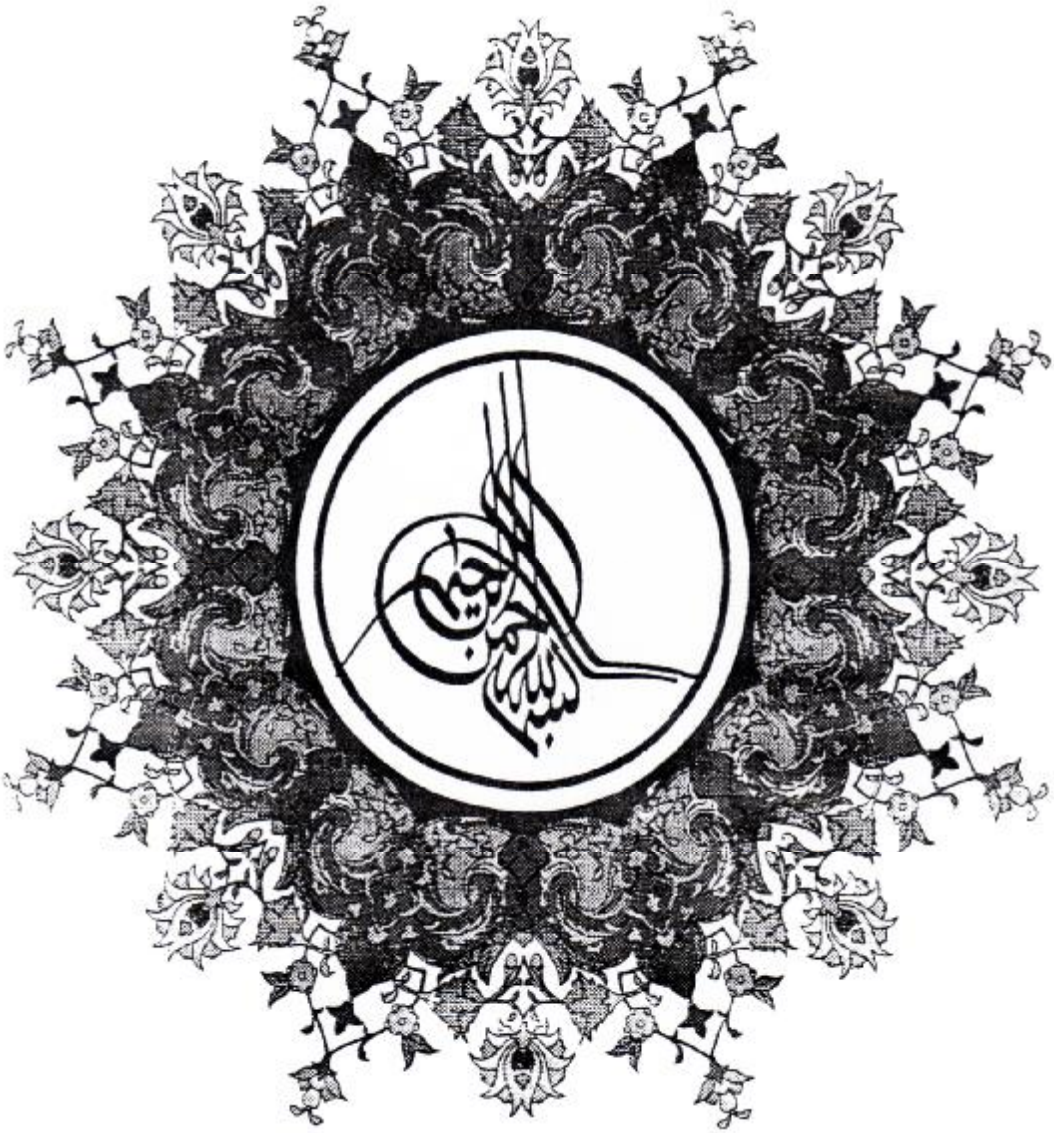

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی امیرکبیر(پلی تکنیک)

دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد گرایش زلزله

تحلیل آسیب پذیری و بهسازی ساختمان های بنایی دارای ستون (نیم اسکلت)

توسط:

محمد عرب عامری

اساتید راهنما:

دکتر محسن تهرانی زاده

دکتر تورج تقی خانی

زمستان 1386

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

بسمه تعالی

فرم اطلاعات پایان‌نامه
کارشناسی - ارشد و دکترا

تاریخ:
شماره:

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی 7

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی: محمد عرب عامری دانشجوی آزاد ● بورسیه ○ معادل ○

شماره دانشجوئی: 84124075 دانشکده: عمران و محیط زیست رشته تحصیلی: عمران -زلزله گروه:

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی: محسن تهرانی زاده درجه و رتبه: استاد

نام و نام خانوادگی: تورج تقی خانی درجه و رتبه: دانشیار

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

عنوان پایان‌نامه به فارسی : تحلیل آسیب پذیری و بهسازی ساختمان های بنایی دارای ستون (نیم اسکلت)

