دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

مقاوم سازی ساختمان های بنایی،
روش های موجود وکاربرد آنها

از

مرتضی گودرزی دهریزی

استاد راهنما

دکتر جواد رزاقی

تیر ۱۳۸۶

إنه من سليمان وإنه
بسم الله الرحمن الرحيم
٩٢ ٩١٣٢

دانشکده فنی مهندسی

گروه عمران

گرایش سازه

مقاوم سازی ساختمان های بنایی، روش های موجود وکاربرد آنها

از

مرتضی گودرزی دهریزی

استاد راهنما

دکتر جواد رزاقی

استاد مشاور

دکتر سعید پورزینلی

تیرماه ۱۳۸۶

تقدیم به

خانواده عزیزم

تقدیر و تشکر

با تشکر صمیمانه از جناب دکتر رزاقی به خاطر راهنمایی و همکاری سازنده و موثر در کلیه مراحل انجام این پایان نامه.

فهرست

عنوان **صفحه**

۱- مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲ مرور کارهای گذشته ۳
۱-۳ لرزه خیزی ایران ۵
۱-۴ گزارش برخی از زلزله های چند دهه اخیر ۷
۱-۴-۱ زلزله ۳۱ خرداد ماه ۱۳۶۹ رودبار و منجیل ۷
۱-۴-۲ گزارش تصویری از زلزله بم ۹
۱-۴-۳ اثرات زلزله اول تیر ۱۳۸۱ چنگوره- آوج بر ساختمان های بنایی و مختلط ۱۲
۱-۴-۳-۱ خسارت وارد به ساختمان ها در اثر زلزله چنگوره - آوج ۱۲
۱-۴-۳-۲ گونه های ساختمانی منطقه آوج ۱۲
۱-۴-۳-۳ ساختمان های بنایی آوج با سقف آهن ۱۳
۱-۴-۳-۴ ساختمان های مختلط منطقه آوج ۱۳
۱-۴-۳-۵ بررسی آسیب های وارده به ساختمان های منطقه آوج ۱۳
۱-۴-۳-۶ بررسی علل خرابی ساختمان های مختلط و بنایی منطقه آوج ۱۴
۱-۴-۴ رفتار و عملکرد ساختمان ها در زلزله داهوییه (زرند) ۱۵
ا-۵ گستردگی ساختمان های بنایی ۱۷
۱-۶ مقاوم سازی ساختمان های بنایی ۱۹
۱-۷ روند انجام پایان نامه ۱۹
۲- تئوری های حاکم بر رفتار ساختمان های بنایی ۲۲
۲-۱ خواص سازه ای و دینامیکی ساختمان های بنایی ۲۳
۲-۲ توزیع نیروی زلزله در ساختمان های بنایی ۲۳
۲-۳ حالت های شکست ۲۳
۲-۳-۱ شکست دیوارهای برشی ۲۴
۲-۳-۲ شکست دیوارهای عرضی ۲۵
۲-۴ روش های ارزیابی کمی آسیب پذیری ساختمان های بنایی غیرمسلح ۲۵
۲-۴-۱ روش ارزیابی دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود ۲۶
۲-۴-۲ روش ارزیابی فصل هفتم دستورالعمل FEMA356 , FEMA273 ..... ۲۷
۲-۴-۳ روش ارزیابی لانگ - باخمن ۲۷
۲-۵ استفاده از روش قاب معادل در ارزیابی ساختمان های مصالح بنایی ۲۹
۲-۶ دلیل بنیادی ناپایداری لرزه ای ساختمان های آجری غیر مسلح در برابر زلزله ۳۰
۲-۷ ماهیت نیرو های زلزله ۳۱
۲-۸ عملکرد ساختمان های آجری غیر مسلح در مقابل زلزله ۳۲
۲-۹ مقاومت جانبی دیوار برشی غیر مسلح ۳۳
۲-۱۰ تقویت لرزه ای ساختمان های بنایی ۳۴

۲-۱۰-۱ روش تسلیح دیوارهای آجری ۳۵
۲-۱۰-۲ روش کلاف بندی دیوار آجری ۳۶
۲-۱۱ خواص سازه ای و دینامیکی قاب های مرکب ۳۶
۲-۱۱-۱ مقدمه ۳۷
۲-۱۱-۲ اندرکنش قاب و میانقاب ۳۷
۲-۱۱-۳ تبدیل کنش خمشی به کنش خرپایی ۳۸
۲-۱۱-۴ حالت های شکست ۳۹
۲-۱۲ مقاومت دیوار کلاف بندی شده (قاب مرکب) ۴۰
۲-۱۲-۱ مقاومت ترک قطری ۴۰
۲-۱۲-۲ مقاومت شکست کنج ۴۱
۲-۱۲-۳ مقاومت نهایی ۴۳
۲-۱۳ تأثیر بازشوها بر قاب های مرکب ۴۳
۲-۱۳-۱ نتیجه گیری در مورد بازشوها ۴۳
۲-۱۳-۲ محاسبه مقاومت و سختی میانقاب های بازشودار ۴۴
۲-۱۴ ضریب رفتار قاب های مرکب ۴۵

۳- بررسی ضوابط و استانداردهای فنی ۴۶

۳- ۱ مقدمه ۴۷
۳-۲ معرفی آیین نامه ها ۴۷
۳-۲-۱ آیین نامه FEMA-154 ایالات متحده آمریکا ۴۷
۳-۲-۲ دستورالعمل ATC-20 (APPLIED TECHNOLGY COUNCIL) ۵۱
۳-۲-۲-۱ ارزیابی ساختمان ها بعد از زلزله ۵۲
۳-۲-۲-۲ روش های ارزیابی ساختمان ها ۵۳
۳-۲ -۳ مجموعه FEMA (306-307-308) ۵۸
۳-۲-۳-۱ ارزیابی ساختمان طبق دستورالعمل FEMA (306 –307 –308) ۵۹
۳-۲-۳-۲ ترمیم المان های آسیب دیده از زلزله طبق دستور العمل FEMA (306 –307 –308) ۶۱
۳-۲-۳-۴ روش های ترمیمی ارائه شده در دستورالعمل FEMA 308 ۶۱
۳-۳ جمع بندی ۶۲
۳-۴ دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود (دفتر تدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه ریزی) ۶۳
۳-۴-۱ بررسی کلی دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود ۶۴
۳-۴-۲ بخش ساختمان های مصالح بنایی دستورالعمل ۶۷
۳-۴-۳ انواع ساختمان های مصالح بنایی مشمول دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود ۶۷
۳-۴-۴ محدوده کاربرد ۶۸
۳-۴-۵ مراحل روش ساده بهسازی ۶۸
۳-۵ ساختمان های مصالح بنایی سنتی ۶۹
۳-۵-۱ نواقص مربوط به مصالح ساختمان ۶۹
۳-۵-۲ نواقص مربوط به سیستم سازه ای ۷۰
۳-۵-۳ نواقص مربوط به دیوارهای باربر ۷۲
۳-۵-۴ نواقص مربوط به دال های ۷۴

۳-۵-۵ نواقص مربوط به اتصالات اعضا ۷۵
۳-۵-۶ نواقص مربوط به اجزای غیر سازه ای ۷۵
۳-۵-۷ نواقص مربوط به سیستم کلاف بندی ۷۶
۳-۶ پیش نویس دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی (شرکت خدمات مدیریت ایرانیان) ۷۷
۳-۶-۱ مراحل ارزیابی آسیب پذیری ۷۷
۳-۶-۲ راهکارهای بهسازی ۷۸
۳-۶-۲-۱ بهسازی کلی ۷۸
۳-۶-۲-۲ بهسازی موضعی ۷۹
۳-۷ دستور العمل تحلیل آسیب پذیری و بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی غیر مسلح موجود (وزارت مسکن و شهرسازی) ۷۹
۳-۷-۱ فرآیند تحلیل و ارزیابی آسیب پذیری ۸۰
۳-۷-۲ تحلیل آسیب پذیری ساختمان ۸۱
۳-۷-۲-۱ ارزیابی اولیه آسیب پذیری ۸۱
۳-۷-۲-۲ ارزیابی تفضیلی آسیب پذیری ۸۲
۳-۷-۳ بهسازی ساختمان ۸۳
۳-۷-۴ جزییات اجرایی طرح ۸۳
۳-۷-۵ بررسی اقتصادی و اجتماعی برای بهسازی لرزه ای ساختمان ۸۴
۳-۸ آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (آیین نامه ۲۸۰۰) ۸۵

۴- گزارش زلزله فروردین ماه ۱۳۸۵ استان لرستان ۸۷

۴-۱ معرفی رویداد ۸۸
۴-۲ گلسهای فعال اصلی منطقه ۸۹
۴-۲-۱ گسل اصلی جوان زاگرس (MRF) ۸۹
۴-۲-۲ گسل لرزه خیز دورود ۹۰
۴-۲-۳ گسل عادی قلعه حاتم ۹۰
۴-۲-۴ گسل کواترنری نهاوند ۹۱
۴-۳ سوابق لرزه ی خیزی منطقه ۹۱
۴-۳-۱ زمین لغزه کهن سیمره (۱۱۰۰۰ سال پیش) ۹۱
۴-۳-۲ تشکیل دریاچه گهر ۹۱
۴-۳-۳ زمین لرزه ۲ تیر ۲۵۱ هـ.ش سیمره (۸۷۲/۶/۲۲ م) ۹۲
۴-۳-۴ زمین لرزه ۳ بهمن ۱۲۸۷ هـ.ش درب آستانه (سیلاخور) (۱۹۰۹/۱/۲۳ م) ۹۲
۴-۴ خسارت های وارده از زلزله فروردین ماه سال ۱۳۸۵ استان لرستان ۹۲
۴-۴-۱ روند بازسازی مناطق زلزله زده ۹۳
۴-۴-۲ شدت و نوع آسیب های وارده ۹۳
۴-۴-۳ بازسازی ۹۵
۴-۴-۴ مقاوم سازی ۹۶
۴-۵ روند ارزیابی ساختمان های بنایی ۹۶
۴-۵-۱ برداشت معماری ۹۶
۴-۵-۲ برداشت سازه ای ۹۷

۴-۵-۲-۱ چک کردن نقشه های تهیه شده توسط گروه معماری ۹۸
۴-۵-۲-۲ مشخص کردن سیستم سازه ای ۹۸
۴-۵-۲-۳ تهیه گزارش آسیب و نواقص ساختمان ۹۹
۴-۵-۲-۴ چک لیست ارزیابی ۱۰۳
۴-۵-۲-۵ بررسی نواقص ساختمان ۱۰۷
۴-۶ راهکار های بهسازی ۱۰۷
۴-۶-۱ کاهش وزن سقف ۱۰۷
۴-۶-۲ تامین انسجام سقف ها ۱۰۸
۴-۶-۳ اصلاح سیستم ثانویه کمکی (کلاف بندی افقی و قائم) ۱۱۲
۴-۶-۳-۱ اصلاح وضعیت کلاف بندی افقی دیوارهای باربر ساختمان ۱۱۲
۴-۶-۳-۲ اصلاح وضعیت کلاف بندی قائم دیوارهای باربر ساختمان ۱۱۳
۴-۶-۴ نبشی کشی ۱۱۴
۴-۶-۵ تامین میزان دیوار مورد نیاز برای تحمل برش طبقه ۱۱۹
۴-۶-۵-۱ محاسبات برش پایه ۱۱۹
۴-۶-۵-۲ تعبیه روکش بتنی ۱۲۲
۴-۶-۵-۳ استقرار دیوار جدید ۱۲۳
۴-۶-۶ افزایش طول تکیه گاهی تیرهای سقف ۱۲۵
۴-۶-۷ اصلاح بازشوها در دال ۱۲۵
۴-۶-۸ اصلاح نسبت طول دهانه به عرض دال ۱۲۶
۴-۶-۹ اتصال مناسب سقف به دیوارها ۱۲۶
۴-۶-۱۰ افزایش تعداد مسیرهای انتقال بار ۱۲۸
۴-۶-۱۱ افزایش نامعینی ۱۲۸
۴-۶-۱۲ ضوابط غیر سازه ای ۱۳۰
۴-۶-۱۲-۱ اصلاح تیغه های با ارتفاع کمتر از ارتفاع طبقه ۱۳۰
۴-۶-۱۲-۲ اصلاح نسبت ارتفاع به ضخامت جان پناه ۱۳۰
۴-۶-۱۲-۳ اصلاح دود کش ها ۱۳۱
۴-۶-۱۳ ایجاد تغییرات احتمالی در اعضای سازه ای ۱۳۱
۴-۶-۱۴ کامل نبودن مسیر بار (پیوستگی اعضای قائم) ۱۳۲
۴-۶-۱۵ اصلاح نامنظمی در پلان ۱۳۲
۴-۶-۱۶ اصلاح ارتفاع و تعداد طبقات زیاد ساختمان ۱۳۳
۴-۶-۱۷ اصلاح اثر ارتفاع زیاد طبقه ۱۳۴
۴-۶-۱۸ اصلاح اثر طول زیاد دیوار ۱۳۴
۴-۶-۱۹ اصلاح خیز برون صفحه دیوارها و قائم نبودن آن ها ۱۳۵
۴-۶-۲۰ اصلاح وضعیت پلان طبقات از نظر استقرار دیوارهای باربر ۱۳۵
۴-۶-۲۱ اصلاح پلان طبقات از نظر استقرار دیوارهای غیر باربر ۱۳۵
۴-۶-۲۲ رفع نامنظمی در پلان ۱۳۶
۴-۶-۲۲-۱ تقارن ۱۳۶
۴-۶-۲۲-۲ اصلاح پیش آمدگی در پلان ۱۳۶
۴-۶-۲۳ اصلاح اثرات نامطلوب جرم ساختمان ۱۳۷
۴-۶-۲۳-۱ اصلاح نحوه توزیع جرم های افزوده به ساختمان ۱۳۷

۴-۶-۲۳-۲ اصلاح محل استقرار اجسام سنگین و تأسیسات ۱۳۸
۴-۶-۲۴ اصلاح بازشو ها ۱۳۸
۴-۶-۲۵ اثر درز انقطاع ۱۳۹
۴-۶-۲۶ نیم طبقه ۱۴۰
۴-۶-۲۷ بهسازی خرپشته ۱۴۰
۴-۷ جمع بندی کلی و نتیجه گیری ۱۴۲
۴-۸ مسایل اقتصادی روش های مقاوم سازی ۱۴۳
۴-۹ مسایل اجتماعی مقاوم سازی ۱۴۳

۵- کاربرد قاب های مرکب در مقاوم سازی ساختمان های بنایی ۱۴۵

۵-۱ طرح مساله ۱۴۶
۵-۲ ارزیابی کیفی آسیب پذیری ۱۴۶
۵-۲-۱ نقشه معماری ۱۴۷
۵-۲-۲ نقشه سازه ای ۱۴۸
۵-۲-۳ کد گذاری دیوارها ۱۴۹
۵-۲-۴ چک لیست ارزیابی کیفی ۱۵۰
۵-۲-۵ خسارات وارده به دیوارهای سازه ای و غیر سازه ای و ارائه راهکار ترمیم ۱۵۲
۵-۲-۶ گزارش تصویری ارزیابی کیفی آسیب پذیری ۱۵۳
۵-۲-۷ تغییرات معماری مورد نظر مالک ۱۵۵
۵-۳ ارزیابی کمی آسیب پذیری ۱۵۶
۵-۳-۱ کنترل نواقص مربوط به مصالح ۱۵۷
۵-۳-۲ کنترل نواقص مربوط به سیستم سازه ای ۱۵۸
۵-۳-۳ کنترل نواقص مربوط به دیوارهای باربر ۱۵۹
۵-۳-۴ کنترل نواقص مربوط به دال ها ۱۶۰
۵-۳-۵ کنترل نواقص مربوط به اتصالات اعضا ۱۶۰
۵-۳-۶ کنترل نواقص مربوط به اجزای غیر سازه ای ۱۶۱
۵-۳-۷ کنترل نواقص مربوط به سیستم کلاف بندی ۱۶۱
۵-۴ طرح مقاوم سازی ۱۶۲
۵-۴-۱ محاسبات طرح مقاوم سازی ۱۶۴
۵-۴-۲ اصلاح بازشوها و انجام تغییرات معماری ۱۶۴
۵-۴-۳ محاسبه بار دیوارها در وضع موجود با در نظر گرفتن تغییرات معماری ۱۶۵
۵-۴-۴ بارگذاری سقف طبقه بام ۱۶۶
۵-۴-۵ اثر پیچش در ساختمان ۱۶۷
۵-۴-۶ برش پایه و توزیع برش در طبقات ۱۶۷
۵-۴-۷ تعبیه ستون های فلزی برای بارهای ثقلی ۱۶۸
۵-۴-۸ مدلسازی ساختمان ۱۶۹
۵-۴-۹ تحلیل و طراحی فونداسیون با نرم افزار SAFE ۱۷۰
۵-۴-۱۰ محاسبات بارجانبی ۱۷۱
۵-۵ نقشه های اجرایی ۱۷۴

۵-۶ دستورالعمل های ترمیم ۱۸۱
۵-۷ برخی تصاویر مربوط به اجرای طرح مقاوم سازی ۱۸۳

۶- نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۸۸

۶-۱ فعالیت های انجام شده ۱۸۹
۶-۲ نتیجه گیری ۱۸۹
۶-۳ پیشنهاد برای ادامه کار ۱۹۲

منابع و مراجع ۱۹۳

ضمائم ۱۹۷
الف- چکیده مقالات ارسال شده برای چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران دانگاه تهران ۱۹۸
ارائه روشی مبتنی بر مبانی تحقیقاتی و بررسی های تجربی برای مقاوم سازی ساختمان های بنایی ۱۹۹
بررسی پروژه مقاوم سازی ساختمان های بنایی آسیب دیده در زلزله فروردین ماه ۱۳۸۵ استان لرستان ۲۰۰
ب- گزارش مصوراثر زلزله ۱۱ فروردین ماه ۱۳۸۵ استان لرستان بر ساختمان های و سازه های مختلف ۲۰۱
ج- بررسی فنی مقایسه ای بین دو روش مقاوم سازی ساختمان های بنایی ۲۱۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۱-۱خسارت وارد به روستاها در زلزله چنگوره آوج ۱۲
جدول ۱-۲زلزله های با بزرگی بیش از ۶/۵ در فاصله سال های ۱۹۰۰ تا ۱۹۸۱ ۱۸
جدول ۲-۱ مقایسه نتاج حاصل از ارزیابی ساختمان یک مدرسه ۲۹
جدول ۲-۲ ضرایب مقاومت برشی دیوارهای آجری ۳۴
جدول ۳-۱ تعاریف نتیجه ارزیابی ۵۲
نمودار۳-۲ روند ارزیابی ساختمان پس از زلزله ۵۳
جدول ۳-۳ آزمایشات ارزیابی بر اساس آیین نامه FEMA 306 ۶۱
جدول ۳-۴روش های ترمیم و محدوده کاربرد ۶۲
نمودار ۳-۵ مراحل روش ساده بهسازی ۶۸
جدول ۳-۶ نواقص مربوط به مصالح ۶۹
جدول ۳-۷ محاسبه برش طبقات طبق دستورالعمل بهسازی ۷۰
جدول ۳-۸ نواقص مربوط به سیستم سازه ای ۷۱
جدول ۳-۹ حداقل دیوار نسبی آیین نامه ۲۸۰۰ ۷۱
جدول ۳-۱۰ نواقص مربوط به دیوارهای باربر ۷۳
جدول ۳-۱۱ نواقص مربوط به دال ها ۷۴
جدول ۳-۱۲ نواقص مربوط به اتصالات اعضا ۷۵
جدول ۳-۱۳ نواقص مربوط به اجزای غیر سازه ای ۷۵
جدول ۳-۱۴ نواقص مربوط به سیستم کلاف بندی ۷۶
نمودار ۳-۱۵ مراحل مختلف ارزیابی ۷۷
نمودار ۳-۱۶ روند تحلیل و ارزیابی آسیب پذیری بر اساس دستورالعمل تحلیل آسیب پذیری ۸۰
جدول ۴-۱ تعداد واحدهای آسیب دیده در اثر زلزله در شهرستآن های استان لرستان ۹۳
نمودار ۴-۲ روند ابلاغ واحد ها به مشاور ها برای مقاوم سازی ۹۵
جدول ۴-۳ تاثیر شیب زمین بر میزان خسارت ۱۰۴
جدول ۴-۴ ضرورت کلاف های قائم در ساختمان های مختلف ۱۱۳
جدول ۴-۵ ضوابط بازشو ها در دال ها ۱۲۵
جدول ۴-۶ جمع بندی کلی و مقایسه ای دستورالعمل های ساختمان های بنایی ۱۴۲
جدول ۵-۱ انواع آسیب سازه های بنایی و راهکار ترمیم ارائه شده ۱۵۳
جدول ۵-۲ کنترل نواقص مربوط به مصالح ۱۵۷
جدول ۵-۳ کنترل نواقص مربوط به سیستم سازه ای ۱۵۷
جدول ۵-۴ کنترل نواقص مربوط به دیوارهای باربر ۱۵۹
جدول ۵-۵ کنترل نواقص مربوط به دال ها ۱۶۰
جدول ۵-۶ کنترل نواقص مربوط به اتصالات اعضا ۱۶۰
جدول ۵-۷ کنترل نواقص مربوط به اجزای غیر سازه ای ۱۶۱
جدول ۵-۸ کنترل نواقص مربوط به سیستم کلاف بندی ۱۶۱
جدول ۵-۹ محاسبه بار قائم دیوارها ۱۶۵

جدول ۵-۱۰ بارگذاری بام ۱۶۶
جدول ۵-۱۱ محاسبه وزن سقف ۱۶۶
جدول ۵-۱۲ محاسبه ضریب زلزله ۱۶۷
جدول ۵-۱۳ محاسبه برش پایه ۱۶۷
جدول ۵-۱۴ توزیع برش پایه در طبقات ۱۶۷
جدول ۵-۱۵ مقاومت قاب مرکب با فرض اتصال مفصلی ۱۷۲
جدول ۵ -۱۶ طرح تقویت رویه های بتنی ۱۷۳

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ نقشه صفحات زمین ساخت خاور میانه و حرکات نسبی آن ها ۶
شکل ۱-۲ گسل های مهم ایران ۶
شکل ۱-۳ تصاویری از زلزله رودبار و منجیل در سال ۱۳۶۹ ..... ۸
شکل ۱-۴ گزارش تصویری از زلزله بم ۱۰
شکل ۱-۵ نمونه هایی از ساختمان های منطقه آوج و آسیب های وارده به ساختمان های منطقه ۱۴
شکل ۱-۶ تصاویر آسیب های وارده از زلزله زرند ۱۵
شکل ۲-۱ (ب) شکست برشی (پایه های پهن) ۲۴
شکل ۲-۱(الف) شکست خمشی (پایه های باریک) ۲۴
شکل ۲-۲ ساختار ارزیابی کمی فصل هفتم دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود ۲۶
شکل ۲-۳ ساختار ارزیابی در فصل هفتم FEMA273, FEMA356 ..... ۲۷
شکل ۲-۵ ساختار ارزیابی کمی در روش لانگ - باخمن ۲۸
شکل ۲-۴ درجات آسیب پذیری در روش لانگ باخمن ۲۸
شکل ۲-۶ منحنی ظرفیت ساختمان در روش لانگ - باخمن ۲۸
شکل ۲-۷ پلان سازه ای ساختمان مدرسه ۲۹
شکل ۲-۸ مدلسازی نمای یک ساختمان بنایی توسط قاب معادل ۳۰
شکل ۲-۹ دیاگرام آزاد دیوار ۳۴
شکل ۲-۱۰ برخی روش های اجرایی دیوارهای آجری مسلح ۳۵
شکل ۲-۱۱ نحوه عملکرد دیوارهای آجری مسلح ۳۵
شکل ۲-۱۲ مقایسه خواص قاب مرکب با مجموع خاصه های قاب و میانقاب ۳۸
شکل ۲-۱۳ دیوار تحت بار جانبی خمیده شده، در نقطه A ترک می خورد ۳۸
شکل۲-۱۴ قاب مرکب با کنش خرپایی در مقابل نیروهای جانبی مقاومت می کند ۳۹
شکل ۲-۱۵ حالت های شکست قاب مرکب ۴۰
شکل ۲-۱۶ نمونه ای از رفتار نیرو- جابجایی یک قاب مرکب ۴۰
شکل ۲-۱۷ حالت های شکست کنج در میانقاب ها ۴۱
شکل۲-۱۸ انواع بازشو ۴۴
شکل ۳-۱ فرم های جمع آوری اطلاعات برای سه منطقه با لرزه خیزی کم، متوسط و زیاد ۴۹
شکل ۳-۲ عواملی که سبب ناامنی می شود ۵۵
شکل ۳-۳ نمونه ای از چک لیست های ارزیابی سریع دستورالعمل ATC-20 ..... ۵۶
شکل ۳-۴ نمونه ای از چک لیست های ارزیابی با جزئیات دستورالعمل ATC-20 ..... ۵۸
شکل ۳-۵ اجزاء مقاوم در برابر بار جانبی در ساختمان های بتنی و بنایی ۶۰
شکل ۳-۶ آزمایش برش ملات ۶۹
شکل ۳-۷ ابعاد پیش آمدگی در پلان ۷۲
شکل ۴-۱ تصاویری از آسیب های وارده در اثر زلزله لرستان ۸۸
شکل ۴-۲ آثار حرکت گسل ها در منطقه لرستان ۸۹
شکل ۴-۳ آسیب های وارده به بافت روستایی ۹۴

شکل ۴-۴ نمونه نقشه معماری ۹۷
شکل ۴-۵ نمونه نقشه سازه ای ۹۹
شکل ۴-۶ برخی از آسیب های زلزله اخیر در ساختمان های شهری ۱۰۰
شکل ۴-۷ عملیات سبک سازی بام ۱۰۸
شکل ۴-۸ اجرای پوشش بتن مسلح روی بام ۱۰۹
شکل ۴-۹ اجرای پوشش بتن مسلح روی بام ۱۱۰
شکل ۴-۱۰ انسجام سقف ۱۱۰
شکل ۴-۱۱ تسمه کشی ۱۱۱
شکل ۴-۱۲ تعویض سقف چوبی ۱۱۲
شکل ۴-۱۳ اجرای شناژ قائم ۱۱۴
شکل ۴-۱۴ اجرای نبشی کشی ۱۱۵
شکل ۴-۱۵ نمونه ای از دتایل نبشی کشی ۱۱۷
شکل ۴-۱۶ اجرای پوشش بتن در کنار دیوار قدیمی ۱۲۱
شکل ۴-۱۷ اجرای پی برای پوشش بتن مسلح ۱۲۲
شکل ۴-۱۸ اجرای روکش بتنی ۱۲۳
شکل ۴-۱۹ اجرای دیوار جدید ۱۲۴
شکل ۴-۲۰ ترمیم پوشش سطحی ۱۲۴
شکل ۴-۲۱ اجرای کلاف های افقی ۱۲۵
شکل ۴-۲۲ اصلاح بازشو در دال ۱۲۶
شکل ۴-۲۳ اصلاح دهانه های زیاد ۱۲۶
شکل ۴-۲۴ اجرای آرماتور های عصایی ۱۲۸
شکل ۴-۲۵ تعداد مسیر های انتقال بار ۱۲۸
شکل ۴-۲۶ استفاده از سیستم های کمکی ۱۲۹
شکل ۴-۲۷ بهسازی جانپناه ها ۱۳۱
شکل ۴-۲۸ کامل نمودن مسیر های انتقال بار ۱۳۲
شکل ۴-۲۹ اصلاح تعداد طبقات ۱۳۴
شکل ۴-۳۰ اصلاح طول زیاد دیوار ۱۳۵
شکل ۴-۳۱ اصلاح طره ۱۳۷
شکل ۴-۳۲ اصلاح بازشو ۱۳۹
شکل ۴-۳۳ اصلاح خرپشته ها ۱۴۱
شکل ۵-۱ گزارش مصور بازدید ساختمان ۱۵۴
شکل ۵-۲ تصاویری از اجرای عملیات مقاوم سازی از ابتدا تا انتها ۱۸۳

فهرست نقشه ها

عنوان **صفحه**

نقشه ۵-۱ برداشت معماری ۱۴۷
نقشه ۵-۲ برداشت سازه ای ۱۴۸
نقشه ۵-۳ کد گذاری دیوارها ۱۴۹
نقشه ۵-۵ پلان اصلاح بازشوها ۱۶۴
نقشه ۵-۶ پلان آکس بندی ۱۶۸
نقشه ۵-۷ مدل ETABS ۱۶۹
نقشه ۵-۸ مدل Safe ۱۷۰
نقشه ۵-۹ ستون گداری و تیرریزی ۱۷۰
نقشه ۵-۱۰ ترمیم پوشش سطحی ، اجرای فونداسیون ۱۷۴
نقشه ۵-۱۱پلان رویه بتنی و نبشی کشی ۱۷۵
نقشه ۵-۱۲ جزئیات فونداسیون ۱۷۵
نقشه ۵-۱۳ اجرای اتصالات ۱۷۶
نقشه ۵-۱۴ اجرای ستون های فلزی درون دیوار ۱۷۶
نقشه ۵-۱۵ اتصال ستون جدید و دیوار قدیمی ۱۷۷
نقشه ۵-۱۶ اجرای پوشش بتن مسلح (دوطرفه) ۱۷۷
نقشه ۵-۱۷ اجرای پوشش بتن مسلح (یکطرفه) ۱۷۸
نقشه ۵-۱۸ اتصال دیوار و رویه بتنی(دتایل یک) ۱۷۹
نقشه ۵-۱۸ اتصال دیوار و رویه بتنی(دتایل دو) ۱۸۰
نقشه ۵-۱۹ ترمیم ملات های آسیب دیده ۱۸۱
نقشه ۵-۲۰ بخیه دوزی با پین و میلگرد ۱۸۱
نقشه ۵-۲۱ اجرای دیوار پر کننده ۱۸۲

فهرست علائم اختصاری

W وزن ساختمان

H مقاومت برشی دیوار آجری

τ_f تنش برشی شکست دیوار آجری

μ ضریب اصطکاک

σ_n تنش قائم در دیوار ناشی از وزن دیوار و سربار

τ تنش برشی

σ_y تنش محوری درجهت قائم میانقاب

σ_t تنش کششی حداکثر در مرکز میانقاب

t ضخامت دیوار

M_c لنگر نهایی ستون

M_b لنگر نهایی تیر

M_j لنگر نهایی اتصال

f_c تنش مجاز فشاری آجر چینی

V_u مقاومت نهایی قاب مرکب

C ضریب تاثیر بازشو

V_{to} تنش برشی نمونه ملات

V_{test} نیرو در اولین جابجایی مشاهده شده در آزمایش برش ملات

A_b مجموع دو سطح آجر در درزهای افقی بالا و پایین

σ_C تنش ناشی از بار ثقلی واقعی در محل نمونه برداری در زمان آزمایش

V نیروی برش پایه

A شتاب مبنای طرح

I ضریب اهمیت ساختمان

F_i نیروی جانبی در تراز طبقه i

W_i وزن طبقه i شامل وزن سقف و سربار زنده و نصف وزن دیوارها که دربالا و پایین سقف قرار گرفته اند.

h_i ارتفاع سقف طبقه i از تراز پایه

V_i نیروی برشی طبقه i

A_i مجموع سطح مقطع دیوارهای موجود در طبقه i می باشد

F_P نیروی عمود بر صفحه دیوار

W_P وزن دیوار و ملحقات آن

چکیده

مقاوم سازی ساختمان های بنایی، روش های موجود وکاربرد آن ها

مرتضی گودرزی دهریزی

وقوع زمین لرزه های متعدد در ایران و تحقیقات زمین شناسی انجام شده در مورد گسل های موجود همگی موید این مطلب است که ما در منطقه ای لرزه خیز زندگی می کنیم. از طرف دیگر به دلیل کم توجهی جامعه مهندسی به ساخت و ساز ایمن، ساختمان های زیادی به جا مانده است که در آنها تمهیدات خاصی برای زلزله در نظر گرفته نشده است. آمار و ارقام نشان می دهد که در کشور اکثر ساختمان ها از نوع ساختمان های بنایی می باشند و از آن مهم تر در زلزله های اخیر بیش ترین آمار تلفات و خسارات از جانب همین ساختمان ها می باشد و این مطالب ضرورت توجه به امر مقاوم سازی این ساختمان ها را بیش از پیش مسجل می سازد.

در این پایان نامه اکثر مراجع آیین نامه ای و منابع موجود، جمع بندی شده و با توجه به فرصت پیش آمده در زلزله فروردین ماه سال ۱۳۸۵ استان لرستان و به دنبال آن پروژه مقاوم سازی شهرستان بروجرد، کلیه طرح های و موارد مطرح شده در این پروژه به صورت مصور جمع آوری شده است. در مرحله بعد منابع جمع آوری شده به همراه گزارش پروژه شهرستان بروجرد در کنار هم مجموعه کاملی برای مقاوم سازی ساختمان های بنایی فراهم آورده است.

با بررسی های تجربی انجام گرفته در حین اجرای طرح ها، نقاط ضعف و قوت روش های مقاوم سازی مشخص شده و در این پایان نامه سعی شده است روشی متفاوت ارائه شود. این روش برخلاف روش های دیگر با در نظر گرفتن رفتار نامطلوب ساختمان های بنایی در بارهای لرزه ای اتخاذ شده است و از ویژگی های آن سطح ایمنی بسیار بالا با ایجاد خط دوم دفاعی، استفاده از خواص مطلوب قاب های مرکب در بارهای لرزه ای، سادگی طرح، اجرایی بودن طرح و امکان انجام تغییرات معماری و حتی احداث یک طبقه جدید را می توان نام برد.

Abstract

Seismic retrofitting of masonry building, current methods and application
Morteza Goodarzi Dehrizi

The frequent occurrence of earthquake in Iran and geological research conducted about the existing faults all indicated that we are living in a seismic area. On the other hand, there are a lot of buildings left for which there have been no specific plans for earthquake, mainly because of ignorance of the engineering society. The statistics shows that most of the buildings in the country are of masonry type, and more important than this, in the recent earthquakes, most casualties and losses are caused by these types of buildings. Therefore, this demands more attention to the retrofitting of masonry buildings.

In this thesis, most the existing instructions and resources have been collected, sorted and given. With respect to opportunity gained in the retrofitting project of Broojerd city which followed the earthquake happened in Farvardin, 11th, 1385 in Lorestan province, all the items presented here have been collected along with pictures. With the empirical studies during the implementation of the plans, the advantages and disadvantages of these methods of retrofitting have been determined, and a different method has been introduced. Contrary to other methods, this new method has been adopted with respect to inappropriate behavior of masonry buildings in seismic load.

The characteristics of this method are its high safety with creating second security line, using of the appropriate features of compound frames in seismic load, simple design, constructionability, and the possibility of architectural changes, and even the ability in the construction of another story above the building.

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

از آنجا که کشور ایران به عنوان یکی از مناطق زلزله خیز جهان در مسیر کمر بند زلزله آلپ هیمالیا قرار دارد و وجود گسل های فراوان و رخداد زلزله های شدید در گذشته های دور و دهه های اخیر در راستای گسل های شناخته شده و همچنین نقشه پهنه بندی موجود خطر زلزله نشانگر این واقعیت است که اکثر مناطق کشور در معرض وقوع زلزله های شدید یا نسبتاً شدید قرار دارند. از طرفی با توجه به وضعیت آسیب پذیری بسیار نگران کننده شهرها و روستاهای کشور که حاصل قرن ها غفلت در تاریخ ایران بوده است، تا قبل از زلزله منجیل – رودبار (در سال ۱۳۶۹) اقدامات و فعالیت های موثر علمی-فنی در زمینه کاهش خطرات ناشی از زلزله بسیار اندک بوده و آن هم به صورت پراکنده انجام پذیرفته است. پس از این زلزله و بدنبال انجام کارهای گوناگون در زمینه مهندسی زلزله موقعیت کشور از این نظر بهبود یافت به طوری که تهیه و تدوین مقررات، بازبینی آیین نامه های زلزله، تهیه و تدوین دستور العمل های ایمن سازی و بهسازی لرزه ای ساختمان ها بخشی از دست آوردهای حاصل از خود آگاهی جامعه فنی و مدیران کشور پس از زلزله مهم سال ۱۳۶۹ در رودبار و منجیل می باشد.

در کنار این پیشرفت ها، کمبودهای شدید و نگران کننده ای وجود دارد. که حاصل ساخت و سازهای غیر فنی و ناامن بوده، به طوری که شهرها و روستاهای کشور با ساختمان های نامقاوم در برابر زلزله، پرهزینه، کم دوام، پر مصرف از نظر انرژی و گران قیمت از نظر نگهداری شکل گرفته است.

در حال حاضر ساختمان های ساخته شده با مصالح بنایی (بخصوص ساختمان های آجری)، درصد بالایی از ساختمان های موجود یا در حال احداث در کشور ما را تشکیل می دهند مهم ترین عامل مقبولیت ساختمان های بنایی در ایران، بویژه در شهرستان ها در دسترس بودن مصالح، ساده بودن تکنولوژی تولید آجر و بلوک های بنایی، آشنایی سازندگان با نحوه ساخت و ساز با مصالح بنایی و سر انجام ارزان تر بودن قیمت تمام شده این قبیل ساختمان ها نسبت به ساختمان های با اسکلت فولادی و بتن مسلح می باشد. با توجه به اینکه در ساخت بیشتر ساختمان های بنایی ضوابط و معیارهای مهندسی مربوط به مقاومت سازه در برابر زلزله مورد توجه قرار نمی گیرد. و معمولاً توسط سازندگان محلی و بدون توجه به اثر تخریبی زلزله، طراحی و اجرا می شوند. رویداد هر زمین لرزه در هر نقطه از کشور فاجعه آمیز بوده و پیامدهای بسیار نگران کننده ای در برخواهد داشت. برای داشتن ساختمان هایی مقاوم در برابر زلزله با سطح ایمنی مطلوب دو مسأله اساسی را باید به طور منطقی پاسخ داد.

۱) ساختمان هایی که از این به بعد ساخته می شوند چگونه طراحی، محاسبه و اجرا شوند تا دارای مقاومت کافی در برابر زلزله باشند.

۲) ساختمان های متعدد موجود که در برابر زلزله آسیب پذیرند چگونه بررسی و مقاوم سازی شوند.

در این پروژه سعی شده است پاسخی بر پایه تجربیات و پژوهش های انجام گرفته در کشور ارائه شود و روش های اجرایی و مراجع آیین نامه ای جمع آوری شود و در پایان روشی مطمئن برای مقاوم سازی ساختمان های بنایی ارئه گردد.

۲-۱ مرور کارهای گذشته

نصب دستگاه های لرزه نگار در نقاط مختلف جهان از اواخر قرن نوزدهم آغاز شد و طی مدت کوتاهی به سرعت بر تعداد آنها افزوده شد. به کمک آن ها مجموعه اطلاعات بسیار ارزشمندی به دست می آید. از میان همه این اطلاعات شاید یک مطلب بیش از همه شایان توجه باشد و آن اینکه، زلزله ها به هر سبب که ایجاد شده باشند-تکرار پذیرند و تنها راه مقابله با زلزله، طراحی و اجرای ساختمان ها به گونه ای است که تاب ایستادگی در مقابل زلزله های مخرب را داشته باشد.

زلزله های مرگبار زیادی در تاریخ ایران اتفاق افتاده است اما مهمترین آن ها که به عنوان نقطه عطفی در رویکرد جامعه مهندسی به شمار می رود، زلزله سال ۱۳۶۹ رودبار و منجیل می باشد که تلفات بسیار زیادی را به همراه داشته است، بررسی عملکرد سازه های مختلف در این زلزله گواه آن است که اگر ساختمان های آجری را در یک کفه و سازه هایی نظیر پل، سد، ساختمان های فلزی و بتنی که تحت عنوان سازه های مهندسی عنوان می شوند را در کفه دیگر بگذاریم، آمار تلفات جانی و تخریب کامل بنا، تماما به گروه اول اختصاص داشته و گروه دوم به طور نسبی آمار بسیار پایینی دارند.[۱] همین امر جامعه مهندسی را بر آن داشت که در کنار تدوین آیین نامه برای ساختمان های مهندسی، به بررسی رفتار ساختمان های بنایی نیز پرداخته و در صدد تدوین دستورالعمل جامع برای طرح و اجرای این نوع سازه ها برآیند. ماحصل این تلاش ها تدوین فصل سوم آیین نامه ۲۸۰۰ به عنوان تنها مرجع معتبر داخلی در زمینه طرح و اجرای این نوع ساختمان ها می باشد.

به دلیل بر جای ماندن تعداد زیادی از ساختمان های بنایی که در آن ها اصول آیین نامه ۲۸۰۰ رعایت نشده است و رفتار نامطلوب این ساختمان ها در زلزله های گذشته، ضرورت امر مقاوم سازی آن ها، محققان را بر آن داشته تا در صدد تدوین آیین نامه هایی برای بهسازی این ساختمان ها برآیند. در ادامه برخی از این آیین نامه ها را که در متن پایان نامه به تفضیل در مورد آن ها بحث شده را مرور می نماییم.

آیین نامه FEMA-154 ایالات متحده آمریکا[۲] یک روش ارزیابی سریع چشمی را ارائه می دهد این روش برای ساختمان های موجودی می باشد که هنوز در معرض زلزله قرار نگرفته اند و روش های موجود در این آیین نامه ماحصل تجارب و بررسی خرابی های زلزله های گذشته در سطح ایالت متحده می باشد. نتیجه این بررسی ها میزان آسیب پذیری ساختمان را در یک زلزله احتمالی نشان می دهد.

دستورالعمل ATC-20(Applied Technolgy Council)[۳] برای کمک به تعیین میزان امنیت در ساختمان هایی می باشد که در معرض زلزله قرار گرفته اند. نیرو های متخصص، کار خود را با نیرو های امدادی آغاز می کنند

و وضعیت ایمنی هر ساختمان را با نصب علایم، مشخص می نمایند. به طور خلاصه آیین نامه ATC-20 را می توان راهنمای ارزیابی سریع سطح ایمنی ساختمان های آسیب دیده از زلزله دانست.

مجموعه (FEMA (306-307-308 [۴]،[۵]،[۶]، را می توان راهنمای ترمیم ساختمان های آسیب دیده از زلزله دانست. این آیین نامه ها را سازمان مدیریت بحران فدرال (FEMA) در پروژه ای با نام پروژه ATC-43 با هدف ارزیابی و تعمیر خرابی های ساختمان های بتنی و با مصالح بنایی در سال ۱۹۹۶ شروع کرد. نتایج این پروژه در قالب ۳ گزارش ارائه شده است، که این گزارش ها مجموعه (FEMA 306-307-308) را تشکیل می دهند. FEMA 306 [۴] و FEMA307 [۵] برای ارزیابی ساختمان ها و FEMA 308 [۶] به عنوان راهنمای بهسازی می باشد. برخی روش های ترمیمی این آیین نامه در پایان نامه آورده شده است.

دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود که اولین ویرایش آن را دفتر تدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه ریزی در خرداد ماه ۱۳۸۱ کشور با همکاری پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله منتشر کرد. این دستور العمل در حقیقت اولین و تنها آیین نامه ملی موجود در زمینه ارزیابی آسیب پذیری و بهسازی لرزه ای ساختمان ها می باشد. البته بخش های عمده این آیین نامه ترجمه پیش نویس آیین نامه FEMA356 تحت عنوان « Pre standard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings » می باشد که با توجه به شرایط و آیین نامه های داخلی تا حد امکان بومی شده است. بدیهی است که در صورت انجام ارزیابی آسیب پذیری تفصیلی و ارائه طرح بهسازی برای یک ساختمان، استفاده از این دستور العمل به عنوان تنها دستور العمل داخلی توصیه می شود. بخش مربوط به ساختمان های بنایی در این دستورالعمل برخلاف سایر بخش ها (که به صورت طراحی بر اساس عملکرد می باشند) به بررسی نواقص ساختمان های بنایی اکتفا کرده است و روش ساده بهسازی را پیشنهاد نموده است.

دستور العمل تحلیل آسیب پذیری و بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی غیر مسلح موجود (وزارت مسکن و شهرسازی)[۲] که با هدف بالا بردن توان و حفظ ایستائی و کاهش تلفات جانی ناشی از اثرات مخرب زلزله بر ساختمان بنایی غیر مسلح موجود از طریق بهبود عملکرد تدوین شده است. این دستور العمل دارای روش هایی برای ارزیابی و راهکارهایی برای بهسازی لرزه ای با جزییات اجرایی می باشد.

در کنار آیین هایی که در بالا مطرح شد، تحقیقات دیگری نیز صورت گرفته است که به صورت مقالات و گزارش هایی از زلزله های گذشته منتشر شده است، می باشند. این مقالات همگی سعی بر آن دارند که روش هایی برای ارزیابی و تحلیل این نوع ساختمان ها ارائه دهند. از روش های مهم ارزیابی ساختمان های بنایی می توان به روش هایی از قبیل روش ارزیابی دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود[۷]، روش ارزیابی فصل هفتم دستورالعمل FEMA273

FEMA356 [۸]،[۹]، و روش ارزیابی لانگ - باخمن [۱۰]اشاره کرد. در ادامه ضمن بررسی لرزه خیزی ایران، گزارش برخی از زلزله های گذشته را مرور می نماییم.

۱-۳ لرزه خیزی ایران

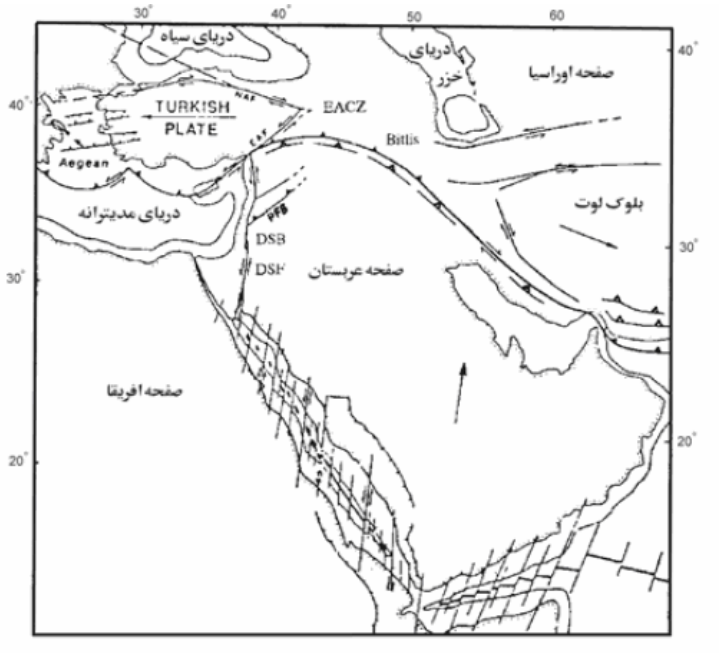
فلات ایران تقریبا در مرکز کمربند خشک و بزرگ اوراسیا قرار گرفته و به طور متوسط ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ متر از سطح دریا بلندتر است و از تمام جهات به وسیله رشته کوه های مرتفعی احاطه شده است. فلات ایران به سیستم بزرگ کوه های چین خورده اوراسیا وابسته است. بدین ترتیب که دیواره کوهستانی البرز و رشته کوه های خراسان در شمال ایران، تحت تاثیر گره های کوهستانی عظیم فلات ارمنستان و آذربایجان از طرف غرب و هندوکش از شرق تا ارتفاع ۵۶۷۰ متر(دماوند) سر برافراشته است. کوه های زاگرس در جنوب غربی و جنوب و نیز در امتداد آن، یعنی کوه های ساحلی جنوب شرق ایران(کوه های مکران)، بخش داخلی ایران را احاطه نموده اند.[۱۱]

در دوره زمین شناسی میوسین میانی(حدود ۲۶ میلیون سال پیش) جوش خوردگی نهایی بین صفحات عربستان و اوراسیا ابتدا سبب بالا آمدگی و ضخیم شدگی در زاگرس و بیتلیس(در ترکیه) گردید و به دنبال آن حرکت مستقل صفحه عربستان نسبت به آفریقا را متوقف نمود، یعنی از این پس صفحه عربستان با سرعت از صفحه آفریقا به سوی صفحه اوراسیا حرکت می کرد. در دوره زمین شناسی پلیوسن آغازین(۶ میلیون سال پیش) و مقارن با آغاز مرحله دوم کشیدگی در دریای سرخ و تشکیل پوسته دریایی در آن، قابلیت تحمل فشار در منطقه جوش خورده، به صورت بالا آمدگی و ضخیم شدگی به پایان رسید و کوه های قاره ای محدود در گسل های متقاطع به حرکت به سمت خارج واداشته شدند. همانطور که در شکل ۱-۳ دیده می شود. صفحه ترکیه، محدود بین گسل های شمال و شرق آناتولی، به سمت غرب به حرکت درآمد و بلوک لوت، محدود بین گسل های راستگرد زاگرس و گسل های چپگرد شمال ایران(البرز)، به سمت شرق حرکت کرد.

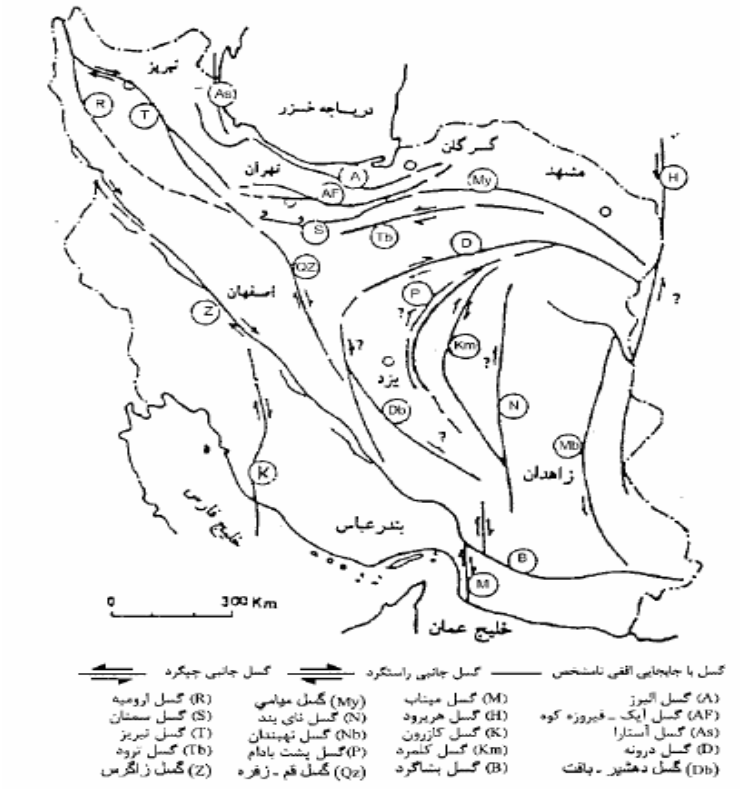
فلات ایران جزو مناطق لرزه خیز جهان است و در آن زمین لرزه های قاره ای ایجاد می شوند. کشور ایران در قسمت میانی کمربند کوه زای آلپ-هیمالیا واقع شده است و هنوز تحت تاثیر حرکات کوه زایی آلپ پایانی می باشد. از طرف دیگر حرکات صفحه عربستان به طور دائمی به صفحه ایران تنش وارد می کند و فرونشینی مکران در جنوب و باز شدن صفحه اقیانوس هند نیز سبب زیر راندگی صفحه اقیانوسی به زیر منطقه مکران می گردد. مجموعه این شرایط سبب به هم خوردن تعادل پوسته ایران می گردد و اثر آن به صورت جابجایی در طول شکستگی های قدیمی و بروز زمین لرزه مشاهده می شود. همانطور که در شکل ۱-۳ می بینیم گسل های ایران به طور کلی دارای روند شمالی-جنوبی(امتداد ایران شرقی)، شمال غرب-

جنوب شرق(امتداد ناحیه زاگرس) و شمال شرق-جنوب غرب(امتداد البرز شرقی) می باشند. گسل هایی که در طول دوره کواترنر(از ۲ میلیون سال پیش تا کنون) فعالیت نسبتا مهمی داشته اند عبارتند از:

گسل های آغاجاری، دامغان، البرز، آستارا، ترود، شمال تبریز، شاهرود، کازرون، کوه بنان کرمان، عباس آباد.



شکل ۱-۱ نقشه صفحات زمین ساخت خاور میانه و حرکات نسبی آن ها



شکل ۱-۲ گسل های مهم ایران

۱-۴ گزارش برخی از زلزله های چند دهه اخیر

از آنجا که زلزله های واقعی بهترین میدان محک کارهای جامعه مهندسی و مسئولین ساخت و ساز کشور می باشد، و همین طور یک آزمایشگاه بزرگ برای محققان و از طرف دیگر مرجعی برای تحقیقات و تدوین آیین نامه های آتی می باشد. به دنبال هر زمین لرزه گروه های مختلفی در صدد جمع آوری و ارائه گزارشات مختلفی از آن زمین لرزه می نمایند، که در ادامه به ارائه مختصری از این گزارشات پرداخته شده است. البته لازم به ذکر است که در انتخاب گزارشات سعی بر آن بوده است که تا حد امکان به موضوع این پایان نامه نزدیک باشند. با توجه به نوع کار انجام گرفته در این پایان نامه، که به گمان نگارنده به عنوان مرجعی مناسب در این مقیاس به بررسی مقاوم سازی ساختمان های بنایی می پردازد، ارائه پیشینه تحقیقاتی مرتبط مشکل بوده، اما گزارشاتی که در ادامه آمده است همگی به طور مستقیم و غیر مستقیم در شکل گیری ضوابطی که در فصل های بعد آمده است موثر می باشند.

۱-۴-۱ زلزله ۳۱ خرداد ماه ۱۳۶۹ رودبار و منجیل[۱۲]

در حدود ۳۰ دقیقه صبح روز پنجشنبه ۳۱ خرداد ۱۳۶۹ زلزله شدیدی در استان های گیلان و زنجان به وقوع پیوست که در آن شهر های منجیل و رودبار و صد ها پارچه از دهات و آبادی های پر جمعیت منطقه به کلی ویران شد. بزرگی این زلزله بین ۷/۳ و ۷/۷ ریشتر می باشد و طبق آماری که از طرف مراجع رسمی اعلام شد، روی هم بیش از ۳۵۰۰۰ نفر از مردم کشورمان جان خود را در این حادثه از دست دادند و قریب یکصد هزار ساختمان و خانه مسکونی خراب و یا بلااستفاده گردید، به باغات و اراضی کشاورزی و کانل های آبیاری صدمات فراوان وارد شد.

از ویژگی های زلزله اخیر گیلان و زنجان آن است که بر خلاف زلزله های گذشته ایران که اغلب در مناطق کم جمعیت و یا در مناطق روستایی و فاقد ساختمان ها و تاسیسات مهم اتفاق می افتاد، این زلزله در منطقه ای روی داده است که علاوه بر آنکه از مناطق پر جمعیت محسوب می شود، چند شهر را نیز فرا گرفته است که دارای ساختمان های مهم و تاسیسات زیربنایی شامل سد سفید رود، نیروگاه برق و کارخانجات سیمان لوشان و پل های بزرگ و سیلوی یکصد و بیست هزار تنی سراوان رشت قرار داشتند و همه این مسایل دلایلی برای توجه بیشتر جامعه مهندسی به امر ساخت و ساز بعد از این زلزله می باشد. در واقع مانند آژیری عمل کرد که نشان می داد، وقوع یک زلزله مشابه در یکی از مناطق مهم و پر جمعیت کشور چه پیامد هایی را در بر خواهد داشت.در شکل ۱-۳ تصاویری از خسارت های این زلزله مشاهده می شود.

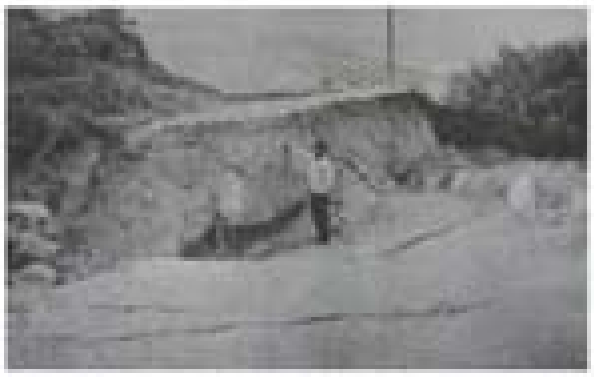
نمونه ای از خرابی های زلزله در شهر منجیل

خرابی ساختمان ۶ طبقه فلزی در شهر رشت

بیمارستان رودبار پس از وقوع زلزله

خرابی طره های بزرگ در ساختمان بیمارستان رودبار

شکستگی زمین در روستای پاکده در مسیر لوشان به جیرنده

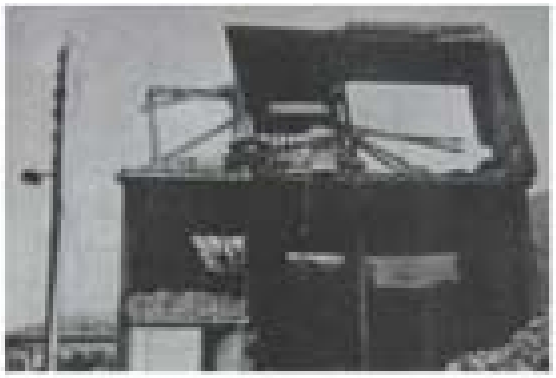


جابجایی قائم در جاده پاکده به جیرنده در حوالی گسل که ناشی از لغزش قسمتی از جاده می باشد.

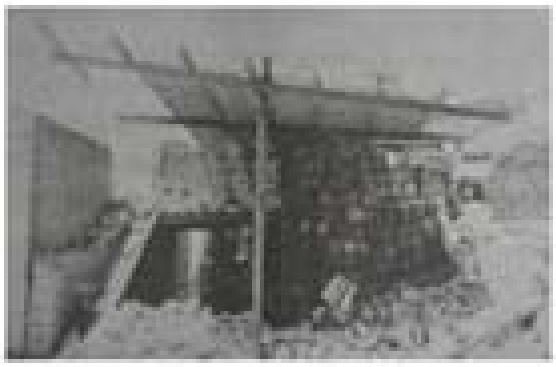
سقف کلاف شده از نوع طاق ضربی که به طور یکپارچه فرو ریخته است.

رفتار بسیار خوب کلاف افقی زیر سقف (در منجیل) که علی رغم ریزش دیوار های اطراف از سقوط و فرو ریزی سقف جلوگیری کرده است.

شکل ۱-۳ تصاویری از زلزله رودبار و منجیل در سال ۱۳۶۹



استفاده از قاب فولادی در طبقه همکف و کاربرد دیوار ۳۵ سانتیمتری در طبقه بالایی، استفاده از مصالح ناهمگن را در ساخت ساختمان دو طبقه سبب گردیده است. عدم اتصال کافی و چسبندگی دیوار باربر بر روی قاب فولادی



ریزش دیوار های باربر طرفین که تیرآهن های سقف بر روی آن ها قرار گرفته بودند ولی رفتار مناسب ستون از سقوط سقف جلوگیری کرده است (منجیل).

ویرانی های ساختمان با مصالح بنایی در شهر منجیل در کنار ساختمانی که تا حدودی بهتر ساخته شده است.

سیلوی ۱۲۰۰۰۰ تنی گندم در سراوان رشت که آسیب ندیده است.

ادامه شکل ۱-۳ تصاویری از زلزله رودبار و منجیل در سال ۱۳۶۹

۱-۴-۲ گزارش تصویری از زلزله بم

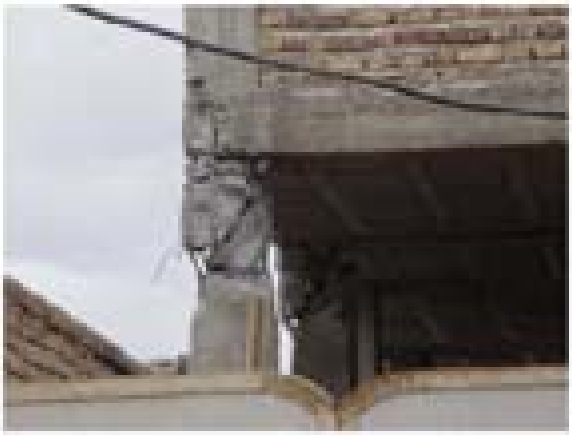
این گزارش به بررسی نواقص موجود در ساخت و ساز شهر بم و آسیب های وارده پرداخته است. در این گزارش بعضا نواقص موجود با موارد آیین نامه ای مقایسه شده است، در برخی موارد عملکرد نسبتا مناسب بعضی اجزای غیر سازه ای مانند نماهای شیشه ای و قاب های فلزی درهای ورودی در تراز پارکینگ و مغازه ها نشان داده شده است. در شکل ۱-۴ نمونه هایی از عواملی که موجب خسارت در ساختمان های بتنی و بنایی و نیمه بنایی گردیده، آورده شده است.[۱۳]

سقوط جان پناه به علت ضخامت کم دیوار و عدم اتصال مناسب به کف طبقه
طبق آیین نامه ۲۸۰۰ برای ارتفاع ۵۰ سانتی متر ضخامت ۱۰ و برای ارتفاع ۹۰ سانتی متر ضخامت ۲۰ باید منظور گردد. برای حالت نشان داده شده در تصویر دیوار ۱۰ سانتی با ارتفاع ۷۰ سانتی متر به عنوان جان پناه استفاده شده است.

برخی نماهای شیشه ای عملکرد خوبی از خود نشان دادند، حال آنکه انتظار می رفت که استفاده از این نوع نما شکستگی و آسیب دیدگی زیادی برای آن در بر داشته باشد.

استفاده از قاب های فلزی در های ورودی در تراز پارکینگ و مغازه ها عامل موثری درایجاد سختی جانبی مقاوم در برابر تغییر شکل های جانبی ساختمان است. با وجود طبقه ای بدون دیوار پرکننده و بادبند در تراز هم کف وجود قاب های فلزی در این تراز مانع تخریب ساختمان شده و همانند دیوار برشی فلزی عمل کرده است. یکی از مواردی که می تواند در مقاوم سازی ساختمان های بنایی استفاده شود استفاده از همین قاب های درها و پنجر هاست که علاوه بر تامین مقاومت برشی نسبتا مناسب به لحاظ نوردهی ساختمان را با کمترین مشکل مواجه می کند. به دلیل اینکه هیچ گونه کار تحقیقاتی در این زمینه انجام نشده است در این پایان نامه از اثر مثبت آن ها استفاده نشده، و به عنوان یکی از موارد پیش نهادی برای ادامه تحقیقات در فصل آخر آمده است.

