



ساختمان ۱

دکتر وحید افشین مهر
مهندس مهرآفرین اسدی
مهندس محمد عرب ندوی زرنندی

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک‌درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و کمک‌درسی (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست مطالب کتاب

پیشگفتار	یازده
مقدمه	چهارده
بخش اول. کلیات و مقدمات ساختمان	۱
اهداف کلی	۱
اهداف یادگیری	۲
فصل اول. تاریخ ساختمان از پیدایش تا امروز و تصویری از آینده	۳
تمرین‌های نمونه	۱۰
فصل دوم. تعریف ساختمان و شخصیت فیزیکی و هندسی آن	۱۱
۱-۲ انواع ساختمان	۱۳
۱-۱-۲ انواع ساختمان از نظر مصالح مصرفی	۱۳
۲-۱-۲ انواع ساختمان از نظر کاربری	۱۵
۳-۱-۲ انواع ساختمان‌ها برحسب اهمیت	۱۵
۲-۲ شناخت اجزا ساختمان	۱۶
تمرین‌های نمونه	۱۹
فصل سوم. شناخت بارهای وارد بر ساختمان	۲۰
مقدمه	۲۰
۱-۳ بارهای استاتیکی (ساکن)	۲۰
۱-۱-۳ بارهای مرده (ثابت)	۲۰
۲-۱-۳ بارهای زنده (غیرثابت)	۲۱
۳-۱-۳ بار برف	۲۳
۴-۱-۳ بار باد	۲۳
۵-۱-۳ بارهای ناشی از فشار خاک و آب	۲۶

۲۶	۶-۱-۳ بارهای ناشی از زلزله
۲۷	۷-۱-۳ بارهای ناشی از تغییر درجه حرارت
۲۸	۸-۱-۳ بارهای ناشی از جمع شدگی
۲۸	۹-۱-۳ بارهای ناشی از نشست ساختمان
۲۹	۲-۳ بارهای دینامیکی (متحرک)
۲۹	۱-۲-۳ بارهای ضربه‌ای
۳۰	۲-۲-۳ بارهای تشدید شونده
۳۱	تمرین‌های نمونه

۳۳ فصل چهارم. انواع سازه و سیستم‌های ساختمانی

۳۴	۱-۴ ساختمان‌های با مصالح بنایی
۳۶	۱-۱-۴ ضوابط کلی فرم، پلان و ارتفاع ساختمان‌های با مصالح بنایی
۳۷	۲-۱-۴ ضوابط پی‌های ساختمان‌های با مصالح بنایی
۳۷	۳-۱-۴ ضوابط دیوارها و جان‌پناه‌های ساختمان‌های با مصالح بنایی
۳۷	دیوارها
۳۹	جان‌پناه‌ها
۳۹	۴-۱-۴ ضوابط ملات مصرفی در ساختمان‌های با مصالح بنایی
۴۰	۵-۱-۴ ضوابط سقف‌ها در ساختمان‌های با مصالح بنایی
۴۰	۶-۱-۴ ضوابط کلاف‌بندی در ساختمان‌های با مصالح بنایی
۴۲	۲-۴ ساختمان‌های اسکلتی
۴۳	۱-۲-۴ وظایف اعضا و روند جریان بار در ساختمان‌های قاب اسکلتی
۴۳	۲-۲-۴ گروه‌بندی ساختمان‌ها از نظر سیستم سازه‌ای
۴۵	۳-۲-۴ ساختمان‌های اسکلت فلزی
۵۰	۴-۲-۴ ساختمان‌های اسکلت بتنی
۵۸	۵-۲-۴ ساختمان‌های اسکلت چوبی
۵۸	۳-۴ سایر سیستم‌های ساختمانی
۵۸	۱-۳-۴ سازه‌های کابلی
۵۹	۲-۳-۴ سازه‌های چادری
۶۰	۳-۳-۴ سازه‌های بادی (پنوماتیک)
۶۲	۴-۳-۴ خراباهای تخت
۶۳	۵-۳-۴ خراباهای فضایی
۶۴	۶-۳-۴ گنبدهای ژئودزیک
۶۴	۷-۳-۴ سازه‌های پوسته‌ای یا غشایی
۶۹	۸-۳-۴ سازه‌های قابی (سیستم تیر و ستون)
۷۲	۹-۳-۴ ساختمان‌های لوله‌ای
۷۲	۱۰-۳-۴ سیستم هسته‌ای مرکزی
۷۳	تمرین‌های نمونه

