

فصل ۱۰

سامانه‌های مورد استفاده در ساختمان‌های صنعتی



هدف‌های رفتاری:

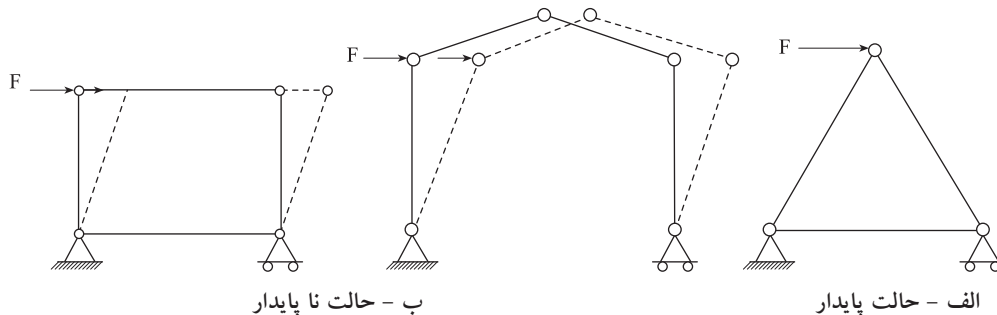
در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود بتواند:

- ۱- خرپا را تعریف کند.
- ۲- انواع خرپاها را از نظر شکل شرح دهد.
- ۳- پروفیل‌های مورد استفاده در خرپاسازی را نام ببرد.
- ۴- اجزای تشکیل‌دهنده‌ی خرپا و ورق‌های اتصال آن‌ها را با رسم شکل نمایش دهد.
- ۵- خرپاهای صفحه‌ای و فضایی را تعریف کند.
- ۶- انواع معمول خرپاهای سقف را از نظر فرم (شکل) ترسیم کند.
- ۷- چگونگی برش، مونتاژ و ساخت قاب‌های شیب‌دار را شرح دهد.
- ۸- قاب‌های شیب‌دار با مقطع ثابت و مقطع متغیر را شرح دهد.
- ۹- اتصال ستون (پایه) به شالوده را همراه با رسم شکل توضیح دهد.
- ۱۰- انواع اتصال ستون به شالوده را به صورت مفصل (کشویی- پیچی- نقطه‌ای) توضیح دهد.
- ۱۱- روش‌های مختلف اتصال تیر به ستون را توضیح دهد.
- ۱۲- اتصالات مختلف قاب‌ها را توضیح دهد.

۱-۱۰- سامانه‌ی خرپا

۱-۱-۱۰- تعریف

خرپا مجموعه‌ای است از میله‌های مستقیم که به طور مفصلی به هم متصل شده، شبکه‌های مثلثی را به وجود می‌آورند. در خرپاها، فرض می‌شود که اعضا در انتهای خود به اعضای دیگر لولا شده‌اند. با مطالعه‌ی سازه‌های شکل ۱-۱۰ واضح است که خرپای مثلثی نشان داده شده تحت تاثیر نیروی وارد آمده تغییر شکل نمی‌دهد، مگر این که یکی از اعضای آن خم شود یا بشکند. بنابراین ((شکل مثلثی)) تنها شکل پایدار خواهد بود.



شکل ۱-۱۰- پایداری شبکه‌های مثلثی

شبکه‌هایی که از اجزای چهار عضوی یا بیشتر تشکیل شده باشند، پایدار نیستند و تحت تاثیر نیروهای موثر فرو می‌ریزند (شکل‌های ۱-۱۰-ب). این شکل‌ها بدون این که در طول و اندازه‌ی اعضای آنها تغییری رخ دهد، هندسه‌ی آنها تغییر می‌کند.



سازه‌ی استادیوم لانه پرنده-چین

شکل ۱-۲- نمونه‌هایی از سامانه‌های صنعتی

۱۰-۱-۲- کاربرد خرپا

خرپاها از مفیدترین و معمولترین فرمهای سازه‌ای هستند که در انواع ساختمان‌ها و ماشین‌ها به کار می‌روند. ساختمان‌های خرپایی، در مقابل نیروهای وارد آمده مقاومت بسیاری دارند و از لحاظ اقتصادی نیز ساخت آن‌ها مقرون به صرفه است (شکل ۱۰-۲). اتصال اعضای خرپاها به یکدیگر به وسیله‌ی جوش یا پرچ و یا پیچ صورت می‌گیرد. خرپا را برای پوشاندن سقف‌ها، به ویژه سقف‌های با دهانه‌های زیاد و نیز پل‌ها به کار می‌برند. در بعضی از ماشین‌های سنگین، مثل جرثقیل‌ها نیز از خرپا استفاده می‌شود. خرپاها ضمن داشتن مقاومت زیاد، از نظروزن سبک هستند. استخوان‌بندی بال بعضی از پرندگان که برای پرواز باید سبک باشند، به صورت خرپا تکوین یافته است. اسکلت‌بندی هواپیماها را نیز به همین علت از نوع خرپایی انتخاب می‌کنند.

۱۰-۱-۳- انواع خرپا از نظر شکل

خرپاها به طور کلی به دو دسته‌ی صفحه‌ای و فضایی تقسیم‌بندی می‌شوند. فرم پایه‌ی خرپاهای صفحه‌ای از سه عضو و سه گره تشکیل می‌شود. خرپاهای صفحه‌ای از نظر شکل ظاهری به گونه‌های متفاوتی ساخته می‌شوند که نمونه‌هایی از آن‌ها را در شکل‌های جدول ۱۰-۱ و ۱۰-۲ ملاحظه می‌کنید.

جدول ۱۰-۱- انواع معمول فریاهای صفحه‌ای مورد استفاده در سقف‌های شیبدار

شرح	جنس	شکل خرپا	نوع
دهانه حداکثر در حدود ۳۰ متر	معمولاً فولاد، در بعضی موارد چوب		پرات (pratt)
دهانه حداکثر در حدود ۳۰ متر	معمولاً چوب		هاو (Hawe)
معمولاً دهانه به حداکثر در حدود ۲۰ متر محدود می‌شود	معمولاً فولاد		فینک (Fink)
معمولاً برای سقف مناره‌ها، سوپر مارکت‌ها و گاراژها به کار برده می‌شود و دهانه ممکن است به ۳۰ متر برسد.	معمولاً فولاد		قوسی (Bowst ring)
سمت شیب تند خرپا برای استفاده از نور خارج است که برای یکنواختی به طرف شمال قرار داده می‌شود و در مواردی به کار برده می‌شود که وجود ستون‌های زیاد اشکالی ایجاد ننماید.	چوب یا فولاد		دندانه‌ای (Saw Tooth)

جدول ۱۰-۲- انواع معمول خرپاهای صفحه‌ای مورد استفاده در سقف‌های تفت

شرح	جنس	شکل خرپا	نوع
دهانه حداکثر تا حدود ۶۰ متر	فولاد		پرات (pratt)
در گذشته بسیار مورد استفاده بوده ولی در حال حاضر به ندرت از آن استفاده می‌شود	چوب یا فولاد		هاو (Hawe)
نوع بسیار معمول دهانه تا حدود ۶۰ متر	فولاد		وارن (Warren)
برای دهانه‌های بیش از حدود ۱۰۰ متر به کار می‌رود.	فولاد		بالتیمور (Baltimore)
برای دهانه‌های بیش از ۱۰۰ متر به کار می‌رود.	فولاد		خرپای K (K Tauss)



شکل ۱۰-۳- نمونه‌ی اجرایی از یک فرپای مسطح

۱۰-۱-۴- اجزای تشکیل دهنده‌ی خرپا

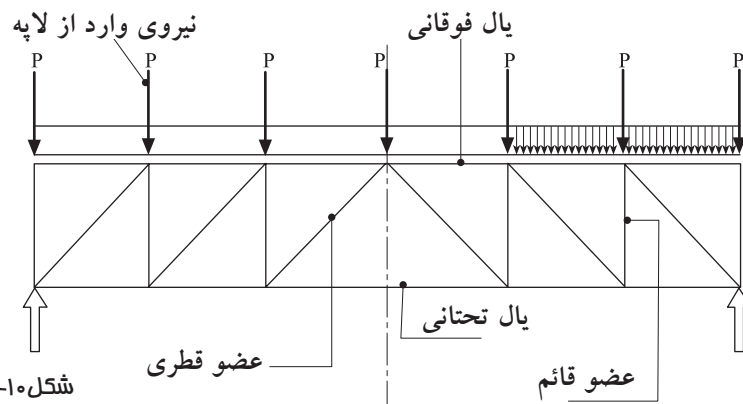
اجزای تشکیل دهنده‌ی خرپا مطابق با شکل ۱۰-۴ بصورت زیر نامگذاری می‌شوند:

الف- یال تحتانی (Bottom Chord)

ب- یال فوقانی (Top Chord)

پ- اعضای قائم (Verticals)

ت- اعضای قطری (Diagonals)



شکل ۱۰-۴- نامگذاری اعضای فرپا

۱۰-۱-۵- نیم‌رخ‌های رایج در ساخت

خرپا:

در خرپاسازی می‌توان بر حسب مورد از نیم‌رخ‌های فولادی مختلف نظیر موارد ذیل استفاده کرد.

۱- نیم‌رخ‌های L (نبشی) و \perp (سپری)

۲- پروفیل‌های IPE و IPB و UNP

۳- پروفیل‌های قوطی مربع و مستطیل

۴- از پروفیل‌های لوله‌ای شکل نیز در ساخت خرپا استفاده می‌شود. تنها مشکل در استفاده از این نوع پروفیل‌ها بریدن و جفت و جور کردن قطعات به یکدیگر است. استفاده از این نوع پروفیل‌ها در صنایع جرثقیل‌سازی اهمیت بسیار دارد.