عنوان پایان‌نامه به انگلیسی:SEISMIC ASSESSMENT OF MASONRY BUILDING WITH INTERIOR sTEEL COLUMNS

نوع پروژه: کارشناسی○ ارشد ● دکترا ○ سال تحصیلی:
کاربردی ○ بنیادی ○ توسعه‌ای ○ نظری○

تاریخ شروع : 85/8/1 تاریخ خاتمه : 86/12/23 تعداد واحد : 6 سازمان تأمین کننده اعتبار :

واژه‌های کلیدی به فارسی: سازه های بنایی - نیم اسکلت - تحلیل استاتیکی غیر خطی- آسیب پذیری

واژه‌های کلیدی به انگلیسی : hybrid masonry structure, nonlinear static analysis, vulnerability

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات 109	تصویر○ جدول○ نمودار ○ نقشه ○ واژه‌نامه ○	تعداد مراجع 26	تعداد صفحات ضمائم -
زبان متن	فارسی ●	انگلیسی ○	چکیده	فارسی ● انگلیسی○
یادداشت				

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه

استاد: با عملی کردن پروژه ها می توان در جهت پیشرفت عملی جامعه پیش رفت.

دانشجو: در صورت امکان پروژه ها به صورت عملی انجام شود.

امضاء استاد راهنما: **تاریخ:**

1 : **ارائه به معاونت پژوهشی به همراه یک نسخه الکترونیکی از پایان‌نامه و فرم اطلاعات پایان‌نامه بصورت PDF همراه چاپ چکیده (فارسی انگلیسی) و فرم اطلاعات پایان‌نامه**

2 : **ارائه به کتابخانه دانشکده (شامل دو جلد پایان نامه به همراه نسخه الکترونیکی فرم در لوح فشرده طبق نمونه اعلام شده در صفحه خانگی کتابخانه مرکزی)**

سپاس و قدردانی:

با سپاس بیکران به درگاهش که به انسان شرافت دانش‌آموزی و دانش اندوزی وکرامت اعطا فرمود، واجب است سپاس این قلم به محضر استادان و آموزگاران بزرگ آدمی که علم و اخلاقشان رهنمای دانشجو است، تقدیم شود تا شاید گوشه ای از زحمات آنان جبران گردد. همچنین نهایت تقدیر و تشکر خود را نسبت به اساتید گرانقدرم **جناب آقای دکتر تهرانی‌زاده وجناب آقای دکتر تقی‌خانی** جهت حمایت‌ها و راهنمایی‌های ارزنده شان ابراز داشته و سلامتی و توفیق روزافزون ایشان و خانواده گرامیشان را از خداوند بزرگ مسئلت می‌نمایم.

در پایان بر خود لازم می‌دانم که از زحمات پدر و مادر بزرگوارم و خواهر مهربانم و برادران عزیزم به خاطر تمامی محبت‌ها، راهنمایی‌ها و تشویق‌هایشان صمیمانه تشکر نمایم.

محمد عرب عامری

پاییز 1386

تقدیم به

عزیزانم

پدر و مادر و خواهر و برادران عزیزم و تمام کسانی که

دوستشان می دارم.

وارستگانی که حمایت ها، تشویق ها و راهنمایی های ایشان

همواره شامل حال من بوده است.

دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

چکیده پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان: تحلیل آسیب پذیری و بهسازی ساختمان های بنایی دارای ستون (نیم اسکلت)

ارائه شده توسط: محمد عرب عامری **شماره دانشجویی:** 84124075

گرایش: مهندسی عمران و زلزله **اساتید راهنما:** دکتر محسن تهرانی زاده- دکتر تورج تقی خانی

با توجه به خسارت های بسیار زیاد در حین زلزله به سازه های بنایی، لزوم بررسی آسیب پذیری و رفتار شناسی این نوع از سازه ها امری لازم و ضروری می باشد. ساختمان بنایی نیم اسکلت بافت بسیاری از ساختمان های ایران را تشکیل می دهد، این نوع از سازه ها زمانی استفاده می شود که فاصله دو دیوار موازی به علت نیاز به فضای معماری بزرگتر، زیاد می شود، با افزایش این فاصله، سیستم باربر ثقلی به علت دهانه بزرگ بین این دو دیوار دچار مشکل می شود. برای حل این مشکل از یک ستون فولادی کمکی در وسط فاصله بین این دو دیوار موازی به همراه دو تیر خورجینی که در طرفین این ستون قرار گرفته و انتهای این دو تیر بر روی این دو دیوار موازی قرار گرفته است، استفاده می شود. برای آنالیز ساختمانهای بنایی دو رویکرد مهم وجود دارد که عبارت است از استفاده از مدل ماکرو المان و دیگری مدل میکرو المان که هر دورویکرد در این تحقیق مورد بررسی قرار می گیرد. در مدل ماکرو المان آجر و ملات به صورت پیوسته مدل می شود ولی در مدل میکروالمان آجر و ملات هر کدام به صورت جداگانه مدل می شود. برای تحلیل غیر خطی سازه بنایی در این مطالعه از نرم افزار المان محدود ANSYS و برای بیان رفتار غیر خطی مصالح از معیار Concrete و Druker Pruker موجود در این نرم افزار استفاده شده است.