۷۵ فصل پنجم. الزامات استقرار ساختمان و تجهیز کارگاه

۷۵	۱-۵ الزامات عمومی ساختمان
۷۶	۲-۵ بررسی عامل خورشید
۷۶	۳-۵ بررسی عامل باد

۷۷	۴-۵ بررسی عامل زمین
۷۸	۵-۵ عملیات تجهیز کارگاه
۸۲	۷-۵ دسته‌بندی عملیات احداث بنا
۸۳	تمرین‌های نمونه
۸۵	بخش دوم. عناصر و جزئیات ساختمانی (پی - پایه - پوشش‌ها)
۸۵	اهداف کلی
۸۶	اهداف یادگیری
۸۹	فصل ششم. خاک‌شناسی و طراحی پی
۸۹	۱-۶ مقدمه و تعاریف
۹۰	۲-۶ ویژگی‌های خاک
۹۰	۱-۲-۶ تقسیم‌بندی خاک‌ها به لحاظ ابعاد و ذرات
۹۱	۲-۲-۶ تقسیم‌بندی خاک‌ها به لحاظ نحوه‌ی تشکیل
۹۱	۳-۲-۶ تقسیم‌بندی خاک‌ها به لحاظ چسبندگی
۹۳	۴-۲-۶ مقاومت خاک
۹۴	۵-۲-۶ تراکم‌پذیری و نشست خاک
۹۵	۶-۲-۶ رطوبت خاک
۹۵	۷-۲-۶ زاویه‌ی طبیعی شیب خاک
۹۶	۳-۶ آزمایش خاک
۹۸	۴-۶ انواع زمین به لحاظ جنس و دانه‌بندی
۹۹	۵-۶ عملیات خاکی
۹۹	۱-۵-۶ مراحل اجرای عملیات خاکی
۱۰۰	۲-۵-۶ عملیات خاکی در زمین‌های شیب‌دار
۱۰۲	۶-۶ زه‌کشی
۱۰۴	۱-۶-۶ انواع روش‌های زه‌کشی
۱۰۴	۲-۶-۶ اجرای کانال زه‌کشی
۱۰۵	۷-۶ گودبرداری
۱۰۷	تمرین‌های نمونه
۱۰۸	فصل هفتم. پی
۱۰۸	۱-۷ تعریف و ویژگی‌ها
۱۰۸	۲-۷ انواع پی‌ها
۱۱۰	۱-۲-۷ انواع پی به لحاظ مصالح
۱۱۲	۲-۲-۷ انواع پی به لحاظ شکل
۱۲۸	۳-۷ عوامل مؤثر در طراحی پی
۱۳۰	۴-۷ اتصال پی به ستون
۱۳۰	۱-۴-۷ اتصال پی به ستون بتنی
۱۳۱	۲-۴-۷ اتصال پی به ستون فلزی
۱۳۲	۵-۷ کرسی چینی
۱۳۴	تمرین‌های نمونه

۱۳۵	فصل هشتم. دیوار
۱۳۵	۱-۸ تعریف و عملکرد دیوار
۱۳۶	۲-۸ انواع دیوار به لحاظ سازه‌ای
۱۳۶	۱-۲-۸ دیوار باربر
۱۳۶	۲-۲-۸ دیوار غیرباربر
۱۳۶	۳-۸ انواع دیوارها به لحاظ ساختار
۱۳۶	۱-۳-۸ کلاف‌بندی قائم
۱۳۷	۲-۳-۸ کلاف‌بندی افقی
۱۳۸	۴-۸ انواع دیوار به لحاظ عملکرد و محل قرارگیری
۱۳۸	۱-۴-۸ دیوار کرسی چینی
۱۳۸	۲-۴-۸ دیوار خارجی
۱۳۸	۳-۴-۸ دیوار داخلی (تقسیم یا پارتیشن)
۱۳۸	۴-۴-۸ دیوار زیرزمین
۱۳۹	۵-۴-۸ دیوار حائل
۱۳۹	۶-۴-۸ دیوار برشی
۱۴۰	۷-۴-۸ دیوار محوطه
۱۴۰	۵-۸ دیوارهای دیافراگمی
۱۴۲	۶-۸ انواع دیوار برحسب مصالح آن
۱۴۲	۱-۶-۸ دیوار آجری
۱۵۰	۲-۶-۸ دیوار سنگی
۱۵۹	۳-۶-۸ دیوار بلوکی
۱۶۴	۴-۶-۸ دیوار چوبی
۱۶۴	۵-۶-۸ دیوار خشتی
۱۶۴	۶-۶-۸ دیوارهای 3D پانل
۱۶۷	۷-۶-۸ دیوار بتنی
۱۶۸	۷-۸ درگاهی و نعل درگاه
۱۶۸	۱-۷-۸ نعل درگاه و مصالح مختلف ساخت
۱۷۴	۲-۷-۸ نعل درگاهی دیوار دو جداره
۱۷۴	۸-۸ سایه‌بان
۱۷۶	تمرین‌های نمونه
۱۷۸	فصل نهم. سقف
۱۷۸	۱-۹ تعریف و عملکرد سقف
۱۸۰	۲-۹ انواع سقف به لحاظ سازه‌ای
۱۸۰	۱-۲-۹ طاق ضربی
۱۸۴	۲-۲-۹ سقف تیرچه‌بلوک
۱۹۴	۳-۲-۹ سقف دال بتنی
۱۹۶	۴-۲-۹ سقف مرکب (کامپوزیت)
۱۹۷	۵-۲-۹ سقف کرومیت
۱۹۹	۳-۹ انواع سقف به لحاظ فرم و کارکرد
۱۹۹	۱-۳-۹ بام مسطح
۲۰۳	۲-۳-۹ بام شیب‌دار

۲۰۹	۳-۳-۹ قوس
۲۱۰	۴-۳-۹ سقف کاذب
۲۱۸	۴-۹ انواع پوشش‌های سقف شیب‌دار
۲۱۸	۱-۴-۹ ورق‌های سیمان - پنبه‌نسوز
۲۲۰	۲-۴-۱۰ پوشش سقف‌های شیب‌دار با ورق‌های آلومینیوم
۲۲۱	۴-۴-۹ پوشش با قطعات سفالی
۲۲۲	۵-۴-۹ پوشش سقف شیب‌دار با ورق‌های پلاستیکی شفاف
۲۲۳	تمرین‌های نمونه