استفاده از فرپا در سازه پل

بیش‌تر بدانیم



کاربرد المان خربایی در سازه پل فولادی



کاربرد المان خربایی در سازه صنعتی



اتصال اعضای لوله‌ای

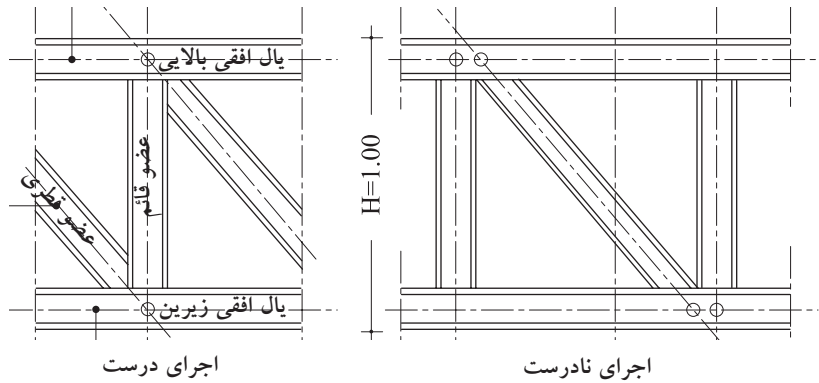


کاربرد لوله در اعضای خرباها

۱۰-۱-۶- اتصالات در خرپاها

اعضای خرپاها به وسیله‌ی جوش، پیچ و مهره و یا پرچ به یکدیگر متصل می‌شوند.

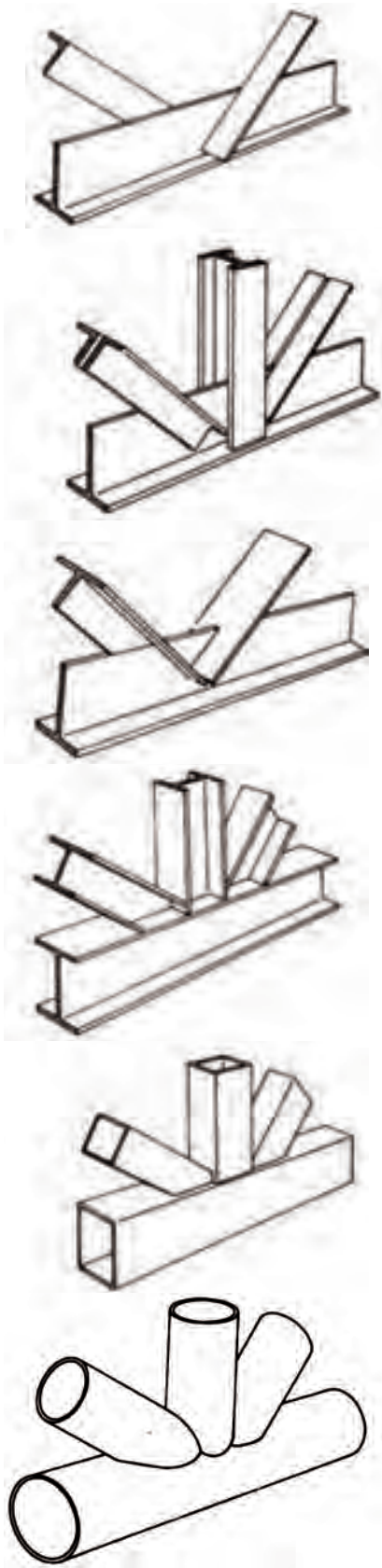
اتصال اعضا گاهی به طور مستقیم و گاهی به وسیله‌ی ورق‌ی موسوم به ((ورق اتصال)) صورت می‌گیرد. بنابراین، در عمل، نه تنها حالت اتصال مفصلی در انتهای اعضا وجود ندارد، بلکه پیوند آن‌ها به یکدیگر و به ورق اتصال از گیرداری نسبی نیز برخوردار است، که موجب پیچیدگی در رفتار اعضا می‌شود. از مهم‌ترین ملاحظات در این مورد آن است که در طراحی خرپا سعی شود تا امتداد محور میله‌ها از نقطه‌ی مشترکی بگذرد، همچنین اعمال نیروهای خارجی به محل گره‌ها از شرایط دیگر این فرض می‌باشد. زاویای قطری نیز بهتر است در حدود ۴۵ درجه حفظ گردد و نسبت ارتفاع به دهانه نباید کمتر از $\frac{1}{10}$ باشد.



شکل ۱۰-۵- همگرایی ممور اعضا در ممل گره‌ها



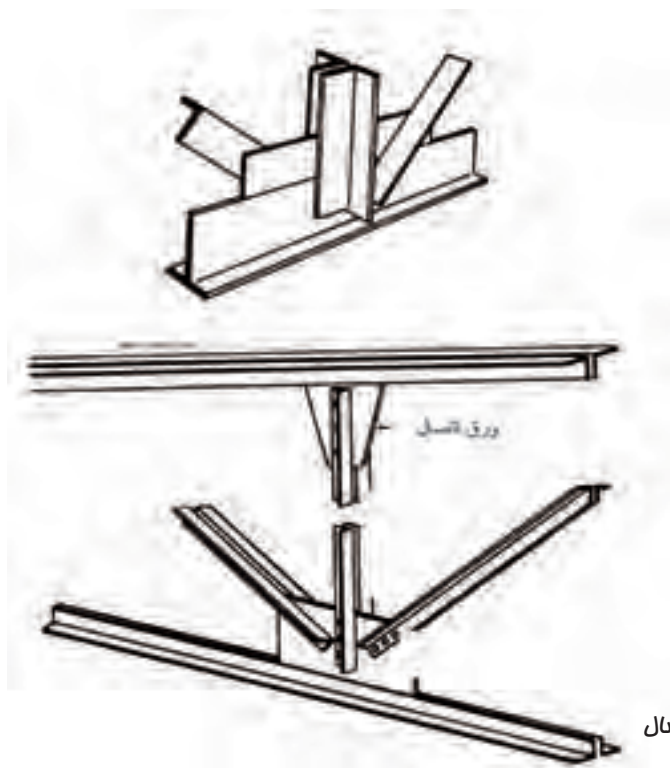
استفاده از فرپا در سازه سقف عریض



نمونه اتصال اعضای فرپاها

ورق‌های اتصال در خرپا:

ورق اتصال در خرپا با توجه به فرم اعضای آن به دست می‌آید. یکی از مسائلی که گاهی در اتصالات خرپاها پیش می‌آید، خمش ورق اتصال است. خمش ورق اتصال در بعضی موارد موجب تغییر فرم و کج شدن خرپا و احتمالاً خرابی آن می‌شود. بسیاری از خرابی‌های خرپاها به علت اتصال ضعیف (جوش یا پرچ یا پیچ) و خمش ورق اتصال اتفاق افتاده است. گسیختگی جوش، پارگی ورق و برش پیچ‌ها و پرچ‌ها را نیز باید از علل اتصالات ضعیف خرپاها به شمار آورد. (شکل ۱۰-۶ و ۱۰-۷)



شکل ۱۰-۷ - جزئیات ورق اتصال



شکل ۱۰-۶ - اتصال پیچ و مهره‌ای اعضای خرپاها

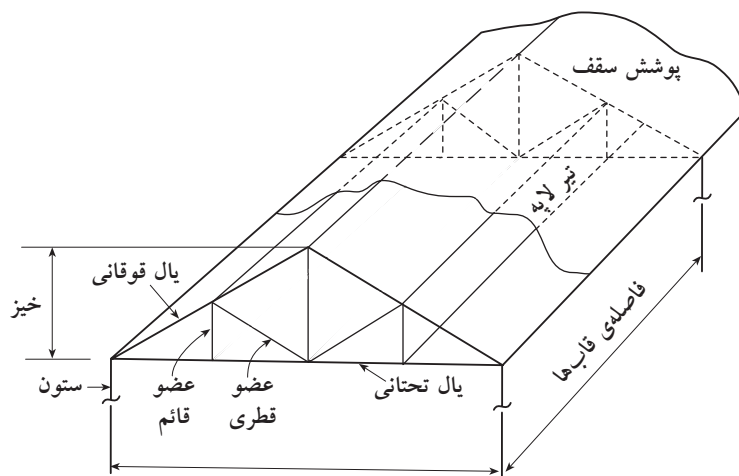
در کتاب‌های تاریخ فنی غربی چنین آمده است که اولین نوع ساختمان‌های خربایی در قرن شانزدهم میلادی توسط یک مهندس رومی به نام پالادیو (Paladio) در سال‌های ۱۵۱۸-۱۵۸۰م ابداع و ساخته شده است. اما چنین به نظر می‌رسد که تاریخ ساختمان‌های خربایی با دقتی که شایسته آن است مطالعه نشده و اکتشافات باستان‌شناسی نیز تاکنون در این مورد دقیقاً بررسی نشده است. اسناد تاریخی نشان‌دهنده‌ی آن است که ساختمان خربایی در ایران باستان از هزاره‌ی سوم قبل از میلاد ساخته می‌شده است. مورد استناد در این بررسی لوحه‌ای است که در حفاری‌های باستان‌شناسی به دست آمده و تاریخ آن به پنج هزار سال می‌رسد. اگر نردبانی که در این مَهر تصویر شده است به عنوان مقیاس استفاده می‌کنیم متوجه خواهیم



شد که این اثر نمایش‌دهنده سیلوهای استوانه‌ای با سقف‌های گنبدی واقع بر سکویی بلند است. خصوصیتی که در این مَهر به چشم می‌خورد ساختمان خربایی است که به عنوان پایه‌ی سیلوها به کار رفته است. چنان که به وضوح مشاهده می‌شود این فرم خربایی به دست پدیدآورنده‌ی اثر به نحوی ماهرانه و یقیناً تقلید از ساختمان واقعی موجود ارائه شده است. از لحاظ هندسی، این خرپا با دقتی خاص و به صورت مجموعه‌ای از اشکال مثلثی که از لحاظ مکانیکی برای ایستایی خرپا ضرورت دارد ترسیم گشته است. ترسیم مجموعه خطوطی که با این ترتیب خاص فرم خربایی را به وجود آورده‌اند، نمی‌تواند تصادفی و بدون طرح قبلی بوده باشد، به طوری که مشاهده می‌شود جزئیات ساختمانی از قبیل اتصال عناصر در گره‌ها و اشکال مثلثی، و این که برای تسهیل در پخش نیرو عنصر زیرین طولانی‌تر از عنصر بالایی خرپا است، از طرف طراح آن را به خوبی مجسم شده است.

