

## فصل ۲

### سازه‌های فولادی



## هدف‌های رفتاری:

در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود بتواند:

۱. سازه یک ساختمان را تعریف کند.
۲. حداقل دو سازه را از نظر شباهت با یکدیگر مقایسه کند.
۳. مزایا و معایب سازه‌های فولادی را نام ببرد.
۴. انواع سازه‌های فولادی را با یکدیگر مقایسه نماید.
۵. اهداف مقررات ملی ساختمان تحت عنوان مبحث دهم را بیان نماید.
۶. استانداردها و آئین نامه‌های ساختمان‌های فولادی را بشناسد.

## ۲-۱- مفهوم سازه

در کلاسی که نشسته اید به اطراف خود بنگرید، چه چیزهایی را مشاهده می‌کنید؟ صندلی یا نیمکت شما از چه جنسی است؟ برای چه هدف و منظوری ساخته شده است؟ فرم و شکل آن چگونه است؟ پاسخ این پرسش‌ها برای شما روشن است. در واقع، صندلی سازه‌ای است که از مجموعه‌ای از اجزا یا قطعات چوبی یا فلزی تشکیل شده آن را برای تحمل نیروی وزن شما ساخته‌اند. هر یک از قسمت‌های صندلی وظیفه‌ای دارند: چوبهای کف صندلی وظیفه انتقال وزن را به پایه‌ها به عهده دارند و وظیفه پایه‌های صندلی انتقال بارهای وارده به زمین است.

به شکل و جنس پایه‌ها نگاه کنید. مشاهده می‌کنید که میان وظیفه آن‌ها و شکل هندسی و جنس آن‌ها هماهنگی وجود دارد؛ یعنی آن‌ها طوری انتخاب شده‌اند که بتوانند وظیفه خود را به بهترین صورت انجام دهند (به نظر شما شکل و جنس پایه صندلی را می‌توان به چه صورت‌های دیگری انتخاب کرد؟ کدام یک بهتر است؟ چرا؟) به اتصالات پایه و کف صندلی دقت کنید، آن‌ها چگونه به هم متصل شده‌اند؟ نقش آن‌ها چیست؟ اگر برای مثال، این اتصالات نتوانند نقش خود را بخوبی ایفا کنند، یا پایه‌ها به دلیل جنس یا شاغولی نبودن و دلایل دیگر نتوانند نیروی وزن وارده را تحمل نمایند، صندلی چه وضعیتی خواهد داشت؟ مسلماً با نشستن روی آن، اتصالات اعضاء از بین می‌رود یا پایه‌ها شروع به شکستن می‌کنند و صندلی به مجموعه‌ای غیرمنظم از چوب و میخ و غیره تبدیل خواهد شد؛ همچنین ساختمان کلاس شما یک نوع سازه است (چه شباهت‌هایی میان این سازه و سازه صندلی وجود دارد؟ آن‌ها را با هم مقایسه کنید). به این ترتیب اکنون می‌توانیم سازه را تعریف کنیم:

سازه‌ی (Structure) یک ساختمان عبارت است از یک عضو یا مجموعه‌ای از اعضا که به منظور تحمل و انتقال نیرو به کار می‌رود.

بیش‌تر بدانیم

امام صادق - علیه السلام:  
قلب، خانه‌ی خداست  
جز خدا کسی را در خانه‌اش جای مده.



در شکل ۱-۲ دو نوع سازه‌ی طبیعی و مصنوعی نشان داده شده است.



ب- سازه‌ی مصنوعی (منبع آب)



الف- سازه‌ی طبیعی (اسکلت انسان)

شکل ۱-۲- سازه‌ی طبیعی (اسکلت انسان) و سازه‌ی مصنوعی (منبع آب)



شکل ۲-۲- اولین پل فلزی جهان

## ۲-۲- تاریخچه سازه‌های فولادی

استفاده از فلز به عنوان مصالح سازه‌ای در صنعت ساختمان، با ساخت یک پل قوسی به دهانه ۳۰ متر با استفاده از اعضای چدنی بین سال‌های ۱۷۷۷ تا ۱۷۷۹ فراگیر شد. (شکل ۲-۲). از سال ۱۸۴۰، به تدریج آهن کم کربن (چکش خوار) جایگزین چدن معمولی در ساخت سازه‌های فولادی شد. قدیمی‌ترین مثال در این زمینه پل چهار دهانه‌ای با دهانه‌های ۷۰، ۱۴۰، ۱۴۰ و ۷۰ متر می‌باشد که برای ساخت آن از ورق‌ها و نبشی‌هایی از جنس آهن کم کربن استفاده گردید.

