



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرجان  
دانشکده جنگلداری و فناوری چوب

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc.) در رشته مهندسی علوم و صنایع چوب و  
کاغذ (گرایش حفاظت و اصلاح چوب)

بررسی مقایسه‌ای اقتصادی سازه‌های مسکونی چوبی و بتنی

پژوهش و نگارش:

اسکندر حاجی پور

استاد راهنما:

محراب مدهوشی

استاد مشاور:

محمد کریم علیزاده حصاری

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## فهرست

### فصل اول

#### مقدمه

- ۱-۱- مقدمه‌ای بر سازه‌های مسکونی چوبی ..... ۸
- ۱-۱-۱- مزایای خانه‌های چوبی ..... ۱۰
- ۱-۲-۱- اتصالات ..... ۱۳
- ۱-۳-۱- نما و نازک کاری ..... ۱۳
- ۱-۴-۱- مقاومت در برابر آتش ..... ۱۴
- ۱-۵-۱- مقاومت در برابر زلزله ..... ۱۵
- ۱-۶-۱- رفتار چوب در برابر آتش ..... ۱۵
- ۱-۷-۱- انرژی در ساختمان ..... ۱۶
- ۱-۸-۱- بررسی قابلیت چوب از نظر ساختمانی ..... ۱۶
- ۱-۹-۱- عوامل موثر در مقاومت چوب ..... ۱۶
- ۱-۲-۱- مقدمه‌ای بر سازه مسکونی بتنی ..... ۱۷
- ۱-۲-۱-۱- مزایای سازه بتنی ..... ۱۸
- ۱-۲-۲-۱- توجیه مصرف بتن ..... ۱۹
- ۱-۳-۱- بیان سوالات اصلی ..... ۲۰
- ۱-۴-۱- فرضیات ..... ۲۱
- ۱-۵-۱- اهداف انجام تحقیق ..... ۲۱
- ۱-۶-۱- ضرورت انجام تحقیق ..... ۲۱

### فصل دوم

- ۲- سابقه تحقیق.. ..... ۲۳

## فصل سوم

- ۳-۱- مواد ..... ۲۶
- ۳-۱-۱- تهیه پلان از یک سازه ی چوبی ..... ۲۶
- ۳-۱-۲- برآورد هزینه ساختمان مسکونی چوبی ..... ۲۷
- ۳-۱-۳- تهیه پلان از یک سازه مسکونی بتنی ..... ۳۳
- ۳-۲- روش ها
- ۳-۲-۱- پردازش آماری داده ها ..... ۳۶

## فصل چهارم

### نتایج و بحث

- ۴-۱- برآورد هزینه سازه مسکونی چوبی ..... ۴۴
- ۴-۲- برآورد هزینه سازه مسکونی بتنی .. ..... ۴۶
- ۴-۳- تجزیه و تحلیل داده ها ..... ۴۸
- ۴-۱-۳- خریداران و تولیدکنندگان سازه های مسکونی چوبی و بتنی ..... ۴۹
- ۴-۱-۳-۱- دلیل ساخت یا خرید بیشتر از یک سازه ..... ۵۰
- ۴-۱-۳-۲- مهمترین مقاومت در ساختمان چوبی ..... ۵۲
- ۴-۱-۳-۳- مهمترین مقاومت در ساختمان بتنی ..... ۵۴
- ۴-۱-۳-۴- مهمترین شاخص در سازه ها اعم از چوبی یا بتنی ..... ۵۶
- ۴-۱-۳-۵- سرعت عمل ساخت در سازه های مسکونی ..... ۵۸
- ۴-۱-۳-۶- مهمترین فاکتور در هنگام خرید مواد و مصالح ..... ۶۰
- ۴-۱-۳-۷- مدت زمان ساخت در سازه های مسکونی ..... ۶۲
- ۴-۱-۳-۸- شاخص های سازگاری مصالح چوبی با طبیعت ..... ۶۴
- ۴-۱-۳-۹- شاخص افزایش آگاهی مردم از ساختمان های چوبی ..... ۶۶
- ۴-۱-۳-۱۰- شاخص افزایش تقاضا مردم از ساختمان های چوبی ..... ۶۸

- ۷۰-۳-۱-۱۱- نتایج آمار استنباطی ..... ۷۰
- ۷۰-۳-۱-۱۱-۱- نتایج آزمون ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای زمان و میزان صرفه اقتصادی ..... ۷۰
- ۷۱-۳-۱-۱۱-۲- نتایج آزمون ضریب همبستگی پیرسون متغیرهای سازگاری مصالح چوبی و میزان تقاضا ..... ۷۱
- ۷۱-۳-۱-۱۱-۳- نتایج آزمون ضریب همبستگی پیرسون متغیرهای افزایش آگاهیهای اجتماعی از مزایای اقتصادی و زیست محیطی مصالح چوبی و صرفه اقتصادی آن سازه ..... ۷۲