شکل ۱-۴ گزارش تصویری از زلزله بم



نمونه از ساختمان های بتنی، خرد شدن بتن بالا و پایین ستون ها، پاره شدن خاموت ها و کمانش میلگردهای قائم

تخریب ساختمان نیمه بنایی، تخریب دیوارهای باربر پیرامونی منجر به ناپایداری و ریزش آن شده است، در تصاویر اتصال تیر سقف با ورق زیر سری بدون کلاف افقی نشان داده شده است. این اتصال به صورت اتکایی بوده است. تیر های سقف به کمک یک میلگرد در فواصل تقریبی ۱۰۰ سانتی متر از بال بالایی به یکدیگر متصل شده اند اما این کار مانع ریزش آجرهای بین تیرها نشده است. یکی از مواردی که به عنوان اصول اولیه در روش مقاوم سازی از آن استفاده شده است، ایجاد خط دوم دفاعی در ساختمان می باشد به طوری که این سیستم کمکی علاوه بر تامین نقش شناژهای افقی و قائم، تلفات جانی و مالی را از طریق تامین سیستم باربر ثقلی مطمئن به حداقل برساند.

با وجود گستردگی خرابی ها باز هم تعدادی منزل مسکونی سالم مشاهده می شود، ساختمان های نشان داده شده همگی در محوطه ای قرار گرفته اند که تا شعاع چند صد متری همه منازل تخریب شده اند.(ساخت و ساز مناسب = حفظ جان ساکنین)

ادامه شکل ۱-۴ گزارش تصویری از زلزله بم

۱-۴-۳ اثرات زلزله اول تیر ۱۳۸۱ چنگوره- آوج بر ساختمان های بنایی و مختلط

در روز اول تیرماه ۱۳۸۱ زمین لرزه ای به بزرگی ۶/۳ در مقیاس ریشتر منطقه ای از استان های قزوین، همدان و زنجان را به لرزه درآورد. بر اثر این زلزله بیش از ۲۳۰ نفر کشته و بیش از ۱۴۶۶ نفر مجروح شدند.[۱۴]

بررسی های به عمل آمده نشان می دهد که ساختمان های سنتی در روستاها و شهرهای منطقه دارای سیستم سازه ای منسجم و یکپارچه نبوده و از مصالح بسیار ضعیف و توسط افراد غیر فنی و ناآشنا به اصول ساخت و ساز ساخته شده اند و از کیفیت بسیار نامطلوبی برخوردارند. به همین دلیل است که با وجود زلزله نه چندان شدید، آسیب های نسبتا زیادی به منطقه وارد شده است.

۱-۴-۳-۱ خسارت وارد به ساختمان ها در اثر زلزله چنگوره - آوج

بر اثر این زلزله به ساختمان های مسکونی و عمومی در شهر آوج و بیش از ۸۰ روستا در استآن های قزوین، همدان و زنجان خسارت فراوانی وارد شده است. جدول ۱-۱ میزان خسارات وارده به روستاهای منطقه آسیب دیده را بنا به گزارش سازمان هلال احمر نشان می دهد.[۱۴]

جدول۱-۱خسارت وارد به روستاها در زلزله چنگوره آوج

نام استان	درصد خرابی	تعداد روستاهای آسیب دیده
قزوین	۵۰ تا ۱۰۰	۵۲
همدان	۱۰ تا ۱۰۰	۲۲
زنجان	۶۲ ساختمان بین ۸۵ درصد و ۸۵ ساختمان بین ۲۰ تا ۶۰ درصد	۱۰
مرکزی		۱

۱-۴-۳-۲ گونه های ساختمانی منطقه آوج

ساختمان های منطقه آسیب دیده اعم از ساختمان های شهری و روستایی را می توان به گروه های زیر تقسیم کرد.

۱- ساختمان های بنایی که شامل بنایی کامل و مختلط بنایی و فلزی می باشند.

۲- ساختمان های با سازه فولادی

۳- ساختمان های خشتی و گلی

۴- ساختمان های با شناژ افقی و عمودی

۱-۴-۳-۳ ساختمان های بنایی آوج با سقف طاق ضربی

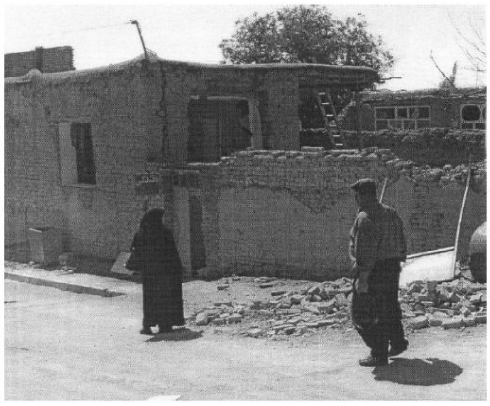
ساختمان های بنایی در آوج از دیوارهای باربر آجر فشاری به ضخامت ۲۲ الی ۳۵ سانتیمتر می باشند. در ساختمان های دارای سقف فلزی، تیرآهن های سقف طاق ضربی بر روی دیوارهای بنایی تکیه دارند عدم اتصال طاق ضربی در محل تکیه گاه روی دیوارهای باربر و حرکت دینامیکی دیوارها در هنگام زلزله موجب خارج شدن تیرهای سقف از محل تکیه گاه و فرو ریختن بخشی از سقف شده است. ساختمان های بنایی دارای بازشوهای بزرگ بوده و در برخی از دیوارهای داخلی به لحاظ ایجاد درگاهی و یا کمد های دیواری ضخامت دیوار به ۵ تا ۱۰ سانتیمتر رسیده است.

۱-۴-۳-۴ ساختمان های مختلط منطقه آوج

در ساختمان های مختلط، ترکیبی از دیوارهای باربر و ستون های فولادی تحمل بارهای وارده به ساختمان را به عهده دارند. دیوارهای جانبی ساختمان از آجر فشاری با ملات ماسه سیمان ساخته شده و در داخل ساختمان از چند ستون فولادی مرکب از دو تیرآهن جوش شده به یکدیگرو یا یک پروفیل فولادی استفاده شده است

۱-۴-۳-۵ بررسی آسیب های وارده به ساختمان های منطقه آوج

در این زمین لرزه به ساختمان های خشتی و گلی آسیب های شدیدی وارد شد و بسیاری از آن ها به کلی فرو ریخت. در شهر آوج ساختمان های بنایی و نیمه اسکلت نیز دچار خسارت های شدیدی شدند به طوری که دیوارهای جداکننده داخلی اغلب دچار واژگونی شده و در بسیاری از ساختمان ها سقف های ضربی در بخش های انتهایی به علت عدم اتصال تیرها با یکدیگر و نیز عدم اتصال با دیوارها فرو ریخته اند. در محل تقاطع دیوارها ترک های عمیقی مشاهده می شود. در برخی ساختمان ها دیوارهای متقاطع به کلی از هم جدا شده اند و بخشی از آن ها فرو ریخته است. در روستای چنگوره، آب دره و بسیاری از روستاهای منطقه ساختمان های خشتی و گلی به کلی ویران شده و ساختمان های بنایی نیز دچار تخریب شده اند و بسیاری از دیوارها و سقف های آن ها فرو ریخته است. در روستاها ساختمان تمام اسکلت نیز به چشم می خورد که به دلیل عدم وجود مهاربندی و استفاده از پروفیل های بسیار ضعیف در سازه اغلب فرو ریخته و یا دچار تغییر شکل های زیادی شده اند و لازم است تخریب و یا بازسازی شوند. در شکل ۱-۵ تصاویری از ساختمان های منطقه و آسیب های وارده نشان داده شده است.



نمونه ای از ساختمای خشتی و گلی شهر آوج

نمونه ای از تخریب ساختمان های خشتی و گلی

نمونه ای از تخریب ساختمان های مختلط

نمونه ای ساختمان های مختلط بنایی

شکل ۱-۵ نمونه هایی از ساختمان های منطقه آوج و آسیب های وارده به ساختمان های منطقه

۱-۴-۳-۶ بررسی علل خرابی ساختمان های مختلط و بنایی منطقه آوج

در این ساختمان ها که سازه آن ها توسط افراد غیر متخصص ساخته شده است و فاقد هرگونه طراحی و محاسبه و رعایت ضوابط آیین نامه ای می باشند، مهم ترین علل خرابی آن ها به قرار زیر می باشد:

۱- عدم استفاده از سیستم سازه ای مقاوم در برابر بارهای ثقلی و جانبی

۲- عدم طراحی و محاسبه سازه در برابر بارهای وارده

۳- استفاده از پروفیل های بسیار ضعیف برای تیرها و ستون ها

۴- عدم انسجام بخش های مختلف از قبیل سقف ها با دیوارها و دیوارها با فونداسیون

۵- عدم اتصال تیرهای طاق ضربی با یکدیگر

۶- عدم اتصال دیوارهای متقاطع با یکدیگر

۷- عدم اتصال تیغه های داخلی به سقف و کف و دیوارهای جانبی آن ها

۸- اجرای ناصحیح دیوارچینی

۹- استفاده از مصالح بسیار ضعیف

۱۰- استفاده از افراد غیر فنی در اجرای ساختمان

۱۱- عدم رعایت ضوابط آیین نامه طرح ساختمان ها در برابر زلزله در مورد ساختمان های بنایی از نظر معماری و سازه

۱-۴-۴ رفتار و عملکرد ساختمان ها در زلزله داهوییه (زرند)[۱۵]

زلزله داهوییه (زرند) منجر به قربانی شدن بیش از ۶۰۰ نفر از هم میهنانمان و موجب خسارت در ۷۰۰۰ واحد مسکونی گردید و ۷۰ میلیارد تومان خسارت مالی نیز به همراه داشت. زلزله فوق زلزله چندان بزرگی نبود، اما خسارات بسیار سنگینی داشت. آن هم برای منطقه ای با تراکم جمعیت کم. در این زلزله انتظار می رفت ساختمان هایی که حداقل اصول فنی را رعایت کرده باشند ایمنی جانی ساکنین خود را حفظ نمایند. اما متاسفانه ساختمان های خسارت دیده حداقل اصول فنی ساخت و ساز را نیز رعایت نکرده بودند.

در گزارشی که پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی منتشر کرده است، به تفکیک خسارات وارده را در شهرها و روستاهای آسیب دیده از زلزله آورده است که در ادامه فقط تصاویر و توضیحات مختصری از آن ارائه شده است. در شکل ۱-۶ تصاویر آسیب های وارده از زلزله زرند را مرور می کنیم.

تخریب کلی سقف قوسی در روستای خانوک

شکل ۱-۶ تصاویر آسیب های وارده از زلزله زرند

نمونه ای از تخریب در دیوارهای سنگی ساختمانی روستای خانوک

استفاده نکردن از میلگرد در ساخت شناژ زیر دیوار ساختمان سازمانی در روستای اسلام آباد

استفاده از یک میلگرد در ساخت شناژ افقی زیر سقف ساختمان سازمانی در روستای اسلام آباد

وجود ترک های عمیق قطری در دیوارهای ساختمان سازمانی اسلام آباد

تخریب یکی از ساختمان های سازمانی روستای اسلام آباد در اثر پس لرزه

ادامه شکل۱-۶ تصاویر آسیب های وارده از زلزله زرند

نمای کلی تخریب روستای داهوییه

عملکرد بهتر ساختمان های آجری نسبت به ساختمان های خشتی و گلی در روستای داهوییه

تخریب دیوار باربر پیرامونی در روستای داهوییه

ترک خوردگی و جداشدگی سقف آجری از تیرآهن

ادامه شکل ۱-۶ تصاویر آسیب های وارده از زلزله زرند

۱-۵ گستردگی ساختمان های بنایی

با توجه به گزارش مرکز آمار ایران در سال ۱۳۷۳ نزدیک به ۷۰ درصد از تعداد کل ساختمان های احداث شده در مناطق شهری(بجز تهران) بنایی و غالبا آجری می باشند. از این تعداد بیش از ۵۵ درصد در یک طبقه، حدود ۳۳ درصد در دو طبقه و کمتر از ۱۱ درصد در سه طبقه و بیش تر ساخته شده اند، همچنین آمار فعالیتهای بخش خصوصی در روستاها، که بیانگر گرایش غالب ساخت و ساز در بین مردم است، نشان می دهد که در همین سال تنها کمی بیش از ۶ درصد ساختمان ها دارای اسکلت فلزی یا بتن مسلح بوده و مابقی آن ها بنایی بوده اند.**[۱۶]**،**[۱۷]**.

با توجه به آمار و ارقام فوق چنین به نظر می رسد که اگر بخواهیم روش هایی برای ارزیابی مقاومت و نهایتا مقاوم سازی ساختمان های ایران بیابیم، ساختمان های بنایی و غالبا آجری در اولویت قرار دارند. این اولویت در ساختمان های

ساخته شده در تهران وضعیت بسیار حساسی دارد به نحوی که گزارش های مربوط به سال های اخیر نشان می دهد که حدود ۸۰ درصد از ساختمان های تهران دارای سقف طاق ضربی و دیوارهای باربر بوده و حدود ۱۲ درصد از نوع اسکلت بتنی و یا فولادی است و بقیه موارد از نوع سقف چوبی، خشت و چوب ، آجر و سنگ می باشد.[۱۶]،[۱۷].

با توجه به این مطلب که اکثر ساختمان های بنایی موجود در کشور در مقابل زلزله های با بزرگی بیش از ۶/۵ ریشتر آسیب های جدی میبینند در جدول ۱-۲ لیستی از کلیه زلزله های مخرب ۱۰۰ سال در تاریخ ایران آمده است با توجه به فراوانی آن ها و آسیب های زیادی که به بار آورده اند می توان به لرزه خیزی ایران و ضعف ساختمان های موجود در مقابل زلزله های نسبتا شدید پی برد.

جدول ۱-۲زلزله های با بزرگی بیش از ۶/۵ در فاصله سال های ۱۲۸۴ تا ۱۳۸۴[۱]

سال	محل وقوع	بزرگی	تلفات	خسارات
۱۲۷۸	سیلاخور	۷/۴	۸۰۰۰	۶۴ روستا ویران
۱۲۹۰	راور	۶/۷	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۰۲	بجنورد	۶/۵	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۰۲	قلعه عسکر	۶/۹	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۰۶	بلوچستان	۶/۵	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۰۸	باغان-گرماب	۷/۱	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۰۸	بلوچستان	۶/۵	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۰۹	سلماس	۷/۲	۲۵۱۴	۶۰ روستا ویران
۱۳۱۰	زنگزور	۶/۵	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۱۳	بلوچستان	۷/۱	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۱۴	البرز(کیاسر)	۶/۷	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۲۶	دوست آباد خراسان	۷	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۲۷	عشق آباد	۷/۲	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۳۱	ترود	۶/۵	۱۸۳	۲۰۰ روست ویران
۱۳۳۵	گوده	۶/۷	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۳۶	سنگچال	۷/۳	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۳۶	فارسینج	۷/۲	۱۱۳۰	۲۰۰ روستا ویران
۱۳۳۷	نهاوند	۶/۷	۱۹۱	۱۱۰روسنا خسارت
۱۳۳۹	لار	۷/۱	۴۰۰	۷۵٪شهر لار ویران شد
۱۳۴۰	دهکویه	۶/۸	نامعلوم	۴۰٪شهر ویران شد
۱۳۴۱	بوئین زهرا	۷/۲	۱۰۰۰۰	تخریب شدید
۱۳۴۷	دشت بیاض	۷/۳	۱۰۵۰۰	۶۱ روستا ویران
۱۳۴۸	بمپور	۶/۷	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۴۹	مراوه تپه	۶/۷	۲۰۰	خسارت زیاد
۱۳۵۱	قیر و کارزین	۷	۴۰۰۰	خسارت زیاد
۱۳۵۳	بندرعباس	۶	۶۰۰۰	۳۶۵ خانه ویران
۱۳۵۵	ماکو	۷/۳	نامعلوم	نامعلوم
۱۳۵۶	بندر عباس	۷	۱۲۸	خسارت زیاد
۱۳۵۷	طبس	۷/۷	۱۹۶۰۰	۶۱ روستا ویران
۱۳۵۸	قاینات	۶/۶	۲۵۰	نامعلوم
۱۳۵۸	قاینات	۷/۱	۱۳۰	۱۵۰ روستا ویران
۱۳۶۰	گلباف کرمان	۶/۷	۱۰۲۸	تعدادی روستا ویران
۱۳۶۰	سیرج کرمان	۷/۳	۱۳۰۰	چند روستا ویران
۱۳۶۹	رودبار و منجیل	۷/۳-۷/۷	۴۰۰۰۰	تلفات سنگین
۱۳۸۱	آوج	-	۲۶۱	خسارات زیاد
۱۳۸۲	بم	۷/۶	۳۱۷۲۸	تخریب زیاد قسمت های شهری و روستایی

۱-۶ مقاوم سازی ساختمان های بنایی

علی رغم تعداد و وسعت ساختمان های بنایی در کشور و علم به این مساله که بیش ترین خسارات در زلزله های متوسط و نسبتا شدید مربوط به این ساختمان ها می باشد، اما متاسفانه در کشور کارهای تحقیقاتی زیادی در این زمینه انجام نشده است و از طرف دیگر مسئولین امر نیز تا کنون به طور جدی پی گیر این بحث یعنی مقاوم سازی ساختمان های بنایی نبوده اند به طوری که پروژه مقاوم سازی در شهرستان بروجرد را می توان به عنوان اولین کاری یاد کرد که در این مقیاس چه از طرف دولت و چه از طرف مردم مورد استقبال قرار گرفته است، اگرچه این پروژه خالی از اشکال و نقصان نبوده است اما محک جدی برای امر مقاوم سازی می باشد. در این پروژه انواع ساختمان ها مورد مقاوم سازی قرار گرفته است، اما از آنجا که بیش ا ز ۹۰ درصد ساختمان های آسیب دیده از نوع بنایی با قدمت نسبتا زیاد بودند، یک منبع مناسب برای این پایان نامه محسوب می شود.

یکی از موانع موجود کمبود منابع مناسب و کارهای تحقیقاتی در زمینه مقاوم سازی ساختمان های بنایی می باشد، در واقع در داخل کشور علی رغم درصد بالای این ساختمان ها و خطرپذیری بالای آن ها کارهای زیادی انجام نشده است و آنچه که در این پایان نامه آمده است مجموعه ای از منابع موجود به صورت دسته بندی شده، همراه با گزارش مصور و نقشه های اجرایی که در یک پروژه عملی انجام شده است، می باشد. در پایان با استفاده از نتایج تحقیقات تئوری و آزمایشگاهی در مورد قاب های مرکب ، سعی شده است اولا یک سیستم مطمئن باربری برای ساختمان تعبیه گردد و از طرف دیگر در روشی نو از عملکرد مناسب این قاب ها در باربری جانبی ساختمان استفاده شود.

در واقع تحقیقات انجام شده در این مورد در غالب آیین نامه ها و دستورالعمل هایی می باشد که در فصل بعد به طور مفصل به بررسی آن ها پرداخته شده است. کتاب هایی نیز که در این زمینه وجود دارد بسیار اندک می باشد و در واقع هرکدام به صورتی به بررسی عوامل موثر در بهسازی پرداخته اند و با درجه بندی و اولویت گذاری بین این عوامل مطالب خود را پی گرفته اند و در پایان با ارائه چند راهکار برای بهسازی واحد های بنایی که البته اجرایی بودن این راهکارها هرکدام جای بحث دارند، مبحث را به پایان برده اند.

۱-۷ روند انجام پایان نامه

با توجه به اینکه طیف گسترده ای از ساختمان های موجود در کشور از نوع ساختمان های بنایی می باشند و از طرف دیگر کشور ایران از لرزه خیزی بالایی برخوردار است، همین مساله باعث شده است که معایب ساختمان های بنایی به محاسن آن چیرگی یافته است، تجربه زلزله های مختلف بیش ترین آمار تلفات را در میان این نوع ساختمان ها نشان می دهد.

انجام کارهای تحقیقاتی در این زمینه منجر به تدوین آیین نامه ها و دستورالعمل هایی در زمینه ساخت و یا مقاوم سازی این ساختمان ها شده است. اما این تحقیقات در مقایسه با حجم بالای آسیب پذیری بسیار ناچیز بوده و ضرورت انجام تحقیقات گسترده تری را طلب می کند.

در فصل اول این پایان نامه ابتدا آماری از وضعیت ساختمان های کشور ارائه شده است که در آن درصد ساختمان های بنایی و اسکلت بتنی در برهه ای از زمان ارائه شده است. این آمار حجم بالای این نوع ساختمان ها را در کشور نشان می دهد، در ادامه گزارش هایی از برخی از زلزله های گذشته مانند زلزله مهم رودبار و منجیل، بم، چنگوره-آوج و داهوییه و نواقص و آسیب های وارده به ساختمان های آن ها بررسی شده است. پس از آن وضعیت لرزه خیزی ایران بررسی شده است، این بررسی نشان دهنده خطر لرزه خیزی بالای اکثر مناطق کشور می باشد. فصل اول با مطلبی در مورد ضرورت مقاوم سازی ساختمان های بنایی به پایان رسیده است.

در فصل دوم خواص لرزه ای ساختمان های بنایی، عناصر لرزه بر در این ساختمان ها، انواع حالت های شکست این عناصر ارائه شده است. در ادامه هم روش های ارزیابی کمی ساختمان های بنایی آمده است و در نگاهی متفاوت نسبت به ساختمان های بنایی دلایل اصلی ناپایداری این ساختمان ها و اثر مخرب زلزله بر آن ها آمده است، تئوری ها و نتایج تحقیقات قاب های مرکب که در فصل آخر به عنوان روشی مناسب برای مقاوم سازی ساختمان های بنایی استفاده شده است را در فصل دوم می توانیم ببینیم.

در فصل سوم به بررسی آیین نامه ها و ضوابط فنی پرداخته شده است. این فصل شامل خلاصه ای از دستورالعمل های خارجی و داخلی به صورت کلی و بررسی مفصل بخش هایی از آن ها که به مبحث این تحقیق مربوط است می باشد. این فصل مجموعه ای نسبتا کامل از دستورالعمل های مقاوم سازی می باشد که در مورد ساختمان های با مصالح بنایی بسیار مفصل و کامل به دسته بندی مطالب ارائه شده در آن ها پرداخته و مجموعه ای از مهم ترین مطالب آن ها گرد آوری شده است.

در فصل چهارم به بررسی زلزله استان لرستان، وضعیت لرزه خیزی منطقه، خسارت های وارده، روند بازسازی و مقاوم سازی پرداخته شده است. روند انجام مطالعات بهسازی به صورت موردی همراه با ارائه مدارک و نقشه های لازمه، جمع آوری مجموعه ای از آسیب های وارده به صورت مصور و سرانجام تطبیق راهکارهای بهسازی ارائه شده در پروژه مقاوم سازی شهرستان بروجرد با بند های آیین نامه ای و توضیحات مفصل و جامع در مورد هرکدام با ارائه چندین تصویر اجرایی از هر مورد آمده است. این فصل مجموعه ای از راهکارهای اجرایی و مبانی آیین نامه ای را در کنار هم جمع کرده و مرجعی نسبتا کامل را در زمینه کارهایی که تا کنون در زمینه مقاوم سازی ساختمان های بنایی انجام گرفته به وجود آورده است. در ادامه برخی مسایل اقتصادی و اجتماعی پروژه های مقاوم سازی بررسی شده اند.

در فصل پنجم با استفاده از تئوری قاب های مرکب، روش مسلح کردن ساختمان به عنوان روش برتر در مورد یک ساختمان به صورت گام به گام و به صورت کامل ارائه شده است. در مورد یکی از ساختمان های منطقه مراحل مختلف مطالعات بهسازی ارائه شده است. برخی از موارد شامل برداشت معماری، برداشت سازه ای، پر کردن چک لیست های ارزیابی و تهیه گزارش نواقص در مرحله ارزیابی کیفی و بررسی نواقص ساختمان و ارائه محاسبات لازمه برای طرح لرزه ای در مرحله ارزیابی کمی می شود. در پایان برای ساختمان نقشه های اجرایی تهیه شده است. در ادامه با نتیجه گیری و ارائه پیشنهاد برای تحقیقات آتی و ذکر منابع و مراجع کار به اتمام رسیده است.

فصل دوم

تئوری های حاکم بر رفتار ساختمان های بنایی

۲-۱ خواص سازه ای و دینامیکی ساختمان های بنایی

در ساختمان های بنایی، مصالح بنایی که ممکن است آجر یا بلوک باشند به همراه ملات بین آن ها عناصر اصلی باربر ثقلی و جانبی ساختمان می باشند از طرفی به دلیل پیچیدگی رفتار این نوع سازه ها نمی توان روش جامعی برای تحلیل خواص مکانیکی و سازه ای آن ها ارائه داد. رفتار ناهمسانگرد، ناهمگن و غیر خطی و وجود ترک های فراوان از یک سو و صفحه ای بودن اجزای سازه های بنایی از سوی دیگر پیچیدگی خاصی را ایجاد کرده است که غالبا جز با روش آزمایش های در مقیاس واقعی نمی توان از وضعیت خرابی ها و تنش های ایجاد شده در اجزای سازه ای اطلاعاتی بدست آورد.[۱]

۲-۲ توزیع نیروی زلزله در ساختمان های بنایی

نیروهای لختی که در نتیجه شتاب پی (ناشی از حرکت زمین به هنگام زلزله) در ساختمان پدید می آیند باید به پی و از آنجا به زمین منتقل شوند. دیوارهای ساختمان بنایی به دو دسته برشی و عرضی تقسیم می شوند. دیوارهایی که موازی جهت حرکت پی هستند برشی و آن ها که عمود بر این جهت اند عرضی نامیده می شوند. بخشی از نیروهای دیوارهای عرضی به سقف و بخشی به زمین و بقیه به دیوارهای برشی که در دو طرف دیوار عرضی قرار گرفته اند وارد می شود. سقف ها نیروهای حاصل از زلزله و دیوارهای عرضی را به دیوارهای برشی منتقل می کنند.

اصیل ترین عنصر لرزه بر هر ساختمان آجری دیوارهای برشی است که سرانجام باید بار افقی حاصل از کلیه اجزای دیگر را به زمین منتقل کند. علاوه بر این سقف نیز باید از یکپارچگی لازم برای انتقال نیروهای خود و نیز نیروهایی که از بخش های دیگر دریافت می کند، به دیوارهای برشی برخوردار باشد. به عنوان مثال سقف های تیرچه بلوک و طاق ضربی که ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ را رعایت کرده باشند از صلابت برشی خوبی برخوردارند، در حالی که سقف های سبک شیروانی چنین نیستند و نمی توانند بار دیوارهای عرضی(دیوارهای عمود بر جهت زلزله) را به دیوارهای برشی(دیوارهای در جهت زلزله) انتقال دهند. از طرف دیگر دیوارهای عرضی باید بتوانند بار خود را به سقف و پی و دیوارهای متعامد انتقال دهند.

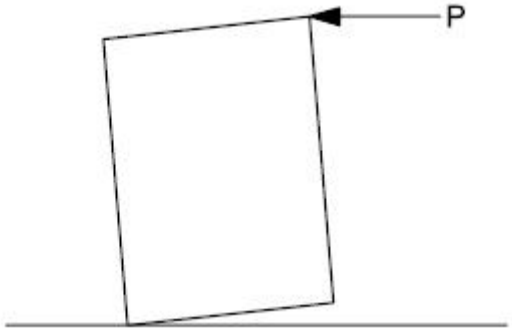
۲-۳ حالت های شکست

شکست دیوارهای برشی و عرضی اصیل ترین حالت های شکست را تشکیل می دهند. چون در ساختمان های آجری سقف بر دیوارها تکیه دارد با سقوط دیوار احتمال در هم فرو ریختن کل ساختمان وجود دارد و لذا ناپایداری دیوارها را می توان به منزله ناپایداری کلی دانست دیوارهای برشی تقریبا تمامی بار جانبی حاصل از زلزله را بر دوش دارند، پس سقوطشان به

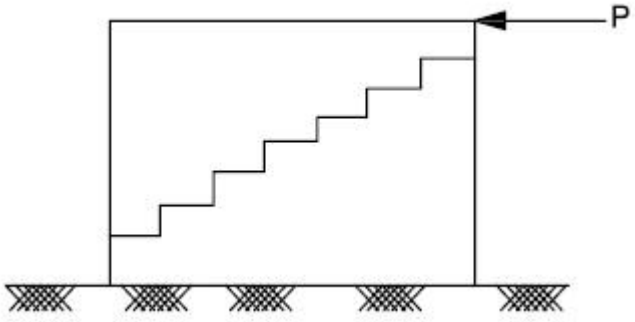
منزله انهدام قطعی ساختمان است. اما شکست دیوارهای عرضی معمولا با خسارات کمتری همراه است و بنابراین به هنگام تسلیح و تقویت ساختمان آجری، تاکید اصلی روی دیوارهای برشی است.

۲-۳-۱ شکست دیوارهای برشی

هرگاه دیوار برشی تحت نیروهای جانبی قرارگیرند دو حالت شکست خواهند داشت: خمشی وبرشی. معمولا پایه های پهن به حالت برشی و پایه های باریک به حالت خمشی می شکنند. این مطلب در شکل های ۲-۱ الف و ب نشان داده شده است.



شکل ۲-۱(الف) شکست خمشی (پایه های باریک)



شکل ۲-۱ (ب) شکست برشی (پایه های پهن)

در عمل به هنگام زلزله دیوار تحت تاثیر نیروهای لختی ناشی از زلزله، متناوبا بر روی پنجه و پاشنه خم می شود و چنانچه نیروهای زلزله بر نیروهای مقاوم چیره شوند جابجایی از حد کشسان خارج می شود و دیوار شروع به واژگون شدن می کند. اما چون نیروهای زلزله طبیعتی آنی دارند این واژگونی لحظه ای بیش تر طول نمی کشد و خیلی زود جهت نیرو ها عوض می شود و دیوار در جهت مقابل به حرکت درمی آید و در هر بار چند میلی متر تا چند سانتی متر از محل پی جابجا شده، پس از لحظه ای و به دنبال ضربه ای محکم، در جهت دیگر خم می شود. این حرکت های خمشی را تلو می گویند. حرکت تلو ذاتا بسیار خطرناک است و آثار زیان بخش زیر را به دنبال دارد.

الف) ضربه های حاصل از تلو موجب خرد شدن پنجه و پاشنه دیوار شده، از عرض موثر پایه می کاهد و دیوار را بیش از پیش در برابر ضربه های بعدی بی دفاع می سازد.

ب) حرکت تلو با ضربه های شدیدی همراه است که نیرو های افقی بزرگی را ایجاد می کند زیرا اندازه حرکت حاصل (جرم دیوار در سرعت) باید در زمان نسبتا کوتاهی صفر شود بنابراین نیروی افقی قابل ملاحظه ای را به وجود می آورد. این نیرو می تواند به اندازه ای بزرگ شود که شکست های برشی ایجاد کند، آزمایش های انجام شده بر روی دیوارهای برشی نشان می دهد که به فاصله کمی پس از آغاز تلو، پنجه و پاشنه شروع به خرد شدن کرده و شکست های برشی پیدا می شود.

ج) حرکت تلو موجب سست شدن ساختمان و در نتیجه کاهش دوره تناوب می شود که به نوبه خود سبب افزایش شتاب پاسخ و یا نیروهای زلزله می شود، بنابراین از یک سو مقاومت ساختمان کم می شود و از سوی دیگر نیروهای زلزله افزایش می یابد و بیش از پیش ساختمان را در معرض انهدام قرار می دهد.

پس به طور خلاصه دیوارهای برشی به دو حالت می شکنند: خمشی و برشی. شکست خمشی با تلو خوردن دیوار همراه شده، پنجه و پاشنه آن در معرض خورد شدن قرار می گیرد. شکست برشی با ترک های اریب همراه است و به سبب دو طرفه بودن نیروی زلزله، این ترک ها به صورت ضربدر ظاهر می شوند.[۱]

۲-۳-۲ شکست دیوارهای عرضی

دیوارهایی که بر جهت زلزله عمودند، به سبب نیروهای لختی افقی که بر اثر شتاب حاصل از زلزله، از جرم خود دیوار پدید می آیند، مانند دال تختی که بر چهار تکیه گاه قرار گرفته باشد (زمین، سقف، دو دیوار برشی عمود بر دیوار) تحت خمش قرار گرفته، خطوطی مشابه خطوط تسلیم در آن ها پدید می آید، در صورتی که فاصله دیوارهای عمودی زیاد باشد، خمش عمدتا بین سقف و زمین انجام شده، ترک های خمشی در امتداد افقی ظاهر می شوند. علاوه بر این چنانچه اتصال دیوار خمشی و دیوارهای متعامد خوب نباشد، در حین زلزله دیوارهای متعامد از هم جدا می شوند.

۲-۴ روش های ارزیابی کمی آسیب پذیری ساختمان های بنایی غیرمسلح

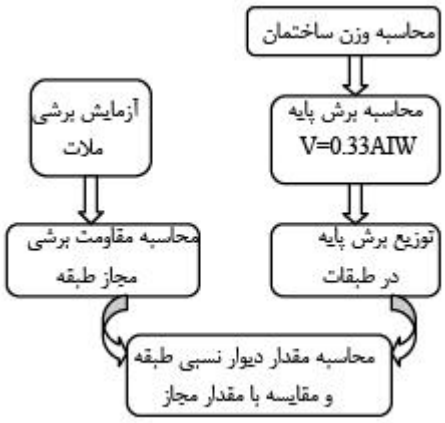
با توجه به تعداد نسبتا زیاد ساختمان های بنایی در کشور که در فصل قبل مورد بررسی قرار گرفت و رفتار این سازه ها که در این فصل مورد بررسی قرار می گیرد و از آنجا که روشی قطعی برای ارزیابی آسیب پذیری آن ها و جود ندارد در این قسمت به بررسی پاره ای از این روش ها پرداخته می شود.

ارزیابی آسیب پذیری ساختمان های موجود در واقع پیش بینی عملکرد این ساختمان ها در زلزله های آتی می باشد و امکان قضاوت مهندسی برای ساخت مجدد یا مقاوم سازی ساختمان های موجود را فراهم می آورد. این ارزیابی در دو مرحله کیفی و کمی انجام می شود. به این صورت که در مرحله کیفی با توجه به شرایط لرزه خیزی و بر اساس تجربیات زلزله های گذشته اطلاعاتی از سیستم سازه ای مانند: پی، عناصر لرزه بر، نوع سقف جمع آوری شده و بر اساس نتایج این مرحله، ارزیابی کمی با انجام آزمایش برای تعیین مقاومت مصالح سازه ای و انجام تحلیل و کنترل معیارهای پذیرش انجام می شود. تاریخچه تحقیقات ارزیابی آسیب پذیری کمی در خصوص ساختمان های بنایی غیرمسلح شامل تحقیقاتی است که به انجام آزمایش بر روی سازه موجود برای تکمیل اطلاعات لازم برای ارزیابی کمی می پردازند و همچنین تحقیقاتی که به مدل سازی و ایجاد

روابط ریاضی برای انجام ارزیابی کمی منتهی شده اند. تحقیقات نوع اول به ایجاد آزمایش هایی مانند آزمایش سرعت موج فراسونیک و آزمایش سرعت موج مکانیکی[۱۸]آزمایش سختی سطحی[۳]،آزمایش ضربه انعکاسی[۱۹]،آزمایش ارتعاش اجباری [۲۰]در ساختمان های بنایی منجر شده است.در مورد تحقیقات نوع دوم نیز می توان به مطالعات ترنسک و شپارد[۲۱] بر روی مقاومت کششی قطری دیوار در سال ۱۹۸۰ ،مطالعات ابرمز[۲۲] بر روی تنش فشاری و کششی در خمش حول محور قائم در سال ۱۹۹۲ و مطالعات لانگ و باخمن[۲۳]در سال ۲۰۰۲ برای انجام تحلیل غیرخطی مبتنی بر تغییرشکل برای ساختمان های بنایی اشاره کرد. به هر حال این تحقیقات منجر به ایجاد روش هایی برای ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های بنایی غیرمسلح شده اند که در ادامه به معرفی ساختار کلی سه روش دستورالعمل بهسازی لرزه ای، روش ارزیابی FEMA و روش لانگ-باخمن، پرداخته می شود.[۱۰]

۲-۴-۱ روش ارزیابی دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود

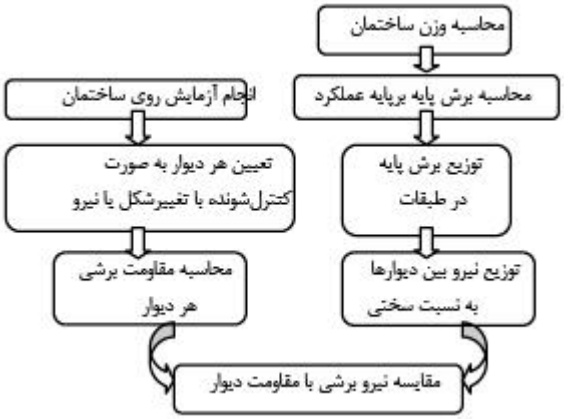
این فصل از دستورالعمل بهسازی لرزه ای ایران [۷] که به ساختمان های بنایی غیرمسلح اختصاص دارد با روندی متفاوت از سایر فصول دستورالعمل که بر اساس طراحی بر پایه عملکرد می باشند ، به کنترل ضوابط تجربی و اجرایی پیوست آیین نامه۲۸۰۰ پرداخته است و تنها در مورد محاسبه مقاومت برشی ساختمان ارزیابی کمی به صورت کنترل دیوار نسبی مطابق نمودار شکل ۲-۲ انجام می شود. در این ارزیابی نیروی زلزله به صورت استاتیکی و با استفاده از رابطه ارائه شده برای سازه بنایی محاسبه شده و بر اساس آن بدون توزیع بین عناصر سازه ای (دیوارها) مقدار برش در هر طبقه به دست می آید که مقدار آن باید از ظرفیت برشی طبقه کمتر باشد. لازم به ذکر است که این برآورد نیاز و ظرفیت منحصراً برای ساختمان های تا حداکثر سه طبقه و سطح عملکرد ایمنی جانی می باشد..



شکل ۲-۲ ساختار ارزیابی کمی فصل هفتم دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود [۷]

۲-۴-۲ روش ارزیابی فصل هفتم دستورالعمل FEMA273 , FEMA356

در این دستورالعمل، ارزیابی کمی از رزیابی اکیفی جدا شده و مبنای کار در ارزیابی کمی طراحی بر اساس عملکرد می باشد که در آن نیاز لرزه ای با روش های خطی و غیر خطی به نحوی محاسبه می شود که تغییرشکلی معادل تغییرشکل واقعی در اثر زلزله در سازه ایجاد شود. با تعیین نیاز لرزه ای برای محل سازه و سپس توزیع در طبقات در نهایت این نیرو به نسبت سختی اعضا باربر جانبی(دیوارها) بین آن ها توزیع شده و با مقاومت هر عضو با توجه به مدهای رفتاری شکست به صورت کنترل شونده توسط تغییرشکل یا نیرو مقایسه می شود. این روند درنمودار شکل ۲-۳ آمده است. [۸] و[۹]



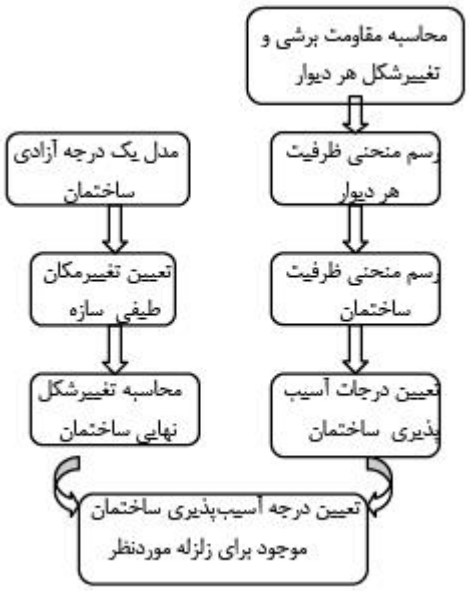
شکل ۲-۳ ساختار ارزیابی در فصل هفتم FEMA273, FEMA356 [۸] و[۹]

۲-۴-۳ روش ارزیابی لانگ - باخمن

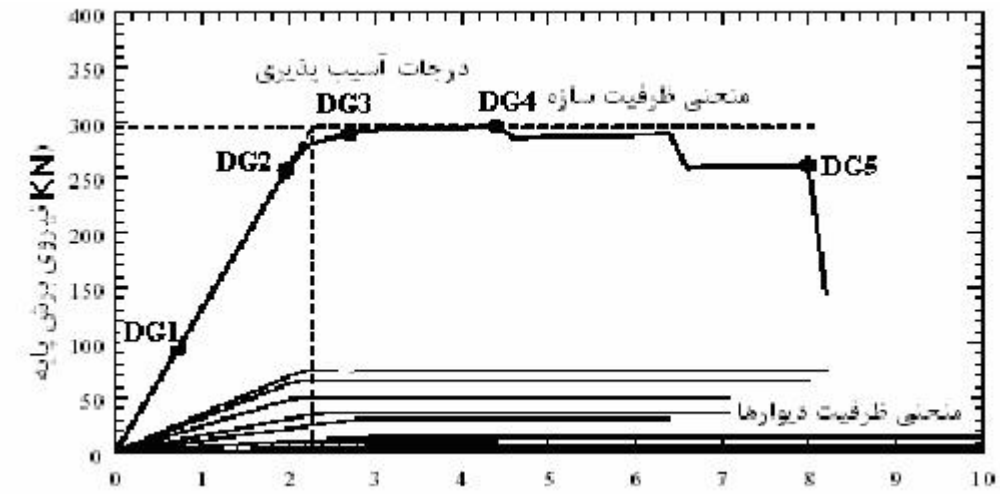
در این روش برای ساختمان های بنایی، منحنی ظرفیت ساختمان (نیروی برشی برحسب تغییرمکان سازه) از مجموع منحنی ظرفیت دیوارها در هر جهت حاصل شده و بر روی این منحنی درجات آسیب پذیری سازه (براساسEMS98 اروپا) [۲۴] مطابق شکل ۲-۴ مشخص می شود. همچنین ساختمان به صورت سیستم یک درجه آزادی مدل شده و فرکانس آن در هر جهت تعیین می شود و با در نظرگرفتن اثرات غیرخطی، تغییرمکان نهایی سازه بر اساس طیف طرح سازه حاصل می شود. با استفاده از این تغییرمکان و منحنی ظرفیت ساختمان مشخص می شود که سازه برای زلزله موردنظر در چه سطحی از آسیب پذیری قرار دارد.[۲۴] روند این روش درنمودار شکل ۲-۵ و مراحل ترسیم منحنی ظرفیت برای این روش در شکل ۲-۶ مشاهده می شود.

شرح	براساس EMS 98اروپا	درجه آسیب پذیری
نقطه متناظر با اولین ترک(Δ_{cr})	آسیب جزئی (اعضا سازه‌ای بی آسیب، آسیب جزئی به عناصر غیرسازه‌ای) -ترک مویی در تعداد کمی از دیوارها	(درجه۱) DG1
شروع رفتار غیرخطی سازه($\Delta_{y\,min}$)	آسیب متوسط(آسیب جزیی اعضای سازه‌ای،آسیب متوسطاعضاغیرسازه‌ای) -ایجاد ترک در بسیاری از دیوارها -تخریب قطعات بزرگ اندودها	(درجه۲) DG2
صفر شدن سختی سازه($\Delta_{y\,max}$)	آسیب زیاد (آسیب متوسط اعضا سازه‌ای،آسیب زیاد عناصر غیرسازه‌ای) -ایجاد ترکهای وسیع در دیوارها -تخریب تیر سقفها	(درجه۳) DG3
تخریب اولین دیوار ($\Delta_{u\,min}$)	آسیب بسیارزیاد (آسیب زیاد اعضا سازه‌ای،آسیب بسیار زیاد غیرسازه‌ای) -تخریب دیوارها و سقف	(درجه۴) DG4
$V = 2/3V_y$	آستانه فروریزش ساختمان	(درجه۵) DG5

شکل ۲-۴ درجات آسیب پذیری در روش لانگ باخمن

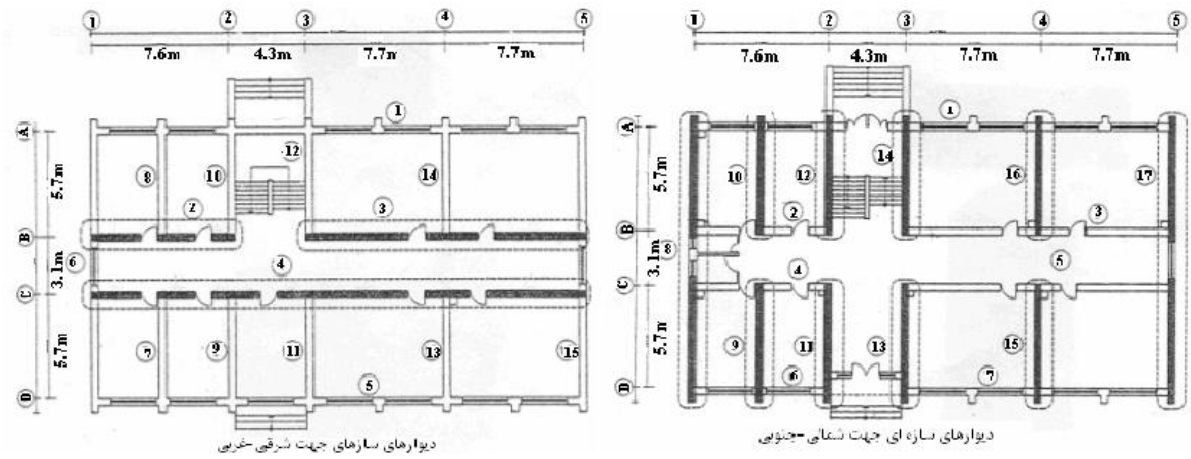


شکل ۲-۵ ساختار ارزیابی کمی در روش لانگ - باخمن



شکل ۲-۶ منحنی ظرفیت ساختمان در روش لانگ - باخمن

با وجود روش های مختلف ارزیابی آسیب پذیری ساختمان های بنایی، این روش ها نتایج بسیار متفاوتی از هم به دست می دهند و به این ترتیب هنوز روشی محکم و قطعی در مورد ارزیابی آن ها وجود ندارد به طوری که در جدول ۲-۱ خلاصه ای از نتایج ارزیابی کمی ساختمان یک مدرسه با مصالح بنایی آمده است، ساختمان مورد مطالعه، یک مدرسه دو طبقه از نوع بنایی غیرمسلح کلاف دار با پلان شکل ۲-۷ می باشد. [۱۰]



شکل ۲-۷ پلان سازه ای ساختمان مدرسه

خلاصه نتایج ارزیابی کمی آسیب پذیری لرزه ای سازه بنایی مورد مطالعه با استفاده از سه روش ذکر شده در بندهای قبل ، در جدول ۲-۱ مشاهده می شود که بر اساس آن نوعی عدم مطابقت بین نتایج حاصل از روش های آیین نامه های مختلف وجود دارد.

جدول ۲-۱ مقایسه نتاج حاصل از ارزیابی ساختمان یک مدرسه

دستوالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود ایران	جهت شمالی- جنوبی: ظرفیت برشی در دو طبقه کافی است. جهت شرقی - غربی: ظرفیت برشی دردو طبقه ناکافی است.
روش FEMA356 (سطح عملکرد ایمنی جانی)	جهت شمالی- جنوبی: ظرفیت برشی در دیوارهای طبقه همکف کافی اما در طبقه اول در تمام دیوارها کمبود مقاومت وجود دارد. جهت شرقی - غربی: در هر دو طبقه در تمامی دیوارها به شدت کمبود مقاومت وجود دارد.
روش لانگ-باخمن	ساختمان برای هر دوجهت در درجه آسیب پذیری ۳ قراردارد که این به معنای آسیب متوسط به اعضای سازه ای و آسیب زیاد به اعضای غیرسازه ای است.

۲-۵ استفاده از روش قاب معادل در ارزیابی ساختمان های مصالح بنایی

در این میان در مقالات و تحقیقات انجام شده اخیر سعی شده است یک روش مناسب در ارزیابی ساختمان های بنایی ارائه شود، یکی از معروف ترین این روش ها روش قاب معادل است. روش قاب معادل به عنوان یک روش تحلیلی ساده و کاربردی جهت ارزیابی لرزه ای ساختمان های با مصالح بنایی مطرح بوده است. روش قاب معادل بر پایه مطابقت سازه با یک قاب معادل فضایی و بر مبنای قوانین ساده تعادل در اجزای ساختمانی می باشد. در این روش با معادل سازی دیوارهای سازه-ای با المان های تیر و ستون و تعریف پارامترهای مربوط به آن، تحلیل استاتیکی غیرخطی برای ساختمان انجام می گیرد. و به این ترتیب می توان از این روش در برآورد کمی این ساختمان ها در برابر زلزله بهره جست. در شکل ۲-۸ نمونه ای از ساختمانی که دیوار نمای آن توسط این روش مدلسازی شده است صرفا جهت آشنایی با مبانی این روش ارائه شده است.[۲۵]

شکل ۲-۸ مدلسازی نمای یک ساختمان بنایی توسط قاب معادل

۲-۶ دلیل بنیادی ناپایداری لرزه ای ساختمان های آجری غیر مسلح در برابر زلزله [۱]

در چند صفحه قبل سعی شده است پاره ای از روش های ارزیابی ساختمان های بنایی بررسی گردد و بعضا شاهد برخی تناقضات در نتایج حاصل از این ارزیابی ها می باشیم. با توجه به آمار و ارقام آسیب های جانی و مالی ناشی از خسارات این ساختمان ها و تجربیات زلزله های گذشته که در فصل قبل نشان داده شد، متوجه می شویم که ماهیت ساختمان های بنایی به گونه ای است که در مقابل بارهای لرزه ای به شدت آسیب پذیرند و این در حالی است که برخی روش ها ممکن است نتایجی بر خلاف این را نشان دهد. در ادامه سعی شده است دلیل اصلی ناپایداری ساختمان های بنایی تشریح گردد.

تجربه های گذشته نشان داده است که ساختمان های آجری، خشتی و سنگی غیر مسلح به راحتی در زلزله های مخرب و نیمه مخرب فرو می ریزند، به گونه ای که ساختمان های روستایی حتی در زلزله های متوسط یا نسبتا ضعیف خسارت می بینند. تاریخچه زلزله های کشور گواه آن است که در زلزله هایی با بزرگی بیش از ۵، احتمال انهدام روستاها وجود دارد. ساختمان های شهری از مقاومت بیش تری برخوردارند. اما بدون شک در زلزله هایی با بزرگی بیش از ۷ و در مناطق

مرکزی زلزله شاهد انهدام بسیاری از این ساختمان های آجری خواهیم بود.[۱] تکرار این پدیده تلخ موجب پدید آمدن این گمان شده است که ساختمان های آجری اصولا فاقد مقاومتند. از سوی دیگر پژوهشگران بسیاری بی توجه به دلیل اصلی ناپایداری ساختمان های آجری، دست به آزمایش برشی دیوار های بنایی زده اند و با مشاهده مقاومت های نسبتا زیاد، رابطه هایی را برای محاسبه دیوارهای برشی در مقابل نیروهای زلزله ارائه داده اند، عده ای هم به یافتن مدل های ریاضی برای مطالعه رفتار دینامیکی ساختمان های آجری در مقابل زلزله پرداختند، غافل از اینکه نتایج این بررسی ها هر چه باشد نمی-تواند این واقعیت که ساختمان های آجری غیر مسلح آسیب پذیر ترین سازه ها در مقابل زلزله اند، را تغییر دهد. پس معضل ناپایداری را باید در ماهیت نیروهای زلزله و نحوه پاسخ ساختمان های آجری به آن دانست.

۲-۷ ماهیت نیرو های زلزله [۱]

با بررسی طیف پاسخ چند زلزله مخرب با شدت بیش ا ز ۷ ملاحظه می شود که شتاب هایی که در ابنیه ایجاد می-شود در حدود شتاب ثقل و حتی بیش از آن است و برای ساختمان های آجری با تناوب حدود ۰/۱ ثانیه، مثلا در زلزله طبس، شتاب پاسخ در حدود g ۱/۱ است بنابراین نیروی زلزله برابر است با

$$V = \text{شتاب پاسخ} * \text{جرم ساختمان} = 1/1\ W \qquad (۱-۲)$$

این نیرو از نیرو های آیین نامه (در حدود ۰/۱W) به مراتب بیش تر است (W وزن ساختمان است). در واقع اغلب سازه هایی که بر پایه آیین نامه طراحی می شوند. مقاومتشان کمتر از مقاومتی است که زلزله طلب می کند. و بنابراین ناگزیرند تاوان این کمبود مقاومت را با تغییر شکل مومسان بپردازند. شرط لازم برای چنین تخفیفی در نیروهای زلزله، توانایی سازه برای تغییر مومسان است، در حالی که ساختمان های آجری غیر مسلح چنین قابلیتی ندارند و سازه به محض رسیدن به حد مقاومت خود سست شده، در مقابل رانش های بعدی مقاومت نشان نمی دهد، بنابراین چه بسا ساختمانی آجری که از ساختمانی فولادی با مشخصات هندسی تقریبا مشابه قوی تر باشد اما ساختمان فلزی در مقابل زلزله بایستد و ساختمان آجری خراب شود. با توجه به اینکه در زلزله های مخرب غالبا مقاومت طلب بیش از مقاومت سازه است، بنابراین نیروی ایجاد شده در هر سازه برابر مقاومت سازه است و بدین ترتیب نیروی زلزله واقعیت خارجی خود را از دست داده، تابعی از خواص هر سازه می شود و ایستایی لرزه ای سازه صرفا بستگی به قابلیت سازه برای جابجایی های متناوب مومسان دارد، هرچه مقاومت سازه کمتر باشد باید جابجایی بیش تری را پذیرا شود.

۲-۸ عملکرد ساختمان های آجری غیر مسلح در مقابل زلزله [۱]

با توجه به مباحث مطروحه ضعف اساسی ساختمان های آجری در مقابل زلزله کمبود مقاومت نیست بلکه کمبود نرمی(شکل پذیری) است. میزان خسارت سازه های نرم تا حدودی تابع بزرگی زلزله است و درمورد سازه های نرم در زلزله ای بسیار مخرب با شدت بیش از ۷، در ناحیه مرکزی زلزله بیش ترین آسیب مشاهده می شود و از مرکز که دور می شویم به تدریج از شدت آسیب کاسته می شود در حالی که در مورد ساختمان های آجری چنین نیست و از منطقه ای که ساختمان ها کاملا فرو ریخته است ناگهان به منطقه ای با ساختمان های نسبتا سر پا می رسیم. رفتار یک ساختمان آجری غیر مسلح را در مقابل زلزله می توان به صورت زیر خلاصه کرد.

الف) شدت زلزله از مقاومت سازه کمتر است و در این صورت سازه سختی اولیه خود را حفظ کرده، ضریب بازتاب کم می باشد و نیروی زلزله برابر جرم ساختمان ضرب در شتاب زلزله است. این نیرو برای ایجاد ترک و در هم شکستن سازه کافی نیست و بنابراین ساختمان از زلزله آسیبی نمی بیند.

ب) شدت زلزله در لحظات واپسین آن از حد مقاومت سازه فراتر می رود و ترک ها و خرد شدگی ها آغاز می شود، سختی کم شده، تناوب زیاد می شود و در نتیجه ضریب بازتاب افزایش می یابد و سبب بالا رفتن نیروی زلزله می شود. اما چون این تحولات در لحظه های واپسین اتفاق می افتد و زلزله ادامه نمی یابد، سازه پایدار می ماند و در پایان زلزله فقط مقداری ترک و خرد شدگی ملاحظه خواهد شد.

ج) شدت زلزله در همان لحظه های آغازین از حد مقاومت سازه فراتر می رود و در نتیجه کاهش سختی و افزایش ضریب بازتاب، سازه در معرض نیروهای بزرگ تری قرار می گیرد به گونه ای که خیلی زود در هم می شکند و با خاک یکسان می شود.

مراحل سه گانه فوق از یک سو تابع بزرگی زلزله اند و معمولا در زلزله های با بزرگی بیش از ۶ حالت (ج) اتفاق می افتد و غالبا در نواحی مرکزی زلزله ساختمان های آجری غیر مسلح با خاک یکسان می شوند و از سوی دیگر با توجه به میرایی امواج زلزله، ساختمان های آجری بر حسب فاصله شان از مرکز زلزله، می توانند مطابق یکی از حالت های بالا عمل کنند.

به طور کلی با نگاهی به تاریخچه زلزله های کشور مشخص می شود که خانه های روستایی که در ناحیه مرکزی زلزله هایی با شدت متوسط قرار گرفته باشند در معرض خطر ترک خوردن و فرو ریختن هستند. البته ساختمان های آجری شهری که با ملات سیمان چیده شده باشند مقاومت بیش تری دارند و ممکن است مقاومت بیشتری از خود نشان دهند، اما برای اغلب ساختمان های آجری غیر مسلح تحمل زلزله های نسبتا شدید، امکان پذیر نیست و این قبیل ساختمان ها بر اثر این زلزله ها فرو می ریزند.

۲-۹ مقاومت جانبی دیوار برشی غیر مسلح

دیوار برشی ساخته شده از مصالح آجری و مانند آن (بلوک بتنی، سنگ، خشت) از مقاومت برشی قابل ملاحظه ای برخوردار است اما متاسفانه رفتاری به شدت ترد و شکننده دارد و به محض رسیدن به مقاومت نهایی، تحلیل می رود و فرو می ریزد و به همین دلیل برای مناطق شدیدا لرزه خیز سیستم مناسبی نیست. این نوع دیوار دارای دو حالت شکست اصلی است. شکست خمشی و شکست برشی، دیواری که نسبت بعدی(ارتفاع به طول) کوچکی دارد بقدر کافی پهن بوده و امکان شکست خمشی در آن کم است، به عکس در دیوار باریک بیش تر حالت شکست خمشی غالب است. با توجه به تردی و شکنندگی دیوار غیر مسلح، و عملکرد بسیار ضعیف در زلزله های مخرب گذشته، بکار گیری آن به تنهایی به عنوان عنصر لرزه بر اصلا توصیه نمی شود.

یکی از ویژگی های دیوارهای آجری غیر مسلح آن است که تحت شتاب پی، مادام که به حد آستانه نرسیده اند آثار تخریبی چندانی در آن ها ظاهر نمی شود اما به محض عبور از حد آستانه، دیوار شروع به یک حرکت چرخشی حول محور عمود بر دیوار بنام حرکت تلو می کند و این حرکت به نوبه خود موجب پیدایش تنش های خرد کننده ای در پنجه دیوار می شود که نهایتا به خرابی دیوار می انجامد.[۱] پریستلی [۳] برای مقابله با این حالت استفاده از صفحات فولای در پنجه دیوار، موسوم به قید پنجه را پیشنهاد کرده است. نمونه ای از تبعات این رفتار در زلزله واقعی این است که در خارج از یک شعاع آستانه از مرکز زلزله، ساختمان های آجری غیر مسلح بدون هیچ خرابی عمده ای پایدار می مانند اما به محض ورود به داخل این محدوده شاهد خرابی بی حد این نوع ساختمان می باشیم.[۱]

هندری[۲۶] مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه اندازه گیری و محاسبه مقاومت جانبی دیوارهای آجری داشته است. این مرور نشان می دهد که اکثر محققان برای برآورد مقاومت برشی دیوار از رابطه کولن(کولمب) استفاده نموده اند.

$$H = A.\tau_f \qquad \text{مقاومت برشی دیوار آجری} \qquad (۲-۲)$$

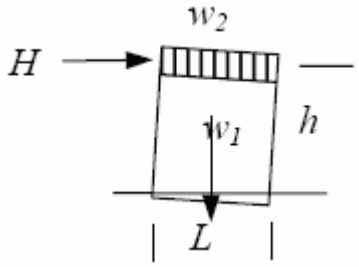
$$\tau_f = \tau_0 + \mu\sigma_n \qquad \text{تنش برشی شکست} \qquad (۲-۳)$$

A سطح مقطع دیوار، تنش چسبندگی ملات، μ ضریب اصطکاک و σ_n تنش قائم در دیوار ناشی از وزن دیوار و سربار است. مقادیر μ , σ_n برای برخی از انواع متداول ملات بر اساس تحقیقات آزمایشگاهی سینها و هندری [۲۷] ، چینوا[۲۸] پی پر[۲] و شنایدر[۲۹] در جدول ۲-۲ ارائه شده است.

جدول ۲-۲ ضرایب مقاومت برشی دیوارهای آجری

مرجع	نوع آجر	ملات ماسه:آهک:سیمان	τ_0 kg/cm^2	μ
سینها و هندری	رس	۳ : ۱/۴ : ۱	۳	۰/۵
چینوا	رس	۳ : ۱/۴ : ۱	۲/۵	۰/۳۴
پیپر	ماسه آهک	۸ : ۲ : ۱	۲	۰/۸۴
پیپر	ماسه آهک	۴ : ۰ : ۱	۷	۱/۰۴
شنایدر	سیلیکات کلسیم	۶ : ۱ : ۱	۱/۴	۰/۳

مقاومت خمشی دیوارهای غیر مسلح بر اساس لنگر نیروهای وزنی و سربار و با اغماض مقاومت کششی ملات عمود بر سطح بند های افقی، با توجه به شکل ۲-۹ چنین برآورد می گردد:



شکل ۲-۹ دیاگرام آزاد دیوار

مقاومت خمشی دیوار (۴-۲)

$$H = \frac{L.(w_1 + w_2)}{2h}$$

بدین ترتیب می توان مقاومت دیوار برشی را محاسبه نمود و با نیروی ارتجاعی زلزله مقایسه نمود. در صورتی که نیروی ارتجاعی زلزله از مجموع مقاومت دیوارهای برشی بیش تر شود ساختمان در معرض خطر و تخریب قرار خواهد داشت و باید تقویت گردد.

۲-۱۰ تقویت لرزه ای ساختمان های بنایی

تقویت یک ساختمان بنایی به دو صورت امکان پذیر است.

