فصل اول: شناخت انواع بار

مقدمه

در حقیقت وظیفه اصلی یک سازه تحمل و انتقال بار است. بارهای وارد بر ساختمان میتواند مستقیما بوسیله طبیعت ایجاد شود، مثل زلزله یا طوفان یا برف و ... ، اما بخش دیگر بارها ناشی از وزن مصالح بکار رفته در ساختمان یا وزن افراد و وسایل موجود در ساختمان می باشد. بنابراین بار به نیروها یا سایر عواملی که ناشی از وزن کل مصالح سازه، ساکنان آن و سایر لوازم داخلی بوده یا ناشی از اثرات محیطی و تغییرات حرکتی می باشد اطلاق می گردد. بارها بسته به نوع خود یا بصورت ثقلی (قائم) و یا به شکل جانبی (افقی) به سازه وارد می شوند. این بارها میتوانند بصورت گسترده روی سطح یا خط باشند و یا به صورت متمرکز یا نقطه ای اعمال گردند.

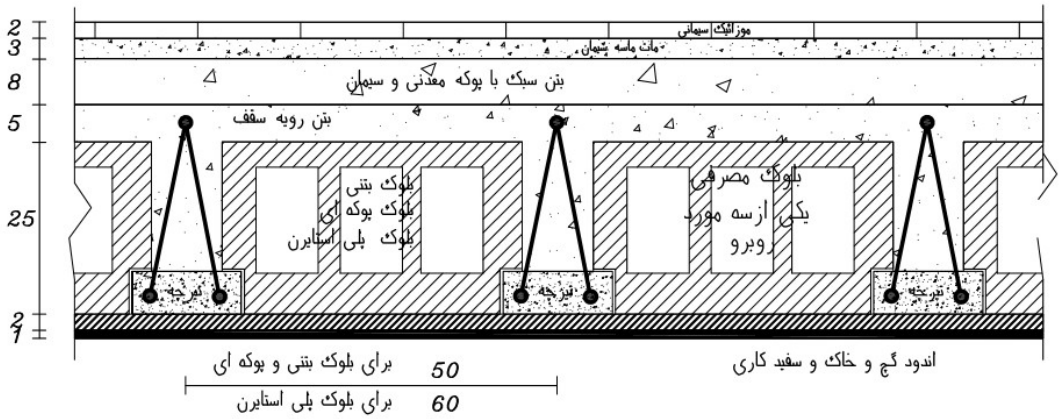
در یک تقسیم بندی کلی بارها را میتوان به دسته های زیر تقسیم کرد:

۱- بار مرده Dead Load
۲- بار زنده Live Load
۳- بار زلزله
۴- بار باد
۵- بار خاک
۶- بار برف
۷- بار سیل
۸- بار باران
۹- بار یخ
۱۰- بار انفجار

۱- بار مرده

بارهای مرده را می توان به صورت بارهای استاتیکی ثقلی که در اثر وزن اجزاء سازه ایجاد می شوند تعریف کرد. نیروهایی که منجر به بار مرده می شوند عبارتند از: تیر و ستون، دیوارها، کف ها، بام، سقف، راه پله، نازک کاری، پوشش نما، مخزنهای انباری، سیستمهای توزیع مکانیکی و غیره. مجموع وزنهای همه این قسمت ها بار مرده ساختمان را تشکیل می دهد. در محاسبه بار مرده باید وزن واقعی مصالح مصرفی و اجزای ساختمان مورد استفاده قرار گیرد. به این منظور می توان از پیوست ۱-۶ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان که جرم مخصوص مواد و جرم واحد حجم مصالح و اجزای ساختمان استفاده کرد.

مثال ۱ : بار مرده سقف تیرچه بلوک با مقطع زیر را حساب کنید



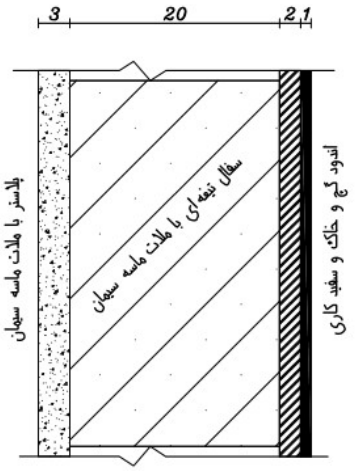
جدول محاسبه بار مرده(kg/m^2)	
موزاییک یا سرامیک	0.02 x 2250 = 45
ملات ماسه سیمان	0.03 x 2100 = 63
بتن سبک با پوکه معدنی و سیمان	0.08 x 1300 = 104
بتن رویه	0.05 x 2500 = 125
تیرچه بتنی	2 x 0.1 x 0.25 x 2500 = 125
بلوک بتنی	9 x 13 = 117
اندود گچ و خا ک	0.02 x 1600 = 32
اندود گچ	0.01 x 1300 = 13
مجموع بار مرده سقف	624

نکته: تعداد بلوک بتنی در هر متر مربع ۹ عدد و حداکثر وزن هر بلوک ۱۳ کیلوگرم می باشد.

سوال: اگر در مثال فوق از بلوک پوکه ای استفاده کنیم با فرض اینکه حداکثر وزن آن ۸ کیلوگرم و تعداد آن در هر متر مربع ۹ عدد باشد، وزن مرده سقف چقدر خواهد شد؟

سوال: در صورتیکه در مثال فوق از بلوک پلی استایرن استفاده شود، با فرض اینکه وزن آن ۵ کیلوگرم بر متر مربع در نظر گرفته شود، بار مرده سقف چقدر خواهد شد؟

مثال ۲: بار مرده دیوار ۲۰ سانتی زیر را با فرض اینکه یک سمت نازک کاری با گچ و سمت دیگر کاشی کاری باشد به دست آورید.



یک طرف کاشیکاری یا سیمانکاری
یک طرف گچ و خاک و سفید کاری

جدول محاسبه بار مرده(kg/m^2)	
سفال تیغه ای با ملات ماسه سیمان	0.2 x 850 = 170
پلاستر با ملات ماسه سیمان	0.03 x 2100 = 63
اندود گچ و خا ک	0.02 x 1600 = 32
اندود گچ	0.01 x 1300 = 13
مجموع بار مرده	278

۲- بار زنده

فرق اساسی بارهای زنده با بارهای مرده در این است که بارهای زنده متغیر و غیر قابل پیش بینی هستند اما بارهای مرده در طول زمان ثابت می باشند. بارهای زنده بارهایی غیردائمی ثقلی بوده که در حین استفاده و یا بهره برداری از ساختمان به آن وارد می شوند. بارهایی که بوسیله اشیاء یا اشخاص در ساختمان ایجاد می شوند بار زنده محسوب می شوند. این بارها بسته به کاربری محل متفاوت بوده و از روی جدول ۱-۵-۶ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان تعیین می شوند.

جدول ۶-۵-۱ حداقل بارهای زنده گسترده یکنواخت L_0 و بار زنده متمرکز کف‌ها

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۱	بام‌ها		
۱-۱	بام‌های معمولی تخت، شیب‌دار و قوسی	۱٫۵[۱]	۱٫۳
۱-۲	بام با پوشش سبک	۰٫۵	۱٫۳
۱-۳	بام‌های دارای باغچه و گلخانه	۵	—
۱-۴	بام‌هایی با پوشش پارچه‌ای با سازه اسکلتی	۰٫۲۵ (غیر قابل کاهش)	۱٫۳
۱-۵	بام‌هایی با امکان تجمع و ازدحام	بسته به نوع کاربری	—
۱-۶	قاب‌های نگهدارنده یک فضابند	۰٫۲۵ (غیر قابل کاهش، فقط به اعضای قابها وارد می‌شود)	۱
۲	سالن‌ها و محل‌های تجمع و ازدحام		
۲-۱	سالن‌های عمومی و محل‌های تجمع دارای صندلی‌های ثابت (چسبیده به کف)	۳[۳]	—
۲-۲	سالن‌های عمومی و محل‌های تجمع فاقد صندلی‌های ثابت	۵[۳]	—
۲-۳	سالن‌های غذاخوری و رستوران‌ها	۵[۳]	—
۲-۴	سینماها و تئاترها	۵[۳]	—
۲-۵	صحنه سینماها و تئاترها	۷٫۵[۳]	—
۲-۶	سالن‌های اجرای مراسم گروهی، اجرای سرود و ...	۷٫۵[۳]	—
۲-۷	شبستان مساجد و تکایا	۶[۳]	—
۲-۸	سالن انتظار و ملاقات	۵[۳]	—
۲-۹	پایانه‌های مسافربری	۶[۳]	
۳	راهروها، راه پله‌ها[۴] و بالکن‌ها		
۳-۱	راهروهای مراکز تجمع و ازدحام واقع در طبقه همکف (ورودی)	۵	—
۳-۲	راهروهای مراکز تجمع و ازدحام واقع در سایر طبقات	مطابق بار زنده اتاق‌های مجاور	—
۳-۳	راه‌پله و راههای منتهی به درب‌های خروجی	۵[۱۲] و [۴]	۱٫۳
۳-۴	راه پله اضطراری	۵	۱٫۳
۳-۵	راهرو دسترسی برای امور تعمیر و نگهداری تاسیسات	۲	۱٫۳
۳-۶	بالکن‌ها	۱٫۵ برابر بار زنده کف اتاق‌های متصل به آنها لازم نیست بیش از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع در نظر گرفته شود.	—

ادامه جدول ۶-۵-۱ حداقل بارهای زنده گسترده یکنواخت L_o و بار زنده متمرکز کف‌ها

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۴	ساختمان‌ها و مجتمع‌های مسکونی		
۴-۱	اتاق‌ها و سایر فضاهای خصوصی شامل (سرویس‌ها- انبار- راهروها)	۲	—
۴-۲	اتاق‌های محل تجمع و راهروهای مرتبط با آن	۵	—
۵	هتل‌ها- فروشگاه‌ها		
۵-۱	اتاق‌ها و سایر فضاهای هتل‌ها، مهمانسراها و خوابگاه‌ها	۲	—
۵-۲	فروشگاه‌های کوچک و خرده‌فروشی- طبقه همکف (ورودی)	۵	۴٫۵
۵-۳	فروشگاه‌های کوچک و خرده‌فروشی- کف سایر طبقات	۳٫۵	۴٫۵
۵-۴	فروشگاه‌های عمده‌فروشی- همه طبقات	۶[۳]	۴٫۵
۶	ساختمان‌های آموزشی- فرهنگی و کتابخانه‌ها		
۶-۱	کلاس‌های درس، آزمایشگاه‌های سبک	۲٫۵	۴٫۵
۶-۲	اتاق‌های مطالعه	۳	۴٫۵
۶-۳	مخازن کتاب یا اتاق بایگانی با قفسه‌های ثابت	۲٫۵[۵] به ازای هر متر ارتفاع، حداقل ۷٫۵	۴٫۵
۶-۴	مخازن کتاب یا محل بایگانی با قفسه‌های متحرک	۴ به ازای هر متر ارتفاع، حداقل ۱۰	۷
۶-۵	راهروهای طبقه همکف (ورودی)	۵	۴٫۵
۶-۶	راهروهای سایر طبقات	۴	۴٫۵
۷	ساختمان‌های اداری		
۷-۱	دفاتر کار معمولی	۲٫۵	۹
۷-۲	سالن انتظار و ملاقات- راهروهای طبقه همکف (ورودی)	۴٫۵	۹
۷-۳	راهروهای سایر طبقات	۳٫۵	۹
۸	ساختمان‌های صنعتی		
۸-۱	کارگاه‌های صنعتی سبک	۶ [۲] [۴] [۶]	۹
۸-۲	کارگاه‌های صنعتی متوسط	۱۰ [۲] [۴] [۶]	۱۱
۸-۳	کارگاه‌های صنعتی سنگین	۱۲ [۲] [۴] [۶]	۱۴
۹	ورزشگاه‌ها و تأسیسات تفریحی		
۹-۱	سالن‌های ورزشی سبک مانند تنیس روی میز- بیلیارد و ...	۳٫۵ [۳]	—
۹-۲	سالن‌های ورزشی و تمرینات بدنی	۵[۳]	—
۹-۳	ورزشگاه‌های دارای صندلی ثابت	۵[۳]	—
۹-۴	ورزشگاه‌های فاقد صندلی ثابت یا دارای نیمکت	۶[۳] [۵]	—

