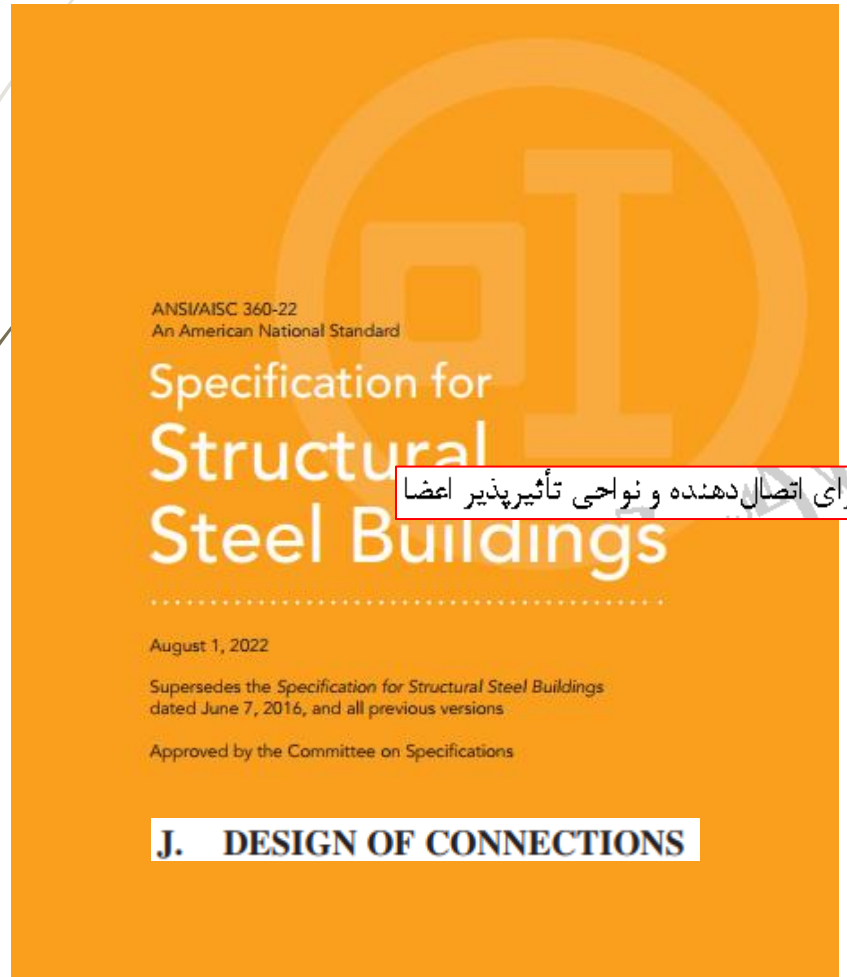



**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# ضوابط طراحی اتصالات و اجزای آن: (غیر لرزه ای)






## ۱۰-۲-۹ الزامات طراحی اتصالات

این بخش به الزامات طراحی اتصالات، شامل اجزای اتصال دهنده (ورق‌ها، قطعات تقویتی، ورق‌های سخت‌کننده در محل اتصالات اعضا به یکدیگر، نبشی‌ها و لچکی‌های اتصال) و وسایل اتصال (جوش، پیچ و قطعات دندانه‌شده) می‌پردازد.

مقررات این بخش تحت عناوین زیر ارائه می‌گردد.

- ۱۰-۲-۹-۱ الزامات عمومی
- ۱۰-۲-۹-۲ جوش‌ها
- ۱۰-۲-۹-۳ پیچ‌ها و قطعات دندانه‌شده
- ۱۰-۲-۹-۴ نواحی تأثیرپذیر اجزای اتصال‌دهنده و وسایل اتصال
- ۱۰-۲-۹-۵ ورق‌های پرکننده (لقمه‌ها)
- ۱۰-۲-۹-۶ وصله‌ها
- ۱۰-۲-۹-۷ مقاومت اتکایی سطوح متکی به هم
- ۱۰-۲-۹-۸ کف ستون‌ها و فشار مستقیم بر بتن و مصالح بنایی
- ۱۰-۲-۹-۹ میل مهارها و اقلام مدفون
- ۱۰-۲-۹-۱۰ الزامات ویژه بال‌ها و جان مقاطع اعضای تحت اثر بارهای متمرکز

ویرایش ۱۴۰۱

- ۱۰-۲-۹-۴ مقاومت موجود اجزای اتصال‌دهنده و نواحی تأثیرپذیر اعضا

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# جوش و اتصالات جوشی

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# استاندارد های جوش:

## ۱۰-۴-۴-۴ اتصال با جوش ویرایش ۱۳۹۲

برای برقراری اتصالات جوشی رعایت مشخصات مندرج در آیین‌نامهٔ جوشکاری ساختمانی* لازم است.

*نشریه ۲۲۸ دفتر تحقیقات و استانداردهای فنی معاونت راهبردی و برنامه‌ریزی.

| Designation | Title | |
|---|---|---|
| D1.1/D1.1M | *Structural Welding Code—Steel* | جوشکاری سازه های فولادی کم کربن و کم آلیاژ |
| D1.2/D1.2M | *Structural Welding Code—Aluminum* | |
| D1.3/D1.3M | *Structural Welding Code—Sheet Steel* | جوشکاری سازه های ورق فولادی با ضخامت ۵ میلی متر یا کمتر |
| D1.4/D1.4M | *Structural Welding Code—Reinforcing Steel* | |
| D1.5M/D1.5 | *Bridge Welding Code* | |
| D1.6/D1.6M | *Structural Welding Code—Stainless Steel* | |
| D1.7/D1.7M | *Guide for Strengthening and Repairing Existing Structures* | |
| D1.8/D1.8M | *Structural Welding Code—Seismic Supplement* | ضوابط لرزه ای جوشکاری |
| D1.9/D1.9M | *Structural Welding Code—Titanium* | |

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت اول – انواع جوش ها

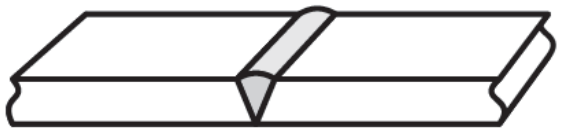
جوش ها به ۴ دسته کلی تقسیم می شوند:

۱- جوش شیاری (نفوذی)

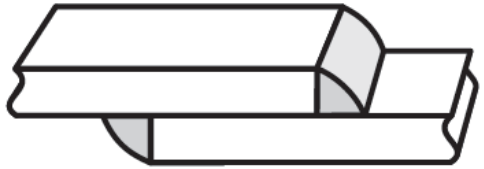
۲- جوش گوشه

۳- جوش کام

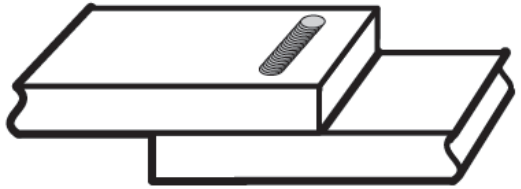
۴- جوش انگشتانه



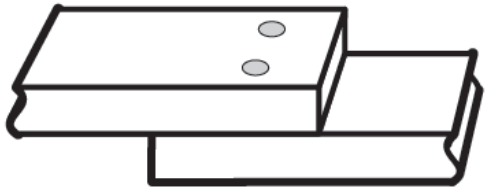
Groove Weld



Fillet Weld



Slot Weld



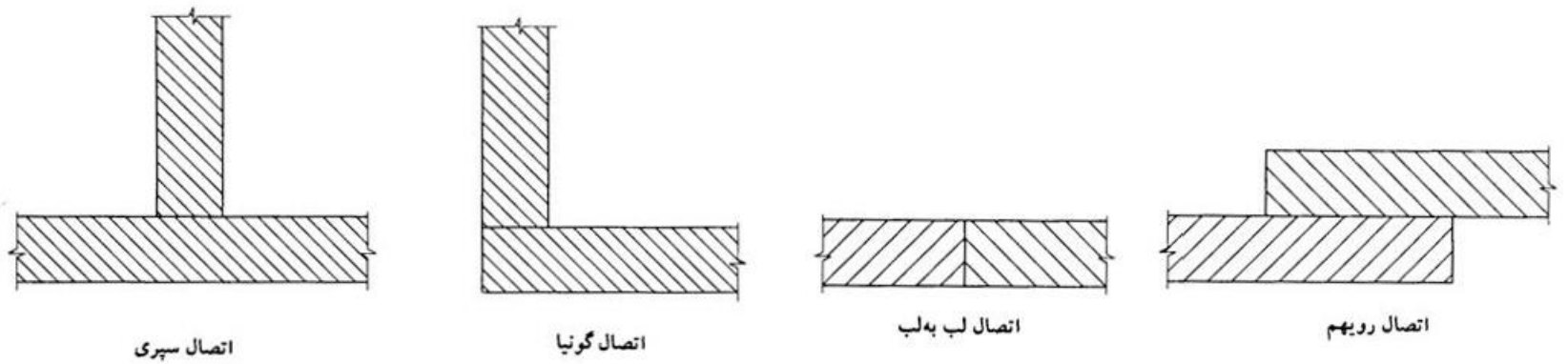
Plug Weld

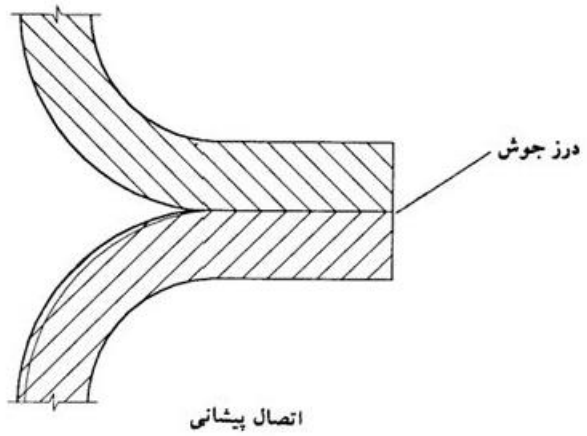
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت دوم – انواع درز در جوش ها




**نمادهای نوع اتصال**

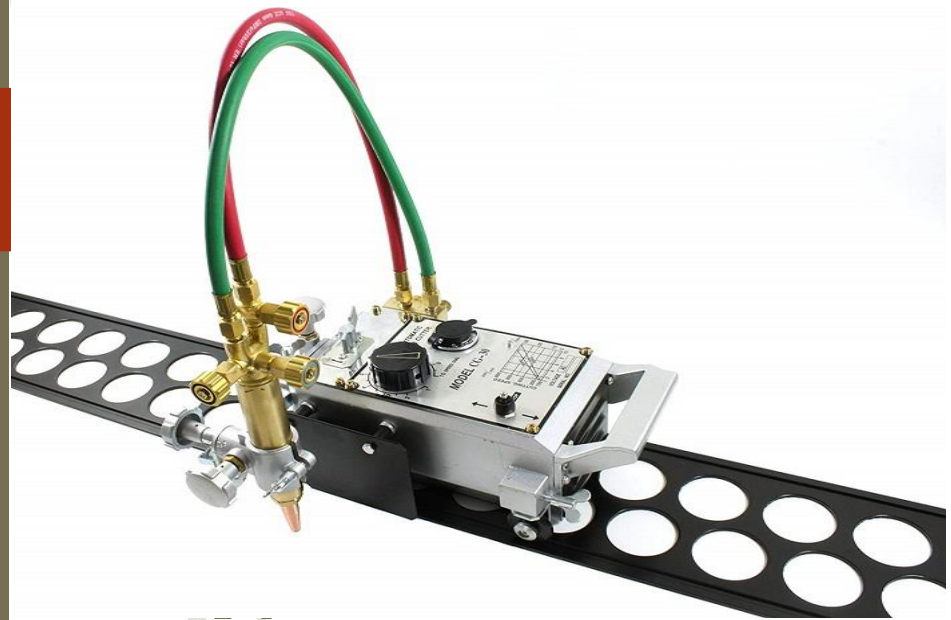
B – لب‌به‌لب (BUTT)
C – گونیا (Corner)
T – سپری (T)
BC – لب‌به‌لب یا گونیا
TC – گونیا، یا سپری
BTC – لب‌به‌لب، سپری، یا گونیا

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت دوم – انواع درز در جوش ها



**نکته :** **۱۰-۴-۴-۲ بریدن و سوراخ‌کردن** ویرایش ۱۳۹۲

ابتدا قطعات باید به‌ابعاد و شکل‌های لازم به‌دقت بریده شده و در محل‌های لازم سوراخ گردند. برش ورق‌هایی که در ساختن قطعات فولادی مصرف می‌گردد باید توسط دستگاه برش شعلهٔ ریلی انجام گیرد. برای ورق‌ها با ضخامت مساوی یا کمتر از ۱۲ میلی‌متر، برش توسط دستگاه گیوتین مجاز می‌باشد.

**۱۰-۴-۳-۲ بریدن و سوراخ‌کاری** ویرایش ۱۴۰۱

**الف)** قطعات باید با ابعاد و شکل‌های لازم به دقت بریده شده و در محل‌های لازم سوراخ گردند. برش ورق‌هایی که در ساختن قطعات فولادی مصرف می‌گردد باید توسط دستگاه برش حرارتی ریلی یا فرایندهای خودکار انجام گیرد. برای ورق‌های با ضخامت مساوی یا کمتر از 15 میلی‌متر، برش‌کاری توسط دستگاه گیوتین مجاز است. در این حالت لبه‌های برش باید کاملاً یکنواخت و خالی از ناهمواری‌های سطحی بیش از 0.5 میلی‌متر باشند. ناهمواری‌ها و زخم‌های بیش‌ازحد مجاز را باید با سنگ‌زدن و در صورت‌لزوم تعمیرکاری توسط جوش، هموار کرد.

ب) در قطعات و نیمرخ‌های سنگین با ضخامت اجزای تشکیل‌دهنده بیش از 40 میلی‌متر، باید قبل از برش حرارتی، پیش‌گرمایش تا دمای حداقل 65 درجه سلسیوس انجام شود.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

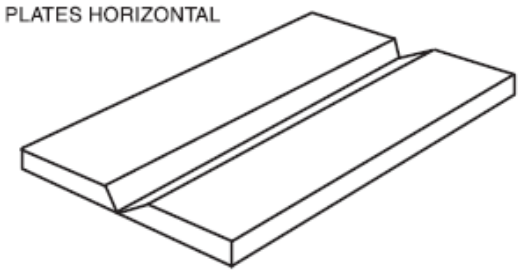
# طراحی جوش

## قسمت سوم- وضعیت جوشکاری

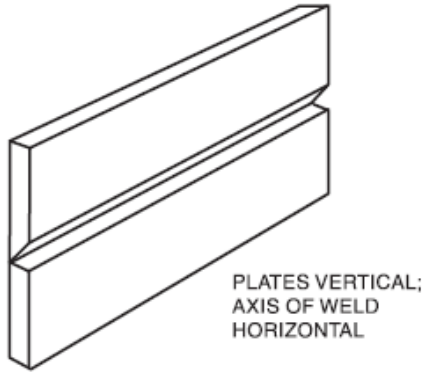
**پخ زنی و آماده کردن لبه قطعات برای جوشکاری باید هنگام برش شعله ، با زاویه دادن به سر مشعل یا با سنگ زنی های بعدی انجام پذیرد .**

علایم

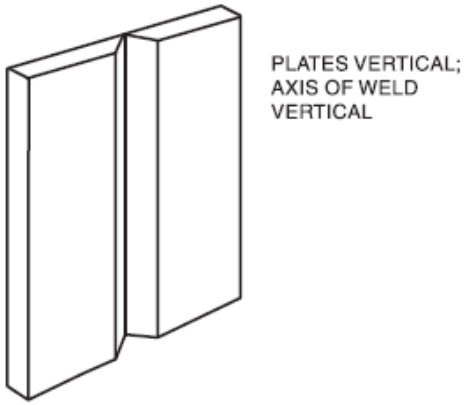
F – تخت  V – سربالا (قائم)
H – افقی  OH – سقفی (بالای سر)



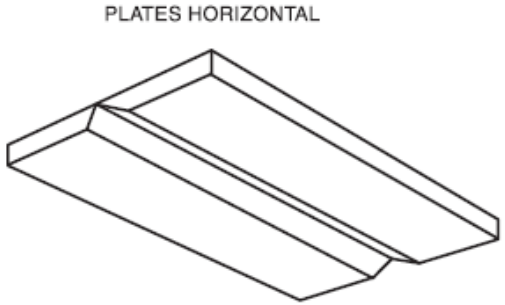

(A) FLAT WELDING TEST POSITION 1G




(B) HORIZONTAL WELDING TEST POSITION 2G




(C) VERTICAL WELDING TEST POSITION 3G




(D) OVERHEAD WELDING TEST POSITION 4G

نکته :

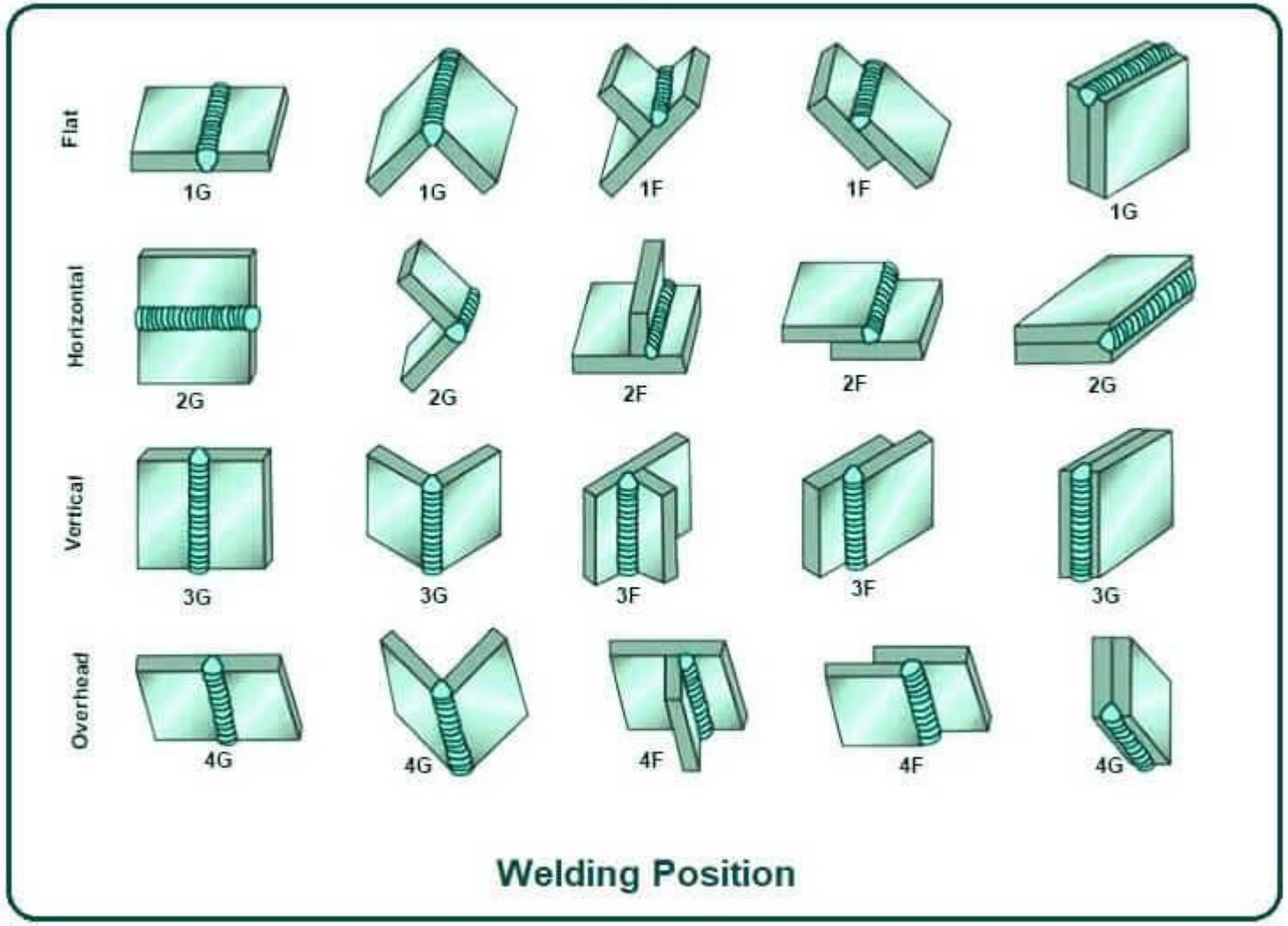
چنانچه جوش نفوذی باشد از 1G تا4G
واگر گوشه باشد از 1F تا4F هم خوانده می شوند.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت سوم- وضعیت جوشکاری



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت چهارم- روشهای جوشکاری

**نمادهای روش جوشکاری**

SMAW – جوش قوسی با الکترود روکشدار

SAW – جوش قوسی زیرپودری

GMAW – جوش قوسی تحت حفاظ گاز با الکترود فلزی

FCAW – جوش قوسی با الکترود توپودری

### اصول فرایند جوشکاری با قوس الکتریکی دستی (AWS A5.1)

امروزه جوشکاری SMAW بیشترین موارد مصرف را در میان سایر فرایندهای جوشکاری قوسی دارا می باشد. در این فرایندها از گرمای قوس برای ذوب فلز پایه و الکترود روپوش دار استفاده می شود. فرایند SMAW شامل نیرو، کابل های جوشکاری، انبر الکترودگیر و انبر اتصال و الکترود می باشد.

از دو کابلی که به دستگاه متصل می گردد، یکی به انبر اتصال و دیگری به انبر الکترودگیر متصل می گردد. با برقراری قوس الکتریکی بین نوک الکترود و سطح کار، جوشکاری شروع شده و حرارت شدید قوس الکتریکی، نوک الکترود و سطح کار را که در مجاورت قوس قرار دارد، ذوب می نماید. به محض برقراری قوس نوک الکترود ذوب شده و قطرات مذاب به سمت حوضچه جوش منتقل می شوند. از آنجا که قوس الکتریکی یکی از منابع حرارتی قوی می باشد (حرارت قوس بین ۵۵۰۰ – ۴۵۰۰ درجه سانتیگراد) فلز پایه خیلی سریع ذوب می گردد. انرژی الکتریکی باید به اندازه کافی زیاد بوده تا بتواند فلز پایه و الکترود را ذوب نماید. طول قوس مناسب برای پایداری قوس و انتقال مناسب قطرات مذاب به حوضچه جوش ضروری می باشد.

عمل محافظت حوضچه جوش، قوس و منطقه حرارت دیده اطراف حوضچه جوش توسط گاز حاصل از سوختن روپوش الکترود صورت می گیرد.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

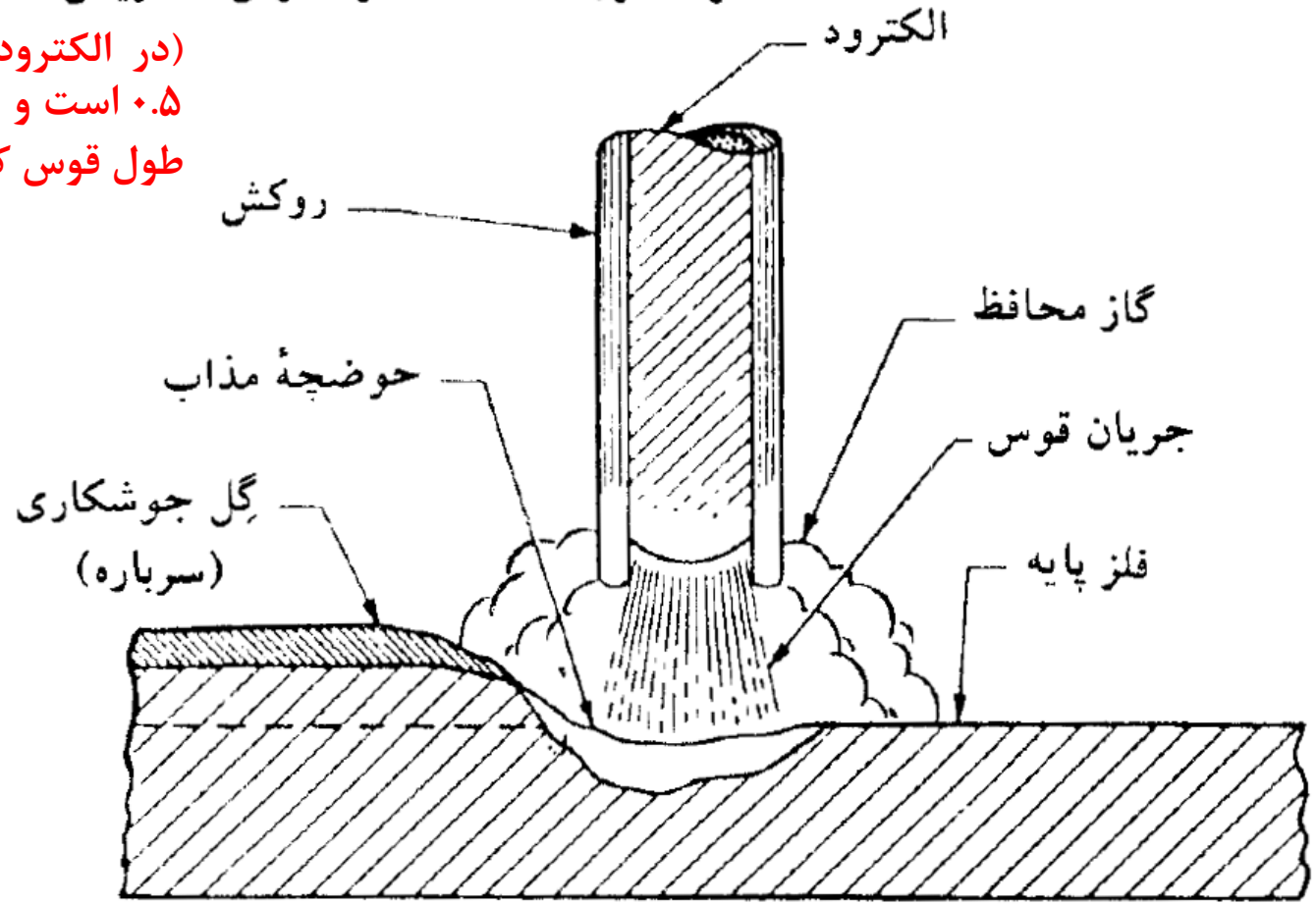
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت چهارم- روشهای جوشکاری

(قطر الکترود) ۰/۸ ≅ طول قوس الکتریکی

(در الکترود E7018 این نسبت حدودا ۰.۵ است و در جوشهای قائم و سقفی نیز طول قوس کم است)



**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی جوش

## قسمت پنجم- جوشکاری با الکترود

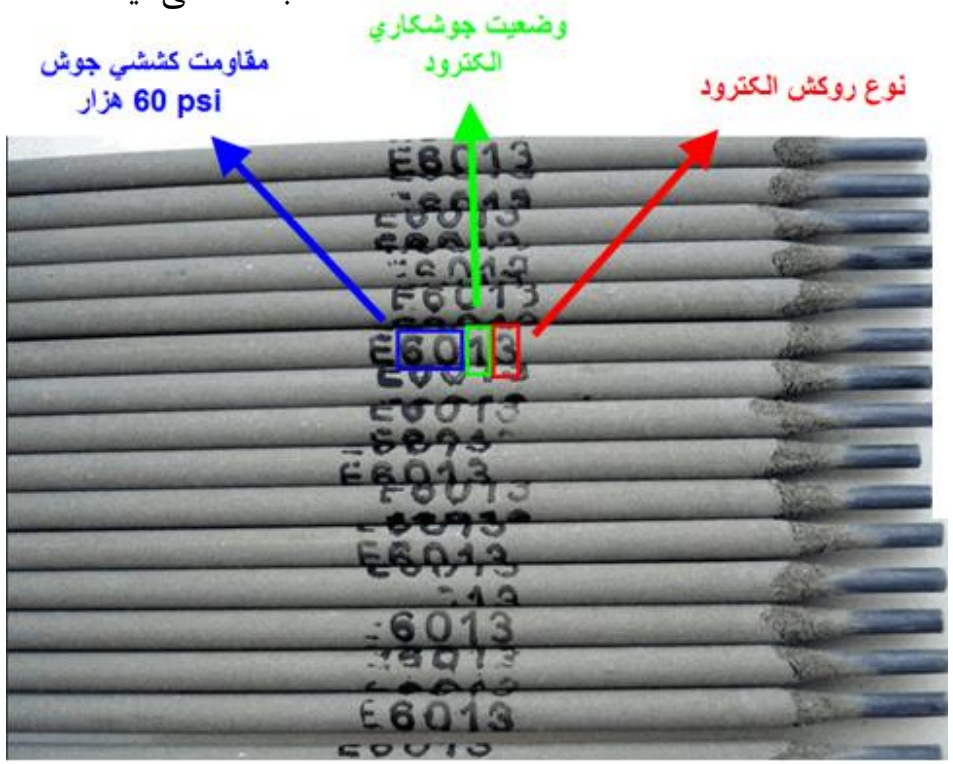
*سلولز ماده ای احتراق پذیر و فرار است که سریع می سوزد و تولید گازهای مختلفی چون هیدروژن، منوکسید کربن و دی اکسید کربن می کند.

| رقم | نوع روپوش |
|---|---|
| ۰ | سلولز، سدیم ـ اکسید آهن |
| ۱ | سلولز ـ پتاسیم |
| ۲ | تیتان ـ سدیم |
| ۳ | تیتان ـ پتاسیم |
| ۴ | پودر آهن ـ تیتان |
| ۵ | کم هیدروژن ـ سدیم |
| ۶ | کم هیدروژن ـ پتاسیم |
| ۷ | پودر آهن ـ اکسید آهن |
| ۸ | پودر آهن ـ کم هیدروژن |

۳و ۴ رتیلی(تیتانیومی) ۱ تمام حالات

۰ سلولوزی ۲ افقی و کف

۶و۸ قلیائی ۳ فقط کف




ضریب ۱۰۰۰ psi است که در ۰.۰۷ ضرب شده و مقاومت بر حسب kg/cm2 بدست می آید.

ویژگی الکترودهای E7018 جوش صاف ، قوس آرام، نفوذ کم ( به داخل فلز مبنا) پاشش خیلی کم و سرعت جوشکاری زیاد است. برای الکترود E7018 قوس کوتاه لازم است.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت پنجم- جوشکاری با الکترود

**در جدول زیر مقایسه نسبی بین انواع الکترود های جوشکاری صورت گرفته است. عدد ۱ نماینده بهترین، ۲ متوسط و ۳ رده آخر است.**

| نوع الکترود و خاصیت | سلولوزی | روتیلی | کم هیدروژن (قلیایی) |
|---|---|---|---|
| نرمی و ازدیاد طول | ۲ | ۳ | ۱ ★ |
| نفوذ جوش | ۱ ★ | ۳ | ۲ |
| عدم بریدگی کناره جوش | ۳ | ۳ | ۲ |
| عدم پاشش جرقه و راندمان رسوب | ۳ | ۳ | ۲ |
| بدون عیب بودن جوش | ۳ | ۳ | ۱ ★ |
| راحتی استفاده | ۳ | ۳ | ۲ |
| راحتی روشن کردن قوس الکتریکی | ۳ | ۳ | ۳ |
| مقاومت در مقابل ترک جوش | ۳ | ۳ | ۱ ★ |
| سرعت ایجاد فلز جوش | ۳ | ۳ | ۲ |
| چقرمگی جوش | ۳ | ۳ | ۱ ★ |

**نکته :**

تمامی الکترودهای مخصوص جوشکاری فولادهای کربنی و کم آلیاژ از یک مغزی فولادی یکسان ساخته شده اند. این مغزی از جنس یک فولاد کم کربن اکسیژن زدایی نشده می باشد. بنابراین هر عنصر آلیاژی دیگر از طریق روکش الکترود به حوضچه مذاب اضافه می گردد. علت این امر اقتصادی بودن تامین عناصر آلیاژی از طریق روکش الکترود می باشد.

الکترودهای قلیایی با پودر آهن در مقایسه با الکترودهای قلیایی خالص، حدود ۱۵ تا ۳۰ درصد افزایش راندمان دارند.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت پنجم- جوشکاری با الکترود دستی

### انواع جریان برق در جوشکاری :

- جریان متناوب AC، (برق شهری)
- جریان مستقیم DC

### مزایای ترانسفورماتورها ( جریان AC )

- وزش قوس الکتریکی (انحراف قوس) وجود ندارد.
- دستگاههای آن ارزان تر و قابل حمل و نقل می باشند.
- ضریب بهره الکتریکی آنها بالاست.

### معایب ترانسفورماتورها ( جریان AC )

- امکان تغییر قطبیت وجود ندارد.
- برقراری قوس مشکلتر می باشد.
- همه نوع الکترودی را نمی توان جوشکاری نمود.
- با آمپرهای پائین جوشکاری مشکل می باشد.

### دستگاه اینورتر جوشکاری *INVERTER* (تکفاز و سه فاز)

این دستگاههای بسیار کوچک وسبک اخیراً در صنایع جوش جای خود را باز کرده است. در این نوع دستگاهها برق شهری (AC) وارد دستگاه شده وتبدیل به برق DC می شود

### جریان مستقیم DC ( رکتی فایرها *RECTIFIER*)

در این جریان جهت حرکت الکترون ها در مدار همیشه در یک جهت از منفی به مثبت می باشد. بنابراین جای قطب منفی و مثبت عوض نمی شود.

### مزایای رکتی فایرها ( جریان DC)

- خطر برق گرفتگی کمتر است.
- امکان تغییر قطبیت وجود دارد.
- انواع الکترودها با آن براحتی قابل جوشکاری است.
- امکان جوشکاری با آمپرهای پائین وجود دارد.
- برقراری قوس راحت تر و پایداری آن بیشتر است.

### معایب رکتی فایرها ( جریان DC )

- انحراف قوس وجود دارد.
- دستگاههای آن نسبت به ترانس ها گرانتر است.
- ضریب بهره الکتریکی آن نسبت به ترانس ها کمتر است.

دکتر علی گلمورت

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت پنجم- جوشکاری با الکترود

| رقم اول از سمت راست | نوع روپوش الکترود | نوع جریان برق مصرفی | | |
|---|---|---|---|---|
| | | DCRP (انبر مثبت) | DCSP (انبر منفی) | جریان AC |
| 0 | سلولزی (سدیم دار) | ✓ | NO | NO |
| 1 | سلولزی (پتاسیم دار) | ✓ | NO | ✓ |
| 2 | روتیلی (سدیم دار) | NO | ✓ | ✓ |
| 3 | روتیلی (پتاسیم دار) | ✓ | ✓ | ✓ |
| 4 | روتیلی (پودر آهن دار) | ✓ | ✓ | ✓ |
| 5 | قلیایی (سدیم دار) | ✓ | NO | NO |
| 6 | قلیایی (پتاسیم دار) | ✓ | NO | ✓ |
| 7 | اکسیدی (اکسید آهن+پودر آهن) | NO | ✓ | ✓ |
| 8 | قلیایی (پودر آهن دار) | ✓ | NO | ✓ |

جریان و قطبیت مناسب برای E7018 متناوب و یکسو با قطبیت مثبت است. در جریان متناوب حتما باید ۳ فاز باشد. (دو فاز به سختی می شود تک فاز امکان پذیر نیست)

دکتر علی گلعوت

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت پنجم- جوشکاری با الکترود

آیین نامه جوشکاری

**۴-۵-۲- شرایط انبارکردن الکترودهای کم‌هیدروژن**

الکترودها با روکش کم‌هیدروژن باید در بسته‌بندیهای ضدرطوبت مهرشده خریداری و نگهداری شوند و یا قبل از مصرف به‌مدت ۲ ساعت در دمای بین ۳۰۰ تا ۴۳۰ درجهٔ سانتیگراد در دستگاه خشک‌کن خشک شوند.

نکته: حداکثر زمان مجاز ماندن در هوای آزاد برای الکترودهای E70 ۴ ساعت و برای E7018 حداکثر ۹ ساعت است.

**۱۰-۲-۹-۲-۶ الکترودهای سازگار با مصالح فلز پایه**

فلز جوش (الکترود مصرفی) باید سازگار با مصالح فلز پایه و مطابق با مقادیر جدول ۱۰-۲-۹-۴ باشد.

**جدول ۱۰-۲-۹-۴ الکترودهای سازگار با فلز پایه**

| تنش تسلیم مصالح فلز پایه ($F_y$) | مقاومت نهایی کششی فلز الکترود ($F_{ue}$) | نوع الکترود سازگار |
|---|---|---|
| تا ۳۰۰ MPa, $t \leq ۱۵mm$ | ۴۲۰ MPa | E۶۰ یا معادل آن |
| | ۴۹۰ MPa | E۷۰ یا معادل آن |
| تا ۳۰۰ MPa, $t > ۱۵mm$ | ۴۹۰ MPa | E۷۰ یا معادل آن |
| از ۳۰۰ MPa تا ۳۸۰ MPa | ۴۹۰ MPa | E۷۰ یا معادل آن |
| از ۳۸۰ MPa تا ۴۶۰ MPa | ۵۶۰ MPa | E۸۰ یا معادل آن |

t = ضخامت فلز پایه

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت پنجم- جوشکاری با الکترود (ویرایش ۱۴۰۱)

فلز پرکنندهٔ جوش (نوع الکترود مصرفی) برای انواع مختلف جوش‌ها باید الزامات زیر را تأمین نماید:

۱- برای جوش‌های شیاری با نفوذ کامل تحت اثر کشش در راستای عمود بر محور جوش یا تحت اثر برش در راستای محور طولی جوش (به‌غیراز جوش‌های اتصال بال به جان مقاطع اعضای خمشی) باید مطابق جدول ۱۰-۲-۹-۴ از فلز پرکنندهٔ سازگار یا حداکثر یک رده بالاتر از فلز پرکنندهٔ سازگار استفاده شود.

۲- برای جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در سایر وضعیت‌های بارگذاری و نیز برای جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی استفاده از فلز پرکننده دارای مقاومتی حداکثر یک رده پایین‌تر از مقاومت فلز پرکنندهٔ سازگار مجاز است.

جدول ۱۰-۲-۹-۴: الکترودهای سازگار با فلز پایه

| تنش تسلیم مشخصهٔ مصالح فلز پایه ($F_y$) | نوع الکترود سازگار |
|---|---|
| تا 300 MPa و $t \leq 20$ mm (t = ضخامت فلز پایه) | E60 یا معادل آن |
| | E70 یا معادل آن |
| تا 300 MPa و $t > 20$ mm | E70 یا معادل آن |
| از 300 MPa تا 380 MPa | E70 یا معادل آن |
| از 380 MPa تا 460 MPa | E80 یا معادل آن |

۳- برای جوش‌های گوشه، انگشتانه و کام رعایت فلز پرکنندهٔ سازگار الزامی نبوده، لیکن درهرحال استفاده از فلز پرکننده دارای مقاومتی بیش از یک رده بالاتر از مقاومت فلز پرکنندهٔ سازگار مجاز نیست.

فقط برای جوشهای شیاری الزامی است!

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی جوش

## قسمت پنجم- جوشکاری با الکترود

ANSI/AISC 360-22
An American National Standard

**User Note:** The following User Note Table summarizes the AWS D1.1/D1.1M provisions for matching filler metals. Other restrictions exist. For a complete list of base metals and prequalified matching filler metals, see AWS D1.1/D1.1M, Table 5.3 and Table 5.4.

| Base Metal (ASTM) | Matching Filler Metal |
|---|---|
| A36/A36M ≤ ¾ in. (19 mm) thick | 60 and 70 ksi filler metal |
| A36/A36M > ¾ in. (19 mm) thick, A588/A588M[a], A1011/A1011M, A572/A572M Grade 50 (345) and 55 (380), A913/A913M Grade 50 (345), A992/A992M | SMAW: E7015, E7016, E7018, E7028<br>Other processes: 70 ksi filler metal |
| A913/A913M Grade 60 (415) and 65 (450) | 80 ksi (550 MPa) filler metal |
| A913/A913M Grade 70 (485) | 90 ksi (620 MPa) filler metal |

[a]For corrosion resistance and color similar to the base metal, see AWS D1.1/D1.1M, clause 5.6.2.

Note:
In joints with base metals of different strengths, either a filler metal that matches the higher strength base metal or a filler metal that matches the lower strength and produces a low hydrogen deposit may be used when matching strength is required.

**A 572/A 572M – 07**

TABLE 4 Tensile Requirements[A]

| Heat Analysis, % | Grade | Yield Point, min ksi | Yield Point, min [MPa] | Tensile Strength, min ksi | Tensile Strength, min [MPa] | Minimum Elongation, % [B,C,D] in 8 in. [200 mm] | Minimum Elongation, % [B,C,D] in 2 in. [50 mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.005–0.05[C] | 42 [290] | 42 | [290] | 60 | [415] | 20 | 24 |
| 0.01–0.15 | 50 [345] | 50 | [345] | 65 | [450] | 18 | 21 |
| 0.005–0.05[C] | 55 [380] | 55 | [380] | 70 | [485] | 17 | 20 |
| 0.01–0.15 | 60 [415] | 60 | [415] | 75 | [520] | 16 | 18 |
| 0.02–0.15[D] | 65 [450] | 65 | [450] | 80 | [550] | 15 | 17 |
| 0.006-0.04 | | | | | | | |
| 0.003–0.015 | | | | | | | |
| 0.06 max | | | | | | | |

r 5 and the contents

[A] See specimen Orientation under the Tension Tests section of Specification

**A913/A913M**

TABLE 2 Tensile Requirements

| Grade | Yield Point, min. ksi | Yield Point, min. [MPa] | Tensile Strength, min. ksi | Tensile Strength, min. [MPa] | Elongation, min 8 in. [200 mm], % | Elongation, min 2 in. [50 mm], % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 [345] | 50 | [345] | 65 | [450] | 18 | 21 |
| 60 [415] | 60 | [415] | 75 | [520] | 16 | 18 |
| 65 [450] | 65 | [450] | 80 | [550] | 15 | 17 |
| 70 [485] | 70 | [485] | 90 | [620] | 14 | 16 |

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت پنجم- پیش گرمایش

**نکته:**

استفاده از پیش گرم رطوب موجود روی سطح را از بین برده و احتمال وقوع شکست های ناشی از نفوذ هیدروژن در فلز جوش (ترک هیدروژنی، سرد یا تاخیری) را کاهش می دهد.

**جدول ۱۰-۲-۹-۵ حداقل دمای پیش گرمایش**

| ضخامت (mm) | دمای پیش گرمایش در فرآیند غیر کم هیدروژن (درجه سلسیوس) | دمای پیش گرمایش در فرآیند کم هیدروژن (درجه سلسیوس) |
|---|---|---|
| $t \leq ۲۰$ | *۲۰ | *۱۰ |
| $۲۰ < t \leq ۴۰$ | ۶۵ | *۲۰ |
| $۴۰ < t \leq ۶۵$ | ۱۱۰ | ۶۵ |
| $t > ۶۵$ | ۱۵۰ | ۱۱۰ |

** این دما در حد لمس‌کردن ورق قابل حس است و در سایر موارد باید از روش‌های دماسنجی سطحی (مثلاً گچ‌های حساس به دما) استفاده شود.*

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش قسمت پنجم- پیش گرمایش (ویرایش ۱۴۰۱)

جدول ۱۰-۴-۵: حداقل پیش‌گرمایش و درجهٔ حرارت عبورهای میانی

| طبقه | نوع فولاد | روش جوشکاری | مشخصات ورق | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ضخامت ورق (میلی‌متر) | حداقل درجهٔ حرارت ورق (سانتی‌گراد) |
| A | St37<br>St52 | جوش دستی با الکترود روکش‌دار<br>(غیر از الکترودهای کم هیدروژن) | ≤ 20<br>20<t≤40<br>40<t≤65<br>t > 65 | 20<br>65<br>110<br>150 |
| B | St37<br>St52 | جوش دستی با الکترود روکش‌دار کم هیدروژن<br>جوش زیرپودری<br>جوش تحت حفاظ گاز (الکترود فلزی یا تنگستن)<br>جوش با الکترود توپودری | ≤ 20<br>20<t≤40<br>40<t≤65<br>t > 65 | 10<br>20<br>65<br>110 |
| C | $F_y \geq 400$ MPa | جوش دستی با الکترود روکش‌دار کم هیدروژن<br>جوش زیرپودری<br>جوش تحت حفاظ گاز (الکترود فلزی یا تنگستن)<br>جوش با الکترود توپودری | ≤ 20<br>20<t≤40<br>40<t≤65<br>t > 65 | 10<br>65<br>110<br>150 |

۱- در جوشکاری ورق‌ها با ضخامت بزرگ‌تر از 25 میلی‌متر که تحت بارهای دینامیکی قرار دارند، فقط باید از الکترودهای کم هیدروژن استفاده نمود.

۲- هرقدر گیرداری قطعهٔ مورد جوش بیشتر باشد، دمای پیش‌گرمایش باید افزایش یابد.

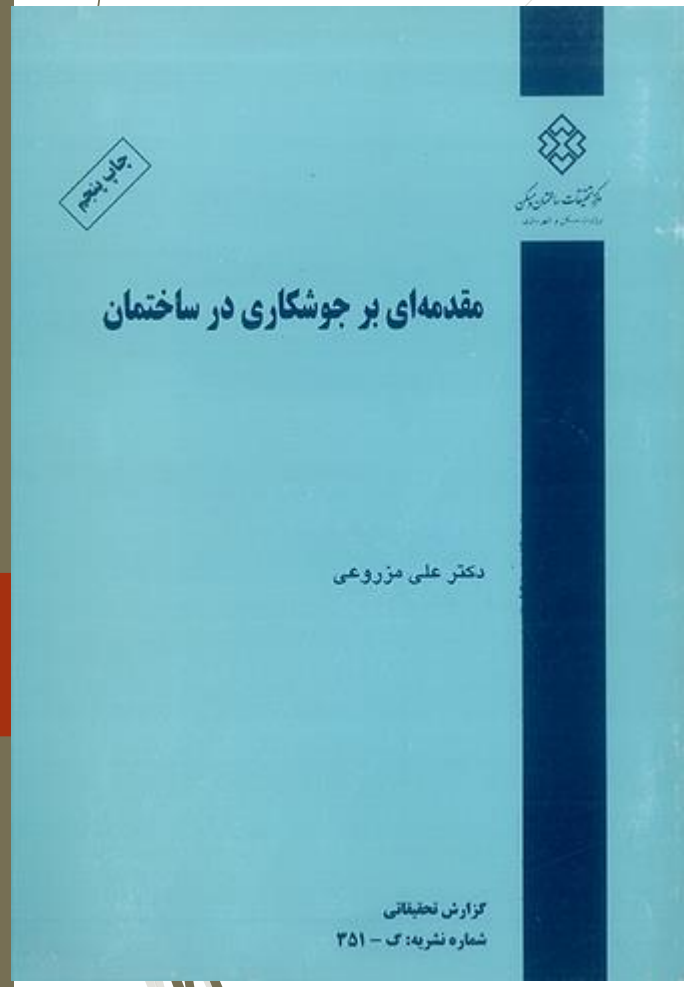
۳- دمای پیش‌گرمایش لازم نیست از 230 درجهٔ سلسیوس بیشتر باشد.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت پنجم- جوشکاری با الکترود




جدول ۱-۶ تناسب تقریبی شدت جریان با قطر الکترود و ضخامت ورق در وضعیت تخت

| قطر الکترود (mm) | ضخامت ورق (mm) | شدت جریان (A) | ولتاژ تقریبی (V) |
|---|---|---|---|
| ۳/۲۵–۲/۲۵ | ٤–۲ | ۱۰۰–٦۰ | ۱۷–۱۵ |
| ٤–۳/۲۵ | ٦–٤ | ۱۵۰–۱۰۰ | ۲۰–۱۷ |
| ۵–٤ | ۱۰–٦ | ۲۰۰–۱۵۰ | ۲۲–۲۰ |
| ٦–۵ | بزرگتر از ۱۰ | ٤۰۰–۲۰۰ | ۲۲ |

**۴-٦-۳- حداکثر قطر الکترود به‌شرح زیر است:**

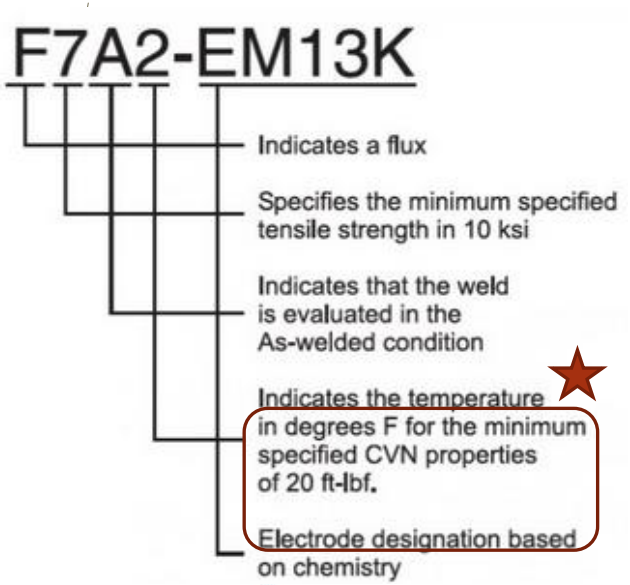
**(۱) ۸ میلیمتر برای تمام جوشهایی که در وضعیت تخت انجام می‌شوند، به‌استثنای عبور ریشه.**

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

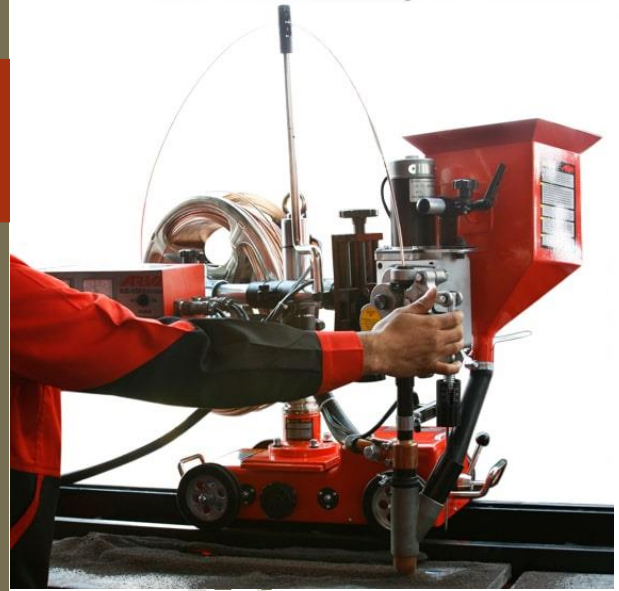
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

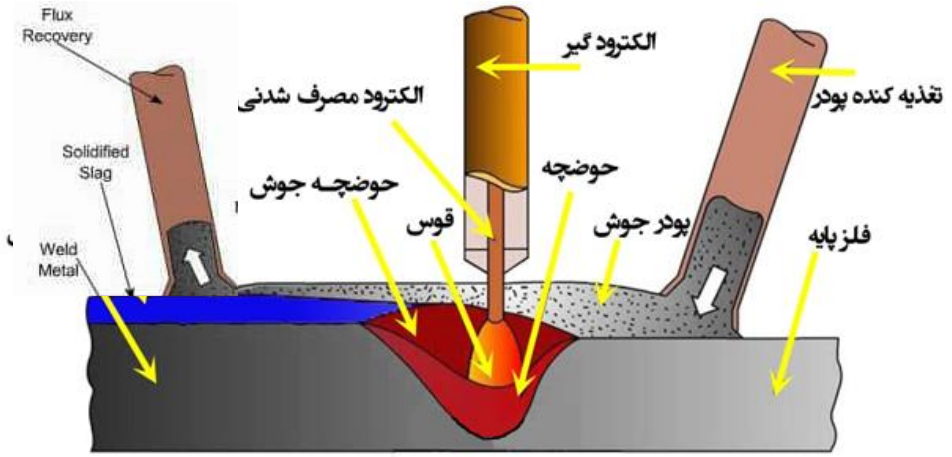
# طراحی جوش

## قسمت پنجم- جوش قوسی زیرپودری (SAW)- مخصوص جوشهای تخت




مصالح پر کننده جوشکاری در جوش قوسی زیرپودری تحت AWS A5.17 برای فولاد کربنی طبقه بندی می‌شوند. هر دوی پودرها و الکترودها تحت این نشریه قرار دارند. پودرهای گدازه همواره همراه با الکترودها طبقه‌بندی می‌شوند. ترکیب الکترود-پودر باید مشخصات مکانیکی مورد نیاز را تامین نماید. حرف اول یک E است، که برای الکترود می‌باشد. حرف دوم H،M،L است که به مقدار پایین، متوسط و زیاد منگنز در الکترود مربوط می‌شود. یک یا دو عدد بعدی به محتوی کربن اسمی در یک صدم درصد اشاره دارد. عدد ۱۳ در این محل، برای مثال، نشانگر محتوای کربن اسمی ۰٫۱۳ درصد است. در برخی موارد، الکترود از فولاد کشته شده (killed steel) ساخته می‌شود. در این مورد، سیلیکون اضافه شده و الکترود دارای حرف K در انتهای طبقه‌بندی است مانند: EM13K الکترودهای کامپوزیت شامل حرف C بعد از E منصوب به الکترود هستند. برای پودر (flux) عدد ۷ نشانگر مقاومت کششی جوش با واحد 10Ksi است. A نشان می‌دهد که جوش در حالت ساخته شده تست می شود و نیاز به پس گرمایش ندارد. عدد آخر مربوط به آزمایش شارپی است.





Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـــاروقـــی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# ضوابط لرزه ای-جوش SAW زیر پودری

## پودرهای جوشکاری فولادهای ساختمانی و فولاد های دانه‌ریز

| AWS/ASME | EN 760 | DIN 32 522 | نام کالا |
|---|---|---|---|
| F7A2-EM12 F7A2-EM12K F7P2-EM12K | SA CS 1 88 AC | B CS 1 88 AC 10M | AMA AP124UN |
| F6A2-EM12 F6A2-EM12K F7A2-EM13K F7A2-EA2 F7P2-EA2 | SA FB 1 55 AC | B FB 1 55 AC 12 | AMA AP125 |

## Conformances

## AWS A5.17/ ASME SFA 5.17 F7A2-EM12K

### Flux Composition

| Consumable | Chemical Composition, wt% | | |
|---|---|---|---|
| | $SiO_2 + TiO_2$ | $CaO + MgO$ | $Al_2O_3 + CaF_2$ |
| S-800P | 20 | 40 | 35 |

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

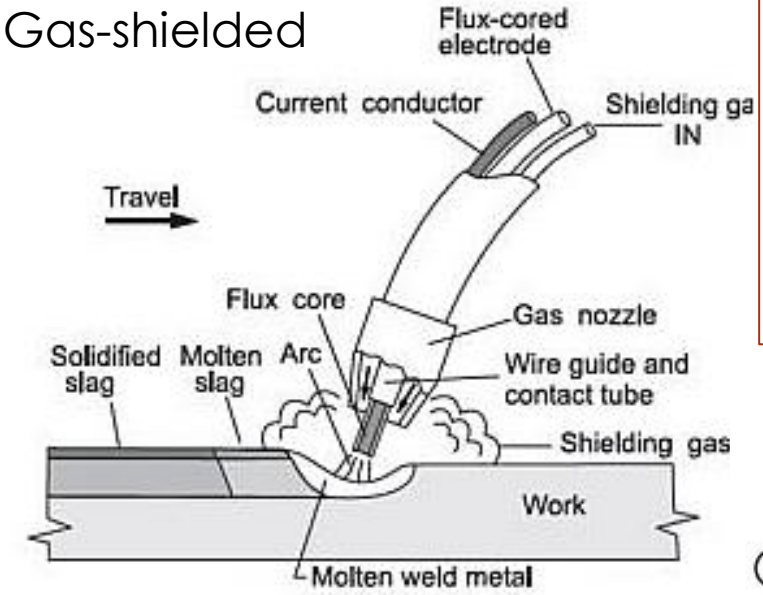
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت پنجم- جوش قوسی با الکترود تو پودری (FCAW)-AWS A5.20

در میان طبقه‌بندی جوشکاری با قوس زیرپودری، دو زیربخش وجود دارد: زیرپودری با حفاظ گاز (FCAW-G) (شکل ۱) و زیرپودری خودحفاظ (FCAW-S) (شکل ۲). الکترودهای زیرپودری خودحفاظ به گاز حفاظ خارجی نیاز ندارند. تمام سیستم حفاظ در نتیجه مواد جریان موجود در هسته الکترود لوله‌ای است. نسخه حفاظ با گاز الکترود زیر پودری یک منبع گاز خارجی را استفاده می‌نماید. الکترودهای زیرپودری خودحفاظ برای موقعیت‌های جوشکاری در هنگام باد ممکن است جایگزین FCAW-G می‌شود. در FCAW-G فرآیند به اندازه مناسبی اپراتور پسند است و در مواقعی استفاده می‌شود که گاز حفاظ در حالت بدون مشکلات جوی قرار گرفته و بی مشکل باشد.

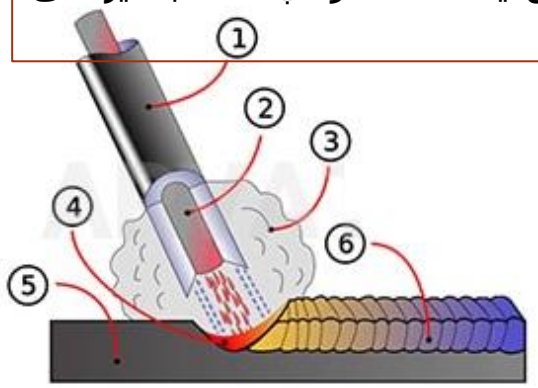
Gas-shielded



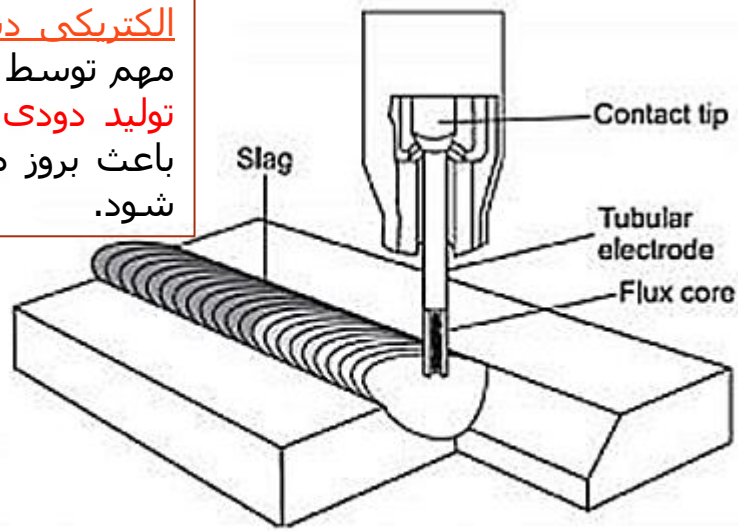

شکل ۱ – جوشکاری FCAW-G

بجای استفاده از منبع خارجی برای تامین گاز محافظتی، پودر جوش و مواد مختلف دیگر موجود در این الکترودها در زمان بالا رفتن حرارت و ذوب شدن، خود به خود گاز محافظ را تولید می کنند و مشابه فرآیند جوشکاری با قوس الکتریکی دستی SMAW که توسط روپوش الکترود انجام می شود این مهم توسط پودر داخل سیم جوش انجام می شود. ایراد این نوع جوشکاری، تولید دودی سمی در حین عملیات است. این دود علاوه بر سمی بودن باعث بروز مشکل در دیدن حوضچه جوش یا همان حوضچه مذاب نیز می شود.

Self-shielded




| | |
|---|---|
| 1 | الکترود لوله ای |
| 2 | سیم جوش توپودری |
| 3 | گاز محافظ |
| 4 | قوس |
| 5 | فلز پایه |
| 6 | فلز جوش |




شکل 2 – جوشکاری FCAW-S (معمولا اتوماتیک)

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

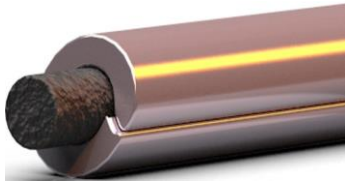
# طراحی جوش

## قسمت پنجم- جوش قوسی با الکترود تو پودری (FCAW)-AWS A5.20

| AWS/ASME SFA 5.20 | DIN 8555 | نام کالا |
|---|---|---|
| E71 T1 MJ | – | AMA 200F |
| E71T-1C | – | AMA 201F |

EXXT-X

- E: مخفف کلمه الکترود
- XX: حداقل استحکام کشش الکترود با مقیاس ۱۰۰۰۰Psi (می تواند عدد ۶ و یا ۷ باشد) (X ۱۰Ksi)
- T: به معنای سیم جوش توپودری
- X: قابلیت استفاده و عملکرد سیم جوش (مانند قطبیت و ...) (می تواند از ۱ تا ۱۴ و یا حروف G یا Gs باشد)



(مثلا GS یعنی فقط برای یک پاس مناسب است.)

(زمانی که از حرف T استفاده می شود به معنی الکترود تو خالی است)

نکته ای که راجع به الکترودهای تو پودری وجود دارد ، این است که باید آن ها را در مکان های خشک نگهداری کرد

وضعیت جوشکاری
عدد صفر= تخت و افقی
عدد یک= تمام وضعیت‌ها

**FCAW**

| SELF SHIELDED | GAS SHIELDED |
|---|---|
| FABRICATION<br>E70T-4<br>E70T-7 | ALL POSITION<br>E71T-1 |
| STRUCTURAL<br>E70T-6<br>E71T-8 | FLAT<br>E70T-1 |
| GENERAL PURPOSE<br>E71T-GS<br>E71T-11 | |

۱ به معنی نوع پوشش پودری است.

این نوع فرآیند جوشکاری توپودری، به علت محافظت مضاعف از فلز جوش (پودر و گاز) به نام جوش دو سپر (دومحافظ) نیز شناخته می شود.

EXXT-X M J HZ

- M: نوشتن M = گاز محافظ (75-80 ٪Ar ،20-25 ٪ $CO_2$)
  ننوشتن M = گاز دیگر مانند $CO_2$ استفاده شود یا سیم جوش از نوع خود محافظ است.
  ننوشتن M یا C به معنی خود حفاظ بودن است. (گاز خارجی وجود ندارد)
- J: جوش حاصل از این سیم جوش دارای مقاومت به ضربه (چقرمگی) بالاتر نسبت به سایر سیم جوش‌های توپودری است
- HZ: نیاز به انجام آزمون نفوذپذیری هیدروژن

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

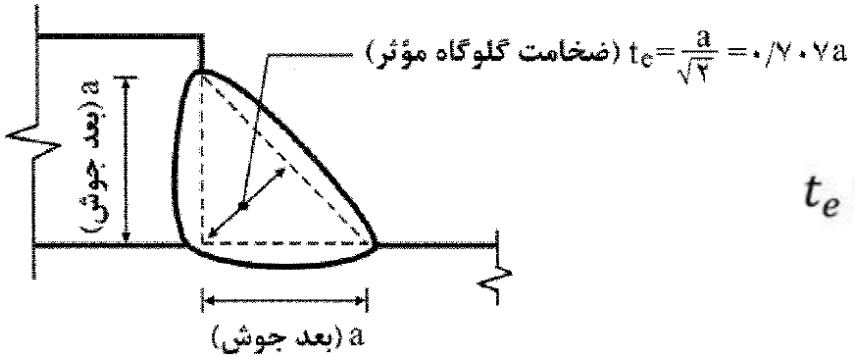
## قسمت ششم- جوش گوشه (Fillet weld)

**۱۰-۲-۹-۲-۲ جوش‌های گوشه**

**الف) سطح مقطع موثر:** سطح مقطع موثر در جوش‌های گوشه برابر با حاصل‌ضرب طول موثر در ضخامت گلوگاه موثر در نظر گرفته می‌شود.

طول موثر جوش گوشه (به جز جوش‌هایی که در سوراخ و شکاف قرار می‌گیرد) برابر با طول کلی نوار جوش شامل قسمت‌های برگشت خورده می‌باشد.