۱. افزایش مقاومت برشی به کمک افزایش مقدار دیوارهای برشی و افزایش مقاومت جانبی آن ها

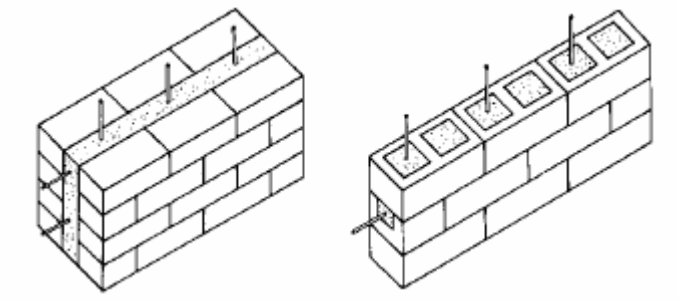
۲. افزایش نرمی(شکل پذیری) ساختمان به کمک تسلیح عناصر لرزه بر و سایر اقدامات مشابه

باید دانست که معمولا استراتژی اول پرهزینه، غیر عملی و غیر ضروری است و در عوض استراتژی دوم بخاطر استفاده از ظرفیت نرمی سازه و کاهش نیروی طلب مناسب تر و عملی تر می باشد. [۳۰]

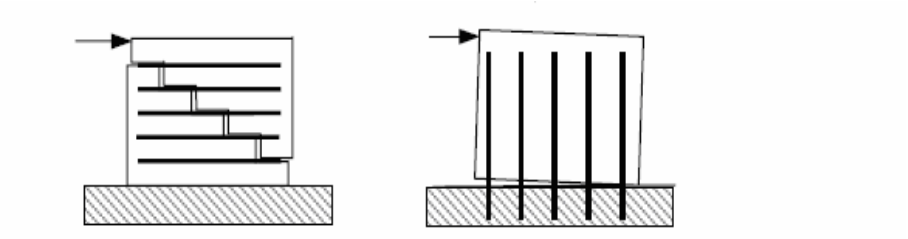
برای تقویت ساختمان های بنایی در برابر زلزله روش های مختلفی وجود دارد. در این قسمت مقدماتی از روش تسلیح و کلاف بندی آمده است، اما از آنجا که روش تسلیح برای بهسازی غیر عملی است فقط به آن اشاره شده و روش کلاف بندی را که در این پایان نامه از آن استفاده شده است به طور مفصل تر مورد بررسی قرار می دهیم، از مزایای روش کلاف بندی می توان به افزایش شکل پذیری ساختمان، افزایش انسجام سازه و از همه مهم تر ایجاد خط دوم دفاعی اشاره کرد.

۲-۱۰-۱ روش تسلیح دیوارهای آجری

برای مقابله با حالت های شکست خمشی و برشی در دیوار می توان از میلگرد های قائم و افقی استفاده کرد. در این صورت، از ترکیب فولاد و دیوارهای سازه ای عضوی پدید می آید که خواصش مشابه سازه های مرکب مانند بتن مسلح است. میلگردهای افقی در داخل درزهای افقی قرار می گیرند و از این رو، عملا قطر آن نمی تواند از ۱۰ تا ۱۲ میلیمتر بیش تر باشد. میلگرد قائم باید به داخل کلاف افقی زیرین دیوار قلاب شود تا بتواند لنگر خمشی ناشی از نیروی زلزله را به داخل پی هدایت نموده و از وقوع شکست خمشی جلوگیری نماید. شکل ۲-۱۰ برخی روش های اجرایی و در شکل ۲-۱۱ نحوه عملکرد دیوارهای آجری مسلح را نشان می دهد.



شکل ۲-۱۰ برخی روش های اجرایی دیوارهای آجری مسلح



الف. میلگرد قائم مانع از شکست خمشی است *ب. میلگرد افقی مانع از شکست برشی است*

شکل ۲-۱۱ نحوه عملکرد دیوارهای آجری مسلح

۲-۱۰-۲ روش کلاف بندی دیوار آجری[۱]

وجود دیوار آجری در داخل قاب فولادی یا بتنی عملا از جابجایی قاب در صفحه خود جلوگیری کرده و در نتیجه بخشی از نیروی جانبی وارد بر به قاب به میانقاب منتقل می گردد. مشاهدات، تجربیات گذشته و تحقیقات گسترده نظری و آزمایشگاهی نشان داده است که مقاومت و سختی این قاب ها به مراتب بیش از قاب لخت(بدون میانقاب) است. گزارش های جامعی از تحقیقات انجام گرفته از سال های ۱۹۴۸ تا ۱۹۹۰ در این زمینه صورت گرفته [۳۱] موید این مطلب است که اندر کنش قاب و میانقاب تاثیر غیر قابل اغماضی بر رفتار سازه دارد. به طور کلی می توان گفت که اندرکنش قاب با میانقاب موجب افزایش سختی و مقاومت از یک سو و افزایش نرمی (شکل پذیری) میانقاب از سوی دیگر می شود و در نتیجه خواص لرزه ای را به طور چشمگیری بهبود می بخشد. بر اساس این رفتار اندرکنشی این قاب ها را مرکب می خوانیم.

بنابر مطالب گفته شده در مورد تعداد زیاد ساختمان های بنایی و وسعت خرابی های آن ها در زلزله های گذشته و همچنین رفتار خاص ساختمان های بنایی در بارهای لرزه ای ضرورت امر تقویت این ساختمان ها بیش از پیش مسجل می شود. یکی از روش هایی که برای تقویت ساختمان های غیر مسلح پیشنهاد شده است، ایجاد خط دوم دفاعی است تا هنگامی که ساختمان در معرض زلزله قرار گرفت و آغاز به فرو ریختن کرد بتواند بر این خط دفاع تکیه کند و کاملا فرو نریزد و بدین وسیله جان ساکنان محفوظ بماند، در فصل پنجم این تحقیق از این روش استفاده شده است به طوری که با تعبیه شناژهای قائم قوی تر از حداقل آیین نامه ای و اجرای شناژهای افقی (نبشی کشی) در محل های مناسب برای ایجاد خط دوم دفاعی، ضمن کمک به شکل پذیری و حفظ انسجام سازه، در صورت وقوع زلزله های مخرب بتواند از فرو ریختن کامل ساختمان جلوگیری کند. لازم به ذکر است که با توجه اهمیت سازه می توان از شناژهای افقی قوی تری نیز استفاده نمود به طوری که ساختمان تقریبا به صورت ساختمان های شکل پذیر فلزی تبدیل شود.

۲-۱۱ خواص سازه ای و دینامیکی قاب های مرکب

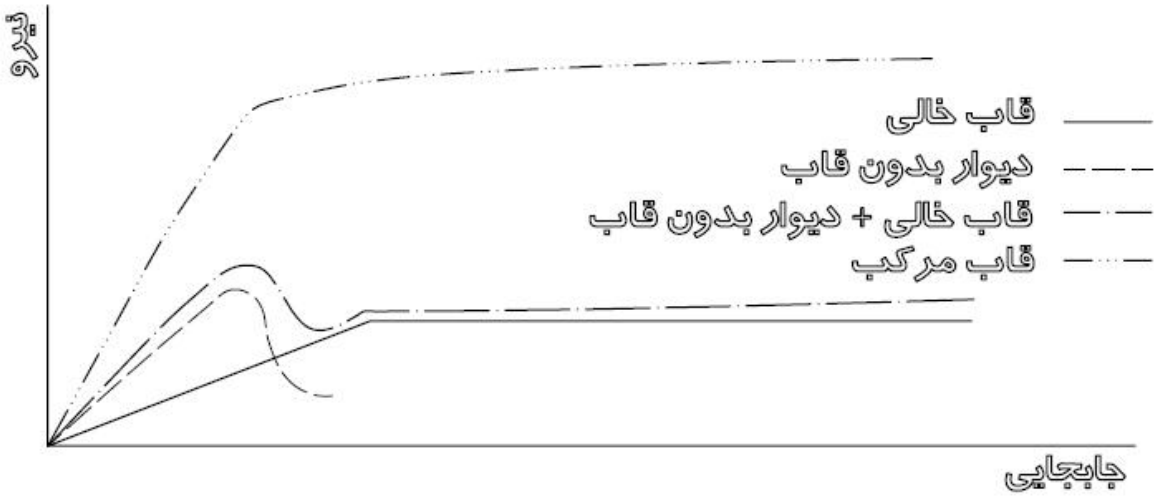
از مطالب بیان شده در قسمت های قبل اینگونه بر می آید که ساختمان های بنایی به دلیل رفتار خاص آن ها و عدم شکل پذیری آن ها در بارهای لرزه ای به شدت آسیب پذیرند و یکی از روش های بسیار مناسب برای مقاوم سازی آن ها کلاف بندی افقی و قائم می باشد. در صورت کلاف بندی، دیوارهای بنایی تبدیل به میانقاب هایی می شوند که می توان از خواص لرزه ای آن ها در باربری جانبی استفاده نمود. در ادامه مختصری از تئوری قاب های مرکب آمده است.

۲-۱۱-۱ مقدمه

پولیاکف[۳۲]در اواخر دهه ۱۹۴۰ بر روی قاب های مرکب آزمایش هایی انجام داد و نتیجه گرفت که سختی ساختمان های ۱۴ طبقه در مسکو تا ۲۰ برابر بیش از سختی قاب خالی است و پس از آزمایش های مفصلی سعی کرد اندرکنش قاب و دیوار را تعیین کند. بنجامین و ویلیامز [۳۳] هم در اوایل دهه ۵۰ در امریکا تحقیقات گسترده ای درباره قاب های فولادی و بتنی پر شده با دیوارهای آجری و با ابعاد واقعی انجام دادند و به تدریج تحقیقات آزمایشگاهی و نظری در سایر کشورها نظیر انگلیس، ایتالیا، کانادا، یوگسلاوی، یونان و بسیاری کشورهای دیگر انجام شد و نتیجه کلی این تحقیقات این است که میانقاب ها تأثیر چشمگیری در افزایش مقاومت و سختی دارند و اندرکنش میانقاب و قاب از نوع مرکب است و نمی تواند با جمع ساده خواص قاب و میانقاب به دست آید. در مرجع[۳۴] خلاصه ای از کارپژوهشی بیش از ۸۰ محقق گردآوری شده و در آن جنبه های متنوعی که در قاب های مرکب مطرح است مورد بحث قرار گرفته است. برخی از این جنبه ها شامل نوع ملات، نوع قاب، سختی نسبی قاب و دیوار، وجود بازشوها، وجود درز بین قاب و دیوار روی مقاومت و سختی، حالت های شکست، رفتار تحت بارهای متناوب، توزیع تنش در قاب و میانقاب، روش های تحلیل، روش های تقویت و ... می شود.

۲-۱۱-۲ اندرکنش قاب و میانقاب

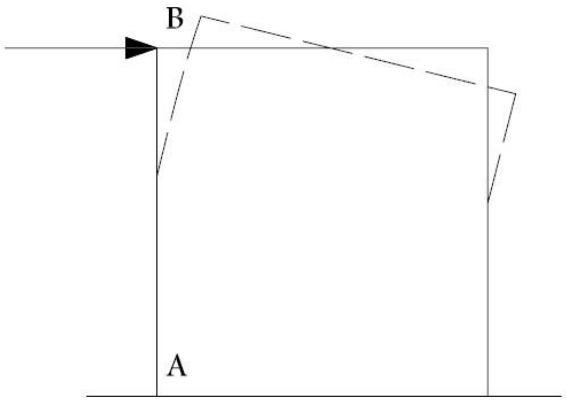
قاب مرکب را می توان جمع دو عنصر قاب و دیوار دانست. اگر نمودارهای نیرو – جابجایی را برای قاب خالی و دیوار بدون قاب در یک دستگاه مختصات رسم کرده، با هم جمع می کنیم نمودار حاصل به هیچ وجه بر نمودار مربوط به قاب مرکب منطبق نیست و نمودار قاب مرکب رفتار به مراتب بهتری از مجموع رفتار قاب و دیوار دارد. خاصیت فوق نشان می دهد که بین قاب و دیوار اندرکنش وجود دارد و به همین سبب مجموعه این دو را مرکب می نامیم درست مانند بتن مسلح که خواصش از جمع خواص فولاد و بتن به دست نمی آید بلکه می باید به صورت محیطی مرکب مورد مطالعه قرار گیرد. شکل ۲-۱۲ مقایسه ای است بین رفتار دیوار، قاب خالی و قاب مرکب.



شکل ۲-۱۲ مقایسه خواص قاب مرکب با مجموع خاصه های قاب و میانقاب

۲-۱۱-۳ تبدیل کنش خمشی به کنش خرپایی[۱]

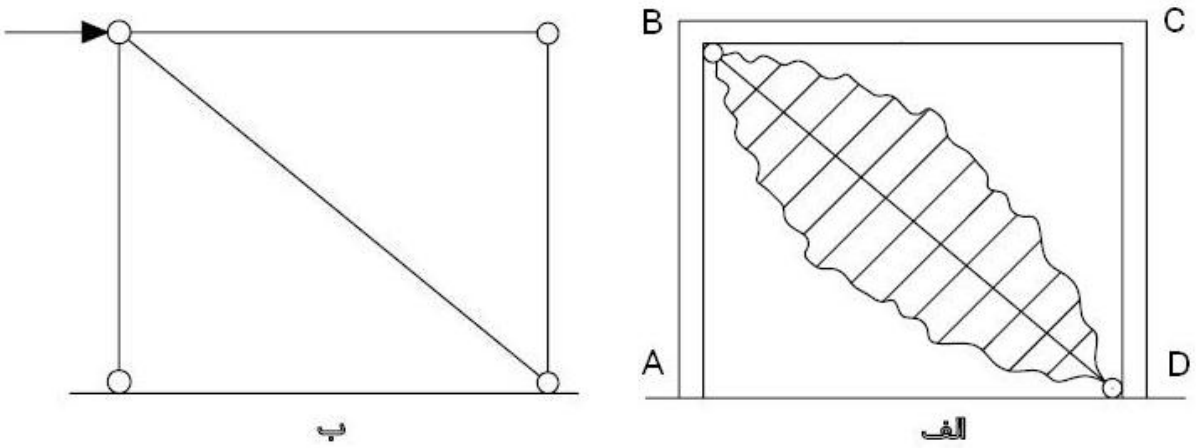
شاید ساده ترین توضیحی که برای رفتار قاب های میانپر (نام دیگری برای قاب مرکب) بتوان یافت تبدیل کنش خمشی به کنش خرپایی باشد. در قاب خالی تحت نیروهای جانبی کنش خمشی پدید می آید که به کمک تغییر شکل خمشی اعضای قاب، نیروهای برشی ناشی از زلزله را می گیرد به هنگام تغییر شکل خمشی قاب نقطه های B و D به هم نزدیک و A وC از هم دور می شوند (شکل۲-۱۴-الف) و هیچ مانعی در راه دور شدن و نزدیک شدن این نقاط وجود ندارد. از سوی دیگر دیوار بدون قاب تحت نیروهای جانبی همانند تیر طره ای خم می شود و خط AB در شکل ۲-۱۳ بلندتر می شود، سرانجام چون مقاومت کششی آجرچینی ناچیز است دیوار در نقطه A ترک خورده و مقاومت خود را از دست می دهد.



شکل ۲-۱۳ دیوار تحت بار جانبی خمیده شده، در نقطه A ترک می خورد

حال اگر دیوار را در داخل قاب قرار دهیم وجود دیوار مانع نزدیک شدن نقطه B به D می شود و مانند قیدی فشاری عمل می کند. در این حالت جابجایی افقی بسیار کمتر از سابق شده، اعضای قاب مجالی برای کنش خمشی نمی یابند و بخش عمده انرژی کشسان به صورت تغییر شکل محوری اعضای قاب و قید فشاری یعنی دیوار ذخیره می شود. بنابراین

رفتار قاب مرکب از این نظر بسیار مشابه رفتار خرپای شکل ۲-۱۴- ب است و به همین سبب این نوع رفتار را کنش خرپایی می نامیم.

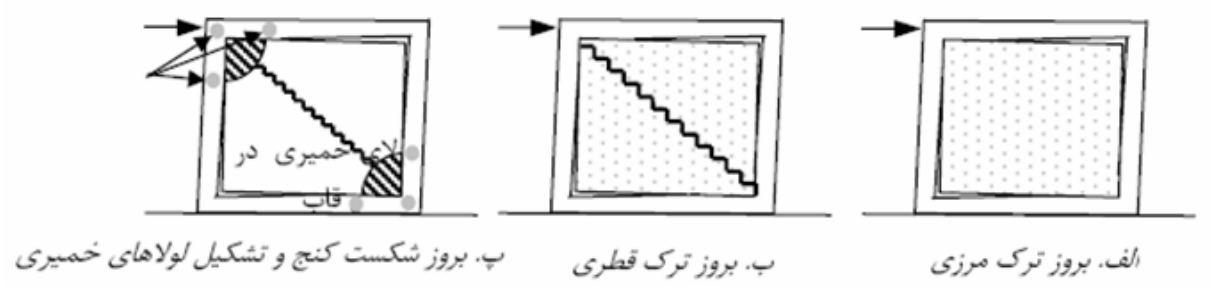


شکل۲-۱۴ قاب مرکب با کنش خرپایی در مقابل نیروهای جانبی مقاومت می کند

باید توجه داشت که اگر چه به سبب صلبیت، اتصال های قاب به شکل ۲-۱۴- الف است اما به سادگی می توان از مدل ۲-۱۴- ب استفاده کرد، زیرا به دلیل کوچکی جابجایی افقی عملاً تغییر شکل خمشی اعضا قابل اغماض است از سوی دیگر وجود قاب سبب می شود که نقطه های A و B نتوانند از هم دور شوند. و در نتیجه جلو ترک کششی دیوار در نقطه A گرفته می شود. پس ملاحظه می شود که وقتی دیوار داخل قاب قرار می گیرد رفتار قاب و دیوار هر دو عوض می شود و بهبود می یابد. به دلیل همین اندرکنش است که خواص قاب میانپر از حالت ساده به مرکب تبدیل شده، بنابراین قاب مرکب نامیده می شود.

۲-۱۱-۴ حالت های شکست[۱]

هنگامی که یک قاب مرکب تحت نیروی جانبی قرار می گیرد، در محدوده ۱۰ تا ۱۵ درصد مقاومت نهایی قاب، بین قاب و میانقاب در کنج های کششی ترک هایی ایجاد می گردد که ترک مرزی نام دارند. بروز ترک مرزی با کاهش سختی سازه همراه است. با افزایش نیرو لحظه ای می رسد که دیوار در امتداد قطر فشاری ترک می خورد و رفتار دیوار که تا اینجا تقریبا خطی بوده، وارد ناحیه غیر خطی می گردد. این ترک معمولا با صدا همراه است و از امتداد درزهای افقی و قائم به طور زیگ-زاگ می گذرد. ترک قطری بیانگر شکست برشی میانقاب است. با افزایش نیرو، تمرکز تنش در کنج میانقاب موجب شکست مصالح شده و در تیر و یا ستون، در نزدیکی کنج، لولای خمیری ایجاد می گردد. این حالت شکست را شکست کنج می خوانند. در این حال سازه هنوز به مقاومت نهایی نرسیده و با افزایش نیرو ترک هایی به موازات ترک قطری ظاهر می گردد و نواحی دیگری از دیوار خرد می شوند تا آنکه قاب مرکب به مقاومت نهایی می رسد و مانند سیستم های ارتجاعی-خمیری وارد ناحیه خمیری می شود. در شکل ۲-۱۵حالت های شکست قاب مرکب و در شکل ۲-۱۶ رفتار کلی قاب مرکب نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۵ حالت های شکست قاب مرکب

شکل ۲-۱۶ نمونه ای از رفتار نیرو- جابجایی یک قاب مرکب

۲-۱۲ مقاومت دیوار کلاف بندی شده (قاب مرکب)

۲-۱۲-۱ مقاومت ترک قطری

برای محاسبه نیرویی که موجب ترک قطری در میانقاب می شود ردینگتن [۳۵] با استفاده از نتایج تحلیل اجزاء محدود، روابط زیر را برای تنش در مرکز میانقاب ارائه نمود.

$$\tau = \frac{1.43H}{l\,t} \qquad \sigma_{\mathrm{n}} = \frac{(0.8h/l - 0.2)H}{l\,t} \qquad \sigma_t = \frac{0.58H}{l\,t} \qquad \text{تنش ها در مرکز میانقاب} \qquad (۵-۲)$$

τ تنش برشی، σ_{y} تنش محوری درجهت قائم و σ_t تنش کششی اوج در مرکز میانقاب است. t, l, h ارتفاع، طول و کلفتی دیوارند و H نیروی افقی وارد به قاب است. برا به دست آوردن مقاومت مجاز نظیر شکست قطری، باید تنش های فوق با مقادیر تنش مجاز آجرچینی مقایسه شوند. آیین نامه CPIII انگلیس تنش کششی مجاز آجرچینی را برای محاسبه خمش برابر۰/۷ (کگ بر سم مربع) توصیه می کند. اگر این مقدار را بجای σ_{n} در رابطه بالا قرار دهیم مقاومت مجاز نظیر شکست قطری ناشی از کشش به دست می آید. اما تجربه نشان می دهد که شکست قطری زمانی ناشی از شکست کششی است که برای ساخت میانقاب از مصالح بسیار اعلا استفاده شده باشد وگرنه برای مصالح معمولی، شکست قطری بیش تر ناشی از

شکست برشی در مصالح است که از ضابطه کولن پیروی می کند. مقدار تنش برشی مجاز در آیین نامه CPIII چنین داده شده است:

$$\tau = 1 + 0.1\sigma_n \le 5 \quad {\rm kg}/{\rm cm}^2 \qquad \text{تنش برشی مجاز در میان قاب} \qquad (۶-۲)$$

با جایگذاری این رابطه در رابطه بالا مقاومت برشی مجاز میانقاب برابر خواهد شد با

$$H_{dc} = \frac{100lt}{14.6 - 1.28\beta} \qquad \text{مقاومت مجاز ترک قطری برشی} \qquad (۷-۲)$$

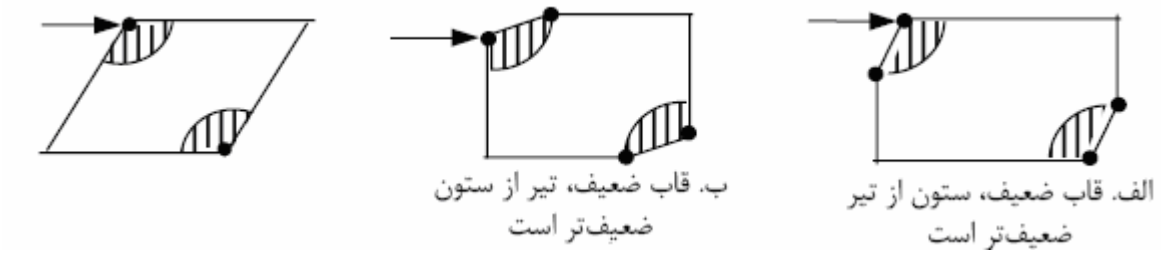
t, l طول و کلفتی دیوار به متر و β برابر h/l یا l/h (هر کدام که کمترند) است. باید دانست که مقاومت واقعی ترک قطری از مقدار مجاز حاصل از رابطه فوق بیش تر است و برای بدست آوردن آن باید بجای تنش برشی مجاز رابطه فوق مقدار تنش برشی نهایی مصالح میانقاب را نهاد که طبق توصیه آیین نامه BS5628 انگلیس برابر است با:

$$\tau_f = 1.5 + 0.6\sigma_n \qquad \text{تنش برشی شکست آجرچینی با ملات ضعیف (کگ بر سم مربع)} \qquad (۸-۲)$$

در صورت استفاده از ملات قوی، تنش چسبندگی τ_0 در رابطه فوق از ۱/۵ به ۳/۵ کگ بر سم مربع افزایش می یابد.

۲-۱۲-۲ مقاومت شکست کنج[۱]

بر اساس تحقیقات لیا [۳۶] مدل هایی برای محاسبه نیرویی که موجب شکست کنج میانقاب می شود، ارائه داده است. اما تحقیقات نشان می دهد که اندرکنش بین قاب و میانقاب توزیع تنش ها را پیچیده ساخته و استفاده از مدل های ارائه شده توسط لیا [۳۶] برای تعیین مقاومت میانقاب صحیح نمی باشد. بلکه بجای آن بهتر است از روش زیر استفاده شود.[۱] در حالت شکست نهایی، کنج میانقاب خرد می شود و بر حسب اینکه تیر قوی تر باشد یا ستون، لولاهای خمیری مانند شکل ۲-۱۷ در قاب ایجاد می گردد.



شکل ۲-۱۷ حالت های شکست کنج در میانقاب ها

برای این حالت های شکست می توان مقاومت میانقاب را مطابق زیر حساب کرد

$$V = mf_c th \qquad (۹-۲)$$

f_c مقاومت فشاری بتن که برابر است با ۰/۸۵f_c در نظر گرفته می شود. h,t کلفتی و ارتفاع میانقاب بوده و m کمترین مقدار حاصل از روابط زیر است.

$$m = \sqrt{\frac{2(M_J + M_c)}{f_c t h^2}} \qquad (۱۰-۲)$$

$$m = \frac{1}{\tan\theta}\sqrt{\frac{2(M_J + M_b)}{f_c t h^2}} \quad , \quad \theta = \tan^{-1}\frac{h}{l} \qquad (۱۱-۲)$$

$$m = \frac{4M_j}{f_c t h^2} + \frac{1}{6} \qquad (۱۲-۲)$$

$$m = \frac{4M_j}{f_c t h^2} + \frac{1}{6\tan^2\theta} \quad , \quad \theta = \tan^{-1}\frac{h}{l} \qquad (۳۱-۲)$$

در این روابط f_c برابر f_c ۰/۸۵، t کلفتی میانقاب، h ارتفاع میانقاب، M_b و M_c لنگر نهایی تیر و ستون و M_j لنگر نهایی اتصال است که برای اتصالات مفصلی برابر صفر و اتصالات گیردار برابر کمترین M_b و M_c اختیار می شود. ملاحظه می شود که مقاومت میانقاب علاوه بر f_c' به مقاومت قاب نیز بستگی دارد و هر قدر قاب قوی تر باشد m و V نیز افزایش می یابند. در رابطه مزبور، تنش مقاوم فشاری f_c برای آجر چینی میانقاب می تواند از طریق آزمایش و یا از مقادیر توصیه شده توسط آیین نامه ها معین گردد. با توجه به نتایج آزمایش روی نمونه های کوچک آجرچینی، مقدار **۵۰** کگ بر سم مربع برای f_c پیشنهاد شده است**[۳۷]** . آیین نامه ۵۱۹ ایران مقدار مجاز تنش فشاری را برابر ۱۲ کگ بر سم مربع توصیه می نماید.

۲-۱۲-۳ مقاومت نهایی[۱]

بعد از شکست کنج، با افزایش نیرو به حالت نهایی شکست می رسیم. در این حالت ترک ها و خردشدگی ها در سرتا سر میانقاب پراکنده می شوند و مقاومت به بیشترین مقدار خود می رسد که آن را V_u می نامیم. پس از اینکه نیرو به V_u

رسید ثابت می ماند و برای اعمال جابجایی بیشتر، نیاز به نیروی اضافی نیست. تا آنجا که مطالعات نشان می دهد روشی برای محاسبه V_u ارائه نشده است و علاوه بر این بسیاری از پژوهشگران از جمله لیا [۳۸] V_u و V را یکی پنداشته اند. لیکن قدر مسلم این است که V_u از V بزرگ تر است.

۲-۱۳ تأثیر بازشوها بر قاب های مرکب

تأثیر بازشوها بر مقاومت و سختی قاب های مرکب به طور مفصل در مرجع [۳۴] مورد بحث قرار گرفته است. پژوهشگران با انجام آزمایش روی نمونه هایی با مقیاس های کوچک تا واقعی و نیز به کارگیری روش اجزاء محدود کوشش کرده اند تا میزان تأثیر بازشوها را روشن سازند. در این قسمت فقط به بیان نتایج این تحقیقات پرداخته شده است.

۲-۱۳-۱ نتیجه گیری در مورد بازشوها[۱]

براساس تحقیقاتی که درباره تاثیر بازشوها بر خواص مکانیکی قاب های مرکب انجام شده است. می توان نتایج زیر را گرفت

۱) موقعیت استقرار بازشو از تأثیر بسزایی برخوردار است، در کنج فشاری بیشترین و در کنج کششی کمترین تأثیر را داراست.

۲) به دلیل متناوب بودن نیروهای زلزله بهتر است بازشو حتی الامکان در وسط قرار گیرد.

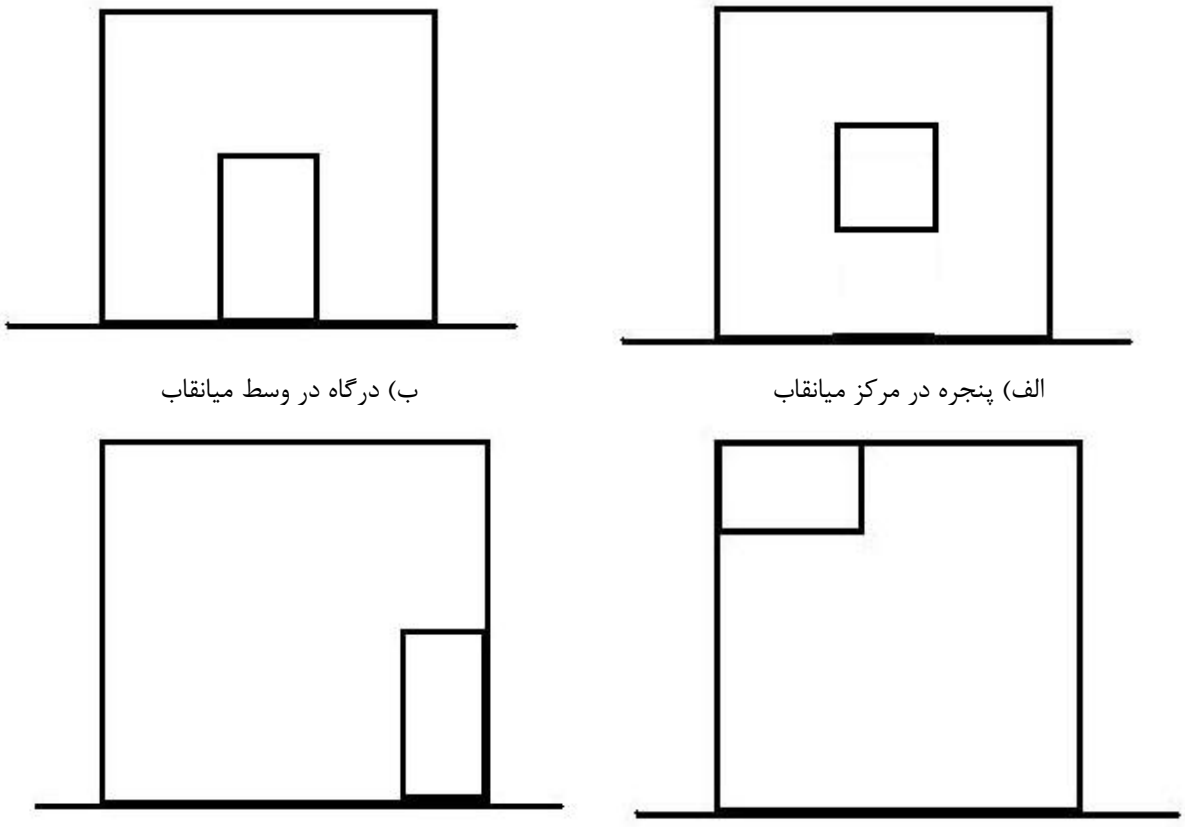
۳) هر قدر سطح بازشو بزرگ تر باشد تأثیر آن بیشتر است.

۴) اگر بازشو در کنج باشد تأثیرش بر سختی بیش از مقاومت است. بر عکس اگر در وسط میانقاب باشد بر سختی تأثیر چندانی ندارد و بیشترین کاهش در مقاومت ترک قطری رخ می دهد و مقاومت نهایی به میزان کمتری تحت تأثیر قرار می گیرد.

۵) وجود اتصال های برشی بین قاب و میانقاب می تواند از شدت تأثیر کاهنده بازشو بکاهد.

۲-۱۳-۲ محاسبه مقاومت و سختی میانقاب های بازشودار

تا آنجا که تحقیقات و جستجو های نگارنده نشان می دهد روشی برای محاسبه میانقاب های بازشودار وجود ندارد. مگر آنچه در [۲۲] آمده است که در آن مقاومت با رابطه هایی تجربی و کاملاً تقریبی تخمین زده می شوند. در این روش چهار نوع بازشو در نظر گرفته می شود که در شکل ۲-۱۸ نشان داده شده است.



الف) پنجره در مرکز میانقاب ب) درگاه در وسط میانقاب

ج) پنجره در کنج میانقاب د) درگاه در کنار میانقاب

شکل۲-۱۸ انواع بازشو

با توجه به نتایجی که در آزمایش های انجام شده روی میانقاب های بازشودار به دست آمده است، رابطه های تجربی- تقریبی زیر پیشنهاد شده است. سعی شده است که این رابطه ها حتی المقدور در جهت اطمینان باشند. ضمناً باید توجه داشت که آن ها ماهیتی تقریبی و سرانگشتی دارند و بی شک می توان با پژوهش های ژرف تر رابطه های دقیق تری را به دست آورد، اما در نبود این رابطه های دقیق استفاده از رابطه های زیر می تواند موجب تسهیل در تحلیل قاب های مرکب شود.

$$V' = (1-C)\ V \qquad (۱۴-۲)$$

V' مقاومت میانقاب با بازشوهای نوع (الف) (ب) است.

$$V' = (1-C)\ V\ /2 \qquad (۱۵-۲)$$

V' مقاومت میانقاب با بازشوهای نوع (ج) (د) است. پارامتر C به مساحت بازشو بستگی دارد و برابر است با:

$$C = \sqrt[4]{A'/A} \qquad (۱۶-۲)$$

V مقاومت قاب مرکب بدون بازشو، A' مساحت بازشو و A مساحت میانقاب است.

۱۴-۲ ضریب رفتار قاب های مرکب

با اضافه کردن سیستم کلاف بندی به ساختمان دیوارهای برشی غیر مسلح در ساختمان های بنایی تبدیل به دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح می شود که در این حالت ضریب رفتار این سازه ها در آیین نامه ۲۸۰۰ برابر ۴ ذکر شده است. در فصل پنجم برای محاسبه میزان برش پایه از این ضریب رفتار استفاده شده است.

فصل سوم

بررسی ضوابط و استانداردهای فنی

۳- ۱ مقدمه

از آنجا که مطالعات آسیب پذیری و بهسازی لرزه ای در ایران کار جدیدی می باشد و آیین نامه های قوی و مختص این کار در کشورمان وجود ندارد، بنابراین از مشکلاتی که وقت بسیار زیادی را در این پروژه به خود اختصاص داده است جمع آوری مراجع فنی کتابخانه ای و اینترنتی و آیین نامه های مهم و مفید در این زمینه می باشد. دراین بخش خلاصه ای از مهم ترین دستورالعمل ها و ضوابط فنی مورد استفاده در این پروژه و قابل استفاده در پروژه های مقاوم سازی مشابه ارائه می گردد.

۳-۲ معرفی آیین نامه ها

آیین نامه های مهم و مفید که برای تهیه چک لیست های ارزیابی لرزه ای و نیز گزینه های مطرح شده در پروژه های مقاوم سازی استفاده می شود در زیر به صورت خلاصه آورده شده است، لازم به ذکر است که فقط از بخش سازه های بنایی غیر مسلح این آیین نامه ها در فصل های آتی استفاده شده است.

۳-۲-۱ آیین نامه FEMA-154 ایالات متحده آمریکا[۸]

روش ارزیابی سریع چشمی موجود در این آیین نامه ماحصل تجارب و بررسی خرابی های زلزله های گذشته در سطح ایالت متحده می باشد در این روش ساختمان بر اساس معیارهای مختلفی از قبیل شدت لرزه خیزی، نوع سازه، نوع خاک، کاربری و ... امتیاز کسب می کند برای این منظور فرم هایی برای مناطق مختلف از نظر خطر لرزه خیزی تهیه شده است. روش مشاهده کیفی سریع ساختمان ها (RVS) برای برداشت اطلاعات و دسته بندی ساختمان هایی که به طور بالقوه از نظر لرزه ای در معرض خطر می باشند تدوین شده است. در این روش ساختمان پس از ارزیابی امتیازی بین ۰ تا ۷ کسب می کند که این امتیاز معرف مقاومت و عملکرد بهتر آن در هنگام زلزله می باشند. ساختمان هایی که امتیاز زیر ۲ کسب نمایند. نیازمند بررسی بیشتر هستند.

به طور کلی در مراحل RVS دو مورد زیر باید کاملا در ساختمان مشخص شود.

۱) سیستم مقاوم در برابر بار جانبی

۲) عواملی که عملکرد لرزه ای این سیستم را در برابر بار جانبی متأثر می سازد.

فرم های جمع آوری اطلاعات FEMA-154 که نمونه ای از آن در شکل ۳-۱ نشان داده شده است، شامل موارد متعددی می باشد که درادامه به آن ها اشاره می شود. این اطلاعات در مورد، آدرس، نام، تعداد طبقات، سال ساخت، ثبت کاربری، نحوه اشغال بنا، تعیین نوع خاک، تعیین و تشخیص خطر سقوط موارد غیر سازه ای تشخیص سیستم مقاوم در برابر

بار جانبی، تعیین امتیاز نهایی، عکسبرداری از ساختمان و... می باشد. هر کدام از این موارد دارای اهمیت ویژه ای است به عنوان مثال ارتفاع ساختمان شاخص مناسبی از میزان خسارتی است که ممکن است در هنگام زلزله به ساختمان وارد شود و اثر دیگر آن تاثیر مستقیم در زمان تناوب طبیعی سازه می باشد.

از دیگر مواردی که می تواند مفید باشد می توان به سطح زیر بنای کل، تهیه کروکی از پلان و موقعیت ساختمان در زمین و فاصله از ساختمان های مجاور، تهیه کروکی از نما و میزان آسیب ها و ترک خوردگی ها اشاره کرد. در این آیین نامه برای تعیین کاربری و نحوه اشغال بنا ۹ گروه عمده کاربری مشخص شده است و تعاریف و تعداد افراد کاربر هر کدام آمده است، محل های اجتماع و گردهمایی- تجاری- خدمات فوریتی- دولتی- تاریخی- صنعتی- اداری- مسکونی- آموزشی از جمله گروه های کاربری می باشند.

در ادامه این آیین نامه، بازدید کننده را مکلف کرده که سیستم مقاوم در برابر بار جانبی را مشخص کند. با این فرض که سازه ساختمان یکی از ۱۵ مورد مشخص شده در ذیل باشد، مراجعه کننده باید آن را تشخیص دهد یا نسبت به حذف گزینه های غیر محتمل اقدام کند. برای هر یک از موارد سازه ای ذکر شده یک امتیاز خطر سازه ای مبنا محاسبه می شود که این امتیاز بر اساس توابع تخمین خسارت و خرابی HAZUS که توسط FEMA ارائه می شود تعیین می گرددو با استفاده از ضرایب اصلاحی این امتیاز اصلاح می شود. انواع سیستم های مقاوم جانبی این آیین نامه عبارتند از:

۱) ساختمان های مسکونی یا تجاری با قاب سبک چوبی کوچکتر یا مساوی با ۴۵۰ متر مربع (W1)

۲) ساختمان های دارای قاب سبک چوبی بزرگ تر از ۴۵۰ متر مربع (W2)

۳) ساختمان های دارای قاب خمشی فولادی (S1)

۴) ساختمان های دارای قاب فولادی مهار بندی شده (S2)

۵) ساختمان های فلزی سبک (S3)

۶) ساختمان های اسکلت فلزی با دیوارهای برشی بتنی درجا (S4)

۷) ساختمان های اسکلت فلزی با دیوارهای پرکننده مصالح بنایی غیر مسلح (S5)

۸) ساختمان های با قاب خمشی بتنی (C1)

۹) ساختمان های بتنی با دیوار برشی (C2

۱۰))ساختمان های اسکلت بتنی با دیوارهای پرکننده مصالح بنایی غیر مسلح (C3)

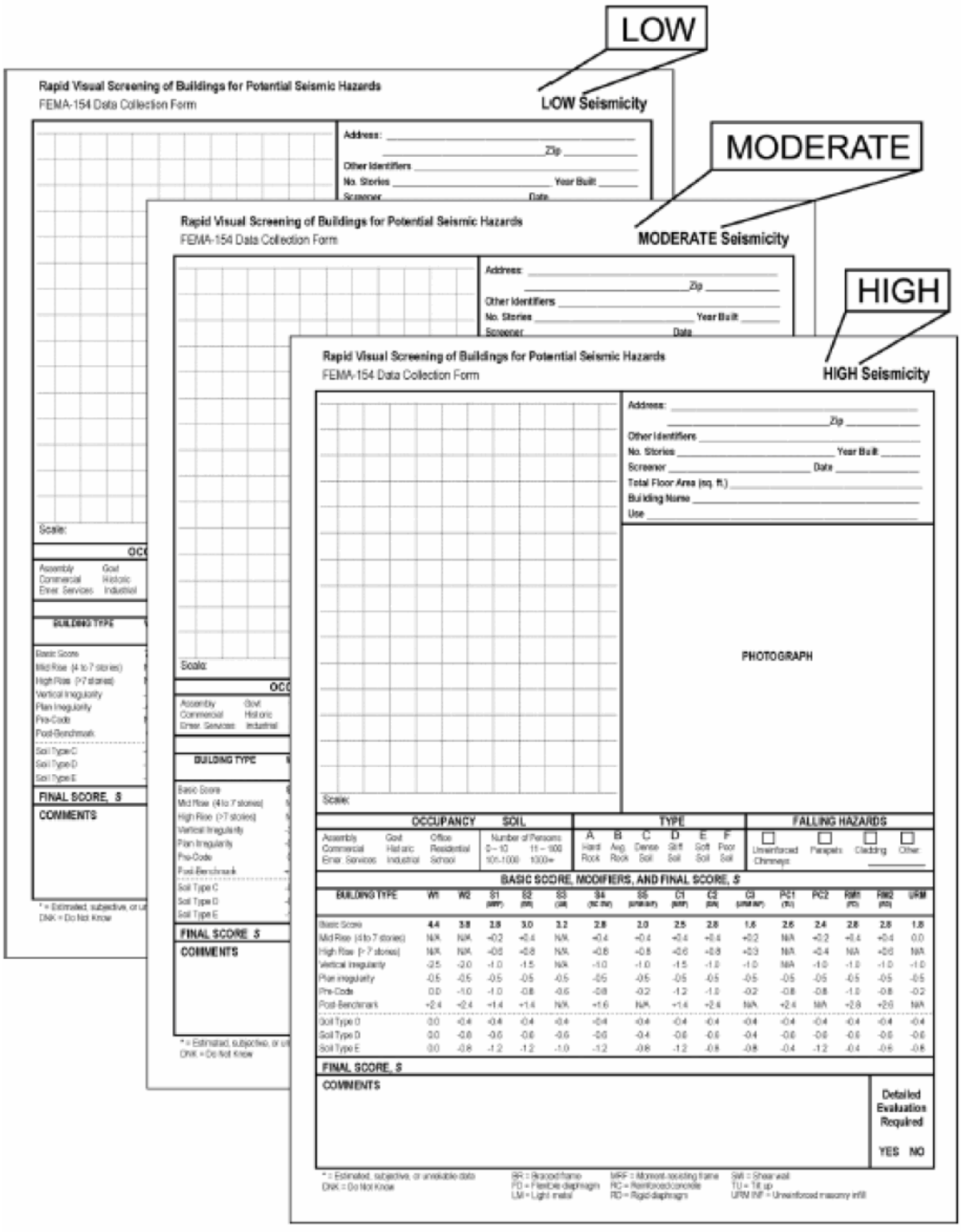
۱۱) ساختمان های پیش ساخته در محل (PC1)

۱۲) ساختمان های بتنی پیش ساخته (PC2)

۱۳) ساختمان های مصالح بنایی مسلح با دیافراگم کف و بام انعطاف پذیر (PM1)

۱۴) ساختمان های مصالح بنایی مسلح با دیافراگم صلب کف و بام (PM2)

۱۵) ساختمان های دیوار باربر مصالح بنایی غیر مسلح (URM) (Unreinforce Masonary)



شکل ۳-۱ فرم های جمع آوری اطلاعات برای سه منطقه با لرزه خیزی کم، متوسط و زیاد

از بخش های مهمی که در فرم ها در نظر گرفته شده است. بخش تعیین خصوصیات عملکرد لزره ای و تعیین ضرایب اصلاحی می باشد. این بخش به عواملی که بر روی عملکرد سازه ای در هنگام زلزله تأثیر بسزایی دارند و اختصاص امتیازهای اصلاحی مربوط به هر یک از این عوامل می پردازد. شدت تأثیر بر روی عملکرد سازه ای با نوع سیستم مقاوم در برابر بار جانبی تغییر می کند بنابراین امتیاز مربوطه با توجه به نوع سیستم اصلاح می گردد. در مواردی که یک خصیصه عملکردی برای یک نوع ساختمان کاربرد ندارد. میزان امتیاز اصلاح کننده با N/A (NO APPLIED) مشخص شده است. خصوصیات مؤثر که در این بخش در نظر گرفته شده است عبارتند از:

۱) نامنظمی در ارتفاع مانند ساختمان هایی که در ارتفاع عقب نشینی دارند یا در کنار تپه بر روی سطح شیبدار بنا شده اند یا ساختمان های با طبقات نرم یا ساختمان هایی که بعضی از دیوارهای آن ها قایم نیستند.

۲) نامنظمی در پلان (ساختمان های با شکل L یا T یا دارای بازشوهای بزرگ)

۳) تشخیص نوع خاک و در نظر گرفتن امتیاز اصلاحی مناسب. (خاک در این آیین نامه از A تا F تقسیم بندی شده است، بطوری که برای خاک F (خاک ضعیف) امتیاز اصلاحی در نظر گرفته نشده است)

۴) طراحی و اجرا قبل از تدوین و اجرایی شدن آیین نامه ها (PRI-CODE)

۵) طراحی و اجرا بعد از آخرین تغییرات آیین نامه های مصوب

بعد از انجام تمامی مراحل فوق برای یک ساختمان معین، امتیاز نهایی ساختمان محاسبه شده و در نهایت در جواب این سؤال که آیا ساختمان به بررسی دقیق تر نیاز دارد یا نه گزینه (بله) یا (خیر) علامت زده می شود. با کاربرد روش RVS امتیاز نهایی سازه (S)، بر مبنای امتیاز خطر سازه ای مبنا و موارد اصلاح کننده تعیین میشود. امتیاز S تخمینی از احتمال تخریب ساختمان در هنگام رخداد یک زمین لرزه مساوی یا بزرگ تر از بزرگ ترین زمین لرزه در نظر گرفته شده می باشد. برای مثال یک امتیاز S=3 نشان دهنده یک شانس در $۱۰^{۳}$ یا ۱۰۰۰ می باشد که ساختمان در چنین زمین لرزه هایی تخریب شود. حدودی از S که برای ما مورد قبول است بستگی زیادی به چالش بین هزینه های ایمن سازی لرزه ای و منافع بهسازی دارد. هزینه های ایمن سازی لرزه ای اولا شامل هزینه های بازبینی و شناسایی تفضیلی صدها یا هزارها ساختمان به منظور شناسایی بخشی از آن ها که ممکن است در یک زلزله خرابی زیادی را متحمل شوند و در ثانی هزینه بهسازی ساختمان هایی که در نهایت نیازمند بهسازی تشخیص داده می شوند. ودر مقابل از مهم ترین منافع بهسازی و ایمن سازی لرزه ای نجات زندگی افراد و جلوگیری از جراحات در اثر کاهش خسارات ساختمان هایی که بهسازی شده اند، خسارات وارده در هنگام زلزله ممکن است جان هزاران نفر را در معرض خطر قرار دهد یا موجب از بین رفتن هزاران نفر و جراحات زیاد شود و بنابراین امر بهسازی یک مسئله ملی تلقی می شود و نیازمند اختصاص بودجه از طرف دولت است.

از آنجا که دستور العمل Fema-154 یک روش ارزیابی سریع ارائه می دهد بنابراین برای اینکه در ارزیابی ها نتایج بهتری به دست بیاید در کنار این دستور العمل بهتر است برای اطمینان از تشخیص صحیح سیستم های سازه ای مقاوم در برابر بار جانبی افراد مجرب در امر طراحی بکار گرفته شود در مواردی که قسمت هایی جدید به سازه اضافه شده است بازدید از داخل ساختمان نیز صورت گیرد. نقشه های چون ساخت به عنوان بخشی از پروژه ارزیابی بررسی شود. اطلاعات خاک قبل از انجام ارزیابی میدانی باز بینی شود.

به طور خلاصه مراحل یک ارزیابی عینی سریع از دیدگاه Fema-154 به صورت زیر می باشد:

- اختصاص بودجه و تخمین هزینه بررسی مقدماتی و تعیین منطقه مورد نظر برای انجام ارزیابی
- انتخاب و بررسی فرم جمع آوری اطلاعات، انتخاب بازدید کنندگان، آموزش آن ها و تعیین شرح وظایف، گرد آوری و بازبینی اطلاعات موجود شامل پرونده ساختمان ها
- ایجاد بانک های اطلاعاتی و نوع خاک برای مناطق شناسایی شده
- در صورت وجود بررسی نقشه های ساختمانی برای تعیین سن، ابعاد، نوع ساخت و نامنظمی ها
- بازدید از ساختمان از کلیه وجوه قابل دسترس
- ترسیم پلان و نما (در صورت دسترسی به داخل بنا نوع ساخت و نامنظمی های در پلان مشخص شود)
- عکسبرداری از ساختمان، کنترل کیفیت اطلاعات و ضبط اطلاعات میدانی

۳-۲-۲ دستورالعمل ATC-20 (Applied Technolgy Council) [۳۹]

دستورالعملATC-20 را می توان راهنمای ارزیابی سریع سطح ایمنی ساختمان های آسیب دیده از زلزله دانست بر اساس این دستورالعمل ساختمان ها به ۳ دسته سالم (رنگ سبز)، ساختمان های ورود محدود (رنگ زرد) و ساختمان های نا امن (رنگ قرمز) تقسیم می شوند. بعد از ارزیابی هر ساختمان در قسمت ورودی آن پلاکاردی نصب مشود و روی آن عواملی را که بواسطه آن ها ساختمان ناامن تشخیص داده شده است، نوشته می شود. ساختمان هایی که دردسته ساختمان های سالم رده بندی می شوند ساختمان هایی هستند که هیچ مشکلی از لحاظ امنیت در آن ها مشاهده نشده است. در دسته دوم ساختمان هایی قرار دارند که از لحاظ ایمنی در شرایط مناسبی قرار ندارند و اصطلاحاً به آن ها ساختمان های ورود محدود گفته می ود. براساس دستورالعملATC-20 ورود به این ساختمان ها فقط برای مالک و فقط برای اهداف ضروری و با

مسئولیت شخص مجاز است. ساختمان های نا امن ساختمایی هستند که امکان فرو ریزش داشته باشند بدین دلیل هر گونه ورود و خروج به ساختمان به غیر از گروه ارزیاب ممنوع می باشد.در جدول ۳-۱ به طور خلاصه تعاریف مربوط به نتایج ارزیابی ساختمان آورده شده است.

جدول ۳-۱ تعاریف نتیجه ارزیابی

نتیجه ارزیابی	رنگ پلاکارد	تعریف
بی خطر	سبز	خطر واضحی در ساختمان وجود ندارد، هر چندکه ممکن است انجام پاره ای تعمیرات لازم باشد، کاهش ظرفیت باربری سازه قابل صرفنظر است. محدودیتی در کاربری وجود ندارد.
مشکوک	زرد	ممکن است خطراتی در ساختمان وجود داشته باشد. ورود به ساختمان فقط در صورت ضرورت و با مسئولیت خود فرد انجام می گیرد، کاربری کامل امکان پذیر نیست، خطر خرابی در پس لرزه های قوی وجود دارد.
خطرناک	قرمز	خطر فرو ریزش در اثرپس لرزه وجود دارد هرگونه ورود به ساختمان بسیار خطرناک است.

در این آیین نامه آمده است که در ساعات یا روزهای پس از زلزله ساختمان های موجود در منطقه زلزله زده تحت ارزیابی سریع اولیه قرار می گیرند و با مشخص شدن ساختمان های مشکوک روی آن ها بازدید چشمی دقیق صورت می گیرد. و چنانچه ارزیابی چشمی دقیق نیز نتواند وضعیت ساختمان را مشخص نماید. لازم است ساختمان مورد نظر تحت بررسی مهندسی قرار گیرد.

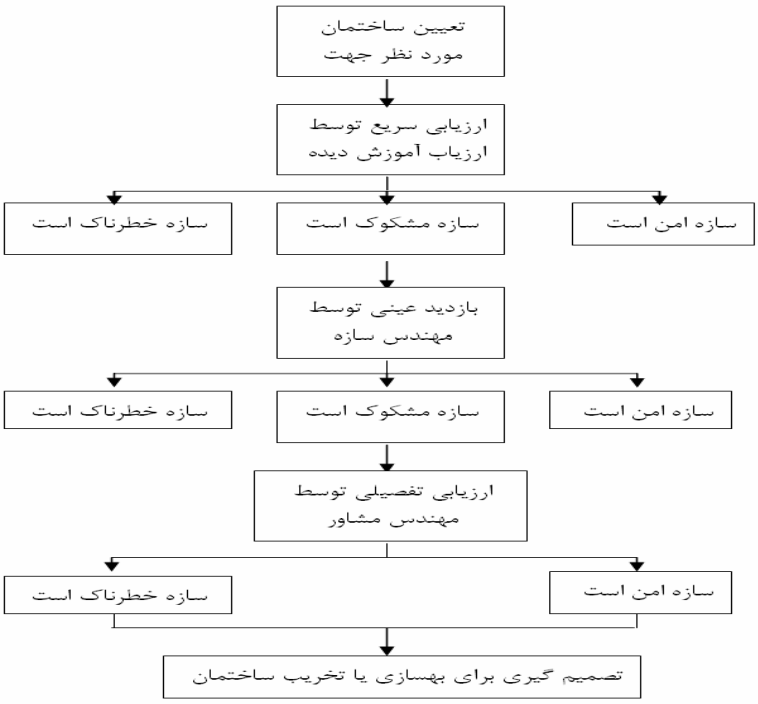
در ادامه آمده است که وضعیت هر ساختمان بررسی شده با نصب پلاکاردهایی با رنگ های گفته شده و تاریخ و ساعت آخرین بازید پس از پس لررزهایی که احتمال به هم زدن وضعیت ارزیابی اولیه را دارند، روی پلاکارد زده می شود. بنابراین در مورد یک ساختمان ممکن است یک یا چند بار ارزیابی سریع انجام شود. از آنجا که این دستور العمل تنها موارد اصلی و محتمل ایجاد کننده خطر را تحت پوشش قرار داده لازم است در مواردی که این دستور العمل سکوت کرده یا مطالب کافی بیان نکرده است، تجربه و قضاوت مهندسی اعضای تیم نتیجه را مشخص نماید.

۳-۲-۲-۱ ارزیابی ساختمان ها بعد از زلزله

یکی از کارهای بسیار مهمی که در راستای بازسازی و بهسازی واحدهای مسکونی باید انجام شود. ارزیابی ایمنی ساختمان هایی است که در معرض زلزله قرار گرفته اند بدین ترتیب که بلافاصله بعد از وقوع زلزله بایستی گروهای آموزش دیده بررسی ساختمان های آسیب دیده را آغاز نمایند، روش که در اکثر دستور العمل ها برای ارزیابی مد نظر قرار می گیرد یک روش ۳ مرحله ای است در مرحله اول یک ارزیابی سریع اولیه توسط افراد آموزش دیده که لزوماً مهندس سازه نمی باشند انجام می گیرد. نتیجه این ارزیابی ساختمان را در یکی از سه رده ی بی خطر، خطرناک و یا مشکوک قرارمی دهد. ساختمان

هایی که نتیجه ارزیابی آن ها مشکوک است. در مرحله دوم توسط مهندس سازه مجدداً مورد بازبینی عینی قرار می گیرند. نتیجه ارزیابی مجدد در مرحله دوم می تواند ساختمان را به هر کدام از وضعیت های ذکر شده تقسیم کند، برای ساختمان هایی که در مرحله دوم مشکوک شناخته شده اند باید ارزیابی تفضیلی صورت گیرد. و با تصمیم مراجع ذیصلاح و مالک در صورت نیاز نسبت به بهسازی آن اقدام شود. نمودار ۳-۲ روند ارزیابی ساختمان پس از زلزله را نشان می دهد.

نمودار۳-۲ روند ارزیابی ساختمان پس از زلزله



۳-۲-۲-۲ روش های ارزیابی ساختمان ها

در این آیین نامه ۳ روش ارزیابی برای ساختمان های آسیب دیده معرفی شده است که از لحاظ زمان ارزیابی و چک لیست ارائه شد از هم متمایز می باشند. این ۳ روش عبارتند از ارزیابی سریع، ارزیابی با جزییات و روش ارزیابی مهندسی. در هر صورت نتایج این ارزیابی ها ساختمان را سالم یا دارای مشکل معرفی می نماید. در شرایطی ساختمان یا منطقه ای که ساختمان در آن واقع شده است دارای مشکل است که یکی از عوامل زیر در آن ساختمان یا منطقه دیده شود.

- تمام یا قسمتی از ساختمان ریزش کرده باشد
- خروج از محوریت کلی یا طبقاتی از ساختمان

- خرابی شدید در اجزای سازه ای
- ترک های شدید در دیوارها
- خرابی در جان پناه یا دیگر قسمت های سازه ای با قابلیت ریزش خرابی در پی ساختمان
- جابجایی های شدید در زمین خطر سقوط دکل های برق، تانکرهای هوایی و درختان مجاور ساختمان

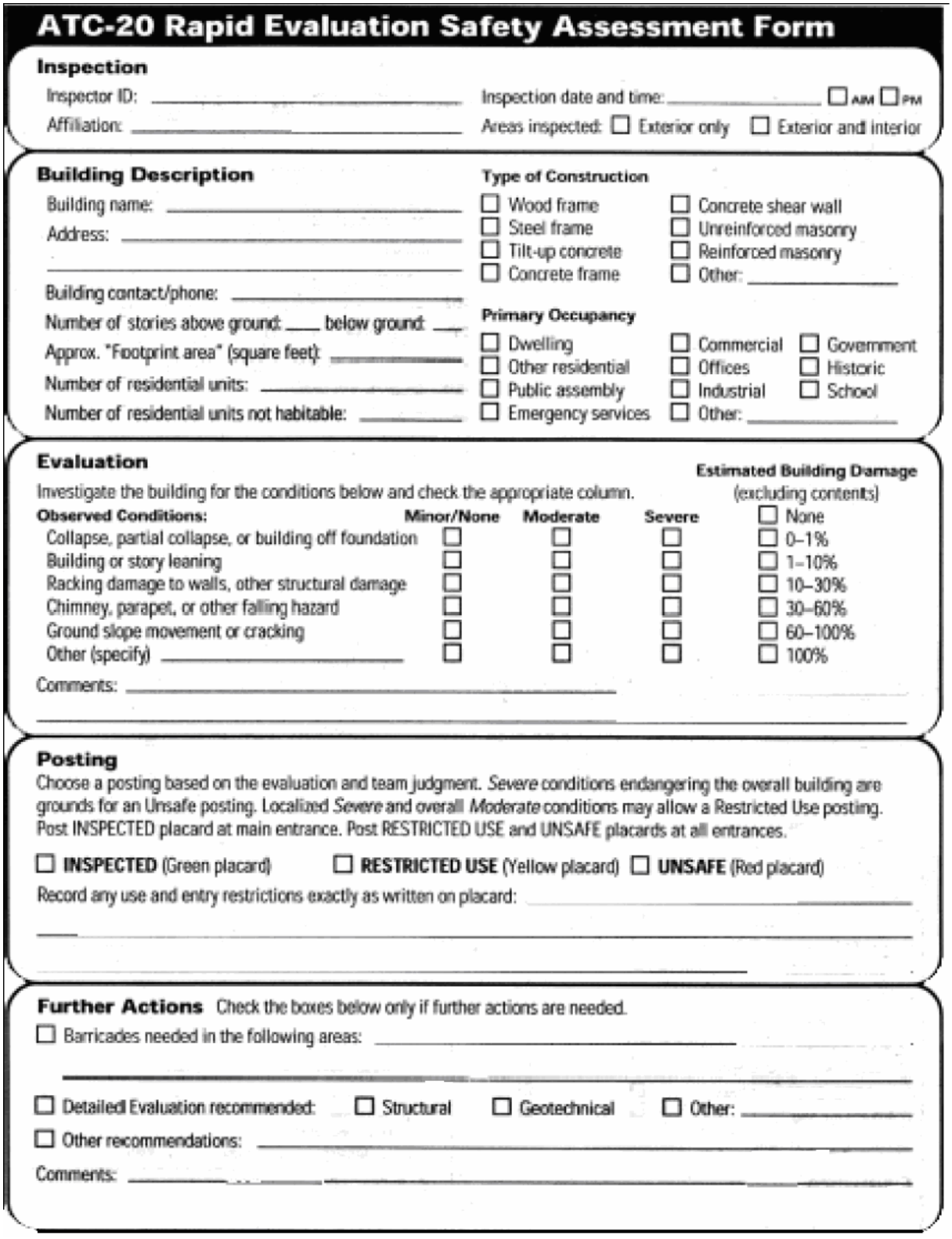
در شکل ۳-۲ بعضی از عواملی که سبب نا امنی می شود آورده شده است.

برای ارزیابی سریع و ارزیابی با جزییات چک لیست هایی ارائه شده است که در قسمت های بعد تا حدودی از آن ها استفاده می شود. از آنجا که در پروژه حاضر فرض بر آن است که ساختمان مورد نظر برای انجام بهسازی انتخاب شده است و در مورد مراحلی که یک ساختمان طی میکند تا در زمره ساختمان های مناسب برای بهسازی قرار می گیرد به طور مفصل بحث نشده است. اگر چه در مورد ساختمان های بنایی ضوابط کمی ارزیابی دقیقی وجود ندارد و این تصمیم گیری بیشتر به نظر مالک، درصد هزینه بهسازی به بازسازی، میزان اهمیت بنا و نظر مهندس سازه بستگی دارد.

شرایط موجود ساختمان	نتیجه ارزیابی	تصویر(جهت درک بهتر معیارها)
تمام یا قسمتی از ساختمان ریزش کرده است	نا امن	
خروج از محوریت کلی یا طبقاتی از ساختمان	نا امن	
خرابی شدید در اجزای سازه ای، ترک های شدید در دیوارها	نا امن	
خرابی در جانپناه یا دیگر قسمت های سازه ای با قابلیت ریزش	منطقه نا امن	
خرابی در پی ساختمان با جابجایی های شدید در زمین	نا امن	
خطر سقوط دکل های برق، تانکرهای هوایی و درختان مجاور ساختمان	نا امن یا منطقه ناامن	

شکل ۳-۲ عواملی که سبب ناامنی می شود

در شکل ۳-۳ یک نمونه از چک لیست های ارزیابی سریع و در شکل ۳-۴ یک نمونه از چک لیست های ارزیابی با جزئیات دستورالعمل ATC-20 آورده شده است.



