

## بررسی، تحقیق و تخمین سازه‌های چوبی در برابر قدرت زلزله (آتش سوزی)

محمود کشترو چکوسری<sup>۱</sup>

فرشید حسن زاده<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۲ تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۱۲/۲۵

### چکیده

سیستم ساختمان‌های چوبی یکی از روش‌های نوین ساخت با امتیازات سازه‌ای و زیست محیطی ویژه می باشد. به طوریکه در کانادا، امریکا، ژاپن، چین و چند کشور دیگر به عنوان یک سیستم پیشرفته و مطلوب مورد توجه قرار گرفته است. پژوهش‌های بسیاری در رابطه با اثرات زیست محیطی سازه‌های چوبی انجام شده است که برتری چوب را نسبت به فولاد و بتن در مواردی همچون عمر مفید مصالح، تولید و قابلیت کاربرد در محل احداث نشان می دهد. در این مقاله سیستم ساختمانی چوبی که یکی از پیچیده ترین سیستم‌های ساختمانی است، از نظر زلزله و آتش سوزی مورد بررسی قرار گرفته است. و در این گذر سبک سازی، عایق بندی و کاهش چشم گیر مصرف انرژی، کاهش آلودگی محیط زیست، کاهش پرت مصالح ساختمانی، سرعت در ساخت و کاهش سرمایه و عمر بیشتر که از جمله مزایای ساختمان‌های چوبی می باشد مورد توجه قرار گرفته است در نتیجه یکی از دلایل عملکرد خوب این ساختمان‌ها در برابر زلزله، سبک بودن وزن آنها نسبت به گونه‌های دیگر است. همچنین وجود اجزای غیر سازه ای زیاد مانند دیوارهای باربر باعث افزایش مقدار انرژی هدر رفته توسط ساختمان در برابر زلزله می شود. علاوه بر این وجود اتصالات زیاد شکل پذیری ساختمان را افزایش می دهد.

### واژگان کلیدی

روش‌های نوین ساخت، زلزله، ساختمان چوبی

۱. فرمانده واحد سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی رشت.

۲. فرمانده واحد سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی رشت.

## مقدمه

چوب در مقایسه با مصالح ساختمانی دیگر، سبک و دارای مقاومت بالایی می باشد. ساختمان های چوبی، برج ها و پل- های چوبی در سرتاسر جهان بیانگر این واقعیت می باشد. ساختمان های چوبی با بیش از ۷۰۰ سال قدمت که هنوز هم بهره برداری می شوند، نشانگر عمر طولانی چوب به عنوان مصالح ساختمانی می باشد. این ساختمان ها در حفاظت در مقابل گرما بیشترین کارایی را داشته و ساخت و ساز را سریع و مقرون به صرفه می کنند. سیستم سازه ای ساختمان های چوبی در بیشتر کشور های دنیا در مناطق لرزه خیز برای ساخت ساختمان های مسکونی و با ارتفاع معمولی استفاده می شوند. به طوری که بیش از ۸۰ درصد ساختمان ها در امریکا از چوب ساخته شده اند. تجربیات بدست آمده از زلزله های گذشته حاکی از امن بودن این ساختمان ها در برابر زلزله است. به عنوان مثال در زلزله ۱۹۹۵ کوبه ژاپن تمامی خسارات جانی در ساختمان های غیر چوبی بودند [۱]. شکل (۱) بنای چوبی عظیم و با ابهت معبد مانندی است که در شمال پاتایا در کنار دریا واقع شده است و بلندترین نقطه آن ۱۰۵ متر ارتفاع دارد. این بنا طوری واقع شده که در برابر باد و نور آفتاب ساحل دریا مقاوم می باشد. و شکل (۲) این مسجد، اولین مسجد چوبی مقاوم در برابر زلزله در جهان می باشد. این بنا ۲۰۰ متر مربع وسعت دارد و سقف آن به صورت شیروانی می باشد. دو مناره آن ۱۳ متر از سطح زمین ارتفاع و وزن هر یک تقریباً ۴ تن می باشد. در ساخت این مسجد که حدود ۲ سال طول کشیده است، ۴۰ تن چوب استفاده شده است و نه تنها در ایران بلکه در جهان بی نظیر است. این مسجد می تواند تا ۸ ریشتر زمین لرزه را تحمل کند و بنای آن به گونه ای است که تا صدها سال دیگر نیز آسیب نخواهد دید.