۱۰-۱-۷- لاپه‌ریزی روی خرپاها و مهار کردن آن‌ها

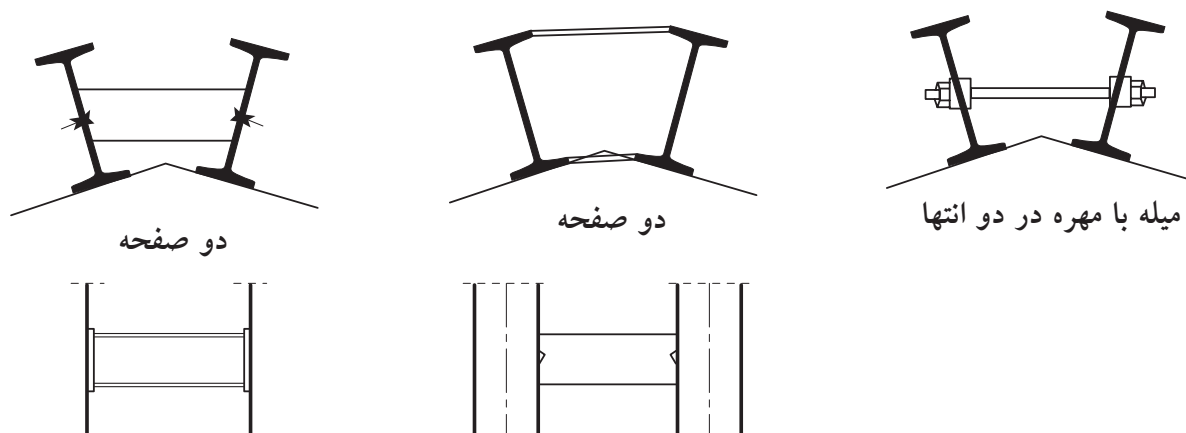
خرپاها معمولاً به فواصل ۳ تا ۶ متر از یکدیگر قرار می‌گیرند و بر روی آن‌ها تیرهایی در امتداد عمود بر صفحه‌ی خرپاها و یا قاب‌های خرپایی قرار می‌گیرند که لاپه نامیده می‌شود. برای نمونه قاب ساختمانی از این نوع با تیرهای طولی یا لاپه‌های متکی بر آن‌ها در شکل ۱۰-۸ نشان داده شده است.



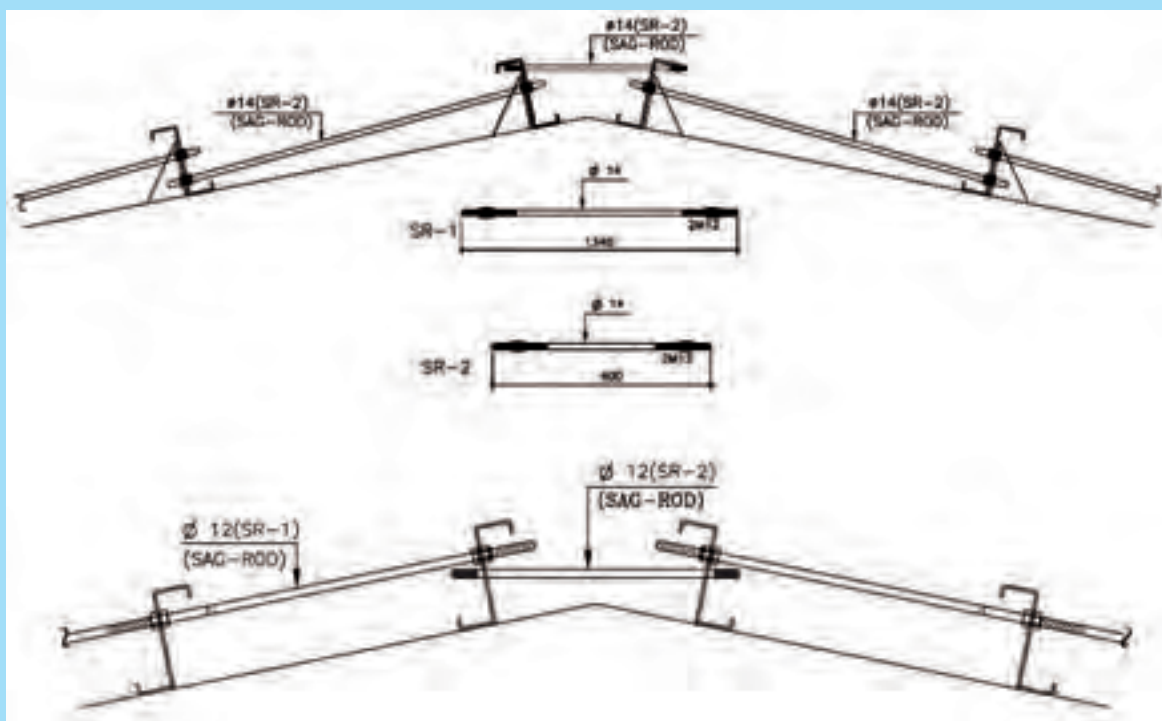
شکل ۱۰-۸- تیر ریزی (لاپه‌ریزی) سقف

در شکل ۱۰-۸ بار سقف ابتدا به تیرهای طولی یا لاپه‌ها منتقل می‌شود و سپس تیرهای طولی نیرو را به قاب خرپایی انتقال می‌دهند. لاپه‌ها را معمولاً از پروفیل‌های U, Z, و I انتخاب می‌کنند. لاپه‌ریزی از ابتدای خرپا آغاز و تا نزدیکی راس خرپا به صورت موازی ادامه می‌یابد. توجه به این نکته ضروری است که لاپه‌ها حتماً باید روی گره‌های خرپا قرار گیرند.

طرز قرار گرفتن لاپه‌های راسی و مهار آن‌ها و نحوه‌ی مهار کردن سایر لاپه‌ها به یکدیگر برای جلوگیری از رانش (غلتیدن) لاپه‌ها در شکل ۱۰-۹ نشان داده شده است. برای جلوگیری از خمش عرضی، لاپه‌ها را در فواصل یک سوم طول آن‌ها در امتداد شیب به کمک میل‌گردهایی به هم می‌بندند که به آن‌ها میل مهار می‌گویند.



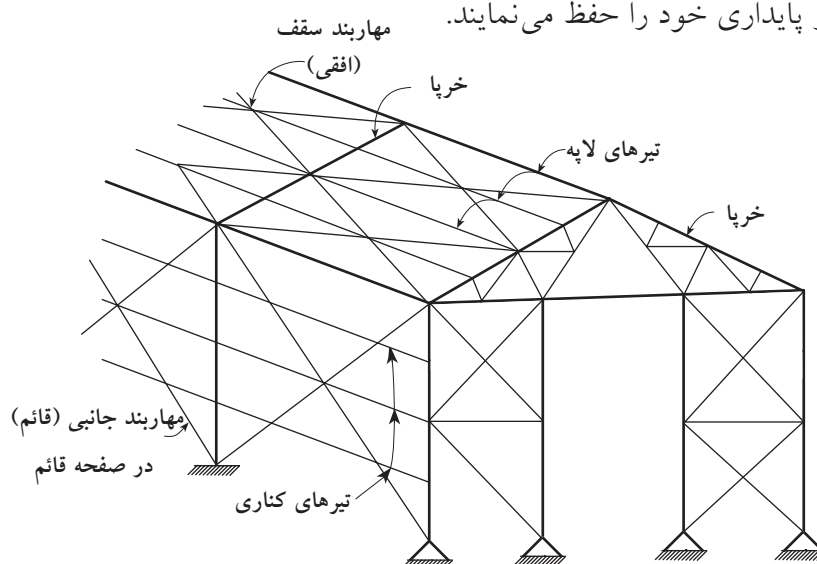
شکل ۱۰-۹- نمونه مهار لاپه‌ی راس در خرپاها