ATC-20 Rapid Evaluation Safety Assessment Form

Inspection

Inspector ID: _____ Inspection date and time: _____ ☐ AM ☐ PM

Affiliation: _____ Areas inspected: ☐ Exterior only ☐ Exterior and interior

Building Description

Building name: _____

Address: _____

_____

Building contact/phone: _____

Number of stories above ground: ____ below ground: ____

Approx. "Footprint area" (square feet): _____

Number of residential units: _____

Number of residential units not habitable: _____

Type of Construction

☐ Wood frame ☐ Concrete shear wall

☐ Steel frame ☐ Unreinforced masonry

☐ Tilt-up concrete ☐ Reinforced masonry

☐ Concrete frame ☐ Other: _____

Primary Occupancy

☐ Dwelling ☐ Commercial ☐ Government

☐ Other residential ☐ Offices ☐ Historic

☐ Public assembly ☐ Industrial ☐ School

☐ Emergency services ☐ Other: _____

Evaluation

Investigate the building for the conditions below and check the appropriate column.

Observed Conditions:	Minor/None	Moderate	Severe
Collapse, partial collapse, or building off foundation	☐	☐	☐
Building or story leaning	☐	☐	☐
Racking damage to walls, other structural damage	☐	☐	☐
Chimney, parapet, or other falling hazard	☐	☐	☐
Ground slope movement or cracking	☐	☐	☐
Other (specify) _____	☐	☐	☐

Estimated Building Damage (excluding contents)

☐ None

☐ 0–1%

☐ 1–10%

☐ 10–30%

☐ 30–60%

☐ 60–100%

☐ 100%

Comments: _____

_____

Posting

Choose a posting based on the evaluation and team judgment. *Severe* conditions endangering the overall building are grounds for an Unsafe posting. Localized *Severe* and overall *Moderate* conditions may allow a Restricted Use posting. Post INSPECTED placard at main entrance. Post RESTRICTED USE and UNSAFE placards at all entrances.

☐ **INSPECTED** (Green placard) ☐ **RESTRICTED USE** (Yellow placard) ☐ **UNSAFE** (Red placard)

Record any use and entry restrictions exactly as written on placard: _____

_____

_____

Further Actions Check the boxes below only if further actions are needed.

☐ Barricades needed in the following areas: _____

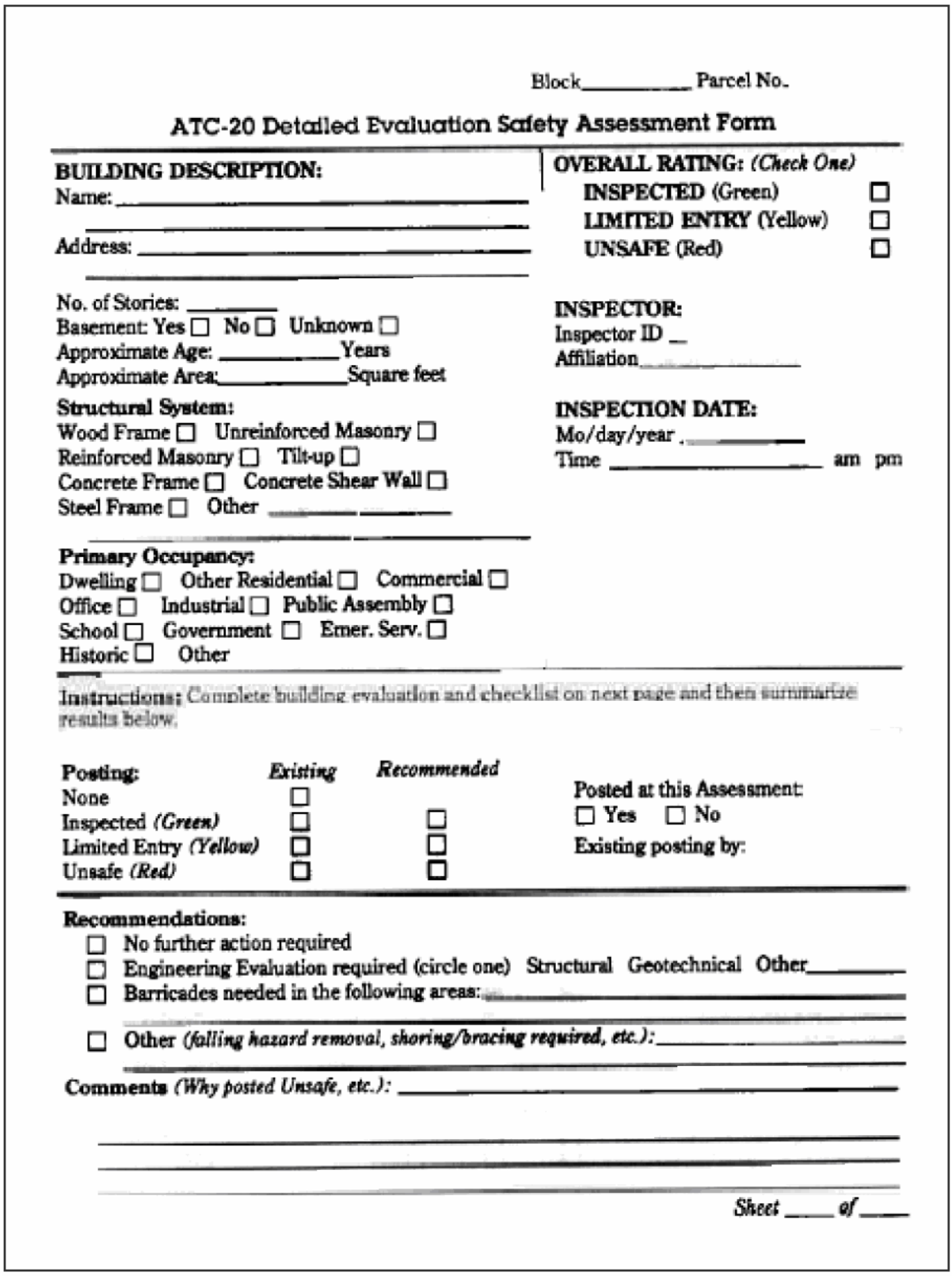
_____

☐ Detailed Evaluation recommended: ☐ Structural ☐ Geotechnical ☐ Other: _____

☐ Other recommendations: _____

Comments: _____

شکل ۳-۳ نمونه ای از چک لیست های ارزیابی سریع دستورالعملATC-20



Block_____ Parcel No.

ATC-20 Detailed Evaluation Safety Assessment Form

BUILDING DESCRIPTION:
Name: _____
Address: _____

No. of Stories: _____
Basement: Yes ☐ No ☐ Unknown ☐
Approximate Age: _____Years
Approximate Area:_____Square feet

Structural System:
Wood Frame ☐ Unreinforced Masonry ☐
Reinforced Masonry ☐ Tilt-up ☐
Concrete Frame ☐ Concrete Shear Wall ☐
Steel Frame ☐ Other _____

Primary Occupancy:
Dwelling ☐ Other Residential ☐ Commercial ☐
Office ☐ Industrial ☐ Public Assembly ☐
School ☐ Government ☐ Emer. Serv. ☐
Historic ☐ Other

OVERALL RATING: *(Check One)*
INSPECTED (Green) ☐
LIMITED ENTRY (Yellow) ☐
UNSAFE (Red) ☐

INSPECTOR:
Inspector ID _
Affiliation_____

INSPECTION DATE:
Mo/day/year _____
Time _____ am pm

Instructions: Complete building evaluation and checklist on next page and then summarize results below.

Posting:	*Existing*	*Recommended*
None	☐	
Inspected *(Green)*	☐	☐
Limited Entry *(Yellow)*	☐	☐
Unsafe *(Red)*	☐	☐

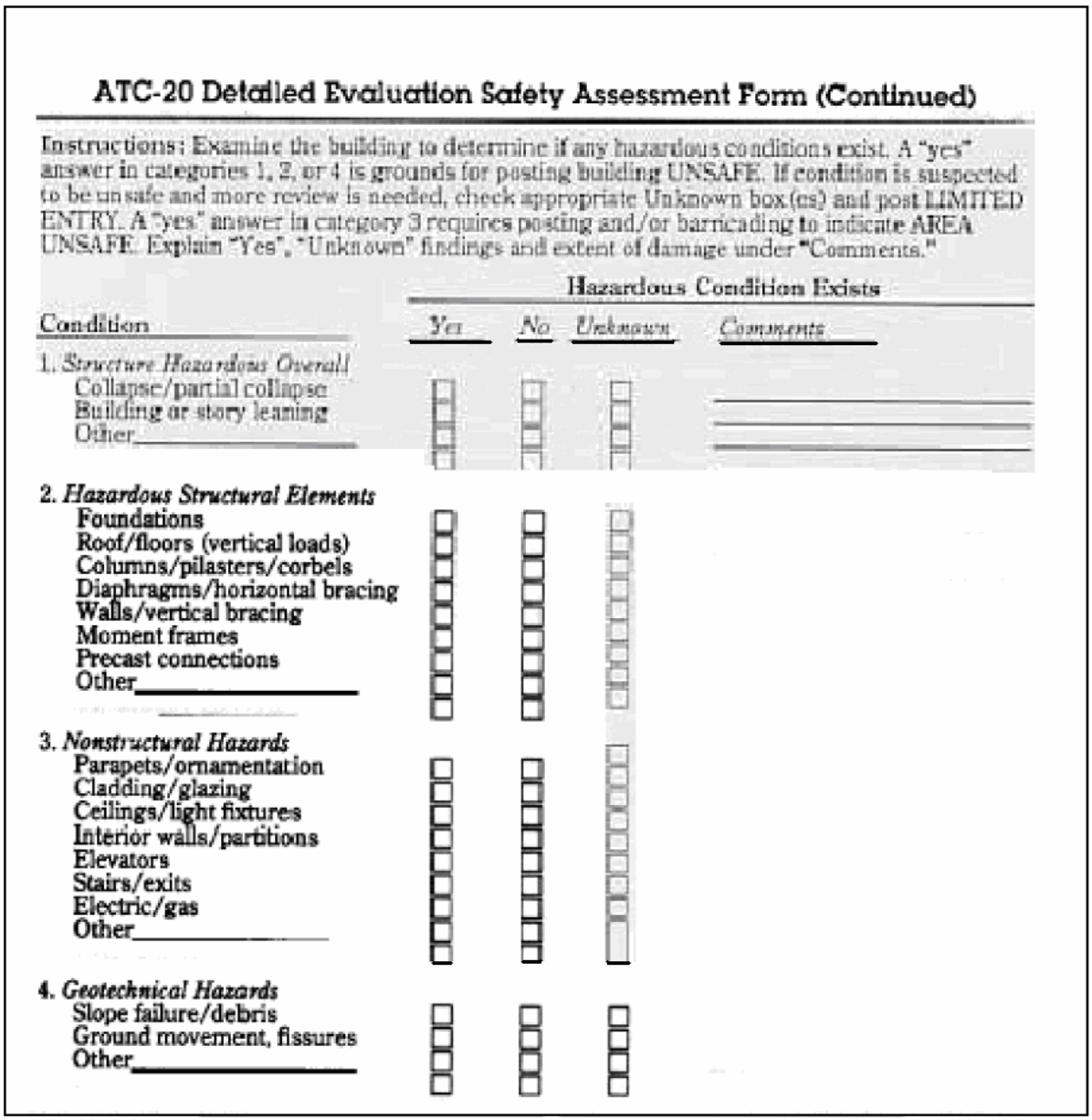
Posted at this Assessment:
☐ Yes ☐ No
Existing posting by:

Recommendations:
☐ No further action required
☐ Engineering Evaluation required (circle one) Structural Geotechnical Other_____
☐ Barricades needed in the following areas: _____
☐ Other *(falling hazard removal, shoring/bracing required, etc.):* _____

Comments *(Why posted Unsafe, etc.):* _____

Sheet ____ of ____

ادامه شکل ۳-۳ نمونه ای از چک لیست های ارزیابی سریع دستورالعملATC-20



ATC-20 Detailed Evaluation Safety Assessment Form (Continued)

Instructions: Examine the building to determine if any hazardous conditions exist. A "yes" answer in categories 1, 2, or 4 is grounds for posting building UNSAFE. If condition is suspected to be unsafe and more review is needed, check appropriate Unknown box(es) and post LIMITED ENTRY. A "yes" answer in category 3 requires posting and/or barricading to indicate AREA UNSAFE. Explain "Yes", "Unknown" findings and extent of damage under "Comments."

Condition	Hazardous Condition Exists: Yes	No	Unknown	Comments
1. *Structure Hazardous Overall*				
Collapse/partial collapse	☐	☐	☐	
Building or story leaning	☐	☐	☐	
Other_____	☐	☐	☐	
2. *Hazardous Structural Elements*				
Foundations	☐	☐	☐	
Roof/floors (vertical loads)	☐	☐	☐	
Columns/pilasters/corbels	☐	☐	☐	
Diaphragms/horizontal bracing	☐	☐	☐	
Walls/vertical bracing	☐	☐	☐	
Moment frames	☐	☐	☐	
Precast connections	☐	☐	☐	
Other_____	☐	☐	☐	
3. *Nonstructural Hazards*				
Parapets/ornamentation	☐	☐	☐	
Cladding/glazing	☐	☐	☐	
Ceilings/light fixtures	☐	☐	☐	
Interior walls/partitions	☐	☐	☐	
Elevators	☐	☐	☐	
Stairs/exits	☐	☐	☐	
Electric/gas	☐	☐	☐	
Other_____	☐	☐	☐	
4. *Geotechnical Hazards*				
Slope failure/debris	☐	☐	☐	
Ground movement, fissures	☐	☐	☐	
Other_____	☐	☐	☐	

شکل ۳-۴ نمونه ای از چک لیست های ارزیابی با جزئیات دستورالعملATC-20

۳-۲-۳ مجموعه (306-307-308) FEMA [۴] و [۵]و[۶]

بر اثر دو زلزله ویران کننده کالیفرنیا در سال های ۱۹۸۹ (لوماپریتا)[1] و ۱۹۹۴ (نورتریج)[2] بسیاری از ساختمان ها با دیوارهای بتنی یا با مصالح بنایی توسط بنیاد امداد سوانح فدرال آمریکا[3] تحت تعمیر قرار گرفت. این تعمیرات که بر اساس

1- Loma Prieta

2- Northridge

3- Federal disaster assistance funding

معیاری ناهماهنگ انجام شدند دارای جزییات متناقض بودند. بنابراین نیاز وجود دستور العمل بهسازی و تعمیر ساختمان ها با دیوارهای بتنی یا با مصالح بنایی احساس شد. برای کمک به حل این ناهماهنگی ها سازمان مدیریت بحران فدرال[1] (FEMA) پروژه ای (پروژه ATC-43) را با هدف ارزیابی و تعمیر خرابی های ساختمان های بتنی و با مصالح بنایی در سال ۱۹۹۶ شروع کرد. نتایج این پروژه در قالب ۳ گزارش ارائه شده است، که این گزارش ها مجموعه (FEMA 306-307-308) را تشکیل می دهند. FEMA 306 [۴] و FEMA 307 [۵] برای ارزیابی ساختمان ها و FEMA 308 [۶] به عنوان راهنمای بهسازی می باشد.

۳-۲-۳-۱ ارزیابی ساختمان طبق دستورالعمل FEMA (306 –307 –308)

روند کلی ارزیابی در این دستورالعمل مانند دستورالعمل های دیگر ارزیابی می باشد. با این تفاوت که جنبه تئوری در این دستورالعمل بیشتر است. مطالب موجود در این دستورالعمل را می توان به دو بخش عمده دسته بندی کرد.

۱) بخش تحقیقاتی: این بخش شامل گردآوری اطلاعاتی در مورد زلزله، شناسایی اجزای ساختمان، تهیه اسناد خرابی و دسته بندی خرابی اجزا می باشد که نتیجه این بخش نسبت دادن نوعی از خرابی ها به اجرای سازه ای و غیر سازه ای می باشد و بخش ارزیابی بعد از اتمام این بخش شروع می شود. (جمع آوری اطلاعات بیشتر و بازبینی یافته ها و فرضیات جهت برقرار کردن رابطه منطقی بین طبقه بندی های صورت گرفته برای خرابی ها و مشاهدات موجود از وضعیت ساختمان)

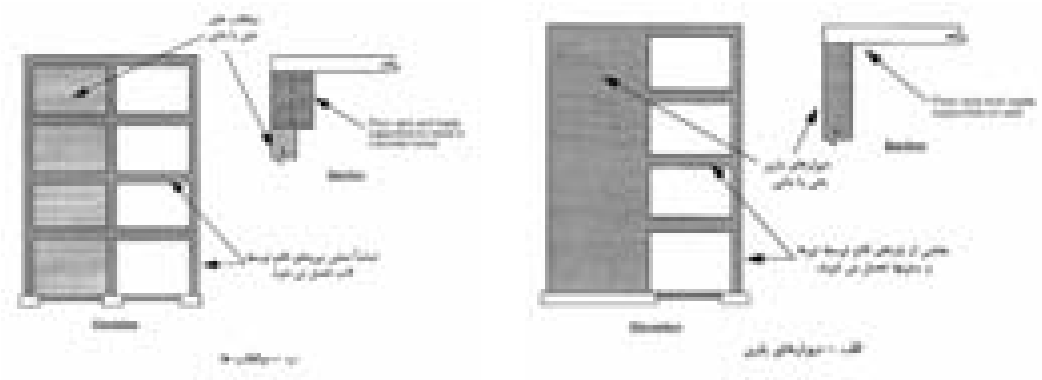
۲) بخش ارزیابی: مواردی که در ارزیابی ساختمان ها بایستی به آن ها توجه کرد. طبق مطالب موجود در این دستورالعمل در زیر لیست شده است.

a. جمع آوری اطلاعات خصوصیات خرابی حاصل از جابجایی و تکان خوردن زمین محل ساختمان
b. بدست آوردن خصوصیات فیزیکی و طبیعی ساختمان از قبیل وزن، هندسه ساختمان
c. شناسایی اجزای سازه ای و مقاوم در برابر بارهای جانبی ساختمان
d. مشخص کردن خصوصیات سازه ای قسمت های مختلف ساختمان با جزییات کافی جهت تحلیل
e. ثبت خرابی برای اعضا
f. مجزا کردن خرابی های ناشی از زلزله از خرابی های پیشین

1- Federal Emergency Management Agency

برای برآورد کردن ساختمان بر اساس این دستورالعمل ابتدا گروهی تشکیل می شود تا وضعیت موجود ساختمان را برداشت نمایند. این کار به وسیله پر کردن چک لیست و گرفتن عکس صورت می گیرد. ساختمان هایی که در این آیین نامه مورد بررسی قرار می گیرند شامل ساختمان های بتنی، بنایی مسلح[1] ، بنایی غیر مسلح[2] و میانقاب ها[3] می باشند. در ادامه خصوصیات ساختمان های بتنی و بنایی و همچنین آسیب های وارده به این ساختمان ها در اثر زلزله و روش های ارزیابی این آسیب ها و در نهایت ترمیم خرابی ها خواهد آمد.

در این دستورالعمل آمده است ساختمان های بتنی و بنایی به دو روش اصلی نیرو را از بام سقف ها به کف و پی منتقل می کنند. دیوارهای بار بر که می توانند بتنی مسلح یا غیر مسلح و یا از مصالح بنایی باشند و میانقاب ها. تفاوت میانقاب ها با دیوارهای حمال در این است که برای میانقاب ها همیشه یک قاب فلزی یا بتنی متشکل از تیرو ستون وجود دارد که میانقاب برای تحمل بار جانبی درون این قاب قرار می گیرد. در شکل ۳-۵ انواع اجزا مقاوم در برابر بارها در ساختمان های بتنی و بنایی نشان داده شده است.



شکل ۳-۵ اجزاء مقاوم در برابر بار جانبی در ساختمان های بتنی و بنایی

در آیین نامه FEMA 306 آزمایشات ارزیابی آسیب در قالب دو دسته آزمایشات بدون تخریب و مخرب تقسیم بندی شده اند که در جدول ۳-۳ آمده است.

1- Reinforced Masonary
2- Unreinforced Masonary
3- Infilled Frames

جدول ۳-۳ آزمایشات ارزیابی بر اساس آیین نامه FEMA 306

Structural Or Material Property	Material			Test ID (Section 3.8)	Test Type
	Reinf. Conc.	Reinf. Mas.	URM		
Crack Location and Size	✓	✓	✓	NDE 1	Visual observation
Spall Location and Size	✓	✓	✓	NDE 1	Visual observation
	✓	✓	✓	NDE 2	Sounding
Location of Interior Cracks or Delaminations	✓	✓	✓	NDE 6	Impact echo
	✓			NDE 7	Spectral Analysis of Surface Waves
	✓	✓	✓	IT 1	Selective removal
Reinforcing Bar Buckling or Fracturing	✓	✓		NDE 1	Visual observation
	✓	✓		IT 1	Selective removal
Relative Age of Cracks	✓	✓	✓	IT 2	Petrography
Relative Compressive Strength	✓	✓	✓	NDE 3	Rebound hammer
Compressive Strength	✓	✓	✓	IT 3	Material extraction and testing
Reinforcing Bar Location and Size	✓	✓		NDE 4	Rebar detector
	✓	✓		NDE 8	Radiography
	✓	✓		NDE 9	Penetrating radar
	✓	✓		IT 1	Selective removal
Strength of Reinforcing Bar	✓	✓		IT 3	Material extraction and testing
Wall Thickness	✓	✓	✓	NDE 1	Visual observation
	✓	✓	✓	NDE 6	Impact echo
	✓	✓	✓	IT 1	Selective removal
Presence of Grout in Masonry Cells		✓	✓	NDE 2	Sounding
		✓	✓	NDE 6	Impact echo
		✓	✓	NDE 7	Spectral Analysis of Surface Waves
		✓	✓	IT 1	Selective removal
Strength of Masonry		✓	✓	IT 3	Material extraction and testing
			✓	IT 4, 5	In situ testing
Mortar Properties		✓	✓	IT 2	Petrography
			✓	IT 4, 5	In situ testing

۳-۲-۳-۲ ترمیم المان های آسیب دیده از زلزله طبق دستور العمل FEMA (306 –307 –308)

این دستورالعمل را می توان راهنمای تعمیر خرابی های حاصل از زلزله برای ساختمان های بتنی یا با مصالح بنایی دانست. هدف از این دستورالعمل تهیه راهنمایی برای تعمیر و بهسازی ساختمان هایی است که دارای سیستم های اولیه مقاوم در برابر نیروهای جانبی از قبیل دیوارهای بار بر بتنی، دیوارهای بار بر بنایی و میانقاب ها می باشند. از جمله راهکارهای ارائه شده در این دستور العمل می توان به ترمیم پوشش سطحی به همراه تزریق دوغاب، جایگزینی آجرهای آسیب دیده و بخیه دوزی ترک ها با پین و میلگرد به عنوان راهکار ترمیم و تقویت پاشنه و پنجه دیوار با اجرای پوشش بتن مسلح همراه با شناژ پای دیوار، تقویت دیوار با اجرای پوشش بتن مسلح یک طرفه یا دو طرفه و جایگزینی دیوار با دیوار جدید به عنوان راهکار ترمیم در ترکیب با افزایش سطح عملکرد دیوارها اشاره کرد.

۳-۲-۳-۴ روش های ترمیمی ارائه شده در دستورالعمل FEMA 308 [۶]

روش های بهسازی و اهداف آن ها برای ساختمان های بنایی و بتنی در ۳ گروه اصلی مورد بررسی قرار می گیرد.

۱) تعمیرات سطحی که هدف از آن ها بهبود وضعیت ظاهری اجزاء می باشد. این تعمیرات می تواند شامل بتونه و رنگ کاری و پوشاندن ظاهری ترک ها باشد.

۲) تعمیرات سازه ای که هدف از آن ها بازگرداندن خصوصیات سازه ای اجزاء می باشد. از جمله این تعمیرات می توان به تزریق ملات در ترک ها یا جایگزینی آرماتورها را نام برد.

۳) تقویت سازه ای با حذف اجزاء آسیب دیده و جایگزینی آن ها با اجزاء جدید، اضافه کردن اجزاء سازه ای به ساختمان و روش های دیگر که در جدول زیر آمده است صورت می گیرد.

جدول ۳-۴ به اختصار نوع و موارد کاربرد روش های ترمیم را برای انواع ساختمان های مورد بررسی نشان می دهد.

جدول ۳-۴روش های ترمیم و محدوده کاربرد

شرح ترمیم	نوع مصالح			کد ترمیم	نوع ترمیم
	بتني مسلح	*بنایی مسلح*	بنايي غير مسلح		
تعمیرات تزیینی			■	CR1	پوشش سطحی
		■		CR2 , S-01	بند کشی مجدد
	■			CR3	پر کردن ترک با اپوکسی
تعمیرات سازه ای	■			SR1	تزریق اپوکسی به ترک
	■	■		SR2	تزریق گروت به ترک ها
	■			SR3	ترمیم پکیدگی
	■			SR4	جایگزینی آرماتور ها
	■	■	■	SR5	جایگزینی دیوار ها
تقویت سازه ای	■	■	■	SE1	روکش بتنی مسلح
	■	■	■	SE2	فیبرهای کامپوزیت
	■	■	■	SE3 , S-04	بخیه ترک

۳-۳ جمع بندی

تا این مرحله با بررسی سه آیین نامه معتبر در زمینه بهسازی مطالب زیر به طور خلاصه از این بررسی ها استنتاج می شود.

۱- قبل از اینکه ساختمان ها در معرض زلزله قرار بگیرند می بایست با انجام مطالعات آسیب پذیری و جمع آوری اطلاعاتی در مورد ساختمان ها (انواع آن ها) میزان صدمات و خسارات وارده در یک زلزله احتمالی بررسی می شود و با توجه به چالش هزینه های اقتصادی در نظر گرفته شده بخشی از این ساختمان ها که معیارها و ضوابط در نظر گرفته شده را برآورده نمی کنند نیازمند بهسازی تشخیص داده شده و برای کاهش صدمات جانی و مالی مورد بهسازی قرار می گیرند. (FEMA-158)

۲- یکی از مسایلی بسیار مهم بعد از زلزله تعیین درجه امنیت ساختمان هایی که در معرض زلزله قرار گرفته اند می باشد. به طوری که نیروهای متخصص و آموزش دیده می بایست همراه با نیروهای امدادی این کار را انجام دهند و وضعیت ساختمان ها را با نصب علائم مخصوص که روی آن ها علت تشخیص نیز ذکر شده است مشخص نمایند. در صورت وقوع پس لرزه این کار مجددا تکرار شود و تاریخ وساعت بازدید نیز روی علائم هشدار دهنده که معمولا با رنگ های مختلفی هستند نوشته شود. در صورتی که در مرحله اول سازه مشکوک باشد، ارزیابی دقیق تر توسط اکیپ متخصص انجام شده و در نهایت سازه را امن یا خطرناک تشخیص می دهند، و بعد از آن نسبت به تخریب یا بهسازی آن تصمیم گیری می شود. (دستورالعملATC-20)

۳- در جریان زلزله اجزای سازه ای و غیر سازه ای ساختمان متحمل تنش هایی می شوند که به علت ترد و شکننده بودن اجزای سازه ای مخصوصا در دیوارهای باربر و میانقاب ها بیشترین آسیب به این اجزا وارد می شود و این آسیب ها به صورت ترک هایی در دیوارها نمود پیدا می کند و موجب کاهش سختی و مقاومت آن ها می شود. بنابراین می بایست با انجام آزمایش هایی روی این دیوارها و مشخص کردن رده خرابی در آن ها، ضرائب کاهش سختی و مقاومت مناسب برای آن ها اتخاذ نمود و در تحلیل های آسیب پذیری بکار برد. در ضمن راهکارهای ترمیمی مناسبی نیز برای آن ها اتخاذ شده و در جریان بهسازی برای بازیافت کامل یا جزیی عملکرد آن ها اجرا می شوند. (دستورالعمل های FEMA-306-307-308)

در ادامه به بررسی دستورالعمل های مقاوم سازی پرداخته می شود.

۳-۴ دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود (دفتر تدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه ریزی)

در خرداد ماه ۱۳۸۱ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور با همکاری پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله اولین ویرایش دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود را منتشر کرد. این دستور العمل در حقیقت اولین و تنها آیین نامه ملی موجود در زمینه ارزیابی آسیب پذیری و بهسازی لرزه ای ساختمان ها می باشد. البته بخش های عمده این آیین نامه ترجمه پیش نویس آیین نامه FEMA356 تحت عنوان « Pre standard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings » می باشد که با توجه به شرایط و آیین نامه های داخلی تا حد امکان بومی شده است. بدیهی است که در صورت انجام ارزیابی آسیب پذیری تفصیلی و ارائه طرح بهسازی برای یک ساختمان استفاده از این دستور العمل به عنوان تنها دستور العمل داخلی توصیه می شود. از آنجا که این دستور العمل به زبان فارسی بوده و برای تمامی کاربران قابل استفاده است در این بخش به یک سری توضیحات

کلی در زمینه استفاده از این دستور العمل اکتفا می گردد و بدنبال آن کلیه ضوابط این دستورالعمل در مورد ساختمان های بنایی مورد بررسی مفصل قرار می گیرد.

۳-۴-۱ بررسی کلی دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود

مطابق ضوابط این دستور العمل ابتدا وضعیت آسیب پذیری ساختمان در سطح عملکرد مورد نظر بررسی شده و سپس راهکارهای بهسازی لرزه ای برای بهبود عملکرد ساختمان ها هنگام زلزله تا رسیدن به سطح عملکرد مورد نظر ارائه می گردد. جهت آغاز کار طبق این دستور العمل ابتدا ویژگی های ساختمان شامل مشخصات اجزای سازه ای و غیر سازه ای آن و ویژگی های زمین ساختی منطقه و ... جمع آوری و تهیه می گردد. تعیین هدف بهسازی به عنوان دومین مرحله شناخته می شود. در این مرحله می بایست یکی از سطوح عملکرد مطابق بخش ۱ تحت خطر زلزله معین بر اساس بخش ۱ دستور العمل تعیین گردد. هدف بهسازی بر اساس یکی از موارد ذیل تعیین می گردد.

بهسازی مبنا: در بهسازی مبنا انتظار می رود که تحت زلزله سطح خطر ۱ ایمنی جانی ساکنین تأمین گردد.

بهسازی مطلوب: در بهسازی مطلوب انتظار می رود که هدف بهسازی مبنا تأمین گشته و علاوه بر آن تحت زلزله سطح خطر ۲ ساختمان فرو نریزد.

بهسازی ویژه: در بهسازی ویژه نسبت به بهسازی مطلوب عملکرد بالاتری برای ساختمان مد نظر قرار می گیرد. بدین منظور سطح عملکرد بالاتری برای ساختمان تحت همان سطوح خطر زلزله مورد استفاده در بهسازی مطلوب در نظر گرفته شده یا با حفظ سطح عملکرد مشابه با بهسازی مطلوب سطوح خطر زلزله بالاتری در نظر گرفته می شود.

بهسازی محدود: در بهسازی محدود عملکرد پایین تری از بهسازی مبنا در نظر گرفته می شود به گونه ای که حداقل یکی از اهداف زیر بر آورده شود.

۱) تحت زلزله خفیف تر از زلزله سطح خطر ۱ (در ادامه توضیح داده شده) ایمنی جانی ساکنین تأمین گردد.

۲) تحت زلزله ای برابر یا خفیف تر از سطح خطر۱ سطوح عملکرد تأمین می گردد.

بهسازی موضعی: بهسازی موضعی بخشی از یک طرح بهسازی کلی می باشد که به دلایلی در شرایط موجود فقط بخشی از آن اجرا می شود. این حالت بهسازی کلی می باشد که به دلایلی در شرایط موجود فقط بخشی از آن اجرا می شود. در این حالت بهسازی باید به گونه ای پیش بینی و اجرا گردد که هدف بهسازی بخش های دیگر در مراحل بعدی بر آورده گردد.

سطوح عملکرد ساختمان در دو بخش اجزاء سازه ای و غیر سازه ای مورد بررسی قرار می گیرند. که برای اجزای سازه ای یک شماره (عدد) و برای اجزای غیر سازه ای یک حرف به عنوان نماد معرفی می گردد.

سطوح عملکرد اجزای سازه ای شامل چهار سطح عملکرد اصلی و دو سطح عملکرد میانی است.

الف- سطح عملکرد ۱: قابلیت استفاده بی وقفه

ب- سطح عملکرد ۳: ایمنی جانی

ج- سطح عملکرد ۵: آستانه فرو ریزش

د- سطح عملکرد ۶: لحاظ نشده

سطوح عملکرد میانی عبارتند از:

هـ – سطح عملکرد ۲: خرابی محدود

و- سطح عملکرد ۴: ایمنی جانی محدود

- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه به سطح عملکردی اطلاق می گردد که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله مقاومت و سختی اجزای سازه تغییر قابل توجهی پیدا نکند و استفاده بی وقفه از آن ممکن باشد.
- در سطح عملکرد خرابی محدود پیش بینی می شود در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه به میزان محدود ایجاد می گردد به گونه ای که پس از زلزله با انجام مرمت بخش های آسیب دیده ادامه بهره برداری از ساختمان میسر باشد.
- در سطح عملکرد ایمنی جانی پیش بینی می شود که در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه ایجاد می شود اما میزان خرابی ها به اندازه ای نباشد که منجر به خسارت جانی گردد.
- سطح عملکرد ایمنی جانی محدود به سطح عملکردی اطلاق می گردد که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه ایجاد شود، اما میزان خرابی ها به اندازه ای باشد که خسارت جانی حداقل گردد.
- در سطح عملکرد آستانه فرو ریزش پیش بینی می شود که در اثر وقوع زلزله خرابی گسترده در سازه ایجاد گردد اما ساختمان فرو نریزد و تلفات جانی به حداقل برسد.

چنانچه سطح عملکرد خاص برای اجزای سازه انتخاب نگردد سطح عملکرد اجزای سازه ای را لحاظ نشده می نامند.

۵ سطح برای اجزای غیر سازه ای در نظر گرفته می شود.

- سطح عملکرد A : خدمت رسانی بی وقفه
- سطح عملکرد B : قابلیت استفاده بی وقفه

- سطح عملکرد C : ایمنی جانی
- سطح عملکرد D: ایمنی جانی محدود
- سطح عملکرد E: لحاظ نشده

سطوح عملکرد بر اساس عملکرد اجزای سازه ای و غیر سازه ای تعریف می شود. به عنوان مثال سطح عملکرد (۱- A) برای یک نمونه ساختمان به معنای آن است که اجزای سازه ای آن دارای سطح عملکرد ۱ (قابلیت استفاده بی وقفه) و اجزای غیر سازه ای آن دارای سطح عملکرد A (خدمت رسانی بی وقفه) می باشند.

پس از تعیین و معرفی سطوح ساختمان، سطوح خطر به شرح ذیل معرفی می گردند:

۱- **سطح خطر-۱:** این سطح خطر بر اساس ۱۰٪ احتمال رویداد در ۵۰ سال که معادل ۴۷۵ سال است تعیین می شود. سطح خطر-۱ در آیین نامه ۲۸۰۰ ایران (زلزله طرح) (DBE) نامیده شده است.

۲- **سطح خطر-۲:** این سطح خطر بر اساس ۲٪ احتمال رویداد در ۵۰ سال که معادل ۲۴۷۵ سال است تعیین می شود. سطح خطر-۲ به عنوان بیشینه زلزله محتمل (MPE) نامیده می شود.

۳- **سطخ خطر انتخابی:** (زلزله با هر احتمال رویداد در ۵۰ سال) این سطح خطر برای موارد خاص و با ملاحظات ویژه مناسب باشد.

بعد از معرفی و تعیین هدف بهسازی، می بایست نحوه بهسازی لرزه ای بر اساس نوع سازه مشخص گردد. بدین منظور در سومین مرحله، براساس مشخصات فنی ساختمان که در گام اول جمع آوری گردیده بود، مدل سازی صورت می پذیرد. در این مرحله رفتار اجزای سازه با توجه به نوع تلاش داخلی آن ها و منحنی نیرو- تغییر شکل حاصله به صورت کنترل شونده توسط تغییر شکل و یا کنترل شونده توسط نیرو مشخص می شوند که در مدل سازی می بایست در نظر گرفته شوند. همچنین مقاومت مصالح بر حسب نوع رفتار اجزای سازه می بایست بر اساس دستورارت ارائه شده در دستور العمل بهسازی در نظر گرفته شود.

پس از مدلسازی، روش های تحلیل سازه مطرح می شود. براساس محدوده کاربرد تعریف شده در هر یک از روش های تحلیل، سازه می بایست به یکی از روش های زیر تحلیل گردد.

۱) روش استاتیکی خطی
۲) روش دینامیکی خطی
۳) روش استاتیکی غیر خطی

۴) روش دینامیکی غیر خطی

پس از تحلیل سازه و بدست آوردن مقادیر نیروها و تغییر شکل در اعضای سازه بر حسب نوع رفتار اجزای سازه و روش تحلیل، معیارهای پذیرش معین می گردد. معیارهای پذیرش در روش های خطی بر اساس مقایسه میان تلاش های ایجاد شده در اعضا و ظرفیت عضو با اعمال ضرایبی همچون ضریب آگاهی (K) و ضریب اصلاح مبنا، رفتار غیر خطی عضو (M) حاصل می شود. در صورتی که شرایط برقراری معیارهای پذیرش رعایت نگردد راهکارهای بهسازی مطرح می شوند. در صورت رعایت شدن ضوابط پذیرش بحث بهسازی منتفی می گردد.

۳-۴-۲ بخش ساختمان های مصالح بنایی دستورالعمل

فصل هفتم دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود به بحث در مورد بهسازی ساختمان های مصالح بنایی و میانقاب های مصالح بنایی اختصاص دارد. با توجه به این که ساختمان های مصالح بنایی در ایران نسبتا کوتاه می باشند و تعداد طبقات به ندرت از سه طبقه بیشتر می شود و همچنین به دلیل خصوصیات خاص رفتاری مصالح مصرفی در این ساختمان ها که رفتار مصالح آن ها به نوع منطقه، نحوه ساخت، نوع اجرا، کیفیت و نوع ملات بستگی دارد. این دستورالعمل روش تحلیل خاصی ارائه نداده و برای بهسازی از روش ساده بهسازی استفاده نموده است. به این ترتیب که بر اساس تجربه هایی از زلزله های گذشته عواملی که ممکن است انسجام ساختمان های بنایی را تحت بار لرزه ای به هم زده و باعث خسارات جانی و مالی شود شناسایی نموده است و این عوامل را تحت عنوان نواقص متداول در ساختمان های بنایی دسته بندی کرده و ضمن ارائه روش های ارزیابی این نواقص کم و بیش راهکارهایی برای بهسازی ارائه داده است. روش های ارزیابی این دستورالعمل مجموعه مناسبی است از آیین نامه های خارجی و آیین نامه ۲۸۰۰ که در زمان انتشار این دستورالعمل تنها منبع مناسب برای محاسبه و اجرای ساختمان های بنایی در داخل کشور بوده است.

۳-۴-۳ انواع ساختمان های مصالح بنایی مشمول دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود

۱) **ساختمان های مصالح بنایی سنتی:** ساختمان هایی هستند که بدون انجام محاسبات مهندسی ساخته شده اند و عناصر مقاوم لرزه ای خاصی نداشته و عموما بواسطه شکل نامناسب سازه ای، ضعف مصالح و نحوه نامناسب اجرا، در برابر زلزله ضعیف عمل می کنند.

۲) **ساختمان های مصالح بنایی کلاف دار:** این ساختمان ها نیز بدون انجام محاسبات مهندسی ساخته می شوند ولی در اجرای آن ها برخی اصول طراحی مقاوم لرزه ای رعایت می شود در نتیجه رفتار آن ها در برابر زلزله از ساختمان های مصالح بنایی سنتی بهتر است. مبنای اجرای آن ها ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ می باشد.

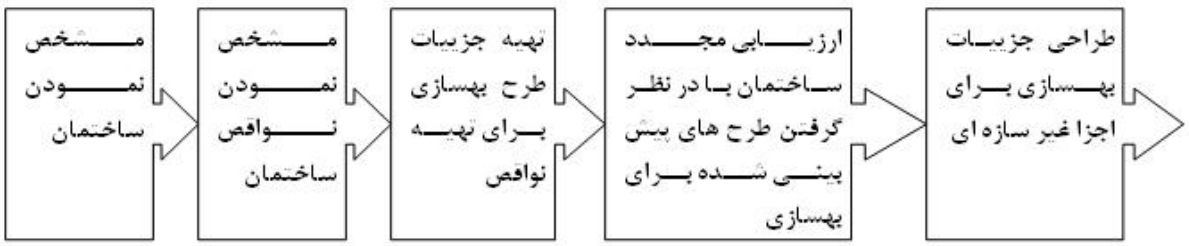
۳-۴-۴ محدوده کاربرد

ضوابط این دستورالعمل برای بهسازی ساختمان های مصالح بنایی سنتی و ساختمان های مصالح بنایی کلاف دار که در آن ها تمام یا قسمت عمده بارهای قائم توسط دیوارهای باربر آجری، بلوک سیمانی تحمل می شود، کاربرد دارد بناهای سنگی و خشتی و بناهای خاص مشمول این دستورالعمل نمی گردد و لازم است بهسازی این ساختمان ها بر اساس مطالعات ویژه انجام شود. در ضمن تعداد طبقات ساختمان های مصالح بنایی جهت استفاده از این دستورالعمل از سه طبقه بیشتر نباشد.

۳-۴-۵ مراحل روش ساده بهسازی

روش ساده بهسازی به طور خلاصه در نمودار ۳-۵ آمده است.

نمودار ۳-۵ مراحل روش ساده بهسازی



نواقص متداول در ساختمان های بنایی سنتی در شش بخش کلی تقسیم بندی شده اند که در جداول زیر به طور خلاصه همراه با معیارهای پذیرش آن ها آمده اند. مواردی که با علامت * مشخص شده اند در مورد ساختمان های مصالح بنایی کلاف دار نیز کاربرد دارند و در پایان نواقصی که صرفا در ساختمان های مصالح بنایی کلاف دار مطرح است می آید.

۳-۵ ساختمان های مصالح بنایی سنتی

۳-۵-۱ نواقص مربوط به مصالح ساختمان

جدول ۳-۶ نواقص مربوط به مصالح

عنوان نقص	ارزیابی آسیب پذیری
پایین بودن کیفیت و مقاومت واحد های بنایی	واحدهای بنایی سالم، بدون شکستگی و فاقد ترک خوردگی
نداشتن شرایط حداقل کیفیت ملات	طبق دستور العمل بهسازی دیوارهایی که تنش برشی ملات آن ها کمتر از ۲ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد. شرایط حداقل کیفیت ملات را دارا نمی باشند و به لحاظ مقاومت برشی آسیب پذیر هستند

آزمایش مقاومت برشی ملات: (شکل ۳-۶)

مطابق دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود تنش برشی ملات را می توان با آزمایش هایی با تعداد حداقل هشت عدد برای هر ساختمان و در نقاطی که نماینده کل ساختمان باشد با استفاده از فرمول زیر تعیین کرد:

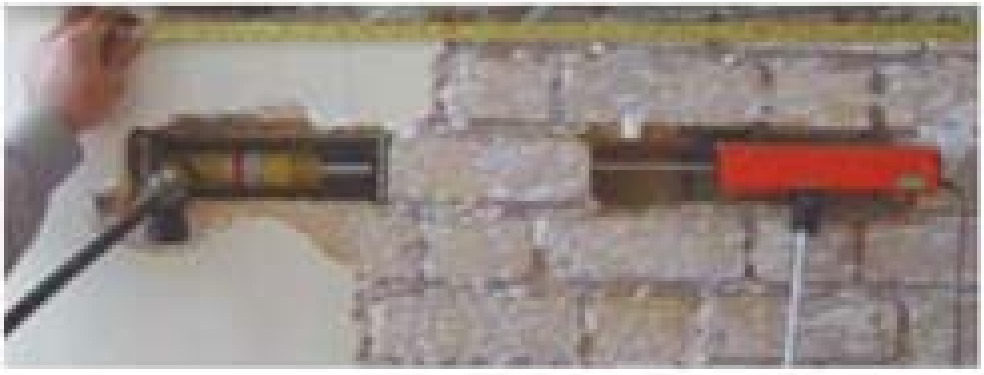
$$V_{to}\ V_{to} = \frac{V_{test}}{A_b} - \sigma_C \quad : \qquad (۱-۳)$$

تنش برش نمونه ملات

V_{test} : نیرو در اولین جابجایی مشاهده شده

A_b : مجموع دو سطح آجر در درزهای افقی بالا و پایین

σ_C: تنش ناشی از بار ثقلی واقعی در محل نمونه برداری در زمان آزمایش



شکل ۳-۶ آزمایش برش ملات

مقاومت برشی ملات V_t باید بر اساس آزمایش های فوق به صورتی تعیین گردد که هشتاد درصد مقادیر آزمایش ها V_{to} از آن تجاوز نماید.

۳-۵-۲ نواقص مربوط به سیستم سازه ای

در این بخش کلاف بندی سازه مبنی بر وجود یا عدم وجود سیستم ثانویه کمکی برای باربری سازه مورد بررسی قرار می گیرد و کنترل مسیر بار و وجود سیستم مقاوم در هر دو راستای طولی و عرضی سازه به منظور مقاومت در برابر بار جانبی کنترل می شود. همچنین مقاومت برشی سازه طبق روابط آیین نامه های ۲۸۰۰ و FEMA بدست می آید تا کنترل شود که آیا سطح مقطع دیوارها می تواند جوابگوی مقاومت برشی سازه باشد. در رابطه با نامنظمی در ارتفاع و پلان نیز ضوابطی مندرج است که بر اساس آن مشکل پیچش و پیش آمدگی آن مشخص می شود. در این بخش وضعیت پی دیوار نیز با استفاده از عملیات سونداژ مشخص می شود. ساختمان مجاور از لحاظ تراز طبقات و ارتفاع آن مورد بررسی قرار می گیرد تا در صورت عدم وجود فاصله کافی از ساختمان مجاور ضربات متقابل آن مد نظر قرار گیرد. جدول ۳-۸ مربوط به کنترل نواقص این بخش می باشد.

جدول ۳-۷ محاسبه برش طبقات طبق دستورالعمل بهسازی

میزان نیروی برشی پایه ساختمان طبق دستورالعمل بهسازی از رابطه زیر به دست می آید:

$$V = 0.33\,AIW \qquad (۲-۳)$$

V = نیروی برش پایه

A = شتاب مبنای طرح مطابق بند ۲-۴-۲ آیین نامه ۲۸۰۰

I = ضریب اهمیت ساختمان مطابق بند ۲-۴-۶ آیین نامه ۲۸۰۰

W= مجموع بار مرده و درصدی از بار زنده مطابق آیین نامه ۲۸۰۰

نیروی برش پایه بر اساس رابطه زیر بین طبقات تقسیم می شود:

$$F_i = \frac{W_i\ h_i}{\sum_{j=1}^{n} W_j h_j} \cdot V \qquad (۳-۳)$$

F_i = نیروی جانبی در تراز طبقه i

W_i= وزن طبقه i شامل وزن سقف و سربار زنده و نصف وزن دیوارها که دربالا و پایین سقف قرار گرفته اند.

h_i = ارتفاع سقف طبقه i از تراز پایه

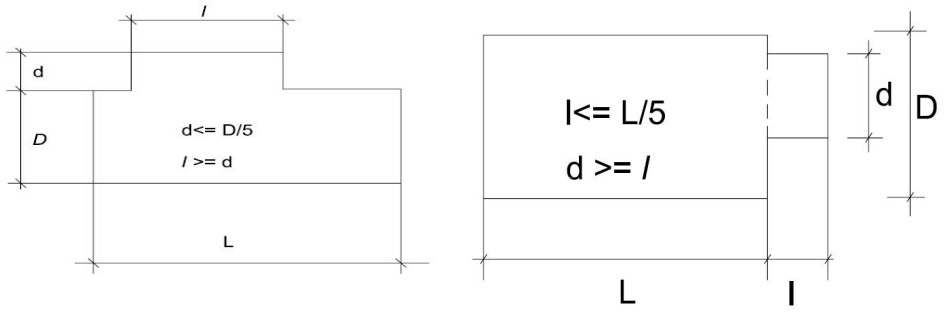
n = تعدادطبقات ساختمان

جدول ۳-۸ نواقص مربوط به سیستم سازه ای

<table>
<tr><th>عنوان نقص</th><th>ارزیابی آسیب پذیری</th></tr>
<tr><td>کامل نبودن مسیر بار</td><td>چنانچه یک سیستم مقاوم در برابر بار جانبی که بتواند بار ناشی از زلزله را از طبقات به پی منتقل کند بین پی و دیافراگم های طبقات وجود نداشته باشد ساختمان از این نظر آسیب پذیر است.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">کافی نبودن مقاومت برشی ساختمان</td><td>مجموع سطح مقطع دیوارها در هر طبقه و در هر یک از امتدادهای طولی و عرضی ساختمان از ۷۵ درصد مقادیر مندرج در جدول ۳-۹ مربوط به حداقل دیوار نسبی در آیین نامه ۲۸۰۰ ایران کمتر نباشد

جدول ۳-۹ حداقل دیوار نسبی آیین نامه ۲۸۰۰
<table>
<tr><th colspan="3">نوع و تعداد طبقات ساختمان</th><th>زیرزمین</th><th>طبقه اول</th><th>طبقه دوم</th></tr>
<tr><td rowspan="2">ساختمان آجری</td><td>یک طبقه</td><td>٪۶</td><td>٪۴</td><td>-</td></tr>
<tr><td>دو طبقه</td><td>٪۸</td><td>٪۶</td><td>٪۴</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ساختمان های با بلوک سیمانی</td><td>یک طبقه</td><td>٪۱۰</td><td>٪۶</td><td>-</td></tr>
<tr><td>دو طبقه</td><td>٪۱۲</td><td>٪۱۰</td><td>٪۶</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ساختمان های سنگی</td><td>یک طبقه</td><td>٪۸</td><td>٪۵</td><td>-</td></tr>
<tr><td>دو طبقه</td><td>٪۱۰</td><td>٪۸</td><td>٪۵</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>مجموع سطح مقطع دیوارها در هر طبقه و در هر یک از امتدادهای طولی و عرضی ساختمان از مقدار A_i کمتر نباشد.
$$A_i = \frac{V_i}{v_a} \qquad (۴-۳)$$
در رابطه فوق V_i نیروی برشی طبقه i و A_i مجموع سطح مقطع دیوارهای موجود در طبقه i می باشد در محاسبه سطح مقطع دیوار، تنها دیوار هایی که ضخامت آن ها ۲۰ سانتی متر یا بیشتر است در نظر گرفته می شود. در این رابطه سطح بازشوها در نظر گرفته نمی شود. در این رابطه v_a تنش مجاز برشی دیوار است که از رابطه زیر محاسبه می شود.
$$v_a = 0.1\, v_t + 0.15\, \sigma_c \qquad \max v_t = 6 \text{ kg/cm}^2 \qquad (۵-۳)$$</td></tr>
<tr><td>ناتوانی ساختمان در حفظ انسجام هنگام ارتعاش*</td><td>کلیه عناصر ساختمان باید توسط کلاف های افقی و قائم مطابق ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ بهم پیوسته باشند

ساختمان های مصالح بنایی سنتی به لحاظ عدم انسجام ساختمان آسیب پذیر می باشند.</td></tr>
<tr><td>نداشتن سیستم ثانویه کمکی*</td><td>ساختمان های مصالح بنایی سنتی که فاقد سیستم ثانویه کمکی مانند کلاف های افقی و فلزی می باشند آسیب پذیر تلقی می شوند.</td></tr>
<tr><td></td><td>اگر فاصله بین مرکز سختی و مرکز جرم هر طبقه در هر یک از دو محور اصلی بیش از ۲۰ درصد بعد ساختمان در جهت آن محور باشد.</td></tr>
</table>

نا منظمی در پلان	اگرپلان ساختمان نسبت به هر یک از دو محور اصلی به طور کلی نامتقارن باشد
	اگر ابعاد پیش آمدگی ها در پلان ساختمان از مقادیر بند ۳-۳ آیین نامه ۲۸۰۰ بیشتر باشد.  شکل ۳-۷ ابعاد پیش آمدگی در پلان
نامنظمی در ارتفاع	اگر ساختمان دارای طبقه ضعیف یعنی طبقه ای که مقاومت برشی آن از ۸۰ درصد مقاومت برشی طبقه فوقاتی کمتر است باشد.
	اگر ساختمان در امتداد قائم ناپیوسته باشد یعنی دیوارهای باربر آن تا زمین امتداد نیافته و در تراز بالاتر قطع شده باشند.
	اگر ساختمان دارای بی نظمی در هندسه یعنی بعد افقی یک طبقه ۳۰ درصد بیشتر از بعد افقی طبقات مجاور باشد.
	اگر ساختمان دارای بی منظمی در جرم باشد یعنی جرم مؤثر یک طبقه ۵۰ درصد بیشتر از جرم موثر طبقات مجاور باشد.
عدم وجود پی مناسب	در صورتی که پی دیوارهای باربر از بتن غیر مسلح، شفته و لاشه سنگ ساخته شده باشد و عمق و عرض پی از دو برابر ضخامت دیوار کمتر باشد.
	در صورتیکه پی به صورت یک شبکه در زیر دیوارهای باربر قرار نداشته باشد.
عدم وجود فاصله کافی از ساختمان مجاور	اگر در کنار ساختمان مورد نظر ساختمانی با ارتفاع کمتر از نصف یا بیشتر از دو برابر ارتفاع آ ن ساختمان وجود داشته باشد.
	اگر درز انقطاع دو ساختمان مجاور از $\frac{1}{100}$ ارتفاع ساختمان کوتاه تر کمتر باشد
	اگر تراز طبقات ساختمان مجاور یکی نباشد.

۳-۵-۳ نواقص مربوط به دیوارهای باربر

در این بخش با استفاده از بازدیدهای عینی به بررسی نواقص دیوارهای باربر پرداخته می شود که شامل ترک های عریض ناشی از نشست ناهمگون دیوار، شکم دادگی دیوار ناشی از انحراف از امتداد شاغولی در اثر زلزله، اجرای نامناسب درزهای قائم و عدم همپوشانی افقی مناسب، ارتفاع و طول زیاد دیوارها به منظور مهار بندی آن ها، وجود انفصال در دیوار بوسیله عبور لوله و دودکش های با اندازه نامتعارف از درون دیوار، مهار نامناسب سقف های قوسی در برابر نیروی رانش و مشکل عدم تراکم در دیوارها که با بررسی مجموع بازشوها در هر دیوار طبق ضوابط آیین نامه ای مشخص می شود همچنین نواقص مربوط به ناپایداری و عدم مقاومت کافی دیوارها از طریق روابط آیین نامه ای کنترل می شود. جدول۳-۱۰ مربوط به کنترل نواقص این بخش می باشد.

جدول ۳-۱۰ نواقص مربوط به دیوارهای باربر

عنوان نقص	ارزیابی آسیب پذیری
اجرای نامناسب واحدهای بنایی دیوارهای باربر	دیوارهایی که با آجر یا بلوک سیمانی ساخته شده اند. طوری چیده شده اند که همپوشانی افقی مناسبی بین واحدهای بنایی برقرار نیست یا درزهای قائم روی هم قرار ندارند.
	سطحی از مقطع دیوار که شامل واحدهای بنایی متصل کننده رج داخلی و خارجی دیوار می باشد کمتر از ۱۰ درصد کل سطح مقطع دیوار می باشد و یا فاصله این واحدها از ۶۰ سانتیمتر بیشتر است.
	عرض ترک های مورب احتمالی ناشی از نشست ناهمگون دیوار، بیش از ۳ میلیمتر است.
	دیوار دارای شکم دادگی یا کج شدگی است.
خالی بودن درزهای قائم بین واحدهای بنایی از ملات	درزهای قائم بین واحدهای بنایی کاملاً با ملات پر نشده است.
ناپایداری و نبود مقاومت خارج از صفحه دیوار (زیاد بودن نسبت ارتفاع به ضخامت دیوار)	نسبت ضخامت به ارتفاع t/h دیوار از ۱۰ کمتر است.
	در صورتی که ارتفاع به ضخامت دیواربیشتر از ۱۰ باشد لازم است تنش خمشی ایجاد شده ناشی از لنگر خمشی خارج از صفحه دیوار که تحت اثر نیروی اینرسی عمود بر دیوار بدست می آید، کمتر از مقاومت کششی دیوار باشد. $F_P = 0.7\ AIW_P$ F_P = نیروی عمود بر صفحه دیوار W_P= وزن دیوار و ملحقات آن A و I به ترتیب شتاب مبنای طرح و ضریب اهمیت ساختمان مطابق آیین نامه ۲۸۰۰
ارتفاع زیاد دیوار	ارتفاع آزاد دیوار مصالح بنایی از ۴ متر بیشتر است.
طول زیاد دیوارمهار نشده	طول آزاد دیوار مصالح بنایی از ۵ متر بیشتر است.
تراکم کم دیوار به واسطه وجود بازشو های بزرگ	مجموع سطح بازشوها در هر دیوار از یک سوم سطح آن دیوار بیشتر است.
	مجموع طول بازشوها در هر دیوار باربر از نصف طول دیوار بیشتر است.
	فاصله افقی دو بازشو از دو سوم ارتفاع کوچکترین بازشوی طرفین خود یا از یک ششم مجموع طول آن دو بازشو کمتر است.
	در طرفین بازشوهای با ابعاد بزرگ تر از ۲/۵ متر کلاف های قائمی که به کلاف های افقی و بالا و پایین آن طبقه متصلند، تعبیه نشده است و یا نعل درگاه بازشوهای مذکور در کلاف های قائم طرفین مهار نشده است.
فاصله کم بازشوها از انتهای دیوار	فاصله اولین بازشو در دیوار از برخارجی ساختمان کمتر از دو سوم ارتفاع بازشو می باشد و در طرفین آن کلاف قائم قرار نگرفته است.
انفصال در دیوار	اگر در اجرای قسمت های مختلف یک دیوار باربر و یا گوشه دو دیوار متقاطع باربر از روش هشتگیر استفاده شده باشد محل اجرای هشتگیر به عنوان نقطه انفصال در دیوار تلقی می گردد.

	اگر قطر لوله و یا دودکشی که از درون دیوار عبور می نماید. بیش از یک ششم ضخامت دیوار باشد محل عبور لوله به عنوان نقطه انفصال در دیوار تلقی می گردد .
نبود اتصال مناسب دال به دیوار*	تیرهای باربر سقف بار خود را به طور مستقیم به بالای دیوار مصالح بنایی منتقل می کنند و برای این منظور از کلاف یا زیرسری چوبی، فلزی، بتنی و یا صفحه تکیه گاه استفاده نشده است. قسمت بالای دیوار و اتصال دال به دیوار آسیب پذیر تلقی می گردد.
نیروی رانش سقف	در دهانه های خارجی ساختمان نسبت خیز (ارتفاع) سقف قوسی از نصف قاعده آن کمتر است و از کلاف چوبی، فلزی، یا بتنی برای مهار سقف استفاده نشده است.

۳-۵-۴ نواقص مربوط به دال های

در این بخش طبق ضوابط مندرج آیین نامه ۲۸۰۰، نواقص مربوط به تغییر شکل زیاد دال با در نظر گرفتن نسبت مجاز طول به عرض دیافراگم و عدم انسجام سقف، همچنین کنترل وزن زیاد دال با در نظر گرفتن ضخامت آن وجود بازشوهای بزرگ در آن و طول تکیه گاهی تیرهای سقف طاق ضربی و چوبی بررسی می گردد. جدول ۳-۱۱ مربوط به کنترل نواقص این بخش می باشد.

جدول ۳-۱۱ نواقص مربوط به دال ها

عنوان نقص	ارزیابی آسیب پذیری
وزن زیاد دال	ضخامت دال مصالح بنایی مسلح (چوبی یا طاق ضربی) و قوسی از حد متعارف بیشتر است.
عدم انسجام دال	ضوابط مندرج در بند ۳-۱۱-۳ آیین نامه ۲۸۰۰ رعایت نشده است. به عنوان نمونه در سقف های طاق ضربی: ۱- تیرآهن ها باید به صورت ضربدری به هم بسته شوند بطوریکه اولا طول مستطیل ضربدری شده از ۱/۵ برابر عرض آن بیشتر نباشد و ثانیا مساحت تحت پوشش هر ضربدری از ۲۵ متر مربع تجاوز ننماید. ۲- تکیه گاه مناسبی برای پاطاق آخرین دهانه طاق ضربی تعبیه گردد. ۳- میلگرها یا تسمه هایی که برای مهاربندی ضربدری یا مهار آخرین دهانه بکار می رود حداقل می بایست معادل سطح مقطع آرماتور ۱۴ باشد. این بند آیین نامه ۲۸۰۰ ضوابطی نیز در خصوص سقف های تیرچه بلوک، خرپاها، سقف های قوسی و سقف کاذب دارد که از آوردن آن ها در اینجا اجتناب می شود
کافی نبودن طول تکیه گاهی تیرهای سقف	طول تکیه گاهی تیرهای سقف طاق ضربی و یا سقف چوبی ازحداکثر مقدار ارتفاع تیر یا ۲۰ سانتیمتر کمتر است.
وجود بازشوهای بزرگ در دال	مجموع سطوح بازشو از ۵۰ درصد سطح کل دیافراگم بیشتر است.
	طول بازشو دال در مجاورت دیوار باربر از یک چهارم طول دیوار بیشتراست.
	طول بازشو دال در مجاورت دیوار باربر بیشتر از ۲ متر است.
زیاد بودن نسبت طول دهانه به عرض دال	نسبت طول دهانه به عرض دیافراگم در سقف های انعطاف پذیر (چوبی، طاق ضربی، قطعات پیش ساخته بدون بتن رویه) بیش از ۳ است.

۳-۵-۵ نواقص مربوط به اتصالات اعضا

در این بخش با استفاده از ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ و بازدیدهای عینی، ضعف اتصالات بین دیوارهای باربر و دال بررسی می شود تا نیروهای زلزله بدون جابجا شدن دال به دیوار باربر انتقال یابد. همچنین در مورد اتصال نامناسب دیوارهای متقاطع بررسی می شود که واحدهای بنایی در دیوارها در یک تراز چیده و در یک سطح بالا آورده شده باشند. در مورد اتصالات تیغه و دیوار باربر نیز نواقص مربوطه شناسایی می شود. جدول ۳-۱۲ مربوط به کنترل نواقص این بخش می باشد.

جدول ۳-۱۲ نواقص مربوط به اتصالات اعضا

عنوان نقص	ارزیابی آسیب پذیری
اتصال نامناسب دیوارهای باربر متقاطع	واحدهای بنایی در دیوارهای باربر متقاطع در یک تراز چیده نشده و در یک سطح بالا آورده نشده اند.
	ضوابط بند ۳-۱۰-۳ آیین نامه ۲۸۰۰ ایران اجرا نشده و در اجرای دیوارهای متقاطع از کلاف های بتنی، فلزی و چوبی گوشه نیز استفاده نشده است.
	دیوار باربر مصالح بنایی در تراز طبقات مطابق بند ۳-۱۱-۲ آیین نامه ۲۸۰۰ ایران به دال متصل نشده اند.
ضعف اتصال بین دیوارهای باربر و دال	اتصال دیوار و دال نمی تواند نیروی عمود بر صفحه دیوار را که در بخش بررسی نواقص سیستم سازه ای به طور کامل تشریح شد، تحمل نماید.
ضعف اتصال تیغه و دیوار باربر یا تیغه ها و دال ها	دیوار و تیغه متکی به طور همزمان و یا به صورت لاریز و یا به صورت هشتگیر چیده نشده و ضوابط مندرج در بند ۳-۷-۵ آیین نامه ۲۸۰۰ نیز رعایت نشده است.