شکل (۱): بنای چوبی عظیم خانه مقدس در پاتایا      شکل (۲): مسجد چوبی در نیشابور ایران

## اهمیت و ضرورت تحقیق

در پژوهش حاضر، تلاش بر آن است که بر پایه منابع و اسناد، روش های ساخت، ابزار و ساختار معماری سازه های چوبی از نظر زلزله، رطوبت، آتش سوزی، کاهش مصرف انرژی... مورد بررسی قرار گیرد تا در این فرآیند بخشی از ارزش های معماری روشن تر شود و با توجه به اینکه ایران کشور زلزله خیزی است آیا سازه های چوبی می تواند گزینه مناسبی برای آن باشد؟

## ارزیابی ساختمان های چوبی

### ۱- مقاومت لرزه ای ساختمان های چوبی

ساختمان های چوبی مقاومت خوبی در برابر زلزله از خود نشان می دهند. در یک سازه چوبی معمولاً آسیب پذیری کم تا متوسط در برابر زلزله مشاهده می شود. یکی از دلایل عملکرد خوب این ساختمان ها در برابر زلزله، سبک بودن وزن

آنها نسبت به گونه های دیگر است. همچنین وجود اجزای غیر سازه ای زیاد مانند دیوارهای باربر باعث افزایش مقدار انرژی هدر رفته توسط ساختمان در برابر زلزله می شود. علاوه بر این وجود اتصالات زیاد شکل پذیری ساختمان را افزایش می دهد. برای تقویت لرزه ای این ساختمان ها توجه به نکات زیر ضروری می باشد:

- عدم اتصال کافی ساختمان به فونداسیون بسیار خطرناک بوده و باعث خسارت سازه ای و قطع خطوط آب، برق و گاز می شود. استفاده از آنکریت ها برای جلوگیری از حرکت و واژگونی سازه از روی فونداسیون مناسب می باشد. شکل (۲) جداسدن یک ساختمان چوبی از فونداسیون در اثر زلزله را نشان می دهد.

- استفاده از بادبندها یا دیوارهای برشی برای پایداری سازه و جلوگیری از وجود طبقات نرم و ضعیف لازم است. دیوارهای برشی یا برای مقاومت در برابر نیروهای زلزله بسیار موثر است. همچنین وجود بازشوهای OSB مهاربندی شده ساخته شده از پلی وود یا پوشش شده با بزرگ نظیر پنجره ها و درها، فضای دیواری کمی را برای مقاومت در برابر نیروهای زلزله باقی گذاشته و بنابراین مناسب نمی باشند.

- مهار کردن دودکش ها و استفاده از مصالح سبک تر در دودکش در جلوگیری از خسارات بعد از زلزله بسیار موثر است [۳،۴،۵]



شکل (۲): حرکت سازه بر روی فونداسیون و واژگونی آن

## ۲- مقاومت ساختمان های چوبی در برابر آتش

در ساختمان های چوبی لایه های سازنده اعضا بر اساس مقاومت در برابر آتش و شرایط موجود در استانداردهای مصالح ساختمانی ترکیب شده اند. دیوارهای باربر که دارای پوشش دو لایه پانل گچی یا فرآورده های چوبی می باشند و در فضای مابین دو لایه از مواد عایق بندی استفاده شده است، در برابر آتش اشتعال ناپذیرند. ساخت و سازه های چوبی نوین در حفاظت در مقابل آتش سوزی کارایی خوبی دارند. [۶]