با تولید و نورد نیمرخ‌های مختلف از جنس چدن و آهن کم کربن، استفاده از این دو فلز گسترش بیشتری یافت. نورد میلگردها در سال ۱۷۸۰ و نورد ریل‌ها در سال ۱۸۲۰ شروع شد که نهایتاً به نورد نیمرخ‌های I شکل در سال ۱۸۷۰ انجامید.





نمونه‌ی سازه‌ای سافتمانی  
در تهران



دکل انتقال برق



بزرگ‌ترین پل قوسی فولادی در ایران  
بر روی رودخانه کارون

شکل ۲-۳- چند نوع سازه‌ی فولادی

ابداع روش بسمر در سال ۱۸۵۵ برای تولید فولاد و توسعه و تکامل آن در سال ۱۸۷۰، باعث افزایش کاربرد آن در ساختمان گردید. از سال ۱۸۹۰ به تدریج فولاد جایگزین آهن کم کربن در امر ساختمان‌سازی شد. در حال حاضر فولاد از عمده‌ترین مصالح ساختمانی می‌باشد که با تنش‌های تسلیم، ۲۴۰۰ تا ۷۰۰۰ کیلو گرم بر سانتی متر مربع معادل ۲۴۰ تا ۷۰۰ مگا پاسکال به منظورهای مختلف تولید می‌شود.

## ۲-۳- انواع سازه‌های فولادی

سازه‌های فولادی به سه گروه اساسی طبقه‌بندی می‌شوند:

الف: سازه‌های قابی (framed structure): معمولاً از مجموعه‌ای متشکل از تیرها (اعضای افقی) و ستون‌ها (اعضای قائم) تشکیل شده است.

ب: سازه‌های پوسته‌ای (shell structure): از ورق پیوسته با اشکال هندسی خاص نظیر استوانه و کره تشکیل می‌یابد.

پ: سازه‌های معلق (suspension structure): در اعضای آن‌ها نیروی کششی حاکم است.

ت: سازه‌های خرابی (truss structure): اعضای آن‌ها، نیروهای محوری (کششی یا فشاری) را تحمل و منتقل می‌نمایند.



پیش‌تر بدانیم

کارنمای انجمن سازه‌های فولادی ایران

www.iss.ir

### ۲-۳-۱- سازه‌های قابی (قاب‌بندی شده)

سازه‌های قابی ترکیبی از تیرها و ستون‌ها می‌باشند که با استفاده از اتصالات صلب و یا ساده به یکدیگر متصل شده‌اند. سازه‌های قاب‌بندی شده ممکن است به صورت ساختمان‌های چندطبقه و یا ساختمان‌های صنعتی باشند. اکثر ساختمان‌های متداول دارای اسکلت قابی هستند.

در شکل ۲-۴ مثال‌هایی از ساختمان‌های چندطبقه و در شکل ۲-۵ مثال‌هایی از ساختمان‌های صنعتی نشان داده شده است. به طور کلی سازه‌های قابی از ترکیب دو سری قاب صفحه‌ای عمود بر هم به وجود آمده و تشکیل قاب فضایی را می‌دهند.



شکل ۲-۴- سازه‌های قابی سافتمانی



شکل ۲-۵- سازه‌های قابی صنعتی



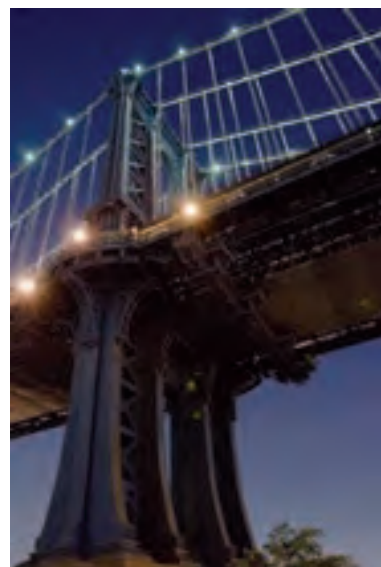
قاب‌های ساختمانی باید قادر به تحمل نیروهای قائم و جانبی باشند. پل‌ها نیز از انواع سازه‌های قابی هستند که در شکل ۲-۶ مثال‌هایی از آن‌ها نشان داده شده است.



