

دانشگاه شهید باهنر کرمان

وزارت اطلاعات آذربایجان  
تیمسار کرمان

۱۳۸۲ / ۵ / ۳۰

دانشکده فنی - بخش عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد عمران

تحت عنوان:

ارزیابی آسیب پذیری لرزه‌ای ساختمانهای

بتن مسلح شهر کرمان

استاد راهنما:

دکتر علی اکبر مقصودی

مؤلف:

حسین احمدوند

مهر ۱۳۸۱

۴۸۸۹۶

# بسمه تعالی

وزارت اطلاعات مدرک علمی این  
تعمیرات

## این پایان نامه

به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد

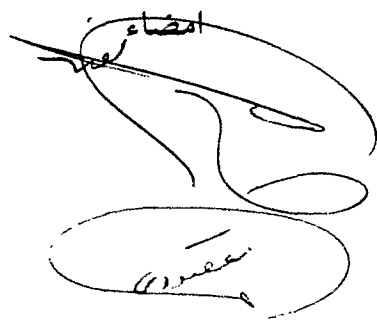
به بخش عمران

دانشکده فنی دانشگاه شهید باهنر کرمان

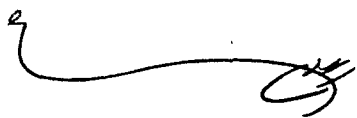
تسلیم شده است و هیچ گونه مدرکی بعنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

نام و نام خانوادگی

دانشجو: آقای حسین احمدوند

امضاء  


استاد راهنما: آقای دکتر علی اکبر مقصودی



داور ۱: آقای دکتر رضا رهگذر



داور ۲: آقای دکتر حامد صفاری



حق چاپ محفوظ و مخصوص مؤلف است.

ای نسیم سحری یادت باد  
که بشر تا به ابد  
استوار بر جملا توست چنین:

## علم و عشق و ایمان

ای پروردگار مهربان! بسیار تو را شاکرم که مرا توان دیدن عطا فرمودی و گوشم را بر شنیدن زیباییها شنوا نمودی و عقلم را مأمّن دانش و آگاهی، هر چند جزئی از دنیای بیکران عالم هستی، قرار دادی.

از استاد گرامی جناب آقای دکتر مقصودی نهایت تشکر و سپاس را دارم. از کلیه عزیزان و دوستانی که مرا در انجام این تحقیق یاری نمودند کمال تشکر را دارم. همچنین از اساتید محترم آقایان دکتر رهگذر و دکتر صفاری که زحمت داوری پایان نامه اینجانب را بر عهده گرفتند متشکرم و امیدوارم که این تحقیق نه انتها بلکه آغازی برای این بنده محتاج دانستن باشد. ان شاءالله.

## تقدیم به:

- پروردگار آسمانی ام یگانه معمار هستی

- خالقان زمینی ام:

پدر عزیز و بزرگوارم که پینه‌های دستش نمایانگر سبزی زندگی است.

و

نگین مادر مهربانم که نامش نهایت عظمت و بزرگی اوست.

- نیرو دهنده جان و روانم:

دوست، همسر و همسفر عزیز و مهربانم که عشق را در وجودم

شعله‌ور کرد و بدون راهنمائیها و یاوریهایش مرا به تنهایی توان

رهپیمودن نبوده و نخواهد بود.

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
	<b>فصل ۱</b>
۲	مقدمه
	<b>فصل ۲- کلیات</b>
۶	۱-۲- رفتار بتن
۸	۲-۲- رفتار فولاد
۹	۳-۲- رفتار سازه‌های بتن مسلح
۹	۴-۲- شکل پذیری
۱۰	۲-۴-۱- اهمیت شکل پذیری
۱۱	۲-۴-۲- روشهای تعریف شکل پذیری
۱۲	۳-۴-۲- شکل پذیری مصالح
۱۴	۴-۴-۲- شکل پذیری مقطع
۱۵	۵-۴-۲- شکل پذیری عضو
۱۵	۲-۴-۵-۱- شکل پذیری تیرها
۱۶	۲-۴-۵-۲- شکل پذیری ستونها
۱۶	۲-۴-۶- شکل پذیری اتصالات
۱۶	۲-۴-۷- معایب و خسارات وارد بر ساختمان ناشی از عدم رعایت شکل پذیری
۱۷	۲-۵- سیستمهای قابل استفاده در ساختمانهای بتن مسلح
۱۷	۲-۵-۱- سیستم SCWB (ستون قوی - تیر ضعیف)
۱۷	۲-۵-۲- سیستم WCSB (ستون ضعیف - تیر قوی)
	<b>فصل ۳- آسیب پذیری</b>
۲۰	۳-۱- مقدمه
۲۰	۳-۲- آسیب پذیری و هدف از آسیب پذیری سازه‌ها
۲۱	۳-۳- آسیب پذیری ساختمانهای بتن مسلح
۲۱	۳-۴- پارامترهای مؤثر بر آسیب پذیری ساختمانها
۲۶	۳-۵- علل عمده آسیب پذیری ساختمانها
۲۷	۳-۶- راههای جلوگیری از آسیب پذیری ساختمانها
۲۷	۳-۷- معایب اساسی ساختمانهای بتن مسلح

