٩٩١١٢

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
پژوهشکده ساختمان و مسکن

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی زلزله

موضوع : بررسي سطح عملكرد ساختمانهاي بنايي غير مسلح با تاكيد بر مود لغزشي درز ملات

اساتید راهنما :

- دكتر فياض رحيم زاده روفويي
- مهندس سيد سهيل مجيد زماني

۱۳۸۷ /۵/ ۲۵

دانشجو : سيد حسن حسيني نيك

مهرماه ۱۳۸۵

۹۹۱۱۲

بسمه تعالي

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
پژوهشکده ساختمان و مسکن

تاییدیه هیات داوران

آقای **سید حسن حسینی‌نیک** پایان‌نامه کارشناسی ارشد ۶ واحدی خود را با عنوان « **بررسی معیارهای پذیرش و سطح عملکرد ساختمانهای بنایی غیر مسلح با تأکید بر مود لغزشی درز ملات** » که در تاریخ ۸۵/۷/۱۲ ارایه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران با گرایش مهندسی زلزله پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضا
۱- استاد راهنمای اول	آقای دکتر رحیم‌زاده	
۲- استاد راهنمای دوم	آقای مهندس سید سهیل مجیدزمانی	
۳- استادان ممتحن خارجی	آقای دکتر حسینی‌هاشمی	
داخلی	آقای دکتر عباسعلی تسنیمی	
۴- مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی):	آقای دکتر علی کاوه	

۹۹۱۱۲

کلیه حقوق، اعم از چاپ و تکثیر، نسخه برداری، ترجمه و اقتباس برای پژوهشکده ساختمان و مسکن محفوظ است.

تقدیر و تشکر

در اینجا برخود لازم میدانم از زحمات آقایان دکتر فیاض رحیم زاده روفویی (استاد دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شریف) و مهندس سید سهیل مجید زمانی(عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن)که بعنوان اساتید راهنما هدایت این پایان نامه را برعهده داشته اند؛ صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم. از جناب آقای دکتر علی کاوه مدیر محترم گروه زلزله نیز به خاطر بذل توجه و راهنمایی های مفیدشان در طول انجام پایان نامه نیز تشکر می شود. همچنین زحمات بی دریغ و خالصانه سرکار خانم بصیری مسؤول محترم آموزش پژوهشکده نیز جای بسی تقدیر و تشکر دارد.

سید حسن حسینی نیک

مهرماه ۱۳۸۵

چکیده

در این پایان نامه سعی شده است با بررسی رفتار ساختمانهای بنایی متداول(غیر مسلح) طی زلزله های گذشته، مودهای گسیختگی غالب این ساختمانها مشخص شود. یکی از این مودهای گسیختگی که عبارتست از لغزش درز ملات توسط آزمایشهای آزمایشگاهی محدودی که در ایران انجام پذیرفته به اثبات رسیده است. همچنین با مدلسازی کامپیوتری تعدادی از دیوار ها و المانهای آزمایش شده، رفتار گسیختگی لغزشی ساختمانهای بنایی تحت بارهای جانبی مورد تایید قرار گرفته است. مدلسازی کامپیوتری اجزا و ساختمانهای بنایی در این پایان نامه بوسیله نسخه هشتم نرم افزار ANSYS انجام گرفته است. مهمترین مراجع طراحی، تحلیل و ارزیابی ساختمانهای بنایی شامل استاندارد ۲۸۰۰، دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود و FEMA که بعضا" در ایران مورد استفاده قرار می گیرد؛ بصورت مختصر بررسی شده است. برای ارزیابی سطح عملکرد ساختمانهای بنایی غیر مسلح که بر اساس ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ طراحی و اجرا می شوند، یک مدل سه بعدی یک طبقه آجری از این ساختمانها ساخته شده و بوسیله نرم افزار ANSYS تحلیل بار افزون(PUSHOVER) بر روی آن انجام شده است. همچنین برای محاسبه زمان تناوب اصلی مود اول این سازه، تحلیل مودال نیز بوسیله همین نرم افزار انجام شده است. با استفاده از نتایج حاصله از این تحلیلها منحنی ظرفیت مدل ساختمان بنایی بدست آمده و سطح عملکرد آن با استفاده از دو روش طیف ظرفیت(ATC40) و ضریب تغییر مکان (FEMA273) بدست آمده است. نتایج حاصله نشان می دهد این ساختمان آجری در مناطق با خطر نسبی زلزله خیلی زیاد دارای سطح عملکرد ممانعت از فروریزش و در مناطق با خطر نسبی زلزله کم دارای سطح عملکرد ایمنی جانی می باشد. در سایر مناطق نیز با توجه به نوع زمین مربوطه ممکن است هر یک از این دو سطح عملکرد مشاهده شود.