۲۲۵ فصل دهم. عایق‌کاری

۲۲۵	۱-۱۰ عایق‌بندی رطوبتی، حرارتی و صوتی
۲۲۶	۲-۱۰ مواد عایق رطوبتی
۲۲۶	۳-۱۰ محل عایق‌کاری رطوبتی در ساختمان
۲۲۹	۴-۱۰ عایق‌کاری رطوبتی بام‌ها
۲۲۹	۱-۴-۱۰ عایق‌کاری رطوبتی بام تخت - تراس‌ها و بالکن‌ها (با شیب تا ۱:۶)
۲۳۳	۲-۴-۱۰ عایق‌کاری رطوبتی بام‌های شیب‌دار و قوسی و گنبد‌ها
۲۳۴	۵-۱۰ عایق‌کاری رطوبتی دیوارها
۲۳۴	۱-۵-۱۰ دیوار محوطه
۲۳۶	۲-۵-۱۰ دیوار داخلی
۲۳۹	۳-۵-۱۰ دیوار خارجی
۲۴۰	۴-۵-۱۰ دیوار زیرزمین
۲۴۲	۶-۱۰ عایق‌کاری درپوش‌های دست‌انداز بام
۲۴۳	۷-۱۰ آزمایش عایق‌کاری
۲۴۴	۸-۱۰ عایق‌کاری حرارتی بام
۲۴۴	۱-۸-۱۰ بام سرد
۲۴۵	۲-۸-۱۰ بام گرم (بام وارونه)
۲۴۶	۹-۱۰ عایق‌کاری حرارتی دیوار
۲۴۷	۱-۹-۱۰ عایق‌کاری حرارتی از داخل
۲۴۷	۲-۹-۱۰ عایق‌کاری حرارتی از خارج
۲۴۸	۳-۹-۱۰ دیوار عایق حرارتی همگن
۲۴۹	۴-۹-۱۰ دیوار دو لایه
۲۵۰	تمرین‌های نمونه

۲۵۲ فصل یازدهم. کف‌سازی

۲۵۲	۱-۱۱ کف‌سازی محوطه (کف‌سازی روی خاک)
۲۵۴	۲-۱۱ کف‌سازی طبقات
۲۵۵	۳-۱۱ کف‌سازی بام
۲۵۵	۴-۱۱ کف کاذب
۲۵۷	۵-۱۱ کف‌پوش‌ها
۲۵۷	۱-۵-۱۱ پوشش کف با آجر سیمانی و موزاییک
۲۵۸	۲-۵-۱۱ پوشش کف از آجرهای سیمانی و موزاییک بدون ملات و کفپوش‌های موزاییکی در جا شسته

۲۵۸	۳-۵-۱۱ کفپوش سنگی
۲۵۹	۴-۵-۱۱ کفپوش سرامیکی
۲۵۹	۵-۵-۱۱ کفپوش با چوب و پارکت
۲۶۰	۶-۵-۱۱ کفپوش های پلاستیکی و لاستیکی
۲۶۱	۷-۵-۱۱ کفپوش های چوب پنبه ای
۲۶۱	۷-۵-۱۱ کف پوش های نساجی
۲۶۱	۹-۵-۱۱ کفپوش های فیری
۲۶۲	۱۰-۵-۱۱ کف پوش آجری، آجر ماسه آهکی
۲۶۲	۱۱-۵-۱۱ کفپوش منزیتی
۲۶۲	تمرین های نمونه

۲۶۳ منابع و مآخذ

پیشگفتار

کتاب حاضر به عنوان مقدمه‌ای بر یافتن روش‌های مناسب اجرای ساختمان از طریق تمرکز بر نقش و عملکرد عناصر و اجزا آن و همچنین توجه بر منطق شکل‌گیری این اجزا که با اتکا به شناخت دقیق از مصالح ساختمانی صورت می‌گیرد برای دانشجویان رشته‌های مهندسی معماری، مرمت، مدیریت پروژه و عمران و سایر افراد علاقه‌مند طراحی و تدوین شده است و اگرچه مبنای شکل‌گیری آن سرفصل درس ساختمان(۱) در دوره‌ی کارشناسی مهندسی معماری می‌باشد لیکن در نگارش آن سعی شده است به کلیه مباحث مربوط به اجرای ساختمان حداقل به صورت نظری پرداخته شود.

این کتاب به صورت گذرا، کلیه‌ی مفاهیم اجرایی ساختمان را مورد توجه قرار داده و در حد بضاعت واحد درسی مورد نظر به شرح و بسط برخی از آن‌ها پرداخته است به نحوی که از پی شروع شده و ضمن ارائه‌ی تعاریف هر بخش با گذر از پایه به پوشش رسیده است. در این راستا گذری بر نیروهای مؤثر بر ساختمان و فرم‌های ساختمانی، همچنین استقرار ساختمان، آب و هوا، خاک و عوامل وابسته به حواس داشته و پس از آن به تقسیم‌بندی کارهای احداث بنا پرداخته است.

سعی و اعتقاد ما در بیان مطالب کتاب حاضر بر این بوده است تا مطالب به نحوی ارائه شود که خواننده با کمترین نیاز به کمک بتواند از آموزش لازم بهره‌مند گردد.

مقدمه

اگر آموزش در رشته مهندسی معماری را به ترکیبی از دانش فنی و خلاقیت هنری تقسیم کنیم و هدف این رشته را تربیت مهندسانی بدانیم که بر عمل خلاقانه‌ی تولید فضایی مناسب برای زیست انسان تسلط داشته باشند تا بدین ترتیب ابعاد کمی و شرایط کیفی زیست و رشد در جامعه فراهم گردد، بر این اساس هدف مهندس معمار ترکیب معارف و دانش‌های فنی و قدرت خلاقه‌ی هنری در جهت ایجاد ساختمان‌هایی است که جوابگوی نیازهای عملکردی، معیارهای زیبایی‌شناسی، نیازهای دوران بهره‌برداری و محدودیت‌های شرایط اجرای ساختمان باشد.