۳۰	۸-۳- روشهای ارزیابی آسیب‌پذیری سازه‌ها
۳۰	۹-۳- روشهای کیفی موجود
۳۱	۱-۹-۳- روشهای انجمن تکنولوژی کاربردی آمریکا (ATC)
۳۳	۲-۹-۳- روش آئین‌نامه ژاپن
۳۶	۳-۹-۳- روش مهندسی زلزله شناسی یوگسلاوی سابق (IZIIS)
۳۸	۴-۹-۳- روش کمی - کیفی ونزوئلا
۴۳	۱۰-۳- روشهای کمی موجود
	<b>فصل ۴- روش پیشنهادی</b>
۴۶	۱-۴- مقدمه
۴۶	۲-۴- ارزیابی کیفی
۴۷	۱-۲-۴- پارامترهای مؤثر در نظر گرفته شده در ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمانهای بتن مسلح
۴۷	۱-۱-۲-۴- پارامترها و عوامل عرضی (معیارهای کنترل کننده)
۴۸	۱-۱-۱-۲-۴- بلوکهای اطلاعاتی
۴۹	۱-۱-۱-۲-۴- پرسشهای مطرح شده در بلوکهای اطلاعات
۶۳	۲-۱-۲-۴- عوامل طولی مؤثر بر آسیب‌پذیری (ضرایب تشدید)
۶۹	۲-۲-۴- ارزشگذاری بلوکهای اطلاعات
۷۰	۳-۲-۴- ارزشگذاری پرسشهای بلوکهای اطلاعاتی
۷۲	۴-۲-۴- الگوریتم تعیین میزان کمی آسیب‌پذیری ساختمان
۷۳	۵-۲-۴- وضعیت تصمیم‌گیری در مورد ساختمان
۷۳	۳-۴- ارزیابی تحلیلی (کمی)
۷۴	۱-۳-۴- مدل کردن ساختمان براساس نرم افزارهای موجود
۷۴	۲-۳-۴- تعیین بارگذاری ساختمان (بارهای استاتیکی یا دینامیکی)
۷۴	۳-۳-۴- تحلیل ساختمان مورد ارزیابی
۷۵	۴-۳-۴- بررسی مقاطع و اعضای سازه ای ساختمان در طبقات مختلف
۷۵	۱-۴-۳-۴- بررسی براساس نسبت $\frac{C}{D}$
۷۶	۲-۴-۳-۴- بررسی براساس تغییر شکل طبقات
۷۶	۳-۴-۳-۴- بررسی براساس منحنیهای انرژی جذب شده در اعضاء
۷۶	۵-۳-۴- ارزیابی آسیب‌پذیری کلی ساختمان از نظر تحلیلی

## فصل ۵- بلوک هزینه

- ۷۹ ۱-۵- مقدمه
- ۷۹ ۱-۲-۵- هزینه کلی ساخت
- ۷۹ ۲-۲-۵- هزینه هر متر مربع ساخت
- ۷۹ ۳-۵- هزینه اجرای هر متر مربع ساخت در زمان ارزیابی (بطور متوسط)
- ۸۰ ۴-۵- ارزشگذاری کنونی ساختمان
- ۸۰ ۵-۵- هزینه تقویت یا تعمیرات
- ۸۰ ۶-۵- مقایسه هزینه تقویت یا تعمیرات با هزینه کلی ساخت
- ۸۱ ۷-۵- عدم رعایت اصول ایمن سازی و شکل پذیری از لحاظ اقتصادی
- ۸۲ ۸-۵- عدم تعمیر و نگهداری ساختمان پس از یک زلزله متوسط
- ۸۲ ۹-۵- قیمت‌ها