ادامه جدول ۶-۵-۱ حداقل بارهای زنده گسترده یکنواخت L_o و بار زنده متمرکز کف‌ها

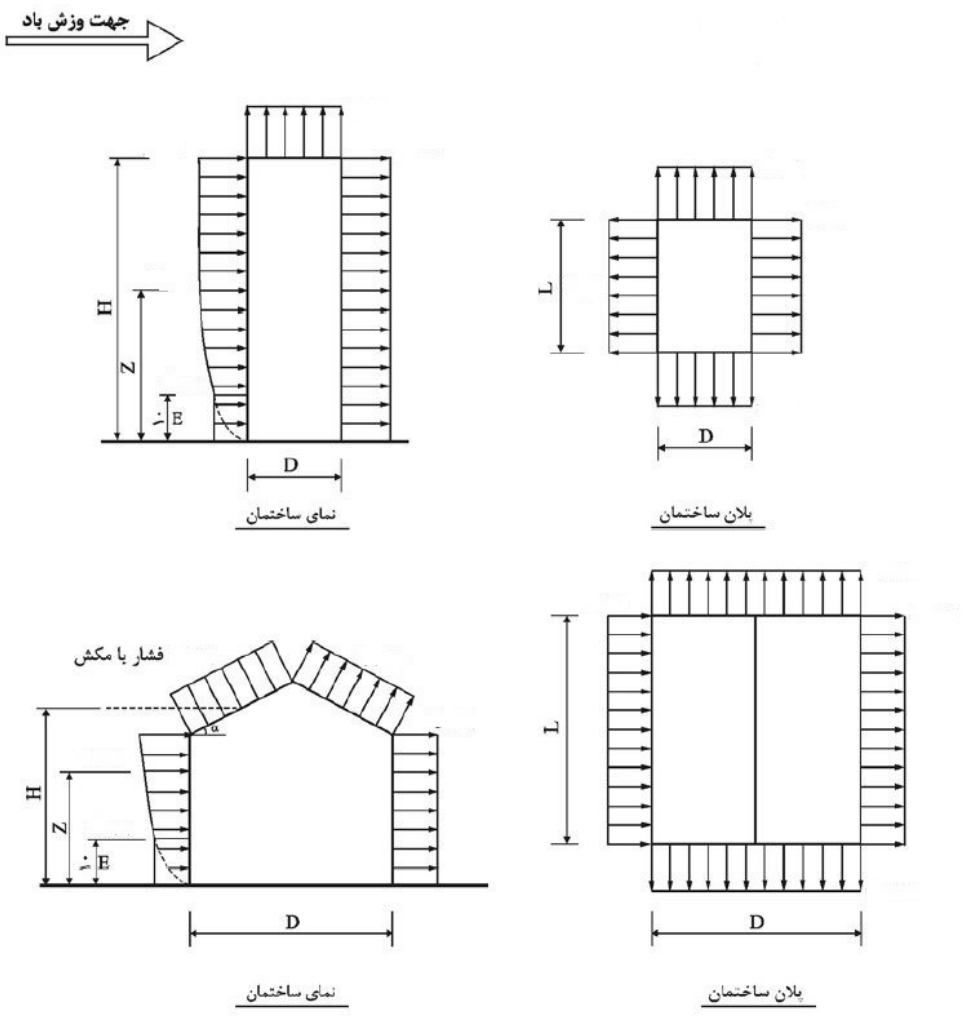
ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۱۰	بیمارستان‌ها و مراکز درمانی		
۱-۱۰	اتاق‌های بیمار	۲	۴٫۵
۲-۱۰	اتاق‌های عمل، آزمایشگاه‌ها	۳	۴٫۵
۳-۱۰	راهروهای طبقه اول	۵	۴٫۵
۴-۱۰	راهروهای سایر طبقات	۴	۴٫۵
۱۱	محل عبور و پارک خودروها		
۱-۱۱	محل عبور و پارک خودروهایی با وزن حداکثر تا ۴۰ کیلونیوتن	۳ (۲) (۳) (۷) (۸)	۲۰
۲-۱۱	محل عبور و پارک خودروهایی با وزن ۴۰ تا ۹۰ کیلونیوتن	۶	۳۰
۳-۱۱	معابر و بخش‌هایی از محوطه با امکان عبور کامیون	۱۲(۹)	۳۶(۱۵)
۱۲	سایر موارد		
۱-۱۲	سردخانه‌ها	۵ به ازای هر متر ارتفاع مفید، حداقل ۱۵	—
۲-۱۲	آشپزخانه‌های صنعتی و رختشوی‌خانه‌ها	۵	—
۳-۱۲	تعبیه انبار سبک در فضای داخل سقف کاذب	۱	—
۴-۱۲	انباری‌های سبک	۶(۲)	—
۵-۱۲	انباری‌های سنگین	۱۲(۲) و (۱۰)	—
۶-۱۲	موتورخانه‌ها	۷٫۵	—
۷-۱۲	اتاق‌های هواساز- پمپ و نظایر آن	۴	—
۸-۱۲	محل فرود بالگرد	۳(۱۱) و (۱۲) و(۱۳)	—
۹-۱۲	کف کاذب در فضاهای اداری	۲٫۵	۹
۱۰-۱۲	کف کاذب برای اتاق‌های کامپیوتر	۵	۹
۱۱-۱۲	اتاق آسانسور	۳٫۶	۱٫۳ (برروی سطحی برابر با ۵۰×۵۰ میلی‌متر وارد شود)
۱۲-۱۲	هرگونه ساختمان دیگر	۱	

۳- بار زلزله

بار زلزله یک بار دینامیکی است که هم نیروی افقی و هم نیروی قائم به ساختمان وارد می کند. اما معمولا نیروی قائم ناشی از زلزله فقط در طراحی بخش های خاصی از سازه مثل طره ها در نظر گرفته می شود و در سایر بخش ها از آن صرفنظر می شود. این نکته حائز اهمیت است که ساختمان باید به گونه ای طراحی شود که کلیه عناصر سازه ای به نحو مناسبی به هم پیوسته باشند تا در زمان زلزله از هم جدا نشده و ساختمان بطور یکپارچه عمل کند. در فصل های آینده بیشتر به این نوع بار پرداخته خواهد شد.

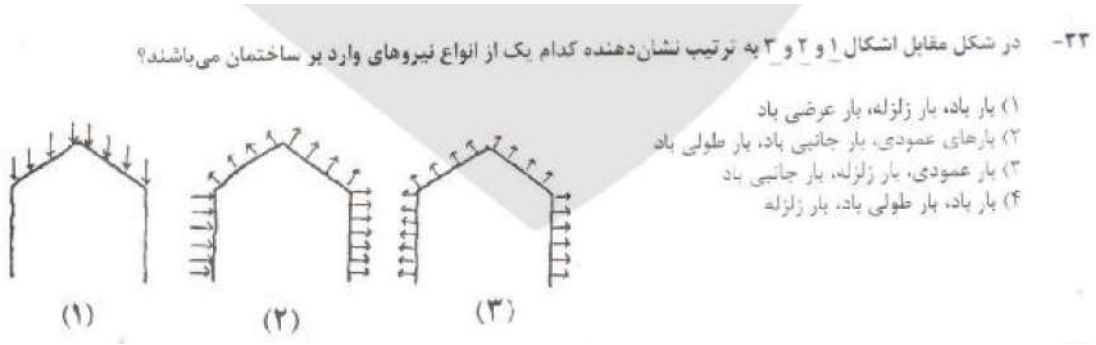
۴- بار باد

بار باد یک بار دینامیکی جانبی (یعنی بطور افقی وارد می شود) است که با توجه به سرعت باد در منطقه مورد نظر، شکل و ارتفاع ساختمان، و نیز میزان موانع مجاور ساختمان محاسبه می گردد.



نکته: فشار ناشی از باد حالتی است که جهت نیرو رو به سطح و مکش ناشی از باد حالتی است که جهت نیرو از طرف سطح به خارج می باشد.

کنکور کارشناسی ارشد ۹۱ : (گزینه۲)



کنکور کارشناسی ارشد ۹۳: (گزینه ۲)

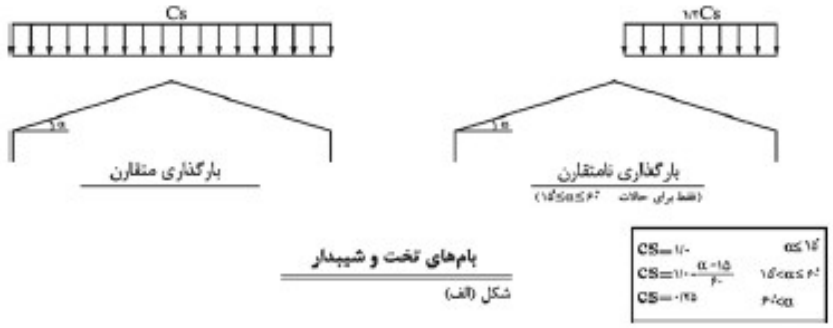
۵- بار خاک

در طراحی سازه های زیر سطح زمین مانند دیوارهای حائل، باید نیروی فشاری جانبی ناشی از فشار خاک مجاور لحاظ گردد. چنانچه خاک مجاور در معرض سربارهای ثابت یا متحرک قرار گیرد اثر این سربارها نیز باید در محاسبه فشار جانبی خاک در نظر گرفته شود.

۶- بار برف

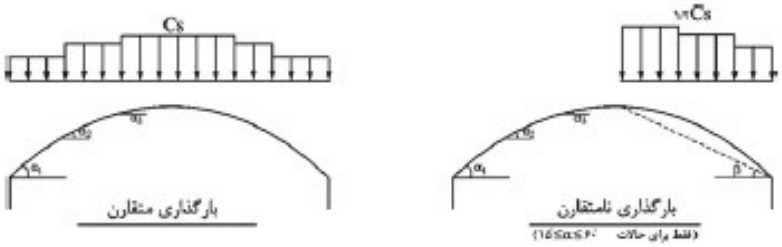
بار برف زمین (P_g) ، وزن لایه برف بر روی سطح افقی زمین است که بر اساس آمار موجود در منطقه احتمال تجاوز از آن در سال در یک دوره ۵۰ ساله دو درصد باشد.

بار برف بر روی بام (Pr) ، از ضرب عدد بار برف زمین در ضرایبی که با توجه به شیب، دمای بام، میزان برف گیری و ضریب اهمیت تعیین میشوند به دست می آید.



بام‌های تخت و شیبدار

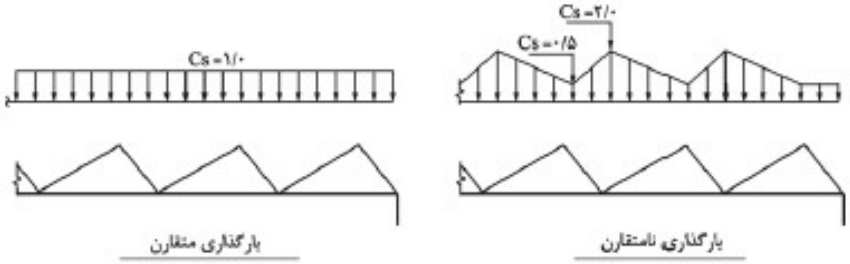
شکل (الف)



بام‌های قوسی

Cs از روابط شکل(الف) برای α_1 و α_2 و β_2 تعیین می‌شود.