به همین جهت در این کتاب طی یازده فصل سعی بر آن شده است تا کلیه‌ی مفاهیم و روش‌های مربوط به اجزا ساختمان مورد توجه و بحث و بررسی قرار گیرد. این کتاب که کاملاً در راستای تأمین اهداف برنامه‌ی درسی رشته‌ی مهندسی معماری و درس ساختمان^(۱) تدوین شده، ضمن پوشش کلیه موارد مندرج در سرفصل تلاش دارد اطلاعات پایه‌ای مفید و قابل استفاده در اجرای ساختمان را در اختیار خواننده قرار دهد.

این کتاب ابتدا به معرفی کلیه‌ی اطلاعاتی که برای شروع ساخت یک ساختمان مورد نیاز است می‌پردازد. از جمله تعریف و شناخت بارهای وارد بر یک ساختمان، خواص مواد و مصالح ساختمانی که در حین اجرا مورد استفاده قرار می‌گیرند، انواع سیستم‌های سازه‌ای انتخابی و همچنین بحث مختصری در خصوص انتخاب و شرایط محل استقرار ساختمان، در پایان بخش اول کتاب عملیات تجهیز کارگاه شرح داده

می‌شود، شیوه‌های اجرا و منطق و عملکرد هر جزء در بخش دوم به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این بخش مراحل ساخت اجزا اصلی ساختمان به‌صورت نظری از پایین‌ترین لایه یعنی «بستر پی» تا بالاترین لایه یعنی «پوشش نهایی بام» مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

این کتاب گامی است در مسیر شناخت دقیق‌تر مفاهیم اجرایی ساختمان و همچنین استمرار فعالیت‌های علمی و پژوهشی این حوزه که امید است به‌وسیله‌ی خوانندگان محترم، دانشجویان عزیز و سایر اساتید گرامی مورد نقد قرار گرفته و چنانچه تغییر و اصلاحی در آن به نظر می‌رسد گروه مؤلفان را مورد عنایت قرار دهند. در خاتمه ضمن تشکر ویژه از دو همکار گرامی که در تألیف کتاب همکاری مستقیم داشته‌اند از همکاری کلیه مسئولان و کارکنان مدیریت‌های تدوین و انتشارات دانشگاه تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

دکتر وحید افشین‌مهر
عضو هیئت علمی دانشگاه پیام‌نور
اردیبهشت ۹۳

بخش اول

کلیات و مقدمات ساختمان

- تاریخ ساختمان از پیدایش تا امروز و تصویری از آینده
- تعریف ساختمان و شخصیت فیزیکی و هندسی آن
- شناخت بارهای وارد بر ساختمان
- مصالح ساختمانی
- انواع سازه و سیستم‌های ساختمانی
- الزامات استقرار ساختمان و تجهیز کارگاه

اهداف کلی

هدف این بخش آشنایی با مبانی و کلیاتی است که سازنده ساختمان باید به عنوان اصول پایه و پیش زمینه، قبل از دقیق شدن در جزییات اجرایی ساختمان از آن‌ها آگاهی داشته باشد و با تکیه بر این اصول، جزییات اجرایی و ریزه‌کاری‌هایی را که در فصل بعد به آن‌ها پرداخته می‌شود را به صورت هدفمند انتخاب کرده و به کار گیرد.

این بخش مشتمل بر شش فصل است که از تعریف ساختمان و نیروهای که آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد آغاز می‌شود و پس از توضیح نکات اجرایی انواع مصالح ساختمانی، سیستم‌های سازه‌ای مختلف مطرح در آیین نامه‌های ساختمانی ایران را مورد توجه قرار می‌دهد و اشاره‌ای مختصر نیز به سایر سیستم‌های سازه‌ای دارد که میدان دید

بازتری را پیش روی دانشجوی قرار می‌دهد و امکان انتخاب‌های متنوع و نوین را به او یادآوری می‌کند.

در نهایت با نکاتی چند پیرامون شرایط محل پروژه و روال آغاز کار ساخت‌وساز و تجهیز کارگاه، مباحث این بخش خاتمه می‌یابد.

اهداف یادگیری

- در پایان این بخش با توجه به توانایی‌های کسب شده از دانشجویان انتظار می‌رود:
- انواع ساختمان و تقسیم‌بندی آن بر اساس آیین‌نامه‌های مطرح در کشور را معرفی کنند و اجزای ساختمان را بشناسند.
- شناخت کلی از انواع بارهای وارد بر ساختمان داشته باشند.
- شناخت اجرایی و کاربردی از انواع مصالح ساختمانی حاصل کنند.
- به‌طور کلی انواع سیستم‌های ساختمانی را بشناسند.
- شیوه‌ی اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی را بدانند و ضوابط اجرایی آن را بشناسند.
- ساختمان‌های اسکلتی، سیستم‌های سازه‌ای متداول و نکات اجرایی مصالح آن‌ها را بدانند.
- محدودیت‌های محل استقرار ساختمان و عوامل تأثیرگذار محیطی را بشناسند.
- روال عملیات تجهیز کارگاه و آغاز به‌کار ساخت‌وساز را بدانند.
- دورنمای کلی از عملیات احداث بنا به‌دست بیاورند.