## فصل ۶- بررسیها و پیشنهادات ارائه شده مرتبط با بهبود شکل پذیری و کاهش آسیب پذیری در آئین نامه بتن ایران (آبا)

- ۸۴ ۱-۶- مقدمه
- ۸۴ ۲-۶- مفاهیم و تعاریف مبهم فصول ۱۰، ۱۱ و ۱۲ آبا و مفاهیم پیشنهادی
- ۹۲ ۳-۶- ضوابط آئین نامه آبا در بحث خمش
- ۹۳ ۴-۶- مقاطع با فولاد کششی تنها در حالت حدی نهایی خمش
- ۱۰۳ ۵-۶- نسبت آرماتور متعادل (متوازن) در یک مقطع با فولاد کششی تنها
- ۱۰۵ ۶-۶- بررسی مقاطع تحت اثر خمش دارای فولاد کششی و فشاری
- ۱۰۵ ۱-۶-۶- حالت حدی نهایی
- ۱۱۰ ۲-۶-۶- مقطع ترک خورده (بلوک تنش مثلثی)
- ۱۱۵ ۷-۶- تعیین نسبت شکل پذیری ( $\mu$ )

## فصل ۷- بازدیدهای میدانی از ساختمانهای بتنی شهر کرمان و نتایج ارزیابی و بررسیها

- ۱۲۱ ۱-۷- نتایج ارزیابی نمونه‌های مورد ارزیابی
- ۱۲۵ ۲-۷- نتایج بررسیهای بلوکهای اطلاعاتی ساختمانهای ارزیابی شده
- ۱۴۰ نتایج ارزیابی کلی
- ۱۴۲ پیشنهادات





## چکیده:

زلزله، همواره بعنوان یک پدیده طبیعی ناشی از لرزش زمین مطرح بوده و در مواردی اثر خود را بر انسانها تحمیل کرده است. بعنوان مثال هنگامی زلزله سبب سرخوردن شدید زمین یا وقوع طغیان آب دریاها می‌گردد. در صورتیکه زلزله بر ساختمان آثار خود را اعمال کند بعنوان یک پدیده خطرناک مدنظر می‌باشد. البته مشکل، سازه تحت زلزله می‌باشد نه پدیده زلزله، زیرا سیستم سازه‌ای اغلب برای بارهای ثقلی طراحی شده است و نه برای نیروهای ناشی از شتاب افقی زمین که در اثر لرزش زمین بهنگام وقوع زلزله بر ساختمان تحمیل می‌گردد. بنابراین ملاحظه می‌گردد که پدیده زلزله بخصوص پس از شروع ساختمان‌سازی مشکل بزرگی برای انسان بوده است. با شروع مراحل اولیه توسعه و پیشرفت تکنولوژی توسط انسانها، لذت خلاقیت آنها همواره با دلهره و نگرانی اینکه زحمات زیاد و قابل توجه در طول عمر خود را، شاهد تخریب و نابودی چند ثانیه‌ای ناشی از اثر نیروی عظیم زمین‌لرزه باشند، را داشته‌اند. بعبارت دیگر، تأثیر زلزله همواره بر ساختمانها مطرح می‌باشد و لذا این موضوع مورد توجه ویژه مهندسين عمران قرار گرفت. همواره بدلیل آثار مرگ و میر و خرابی ساختمانها که در هنگام وقوع زلزله‌ها بوقوع پیوسته است، گرفتن جان بیش از ۱/۵ میلیون نفر در قرن گذشته، آثار گوناگون اقتصادی، اجتماعی، روانی و حتی سیاسی در چنین مناطقی از خود برجای گذاشته است. بنابراین اندیشمندان متعددی با چنین معضلی از جمله، زلزله شناس‌ها، مهندسين، اقتصاددانها و غیره در ارتباط می‌باشند. موضوع آسیب‌پذیری یک مقوله مهم در امر ساخت و ساز می‌باشد که خوشبختانه در دو دهه اخیر بطور جدی در اکثر کشورهای جهان به آن توجه شده‌است و هرچه از نظر گذر زمان جلوتر می‌رویم باتوجه به ایجاد تأسیسات و کارخانجات و برجهای عظیم که از نظر اقتصادی نیز هزینه‌های زیادی را صرف می‌کند توجه به این موضوع جدی‌تر شده‌است. خسارات فراوان مالی و جانی در اثر زلزله‌های نسبتاً شدید در قرن اخیر این تفکر را در ذهن محققین و صاحب‌نظران علم ساختمان و مهندسی زلزله و علوم مرتبط با آن بارور ساخته که توجه به امر آسیب‌پذیری لرزه‌ای در ساختمان می‌تواند از خیلی خسارات جانی و مالی جلوگیری کند و از نظر اقتصادی نیز در سطح کلان برای یک جامعه و کشور مفید باشد. لذا با توجه به عدم بررسی آسیب‌پذیری ساختمانها در شهر کرمان بعنوان مهمترین شهر منطقه شرق و جنوب شرقی کشور و همچنین زلزله خیز بودن منطقه که شاهد زلزله‌های متعددی در سالیان اخیر بوده است، تحقیق نسبتاً جامعی دربارهٔ آسیب‌پذیری ساختمانهای بتن مسلح در شهر کرمان انجام گردیده است. در این تحقیق "اصول طراحی شکل پذیر"، "تأمین شکل‌پذیری در اجراء" و "تأمین پایداری در فونداسیون" بعنوان عوامل