شکل (ب)

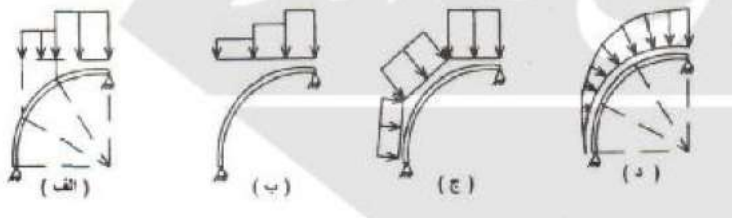


بام‌های شیبدار دندانه‌ای

شکل (پ)

کنکور کارشناسی ارشد سال ۹۱: (گزینه ۱)

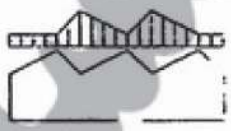
۳۶- کدام یک از اشکال زیر، بارگذاری ناشی از برف را روی یک سطح قوسی بدرستی نشان می‌دهد؟

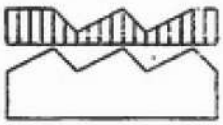


۱) الف
۲) د
۳) ج
۴) ب

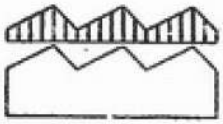
کنکور کارشناسی ارشد ۸۹: (گزینه ۱)

۴۷- کلیات شکل بارگذاری نامتقارن باربرف بر روی سقف بام‌های شیبدار دندانه‌ای کدام مورد است؟

۱) 

۲) 

۳)

۴) 

فصل دوم: فولاد

مقدمه

فولاد از مهمترین مصالح ساختمانی می باشد که از دیرباز مورد توجه مهندسان و طراحان قرار داشته است. به نظر می رسد که اولین بار بصورت یک سازه اساسی که همه اجزای آن از فولاد باشد در ساخت یک پل قوسی شکل با دهانه ۳۰ متر در قرن ۱۸ میلادی در انگلستان از فولاد استفاده شده است و پس از آن تا اواسط قرن ۱۹ میلادی تعداد بیشماری سازه با مصالح فولادی ساخته شد.

از جمله مهمترین مشخصات فولاد که آن را نسبت به سایر مصالح متمایز ساخته است می توان به مقاومت زیاد آن، یکنواختی و دوام آن، شکل پذیری، قابلیت چکش خواری و همچنین در دسترس بودن منابع و معادن آن اشاره کرد. اما در کنار تمام این مزایا، معایبی چون هوازدگی (خوردگی)، عدم مقاومت در برابر آتش سوزی، و پدیده کمانش نیز به چشم می خورد.

فولاد بصورت سنگ آهن در طبیعت یافت می شود. سنگ آهن در کوره های بلند در درجه حرارت بالا احیا شده و حاصل آهن پرکربنی (با حدود ۳ تا ۴,۵ درصد کربن) است که به آن آهن خام می گویند. آهن خام مجددا مورد تصفیه قرار میگیرد تا ناخالصی ها و کربن اضافی آن گرفته شود و نیز آلیاژهایی مثل مس، نیکل، کروم، منگنز، فسفر و ... به آن اضافه می شود تا خواص مورد نظر به دست آید.

فولاد کربن دار به فولادی گفته می شود که علاوه بر آهن، حداکثر درصد کربن و آلیاژهای آن به صورت زیر باشد:

کربن ۱,۷٪ ، منگنز ۱,۶۵٪ ، سیلیکن ۰,۶٪ ، مس ۰,۶٪

فولاد بر اساس میزان کربن موجود در آن به چهار رده فولاد کم کربن، فولاد با کربن ملایم، فولاد با کربن متوسط، و فولاد پر کربن تقسیم می شود.

فولادها را از نظر مقاومت آن می توان به سه دسته کلی تقسیم کرد:

۱. فولاد نرمه معمولی
۲. فولاد پرمقاومت کم آلیاژ
۳. فولاد آب دیده مقاومت بالا

۱- فولاد نرمه

فولادهای نرمه معمولی دارای کربن ملایم بین ۰,۱۵ تا ۰,۲۹ درصد هستند. این فولادها بیشترین مصارف ساختمانی را داشته و تنش تسلیم (F_y) آنها بین ۲۲۰۰ تا ۲۶۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش نهایی یا مقاومت گسیختگی (F_u) آن بین ۳۴۰۰ تا ۳۸۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد. فولادهای ST37 که مورد استعمال فراوان در ساختمانهای معمولی هستند در رده فولادهای نرمه قرار می گیرند. باید توجه داشت که افزایش درصد کربن باعث افزایش تنش تسلیم، کاهش شکل پذیری، و مشکل شدن جوشکاری می گردد. در صورتیکه درصد کربن از ۰,۳٪ افزایش پیدا کند عمل جوشکاری پرخرج شده و احتیاج به پیش گرمایش و پس گرمایش و الکترودهای مخصوص خواهد بود.

۲- فولاد پرمقاومت کم آلیاژ

این فولادها با افزایش مقادیر ناچیزی آلیاژهایی نظیر مس، منگنز، نیکل، فسفر، کرم، زیرکنیم و ... به فولادهای کربن دار به دست می آیند. افزایش این آلیاژها باعث ریزتر شدن ساختمان بلوری آهن و در نتیجه افزایش مقاومت آن می شوند. تنش تسلیم این فولادها بین ۳۲۰۰ تا ۳۸۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش نهایی آنها بین ۴۶۰۰ تا ۵۴۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد. فولاد ST52 در این رده فولادها قرار می گیرد. فولادهای پرمقاومت آلیاژدار در شرایط عادی مورد استفاده قرار می گیرند و برای جوشکاری آنها نیازی به هیچ گونه پیش گرمایش و پس گرمایش نیست.

۳- فولاد آب دیده مقاومت بالا

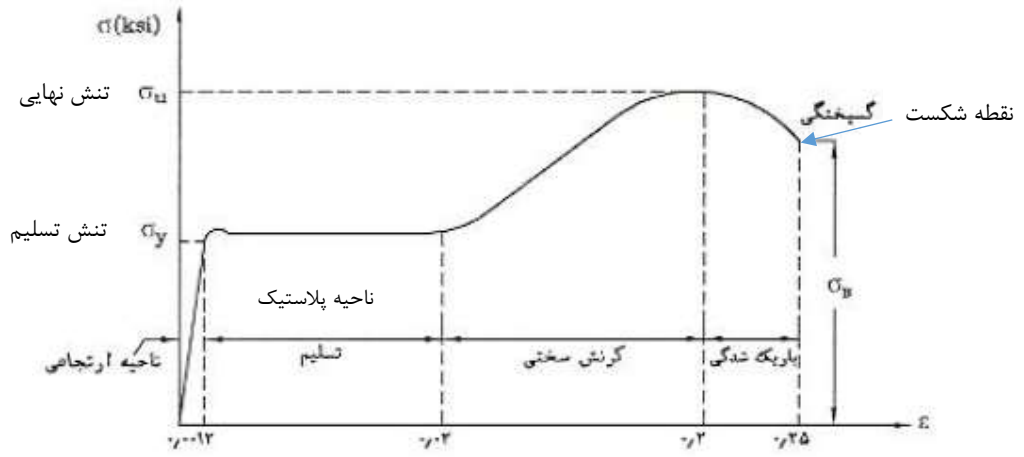
اگر فولادهای پرمقاومت کم آلیاژ را آب دیده و سپس با انجام عملیات گرمایی مناسب بازپخت کنیم فولادهایی با مقاومت خیلی بالا که به آنها اصطلاحا فولاد خشکه یا فولاد آلیاژدار آب دیده می گویند تهیه می شود. انجام عملیات گرمایی گرچه باعث افزایش تنش تسلیم فولاد می شود اما شکل پذیری آن را نیز به میزان قابل توجهی کاهش می دهد. فولادهای خشکه عموما در مصارف عمومی ساختمان سازی کاربرد ندارند و موارد مصرف آن عمدتا در سازه های خاص و صنعتی است.

مشخصات مهندسی فولاد

به منظور درک رفتار سازه های فولادی، طراح سازه بایستی با خواص فولاد آشنایی کامل داشته باشد. نمودار تنش-کرنش فولاد مقدار قابل توجهی از اطلاعات لازم را به تصویر می کشد.

نکته۱: تنش عبارت است از نیروی وارد بر سطح $\sigma=P/A$

نکته۲: کرنش عبارت است از تغییر طول به طول اولیه $\varepsilon=\Delta L/L$



ضریب الاستیسیته (E)

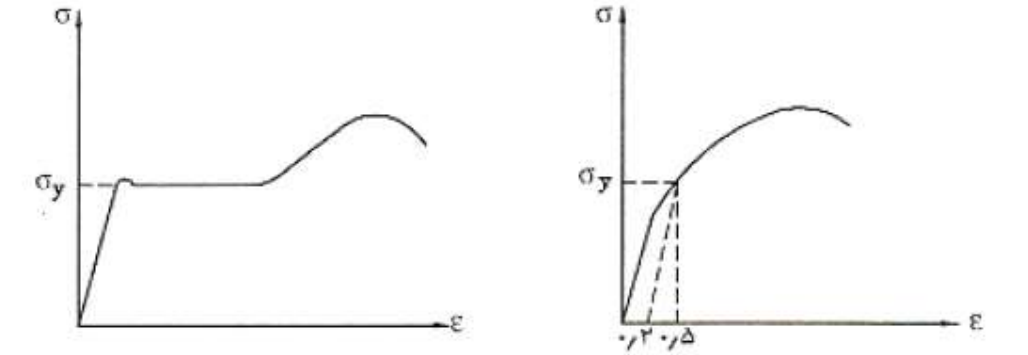
اگر قطعه ای از فولاد نرمه تحت نیروی کششی قرار گیرد، آن قطعه افزایش طول خواهد داشت و اگر نیروی وارده بصورت مداوم افزایش یابد تغییر طول نیز تا حد معینی با نرخ مشخصی افزایش خواهد داشت. این بخش اولیه نمودار تنش-کرنش که در آن رابطه تنش با کرنش بصورت خطی می باشد را ناحیه خطی می نامند و رابطه تنش کرنش را در این ناحیه با قانون هوک بیان می کنند:

$\sigma = E\varepsilon$

ضریب تناسب یا همان شیب خط را ضریب الاستیسیته یا مدول یانگ می نامند و مقدار آن برای فولاد حدود $2.1x10^6\ kg/cm^2$ می باشد.

تنش تسلیم یا تنش جاری شدن (σ_y or F_y)

تنش تسلیم تنش نظیر نقطه ای است که در آن نمودار به حالت افقی در می آید یا به عبارت دیگر اولین نقطه روی نمودار تنش-کرنش می باشد که مماس بر آن افقی است. تنش تسلیم احتمالا مهمترین مشخصه فولاد است زیرا اغلب روشهای طراحی بر اساس این مشخصه شکل گرفته است. این تنش مرز بین عملکرد ارتجاعی و خمیری فولاد می باشد. خاصیت مهم فولاد قبل از تنش تسلیم این است که پس از حذف بار به طول اولیه خود بازمی گردد. اما اگر تا نقطه ای پس از تنش تسلیم تحت تنش قرار گیرد پس از حذف بار مقدار تغییر طول ماندگار در آن باقی خواهد ماند. برای فولادهای کربن دار و پرمقاومت کم آلیاژ پله تسلیم بخوبی مشخص بوده و تقریبا منطبق بر حد خطی می باشد. اما برای فولادهای خشکه نقطه مشخصی برای جاری شدن وجود ندارد و به روشی دیگر این حد را مشخص می کنند.



(الف) تنش تسلیم در فولادهای نرمه (ب) تنش تسلیم در فولادهای آلیاژی

ناحیه خمیری یا پلاستیک

در فولادهای نرمه و پرمقاومت کم آلیاژ بعد از تنش تسلیم ناحیه ای تقریبا مسطح و افقی قرار دارد که به آن محدوده خمیری یا پلاستیک می گویند. در حقیقت پس از نقطه تسلیم افزایش کرنش زیادی بدون افزایش در تنش پیش می آید. این حالت عملا یکی از مشخصه های بسیار مفید فولاد است ، اگر در نقطه ای از فولاد نرمه تنش در سازه به تنش تسلیم برسد، آن قسمت از سازه بدون افزایش تنش بصورت موضعی جاری شده و از گسیختگی کلی سازه جلوگیری می کند. لذا چنین خاصیت شکل پذیری سبب می شود فولاد مانند مصالحی چون شیشه در مقابل بارگذاریهای زیاد یا ضربه های ناگهانی گسیختگی نداشته باشد و استحکام قابل توجهی از خود نشان دهد.