کلید واژه ها : زلزله، ساختمانهای بنایی، سطح عملکرد، مود لغزشی درز ملات، بهسازی لرزه ای

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

مقدمه ۱

فصل۱ - رفتار ساختمانهای بنایی در زلزله های گذشته

۱-۱۱- مقدمه ۴
۱-۲-مکانیزم خرابی ساختمانهای بنایی در زلزله بم ۵
۱-۲-۱- مشخصات کلی زلزله ۵
۱-۲-۲- حالتهای آسیب دیدگی ساختمانهای بنایی ۶
۱-۲-۳- مکانیزم گسیختگی ساختمانهای خشتی و مصالح بنایی ۶
۱-۳- زلزله هفدهم ژانویه ۱۹۹۴ نورتریج ۸
۱-۳-۱- مشخصات کلی زلزله نورتریج ۸
۱-۳-۲- مقاوم سازی ساختمانهای بنایی در لوس آنجلس ۸
۱-۳-۳- نمونه هایی از عملکرد ساختمانهای بنایی ناحیه لوس آنجلس در زلزله نورتریج ۹
۱-۳-۳-۱- ساختمانهای بنایی مسلح یک طبقه ۱۰
۱-۳-۳-۲- ساختمانهای چند طبقه دارای دیوارهای بنایی مسلح باربر ۱۱
۱-۳-۳-۳- ساختمانهای بنایی غیر مسلح مقاوم سازی نشده ۱۲
۱-۳-۳-۴- ساختمانهای بنایی غیر مسلح مقاوم سازی شده ۱۳
۱-۳-۴- مروری بر درسهای زلزله نورتریج در مورد ساختمانهای بنایی ۱۴

فصل۲ - بررسی آیین نامه های طراحی، تحلیل و ارزیابی ساختمانهای بنایی

۲-۱- مقدمه ۱۷
۲-۲- استاندارد ۲۸۰۰ ..... ۱۸
۲-۳ –دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود ۲۳
۲-۳-۱- بهساز ی لرزه ای ساختمانهای بنایی ۲۴
۲-۳-۲- انواع ساختمانهای مصالح بنایی ۲۴
۲-۳-۲-۱-ساختمانهای مصالح بنایی سنتی ۲۴
۲-۳-۲-۲-ساختمانهای مصالح بنایی کلافدار ۲۵

۲-۳-۳- مراحل روش ساده بهسازی ۲۵
۲-۳-۴- نواقص متداول در ساختمانهای بنایی ۲۶
۲-۳-۴-۱- ساختمانهای مصالح بنایی سنتی ۲۶
۲-۳-۴-۲- ساختمانهای مصالح بنایی کلافدار ۲۷
۲-۳-۵- ارزیابی و بهسازی لرزه ای اجزای بنایی ۲۷
۲-۴ – ساختمانهای بنایی در FEMA356 ..... ۲۸
۲-۴-۱- محدوده کاربرد ۲۸
۲-۴-۲- اطلاعات وضعیت موجود ساختمان ۲۸
۲-۴-۳-مشخصات مصالح و ارزیابی شرایط ۲۹
۲-۴-۴- خواص مهندسی دیوارهای بنایی ۳۰
۲-۴-۵- عملکرد داخل صفحه دیوارها و پایه های بنایی ۳۲
۲-۴-۵-۱- سختی ۳۲
۲-۴-۵-۲- مقاومت ۳۴
۲-۴-۵-۲-۱- مقاومت جانبی مورد انتظار پایه ها و دیوارهای بنایی غیر مسلح ۳۴
۲-۴-۵-۲-۲- مقاومت جانبی حد پایین دیوارها و پایه های بنایی غیر مسلح ۳۴
۲-۴-۵-۲-۳–حد پایین مقاومت فشاری قائم پایه ها و دیوارهای بنایی غیر مسلح ۳۵
۲-۴-۶- معیارهای پذیرش ۳۵
۲-۴-۶-۱- روشهای خطی و غیر خطی ۳۶

فصل۳ - مروری بر چند نمونه ازکارهای مشابه قبلی

۳-۱- کارهای انجام گرفته در داخل کشور ۳۹
۳-۱-۱- مطالعات آزمایشگاهی در آزماشگاه سازه مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ۳۹
۳-۱-۲- آزمایشات مرجع ۴۱
۳-۲- کارهای انجام گرفته در خارج از کشور ۴۳
۳-۲-۱- آزمایش بارگذاری شبه دینامیکی ساختمان یک طبقه ۴۳
۳-۲-۲- تحلیل نرم افزاری ساختمانهای بنایی توسط Andreas Kappos و همکاران ۴۴

