

۱-۱ مقدمه

تعداد ساختمان‌هایی که در جهان از چوب ساخته شده‌اند بیشتر از ساختمان‌هایی است که از سایر مصالح سازه‌ای ساخته شده‌اند. اکثر این ساختمان‌ها مسکونی و برای یک خانواده هستند، ولی بسیاری از ساختمان‌های آپارتمانی همچون ساختمان‌های تجاری و صنعتی نیز با قاب‌بندی (اسکلت) چوبی ساخته می‌شوند.

استفاده وسیع از چوب در ساختمان‌ها هم جنبه اقتصادی و هم جنبه معماری دارد. توانایی ساخت ساختمان‌های چوبی با حداقل تجهیزات و حداقل وزن این ساختمان‌ها را در مقایسه با سایر ساختمان‌ها کم هزینه‌تر می‌نماید. از سوی دیگر، در جایی که نیازهای معماری اهمیت دارد، زیبایی و جذابیت نمای چوبی را به سختی می‌توان با سایر مصالح مقایسه کرد.

ساختمان‌های با قاب‌بندی چوبی که در ابتدا برای سرپناهای اولیه به کار می‌رفته است، به طراحی ساختمان‌ها در سطح وسیع توسعه یافته است. ولی در اکثر دانشگاه‌ها به آموزش طراحی فولاد و بتن مسلح پرداخته می‌شود و به طراحی چوب توجه کافی نمی‌شود.

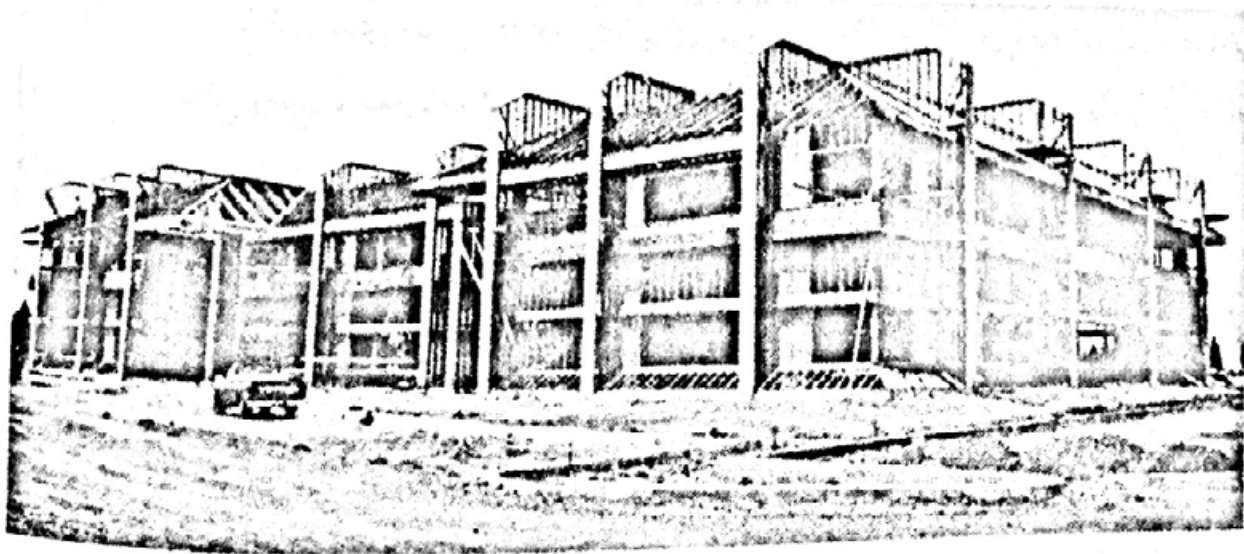
این کتاب به گونه‌ای ارائه شده است تا موضوع طراحی چوب را برای ساخت ساختمان‌هایی که با قاب چوبی به کار می‌رود معرفی نماید. اگر چه تمرکز توضیحات بر روی طراحی ساختمان است، ولی مفاهیم برای طراحی سایر سازه‌های چوبی نیز به کار می‌رود. در نهایت، مسئولیت طراحی ساختمان به مهندس سازه واگذار می‌شود. این کتاب به این هدف نوشته شده است که قابل استفاده برای طیف وسیعی از خوانندگان باشد. این طیف عبارتند از: مهندسين، تکنسین‌های مهندسی، طراحان معماری و سایر عواملی که به طراحی ساختمان مرتبط هستند. برای دنبال کردن این کتاب به پیش زمینه استاتیک و مقاومت مصالح نیاز می‌باشد. (اکثر ساختمان‌های چوبی از اجزاء سازه‌ای پیچیده‌ای تشکیل شده‌اند، ولی برای ساده شدن طراحی فرض می‌شود که ساختمان از اعضای که در استاتیک شناخته‌ایم ساخته شده‌اند). توانایی تحلیل خرپاهای ساده، تیرها و قاب‌ها نیز ضروری می‌باشد.

۱-۲ انواع ساختمان‌ها

انواع مختلف سیستم‌های قاب‌بندی در ساختمان وجود دارد که می‌تواند در ساختمان‌های چوبی به کار رود. در معمولی‌ترین سیستم قاب‌بندی ساختمان از یک سیستم دیافراگم افقی به همراه دیوارهای برشی، برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی استفاده می‌شود، این کتاب به طراحی این نوع ساختمان‌ها می‌پردازد. هنگامی که در آیین‌نامه‌های ساختمانی، ساختمان با دیوار برشی را تحت عنوان «سیستم جعبه‌ای» دسته‌بندی کردند توصیف فیزیکی خوبی از روشی که ساختمان را در برابر نیروی جانبی مقاوم می‌کند، کرده بودند. ولی آیین‌نامه‌های ساختمانی این اصطلاح را رها کرده و در حال حاضر اکثر ساختمان‌های چوبی با دیوار برشی تحت عنوان «سیستم دیوار باربر» دسته‌بندی می‌شوند. تفاوت میان دیوار برشی با سیستم دیافراگم و سایر سیستم‌ها در فصل سوم آورده شده است.