شکل ۲-۶- سازه یک پل در حال سافت



شکل ۲-۶- قسمت‌هایی از پل‌های فولادی



## ۲-۳-۲- سازه‌های پوسته‌ای

سازه‌های پوسته‌ای به صورت گوناگون از قبیل مخازن نگهداری مایعات و گازهای تحت فشار، سیلوها، سقف‌های گنبدی و موارد مشابه در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرند و در شکل ۲-۷ مثالی از کاربرد آن‌ها نشان داده شده است.



شکل ۲-۷- سازه پوسته‌ای- مخزن آمونیاک واقع در مجتمع پتروشیمی

### ۲-۳-۳- سازه‌های معلق

سازه‌های معلق اغلب در طرح پوشش‌ها (سقف‌ها) و پل‌های با دهانه بلند مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۲-۸ و ۲-۹). در چنین سازه‌هایی یک اسکلت قاب‌بندی شده وجود دارد (مثلاً در پل‌سازی، عبورگاه یا عرشه پل و در پوشش‌ها، اسکلت سقف) که توسط آویزهایی از کابل‌های کششی اصلی آویزان است. استفاده از سازه‌های معلق در پل‌سازی بسیار متداول است.



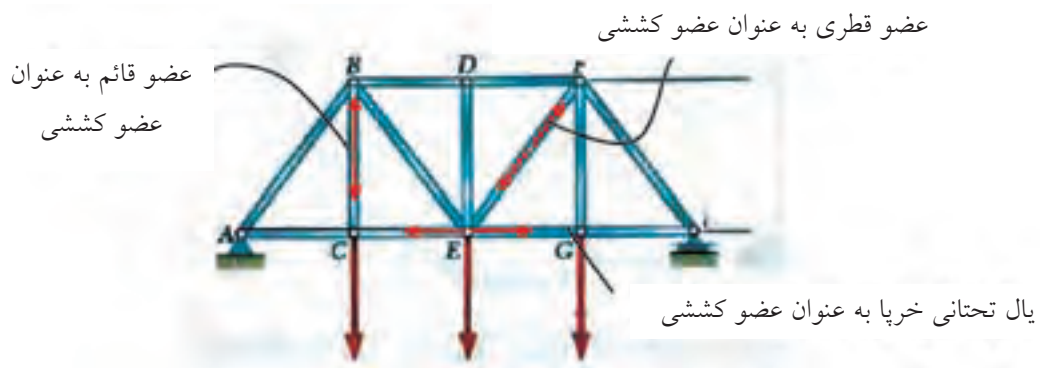
شکل ۲-۸- پل معلق



شکل ۲-۹- سازه‌ی معلق

### ۲-۳-۴- سازه‌های خریایی

خرپا، مجموعه‌ای است که بارها را به وسیله ترکیبی مثلثی شکل از اعضا با اتصال مفصلی به تکیه‌گاه‌ها منتقل می‌کند. در اعضای خریا فقط نیروی محوری فشاری و کششی ایجاد می‌شود و در عمل، ممکن است تنش خمشی در بین اتصالات به میزان کمی در اثر اصطکاک آن‌ها و بارهای وارده و پخش شده در اعضا، بوجود آید که قابل صرف‌نظر کردن است. (شکل ۲-۱۰)



شکل ۲-۱۰- سازه‌ی خریایی

### ۲-۴- محاسن و معایب سازه‌های فولادی

سازه‌های با اسکلت فولادی دارای محاسن زیادی است؛ البته نقاط ضعف محدودی نیز دارد که می‌توان با تدابیر لازم آن‌ها را رفع کرد.