فصل۴ –ارزیابی لرزه ای ساختمانهای موجود

۴-۱- مقدمه ۴۷
۴-۲- تاریخچه طراحی بر اساس عملکرد ۴۸
۴-۳- مفاهیم بنیادین طراحی بر اساس عملکرد ۴۸
۴-۴-تحلیل PUSHOVER ۵۱

۴-۵-کلیات و مفاهیم اساسی تحلیل‌های استاتیکی غیرخطی بر اساس ATC40 ..... ۵۴
۴-۵-۱-مقدمه ۵۴
۴-۵-۲- آنالیز استاتیکی غیرخطی ۵۵
۴-۵-۳- منحنی ظرفیت ۵۸
۴-۵-۴- تعیین نقطهٔ عملکرد به روش طیف ظرفیت ۶۲
۴-۵-۴-۱- تبدیل منحنی ظرفیت به فرمت ADRS ۶۳
۴-۵-۴-۲- تبدیل طیف نیاز به فرمت ADRS ۶۵
۴-۵-۵- تعیین نقطه عملکرد بروش ضرایب تغییرمکان(نقطه هدف) ۶۶
۴-۵-۵-۱- منحنی ظرفیت دو خطی ۶۶
۴-۵-۵-۲- محاسبه تغییر مکان هدف ۶۷
۴-۶-تعیین سطح عملکرد سازه ومعیار های پذیرش ۷۰

فصل۵ –تحلیل اجزای بنایی بوسیله نرم افزار ANSYS

۵-۱-مقدمه ۷۳
۵-۲-مدل سازی اجزای محدود ۷۴
۵-۳- مقدمات تحلیل اجزاءبنایی با استفاده از نرم افزار ANSYS ۷۴
۵-۴- مدلسازی و تحلیل دیوار بنایی بعنوان نمونه شاهد ۷۵
۵-۴-۱- چگونگی اعمال بارقائم در آزمایشگاه ۷۶
۵-۴-۲- چگونگی اعمال بارجانبی در آزمایشگاه ۷۶
۵-۴-۳- رفتار دیوار آجری در آزمایشگاه ۷۷
۵-۴-۴- مدلسازی مرکب بوسیله نرم افزار ANSYS و نتایج حاصل ۷۹
۵-۴-۴-۱- گام اول : انتخاب سیستم آحاد ۷۹
۵-۴-۴-۲- گام دوم : انتخاب المانهای مورد استفاده ۷۹
۵-۴-۴-۳- گام سوم : اختصاص ثوابت حقیقی المان SOLID65 ..... ۸۰
۵-۴-۴-۴- گام چهارم : اختصاص مشخصات مکانیکی مصالح مورد استفاده ۸۰
۵-۴-۴-۵- گام پنجم : فعال نمودن اثر وزن در تحلیل مدل ۸۵
۵-۴-۴-۶-گام ششم : ایجاد مدل ۸۵
۵-۴-۴-۷- گام هفتم : ایجاد اتصال بین کلاف و دیوار ۸۶
۵-۴-۴-۸- گام هشتم : اختصاص نوع مصالح اجزای سازه ۸۶
۵-۴-۴-۹- گام نهم : مش بندی ۸۶
۵-۴-۴-۱۰- گام دهم : اعمال شرایط مرزی و قیدهای تکیه گاهی ۸۶
۵-۴-۴-۱۱- گام یازدهم : تنظیم حالات تحلیل ۸۶

