

اجرای سازه های فولادی

دانشگاه علم و صنعت ایران ۴, ۵ شهریور ماه
۱۳۹۶

ارایه کننده : ناصر شابختی عضو هیات علمی
دانشگاه علم و صنعت

مراجع :

- مباحث مختلف مقررات ملی ساختمان : شامل
 - مبحث ۲ - نظامات اداری
 - مبحث ۹ - طرح و اجرای ساختمانهای بتن آرمه
 - مبحث ۱۰ - طرح و اجرای ساختمانهای فولادی
 - مبحث ۱۱ - طرح و اجرای صنعتی ساختمانها
 - مبحث ۱۲ - ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا
- آیین نامه اتصالات در سازه های فولادی , نشریه شماره ۲۶۴
- آیین نامه جوشکاری ساختمانی ایران , نشریه شماره ۲۲۸
- راهنمای جوش و اتصالات جوشی , دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان
- تجهیز و سامان دادن کارگاه جوشکاری, نشریه شماره ۲۱ سازمان برنامه
- اجرای ساختمان های فولادی تالیف دکتر جواد رزاقی , استادیار دانشگاه گیلان
- روش های اجرای اصولی ساختمان ها بر اساس آئین نامه ها و دستورالعمل های موجود تالیف دکتر اصغر وطنی اسکویی و مهندس حمید رضا روستایی انتشارات سیمای دانش



مزایای سازه های فولادی :

مزایای استفاده از سازه های فولادی در ساختمان سازی ناشی از عوامل زیر است :

1. مشخصات عالی فولاد

- مقاومت بالا
- امکان اجرای سازه ای با وزن کمتری به تبع آن کاهش نیروهای زلزله
- مناسب بودن برای دهانه ها و ابعاد بزرگ

2. ضریب ارتجاعی زیاد

- تامین سختی (EI) زیاد با حداقل مصرف مصالح
- ظریف بودن اعضاء و اشغال فضای کم در سازه



مزایای سازه های فولادی :

3. شکل پذیری بالا

- انطباق بسیار خوب بر فرضیات محاسباتی و قانون هوک
- قابلیت بسیار خوب جذب انرژی ناشی از بارهای دینامیکی
- عملکرد عالی در در برابر بارهای پیش بینی نشده
- عدم بروز خرابی و گسیختگی ناگهانی
- خودیاری مصالح در جهت متعادل نمودن تنش ها
- ایجاد ظرفیت مقاومتی اضافی در سازه

4. مرغوبیت ساخت

- کیفیت بالا و همگون بودن مصالح بدلیل ساخت در کارخانه
- اطمینان بیشتر از مشخصات مکانیکی , استفاده از ضرایب اطمینان کمتر
- کاهش هزینه و زمان جهت آزمایشات کنترل کیفیت مصالح



مزایای سازه های فولادی :

5. سرعت اجرا

- استفاده از مزایای پیش ساختگی
- بازگشت سرمایه در مدت کم

6. مزایای معماری

- ظریف بودن قطعات
- سهولت ایجاد فرم های خاص و پیچیده و متنوع

7. مزایای زیست محیطی

- قابلیت بازیافت مصالح
- وارد آمدن آسیب کمتر به منابع طبیعی

8. سهولت توسعه , تقویت و تعمیر سازه



معایب سازه های فولاد

• مقاومت کم در برابر خوردگی

۱

• مقاومت کم در برابر حریق

۲

• ایمنی کم در مرحله اجرا

۳

• نیاز به دقت بالا در هنگام نصب

۴

• محدودیت نسبت ابعادی مقاطع

۵

• عوارض ناشی از خستگی

۶



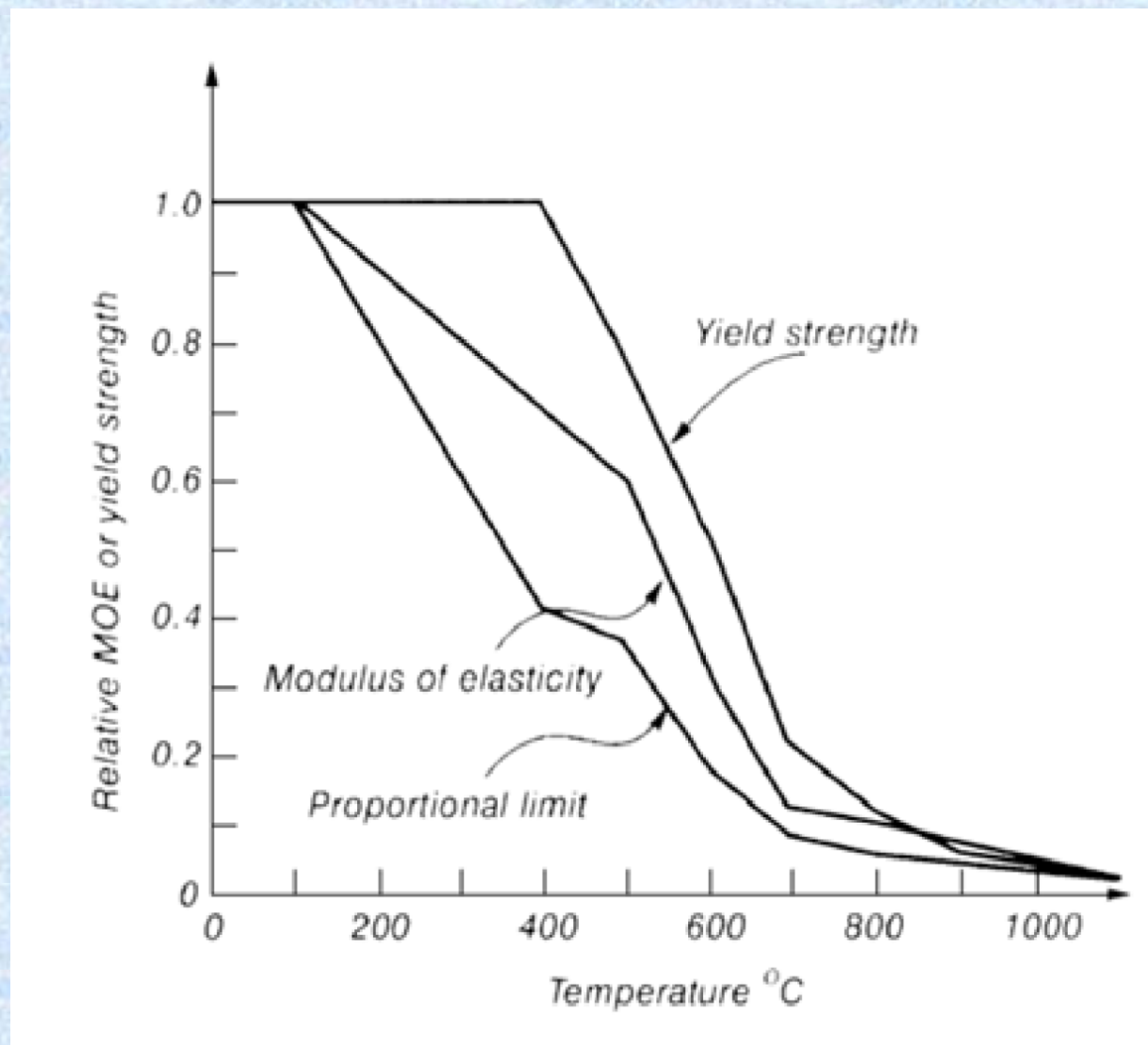
مقاومت کم در برابر خوردگی



پوسیدگی شدید سازه فلزی بر اثر خوردگی



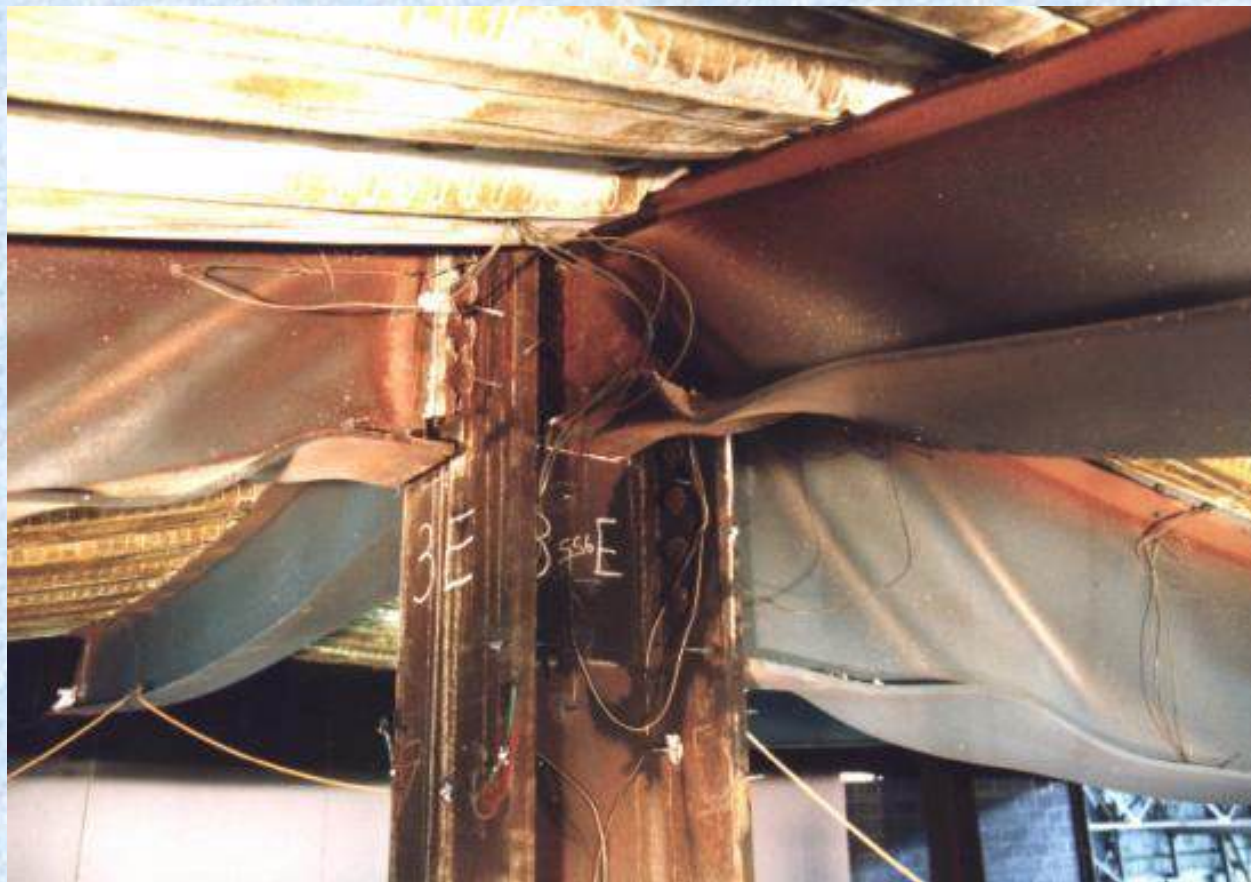
مقاومت کم در برابر حریق



کاهش تنش تسلیم و مدول الاستیسیته بر اثر حرارت



مقاومت کم در برابر حریق



مقاومت کم در مقابل آتش



ایمنی کم در مراحل اجرایی

• خطرات ناشی از سقوط و پرتاب قطعات فلزی

۱

• خطرات مربوط به سقوط از ارتفاع

۲

• خطرات مربوط به برق گرفتگی (در حین
جوشکاری)

۳

• خطرات ناشی از اشعه (در حین جوشکاری)