## فصل پنجم

### بحث و نتیجه گیری

- ۷۵-۱-۵- مقایسه تفاوت بارز از نقطه نظر اقتصادی در دو سازه مسکونی چوبی و بتنی ..... ۷۵
- ۷۵-۲-۱-۵- هزینه تمام شده سازه مسکونی چوبی ..... ۷۵
- ۷۶-۳-۱-۵- هزینه تمام شده سازه مسکونی بتنی ..... ۷۶
- ۷۷-۲-۵- نتایج مربوط به مقایسه از نقطه نظر زمان ساخت و صرفه اقتصادی ..... ۷۷
- ۷۸-۳-۵- نتایج مربوط به مقایسه از نقطه نظر سازگاری مصالح چوبی با طبیعت و میزان تقاضا ساخت برای ساختمان ..... ۷۸
- ۷۸-۴-۵- نتایج مربوط به افزایش آگاهی های اجتماعی از مزایای اقتصادی مصالح چوبی و صرفه اقتصادی سازه ..... ۷۸
- ۷۹-۵- نتیجه گیری نهایی ..... ۷۹
- ۸۰-۶-۵- پیشنهادات برای تحقیقات آتی ..... ۸۰
- ۸۱- منابع ..... ۸۱

## فهرست جداول و اشکال

جدول ۱-۳- قطعات اصلی ساختمان چوبی	۲۹
جدول ۲-۳- ابعاد و تعداد قطعات بکار رفته در ساختمان چوبی	۳۰
جدول ۳-۳- مصالح بکار رفته بر روی بام و نمای ساختمان چوبی	۳۲
جدول ۴-۳- تعداد قطعات درب و پنجره بکار رفته در ساختمان چوبی	۳۳
جدول ۱-۴- برآورد هزینه ساختمان چوبی	۴۴
جدول ۲-۴- برآورد هزینه ساختمان بتنی..	۴۶
جدول ۳-۴- دلیل استفاده بیشتر از یک سازه	۵۰
جدول ۴-۴- مهمترین مقاوتها در ساختمان چوبی	۵۲
جدول ۵-۴- مهمترین مقاوتها در ساختمان بتنی	۵۴
جدول ۶-۴- مهمترین شاخص در ساختمان چوبی و بتنی	۵۶
جدول ۷-۴- سرعت عمل ساخت در سازه های مسکونی	۵۸
جدول ۸-۴- مهمترین فاکتور در هنگام خرید مواد و مصالح	۶۰
جدول ۹-۴- مدت زمان ساخت در سازه های مسکونی	۶۲
جدول ۱۰-۴- شاخص سازگاری مصالح چوبی با طبیعت...	۶۴
جدول ۱۱-۴- شاخص افزایش آگاهی مردم از از ساختمان های چوبی	۶۶
جدول ۱۲-۴- شاخص میزان تقاضا از ساختمان های چوبی	۶۸
جدول ۱۳-۴- نتایج بین متغیرهای زمان و صرفه اقتصادی	۷۰
جدول ۱۴-۴- نتایج بین سازگاری مصالح چوبی با طبیعت و میزان تقاضا	۷۱
جدول ۱۵-۴- نتایج بین افزایش آگاهی های مردم و صرفه اقتصادی	۷۲
جدول ۱-۵- هزینه تمام شده ساختمان چوبی	۷۶
شکل ۱-۴- پلان سازه ی چوبی	۲۷

# فصل اول

## مقدمه و کلیات

## ۱- مقدمه و کلیات

توسعه و پیشرفت جوامع شهری از یک سو و کمبود شدید چوب در کشور ما از سوی دیگر استفاده بهینه از چوب را به امری ضروری تبدیل کرده است. از آغاز تمدن بشری تا زمان صنعتی حاضر چوب همیشه نقش مهمی در ارتباط بشر با محیطش ایفا کرده است. با مطالعه کاربرد چوب به عنوان یکی از قدیمی‌ترین مصالح در ساختمان‌ها، چوب به‌عنوان الگویی برای سیستم‌های ساختمانی قرار گرفته است. اطلاعات و تجربیات ساختمانی در طی سال‌ها در سراسر جهان و در همه فرهنگ‌ها و تمدن‌ها و فراتر از مرزهای جغرافیایی گسترش و توسعه یافته است. تقریباً هیچ ماده‌ای نتوانسته این چنین در ابعاد مختلف مورد استفاده قرار گیرد. ساختمان‌های چوبی قدیمی که بیشتر به شیوه سنتی ساخته شده‌اند تا به امروز به طور مرتب توسعه یافته‌اند. امروزه به‌علت شیوه‌های مدرن در ساخت اتصالات و پرداخت چوب میتوان از تولیدات چند سازه چوبی و با استحکام بالاتر استفاده نمود (شیرعلی ۱۳۸۲).