فصل اول

تاریخ ساختمان از پیدایش تا امروز و تصویری از آینده

بشر نخستین ساختمان‌سازی را با ساخت سرپناه برای محافظت خود از عوامل بیرونی، حیوانات وحشی و آب و هوا تجربه کرد. او مصالح ساختمانی خود را از طبیعت اطرافش به دست می‌آورد. خانه‌های مناطق جنگلی و روستایی به صورت آلاچیق‌هایی پوشیده از شاخ و برگ درختان یا از چوب ساخته می‌شدند. بناهای مناطق کویری و خشک، خشتی و گلی بودند و ساختمان‌های مناطق قطبی از برف و یخ ساخته می‌شدند. روش‌های ساخت و شیوه‌های اتصال گوناگون از قبیل: دوختن، چسباندن، بستن و غیره که در طول تاریخ، به فکر انسان می‌رسید. فرم‌های گوناگون ساختمان‌ها را به وجود می‌آورند. در آن زمان ساختمان به شکل توده‌ای از مصالح بود و کسی چیزی از تفکیک عناصر باربر و غیر باربر (محافظت‌کننده) نمی‌دانست.

در کاوش‌های باستان‌شناسی تپه‌ی سیلک کاشان، باقی‌مانده‌ی بناهای ساخته شده از خشت خام در هزاره سوم قبل از میلاد و پوشش‌هایی از سقف چوبی به دست آمده است. آجر به عنوان عنصری مهم از زمان مصر باستان تاکنون مورد استفاده قرار گرفته و ساختمان‌سازی‌های عظیم و شکوهمند با سنگ از زمان ساخت مجموعه‌ی کاخ‌های تخت جمشید تا دوران ساسانیان و پس از آن رواج داشته است.

با پیشرفت و تکامل انسان در طول تاریخ، ساختمان‌سازی هم تکامل پیدا کرد. رومی‌ها اولین گنبد‌های سنگی را روی پلان‌های دایره‌ای ساختند و ساسانیان در ایران با استفاده از گوشواره، اولین گنبد‌ها را روی پلان مربع شکل بنا کردند.

ساخت نخستین طاق گهواره‌ای در معبد زیگورات چغازنبیل، معماری با عظمت تخت جمشید، انواع قوس‌های بیضی، تخم‌مرغی، جناغی و شاخ بزی که همگی منطق ریاضی قوی دارند، استفاده از تناسبات و پیمون، حاکی از فن آوری معماری ایرانی و غنای دانش ایرانیان در زمان خود است.

در اروپا در دوران قرون وسطی، طاق جناغی استفاده می‌شد و معماری گوتیک از طاق متقاطع با قوس‌های تیزه‌دار، امکان طاق زدن بر دهانه‌های طویل را میسر کرد. توسعه‌ی مصالح هم به لحاظ ساخت و هم در نحوه‌ی به‌کارگیری آن در طول تاریخ ساختمان‌سازی همواره امکانات جدیدی را ایجاد کرده است. مثلاً ابتدا سنگ به‌صورت خشکه‌چینی و بدون ملات در ساختمان به‌کار می‌رفت لذا دیوارها کوتاه بود، اما بعدها با اختراع ملات و سنگ‌های برش خورده دیوارهای بلندتری ساخته شد. بعدها ستون‌های سنگی مانند ستون‌های چوبی به‌کار رفت. وقوع انقلاب صنعتی در قرن هجدهم روی تولیدات و به تبع آن معماری اثر گذاشت. اختراع چدن تأثیر به‌سزایی در معماری داشت. تا پیش از انقلاب صنعتی آهن به ندرت در ساختمان‌ها به‌کار می‌رفت. اما پس از آنکه به نحوه‌ی صنعتی تولید شد، رواج زیادی پیدا کرد. انگلیسی‌ها در قرن هجدهم، موفق به ساخت پل سورن با استفاده از چدن شدند، این پل که ۳۰ متر دهانه داشت در آن زمان تجربه‌ای جدید و دلیرانه به حساب می‌آمد. سپس با استفاده از تکنولوژی جدید، روز به روز دهانه‌های پل‌ها بزرگ‌تر می‌شد، امروز پل‌ها، دهانه‌هایی بیش از ۱۰۰۰ متر را پوشش می‌دهند.



شکل ۱-۱. پل کولبرک دیل - نخستین پل تمام آهنی

به زودی چدن و آهن در بسیاری از عناصر ساختمانی، نقش موفق خود را نشان دادند. ستون‌های چدنی در ساختمان‌ها، ساخته شدند و بام‌ها و خریپاهای چوبی، جای خود را به خریپاهای چدنی و فلزی دادند. بعدها پوشش‌های سقف با استفاده از تیر آهنی و طاق‌های ضربی آجری رواج یافت.

در تاریخ معماری جهان تا مدت‌ها دیوارهای قطور و سنگین، وزن سقف‌ها را تحمل می‌کردند. تا اینکه ضخامت دیوارها در نقطه‌ای اتصال به تیرها بزرگ‌تر در نظر گرفته شد و باعث شد دیوارهای ضخیم و سرتاسری به شکل ستون درآیند. در ابتدای قرن نوزدهم با استفاده از تیرها و ستون‌های چدنی این نوع ساختمان‌سازی گسترش پیدا کرد و بعدها آهن و سرانجام فولاد در ساختمان به کار گرفته شد اما با مرتفع شدن ساختمان‌ها، ضخامت دیوارهای طبقه زیرین برای تحمل وزن ساختمان افزایش می‌یافت.