شکل ۱۰-۱۰- نمونه میله مهار جهت بستن لایه‌ها به یکدیگر

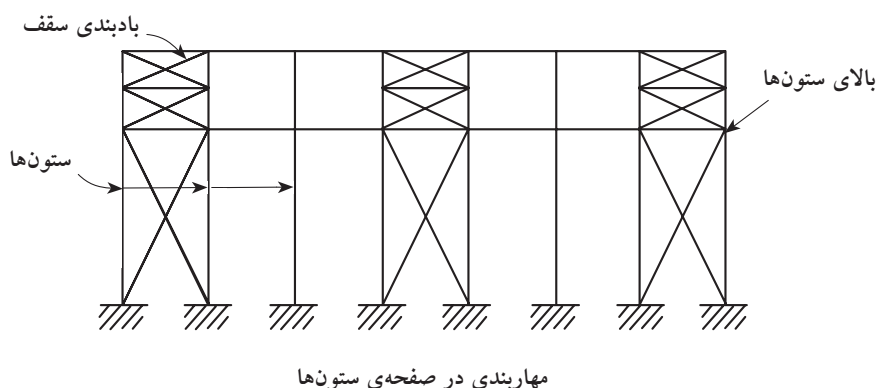
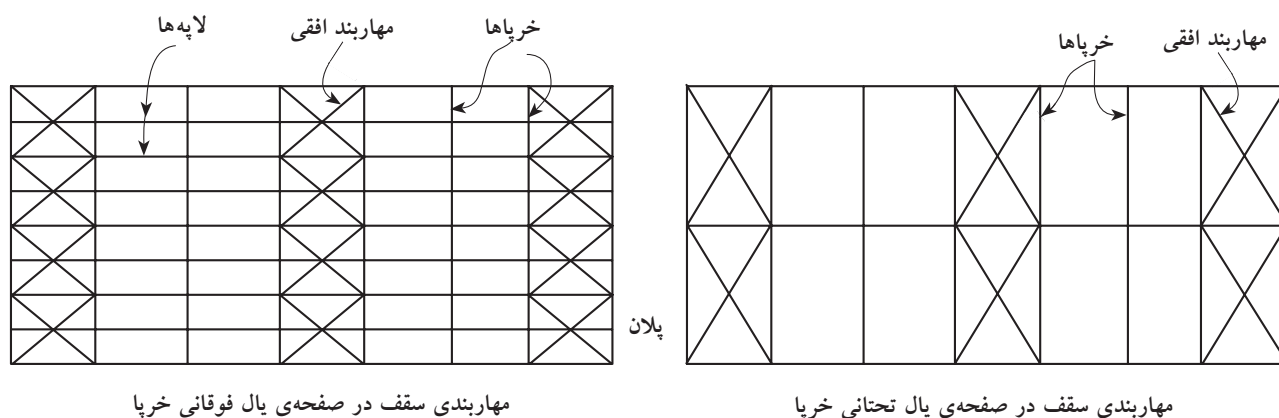
۱۰-۱-۸- مهاربندی‌ها در خرپاها

مقاومت قاب‌های خرابایی در برابر نیروهای عمود بر صفحه‌ی قاب‌های خرابایی بسیار کم است. لذا برای بالا بردن مقاومت ساختمان در امتداد عمود بر قاب‌های خرابایی، از مهاربند استفاده می‌کنند. فلسفه‌ی وجودی مهاربند جانبی آن است که مقاومت سیستم قاب‌ها را در جهت عمود بر قاب‌ها افزایش می‌دهد و در جهت عرضی خرپاهای ابتدا و انتها را مطابق شکل (۱۰-۱۱) مهاربندی نموده و سایر خرپاهای میانی با توجه به مهاربندهای افقی به خرپاهای ابتدا و انتها تکیه کرده و پایداری خود را حفظ می‌نمایند.



شکل ۱۰-۱۱- مهاربندی قاب‌های فرپایی

به طوری که ملاحظه می‌شود، سامانه مهاربندی ستون‌ها عبارت است از مجموعه‌ای از اعضای کششی که در صفحه‌ی قائم به طور ضربدری قاب‌ها را به هم متصل می‌سازد. در این حالت قاب‌های انتهایی ساختمان توسط مهاربندها به اولین قاب درونی متصل شده‌اند. این روش، برای ایجاد استحکام جانبی اسکلت مناسب است و عملکرد آن به این صورت است که قاب‌های خرپایی به این وسیله به هم متصل می‌شود و حالت قفسه‌ای پیدا می‌کند. این قفسه در جهات مختلف تحت اثر نیروهای جانبی دارای صلبیت و پایداری است و واژگون نمی‌شود، علاوه بر مهاربندی ستون‌ها، مهاربندی سقف خرپاها به منظور ایجاد صلبیت در دیافراگم سقف لازم است. مهاربندی سقف باید در یال تحتانی و فوقانی خرپا انجام شود. در شکل ۱۰-۱۲ مهاربندی سقف و ستون‌ها در پلان و نما نشان داده شده است

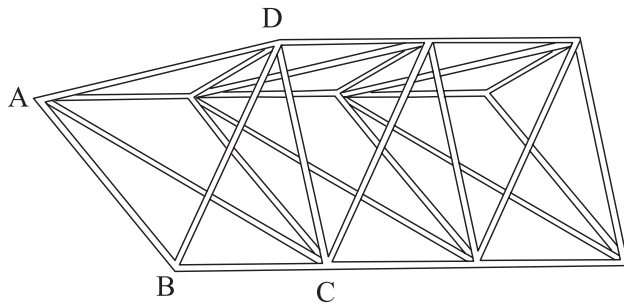


شکل ۱۰-۱۳- انواع مهاربندی قاب‌های فرپایی

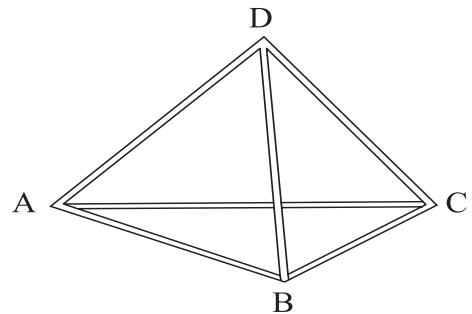
۱۰-۱-۹- خرپای فضایی (فضاکار)

یکی از مقاوم‌ترین و جالب‌ترین سازه‌ها، شبکه‌ی فضایی یا خرپای فضاکار است. فرم پایه‌ی خرپای فضایی از ۶ (شش) عضو و چهار گروه تشکیل شده است که مطابق شکل ۱۰-۱۳ به هم مفصل شده‌اند و قاب بسیار سختی را ایجاد می‌کنند.

با اضافه کردن عضوهای دیگر، یک مجموعه لوله‌ی مثلث بندی شده، مطابق شکل ۱۰-۱۴ به دست می‌آید.

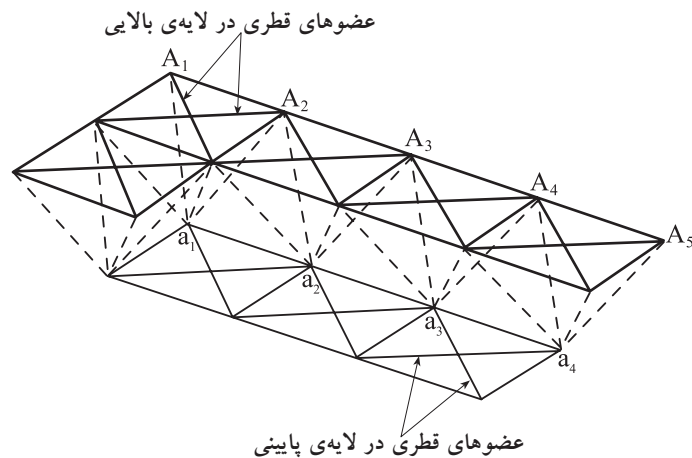


شکل ۱۰-۱۴- فرپای فضاکار



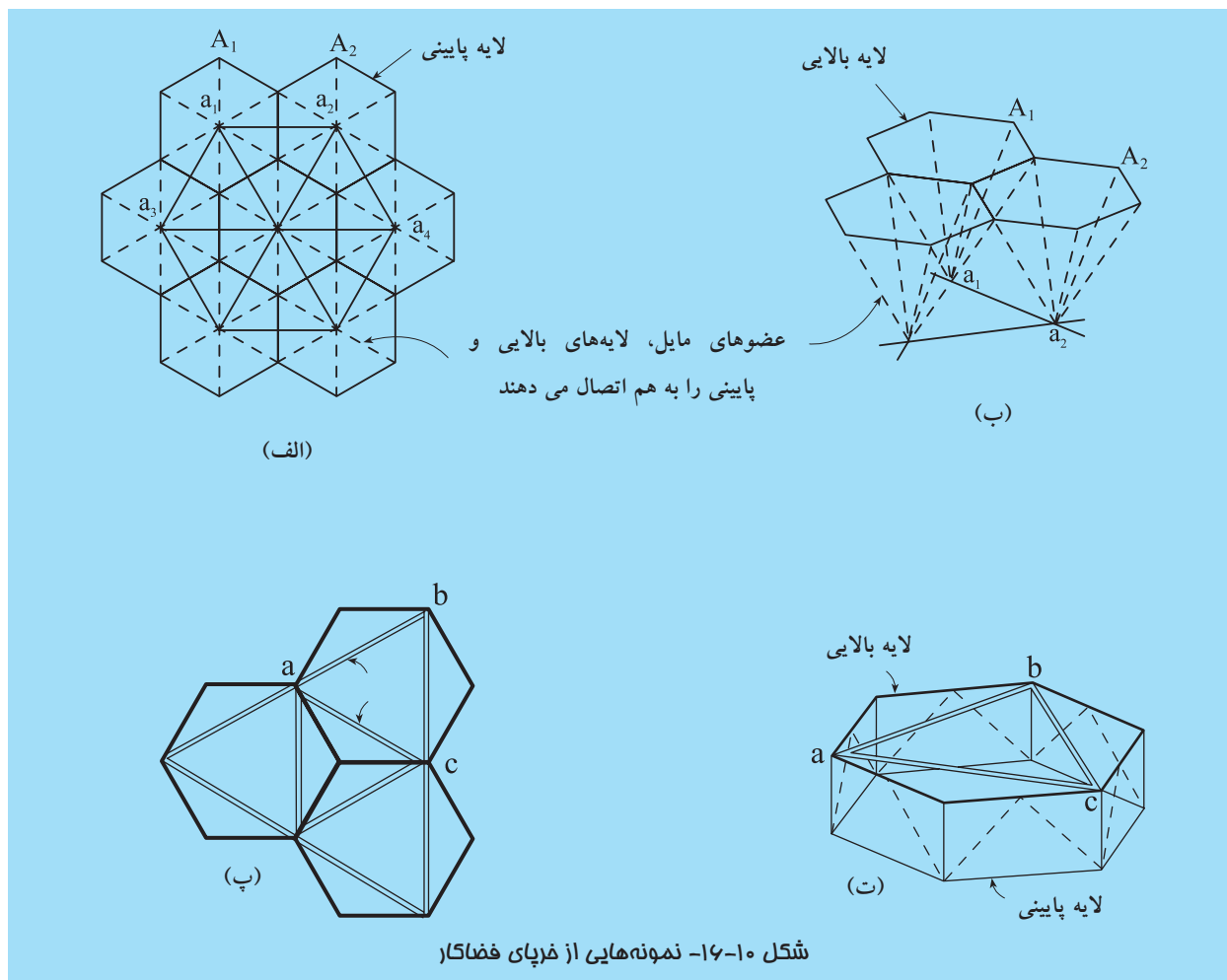
شکل ۱۰-۱۳- شکل پایه فرپای فضاکار

با ارتباط دادن چند مجموعه لوله‌ی مثلث بندی شده به یکدیگر می‌توان به یک بام مستطیل شکل یا مربع شکل و ... دست یافت. (شکل ۱۰-۱۵)



شکل ۱۰-۱۵- نمایی از یک فرپای فضایی

از خریاهای فضایی، به علت سختی و استحکام زیادی که دارند، برای پوشش فضاهای کارخانه‌ها، نمایشگاه‌ها، استخرها و ... استفاده می‌شود.