## ۲-۴-۱- محاسن سازه‌های اسکلت فولادی

سازه‌های اسکلت فولادی، به دلیل مزایای زیاد، کاربرد فراوان پیدا کرده است. مزایایی مانند استحکام، خواص خوب مکانیکی و مقاومت بالا در کشش و فشار؛ همچنین به علت تولید فولاد در کارخانه و شرایط بهتر کنترل کیفیت آن، از بتن و سایر مصالح بنایی مشخصات مناسب‌تری دارد.

از دیگر مزایای اسکلت فولادی می‌توان به امکان توسعه‌ی سازه، اتصال چند قطعه به یکدیگر توسط جوش یا پیچ، امکان پیش‌ساخته کردن قطعات، سرعت نصب، اشغال فضای کمتر، و قابلیت کاربرد در ارتفاع زیاد اشاره کرد.



اجرای اسکلت فولادی  
در ارتفاع

## ۲-۴-۲- معایب سازه‌های اسکلت فولادی

حساسیت فولاد در برابر رطوبت هوا منجر به زنگ‌زدگی اسکلت فولادی می‌شود لازم است برای حفاظت آن به اقداماتی از قبیل رنگ‌آمیزی با ضدزنگ و سایر روش‌های حفاظتی، خصوصاً در مناطقی نظیر بندر، مبادرت نمود. مقاومت پایین آن در مقابل آتش‌سوزی و احتمال اتصالات نامناسب یا با کیفیت نامطلوب جوشکاری از معایب سازه‌های فولادی است.

## بیش‌تر بدانیم

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

<http://www.bhrc.ac.ir>

این مرکز دارای بخش‌های مختلف زلزله‌شناسی، مصالح و فناوری‌های ساختمان و ... است. همچنین متولی استاندارد ۲۸۰۰ در مورد طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله می‌باشد.



## ۲-۵- استانداردها و آیین‌نامه‌های ساختمان‌های فولادی

کشورهای مختلف دارای آیین‌نامه‌های مختلفی هستند، مثلاً در آلمان آیین‌نامه‌ی DIN ۴۱۱۴ یا در آمریکا آیین‌نامه‌ی AISC را برای سازه‌های فولادی به کار می‌برند. در ایران، از حدود سال ۱۳۵۰ به بعد، به تدریج ضوابطی در مورد ساختمان و مقررات ملی ساختمان از سوی موسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سپس دفتر تحقیقات و معیارهای فنی معاونت برنامه‌ریزی و

«مقررات طرح، مناسبه و اجرای ساختمان‌های فولادی»  
مداقل ضوابط و مقررات لازم را برای طراحی، تحلیل و اجرای ساختمان‌های فولادی تعیین می‌کند. کاربرد این مبمٹ در محدوده‌ی ساختمان‌ها با کاربری‌های مندرج در قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان و آیین‌نامه اجرایی آن می‌باشد و شامل سازه‌های خاص از قبیل پل‌های جاده و راه آهن نیست.



نظارت راهبردی ریاست جمهوری، و در سال‌های اخیر از سوی دفتر امور مقررات ملی ساختمان وزارت مسکن و شهرسازی با اهداف تامین ایمنی، بهره‌دهی مناسب، آسایش، بهداشت و صرفه‌ی اقتصادی فرد و جامعه تدوین گردیده است. مقررات ملی ساختمان باید به طور کامل طی ضوابط قانونی و توسط کلیه‌ی طراحان و مجریان به مرحله عمل درآید. مقررات ملی تحت عنوان «مبحث دهم: طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی» یکی از منابع مورد استفاده در تدوین این کتاب است که آیین‌نامه‌ی طراحی مورد استفاده‌ی مهندسین ایران می‌باشد.

## بیش‌تر بدانیم



معاونت امور مسکن و ساختمان

<http://www.maskan-sakhteman.ir>

راهبری و هدایت سازمان‌های نظام‌مهندسی ساختمان، تدوین و ترویج آیین‌نامه‌ها و مقررات ملی ساختمان و ... از وظایف این معاونت در وزارت مسکن و شهرسازی می‌باشد.



