

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# سازه های فولادی ۲

دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان

مدرس: حسین پروینی ثانی

(hosseinp@aut.ac.ir)

سر فصل ها:

۱- اتصالات جوشی

۲- اتصالات پیچی

۳- صفحات پای ستون



# مراجع

- ۱- " طراحی سازه های فولادی"، دکتر مجتبی ازهری و دکتر سید رسول میرقادری، انتشارات ارکان دانش، شش جلد. جلد ششم مناسب برای درس سازه های فولادی ۲ است ( به روش حدی)
- ۲- " طراحی سازه های فولادی به روش تنش مجاز و حدی"، شاپور طاحونی، ۲ جلد
- ۳- طراحی سازه های فولادی به روش ضریب بالا و ضریب مقاومت (LRFD) ، دکتر فریدون ایرانی، دانشگاه امام رضا (ع).
- ۴- طرح و محاسبه سازه های فولادی، ترجمه فریدون ایرانی، انتشارات فردوسی مشهد
- طراحی سازه های فولادی روشهای طراحی ASD و LRFD، حبیب الله اکبر، انتشارات سیمای دانش، ۱۳۹۲.
- ۶- طراحی ساختمان های فولادی، ناشر: انتشارات سروش دانش، نویسندگان: ابراهیم ثنایی و علیرضا رضائیان.
- ۷- "راهنمای جوش و اتصالات جوشی در ساختمان های فولادی"، شاپور طاحونی، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان.
- ۸- آئین نامه اتصالات در سازه های فولادی، نشریه شماره ۲۶۴، معاونت امور فنی، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، ۱۳۸۲.
- ۹- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، "طرح و اجرای ساختمان های فولادی"، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، ۱۳۹۲.

# طراحی سازه‌های فولادی

به روش حالات حدی و مقاومت مجاز

(LRFD-ASD)

جلد ششم - طراحی اتصالات جاب اول

# LRFD-ASD



نویسندگان: دکتر مجتبی ازهری، دکتر سیدرسول میرقادری

# طراحی سازه‌های فولادی

روش‌های طراحی LRFD و ASD

Design of Steel Structures

ASD and LRFD

دکتر حبیب‌الله اکبر



مبحث دهم

# مقررات ملی ساختمان

طرح و اجرای ساختمانهای فولادی

۱۳۹۲

جمهوری اسلامی ایران  
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

## آیین نامه اتصالات در سازه های فولادی



معاونت امور فنی  
دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی  
<http://www.mprg.ir>

نشریه شماره ۲۶۴

# طراحی سازه های فولادی

(بر اساس طراحی به روش تنش مجاز و روش حدی)  
(مبحث دهم از مجموعه مقررات ملی ساختمان)  
(جلد اول)



تألیف:

**شاپور طاحونی**

عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیر کبیر

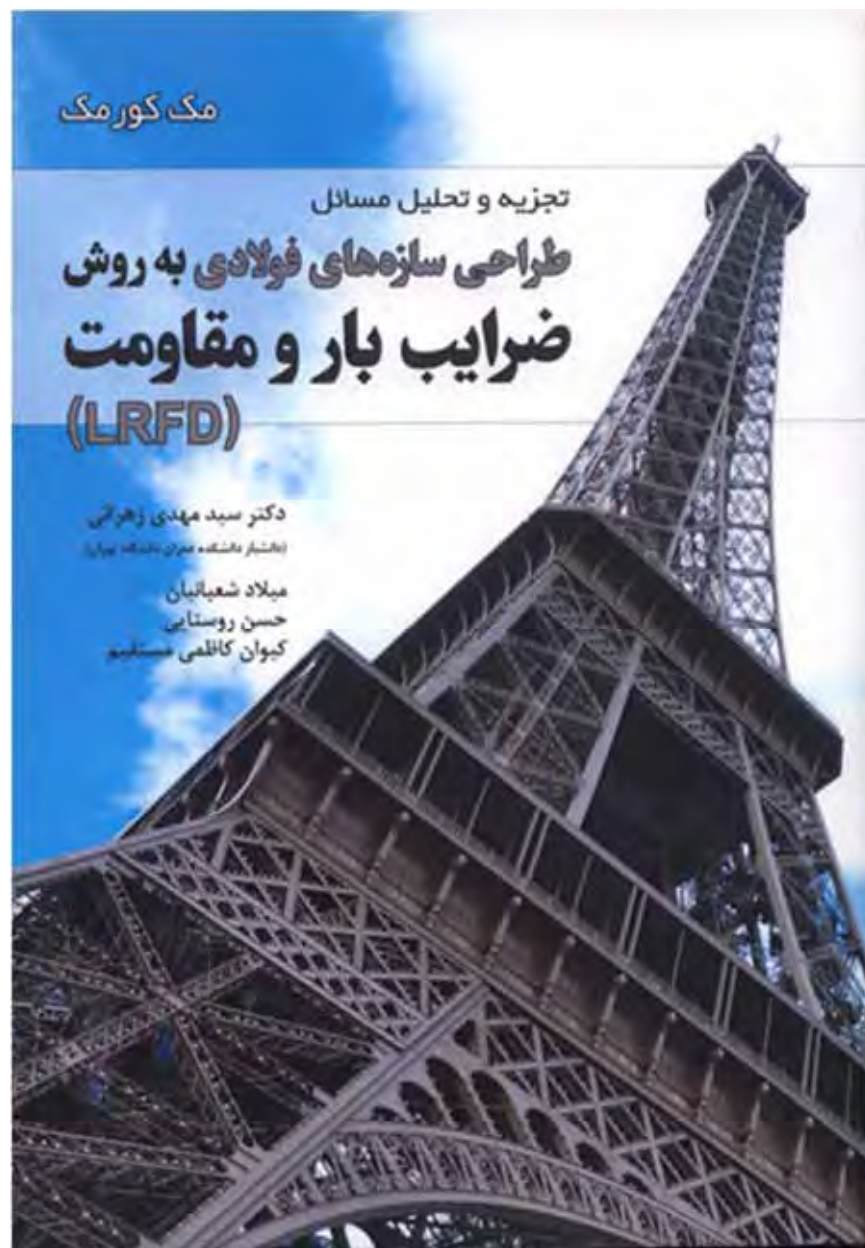
مک کورمک

تجزیه و تحلیل مسائل

# طراحی سازه های فولادی به روش ضرایب بار و مقاومت (LRFD)

دکتر سید مهدی زهرانی  
(اعضای هیئت مدیره مرکز تحقیقات ایران)

میلاذ شعبانیان  
حسن روستایی  
کیوان کاظمی مستقیم



مک کور مک



طراحی سازه های فولادی  
به روش  
ضریب بار و ضریب مقاومت  
(LRFD)

چاپ دوم

ترجمه و اقتباس  
دکتر فریدون ابرانی

# طراحی سازه های فولادی

چک سوم - اتصالات  
چاپ چهاردهم

با ویرایش و اصلاحات اساسی همراه با طراحی لرزه ای اتصالات  
شمسی و وصله تیرها و ستون ها به انضمام مثال های جدید



نویسندگان: دکتر مجتبی ازهری، دکتر سیدرسول میرفادری

وزارت مسکن و شهرسازی  
معاونت امور مسکن و ساختمان

# راهنمای جوش و اتصالات جوشی

در ساختمانهای فولادی



۱۳۹۰

دفتر مقررات ملی ساختمان

وزارت مسکن و شهرسازی  
معاونت نظام مهندسی و کنترل ساختمان

# راهنمای اتصالات در ساختمانهای فولادی



# فصل

## جوش و اتصالات جوشی



مرجع: نشریه ۲۲۸- آئین نامه جوشکاری ایران

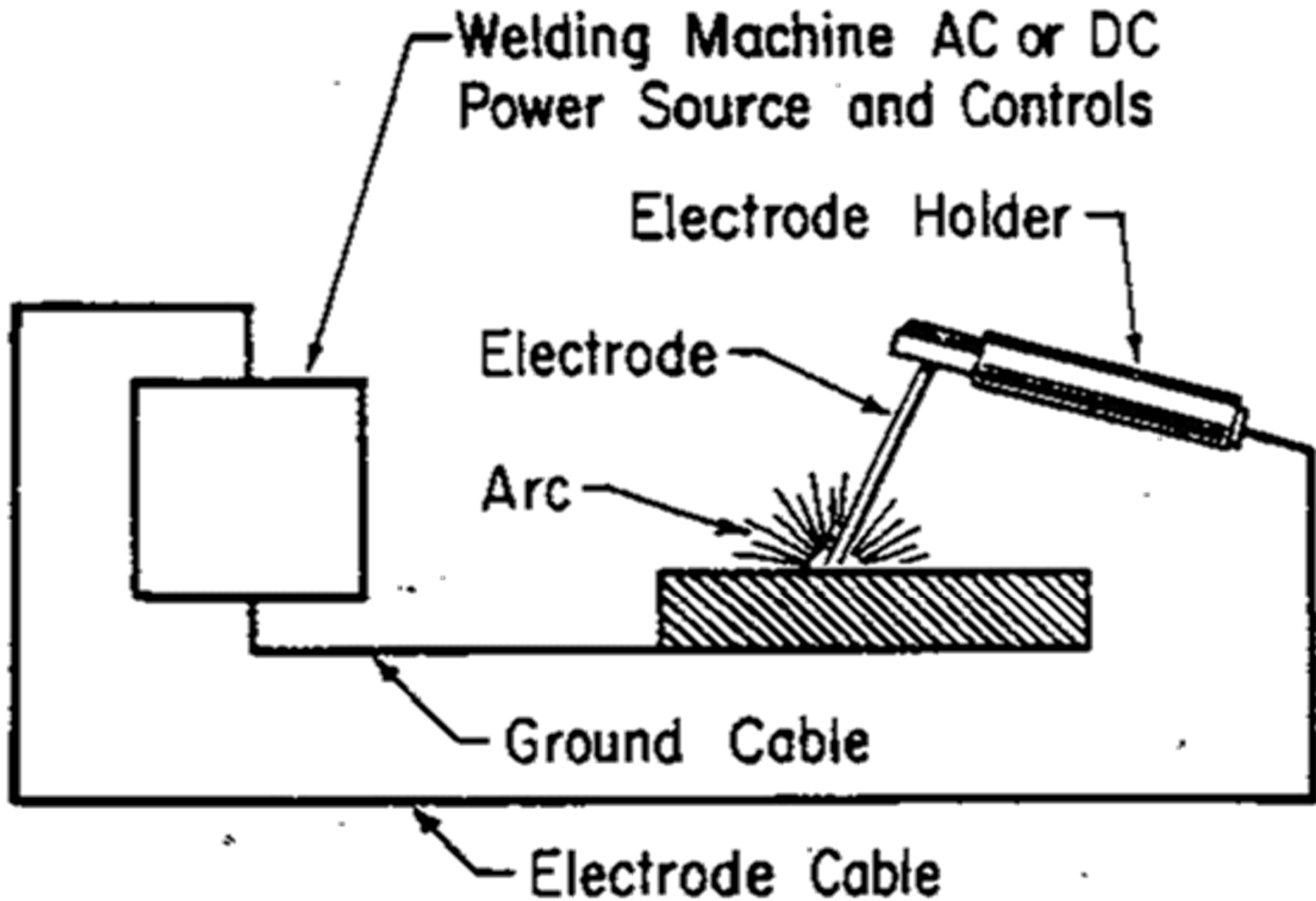
American Society of Mechanical Engineers (ASME) Codes  
American Welding Society (AWS) Standards

تعریف:

جوشکاری عبارت است از امتزاج دوفلز به کمک  
حرارت و فشار و یا ترکیبی از آن دو.

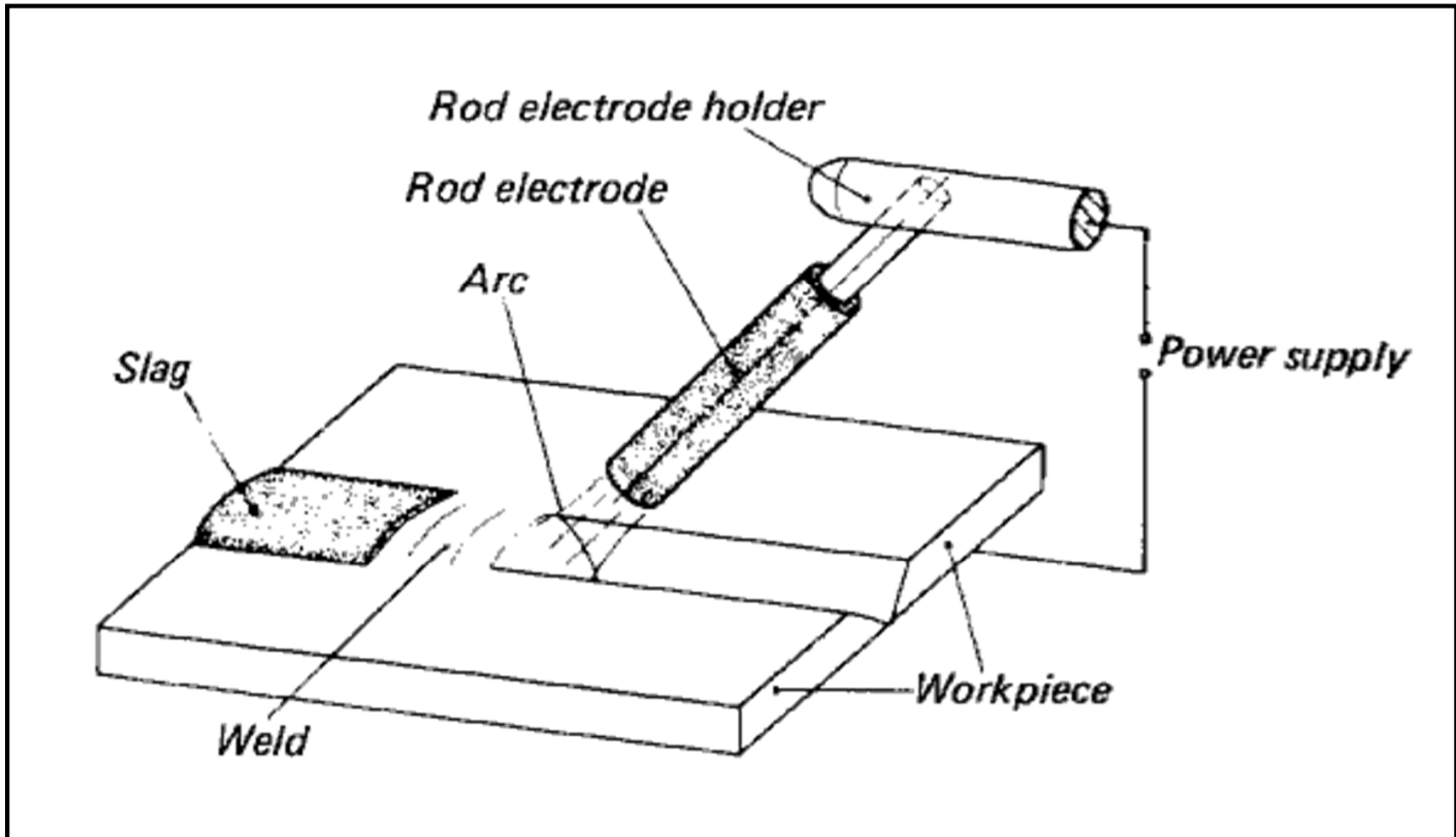
جوش قوس الکتریکی Elec.ArcWelding یکی از روشهای  
جوشکاری است که حرارت بوسیله تخلیه الکتریکی بین نوک  
الکتروود و دوفلز پایه تولید می شود.

## مدار جوشکاری



## روش ها یا فرآیندهای جوشکاری (PROCESS)

- ۱- جوش دستی با الکتروود روکشدار
- ۲- جوش اتوماتیک با الکتروود مداوم و بدون روکش  
انواع روشهای جوش اتوماتیک به قرار زیر می باشد:
  - I- جوش زیرپودری
  - II- جوش تحت حفاظ گاز  
الف: الکتروود فلزی CO2 (MAG)  
ب: الکتروود تنگستن (آرگون) (MIG)
  - III- جوش تحت حفاظ گاز با الکتروود توپودری
  - IV- جوش گاز الکتریکی
  - V- جوش سرباره الکتریکی



**جوش دستی با الکترود روکش دار**



**جوش زیر پودری**



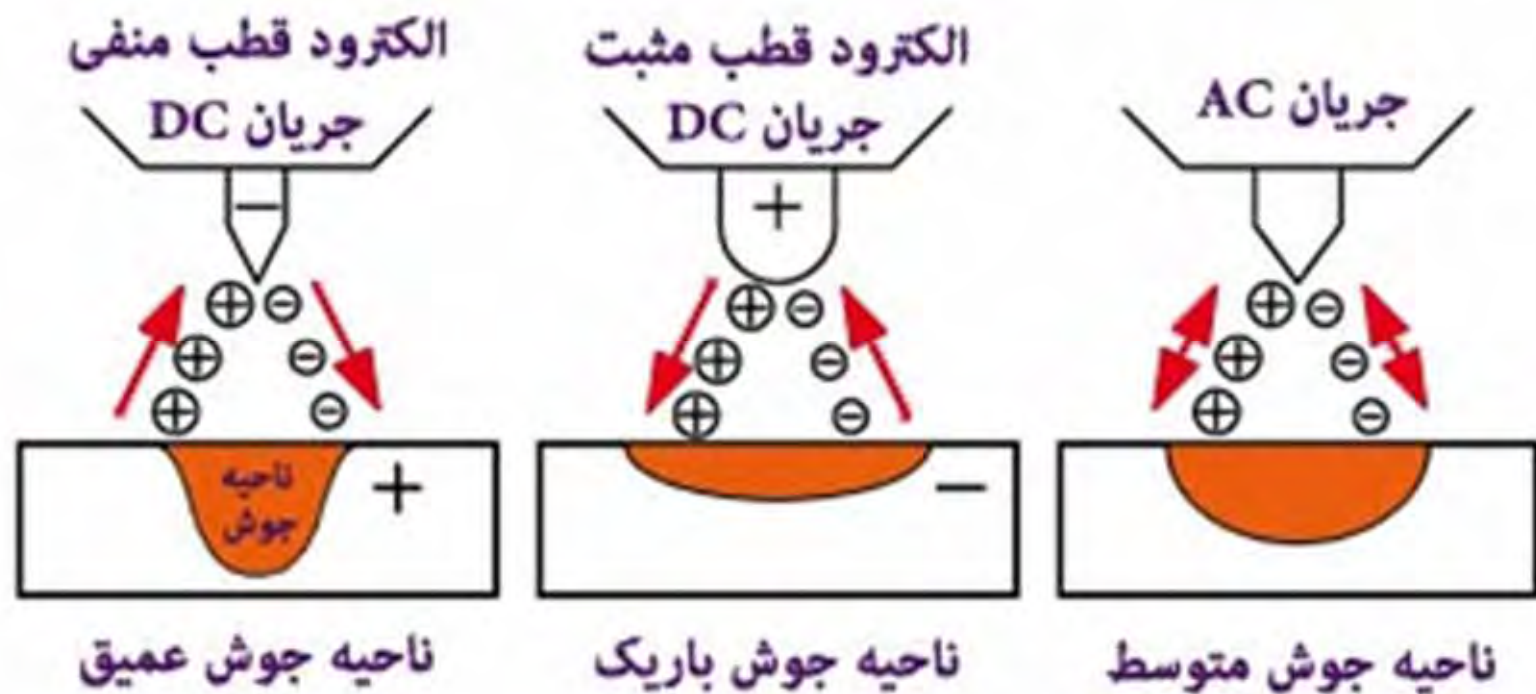
## جوشکاری اتوماتیک تحت حفاظت گاز

## انواع جریان در جوشکاری

- جریان متناوب A.C
- جریان یکسو D.C که در دو حالت زیر قابل انجام است:
- قطبیت مثبت : وقتی که الکتروود به قطب مثبت وصل می شود.
- قطبیت منفی : وقتی که الکتروود به قطب منفی وصل می شود.

## شدت جریان و اختلاف پتانسیل

برخلاف مصارف عادی، جریان جوشکاری با شدت جریان زیاد ( ۵۰ تا ۵۰۰ آمپر) و ولتاژ پایین (کمتر از ۵۰ ولت) است. شدت جریان انرژی حرارتی ذوب را ایجاد می کند و ولتاژ قوس الکتریکی را تثبیت می نماید. آمپر زیاد باعث افزایش سرعت جوشکاری و پتانسیل زیاد باعث افزایش طول قوس می شود.





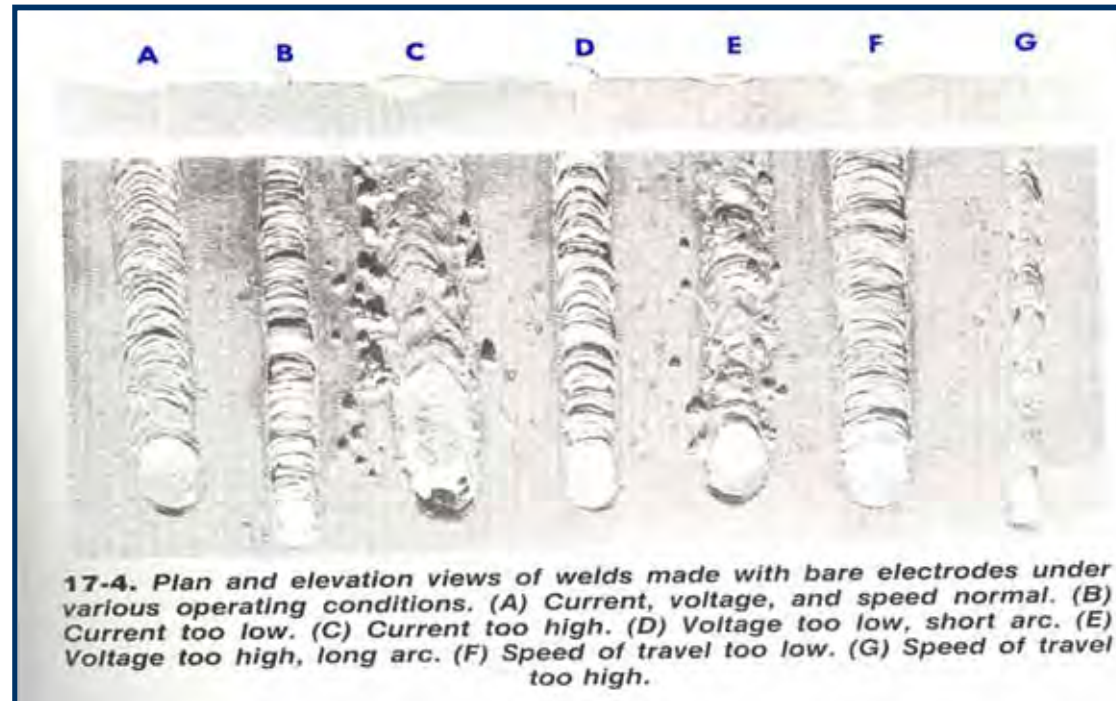
## رابطه قطر الکترود و شدت جریان

مطابق جدول زیر، با افزایش قطر الکترود لازمست شدت جریان جوشکاری افزایش یابد.

E7018	E6013	قطر
115-165	80-130	۳
150-220	105-180	۴
200-275	150-230	۵

## تأثير شدت

## سرعت جوشکاری بر کیفیت



A : شدت جریان، اختلاف پتانسیل و سرعت دست جوشکاری مناسب

B : شدت جریان خیلی کم است

C : شدت جریان خیلی زیاد است (پاشیدگی زیاد جوش مبین ماجراست)

D : طول قوس کم است

E : طول قوسی خیلی بلند است

F : سرعت حرکت خیلی کم است

G : سرعت دست جوشکاری زیاد است

## نامگذاری الکتروود

الکتروود با حرف E و چهار حرف به فرم عمومی Exxxx نمایش داده می شود. تعریف هر کدام از حروف در جدول زیر به نمایش درآمده است.

E X X X X	XX مقاومت نهایی مصالح الکتروود	X وضعیت	X نوع پوشش
مثل E6013 یا E7018	70ksi=4900kg/cm <sup>2</sup>  60ksi=4200kg/cm <sup>2</sup>	۱ = همه ۲ = همه بجز سقفی ۳ = تخت و افقی ۴ = همه بجز سرازیری	<ul style="list-style-type: none"> <li>۰ = فقط DCRP (قوس نفوذی) و روکش آلی</li> <li>۱ = AC یا DCRP (قوس نفوذی)</li> <li>۲ = AC یا DCRP (قوس متوسط)</li> <li>۳ = AC یا DC قطب آزاد (قوس نرم)</li> <li>۴ = AC یا DC پودر آهن (قوس نرم)</li> <li>۵ = DCRP کم هیدروژن</li> <li>۶ = AC و یا DCRP (قوس متوسط)</li> <li>۷ = AC یا DC (پودر آهن دار)</li> <li>۸ = AC یا DCRP (کم هیدروژن-پودر آهن)</li> </ul>



## انواع جوش

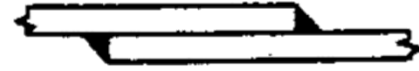
۱- جوش گوشه Fillet

۲- جوش شیاری بانفوذ کامل (groove)

۳- جوش شیاری بانفوذ ناقص

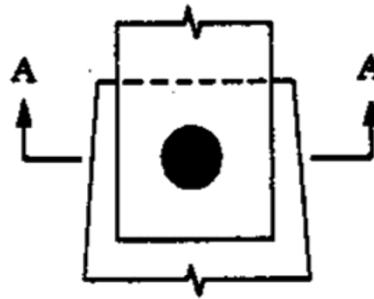
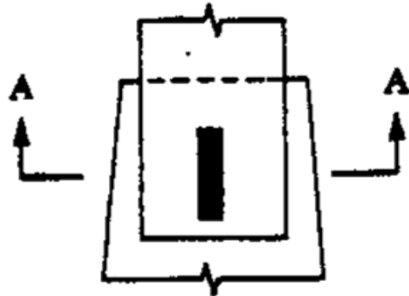
۴- جوش انگشتانه و کام (Play & Slot)

(جوش درسوارخ و یا شیاری)



(الف) جوش شیاری

(ب) جوش گوشه

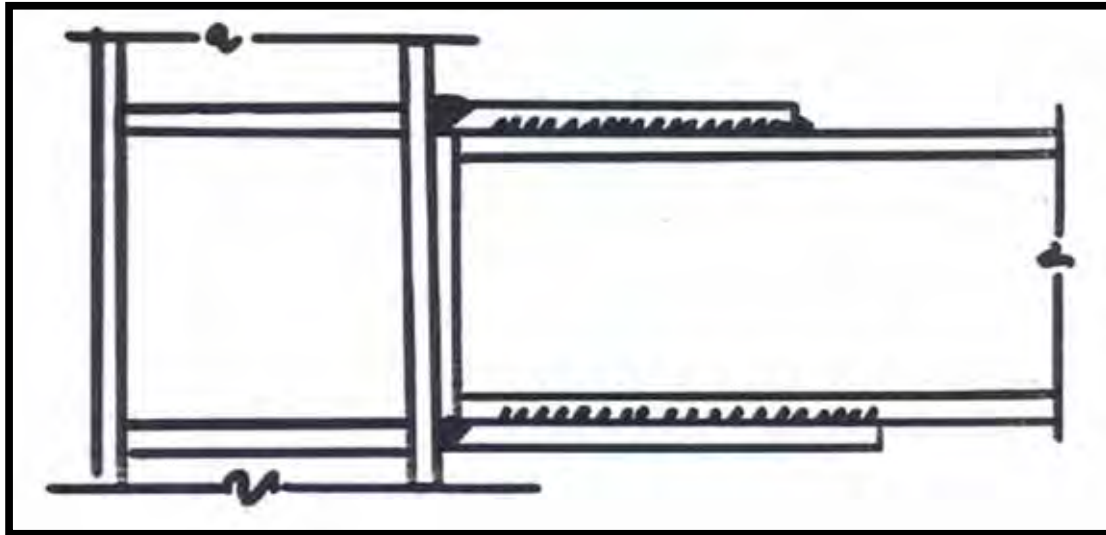
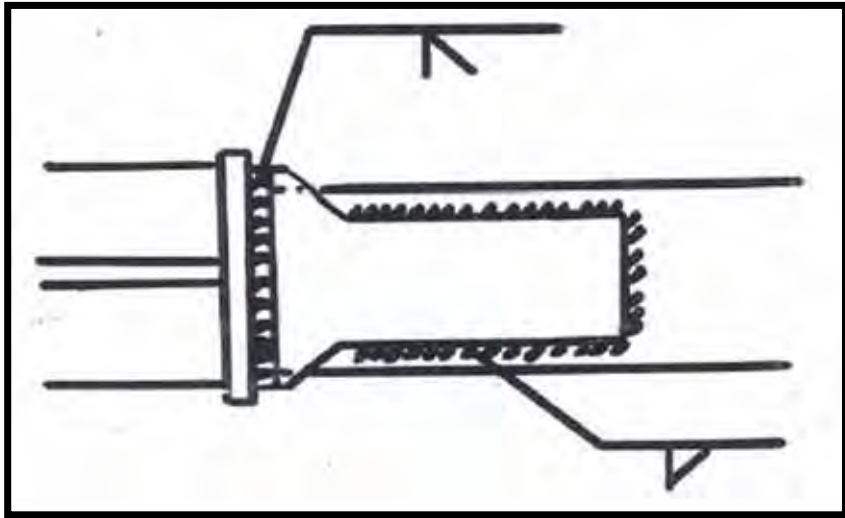


برش A-A

برش A-A

(پ) جوش گام

(ت) جوش انگشتانه



# انواع اتصال قطعات

شرح تصویری نمادهای نوع اتصال

لب به لب B	
سپری T	
نبشی (گونیا) C	
رو به رو (پوششی)	
لب	

۱- اتصال لب به لب (But)

۲- اتصال کنج (angle)

۳- اتصال سپری (T)

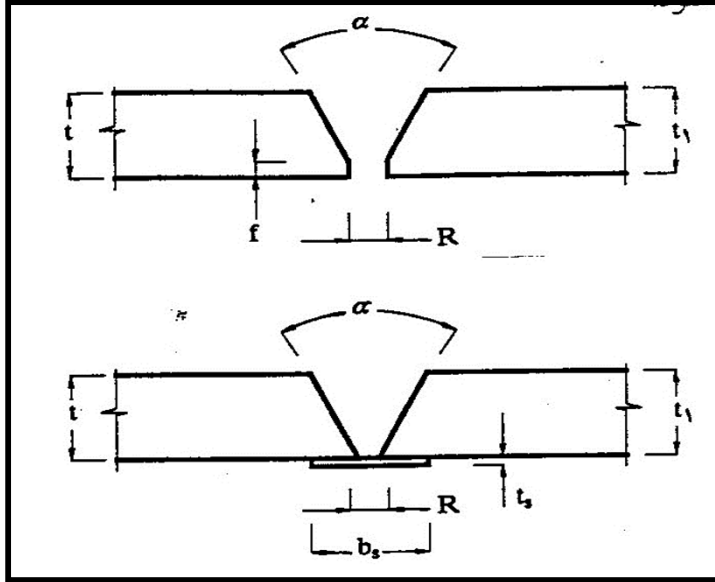
۴- اتصال پیشانی (edge)

۵- اتصال روی هم (Over lap)

سپری مایل	
پیشانی	

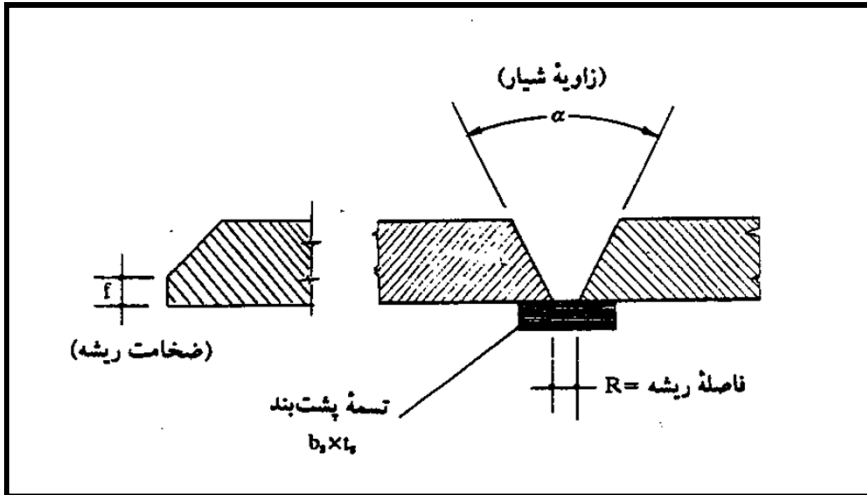
## آماده سازی لبه ( Edge Prepration )

تعریف: ایجاد شکل هندسی مشخص در لبه کار به منظور حصول شرایط مناسب را آماده سازی گویند.  
در آماده سازی لبه عوامل زیر باید در نظر گرفته شود:



۱. زاویه پخی ( $\alpha$ )
۲. فاصله ریشه
۳. ضخامت ریشه
۴. پشت بند

۱. زاویه پخی امکان دخول الکتروود را به داخل درز فراهم می کند.
۲. فاصله ریشه امکان نفوذ جوش را به ریشه فراهم می کند.
۳. ضخامت ریشه از سوختن ریشه جلوگیری می کند.
۴. از ریزش جوش جلوگیری می کند.
۵. در صورت استفاده از پشت بند ضخامت ریشه صفر است.
۶. در صورت عدم استفاده از پشت بند، جوش پشت (back weld) لازم است.
۷. در صورت استفاده از پشت بند، جوش پشت حذف می شود، لیکن باید امتزاج کامل در ریشه به عمل آید

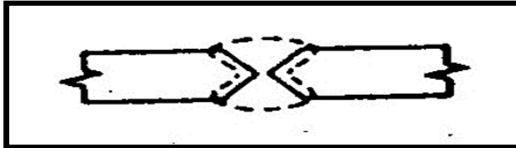




۳-۱۳-۳ - حداقل ضخامت تسمه پشت بند به منظور جلوگیری از سوختن آن در هنگام جوشکاری، مطابق جدول زیر پیشنهاد می‌گردد.

حداقل ضخامت (میلیمتر)	روش جوشکاری
۵	جوش دستی با الکتروود روکشدار
۶	جوش قوسی تحت حفاظ گاز با الکتروود فلزی
۶	جوش قوسی با الکتروود توپودری
۱۰	جوش قوسی با الکتروود توپودری
۱۰	جوش قوسی زیرپودری

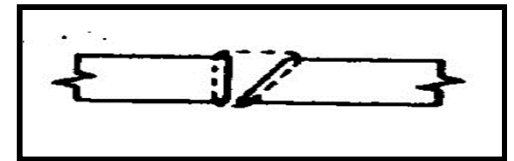
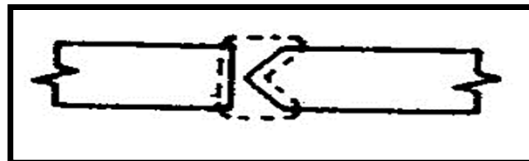
## درزهای جوش شیاری



(۱) ساده

(۲) جناغي يکطرفه

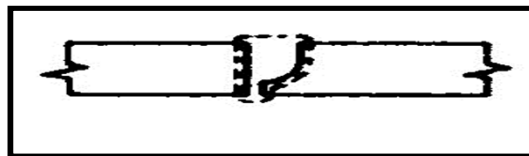
(۳) جناغي دوطرفه



(۴) نیم جناغي

(۵) نیمه جناغي دوطرفه

(۶) لاله اي



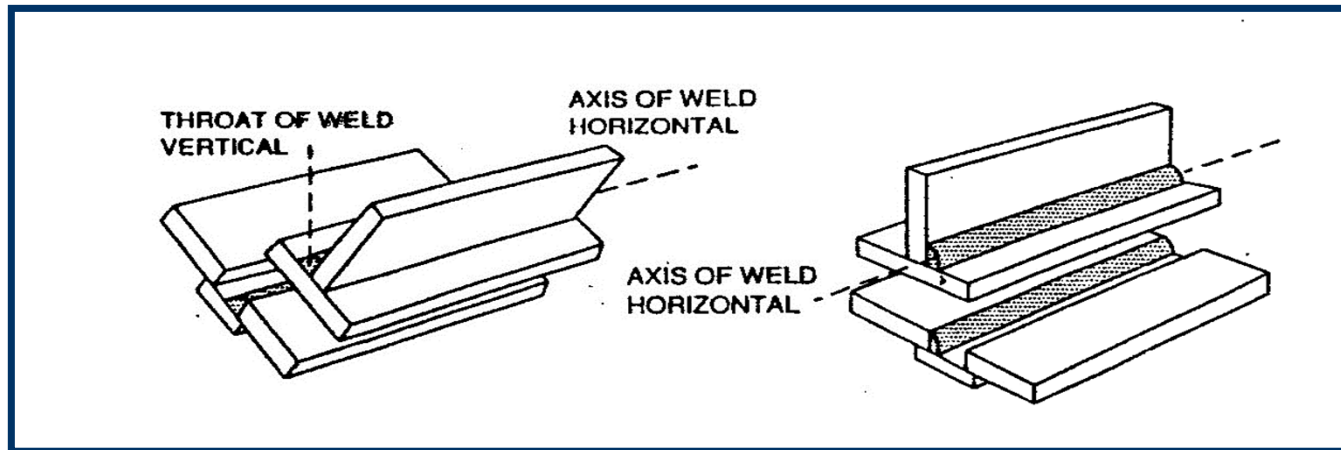
(۷) لاله اي دوطرفه

(۸) نیم لاله اي

(۹) نیمه لاله اي دوطرفه

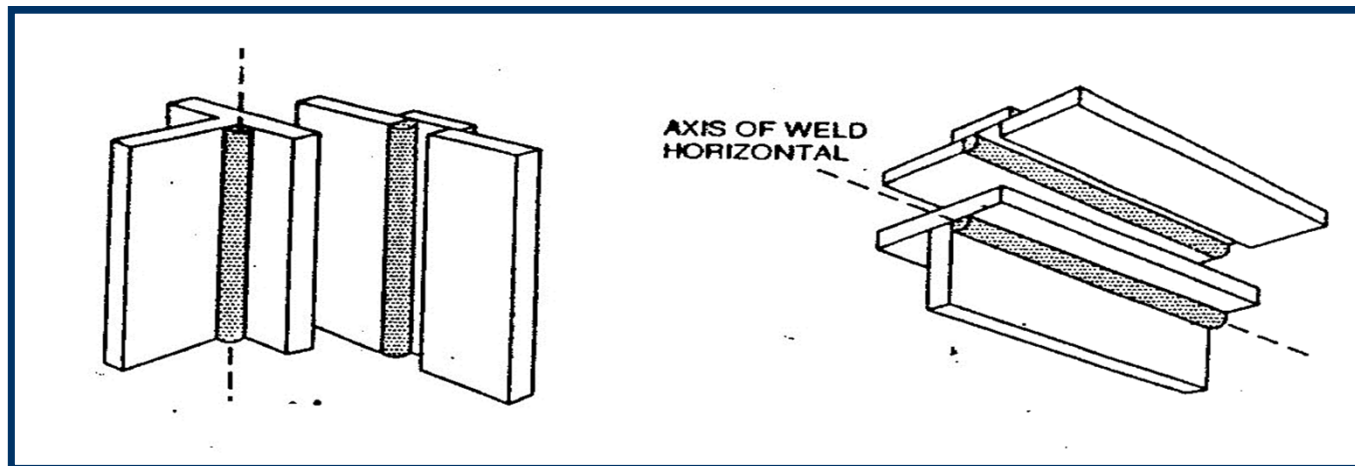
مشابه جدول صفحه بعد، هندسه مناسب شیار از طرف <sup>ل</sup>بین نامه های جوشکاری جهت استفاده مهندسین، تحت عنوان درزهای پیش پذیرفته ارائه می گردد.

## وضعیت جوشکاری Position



تخت یا کفی (1F)

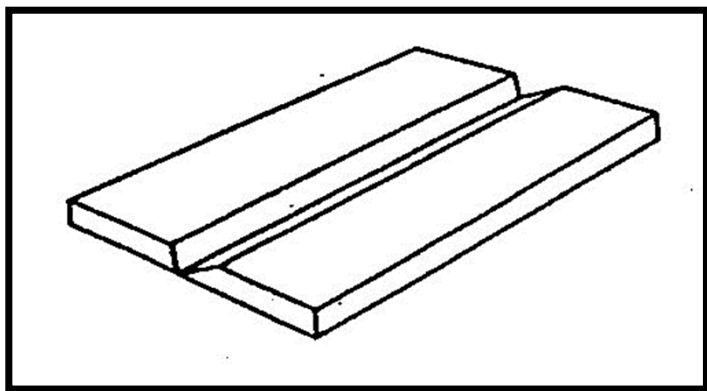
افقی (2F)



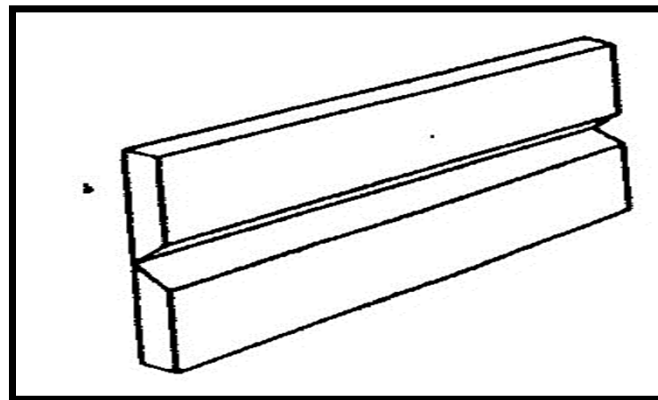
سربالا (3F)

سقفی (4F)

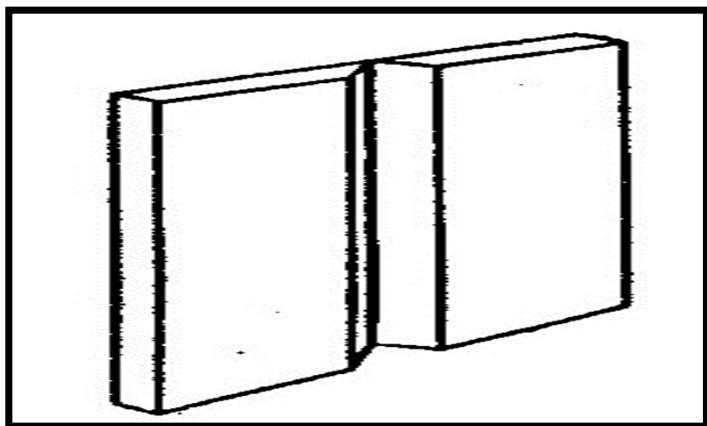
وضعیت‌های جوش گوشه



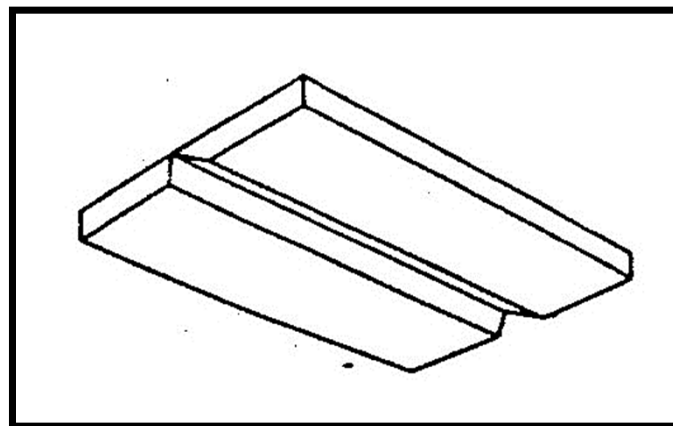
تخت کفی (1G)



افقی (2G)



سربالا (3G)



سقفی (4G)

وضعیت‌های جوش شیاری

## علائم جوش

در نقشه ها برای نشان دادن هندسه و نوع جوش از پیکان جوش استفاده میشود. شمای کلی پیکان جوش مطابق شکل زیر می باشد.

علائم جوش									
جوش پشت پشت بند	گوشه	کام یا انگشتانه	شیاری						
			ساده	جناخی	نیم جناخی	لاله ای	نیم لاله ای	جناخی لب گرد	نیم جناخی گرد
								جوش یکسره که طول آن مشخص نشده	
	جوش در موقع نصب			محدب			سنگ زده شود	وضعیت سطح جوش	
	جوش دورادور			مستوی			مقعر		

(سمت پشت)

$a \triangle l-p$

دم (فرآیند جوشکاری و توضیحات اضافی)

(سمت پیکان)

$a \triangle l-p$

نوع جوش و سطح تمام شده آن

جوش در موقع نصب

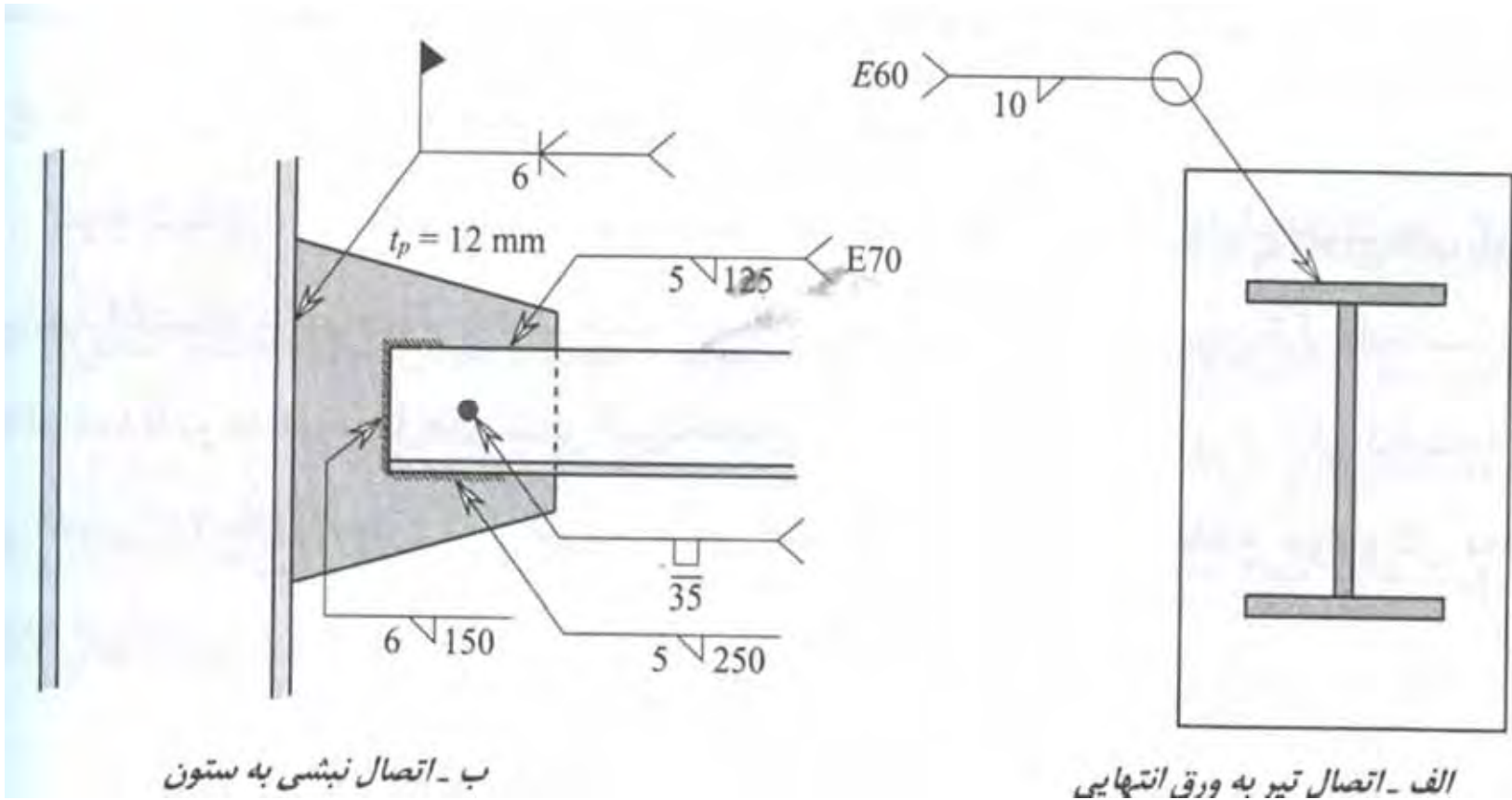
محل درز جوش

جوش شده دورادور

$a =$  اندازه ساق یا بعد گلوی جوش

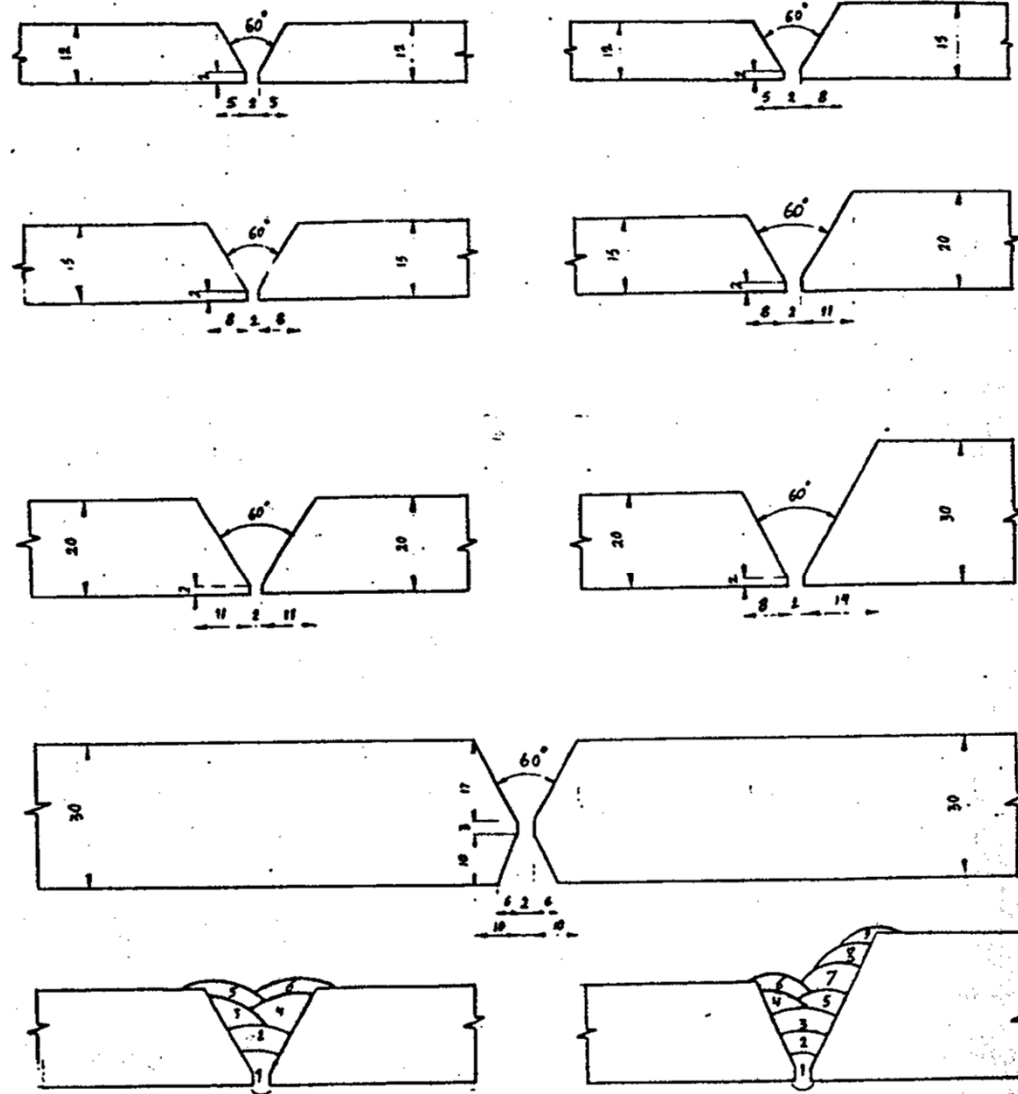
$l =$  طول نوار جوش

$p =$  فاصله مرکز به مرکز نوارهای جوش منقطع

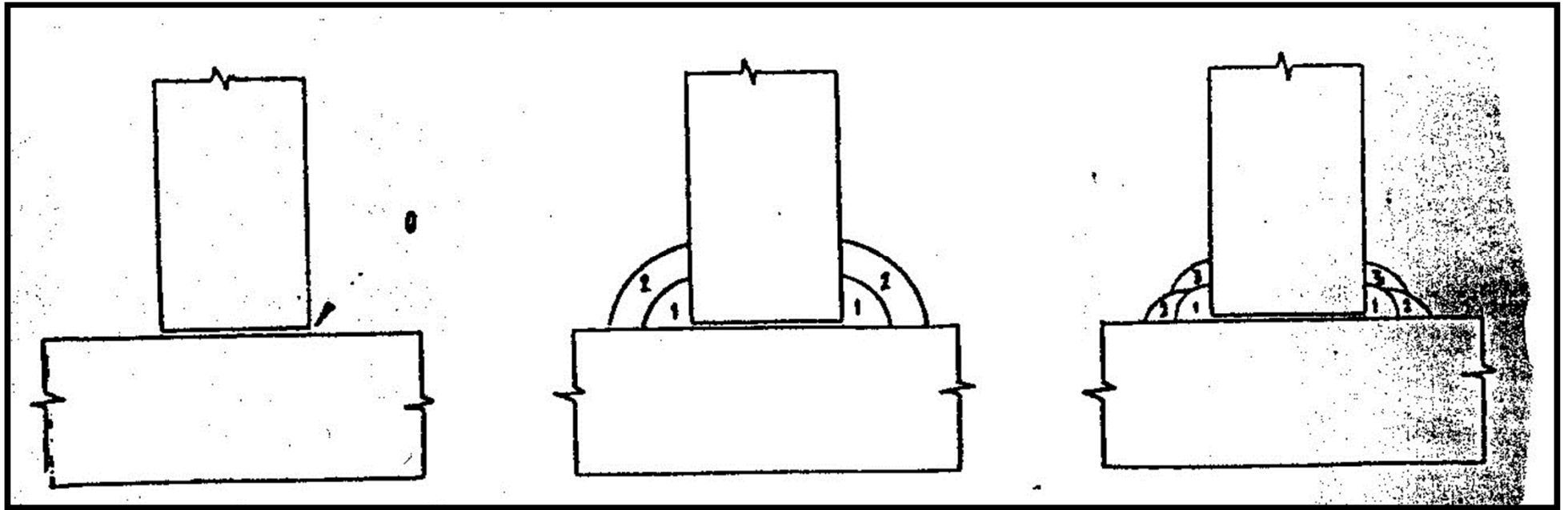


# پاسها و توالی جوشکاری

## جوشهای لب به لب نفوذی



شکل ۲۶- شمای جوشهای لب به لب



شمای جوشکاری گوشه



## پیش گرمایش Pre heat

عبارت است از گرم کردن قطعات مورد جوش قبل از ایجاد قوس

**محدوده پیش گرمایش:** دایره ای به شعاع ۷۵ میلیمتر و به مرکز نوک الکتروود

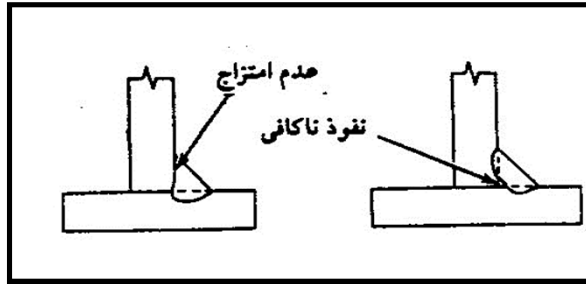
**نتایج:** جلوگیری از وقوع ترک در جوش

## دمای پیش گرمایش

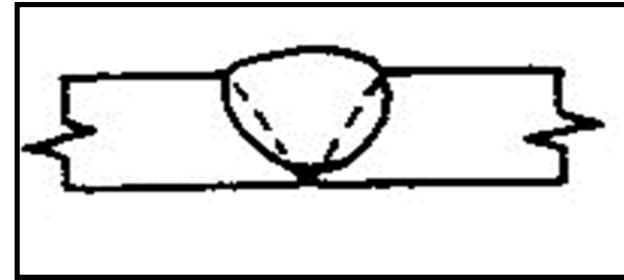
جدول ۱۰-۲-۹-۵ حداقل دمای پیش گرمایش

ضخامت (mm)	دمای پیش گرمایش در فرآیند کم هیدروژن (درجه سلسیوس)	دمای پیش گرمایش در فرآیند کم هیدروژن (درجه سلسیوس)
$t \leq 20$	۲۰	۱۰
$20 < t \leq 40$	۶۵	۲۰
$40 < t \leq 65$	۱۱۰	۶۵
$t > 65$	۱۵۰	۱۱۰

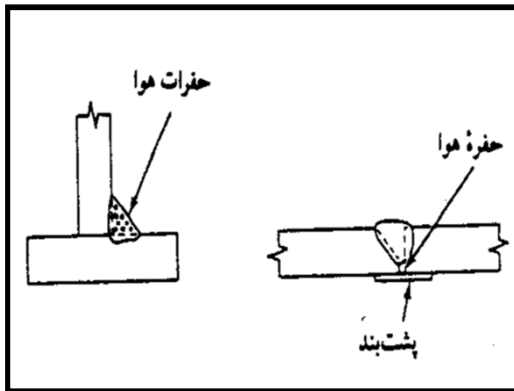
\* این دما در حد لمس کردن ورق قابل حس است و در سایر موارد باید از روش‌های دماسنجی سطحی (مثلاً گچ‌های حساس به دما) استفاده شود.