شکل ۱۰-۱۷- نمونه‌ای از سازه با فرپای فضاکار

در طی سالهای اخیر از شبکه‌های فضاکار که یک یا هر دو لایه‌ی آن‌ها از شش ضلعی‌هایی تشکیل می‌شود، برای احداث بام استفاده میگردد. در شکل‌های ۱۰-۱۸ تا ۱۰-۱۹ نمونه‌هایی از پوشش‌های ایجاد شده با سیستم خرپای فضایی نشان داده شده است.

جنس و نوع پروفیل‌های به کار رفته در خرپاهای فضایی ممکن است لوله‌ی آهنی، آلومینیومی، نبشی و یا قوطی باشد که اتصالات آن‌ها به صورت مفصلی است. در شکل ۱۰-۲۰ نمونه‌ای از نحوه‌ی اتصال اعضای خرپای فضایی را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۱۰-۱۹- نمونه‌ای از فرپای فضایی (مقبره شهدای گمنام شهرک شهید مملاتی تهران)



شکل ۱۰-۱۸- نمونه‌ای از فرپای فضایی

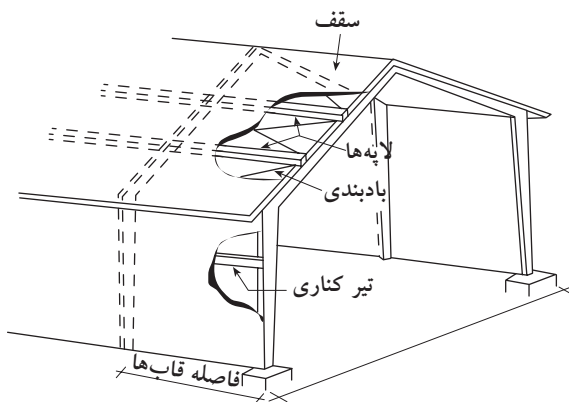
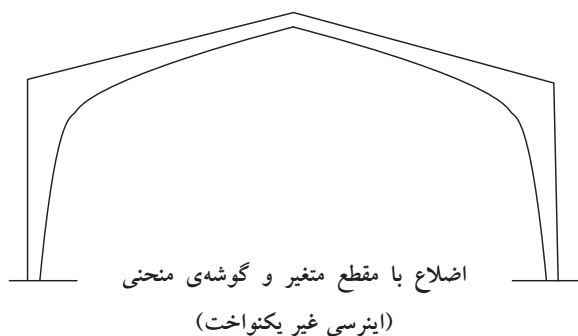
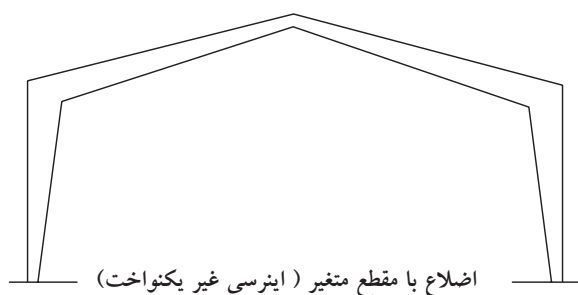
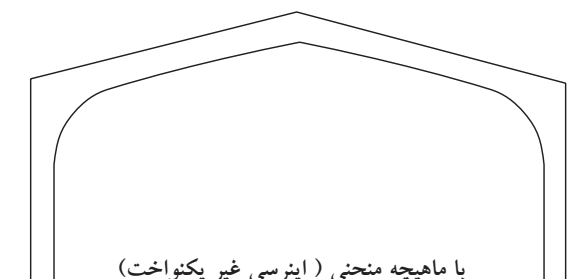
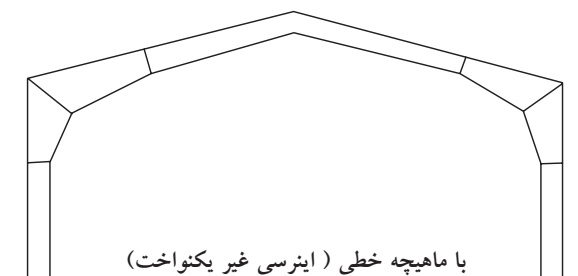
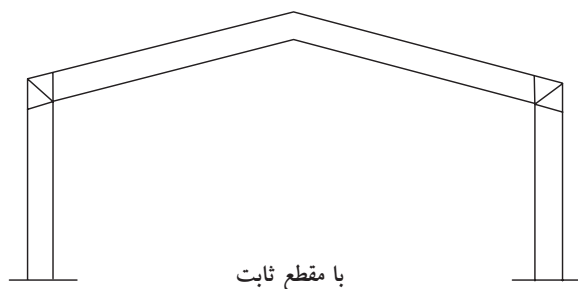


شکل ۱۰-۲۰- نمونه‌ی اتصال اعضای فرپای فضاکار



۱۰-۲- قاب‌های فولادی شیبدار

قاب‌های فولادی شیبدار که به آن‌ها سوله نیز می‌گویند، در پوشش دهانه‌های بزرگ، در ساختمان‌هایی مانند کارخانه‌ها، انبارها، آشیانه‌ی هواپیما، سالن ورزشی و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع پوشش نسبت به انواع خرپاها دارای مزایایی است که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: صرفه‌جویی در مصالح و زمان ساخت و نصب، نمای زیباتر و استفاده‌ی بیشتر از فضای زیر سقف، شکل ۱۰-۲۱ انواع مختلف قاب‌های شیبدار را نشان می‌دهد. در شکل ۱۰-۲۲ نیز قاب شیبدار صنعتی به همراه اجزای آن ارائه شده است.



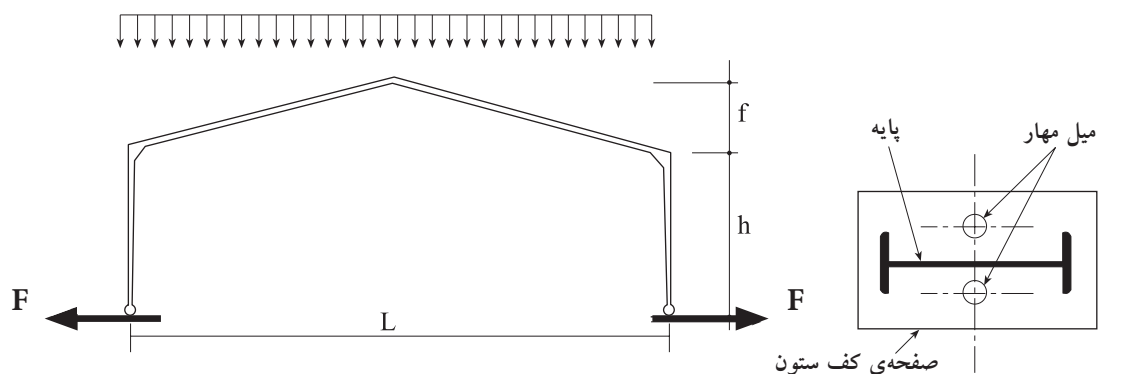
شکل ۱۰-۲۲- اجزای قاب شیبدار صنعتی

شکل ۱۰-۲۱- قاب‌های فولادی شیبدار (تیر ماهیچه‌ای به شکلی از تیر گفته می‌شود که در انتهای آن در محل اتصال به ستون ارتفاع جان افزایش یابد)

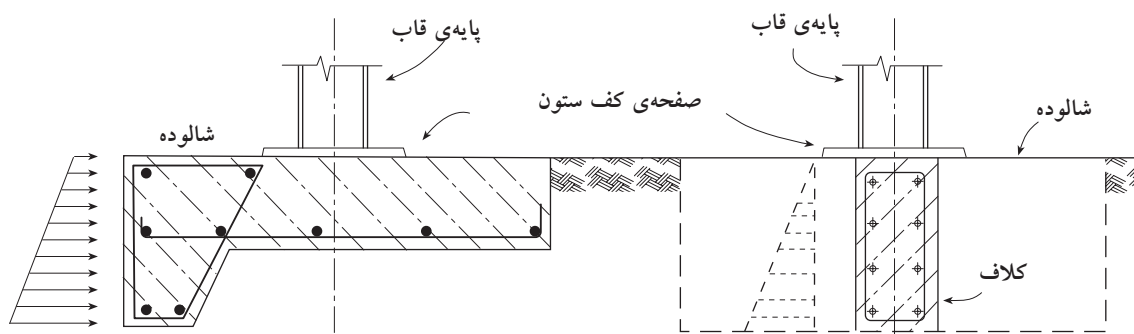
وقتی که دهانه‌ی قاب بیش از ۱۵ متر است و یا در مواردی که نسبت ارتفاع به طول دهانه کوچک است، نیروی رانش افقی پایه‌ها که بر شالوده اثر می‌کند بزرگ می‌شود. در نتیجه برای مقابله با آن از روش‌های نشان داده شده در شکل ۱۰-۲۳ استفاده می‌شود.