## ۳- انرژی در ساختمان های چوبی

چوب عایق بسیار مناسبی برای انتقال حرارت محسوب شده و بنابراین هیچ پل حرارتی در هیچ جای ساختمان در پوسته خارجی به وجود نخواهد آمد. دیوارهای چوبی هنگامی که گرم می شوند، این گرما را در خود نگه داشته و به داخل خانه باز می گردانند. همچنین در تابستان چوب هوای خنک را جذب کرده و به ساختمان بر می گرداند. میزان انرژی مصرفی در این ساختمان ها تا چندین برابر نسبت به گونه های دیگر ساختمان ها کمتر است. مقدار انرژی حرارتی ساختمان های غیرفعال که با چوب ساخته می شوند، حتی از ۱۵ کیلو وات انرژی برای هر متر مربع هم کمتر است [۶،۱]

#### ۴- کنترل صدا در ساختمان های چوبی

یکی از عوامل مهم در طراحی ساختمان های مسکونی، کنترل صداست که هم شامل صدای ورودی به ساختمان و هم شامل انتقال صدای مابین دیوارها می باشد. ساختمان های چوبی در کنترل صدا بسیار بهتر از ساختمان های حجیم و سنگین عمل می کنند. کلاس کنترل صدای STC نرخی است که برای مشخص کردن عایق بندی امواج به کار می رود. یک سیستم دیوار با STC بالا می تواند در جلوگیری از انتقال صدا بسیار موثر باشد. برای مشخص کردن عایق بندی اعوجاج ضربه ای از کلاس IIC استفاده می شود.

#### ۵- کنترل رطوبت در ساختمان های چوبی

یکی از مورد های بسیار اساسی در ساختمان های چوبی کنترل رطوبت است. رطوبت از جمله عامل های مهم در محدود کردن عمر مفید ساختمان می باشد. نفوذ رطوبت باعث کاهش مقاومت حرارتی مصالح ساختمان و کاهش پایداری برخی مصالح می شود. همچنین نفوذ رطوبت باعث به وجود آمدن کپک و زنگ زدگی شده و برای سلامت انسان بسیار مضر است. می توان با نگهداری درست و کنترل رطوبت در چوب از فساد آن جلوگیری کرده و عمری طولانی برای آن در نظر گرفت.

#### ۶- رفتار ساختمان های چوبی در برابر سونامی

ساختمان های چوبی در برابر سونامی مقاومت کمتری نسبت به ساختمان های بتنی دارند. پس از زلزله ۱۱ مارس ژاپن و تحقیقات انجام شده در این کشور، مشاهده شده که سونامی با ارتفاع بیش از دو متر می تواند ساختمان های چوبی را از بین ببرد در حالی که ساختمان های بتنی می توانند در برابر سونامی با ارتفاع بیش از ۴ متر مقاومت کنند.

#### اجزای اصلی سیستم ساختمان چوبی

فونداسیون: در ساختمان های چوبی متعارف که بسیار سبک هستند، نیاز به فونداسیون هایی مانند خانه های سنگین وجود نداشته و فونداسیون این ساختمان ها اغلب در ابعاد حداقل هستند. پی های نواری مناسب ترین فونداسیون در این نوع سیستم ساختمانی می باشند. در صورت نیاز می توان از پی های تکی هم استفاده کرد. طراحی فونداسیون بر اساس بارهای ثقلی و مقاومت خاک صورت می گیرد.

دیوارهای خارجی: دیوارهای باربر خارجی به تنهایی و گاهی به همراه دیوارهای باربر داخلی، سیستم باربر ساختمان چوبی را تشکیل می دهند. این دیوارها به فواصل معین به صورت قاب ساخته شده و روی پی بتنی قرار گرفته و با پیچ های مهاری به فونداسیون متصل می شوند. روی قابها را از داخل با ورق گچی و از خارج با تخته های چندلا می پوشانند. بارهای ثقلی وارد به ساختمان از طریق دیوارهای باربر به کف ها و فونداسیون متصل می شوند. به لحاظ سیستم باربر جانبی، دیوارهای برشی تعبیه شده در بخش های مختلف ساختمان مخصوصا دیوارهای جدار بیرونی ساختمان نقش جذب نیروی برشی و انتقال آن به فونداسیون را دارند.

سیستم کف- سقف: تیرهای سقف به دیوارهای باربر خارجی یا داخلی با میخ، پیچ یا اتصالات فلزی متصل می شوند. سقف به وسیله تخته های چندلا به کمک میخ در فواصل معین به تیرها متصل شده و بر روی آن کف پوش مناسب قرار می گیرد.