انواع دیگر سیستم‌های ساختمانی، از جمله قوس‌های چسب الواری و ساختمان‌های با قاب پیشرفته از حوصله بحث این کتاب خارج است. به نظر می‌رسد طراح باید در ابتدا درک صحیحی از رفتار ساختمان‌های با دیوار برشی و روش‌های طراحی که برای آنها به کار می‌رود داشته باشد. با این پیش زمینه، طراح می‌تواند طراحی سایر سیستم‌ها را از مراجعی که در حال حاضر موجود است (یعنی مراجع ۱-۶ و ۱-۱۱) انجام دهد.

سیستم دیوار باربر می‌تواند به صورت کامل از اجزاء چوبی ساخته شود. به شکل ۱-۱ توجه نمایید. در اینجا سقف، کف و دیوارها با قاب چوبی ساخته شده است. محاسبات لازم برای طراحی این اجزاء سازه‌ای در مثال‌های متعدد در این کتاب نشان داده شده است.



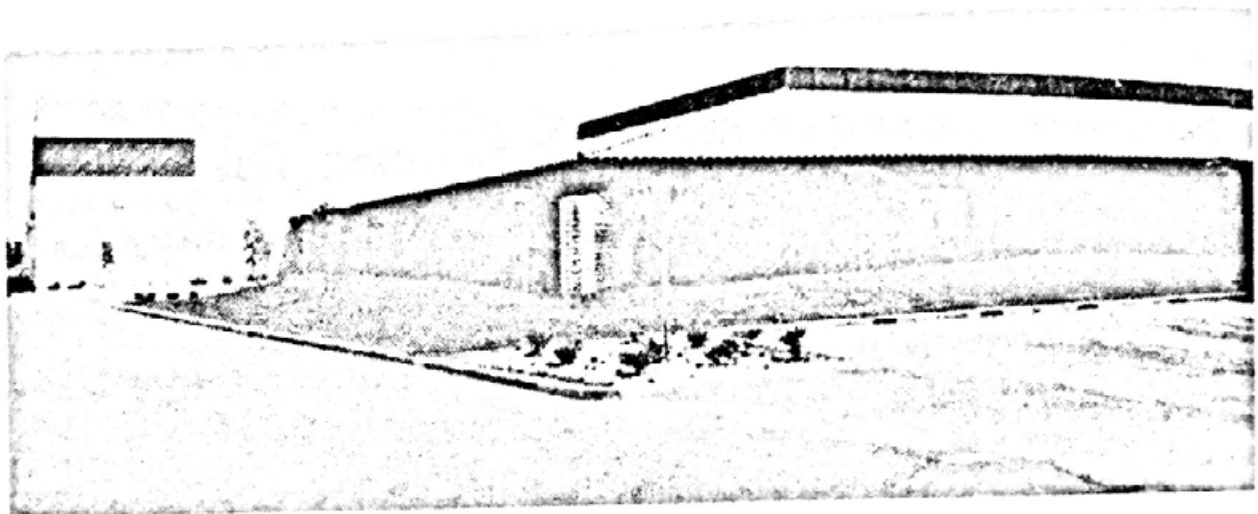
شکل ۱-۱ ساختمان چوبی دو طبقه

علاوه بر ساختمان‌هایی که از اجزاء چوبی استفاده می‌کنند، انواع دیگری از ساختمان‌ها از اجزاء چوبی در ترکیب با دیگر انواع مصالح سازه‌ای استفاده می‌کند. شاید معمول‌ترین ترکیب مصالح سازه‌ای در ساختمان‌هایی است که از سیستم سقف و کف چوبی به همراه دیوار برشی با مصالح بتنی یا بنایی

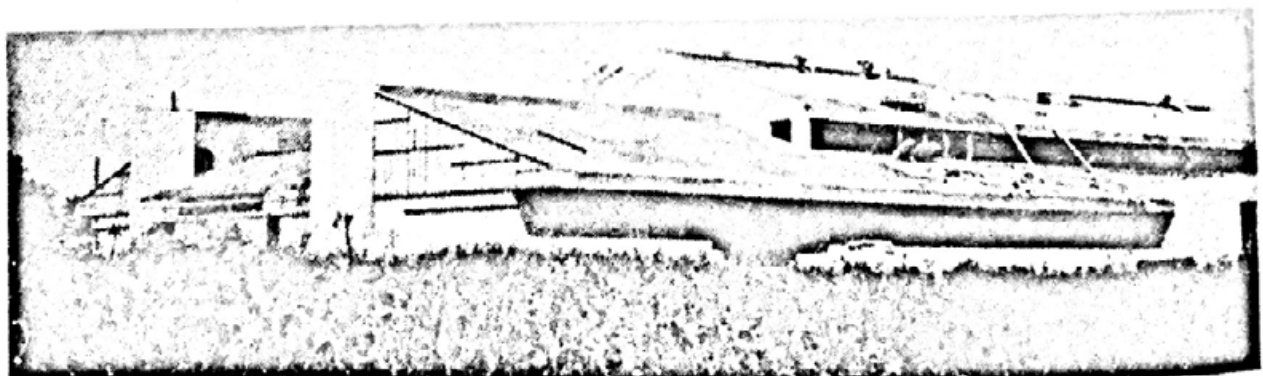
فصل اول - ساختمان های چوبی و معیارهای طراحی / ۱۵

(قطعات بتنی یا آجر) ساخته شده اند. به شکل ۱-۲ توجه نمایید. این نوع ساخت بسیار متداول است، خصوصاً در ساختمان های تجاری و صنعتی یک طبقه. این طریق ساخت برای ساختمان های کوچک اقتصادی است ولی با افزایش ابعاد ساختمان کمتر مقرون به صرفه خواهد بود. کارگران ماهر می توانند سطوح بزرگی از سیستم های سقف «پانلی» را در یک مدت زمان کوچک اجراء نمایند.