۵-۴-۱۲- گام دوازدهم : بارگذاری و تحلیل ۸۷
۵-۴-۱۳- گام سیزدهم : مشاهده نتایج ۸۸
۵-۴-۱۴- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی ۹۱
۵-۴-۵- مدلسازی ترکیبی بوسیله نرم افزار ANSYS و نتایج حاصل ۹۲
۵-۴-۵-۱- فلسفه مدلسازی ترکیبی ۹۲
۵-۴-۵-۲- کلیات مدلسازی ترکیبی و ویژگیهای المانهای تماسی ۹۶
۵-۴-۵-۳- مراحل مدلسازی ترکیبی ۹۸
۵-۴-۵-۳-۱- گام اول : انتخاب سیستم آحاد ۹۸
۵-۴-۵-۳-۲- گام دوم : انتخاب المانهای مورد استفاده ۹۸
۵-۴-۵-۳-۳-گام سوم : اختصاص ثوابت حقیقی المان SOLID65 و المانهای Conta178 ..... ۱۰۱
۵-۴-۵-۳-۴- گام چهارم : اختصاص مشخصات مکانیکی مصالح مورد استفاده ۱۰۲
۵-۴-۵-۳-۵- گام پنجم : فعال نمودن اثر وزن در تحلیل مدل ۱۰۲
۵-۴-۵-۳-۶-گام ششم : ایجاد مدل و اختصاص نوع مصالح اجزای سازه ای ۱۰۲
۵-۴-۵-۳-۷- گام هفتم : شبکه بندی(مش بندی) ۱۰۵
۵-۴-۵-۳-۸- گام هشتم : تولید المانهای تماسی ۱۰۵
۵-۴-۵-۳-۹- گام نهم : اعمال شرایط مرزی و قیدهای تکیه گاهی ۱۰۶
۵-۴-۵-۳-۱۰- گام دهم : تنظیم حالات تحلیل ۱۰۶
۵-۴-۵-۳-۱۱- گام یازدهم : بارگذاری و تحلیل ۱۰۶
۵-۴-۵-۳-۱۱- گام دوازدهم : مشاهده نتایج ۱۰۶

فصل۶ – تحلیل و ارزیابی سطح عملکرد ساختمانهای بنایی

۶-۱- مقدمه ۱۰۹
۶-۲-چک لیست کنترل ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ ..... ۱۱۰
۶-۳-مدل سازی و تحلیل ساختمان بنایی ۱۱۱
۶-۴- محاسبه سطح عملکرد با استفاده از طیف ظرفیت ۱۱۳
۶-۴-۱- تبدیل منحنی ظرفیت به طیف ظرفیت ۱۱۳
۶-۴-۲-طیف طرح ۱۱۵
۶-۴-۳- تقاطع طیف ظرفیت وطیف نیاز لرزه ای ۱۱۷
۶-۵- ارزیابی سطح عملکرد بروش تغییر مکان هدف ۱۱۷
۶-۵-۱- منحنی ظرفیت دو خطی ۱۱۸
۶-۵-۲- محاسبه تغییر مکان هدف ۱۱۹
۶-۵-۳- ارزیابی عملکرد ساختمان بنایی ۱۲۱

۶-۵-۴- مقایسه عملکرد ساختمان بنایی در پهنه های
مختلف لرزه خیزی با انواع مختلف زمین ۱۲۴

فصل ۷ – نتیجه گیری و پیشنهاد برای کارهای آینده

۷-۱- تشریح نتایج ۱۲۹
۷-۲- پیشنهاد برای کارهای آینده ۱۳۲

لیست منابع و مراجع ۱۳۳

مقدمه

در آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) استفاده از ساختمانهای بنـایی غیـر مسلح به شرط لحاظ نمودن ضوابط مندرج در این آیین نامه مجاز شناخته شـده اسـت. سـاختمانهای بنایی غیر مسلح به دو صورت کلاف بندی شـده و بـدون کـلاف قابـل اجـرا هـستند. مطـابق ضـوابط استاندارد ۲۸۰۰ در کلیه دیوارهای سازه ای تمام ساختمانهای بنایی - اعم از یک طبقه یا دو طبقـه و اعم از آجری، بلوک سیمانی و یا سنگی- باید کلافهای افقی در تراز زیر دیوارها و زیر سقفها اجرا شود. در صورتیکه در ساختمانهای بنایی یک طبقه با اهمیت کم می توان از اجرای کلافهای قائم صـرفنظر نمود. مشاهده می شود که طبق استاندارد ۲۸۰۰ در برخی موارد هنوز استفاده از ساختمانهای بنـایی کلاف بندی نشده مجاز است و از طرفی بسیاری از ساختمانهای موجود در سطح کشور(مخـصوصاً در حاشیه شهرها و در روستاها) از نوع ساختمانهای بنایی کلاف بندی نشده می باشند. هـر چنـد کـه در استاندارد ۲۸۰۰ با ارائه ضوابطی استفاده از اینگونه ساختمانها مجاز شناخته شده است ولـی متاسـفانه روشی جهت تحلیل و طراحی آنها ارائه نگردیده است تا بتوان برآوردی کمی از عملکرد آنهـا در زلزلـه های آینده بدست آورد.

در دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود ایران، در مورد ساختمانهای بنایی از روش ساده بهساز ی استفاده شده است. در این روش نواقص و نقاط ضعف متداول ساختمانهای بنایی مورد بررسی قرارگرفته و با تعیین نواقص موجود، راهکارهای ترمیم و بهسازی مربوطه ارائه میگردد. نواقص ساختمانی شامل کیفیت مصالح، سیستم سازه ای، دیوارهای باربر، دالها، اتصالات اجزای ساختمان و اعضای غیر سازه ای می باشد. از آنجا که رویکرد استاندارد ۲۸۰۰ در طراحی ساختمانهای بنایی نیز بر طرف نمودن نقاط ضعف مشاهده شده در این ساختمانها طی زلزله های گذشته می باشد؛ لذا از این جهت بین دستورالعمل بهسازی و استاندارد ۲۸۰۰ مشابهت وجود دارد.

مشاهدات و گزارشات از زلزله های گذشته حاکی از آن می باشد که قسمت عمده تلفات جانی و خسارات مالی به عملکرد نامناسب اینگونه ساختمانها بر میگردد. با مطالعاتی که بر روی مودهای شکست ساختمانهای بنایی غیر مسلح طی زلزله های گذشته انجام شده ، این نکته اثبات شده است که بدلیل نوع ساخت و ساز و مصالح بکار رفته در ساختمانهای مصالح بنایی ایران که عمدتا" یک تا ۲ طبقه هستند، مودهای شکست لغزش درز ملات[1] و کشش قطری[2] حاکم می باشد. لذا هدف از انجام این پروژه بررسی سطح عملکرد ساختمانهای بنایی بدون کلاف(کلاف قائم) طراحی شده بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ می باشد که مود شکست لغزش درز ملات در آنها حاکم می باشد. با توجه به اینکه دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود در بهسازی سیستماتیک ساختمانهای اسکلت فولادی و اسکلت بتنی از ضوابط FEMA[3] بصورت گسترده ای استفاده نموده است؛ لذا در این پروژه نیز پس از تحلیل بار افزون[4] ساختمان بنایی بوسیله نرم افزار ANSYS و تعیین منحنی ظرفیت سازه، سطح عملکرد آن با توجه به ضوابط FEMA تخمین زده شده است. در این پروژه برای تحلیل بار افزون و تعیین نقطه عملکرد ساختمانهای بنایی از ضوابط ATC40 نیز استفاده می شود.

[1] - Bed-Joint-Sliding
[2] -Diagonal-Tension
[3] -Federal Emergency Management Agency
[4] -Pushover

فصل اول

رفتار ساختمانهای بنایی
در زلزله های گذشته

۱-۱- مقدمه

ایران یکی از مناطق لرزه خیز جهان است که هر چند وقت یکبار شاهد وقوع زمین لرزه هایی به بزرگی بیش از ۵ ریشتر می باشد. با مراجعه به آمار موجود مشاهده می شود که در هر کدام از این لرزه ها تلفات جانی و مالی فراوانی به بار آمده است. با تحقیق بیشتر مشخص می شود که قسمت عمده این تلفات به بخشهای روستایی که عمدتا" دارای ساختمانهای بنایی می باشند مربوط می شود. بطور کلی با نگاهی به تاریخچه زلزله های کشور مشخص می شود که ساختمانهای بنایی موجود در هنگام وقوع زلزله های با بزرگی بیش از ۵/۵ ریشتر همواره در معرض ترک خوردگی و فروریختن هستند[۵].

به منظور طراحی دقیقتر سازه ها در برابر زلزله مناسب ترین راهکار شناسایی مودهایی از خرابی است که با فراوانی بیشتر در زلزله های مختلف اتفاق می افتند. شناسایی موارد آسیب پذیری مشترک به درک بیشتر رفتار سازه ها در برابر تکانهای شدید زمین کمک فراوانی خواهد کرد. بطوریکه با وجود تأسف از خسارات وارده می توان به سازه های آسیب دیده همانند نمونه هایی نگاه کرد که در یک آزمایشگاه بزرگ و واقعی آزمایش شده اند. با در کنار هم قراردادن این نمونه ها، مسیرهای بحرانی شناسایی شده و راهکارهای مناسب تری برای جلوگیری از خسارات بعدی فراهم خواهد شد.