## الزامات سیستم ساختمان چوبی

طراحی و ساخت سیستم های ساختمانی چوبی باید مطابق آیین نامه های ۲۰۰۶ IBC، ASCE7-2005، 2005 NDS صورت گیرد.

همچنین رعایت ضوابط مقررات ملی و ۲۸۰۰ الزامی است.

رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی در حفاظت ساختمان ها در برابر حریق الزامی است.

در عایق بندی و تنظیم صدا، ضوابط مبحث هجدهم مقررات ملی رعایت شود.

ضوابط مبحث ۱۹ مقررات ملی در صرفه جویی در مصرف انرژی ساختمان های چوبی لحاظ شود. [۱۰، ۱۱]

### انواع مواد افزودنی به چوب (چوب عمل آوری شده)

برای جلوگیری از آتش گرفتن چوب می توان روی آن را با فیلمی از آنتی پیرین یا مواد و رنگ سیلیکات پوشاند. رویه نازک گچ یا سیمان آربست که چوب داخل آن باشد، نسوز خواهد بود.

رنگ یا روغن خشک یا تار و قطران باعث دوام و طول عمر چوب می شود. مخصوصاً قطران از ورود حشرات در داخل چوب جلوگیری می کند.

سدیم فلوراید، سیلکو فلوراید و سدیم سیلکو فلوراید که ضمن سمی، قوی و با دوام بودن برای انسان ضرری ندارند. میزان مصرف آنها به میزان ۳ درصد در قشر رویه و در دمای حداقل ۱۵ درجه می باشد.

سدیم دی نیروفنولات که از دی نیترفنول و کربنات سدیم بدست آمده و ضرری برای چوب و آهن ندارد. به علت بوی بد و منفجر شونده بودن پودر خشک آن، استعمال آن در فضای آزاد صورت می گیرد. معمولاً با زغال کربنوزوت، روغن آنتراسین و روغن شیل مخلوط و مصرف می شود. روغن کربنوزوت رنگ چوب را کمی کدر می کند و روی آن امکان رنگ زدن وجود ندارد.

### الوارهای ساختمانی برای ساختمان های چوبی مدرن

برای ساخت سازه های چوبی مدرن نیاز به مصالح چوبی خشک با کیفیت بالا می باشد. در زیر چند نمونه از این الوار که مربوط به صنایع چوب آلمان می باشند، معرفی می شوند.

#### تیرهای چوبی مقاوم ساختمانی KVH

ویژگی تیرهای چوبی مقاوم در شیوه برش و خشک کردن آن به روش فنی می باشد که طی این پروسه رطوبت متوسط آن به  $3 \pm 5$  می رسد. نوع برش تاثیر آن چنان تعیین کننده ای دارد که می تواند ایجاد ترک، خمیدگی و تاب خوردگی را به هنگام خشک کردن چوب تقلیل داده و همزمان ثبات شکلی آن را تضمین نماید. این تیرها در طول های استاندارد تا ۱۳ متر موجود می باشند با توجه به چگونگی استفاده از چوب دو نوع کالا تولید می شوند که کیفیت سطح آنها اساساً از هم متمایز است

KVH-Si: جهت استفاده در جاهای آشکار و نمایان مانند بام، سقف های چوبی، پارتیشن ها

KVH-Nsi: برای به کارگیری در مکان های غیر نمای ساختمان مانند اعضای باربر و دیوارهای بادبند

#### تیرهای چوبی دو و سه لایه

چوب های به کار برده شده در تیرهای چوبی دو و سه لایه Duo-Trio-Balken همیشه در کوره خشک می شوند. چون تک تک الوارها یا چوب های چهار گوشه به طور خاص خشک می شوند، می توان رطوبت چوبی کمتر از ۱۵٪

حتی برای سطح مقطع‌های بزرگ به دست آورد. تغییرات رطوبت و خشک کردن این چوب‌ها هنگام کاربرد خیلی کم است. زیبایی طبیعی چوب محفوظ است و احتیاجی به مواد شیمیایی برای حفاظت چوب نمی‌باشد. تیرها در طول‌های استاندارد تا ۱۸ متر موجود می‌باشند و به دو صورت  $Si$  و  $Nsi$  تولید می‌شوند. از تیرهای چند لایه اغلب در اعضای باربر مستلزم عملکردهای بالامانند ستون، شاه تیر، تیرهای مورب بام و تیرهای سقف در جاهای نمایان استفاده می‌شود.