سخت شدگی مجدد

پس از ناحیه خمیری منطقه ای وجود دارد با افزایش کرنش، تنش هم افزایش پیدا می کند. این ناحیه را کرنش سختی می گویند. این ناحیه در طراحی اهمیت چندانی ندارد. لازم به ذکر است که این قسمت در فولاد خشکه وجود ندارد.

ضریب پوآسون

ضریب پوآسون در واقع بیان کننده رفتار فولاد در جهات متعامد با اعمال تنش است. این ضریب برای فولاد برابر ۰,۳ در نظر گرفته می شود. این ضریب را با μ یا ν نشان می دهند.

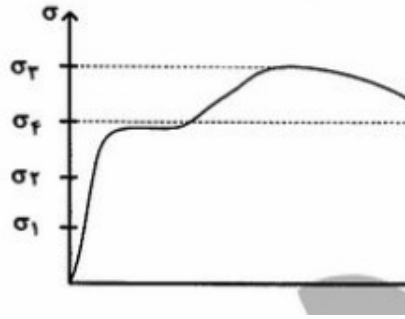
ضریب الاستیسیته برشی

ضریب الاستیسیته برشی فولاد از رابطه زیر به دست می آید.

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

کنکور ارشد سال ۸۹ (گزینه ۴)

۵۳- با توجه به نمودار «تنش ـ کرنش» فولاد مطابق شکل، با افزایش میزان بار به ترتیب کدام تنشها مشاهده می‌گردد؟



۱) تنش مجاز، تنش تسلیم، تنش شکست، تنش نهایی

۲) تنش مجاز، تنش تسلیم، تنش گسیختگی، تنش شکست

۳) تنش مجاز، تنش تسلیم، تنش شکست، تنش گسیختگی

۴) تنش مجاز، تنش تسلیم، تنش نهایی، تنش شکست

پدیده خستگی در فولاد

یکی از معایب فولاد تقلیل یافتن استحکام آن است اگر در معرض تغییرات تنش به تعداد دفعات زیاد قرار گیرد. سازه های فولادی که تحت تاثیر نیروهای متناوب در طول زمان بهره برداری خود قرار می گیرند، هنگامیکه تعداد تناوب بارهای اعمالی زیاد می شود بدون اینکه تنش ایجاد شده در آنها از حد تسلیم فراتر رود دچار گسیختگی و شکست می شوند. سازه هایی مثل پلها، تیر جرثقیلها، سازه هایی که در مجاورت فرودگاهها هستند و ... باید در مقابل پدیده خستگی مطابق ضوابط آیین نامه ای کنترل شوند.

حفاظت فولاد

فولاد تحت تاثیر واکنشهای شیمیایی و نیز حریق به شدت مقاومت خود را در تحمل بار از دست می دهد.

فولاد در هوای آزاد و خصوصا مرطوب بر روی سطح آن اکسیده می شود. فولادهای پرمقاومت و کم آلیاژ دارای مقاومت خوردگی به مراتب بیشتری از فولادهای نرمه معمولی هستند. باید حتی المقدور سعی شود که سازه فولادی را از تماس با آب، رطوبت و آلودگیهای شیمیایی هوا و آب دور نگه داشت. همچنین می بایست سازه های فولادی را با مواد محافظ پوشش داد. از رایج ترین مواد محافظ رنگ است که باید تمام سطوح قبل از رنگ آمیزی تمیز و خشک شده باشد.

به غیر از حفاظت در برابر خوردگی، فولاد باید در برابر آتش سوزی نیز محافظت گردد. فولاد در اثر حریق مقاومت خود را ظرف مدت ۱۰ الی ۲۰ دقیقه به سرعت از دست می دهد. با انجام حفاظت مناسب سازه های فولادی می توان مقاومت آنها را در مقابل آتش سوزی حداقل تا سه ساعت اولیه حریق حفظ کرد. توصیه آیین نامه این است که قطعات سازه ای فولادی توسط رنگهای مخصوص مقاوم در برابر آتش سوزی رنگ آمیزی شود و نیز قطعات اصلی سازه های فولادی نظیر تیرها و ستونها توسط ملات ماسه سیمان و به ضخامت حداقل ۱,۵ سانتیمتر پوشش داده شود.

فصل سوم

سیستم های سازه ای

سازه ها معمولا به سه دسته کلی تقسیم می گردند:

- سازه های وزنی: پایداری و مقاومت این سازه ها در مقابل بارهای وارده بستگی به وزن آنها دارد. مثل دیوارهای حائل، سدهای وزنی آجری و بتنی، و ...
- سازه های قاب بندی شده: این گروه از معمولا از مجموعه ای از میله ها و یا اعضای سبک تشکیل شده اند که بوسیله اتصالات پرچی یا پیچی و یا جوشی به هم متصل شده اند. پایداری این سازه ها بستگی به ترکیب هندسی اجزای آنها دارد. خرپاهای مسطح و فضایی، قابهای چوبی و فلزی و بتنی، پل ها، قوس ها، ساختمان جرثقیل ها و ... نمونه هایی از این دسته می باشند.
- سازه های پوسته ای: این سازه ها از صفحات فلزی یا دالهای بتنی تشکیل شده اند. منابع ذخیره مایعات، مخازن تحت فشار، سیلوها، سدهای پوسته ای، دالهای بتنی تخت و تا شده و یا گنبدی شکل مثالهایی از این دسته می باشند.

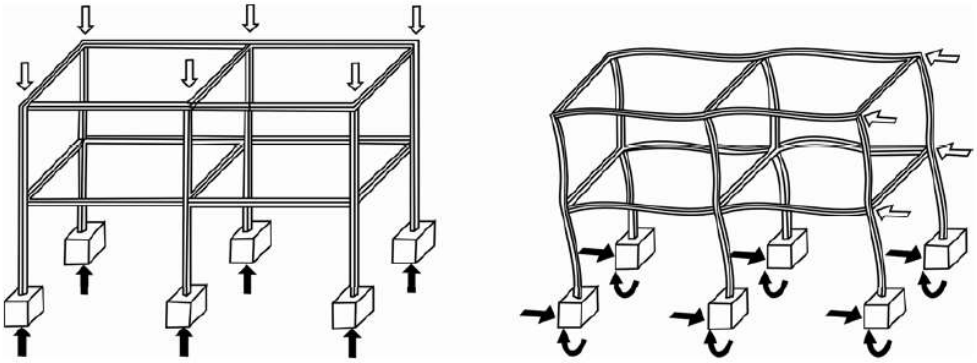
آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر نیروی زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) ساختمانها را بر حسب سیستم سازه ای به شش گروه طبقه بندی می کند :

۱- سیستم دیوارهای باربر
۲- سیستم قاب ساختمانی
۳- سیستم قاب خمشی
۴- سیستم دوگانه یا ترکیبی
۵- سیستم ستون کنسولی
۶- سایر سیستم های سازه ای

سازه های قاب بندی شده

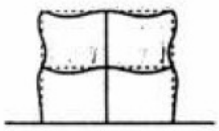
قاب خمشی

این نوع قابها متشکل از تیر و ستون می باشد و اتصالات آن به نحوی است که هم بارهای قائم و هم بارهای جانبی را تحمل می کند.



بارهای ثقلی　　بارهای جانبی

کنکور کارشناسی ارشد سال ۹۵ (گزینه ۴)



۴۴- کدام نیرو، سبب تغییر شکلی به صورت مقابل در یک قاب خمشی می‌گردد؟

۱) نیروی اینرسی

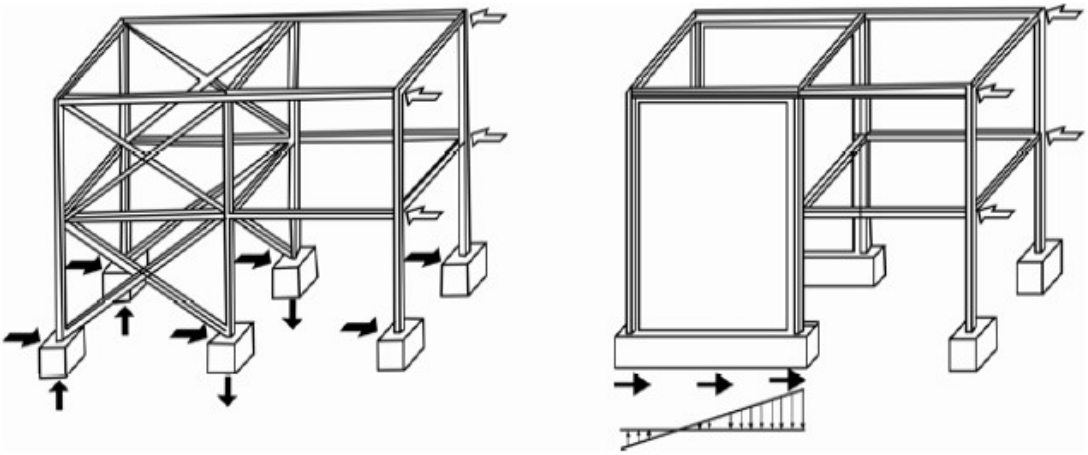
۲) نیروی باد

۳) نیروی زلزله

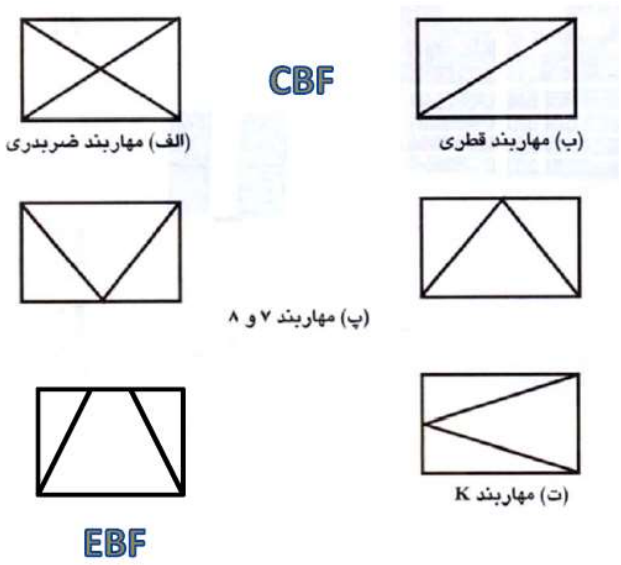
۴) نیروی ثقلی

قاب ساختمانی ساده

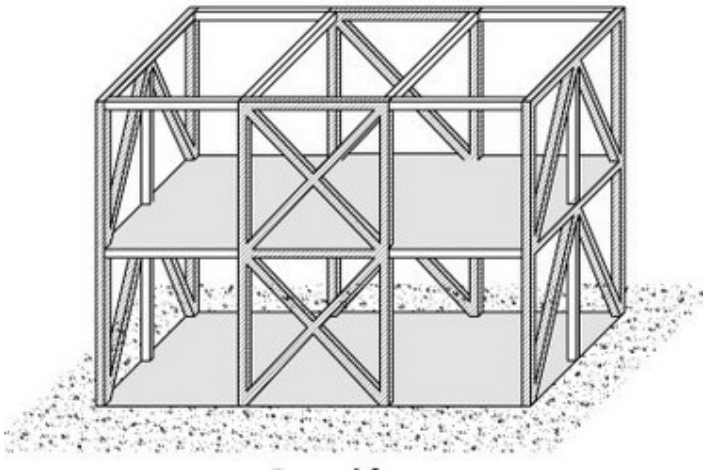
در این سیستم بار قائم بوسیله تیرها و ستونها و بار جانبی توسط مهاربند یا دیوار برشی تحمل می شود.



