

## پودمان ۴

### اجرای سازه‌های فولادی



## مقدمه

استفاده از سازه‌های فلزی یکی از متداول‌ترین روش‌های ساختمان‌سازی می‌باشد. ساختمان‌های بلندمرتبه، سازه‌های شهری نظیر تابلوهای تبلیغاتی، سازه‌های ترافیکی نظیر پل‌های عابر پیاده، پل‌های ماشین‌رو و سازه‌های صنعتی نظیر انواع خرپاها و سوله‌ها را می‌توان نام برد. سرعت و سهولت اجرا به خصوص پس از پیشرفت صنعت جوشکاری، باعث رونق گرفتن هرچه بیشتر سازه‌های فلزی شده است. در مقایسه با سازه‌های بتنی، ابعاد کمتر مقاطع تیر و ستون، سرعت ساخت و نصب سریع‌تر، سبک‌تر بودن و کیفیت بهتر مقاطع فلزی ساخته شده در کارخانه نسبت به مقاطع بتنی اجرا شده در محل از امتیازات سازه‌های فلزی می‌باشد. در عین حال ضعف در مقابل آتش‌سوزی، ضعف در مقابل رطوبت به دلیل زنگ‌زدگی و خوردگی و ... از نقاط ضعف سازه‌های فلزی در قیاس با سازه‌های بتنی است.

## استاندارد عملکرد

با استفاده از وسایل جوشکاری مانند دستگاه جوش - الکتروود و ... و معیارهای AWS و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، جوش‌های مختلف را اجرا نماید.

## کلیات

در این پودمان ابتدا به معرفی آهن و فراورده‌های آن از قبیل فولاد و چدن و روش‌های تولید فولاد می‌پردازیم. در ادامه، اعضای مختلف سازه‌های فولادی و روش ساخت آنها از قبیل فونداسیون، تیر و ستون، مهاربندها و سقف‌ها معرفی می‌شوند و سپس انواع اتصالات در سازه‌های فولادی از نظر روش طراحی و اجرا و مباحثی درباره جوشکاری و پیچ و پرچ بیان شده است.

## آهن



آهن یکی از عناصر طبیعی است که به صورت سنگ آهن و معمولاً همراه با ناخالصی از معادن استخراج می‌شود (شکل ۱).

با افزودن کربن به آهن خالص، دو آلیاژ اصلی فولاد و چدن به دست می‌آید که کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف از جمله در صنعت ساختمان دارند.

شکل ۱ ▲

## فولاد و چدن

### فولاد:

آهن خالص به دلیل نرمی و عدم استحکام کافی، مستقیماً در صنعت ساختمان مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. با افزودن حداکثر ۲ درصد کربن به آهن خالص، آلیاژی به نام فولاد تولید می‌شود. از فولاد جهت تولید پروفیل‌های ساختمانی نظیر تیرآهن، نبشی، میل‌گرد و... استفاده می‌شود.

### چدن:

اگر میزان کربنی که به آهن خالص افزوده می‌شود بیش از ۲ درصد باشد، میزان تردی و سختی آن افزایش می‌یابد، یعنی با افزایش کربن، بر میزان مقاومت و ظرفیت باربری فولاد افزوده شده اما خاصیت شکل‌پذیری (چکش‌خواری) و جوش‌پذیری آن کاهش می‌یابد و به چدن نزدیک می‌شود. کربن موجود در چدن بین ۲ تا ۴/۵ درصد می‌باشد. از چدن به دلیل ظرفیت باربری بالا و مقاومت در برابر رطوبت، برای تولید دریاچه منهول‌های فاضلاب، دریاچه‌های آب شهری، لوله ناودان و لوله فاضلاب استفاده می‌شود.



شکل ۲ ▲

با افزایش تردی مصالح، امکان شکستن ناگهانی مصالح افزایش می‌یابد.

نکته



از نظر مقدار کربن، فولاد به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شود:  
**(الف) فولاد نرم:** این نوع فولاد کمتر از ۰/۲ درصد کربن دارد و برای ساخت پیچ و مهره معمولی، سیم خاردار و... به کار می‌رود.

**(ب) فولاد متوسط:** درصد کربن این نوع فولاد بین ۰/۲ تا ۰/۶ بوده و برای تهیه ریل، دیگ بخار و فولاد ساختمانی مانند تیرآهن، نبشی و سایر پروفیل‌های ساختمانی به کار می‌رود.

**(ج) فولاد سخت:** این نوع فولاد بین ۰/۶ تا ۱/۶ درصد کربن دارد و برای تهیه فنرهای فولادی، ابزارآلات، وسایل جراحی، مته و ... به کار می‌رود.

برای نام گذاری فولادها از علامت St... استفاده می شود. St مخفف کلمه Steel به معنای فولاد است و در سمت راست آن مقاومت کششی فولاد بر حسب نیوتن بر میلی متر مربع نمایش داده می شود. برای ساخت پروفیل های ساختمانی مانند تیرآهن از St37 استفاده می شود. برای ساخت پیچ های پرمقاومت که در اتصالات پیچ و مهره ای مورد استفاده قرار می گیرد از St52 استفاده می شود.

$F_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$ تنش نهایی	$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ تنش تسلیم	St37
$F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2$ تنش نهایی	$F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$ تنش تسلیم	St52

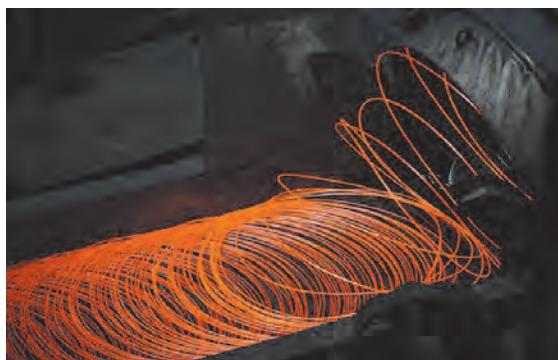
با راهنمایی هنرآموز خود بررسی کنید که تفاوت بین تنش تسلیم با تنش نهایی چیست.

تفکر



## روش های تولید فولاد

**الف) نورد گرم:** در این روش شمش را در کوره بین ۸۰۰ تا ۱۲۵۰ درجه سانتی گراد حرارت داده و با عبور از بین غلتک هایی که خلاف جهت هم می چرخند، تغییر ضخامت می یابد تا در نهایت به شکل و فرم مورد نظر برسد. نیمرخ های تیرآهن، نبشی، میل گرد و ... با این روش تولید می شوند.



شکل ۴ ▲ نورد گرم میل گرد



شکل ۲ ▲ نورد گرم ورق فولادی

**انواع نیمرخ های گرم نورد شده:**

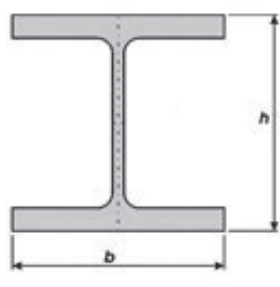
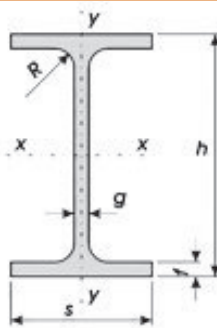
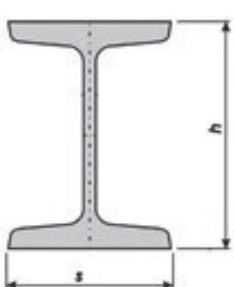
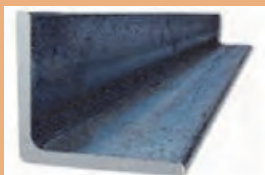

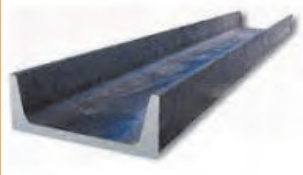
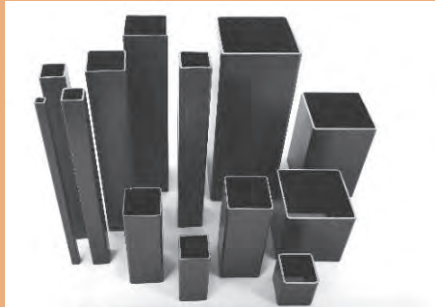

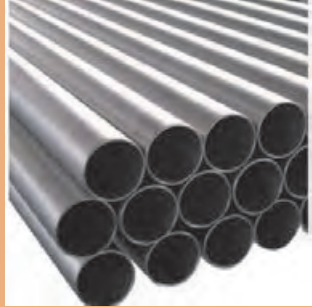

تیرآهن یا مقطع I شکل، ناودانی یا مقطع U شکل، نبشی یا L شکل، سپری یا مقطع T شکل لوله و میل گرد یا مقطع دایره ای شکل، قوطی یا مقطع مربع و مستطیل و ... به روش نورد گرم تولید می شوند.

در تیرآهن INP ضخامت بال از لبه به سمت جان افزایش می یابد اما در IPE ضخامت بال ثابت است. باربری یک سایز تیرآهن از نوع INP کمتر از نوع IPE بوده و همچنین قیمت INP نیز ارزان تر از IPE می باشد.

نکته





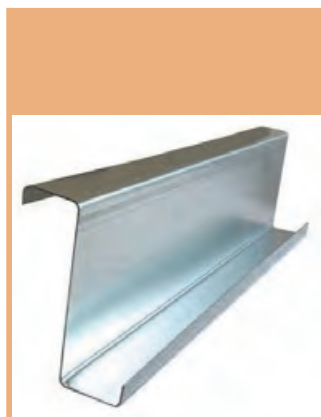
 <p style="text-align: center;"><b>IPB</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>IPE</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>INP</b></p>
<p>تیرآهن IPB (بال پهن)</p>	<p>تیرآهن IPE (معمولی)</p>	<p>تیرآهن INP (باریک)</p>
		
<p>نبشی</p>	<p>سپری</p>	<p>ناودانی</p>
		
<p>انواع قوطی</p>		<p>میل گرد</p>
		
<p>لوله‌های فولادی</p>	<p>تسمه</p>	

شکل ۵ ▲ انواع پروفیل‌های نورد گرم

ب) **نورد سرد:** در این روش حداکثر دما ۲۰۰ درجه سانتی گراد است. با انجام عملیات اضافی در اثر عبور از بین چند غلتک، خم کاری یا کشیدن، نورد سرد انجام می‌شود. به همین دلیل مقاطع سرد نورد شده معمولاً گران‌تر از مقاطع حاصل از نورد گرم است. نیم‌رخ‌های Z شکل، و نیم‌رخ‌های در و پنجره و لوله‌های درزدار از این روش تولید می‌شوند.



شکل ۶ ▲ عملیات نورد سرد



پروفیل Z



چارچوب در



پروفیل در و پنجره

شکل ۷ ▲ انواع پروفیل نورد سرد

تنش تسلیم فولاد حاصل از نورد گرم با نورد سرد چه تفاوتی دارد؟

تفکر



## اعضای سازه‌های فولادی

اعضای سازه‌های فولادی شامل تیرچه، شاه‌تیر یا تیر اصلی، ستون، مهاربند، دیوار برشی و فونداسیون می‌باشد. در سازه‌های فولادی بار مرده و زنده روی سقف به تیرهای فرعی و سپس به شاه‌تیرها و ستون‌ها و از آنجا به پی منتقل می‌گردد. نیروهای جانبی مثل باد و زلزله توسط مهاربندها به ستون‌ها و سپس به پی منتقل می‌گردد و یا از طریق دیوار برشی مستقیماً به پی وارد می‌شوند و در نهایت مجموع این نیروها از پی (شالوده)‌ها به زمین انتقال می‌یابند.

### شالوده در سازه‌های فولادی

شالوده وظیفه انتقال بارهای وارد از سازه به زمین بستر ساختمان را بر عهده دارد. ابعاد شالوده‌ها به میزان بار وارده از ساختمان، جنس پی و ظرفیت باربری خاک زیر پی بستگی دارد. شالوده‌ها از مصالح مختلف نظیر شفته آهک، سنگ و بتن ساخته می‌شوند. امروزه با توجه به ظرفیت باربری زیاد، یکپارچه بودن و سهولت اجرا، استفاده از شالوده‌های بتنی رایج‌تر از انواع شالوده‌های دیگر می‌باشد. انواع شالوده در ساختمان‌های فلزی عبارت‌اند از:

الف) شالوده منفرد (تکی)

ب) شالوده نواری

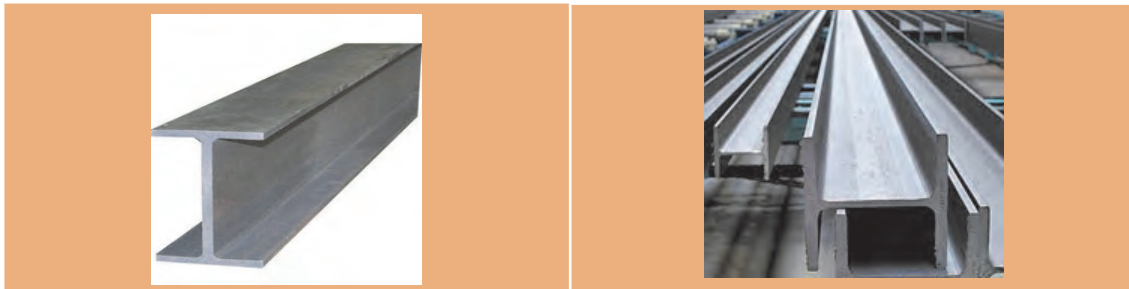
ج) شالوده گسترده (رادیه ژنرال)

### ستون در سازه‌های فولادی

ستون عضوی است غالباً عمودی که نیروهای محوری فشاری را تحمل و به شالوده انتقال می‌دهد. اگر نسبت طول به ابعاد مقطع ستون زیاد باشد، ستون لاغر شده و در اثر نیروی محوری فشاری دچار تغییر شکل خارج از محور می‌شود و ظرفیت باربری آن به شدت کاهش می‌یابد. این پدیده را اصطلاحاً کمانش می‌نامند. در طراحی ستون‌ها علاوه بر مقاومت در مقابل بارهای وارده، باید پدیده کمانش به خصوص در ستون‌های بلند نیز در نظر گرفته شود. شکل و سطح مقطع ستون‌ها با توجه به بار وارده، ارتفاع ستون و نوع اتصالات ابتدا و انتهای آنها متغیر است. به طور کلی ستون‌ها از نظر مقطع به دو دسته ساده و مرکب تقسیم‌بندی می‌شوند.

الف) ستون‌ها با مقاطع ساده:

در صورتی که بار وارده زیاد نباشد، از مقاطع قوطی مربع و تیر آهن بال‌پهن، به دلیل عملکرد مقاومتی بهتر نسبت به سایر مقاطع نورد شده، به صورت ساده یا منفرد استفاده می‌شود.



شکل ۸ ▲ مقاطع IPB



در بعضی سازه‌های خاص نظیر پل‌های عابر پیاده، سازه‌های صنعتی، منابع آب، سایبان‌های محوطه، پایه تابلوهای تبلیغاتی یا ترافیکی و... از مقاطع دایره‌ای یا لوله‌ای شکل به عنوان ستون استفاده می‌شود.



شکل ۹ ▲

### ب) ستون‌ها با مقاطع مرکب:

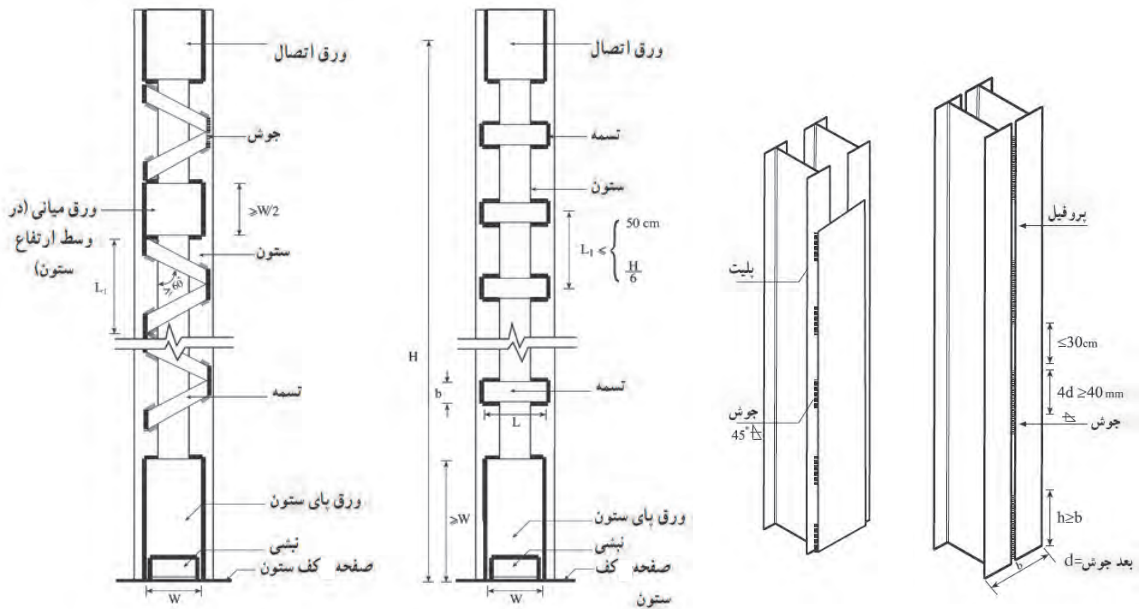
از ترکیب دو یا چند مقطع نورد شده و انواع ورق‌ها و تسمه‌ها، مقاطع مرکب حاصل می‌شود. دلایل استفاده از مقاطع مرکب عبارت‌اند از:

- ۱- در صورتی که مقاطع ساده قادر به تحمل بارهای وارده نباشند، از مقاطع مرکب استفاده می‌شود.
- ۲- در صورتی که نیاز به یک هندسه خاص وجود داشته باشد و در بازار موجود نباشد، با استفاده از مقاطع مرکب آن شکل هندسی را تولید می‌نمایند.