مراحل طراحی اجزاء چوبی که در ساختمان های با دیوارهای بتنی یا بنایی به کار می رود نیز در طول این کتاب نشان داده شده است. اتصالات بین چوب و اجزاء بتنی یا بنایی بسیار مهم هستند و با ذکر جزئیات به آن پرداخته خواهد شد.



شکل ۱-۲ا نمای جلو: بخش اداری با قاب بندی چوبی، نمای پشت: انبار با دیوار بتنی پیش ساخته بتنی و سیستم سقف چوبی



شکل ۱-۲ب ساختمان با دیوارهای بتن مسلح و سیستم سقف چوبی با پوشش تخته چند لایه

در این کتاب طراحی کامل ساختمان های با قاب چوبی نوع «جعبه ای» از تراز سقف تا شالوده آورده شده است. در یک طراحی کامل ساختمانی، باید «بارهای قائم و نیروهای جانبی» در نظر گرفته شوند. مراحل طراحی هر دو با جزئیات ذکر شده است.

باد و زلزله (زمین لرزه) دو نیروی جانبی هستند که بطور معمول در طراحی ساختمان در نظر گرفته می شوند. در سال های اخیر، طراحی نیروهای جانبی به قسمت مهمی از طراحی تبدیل شده است. علت آن نیز افزایش آگاهی از اثرات نیروهای جانبی بر سازه است. به علاوه، آیین نامه های ساختمانی در مورد

ضوابط طراحی هر دو نیروی باد و زلزله را به طور اساسی تجدید نظر کرده اند. این تغییرات نتیجه تحقیقات جامع در مهندسی باد و طرح مقاوم سازی در برابر زمین لرزه می‌باشد.

۱-۳ مراجع پیشنهاد شده و مورد نیاز

ویرایش چهارم این کتاب بر اساس دو منبع زیر ارائه شده است:

- نشریه سال ۱۹۹۷ مقررات ملی طراحی ساختمان‌های چوبی (مرجع ۱-۴)
(National Design Specification for wood Construction)
- تجدید نظر کلی ضوابط طراحی زمین لرزه که در آیین‌نامه UBC سال ۱۹۹۷ توضیح داده شده است.

مقررات ملی طراحی (NDS) توسط سازمان جنگل و کاغذ آمریکا منتشر شده است. (AF & PA) و آخرین توصیه‌های طراحی ساختمانی صنعت چوب را ارائه کرده است. NDS سال ۱۹۹۱ (مرجع ۱-۱) شامل تغییرات وسیعی در مقادیر طراحی الوارهای اره شده می‌باشد که نتیجه برنامه آزمایش‌های انجام شده بر اساس درجه بندی چوب می‌باشد (فصل ۴)، به علاوه تغییرات عمده‌ای در روش‌های طراحی اعضا چوبی و اتصالات آنها به وجود آمده است (مرجع ۱-۲). NDS سال ۱۹۹۷ (مرجع ۱-۴)، نسبت به NDS سال ۱۹۹۱ تغییرات چشمگیری ندارد، ولی تعدادی ضابطه جدید یا ضابطه اصلاح شده برای اعضا و اتصالات آنها معرفی شده است. به عنوان مثال، تجدید نظر کلی در مورد طراحی تیرهای شکاف خورده و اتصالات چوب به بتن آورده شده است. تجدید نظر جدید برای طراحی انواع خاص اتصالات از جمله اتصالات چوب به دیوار بنائی و اتصالات میخ کوبی شده در ترکیب بارگذاری جانبی و کششی به NDS اضافه شده است.

برخی از ضوابط طراحی NDS، مشابه قسمت‌های طراحی چوب بسیاری از آیین‌نامه‌های ساختمانی است. این کتاب به تجدید نظرهای طراحی مربوط به NDS سال ۱۹۹۷ مرتبط است و طراح بایستی پیش از طراحی ساختمان چوبی مورد نظر، بر اساس این معیار، قابل قبول بودن آن را با آیین‌نامه‌های محل بررسی نماید.

به این دلایل، طراح باید یک کپی از NDS سال ۱۹۹۷ را داشته باشد تا بتواند این کتاب را به طور کامل دنبال نماید. NDS شامل موارد زیر است:

۱. ضوابط طراحی اعضا چوبی شامل ستون، تیر و روابط برهم کنش تنش‌های ترکیبی.
۲. روش‌های طراحی اتصالات.
۳. جداول تنش‌های طراحی الوار اره شده و الوار چوب چند لایه (چسب الوارها).
۴. جداول مشخصات مقطع اعضا برای الوار اره شده و چسب الوارها.

جداول مشخصات اعضاء تنش های مجاز و مقادیر طراحی بست ها بسیار طولانی و معضل است. علاوه بر معرفی مجدد این جداول در این کتاب، به نظر می رسد بهتر است خواننده یک کپی از اطلاعات اساسی مربوط به طراحی چوب در اختیار داشته باشد. داشتن یک کپی از NDS و مکمل NDS برای طراحی چوب همانند داشتن یک کپی از راهنمای فولادی AISC (مرجع ۵-۱) برای طراحی سازه های فولادی است.

در عین حال این کتاب شدیداً بر روی درک بارگذاری و نیروهای مورد نیاز طراحی سازه ها، تأکید می کند. به منظور رسیدن به این هدف، بارهای طراحی و نیروهای این کتاب از UBC سال ۱۹۹۷ گرفته شده است (مرجع ۹-۱). UBC توسط «کنفرانس بین المللی ساختمان های رسمی» (ICBO) منتشر شده است و خواننده شدیداً نیاز به یک کپی از UBC سال ۱۹۹۷ دارد تا مفاهیم این کتاب را دنبال کند. تعدادی از جداول UBC که برای درک این کتاب بسیار مهم هستند در ضمیمه C آورده شده است چنانچه یک کپی از UBC در اختیار نباشد، جداول ضمیمه C به خواننده این امکان را می دهد تا کتاب را دنبال کند.