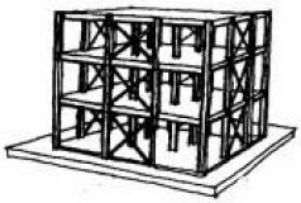
بادبند ها (مهاربندها) انواع متفاوتی دارند:



در شکل زیر نمونه ای از مهاربند ضربدری و نیز قطری دیده می شود.



کنکور کارشناسی ارشد سال ۹۵ (گزینه ۴)



۴۰- **کدام عنوان، برای شکل مقابل صحیح‌تر است؟**

۱) سیستم ترکیبی قاب صلب و خرپای صلب

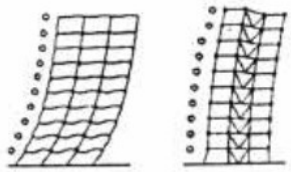
۲) قاب صلب (خمشی) مقاوم در برابر زلزله

۳) قاب ساده با مهاربندی صلب

۴) قاب با مهاربندی قطری

کنکور کارشناسی ارشد سال ۹۳ (گزینه ۲)

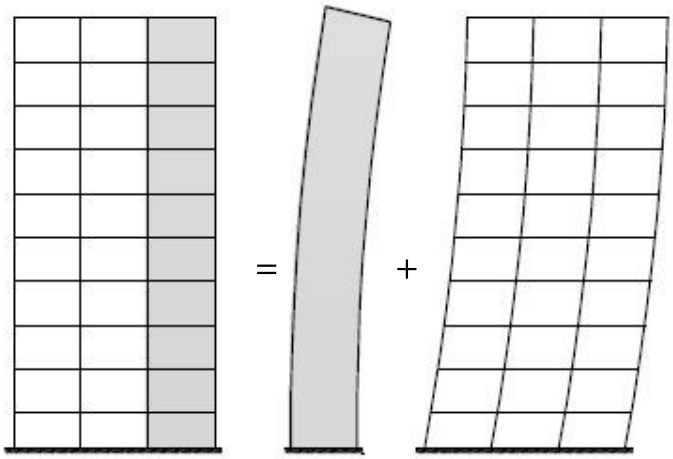
۳۹- تصاویر نشان داده شده از راست به چپ عبارتند از:



۱) قاب مهاربندی شده، قاب ساده
۲) قاب مهاربندی شده، قاب مقاوم خمشی
۳) قاب خمشی مهاربندی شده، قاب مقاوم خمشی
۴) قاب خمشی مهاربندی شده، قاب ساده

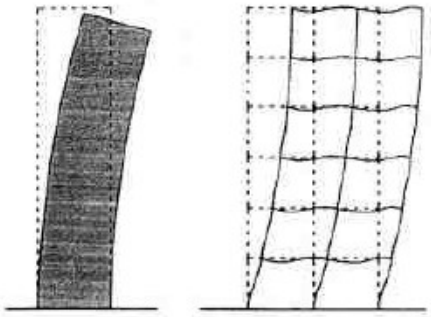
سیستم دوگانه یا ترکیبی

این سیستم ترکیب قاب خمشی و مهاربند یا دیوار برشی می باشد. شکل زیر نشان دهنده رفتار سیستم قاب خمشی و دیوار برشی می باشد.



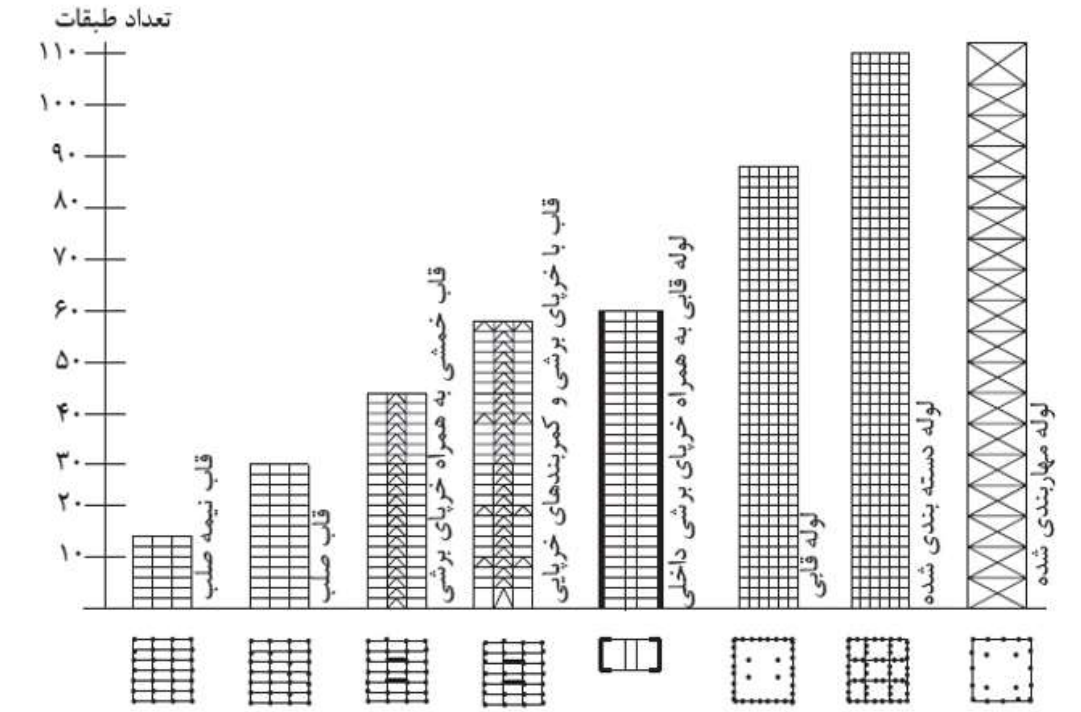
کنکور کارشناسی ارشد سال ۹۴ (گزینه ۱)

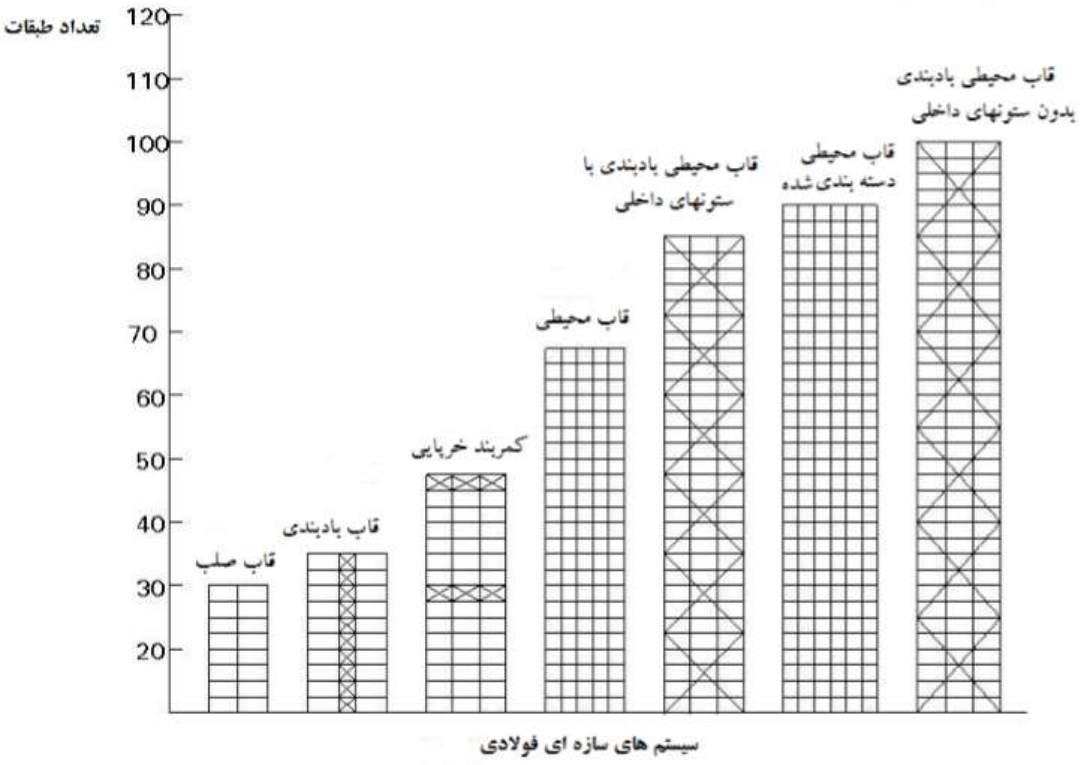
۴۹- شکل مقابل نشان‌دهنده فرم تغییر شکل یافته کدام سازه‌ها در برابر نیروی زلزله است؟



۱) قاب خمشی و دیوار برشی
۲) قاب صلب و دیوار چوبی
۳) قاب ساده و دیوار سنگی
۴) قاب مهاربندی شده و دیوار آجری

در ساختمانهای بلند به دلیل ایجاد تغییر مکانهای بزرگ توسط نیروهای جانبی مهندسین سیستم های سازه ای ویژه ای را که بتواند این تغییر مکانها را مهار سازد بکار می برند. در شکل های زیر به چند سیستم سازه ای مورد استفاده در ساختمانهای بلند اشاره شده است:





سیستم های سازه ای فولادی

لازم به ذکر است که سیستم هسته بتنی که معمولا از تعدادی دیوار برشی بتنی متصل به هم تشکیل می شود به دلیل داشتن ممان اینرسی بالا و تحمل نیروهای جانبی، یکی از سیستم های مورد توجه مهندسین طراح سازه های بلند می باشد.

کنکور کارشناسی ارشد سال ۹۵ (گزینه ۳)

۴۳- در ساختمان مقابل، از کدام سیستم سازه‌ای استفاده شده است؟

۱) قاب صلب با خرپاهای عمودی
۲) سازه دیاگرید مهاربندی شده
۳) خرپای کلاهی و خرپای کمربندی
۴) سوپر قاب‌های فولادی مهاربندی شده

کنکور کارشناسی ارشد سال ۹۳ (گزینه ۳)

۴۸- از کدام سیستم‌سازه‌ای در ساختمان مقابل استفاده شده است؟

۱) خرپای متناوب و هسته برشی بتنی
۲) خرپای کلاهی و کمربندی و دیوار برشی
۳) خرپای کلاهی و کمربندی و هسته مهاربندی شده
۴) خرپای کلاهی و هسته برشی با مهاربندی فولادی

کنکور کارشناسی ارشد سال ۹۱ (گزینه ۴)