### انواع ستون‌ها با مقاطع مرکب:

الف) ستون‌های ساخته شده با مقاطع نورد شده  
مقاطع IPE و INP به دلیل لاغری و مشکل کمانش نمی‌توانند به صورت ساده یا منفرد مورد استفاده قرار گیرند. برای حل این مشکل معمولاً از این مقاطع به صورت دابل، دابل با ورق تقویتی سرتاسری، دابل با قیدهای موازی و غیرموازی (پا باز) استفاده می‌شود. در موارد خاص می‌توان از اتصال سه تیر آهن به هم، ورق یا بدون ورق تقویتی نیز استفاده نمود. (شکل ۱۰)





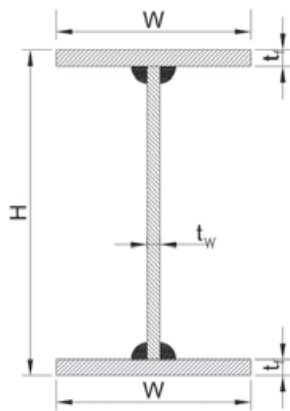
شکل ۱۰ ▲

### ج) ستون‌های ساخته شده با ورق:

۱- مقاطع قوطی شکل: در صورتی که مقاطع مرکب ساخته شده با نیم‌رخ‌های نورد شده جوابگوی بارهای وارده نباشند، می‌توان با استفاده از ورق‌های فولادی انواع مقاطع ستون‌ها را با هندسه‌های گوناگون ساخت. مقاطع جعبه‌ای یا قوطی شکل (BOX) مرسوم‌ترین این نوع مقاطع می‌باشند. مقاطع جعبه‌ای اغلب به صورت مربع شکل و به ندرت به شکل مستطیل ساخته می‌شوند. این نوع مقاطع از ظرفیت باربری بالایی برخوردارند.



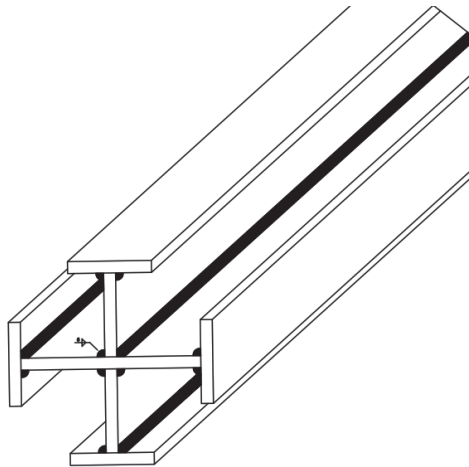
شکل ۱۱ ▲ ستون با مقاطع جعبه‌ای BOX



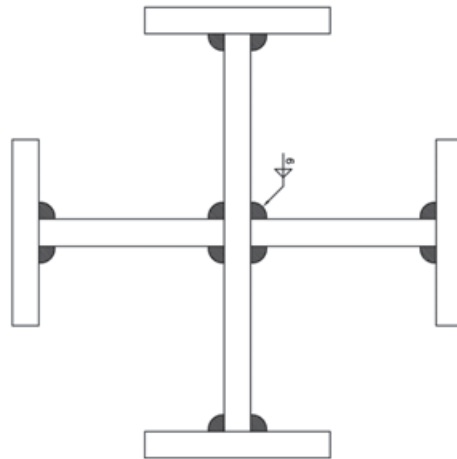
▲ شکل ۱۲

**۲- مقاطع H شکل:** که با استفاده از ورق در کارگاه یا کارخانه ساخته می‌شوند؛ عملکردی مشابه تیر آهن‌های بال پهن (IPB) دارند و معمولاً به دلیل ضخامت بیشتر ورق‌های بال و جان آنها، نسبت به مقاطع بال پهن کارخانه‌ای از ظرفیت باربری بیشتری برخوردار هستند. ستون‌های ساختمان‌های صنعتی مانند سوله‌ها از این نوع مقاطع ساخته می‌شوند (شکل ۱۲).

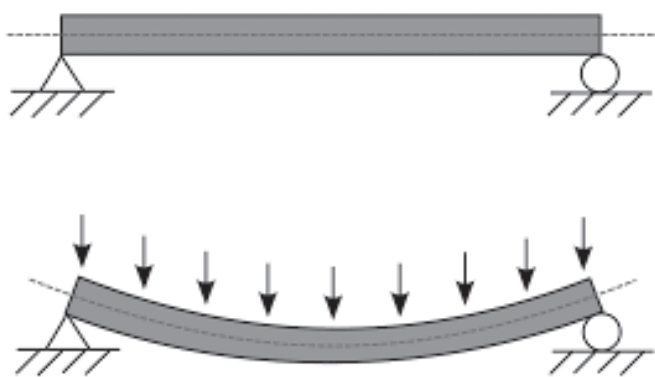
**۳- مقاطع صلیبی:** در ساختمان‌های بلند مرتبه عموماً از مقاطع صلیبی شکل به عنوان ستون استفاده می‌گردد. همانند مقاطع جعبه‌ای، تقارن شکل این نوع مقاطع باعث می‌شود که ظرفیت باربری و کمانشی آنها حول دو محور  $X$  و  $Y$  باهم مساوی باشد (شکل ۱۳).



▲ شکل ۱۳



### تیر در سازه‌های فولادی

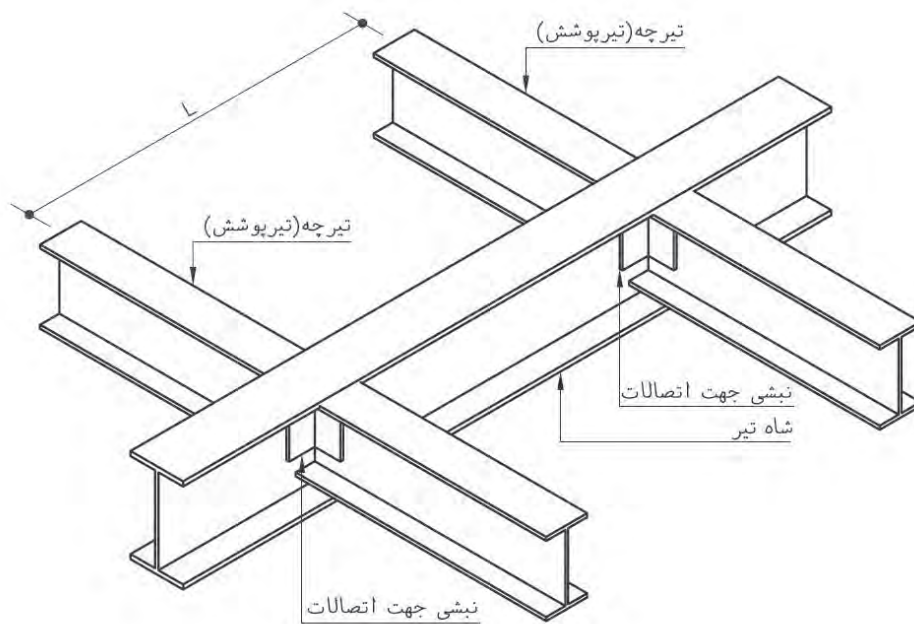


▲ شکل ۱۴ بارگذاری تیر

تیر عضوی است خمشی که بارهای عمود بر محور خود را تحمل و منتقل می‌نماید و در پوشش سقف‌ها به کار می‌رود. تیرها به دودسته اصلی یعنی پل‌ها یا شاه‌تیرها و فرعی یا تیرچه‌ها تقسیم‌بندی می‌گردند. نیروهای ناشی از بارهای مرده و زنده طبقات ابتدا به تیرهای فرعی و سپس به تیرهای اصلی و در نهایت به ستون‌های دو سرتیر انتقال می‌یابد.

## ۱- تیرهای فرعی:

تیرهای فرعی به تیرهایی اطلاق می‌شود که در کنار هم سقف را ساخته و بار خود را به شاه‌تیرها انتقال می‌دهند.



شکل ۱۵ ▲ اتصال تودلی تیر به تیر

## ۲- تیرهای اصلی:

این تیرها بار سقف را از تیرهای فرعی گرفته و به ستون‌های دو انتهای خود منتقل می‌نمایند.



شکل ۱۶ ▲ شاه‌تیرها

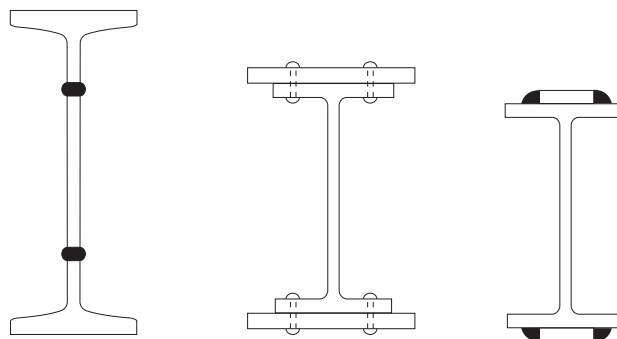
## مقاطع مورد استفاده در تیرها

بهترین مقطع برای اعضای خمشی یا تیرها، مقاطع I شکل است اما به دلیل مقدار بار وارد بر آنها، انواع مقاطع I شکل نورد شده به صورت ساده یا منفرد، تقویت شده با ورق، دابل، دابل تقویت شده، لانه زنبوری، تیرورق ها و خرپاها در پوشش سقفها مورد استفاده قرار می گیرند.

در صورتی که مقطع نورد شده ساده جوابگوی بار وارده نباشد، معمولاً آنها را با ورق های تقویتی روی بال های پایین و بالا تقویت می نمایند (شکل ۱۷) و اگر تیرهای تقویت شده نیز جوابگوی بارهای وارده نباشد آنها را به صورت دابل یا دابل تقویت شده به کار می برند و به همین ترتیب جهت افزایش ظرفیت باربری تیرها از مقاطع لانه زنبوری شده، تیرورق ها (شکل ۱۸) و در نهایت از خرپاها استفاده می شود.



▲ شکل ۱۷

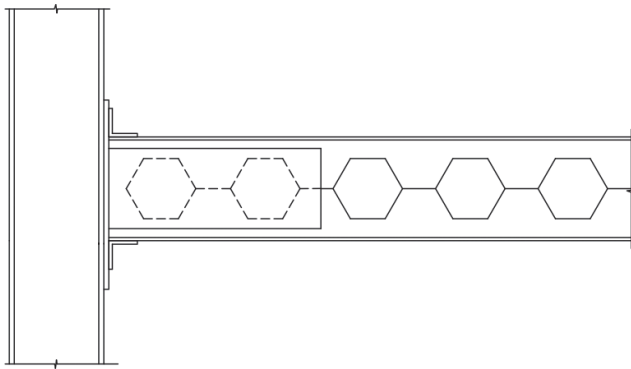


▲ شکل ۱۸

### تیرهای لانه زنبوری:

یکی از راه های افزایش ظرفیت خمشی تیر آهن، افزایش ارتفاع مقطع آن است. لانه زنبوری نمودن تیر آهن باعث افزایش حدود ۱/۵ برابری ارتفاع آن می شود. به عنوان مثال تیر آهن نمره ۲۰ تبدیل به تیر آهنی با ارتفاع حدود ۳۰ سانتی متر می شود اما وزنی برابر با تیر آهن نمره ۲۰ دارد. لذا این کار باعث سبکی و مقرون به صرفه شدن تیر می گردد. همچنین از حفرات ایجاد شده در جان این تیرها می توان برای عبور تجهیزات تأسیسات برقی و مکانیکی استفاده نمود. به منظور تقویت برشی جان این نوع تیرها معمولاً دو حفره ابتدا و انتهای آنها ایجاد و نیز محل اتصال تیرهای تودلی را با ورق پر می نمایند.





شکل ۱۹ ▲ تیر لانه‌زنبوری

روش‌های برش تیر لانه زنبوری:

(الف) روش سرد:

در این روش تیر آهن به کمک قیچی صنعتی (گیوتین) بریده می‌شود.

(ب) روش گرم، هوا برش (برنول):

به کمک شعله حاصل از گاز استیلن و اکسیژن، تیر آهن برش داده می‌شود.

روش‌های ساخت تیر لانه زنبوری:

(الف) روش باینر:

در این روش ارتفاع تیر آهن به ۴ قسمت تقسیم می‌شود. گام‌های افقی

نیز به اندازه  $\frac{h}{4}$  خواهد بود. مطابق

شکل روبه‌رو خط برش روی شابلن

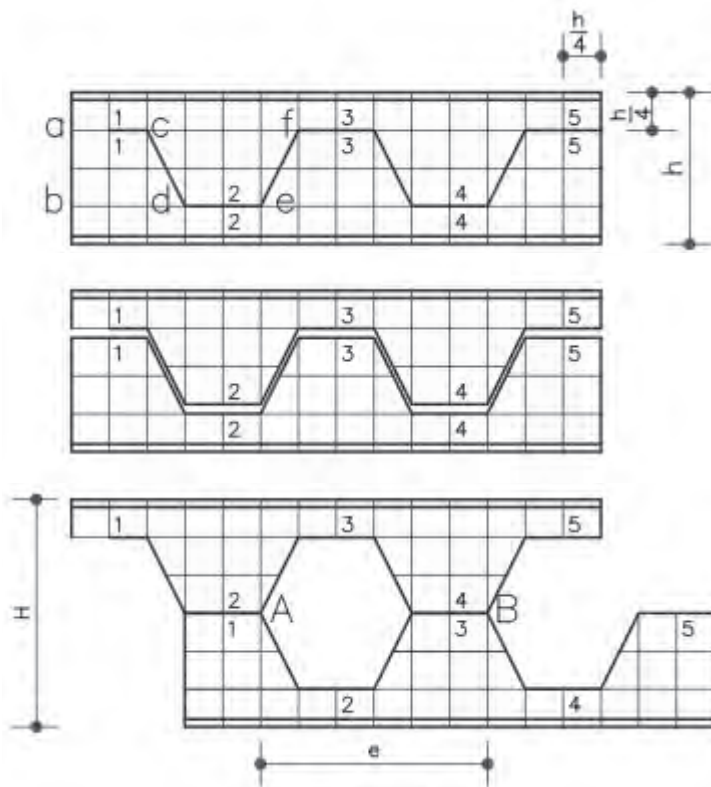
انجام می‌شود. سپس نیمه بالایی

تیر آهن را به اندازه یک دندان حرکت

داده تا تیر لانه‌زنبوری ایجاد گردد.

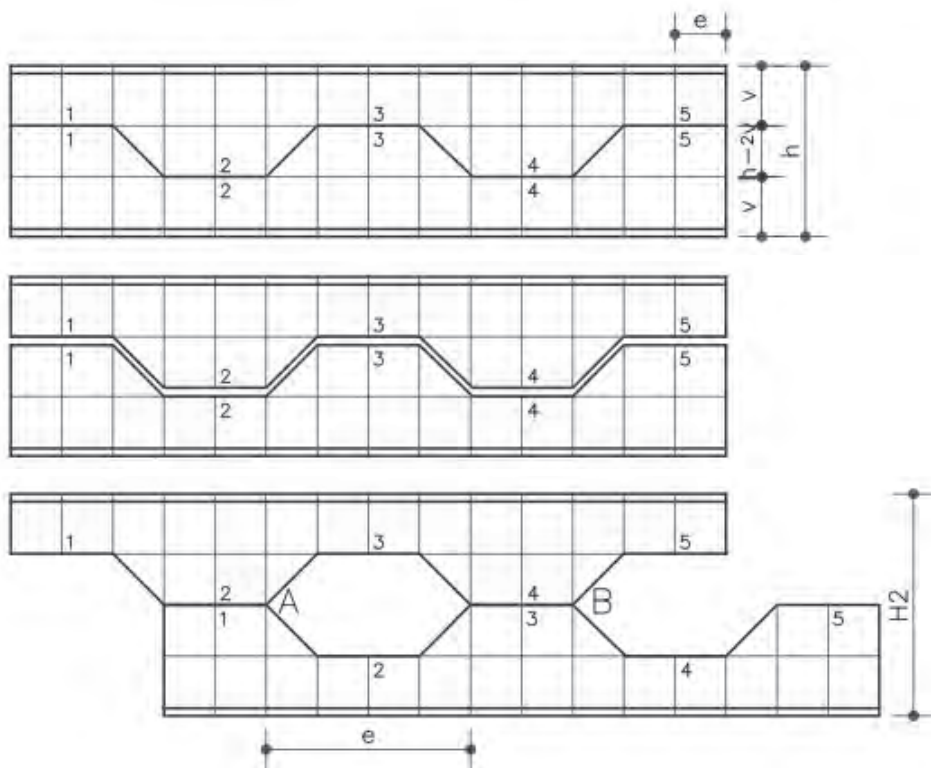
ارتفاع جدید تیر آهن  $H = 1/5 \times h$

خواهد بود.