برای بررسی صحت و درستی مدلهای ساخته شده، نتایج تحلیل غیر خطی با نتایج یک کار آزمایشگاهی مقایسه شد و نتایج تطابق مناسبی با نتایج آزمایشگاهی داشت. پس از تأیید نتایج بدست آمده چهار مدل عددی در نظر گرفته شد که عبارتند از:

الف- ساختمان بدون تیر و کلاف سقف.

ب- ساختمان بنایی نیم اسکلت بدون کلاف.

ج- ساختمان بنایی نیم اسکلت با کلاف فوقانی.

د- ساختمان بنایی نیم اسکلت کلاف بندی شده.

هر کدام از این ساختمان ها در دو جهت تحت آنالیز بار افزون قرار گرفتند و بعد از بدست آمدن تنشها و نیروها تأثیر هریک از پارامترها بر میزان آسیب وارد بر هریک از این سازه ها بررسی شد و نتایج نشان می دهد که ساختمان بنایی همراه با ستون فولادی و کلاف بتنی افقی و قائم شکل پذیرتر و با آسیب کمتر نسبت به دیگر مدلهای ساختمان های بنایی می باشد و بیشتر ضعف ساختمان بنایی به دلیل عدم رفتار مناسب خارج صفحه دیوار بنایی و نوع اتصال تیر خورجینی و سقف می باشد. برای بهسازی این گروه از ساختمان ها باید سازه را در مقابل رفتار خارج صفحه تقویت کرده و اتصال مناسب برای تیرهای سقف ایجاد نمود.

کلمات کلیدی: نیم اسکلت- تحلیل استاتیکی غیر خطی- آسیب پذیری

فهرست مطالب

موضوع	صفحه
فصل اول- مقدمه	۱
1-1 مقدمه	1
1-2 تاریخچه استفاده از مصالح بنایی	2
1- 3 مطالعات انجام شده بر ساختمان های مصالح بنایی	3
فصل دوم- مشخصات مصالح	۷
2-1 مقدمه	6
2-1- مقاومت کششی مصالح بنایی	8
2-2- آزمایش فشاری قطری	9
2-3- مقاومت برشی مصالح بنایی	10
2-4- مدول الاستیسیته مصالح بنایی در فشار	11
2-5- مقاومت فشاری مصالح بنایی	12
فصل سوم- رفتار دیوارهای آجری	14
3-1 مقدمه	14
3-2- رفتار دیوارهای آجری تحت بارهای یکنواخت	15
3-3- رفتار سازه های آجری مسلح تحت بارگذاری متناوب	16
3-3-1-تأثیر کاهندگی بر رفتار لرزه ای	17
3-3-2- رفتار هیسترتیک برشی	19
3-3-3- رفتار هیسترتیک خمشی	21

فصل چهارم -تحلیل خسارات و علل فروریختگی 22
4-1 مقدمه 22
4-2- شکست دیوارهای برشی 23
4-3- شکست دیوارهای عرضی 24
4-4- الگوی شکست در ساختمان های با ساختمان های بنایی غیر مسلح 26
4-5-گسیختگی ساختمان های آجری کلاف بندی بنایی 26
4-5-1- ترک های مرزی 27
4-5-2- ترک های قطری 27
4-5-3- شکست کنج 30
4-5-4- حالت نهایی شکست 31
4-6- معیارهای گسیختگی 32
4-7- نظریه تنش ماکزیمم یا نظریه رانکین 32
4-8 – نظریه کرنش ماکزیمم یا نظریه سنت و نانت 33
4-9- نظریه برشی ماکزیمم یا معیار ترسکا 34
4-10- نظریه انرژی کرنشی ماکزیمم یا نظریه انرژی بلترامی 36
4-11- نظریه انرژی پیچندگی یامعیار تسلیم فن مسیز 37
4-12- نظریه تسلیم مور 40
4-13- نظریه مالش داخلی 40
4-14- معیار سه پارامتری ویلیام – وارنک 42
4-15- مدل پنج پارامتری ویلیام- وارنک 42
4- 16- معیار دراکر و پراگر 43

فصل پنجم - آنالیز و نتایج 45
5-1 مقدمه 46
5-2-مقایسه مدل تحلیلی با نتایج بدست آمده از آزمایشگاه 46