بعد جوش گوشه (a) اندازه ساق مقطع جوش می‌باشد. طبق شکل ۱۰-۲-۹-۳ ضخامت گلوگاه موثر ($t_e$) در جوش گوشه برابر کوتاهترین فاصله بین ریشهٔ مقطع جوش تا سطح خارجی آن و به عبارت دیگر برابر ارتفاع وارد بر وتر مثلث مقطع جوش به حساب می‌آید.




$$t_e = \begin{cases} if\ a_1 = a_2 = a \rightarrow t_e = 0.707\ a \\ if\ a_1 \neq a_2 \rightarrow t_e = \dfrac{a_1 a_2}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2}} \end{cases}$$

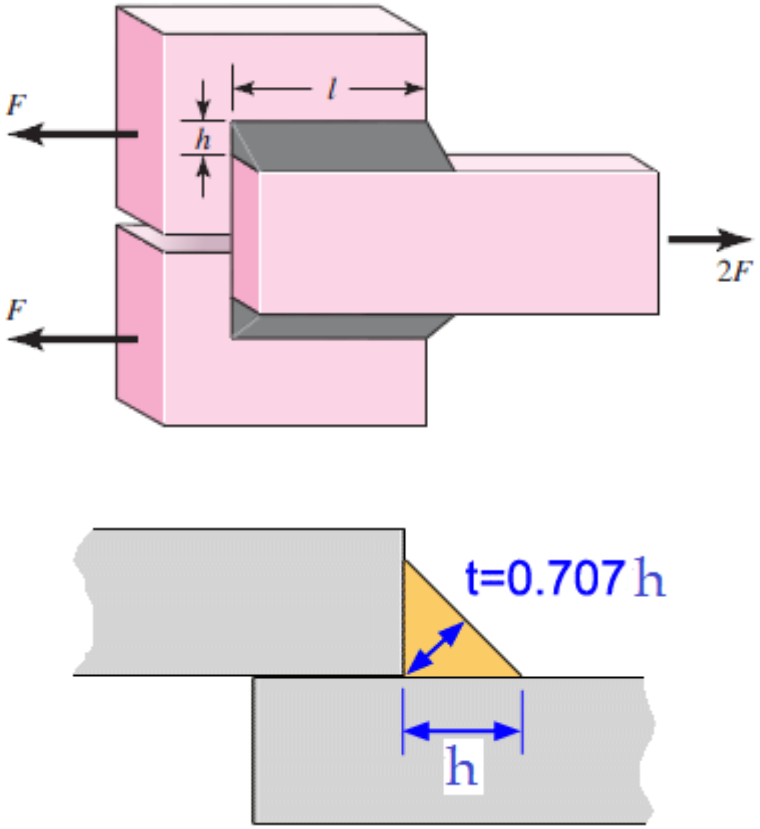
مساحت موثر جوش گوشه: $t_e \times L_e$

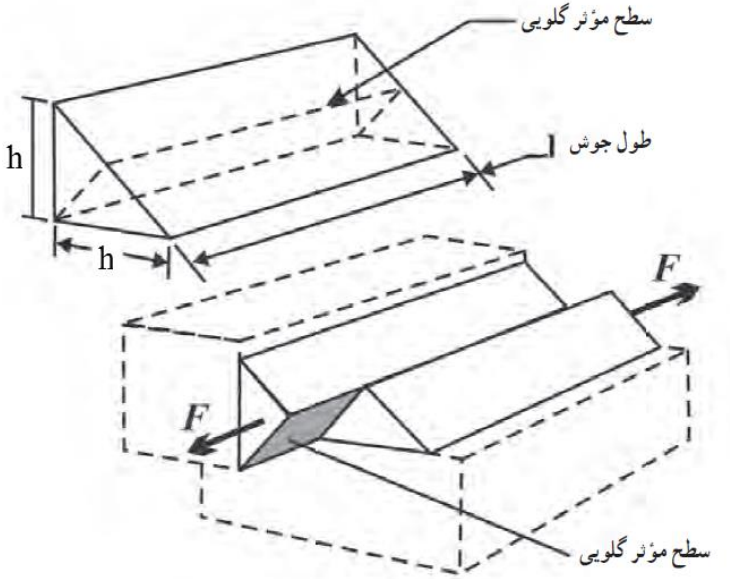
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه




$$\tau = \frac{F}{0.707hl} = \frac{1.414F}{hl}$$

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

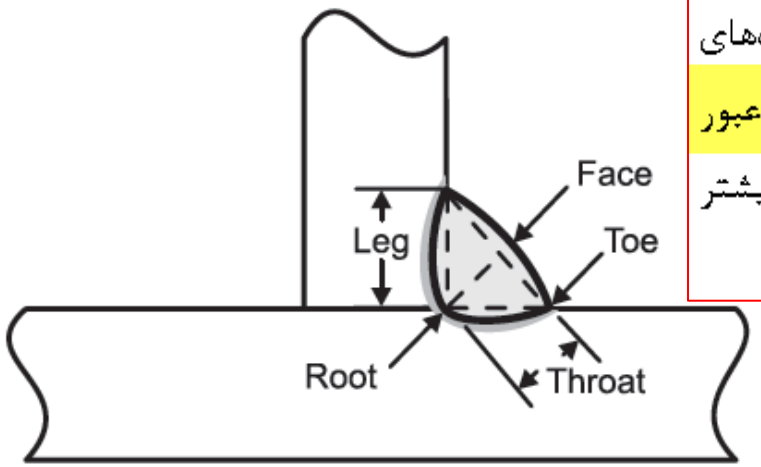
# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه

**ب) محدودیت‌ها:** (حداکثر بعد جوش سپری و گونیا)

۱- حداقل بُعد جوش‌های گوشه نباید از بُعد مورد نیاز برای انتقال بارهای محاسبه شده و اندازه‌های نشان داده شده در جدول ۱۰-۲-۹-۲ کوچکتر انتخاب شود. حداقل بُعد جوش تابع ضخامت قطعهٔ نازکتر می‌باشد و از طرفی نباید بُعد جوش از ضخامت نازکترین قطعهٔ متصل شونده تجاوز نماید.

$$Leg \leq t_{min}$$




ویرایش ۱۴۰۱

ب) محدودیت‌ها:

۱- حداقل بعد جوش‌های گوشه نباید از بعد موردنیاز برای انتقال بارهای محاسبه‌شده و اندازه‌های نشان دادمشده در جدول ۱۰-۲-۹-۲ کوچک‌تر انتخاب شود. حداقل بعد جوش با یک بار عبور تابع ضخامت قطعهٔ نازک‌تر بوده و درهرحال نباید از ضخامت قطعهٔ نازک‌تر متصل‌شونده بیشتر باشد.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه (جوش لبه روی هم)

در جدول ۷.۷ D.1.1 2020
برای حداقل بعد جوش گوشه در صورت عدم پیش گرمایش و عدم استفاده از الکترود کم هیدروژن ضخامت ورق ضخیم تر قید کرده که منطقی هم هست جهت سریع سرد نشدن درز (جوش به دلیل حجم بالای یک پاس جوش سریع سرد نشود و ترک نخورد).

۲- حداکثر بُعد جوش‌های گوشه در لبهٔ قطعات متصل شونده برای قطعات با ضخامت مساوی یا کمتر از ۶ میلی‌متر برابر ضخامت قطعه و برای قطعات با ضخامت بیش از ۶ میلی‌متر برابر ضخامت منهای ۲ میلی‌متر قطعه می‌باشد.

**جدول ۱۰-۲-۹-۲ حداقل بُعد جوش گوشه**

| ضخامت قطعه نازکتر | حداقل بُعد جوش گوشه (با یک بار عبور) |
|---|---|
| تا ۶ میلی‌متر | ۳ میلی‌متر |
| بیش از ۶ تا ۱۲میلی‌متر | ۵ میلی‌متر |
| بیش از ۱۲ تا ۲۰میلی‌متر | ۶ میلی‌متر |
| بیش از ۲۰ | ۸ میلی‌متر |

- در صورتی‌که نتوان ضخامت‌های حداقل فوق را با یکبار عبور تأمین نمود، باید از پیش گرمایش و یا فرآیندهای کم هیدروژن استفاده کرد.

۱۴۰۱

- در سازه‌های تحت بار دینامیکی با تکرار زیاد حداقل بعد جوش گوشه برابر 5 میلی‌متر است. بارهای ناشی از باد و زلزله در ردیف بارهای دینامیکی با تکرار زیاد قرار نمی‌گیرند.

*Statically loaded.* Not subject to significant fatigue stresses. Gravity, wind and seismic loadings are considered to be static loadings.

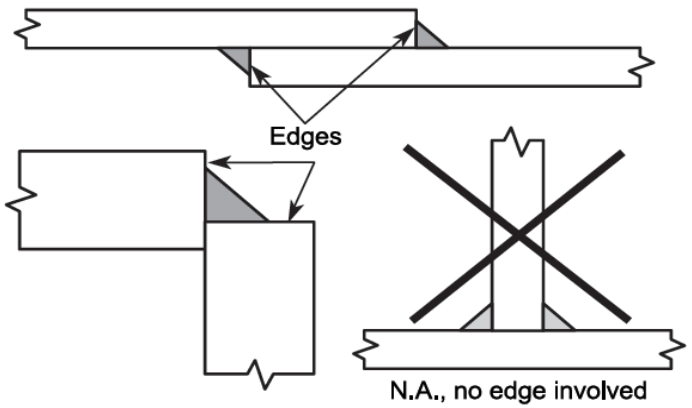



*Figure 3–12. Welds on edges.*

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه

۶- جوش‌های گوشه منقطع برای انتقال تنش‌های محاسبه شده هنگامی مجاز است که نیروی منتقله از مقاومتی که با جوش پیوسته (سرتاسری) و با حداقل بعد جوش تأمین می‌شود، کمتر باشد. استفاده از این نوع جوش در اتصال جان و بال تیر ورق‌ها، اتصال ورق‌های تقویتی بال، اتصال قطعات سخت‌کننده به جان تیر ورق و برای اتصال اجزای اعضای ساخته‌شده از ورق مجاز می‌باشد. طول موثر قطعات جوش منقطع نباید از ۴ برابر بُعد جوش و از ۴۰ میلی‌متر کمتر باشد. فاصلهٔ آزاد بین قطعات جوش نباید از ۱۶ برابر ضخامت نازکترین قطعهٔ متصل شونده وقتی که در فشار است و از ۲۴ برابر این ضخامت وقتی که در کشش است، بیشتر شود.

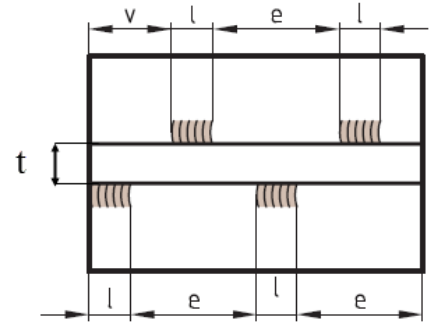
**۱۰-۲-۲-۲-۲ طبقه بندی مقاطع فولادی از منظر کمانش موضعی برای خمش**

برای خمش، مقاطع فولادی به سه گروه زیر طبقه‌بندی می‌شوند.

- مقاطع فشرده
- مقاطع غیر فشرده
- مقاطع با اجزای لاغر

الف) مقاطع فشرده به مقاطعی گفته می‌شوند که در آنها اولاً بال‌ها به طور سرتاسری و پیوسته به جان یا جان‌ها متصل باشند، ثانیاً نسبت پهنا به ضخامت اجزای فشاری تشکیل دهندهٔ مقطع عضو از $\lambda_p$ مشخص شده در جداول ۱۰-۲-۲-۳ و ۱۰-۲-۲-۴ تجاوز ننماید.

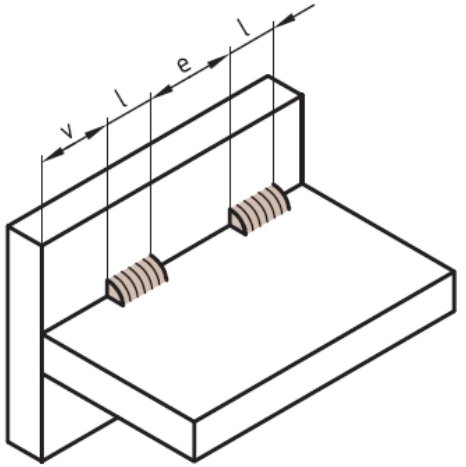
نمایش اجرایی




میلی متر $l \geq 4\,a$ & 40

در فشار $e \leq 16\,t$

در کشش $e \leq 24\,t$



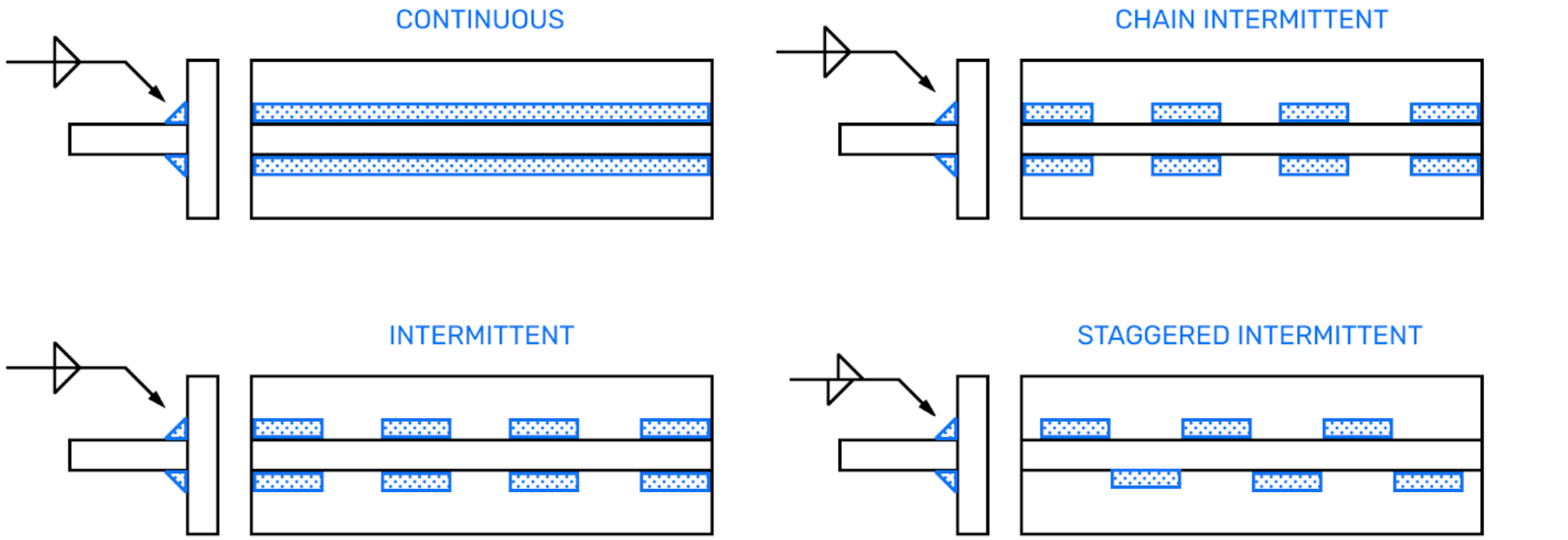
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه

### انواع جوش منقطع

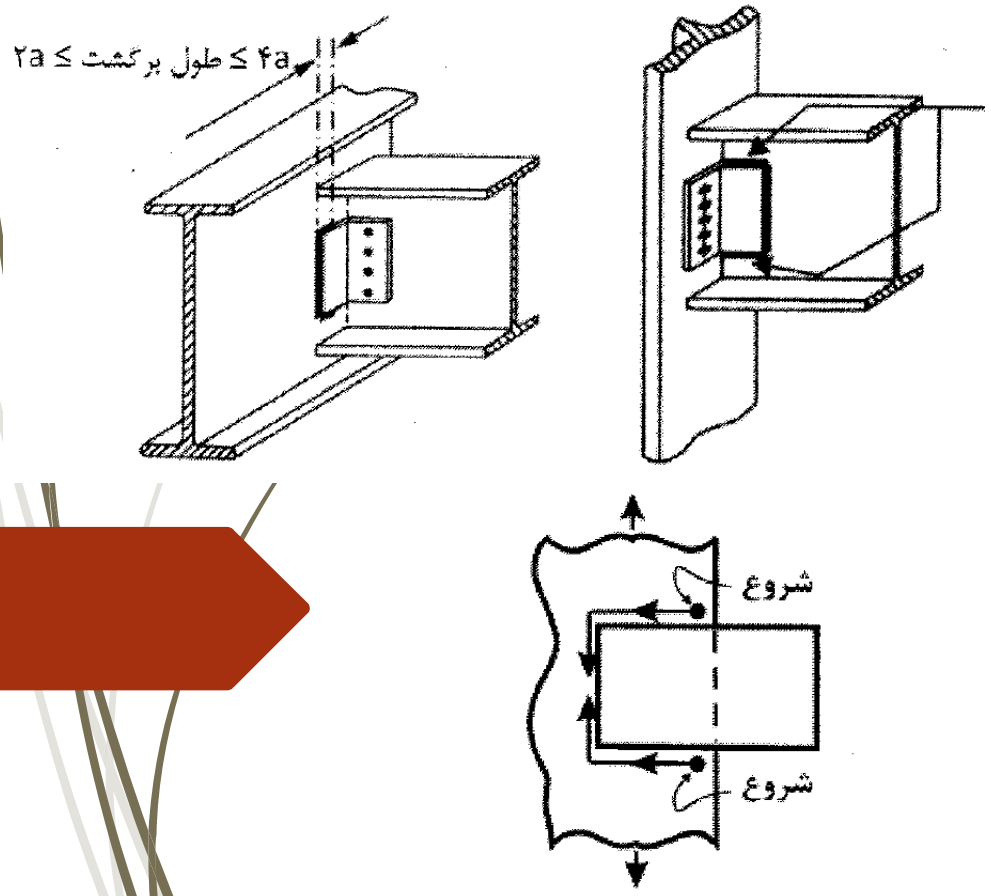


Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه (دیگر ضوابط اجرا)




مسیر مناسب برای جلوگیری از زخم در لبه

تا نزدیک لبهٔ جان
می‌تواند جوش شود

### ویرایش ۱۴۰۱

۵- استفاده از جوش‌های گوشهٔ منقطع برای انتقال نیروها در اتصال جان به بال تیرهای ساخته شده از ورق (تیرورق‌ها)، اتصال ورق‌های تقویتی بال، اتصال قطعات سخت‌کننده به جان تیرورق و برای اتصال اجزای اعضای ساخته شده از ورق مجاز است. طول مؤثر قطعات جوش منقطع نباید از 4 برابر بعد جوش و از 40 میلی‌متر کمتر باشد. فاصلهٔ آزاد بین نوارهای جوش منقطع نباید از مقادیر زیر بیشتر شود:

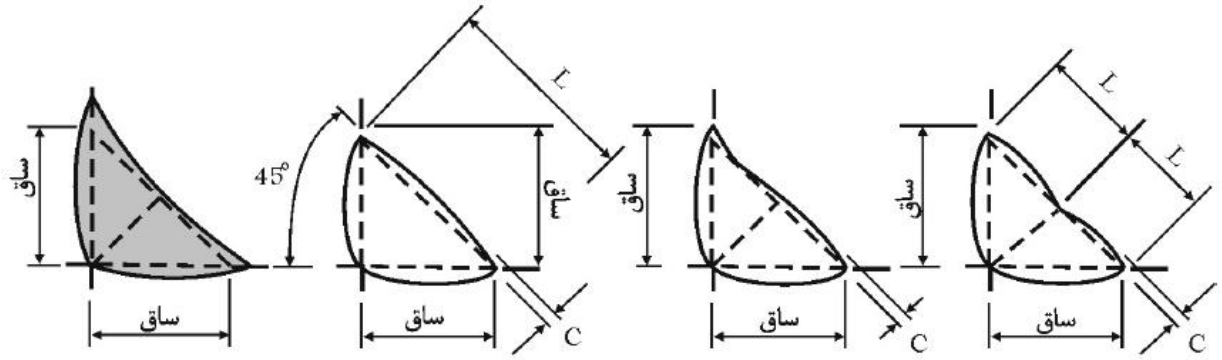
- در قطعات رنگ‌شده و قطعاتی که رنگ نمی‌شوند ولی احتمال زنگ‌زدگی و خوردگی ندارند، 24 برابر ضخامت نازک‌ترین ورق یا 300 میلی‌متر
- در قطعات رنگ‌نشده که تحت اثر زنگ‌زدگی و خوردگی (حاصل از عوامل جوی) قرار گیرند، 14 برابر ضخامت نازک‌ترین ورق یا 180 میلی‌متر

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه (مقاطع قابل پذیرش و غیرقابل پذیرش)

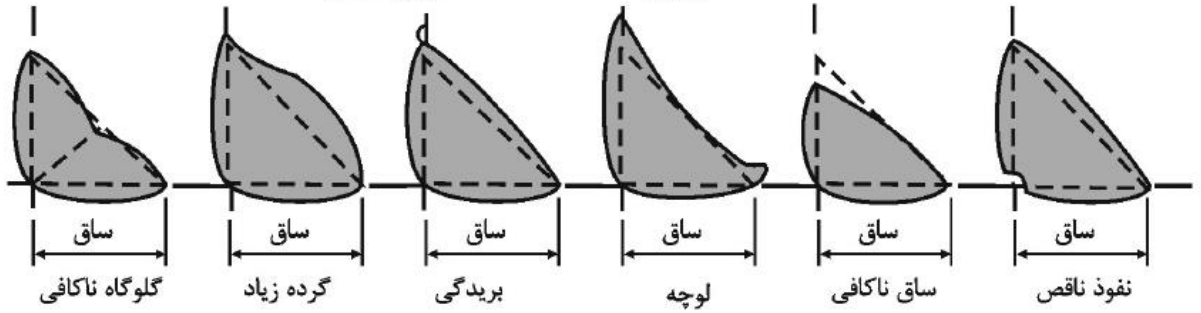



(الف) تعریف مقطع جوش گوشه

(ب) مقاطع قابل پذیرش جوش گوشه

توجه: گرده جوش نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید

| اندازهٔ ساق یا طول L | حداکثر گرده (mm) |
|---|---|
| L≤۸mm | ۱/۶mm |
| ۸<L<۲۵ | ۳mm |
| L≥۲۵mm | ۵mm |




(پ) مقاطع غیرقابل پذیرش جوش گوشه

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی جوش

## ۱۰-۲-۹-۲-۴ مقاومت جوش

مقاومت طراحی جوش‌ها مساوی $\phi R_n$ می‌باشد

**الف) بر اساس مصالح فلز پایه**

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (۱۰-۲-۹-۲)$$

**ب) بر اساس مصالح فلز جوش**

$$R_n = \beta F_{nw} A_{we} \quad (۱۰-۲-۹-۳)$$

که در آن:

$F_{nBm}$ = تنش اسمی فلز پایه

$F_{nw}$ = تنش اسمی فلز جوش

$A_{BM}$ = سطح مقطع فلز پایه

$A_{we}$ = سطح مقطع مؤثر جوش

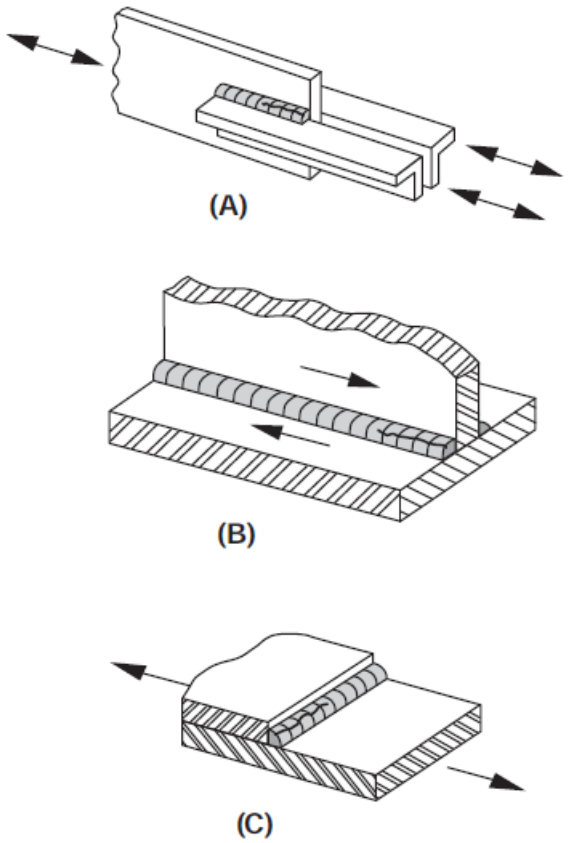
در ویرایش ۱۴۰۱ کلا حذف شده است!

$\beta$ = ضریب بازرسی جوش به شرح زیر:

۱. در صورت انجام آزمایش‌های غیرمخرب نظیر رادیوگرافی و التراسونیک (فراصوتی): $\beta=۱$

۲. در صورت انجام جوش در کارخانه (یا شرایط مشابه) و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس ذیصلاح جوش: $\beta=۰/۸۵$

۳. در صورت انجام جوش در محل و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس ذیصلاح جوش: $\beta=۰/۷۵$



**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی جوش

## ویرایش ۱۴۰۱

جدول ۱۰-۴-۴: میزان آزمایش‌های غیر مخرب جوش هنگام تولید و نصب

| نوع جوش مورد آزمایش | نوع آزمایش | درصد آزمایش‌ها برای گروه‌بندی اهمیت ساختمان مطابق استاندارد ۲۸۰۰ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ۱ و ۲ | ۳ | ۴ |
| ۱- کلیهٔ جوش‌ها | بازرسی چشمی (VI) | 100 | 100 | 100 |
| ۲- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی بال‌های کششی، اعضای کششی خرپاها، یک‌ششم عمق جان تیرها در مجاورت بال کششی و جوش شیاری ورق روسری و زیرسری به ستون در اتصال صلب تیر به ستون | پرتونگاری یا فراصوت (UT یا RT) | 100 | 20 | – |
| ۳- جوش‌های لب‌به‌لب طولی بال‌های کششی و اعضای کششی خرپاها | پرتونگاری یا فراصوت (UT یا RT) | 10 | 5 | – |
| ۴- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی و طولی در بال‌های فشاری و اعضای فشاری خرپاها و ستون‌ها | پرتونگاری یا فراصوت (UT یا RT) | 20 | 10 | – |
| ۵- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی جان تیرها که شامل بند ۲ فوق نیست و جوش‌های لب‌به‌لب طولی جان تیرها | پرتونگاری یا فراصوت (UT یا RT) | 20 | 10 | – |
| ۶- جوش گوشهٔ بال به جان و سخت‌کننده‌ها | رنگ نافذ (PT) یا ذرات مغناطیسی (MT) | 10 | 10 | 5 |
| ۷- جوش‌های گوشهٔ اتصالات مهاربندها و اتصالات تیر به ستون | رنگ نافذ (PT) یا ذرات مغناطیسی (MT) | 100 | 20 | 10 |

### ۱۰-۴-۴-۴ اتصال با جوش

برای برقراری اتصالات جوشی رعایت مشخصات مندرج در آیین‌نامهٔ جوشکاری ساختمانی* لازم است.

علاوه بر مفاد آیین‌نامهٔ مذکور، رعایت موارد زیر لازم می‌باشد.

جدول ۱۰-۴-۱ میزان ازمایش‌های غیرمخرب جوش هنگام تولید و نصب

| نوع جوش مورد آزمایش | نوع آزمایش |
|---|---|
| ۱ ـ صد درصد کلیهٔ جوش‌ها | بازرسی چشمی (VI) |
| ۲ ـ صد درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی بال‌های کششی، اعضای کششی خرپاها، $\frac{1}{6}$ عمق جان تیرها در مجاورت بال کششی*و جوش شیاری ورق روسری و زیرسری به‌ستون در اتصال صلب تیر به‌ستون | پرتونگاری یا فراصوت (UT یا RT) |
| ۳ ـ ده درصد جوش‌های لب به لب طولی بال‌های کششی و اعضای کششی خرپاها | پرتونگاری یا فراصوت (UT یا RT) |
| ۴ ـ بیست درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی و طولی در بال‌های فشاری و اعضای فشاری خرپاها و ستون‌ها | پرتونگاری یا فراصوت (UT یا RT) |
| ۵ ـ بیست درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی جان تیرها که شامل بند ۲ فوق نمی‌باشد و جوش‌های لب به لب طولی جان تیرها | پرتونگاری یا فراصوت (UT یا RT) |
| ۶ ـ ده درصد جوش گوشه بال به‌جان و سخت‌کننده‌ها | رنگ نافذ (PT) |
| ۷ ـ صد درصد جوش‌های گوشه اتصالات مهاربندی‌ها و اتصالات تیر به‌ستون* | رنگ نافذ |

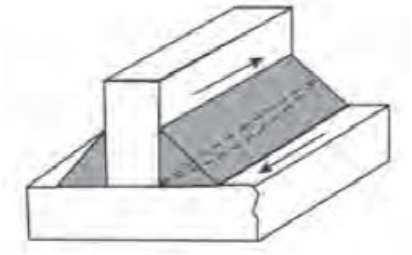
* درصورت حصول نتایج مثبت، مهندس ناظر می‌تواند دستور تقلیل آزمایشات را تا حداقل ۳۰ درصد صادر نماید.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه



**جدول ۱۰-۲-۹-۳ مقاومت جوش‌ها**

| نوع جوش | نوع بار و جهت آن نسبت به محور جوش | نوع فلز حاکم بر تعیین مقاومت جوش | ضریب کاهش مقاومت ($\phi$) | تنش اسمی ($F_{nBm}$ یا $F_{nw}$) |
|---|---|---|---|---|
| جوش گوشه | برشی، در مقطع مؤثر | بر اساس فلز پایه | مطابق فصل ۱۰-۲-۹-۴ | مطابق فصل ۱۰-۲-۹-۴ |
| | | بر اساس فلز جوش (الکترود مصرفی) | ۰/۷۵ | $F_{nw}=۰/۶F_{uc}$ |
| | کششی یا فشاری، موازی با محور جوش | فلز پایه | مطابق فصل ۱۰-۲-۹-۳ یا بخش مربوطه | مطابق فصل ۱۰-۲-۹-۳ یا بخش مربوطه |

**بر اساس مصالح فلز پایه** $R_n = F_{nBM}A_{BM} = 0.6*Fy*A_{BM}$

**بر اساس مصالح فلز جوش** $\emptyset R_n = \beta F_{nw}A_{we} = \beta*0.75*0.6*Fue*A_{we} = \beta*0.45*Fue*A_{we}$

ویرایش ۱۴۰۱

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| جوش گوشه | برشی | براساس فلز پایه | مطابق بند ۱۰-۲-۹-۴ | مطابق بند ۱۰-۲-۹-۴ |
| | | براساس فلز جوش (الکترود مصرفی) | $\phi$ - 0.75<br>$\Omega$ - 2.0 | $F_{nw}= 0.6F_{ue}$ |
| | کششی یا فشاری، موازی با محور جوش | طراحی ندارد | | |

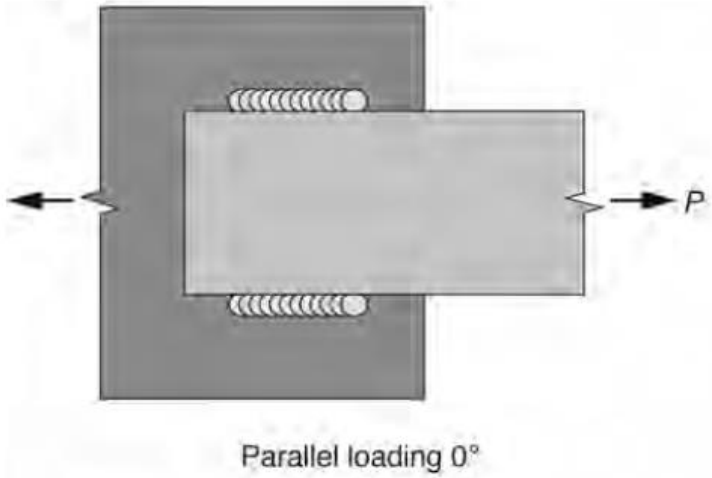
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه

ANSI/AISC 360-16
An American National Standard




The AISC *Specification* addresses this issue by permitting the use of the greater of the following:

$$R_n = R_{nwl} + R_{nwt} \qquad (Spec.\ \text{Eq. J2-6a})$$

$$R_n = 0.85R_{nwl} + 1.5R_{nwt} \qquad (Spec.\ \text{Eq. J2-6b})$$

where

$R_{nwl}$ = total nominal strength of longitudinally loaded fillet welds, kips (N)

$R_{nwt}$ = total nominal strength of the transversely loaded fillet welds, without taking into account the 50% increase as discussed previously, kips (N)

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه (ویرایش ۱۴۰۱)

### یادداشت‌های جدول ۱۰-۲-۹-۳:

تبصره ۲: برای گروه جوش گوشه که متشکل از جوش‌های گوشهٔ طولی و عرضی (عمود بر محور جوش‌های گوشهٔ طولی) بوده و نیروی وارد بر مرکز ثقل گروه جوش‌ها در امتداد جوش‌های گوشهٔ طولی باشد، به‌عنوان یک گزینهٔ دیگر طراحی، مقاومت اسمی گروه جوش گوشه را می‌توان مطابق روابط زیر، بزرگ‌ترین دو مقدار $R_{n1}$ و $R_{n2}$ در نظر گرفت:

$$R_{n1} = R_{nwl} + R_{nwt} \qquad (۶-۹-۲-۱۰)$$

$$R_{n2} = 0.85R_{nwl} + 1.5R_{nwt} \qquad (۷-۹-۲-۱۰)$$

که در آن:

$R_{nwl}$= مقاومت اسمی کل برای جوش گوشه، بارگذاری‌شده به‌صورت طولی که با توجه به جدول ۱۰-۲-۹-۳ تعیین می‌شود.

$R_{nwt}$= مقاومت اسمی کل برای جوش گوشه، بارگذاری‌شده به‌صورت عرضی که با توجه به جدول ۱۰-۲-۹-۳ و بدون در نظر گرفتن افزایش تبصرهٔ (۱) بالا تعیین می‌شود.

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

Design Guide 21

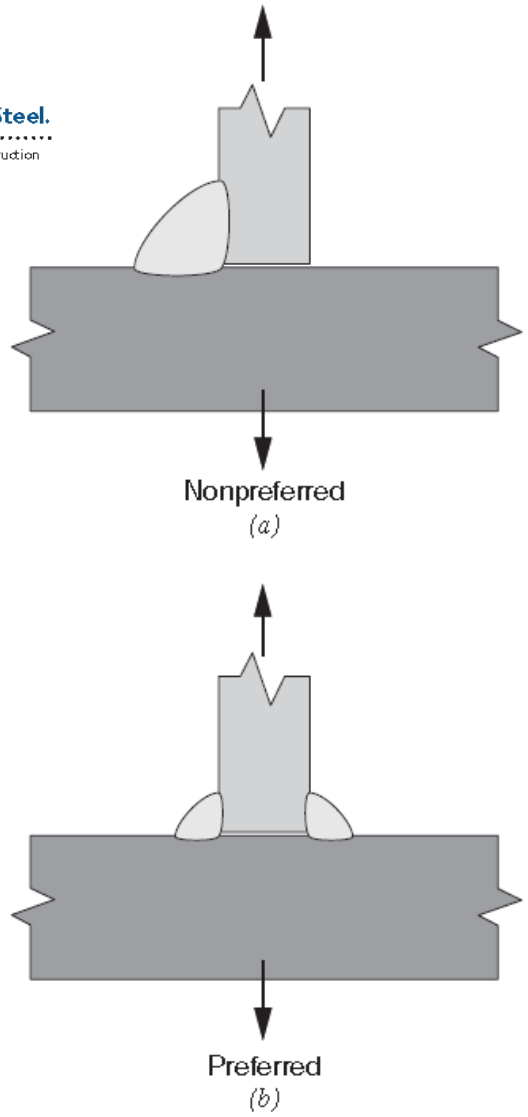
# Welded Connections—A Primer for Engineers

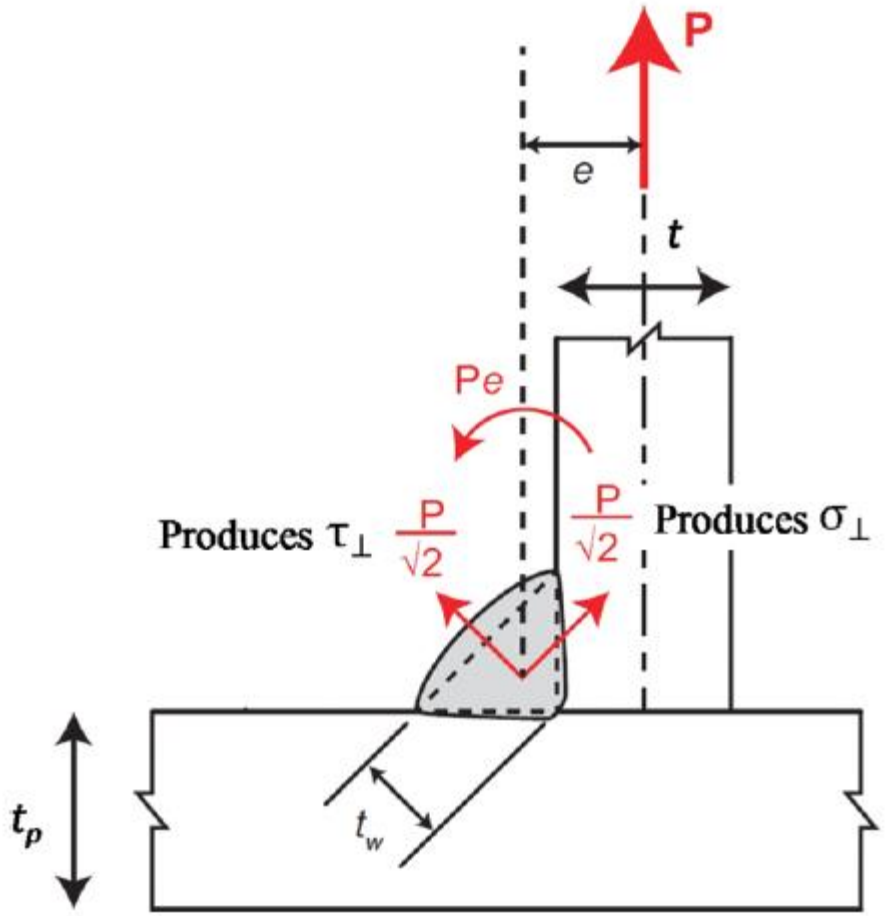
Second Edition

Smarter. Stronger. Steel.
American Institute of Steel Construction
312.670.2400 | www.aisc.org

# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه



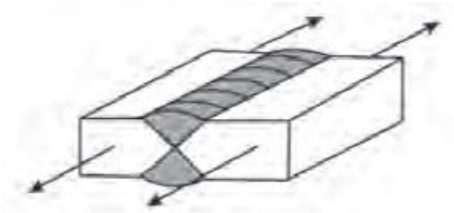



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه



جدول ۱۰-۲-۹-۳ مقاومت جوش‌ها

| نوع جوش | نوع بار و جهت آن نسبت به محور جوش | نوع فلز حاکم بر تعیین مقاومت جوش | ضریب کاهش مقاومت ($\phi$) | تنش اسمی ($F_{nBm}$ یا $F_{nw}$) |
|---|---|---|---|---|
| جوش گوشه | برشی، در مقطع مؤثر | بر اساس فلز پایه | مطابق فصل ۱۰-۲-۹-۴ | مطابق فصل ۱۰-۲-۹-۴ |
| | | بر اساس فلز جوش (الکترود مصرفی) | ۰/۷۵ | $F_{nw}=۰/۶F_{uc}$ |
| | کششی یا فشاری، موازی با محور جوش | فلز پایه | مطابق فصل ۱۰-۲-۳ یا بخش مربوطه | مطابق فصل ۱۰-۲-۳ یا بخش مربوطه |

برای گسیختگی کششی در مقطع خالص موثر عضو در محل اتصال: U= ضریب تأخیر برش مطابق جدول ۱۰-۲-۳-۱

$$P_n = F_u A_e \qquad (۱۰-۲-۳-۶)$$

و

$$\phi_t = ۰/۷۵$$

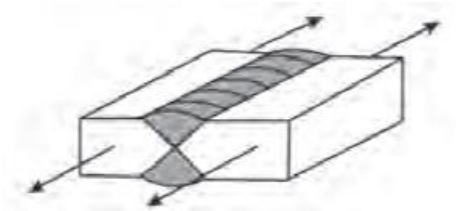
$$A_e = UA_g$$

برای اتصالات و وصله‌های از نوع جوشی

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| جوش گوشه | برشی | براساس فار پایه | مطابق بند ۱۰-۲-۹-۴ | مطابق بند ۱۰-۲-۹-۴ |
| | | براساس فار جوش (الکترود مصرفی) | $\phi$ -0.75<br>$\Omega$ - 2.0 | $F_{nw}= 0.6F_{ue}$ |
| | کششی یا فشاری، موازی با محور جوش | طراحی ندارد | | |

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

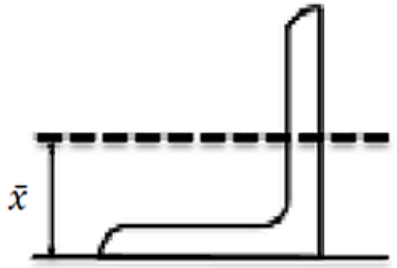
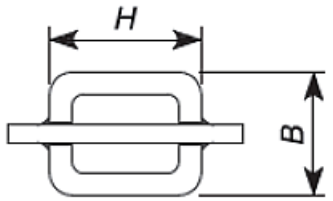
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق



# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه

U= ضریب تأخیر برش مطابق جدول ۱۰-۲-۳-۱

| | | | |
|---|---|---|---|
| ۲ | کلیهٔ اعضای کششی (به غیر از تسمه‌ها و مقاطع قوطی و لوله‌ای) که در آنها بار به وسیله پیچ یا جوش طولی و یا ترکیبی از جوش طولی و عرضی توسط قسمتی از اجزای مقطع (و نه تمام آن) منتقل گردد. | $U = ۱ - \frac{\bar{x}}{l}$ (ارتفاع مرکز هندسی مقطع) |  |
| ۶ | در مقاطع قوطی شکل | چنانچه اتصال تنها به کمک یک ورق هم‌محور صورت گیرد که در آن طول جوش‌ها نباید از H کمتر باشد. | $l \geq H \ldots U = ۱ - \frac{\bar{x}}{l}$ $\bar{x} = \frac{B^۲ + ۲BH}{۴(B+H)}$  |

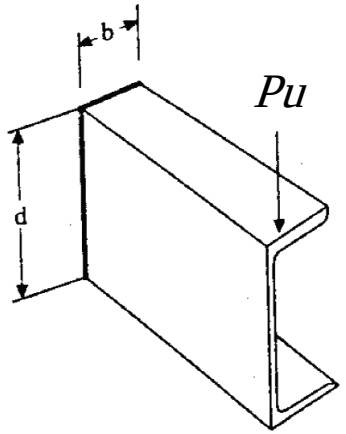
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه (ترکیب تنشها) : خمش و برش

(بار در مرکزسطح است)




فرض‌های مسئله:

۱- برش و خمش توسط جوش انتقال داده می‌شوند.

۲- نیروی برشی به صورت یکنواخت در جوش توزیع می‌شود.

تنش ناشی از برش در جوش: $f'_y = \frac{P_u}{\Sigma L_i}$

$\Sigma L_i$ =مجموع طول جوش

تنش ناشی از خمش در جوش: $f''_x = \frac{M_u C_t}{I}$

$I$ : ممان اینرسی سطح جوش حول محور خمش

$C_t$ : فاصله تار خنثی تا حداکثر فاصله تا تار تحت اثر نیروی کششی

$$f_u = \sqrt{f'^2_y + f''^2_x}$$

$$t_e = \frac{f_u}{\emptyset F_{nw}} \quad , \quad a = \frac{t_e}{0.707}$$

نکته: در روش حدی تنها **نیروها** ضریبدار می شوند و با تجوه به عدم پلاستیک شدن جوشها، از اساس مقطع **الاستیک** استفاده می شود.

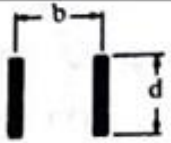
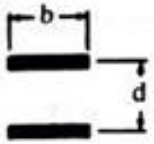
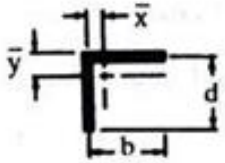
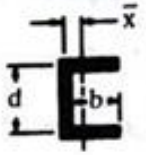
**φFnw** : تنش طراحی جوش = β*0.45*Fue

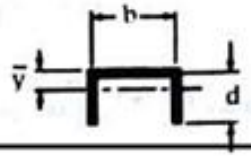
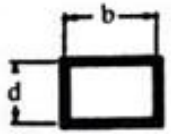
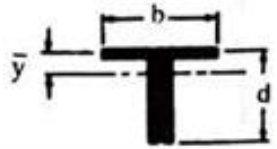
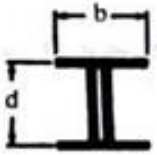
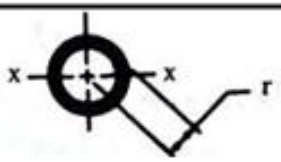
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت ششم- جوش گوشه (ترکیب تنشها) : خمش و برش

| | مقطع<br>b= عرض d= ارتفاع | | مدول مقطع |
|---|---|---|---|
| 1. | | | $S=\frac{d^2}{6}$ |
| 2. |  | | $S=\frac{d^2}{3}$ |
| 3. |  | | $S=bd$ |
| 4. |  | $\bar{y}=\frac{d^2}{2(b+d)}$<br>$\bar{x}=\frac{b^2}{2(b+d)}$ | $S=\frac{4bd+d^2}{6}$ |
| 5. |  | $\bar{x}=\frac{b^2}{2b+d}$ | $S=bd+\frac{d^2}{6}$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6. |  | $\bar{y}=\frac{d^2}{b+2d}$ | $S=\frac{2bd+d^2}{3}$ |
| 7. |  | | $S=bd+\frac{d^2}{3}$ |
| 8. |  | $\bar{y}=\frac{d^2}{b+2d}$ | $S=\frac{2bd+d^2}{3}$ |
| 9. |  | | $S=bd+\frac{d^2}{3}$ |
| 10. |  | | $S=\pi r^2$ |

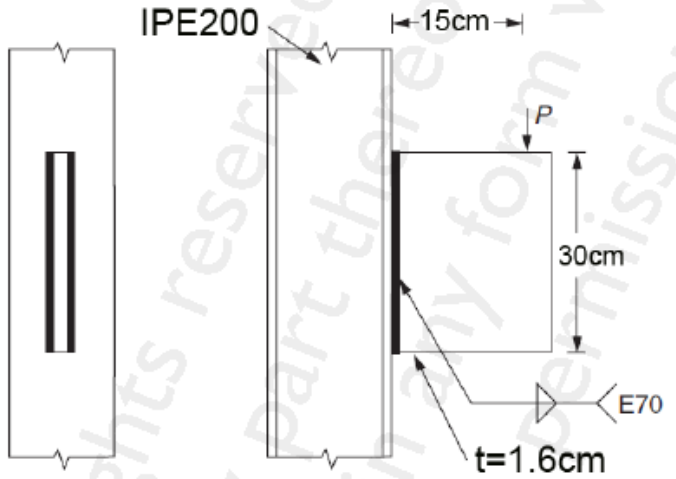
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch



علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

مثال۲۰۵ مطابق شکل ۱۱-۳۵ اتصال یک ورق به ستون با خروج از مرکزیت خارج از صفحه در نظر گرفته شود. اتصال توسط جوش گوشه با الکترود E70XX متصل شده است. در صورتی که بازرسی جوش بصورت چشمی و در کارگاه بوده و بار P شامل یک بار مرده ۳ تنی و یک بار زنده ۹ تنی باشد، بعد جوش مورد نیاز برای آن را طرحی نمایید.




شکل ۱۱-۳۵ جوش گوشه تحت بارهای دارای خروج از مرکزیت.

مقدار بار نهایی برای طراحی اتصال برابر است با:

$$P_u = 1.2P_D + 1.6P_L = 1.2\times 3 + 1.6\times 9 = 18 \text{ ton}$$

با فرض بُعد واحد برای جوش، طول کل خط جوش برابر L=2×30=60 cm خواهد بود. ممان اینرسی جوش برابر است با:

$$I_x = 2l^3/12 = l^3/6 = 30^3/6 = 4500 \text{ cm}^2$$

مقدار نیروی قائم به سبب بار اعمال شده برابر است با:

$$V_p = P_u / L = 18000/60 = 300 \text{ kg/cm}$$

نیروی افقی ایجاد شده به سبب خروج از مرکزیت بار:

$$H_e = Pey_i / I_x = 3Pe/l^2 = 3\times 18000\times 15/30^2 = 900 \text{ kg/cm}$$

برآیند نیروها:

$$R = \sqrt{(V_p)^2 + (H_e)^2} = \sqrt{(300)^2 + (900)^2} = 948 \text{ kg/cm}$$

$$t_e = \frac{R}{\phi R_n} = \frac{948}{0.75\times 0.75\times 0.6\times 4900} = 0.57 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad w = \frac{0.57}{0.707} = 0.8$$

All rights reserved. No part of this book or any form without the written permission.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

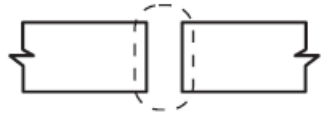
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت هفتم- جوش نفوذی یا شیاری (Groove Weld)

**پخ زنی و آماده کردن لبه قطعات برای جوشکاری باید هنگام برش شعله ، با زاویه دادن به سر مشعل یا با سنگ زنی های بعدی انجام پذیرد .**

انواع اشکال لبه ها



الف) ساده

ب) جناغی یکطرفه

پ) جناغی دو طرفه

ت) نیم جناغی

ث) نیم جناغی دو طرفه

ج) لاله‌ای

چ) لاله‌ای دوطرفه

ح) نیم لاله‌ای یک‌طرفه

خ) نیم لاله‌ای دوطرفه

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

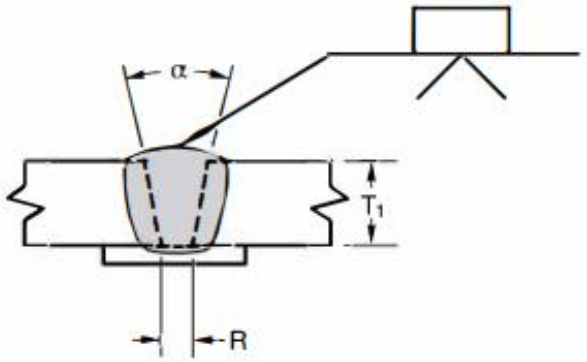
**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی جوش

## قسمت هفتم- جوش نفوذی کامل

AWS D1.1/D1.1M:2020

Single-V-groove weld (2)
Butt joint (B)



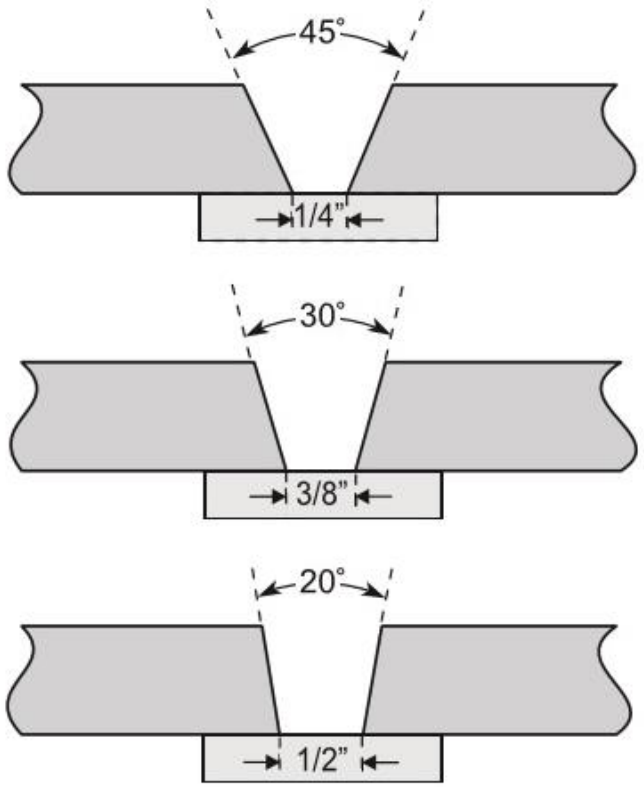

| Tolerances | |
|---|---|
| As Detailed (see 5.4.1.1) | As Fit-Up (see 5.4.1.8) |
| R = +1/16, –0 | +1/4, –1/16 |
| α = +10°, –0° | +10°, –5° |

| Welding Process | Joint Designation | Base Metal Thickness (U = unlimited) $T_1$ | Base Metal Thickness (U = unlimited) $T_2$ | Groove Preparation: Root Opening | Groove Preparation: Groove Angle | Allowed Welding Positions | Gas Shielding for FCAW | Notes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SMAW | B-U2a | U | — | R = 1/4 | α = 45° | All | — | e, j |
| | | | | R = 3/8 | α = 30° | F, V, OH | — | e, j |
| | | | | R = 1/2 | α = 20° | F, V, OH | — | e, j |
| GMAW FCAW | B-U2a-GF | U | — | R = 3/16 | α = 30° | F, V, OH | Required | a, j |
| | | | | R = 3/8 | α = 30° | F, V, OH | Not req. | a, j |
| | | | | R = 1/4 | α = 45° | F, V, OH | Not req. | a, j |
| SAW | B-L2a-S | 2 max. | — | R = 1/4 | α = 30° | F | — | j |
| SAW | B-U2-S | U | — | R = 5/8 | α = 20° | F | — | j |

**Figure 5.1 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details (See 5.4.1)**
**(Dimensions in Inches)**

شرایط اجرای درز:

CJP—Complete Joint Penetration
PJP—Partial Joint Penetration



**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

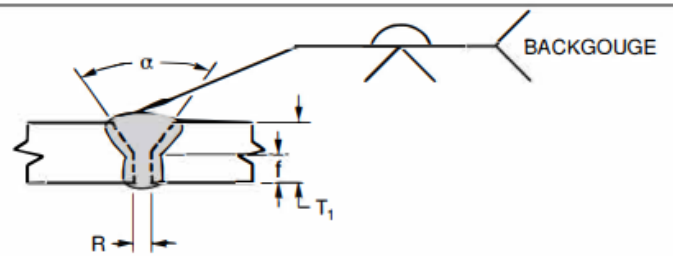
**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی جوش

## قسمت هفتم- جوش نفوذی کامل

AWS D1.1/D1.1M:2020

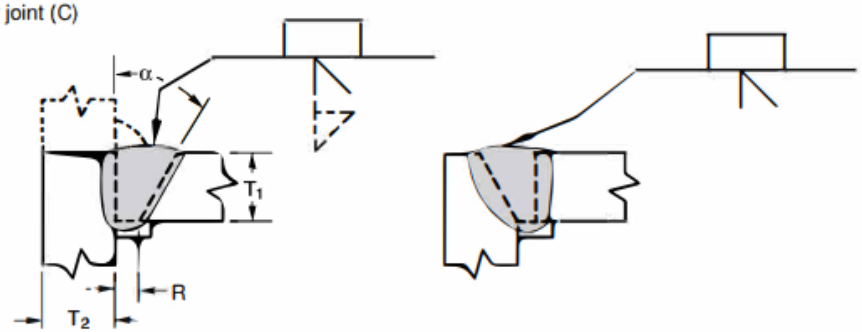
Single-V-groove weld (2)
Butt joint (B)




| Welding Process | Joint Designation | Base Metal Thickness (U – unlimited) $T_1$ | Base Metal Thickness (U – unlimited) $T_2$ | Groove Preparation: Root Opening, Root Face, Groove Angle | Groove Preparation Tolerances: As Detailed (see 5.4.1.1) | Groove Preparation Tolerances: As Fit-Up (see 5.4.1.8) | Allowed Welding Positions | Gas Shielding for FCAW | Notes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SMAW | B-U2 | U | — | R = 0 to 1/8<br>f = 0 to 1/8<br>α = 60° | +1/16, –0<br>+1/16, –0<br>+10°, –0° | +1/16, –1/8<br>Not limited<br>+10°, –5° | All | — | d, e, j |
| GMAW<br>FCAW | B-U2-GF | U | — | R = 0 to 1/8<br>f = 0 to 1/8<br>α = 60° | +1/16, –0<br>+1/16, –0<br>+10°, –0° | +1/16, –1/8<br>Not limited<br>+10°, –5° | All | Not required | a, d, j |
| SAW | B-L2c-S | Over 1/2 to 1 | — | R = 0<br>f = 1/4 max.<br>α = 60° | R = ±0<br>f = +0, –f<br>α = +10°, –0° | +1/16, –0<br>±1/16<br>+10°, –5° | F | — | d, j |
| | | Over 1 to 1-1/2 | — | R = 0<br>f = 1/2 max.<br>α = 60° | | | | | |
| | | Over 1-1/2 to 2 | — | R = 0<br>f – 5/8 max.<br>α = 60° | | | | | |

**Figure 5.1 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details (See 5.4.1)**
**(Dimensions in Inches)**

Single-bevel-groove weld (4)
T-joint (T)
Corner joint (C)




| Tolerances: As Detailed (see 5.4.1.1) | Tolerances: As Fit-Up (see 5.4.1.8) |
|---|---|
| R = +1/16, –0 | +1/4, –1/16 |
| α = +10° –0° | +10°, –5° |

| Welding Process | Joint Designation | Base Metal Thickness (U – unlimited) $T_1$ | Base Metal Thickness (U – unlimited) $T_2$ | Groove Preparation: Root Opening | Groove Preparation: Groove Angle | Allowed Welding Positions | Gas Shielding for FCAW | Notes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SMAW | TC-U4a | U | U | R = 1/4 | α = 45° | All | — | e, g, k, o |
| | | | | R = 3/8 | α = 30° | F, V, OH | — | e, g, k, o |
| GMAW<br>FCAW | TC-U4a-GF | U | U | R = 3/16 | α = 30° | All | Required | a, g, k, o |
| | | | | R = 3/8 | α = 30° | F | Not req. | a, g, k, o |
| | | | | R = 1/4 | α = 45° | All | Not req. | a, g, k, o |
| SAW | TC-U4a-S | U | U | R = 3/8 | α = 30° | F | — | g, k, o |
| | | | | R = 1/4 | α = 45° | | | |

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت هفتم- جوش نفوذی کامل

**آیین نامه اتصالات**

### ۱ـ۴ جزییات جوش شیاری با نفوذ کامل

مورد استفاده اصلی جوش شیاری متصل ساختن قطعات ورق است که در یک سطح و یک امتداد قرار گرفته‌اند. جوش‌های شیاری با نفوذ کامل باید از مقاومتی هم‌اندازه با مقاومت قطعات متصل‌شونده برخوردار باشد. در این خصوص باید به‌امتزاج کامل ریشهٔ جوش توجه خاص داشت. برای نیل به‌این هدف باید یکی از دو راه زیر در پیش گرفته شود (شکل ۱ ـ ۶):

(الف) استفاده از پشت‌بند و انجام عبور ریشه به‌نحوی که پشت‌بند در عبور ریشه با فلز جوش و فلز پایه ممزوج شود (شکل ۱ ـ ۶ ـ الف). مشخصات مکانیکی تسمهٔ پشت‌بند باید در حد فلز پایه باشد.

(ب) انجام جوش پشت. بدین نحو که پس از پر شدن شیار با جوش از یک طرف، ریشه از سمت پشت کار سنگ خورده و یک عبور جوش انجام شود (شکل ۱ ـ ۶ ـ ب).