۳-۵-۶ نواقص مربوط به اجزای غیر سازه ای

در این بخش ضعف اجزای غیر سازه ای که شامل جانپناه ، دودکش، نمای ساختمان و دیوارهای غیر باربر و تیغه ها می باشد طبق ضوابط آیین نامه مورد بررسی قرار می گیرند تا وضعیت آسیب پذیری آن ها با توجه به زلزله خیزی منطقه مشخص شود. جدول ۳-۱۳ مربوط به کنترل نواقص این بخش می باشد.

جدول ۳-۱۳ نواقص مربوط به اجزای غیر سازه ای

نام نقص	دلیل وجود نقص
ضعف دیوارهای غیرباربرو تیغه ها	دیوارهای غیرباربر و تیغه ها باید ضوابط مندرج در بند ۳-۷ آیین نامه ۲۸۰۰ را دارا باشند.
ضعف نمای ساختمان	در صورتی که ضوابط بند ۳-۱۲ آیین نامه ۲۸۰۰ ایران در مورد نماسازی رعایت نگردیده باشد. نمای ساختمان آسیب پذیر است.
عدم پایداری جان پناه	نسبت ارتفاع به ضخامت جان پناه برای مناطق با خطر نسبی زلزله کم و متوسط از ۲/۵ و برای مناطق با خطر نسبی زلزله زیاد و خیلی زیاد از ۱/۵ بیشتر باشد.
عدم پایداری دودکش ها	در اجرای دودکش بایستی ضوابط مندرج در بند ۳-۸ آیین نامه ۲۸۰۰ رعایت شده باشد.

۳-۵-۷ نواقص مربوط به سیستم کلاف بندی

کلیه نواقصی که در جداول بالا آمده است بجز مواردی که با علامت * مشخص شده اند و نواقص مطرح شده در زیر به عنوان نواقص متداول در ساختمان های مصالح بنایی کلاف دار می باشند. در ارزیابی آسیب پذیری سیستم کلاف در ساختمان های مصالح بنایی کلاف دار باید کلیه ضوابط مندرج در آیین نامه ۲۸۰۰ کنترل شود. چنانچه هر یک از موارد وجود انفصال در کلاف، وضعیت نامناسب اتصالات اجزای کلاف و ضعف اتصال دیوار و کلاف، کیفیت نامناسب مصالح کلاف بتنی و عدم وجود کلاف افقی پی مشاهده شود به عنوان نواقص این بخش در نظر گرفته می شود. جدول ۳-۱۴ مربوط به کنترل نواقص این بخش می باشد.

جدول ۳-۱۴ نواقص مربوط به سیستم کلاف بندی

نام نقص	دلیل وجود نقص
نبود کلاف افقی پی	در تراز پی از کلاف افقی استفاده نشده است و خود پی نیز به واسطه ناپیوستگی، قابلیت ایفای نقش کلاف افقی را ندارد.
کافی نبودن تعداد و فواصل کلاف ها	کلاف های قائم باید در داخل دیوارها و در گوشه های اصلی ساختمان و ترجیحا در نقاط تقاطع دیوارها و به فاصله محور تا محور ۵ متر تعبیه شوند کلاف های افقی باید در کلیه دیوارهای سازه ای با مصالح بنایی در تراز زیر دیوارها و تراز زیر سقف اجرا گردد.
عدم اتصال مناسب بین دیوار و کلاف	در صورتی که بین دیوار و کلاف اتصال مناسبی موجود نباشد
کیفیت نامناسب مصالح کلاف بتنی	در بررسی های عینی کلاف تخلخل و یا نواقص دیگر در بتن مشاهده شده است.
	مقاومت فشاری بتن کمتر از ۱۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است
عدم درگیری میلگردهای کلاف	میلگردهای کلاف بتنی در اتصالات هم پوشانی لازم را ندارند.
	اتصالات کلاف های فولادی مناسب نمی باشد. جهت ارزیابی می توان از آزمایش های غیر مخرب ویا تخریب های محدود استفاده کرد.
وجود انفصال در کلاف	کلاف افقی و یا قائم در هر تراز از ساختمان بواسطه وجود بازشو و یا نیم طبقه ادامه نیافته و به کلاف قائم یا افقی مجاور متصل نشده است.
	قطر انفصال ایجاد شده در اثر عبور لوله آب، فاضلاب و یا دودکش در کلاف افقی یا قائم بیش از یک هشتم عرض کلاف است.
ضعف اتصال دیوار و کلاف	بین دیوار و کلاف اتصال مناسبی وجود ندارد.

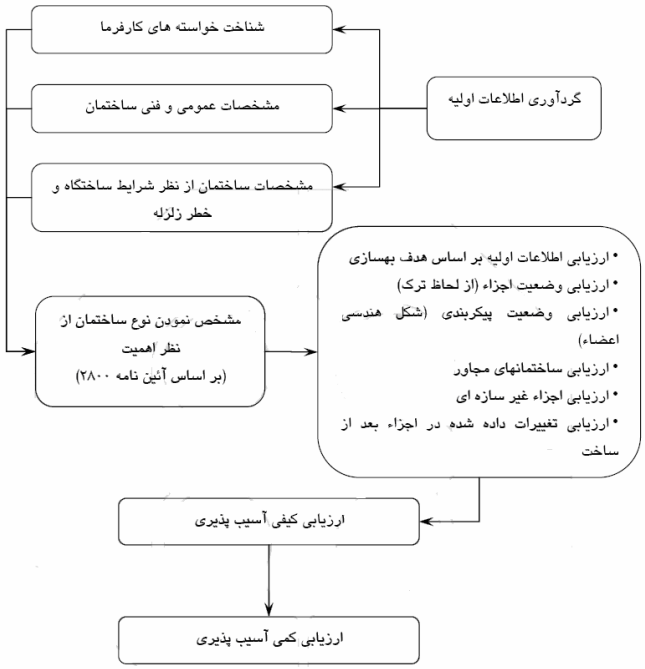
۳-۶ پیش نویس دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی (شرکت خدمات مدیریت ایرانیان) [۴۰]

ضوابط این دستور العمل برای بهسازی ساختمان های با مصالح بنایی غیر مسلح شامل کلاف دار و بدون کلاف که در آن ها تمام و یا قسمت عمده بارهای قائم و جانبی توسط دیوارهای آجری و بلوک سیمانی تحمل می شوند کاربرد دارد. بناهای خشتی و بناهای خاص از جمله بناهای تاریخی مشمول این دستور العمل نمی شوند. نمودار ۳-۱۳ مراحل مختلف ارزیابی را نشان می دهد در زیر قسمت هایی از این دستور العمل به صورت خلاصه آورده شده است.

۳-۶-۱ مراحل ارزیابی آسیب پذیری

از آنجا که ارزیابی آسیب پذیری اولین گام در انجام مطالعات بهسازی است، در این مرحله نواقص ساختمان مشخص می گردد و سپس با استفاده از روش های بهسازی این نواقص بر طرف می گردند در نمودار ۳-۱۵ مراحل مختلف ارزیابی آسیب پذیری از دستور العمل مذکور آورده شده است.

نمودار ۳-۱۵ مراحل مختلف ارزیابی



۳-۶-۲ راهکارهای بهسازی

جهت انجام بهسازی لرزه ای ساختمان می توان عناصر موجود در سیستم سازه ای آن را تقویت نمود یا المان های دیگری به این سیستم اضافه کرد. به طوری که مقاومت جانبی و شکل پذیری ساختمان افزایش یابد. توضیح اینکه در هر صورت برای بهسازی لرزه ای و ترمیم ساختمان های بنایی موجود، جهت کاهش اثرات ناشی از نیروهای زلزله اصول زیر باید تأمین شود.

۱) مصالح مورد استفاده بایستی از کیفیت مطلوبی بر خوردار بوده و حتی المقدور با مصالح موجود متجانس باشد.

۲) وزن سازه با برداشتن عناصر سنگین فوقانی کاهش داده شود.

۳) سیستم فونداسیون باید قادر باشد بار نهایی سازه را به نحوه مطلوب به زمین منتقل نماید.

۴) دیوارها باید کاملاً با یکدیگر درگیر شده و بهم بسته شوند، کف ها باید بخوبی به دیوار متصل شوند تا از شکست خارج صفحه ای آن ها جلوگیری شود.

۵) دیوارهای سازه ای باید در دو جهت عمود بر هم در ساختمان به صورت یکنواخت توزیع شوند و فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی ساختمان با اضافه کردن دیوارهای جدید و یا بستن بازشوها در دیوارهای موجود کاهش داده شود. با این عمل اثرات نامطلوب پیچش در ساختمان کم می شود.

۶) سیستم سقف باید دارای انسجام کافی بوده و به نحوه مطلوب به دیوارهای سازه ای متصل شده باشد.

۷) عناصر غیر سازه ای باید به طور کامل و به نحو مطلوب به سیستم سازه ای متصل شوند.

راهکارهای ارائه شده جهت بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی را در این دستورالعمل می توان به دو دسته زیر تقسیم نمود.

۳-۶-۲-۱ بهسازی کلی

در بهسازی کلی ساختمان، روش یا روش هایی به صورت کلان جهت ارتقاء مقاومت کلی ساختمان ایجاد می گردد. به عنوان مثال در روش بهسازی کلی می توان از سیستم های جدا ساز لرزه ای یا تکنیک هایی که باعث بالا بردن مقاومت ساختمان می گردد بهره جست در صورتی که نواقص در اجزاء سازه وجود داشته باشد. لازم است این نواقص با استفاده از روش های موضعی بر طرف گردد. از آن جمله می توان به رفع نواقص پی، اصلاح سیستم کلاف بندی، افزایش انسجام ساختمان با کلاف بندی، اصلاح دیوارها، افزودن مقاومت برشی ساختمان، کامل نمودن مسیر بار و رفع نامنظمی اشاره کرد.

۳-۶-۲-۲ بهسازی موضعی

در بهسازی موضعی برخی از اعضا و المان ها از مجموعه ساختمان به صورت موضعی مورد بهسازی قرار می گیرند بر اساس این دستور العمل پس از ارزیابی آسیب پذیری ساختمان به روش کیفی و تفضیلی، در صورتی که میزان آسیب پذیری بین ۱۰ تا ۲۰ درصد برآورد شود، نیاز به بهسازی موضعی می باشد. همچنین پس از انجام ارزیابی کمی آسیب پذیری و ارائه راهکارهای کلی جهت رفع نواقص کلی می توان نواقص جزیی را با استفاده از روش های بهسازی موضعی برطرف نمود. از جمله راهکارهای بهسازی موضعی می توان به اصلاح دیوار به صورت موضعی، بهسازی موضعی سیستم کلاف بندی، اصلاح سیستم سازه ای به صورت موضعی، بهسازی سقف، بهسازی اتصالات و بهسازی اعضای غیر سازه ای اشاره نمود. از آنجا که بسیاری از موارد ذکر شده در این دستورالعمل همانند دستورالعمل بهسازی ساختمان های موجود می باشد لذا برای جلوگیری از تکرار از آوردن آن ها در این بخش خودداری می شود.

۳-۷ دستور العمل تحلیل آسیب پذیری و بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی غیر مسلح موجود (وزارت مسکن و شهرسازی)[۴۱]

هدف اصلی این دستور العمل بالا بردن توان و حفظ ایستائی و کاهش تلفات جانی ناشی از اثرات مخرب زلزله بر ساختمان بنایی غیر مسلح موجود از طریق بهبود عملکرد آن ها می باشد. در این دستور العمل ضمن ارائه روش های ارزیابی، راهکارهایی برای بهسازی لرزه ای با جزییات اجرایی ارائه شده است. ساختمان های مصالح بنایی غیر مسلح مشمول این دستور العمل بر اساس نوع سیستم مقاوم در برابر بارهای ثقلی و لرزه ای به دو دسته ساختمان های مصالح بنایی سنتی و ساختمان-های مصالح بنایی کلاف دار تقسیم می شوند. ضوابط این دستور العمل برای ارزیابی و بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی غیر مسلح موجود که در آن ها تمام یا قسمت عمده بارهای ثقلی توسط دیوارهای باربر آجری و بلوک سیمانی متحمل می شود، ارائه شده است و در خصوص مصالح بنایی مسلح و ساختمان های دیگر کاربرد ندارد. در این دستور العمل روش های ارزیابی و بهسازی ارائه شده برای ساختمان های موجود به منظور کاهش تلفات جانی برای دو هدف زیر در نظر گرفته شده است.

۱) **تأمین ایمنی جانی**: برای ساختمان هایی که رعایت کامل ضوابط این دستور العمل برای بهسازی آن ها از نظر اقتصادی و اجرایی عملی بوده و بتوان انتظار داشت تلفات جانی به حداقل کاهش یابد.

۲) **تأمین ایمنی جانی محدود**: برای ساختمان هایی که رعایت کامل ضوابط این دستور العمل برای بهسازی آن ها از نظر اقتصادی و اجرایی عملی نبوده ولی امکان بهبود رفتار ساختمان در هنگام زمین لرزه وجود داشته به نحوی که بتوان انتظار داشت تلفات جانی تا حدی کاهش یابد.

ساختمان های زیر شامل این دستور العمل نمی شوند.

۱) ساختمان های با اهمیت خیلی زیاد (بر اساس تعریف آیین نامه ۲۸۰۰ ایران)

۲) ساختمان های مجاور گسل های فعال و محل هایی که احتمال شکست سطحی زمین هنگام زلزله وجود دارد

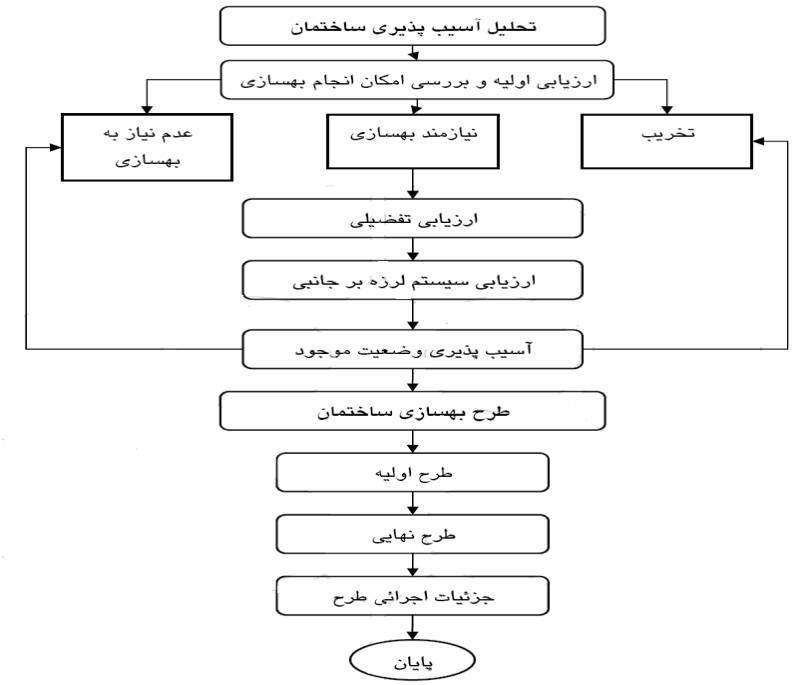
۳) بناهای خاص تاریخی

۴) ساختمان های بیش از ۵ طبقه با احتساب زیر زمین

۳-۷-۱ فرآیند تحلیل و ارزیابی آسیب پذیری

در روش ساده بهسازی، ابتدا ارزیابی آسیب پذیری ساختمان انجام و نواقص ساختمان مشخص می گردد. سپس با استفاده از روش های ساده بهسازی این نواقص بر طرف می گردند. البته لازم است با در نظر گرفتن طرح های پیش بینی شده برای بهسازی، ساختمان مجدداً ارزیابی گردد. مراحل مختلف بهسازی لرزه ای ساختمان های متداول بر اساس نمودار ۳-۱۶ به شرح زیر انجام خواهد شد.

نمودار ۳-۱۶ روند تحلیل و ارزیابی آسیب پذیری بر اساس دستورالعمل تحلیل آسیب پذیری



۳-۷-۲ تحلیل آسیب پذیری ساختمان

این بخش اولین مرحله در بهسازی یک ساختمان می باشد و شامل دو قسمت ارزیابی اولیه آسیب پذیری و ارزیابی تفضیلی آسیب پذیری می باشد.

۳-۷-۲-۱ ارزیابی اولیه آسیب پذیری

ارزیابی اولیه آسیب پذیری ساختمان غیر مسلح شامل گرد آوری اطلاعات اولیه، جمع آوری و ارزیابی سریع مشخصات کلی ساختمان و تشخیص نواقصی است که بر میزان آسیب پذیری آن تأثیر می گذارد. در واقع مرحله ارزیابی اولیه برای تشخیص نیاز یا عدم نیاز ساختمان به بهسازی می باشد و در جریان این ارزیابی ساختمان هایی که نیاز به بهسازی در مورد آن ها مسجل شود، مرحله بعدی یعنی ارزیابی تفضیلی در مورد آن ها انجام خواهد شد و در صورتی که بررسی های فنی و یا اقتصادی بهسازی را در مورد یک ساختمان به صرفه ندانسته یا ساختمان را بسیار آسیب پذیر نشان دهد در این صورت ممکن است مالک تصمیم به تخریب آن گرفته و از بهسازی صرفنظر نماید. ارزیابی اولیه شامل گرد آوری اطلاعاتی در خصوص موارد زیر می باشد.

۱) اطلاعات عمومی و مشخصات فنی ساختمان و مدارک موجود
۲) محل ساختمان از نظر ساختگاه و پهنه بندی خطر زلزله
۳) بررسی ضوابط و مقررات به کار رفته در ساختمان
۴) بر آورد تقریبی از مقاومت ساختمان
۵) بررسی های اقتصادی و اجتماعی برای بهسازی لرزه ای ساختمان

لازم به ذکر است که کلیه مراحل ارزیابی اولیه باید توسط نیروهای متخصص که نسبت به طرح لرزه ای ساختمان ها و آیین نامه های طرح لرزه ای اطلاعات کافی داشته باشند، انجام گیرد. تشخیص درست و تصمیم به جا در این مرحله از مهم ترین مراحل کار می باشد. پس از جمع آوری اطلاعات لازمه باید کلیه اطلاعات جمع بندی شده و نوع ساختمان از نظر تخریب، نیازمند بهسازی، عدم نیاز به بهسازی مشخص شود. از مهم ترین ابزار ارزیابی سریع و درست اولیه تهیه چک لیست های ارزیابی می باشد که کلیه آیین نامه ها و دستور العمل های معتبر خارجی و داخلی بر لزوم آن ها تأکید دارند و هر کدام بستگی به مورد بهسازی توصیه های خاصی در مورد این چک لیست ها دارند. دستورالعمل بهسازی در بخش ارزیابی اولیه آسیب پذیری چک لیست های جامعی در حیطه هر یک از ۵ مورد مطرح شده در بالا ارائه و در پیوست شماره یک این دستورالعمل به تشریح سئولات این چک لیست ها و نحوه ارزیابی آن ها پرداخته است. از آنجا که در فصل بعد از این ضوابط و

ضوابط موجود در دیگر مراجع، دستورالعمل ها و آیین نامه های مرتبط استفاده خواهد شد، بنابراین در این فصل از آوردن آن ها خودداری می شود. لازم به ذکر است که بسیاری از این ضوابط، مشابه معیارهای دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود می باشد و در پاره ای موارد معیار ارزیابی همه دستورالعمل ها آیین نامه ۲۸۰۰ ایران است. از آنجا که نمی توان معیارهای کمی خیلی دقیقی برای نواقص و یا سوالات چک لیست ها ارائه کرد جواب بسیاری از سوالات با واژه هایی نظیر «خوب، متوسط، بد» یا « کم، متوسط، زیاد» مشخص می شود. که مفهوم این واژه ها از نظر دستور العمل طرح لرزه ای به صورت زیر می باشد.

خوب: میزان رعایت ضوابط و یا شیوه اجرایی صحیح بیش از ۷۰ درصد

متوسط: میزان رعایت ضوابط و یا شیوه اجرایی صحیح بین ۳۵ تا ۷۰ درصد

بد: میزان رعایت ضوابط و یا شیوه اجرایی صحیح کمتر از ۳۵ درصد

زیاد: فراوانی مورد سؤال بیش از ۷۰ درصد

متوسط: فراوانی مورد سؤال بین ۳۵ تا ۷۰ درصد

کم: فراوانی مورد سؤال کمتر از ۳۵ درصد

۳-۷-۲-۲ ارزیابی تفضیلی آسیب پذیری

چنانچه در مرحله قبل تصمیم به بهسازی برای ساختمانی گرفته شود، این ساختمان می بایست تحت ارزیابی آسیب پذیری تفضیلی قرار گرفته که خود شامل سه قسمت زیر می باشد.

۱) **اطلاعات وضعیت موجود ساختمان:** شامل اطلاعات در مورد پیکربندی، اعضا و اتصالات، ارزیابی وضعیت اعضا، تعیین ضعف های موجود، ارزیابی نامنظمی ها، اطلاعات ساختگاه و شالوده، شامل مشخصات پی و مسایل ژئوتکنیکی، مشخصات مصالح و در نهایت تعیین ضریب آگاهی (با توجه به اطلاعا ت موجود ازمصالح بکار رفته و مقاومت آن ها باید مقاومت این مصالح را در ضریبی کمتر از یک مطابق جدول ۱-۱ این دستورالعمل ضرب نمود) می باشد.

۲) ارزیابی مقاومت جانبی ساختمان: بر اساس اطلاعات به دست آمده مقاومت جانبی ساختمان مورد ارزیابی قرار می گیرد. در ادامه این دستورالعمل به دو روش در مورد ارزیابی سیستم مقاوم جانبی ساختمان ها اشاره می کند.

- روش تحلیلی برای ساختمان های بنایی بیشتر از سه طبقه که در آن بتوان از روش های اجزا محدود استفاده نمود.

- روش ضابطه ای که برای ساختمان های بنایی کوتاه کاربرد دارد.

۳) **آسیب پذیری وضعیت موجود:** با انجام ارزیابی های لازم از مقاومت جانبی، جمع بندی و قضاوت در مورد ساختمان موجود با تهیه گزارش آسیب پذیری وضعیت موجود به اتمام می رسد.

۳-۷-۳ بهسازی ساختمان

پس از اتمام مرحله اول بهسازی، مرحله دوم که شامل تهیه طرح بهسازی می باشد شروع می شود که این مرحله نیز شامل دو بخش می باشد.

طرح اولیه: بر اساس نتایج حاصل از تحلیل آسیب پذیری، مهندس مسئول طرح بهسازی با استفاده از راهکارهای ارائه شده در فصل چهارم و نیز پیوست شماره ۵ این دستور العمل یا دیگر راهکارهای مناسب برای ساختمانی که در حال بهسازی است گزینه هایی را برای طراحی در نظر می گیرد. از میان این طرح ها، گزینه نهایی انتخاب خواهد شد.

طرح نهایی: گزینه منتخب، لازم است براساس معیارهای ارائه شده در این دستور العمل یا مقررات و آیین نامه های معتبر کشور ارزیابی و کنترل شود. واضح است در صورت عدم تأمین معیارهای پذیرش ساختمان می بایست مجدداً طراحی و ارزیابی گردد.

۴-۷-۳ جزییات اجرایی طرح

آخرین مرحله از تهیه طرح بهسازی برای یک ساختمان، تهیه جزییات اجرایی طرح می باشد. در این مرحله لازم است جزییات اجرایی عملیات بهسازی با توجه به وضعیت ساختمان ارائه و شیوه های اجرای مناسب انتخاب گردد. با تعیین شیوه اجرایی مناسب می توان جدول زمانبندی اجرای طرح را ارائه داد. جهت حفظ مدارک و اسناد فعالیت های انجام گرفته، لازم است در انتهای بهسازی شناسنامه فنی ساختمان تهیه گردد.

۳-۷-۵ بررسی اقتصادی و اجتماعی برای بهسازی لرزه ای ساختمان

۱) **قیمت فعلی زمین:** مهم ترین عامل مؤثر در تشخیص امکان اجرای طرح بهسازی ارزیابی صرفه اقتصادی طرح است. از این رو ممکن است قیمت فعلی زمین در تشخیص امکان انجام بهسازی یا تخریب ساختمان تأثیر گذار باشد.

۲) **قیمت هر متر مربع بنا:** نسبت قیمت هر متر مربع ساختمان و قیمت هر متر مربع زمین می تواند به عنوان یک شاخص مناسب برای انجام بهسازی کاربرد داشته باشد.

۳) **تراکم منطقه:** تراکم منطقه، علاوه بر تأثیر اقتصادی آن در بررسی آسیب پذیری کلی منطقه نیز پارامتر بسیار مؤثری است.

۴) **بافت ساختمان های منطقه:** یکی از عوامل مهم برای تشخیص آسیب پذیری منطقه محسوب می شود و برای تعیین گزینه مناسب بین تخریب یا بهسازی مؤثر است.

۵) **تعداد متوسط ساکنین ساختمان:** تعداد ساکنین ساختمان، بر تخمین اهمیت ساختمان و میزان صدمات وارد بر آن در اثر زلزله تأثیر دارد و بر نتیجه ارزیابی اقتصادی بهسازی مؤثر است.

۶) **تراکم جمعیت در منطقه:** جمعیت منطقه در ارزیابی نحوه عملکرد مرکز امداد رسانی پس از زلزله مؤثر خواهد بود و برای تخمین خطرات و تلفات احتمالی پس از زلزله لازم است.

۷) **عمر ساختمان:** عمر مفید ساختمان های متداول در آیین نامه های طراحی ۵۰ سال در نظر گرفته می شود. بر این اساس در صورتی که عمر ساختمان در حدود عمر مفید طراحی بوده و فرسودگی زیاد در اعضا مشاهده شود. بهسازی لرزه ای مقرون به صرفه نیست و تنها می توان با ارائه راهکارهای کم هزینه درصد تلفات جانی ناشی از زلزله را در ساختمان های آسیب پذیر با سن زیاد به منظور بهبود رفتار کاهش داد.

۸) **ارزش فرهنگی و تاریخی:** در مواردی ساختمان های شهری بدون اطلاع مالکین آن ها جزو آثار هنری و فرهنگی شهر و یا آثار تاریخی محسوب می گردند و یا از نظر مالک ارزش ساختمان بستگی به مسایل اقتصادی نداشته و هزینه بهسازی در مقایسه با ارزش های دیگر آن قابل توجه نیست و در نتیجه ساختمان را باید حفظ نمود.

۹) **هزینه اجرای مجدد بنا:** مقایسه تخمین هزینه های بهسازی و نوسازی بنا و هزینه اجرای مجدد ساختمانی مقاوم با همان مساحت به جای انجام مراحل بهسازی ساختمان موجود و نسبت تخمین هزینه بهسازی به هزینه نوسازی می تواند در تصمیم گیری بین تخریب یا بهسازی مؤثر باشد.

۱۰) **در صورت ضرورت بهسازی، امکان اجرای راهکارهای بهسازی:** طرح بهسازی پیشنهادی یا به طور کلی بهسازی ساختمان باید کمترین اختلال یا مزاحمت را برای کاربری ساختمان داشته باشد. بدین منظور باید طرح تا حد امکان کاربری ساختمان را در هنگام اجرا مختل ننماید و همچنین تا حد امکان تغییرات زیادی در معماری ساختمان ایجاد نکند.

۱۱) **هزینه بهسازی:** اصلی ترین عامل مؤثر در تصمیم گیری بین تخریب و بهسازی ساختمان با هدف های تامین ایمنی جانی و یا تأمین ایمنی جانی محدود، هزینه بهسازی و نسبت این هزینه به هزینه اجرای مجدد ساختمان است.

۱۲) **تخمین درصد هزینه بهسازی به هزینه اجرای مجدد بنا:** این نسبت عامل نهایی در تصمیم گیری به شمار می آید.

۳-۸ آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (آیین نامه ۲۸۰۰)[۴۲]

هدف این آیین نامه، تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طرح و اجرای ساختمان ها در برابر اثرهای ناشی از زلزله است به طوری که با رعایت آن انتظار می رود.

۱) با حفظ ایستائی ساختمان در زلزله های شدید، تلفات جانی به حداقل برسد و نیز ساختمان در برابر زلزله های خفیف و متوسط بدون وارد شدن آسیب عمده سازه ای قادر به مقاومت باشد.

۲) ساختمان های با اهمیت زیاد در زمان وقوع زلزله های خفیف و متوسط، قابلیت بهره برداری خود را حفظ کنند و در ساختمان های با درجه اهمیت متوسط، خسارت سازه ای و غیر سازه ای به حداقل برسد.

۳) ساختمان های با اهمیت خیلی زیاد در زمان وقوع زلزله های شدید، بدون آسیب عمده سازه ای، قابلیت بهره برداری بدون وقفه خود را حفظ کند.

در این آیین نامه روش های محاسبه نیروی زلزله تشریح شده است. همچنین شهرها و نقاط مهم ایران از لحاظ خطر نسبی زلزله درجه بندی شده اند. در پیوست این آیین نامه ضوابط خاص اجرا برای سازه های فولادی مقاوم در برابر زلزله با

ارائه دیتیل های اجرایی مناسب برای کشور ایران آمده است. در مورد ساختمان های بنایی غیر مسلح کلیه اجزای سازنده آن ها تعریف شده اند و برای هر کدام از آن ها ضوابط و رواداری هایی ارائه شده است،که بعنوان یک مرجع مناسب و جامع در بسیاری از موارد ملاک های ارزیابی سایر دستوالعمل ها می باشد. دلیل این امر این است که ساختمان های بنایی که بر اساس رعایت کامل ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ طراحی و اجرا شده اند در زلزله های گذشته مقاومت خوبی از خود نشان داده اند و ساختمان هایی که در مرحله طرح و اجرای آن ها به طور کلی یا موضعی اصول آیین نامه ۲۸۰۰ رعایت نشده است، به همان نسبت دچار خسارت شده اند. این امر در تصاویر مربوط به زلزله های گذشته که در فصل اول این تحقیق آمده است به وضوح دیده می شود. باید توجه داشت که این آیین نامه برای ساختمان های بنایی روش تحلیل ارائه نکرده است و با استفاده از معایب مشاهده شده در حین ساخت و طبعا اثرات آن ها در هنگام زلزله و یک سری اصول و ضوابط کلی، راهکارهایی در جهت احداث بناهای مقاوم در برابر زلزله ارائه داده و در واقع روش ساده ساخت ساختمان های بنایی را در پیش گرفته است. همانطور که در بخش های گذشته نیز گفته شد در واقع ساختمان های با مصالح بنایی به دلیل رفتار خاص خود در بارهای لرزه ای شدید، مدت زیادی دوام نمی آورند و با فروریزش دیوارهای باربر دچار تخریب کلی می شوند و این در صورتی است که روش های تحلیلی ممکن است همان ساختمان را مقاوم تشخیص داده باشد. بنابراین به نظر می رسد به کار بردن دستورالعمل هایی که در آن ها نواقص ساختمان شناسایی شده و با روش های ساده بهسازی این نواقص برطرف می گردد، نتایج بهتری را در بر داشته باشد. در قسمت های قبل با دستورالعمل های مختلف در مورد ساختمان های بنایی آشنا شدیم و بعضا توضیحات مفصلی نیز در مورد آن ها ارائه شد. در فصل بعد موارد مطرح شده در مقاوم سازی ساختمان های بنایی به طور مفصل تشریح می شود و ضوابط آیین نامه های مختلف در مورد هر یک از این آیتم ها به تفضیل تشرح می شود. برای اینکه مقایسه ای نیز بین دستورالعمل های مختلف صورت گرفته باشد، ضوابط آیین نامه های مختلف در کنار هم آمده است.

فصل چهارم

گزارش زلزله فروردین ماه ۱۳۸۵ استان لرستان

۴-۱ معرفی رویداد[۴۳]

بر اساس گزارش پژوهشگاه زلزله شناسی زمین لرزه ساعت چهار و چهل و هفت دقیقه بامداد روز ۸۵/۱/۱۱ در جنوب بروجرد با رخداد چندین پیش لرزه به ویژه زلزله های ساعت ۱۹:۴۷ روز ۸۵/۱/۱۰ با بزرگای ۴/۶ ریشتر و ساعت ۲۳:۰۶ روز ۸۵/۱/۱۰ با بزرگای ۵/۱ ریشتر و همچنین با پس لرزه ساعت ۵:۰۱ با مداد ۸۵/۱/۱۱ با بزرگای ۴/۹ ریشتر همراه بود. بر اساس گزارش استانداری استان لرستان بزرگای زلزله اصلی۶/۱ در ریشتر و در حوالی دورود اعلام شد. پس از این زلزله بیش از ۲۰۵ پس لرزه محسوس با بزرگای های مختلف که شدیدترین آن ها توسط استانداری به بزرگای ۵/۵ ریشتر اعلام شده، به وقوع پیوسته است. آخرین گزارش ها از ۶۶ کشته و حدود ۱۲۸۰ نفر مجروح و آسیب به سیصد و سی روستا در منطقه دشت درب آستانه (سیلاخور) (از توابع بروجرد و دورود) حکایت دارد. شکل ۴-۱ تصاویری از آسیب های وارده در اثر این زلزله را نشان می دهد.

شکل ۴-۱ تصاویری از آسیب های وارده در اثر زلزله لرستان

وقوع این زمین لرزه در نزدیکی راستای گسل اصلی جوان زاگرس (قطعه گسل دورود) احتمال فعال شدن مجدد این گسل را در زلزله اخیر نشان می دهد. گزارش پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله در مورد زلزله های قبلی در ۸۴/۲/۱۳ نشان می دهد که در همین محدوده زمین لرزه های متعددی با شدت متوسط که بزرگ ترین آن ها با شدت ۴/۹ ریشتر ۸۴/۲/۱۳ رخ داد، موجب یک کشته و ایجاد هراس مردم منطقه گردید. کانون زمین لرزه ۸۵/۱/۱۱ در بخش جنوب شرقی کانون زمین لرزه ۸۴/۲/۱۳ و با بزرگاری بیشتر نمایانگر ادامه فعالیت پهنه گسله موجود در منطقه زلزله زده است. وقوع هشت زمین لرزه در تاریخ های ۱۱ الی ۱۳ اردیبهشت ۱۳۸۴ در منطقه بروجرد، رخداد ۱۷ زمین لرزه متوالی با بزرگای ۲/۵ الی ۴ در فاصله زمانی ۱ الی ۷ آذر ۱۳۸۳ در منطقه پلدختر و موارد مشابه دیگر همگی دلالت بر فعالیت بالای لرزه ای این بخش از پوسته ایران زمین دارند. تاکنون بیش از ۶۰ پس لرزه در منطقه روی داده است که توسط شبکه باند پهن پژوهشگاه زلزله به طور دقیق ثبت شده اند. شکل ۴-۲ تصاویری از آثار حرکت گسل ها در منطقه را نمایش می دهند.

شکل ۴-۲ آثار حرکت گسل ها در منطقه لرستان

۴-۲ گلسهای فعال اصلی منطقه [۴۳]

به طور کلی روندهای ساختاری فعال و گسل های لرزه زا در زاگرس امتداد شمال باختری- جنوب خاوری دارند و اصلی ترین این گلس ها در محدوده استان لرستان به شرح ذیل می باشند.

۴-۲- ۱ گسل اصلی جوان زاگرس (MRF)[۴۳]

گسل اصلی جوان زاگرس (MRF) به عنوان یک گسل امتداد لغز راستگرد جنبا و لرزه زا با روندی شمال باختری- جنوب خاوری در ادامه شمال باختری گسل معکوس اصلی زاگرس (Main Zagros Reverse Fault) شناسایی شده است. شواهد زمین شناسی دال بر جابجایی راستگرد به میزان ۱۰ تا ۶۰ کیلومتر توسط بخش های دورود و نهاوند از گسل اصلی امروزی گزارش شده است. (جکسون و همکاران ، ۱۹۸۴) بنا به نظر بربریان جابجایی راستگرد حدود ۱۹۷ کیلومتر در ناحیه نهاوند- دورود قابل مشاهده است. اگر لغزش در سطح این گسل از پلیوسن (۵ میلیون سال پیش) شروع شده باشد، نرخ میانگین لغزش سالانه این گسل ۴۰ میلی متر خواهد بود. قابل توجه است که بخش هایی از گسل اصلی جوان که سبب جابجایی راستگرد گسل معکوس اصلی زاگرس شده اند (بخش های دورود، نهاوند، صحنه و دینور از MRF) فعالیت های لرزه زایی بیشتری نسبت به سایر بخش های این گسل (بخش های سر تخت، مروارید، مریوان و پیرانشهر) نشان می دهند. ساز و کار ژرفی زمین لرزه ها و توان لرزه زایی گسل اصلی جوان زاگرس از سایر زلزله های کمربند چین خورده- رانده زاگرس متفاوت است. این زمین لرزه ها دارای بزرگای بیشتری نسبت به سایر زمین های این کمربند بوده و یک سازو کار ژرفی گسلش امتداد لغز با مؤلفه معکوس را نشان می دهند. این گسل در تمامی درازای خود از دینور در شمال باختری، با رویداد زمین لرزه فارسینج (۱۳۳۶/۹/۲۲ هـ . ش با ۶/۷ در مقیاس محلی) تا دریاچه گهر در جنوب خاور با وقوع زمین لرزه درب آستانه (سیلاخور) (۱۳۳۰/۱۱/۳ با بزرگای ۷/۴ در مقیاس محلی) و زمین لرزه های تاریخی منطقه گسیخته شده است.

۴-۲-۲ گسل لرزه خیز دورود[۴۳]

گسل دورود به عنوان بخشی از گسل اصلی امروزی زاگرس مسبب رویداد زمین لرزه ویرانگر درب آستانه (سیلاخور) ۱۲۸۷/۱۱/۳ هـ .ش با بزرگای ۷/۴ در مقیاس محلی بوده است. پرتگاه گسلی ایجاد شده در اثر رویداد زمین لرزه ۱۲۸۷/۱۱/۳ هـ .ش درب آستانه (سیلاخور) با جابجایی قائم سطح زمین به میزان ۱ متر همراه بوده است. این گسل از نزدیکی ارجنک با روند شمال غربی- جنوب شرقی به درازای تقریبی ۱۰۰ کیلومتر تا نزدیکی بروجرد قابل تعقیب است. رودخانه های متعددی بر اثر گسل دورود منطبق می باشند که از این جمله به رودهای «گهر و ماربورا» می توان اشاره نمود. دریاچه گهر به احتمال زیاد در اثر بسته شدن دره گهر توسط یک سنگ ریزش عظیم (قبل از سال ۱۲۶۸ هـ .ش) ضمن وقوع زلزله ایی مخرب و ویرانگر تشکیل شده است. این گسل در نزدیکی دریاچه گهر، مرز بین توالی سنگهای پالئوزوئیک و مزوزوئیک در شمال خاور را با سنگ آهکهای کرتاسه در جنوب باختر تشکیل می دهد. در شمال باختر شهر دورود، گسل دورود در مرز جنوبی دشت درب آستانه (سیلاخور) مشاهده می شوند، می توان شناسایی نمود. با توجه به اثر گسلی دورود به صورت خطی مستقیم در سطح زمین (از رشته کوهها در جنوب خاور تا نهشته های دره درب آستانه (سیلاخور) در شمال باختر) سطح گسل مذکور دارای شیبی قائم است. به طور خلاصه، پس از رویداد ویرانگر ۱۲۸۷/۱۱/۳ هـ .ش درب آستانه (سیلاخور). جنبش و فعالیت مجدد گسل دورود با وقوع دو زمین لرزه با بزرگای $M>5$ در سال های ۱۳۳۷ هـ .ش و ۱۳۴۲ هـ .ش مشخص می شود.

۴-۲-۳ گسل عادی قلعه حاتم[۴۳]

گسل لرزه زای دورود در نزدیکی بروجرد به گسل تقریباً شمالی- جنوبی قلعه حاتم ختم می شود. گسل قلعه حاتم، گسل نهاوند را از دورود جدا می کند. گسل قلعه حاتم باعث افتادگی بلوک خاوری این گسل به میزان ۱۰ متر شده است. از نظر مفاهیم ریخت شناختی، دره درب آستانه (سیلاخور) در شمال باختر به گسل قلعه حاتم محدود می شود. همانطوری که در بخش معرفی رویداد در این گزارش اشاره گردید، به نظر می رسد که فعالیت این گسل باعث رویداد زمین لرزه ۱۳۸۴/۰۲/۱۳ طبریجان بروجرد گردیده است.

۴-۲-۴ گسل کواترنری نهاوند[۴۳]

گسل نهاوند با طولی حدود ۵۵ کیلومتر از باختر بروجرد (در جنوب خاور) تا شمال باختر نهاوند قابل شناسایی است. این گسل به موازات گسل لرزه خیز دورود با جابجایی اثر آن به میزان ۳ کیلومتر به سمت شمال خاور قابل مشاهده می باشد. گسل نهاوند از بخش های کوتاه و متعددی تشکیل گردیده است.

۴-۳ سوابق لرزه ی خیزی منطقه [۴۴] و[۴۵]

منطقه زاگرس از مهم ترین مناطق زلزله خیز ایران می باشد و رویدادهای مکرر زمین لرزه در تاریخ به این منطقه نسبت داده شده است. در ادامه این گزارش به زمین لرزه های مهم پیشین در این بخش اشاره می کنیم.

۴-۳-۱ زمین لغزه کهن سیمره (۱۱۰۰۰ سال پیش)[۴۴] و[۴۵]

زمین لغزه سیمره در زاگرس با حجمی از واریزهها به میزان ۲۰۰۰۰ متر معکب یکی از بزرگ ترین زمین لغزه های گزارش شده در نیمکره خاوری کره زمین بوده که احتمالاً در اثر وقوع یک زمین لرزه عظیم تشکیل شده است. در بیش از ۱۰۰۰۰ سال پیش، لغزش قطعه ای از سنگ آهکهای آسماری (ترشیاری) به طول ۱۵ کیلومتر و ضخامت ۳۰۰ متر از دامنه شمالی تاقدیس کبیر کوه در رشته کوههای زاگرس باعث تخریب و ویرانی دو روستا و یک پل گردیده است. این قطعه حدود ۲۰ کیلومتر از محل اولیه خود به سمت جنوب لغزیده است. رویداد این زمین لغزش با تشکیل دریاچه هایی همراه بوده که رسوبات آن ها در شمال باختر این زمین لغزه (باختر روستای میر آباد) مشاهده می شود. بنابر سن سنجی رسوبات قاعده این دریاچه های قدیمی که ۱۰ سال پیش و به روش رادیو کربن صورت گرفته، سن تشکیل آن ها ۱۲۰ ± ۳۷۰ تعیین شده است. زمین لغزه سیمره به احتمال زیاد در اثر فعالیت گسل جنبای کبیرکوه به صورت یک گسل معکوس لرزه زا که در یال جنوب باختری این تاقدیس قرار دارد، تشکیل شده است. لازم به تذکر است که دره شهر (باختر زمین لغزه سیمره) به واسطه رخداد زمین لرزه ۲۵۱/۴/۲ هـ.ش سیمره با بزرگای Ms = ۶/۸ ویران شده است.

۴-۳-۲ تشکیل دریاچه گهر[۴۴] و[۴۵]

زمین لغزه کهن اشتران کوه دریاچه گهر (۲۹ کیلومتری جنوب خاور دورود) به احتمال زیاد در اثر وقوع یک زمین لرزه به بزرگای زیاد بوجود آمده است. در واقع، این دریاچه به واسطه بسته شدن دره توسط یک سنگ ریزش عظیم تشکیل

گردیده است. دریاچه کوهستانی گهر که بر روی گسل اصلی امروزی زاگرس (بخش دورود) قرار دارد، بر پهنه رو مرکزی زمین لرزه فاجعه بار دره درب آستانه (سیلاخور) ۱۲۸۷/۱۱/۳ هـ .ش با بزرگای Ms = ۷/۴ منطبق است. بنابراین این دریاچه احتمالاً در اثر جنبش گسل دورود و رویداد یک زمین لغزش – سنگ ریزش تشکیل گردیده است.

۴-۳-۳ زمین لرزه ۲ تیر ۲۵۱ هـ .ش سیمره (۸۷۲/۶/۲۲ م)[۴۴] و[۴۵]

در ۲۵۱/۴/۲ هـ .ش زمین لرزه ای به دنبال پیش لرزه های آسیب لرزه های آسیب رسانش که در روز پیش روی داده بود، منطقه سیمره را ویران کرد. با روی شهر سیمره فرو ریخت و حدود ۲۰۰۰۰ تن کشته شدند. این زمین لرزه احتمالاً به شهر سیروان نیز آسیب رسانده است. زلزله سیمره به احتمال زیاد در عراق، واسط و بصره حس شده و نیز مسبب زمین لغزه های بزرگی در دره سیمره بوده است.

۴-۳-۴ زمین لرزه ۳ بهمن ۱۲۸۷ هـ .ش درب آستانه (سیلاخور) (۱۹۰۹/۱/۲۳ م)[۴۴] و[۴۵]

زلزله فاجعه باری در بامداد ۱۲۸۷/۱۱/۳ هـ .ش دره درب آستانه (سیلاخور)، (جنوب خاور بروجرد) را در هم کوبید. آسیب ها نه تنها در دره پر جمعیت درب آستانه (سیلاخور) بلکه فراتر به سوی جنوب خاور، در آبادی های کوهستانی تا ارجنک نیز سنگین بود. به طور کلی، ۱۲۸ روستا آسیب دید که از بین آن ها ۶۴ آبادی به کلی ویران شد و شمار کشته شدگان در آن ها بین ۶۰۰۰ تا ۸۰۰۰ نفر بر آورد شده است. این زمین لرزه با گسلشی به طول ۴۵ کیلومتر از نزدیکی کلنگاله تا جنوب سراوند همراه بوده است. بنا بر شواهد صحرایی و اطلاعات محلی میانگین جابجایی قائم سطح زمین در اثر این گسلش بین یک تا دو متر بوده و بخش شمال خاوری گسل پایین افتاده است. هیچ گونه شاهدی از جنبش راستالغز این گسل در دست نیست. زمین لرزه درب آستانه (سیلاخور) در بروجرد، کرمانشاه و همدان به گونه ای نیرومند احساس شده تا خرپوت در ترکیه، گرجستان و عراق نیر دریافت شده است. تمرکز پس لرزه های نیرومند این زلزله بیشتر در بخش های جنوب خاوری و شمال باختری ناحیه کلان لرزه ای این زمین لرزه روی داده و باعث افزایش میزان آسیب های پدید آمده در اثر لرزه اصلی شده است.

۴-۴ خسارت های وارده از زلزله فروردین ماه سال ۱۳۸۵ استان لرستان[۴۴] و[۴۵]

در اثر زلزله بوقوع پیوسته تعداد زیادی از ساختمان های استان لرستان و بویژه در شهرستان بروجرد دچار آسیب شدند. در جدول ۴-۱ آمار خرابی های ساختمان های شهرستان های استان لرستان ارائه شده است.

جدول ۴-۱ تعداد واحدهای آسیب دیده در اثر زلزله در شهرستآن های استان لرستان

تعداد واحدهای آسیب دیده	نوع واحد ساختمانی	
	روستایی	شهری
خرم آباد	۴۳۵۰	۱۹۹۰
بروجرد	**۱۲۹۹۹**	**۱۳۵۲۹**
دورود	۱۰۹۵۰	۳۳۸۶
سلسله	۳۰۵۰	۱۱۰۰
مجموع	**۳۱۳۴۹**	**۲۰۰۰۵**

۴-۴-۱ روند بازسازی مناطق زلزله زده

عمده ترین کارهایی که دولت از زمان زلزله تا شروع بازسازی مناطق زلزله زده انجام داده است به شرح زیر می باشد.

۱) فعالیت گروه های امدادی برای کمک به مجروحین و آسیب دیدگان که شامل اسکان موقت آن ها، تامین نیازهای اولیه، مداوای مجروحین و ...

۲) حضور کارشناسان بنیاد مسکن و سایر ارگان های مسئول در منطقه برای برآورد میزان خسارت و تشکیل جلسات مختلف برای اتخاذ تصمیم جهت روند بازسازی

۳) تشکیل ستاد هماهنگی بازسازی مناطق زلزله زده در شهرستان بروجرد و تقسیم بندی کل مناطق زلزله زده استان لرستان به بخش های مختلف

۴) فراخوان ستاد های معین بازسازی از شهرهای مختلف کشور جهت بازسازی لرستان، به طوری که مسئولیت بازسازی هر یک از مناطق لرستان در اختیار این ستادهای معین قرار گرفته و مسئولیت هماهنگی بین این ستادها به عهده ستاد هماهنگی بوده است. از جمله ستاد های معینی که در بازسازی شرکت کردند می توان به ستاد معین اصفهان، خراسان، یزد، همدان، تهران، فارس و ... اشاره کرد.

۴-۴-۲ شدت و نوع آسیب های وارده

به دلیل تفاوت عمده در کیفیت ساخت و ساز بافت روستایی و شهری و مصالح مصرفی، شدت و نوع آسیب ها در این ساختمان های منطقه متفاوت بوده است. خانه های روستایی که در مرکز زلزله قرار داشته اند اکثرا دچار تخریب کلی شده اند و خسارات جانی و مالی زیادی بر جاگذاشته اند. به طوری که قابلیت تعمیر در هیچ کدام از آن ها وجود نداشته و تنها راه، بازسازی بوده است. در شکل ۴-۳ تصاویری ازخساراتی که به منازل، افراد و دام های این مناطق وارد شده است را مرور می-نماییم

شکل ۴-۳ آسیب های وارده به بافت روستایی

در بافت شهری به دلیل کیفیت بهتر ساخت و ساز، مصالح مرغوب تر و مقاومت بیش تر ساختمان ها آسیب ها عمده نبوده و در کمتر مواردی می توان تخریب و انهدام کلی بنا را مشاهده کرد. اکثر ساختمان های آسیب دیده از ناحیه اجزا غیر سازه ای و ترک هایی در اجزا سازه ای دچار خسارت شده بودند که بر حسب شدت و نوع آسیب ها کارشناسان ساختمان ها را

در رده های مختلفی تقسیم بندی می کردند. این تقسیم بندی ها شامل واحدهای تعمیری (که بر حسب میزان خسارت به سه دسته تقسیم می شدند)، واحدهای مقاوم سازی و نهایتا واحدهای تخریبی می شد. در بخش ۴-۵-۲-۳ تصاویری از این آسیب ها همراه با توضیحات مربوطه آورده شده است.

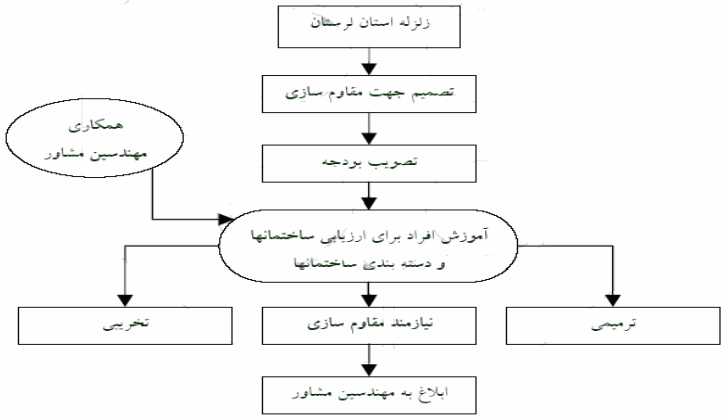
۴-۴-۳ بازسازی

برای بازسازی مناطق زلزله زده تصمیم بر آن شد که در مورد واحد های روستایی به دلیل فرسودگی بافت روستاها و عزم دولت نسبت به نوسازی بافت های فرسوده، فقط بازسازی وجود داشته باشد و در ازای تخریب یک واحد روستایی، یک واحد نوساز با تسهیلات برای مالک ساخته شود.

در بافت های شهری دو گزینه برای بازسازی مطرح بوده است، بازسازی و تعمیری، در این مرحله ضمن کارشناسی واحدهای مسکونی و بر حسب درجه خسارت وارده، در یکی از فاز های تخریبی یا تعمیری قرار می گرفتند. در بازسازی شهرستان بروجرد علاوه بر تعمیر و تخریب، گزینه مقاوم سازی نیز مطرح بوده است و به این ترتیب با استفاده از مهندسین مشاور و گروه های آموزش دیده ساختمان هایی انتخاب شده و بررسی های بعدی برای مقاوم سازی در مورد آن ها انجام گرفته است.

با توجه به اینکه عمده خسارت های زلزله در شهرستان بروجرد و حومه بوده، عمده فعالیت های ستاد بازسازی مناطق زلزله زده (وابسته به بنیاد مسکن انقلاب اسلامی) در این شهرستان و حومه آن بوده است. بنیاد مسکن به عنوان کارفرمای این طرح چندین مشاور را برای مقاوم سازی واحد های انتخابی دعوت نمود، در نمودار ۴-۲ روند انتخاب و ابلاغ واحدها به مشاور آمده است.

نمودار ۴-۲ روند ابلاغ واحد ها به مشاور ها برای مقاوم سازی



بیش از نود درصد ساختمان های ابلاغی به مشاورین از نوع ساختمان های بنایی هستند که تحت زلزله آسیب های سازه ای و غیر سازه ای را متحمل شده اند. برای ساخت این ساختمان ها که دارای متوسط عمر ۲۰ سا ل می باشند از هیچ آیین نامه یا دستورالعملی استفاده نشده است، بنابراین اکثر معایب ساختمان های بنایی در آن ها مشاهده شده است و در بین آن ها کمتر ساختمانی وجود دارد که با وجود رعایت ضوابط و مقررات آسیب جدی دیده باشد.

۴-۴-۴ مقاوم سازی

همانطور که در بخش قبل توضیح داده شد تعدادی ساختمان در شهرستان بروجرد انتخاب شده و برای انجام مطالعات و تهیه طرح بهسازی به شرکت های مشاور معرفی شدند. هر یک از مشاوران برای تهیه نقشه مراحل مختلفی را انجام می دادند، قسمت بعدی حاصل جمع آوری اطلاعات از تمام شرکت ها، جمع بندی آن ها، استفاده از تجربیات شخصی و دستورالعمل های مقاوم سازی می باشد که در آن سعی شده است کامل ترین، موثرترین و بهترین روند انجام ارزیابی ساختمان های بنایی ارائه شود.

۴-۵ روند ارزیابی ساختمان های بنایی

ارزیابی ساختمان های بنایی شامل دو قسمت ارزیابی کیفی و کمی می باشد. ارزیابی کیفی شامل جمع آوری اطلاعات لازم در بهسازی از قبیل نقشه های معماری و سازه ای، اطلاعات خاک محل، اطلاعات فونداسیون، اجزای سازه ای و غیر سازه ای و ... و ارزیابی کمی شامل محاسبه وزن ساختمان، تعیین برش طبقات، میزان مقاومت برشی مجاز طبقه و مقایسه با مقادیر برش طبقه می باشد. در ادامه مراحل مختلف ارزیابی کیفی آسیب پذیری تشریح می شود.

۴-۵-۱ برداشت معماری

در صورتی که ساختمان نقشه داشته باشد گروه معماری موظف به چک کردن کلیه نقشه های اجرایی با موارد اجرا شده است در واقع طرح بهسازی باید بر اساس نقشه های چون ساخت ساختمان ارائه گردد، در بسیاری از موارد حتی در ساختمان های مهم و اسکلت فلزی یا بتنی تفاوت های فاحشی بین نقشه های موجود با نقشه های اجرا شده وجود دارد که یکی از خطاهای عملیات ارزیابی است و می تواند روی طرح ارائه شده و نهایتاً بهسازی ساختمان تأثیر منفی داشته باشد. اولین قدم در راه بهسازی تهیه نقشه های چون ساخت از ساختمان است به این معنی که چنانچه ساختمان فاقد نقشه می باشد می بایست نقشه وضع فعلی آن تهیه شود و در صورت وجود نقشه با دقت کنترل شود و در صورت لزوم اصلاح گردد. در واقع پایه و اساس کلیه اقدامات بعدی برای بهسازی تهیه یا کنترل نقشه می باشد. گروه های معماری پلان ساختمان، نما و برش را تهیه و در اختیار مهندس مسئول طرح بهسازی قرار دهند، از جمله مسایلی که گروه معماری باید به آن ها توجه نمایند می توان به موارد زیر اشاره کرد.

۱) ضخامت دیوارها به طور دقیق برداشت شود.

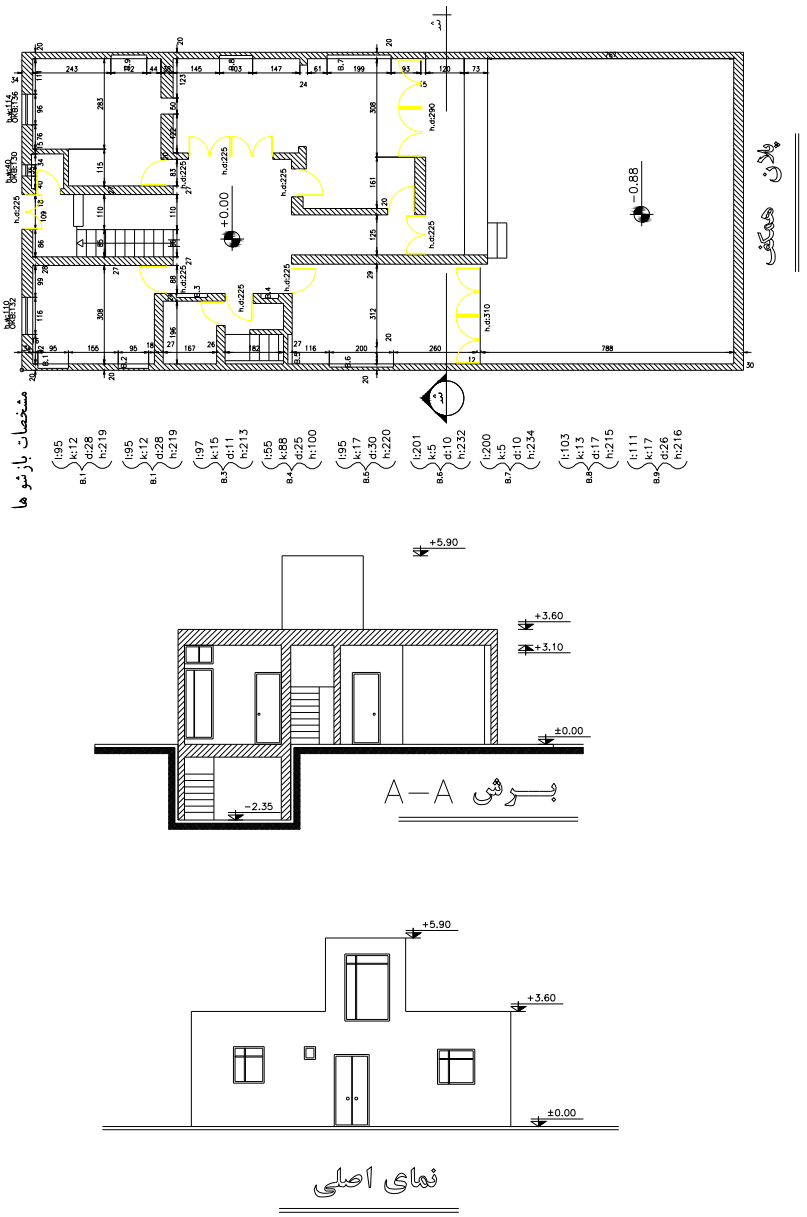
۲) ابعاد پنجره ها و موقعیت قرار گیری آن ها روی دیوار مشخص شود.

۳) ارتفاع بازشو و طاقچه ها، ارتفاع از کف و عمق طاقچه ها مشخص شود.

۴) محل قرار گیری ستون هایی از ساختمان که قابل تشخیص می باشد روی پلان معماری مشخص شود.

۵) نما و برش برای نشان دادن ارتفاع طبقات و بی نظمی های در ارتفاع رسم شود.

نمونه ای از نقشه معماری تهیه شده در شکل ۴-۴ دیده می شود



شکل ۴-۴ نمونه نقشه معماری

۴-۵-۲ برداشت سازه ای

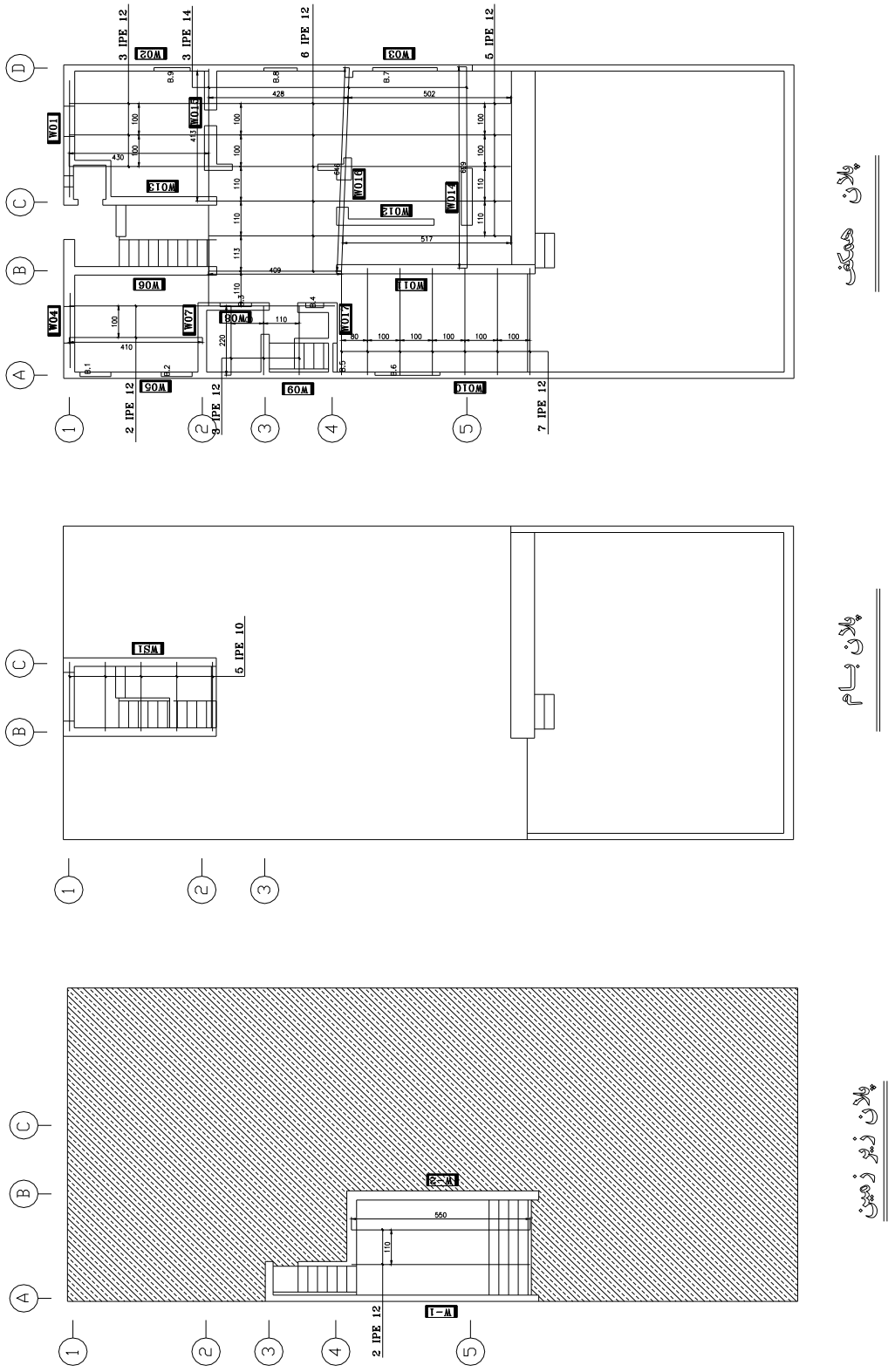
پس از تهیه نقشه ساختمان گروه ارزیاب که متشکل از یک مهندس آشنا به بهسازی و چند تکنیسین می باشد با نقشه تهیه شده به محل مراجعه می نمایند و کارهای زیر را انجام می دهند.