5-2-1- چگونگی اعمال بار قائم در آزمایشگاه 49
5-2-2- چگونگی اعمال بار جانبی در آزمایشگاه 49
5-3- رفتار دیوار آجری در آزمایشگاه 49
5-4- مدلسازی بوسیله نرم افزار ANSYS و نتایج حاصله 51
5-4-1- رویکرد ماکرو مدل بوسیله نرم افزار ANSYS و نتایج حاصل 51
5-4-2- مدلسازی میکرو المان بوسیله نرم افزار ANSYS و نتایج حاصل 59
5-5- مشخصات مدل سه بعدی 65
5-6- بارهای وارده بر ساختمان های بنایی 66
5-7- اتصالات در ساختمان های بنایی مدل شده 66
5-8- تحلیل استاتیکی خطی 66
5-9- ارزیابی آسیب پذیری 71
5-9-1- مقاومت جانبی مورد انتظار پایه ها و دیوارهای با مصالح بنایی غیر مسلح 71
5-9-2- کرانه پایین مقاومت جانبی پایه ها و دیوارهای با مصالح بنایی غیر مسلح 72
5-9-3- کرانه پایین مقاومت فشاری قائم پایه ها و دیوارهای با مصالح بنایی غیر مسلح 73
5-10- معیار های پذیرش 74
5-11- روش استاتیکی غیر خطی 74
5-12- رفتار خارج از صفحه دیوار 75
5-13- مدلسازی سه بعدی دوم ساختمان بدون تیر و کلاف سقف 76
5-13-1- آنالیز مودال نمونه بدون کلاف و سقف 77
5-13-2- آنالیز بار افزون نمونه بدون کلاف و سقف 77
5-13-3-محاسبات آسیب پذیری ساختمان بدون سقف 78
5-14- مدلسازی ساختمان بنایی نیم اسکلت بدون کلاف 81
5-14-1-محاسبات آسیب پذیری ساختمان بنایی نیم اسکلت بدون کلاف 83
5-15- مدلسازی ساختمان بنایی نیم اسکلت با کلاف فوقانی 87
5-15-1 - محاسبات آسیب پذیری ساختمان بنایی نیم اسکلت با کلاف فوقانی 89

5-16- مدلسازی ساختمان بنایی کلاف بندی شده 93
5-16-1 بررسی اتصال خورجینی 95
5-16-2 محاسبات آسیب پذیری ساختمان بنایی نیم اسکلت کلاف بندی شده 96
5-17- نتایج بدست آمده حاصل از آنالیز سازه های بنایی 99

فصل ششم-نتیجه گیری 104

مراجع 107

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

زلزله های چند دهه اخیر در کشور و پیامدها و تلفات زیاد انسانی و اقتصادی آنها، نیاز به پژوهش گسترده جهت بهبود کیفی مراحل طراحی و اجرای سازه ها را ضروری داشته است. ساختمان های آجری به عنوان یکی از رایج ترین روشهای ساخت در کشور، توجه بیشتری را می طلبد. در این میان ساختمان های بنایی نیم اسکلت با سیستم ستون فلزی میانی و دیوار آجری در طرفین آن، در کشور رواج یافته و با وجود رفتار نامطلوب و خسارت های بسیار زیاد مالی و جانی در زلزله های رخ داده، به دلیل سهولت اجرا و نیاز به فضای معماری باز، سهم عمده ای از ساخت و ساز را به خود تخصیص داده است. آیین نامه 2800 در بند 3-1 این ساختمان را بطور کلی در ردیف ساختمان بنایی غیر مسلح قرار داده، ولی تکلیف ستون فولادی و اثر منفی یا مثبت وجود آنها در سازه ها مبهم مانده است. این امر موجب آن گردیده، که متأسفانه جامعه مهندسی ما از این امر غفلت نموده، و کثیری از مهندسین با روش های از خود ساخته به طراحی این گونه از سازه ها بپردازند. با بررسی های انجام شده ضرورت تحقیق در مورد این سازه خاص بنایی، که سهم عمدهای از بافت

ساختمان های بنایی در سطح کشور را به خود تخصیص داده، احساس شد. در این مطالعه ضمن پرداختن به پاره ای از نقاط ضعف و قوت این ساختمان ها، نتایج حاصل در رابطه با جایگاه قاب های میانی و مجموعه سازه و راه کارهایی برای کاهش رفتار نا مطلوب اینگونه از سازه ها ارائه می گردد.