۴

• خطرات مربوط به ناپایداری اسکلت در مرحله
نصب

۵



• لزوم استفاده از پرسنل کار آزموده

۱

• لزوم تهیه نقشه های دقیق کارگاهی با
مقیاس مناسب

۲

• نیاز به کنترل متعدد در مراحل اجرایی

۳

• افزایش هزینه های تمام شده

۴

**نیاز به دقت
بالا در
هنگام نصب**



محدودیت های نسبی در ابعاد مصالح

• تاثیر پذیری جزئیات طراحی از
مقاطع متداول در بازار آهن آلات

۱

• اجبار به استفاده از مقاطع مرکب در
غياب پروفیل های استاندارد

۲

• افزایش زمان و هزینه اجرا جهت
ساخت مقاطع مرکب

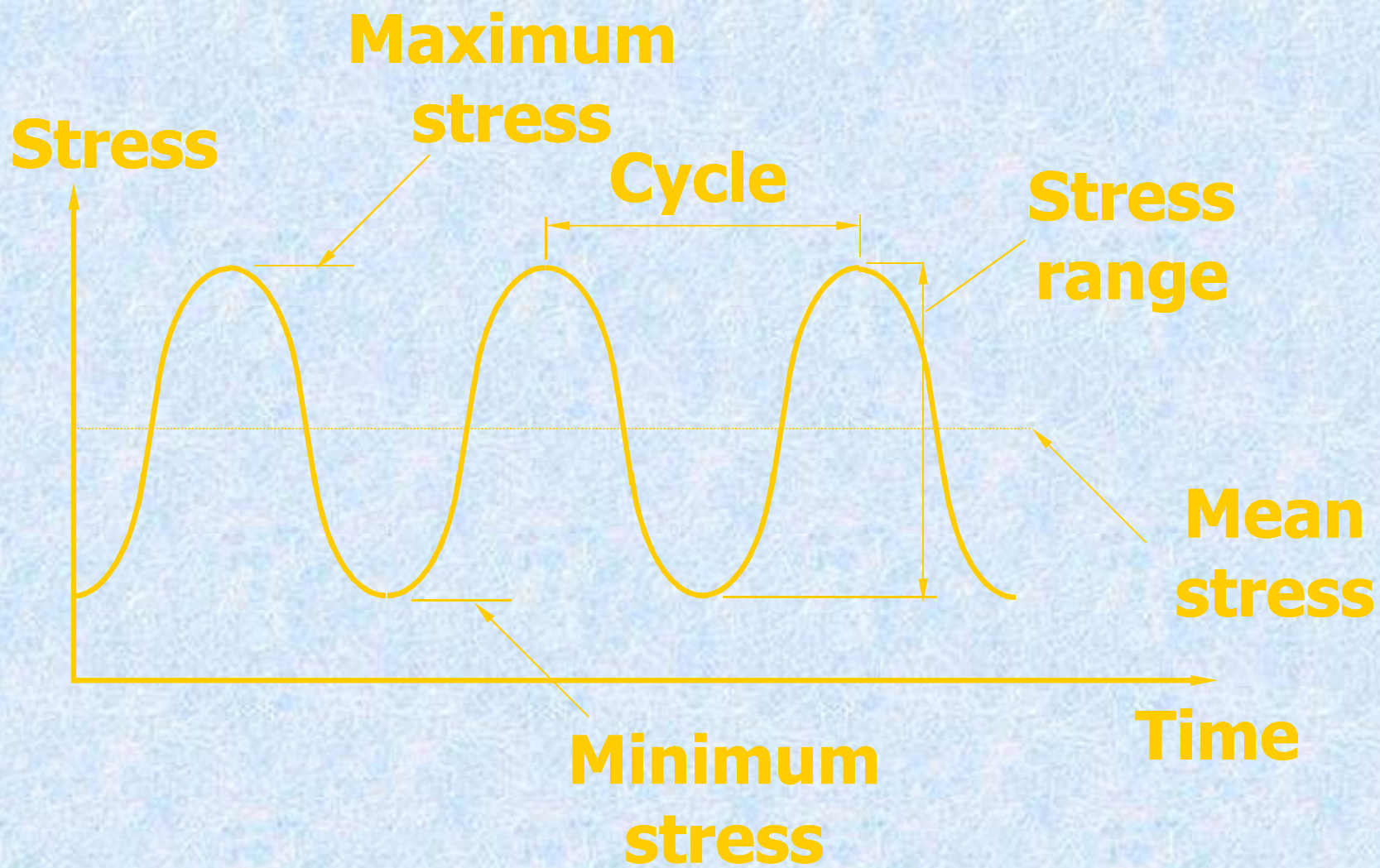
۳

• افزایش آسیب پذیری ناشی از
کیفیت نامناسب اتصالات

۴

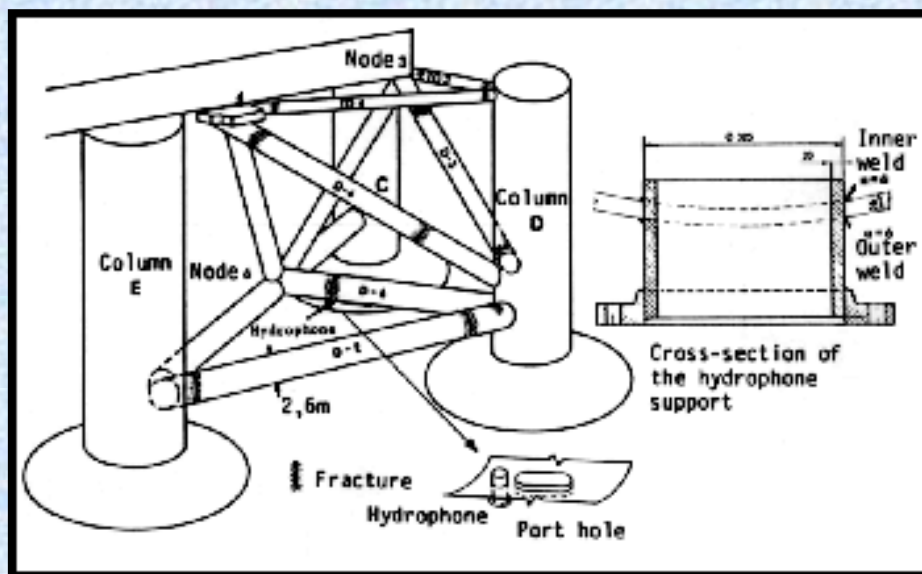
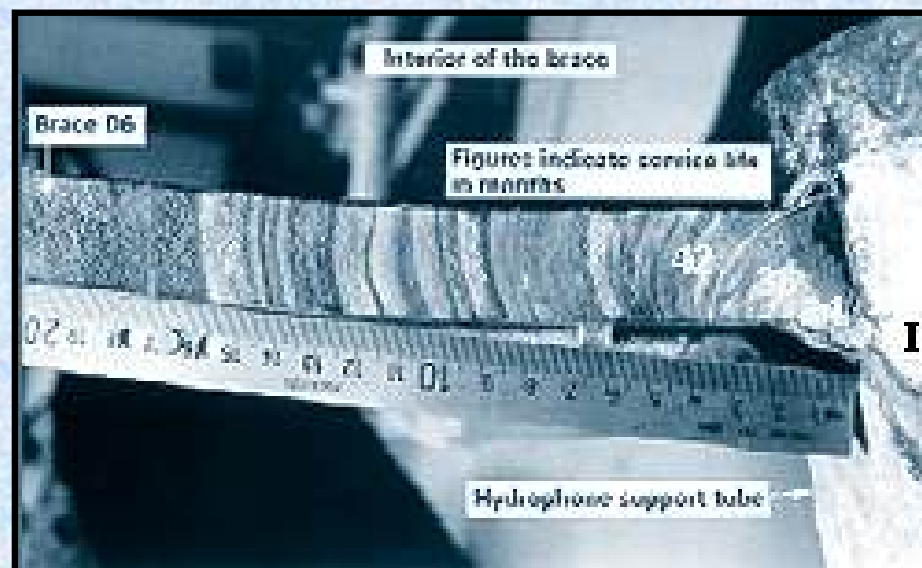


عوارض
ناشی از
خستگی





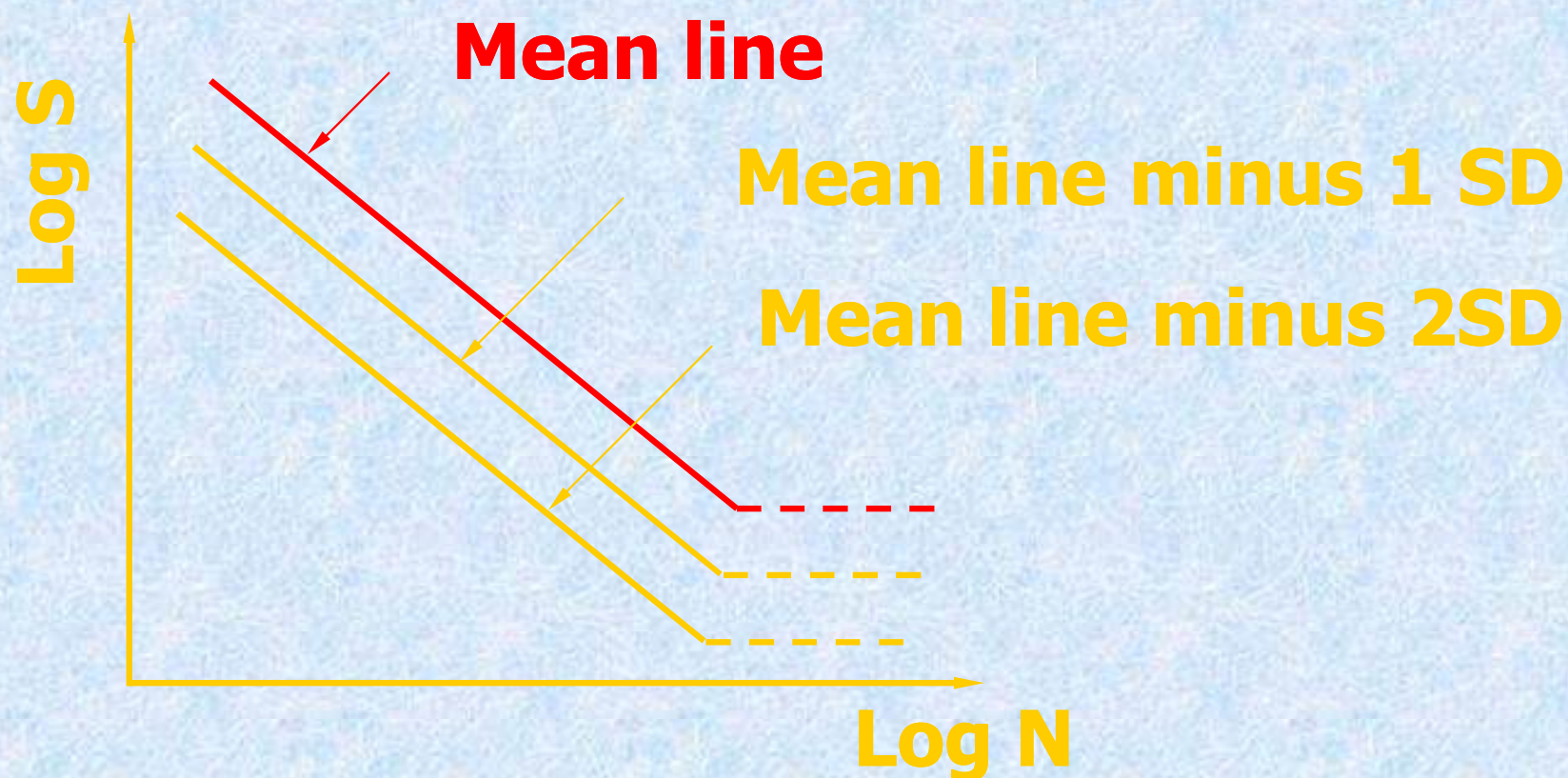
عوارض ناشی از خستگی



خرابی ناشی از خستگی در بادبندی سازه دریایی و به تبع آن
خرابی کل سازه که موجب کشته شدن ۱۲۳ نفر گردید



عوارض
ناشی از
خستگی



Mean line = 50% failure

Mean line minus 1 standard deviation = 15,9% failure

Mean line minus 2 standard deviations = 2,3% failure

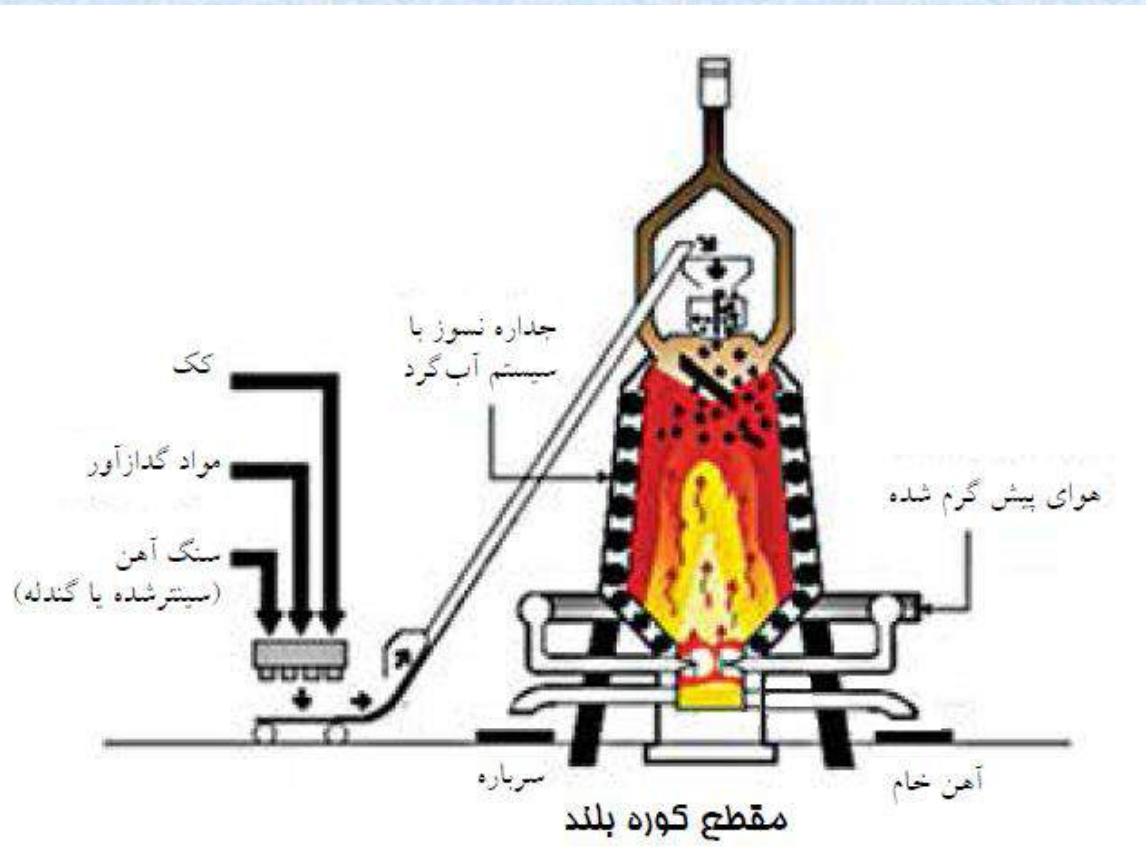


فولاد ساختمانی

فولادها آلیاژهایی هستند ترکیبی از آهن، کربن و عناصر دیگر که قسمت اعظم آنرا آهن تشکیل می‌دهد. آهن در طبیعت به صورت سنگ آهن موجود می‌باشد که در کوره‌های بلند، آهن را از سنگ آهن جدا می‌نمایند.