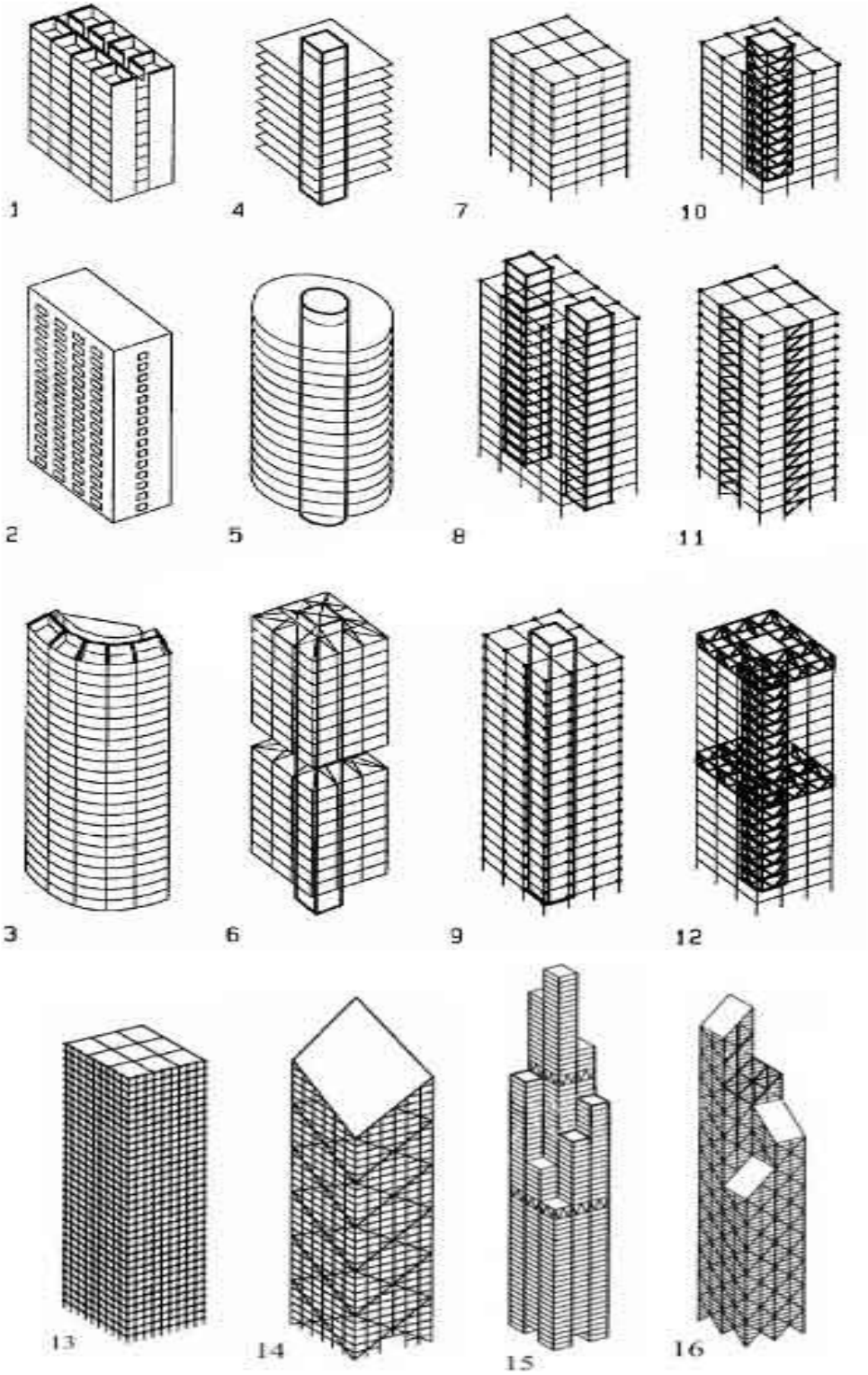
۴۶- شکل مقابل نشان دهنده کدام روش سازه‌ای است؟

۱) قاب صلب و خرپاهای خمشی
۲) قاب خمشی و خرپاهای صلب
۳) قاب لوله‌ای با خرپاهای متناوب
۴) قاب مهاربندی شده با خرپای کمربندی و خرپای کلاهی

PardazeshPub.com

نکته: شکل مربوط به صفحه ۶۹ کتاب ساختمان های فولادی دکتر گلابچی می باشد.

در اشکال زیر چند نمونه دیگر سیستم های سازه ای برای ساختمانهای بلند معرفی می گردد:



۱- دیوارهای برشی سلولی ۲- دیوارهای برشی پیرامونی ۳- دیوارهای برشی خمیده ۴-هسته طره شده با طبقات طره ای ۵- هسته طره شده مدور با طبقات طره ای ۶- هسته طره شده با طبقات معلق ۷- قاب خمشی ۸- قاب خمشی با دو هسته برشی ۹- قاب خمشی با هسته برشی واحد ۱۰- هسته مهاربندی شده ۱۱- دهانه های پیرامونی مهاربندی شده ۱۲- هسته مهاربندی شده با خرپای بیرون زده ۱۴- لوله مهار بندی شده ۱۵- لوله های دسته شده قاب شده ۱۶- لوله های دسته شده مهار شده

نکته: سیستم های لوله در لوله به سیستمی گفته می شود که در آن ستونها و تیرهای خارجی ساختمان چنان مجاور هم قرار داده می شود که نمای ساختمان ظاهرا شبیه دیواری با سوراخ های متعدد پنجره ای می شود. در این حالت هسته یا لوله داخلی با لوله نما در حمل بارها سهیم بوده و بر سختی آن می افزاید.

سیستم لوله های دسته شده را می توان بصورت مجموعه ای از لوله های انفرادی تجسم کرد که تشکیل یک لوله چند واحدی را می دهند. به این ترتیب بر سختی سازه افزوده می گردد.

کنکور کارشناسی ارشد سال ۹۵ (گزینه ۴)

۴۹- کدام عنوان، صحیح‌ترین نام برای سیستم سازه‌ای مقابل است؟

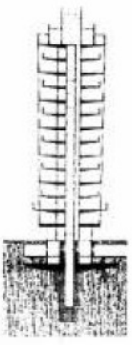
۱) لوله در لوله متقاطع

۲) لوله مهاربندی شده متداخل

۳) لوله در لوله کاهش یابنده

۴) لوله‌های دسته شده با مهاربندی

کنکور کارشناسی ارشد سال ۹۵ (گزینه ۲)



۴۶- کدام روش، برای اجرای طبقات ساختمان مقابل استفاده شده است؟

۱) دال متناوب

۲) دال طره‌ای

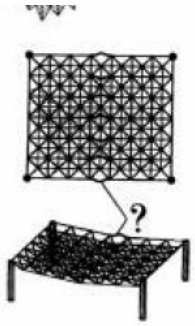
۳) سیستم فاصله‌گذاری

۴) سیستم سقف معلق

سازه فضاکار یا سازه فضایی Space Frame

این سیستم بی شک یکی از بهترین سیستم های سازه ای می باشد اما اجرای آن دشوار است. این سیستم یک خرپای سه بعدی است که در هر دو جهت X و Y اعضای آن امتداد یافته اند و این اجزا فقط تحت تاثیر کشش و فشار می باشند. این سازه از اجزای سبکی که تحت یک الگوی مشخص کنار هم قرار گرفته اند تشکیل شده است.

کنکور کارشناسی ارشد ۹۵ (گزینه ۱)



۵۰- شکل مقابل، نشان دهنده چیست؟

۱) کمانش اعضا فشاری در یک شبکه فضایی در وسط دهانه

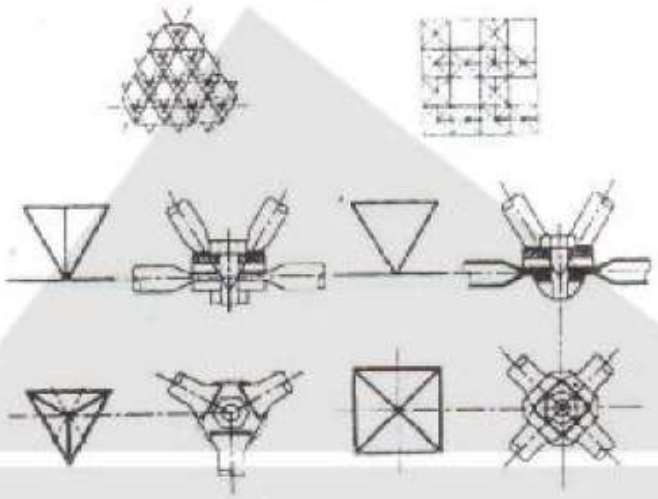
۲) تغییر شکل اعضا سازه در اثر تمرکز برشی در وسط دهانه

۳) کمانش اعضا برشی در یک شبکه فضایی در اثر طول زیاد دهانه

۴) تغییر شکل حرارتی اعضا کششی در وسط دهانه به دلیل نداشتن درز انبساط

کنکور کارشناسی ارشد ۹۱ (گزینه ۱)

۴۴- تصویر مقابل نشان‌دهندهٔ:



۱) یک سیستم سازه مشبک فولادی با مدول‌های هرمی است.

۲) یک روش اجرای قاب‌های فولادی صلب با اتصالات مفصلی است.

۳) استفاده از آلومینیوم در اجرای گنبدها و سقف‌های متحرک است.

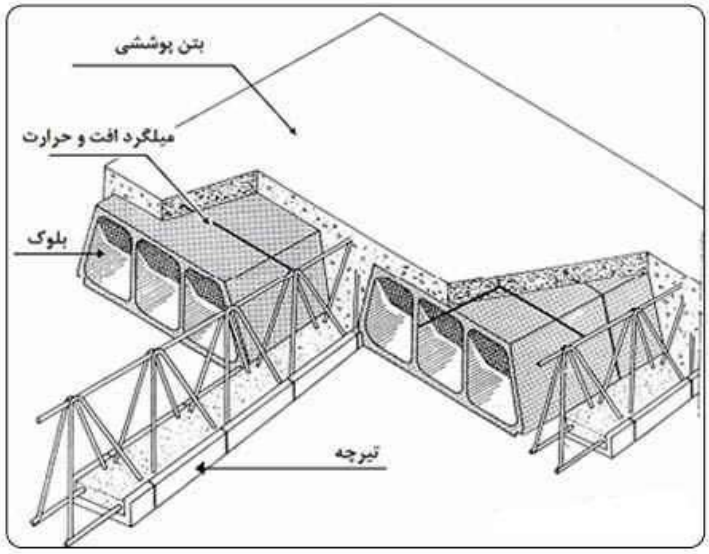
۴) اتصالات یک سازه چوبی با اتصالات مفصلی آلومینیمی است.

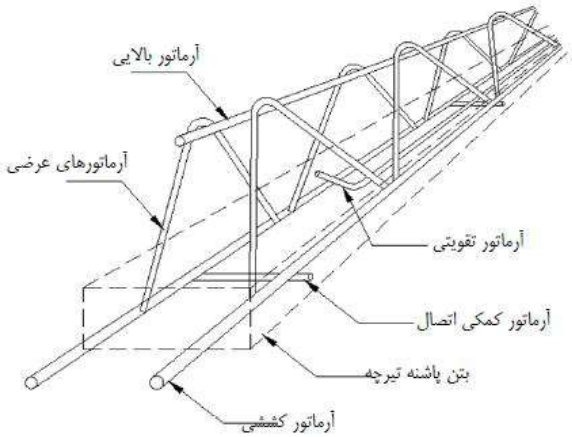
فصل چهارم

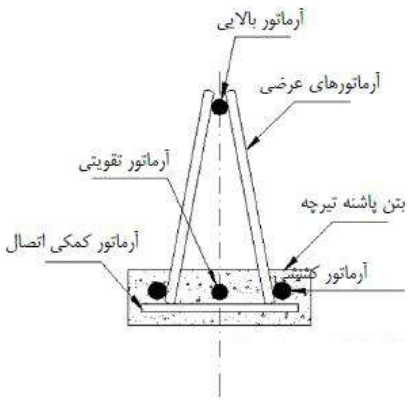
انواع سقف های رایج در ساختمان های فولادی

سقف تیرچه بلوک

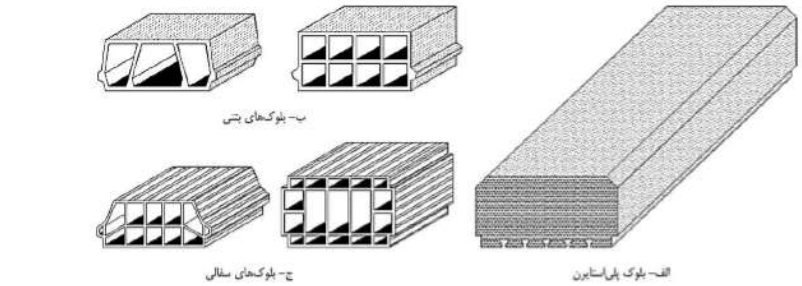
این نوع سقف یکی از رایج ترین انواع سقف می باشد. این نوع سقف صلبیت مطلوبی داشته و نیاز به نیروی انسانی خیلی ماهر جهت اجرا نداشته و نیز مقدار بتن ریزی کاهش یافته که در نتیجه میزان بار مرده سقف نیز کاهش می یابد. اما از طرفی در دهانه های بلند عملکرد مناسبی نداشته و خیز زیادی دارد و ناگزیر می بایست ارتفاع آن در دهانه های بلند افزایش یافته یا از تیرچه دوبل استفاده گردد. از طرف دیگر زمان اجرای آن نسبت به تیرچه های فولادی بیشتر می باشد. شکل های زیر جزئیات این نوع سقف را نشان می دهد.