۱-۲ تاریخچه استفاده از مصالح بنایی

مصالح بنایی از زمان های بسیار قدیم در ساخت و ساز ساختمان‌ها به‌کار می‌رفته است. با وجود توسعه مصالح پیشرفته‌تری چون بتن مسلح و فولاد، ساختمان‌های با مصالح بنایی هنوز شمار بسیاری از ساختمان‌های مسکونی و عمومی را در جهان شامل می شود. مقررات اجرایی، مصالح مختلف، تکنولوژی و فنون عملی متفاوت در کشورهای مختلف و در دوران‌های مختلف ساختمان سازی، یک محدوده وسیعی از انواع ساختمان‌های بنایی را در جهان به وجود آورده است. این اختلافات به دلایل مختلفی از قبیل مصالحی که در ساختمان سازی به کار می رود (سنگ، خشت، آجر، بلوکهای سفالی)، محل ساختمان سازی (شهری، روستایی)، زمان ساختمان سازی (زمان قبل از جنگ جهانی اول در اروپا، زمان بین دو جنگ، زمان بعد از جنگ دوم و زمان بعد از تحقیق مقررات طراحی لرزه ای)، کاربری ساختمان‌ها (مسکونی، عمومی) و سیستم سازه ای، می باشد. سنگ و خشت هنوز هم به طور گسترده‌ای به عنوان مصالح اصلی در ساختمان‌های مسکونی در بعضی مناطق به کار می رود. این نوع ساختمان‌ها معمولاً شکل سازه ای خاصی دارند. شکل اصلی این ساختمان‌ها متشکل از دیوارهای ضخیم متحدالشکلی می باشد که در دو جهت متعامد توزیع شده اند. با این وجود همه این دیوارها قادر به تحمل بار افقی نیستند. تعداد طبقات در مناطقی روستایی از 2 و در مناطق شهری از 3 تا 4 تجاوز نمی کند. مشکل این گونه سازه ها، خصوصاً در ساختمان‌های عمومی با وجود خروج از مرکزیت، جلو آمدگی و عقب رفتگی ها نامتقارن است. سقف ها معمولاً از الوارهای چوبی است. گاهی طاق ضربی آجری با تیرهای فولادی اجرا می شود، و به ندرت دال هایی از بتن مسلح در آنها می توان یافت. بعد از جنگ جهانی اول در اروپا، کلاف و تیرهای بتنی مسلح معمول گردید و تعداد طبقات به 6 تا 7 طبقه افزایش یافت. ارتفاع هر طبقه به 3 تا 4 متر می رسید. سیستم های سازه‌ای مختلط با اجرای ستونهای بتنی مسلح به عنوان اجزای باربر احداث

شدند. پیدایش ساختمان‌های آجری در ایران را می توان از اواسط هزاره اول قبل از میلاد در بنای چغار زنبیل دانست. صنعت آجرپزی در ایران پیش از دوران هخامنشی تکامل یافته و در دوران اشکانیان و ساسانیان از آجر برای بناها به ویژه پوشش سقف ها استفاده می گردید. از آن پس مصالح بنایی و به ویژه آجر به عنوان مصالحی ملی و بومی در کشور رواج داشته است و تا اوایل قرن حاضر نیز در ساخت بناهای مهم بکار رفته است. سی و سه پل، پل خواجو و مجموعه تاریخی میدان نقش جهان اصفهان به یادگار مانده از دوران صفویه، مساجد و آب انبارهای قدیمی در اکثر شهرهای بزرگ ایران، عمارات، ارگ، بازار و حمام وکیل و دروازه قرآن شیراز در دوران زندیه، شمس العماره، کاخ گلستان، صاحبقرانیه و باغ ملی تهران در دوران قاجار، پل ورسک، کاخ مرمر و مجموعهٔ سعد آباد تهران در اوایل دوران پهلوی نمونه هایی از ساخت و ساز ابنیه مهم با مصالح بنایی در قرون اخیر می باشند.

3-1 مطالعات انجام شده بر ساختمان های مصالح بنایی

در چند سال گذشته با توجه خسارتهای بسیار زیاد وارده به سازه های بنایی در حین زلزله های مختلف، مطالعات و تحقیقات متعددی بر روی سازه‌های با مصالح بنایی در کشورهای مختلف انجام گرفته است. این مطالعات به صورت آزمایش‌های مختلف و یا مدلسازی عددی، با هدف شناخت بهتر رفتار مصالح و سازهای بنایی جهت ارائه روشهای جدید تحلیلی و اجرایی برای ساخت ساختمان‌های جدید و یا مقاوم‌سازی ساختمان‌های موجود انجام شده است. در اینجا به برخی مطالعات انجام شده اشاره می‌شود.

بندتی و همکاران، یک کار آزمایشگاهی پر حجم بر روی 24 مدل از خانه‌های دو طبقه، توسط آزمایشگاههای میز لرزان، لی در یونان و ایزمس در آنتالیا انجام دادند. هدف این پژوهش، بررسی رفتار لرزه‌ای ساختمان‌هایی بنایی با روش‌های ساخت ابتدایی و غیر آیین‌نامه‌ای و نیز ارزیابی کارایی روش‌های مقاوم سازی این نوع سازه‌ها بود. خانه‌های در مقیاس یک به دو و در دو حالت آجری و سنگی و با هدف شبیه‌سازی آنها با خانه‌های بنایی موجود در منطقه مدیترانه طراحی شده بودند[1].

در سال‌های 79-1976 یک سری تحقیق آزمایشگاهی جهت بررسی و تعیین ماکزیمم شدت زلزله قابل تحمل برای خانه‌های یک طبقه با مصالح بنایی از سوی مرکز تحقیقات مهندسی زلزله دانشگاه برکلی در کالیفرنیا انجام شد. در این تحقیق چهار خانه با مصالح بنایی و به دو صورت، با دیوارهای مسلح و با دیوارهای غیرمسلح، ساخته شدند و تحت آزمایش با میز لرزان قرار گرفتند. براساس تحلیل نتایج حاصل از این آزمایش‌ها توصیه‌هایی برای مقدار تسلیح مورد نیاز برای خانه‌های از این نوع، و نیز پیشنهادهایی برای جزئیات اتصالات این خانه‌ها ارائه شده است. خانه‌های آزمایش شده از نوع آجری و دارای بازشوهای با اندازه‌های مختلف بودند و سقف آنها به صورت خرپای چوبی در نظر گرفته شده بود [2].