۴-۵-۲-۱ چک کردن نقشه های تهیه شده توسط گروه معماری

مهندس سازه می بایست نکات موثر در طرح بهسازی را برای اطمینان از صحت نقشه های تهیه شده دوباره کنترل کرده و در صورت مشاهده هرگونه مغایرت نسبت به اصلاح آن اقدام نماید. برخی از پارامترهای موثر شامل طول دیوارها، ضخامت دیوارها، ارتفاع طبقات، محل بازشو ها و طاقچه ها روی دیوار می باشد.

۴-۵-۲-۲ مشخص کردن سیستم سازه ای

در این مرحله مهندس سازه باید با مشخص کردن نوع سقف، جهت تیرریزی، شماره پروفیل ها، ستون های بتنی یا فلزی موجود به همراه ابعاد مقطع آن ها سیستم باربر ثقلی و جانبی ساختمان را کاملا شناسایی کند، به طوری که هیچ گونه ابهامی در این مورد باقی نماند. برای مشخص کردن مواردی که در آن ها ابهام وجود دارد مخصوصا در مورد سیستم پی ساختمان می بایست سونداژ صورت گرفته، و این موارد نیز مشخص شوند. از آنجا که اغلب، مالکان یا ساکنان ساختمان اطلاعات بسیار خوبی از نحوه ساخت، سال ساخت، مصالح مصرفی و غیره دارند برای تسریع در کار برداشت می توان سئوالات خود را با مالک در میان گذاشت و از اطلاعات احتمالی آن ها استفاده نمود و نهایتا برای اطمینان از صحت گفته های ایشان به طور تصادفی به کنترل چند مورد مهم تر اقدام نمود. نمونه ای از نقشه هایی که تو سط گروه سازه تهیه شده، شامل پلان کد گذاری دیوارها، تیرریزی سقف، محل و نوع ستون ها و شماره پروفیل ها در شکل ۴-۵ نشان داده شده است.



شکل ۴-۵ نمونه نقشه سازه ای

۴-۵-۲-۳ تهیه گزارش آسیب و نواقص ساختمان

در این مرحله با کد گذاری دیوارهای ساختمان اقدام به تهیه کروکی از آسیب های موجود نموده و با تهیه عکس از قسمت های مختلف، نواقص ساختمان مشخص می شود. مجموعه جامعی از این نواقص در فصل قبل آمده است. در تهیه

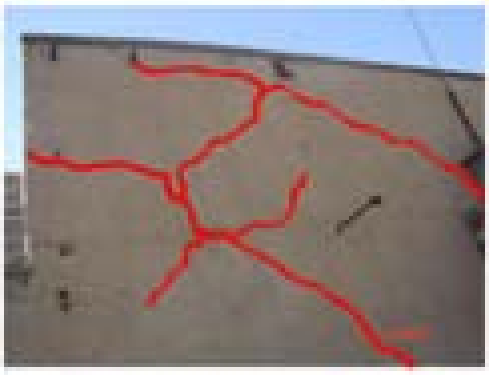
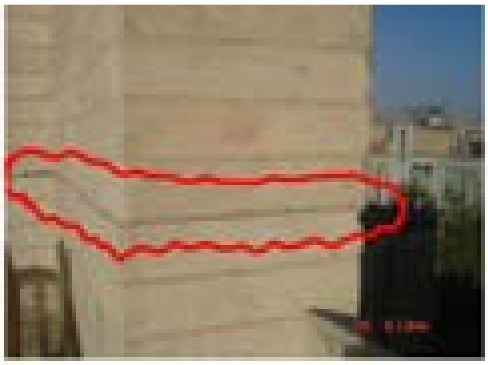
گزارشات آسیب شناسی وجود عکس بسیار کار را راحت تر می کند، از طرفی بسیاری از مواردی که ممکن است از دید مهندس بازدید کننده مخفی مانده را می توان به کمک عکس تشخیص داد. این عکس ها لازم است با توضیحات مربوط به آن همراه باشد. در مواردی که ساختمان در معرض آسیب لرزه ای قرار گرفته است برای ارائه راهکار ترمیم، علاوه بر تهیه عکس دیوار، لازم است کروکی دستی دیوار نیز ترسیم و ترک های مشاهده شده با ذکر عمق و بعد ترک روی کروکی دیوار مشخص شود. از دیگر مواردی که باید عکس تهیه شود می توان به اتصالات نامناسب، خیز تیرهای سقف، ابعاد پروفیل های مصرف شده در دیافراگم سقف و یا ستون های فلزی یا بتنی، گذر دسترسی به ساختمان، نامنظمی های در ارتفاع (پیش آمدگی، فرو رفتگی)، عکس های کلی از موقعیت دیوارها و باز شوهای درون آن ها (برای تشخیص نواقص مربوط به ابعاد باز شو) موقعیت طاقچه ها روی دیوارها که معمولاً باعث ضعف دیوار می شوند، می توان اشاره کرد. در این مرحله بهتر است مهندس از هر موضوعی که به نوعی در طرح لرزه ای مؤثر واقع می شود عکس و گزارش کافی تهیه نموده به طوری که تصمیم گیری های بعدی و در صورت لزوم ارائه طرح بهسازی را راحت تر و دقیق تر نماید. در شکل ۴-۶ برخی از تصاویر آسیب های زلزله اخیر در ساختمان های شهری آورده شده است.

شکست برشی و ترک خوردگی دیوار به علت ضخامت کم دیوار ضعف در تحمل برش وارده

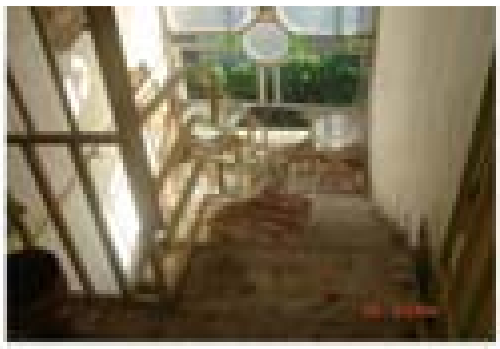
ترک خوردگی تیغه داخلی به دلیل عملکرد در تحمل بخشی از برش طبقه و ضعف دیوار به دلیل وجود بازشوی میان دیوار

شکل ۴-۶ برخی از آسیب های زلزله اخیر در ساختمان های شهری

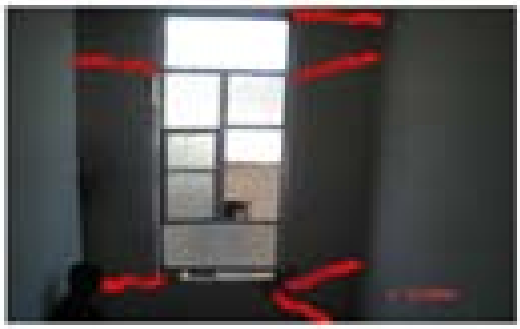
ضعف تیغه های داخلی در تحمل برش (ضخامت کم و عدم شکل پذیری که جزء خصوصیات رفتاری مصالح بنایی می باشد)

جابجایی خارج از صفحه دیوار و ترک های قطری و مورب به دلیل ارتفاع زیاد ساختمان

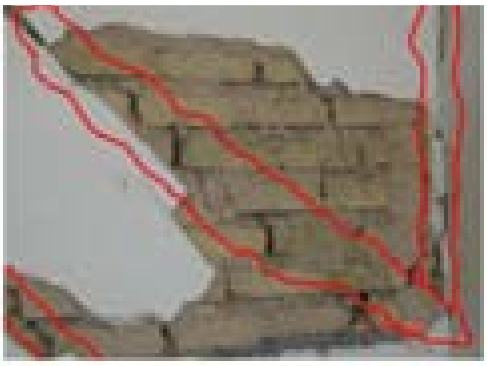


جابجایی دیوار کنار راه پله به دلیل ارتفاع زیاد ساختمان و تخریب بخش هایی از خرپشته

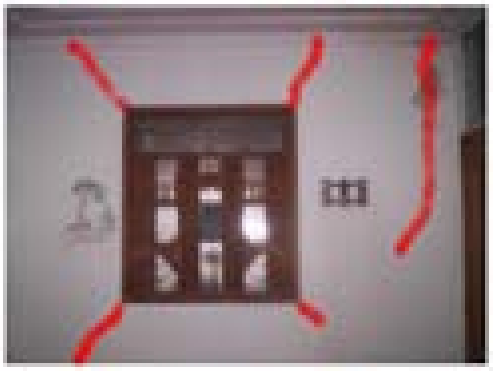
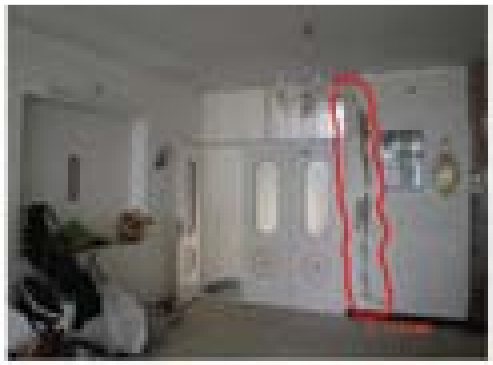


دیوارهای نمای خرپشته ها که به دلیل اینکه باربری ثقلی ندارند، به درستی اجرا نشده و در بارهای لرزه ای آسیب زیادی می بینند.

ادامه شکل ۴-۶ برخی از آسیب های زلزله اخیر در ساختمان های شهری

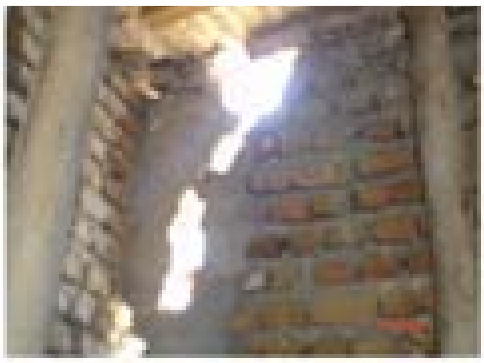


شکست برشی دیوار برشی، جداشدگی بین بند های افقی و قائم،

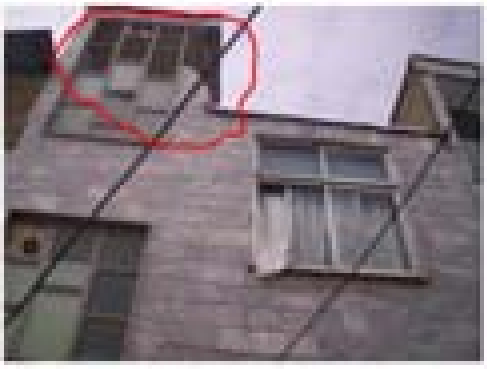
ترک های مرزی بین دیوار برشی و شناژ قائم، ترک های کنج بازشو به علت ابعاد زیاد بازشو نسبت به دیوار

عدم استفاده از شناژ افقی، اتصال نامناسب دیوار به سقف، لغزش سقف بر روی دیوار



حرکت نسبی دیوار و سقف

ادامه شکل ۴-۶ برخی از آسیب های زلزله اخیر در ساختمان های شهری



تخریب قسمتی از خرپشته

ادامه شکل ۴-۶ برخی از آسیب های زلزله اخیر در ساختمان های شهری

۴-۵-۲-۴ چک لیست ارزیابی

یکی از مواردی که در ارزیابی اولیه بهسازی به طور عام مورد توجه قرار می گیرد. تهیه چک لسیت ارزیابی مناسب برای پروژه مورد نظر است. دستورالعمل تحلیل آسیب پذیری ساختمان های بنایی غیر مسلح موجود، چک لیست جامعی برای این ساختمان ها تهیه و ارائه داده است. این چک لیست کلیه ضوابط ارزیابی ساختمان های بنایی را در نظر گرفته است. اما با توجه به نیاز پروژه می بایست قسمت هایی که تاثیر مستقیم در تهیه طرح بهسازی دارند انتخاب و هنگام بازدید از ساختمان تکمیل گردند. ازجمله مواردی که در تصمیم گیری ها موثر است و می بایست در ارزیابی های انجام گرفته مورد توجه قرار گیرد می توان به مواردی که در ادامه آمده است اشاره کرد. با توجه به اهمیت این موارد باید آن ها را در زمان تهیه چک لیست های ارزیابی لحاظ نمود.

۱) **محل ساختمان از نظر ساختگاه و پهنه بندی خطر زلزله:** تجربه زلزله های اخیر نشان داده است که ساختمان های بر روی زمین های مسطح، آسیب کمتری نسبت به ساختمان های بر روی شیب های تند می بینند. توجه به وضعیت توپوگرافی منطقه بسیار مهم است، از آنجا که اصلاح توپوگرافی در اکثر موارد بخصوص در مورد ساختمان های مسکونی معمولاً بسیار پر هزینه است و عامل بسیار تعیین کننده ای در هزینه بهسازی می باشد. تقریباً در همه آیین نامه ها توپوگرافی منطقه به عنوان یک عامل بسیار مهم و تعیین کننده در آسیب لرزه-ای شناخته شده است و در یک روش ارزیابی کیفی یکی از عوامل ده گانه مؤثر در آسیب پذیری، شیب زمین می باشد. که ضرایب آن به صورت جدول ۴-۳ تعیین می گردد.

جدول ۴-۳ تاثیر شیب زمین بر میزان خسارت

ضریب خسارت	(شیب زمین)
۱	$0 < \theta < 15$
۱/۱	$15 < \theta < 30$
۲/ ۱	$\theta > 30$

۲) **فاصله از گسل:** مهم ترین عامل لرزه خیزی وجود گسل در آن منطقه است و انرژی زلزله با فاصله گرفتن از کانون زلزله کاهش می یابد، بنابراین خطر آسیب ناشی از زلزله در مناطق با خطر لرزه خیزی کم، کمتر است.

۳) **سطح آب زیرزمینی:** در ساختمان های با سطح آب زیرزمینی بالا، احتمال وقوع پدیده روانگرایی بسیار زیاد است اصلاح این گونه زمین ها در این شرایط و یا اصلاح شالوده به روش مناسب (شمع بتنی/ چوبی) معمولاً در ساختمان های مسکونی به صرفه نیست.

۴) **سابقه زمین لرزه در منطقه:** لرزه خیزی مناطق با توجه به سابقه زمین لرزه های گذشته تعیین می شود. بنابراین توجه به زلزله های گذشته در منطقه ضروری است.

۵) **سابقه زمین لغزش در منطقه:** با وقوع زمین لرزه های بزرگ، شیب های ناپایدار دچار لغزش می شوند و گاهی اوقات باعث مدفون شدن شهرها یا راه های ارتباطی شهری می شوند. در این موارد، راه حل مناسب پایدار سازی شیب ها می باشد که اکثراً به دلایل اجرایی عملی نیست.

۶) **سابقه روانگرایی در منطقه:** با توجه به سطح آب زیرزمینی و نوع خاک امکان ارزیابی روانگرایی در منطقه وجود دارد. و در صورت داشتن سابقه روانگرایی می توان انتظار تکرار را داشت.دراکثر موارد فوق اصلاح مناسب زمین امکان پذیر نیست، و از آنجا که این مشکلات از لحاظ هزینه های بهسازی بسیار سنگین می باشد بنابراین در هنگام ارزیابی باید به این موارد توجه داشت و به احتمال زیاد بهترین راه حل تخریب ساختمان می باشد.

۷) **آیین نامه های استفاده شده:** عموماً ارزیابی آسیب پذیری و بهسازی ساختمان هایی که براساس آیین نامه های خاصی طراحی و اجرا گریده اند. بسیار ساده تر از ساختمان هایی است که در آن ها هیچ یک از اصول طرح لرزه ای رعایت نشده است، بنابراین هنگام ارزیابی توجه به این مسأله لازم است و در صورت تعیین این مسأله می توان بهسازی را با برطرف کردن معایبی که در مرحله طراحی یا اجزای آن آیین نامه اتفاق افتاده است بر طرف نمود.

نمونه ای از یک چک لیست ارزیابی آسیب پذیری

شناسنامه فنی ساختمان

الف- اطلاعات عمومی و کلی ساختمان

- کد ساختمان ..... تاریخ و ساعت بازدید:..... نام مالک:.....
- آدرس و شماره تلفن:..... وضعیت جواز رسمی ساخت: .....
- طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا..... Elev :..... E: ..... :N
- ۱- کاربری ساختمان: ..... وضعیت اشغال ساختمان:..... عرض گذر دسترسی:.....
- ۲- نقشه های زیر در پشت برگه ضمیمه گردد.
- ساختمان (با مشخص کردن جهت شمال، کروکی موقعیت ساختمان، جدول نازک کاری، نقشه تیر ریزی ساختمان، نما و مقطع)
- ۳- تعداد طبقات ساختمان:..... زیرزمین:..... طبقه خرپشته: دارد □ متراژ ..... ندارد □
- ۴- سطح زمین: ..... متر مربع سطح زیربنا: ..... متر مربع سطح اشتغال: ..... متر مربع
- ۵- ارتفاع کلی ساختمان از تراز زمین: ..... متر عمق سازه زیرزمین : ..... متر
- ۶- استقرار ساختمان در زمین: چهار طرف آزاد □ دو طرف آزاد □ یک طرف آزاد □ عرض گذرد دسترسی .....

جدول زیر پر گردد: اطلاعات مربوط به طبقات ساختمان:

طبقه	مساحت	ارتفاع	نوع کف سازی	تعداد کاربران	نوع کاربری	تاریخ ساخت

ب- شناسنامه فنی سازه

۱- آیا در داخل و یا خارج سازه درز جدایی وجود دارد: خیر □ بلی □ اندازه : .....

(در صورت وجود موقعیت درز جدایی در یک کروکی پشت صفحه ترسیم گردد)

۲- نامنظمی در پلان: بلی □ خیر □

۳- نامنظمی در ارتفاع: بلی □ خیر □

۴- فاصله از ساختمان های مجاور با میزان درز انقطاع موجود: موضوعیت ندارد □

شمال ..... جنوب ..... شرق ..... غرب .....

۵- حداکثر طول طره ها ..... ندارد □

۶- آیا طبقه نرم وجود دارد؟ بلی □ خیر □

۷- آیا طبقه ضعیف وجود دارد؟ بلی □ خیر □

۸- وضعیت تقارن عناصر مقاوم در مقابل نیروهای جانبی

با توزیع متقارن □ اندکی عدم تقارن □ نامتقارن □ مشهود نیست □

۹- اعضای باربر جانبی در ارتفاع تعییر صفحه دارند؟ بلی □ خیر □

۱۰- موقعیت و وضعیت توزیع دیوارها و تیغه های غیر باربر در پلان:

منظم □ کمی نامنظم □ غیر منظم □ وجود ندارد □

۱۱- ساختمان مجاوری با ارتفاع کمتر از نصف یا بیشتر از دو برابر ارتفاع ساختمان در مجاورت ساختمان مذکور وجود دارد؟ بلی □ خیر □

کدامیک و در کدام ضلع ....

۱۲- آیا تراز کف طبقات ساختمان با ساختمان مجاور متفاوت است.

بلی □ خیر □ شناسایی نشد □ دلیل: .....

۱۳- نوع سیستم باربر قائم:

قاب خمشی بدونی □ قاب خمشی فولادی □ دیوار باربر با مصالح بنایی □ دیوار بنایی، قاب ساده فولادی □

۱۴- سیستم سازه ای سقف ها: (حتی الامکان مقطع سقف به صورت شماتیک با ذکر فاصله تیرها یا تیرچه ها پشت صفحه ترمیم گردد.)

تیرچه بلوک □ طاق ضربی □ تیرچوبی □ قوسی □ غیره: .....

۱۵- نوع سیستم باربر جانبی:

مهاربندی فولادی (□ N-S □ E-W) میان قاب آجری مسلح (□ N-S □ E-W)

دیوار باربر بنایی مسلح (□ N-S □ E-W) دیوار بابر بنایی غیر مسلح (□ N-S □ E-W)
میان قاب آجری غیر مسلح (□ N-S □ E-W) غیره : .....
۱۶- آیا در ساختمان ستون کوتاه وجود دارد؟ بلی □ خیر □ موضوعیت ندارد □
۱۷- آیا تغییرات ناگهانی در ابعاد ستون ها دیده می شود؟ بلی □ خیر □ موضوعیت ندارد □
۱۸- آیا ساختمان دارای کلاف بندی می باشد؟ بلی □ خیر □ موضوعیت ندارد □
۱۹- وجود هرگونه تیر یا کلاف نشیمن انتهایی برای تیرهای طاق ضربی :
دارد □ ؟ ..... ندارد □ ضخامت دیوار نشین .....
۲۰- نوع دیوارها: آجر فشاری □ آجر سفال □ خشتی □ غیره با ذکر نوع ملات:

ج- شناسنامه فنی ویژگی های لرزه ای زمین ساخت و زئوتکنیک

۱- وضعیت توپوگرافی منطقه:
شیب بیش از ۱۰٪ □ شیب بین ۵ تا ۱۰٪ □ شیب کمتر از ۵٪ □ ساختمان در مجاورت خاکریزی و خاکبرداری □
۲- محوطه اطراف ساختمان:
حفره های بزرگ □ تونلهای زیرزمینی □ زیرزمین های وسیع □ کانال های انتقال □ قنات □ زمین هموار □
۳-آیا در مجاورت ساختمان تیر، دکل یا درختان بزرگ بلند وجود دارد؟ (در صورت وجود در سایت پلان مشخص گردد)
۴- مشکلات عینی خاک : روانگرایی □ نشست □ ریزش □ جابجایی □ بازشدگی □ غیره : .....

د- شناسنامه فنی شالوده

۱- نوع شالوده :
۲- جنس شالوده : بتن آرمه □ بتن غیر مسلح □ بلوک بتنی □ شفه آهکی □ سایر: .....
۳- آیا پی روی ترازها متفات ساخته شده اند؟ بلی □ خیر □ مشهود نیست □ توضیح :
۴- عمق پی ..... متر مشهود نیست □
۵- آیا ترک خوردگی پیش از زلزله وجود دارد؟ بلی □ خیر □
۶- آیا پس از احداث ساختمان در مجاورت آن گود برداری با عمق بیشتر از عمق پی انجام شده است؟
بلی □ فاصله از محل گود برداری : ..... متر خیر□ عمق گود برداری ..... متر
۷- آیا عوامل آسیب محیطی در مصالح دیده می شود؟ بلی □ خیر □ مشهود نیست □

هـ – شناسنامه فنی جزییات معماری و اجزاء غیر سازه ای

۱- آیا احتمال سقوط اجزای سازه ای (دیوارهای جدا کننده و آویزها و سقف کاذب و دود کش و ...) وجود دارد؟
خیر □ بلی □ نوع عناصر .....
۲- سازه دارای قسمت های الحاقی در خارج از سازه است: بله – مهار مناسب به سازه □ بله سهار نامناسب به سازه □ خیر □
۳- مصالح چار چوب پنجره ها: فولاد □ آلومینیوم □ چوب □ سایر .....
۴- مصالح پر کننده پنجره ها: شیشه □ طلق □ شیشه در جداره □ سایر ....
۵- آیا سقف کاذب بخوبی به سقف مهار شده و مهار بندی مایل می باشند؟ بلی □ خیر □ سقف کاذب ندارد □
۶- وجود قطعات الحاقی خاص با جنبه صرفاً معماری در نمای سازه : بلی □ خیر □ وضعیت : .....
۷- مهار مناسب سر در، کتیبنه یا تابلوهای بالای درب ها و نما: بلی □ خیر □ نامشخص □ موضوعیت ندارد □
۸- وضعیتت جانپناه ؟ دارد □ ندارد □ توضیح: .....
۹- وضعیت دودکش؟ دارد □ ندارد □ توضیح: .....
در صورت وجود موارد فوق ارتفاع، ضخامت و مصالح نیز قید گردد. ارتفاع..... متر ضخامت ..... متر مصالح .....
۱۰- نوع نما: آجری □ سنگی □ کنیتکس □ سیمانی □ شیشه ای □ انواع دیگر.....
۱۱- آیا در نمای سنگی، سنگها به نحوه مناسب مهار شده اند؟ بلی □ خیر □ نامشخص □ موضوعیت ندارد □
۱۲- نحوه چیدن اجر نما: توام با چفت و بست □ توام بدون چفت و بست □
جداگانه با چفت و بست □ جداگانه بدون چفت و بست □
۱۳- کیفیت و نوع ایزولاسیون بام: خوب □ متوسط □ بد □ توضیح: .....

۴-۵-۲-۵ بررسی نواقص ساختمان

در این مرحله با توجه به اطلاعات گرد آوری شده در مراحل قبل، مسئول طرح بهسازی اقدام به بررسی و ارزیابی نواقص ساختمان می نماید. با توجه به اعتباری که دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود دارد روش این دستورالعمل در این پروژه بکار برده شده است. این دستورالعمل برای نواقص مطرح شده معیارهایی دارد که از آیین نامه های معتبر داخلی و خارجی ، بالاخص آیین نامه ۲۸۰۰ ایران استخراج شده است، در این مورد در فصل قبل به طور مفصل بحث شده است. در پروژه مقاوم سازی شهرستان بروجرد برای رفع نواقص ساختمان ها جزئیات اجرایی متعددی بکار برده شده، که در اینجا این جزئیات به طور کامل تحت پوشش قرار می گیرد. فلسفه و مبانی ارائه طرح های بهسازی با آیین نامه ها و دستورالعمل های معتبری که در فصل قبل معرفی شدند، مقایسه می شود، در ادامه گزارش مصوری از راهکارهای بهسازی آورده شده است.

۴-۶ راهکار های بهسازی

۴-۶-۱ کاهش وزن سقف

در ساختمان های مصالح بنایی دال ها عموماً سنگین هستند این سنگینی ناشی از استفاده از مصالح با نسبت مقاومت به وزن بسیار پایین یا به واسطه اندود کردن سقف در سال های متمادی بدون برداشتن لایه های اندود قبلی می باشد سنگینی دال باعث افزایش قابل توجه نیروی اینرسی عمل کننده بر روی ساختمان می گردد. در روش بهسازی با برداشتن اندود بام (آسفالت و قیروگونی (معمولاً چند لایه)، مصالح شیب بندی اضافی و استفاده از روش های صلب سازی سقف و شیب بندی با مصالح سبک (پوکه) وزن قابل ملاحظه ای از ساختمان را کم می کنند. (شکل ۴-۷)

شکل ۴-۷ عملیات سبک سازی بام

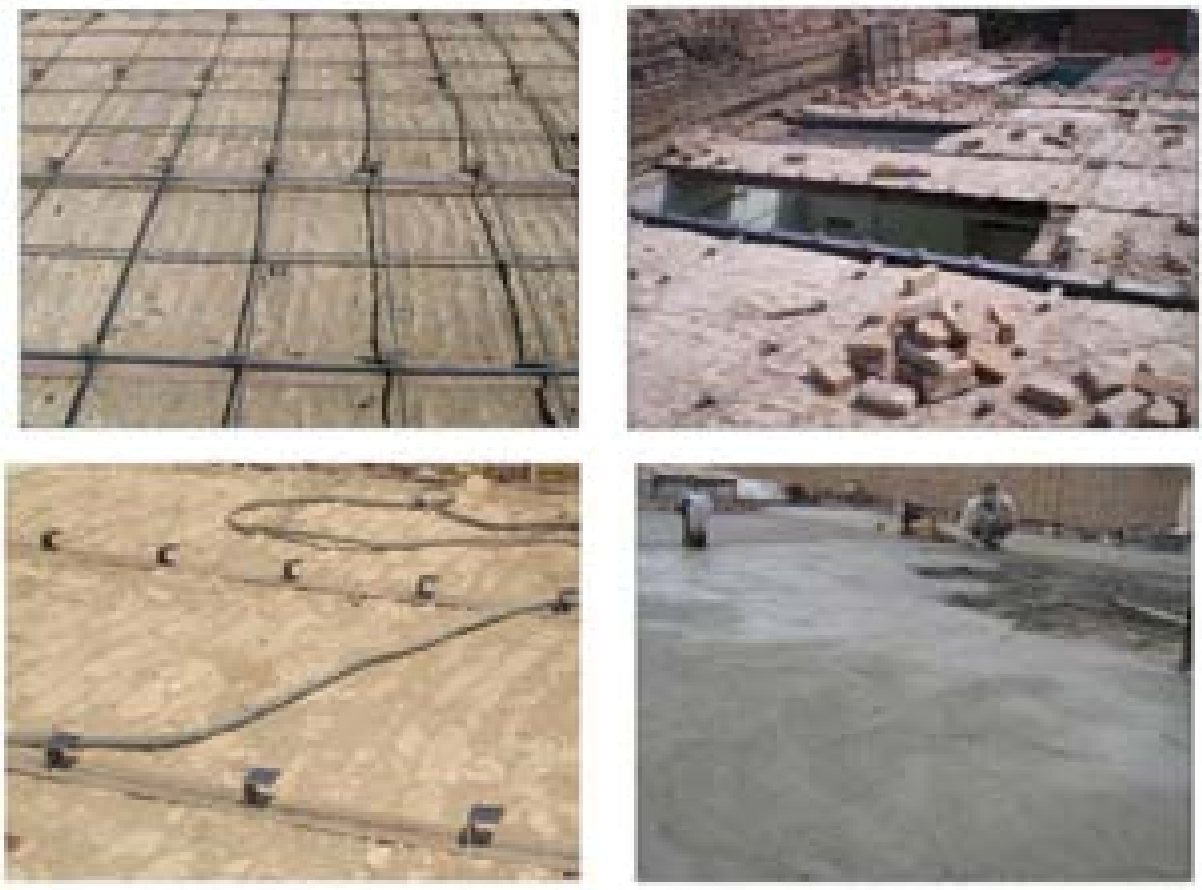
۴-۶-۲ تامین انسجام سقف ها

در هنگام وقوع زلزله سقف ساختمان باید بتواند نیروهای زلزله را به اعضای سیستم لرزه بر انتقال دهد، سقف های صلب عملکرد مناسبی در انتقال نیروهای جانبی به اعضای لرزه بر دارند. در کلیه روش های مقاوم سازی ساختمان ها فرض بر این است که سقف یک دیافراگم مسنجم بوده و به صورت یکپارچه عمل می کند. در غیر این صورت نمی توان از عضو مقاومی که در یک بخش ساختمان قرار گرفته است برای جذب نیروهای زلزله در بخش های دیگر استفاده نمود[۴۶]. بحث دیگری که در مورد سقف ها مطرح است انعطاف پذیری یا صلبیت دیافراگم می باشد. تفاوت این دو نوع دیافراگم بیشتر در توزیع بارهای جانبی است بدین ترتیب که دیافراگم صلب نیروهای جانبی را به نسبت سختی بین عناصر باربر جانبی پخش می نماید، حال آنکه دیافراگم انعطاف پذیر این توزیع را تقریباً به نسبت طول دهانه باربر انجام می دهد. آیین نامه ۲۸۰۰ ملاک انعطاف پذیری یا صلبیت دیافراگم ها را قیاس تغییر شکل جانبی آن ها با تغییر مکان نسبی طبقه می داند. اگر این تغییر شکل کمتر از نصف تغییر مکان نسبی طبقه باشد. دیافراگم صلب و در غیر این صورت انعطاف پذیر نامیده می شود. این آیین نامه استفاده از سقف های انعطاف پذیر را در ساختمان های بلند مرتبه توصیه نمی نماید. برای جلوگیری از ارتعاش غیر همزمان قسمت های مختلف دیافراگم و متناظراً دیوارهای ساختمان در هر طبقه، بهتر است برای ساختمان های بنایی نیز (که تعداد طبقات آن ها

اندک می باشد) از دیافراگم صلب استفاده شود. [۴۶] ضوابط انسجام سقف را همه دستور العمل های مورد استفاده از ۳-۱۱-۳ آیین نامه ۲۸۰۰ اقتباس کرده اند، این آیین نامه ضوابطی در خصوص حفظ یکپارچگی و انسجام انواع سقف ها (طاق ضربی، تیرچه و بلوک، و خرپاها) دارد.

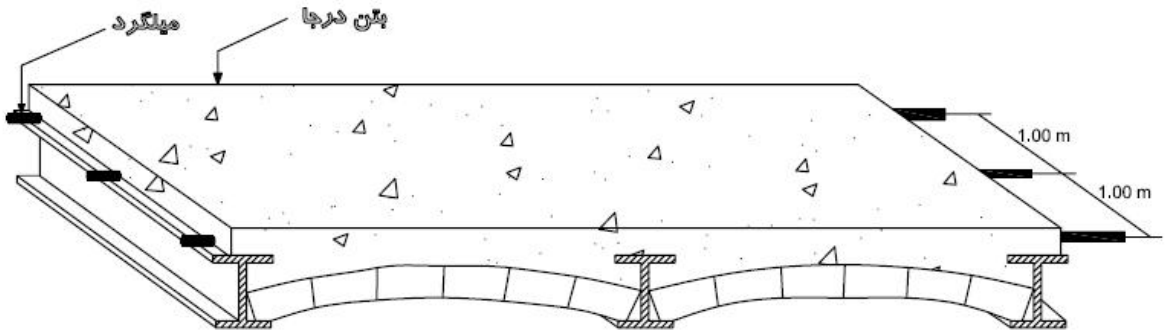
راهکارهای بهسازی که توسط دستور العمل های مختلف ارائه شده است به شرح زیر می باشد.

۱- پس از سبک سازی سقف و رسیدن به آهن و آجر در سقف های طاق ضربی یک شبکه میلگرد نمره ۸ به فاصله ۳۵ سانتی متر روی سقف اجرا می کنیم و برشگیرهای مناسبی روی آهن ها تعبیه می شود سپس یک لایه بتن به ضخامت ۷-۵ سانتی متر روی سقف اجرا می شود. در این روش علاوه بر صلب سازی سقف، ضعف پروفیل های سقف را در تحمل بارهای ثقلی با اجرای سقف کامپوزیت با شمع بندی می توان جبران نمود. (شکل ۴-۸)



شکل ۴-۸ اجرای پوشش بتن مسلح روی بام

۲- بعد از سبک سازی روی تیر آهن های سقف در جهت عمود بر تیرآهن ها به فواصل ۱ متر میلگردهایی سراسری جوش می دهیم و ۷-۵ سانتی متر بتن را روی سقف اجرا می کنیم، برشیگرهایی برای اتصال بتن جدید به سقف قدیمی باید تعبیه شود[۴۶]. (شکل ۴-۹)



شکل ۴-۹ اجرای پوشش بتن مسلح روی بام

۳- در هر ۲ متر از طول تیرچه ها، یک یا چند رج از آجرهای طاق ضربی برداشته شده و به جای آن یک تیر فرعی(با نمره کمتر از نمره تیرچه سقف) در جهت عرضی جایگزین گردد و در تمام دهانه ها ادامه یابد. بدین ترتیب عملکرد دال یکطرفه طاق ضربی به یک شبکه فولادی تبدیل می گردد که قادر است بارهای سقف را در دو جهت به دیوارها منتقل کند. این عمل ضمن اینکه طول مؤثر تیرچه ها را کاهش می دهد باعث رفتار بهتر دیافراگم و صلبیت مناسب آن می گردد[۴۷]. (شکل ۴-۱۰)

شکل ۴-۱۰ انسجام سقف

۴- چنانچه اعمال روش های فوق میسر یا اقتصادی نباشد (مخصوصا در طبقات میانی ساختمان) می توان عملیات تسمه کشی سقف را چه به صورت ضربدری و چه به صورت عمود بر تیرچه های سقف از داخل اتاق ها انجام داد. برای اینکار اندود سقف را تراشیده و تسمه به ضخامت ۵ میلی متر و به عرض ۵ سانتی متر را از زیر به تیر آهن های سقف جوش می دهیم. (شکل ۴-۱۱) رعایت ضوابط بند۳-۱۱-۳ آیین نامه ۲۸۰۰ در این مورد ضروری است وبر اساس آن می بایست

روی دیوارهای باربر و فاصله بین تیرها ابتدا کاملاً تمیز شده سپس سه میلگرد نمره ۱۸ به آن ها جوش می شود و در انتها روی آن ها بتن ریخته شده تا یک کلاف افقی به ارتفاع حداقل ۲۵ سانتی متر ایجاد گردد.

شکل ۴-۱۱ تسمه کشی

۵- در مواردی که سقف چوبی باشد بهتر است سقف جمع آوری شده و با نوع مناسب تری جایگزین گردد. در غیر این صورت حداقل می بایست به روش شماره ۴ با تعبیه میلگرد یا تسمه های ضربدری و ایجاد کلاف های افقی روی دیوار اندکی به صلبیت آن افزوده گردد واضح است که در این حالت تسمه ها و میلگردهای ضربدری باید به طور مناسبی در کلاف افقی مهار شوند. (شکل ۴-۱۲)

شکل ۴-۱۲ تعویض سقف چوبی

۴-۶-۳ اصلاح سیستم ثانویه کمکی (کلاف بندی افقی و قائم)

۴-۶-۳-۱ اصلاح وضعیت کلاف بندی افقی دیوارهای باربر ساختمان

سیستم ثانویه مقاوم لرزه ای کلاف شامل کلاف افقی زیردال، کلاف افقی پی و کلاف عمودی می باشد. در صورت شکست بخش هایی از عناصر باربر اصلی مانند دیوارها، این سیستم به صورت یک مجموعه، توانایی لازم برای ایستایی دال را دارا می باشد. در این مورد دستور العمل بهسازی ساختمان های موجود، رعایت کلیه ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ را ملاک قرار داده است.

لازم به ذکر است که در صورت وجود ستون های فولادی و بتن در ساختمان لازم است این ستون ها در بالا به کلاف سقف و در پایین به کلاف زیر دیوار متصل شوند. آیین نامه ۲۸۰۰ اجرای کلاف افقی را برای کلیه ساختمان های بنایی در ترازهای مذکور لازم می داند ابعاد کلاف بتنی همراه با میلگردهای طولی و خاموت ها در این آیین نامه آمده است و چنانچه بخواهیم از کلاف فلزی استفاده کنیم. باید از مقطع معادل با تیر آهن نمره ۱۰ استفاده نمود. این آیین نامه مقرر می دارد که کلاف افقی در هیچ جا نباید منقطع باشد. چنانچه بتوان در قسمت هایی از ساختمان دور تعدادی از دیوارهای آجری کلاف

های افقی و قائم ایجاد نمود. عملاً دیوار کلاف بندی شده مانند قاب مرکب عمل می کند و می توان به عنوان عنصر لرزه بر تلقی گردد.[۱]

۴-۶-۳-۲ اصلاح وضعیت کلاف بندی قائم دیوارهای باربر ساختمان

طبق آیین نامه ۲۸۰۰ ضرورت کلاف قائم با توجه به تعداد طبقات، اهمیت ساختمان و خطر نسبی زلزله در منطقه تعیین می شود. در ساختمان های دو طبقه اجرای کلاف قائم اجباری است. ولی در ساختمان های یک طبقه مطابق جدول ۴-۴ است.

جدول ۴-۴ ضرورت کلاف های قائم در ساختمان های مختلف

گروه اهمیت ساختمان	منطقه خطر نسبی زلزله			
	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
اهمیت زیاد	دارد	دارد	دارد	دارد
اهمیت متوسط	ندارد	ندارد	دارد	دارد
اهمیت کم	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد

فاصله محور تا محور کلاف های قائم به ۵ متر محدود شده است، و در صورت استفاده ازکلاف قائم بتنی هیچ یک از ابعاد مقطع کلاف نباید از ۲۰ سانتیمتر کمتر باشد و یا اینکه به جای کلاف بتنی می توان از مقطع معادل تیر آهن نمره ۱۰ استفاده نمود.

نکاتی در مورد اجرای کلاف های قائم به شرح زیر وجود دارد.

۱- با تعبیه شاخک ها و یا میلگردهای افقی مناسب اتصال بین دیوار و کلاف تأمین گردد.

۲- کلاف های قائم در داخل دیوارها و در گوشه های اصلی ساختمان و ترجیحاً در نقاط تقاطع دیوارها تعبیه شوند.

کلاف های قائم به نحو مناسبی در کلیه نقاط تقاطع به کلاف های افقی متصل شوند. تا متفقاً با کمک دیوارهای سازه ای یک سیستم سه بعدی مقاوم را تشکیل دهند. (شکل ۴-۱۳)

شکل ۴-۱۳ اجرای شناژ قائم

۴-۶-۴ نبشی کشی

یک روش بسیار متعارف در پروژه های مقاوم سازی استفاده از دتایلی با نام نبشی کشی در تراز زیر سقف ها می باشد در این مورد از نبشی نمره ۱۰ در کنج سقف و دیوار به صورت سراسری استفاده می شود، این نبشی ها از یک طرف به تیر آهن های سقف جوش می شوند واز طرف به صفحات فلزی که درون دیوار به فواصل نیم متر کاشته شده متصل می شوند، در پاره ای موارد اتصال نبشی به دیوار توسط بلت انجام می شود که بعضا از لحاظ اجرایی مشکل می باشد. قبل از نصب این نبشی ها حدود ۷۵ سانتی متر بالای تراز سقف و ۷۵ سانتی متر پایین تراز سقف را توسط آرماتورهای نمره ۸ به فواصل ۳۰

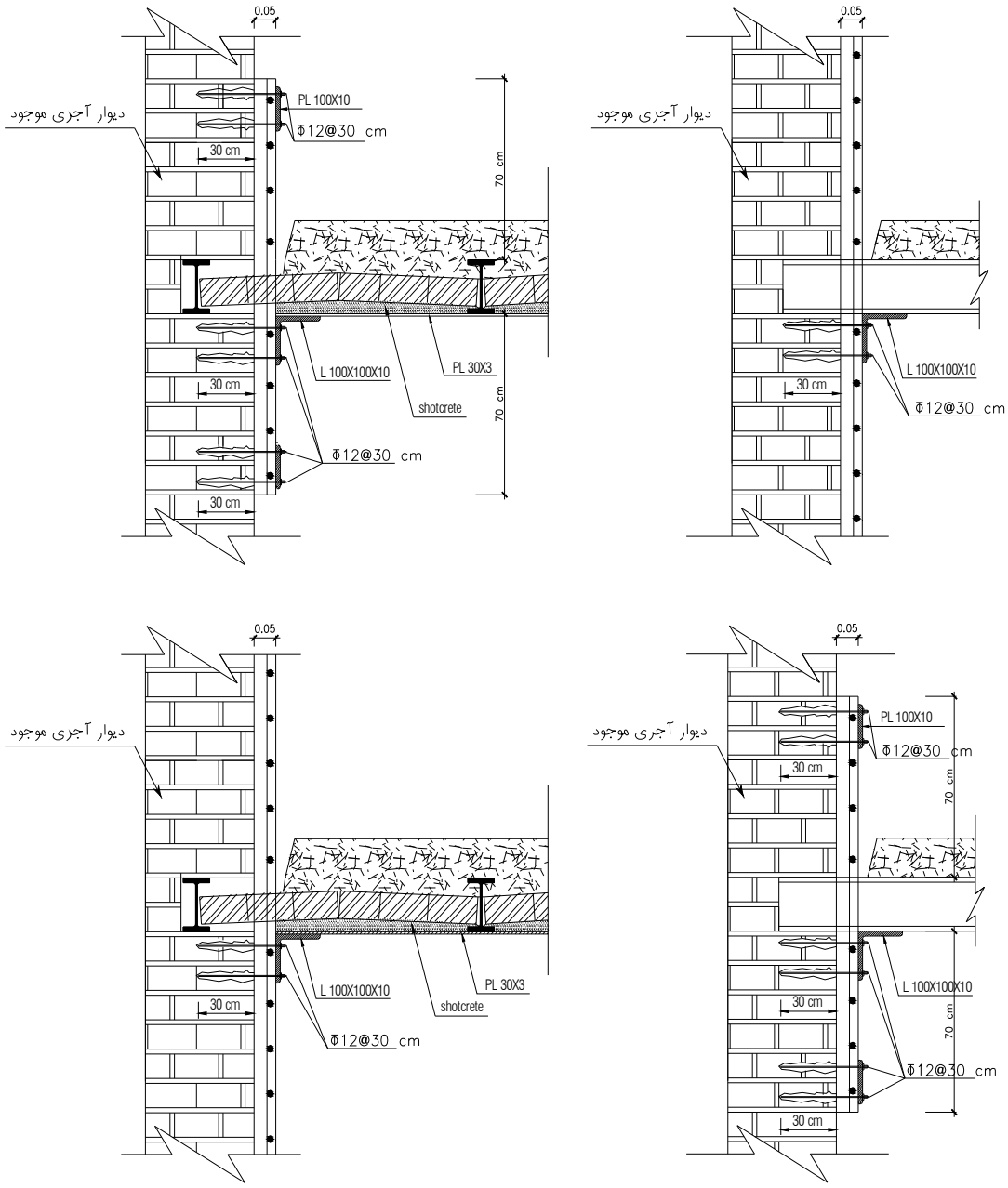
سانتی متر مسلح کرده و توسط بتن شاتکریتی روی آن ها ۵ سانتی متر بتن پاشیده می شود. سپس نبشی ها نصب می شوند. این نبشی ها خود به شناژهای قائم متصل می شوند و به این ترتیب سیستم کلاف بندی ساختمان شامل کلاف های افقی و قائم تکمیل می گردد. از دیگر مزیت های این طرح افزایش طول نشیمن تیرهای سقف و نیز ایجاد تکیه گاه مناسب در مواردی که برای طاق زدن از دیوار به عنوان پاطاق استفاده شده است. مش بندی حدود یک و نیم متر در تراز سقف و اتصال این قسمت به دیوارهای ساختمان و از طرف دیگر به سقف ساختمان باعث تامین مقاومت لازم برای نیروی خارج از صفحه دیوار می شود و هنگام انتقال نیروی زلزله از دیافراگم به دیوار از هرگونه لغزش دیوار روی دیافراگم جلوگیری می کند.

در شکل ۴-۱۴ نقشه اجرایی به همراه تصاویر اجرا شده آن آمده است البته در این بین تصاویری از طرح های مختلف نبشی کشی ارائه شده است. در بعضی از آن ها نبشی کشی با مش بندی دیوار ادغام شده است و میلگردهای نمره ۱۴ به فواصل ۴۰ سانتی متر در سراسر ارتفاع دیوار امتداد یافته اند و مش بندی دیوار به آن وصل شده است.

شکل ۴-۱۴ اجرای نبشی کشی

ادامه شکل ۴-۱۴ اجرای نبشی کشی

در شکل ۴-۱۵ نمونه ای از دتایل نبشی کشی ارائه شده است.



نحوه اتصال سقف به دیوار

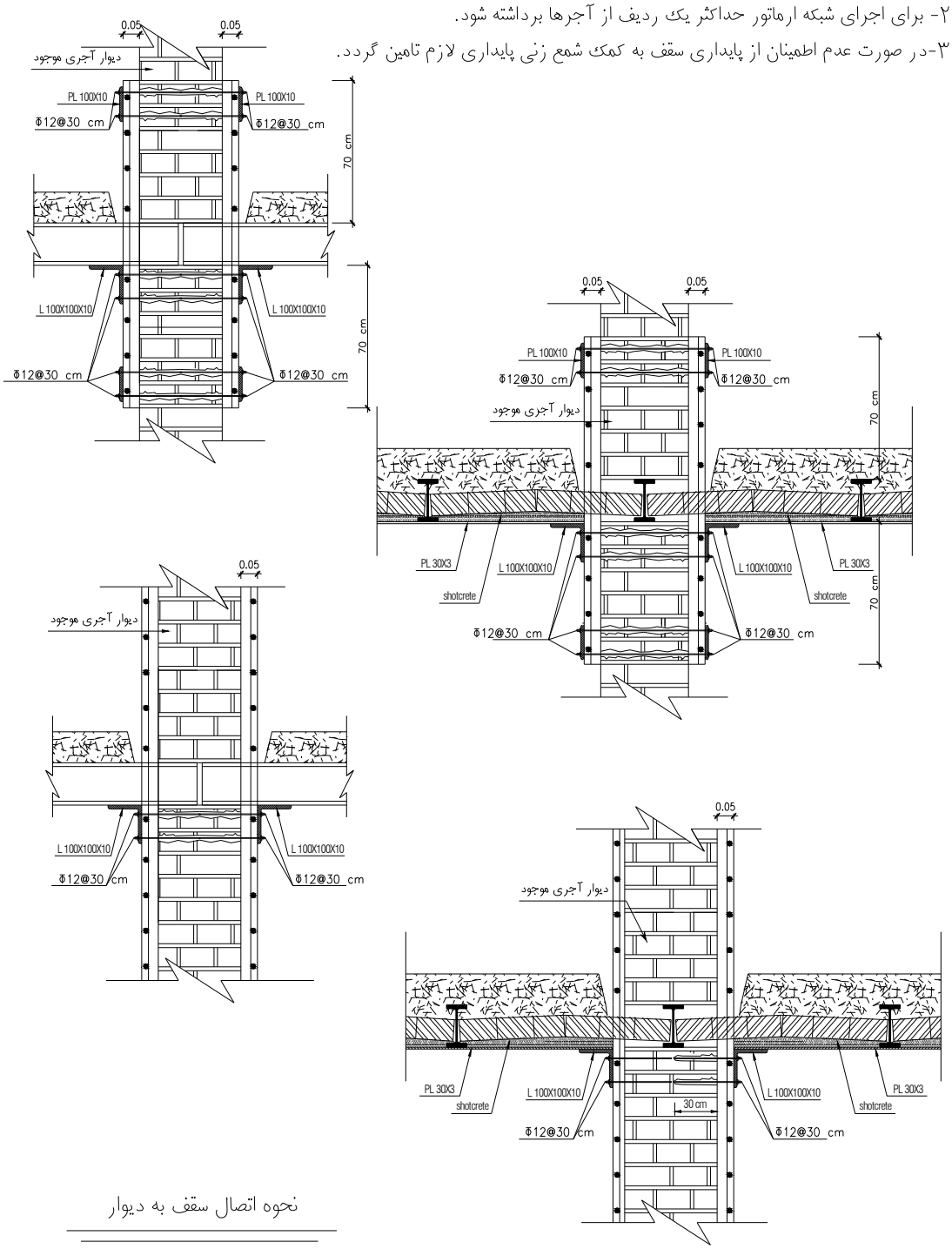
۱-نبشی نشیمن در زیر سقف در سرتاسر طول دیوار اجرا گردد.

۲- برای اجرای شبکه ارماتور حداکثر یک ردیف از آجرها برداشته شود.

۳-در صورت عدم اطمینان از پایداری سقف به کمک شمع زنی پایداری لازم تامین گردد.

شکل ۴-۱۵ نمونه ای از دتایل نبشی کشی

۱-نبشی نشیمن در زیر سقف در سرتاسر طول دیوار اجرا گردد.
۲- برای اجرای شبکه ارماتور حداکثر یک ردیف از آجرها برداشته شود.
۳-در صورت عدم اطمینان از پایداری سقف به کمک شمع زنی پایداری لازم تامین گردد.



نحوه اتصال سقف به دیوار

ادامه شکل ۴-۱۵ نمونه ای از دتایل نبشی کشی

۴-۶-۵ تامین میزان دیوار مورد نیاز برای تحمل برش طبقه

۴-۶-۵-۱ محاسبات برش پایه

در دستور العمل بهسازی لرزه ای برای ارزیابی کفایت مقاومت برشی ساختمان، ظرفیت برشی دیوارها بر اساس آزمایش مقاومت برشی ملات تعیین می گردد. ضوابط انجام آزمایش و ضوابط تعیین ظرفیت برشی دیوار بر اساس ضوابط مندرج در آیین نامه UCBC می باشد. آیین نامه UCBC جهت محاسبه برش پایه ساختمان های مصالح بنایی از رابطه زیر استفاده می کند.

$$V = 0.33AIW \qquad (۴-۱)$$

که در آن A شتاب مبنای طرح و W وزن مؤثر ساختمان شامل بار مرده و درصد مؤثر بار زنده می باشد. که این میزان برش پایه طبق روابط آیین نامه ۲۸۰۰ بین طبقات تقسیم می شود و دیوارها باید بتوانند این میزان برش را در هر طبقه تحمل نمایند. در آیین نامه ۲۸۰۰ ما فقط موظف به تأمین مقادیری از دیوار نسبی در طبقات مختلف هستیم که قبلاً به طور کامل در مورد آن بحث شده است.در دستور العمل تحلیل آسیب پذیری میزان برش پایه از رابطه زیر بدست می آید.

$$V = C\,W \qquad , \qquad C = m\,\frac{A\,B\,I}{R} \qquad (۴-۲)$$

W : وزن کل ساختمان مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ و C ضریب می باشد.

A : شتاب مبنای طرح (نسبت شتاب زلزله به شتاب ثقل g) مطابق آیین نامه ۲۸۰۰

B : ضریب بازتاب ساختمان که با توجه به ارتفاع ساختمان و نوع خاک و خطر نسبی زمین لرزه مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ تعیین می گردد.

I : ضریب اهمیت ساختمان مطابق آیین نامه ۲۸۰۰

R : ضریب رفتار، در ساختمان های بنایی غیر مسلح بدون کلاف برابر ۱/۲۵ و در ساختمان های بنایی با کلاف برابر ۲/۵

m: ضریب عمر مفید باقیمانده ساختمان ، برابر با ۰/٦۷

به منظور ارزیابی ساختمان موجود، برخی آیین نامه ها سطح نیروی پایین تری در مقایسه با سطح نیروهای در نظر گرفته شده در طراحی ساختمان جدید را مطرح می کنند این موضوع در مجموع ضمن کاهش حاشیه ایمنی در ساختمان موجود، با توجه به عمر مفید باقیمانده ساختمان و هزینه های سنگین بهسازی لرزه ای و اختلال در استفاده از ساختمان قابل قبول است. در برخی آیین نامه ها این ضریب « m » به دو سوم نیروی آیین نامه در طراحی ساختمان جدید تقلیل داده می شود. بر این اساس برش پایه در ارزیابی آسیب پذیری و بهسازی ساختمان به ۶۷ درصد برش پایه طراحی مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ کاهش

می یابد. طبق این دستور العمل نیروی زلزله همانند دستور العمل بهسازی لرزه ای و توسط فرمول زیر بین طبقات تقسیم می شود.

$$F_i = \frac{W_i\ h_i}{\sum_{j=1}^{n} W_j h_j} \cdot V \qquad (۳-۴)$$

F_i = نیروی جانبی در تراز طبقه i

W_i= وزن طبقه i شامل وزن سقف و سربار زنده و نصف وزن دیوارها که دربالا و پایین سقف قرار گرفته اند.

h_i = ارتفاع سقف طبقه i از تراز پایه

n = تعدادطبقات ساختمان

تنش برش وارد بر دیوارهای ساختمان بر اساس رابطه زیر محاسبه می شود.

$$\tau_{all} = \left[\frac{V_j}{A_w}\right] \qquad (۴-۴)$$

V_j = برش طبقه

A_w = جمع کل مساحت دیوارها در جهت بارگذاری، سطح بازشوها از سطح دیوارها باید کاسته شود.

از آنجا که در ساختمان های بنایی، دیوارهای باربر عناصر اصلی مقاوم در برابر نیروهای افقی زلزله هستند. این دیوارها با سختی و مقاومت برشی درون صفحه خود، در برابر نیروهای اینرسی انتقال یافته از دال مقاومت می کنند. کمبود مقدار دیوارهای باربر و یا تراکم پایین این دیوارها به واسطه استفاده از بازشوهای بزرگ سبب می گردد که ساختمان مقاومت برشی لازم را در برابر نیروهای زلزله نداشته باشد. آیین نامه ۲۸۰۰ در ساختمان های آجری حداقل دیوار نسبی در طبقات ۱ تا ۳ به ترتیب، هشت، شش و چهار درصد زیربنای یک طبقه بیان می کند.از طرف دیگر دستور العمل بهسازی میزان برش پایه را با استفاده از آیین نامه UCBC به صورت زیر معرفی کند.

$$V = 0.33\ AIW \qquad (۵-۴)$$

این میزان برش پایه با ظرفیت برشی ساختمان هایی که حداقل دیوار نسبی مندرج در آیین نامه ۲۸۰۰ را دارا می باشند به شرح زیر همخوانی دارد.

مقاومت برشی طبقه اول $= 0.08 \times S \times V_a$

مقاومت برشی طبقه دوم $= 0.06 \times S \times V_a$

مقاومت برشی طبقه سوم $= 0.04 \times S \times V_a$

و مطابق آیین نامه UCBC مقاومت برشی دیوارها (V_a) از رابطه زیر بدست می آید.[۴۱]

$$V_a = 0.1\ V_t + 0.15\ \sigma_c \qquad (۶-۴)$$

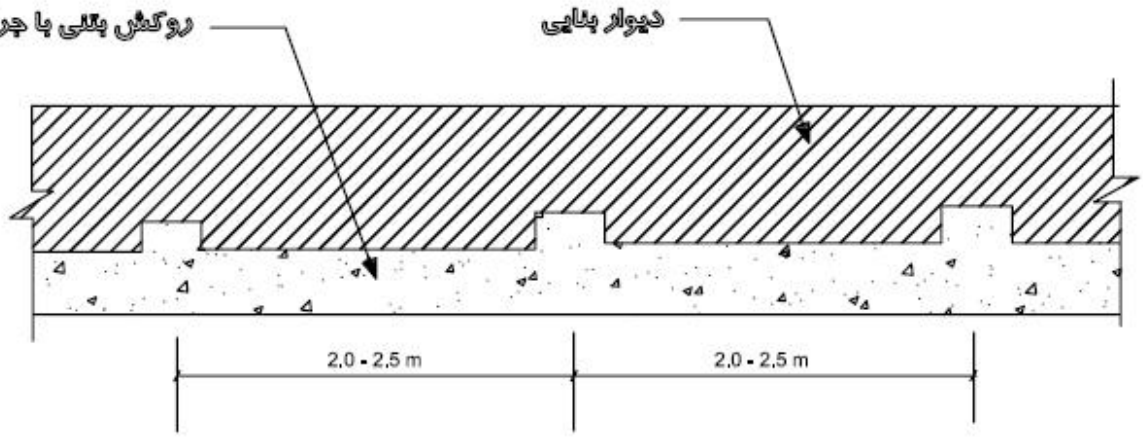
که دراین فرمول ها S مساحت طبقه و V_t مقاومت برش ملات و σ_c تنش فشاری دیوار است. البته این همخوانی با فرض مقاومت برشی ملات برابر ۳ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد. ولی می دانیم که همواره نمی توانیم این مقاومت را در ملات های ساختمان های بنایی موجود در کشور بدست آوریم. و معمولاً مقاومت برشی ملات در حدی است که از آن صرفنظر می شود. طبق دستور العمل بهسازی لرزه ای برش پایه بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ در طبقات ساختمان توزیع می گردد و نیروی برش هر طبقه با مجموع ظرفیت برشی دیوارهای آن طبقه مقایسه می گردد و همچنین توصیه شده است که حداقل ۷۵ درصد دیوارهای نسبی آیین نامه ۲۸۰۰ رعایت گردد.

در صورت کمبود مقاومت برشی راه کار های زیر را می توان به کار برد.

۱- می توان با استفاده از دیوارهای برشی ساختمان را در یک یا دو جهت مقاوم کرد این کار به دو صورت زیر انجام می شود.

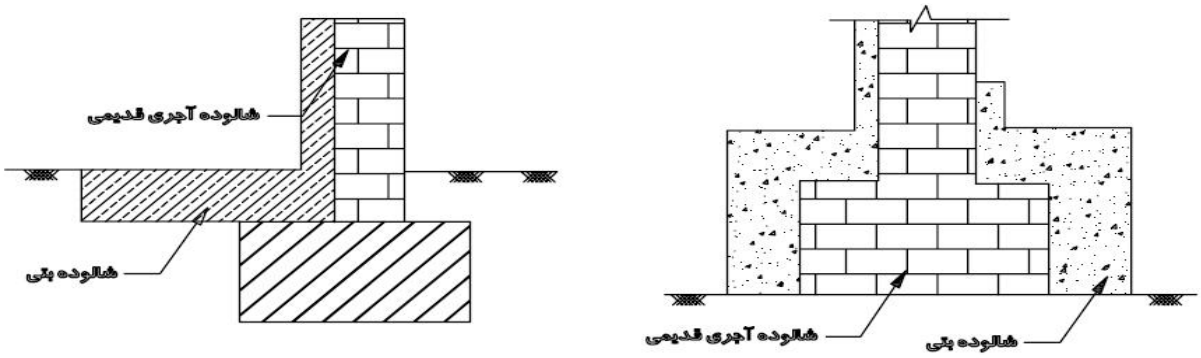
الف) برداشتن بخشی از یک دیوار موجود و ساختن دیوار برشی از بتن مسلح به جای آن

ب) تراشیدن اندود دیوارهای موجود و ریختن یک دیوار برشی بتنی در کنار آن[۱۱]، (شکل ۴-۱۶)



شکل ۴-۱۶ اجرای پوشش بتن در کنار دیوار قدیمی

در هر صورت به دلیل مقاومت فوق العاده دیوار برشی برای تحمل نیروی زلزله لازم است پی این دیوار به صورت دقیق و به یکی از صورت های شکل ۴-۱۷ اجرا می شود[۱۱].