تیرهای چوبی چند لایه در ساختمان

### تخته‌های گلولام

تخته‌های گلولام از تولیدات صنعتی برای سازه‌های باربر می‌باشند. این تخته‌ها حداقل از ۳ لایه تخته از چوب‌های درختان سوزنی برگ که به روش صنعتی خشک شده و در جهت موازی الیاف به هم چسبانده شده‌اند، تشکیل شده است. تخته‌های گلولام دارای فرم استوار با تطبیق دقیق اندازه‌ها، به آسانی پردازش و یک ماده ساختمانی با کمترین ترک می‌باشند. با نظر گرفتن شرایط ویژه تولید، می‌توان مقاطعی با ابعاد دلخواه و مقاوم به دست آورد که در مقایسه با تیرهای چوبی معمولی ساختمانی دارای ظرفیت تحمل بار بیشتر تا ۸۰٪ می‌باشند و به دلیل داشتن مقاومت و سختی بالا با درزهای به ندرت قابل رویت انتخاب مناسبی برای ساختمان سازی می‌باشند. تخته‌های گلولام ترجیحاً در جاهایی که مستلزم مقاومت بالا و فرم استوار با کمترین ترک می‌باشد، استفاده می‌شوند. همچنین به عنوان اعضای باربر برای دهانه های بزرگ و بارهای زیاد سازه های بزرگ مانند پل‌ها، برج‌ها، سالن‌های ورزشی و اعضای ساختمانی در جاهای آشکار مستلزم ظرافت و زیبایی به کار می‌روند.



تخته‌های گلولام



## نتیجه گیری

چوب از بهترین مصالح قابل استفاده در ساختمان می باشد. ساختمان های چوبی به دلیل ویژگی های منحصر به فرد طرفداران بسیاری در کشورهای مختلف دنیا دارند. این ساختمان ها قابل اجرا در هر شرایط آب و هوایی بوده و مقاومت بسیار خوبی در برابر زلزله از خود نشان می دهند. کاهش مصرف انرژی و هزینه ها از دیگر مزایای این ساختمان هاست. ساختمان های چوبی عمر بالایی داشته و بسیار سبک تر از دیگر انواع ساختمان ها هستند. همچنین عایق بسیار عالی برای گرما، سرما و صوت محسوب می شوند. کنترل رطوبت چوب از موارد بسیار مهم بوده و باید با روش های درست نگهداری چوب و کنترل رطوبت آن از فساد و کپک زدگی آن جلوگیری کرد. این سیستم ساختمانی در ایران خیلی رواج نداشته و با توجه لرزه خیز بودن کشور ما و زیاد بودن مصرف انرژی امید است در سال های آینده شاهد افزایش ساخت و ساز های چوبی در کشورمان باشیم.

## منابع

[۱] www.fht.ir

[۲] www.outana.com

[۳] رضایی، ب. و طاووسی، ش. "روش طراحی بر اساس عملکرد، ارزیابی لرزه ای و مقاوم سازی سازه های چوبی"، جهان جام جم، ۱۳۸۷

[۴] غفاری، م. و خاکپور، م. "کاربرد چوب در ساختمان های مناسب در برابر زلزله"، نشریه وزارت مسکن و شهر سازی، شماره ۶۳

[۵] www.cwc.ca(wood frame building performance fact sheet)

[۶] www.sequoiawoa.com

[۷] www.cv4p.com [۸] www.blogtaz.com [۹] رضایی، ب. و طاووسی، ش. "راهنمای ساخت خانه های

چوبی"، فدک ایستایس، ۱۳۸۸

[10] line,ph.,showalter,J.,and Tylor,R., "national design spechfication for wood construaction(NDS)",2005

[11] "minimum design loads for building and other structures",ASCE7,2005