نام سنگ آهن	فرمول شیمیایی	درصد آهن
مغناطیسی (ماگنتیت)	Fe_3O_4	۷۰ تا ۶۰
قرمز (هماتیت)	Fe_2O_3	۶۰ تا ۴۰
قهوه‌ای (لیمونیت)	$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	۵۰ تا ۳۰
کربنات آهن (سیدریت)	FeCO_3	۴۰ تا ۳۰
سولفور آهن	FeS_2	۴۵ تا ۴۲

انواع سنگ آهن





فولاد ساختمانی

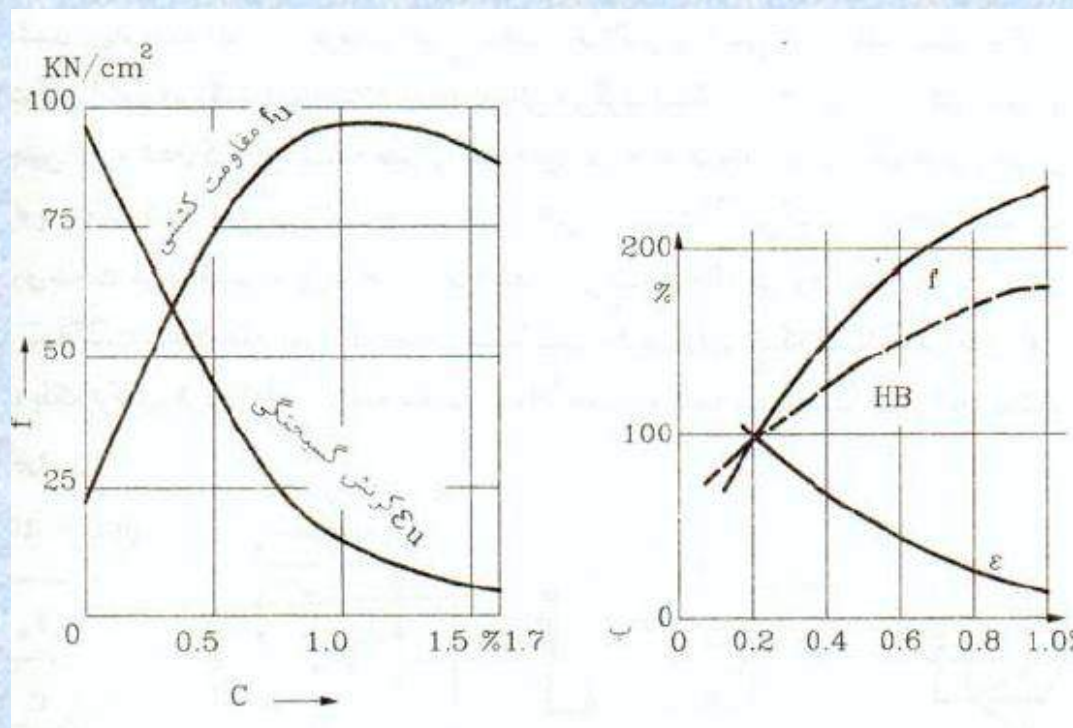
در ساختمان سازی آهن در حالت خام مورد استفاده قرار نمی گیرد و با افزودن آلیاژهای مختلف به مصرف می رسد. **کربن** مهمترین عنصر آلیاژی آهن است که با تغییر آن کلیه خواص فولاد تغییر می کند. افزایش میزان کربن در فولاد موجب :

بالارفتن مقاومت (f), حد خطی و سختی (HB)

پایین آمدن کرنش (ϵ), شکل پذیری , جوش پذیری , مقاومت در برابر نیروهای صربه ای , ارتعاشی و دینامیکی می شود



فولاد ساختمانی



تغییرات مشخصات فولاد با توجه به درصد کربن



فولاد ساختمانی

انواع فولاد بر حسب درصد کربن:

فولاد نرمه معمولی برای مصارف ساختمانی بین ۰/۱ - ۰/۳ درصد

فولاد با کربن متوسط ، فولاد اعلاى ساختمانی بین ۰/۳ - ۰/۶ درصد

فولاد پرکربن ، فولاد ابزار بین ۰/۶ - ۱/۷ درصد ، جهت ساخت وسایل اتصالات همانند پیچ ها ، ابزارهای ماشین کاری، اره ، فنر ، ساچمه و غیره بکار می رود.

سایر آلیاژهای مهم منگنز جهت افزایش استحکام و سختی ، سیلیسوم برای افزایش استحکام و مقاومت در برابر سایش ، نیکل ، کرم ، مس ، تیتانیوم ، تنگستن و غیره می باشد که سبب بالارفتن استحکام ، شکل پذیری و مقاوم در برابر خوردگی می شود.

فولاد ساختمانی



نوع فولاد	کاهش می دهد	افزایش می دهد	عناصر
تأثیرات غیر آلفا	نقطه ذوب، طاقت، انبساط، قابلیت جوشکاری و کوره کاری	استحکام، سختی، قابلیت آبکاری	کرم
	قابلیت جوشکاری	الاستیته، استحکام، قابلیت آبکاری عمقی، سختی در حالت گرم، مقاومت در مقابل خوردگی، جدا شدن گرافیت در چدن خاکستری	سیلیسم
	انبساط، استحکام در مقابل ضربه	سیلان، شکنندگی در حالت سرد، استحکام در حالت گرم	فسفر
	استحکام در مقابل ضربه	شکنندگی براده، غلظت در حالت مذاب، شکنندگی در حالت گداخته بودن	گوگرد

تأثیراتی های غیر فلزی بر روی خواص فولاد

فولاد ساختمانی



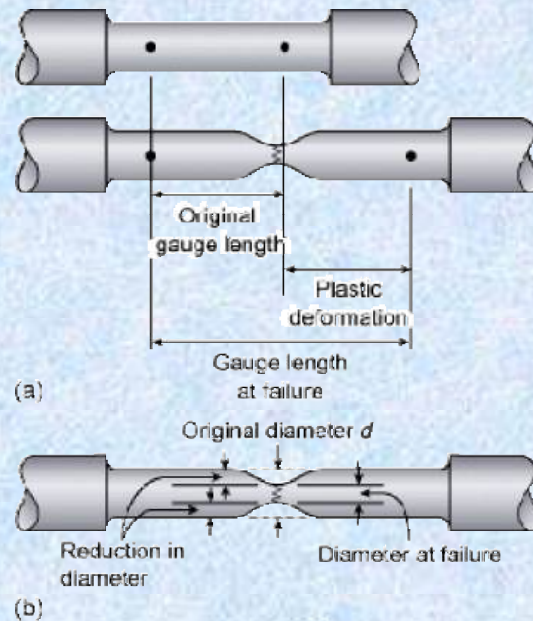
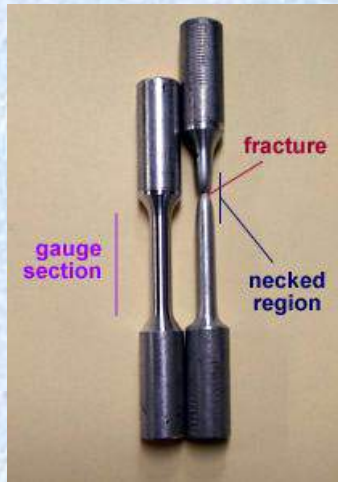
خواص فولاد تأثیرهای آن	مکشندگی	قابلیت آبکاری عمقی، استحکام، استحکام در مقابل ضربه، استحکام در مقابل ساییدگی	قابلیت براده برداری، جدا شدن گرافیت در چدن خاکستری
	نیکل	طاقت، استحکام، مقاومت در مقابل خوردگی، مقاومت الکتریکی، دوام در حرارتهای بالا، قابلیت آبکاری عمقی	انبساط حرارتی
	کرم	سختی، استحکام، استحکام در حالت گرم، درجه حرارت آبکاری، دوام برندگی، استحکام در مقابل ساییدگی، مقاومت در مقابل خوردگی	انبساط (به مقدار کم)
	وانادیم	دوام، سختی، طاقت، استحکام در حالت گرم	حساسیت در مقابل حرارتهای بالا
	مولیبدن	سختی، استحکام در حالت گرم، دوام	انبساط، قابلیت کوره کاری
	کبالت	سختی، دوام، برندگی، استحکام در حالت گرم	طاقت، حساسیت در مقابل حرارتهای بالا
	ولفرام (تنگستن)	سختی، استحکام، مقاومت در مقابل خوردگی، درجه حرارت آبکاری، استحکام در حالت گرم، دوام در حرارتهای بالا، دوام، برندگی	انبساط (به مقدار کم)

تأثیرهای فلزی بر روی خواص فولاد



فولاد ساختمانی

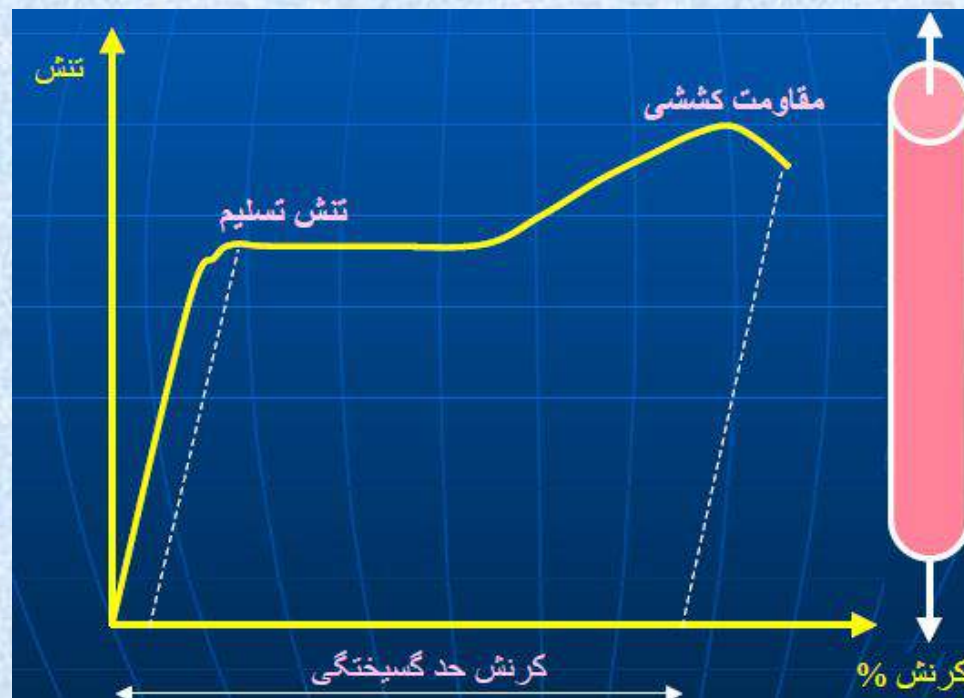
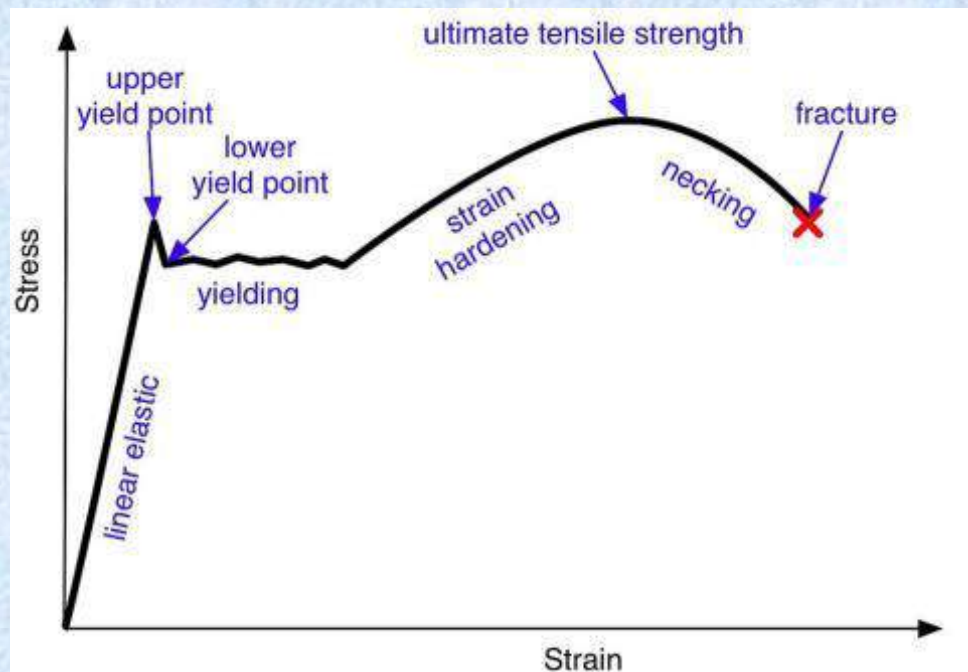
آزمایش تعیین مشخصات فولاد:



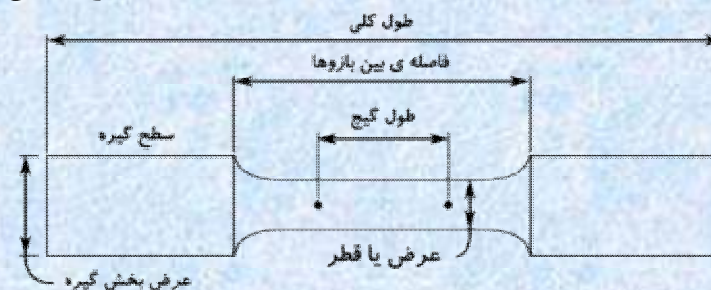


فولاد ساختمانی

آزمایش تعیین مشخصات فولاد:



آزمایش کششی جهت تعیین مشخصات فولاد





فولاد ساختمانی

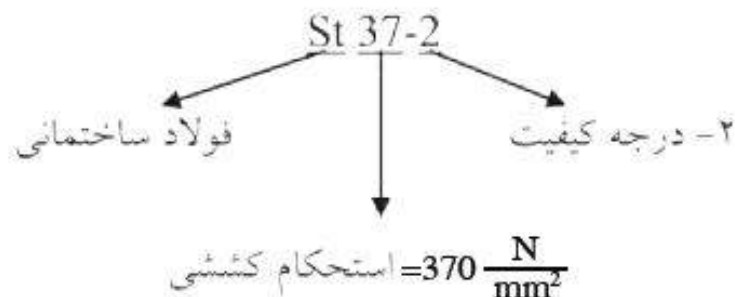
نامگذاری فولاد بر اساس DIN المان :

حروف شناسایی برای فولادهای ساختمانی معمولی، St است. پس از این حروف، عددی نوشته می شود که با ضرب کردن آن عدد در ۱۰، مقدار حداقل استحکام کششی فولاد بر حسب نیوتن بر میلیمتر مربع به دست می آید. پس از عدد مربوط به استحکام، خط تیره قرار می گیرد و سپس درجه کیفیت فولاد به وسیله اعداد ۱ تا ۳ معرفی می شود.