کاساروتا و لاکومارسینو، براساس ویژگی‌های ملات بین آجرها و با در نظر گرفتن یک معادله مشخصه برای آجرها، یک مدل مرکب طراحی و برای تحلیل اجزا، محدود حرکت جانبی دیوار برشی آجری به کار بردند. پاسخ‌های حاصل از این مدل با نتایج آزمایشگاهی حاصل از بارگذاری جانبی برروی نمونه‌هایی از دیوارهای آجری مقایسه شده است[3].

اشنایدر و همکاران، تحقیقاتی را جهت بررسی آزمایشگاهی رفتار لرزه‌ای ساختمان‌های آجری غیرمسلح محصور در قاب فلزی، انجام دادند. در این تحقیق 5 نمونه دیوار آجری که دارای بازشوهای بزرگ بودند، به صورت استاتیکی تحت اثر اعمال تغییر شکل‌های هم صفحه با دیوار قرار گرفتند. در این تحقیق تغییرات سختی و شکل پذیری دیوارها در قبال افزایش نیروها و نیز اثر اندازه و محل بازشوها در رفتار دیوار بررسی شده است[4].

در دهه هشتاد میلادی یک طرح تحقیقاتی توسط برنامه توسعه سازمان ملل، UNDP، به منظور فراهم آوردن دستورالعمل‌هایی جهت آنالیز، طراحی و ساخت ساختمان‌های بنایی مقاوم در برابر زلزله به انجام رسید. در این پروژه رفتار ساختمان‌های بنایی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و مکانیزم و دلایل خرابی آنها تعیین و تعریف شد و براساس نتایج حاصل، اصول معماری و سازه‌ای و مناسب جهت رسیدن به یک رفتار مطلوب لرزه‌ای ارائه شد[5].

کالاتو و کوزلا، با انجام آزمایش‌هایی معیارهایی جهت طراحی لرزه‌ای دیوارهای بنایی همراه با بادبندی فلزی ضربدری ارائه دادند[6].

واثقی و همکاران، دستورالعمل‌ها و خط مشی‌هایی برای ارزیابی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی

رایج در کشور، عنوان کردند. این توصیه‌ها در رابطه با شش عامل مؤثر در رفتار لرزه‌ای، مصالح، سیستم سازه‌ای، دیوار حمال، دیافراگم، اتصال اعضا و اعضای غیرسازه‌ای، ارائه شده است[7].

تسنیمی، با انجام آزمایش بر روی چهار نمونه دیوار با مقیاس 2/3، دیوارهای باربر آجری را مورد مطالعه قرار داده است که در آن ساخت دیوارها براساس ضوابط توصیه شده در استاندارد 2800 انجام شده و بارگذاری آنها به صورت اعمال بار جانبی رفت و برگشتی (تناوبی) می‌باشد. در این تحقیق رفتار دیوارهای مسلح و نیز غیرمسلح و نیز اثر کلاف بندی بررسی و مقایسه شده است[8].

تسنیمی و حاج اسماعیلی، نقش جرزها در رفتار لرزه‌ای ساختمان‌های آجری را از طریق مطالعه آزمایشگاهی یک نمونه دو طبقه در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مورد بررسی قرار دادند[9].

بکوت و بروتو، تا ساخت یک اتاق یک طبقه آجری با دیافراگم چوبی شکل پذیر و دیوارهای غیرمسلح به انجام آزمایش‌های لرزه‌ای بر روی آن پرداختند. آنالیز غیر ارتجاعی بر روی مدل نشان داد که مقاومت و شکل‌پذیری دیافراگم نقش موثری در رفتار سازه دارد[10].

در سال 1988 سینکر جین و ازوزدو از روش المان مجزا برای آنالیز رفتار لرزه‌ای ساختمانهای بنایی و دیوارهای پرکننده میان قاب و ساختمانهی سنگی تاریخی استفاده کردند. روش المان مجزا در ابتدا برای توسعه و اصلاح مطالعات مربوط به اتصالات و جرم های صخره ای – اصطحکاکی مورد استفاده قرار گرفت، لکن بخاطر کارایی قابل قبول و نشان دادن حرکات چند گانه، پیوسته بودن آن، برای سیستم های بنایی یا سیستم های که قسمت عمده از تغییر شکل آنها ناشی از حرکت نسبی بین بلوکها باشد، بسیار مناسب می نمود. آنها با استفاده از آیین نامه uden دو فرض صلب بودن و تغییر شکل پذیر بودن بلوکها را مورد استفاده قرار دادند. برای مصالح بنایی مدل پیوسته مور کلمب مورد بررسی قرار گرفت و رابطه جاجایی – تنش خطی با یک سختی ثابت و تنش کششی صفر فرض گردید. در چنین مواقعی در راستای برشی ،پاسخ به وسیله یک سختی ثابت برشی کنترل می شود و تنش برشی به وسیله ترکیبی از مقاومت چسبندگی و اصطکاک، محدود می گردد. نتایج بدست آمده از تحلیل نشان می دهد که این روش به خوبی مکانیزم شکست را بر اساس جدایی مرز و لغزش شبیه سازی می کند و ثانیاً روش قدرتمندی برای پیش بینی رفتار غیر خطی سازه های بنایی می باشد[11].