شکل ۲۰ ▲ روش باینر برای لانه‌زنبوری

ب) **روش لیتسکا:** در این روش با توجه به ظرفیت خمشی مورد انتظار برای تیر آهن و به کمک مقادیر  $v$  و  $e$  مربوط به هر پروفیل که از جداول استاندارد پروفیلها استخراج می شود، مطابق الگوی زیر بریده می شود. ارتفاع تیر زنبوری شده از این روش مقداری کمتر از روش باینر و برابر  $H_p = 2 \times (h - v)$  می باشد.



شکل ۲۱ ▲ روش لیتسکا برای لانه زنبوری

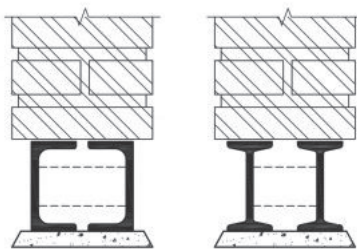
شابلون انواع مقاطع IPE را با راهنمایی هنرآموز خود و با استفاده از ورق گالوانیزه یا فیبر و یا مقوا به روش های باینر و لیتسکا به طول یک متر تهیه نموده و تحویل دهید.

فعالیت  
عملی ۱



### نعل درگاه ها:

تیر پوشش دهانه بالای بازشوها نظیر در و پنجره را جهت تحمل وزن سقف یا دیوار روی آنها نعل درگاه می نامند. با توجه به سه عامل دهانه بازشو، ضخامت و ارتفاع دیوار روی نعل درگاه می توان از تیر آهن یا ناودانی و یا نبشی به صورت دابل به عنوان نعل درگاه استفاده نمود. نشیمن نعل درگاه حداقل ۲۵ سانتی متر روی دیوارهای طرفین بازشو در نظر گرفته می شود.



شکل ۲۲ ▲



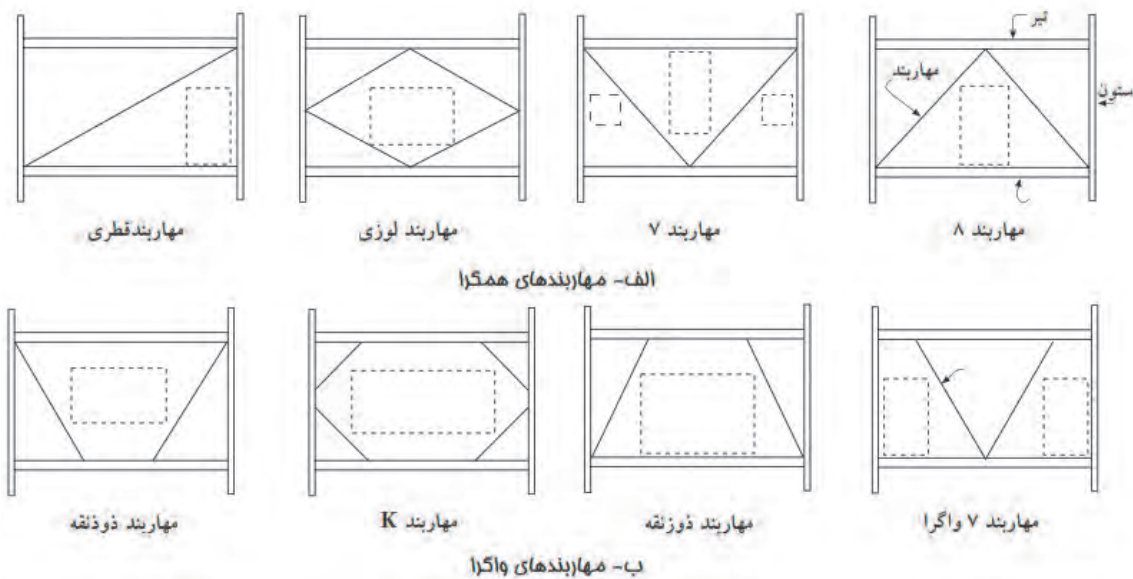
شکل ۲۳ ▲ لاپه‌ریزی سقف

### لاپه‌ها:

به تیرهایی که در پوشش سقف‌های شیب‌دار به کار گرفته می‌شود، لاپه می‌گویند. لاپه‌ها را در این سقف‌ها از مقاطع Z، قوطی و ناودانی به کار می‌گیرند.

### انواع مهاربند در سازه‌های فولادی

اعضای مقاوم در برابر نیروهای جانبی را مهاربند می‌نامند. مهاربندها به دو دسته همگرا و واگرا تقسیم می‌شوند. انتخاب نوع مهاربند در سازه‌های فولادی با توجه به سیستم باربر جانبی سازه و محدودیت‌های معماری انجام می‌شود.



شکل ۲۴ ▲ انواع مهاربند

### مهاربندهای همگرا:

هرگاه محور اعضای مهاربند و تیر و ستون در یک نقطه به هم برسند، مهاربند را همگرا می‌نامند.

### مهاربند ضربدری (قطری):

رایج‌ترین نوع مهاربند همگرا در سازه‌های فولادی است و معمولاً در قاب‌های پیرامونی سازه یا در محل‌هایی که بازشو از قبیل در و پنجره نداشته باشیم اجرا می‌گردد. هرگاه به دلایل ملاحظات معماری مانند بازشوها امکان استفاده از مهاربند ضربدری نباشد، سایر انواع مهاربندها مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۲۵ ▲

### مهاربندی ۷ و ۸ (شورن و شورن معکوس):

اگر به دلیل وجود بازشو نتوانیم از مهاربند ضربدری استفاده کنیم، این نوع مهاربندها جایگزین مناسبی خواهند بود. تیر دهانه مهاربندی شده در این روش، به دلیل وارد شدن نیرو از مهاربند، قوی‌تر از تیر دهانه مهاربندی شده با بادبندی ضربدری خواهد شد.



شکل ۲۶ ▲ مهاربند ۷ و ۸ همگرا

### مهاربند واگرا:

در مهاربندهای واگرا محور اعضای مهاربند و تیر و ستون در یک نقطه به هم نمی‌رسند.

### مهاربند دوزنقه‌ای:

این نوع مهاربند زمانی اجرا می‌شود که عرض بازشو زیاد بوده و اجرای مهاربندی ۷ و ۸ امکان‌پذیر نباشد.



شکل ۲۷ ▲ مهاربند دوزنقه‌ای



## سقف‌ها در سازه‌های فولادی:

### ۱- سقف تیرچه بلوک:

تیرچه‌های این نوع سقف را با استفاده از یک خرپای پیش‌ساخته از میل‌گرد و پاشنه بتنی در کارخانه تولید می‌نمایند و سپس در کارگاه با فواصل ۵۰ سانتی بر روی تیرهای سقف قرار می‌دهند و زیر آنها را شمع‌بندی می‌نمایند. فاصله بین تیرچه‌ها را با بلوک سفالی یا بتنی و یا پلی‌استایرن (یونولیت) پر نموده سپس یک شبکه میل‌گرد نمره ۶ به عنوان حرارتی به فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی سقف اجرا می‌گردد و در نهایت داخل جان تیرچه‌ها و روی بلوک‌ها را به ضخامت حداقل ۵ سانتی‌متر بتن‌ریزی می‌نمایند. پس از بتن‌ریزی و سپری شدن مدت زمان لازم مطابق ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، به مرور شمع‌های زیر سقف را برداشته و طبقه بعدی را اجرا می‌نمایند.



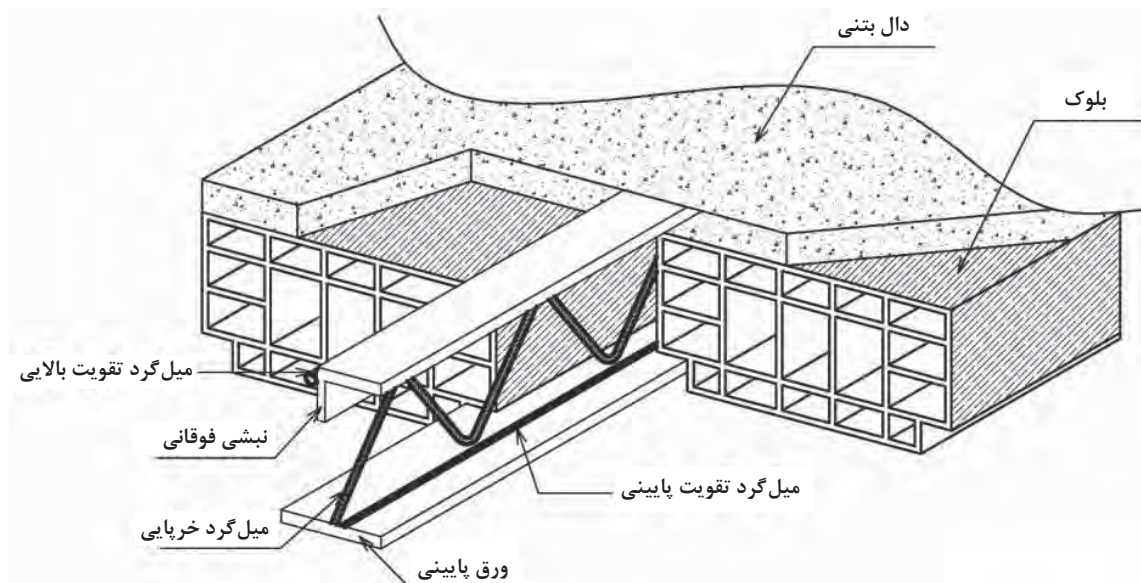
شکل ۲۸ ▲ سقف تیرچه بلوک



شکل ۲۹ ▲ سقف تیرچه و یونولیت

## ۲- سقف تیرچه با جان باز:

این نوع سقف با نام تجاری کرمیت شناخته می‌شود و عملکردی مشابه سقف تیرچه بلوک دارد. در تیرچه‌های با جان باز به جای میل‌گردهای پایینی از تسمه فولادی و علاوه بر میل‌گرد بالایی از نبشی استفاده می‌شود و پاشنه بتنی حذف می‌گردد. به دلیل خودایستایی تیرچه‌ها، این نوع سقف نیاز به شمع‌بندی زیر تیرچه ندارد و می‌توان چندین سقف را هم‌زمان اجرا نمود.



شکل ۳۰ ▲

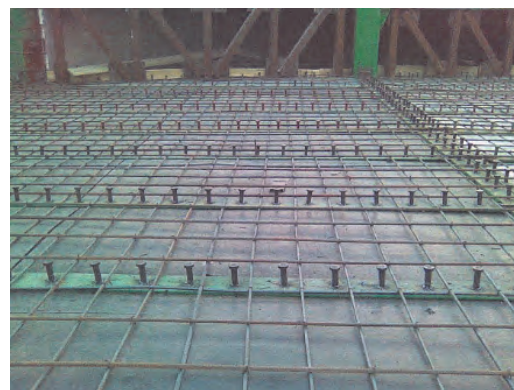


### ۳- سقف مرکب یا کامپوزیت:

این نوع سقف تشکیل شده از تیرچه‌های فولادی و یک دال بتنی که به وسیله برشگیرهای جوش شده به تیرچه‌ها با یکدیگر درگیر و یکپارچه می‌شوند. به دلیل عملکرد ترکیبی بتن و فولاد این نوع سقف را مرکب یا کامپوزیت می‌نامند.

تیرچه‌های فلزی را با توجه به طول دهانه، فاصله بین آنها و بار سقف طراحی و اجرا می‌نمایند و

مابین آنها را قالب‌بندی می‌کنند سپس یک شبکه فولادی از میل‌گرد مطابق نقشه روی آن اجرا نموده و در نهایت یک دال بتنی به ضخامت حداقل ۸ سانتی‌متر روی تیرچه‌ها اجرا می‌گردد. به دلیل خودایستایی تیرچه‌ها در این نوع سقف نیاز به شمع‌بندی نبوده و اجرای چند سقف به طور هم‌زمان امکان‌پذیر می‌باشد. معمولاً برای ساخت تیرچه‌های فولادی از مقاطع I شکل یا لانه زنبوری و برای برشگیرها از نبشی، ناودانی یا گل‌میخ استفاده می‌شود (شکل ۳۲).



شکل ۳۱ ▲



شکل ۳۲ ▲ سقف مرکب به همراه برشگیرها

#### ۴- سقف عرشه فولادی:

طراحی و عملکرد این نوع سقف تشابه زیادی با سقف مرکب دارد. در این روش از ورق‌های گالوانیزه دوزنقه‌ای شکل به عنوان قالب دائمی زیر دال استفاده می‌شود. مزیت مهم این روش نیز عدم نیاز به شمع‌بندی است. لذا می‌توان هم‌زمان چندین سقف را با هم بتن‌ریزی نمود. در این روش معمولاً از گل‌میخ‌ها به عنوان برشگیر استفاده می‌شود.



شکل ۳۳ ▲ سقف عرشه فولادی



شکل ۳۵ ▲ روش تولید ورق عرشه فولادی



شکل ۳۴ ▲ روش نصب گل‌میخ روی سقف عرشه فولادی



## اتصالات در سازه‌های فولادی

به عاملی که دو یا چند عضو را جهت انتقال نیرو، به یکدیگر مرتبط می‌سازد، اتصال گفته می‌شود.

### انواع اتصالات در سازه‌های فولادی:

الف) اتصال ساده یا مفصلی (گیرداری تا ۲۰٪)

ب) اتصال نیمه‌گیردار (گیرداری بین ۲۰٪ تا ۹۰٪)

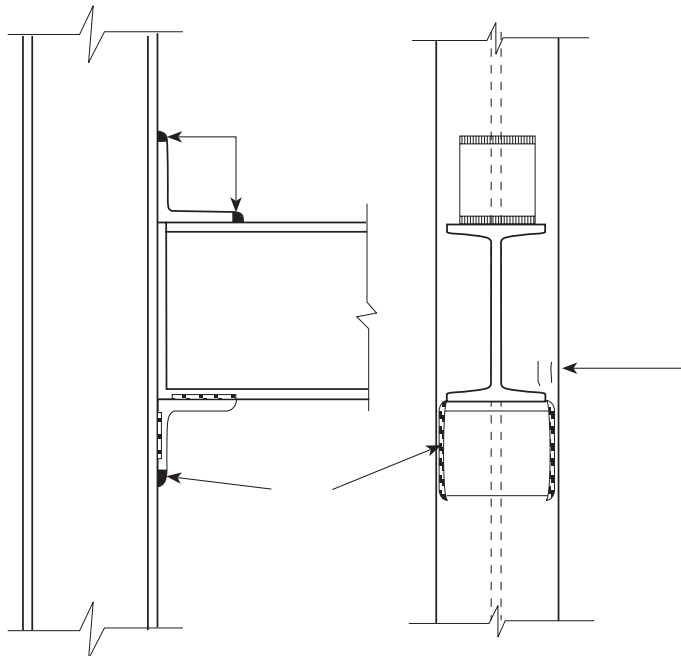
ج) اتصال صلب یا گیردار (گیرداری بیشتر از ۹۰٪)

لازم به توضیح است که تعیین درجه گیرداری اتصالات نیاز به انجام آزمایش و بررسی دقیق دارد.

**الف) اتصال ساده، مفصلی یا لولایی تیر به ستون:** در این نوع اتصال امکان چرخش تیر نسبت به ستون وجود دارد و به همین دلیل لنگر از تیر به ستون منتقل نمی‌شود. اما به دلیل مقاومت در مقابل نیروی برشی و طراحی اتصال بر این اساس، این نوع اتصال را اتصال برشی یا قیچی نیز می‌نامند. انواع اتصال ساده تیر به ستون به شرح ذیل است.