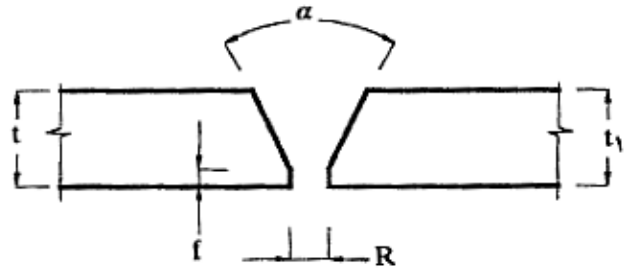
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

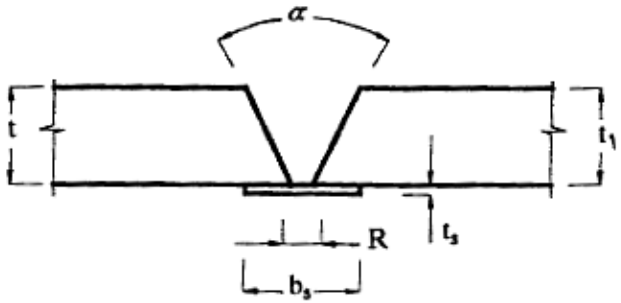
# طراحی جوش

## قسمت هفتم- جوش نفوذی کامل

آیین نامه جوشکاری




هندسهٔ درز قبل از جوشکاری بدون ورق پشت‌بند




هندسهٔ درز قبل از جوشکاری با ورق پشت‌بند

۳ـ۱۳ـ۳ـ حداقل ضخامت تسمهٔ پشت‌بند به‌منظور جلوگیری از سوختن آن در هنگام جوشکاری، مطابق جدول زیر پیشنهاد می‌گردد.

| روش جوشکاری | حداقل ضخامت (میلیمتر) |
|---|---|
| جوش دستی با الکترود روکشدار | ۵ |
| جوش قوسی تحت حفاظ گاز با الکترود فلزی | ۶ |
| جوش قوسی با الکترود توپودری (خودحفاظ) | ۶ |
| جوش قوسی با الکترود توپودری (باحفاظ گاز) | ۱۰ |
| جوش قوسی زیرپودری | ۱۰ |

AWS D1.1
2010
5.10.3

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

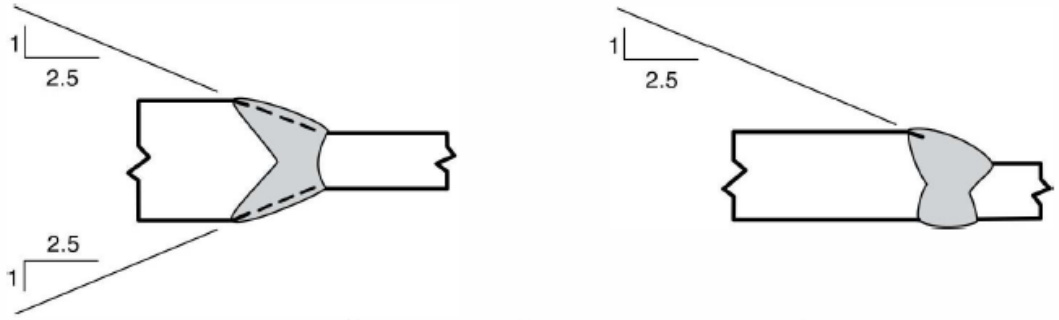
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

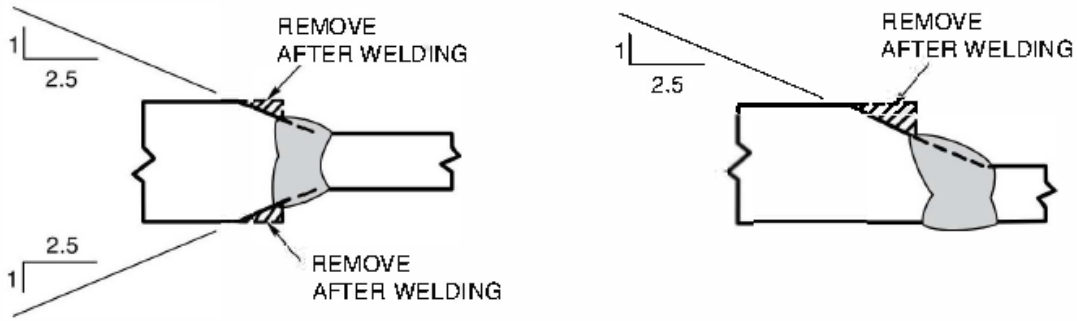
## قسمت هفتم- جوش نفوذی کامل(در بارهای چرخه ای)



AWS D1.1/D1.1M:2020

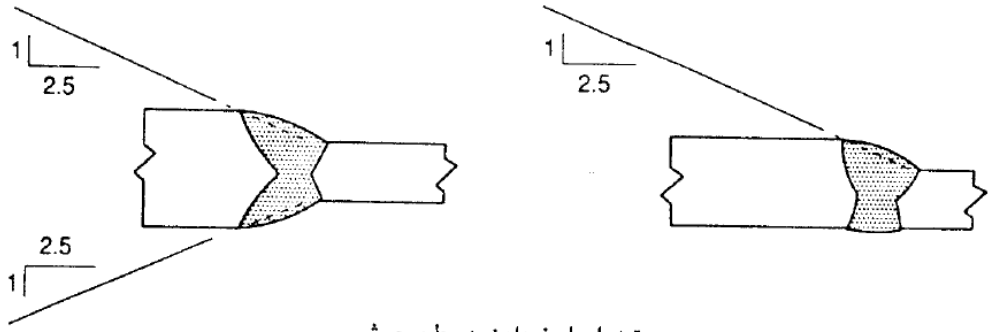



(A) TRANSITION BY SLOPING WELD SURFACE

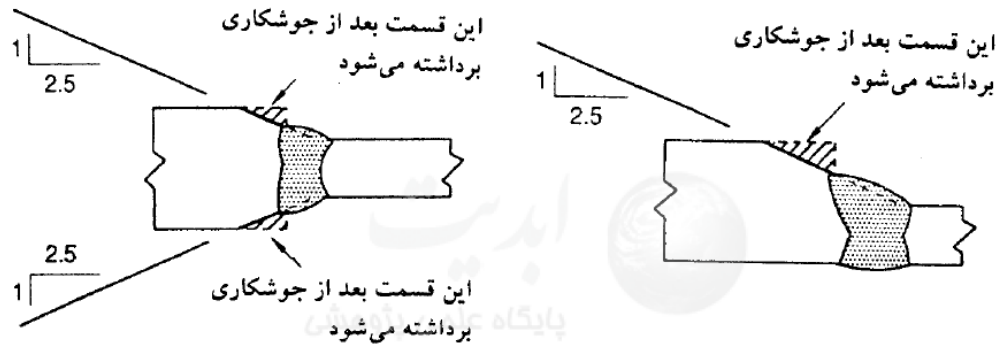



(B) TRANSITION BY SLOPING WELD SURFACE AND CHAMFERING

**Figure 4.17—Transition of Butt Joints in Parts of Unequal Thickness (Cyclically Loaded Nontubular) (see 4.17.1.1)**




تبدیل با پخ دادن به‌سطح جوش




تبدیل با پخ دادن به‌سطح جوش و پخ زدن به‌لبهٔ قطعه

شکل ۱ ـ ۱۹ تبدیل عرض

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت هفتم- جوش نفوذی کامل

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت هفتم- جوش نفوذی کامل

## مقاومت

جدول ۱۰-۲-۹-۳ مقاومت جوش‌ها

| نوع جوش | نوع بار و جهت آن نسبت به محور جوش | نوع فلز حاکم بر تعیین مقاومت جوش | ضریب کاهش مقاومت ($\phi$) | تنش اسمی ($F_{nBm}$ یا $F_{nw}$) |
|---|---|---|---|---|
| جوش شیاری با نفوذ کامل و لبه آماده شده | کششی عمود بر مقطع مؤثر | فلز پایه | مطابق فصل ۱۰-۲-۳ | مطابق فصل ۱۰-۲-۳ |
| | فشاری عمود بر مقطع مؤثر، کششی و یا فشاری موازی با محور جوش | فلز پایه | مطابق فصل ۱۰-۲-۳ یا ۱۰-۲-۴ | مطابق فصل ۱۰-۲-۳ یا ۱۰-۲-۴ |
| | برشی، در مقطع مؤثر | فلز پایه | مطابق فصل ۱۰-۲-۶ | مطابق فصل ۱۰-۲-۶ |

جدول ۱۰-۲-۹-۳: مقاومت موجود جوش‌ها

| نوع جوش | نوع بار و جهت آن نسبت به محور جوش | نوع فلز حاکم بر تعیین مقاومت جوش | ضریب کاهش مقاومت ($\phi$) یا افزایش مقاومت مجاز ($\Omega$) | تنش اسمی ($F_{nBm}$ یا $F_{nw}$) |
|---|---|---|---|---|
| جوش شیاری با نفوذ کامل و لبهٔ آماده شده | کششی عمود بر محور جوش | مقاومت اتصال براساس فلز پایه تعیین می‌گردد | | |
| | فشاری عمود بر محور جوش | مقاومت اتصال براساس فلز پایه تعیین می‌گردد | | |
| | کششی و یا فشاری موازی با محور جوش | طراحی ندارد | | |
| | برشی | مقاومت اتصال براساس فلز پایه تعیین می‌گردد | | |

ویرایش ۱۴۰۱

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

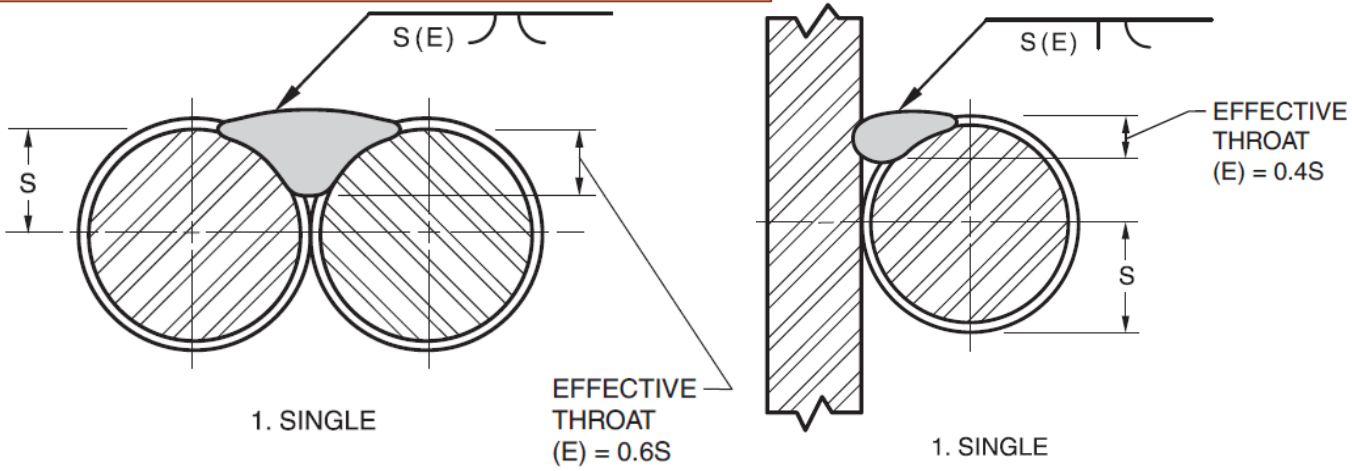
# طراحی جوش

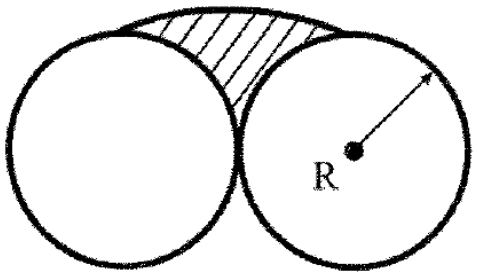
## قسمت هفتم- جوش نفوذی (نفوذ نسبی)

## جوش میلگرد

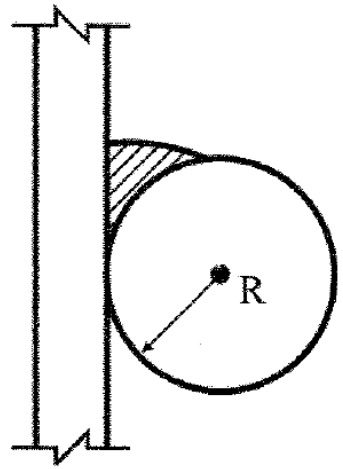
AWS D1.4/D1.4M:2018
An American National Standard

**Structural Welding Code—Steel Reinforcing Bars**




$t_e = ۰/۵R$




$t_e = ۰/۳R$

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی جوش

## قسمت هفتم- جوش نفوذی (نفوذ نسبی)

## جوش میلگرد

| میلگرد | استاندارد ۳۱۳۲ | استاندارد ASTM |
|---|---|---|
| میلگرد ساده A1 | س۲۴۰ | |
| میلگرد آجدار مارپیچ A2 | آج ۳۴۰ | A615G40 |
| | آج ۳۵۰ | |
| میلگرد آجدار جناقی A3 | آج ۴۰۰ | A615G60 |
| | آج ۴۲۰ | |
| میلگرد آجدار مرکب A4 | آج ۵۰۰ | A615G75 |
| | آج ۵۲۰ | |

**Table 7.1 (Continued)**
**Matching Filler Metal Requirements (see 7.1)**

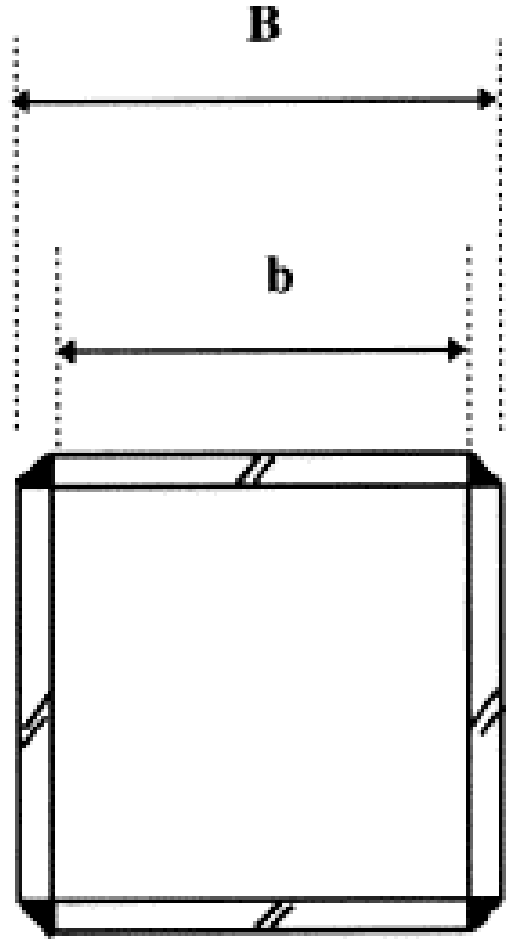
| Material Group | Steel Specification | Welding Process | AWS A5 Electrode Specification | Electrode Classifications[a] | Additional Comments |
|---|---|---|---|---|---|
| II | ASTM A706 Grade 60<br>ASTM A706M Grade 420 | SMAW | A5.5/A5.5M | E8015-X, E8016-X, E8018-X | |
| | | GMAW | A5.28/A5.28M | ER80S-XXX; E80C-XXX | |
| | | | A5.36/A5.36M[b] | Low Alloy Open Classification[d]<br>E8XTX-XAX-X | |
| | | GTAW | A5.28/A5.28M | ER80S-XXX, E80C-XXX | |
| | | FCAW | A5.29/A5.29M | E8XTX-X, E8XTX-XC, E8XTX-XM | |
| | | | A5.36/A5.36M[b] | Low Alloy Open Classifications[c,d]<br>E8XTX-C1AX-X,<br>E8XTX-M21AX-X<br>E8XTX-XAX-X<br>E8XTX-AX-X | |
| III | ASTM 615 Grade 60<br>ASTM A615M Grade 420 | SMAW | A5.5/A5.5M | E9015-X, E9016-X, E9018-X, E9018M | |
| | | GMAW | A5.28/A5/28M | ER90S-XXX; E90C-XXX | |
| | | | A5.36/A5.36M[b] | Low Alloy Open Classifications[d]<br>E9XTX-XAX-X | |
| | | GTAW | A5.28/A5.28M | ER90S-XXX, E90C-XXX | |
| | | FCAW | A5.29/A5.29M | E9XTX-X, E9XTX-XC, E9XTX-XM | |
| | | | A5.36/A5.36M | Low Alloy Open Classifications[c,d]<br>E9XTX-C1AX-X<br>E9XTX-M21AX-X[e]<br>E9XTX-XAX-X<br>E9XTX-AX-X | |

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

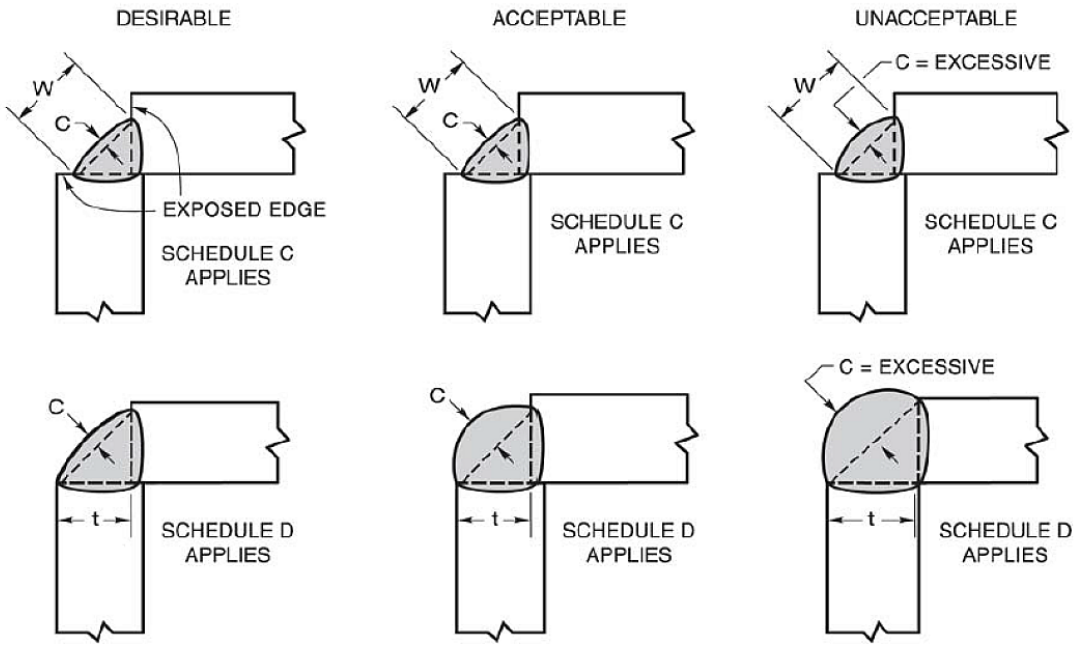
**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی جوش

## نکته : ساخت ستون قوطی

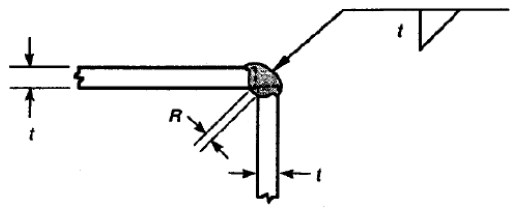



AWS D1.1




(F) FILLET WELD PROFILES FOR OUTSIDE CORNER JOINTS

AWS D1.3




| Welding Process | Thickness | R = Root Opening | Positions |
|---|---|---|---|
| All | 18 Ga. MIN., 11 Ga. MAX. | 0 MIN., t/4 MAX. | All |

Note: See Annex D for metric equivalents of U.S. Customary Units.

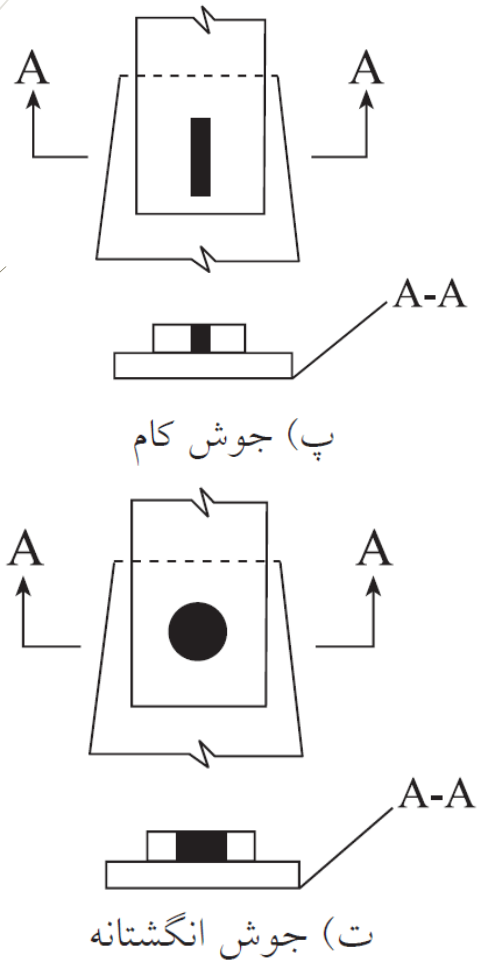
Figure 3.2A—Fillet Weld in Corner Joint (see 3.2.2)

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت هشتم- جوش کام و انگشتانه




### ۱۰-۲-۹-۲-۳ جوش‌های انگشتانه و کام

**الف) سطح مقطع مؤثر:** سطح مقطع مؤثر در برش برای جوش انگشتانه و کام مساوی سطح مقطع اسمی سوراخ و شکاف در صفحهٔ برش در نظر گرفته می‌شود.

**ب) محدودیت‌ها**

۱. استفاده از جوش انگشتانه و کام برای انتقال برش در اتصال‌های پوششی و یا جلوگیری از کمانش در عناصر رویهم آمده در اعضای ساخته‌شده، مجاز می‌باشد.

۲. قطر سوراخ در جوش انگشتانه نباید از ضخامت قطعهٔ سوراخ‌شده به اضافهٔ ۸ میلی‌متر کمتر باشد. همچنین قطر یادشده نباید از قطر حداقل به اضافه ۳ میلی‌متر و یا $2\frac{1}{4}$ برابر ضخامت جوش بزرگتر شود.

۳. حداقل فاصلهٔ مرکز به مرکز سوراخ‌های جوش‌های انگشتانه ۴ برابر قطر سوراخ می‌باشد.

۴. طول شکاف در جوش کام نباید از ۱۰ برابر ضخامت جوش بیشتر باشد.

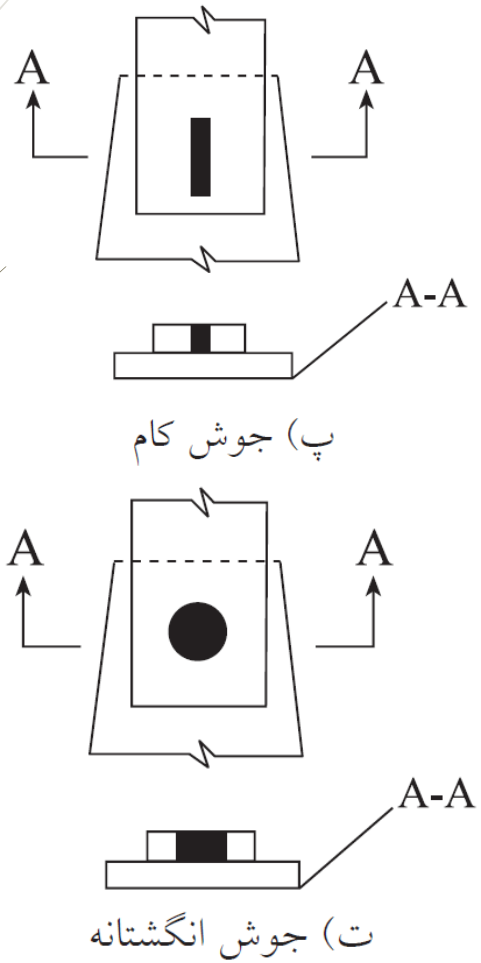
۵. پهنای شکاف در جوش کام نباید از ضخامت قطعهٔ بریده شده به اضافه ۸ میلی‌متر کمتر و همچنین از $2\frac{1}{4}$ برابر ضخامت جوش بیشتر باشد.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت هشتم- جوش کام و انگشتانه




### ۱۰-۲-۹-۲-۳ جوش‌های انگشتانه و کام

۶. انتهای شکاف یا باید نیم‌دایره‌ای باشد و یا خطی مستقیم که گوشه‌های آن تبدیل به ربعی از دایره (با شعاعی بزرگتر از ضخامت قطعه حاوی شکاف) می‌شود، باشد. مگر اینکه انتهای شکاف به لبهٔ قطعه منتهی شده باشد.

۷. حداقل فاصلهٔ مرکز به مرکز شکاف‌ها در امتداد عمود بر طول، ۴ برابر پهنای شکاف و حداقل فاصلهٔ مرکز به مرکز شکاف‌ها در امتداد طول، ۲ برابر طول شکاف می‌باشد.

۸. ضخامت جوش انگشتانه و کام در قطعاتی که ضخامت آنها ۱۶ میلی‌متر و یا کمتر است، باید برابر با ضخامت قطعه باشد. در قطعاتی که ضخامت آنها بیش از ۱۶ میلی‌متر است، ضخامت این جوش باید حداقل $\frac{1}{2}$ ضخامت قطعه باشد و از ۱۶ میلی‌متر نیز کمتر نشود.

### مقاومت جوش :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| جوش انگشتانه و کام | برشی، موازی سطح برش شونده (روی مقطع مؤثر) | بر اساس فلز پایه | مطابق فصل ۱۰-۲-۶ | مطابق فصل ۱۰-۲-۶ |
| | | بر اساس فلز جوش (الکترود مصرفی) | ۰/۷۵ | $F_{nw}=۰/۶F_{ue}$ |

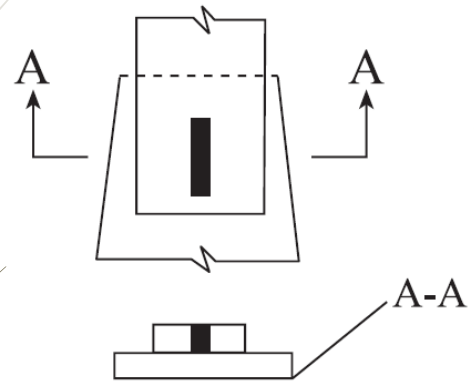
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

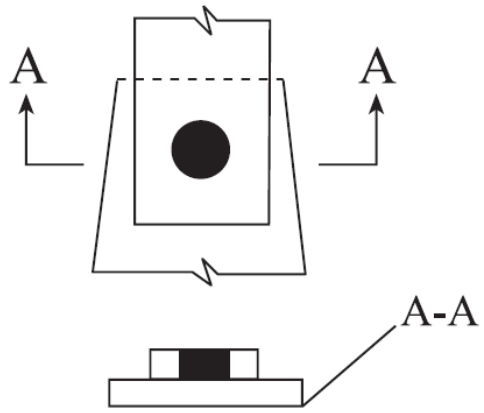
# طراحی جوش

## قسمت هشتم- جوش کام و انگشتانه

ANSI/AISC 360-16
An American National Standard




پ) جوش کام




ت) جوش انگشتانه

**3. Plug and Slot Welds**

A plug weld is a weld made in a circular hole in one member of a joint fusing that member to another member. A slot weld is a weld made in an elongated hole in one member of a joint fusing that member to another member. Both plug and slot welds are only applied to lap joints. Care should be taken when plug or slot welds are applied to structures subject to cyclic loading as the fatigue performance of these welds is limited.

**3b. Limitations**

Plug and slot welds are limited to situations where they are loaded in shear, or where they are used to prevent elements of a cross section from buckling, such as for web doubler plates on deeper rolled sections. Plug and slot welds are only allowed where the applied loads result in shear between the joined materials—they are not to be used to resist direct tensile loads. This restriction does not apply to fillets in holes or slots.

**آیین نامه اتصالات در سازه‌های فولادی**

**۱ـ۱۰ـ۱۶ـ۶ جوش کام و انگشتانه در اعضای کششی اصلی ممنوع است.**

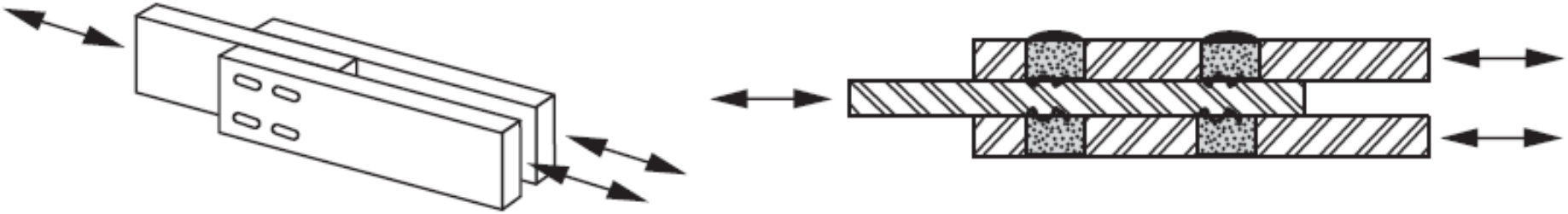
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی جوش

## قسمت هشتم- جوش کام و انگشتانه

**نکته اصلی که در جوش کام و انگشتانه باید در نظر گرفت سطح مقطع موثر ورق است که با حفر سوراخ یا شیار کاهش می یابد!**



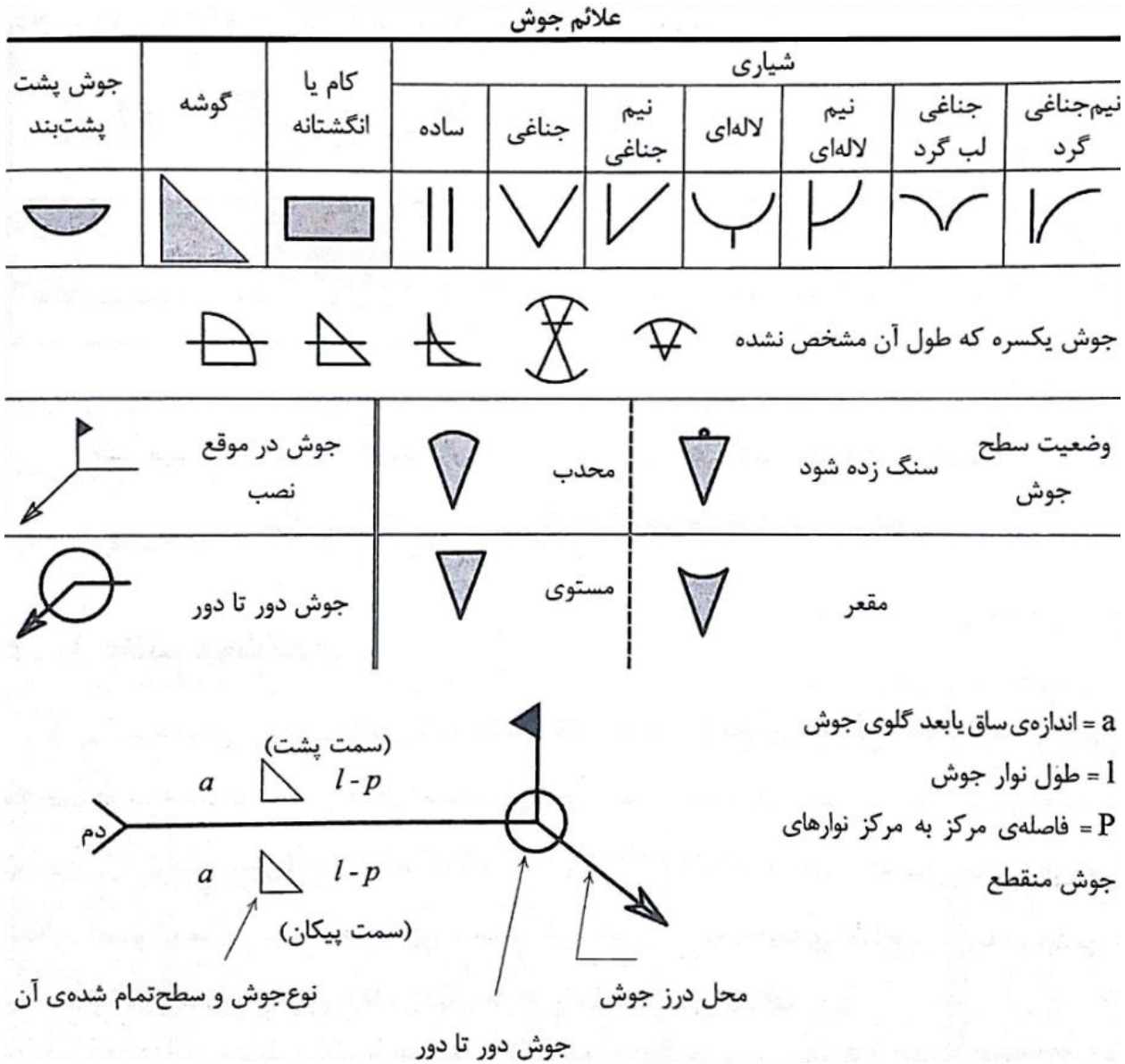
(A) (B)

۱۰-۲-۹-۲-۵ ترکیب جوش‌ها

اگر از دو یا چند نوع جوش به صورت مجموعه (جوش شیاری، جوش گوشه، جوش انگشتانه و جوش کام) در یک اتصال استفاده شود، برای تعیین مقاومت طراحی مجموعه باید مقاومت طراحی هر یک را جداگانه نسبت به محور مجموعهٔ جوش محاسبه و سپس مقاومت طراحی مجموعه را از مجموع مقاومت‌های طراحی تک تک جوش‌ها تعیین نمود.

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

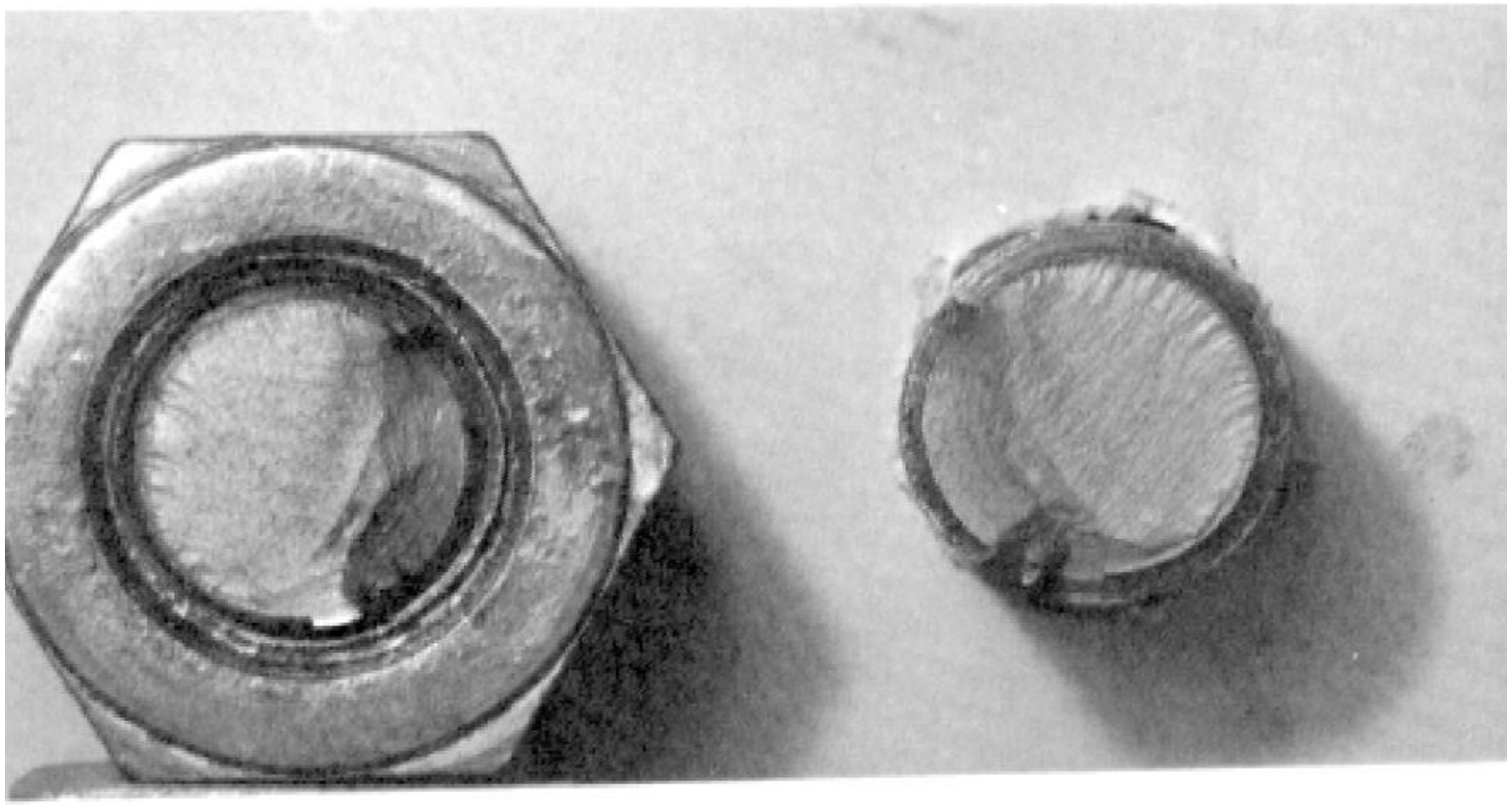
**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# پیچ و اتصالات پیچی



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

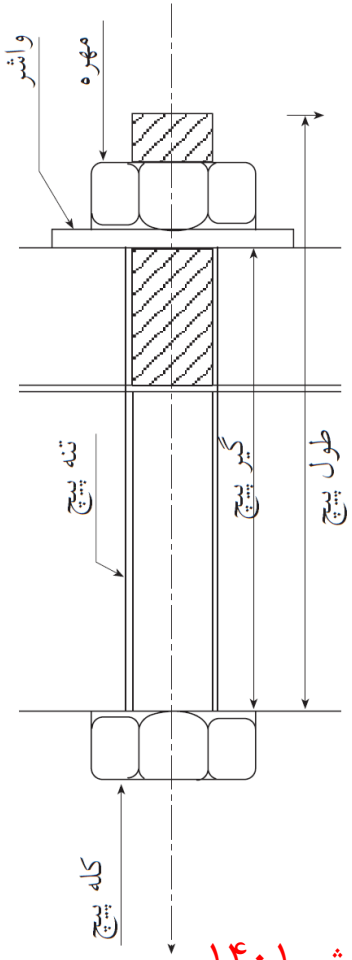
## قسمت اول- انواع پیچها

### ۱۰-۲-۹-۳-۱ انواع پیچها

انواع متداول پیچهای مورد استفاده در اسکلت‌های فولادی عبارتند از پیچهای معمولی و پیچهای پرمقاومت.

پیچها با دو نوع عملکرد "اتکایی" و "اصطکاکی" مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از پیچهای پرمقاومت منطبق با استانداردهای ملّی یا بین‌المللی، برای هر دو نوع اتصال و استفاده از پیچهای معمولی فقط در اتصالات اتکایی مجاز است. در اتصالات اتکایی ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی لازم نیست ولی در اتصالات اصطکاکی پیچها باید پیش‌تنیده گردند. حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در اتصالات اصطکاکی مطابق مقادیر جدول ۱۰-۲-۹-۷ می‌باشد. برای حصول پیش‌تنیدگی استفاده از یکی از سه روش « سفت کردن مجدد مهره »، « واشرهای کشش سنج » یا « آچار مدرج » امکان‌پذیر است.

اتصالات پیچی از لحاظ نحوهٔ اجرای پیچها (سفت کردن آن‌ها) و مقاومت موجود آن‌ها به شرح زیر به سه دستهٔ "اتکایی"، "پیش‌تنیده" و "لغزش بحرانی" تقسیم‌بندی می‌شوند:



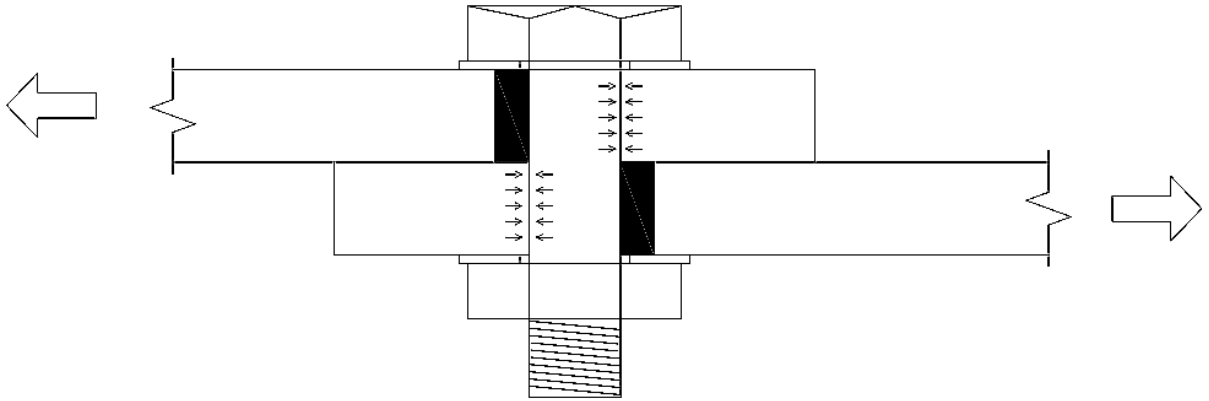

ویرایش ۱۴۰۱

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

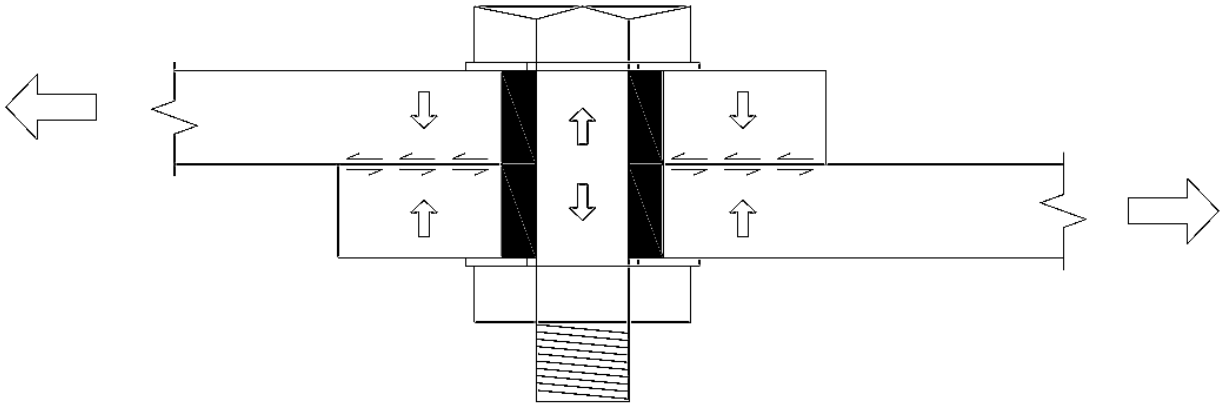
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت اول- انواع اتصالات و رفتار آنها



شکل(۱) اتصال اتکایی



شکل(۲) اتصال اصطکاکی (لغزش بحرانی)

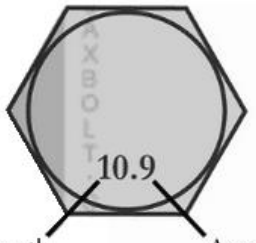
**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی پیچ

## قسمت دوم- مشخصات پیچها

ویرایش ۱۴۰۱




در طراحی پیچها (در استاندارد آمریکایی) به صورت کلی ۰.۷۵ فرض شده است

**جدول ۱۰-۲-۹-۶ مشخصات پیچ‌های تولید یا موجود در ایران**

| نوع پیچ | نام استاندارد | | تنش تسلیم مصالح پیچ ($F_y$) | تنش کششی نهایی مصالح پیچ ($F_u$) |
|---|---|---|---|---|
| | ASTM | ISO | | |
| پیچ‌های معمولی | A۳۰۷ | - | ۲۴۰ MPa | ۴۰۰ MPa |
| | - | ۴.۶ | ۲۴۰ MPa | ۴۰۰ MPa |
| | - | ۴.۸ | ۳۲۰ MPa | ۴۲۰ MPa |
| | - | ۵.۶ | ۳۰۰ MPa | ۵۰۰ MPa |
| | - | ۵.۸ | ۴۰۰ MPa | ۵۲۰ MPa |
| | - | ۶.۸ | ۴۸۰ MPa | ۶۰۰ MPa |
| پیچ‌های پرمقاومت | A۳۲۵ d ≤۲۴mm | - | - | ۸۰۰ MPa |
| | A۳۲۵ d >۲۴mm | - | - | ۷۲۵ MPa |
| | A۴۹۰ | - | - | ۱۰۰۰ MPa |
| | | - | ۸.۸ | ۸۰۰ MPa |
| | | - | ۱۰.۹ | ۱۰۰۰ MPa |
| | | - | ۱۲.۹ | ۱۲۰۰ MPa |

جدول ۱۰-۱-۵: مشخصات مکانیکی پیچ‌ها*

| نوع پیچ | ISIRI 2874 EN-ISO 898 | ASTM | تنش تسلیم مشخصه ($F_y$) (MPa) | تنش کششی نهایی ($F_u$) (MPa) | کرنش نهایی ($\varepsilon_u$) (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| پیچ‌های معمولی | 4.6 | A307 | 240 | 400 | 22 |
| | 4.8 | — | 320 | 420 | 14 |
| | 5.6 | — | 300 | 500 | 20 |
| | 5.8 | — | 400 | 520 | 10 |
| | 6.8 | — | 480 | 600 | 8 |
| پیچ‌های پرمقاومت | 8.8 | A325 F1852 | — | 800 | 12 |
| | 10.9 | A490 F2280 | — | 1000 | 9 |
| | 12.9 | — | — | 1200 | 8 |

* در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی فقط از پیچ‌های پر مقاومتی می‌توان استفاده کرد که مطابق استاندارد مربوطه، دارای قابلیت پیش‌تنیدگی باشند. پیچ‌هایی دارای قابلیت پیش‌تنیدگی هستند که پیچ، مهره و واشر مطابق استاندارد معتبر نظیر EN ISO 14399 تولید شده باشند.

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی پیچ

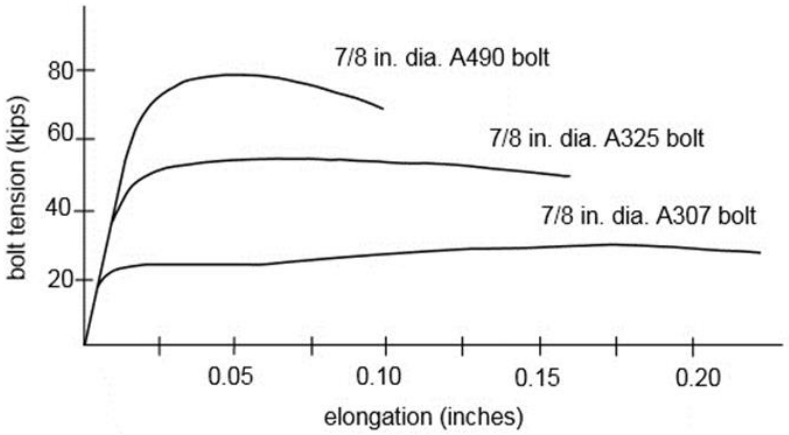
## قسمت اول- انواع استاندارد پیچ و مهره

معمولا استانداردهای آمریکایی ASTM بر اساس اینچ و استانداردهای آلمانی DIN بر حسب میلیمتر هستند. البته استانداردهای آمریکایی به میلیمتر هم ارائه شده اند. در زیر جدول استانداردهای موجود برای پیچ و مهره ارائه شده است:

جدول(۱) - استاندارد های هندسی رده های مختلف پیچ

| نام آیین نامه | نام استاندارد هندسی | قابلیت پیش تنیدگی | استاندارد مکانیکی | استاندارد مهره منطبق | استاندارد واشر منطبق | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AISC360-10 | ANSI-B18.2.3.7M | ✓ | A490 | A563 | F436 | |
| AISC360-10 | ANSI-B18.2.3.7M | ✓ | A325 | A563 | F436 | |
| EUROCODE-03 | EN 24014 | ✗ | ISO898 (5.6 , 8.8 , 10.9) | DIN-934 | DIN-125 | استاندارد پیچ های نیم رزوه مطابق DIN931 |
| EUROCODE-03 | EN 24017 | ✗ | ISO898 (5.6 , 8.8 , 10.9) | DIN-934 | DIN-125 | استاندارد پیچ های تمام رزوه مطابق DIN933 |
| EUROCODE-03 | ISO-7411 | ✓ | ISO 14399 10.9 استاندارد جدید | ISO-7411 یا DIN-6915 ISO 14399 | ISO-7411 یا DIN-6916 ISO 14399 | استاندارد پیچ پرمقاومت مطابق DIN6914 |

DIN 931,) نیم رزوه و 933 تمام رزوه برای اتصالات اتکایی و DIN 6914 گل درشت نیم رزوه - که فقط گرید 10.9 دارد - نیز برای اتصالات اصطکاکی و با تنشهای بالا استفاده می شود- پیچهای تمام روزه استاندارد و قابلیت پیشتنیدگی ندارند)



**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی پیچ

پیچ پر مقاومت نیم روزه سر ۶ گوش تخت یا **Hex** HV (رویکرد آلمانی) از پیچ های پر مصرف در اسکلت فولادی می باشد . پیچ شش گوش HV با استاندارد DIN 6914 و استاندارد ASTM A490 و استاندارد ISO 7412 شناخته می شود. مهره مورد نیاز برای این این نوع پیچ بایستی با استانداردهای DIN 6915 – ASTM A 563 – ISO7414 تهیه شود. استاندارد واشر DIN 6916 – ASTM F436 – ISO 4716 است. استاندارد جدید پیچ و مهره های شش گوش HV EN 14399-4 بوده و فقط شامل گرید ۱۰.۹ هستند که از این لحاظ از نظر مواد اولیه با DIN 931 مطابقت دارند اما تفاوت بیشتر در ابعاد آنها است. پیچ HV گل بزرگتری دارد و رزوه های کوتاه تر، بنابراین در اتصالات لغزش‌بحرانی که پیچ با نیروی بیشتری بسته می شود و در واقع در خود نیروی پیش تنیدگی ذخیره می کند به کار گرفته می شود. ارتفاع مهره تقریبا 0.8d است و گسیختگی و ازدیاد طول در رزوه های درون مهره اتفاق می افتد.

پیچ پر مقاومت گل درشت HR (رویکرد بریتانیا EN 14399-3) طول رزوه بلندتر داشته، با قابلیت ازدیاد طول پلاستیک در طول پیچ و رده ۸.۸ هم دارد و ارتفاع مهره نیز بیش از 0.9d (ضخیمتر) است. مونتاژ HR به طور کلی نسبت به سفت شدن بیش از حد حساسیت کمتری دارد. اما پیچ HV نسبت به سفت شدن بیش از حد حساس تر است و نیاز به کنترل بیشتری در محل دارد. تغییرشکل پلاستیک در رزوه ها اتفاق می افتد. اجزای هر دو نوع پیچ نباید با هم مخلوط شوند.

| | | |
|---|---|---|
| استاندارد ملی ایران<br>۱-۱۵۷۱۶<br>چاپ اول<br>۱۳۹۸ | جمهوری اسلامی ایران<br>**Islamic Republic of Iran**<br>سازمان ملی استاندارد ایران<br>**Iranian National Standardization Organization** | **INSO**<br>**15716-1**<br>**1st Edition**<br>**2019**<br>**Modification of**<br>**BS EN 14399-1**<br>**2015** |
| | **مجموعه پیچ‌کاری سازه‌ای استحکام بالا با قابلیت پیش تنیدگی-**<br>**قسمت۱: الزامات عمومی** | |

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد منطقه‌ای زیر به روش «ترجمهٔ تغییر یافتـه» تهیـه و تـدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی همراه با اعمال تغییرات با توجـه بـه مقتضـیات کشور است:

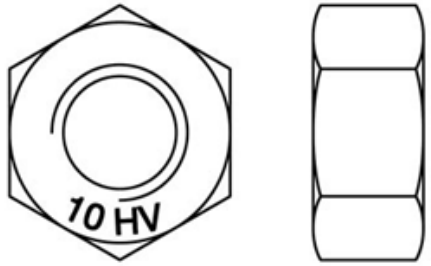
BS EN 14399-1:2015, High-strength structural bolting assemblies for preloading- Part 1: General requirements

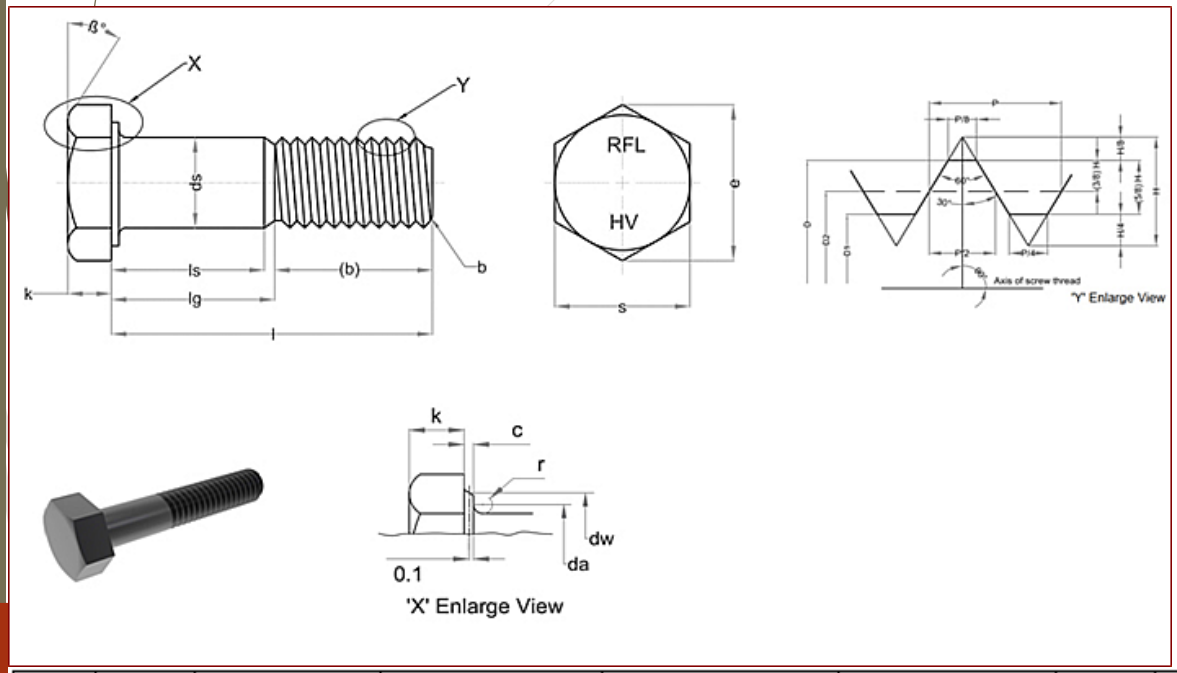
استاندارد تست: Part 1 iso 898

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی پیچ




| M-16 | | M-20 | | M-22 | | M-24 | | M-27 | | M-30 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ls | Lg | Ls | Lg | Ls | Lg | Ls | Lg | Ls | Lg | Ls | Lg |
| *Min* | *Max* | *Min* | *Max* | *Min* | *Max* | *Min* | *Max* | *Min* | *Max* | *Min* | *Max* |
| 36.00 | 42.00 | 29.50 | 37.00 | 28.50 | 36.00 | 22.00 | 31.00 | 20.00 | 29.00 | 15.50 | 26.00 |
| 46.00 | 52.00 | 39.50 | 47.00 | 38.50 | 46.00 | 32.00 | 41.00 | 30.00 | 39.00 | 25.50 | 36.00 |
| 56.00 | 62.00 | 49.50 | 57.00 | 48.50 | 56.00 | 42.00 | 51.00 | 40.00 | 49.00 | 35.50 | 46.00 |
| 66.00 | 72.00 | 59.50 | 67.00 | 58.50 | 66.00 | 52.00 | 61.00 | 50.00 | 59.00 | 45.50 | 56.00 |
| 76.00 | 82.00 | 69.50 | 77.00 | 68.50 | 76.00 | 62.00 | 71.00 | 60.00 | 69.00 | 55.50 | 66.00 |
| 86.00 | 92.00 | 79.50 | 87.00 | 78.50 | 86.00 | 72.00 | 81.00 | 70.00 | 79.00 | 65.50 | 76.00 |
| 96.00 | 102.00 | 89.50 | 97.00 | 88.50 | 96.00 | 82.00 | 91.00 | 80.00 | 89.00 | 75.50 | 86.00 |
| 106.00 | 112.00 | 99.50 | 107.00 | 98.50 | 106.00 | 92.00 | 101.00 | 90.00 | 99.00 | 85.50 | 96.00 |
| 116.00 | 122.00 | 109.50 | 117.00 | 108.50 | 116.00 | 102.00 | 111.00 | 100.00 | 109.00 | 95.50 | 106.00 |
| 126.00 | 132.00 | 119.50 | 127.00 | 118.50 | 126.00 | 112.00 | 121.00 | 110.00 | 119.00 | 105.50 | 116.00 |
| 136.00 | 142.00 | 129.50 | 137.00 | 128.50 | 136.00 | 122.00 | 131.00 | 120.00 | 129.00 | 115.50 | 126.00 |
| 146.00 | 152.00 | 139.50 | 147.00 | 138.50 | 146.00 | 132.00 | 141.00 | 130.00 | 139.00 | 125.50 | 136.00 |
| 156.00 | 162.00 | 149.50 | 157.00 | 148.50 | 156.00 | 142.00 | 151.00 | 140.00 | 149.00 | 135.50 | 146.00 |
| 166.00 | 172.00 | 159.50 | 167.00 | 158.50 | 166.00 | 152.00 | 161.00 | 150.00 | 159.00 | 145.50 | 156.00 |

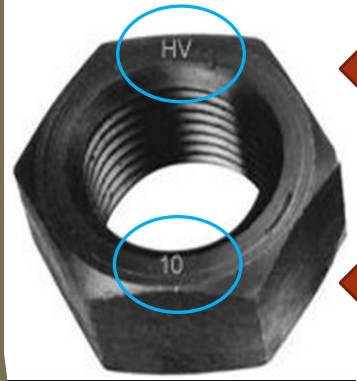
| Size. | Pitch (p) | Width across corner (e) | Width across Flat (s) | | Thickness of head (k) | | Thread Length (b) | | da | dw | Shank diameter (ds) | | Radius under head ( r ) | Washer height (c) | | Major Diameter (D) | | Pitch Diameter (D1) | | Minor Diameter (D2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MM | Min | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Max | Min | Min | Max | Min | | | MM | Min | Min | Max | Min |
| M16 | 2.0 | 29.56 | 26.16 | 27 | 9.25 | 10.75 | 28 | 30.00 | 19.20 | 24.90 | 15.30 | 16.70 | 1.2 | 0.4 | 0.6 | 15.68 | 15.96 | 14.50 | 14.60 | 13.80 |
| M20 | 2.5 | 35.03 | 31.00 | 32 | 12.10 | 13.90 | 33 | 35.50 | 24.00 | 29.50 | 19.16 | 20.84 | 1.5 | 0.4 | 0.8 | 19.62 | 19.96 | 18.15 | 18.25 | 17.25 |
| M22 | 2.5 | 39.55 | 35.00 | 36 | 13.10 | 14.90 | 34 | 36.50 | 26.00 | 33.30 | 21.16 | 22.84 | 1.5 | 0.4 | 0.8 | 21.62 | 21.96 | 20.15 | 20.25 | 19.25 |
| M24 | 3.0 | 45.20 | 40.00 | 41 | 14.10 | 15.90 | 39 | 43.00 | 28.00 | 38.00 | 23.16 | 24.84 | 1.5 | 0.4 | 0.8 | 23.58 | 23.95 | 21.80 | 21.90 | 20.70 |
| M27 | 3.0 | 50.85 | 45.00 | 46 | 16.10 | 17.90 | 41 | 45.00 | 32.00 | 42.80 | 26.16 | 27.84 | 2.0 | 0.4 | 0.8 | 26.58 | 26.95 | 24.80 | 24.90 | 23.70 |
| M30 | 3.5 | 55.37 | 49.00 | 50 | 17.95 | 20.05 | 44 | 49.50 | 35.00 | 46.60 | 29.16 | 30.84 | 2.0 | 0.4 | 0.8 | 29.52 | 29.95 | 27.50 | 27.60 | 26.16 |

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی پیچ

## قسمت دوم- رده مهره و واشر




استاندارد

کلاس

**EN14399-5,6 HV**
واشر تخت HV

مهره های تخت معمولا از استاندارد ASTM A194 و یا استاندارد DIN 934/ISO 4032 برای اتصالات اتکایی (و برای پیچهای DIN 931) و از DIN 6915/ISO 7414 و استاندارد جدید EN 14399-3,4 و ASTM A563 برای اتصالات لغزش‌بحرانی انتخاب می شوند. در زیر مهره معادل با هر رده پیچ بر مبنای استاندارد ISO 934 آورده شده است. مطابق اطلاعات زیر از مهره کلاس ۶ برای بولت ۵.۸، از کلاس ۸ برای پیچ رده ۸.۸ و یا پیچ A325 و از کلاس ۱۰ برای رده ۱۰.۹ و یا پیچ A490 استفاده می شود.

| Nut Size | | Property Class 5 | | | Property Class 6 | | | Property Class 8 | | | Property Class 10 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Proof Load Stress | Hardness HR | | Proof Load Stress | Hardness HR | | Proof Load Stress | Hardness HR | | Proof Load Stress | Hardness HR | |
| Over | To | N/mm² | Min. | Max. | N/mm² | Min. | Max. | N/mm² | Min. | Max. | N/mm² | Min. | Max. |
| M4 | M7 | 580 | B71 | C30 | 670 | B79 | C30 | 810 | B29 | C30 | 1040 | C28 | C38 |
| M7 | M10 | 590 | | | 680 | | | 830 | | | 1040 | | |
| M10 | M16 | 610 | | | 700 | | | 840 | | | 1050 | | |
| M16 | M37 | 630 | B76 | C30 | 720 | B85 | C30 | 920 | B97 | C38 | 1060 | | |
| For use with bolts of Property Class | | 4.6,5.6,5.8 | | | 4.6,5.6,5.8,6.8 | | | 4.6,5.6,5.8,6.8 & 8.8 | | | 8.8 & 10.9 | | |

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی پیچ

## قسمت سوم- جوش پذیری

**نکته:**

آیا جوش پیچ و مهره مجاز است؟

**UNE-EN 1090-2**

March 2019

Execution of steel structures and aluminium structures

Part 2: Technical requirements for steel structures

### 8.2 Use of bolting assemblies

#### 8.2.1 General

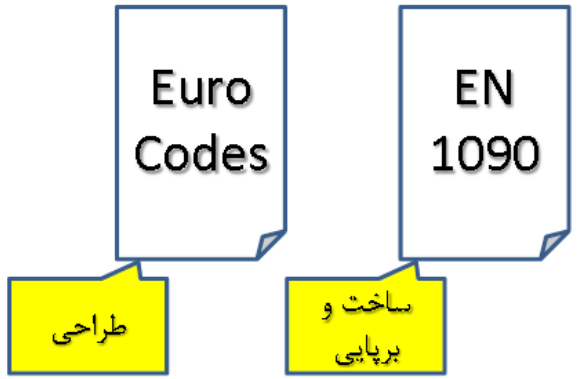
This clause refers to bolting assemblies specified in 5.6, consisting of matching bolts, nuts and washers (as necessary).

It shall be specified if, in addition to tightening, other measures or devices are to be used to secure the bolted assembly.

Bolted connections with small ratio of clamp lengths relative to bolt diameter subject to significant vibrations, such as storage racks, shall use a locking method.

Unless otherwise specified, preloaded assemblies do not require additional locking devices.

Bolts and nuts shall not be welded, unless otherwise specified. This restriction does not apply to special weld nuts according to e.g. EN ISO 21670 or weldable studs.



**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی پیچ

Design Guide 21

# Welded Connections—A Primer for Engineers

Second Edition

Smarter. Stronger. Steel.

American Institute of Steel Construction
312.670.2400 | www.aisc.org

### 5.4.11 Bolts

Welding on structural bolts is occasionally desirable, even though as a principle, it is generally best to avoid this situation. Applications that may involve welding on bolts include connections that are bolt-to-bolt, bolt-to-nut, or bolt-to-structural steel. Welding nuts to structural steel is discussed in Section 5.4.12 of this Guide. Mechanical solutions often exist to preclude the need for welding on bolts. Two primary concerns exist regarding welding on bolts. First, the weldability of the bolt may be poor and cracking in the weld or in the bolt may occur. Cracking is discussed in Chapter 6 of this Guide. Second, the heat of welding may compromise the strength of the bolt.

**Table 5-2. Weldability of Structural Bolts**

| ASTM Spec. | Grade/ Type | Carbon (%) | Alloy Control for Weldability | *P* (%) Maximum | *S* (%) Maximum | Specified Minimum Tensile Strength,[a] ksi (MPa) | Heat Treatment | Relative Weldability (High = Poor) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F3125 Grade A325 and Grade F1852 | 1 | 0.30–0.52 | Little control[b] | 0.035 | 0.040 | 120 (830) | Q&T | 5 |
| | 3-A | 0.33–0.40 | Little control[b] | 0.035 | 0.040 | 120 (830) | Q&T | 5 |
| | 3-B | 0.38–0.48 | Little control[b] | 0.035 | 0.040 | 120 (830) | Q&T | 5 |
| | 3-C | 0.30–0.52 | Little control[b] | 0.035 | 0.040 | 120 (830) | Q&T | 5 |
| F3125 Grade A490 and Grade F2280 | Type 1 | 0.30–0.48 | Little control[b] | 0.035 | 0.040 | 150 (1040) | Q&T | 6 |
| | Type 3 | 0.30–0.53 | Little control[b] | 0.035 | 0.040 | 150 (1040) | Q&T | 8 |

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی پیچ

Design Guide 21

# Welded Connections—A Primer for Engineers

Second Edition

Smarter. Stronger. Steel.

American Institute of Steel Construction
312.670.2400 | www.aisc.org

### 5.4.13 Washers

Welding on hardened washers should be avoided. Weldable washers can be cut from structural steel of known weldability.

### 5.4.12 Nuts

The AISC *Specification* lists two specifications for structural nuts—ASTM A194 and ASTM A563 (ASTM, 2016). ASTM A194 covers a variety of nut grades; only 2H will be addressed in this Guide. ASTM A563 provides requirements for eight grades of nuts; one grade (C3) has seven classes. This Guide will address the weldability of the nut grades permitted by the AISC *Specification*. Table 5-3 provides a general summary of the properties of different nuts along with a general estimate of weldability.

Table 5-3 was developed using the same methodology as was used for Table 5-2. Two trends can be seen in the table—if nuts must be welded, ASTM A563 Grade C3-C, C3-D, C3-E and C3-F are likely to be the easiest to weld. Welding on ASTM A563 Grade C, DH and DH3 are likely to be problematic. However, it must be noted that the delivered nut may have a chemical composition that is much less than the level permitted by the ASTM specification. For example, while ASTM A563 Grade DH3 permits up to 0.53% carbon, the actual level could be as low as 0.20%. Despite the rating of "8," Grade DH3 has been successfully welded in the past.

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی پیچ

Design Guide 21

# Welded Connections—A Primer for Engineers

Second Edition

Smarter. Stronger. Steel.

American Institute of Steel Construction
312.670.2400 | www.aisc.org

**Table 5-3. Weldability of Structural Nuts**

| ASTM Spec. | Grade/ Class | Carbon (%) | Alloy Control for Weldability | *P* (%) Maximum | *S* (%) Maximum | Minimum Tensile Strength,[a] ksi (MPa) | Heat Treatment | Relative Weldability (High = Poor) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A194 | 2H | 0.40 minimum | Little control[b] | 0.040 | 0.050 | 150 (140) | Q&T | 7 |
| A563 | A | 0.55 maximum | None | 0.12 | 0.23 | 100[c] (690[c]) | Q&T | 11 |
| | C | 0.55 maximum | None | 0.12 | 0.15 | 144 (994) | Q&T option | 11 |
| | C3-N | No control | Little control[b] | 0.07–0.15 | 0.050 | 144 (994) | Q&T option | 8 |
| | C3-A | 0.33–0.40 | Good | 0.040 | 0.050 | 144 (994) | Q&T option | 5 |
| | C3-B | 0.38–0.48 | Good | 0.06–0.12 | 0.050 | 144 (994) | Q&T option | 6 |
| | C3-C | 0.15–0.25 | Good | 0.035 | 0.040 | 144 (994) | Q&T option | 3 |
| | C3-D | 0.15–0.25 | Good | 0.040 | 0.050 | 144 (994) | Q&T option | 4 |
| | C3-E | 0.20–0.25 | Good | 0.040 | 0.040 | 144 (994) | Q&T option | 3 |
| | C3-F | 0.20–0.25 | Good | 0.040 | 0.040 | 144 (994) | Q&T option | 3 |
| | D | 0.55 maximum | Little control[b] | 0.040 | 0.050 | 150 (1040) | Q&T option | 5 |
| | DH | 0.20–0.55 | Little control[b] | 0.040 | 0.050 | 175 (1210) | Q&T | 7 |
| | DH3 | 0.20–0.53 | Minimum limits only | 0.046 | 0.050 | 175 (1210) | Q&T | 8 |

Note: This table is used to estimate weldability. The actual ASTM specification should be used if specific properties are needed.

[a] Proof load stress.

[b] The term "Little control" is intended to be applied only in terms of weldability; the suitability of the ASTM designation on the control of the composition of the nut as used as a mechanical fastener is not being drawn into question.

[c] For non-zinc coated nuts; 75 ksi (518 MPa) for zinc coated nuts.

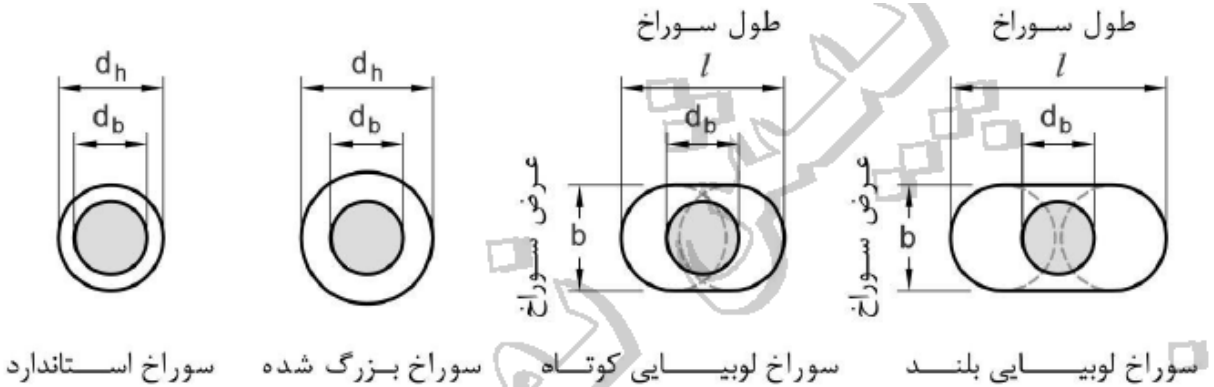
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت چهارم- انواع سوراخها

### ۱۰-۲-۹-۳-۲ مشخصات و فواصل سوراخ‌ها در اتصالات پیچی




جدول ۱۰-۲-۹-۸ ابعاد اسمی سوراخ پیچ بر حسب میلی‌متر

| قطر پیچ (mm) | ابعاد اسمی سوراخ (mm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | سوراخ استاندارد | سوراخ بزرگ‌شده | سوراخ لوبیایی کوتاه (طول×عرض) | سوراخ لوبیایی بلند (طول×عرض) |
| M۱۶ | ۱۸ | ۲۰ | ۱۸×۲۲ | ۱۸×۴۰ |
| M۲۰ | ۲۲ | ۲۴ | ۲۲×۲۶ | ۲۲×۵۰ |
| M۲۲ | ۲۴ | ۲۸ | ۲۴×۳۰ | ۲۴×۵۵ |
| M۲۴ | ۲۷ | ۳۰ | ۲۷×۳۲ | ۲۷×۶۰ |
| M۲۷ | ۳۰ | ۳۵ | ۳۰×۳۷ | ۳۰×۶۷ |
| M۳۰ | ۳۳ | ۳۸ | ۳۳×۴۰ | ۳۳×۷۵ |
| ≥M۳۶ | d+۳ | d+۸ | (d+۳) × (d+۱۰) | (d+۳)×۲/۵ d |

**الف) انواع سوراخ‌ها در اتصالات پیچی**

انواع سوراخ‌ها در اتصالات پیچی به شرح زیر می‌باشد.