در بعضی موارد رانش بین دو پایه، با تعبیه‌ی مهار فلزی در بین دو پایه کنترل می‌شود. مهارها برای تمام نیروی رانشی بین پایه‌ها محاسبه می‌شود که پنجه‌ی مفصلی را به صفحه‌ی پای ستون متصل می‌کنند و اغلب لازم است که با گذاردن بست قورباغه‌ای آن‌ها را به حالت پیش‌تنیده در آورد. (شکل ۱۰-۲۳-پ)

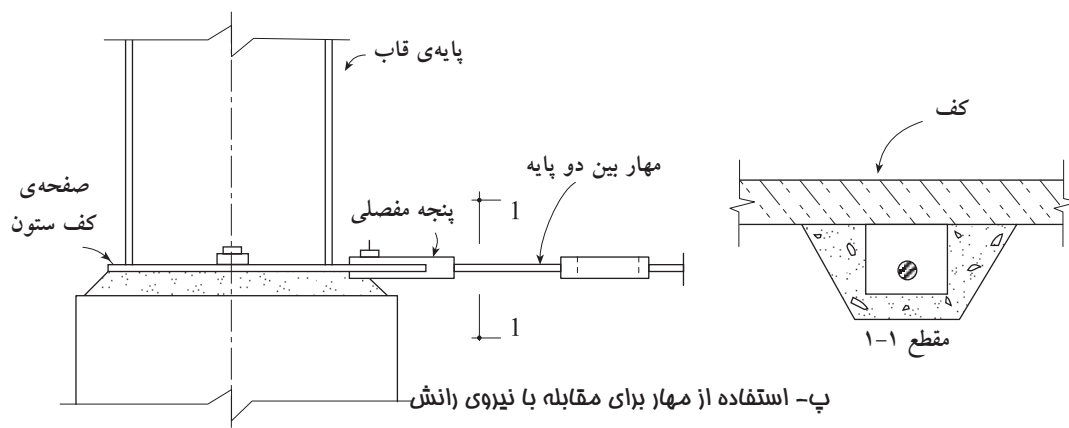
وقتی که مهار در محل صحیح خود قرار گرفت و به اندازه‌ی لازم پیش‌تنیده شد، می‌توان برای جلوگیری از زنگ‌زدگی، اطراف آن‌ها را با بتن پوشاند و یا به روش‌های دیگری از آن محافظت کرد.



الف- نیروی رانش پای قاب



ب- استفاده از نیروی مقاوم خاک برای مقابله با نیروی رانش



پ- استفاده از مهار برای مقابله با نیروی رانش

شکل ۱۰-۲۳- نمونه‌ی مقابله با نیروی رانش پای ستون قابهای شیبدار

۱۰-۲-۱- روش ساخت قاب‌ها و مونتاژ آن‌ها

قاب‌ها را می‌توان از نیمرخ‌های نورد شده، مقاطع مرکب و یا تیر ورق ساخت. قاب‌های شیب‌دار ساخته شده از نیمرخ‌های نورد شده تا دهانه‌های حدود ۱۰ متر کاربردهای فراوانی دارد. برای دهانه‌های بزرگ‌تر، از مقاطع مرکب با مقطع متغیر استفاده می‌شود. برای ساخت قطعات قاب در کارخانه (کارگاه)، ابتدا شکل قطعه‌ی مورد نظر بر سطح صافی ترسیم شده و سپس مطابق با آن الگوی تهیه شده، بریده شده و به یکدیگر جوش می‌شوند.

قاب‌های فلزی را می‌توان در دهانه‌های حدود ۸ تا ۶۰ متر و بیشتر به کار برد. فاصله‌ی قاب‌ها از یکدیگر بر حسب مقدار بار و دهانه، معمولاً بین ۴/۵ تا ۱۰ متر است و می‌توان ارقام زیر را به عنوان راهنما در طرح آن در نظر داشت:

دهانه به متر	فاصله‌ی قاب‌ها به متر
۹ تا ۱۲	۴/۵
۱۲ تا ۱۸	۵/۵
۱۸ تا ۳۰	۶
بیش از ۳۰	$\frac{1}{5}$ تا $\frac{1}{6}$ دهانه

بیش‌تر بدانیم



اجرای صحیح ستون‌های قاب‌های انتهایی سوله که به منظور پشت بند دیوارهای خارجی تعبیه شده است، پایداری دیوار انتهایی سوله را حفظ کرده است.



عدم اجرای پشت بند (ستون‌های دهانه انتهایی سالن) و عدم اجرای کلاف افقی باعث تخریب کامل دیوار گردیده است

۱۰-۲-۲- درز انبساط در سامانه‌های قابی

در قاب‌های فولادی که در تماس با دیوارهای مصالح بنایی قرار می‌گیرند، و طول آن‌ها بیش از ۵۰ متر باشد، بسته به طول ساختمان و تغییرات درجه حرارت محیط، تعبیه‌ی درز انبساط لازم است.

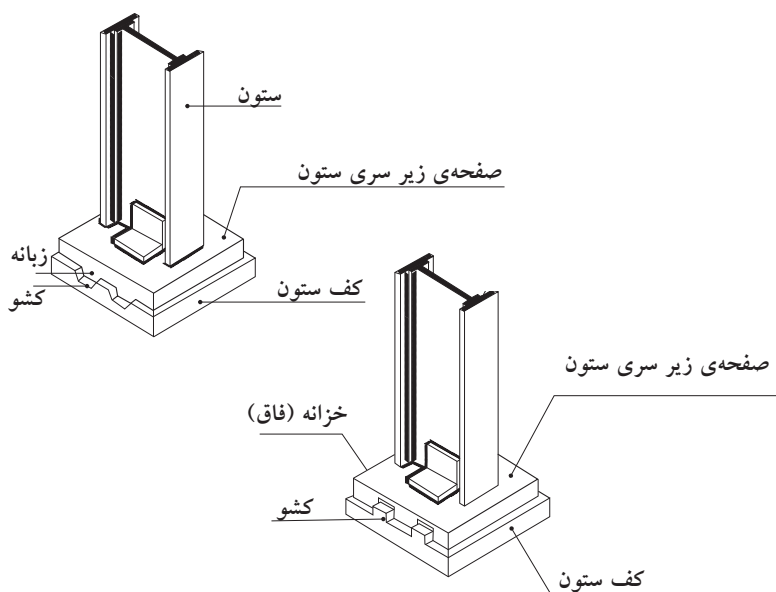
۱۰-۲-۳- انواع اتصال ستون به شالوده در قاب شیبدار (سوله)

اتصالات در سامانه قاب‌های با مقطع متغیر با اتصالات ستون‌های معمولی اسکلت فلزی متفاوت است (انواع اتصالات ستون‌ها با شالوده قبلاً در فصل هشتم شرح داده شده است). اتصالات در تکیه‌گاه ستون‌ها در سوله‌ها به شکل تکیه‌گاه‌های خطی مفصلی یا ریلی، نقطه‌ای یا کفشکی و یا مفصلی ساده انجام می‌گیرد.

۱- اتصال خطی مفصلی یا

ریلی:

در این نوع اتصال ستون بر روی صفحه‌ی شیاردار متصل می‌شود. در زیر این صفحه، صفحه‌ی کف ستون قرار می‌گیرد که در ناحیه‌ی وسط آن، قطعه‌ی فولادی قوی به شکل برجسته در شیار صفحه‌ی بالایی واقع می‌شود و به این ترتیب ستون می‌تواند در یک ریل حرکت کند (شکل ۱۰-۲۴)



شکل ۱۰-۲۴- کف ستون ریلی



سافت و نصب اسکلت صنعتی

۲- اتصال نقطه‌ای یا کفشکی:

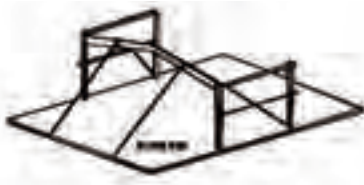
در این حالت نیز ستون به صفحه‌ی فولادی قوی جوش می‌شود و در وسط صفحه تورفتگی به شکل مقعر ایجاد می‌گردد. در مقابل تورفتگی مقعر، برجستگی (محدب) کاملاً به اندازه‌ی تورفتگی، بر صفحه‌ی کف ستون قرار دارد. تورفتگی مقعر در بالا و برآمدگی محدب در پایین قرار دارد تا سبب جمع شدن آب در زیر ستون نگردد. (شکل ۱۰-۲۵)