### ۱- اتصال با نبشی نشیمن:

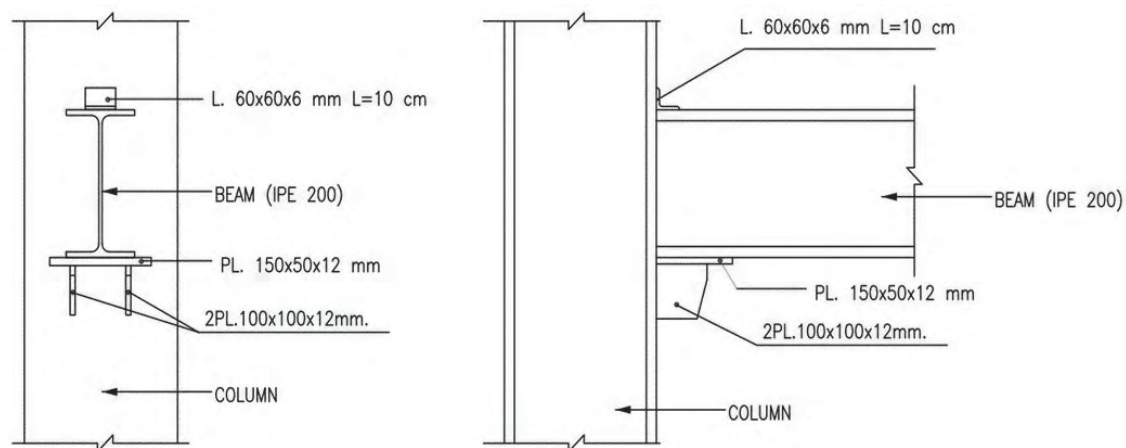
نبشی نشیمن در کارخانه و روی شاسی در تراز مورد نظر به ستون جوش می‌شود و در زمان نصب تیر، بال پایینی تیر روی آن قرار می‌گیرد. نبشی بالایی تیر، که فقط جنبه اجرایی داشته و جلوی حرکت تیر و واژگونی آن را می‌گیرد، پس از نصب تیر، بر روی بال فوقانی آن جوش می‌شود.



شکل ۳۶ ▲ اتصال با نبشی نشیمن

## ۲- اتصال با نشیمن تقویت شده یا براکت:

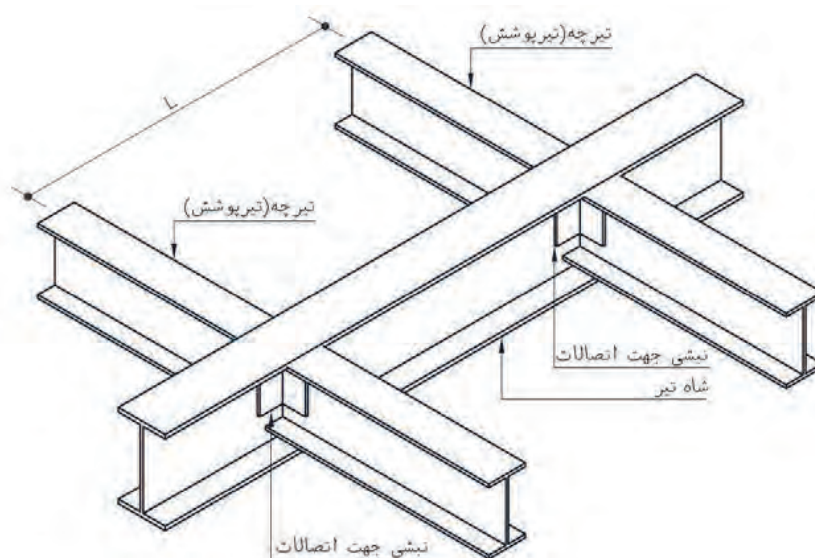
در دهانه‌های بزرگ نیروی برشی منتقل شده از تیر به ستون زیاد می‌باشد و نبشی به تنهایی توان تحمل نیروهای وارده را ندارد، لذا نبشی زیرین را به وسیله ورق‌های مستطیلی یا لچکی تقویت می‌نمایند که آن را اتصال با نبشی نشیمن تقویت شده می‌نامند. به جای نبشی نشیمن می‌توان از ترکیب ورق زیرسری و لچکی (براکت) نیز به عنوان نشیمن استفاده نمود.



شکل ۳۷ ▲ اتصال با نشیمن تقویت شده

## ۳- اتصال با جفت نبشی جان:

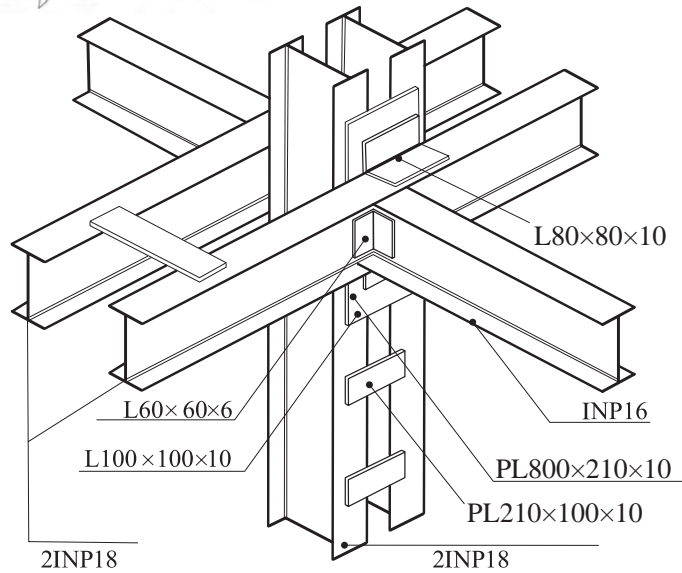
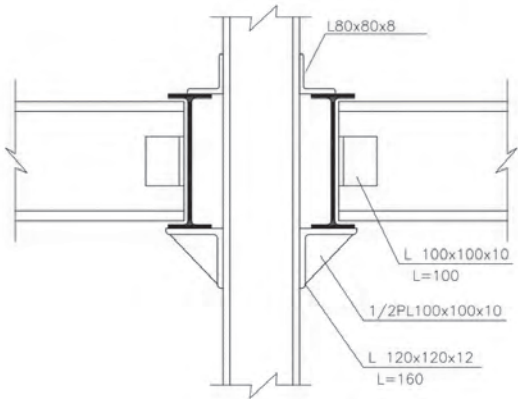
معمولاً از این نوع اتصال در اتصال تودلی تیر به تیر استفاده می‌شود. برای تأمین عملکرد مفصلی، فقط ساق‌های عمودی نبشی‌ها به جان تیر جوش داده می‌شود.



شکل ۳۸ ▲ اتصال با جفت نبشی جان

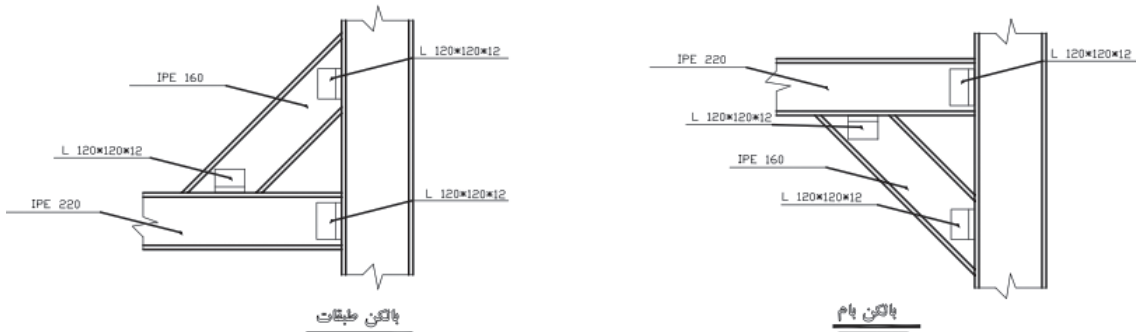
#### ۴- اتصال خورجینی:

در این نوع اتصال، شاه‌تیرها به صورت ممتد از طرفین ستون عبور می‌کنند. به دلیل اجرای سرتاسری تیر، نسبت به حالت منقطع، نمره تیر آهن مورد نیاز در طراحی کاهش می‌یابد و باعث کاهش هزینه می‌گردد. در این حالت تیرهای سرتاسری روی نبشی نشیمنی که قبلاً به ستون جوش شده قرار می‌گیرد و یک نبشی نمره پایین‌تر نیز بال فوقانی تیر را به ستون متصل می‌نماید.



شکل ۳۹ ▲ اتصال خورجینی

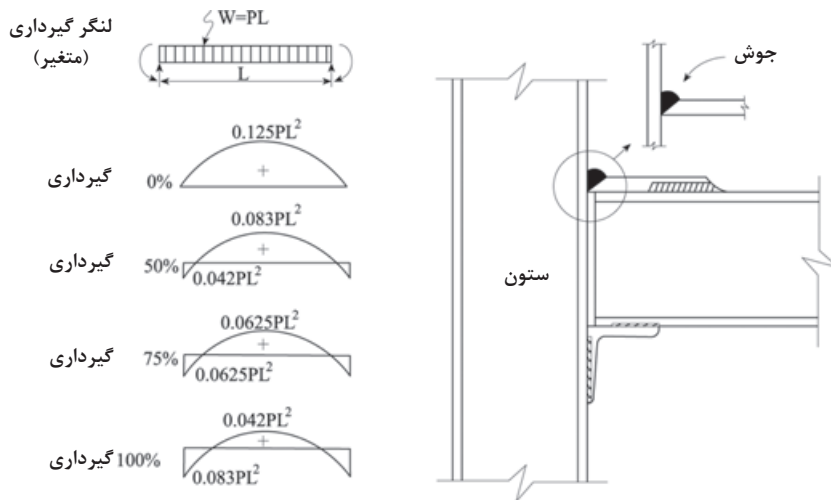
۵- اتصال تیر کنسول به ستون: این نوع اتصال به کمک اعضای مورب که اصطلاحاً دستک نامیده می‌شود، انجام می‌شود. در صورت عدم وجود محدودیت معماری، اجرای دستک در ناحیه فوقانی به دلیل رفتار کششی آن بهتر از دستک تحتانی است و در صورت عدم استفاده از دستک، باید یا تیر را به صورت پیوسته تا انتهای کنسول ادامه داد و یا اتصال تیر کنسول به ستون را از نوع گیردار اجرا نمود.



شکل ۴۰ ▲ اتصال تیر کنسول به ستون

### ب) اتصال نیمه صلب یا نیمه گیردار تیر به ستون:

اگر در یک اتصال مفصلی امکان دوران تیر نسبت به ستون را تا حدودی محدود نماییم، مقداری لنگر از تیر به ستون انتقال می‌یابد که اتصال نیمه گیردار را به وجود می‌آورد. برای اجرای این اتصال می‌توان از ترکیب ورق و نبشی استفاده نمود.

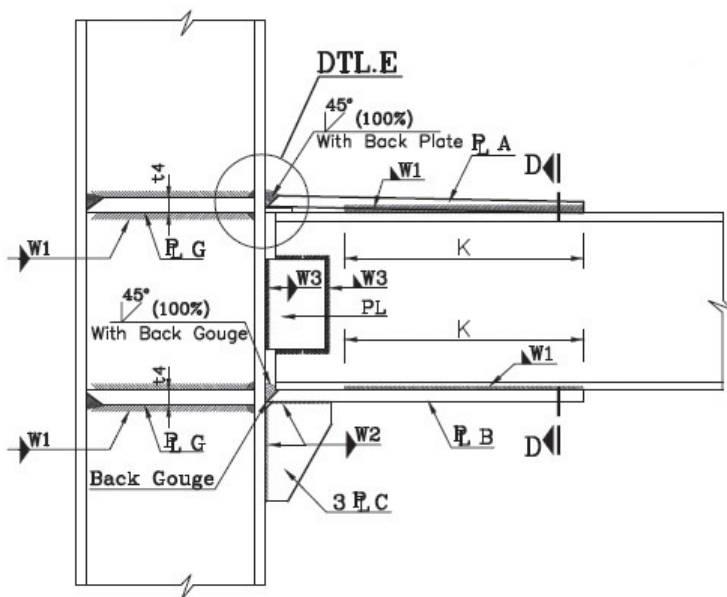


شکل ۴۱ ▲ اتصال نیمه گیردار

### ج) اتصال صلب یا گیردار یا برشی - خمشی تیر به ستون:

در این نوع اتصال، از امکان چرخش تیر نسبت به ستون به شدت کاسته می‌شود و تقریباً به صفر

می‌رسد. به همین دلیل هم لنگر و هم نیروی برشی از تیر به ستون منتقل می‌شود. برای طراحی و اجرای این نوع اتصالات می‌توان از نقشه‌های از پیش تأیید شده در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان نیز استفاده نمود. انواع حالات مختلف این اتصال به شرح ذیل است.



تیر به ستون برای تیرهای تپ  
for bame B8-B9

شکل ۴۲  
اتصال گیردار





شکل ۴۳ ▲ ورق کله‌گاو

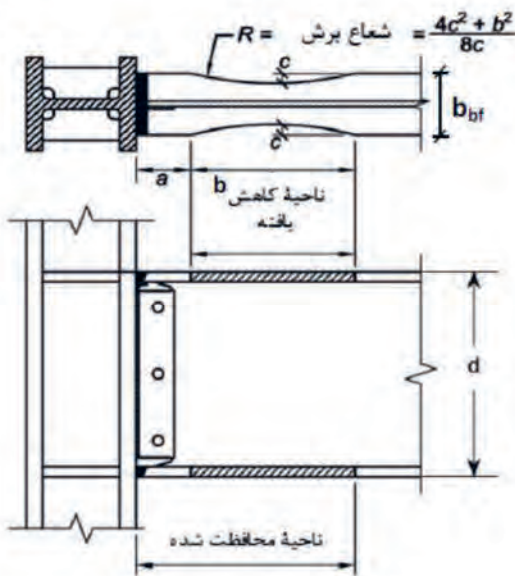


شکل ۴۴ ▲

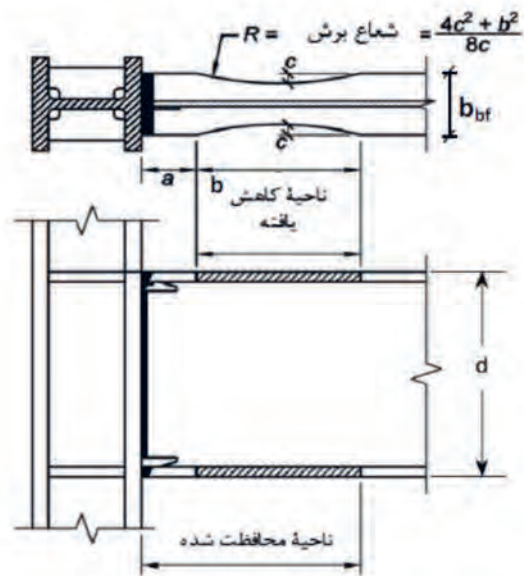
### ۱- اتصال با ورق زیرسری و روسری:

ورق زیرسری در تراز بال زیرین تیر و در هنگام ساخت ستون در کارخانه یا کارگاه به ستون جوش می‌شود. این ورق باید پهن‌تر از عرض شاه‌تیر باشد تا جوش بال پایینی تیر به آن امکان‌پذیر باشد. ورق روسری را پس از نصب تیر روی بال فوقانی آن نصب می‌نمایند. ورق بالاسری باریک‌تر از بال فوقانی تیر طراحی می‌شود تا جوشکاری ورق به بال فوقانی تیر به سهولت امکان‌پذیر شود و نیازی به جوش در وضعیت بالاسری یا زیرسقفی نباشد. به همین دلیل معمولاً این ورق به صورت دوزنقه اجرا می‌شود که به ورق کله‌گاو معروف است. (شکل‌های ۴۳ و ۴۴)

برای تحمل نیروی برشی در محل اتصال تیر به ستون، از جفت نبشی جان، نبشی نشیمن و یا نشیمن تقویت‌شده (براکت) استفاده می‌شود. در شکل‌های ۴۵ تا ۴۷ چند نمونه از اتصالات از پیش تأییدشده در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران دیده می‌شود.