۱. سوراخ استاندارد
۲. سوراخ بزرگ‌شده
۳. سوراخ لوبیایی بلند
۴. سوراخ لوبیایی کوتاه

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت چهارم- انواع سوراخها

### ۱۰-۴-۴-۲ بریدن و سوراخ‌کردن

سوراخ‌های نهایی ورق‌ها باید به‌کمک متهٔ دوار انجام پذیرد. برای سوراخ‌های با قطر زیاد می‌توان ابتدا با قطر کوچکتر سوراخی توسط منگنه ایجاد نمود و بعد با مته سوراخ را به قطر دلخواه رساند.

### ۱۰-۴-۳-۲ بریدن و سوراخ‌کاری ویرایش ۱۴۰۱

ت) سوراخ‌کاری نهایی ورق‌ها و نیمرخ‌ها با ضخامت بیش از 15 میلی‌متر باید به کمک متهٔ دوار انجام پذیرد. برای سوراخ‌های با قطر زیاد می‌توان ابتدا سوراخی با قطر کوچک‌تر توسط منگنه (پانچ) ایجاد نمود و سپس با مته، سوراخ را به قطر دلخواه رساند. قطعاتی که با پیچ به هم متصل می‌گردند در صورت امکان باید همه به هم خال‌جوش شده و با هم سوراخ‌کاری شوند. سوراخ‌کاری ورق‌ها و نیمرخ‌ها به کمک منگنه برای ضخامت‌های بیش از 15 میلی‌متر مجاز نیست.

### ۱۰-۲-۹-۳-۲ مشخصات و فواصل سوراخ‌ها در اتصالات پیچی

**ب) محدودیت ابعاد اسمی سوراخ‌ها و دامنهٔ کاربرد آنها**

۱. ابعاد حداکثر سوراخ پیچ‌ها باید مطابق جدول ۱۰-۲-۹-۸ باشند.

۲. سوراخ‌های بزرگ شده فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز است.

۳. سوراخ لوبیایی کوتاه در تمام امتدادها در اتصالات اصطکاکی مجاز هستند ولی در اتصالات اتکایی، امتداد طولی سوراخ باید عمود بر امتداد نیرو باشد.

۴. سوراخ لوبیایی بلند فقط در امتداد عمود بر مسیر نیرو در اتصالات اتکایی مجاز هستند. در اتصالات اصطکاکی در تمام امتدادها مجاز بوده لیکن باید فقط در یکی از ورق‌های اتصال وجود داشته باشد.

۲- سوراخ‌های بزرگ‌شده فقط در اتصالات لغزش بحرانی مجاز است.

۳- سوراخ لوبیایی کوتاه در تمام امتدادها در اتصالات لغزش بحرانی مجاز است اما در اتصالات اتکایی و پیش‌تنیده استفاده از آن‌ها زمانی مجاز است که امتداد طولی سوراخ عمود بر امتداد نیرو باشد.

۴- سوراخ لوبیایی بلند در تمام امتدادها در اتصالات لغزش بحرانی مجاز است اما در اتصالات اتکایی و پیش‌تنیده استفاده از آن‌ها زمانی مجاز است که امتداد طولی سوراخ عمود بر امتداد نیرو باشد. لیکن در هر سه نوع اتصال، سوراخ لوبیایی بلند باید فقط در یکی از ورق‌های اتصال تعبیه شود.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت پنجم- فواصل سوراخها

| قطر پیچ (mm) | ابعاد اسمی سوراخ سوراخ استاندارد |
|---|---|
| < M۲۴ | d+۲ |
| ≥M۲۴ | d+۳ |

**حداقل فاصلهٔ مرکز سوراخ استاندارد تا لبه در هر راستا**

| |
|---|
| لبهٔ بریده شده با قیچی (گیوتین)<br>d = قطر اسمی پیچ |
| ۲d |
| لبهٔ نورد شدهٔ ورق- نیمرخ، تسمه و نیز لبه بریده‌شده با شعله اتوماتیک یا اره |
| ۱/۷۵d 1.5d |

**پ) حداقل فواصل سوراخ پیچ‌ها در اتصالات پیچی**

فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌های استاندارد، سوراخ‌های بزرگ‌شده و سوراخ‌های لوبیایی نباید از ۳ برابر قطر وسیلهٔ اتصال کمتر باشد.

**ج) حداکثر فاصلهٔ مرکز تا مرکز سوراخ‌ها در اتصالات پیچی**

۱. برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی کم و متوسط ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصلهٔ بین مرکز سوراخ‌ها نباید از ۲۴ برابر ضخامت نازکترین قطعهٔ متصل شونده و همچنین از ۳۰۰ میلی‌متر تجاوز کند.

**ث) حداکثر فاصلهٔ مرکز سوراخ تا لبه**

حداکثر فاصله از مرکز هر پیچ تا نزدیکترین لبهٔ قطعه در هر راستا به شرح زیر است.

۱. برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی کم و متوسط ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله از مرکز هر پیچ تا نزدیکترین لبهٔ قطعه در هر راستا نباید از ۱۲ برابر ضخامت نازکترین قطعه و همچنین از ۱۵۰ میلی‌متر تجاوز کند.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

سفتی کامل نحوهٔ سفت کردنی است که با یک آچار ساده و حداکثر توان یک کارگر معمولی یا چند دور آچارهای بادی و الکتریکی قابل حصول فرض می‌شود.

ویرایش ۱۴۰۱

## قسمت ششم- مقاومت پیچهای اتکایی و پیش‌تنیده

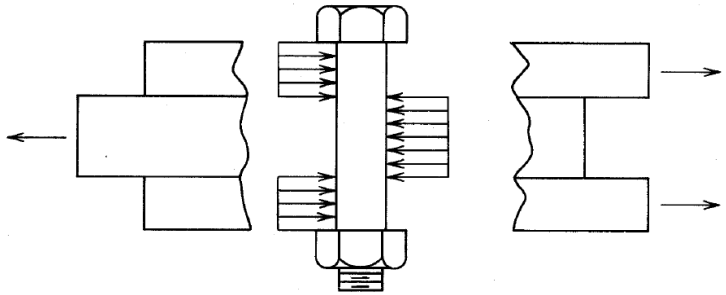
### ۱۰-۲-۹-۳-۳ مقاومت کششی طراحی و مقاومت برشی طراحی در اتصالات اتکایی

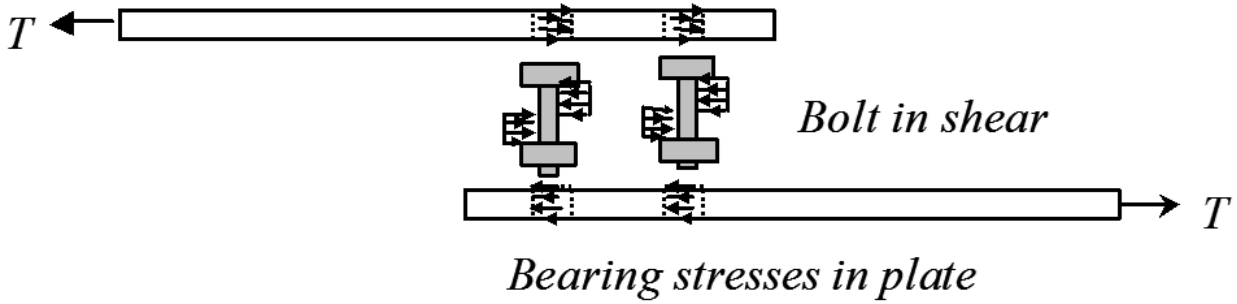
در اتصالات اتکایی که در آنها لقی و خستگی در اثر ارتعاشات یا نوسانات بارگذاری مسئله‌ساز نیستند، کافی است پیچ‌ها را بدون ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی، تنها تا حالت سفت‌شدن اولیه محکم نمود. سفت‌شدن اولیه هنگامی است که یک کارگر معمولی با یک آچار معمولی تلاش کامل خود را برای محکم کردن پیچ به کار برد. در روش‌های ماشینی، سفت شدن اولیه پس از اعمال چند ضربه توسط دستگاه ایجاد می‌شود.

در اتصالات اتکایی، مقاومت کششی طراحی ($\phi R_{nt}$) و مقاومت برشی طراحی ($\phi R_{nv}$) پیچ‌ها و قطعات دندانه‌شده از روابط زیر تعیین می‌گردند. $\phi$ = ضریب کاهشی مقاومت و مساوی ۰/۷۵ می‌باشد.

$$\phi R_{nt} = \phi F_{nt} A_{nb} \quad \text{مقاومت کششی طراحی} = \quad (۱۰-۲-۹-۴)$$

$$\phi R_{nv} = \phi F_{nv} A_{nb} \quad \text{مقاومت برشی طراحی} = \quad (۱۰-۲-۹-۵)$$





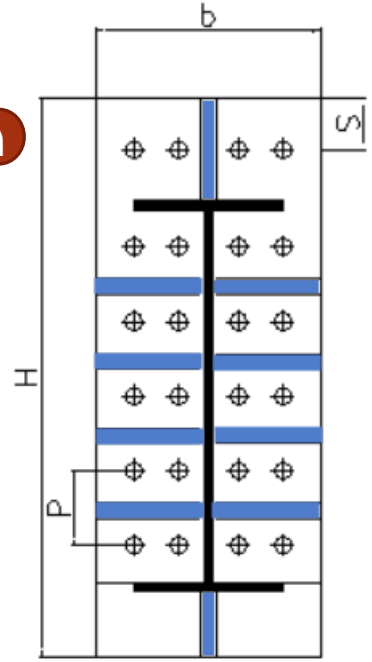
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت ششم- مقاومت پیچهای اتکایی

جدول ۱۰-۲-۹- ۹: تنش اسمی پیچ و میلههای دندانهشده ویرایش ۱۴۰۱




نکته:
عبور سطح برش از قسمت دندانه در برخی اتصالات لرزه ای و در AISC 358 ممنوعیت دارد مانند BFP و KBB

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

| نوع وسیله اتصال | تنش کششی اسمی ($F_{nt}$) | تنش برشی اسمی ($F_{nv}$) در اتصالات اتکایی |
|---|---|---|
| پیچهای معمولی | $0.75F_u$ [۱],[۲] | $0.45F_u$ [۵],[۳] |
| پیچهای پر مقاومت در حالتیکه سطح برش از قسمت دندانهشده میگذرد ۱ | $0.75F_u$ [۴] | $0.45F_u$ [۵] |
| پیچهای پرمقاومت در حالتیکه سطح برش از قسمت دندانهشده نمیگذرد | $0.75F_u$ [۴] | $0.55F_u$ [۵] |
| قطعهٔ دندانهشده طبق مشخصات تعیینشده، در حالتیکه سطح برش از قسمت دندانهشده میگذرد | $0.75F_u$ [۱],[۶] | $0.45F_u$ |
| قطعهٔ دندانه شده طبق مشخصات تعیینشده، در حالتیکه سطح برش از قسمت دندانه شده نمیگذرد | $0.75F_u$ [۱],[۶] | $0.55F_u$ |

*یادداشتها:*

[۱] *فقط بارگذاری استاتیکی* *Statically loaded.* Not subject to significant fatigue stresses. Gravity, wind and seismic loadings are considered to be static loadings.

### ۱۰-۲-۹-۳-۴ اثر مشترک کشش و برش در اتصالات اتکایی

**تبصره**: در مواردیکه تنش کششی یا برشی مورد نیاز کمتر از ۳۰ درصد تنش طراحی متناظر باشد ($f_u \le 0.3\phi F_n$)، منظور کردن رابطهٔ اندرکنش لازم نیست.

$$F'_{nt} = F_{nt}\left[1.3 - \frac{f_{uv}}{\phi F_{nv}}\right] \le F_{nt}$$

$$F'_{nv} = F_{nv}\left[1.3 - \frac{f_{ut}}{\phi F_{nt}}\right] \le F_{nv}$$

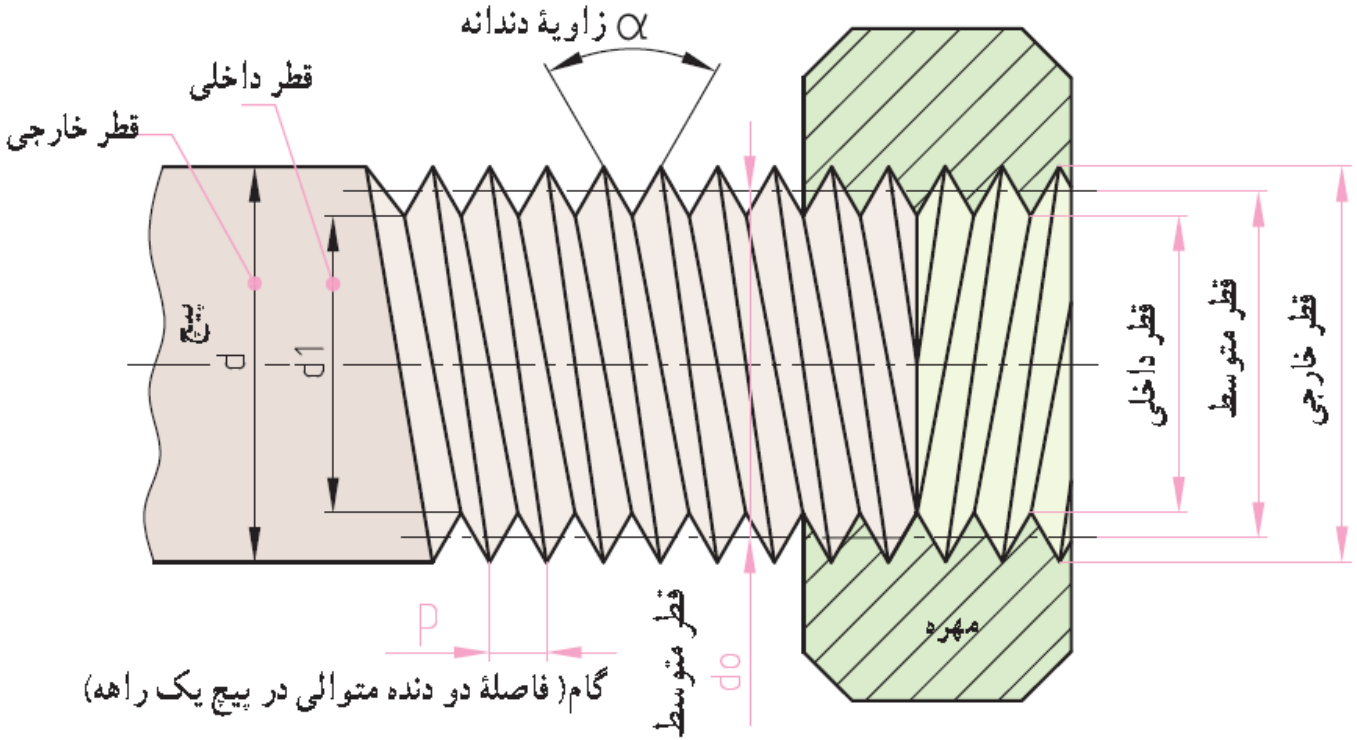
کشش

$\approx 0.17Fu\ (0.23Fy)$

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ




***رزوه های معمولی***

***قطر متوسط در گام:***

$$d_0 = d - 0.6495\,P$$

***قطر متوسط تنش:***

$$d_m = \frac{d_1 + d_0}{2}$$

در پی‌چها قطر خارجی با قطر تنه رزوه نشده برابر است اما درست ای‌ن است که اثرات کاهش مقطع به علت شی‌ار زنی (عمق رزوه ها) در نظر گرفته شده و محاسبات بر اساس قطر متوسط انجام شود. در مبحث ۹ ای‌ن کار با رابطه ۹-۱۸-۲ انجام می شود اما در مبحث ۱۰ ای‌ن کار با تقری‌ب کاهش ۰.۲۵سطح مقطع انجام می شود. سطح مقطع آرماتور مشابه رابطه ۹-۱۸-۲ و براساس سطح مقطع موثر (قطر متوسط) انجام شده است. (کاهش ۲۵ ٪ برای قطرهای پای‌ی‌ن است و با افزای‌ش سای‌ز، نسبت به ۲۰ ٪ می رسد)

ت ۱۸-۴-۱-۲ بجای رابطه ۱۸-۱ می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$N_{sa} = \frac{\pi}{4} d_a{}^2 (0.7 f_{uta})$$

رابطه ت ۱۸-۱

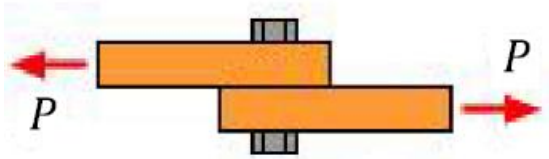
$$A_{se,N} = \frac{\pi}{4}\left(d_a - \frac{0.9743}{n_t}\right)^2$$

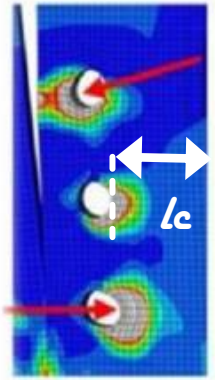
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ – کنترلهای ورق

## قسمت هفتم- کنترل صفحات اتصالات اتکایی- مقاومت اتکایی (پارگی)



**۱۰-۲-۹-۳-۷ مقاومت اتکایی در جدار سوراخ پیچ**

مقاومت اتکایی طراحی در جدار سوراخ پیچ در اتصالات اتکایی و اصطکاکی مساوی $\phi R_n$ می‌باشد که در آن $\phi$ ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۷۵ و $R_n$ مقاومت اتکایی اسمی می‌باشد که بر اساس حالت حدی اتکایی برای حالت‌های مختلف به شرح زیر تعیین می‌گردد.

۱. برای سوراخ استاندارد، سوراخ بزرگ‌شده، سوراخ لوبیایی کوتاه و سوراخ لوبیایی بلند در حالتی‌که نیرو در امتداد طولی باشد:

$$R_n = ۱/۲ l_c t F_u \leq ۲/۴ d t F_u \qquad (۱۰-۲-۹-۱۲)$$

d= قطر اسمی پیچ

$F_u$ = تنش کششی نهایی مصالح ورق اتصال

t= ضخامت قطعهٔ اتصال

$l_c$ = فاصلهٔ خالص در راستای نیرو، بین لبهٔ سوراخ‌ها برای سوراخ های میانی

= فاصلهٔ خالص در راستای نیرو، بین لبهٔ سوراخ تا لبه آزاد ورق اتصال برای سوراخ‌های انتهایی

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ – کنترلهای ورق

## قسمت هفتم- کنترل صفحات اتصالات اتکایی- مقاومت اتکایی (پارگی)- ویرایش ۱۴۰۱

۱۰-۲-۹-۳-۷ مقاومت اتکایی موجود در جدار سوراخ‌ها

$\phi = 0.75$ (LRFD) و $\Omega = 2.00$ (ASD)

۱- برای سوراخ استاندارد، سوراخ بزرگ‌شده، سوراخ لوبیایی کوتاه (مستقل از راستای نیرو) و سوراخ لوبیایی بلند (در حالتی که نیرو در امتداد طولی سوراخ باشد) :

$$R_n = 2.4 d_b t F_u \qquad (۱۳-۹-۲-۱۰)$$

۱۰-۲-۹-۳-۸ مقاومت پارگی موجود در حدفاصل بین سوراخ‌ها و نیز در فاصلهٔ بین سوراخ‌ها تا لبهٔ قطعات

$\phi = 0.75$ (LRFD) و $\Omega = 2.00$ (ASD)

۱- برای سوراخ استاندارد، سوراخ بزرگ‌شده، سوراخ لوبیایی کوتاه (مستقل از راستای نیرو) و سوراخ لوبیایی بلند (در حالتی که نیرو در امتداد طولی باشد):

$$R_n = 1.2 l_c t F_u \qquad (۱۵-۹-۲-۱۰)$$

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

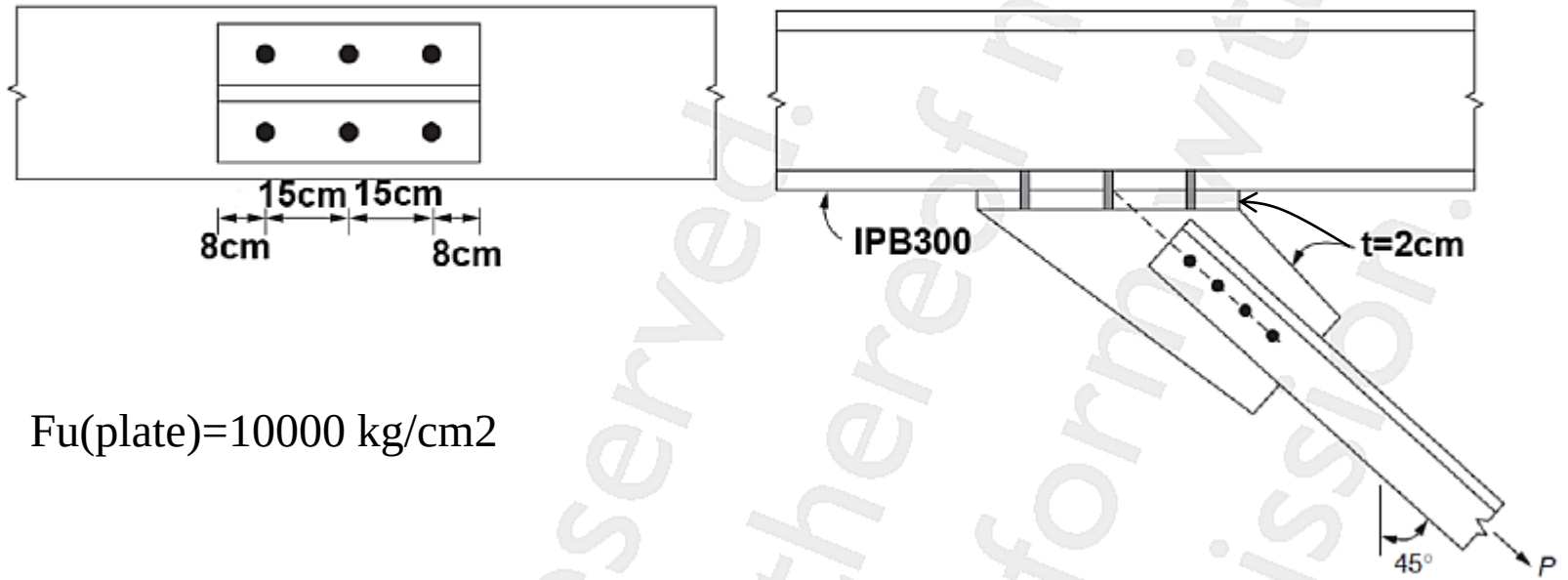
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ – کنترلهای ورق

## قسمت هفتم- مقاومت پیچهای اتکایی

Web: www.M-Alirezaei.com

**مثال۲۰۸** اتصال نشان داده شده مطابق شکل ۱۱-۵۶، تحت نیروی P شامل یک بار مرده ۱۵ تنی و بار زنده ۳۰ تنی قرار دارد. قطر پیچ‌ها ۲ سانتیمتر و نوع پیچ‌ها A490 می‌باشد. ظرفیت باربری این اتصال را کنترل نمایید. سطح برش از قسمت دندانه شده نمی‌گذرد.




Fu(plate)=10000 kg/cm2

شکل ۱۱-۵۶ اتصال تحت کشش و برش همزمان.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

با توجه به ترکیب بارهای مبحث ششم داریم:

$$P_u = 1.2P_D + 1.6P_L = 1.2\times 15 + 1.6\times 30 = 66 \text{ ton}$$

$$V_u = T_u = 0.707\,P_u = 46.6 \text{ ton}$$

مقدار ظرفیت برشی در هر پیچ:

$$\phi F_{nv} = 0.75\times 0.55F_u = 0.75\times 0.55\times 10000\times 10^{-3} = 4.125\frac{\text{ton}}{\text{cm}^2}$$

مقدار تنش برشی موثر بر هر پیچ:

$$f_v = \frac{V_u}{6A_b} = \frac{46.6}{6\times 3.14} = 2.47\frac{\text{ton}}{\text{cm}^2} < \phi F_{nv} = 4.125\frac{\text{ton}}{\text{cm}^2} > 0.3\phi F_{nv} = 1.23\frac{\text{ton}}{\text{cm}^2}$$

مقدار ظرفیت کششی در هر پیچ:

$$\phi F_{nt} = 0.75\times 0.75F_u = 0.75\times 0.75\times 10000\times 10^{-3} = 5.625\frac{\text{ton}}{\text{cm}^2}$$

مقدار تنش کششی موثر بر هر پیچ:

$$f_t = \frac{T_u}{6A_b} = \frac{46.6}{6\times 3.14} = 2.47\frac{\text{ton}}{\text{cm}^2} < \phi F_{nt} = 5.625\frac{\text{ton}}{\text{cm}^2} > 0.3\phi F_{nt} = 1.68\frac{\text{ton}}{\text{cm}^2}$$

بنابراین داریم:

$$\phi F'_{nt} = \phi F_{nt}\left(1.3 - \frac{f_{uv}}{\phi F_{nv}}\right) = 0.75\times 0.75F_u\left(1.3 - \frac{2.47}{0.75\times 0.55F_u}\right) = 3.94 > f_t$$ خوب است

تعیین ظرفیت اتکایی پیچ:

$$\phi R_n = \phi n\times 2.4dtF_u = 0.75\times 6\times 2.4\times 2.0\times 2.0\times 10000\times 10^{-3} = 432 \text{ ton} > V_u$$ خوب است

All rights reserved. This book or any part thereof may not be reproduced in any form without the written permission

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ – کنترلهای ورق (ویرایش ۱۴۰۱)

## قسمت هفتم- مقاومت کششی سطح مقطع خالص

### ۱۰-۲-۳-۴ مقاومت کششی

**ب)** براساس گسیختگی کششی در مقطع خالص عضو و در خارج از ناحیه اتصال عضو کششی:

$$P_n = F_u A_n \qquad (۱۰-۲-۳-۳)$$

$$\phi_t = 0.75 \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega_t = 2.00 \text{ (ASD)}$$

$A_n$= سطح مقطع خالص عضو (سطح مقطع کل منهای سطح مقطع سوراخ‌ها یا شکاف‌ها). اگر سوراخ‌های متعددی به شکل زنجیره (به‌صورت قطری یا زیگزاگ) در مسیر مقطع بحرانی احتمالی قرار داشته باشند، برای محاسبهٔ پهنای خالص باید از پهنای کل موردبررسی، مجموع قطر سوراخ‌های مسیر زنجیره را کم و به آن برای هر ردیف گام مورب در زنجیره، یک‌مرتبه جملهٔ $s^2/4g$ را اضافه کرد.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

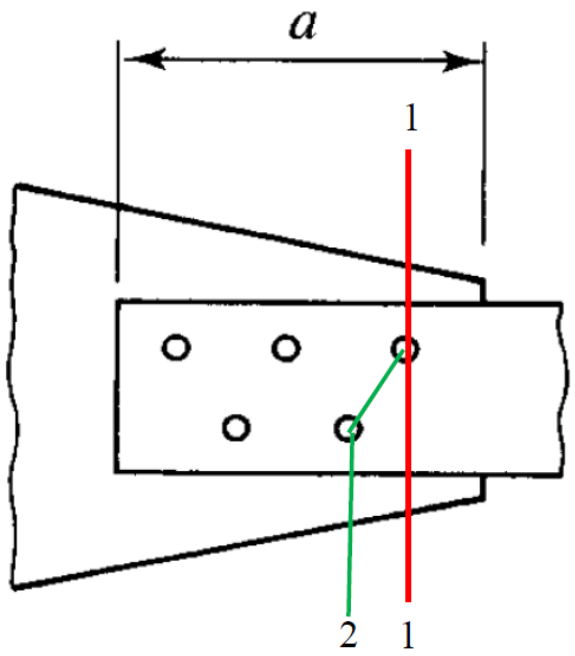
# طراحی پیچ – کنترلهای ورق (ویرایش ۱۴۰۱)

## قسمت هفتم- مقاومت کششی سطح مقطع خالص

### ۱۰-۲-۳-۴ مقاومت کششی

An : سطح خالص

از بین مسیرهای مختلفی مسیری که کمترین سطح مقطع خالص را داراست بعنوان مسیر بحرانی انتخاب می گردد :



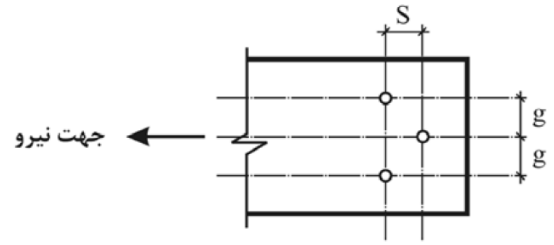

① سطح مقطع خالص بدون مسیر مورب

$$A_n = A_g - nDt$$

② سطح مقطع خالص بامسیر مورب

$$A_n = A_g - nDt + \sum \frac{s^2}{4g}t$$

به ازای هر مسیر مورب




$g$ = gage distance

$S$ = pitch distance

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ – کنترلهای ورق

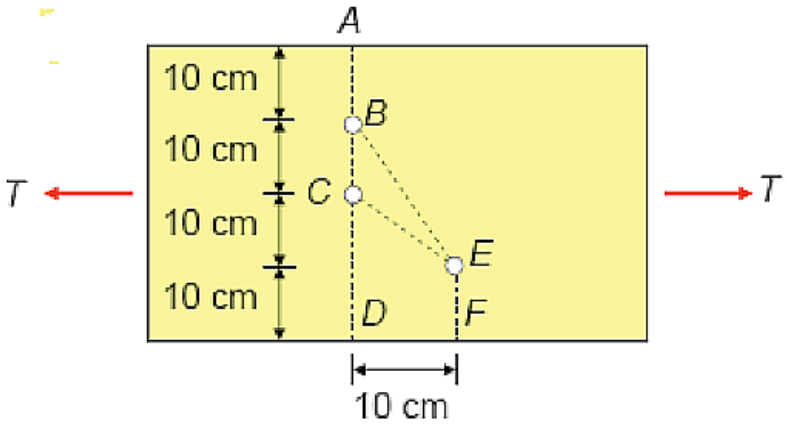
**Example :**

Compute the smallest net area for the plate shown below:

Plate thickness = 12 mm

Bolt diameter = 19 mm

(قطر سوراخ استاندارد ۳ میلیمتر بیشتر از قطر پیچ است.)




**Solution.**

محاسبه عرض موثر :

$$ABCD = 40 - 2(2.2) = 35.6\ cm \qquad \textbf{(control)}$$

$$ABCEF = 40 - 3(2.2) + \frac{10^2}{4(10)} = 35.9\ cm$$

$$ABEF = 40 - 2(2.2) + \frac{10^2}{4(20)} = 36.85\ cm$$

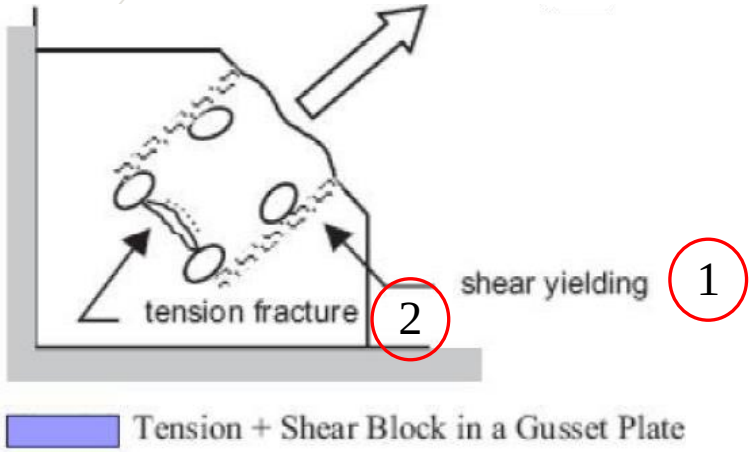
$$A_n = 35.6(1.2) = 42.7\ cm^2 \quad \blacksquare$$

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ – کنترلهای ورق

## قسمت هشتم- کنترل صفحات اتصالات اتکایی- مقاومت برش قالبی




Tension + Shear Block in a Gusset Plate

**۱۰-۲-۹-۴-۳ مقاومت برش قالبی** (وقتی ورق نازک باشد) 1

مقاومت طراحی برش قالبی، $\phi R_n$، از مجموع مقاومت برشی در روی سطح مار بر وسیله اتصال و مقاومت کششی در سطح عمود بر آن به شرح زیر تعیین می‌گردد. 2

$\phi = ۰/۷۵$ (۱۰-۲-۹-۱۶)

$$R_n = ۰/۶F_uA_{nv} + U_{bs}F_uA_{nt} \le ۰/۶F_yA_{gv} + U_{bs}F_uA_{nt}$$

$$R_n = \min (0.6F_yA_{gv} \text{ و } 0.6F_uA_{nv}) + U_{bs}F_uA_{nt}$$ ویرایش ۱۴۰۱ (۱۰-۲-۹-۲۱)

که در آن:

$A_{gv}$ = سطح مقطع کلی تحت برش (بدون حذف سورخها = طول مسیر تحت برش X ضخامت)

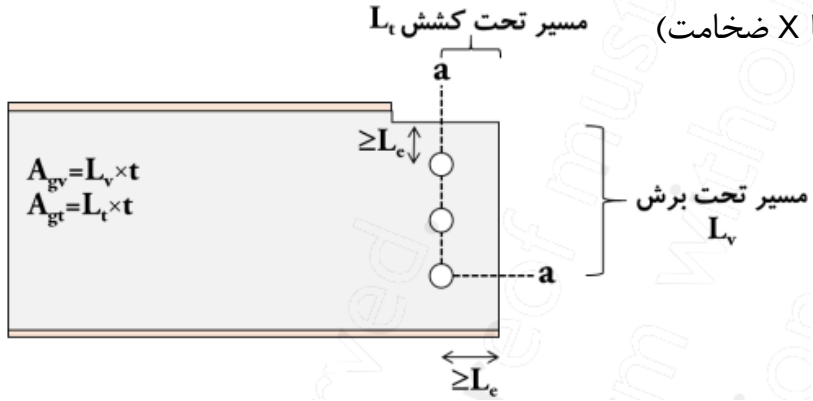
$A_{nt}$ = سطح مقطع خالص تحت کشش (با حذف سورخها = طول مسیر تحت کشش منهای سوراخها X ضخامت)

$A_{nv}$ = سطح مقطع خالص تحت برش (با حذف سورخها = طول مسیر تحت برش منهای سوراخها X ضخامت)

$F_y$ = تنش تسلیم فولاد

$F_u$ = تنش کششی نهایی فولاد

$U_{bs}$ = ضریب توزیع تنش که برای توزیع یکنواخت تنش کششی در انتهای عضو مقدار آن مساوی یک و برای توزیع غیریکنواخت تنش کششی در انتهای عضو مقدار آن مساوی ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود (شکل ۱۰-۲-۹-۱۰- ب).



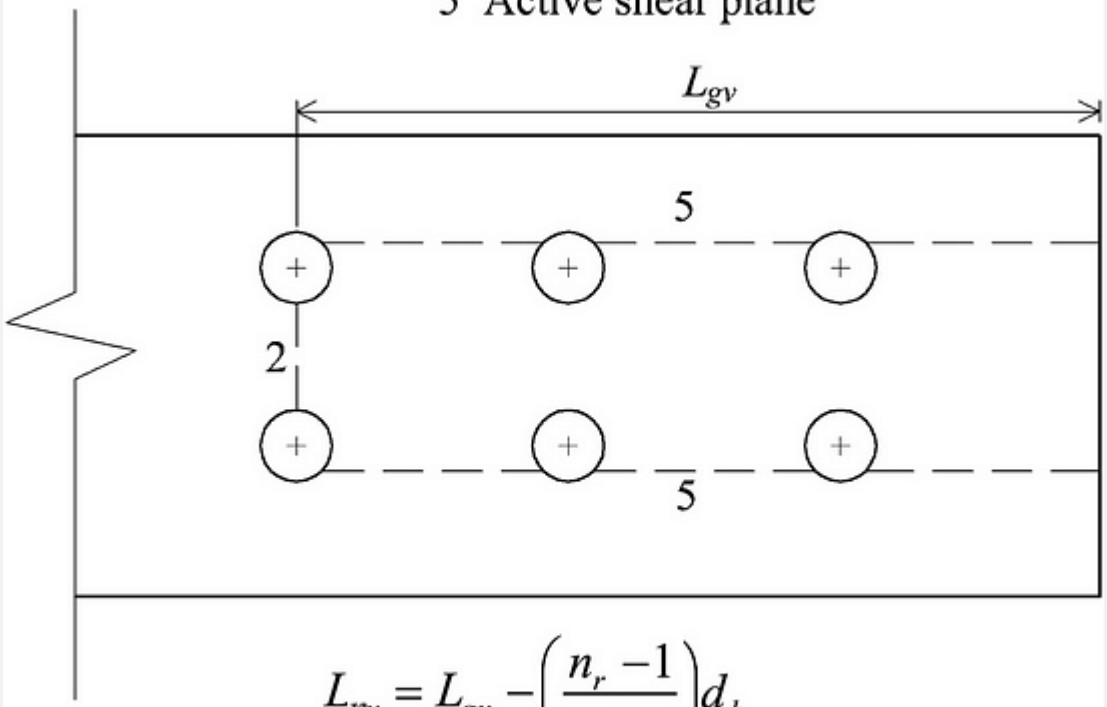
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ – کنترلهای ورق

## قسمت هشتم- کنترل صفحات اتصالات اتکایی- مقاومت برش قالبی

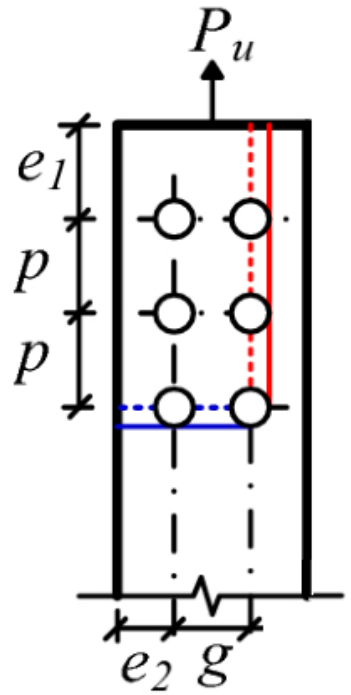
2 Net tensile plane
5 Active shear plane




$$L_{nv} = L_{gv} - \left(\frac{n_r - 1}{2}\right) d_h$$

$$A_{nv} = 2 L_{nv} t$$

Gross shear plane
Net shear plane
Gross tension plane
Net tension plane

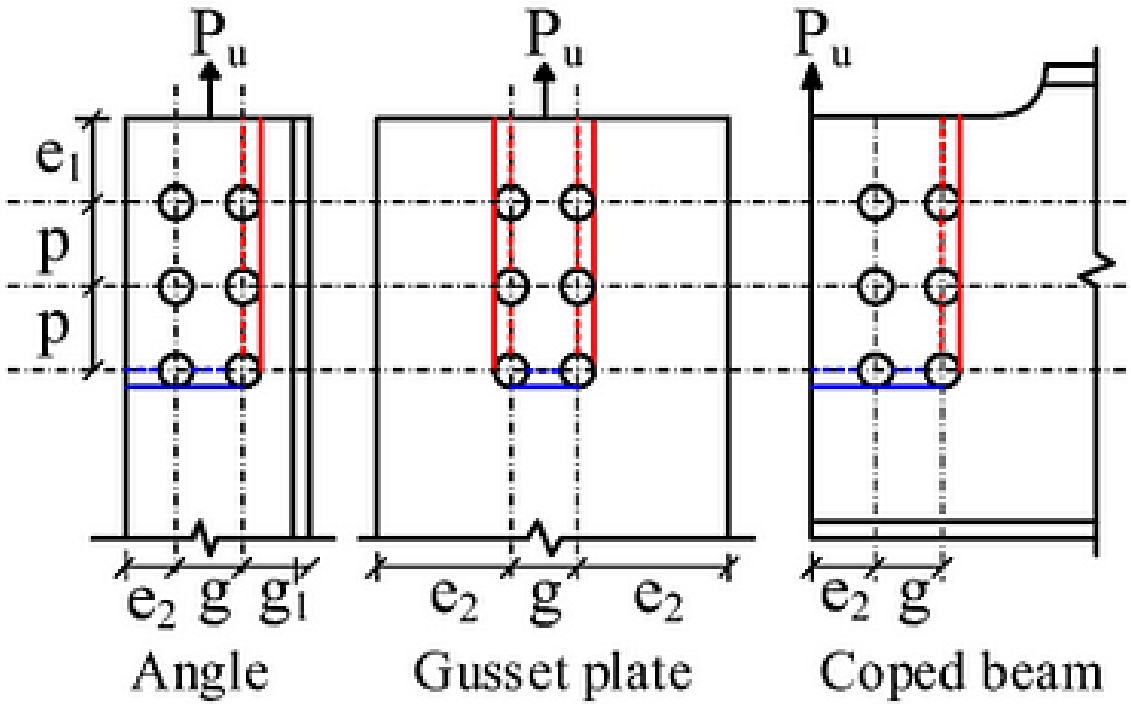


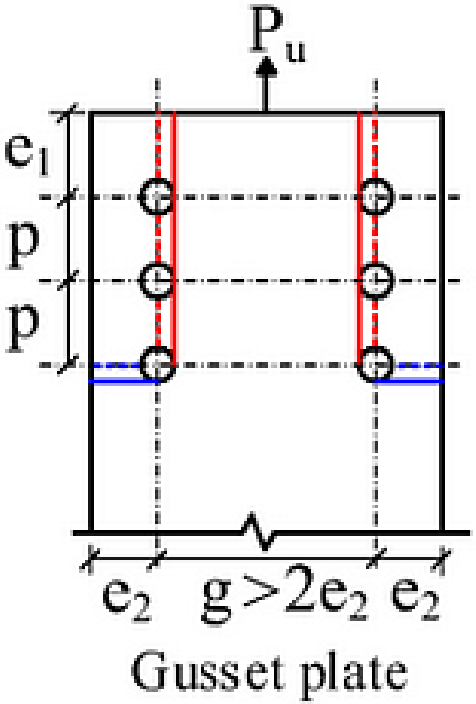
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ – کنترلهای ورق

## قسمت هشتم- کنترل صفحات اتصالات اتکایی- مقاومت برش قالبی



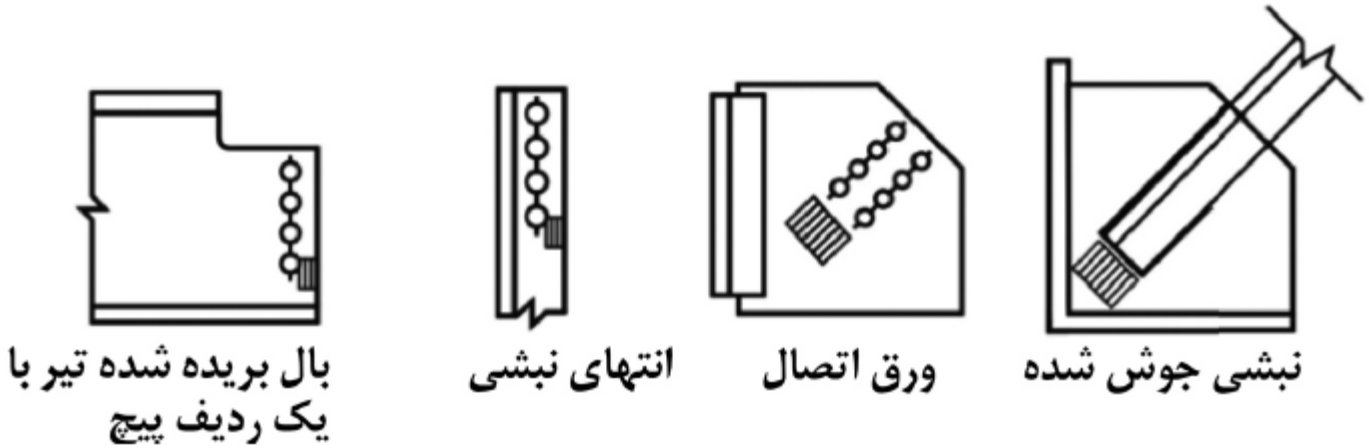



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

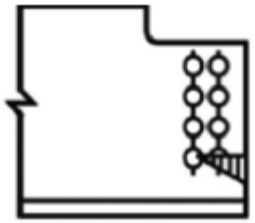
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ – کنترلهای ورق

## قسمت هشتم- کنترل صفحات اتصالات اتکایی- مقاومت برش قالبی




(a) حالت‌هایی که در آنها $U_{bs}$=۱/۰ در نظر گرفته می‌شود



بال بریده شده تیر با دو ردیف پیچ

(b) حالت‌هایی که در آنها $U_{bs}$=۰/۵ در نظر گرفته می‌شود

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ – کنترلهای ورق

## اتصالات پیش تنیده (ویرایش ۱۴۰۱)

**ب) اتصالات پیش‌تنیده:** اتصالات پیش‌تنیده اتصالاتی هستند که اولاً پیچ‌های آن از جنس فولاد پرمقاومت باشد و ثانیاً به لحاظ مشخصات هندسی قابلیت پیش‌تنیدگی داشته باشند و ثالثاً پیچ‌ها در هنگام سفت کردن پس از حصول حالت سفتی کامل، به روش مناسبی پیش‌تنیده شوند. پیش‌تنیدگی در این پیچ‌ها باید مطابق مقادیر جدول ۱۰-۲-۹-۵ باشد. مقاومت برشی و اتکایی موجود این نوع اتصالات مطابق اتصالات اتکایی تعیین می‌گردد و در آن‌ها از مقاومت لغزشی موجود سطوح تماس اتصال صرفنظر می‌شود.

استفاده از این نوع اتصالات علاوه بر مواردی که در این مبحث ذکر شده در شرایط زیر الزامی است

- در اتصالات اعضای فشاری ساخته‌شده مطابق الزامات بخش ۱۰-۲-۴
- در اتصالاتی که تحت اثر ارتعاش احتمال شُل شدگی پیچ‌ها وجود داشته باشد.
- در مواقعی که اتصال تحت اثر نیروهای رفت و برگشتی قابل‌ملاحظه بدون اثر خستگی قرار دارد.
- در مواقعی که اتصال تحت اثر نیروهای خستگی‌آور قرار دارد.
- کلیهٔ پیچ‌ها در رده مقاومتی A490 مطابق استاندارد ASTM و 10.9 مطابق استانداردهای EN و ISIRI و بالاتر که تحت اثر نیروی کششی همراه با نیروی برشی یا بدون آن قرار دارند.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

RESEARCH COUNCIL ON STRUCTURAL CONNECTIONS
rcsc

*Shear/Bearing Joint*. A *snug-tightened joint* or *pretensioned joint* with bolts that transmit shear loads and for which the design criteria are based upon the shear strength of the bolts and the bearing strength of the connected materials.

*Slip-Critical Joint*. A *joint* that transmits shear loads or shear loads in combination with tensile loads in which the bolts have been installed in accordance with Section 8.2 to provide a pretension in the installed bolt (clamping force on the *faying surfaces*), and with *faying surfaces* that have been prepared to provide a calculable resistance against slip.

## 4.2. Pretensioned Joints

*Pretensioned joints* are required in the following applications:

(1) *Joints* in which fastener pretension is required in the specification or code that invokes this Specification;
(2) *Joints* that are subject to significant load reversal;
(3) *Joints* that are subject to fatigue load with no reversal of the loading direction;

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

RESEARCH COUNCIL ON STRUCTURAL CONNECTIONS
rcsc

## نکته:

اندرکنش کشش و برش در اتصالات پیش تنیده که باید همانند اتصالات اتکایی لحاظ گردد، به این معنا نیست که کشش پیش تنیدگی همانند کشش خارجی با برش ترکیب می گردد، زیرا اندکی مانده به گسیختگی برشی پیچ، پیش تنیدگی آزاد شده لذا تنش کششی صفر خواهد شد.

When required, *pretension* is induced in a bolt by imposing a small axial elongation during installation. When the *joint* is subsequently loaded in shear, tension, or combined shear and tension, the bolts will undergo significant deformations prior to failure that have the effect of overriding the small axial elongation that was introduced during installation, thereby removing the *pretension*. Measurements taken in laboratory tests confirm that the *pretension* that would be sustained if the applied load were removed is essentially zero before the bolt fails in shear (Kulak et al., 1987). Thus, the shear and tensile strengths of a bolt are not affected by the presence of an initial *pretension* in the bolt.

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی

### ۱۰-۲-۹-۳-۵ مقاومت کششی طراحی و برشی طراحی در اتصالات اصطکاکی

مقاومت برشی طراحی پیچهای پرمقاومت در اتصالات اصطکاکی بر اساس کنترل لغزش بحرانی تعیین می‌گردد. لغزش بحرانی مساوی $\phi R_{nv}$ می‌باشد

$\phi$ = ضریب کاهش مقاومت به شرح زیر:

- برای سوراخ‌های استاندارد و سوراخ لوبیایی کوتاه در امتداد عمود بر راستای نیرو $\phi=1$
- برای سوراخ‌های بزرگ‌شده و سوراخ لوبیایی کوتاه در امتداد موازی با راستای نیرو $\phi=0/85$
- برای سوراخ‌های لوبیایی بلند $\phi=0/7$

$\mu$= ضریب اصطکاک به شرح زیر:

رنگ نشده

- برای وضعیت سطحی کلاس A (سطح فلس‌دار تمیز و رنگ شده): $\mu=0/3$
- برای وضعیت سطحی کلاس B (سطح تمیز شده با ماسه پاشی و رنگ‌نشده) : $\mu=0/5$

$D_u$ = نسبت پیش تنیدگی متوسط پیچها به پیش تنیدگی حداقل پیچها و مساوی ۱/۱۳

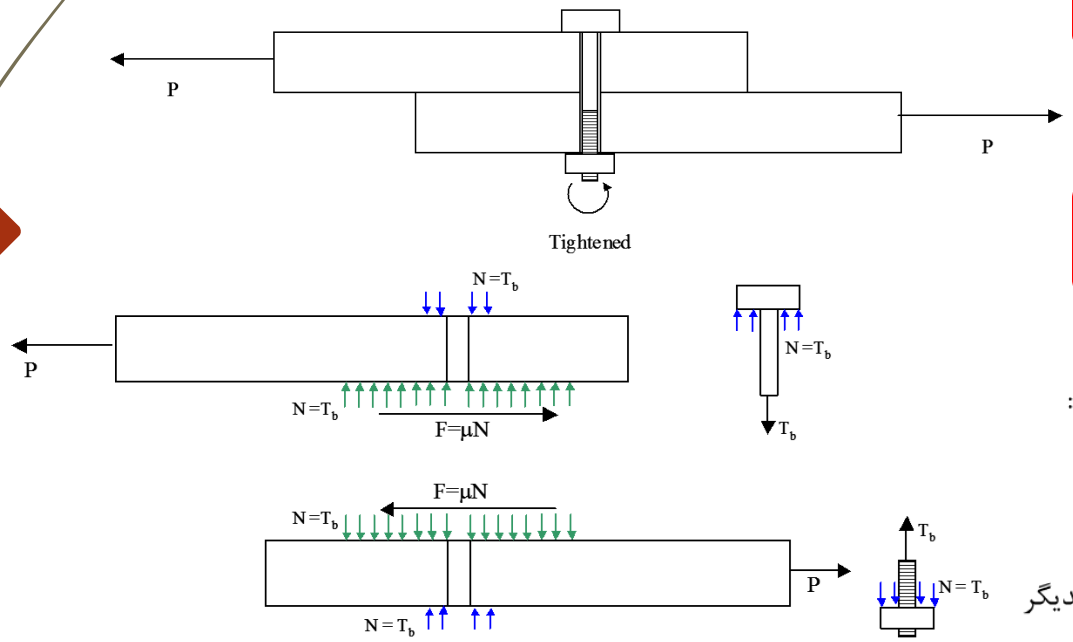
$h_f$ = ضریب کاهش بخاطر وجود ورق‌های پرکننده در بین قطعات متصل به یکدیگر به شرح زیر:

- در صورت عدم نیاز به ورق‌های پرکننده در بین قطعات متصل به یکدیگر مساوی ۱
- در صورت استفاده فقط از یک ورق پرکننده در بین قطعات متصل به یکدیگر مساوی ۱
- در صورت استفاده از دو یا تعداد بیشتری از ورق‌های پرکننده در بین قطعات متصل به یکدیگر مساوی ۰/۸۵

نکته :

مقاومت کششی طراحی پیچهای پرمقاومت در اتصالات اصطکاکی عیناً مشابه مقاومت کششی طراحی پیچهای پر مقاومت در اتصالات اتکایی بوده و از ضوابط بند ۱۰-۲-۹-۳-۳ تعیین می‌گردد.

$$R_{nv} = \mu D_u h_f T_b n_s \qquad (۱۰-۹-۲-۱۰)$$



**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش بحرانی (ویرایش ۱۴۰۱)

**پ) اتصالات لغزش بحرانی:** اتصالات لغزش بحرانی اتصالاتی هستند که در آن‌ها پیچ‌ها مانند پیچ‌های پیش‌تنیده به یکی از روش‌های مجاز سفت می‌شوند؛ لیکن انتقال نیروی برشی در اتصال، توسط مقاومت در برابر لغزش بین سطوح در تماس اتصال انجام می‌پذیرد. در اتصالات لغزش بحرانی، سطوح تماس باید دارای وضعیت سطحی کلاس A یا B مطابق بند ۱۰-۲-۹-۳-۵ باشند. در سطوح در تماس این نوع اتصالات نباید لغزش رخ دهد و پیچ به جدارهٔ سوراخ اتکاء نمی‌یابد. بااین‌وجود، مقاومت اتکایی و پارگی موجود باید مطابق بندهای ۱۰-۲-۹-۳-۷ و ۱۰-۲-۹-۳-۸ کنترل شود. مقاومت موجود این پیچ‌ها مطابق بند ۱۰-۲-۹-۳-۵ و ۱۰-۲-۹-۳-۶ انجام می‌پذیرد.

استفاده از اتصالات لغزش بحرانی علاوه بر مواردی که در سایر بخش‌های این مبحث ذکر شده در شرایط زیر الزامی است:

- در کلیهٔ مواردی که لغزش در اتصال موجب ناپایداری یا کاهش مقاومت موجود سازه می‌شود.
- در مواقعی که اتصال تحت اثر نیروهای رفت و برگشتی توأم با اثر خستگی قرار دارد. بار باد مصداق بار خستگی‌آور نیست.
- در مواردی که در اتصال از سوراخ بزرگ‌شده یا لوبیایی در امتداد نیرو استفاده شده باشد و استفاده از آن‌ها در این مبحث مجاز شمرده شده باشد.
- در اتصال انتهای ورق‌های پوششی بال‌های تیر مطابق بند ۱۰-۲-۵-۱۳.

- برای وضعیت سطحی کلاس A: $\mu$=0.3

این وضعیت سطحی باید دارای یکی از شرایط زیر باشد:

۱- سطح تمیزشدهٔ فلس‌دار حداقل با درجهٔ St 2 مطابق فصل ۱۰-۴ و رنگ‌نشدهٔ کاملاً محافظت‌شده

۲- سطح تمیزشده و ماسه‌پاشی‌شدهٔ فلس‌دار حداقل با درجهٔ Sa 1 مطابق فصل ۱۰-۴ با پوشش تاییدشدهٔ این کلاس مطابق استانداردهای معتبر

۳- سطح گالوانیزه‌شده به روش حوضچهٔ داغ و زبرشده

- برای وضعیت سطحی کلاس B: $\mu$=0.5

این وضعیت سطحی باید دارای یکی از شرایط زیر باشد:

۱- سطح تمیزشده و ماسه‌پاشی‌شده حداقل با درجهٔ Sa 2.5 مطابق فصل ۱۰-۴ و رنگ‌نشدهٔ کاملاً محافظت‌شده

۲- سطح تمیزشده و ماسه‌پاشی‌شده حداقل با درجهٔ Sa 2.5 با پوشش تاییدشدهٔ این کلاس مطابق استانداردهای معتبر

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

ویرایش ۱۴۰۱

## ۱۰-۴-۷-۳ درجات مختلف کیفیت آماده‌سازی سطوح[۱۸]

### ۱۰-۴-۷-۳-۱ تمیزکاری با پاشش مواد ساینده

**Sa 1 : تمیز کردن با ماسه‌پاشی خفیف**

سطح فولاد پس از ماسه‌پاشی خفیف، بدون استفاده از ذره‌بین، باید عاری از روغن، چربی، کثیفی، لایهٔ اکسید حاصل از نورد (که چسبندگی آن کم است)، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی باشد.

**Sa 2 : تمیز کردن به‌صورت ماسه‌پاشی متوسط**

سطح فولاد پس از ماسه‌پاشی، بدون استفاده از ذره‌بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز عمدهٔ مقدار لایهٔ اکسید حاصل از نورد، زنگ و پوشش‌های رنگی و مواد خارجی از روی سطح زدوده شده باشد. هرگونه مواد آلایندهٔ باقیمانده باید به سختی به سطح چسبیده باشند.

**Sa 2.5 : تمیز کردن با ماسه‌پاشی عمیق**

سطح فولاد پس از ماسه‌پاشی، بدون استفاده از ذره‌بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز باید لایهٔ اکسید حاصل از نورد، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی کاملاً زدوده شده باشند. هرگونه اثر به‌جامانده از مواد آلاینده، فقط به‌صورت لکه‌های جزئی به شکل خال‌ها و نوارها به نظر بیاید.

**Sa 3 : تمیز کردن با ماسه‌پاشی با حصول سطح نقره‌ای**

سطح فولاد پس از ماسه‌پاشی، بدون استفاده از ذره‌بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز باید لایهٔ اکسید حاصل از نورد، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی کاملاً زدوده شده باشند. چنین سطحی باید دارای نمای فلزی یکنواخت نقره‌ای باشد.

### ۱۰-۴-۷-۳-۲ تمیزکاری با برس سیمی

درجات آماده‌سازی سطوح در صورت استفاده از برس سیمی، با برس دستی یا برس‌های دوار برقی یا بادی، به شرح زیر است:

**St 2 : تمیز کردن با برس سیمی متوسط**

سطح فولاد پس از استفاده از برس سیمی، بدون استفاده از ذره‌بین، باید عاری از روغن، چربی، کثیفی، لایهٔ اکسید حاصل از نورد که چسبندگی آن کم است، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی باشد.

**St 3 : تمیز کردن با برس سیمی عمیق**

همانند سطح St2، ولی سطح فولاد باید عمیق‌تر و به کمک برس‌های دوار برقی یا بادی، برس زده شود، به‌طوری‌که سطح فلز درخشان گردد.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- نیروی پیش تنیدگی پیچهای پرمقاومت

ویرایش ۱۴۰۱ جدول ۱۰-۲-۹-۵

جدول ۱۰-۲-۹-۷ حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در اتصالات اصطکاکی ($T_b$)

| قطر اسمی پیچ (بر حسب میلی‌متر) | پیچ‌های نوع A۳۲۵ | پیچ‌های نوع A۴۹۰ |
|---|---|---|
| M۱۶ | ۹۱ kN | ۱۱۴ kN |
| M۲۰ | ۱۴۲ kN | ۱۷۹ kN |
| M۲۲ | ۱۷۶ kN | ۲۲۱ kN |
| M۲۴ | ۲۰۵ kN | ۲۵۷ kN |
| M۲۷ | ۲۶۷ kN | ۳۳۴ kN |
| M۳۰ | ۳۲۶ kN | ۴۰۸ kN |
| M۳۶ | ۴۷۵kN | ۵۹۵ kN |

حداکثر تنش کششی پیچ (جدول ۱۰-۲-۹-۱۰)

**نکته:**
البته عدد دقیق نیروی پیش تنیدگی برای پیچها 0.57AnbFu و برای موارد مشخص شده ضریب تقریبا 0.64 است.

**تبصره:** در مواردی‌که قطر اسمی پیچ غیر از اعداد ذکرشده در جدول ۱۰-۲-۹-۷ باشد، حداقل نیروی پیش‌تنیدگی را می‌توان برابر $۰/۵۵A_{nb}F_u$ (که *معادل* $۰/۷A_{eb}F_u$ است) در نظر گرفت، که در آن $A_{nb}$ سطح مقطع اسمی پیچ، $A_{eb}$ سطح مقطع خالص یا سطح مقطع زیر دندانه‌ها و $F_u$ تنش کششی نهایی مصالح پیچ است.

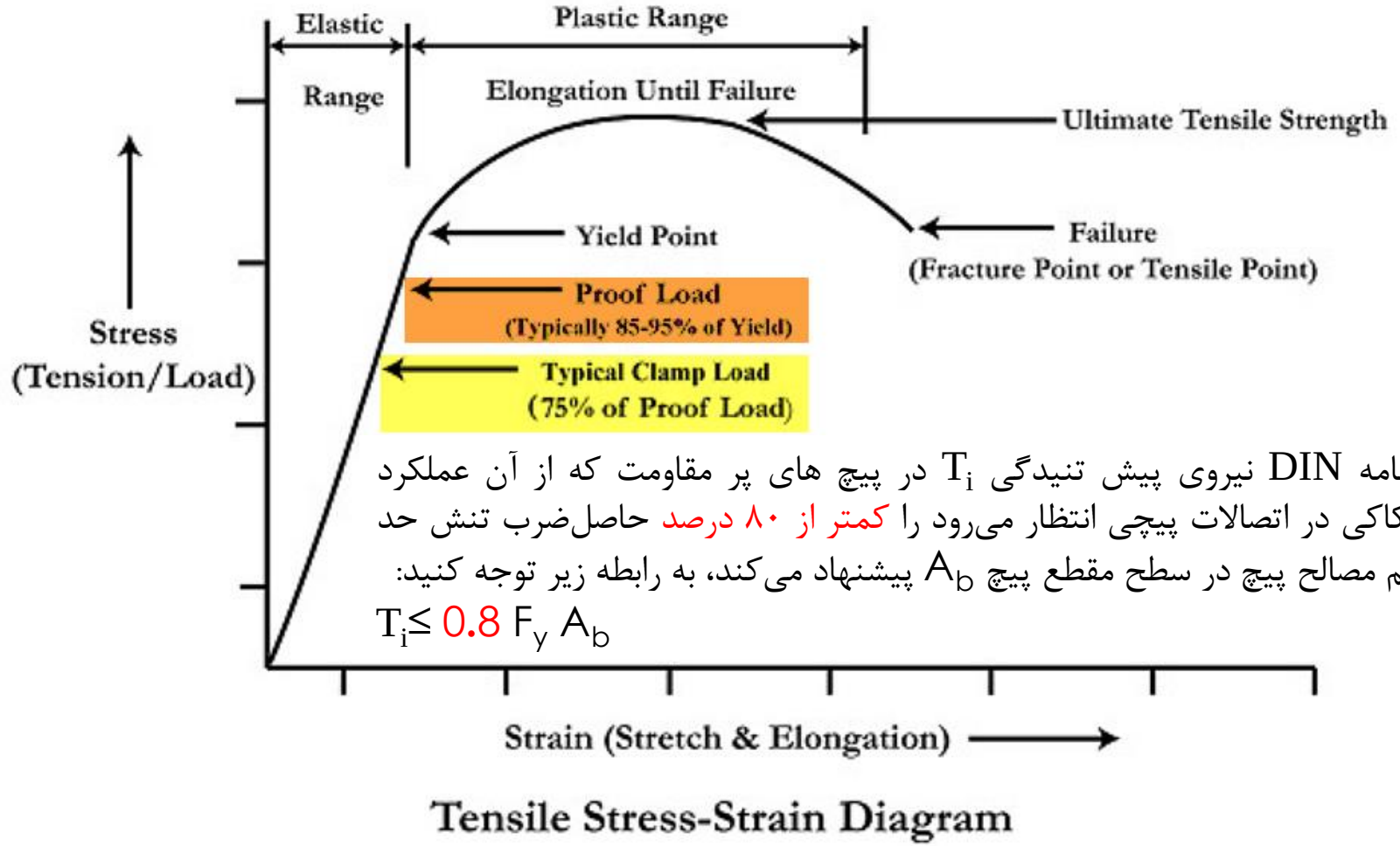
تنش پیش تنیدگی تقریبا برابر ۰.۷ تنش نهایی پیچ است. (نزدیک به Fy)

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- نیروی پیش تنیدگی پیچهای پرمقاومت (استاندارد ASTM)




Tensile Stress-Strain Diagram

آئین‌نامه DIN نیروی پیش تنیدگی $T_i$ در پیچ های پر مقاومت که از آن عملکرد اصطکاکی در اتصالات پیچی انتظار می‌رود را کمتر از ۸۰ درصد حاصل‌ضرب تنش حد تسلیم مصالح پیچ در سطح مقطع پیچ $A_b$ پیشنهاد می‌کند، به رابطه زیر توجه کنید:

$$T_i \leq 0.8\, F_y\, A_b$$

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- نیروی پیش تنیدگی پیچهای پرمقاومت

جدول ۱۰-۴-۳ نیروی پیش‌تنیدگی و لنگر پیچشی پیش‌تنیدگی متناظر برای پیچ‌های ۸.۸

| قطر اسمی (mm) | نیروی پیش‌تنیدگی (kN) | لنگر پیچشی لازم (KN.m) | |
|---|---|---|---|
| | | روغن‌کاری شده | گریسکاری با $MOS_2$ |
| M۱۶ | ۹۱ | ۰/۲۸ | ۰/۲ |
| M۲۰ | ۱۴۲ | ۰/۴۸ | ۰/۳۶ |
| M۲۲ | ۱۷۶ | ۰/۷۲ | ۰/۵۲ |
| M۲۴ | ۲۰۵ | ۰/۸۸ | ۰/۶۴ |
| M۲۷ | ۲۶۷ | ۱/۳۲ | ۱/۰ |
| M۳۰ | ۳۲۶ | ۱/۷۶ | ۱/۳۲ |
| M۳۶ | ۴۷۵ | ۳/۰۴ | ۲/۲۴ |

جدول ۱۰-۴-۴ نیروی پیش‌تنیدگی و لنگر پیچشی پیش‌تنیدگی متناظر برای پیچ‌های ۱۰.۹

| قطر اسمی (mm) | نیروی پیش‌تنیدگی (kN) | لنگر پیچشی لازم (KN.m) | |
|---|---|---|---|
| | | روغن‌کاری شده | گریسکاری با $MOS_2$ |
| M۱۶ | ۱۱۴ | ۰/۳۵ | ۰/۲۵ |
| M۲۰ | ۱۷۹ | ۰/۶ | ۰/۴۵ |
| M۲۲ | ۲۲۱ | ۰/۹ | ۰/۶۵ |
| M۲۴ | ۲۵۷ | ۱/۱ | ۰/۸ |
| M۲۷ | ۳۳۴ | ۱/۶۵ | ۱/۲۵ |
| M۳۰ | ۴۰۸ | ۲/۲ | ۱/۶۵ |
| M۳۶ | ۵۹۵ | ۳/۸ | ۲/۸ |

### مقایسه مقاومت برشی دو نوع اتصال:

اصطکاکی B

$$R_n = 1.13 \times 0.5 \times 0.57 \times A_{nb} \times F_u$$

$$R_n = 0.32 \times A_{nb} \times F_u$$

اتکایی

$$R_n = 0.75 \times 0.45 \times A_{nb} \times F_u \approx 0.34 \times A_{nb} \times F_u$$

برش از سطح دندانه شده می گذرد!