مراجع متعددی از NDS و UBC در این کتاب آورده شده است. به علاوه، بسیاری از مراجع به صورت توضیح و یا در مثال های این کتاب آورده شده است که می تواند به طور مستقیم به یک موضوع خاص مربوط باشد. خواننده بایستی درک درستی از مفهوم مراجع زیر را داشته باشد.

مرجع سومی که غالباً در این کتاب به آن اشاره شده است، «راهنمای ساخت الوار» (مرجع ۶-۱) است، که اصطلاحاً آن را TCM می خوانند. این کتاب راهنما، مرجع اصلی برای چسب الوارهای سازه ای است. اگرچه مرجع مفیدی می باشد ولی داشتن یک کپی از TCM برای دنبال کردن مطالب این کتاب ضرورت ندارد.

محل جستجو	رجوع شود به	مراجع نمونه
NDS سال ۱۹۹۷ (مرجع مورد نیاز)	بخش ۱-۱۵ در NDS سال ۱۹۹۷	۱-۱۵ بخش NDS
مکمل NDS سال ۱۹۹۷ (به همراه NDS)	جدول ۴A در مکمل NDS سال ۱۹۹۷	مکمل NDS جدول ۴A
UBC سال ۱۹۹۷ (مرجع پیشنهادی)	فصل ۱۶ در UBC سال ۱۹۹۷	فصل ۱۶ UBC
UBC سال ۱۹۹۷ (مرجع پیشنهادی) یا ضمیمه C از این کتاب	جدول H-۱۱-۲۳ در UBC سال ۱۹۹۷	جدول H-۱۱-۲۳ UBC
فصل ۴ این کتاب	بخش ۱۵-۴ از همین کتاب	بخش ۱۵-۴
فصل ۹ این کتاب	مثال ۳-۹ از همین کتاب	مثال ۳-۹
فصل ۵ این کتاب	شکل ۲-۵ از همین کتاب	شکل ۲-۵

۴-۱ آیین‌نامه‌های ساختمانی و معیار طراحی

شهرها و مناطق مختلف ایالات متحده معمولاً از یک آیین‌نامه پیروی می‌کنند تا امنیت و راحتی آنها تضمین شود. بیشتر دولت‌های محلی از یک «آیین‌نامه الگو» به عنوان اساس آیین‌نامه ساختمانی محلی خود استفاده می‌نمایند. سه آیین‌نامه نمونه عبارتند از:

۱. آیین‌نامه بارهای ساختمانی UBC (مرجع ۹-۱)

۲. آیین‌نامه ملی ساختمان / سال ۱۹۹۶ (مرجع ۸-۱)

۳. آیین‌نامه استاندارد ساختمانی (مرجع ۱۰-۱)

استاندارد «بارهای حداقل طراحی برای ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها» (مرجع ۷-۱) معمولاً به ASCE 7-95 یا به طور ساده تر ASCE-7 بر می‌گردد. این به عنوان مبنایی برای برخی از معیارهای بارگذاری در آیین‌نامه‌های الگو و بسیاری از آیین‌نامه‌های محلی می‌باشد.

معمولاً گفته می‌شود، آیین‌نامه بارهای ساختمانی در قسمت غرب ایالات متحده استفاده می‌شود و آیین‌نامه ملی ساختمان در شمال و آیین‌نامه استاندارد ساختمانی در جنوب. آیین‌نامه‌های نمونه معمولاً به صورت متناوب و هر ۳ سال یکبار بازنگری می‌شود. (آیین‌نامه‌های الگو، تقریباً ۹۰ درصد از ضوابط آیین‌نامه ساختمانی را در اکثر مناطق ایالات متحده بیان می‌کنند). شهرهای بزرگ خاصی هستند که آیین‌نامه‌های ساختمانی مخصوص برای خود نوشته‌اند و آنهایی که از آیین‌نامه الگو استفاده می‌کنند قوانینی برای اصلاح آیین‌نامه الگو تصویب می‌نمایند.

در نگارش این کتاب، به طور دلخواه از آیین‌نامه ساختمانی الگو استفاده شده است تا معیار بارگذاری و تنش‌های مجاز را مشخص نماییم. به این منظور در کل کتاب از آیین‌نامه بارهای ساختمانی (UBC) استفاده شده است. UBC به این دلیل انتخاب شده است که استفاده وسیع تری در بین سه آیین‌نامه دارد و به دلیل استفاده از آن در ایالت‌های غربی ضوابط طراحی زلزله کامل تری را نشان می‌دهد. آخرین ویرایش UBC تأکید می‌کند که لازم است اجزاء ساختمان به یکدیگر با استفاده از جزئیات خاص گره بخورد تا بتواند در برابر حرکت‌های دینامیکی که به وسیله زلزله ایجاد می‌شود مقاومت کند.

در طول این کتاب، مرجع آیین‌نامه‌ای UBC می‌باشد. همانطور که در بخش‌های قبلی توضیح داده شد، وقتی مراجع بر این اساس به کار می‌روند، معیارهای طراحی بر اساس ویرایش سال ۱۹۹۷ UBC به دست می‌آید و معمولاً مشابه ضوابط دیگر آیین‌نامه‌ها و یا کاملتر از آنها است. کاربران دیگر آیین‌نامه می‌توانند این مسأله را به مراجعه به جدول UBC که در ضمیمه C آورده شده است بررسی نمایند. با مقایسه معیار طراحی یک آیین‌نامه دیگر با مقادیر ضمیمه C، طراح می‌تواند به سرعت تشخیص دهد که

دو آیین نامه مطابق با یکدیگر هستند. ضمناً ضمیمه C برای کنترل مقادیر مربوط به ویرایش جدید آیین نامه UBC با مقادیر به کار رفته در این کتاب مفید می باشد.