درجه ۱: برای کارهای معمولی که نوشته نمی شود.

درجه ۲: برای کارهای مهم.

درجه ۳: برای فولادهایی که آرام ریخته گری شده و دارای درجه خلوص بالا و خواص جوش کاری خوب می باشند.





فولاد ساختمانی

مشخصات مکانیکی انواع فولادهای ساختمانی

St 37 → $F_y=2.3 \text{ t/cm}^2$; $F_u = 3.4-4.7 \text{ t/m}^2$

St44 → $F_y=2.7 \text{ t/cm}^2$; $F_u=4.1 - 5 \text{ t/cm}^2$

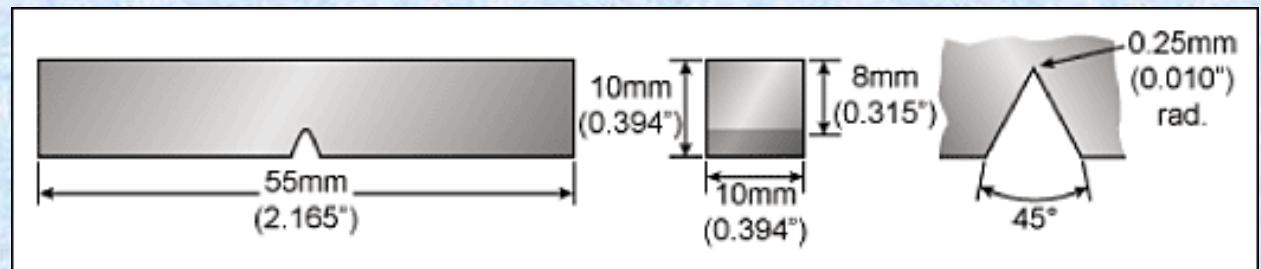
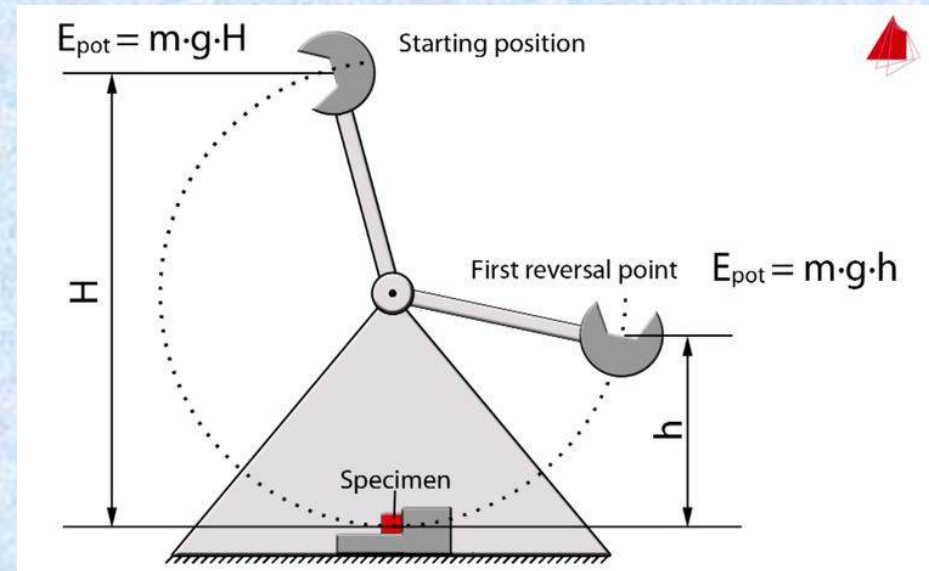
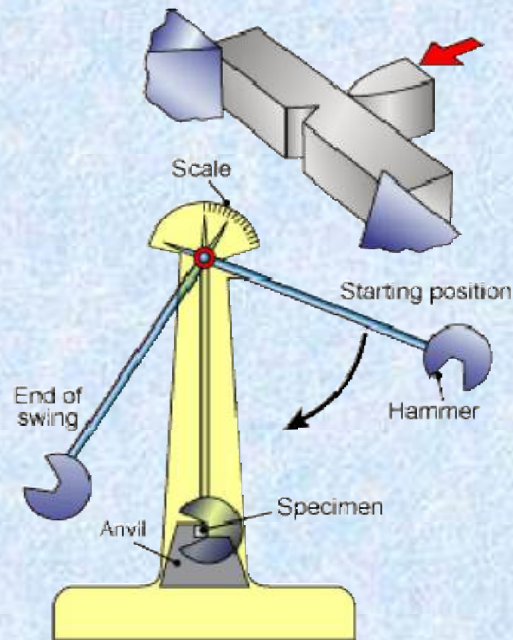
St 52 → $F_y=3.5 \text{ t/cm}^2$; $F_u = 4.9-6.3 \text{ t/m}^2$

مشخصات نورد ذوب آهن اصفهان در مورد پروفیل های تا IPE180 مطابق آئین نامه روسی (GOST) و در خصوص نیمرخ های جدید بر اساس آئین نامه های ISO یا DIN می باشد.



فولاد ساختمانی

آزمون ضربه یا (ASTM E23, EN 10045) Charpy impact test:



فولاد ساختمانی

۱-۱-۴ مشخصات مصالح فولادی

۱-۱-۴-۱ مصالح به کار رفته شامل نیمرخ‌ها، ورق‌ها، تسمه‌ها، میلگردها، پرچ‌ها، پیچ‌ها، واشرها، مهره‌ها، میل‌مهارها، الکترودها و ... باید مطابق با استانداردهای ملی ایران باشد. در صورتی که برای بعضی از مصالح استاندارد ایران تهیه نشده باشد، باید یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی (ترجیحاً استاندارد ISO) را مورد استفاده قرار داد. فهرستی از انواع مصالح فولادی مورد قبول این مبحث در جدول ۱-۴-۱-۱۰ ارائه شده است.

مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان : نامگذاری فولاد های ساختمانی را بر مبنای EN10027 بیان کرده است. که S اول Structure و عدد بعدی حداقل تنش تسلیم و حرف بعدی میزان حداقل تافنس می باشد.

St 37	⇒	S235
St 44	⇒	S275
St 52	⇒	St355

جدول ۱-۴-۱-۱۰ مشخصات مکانیکی فولادهای ساختمانی

حداقل تنش تسلیم برای ضخامت قطعه به mm									مقاومت کششی برای ضخامت (mm)					نوع فولاد
>۲۵۰	>۲۰۰	>۱۵۰	>۱۰۰	>۸۰	>۶۳	>۴۰	>۱۶	≤۱۶	>۲۵۰	>۱۵۰	>۱۰۰	≥۲	<۲	
≤۴۰۰	≤۲۵۰	≤۲۰۰	≤۱۵۰	≤۱۰۰	≤۸۰	≤۶۳	≤۴۰		≤۴۰۰	≤۲۵۰	≤۱۵۰	≤۱۰۰		
N/mm ^۲									N/mm ^۲					
-	۱۷۵	۱۸۵	۱۹۵	۲۱۵	۲۱۵	۲۱۵	۲۲۵	۲۳۵	-	۳۴۱-۴۹۰	۳۵۰-۵۰۰	۳۶۰-۵۱۰	۳۶۰-۵۱۰	S۲۳۵JR
-	۱۷۵	۱۸۵	۱۹۵	۲۱۵	۲۱۵	۲۱۵	۲۲۵	۲۳۵	-	۳۴۱-۴۹۰	۳۵۰-۵۰۰	۳۶۰-۵۱۰	۳۶۰-۵۱۰	S۲۳۵J۰
۱۶۵	۱۷۵	۱۸۵	۱۹۵	۲۱۵	۲۱۵	۲۱۵	۲۲۵	۲۳۵	۳۳۰-۴۸۰	۳۴۱-۴۹۰	۳۵۰-۵۰۰	۳۶۰-۵۱۰	۳۶۰-۵۱۰	S۲۳۵J۲
-	۲۰۵	۲۱۵	۲۲۵	۲۳۵	۲۴۵	۲۵۵	۲۶۵	۲۷۵	-	۳۸۱-۵۴۰	۴۰۰-۵۴۰	۴۱۰-۵۶۰	۴۳۰-۵۸۰	S۲۷۵JR
-	۲۰۵	۲۱۵	۲۲۵	۲۳۵	۲۴۵	۲۵۵	۲۶۵	۲۷۵	-	۳۸۱-۵۴۰	۴۰۰-۵۴۰	۴۱۰-۵۶۰	۴۳۰-۵۸۰	S۲۷۵J۰
۱۹۵	۲۰۵	۲۱۵	۲۲۵	۲۳۵	۲۴۵	۲۵۵	۲۶۵	۲۷۵	۳۸۱-۵۴۰	۳۸۱-۵۴۰	۴۰۰-۵۴۰	۴۱۰-۵۶۰	۴۳۰-۵۸۰	S۲۷۵J۲
-	۲۷۵	۲۸۵	۲۹۵	۳۱۵	۳۲۵	۳۳۵	۳۴۵	۳۵۵	-	۴۵۰-۶۰۰	۴۵۰-۶۰۰	۴۷۰-۶۳۰	۵۱۰-۶۸۰	S۳۵۵JR
-	۲۷۵	۲۸۵	۲۹۵	۳۱۵	۳۲۵	۳۳۵	۳۴۵	۳۵۵	-	۴۵۰-۶۰۰	۴۵۰-۶۰۰	۴۷۰-۶۳۰	۵۱۰-۶۸۰	S۳۵۵J۰
۲۶۵	۲۷۵	۲۸۵	۲۹۵	۳۱۵	۳۲۵	۳۳۵	۳۴۵	۳۵۵	۴۵۰-۶۰۰	۴۵۰-۶۰۰	۴۵۰-۶۰۰	۴۷۰-۶۳۰	۵۱۰-۶۸۰	S۳۵۵J۲
۲۶۵	۲۷۵	۲۸۵	۲۹۵	۳۱۵	۳۲۵	۳۳۵	۳۴۵	۳۵۵	۴۵۰-۶۰۰	۴۵۰-۶۰۰	۴۵۰-۶۰۰	۴۷۰-۶۳۰	۵۱۰-۶۸۰	S۳۵۵K۲

فولاد ساختمانی

مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان

۴-۱-۱۰ مشخصات مصالح فولادی

۴-۱-۱۰-۱ مصالح به کار رفته شامل نیمرخ‌ها، ورق‌ها، تسمه‌ها، میلگردها، پرچ‌ها، پیچ‌ها، واشرها، مهره‌ها، میل‌مهارها، الکترودها و ... باید مطابق با استانداردهای ملی ایران باشد. در صورتی که برای بعضی از مصالح استاندارد ایران تهیه نشده باشد، باید یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی (ترجیحاً استاندارد ISO) را مورد استفاده قرار داد. فهرستی از انواع مصالح فولادی مورد قبول این مبحث در جدول ۴-۱-۱۰ ارائه شده است.

جدول ۴-۱-۱۰ مشخصات مکانیکی فولادهای ساختمانی (ادامه)

حد اقل طاقت براساس نمونه شیار دار برای ضخامت قطعه به میلی متر				گرنش گسیختگی $L_0=5/65\sqrt{S_0}$ برای ضخامت قطعه (میلی متر)							گرنش گسیختگی ($L_0=80mm$) برای ضخامت قطعه (میلی متر)							نوع فولاد
دمای آزمایش (°C)	≤ 150	>150 ≤ 250	>250 ≤ 400	برای ۲ و K۲	≤ 150 >150	≤ 100 >100	≤ 63 >63	≤ 40 >40	≤ 3 >3	≤ 2 $>2/5$	≤ 2 >2	$\leq 1/5$ $>1/5$	≤ 1 >1	وضعیت نمونه				
زول				% min														
۲۰	۲۷	۲۷	-	۲۱	۲۱	۲۲	۲۴	۲۵	۲۶	۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	طولی	S۲۳۵JR		
۰	۲۷	۲۷	-												طولی	S۲۳۵J۰		
-۲۰	۲۷	۲۷	۲۷	۲۱	۲۱	۲۲	۲۲	۲۳	۲۴	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	عرضی	S۲۳۵J۲		
۲۰	۲۷	۲۷	-	۱۸	۱۸	۱۹	۲۱	۲۲	۲۳	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	طولی	S۲۷۵JR		
۰	۲۷	۲۷	-												طولی	S۲۷۵J۰		
-۲۰	۲۷	۲۷	۲۷	۱۸	۱۸	۱۹	۱۹	۲۰	۲۱	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	عرضی	S۲۷۵J۲		
۲۰	۲۷	۲۷	-	۱۷	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۲	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	طولی	S۳۵۵JR		
۰	۲۷	۲۷	-												طولی	S۳۵۵J۰		
-۲۰	۲۷	۲۷	۲۷												عرضی	S۳۵۵J۲		
-۲۰	۴۰	۳۳	۳۳	۱۷	۱۷	۱۸	۱۸	۱۹	۲۰	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	عرضی	S۳۵۵K۲		



انواع پیچ ها

انواع پیچ ها : پیچ های معمولی و پیچ های اعلاء
طبق استاندارد های ISO یا DIN

• پیچ های معمولی:

گروه مقاومتی 5.6 و 4.6 : عدد اول نشان دهنده تنش گسیختگی F_u
بر حسب t/cm^2 اول و حاصل ضرب قسمت اعشاری در عدد صحیح مقدار
تنش تسلیم F_y را نشان می دهد.