بواسطه تحقیقات گسترده نه تنها طراحی تیرهای چوبی بهبود یافته بلکه انواع جدیدی از مواد چوبی با کیفیت بالا به بازار ارائه می‌شود. قابلیت سازه‌های چوبی را می‌توان نه تنها در سازه‌های تحسین برانگیز استاتیکی مانند پل‌ها و سالن‌های بزرگ بلکه در ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله هم مشاهده کرد. مزیت ساختمان‌های چوبی در اقتصادی بودن و آسانی کار با آن است. سازه‌های چوبی مقاوم در برابر زلزله نه به‌واسطه کاربرد زیاد مصالح بلکه بیشتر به‌واسطه طراحی و محاسبات اقتصادی جزئیات اتصالات مشخصات قابل توجیه است.

ساختمان‌های مدرن چوبی از اواسط قرن ۱۹ میلادی تا به امروز بر اساس دانش تجربی توسعه یافته است. از سویی دیگر یکی از مصالح مهم مورد استفاده در سازه‌ها، بتن میباشد که سابقه استفاده از بتن به چند دهه اخیر برمی‌گردد. هر چند تفاوت بسیاری می‌توان بین سازه‌های چوبی و بتنی یافت نمود اما بزرگترین تمایز در طراحی و محاسبه سازه‌های چوبی در مقایسه با سازه‌های بتنی در این است که شکل پذیری در



سازه‌های چوبی نه به کمک المان‌ها بلکه بوسیله اتصالات حاصل می‌شود. اثر جذب انرژی سازه با اعمال ضریب رفتار ساختمان وارد می‌شود (مجتهدی ۱۳۶۴).

در این بین تیرهای چوبی درختان سوزنی برگ از مصالح ساختمانی با کیفیت محسوب میشوند. این مواد با نقش پایه‌ای خود باعث موفقیت سازه‌های چوبی مخصوصاً ساختمان‌های مسکونی دارای اسکلت چوبی می‌باشند. در مقایسه با مصالح ساختمانی بتنی چوب‌های مرغوب از خصوصیات مقاومتی و کاربردهای عالی برخوردارند و احتیاجات بالای مقاومت سازه‌های مدرن را برآورده می‌کنند (مجتهدی ۱۳۶۴).

سیستم‌های ساختمان چوبی در اسکلت سازه‌های چوبی می‌توان هر یک از اجزای سازه را براحتی در پیکربندی آن جابجا کرد. فضای ما بین چوب‌ها را می‌توان با مواد عایق پر کرد. بدینوسیله اعضای بار به عایق حرارتی و صوتی لازم و مناسب را دارا می‌باشد.

در سال‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی در زمینه ساختمان‌های چوبی وجود داشته است. از نظر طول عمر و ارزش می‌توان ساختمان‌های چوبی را هم ردیف با ساختمان‌های بتن آرمه به حساب آورد. این سازه‌ها سبک، مقاوم و شکل پذیر و اقتصادی می‌باشند.

چوب در مقایسه با دیگر مصالح متداول ساختمانی از نسبت مقاومت به وزن بهتری برخوردار هست. بدلیل جرم کم ساختمان‌های چوبی نیروهای کمتری در هنگام زلزله تولید می‌شود. از این رو نیروهای ناشی از زلزله برای طراحی و محاسبات در ساختمان‌های چوبی کمتر است.

در مقابل ساختمان‌های بتنی از نظر قدمت طول عمر کمتری از ساختمان‌های چوبی برخوردارند. از این رو مقایسه فنی و اقتصادی سازه‌ی چوبی با سازه‌ی بتنی می‌تواند مشخص کننده این باشد که چه سازه‌هایی از نظر اقتصادی و چه سازه‌هایی از لحاظ فنی برتری دارند و به چه دلیل استفاده می‌شوند.

با شناخت تفاوت در این سازه‌ها (از نظر اقتصادی، فنی...) و راه حلی مناسب جهت رفع مشکلاتی که بر سر راه ساخت سازه‌های چوبی می‌تواند وجود داشته باشد می‌توان سازه‌های چوبی را رقیب جدی برای سازه‌های بتنی در راه ساخت و ساز آن در کشور قرار داد (شیرعلی نورمحمد ۱۳۸۲).

با استفاده از روش مقایسه بین سازه های چوبی و بتنی می توان معیارهای ساخت سازه ها را بررسی نمود، تفاوت سلايق مردم را بين شهرها و استانهای مختلف و هم چنین خصوصیات اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی مختلف خریداران و تولید کنندگان این نوع سازه ها را مقایسه کرد.