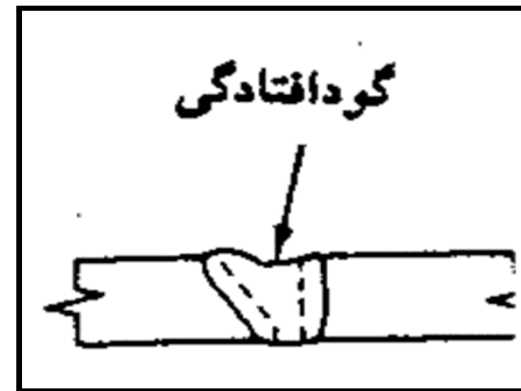
(۲) عدم نفوذ



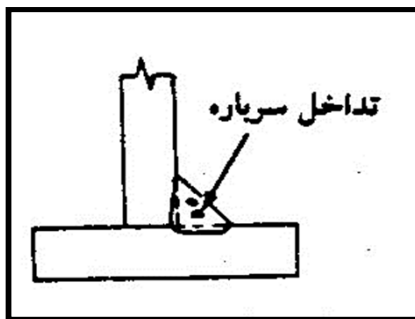
(۱) امتزاج ناقص



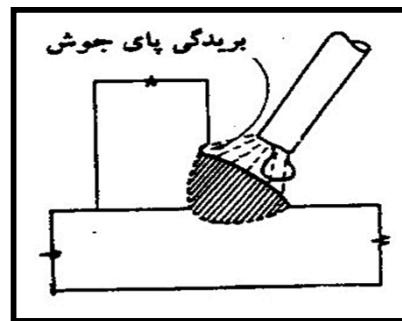
(۴) تخلخل



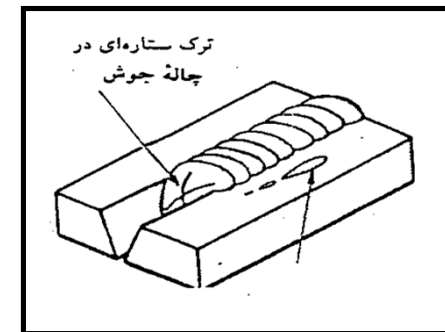
(۳) گودافتادگی



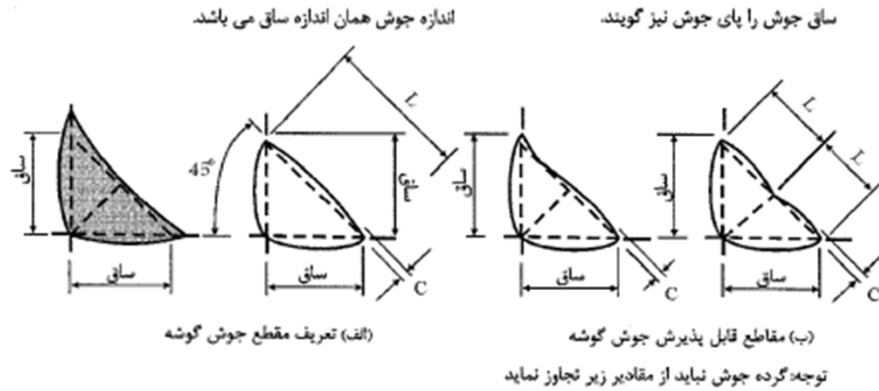
(۷)



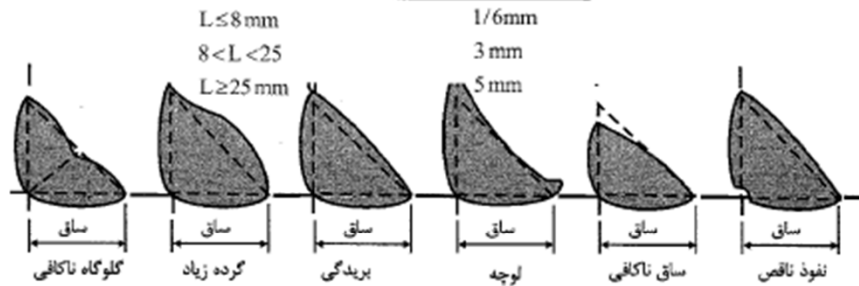
(۶) جوش



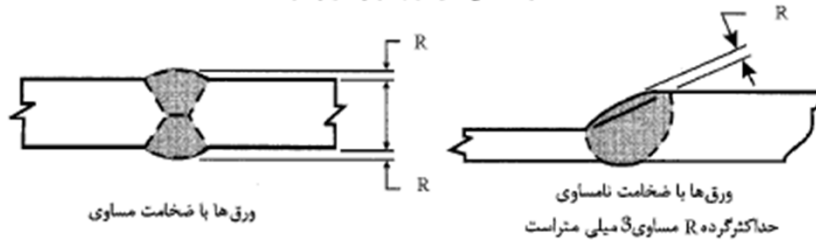
(۵) ای



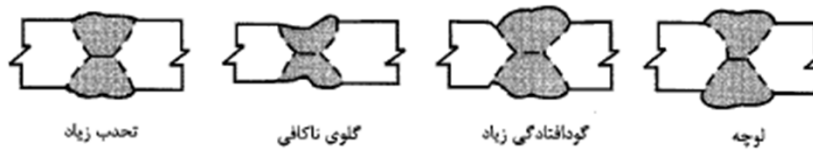
حد اکثر گرده (mm) اندازه ساق یا طول L



(ب) مقاطع غیر قابل پذیرش جوش گوشه



(ت) مقاطع قابل پذیرش جوش های شیار



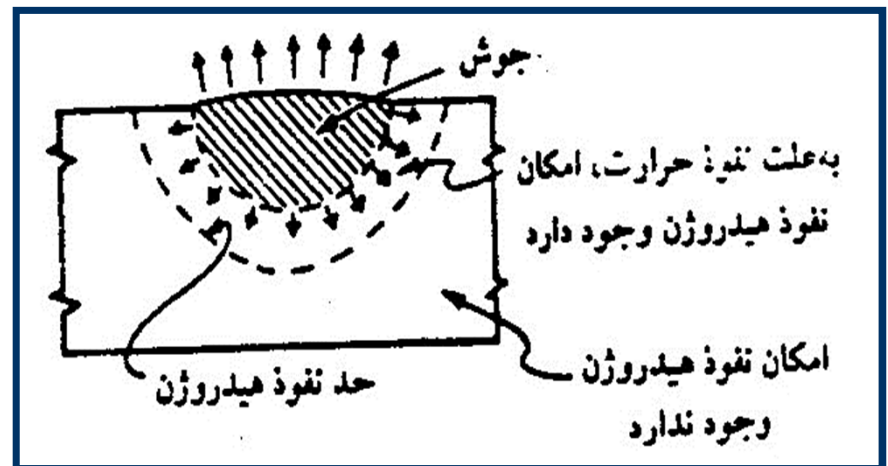
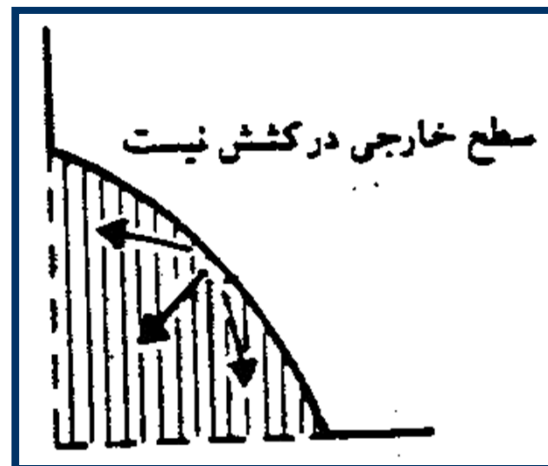
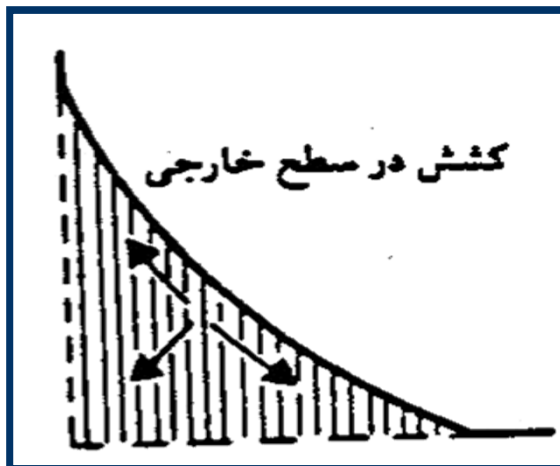
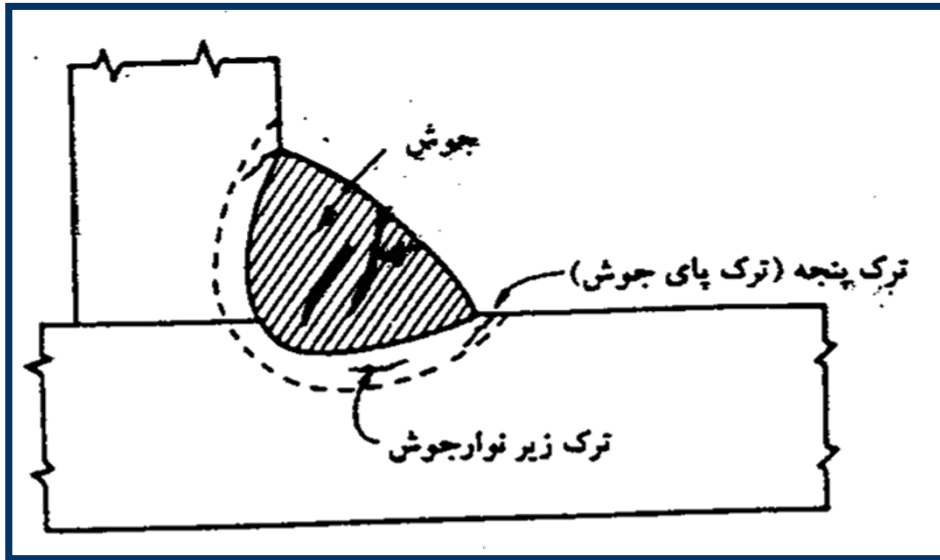
(ث) مقاطع غیر قابل پذیرش جوش گوشه

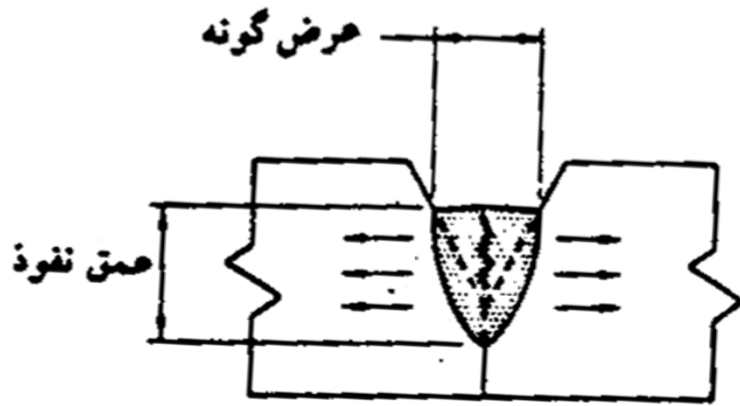
شکل ۱۰-۴-۸ مقاطع قابل پذیرش و غیر قابل پذیرش جوش

## ترک خوردگی

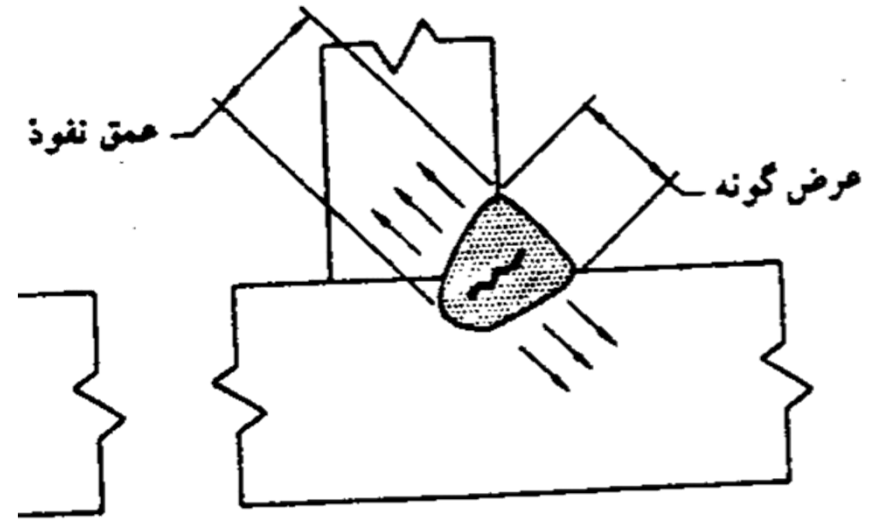
عوامل

۱. نفوذ هیدروژن
۲. عدم پیش گرمایش و سرد شدن سریع
۳. کثیف بودن درز
۴. اضافه تنش
۵. قيودات در مقابل تغییر شکل حرارتی
۶. نسبت عمق به عرض زیاد

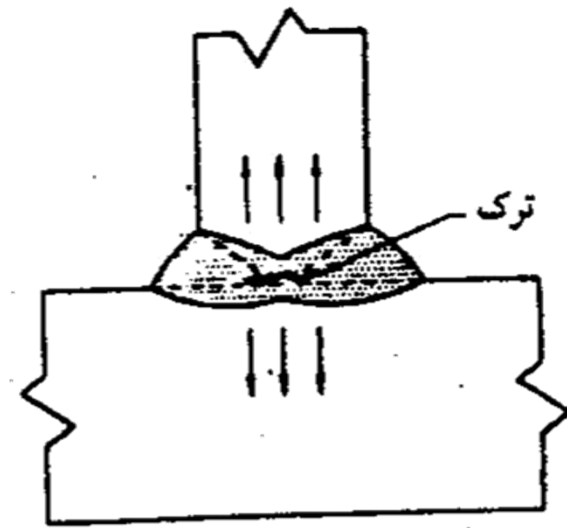
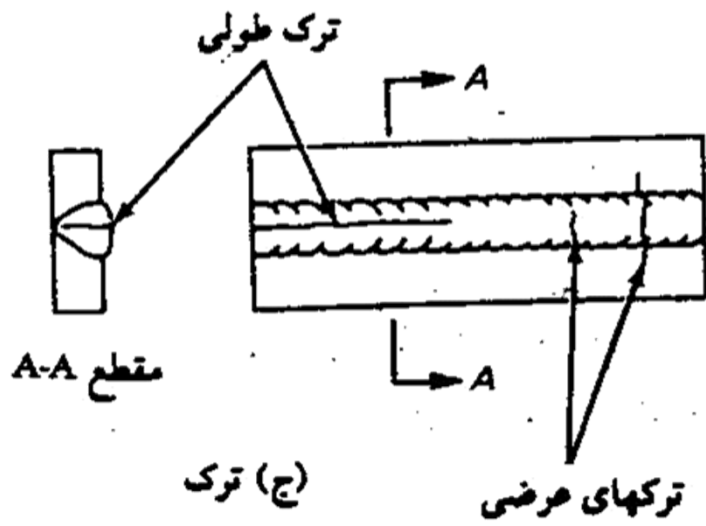




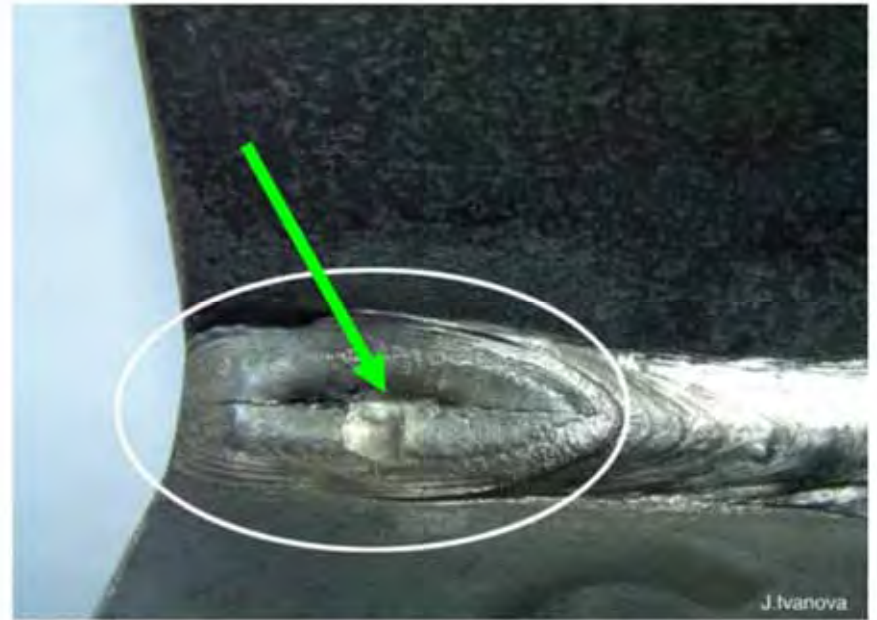
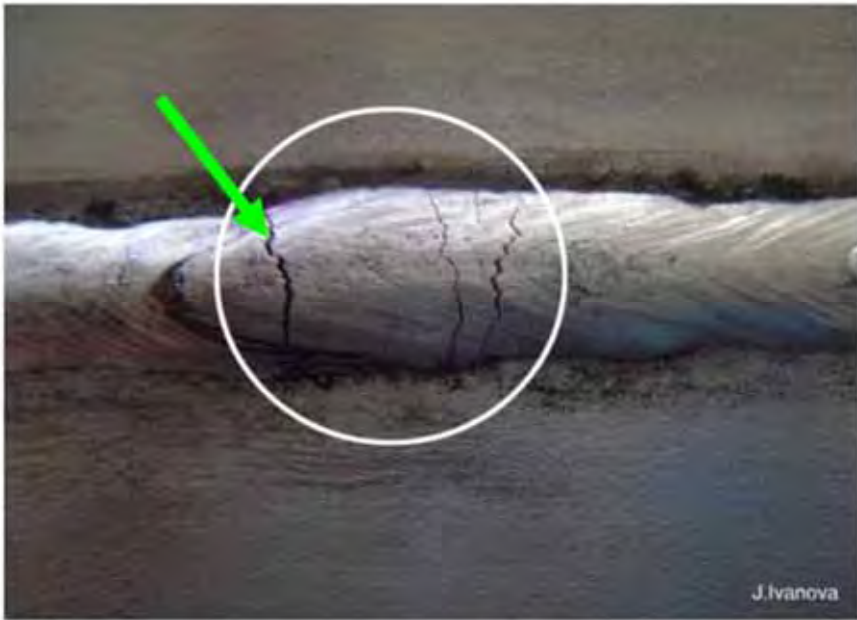
جوش شیار



جوش گوشه



جوش K



## شرح تصویری عیوب جوش



## حفرات سطحی (Surface pore)

عوامل ایجاد :

- ۱- ناخالصی و کثیفی در منطقه مورد جوشکاری و الکتروود ۲- زاویه نامناسب دست نسبت به سطح قطعه کار ۳- عدم حفاظت گازی در فرآیندهای تحت پوشش گاز

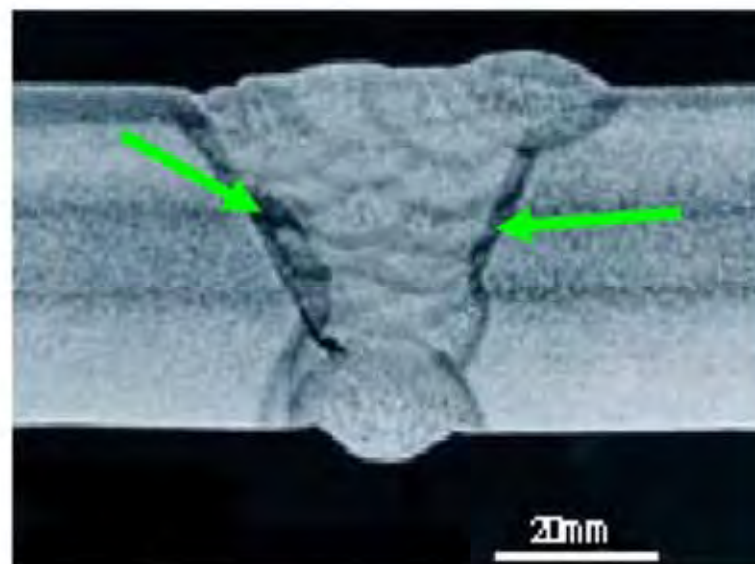
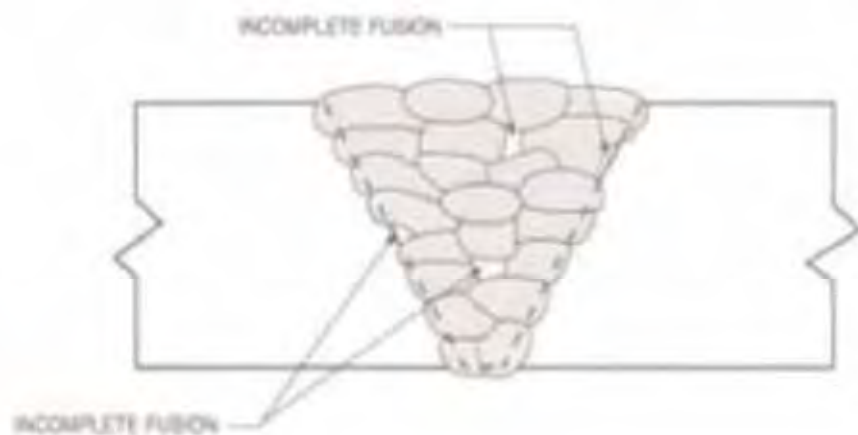




## ذوب ناقص (Lack of fusion or incomplete fusion)

عوامل ایجاد:

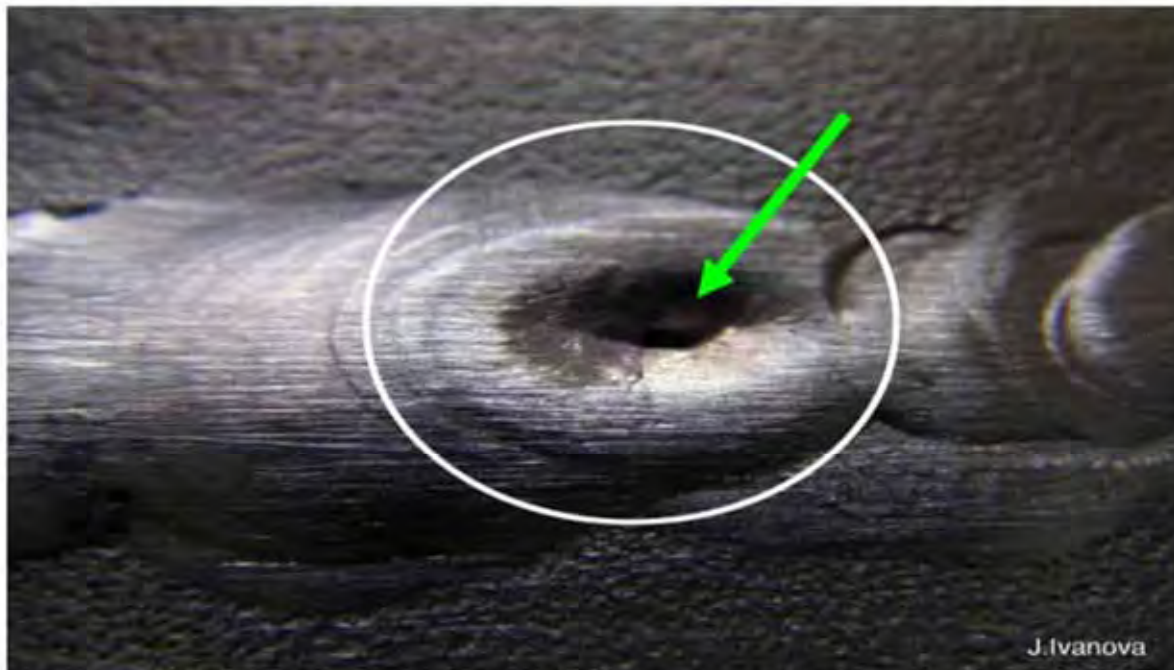
- ۱- کافی نبودن انرژی ورودی ۲- عدم انتخاب صحیح اندازه و نوع الکتروود ۳- مناسب نبودن طرح اتصال
- ۴- کافی نبودن گاز محافظ در فرآیند ها با پوشش گاز ۵- عدم تمیز کاری در بین پاسها



## چاله انتهایی جوش ( End crater pore )

عوامل ایجاد :

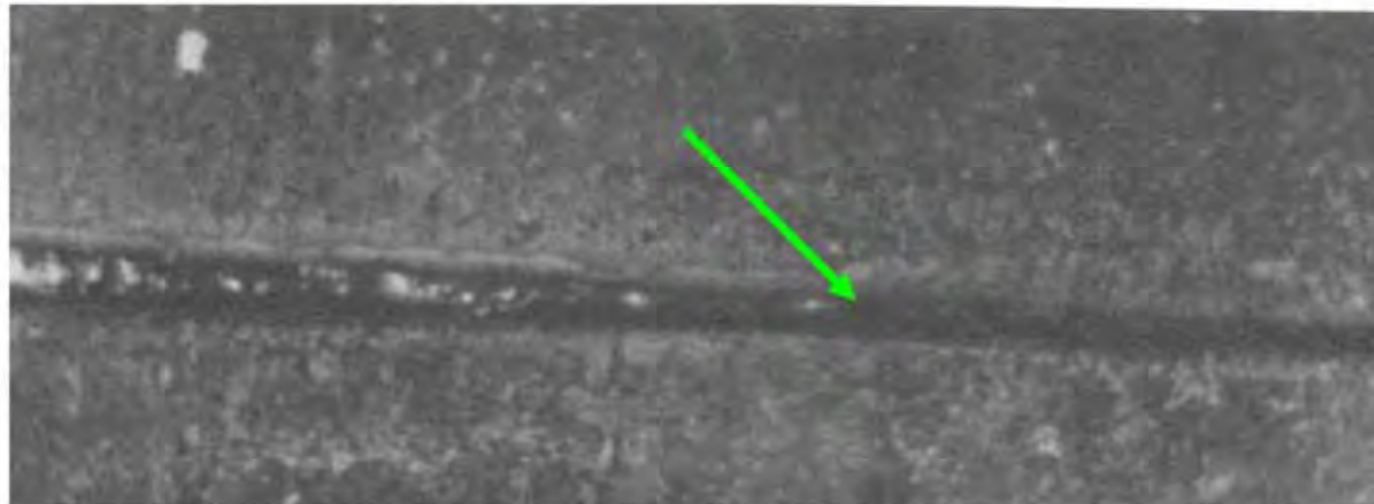
۱ - عدم مهارت جوشکار ۲ - پر نشدن حوضچه مذاب از فلز پرکننده ۳ - کشیفی سطح کار



## نفوذ ناقص در پاس ریشه (Incomplete root penetration)

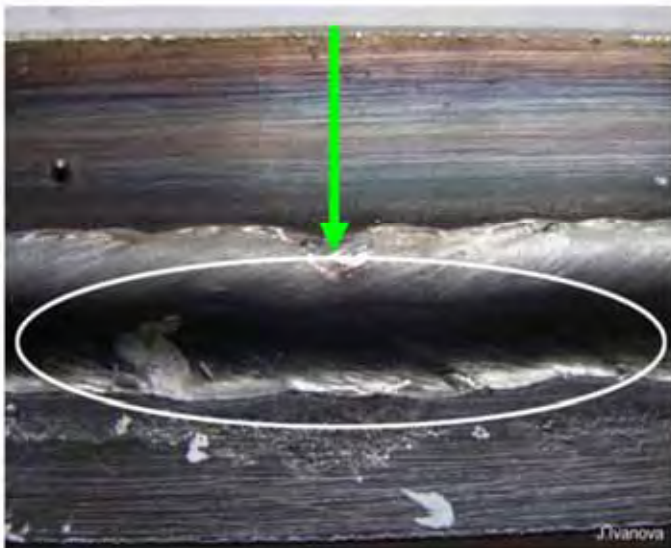
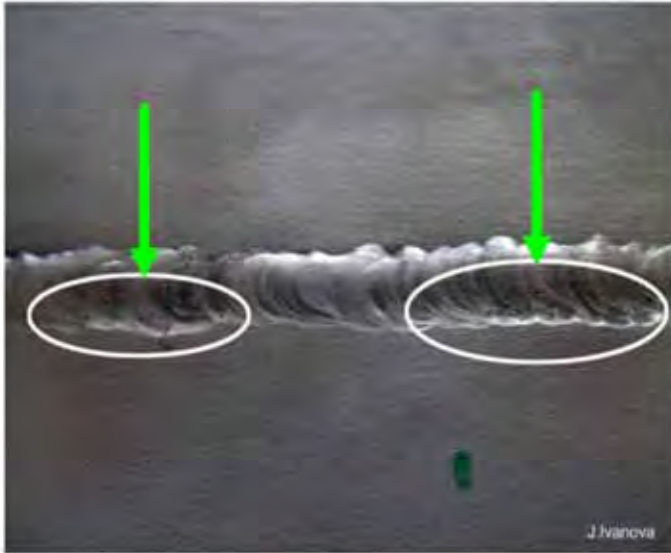
عوامل ایجاد:

۱- پایین بودن شدت جریان ۲- زاویه نامناسب دست ۳- کثیفی درز ۴- کم بودن زاویه پخ



## بریدگی لبه جوش (Undercut)

عوامل ایجاد: ۱- بالا بودن شدت جریان ۲- زاویه نامناسب و سرعت زیاد ۳- کالیبره نبودن



## انقباض ریشه جوش (Shrinkage groove)

عوامل ایجاد:



**Surface Holes**



**Poor Fusion**



**Shallow Penetration**



## ۲۳- آزمایش های جوش

I- مخرب

II- غیرمخرب

### ۲۳-۱- آزمایشهای ارزیابی (مخرب)

هدف: ارزیابی جوشکار، الکتروود، و دستورالعمل این آزمایش های در برنامه Q.A. قراردادارند (W.P.S)

#### ۱- جوش شیاری

۱-۱- خمش هدایت شده (رویه، ریشه - جانبی)

۱-۲- کشش مقطع کاهش یافته

۱-۳- کشش تمام مصالح

۱-۴- آزمایش ضربه

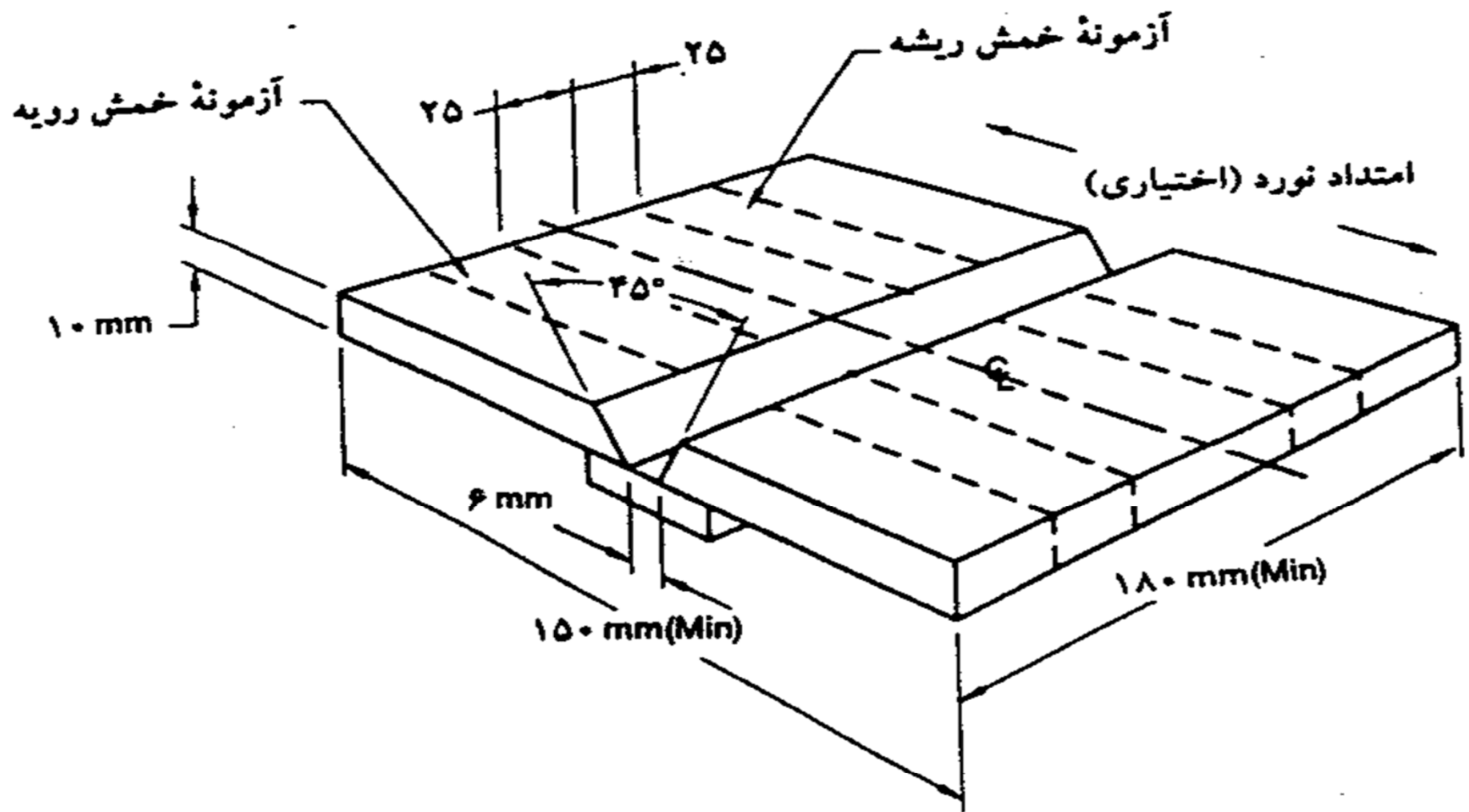
#### ۲- جوش گوشه

۲-۱- شکست اتصال کنج

۲-۲- کشش مستقیم

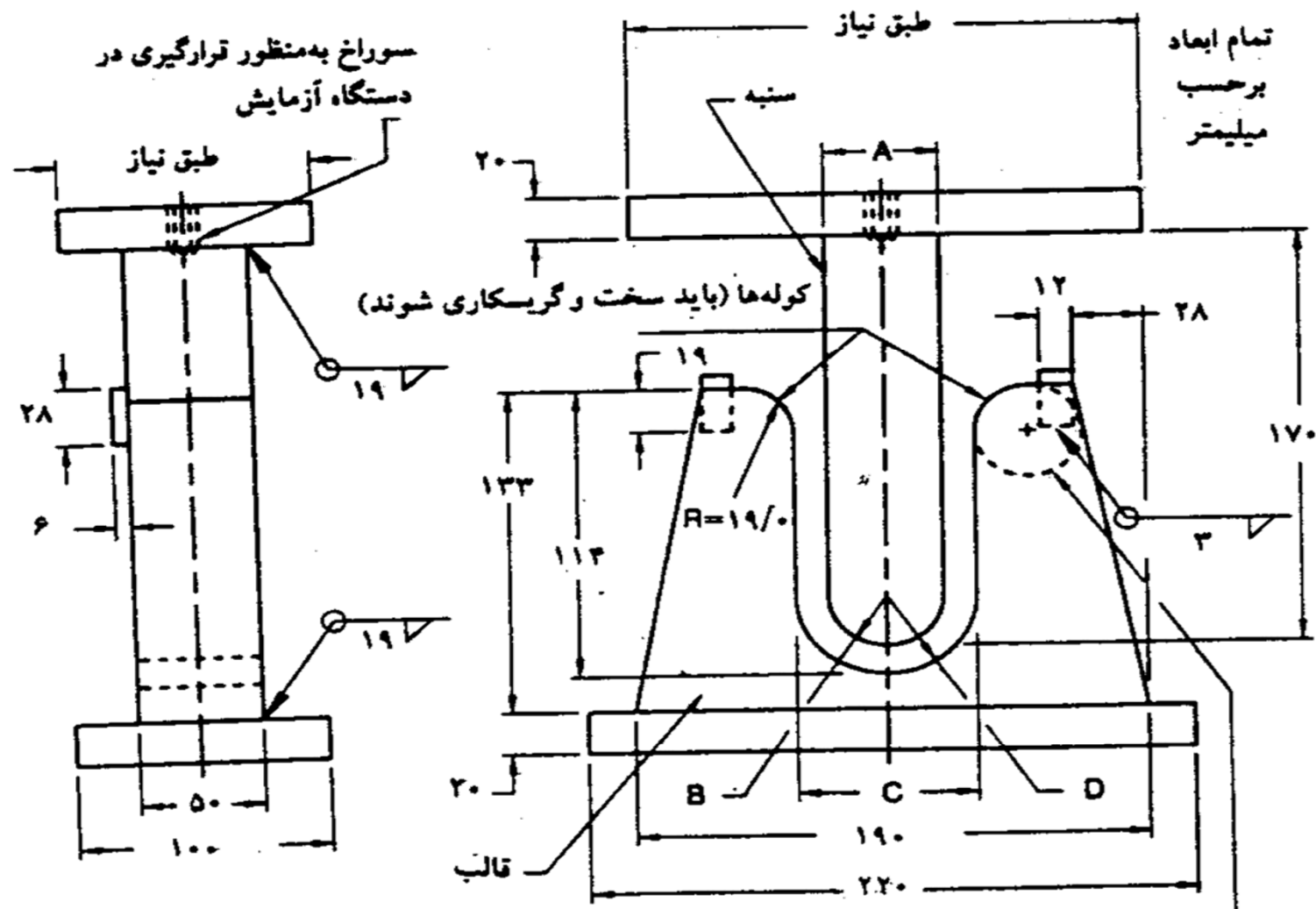
۲-۳- حک اسید مقطع جوش

۲-۴- خمش جوش گوشه



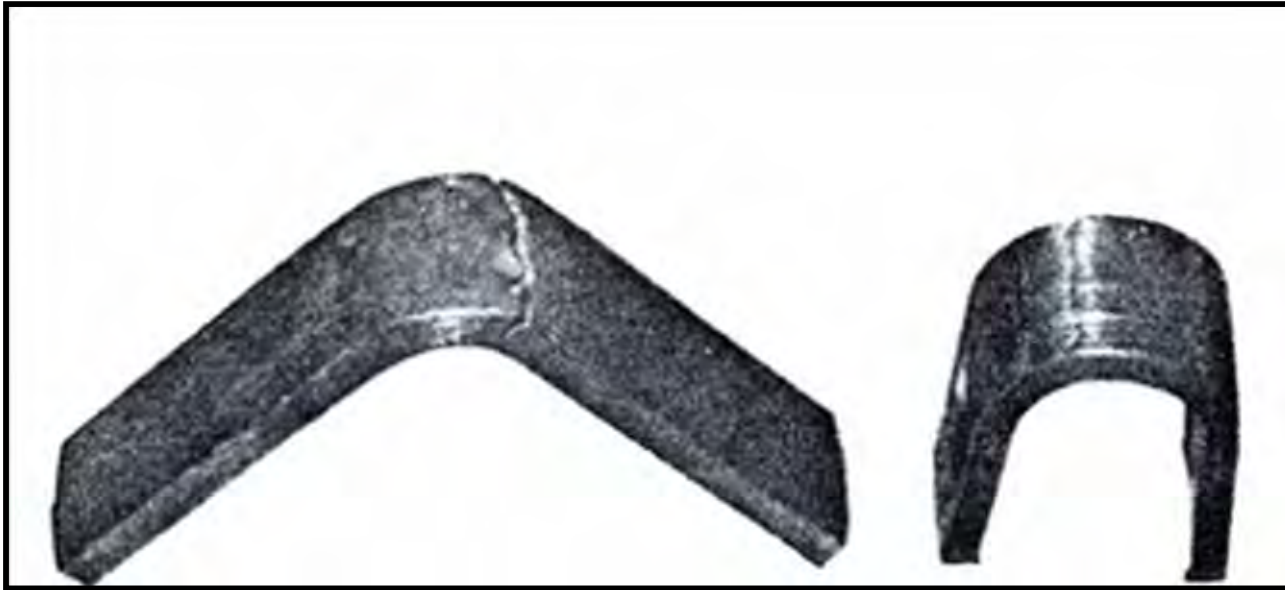
نمونه ها و آزمونه ها

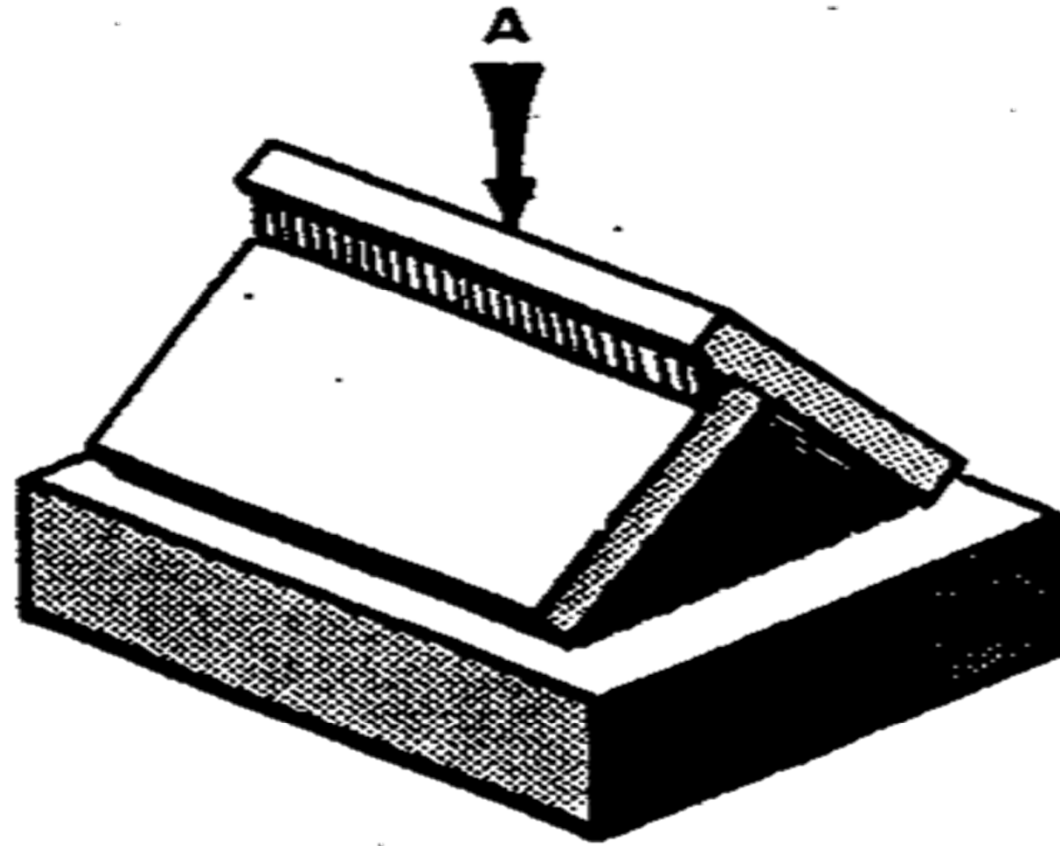




فلتک به قطر ۳۸ میلیمتر که می‌تواند جایگزین شانه شود

آزمایش خم ۱۸۰ درجه





۱۴ - شکست اتصال کنبج

## ۲۳-۲-آزمایش های غیرمخرب (non destructive)

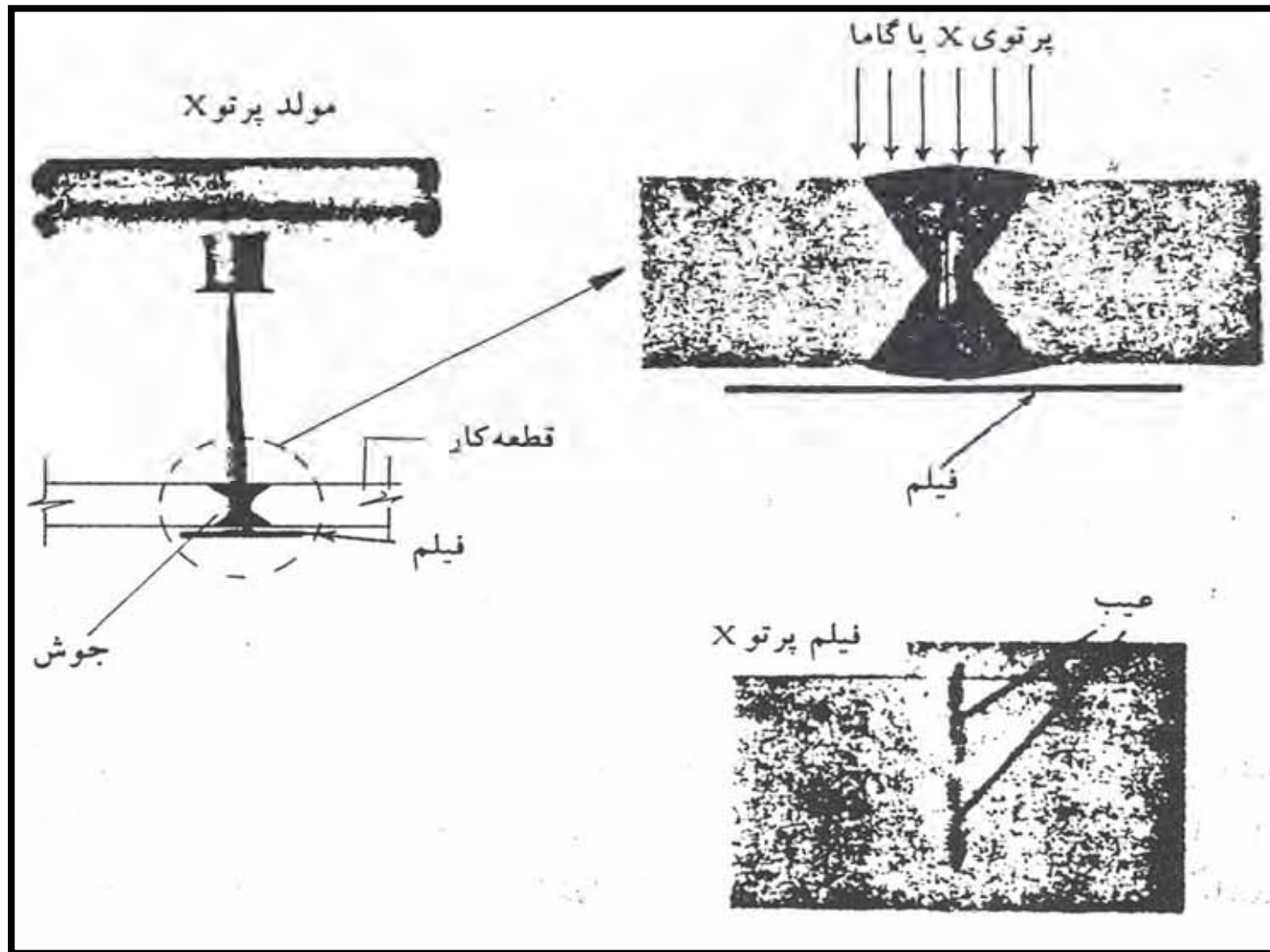
هدف: تایید کیفیت جوش واقعی

### انواع آزمایش های غیرمخرب (برنامه Q.C).

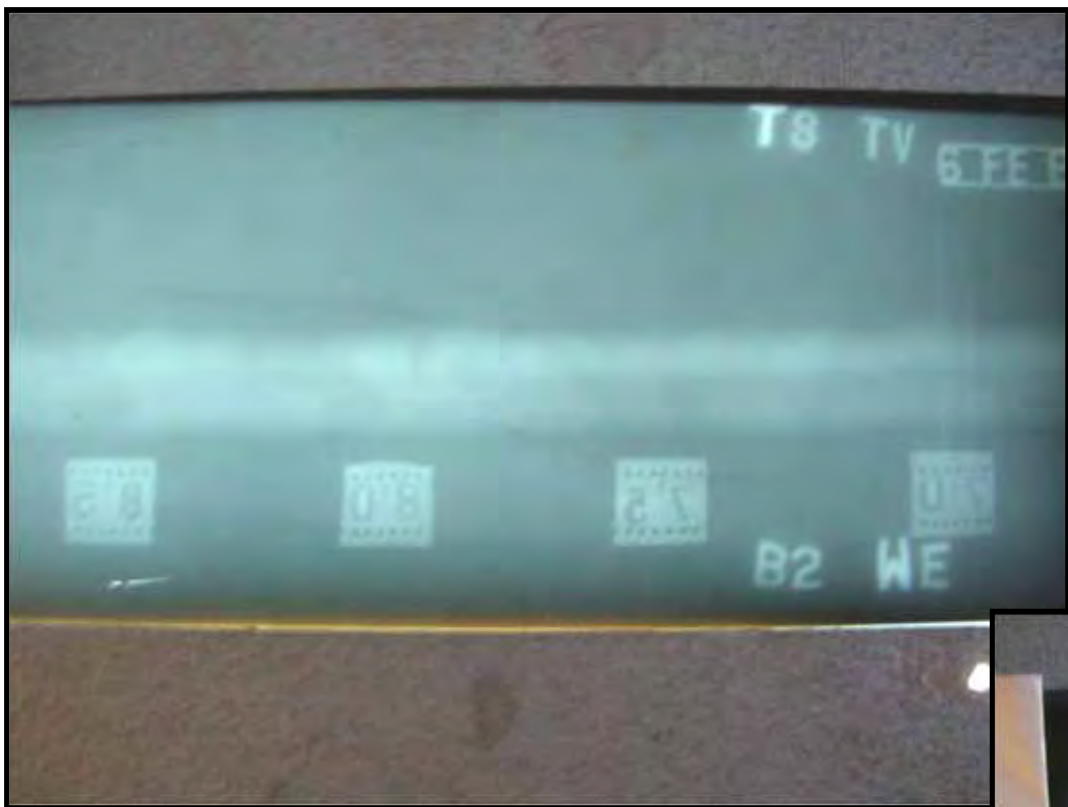
۱. بازرسی عینی (VI)
۲. آزمایش پرتونگاری (RT)
۳. آزمایش فراصوت (UT)
۴. آزمایش رنگ نافذ (PT)
۵. آزمایش ذرات مغناطیسی (MT)



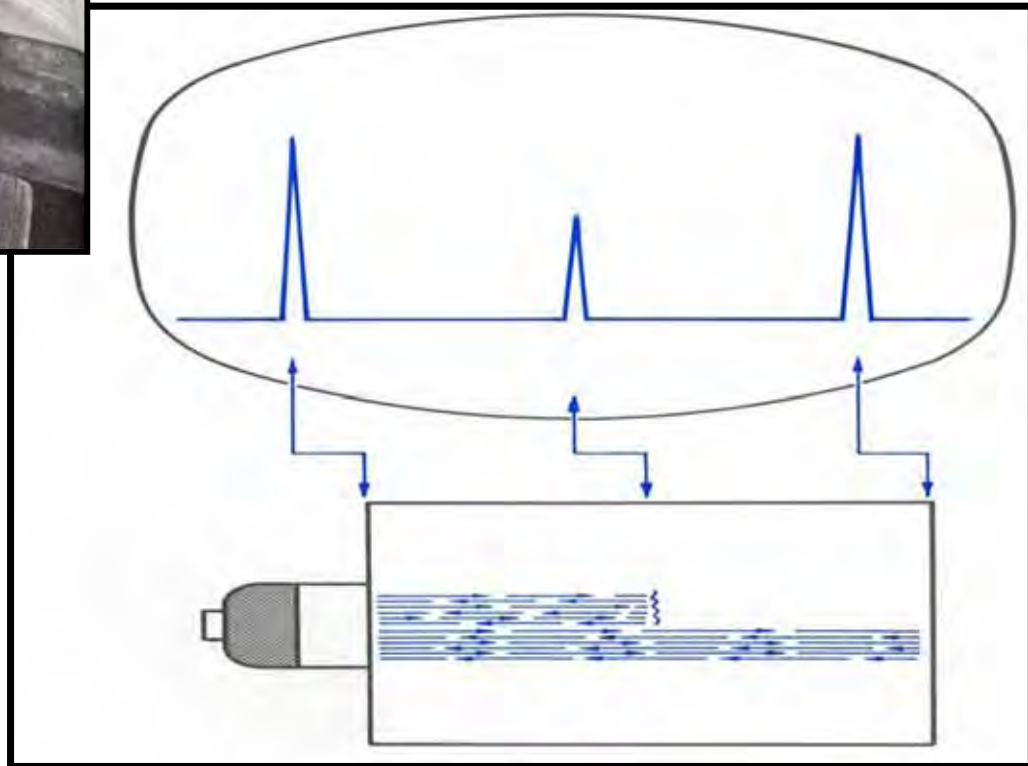
بازرس جوش در حال اندازه گیری ابعاد جوش



## پرتونگاری جوش



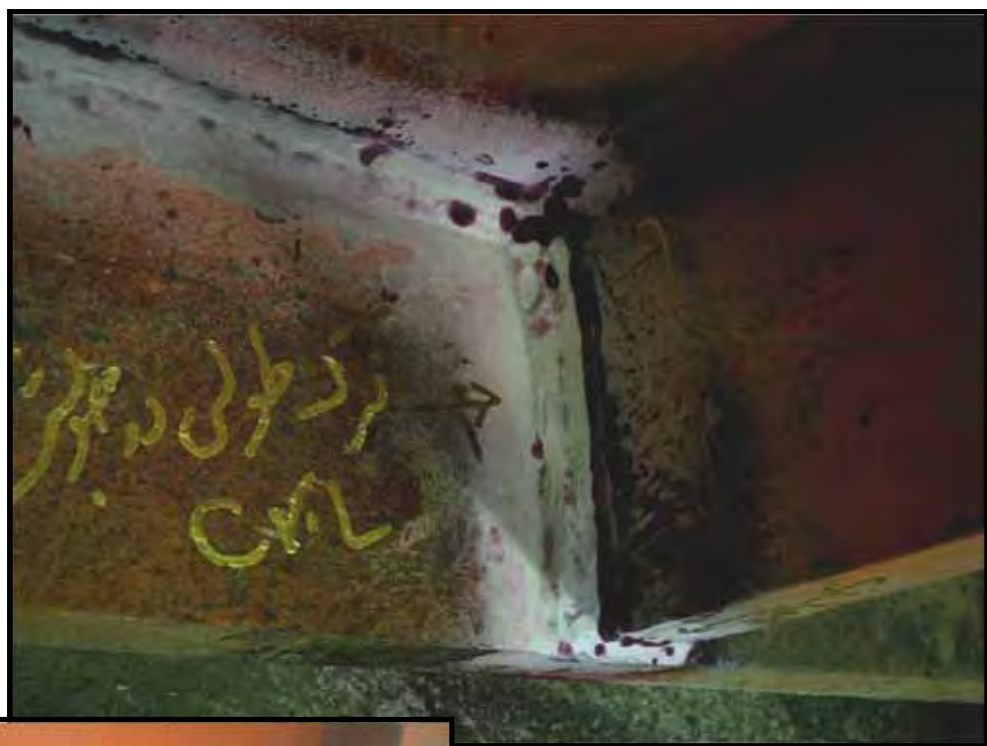
## فراصوت (UT)





# رنگ نافذ





# میدان مغناطیسی



## ۲۵- برنامه ریزی آزمایش ها

ردیف	نوع جوش	نوع بازرسی
۱	۱۰۰٪ تمام جوش ها	عینی
۲	۱۰۰٪ جوشهای لب به لب عرضی بال کششی، اعضای کششی خرپا، ۷/۱ عمق جان درمجاورت بال کششی(در صورتیکه جوشکار در چندروز متوالی نتایج بدون نشان دهد قابل کاهش به ۵۰ و سپس ۳۰ درصد است)	RT یا UT
۳	ده درصد لب به لب طولی	RT یا UT
۴	ده درصد لب به لب عرضی بال یا اعضای فشاری خرپا	RT یا UT
۵	ده درصد جوش گوش بال به جان	MT یا PT

## جوشکاری در موارد زیر مجاز نیست:

۱. دمای هوا کمتر از ۱۵- درجه سانتیگراد
۲. سطوح مرطوب و در معرض باران
۳. وزش باد شدید
۴. وقتی که جوشکار در شرایط نامتعادل قرار دارد
۵. وقتی که دمای فلز پایه کمتر از مقادیر مجاز درپیش گرمایش باشد

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

نوع الکتروود سازگار	مقاومت نهایی کششی فلز الکتروود ( $F_{ue}$ )	تنش تسلیم مصالح فلز پایه ( $F_y$ )
E۶۰ یا معادل آن	۴۲۰ MPa	تا ۳۰۰ MPa , $t \leq 15mm$ <b>St-37</b>
E۷۰ یا معادل آن	۴۹۰ MPa	
E۷۰ یا معادل آن	۴۹۰ MPa	تا ۳۰۰ MPa , $t > 15mm$
E۷۰ یا معادل آن	۴۹۰ MPa	از ۳۰۰ MPa تا ۳۸۰ MPa
E۸۰ یا معادل آن	۵۶۰ MPa	از ۳۸۰ MPa تا ۴۶۰ MPa

$t =$  ضخامت فلز پایه

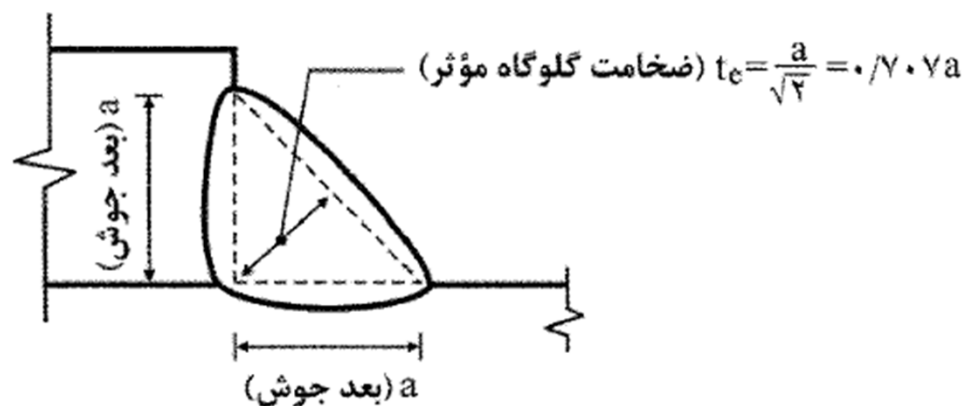
# محاسبات اتصالات جوشی

جدول ۱۰-۲-۹-۱ حداقل ضخامت موثر جوش شیارى با نفوذ نسبی

حداقل ضخامت موثر	ضخامت قطعه نازکتر
۳ میلی‌متر	تا ۶ میلی‌متر
۵ میلی‌متر	بیش از ۶ تا ۱۲ میلی‌متر
۶ میلی‌متر	بیش از ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر
۸ میلی‌متر	بیش از ۲۰ تا ۴۰ میلی‌متر
۱۰ میلی‌متر	بیش از ۴۰ تا ۶۰ میلی‌متر
۱۳ میلی‌متر	بیش از ۶۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر
۱۶ میلی‌متر	بیش از ۱۵۰ میلی‌متر

- در صورتی که نتوان ضخامت‌های حداقل فوق را با یک عبور تعیین نمود باید از پیش گرمایش و یا فرآیندهای کم‌هیدروژن استفاده کرد.
- برای قطعات با ضخامت بزرگتر از ۴۰ میلی‌متر، پیش‌گرمایش و دستورالعمل جوشکاری باید با مطالعه خاص مورد بررسی قرار گیرد.





شکل ۱۰-۲-۹-۳ ضخامت گلوگاه مؤثر جوش‌های گوشه

جدول ۱۰-۲-۹-۲ حداقل بُعد جوش گوشه

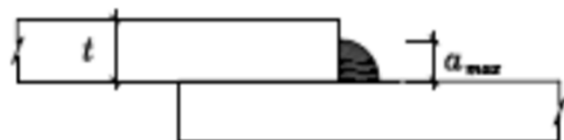
ضخامت قطعه نازکتر	حداقل بُعد جوش گوشه (با یک بار عبور)
تا ۶ میلی‌متر	۳ میلی‌متر
بیش از ۶ تا ۱۲ میلی‌متر	۵ میلی‌متر
بیش از ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر	۶ میلی‌متر
بیش از ۲۰	۸ میلی‌متر

- در صورتی که نتوان ضخامت‌های حداقل فوق را با یکبار عبور تأمین نمود، باید از پیش گرمایش و یا فرآیندهای کم هیدروژن استفاده کرد.
- در سازه تحت بار دینامیکی حداقل اندازه جوش ۵ میلی‌متر می‌باشد

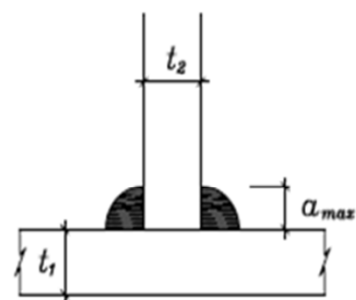
ضوابط حداکثر اندازه جوش گوشه: (بند ۱۰-۲-۹-۲-۲ قسمت ب-۲-مبحث دهم)



$$t < 6\text{mm} \rightarrow a_{max} = t$$



$$t \geq 6\text{mm} \rightarrow a_{max} = \text{Max}(t - 2\text{mm})$$



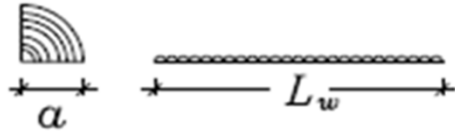
وقتی جوش از بعدی غیر از ضخامت ورق باشد داریم:

$$a_{max} = \text{Min} \begin{cases} 0.75 \cdot t_2 \\ 1.5 \cdot t_1 \end{cases}$$

اگر ورق از یک طرف جوش شود از ضریب ۱.۵ و اگر از دو طرف جوش شود از ضریب ۰.۷۵ استفاده می شود.

۱-۶) حداقل طول مؤثر جوش گوشه: (بند ۱۰-۱-۱۰-۲-قسمت ب-۲-مبحث دهم)

حداقل طول جوش گوشه:



$$L_w = \max \begin{cases} 4a \\ 4cm \end{cases}$$

$a$ : بعد جوش

$L_w$ : طول جوش

نکته ۱: اگر ضابطه فوق رعایت نشد، باید بعد جوش را  $\frac{1}{4}$  طول مؤثر در نظر گرفت.

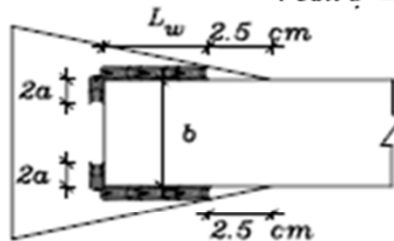
نکته ۲: در فاصله  $2.5\text{ cm}$  از لبه ورق، جوشکاری باید متوقف شود.

نکته ۳: طول جوش حداقل به اندازه عرض صفحه باشد.

نکته ۴: طول برگشت جوش  $2a$  باشد و اگر بیشتر بوده در محاسبات وارد می شود.

نکته ۵: فاصله عمودی بین خطوط جوش در اتصالات انتهایی به  $20\text{ cm}$  محدود می شود.

نکته ۶: از جوش گوشه منقطع در صورتی می توان استفاده کرد  $L_w \geq 4cm, L_w \geq 4a$  باشد.

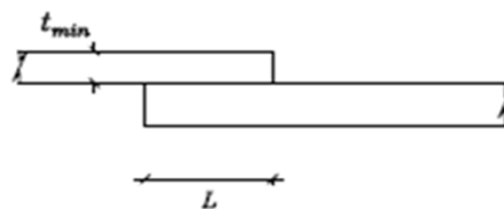


$$L_w \geq b$$

$$b \leq 20\text{ cm}$$

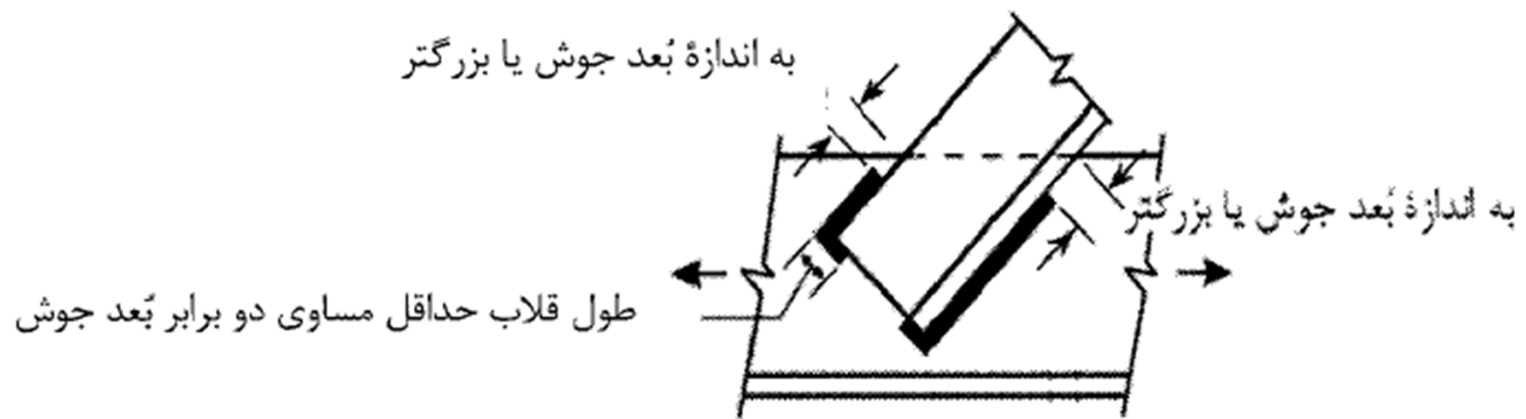
- حداقل روی هم آمدگی قطعات در روی هم را به  $5$  برابر ضخامت ورق نازکتر و همچنین  $2.5\text{ cm}$  محدود می شود.

$$L > \text{Max} \begin{cases} 2.5\text{ cm} \\ 5.t_{\min} \end{cases}$$

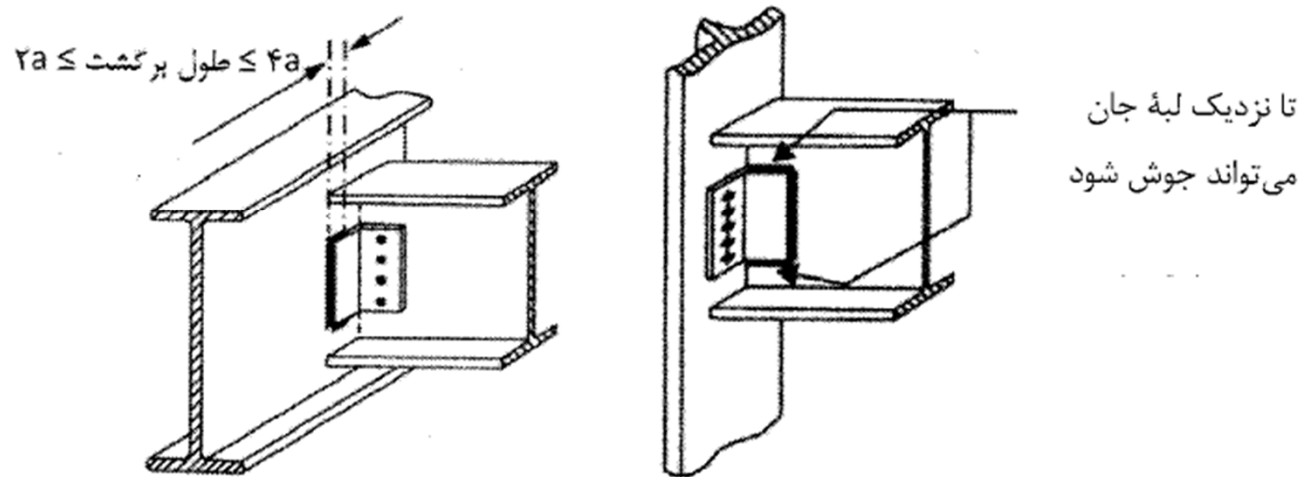


$t_{\min}$  ← ضخامت ورق نازکتر

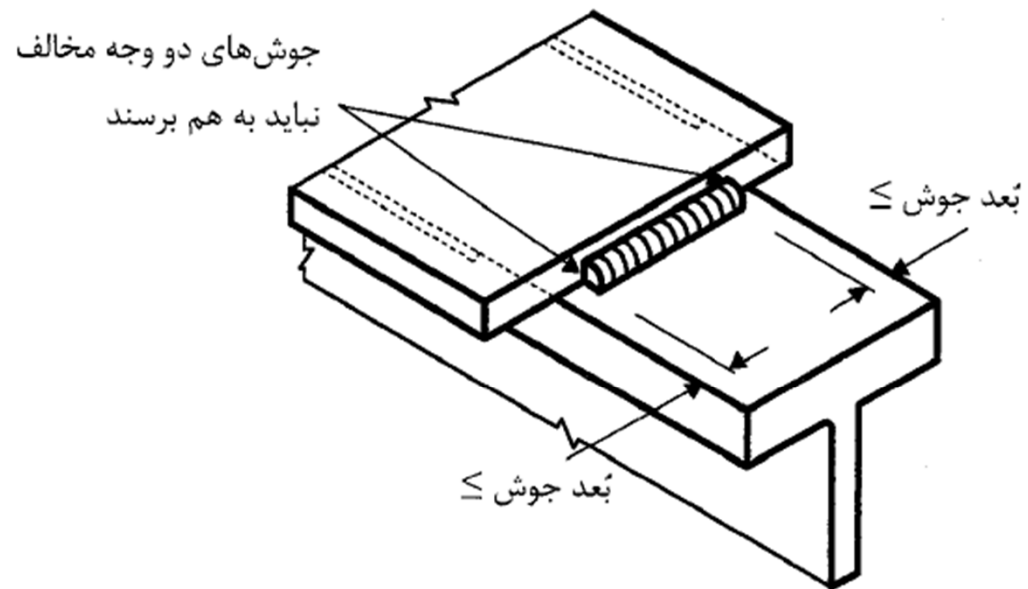
$L$  ← حداقل طول روی هم آمدگی



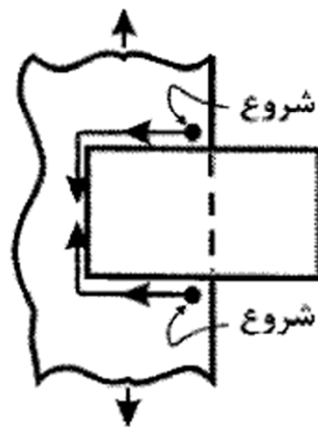
شکل ۱۰-۲-۹-۶ جوش گوشه در انتهای اعضای محوری



شکل ۱۰-۲-۹-۷ جوش گوشه در اتصالات مفصلی با نبشی‌های جان



شکل ۱۰-۲-۹-۸ جوش‌های گوشه در دو طرف مخالف یک صفحه مشترک



شکل ۱۰-۲-۹-۹ مسیر مناسب برای جلوگیری از زخم در لبه

سطح مؤثر جوش : (بند ۱۰-۲-۹-۲-۲ قسمت الف -مبحث دهم)

سطح مؤثر جوش ها از حاصلضرب ضخامت مؤثر جوش ( $t_e$ ) در طول جوش به دست می آید :

$$A_w = L_w \cdot t_e$$

ضخامت مؤثر جوش لب : (بند ۱۰-۲-۹-۲-۱ قسمت الف -مبحث دهم)



الف ) جوش لب با نفوذ کامل :

$$t_e = t_{min}$$

اندازه مؤثر ( ضخامت مؤثر ) جوش لب با نفوذ کامل برابر با ضخامت ورق نازک است .