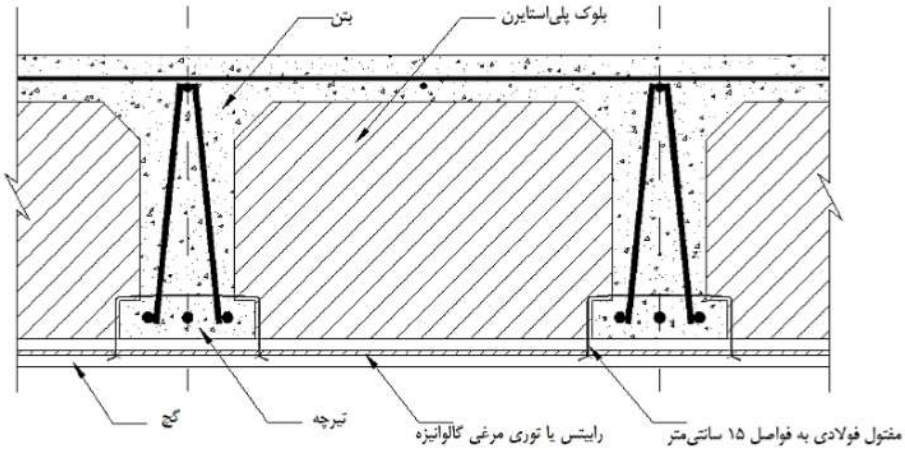






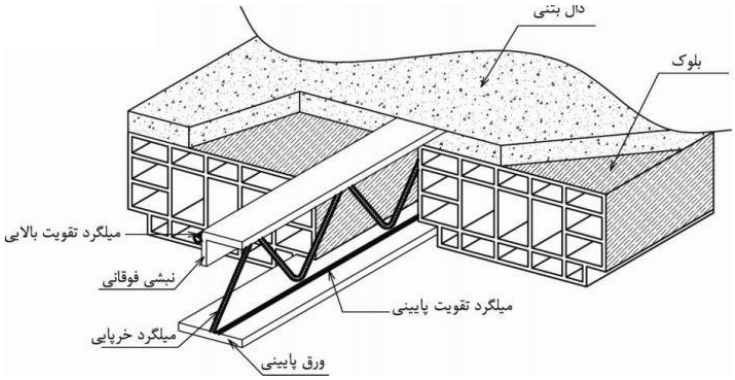
در شکل های زیر انواع بلوک ها و نیز جزئیات اجرایی سقف تیرچه بلوک با بلوک پلی استایرن نمایش داده شده است:





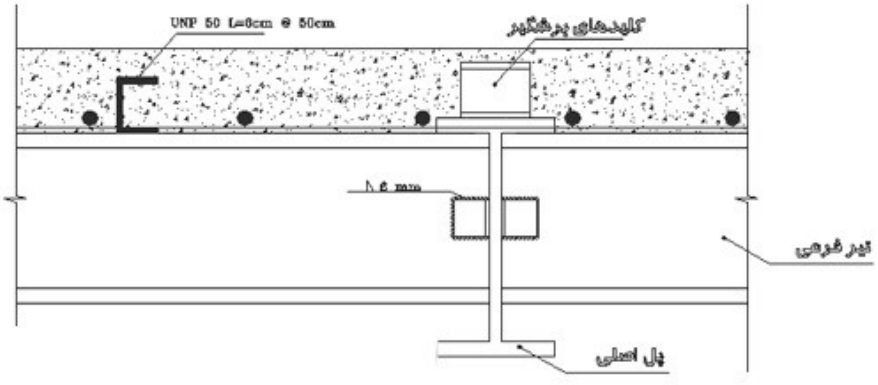
سقف کرومیت

در این سیستم از تیرچه های خرپایی فولادی استفاده می کنیم. استفاده از این نوع تیرچه امکان طراحی و اجرای سقف با دهانه های بلند را فراهم می کند. این سقف از صلبیت لازم برخوردار بوده و بدلیل ایستا بودن تیرچه ها و کاهش شمع بندی سقف سرعت اجرای آن زیاد می باشد. اما این نوع سقف گرانتر از سقف های تیرچه بلوک معمولی بوده و همچنین نیاز به عملیات جوشکاری بر روی سقف جهت جوشکاری آرماتورهای حرارتی به تیرچه ها دارند.

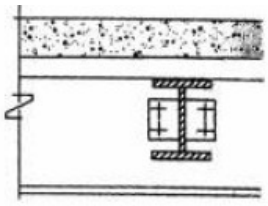


سقف کامپوزیت

سقف کامپوزیت، نوعی سقف است که از ترکیب تیرآهن فولادی و بتن تشکیل می شود. در این نوع سقف لنگرهای خمشی و برشی را تیرهای فلزی همراه با بتن تحمل می کنند. فشار را بال بالایی تیرها به همراه بتن تحمل کرده و نیروی کششی را بال پایینی تیر تحمل می کند و به این ترتیب مقطعی مرکب از بتن و فولاد برای تحمل لنگرهای کششی و فشاری خواهیم داشت. برای درگیر کردن بتن و فولاد در تیرها، روی بال های تیرها قطعات فلزی ای به عنوان برشگیر جوش داده می شود. همچنین با استفاده از میلگردهای حرارتی در دو جهت عمود بر هم ضمن ایجاد یکپارچگی بیشتر از ترک خوردن بتن جلوگیری می کنند. تیرهای فرعی در این سقف ها تیرآهن های لانه زنبوری یا ساده هستند. برای قالب بندی این سقف ها معمولا از تخته کوبی استفاده می شود. حداقل ضخامت بتن در این سقف سانتی۸ متر می باشد. این سقف ها عموما وزنی سبک داشته و سرعت اجرای آنها از سقف های تیرچه بلوک بیشتر است. اما بدلیل نیاز به کاذب کاری از سقف های تیرچه بلوک گرانتر می باشند.



کنکور کارشناسی ارشد معماری سال ۹۵ (گزینه ۲)



۳۳- شکل مقابل نشان دهنده چیست؟

۱) اتصال بدون برش مستقیم

۲) تیرهای مرکب فولاد و بتن

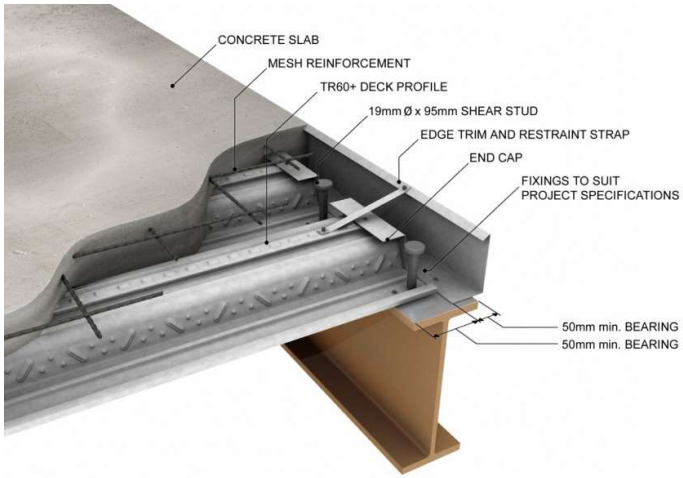
۳) تقاطع تیرهای اصلی فولادی و بتنی

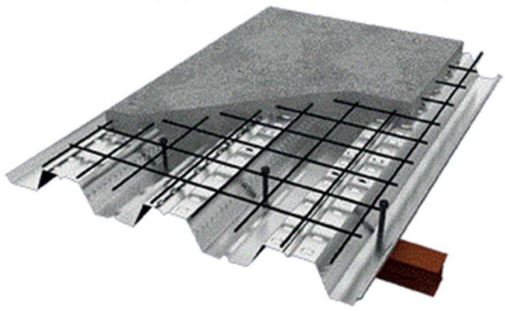
۴) اتصال صلب تیرهای اصلی و فرعی

نکته: شکل مربوط به صفحه ۶۷ کتاب ساختمان های فولادی دکتر گلابچی می باشد.

عرشه فولادی

یکی از روش های اجرای تیرهای مرکب استفاده از عرشه های فولادی است. عرشه‌های فولادی به صورت ورق‌های خم شده یا کنگره‌دار در تیرهای مرکب به کار می‌روند و می‌توانند جایگزین قالب بندی و شمع‌بندی برای اجرای دال بتنی شوند. استفاده از ورق های خم شده از نظر معماری مطلوب است و وزن مرده کمتری نسبت به اجرای تیر مرکب با روش های معمول حاصل می شود. ورق های بکار رفته در عرشه های فولادی بمنظور افزایش سختی خم می شوند تا قابلیت تحمل وزن بتن را داشته باشند و بعد از بتن ریزی همچنان در بتن باقی گذاشته می شوند.



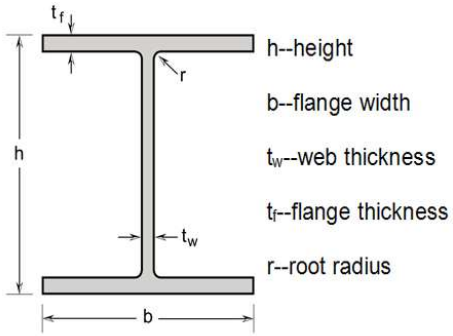


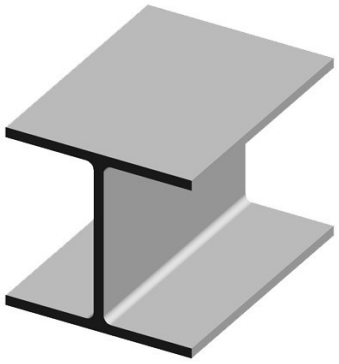
فصل پنجم

انواع مقاطع فولادی

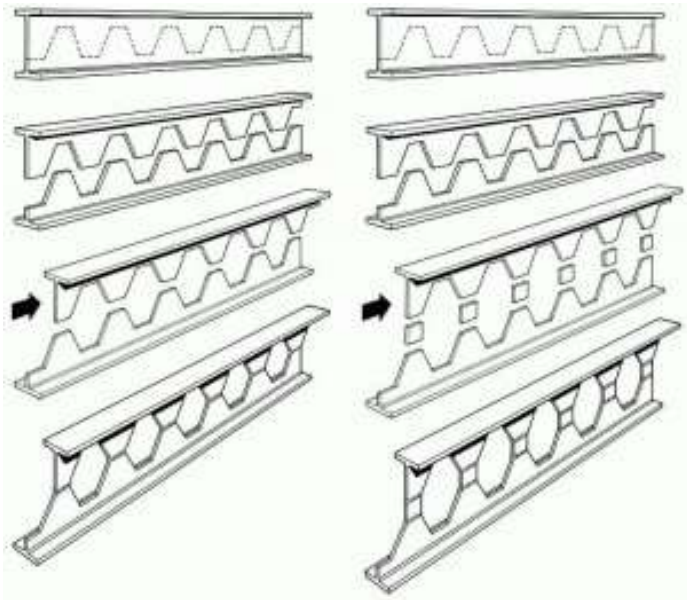
مقاطع I شکل

این مقاطع در سه نوع IPE ، IPB و INP موجود هستند. عدد بعد از پروفیل نشان دهنده ارتفاع پروفیل به میلیمتر است. مثلا IPE200 یعنی پروفیل I شکلی که ارتفاع آن ۲۰۰ میلیمتر یا ۲۰ سانتیمتر است. در مقاطع IPE عرض بال تقریبا نصف ارتفاع کل مقطع است. در مقاطع IPB عرض بال تقریبا برابر با ارتفاع مقطع می باشد. مشخصات هندسی دقیق مقاطع هندسی در جداول اشتایل آمده است.





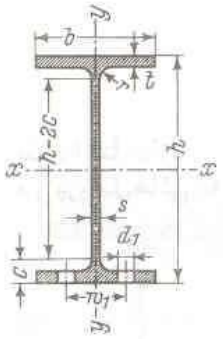
مقاطع لانه زنبوری از برش در این مقاطع حاصل می شوند. (معمولا ارتفاع تیر لانه زنبوری 1.5 برابر تیر اولیه خواهد بود.) لازم به ذکر است مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، استفاده از تیرهای با مقطع لانه زنبوری به عنوان عضو بابر جانبی مجاز نمی باشد.