در سال 1977 دو محقق به نامهای برترو و برسلر خسارت پذیری موضعی کلی و تجمعی را تعریف کردند و در تعیین میزان خسارت تلاش کردند. مطابق تعریف آنها خسارت پذیری موضعی میزان خسارت در اعضاء می باشد که به عنوان نسبتی از پاسخ حداکثر به ظرفیت تغییر شکل نهایی بیان می شود. خسارت پذیری کلی، میزان خسارت ساختمان که به صورت مجموع محلی که با در نظر گرفتن ضریب اهمیت تعریف می شود و خسارت پذیری تجمعی را، میزانی از خسارت کلی ساختمان که از خسارت وارده قبل نتیجه می شود تعریف کردند[12].

لورنسو و رووت به بررسی مقاومت فشاری ساختمان بنایی با استفاده از معیار گسیختگی غیر خطی ون میزز پرداختند[13].

وارمت فورت مطالعات آزمایشگاهی روی دیوار آجری انجام داد ونمونه های مختلف را تحت سر بارهای قائم مختلف قرار داد و تأثیر آنها را بر روی نمونه های مختلف بیان کرد[14].

در فصل اول از این تحقیق به بررسی مکانیک مصالح و مشخصات مقاومتی پرداخته شده و درانتهای بحث در مورد روش های بدست آوردن مقاومت اعضاء برای مدلسازی در نرم افزار صحبت می شود. در فصل دوم از این مطالعه به بررسی رفتار سازه بنایی پرداخته شده و اثر کاهندگی در مقاومت سازه های بنایی مورد بررسی قرار گرفته است و در انتها به بررسی رفتار برشی و خمشی سازه بنایی پرداخته شده است. در فصل سوم در مورد معیار ها و مدهای گسیختگی صحبت شده و انواع مدها و معیارهای گسیختگی در ساختمان بنایی مورد بررسی قرار گرفته است سپس به تقسیم بندی انواع ترک پرداخته و در انتها با مشخص کردن معیار های گسیختگی مختلف، بهترین معیار برای بیان رفتار سازه بنایی تعیین می شود. در فصل چهارم به بررسی المان های مورد استفاده در نرم افزار پرداخته شده و سپس روش های مدل کردن و فرضیات موجود در المان های مورد استفاده بیان شده است. در فصل پنجم از این تحقیق با مدل کردن یک کار آزمایشگاهی انجام شده به بررسی صحت المان های مورد استفاده پرداخته و پس از تأیید آن، سازه مورد مطالعه مدل می شود. برای مدل سازی، چهار ساختمان بدون تیر و کلاف سقف و نیم اسکلت بدون کلاف و نیم اسکلت با کلاف فوقانی و نیم اسکلت کلاف بندی شده در نظر گرفته شده است. پس از مدلینگ با انجام یک آنالیز پوش اور و بدست آوردن منحنی نیرو تغییر مکان به بررسی آسیب پذیری این ساختمانها پرداخته می شود. در فصل ششم به مقایسه مدلهای ساخته شده پرداخته و نتایج حاصل از هر کدام را بیان می کنیم.

فصل دوم

مشخصات مصالح

۲-۱ مقدمه

برای برآورد مناسب از رفتار ساختمان، علاوه بر وضعیت اعـضاء هندسـه و پیکربنـدی بایـد مشخصات مصالح مصرفی در ساختمان نیز مشخص شود. این فـصل، بـه ضـوابط مربـوط بـه تعیـین مشخصات مصالح و نحوه بررسی وضعیت موجود ساختمان های ساخته شده ویا نمونه هـای گرفتـه شده در حین ساخت اختصاص دارد. مطمئن ترین راه اطـلاع از مشخـصات مـصالح، انجـام آزمـایش برای تعیین مشخصات مورد نیاز می باشد.