ب ) جوش لب با نفوذ غیر کامل : (بند ۱۰-۲-۹-۲-۱ قسمت ب -مبحث دهم)

- جوش لب با نفوذ غیر کامل جناغی :



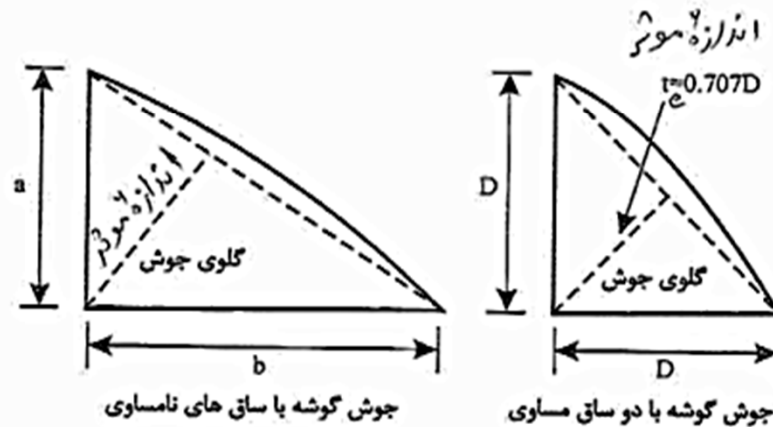
$$\text{if } \begin{cases} \alpha \geq 60^\circ \rightarrow t_e = D \\ 45^\circ < \alpha < 60^\circ \rightarrow t_e = D - 3mm \end{cases}$$

ضخامت مؤثر جوش لب با نفوذ نسبی به جدول صفحه ۱۴۶ مبحث دهم و شکل های بالا محدود می شود.

# ضخامت موثر جوش گوشه:

کمترین فاصله بین ریشه جوش و سطح خارجی جوش است .

$$\text{if } \begin{cases} a = b \rightarrow t_e = \frac{a}{\sqrt{2}} = 0.707a \\ a \neq b \rightarrow t_e = \frac{a \cdot b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \end{cases}$$



### ۱۰-۲-۹-۲-۴ مقاومت جوش

مقاومت طراحی جوش‌ها مساوی  $\phi R_n$  می‌باشد که در آن،  $\phi$  ضریب کاهش مقاومت طبق جدول ۱۰-۲-۹-۳ و  $R_n$  مقاومت اسمی جوش می‌باشد که باید به شرح زیر برابر کوچکترین مقدار محاسبه شده بر اساس حالت‌های حدی گسیختگی کششی و گسیختگی برشی برای مصالح فلز پایه و حالت حدی گسیختگی برای فلز جوش در نظر گرفته شود.

#### الف) بر اساس مصالح فلز پایه

$$R_n = F_{nBM} A_{BM}$$

(۱۰-۲-۹-۲)

#### ب) بر اساس مصالح فلز جوش

$$R_n = \beta F_{nw} A_{we}$$

(۱۰-۲-۹-۳)



که در آن:

$$F_{nBm} = \text{تنش اسمی فلز پایه}$$

$$F_{nw} = \text{تنش اسمی فلز جوش}$$

$$A_{BM} = \text{سطح مقطع فلز پایه}$$

$$A_{we} = \text{سطح مقطع مؤثر جوش}$$

$$\beta = \text{ضریب بازرسی جوش به شرح زیر:}$$

۱. در صورت انجام آزمایش‌های غیرمخرب نظیر رادیوگرافی و التراسونیک (فراصوتی):  $\beta=1$

۲. در صورت انجام جوش در کارخانه (یا شرایط مشابه) و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس

ذیصلاح جوش:  $\beta=0.75$

۳. در صورت انجام جوش در محل و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس ذیصلاح جوش:  $\beta=0.75$

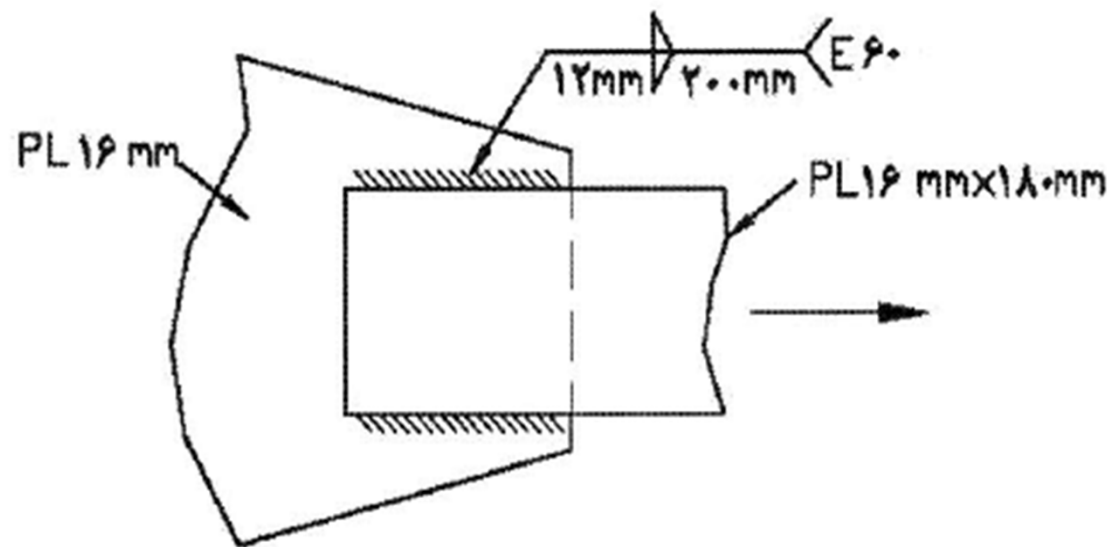
تنش اسمی ( $F_{nBm}$ یا $F_{nw}$ )	ضریب کاهش مقاومت ( $\phi$ )	نوع فلز حاکم بر تعیین مقاومت جوش	نوع بار و جهت آن نسبت به محور جوش	نوع جوش
مطابق فصل ۳-۲-۱۰	مطابق فصل ۳-۲-۱۰	فلز پایه	کششی عمود بر مقطع مؤثر	جوش شیاری با نفوذ کامل و لبه آماده شده
مطابق فصل ۳-۲-۱۰ یا ۴-۲-۱۰	مطابق فصل ۳-۲-۱۰ یا ۴-۲-۱۰	فلز پایه	فشاری عمود بر مقطع مؤثر، کششی و یا فشاری موازی با محور جوش	
مطابق فصل ۶-۲-۱۰	مطابق فصل ۶-۲-۱۰	فلز پایه	برشی، در مقطع مؤثر	
مطابق فصل ۳-۲-۱۰ یا ۴-۲-۱۰	مطابق فصل ۳-۲-۱۰ یا ۴-۲-۱۰	فلز پایه	فشاری، در امتداد عمود بر مقطع مؤثر فشاری، موازی با محور جوش کششی، موازی با محور جوش	جوش شیاری با نفوذ نسبی
$F_{nBM}=F_u$	۰/۷۵	بر اساس فلز پایه	کششی در امتداد عمود بر مقطع مؤثر	
$F_{nw}=۰/۶F_u$	۰/۸	بر اساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)		
	مطابق فصل (۶-۲-۱۰)	بر اساس فلز پایه		
$F_{nw}=۰/۶F_u$	۰/۷۵	بر اساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)	برشی، در مقطع مؤثر	

تنش اسمی ( $F_{nBm}$ یا $F_{nw}$ )	ضریب کاهش مقاومت ( $\phi$ )	نوع فلز حاکم بر تعیین مقاومت جوش	نوع بار و جهت آن نسبت به محور جوش	نوع جوش
مطابق فصل ۱۰-۲-۶	مطابق فصل ۱۰-۲-۶	بر اساس فلز پایه	برشی، در مقطع مؤثر	جوش گوشه
$F_{nw} = 0.16 F_{ue}$	۰/۷۵	بر اساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)		
مطابق فصل ۱۰-۲-۳ یا ۱۰-۲-۴	مطابق فصل ۱۰-۲-۳ یا ۱۰-۲-۴	فلز پایه	کششی یا فشاری، موازی با محور جوش	جوش انگستانه و کام
مطابق فصل ۱۰-۲-۶	مطابق فصل ۱۰-۲-۶	بر اساس فلز پایه	برشی، موازی سطح برش شونده (روی مقطع مؤثر)	
$F_{nw} = 0.16 F_{ue}$	۰/۷۵	بر اساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)		

$F_{ue}$  = تنش نهایی فلز جوش (الکتروود مصرفی)

$F_y$  = تنش تسلیم فلز پایه

مثال ۱- ظرفیت باربری اتصال نشان داده شده را با روش LRFD بدست آورید.  
فولاد: St-37 و ضریب بازرسی جوش = ۱



مقاومت کششی ورق اصلی به دست می‌آید.  
تسلیم کششی،

$$P_n = F_y A_g$$

$$P_n = (2/4)(28/8) = 69/1t$$

$$\phi_t P_n = (0/9)(69/1) = \underline{62/2t}$$

گسیختگی کششی،

$$P_n = F_u A_e$$

$$A_e = A_g = 28/8 \text{ cm}^2$$

$$P_n = (3/7)(28/8) = 106/6t$$

$$\phi_t P_n = (0/75)(106/6) = 80/0t$$

تسلیم کششی کنترل کننده است.

شایان ذکر است که معمولاً در طراحی اتصال نیازی به بررسی مقاومت عضو اصلی اتصال نمی‌باشد زیرا که عضو اصلی برای بارهای وارده طراحی شده است.

همان‌گونه که قبلاً نیز توضیح داده شد، اتصال باید به گونه‌ای طراحی شود که اتصال دهنده و اجزای اتصال تعیین کننده نباشند و عضو اصلی کنترل کننده طرح شود. در این مثال، ضخامت ورق اتصال برابر با ضخامت ورق اصلی و عرض آن مقداری بیشتر انتخاب شده است تا کنترل کننده نباشد.  
مقاومت جوش بررسی می‌شود.

$$R_n = F_w A_w$$

$$F_w = 0/6 F_{EXX}$$

$$F_w = 0.6(4200) = 2520 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_w = l_w t_e$$

ضخامت موثر گلوی جوش به دست می آید.

$$t_e = 0.707(12) = 8.484 \text{ mm}$$

$$A_w = (40)(8.484) = 339 \text{ cm}^2$$

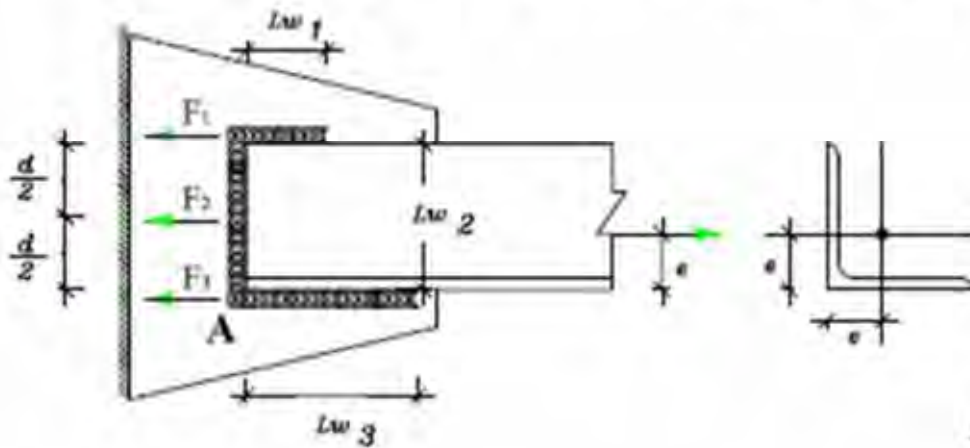
$$R_n = (2520)(339) = 854280 \text{ t}$$

$$\phi R_n = (0.75)(854280) = 640710 \text{ t}$$

بنابراین ورق اصلی کنترل کننده است.

### ۱۴-۱) طراحی اتصال متعادل :

طرح اتصال نامتقارن برای این است که خروج از مرکزیت در جوش از بین برود و تنش‌ها یکنواخت گردد.



### ۱۵-۱) مراحل گام به گام طراحی اتصال متعادل :

(۱) با توجه به نوع الکتروود  $R_w$  تعیین شود.

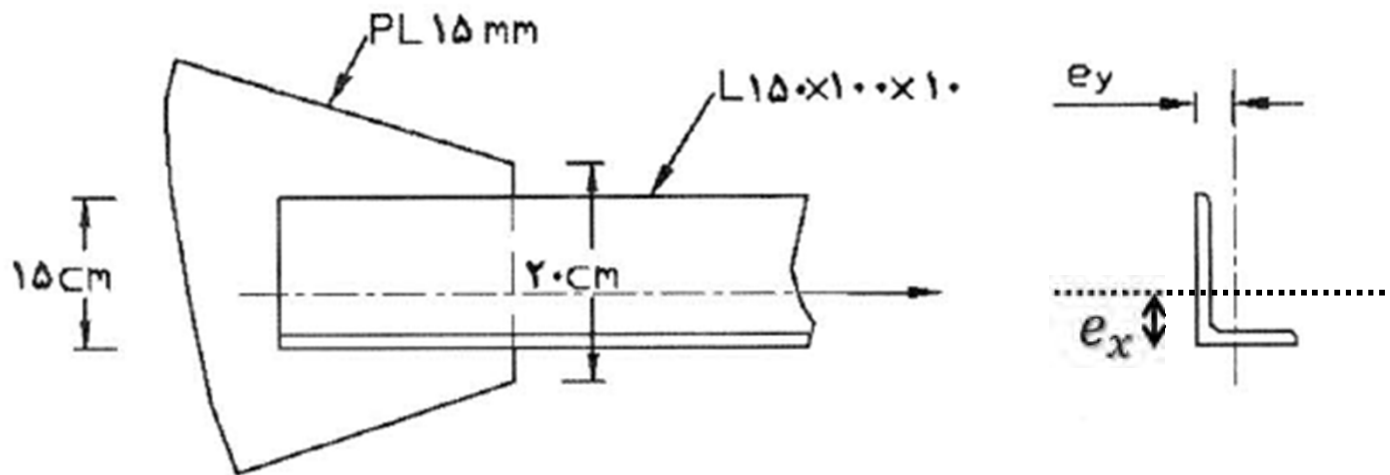
$$F_2 = R_w \cdot L_{w2} \quad (2)$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow F_1 = \frac{P \cdot e}{d} - \frac{F_2}{2} \quad (3)$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_3 = P \times \left(1 - \frac{e}{d}\right) - \frac{F_2}{2} \quad (4)$$

$$L_{w3} = \frac{F_3}{R_w}, L_{w1} = \frac{F_1}{R_w} \quad (5)$$

مثال ۲- اتصال نبشی به ورق نشان داده شده در شکل را با استفاده از روش LRFD طراحی نمایید. بار مرده ۱۰ تن و بار زنده ۲۵ تن می باشد. فولاد از نوع St-37 و الکتروود E60 و ضریب بازرسی جوش برابر با ۱ می باشد.



مشخصات نبشی از جدول اشتال:

$$A_g = 24.2 \text{ cm}^2 \quad , \quad e_y = 2.34 \text{ cm} \quad , \quad e_x = 4.81 \text{ cm}$$



ورق اتصال کنترل کننده طرح نمی باشد. در این مثال ظرفیت نبشی بررسی می شود:

تسلیم کششی،

$$P_n = F_y A_g$$

$$P_n = (2/4)(24/2) = 58/1 \text{ t}$$

$$\phi_t P_n = (0/9)(58/1) = \underline{52/3 \text{ t}}$$

گیختگی کششی،

$$P_n = F_u A_e$$

با فرض طول اتصال برابر با  $20 \text{ cm}$  ،

$$U = 1 - \frac{2/34}{20} = 0/883$$

$$A_e = (24/2)(0/883) = 21/4 \text{ cm}^2$$

$$P_n = (3/7)(21/4) = 79/21$$

$$\phi_t P_n = (0.75)(79/21) = 59/42$$

تسليم کششی کنترل کننده است. معمولاً در اتصالات جوشي تسليم کششی کنترل کننده است.

$$P_u = 1/2(10) + 1/6(25) = 52.1$$

$$52.1 < 52/31$$

بنابراین همان گونه که انتظار می‌رفت عضو اصلی جوابگو است.

برای انتخاب یک اندازه مناسب جوش، لازم است ابتدا حداقل و حداکثر اندازه مجاز جوش تعیین گردد. حداقل اندازه جوش از جدول (۴-۶) برابر با  $5 \text{ mm}$  است. حداکثر اندازه جوش به دست می‌آید.

$$W_{\max} = 10 - 2 = 8 \text{ mm}$$

جوش  $8 \text{ mm}$  به دلیل سهولت اجرا انتخاب می‌شود.

ضخامت موثر گلوی جوش به دست می‌آید.

$$t_e = 0.707(\lambda) = 5/656 \text{ mm}$$

$$A_w = 0.5656 l_w$$

$$F_w = 0.6(4200) = 2520 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_n = (2/52)(0.5656 l_w) = 1/425 l_w$$

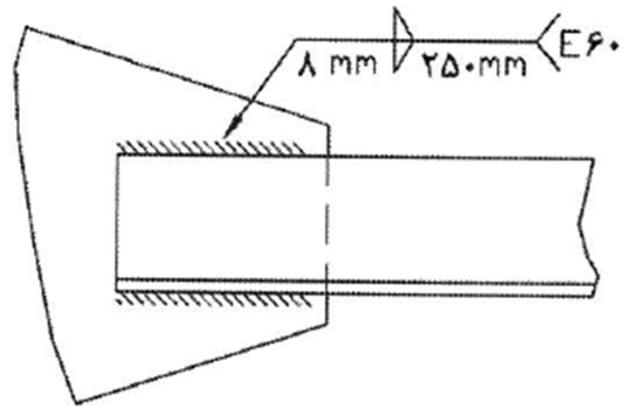
$$\phi R_n = (0.75)(1/425 l_w) = 1/569 l_w$$

طول مورد نیاز جوش با مساوی قرار دادن مقاومت‌های لازم و موجود نتیجه می‌شود.

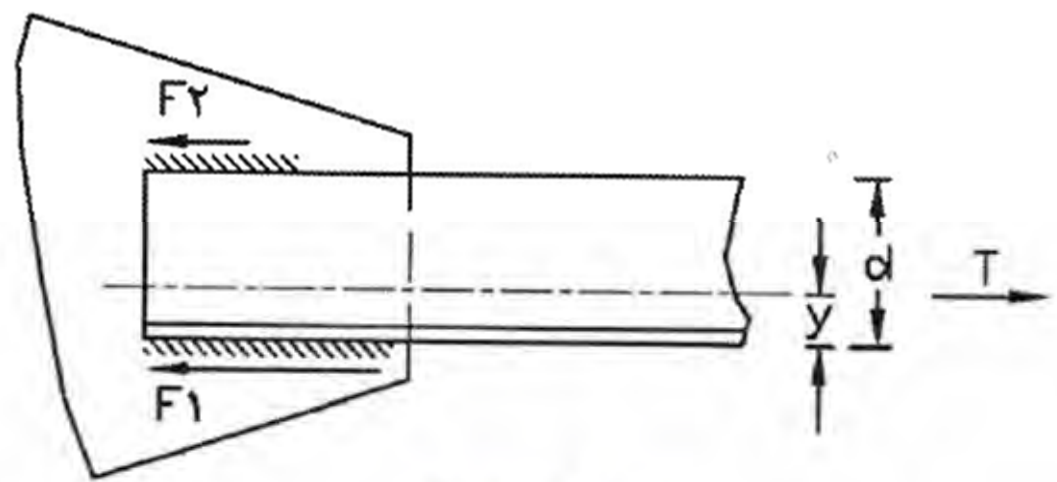
$$R_u \leq \phi R_n$$

$$52 = 1/569 l_w \quad l_w = 48/6 \text{ cm}$$

همان‌گونه که توضیح داده شد، در مورد اتصال نهشی‌ها و در مواردی که تحت اثر بارهای خستگی قرار ندارند، رعایت خروج از مرکزیت الزامی نمی‌باشد. اتصال طراحی شده بدون رعایت خروج از مرکزیت در شکل نشان داده شده است.



در صورت رعایت خروج از مرکزیت نبشی،



$$y = e_x$$

با برقراری تعادل لنگر در محل نیروی  $F_1$ ، نیروی  $F_2$  به دست می‌آید.

$$F_2 = \frac{y}{d} T$$

نیروی  $F_1$  نیز از تعادل نیروها نتیجه می‌شود.

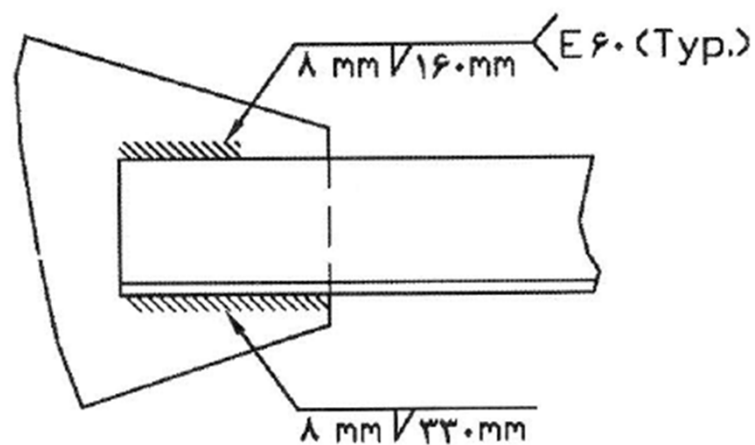
$$F_1 = T - F_2$$

در مورد طول جوش‌ها نیز لازم است نسبت‌های فوق رعایت شود.  
برای مثال بالا نتیجه می‌شود.

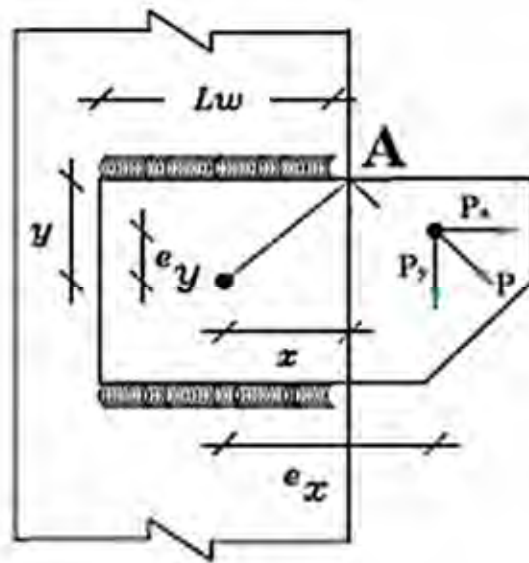
$$l_{w2} = \frac{4/81}{15} (48/6) = 15/6 \text{ cm}$$

$$l_{w1} = 48/6 - 15/6 = 33 \text{ cm}$$

اتصال طراحی شده با رعایت خروج از مرکزیت در شکل نشان داده شده است.



۱-۱۶) برش با خروج از مرکزیت : ( برش و پیچش )



تنش ها یکنواخت است  $\rightarrow$  برش مستقیم  $\begin{cases} f'_x = \frac{P_x}{A_w} \\ f'_y = \frac{P_y}{A_w} \end{cases}$

$$T = P_x \cdot e_y + P_y \cdot e_x$$

X, y : فاصله تار خشی تا محل تنش حداکثر

برش حاصل از پیچش  $\begin{cases} f''_x = \frac{T \cdot y}{I_p} \\ f''_y = \frac{T \cdot x}{I_p} \end{cases}$  .....  $I_p = I_x + I_y$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(f'_x + f''_x)^2 + (f'_y + f''_y)^2} \leq F_v$$

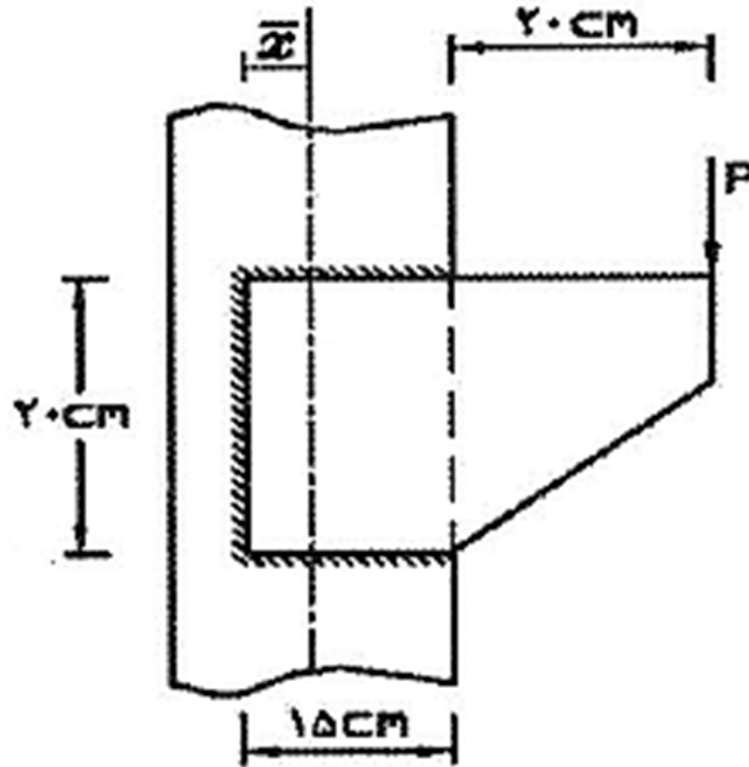
نقطه ای بحرانی است که تنش های ناشی از پیچش بیشتر باشند و تنش های برشی حاصل از پیچش با برش مستقیم هم جهت باشند. ( در این شکل نقطه A بحرانی است )

محاسبه لنگر لختی قطبی و اساس مقطع  
برای انواع جوش ها  
صفحه ۳۶۱ کتاب دکتر حبیب الله اکبر

فرض:  $t_e = 1$

شکل مقطع b = (عرض) d = (ارتفاع)	اساس مقطع $\frac{I_x}{y}$	لنگر لختی قطبی $I_p$ حول مرکز ثقل (ارتفاع)
1.	$S = \frac{d^2}{6}$	$I_p = \frac{d^3}{12}$
2.	$S = \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
3.	$S = bd$	$I_p = \frac{b(3d^2 + b^2)}{6}$
4.	$\bar{y} = \frac{d^2}{2(b+d)}$ $\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$	$S = \frac{4bd + d^2}{6}$ $I_p = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
5.	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$	$S = bd + \frac{d^2}{6}$ $I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$
6.	$\bar{y} = \frac{d^2}{b+2d}$	$S = \frac{2bd + d^2}{3}$ $I_p = \frac{b^3 + 6bd^2 + 8d^3}{12} - \frac{d^4}{2d+b}$
7.	$S = bd + \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{(b+d)^3}{6}$
8.	$\bar{y} = \frac{d^2}{b+2d}$	$S = \frac{2bd + d^2}{3}$ $I_p = \frac{b^3 + 8d^3}{12} - \frac{d^4}{b+2d}$
9.	$S = bd + \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{b^3 + 3b^2 + d^3}{6}$
10.	$S = \pi r^2$	$I_p = 2\pi r^3$

مثال ۳- اندازه بعد جوش گوشه نشان داده شده در شکل را با استفاده از روش LRFD بدست آورید. بار مرده ۳ تن و بار زنده ۵ تن می باشند. فرض کنید که ورق اتصال کنترل کننده نمی باشد. فولاد از نوع St-37 و الکتروود E60 و ضریب بازرسی جوش برابر با ۱ می باشد.





مقادیر  $\bar{x}$  و  $I_p$  با استفاده از روابط جدول به دست می‌آیند.

$$\bar{x} = \frac{(15)^2}{2(15) + 20} = 4/5 \text{ cm}$$

$$I_p = \frac{8(15)^3 + 6(15)(20)^2 + (20)^3}{12} - \frac{(15)^4}{2(15) + 20} = 4904/12 t_e$$

سطح موثر جوش بر اساس عمق موثر گلوی جوش تعیین می‌گردد.

$$A_w = [2(15) + 20] t_e = 50 t_e$$

روش ضرایب بار و مقاومت:

$$P_u = 1/2(3) + 1/6(5) = 11/6 t$$

$$T_u = (11/6)(0/305) = 3/54 t.m$$

$$f'_y = \frac{11/6}{50 t_e} = \frac{0/222}{t_e}$$

$$f''_x = \frac{(3/54)(100)(10)}{4904/2 t_e} = \frac{0/722}{t_e}$$

$$f''_y = \frac{(3/54)(100)(10/5)}{4904/2 t_e} = \frac{0/758}{t_e}$$

$$f_x = \frac{0/722}{t_e}$$

$$f_y = \frac{0/222}{t_e} + \frac{0/758}{t_e} = \frac{0/99}{t_e}$$

$$f_u = \sqrt{\left(\frac{0/722}{t_e}\right)^2 + \left(\frac{0/99}{t_e}\right)^2} = \frac{1/225}{t_e}$$

$$f_u \leq \phi F_w$$

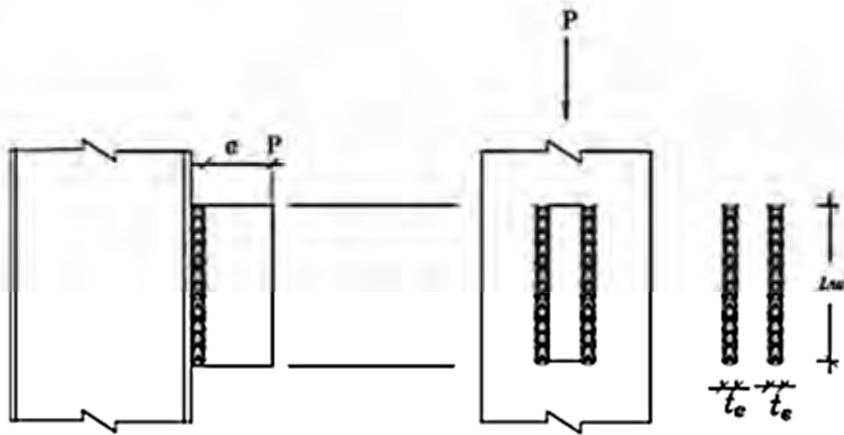
$$\frac{1/225}{t_e} \leq (0/75)(0/6)(4/2) \quad t_e \geq 0/65 \text{ cm}$$

$$w \geq \frac{0/65}{0/707} = 0/92 \text{ cm}$$

اندازه جوش به دست می آید.

جوش 10 mm جوابگو است.

(۱۷-۱) جوش تحت اثر برش و لنگر خمشی :



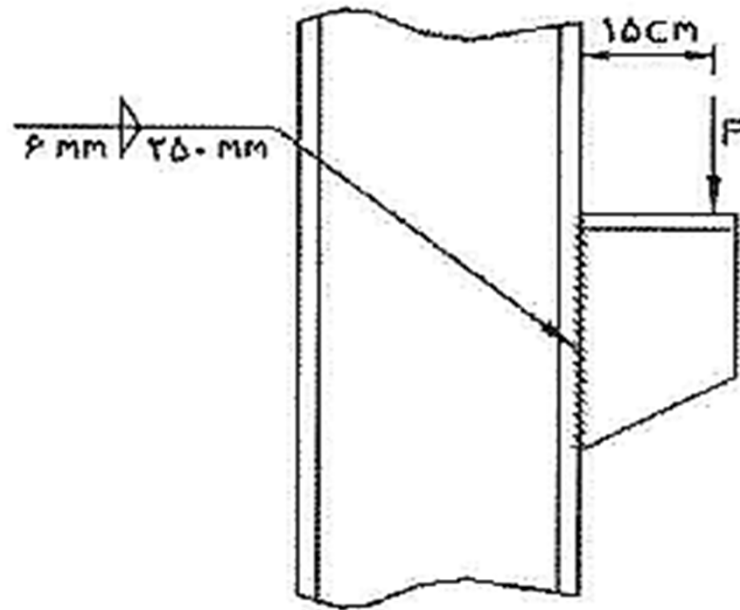
جوش گوشه وقتی تحت لنگر خمشی قرار می گیرد ، در واقع در جوش برش ایجاد می شود .

$$f'_y = \frac{P}{A} = \frac{P}{2 \cdot t_e \cdot L_w} \Rightarrow$$

$$f_r = \sqrt{f_y'^2 + f_x'^2} \leq F_v$$

$$f'_x = \frac{M}{S} = \frac{P \cdot e}{2 \times \frac{t_e \cdot L_w^2}{6}} \Rightarrow$$

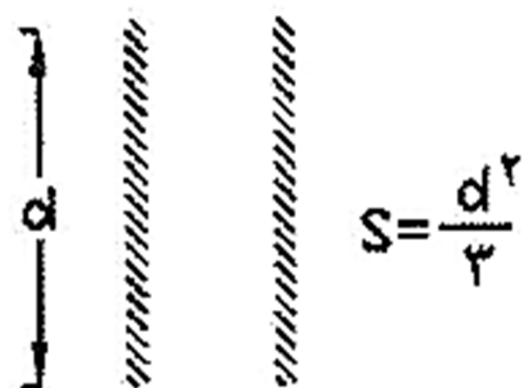
مثال ۴- حداکثر نیروی  $p$  اتصال نشان داده شده در شکل را با استفاده از روش LRFD بدست آورید. بار وارده شامل: ۴۰٪ مرده و ۶۰٪ زنده می باشد. ورق اتصال کنترل کننده نمی باشد. فولاد از نوع St-37 و الکتروود E70 و ضریب بازرسی جوش برابر با ۱ می باشد.



$$t_e = 0.7 \cdot 7(0.6) = 0.4242 \text{ cm}$$

$$A_w = 2(25)(0.4242) = 21.21 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(25)^2}{3} (0.4242) = 18.75 \text{ cm}^3$$



روش ضرایب بار و مقاومت:

$$P_u = 1/2(0.4P) + 1/6(0.6P) = 0.144P$$

$$M_u = (0.144P)(15) = 2.16P$$

$$f'_y = \frac{0.144P}{21.21} = 0.0068P$$

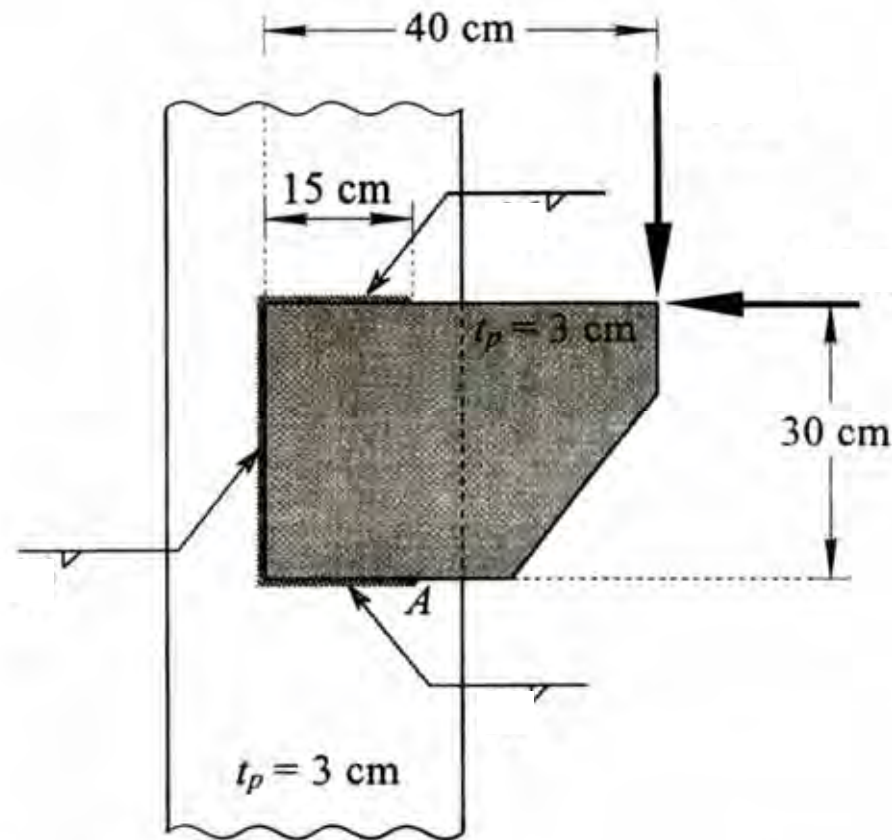
$$f'_x = \frac{2.16P}{18.75} = 0.1152P$$

$$f_u = \sqrt{(0.1152P)^2 + (0.0068P)^2} = 0.1153P$$

$$f_u \leq \phi F_w$$

$$0.1153P \leq (0.75)(0.6)(4/9) \quad P \leq 1.71$$

**تمرین ۱:** بعد جوش گوشه در اتصال براکتی شکل زیر که تحت تاثیر نیروهای افقی و قائم به ترتیب ۱۷ و ۲۲ تن قرار دارد را به روش LRFD طراحی کنید. (الکتروود مصرفی E70 و ضریب بازرسی جوش برابر با ۱)



# معرفی اتصالات

# انواع اتصالات تیر به ستون



۱- اتصالات مفصلی



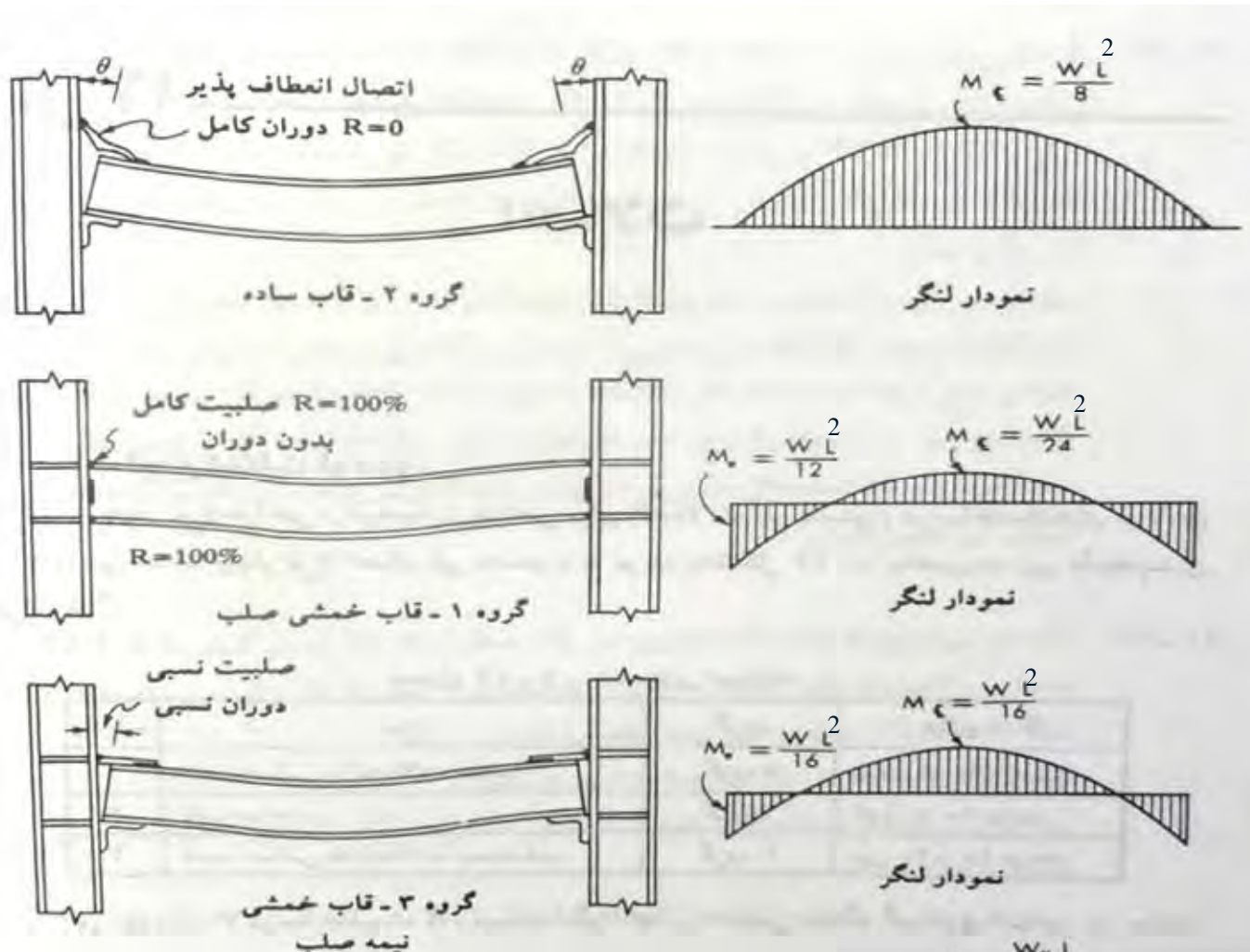
۲- اتصالات خمشی:

۱- اتصالات کاملاً گیردار

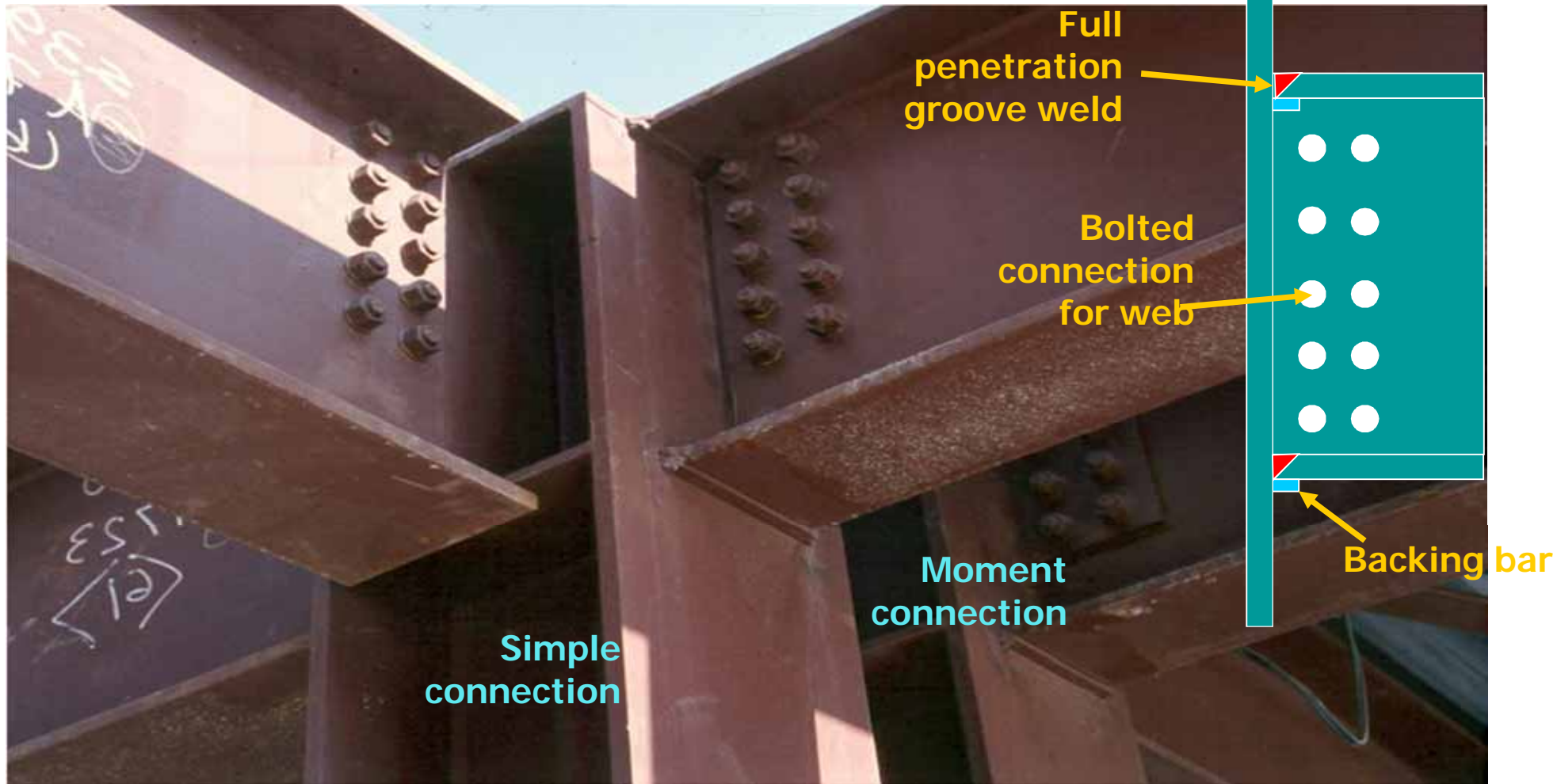
۲- اتصالات نیمه گیردار



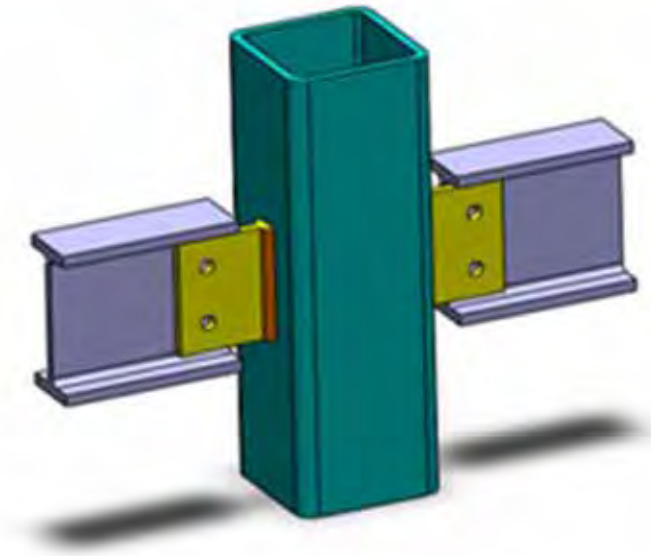
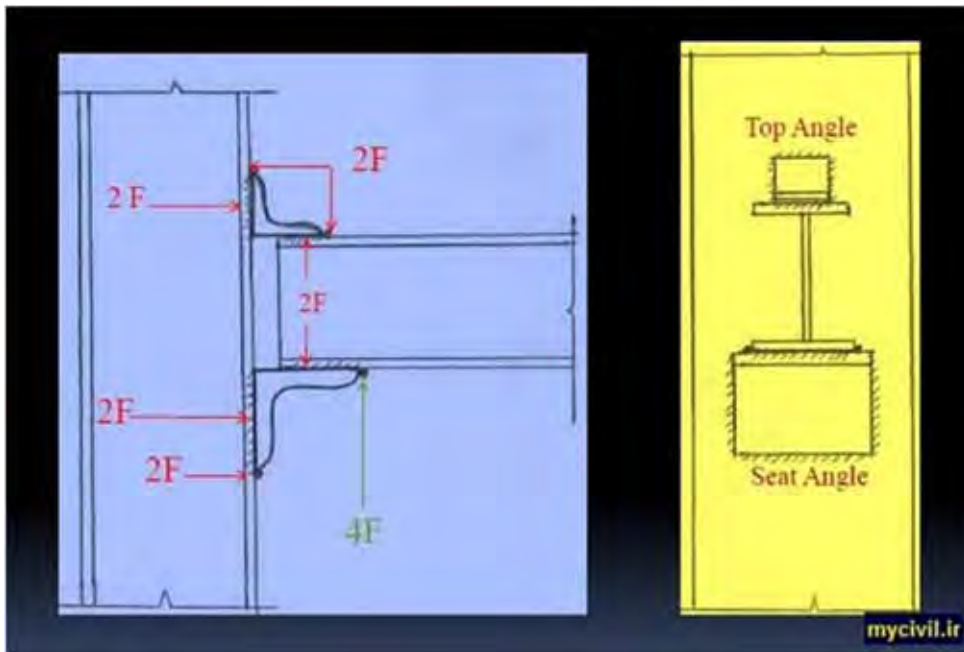
# مقایسه دیاگرام لنگر خمشی



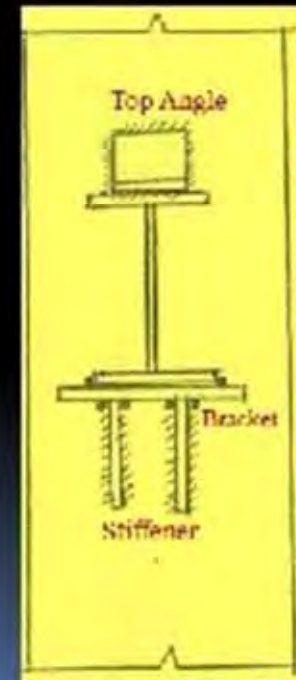
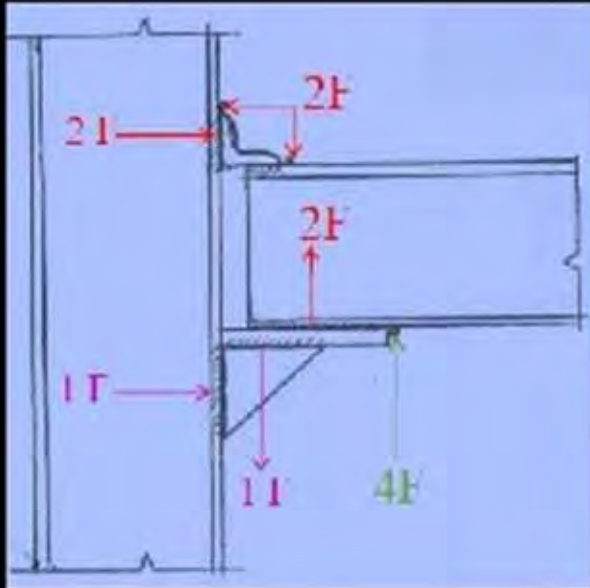
# مدلی از اتصالات گیردار و مفصلی



# مدل اتصالات مفصلی



# مدل اتصالات مفصلي



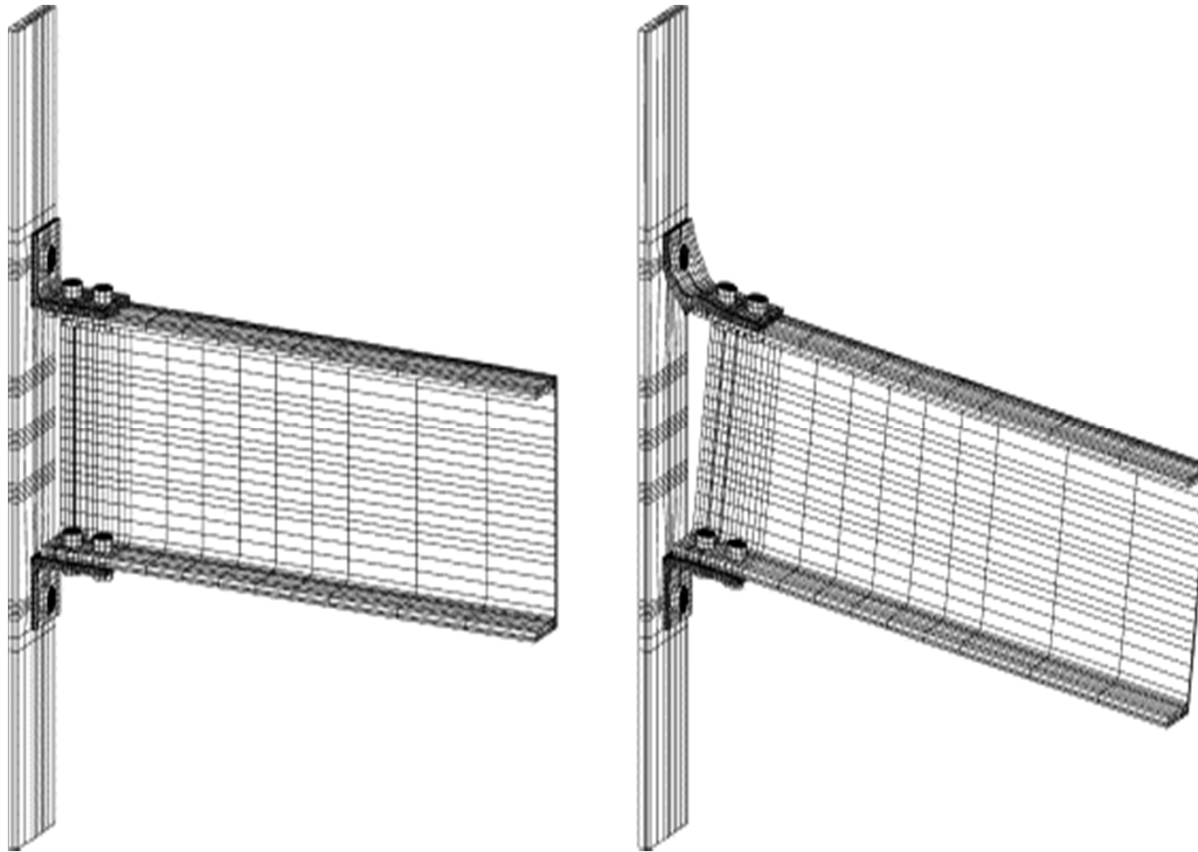
# مدلی از اتصالات مفصلی (ساده) با نبشی نشیمن (اتصالات اتکایی)



# مدلی از اتصالات مفصلی (ساده) با نبشی نشیمن (اتصالات اتکایی)



رفتار اتصالات مفصلی (ساده) با  
نبشی نشیمن (اتصالات اتکایی)



# مدلی از اتصالات مفصلی





## مدلی از اتصالات مفصلی



Single Plate Connection (Shear Tab)

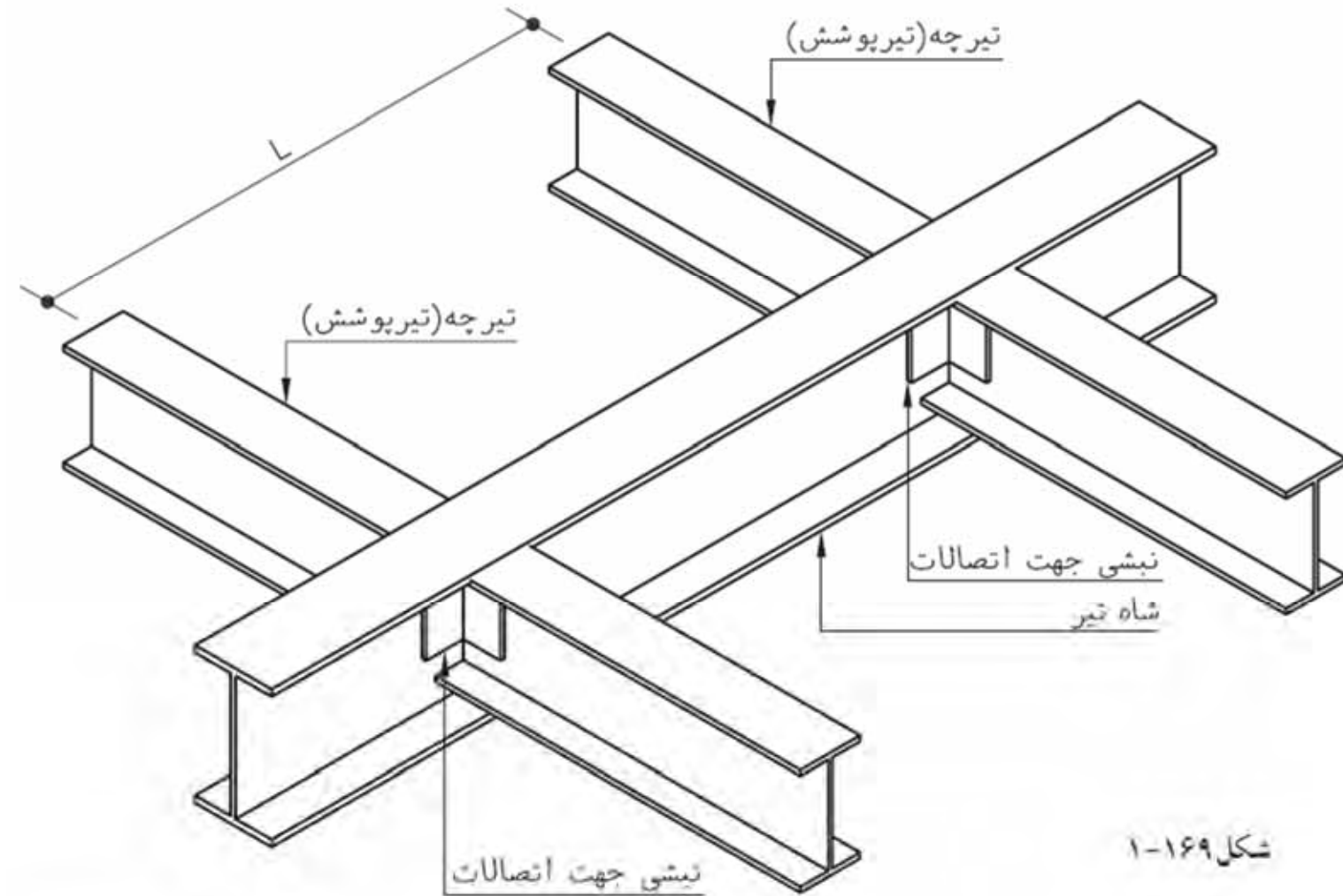
A plate is welded to the supporting member and bolted to the web of the supported beam



Double Angle Connection

The in-plane pair of legs are attached to the web of the supported beam and the out-of-plane pair of legs to the flange or web of the supporting member

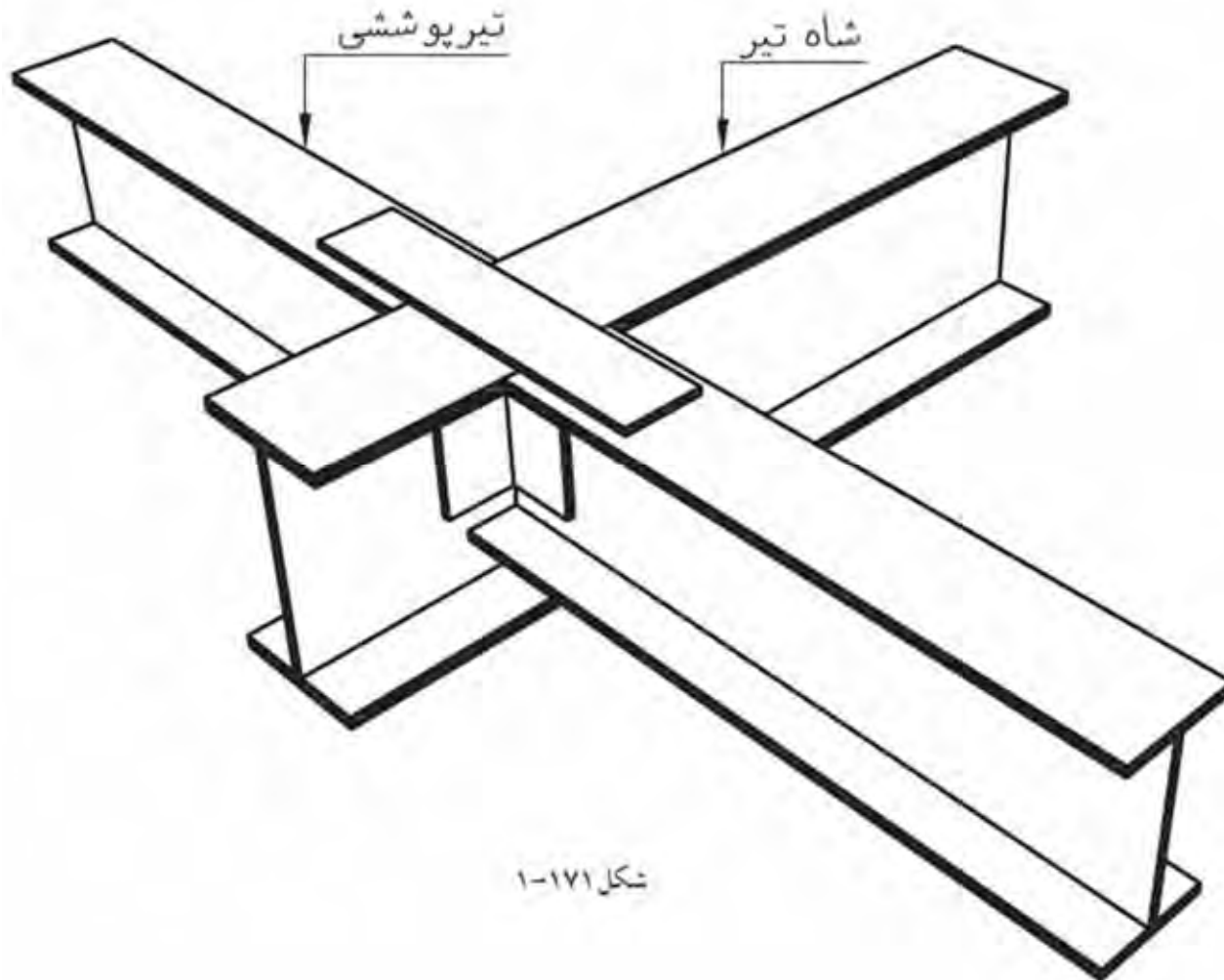
## مدلی اتصالات مفصلی تیر تیر



## مدلی از اتصالات مفصلی تیر به تیر



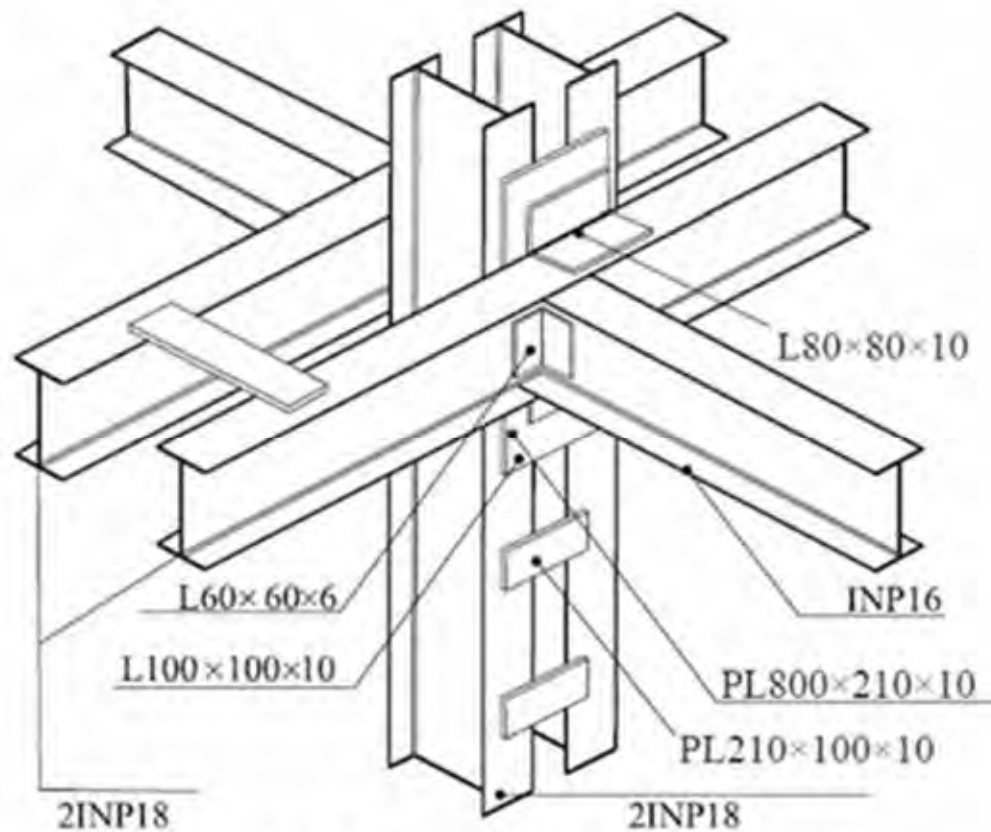
## مدلی اتصالات گیردار تیر به تیر



شکل ۱-۱۷۱

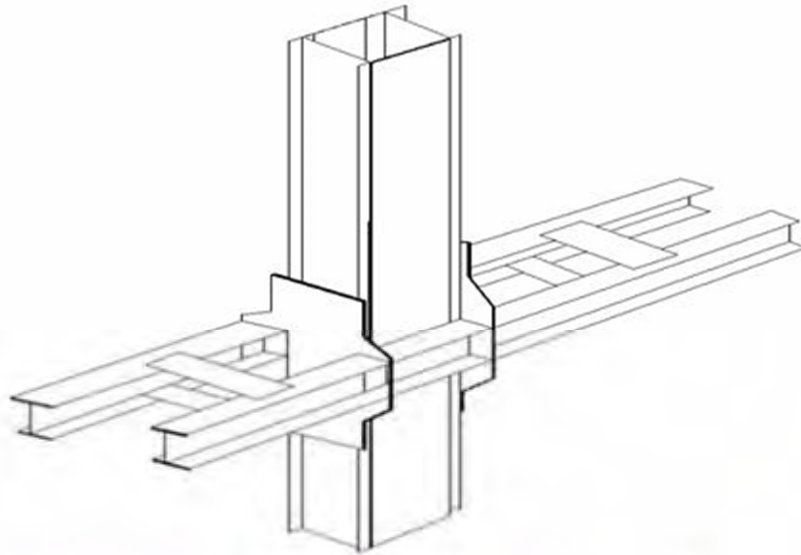
## اتصال خورجینی:

نوعی اتصال تیر به ستون که در آن تیرها از دو طرف ستون عبور می نمایند و هر تیر با دو نبشی از بالا و پایین به ستون وصل شده است.