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی

$T_b$ = حداقل نیروی پیش تنیدگی پیچ طبق مقادیر جدول ۱۰-۲-۹-۷

$n_s$ = تعداد صفحات لغزش

**پیش تنیدگی پیچهای پرمقاومت در اتصالات باید به یکی از روشهای ارایه شده صورت پذیرد:**

۱- روش چرخش اضافه مهره
۲- آچار مدرج کالیبره شده
۳- واشر ویژه
۴- پیچهای ویژه(کشش کنترل) **TC**

---

**۱۰-۲-۹-۳-۶ اثر مشترک کشش و برش در اتصالات اصطکاکی** (ویرایش ۱۴۰۱ همین بند)

در اتصالات اصطکاکی، در صورت وجود توأم نیروی کششی و برشی، مقاومت برشی اسمی بر اساس کنترل لغزش طبق رابطهٔ ۱۰-۲-۹-۱۰ باید به شرح زیر در ضریب کاهش $k_{sc}$ ضرب گردد.

$$k_{sc} = ۱ - \frac{T_u}{D_u T_b n_b} \qquad (۱۰-۲-۹-۱۱)$$

$T_u$ = نیروی کششی مورد نیاز

$D_u$ = نسبت پیش‌تنیدگی متوسط پیچ‌ها به پیش‌تنیدگی حداقل پیچ‌ها و مساوی ۱/۱۳

$T_b$ = حداقل نیروی پیش‌تنیدگی پیچ طبق جدول ۱۰-۲-۹-۷

$n_b$ = تعداد پیچ‌هایی که نیروی کششی را تحمل می‌کنند.

---

RESEARCH COUNCIL ON STRUCTURAL CONNECTIONS
rcsc

کشش خارجی (عملا تا نیروی پیش تنیدگی تغییر وضعیتی رخ نداده و بلافاصله بعد از خلاصی اصطکاک و تماس ورقها، کل کشش به پیچ منتقل شده و احتمالا پیچ در کشش بریده می شود)

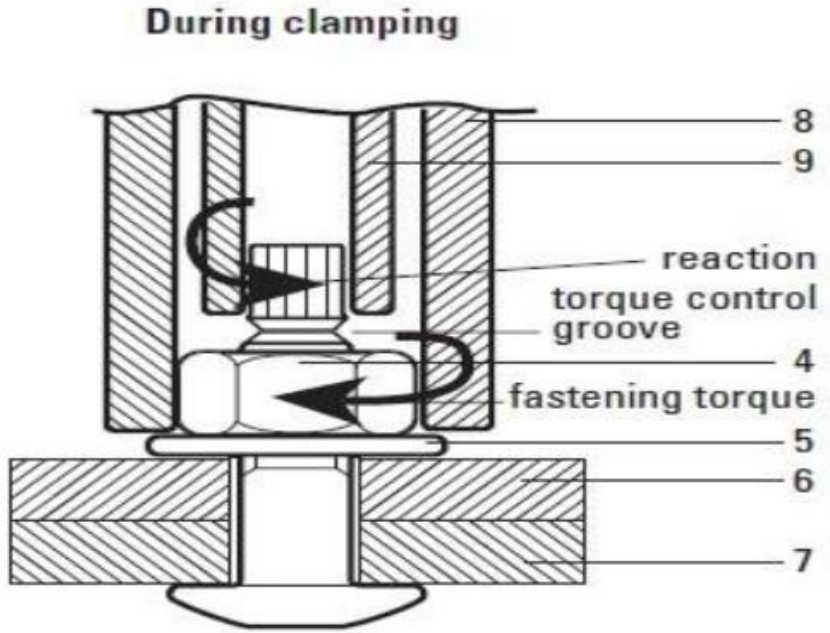
If *pretensioned* bolts are used in a *joint* that loads the bolts in tension, the question arises as to whether the *pretension* and the applied tension are additive. Because the compressed parts are being unloaded during the application of the external tensile force, the increase in bolt tension is minimal until the parts separate (Kulak et al., 1987). Thus, there will be little increase in bolt force above the *pretension* load under service loads. After the parts separate, the bolt acts as a tension member, as expected.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی



**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی(ویرایش ۱۴۰۱)

### چرخش اضافه

نکته:

پیچها معمولا تا ۲,۲۵ دور اضافه بعد از سفت شدن اولیه ظرفیت دارند.

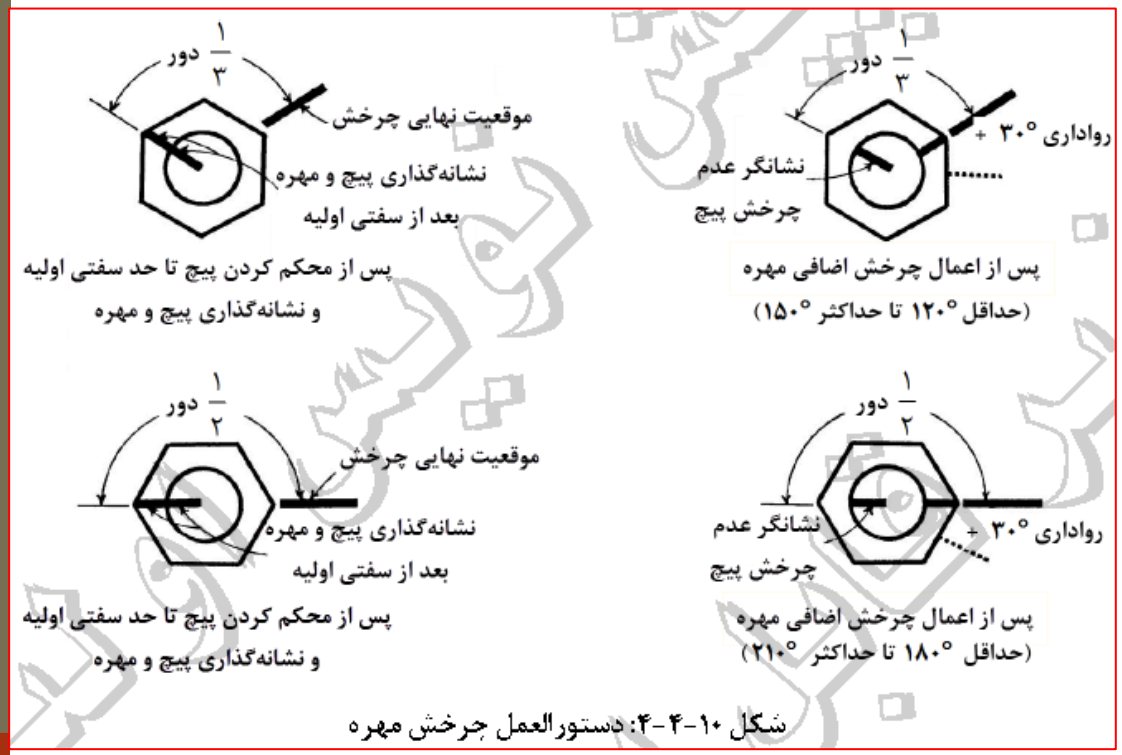
برای پیش‌تنیده کردن چنین پیچی باید مهرهٔ آن را به‌اندازهٔ مقداری که در جدول ۱۰-۴-۲ مشخص شده اضافه چرخاند. این چرخش اضافی را می‌توان به‌کمک آچار دسته بلند، یا با آچار معمولی با استفاده از دو کارگر یا به‌وسیلهٔ آچار بادی تأمین نمود.

حصول پیش‌تنیدگی باید توسط آچار مدرج (تورک‌متر) تأیید گردد.

**جدول ۱۰-۴-۲ چرخش اضافی لازم برای پیش‌تنیده کردن پیچها**

| طول پیچ (L) | تعداد دور اضافه برای پیش‌تنیده کردن پیچها |
|---|---|
| $L \le 4D$ | $\frac{1}{3}$ دور |
| $4D < L \le 8D$ | $\frac{1}{2}$ دور |
| $8D < L \le 12D$ | $\frac{2}{3}$ دور |

D قطر پیچ می‌باشد.




شکل ۱۰-۴-۴: دستورالعمل چرخش مهره

جدول ۱۰-۴-۱۰: چرخش اضافی لازم برای پیش‌تنیده کردن پیچهای کاملاً سفت ($d_b$ قطر اسمی پیچ است)

| طول پیچ (L) | دو سطح اتصال عمود بر محور پیچ | یک سطح اتصال عمود بر محور پیچ و سطح دیگر شیب‌دار با شیب کمتر از ۱:۲۰ | دو سطح اتصال شیب‌دار با شیب کمتر از ۱:۲۰ نسبت به محور پیچ |
|---|---|---|---|
| $L \le 4d_b$ | $\frac{1}{3}$ دور | $\frac{1}{2}$ دور | $\frac{2}{3}$ دور |
| $4d_b < L \le 8d_b$ | $\frac{1}{2}$ دور | $\frac{2}{3}$ دور | $\frac{5}{6}$ دور |
| $8d_b < L \le 12d_b$ | $\frac{2}{3}$ دور | $\frac{5}{6}$ دور | 1 دور |

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی - چرخش اضافه

**Table 8.2. Nut Rotation from Snug-Tight Condition for Turn-of-Nut Pretensioning [a,b]**

| Bolt Length [c] | Disposition of Outer Faces of Bolted Parts | | |
|---|---|---|---|
| | Both faces normal to bolt axis سطح صاف | One face normal to bolt axis, other sloped not more than 1:20 [d] | Both faces sloped not more than 1:20 from normal to bolt axis [d] |
| Not more than $4d_b$ | ⅓ turn | ½ turn | ⅔ turn |
| More than $4d_b$ but not more than $8d_b$ | ½ turn | ⅔ turn | ⅚ turn |
| More than $8d_b$ but not more than $12d_b$ | ⅔ turn | ⅚ turn | 1 turn |

[a] Nut rotation is relative to bolt regardless of the element (nut or bolt) being turned. For all required nut rotations, the tolerance is plus 60 degrees (⅙ turn) and minus 30 degrees.

[b] Applicable only to *joints* in which all material within the *grip* is steel.

[c] When the bolt length exceeds $12d_b$, the required nut rotation shall be determined by actual testing in a suitable *tension calibrator* that simulates the conditions of solidly fitting steel.

[d] Beveled washer not used.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی - آچار مدرج

چون یک کارگر توانایی لازم برای پیش‌تنیدگی پیچ‌ها را ندارد، به ناچار باید از وسایل ماشینی برای این مقصود استفاده نمود. این وسایل شامل ابزار مختلفی است که پرکاربردترین آن‌ها عبارتند از:

- آچار هیدرولیک (مناسب مخازن است)
- آچار بادی (پنوماتیک، برای پیچهای ۲۰ تا ۳۰- سرعت کم برای پیچهای با قطر زیاد و برعکس)
- آچار برقی (معمولا برای پیچهای زیر ۲۰ - گران است)

ابتدا برای رسیدن به پیشتنیدگی روی زمین سرعت باد (بر اساس دور در دقیقه یا **RPM** و بر اساس گشتاور مورد نیاز از روی کتابچه راهنما و یا تست توسط ترکمتر-پس از انجام تست در صورت عدم چرخش مهره مجموعه اتصال مورد تائید می باشد) تنظیم و بعد روی سازه استفاده می شودند. به طور کلی به ابزار سفت کردن و پیش‌تنیدن پیچ‌ها **Impactor** گفته میشود. نکته‌ی مهم هنگام استفاده از این ابزار عدم آگاهی از میزان گشتاور ایجاد شده و میزان پیش‌تنیدگی پیچ می‌باشد که مورد بسیار مهمی در زمینه‌ی ایجاد یک اتصال درست در هنگام اجراست.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی - آچار مدرج

برای رسیدن به پیشتنیدگی در پیچ‌های یک مجموعه اتصال، باید میزان گشتاور پیچشی مشخص شود که برای این کار از وسیله‌ای به نام ترک‌متر استفاده می‌شود. این وسیله دارای نشانگری‌ست که به کمک آن می‌توان مقدار گشتاور پیچشی وارد بر پیچ را اندازه‌گیری نمود. دو نوع متعارف ترک متر جغجغه ای (تقه ای) و اندی کاتوری (دیجیتالی و ...) است.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی - آچار مدرج

در مورد پیچ‌های تا سایز **M20** سایزهای پایین می‌توان انتظار داشت که نیروی یک کارگر معمولی توان سفت‌کردن آن‌را داشته باشد؛ اما، برای سایزهای بزرگتر از آن که نیروی کارگری تامین‌کننده‌ی میزان سفت‌شدگی نیست، باید از دستگاه «چندکاره» که در اصطلاح به آن «مولتی‌پلایر» گفته می‌شود استفاده نمود. این دستگاه دارای انواع گوناگونی است که براساس شاخصه‌ی نسبی با افزایش نیروی دست کارگر تقسیم‌بندی شده است. به عنوان مثال، مولتی‌پلایر ۱:۲ میزان نیروی دست کارگر را دو برابر و مولتی-پلایر ۱:۵ میزان نیروی دست کارگر را پنج برابر می‌کند. (در ایران ۱:۲و۱:۸و۱:۱۲و۱:۲۵ موجود است و ترکیب ترک متر و مولتی پلایر برای تست کردن استفاده می شود)

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی - آچار مدرج

**استفاده از ترک متر یا آچار مدرج**

**استفاده از ترک متر و بدست آوردن لنگر پیچشی برای حصول و رسیدن به نیروی پیش تنیدگی است و عدد ترک متر از این فرمول بدست می آید:**

**M=KDT**

**K در این فرمول ضریب پیچ براساس شرایط نو بودن و روغنکاری شدن می باشد که از این قرار است:**
**برای پیچ نو این عدد ۰,۲**
**برای پیچ روغن کاری شده بین ۰,۱۵ تا ۰,۱۸**
**برای پیچ گریسکاری شده ۰,۱۲**
**و برای پیچ با گریس مولیبدن سولفیت ۰,۱۳۷ می باشد.**

D قطر پیچ و T نیروی حاصل برای پیش تنیدگی می باشد.

$$M = 0.18 \times 30 \times 408 = 2200\, n.mm\ (M30)$$

برای تنظیم آچار ترک متر باید لنگر پیچشی لازم برای هر پیچ را بر عدد مولتی پلیر مورد استفاده تقسیم کنیم به عنوان مثال برای پیچ M۳۰ لنگر پیچشی لازم در حالت روغنکاری شده ( با توجه به نوع پیچ خریداری شده از کارخانه) ۲۲۰۰ N.M است و مولتی پلیر مورد استفاده ۱:۱۲ است

$$\frac{۲۲۰۰}{۱۲} = ۱۸۳\ \text{n.m}$$ تنظیم نشانگر ترک متر

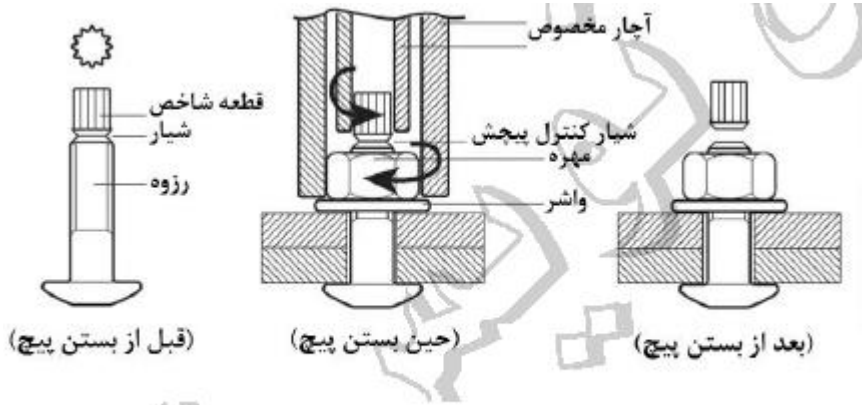
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

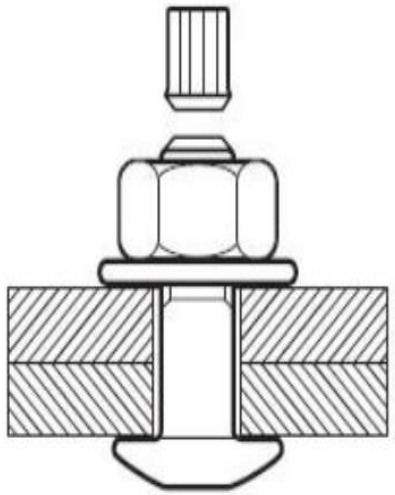
# طراحی پیچ

boltcouncil
RESEARCH COUNCIL ON STRUCTURAL CONNECTIONS
rcsc

## پ) پیچ‌های کشش-کنترل (TC Bolt) ویرایش ۱۴۰۱




شکل ۱۰-۴-۵: پیچ کشش-کنترل (TC Bolt)



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

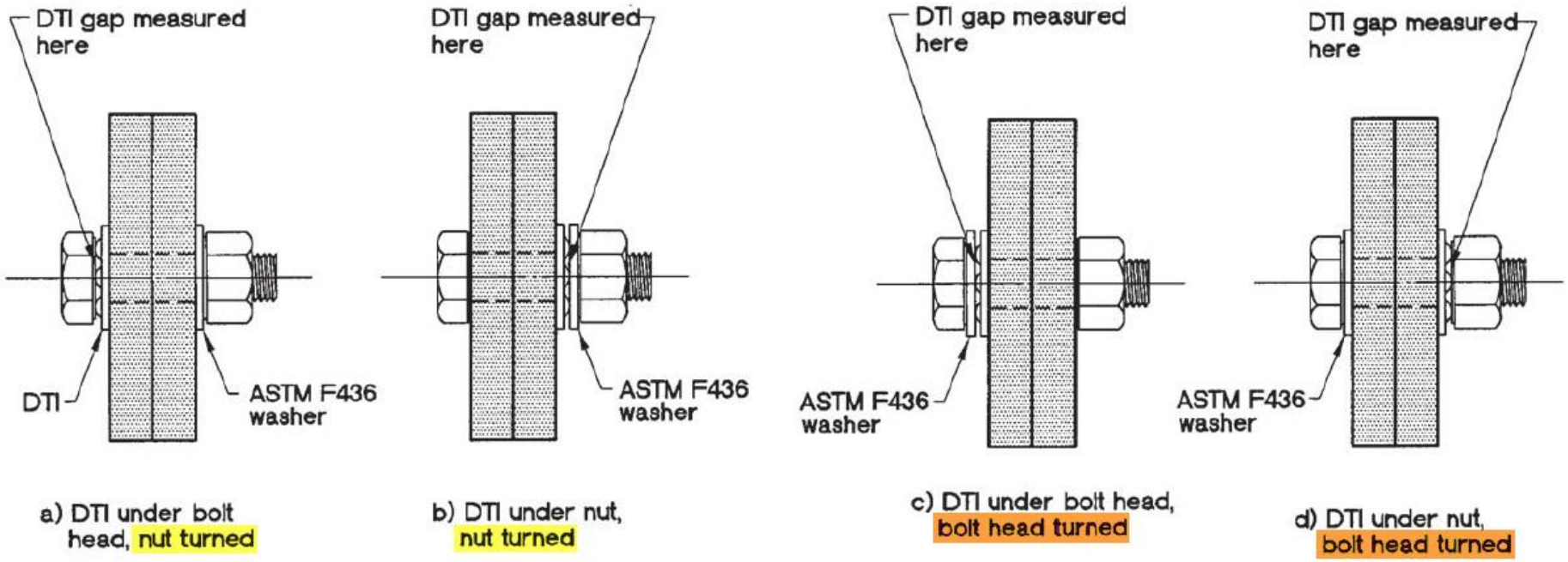
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

ویرایش ۱۴۰۱

## ت) واشرهای نمایانگر پیش‌تنیدگی (DTI)[۱۴]

واشرهای ویژه‌ای تحت عنوان واشرهای نمایانگر پیش‌تنیدگی هستند که در زیر کلگی پیچ یا مهره استفاده می‌شوند و تخت‌شدن برآمدگی‌های واشر تا حد معینی نشان‌دهندهٔ رسیدن نیروی کششی محوری پیچ به حد موردنظر است. در این روش باید اطمینان حاصل شود که نیروی متناظر با تخت‌شدن برجستگی‌های روی سطح، همان نیروی پیش‌تنیدگی پیچ براساس جداول ۱۰-۴-۸ (الف یا ب) یا بیشتر از آن است. مراحل محکم کردن این پیچ‌ها نیز مانند بند (پ) در فوق است.



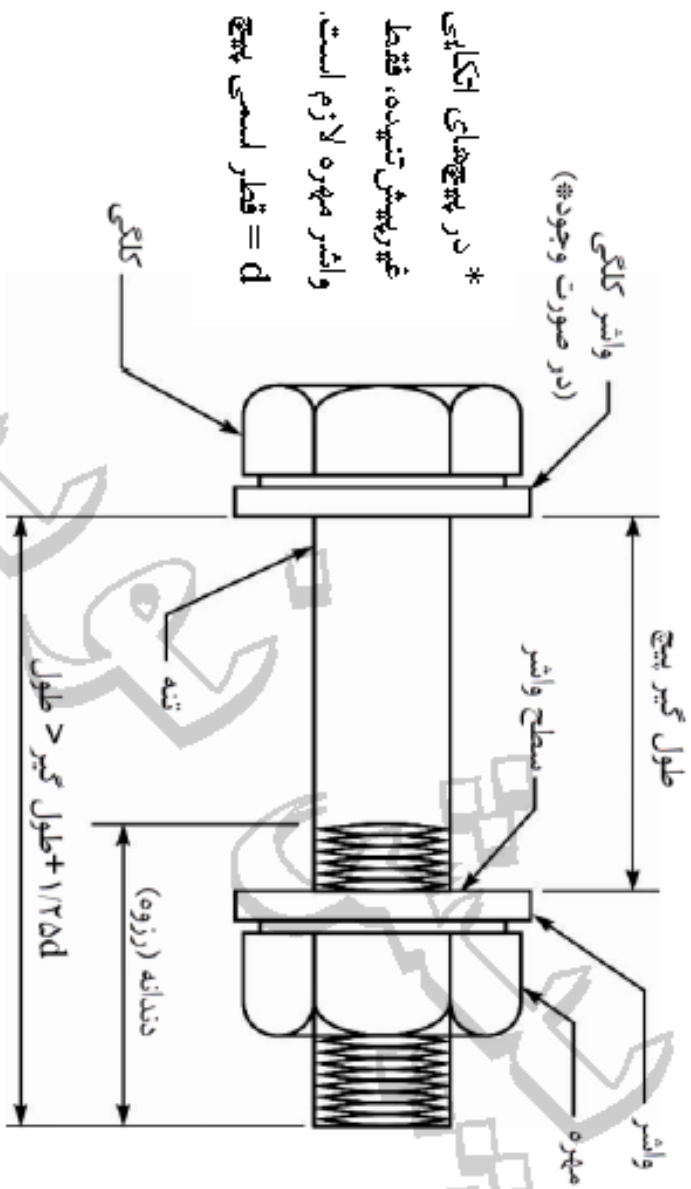

شکل ۱۰-۴-۶: محل قرار گرفتن واشر در روش DTI

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی (ویرایش ۱۳۹۲)




**۱۰-۴-۴-۶-۲ بستن و محکم کردن پیچ‌های اصطکاکی**

هنگامی‌که قطعات نصب می‌شوند، باید کلیهٔ سطوح اتصال (شامل سطوح مجاور کلهٔ‌پیچ‌ها و مهره‌ها) از قسمت‌های پوسته‌شده و دیگر مواد زاید عاری باشد، مخصوصاً سطوح تماس اتصالات اصطکاکی باید کاملاً تمیز باشد و اثری از پوستهٔ زنگ، رنگ، لاک، انواع روغن و مصالح دیگر در آنها وجود نداشته باشد.

**۱۱-۱-۸-۳- ۱۶** طول پیچ باید به اندازه‌ای باشد که پس از محکم کردن آن، حداقل سه دندانه کامل پیچ از مهره بیرون بماند. (برای همه پچها)

**۱۱-۱-۸-۳-۱۷** در اتصالات پیچی با عملکرد اصطکاکی با استفاده از پیچهای با مقاومت تسلیم ۹۰۰ مگاپاسکال، درصورتیکه مصالح فولادی اعضای متصل شونده دارای مقاومت تسلیم کمتر از ۲۸۰ مگاپاسکال باشند، استفاه از واشر سخت زیر پیچ و مهره الزامی است. ← ۱۰,۹ و ۱۲,۹

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

EN 14399-4 and EN 14399-8 nominally at least two full threads

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی (ویرایش ۱۴۰۱)

### ۱۰-۴-۵ اتصال با پیچ

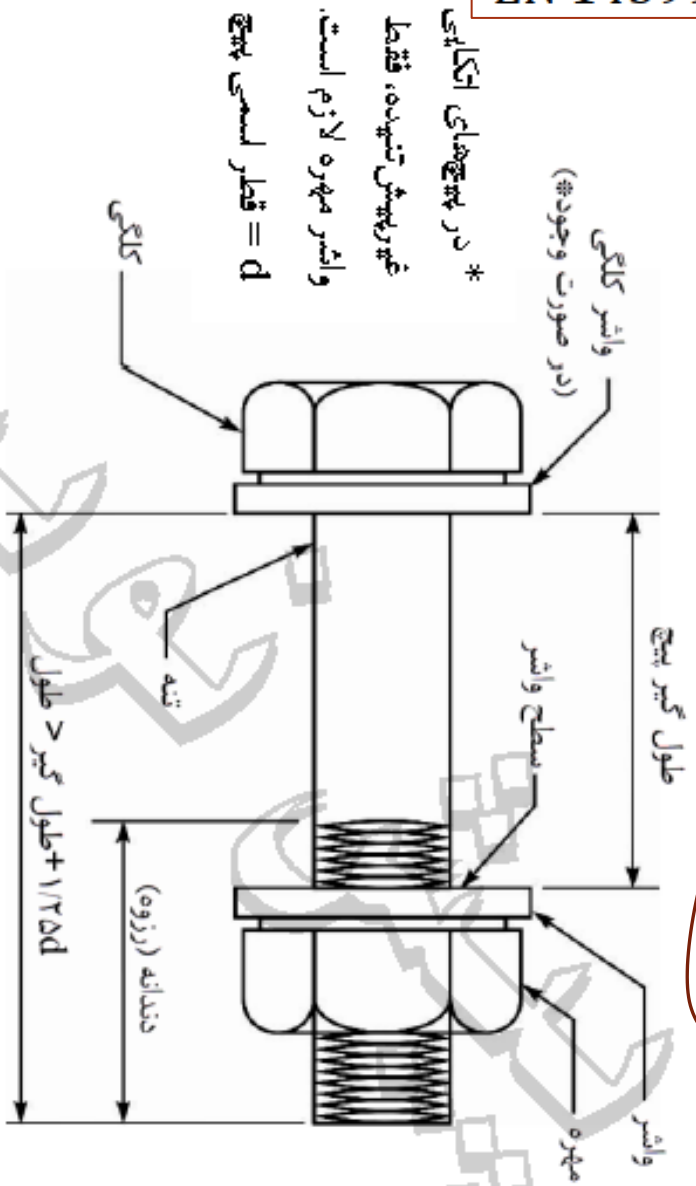
ب) در یک سازه ترجیحاً از کاربرد پیچ‌های با رده‌های مقاومتی مختلف پرهیز شود. طول پیچ باید به‌اندازه‌ای باشد که پس از محکم کردن آن، حداقل یک دندانهٔ کامل پیچ از هر طرف مهره بیرون بماند.

پ) در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی با استفاده از پیچ‌های با تنش تسلیم 900 مگاپاسکال، درصورتی‌که مصالح فولادی اعضای متصل شونده دارای حد تسلیم کمتر از 280 مگاپاسکال باشند، استفاده از واشر سخت تخت در زیر مهره و کلهٔ پیچ الزامی است.

ت) اگر اعضای متصل شونده دارای پوشش حفاظتی در سطوح خارجی باشند، لازم است به‌منظور جلوگیری از آسیب چرخش روی پوشش، از واشر زیر مهره و واشر زیر کلگی پیچ استفاده شود.

ث) درصورتی‌که پیچ در سوراخ لوبیایی یا سوراخ بزرگ‌شده نصب می‌شود، لازم است از واشر مناسب زیر کلگی پیچ و مهره استفاده شود.

(برای ۸,۸ یکی زیر مهره کافی است)



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی (ویرایش ۱۴۰۱)

علاوه بر حداقل واشر(های) مشخص شده می توان از دو واشر اضافی یا یک واشر صفحه ای (تنظیم کننده) یا یک واشر و یک واشر صفحه ای استفاده کرد.

**EN 1090-2**
March 2019

Plain chamfered washers

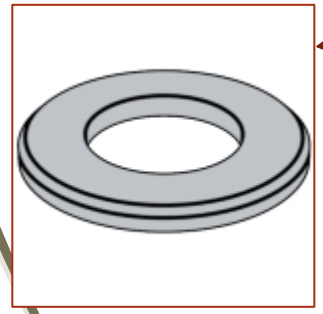


**Table 16 — Allowable adjustment of grip length for preloaded and non-preloaded bolting assemblies**

| Preloaded bolting assemblies[a] | Non-preloaded bolting assemblies |
|---|---|
| In addition to the minimum specified washer/s up to two additional washers[b] or one plate washer or one washer[b] and one plate washer may be used.<br>The combined thickness of the additional washers[b] shall not exceed 12 mm. | In addition to the minimum specified washers up to three washers or two washers and one plate washer or one washer and one plate washer or a plate washer may be used.<br>The combined thickness of the additional washers shall not exceed 12 mm. |
| a For preloaded bolting assemblies tightened by the torque control method (including system HRC) only one additional plate washer may be used on the side that is turned. An additional plate washer or additional washer may be placed on the side that is not turned.<br>b Washers in accordance with EN 14399-5 or EN 14399-6 as appropriate. Washers to EN 14399-5 shall not be used for assemblies to EN 14399-4 and EN 14399-8. | |

Plain washers

If additional washers or plate washers are used, the connection detail should be checked to ensure that the shear plane for bolts with a shank has not been relocated into the threaded portion of the bolt.

Dimensions and steel grades of plate washers shall be specified. They shall not be thinner than 4 mm.

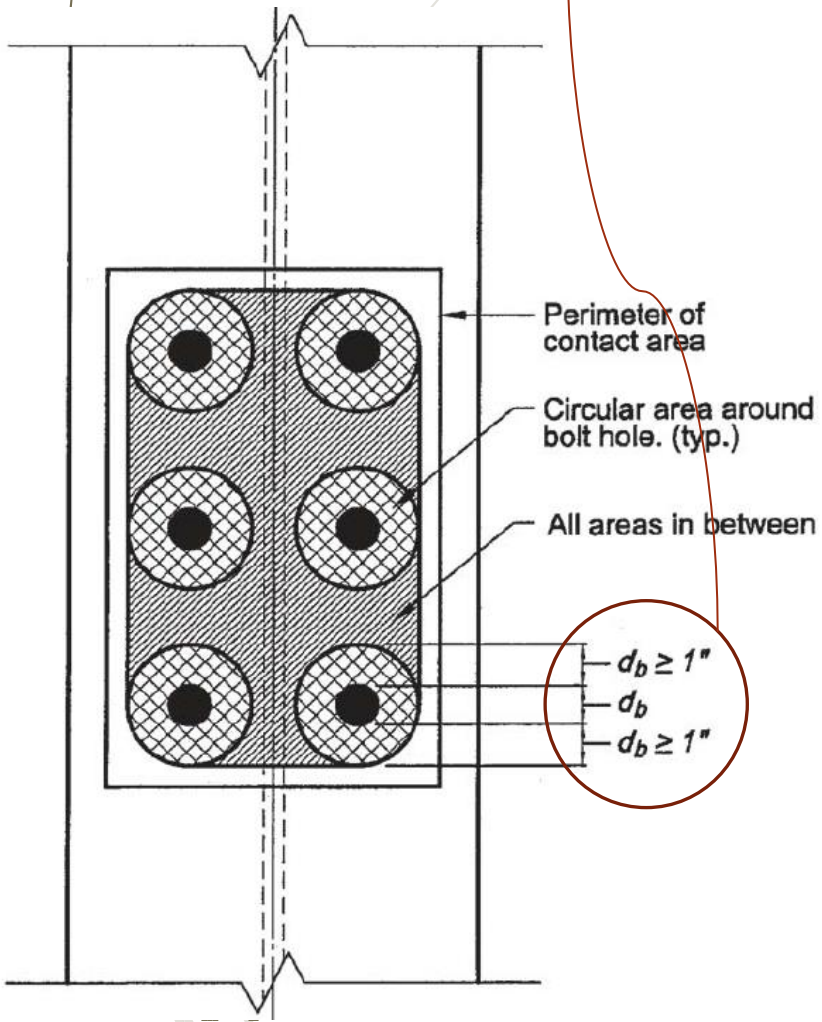
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی (ویرایش ۱۴۰۱)

*هر دو قسمت باید عاری از رنگ باشد (حداقل ۲,۵ سانت یا قطر پیچ اطراف پیچ باید اتصال کامل داشته باشد)




۳- نبود سطح تماس کامل بین سطوح با فاصلهٔ کمتر از 2 میلی‌متر، صرف‌نظر از نوع اتصال (جوش شیاری با نفوذ نسبی یا پیچی)، مجاز است. اگر این فاصله بین 2 تا 6 میلی‌متر باشد و بررسی مهندسی نشان دهد که سطح تماس کافی وجود ندارد، باید فواصل خالی با پرکنندهٔ فولادی مناسب پر شوند. فولاد پرکننده صرف‌نظر از نوع قطعهٔ اصلی، می‌تواند از جنس فولاد نرمهٔ ساختمانی باشد.

د) سطوح تماس مجاور سوراخ پیچ در اتصالات لغزش بحرانی باید شرایط زیر را برآورده کنند:

۱- در اتصالات بدون پوشش ویژه[۹]، باید هرگونه پوشش یا آلودگی سطحی در محدوده‌ای نزدیک‌تر از یک قطر پیچ و حداقل 25 میلی‌متر از لبه سوراخ پاک شود.

**۱۰-۴-۵-۱۱ استفادهٔ مجدد از پیچ‌های پیش‌تنیده‌شده**

استفادهٔ مجدد از پیچ‌هایی که تا حد سفتی اولیه محکم شده‌اند، بلامانع است. استفادهٔ مجدد از پیچ‌های پیش‌تنیده شده و مهره‌های آن‌ها مجاز نیست.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

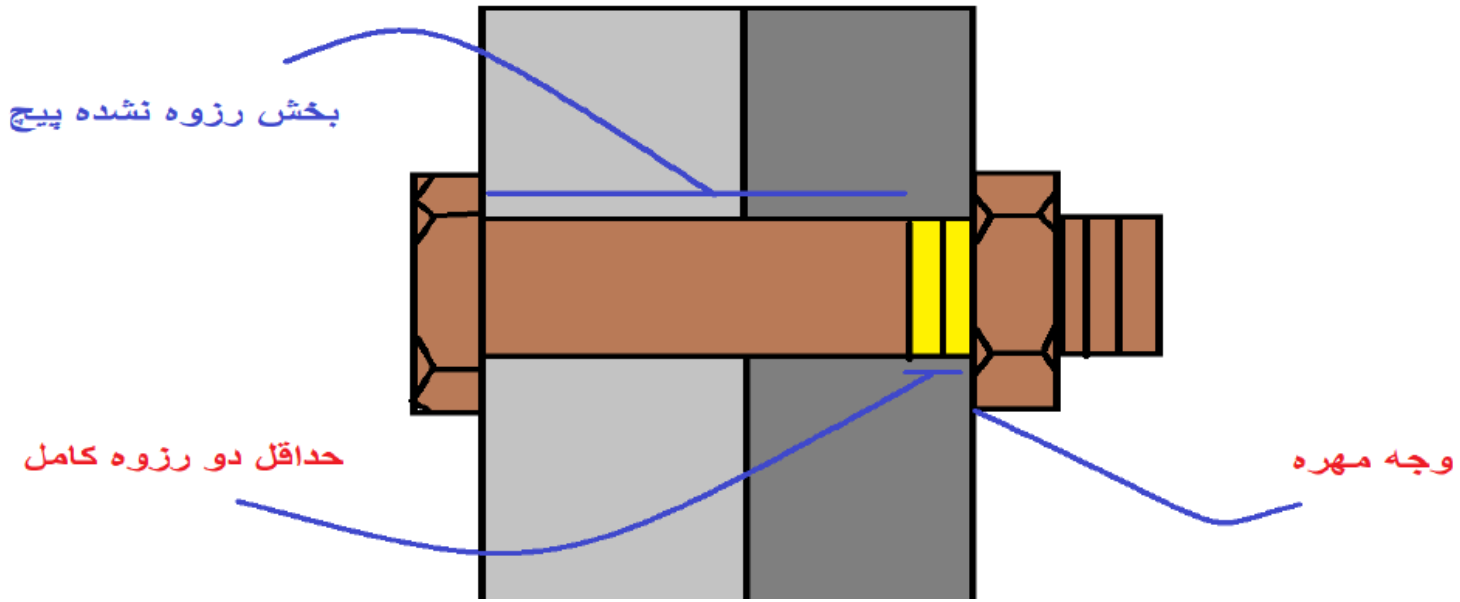
# طراحی پیچ

## قسمت هشتم- مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی (تحت کشش)

ANSI/AISC 358-16
ANSI/AISC 358s1-18
An American National Standard

### 6.6. BOLTS

Prequalification tests have been conducted with both pretensioned ASTM F3125 Grade A325 and A490 bolts. Bolt length should be such that at least two complete threads are between the unthreaded portion of the shank and the face of the nut after the bolt is pretensioned. Slip-critical connection provisions are not required for end-plate moment connections.

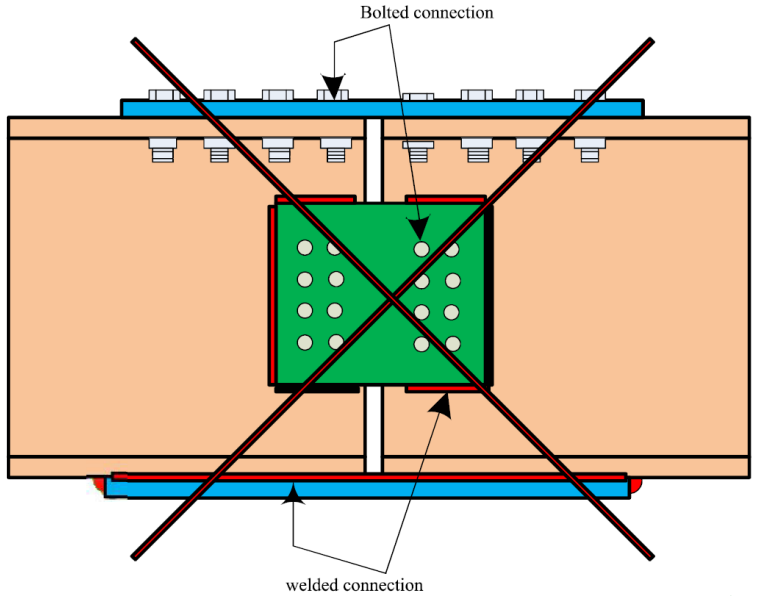


Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت نهم- استفاده همزمان جوش و پیچ




**۸-۱-۹-۲-۱۰ ترکیب پیچ و جوش** (ویرایش ۱۳۹۲)

وقتی‌که پیچ‌های معمولی یا پیچ‌های پر مقاومت در حالت اتصال اتکایی (غیر اصطکاکی) بصورت مشترک با جوش استفاده شود، نباید فرض کرد که آنها در تحمل بار با جوش سهیم هستند. دراین صورت کل تنش در اتصال را باید جوش به تنهایی تحمل کند.

در صورت استفاده از ترکیب جوش و پیچ‌های پر مقاومت در اتصال اصطکاکی، می‌توان جوش و پیچ را در تحمل تنش‌ها سهیم فرض کرد مشروط بر اینکه در اتصال‌های برشی سوراخ پیچ‌ها از نوع استاندارد یا دارای شکاف‌های عمود بر جهت بار و جوش‌های گوشه تحت اثر بار طولی در نظر گرفته شده باشند. در چنین اتصال‌هایی، مقاومت موجود در پیچ‌ها را نباید بزرگتر از ۵۰ درصد مقاومت موجود پیچ‌ها در حالت اتکایی در نظر گرفت.

تقویت از طریق جوشکاری در خصوص ساختمان‌های موجودی که اتصالات آنها از نوع پیچی می‌باشد به شرطی مجاز است که پیچ‌های موجود از نوع اصطکاکی طراحی و اجرا شده باشند. در اینگونه موارد پیچ‌های موجود را می‌توان برای انتقال بارهای موجود فرض نموده و جوش باید تنش‌های اضافی را انتقال دهند.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی پیچ

## قسمت نهم- استفاده همزمان جوش و پیچ (ویرایش ۱۴۰۱)

۱۰-۲-۹-۱-۶ ترکیب پیچ و جوش

به‌طورکلی وقتی در یک اتصال از ترکیب جوش و پیچ استفاده می‌شود پیچ را نمی‌توان در تحمل بار با جوش سهیم دانست. اما در صورت رعایت شرایط زیر، در تعیین مقاومت موجود اتصال متشکل از پیچ‌های پرمقاومت و جوش‌های گوشهٔ طولی، مقاومت اسمی آن را می‌توان برابر مجموع مقاومت لغزشی اسمی پیچ‌ها و مقاومت اسمی جوش‌های گوشهٔ طولی در نظر گرفت:

**الف)** پیچ‌ها از نوع پرمقاومت بوده و به‌صورت لغزش بحرانی طراحی شده باشند.

ب) در طراحی به روش LRFD ضریب کاهش مقاومت برابر $\phi = 0.75$ و در طراحی به روش ASD ضریب اطمینان برابر $\Omega = 2.00$ در نظر گرفته شود.

پ) اگر پیچ‌های پرمقاومت با استفاده از روش چرخاندن اضافی مهره‌ها مطابق الزامات فصل ۱۰-۴ پیش‌تنیده شوند، مقاومت موجود جوش‌های گوشه طولی از 50 درصد مقاومت موردنیاز اتصال کمتر نباشد.

ت) اگر پیچ‌های پرمقاومت با استفاده از هر روشی به‌جز روش چرخاندن اضافی مهره‌ها مطابق الزامات فصل ۱۰-۴ پیش‌تنیده شوند، مقاومت موجود جوش‌های گوشه طولی از 70 درصد مقاومت موردنیاز اتصال کمتر نباشد.

ث) مقاومت موجود پیچ‌های پرمقاومت از 33 درصد مقاومت موردنیاز اتصال کمتر نباشد.

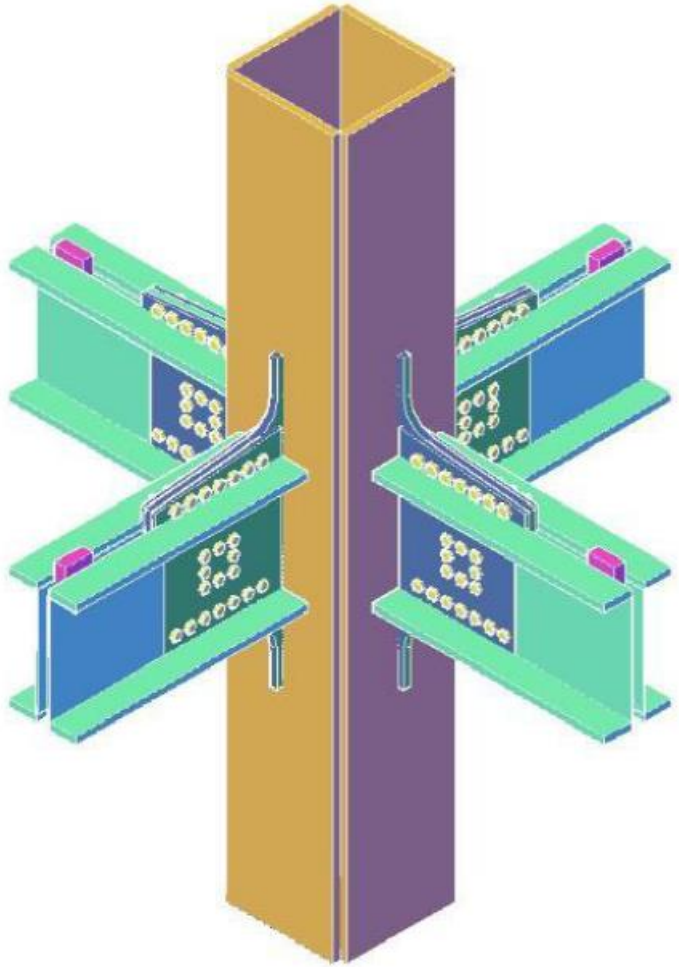
تبصره ۱: در اتصالات ترکیبی (ترکیب پیچ و جوش‌های طولی) مقاومت موجود اتصال لزومی ندارد کمتر از مقاومت پیچ‌ها به تنهایی و مقاومت جوش‌ها به تنهایی در نظر گرفته شود.

تبصره ۲: در خصوص ساختمان‌های موجودی که اتصالات آن‌ها از نوع پیچی است، تقویت اتصال از طریق جوش، به شرطی مجاز است که پیچ‌های موجود از نوع پرمقاومت و با عملکرد لغزش بحرانی طراحی و اجرا شده باشند. در این‌گونه موارد جوش باید نیروهای مازاد بر آنچه پیچ تحمل می‌کند را انتقال دهد و مقاومت موجود جوش نباید از 25 درصد مقاومت موردنیاز کمتر لحاظ شود.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# انتخاب اتصال بر مبنای نوع سیستم سازه ای

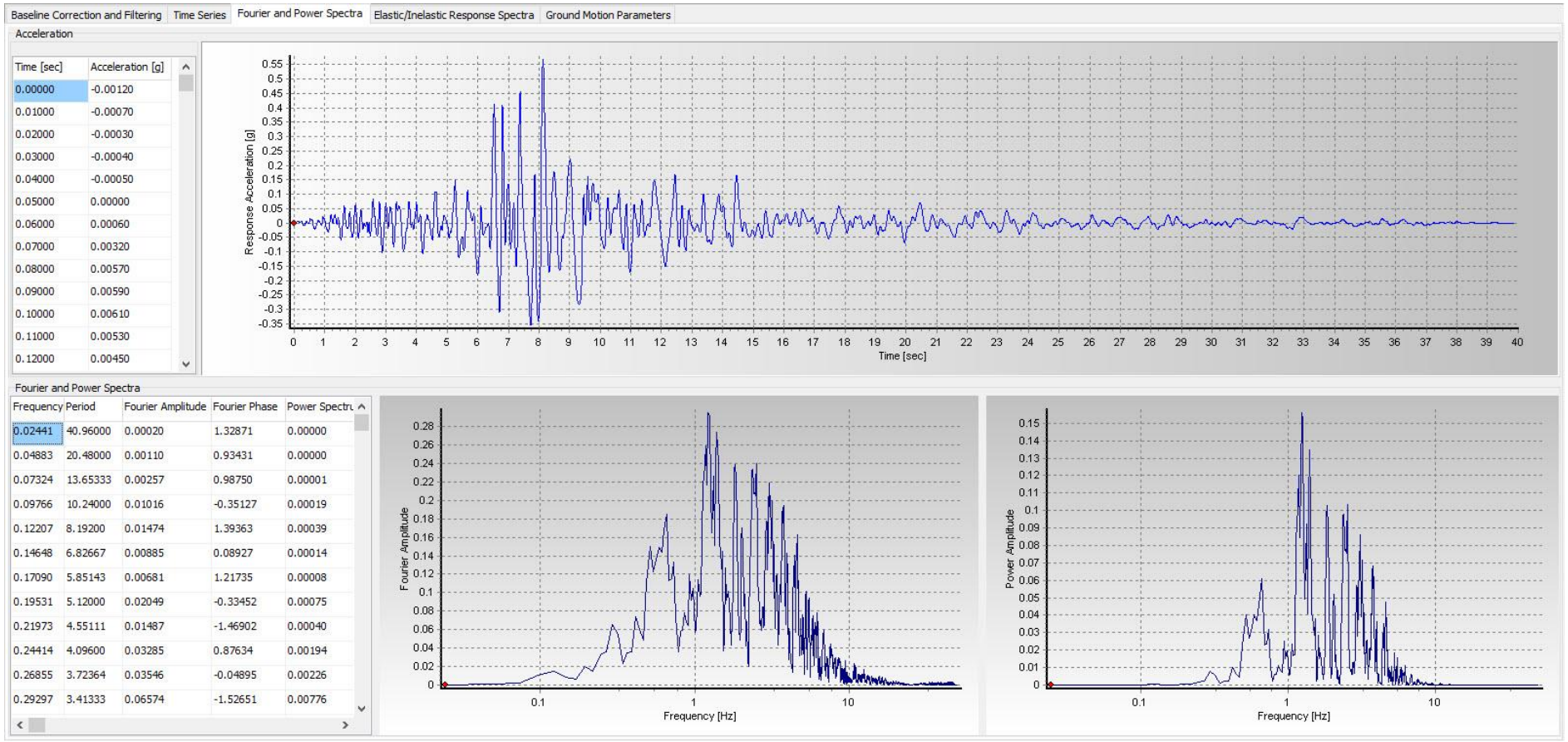
انتخاب سیستم سازه ای بر مبنای :

- محدودیتهای معماری و ابعادی سازه (سختی مورد نیاز برای سازه های بلند و . . )
- محدودیتهای اقتصادی و اجرایی سازه (هزینه مصالح و اجرا)
- اندرکنش استاتیکی خاک و سازه (مقاومت خاک و تمرکز تنش)
- اندرکنش دینامیکی خاک و سازه (زمان تناوب خاک و سازه)

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# انتخاب اتصال بر مبنای نوع سیستم سازه ای



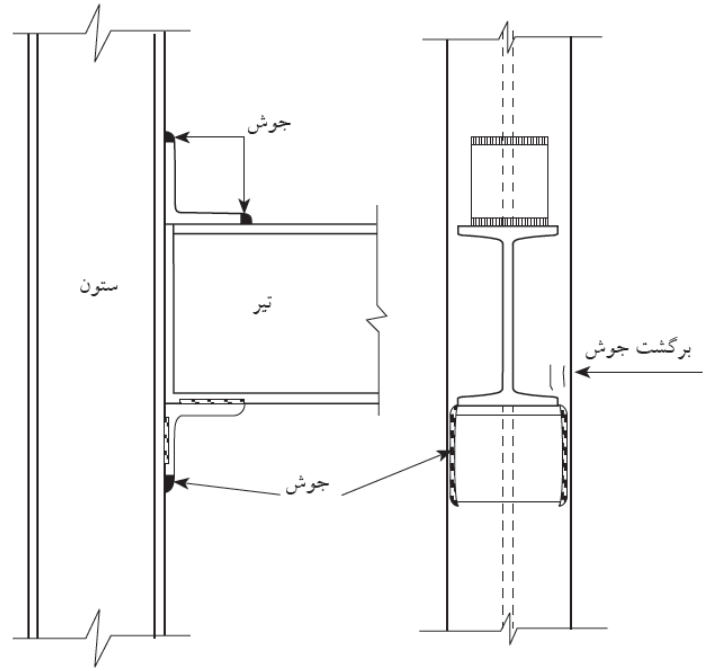
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

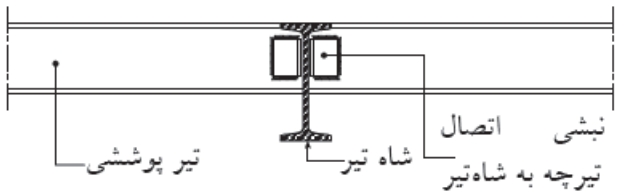
# طراحی اتصالات ساده

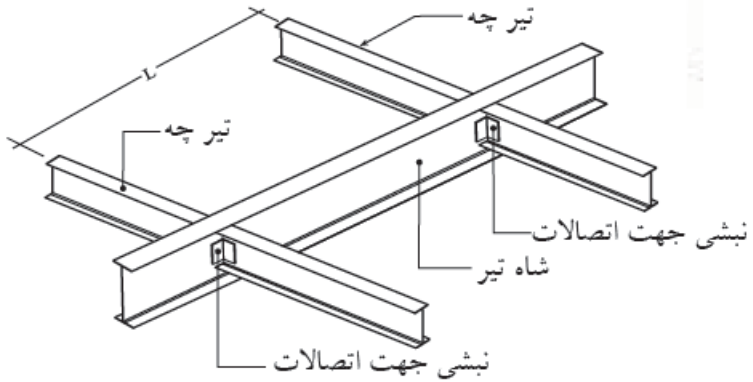
## انواع اتصال ساده (مفصلی)

اتصال با نبشی بال:

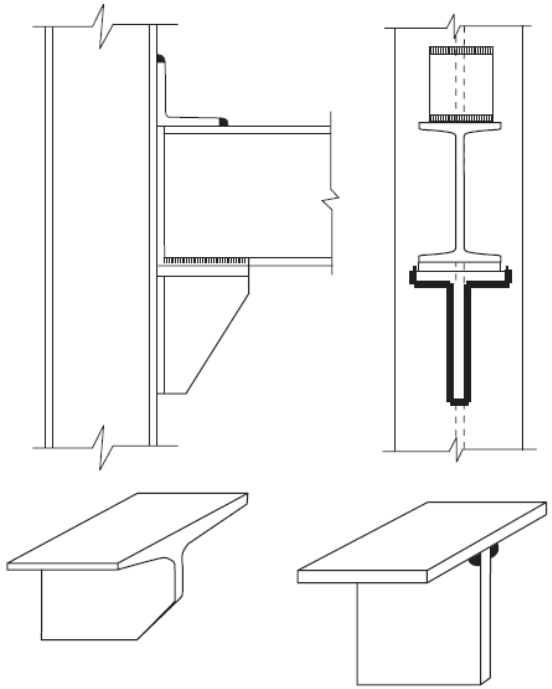



اتصال با نبشی جان:




اتصال با نشیمن تقویت شده:



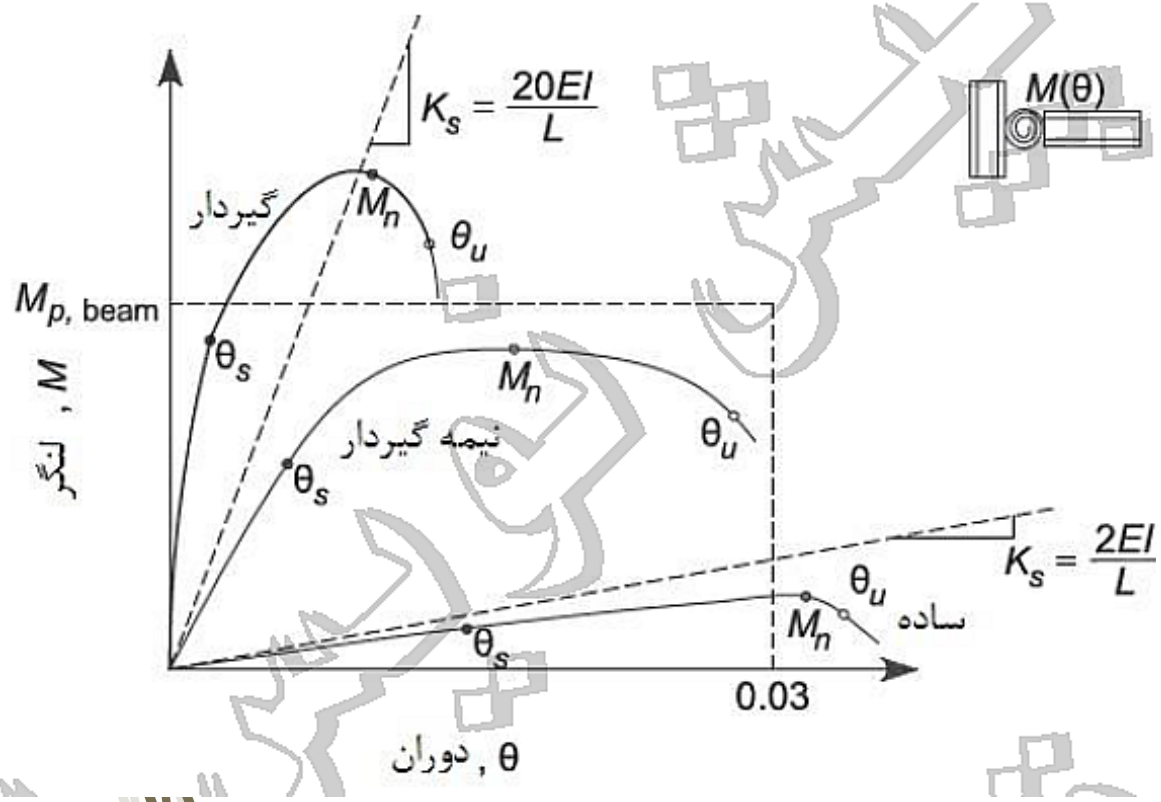
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات ساده

## انواع اتصال ساده (مفصلی) (ویرایش ۱۴۰۱)

### ۱۰-۲-۹-۱-۲ انواع اتصالات ساختمانی




**الف) اتصالات ساده:** اتصالات سادهٔ استاندارد به اتصالی گفته می‌شوند که از نظر دوران انعطاف‌پذیر بوده و لنگری به تکیه‌گاه انتقال نمی‌دهند و درنتیجه می‌توان آن‌ها را فقط در برابر برش (عکس‌العمل تکیه‌گاه) و آثار ناشی از آن طراحی نمود. در صورت وجود نیروی محوری، آثار آن نیز باید در طراحی اتصال لحاظ شود. اتصالات ساده باید شرایط آزادی دوران در انتهای اعضا را با جزئیات مناسب تأمین نمایند. معمولاً اتصالات ساده تحت اثر بارهای بهره‌برداری دارای سختی ($K_s$ در شکل ۱۰-۲-۹-۳) کمتر از دو برابر سختی خمشی سکانتی تیر (2EI/L) هستند. در یک اتصال مقدار $K_s$ برابر لنگر خمشی تقسیم بر دوران متناظرش تحت اثر بارهای بهره‌برداری است. اتصالات ساده را می‌توان به‌صورت ایده‌آل مدل کرد.

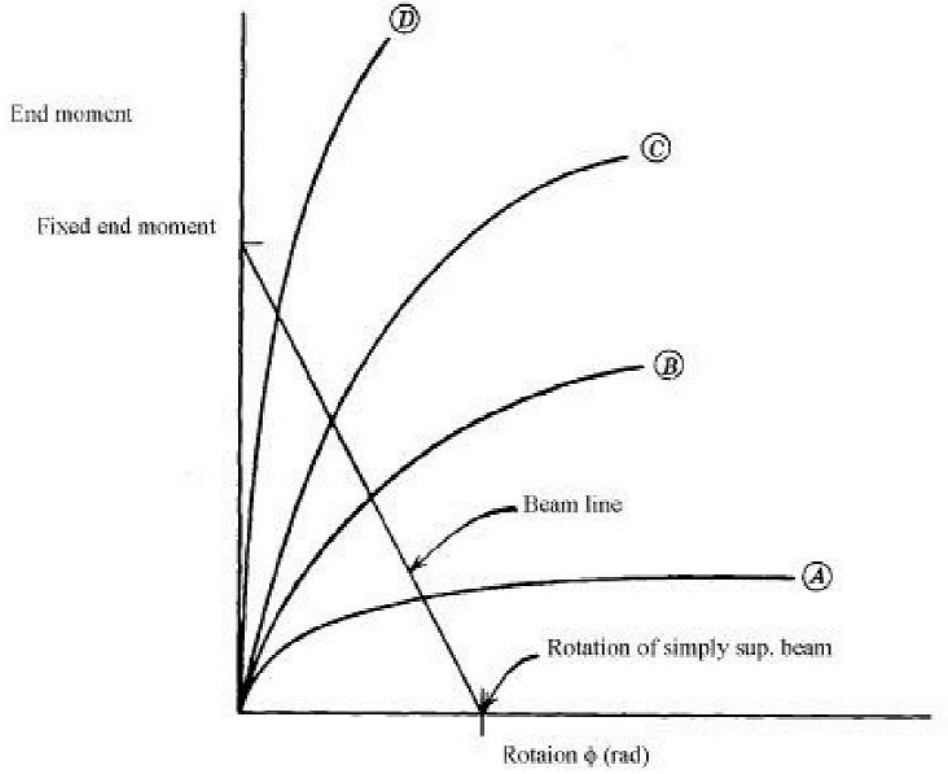
**ب) اتصالات گیردار:** اتصالات گیردار به اتصالاتی گفته می‌شوند که در آن چرخش نسبی بین اعضای متصل‌شده به یکدیگر ناچیز بوده و معمولاً تحت اثر بارهای بهره‌برداری دارای سختی بیش از بیست برابر سختی خمشی سکانتی تیر (20EI/L) هستند. اتصالات گیردار را می‌توان به‌صورت ایده‌آل مدل کرد.