در اواخر قرن نوزدهم ممکن شد که تمام نیروهایی که در ساختمان وجود دارند، مستقیم به پی ساختمان منتقل شوند و به این ترتیب تیرها و ستون‌ها با ابعاد کوچک‌تری ساخته شدند و ساختمان‌هایی با اسکلت فلزی رایج شد و تفکیک دو عامل باربر و محافظت‌کننده (غیرباربر)، فن ساختمان‌سازی را به سوی ساده‌ترین نوع سیستم قاب‌ها یعنی تیروستون رهنمون کرد.

ظرافت در سازه‌ی فلزی، امکان ایجاد پنجره‌های وسیع را میسر کرد و بعدها دیوارهای پرده‌ای جای دیوارهای قطور و سنگین گذشته را گرفت. اختراع آسانسور و پیشرفت تجهیزات و تأسیسات مکانیکی و الکتریکی مربوط به ساختمان به موازات پیشرفت سیستم‌های ساختمانی هر روزه امکانات تازه‌ای را در عرصه‌ی ساختمان و معماری به ارمغان می‌آورد.

انبوه‌سازی و تولیدات صنعتی پس از انقلاب صنعتی مسئله‌ی ساخت سریع و اقتصادی ساختمان‌ها را مطرح کرد. ساختمان‌هایی که با عنوان چوب‌بست‌های پوشالی ساخته شدند، احتیاج به کارگر را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دادند. و به سرعت کشورهای صنعتی را آباد می‌کردند. چوب‌بست‌هایی که با میخ به هم متصل شده بودند و خیلی ساده و سریع ساخته می‌شدند. در معماری جدید کشورهای پیشرفته، نقطه شروعی برای روش‌های صنعتی و پیش‌ساخته‌ی ساختمان‌سازی در آینده بود.

افزایش روزافزون جمعیت و نیاز به سر پناه برای آنها در کنار اختراعات جدید، سرآغاز ساخت ساختمان‌های بلند و توسعه‌ی سیستم‌های ساختمانی بود. با مطرح شدن جنبه‌ی اقتصادی ساختمان، نماهای بدون تزیین و مسطح به علت صرفه‌جویی در قیمت، جای نماهای پر زرق و برق و پرکار قدیمی را گرفتند و در اواخر قرن نوزدهم بخش مرکزی و تجاری شهر شیکاگو نمود جرات پیشرفت و کاربرد امکانات تازه‌ی فنی در معماری ساختمان‌های عظیم و متعدد بود. در این زمان تدابیر تازه‌ای برای رفع مشکلات ساختمانی اندیشیده شد، مثلاً مفاصل لولایی برای انعطاف‌پذیری بنا در برابر تخریب‌های ناشی از صلبیت ساختمان در شرایط متغیر به‌کار گرفته شد و برای خاک‌های سست از پی شناور استفاده شد. به‌طور کلی می‌توان به دو ساختمان مهم تاریخ معماری اشاره کرد که در پیش برد صنعت جدید ساختمان اثر داشتند، ساخت قصر بلورین که پس از آن شاهد توسعه‌ی شیشه‌های طاقی و دهانه‌هایی هستیم که روز به روز گسترش می‌یابند و همچنین نقطه‌ی شروعی بر ساختمان‌های پیش ساخته‌ای که به‌صورت اجرا می‌شدند و نیز برج ایفل که مصداق مهندسی و استفاده از تکنولوژی ساختمان در قرن خود بود. گستاو ایفل سازنده‌ی این برج، از حاصل تجربیات خود در خصوص تأثیر خصوصیات خاک و فشار باد بر پی‌ها و ستون‌ها در ساخت این بنا استفاده کرد.



شکل ۱-۳. قصر بلورین



شکل ۱-۲. برج ایفل

تکنولوژی عرصه‌ی ساختمان و مصالح جدید، راه را برای خلق یک معماری نوین باز کردند.

بتن به عنوان یک ماده‌ی جدید ساختمانی به سرعت بر روی معماری اثر گذاشت. در قرن نوزدهم بود که از بتن برای ساخت پی و کف‌سازی (پر کردن فواصل بین تیرهای آهنی) استفاده شد. اندکی بعد بتن در ساختمان‌های بزرگ به کار گرفته شد و از حدود دهه‌ی اول قرن بیستم تقریباً در همه جا رواج فراوان یافت و در نتیجه‌ی آن ساخت پیش‌آمدگی (کنسول)های وسیع در ساختمان‌ها قدرت معماری جدید را به رخ کشید. مقاومت در برابر آتش‌سوزی و کاربرد وسیع و متنوع بتن آن را رواج داد. بعدها در سازه‌های پوسته‌ای از آن استفاده شد. در این سیستم توسعه زیادی یافت. مقابله با آتش‌سوزی به وسیله‌ی بتن و تولید رنگ‌های ضد حریق در ساختمان‌های فولادی صورت گرفت.

معمار و محاسب که در قرن پیش تا حدود زیادی از هم فاصله گرفته بودند دوباره به هم نزدیک شدند، ساختمان‌های بلند مرتبه و شیشه‌های وسیع در این دوران چهره‌ی شهر را عوض کردند.