۲-۲ مقاومت کششی مصالح بنایی (F_{te})

آزمایش مقاومت کششی برای خمش خارج از صفحه به دو روش انجام می شود:

در روش اول ، این مقاومت به وسیله روشی به نام قید چرخشی[1] به دست می آید. بدین ترتیب که قیدی در بالای نمونه قرار داده می شود و به آن لنگر خمشی حول محور ضعیف اعمال می شود تا واحدهای بنایی بالایی گسیخته شود. تنش کششی خمشی، F_{te} ، به وسیله تقسیم ظرفیت خمشی ، M ، بر مدول مقطع دیوار، S، به دست می آید.

$$F_{te} = M/S, \qquad (1\text{-}2)$$

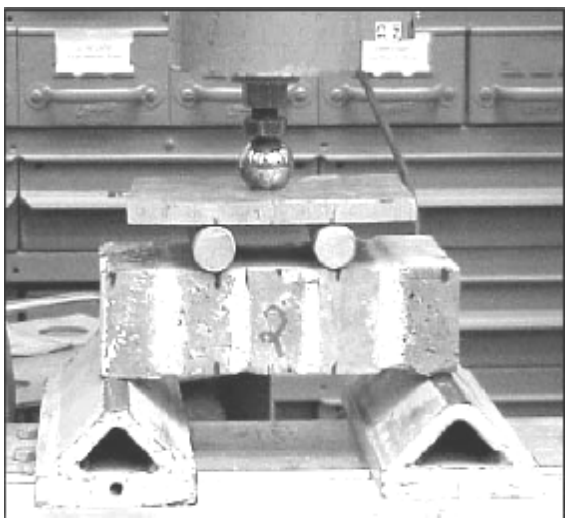
$$S=I/C, \qquad (2\text{-}2)$$

I: ممان اینرسی مقطع دیوار.

C: فاصله دورترین تار از تار خنثی.

آزمایش فوق می تواند در دو حالت، انجام شود ؛ درحالت اول، آزمایش بر روی نمونه بیرون کشیده شده از دیوار انجام می شود، ولی درحالت دوم، آزمایش به صورت درجا و بر روی قسمتی از دیوار انجام می شود. در زیر اشکال مربوط به این دو رزش را مشاهده می کنیید.

الف



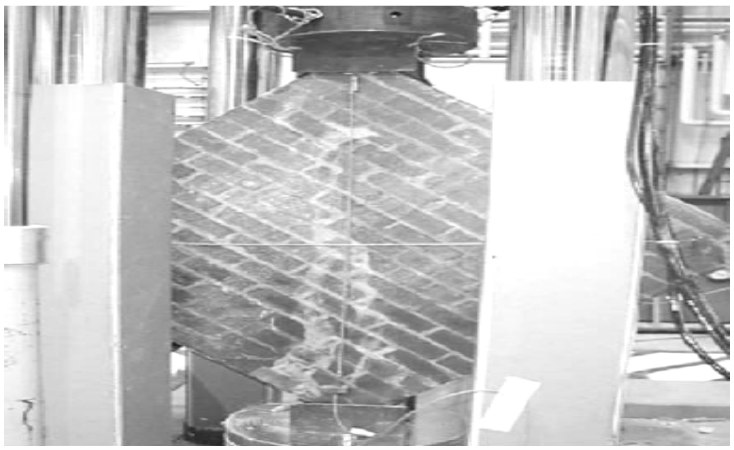
ب

شکل2-1- الف) نمونه تحت آزمایش به روش قید چرخشی . ب) نحوه بارگذاری نقطه‌ای برای تعیین مقاومت کششی[16] .

[1]. bond wrench

۲-۳ آزمایش فشاری قطری

دراین آزمایش، پانل مربعی مصالح بنایی، در دو گوشه‌ی امتداد قطری، تحت اثر نیروی فشاری قرار می‌گیرد تا ترک بخورد(شکل1-2). مقاومت برشی از نیروی فشاری قطری براساس توزیع تئوریک برش و تنش نرمال، برای محیط پیوسته الاستیک همگن استنتاج می‌شود. با استفاده از همین تئوری، مدول برشی از تنش فشاری قطری اندازه گیری شده استخراج می‌شود. برون یابی اطلاعات آزمایش برای دیوار با مصالح بنایی واقعی دشوار است، به این دلیل که نسبت برش به تنش عمودی برای نمونه آزمایش، برابر مقدار ثابت واحد گرفته شده است. همچنین، توزیع تنش عمودی و برش در عرض بندهای افقی برای دیوار واقعی همانند نمونه آزمایش شده یکنواخت نیست.



شکل۲-۲- آزمایش فشار قطری[۱۶] .

۲-۴- مقاومت برشی مصالح بنایی (V_{me})

ردیف خارجی دیوار ، تحت آزمایش برش قرار می گیرد. این آزمایش با جابجایی یک آجر نسبت به آجرهای مجاور صورت می گیرد. آجرهای دو طرف آجر تحت آزمایش، باید برداشته شوند و دو سطح در درزهای قایم باید قبل از آزمایش به خوبی تمیز شوند. سپس با اندازه گیری نیروی مورد نیاز برای جابجایی آجر، مقاومت برشی مشخص شود. مقاومت برشی بر اساس دو سطح آجر در درزهای افقی و در اولین حرکت آجر محاسبه می شود. برای محاسبه مقاومت برشی، باید تنش ناشی از بار ثقلی در محل آزمایش از نتیجه‌ی آزمایش کسر شود. مقاومت برشی ملات از رابطه زیر