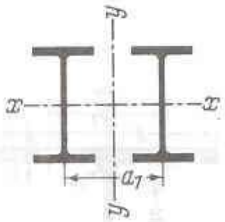


تیرآهن نیم پهن I

ردیف I PE-

طول استاندارد
در پروفیل‌هائی به ارتفاع
کمتر از ۳۰۰ میلیمتر ۸ تا ۱۶ متر
از ۳۰۰ میلیمتر به‌بالا ۸ تا ۱۶ متر





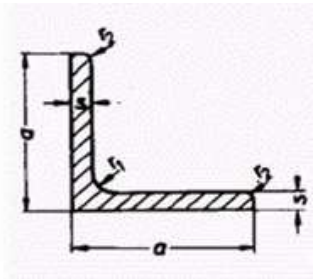
a_1 = فاصله بین دو مرکز تیرآهن برای اینکه هر دو گشتاور ماند اصلی مساوی هم و معادل $2 J_x$ شوند

S_x s_x J_D C_M را در صفحه ۳۱ ملاحظه کنید

علامت اختصاری	اندازه بمیلیمتر برای							F	G	برای محور خمش						a_1	سوراخ‌های لبه طبق دین ۹۹۷ انتشار اکتبر ۱۹۷۰ *)	
										x-x			y-y					
	h	b	s	t	r	c	h-2c	cm^2	kg/m	J_x cm^4	W_x cm^3	i_x cm	J_y cm^4	W_y cm^3	i_y cm	mm	d_1 mm	w_1 mm
I PE	تیرآهن پهن با لبه موازی ردیف I PE (گرم غلطک خورده) طبق دین ۱۰۲۵ برگ ۵ انتشار مارس ۱۹۶۵ ردیف I PE معادل نرم اروپائی ۷۵ — ۱۹ است																	
80	80	46	3,8	5,2	5	10,2	59	7,64	6,00	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	63	6,4	26
100	100	55	4,1	5,7	7	12,7	74	10,3	8,10	171	34,2	4,07	15,9	5,79	1,24	79	8,4	30
120	120	64	4,4	6,3	7	13,3	93	13,2	10,4	318	53,0	4,90	27,7	8,65	1,45	96	8,4	36
140	140	73	4,7	6,9	7	13,9	112	16,4	12,9	541	77,3	5,74	44,9	12,3	1,65	112	11	40
160	160	82	5,0	7,4	9	18,4	127	20,1	15,8	869	109	6,58	68,3	16,7	1,84	129	13**)	44
180	180	91	5,3	8,0	9	17,0	146	23,9	18,8	1 320	146	7,42	101	22,2	2,05	145	13	50
200	200	100	5,6	8,5	12	20,5	159	28,5	22,4	1 940	194	8,26	142	28,5	2,24	162	13	56
220	220	110	5,9	9,2	12	21,2	177	33,4	26,2	2 770	252	9,11	205	37,3	2,48	179	17	60
240	240	120	6,2	9,8	15	24,8	190	39,1	30,7	3 890	324	9,97	284	47,3	2,69	196	17	68
270	270	135	6,6	10,2	15	25,2	219	45,9	36,1	5 790	429	11,2	420	62,2	3,02	220	21 I 17	72
300	300	150	7,1	10,7	15	25,7	248	53,8	42,2	8 360	557	12,5	604	80,5	3,35	245	23	80
330	330	160	7,5	11,5	18	29,5	271	62,6	49,1	11 770	713	13,7	788	98,5	3,55	270	25 I 23	86
360	360	170	8,0	12,7	18	30,7	298	72,7	57,1	16 270	904	15,0	1040	123	3,79	294	25	90
400	400	180	8,6	13,5	21	34,5	331	84,5	66,3	23 130	1160	16,5	1320	146	3,95	326	28 I 25	96
450	450	190	9,4	14,6	21	35,8	378	98,8	77,6	33 740	1500	18,5	1680	176	4,12	365	28	106
500	500	200	10,2	16,0	21	37,0	426	116	90,7	48 200	1930	20,4	2140	214	4,31	404	28	110
550	550	210	11,1	17,2	24	41,2	467	134	106	67 120	2440	22,3	2670	254	4,45	442	28	120
600	600	220	12,0	19,0	24	43,0	514	156	122	92 080	3070	24,3	3390	308	4,66	481	28	120

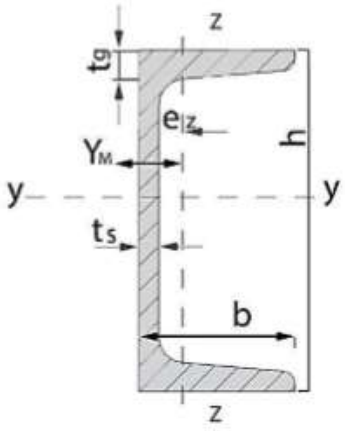
مقاطع L شکل یا نبشی

این مقاطع همانطور که از اسم آن پیداست به شکل L می باشد. معمولا در ایران نبشی های بال مساوی تولید می شود. مقطعی با نام L100*100*10 را در نظر بگیرید، عدد ۱۰۰ نشان می دهد که طول هر یک از بالهای نبشی ۱۰۰ میلیمتر و ضخامت آن ۱۰ میلیمتر می باشد.



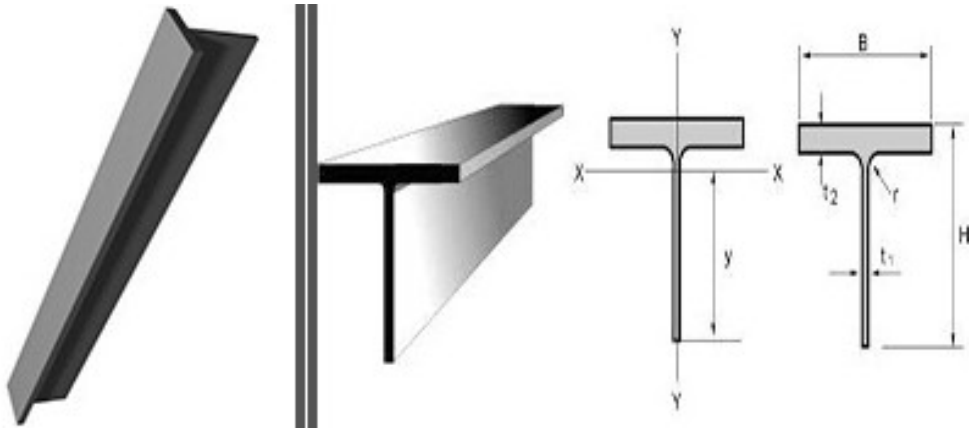
مقاطع U شکل یا ناودانی

این مقاطع که به شکل U می باشند با عدد ارتفاع آن بیان می شوند. یعنی مثلا UNP200 یعنی مقطع ناودانی که ارتفاع آن ۲۰۰ میلیمتر یا ۲۰ سانتیمتر می باشد.



مقاطع T شکل یا سپری

کاربرد این مقاطع بیشتر در ریل های آسانسور می باشد. در نماسازی نیز از این مقاطع استفاده می شود.



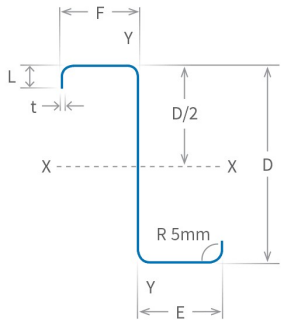
مقاطع قوطی یا باکس

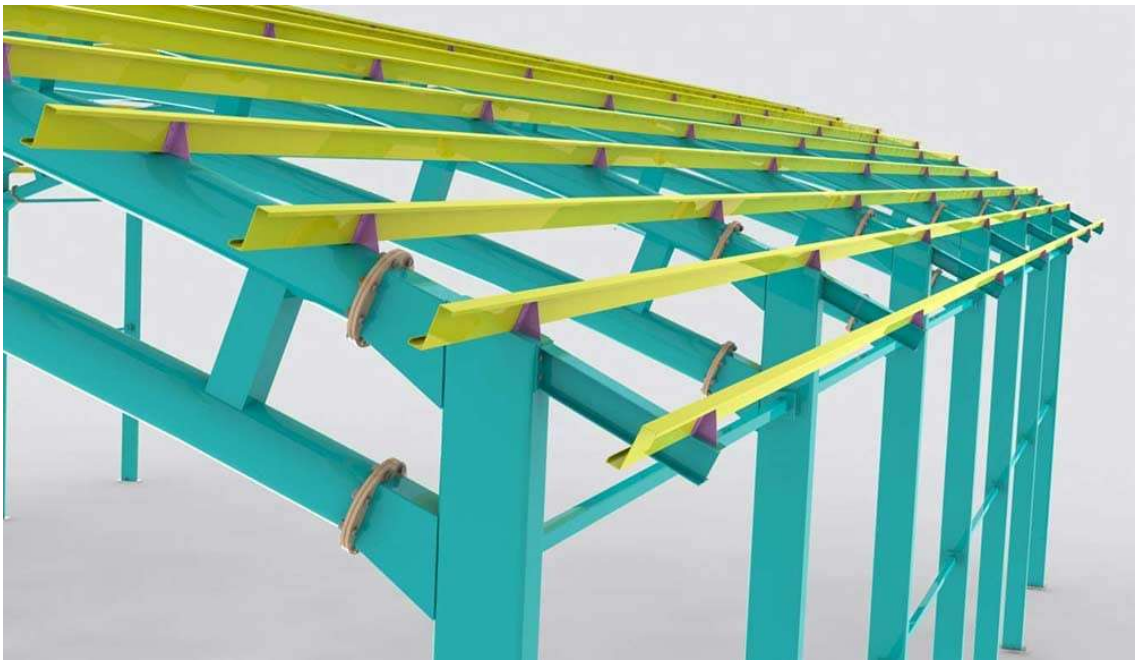
مقطع باکس می تواند مربعی یا مستطیلی باشد. BOX200*200*12 یعنی باکس مربعی به ابعاد 200mm و ضخامت 12mm.

مقاطع لوله ای

مقاطع Z شکل

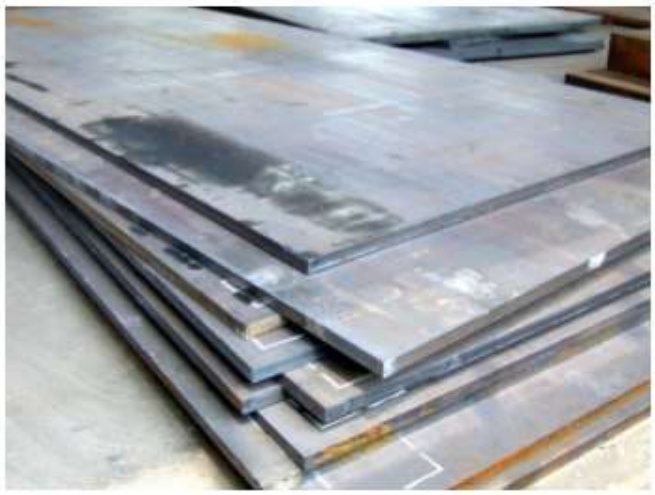
کاربرد اصلی این مقاطع در لوله ها به عنوان پرلین می باشد.





ورق ها و تسمه ها

ورق ها در ابعاد مختلف و به ضخامت های ۵ ، ۶ ، ۸ ، ۱۰ ، ۱۲ ، ۱۵ ، ۲۰ ، ۲۵ ، ۳۰ ، ۳۵ ، ۴۰ و ... در بازار یافت می شود.



مقاطع مرکب

در شکل زیر نمونه هایی از مقاطع مرکب که از ترکیب دو یا چند مقطع ساخته شده اند نشان داده شده است. لازم به ذکر است امروزه به جای استفاده از چنین مقاطعی بیشتر از مقاطع ساخته شده از تیر ورق استفاده می شود.