• پیچ های اعلاء: گروه مقاومتی 8.8, 10.9, 12.9

پیچ های طبق استاندارد ASTM: A490 و A325

A325 مشابه گروه مقاومتی 8.8 و A490 مشابه 10.9 است.



انواع پیچ ها

انواع پیچ ها : مطابق با مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان , انواع پیچ های تولید یا موجود در ایران



مبحث دهم

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

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

انواع پیچ ها

انواع پیچ ها : مطابق با مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان , انواع پیچ های تولید یا موجود در ایران



۱۰-۲-۹-۳-۱ انواع پیچ ها

انواع متداول پیچ های مورد استفاده در اسکلت های فولادی عبارتند از پیچ های معمولی و پیچ های پرمقاومت. در جدول ۶-۹-۲-۱۰ مشخصات پیچ های موجود یا تولید در ایران طبق استانداردهای ASTM و ISO ارائه شده است. برای هر پیچ باید واشر و مهره سازگار مورد استفاده قرار گیرد. پیچ ها با دو نوع عملکرد "اتکایی" و "اصطکاکی" مورد استفاده قرار می گیرند. استفاده از پیچ های پرمقاومت منطبق با استانداردهای ملی یا بین المللی، برای هر دو نوع اتصال و استفاده از پیچ های معمولی فقط در اتصالات اتکایی مجاز است. در اتصالات اتکایی ایجاد نیروی پیش تنیدگی لازم نیست ولی در اتصالات اصطکاکی پیچ ها باید پیش تنیده گردند. حداقل نیروی پیش تنیدگی در اتصالات اصطکاکی مطابق مقادیر جدول ۷-۹-۲-۱۰ می باشد. برای حصول پیش تنیدگی استفاده از یکی از سه روش « سفت کردن مجدد مهره », « واشرهای کشش سنج » یا « آچار مدرج » امکان پذیر است.

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



مدارک فنی



جهت اجرای ساختمان فولادی با توجه به اهمیت پروژه نیاز به مجموعه ای از مدارک زیر است (بند ۱۱-۱-۳ مبحث ۱۱):

- نقشه های محاسباتی
 - نقشه های اجرایی یا کارگاهی
 - نقشه های نصب
 - مدارک مربوط به مشخصات فنی
- نقشه های کارگاهی و نقشه های نصب می توانند به تناسب عملیات اجرایی تهیه و به نظارت تحویل شوند که پس از بررسی از نظر کامل بودن اطلاعات اجرایی و عدم وجود ایرادات فنی، تصویب و ابلاغ می شوند.
- مشخصات فنی دربرگیرنده کلیه اطلاعات لازم برای اجرای پروژه با کیفیت صحیح و مطلوب باشد که می تواند در حاشیه نقشه ها قید شده یا در دفترچه های مجزا به سازنده تحویل گردد.



مدارک فنی

نقشه های محاسباتی (بند ۱۱-۱-۱-۳-۱۱ مبحث ۱۱):

در این نقشه ها مشخصات کلیه پروفیل ها و مقاطع سازه از قبیل ابعاد کلی مقطع ، فاصله محور تا محور ستون ها و تراز تیرها و سایر ابعاد کلی سازه و اجزای آن در آن قید می شوند به نحوی که با استناد به آن بتوان نقشه های کارگاهی را تهیه نمود. این نقشه های حاوی کلیه اطلاعات مورد نیاز جهت اتصالات چوشی و پیچ و مهره ای و سایر اطلاعات ضروری مهندسی می باشد.



مدارک فنی

نقشه های کارگاهی (بند ۱۱-۱-۱-۳-۱۲ مبحث ۱۱):

این نقشه ها بر مبنای نقشه های محاسباتی برای سهولت اجرا تهیه می شوند .
جزئیات این نقشه ها مفصل تر است . برای هر عضو یک شماره تعیین شده که
جزئیات دقیق تری با مقیاس مناسب برای آن رسم می شود. کلیه اتصالات با ذکر
جزئیاتی مانند ابعاد و طول و نوع جوش ها , تعداد و اندازه و طول و نوع پیچها و
مهره ها ارائه می شود. این نقشه ها معمولاً توسط سازنده اسکلت فولادی متناسب با
امکانات و تجهیزات لازم تهیه می شود و فهرستی از مشخصات و مقادیر کلیه قطعات
ضمیمه آنها خواهد بود.

نقشه های نصب (بند ۱۱-۱-۱-۳-۱۳ مبحث ۱۱):

این نقشه ها توسط سازنده اسکلت فولادی تهیه شده و برای نصب اعضاء در موقعیت
خود و پای کار استفاده می شود. این نقشه ها اطلاعات کافی درمورد نصب هر قطعه
و موقعیت آن نسبت به قطعات دیگر را مشخص می نماید.



مدارک فنی

مشخصات فنی خصوصی شامل :

مشخصات مصالح : شامل کلیه اطلاعات لازم برای مشخصات مواد مصرفی پروژه شامل قطعات فولادی , پیچ ها , مهره ها , واشرها , الکترودها و برشگیرها می باشد.

دستورالعمل ها بستن پیچ و مهره ها: روش های اجرای پیش تنیدگی در

اتصالات اصطکاکی مانند روش چرخش مهره ها , آچار کالیبر, پیچ با قطعه

جداشونده (TC) , نشانگرهای مستقیم کشش (DTI)

مشخصات فنی روند جوشکاری (WPS) : شامل مشخصات فنی فولادی که

جوشکاری می شود , نوع اتصال , مشخصات جوش و روش جوشکاری , نوع و

مشخصات الکترودها , جریان و منبع تغذیه و سایر اطلاعات وابسته می باشد.

دستورالعمل بازرسی : شامل روش های بازرسی و کنترل مواد و مصالح و جوش و

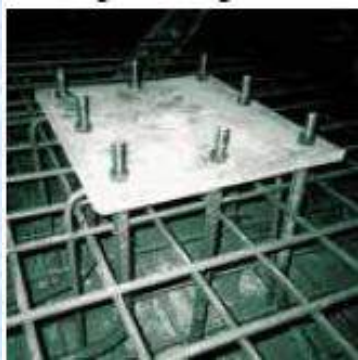
اتصالات

سایر دستورالعمل ها : شامل سایر دستورالعمل های لازم برای اجرای کار



اجرای سازه های فولادی

اجرای سازه های فولادی شامل سه مرحله مهم زیر است:



(۱) شالوده : نصب میل مهارها و صفحه ستون در شالوده

(۲) ساخت : مونتاژ و ساخت تیرها , ستون ها و اجزای فولادی



(۳) نصب : نصب اجزای سازه و اتصال آن به همدیگر

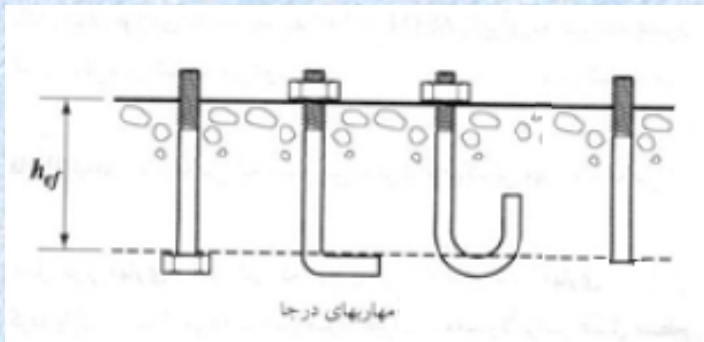


میل مهارها

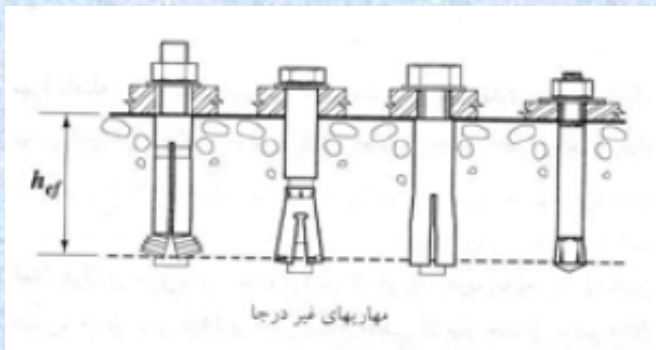


میل مهارها یا بولت ها اجزای سازه ای هستند که باعث می شوند که صفحه ستون را بر روی فونداسیون نگه دارند. انواع میل مهارها به دو دسته :

(۱) **درجا :** در این حالت نصب میل مهار قبل از بتن ریزی انجام می گیرد. این میل مهارها به چهار دسته میل مهار ساده , میل مهار با قلاب انتهایی , میل مهار با خم ۹۰ درجه و میل مهار با مهره انتهایی تقسیم بندی می شود.



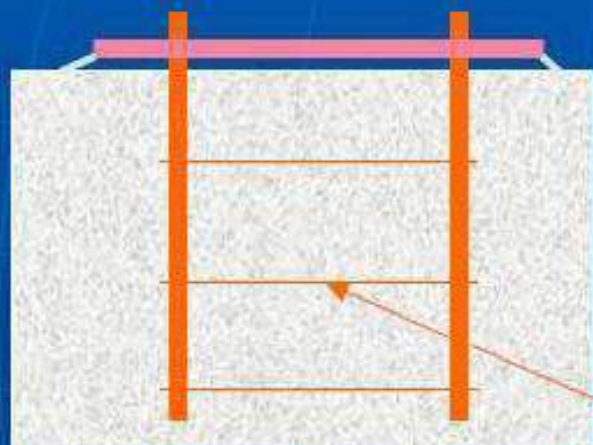
(۲) **غیر درجا:** در این حالت نصب میل مهار بعد از بتن ریزی انجام می گیرد. عموماً در کارهای صنعتی بکار می رود.



میل مهارها

میل مهار ساده: معمولاً در کارهای ساختمانی کم اهمیت بکار می رود.

در ساختمانهای کم اهمیت بکار میرود



طول مهاری

- طول مهاری بطور تقریبی:

- آرماتور ساده: $60d$

- آرماتور آجدار: $50d$

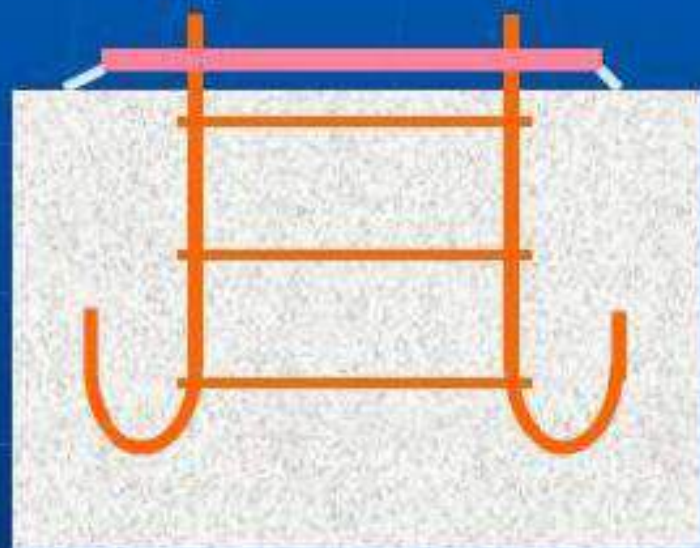
- در صورت استفاده از تنگ

اعداد فوق به ۵۰ و ۴۰ تغییر می یابد

میل مهارها



میل مهار با قلاب انتهایی : در کارهای ساختمانی معمولی بکار می رود.



- طول مهاری تقریبی:

آرماتور ساده: $50d$

آرماتور آجدار: $40d$

- در صورت استفاده از تنگ

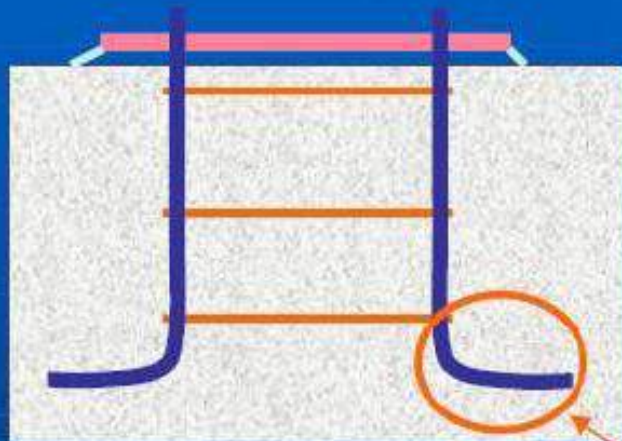
اعداد فوق به 40 و 30 تغییر می یابد

حداقل قطر خم: $6d$ (تا قطر 34 م.م)

حداقل طول مستقیم بعد از خم: $4d$

میل مهارها

میل مهار با خم ۹۰ درجه : در کارهای ساختمانی معمولی بکار می رود.



• طول مهاری * بطور تقریبی برابر $16d$ است.

(با آرماتور آچار آ-۳ و بتن ۳۰۰ و وجود تنگ)

• در صورت عدم استفاده از تنگ، این طول بیشتر از $20d$ خواهد شد.

* نباید کمتر از ۵۰ سانتیمتر باشد.