#### ۱-۱- مقدمه ای بر سازه های مسکونی چوبی

در روش های نوین صنعتی سازی نه تنها به مسئله مسکن بلکه به بهره برداری بهینه از مصالح، سرعت و کیفیت ساخت نیز توجه گردیده است. یکی از راههای رسیدن به این اهداف بکارگیری مصالح چوبی سبک در ساختمان سازی می باشد. در زمینه تولید این سازه ها تکنولوژیهای بسیاری در کشورهای پیشرفته جهان ایجاد شده است. یکی از جدیدترین این روش ها در زمینه ساخت، فن آوری و بهره برداری از چوب به عنوان رایج ترین و فراوان ترین مصالح موجود در طبیعت می باشد، بطوریکه در آمریکا، کانادا، اروپا (به ویژه در کشورهای اسکاندیناوی)، ژاپن، چین و چند کشور دیگر به عنوان یک سیستم بسیار پیشرفته و مطلوب مورد توجه قرار گرفته است. ایجاد مسکن بدین طریق برای بیش از یک میلیارد نفر از مردم جهان خود گواه بر این مدعا می باشد. سبک سازی و مقاومت بالا در مقابل زلزله، سرعت در ساخت و بازگشت سریع سرمایه، عایق بندی و کاهش چشمگیر مصرف انرژی، عمر طولانی سازه بیش از یکصد سال، زیبایی و سازگار با اقلیم های متفاوت، نداشتن نخاله ساختمانی و دیگر مزایا، خانه های چوبی را در ردیف خانه های زیبا و مورد قبول در دنیا قرار داده است (ناطق الهی، طاووسی ۱۳۸۱).

سیستم سازه ای ساختمانی چوبی از مقاطع چوبی مختلفی ساخته میشوند. این نوع ساختمان جزء سازه های سبک شناخته شده است. در این نوع سیستم سازه ای، مقاطع چوبی چهار تراش با قرارگیری در فواصل حدود ۴۰ الی ۸۰ سانتی متری و اتصال تخته های چند لایه چوبی و تخته های ماسیو بر روی آنها تشکیل یکسری دیوارهای باربر و برشی را می دهند.

ساختمانی چوبی سبک یکی از روش های ساخت با امتیازات سازه ای و زیست محیطی ویژه می باشد. پژوهش های بسیاری در رابطه با اثرات زیست محیطی سازه های چوبی توسط موسسه تحقیقات پایداری

مواد و مصالح در سال ۲۰۰۱ در کشور کانادا انجام شده است که نتیجه برتری چوب را نسبت به فولاد و بتن در مواردی چون عمر مفید مصالح، تولید، قابلیت کاربرد در محل احداث و ضایعات نشان داده است. علاوه بر امتیازات زیست محیطی، ایمنی و سبک بودن سازه های چوبی در مواجهه با زلزله عملکرد خوبی داشته است. ساخت و ساز ساختمانهای چوبی نوین در کشور آمریکا در دهه ۱۸۴۰ آغاز شده است و تکامل این سیستم در کشور سوئد بگونه ساخت طبقه ای (Platform Framing) انجام گرفت و در دهه ۱۹۲۰ به کشور انگلستان و کشورهای دیگر گسترش پیدا کرده است (انزن و همکاران).

سیستم ساختمانی قاب سبک چوبی یکی از پیچیده ترین سیستمهای ساختمانی است که تنها شامل اجرای درست سازه چوبی از نظر مقاومتی نمیشود بلکه رعایت همه اصول فیزیک ساختمان برای کارکرد آن ضروری است. در این سیستم محافظت سازه چوبی از عوامل مخرب محیط از قبیل رطوبت، قارچ ها، حشراتی که از چوب تغذیه میکنند، میکرو اورگانیزم ها، حرارت زیاد و آتش سوزی ضروری می باشد. شالوده این سیستم ساختمانی علاوه بر تحمل بار سبک سازه چوبی باید از نفوذ آب، رطوبت و حشرات به داخل سازه چوبی به نحو بسیار موثری جلوگیری به عمل آورد.

طراحی و ساخت سیستم ساختمانی چوبی بر طبق استاندارد ها و آیین نامه های زیر می باشند:

- International Building Code-IBC 2006
- Minimum Design Loads for Building and other Structures (ASCE7-2005)
- National Design Specification for Wood Construction 2005,( NDS Code)
- National Design Specification Supplement 2005, ( NDS-S)

ساختمانهای چوبی کاربرد و شناخت وسیعی در کشورهای آمریکا، ژاپن، کانادا و اروپا دارد. بطور کلی این سیستم بعلت سبک بودن در مناطق زلزله خیز بهترین سیستم ساختمانی به حساب می آید. موسسات و ارگانهای مهمی که در رابطه با سیستم ساختمانی چوبی می توان نام برد، به قرار ذیل می باشند:

- American Institute of Timber Construction, AITC  
[www.aitc.org](http://www.aitc.org)
- American Forest and Paper Association, AF & PA  
[www.awc.org](http://www.awc.org)
- APA- The Engineered Wood Association  
[www.apawood.org](http://www.apawood.org)
- American Lumber Standard Committee, ALSC  
[www.alsc.org](http://www.alsc.org)
- International Codes Council, ICC (IBC Code)  
[www.iccsafe.org](http://www.iccsafe.org)
- National Frame Builders Association, NFBA  
[www.postframe.org](http://www.postframe.org)
- Canadian Wood Council, CWC  
[www.cwc.ca](http://www.cwc.ca)

سیستم سازه ای ساختمانهای چوبی در بیشتر کشور های دنیا در مناطق زلزله خیز برای ساخت ساختمانهای مسکونی و با ارتفاع معمولی استفاده می شوند(لنزن وهمکاران).

#### ۱-۱-۱- مزایای خانه های چوبی

سبک بودن و مقاومت بالا در مقابل زلزله، کاهش آلودگی محیط زیست، عایق بندی و کاهش چشمگیر انرژی، کاهش پرت مصالح ساختمانی، سرعت در ساخت و بازگشت سریع سرمایه، زیبایی و سازگاری با اقلیم های متفاوت و عمر طولانی اشاره کرد(حجازی وجعفری ۱۳۸۲).

اجزاء اصلی تشکیل دهنده سیستم خانه چوبی و مقاومت های آن به شرح ذیل می باشد:

### ۱-۱-۲- اتصالات

طراحی و اجرای صحیح اتصالات اهمیت زیادی در رفتار ساختمانهای چوبی دارد. اتصال ها مسیر عبور نیروهای ثقلی و جانبی سازه را تأمین می کنند. در ساختمانهای چوبی برای اتصال اجزای گوناگون ساختمانی از انواع اتصالات فلزی و چوبی استفاده میشود. اتصالات بگونه ای متداول از نوع اتصالات خشک هستند، که به صورت پیچ و مهره، پیچ چوب ساده، میخ ساده و یا میخ شلیکی، نبشی ها و اتصالات فلزی در اشکال بسیار متنوع، ورق های آهن گالوانیزه سوراخ دار و یا میخ دار اجرا می شوند. برای اتصال های خرپایی و همچنین اتصال تیرها در جهت طولی به یکدیگر از ورق گالوانیزه میخ دار استفاده میشود.

### ۱-۱-۱- نماونازک کاری

در سیستم خانه های چوبی، قابلیت اجرای بیشتر نماهای متداول وجود دارد. در این سیستم می توان از انواع ورق های چوبی، سیمانی، فلزی، پلیمری و یا حتی نماهای بنایی مانند آجر یا سنگ استفاده کرد. در صورت اجرای نمای خارجی با مصالح و فراورده های بنایی، باید نما را بوسیله بست های فولادی و یا آهن گالوانیزه به سازه چوبی متصل کرد. این عمل برای انتقال نیروهای جانبی مانند باد به سازه چوبی است (ناطق الهی و طاووسی ۱۳۸۱).

## ۱-۱-۴- مقاومت در برابر زلزله

زمین‌لرزه‌های فراوانی که در گوشه و کنار جهان به وقوع پیوسته است، نشان داده اند که خانه‌های با اسکلت چوبی مقاومت بسیار زیادی در برابر زمین‌لرزه دارند. در کشور امریکا، ایالت کالیفرنیا یکی از ایالاتی با شرایط زلزله خیزی خیلی زیاد، مساحت مدارس عمومی بیش از چهارصد میلیون متر مربع است که بیش از هشتاد درصد آنها دارای اسکلت چوبی هستند. در زمین‌لرزه نورتریج که در سال ۱۹۹۴ به وقوع پیوست هیچ کدام از سازه‌های چوبی این مدارس دچار آسیب جدی نگردیدند. تخریب جدی تنها در میان اجزای غیر چوبی این ساختمانها بوقوع پیوست. تحقیقات و بررسی هایی که پس از زلزله نورتریج توسط دپارتمان توسعه ساختمان و شهرسازی امریکا انجام شده است، نشان میدهد که اکثر ساختمانهای چوبی مسکونی نوع در زلزله خوب عمل کرده اند (توکر ۲۰۰۵).

در سال ۲۰۰۲ دولت ایالتی کالیفرنیا تصمیم گرفت که در ساخت ساختمانهای بتنی و آجری مدارس کالیفرنیا تجدیدنظر بعمل آورد زیرا که ساختمان‌های با اسکلت چوبی بهترین مقاومت را در برابر زلزله از خود نشان داده بودند. در بسیاری از خانه های چوبی با پی بتنی نتوانسته است در برابر زمین لرزه مقاومت نماید ولی سازه چوبی بدون آسیب زیاد پابرجا مانده است.