سرپا کردن



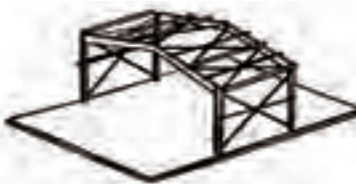
نصب کلاف طولی



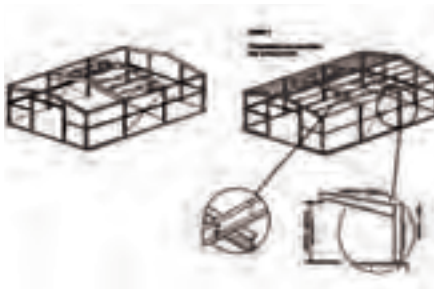
نصب قاب و مهار آن



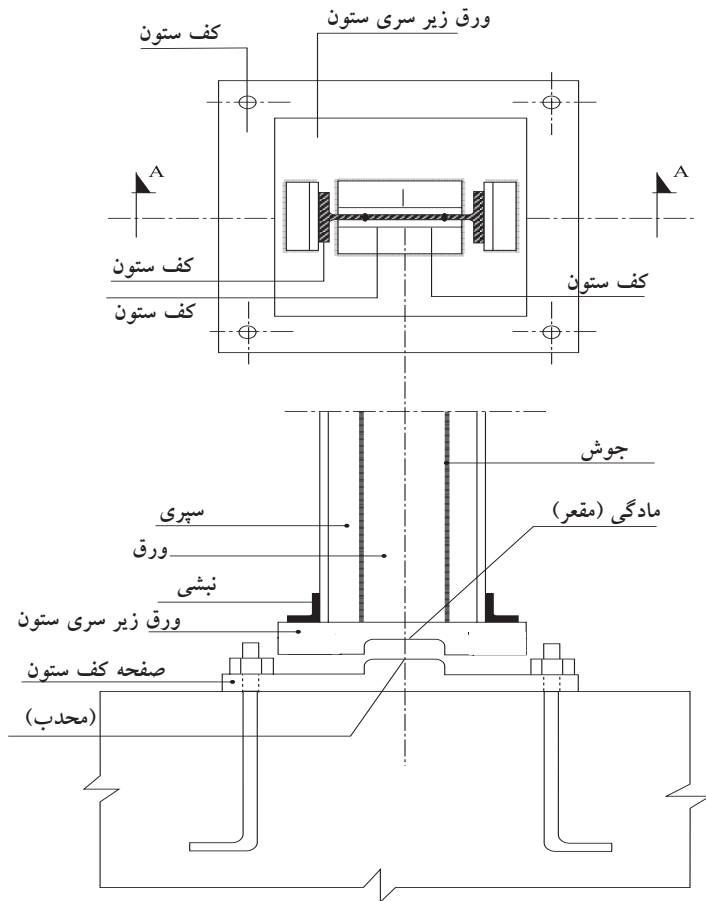
نصب قاب بعدی و نصب کلاف طولی سقف



اجرای زیرسازی پوشش سقف (لاپه ریزی)

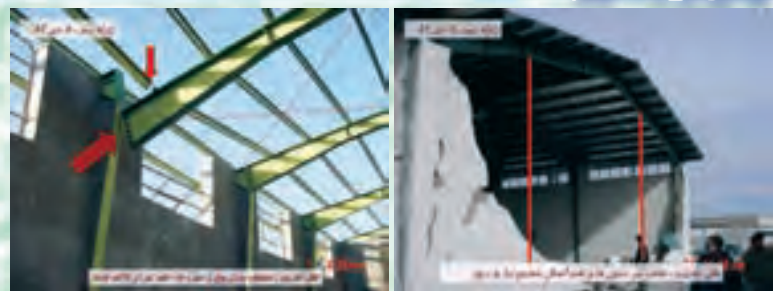


مراحل برپا کردن قاب‌های شیبدار



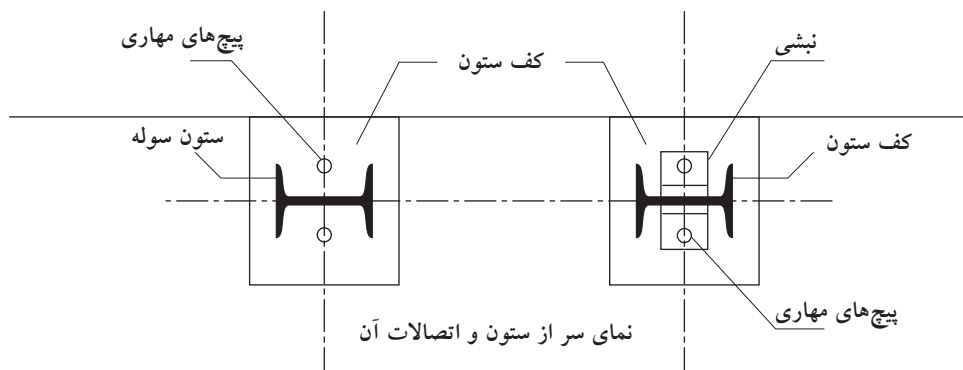
شکل ۱۰-۲۵- اتصال نقطه‌ای

پیش‌تر بدانیم



۳- اتصال مفصلی ساده:

در شکل ۱۰-۲۶ اتصال مفصلی پای ستون نشان داده شده است. در این حالت پیچ‌های مهار در امتداد محور ستون در فونداسیون قرار داده می‌شود. ورق کف ستون نیز به پای ستون جوش می‌شود و مجموعه‌ی کف ستون و ستون، بر پیچ‌های مهار سوار می‌گردد.



شکل ۱۰-۲۶- اتصال مفصلی ستون به کف ستون

۱۰-۲-۴- اتصالات در قاب‌های صنعتی

اتصالات در این گونه سازه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و عموماً از آن‌ها عملکردی صلب که نیروهای محوری، برشی و لنگر خمشی را در گوشه‌ها (محل اتصال تیر به ستون) به ستون منتقل می‌کند، انتظار می‌رود. امروزه برای ساخت و اجرای قاب‌های صنعتی (سوله‌ها)، بعضی از اتصالات آن‌ها در کارخانه سازنده سوله تعبیه و در محل اجرای سازه به قطعات دیگر متصل می‌شوند. از انواع اتصالات اصلی در قاب‌های صنعتی می‌توان از اتصال گوشه، اتصال راس سوله، اتصال لایه‌ها به قاب و اتصال اعضای بادبندی به قاب سوله نام برد.

اتصال تیر به ستون در یک قاب صنعتی (اتصال گوشه) در ساخت آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است سه نوع رایج از اتصالات گوشه‌ای در سوله‌ها اتصال با ورق‌های انتهایی، اتصال با ورق روسری و اتصال ساعتی می‌باشند.



شکل ۱۰-۲۷- نمونه‌ای از قاب صنعتی



پیش‌تر بدانیم

اتصالات نادرست
پیچی تیر قاب
شیب‌دار به ستون
آن منجر به جدایی
تیر اصلی از ستون
و ریزش لایه‌ها در
حین زمین لرزه شده
است.

۱۰-۲-۴-۱- اتصال فلنجی (ورق سر)

این اتصال همانگونه که در شکل ۱۰-۲۸ نشان داده شده است دارای محاسن و معایبی به این شرح است:

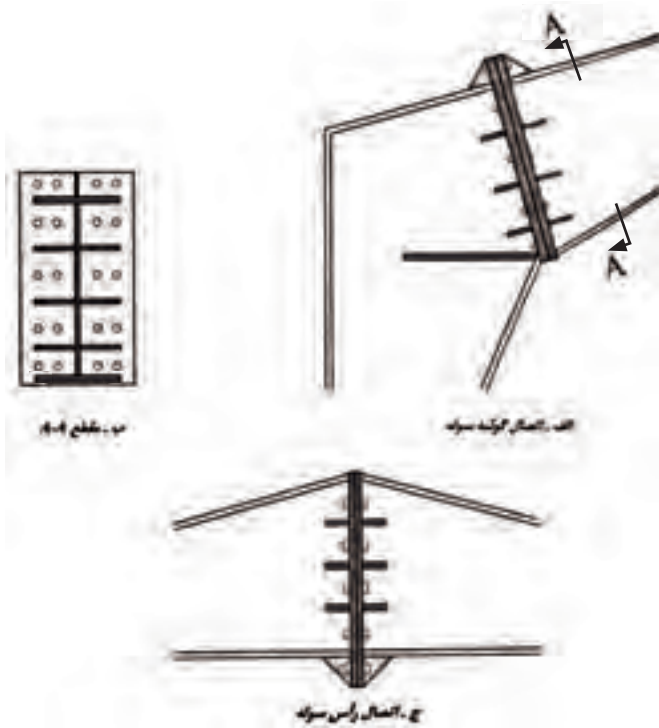
- محاسن :

الف) بی‌نیازی از تقویت قطری جان

ب) نشیمن مناسب تیر در موقع نصب

- معایب:

الف) نیاز به ورق‌های نسبتاً ضخیم در ورق سر



فلنج انتظار در ساختمان صنعتی

شکل ۱۰-۲۸- اتصال توسط ورق انتهایی (فلنجی)

۱۰-۲-۴-۲- اتصال با ورق روسری

این اتصال در شکل ۱۰-۳۰ نشان داده شده و محاسن و معایبی به شرح زیر دارد:

- محاسن :

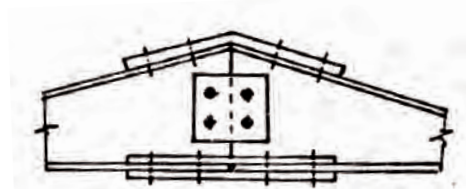
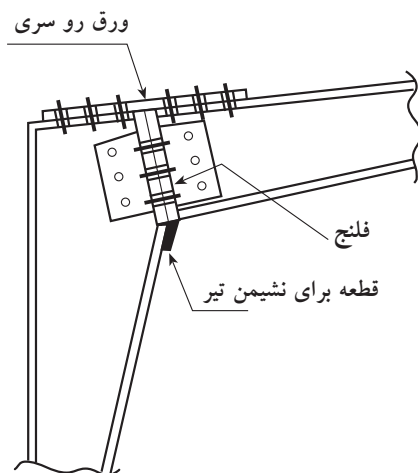
الف) استفاده از ورق نسبتاً نازک به عنوان ورق روسری

ب) بازوی نسبتاً بلند برای ایجاد ممان مقاوم

- معایب:

الف) نیاز به تقویت قطری جان در اکثر موارد

ب) نیاز به جوش دادن قطعه‌ای به ستون برای نشیمن تیر.



شکل ۱۰-۲۹- اتصال با ورق (روسری)

۱۰-۲-۴-۳- اتصال ساعتی

این اتصال که در شکل ۱۰-۳۰ نشان داده شده، دارای محاسن و معایبی می باشد.