اگرچه در این کتاب، NDS (مرجع ۴-۱) به عنوان مبنای تعیین بارهای مجاز اعضاء چوبی و اتصالات آنها به کار می رود، اما لازم به ذکر است که در آیین نامه هم فصلی وجود دارد که به این موضوعات مربوط است. ولی معمولاً آخرین معیار طراحی در ضوابط طراحی که به وسیله صنعت ارائه می شود همانند NDS، آمده است. طراح بایستی بداند که آیین نامه های محلی ساختمان ارزش قانونی دارد و بایستی پیش از به کار بردن این مقادیر، قابل قبول بودن آن را با آیین نامه محلی بررسی نماید (بر اساس تجربه در طراحی سازه، مشخص است که کدام طرح، به جوابی می رسد که محافظه کارانه (در جهت اطمینان) و قابل قبول است). هدف ایجاد ساختمان هایی است که اقتصادی و امن باشد.

UBC علاوه بر به دست آوردن بار طراحی و معیارهای سازه ای، به عنوان یک مرجع برای به دست آوردن بارهای مجاز مربوط به اعضاء چوبی نیز به کار می رود. به عنوان مثال، NDS طراحی دیافراگم های افقی و دیوارهای برشی را که از تخته های چند لایه ساخته شده اند، ذکر نکرده است و مقادیر طراحی آنها و بسیاری موارد دیگر از فصل بیست و سوم UBC به دست می آید.

۵-۱ گرایش آتی در آیین نامه های ساختمانی و استانداردهای طراحی

در حال حاضر، سه مؤسسه تدوین کننده آیین نامه الگو، بر روی تدوین یک آیین نامه ساختمانی متحد تلاش می کنند. این آیین نامه جدید تحت عنوان «آیین نامه بین المللی ساختمانی» خوانده می شود (IBC) و بر اساس تجدید نظر در طراحی و معیارهای هر یک از سه آیین نامه الگو نوشته خواهد شد، همانند تنوع منابع گوناگون در ASCE-7 و NDS. احتمالاً IBC در سال ۲۰۰۰ به اتمام خواهد رسید.

اخیراً صنعت چوب و جامعه طراحی، جمع آوری مقررات «ضرایب طراحی مربوط به بار مقاوم» (LFRD) را برای ساختمان های چوبی به اتمام رسانیده اند. NDS بر اساس «طراحی به روش تنش مجاز» (ASD) استوار است که در آن «تنش مجاز» مصالح با «تنش های واقعی» که نتیجه بارهای خدمت در سازه می باشد مقایسه می نماید. در LFRD، ظرفیت های (مقاومت) اسمی با ضریب را با بارهای با ضریب مقایسه می نمایند. ضرایب هم برای بارها و هم مقاومت، به گونه ای ارائه شده است که عدم قطعیت و تخریب های متعدد را در نظر می گیرد. روش LFRD برای طراحی چوب در «کتاب راهنمای مهندسی ساخت چوب» (مرجع ۳-۱) آورده شده است. این کتاب به وسیله سازمان جنگل و کاغذ آمریکا منتشر شده است. انتظار می رود که LFRD در نهایت جایگزین روش تنش مجاز (ASD) در NDS شود، ولی در حال حاضر NDS مناسب ترین گزینه در طراحی می باشد.

۶-۱ تنظیم مطالب کتاب

این کتاب به گونه‌ای تنظیم شده است که به طور کامل طراحی ساختمان چوبی را به روش معمول ارائه کند. (موضوعاتی که در این کتاب ارائه شده است تقریباً به طور کامل برای طراحی یک ساختمان در نظر گرفته می‌شود).

در طراحی ساختمان، اولین عاملی که باید مشخص شود، بارهای طراحی می‌باشد. ضوابط آیین‌نامه‌ای مربوط به بارهای قائم و نیروهای جانبی در فصل ۲ آورده شده است و توزیع این نیروها در ساختمان‌های با قاب چوبی (اسکلت چوبی) در فصل ۳ توضیح داده شده است.

پس از توزیع بارها و نیروها، توجه‌ها به طراحی اعضاء چوبی معطوف می‌شود. همانگونه که پیشتر توضیح داده شد، اصولاً دو سیستم وجود دارد که می‌توان طراحی کرد، یک برای «بارهای قائم» و یکی برای «نیروهای جانبی». اصولاً سیستم باربری قائم از ترکیب تیرها و ستون‌ها تشکیل شده است. دو فصل ۴ و ۵ به مشخصات و ویژگی‌های طراحی این اعضاء چوبی می‌پردازند. فصل ۶ مراحل طراحی تیرها را به صورت کلی ارائه می‌کند و فصل ۷ به روش‌های طراحی ستون‌ها و اعضایی که تحت ترکیب نیروهای محوری و خشی قرار دارند می‌پردازد. در اینجا ممکن است استثنائاتی وجود داشته باشد، برخی اجزاء سیستم باربری قائم، اجزاء سیستم مقاوم جانبی نیز می‌باشد. پوشش چوبی سیستم سقف و کف یک چنین المانی است. پوشش، بارهای قائم را به اعضاء تکیه گاهی منتقل می‌نمایند و همچنین به عنوان یک «پوسته» یا «جان» دیافراگم افقی برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی عمل می‌کنند. فصل ۸، درجه‌ها و مشخصات مربوط به پانل‌های سازه‌ای چوبی را ارائه می‌کند و اساساً به عنوان یک نقطه تغییر از سیستم بارهای قائم به سیستم مقاوم جانبی تلقی می‌شود. فصل‌های ۹ و ۱۰ به سیستم مقاوم جانبی مربوط می‌شود. در ساختمان‌های معمولی با دیوارهای باربر که در این کتاب آورده شده است، سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی از یک دیافراگم تشکیل شده است که دارای دهانه افقی در حد فاصل اعضاء مقاوم برشی می‌باشد که تحت عنوان دیوار برشی خوانده می‌شوند.