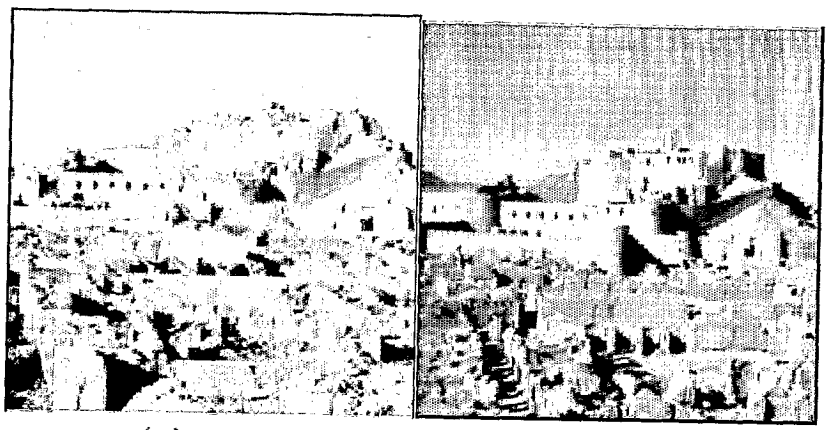
در این فصل برای آشنایی بیشتر، بعنوان نمونه رفتار ساختمانهای بنایی در دو زلزله یکی در ایران(زلزله دیماه ۱۳۸۲ بم) و دیگری در آمریکا(زلزله ۱۹۹۴ نورتریج) مورد بررسی قرار می گیرند.

۱-۲-مکانیزم خرابی ساختمانهای بنایی در زلزله بم

۱-۲-۱- مشخصات کلی زلزله[۱۵]

در ساعت۵:۲۶ بامداد روز ۸۲/۱۰/۵ زمین لرزه بزرگی(M_W=6.5) بخش وسیعی از استان کرمان را به لرزه درآورد. موقعیت کانونی این زمین لرزه به مختصات ۲۹/۰۱ درجه عرض شمالی و ۵۸/۲۶ درجه طول خاوری در حدود ۱۰ کیلومتری جنوب غرب شهر بم واقع می گردد. این زلزله موجب مرگ بیش از ۴۰/۰۰۰ نفر و تخریب حدود ۹۰٪ ساختمانهای بنایی گردید. قلعه بم، میراث شگفت انگیز ایران باستان در این زلزله تقریباً بکلی تخریب شد. این قلعه ۲۰۰۰ ساله، قدیمی ترین بنای خشت خام دنیا به شمار می رفت. این اثر تاریخی یکی از مراکز مهم جذب توریست بود که در زلزله بم تخریب شد. ساختمانهای ساخته شده از خشت خام و مصالح بنایی غیر مسلح که عمده ترین بخش ساختمانهای شهر را تشکیل می دادند بکلی ویران شدند.

شکل شماره (۱-۱) گستردگی خرابی در بم را نشان می دهد. تکانهای اصلی زلزله توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ثبت گردید. ماکزیمم شتاب اصلاح شده زلزله در دو راستای افقی و عمودی بترتیب ۷۷۸/۲۸ (طولی)، ۶۲۳/۴۴ (عرضی) و ۹۷۹/۹۵ (قائم) سانتیمتر بر مجذور ثانیه بود. یکی از دلایل تخریب گسترده ساختمانهای بنایی غیر مسلح و تعداد بالای قربانیان، مقاومت چسبندگی نامناسب ملات عنوان شده است.



(ب) (الف)

شکل ۱-۱ : نمایی از ارگ بم. الف: قبل از زلزله ب: بعد از زلزله

۱-۲-۲- حالتهای آسیب دیدگی ساختمانهای بنایی

بر اساس تحقیقات انجام شده[۲۲] مشخص شد در منطقه زلزله زده۹۰٪ ساختمانها از نوع بنایی، ۸٪ دارای اسکلت فلزی و ۲٪ دارای اسکلت بتنی بودند. با تحقیق بر روی ۵۵۰ ساختمان آسیب دیده(که ۷۴٪ آنها یک طبقه، ۲۲٪ دو طبقه و ۴٪ باقیمانده ۳ طبقه و یا بیشتر بودند) مشاهده شد که پس از زلزله ۶۲٪ آنها غیر قابل سکونت، ۳۴/۸ ٪آنها نیاز به بازسازی داشته و ۳/۲٪ باقیمانده ایمن هستند. اشکال شماره ۲-الف و ۲-ب بترتیب یک ساختمان شدیداً آسیب دیده وتخریب شده را نشان می دهد. مشاهدات نشان داد نسبت تخریب در ساختمانهای بنایی غیر مسلح، بمراتب از ساختمانهای بنایی کلاف بندی شده بیشتر بود.