یک اصل بسیار مهم در این سیستم ساختمانی یک پارچگی سازه آن است. همه دیوارها، سقف ها، سقف خارجی، شالوده و دیگر اجزای تشکیل دهنده سازه ساختمان باید بدرستی و با دقت بسیار همانند جعبه ای یک پارچه به یکدیگر دوخته شوند. نیروی منتقل شده از سقف به شالوده باید بگونه ای خطی باشد و از ممان چرخشی تا آنجا که امکان دارد اجتناب کرد (توکر ۲۰۰۵).

از مهمترین مزایای سازه‌های چوبی مقاومت بالای آنها در برابر انواع بلایای طبیعی (سیل، زلزله و ...) است. ضریب میرایی بالای چوب آن را مناسب‌ترین نوع مصالح برای طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله می‌داند و نیز از اصول کلی مقاوم‌سازی سازه‌ها در برابر زلزله کاهش بار مرده ساختمان است که این امر در صورتی که سازه چوبی باشد در قیاس با سازه‌های دیگر (فولاد و بتن) به طور متوسط هفت برابر سبک‌تر خواهد شد (توکر ۲۰۰۵).

### ۱-۱-۵- مقاومت در برابر آتش

اگر حرارت و زمان آتش سوزی و دسترسی به اکسیژن هوا به اندازه کافی باشد، چوب در حدود ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد آتش می‌گیرد. برای مشتعل شدن تحت تاثیر مستقیم آتش، چوب به درجه حرارتی بین ۳۰۰-۴۰۰ درجه سانتیگراد نیاز دارد. اگر چوب را تحت تاثیر تشعشع حرارتی قرار دهیم و حرارت آنرا بالا ببریم به حرارت بیشتری در حدود ۵۰۰-۶۰۰ درجه سانتی‌گراد نیازمندیم تا بتوانیم آن را شعله ور کنیم. شعله ور شدن و سوختن چوب به گونه ای کنترل شده با سرعتی ثابت انجام می‌گیرد.

### ۱-۱-۶- رفتار چوب در برابر آتش

مقاومت چوب در برابر آتش بستگی بسیار به حجم آن دارد. برابر آئین نامه های معتبر در کشورهای دارنده صنعت خانه سازی چوبی، ابعاد سطح مقطع چوب سازه نباید از اندازه اسمی  $10 \times 5$  سانتی متر کمتر باشد. در سطح چوب هنگام سوختن لایه ضخیمی از ذغال با مقاومت حرارتی زیاد تولید می‌شود که مانع از نفوذ حرارت به داخل چوب می‌شود. در نتیجه با تداوم آتش ضخامت لایه ذغال بیشتر شده و باعث افزایش زمان مقاومت چوب در برابر آتش می‌گردد. مقاومت باقی مانده یک عضو چوبی سازه در هنگام آتش سوزی برابر است با مقاومت سطح مقطع قسمتی از آن که هنوز ذغال نشده است بر خلاف سازه فولادی که مقاومت خود را با ازدیاد حرارت از دست می‌دهد.

### ۱-۱-۷- انرژی در ساختمان چوبی

از آنجا که ساختمان از نوع اسکلت چوبی است و چوب عایق بسیار مناسب برای انتقال حرارت محسوب می شود و با توجه به نحوه عایق کاری مطرح شده، در هیچ کجای ساختمان پل حرارتی در پوسته خارجی به وجود نخواهد آمد.

### ۱-۱-۸- بررسی قابلیت چوب از نظر ساختمانی

در طراحی سازه ای ساختمانهای چوبی مسائل مربوط به ویژگی های چوب که روی کیفیت مکانیکی چوب تاثیر دارند، بسیار مهم می باشند. شناخت و استفاده درست از مقاومت های مجاز چوب مهمترین مرحله در طراحی یک ساختمان چوبی می باشد. طبیعت خواص چوب سالم در شرایط مختلف محیطی از قبیل محل جغرافیایی، نوع خاک، مقدار نور و بارندگی و دیگر شرایط تغییر می کند و محصول تولید شده دارای خواص متغییر خواهد بود. به همین علت تحقیقات خواص مکانیکی چوب بر مبنای نمونه برداری و احتمالات آماری مورد مطالعه و خواص گونه مورد مطالعه تعیین می شود. معمول ترین خواص یا مقاومت های مجاز چوب عبارتند از: مقاومت خمشی، مقاومت کششی، مقاومت فشاری موازی با الیاف، مقاومت فشاری عمود بر الیاف، مقاومت برشی و مدول الاستیسیته مقطع چوبی (شیرعلی ۱۳۸۲).