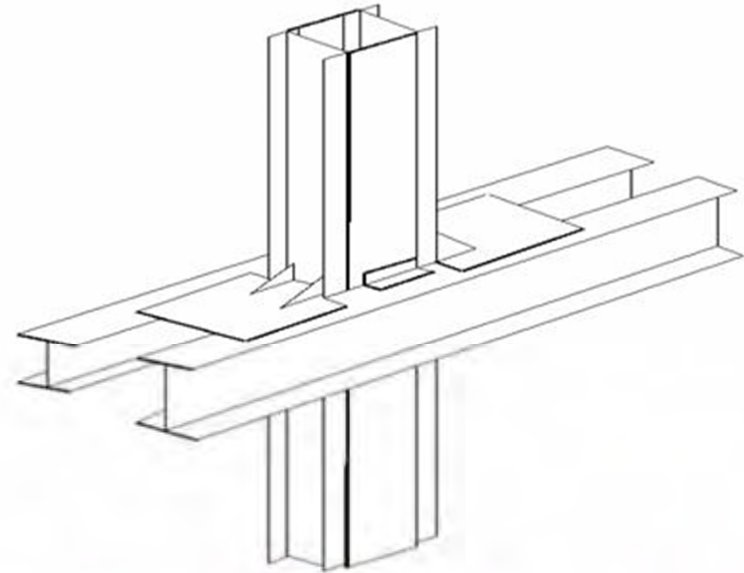


اتصال فورجینی تیر به ستون

با وجود عملکرد نامناسب این اتصال در زلزله های گذشته ، سهولت اجرا و هزینه های کمتر این اتصال ، باعث استفاده بیشتر از آن شده است .



اتصال خرجینی از نوع شکل پذیری ویژه



اتصال خرجینی از نوع شکل پذیری معمولی

با وجود عملکرد نامناسب این اتصال در زلزله های گذشته ، سهولت اجرا و هزینه های کمتر این اتصال ، باعث استفاده بیشتر از آن شده است .

### آئین نامه ۲۸۰۰

۳-۳-۵-۷ قاب های فولادی دارای اتصالات خورجینی ساده بر طبق نشریه شماره ۳۲۴ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی همراه با دیوار برشی یا مهاربندی، در گروه سیستم قاب ساختمانی ساده قرار می گیرند. قاب های فولادی دارای اتصالات خورجینی گیردار بر طبق ضوابط آن نشریه، قاب خمشی فولادی متوسط محسوب می شوند، حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان هایی که در آنها تنها از قاب های خمشی با این نوع اتصالات استفاده می شود به ۳۰ متر تقلیل می یابد.

## انواع اتصالات خمشی



### Fully-Restrained (FR) Connections

- Have sufficient strength to transfer moments with negligible rotation between connected members
- The angle between connected members is maintained



### Partially-Restrained (PR) Connections

- Have sufficient strength to transfer moments, but the rotation between connected members is not negligible
- The angle between connected members may change

(AISC 2005)

اتصالات كاملا گیردار

اتصالات نیمه گیردار



## تصویری از اتصالات کاملاً گیردار



## تصویری اتصالات کاملاً گیردار

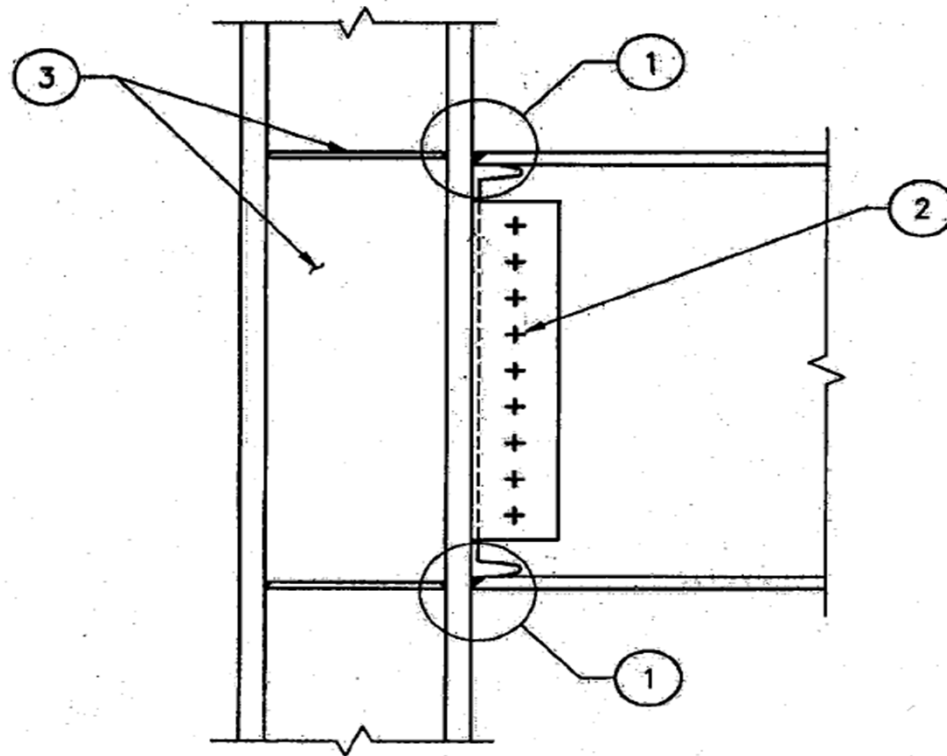


## تصویری از اتصالات نیمه گیردار



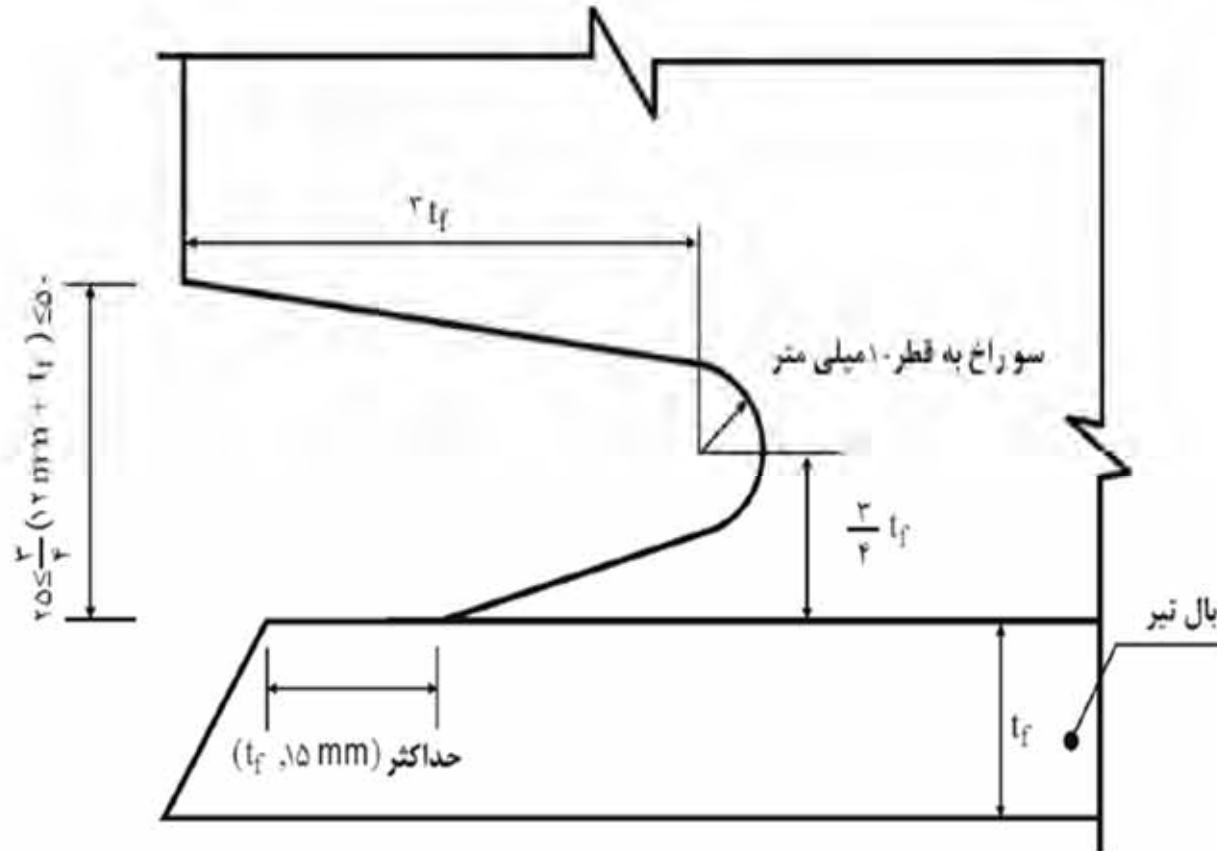
## انواع اتصالات گیردار مطابق با FEMA 350

# WELDED UNREINFORCED FLANGE BOLTED WEB (WUF-B) CONNECTION



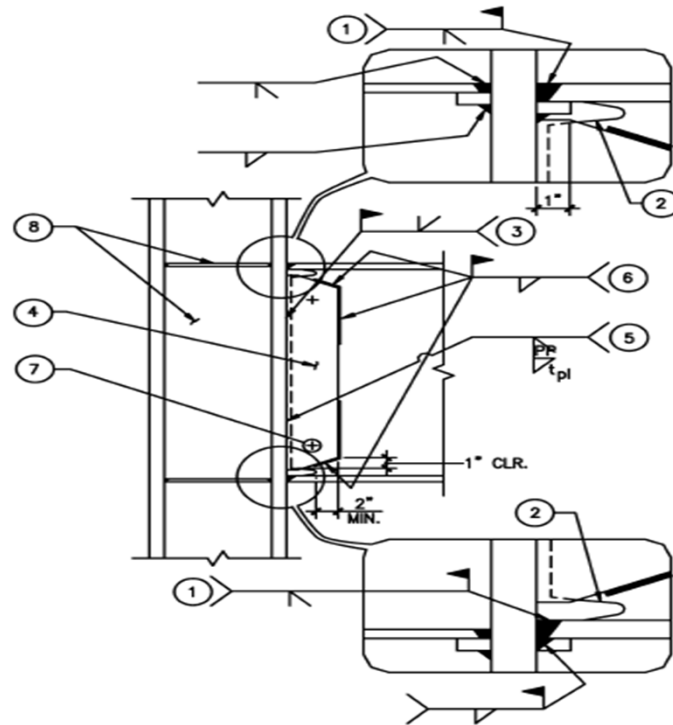
<b>Geometric Limits of FEMA 350 prequalified connection [FEMA 350]</b>					
<b>Type</b>	<b>Frame</b>	<b>Maximum Beam Size</b>	<b>Min. Span (<math>l</math>) to Depth (<math>d_b</math>) Ration (<math>l/d_b</math>)</b>	<b>Max. Beam Flange Thickness (<math>t_{bf}</math>) in</b>	<b>Max. Column Size</b>
WUF-B	OMF	W36	7	1	W8,W10,W12,W14

# مشخصات هندسی سوراخ دسترسی



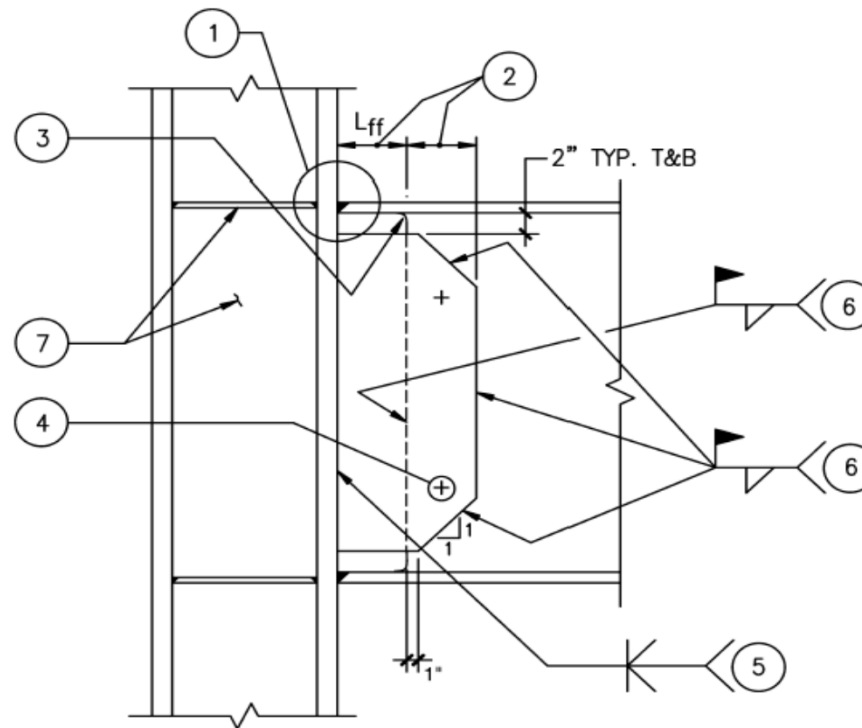
مشخصات هندسی سوراخ دسترسی برای جوش شیاری بال تحتانی

# WELDED UNREINFORCED FLANGE WELDED WEB (WUF-W) CONNECTION



Geometric Limits of FEMA 350 prequalified connection [FEMA 350]					
Type	Frame	Maximum Beam Size	Min. Span ( $l$ ) to Depth ( $d_b$ ) Ratio ( $l/d_b$ )	Max. Beam Flange Thickness ( $t_{bf}$ ) in	Max. Column Size
WUF-W	OMF	W36	5	1.5	No Limit
	SMF	W36	7	1	W12, W14

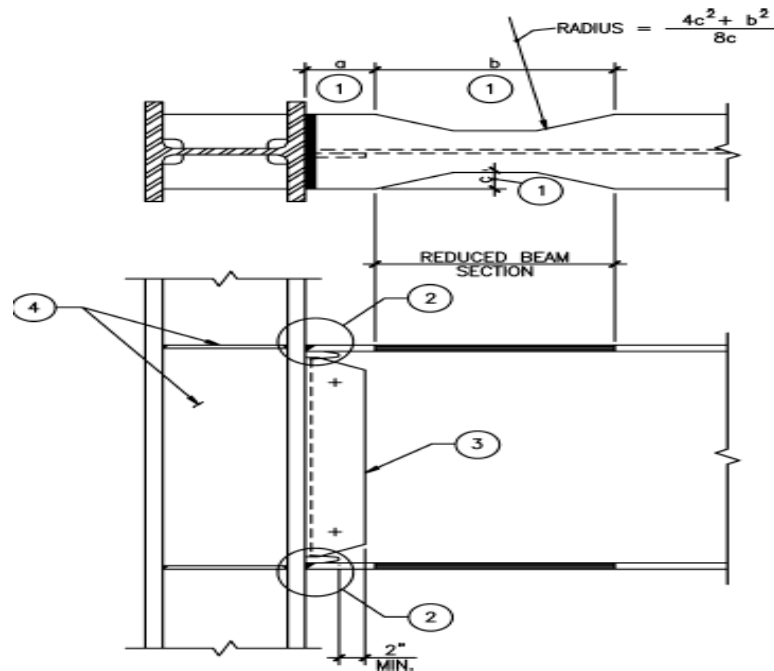
## WELDED FREE FLANGE (FF) CONNECTION



Geometric Limits of FEMA 350 prequalified connection [FEMA 350]					
Type	Frame	Maximum Beam Size	Min. Span ( $l$ ) to Depth ( $d_b$ ) Ration ( $l/d_b$ )	Max. Beam Flange Thickness ( $t_{bf}$ ) in	Max. Column Size
WFF	OMF	W36	5	1.25	No Limit
	SMF	W30	7	0.75	W12, W14

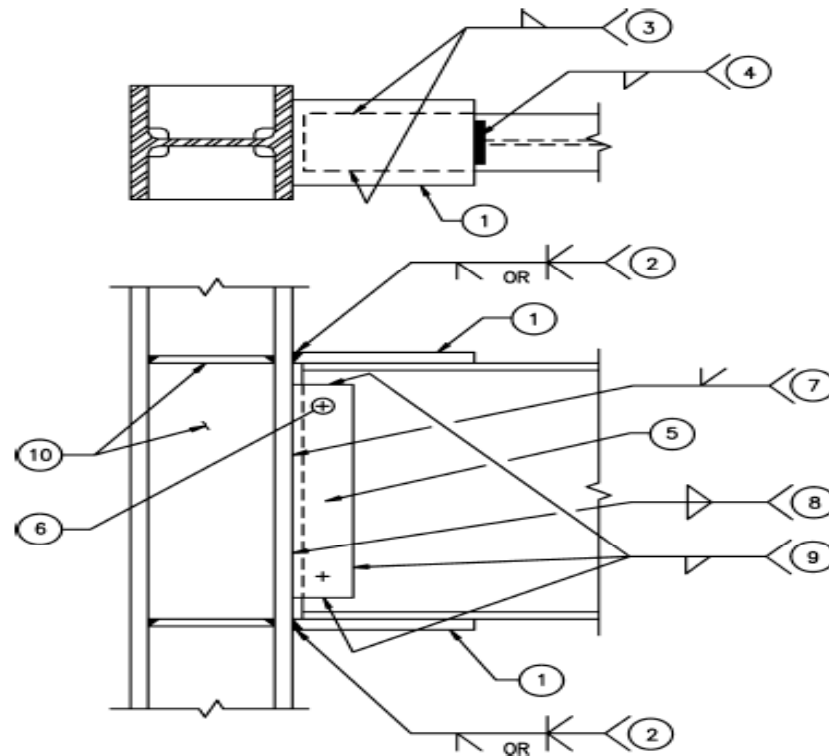


# REDUCED BEAM SECTION (RBS) CONNECTION



Geometric Limits of FEMA 350 prequalified connection [FEMA 350]					
Type	Frame	Maximum Beam Size	Min. Span (l) to Depth (d <sub>b</sub> ) Ration (l/d <sub>b</sub> )	Max. Beam Flange Thickness (t <sub>bf</sub> ) in	Max. Column Size
RBS	OMF	W36	5	1.75	No Limit
	SMF	W36	7	1.75	W12, W14

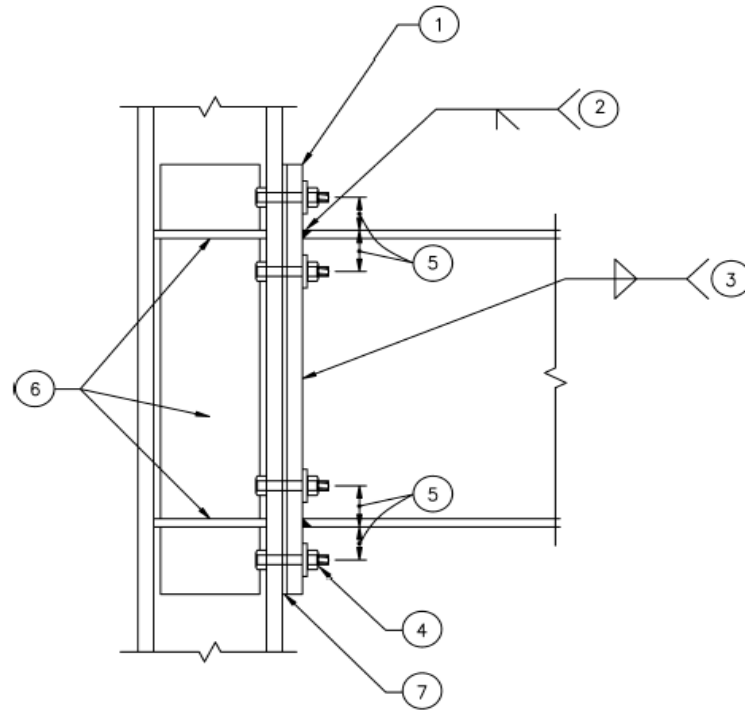
## WELDED FLANGE PLATE (WFP) CONNECTION



**Geometric Limits of FEMA 350 prequalified connection [FEMA 350]**

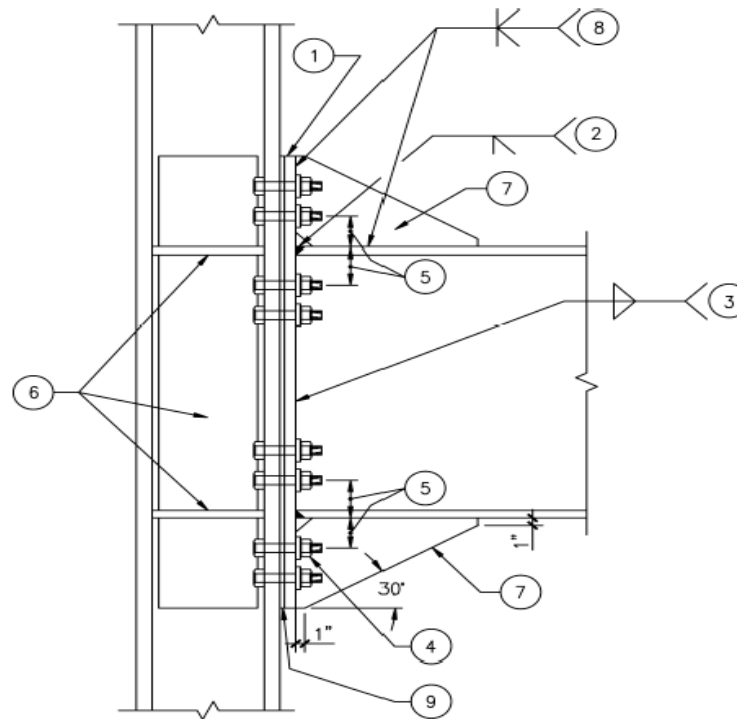
Type	Frame	Maximum Beam Size	Min. Span ( $l$ ) to Depth ( $d_b$ ) Ration ( $l/d_b$ )	Max. Beam Flange Thickness ( $t_{bf}$ ) in	Max. Column Size
WFP	OMF	W36	5	1.5	No Limit
	SMF	W36	7	1	W12, W14

# BOLTED UNSTIFFENED END PLATE (BUEP) CONNECTION



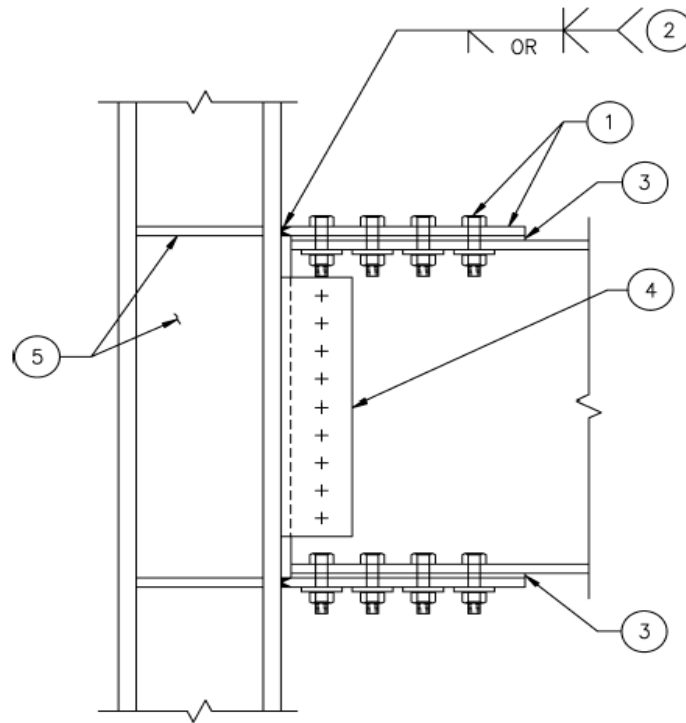
<b>Geometric Limits of FEMA 350 prequalified connection [FEMA 350]</b>					
<b>Type</b>	<b>Frame</b>	<b>Maximum Beam Size</b>	<b>Min. Span (l) to Depth (d<sub>b</sub>) Ration (l/d<sub>b</sub>)</b>	<b>Max. Beam Flange Thickness (t<sub>bf</sub>) in</b>	<b>Max. Column Size</b>
BUEP	OMF	W30	5	0.75	No Limit
	SMF	W24	7	0.75	W8,W10,W12,W14

## BOLTED STIFFENED END PLATE CONNECTION (BSEP)



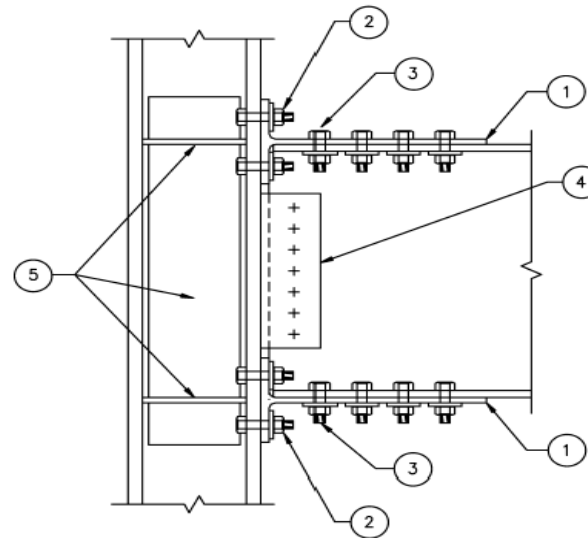
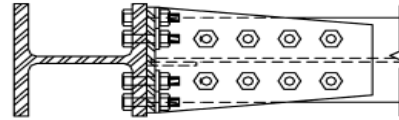
Geometric Limits of FEMA 350 prequalified connection [FEMA 350]					
Type	Frame	Maximum Beam Size	Min. Span ( $l$ ) to Depth ( $d_b$ ) Ration ( $l/d_b$ )	Max. Beam Flange Thickness ( $t_{bf}$ ) in	Max. Column Size
BSEP	OMF	W36	5	1	No Limit
	SMF	W36	7	1	W12, W14

# BOLTED FLANGE PLATE (BFP) CONNECTION



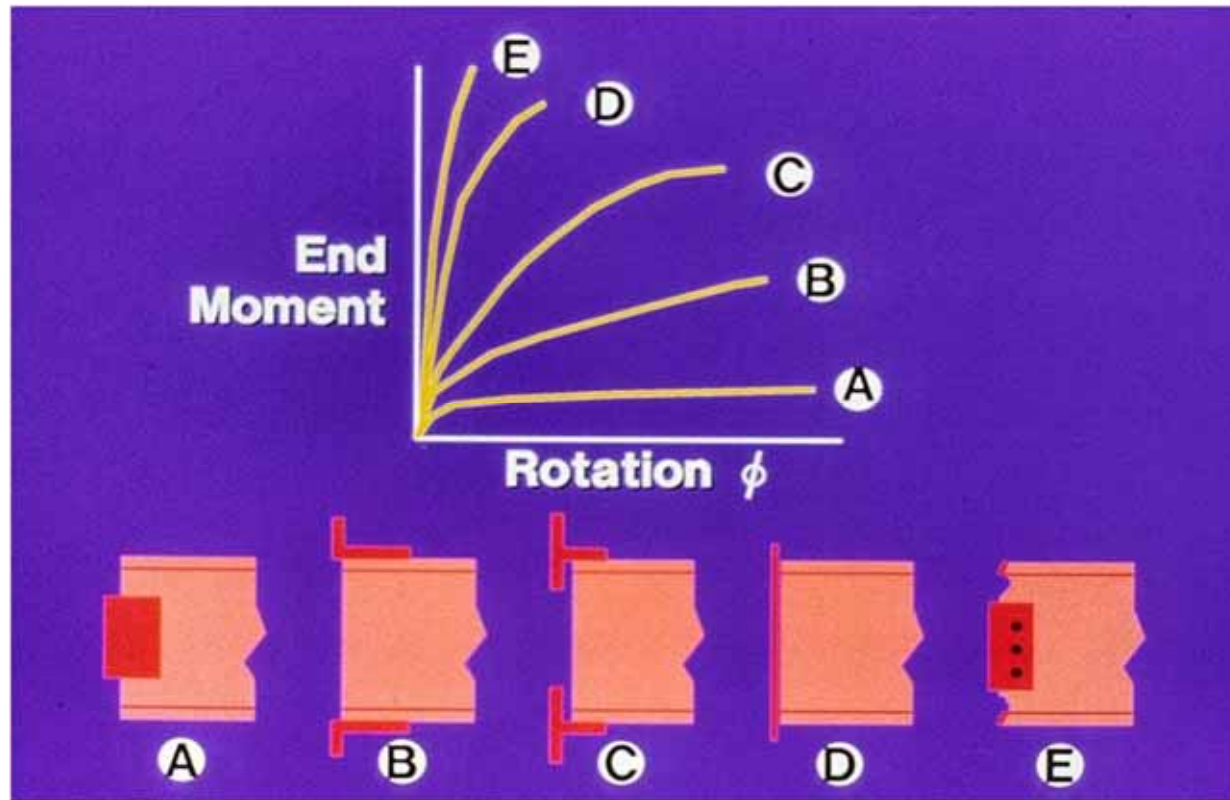
<b>Geometric Limits of FEMA 350 prequalified connection [FEMA 350]</b>					
<b>Type</b>	<b>Frame</b>	<b>Maximum Beam Size</b>	<b>Min. Span (l) to Depth (d<sub>b</sub>) Ration (l/d<sub>b</sub>)</b>	<b>Max. Beam Flange Thickness (t<sub>bf</sub>) in</b>	<b>Max. Column Size</b>
BFP	OMF	W36	5	1.25	No Limit
	SMF	W30	8	0.75	W12, W14

## DOUBLE SPLIT TEE (DST) CONNECTION

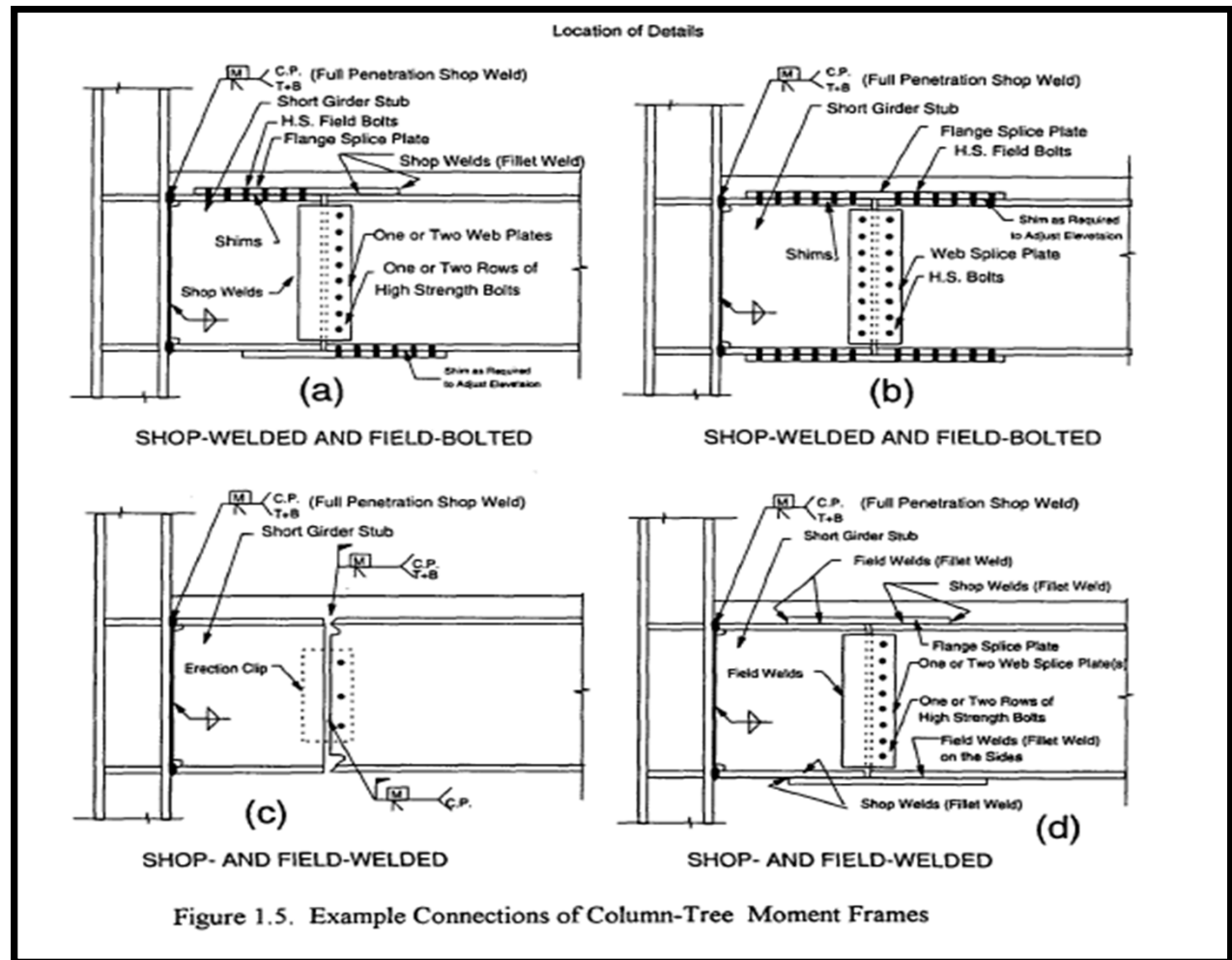
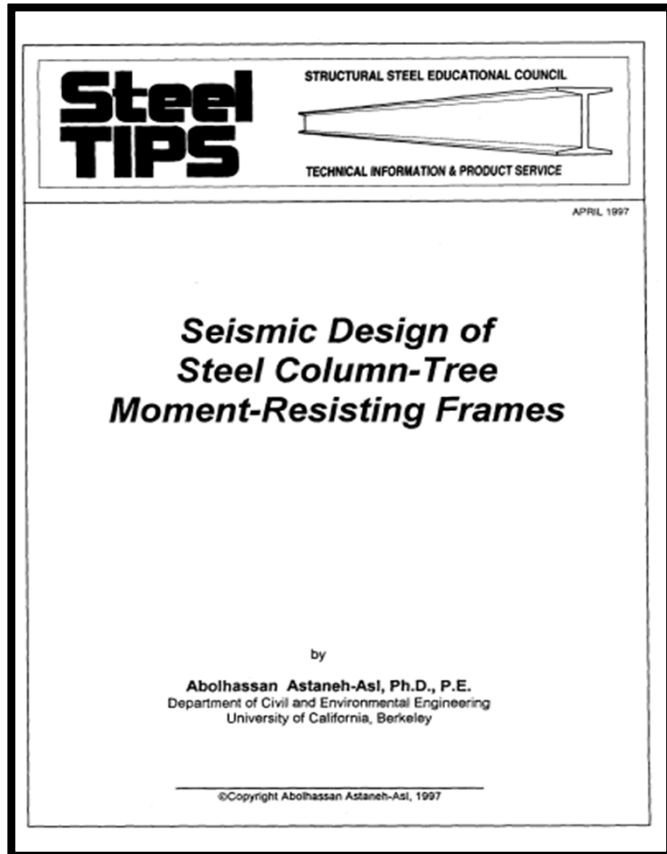


<b>Geometric Limits of FEMA 350 prequalified connection [FEMA 350]</b>					
<b>Type</b>	<b>Frame</b>	<b>Maximum Beam Size</b>	<b>Min. Span (<math>l</math>) to Depth (<math>d_b</math>) Ration (<math>l/d_b</math>)</b>	<b>Max. Beam Flange Thickness (<math>t_{bf}</math>) in</b>	<b>Max. Column Size</b>
DST	OMF	W36	5	---	No Limit
	SMF	W24	8	---	W12, W14

# منحنی لنگر-چرخش برای انواع اتصالات معرفی شده



# اتصال درختی معرفی شده در سال ۱۹۹۷ توسط آستانه اصل



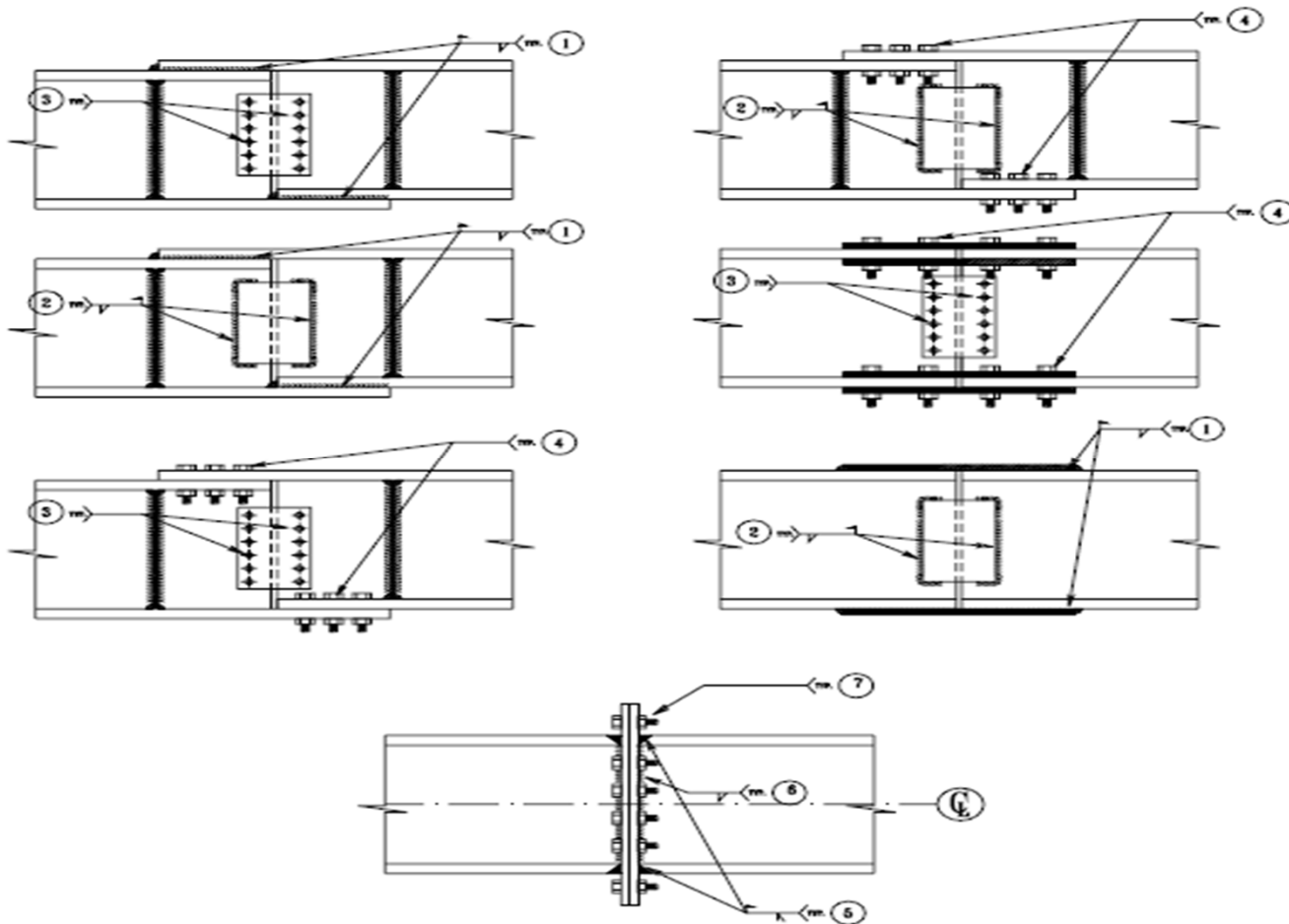




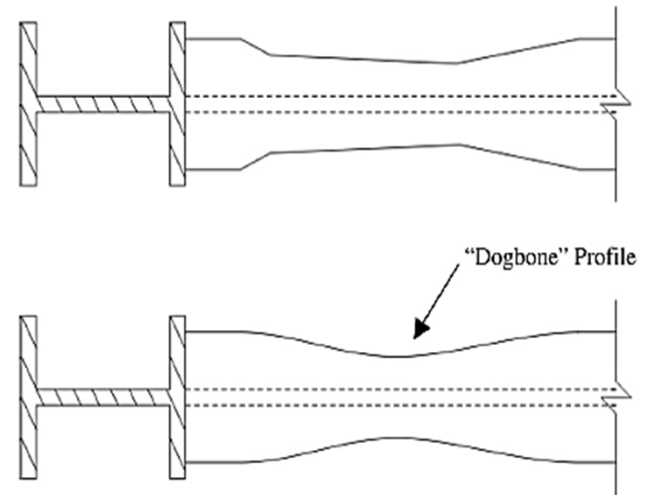
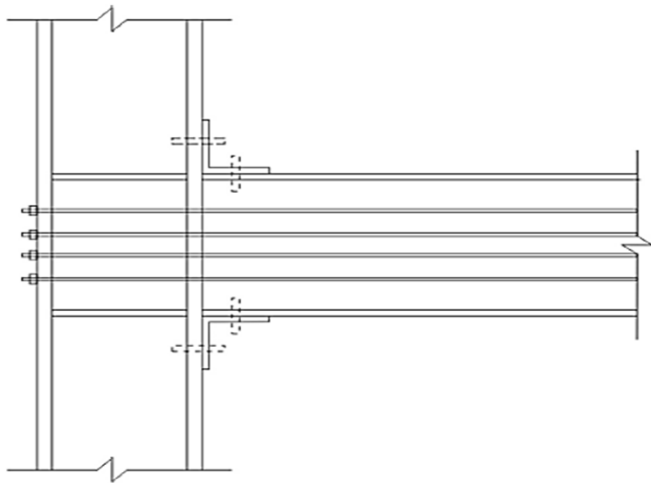


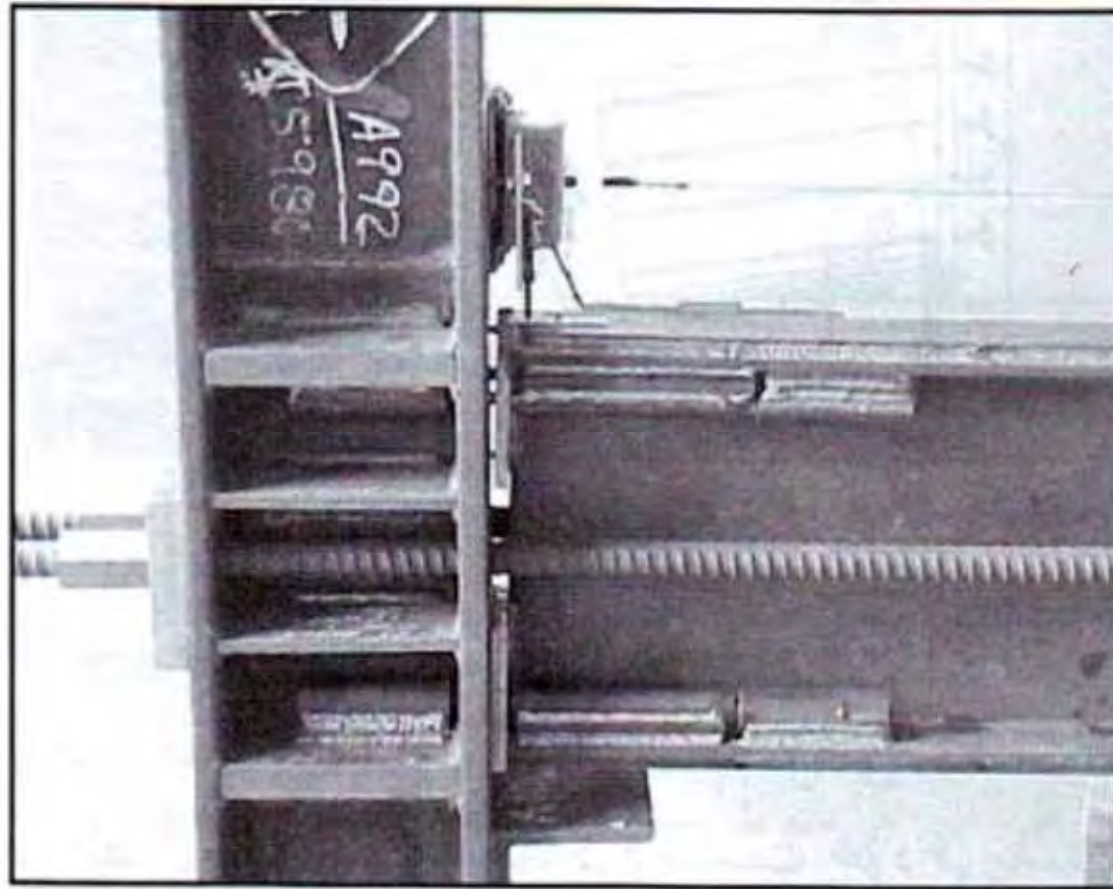


## اتصالات درختی یا بازویی تایید شده



## سایر انواع اتصالات



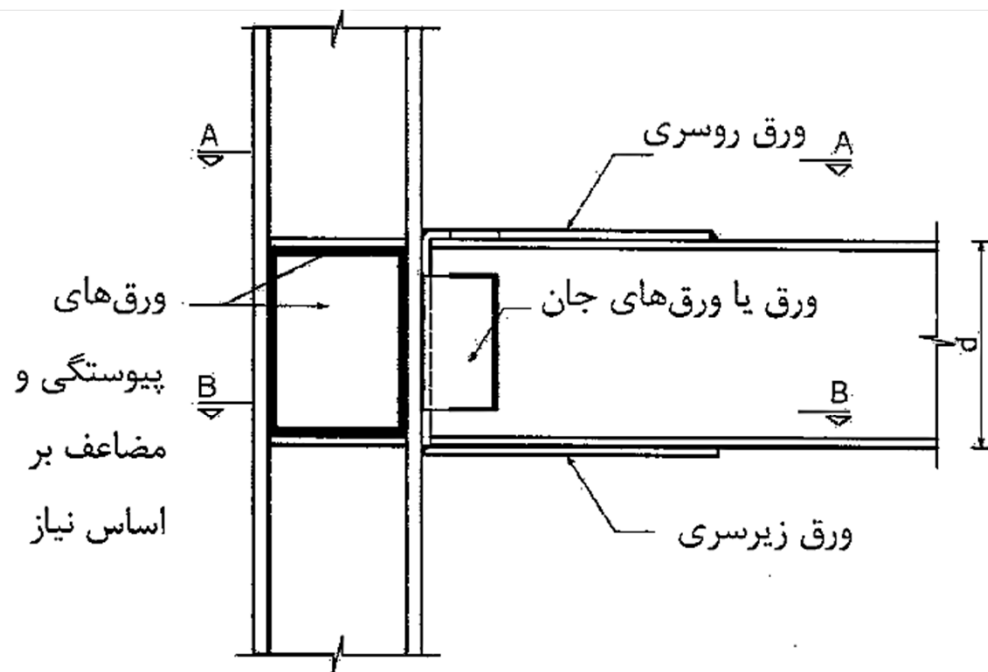


## اتصالات Con XL

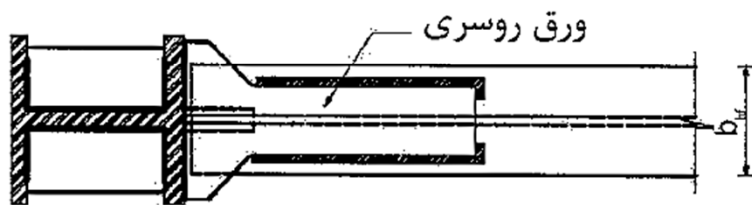


# اتصالات گیردار با ورق روسری و زیر سری





$\beta =$  ضریب بازرسی جوش ورق روسری

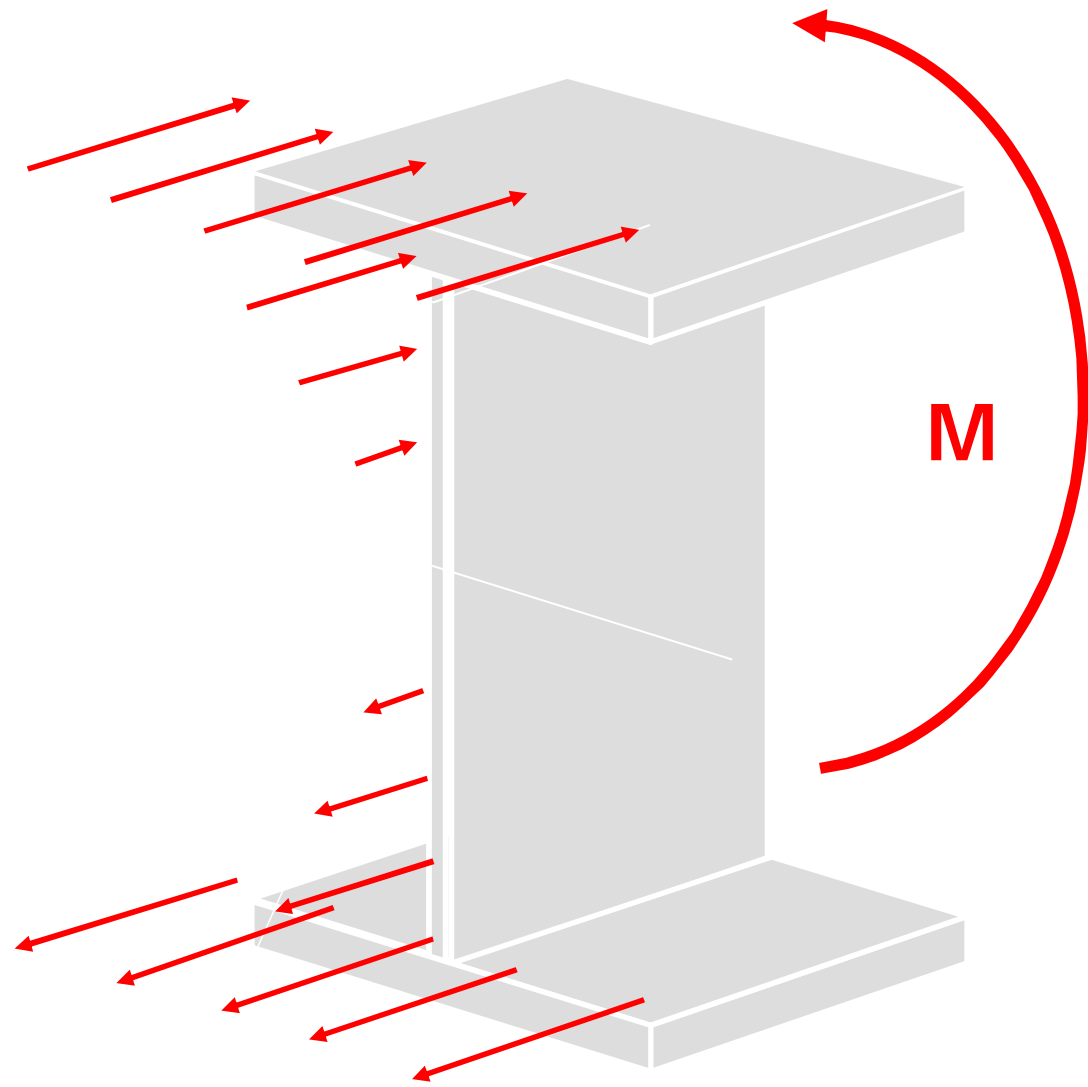


مقطع A-A



مقطع B-B

شکل ۱۰-۳-۱۳-۴ اتصال گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (WFP)



**Welded connection**

**Fillet welds**

**Full penetration**

**welds**

**Compression transfer**

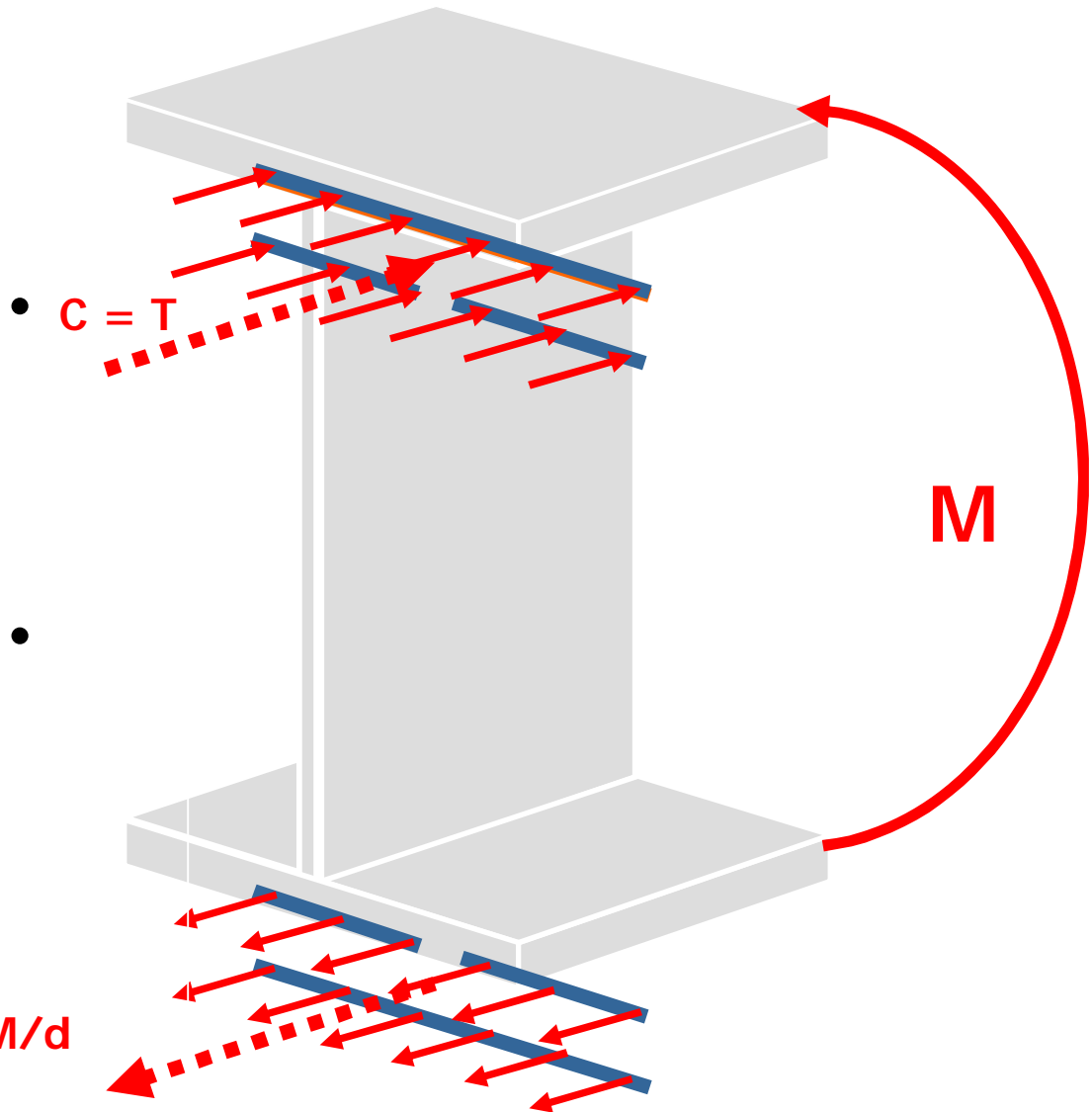
**can also be**

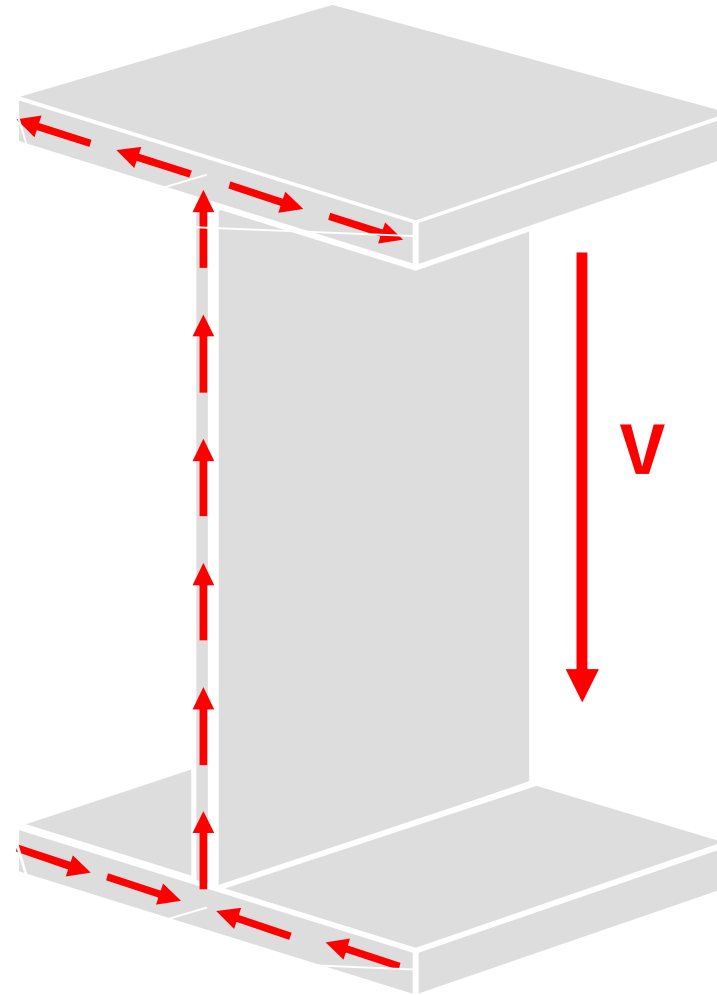
**accomplished**

**through direct**

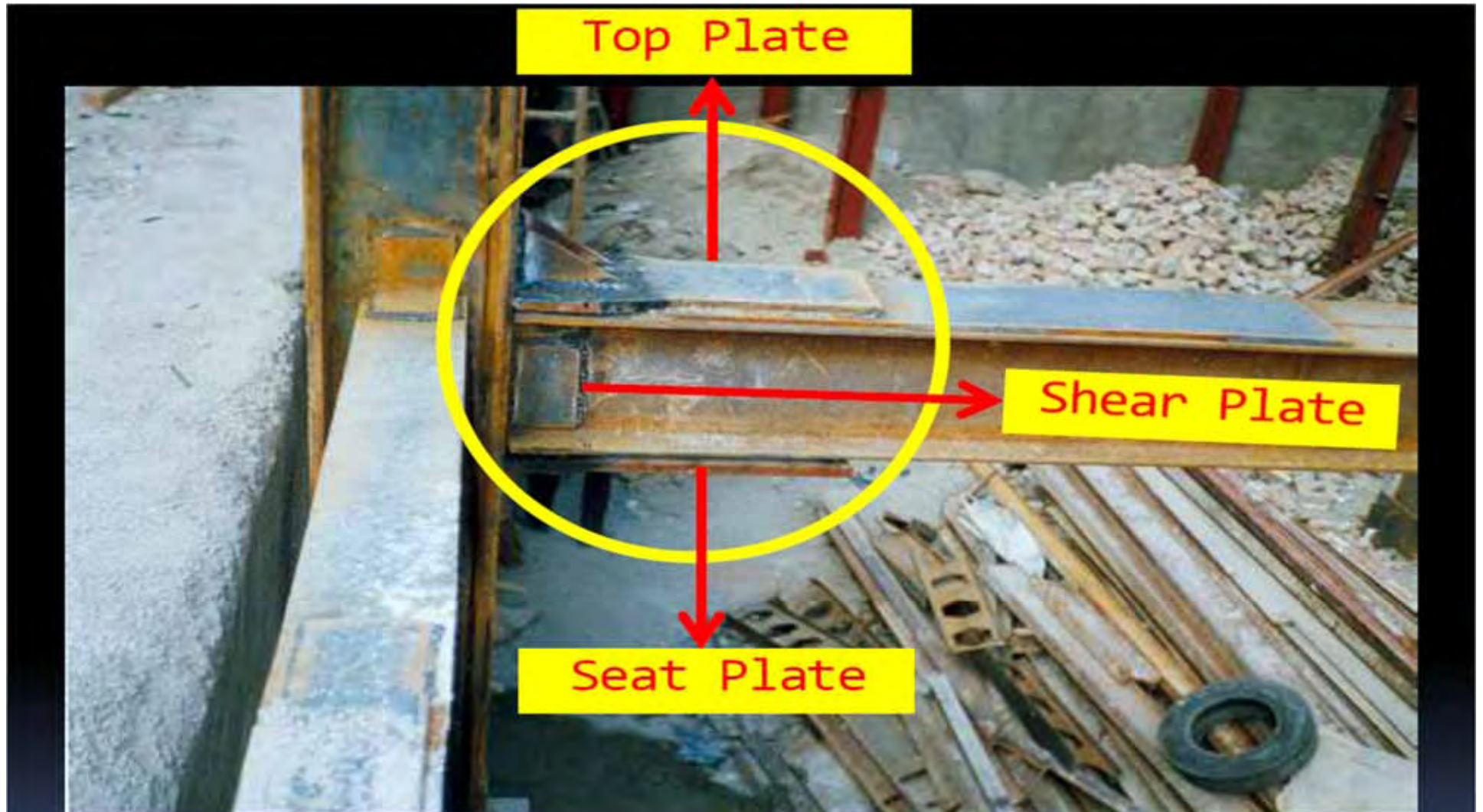
**bearing**

**Resultant tension force  $T = M/d$**





## روش اجرای اتصال گیردار



اتصال صلب تیر به ستون با ورق Top Plate دوزنقه‌ای شکل (کله گاوی) و Seat Plate

## روش اجرای اتصال گیردار



اتصال صلب تیر به ستون با ورق Top Plate دوزنقه‌ای شکل (کله گاوی)

پخ زنی دستی با هواگاز





سنگ زنی و پرداخت سطح







# مونتاژ زیرسری



## مونتاژ زیرسری





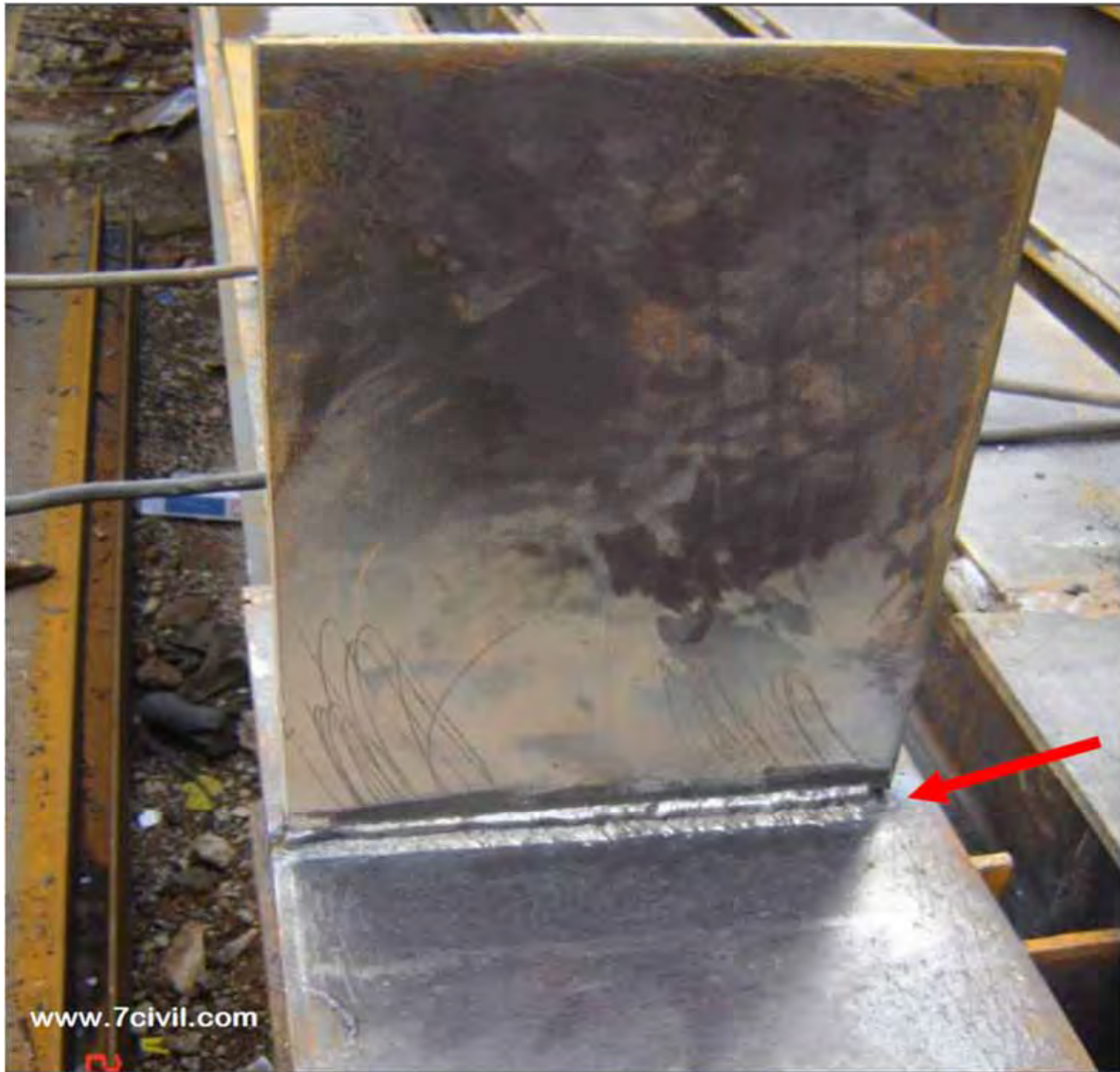
استفاده از مهاربند جهت  
کنترل پیچیدگی

## جوشکاری شیار، پاس ریشه با الکتروود نازک ۳/۲۵



# تمیز کاری بین پاس ها با برس ماشینی





## جوشکاری شیار

استفاده از  
لقمه های  
جوش  
در دو طرف  
شیار

توصیه می شود





www.7civil

**Backgouge** با استفاده از سنگ زنی پشت شیار



ناخالصي ها و عدم پيوستگي هاي باقي مانده در ريشه اتصال



## اجرای جوش پشتی



ورق های زیر سری



## اجرای لچکی ها

پس از اجرای جوش شیارى و تایید آزمایش آلتراسونیک



2006

آماده سازی ورق های روسری

# خال جوش تسمه پشت بند زیر ورق روسری



2006 10 31

## جوشکاری ورق روسری همراه با تسمه پشت بند

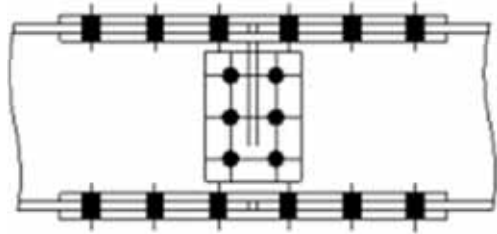




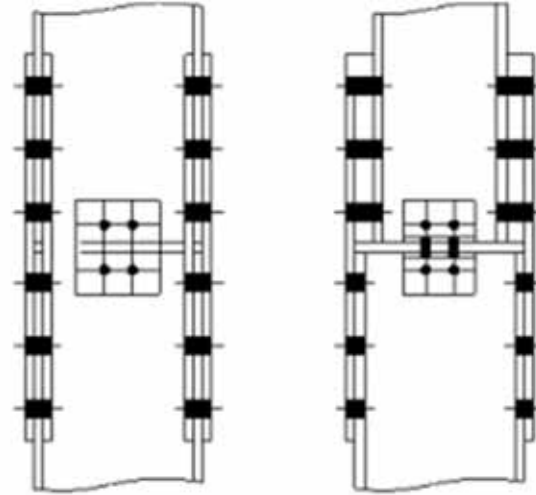


جوشکاری ورق روسری همراه با تسمه پشت بند

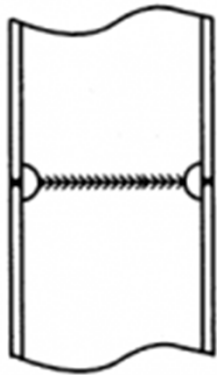
# وصله تير و ستون ها



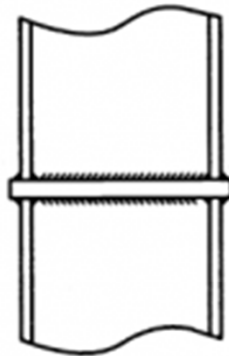
Beam splice



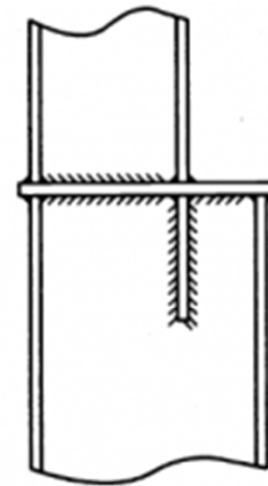
Column splices



Butt welded column



column with division plate



Different size column sections

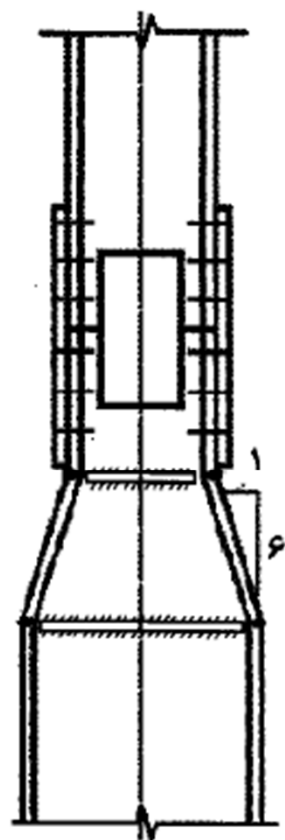
## وصله تیرها و ستون ها



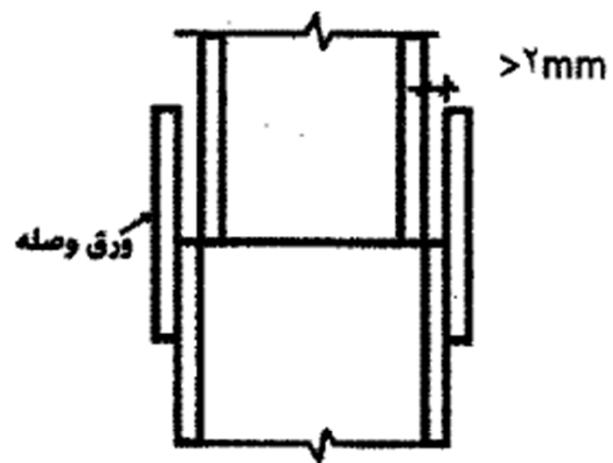








شکل ۱۰-۲-۹-۱۳ جزئیات وصله در محل تغییر قابل ملاحظه ابعاد ستون



شکل ۱۰-۲-۹-۱۲ نیاز به ورق پرکننده در اتصالات جوشی

### ۱۰-۳-۵-۲-۱ موقعیت وصله ستون‌ها

الف) به جز موارد ذکر شده در زیر، در کلیه ستون‌های باربر و غیر باربر جانبی لرزه‌ای محل درز وصله در بالا و پایین وصله نباید از ۱۲۰۰ میلی‌متر به بال متصل به ستون نزدیکتر باشد.