با طرّ‌ای کردن تیرها در ساختمان‌های دارای اسکلت، حس سبکی و تنوع درنماسازی افزایش یافت و چون در این حالت هیچ باری توسط دیوارهای خارجی تحمل نمی‌شد، در نتیجه این دیوارها می‌توانستند از هر مصالحی ساخته شوند. به تدریج با پیشرفت سیستم سازه‌ای و دانش زمان دیوارها نازک‌تر و باریک‌تر شدند. ساختمان‌هایی با نمای شیشه‌ای جای دیوارهای توپر آجری را گرفتند. امروزه پوشش‌های آلومینیوم و انواع پلاستیک مانند مصالح تشکیل‌دهنده‌ی 3D wall ها و ساندویچ پنل‌ها و غیره از مصالح سازنده‌ی دیوارها و نماها هستند.

ابتدا اسکلت ساختمان‌ها در پوشش دیوارهای آجری یا سنگی آن مخفی می‌شدند. در دهه‌ی ۱۹۷۰ با قرارگیری معمار و محاسب در کنار یکدیگر معماری "های‌تک" شکل گرفت و سیستم‌های سازه‌ای و تأسیساتی ساختمان به شکلی زیبا و جذاب در نمای ساختمان مطرح شد. سبک‌هایی مثل "های‌تک" که سازه را به رخ می‌کشید، احساس سبکی و انتقال بارهای ساختمان توسط سازه را نمودار می‌کرد.

در کنار سیستم پرکاربرد تیر و ستون، سیستم‌های جدید ساختمانی این قرن نظیر سیستم دیوار برشی، ساختمان‌های لوله‌ای و غیره نیز برای ساخت ساختمان‌های بلند مرتبه استفاده شدند.

در قرن حاضر خانه‌ها دارای ستون‌های فولادی ظریف و دیوارهای نازک غیرباربر است و دیگر مثل گذشته از درها و جرزهای سنگین استفاده نمی‌شود. در معماری قرن بیستم زیبایی نهفته در فن ساختمان و خلوص مصالح ساختمانی با ظرافت نشان داده شده است. امروزه معمار باید بتواند با استفاده از مصالح امروزی و فنون جدید و شناخت سبک‌های معماری پاسخگوی نیاز جامعه و شرایط و دیدگاه کارفرما باشد.

آنچنان که گفته شد، در طول تاریخ درک سازه و شیوهی ساختمان‌سازی بشر، از یک سرپناه سنگی که چند دیوار و یک سقف روی خود داشت، به سیستم‌های جدید و متنوع ساختمانی امروز رسیده است ساختمان‌ها هم چنان در حال سبک‌تر و ساده‌تر شدن هستند. هرچند شاید سیستم‌های جدید ساختمانی توسعه‌ی همان سازه‌های قبلی و کشف و بهره‌برداری از قابلیت‌های بالقوه‌ی آنهاست. مثلاً سازه‌های چادری در واقع سازه‌ای مانند چادر سیرک دارد و سازه‌های فضاکار^۱ که شکل پیشرفته‌ای از همان خراباهای چوبی برای سقف‌ها هستند. امروزه طراحی سیستم‌های ساختمانی بسیار فراتر از سیستم‌های سازه‌ای تیر و ستون و روش‌های قدیمی می‌باشد. حضور سیستم‌های سازه‌ای پوسته‌ای غشایی، انواع گنبد‌های مشبک و سازه‌های فضا کار، تجربیات نوینی را در دنیای معماری امکان‌پذیر می‌سازد و ضمن نوید آینده‌ای درخشان با پیشرفت روزافزون فن ساختمان و روی کار آمدن مصالح جدید یکی پس از دیگری، امکانات جدیدی را پیش روی معمار می‌گشاید.

* نتیجه‌گیری

ساختمان‌سازی در طول تاریخ و همچنین امروزه تابع عواملی است که می‌توان از آن جمله به موارد زیر اشاره کرد:

- فرم و عملکرد ساختمان
- زیبایی‌شناسی
- فن‌آوری
- مصالح مصرفی

- سازه
 - روش اجرا
 - ساخت و نصب
 - عوامل اقتصادی و سیاست‌های موجود
 - عوامل اقلیمی و توجه به مسأله‌ی انرژی که امروزه از بحث‌های مطرح معماری روز دنیاست.
 - عوامل فرهنگی و سبک زندگی
- هریک از این جنبه‌ها در طول تاریخ تکامل مخصوص به خود را داشته است. همچنین پیشرفت علوم و فنون به نوبه‌ی خود باعث شده شناخت بیشتری حاصل شود تا در زمینه‌های گوناگون این شناخت به کمک ما بیاید مثلاً آزمایش‌های خاک‌شناسی و ژئوتکنیکی منجر به پیشرفت ساخت در زمینه‌ی پی و توانایی ساختمان‌سازی در انواع زمین‌ها شد.
- مصالح ساختمانی نیز به دو شکل توسعه پیدا کرده‌اند. مصالح جدیدی که در گذشته نبوده‌اند و محصول این قرن هستند و گروه دیگر همان مصالح قدیمی هستند اما با استفاده از فن‌آوری‌های جدید با کیفیت بهتر کارایی بیشتری تولید می‌شوند. هم‌چنین در مورد قطعات و اتصالاتی که در ساخت و ساز به کار می‌روند این مسأله صادق است.
- به علاوه فرهنگ و سبک زندگی مردم دائماً در ساختمان‌سازی آن عصر تأثیر می‌گذارد. به این ترتیب که ساختمان‌های با جرزهای سنگین و درهای بزرگ قلعه‌مانند دیروزی تبدیل به برج‌های با دیوارهای پرده‌ای و شیشه‌ای جوابگوی جمعیت انسانی کثیر امروزی شده‌اند.
- سیستم‌های ساختمانی جدید نظیر انواع سازه‌های کابلی، پارچه‌ای و خریایی نوین و توسعه‌ی تجهیزات وابسته به صنعت ساختمان مانند تأسیسات مکانیکی، الکتریکی و غیره گسترش و پیشرفت روز افزون فن ساختمان‌سازی را در برداشته است. به آن امید که پیشرفت فن صنعت ساختمان پاسخگوی خلق فضاهاى جدید و کاراتر و همچنین فرم‌های بدیعی باشد که به هدف معماری نوین پاسخ بگوید.