شکل ۴-۱۷ اجرای پی برای پوشش بتن مسلح

۴-۶-۵-۲ تعبیه روکش بتنی

یکی از روش های مؤثر تقویت ساختمان های موجود ایجاد روکش بتنی روی دیوارهاست. این کار به دو روش پاشش تر و پاشش خشک انجام می شود. در هر دو روش شبکه ای از میلگردهای افقی و قائم و احیاناً مورب روی دیوار نصب می شود و آن گاه بر روی آن بتن می پاشند.[۴۶] (شکل ۴-۱۸)

استفاده از روکش بتنی برای سازه های آجری نتایج مفیدی را در برداشته است و تجربه نشان می دهد که بتن پاشیده شده به خوبی لای درزها را پر کرده، اتصال و چسبندگی مناسبی را فراهم می آورد. سطوح آجری کاملاً تمیز می شوند و برای چسبندگی بیشتر سطوح صاف را زخمی می کنند. عمل پاشش بتن در چند لایه انجام می گیرد تا گود شدگی به حداقل برسد.

با ایجاد روکش بتنی در سطوح بیرونی یا درونی دیوارهای آجری می توان مقاومت لرزه ای ساختمان را به طور چشمگیری افزایش داد. آنگاه دیوارهای آجری- بتنی می توانند مانند دیوارهای برشی نیروی جانبی زلزله را بگیرند. روکش را می توان در سطوح بیروی یا درونی ساختمان به کاربرد در هر صورت باید روکش بتنی در تمام ارتفاع دیوار امتداد داشته باشد و یا در مواردی که نمی توان روکش را از سقف عبور داد باید در دیوار شیارهایی به فواصل ۲/۰ تا ۲= S متر ایجاد کرد تا نیروهای خمشی وارد به روکش در طبقات بالا به طبقه پایین منتقل شود.

چنانچه بتوان در سطوح بیروی و درونی از روکش بتنی استفاده کرد. مقاومت جانبی بسیار بهتری حاصل می شود. به ویژه اگر این دوروکش با سوراخ کردن دیوار و قرار دادن میلگرد رابط به هم وصل شوند.[۱۱]

شکل ۴-۱۸ اجرای روکش بتنی

۴-۶-۵-۳ استقرار دیوار جدید

یکی از روش هایی است که به وسیله آن علاوه بر تأمین مقاومت برشی لازم می توان نامنظمی های پلان را نیز کم نمود و بدین ترتیب اثرات پیچش در ساختمان را به حداقل رساند، استقرار دیوار جدید می باشد. اما مسأله اصلی در این مورد ایجاد گیرداری بین دیوارهای جدید و قدیم می باشد و عموماً با استفاده از کلیدهای فولادی یا بتنی تعبیه شده در دیوارهای قدیمی این گیرداری تأمین می شود و بیش تر از روش هشتگیر کردن به همراه تسلیح محل اتصال استفاده شده

است. بعضی مواقع به دلیل پوسیدگی بیش ازحد دیوار ناشی از فساد مصالح با گذشت زمان و یا شدت آسیب وارده تصمیم به تعویض یک دیوار گرفته می شود که در زیر تصاویری از این مجموعه دیده می شود.(شکل ۴-۱۹)

شکل ۴-۱۹ اجرای دیوار جدید

دیوارهایی که در معرض آسیب لرزه ای قرار گرفته اند هنوز مقاومت خود را به کلی از دست نداده اند و قابلیت ترمیم را دارند با روش های ترمیم مانند ترمیم پوشش سطحی، تزریق دوغاب، تزریق اپوکسی یا ملات و ... مقاومت سازه ای خود را بدست می آورند.

به طور کلی ترمیم ساختمان خسارت دیده به منظور بازیابی مقاومت اصلی سازه انجام می شود. بندتی[1] و کاستلانی[2] نشان دادند که عمل ترمیم دیوارهای مصالح سنگی موجود، مقاومت جانبی آن ها را تا دو برابر افزایش می دهد. زیرا گروت حفره ها را پر می کند. و اندرکنش بین واحدهای بنایی و ملات را بهبود می بخشد[۴۶]. شکل(۴-۲۰)

شکل ۴-۲۰ ترمیم پوشش سطحی

1- Benedtti

2- Castellani

۴-۶-۶ افزایش طول تکیه گاهی تیرهای سقف

کوتاه بودن طول تکیه گاهی تیرهای سقف بر روی دیوارهای باربر سبب می گردد که دال توانایی لازم در مهار دیوار را از دست داده و بر اثر شکست های موضعی دیوار در سطوح تکیه گاهی محدود، تیرهای دال جابجا گردیده و یا فرو بریزند. آیین نامه ۲۸۰۰ بند ۲-۱۱-۳ در این زمینه مقرراتی به شرح زیر دارد. (شکل ۴-۲۱)

۱) در مورد سقف متکی بر تیر حمال عناصر اصلی سقف به تیرهای حمال متصل شوند و تیرهای حمال نیز به کلاف روی دیوار مهار گردند.

۲) در مورد سقف با تکیه گاه روی دیوار چنانچه سقف از نوع طلاق ضربی باشد تیر آهن های سقف باید یا در داخل کلاف بتن آرمه مهار شوند و یا به صفحات فلزی که روی کلاف افقی بتن آرمه قرار داشته و در داخل کلاف مهار شده اند متصل گردند. و یا به کلاف فلزی به نحوی مناسب بسته شوند. طول تکیه گاه تیرآهن های سقف طاق ضربی نباید از ارتفاع تیر یا از ۲۰ سانتیمتر کمتر باشد.

با ایجاد کلاف های افقی در تراز سقف و با اتصال مناسب این تیرها به کلاف ها طول تکیه گاه تیر های سقف زیاد می شود

شکل ۴-۲۱ اجرای کلاف های افقی

۴-۶-۷ اصلاح بازشوها در دال

وجود بازشوهای بزرگ در دال باعث کاهش توانایی دال در انتقال نیروهای جانبی به دیوارها می گردد. ضوابط ارائه شده در ادامه از FEMA 178 و FEMA 310 اقتباس شده است.[۱۱] (جدول ۴-۵) و (شکل ۴-۲۲)

جدول ۴-۵ ضوابط بازشو ها در دال ها

مجموع سطوح بازشو از ۵۰ درصد سطح کل دیافراگم کمتر باشد.
طول بازشو دال در مجاورت دیوار باربر از یک چهارم طول دیوار کمتر باشد.
طول بازشو دال در مجاورت دیوار باربر بیشتر از ۲ متر نباشد.

شکل ۴-۲۲ اصلاح بازشو در دال

۴-۶-۸ اصلاح نسبت طول دهانه به عرض دال

در دال های انعطاف پذیر، بالا بودن نسبت طول دهانه به عرض باعث تغییر شکل زیاد دال می گردد. ضوابط ارائه شده بر مبنای FEMA 178 و FEMA 310 می باشد. (شکل ۴-۲۳)

نسبت طول دهانه به عرض دیافراگم در سقف های انعطاف پذیر (چوبی، طاق ضربی، قطعات پیش ساخته بدون بتن رویه) بیش از ۳ است.

شکل ۴-۲۳ اصلاح دهانه های زیاد

۴-۶-۹ اتصال مناسب سقف به دیوارها

در اثر حرکت ناهمگون دیوارها و سقف، در بسیاری موارد بدون ایجاد خرابی عمده در این اعضا سقف ساختمان بنایی از روی دیوار جدا شده و می لغزد و سقوط می نماید از طرفی دال ها به عنوان عناصر نگهدارنده دیوارهای باربر در برابر ارتعاشات خارج از صفحه به حساب می آیند. در صورت نبود اتصال کافی بین دال و دیوارهای باربر، این دیوارها به صورت دیوار آزاد، رفتاری ضعیف خواهند داشت. در صورت نیاز به تقویت اتصال دیوار و دال، این اتصال باید بتواند نیروی خارج از صفحه در امتداد عمود بر سطح دیوار که از روابط زیر و طبق بند ۲-۶ آیین نامه ۲۸۰۰ بدست می آید را تحمل کند.

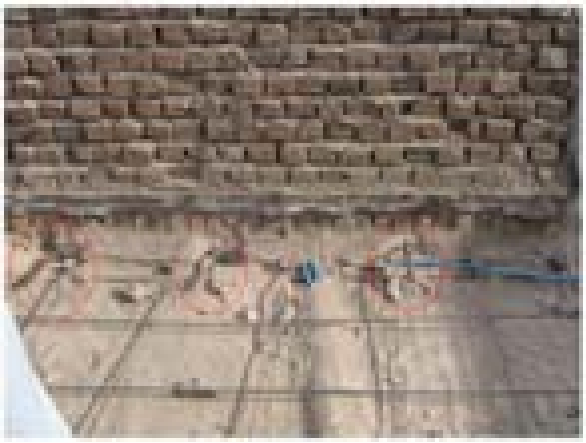
$$F_p = AIB_pW_p \qquad (۷-۴)$$

که در آن A و I به ترتیب شتاب مبنای طرح و ضریب اهمیت ساختمان هستند و W_p وزن دیوار مورد نظر و B_p ضریبی است که برای دیوارهای خارجی و داخلی ساختمان و تیغه های جدا کننده برابر ۰/۷ و جان پناه ها و دیوارهای طره ای برابر ۲ می باشد. روش هایی که برای اتصال بین سقف و دیوار وجود دارند عبارتنداز:

۱) اجرای آرماتورهای عصایی در تراز بام: در این مورد از آرماتورهای نمره ۲۰ به فاصله ۷۰ سانتی متر استفاده می شود. پس از سبک سازی بام روی دیوارهای باربر را در تراز بام سوراخ کرده و این آرماتورهای یک متری را درون دیوار کاشته و اطراف آن را با دوغاب سیمان یا گروت پر می کنند و سر این آرماتور ها که به حالت عصا خم شده است درون مش بندی روی بام قرار می گیرد و در صورت امکان به تیرآهن های سقف جوش می شود.

۲) در طبقات میانی توسط نبشی کشی این کار انجام می شود.

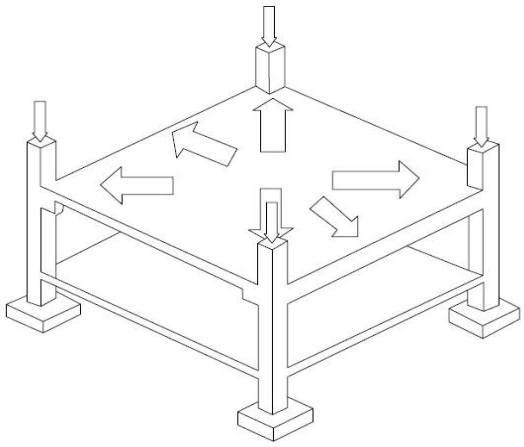
۳) در پاره ای موارد آرماتورهای نمره ۱۴ را به فواصل ۴۰ سانتی متر از روی بام تا شناژ زیر دیوار در تراز پی امتداد می دهند و در تراز طبقات این آرماتورها توسط نبشی کشی به تیرهای سقف وصل می شود. و در پایان روی این آرماتورها دیوار مسلح ایجاد می شود. (شکل ۴-۲۴)



شکل ۴-۲۴ اجرای آرماتور های عصایی

۴-۶-۱۰ افزایش تعداد مسیرهای انتقال بار[۴۱]

یکی از موارد بسیار مهم در پاسخ لرزه ای مناسب وجود مسیر کامل انتقال نیروی جانبی به شالوده است. این مسیر باید تمام اعضای مقاوم در برابر نیرهای جانبی ساختمان را به طور مناسب به هم متصل نماید. و از آخرین تراز ساختمان تا شالوده به طور ممتد ادامه یابد، انتقال نیرو باید به گونه ای باشد که نیروهای لرزه ای از سقف به کمک اتصالات مناسب به اعضای لرزه بر قائم نظیر دیوار برشی منتقل شود. و در نهایت این نیروها از طریق شالوده به خاک منتقل گردد. قطع مسیر بار یا عدم وجود حداقل یک مسیر پیوسته بار باعث ضعف ساختمان می شود و باید این نقص را به گونه ای مناسب رفع نمود. در شکل ۴-۲۴ مفهوم تعداد مسیرهای انتقال بار نشان داده شده است. شکل ۴-۲۵



شکل ۴-۲۵ تعداد مسیر های انتقال بار

۴-۶-۱۱ افزایش نامعینی

با توجه به عدم قطعیت در میزان نیروی زلزله و ظرفیت واقعی مقاطع، بهتر است ساختمان تا حد امکان نامعین باشد. نامعینی بدین مفهوم است که در صورت ضعف و خرابی یکی از اعضای لرزه بر جانبی عضو دیگری توان مقاومت در مقابل

نیروهای جانبی را دارا باشد. .همیچنین تعدد اعضای لرزه بر باعث تعدد نقاط محتمل تسلیم در سازه می شود و باعث توزیع مناسب عملکرد غیر خطی اعضا و افزایش شکل پذیری و توان جذب انرژی مجموعه خواهد شد[۴۱]. مشخصه متداول نامعینی، تعدد قاب ها یا محورهای انتقال نیرو و همچنین تعدد دهانه در این محورها محسوب می گردد. از آنجا که در ساختمان های بنایی تنها دیوارها وظیفه تحمل بارهای ثقلی و جانبی را به عهده دارند برای اینکه تعداد مسیرهای انتقال بار و همچنین نامعینی سازه افزایش یابد بهتر است یک سیستم ثانویه شامل اسکلت فلزی به همراه فونداسیون های مربوطه برای ستون ها و نیز شناژهای لازم برای دیوارهای برشی ما بین ستون ها ایجاد نمود تا در هنگام زلزله اولاً شکل پذیری سیستم بنایی را بالا برده و ثانیاً در صورت شکست دیوارهای بنایی از فرو ریختن دیافراگم سقف جلوگیری نماید و بدیت ترتیب امنیت جانی را برای ساکنین فراهم آورد. این سیستم ثانویه ممکن است شامل قاب هایی باشد که در امتداد یک دیوار بنایی بلند قرار می گیرند و ضمن اینکه نقش شناژهای افقی و قائم را ایفا می نمایند از آنجا که دارای مقاطع قوی تری نسبت به شناژ می باشند تعداد مسیرهای انتقال بار را نیز افزایش می دهند. (شکل ۴-۲۶)

شکل ۴-۲۶ استفاده از سیستم های کمکی

۴-۶-۱۲ ضوابط غیر سازه ای

۴-۶-۱۲-۱ اصلاح تیغه های با ارتفاع کمتر از ارتفاع طبقه

این نوع تیغه ها با توجه به عدم مهار مناسب به سازه ممکن است بر اثر نیروهای عمود بر صفحه دیوار واژگون گردند. بدین منظور در این نوع تیغه ها لبه فوقانی تیغه باید با کلاف فولادی یا بتنی مسلح و یا چوبی که به سازه ساختمان و یا کلاف های احاطه کننده تیغه متصل می باشد کلاف بندی شود. یا اینکه در صورت امکان تیغه در ارتفاع طبقه امتداد یافته و ضمن درگیر شدن مناسب به کف و سقف و با مسلح کردن آن از مقاومت برشی آن استفاده شود.

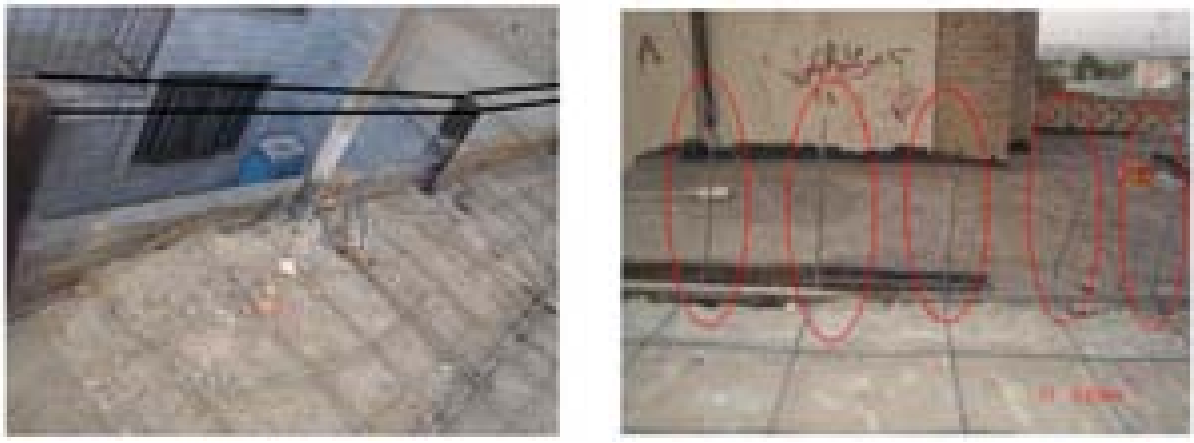
۴-۶-۱۲-۲ اصلاح نسبت ارتفاع به ضخامت جان پناه

جان پناه ساختمان طره ای است که بر اثر نیروهای عمود بر صفحه احتمال سقوط آن بر روی ساختمان های مجاور و ایجاد خرابی موضعی در آن ها و یا سقوط آن در محوطه اطراف ساختمان و تلفات جانی بسیار زیاد است. در این خصوص آیین نامه ۲۸۰۰ نسبت ارتفاع به ضخامت دیوار جان پناه با ضخامت ۱۰ سانتی متر و ۲۰ سانتی متر را به ترتیب به ۵ و ۴/۵ محدود می کند در صورتی که آیین نامه UCBC این نسبت را براساس لرزه خیزی منطقه ارائه کرده و آن را برای مناطق با لرزه خیزی زیاده به ۱/۵ محدود نموده است. با توجه به عدم وجود تنش های فشاری در جان پناه، لبه آزاد جان پناه و شدت ارتعاشات در بالای ساختمان، به نظر می رسد که ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ خارج از محدوده ایمن باشد و لذا در دستور العمل بهسازی لرزه ای از ضوابط آیین نامه UCBC استفاده شده است. برخی از روش های بهسازی جان پناه ها در ادامه آمده است.

۱) بهترین راه برای بهسازی جان پناه ها کم کردن ارتفاع آن ها در حد مجاز دستور العمل بهسازی لرزه ای می باشد زیرا از یک طرف هزینه کمتری دارد و از طرف دیگر وزن ساختمان نیز کمتر می شود.

۲) راه دیگر امتداد دادن شناژهای قائم درون جان پناه ها و وصل کردن روی جان پناه توسط یک شناژ افقی به شناژهای قائم می باشد. به این ترتیب جان پناه درون یک قاب قرار گرفته و به سازه ساختمان متصل می شود.

۳) راه دیگر این است که میلگردهایی که برای صلب سازی بام استفاده می شوند را ادامه داده سطح جان پناه را توسط آن ها مسلح نمود. بدین ترتیب ضمن اتصال آن ها به بام مقاومت برشی و خارج از صفحه آن ها نیز اضافه می شود. (شکل ۴-۲۷)



شکل ۴-۲۷ بهسازی جانپناه ها

۴-۶-۱۲-۳ اصلاح دود کش ها

دود کش طره ای است که احتمال سقوط آن بر روی ساختمان و یا ساختمان های مجاور و در نتیجه ایجاد خرابی موضعی در آن ها و یا سقوط آن در محوطه اطراف ساختمان و تلفات جانی بسیار زیاد است. بدین منظور در دودکش باید ضوابط زیر رعایت گردد.

دود کش ها و بادگیرهای با مصالح بنایی و اجزای مشابه نباید بلند تر از ۱/۵ متر از کف بام باشند و در صورتی که ارتفاع آن ها از این مقدار تجاوز نماید باید بوسیله عناصر قائم فولادی یا بتن مسلح بنحو مناسبی تقویت و در کف بام گیر دار شوند.

۴-۶-۱۳ ایجاد تغییرات احتمالی در اعضای سازه ای

در بهسازی واحدهای بنایی به دلیل قدیمی بودن نقشه داخلی تمایل به این است که ضمن بهسازی تغییراتی نیز در نقشه صورت گیرد که برای این تغییرات غالباً ناچاریم دیوارهای سازه ای را حذف و بار ثقلی آن ها از طریق تیر و ستون های جایگزین تحمل شود. در انجام این عمل می بایست نامنظمی و پیچش در ساختمان را در نظر گرفت. هنگام برداشت معماری و سازه می بایست نظر مالک ساختمان را در مورد تغییرات احتمالی جویا شد و به صورت جداگانه به مسئول طرح بهسازی عرضه کرد تا طرح بهسازی حتی الامکان بر اساس تغییرات مورد نظر تهیه گردد.

۴-۶-۱۴ کامل نبودن مسیر بار (پیوستگی اعضای قائم)

یک سیستم مقاوم در برابر بار جانبی که بتوان بار ناشی از زلزله را از طبقات به پی منتقل کند بین پی و دیافراگم های طبقات وجود ندارد. یا به عبارت دیگر اعضای قائم در طبقات قطع شده اند و تا شالوده ادامه نیافته اند. در این صورت انتقال برش از محل قطع اعضا به شالوده ادامه نمی یابد و برش از دیافراگرام کف به اعضای لرزه بر دیگر انتقال خواهد یافت. در واقع این نقص آسیب جدی به دیافراگم ها و عناصر زیر اعضای قائم قطع شده وارد می کند. و عدم انتقال صحیح برش به شالوده را به دنبال دارد. بهترین راه برای بهسازی اجرای بخش حذف شده و کامل نمودن مسیر باراست. (شکل ۴-۲۸)

شکل ۴-۲۸ کامل نمودن مسیر های انتقال بار

۴-۶-۱۵ اصلاح نامنظمی در پلان

چنانچه فاصله بین مرکز سختی و مرکز جرم هر طبقه در هر یک از دو محور اصلی بیش از ۲۰ درصد بعد ساختمان در آن جهت باشد. این اختلاف بین مرکز جرم و سختی باعث اعمال پیچش به ساختمان می شود. این پیچش اثرات نامطلوبی روی شکستگی های تقاطع دیوارها خواهد داشت معمولاً در ساختمان با پلان نامتقارن راه اصلاح عیب، جداسازی ساختمان و اجرای درز انقطاع یا تقویت محل اتصال و طراحی دیوارها برای پیچش است که یا بسیار پر هزینه می باشد و یا مشکلات اجرایی آن هازیادست.

نوعی دیگر از نامنظمی در پلان عدم تقارن پلان ساختمان نسبت به هر یک از دو محور اصلی است و یا اینکه ابعاد پیش آمدگی در پلان ساختمان از مقادیر استاندار ۲۸۰۰ تجاوز می نماید. که در هر صورت اصلاح این موارد بسیار پر هزینه می باشد و از آنجا که پیچش به صورت نیروی برشی به دیوارهای پیرامونی وارد می شود. بنابراین باید از تمرکز جرم به طور نامتقارن در پلان اجتناب نمود. و همچنین اعضای مقاوم در برابر نیروهای جانبی به گونه ای توزیع شوند که تا حد امکان مرکز جرم و مرکز سختی بر هم منطبق باشند.

۴-۶-۱۶ اصلاح ارتفاع و تعداد طبقات زیاد ساختمان

طبق آیین نامه ۲۸۰۰ در ساختمان های با مصالح بنایی حداکثر تعداد طبقات بدون احتساب زیرزمین برابر ۲ طبقه می باشد و همچنین تراز روی بام زیرزمین نسبت به متوسط تراز زمین مجاور از ۱/۵ متر بیشتر نباشد در غیر این صورت زیرزمین نیز طبقه محسوب می شود. حداکثر تعداد طبقات زیرزمین یک طبقه خواهد بود. در صورت تجاوز ارتفاع از مقادیر مذکور یکی از روش ها بهسازی تخریب یک طبقه از ساختمان و رساندن ارتفاع و تعداد طبقات در حد مجاز آیین نامه می باشد. که در این صورت کمک بسیار مؤثری نیز به کاهش نیروهای لرزه ای وارد بر ساختمان می شود. در صورتی که به هر دلیلی امکان این کار نباشد. نمی توان طرح بهسازی را با استفاده از ضوابط ساختمان های بنایی ارائه داد و بهترین راه حل در این موارد طراحی یک سیستم کمکی (اسکلت فلزی) برای ساختمان مورد نظر می باشد، نمونه ای از این سیستم در قسمت طرح های بهسازی ارائه شده است.(شکل ۴-۲۹)

شکل ۴-۲۹ اصلاح تعداد طبقات

۴-۶-۱۷ اصلاح اثر ارتفاع زیاد طبقه

آیین نامه ۲۸۰۰ ارتفاع هر طبقه را از روی کلاف افقی زیرین تا زیر سقف به ۴ متر محدود کرده است، و نیز محدویتی نیز برای حداقل نسبت ضخامت به ارتفاع تعیین کرده که برای دیوارهای مهار نشده سازه ای یک دهم و برای دیوارهای مهار نشده غیر سازه ای یک دوازدهم می باشد. در صورتی که ارتفاع دیوار از ۴ متر بیشتر باشد باید یک کلاف افقی در وسط ارتفاع دیوار تعبیه شود. در این صورت حداکثر ارتفاع دیوار تا ۶ متر افزایش می یابد.

۴-۶-۱۸ اصلاح اثر طول زیاد دیوار

آیین نامه ۲۸۰۰ طول دیوار سازه ای بین دو پشت بند را به ۳۰ برابر ضخامت آن مشروط به اینکه از ۸ متر بیشتر نشود و طول دیوار غیر سازه ای بین دو پشت بند را به ۴۰ برابر ضخامت آن مشروط به اینکه از ۶ متر بیشتر نشود محدود کرده است و شرایط پشت بند را نیز ذکر کرده است. از راه های بهسازی می توان به ایجاد پشت بند مناسب به همراه اتصال مناسب دیوار قدیم و جدید و تعبیه شناژ قائم مناسب اشاره کرد. اما از آنجا که همواره اجرای پشت بند میسر نمی باشد چنانچه طول دیوار از ۵ متر بیش تر باشد می توان با تعبیه شناژ قائم در محل مناسب مشکل طول زیاد دیوار را حل کرد. (شکل ۴-۳۰)

شکل ۴-۳۰ اصلاح طول زیاد دیوار

۴-۶-۱۹ اصلاح خیز برون صفحه دیوارها و قائم نبودن آن ها

خیز برون صفحه دیوار باعث کاهش توان باربری دیوار می شود. در تشخیص این باید دقت زیادی به کار بست و چنانچه این عیب با نازک کاری پوشانده شده باشد تشخیص آن تقریباً غیر ممکن است، راه حل اجرایی رفع این عیب تخریب و اجرای مجدد دیوار می باشد.

۴-۶-۲۰ اصلاح وضعیت پلان طبقات از نظر استقرار دیوارهای باربر

در ساختمان بنایی دیوارهای بنایی بعنوان مسیرهای انتقال بار قائم و جانبی ساختمان محسوب می گردند. بنابراین این دیوارها برای این منظور باید روی یکدیگر اجرا شوند. برای بهسازی می بایست مسیر بارها را کامل نمود و انتقال نیروی برشی را توسط دیافراگم به سایر عناصر لرزه بر در طبقات به حداقل رساند. اما باید به اثرات اضافه شدن دیوار جدید روی مرکز جرم و مرکز سختی توجه کرد.

۴-۶-۲۱ اصلاح پلان طبقات از نظر استقرار دیوارهای غیر باربر

استقرار دیوارهای غیر باربر روی هم در طبقات در صورتی در بهسازی مؤثر واقع می شود که با تقویت و یا اجرای پوشش بتن مسلح روی آن دیوار بخواهیم از مقاومت برشی آن استفاده نماییم، در این صورت می بایست مسیر انتقال بار در طبقات کامل باشد.

۴-۶-۲۲ رفع نامنظمی در پلان

از جمله مسایلی که روی رفتار ساختمان تأثیر می گذارد. نحوه توزیع دیوارهای ساختمان با لحاظ نمودن بازشوهای موجود و نحوه توزیع دیوارهای جدا کننده در ساختمان می باشد که به نوعی روی فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی و نهایتاً افزایش نیروی برشی تأثیر می گذارند، راه بهسازی این موارد اصلاح این نامنظمی ها تا حد امکان و در نظر گرفتن اثر پیچش آن ها روی ساختمان می باشد.

۴-۶-۲۲-۱ تقارن

یکی از موارد دیگری که باید بررسی شود شکل کلی ساختمان می باشد طبق آیین نامه ۲۸۰۰ به طور کلی ساختمان باید واجد شرایط زیر باشد.

الف) طول ساختمان از ۳ برابر عرض آن تجاوز ننماید.

ب) نسبت به هر دو محور اصلی قرینه یا نزدیک به قرینه باشد.

ج) پیش آمدگی ها و پس رفتگی های نامناسب نداشته باشد.

معمولاً در ساختمان های با پلان نامتقارن راه اصلاح عیب، جدا سازی ساختمان و اجرای درز انقطاع یا تقویت محل اتصال دیوارها برای پیچش است که بسیار پر هزینه بوده و یا مشکلات اجرایی آن ها زیاد است.

۴-۶-۲۲-۲ اصلاح پیش آمدگی در پلان

ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ در مورد پیش آمدگی ها درجدول ۳-۸ مربوط به کنترل نواقص سیستم سازه ای ساختمان بنایی آمده است و از تکرار آن در اینجا اجتناب می شود.

در هر صورت مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ پیش آمدگی در ارتفاع محدود به موارد زیر است.

در صورتی که پیش آمدگی ساختمان در مقطع قائم به نحوی باشد که طبقه بالا به صورت طره جلوتر از طبقه پایین قرار گرفته باشد کلیه شرایط زیر باید برقرار باشد.

۱) طول جلو آمده طره بیشتر از ۱/۰۰ متر نباشد.

۲) هیچ یک از دیوارهای قسمت پیش آمده، بار سقف یا دیوارهای فوقانی را تحمل نکنند.

۳) دیوارهای قسمت پیش آمده بوسیله کلاف های قائم فولادی و یا بتن مسلح با اتصال مناسب و مطمئن نگه داشته شوند و دو سر کلاف ها در عناصر سازه ای کف و سقف مهار گردند. کلاف بندی باید بنحوی انجام گیرد که اولاً

هر کلاف حداکثر ۲ متر از دیوار را نگهدارد و ثانیا دو طرف پنجره های با عرض بیش از ۲ متر نیز دارای کلاف باشد.

طبق دستور العمل تحلیل آسیب پذیری طول جلو آمده طره در مورد بالکن های سه طرف باز نباید از ۱/۲ متر و بالکن های دو طرف باز از ۱/۵ متر بیشتر باشد و طره ها بخوبی در سقف مهار گردند.

خوشبختانه در بسیاری از ساختمان های بنایی میزان طول طره ها حدود ۱ متر می باشد که از این بابت در حدود دستور العمل قرار دارد، و از طرفی طره ها را با قرار دادن تیرهای در امتداد طره روی دیوارهای کناری با طول کافی اجرا می نمایند. و این طول تیرها توانایی غلبه بر لنگر ناشی از بارهای مرده و زنده سقف و همچنین دیوارها را دارا می باشد اما در صورتی که از طول کافی تیرها مطمئن نباشیم یا اینکه در بارهای لرزه ای خسارت هایی در قسمت اتصال طره به پیکره ساختمان به صورت ترک های عمودی مشاهده کرده باشیم باید اقدامات لازم را انجام داد.

در این ساختمان ها یکی از راه ها کاهش ابعاد پیش آمدگی یا حذف کامل آن ها می باشد از راه های دیگر اینکه با قرار دادن یک شناژ قائم فلزی با مقطع مناسب برای اثرات خروج از مرکزیت بارهای وارده و اجرای دستک های مناسب، و اتصال مناسب این شناژ و کل ساختمان طره ها را مقاوم نمود. (شکل ۴-۳۱)

شکل ۴-۳۱ اصلاح طره

۴-۶-۲۳ اصلاح اثرات نامطلوب جرم ساختمان

۴-۶-۲۳-۱ اصلاح نحوه توزیع جرم های افزوده به ساختمان

همانطور که در قسمت های قبل نیز آورده شده است چنانچه فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی در یک ساختمان بیش از ۲۰ درصد بعد ساختمان در آن جهت باشد پیچش در ساختمان به وجود می آید که به صورت برش به دیوارهای

پیرامون افزوده می شود و موجب افزایش خرابی می شود. بنابراین سیاست کلی بهسازی باید به گونه ای باشد که فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی کم شود.

۴-۶-۲۳-۲ اصلاح محل استقرار اجسام سنگین و تأسیسات

استقرار اجسام سنگین نظیر تأسیسات در طبقات فوقانی ساختمان یا به طور غیر یکنواخت نظیر شکل زیر باعث افزایش نیروی زلزله بخصوص در طبقات فوقانی می گردد و این امر باعث افزایش خسارت ناشی در زلزله خواهد شد. نحوه توزیع جرم در طبقات با توجه به اهمیت توزیع مناسب جرم در ارتفاع علاوه بر موقعیت اجسام سنگین باید از تمرکز کلی بار در طبقه خاصی نیز خودداری شود. طرح های بهسازی باید در جهت کاهش وزن ساختمان، عدم تمرکز وزن در طبقه خاص و نزدیکی مرکز جرم به مرکز سختی باشد.

۴-۶-۲۴ اصلاح بازشو ها

هر دو دستور العمل بهسازی لرزه ای و دستورالعمل تحلیل آسیب پذیری ضوابط بازشوها را از آیین نامه ۲۸۰۰ اقتباس نموده اند، بازشوهای بزرگ در ساختمان های بنایی غیر مسلح باعث کاهش ظرفیت باربری دیوارها، افزایش تنش در پایه ها و گوشه های دیوار و در نهایت ایجاد ترک در دیوارها می شود. تأکید دستور العمل بهسازی لرزه ای روی فاصله بازشو از انتهای دیوار می باشد زیرا کم بودن این فاصله سبب می شود که در عمل اتصالی بین آن دیوار و دیوار متقاطع در گوشه وجود نداشته باشد و دیوار به صورت مهار نشده رفتار نماید، از طرفی زیاد بودن بازشوها باعث کاهش تراکم دیوار می شود و این مساله ظرفیت برشی طبق را کم می نماید.

طبق آیین نامه ۲۸۰۰ در ساختمان های با مصالح بنایی باید بازشوهای با ابعاد مناسب که در ادامه آمده است حتی المقدور در قسمت مرکزی دیوارها باشند و رعایت محدودیت های ذیل برای هر دیوار سازه ای الزامی است.

۱) مجموع سطح بازشوها از $\frac{1}{3}$ سطح آن دیوار بیشتر نباشد.

۲) مجموع طول بازشوها از $\frac{1}{2}$ طول دیوار بیشتر نباشد.

۳) فاصله اولین بازشو ازبر خارجی ساختمان (یا ابتدای طول دیوار) کمتر از $\frac{2}{3}$ ارتفاع بازشو یا کمتر از ۷۵ سانتیمتر نباشد. مگر آنکه در طرفین بازشو کلاف قائم قرار داده شود.

۴) فاصله افقی دو بازشو از $\frac{2}{3}$ ارتفاع کوچکترین بازشوی طرفین خود کمتر نبوده و از $\frac{1}{6}$ مجموع طول دو بازشو کمتر نباشد، در غیر این صورت جرز بین دو بازشو جزیی از بازشو منظور می شود و نباید آن را بعنوان دیوار سازه ای به حساب آورد.

۵) هیچ یک از ابعاد بازشو از ۲/۵ متر بیشتر نباشد در غیر این صورت باید طرفین بازشو را با تعبیه کلاف های قائم متصل به کلاف های افقی بالا و پایین آن طبقه مسلح نمود و همچنین نعل درگاه را در کلاف های قائم مهار نمود.

یک راه مناسب افزایش میزان مقاومت برشی دیوارهای سازه ای که در آن ها بازشو وجود دارد، تقویت اطراف بازشو با اجرای پوشش بتن مسلح دراطراف بازشو می باشد. (شکل ۴-۳۲)

شکل ۴-۳۲ اصلاح بازشو

۴-۶-۲۵ اثر درز انقطاع

در هنگام زلزله ساختمان های مجاور عملکردهای متفاوتی از خود نشان می دهند هنگامی که اختلاف ارتفاع ساختمان های مجاور از حد مشخصی بیشتر باشد ساختمان ها به یکدیگر ضربه وارد می نمایند. این ضربه در صورتی که ترازهای سقف دو ساختمان یکسان نباشند. باعث ایجاد خسارات موضعی شده و از قدرت باربری ساختمان می کاهد.

هر دو دستور العمل تحلیل آسیب پذیری و دستور العمل بهسازی لرزه ای، ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ را برای مقادیر درز انقطاع مجاز دانسته اند. متأسفانه برای اکثر ساختمان های بنایی میزان درز انقطاع رعایت نشده است و اصلاح آن نیز بسیار پر هزینه می باشد. راهکار عملی برای بهسازی این است که پس از مهار دیا فراگرام های طبقات توسط شمع های مخصوص یا توسط شناژهای فلزی و قائم طراحی شده برای باربری سقف دیوارها تخریب شده و مجدداً با رعایت درز انقطاع مناسب اجرا شوند. و ما بین دو دیوار با مصالح ترد و کم مقاومت پر شود.

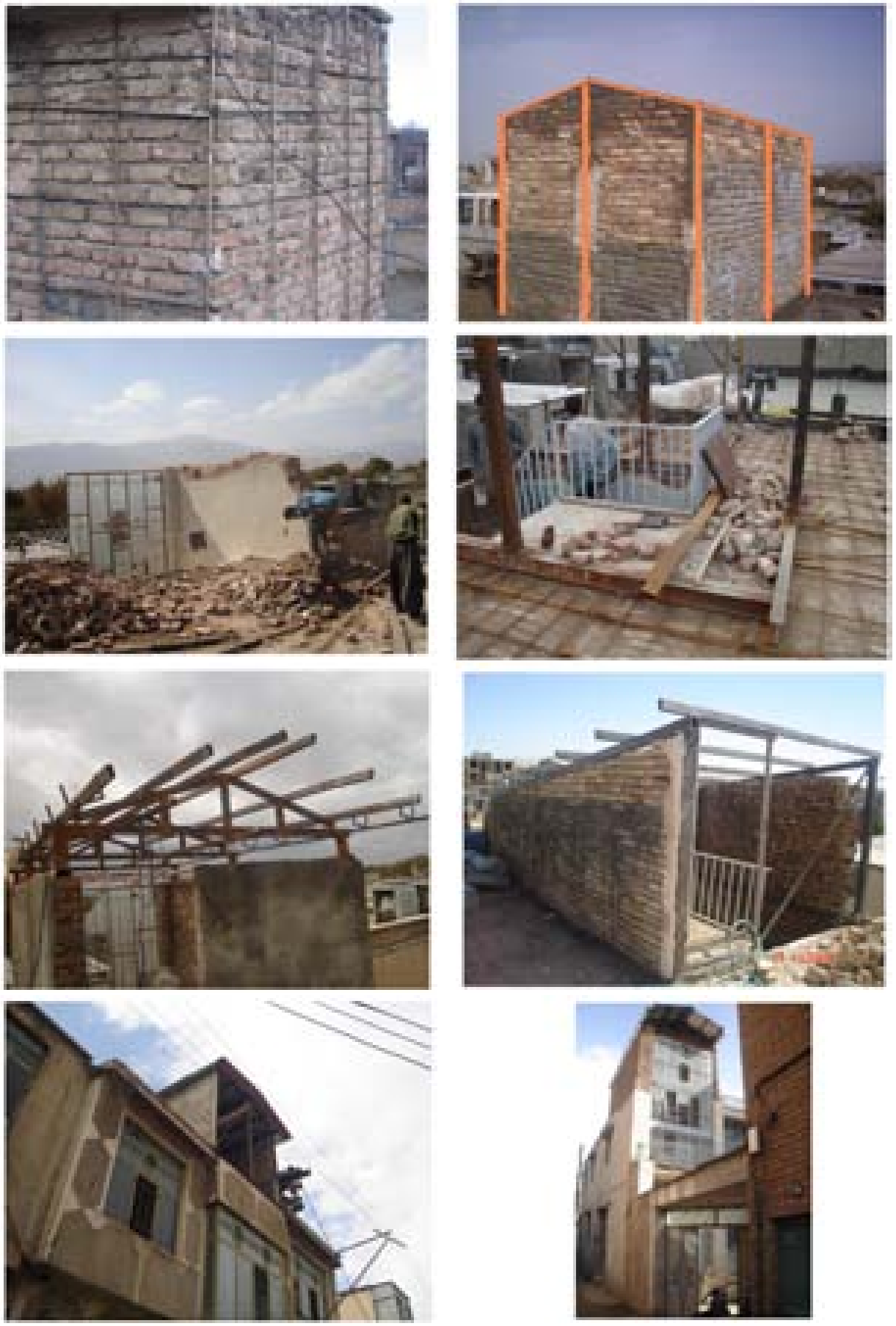
۴-۶-۲۶ نیم طبقه

نیم طبقه ها علاوه بر ایجاد ضعف در ساختمان، در هنگام زلزله از ساختمان جدا شده و فرو می ریزنند، مناسب ترین راه برای اجرای نیم طبقه، اجرای سازه لرزه بر برای آن ها به صورت مجزا از سازه اصلی است، در غیر این صورت باید اتصال مناسب آن ها به سیستم لرزه بر جانبی تأمین گردد.

۴-۶-۲۷ بهسازی خرپشته

یکی از آسیب پذیرترین اجزای ساختمان های بنایی خرپشته ها می باشند. این اجزا به دلیل اینکه در تراز بالاتری نسبت به ساختمان قرار گرفته اند و همچنین استفاده از مصالح نامرغوب تر نسبت به سازه طبقات و در نهایت به دلیل وزن زیاد دیوارهای باربر اطراف و سقف آن ها در معرض آسیب بیش تری قرار دارند. از طرف دیگر قاب پله محلی است که به طور ناخود آگاه به هنگام وقوع زلزله افراد ساکن در ساختمان از آنجا عبور می کنند، به همین دلیل هر گونه آسیب در این قسمت ساختمان موجب تلفات جانی و مالی می شود.

از روش های بهسازی خرپشته می توان به سبک سازی بام آن و اجرای پوشش بتن مسلح اطراف آن اشاره کرد، در پاره ای موارد می توان شناژهای قائم را تا سقف خرپشته ادامه داد و از کلاف های افقی و قائم برای حفظ انسجام آن استفاده کرد. یک روش بسیار مناسب و اجرایی برای بهسازی خرپشته ها برچیدن آن ها و اجرای یک سیستم سازه ای سبک بجای آن می باشد. (شکل ۴-۳۳)



شکل ۴-۳۳ اصلاح خرپشته ها

۴-۷ جمع بندی کلی و نتیجه گیری

پس از بررسی ضوابط مربوط به سه دستورالعمل معتبر و موجود داخلی در ایران، خلاصه این بررسی ها در جدول ۴-۶ آمده است. این جدول برای مقایسه معیارهای ارزیابی این دستورالعمل ها آمده است. مواردی که در این جدول آمده اند به طور مفصل در قسمت های قبل مورد بررسی قرار گرفته اند.

جدول ۴-۶ جمع بندی کلی و مقایسه ای دستورالعمل های ساختمان های بنایی

دستورالعمل / آیتم	دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود	دستور العمل تحلیل آسیب پذیری و بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی غیر مسلح موجود	آیین نامه ۲۸۰۰
انسجام سقف	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰
کلاف بندی افقی و قائم	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰
برش پایه	$V = 0.33AIW$	$V = CW \quad , \quad C = m\frac{ABI}{R}$	تامین میزان دیوار نسبی حداقل در طبقات
توزیع برش پایه در طبقات	$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum_{j=1}^{n} W_j h_j} \cdot V$	$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum_{j=1}^{n} W_j h_j} \cdot V$	تفاوت در درصد دیوار نسبی در ارتفاع
نیروی خارج از صفحه دیوار	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ $F_p = AIB_pW_p$	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ $F_p = AIB_pW_p$	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ $F_p = AIB_pW_p$
اصلاح بازشوها	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰
درز انقطاع	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰
پیش آمدگی در پلان	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰
تقارن	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰
ارتفاع طبقه	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰	ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰

۸-۴ مسایل اقتصادی روش های مقاوم سازی

قبل از انجام هر اقدامی برای بهسازی لرزه ای ساختمان، لازم است توجیه اقتصادی و اجتماعی طرح بهسازی دقیقا مورد بررسی قرار گیرد. به همین منظور گردآوری اطلاعاتی نظیر ارزش فعلی ملک و ساختمان، عمر ساختمان، ارزش ساختمان های منطقه، تعداد متوسط ساکنین، ارزش فرهنگی و تاریخی ساختمان، هزینه تخریب و بازسازی ساختمان، میزان تاثیر بهسازی بر خدمت رسانی ساختمان، هزینه بهسازی و نیز محاسبه هزینه بهسازی به اجرای مجدد بنا می تواند در توجیه اقتصادی طرح بهسازی موثر باشد. در شرایط معمول به نظر می رسد نسبت قابل قبول هزینه بهسازی به نوسازی کمتر از ۰/۵ باشد. لیکن در شرایط دیگر بررسی سایر عوامل به طور دقیق تر توصیه می شود.[۴۱]

با تعیین هزینه تقریبی بهسازی، ارزش ساختمان، هزینه اجرای مجدد و عمر مفید باقیمانده ساختمان و مشاوره با مالک در صورتی که ساختمان نیاز به بهسازی داشته باشد . گزینه مناسب برای بهسازی قابل تشخیص است. باید توجه داشت که تعداد متوسط ساکنین معیاری برای تشخیص میزان اهمیت ساختمان است.

در پروژه مقاوم سازی شهرستان بروجرد تقریبا به ازای هر متر مربع زیر بنا حدود ۶۰ هزارتومان تسهیلات از طرف دولت در اختیار مالکین قرار گرفته، که با توجه به قیمت بازسازی که در آن شرایط حدود ۱۳۰ هزار تومان بوده است، منطقی به نظر می رسد. البته لازم به ذکر است که این مبلغ ۶۰ هزار تومان بازای هر متر مربع، هزینه تمام شده ساختمان می باشد که شامل انجام عملیات مقاوم سازی و هزینه های نازک کاری ساختمان که در حین عملیات مقاوم سازی آسیب دیده است. به این ترتیب مقاوم سازی این ساختمان ها نسبت به معیار دستورالعمل تحلیل آسیب پذیری ساختمان هایی بنایی قابل قبول بوده است.

۹-۴ مسایل اجتماعی مقاوم سازی

از آنجا که در این پروژه یکی از طرف های کاری مالک ساختمان است و از آنجا که ذینفع اصلی در این مسئله مالک محسوب می شود. بنابراین هر گونه اقدامی از نظر کارشناسی یا غیر کارشناسی به نفع یا ضرر مالک باشد طبعا مسایلی را به دنبال خواهد داشت که در ادامه به پاره ای مشکلات پیش آمده در این پروژه و پروژه های مشابه اشاره می شود.

۱) مالکین به طرح های تهیه شده از طرف مشاوران اطمینان کافی نداشته و ظاهرا به این دلیل می باشد که حس مقاوم بودن به وسیله ستون های فلزی و بتنی بیش تر از نبشی کشی و پوشش بتن مسلح به مردم منتقل شده و ضمن سرپیچی از اجرای این طرح ها خواستار تغییر نقشه و مسایل به دنبال آن بودند.

۲) به دلیل بالا رفتن قیمت نسبی زمین در کشور و یک طبقه بودن اکثر ساختمان های بنایی موجود. یکی از درخواست های مالکین، احداث یک طبقه بر روی ساختمان خود می باشد و از طرف دیگر این مساله در طرح های مشاوران در نظر گرفته نشده و به این ترتیب مسایلی را به دنبال خواهد داشت.

۳) به دلیل قدیمی بودن نقشه ساختمان ها و نظر مالک مبنی بر اینکه ضمن انجام مقاوم سازی، تغییراتی نیز شامل (حذف برخی تیغه های داخلی و حتی دیوارهای باربر) در ساختمان انجام شود که متاسفانه نظر مالکین در تهیه نقشه های مقاوم سازی در نظر گرفته نشده و مشاوران برای استفاده از ظرفیت های برشی دیوارهای موجود در جهت باربری جانبی اصرار در حفظ این دیوارها داشته واختلافات به وجود آمده بین مالکین و مشاوران مشکلاتی را به همراه داشت.

۴) به دلیل انتخاب نادرست واحد های مناسب برای مقاوم سازی در پاره ای موارد مخارج بسیار سنگینی(حتی در حد هزینه بازسازی) به مالک تحمیل شده است.

۵) از آنجا که فرهنگ مقاوم سازی در جامعه ما جای خود را پیدا نکرده و با توجه به هزینه های هنگفت تهیه مسکن که به مردم تحمیل می شود، برای تشویق مردم جهت مقاوم کردن بناها می بایست تسهیلات ارزان قیمت و کمک بلاعوض، همراه با محرک هایی از قبیل تغییرات نقشه معماری، بخشودگی عوارض شهرداری، و توانایی اضافه کردن بنا یا یک طبقه جدید به ساختمان پیش روی مردم قرار گیرد. اما متاسفانه کمتر از موارد در این پروژه مشاهده شده و به همین دلیل غالبا با نارضایتی از طرف مردم همراه بوده است.

از آنجا که هر پروژه ای می بایست نتایج مثبتی به لحاظ تجربی در بر داشته باشد. بنابراین حاصل کلیه تجربیات به دست آمده از مقاوم سازی در فصل بعد و در غالب یک نمونه طرح بهسازی ارائه شده است. امید است که این روش که به نظر می رسد تقریبا تمام مسایل اجتماعی مطرح شده در قسمت قبل را در عین ایمنی و رعایت کامل ضوابط فنی پوشش داده ، الگوی کاملی برای مقاوم سازی ساختمان های بنایی باشد.

فصل پنجم

کاربرد قاب های مرکب در مقاوم سازی ساختمان های بنایی

۵-۱ طرح مساله

در این قسمت یکی از واحد های ساختمانی به عنوان نمونه انتخاب شده است، کلیه مراحل مقاوم سازی تشریح شده در فصل های قبل به صورت کامل در مورد آن انجام گرفته است. کلیه تصاویری که در مراحل مختلف ارزیابی آسیب پذیری ارائه شده از ساختمان مورد نظر می باشد و مراحل ساخت و اجرای آن نیز در پایان آمده است.

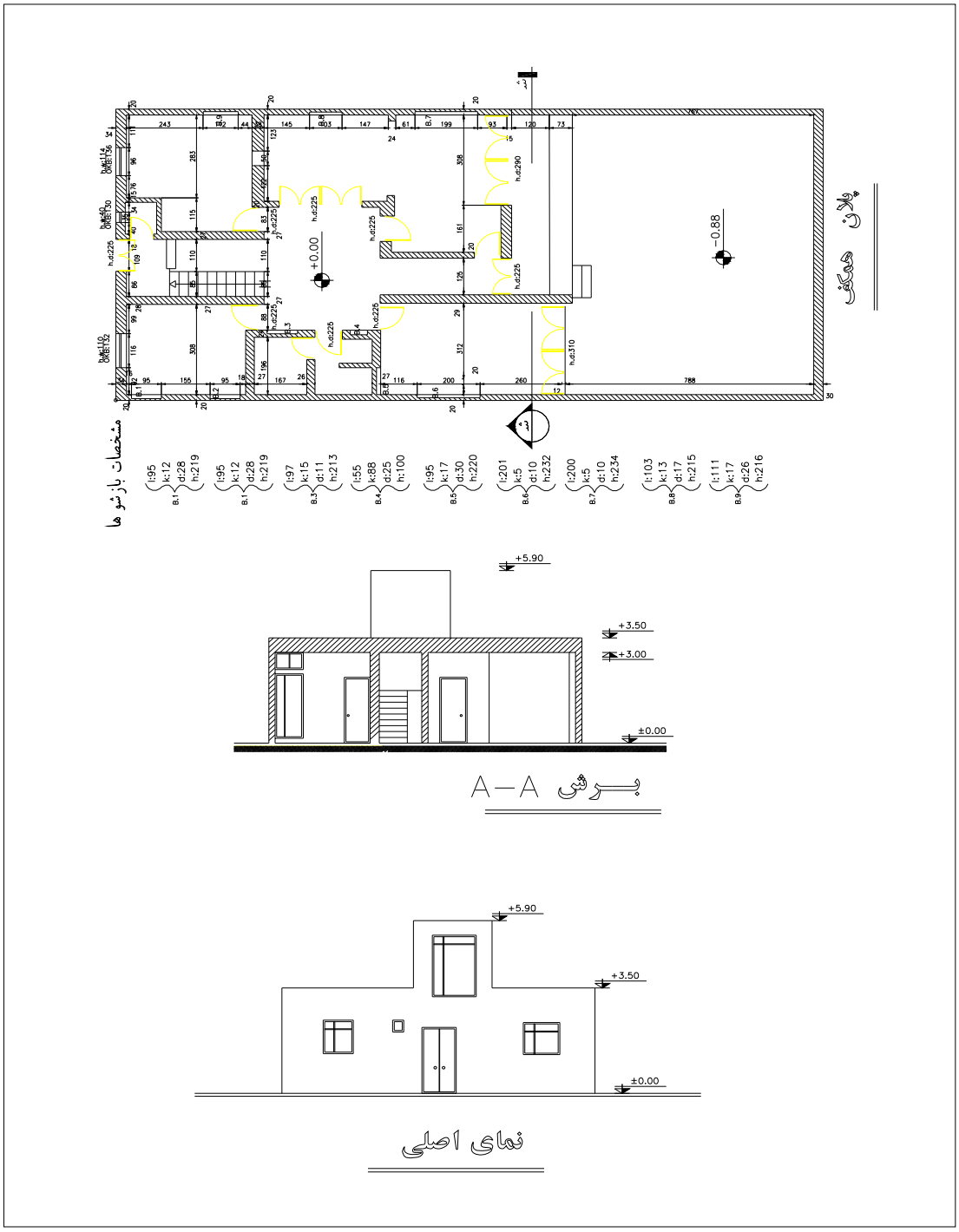
ساختمان مورد نظر یک واحد بنایی یک طبقه با زیربنای حدود ۱۴۵ متر مربع واقع در شهر بروجرد با قدمت حدود ۳۰ سال، ملات نستا ضعیف، کیفیت اجرای متوسط، فاقد شناژهای افقی و قائم می باشد که در زلزله اخیر دچار آسیب های سازه ای و غیر سازه ای شده است. این ساختمان علی رغم خسارت وارده، دچار تخریب و انهدام کلی نشده است. مساله مطرح شده در این قسمت تهیه طرح بهسازی برای ساختمان مورد نظر است.

۵-۲ ارزیابی کیفی آسیب پذیری

اولین مرحله تهیه نقشه های سازه و معماری چون ساخت می باشد. زیرا تمام مراحل ارزیابی کیفی و کمی آسیب پذیری بر اساس نقشه های ساختمان می باشد و هر گونه نقص در این نقشه ها مستقیما در نتایج طرح بهسازی تاثیر می گذارد.

۵-۲-۱ نقشه معماری

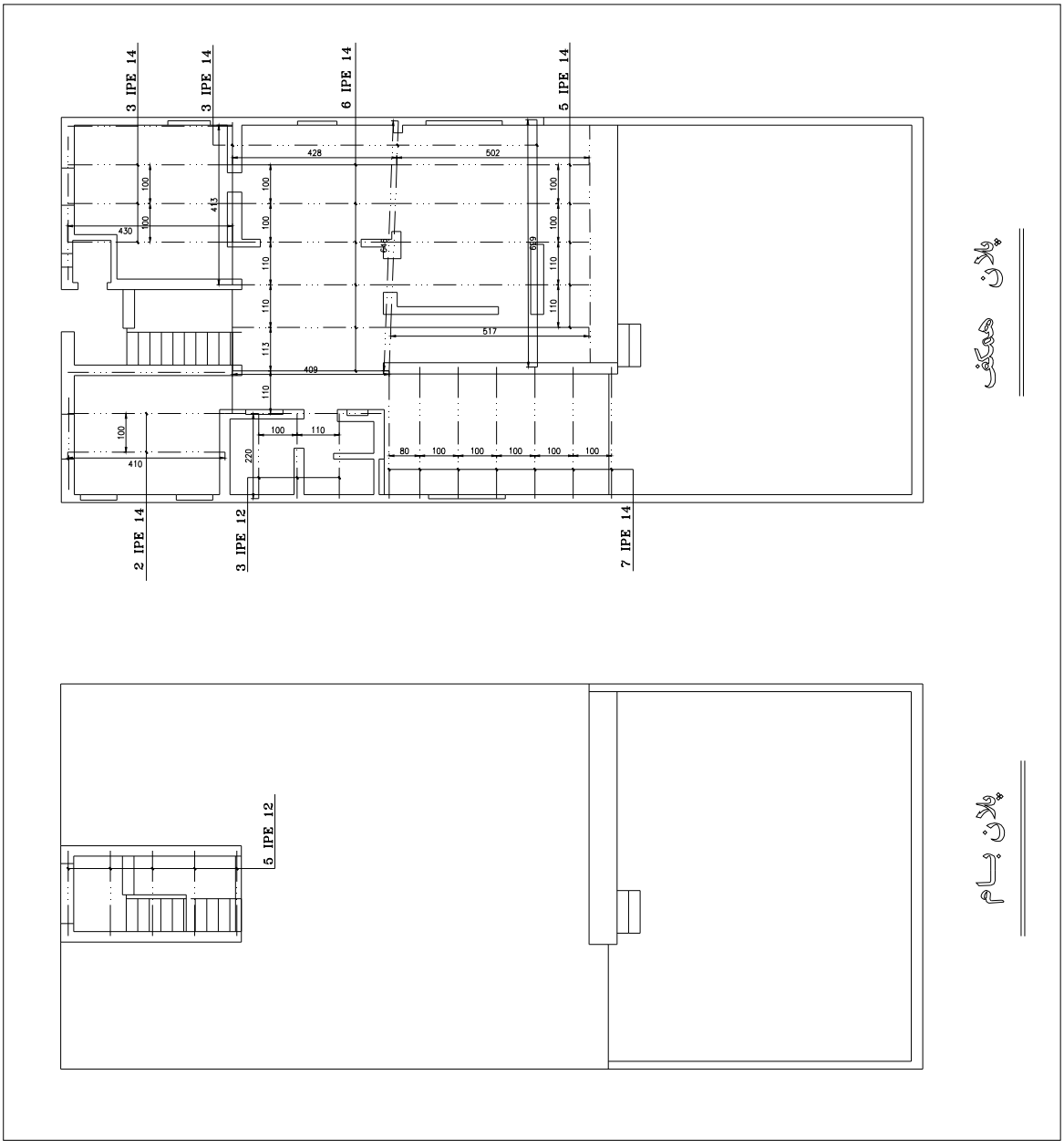
تهیه نقشه معماری با توجه به کلیه نکات تشریح شده در فصل قبل انجام می گیرد.که از مهم ترین آن ها می توان به ضخامت و طول دیوارها، ابعاد بازشوها و ارتفاع ساختمان و در صورت وجود ستون، جای آنها روی نقشه مشخص شود. (نقشه ۵-۱)



نقشه ۵-۱ برداشت معماری

۵-۲-۲ نقشه سازه ای

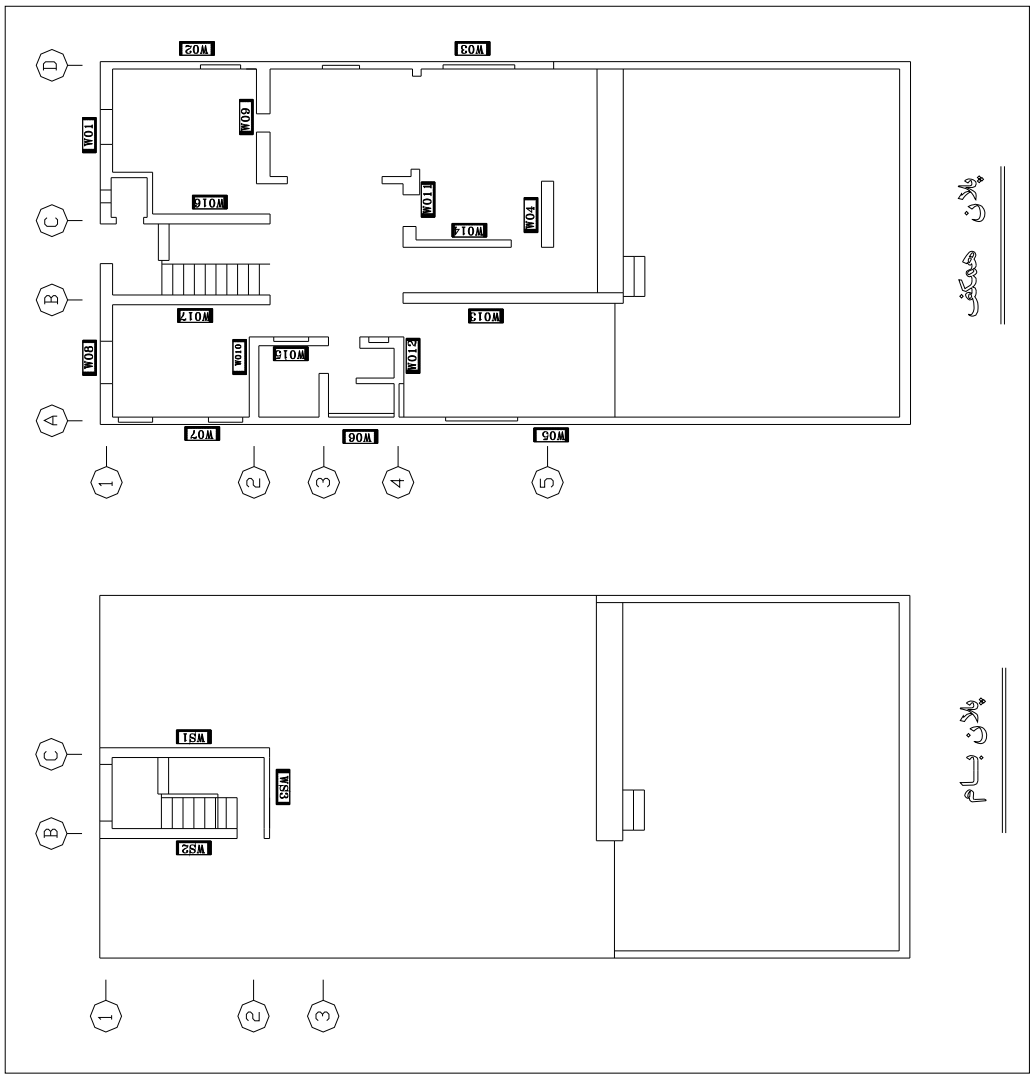
همانطور که در فصل قبل تشریح شد مهندس سازه می بایست ضمن چک کردن نقشه معماری نسبت به تشخیص سیستم باربر ثقلی و جانبی اقدام نموده و ابعاد، تعداد، محل پروفیل های سقف و به طور کلی تیرریزی سقف را دقیقا روی نقشه مشخص نماید. (نقشه ۵-۲)



نقشه ۵-۲ برداشت سازه ای

۵-۲-۳ کد گذاری دیوارها

همانطور که گفته شد ساختمان مورد نظر دچار آسیب های سازه ای و غیر سازه ای شده است که ضمن بازدید مهندس آشنا به بهسازی از ساختمان مورد نظر، نواقص و نوع آسیب های وارده مشخص می شود. برای راحتی کار و عدم اشتباه در جای دیوارها سیستم نامگذاری برای دیوارها استفاده شده است. در این نامگذاری از اصول ساده ای برای نامگذاری دیوارها استفاده می شود. به عنوان مثال برای دیوارهای طبقه زیرزمین از W-1 1 ، W-1 2 و الی آخر و برای دیوارهای طبقه همکف از W0 1 ، W0 2 و الی آخر استفاده می شود وبرای دیوارهای طبقه اول W1 1 ، دوم W2 1 استفاده می شود برای کد گذاری دیوارهای خرپشته از Ws 1 الی آخر استفاده می شود. رقم چسبیده به حرف W نشان دهنده طبقه و رقم دیگر نشان دهنده شماره دیوار در آن طبقه می باشد. از این کد ها در تعیین خسارات، تهیه نواقص، ارائه راهکار ترمیم و ارائه طرح تقویت استفاده می شود. (نقشه ۵-۳)



نقشه ۵-۳ کد گذاری دیوارها

۵-۲-۴ چک لیست ارزیابی کیفی

یکی از کارهایی که مهندس سازه می بایست انجام دهد پرکردن چک لیست ارزیابی کیفی می باشد. این چک لیست دربردارنده اطلاعاتی از ساختمان شامل: اطلاعات عمومی، سیستم سازه ای، اطلاعاتی در زمینه زمین محل ساختمان، فونداسیون ساختمان و در نهایت اجزای غیر سازه ای می باشد که می بایست به دقت تکمیل گردد.