(الف) (ب)

شکل۱-۲: آسیب دیدگی ساختمانهای بنایی در بم

۱-۲-۳- مکانیزم گسیختگی ساختمانهای خشتی و مصالح بنایی

با انجام آزمایشات درجای ساده ای بر روی مصالح فروریخته ساختمانهای بنایی بعد از زلزله بم مشخص شد که مقاومت چسبندگی بین آجرها در ساختمانهای بنایی خیلی کوچک می باشد[۱۵]. بنابراین مکانیزم گسیختگی ساختمانهای بنایی بصورت زیر تشریح می شود.

براساس مشخصات مصالحی که ساختمانهای بنایی شهر بم با آن ساخته شده بودند، مشاهده گردید که فروریختگی در ساختمانهای بنایی این شهر تحت نیرویی بمراتب کوچکتر از نیروی مورد نیاز برای

جابجایی عرضی آجرها، شروع میگردد. در نهایت می توان گفت که خرابی عمده ساختمانهای بنایی مورد مطالعه، بدلیل ضعف در مقاومت چسبندگی آجرها بوده است[۱۵].

مصالح ساختمانی مصرفی عمده در ساخت و ساز شهر بم عبارتند از: خشت، آجر، بتن (شن و ماسه و سیمان)،شفته آهک و ملاتهای گل، ماسه آهک و ماسه سیمان. این مصالح عمدتاً دارای اختلاط نامناسب هستند و به درستی از آنها استفاده نمی شود که مبین عدم شناخت کافی سازندگان با خواص مصالح و رفتار آنها در سازه است.در میان ساختمانهای شهری، ساختمانهای خشتی - گلی و نیز بنایی فاقد کلاف بر اثر زلزله ویران و یا به طور جدی تخریب شدند. حال آنکه آن دسته از ساختمانهای بنایی با کلاف بتنی یا فلزی که حداقل های ضوابط آیین‌نامه ۲۸۰۰ را رعایت کرده اند، پابرجا مانده اند. غفلت از الزامات آیین نامه ۲۸۰۰ دلیل اصلی خرابیها و تلفات در زلزله های اخیر بوده است. ذیلاً به خلاصه ای از نکات آیین نامه ای که عموماً مغفول واقع شدند، اشاره می شود :

۱ـ بناهای سنتی که با گل و یا خشت ساخته می شوند مقاومت چندانی در برابر زلزله ندارند و به طور کلی باید از احداث آنها خودداری شود.

۲ـ کلیه ساختمانهای با مصالح بنایی بایستی کلاف بندی شوند. در این ساختمانها، انسجام و یکپارچگی سازه با فراهم آوردن اتصال مناسب در محل تلاقی کلافها، اجرای همزمان دیوارها و کلافهای قائم و نیز

اتصال مناسب سقف با کلافهای افقی بایستی مورد توجه قرار گیرد.

۳ـ ساختمان بایستی در ارتفاع منظم باشد و هیچ طبقه ای نرم یا ضعیف نباشد.

در زلزله اخیر، برخی از روستاهای واقع در شمال شرقی بم (در محدوده ۵ کیلومتری)، دچار خسارات جانی و مالی فراوان شده اند. بیش از نیمی از ساختمانهای این مناطق از نوع خشتی، گلی و یا آجری بوده اند که تقریباً بخش عظیمی از آنها تخریب شده و وضعیت موجود این ساختمانها امکان سرویس دهی و خدمات در آینده را نخواهند داشت. به باید تخریب و نوسازی شوند. در این زلزله تقریباً تمام

ساختمانهایی که با مصالح بنایی و براساس اصول مطروحه در استاندارد ۲۸۰۰ ایران ساخته شده بودند، پایداری و مقاومت خوبی از خود نشان داده اند. به طور کلی بیشترین آسیب زلزله به ساختمانهای خشتی و گلی و سپس به ساختمانهای آجری بدون کلاف وارد شده است.

۱-۳- زلزله هفدهم ژانویه ۱۹۹۴ نورتریج[۱۴]

۱-۳-۱- مشخصات کلی زلزله نورتریج

زلزله نورتریج در ساعت ۴:۳۱ صبح روز دوشنبه هفدهم ژانویه ۱۹۹۴ ناحیه سان فرناندو، حدود ۳۰ کیلومتری شمال لوس آنجلس را به لرزه درآورد. این زلزله بوسیله ایستگاه زلزله نگاری دانشگاه کالیفرنیای برکلی مساوی ۶/۷ ریشتر تعیین شد(M_m=6.7). مدت زمان تکانهای شدید زلزله (شتابهای بزرگتر از 0.05g) بین ۱۵ تا ۲۰ ثانیه بود. مدت زمان تکانهای شدیدتر از نصف حداکثر شتاب نیز بین ۶ تا ۸ ثانیه ثبت شده است.