شکل ۱-۴. تالار لندن (اثر نورمن فاستر)



شکل ۱-۵. برج چرخان (اثر کالاتراوا)



شکل ۱-۶. برج سی سی تی وی (اثر رم کولهاس)

تمرین‌های نمونه

۱. روند رشد ساختمان‌سازی از سیستم باربر به سیستم‌های سازه‌ای و بلندمرتبه‌سازی را به اختصار شرح دهید.
۲. دو ساختمان مهم که در پیشبرد صنعت جدید ساختمان‌سازی و معماری اثرگذار بوده‌اند را نام ببرید و مختصراً شرح دهید.
۳. ساختمان‌سازی در طول تاریخ و همچنین امروزه تابع چه عواملی می‌باشد؟

فصل دوم

تعریف ساختمان و شخصیت فیزیکی و هندسی آن

هر ساختمان از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است. اصلی‌ترین بخش آن سازه‌ی ساختمان می‌باشد که در حکم اسکلت و استخوان‌بندی یک بنا می‌باشد. هر ساختمان سیستم سازه‌ای مختص به خود دارد که وظیفه‌ی آن برپا نگه داشتن ساختمان و تحمل و انتقال نیروهای وارد بر آن به زمین به نحو مطلوب در طول عمر ساختمان است.

هدف از طراحی هر سازه جوابگویی به سه هدف زیر است:

- ایمنی
- عملکرد مطلوب
- دوام و ایستایی

علاوه بر بخش سازه‌ای و عناصر اصلی ساختمان نظیر دیوار، کف، سقف و غیره که توسط مصالح ساختمانی مختلف ساخته می‌شوند، انواع اتصالات، اجزای سازه‌ی آن را به هم متصل می‌کنند. در بخش‌هایی هم پوشش‌ها و ریزه‌کاری‌هایی که طبق آیین‌نامه و دستورالعمل‌ها اجرا می‌شود، انجام می‌گیرد.

معمولاً مراحل طراحی و اجرای ساختمان را به شکلی که در جدول زیر آمده است، فازبندی می‌کنند:

جدول ۱-۲. مراحل طراحی و اجرای ساختمان

مرحله	عملیاتی که در هر مرحله انجام می‌شود
فاز صفر	مطالعات اولیه شامل: مطالعه و جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل ابعاد و اندازه و استانداردهای فضاهای مورد نیاز (برنامه‌ریزی فیزیکی)، تحلیل خواسته‌های کارفرما، اصول و ضوابط شهرسازی و معماری و شرایط اقلیمی است.
فاز یک	طراحی و تأیید طرح اولیه بدون نظارت اجرایی، ارائه‌ی ال‌ترناتیوها - کانسپت‌های اولیه شامل: شکل‌گیری ایده‌ی اولیه و تهیه‌ی نقشه‌های پلان، سایت‌پلان، نماها و مقاطع مورد نیاز و غیره.
فاز دو	تهیه‌ی نقشه‌های اجرایی و جزئیات فنی طرح شامل: تهیه‌ی نقشه‌های معماری فاز ۲ توسط مهندس معمار، نقشه‌های سازه (تعیین ابعاد و اندازه‌ی ستون‌ها و سازه‌ی اجزا و محاسبات و تحلیل نیروها و غیره) توسط مهندس عمران با صلاحیت، تهیه‌ی نقشه‌های الکتریکی و مکانیکی، تهیه‌ی کلیه‌ی جزئیات اجرایی
فاز سه	پروژه اجرا می‌شود.
فاز چهار	مرحله‌ی پایانی: مرحله‌ی ارزیابی و بهره‌برداری از پروژه

نقشه‌های معماری معمولاً در مقیاس‌های $\frac{1}{100}$ و حداکثر $\frac{1}{50}$ تهیه می‌شوند. از این رو نمی‌توانند جزئیات اجرای هر قسمت را دقیق و کامل نشان دهند. به همین جهت نقشه‌های جزئیات در مقیاس‌های $\frac{1}{20}$ و $\frac{1}{10}$ و حتی بعضی مواقع $\frac{1}{5}$ ترسیم می‌شود.

در نقشه‌های اجرایی پروژه جزئیات اجزا و اتصالات قسمت‌های مختلف نشان داده می‌شود. مثلاً جزئیات اجرای در و پنجره‌ها، دیوارها، نعل درگاه‌ها، سایه‌بان‌ها، اتصالات تیر و ستون و پی‌ها و غیره.

به عنوان مثال وقتی قرار است کف‌سازی یک ساختمان که موزاییک و ملات ماسه‌سیمان است نشان داده شود آن را با نقشه‌های جزئیات مشخص می‌کنیم. ضخامت ملات که ۳ سانتی‌متر است را نمی‌توان در مقیاس $\frac{1}{100}$ و $\frac{1}{50}$ نشان داد. بدیهی است که با مقیاس $\frac{1}{10}$ به سادگی قابل ترسیم و نشان دادن است.