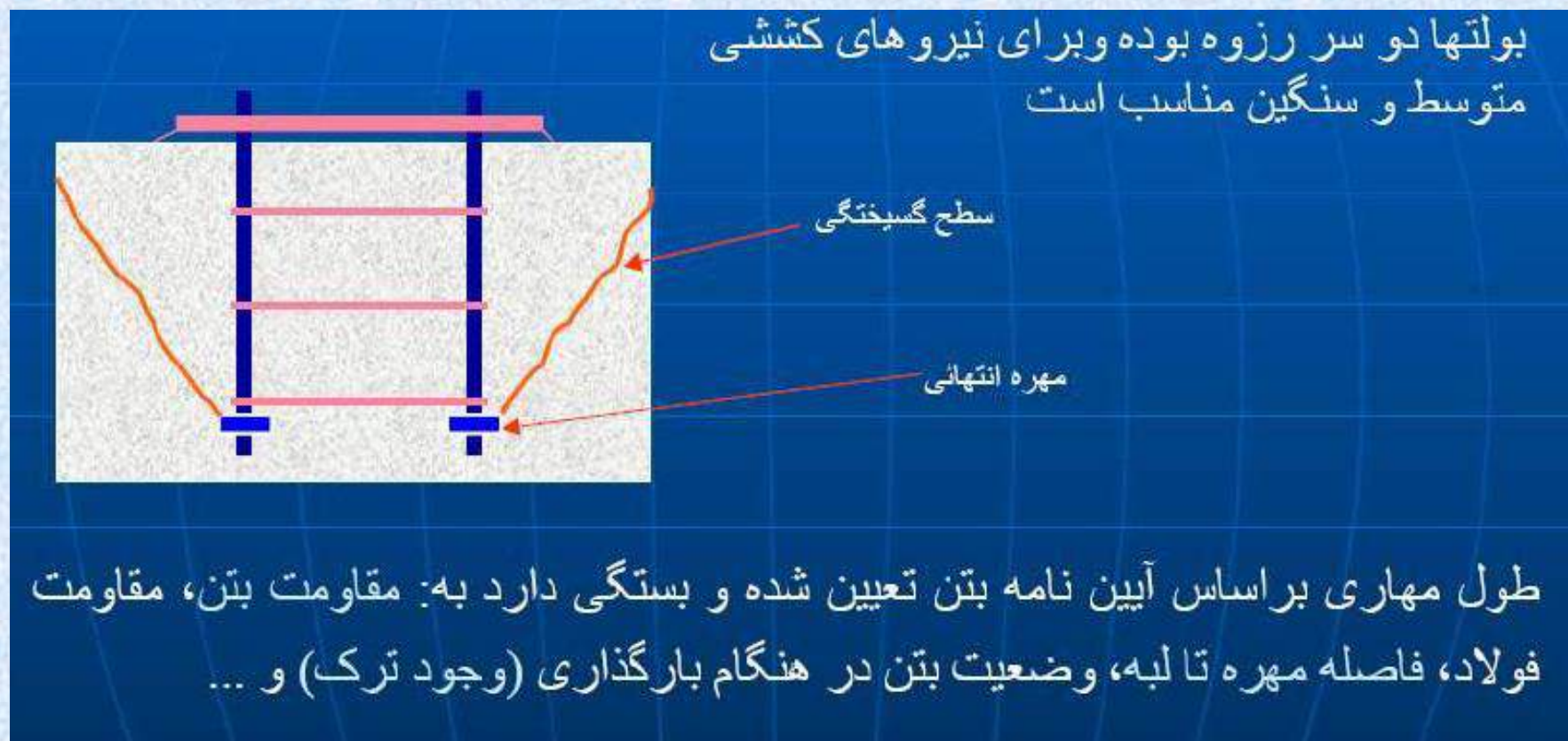
حداقل قطر خم: $6d$ (تا قطر ۳۴ م.م)

حداقل طول مستقیم بعد از خم: $12d$

میل مهارها



میل مهار با مهره انتهایی : معمولاً در جاهایی که نیاز به نیروی کششی زیاد است بکار می رود.



میل مهارها

ضوابط میل مهارها :

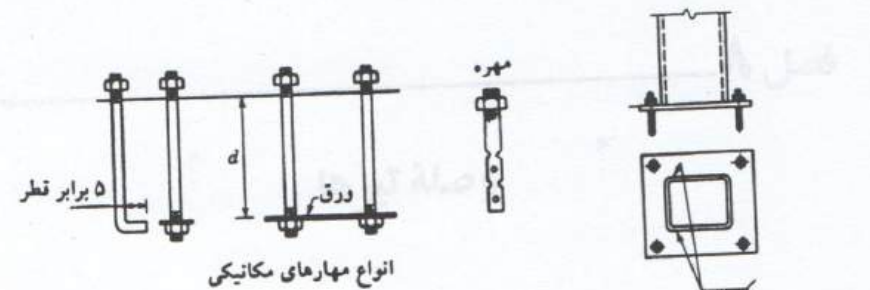
- (۱) استفاده از حداقل چهار میل مهار (۲) حداقل قطر میل مهار ۲۰ میلی متر (۳) کلیه میل مهارها باید در راستای قائم نصب گردند (۴) بخش رزوه شده میل مهار باید توسط یک پوشش قبل از بتن ریزی مهار گردد (۵) نشریه ۲۶۴ در فصل هفتم ضابطه طول مهاری را به صورت فرمول زیر ارائه نموده است :

$$d = \frac{f_y}{4\sqrt{f_c}} \phi \quad (7-17) \quad (\text{برای میلگرد آجدار با مهار مکانیکی انتهایی})$$

$$d = \frac{f_y}{2\sqrt{f_c}} \phi \quad (7-18) \quad (\text{برای میلگرد ساده با مهار مکانیکی انتهایی})$$

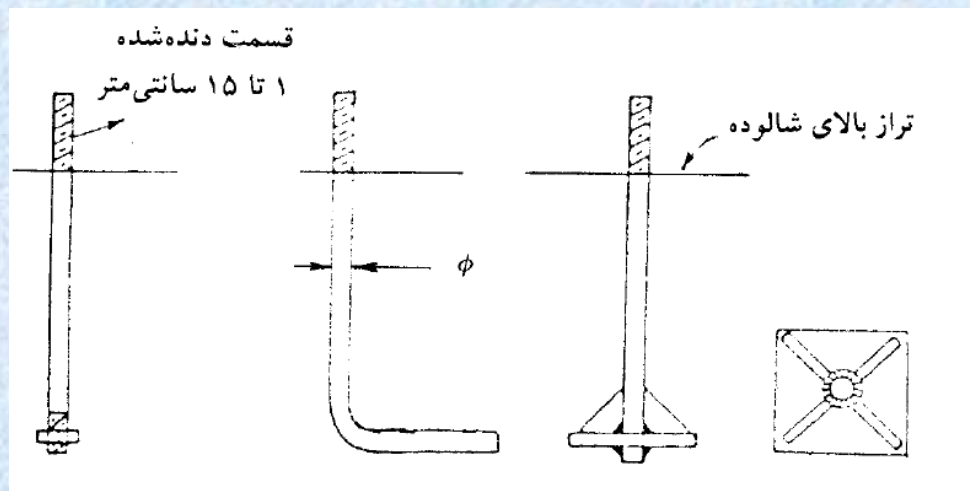
f_y = تنش تسلیم فولاد میله مهار (N/mm^2) ϕ = قطر میله مهار

f_c = مقاومت مشخصه ۲۸ روزه نمونه استوانه‌ای بتن فونداسیون (N/mm^2)



میزان لقی سوراخ نسبت به قطر میله مهار به قرار زیر است:

قطر میله مهار	لقی (mm)
۲۰ تا ۲۵	۸
۲۵ تا ۵۰	۱۲
بزرگتر از ۵۰	۲۴



(۶) راهنمای جوش و اتصالات جوشی

قسمت دنده شده میل مهار را بین ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر توصیه نموده است /



میل مهارها

ضوابط میل مهارها :



رعایت حداقل قطر خم بولت



کنترل کاهش قطر موثر بولت
به علت رزوه

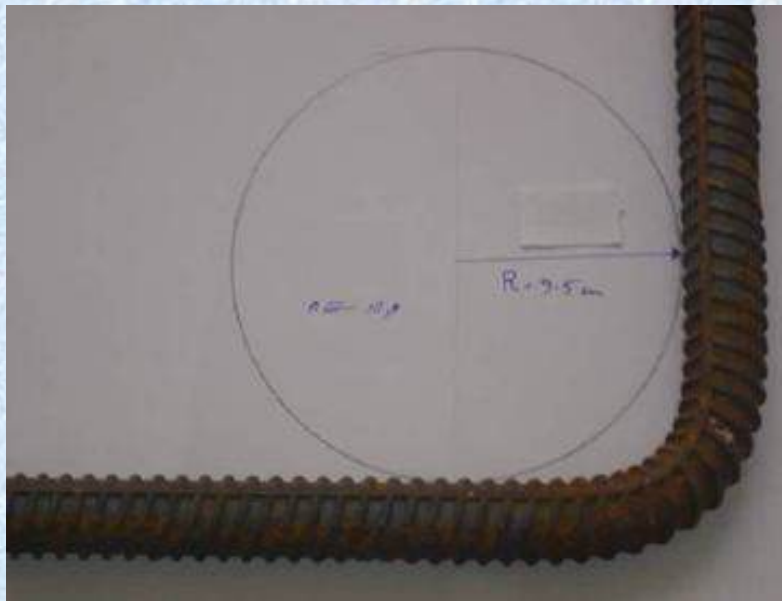
میل مهارها



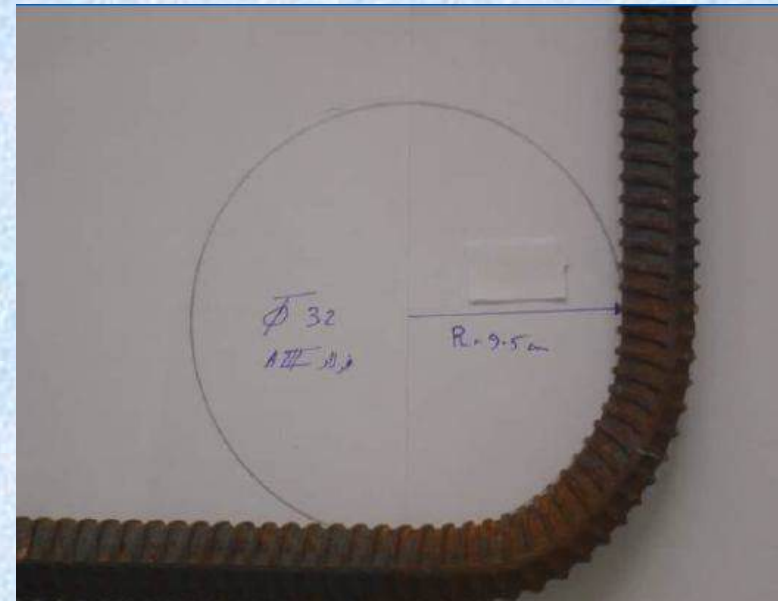
ضوابط میل مهارها : رعایت ضابطه حداقل قطر خم بر مبنای مبحث نهم مقررات ملی ساختمان مطابق جدول ۹-۱۸-۱۰
همینطور ۱۲db طول مستقیم بعد از خم برای قلاب ۹۰ درجه و ۴db نه کمتر از ۶ سانتیمتر طول مستقیم بعد از خم در انتهای آزاد برای قلاب ۱۸۰

جدول ۹-۱۸-۱۰ حداقل قطر خمها

حداقل قطر خم	قطر میلگرد
6db	کمتر از ۲۸ میلیمتر
8db	۲۸ تا ۳۴ میلیمتر
10db	۳۶ تا ۵۵ میلیمتر*



عدم رعایت حداقل قطر خم بولت



رعایت حداقل قطر خم بولت

میل مهارها



ضوابط میل مهارها : رعایت حداقل طول رزوه بر مبنای نشریه ۵۵ مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی

۷-۳-۴-۷ اتصالات کارگاهی

همزمان با کار استقرار و نصب اسکلت فلزی باید اتصالات پیچی و جوشی به طور مطمئن و کامل تکمیل شود تا جوابگوی بارهای مرده، نیروی باد و تنشهای حین اجرا باشد.