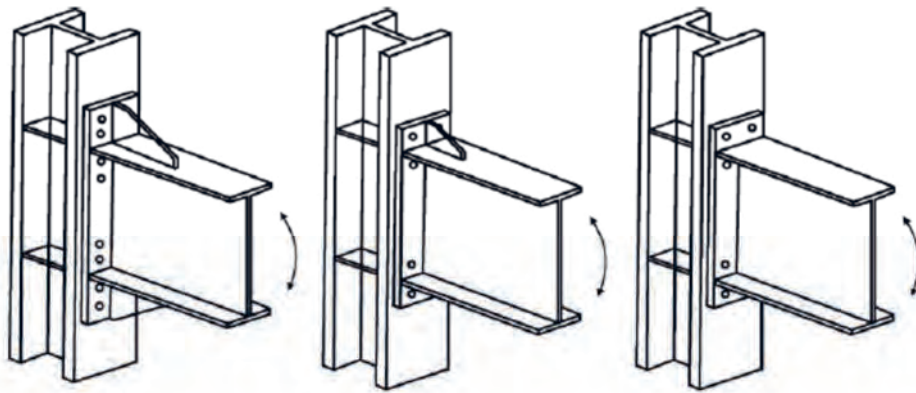


(ب) فقط برای قاب‌های خمشی متوسط



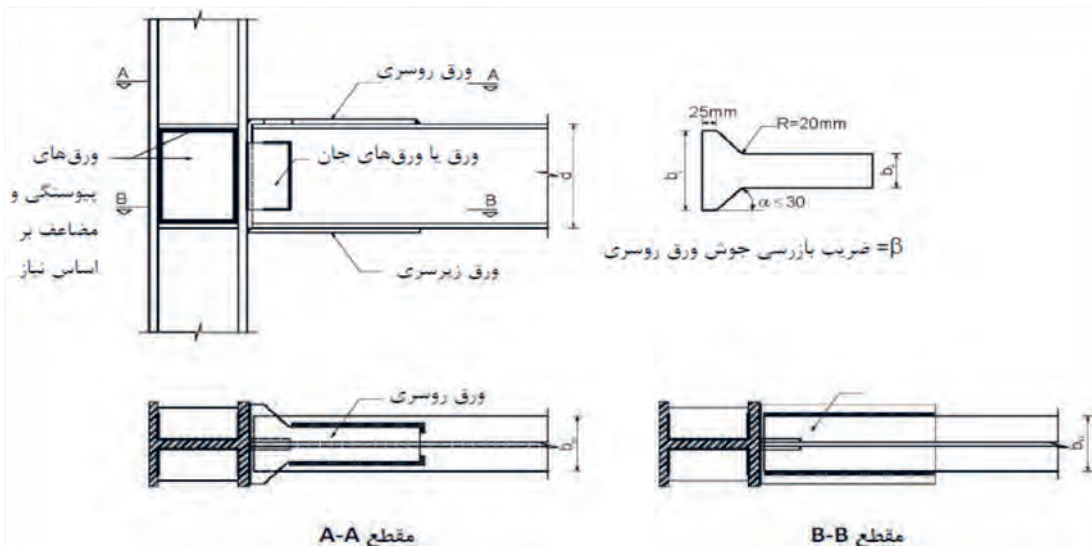
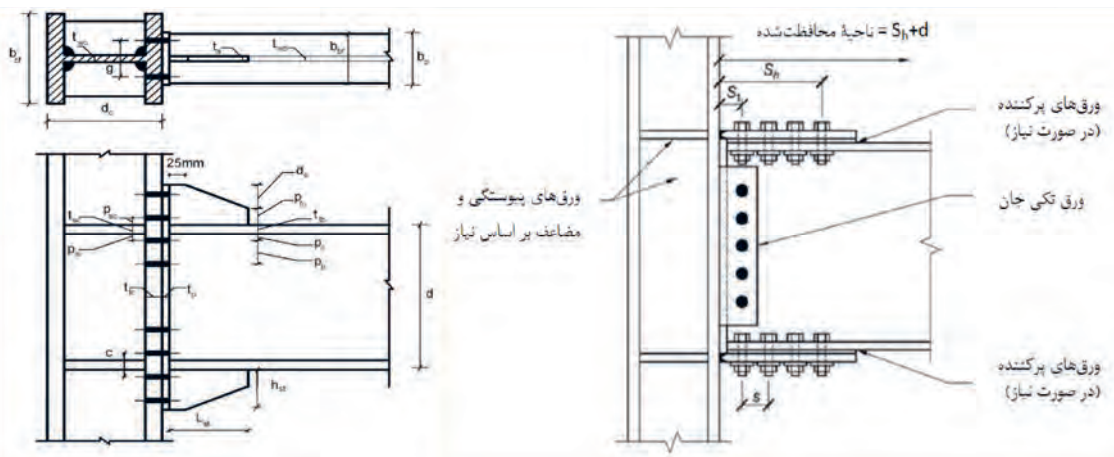
(الف) برای قاب‌های خمشی متوسط و ویژه

شکل ۴۵ ▲



الف) چهارپنجی بدون ورق سخت کننده ب) چهارپنجی با ورق سخت کننده پ) هشت پنجی با ورق سخت کننده

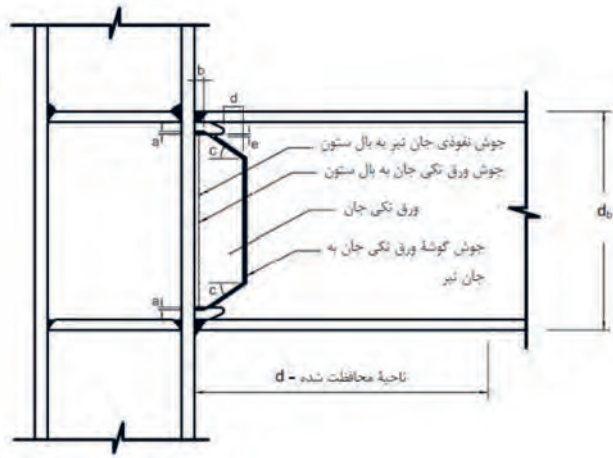
▲ شکل ۴۶



▲ شکل ۴۷ اتصالات گیردار از پیش تأییدشده



شکل ۴۸ ▲ برش کاری ورق کله‌گاو



ادامه شکل ۴۷ ▲ اتصالات گیردار از پیش تأییدشده



شکل ۴۹ ▲ اتصال مستقیم ستون به کف ستون

## ۲- اتصال مستقیم:

در این حالت قسمتی از دو انتهای تیر مستقیماً در کارخانه به ستون جوش می‌شود و پس از حمل و نصب ستون‌ها، قسمت میانی تیر را در محل خود با روش‌های مختلف نظیر اتصال با ورق‌های جان و بال و یا اتصال فلنجی متصل می‌نمایند. برش دقیق تیر و گونیا بودن اتصال و اجرای جوش شیاری با نفوذ کامل، اجرای این اتصال را در کارخانه الزامی می‌نماید. از این نوع اتصال می‌توان در اتصال ستون به کف ستون نیز استفاده نمود. در شکل‌های ۴۹ و ۵۰ چند نمونه از اتصال فلنجی را مشاهده می‌کنید.

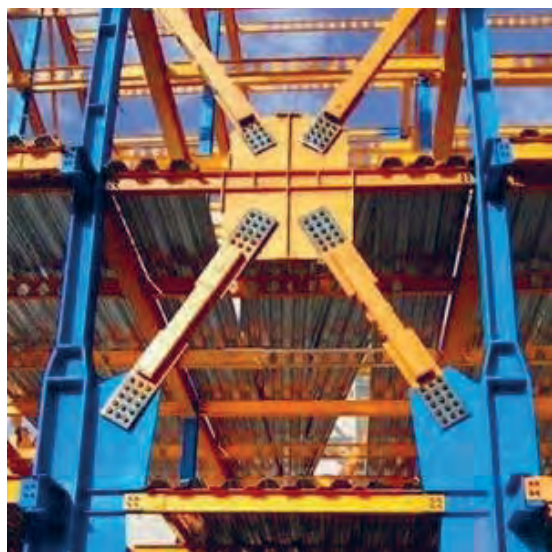
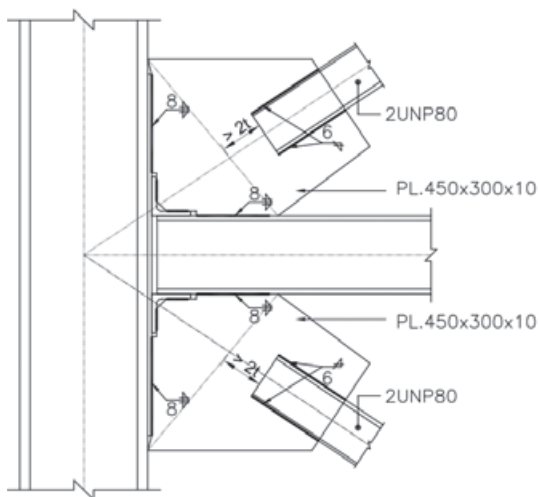


شکل ۵۰ ▲ انواع اتصال فلنجی



### اتصال مهاربندها:

اتصال مهاربندها به ورق اتصال طوری انجام می‌شود که امکان حرکت ورق در راستای عمود بر صفحه ورق امکان پذیر باشد. این امر با رعایت فاصله انتهایی بادبند از خط تکیه گاهی ورق اتصال به اندازه حداقل دو برابر ضخامت ورق (۲t) مطابق شکل ۵۱ امکان پذیر می‌شود. در این حالت محورهای طولی (آکس) تیر، ستون و بادبند باید از یک نقطه عبور نمایند. در محل تقاطع بادبندهای ضربداری از ورق‌های مستطیلی استفاده می‌شود.

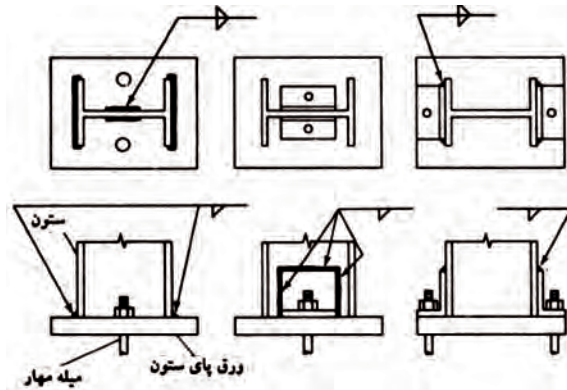


شکل ۵۱ ▲ اتصال مهاربندی

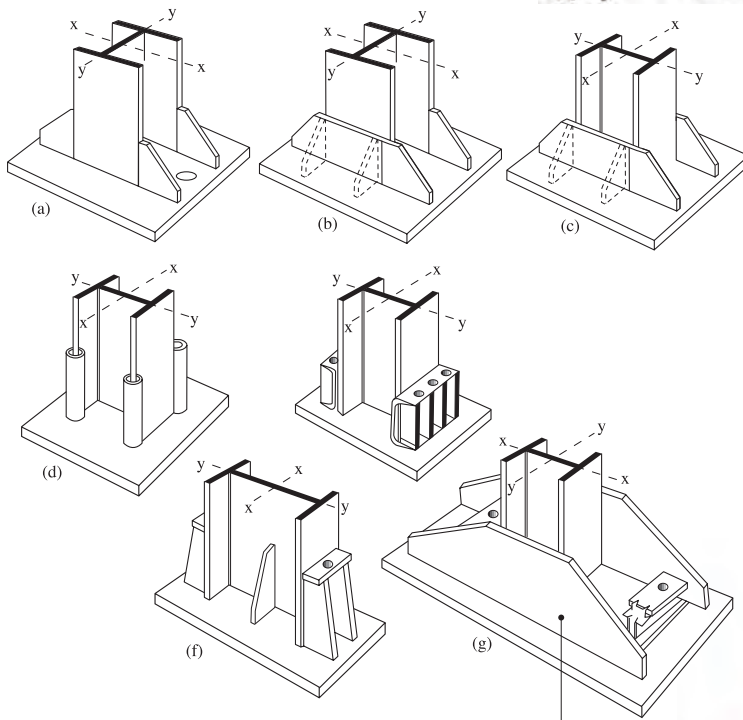
### اتصالات ستون به فونداسیون:

واسطه اتصال ستون فولادی به پی بتنی، صفحه کف ستون یا بیس پلیت است. صفحه کف ستون به وسیله میل مهارهایی که در اصطلاح کارگاهی بولت نامیده می‌شوند به بتن فونداسیون متصل می‌شود. در صورتی که اتصال مفصلی مورد نظر باشد، معمولاً با استفاده از نبشی و حداقل دو عدد بولت، ستون به فونداسیون متصل می‌شود (شکل ۵۲ - الف) و اگر اجرای اتصال به صورت گیردار مد نظر باشد از ورق اتصال و تعداد بولت‌های لازم بر اساس محاسبات فنی استفاده می‌شود؛ در این حالت، علاوه بر نیروهای محوری و برشی، لنگر خمشی نیز از ستون به فونداسیون انتقال می‌یابد (شکل ۵۲ - ب). صفحه کف ستون علاوه بر اینکه واسطه اتصال ستون به فونداسیون می‌شود، وظیفه پخش بارهای وارده از ستون فولادی به پی بتنی را به طوری که بتن فونداسیون قادر به تحمل آنها باشد، بر عهده دارد.

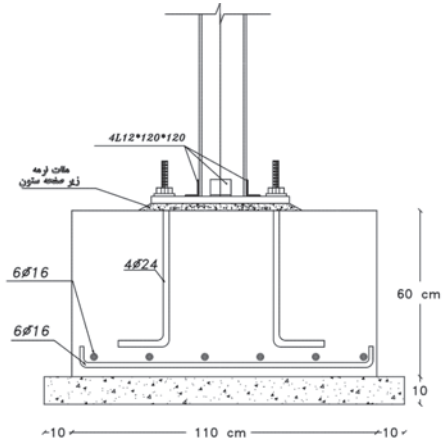




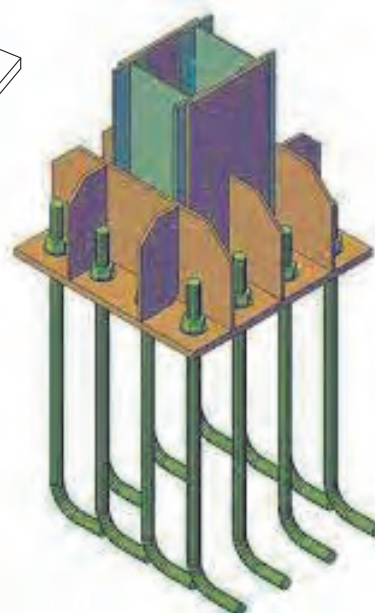
► شکل ۵۲ - الف  
اتصال ساده ستون به ورق پای ستون



◀ شکل ۵۲ - ب  
اتصال گیردار ستون به ورق پای ستون



▲ شکل ۵۴ اتصال ساده یا مفصلی ستون به فونداسیون



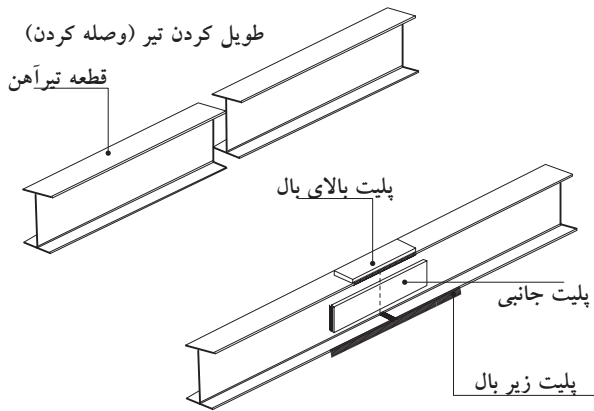
▲ شکل ۵۳ اتصال گیردار ستون به فونداسیون

## وصله اعضا:

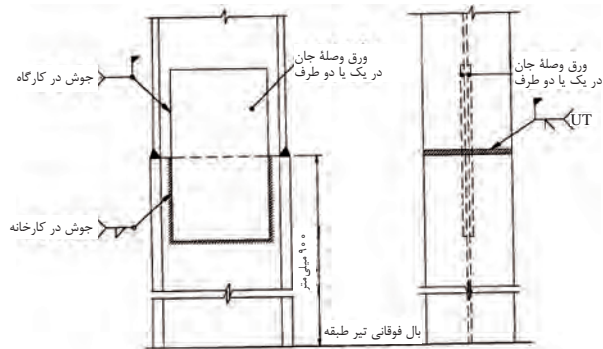
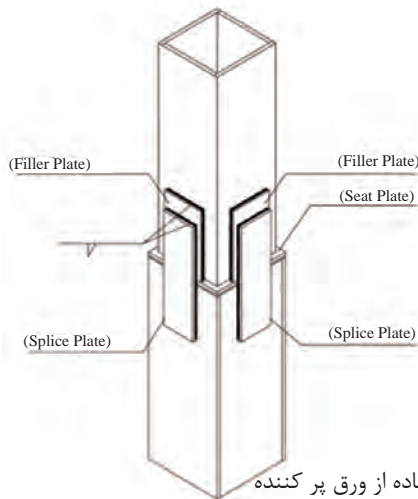
طول استاندارد پروفیل‌های موجود در بازار ۶ یا ۱۲ متر است و طول تیر، ستون و اعضای مهاربندی تابع نقشه‌های سازه‌ای است و در بیشتر مواقع، برش کاری و وصله این اعضا ضرورت می‌یابد. وصله اعضا در سه حالت زیر اتفاق می‌افتد:

۱- طول مورد نیاز برای عضو بیشتر از پروفیل‌های موجود در بازار باشد.