مهم در پایداری سازه‌ها هنگام زلزله مورد نظر ویژه قرار گرفته‌اند. همچنین تلاش شده است تا در روشهای ارزیابی ارائه شده توسط محققین پیشین تغییرات و اصلاحاتی صورت پذیرد تا بدین طریق میزان اطمینان به ارزیابی صورت گرفته برای ساختمانها افزایش یافته و دقت بررسی بلحاظ کیفی و کمی نیز بیشتر گردد. همچنین در پرسشنامه تهیه شده یک بلوک اطلاعاتی بنام " بلوک هزینه" معرفی شده است که جهت ارزیابی اقتصادی مرتبط با آسیب پذیری ساختمان می‌باشد.

در پایان ضمن بررسی نتایج آسیب پذیری ساختمانهای بتنی مختلف در شهر کرمان پیشنهادات مورد نظر نیز ارائه گردیده است.

# فصل اول

## مقدمه:

یکی از گامهای اساسی در کاهش خطر زلزله، تعیین آسیب‌پذیری ساختمانها و شناخت نقاط ضعف آنها در برابر بارهای وارده است که بر پایه این شناخت می‌توان در مورد ساختمانها از لحاظ مواجهه با زلزله تصمیم‌گیری کرد. از این‌رو در چند سال اخیر در کشورمان ایران نیز، باتوجه به زلزله‌خیز بودن اکثر نقاط کشور، خوشبختانه به این موضوع توجه شده‌است و جای امیدواری است که با گذر زمان علاقه‌مندان به این مقوله بتوانند چه از نظر تئوری و چه عملی در نقاط مختلف کشور گامهای اساسی برداشته و سبب بهبود امر ساخت و ساز در کشور شوند.

در رابطه با ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمانهای بتن مسلح تحقیقات مختلفی صورت گرفته است که می‌توان به تحقیقات صورت گرفته توسط انجمن تکنولوژی کاربردی آمریکا (ATC)، روش آئین نامه ژاپن، روش مهندسی زلزله‌شناسی یوگسلاوی سابق (IZIIS) و روش محققین ونزوئلایی و غیره اشاره نمود. هر چند که در نقاط مختلف جهان و همچنین ایران به این موضوع پرداخته شده‌است، لیکن در اکثر آنها بخصوص در روشهای کیفی این ضعف مشاهده می‌شود که پارامترهای اساسی و مهم در مقاومت لرزه‌ای ساختمان جهت جلوگیری از آسیب‌پذیری نادیده گرفته شده‌است.

با توجه به تعدد زلزله‌های تاریخی و زلزله‌های قرن بیستم در استان کرمان و سایر شواهد مربوط به گسلهای فعال، نشانگر پهنه‌ای بسیار لرزه‌خیز است که هر لحظه احتمال وقوع زلزله‌ای ویرانگر در آن وجود دارد که در نقشه‌های موقعیت زلزله‌های استان کرمان، بیشترین تمرکز زلزله‌ها در بخش شمالی و مرکز استان یعنی شهر کرمان قرار دارد که این نواحی و بخصوص شهر کرمان را بسیار مستعد در برابر زلزله‌های ویرانگر نموده‌است. لذا باتوجه به نبود یک بررسی آسیب‌پذیری در سطح شهر کرمان بعنوان مهمترین شهر منطقه شرق و جنوب شرقی ایران و همچنین زلزله‌خیز بودن منطقه که شاهد زلزله‌های متعدد در سالیان اخیر بوده‌است، تصمیم به ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمانهای بتن مسلح شهر کرمان شد. از این‌رو با توجه به شرایط موجود شهری و منطقه‌ای و روشهای ارزیابی ارائه شده کمی و کیفی بخصوص روش محققین ونزوئلایی که به روش "ونزوئلا" معروف است، و دیگر روشهای موجود در آسیب‌پذیری و روشهای مقاوم‌سازی، یک روش جدید با ساختار ظاهری تقریباً مشابه روش ونزوئلا اما جامع‌تر ارائه شده است که اکثریت پارامترهای مؤثر و سهم در

آسیب‌پذیری ساختمانهای بتن مسلح را شامل می‌شود، و با ساختمانهای موجود در ایران بخصوص شهر کرمان همخوانی خوبی دارد.