پس از طراحی اجزاء اصلی در سیستم باربری قائم و سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی، توجه خود را به طراحی اتصالات معطوف می‌کنیم. اهمیت طراحی مناسب اتصالات را نمی‌توان نادیده کرد. مراحل طراحی انواع مختلف اتصالات چوبی در فصل ۱۱ تا ۱۴ به صورت کلی آورده شده است.

فصل ۱۵ ضوابط مربوط به میل مهارها را در حد فاصل دیافراگم‌های قائم و افقی توضیح می‌دهد. اصولاً میل مهارها تضمین می‌کنند که دیافراگم‌های قائم و افقی در ساختمان به یکدیگر گره خورده‌اند. این کتاب خلاصه‌ای از ضوابط آیین‌نامه‌ای ساختمان، برای سازه‌های نامنظم در برابر زلزله را نیز شامل می‌شود.

۷-۱ محاسبات سازه ای

طراحی سازه ای همانگونه که یک کار هنری است، یک کار عملی نیز می باشد. در این کتاب تعداد بسیاری از طراحی های سازه ای آورده شده است. این موارد بر اساس تعداد زیادی مثال های اجرایی و محاسبات نمونه می باشد. این موارد به طراح کمک می کند که بخش فنی مسأله را درک نماید. ولی کاربرد این ابزارها در طراحی سازه های چوبی هنری است که بر اساس تجربه به دست می آید.

می توان از برنامه های کاربردی شامل «نرم افزارهای حل معادله» و یا «صفحه گسترده» (همانند جداول Excel) در کامپیوتر، استفاده کرد و یک «الگویی» به وجود آورد که می تواند به سادگی تعمیم داده شود و بسیاری از معادلات را در طراحی چوب حل کند. با استفاده از مفهوم یک الگو، کافی است فقط یکبار معادلات طراحی را وارد کامپیوتر نماییم، سپس می توان به کرات از آنها استفاده کرد تا مسائل مشابه را فقط با تغییر متغیرهای مشخص حل کرد.

نرم افزار حل معادله و صفحات گسترده، کاربر را از بسیاری دستورات برنامه نویسی خسته کننده و نوشتن نرم افزار اختصاصی راحت می کند. برنامه های کامپیوتری اختصاصی، جایگاه خود را در طراحی چوب دارد، به شرط آنکه در سایر شرایط طراحی سازه ای نیز به همان شکل اولیه به کار برده شود. ولی نرم افزارهای حل معادله و صفحات گسترده بر اساس منطقه مورد نظر ساخته می شود. الگوها می تواند بسیار ساده باشد، و یا می تواند بسیار پیچیده باشد. صرف نظر از تجربه برنامه نویسی، بایستی بفهمیم که یک الگوی ساده می تواند حل یک دسته معادله را از اینکه یک مقدار طراحی را در یک جدول جستجو نماییم، ساده تر می کند.

به خواننده پیشنهاد می شود که با یکی از برنامه های متداول حل معادله یا صفحه گسترده آشنا باشد. در عین حال پیشنهاد می شود که تعدادی مسأله نمونه با استفاده از این روش حل شود. با کمی تمرین، می توان الگوهایی درست کرد که مسائلی را که تکراری و حل دستی آنها خسته کننده است را حل کند. حتی با تضمین های داده شده در مورد ساده بودن این راه ها برای حل معادلات طراحی چوب، برخی هنوز هم متقاعد نشده اند.

برای کسانی که در کار کردن با کامپیوتر گیج می شوند و یا برای کسانی که به صورت اتفاقی به طراحی سازه های چوبی نیاز پیدا کرده اند. NDS سال ۱۹۹۷ دارای جداولی است که تعدادی از روش های معمول و متداول را ارائه کرده است. ولی جداول NDS می تواند برای مسائلی که به صورت تکراری با آن برخورد می کنیم به کار می رود.

اگرچه جداول NDS می تواند بسیاری از شرایط متداول را بررسی نماید، برخی از مسائل نیازمند راه حل های مخصوص برای طراحی چوب می باشند. شکل و اندازه معادله به گونه ای است که نمی توانیم به وسیله ماشین حسابهای دستی آن را حل کنیم و روش پیشنهادی آن است که یکبار مسأله را به وسیله صفحات گسترده یا نرم افزارهای حل معادله انجام دهیم. این «اطلاعات» را می توانیم نگهداری کنیم و به

عنوان الگو برای مسائل بعدی از آن استفاده نماییم. الگو به همین صورت باقی می‌ماند و مقادیر مربوط به مسائل جدید به عنوان مقادیر ورودی جایگزین مسأله اصلی می‌شود. با اینکه نمی‌توان قدرت و راحتی نرم افزارهای حل معادله و صفحات گسترده را نادیده گرفت، ولیکن تمامی مسائل عددی و مثال‌های طراحی در این کتاب، به صورت راه حل‌های کاملاً دستی نشان داده شده است. اگرچه ممکن است در آینده، کامپیوترهای رومیزی جایگزین ماشین حسابهای دستی شود، ولی مسائل این کتاب بر اساس محاسبه به وسیله ماشین حساب تنظیم شده است. با این ذهنیت، برای محاسبه، ابتدا رابطه به صورت کلی ارائه شده است (یعنی در ابتدا یک فرمول ارائه می‌شود) و سپس مقادیر عددی در عبارت جایگزین می‌شود و در نهایت نتیجه محاسبه آورده شده است. با این روش طراح کافی است روش محاسبات نمونه را دنبال کند. توجه کنید که تبدیل پوند (lb) به کیلو پوند (k) غالباً بدون رابطه انجام شده است. این روش متداول است و خواننده نبایستی در این مورد نگرانی داشته باشد. به عنوان مثال، محاسبات زیر، ظرفیت بار محوری یک عضو کششی را نشان می‌دهد:

$$\begin{aligned} T(\text{مجاز}) &= F'_t \cdot A \\ &= (1200 \text{ lbn}^2) (20 \text{ in}^2) \\ &= 24.0 \text{ k} \end{aligned}$$