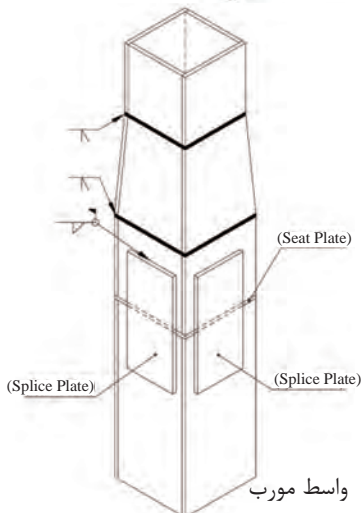
۲- جلوگیری از هدر رفتن (پرت مصالح)؛ به عنوان مثال به کمک وصله، یک تیر فولادی ۶/۵ متری را می‌توان از وصله دو قطعه ۳ و ۳/۵ متری ساخته و مورد استفاده قرار داد. (شکل‌های ۵۵ و ۵۶)



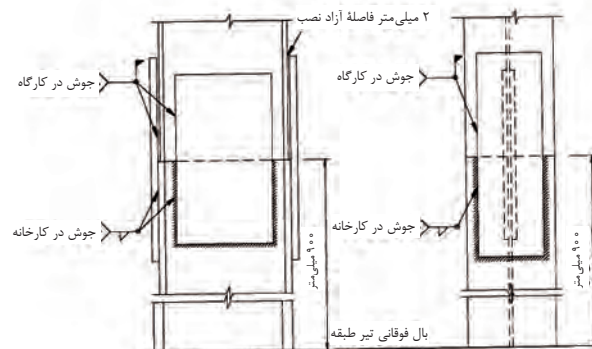
شکل ۵۵ ▲



(الف) اتصال لب‌به‌لب بال و ورق وصله جان



شکل ۵۶ ▲

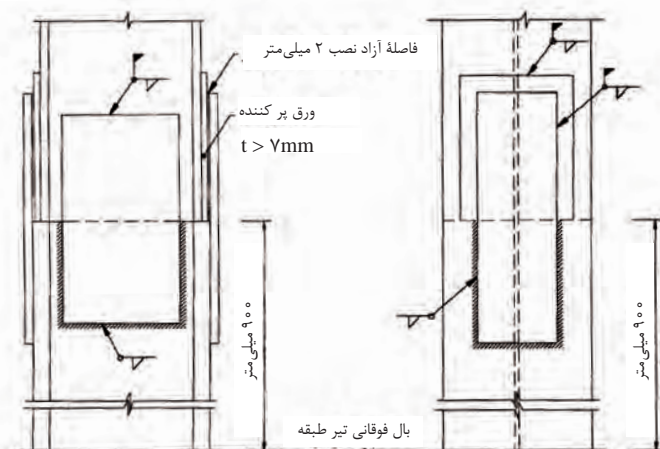


(ب) اتصال با ورق وصله بال جان

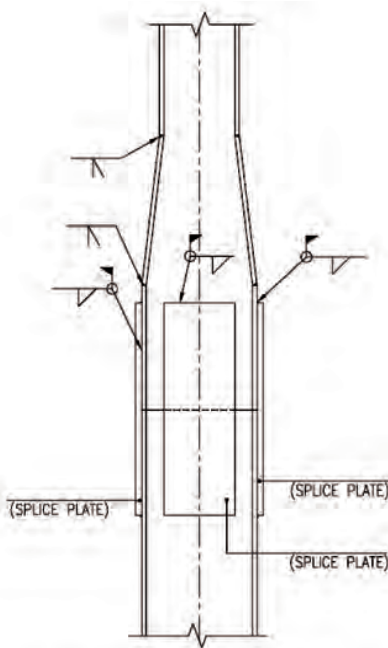


۳- تغییر مقطع عضو؛ که اغلب در ستون‌ها اتفاق می‌افتد به وسیله وصله و ورق‌های پرکننده انجام می‌شود. (شکل ۵۸)

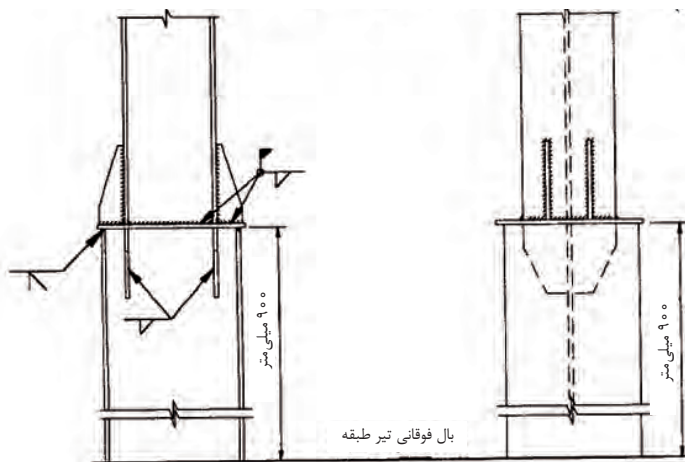
شکل ۵۷  
وصله پیچی ستون



الف) اتصال با ورق وصله بال و جان با ورق پرکننده با ضخامت بیش از ۷ میلی‌متر



پ) اتصال بدون ورق پرکننده و ورق سر (تغییر مقطع کله‌قندی)



ب) اتصال با ورق سر (صفحه تقسیم فشار)

شکل ۵۸ ▲

## انواع سامانه (سیستم) های ساختمانی

ترکیب اعضای باربر نیروهای قائم نظیر تیرها و ستون‌ها و اعضای باربر نیروهای جانبی نظیر بادبندها یا دیوارهای برشی بتنی و فولادی و نحوه اتصال آنها را که تشکیل یک قاب می‌دهند، سامانه یا سیستم ساختمانی می‌نامند.

بارهای قائم یا ثقلی شامل بارهای مرده و زنده ساختمان به ترتیب از تیرهای فرعی به شاه‌تیرها، ستون‌ها و در نهایت به فونداسیون و زمین منتقل می‌شوند.

نیروهای جانبی نظیر باد و زلزله نیز توسط مهاربندی‌ها و دیوارهای برشی و یا اتصالات گیردار تیر به ستون جذب شده و به ستون‌ها و در نهایت به فونداسیون و زمین منتقل می‌گردد.

### انواع سامانه‌های ساختمانی عبارت‌اند از:

۱- سامانه قاب با اتصالات مفصلی (ساده):

در این سامانه، اتصال تیر به ستون به صورت مفصلی می‌باشد و لنگری به ستون منتقل نمی‌شود. در این نوع قاب‌ها، نیروهای قائم توسط تیرها و ستون‌ها تحمل می‌شود و به دلیل مفصلی بودن اتصال تیر به ستون، در اثر اعمال نیروی جانبی نظیر باد و زلزله، سازه تغییر شکل زیادی داده و ناپایدار می‌شود. به همین دلیل برای مهار نیروهای جانبی باید از مهاربند در تعدادی از دهانه‌های بین ستون‌ها استفاده کرد. محل قرارگیری بادبندها معمولاً تابع ملاحظات معماری نظیر محل بازشوها و تأمین پارکینگ مورد نیاز می‌باشد. (شکل ۵۹)

۲- سامانه قاب خمشی:

در قاب‌های خمشی اتصال تیر به ستون به صورت گیردار می‌باشد. قاب خمشی می‌تواند هم نیروهای قائم و هم نیروهای جانبی را توسط تیرها و ستون‌ها تحمل نماید. در این سامانه ابعاد تیرها و ستون‌ها از طبقه بالا به پایین افزایش می‌یابد. (شکل ۶۰)



شکل ۵۹ ▲ اتصال مفصلی



شکل ۶۰ ▲ قاب خمشی





شکل ۶۱ ▲ دیوار برشی فولادی

۳- سامانه قاب دوگانه یا ترکیبی:  
در ساختمان‌های بلند مرتبه و یا ساختمان‌های نامتعارف که قاب خمشی به تنهایی تحمل نیروهای جانبی را ندارد و یا میزان تغییرشکل جانبی سازه از حد مجاز آیین‌نامه بیشتر می‌باشد، از ترکیب قاب خمشی و مهاربند، یا قاب خمشی و دیوار برشی فولادی یا بتنی استفاده می‌شود که به سامانه دوگانه یا ترکیبی معروف است.

## وسایل اتصال در سازه‌های فلزی

وسایل اتصال در سازه‌های فولادی عبارت‌اند از:

الف) جوشکاری

ب) پیچ و مهره

ج) پرچ

### الف) جوشکاری

اتصال دائمی دو قطعه به یکدیگر به وسیلهٔ گرما و فشار یا بدون فشار و یا بدون فلز پرکننده (فلز جوش) را جوشکاری می‌گویند. در این فرایند، چون جنس فلز جوش با فلز مبنا یکی است، با هم ترکیب شده و پس از سرد شدن خواص جوش با فلز مبنا یکی خواهد بود.



شکل ۶۲ ▲

در خصوص اجرای عملیات جوشکاری، مطالب مربوط به این فرایند، مطابق با نمودار روبه‌رو تشریح می‌شود.

### لوازم و تجهیزات جوشکاری:

برای انجام عملیات جوشکاری صحیح و رسیدن به اتصال جوشی مطلوب، استفاده از تجهیزات و ابزار استاندارد ضروری است. ابزار و تجهیزات استاندارد مورد نیاز در فرایند جوشکاری عبارت‌اند از:  
**الف) دستگاه جوش:** وظیفه تأمین انرژی لازم جهت ایجاد قوس الکتریکی را دارد. تنظیم شدت جریان و آمپرهای مختلف برای اجرای جوش به کمک این وسیله انجام می‌شود.



شکل ۶۳ ▲



شکل ۶۴ ▲ دستگاه جوش



شکل ۶۵ ▲ لوازم جوشکاری

**ب) الکتروود:** شامل مغزی یا فلز پرکننده و روکش است و در انواع مختلف براساس مقاومت نهایی مورد نیاز جوش و وضعیت جوشکاری تولید می‌شود. مطابق استاندارد جوش آمریکا (AWS) نام‌گذاری الکتروودها را با یک کد چهار یا پنج رقمی بعد از حرف E انجام می‌دهند. در صورت چهار رقمی بودن این کد، دو رقم اول و در صورت پنج رقمی بودن آن سه رقم اول از سمت چپ، حداقل مقاومت کششی فلز الکتروود را بر حسب کیلوپوند بر اینچ مربع نشان می‌دهد که اگر در ۷۰ ضرب شود، به کیلوگرم بر سانتی متر مربع تبدیل می‌شود. به همین ترتیب، رقم سوم در کدهای چهار رقمی و رقم چهارم در کدهای پنج رقمی نشان‌دهنده وضعیت جوشکاری و آخرین رقم، با توجه به جنس روکش و نوع جریان متغیر است. به عنوان



شکل ۶۶ ▲ معرفی انواع الکتروود

مثال در الکتروود E۶۰۱۳ چون کد الکتروود، چهار رقمی است، عدد ۶۰ نشان‌دهنده الکتروود با مقاومت کششی ۶۰ Ksi معادل  $4200 \text{ kg/cm}^2$ ، عدد یک معرف جوشکاری در تمام وضعیت‌ها بوده و عدد ۳ بیانگر این است که الکتروود با روکش روتایلی یا اکسید تیتانیوم و با امکان جوشکاری با جریان مستقیم (یکسو) یا جریان متناوب می‌باشد.

مثال	مفهوم	رقم
$E - 60XX = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $E - 110XX = 7700 \text{ kg/cm}^2$	حداقل مقاومت کششی	۲ یا ۳ رقم اول
تمام وضعیت‌ها = $E = XX1X$ تخت و افقی = $E = XX2X$ تخت = $E = XX3X$	وضعیت جوشکاری	رقم بعدی
به جدول زیر مراجعه شود.	نوع جریان، نوع سرباره، نوع قوس، عمق نفوذ، وجود پودر آهن و هیدروژن در روکش	رقم آخر

E XX XX	XX مقاومت نهایی مصالح الکتروود	X وضعیت	X نوع پوشش
مثال E ۶۰ ۱۳ یا E ۶۰ ۱۸	$70 \text{ ksi} = 4900 \text{ kg/cm}^2$ $60 \text{ ksi} = 4200 \text{ kg/cm}^2$	همه = ۱ افقی و تخت = ۲ تخت = ۳	۰ = فقط DCRP (قوس نفوذی) ۱ = AC یا DCRP (قوس نفوذی) ۲ = AC یا DCRP (قوس متوسط) ۳ = AC یا DC قطب آزاد (قوس نرم) ۴ = AC یا DC پودر آهن (قوس نرم) ۵ = DCRP کم هیدروژن ۶ = AC و DCRP (کم هیدروژن - قوس متوسط) ۷ = AC یا DC پودر آهن دار ۸ = AC یا DCRP (کم هیدروژن - پودر آهن)



شکل ۶۷ ▲ انبر جوشکاری

ج) **انبر جوشکاری:** انبر جوشکاری وسیله گرفتن الکتروود و اجرای جوشکاری است. انبرها را بر حسب ظرفیت جریانی که می‌توانند از خود عبور دهند، دسته‌بندی می‌کنند.



شکل ۶۸ ▲ گیره اتصال

د) **گیره اتصال:** این ابزار از یک سمت به کابل دستگاه جوش متصل شده و از سمت دیگر به قطعه مورد نظر برای جوشکاری وصل می‌گردد و با برقراری جریان برق، قوس الکتریکی ایجاد می‌شود.



شکل ۶۹ ▲ ماسک جوشکاری

و) **ماسک محافظ:** در حین ایجاد قوس الکتریکی، نور شدیدی از محل قوس ساطع می‌گردد که می‌تواند آسیب شدیدی به چشم جوشکار یا افرادی که از فاصله کم نظاره‌گر عمل جوشکاری هستند برساند. همچنین گاز ساطع شده از محل حوضچه مذاب جوش می‌تواند باعث مسمومیت جوشکار گردد. پاشش ذرات جوش به سمت صورت جوشکار نیز می‌تواند آسیب‌زا باشد. ماسک محافظ وظیفه محافظت از صورت جوشکار را در برابر خطرات فوق بر عهده دارد.

### انواع روش‌های جوشکاری:

الف) جوشکاری دستی

ب) نیمه اتوماتیک

ج) اتوماتیک

تفاوت روش‌های فوق عبارت‌اند از:

۱- هدایت الکتروود که در روش دستی به وسیله دست جوشکار و در دو روش دیگر توسط دستگاه انجام می‌شود.



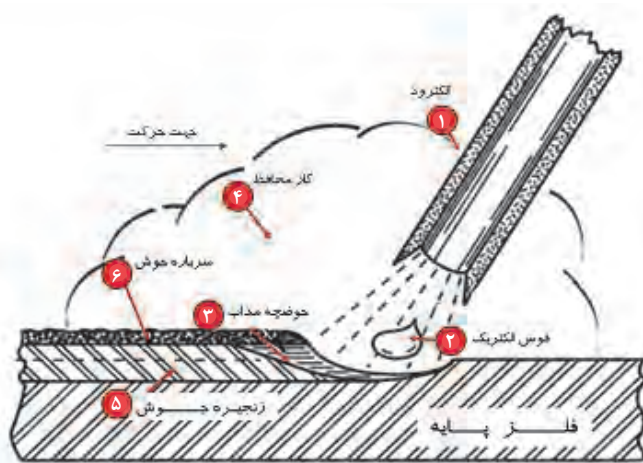
۲- نوع الکتروود مصرفی که در روش دستی به صورت الکتروود روکش دار با طول محدود و در روش‌های دیگر الکتروود بدون روکش و با طول نامحدود به صورت قرقره می‌باشد.

۳- نحوه حفاظت از حوضچه مذاب در روش دستی با روکش الکتروود و در روش‌های دیگر با گاز یا پودر محافظ می‌باشد

### جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود روکش دار (SMAW):

این روش که مرسوم‌ترین روش جوشکاری در کارهای ساختمانی است، به نام جوشکاری با الکتروود دستی نیز معروف است. در این روش که مناسب کارگاه‌های کوچک ساختمانی است، یک جریان برق قوی که توسط یک مبدل به نام دستگاه جوش تأمین می‌شود باعث ذوب الکتروود، روکش آن و فلز پایه

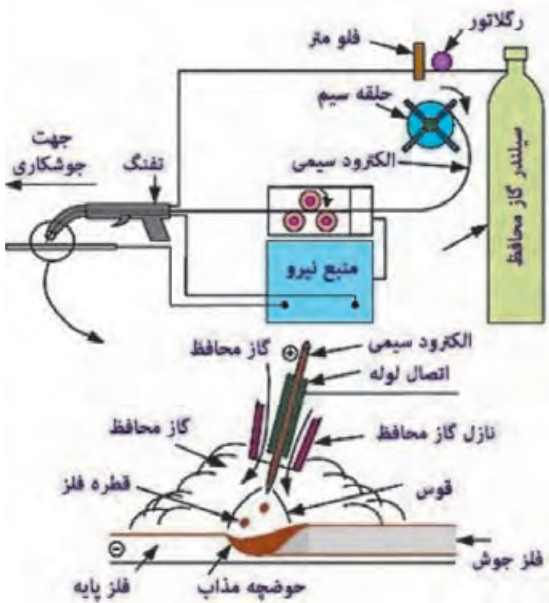
در محل جوش شده و باعث اتصال دو عضو به یکدیگر می‌شود. روکش الکتروود در زمان انجام عملیات جوشکاری باعث ایجاد یک سپر گازی حول حوضچه مذاب جوش شده و از ترکیب جوش با اکسیژن و نیتروژن موجود در هوا جلوگیری می‌نماید. همچنین با تشکیل لایه‌ای به نام گل جوشکاری از سرد شدن سریع جوش و به تبع آن ترک در جوش جلوگیری می‌نماید. گل جوشکاری باید پس از سرد شدن از روی جوش برداشته شود تا با جذب رطوبت باعث خوردگی اتصال نگردد.



شکل ۷۰ ▲ جوش با قوس الکتریکی و الکتروود روکش دار

### جوشکاری قوس الکتریکی تحت حفاظت گاز محافظ (GMAW):

در این روش از الکتروود سیمی بدون روکش و یکسره که به شکل کلاف بوده و توسط یک قرقره (شکل ۷۱) حرکت می‌نماید، استفاده می‌شود. حفاظت از حوضچه مذاب در این روش بر عهده گاز یک محافظ مانند دی‌اکسید کربن می‌باشد. از این روش در کارخانه‌های ساخت سازه‌های فلزی استفاده می‌شود.