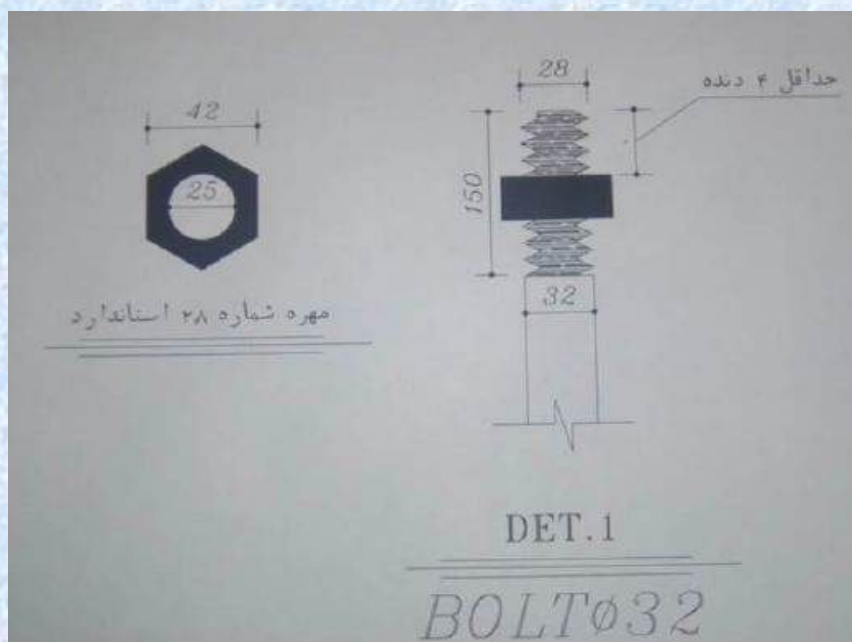
الف: اتصالات با پیچ و مهره

چنانچه برای اتصال از پیچ و مهره استفاده می شود، بین مهره و صفحه اتصال باید واشر فولادی به کار رود (به استثنای پیچهای پر مقاومت مذکور در بند ۷-۳-۲-۵)، طول پیچ و تعداد دندانه های آن باید طوری باشد که بتوان مهره را به وسیله آچار کاملاً به صفحه محکم نمود. در خاتمه کار باید انتهای پیچ به اندازه حداقل ۴ دنده از مهره بیرون باشد. در محل تکیه گاههای ساده که قطعات باید نسبت به تکیه گاه حرکت داشته باشند، مهره را نباید کاملاً به صفحه سفت کرد، به منظور جلوگیری از شل شدن و افتادن، باید از پیچ و مهره های اشیپل دار یا از دو مهره که روی هم سفت



میل مهارها

ضوابط میل مهارها: رعایت حداقل طول رزوه بر مبنای نشریه ۵۵ مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی



صفحات زیرستون



دلایل استفاده از صفحه کف ستون :

(۱) انتقال بارهای ستون به فونداسیون : این بارها شامل نیروهای محوری ، ممان ها و برش پای ستون می باشد.

(۲) گسترش تنش های پای ستون : کف ستون موجب می گردد که بارهای وارده از ستون به فونداسیون را در سطح وسیعی که فونداسیون قابلیت تحمل آنرا دارد توزیع نماید.

(۳) ایجاد محلی برای نصب : به ستون اجازه می دهد در هنگام نصب ، تا وقتی با دیگر اعضای اسکلت درگیر نشده است به صورت یک کنسول قائم عمل نموده و پایداری خود را حفظ نماید.



صفحات زیر ستون

نصب صفحات کف ستون به ستون ها به دو دسته تقسیم بندی می شود :

(۱) روش صنعتی : اتصال ستون به کف ستون در کارخانه انجام می گیرد.



(۲) روش سنتی : اتصال ستون به کف ستون در پای کار انجام می شود.





روش نصب صنعتی صفحات زیر ستون

نصب صفحات کف ستون به صورت صنعتی شامل مراحل زیر است:

(۱) نصب میل مهار ها و بتن ریزی پی : تثبیت بولتها با شابلن , مهار به شبکه آرماتوربندی , قالب , قطعات کار گذاشته شده در بتن مگر , خرک و یا سایر سیستم های درمورد بولتهای با ابعاد بزرگ

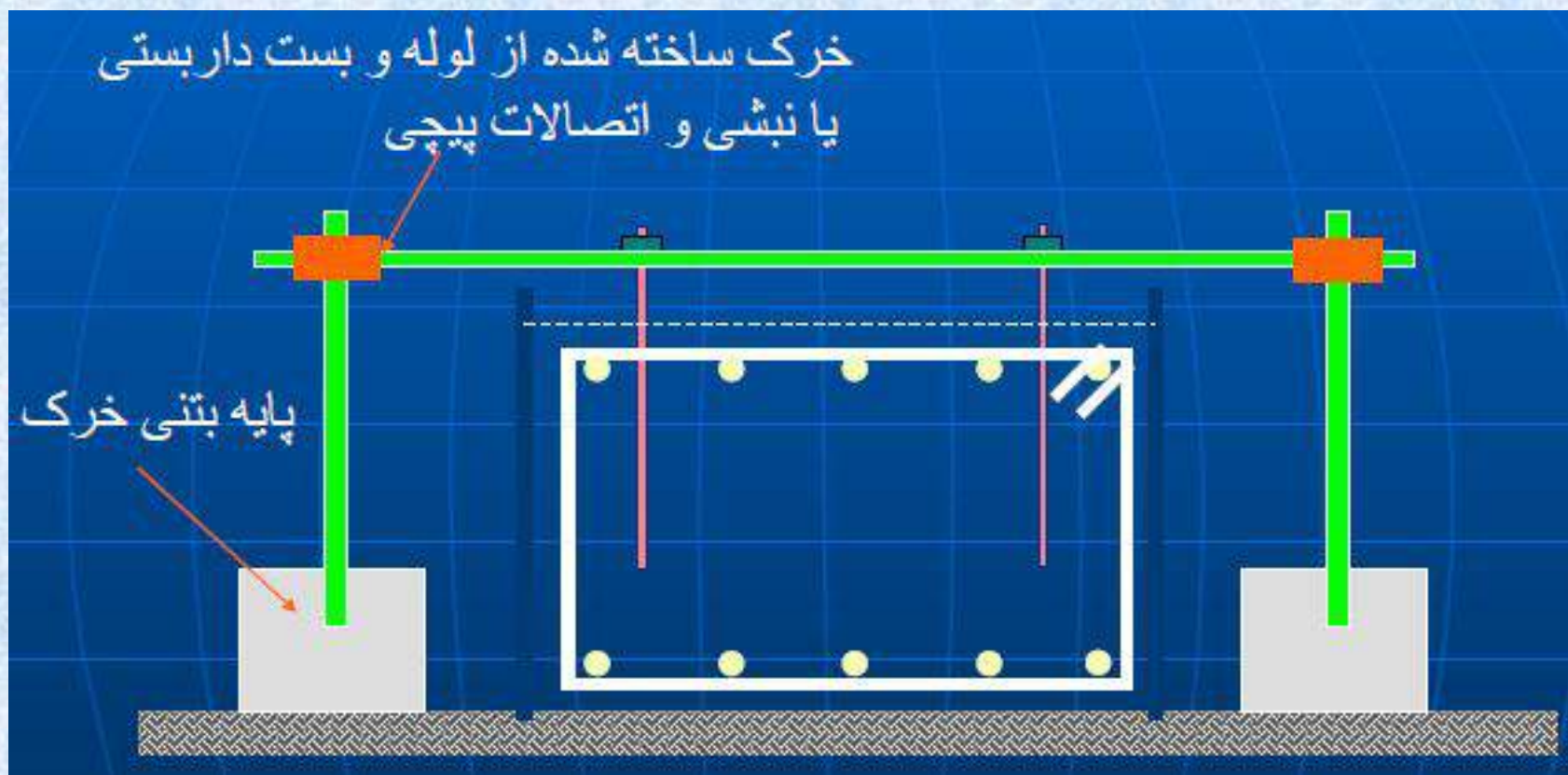


نصب بولت با استفاده از سیستم های نگه دارنده فلزی



روش نصب صنعتی صفحات زیر ستون

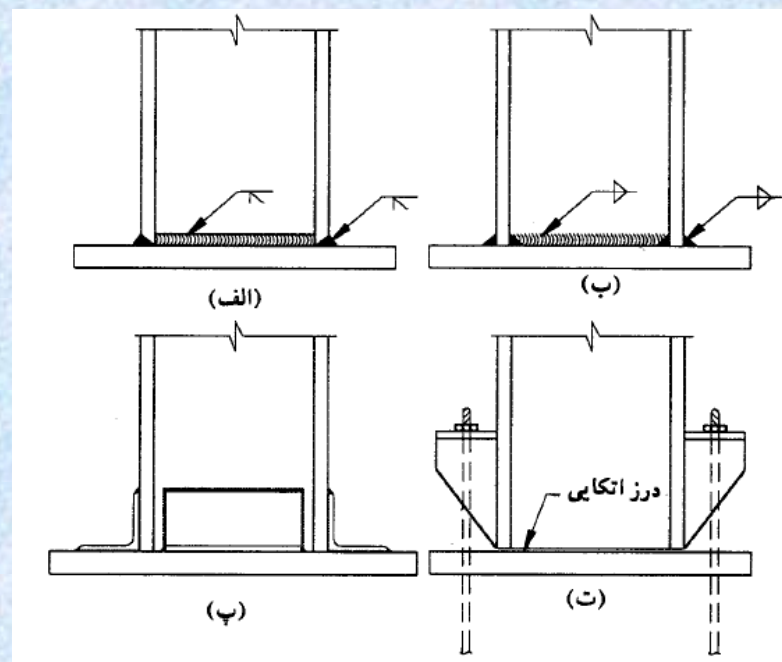
نصب میل مهارها با استفاده از خرک و بتن ریزی





روش نصب صنعتی صفحات زیر ستون

(۲) ساخت ستون ها به همراه صفحه ستون در کارخانه: در این روش صفحه ستون در کارخانه به صورت گونیا به پای ستون جوش و یکپارچه می شود.



روش نصب صنعتی صفحات زیر ستون



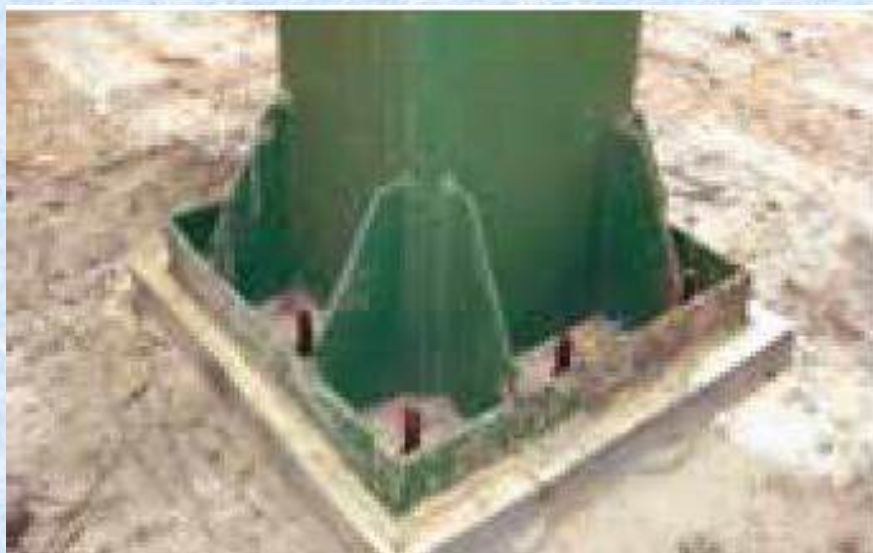
(۳) **پد گذاری :** بعد از بتن ریزی فونداسیون , باید اقدام به پدگذاری (Paddin) گردد. پدها ورق های $4 \times 100 \times 100$ میلیمتر می باشند که برروی فونداسیون بطور کامل به کمک ملات در موقعیت مورد نظر مستقر و تراز می شوند. بعد از گرفتن ملات زیر پد , ستون به همراه صفحه ستون برروی آنها نصب شده و کاملاً به صورت شاقولی در می آید و مهره ی میل مهارها سفت می شود.





روش نصب صنعتی صفحات زیر ستون

(۴) **گروت ریزی :** در این مرحله اقدام به قالب بندی دور تا دور صفحه ستون نموده و فضای خالی زیر بیس پلیت را به کمک ملات پر سیمان یا گروت (سیمان منبسط شونده) پر می نماییم .





روش نصب صنعتی صفحات زیر ستون

مراحل گروت ریزی



(۲) قالب بندی دور صفحه ستون



(۱) شستشو و تمیزکاری زیر صفحه ستون



روش نصب صنعتی صفحات زیر ستون

مراحل گروت ریزی



(۴) ریختن گروت از یک سمت



(۳) آماده کردن گروت مطابق دستورالعمل
تولید کننده



روش نصب صنعتی صفحات زیر ستون

مراحل گروت ریزی



(۶) اضافه کردن گروت تا تراز روی صفحه ستون و ویبره مجدد آن



(۵) استفاده از یک زنجیر برای ویبره زدن



روش نصب صنعتی صفحات زیر ستون

مراحل گروت ریزی



۸) مرطوب نگه داشتن گروت پس از اجرا



۷) برداشتن قالب پس از چند ساعت



روش سنتی نصب صفحات زیر ستون

نصب صفحات کف ستون به صورت سنتی شامل مراحل زیر است:

(۱) **نصب میل مهارها :** تثبیت بولتها با استفاده از کف ستون اصلی به عنوان شابلن مهار بولت ها در عمق پی و استفاده از آرماتورهای کمکی





روش سنتی نصب صفحات زیر ستون

(۲) **بتن ریزی** : ایجاد فاصله از سطح بتن تا زیر کف ستون و بتن ریزی فونداسیون. دقت ویژه به تراکم بتن در زیر کف ستون



فضای خالی زیر کف ستون برای رگلاژ بعدی

روش سنتی نصب صفحات زیر ستون



(۳) اجرای ماهیچه و نصب صفحه ستون: در این مرحله صفحه ستون را برداشته و روی سطح بتن را تمیز می نماییم و سپس با ملات پر سیمان به ضخامت لازم روی شالوده پخش می نماییم (اجرای ماهیچه) و ورق صفحه ستون را روی آن قرار داده و به کمک تراز و دوربین ، در وضعیت نهای خود قرار می دهیم و مهره های میله های مهاری را سفت می نماییم.



اجرای ماهیچه بتنی زیر صفحه ستون



روش سنتی نصب صفحات زیر ستون

ادامه اجرای ماهیچه و نصب صفحه ستون: می توان با ایجاد سوراخ کوچک در وسط صفحه ستون ، از تخلیه هوای جمع شده زیر صفحه ستون مطمئن شد. در محل هایی که سوراخ های محل میل مهارها در صفحه ستون گشاد می باشند می توان واشرگذاری نمود. بعد از آچارکشی نهائی مهره ها ، برای جلوگیری از شل شدن مهره ها می توان از خال جوش (بهتر است استفاده نشود) یا از دو مهره روی هم استفاده نمود.