(۱) در جایی که ارتفاع آزاد ستون کمتر از ۲/۴ متر است، محل وصله باید در وسط ارتفاع آزاد ستون در نظر گرفته شود.

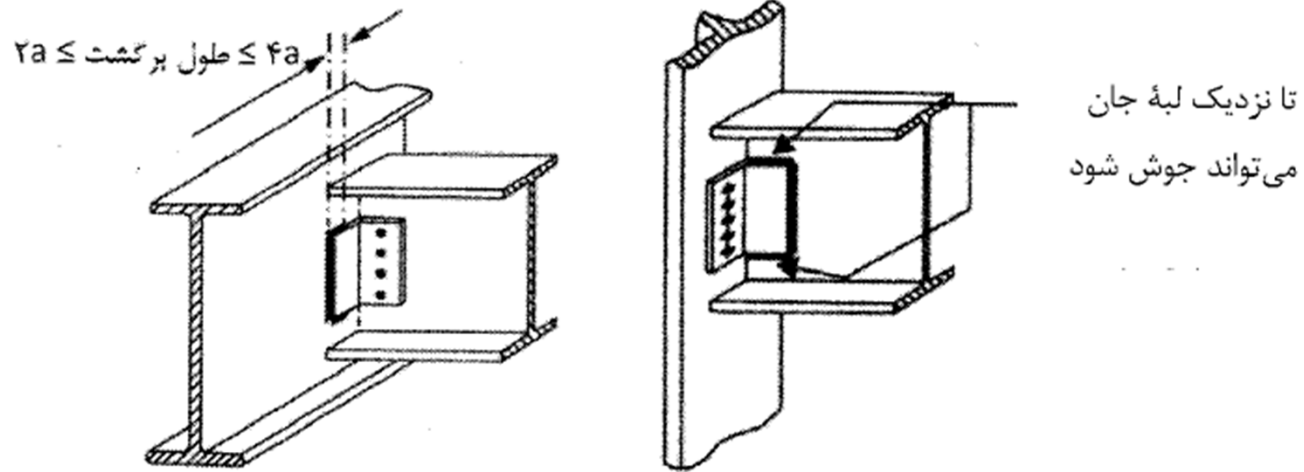
(۲) در مواردی که درز لب به لب ورق‌های بال یا جان ستون در کارخانه و به صورت نفوذی کامل انجام می‌شود، محل درز وصله می‌تواند از ۱۲۰۰ میلی‌متر به بال متصل به ستون تیر نزدیکتر باشد. ولی در هر حال این فاصله نباید از بُعد بزرگتر ستون با مقطع کوچکتر، کوچکتر در نظر گرفته شود.

(۳) در مواردی که اتصال کلیه تیرهای متصل به ستون مفصلی بوده و ستون در دهانه‌های مهاربندی شده قرار نگرفته باشد، محل درز وصله می‌تواند از ۱۲۰۰ میلی‌متر به بال تیر نزدیکتر باشد. ولی در هر حال این فاصله نباید از ۱/۵ برابر بُعد بزرگتر ستون با مقطع کوچکتر، کوچکتر در نظر گرفته شود.

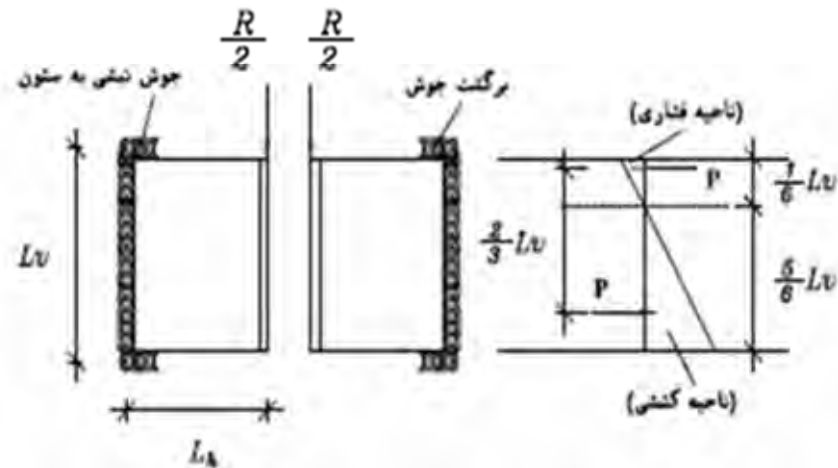


# طراحی اتصالات ساده

## اتصال ساده برشی جان



شکل ۱۰-۲-۹-۷ جوش گوشه در اتصالات مفصلی با نبشی‌های جان

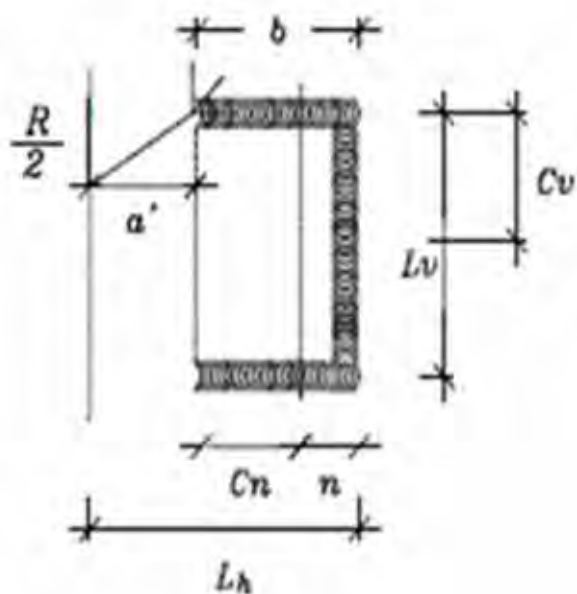


طراحی این اتصال شامل دو بخش است:

۱- طراحی اتصال نبشی به تیر (جوش تحت تاثیر برش و پیچش)

۲- طراحی نبشی به ستون (جوش تحت تاثیر برش و خمش)

الف: اتصال نبشی به تیر:



$$f_u = \frac{R_u}{2A_w} \quad \text{تنش برشی جوش (برای دو نبشی):}$$

$$l_w \geq \frac{R_u}{2\phi F_w t_e} \quad \text{طول مورد نیاز جوش:}$$

✓ بهتر است ضخامت نبشی نزدیک به ضخامت جان تیر باشد.

✓ ارتفاع بهینه نبشی در حدود ۷۵٪ ارتفاع تیر است.

ب: اتصال نبشی به ستون:

$$\underline{f} = \frac{R_w}{2dt} \quad \text{تنش برشی:}$$

$$f'' = \frac{3R_w e}{d^2 t} \quad \text{تنش ناشی از خمش:}$$

$$\geq \frac{R_w}{\phi F d} \sqrt{\left(\frac{3}{d}\right)^2 + 0.25}$$

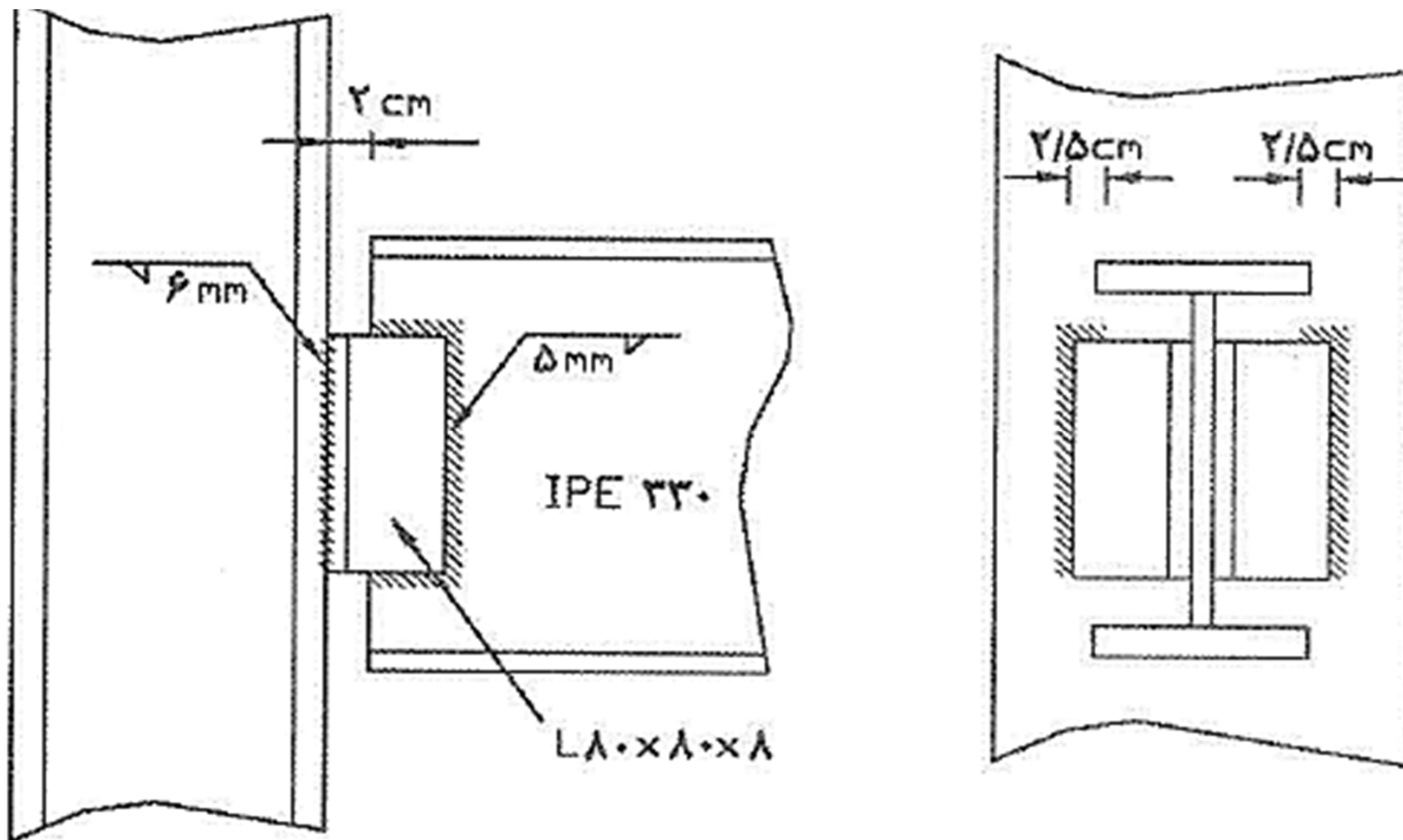
عمق موثر گلوی جوش (دو نبشی):

$$\geq \frac{R_w}{\phi F d} \sqrt{\left(\frac{\phi}{d}\right)^2 +}$$

عمق موثر گلوی جوش (تک نبشی):

معمولا برش در نبشی کنترل کننده نمی باشد.

مثال: اتصال ساده با نبشی جان IPE 330 تحت بار مرده ۴ تن و با زنده ۸ تن را با نبشی جان و الکتروود E60 طراحی نمایید.



$$P_u = (1.2 \times 4) + (1.6 \times 8) = 17.6 \text{ ton}$$

الف: اتصال نبشی به تیر:

✓ بهتر است ضخامت نبشی نزدیک به ضخامت جان تیر باشد. ضخامت جان تیر ۷.۵ میلی متر می باشد، بنابراین نبشی **L80x80x8** انتخاب می شود.

✓ بعد جوش با توجه به ضخامت نبشی و ضخامت جان تیر ۵ میلی متر فرض می شود.

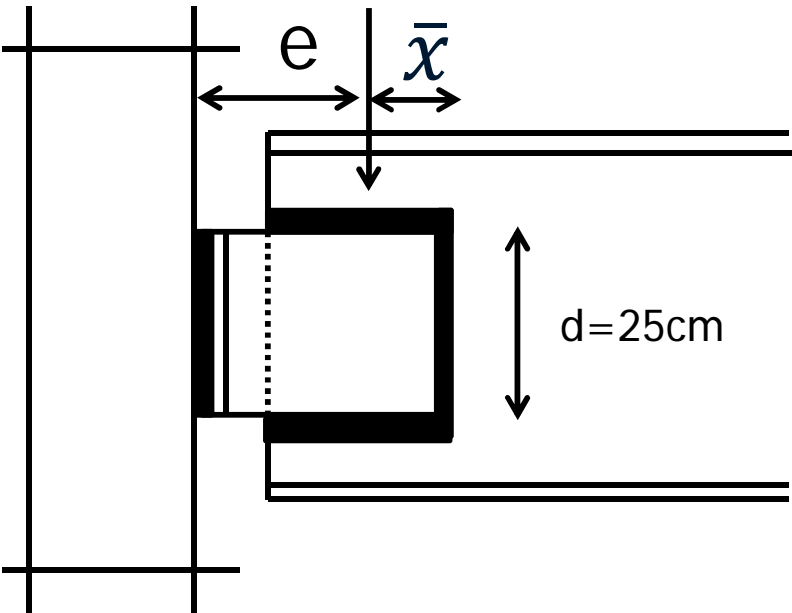
الف: نبشی به تیر

$$\geq \frac{R_w}{2\phi F_w t_e}$$

$$l_w \geq \frac{17.6}{2 \times 0.75 \times (0.6 \times 4.2) \times (0.707 \times 0.5)} = 13.17 \text{ cm}$$

با توجه به این که فاصله مونتاژ یا بادخور ۲ سانتی متر باشد، طول نبشی عدد بسیار کمی حاصل می شود. با توجه به این که ارتفاع بهینه نبشی در حدود ۷۵٪ ارتفاع تیر است. ارتفاع نبشی ۲۵ سانتی متر فرض می شود.

ب: اتصال نبشی به ستون



$$\bar{x} = \frac{6^2}{(2 \times 6) + 25} = 0.97 \text{ cm}$$

$$e = 8 - 0.97 = 7.03 \text{ cm}$$

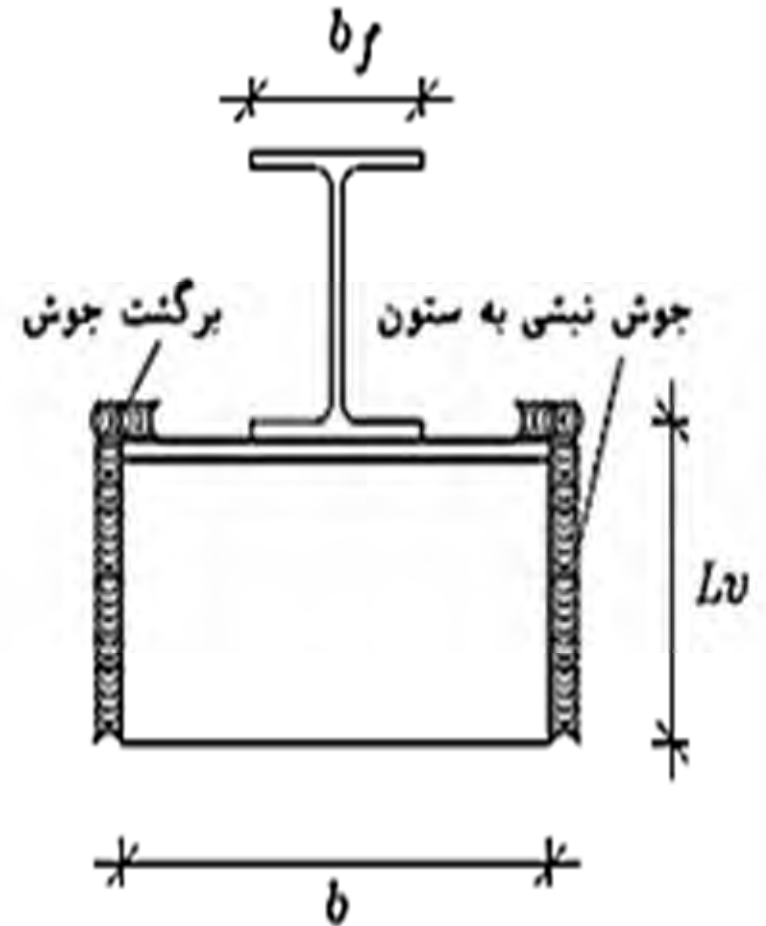
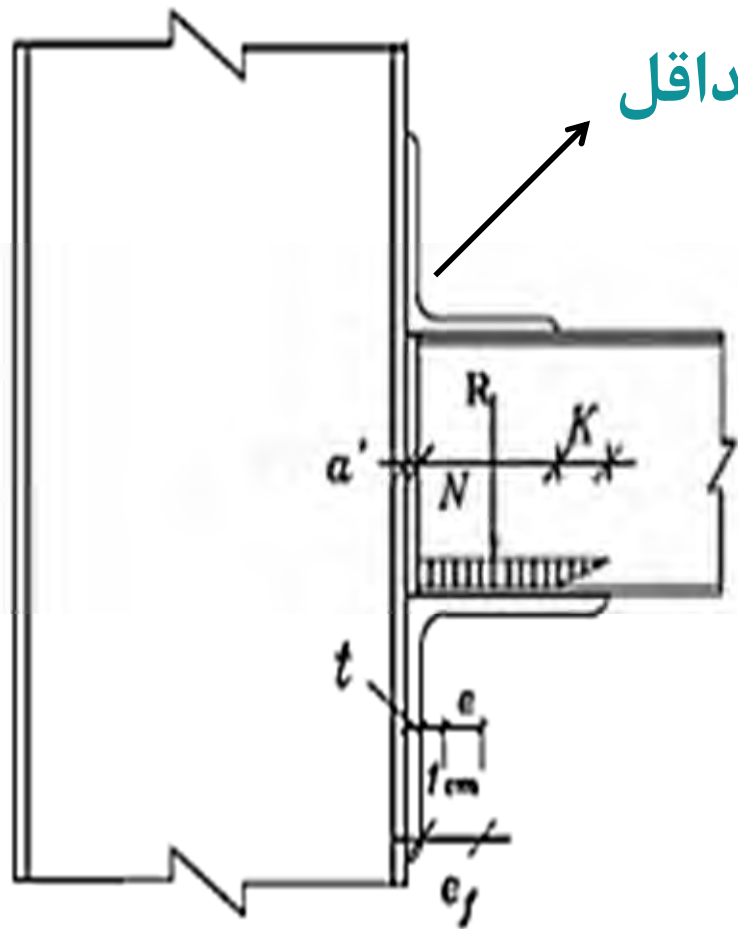
$$t_e \geq \frac{R_u}{\phi F_w d} \sqrt{\left(\frac{3e}{d}\right)^2 + 0.25}$$

$$t_e = 0.365 \rightarrow a = \frac{0.365}{0.707} = 0.516 \text{ cm}$$

بنابراین بعد جوش نبشی به ستون ۶ میلی متر کافی است.  
باید برش در نبشی کنترل شود که معمولاً تعیین کننده نمی باشد.

$$\phi_v V_n = 0.9 \times 0.6 \times 2.4 \times 2 \times 25 \times 0.8 \times 1 = 51.84 \text{ ton} > 17.6 \text{ ton (ok)}$$

## طراحی اتصال ساده با نبشی نشیمن (اتصال اتکایی)





(۱) تعیین طول نشیمن با توجه به تسلیم موضعی جان:

$$N_1 \geq \frac{R_u}{\phi t_w f_{yw}} - 2.5k \geq k$$

$f_{yw}$ : تنش تسلیم فولاد جان

$t_w$ : ضخامت جان

$N_1$ : طول اتکای بار متمرکز

$\phi = 1$ : ضریب تقلیل مقاومت

$R_u$ : عکس العمل ضریب دار

$k$ : فاصله از سطح خارج بال تا انتهای دو ماهیچه جان و بال در مقاطع مورد شده و فاصله از سطح خارج بال

تا انتهای جوش گوشه اتصال بال و جان در مقاطع ساخته شده از ورق

ب) تعیین طول نشیمن با توجه به لهیدگی جان

$$\text{اگر } \frac{N_2}{d} \leq 0.2$$

$$R_u \leq \phi (0.4 t_w)^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{N_2}{d} \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E f_y t_f}{t_w}}$$

$$\text{اگر } \frac{N_2}{d} > 0.2$$

$$R_u \leq \phi (0.4 t_w)^2 \left[ 1 + \left( \frac{4 N_2}{d} - 0.2 \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E f_y t_f}{t_w}}$$

$t_w$ : ضخامت جان

$t_f$ : ضخامت بال

$d$ : ارتفاع کلی مقطع

$N_2$ : طول اتکای بار متمرکز

$\phi = 0.75$ : ضریب تقلیل مقاومت

$R_u$ : عکس العمل ضریب دار

$E$ : مدول الاستیسیته فولاد

$$W \geq \max(N_1, N_2) + a'$$

$W$ : طول نشیمن

$a'$ : فاصله مونتاژ

۲. تعیین ضخامت نشیمن از کنترل خمش در مقطع بحرانی نبشی (t)

$$e_f = \frac{\max(N_1, N_2)}{2} + a'$$

$$e = e_f - (t + 1\text{cm})$$

$$t \geq \sqrt{\frac{4R_u e}{0.9f_y b}}$$

ضخامت نبشی نشیمن:  $t$

عکس العمل ضریب دار:  $R_u$

عرض نشیمن:  $b \geq b_f + 3\text{cm}$

۳. تعیین ضخامت نشیمن از کنترل برش در نبشی (t)

$$t \geq \frac{R_u}{\phi(0.6f_y b)}$$

ضریب تقلیل مقاومت در برش:  $\phi = 0.9$

با توجه به طول نشیمن و ضخامت های بدست آمده می توان شماره نبشی نشیمن را بدست آورد.

مثال: اتصال ساده IPE 330 با نبشی نشیمن تحت بار مرده ۴ تن و با زنده ۸ تن را با نبشی جان و الکتروود E60 طراحی نمایید.

$$IPE330 \quad d = 33 \text{ cm} \quad h = 27/1 \text{ cm} \quad t_w = 0/75 \text{ cm} \quad t_f = 1/15 \text{ cm} \quad b_f = 16 \text{ cm}$$

عرض تکیه‌گاه بر اساس تسلیم موضعی جان به دست می‌آید.

$$k = \frac{33 - 27/1}{2} = 3/0 \text{ cm} \quad N \geq 3/0 \text{ cm}$$

$$R_u = 17/6 t$$

$$N = \frac{17/6}{(1/0)(2/4)(0/75)} - 2/5(3) = 2/3 \text{ cm} \quad N = 3 \text{ cm}$$

حداقل  $N$  کنترل کننده است.

لهیدگی جان بررسی می‌شود.

$$\frac{N}{d} = \frac{3}{33} = 0/09 < 0/2$$

$$R_n = 0/4(0/75)^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{3}{33} \right) \left( \frac{0/75}{1/15} \right)^{1/5} \right] \sqrt{\frac{(2000)(2/4)(1/15)}{0/75}} = 22/1 t$$

$$\phi R_n = (0/75)(22/1) = 16/6 t$$

$$17/6 t > 16/6 t$$

ملاحظه می‌شود که لهیدگی جان کنترل کننده است. یکی از گزینه‌ها، استفاده از یک جفت سخت کننده در محل بار متمرکز یا افزایش ضخامت جان با قرار دادن ورق تقویتی است. راه حل دیگر، افزایش عرض تکیه‌گاه و تعیین مقدار  $N$  بر اساس رابطه لهیدگی جان می‌باشد.

مقدار  $N$  با سعی و خطا به دست می‌آید.

$$N = 4/5 \text{ cm}$$

$$R_n = 22/5 t$$

$$\phi R_n = 17/6 t$$

نبشی  $L150 \times 150 \times 15$  بررسی می‌شود. طول نبشی مقداری بزرگتر از عرض بال تیر در نظر گرفته می‌شود تا امکان قرار دادن حدود  $2 \text{ cm}$  جوش برگشت در هر طرف وجود داشته باشد.

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$M_u = 17/6 \left( \frac{4/5}{2} + 2 - 1/5 \right) = 48/4 \text{ t.cm}$$

$$t = \sqrt{\frac{4(48/4)}{(0/9)(25)(2/4)}} = 1/9 \text{ cm}$$

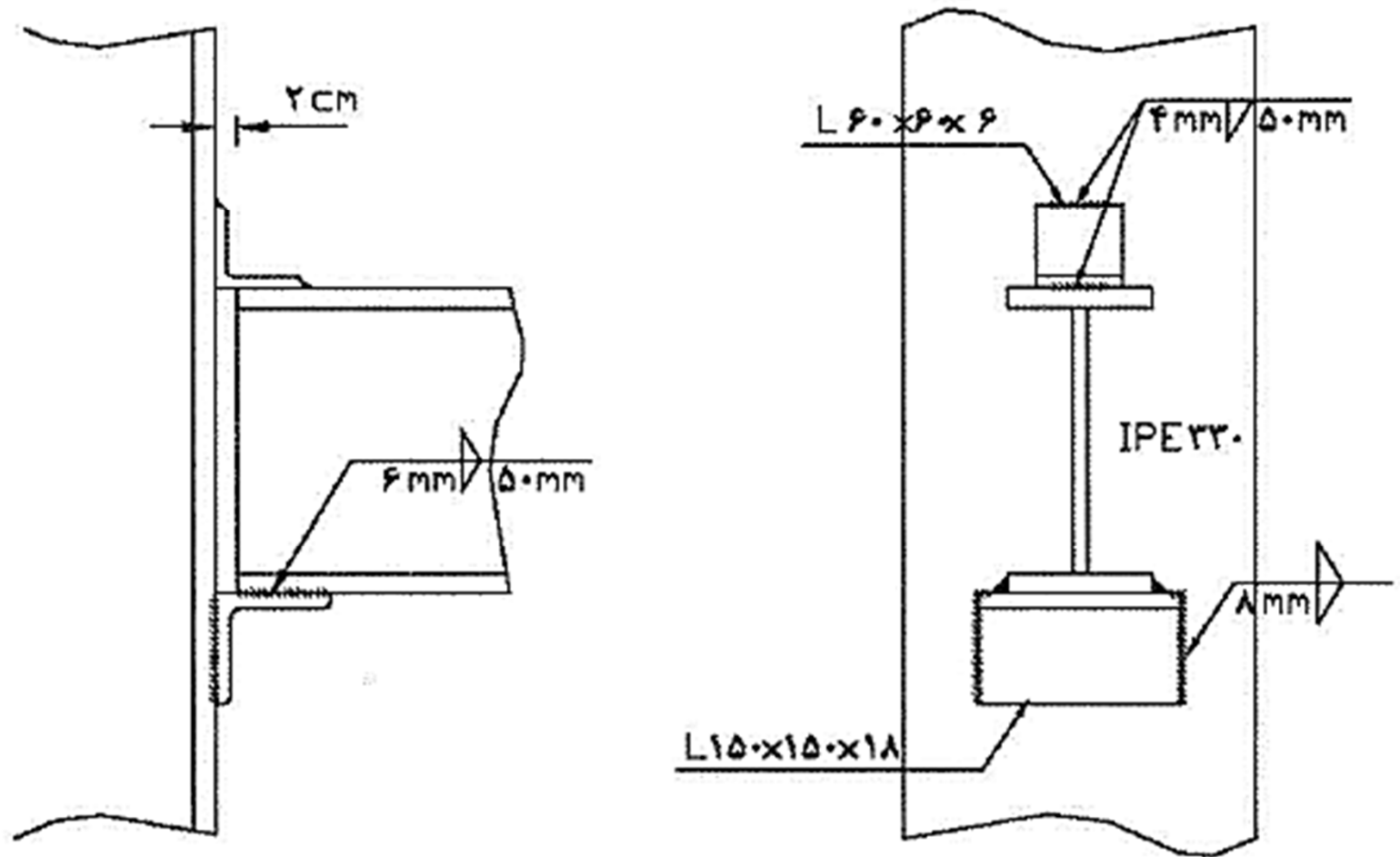
با توجه به این که بخش انحنای نبشی در محاسبه ضخامت آن در نظر گرفته نشده است، نبشی  $L150 \times 150 \times 18$  مورد قبول قرار می‌گیرد.

اندازه جوش نبشی به ستون به دست می‌آید.

$$t_e \geq \frac{17/6}{(0/75)(2/52)(15)} \sqrt{\left[ \frac{2(2/75)}{15} \right]^2} + 0/25 = 0/46 \text{ cm}$$

$$w = \frac{0/46}{0/707} = 0/65 \text{ cm}$$

جوش ۸ mm قرار داده می‌شود.  
اتصال طراحی شده در شکل نشان داده شده است.



ضوابط لرزه ای طراحی اتصالات مطابق با مبحث دهم

## شکل پذیری

### ۱- حد شکل پذیری زیاد

دوران نظیر تغییر مکان نسبی طبقه در آن  $0.04$  رادیان باشد که حدود  $0.03$  رادیان آن فرا ارتجاعی باشد.

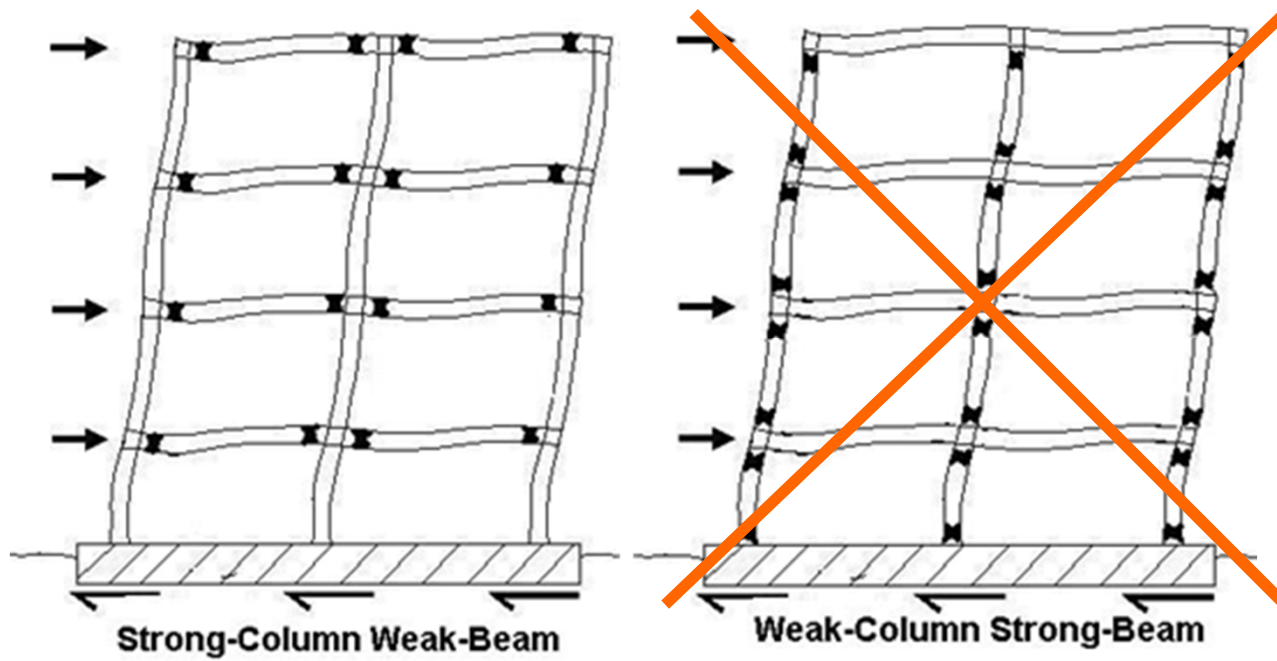
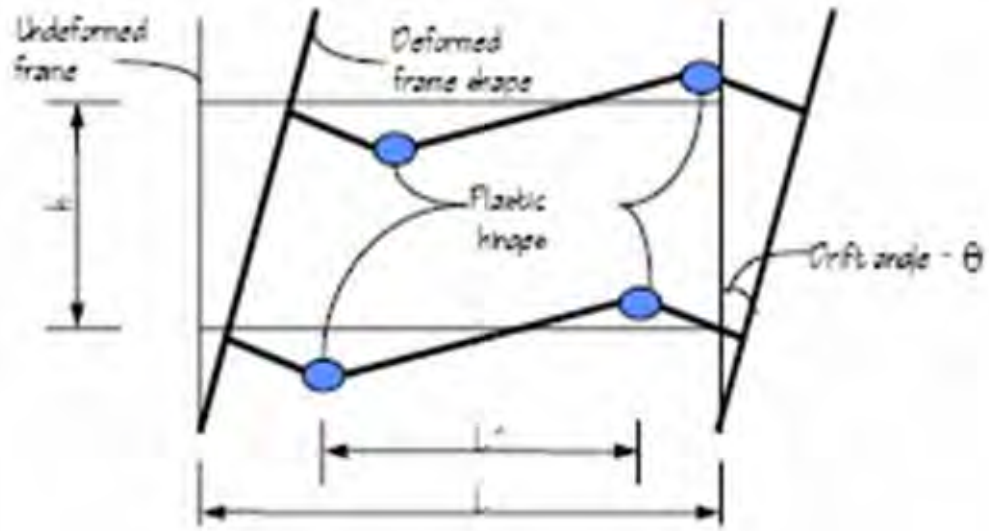
### ۲- حد شکل پذیری متوسط

دوران نظیر تغییر مکان نسبی طبقه در آن  $0.02$  رادیان باشد که حدود  $0.01$  رادیان آن فرا ارتجاعی باشد.

### ۳- حد شکل پذیری کم

ظرفیت دورانی مورد انتظار در گره ها کم است و سازه عملاً تغییر شکل فرا ارتجاعی ندارد.

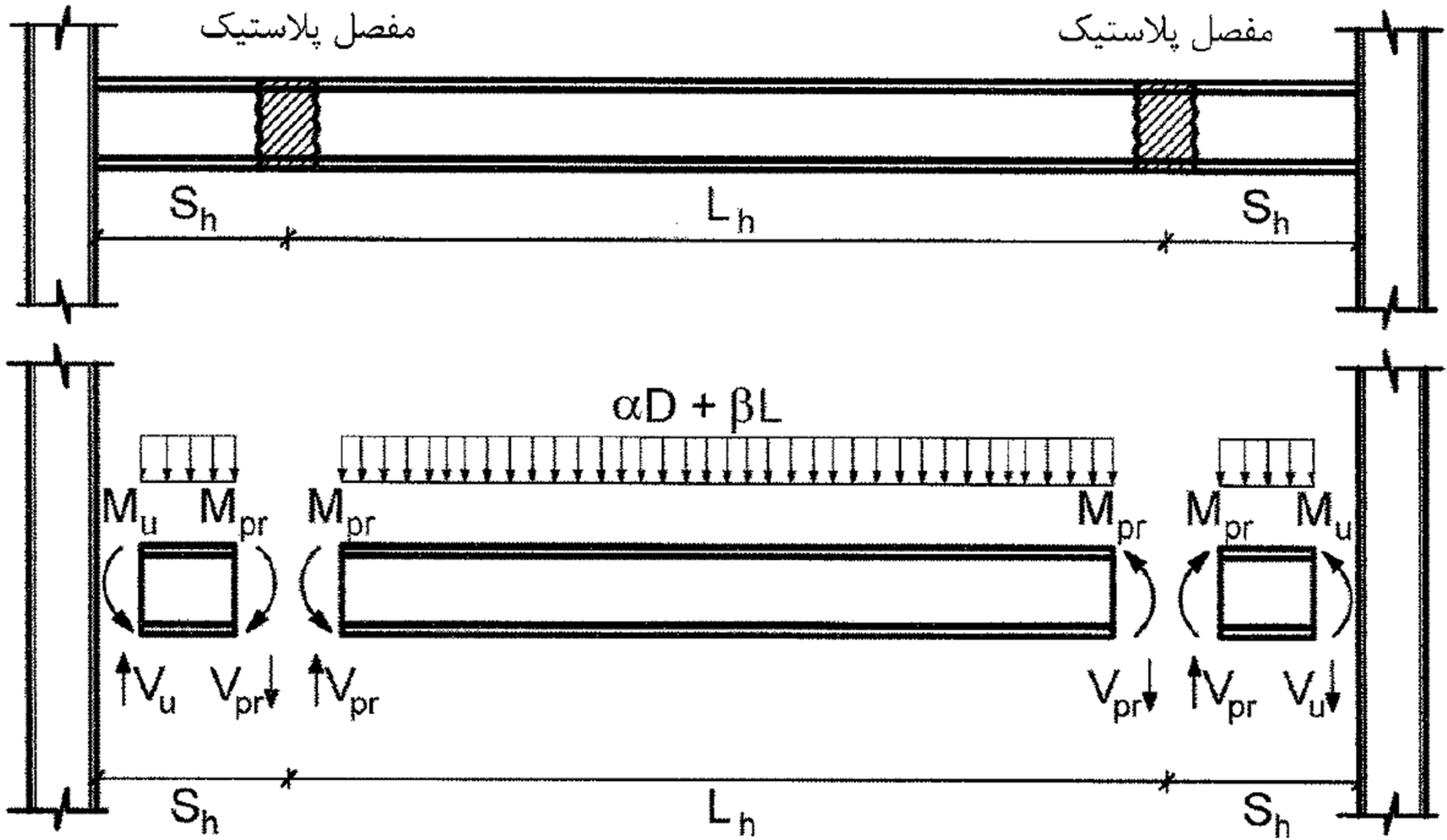




## ۱۰-۳-۲-۲ ناحیه حفاظت شده اعضا

ناحیه حفاظت شده در یک عضو از سازه، که به ناحیه شکل پذیر عضو نیز موسوم است، به ناحیه‌ای از عضو اطلاق می‌شود که انتظار می‌رود در آن مفصل پلاستیک تشکیل شود. نظر به اهمیت این ناحیه و رفتار حساس آن در حرکات رفت و برگشتی سازه، این ناحیه باید عاری از هر گونه عملیاتی که موجب دگرگونی عملکرد عضو در این ناحیه می‌شود، باشد. ناحیه حفاظت شده در دو انتهای تیر، فاصله بین بر ستون تا نصف عمق تیر از محل تشکیل مفصل پلاستیک به سمت داخل دهانه در نظر گرفته می‌شود. همچنین ناحیه حفاظت شده برای مهاربندی‌های ویژه در تمام طول عضو و برای تیرهای پیوند قاب‌های مهاربندی شده و اگر تمام طول آن می‌باشد.

## مفصل پلاستیک در تیرها



شکل ۱۰-۳-۱-۸ نمودار پیکره آزاد تیرهای باربر جانبی

### ۱۰-۳-۸-۳ اتصال تیر به ستون

کلیه اتصالات تیر به ستون در قاب‌های خمشی متوسط که نیروهای جانبی لرزه‌ای را تحمل می‌کنند، باید دارای شرایط زیر باشند.

الف) اتصالات خمشی تیر به ستون باید توانایی تحمل تغییر شکل‌های دورانی حداقل به میزان  $0.02$  رادیان را بدون کاهش قابل توجه در مقاومت خود دارا باشند. برای احراز این شرط لازم است اتصالات خمشی به کار رفته در قاب‌های خمشی متوسط از طریق آزمایشات توصیه شده توسط مراجع معتبر تایید شوند. در صورت عدم دسترسی به آزمایشات فوق استفاده از اتصالات از پیش تأیید شده<sup>۱</sup> ارائه شده در بخش ۱۰-۳-۱۳ بلامانع می‌باشد.

ب) اتصال تیر به ستون باید به گونه‌ای طراحی شود که شرایط ایجاد مفصل پلاستیک را در داخل تیر فراهم نماید. انجام این امر می‌تواند از طریق ضعیف کردن مقطع تیر در فاصله‌ای محدود از بر ستون صورت گیرد. روش‌های دیگر برای دستیابی به منظور فوق در اتصالات از پیش تأیید شده<sup>۱</sup> بخش ۱۰-۳-۱۳ ارائه شده است.

پ) مقاومت خمشی مورد نیاز ( $M_{II}$ ) و مقاومت برشی مورد نیاز ( $V_{II}$ ) اتصال باید با در نظر گرفتن تعادل استاتیکی بارهای ثقلی ضریب‌داری که با نیروی زلزله ترکیب می‌شوند و اثرات لرزه‌ای ناشی از لنگر خمشی  $M_{pr} = C_{pr} R_y M_p$  در محل‌های تشکیل مفصل پلاستیک، تعیین شوند (شکل ۱۰-۳-۱۱). که در آن،  $M_p$ ،  $R_y$  و  $C_{pr}$  مطابق تعاریف بند ۱۰-۳-۸-۲ می‌باشد.

### ۱۰-۳-۲-۳ ضریب $R_y$ تولیدات فولاد

طبق تعریف، ضریب  $R_y$  عبارت است از نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم تعیین شده، که به منظور در نظر گرفتن افزایش مقاومت مورد نیاز باید در محاسبات مدنظر قرار گیرد. کاربرد ضریب  $R_y$  در محاسبات لرزه‌ای سازه‌های با شکل پذیری مختلف در بخش‌های مربوطه ارائه شده است. مقدار ضریب  $R_y$  از رابطه زیر تعیین می‌شود.

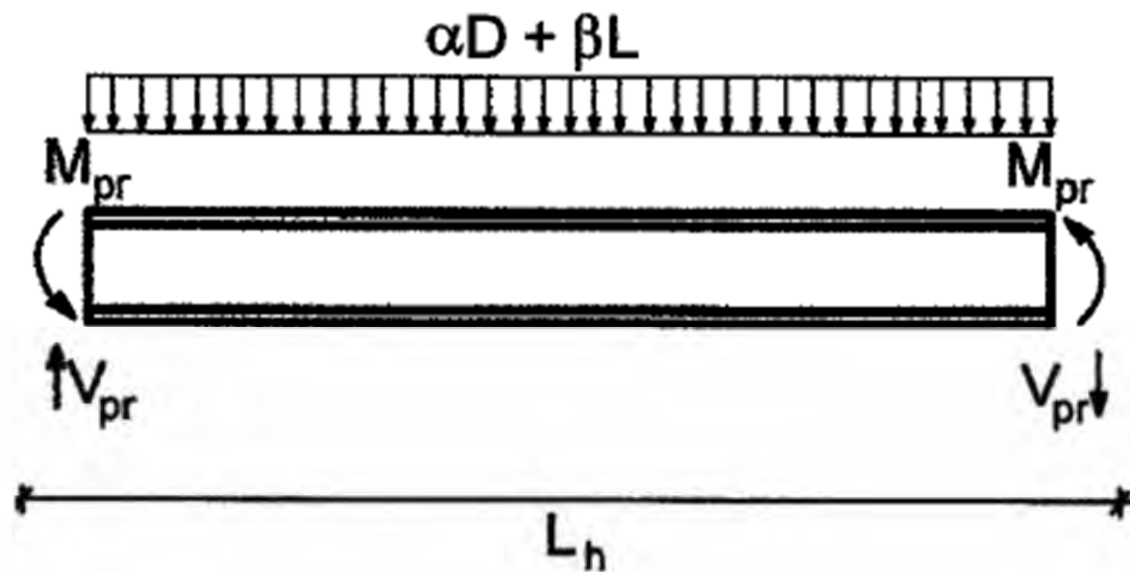
$$R_y = \frac{F_{ye}}{F_y} \quad (1-2-3-10)$$

### جدول ۱۰-۳-۲-۱ مقادیر $R_y$ برای انواع تولیدات فولاد

$R_y$	نوع محصول
۱/۲۵	مقاطع لوله‌ای و قوطی شکل نورد شده
۱/۲۰	سایر مقاطع نورد شده شامل مقاطع I شکل، H شکل، ناودانی، نبشی و سپری
۱/۱۵	مقاطع ساخته شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها

$C_{pr}$  = ضریبی است که دربرگیرنده آثار عواملی از قبیل سخت‌شدگی، قیدهای موضعی و ملحقات موجود در اتصال تیر به ستون است و برای محاسبه حداکثر نیروی ایجاد شده در اعضا و وسایل اتصال به کار گرفته می‌شود. به جز در موردی که در بخش ۱۰-۳-۱۳-۶ برای  $C_{pr}$  عدد خاصی پیش‌بینی شده است، مقدار آن باید از رابطه زیر تعیین شود

$$1/1 \leq C_{pr} = \frac{(F_y + F_u)}{2F_y} \leq 1/2 \quad (1-8-3-10)$$



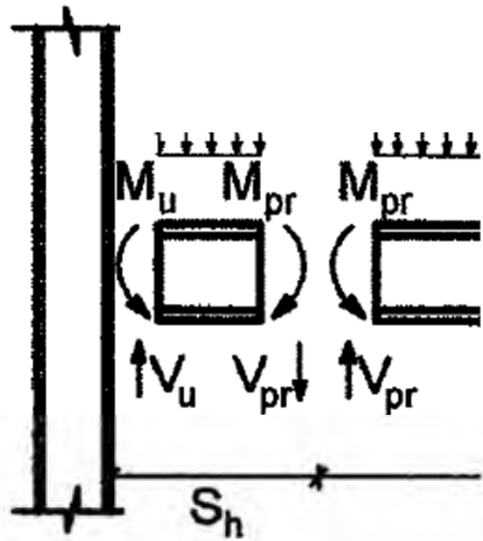
$$V_{pr} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_h} + \frac{q_u W L_h}{2} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_h} + \frac{(\alpha D + \beta L) W L_h}{2}$$

$q_u$ : وزن ضریب دار واحد سطح سقف می باشد که بر اساس ترکیب بار لرزه ای باید انتخاب شود با توجه به اینکه ترکیب بار لرزه ای  $1.2D+L+0.2S+E$  می باشد، مقدار  $q_u = \alpha D + \beta L$  برابر  $(1.2\text{Dead}+\text{Live}+0.2\text{Snow}) \text{ kN/m}^2$  باید اختیار شود.

تحت شرایط خاصی به جای Live می توان از  $0.5\text{Live}$  استفاده کرد (جهت مشاهده شرایط استفاده از ضریب  $0.5$  برای بار زنده به مبحث ششم مراجعه نمایید).

$W$ : عرض بارگیر تیر بر حسب متر.

محل تشکیل مفصل پلاستیک ( $S_h$ ) در روی تیر باید در محل انتهای ورق‌های روسری و زیرسری (هرکدام که بزرگتر است)، در نظر گرفته شود.



مقدار برش طراحی در بر ستون ( $V_U$ ) بر حسب kN مطابق بند ۱۰-۳-۸-۱-۲-۲ برابر است با:

$$V_U = V_{pr} + q_u W S_h$$

مطابق بند ۱۰-۳-۸-۱-۲ مقدار  $M_U$  در بر ستون بر حسب kN.m بدست می آید:

$$M_U = M_{pr} + V_{pr} S_h + \frac{q_u W S_h^2}{2}$$



## طراحی ورق زیر سری

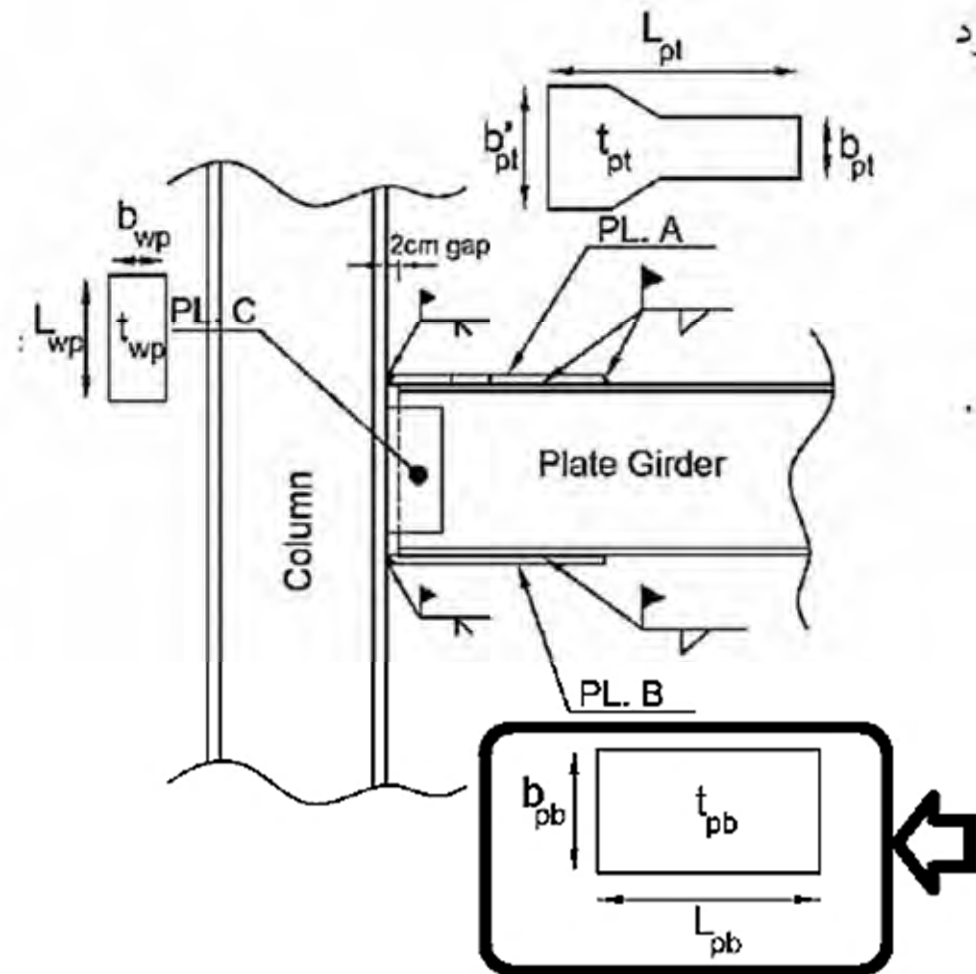
عرض ورق زیر سری ( $b_{pb}$ ) بر اساس عرض بال تیر ( $b_{bf}$ ) تعیین می شود  
به طوریکه فضای کافی برای جوش داشته باشیم:

$$b_{pb} = b_{bf} + 50 \text{ mm}$$

در این صورت در هر طرف ورق 25 mm فضای جوش خواهیم داشت.  
ضخامت ورق زیر سری ( $t_{pb}$ ) بر اساس نیروی کششی ناشی از  
لنگر  $M_U$  که در گامهای قبل محاسبه شد، بدست می آید:

$$t_{pb} = \frac{M_u}{d \times b_{pb} \times F_y}$$

که در آن  $d$  عمق فاصله مرکز تا مرکز ورقهای روسری و زیر سری می باشد



## تعيين طول ورق زير سرى ( $L_{pb}$ )

جوش توجه به و جوش انتخاب كنيم خواهيم داشت:

$$l_w \leq \frac{u}{d \times \beta \times 0.9 \times 0.6 F_{ue} \times 0.707 a}$$

$$L_{pb} = \frac{L_w}{2} + 20 \text{ mm}$$

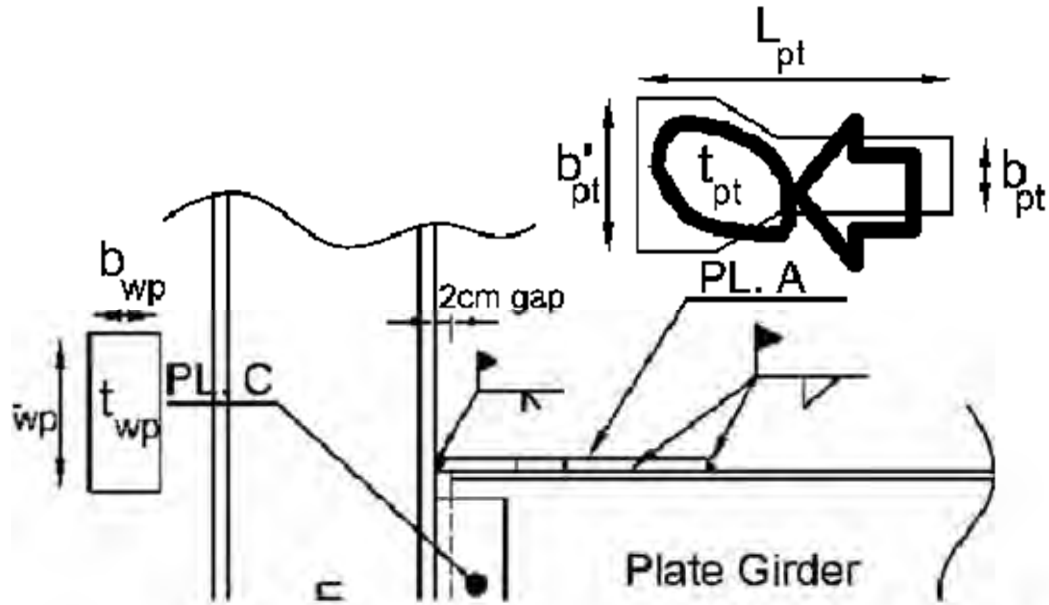
$\beta$  : كيفيت جوش

$F_{ue}$  : نهايي مصالح الكترود

a بعد جوش مي باشد.

20mm كه در انتها اضافه شده است، فاصله بادخور تير مي باشد.

## طراحی ورق روسری

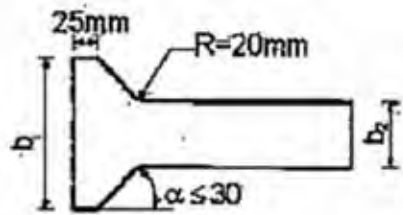


عرض (قسمت باریک تر) ورق روسری ( $b_{pt}$ ) بر اساس عرض بال تیر ( $b_{bf}$ ) تعیین می شود به طوریکه فضای کافی برای جوش داشته باشیم:

$$b_{pt} = b_{bf} - 50\text{mm}$$

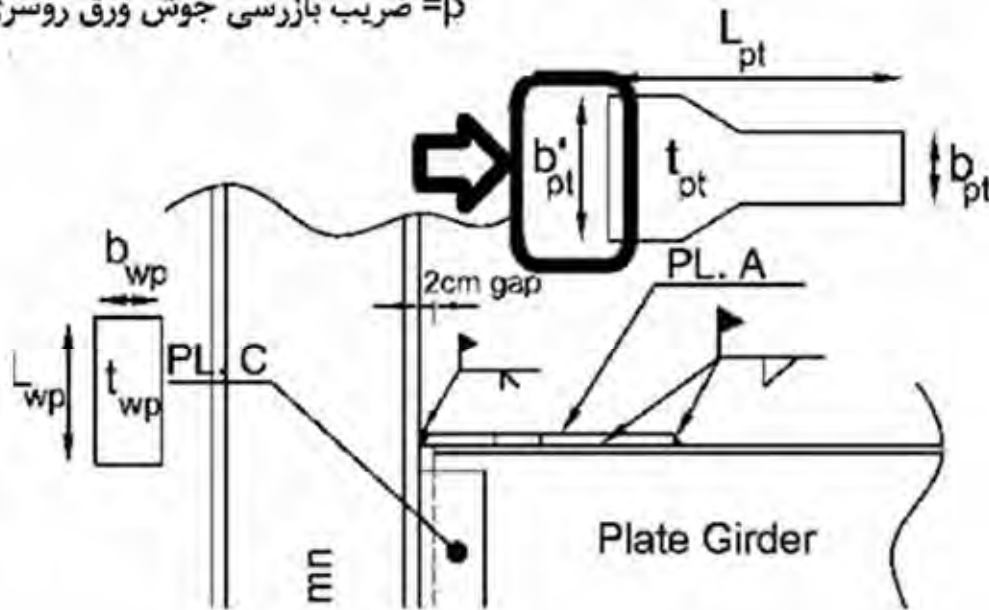
$$t_{pb} = \frac{M_u}{d \times b_{pt} \times F_y}$$

که در آن  $d$  عمق فاصله مرکز تا مرکز ورقهای روسری و زیرسری می باشد



عرض انتهایی (قسمت عریض تر) ورق رو سری ( $b'_{pt}$ )

$\beta$  = ضریب بازرسی جوش ورق روسری



$$b'_{pt} = \frac{b_{pt}}{\beta} = \frac{b_{pt}}{0.75}$$

$\beta$ : ضریب بازرسی جوش مطابق بند ۱۰-۲-۹-۲-۴ می باشد. در صورتی که جوش نفوذی اتصال بال به ستون توسط آزمایش غیر مخرب مانند رادیوگرافی و یا التراسونیک آزمایش شود، می توان مقدار  $\beta$  را برابر یک در نظر گرفت. در این حالت می توان به جای شکل کله گاوی برای ورق روسری، همانند ورق زیرسری، از شکل مستطیلی استفاده نمود. البته به دلیل کیفیت پایین اجرا و کنترل جوش توصیه می شود که حتی در صورت انجام تست جوش، از شکل کله گاوی استفاده شود.