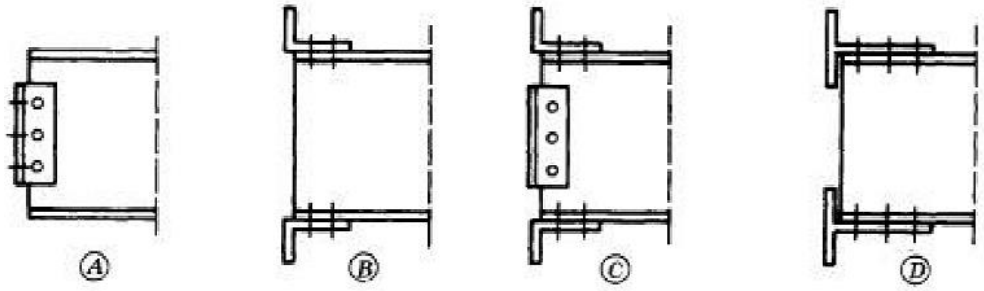
**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

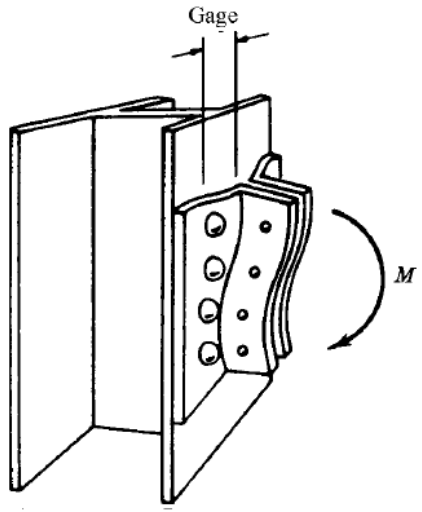
**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی اتصالات ساده

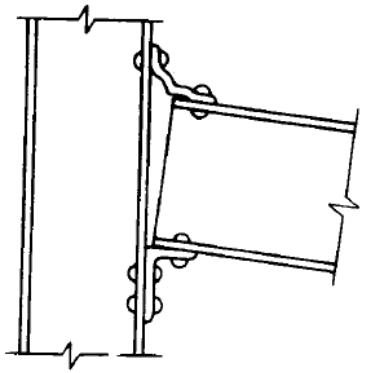
## انواع اتصال ساده (مفصلی)




Deformation of
web angle connection



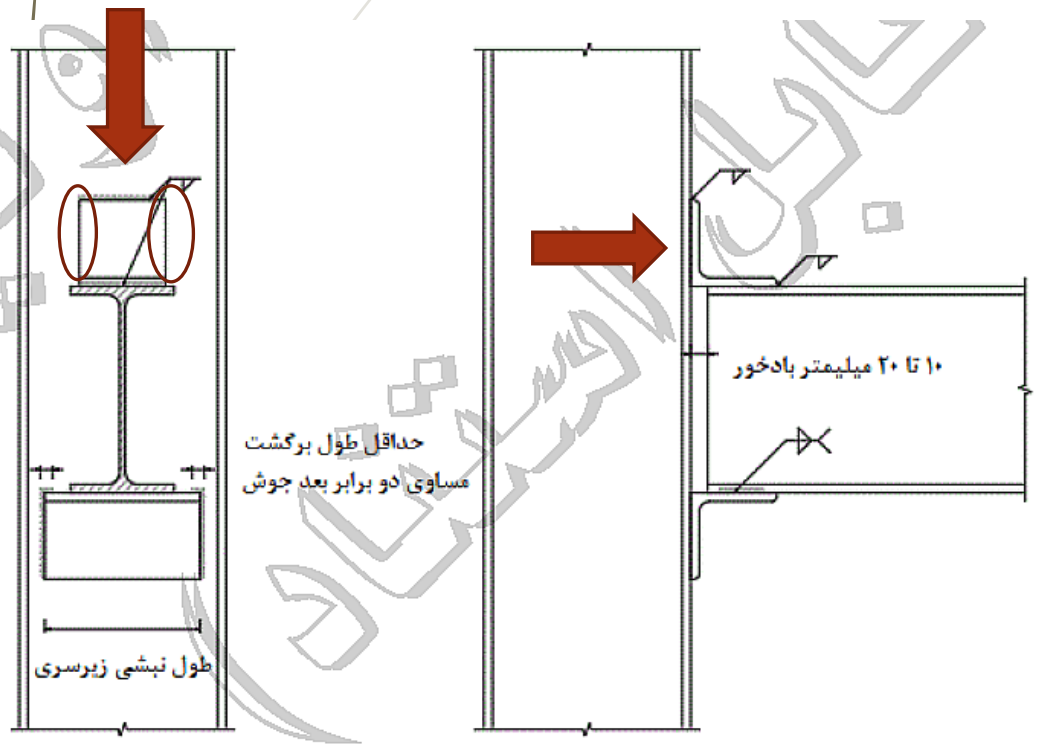
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

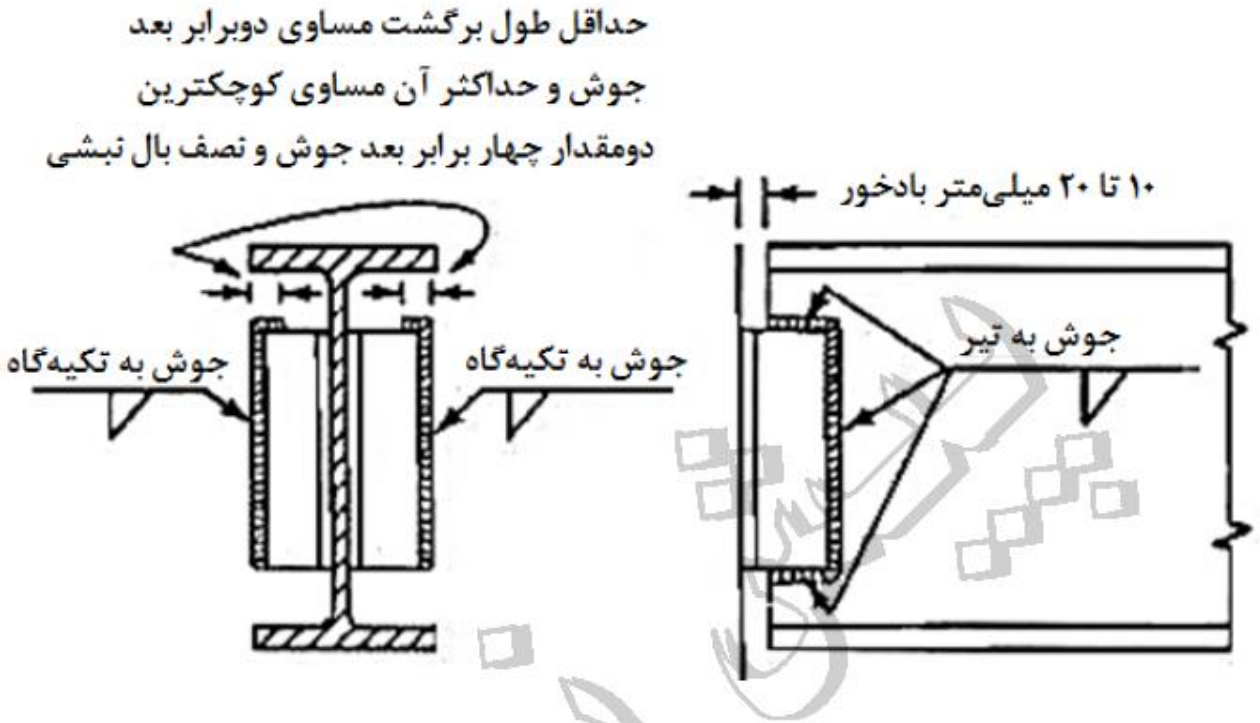
# طراحی اتصالات ساده

## انواع اتصال ساده (مفصلی) (ویرایش ۱۴۰۱)

عدم جوش ساقها




شکل ۱۰-۲-۹-۴: جزئیات اتصال نبشی نشیمن جوشی




شکل ۱۰-۲-۹-۵: جزئیات اتصال جوشی با استفاده از نبشی جفت در جان

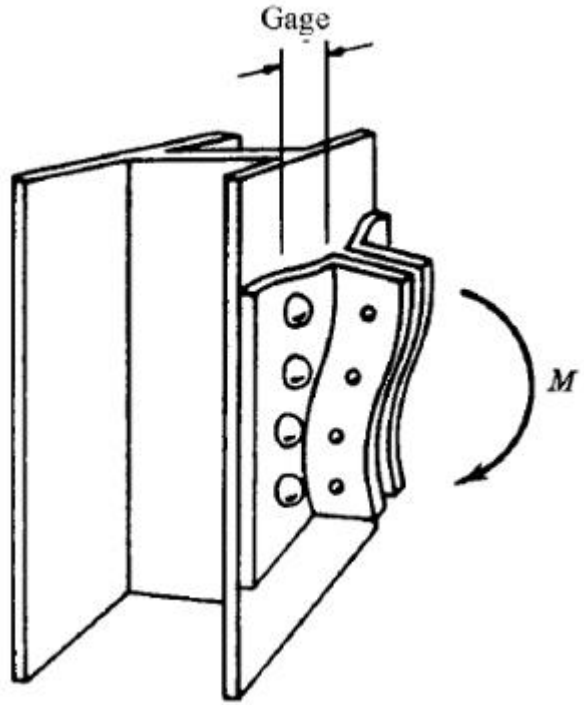
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

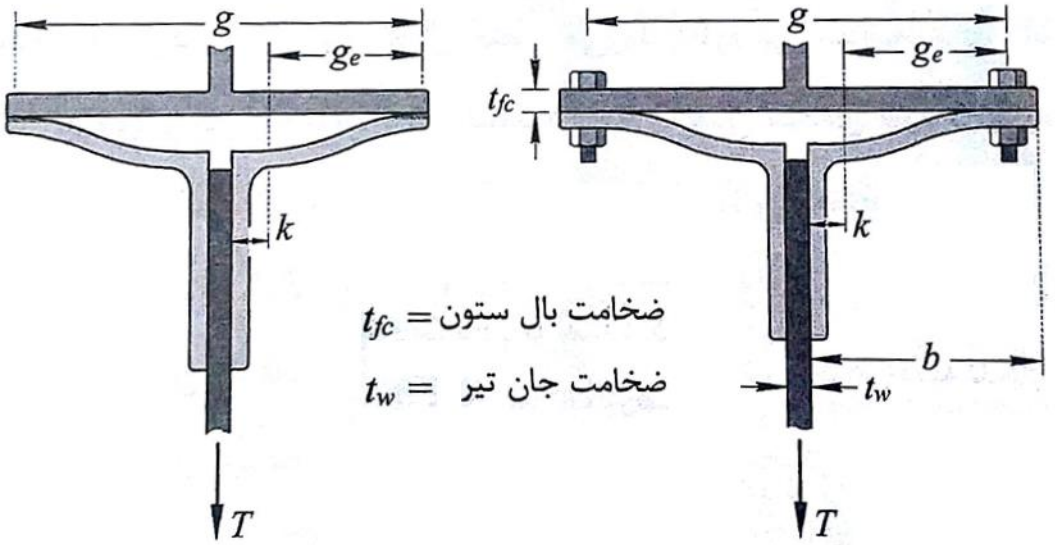
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات ساده

## اتصال با نبشی جان

کنترل و طراحی نبشی




الف ـ اتصال پیچی

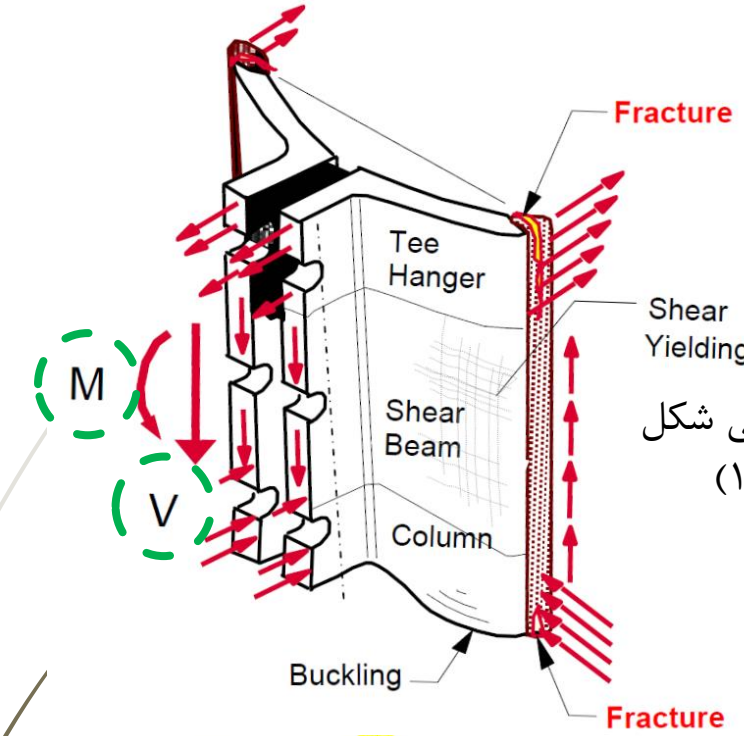
ب ـ اتصال جوشی

دید از بالا

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات ساده : اتصال با نبشی جان




کنترل خرابی شکل پذیر (مورد ۱)

## ۱- کنترل برش نهایی در نبشی: (شکل مورد ۱)

برش نهایی در بال نبشی متصل به ستون (Ru=Vu)

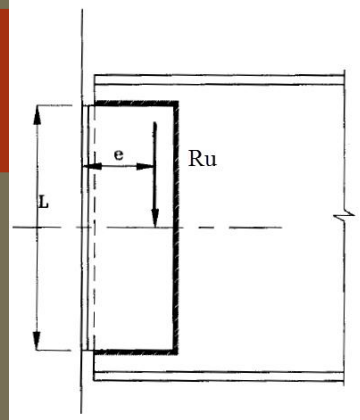
$$R_u = V_u \le \phi_b V_b \ (LRFD)$$
$$V_b = 0.60 F_y A_g$$
$$\phi_b = 0.90 \ (LRFD)$$
$$A_g = 2Lt$$

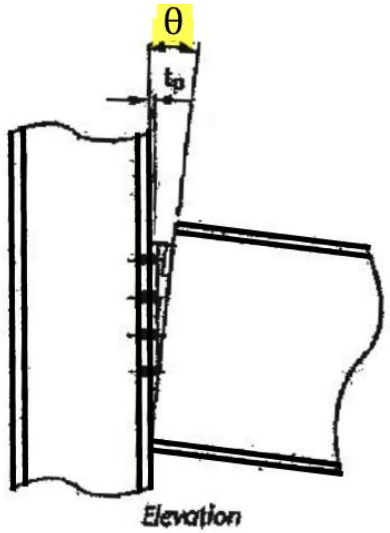
## ۲- کنترل اندرکنش خمش، نیروی محوری و برش نهایی در اتصال نبشی:

تنش خمشی نهایی در بال نبشی متصل به ستون (Mu)

$$M_u = R_u e \ , \ f_b = \frac{2 R_u e}{t L^2}$$

$$\left(\frac{V_u}{\varphi_b V_b}\right)^2 + \left(\frac{N_u}{\varphi_b N_b}\right)^2 + \left(\frac{M_u}{\varphi_b M_b}\right)^2 = 1.0$$




**نکته :**

دوران حداقل برای عملکرد مفصلی در بارهای ثقلی بهره برداری برابر است با:

خیز حداکثر Lb/240

$$\theta = \frac{2\frac{Lb}{240}}{Lb} = 0.008 \text{ rad}$$

## ۳- حداقل دوران مجاز نبشی تیر مفصلی (درمجموع بار ثقلی)

(اتصال جوشی) (0.008 rad) تیر

$$\theta = \frac{12 R_u e g_e^3}{t^3 L^3 E} \ge \frac{2\Delta}{Lb}$$

(اتصال پیچی پرمقاومت) تیر

$$\theta = \frac{3 R_u e g_e^3}{t^3 L^3 E} \ge \frac{2\Delta}{Lb}$$

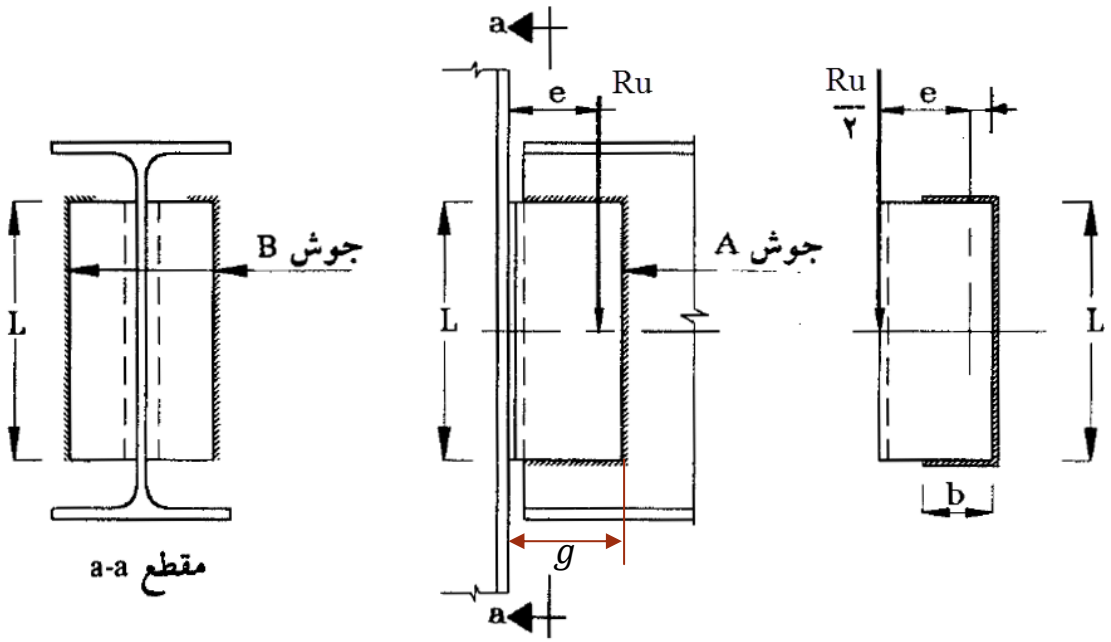
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات ساده

## اتصال با نبشی جان

نکته : در طراحی به روش مقاومت، جوش همیشه اساس مقطع الاستیک استفاده می شود!




(الف) (ب) نیروی وارد بر جوش B (پ) نمودار آزاد جوش A

طراحی جوش A : برش و پیچش (دوبل نبشی

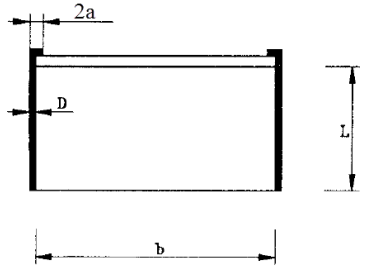
$$\bar{x}=\frac{b^{۲}}{۲b+L} \quad , \quad T=\frac{Ru}{۲}e \qquad e=g-\bar{x}$$

$$f'_y=\frac{Ru}{۲A} \qquad I_p=\frac{۸b^{۳}+۶bL^{۲}+L^{۳}}{۱۲}-\frac{b^{۴}}{۲b+L}$$

$$f''_x=\frac{T\left(\frac{L}{۲}\right)}{I_p} \qquad \text{و} \qquad f''_y=\frac{T(b-\bar{x})}{I_p}$$

$$f_r=\sqrt{f''^{۲}_x+(f'_y+f''_y)^{۲}} \le Fuw$$

طراحی جوش B : برش و خمش (با 2a برگشت یا از رابطه زیر)



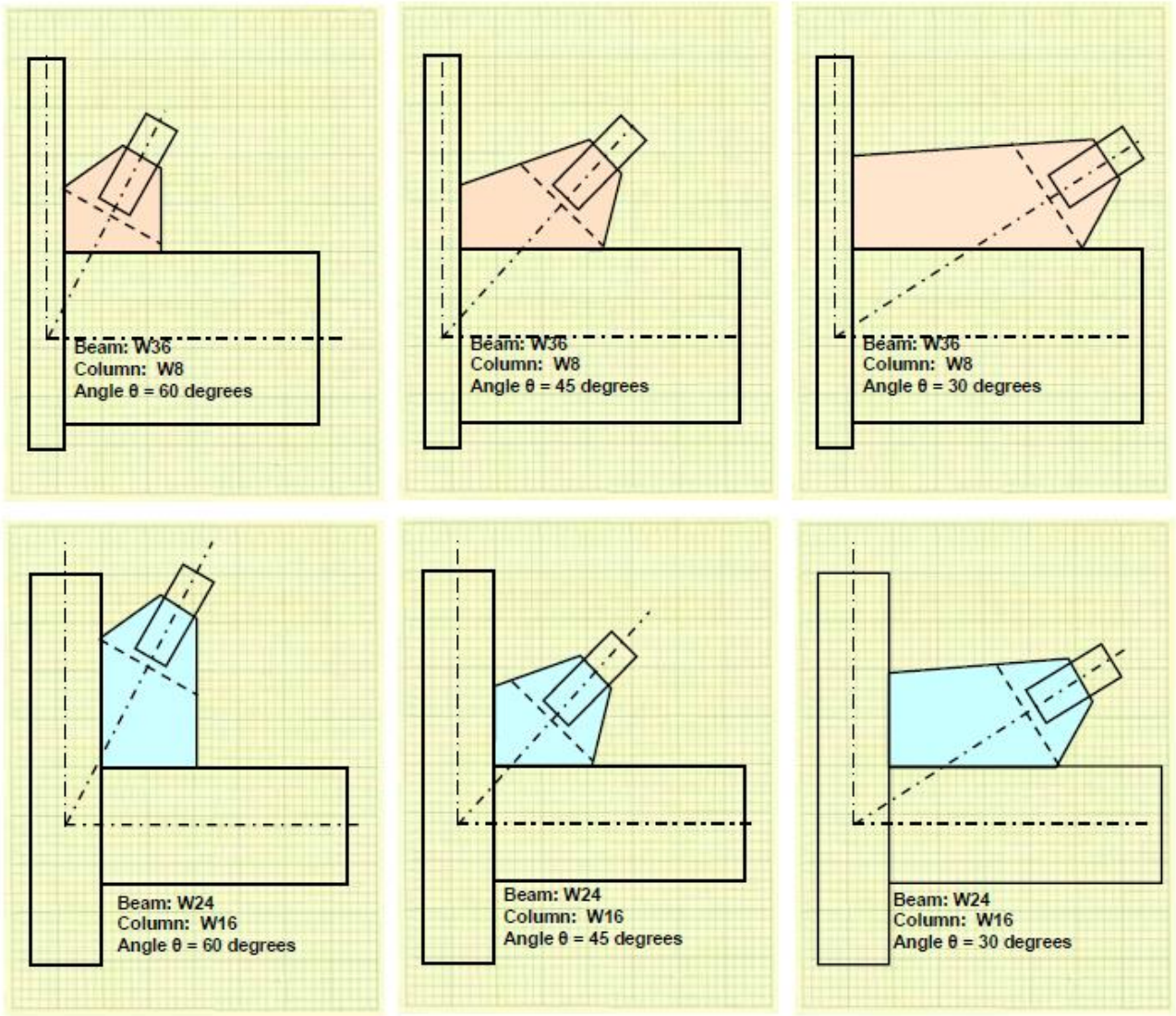

(برای محاسبه جوش نبشی نشیمن نیز استفاده می شود)

$$Ru=\frac{۲L^{۲}\,Fuw}{\sqrt{L^{۲}+۲۰/۲۵e^{۲}}}$$

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات مهاربندی (ضوابط طراحی)

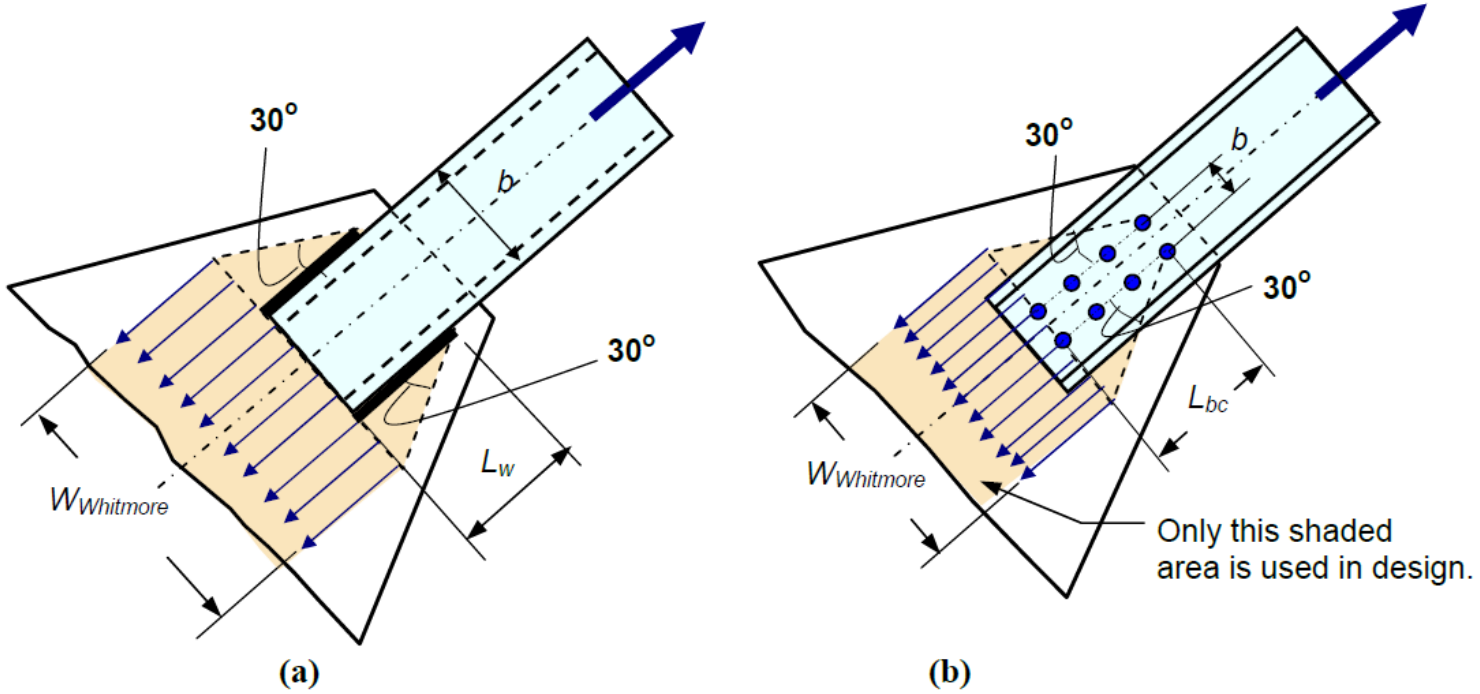


Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت اول – ابعاد و ضخامت ورق اتصال




$$W_{Whitmore} = b + 2\frac{\sqrt{3}}{3} L_w \quad \text{(for welded member)}$$

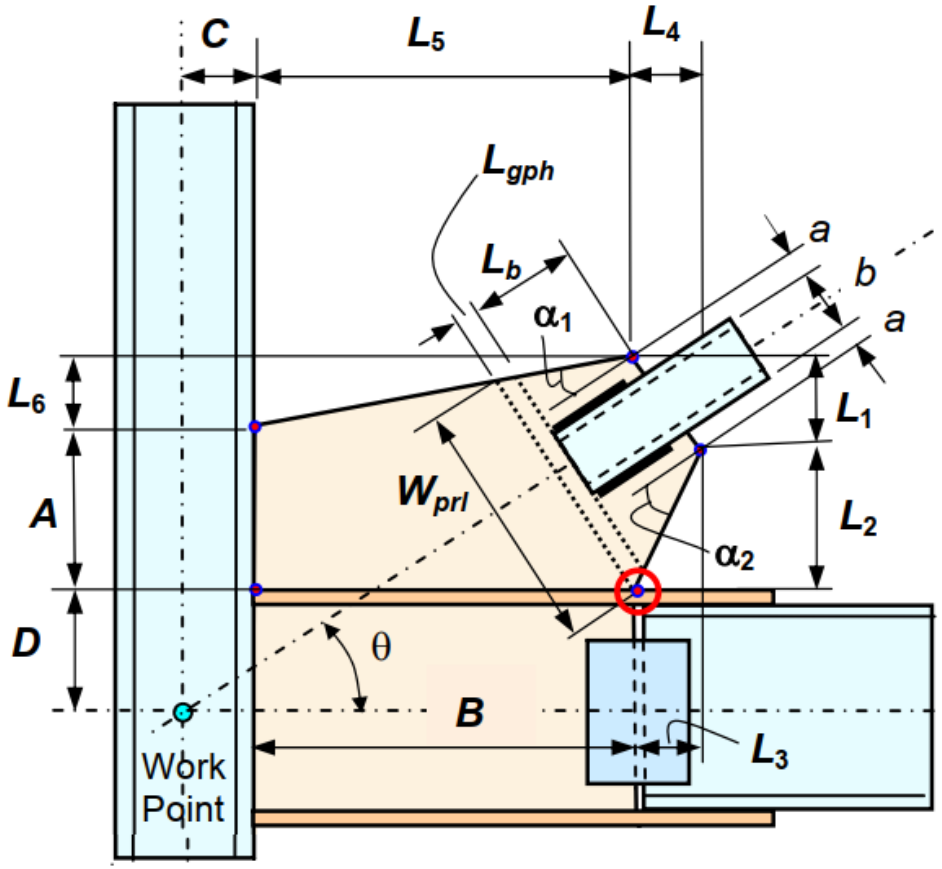
$$W_{Whitmore} = b + 2\frac{\sqrt{3}}{3} L_{bc} \quad \text{(for bolted member)}$$

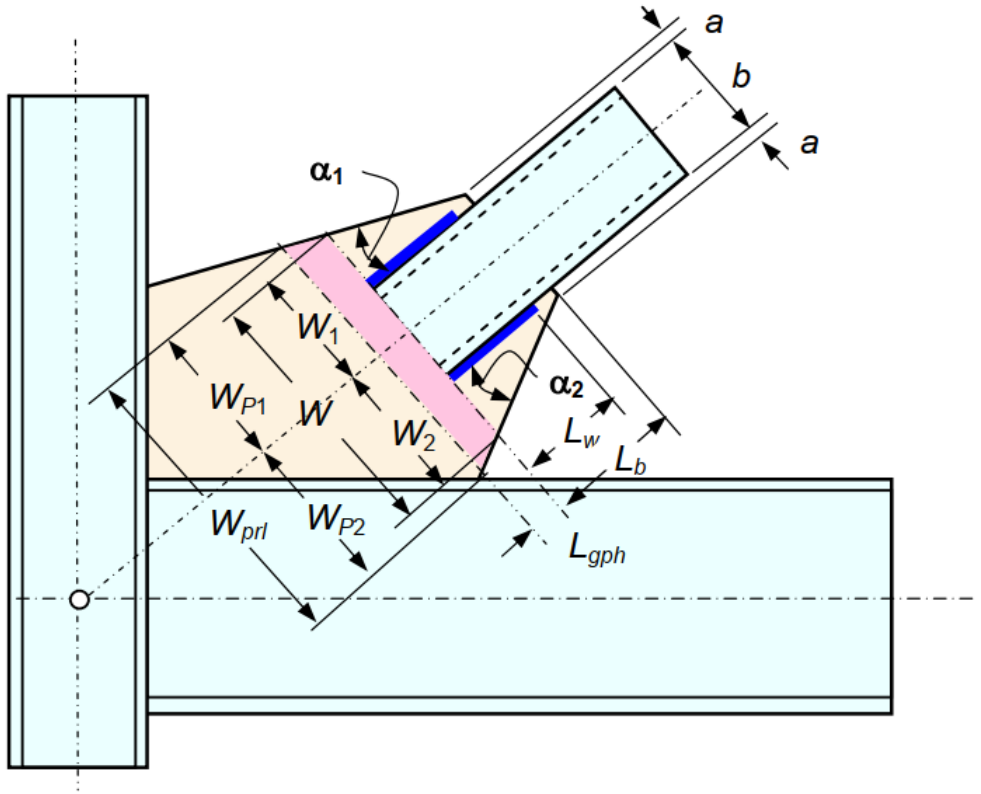
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت اول – ابعاد و ضخامت ورق اتصال



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت اول – ابعاد و ضخامت ورق اتصال

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left[(W_1 - b/2 - a) / L_b\right]$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1}\left[(W_2 - b/2 - a) / L_b\right]$$

$$W_{P1} = a + b/2 + (L_b + L_{gph})\tan(\alpha_1) = W_1 + L_{gph}\tan(\alpha_1)$$

$$W_{P2} = a + b/2 + (L_b + L_{gph})\tan(\alpha_2) = W_2 + L_{gph}\tan(\alpha_2)$$

$$C_1 = \frac{C}{\sin(\theta)\cos(\theta)} + \frac{W_{P1}}{\cos(\theta)}$$

$$C_2 = \frac{D}{\sin^2(\theta)} + \frac{W_{P2}}{\sin(\theta)\ \tan(\theta)}$$

$$U = C_1 - C_2$$

(1) If $U > 0$ then the point of intersection of the restraint line is on the column

(2) If $U < 0$ then the point of intersection of the restraint line is on the beam; and

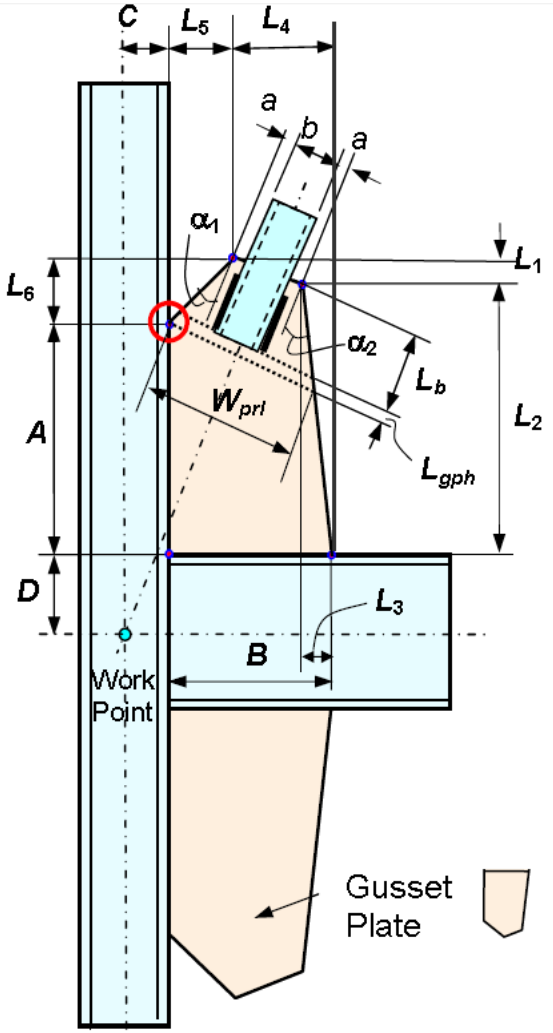
(3) If $U = 0$ then the point of intersection of the restraint line is on the beam as well as on the column.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت اول – ابعاد و ضخامت ورق اتصال (U>0)




$$L_6 = [(L_{gph} + L_b) / \cos(\alpha_1)] \sin(\theta - \alpha_1) \quad (2.20)$$

$$L_5 = [(L_{gph} + L_b) / \cos(\alpha_1)] \cos(\theta - \alpha_1) \quad (2.21)$$

$$L_4 = (2a + b) \sin(\theta) \quad (2.22)$$

$$A = C\tan(\theta) + \frac{W_{P1}}{\cos(\theta)} - D \quad (2.23)$$

$$L_1 = (2a + b) \cos(\theta) \quad (2.24)$$

$$L_2 = A + L_6 - L_1 \quad (2.25)$$

$$L_3 = L_2 \tan(90^\circ - \theta - \alpha_2) \quad (2.26)$$

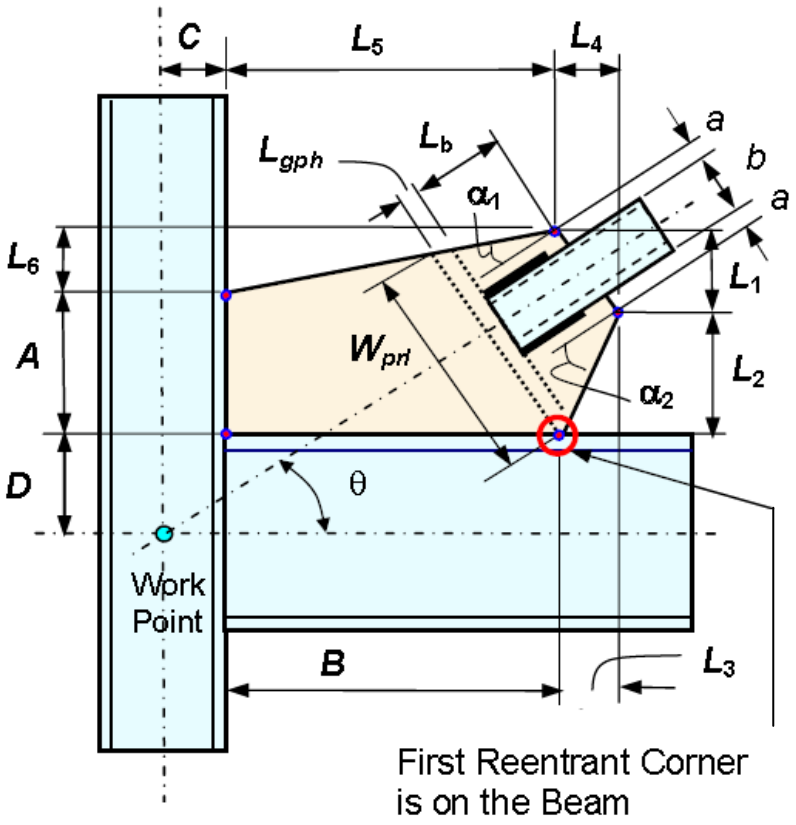
$$B = L_4 + L_5 - L_3 \quad (2.27)$$

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت اول – ابعاد و ضخامت ورق اتصال (U<0)




$$L_1 = (2a + b)\cos(\theta) \tag{2.12}$$

$$L_2 = \left(\frac{L_{gph} + L_b}{\cos(\alpha_2)}\right)\sin(\theta + \alpha_2) \tag{2.13}$$

$$L_3 = \frac{L_2}{\tan(\theta + \alpha_2)} \tag{2.14}$$

$$B = \frac{D}{\tan(\theta)} + \frac{W_{p2}}{\sin(\theta)} - C \tag{2.15}$$

$$L_4 = (2a + b)\sin(\theta) \tag{2.16}$$

$$L_5 = B + L_3 - L_4 \tag{2.17}$$

$$L_6 = L_5 \tan(\theta - \alpha_1) \tag{2.18}$$

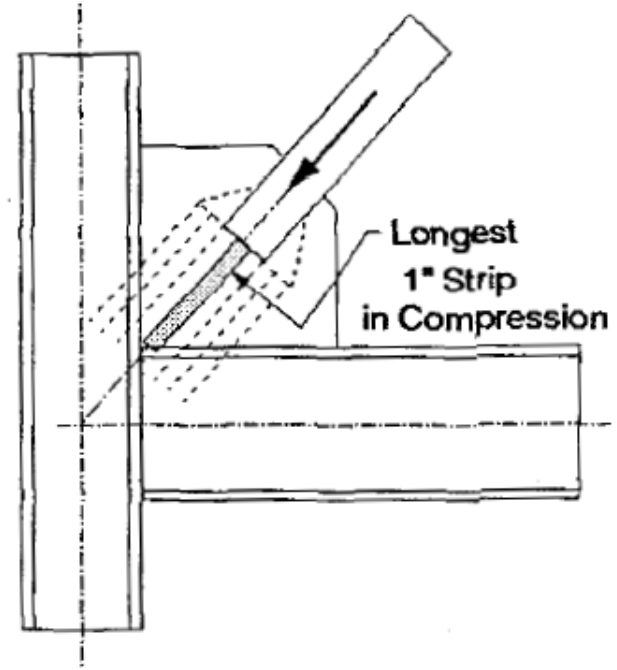
$$A = L_1 + L_2 - L_6 \tag{2.19}$$

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

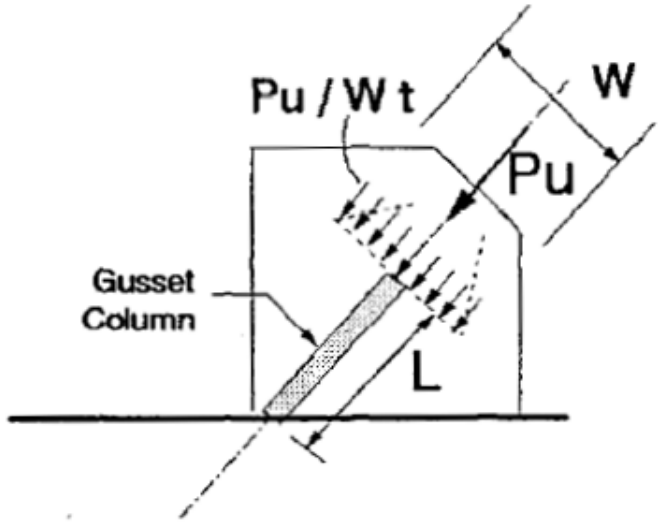
# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت اول – ابعاد و ضخامت ورق اتصال




کمانش ورق اتصال در فشار

$$f_a = \frac{P_u}{Wt} < F_a$$




W=Whitmore's Width
t= Gusset Thickness
L= Length of Gusset Column

؟ K= ضریب طول مؤثر مساوی ۱/۲

r= شعاع ژیراسیون ورقی به‌عرض واحد مساوی ۰/۳t

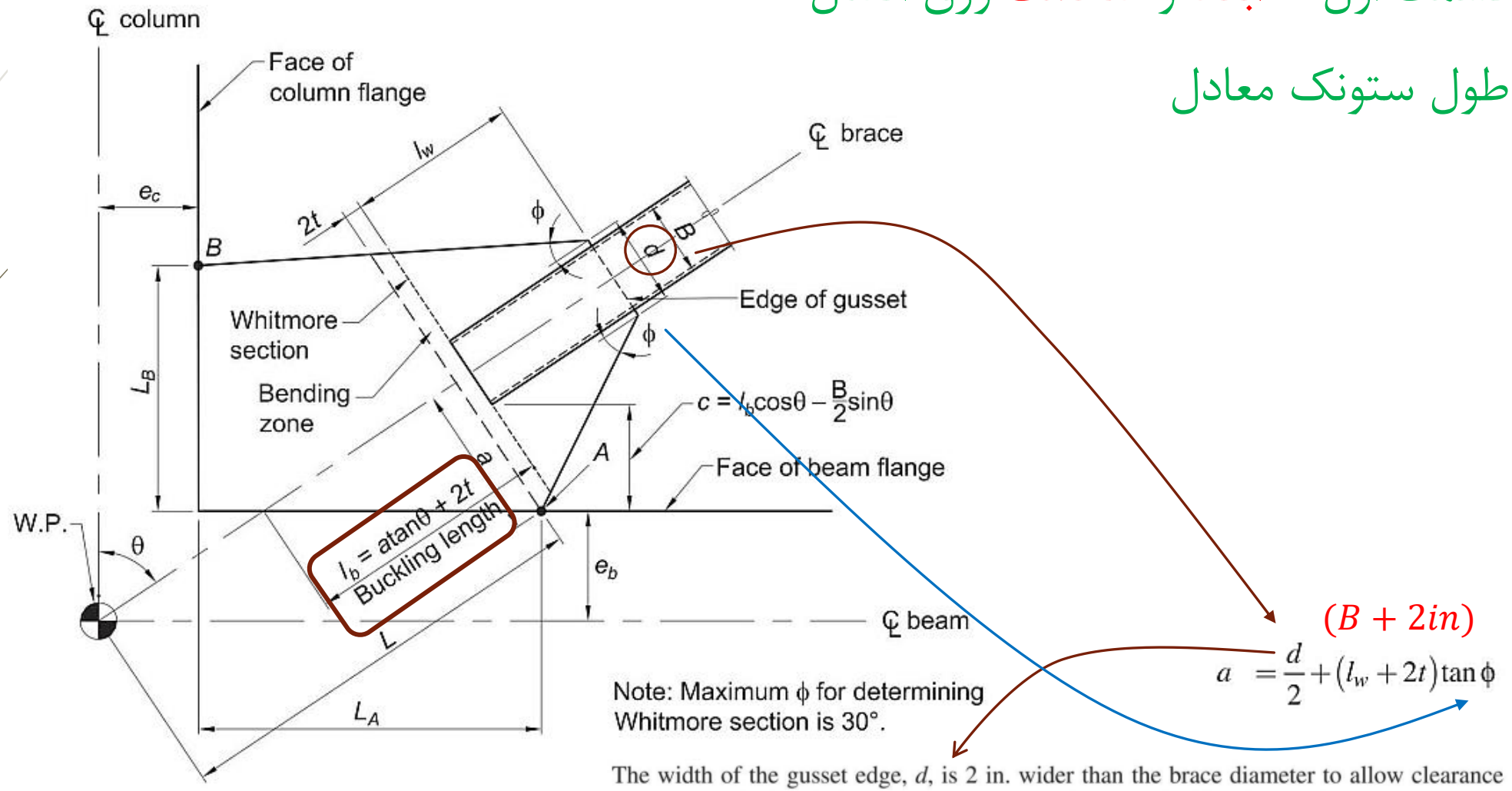
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت اول – ابعاد و ضخامت ورق اتصال

### طول ستونک معادل

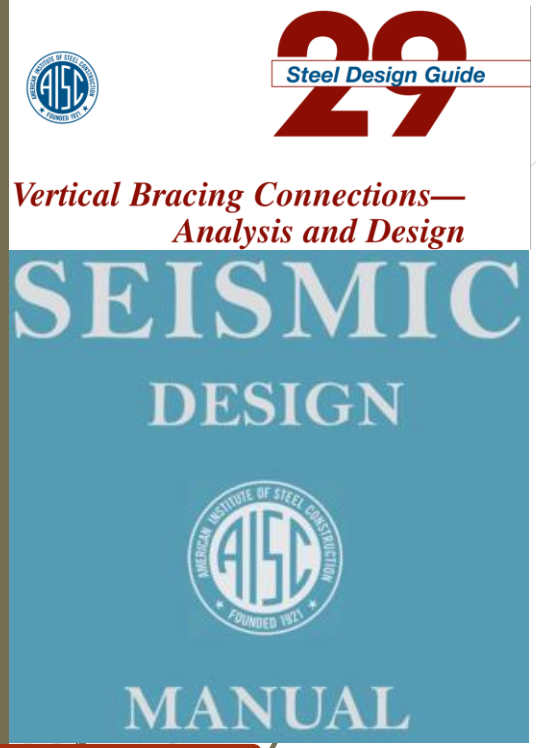



$$a = \frac{d}{2} + (l_w + 2t)\tan\phi \qquad (B + 2in)$$

The width of the gusset edge, $d$, is 2 in. wider than the brace diameter to allow clearance between the HSS and the gusset corner, i.e., 1 in. on each side of the HSS.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

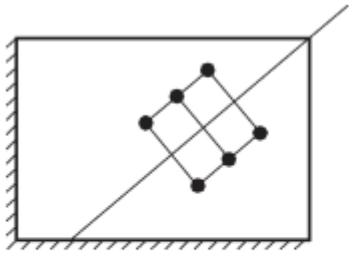


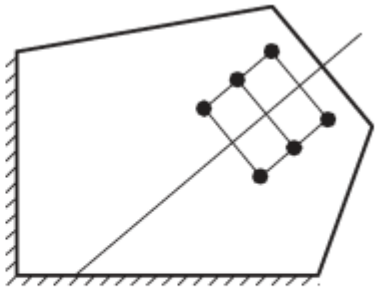

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت اول – ابعاد و ضخامت ورق اتصال

## Gusset Plate Stability Using Variable Stress Trajectories

Bo Dowswell, P.E., Ph.D.





a. corner gusset plate  b. extended corner gusset plate

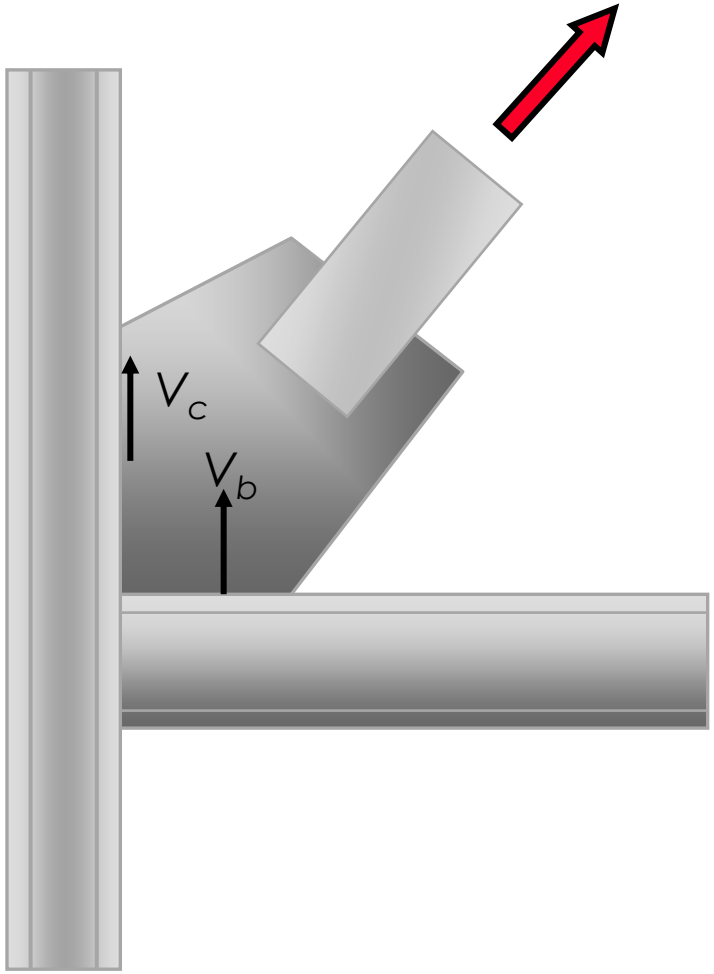
$K_m$ = maximum effective length factor
= 0.5 for corner gusset plates
= 0.6 for extended corner gusset plates

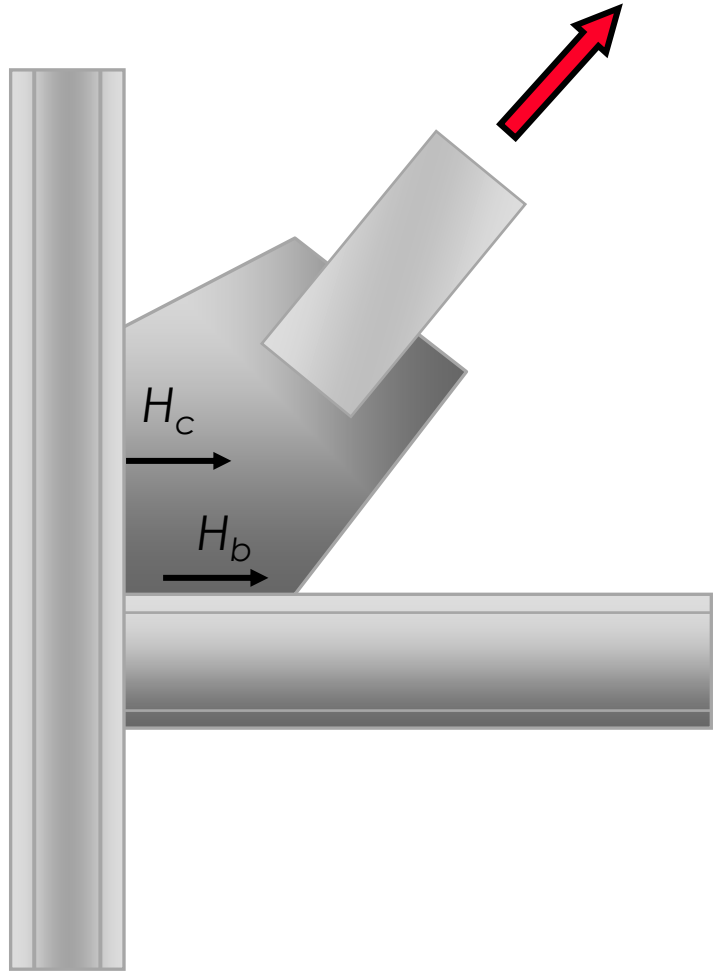
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت دوم - جوش ورق اتصال به تیر و ستون (روش یکنواخت)



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

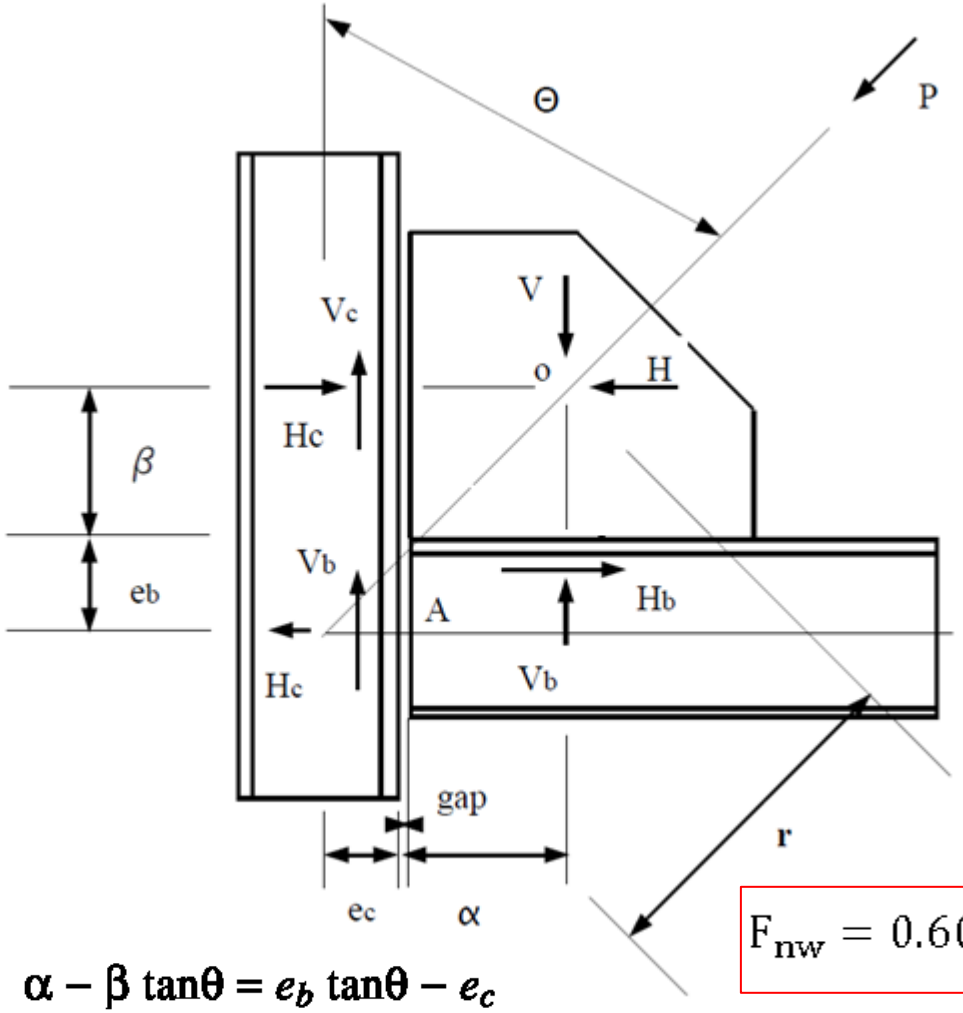
## قسمت دوم - جوش ورق اتصال به تیر و ستون (روش یکنواخت)

$\alpha$= ( gusset plate width ) / 2 + gap

$\beta$= ( gusset plate height) / 2

$$P.Sin\theta = H = H_b + H_c$$

$$P.Cos\theta = V = V_b + V_c$$




۲ ـ پارامتر r از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$r=\sqrt{(\alpha+e_c)^2+(\beta+e_b)^2} \qquad (۶-۱۰)$$

۳ ـ نیروهای بین ورق اتصال و تیر برابرند با:

$$V_B=\frac{e_B}{r}P \quad و \quad H_B=\frac{\alpha}{r}P \qquad (۷-۱۰)$$

۴ ـ نیروهای بین ورق اتصال و ستون برابرند با:

$$V_C=\frac{\beta}{r}P \quad و \quad H_C=\frac{e_c}{r}P \qquad (۸-۱۰)$$

جوش اتصال ورق به تیر و ستون باید برای برآیند نیروهای V,H : $\sqrt{V^2+H^2}$ محاسبه شود. مطابق رابطه شماره AISC 360 J2-5 (و ویرایش ۱۴۰۱) می توان ظرفیت جوش تحت بارهای زاویه دار به مقدار زیر افزایش داد. $\theta$ زاویه برایند H و V با خط جوش است.

$$F_{nw} = 0.60F_{ue}(1.0 + 0.50\sin^{1.5}\theta) \qquad (۵-۹-۲-۱۰)$$

$$\alpha - \beta\tan\theta = e_b\tan\theta - e_c$$

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت دوم - جوش ورق اتصال به تیر و ستون (روش یکنواخت)

**کنترل اتصال :** چنانچه ابعاد گاست پلیت (انتخابی یا موجود) رابطه زیر را اقنا نکند متناسب با تفاوت ایجاد شده در روی تیر و یا ستون لنگر اضافه ایجاد می گردد:

$$\alpha - \beta \tan\theta = e_b \tan\theta - e_c$$

**در این حالت نصف ابعاد گاست پلیت در محل اتصال به تیر و ستون به عنوان $\bar{\beta}$ و $\bar{\alpha}$ انتخاب شده و از رابطه بالا هر بار با فرض $\bar{\alpha}=\alpha$ و یا $\bar{\beta}=\beta$ مقادیر دیگری محاسبه شده و لنگرهای زیر بدست می آید:**

$$\textit{if} \quad \beta > \bar{\beta} \quad \Rightarrow \quad M_c = H_c\left(\beta - \bar{\beta}\right)$$

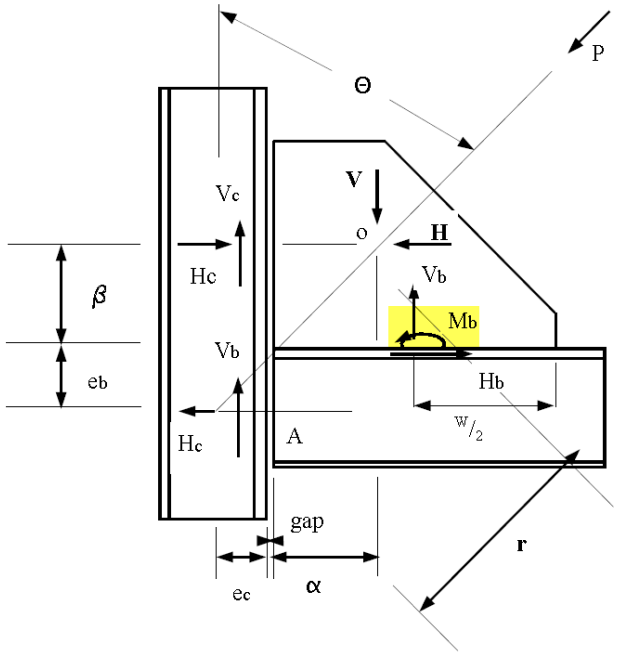
$$\textit{if} \quad \alpha > \bar{\alpha} \quad \Rightarrow \quad M_b = V_b\left(\alpha - \bar{\alpha}\right)$$

When $\alpha > \bar{\alpha}$:

$$\text{Total beam shear} = \max\left(\left|\frac{V_b}{2}\right| + \left|\frac{M_b}{\bar{\alpha} - clip}\right|, |V_b|\right) + R_b$$

When $\beta > \bar{\beta}$:

$$\text{Total column shear} = \max\left(\left|\frac{H_c}{2}\right| + \left|\frac{M_c}{\bar{\beta} - clip}\right|, |H_c|\right)$$




Clip: ابعاد سوراخ دسترسی در کنج ورق اتصال مهاربند در صورت نیاز (گیردار بودن اتصال تیر به ستون)

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت دوم - جوش ورق اتصال به تیر و ستون (روش یکنواخت)

Choosing $\beta = \bar{\beta} = 9.63$ in., the constraint between $\alpha$ and $\beta$ given by AISC *Manual* Equation 13-1, $\alpha - \beta\tan\theta = e_b\tan\theta - e_c$, gives:

$$\begin{aligned}\alpha &= \beta\tan\theta + e_b\tan\theta - e_c \\ &= (9.63\text{ in.})\tan 45^\circ + (12.4\text{ in.})\tan 45^\circ - 6.45\text{ in.} \\ &= 15.6\text{ in.}\end{aligned}$$

Because $\alpha > \bar{\alpha}$, the moment $M_b = V_b(\alpha - \bar{\alpha})$ may add to the beam shear. Choose $\alpha = \bar{\alpha} = 14.0$ in., then:

$$\alpha - \beta\tan\theta = e_b\tan\theta - e_c \qquad \text{(}\textit{Manual}\text{ Eq. 13-1)}$$

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{\alpha - e_b\tan\theta + e_c}{\tan\theta} \\ &= \frac{14.0\text{ in.} - (12.4\text{ in.})\tan 45^\circ + 6.45\text{ in.}}{\tan 45^\circ} \\ &= 8.05\text{ in.} < \bar{\beta} = 9.63\text{ in.}\end{aligned}$$

The column shear will not be increased by the moment, $M_c = H_c(\bar{\beta} - \beta)$, because $\beta \le \bar{\beta}$.

$$\begin{aligned}r &= \sqrt{(\alpha + e_c)^2 + (\beta + e_b)^2} \\ &= \sqrt{(14.0\text{ in.} + 6.45\text{ in.})^2 + (8.05\text{ in.} + 12.4\text{ in.})^2} \\ &= 28.9\text{ in.}\end{aligned}$$

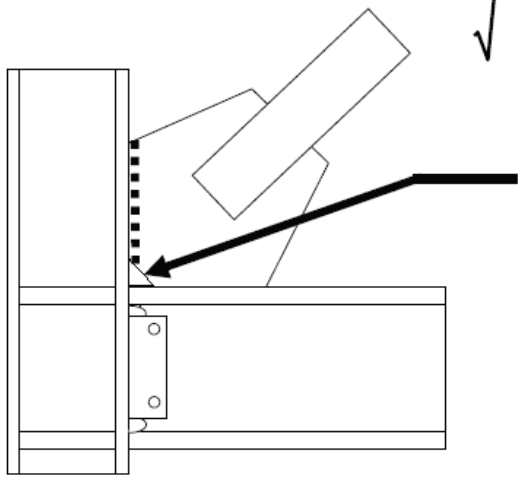
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

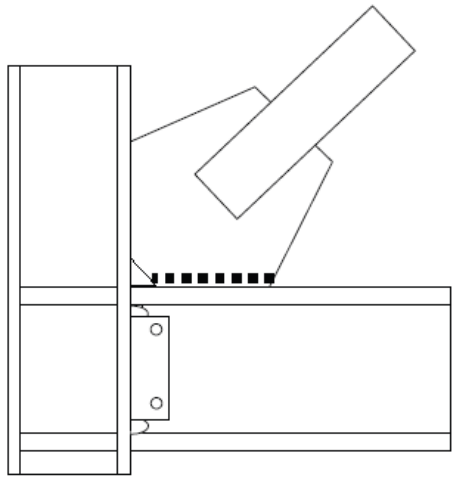
## قسمت سوم - کنترل تنش وون میزز ورق در محل اتصال به تیر و ستون (روش یکنواخت)

$$\sqrt{\left(\frac{H_{uc}}{\phi F_y\ t\ 2\beta}\right)^2 + 3\left(\frac{V_{uc}}{\phi F_y\ t\ 2\beta}\right)^2} < 1$$



Don't forget to deduct weld access hole for flange weld, if used.

$$\sqrt{\left(\frac{V_{ub}}{\phi F_y\ t\ 2\alpha}\right)^2 + 3\left(\frac{H_{ub}}{\phi F_y\ t\ 2\alpha}\right)^2} < 1$$

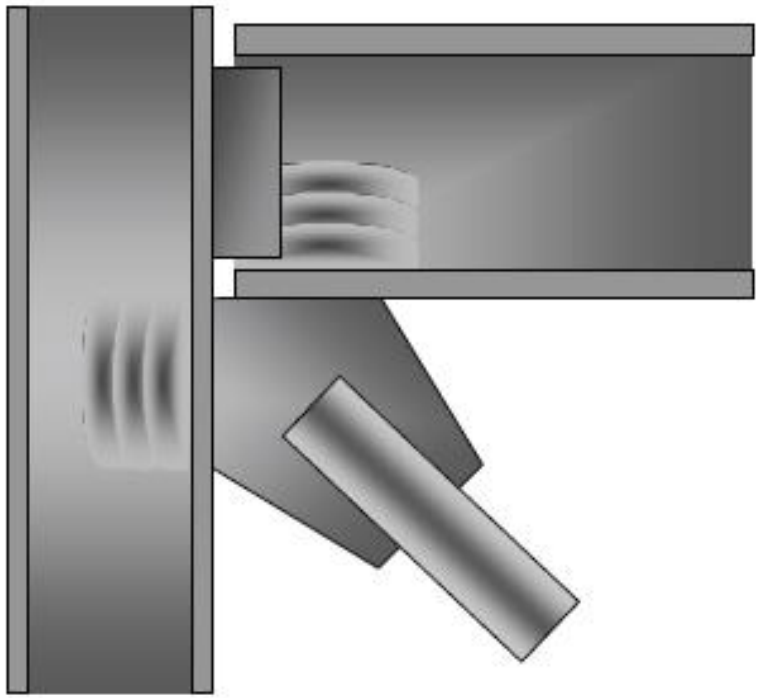


Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت چهارم - اثر مهاربند بر اتصال تیر به ستون



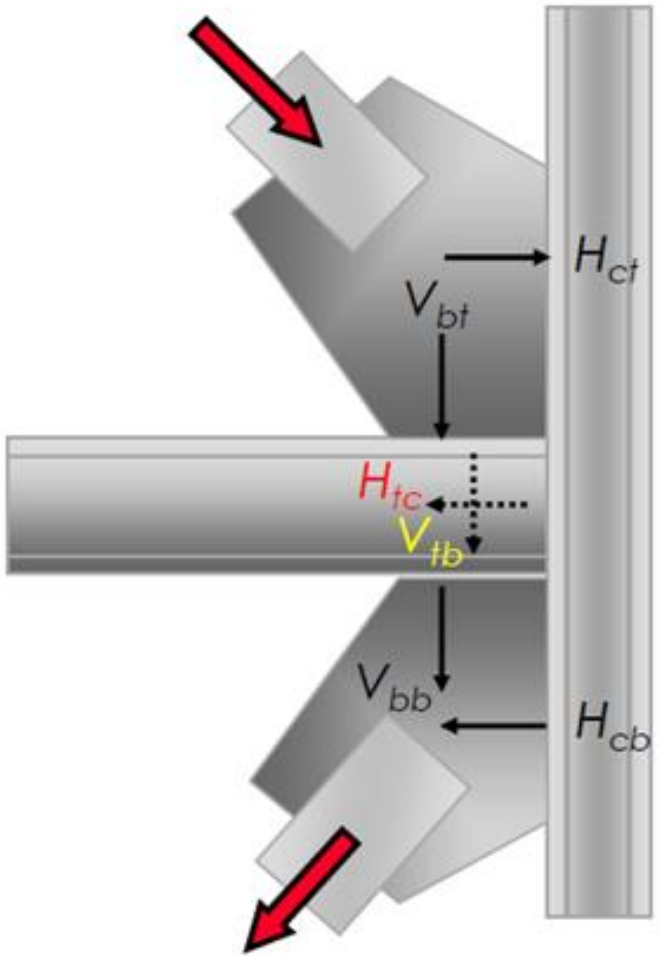
?