نصب صفحه ستون

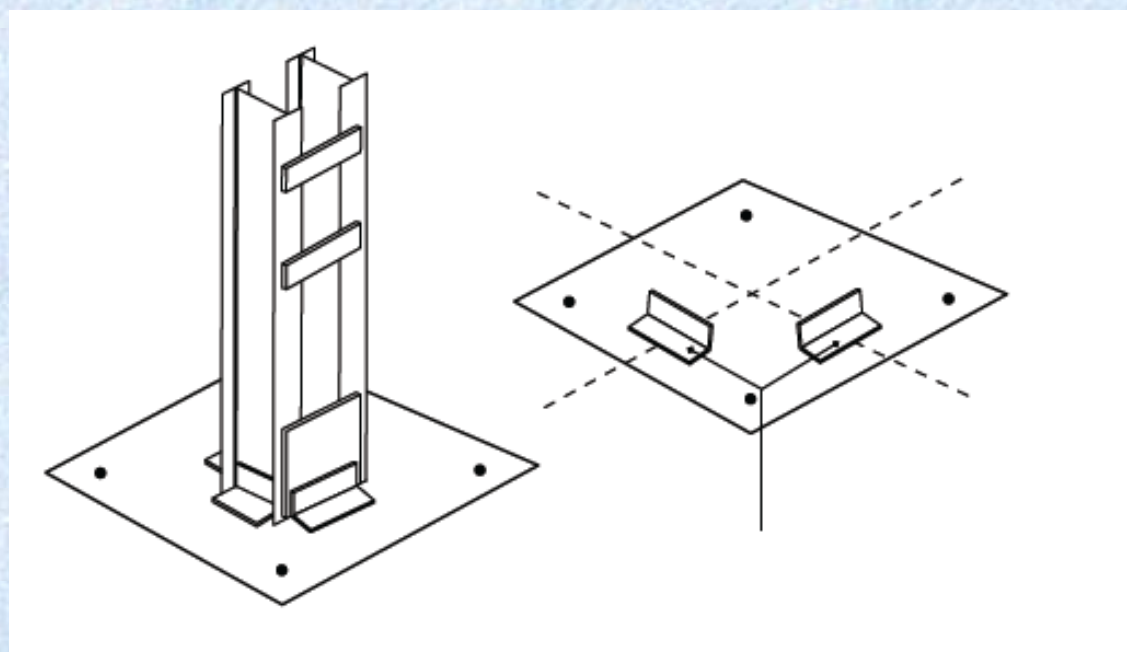


نصب ستون در حالت اجرای سنتی صفحه ستون

نصب ستون : برای نصب ستون بر روی صفحه ستون در روش سنتی لازم است بعد از آماده سازی و تمیز کاری صفحه ستون ، به کمک دوربین و تعیین آکس محل نصب ستون ، اقدام به جوشکاری دو وجه عمود بر هم اتصال بر روی صفحه ستون نمود.



جوشکاری دو وجه عمود بر هم بر روی
صفحه ستون

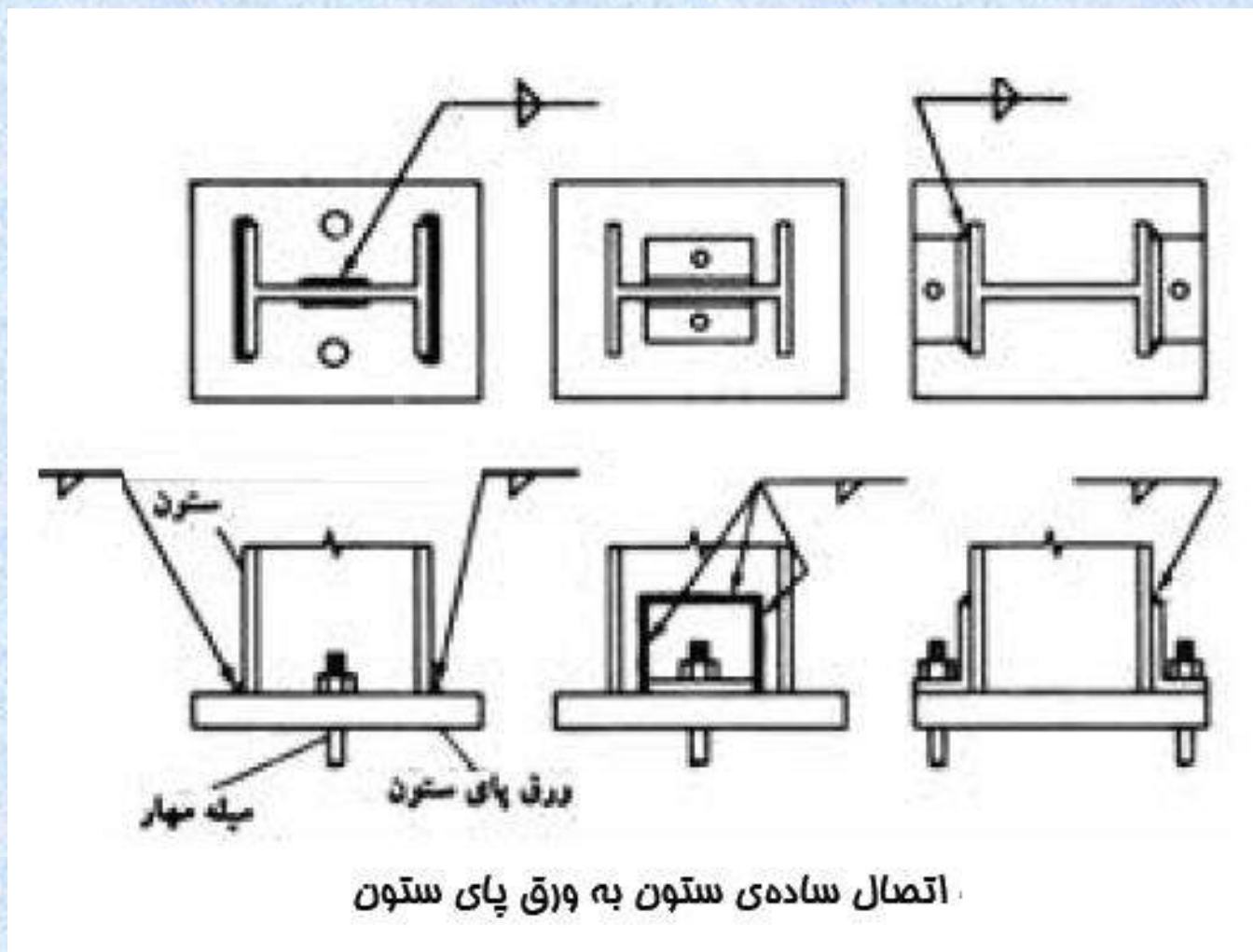


خط کشی و تعیین آکس ستون



نصب ستون در حالت اجرای سنتی صفحه ستون

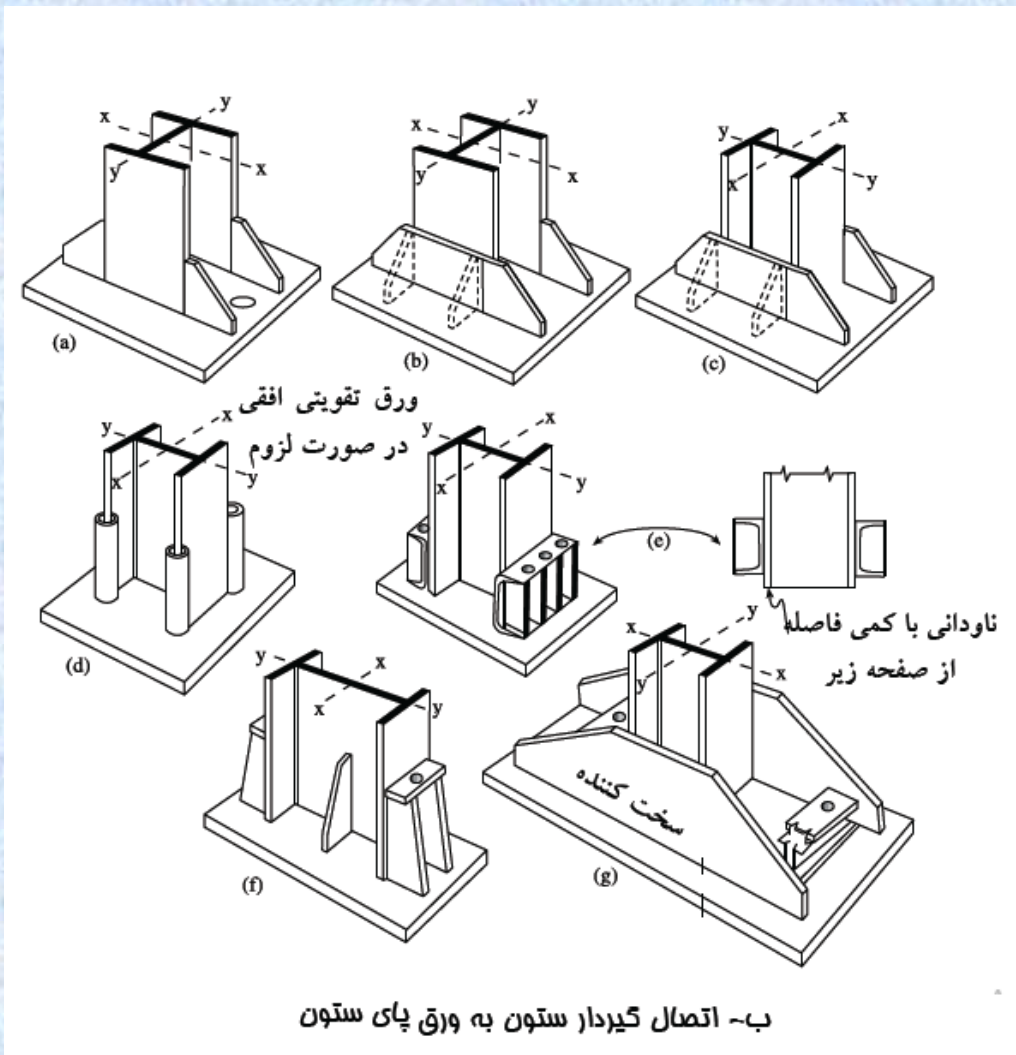
اتصال ساده ستون به صفحه ستون





نصب ستون در حالت اجرای سنتی صفحه ستون

اتصال گیردار ستون به صفحه ستون





نصب ستون در حالت اجرای سنتی صفحه ستون

ادامه نصب ستون : بعد از قرارگیری ستون به روی صفحه ستون و شاقولی نمودن آن ، اقدام به جوشکاری این دو اتصال و تکمیل مابقی اتصالات به ستون می نماییم..



تکمیل جوشکاری پای ستون

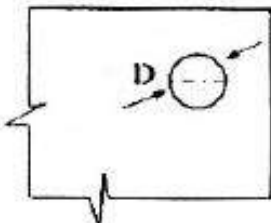
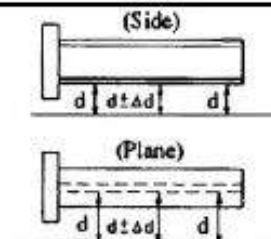
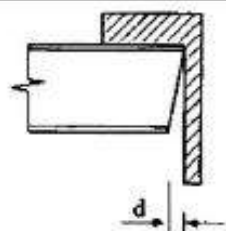
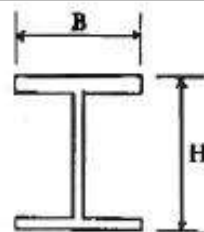


تنظیم پای ستون نسبت به خط محور
و شاقولی کردن آن



رواداری کف ستون

مطابق مشخصات فنی عمومی کارهای عمومی ساختمان نشریه ۵۵، رواداری کف ستون های به صورت زیر است:

ردیف	شرح	شکل	روش اندازه گیری	رواداری	ملاحظات
۵	قطر سوراخ میل مهار کف ستون		قطر داخلی به کمک کولیس اندازه گیری می شود.	$+2.0 \text{ mm}$ -0.0 D	
۶	خمیدگی ستون		اندازه گیری به کمک ریسمان یا سیم کاملاً کشیده انجام می شود.	$\Delta d \leq 3.0 \text{ mm}$	
۷	کوتای بودن اتصا		اندازه گیری به کمک کونای قطری انجام می شود.	$d \leq 2.0 \text{ mm}$	
۸	ارتفاع و عرض		H و B مقاطع مختلف اندازه گیری می شود.	$H \pm 2.0 \text{ mm}$ $B \pm 2.0 \text{ mm}$	برای سیم نهایی ساخته شده از ورق.

رواداری کف ستون

مطابق مشخصات فنی عمومی
کارهای عمومی ساختمان نشریه
۵۵

جدول ۷-۳-۷ الف) رواداری بستونها

ردیف	شرح	شکل	روش اندازه گیری	رواداری	ملاحظات
۱	فواصل مرکز به مرکز سوراخها در کف ستون		اندازه گیری فواصل مرکز به مرکز سوراخها در امتداد محیطی و قطری صورت می گیرد	$\Delta P \pm 1.0mm$ $\Delta P_i \pm 1.5mm$ $ a - b \leq 3.0mm$	
۲	پسندگی کف ستون		در صورتی که ستون به صورت خوابیده قرار گیرد اندازه گیری را می توان به کمک شاقول انجام داد	$d \leq 3.0mm$	
۳	تاییدگی کف ستون		اندازه گیری به کمک یک ورق تخت صورت می گیرد	$d \leq 3.0mm$	
۴	کوتاه بودن اتصال کف ستون به ستون		اندازه گیری فاصله به کمک یک کونیا فلزی انجام می شود	$\Delta d = d_1 - d_2 $ $\frac{\Delta d}{L} \leq \frac{3}{1000}$	