### ۱-۱-۹- عوامل عمده موثر در مقاومت چوب

جهت نهایی شدن مقاومت های اندازه گیری شده با آزمایش نمونه های کوچک و بزرگ، اثرات عوامل تاثیر گذار اعمال می شود. باید در نظر داشت که طراح هیچ سر و کاری با مراحل آزمایش و نتایج آن ندارد. استفاده از مقاومت های اعلام شده از طرف تولید کنندگان چوب های ساختمانی قابل اطمینان است. کنترل کیفی که تولید کنندگان چوب آلات ساختمانی درجه بندی شده اعمال می کنند، قابلیت اطمینان لازم را دارد (رجب پور وهمکاران ۱۳۸۷).



در مجموع مراحل درجه بندی و تدوین مقاومت های مجاز اسمی چوب توسط متخصصان چوب صورت میگیرد ولی تنظیم مقاومت های مجاز به عهده طراح گذاشته شده است. در احداث ساختمانهای چوبی اعم از مسکونی یا تجاری بیشتر از گونه های درختان سوزنی برگ به دلیل سبک بودن استفاده میشود. در محاسبات سازه ای مقاطع چهارتراش چوبی چوب های نراد ، نوئل ، اسپيروس و یا هر نوع گونه سوزنی چوبی که با مشخصات این چند گونه ساختمانی مطابقت داشته باشند ، می توان استفاده نمود(ناطق الهی و طاووسی).

## ۱-۲- مقدمه ای بر سازه های مسکونی بتنی

سازه بتنی سازه ای است که در ساخت آن از بتن یا به طور معمول بتن آرمه (سیمان، شن، ماسه و فولاد به صورت میلگرد ساده یا آجدار) استفاده شده باشد. در ساختمان در صورت استفاده از بتن آرمه در قسمت ستون ها و شاه تیرها و پی، آن ساختمان یک سازه بتنی محسوب می شود(برقی و همکاران ۱۳۸۴).

به طور کلی هدف از طراحی یک سازه، تامین ایمنی در مقابل فروریختگی و تضمین عملکرد مناسب در زمان بهره برداری است. چنانچه مقاومت واقعی یک سازه بطور دقیق قابل پیش بینی بود و در صورتی که بارهای وارد بر سازه و اثرات داخلی آنها نیز با همان دقت قابل تعیین بودند، تامین ایمنی تنها با ایجاد ظرفیت باربری به میزان جزئی بیش از مقدار بارهای وارده ممکن می گشت. لیکن عوامل نامشخص و خطاهای احتمالی متعددی در آنالیز، طراحی و ساخت سازه ها وجود دارند که یک حاشیه ایمنی را در طراحی سازه ها طلب می کنند. مهمترین ریشه ها و منابع این خطاها عبارتند از:

الف: بارهایی که در عمل به سازه وارد می شوند و همچنین توزیع واقعی آنها ممکن است با آنچه در بارگذاری سازه فرض شده است متفاوت باشند.

ب: رفتار واقعی سازه ممکن است با رفتار تئوریک سازه، که بر اساس آن نیروهای داخلی اعضا محاسبه می‌شوند، تفاوت داشته باشد.

ج: مقاومت واقعی مصالح به کار رفته در ساخت سازه ممکن است متفاوت از مقادیر فرض شده در محاسبات باشد.

د: ابعاد قطعات و محل واقعی میلگردها ممکن است دقیقاً مطابق آنچه طراح در محاسبات خود فرض کرده نباشد. بنابراین، انتخاب یک حاشیه ایمنی مناسب امر بسیار دشواری است که نحوه منظور نمودن آن، به صورت یکی از مشخصه‌های اساسی روش‌های طراحی در آمده است (ال اندرسون و همکاران ۲۰۰۶).

#### ۱-۲-۱- مزایای سازه های بتنی

- ۱- ماده اصلی بتن که شن و ماسه می‌باشد ارزان و قابل دسترسی است.
- ۲- سازه‌های بتنی که مطابق با اصول آیین نامه‌ای طراحی و اجرا شده اند، در مقابل شرایط محیطی سخت، مقاومتر از سازه‌های ساخته شده با مصالح دیگر هستند.
- ۳- به علت قابلیت شکل پذیری بالای بتن، امکان ساخت انواع سازه‌های بتنی نظیر پل، ستون و ... به اشکال مختلف میسر است.
- ۴- سازه‌های بتنی در مقابل حرارت زیاد ناشی از آتش سوزی بسیار مقاوم اند. آزمایشات نشان داده اند که در صورت ایجاد حرارتی معادل ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد برای یک نمونه بتن آرمه، حداقل یک ساعت طول می‌کشد تا دمای فولاد داخل بتن، که با یک لایه بتنی با ضخامت ۲,۵ سانتی متر پوشیده شده است، به ۵۰۰ درجه سانتی گراد برسد (رجب پور و همکاران ۱۳۸۷).