- محاسن:

الف) راحتی سوراخ کاری

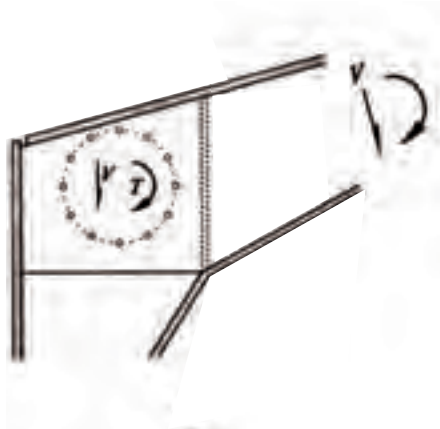
ب) راحتی حمل و نصب

ج) بی نیازی به ورق تقویتی قطری در جان

- معایب:

الف) برش ایجاد شده در بال

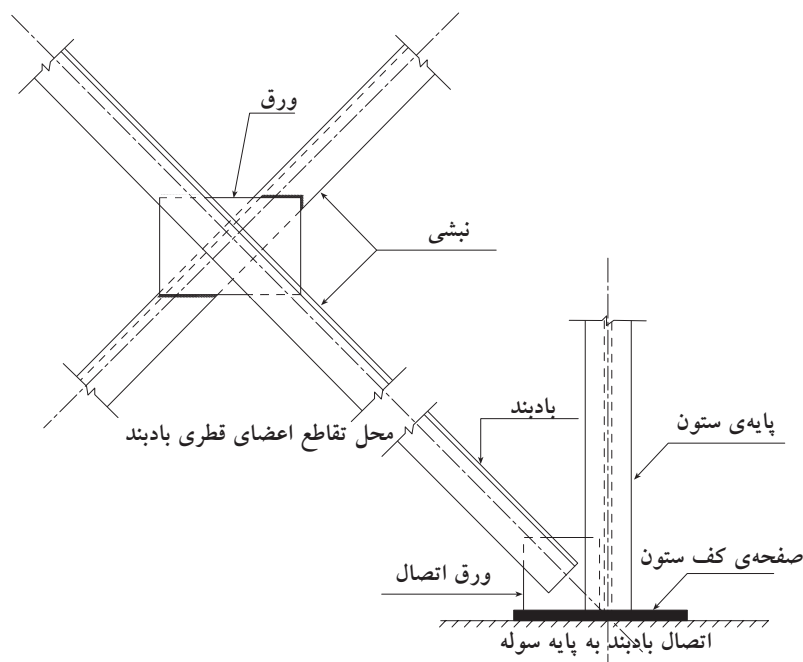
ب) تغییرات ناگهانی ضخامت بال در گوشه



شکل ۱۰-۳۰- اتصال ساعتی در قاب صنعتی

۱۰-۲-۵- مهاربندی در قاب های شیب دار (مهاربندی قائم و افقی)

موارد گفته شده در مبحث مهاربندی قاب های خرابایی، برای قاب های فولادی شیب دار نیز صادق است. لازم به یادآوری است مهاربندی افقی در سقف قاب ها معمولاً با میلگرد انجام می گیرد که این میلگردها لازم است به کمک دو پیچ، پیش تنیده گردند. پروفیل های مورد مصرف در مهاربندی های قائم در قاب های یک طبقه معمولاً از میلگرد، نبشی تک یا نبشی دابل هستند. جزییات اتصال مهاربندی در شکل ۱۰-۳۱ و ۱۰-۳۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۰-۳۲- جزییات اتصال بادبند در قاب سوله



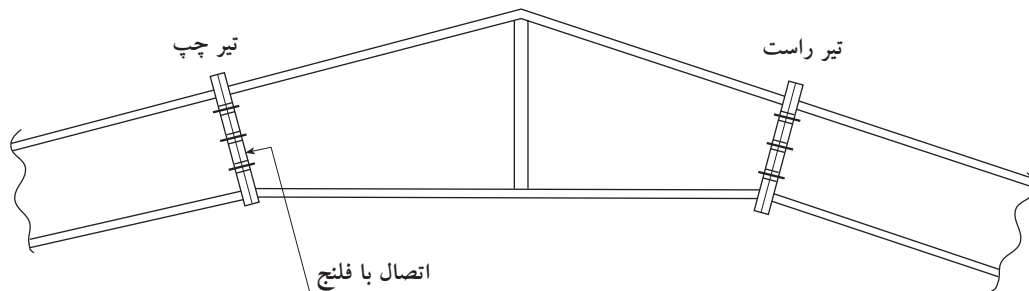
شکل ۱۰-۳۱- اجرای مهاربند افقی در قاب شیب دار

۱۰-۲-۵-۱- ضخامت و طول جوش در مهاربندها

به طور کلی نوع پروفیل، مشخصات پروفیل، ابعاد ورق، همچنین نوع و ضخامت جوش طبق محاسبات فنی در نقشه‌های سازه (اجرایی) برای مهاربندها مشخص می‌گردد.

۱۰-۲-۵-۲- تقویت قاب‌های فلزی در گوشه‌ها (زانویی)

به طور کلی، تقویت قاب در گوشه‌ها (محل اتصال تیر به ستون) یا راس قاب در صورت لزوم بر اساس محاسبات فنی انجام می‌شود. نمونه‌ای از جزییات اجرایی اتصال راس قاب و محل اتصال تیر به ستون را در شکل ۱۰-۳۳ و ۱۰-۳۴ مشاهده می‌کنید.



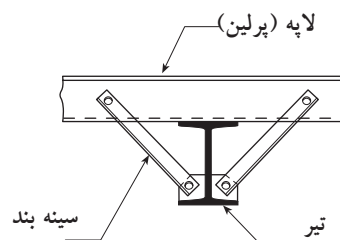
شکل ۱۰-۳۳- جزییات اجرایی راس قاب



شکل ۱۰-۳۴- اجرای ماهیچه در محل اتصال تیر به ستون

۱۰-۲-۶- سینه‌بندها

از سینه‌بندها برای جلوگیری از کمزش قسمت فشاری و همچنین پیش‌مقطع استفاده می‌شود. نیرویی که این سینه‌بندها متحمل می‌شوند، تقریباً ۲ درصد نیروی فشاری موجود در قطعه‌ی اصلی است.



شکل ۱۰-۳۶- سینه بند

۱۰-۲-۷- جرثقیل سقفی

برای حمل و نقل قطعات در زیر پوشش صنعتی نیاز به جرثقیل‌های سقفی داریم. در شکل ۱۰-۳۶، حالات مختلفی از جرثقیل‌های سقفی نشان داده شده است. اجزای جرثقیل سقفی عبارتند از پل، ارابه و تیر زیرسری جرثقیل.



الف- قاب با انواع جرثقیل سقفی



ب- کاربرد جرثقیل سقفی در ساختمان صنعتی



ب- قاب فلزی (سوله) دو دهانه با ستون مشترک و ریل جرثقیل سقفی

شکل ۱۰-۳۶- جرثقیل سقفی

آیا می‌دانید که...



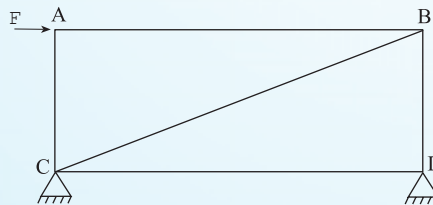
آنان که ساختمان‌های ستبری چون کاخ‌های تخت جمشید در ایران را به چشم دیده و یا تصاویر آن‌ها را مشاهده کرده‌اند، ممکن است این پرسش را پیش نهند که قطعات بزرگ سنگ که وزن آن‌ها تا به ده تن می‌رسیده چگونه از جایی به جای دیگر منتقل شده و یا در درازای ستون و بلندی ساختمان کار گذاشته می‌شده است؟ برای جا به جایی در افق استفاده از ارابه‌ها و امثال این در ایران رایج بوده است ولی گمان نزدیک به یقین آن است که سازندگان باستان از قرقره و طناب برای بلند کردن پاره‌های سنگ استفاده می‌کرده‌اند. در واقع تعدادی از این قرقره‌ها در محوطه‌ی تخت جمشید یافت شده و در موزه‌ی آن دیده می‌شود. احتمال می‌رود که پیشینیان وسایلی همانند اهرم و گونه‌هایی ساده از ماشین‌های گرانش (جرثقیل) در اجرای ساختمان‌های عظیم به کار برده‌اند. از دیگر آثاری که در این زمینه به جای مانده، نوشته‌ای است که در فن جراثقال به نام معیار العقول به ابوعلی سینا (۳۷۰ تا ۴۲۸ ه.ق) منسوب گشته است. وی در این نوشته ابتدا به تعریف اجزای وسیله‌ی جراثقال می‌پردازد و سپس به شرح هر یک از آن‌ها و خواصشان پرداخته و نحوه‌ی ساخت آن‌ها را به همراه شکل ارائه داده است.

به این پرسش‌ها پاسخ دهید:

۱- از ۴ قطعه چوب باریک، مستطیلی مانند شکل زیر بسازید، آن گاه آن را تحت نیرویی مطابق شکل قرار دهید. مستطیل ABCD به چه صورتی درخواهد آمد؟



۲- در آزمایش دوم، در امتداد قطر BC چوب باریک دیگری قرار دهید. اکنون آزمایش پرسش ۱ را تکرار کنید.



حال مستطیل ABCD به چه صورتی درخواهد آمد؟ نتایج خود را شرح دهید و علت‌ها را بیان کنید. به نظر شما افزودن عضو AD چه تأثیری بر رفتار مستطیل ABCD برای مقابله با نیروی جانبی F دارد؟

۳- قاب سوله، با وجود متغیر بودن مقطع آن، از نظر آهن مصرفی نسبت به حالتی که ستون و تیر آن دارای مقطع ثابت است چه امتیازی دارد؟

۴- یک انبار با اسکلت فولادی و سقف تیرچه بلوک را با انبار دیگری به صورت سوله، از نظر اقتصادی و فنی، مقایسه کنید.

۵- چه شباهتی میان پوشش سقف‌های ساختمانی با طاق‌های قوسی سنتی و قاب‌های شیب‌دار سوله‌ها وجود دارد؟