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت چهارم - اثر مهاربند بر اتصال تیر به ستون




اضافه نیروهای تکیه گاهی مهاربند بر اتصال تیرا

$V_{tb}=V_{bt}+V_{bb}$

$H_{tc}=H_{cb}-H_{ct}$

نکته ۱ :

در اتصال مهاربندی اثر مولفه قائم اتصال بر تیر (Vtb) به عنوان برش و اختلاف نیروهای افقی وارد بر ستون (Htc) به عنوان نیروی محوری بر اتصال تیر به ستون اعمال می شود. (برای طراحی آن نیاز به ترکیب نیروهای مهاربند در هنگام زلزله است و باید به ضوابط لرزه ای مراجعه شود)

نکته ۲ :

برای کنترل جان نبشی تحت تنشهای فوق از معیار وون میزز و برای جوش ها (یا پیچ) از برآیند نیروهای فوق استفاده می شود.

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت چهارم - اثر مهاربند بر اتصال تیر به ستون

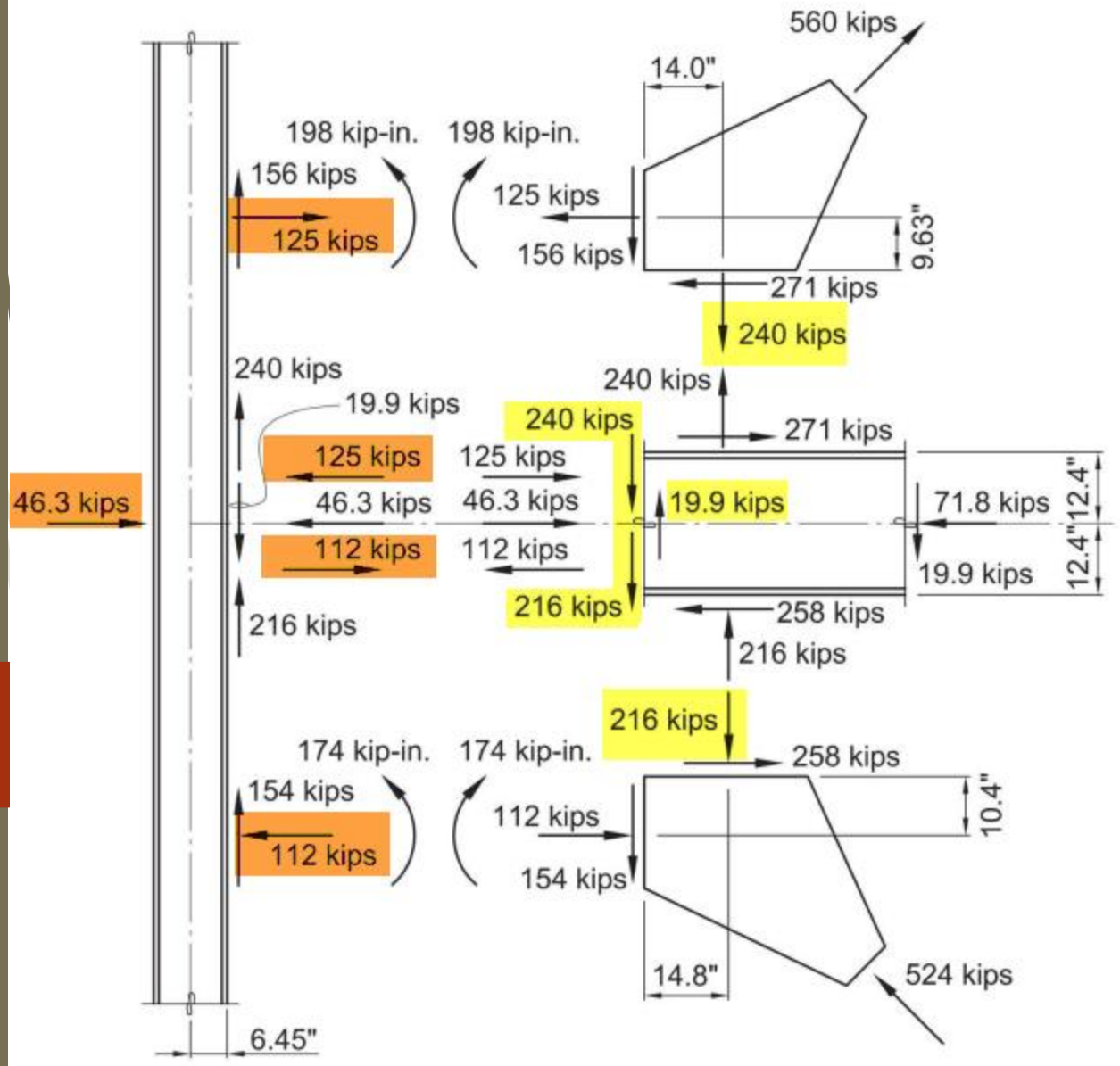



*Fig. 5-57a. Design Case I gusset interface forces—LRFD.*

*Beam-to-Column Interface—Design Case I*

The forces at the beam-to-column interface, shown in Figures 5-57a and 5-57b, are:

| LRFD | ASD |
|---|---|
| Normal: | Normal: |
| $N_u = \lvert 112 \text{ kips} - 46.3 \text{ kips} - 125 \text{ kips} \rvert$ | $N_a = \lvert 74.8 \text{ kips} - 31.1 \text{ kips} - 83.2 \text{ kips} \rvert$ |
| $= 59.3 \text{ kips}$ (compression) | $= 39.5 \text{ kips}$ (compression) |
| Shear: | Shear: |
| $V_u = 240 \text{ kips} + 216 \text{ kips} - 19.9 \text{ kips}$ | $V_a = 160 \text{ kips} + 144 \text{ kips} - 12.8 \text{ kips}$ |
| $= 436 \text{ kips}$ | $= 291 \text{ kips}$ |

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت چهارم - اتصال تیر به ستون

سوال :

در صورت جوابگو نبودن جان تیر در محل اتصال گاست پلیت، آیا می توان از سخت کننده عرضی استفاده نمود؟

حداکثر برش اتصال $V_{tb} = V_{bt} + V_{bb}$

پاسخ :

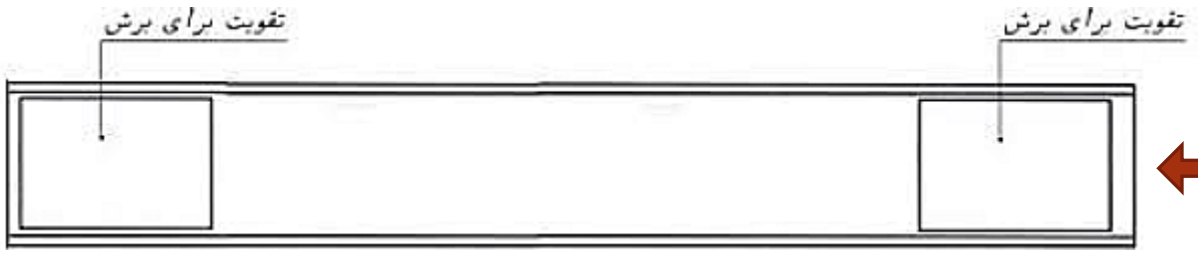
استفاده از سخت کننده عرضی در دو حالت امکان پذیر است:

۱- نسبت ارتفاع به ضخامت جان تیر بیشتر از ۷۱.۷ باشد.

غیرکاربردی : $h/t_w \leq ۲/۴۶\sqrt{E/F_y}$

۲- لهیدگی یا تسلیم موضعی در جان رخ دهد. (با توجه به عرض گاست بعید به نظر می رسد).

۳- برای تقویت می توان ورق مضاعف جان نصب نمود:

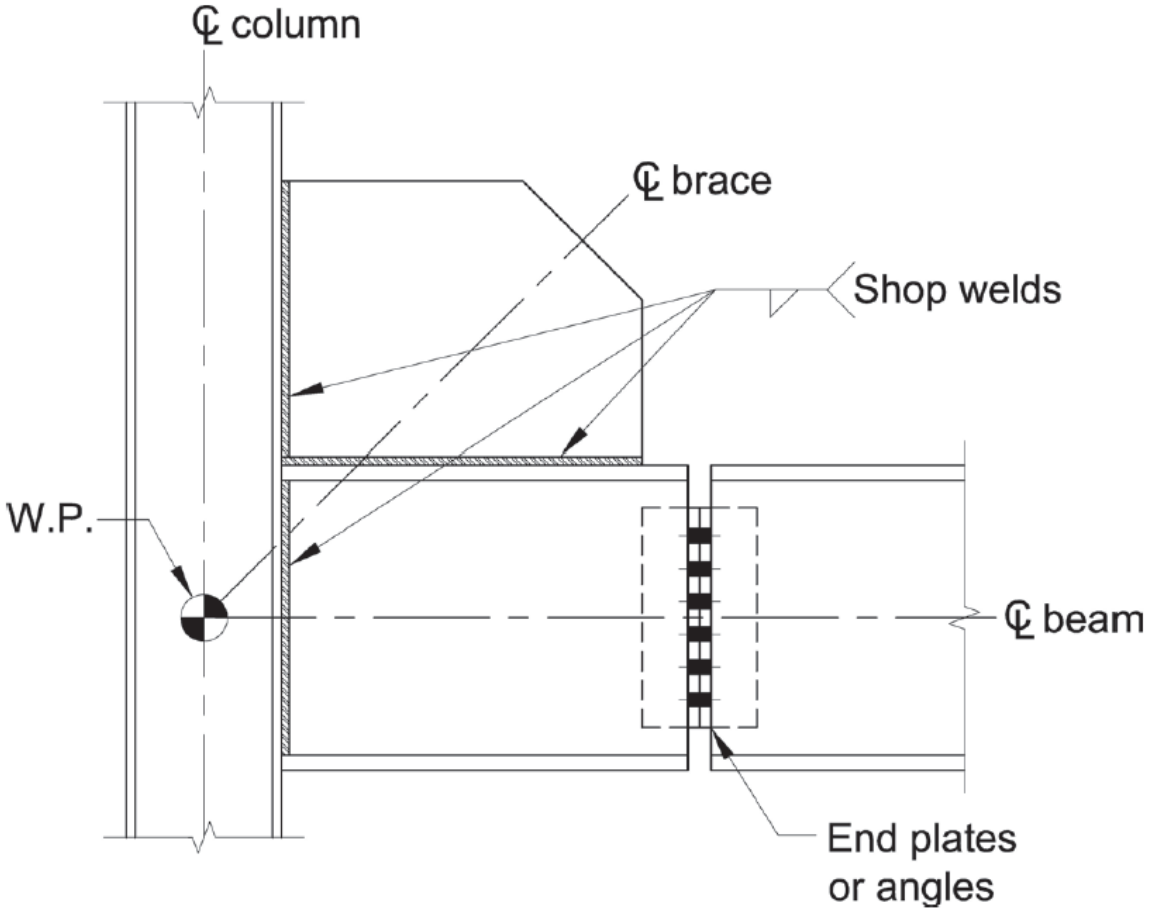


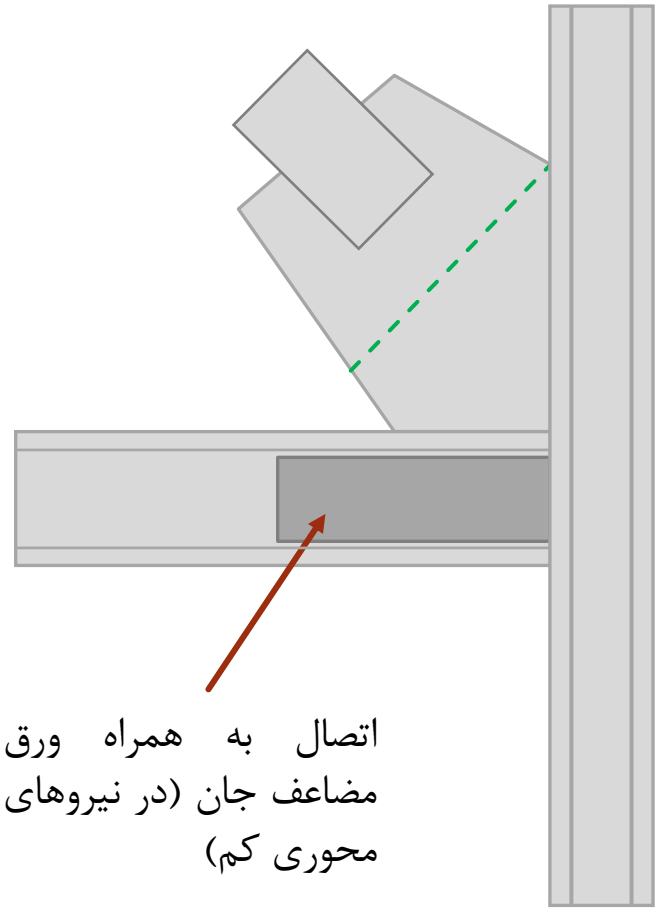
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت چهارم - اتصال تیر به ستون



اتصال به همراه ورق مضاعف جان (در نیروهای محوری کم)

شکل ۱۰-۳-۴-۲-۲: پیکربندی‌های قابل‌قبول اتصال مفصلی تیر به ستون در قاب‌های مهاربندی‌شده با مهاربندهای همگرای ویژه

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت چهارم - اتصال تیر به ستون

### ۱۰-۳-۴-۲-۶-۲ اتصال تیر به ستون

در قاب‌های مهاربندی‌شدهٔ همگرای ویژه اگر اتصال ورق گاست (ورق اتصال) هم به تیر و هم به ستون صورت گیرد، در این صورت اتصال تیر به ستون باید مطابق یکی از حالت‌های زیر باشد:

**الف)** پیکربندی اتصال مطابق ضوابط بند ۱۰-۲-۹-۱-۲-الف به‌صورت یک اتصال ساده (مفصلی) باشد به‌نحوی‌که حداقل 0.025 رادیان قابلیت دوران داشته باشد. در شکل ۱۰-۳-۴-۲-۲ چند نمونه از پیکربندی‌های متداول اتصال مفصلی تیر به ستون که این الزام قابلیت دوران را تأمین می‌نمایند، نشان داده شده است

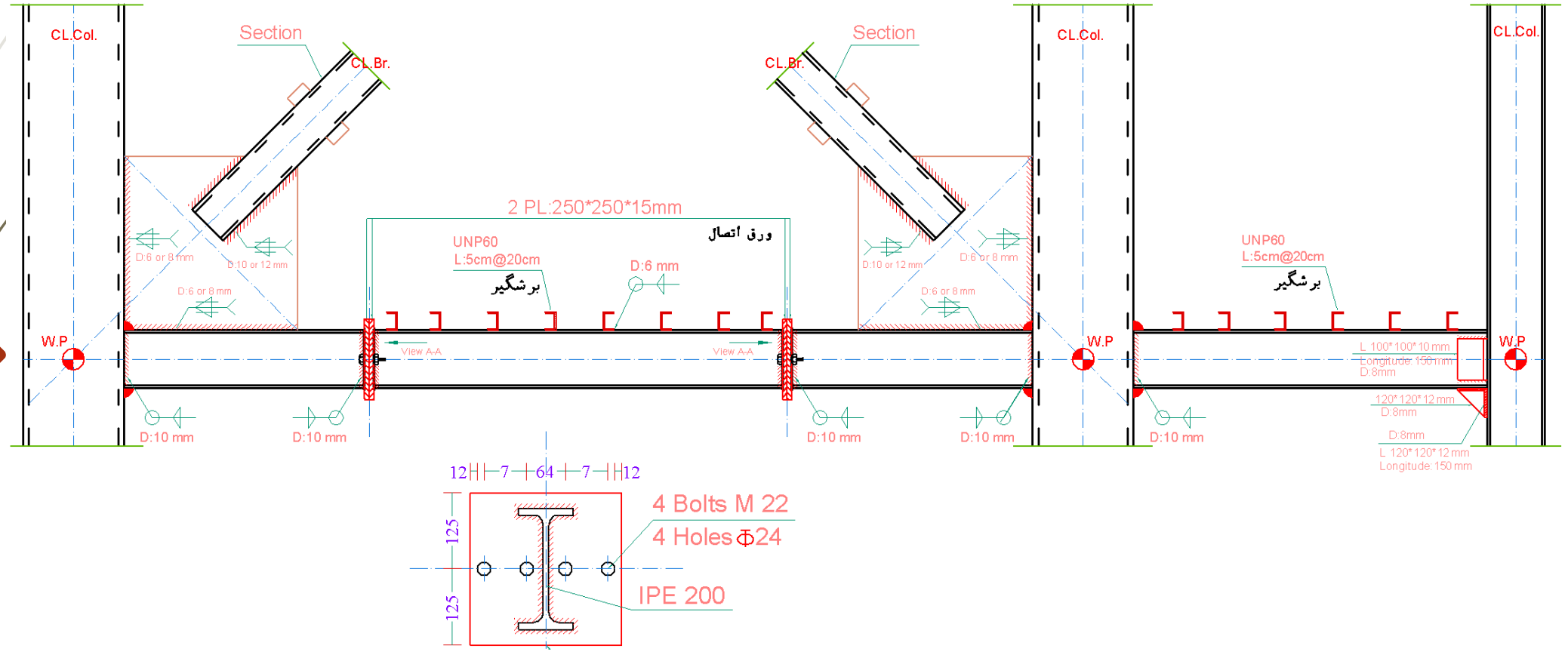
**پ)** اتصال تیر به ستون به‌صورت یک اتصال صلب خمشی مطابق الزامات اتصالات گیردار در قاب‌های خمشی معمولی طراحی شود.

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت چهارم - اتصال تیر به ستون



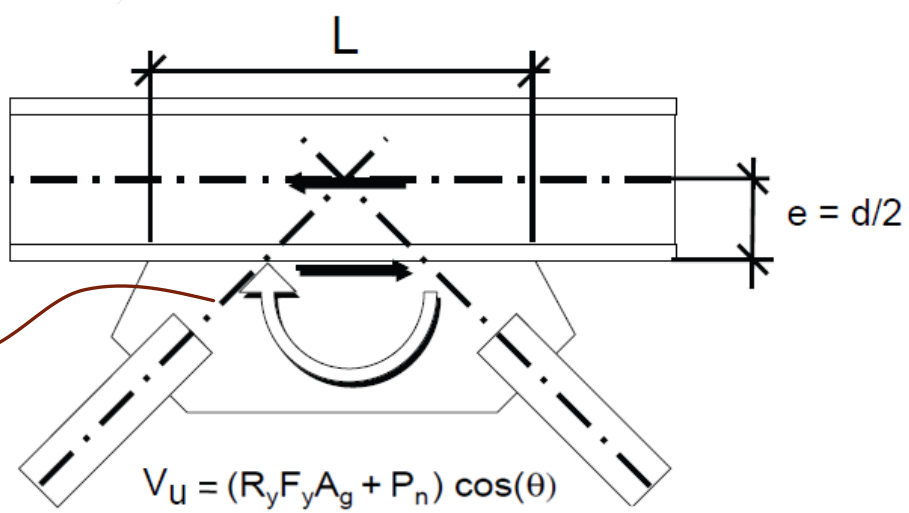
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت پنجم - اتصال مهاربند ۷ و ۸ به تیر

K=**0.65** (در عرض ویتمور)




$$V_u = (R_y F_y A_g + P_n)\cos(\theta)$$

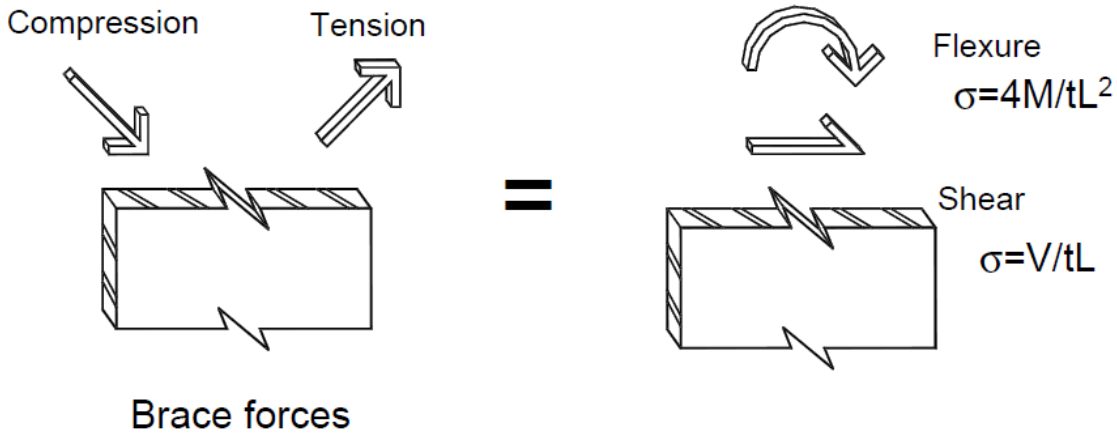
$$M_u = V_u \frac{d}{2}$$

روش اول :

در این روش ابتدا یک سخت کننده میانی در نظر گرفته می شود. سپس هرطرف سخت کننده مانند روش قبل طبق روابط اتصالات گوشه مهاربند طراحی می شود.

روش دوم :

در این روش کل ورق یکپارچه فرض شده و تنش وون میزز ناشی از خمش و برش ورق در محل اتصال به تیرکنترل می شود. (جوش برای تنش ترکیبی و ورق برای وون میزز) روابط زیر برای قبل از کمانش است.




$$\sqrt{\left(\frac{4M_u}{t\,L^2}\right)^2 + 3\left(\frac{V_u}{t\,L}\right)^2} < \varphi.Fy$$

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت پنجم - اتصال مهاربند ۷ و ۸ به تیر

### کنترل جان تیر (در برش):

همچنین بر اثر این نیروها یک برش موضعی در محدوده اتصال بر جان تیر اثر می کند که به قرار رابطه شکل زیر است . **نکته :** توجه نمایید که لنگر موضعی که باعث ایجاد برش موضعی می گردد در حالت قبل از کمانش حداکثر خواهد بود (زیرا تصویر افقی نیروها جمع می شوند) همچنین علامت برش متناسب با جهت زلزله مثبت (نیرو در راستای مثبت X) و منفی (نیرو در راستای منفی X) خواهد بود.

برش ثقلی

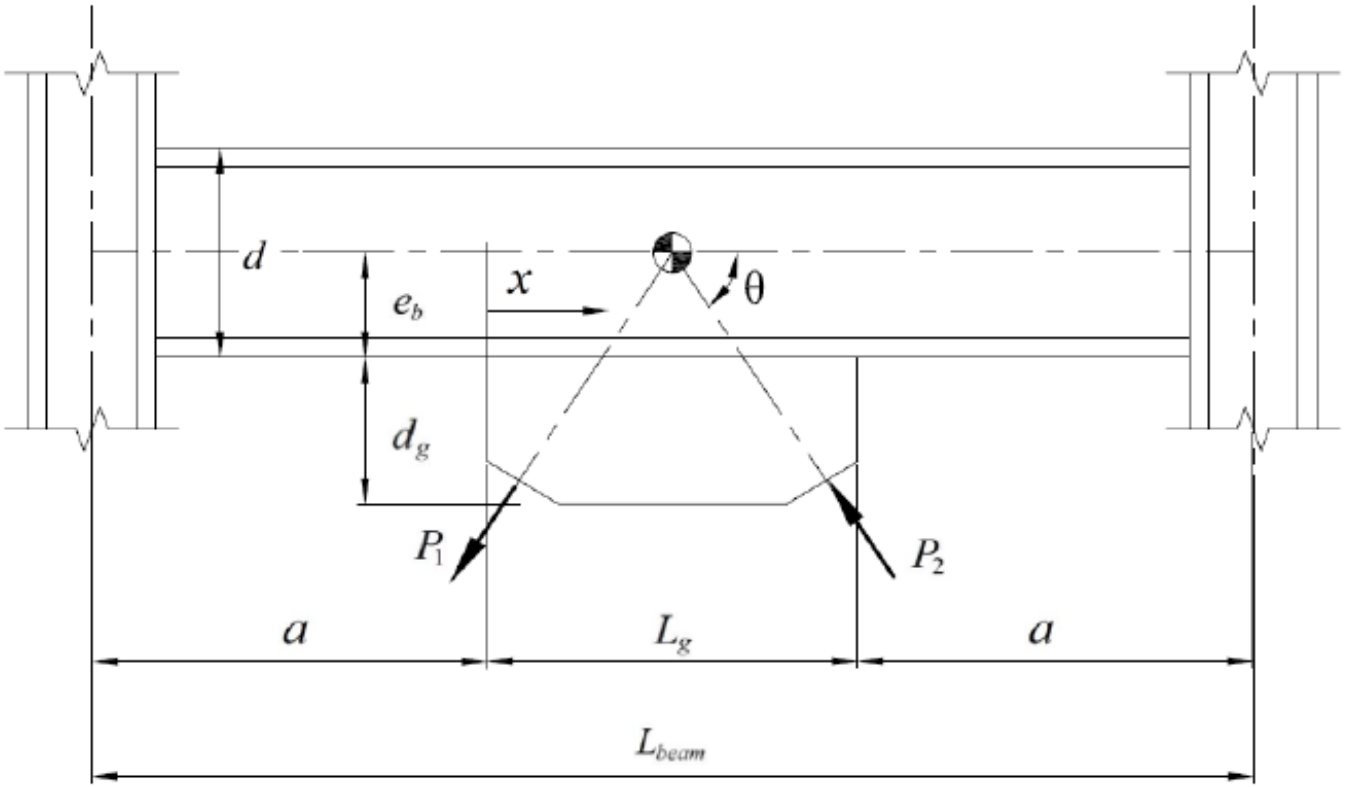
برش ناشی از مولفه قائم (بعد از کمانش)

$$V_{max} = R_1 + 0.5 w_l L_g$$

$$w_l = -\left(\frac{4M_{a-a}}{L_g^2}\right)_t - \left(\frac{4M_{a-a}}{L_g^2}\right)_b + \left(\frac{\Sigma V}{L_g}\right)_t + \left(\frac{\Sigma V}{L_g}\right)_b$$

برش مولفه افقی:

$$V_b = \frac{2M_{a\text{-}a}}{L_g} = \frac{(P_1 + P_2)(\cos\theta)d}{L_g}$$



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

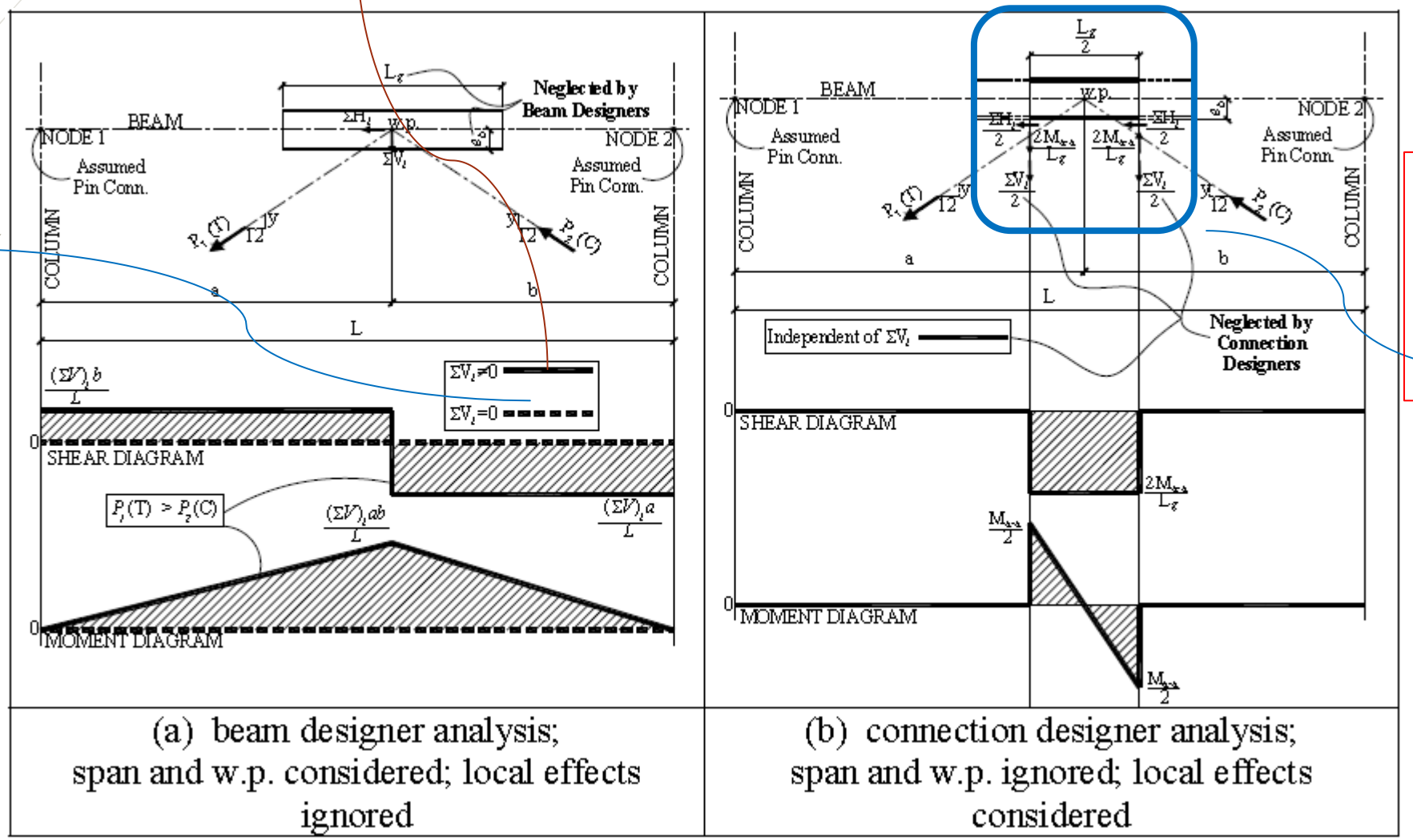
# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

## قسمت پنجم - اتصال مهاربند ۷ و ۸ به تیر

بعد از کمانش (تعادل قائم برایند نیروهای مهاربند وجود ندارد)

قبل از کمانش (تعادل قائم برایند نیروهای مهاربند وجود دارد)

اثرات اندرکنشی نیروهای محدوده اتصال با برش تیر درنظر گرفته نمی شود.




(a) beam designer analysis; span and w.p. considered; local effects ignored

(b) connection designer analysis; span and w.p. ignored; local effects considered

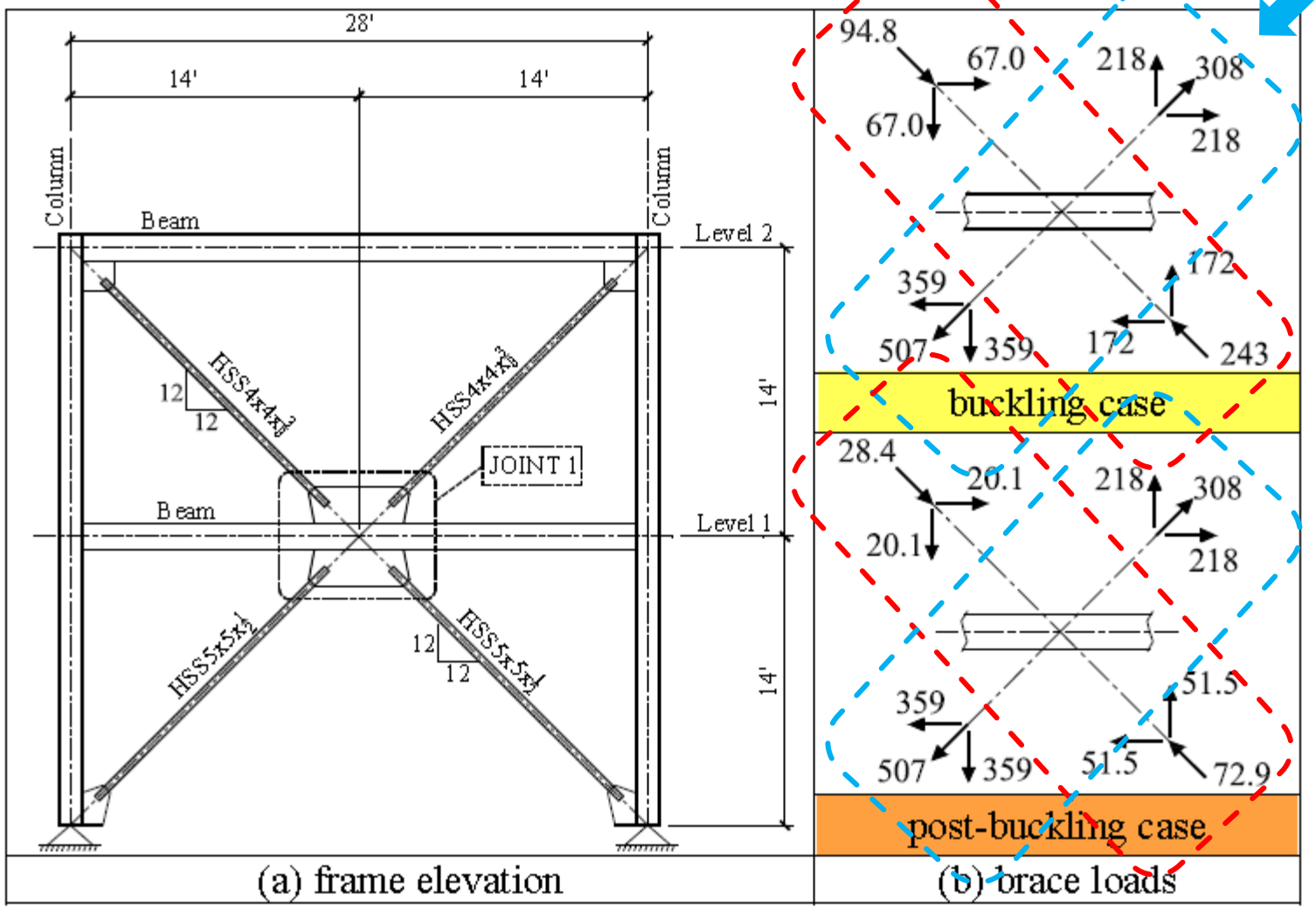
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

نیروهای مهاربند فشاری

نیروهای مهاربند کششی




## نکته ۱:

اگر مجموع مولفه های قائم مهاربندهای فشاری و کششی یکدیگر را خنثی کنند، اتصال مهاربند اثر سراسری روی تیر ندارد (قبل از کمانش و مقاطع برابر برای مهاربندها) اما اثر موضعی قابل ملاحظه ای دارد!

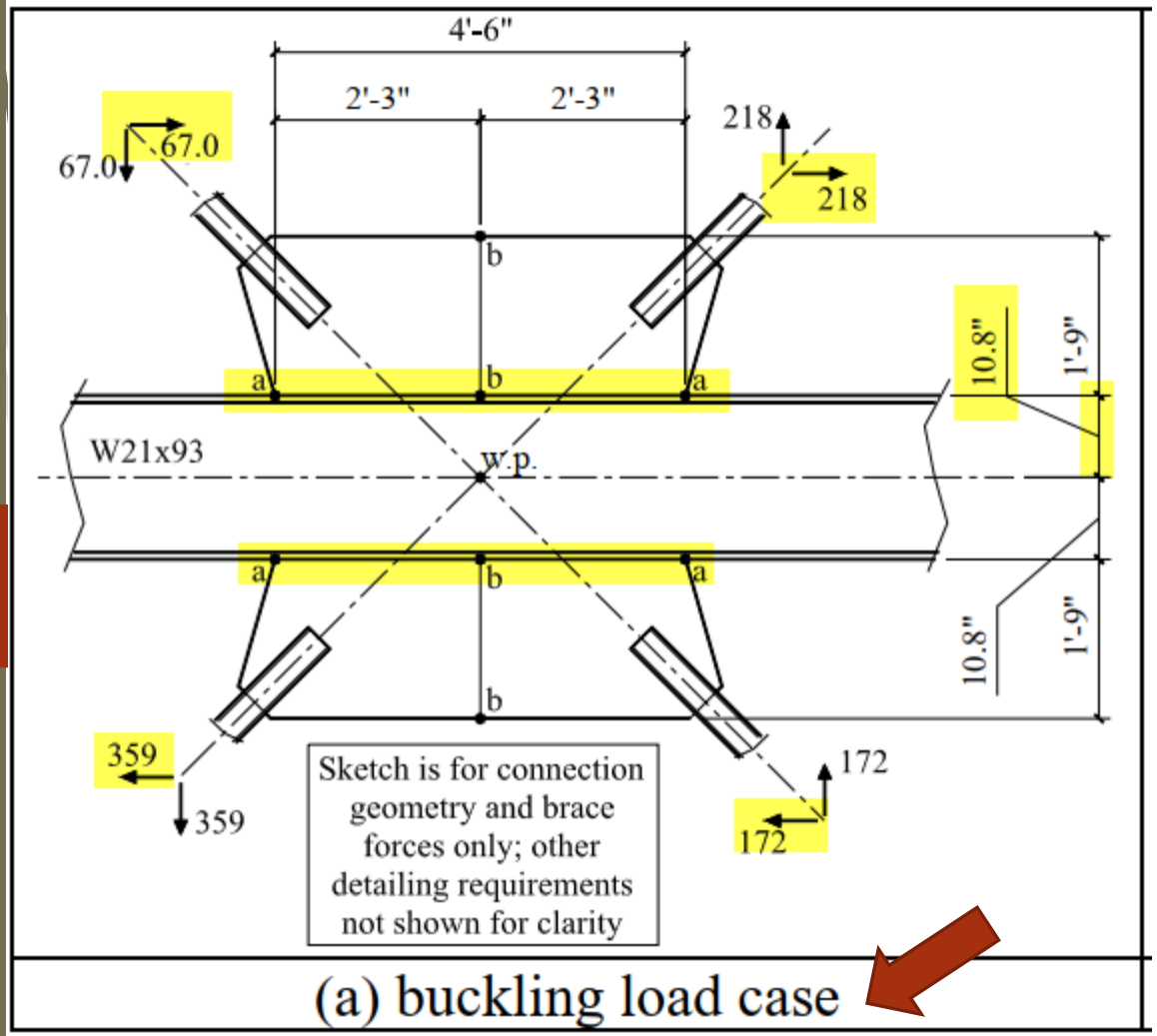
در مقابل اگر اثر نیروهای نامتعادل وجود داشته باشد (بعد از کمانش) اثر سراسری مهم خواهد بود!

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# اتصالات لرزه ای قابهای مهاربند هم محور

## (نیروی برشی موثر بر تیر- در محدوده اتصال- نگرش طراحان اتصال مهاربند)




The moments, $(M_{a\text{-}a})_t$ and $(M_{a\text{-}a})_b$, are

$$(M_{a-a})_t = (67.0 + 218)(10.8)$$

$$(M_{a-a})_t = 3,078 \text{ kip-in}$$

$$(M_{a-a})_b = ((-359) + (-172))(10.8)$$

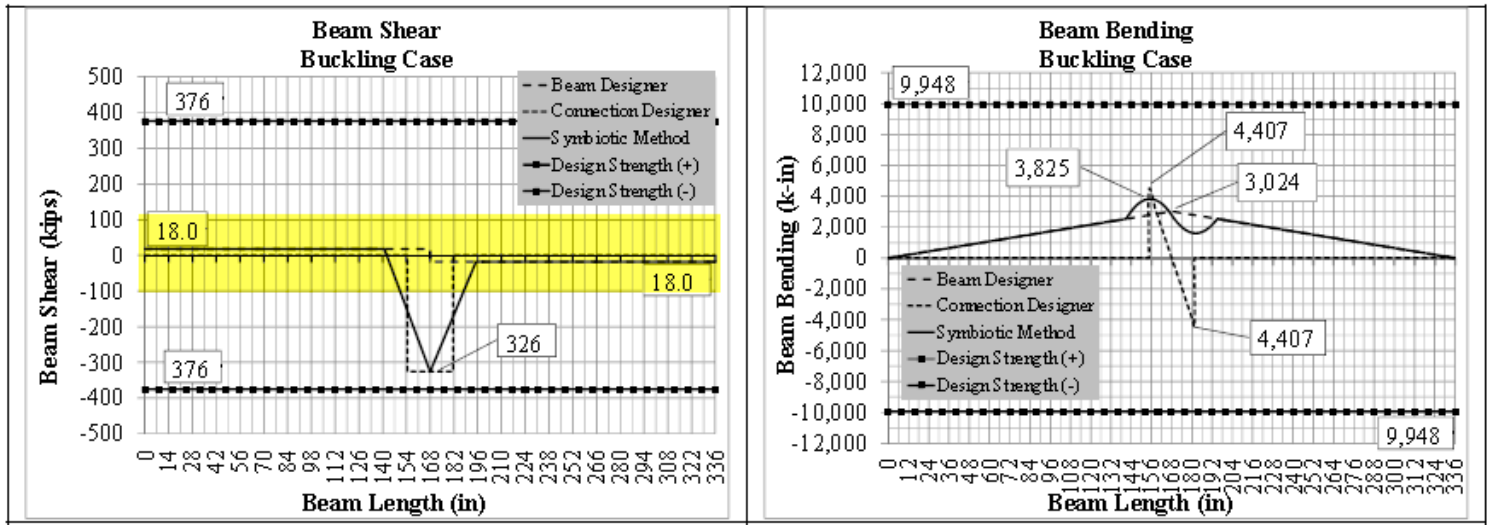
$$(M_{a-a})_b = 5,735 \text{ kip-in}$$

$$V = \frac{2[(M_{a-a})_t + (M_{a-a})_b]}{L_g} = \frac{2[3,078 + 5,735]}{54}$$

$$V = 326 \text{ kips}$$

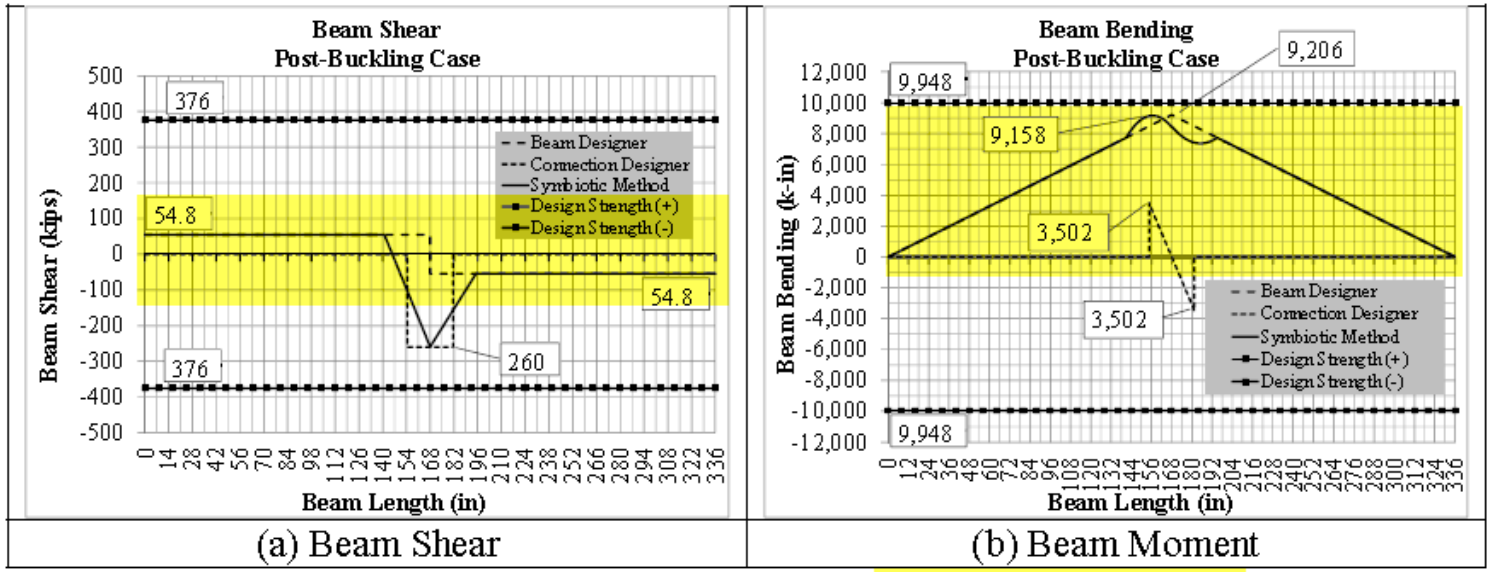
**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**




(a) Beam Shear (b) Beam Moment

Figure 14: Beam shear and moment for buckling load case




(a) Beam Shear (b) Beam Moment

Figure 15: Beam shear and moment for post-buckling load case

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای مهاربند هم محور

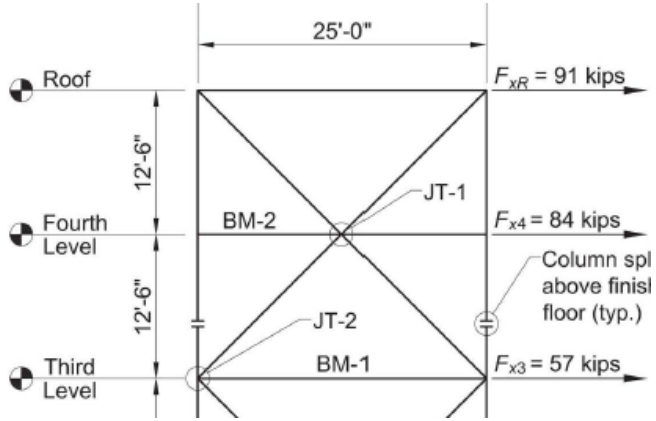
## قسمت پنجم - اتصال مهاربند ۷ و ۸ به تیر

### نکته۲:

چنانچه مهاربند مطابق اسلاید قبلی در دو طبقه به صورت قرینه باشد رابطه برش باید جمع نیروهای وارد بر ۲ طبقه باشد:(JT-1)

$$V_{EL} = \frac{2(P_1 + P_2)_3 \sin\theta e_b}{L_g} + \frac{2(P_1 + P_2)_4 \sin\theta e_b}{L_g}$$

در رابطه بالا ۳و۴ نشان دهنده شماره طبقه و eb همان نصف ارتفاع تیر است و Θ زاویه با محورقائم (تصویر افقی) مدنظر است.



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## قسمت اول – شکل و نوع اتصال

سوال اول و اصلی این است که آیا نوع گیردار یا مفصلی بودن اتصال کف ستون مستقیما به اتصالات سازه وابسته است یا خیر؟

پاسخ این است که لزوما خیر! گیردار بودن اتصال اعضای سازه الزامی برای گیرداری پای ستون نیست.

گیرداری اتصال پای ستون در قاب خمشی باعث بهبود توزیع لنگر و نیز کاهش تغییرمکان نسبی (دریفت) در طبقه اول می گردد اما در عوض طرح و ابعاد کف ستون بولتها و فونداسیون را سخت تر و پیچیده تر می کند! این انتخابی است که طراح باید انجام دهد!

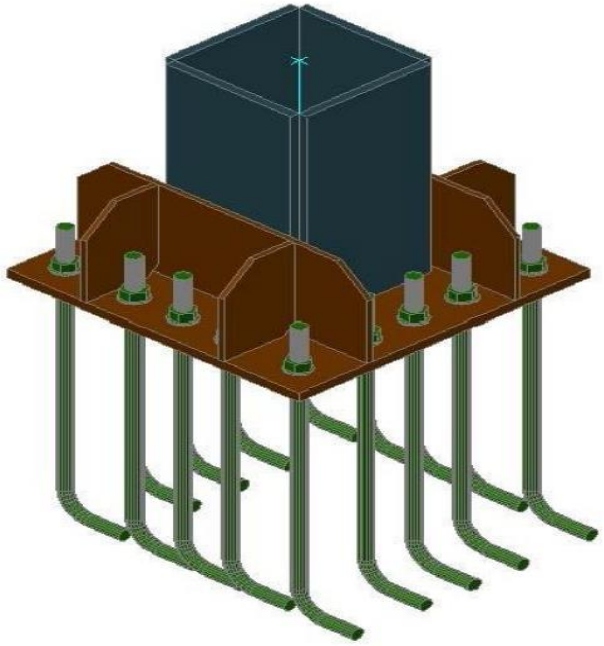
سوال دوم این است که کدام جز اتصال وظیفه گیردار کردن اتصال کف ستون را دارد؟ سخت کننده ها یا بولتها؟

پاسخ این است که هر دو! سخت کننده ها وظیفه انتقال ممان (گیرداری) اتصال ستون به ورق کف ستون را برعهده دارند و بولتها وظیفه انتقال آن به پی! نقص درهرکدام یعنی رفع گیرداری!

## ویرایش ۱۴۰۱

برای تراز نمودن کف‌ستون معمولاً در زیر آن از گروت استفاده می‌شود. در این صورت مقاومت فشاری گروت باید حداقل دو برابر مقاومت فشاری بتن پی باشد و ضخامت آن از 40 میلی‌متر کمتر و از 80 میلی‌متر بیشتر نشود. برای کف‌ستون‌های با ابعاد بزرگ‌تر از 500 میلی‌متر استفاده از سوراخی به قطر حداقل 50 میلی‌متر در نواحی وسط ورق برای تخلیهٔ هوای گروت توصیه می‌گردد.

استفاده از حداقل چهار میل‌مهار مناسب برای اتصال ورق کف‌ستون به پی توصیه می‌شود. این میل مهارها باید به نحو مناسب در بتن پی مهار شوند. مقاومت موجود میل‌مهار در بتن براساس الزامات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان تعیین می‌گردد.



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

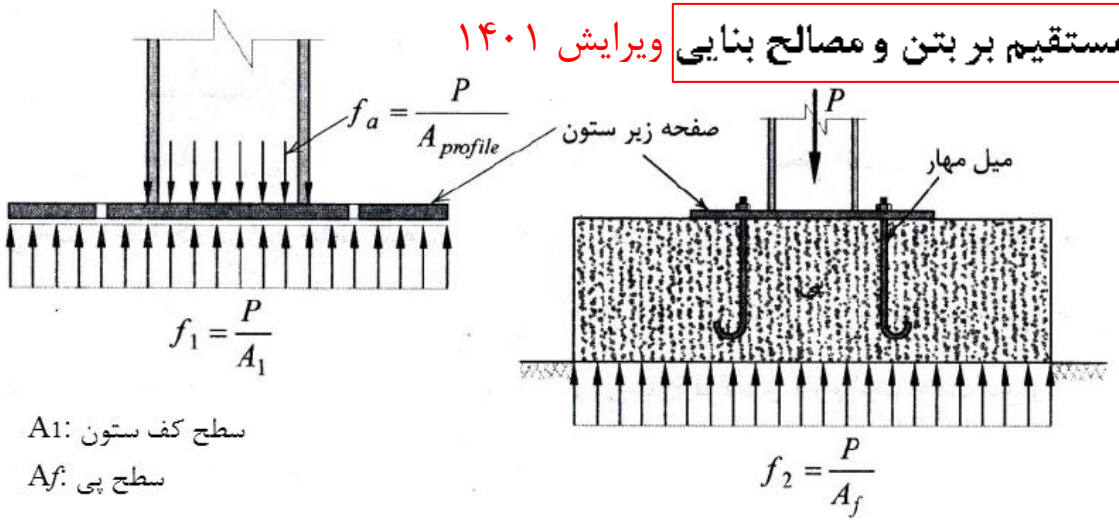
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## قسمت دوم – توزیع نیروها و محاسبه ابعاد – الف : اتصال ساده

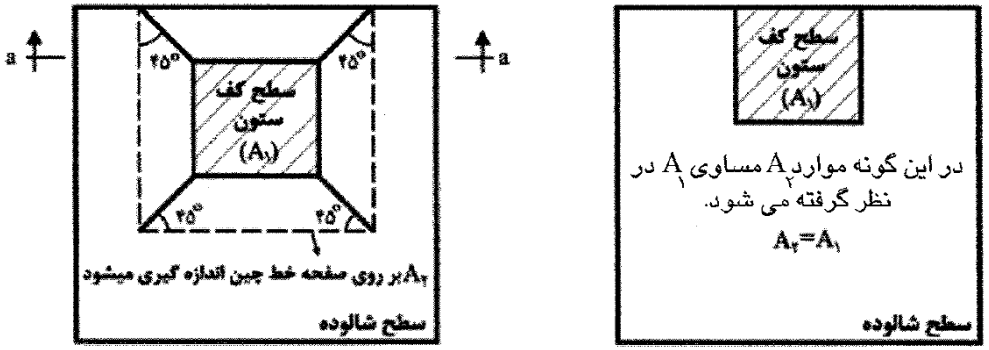
**۸-۹-۲-۱۰ کف‌ستون‌ها، ورق‌های نشیمن و فشار مستقیم بر بتن و مصالح بنایی** ویرایش ۱۴۰۱

طراحی میتواند با یکی از دو فرض کلی صلب بودن یا انعطاف پذیر بودن کف ستون انجام گیرد. طراحی کف ستون با فرض صلب بودن، از آنجا که منجر به توزیع خطی تنش، زیر صفحه ستون و تغییرات خطی کرنشها میگردد، عموماً به طراحی با فرض انعطافپذیری آن ترجیح داده میشود (فرض صلبیت کف ستون، تحلیل و طراحی آن را به میزان قابل توجهی ساده میکند).



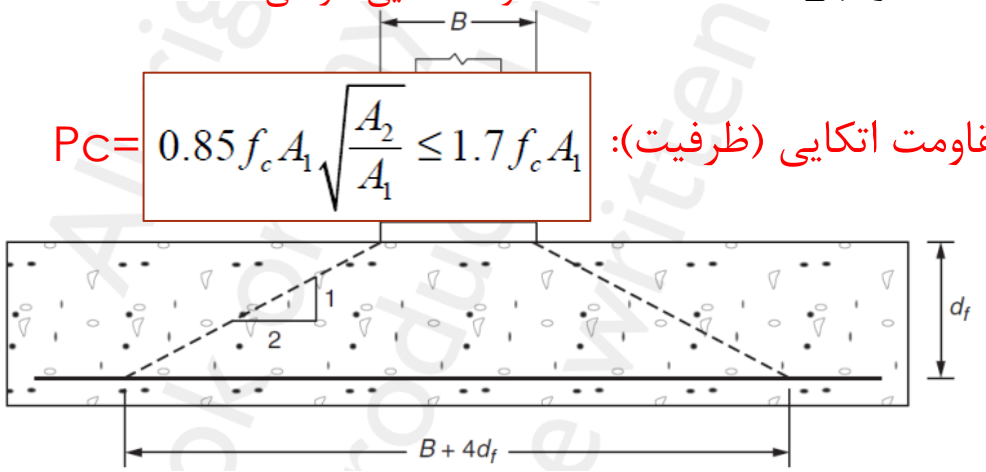

مقاومت اتکایی طراحی $P_d = 0.65.P_c$

مقاومت اتکایی (ظرفیت): $P_c = 0.85 f_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \le 1.7 f_c A_1$




(ب) کف ستون هایی که لبه های آن از لبه شالوده فاصله دارد.

(الف) کف ستون هایی که حداقل یکی از لبه های آن با لبه شالوده همباد است.

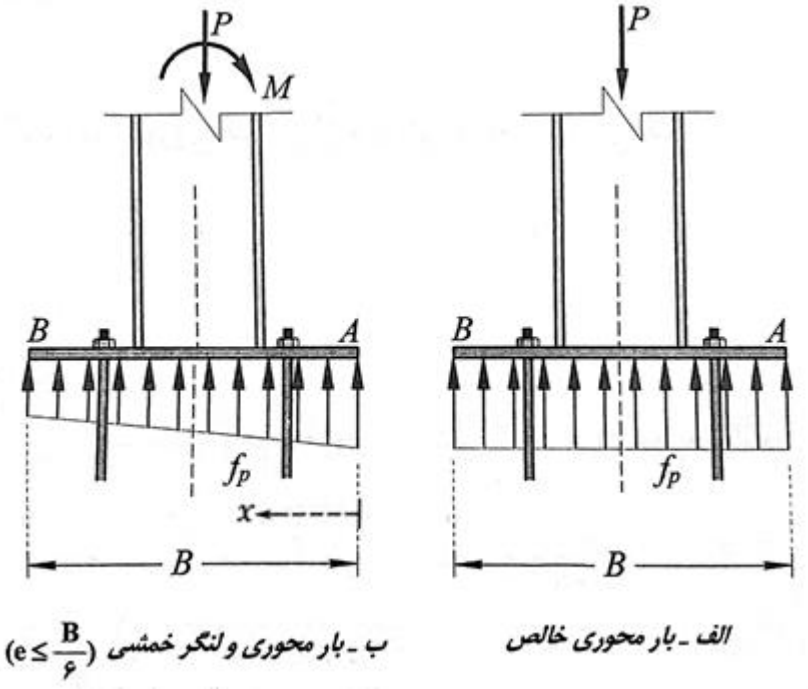


Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## قسمت دوم – توزیع نیروها و محاسبه ابعاد – ب : اتصال گیردار




الف ـ بار محوری خالص

ب ـ بار محوری و لنگر خمشی $(e \le \frac{B}{6})$

$e \le \frac{B}{6}$ ⟵

A نقطه در $f_p = \frac{P_u}{BD} + \frac{6M_u}{B^2D}$

B نقطه در $f_p = \frac{P_u}{BD} - \frac{6M_u}{B^2D}$

$\frac{h}{2} \ge e > \frac{B}{6}$ ⟵

ارتفاع تار خنثی $x = 3(\frac{B}{2} - e)$

$f_{max} = \frac{2P}{xD}$

۱- در روش دقیق نیروی کششی و تنش زیر کف ستون از رابطه زیر بدست می آید (برای آن نیاز به مقدار دقیق As می باشد):

$$\begin{cases} e = M/P > B/6 \\ (e > h/2) \end{cases}$$

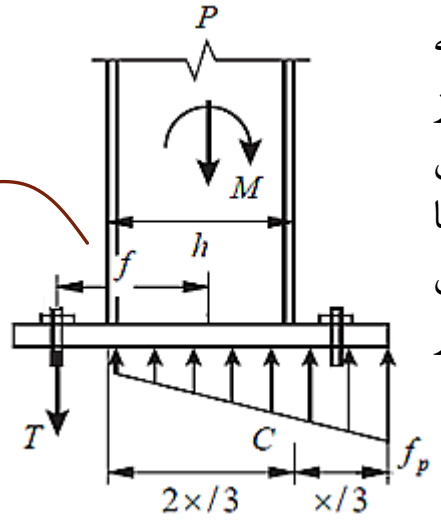
$$f_p = \frac{2P(e+f)}{xD\left(\frac{B}{2}+f-\frac{x}{3}\right)} \quad , \quad T = P\frac{e+\frac{x}{3}-\frac{B}{2}}{\frac{B}{2}+f-\frac{x}{3}}$$

$$x^3 + a_1x^2 + a_2x + a_3 = 0$$

$$a_1 = 3\left(e - \frac{B}{2}\right)$$

$$a_2 = \frac{6nA_s}{D}(f+e)$$

$$a_3 = -a_2\left(\frac{B}{2}+f\right)$$




f : فاصله مرکز پیچ ها تا مرکز صفحه

۲- در روش تقریبی فرض می شود که نقطه اثر برآیند تنش های فشاری تماسی ناشی از توزیع مثلثی دقیقا در وسط بال فشاری ستون قرار گیرد. (مقدار x بدون نیاز به As و با تقریب محاسبه می گردد) با این کار می توان کشش و متناسب آن As را محاسبه و در رابطه بالا قرار داد:

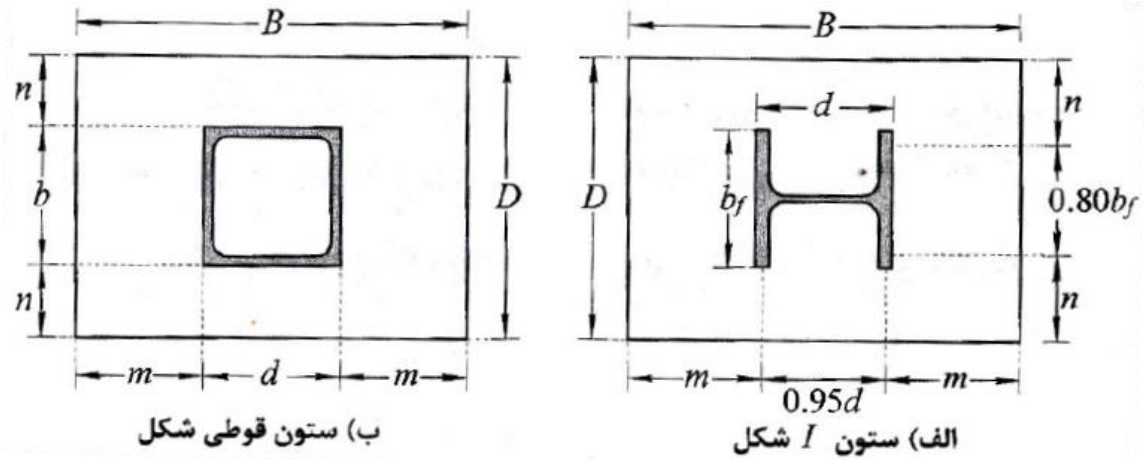
$$T\left(f + \frac{h}{2}\right) + P\frac{h}{2} = M$$

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

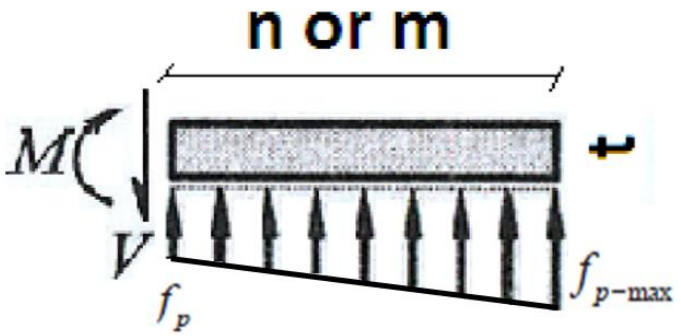
# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## قسمت سوم – محاسبه ضخامت (بدون سخت کننده)




ب) ستون قوطی شکل

الف) ستون I شکل




نمودار آزاد ورق در مقطع بحرانی

$$m = \frac{B - 0.95d}{2}, \quad n = \frac{D - 0.8b_f}{2}$$ برای ستون با مقطع H شکل

$$m = \frac{B - d}{2}, \quad n = \frac{D - b}{2}$$ برای ستون با مقطع قوطی

$$Mu = \frac{f_{p-max} + f_p}{2} \times \left(\frac{m \text{ , } n}{2}\right)^2 \times D \ (or B)$$

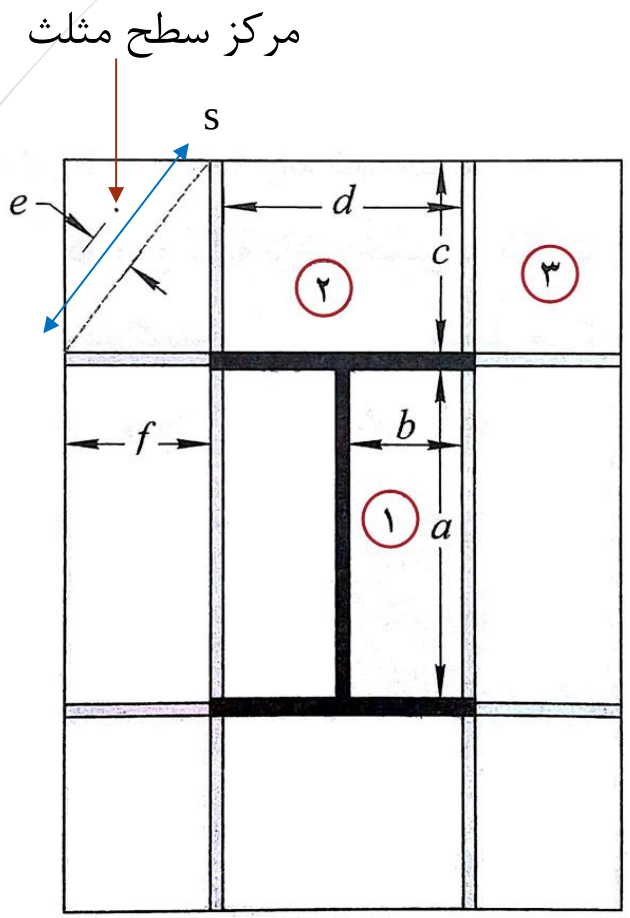
$$Z = \frac{Mu}{\phi F_y} \quad , \quad Z = \frac{Dt^2}{4}\ (\text{B or}) \quad \Rightarrow \quad \frac{Dt^2}{4}\ (\text{B or}) = \frac{Mu}{\phi F_y} \quad \Rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{4\,Mu}{\phi F_y}} \quad , \phi = 0.9$$

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## قسمت سوم – محاسبه ضخامت (همراه سخت کننده)




چشمه‌های ورق کف ستون

ضریب $\alpha_1$ برای ورق چهار طرف متکی

| چهار طرف متکی | ضریب | نسبت a/b (a> b) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۱ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۱/۴ | ۱/۵ | ۱/۶ | ۱/۸ | ۱/۹ | ۲ | بیش از ۲ |
| | $\alpha_1$ | ۰/۰۴۸ | ۰/۰۵۵ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۷۵ | ۰/۰۸۱ | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۹۴ | ۰/۰۹۸ | ۰/۱۰۰ | ۰/۱۰۰ |

ضریب $\alpha_2$ برای ورق سه طرف متکی

| سه طرف متکی | ضریب | نسبت c/d (c> 0.5d) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۰/۵ | ۰/۶ | ۰/۷ | ۰/۸ | ۰/۹ | ۱/۰ | ۱/۲ | ۱/۴ | ۲ | بیش از ۲ |
| | $\alpha_2$ | ۰/۰۶۰ | ۰/۰۷۴ | ۰/۰۸۸ | ۰/۰۹۷ | ۰/۱۰۷ | ۰/۱۱۲ | ۰/۱۲۰ | ۰/۱۲۶ | ۰/۱۳۲ | ۰/۱۳۳ |

$M_a$ لنگر خمشی در چشمه‌ی چهار طرف متکی برابر است با، $M_a = \alpha_1 \cdot f_p \cdot b^2$

$M_a$ لنگر خمشی در چشمه‌ی سه طرف متکی برابر خواهد بود با، $M_a = \alpha_2 \cdot f_p \cdot d^2$

$M$ در مورد چشمه‌هایی که بر دو ضلع تکیه دارند: $M = f_p \times \frac{c \cdot f}{2} \times e/s$

e فاصله مرکز سطح مثلث با دو لبه آزاد از محور خمش است.