در دو هفته اول پس از زلزله اصلی حدود ۳۵۰۰ پس لرزه رخ داد که بیش از ۱۰۰۰ تای آنها مساوی یا بزرگتر از ۳/۵ ریشتر بودند. یکی از پس لرزه ها دارای بزرگایی معادل ۶ ریشتر بود. زلزله نورتریج باعث مرگ ۵۰ نفر(که مرگ ۲۲ نفر از آنها بدلیل حمله قلبی ناشی از زلزله ذکر شده است) و زخمی شدن حداقل ۵۰۰۰ نفر شد. در لوس آنجلس بیش از ۱۰۰۰۰ ساختمان دارای وضعیت قرمز(ورود ممنوع) یا وضعیت زرد(ورود با احتیاط) و ۲۵۰۰۰ واحد مسکونی نیز تخلیه شد.

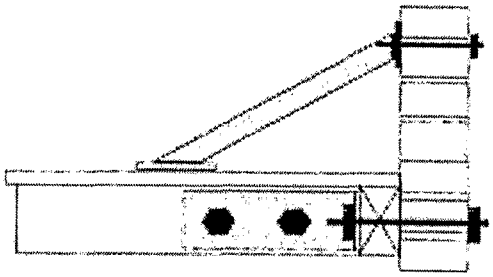
برخی از نواحی بدلیل شکسته شدن شریانهای اصلی آب دچار آب گرفتگی شدند. نواحی کوچکی دچار آتش سوزی شدند. خسارت برآورد شده بلافاصله پس از زلزله حدود ۱۵ الی ۳۰ میلیار دلار بود.

۱-۳-۲- مقاوم سازی ساختمانهای بنایی در لوس آنجلس

ساختمانهای بنایی غیر مسلح طی زلزله های گذشته کالیفرنیا عملکرد نامناسبی از خود نشان داده اند. پس از زلزله ۱۹۳۳ کالیفرنیا، که در آن ساختمانهای بنایی غیر مسلح بخصوص مدارس بشدت آسیب دیدند، مجلس ایالتی کالیفرنیا قانونی را با موضوع ممنوعیت استفاده از مصالح بنایی غیر مسلح

برای ساختمانهای عمومی تصویب نمود(هرچند که بعدا" این مصالح مورد استفاده قرار گرفتند). هنگامی که احداث ساختمانهای بنایی پس از دهه ۱۹۳۰ مجددا" احیا شد، نیاز بود که اصلاحات اساسی جدیدی در ضوابط UBC بوجود آید.

آن ضوابط، بر اساس طراحی بتن آرمه مرسوم در آن زمان، الزام می نمود که در طراحی ساختمانهای بنایی حداقل نیروهای جانبی در نظر گرفته شود. تنش های کششی در مصالح بنایی تنها توسط میلگردها تحمل شده و تمام مصالح بنایی باید حداقل میلگردهای افقی و قائم مسلح کننده را داشته باشند. در لوس آنجلس تا سال ۱۹۸۰ تمام تلاشها بر روی مقاوم سازی ساختمانهای بنایی غیر مسلح موجود تمرکز داشت.



شکل ۱-۳ : سیستم ساده مهاربندی جانپناه ساختمانهای بنایی

اغلب اجزای مقاوم سازی لرزه ای اولیه، که در شکل ۱-۳ نشان داده شده است؛ جهت مهار نمودن جانپناهها به سقف و اتصال دیافراگمهای کف به دیوارها با استفاده از مهارها(مکانیکی، استفاده از ملات یا چسب) می باشد. در شهر لوس آنجلس، در سال ۱۹۸۵ این قوانین با عنوان " آیین نامه محلی شماره ۸۸ مقاوم سازی" تدوین شده بود. در زمان زلزله ۱۹۹۴ نورتریج، در شهر لوس آنجلس جانپناه اکثر ساختمانهای بنایی غیر مسلح برداشته شده یا بصورت جانبی مهاربندی شده بودند و حدود ۸۰ درصد ساختمانها بر اساس آیین نامه شماره ۸۸ مقاوم سازی شده بودند. در سایر شهرهای ناحیه لوس آنجلس درصد ساختمانهای بنایی غیر مسلح مقاوم سازی شده خیلی کمتر بود.

۱-۳-۳- نمونه هایی از عملکرد ساختمانهای بنایی ناحیه لوس آنجلس در زلزله نورتریج