## ۱-۲-۲-توجیه مصرف بتن

مشکل محدودیت منابع انرژی در دسترس کم و بیش برای کلیه کشورها اعم از صنعتی توسعه یافته و یا در حال توسعه جهان مشترک است. در کشور های مختلف بسته به میزان فعالیتهای صنعتی بین ۳۰ تا ۳۵٪ کل هزینه های مصرفی در ارتباط با ساختمان استفاده می شود. بنا بر این اقدام های در جهت ارتقای کیفیت ساختمان از دیدگاه مقاومتی، اقتصادی، تبادلات حرارتی و ... صورت می پذیرد که منتج به صرفه جویی ملاحظه ای در مصرف کل انرژی در کشور می شود.

نتیجه مطالعات کارشناسان مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن در خصوص ساخت ساختمانهای بتنی بجای ساختمان های آجری و گلی وسایر ساختمان ها به دلایل زیر می باشد:

- ۱- انتقال حرارت از جداره های خارجی ساختمان به شکل هدایت عمده ترین عامل اتلاف یا کسب حرارت در ساختمان های معمولی و بخصوص ساختمان های مسکونی است. برای جلوگیری از انتقال حرارت باید توجه داشت گرچه با افزایش ضخامت جداره های خارجی ساختمان می توان تا حدودی میزان تبادل حرارتی این جداره ها را کاهش داد اما در هر صورت این افزایش ضخامت در کل و بخصوص در مورد ساختمان های چند طبقه مقرون به صرفه نخواهد بود. بنابراین تنها راه حل این مشکل اصلاح کیفیت جداره های خارجی ساختمان یعنی استفاده از مصالح مرغوب در این اجزا است. استفاده از بلوک های سبک بتنی در اجزای مختلف ساختمان علاوه بر مزایایی که در ارتباط با عایق بندی حرارتی و صوتی دارد به جلوگیری از میعان بخار آب موجود در هوا در سطح یا داخل مصالح اجزای ساختمان نیز کمک میکند. و با توجه به تاثیر رطوبت در افزایش ضریب هدایت حرارتی و بخصوص عایق های حرارتی بسیار زیاد است نفوذ ناپذیر بودن بلوک های بتنی سبک هوادار در مقابل رطوبت عایق بندی حرارتی ساختمان را در زمان های طولانی تضمین می کند.
- ۲- مقاومت واستحکام سازه های جدید بتنی جهت مقاومت در برابر بلایای طبیعی از جمله مهمترین آنها زلزله که با قرار دادن میلگرد های آجدار در درون بتن مانع از ریزش ساختمان می شود.
- ۳- جداره های خارجی ساختمان (دیوار، بام، کف) که با استفاده از مصالح سنتی ساخته شده اند به تنهای قادر به جلوگیری از این اتلاف حرارت نیستند. تبادل بین ساختمان و محیط اطرافش به سرد شدن آن در

زمستان یا گرم شدنش در تابستان می انجامد. جبران این تبادل حرارتی و ایجاد فضایی مطلوب در ساختمان تنها با استفاده از سیستم های حرارتی یا برودتی و صرف هزینه زیاد جهت تامین انرژی مصرفی این سیستمها امکان پذیر است که این امر باعث صرفه اقتصادی نیز می شود.

۴- میزان دسترسی به مواد و مصالح و پیشرفت علم و تکنولوژی در ساختمان که امکان ساخت و ساز تا چندین طبقه فراهم شده است.

۵- علاوه بر بالا بودن هزینه ساخت ساختمان های قدیمی کیفیت آسایش در ساختمانهایی که با مصالح جدید و با ضخامت های محدود بنا شده اند نیز نمی تواند رضایت بخش باشد. در حال حاضر ساختمانهای که با مصالح سنتی احداث شده اند لزوم عایق بندی توسط مصالح دیگر عایق کاری را دارند و این خود مستلزم سرمایه گذاری با توجه اقتصادی ذیل می باشد (ال اندرسون و همکاران ۲۰۰۶).

### ۱-۳- بیان سوالات اصلی تحقیق:

توجیه اقتصادی هر گونه سرمایه گذاری از اهمیت ویژه ای برخوردار است هزینه سود و زمان برگشت سرمایه از فاکتور هایی هستند که معمولاً به عنوان عواملی موثر در اخذ تصمیم در تحلیل هر نوع سرمایه گذاری می باشند لذا در این تحقیق به مقایسه اقتصادی بین سازه رایج گذشته یعنی سازه ی چوبی و سازه های بتنی که در حال حاضر برای رفع نیاز مسکن جامعه تولید کنندگان بیشتر استفاده می کنند می پردازیم.

این مطالعه به دنبال یافتن پاسخ این دو سوال اصلی است:

- ۱- دلایل استفاده بیشتر از سازه های بتنی در مقابل سازه ی چوبی چیست؟
- ۲- آیا ساخت سازه های چوبی در قیاس با سازه های بتنی دارای صرفه اقتصادی است یا خیر؟