که در آن:

$$\begin{aligned} T &= \text{نیروی کششی (مجاز)} \\ F'_t &= \text{تنش مجاز کششی} \\ A &= \text{مساحت مقطع} \end{aligned}$$

در زیر تبدیل مربوط به محاسبات فوق نشان داده شده است که معمولاً به صورت ذهنی انجام می‌شود:

$$\begin{aligned} T(\text{مجاز}) &= F'_t \cdot A \\ &= (1,200 \text{ lb} / \text{in}^2) (20 \text{ in}^2) \\ &= (24,000 \text{ lb}) \left(\frac{1 \text{ k}}{1,000 \text{ lb}} \right) \\ &= 24.0 \text{ k} \end{aligned}$$

تعداد ارقام با معنی، که در محاسبات به کار می‌رود بایستی به وسیله طراح در نظر گرفته شود. وقتی محاسبات سازه‌ای به وسیله ماشین حساب یا کامپیوتر انجام شد، می‌توان نتایج را با اعداد معنی دار زیادی نشان داد. تنوع در بارگذاری و مشخصات مصالح باعث می‌شود، استفاده از تعداد زیاد ارقام معنی دار نامناسب باشد. یک درجه اشتباه در «دقت» وقتی به وجود می‌آید که تنش محاسبه شده در اعضا چوبی، با تعداد زیادی ارقام معنی دار نشان داده شده است.

به عنوان مثال، تنش خمشی را در یک تیر چوبی در نظر بگیرید. در صورتی که تنش های محاسبه شده به وسیله ماشین حساب برابر باشد با $1278.356... \text{ psi}$ ، به نظر منطقی می رسد که در محاسبات طراحی، برابر با $1,280 \text{ psi}$ مشخص شود. صرف نظر از بی دقتی انجام شده، عدد آخر در ارائه کردن دقت مسأله واقع بینانه تر است.

اگرچه محاسبات مسائل این کتاب به وسیله کامپیوتر یا ماشین حساب به دست آمده است، ولیکن نتایج میانی و نهایی معمولاً با ۳ یا ۴ رقم معنی دار ارائه شده است.

در این کتاب سعی شده است که از یک سری نمادها و اختصارهای (مخفف ها) ثابت استفاده شود. لیست کاملی از نمادها، علائم و تعاریف آنها در ادامه کتاب آورده شده است. بسیاری از نمادها و اختصارها در این کتاب به صورت منحصر به فرد هستند، ولی در هر کجا که امکان پذیر بوده است، از نمادها و اختصارهایی که در صنعت به کار برده می شود استفاده شده است. NDS سال ۱۹۹۷ از یک سیستم جامع علامت گذاری که برای بسیاری از ضرایب در محاسبات طراحی سازه های چوبی به کار می رود، استفاده کرده است. این سیستم علامت گذاری معمولاً تحت عنوان «قالب معادله» خوانده می شود و در فصل ۴ معرفی شده است.

واحدهای اندازه گیری که در این کتاب به کار رفته است، واحدهای «سیستم متداول ایالات متحده» (US) است. علائم اختصار این واحدها نیز به طور اجمالی پس از متن کتاب آورده شده است. ضرایب تبدیل به واحدهای متریک SI نیز در ضمیمه D آورده شده است.

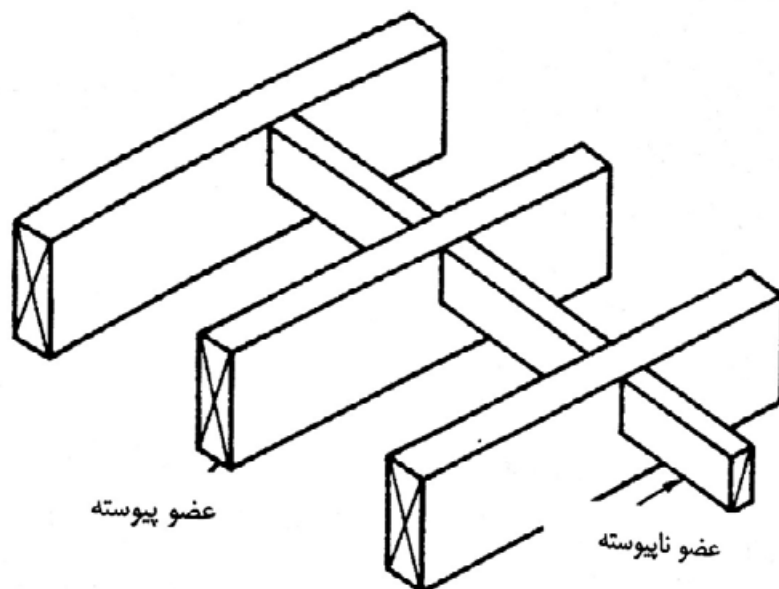
۸-۱ قراردادهای مربوط به جزئیات

با مثال های بسیاری که در این کتاب آورده شده است، طراحی ها به جزئیات خاصی محدود شده است. به عنوان مثال، بسیاری از پلان های ساختمان ها بدون در یا پنجره نشان داده شده است. ولی، هر طرح برای نشان دادن نکته خاصی از طراحی سازه طراحی شده و نبود جزئیات کامل را نبایستی به عنوان نقص مثال به حساب آورد.

یک روش متداول در رسم اعضاء سازه ای چوبی آن است که بر روی مقطع یک عضو چوبی «پیوسته» یک علامت x رسم شود. ولی برای یک عضو چوبی «ناپیوسته» از یک خط تنها در مقطع استفاده می شود. به شکل ۳-۱ توجه نمایید.