شکل ۷۲ ▲ جوشکاری قوس الکتریکی تحت گاز محافظ



شکل ۷۱ ► الکتروود بدون روکش



شکل ۷۳ ▲ جوشکاری قوس الکتریکی زیر پودری

## جوشکاری قوس الکتریکی تحت حفاظت پودر محافظ (SAW):

یکی از فرایندهای جوشکاری قوسی است که در آن، نوک الکتروود داخل پودری از مواد معدنی ویژه قرار می‌گیرد و قوس ایجاد شده در زیر این پودر در امتداد مسیر جوشکاری دیده نمی‌شود. جوش حاصل از این روش یکنواخت و باکیفیت می‌باشد. این روش، در جوشکاری ورق‌های ضخیم و سازه‌های بزرگ ساختمانی و صنعتی و در کارخانه ساخت سازه‌های فولادی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### انواع جوش:

**الف) گوشه (Fillet):** به دلیل سهولت و سرعت بالای اجرا و عدم نیاز به آماده‌سازی لبه‌ها، بین ۸۰ تا ۸۵ درصد جوش‌ها به صورت جوش گوشه اجرا می‌شوند. در وضعیت‌های مختلف می‌توان از این نوع جوش استفاده نمود. این نوع جوش را با علامت اختصاری F نشان می‌دهند.

**ب) شیاری (Groove):** در اتصالات گیردار برای اطمینان از انتقال کامل لنگر بین دو قطعه از این نوع جوش استفاده می‌شود. لبه‌های قطعات جوش شونده پخ زده می‌شود و سپس جوشکاری درون درز طی چند مرحله انجام می‌شود تا درز جوش پر شود. این نوع جوش به دلیل نیاز به آماده‌سازی لبه‌ها و سختی اجرا، حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد جوش‌های ساختمانی را شامل می‌شود. این نوع جوش را با علامت اختصاری G نشان می‌دهند.

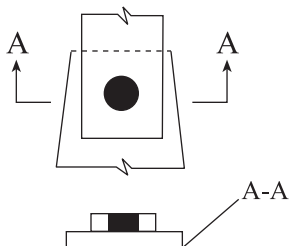
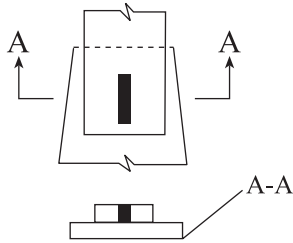
**ج) جوش کام و انگشتانه:** معمولاً در اتصالات روی هم وقتی که تأمین طول جوش به میزان کافی امکان‌پذیر نباشد از این نوع جوش‌ها استفاده می‌شود و با ایجاد سوراخ‌هایی به صورت کام و انگشتانه بر روی یکی از ورق‌ها، درون آنها را با جوش کام و انگشتانه پر می‌نمایند. جوش‌های کام و انگشتانه کمتر از ۵ درصد کاربرد دارند.



شکل ۷۴ ▲ جوش گوشه



شکل ۷۵ ▲ جوش شیاری



شکل ۷۶ ▲ جوش کام و انگشتانه

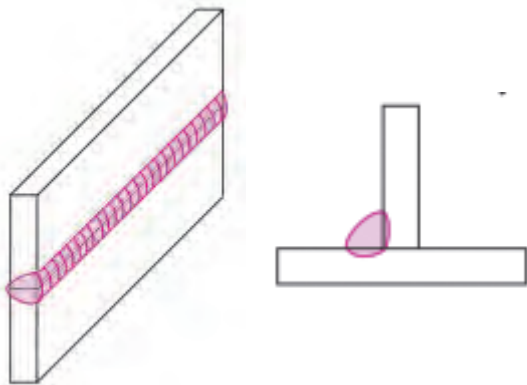
### انواع حالت یا وضعیت جوشکاری:

حالت یا وضعیت جوشکاری عبارت‌است از موقعیت قرارگیری جوشکار نسبت به قطعاتی که به یکدیگر جوش می‌شوند انواع حالات یا وضعیت‌های جوشکاری به ترتیب عبارت‌اند از:



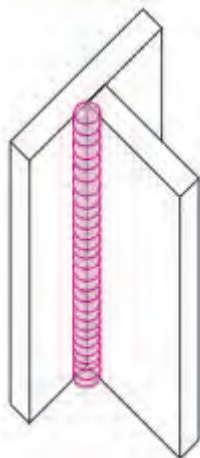
شکل ۷۷ ▲ جوشکاری در وضعیت تخت

۱) جوشکاری در حالت یا وضعیت تخت: به دلیل تسلط جوشکار بر محل جوشکاری، آسان‌ترین و بهترین روش جوشکاری است.

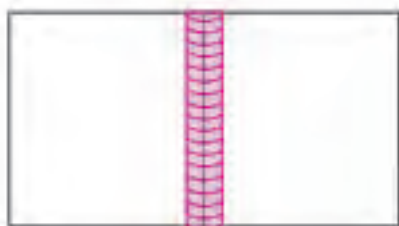


شکل ۷۸ ▲ جوشکاری در وضعیت افقی

۲) جوشکاری در حالت یا وضعیت افقی: جوشکاری از سمت چپ به راست و به صورت افقی انجام می‌شود.

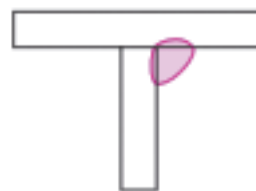


۳) جوشکاری در حالت یا وضعیت قائم یا سربالا: در این حالت جوشکاری از پایین به سمت بالا انجام می‌شود.



شکل ۷۹ ▲ جوشکاری در وضعیت قائم

۴) جوشکاری در حالت یا وضعیت زیرسقفی یا بالاسری (Over head): در این حالت چون دست جوشکار بالاتر از سر او قرار می‌گیرد، به وضعیت بالاسری معروف شده و به دلیل شره کردن جوش، معمولاً از کیفیت مناسبی برخوردار نیست و در طراحی و اجرای اتصالات سعی می‌شود از این حالت اجتناب گردد.



شکل ۸۰ ▲ جوشکاری در وضعیت زیرسقفی



با توجه به بحث انواع جوش و انواع وضعیت‌های جوشکاری، در نقشه‌های ساختمانی و صنعتی از ترکیب نوع جوش و وضعیت جوشکاری استفاده می‌کنند. به‌طور مثال ۱F جوش گوشه در وضعیت تخت را معرفی می‌نماید و یا ۳G معرف جوش شیاری در وضعیت قائم می‌باشد.



نوع جوش و وضعیت جوشکاری را برای موارد ۱F, ۲F, ۳F, ۴F, ۱G, ۲G, ۳G و ۴G با راهنمایی هنرآموز خود در یک جدول شرح دهید.

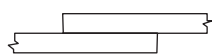
### انواع اتصالات جوشی:

منظور از اتصالات جوشی، روش‌های مختلف قرارگیری قطعات جوش‌شونده نسبت به یکدیگر می‌باشد. انواع اتصالات جوشی عبارت‌اند از:



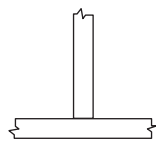
شکل ۸۱ ▲ اتصال لب‌به‌لب

**الف) اتصال لب‌به‌لب:** معمولاً برای اتصال ورق‌های مسطح با ضخامت‌های تقریباً یکسان و در امتداد هم از این اتصال استفاده می‌شود.



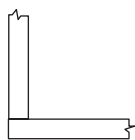
شکل ۸۲ ▲ اتصال روی هم

**ب) اتصال روی هم:** ساده‌ترین نوع اتصال است و نیازی به لبه‌سازی خاصی نداشته و اغلب با یک برش عادی توسط شعله می‌توان لبه‌ها را آماده جوشکاری کرد. همچنین امکان اتصال ورق‌ها با ضخامت‌های متفاوت را فراهم می‌کند. در اتصال مهاربندهای نبشی و ناودانی به ورق‌های اتصال پر کاربرد است.



شکل ۸۳ ▲ اتصال سپری

**ج) اتصال سپری:** برای ساخت مقاطع I و T شکل در تیرورق‌ها، اتصال سخت‌کننده‌ها، نشیمن تیرها و اتصال اعضا به یکدیگر با زاویه ۹۰ درجه، از اتصال سپری استفاده می‌شود.



شکل ۸۴ ▲ اتصال کنج

**د) اتصال گونیا (کنج):** برای ساخت مقاطع قوطی‌شکل که دارای صلبیت و مقاومت مناسب در برابر لنگر پیچشی موجود در ستون‌ها هستند از اتصال گونیا استفاده می‌شود.



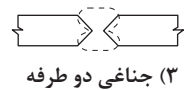
شکل ۸۵ ▲ اتصال پیشانی

**و) اتصال پیشانی:** از این اتصال در موارد خاص برای نگهداری دو یا چند ورق در یک سطح استفاده می‌شود، معمولاً این نوع اتصال نقش سازه‌ای ندارد.

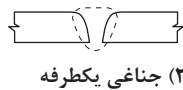


### انواع درز جوش:

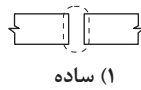
ایجاد پخ در لبه‌های قطعات جوش‌شونده برای تأمین شکل هندسی مورد نظر و قرارگیری آنها در کنار هم را درز جوش می‌نامند. در ورق‌های با ضخامت تا ۹ میلی‌متر درز ساده یا بدون پخ ایجاد می‌شود و در ورق‌های با ضخامت ۹ تا ۱۸ میلی‌متر پخ یک‌طرفه و در ورق‌های با ضخامت بیش از ۱۸ میلی‌متر پخ دوطرفه ایجاد می‌نمایند. انواع درز جوش عبارت‌اند از:



(۳) جناغی دو طرفه



(۲) جناغی یک‌طرفه

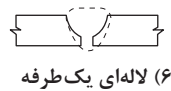


(۱) ساده

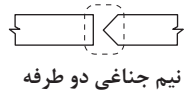
۱- درز ساده یا بدون پخ

۲- درز جناغی یک‌طرفه

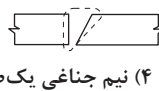
۳- درز جناغی دو طرفه



(۶) لاله‌ای یک‌طرفه



(۵) نیم جناغی دو طرفه

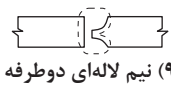


(۴) نیم جناغی یک‌طرفه

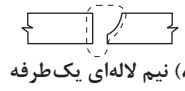
۴- درز نیم جناغی یک طرفه

۵- درز نیم جناغی دو طرفه

۶- درز لاله‌ای یک طرفه



(۹) نیم لاله‌ای دو طرفه



(۸) نیم لاله‌ای یک طرفه



(۷) لاله‌ای دوطرفه

۷- درز لاله‌ای دو طرفه

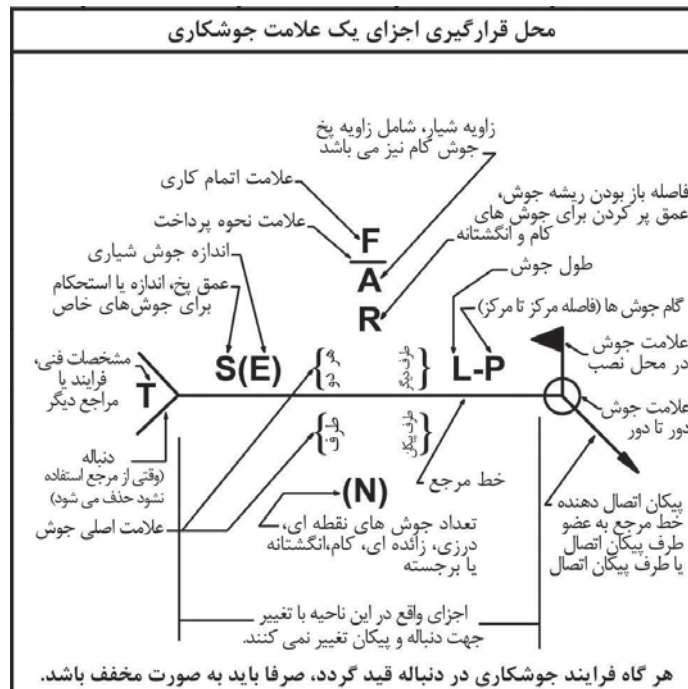
۸- درز نیم لاله‌ای یک طرفه

۹- درز نیم لاله‌ای دو طرفه

شکل ۸۶ ▲ انواع درز جوش

### علائم جوشکاری:

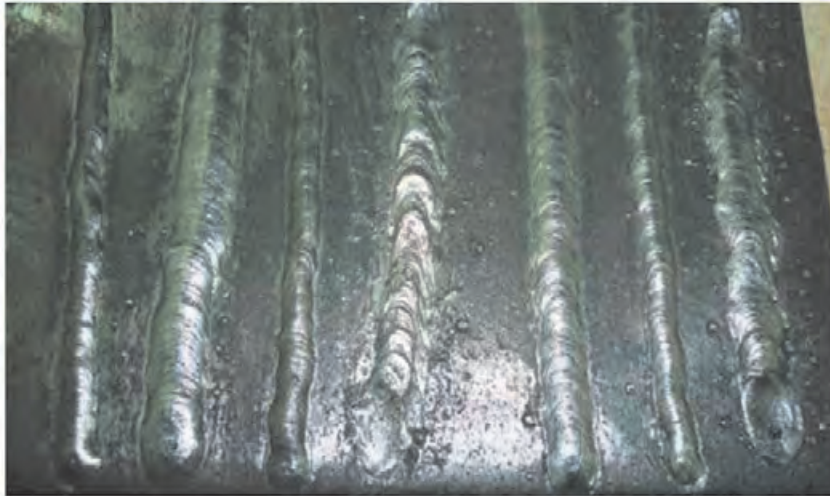
در نقشه‌های اجرایی برای بیان جزئیات جوش نظیر عمق، زاویه شیار و پخ لازم برای ورق، گام و فاصله جوش و ... از علائم استاندارد استفاده می‌شود. در شکل ۸۷ با یک نمونه از علائم استاندارد جوش آشنا می‌شوید.



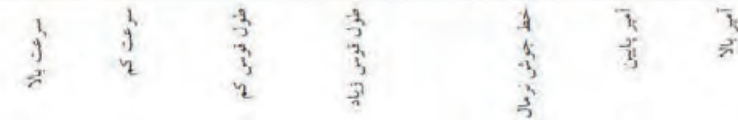
شکل ۸۷ ▲ علائم جوشکاری

## انواع عیوب جوش:

عواملی نظیر عدم رعایت استانداردهای لازم در حین عملیات جوشکاری، میزان تجربه و مهارت جوشکار، کیفیت تولید، نگهداری و انتخاب صحیح الکتروود مصرفی متناسب با وضعیت و شرایط جوشکاری، وجود گل جوشکاری و... می‌تواند



منجر به عیوبی در جوش شود. شناخت عیوب جوش و برطرف نمودن آنها قبل از بهره‌برداری از سازه اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. در شکل ۸۸ تعدادی از عیوب بارز جوش و دلایل ایجاد آنها به اختصار معرفی شده است.



شکل ۸۸ ▲ عیوب جوش

### عیوب جوشکاری و دلایل ایجاد آنها

عیوب جوشکاری	دلایل ایجاد
امتزاج ناقص	عدم اختلاط فلز جوش و فلز مبنا که به دلایل سطح آلوده درز، نوع و اندازه نامناسب الکتروود و شدت جریان نامناسب به وجود می‌آید.
نفوذ ناقص	عدم نفوذ کامل جوش در هندسه درز که به دلایل استفاده از الکتروود بزرگ‌تر از هندسه درز، آمپراژ کم یا سرعت زیاد دست جوشکار ایجاد می‌شود.
روی هم افتادگی جوش	جاری شدن فلز جوش روی فلز مبنا یا جوش پاس قبل بدون اینکه ذوب و جوش خوردن با آن ایجاد شود.
سوختگی یا بریدگی کنار جوش	شیاری در کنار جوش که به دلیل آمپراژ بالا یا طول قوس بلند در اثر ولتاژ بالا اتفاق می‌افتد.
حبس سرباره	به هر ماده غیرفلزی که عموماً ناشی از ترکیبات روکش الکتروود و به دلیل عدم دقت در پاک کردن گل جوش بین پاس‌های متوالی ایجاد می‌شود، حبس سرباره می‌گویند.
ترک در جوش	در اثر عواملی مانند انجماد و سرد شدن سریع جوش، نفوذ هیدروژن، عدم پیش‌گرمایش و کثیف بودن درز ایجاد می‌گردد.
تخلخل	تخلخل حفره‌های گازی است که به دلایل استفاده از الکتروود مرطوب، شدت جریان کم و طول قوس کوتاه در جوش ایجاد می‌شود.
معایب ابعادی جوش	عدم تأمین طول و بعد جوش مطابق نقشه

## روش‌های بازرسی جوش:

برای شناسایی صحیح عیوب جوش، روش‌ها و ابزارهای دقیقی وجود دارد که در ادامه معرفی می‌شوند:

### الف) بازرسی جوش به روش غیرمخرب (NDT):

در این روش بازرسی، بدون تخریب جوش، به عیوب سطحی و عمقی آن پی می‌برند. این روش بازرسی خود به روش‌های گوناگونی به شرح ذیل تقسیم‌بندی می‌شود.