#### ابداع ساختمان فولادی

گفته‌اند که در زمان خسرو انوشیروان پادشاه ساسانی، سلطان یمن به دربار او می‌آید و از وی برای سرکوبی لشکر حبشه یاری می‌خواهد. انوشیروان گروهی مرکب از هشتصد نفر زندانی را که تعدادی بزرگ‌زاده در میان آن‌ها بوده با هشت کشتی روانه می‌کند تا این کار را به اتمام برسانند. طبق نوشته‌های باقی‌مانده، فرمانده این گروه هرز فرزند آفرید پسر ساسان فرزند بهمن بوده است. این سپاه پس از انجام مأموریت خود و تصرف یمن و حبشه به سوی عدن می‌روند و در آن جا شهری می‌سازند. ابن بلخی در مورد این شهر چنین می‌گوید: ((... قصد عدن کرد و آن‌را بگرفت و در میان دو کوه بر کنار دریا، در آب شهرکی بساخت بنیاد آن از سنگ و ارزیر (قلع) و عمودهای (ستون‌ها و پایه‌ها) آهن و اکنون مشرعه (آبشخور) عدن آن شهر است ...)) طبق گفته ابن بلخی هرز ضمن انجام این مأموریت کانال نهر روان را نیز ساخته است. این طریقه‌ی ساختمان‌سازی در آب را که در دوره ساسانیان انجام می‌شده و ابن بلخی شرح آن را داده است می‌توان در زمهری نخستین نوع ساختمان‌های آبی و ساختمان‌سازی با اسکلت فولادی در جهان به شمار آورد.

### به این پرسش‌ها پاسخ دهید:

- ۱- اسکلتی که برای ساخت کارخانه‌ها و انبارها در ایران متداول است چه نام دارد؟  
پیش ساخته بودن این نوع ساختمان‌ها چه مزایایی دارد؟
- ۲- تحقیق کنید علت این که اجرای اسکلت فولادی معمولاً از کنترل و دقت کمتری در کارگاه نسبت به ساخت قطعات (در کارخانه) برخوردار است چیست؟
- ۳- تحقیق کنید اگر کیفیت جوش‌کاری سازه‌ی اسکلت فولادی مطابق ضوابط نباشد چه خطری متوجه کل سازه می‌شود؟ چرا؟
- ۴- تفاوت میان انواع سازه‌های فولادی را بنویسید.
- ۵- اهداف مقررات ملی ساختمان را نام ببرید.



- ۶- چهارپایه‌ای را انتخاب کنید و با دست نیروی افقی بر آن وارد کنید. اگر این چهارپایه پایداری خود را زود از دست بدهد، با چه تدابیری می‌توان بر پایداری آن افزود؟
- الف - اجرای چپ و راست (بادبندی)
- ب - پر کردن دهانه‌های چهارپایه با ورق یا تخته (دیوار برشی)
- پ - ایجاد اتصالات محکم (انتقال بار افقی به قاب صلب)
- ت - ایجاد پایه‌های بیشتر (افزایش تعدا قاب‌ها)
- کدام روش بهتر است؟ چرا؟ آیا می‌توانید روش دیگری را پیشنهاد کنید؟
- ۷ - می‌خواهیم در کارخانه‌ای دستگاه سنگینی را در ارتفاع نصب کنیم. کدام یک از شیوه‌های زیر از نظر فنی و اقتصادی بهتر است؟ چرا؟
- الف - استفاده از ستون‌های آجری یا سنگی یا چوبی
- ب - استفاده از ستون‌های فولادی
- ۸ - ساختمان بدنی انسان را در نظر بگیرید و در این زمینه به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
- الف - آیا می‌توان این سیستم را با سازه‌ی ساختمانی مقایسه کرد؟
- ب - استخوان‌ها نیرو را چگونه تحمل می‌کنند؟ شرح دهید.
- پ - ماهیچه‌ها نیروها را چگونه تحمل می‌کنند؟ شرح دهید.
- ۹ - اگر یکی از اعضای تیم فوتبال مدرسه‌ی شما خوب بازی نکند (به هر علتی)، به نظر شما این تیم، امید موفقیت دارد؟ چرا؟
- ۱۰ - تیم فوتبال چه شباهتی به سازه‌ی ساختمانی دارد؟ چگونگی آن را شرح دهید.