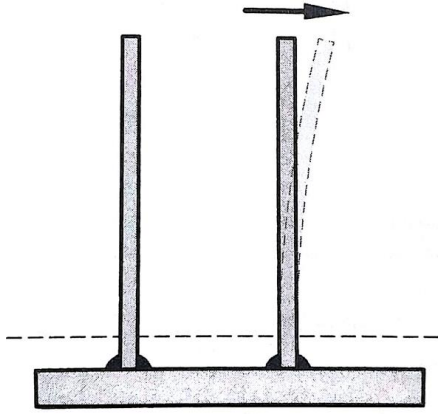
$(c < 0.5d) : M = 0.5.fp.\ c^2$

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

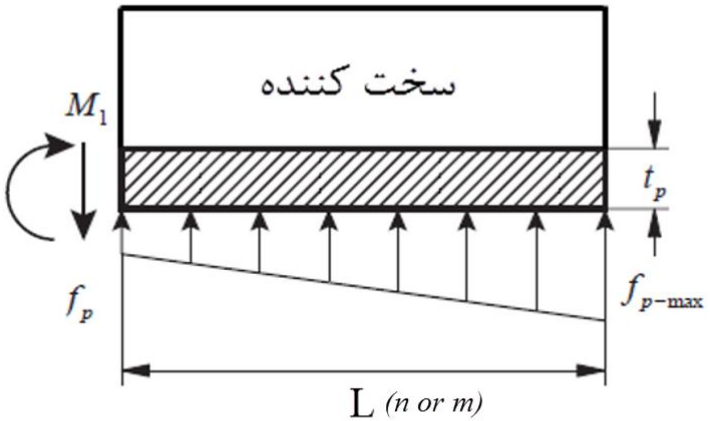
# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

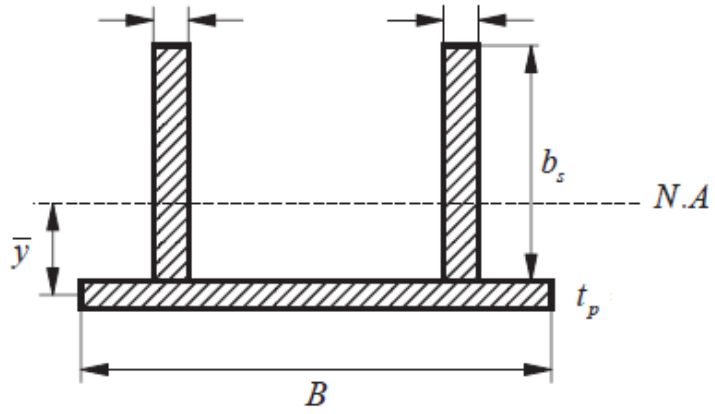
## قسمت چهارم – طراحی سخت کننده



کمانش جانبی- خمشی جان ستون

$$\frac{b_s}{t_s} \le ۱/۰۳ \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$




$$M_1 = \frac{f_{p-max} + f_p}{۲} \times \frac{L^2}{۲} \times D \ (or \ B)$$

مقطع فوق تحت اثر لنگر $M_1$ و برشی برابر متوسط تنش زیر کف ستون در محدوده طراحی است که مطابق طراحی ساده یک مقطع تحت خمش و برش طراحی می گردد.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## قسمت پنجم – طراحی میل مهار و مهره

**۱۰-۲-۹-۹ میل مهارها و اقلام مدفون**

**۱۰-۲-۹-۹ میل‌مهارهای کف‌ستون و اقلام مدفون**

**الف) میل‌مهارهای کف‌ستون** ویرایش ۱۴۰۱

**الف) میل‌مهارها**

| نوع وسیله اتصال | تنش کششی اسمی ($F_{nt}$) | تنش برشی اسمی ($F_{nv}$) در اتصالات اتکایی |
|---|---|---|
| قطعهٔ دندانه‌شده طبق مشخصات تعیین‌شده، در حالتی‌که سطح برش از قسمت دندانه‌شده می‌گذرد | $0.75F_u$ [۱]،[۶] | $0.45F_u$ |
| قطعهٔ دندانه شده طبق مشخصات تعیین‌شده، در حالتی‌که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی‌گذرد | $0.75F_u$ [۱]،[۶] | $0.55F_u$ |

میل‌مهارها باید طوری طراحی و محاسبه شوند که در تمام ترکیبات بارگذاری وارد بر سازه، از نظر کشش، برش و اثرات توأم آنها، جوابگو باشند. الزامات میل‌مهارها باید بر طبق ضوابط قطعه‌های دندانه‌شده تعیین شود. در مواردی‌که میل‌مهارهای کف‌ستون‌ها از آرماتورهای آجدار ساخته می‌شوند، در تعیین مقاومت‌ها، سطح مقطع اسمی ناحیهٔ رزوه شده (که پس از برداشتن دندانه‌های برجسته اندازه‌گیری شده و کوچکتر از قطر اسمی آرماتور می‌باشد) ملاک محاسبه خواهد بود. درصورتی که از واشرهای مناسب در محل سوراخ، جهت ایجاد تکیه‌گاه کافی برای مهره استفاده شود، سوراخ‌های بزرگ‌شده و سوراخ‌های لوبیایی برای استفاده در کف‌ستون مجاز هستند.

نکته :

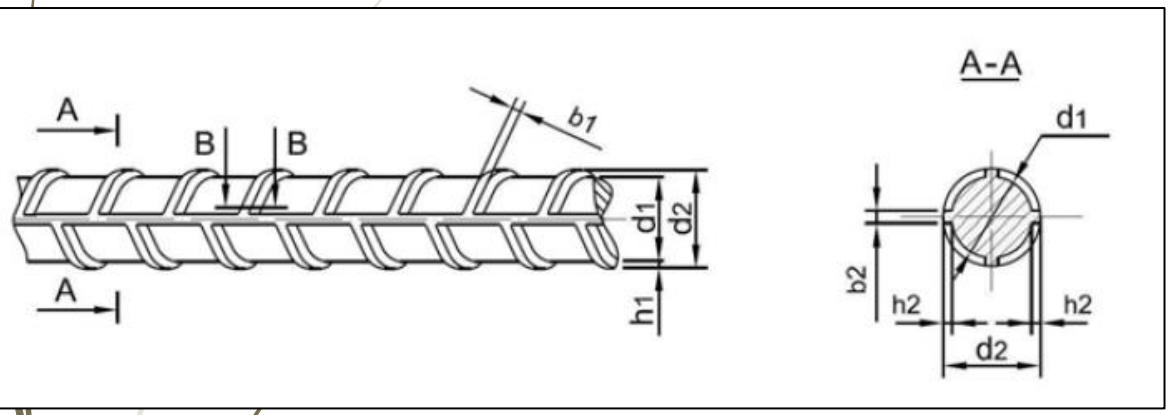
میلگرد ساده با همان قطر تبدیل به بولت با قطر اسمی معادل می شود یعنی تنها رزوه زنی صورت می پذیرد اما اگر از میلگرد آجدار برای تبدیل میلگرد به انکر (بولت) استفاده شود باید یک شماره میلگرد بالاتر برای تولید رزوه انتخاب گردد. همچنین آنچه در محاسبات باید لحاظ شود طبق بند ۱۰-۲-۹-۹ سطح اسمی مقطع رزوه شده است یعنی درخصوص میلگرد ۳۰ که به رزوه (بولت) ۲۷ تبدیل شده است از قطر ۲۷ در محاسبات استفاده می شود. به شکل زیر دقت کنید:

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## قسمت پنجم – طراحی میل مهار و مهره – استاندارد ۳۱۳۲ ایران




اعداد بر حسب میلیمتر

| قطر اسمی میل‌گرد d | قطر زمینه $d_1$ | | ارتفاع آج عرضی $h_1$ | | پهنای آج عرضی $b_1$ | قطر خارجی $d_2$ | گام C | ارتفاع آج طولی $h_2$ | پهنای آج طولی $b_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | حد استاندارد | رواداری | حد استاندارد | رواداری | | | | | |
| ۶ | ۵٫۷۵ | | ۰٫۵۰ | ±۰٫۲۵ | ۰٫۵۰ | ۶٫۷۵ | ۵ | ۰٫۵۰ | ۱٫۰ |
| ۸ | ۷٫۵ | | ۰٫۷۵ | | ۰٫۷۵ | ۹٫۰ | ۵ | ۰٫۷۵ | ۱٫۲۵ |
| ۱۰ | ۹٫۳ | | ۱٫۰۰ | | ۱٫۰۰ | ۱۱٫۳ | ۷ | ۱٫۰۰ | ۱٫۵ |
| ۱۲ | ۱۱٫۰ | + ۰٫۳ | ۱٫۲۵ | | ۱٫۰۰ | ۱۳٫۵ | ۷ | ۱٫۲۵ | ۲٫۰ |
| ۱۴ | ۱۳٫۰ | − ۰٫۵ | ۱٫۲۵ | | ۱٫۰۰ | ۱۵٫۵ | ۷ | ۱٫۲۵ | ۲٫۰ |
| ۱۶ | ۱۵٫۰ | | ۱٫۵۰ | | ۱٫۵۰ | ۱۸٫۰ | ۸ | ۱٫۵۰ | ۲٫۰ |
| ۱۸ | ۱۷٫۰ | | ۱٫۵۰ | ±۰٫۵ | ۱٫۵۰ | ۲۰٫۰ | ۸ | ۱٫۵۰ | ۲٫۰ |
| ۲۰ | ۱۹٫۰ | | ۱٫۵۰ | | ۱٫۵۰ | ۲۲٫۰ | ۸ | ۱٫۵۰ | ۲٫۰ |
| ۲۲ | ۲۱٫۰ | +۰٫۴ | ۱٫۵۰ | | ۱٫۵۰ | ۲۴٫۰ | ۸ | ۱٫۵۰ | ۲٫۰ |
| ۲۵ | ۲۴٫۰ | −۰٫۵ | ۱٫۵۰ | | ۱٫۵۰ | ۲۷٫۰ | ۸ | ۱٫۵۰ | ۲٫۰ |
| ۲۸ | ۲۶٫۵ | | ۲٫۰ | | ۱٫۵۰ | ۳۰٫۵ | ۹ | ۲٫۰۰ | ۲٫۵ |
| ۳۲ | ۳۰٫۵ | +۰٫۴ | ۲٫۰ | | ۲٫۰۰ | ۳۴٫۵ | ۱۰ | ۲٫۰۰ | ۳٫۰ |
| ۳۶ | ۳۴٫۵ | −۰٫۷ | ۲٫۵۰ | ±۰٫۷ | ۲٫۰۰ | ۳۹٫۵ | ۱۲ | ۲٫۵۰ | ۳٫۰ |

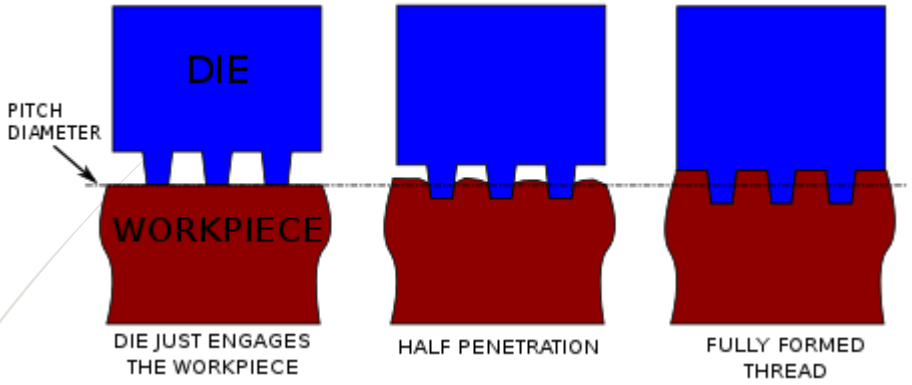
مرحله اول در تولید پیچ از میلگرد آجدار، روتراشی آج میلگرد و رسیدن به مغزه آن برای رزوه زنی است. انتخاب میلگرد باید طوری انجام شود که مطابق جدول قطر مغزه مورد استفاده از قطر اسمی بولت مورد نظر کمتر نباشد.
به طور مثال از میلگرد ۲۸ آجدار که قطر مغزه ۲۶.۵ دارد نمی توان برای تولید M27 استفاده کرد! (شماره بولت برابر قطر بیرونی- ارتفاع دندانه- پیچ است)

**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## قسمت پنجم – طراحی میل مهار و مهره




### نحوه ایجاد زروه در میل مهار از میلگرد

رولینگ یکی از حساس‌ترین قسمت‌های تولید یک پیچ است. برای رزوه زنی چندین روش وجود دارد که می‌توان از روش تراشکاری، استفاده از حدیده و قلاویز، استفاده از روش رولینگ غلطکی، اکستروژن و روش رولینگ اصطکاکی را نام برد. یکی از عمده‌ترین روش‌ها که در تولید انبوه مورد استفاده قرار می‌گیرد روش رولینگ دوتوپی و سه توپی است . در روش رولینگ هیچ گونه براده برداری از سطح قطعه کار صورت نمی گیرد. طی فرآیند فرم دهی سرد با ایجاد یک فشار یکنواخت ومنظم توسط غلطکهای فرم دهنده، رزوه مورد نظر ایجاد می گردد. در تولید رزوه بوسیله ماشین های تراش معمولی، در بافت فلزات گسستگی ایجاد شده که این عمل با صرف وقت و انرژی زیاد و کاهش کیفیت محصولات تولیدی همراه خواهد بود. روش رولینگ نسبت به روش ماشینکاری (تراش و یا حدیده) چند مزیت بزرگ در ایجاد رزوه دارد:

- تغییر شکل‌های ایجاد شده در روش رولینگ باعث افزایش سختی در دنده ها می‌شود، که در نتیجه آن مقاومت به سایش آن‌ها نیز افزایش پیدا می‌کند.
- دنده های ایجاد شده به روش رولینگ مقاومت به خستگی بالاتری را از خود نشان می‌دهند. این پروسه سطوح درگیر در قطعه کار را تحت فشار موضعی قرار می‌دهد، که این فشار امکان ایجاد ترک های ناشی از شکل دهی و جدایش را کاهش می‌دهد. ساختار دانه بندی در این روش به شکل پیوسته است، که کاملا با ساختار دانه بندی قطعات در روش ماشینکاری که به شکل ناپیوسته و بریده شده است، کاملا متفاوت است.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## قسمت پنجم – طراحی میل مهار و مهره

نکته: برای پروژه های خاص و ویژه استفاده از میلگرد CK45 به دلیل «**قطر ثابت**» و «**سختی بیشتر**» به جای میلگردهای AIII توصیه می شود.

**استاندارد حروفی DIN :**

(AIII نامگذاری با استاندارد روسی است)

در این روش از علامت مشخصه **CX** و یک عدد دو رقمی که درصد کربن فولاد را نشان می دهد استفاده می گردد. حرف X شامل مشخصات زیر است:

حرف f برای فولاد با قابلیت سخت کاری شعله ای و القایی (Cf 53)

حرف k برای فولاد نجیب با مقدار پایین فسفر و گوگرد (Ck 35, Ck 45)

حرف m برای فولاد نجیب با محدوده معینی از گوگرد (Cm 35)

حرف q برای فولادهای کربوره و بهسازی جهت کله‌زنی سرد (Cq 35)

**1.1191, DIN Ck45, AISI 1045**

**Equivalent Grades**

AISI/ASTM: 1045

Germany: CK45

BS: 080M46

JIS: S45C

UNI: C45

ویرایش ۱۴۰۱

**۱۰-۱-۴-۴ میله‌های دندانه‌شده و میل‌مهارها**

در سازه‌های فولادی، میله‌های دندانه‌شدهٔ دو سر رزوه و میل‌مهار کف‌ستون‌ها می‌توانند از نوع پیچ‌ها مطابق با الزامات بند ۱۰-۱-۴-۳ باشند. برای میل‌مهارها استفاده از میلگرد ساده و آج‌دار مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان مجاز است. همچنین برای میل‌مهارها استفاده از میلگرد سادهٔ پرمقاومت از نوع CK45 با مشخصات مکانیکی $F_y$ =400 MPa ،$F_u$ =600 MPa و $\varepsilon_u$ =25 %، مطابق با استانداردهای معتبر مجاز است.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## مهار (بدون رزوه) تعبیه شده (مقاومت بیرون کشیدگی):

### ۹-۱۸-۴-۳ مقاومت بیرون کشیدگی مهارهای تعبیه شده

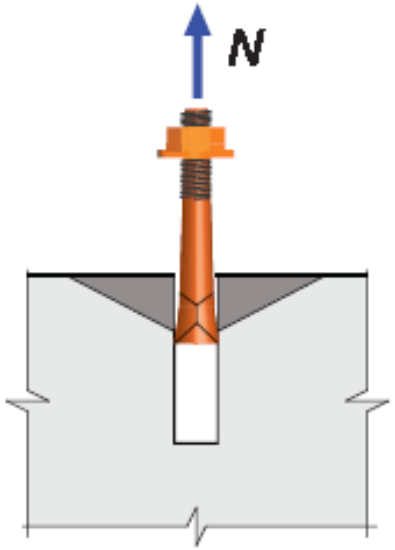
| | |
|---|---|
| پیچ‌های قلاب‌دار با خم ۹۰ و ۱۸۰ درجه | $N_p = 0.9 f'_c e_h d_a$<br>که در آن $3d_a \le e_h \le 4.5d_a$ ؛ و یا<br>تعیین بر اساس احتمال شکست ۵ درصد مبتنی بر آزمایش‌های مورد استناد مراجع مورد تایید با صرف نظر از مشارکت اصطکاک. |

**17.6.3.2** *Basic single anchor pullout strength,* $N_p$

(b) For J- or L-bolts, Np shall be calculated by:

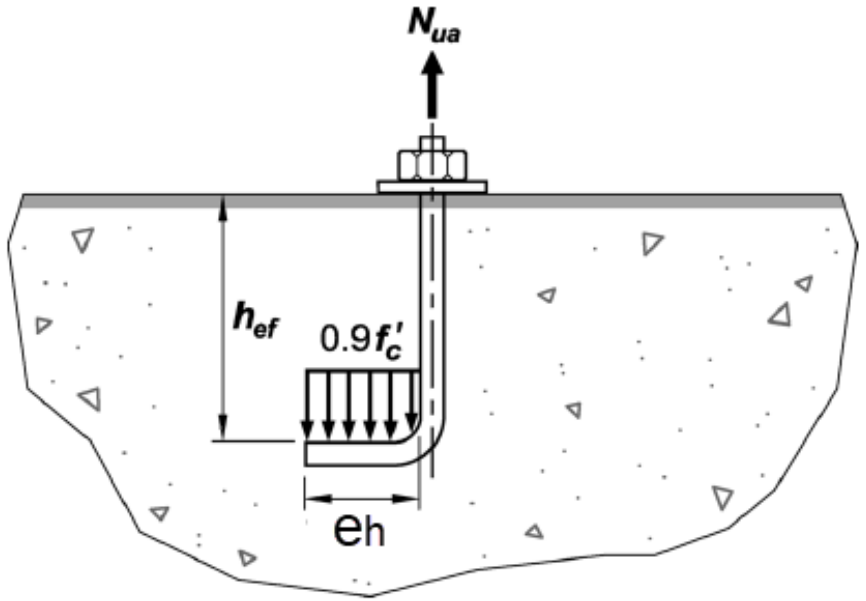
$$N_p = 0.9 f'_c e_h d_a \qquad (17.6.3.2.2b)$$

where $3d_a \le e_h \le 4.5d_a$.



(ii) Pullout

بیرون کشیدگی



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## قسمت پنجم – طراحی میل مهار و مهره

### مهره مناسب:

در زیر مهره معادل با هر رده پیچ بر مبنای استاندارد ISO 934 آورده شده است. مطابق اطلاعات زیر از مهره کلاس ۶ برای بولت ۵.۸ و یا میلگرد AIII استفاده می شود.

| Nut Size | | Property Class 5 | | | Property Class 6 | | | Property Class 8 | | | Property Class 10 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Proof Load Stress | Hardness HR | | Proof Load Stress | Hardness HR | | Proof Load Stress | Hardness HR | | Proof Load Stress | Hardness HR | |
| Over | To | N/mm² | Min. | Max. | N/mm² | Min. | Max. | N/mm² | Min. | Max. | N/mm² | Min. | Max. |
| M4 | M7 | 580 | | | 670 | | | 810 | | | 1040 | | |
| M7 | M10 | 590 | B71 | C30 | 680 | B79 | C30 | 830 | B29 | C30 | 1040 | C28 | C38 |
| M10 | M16 | 610 | | | 700 | | | 840 | | | 1050 | | |
| M16 | M37 | 630 | B76 | C30 | 720 | B85 | C30 | 920 | B97 | C38 | 1060 | | |
| For use with bolts of Property Class | | 4.6,5.6,5.8 | | | 4.6,5.6,5.8,6.8 | | | 4.6,5.6,5.8,6.8 & 8.8 | | | 8.8 & 10.9 | | |

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

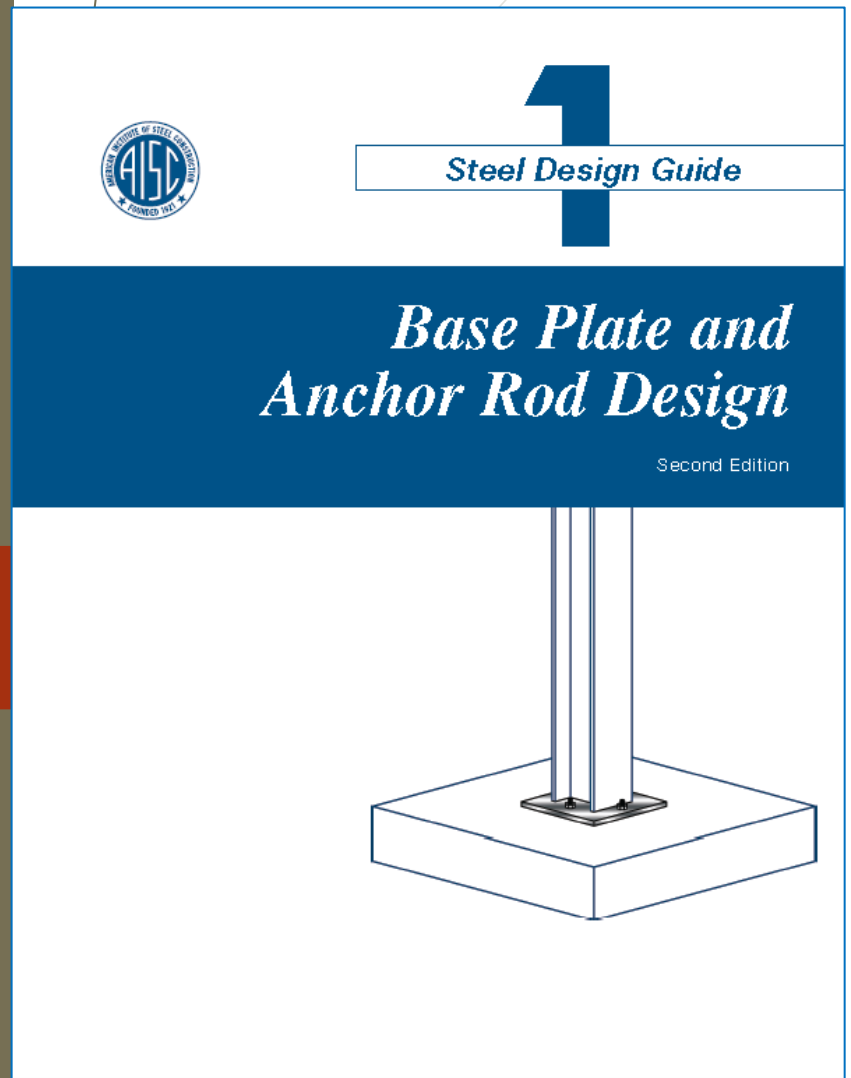
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## قسمت پنجم – طراحی میل مهار و مهره

**نکته:**

آیا جوش مهره به مهار مجاز است؟




*2.11.3 Anchor Rod Projection Too Long or Too Short*

Anchor rod projections that are too short or too long must be investigated to determine if the correct anchor rods were installed. If the anchor rod is too short, the anchor rod may be projecting below the foundation. If the rod projection is too long, the embedment may not be adequate to develop the required tensile strength.

Often, when the anchor rod is short, it may be possible to partially engage the nut. A conservative estimate of the resulting nut strength can be made based on the percentage of threads engaged, as long as at least half of the threads in the nut are engaged. Welding the nut to the anchor rod is not a prequalified welded joint and is not recommended.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## قسمت پنجم – طراحی میل مهار و مهره

### ۱۰-۲-۹-۳-۲ مشخصات و فواصل سوراخ‌ها در اتصالات پیچی

۵-در ورق کف‌ستون‌ها برای عبور میل‌مهارها، استفاده از سوراخ استاندارد بدون استفاده از واشر تنظیم‌کنندهٔ اضافی در روی ورق کف‌ستون در محل سوراخ، مجاز است. درصورتی‌که برای نصب سازه نیاز به تعبیهٔ سوراخ‌های با قطر بزرگ‌تر از سوراخ‌های استاندارد باشد، در این صورت لازم است بر روی ورق کف‌ستون در محل سوراخ، از واشر تنظیم‌کنندهٔ اضافی با ابعادی بزرگ‌تر از ابعاد سوراخ کف‌ستون و دارای سوراخ استاندارد که به نحو مناسبی به ورق کف‌ستون جوش می‌شود، استفاده شود. این واشر باید دارای مقاومت موجود کافی در برابر اتکا و اتصال آن به ورق کف‌ستون دارای مقاومت برشی موجود کافی در برابر برش میل‌مهار باشد. درهرحال قطر سوراخ‌های تعبیه‌شده در ورق کف‌ستون نباید از قطر سوراخ‌های بزرگ‌شده به‌اضافهٔ دو میلی‌متر بزرگ‌تر باشد.

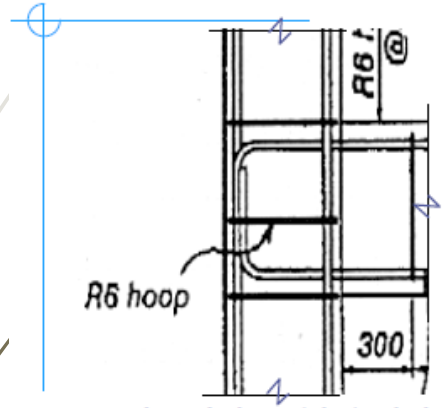
**Alireza Faroughi**
**Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch**

**علیـــــرضا فـاروقـی**
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق**

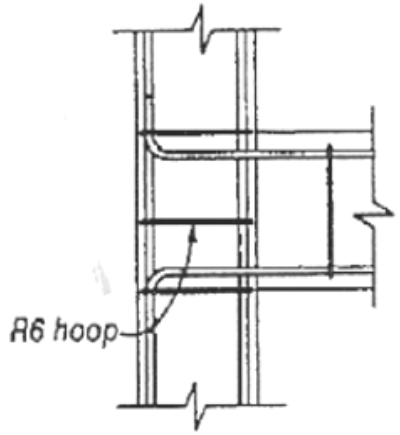
# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## قسمت پنجم – طراحی میل مهار و مهره

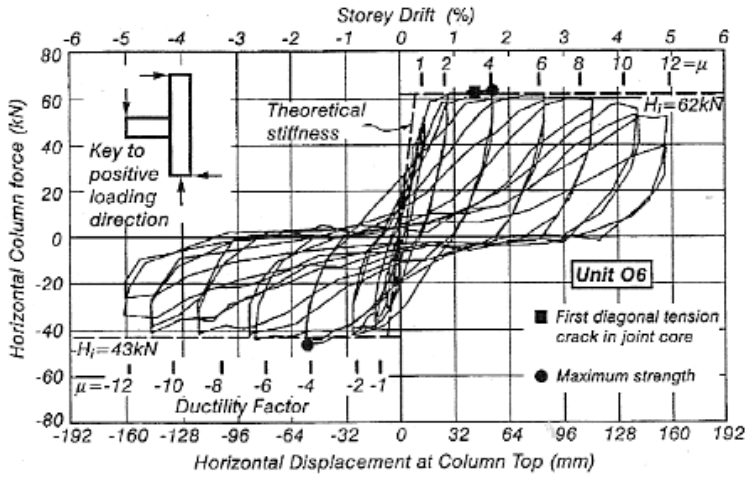
## Exterior joint
*hook detail*

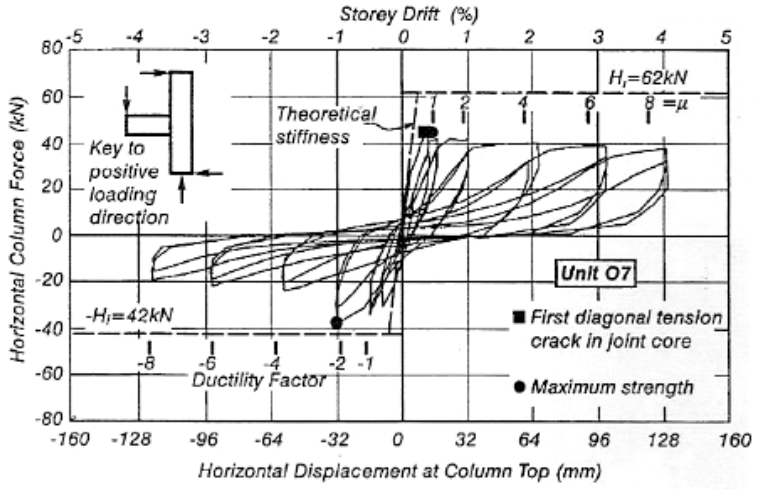



hook bent into joint




hook bent out of joint



(a) 24%-40%

(b) 82%-110%

درصدگیرداری

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات پای ستون (کف ستون)

## قسمت پنجم – طراحی میل مهار و مهره

**۹-۲۰-۹-۲-۳** درستونهائی که برای اتصال گیردار (صلب) به شالوده طراحی شده اند باید ضوابط بند ۹-۲۰-۹-۲-۱ رعایت شده، و در صورت نیاز به مهاری قلاب دار، انتهای آرماتورهای طولی تعبیه شده برای تحمل خمش باید دارای قلابهای با خم ۹۰ درجه رو بطرف مرکز ستون در نزدیک قسمت تحتانی شالوده باشند.

## 18.13—Foundations

### 18.13.2 *Footings, foundation mats, and pile caps*

**18.13.2.1** Longitudinal reinforcement of columns and structural walls resisting forces induced by earthquake effects shall extend into the footing, mat, or pile cap, and shall be fully developed for tension at the interface.

**18.13.2.2** Columns designed assuming fixed-end conditions at the foundation shall comply with 18.13.2.1 and, if hooks are required, longitudinal reinforcement resisting flexure shall have 90-degree hooks near the bottom of the foundation with the free end of the bars oriented toward the center of the column.

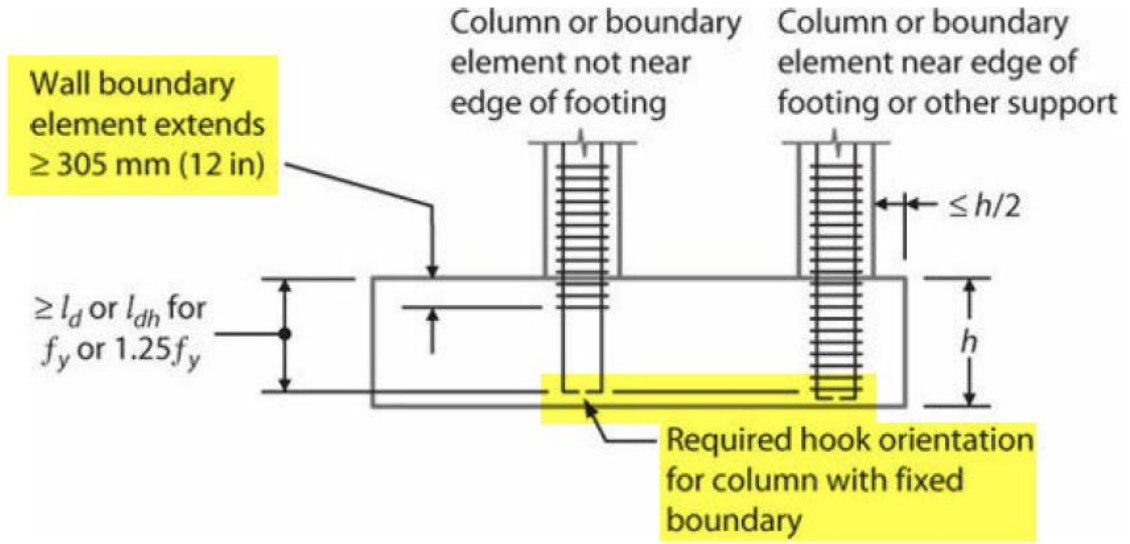
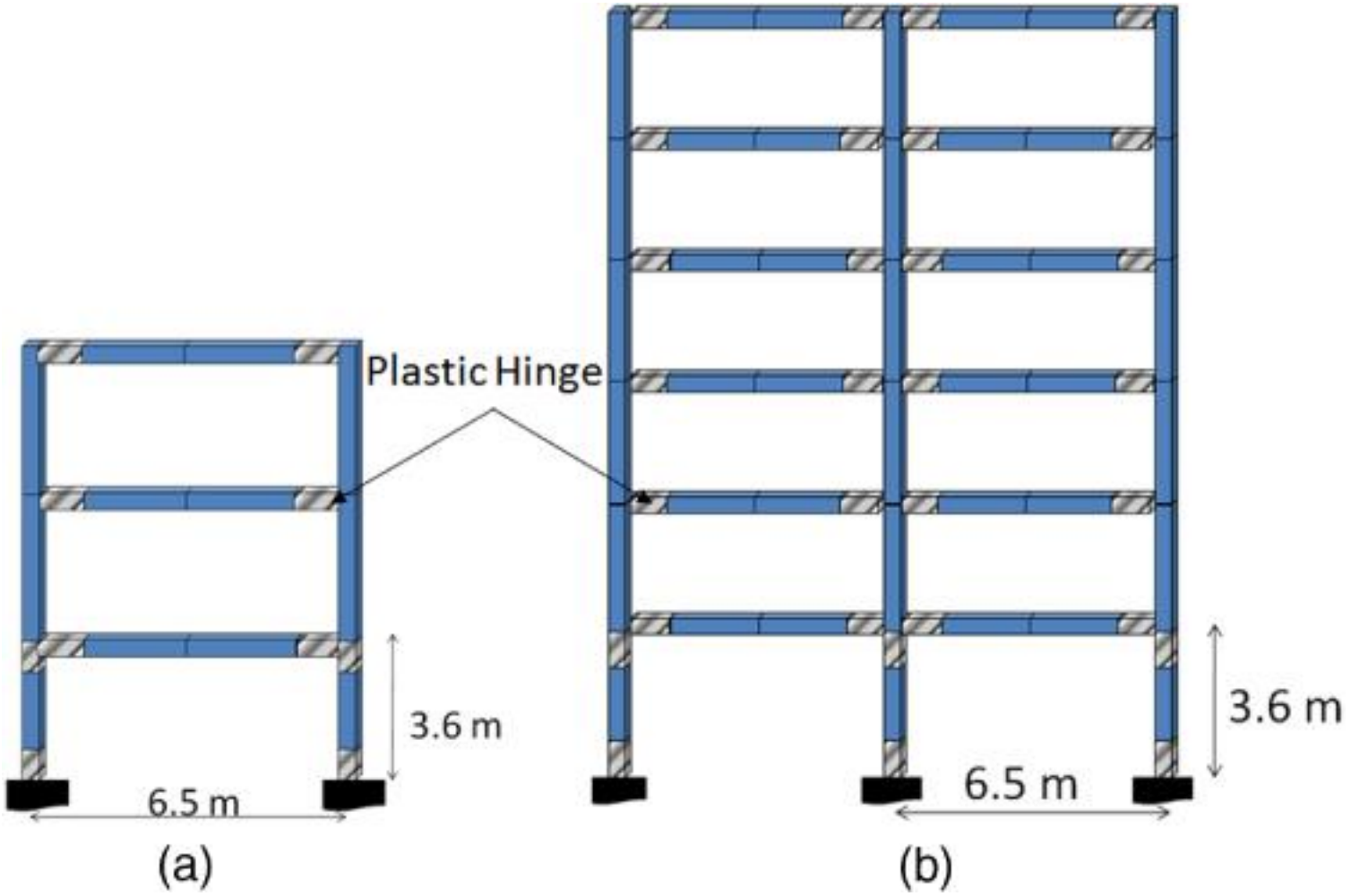



**FIGURE 16.10** Required extensions of column and boundary element reinforcement into footings, mat foundations, and pile caps.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای خمشی- کلیات



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

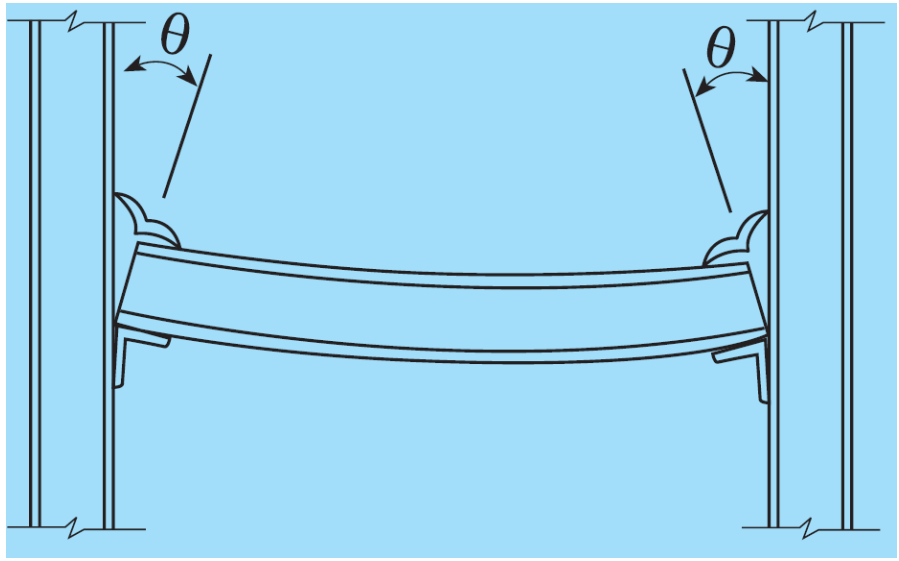
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای خمشی

## قسمت اول – گیرداری ثقلی

مهمترین عامل در گیردار بودن یک اتصال "عدم تغییر زاویه محور تیر و ستون (اتصال) " چه بـه صـورت مطلـق و چه به صورت نسبی است.

آنچنانکه در شکل ملاحضه می کنید θ زاویه اتصال است چنانچه این زاویه به صورت نسبی و به دلیل دوران وسیله اتصال (مثلا نبشی) افزایش یابد(۱) و یا خود اتصال به علت ضعف نسبی قاب ستونی نسبت به تیر به صورت یکجا دوران کند (۲) و به طور کلی خیز از محل اتصال به وسط دهانه تیر انتقال یابد اتصال **گیردار نخواهد بود!**

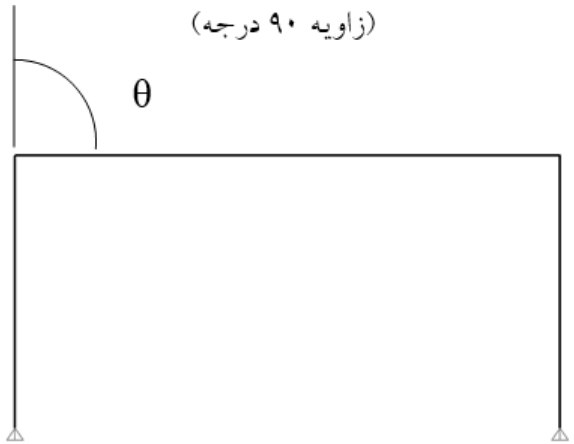


Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

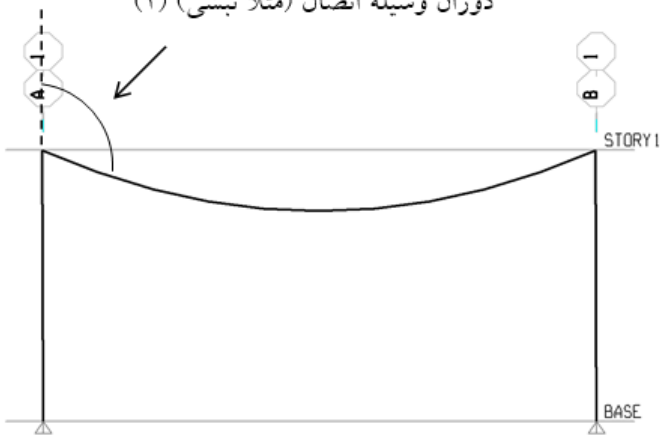
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای خمشی

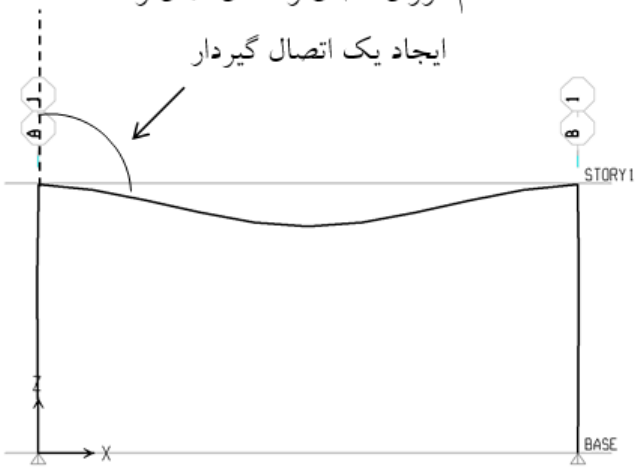
اتصال در حالت بدون بارگذاری
(زاویه ۹۰ درجه)



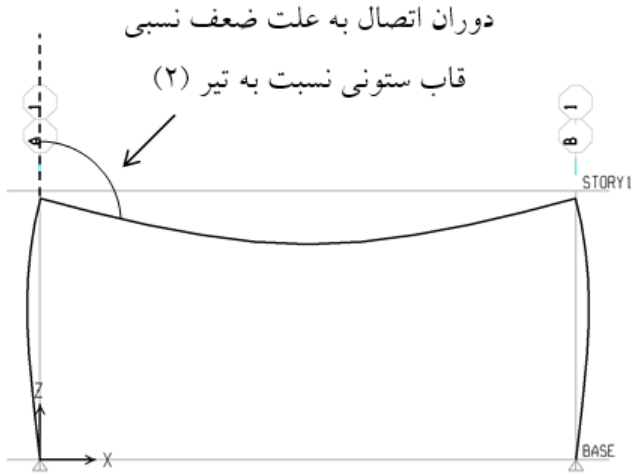

دوران وسیله اتصال (مثلا نبشی) (۱)




عدم دوران اتصال و انتقال ممان و
ایجاد یک اتصال گیردار




دوران اتصال به علت ضعف نسبی
قاب ستونی نسبت به تیر (۲)



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

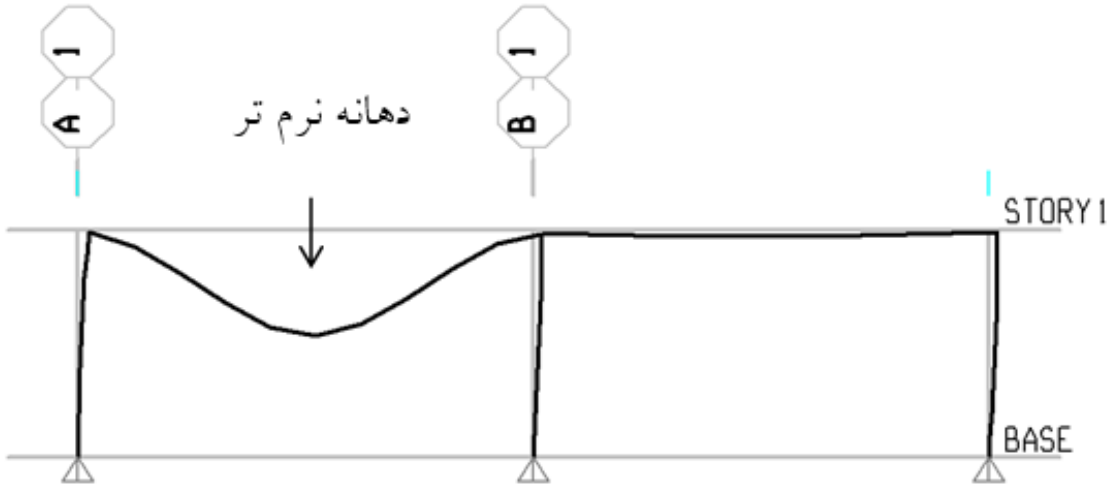
# طراحی اتصالات قابهای خمشی

دوران اتصال به علت ضعف نسبی قاب ستونی نسبت به تیر (۲) به چند دلیل اتفاق می افتد:

۱- پایین بودن نسبت سختی ستون نسبت به تیر

۲- نرم تر بودن دهانه های مجاور به علت عدم یکسانی دهانه ها و یا سختی تیرها
هرچه دهانه مجاور نرم تر باشد اتصال مفصل می شود

۳- کمتربودن میزان بارگذاری در دهانه های مجاور

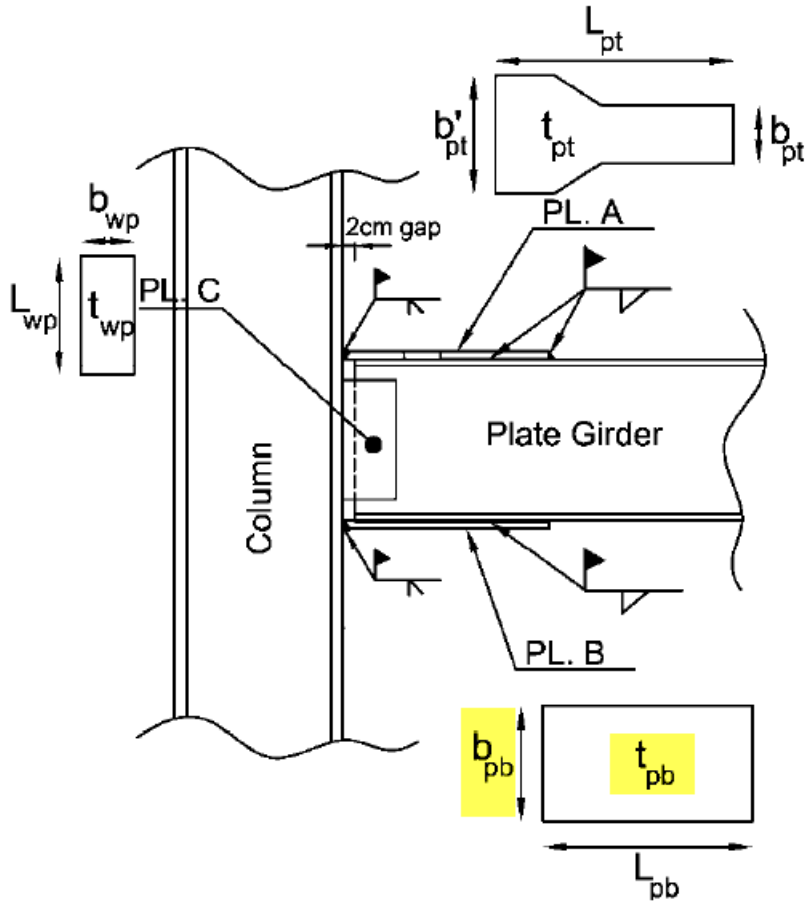


Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای خمشی

## قسمت دوم – طراحی اتصال با ورق روسری و زیر سری




### ضخامت ورق زیر سری

عرض ورق زیر سری ($b_{pb}$) بر اساس عرض بال تیر ($b_{bf}$) تعیین می شود به طوریکه فضای کافی برای جوش داشته باشیم:

$$b_{pb} = b_{bf} + 50\ mm$$

در این صورت در هر طرف ورق 25 mm فضای جوش خواهیم داشت.

ضخامت ورق زیر سری ($t_{pb}$) براساس نیروی کششی ناشی از لنگر $M_U$ که در گامهای قبل محاسبه شد، بدست می آید:

$$t_{pb} = \frac{M_U \times 10^6}{\varphi \times d \times b_{Pb} \times F_y}$$

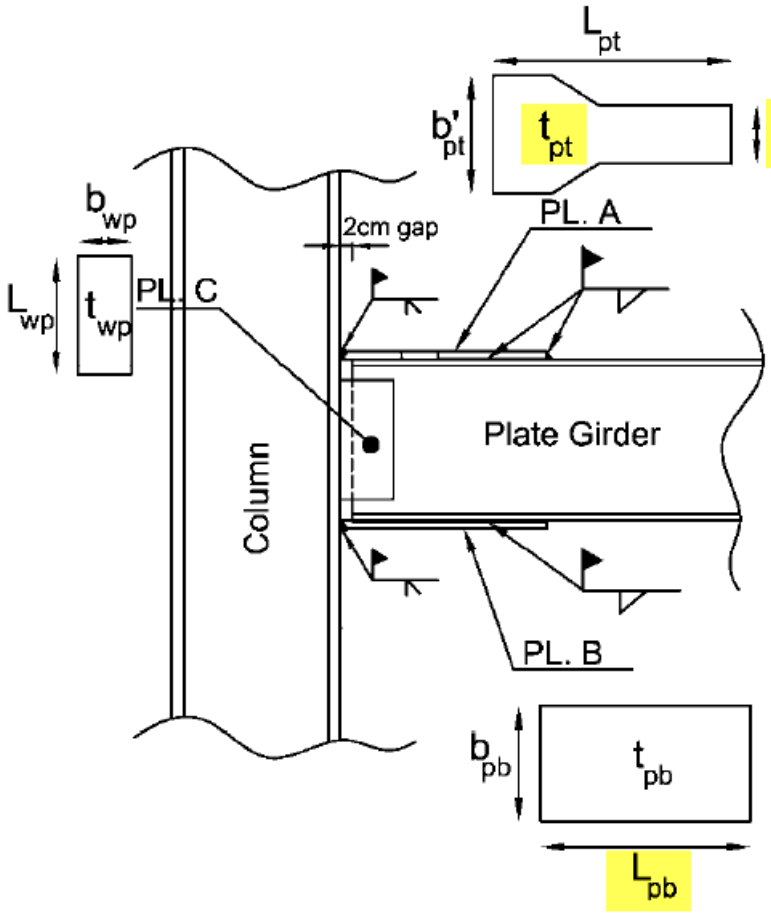
که در آن d عمق فاصله مرکز تا مرکز ورقهای روسری و زیرسری می باشد و φ ضریب کاهش مقاومت است که برابر 1.0 در نظر می گیریم (۱۰-۳-۱۳-۵-۱۲)

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای خمشی

## قسمت دوم – طراحی اتصال با ورق روسری و زیر سری




### تعیین طول ورق زیر سری ($L_{pb}$)

$$L_w = \frac{M_U \times 10^6}{d \times \mathrm{Fuw}}$$

$$L_{pb} = \frac{L_w}{2} + 20\ mm\ (50\ \mathrm{mm})$$

### ضخامت ورق روسری

عرض (قسمت باریک تر) ورق رو سری ($b_{pt}$) بر اساس عرض بال تیر ($b_{bf}$) تعین می شود به طوریکه فضای کافی برای جوش داشته باشیم:

$$b_{pt} = b_{bf} - 50mm$$ (30mm)

ضخامت ورق رو سری ($t_{pt}$):

$$t_{pt} = \frac{M_U \times 10^6}{\varphi \times d \times b_{Pt} \times F_y}$$

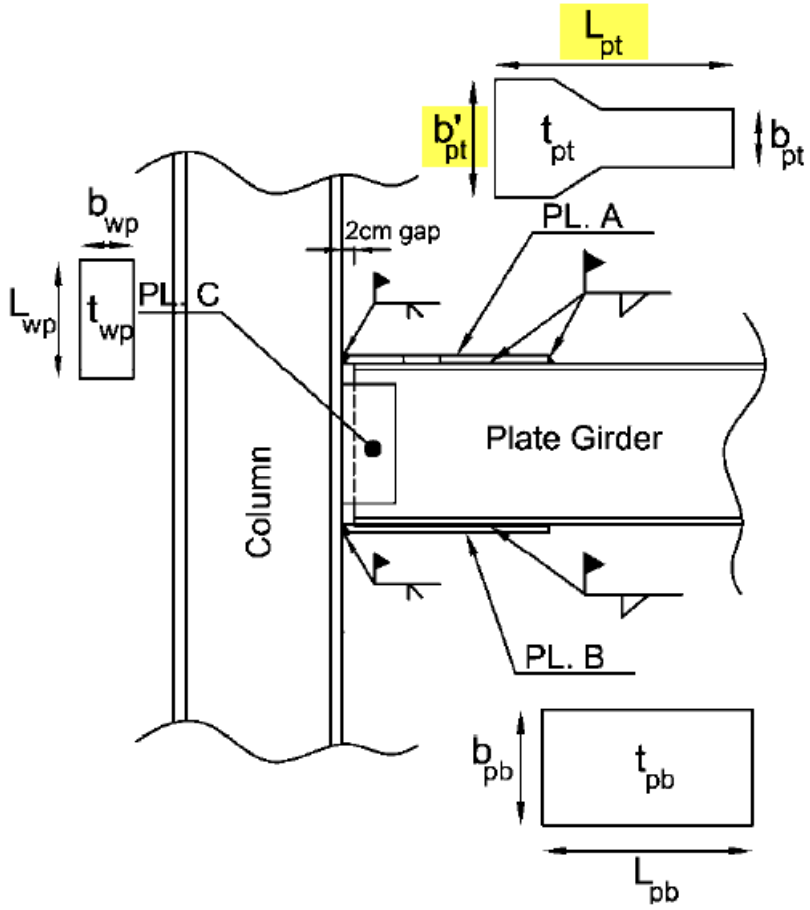
مشابه ورق زیرسری مقدار φ را برابر 1.0 در نظر می گیریم.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای خمشی

## قسمت دوم – طراحی اتصال با ورق روسری و زیر سری




عرض انتهایی(قسمت عریض تر) ورق رو سری ($b'_{pt}$)

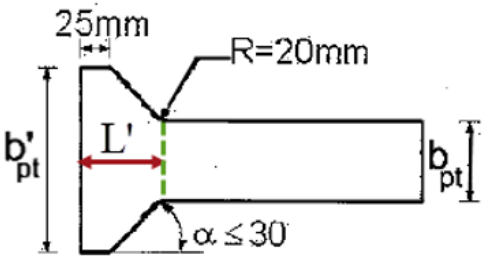
$$b'_{pt} = \frac{b_{pt}}{\beta} = \frac{b_{pt}}{0.75}$$

تعیین طول ورق رو سری ($L_{pt}$)

$$L_w = \frac{M_U \times 10^6}{d \times \mathrm{Fuw}}$$

$$L_{pt} = \frac{L_w - b_{pt}}{2} + L'$$

$$L' = 25 + \sqrt{3}\left[\frac{b'_{pt} - b_{pt}}{2}\right]$$



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

# طراحی اتصالات قابهای خمشی

## قسمت سوم – تنش متمرکز در جان (ورقهای پیوستگی)

**۱۰-۲-۹-۲-۱۰ تسلیم موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز کششی و فشاری**

الزامات این بند برای نیروی کششی متمرکز تکی، نیروی فشاری متمرکز تکی و هر دو مولفهٔ فشاری و کششی زوج نیروی متمرکز کاربرد دارد (شکل ۱۰-۲-۹-۱۷).

که در آن $\phi$ ضریب کاهش مقاومت مساوی ۱ و $R_n$ مقاومت اسمی می‌باشد $\phi R_n$

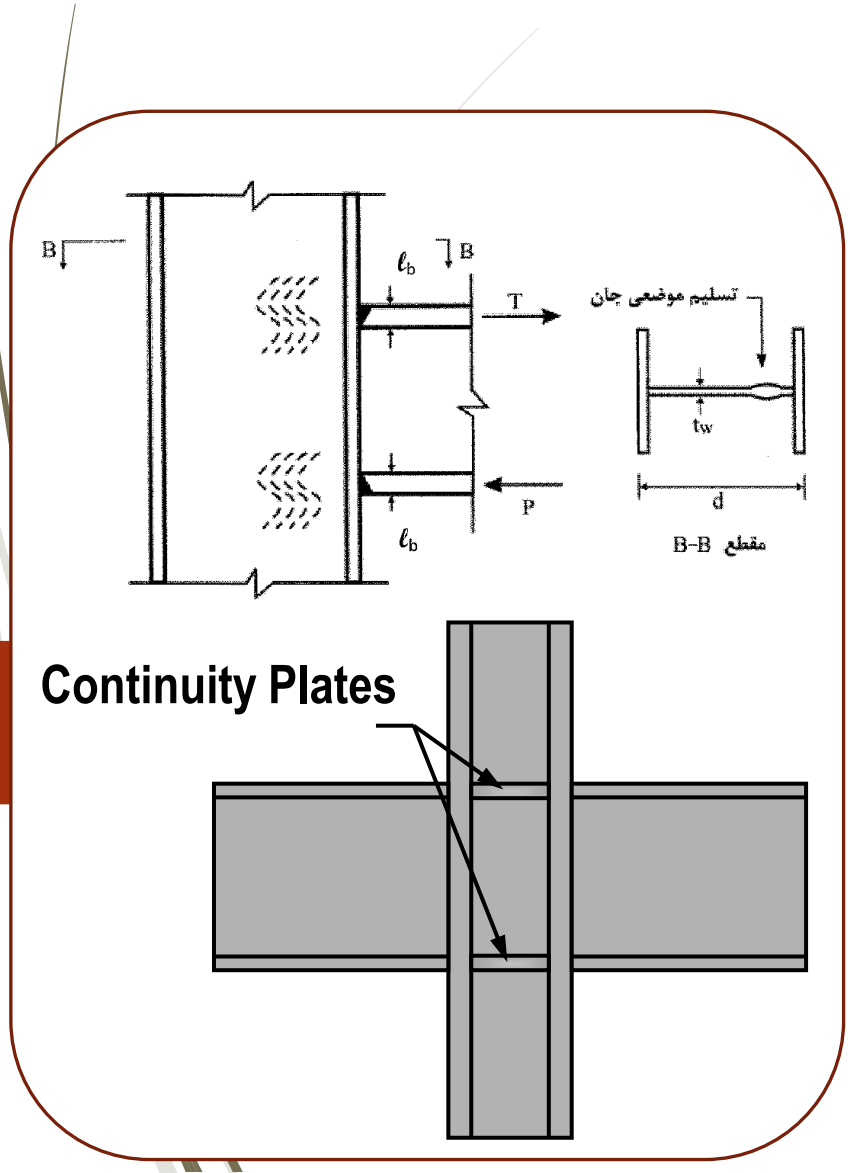
۱- در حالتی‌که بار متمرکز، در فاصله‌ای بزرگتر از d از انتهای عضو وارد می‌شود:

$$R_n=F_{yw}t_w(5k+l_b) \qquad (۱۰-۲-۹-۲۴)$$

۲- در حالتی‌که بار متمرکز، در فاصله‌ای مساوی یا کوچکتر از d از انتهای عضو وارد می‌شود:

$$R_n=F_{yw}t_w(2/5k+ l_b) \qquad (۱۰-۲-۹-۲۵)$$ (ستون در طبقه آخر)

در صورتی‌که مقاومت مورد نیاز از مقاومت طراحی بیشتر باشد، تعبیهٔ یک جفت سخت‌کننده دارای مقاومتی حداقل برابر با اختلاف مقاومت مورد نیاز و مقاومت طراحی در محل بارهای متمرکز ضروری است. سخت‌کننده‌های مورد نیاز باید الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۷ را تأمین نمایند.



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

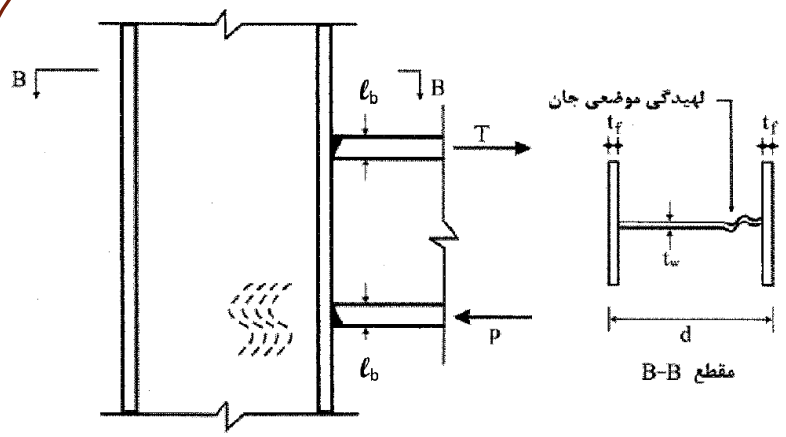
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

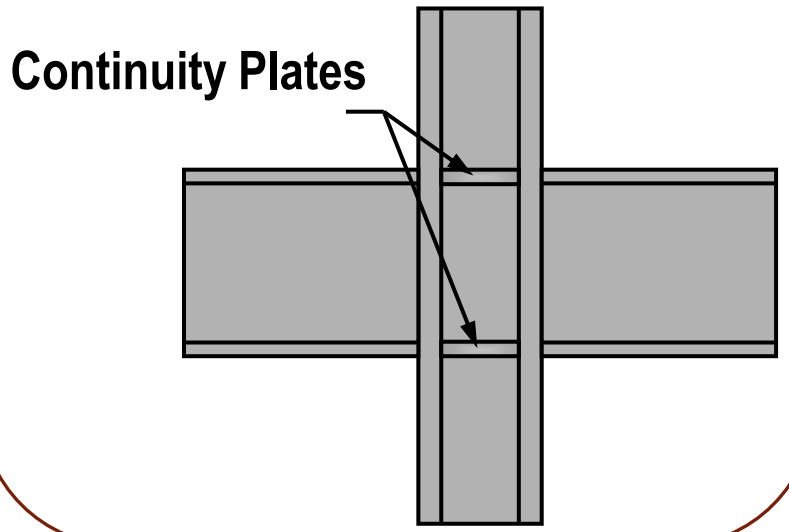
# طراحی اتصالات قابهای خمشی

ویرایش ۱۴۰۱

## قسمت سوم – تنش متمرکز در جان (ورقهای پیوستگی)

۱۰-۲-۹-۱۰-۳ چروکیدگی موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری




### ۱۰-۲-۹-۱۰-۳ لهیدگی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری

الزامات این بند برای نیروی فشاری متمرکز تکی و مولفهٔ فشاری زوج نیروی متمرکز کاربرد دارد مقاومت طراحی لهیدگی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری مساوی $\phi R_n$ می‌باشد که در آن $\phi$ ضریب کاهش مقاومت مساوی ۰/۷۵ و $R_n$ مقاومت اسمی می‌باشد که بر اساس حالت حدی لهیدگی موضعی جان به شرح زیر تعیین می‌شود.

۱- در حالتی‌که بار متمرکز، در فاصله‌ای مساوی یا بزرگتر از $d/2$ از انتهای عضو وارد می‌شود:

$$R_n = ۰/۸۰ t_w^۲ \left[۱ + ۳\left(\frac{l_b}{d}\right)\left(\frac{tw}{tf}\right)^{۱/۵}\right]\sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \qquad (۱۰-۲-۹-۲۶)$$

در صورتی‌که مقاومت مورد نیاز از مقاومت طراحی بیشتر باشد، تعبیهٔ یک جفت سخت‌کننده دارای مقاومتی حداقل برابر با اختلاف مقاومت مورد نیاز و مقاومت طراحی در محل بارهای متمرکز ضروری است. سخت‌کننده‌های مورد نیاز باید الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۷ را تأمین نمایند.