تعیین طول ورق رو سری ( $L_{pt}$ )

بعد جوش را با توجه به حداقل و حداکثر ضوابط جوش انتخاب می کنیم و خواهیم داشت:

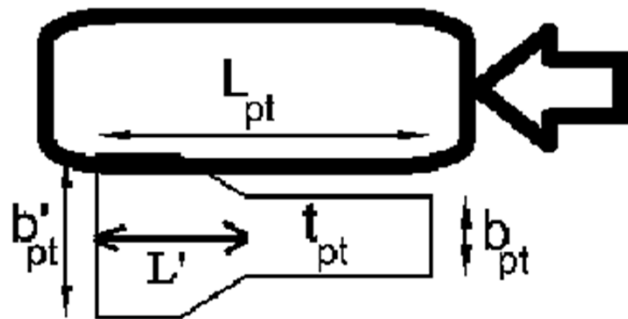
$$l_w = \frac{M_u}{d \times \beta \times 0.9 \times 0.6 F_{ue} \times 0.707 a}$$

$$L_{pt} = \frac{L_w}{2} + L'$$

$\beta$  : ضریب کیفیت جوش

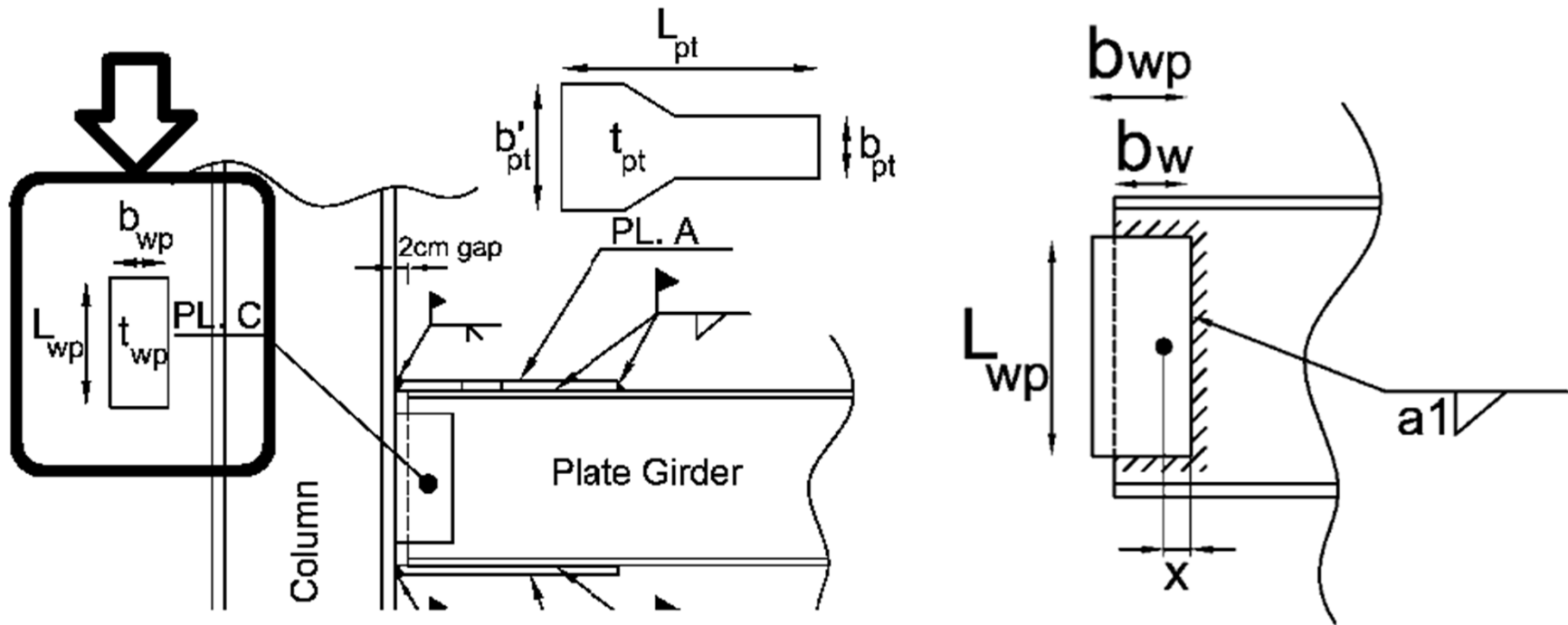
$F_{ue}$  : تنش نهایی مصالح الکتروود

$a$  بعد جوش می باشد.

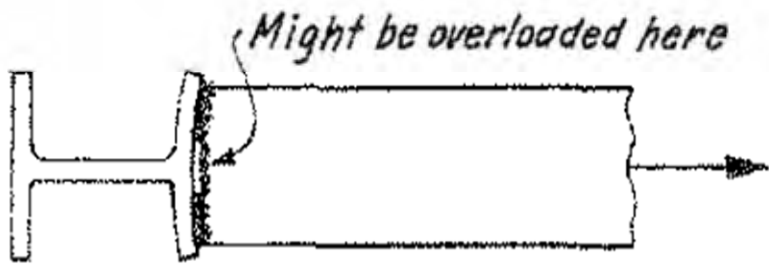


## تعیین ارتفاع، عرض و ضخامت ورق اتصال جان

طراحی نبشی یا ورق انجام می گیرد.



کنترل خمش موضعی در بال ستون در مقابل بال کششی (بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۱-مبحث ۱۰)



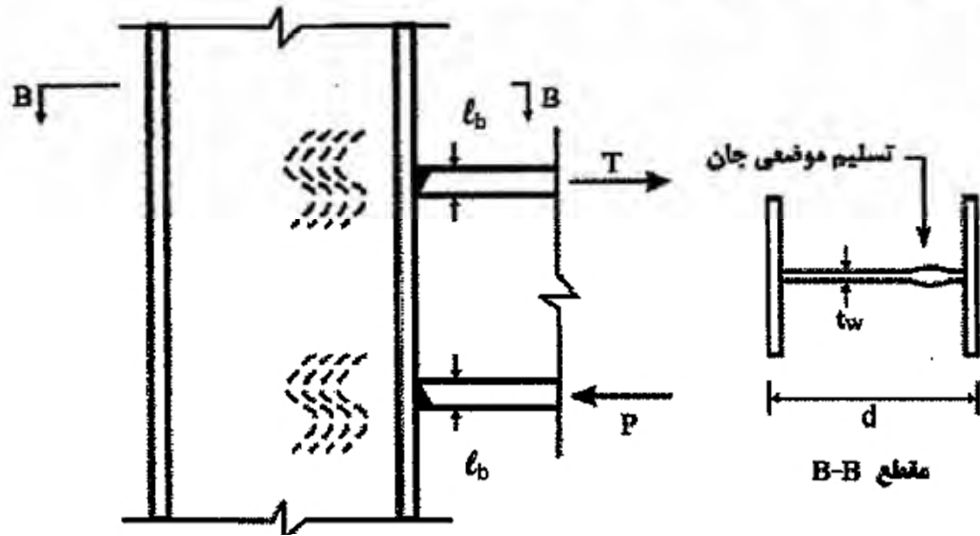
$$R_u = \phi R_n$$

$$\phi = 0.9$$

$$R_n = 6/25 F_{yf} t_f^2$$

**تبصره:** در صورتی که مقاومت مورد نیاز ( $T_u$ ) از مقاومت طراحی ( $\phi R_n$ ) بیشتر باشد، تعبیه یک جفت سخت‌کننده دارای مقاومتی حداقل برابر با اختلاف مقاومت مورد نیاز و مقاومت طراحی در محل بارهای متمرکز ضروری می‌باشد. سخت‌کننده‌های مورد نیاز باید الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۷ را تأمین نمایند.

کنترل تسلیم موضعی جان ستون در مقابل بال فشاری و یا کششی (بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۲ مبحث ۱۰)



$$R_u = \phi R_n$$

$$\phi = 1$$

۱- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای بزرگتر از  $d$  از انتهای عضو وارد می‌شود:

$$R_n = F_{yw} t_w (\Delta k + l_b)$$

(۱۰-۲-۹-۲۴)

۲- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای مساوی یا کوچکتر از  $d$  از انتهای عضو وارد می‌شود:

$$R_n = F_{yw} t_w (2/\Delta k + l_b)$$

(۱۰-۲-۹-۲۵)

سوال: اگر رابطه فوق ارضا نشد (یعنی اگر ضخامت جان ستون کمتر از مقدار داده شده بود) چه باید کرد؟

پاسخ: یا باید ضخامت جان ستون را افزایش داد و یا از ورقهای پیوستگی استفاده نمود.



که در روابط فوق:

$F_{yw}$  = تنش تسلیم فولاد جان

$t_w$  = ضخامت جان

$d$  = ارتفاع کلی مقطع تیر

$k$  = فاصله از وجه بیرونی بال تا انتهای دو ماهیچه جان و بال در مقاطع نوردشده و فاصله از وجه

بیرونی بال تا انتهای جوش گوشه اتصال بال و جان در مقاطع ساخته شده از ورق.

$l_b$  = طول اتکای بار متمرکز (برای عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی مقدار  $l_b$  نباید کمتر از  $k$  در

نظر گرفته شود)

کنترل لهیدگی (چروکیدگی) در جان ستون در مقابل بال فشاری (بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۳ مبحث ۱۰)

$$R_u = \phi R_n$$

$$\phi = 0.75$$

۱- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای مساوی یا بزرگتر از  $d/2$  از انتهای عضو وارد می‌شود:

$$R_n = 0.18 \cdot t_w^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{l_b}{d} \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1/5} \right] \sqrt{\frac{E F_y w t_f}{t_w}} \quad (26-9-2-10)$$

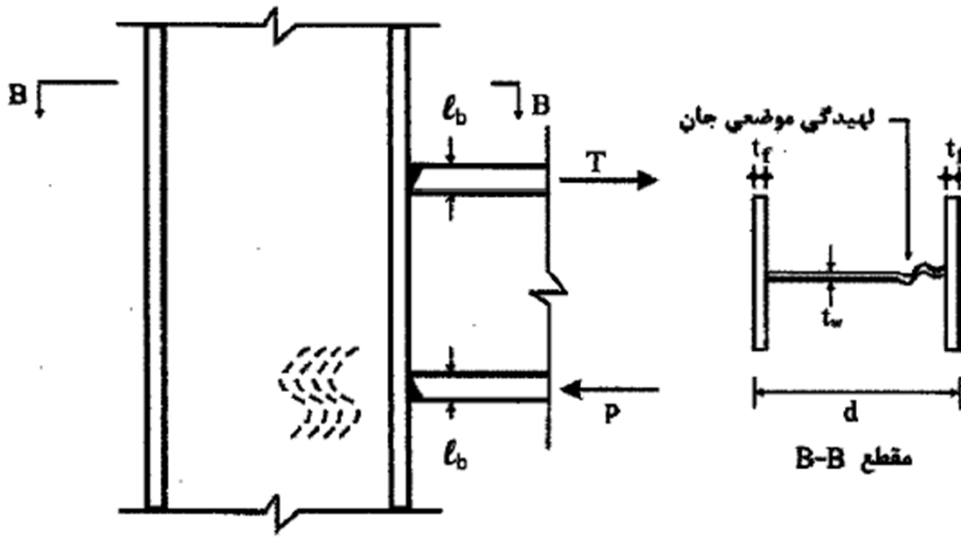
۲- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای کوچکتر از  $d/2$  از انتهای عضو وارد می‌شود:

- در صورتی که  $l_b/d \leq 0.2$  باشد:

$$R_n = 0.4 \cdot t_w^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{l_b}{d} \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1/5} \right] \sqrt{\frac{E F_y w t_f}{t_w}} \quad (27-9-2-10)$$

- در صورتی که  $l_b/d > 0.2$  باشد:

$$R_n = 0.4 \cdot t_w^2 \left[ 1 + \left( \frac{l_b}{d} - 0.2 \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1/5} \right] \sqrt{\frac{E F_y w t_f}{t_w}} \quad (28-9-2-10)$$



در روابط فوق:

$d$  = ارتفاع کلی مقطع

$t_w$  = ضخامت جان

$t_f$  = ضخامت بال تحت بار

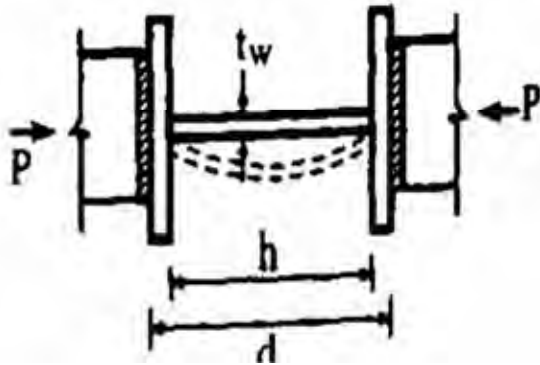
$l_b$  = طول اتکایی بار متمرکز (برای عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی مقدار  $l_b$  نباید کمتر از  $k$  در نظر گرفته شود)

$F_{yw}$  = تنش تسلیم فولاد جان

$E$  = مدول الاستیسیته فولاد

**تبصره:** در صورتی که مقاومت مورد نیاز از مقاومت طراحی بیشتر باشد، تعبیه یک جفت سخت‌کننده دارای مقاومتی برابر با اختلاف مقاومت موردنیاز و مقاومت طراحی در محل بارهای متمرکز ضروری است. سخت‌کننده‌های تعبیه شده باید الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۷ را تأمین نمایند.

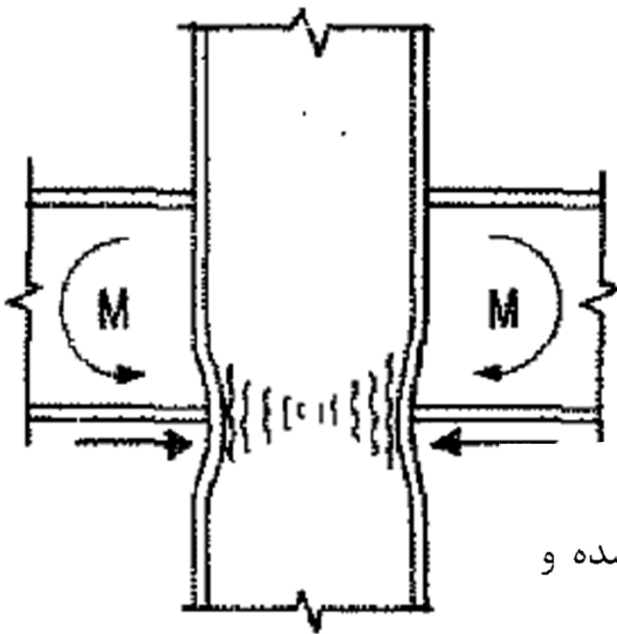
کنترل کمانش فشاری در جان ستون در مقابل بال فشاری (بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۵ مبحث ۱۰)



$$R_u = \phi R_n$$

$$\phi = 0.9$$

$$R_n = \frac{24 t_w^2 \sqrt{E F_{yw}}}{h}$$



$t_w$  = ضخامت جان

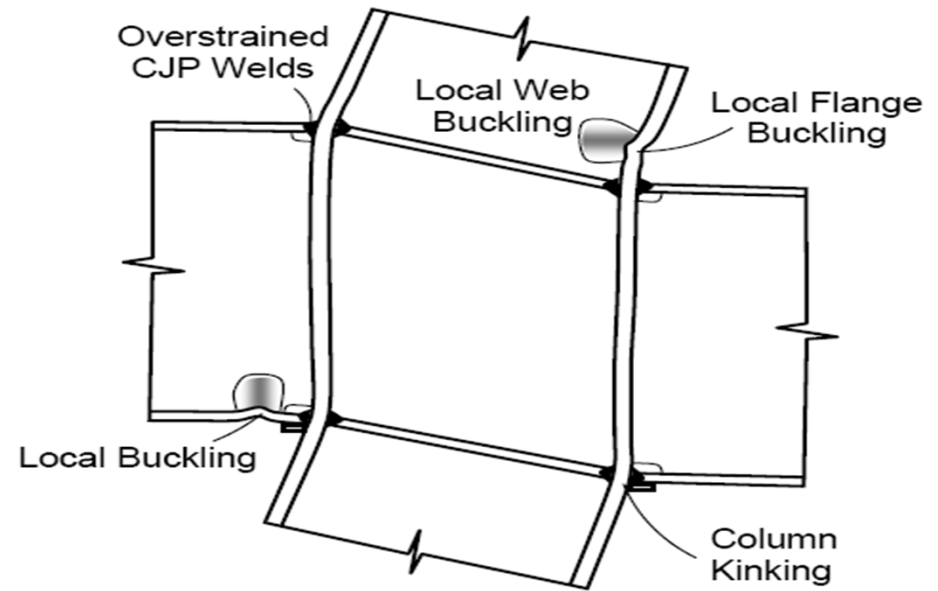
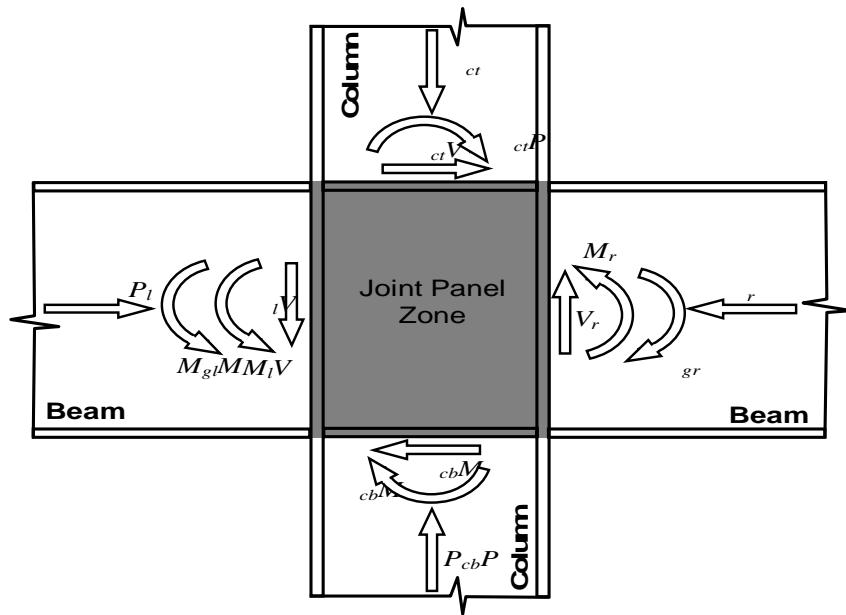
$h$  = ارتفاع آزاد جان (فاصله بین انتهای دو ماهیچه جان و بال در روی جان در مقاطع نوردشده و

فاصله بین دو بال در مقاطع ساخته شده از ورق)

**تبصره ۱:** در صورتی که جفت نیروی فشاری در فاصله‌ای کمتر از  $d/2$  از انتهای عضو اثر نماید، مقدار  $R_n$  حاصل از رابطه ۱۰-۲-۹-۳۱ باید ۵۰ درصد کاهش یابد.

**تبصره ۲:** در صورتی که مقاومت مورد نیاز از مقاومت طراحی بیشتر باشد، تعبیه 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.

# چشمه اتصال



مقاومت برشی طراحی در چشمه اتصال مساوی  $\phi R_n$  می‌باشد که در آن  $\phi$  ضریب کاهش مقاومت برابر  $0.9$  و  $R_n$  مقاومت اسمی است که بر اساس حالت حدی تسلیم برشی به شرح زیر تعیین می‌گردد.

۱. در حالتی که تأثیر تغییر شکل چشمه اتصال در تحلیل سازه منظور نشود:

- برای حالتی که  $P_u \leq 0.4P_c$  باشد:

$$R_n = 0.6F_y d_{ctw} \quad (32-9-2-10)$$

- برای حالتی که  $P_u > 0.4P_c$  باشد:

$$R_n = 0.6F_y d_{ctw} \left( \frac{1}{4} - \frac{P_u}{P_c} \right) \quad (33-9-2-10)$$

۲. در حالتی که تأثیر تغییر شکل چشمه اتصال در تحلیل سازه منظور شود:

- برای حالتی که  $P_u \leq 0.75P_c$  باشد:

$$R_n = 0.6 F_y d_c t_w \left( 1 + \frac{3 b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_w} \right) \quad (34-9-2-10)$$

- برای حالتی که  $P_u > 0.75P_c$  باشد:

$$R_n = 0.6 F_y d_c t_w \left( 1 + \frac{3 b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_w} \right) \left( 1/9 - \frac{1/2 P_u}{P_c} \right) \quad (35-9-2-10)$$

در روابط فوق:

$b_{cf}$  = پهناي بال ستون

$t_{cf}$  = ضخامت بال ستون

$d_c$  = ارتفاع کلی مقطع ستون

$d_b$  = ارتفاع کلی مقطع تیر

$t_w$  = ضخامت جان مقطع ستون

$F_y$  = تنش تسلیم فولاد

$P_u$  = مقاومت محوری مورد نیاز ستون

$(P_c = P_y = A_g F_y)$  = مقاومت محوری تسلیم

$\Delta$  = ...



در روابط فوق:

$$b_{cf} = \text{پهنای بال ستون}$$

$$t_{cf} = \text{ضخامت بال ستون}$$

$$d_c = \text{ارتفاع کلی مقطع ستون}$$

$$d_b = \text{ارتفاع کلی مقطع تیر}$$

$$t_w = \text{ضخامت جان مقطع ستون}$$

$$F_y = \text{تنش تسلیم فولاد}$$

$$P_u = \text{مقاومت محوری مورد نیاز ستون}$$

$$(P_c = P_y = A_g F_y) = \text{مقاومت محوری تسلیم}$$

$$A_g = \text{سطح مقطع کلی مقطع ستون}$$

تبصره ۱: مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۲۱، مقاومت برشی مورد نیاز در چشمه اتصال،  $V_{up}$ ، از رابطه زیر محاسبه می شود.

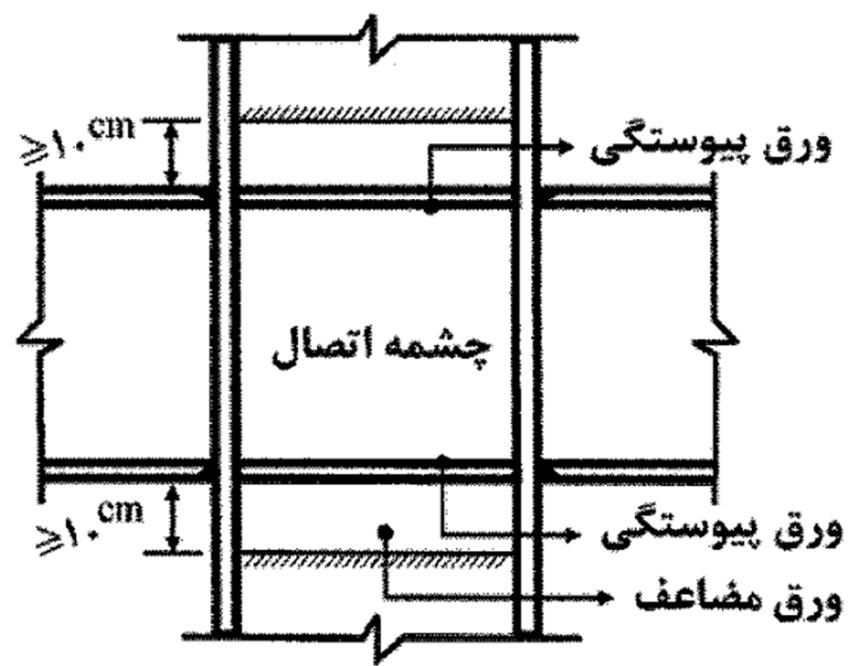
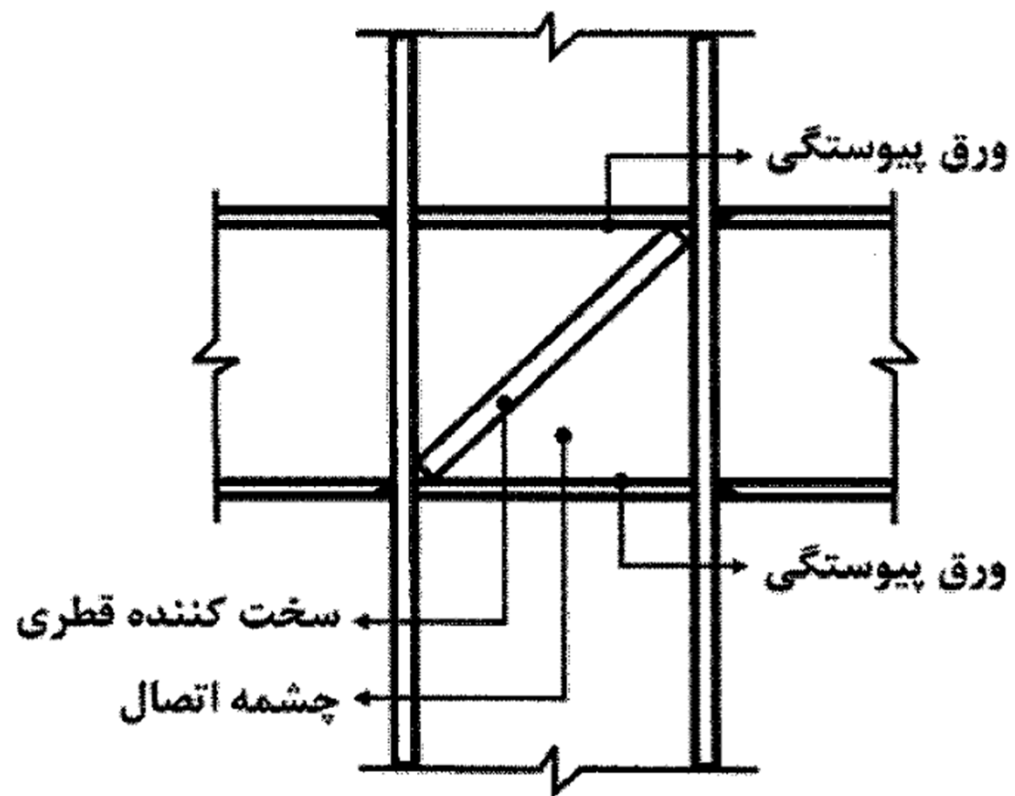
$$V_{up} = \frac{M_{u1}}{d_{b1}} + \frac{M_{u2}}{d_{b2}} - V_u \quad (۱۰-۲-۹-۳۶)$$

که در آن:

$M_{u1}$  و  $M_{u2}$  = به ترتیب لنگرهای خمشی انتهایی تیرهای سمت چپ و راست چشمه اتصال است.

$V_u$  = نیروی برشی ستون در بالای چشمه اتصال

$d_{b1}$  و  $d_{b2}$  = به ترتیب ارتفاعهای کل مقاطع تیرهای سمت چپ و راست چشمه اتصال است.



## تمرین

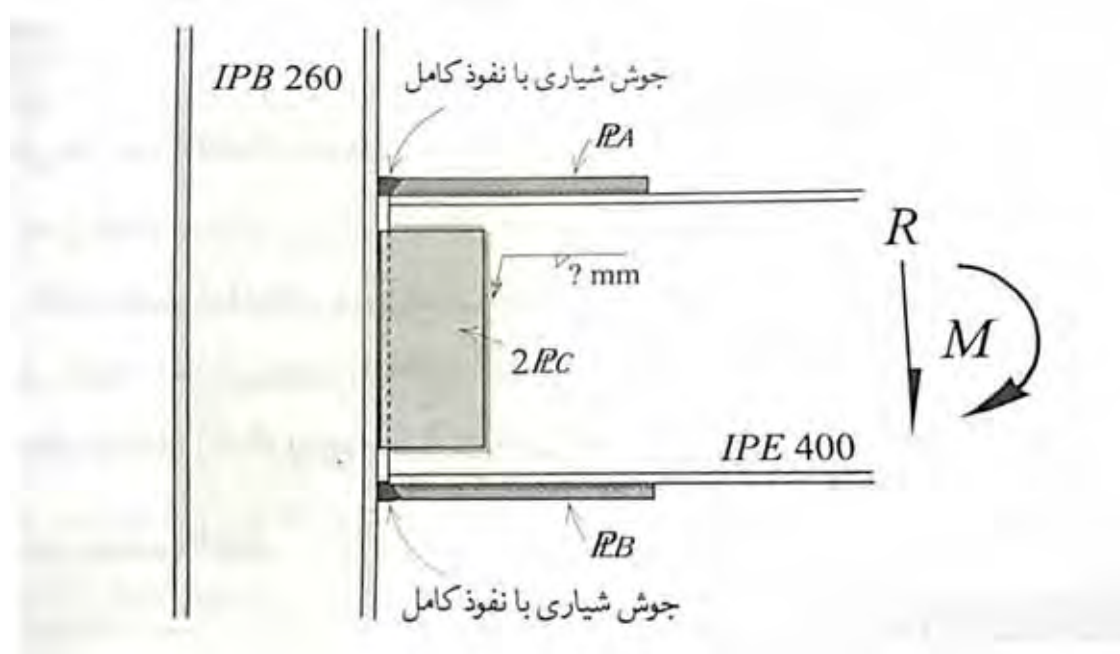
**مثال:** نیمرخ IPE 400 در یک قاب خمشی متوسط توسط ورق های اتصال A و B به ترتیب در بال های کششی و فشاری، و ورق C در جان به ستون IPB260 به صورت صلب متصل شده است.

✓ فولاد مصرفی St37، و الکتروود E60

✓ تیر فولادی به طول ۶ متر، تحت بار گسترده با شدت ۷,۳۵

تن/متر دارای تکیه گاه جانبی کافی میباشد.

# تمرین



مطلوب است: الف) طراحی کامل ورق A و B، ب) طراحی کامل ورق C پ) کنترل جان ستون در اثر نیروی فشاری ت) کنترل جان ستون در اثر نیروی کششی ث) کنترل برش در چشمه اتصال

## فصل دوم

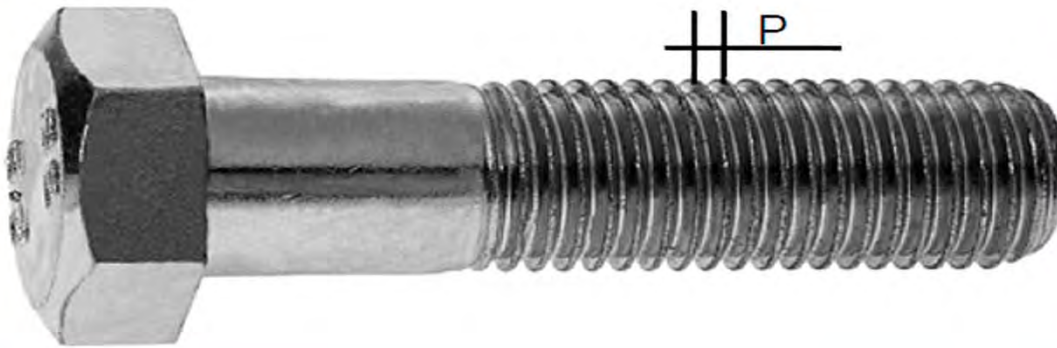
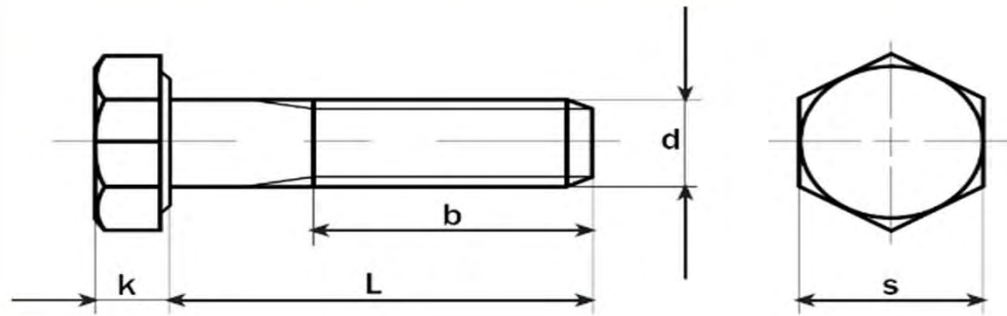
### معرفی پیچ ها

### طراحی اتصالات پیچی



## مشخصات ابعادی پیچ

### مشخصات ابعادی پیچ



**M20 × 2.5 × 100**

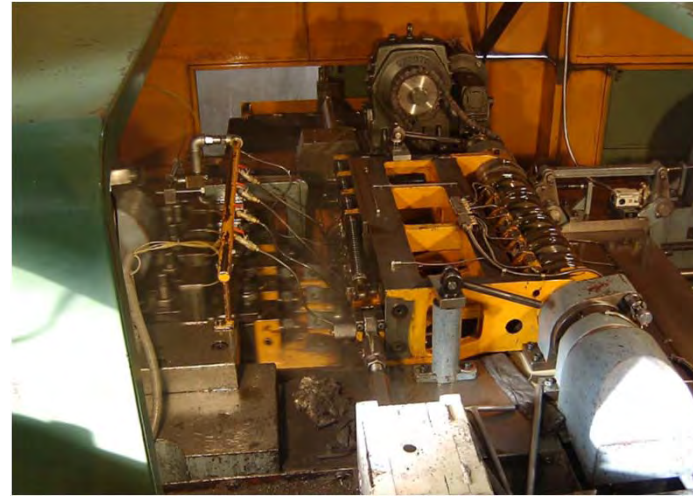
**طول گام قطر**

## روش توليد فورج گرم





# روش تولید فورج سرد



## آزمایش های پیچ

### آزمایش بارگواه پیچ



### آزمایش های پیچ

۱- آزمایش کشش

۱-۱- آزمایش بار گواه

۱-۲- آزمایش کشش گوه ای بر روی نمونه کامل

۱-۳- آزمایش کشش بر روی نمونه ماشینکای شده

۲- آزمایش سختی سنجی

۳- آزمایش ضربه ( در صورت وجود بارگذاری خستگی)

# آزمایش های پیچ

آزمایش کشش گوه ای پیچ



آزمایش کشش  
گوه ای پیچ

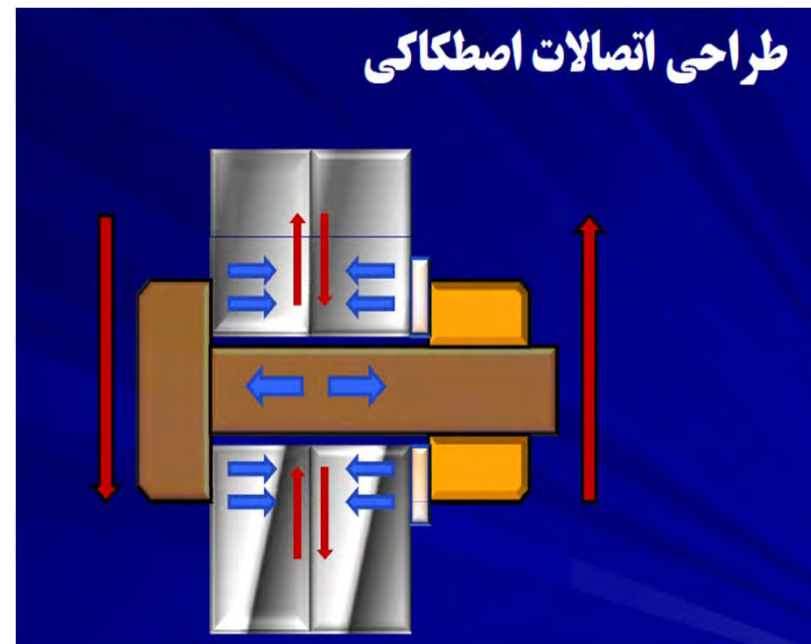
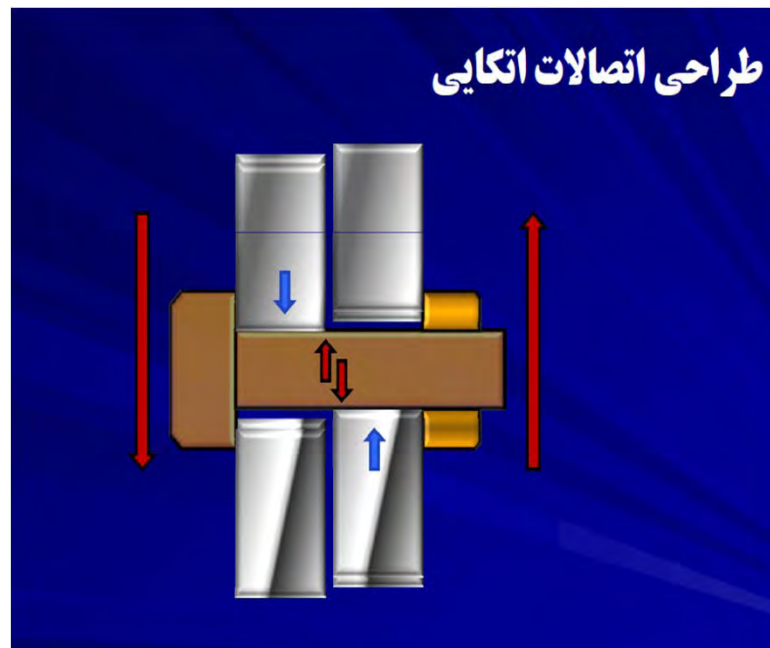


## رفتار کلی اتصالات با پیچ و مهره

اتصالات با پیچ و مهره

۱- اتصالات اتکایی

۲- اتصالات اصطحاکي



# الزامات اتصال اصطحاکاکی



## رده مقاومتی پیچ ها

۵-۱-۲. رده ی مقاومتی پیچ های تولیدی در ایران بر اساس جدول زیر می باشد:

مقدار رزوه	نوع عملکرد	تنش مجاز کششی $F_y$	استحکام کشش نهایی $F_U$	مقاومت $R_m$	کد پیچ
نیم رزوه	اتکایی	6400 kg/cm <sup>2</sup>	8000 kg/cm <sup>2</sup>	8.8	DIN931
		9000 kg/cm <sup>2</sup>	10000 kg/cm <sup>2</sup>	10.9	
تمام رزوه	اتکایی	6400 kg/cm <sup>2</sup>	8000 kg/cm <sup>2</sup>	8.8	DIN933
		9000 kg/cm <sup>2</sup>	10000 kg/cm <sup>2</sup>	10.9	
نیم رزوه	اصطکاکی	9000 kg/cm <sup>2</sup>	10000 kg/cm <sup>2</sup>	10.9	DIN6914-HV

## رده مقاومتی پیچ ها

تنش مجاز کششی $F_y$	استحکام کششی نهایی $F_U$	کد پیچ
3000 kg/cm <sup>2</sup>	4200 kg/cm <sup>2</sup>	A 307
d<25mm. 6400 kg/cm <sup>2</sup>	d<25mm. 8250 kg/cm <sup>2</sup>	A 325
d≥25mm. 5600 kg/cm <sup>2</sup>	d≥25mm. 7250 kg/cm <sup>2</sup>	
9000 kg/cm <sup>2</sup>	10000 kg/cm <sup>2</sup>	A 490

## مشخصات پیچ های تولید شده در ایران

جدول ۱۰-۲-۹-۶ مشخصات پیچ های تولید یا موجود در ایران

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



## نیروی پیش تنیدگی

### نیروی پیش تنیدگی در ویرایش های قدیمی (اروپا)

$$T_m = 0.55F_u$$
$$A_n$$

$$Load = 0.55F_u \left( \frac{\pi D^2}{4} \right) = 0.43F_u D^2$$

### نیروی پیش تنیدگی در RCSC (آمریکا)

$$T_m = 0.7F_u$$

$$A_s = 0.7854(D - 0.9382P)^2$$

$$Load = 0.55F_u (D - 0.9328P)^2$$

D قطر اسمی و P گام پیچ است.

## بار دوام یا نیروی پیش تنیدگی

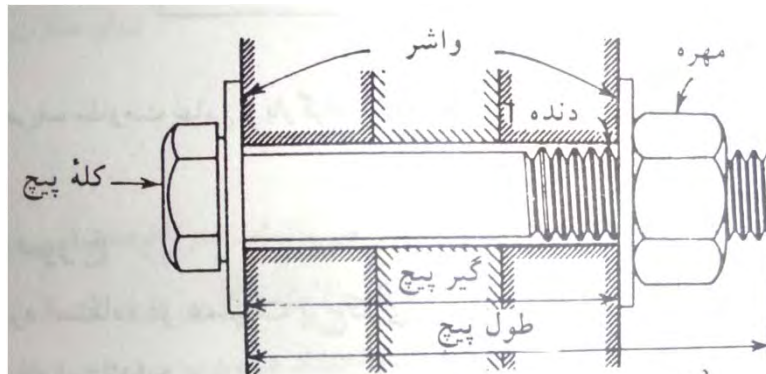
بار دوام برای پیچ‌های پر مقاومت در ضوابط ایران برابر است با:  
(جدول ۱۰-۲-۹-۷-مبحث دهم)

$$T_i = 0.55 F_u \cdot A_b$$

$T_i$ : بار دوام

$A_b$ : سطح مقطع اسمی پیچ

$F_u$ : تنش نهایی مصالح پیچ



$$\text{سطح مقطع اسمی پیچ} = A_b = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\text{سطح مقطع زیر دنده‌ها} = \frac{\pi}{4} \left( D - \frac{0.9743}{n} \right)^2$$

$n$  = تعداد دنده‌ها در یک سانتی‌متر

$D$  = قطر اسمی پیچ

بار دوام ( حداقل نیروی پیش تنیدگی ) پیچ ها از جدول زیر معین می شود (مبحث دهم ۹۲):

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

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

تبصره: در مواردی که قطر اسمی پیچ غیر از اعداد ذکر شده در جدول ۷-۹-۲-۱۰ باشد، حداقل نیروی پیش تنیدگی را می توان برابر  $0.55A_{nb}F_u$  (که معادل  $0.17A_{eb}F_u$  است) در نظر گرفت، که در آن  $A_{nb}$  سطح مقطع اسمی پیچ،  $A_{eb}$  سطح مقطع خالص یا سطح مقطع زیر دندانه ها و  $F_u$  تنش کششی نهایی مصالح پیچ است.

## روش های پیش تنیدن

### روش های پیش تنیدن در اتصالات اصطکاکی

نظر به اهمیت این موضوع، مطالعات و تحقیقات گسترده ای در کشورهای پیشرفته دنیا صورت پذیرفته است و روش های مختلفی به منظور کنترل کیفیت اجرای اتصال پیشنهاد شده است که روش های زیر مورد تایید کمیته RCSC است:



1. استفاده از Calibrated Wrench

2. استفاده از DTI Washer

3. استفاده از Twist-off-Bolt

4. بکارگیری روش Turn-of-Nut

# روش های پیش تنیدن



## ترک متر

### روش استفاده از ترک متر





## واشرهای DTI





## فیلر کنترول

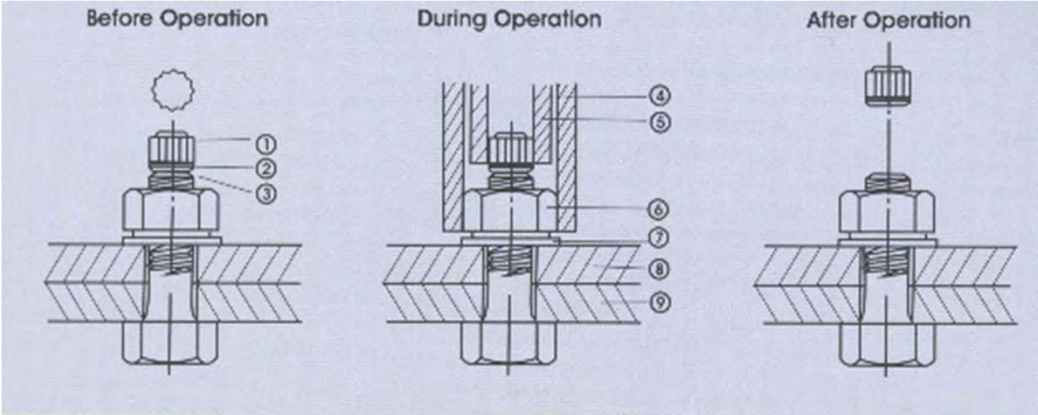
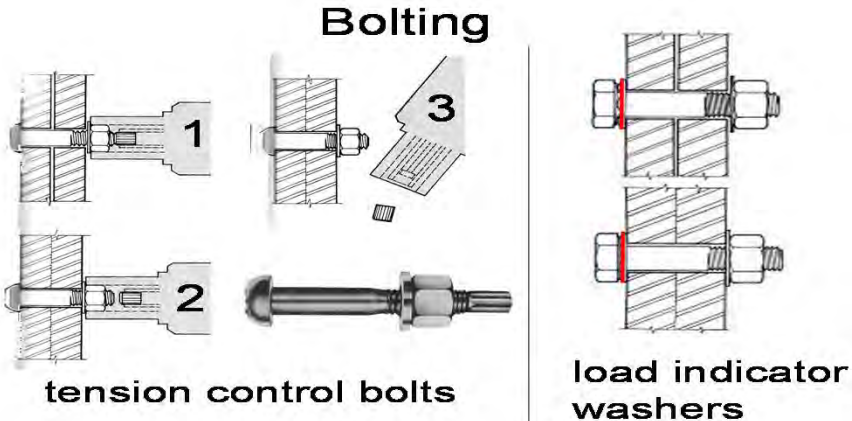


## چرخش اضافی جهت پیش تنیدن

### مقادیر چرخش اضافی مهره

طول پیچ	وضعیت قرارگیری سطوح اتصال بر روی هم		
	سطوح روی هم بدون شیب	یک سطح شیبدار با شیب کمتر از ۱:۲۰	هر دو سطح شیبدار با شیب کمتر از ۱:۲۰
طول پیچ کوچکتر یا مساوی چهار برابر قطر پیچ	۱/۳ دور	۱/۲ دور	۲/۳ دور
طول پیچ از چهار برابر قطر بزرگتر اما کوچکتر یا مساوی هشت برابر قطر پیچ	۱/۲ دور	۲/۳ دور	۵/۶ دور
طول پیچ از هشت برابر قطر بزرگتر اما کوچکتر یا مساوی دوازده برابر قطر پیچ	۲/۳ دور	۵/۶ دور	۱ دور

# TC-BOLT



## نحوه بستن پیچ ها

Spiral Tightening Sequence



حرکت حلزونی شکل

Criss-Cross Tightening Sequence



حرکت ضربدری

## نکات پیچ ها و جوش ها

ترکیب پیچ و جوش: اگر اتصال اتکایی باشد، کل نیرو را جوش تحمل می کند ( پیچ ها به درد نمی خورند)  
اگر اتصال اصطکاکی باشد، جوش و پیچ در تحمل نیرو سهیم هستند (اگر سازه موجود با اتصال اصطکاکی را با جوش تقویت کنیم، می توان فرض کرد جوش تنش های اضافی را تحمل می کند)

در اتصالات لرزه گیر کدام نوع اتصال باید استفاده شود:

تنها اصطکاکی

در اتصالات با بارگذاری متناوب (خستگی) کدام نوع اتصال باید استفاده شود:

تنها اصطکاکی

از پیچ معمولی در کدام نوع اتصال می توان استفاده کرد؟

تنها اتکایی

از پیچ اعلا در کدام نوع اتصال می توان استفاده کرد؟

هم اتکایی و هم اصطکاکی

---

## انواع سوراخ ها در اتصالات پیچی

قطر سوراخ



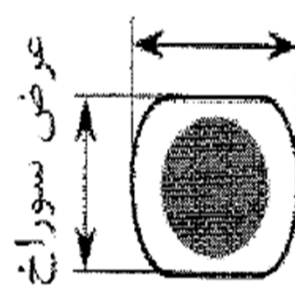
سوراخ استاندارد

قطر سوراخ



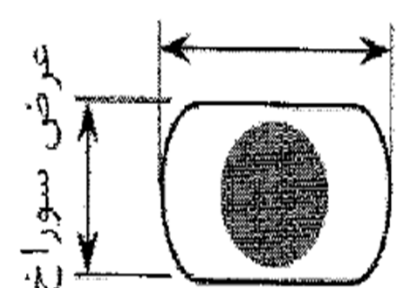
سوراخ بزرگ شده

طول سوراخ



سوراخ لوبیایی کوتاه

طول سوراخ



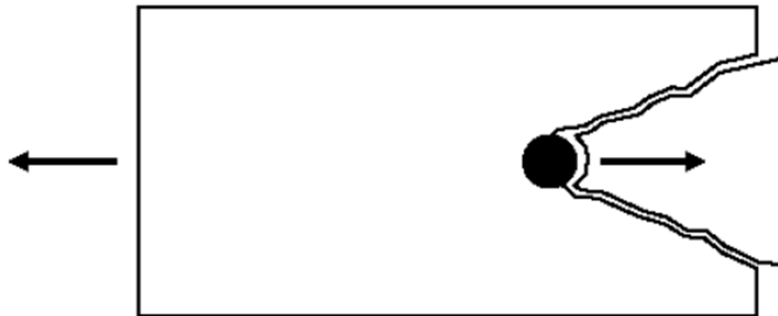
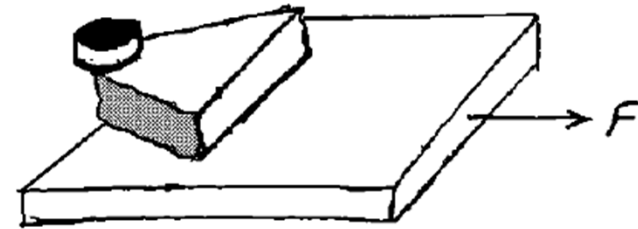
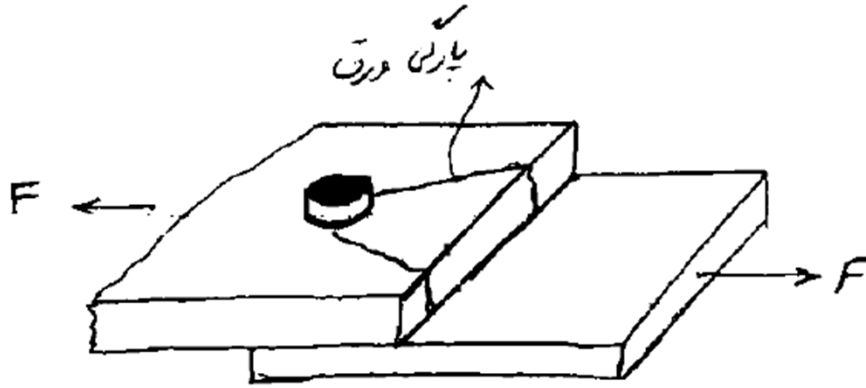
سوراخ لوبیایی بلند

## ابعاد اسمی سوراخ ها

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

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

## حداقل و حداکثر فواصل سوراخ استاندارد از لبه

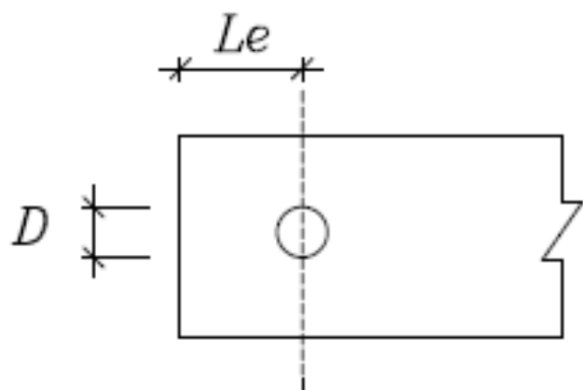


Shearing out

Insufficient edge distance



# حداقل و حداکثر فواصل سوراخ استاندارد از لبه



جدول ۱۰-۲-۹-۸ حداقل فاصله مرکز سوراخ استاندارد تا لبه در هر راستا

لبه نورد شده ورق- نیمرخ، تسمه و نیز لبه بریده شده با شعله اتوماتیک یا اره	لبه بریده شده با قیچی (گیوتین)
$1/75d$	$2d$

$d =$  قطر اسمی پیچ

## ث) حداکثر فاصله مرکز سوراخ تا لبه

حداکثر فاصله از مرکز هر پیچ تا نزدیکترین لبه 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 لبه قطعه در هر راستا نباید از ۱۲ برابر ضخامت نازکترین قطعه و همچنین از ۱۵۰ میلی متر تجاوز کند.

۲. برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی شدید ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله از مرکز هر پیچ تا نزدیکترین لبه قطعه در هر راستا نباید از ۸ برابر ضخامت نازکترین قطعه و همچنین از ۱۲۵ میلی متر تجاوز کند.

## حداقل و حداکثر فاصله مرکز به مرکز سوراخ ها

پ) حداقل فواصل سوراخ پیچها در اتصالات پیچی

فاصله مرکز تا مرکز سوراخهای استاندارد، سوراخهای بزرگ شده و سوراخهای لوبیایی نباید از ۳ برابر قطر وسیله اتصال کمتر باشد.

ج) حداکثر فاصله مرکز تا مرکز سوراخها در اتصالات پیچی

حداکثر فاصله مرکز تا مرکز سوراخها در اتصالات پیچی 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 بین مرکز سوراخها نباید از ۲۴ برابر ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده و همچنین از ۳۰۰ میلی‌متر تجاوز کند.
۲. برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی شدید ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله بین مرکز سوراخها نباید از ۱۴ برابر ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده و همچنین از ۲۰۰ میلی‌متر تجاوز کند.

# تنش های قراردادی

## تنش های قراردادی :

$$( \text{تنش برشی موجود} ) \quad f_v = \frac{P}{m \left( \frac{\pi}{4} D^2 \right)} \leq F_v \quad ( \text{مقاومت برشی} )$$

$$P = \frac{T}{n}$$

$m$  : تعداد سطوح برش

$t$  : ضخامت ورق

$D$  : قطر محاسباتی پیچ

$P$  : بار یک پیچ

$T$  : نیروی کششی اتصال

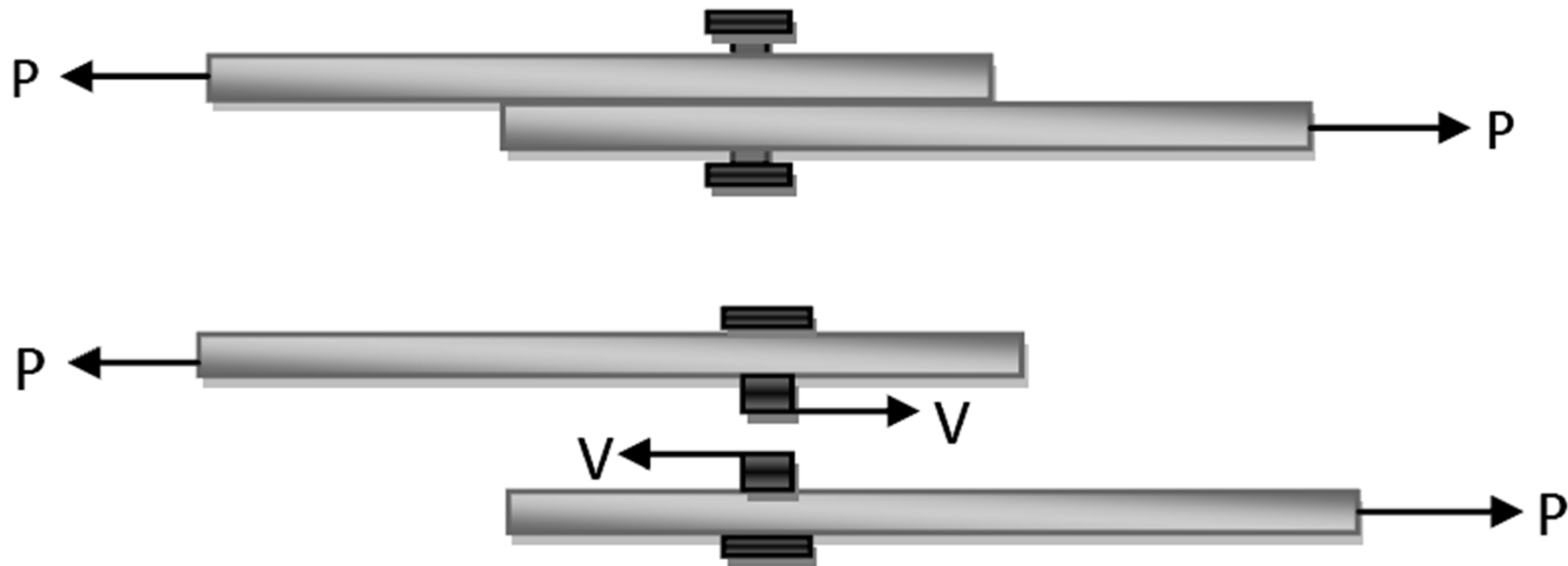
$n$  : تعداد پیچ ها

$$( \text{تنش کششی} ) \quad f_t = \frac{P}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} \leq F_t \quad ( \text{مقاومت کششی} )$$

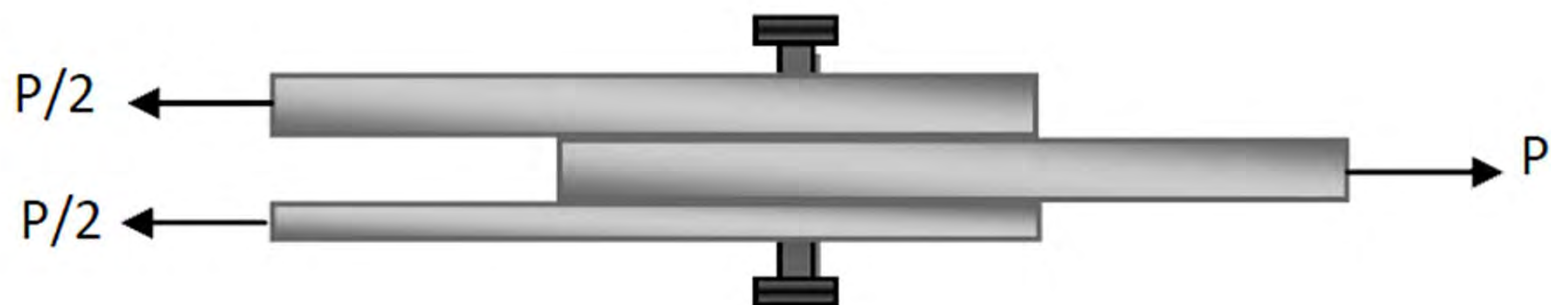
$$( \text{تنش اتکایی} ) \quad f_p = \frac{P}{D \cdot t} \leq F_p \quad ( \text{مقاومت اتکایی} )$$

---

## تک برشه



## دو برشه



## اتصالات اتكايي

در اتصالات اتكايي، مقاومت كشي طراحي ( $\phi R_{nt}$ ) و مقاومت برشي طراحي ( $\phi R_{nv}$ ) پيچها و قطعات دندانه شده از روابط زير تعيين مي گردند.

$$\text{مقاومت كشي طراحي} = \phi R_{nt} = \phi F_{nt} A_{nb} \quad (4-9-2-10)$$

$$\text{مقاومت برشي طراحي} = \phi R_{nv} = \phi F_{nv} A_{nb} \quad (5-9-2-10)$$

در روابط فوق:

$\phi$  = ضريب كاهشي مقاومت و مساوي ۰/۷۵ مي باشد.

$R_{nt}$  = مقاومت كشي اسمي

$R_{nv}$  = مقاومت برشي اسمي

$A_{nb}$  = سطح مقطع اسمي وسيله اتصال (پيچ يا قطعه دندانه شده)

$F_{nt}$  = تنش كشي اسمي مطابق مقادير جدول ۱۰-۹-۲-۱۰

$F_{nv}$  = تنش برشي اسمي مطابق مقادير جدول ۱۰-۹-۲-۱۰

# اتصالات اتکایی

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

تنش کششی اسمی ( $F_{nt}$ )	تنش برشی اسمی ( $F_{nv}$ ) در اتصالات اتکایی	نوع وسیله اتصال
$0.75F_u$ [۱],[۲]	$0.45F_u$ [۵],[۳]	پیچ‌های معمولی
$0.75F_u$ [۴]	$0.45F_u$ [۵]	پیچ‌های پر مقاومت در حالتی که سطح برش از قسمت دندان‌شده می‌گذرد
$0.75F_u$ [۴]	$0.55F_u$ [۵]	پیچ‌های پر مقاومت در حالتی که سطح برش از قسمت دندان‌شده نمی‌گذرد
$0.75F_u$ [۱],[۶]	$0.45F_u$	قطعه دندان‌شده طبق مشخصات تعیین شده، در حالتی که سطح برش از قسمت دندان‌شده می‌گذرد
$0.75F_u$ [۱],[۶]	$0.55F_u$	قطعه دندان‌شده طبق مشخصات تعیین شده، در حالتی که سطح برش از قسمت دندان‌شده نمی‌گذرد

برای میل مهارهای کف ستون

## اتصالات اتكايي

۱۰-۲-۹-۳-۴ اثر مشترك كشش و برش در اتصالات اتكايي

مقاومت كششي طراحي و برشي طراحي پيچهاي تحت اثر توأم كشش و برش بايد بر اساس حالتهاي حدي گسيختگي كششي و برشي مطابق روابط زير تعيين شود.

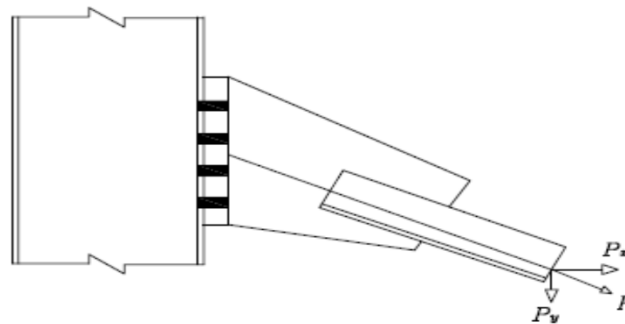
$$\text{مقاومت كششي طراحي} = \phi R_{nt} = \phi F'_{nt} A_{nb} \quad (۶-۹-۲-۱۰)$$

$$\text{مقاومت برشي طراحي} = \phi R_{nv} = \phi F'_{nv} A_{nb} \quad (۷-۹-۲-۱۰)$$

كه در آن:

$$F'_{nt} = F_{nt} \left[ \sqrt{1 - \frac{f_{uv}}{\phi F_{nv}}} \right] \leq F_{nt} \quad (۸-۹-۲-۱۰)$$

$$F'_{nv} = F_{nv} \left[ \sqrt{1 - \frac{f_{ut}}{\phi F_{nt}}} \right] \leq F_{nv} \quad (۹-۹-۲-۱۰)$$





## اتصالات اتکایی

$\phi$  = ضریب کاهش مقاومت و مساوی ۰/۷۵ می باشد.

$F_{nt}$  = مقاومت کششی اسمی مطابق جدول ۱۰-۹-۲-۱۰ وقتی که نیروی کششی به تنهایی عمل نماید.

$F_{nv}$  = مقاومت برشی اسمی مطابق جدول ۱۰-۹-۲-۱۰ وقتی که نیروی برشی به تنهایی عمل نماید.

$f_{uv}$  = تنش برشی مورد نیاز

$f_{ut}$  = تنش کششی مورد نیاز

$A_{nb}$  = سطح مقطع اسمی پیچ

تبصره: در مواردی که تنش کششی یا برشی مورد نیاز کمتر از ۳۰ درصد تنش طراحی متناظر

باشد  $(f_u \leq 0.3\phi F_n)$ ، منظور کردن رابطه اندرکنش لازم نیست.