#### ۱- بازرسی چشمی (VT):

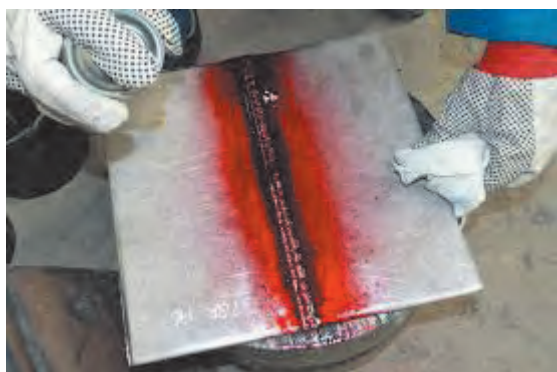
با مشاهده چشمی، عیوب ظاهری و سطحی جوش تشخیص داده شده و نسبت به اصلاح آنها اقدام می‌شود. بازرسی چشمی از ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌ها است که وابستگی زیادی به تجربه و مهارت بازرس جوش دارد. این روش بازرسی در تمامی مراحل قبل، حین و بعد از جوشکاری انجام می‌شود. در این روش بازرسی، طول جوش با متر و بعد جوش با گرده‌سنج (شکل ۸۹) اندازه‌گیری می‌شود.



شکل ۸۹ ▲ انواع گرده‌سنج

#### ۲- بازرسی به وسیله مایع نافذ (PT):

در این روش با استفاده از جاذبه موئینگی، یک مایع رنگی را با قلم مو یا اسپری روی جوش پخش نموده و با نفوذ این مایع به درون ناپیوستگی‌های سطحی جوش، آن را نمایان می‌کنند. با این روش فقط می‌توان به عیوب سطحی جوش مانند ترک و تخلخل در سطح جوش پی برد و نمی‌توان عمق این معایب و یا معایب زیرسطحی جوش را تخمین زد.



شکل ۹۰ ▲ بازرسی به وسیله مایع نافذ

#### ۳- بازرسی جوش به روش اولتراسونیک (UT):

در این روش، با استفاده از امواج صوتی عیوب داخلی و زیرسطحی جوش نمایان می‌شود به طوری که اگر امواج از محیط‌های غیرهمگن عبور نمایند، روی مانیتور دستگاه محل آنها را مشاهده می‌نمایند. این روش، به نسبت روش‌های چشمی و مایع نافذ دقیق‌تر و در عین حال گران‌تر می‌باشد. (شکل ۹۱)



شکل ۹۱ ▲ بازرسی به روش اولتراسونیک



#### ۴- آزمون ذرات مغناطیسی (MT):

از روش بازرسی با استفاده از ذرات مغناطیسی برای بررسی عیوب سطحی و برخی معایب زیرسطحی نظیر ترک‌ها استفاده می‌شود.



شکل ۹۲ ▲

#### ۵- آزمون رادیوگرافی (RT):

یکی از روش‌های آزمایش غیرمخرب می‌باشد که با استفاده از پرتونگاری، نوع و محل عیوب داخلی و بسیار ریز جوش از قبیل حبس سرباره، حفره گازی، ترک در جوش، بریدگی کنار جوش، نفوذ ناقص و امتزاج ناقص را نشان می‌دهد. این شیوه پرتونگاری، وجود معایب مختلف در فلز جوش و فلز مبنا را مسجل کرده و اندازه و محل آنها را مشخص می‌نماید.

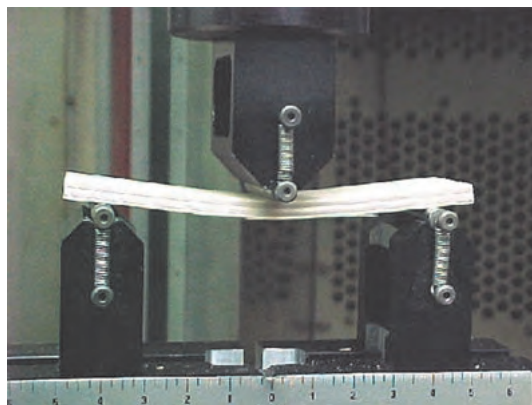
#### ب) تست‌های مخرب (DT):

از این نوع تست‌ها برای سنجش مقاومت مکانیکی قطعات جوش شده نظیر مقاومت خمشی، برشی و کششی استفاده می‌شود. قطعات جوش شده تحت اثر بار قرار می‌گیرند تا گسیخته شوند. انواع تست مخرب در شکل‌های ۹۳ الی ۹۵ نشان داده شده است.





شکل ۹۵ ▲ تست ضربه



شکل ۹۳ ▲ تست خمش



شکل ۹۴ ▲ تست کشش

به کمک هنرآموز و استادکار کارگاه خود چند خط جوش از قبل آماده شده را به صورت چشمی با هم مقایسه نموده، مشخصات و معایب ظاهری آنها را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

فعالیت  
عملی ۲



با نظر هنرآموز و به کمک استادکار، قطعات فلزی و تجهیزات جوشکاری را از انبار تحویل گرفته و انواع اتصالات جوشی، انواع جوش و انواع وضعیت‌های جوشکاری را روی آنها تمرین کنید و گزارش مبسوطی از آن تهیه و به هنرآموز خود تحویل دهید.

فعالیت  
عملی ۳



با استفاده از مایع نافذ عیوب ظاهری جوش‌های خود را کنترل نموده گزارش دهید.

فعالیت  
عملی ۴



## ب) اتصالات پیچی

اتصالات پیچ و مهره‌ای به دلایل سرعت و سهولت اجرا، عدم آلودگی صوتی و عدم نیاز به تجهیزات جوشکاری و تأمین برق کارگاهی، نسبت به جوش و پرچ، یک اتصال مناسب برای سازه‌های فولادی محسوب می‌شود.

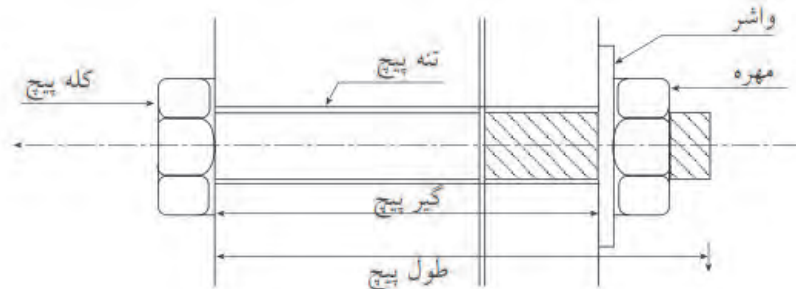
در سازه‌های موقت مثل داربست‌ها، پل‌ها و اتاق‌های اسکان موقت در مناطق زلزله‌زده می‌توان سازه را به راحتی جمع‌آوری نمود و مجدداً در محل دیگری نصب نمود. برای مونتاژ نهایی قطعات، بعد از آنکه قطعات علامت‌گذاری شده بر روی خرک چیده شدند و ورق‌های اتصال بر روی سوراخ‌ها قرار گرفتند، قطعات به وسیله سمبه‌هایی که از سوراخ‌های اتصال می‌گذرند در جای خود ثابت می‌شوند.

### انواع پیچ

انواع متداول پیچ‌های مورد استفاده در اسکلت‌های فولادی عبارت‌اند از پیچ‌های معمولی و پیچ‌های پرمقاومت. مشخصات پیچ‌های موجود یا تولید در ایران طبق استانداردهای ISO و ASTM در جدول بالای صفحه بعد ارائه شده است. برای هر پیچ باید واشر و مهره سازگار مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۹۷ ▲



شکل ۹۶ ▲

پیچ‌ها با دو نوع عملکرد «اتکایی» و «اصطکاکی» مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از پیچ‌های پرمقاومت منطبق با استانداردهای ملی یا بین‌المللی، برای هر دو نوع اتصال و استفاده از پیچ‌های معمولی فقط در اتصالات اتکایی مجاز است. در اتصالات اتکایی ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی لازم نیست ولی در اتصالات اصطکاکی پیچ‌ها باید پیش‌تنیده گردند. حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در اتصالات اصطکاکی مطابق مقادیر جدول پایین صفحه بعد می‌باشد. برای حصول پیش‌تنیدگی استفاده از یکی از سه روش «ترک‌متر یا آچار مدرج»، «واشرهای کشش‌سنج» و «سفت‌کردن مجدد مهره» امکان‌پذیر است.



شکل ۹۸ ▲ ترک‌متر

مشخصات پیچ‌های 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	پیچ‌های 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 $d \leq 24\text{mm}$	پیچ‌های پر مقاومت
۷۲۵ MPa	-	-	A۳۲۵ $d > 24\text{mm}$	
۱۰۰۰ MPa	-	-	A۴۹۰	
۸۰۰ MPa	-	۸.۸		
۱۰۰۰ MPa	-	۱۰.۹		
۱۲۰۰ MPa	-	۱۲.۹		

حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در اتصالات اصطکاکی ( $T_b$ )

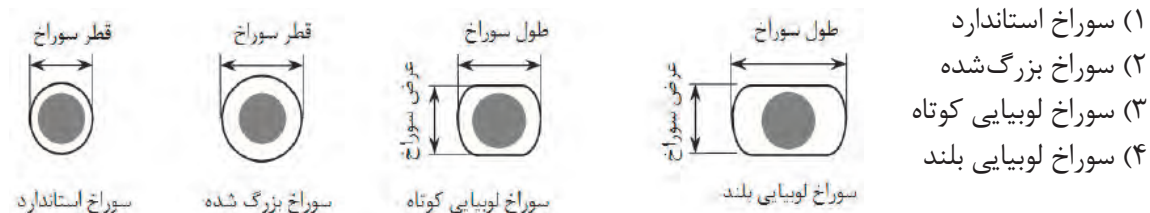
پیچ‌های نوع A۴۹۰	پیچ‌های نوع A۳۲۵	قطر اسمی پیچ (بر حسب میلی‌متر)
۱۱۴ kN	۹۱ kN	M۱۶
۱۷۹ kN	۱۴۲ kN	M۲۰
۲۲۱ kN	۱۷۶ kN	M۲۲
۲۵۷ kN	۲۰۵ kN	M۲۴
۳۳۴ kN	۲۶۷ kN	M۲۷
۴۰۸ kN	۳۲۶ kN	M۳۰
۵۹۵ kN	۴۷۵ kN	M۳۶

## مشخصات و فواصل سوراخ‌ها در اتصالات پیچی

در اتصالات پیچی لازم است قطعات فولادی به نحو صحیح و متناسب با قطر پیچ سوراخ شوند. دقت در سوراخ کاری و سالم بودن بدنه سوراخ و نیز رعایت فواصل سوراخ‌ها از لبه قطعه و نیز از یکدیگر، نقش مهمی در میزان مقاومت و باربری اتصالات پیچی ایفا می‌کند.

### انواع سوراخ در اتصالات پیچی

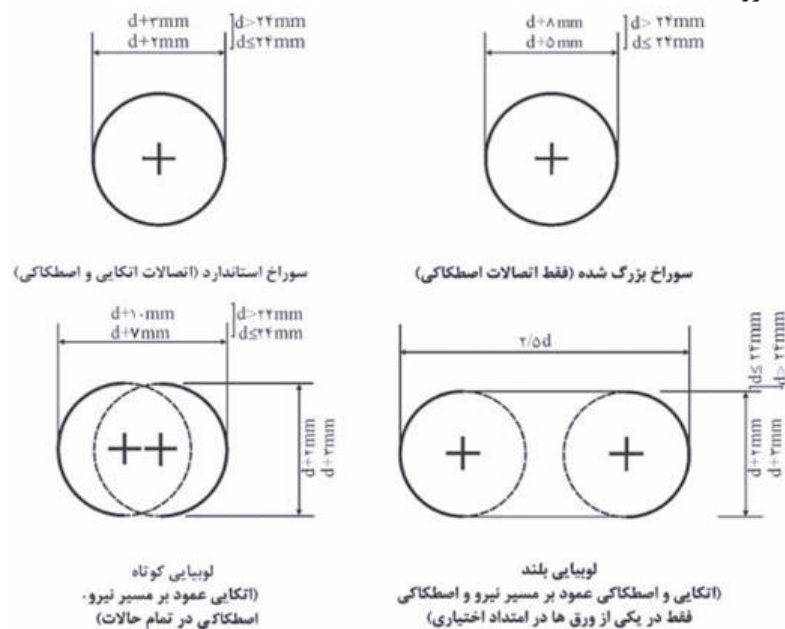
انواع سوراخ‌ها در اتصالات پیچی به شرح زیر می‌باشد:



شکل ۹۹ ▲ انواع سوراخ پیچ‌ها در اتصالات پیچی

### محدودیت ابعاد اسمی سوراخ‌ها و دامنه کاربرد آنها

- سوراخ‌های بزرگ شده فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز است.
- سوراخ لوبیایی کوتاه در تمام امتدادها در اتصالات اصطکاکی مجاز هستند ولی در اتصالات اتکایی، امتداد طولی سوراخ باید عمود بر امتداد نیرو باشد.



شکل ۱۰۰ ▲

### 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) پرچ

پرچ به صورت یک استوانه فولادی است. یک سر پرچ دارای کلاهک و سمت انتهایی آن که دم‌پرچ نامیده می‌شود حرارت داده شده و پس از قرارگیری در سوراخ، با ضربه چکش تغییر شکل پیدا کرده و افزایش عرض می‌یابد تا قطر آن بیش از قطر سوراخ شود. پس از سرد شدن پرچ و کاهش طول آن، ورق‌ها به هم فشرده شده و اتصال کامل می‌گردد. به دلیل برخی مشکلات اجرایی نظیر نیاز به گرمایش پرچ، سروصدای زیاد در زمان اجرا و نیاز به نیروی انسانی ماهر جهت نصب پرچ و فراگیر شدن استفاده از روش‌های جوشکاری و پیچ و مهره، استفاده از اتصالات پرچی کاهش یافته است. قطر سوراخ پرچ کاری باید ۲ میلی‌متر بزرگ‌تر از قطر پرچ باشد.



شکل ۱۰۱ ▲

## اخلاق حرفه‌ای در اجرای سازه‌های فولادی

عدم رعایت اصول و ضوابط فنی و اخلاق حرفه‌ای منجر به خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری می‌شود که برخی از آنها را در تصاویر صفحات بعد ملاحظه می‌نمایید. در برخی از این تصاویر مشاهده می‌شود که رعایت نکات بسیار ساده می‌توانست از خسارات بسیار بزرگ جلوگیری نماید بنابراین لازم است تا تمامی اصول و ضوابط فنی و اخلاق حرفه‌ای در اجرای سازه‌های فولادی رعایت شود.

با راهنمایی هنرآموز خود هر یک از اشکال صفحات آینده را مورد بررسی قرار داده و درباره علت خرابی در هر کدام از شکل‌ها بحث کنید.

فعالیت  
کلاسی ۲





.....  
.....



.....  
.....



.....  
.....



.....  
.....



.....  
.....



.....  
.....





## ارزشیابی شایستگی اجرای سازه‌های فولادی

### شرح کار:

مطابق جدول تیر لانه‌زنبوری و با استفاده از وسایلی نظیر فیبر، ورق گالوانیزه و یا مقوا اقدام به تهیه شابلون لانه‌زنبوری نموده و همچنین با استفاده از وسایل جوشکاری (دستگاه جوش - ماسک - انبر - کابل - الکتروود - قطعات فلزی و ...) اقدام به جوشکاری در حالت‌های مختلف نظیر تخت - افقی - قائم - زیرسطحی برای انواع اتصال جوشی نماید.

### استاندارد عملکرد:

با استفاده از وسایل جوشکاری مانند دستگاه جوش - الکتروود و ... و معیارهای AWS و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، جوش‌های مختلف را اجرا نماید.

### شاخص‌ها:

رعایت ابعاد شابلون لانه‌زنبوری بر اساس جداول مربوطه - رعایت بُعد و طول جوش مطابق نقشه - یکنواختی جوش و بدون عیوب ظاهری - ارائه حضور کار به هنرآموز در مدت زمان ۴ ساعت.

### شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: ایجاد یک اتصال جوشی با نظر هنرآموز در فضای کارگاه با رعایت ایمنی و بدون عیوب ظاهری.

### ابزار و تجهیزات:

دستگاه جوش - ماسک - دستکش - کابل - انبر - الکتروود - قطعات فلزی.

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی نقشه	۲	
۲	تهیه وسایل و تجهیزات	۲	
۳	آماده‌سازی قطعات	۲	
۴	اجرای جوش مطابق نقشه	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: رعایت ایمنی و بهداشت محیط کار، لباس کار مناسب، کفش، کلاه، دستکش، دقت اجرا، جمع‌آوری نخاله و ملات اضافی، مدیریت کیفیت، مسئولیت‌پذیری، تصمیم‌گیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان	۲	
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.