۹-۱ ضوابط محدودیت برای آتش

آیین نامه های ساختمانی محدودیت هایی را در مورد کاربرد مصالح در ساختمان ها، بر اساس مسکونی بودن (یعنی ساختمانی که به عنوان خانه به کار می رود)، مساحت، ارتفاع و تعداد ساکنین و بسیاری عوامل دیگر در نظر گرفته است. انتخاب مصالح نه فقط بر روی هزینه اولیه ساختمان، بلکه بر روی هزینه بیمه آتش سوزی نیز اثر می گذارد.



شکل ۳-۱ قرارداد متداول رسم تیرها

ضوابط مربوط به محدودیت برای خطر آتش سوزی برای طراح ساختمان بسیار مهم است. این موضوع به تنهایی یک مبحث کامل است و از حوصله بحث این کتاب خارج است. ولی نکاتی چند که در طراحی ساختمان‌های چوبی اثر می‌گذارد در اینجا به عنوان هشدار به طراحان آورده شده است.

چوب (بر خلاف بتن و فولاد)، یک مصالح قابل اشتعال است و استفاده از مصالح قابل اشتعال برای «انواع خاصی از ساخت» (که توسط آیین‌نامه مشخص شده است) مجاز نمی‌باشد. برای این نوع محدودیت‌ها، نظرات مخالف و موافقی وجود دارد. ولی در هر صورت این محدودیت‌ها وجود دارند.

به طور کلی می‌توان گفت که «استفاده نامحدود» چوب برای ساختمان‌های با مساحت زیربنای کم مجاز است. به علاوه ارتفاع این ساختمان‌ها در صورت نداشتن سیستم آتش نشانی خودکار بسته به سکونت به یک، دو و یا سه طبقه محدود شده است.

در عین حال، چوب برای نوع دیگری از ساخت که تحت عنوان «الوارهای تنومند» خوانده می‌شود، به کار می‌رود. تجربه و آزمایش‌های مقاومت در برابر آتش نشان داده است که تمایل یک عضو چوبی به سوختن متأثر از ابعاد سطح مقطع آن است. در آتش، اعضاء چوبی با ابعاد بزرگ ایجاد یک پوشش محافظ از جنس ذغال می‌کند که باعث می‌شود قسمت داخلی عضو در برابر آتش محفوظ باشد. بنابراین اعضاء چوبی بزرگ می‌توانند در شرایط آتش سوزی در مدتی بیشتر از یک عضو فولادی بدون عایق، در اثر افزایش دما تخریب شود، بار را تحمل نمایند. این یکی از مواردی است که مخالف با محدودیت‌های مربوط به ساختمان‌های با مصالح «قابل احتراق» است (توجه نمایید که اعضاء فولادی کاملاً عایق می‌توانند به خوبی در آتش عمل کنند).

حداقل ابعاد مقطع که لازم است تا به عنوان «الوارهای تنومند» در درجه بندی آتش در نظر گرفته شود، در آیین‌نامه‌های ساختمانی مدنظر قرار گرفته است. به عنوان مثال، UBC بیان می‌کند که حداقل ابعاد مقطع برای یک ستون چوبی برابر ۸ اینچ است. حداقل‌های دیگری برای سایر اعضاء چوبی به کار

برده می شود و آیین نامه باید این مقادیر را بررسی کرده باشد. محدودیت ها در مورد حداکثر مساحت کف برای ساختمان های با «تنه سنگین درخت» بزرگتر از محدودیت مربوط به ساختمان هایی است که به عنوان تنه های سنگین درخت، به کار برده نمی شود.

۱-۱۰ سازمان های صنعتی

سازمان های زیادی در پیشرفت طراحی و کاربرد چوب و محصولات وابسته آن فعالیت دارند. این سازمان ها در گروه های آیین نامه ساختمانی الگو، مشابه سازمان های وابسته به صنعت آورده شده اند. نام و نشانی برخی از این سازمان ها پس از متن کتاب آورده شده است. سایر این اسامی در لیست مراجع انتهای هر فصل آورده شده است.

۱-۱۱ مراجع

- [1.1] American Forest and Paper Association (AF&PA). 1991. *National Design Specification for Wood Construction and Supplement*, 1991 ed., AF&PA, Washington DC.
- [1.2] American Forest and Paper Association (AF&PA). 1993. *Commentary on the National Design Specification for Wood Construction*, 1993 ed., AF&PA, Washington DC.
- [1.3] American Forest and Paper Association (AF&PA). 1996. *Load and Resistance Factor Design Manual for Engineered Wood Construction and Supplements*. 1996 ed., AF&PA, Washington DC.
- [1.4] American Forest and Paper Association (AF&PA). 1997. *National Design Specification for Wood Construction and Supplement*. 1997 ed., AF&PA, Washington DC.
- [1.5] American Institute of Steel Construction (AISC). 1994. *Manual of Steel Construction Load and Resistance Factor Design*, 2nd ed., AISC, Chicago, IL.
- [1.6] American Institute of Timber Construction (AITC). 1994. *Timber Construction Manual*, 4th ed., AITC, Englewood, CO.
- [1.7] American Society of Civil Engineers (ASCE). 1995. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, ASCE 7-95, ASCE, New York, NY.
- [1.8] Building Officials and Code Administrators International, Inc. (BOCAI). 1996. *The BOCA National Building Code/1996*, 12 ed., BOCAI, Country Club Hills, IL.
- [1.9] International Conference of Building Officials (ICBO). 1997. *Uniform Building Code*, 1997 ed., ICBO, Whittier, CA.
- [1.10] Southern Building Code Congress International, Inc. (SBCCI). 1994. *Standard Building Code*, 1994 ed., SBCCI, Birmingham, AL.
- [1.11] Walker, J.N., and Woeste, F.E. (eds.) 1992. *Post-Frame Building Design Manual*, ASAE The Society for Engineering in Agricultural, Food, and Biological Systems, St. Joseph, MI.