---

## اتصالات اصطكاكي

۱۰-۲-۹-۳-۵ مقاومت كشي طراحی و برشي طراحی در اتصالات اصطكاكي  
مقاومت كشي طراحی پیچ‌های پرمقاومت در اتصالات اصطكاكي عیناً مشابه مقاومت كشي  
طراحی پیچ‌های پر مقاومت در اتصالات اتكایی بوده و از ضوابط بند ۱۰-۲-۹-۳-۳ تعیین می‌گردد.  
مقاومت برشي طراحی پیچ‌های پرمقاومت در اتصالات اصطكاكي بر اساس کنترل لغزش بحرانی  
تعیین می‌گردد. مقاومت برشي طراحی پیچ‌های پر مقاومت در اتصالات اصطكاكي بر اساس کنترل  
لغزش بحرانی مساوی  $\phi R_{nv}$  می‌باشد که در آن،  $\phi$  ضریب کاهش مقاومت و  $R_{nv}$  مقاومت برشي  
اسمی به شرح زیر می‌باشد.

## اتصالات اصطحکاکی

$$R_{nv} = \mu D_u h_f T_b n_s$$

(۱۰-۹-۲-۱۰)

که در آن:

$\phi$  = ضریب کاهش مقاومت به شرح زیر:

- برای سوراخ‌های استاندارد و سوراخ لوبیایی کوتاه در امتداد عمود بر راستای نیرو  $\phi=۱$
  - برای سوراخ‌های بزرگ‌شده و سوراخ لوبیایی کوتاه در امتداد موازی با راستای نیرو  $\phi=۰/۸۵$
  - برای سوراخ‌های لوبیایی بلند  $\phi=۰/۷$
-

## اتصالات اصطحاکي

$\mu$  = ضريب اصطکاک به شرح زير:

- برای وضعیت سطحی کلاس A (سطح فلس دار تمیز و رنگ شده):  $\mu = 0/3$
- برای وضعیت سطحی کلاس B (سطح تمیز شده با ماسه پاشی و رنگ نشده):  $\mu = 0/5$
- $D_u$  = نسبت پیش تنیدگی متوسط پیچ‌ها به پیش تنیدگی حداقل پیچ‌ها و مساوی  $1/13$
- $h_f$  = ضريب کاهش بخاطر وجود ورق‌های پرکننده در بين قطعات متصل به يکديگر به شرح زير:
  - در صورت عدم نیاز به ورق‌های پرکننده در بين قطعات متصل به يکديگر مساوی 1
  - در صورت استفاده فقط از یک ورق پرکننده در بين قطعات متصل به يکديگر مساوی 1
  - در صورت استفاده از دو یا تعداد بیشتری از ورق‌های پرکننده در بين قطعات متصل به يکديگر مساوی  $0/85$

$T_b$  = حداقل نیروی پیش تنیدگی پیچ طبق مقادير جدول 10-2-9-7

$n_s$  = تعداد صفحات لغزش

# اتصالات اصطحکاکي



## اتصالات اصطحاکي

۱۰-۲-۹-۳-۶ اثر مشترک کشش و برش در اتصالات اصطحاکي

در اتصالات اصطحاکي، در صورت وجود توأم نیروی کششي و برشي، مقاومت برشي اسمي بر اساس کنترل لغزش طبق رابطه ۱۰-۹-۲-۱۰ بايد به شرح زیر در ضريب کاهش  $k_{sc}$  ضرب گردد.

$$k_{sc} = 1 - \frac{T_u}{D_u T_b n_b} \quad (11-9-2-10)$$

که در آن:

$T_u$  = نیروی کششي مورد نیاز

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

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

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

## مقاومت اتکایی

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

مقاومت اتکایی طراحی در جدار سوراخ پیچ در اتصالات اتکایی و اصطکاکی مساوی  $\phi R_n$  می باشد که در آن  $\phi$  ضریب کاهش مقاومت برابر  $0.75$  و  $R_n$  مقاومت اتکایی اسمی می باشد که بر اساس حالت حدی اتکایی برای حالت های مختلف به شرح زیر تعیین می گردد.

۱. برای سوراخ استاندارد، سوراخ بزرگ شده، سوراخ لوبیایی کوتاه و سوراخ لوبیایی بلند در حالتی که نیرو در امتداد طولی باشد:

$$R_n = 1/2 l_c t F_u \leq 2/4 d t F_u \quad (10-2-9-12)$$

۲. برای سوراخ لوبیایی بلند در حالتی که نیرو در امتداد عرضی باشد (محور شکاف عمود بر امتداد نیرو باشد)

$$R_n = 1/0 l_c t F_u \leq 2/0 d t F_u \quad (10-2-9-13)$$

## مقاومت اتكايي

در روابط فوق:

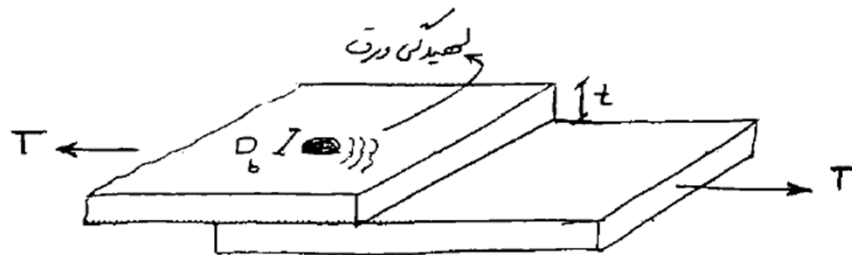
$d$  = قطر اسمي پيچ

$F_u$  = تنش كشي نهايي مصالح ورق اتصال

$t$  = ضخامت قطعه اتصال

$l_c$  = فاصله خالص در راستاي نيرو، بين لبه سوراخها براي سوراخهاي مياني

= فاصله خالص در راستاي نيرو، بين لبه سوراخ تا لبه آزاد ورق اتصال براي سوراخهاي انتهائي





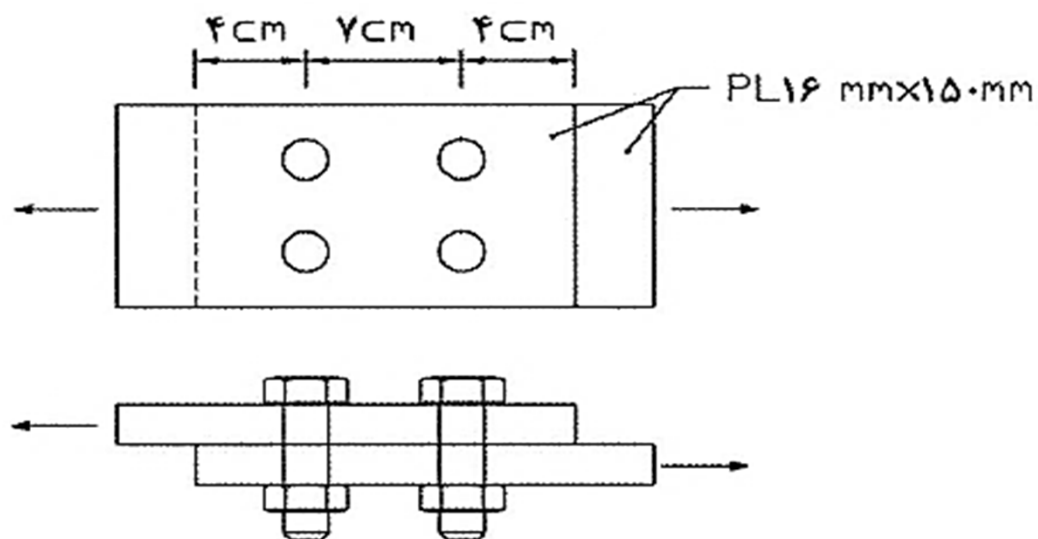
## مثال

مثال: مقاومت کششی اتصال نشان داده با پیچ M22 و نوع A325 و سوراخ استاندارد را برای حالات زیر بدست آورید.

الف) اتصال اتکایی و رزوه پیچ در صفحه برش قرار دارد

ب) اتصال اتکایی و رزوه پیچ در صفحه برش قرار ندارد.

پ) اتصال اصطحکاکی



## حل مثال

ابتدا فاصله سوراخ‌ها از یکدیگر و تا لبه عضو بر اساس ضوابط آیین‌نامه بررسی می‌شود.

M۲۲

$$3d = 3(2/2) = 6/6 \text{ cm} < 7 \text{ cm}$$

با فرض لبه برش داده شده،

$$38 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$$

قطر سوراخ استاندارد برابر است با،

$$d_h = 24 \text{ mm}$$

قطر سوراخ در محاسبات باید  $2 \text{ mm}$  بیشتر از قطر سوراخ قرار داده شود.

$$d_h = 24 + 2 = 26 \text{ mm}$$

---

## حل مثال

محاسبه مقاومت کششی ورق:

$$A_g = (1/6)(15) = 24 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 24 - 2(2/6)(1/6) = \underline{15/7 \text{ cm}^2}$$

$$A_e = 0.85(24) = 20.4 \text{ cm}^2$$

$$A_e = A_n = 15/7 \text{ cm}^2$$

مقاومت کششی طراحی در اثر تسلیم فولاد در سطح مقطع کل تعیین می گردد.

$$P_n = F_y A_g$$

$$P_n = (2/4)(24) = 57/6 \text{ t}$$

$$\phi_t P_n = (0.9)(57/6) = 51/8 \text{ t}$$

مقاومت کششی طراحی در اثر مقاومت نهایی فولاد در سطح مقطع موثر خالص نیز به دست می آید.

$$P_n = F_u A_e$$

$$P_n = (3/7)(15/7) = 58/11 \text{ t}$$

$$\phi_t P_n = (0.75)(58/11) = \underline{43/6 \text{ t}}$$

مقاومت نهایی فولاد کنترل کننده است.

در مورد اتصالات پیچی معمولاً مقاومت نهایی فولاد کنترل کننده است.

## حل مثال

الف) مقاومت پیچ بررسی می شود.

$$R_n = F_n A_b$$

$$R_n = (4)(3/2)(3/8) = 50/2$$

$$\phi R_n = (0.75)(50/2) = \underline{37.5 t}$$

مقاومت اتکایی تعیین می گردد.

$$R_n = 1/5 L_c t F_u \leq 3 d t F_u$$

$$(R_n)_b = 1/5 (4 - 1/2)(1/6)(3/7) = 24/9 t \leq 3(2/2)(1/6)(3/7) = 39/14 t$$

$$\phi R_n = 4(0.75)(24/9) = 74/7 t$$

مقاومت طراحی پیچ کنترل کننده است.

## حل مثال

(ب)

$$R_n = (4)(4/14)(3/8) = 62/9 \text{ t}$$

$$\phi R_n = (0.75)(62/9) = 47/2 \text{ t}$$

در این حالت، مقاومت ورق کنترل کننده است.

$$\phi_t P_n = \underline{42/6 \text{ t}}$$

(پ)

$$R_n = \mu D_u h_{sc} T_b N_s$$

$$T_b = 17/6 \text{ t}$$

$$R_n = 4(0.5)(1/13)(1)(17/6)(1) = 39/8 \text{ t}$$

$$\phi R_n = (1)(39/8) = \underline{39/8 \text{ t}}$$

مقاومت طراحی پیچ کنترل کننده است.

---

## حل مثال

الف) مقاومت پیچ بررسی می شود.

$$R_n = F_n A_b$$

$$R_n = (4)(3/3)(3/8) = 50/2$$

$$\phi R_n = (0.75)(50/2) = \underline{37.5 t}$$

مقاومت اتکایی تعیین می گردد.

$$R_n = 1/5 L_c t F_u \leq 3 d t F_u$$

$$(R_n)_b = 1/5 (4 - 1/2)(1/6)(3/7) = 24/9 t \leq 3(2/2)(1/6)(3/7) = 39/14 t$$

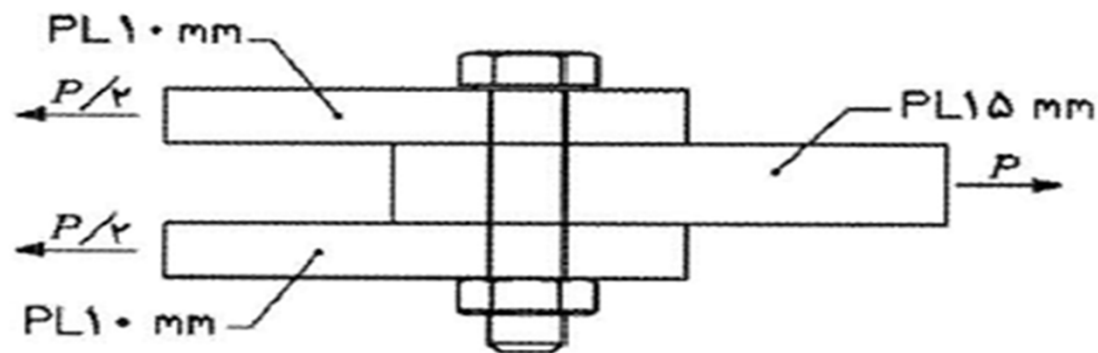
$$\phi R_n = 4(0.75)(24/9) = 74/7 t$$

مقاومت طراحی پیچ کنترل کننده است.

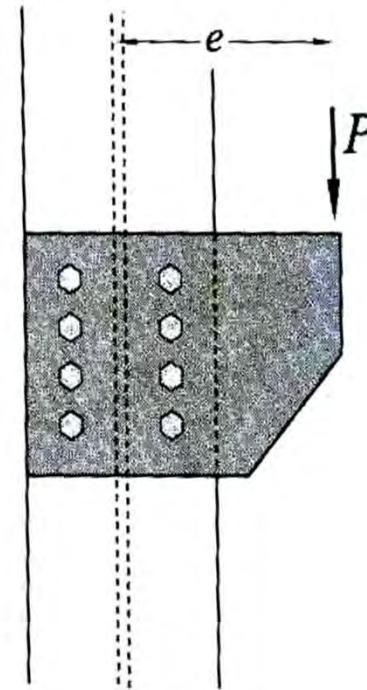
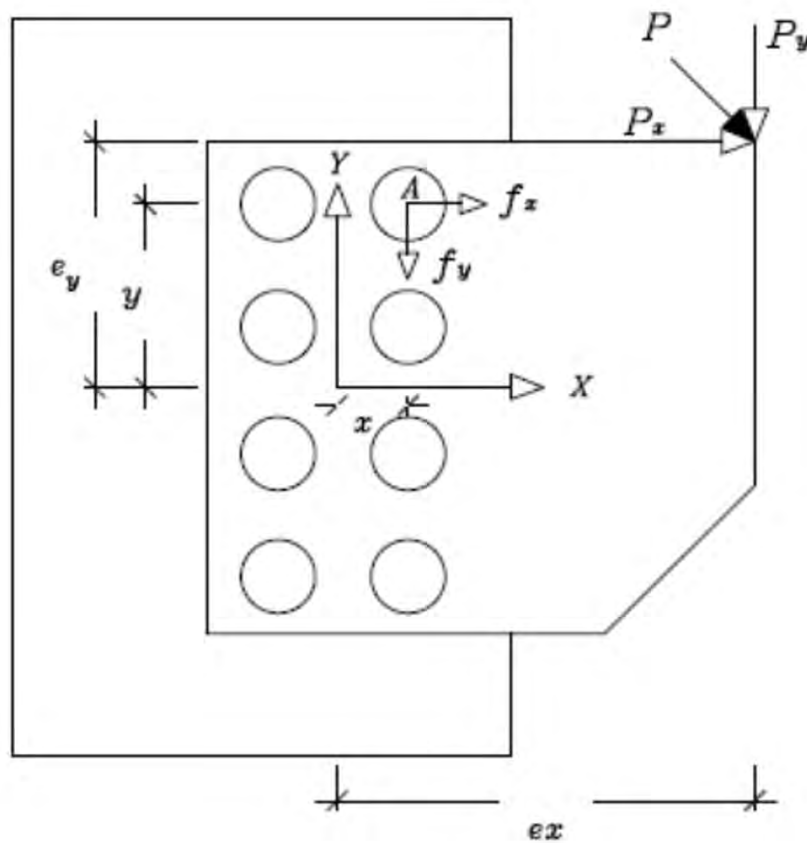
## تمرین

مثال: تعداد پیچ مورد نیاز **M22** از نوع **A490** در اتصال شکل زیر برای یک ردیف را بدست آورید. مقدار بار مرده **۵۰ تن** و بار زنده **۳۰ تن** است. فولاد **St-37** و سوراخ استاندارد است.

- الف) اتصال اتکایی و رزوه پیچ در صفحه برش قرار دارد.
- ب) اتصال اتکایی و رزوه پیچ در صفحه برش قرار ندارد.
- پ) اتصال اصطحکاکی



## اثر توام برش و پیچش: (برش با خروج از مرکزیت)



الف - اتصال به بال ستون



## روش حل

ابتدا تنش های ناشی از برش را تعیین می نماییم:

$$\begin{cases} f_{vx} = \frac{P_{ux}}{\sum A_b} \\ f_{vy} = \frac{P_{uy}}{\sum A_b} \end{cases}$$

کلیه تعاریف مانند آنچه در بخش برش گفته شده می باشد.

---

## روش حل

پس از محاسبه تنش های ناشی از برش تنش های ناشی از پیچش را تعیین می نماییم این تنشها می بایست در پیچ بحرانی محاسبه گردند.

$$\begin{cases} f_{vx}' = \frac{T \cdot y}{I_p} \\ f_{vy}' = \frac{T \cdot x}{I_p} \end{cases}$$

لنگر پیچشی:  $T = P_{ux} \cdot e_y \pm P_{uy} \cdot e_x$

فاصله افقی وقائم پیچ بحرانی تا مرکز سطح پیچ ها:  $x, y$

ممان اینرسی قطبی:  $I_p = A_b \sum (x_i^2 + y_i^2)$

فاصله افقی وقائم پیچ ها تا مرکز سطح پیچ ها:  $x_i, y_i$

حال برآیند تنش ها را با تنش اسمی برشی مقایسه می نماییم:

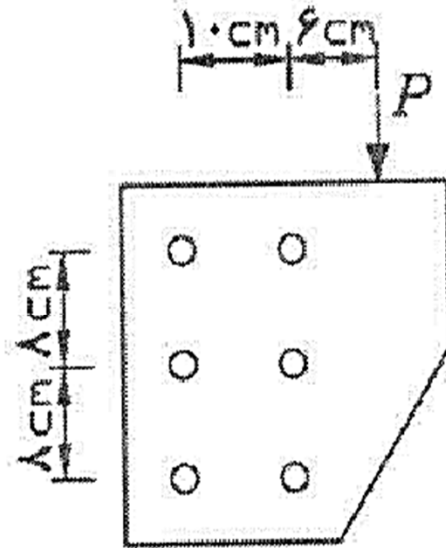
$$f_r = \sqrt{(f_{vx} \pm f_{vx}')^2 + (f_{vy} \pm f_{vy}')^2} \leq \varphi F_{nv}$$

تنش اسمی برشی مطابق جدول ۱۰-۲-۹:  $F_{nv} : 10$

ضریب تقلیل مقاومت:  $\varphi = 0.75$

## مثال

**مثال ۷-۷:** اتصال نشان داده شده در شکل را در هر دو حالت اتصال اتکایی (رزوه پیچ در صفحه برش



قرار ندارد) و اتصال اصطکاکی با استفاده از روش LRFD مورد بررسی قرار دهید. بارهای وارده  $P_l = 8t$ ،  $P_d = 4t$ ، پیچ‌ها  $M20$  و از نوع پرمقاومت A325 می‌باشند.

برای اتصال مورد نظر و با توجه به توضیحات فوق، پیچ سمت راست ردیف‌های بالا و پایین تحت اثر بیشترین مقدار تنش قرار دارند. تنش در پیچ‌های بحرانی بررسی می‌شود.

$$P_u = 1/2(4) + 1/6(8) = 17/6t$$

## حل مثال

$$e = 6 + 5 = 11 \text{ cm}$$

$$T_u = (17/6)(11) = 193/6 \text{ t}\cdot\text{cm}$$

$$f_s = \frac{17/6}{6(3/14)} = 0.934 \text{ t/cm}^2$$

$$\sum x^2 + \sum y^2 = 6(5)^2 + 4(8)^2 = 406 \text{ cm}^2$$

$$f_{nx} = \frac{(193/6)(8)}{(3/14)(406)} = 1/215 \text{ t/cm}^2$$

$$f_{ny} = \frac{(193/6)(5)}{(3/14)(406)} = 0.759 \text{ t/cm}^2$$

حداکثر تنش به دست می آید.

$$f_{\max} = \sqrt{(1/215)^2 + (0.759 + 0.934)^2} = 2.08 \text{ t/cm}^2$$

## حل مثال

اتصال اتکایی (رزوه پیچ در صفحه برش قرار دارد):

$$2/08 \text{ t/cm}^2 < (0/75)(4/14) = 3/11 \text{ t/cm}^2$$

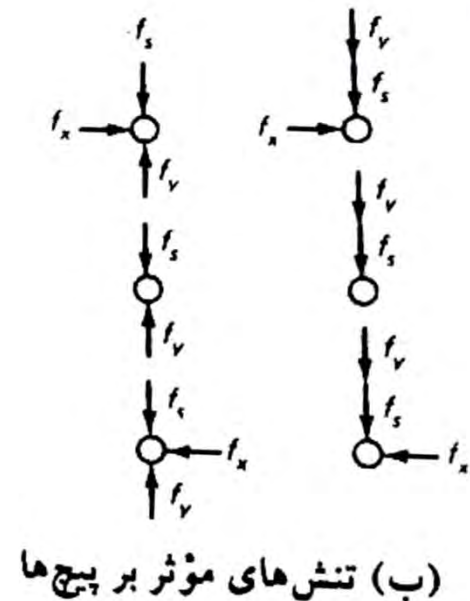
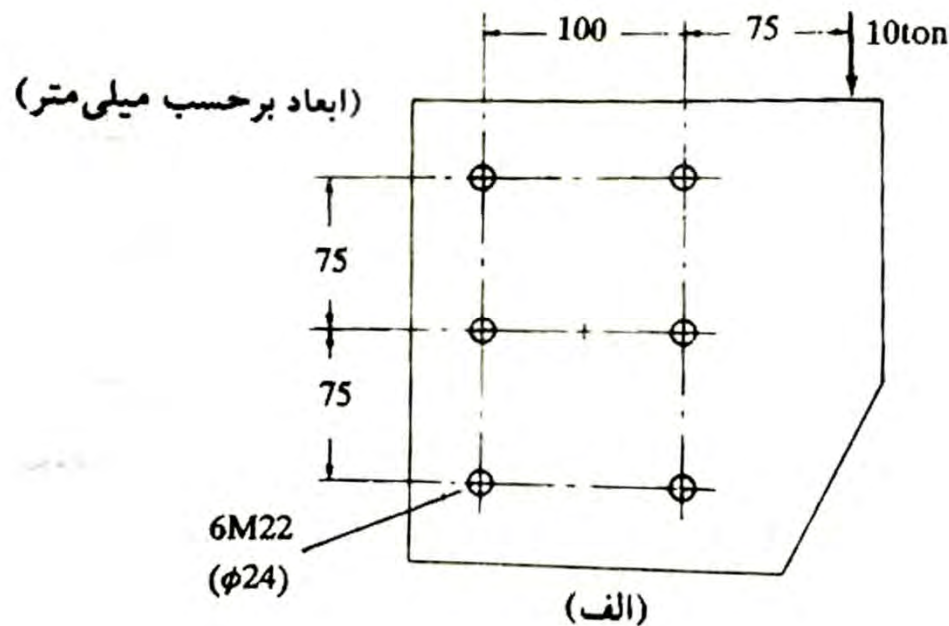
اتصال اصطکاکی:

$$2/08 \text{ t/cm}^2 < \frac{(1)(0/5)(1/13)(1)(14/2)(1)}{3/14} = 2/56 \text{ t/cm}^2$$

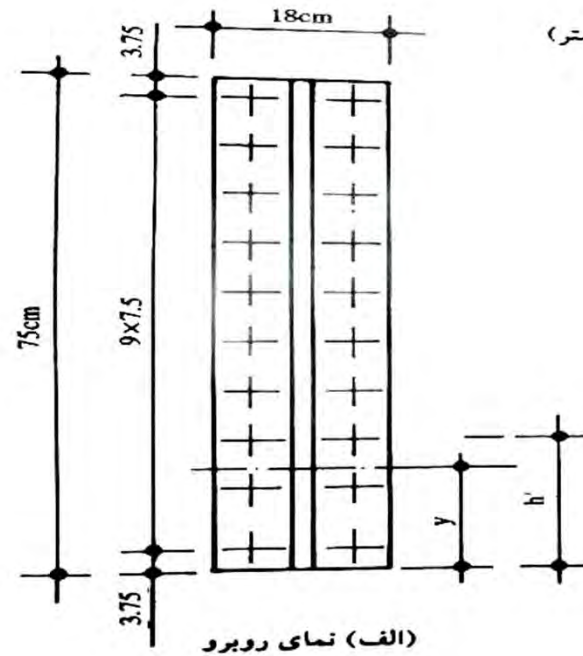
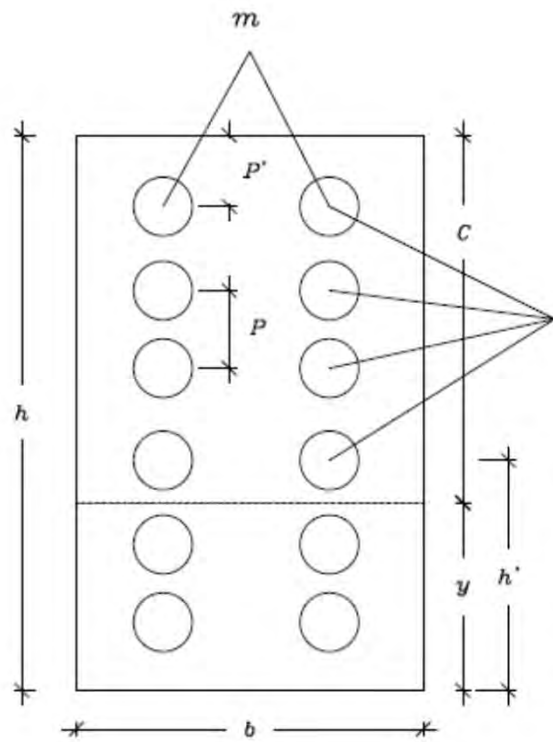
---

## تمرین

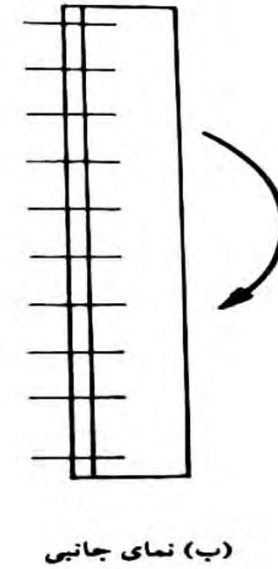
مثال: اتصال شکل زیر را برای حالت اتکایی و اصطحکاکی کنترل نمائید. پیچ ها از نوع پرمقاومت 8.8 می باشند. فرض نمائید که صفحه برش خارج از ناحیه دنده شده پیچ ها می باشد و کنترل تنش لهیدگی در ورق لازم نیست.



# اتصالات پیچی تحت اثر خمش



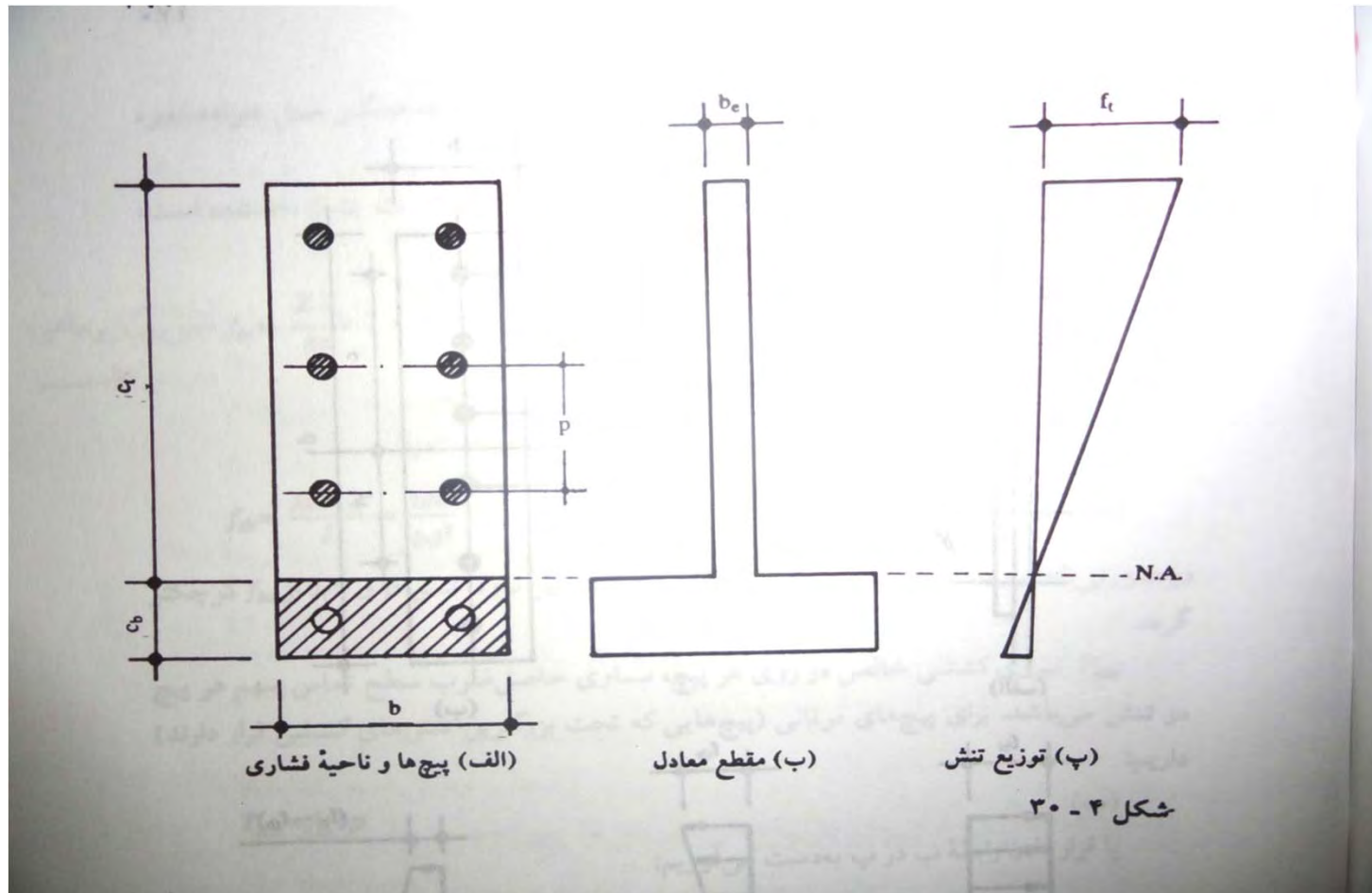
(ابعاد بر حسب سانتی متر)



(الف) نمای روبرو

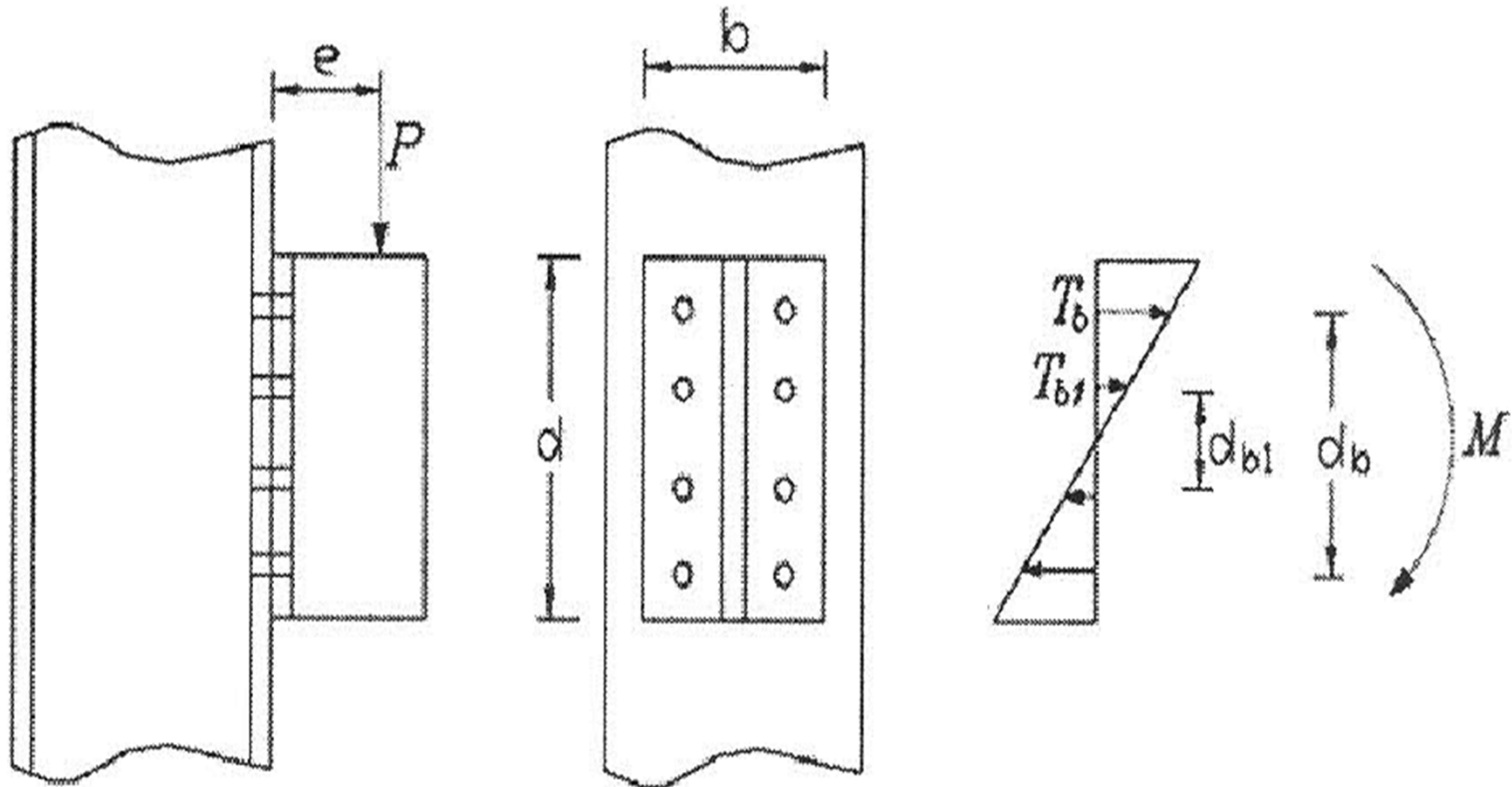
(ب) نمای جانبی

# عملکرد





# عملکرد



## ترکیب برش و خمش با فرض عملکرد انفرادی پیچ ها (اتکایی)

با توجه به اینکه خمش در پیچ ها ایجاد کشش می نماید این حالت مانند حالت کشش و برش محاسبه می گردد که در این حالت تنش کششی و برشی برابر است با:

$$f_v = \frac{P_u}{\sum A_b}$$

$$f_t = \frac{T_u}{nA_b}$$

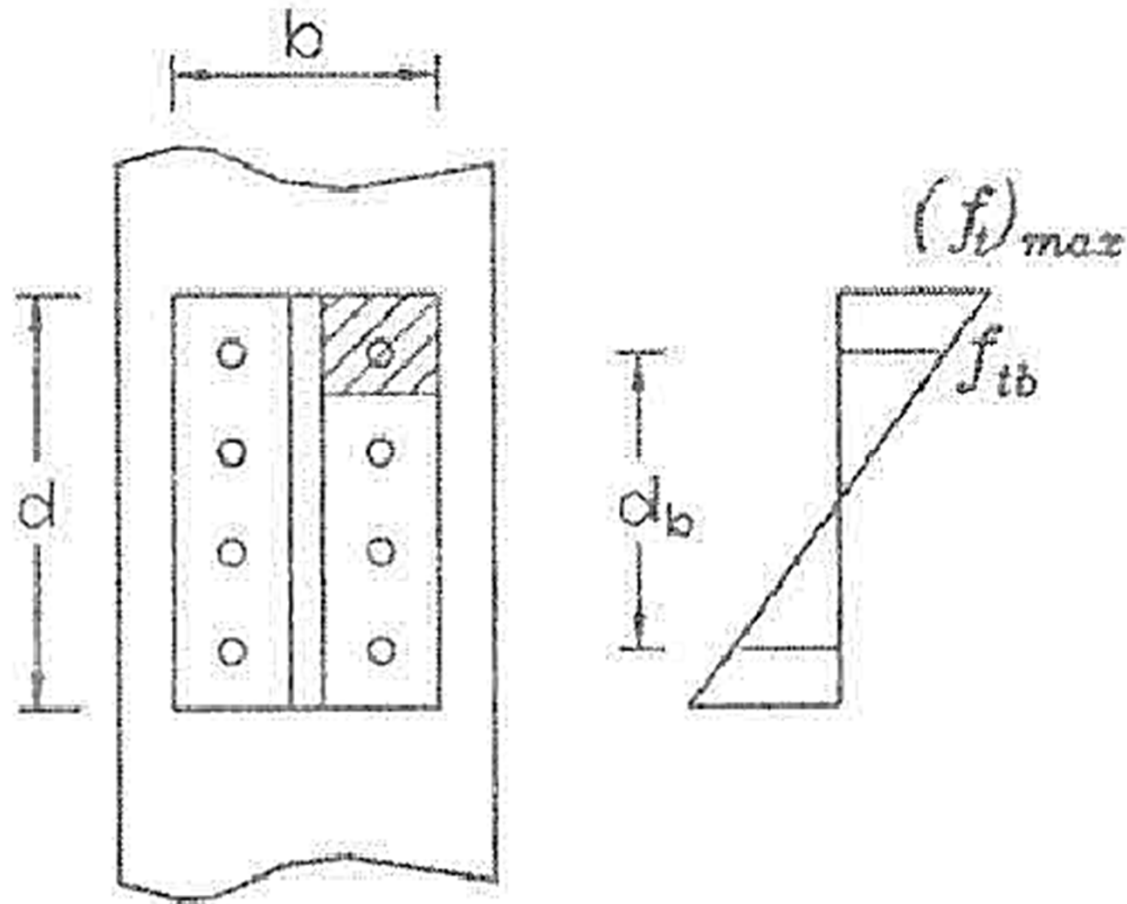
مقدار کشش در بالاترین ردیف پیچ ها برابر است با:

$$T_b = \frac{Md_b}{\gamma(d_b^2 + d_{b1}^2)}$$

لنگر خمشی وارد بر اتصال:  $M = P_u \cdot e$

---

# ترکیب برش و خمش با فرض عملکرد یکپارچه پیچ ها (اصطحکاکی)



## ترکیب برش و خمش با فرض عملکرد یکپارچه پیچ ها (اصطحکاکی)

حداکثر تنش کششی در اثر لنگر خمشی برابر است با:

$$(f_t)_{\max} = \frac{Mc}{I} = \frac{eM}{bd^3} \quad (45-7)$$

تنش در محل پیچ ( $f_{tb}$ ) از تناسب تنش ها به دست می آید.

$$f_{tb} = (f_t)_{\max} \left( \frac{d_b}{d} \right) \quad (46-7)$$

نیروی کششی پیچ از حاصل ضرب تنش پیچ در سطح باربری آن نتیجه می شود. در برخی موارد لازم است این سطح به طور تقریبی تعیین گردد.

$$T_b = f_{tb} A_{tb} \quad (47-7)$$

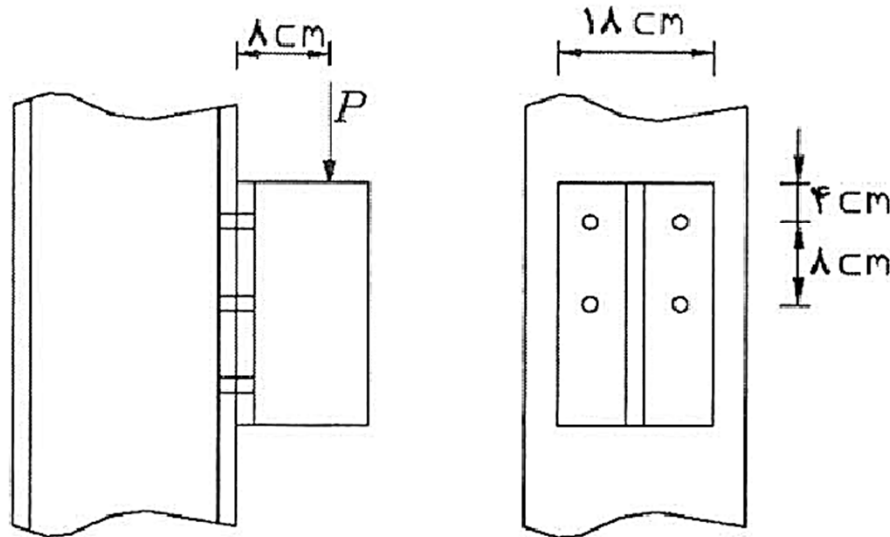
$A_{tb}$  - سطح باربری پیچ

## مثال

**مثال ۷-۹:** تعداد پیچ‌های مورد نیاز اتصال نشان داده شده در شکل را در دو حالت زیر و با استفاده از روش LRFD به دست آورید. بار مرده  $P_d = 10t$ ، بار زنده  $P_l = 30t$ ، پیچ‌ها  $M20$  و از نوع پرمقاومت A490 می‌باشند.

الف) اتصال اتکایی (رزوه پیچ در صفحه برش قرار ندارد)

ب) اتصال اصطکاکی



## حل مثال

$$P_u = 1/2(10) + 1/6(30) = 60 t$$

الف) مقاومت اتكايي يك پيچ به دست مي آيد.

$$R_n = (5/2)(3/14) = 16/33 t$$

$$\phi R_n = (0.75)(16/33) = 12/25 t$$

$$n = \frac{60}{12/25} = 4/9$$

با توجه به لنگر وارده، اتصال با فرض ۸ پيچ مورد بررسي قرار مي گيرد.

$$f_v = \frac{60}{8(3/14)} = 2/39 t/cm^2$$

$$M = (60)(8) = 480 t \cdot cm$$

## حل مثال

از رابطه عملکرد انفرادی پیچ‌ها استفاده می‌شود.

$$T_b = \frac{(480)(24)}{2[(24)^2 + (8)^2]} = 9/0 \text{ t}$$

$$f_t = \frac{9/0}{3/14} = 2/87 \text{ t/cm}^2$$

تنش ترکیبی بررسی می‌شود.

$$F_{nt}' = 1/3(7/8) - \frac{7/8}{(0/75)(5/2)} (2/39) = 5/36 \text{ t/cm}^2$$

$$2/87 \text{ t/cm}^2 < (0/75)(5/36) = 4/02 \text{ t/cm}^2$$

$$2/39 \text{ t/cm}^2 < (0/75)(5/2) = 3/9 \text{ t/cm}^2$$

قابل قبول است.

## حل مثال

ب) اتصال طراحی شده در حالت الف مورد بررسی قرار می‌گیرد.  
مقاومت اصطکاکی یک پیچ به دست می‌آید.

$$R_n = (0/5)(1/13)(1)(17/9)(1) = 10/1 t$$

$$\phi R_n = (1)(10/1) = 10/1 t$$

در این حالت، برای تعیین نیروی کششی پیچ از حالت عملکرد یکپارچه اتصال استفاده می‌شود.

$$(f_t)_{\max} = \frac{6(480)}{(18)(32)^2} = 0/156 t/cm^2$$

$$f_{tb} = 0/156 \left( \frac{12}{16} \right) = 0/117 t/cm^2$$

$$T_b = (0/117)(9)(8) = 8/42 t$$

ملاحظه می‌شود که در مورد این مثال، اختلاف نیروی کششی در دو حالت بسیار ناچیز است.



## حل مثال

$$f_i = \frac{1/42}{3/14} = 2/68 \text{ t/cm}^2$$

$$k_s = 1 - \frac{1/42}{(1/13)(17/9)(1)} = 0/584$$

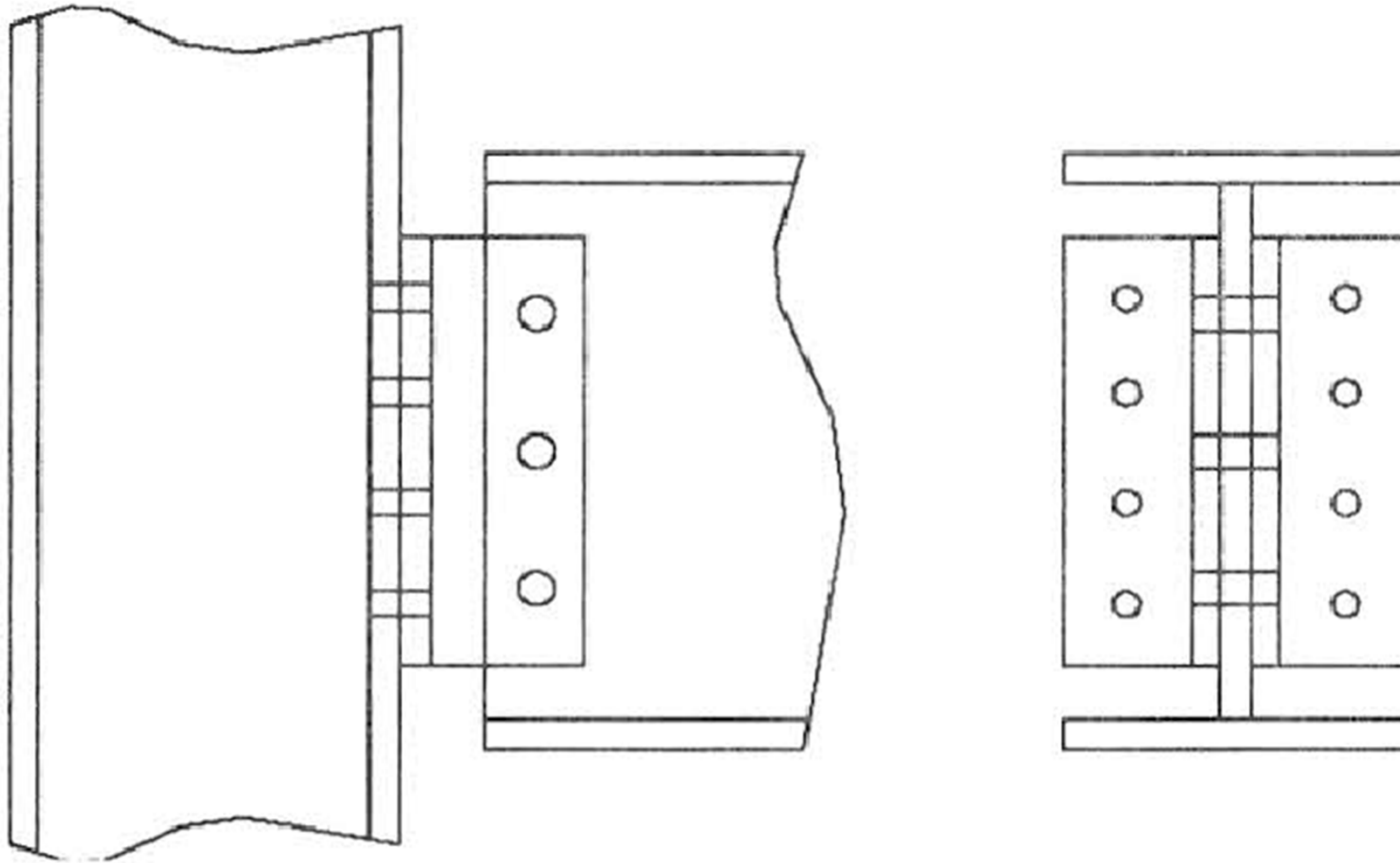
$$f_v \leq k_s \phi F_{nv}$$

$$2/39 \text{ t/cm}^2 > \frac{(0/584)(10/1)}{3/14} = 1/88 \text{ t/cm}^2$$

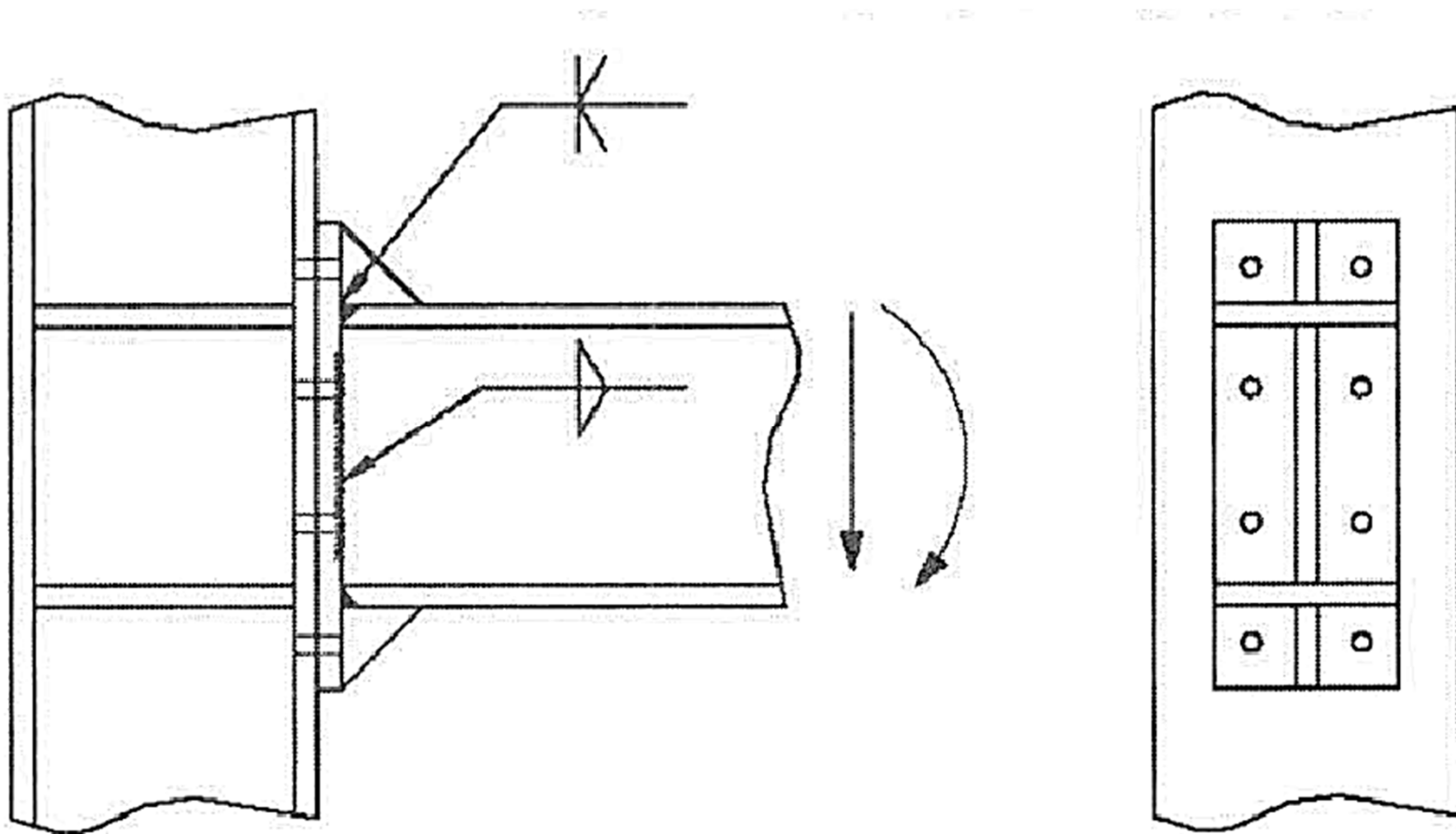
اتصال به صورت اصطکاکی جوابگو نمی باشد و لازم است تعداد پیچها افزایش داده شوند.

---

## اتصالات ساده پیچی



# اتصالات گیردار (خمشی)

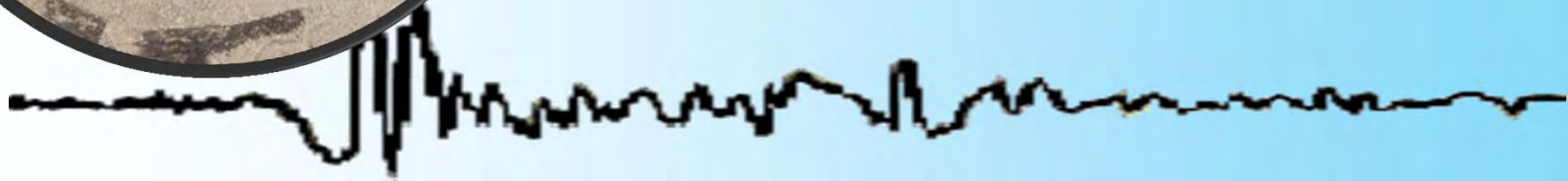




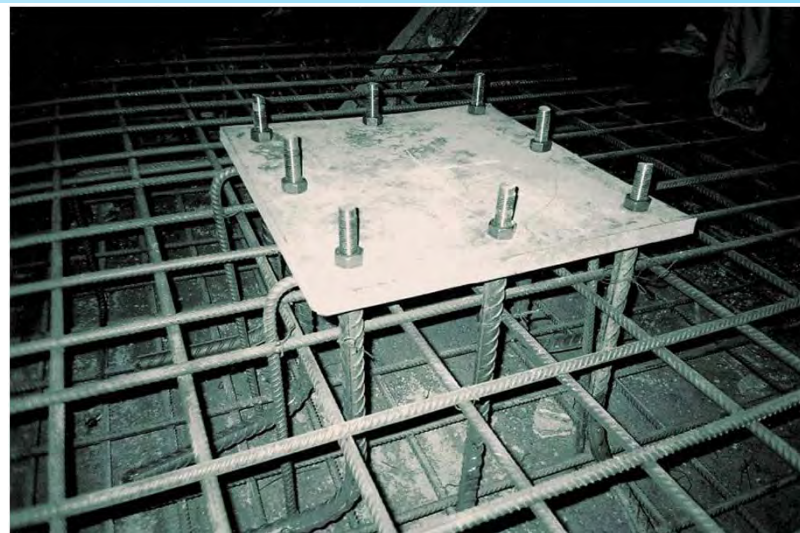
فصل سوم

ها

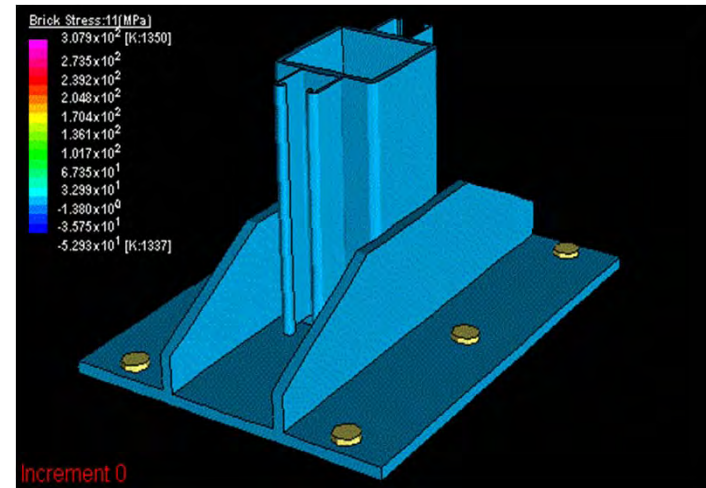
طراحی



## نمونه ای از جزئیات ورق پای ستون



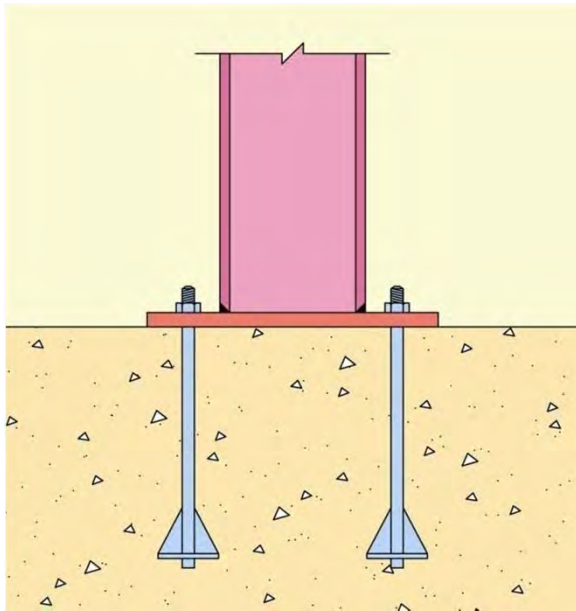
## نمونه ای از جزئیات ورق پای ستون



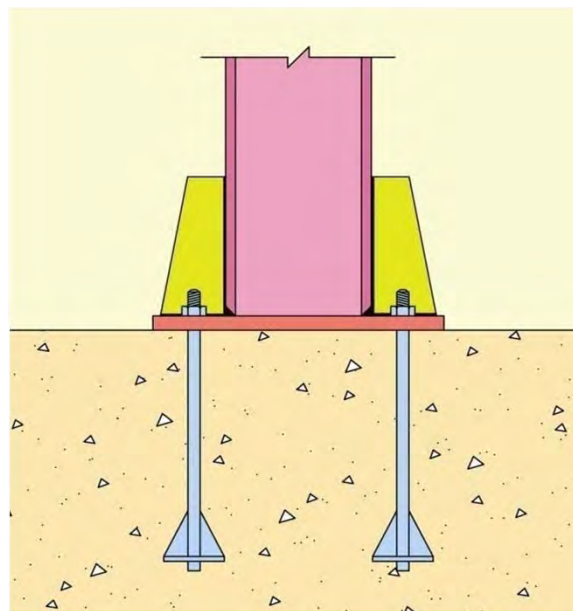
## نمونه ای از جزئیات ورق پای ستون گیردار



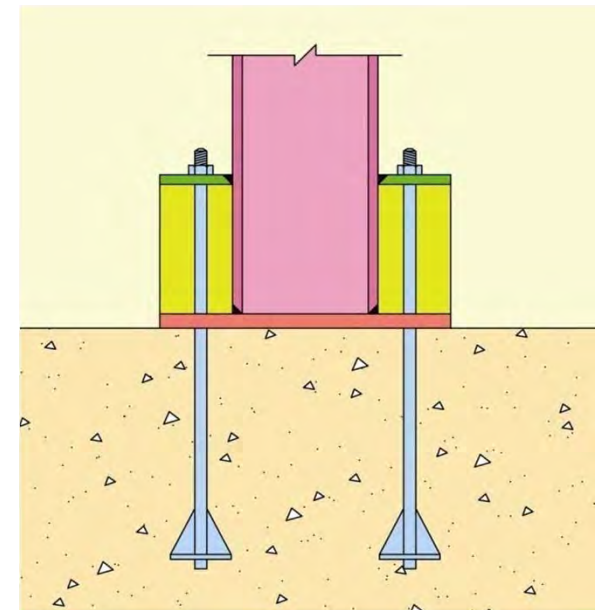
## جزئیات عمومی صفحات پای ستون



کف ستونهای تقویت نشده



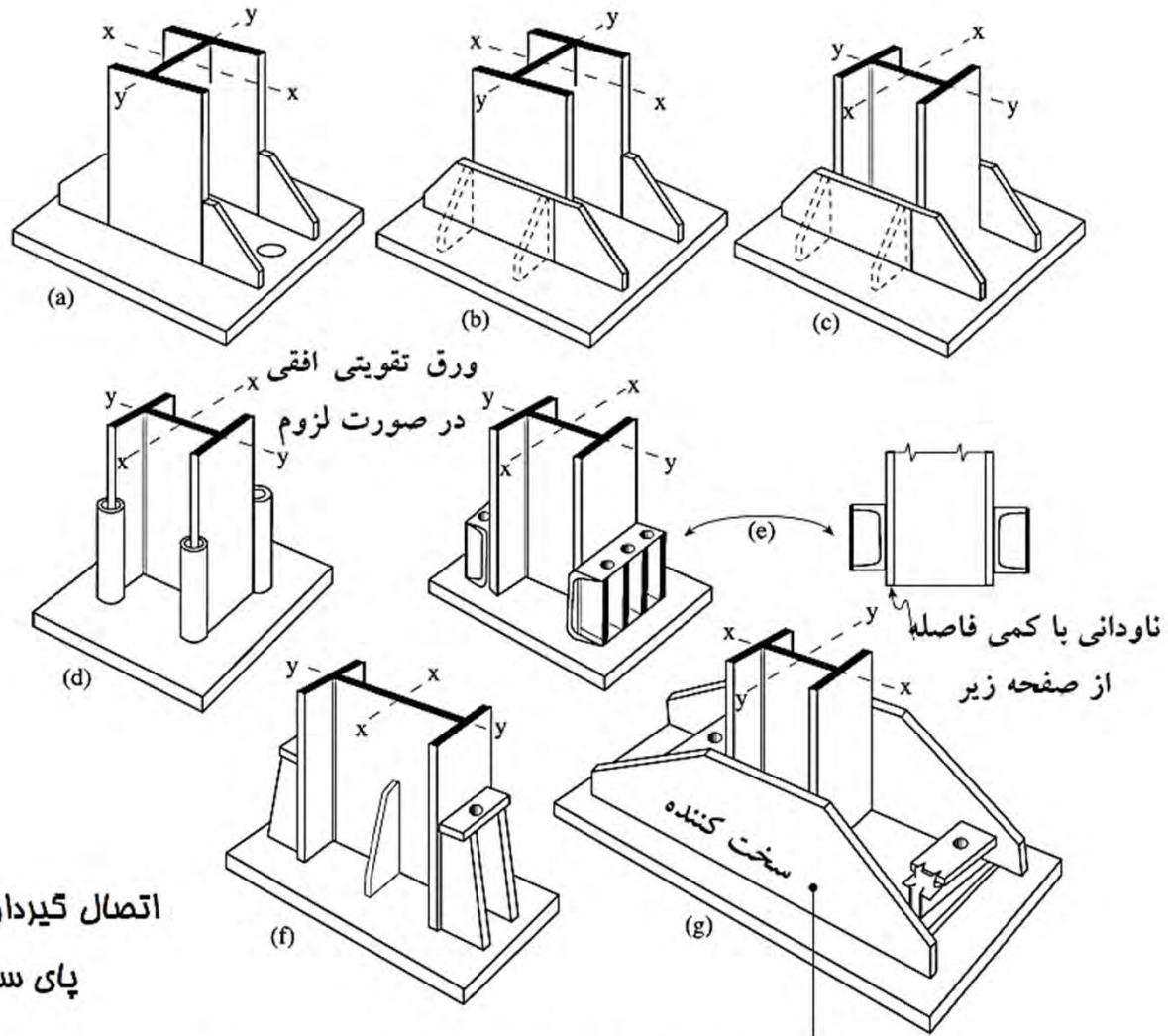
کف ستونهای تقویت شده با  
سخت کننده های قائم