در این تحقیق باتوجه به اینکه روشهای مختلفی در قالب دو حالت کیفی و کمی جهت ارزیابی آسیب‌پذیری سازه‌ها وجود دارد. با در نظر گرفتن شرایط موجود در کشور که روشهای کیفی را باتوجه به محدودیتهای مختلف در دستیابی به اطلاعات لازم نسبت به روشهای کمی مناسبتر و بهتر می‌داند، یک روش کیفی توأم با مقایسه کمی ارائه شده‌است، که روشی نسبتاً جدید بوده و سعی شده‌است باتوجه به ضعفهای دیده شده در روشهای دیگر مهمترین پارامترهای سهمیم در ارزیابی آسیب‌پذیری در آن گنجانده شود. قابل ذکر است که در فصول (۲) و (۳) و بند (۴-۱) به معرفی روند کلی روش کیفی ارزیابی اشاره شده است و بطور جامع و کامل نحوه در نظر گرفتن پارامترها و دلایل و میزان سهم آنها معرفی شده‌است. در بند (۴-۲) روش کمی (مقایسه کمی) مورد بررسی و معرفی قرار گرفته است، که مکمل روش کیفی بوده و میزان اطمینان به ارزیابی را مطمئن‌تر و کاملتر می‌کند.

در تحقیق حاضر همچنین باتوجه به میزان هزینه‌های بسیار زیاد در امر ساختمان سازی و سازه‌های بتنی که سهم زیادی نیز در اقتصاد کشور دارا می‌باشد، فصل (۵) ارائه گردیده‌است که برای اولین بار دیدی نو را در ارتباط بین آسیب‌پذیری یک ساختمان و هزینه‌های مربوط به ساخت و ساز نمایان می‌سازد.

باتوجه به اینکه در ابتدای امر مراحل احداث یک ساختمان یعنی آنالیز و طراحی و سپس اجراء و در انتها نگهداری، پارامترهای کلی و مهمی در جلوگیری از آسیب‌پذیری یک ساختمان بخصوص یک ساختمان بتنی می‌باشند و در هر کشوری آئین‌نامه‌ها و استانداردهای ملی اساس آنالیز، طراحی و اجراء می‌باشند، از این رو هرچه در ارائه و تدوین این استانداردها و آئین‌نامه‌ها دقت بعمل آید و پایه‌های علمی محکمتری داشته باشند، میزان اطمینان به ساختمان‌سازی در آن کشور بیشتر خواهد شد. باتوجه به اینکه چند سالی است که آئین‌نامه بتن ایران (آبا)، تدوین و ارائه شده است و به توصیه دولت، اساس آنالیز، طراحی و اجراء سازه‌های بتنی می‌باشد. بایستی ضامن پایداری ساختمانها در برابر نیروهای وارده بخصوص زلزله باشد و درجه اطمینان سازه در مقابل آسیب‌پذیری لرزه‌ای را افزایش داده و ضمن تأمین مقاومت، شکل‌پذیری اجزای مختلف سازه نیز تأمین گردد. با توجه به اینکه در این آئین‌نامه ایرادات و مفاهیم و تعاریف مبهم فراوانی مشاهده گردیده بنابراین در فصل (۶) این تحقیق به بررسی آنها پرداخته و ضمن ارائه بررسیهای انجام شده در آبا در قالب نمودارها و منحنیها و

جداول به مقایسه نتایج آبا با آئین‌نامه‌های و مراجع دیگر نظیر B.S و... پرداخته شده‌است. در فصل (۷) نتایج بررسی‌های آسیب‌پذیری ساختمانهای بتن مسلح شهر کرمان بطور جامع و کِیامل ارائه شده‌است. همچنین پیشنهادات کاربردی ارائه گردیده و در انتها مراجع مورد استفاده در تحقیق معرفی گردیده‌اند.