کف ستونهای تقویت شده با  
سخت کننده های قائم و  
بکارگیری ورق فوقانی

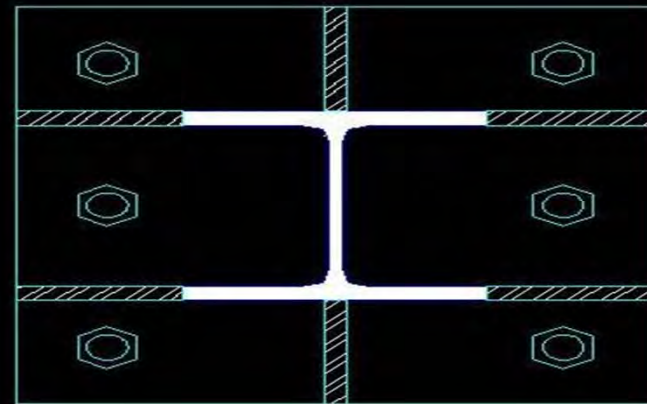
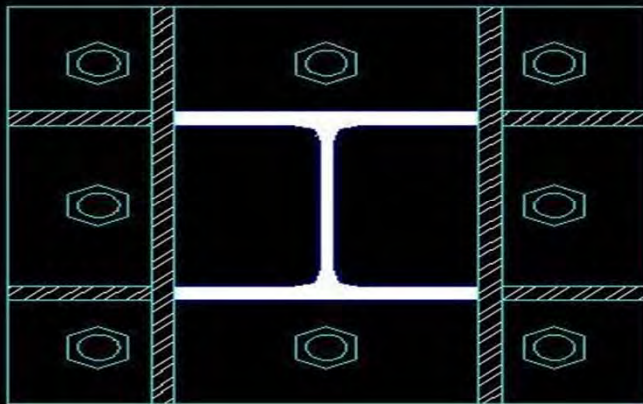
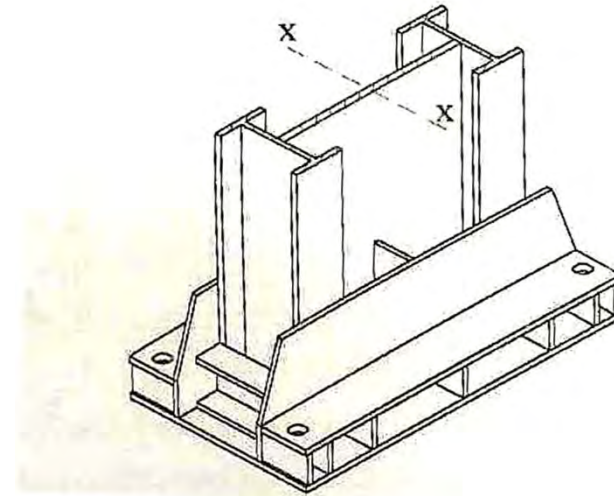
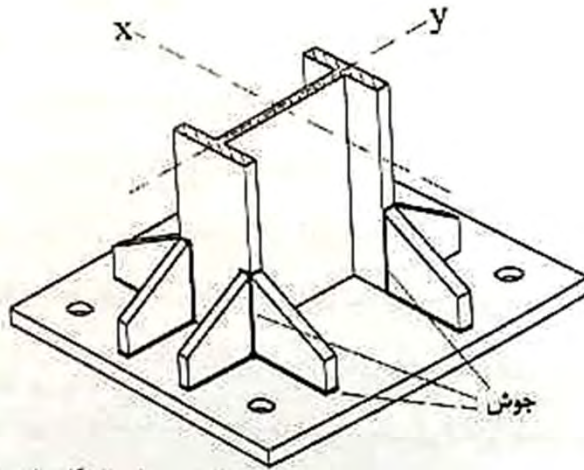


# نمونه ای از جزئیات ورق پای ستون گیردار

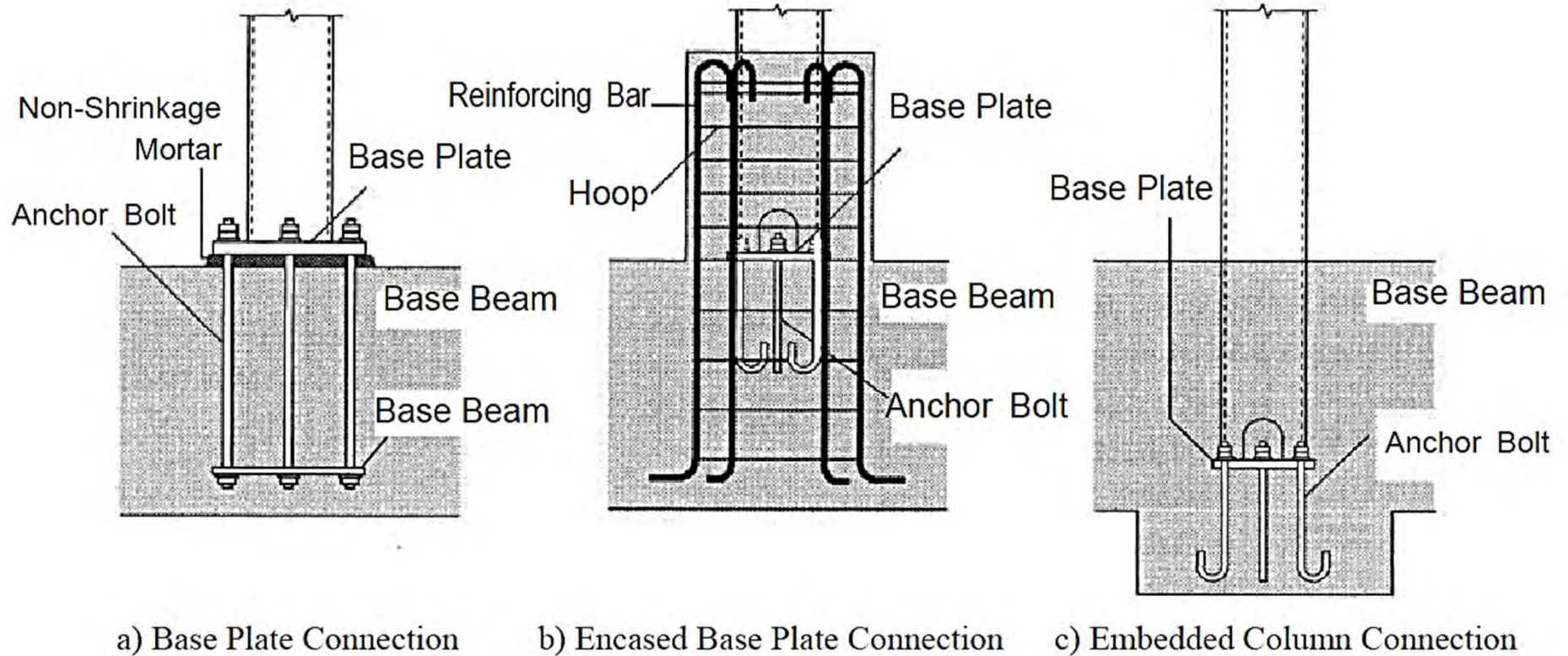


نمونه‌هایی از اتصال ستون به ورق پای ستون

## طراحی کف ستون با استفاده از سخت کننده



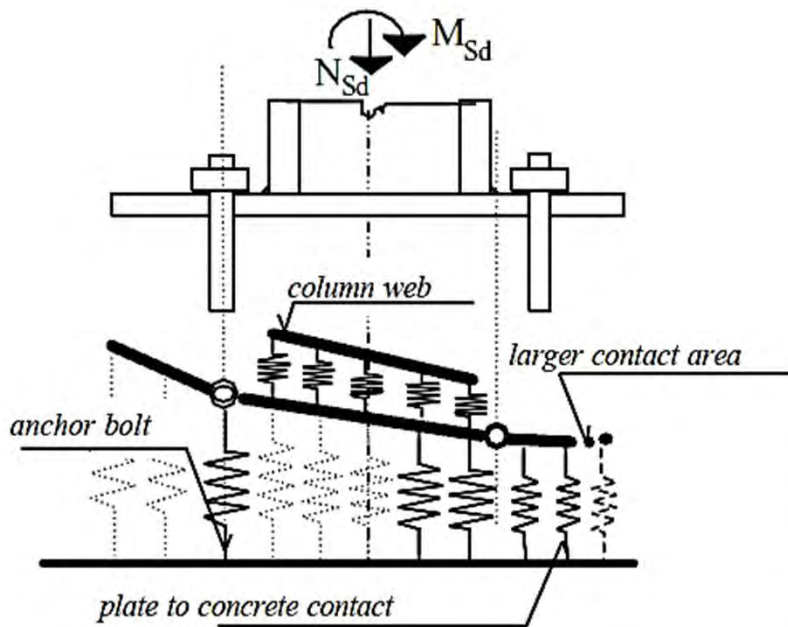
# جزئیات پای ستون گیردار معمول در ژاپن



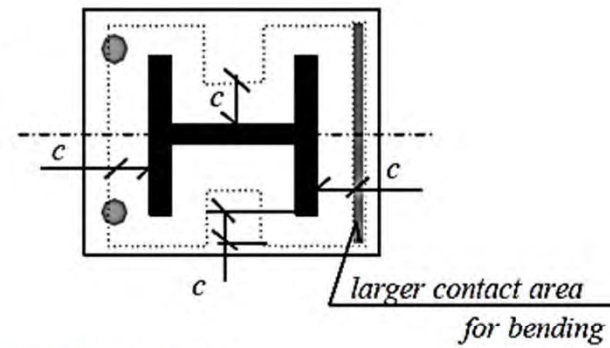
## نمونه ای از جزئیات ورق پای ستون مفصلی



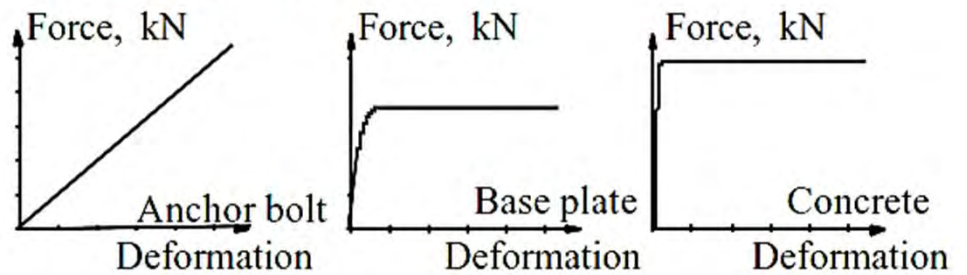
# مدل مکانیکی ورق پای ستون



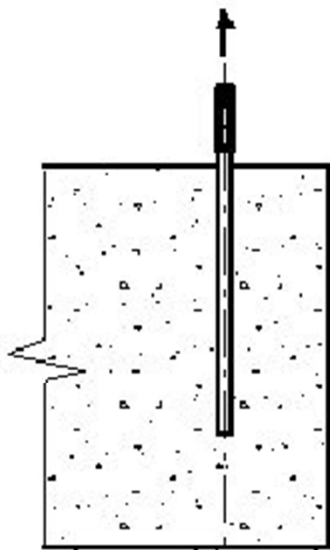
effective area



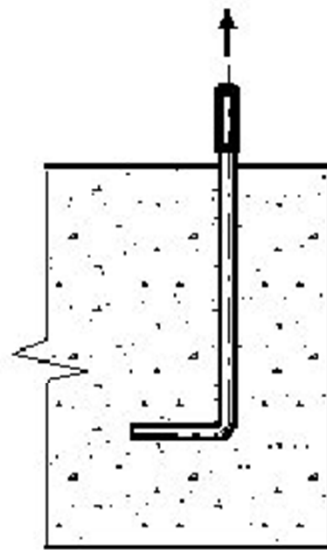
non-linear component behaviour



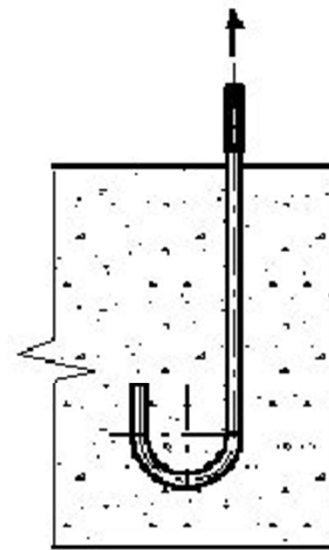
## ميل مهيار (انكر بولت) صفحه ستون



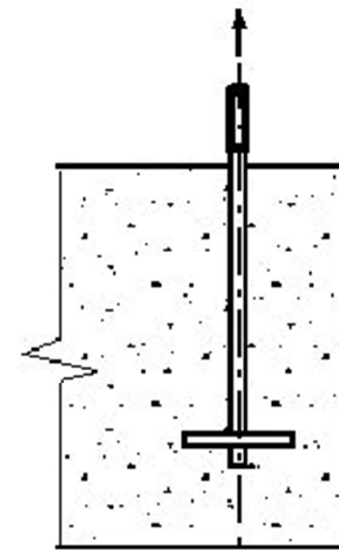
(a)



(b)

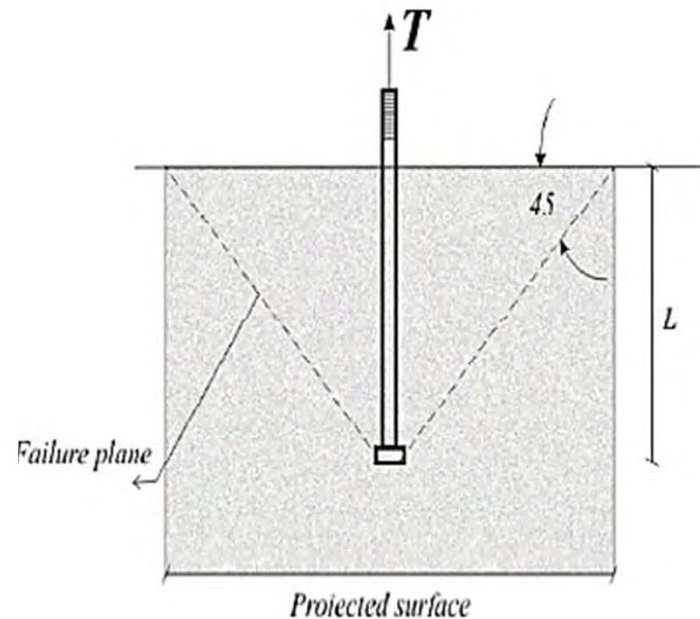


(c)



(d)

## مخروط گسیختگی و حداقل مشخصات هندسی انکر بولت ها



مصالح بولت	حداقل طول مدفون شدگی	فاصله از لبه پی
A307, A36	$12 d$	$5 d > 4 \text{ in.}$
A325, A449	$17 d$	$7 d > 4 \text{ in.}$

# کلید برشی

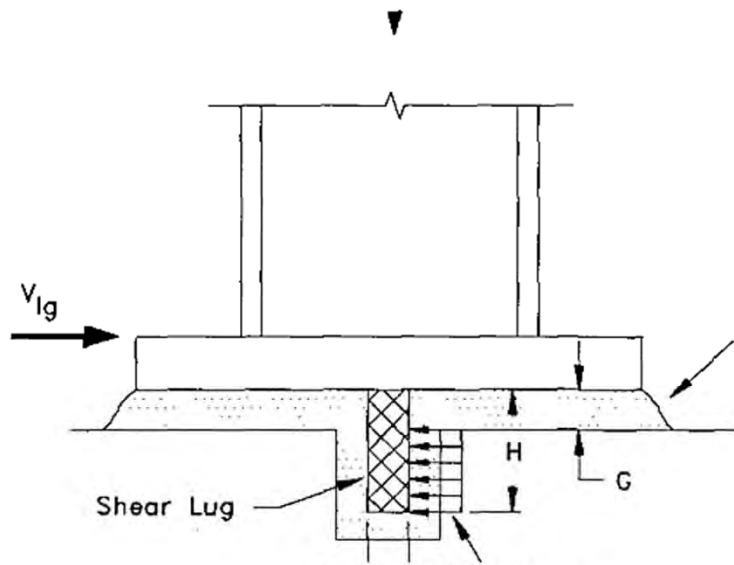


Fig. 20. Shear Lug

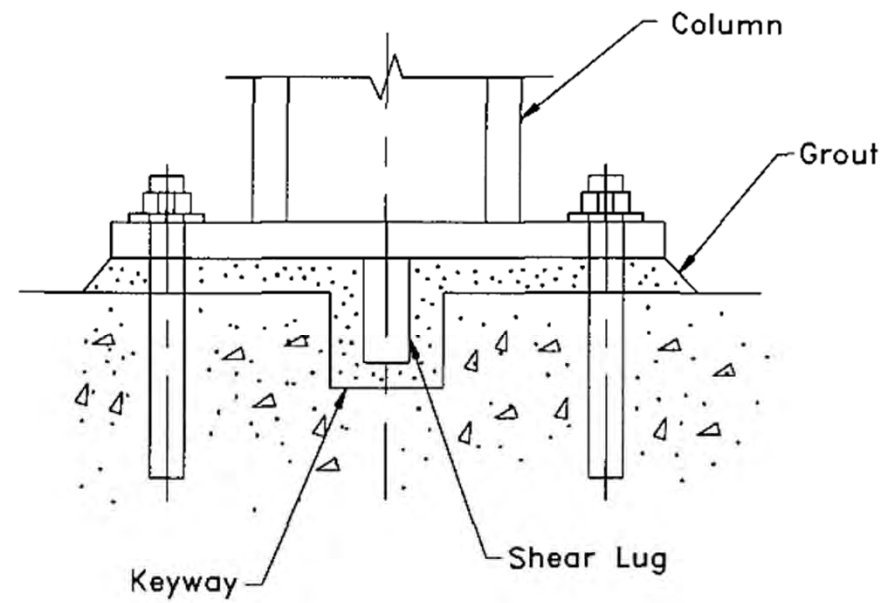
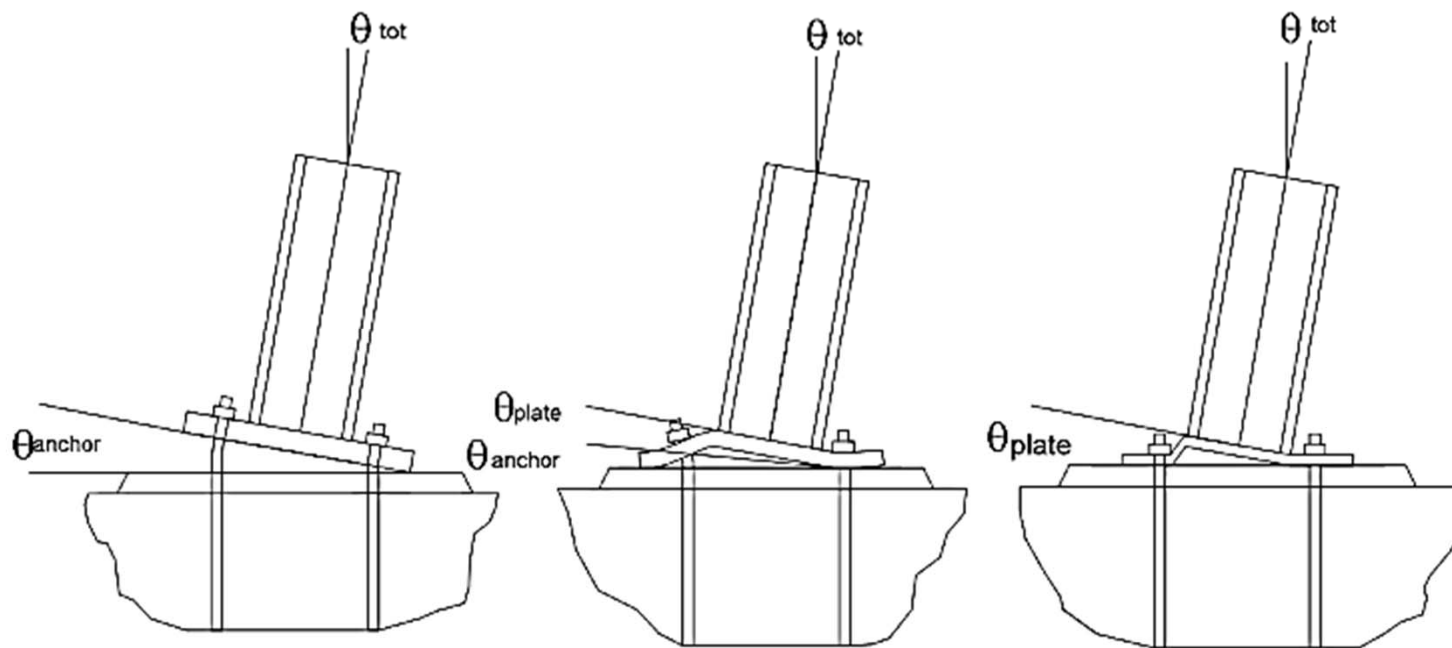


Figure 9



# طبقه بندی اتصالات کف ستون توسط آستانه اصل



## الزامات طراحی لرزه ای کف ستون ها

کف ستون کلیه ستون های باربر و غیر باربر جانبی و اتصالات آنها به ستون و شالوده علاوه بر تأمین ضوابط فصل ۱۰-۲ این مبحث باید به طور مجزا قادر به تحمل نیروهای زیر باشند.

(۱) بیشترین نیروهای داخلی (شامل نیروی محوری، نیروهای برشی و لنگرهای خمشی به طور همزمان) تحت اثر ترکیبات بار متعارف.

(۲) بیشترین نیروی محوری (بدون حضور نیروهای برشی و لنگرهای خمشی) تحت اثر ترکیبات بار زلزله تشدید یافته و با در نظر گرفتن مفاد تبصره های ۱ و ۲ از بند ۱۰-۳-۵-۱-۱.

(۳) در هر دو امتداد محورهای اصلی ستون و به طور مجزا نیروی برشی برابر مجموع مولفه های

افقی مقاومتهای مورد نیاز اتصال مهاربندی و برش ظرفیتی ستون برابر  $\frac{\sum M_{pc}}{H_s}$  که در آن  $\sum M_{pc}$

مجموع لنگرهای خمشی پلاستیک ستون در دو سمت وصله در امتداد مورد نظر و  $H_s$  ارتفاع

طبقه است. در محاسبه و طراحی کف ستون این نیروی برشی باید بدون حضور نیروهای

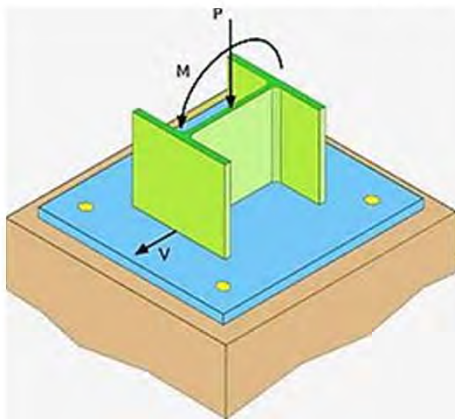
محوری و لنگرهای خمشی در نظر گرفته شود.

## نیروهای وارد بر صفحات پای ستون

(۴) در هر دو امتداد اصلی ستون و به طور مجزا لنگر خمشی برابر مجموع لنگرهای خمشی زیر و بدون حضور نیروهای برشی و محوری.

(الف) برای مهاربندی‌های امتداد مورد نظر مقاومت خمشی مورد نیاز اتصال مهاربند.

(ب) برای ستون‌ها کمترین دو مقدار  $1/1 R_y F_y Z_c$  و بیشترین لنگر خمشی (بدون حضور نیروهای محوری و برشی) تحت اثر ترکیبات بار زلزله تشدید یافته و با در نظر گرفتن مفاد تبصره ۲ از بند ۱۰-۳-۵-۱-۱؛ که در آن  $R_y$  نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم تعیین شده مصالح ستون،  $F_y$  تنش تسلیم مصالح ستون و  $Z_c$  مدول پلاستیک مقطع ستون است.



## مقاومت اتكايي (Bearing Strength)

مقاومت اتكايي طراحي بر روي بتن فونداسيون برابر است با:

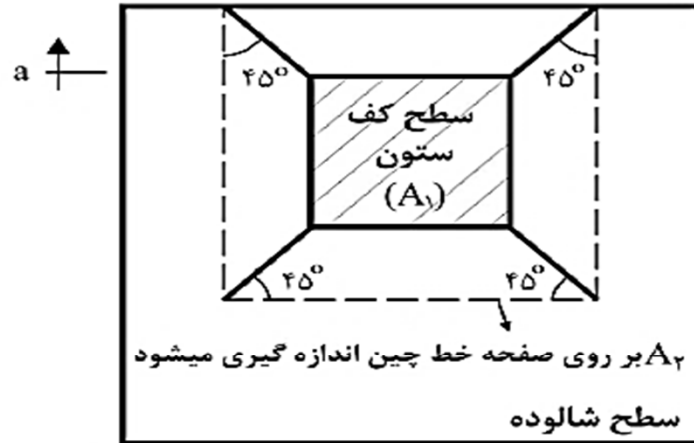
$$P_u = \phi P_P$$

$$\phi = 0.65$$

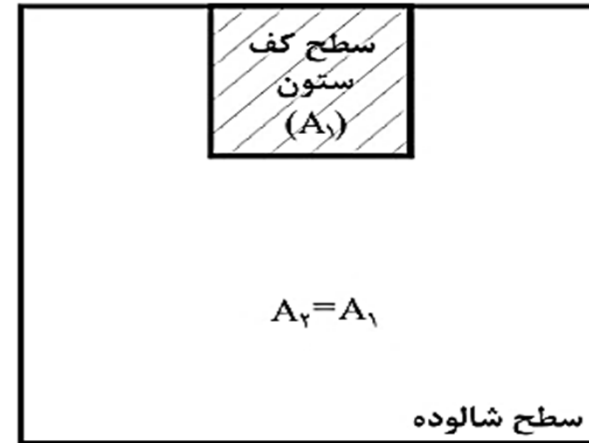
$$P \leq 0.85 f_c A \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 f_c A_2$$

$f'_c$ : مقاومت مشخصه فشاري بتن (نمونه استوانه اي)

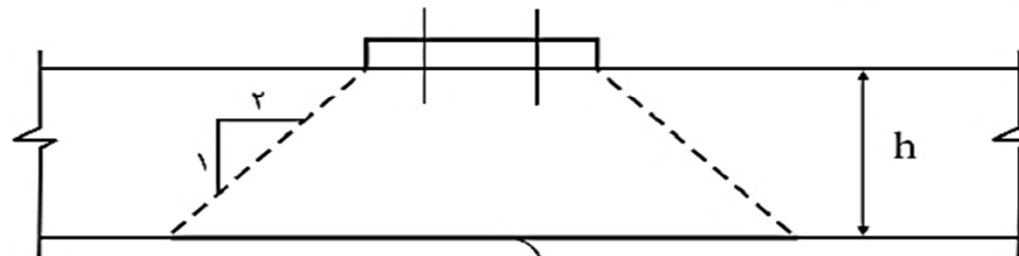
# تعریف $A_1$ و $A_2$



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

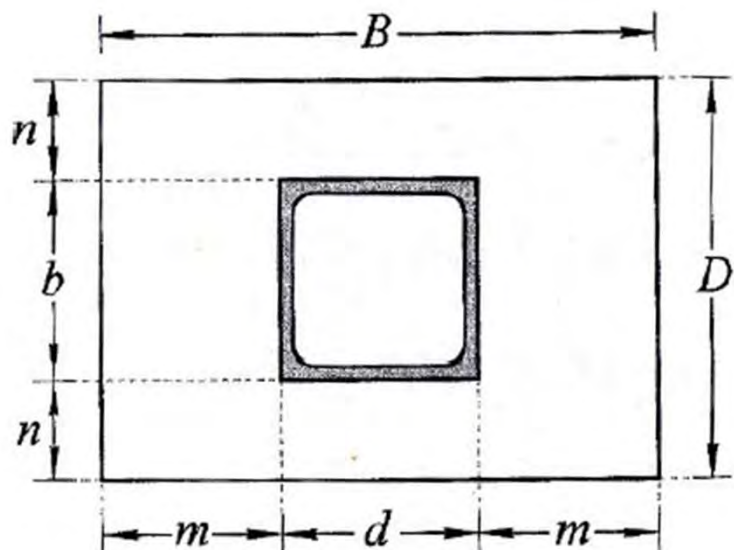


(الف) کف ستون هایی که حداقل یکی از لبه های آن با لبه شالوده همباد است.



طراحی کف ستون بدون خروج از مرکزیت (لنگر خمشی برابر با صفر) و بدون سخت کننده

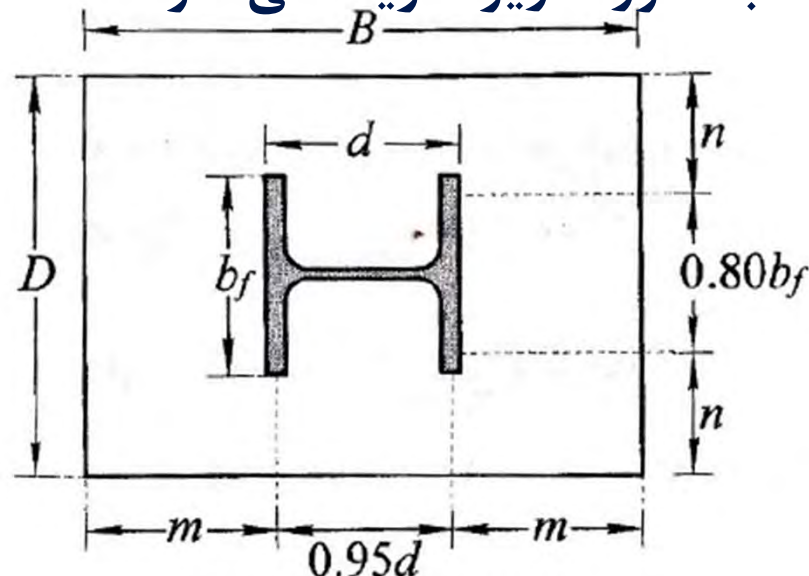
m و n به صورت زیر تعریف می شود:



ب) ستون قوطی شکل

$$m = \frac{B - 0.95d}{2}, \quad n = \frac{D - 0.8b_f}{2}$$

$$m = \frac{B - d}{2}, \quad n = \frac{D - b}{2}$$



الف) ستون I شکل

برای ستون با مقطع H شکل

برای ستون با مقطع قوطی

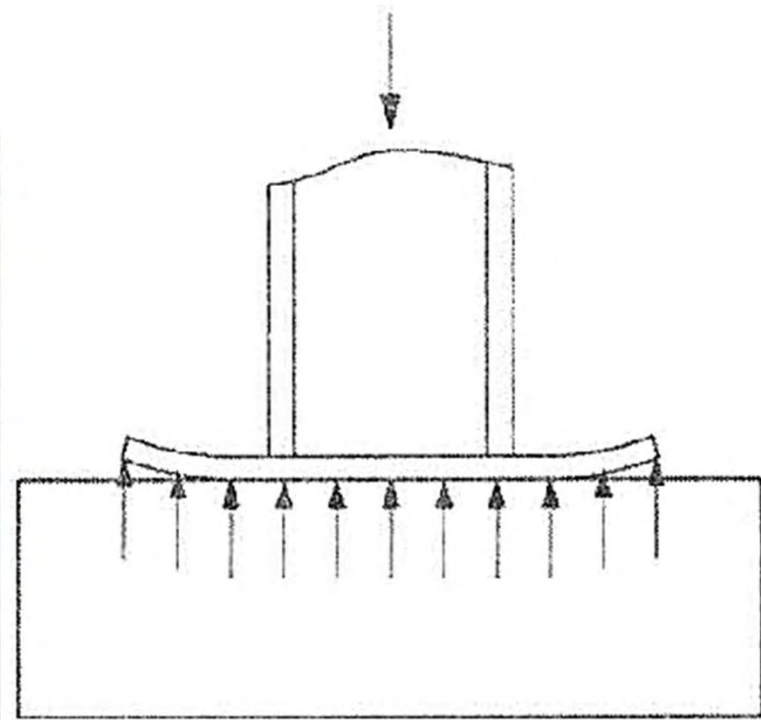
# طراحی کف ستون بدون خروج از مرکزیت و بدون سخت کننده

ورق تحت بار فشاری و برشی

$$A_p = \frac{P_u}{\phi_c (0.85 f'_c)}$$

$$\phi_c = 0.65$$

محاسبه مساحت ورق:



## طراحی کف ستون بدون خروج از مرکزیت و بدون سخت کننده

ضخامت نهایی ورق بر اساس خمش طره ای:

$$m \quad \max(m, n)$$

$$t \quad m' \sqrt{\frac{2P_p}{m A_p F_y}}$$

✓ بهتر است  $m=n$  برقرار شود.

$$\phi_m = 0.9$$

ضخامت ورق بر اساس نیروی برشی:

$$m \quad \phi \max(m, n)$$

$$t \quad \frac{P_p m'}{v A_p (0.6 F_y)}$$

$$\phi_v = 0.9$$



## طراحی کف ستون بدون خروج از مرکزیت و با سخت کننده

ضخامت ورق بر اساس خمش طره ای:  $m' = \max(m, n)$

$$t_p = m' \sqrt{\frac{2P_u}{\phi_m A_p F_y} \left[ 1 - 0.5 \left( \frac{n}{m} \right)^2 \right]}$$

$$\phi_m = 0.9$$

ضخامت ورق بر اساس نیروی برشی:

$$m' = \max(m, n)$$

$$t_p = \frac{P_u m'}{\phi_v A_p (0.6 F_y)} - \frac{A_{st}}{B}$$

$$\phi_v = 0.9$$

$A_{st}$ : مساحت سخت کننده

## مثال: طراحی کف ستون بدون خروج از مرکزیت

ستون IPBL140 تحت اثر بارهای محوری مرده ۱۰ تن و زنده ۱۵ تن و نیروهای برشی مرده ۲ تن و زنده ۳ تن قرار دارد. اگر فولاد مصرفی St-37 و الکتروود E60 و رده بتن C20 باشد، ورق کف ستون را با و بدون سخت کننده طراحی نمائید.

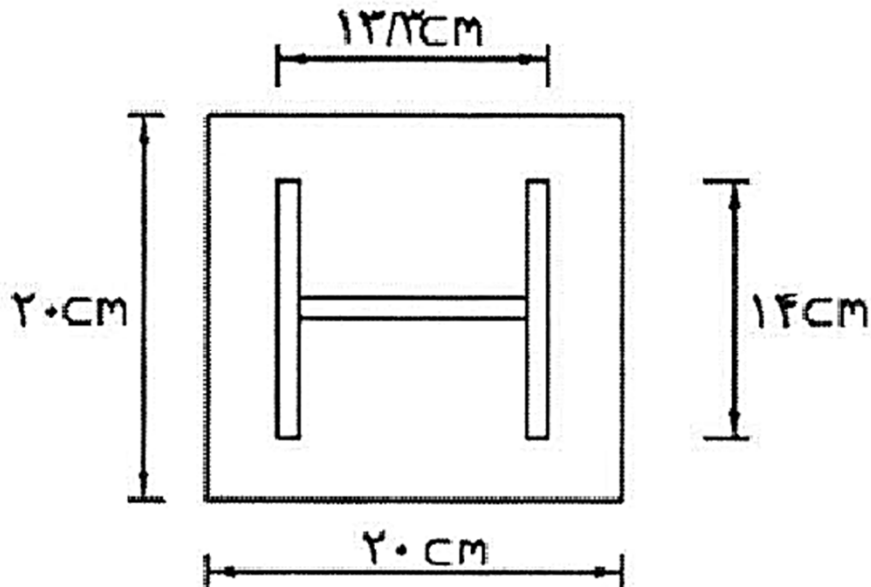
$$P_u = 1.2(10) + 1.6(15) = 36 \text{ ton}$$

$$A_p = \frac{36}{0.65 \times 0.85 \times 0.21} = 310 \text{ cm}^2$$

در مقاطع بال پهن و قوطی ها که ابعاد بال و جان برابر هستند بهتر است ورق بصورت مربع انتخاب شود. ضمناً وقتی که  $m=n$  باشد بهترین نتیجه از نظر ابعاد و ضخامت ورق بدست می آید.

ورق 20cmX20cm انتخاب می شود.

## مثال: طراحی کف ستون بدون خروج از مرکزیت



$$m = \frac{20 - 0.95(13/3)}{2} = 3/7 \text{ cm}$$

$$n = \frac{20 - 0.8(14)}{2} = 4/4 \text{ cm}$$

$$t_p = (4/4) \sqrt{\frac{2(36)}{(0.9)(400)(2/4)}} = 1/27 \text{ cm}$$

## مثال: طراحی کف ستون بدون خروج از مرکزیت

ضخامت مورد نیاز برش به دست می آید.

$$t_p = \frac{(۳۶)(۴/۴)}{(۰/۹)(۴۰۰)(۰/۶)(۲/۴)} = ۰/۳۱ \text{ cm}$$

ورق  $۲۰ \text{ cm} \times ۲۰ \text{ cm} \times ۱/۵ \text{ cm}$  انتخاب می شود.

طراحی میله مهارها،

$$V_u = ۱/۲(۲) + ۱/۶(۳) = ۷/۲ t$$

$$V_u \leq \phi_v V_n \quad \phi_v = ۰/۹$$

سطح مقطع مورد نیاز میله مهارها با فرض قرار گرفتن رزوه بولت در صفحه برش به دست می آید.

$$A_b = \frac{۷/۲}{(۰/۹)(۰/۴)(۳/۷)} = ۵/۴ \text{ cm}^2 \quad \underline{۲\Phi ۲۰}$$

جوش ورق به ستون باید قادر به انتقال نیروی برشی باشد.

$$t_w = ۵/۵ \text{ mm}$$

## مثال: طراحی کف ستون بدون خروج از مرکزیت

جوش  $5 \text{ mm}$  استفاده می شود.

ضخامت موثر گروی جوش به دست می آید.

$$t_e = 0.707(5) = 3.535 \text{ mm}$$

$$A_w = 0.3535 l_w$$

$$F_w = 0.6(4200) = 2520 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_n = (2/52)(0.3535 l_w) = 0.891 l_w$$

$$\phi R_n = (0.75)(0.891 l_w) = 0.668 l_w$$

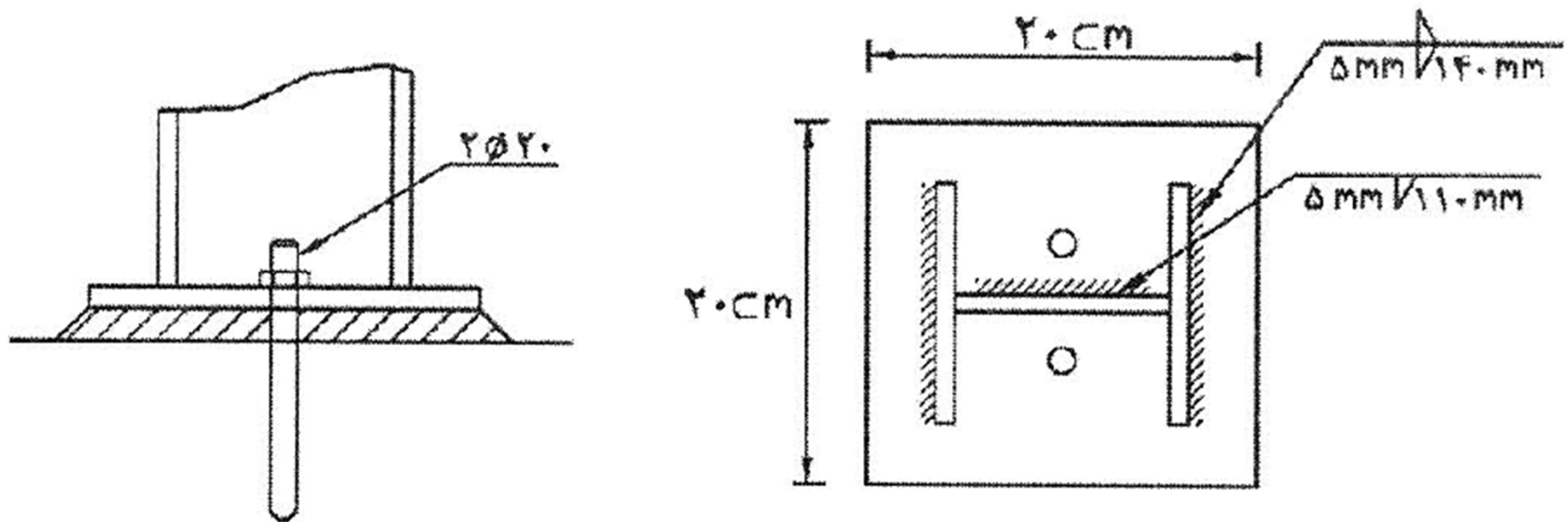
طول مورد نیاز جوش با مساوی قرار دادن مقاومت های لازم و موجود به دست می آید.

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$7/2 = 0.668 l_w \quad l_w = 10.8 \text{ cm}$$

## مثال: طراحی کف ستون بدون خروج از مرکزیت

بنابراین حداقل طول جوش  $l_w = 11 \text{ cm}$  برای انتقال برش کفایت می‌کند. بخش عمده بار محوری فشاری نیز توسط اتکای ستون به ورق کف ستون حمل می‌گردد. معمولاً برای عملکرد یکپارچه ستون و ورق کف ستون، بال‌های ستون نیز جوش می‌شوند. اتصال طراحی شده در شکل نشان داده شده است.



## مثال: طراحی کف ستون با سخت کننده

ورق  $25\text{ cm} \times 25\text{ cm}$  انتخاب می شود.

با فرض ورق  $8\text{ mm}$  برای سخت کننده،

$$m = \frac{25 - 13/3}{2} = 5/85\text{ cm}$$

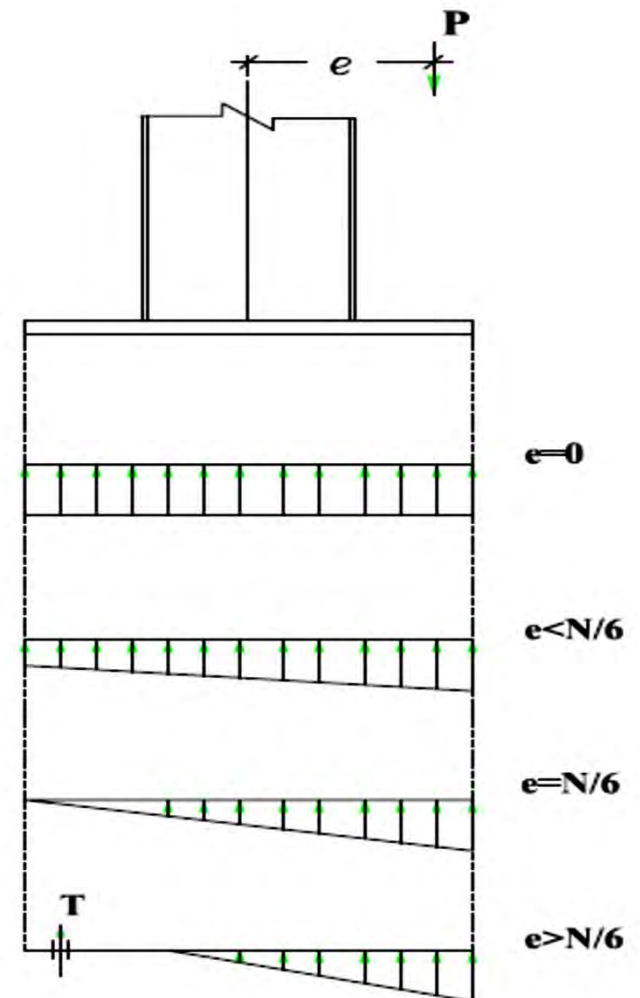
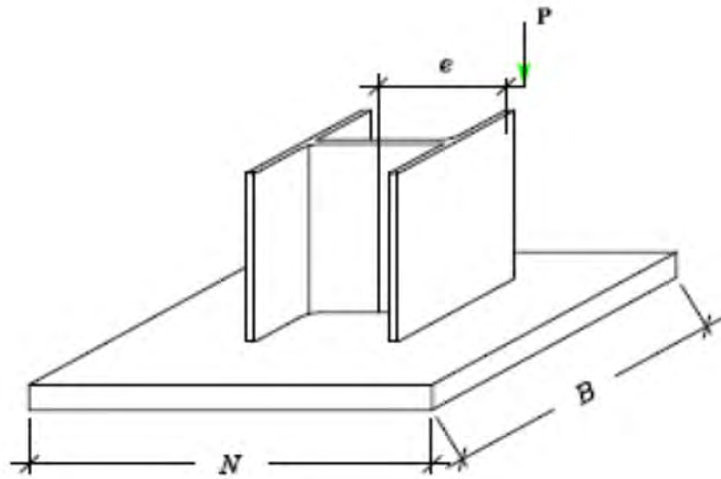
$$n = \frac{25 - 14 - 2(0/8)}{2} = 4/7\text{ cm}$$

$$t_p = (5/85) \sqrt{\frac{2(36)}{(0/9)(625)(2/4)} \left[ 1 - 0/5 \left( \frac{4/7}{5/85} \right)^2 \right]} = 1/11\text{ cm}$$

ورق  $25\text{ cm} \times 25\text{ cm} \times 1/2\text{ cm}$  انتخاب می شود.

ملاحظه می شود که در مورد این مثال، ضخامت ورق بدون سخت کننده ها نیز جوابگوی برش است. بنابراین در این حالت، حداقل ابعاد سخت کننده جوابگو می باشد.

## طراحی کف ستون با خروج از مرکزیت



$$= \frac{P}{A} \pm \frac{Pe}{BN^2} = \frac{P}{A} \pm \frac{Pe}{AN} = \frac{P}{A} \left( 1 \pm \frac{e}{N/6} \right)$$



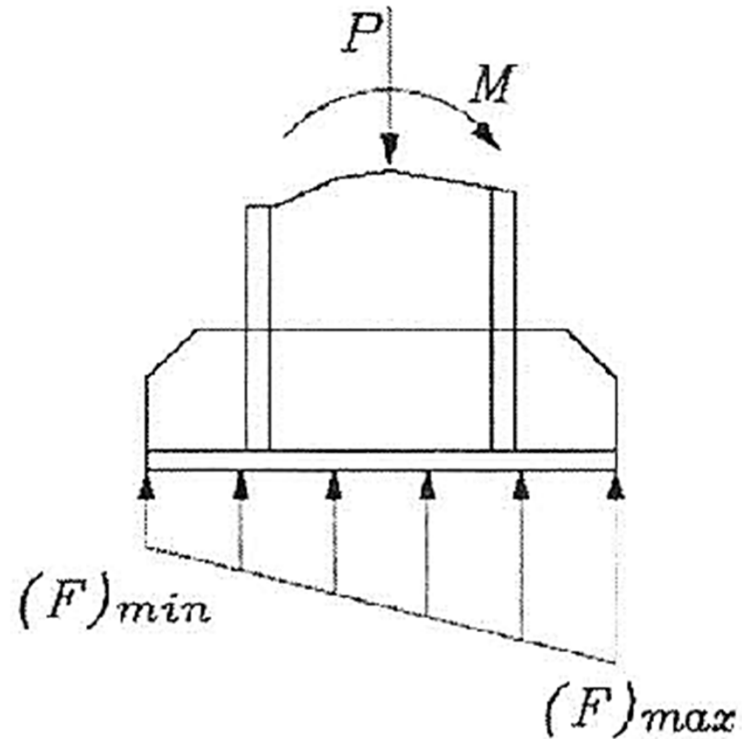
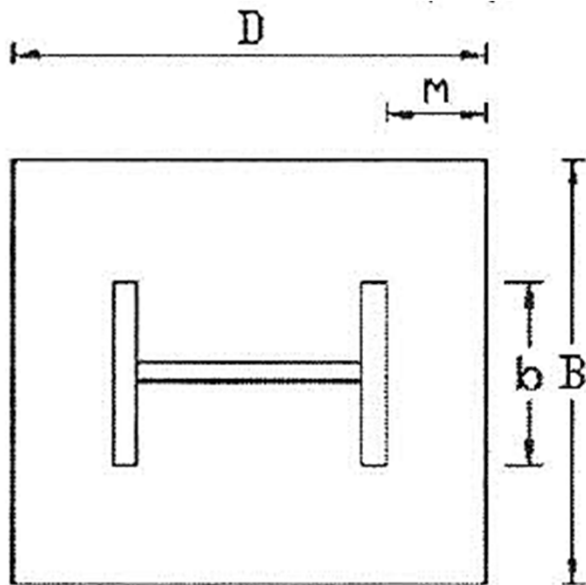
# طراحی کف ستون با خروج از مرکزیت ( $e < \frac{D}{6}$ )

تعیین ابعاد اولیه با سعی و خطا:

$$(\phi_c = 0.65)$$

$$\frac{P_u}{\phi_c B D} \left(1 + \frac{6e_u}{D}\right) \leq 0.85 f'_c$$

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



## طراحی کف ستون با خروج از مرکزیت ( $e < \frac{D}{6}$ )

توزیع تنش در زیر ورق بر اساس ابعاد واقعی:

$$(F)_{max,min} = \frac{P_u}{BD} \left( 1 \pm \frac{6e_u}{D} \right)$$

تنش در محل بحرانی لنگر:

$$(F)_M = (F)_{max} - \frac{m}{D} [(F)_{max} - (F)_{min}]$$

حداکثر لنگر برای دو بخش با یکنواخت و متغیر:

$$M = \frac{(F)_M B m^2}{2} + \frac{1}{2} [(F)_{max} - (F)_M] B m \left( \frac{2}{3} m \right)$$

$$M = \frac{2(F)_{max} + (F)_M}{6} B m^2 \quad (107-7)$$

حداکثر نیروی برشی وارده از رابطه زیر تعیین می گردد.

$$V = \frac{(F)_{max} + (F)_M}{2} B m \quad (108-7)$$

## طراحی کف ستون با خروج از مرکزیت ( $e < \frac{D}{6}$ )

ضخامت مورد نیاز بر اساس خمش (بدون سخت کننده):

$$t_p = m \sqrt{\frac{2[2(F)_{max} + (F)_M]}{3\phi_m F_y}} \quad (\phi_m = 0.9)$$

ضخامت مورد نیاز بر اساس برش (بدون سخت کننده):

$$t_p = m \times \frac{(F)_{max} + (F)_M}{2\phi_v (0.6F_y)} \quad (\phi_v = 0.9)$$

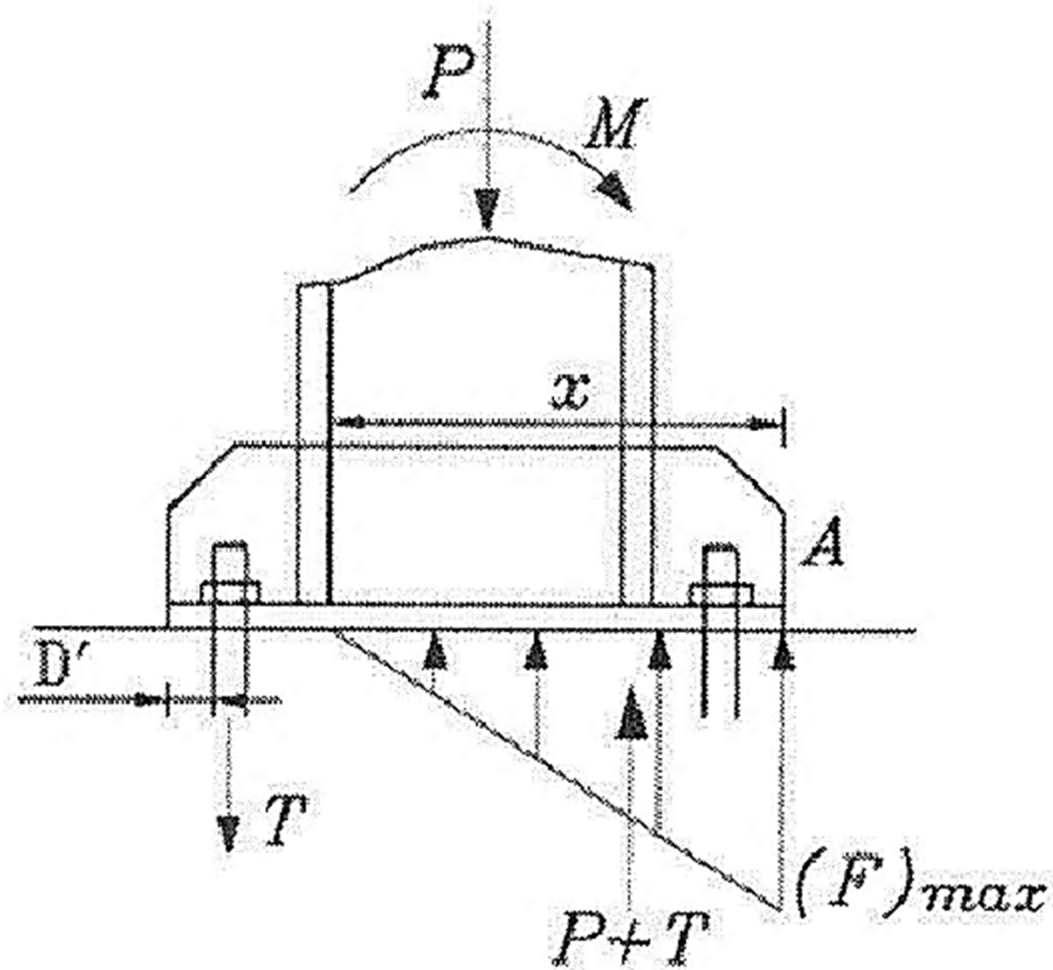
## طراحی کف ستون با خروج از مرکزیت ( $e < \frac{D}{8}$ )

در استفاده سخت کننده، ضخامت برابر با:

$$t_p = m \sqrt{\frac{2[2(F)_{max} + (F)_M]}{3\phi_m F_y} \left[1 - 0.5\left(\frac{n}{m}\right)^2\right]}$$

$$t_p = \left(m \times \frac{(F)_{max} + (F)_M}{2\phi_v(0.6F_y)}\right) - \frac{A_{st}}{B}$$

# طراحی کف ستون با خروج از مرکزیت $(e > \frac{D}{6})$



## طراحی کف ستون با خروج از مرکزیت ( $e > \frac{D}{6}$ )

تعیین ابعاد ورق:

$$(\phi_c = 0.65)$$

تعیین طول گسترش (X) معادله زیر:

$$x^2 - 3(D - \dot{D})x + \frac{3P_u(2e_u + D - 2\dot{D})}{\phi_c B(0.85\hat{f}_c)} \longrightarrow X \checkmark$$

$$T_u = \frac{\phi_c B x (0.85\hat{f}_c)}{2} - P_u \quad \text{تعیین نیروی کششی در میل مهار:}$$

$$\text{If } x > m \longrightarrow (F)_M = (F)_{max} \left(1 - \frac{m}{x}\right)$$

## طراحی کف ستون با خروج از مرکزیت ( $e > \frac{D}{6}$ )

$$(F)_{max} = \frac{2(P_u + T_u)}{Bx}$$

ضخامت مورد نیاز بر اساس خمش (بدون سخت کننده):

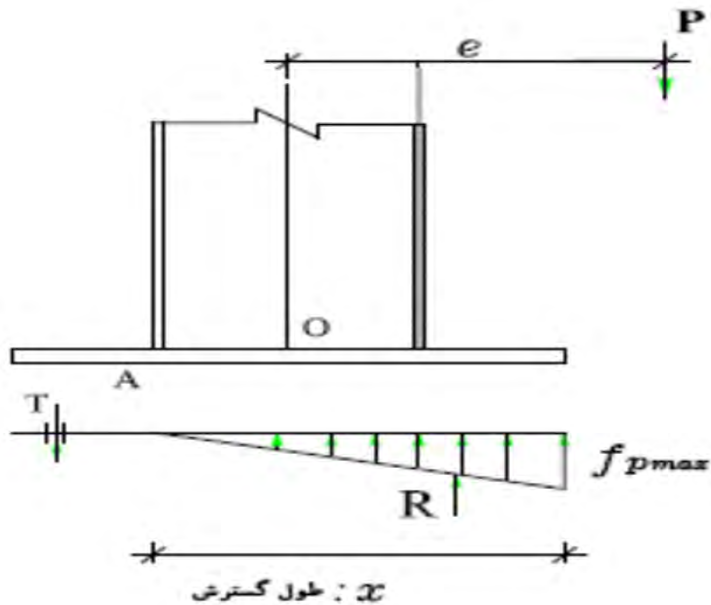
$$t_p = m \sqrt{\frac{2[2(F)_{max} + (F)_M]}{3\phi_m F_y}}$$

در صورت استفاده از سخت کننده (بدون سخت کننده):

$$t_p = m \sqrt{\frac{2[2(F)_{max} + (F)_M]}{3\phi_m F_y} \left[1 - 0.5\left(\frac{n}{m}\right)^2\right]}$$

## جدول برای تعیین تقریبی طول گسترش تنش (X)

$\frac{e}{N}$	۰.۰۸	۰.۳	۰.۵۲	۰.۶	۰.۶۱۵	۰.۶۴	۰.۷۵	۰.۸۷	۱
$\frac{x}{N}$	۱	۱	۰.۴۸	۰.۴	۰.۳۹	۰.۳۷	۰.۳۵	۰.۳۴	۰.۳۳۳



$$\sum M_e = 0 \rightarrow T = \dots$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R = T + P$$



## طراحی کف ستون با خروج از مرکزیت ( $e > \frac{D}{6}$ )

$$\text{If } x \leq m \longrightarrow M_u = (P_u + T_u) \left( m - \frac{x}{3} \right)$$

ضخامت مورد نیاز بر اساس خمش (بدون سخت کننده):

$$t_p = \sqrt[3]{\frac{(P_u + T_u) \left( m - \frac{x}{3} \right)}{\phi_m B F_y}}$$

ضخامت مورد نیاز بر اساس برش (بدون سخت کننده):

$$V_u = P_u + T_u$$

$$t_p = \frac{P_u + T_u}{\phi_v (0.6 F_y) B}$$

## طراحی کف ستون با خروج از مرکزیت ( $e > \frac{D}{6}$ )

ضخامت ورق در صورت استفاده سخت کننده:

$$t_p = 2 \sqrt{\frac{(P_u + T_u)(m - \frac{x}{3})}{B \phi_m F_y} [1 - 0.5(\frac{n}{m})^2]} \quad (\phi_m = 0.9)$$

$$t_p = \frac{P_u + T_u}{\phi_v (0.6 F_y) B} - \frac{A_{st}}{B} \quad (\phi_v = 0.9)$$

## طراحی کف ستون با خروج از مرکزیت ( $e > \frac{D}{6}$ )

ابعاد سخت کننده بر اساس طول جوش تعیین می شود:

$$l_w = \frac{T_u}{\phi F_w t_e}$$

طراحی میل مهارها نیز برای ترکیب نیروی برشی و کششی انجام می شود.

## مثال

ستون **IPBL400** تحت اثر بارهای محوری مرده ۱۲ تن و زنده ۱۸ تن و نیروهای برشی مرده ۲ تن و زنده ۳ تن و لنگر خمشی مرده ۶ تن-متر و زنده ۹ تن-متر قرار دارد. اگر فولاد مصرفی **St-37** و الکتروود **E60** و رده بتن **C20** باشد، ورق کف ستون را طراحی نمائید.

$$P_u = 1.2(12) + 1.6(18) = 43.2 \text{ ton}$$

$$M_u = 1.2(6) + 1.6(9) = 21.6 \text{ ton.m}$$

$$e_u = \frac{21.6}{43.2} = 0.5m \quad , \quad D \geq 6 \times 0.5 = 3m$$

ملاحظه می شود که برای قرار گرفتن کل سطح زیر ورق کف ستون در فشار طول ورق ستون باید ۳ متر باشد که عملاً امکانپذیر نمی باشد. بنابراین میل مهارها به کشش می افتند

## مثال

ابعاد و ضخامت پس از چند بار سعی و خطا انتخاب می شود.

ورق  $80\text{cm} \times 60\text{cm}$  انتخاب می شود.

با فرض میل مهار  $16$  میلی متر، فاصله میل مهار از لبه مطابق با حداقل فاصله مبحث دهم برابر با  $3$  سانتی متر می باشد، بنابراین:

$$x^2 - 2(10 - 3)x + \frac{3(43/2)[2(50) + 10 - 2(3)]}{(0/6)(60)(0/85)(0/21)} = 0$$

$$x^2 - 231x + 3509/2 = 0$$

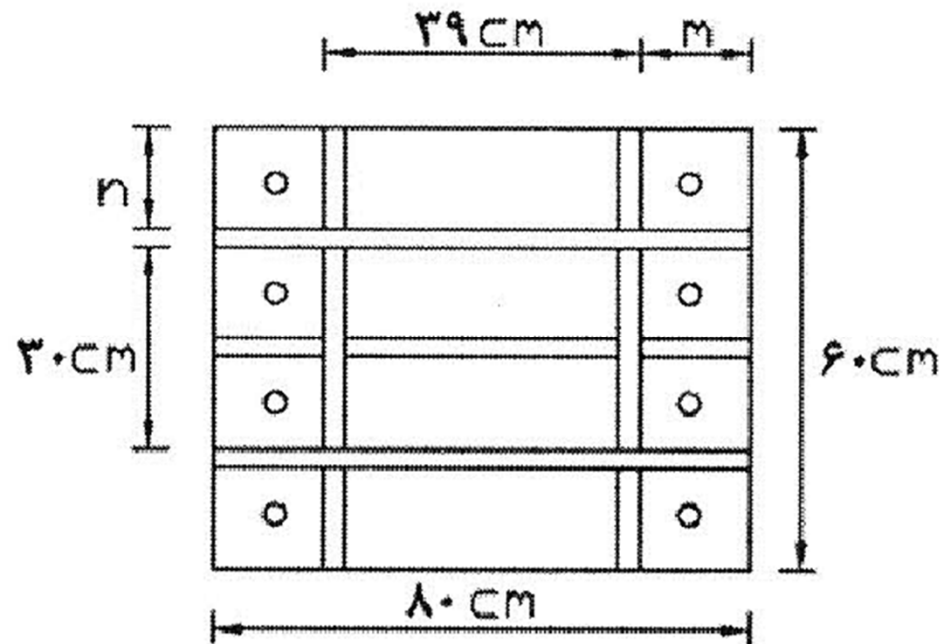
$$x = \frac{231 \pm \sqrt{(231)^2 - 4(3509/2)}}{2}$$

$$x = 16/4 \text{ cm}$$

$$T = \frac{(0/6)(60)(16/4)(0/85)(0/21)}{2} - 43/2 = 9/5 \text{ t}$$

ضخامت ورق کف ستون با استفاده از سخت کننده به دست می آید. ضخامت سخت کننده ها  $15 \text{ mm}$  فرض می شود.

## مثال



$$m = \frac{80 - 39}{2} = 20.5 \text{ cm}$$

$$n = \frac{60 - 30 - 2(1/5)}{2} = 13.5 \text{ cm}$$

$$x < m \checkmark$$

## مثال

$$t_p = 2 \sqrt{\frac{(43/2 + 9/5) \left( 20/5 - \frac{16/4}{3} \right)}{(0/9)(60)(2/4)} \left[ 1 - 0/5 \left( \frac{13/5}{20/5} \right)^2 \right]} = 4/4 \text{ cm}$$

ورق  $80 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$  انتخاب می شود.

## مثال

سطح مقطع سخت کننده:

$$\delta = \frac{43/2 + 9/5}{(0/9)(0/6)(2/4)(60)} - \frac{A_{st}}{60} \quad A_{st} = 0$$

بنابراین در این حالت نیز ورق به تنهایی جوابگوی برش می باشد.

حداقل طول مورد نیاز سخت کننده ها بر اساس طول جوش مورد نیاز به دست می آید.

با انتخاب جوش  $8 \text{ mm}$ ،

$$l_w = \frac{9/5}{(0/75)(0/6)(4/2)(0/707)(0/8)} = 9/0 \text{ cm}$$

ملاحظه می شود که طول کمی برای جوش به دست آمده است و حداقل ابعاد سخت کننده جوابگو

می باشد.



## مثال

طراحی میله‌مهارها،

با قرار دادن  $8\Phi 16$  مطابق شکل که چهار عدد در کشش قرار می‌گیرند، تنش ترکیبی بررسی می‌شود.

$$V_u = 1/2(2) + 1/6(3) = 7/2 t$$

$$f_v = \frac{7/2}{8(2/0.1)} = 0.45 t/cm^2$$

$$f_t = \frac{9/5}{4(2/0.1)} = 1.18 t/cm^2$$

## مثال

$$F_{nt} = 0.75(3/7) = 2/78 \text{ t/cm}^2$$

$$F_{nv} = 0.4(3/7) = 1/48 \text{ t/cm}^2$$

$$F_{nt}' = 1/3(2/78) - \frac{2/78}{(0.75)(1/48)}(0.45) = 2/49 \text{ t/cm}^2 < 2/78 \text{ t/cm}^2$$

$$f_t \leq \phi F_{nt}'$$

$$f_v \leq \phi F_{nv}$$

$$1/18 \text{ t/cm}^2 < (0.75)(2/49) = 1/87 \text{ t/cm}^2$$

$$0.45 \text{ t/cm}^2 < (0.75)(1/48) = 1/11 \text{ t/cm}^2$$

میل مهارها جوابگو می باشند.