شناسنامه فنی ساختمان

الف- اطلاعات عمومی و کلی ساختمان

- ❖ کد ساختمان ..... تاریخ و ساعت بازدید:..... نام مالک:.....
- ❖ آدرس و شماره تلفن:..... وضعیت جواز رسمی ساخت: .....
- ❖ ابعاد ساختمان: طول ۲۲/۵۰ عرض ۱۰ ارتفاع ۵/۹۰ (از تراز زمین) عمق سازه زیر زمین .....
- ❖ مساحت زمین:۲۲۵ متر مربع سطح زیربنا: ۱۴۵ متر مربع سطح اشتغال: ۱۴۵ متر مربع

جدول زیر پر گردد: اطلاعات مربوط به طبقات ساختمان:

طبقه	مساحت m^2	مساحت بازشو در سقف	ارتفاع m	نوع کف سازی	تعداد کاربران	نوع کاربری		تاریخ ساخت
						اولیه	فعلی	
همکف	۱۴۵	فاقد بازشو	۵/۹۰	طاق ضربی با IPE 140 و فاصله تقریبی تیرچه ها یک متر	۷	مسکونی	مسکونی	۱۳۵۷

ب- شناسنامه فنی سازه

- ❖ سیستم مقاوم ثقلی:

دیوار باربر ■ جرز بنایی □ دیوار باربر و ستون فولادی/ بتنی □ سایر:.....

- ❖ سیستم مقاوم جانبی:

در جهت عرضی: دیوار باربر ■ سایر: .....

در جهت طولی: دیوار باربر ■ سایر: .....

- ❖ آیین نامه استفاده شده برای طرح و اجرای ساختمان:

بارگذاری ثقلی(.....) بارگذاری جانبی(.....) سایر:.....

- ❖ آیا ساختمان دارای کلاف بندی می باشد؟ بلی □ خیر ■ موضوعیت ندارد □
- ❖ کلاف بندی افقی

خوب □ متوسط □ بد □ فاقد کلاف بندی □ غیر قابل بررسی □ موضوعیت ندارد ■

- ❖ کلاف بندی قائم

خوب □ متوسط □ بد □ فاقد کلاف بندی □ غیر قابل بررسی □ موضوعیت ندارد ■

- ❖ حداکثر طول طره ها ۱/۶ متر ندارد □

توضیح: این طره در امتداد تیرچه های دال می باشد و به طول زیادی درون دال مهار شده است.

- ❖ اتصال سقف به دیوارها

تیر های سقف درون کلاف □ تیرهای سقف روی کلاف □ تیرهای سقف مستقیما بر روی دیوار ■

- ❖ تعداد مسیرهای انتقال بار

کمتر از ۱ □ ۱ ■ بیش تر از یک □

- ❖ نوع سقف:

تیرچه بلوک □ طاق ضربی ■ قوسی □ چوبی □

❖ ضخامت سقف: (برای پی بردن به اینکه سقف نیاز به سبک سازی دارد یا نه)

بسیار زیادتر از حد متعارف ■ زیاد □ متعارف □

❖ وضعیت تیرچه های سقف از نظر مقاومت و خیز(ترک های روی نازک کاری کنار تیرچه ها، خیز نامتعارف تیرچه ها، شماره پایین پروفیل ها نسبت به دهانه و آثار عوامل محیطی)

خوب □ متوسط ■ بد □

❖ نحوه اتصال نیم طبقه به سازه اصلی

خوب □ متوسط □ بد □ نیم طبقه ندارد ■

❖ آیا در داخل و یا خارج سازه درز جدایی وجود دارد: خیر ■ بلی □ اندازه : .....

(در صورت وجود موقعیت درز جدایی در یک کروکی پشت صفحه ترسیم گردد)

❖ فاصله از ساختمان های مجاور با میزان درز انقطاع موجود: موضوعیت ندارد □

شمال: کوچه جنوب: حیاط شرق: فاصله ندارد غرب: فاصله ندارد

❖ اعضای باربر جانبی در ارتفاع تعییر صفحه دارند؟ بلی □ خیر ■

❖ ساختمان مجاوری با ارتفاع کمتر از نصف یا بیشتر از دو برابر ارتفاع ساختمان در مجاورت ساختمان مذکور وجود دارد؟ بلی □ در کدام ضلع ..... خیر ■

❖ وجود هرگونه تیر یا کلاف نشیمن انتهایی برای تیرهای طاق ضربی :

دارد □ نوع پروفیل یا کلاف ..... ندارد ■ ضخامت دیوار نشین ۲۲ سانتی متر

❖ نوع دیوارها: آجر فشاری ■ آجر سفال □ خشتی □ غیره با ذکر نوع ملات: ملات گل آهک با مقاومت برشی بسیار ناچیز

ج- شناسنامه فنی ویژگی های لرزه ای زمین ساخت و زئوتکنیک

❖ وضعیت توپوگرافی منطقه:

مسطح ■ روی شیب □ روی شیب با خاکبرداری □

❖ فاصله از گسل

کمتر از ۵ کیلومتر □ بین ۵ تا ۲۰ کیلومتر ■ بیش از ۲۰ کیلومتر □

❖ سطح آب زیرزمینی

کمتر از ۵ متر □ بین ۵ تا ۱۰ متر ■ بیش از ۱۰ متر □

❖ سابقه زمین لرزه در منطقه

سابقه ندارد □ کم □ متوسط ■ زیاد □

❖ محوطه اطراف ساختمان:

حفره های بزرگ □ تونلهای زیرزمینی □ زیرزمین های وسیع □ کانال های انتقال □ قنات □ زمین هموار ■

❖ در مجاورت ساختمان تیر، دکل یا درختان بزرگ بلند وجود دارد؟ (در صورت وجود در سایت پلان مشخص گردد)

❖ مشکلات عینی خاک :

روانگرایی □ نشست □ ریزش □ جابجایی □ بازشدگی □ غیره : هیچ مشکلی مشاهده نشده است

د- شناسنامه فنی شالوده

❖ جنس شالوده :

بتن آرمه □ بتن غیر مسلح □ بلوک بتنی □ شفته آهکی ■ سنگ چین □ سایر: .....

❖ پی روی ترازها متفاوت ساخته شده اند؟ بلی □ خیر ■ مشهود نیست □ توضیح :.....

❖ عمق پی ..... متر مشهود نیست ■

❖ آیا ترک خوردگی پیش از زلزله وجود دارد؟ بلی □ خیر ■

❖ آثاری که ناشی از نشست یا ضعف شالوده باشد روی دیوارها یا کف ها و سقف ها دیده می شود؟

بلی □ خیر ■ توضیح .....

❖ آیا عوامل آسیب محیطی در مصالح دیده می شود؟ بلی □ خیر □ مشهود نیست ■

هـ – شناسنامه فنی جزییات معماری و اجزاء غیر سازه ای

❖ آیا احتمال سقوط اجزای سازه ای (دیوارهای جدا کننده، آویزها، سقف کاذب، دود کش و ...) وجود دارد؟

بلی ■ خیر □ نوع عناصر : تیغه موجود در سازه خرپشته و پنجره خرپشته که از دیوارهای کناری جدا شده است

❖ سازه دارای قسمت های الحاقی در خارج از سازه است:

بله – مهار مناسب به سازه □ بله مهار نامناسب به سازه □ خیر ■

❖ مصالح چار چوب پنجره ها:

فولاد ■ آلومینیوم □ چوب □ سایر .....

❖ مصالح پر کننده پنجره ها:

شیشه ■ طلق □ شیشه دو جداره □ سایر ...

❖ سقف کاذب بخوبی به سقف مهار شده ؟

❖ بلی □ خیر □ سقف کاذب ندارد ■

❖ وجود قطعات الحاقی خاص با جنبه صرفاً معماری در نمای سازه :

بلی □ خیر ■ وضعیت : .....

❖ وضعیت جانپناه:

دارد، اتصال مناسب □ دارد، اتصال نامناسب □ ندارد ■ ارتفاع... متر ضخامت..... متر مصالح ...

❖ وضعیت دودکش:

دارد ■ ندارد □ ارتفاع ۰/۳ متر ضخامت..... متر مصالح : لوله سیمانی

❖ نوع نما:

آجری □ سنگی □ کنیتکس □ سیمانی ■ شیشه ای □ انواع دیگر.....

❖ آیا در نمای سنگی، سنگها به نحوه مناسب مهار شده اند؟

بلی □ خیر □ نامشخص □ موضوعیت ندارد ■

❖ نحوه چیدن اجر نما:

توام با چفت و بست □ توام بدون چفت و بست □ جداگانه با چفت و بست □ جداگانه بدون چفت و بست □

❖ کیفیت و نوع ایزولاسیون بام:

خوب □ متوسط ■ بد □ توضیح: .....

۵-۲-۵ خسارات وارده به دیوارهای سازه ای و غیر سازه ای و ارائه راهکار ترمیم

ساختمان مورد نظر تحت بارهای لرزه ای ناشی از زلزله اخیر آسیب های سازه ای و غیر سازه ای را متحمل شده است. به طوری که برای بازیافت سطح عملکرد قبلی اجزاء سازه ای و استفاده از ظرفیت برشی دیوارها می بایست با تعمیرات سطحی و عمقی و نیز مرمت یا جایگزینی دیوار بستگی به میزان خسارت وارده اقدام نمود و سپس طرح لرزه ای را روی دیوارهای تعمیر شده اجرا نمود. انتخاب روش های ترمیم مناسب برای دیوارهای کد گذاری شده که در زلزله آسیب دیده اند به روش عینی و با توجه به قضاوت مهندسی انجام می گیرد و روش ارزیابی کمی دقیقی نمی توان برای آن ارائه داد. بستگی به نوع خسارت واده بنا به تشخیص مهندس سازه، روش ترمیم متناسب برای دیوار انتخاب می شود. البته بدیهی است که در این مرحله داشتن تجربه کافی، مقداری عملیات سونداژ برای تشخیص عمق ترک در دیوارها و قضاوت مهندسی لازمه کار می باشد. در جدول ۵-۱ انواع آسیب هایی که در سازه های بنایی مشاهده شده است، ارائه شده، همانطور که مشاهده می شود ممکن است همه این آسیب ها در یک ساختمان مشاهده نشود ولی برای حفظ کلیت کار همه آن ها همراه با راهکارهای ترمیم مناسب ارائه شده اند. در مقابل هر نوع آسیب، کد دیواری که بنا به تشخیص مهندس بازدید کننده مشمول آن آسیب می شود نوشته شده و مسئول طرح بهسازی در مرحله بعد این دیوارها را به وسیله گزارش مصور تهیه شده کنترل می نماید. برای

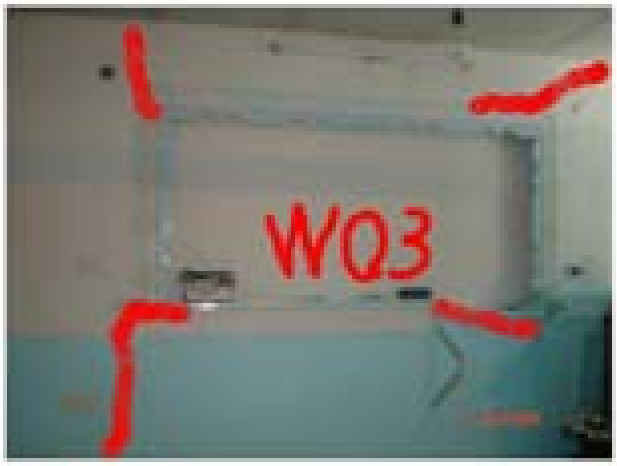
دیوارهایی که کد آنها در این قسمت درج شده است بعدا و در مرحله ارائه طرح بهسازی نقشه ترمیم یا تقویت مناسب برای ارائه می شود. (جدول ۵-۱)

جدول ۵-۱ انواع آسیب سازه های بنایی و راهکار ترمیم ارائه شده

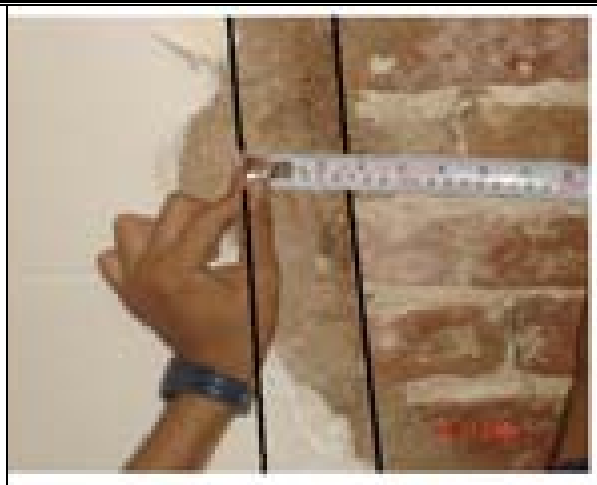
نوع عملیات ترمیم	کد دیوار	نوع آسیب
ترمیم پوشش سطحی	W08,W03	ترک های سطحی
تزریق دوغاب، ترمیم ملات		پکیدگی ملات لابلای آجرها بدون جابجایی یا آسیب به آجرها
ترمیم پوشش سطحی		ریختن نازک کاری به دلیل ضعف و یا فرسایش مصالح نازک کاری
تزریق دوغاب، ترمیم ملات و بخیه دوزی با پین و میلگرد		جداشدگی دو قسمت دیوار به دلیل اجرای نامناسب یا ترک های عمیق در بند های قائم یا افقی
تعویض آجرهای آسیب دیده، تزریق دوغاب و ترمیم ملات		آسیب دیدن آجرها در محدوده ترک به صورت موضعی
تعویض دیوار با دیوار جدید با مصالح و ضخامت مناسب	W015,WS3	دیوار دچار آسیب جدی شده باشد یا قسمتی از آن فرو ریخته باشد
دیوار پرکننده	W02,W03,W05,W07,W015,W012	ضعف دیوار به واسطه وجود طاقچه

۵-۲-۶ گزارش تصویری ارزیابی کیفی آسیب پذیری

تهیه عکس از گذر دسترسی، نما، دیوارهایی که آسیب دیده اند، نمونه پروفیل های سقف یا ستون ها و هر موضوع دیگری که به نوعی در طرح بهسازی تاثیر می گذارد از اجزا بسیار مهم بازدید از ساختمان می باشد. تهیه عکس از طرفی باعث تمرکز بیش تر روی موارد یاد شده می شود و از طرفی در صورت لزوم در موارد بعدی می توان با مراجعه به تصاویر از مراجعه مجدد به محل خودداری نمود. در مورد ساختمان مورد نظر فقط نمونه هایی از تصاویر اخذ شده آمده است. ولی در واقع می بایست از تمام نماها، بام، وجود نامنظمی ها و ... تصویر تهیه نمود و در گزارش عکس آورده شود. در شکل ۵-۱ نمونه ای از گزارش عکسی که برای این ساختمان تهیه شده است آمده است.

گذر دسترسی	نمای ساختمان
کوچه ۱۰ متری	
	
ترک سطحی روی دیوار W08	ترک های سطحی روی دیوار W03 به دلیل ضعف دیوار در گوشه های طاقچه
ترمیم پوشش سطحی به صورت موضعی	پرکردن طاقچه، ترمیم پوشش سطحی
ریختن نازک کاری روی دیوار W015، ترک های عمیق جداشدگی دیوار از دیوار کناری	آسیب پوشش سطحی دیوار WS3 ، ضعف دیوار به دلیل وجود طاقچه
تعویض دیوار	ترمیم پوشش سطحی، پر کردن طاقچه

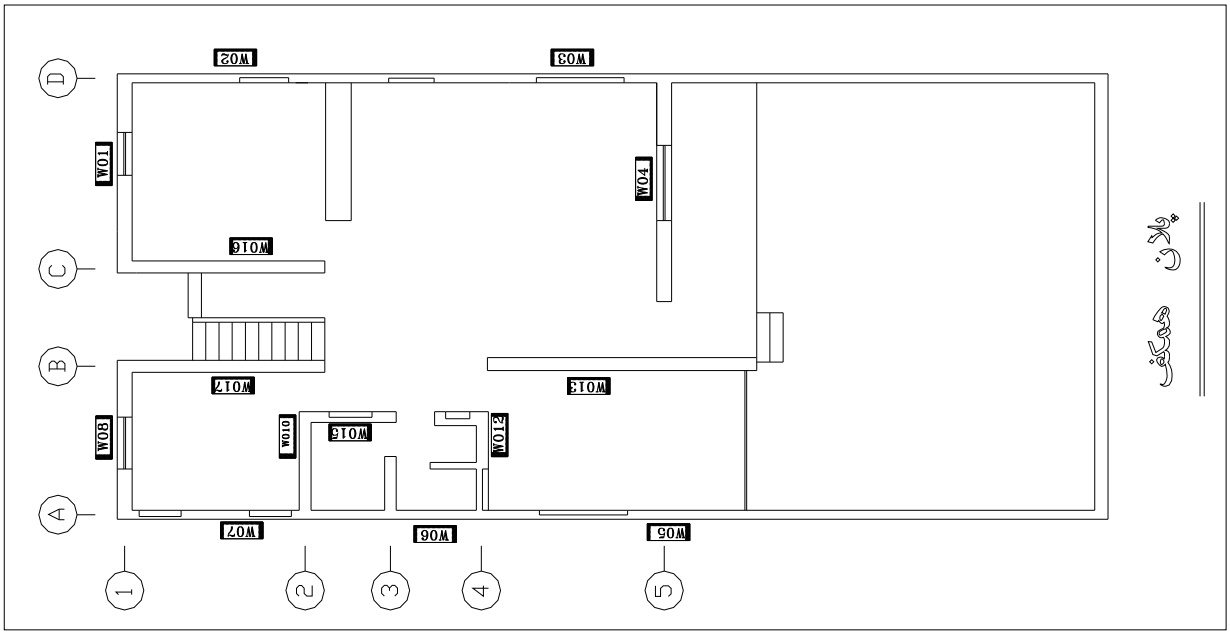
شکل ۵-۱ گزارش مصور بازدید ساختمان

	
نمونه ای از پروفیل تیرچه های سقف	خسارت زیاد وارده به خرپشته
IPE 140	تعویض خرپشته با سیستم سازه ای سبک

ادامه شکل ۵-۱ گزارش مصور بازدید ساختمان

۵-۲-۷ تغییرات معماری مورد نظر مالک

همانطور که در فصل قبل گفته شد یکی از مسایل چالش برانگیز مقاوم سازی ساختمان های بنایی بحث تغییرات معماری نقشه هاست، به طوری که از یک طرف مالکین تمایل برای به روز کردن نقشه های منازل خود دارند که معمولا با حذف یک یا چند دیوار سازه ای و غیر سازه ای همراه است و از طرف دیگر حذف هر کدام از آن ها منجر به از دست رفتن مقداری از اجزاء مقاوم در برابر بارهای جانبی شده و طرح بهسازی را با مشکل مواجه می نماید. اما از آنجا که تغییرات معماری امری غیر قابل انکار می باشد بنابراین در این فصل سعی شده است انجام تغییرات معماری را نیز در طرح مد نظر قرار داده به طوری که مسایل فنی نیز به طور کامل در نظر گرفته شود. در این مرحله ضمن نظر خواهی از مالک و احتمالا دادن مشاوره به مالک مشترکا طرحی که مورد توافق مالک باشد و در ضمن کمترین مشکل را به لحاظ فنی داشته باشد تهیه می شود. در این ساختمان طرح تهیه شده به صورت حذف دیوارهای W09, W011,W014 و مطابق نقشه زیر می باشد. (نقشه ۵-۴)



نقشه ۵-۴ پلان تغییرات معماری

۵-۳ ارزیابی کمی آسیب پذیری

همانطور که در بخش های قبل گفته شد مرحله دوم ارزیابی آسیب پذیری ساختمان های بنایی ارزیابی کمی آسیب پذیری آن ها می باشد در این مرحله با توجه به نقشه های تهیه شده، اطلاعات جمع آوردی شده و تصاویر گرفته شده در مرحله قبل می بایست نواقص ساختمان و محاسبات لازمه انجام شود و نهایتا طرح بهسازی بر اساس این محاسبات تهیه شود. در مورد این ساختمان کلیه نواقص مربوط به ساختمان های بنایی غیر مسلح از سه دستورالعمل شامل دستورالعمل بهسازی ساختمان های موجود، دستورالعمل تحلیل آسیب پذیری ساختمان های بنایی غیر مسلح موجود و آیین نامه ۲۸۰۰ جمع آوری شده است و در جداول جداگانه ارائه شده است. در جداول زیر این نواقص دسته بندی شده اند و در مورد ساختمان مورد نظر مورد ارزیابی قرار گرفته اند.

۵-۳-۱ کنترل نواقص مربوط به مصالح

جدول ۵-۲ کنترل نواقص مربوط به مصالح

عنوان نقص	ارزیابی آسیب پذیری	توضیح	نتیجه
پایین بودن کیفیت و مقاومت واحد های بنایی	واحدهای بنایی سالم، بدون شکستگی و فاقد ترک خوردگی	ترک های روی دیوارها سطحی می باشند و واحد بنایی سالم می باشد.	نقص ندارد
نداشتن شرایط حداقل کیفیت ملات	طبق دستور العمل بهسازی دیوارهایی که تنش برشی ملات آن ها کمتر از ۲ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد. شرایط حداقل کیفیت ملات را دارا نمی باشند و به لحاظ مقاومت برشی آسیب پذیر هستند	ملات گل آهک که با مرور زمان دچار فرسایش شده است و مقاومت برشی ملات آن کمتر از ۲ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد و شرایط حداقل کیفیت ملات را دارا نمی باشند و به لحاظ مقاومت برشی آسیب پذیر است	نقص دارد

۵-۳-۲ کنترل نواقص مربوط به سیستم سازه ای

جدول ۵-۳ کنترل نواقص مربوط به سیستم سازه ای

عنوان نقص	ارزیابی آسیب پذیری	توضیح	نتیجه
کامل نبودن مسیر بار	وجود یک سیستم مقاوم در برابر بار جانبی که بتواند بار ناشی از زلزله را از طبقات به پی منتقل	ساختمان یک طبقه است و مسیر بار کامل است	نقص ندارد
کافی نبودن مقاومت برشی ساختمان	مجموع سطح مقطع دیوارها در هر طبقه و در هر یک از امتدادهای طولی و عرضی ساختمان از ۷۵ درصد مقادیر مندرج در جدول حداقل دیوار نسبی در آیین نامه ۲۸۰۰ ایران کمتر نباشد	به دلیل عدم وجود کلاف افقی روی دیوارهای باربر این بند موضوعیت ندارد	موضوعیت ندارد
	مجموع سطح مقطع دیوارها در هر طبقه و در هر یک از امتدادهای طولی و عرضی ساختمان از مقدار Ai کمتر نباشد. $A_i = \frac{V_i}{v_a}$ در رابطه فوق V_i نیروی برشی طبقه i و A_i مجموع سطح مقطع دیوارهای موجود در طبقه i می باشد. در این رابطه v_a تنش مجاز برشی دیوار است که از رابطه زیر محاسبه می شود. $v_a = 0.1\, v_t + 0.15\, \sigma_c$ $\max v_t = 6\ \mathrm{kg/cm^2}$	در ارزیابی کمی آسیب پذیری بررسی می شود	ارزیابی کمی آسیب پذیری
ناتوانی ساختمان در حفظ انسجام هنگام ارتعاش*	کلاف بندی افقی و قائم طبق آیین نامه ۲۸۰۰	ساختمان فاقد کلاف بندی	نقص دارد
نداشتن سیستم ثانویه کمکی*	کلاف بندی افقی و قائم طبق آیین نامه ۲۸۰۰	ساختمان فاقد کلاف بندی	نقص دارد

نا منظمی در پلان	اگر فاصله بین مرکز سختی و مرکز جرم هر طبقه در هر یک از دو محور اصلی بیش از ۲۰ درصد بعد ساختمان در جهت آن محور باشد.	به دلیل عدم دقت در محاسبه مرکز سختی در درساختمان های مصالح بنایی ۲۰ درصد به میزان برش پایه برای در نظر گرفتن فاصله مرکز جرم و سختی اضافه می شود	نقص دارد
	اگرپلان ساختمان نسبت به هر یک از دو محور اصلی به طور کلی نامتقارن باشد	ساختمان نسبتا متقارن است	نقص ندارد
	اگر ابعاد پیش آمدگی ها در پلان ساختمان از مقادیر بند ۳-۳ آیین نامه ۲۸۰۰ بیشتر باشد.	ساختمان فاقد پیش آمدگی می باشد	نقص ندارد
نامنظمی در ارتفاع	ساختمان دارای طبقه ضعیف یعنی طبقه ای که مقاومت برشی آن از ۸۰ درصد مقاومت برشی طبقه فوقاتی کمتر است باشد.	ساختمان یک طبقه است	نقص ندارد
	اگر ساختمان در امتداد قائم ناپیوسته باشد یعنی دیوارهای باربر آن تا زمین امتداد نیافته و در تراز بالاتر قطع شده باشند.	ساختمان یک طبقه است	نقص ندارد
	اگر ساختمان دارای بی نظمی در هندسه یعنی بعد افقی یک طبقه ۳۰ درصد بیشتر از بعد افقی طبقات مجاور باشد.	ساختمان یک طبقه است	نقص ندارد
	اگر ساختمان دارای بی منظمی در جرم باشد یعنی جرم مؤثر یک طبقه ۵۰ درصد بیشتر از جرم موثر طبقات مجاور باشد.	ساختمان یک طبقه است	نقص ندارد
عدم وجود پی مناسب	در صورتی که پی دیوارهای باربر از بتن غیر مسلح، شفته و لاشه سنگ ساخته شده باشد و عمق و عرض پی از دو برابر ضخامت دیوار کمتر باشد.	به دلیل هزینه زیاد عملیات سونداژ و ارزش کم اطلاعات بدست آمده اطلاعی از وضع پی در دست نیست.	_
	در صورتیکه پی به صورت یک شبکه در زیر دیوارهای باربر قرار نداشته باشد.	پی سونداژ نشده	_
عدم وجود فاصله کافی از ساختمان مجاور	اگر در کنار ساختمان مورد نظر ساختمانی با ارتفاع کمتر از نصف یا بیشتر از دو برابر ارتفاع آ ن ساختمان وجود داشته باشد.	ساختمانی با این ارتفاع وجود ندارد	نقص ندارد
	اگر درز انقطاع دو ساختمان مجاور از $\frac{1}{100}$ ارتفاع ساختمان کوتاه تر کمتر باشد	درز انقطاع ندارد	نقص دارد
	اگر تراز طبقات ساختمان مجاور یکی نباشد.	تراز ساختمان های مجاور یکی است	نقص ندارد

۵-۳-۳ کنترل نواقص مربوط به دیوارهای باربر

جدول ۵-۴ کنترل نواقص مربوط به دیوارهای باربر

عنوان نقص	ارزیابی آسیب پذیری	توضیح	نتیجه
اجرای نامناسب واحدهای بنایی دیوارهای باربر	دیوارهایی که با آجر یا بلوک سیمانی ساخته شده اند. طوری چیده شده اند که همپوشانی افقی مناسبی بین واحدهای بنایی برقرار نیست یا درزهای قائم روی هم قرار ندارند.	قابل رویت نمی باشد	–
	سطحی از مقطع دیوار که شامل واحدهای بنایی متصل کننده رج داخلی و خارجی دیوار می باشد کمتر از ۱۰ درصد کل سطح مقطع دیوار می باشد و یا فاصله این واحدها از ۶۰ سانتیمتر بیشتر است.	قابل رویت نمی باشد	–
	عرض ترک های مورب احتمالی ناشی از نشست ناهمگون دیوار، بیش از ۳ میلیمتر است.	ترک مورب ناشی از نشست مشاهده نشده است	نقص ندارد
	دیوار دارای شکم دادگی یا کج شدگی است.	مشاهده نشده است	نقص ندارد
خالی بودن درزهای قائم بین واحدهای بنایی از ملات	درزهای قائم بین واحدهای بنایی کاملاً با ملات پر نشده است.	قابل رویت نمی باشد	–
ناپایداری و نبود مقاومت خارج از صفحه دیوار	نسبت ضخامت به ارتفاع t/h دیوار از ۰/۱ کمتر است.	این نسبت بیش تر از ۰/۱ می باشد	نقص ندارد
ارتفاع زیاد دیوار	ارتفاع آزاد دیوار مصالح بنایی از ۴ متر بیشتر است.	ارتفاع کلیه دوار ها از ۴ متر کمتر است	نقص ندارد
طول زیاد دیوار مهار نشده	طول آزاد دیوار مصالح بنایی از ۵ متر بیشتر است.	W02,W03,W05,W06,W07	نقص دارد
تراکم کم دیوار به واسطه وجود بازشو های بزرگ	مجموع سطح بازشوها در هر دیوار از یک سوم سطح آن دیوار بیشتر است.	W014	نقص دارد
	مجموع طول بازشوها در هر دیوار باربر از نصف طول دیوار بیشتر است.	W014	نقص دارد
	فاصله افقی دو بازشو از دو سوم ارتفاع کوچکترین بازشوی طرفین خود یا از یک ششم مجموع طول آن دو بازشو کمتر است.		موضوعیت ندارد
	در طرفین بازشوهای با ابعاد بزرگ تر از ۲/۵ متر کلاف های قائمی که به کلاف های افقی و بالا و پایین آن طبقه متصلند، تعبیه نشده است و یا نعل درگاه بازشوهای مذکور در کلاف های قائم طرفین مهار نشده است.	اطراف بازشوی بزرگ روی دیوار W014 کلاف قائم مشاهده نشده است	نقص دارد
فاصله کم بازشوها از انتهای دیوار	فاصله اولین بازشو از برخارجی ساختمان کمتر از دو سوم ارتفاع بازشو می باشد و در طرفین آن کلاف قائم قرار نگرفته است.	W014	نقص دارد
انفصال در دیوار	اگر در اجرای قسمت های مختلف یک دیوار باربر و یا گوشه دو دیوار متقاطع باربر از روش هشتگیر استفاده شده باشد محل اجرای هشتگیر به عنوان نقطه انفصال در دیوار تلقی می گردد.	رویت نشده است	–
	اگر قطر لوله و یا دودکشی که از درون دیوار عبور می نماید. بیش از یک ششم ضخامت دیوار باشد محل عبور لوله به عنوان نقطه انفصال در دیوار تلقی می گردد .	همه لوله هایی که از درون دیوار عبور کرده اند دارای قطری بیش تر یک ششم ضخامت دیوار می باشد.	نقص دارد
نبود اتصال مناسب دال به دیوار*	تیرهای باربر سقف بار خود را به طور مستقیم به بالای دیوار مصالح بنایی منتقل می کنند و برای این منظور از کلاف یا زیرسری چوبی، فلزی، بتنی و یا صفحه تکیه گاه استفاده نشده است. قسمت بالای دیوار و اتصال دال به دیوار آسیب پذیر تلقی می گردد.	تیرجه های دال مستقیما روی دیوار قرار دارند	نقص دارد
نیروی رانش سقف	در دهانه های خارجی ساختمان نسبت خیز (ارتفاع) سقف قوسی از نصف قاعده آن کمتر است و از کلاف چوبی، فلزی، یا بتنی برای مهار سقف استفاده نشده است.	موضوعیت ندارد	–

۵-۳-۴ کنترل نواقص مربوط به دال ها

جدول ۵-۵ کنترل نواقص مربوط به دال ها

عنوان نقص	ارزیابی آسیب پذیری	توضیح	نتیجه
وزن زیاد دال	ضخامت دال مصالح بنایی مسلح (چوبی یا طاق ضربی) در حد متعارف باشد.	ضخامت دال نامتعارف است	نقص دارد
عدم انسجام دال	رعایت ضوابط مندرج در بند ۳-۱۱-۳ آیین نامه ۲۸۰۰	به دلیل سال ساخت ساختمان هیچیک از ضوابط رعایت نشده است.	نقص دارد
کافی نبودن طول تکیه گاهی تیرهای سقف	طول تکیه گاهی تیرهای سقف طاق ضربی و یا سقف چوبی ازحداکثر مقدار ارتفاع تیر یا ۲۰ سانتیمتر کمتر باشد.	انتظار می رود این بند رعایت شده باشد	نقص ندارد
وجود بازشوهای بزرگ در دال	مجموع سطوح بازشو از ۵۰ درصد سطح کل دیافراگم بیشتر نباشد.	مجموع سطوح بازشو از ۵۰ درصد سطح کل دیافراگم کمتر است.	نقص ندارد
	طول بازشو دال در مجاورت دیوار باربر از یک چهارم طول دیوار کمتر باشد.	بازشو در مجاورت دال وجود ندارد	نقص ندارد
	طول بازشو دال در مجاورت دیوار باربر بیشتر از ۲ متر است.	بازشو در مجاورت دال وجود ندارد	نقص ندارد
زیاد بودن نسبت طول دهانه به عرض دال	نسبت طول دهانه به عرض دیافراگم در سقف های انعطاف پذیر (چوبی، طاق ضربی، قطعات پیش ساخته بدون بتن رویه) بیش از ۳ است.	نسبت طول دهانه به عرض دیافراگم کمتر از ۳ است.	نقص ندارد

۵-۳-۵ کنترل نواقص مربوط به اتصالات اعضا

جدول ۵-۶ کنترل نواقص مربوط به اتصالات اعضا

عنوان نقص	ارزیابی آسیب پذیری	توضیح	نتیجه
اتصال نامناسب دیوارهای باربر متقاطع	واحدهای بنایی در دیوارهای باربر متقاطع در یک تراز چیده نشده و در یک سطح بالا آورده نشده اند.	قابل رویت نمی باشد	–
	ضوابط بند ۳-۱۰-۳ آیین نامه ۲۸۰۰ ایران اجرا نشده و در اجرای دیوارهای متقاطع از کلاف های بتنی، فلزی و چوبی گوشه نیز استفاده نشده است.	قابل رویت نمی باشد	–
ضعف اتصال بین دیوارهای باربر و دال	دیوار باربر مصالح بنایی در تراز طبقات مطابق بند ۳-۱۱-۲ آیین نامه ۲۸۰۰ ایران به دال متصل نشده اند.	عدم اتصال طبق ضوابط	نقص دارد
	اتصال دیوار و دال نمی تواند نیروی عمود بر صفحه دیوار را که در بخش بررسی نواقص سیستم سازه ای به طور کامل تشریح شد، تحمل نماید.	اتصال به صورت اصطکاکی است و توانایی تحمل نیرو را ندارد.	نقص دارد
ضعف اتصال تیغه و دیوار باربر یا تیغه ها و دال ها	دیوار و تیغه متکی به طور همزمان و یا بطورت لاریز و یا به صورت هشتگیر چیده نشده و ضوابط مندرج در بند ۳-۷-۵ آیین نامه ۲۸۰۰ نیز رعایت نشده است.	اتصال تیغه ها به دیوارهای باربر و دال ها مورد تردید است.	نقص دارد

۵-۳-۶ کنترل نواقص مربوط به اجزای غیر سازه ای

جدول ۵-۷ کنترل نواقص مربوط به اجزای غیر سازه ای

عنوان نقص	ارزیابی آسیب پذیری	توضیح	نتیجه
ضعف دیوارهای غیرباربرو تیغه ها	دیوارهای غیرباربر و تیغه ها باید ضوابط مندرج در بند ۳-۷ آیین نامه ۲۸۰۰ را دارا باشند.	مهار نامناسب تیغه ها به سقف ها و عدم وجود کلاف بندی	نقص دارد
ضعف نمای ساختمان	در صورتی که ضوابط بند ۳-۱۲ آیین نامه ۲۸۰۰ ایران در مورد نماسازی رعایت نگردیده باشد. نمای ساختمان آسیب پذیر است.	فاقد نماسازی	نقص ندارد
عدم پایداری جان پناه	نسبت ارتفاع به ضخامت جان پناه برای مناطق با خطر نسبی زلزله کم و متوسط از ۲/۵ و برای مناطق با خطر نسبی زلزله زیاد و خیلی زیاد از ۱/۵ بیشتر است.	جان پناه ندارد	نقص ندارد
عدم پایداری دودکش ها	در اجرای دودکش بایستی ضوابط مندرج در بند ۳-۸ آیین نامه ۲۸۰۰ رعایت شده باشد.	رعایت ضوابط در اجرای دودکش ها	نقص ندارد

۵-۳-۷ کنترل نواقص مربوط به سیستم کلاف بندی

جدول ۵-۸ کنترل نواقص مربوط به سیستم کلاف بندی

عنوان نقص	ارزیابی آسیب پذیری	توضیح	نتیجه
نبود کلاف افقی پی	در تراز پی از کلاف افقی استفاده نشده است و خود پی نیز به واسطه ناپیوستگی، قابلیت ایفای نقش کلاف افقی را ندارد.	ساختمان فاقد کلاف بندی	نقص دارد
کافی نبودن تعداد و فواصل کلاف ها	کلاف های قائم باید در داخل دیوارها و در گوشه های اصلی ساختمان و ترجیحا در نقاط تقاطع دیوارها و به فاصله محور تا محور ۵ متر تعبیه شوند کلاف های افقی باید در کلیه دیوارهای سازه ای با مصالح بنایی در تراز زیر دیوارها و تراز زیر سقف اجرا گردد.	ساختمان فاقد کلاف بندی	نقص دارد
عدم اتصال مناسب بین دیوار و کلاف	در صورتی که بین دیوار و کلاف اتصال مناسبی موجود نباشد	ساختمان فاقد کلاف بندی	موضوعیت ندارد
کیفیت نامناسب مصالح کلاف بتنی	در بررسیهای عینی کلاف تخلخل و یا نواقص دیگر در بتن مشاهده شده است.	ساختمان فاقد کلاف بندی	موضوعیت ندارد
	مقاومت فشاری بتن کمتر از ۱۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است	ساختمان فاقد کلاف بندی	موضوعیت ندارد
عدم درگیری میلگردهای کلاف	میلگردهای کلاف بتنی در اتصالات همپوشانی لازم را ندارند.	ساختمان فاقد کلاف بندی	موضوعیت ندارد
	اتصالات کلاف های فولادی مناسب نمی باشد. جهت ارزیابی می توان از آزمایش های غیر مخرب ویا تخریب های محدود استفاده کرد.	ساختمان فاقد کلاف بندی	موضوعیت ندارد
وجود انفصال در کلاف	کلاف افقی و یا قائم در هر تراز از ساختمان بواسطه وجود بازشو و یا نیم طبقه ادامه نیافته و به کلاف قائم یا افقی مجاور متصل نشده است.	ساختمان فاقد کلاف بندی	موضوعیت ندارد
	قطر انفصال ایجاد شده در اثر عبور لوله آب، فاضلاب و یا دودکش در کلاف افقی یا قائم بیش از یک هشتم عرض کلاف است.	ساختمان فاقد کلاف بندی	موضوعیت ندارد
ضعف اتصال دیوار و کلاف	بین دیوار و کلاف اتصال مناسبی وجود ندارد.	ساختمان فاقد کلاف بندی	موضوعیت ندارد

۵-۴ طرح مقاوم سازی

در این قسمت به تشرح روش استفاده شده برای مقاوم سازی ساختمان های بنایی که در مورد این ساختمان به کار برده شده، می پردازیم. اساس این روش بر پایه تئوری های گفته شده در فصل دوم در مورد رفتار نامناسب دیوارهای بنایی در بارهای لرزه ای و قاب های مرکب، تجربیات شخصی در یک دوره کامل مقاوم سازی و اصول و ظوابط مطرح شده در دستورالعمل های مقاوم سازی می باشد که به تلخیص و تفضیل در مورد آن ها در فصل های قبل صحبت شده است.

در این روش، باربری ثقلی ساختمان با تعبیه تیر و ستون های فلزی در جاهای مناسب تامین می شود به طوری که سعی می شود حتی الامکان دیوارهای بنایی نقش باربری ثقلی خود را از دست داده و همه بارهای ثقلی توسط این تیر و ستون ها تحمل شوند. از طرف دیگر در اطراف دیوارهای بنایی قابی متشکل از تیر و ستون ها تشکیل شود که با دیوارهای بنایی موجود مشترکا به عنوان قاب مرکب نقش باربری جانبی را به عهده می گیرند و در صورتی که برش طبقه از ظرفیت برشی آن ها بیش تر باشد می توان از پوشش های بتن مسلح استفاده نمود و این کمبود مقاومت برشی را جبران کرد. از مزایای این روش می توان به موارد زیر اشاره نمود.

۱) ایجاد یک سیستم باربری ثقلی مطمئن برای تحمل وزن ساختمان

۲) ایجاد سیستم ثانویه کمکی در ساختمان در سطحی بالاتر از آنچه که دستورالعمل های مقاوم سازی تعیین نموده اند.

۳) افزایش شکل پذیری ساختمان از طریق مسلح کردن ساختمان بنایی غیر مسلح و به تبع آن افزایش ضریب رفتار و کاهش نیروهای لرزهای وارده

۴) برداشتن بارها از روی دیوارهای بنایی و بالابردن شانس پایداری در زلزله های شدید.

۵) امکان انجام تغییرات معماری در حد امکان.

۶) استفاده از رفتار مناسب قاب های مرکب در تحمل نیروی برشی زلزله

۷) امکان اضافه کردن بنا و طبقاتی به ساختمان که می تواند به عنوان مشوقی برای مقاوم سازی ساختمان های مسکونی باشد.

۸) **سادگی مراحل طرح و اجرا**

۹) از آنجا که این روش بر اساس واقعیت های رفتاری مصالح بنایی ارائه شده است، در آن سعی شده است رفتار کلی ساختمان هر چه بیش تر از رفتار مصالح بنایی دور شده و به رفتار ساختمان های اسکلت فلزی نزدیک شود.

۱۰) اجرایی بودن طرح های تهیه شده.

۱۱) امکان افزایش قابل توجه در میزان باربری جانبی قاب های مرکب با افزایش درجه گیرداری اتصالات تیر و ستون در این قاب ها

۱۲) در اکثر موارد در مرحله ارزیابی کیفی آسیب پذیری اطلاعات چندانی از فونداسیون های ساختمان به دست نمی آید. و معمولا این ساختمان ها دارای سیستم سازه ای مناسبی برای فونداسیون نیستند و اغلب آن ها دچار آسیب هایی نظیر نشست شده اند. از طرف دیگر مقاوم سازی پی یکی از هزینه برترین موارد مقاوم سازی است که در صورت استفاده برای این ساختمان ها از لحاظ اقتصادی توجیه ناپذیر است. هم چنان که در پروژه مقاوم سازی شهر بروجرد نیز نه اطلاعات مربوط به پی ها به درستی برداشت شده و نه دتایل مناسبی برای تقویت آن ها اجرا شده است. با توجه به مطالب گفته شده در این طرح سعی شده است. برای باربری ثقلی، فونداسیون های جدیدی احداث شود و به این ترتیب نه تنها مشکل نشست ساختمان حل شود بلکه تکیه گاه مناسبی برای شناژهای جدید الاحداث به و جود بیاید.

در ادامه روند محاسبات این روش به طور کامل شرح داده می شود.

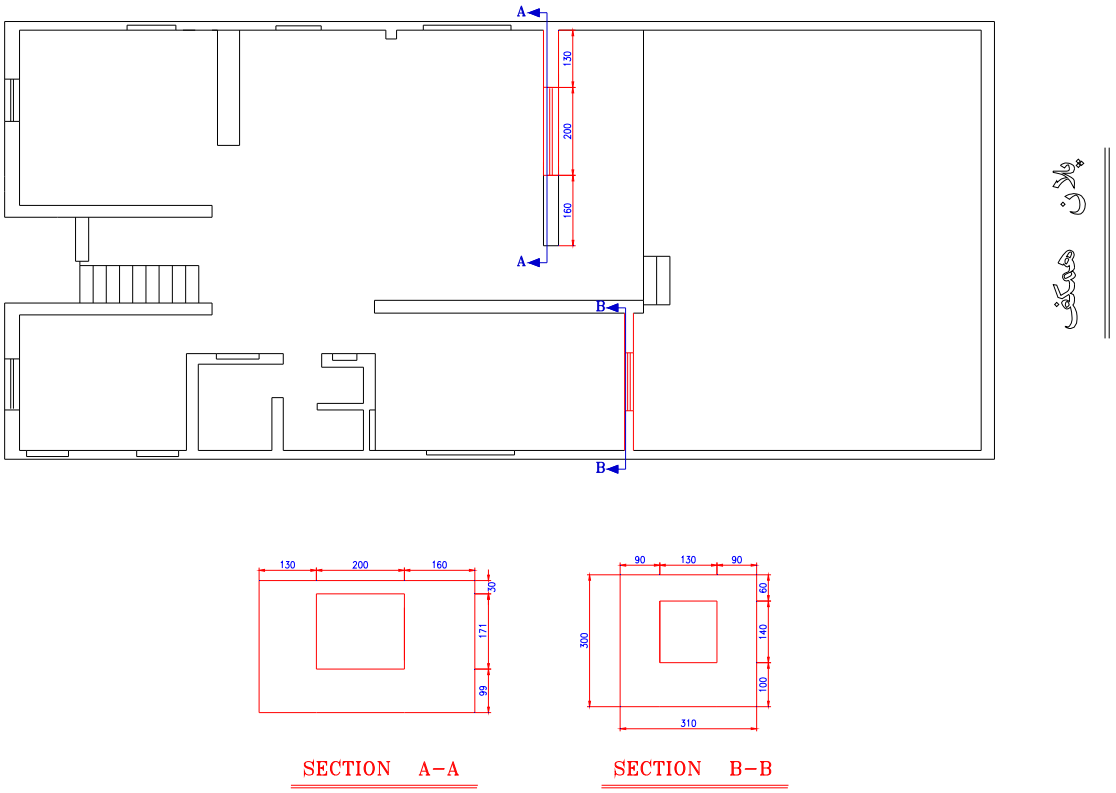
۵-۴-۱ محاسبات طرح مقاوم سازی

برای انجام محاسبات لازمه در بخش بارهای ثقلی از نرم افزار ETABS بدون در نظر گرفتن بارهای جانبی و فقط برای بارهای ثقلی استفاده شده است و از نرم افزار Safe برای طراحی فونداسیون های لازمه در حالت اتصالات مفصلی صفحات پای ستون استفاده شده است. و برای محاسبات مربوط به قاب های مرکب و محاسبه ظرفیت برشی آن ها نرم افزاری در محیط برنامه Excel تهیه شده است که در ادامه جزییات این روش شرح داده می شود.

۵-۴-۲ اصلاح بازشوها و انجام تغییرات معماری

بعد از امکان سنجی انجام تغییرات معماری این تغییرات را در دیوارهای ساختمان لحاظ نموده و دیوارهایی که قرار است حذف شوند در محاسبه وزن ساختمان لحاظ نمی شوند. و از طرف دیگر بازشوها نیز مطابق ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ اصلاح می شوند و پلانی تحت عنوان تغییرات معماری و اصلاح بازشو تهیه می شود و از این پلان برای انجام محاسبات بعدی استفاده می شود. (نقشه ۵-۵)

پلان اصلاح بازشو ها و تغییرات معماری: تغییرات معماری مورد نظر در صورت امکان در نقشه لحاظ شده و پلان جدید تهیه می شود. در این پلان بازشو های موجود نیز مطلابق ضوابط استاندار ۲۸۰۰ اصلاح شده اند.



نقشه ۵-۵ پلان اصلاح بازشوها

۵-۴-۳ محاسبه بار دیوارها در وضع موجود با در نظر گرفتن تغییرات معماری

محاسبه وزن دقیق ساختمان با استفاده از ضخامت وضع موجود و تغییرات انجام شده در معماری ساختمان به دست می آید از این وزن در محاسبه بار زلزله وارد بر ساختمان استفاده می شود. (جدول ۵-۲)

جدول ۵-۹ محاسبه بار قائم دیوارها

طبقه	نام دیوار	ضریب بازشو	جهت دیوار	ضخامت دیوار (m)	وزن واحد حجم آجروملات (kg/m3)	ارتفاع دیوار (m)	طول دیوار (m)	وزن واحد طول دیوار (kg/m)	وزن دیوار (kg)
همکف	W02	1	**x**	0.29	1850	3	5	**1609.5**	**8047.5**
همکف	W03	1	**x**	0.29	1850	3	7.6	**1609.5**	**12232.2**
همکف	W05	1	**x**	0.29	1850	3	6.1	**1609.5**	**9818.0**
همکف	W06	1	**x**	0.29	1850	3	3.95	**1609.5**	**6357.5**
همکف	W07	1	**x**	0.29	1850	3	4.25	**1609.5**	**6840.4**
همکف	W016	1	**x**	0.27	1850	3	4.35	**1498.5**	**6518.5**
همکف	W017	1	**x**	0.27	1850	3	4.35	**1498.5**	**6518.5**
همکف	W013	1	**x**	0.29	1850	3	6.1	**1609.5**	**9818.0**
همکف	W015	1	**x**	0.24	1850	3	2.2	**1332**	**2930.4**
								مجموع	**69080.9**
بام	جان پناه	1	**x**	0.22	1850	0.5	29	**203.5**	**5901.5**
همکف	W01	0.8	**y**	0.34	1850	3	3.9	**1887**	**5887.4**
همکف	W04	0.7	**y**	0.25	1850	3	4.9	**1387.5**	**4759.1**
همکف	W08	0.8	**y**	0.25	1850	3	3.55	**1387.5**	**3940.5**
همکف	W010	1	**y**	0.15	1850	3	2.11	**832.5**	**1756.6**
همکف	W012	1	**y**	0.15	1850	3	2.11	**832.5**	**1756.6**
								مجموع	**18100.2**
بام	جان پناه	0.8	**y**	0.22	1850	0.5	20	**203.5**	**3256.0**

بار مرده سقف = 600 (kg/m2)

بار زنده سقف = 150 (kg/m2)

۵-۴-۴ بارگذاری سقف طبقه بام

بارگذاری بام در حالت سبک سازی شده و بعد از اجرای پوشش بتن مسلح به ضخامت ۷ سانتی متر مطابق دتایل های ارائه شده، جهت صلب سازی دیافراگم سقف محاسبه می شود. به این ترتیب هم وزن بام کمتر شده و هم از عناصری (پوشش بتن مسلح) که وزن آن ها به ساختمان تحمیل شده است در جهت بهبود رفتار ساختمان استفاده می شود. (جدول ۵-۳)

جدول ۵-۱۰ بارگذاری بام

بارگذاری بام					
مصالح	ضخامت (m)	وزن واحد حجم(kg/m3)	بار واحد سطح (kg/m2)	وزن واحد طول تیرآهن طاق ضربی (kg/m)	فاصله تیرآهن طاق ضربی (m)
عایق کاری			**10**		
شیب بندی با بتن وپوکه معدنی	0.1	1300	**130**		
بتن	0.07	2500	**175**		
تیرآهن IPE140	0.14		**12.9**	12.9	1
آجرهای طاق ضربی	0.11	1750	**192.5**		
گچ	0.01	1300	**13**		
کاهگل	0.04	1600	**64**		
وزن بار مرده			**600**		
بار زنده			**150**		

جدول ۵-۱۱ محاسبه وزن سقف

محاسبه وزن سقف ها				
محاسبه وزن سقف (kg)	بار زنده	بار مرده	مساحت طبقه (m2)	طبقه
90345.6	**150**	**600**	**144**	همکف

۵-۴-۵ اثر پیچش در ساختمان

در ساختمان های بنایی به دلیل اینکه محاسبه سختی دقیق عناصر لرزه بر و نهایتا مرکز سختی ساختمان و به دنبال آن فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی و برش اضافه ای که در اثر این فاصله و پیچش ناشی از آن به ساختمان تحمیل می شود کار چندان راحتی نمی باشد. بنابراین در این پروژه به منظور در نظر گرفتن اثر پیچش ۲۰٪ به برش پایه اضافه شده است.

۵-۴-۶ برش پایه و توزیع برش در طبقات

با توجه به اینکه ساختمان مورد نظر در منطقه با شتاب نسبی ۰/۳۵ می باشد، ارتفاع کم ساختمان های بنایی باعث می شود که ضریب بازتاب در آن ها از ۲/۷۵ بیش تر شود. بنابر توصیه آیین نامه ۲۸۰۰ لزومی ندارد که ضریب بازتاب ساختمان در هر صورت بیش تر از ۲/۵ منظور شود. ضریب اهمیت ساختمان برابر ۱ و ضریب رفتار بنابر توصیه آیین نامه ۲۸۰۰ در مورد ساختمان های بنایی مسلح برابر ۴ منظور می شود. ضریب زلزله با در نظرگرفتن اثر پیچش به دست می آید. این ضریب در وزن کل ساختمان ضرب شده و برش پایه بدست می آید. (جدول ۵-۵ تا ۵-۷)

جدول ۵-۱۲ محاسبه ضریب زلزله

A	B	I	R	ضریب پیچش	C
0.35	2.750	1.00	4.00	1.200	0.2625

جدول ۵-۱۳ محاسبه برش پایه

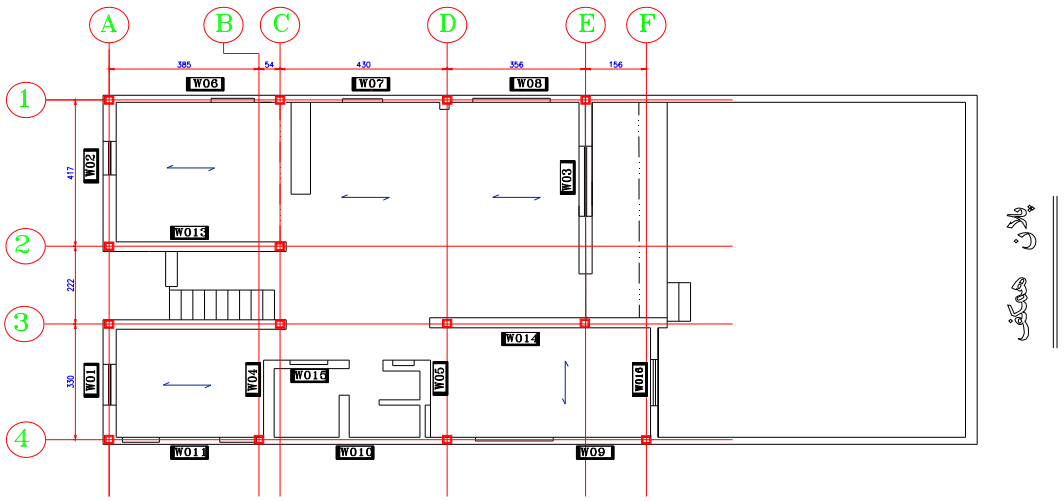
برش پایه kg(V)	وزن کل ساختمان kg(W)
44596	169892

۵-۴-۷ تعبیه ستون های فلزی برای بارهای ثقلی

در این مرحله با توجه به نقشه سازه ای که از ساختمان تهیه شده است، می بایست عناصر مقاومی در جاهای مناسب تعبیه نمود. این عناصر باید به طریقی مکان یابی شوند که بتوانند حتی الامکان وزن کل سقف را متحمل شوند. از طرف دیگر فواصل آن ها به گونه ای باشد که ضابطه آیین نامه ۲۸۰۰ را در مورد شناژهای قائم که نباید فاصله آن ها از ۵ متر بیش تر شود رعایت نمود. در صورتی که از این ستون ها برای احداث یک طبقه جدید استفاده می شود، می بایست علاوه بر در نظر گرفتن وزن طبقه در محاسبه پروفیل ستون ها، جای آن ها نیز به طریقی باشد که کمترین مشکل سازه ای در طبقه جدید ایجاد شود. نکته دیگری که در تعبیه ستون ها مد نظر قرار می گیرد تشکیل بیش ترین تعداد دهانه قاب مرکب در هر جهت ساختمان می باشد.

در این مرحله با رعایت کلیه موارد بالا و اندکی قضاوت مهندسی می بایست پلانی از ساختمان تهیه شود که در آن جای ستون های جدید، محور بندی آن ها و تیر هایی در خلاف جهت تیرریزی که نقش باربری ثقلی سقف را به عهده خواهند گرفت و بعدا توسط نرم افزار طرح می شوند، مشخص شده باشد. در این نقشه پروفیل های حداقلی نیز برای جهت موافق تیرریزی تعبیه می شود. این پروفیل نقش باربری ثقلی نداشته و صرفا برای ایجاد تکیه گاه مناسب برای طاق ضربی، افزایش شکل پذیری ساختمان، کامل کردن قاب های تشکیل شده و ایجاد قاب های مرکب در دو جهت برای افزایش ظرفیت برشی طبقه استفاده می شود. (نقشه ۵-۶ تا ۵-۹)

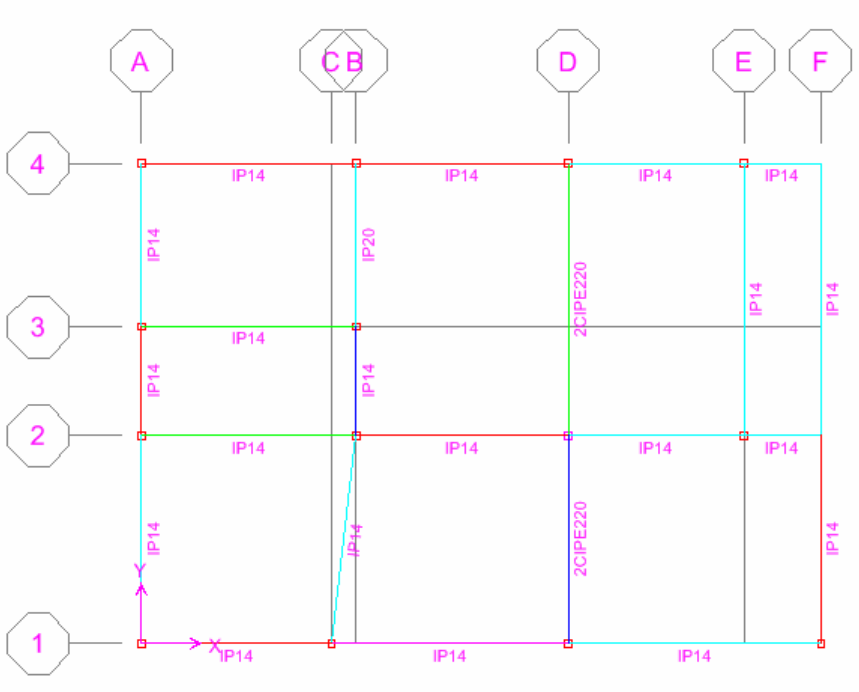
پلان محور بندی و کد گذاری دیوارهای موجود: در این قسمت شناژهای قائم در محل های مناسب طوری تعبیه می شوند که موارد زیر در نظر گرفته شود. یک سیستم ثانویه(کلافبندی) برای حفظ انسجام ساختمان تعبیه شود. یک سیستم دفاع ثانویه با اجرای شناژهای افقی برای باربری ثقلی ساختمان به وجود آید و بتوان از رفتار بهتر قاب های مرکب نسبت به دیوار بدون قاب و قاب خالی استفاده کرد.



نقشه ۵-۶ پلان آکس بندی

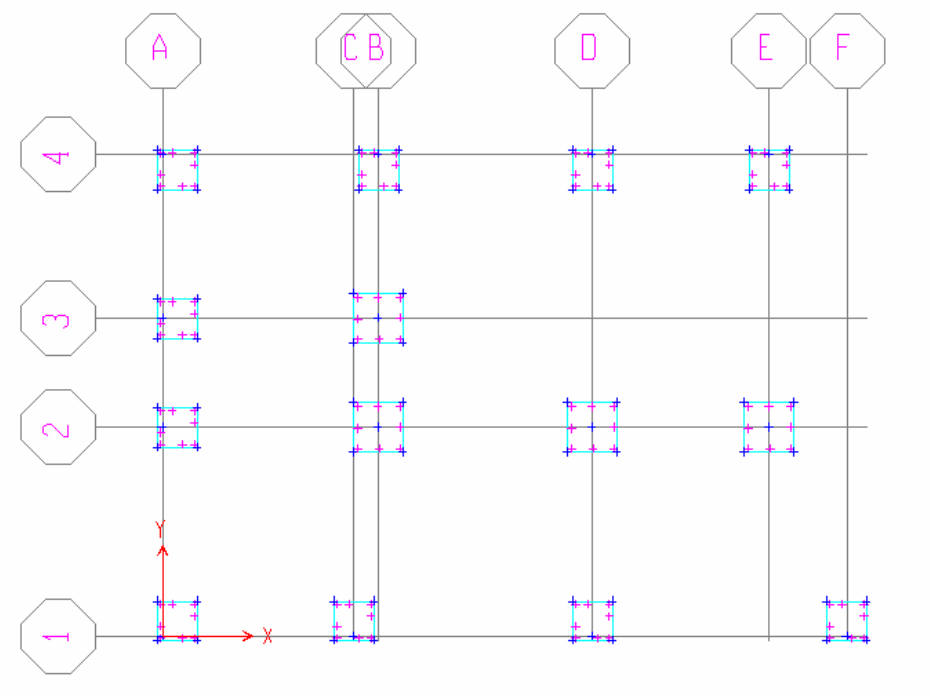
۵-۴-۸ مدلسازی ساختمان

ساختمان را توسط نرافزار ETABS مدل می کنیم. ستون ها را برای کلیه بارهای مرده و زنده طرح می کنیم و تیرهای لازمه برای انجام تغییرات معماری نیز در این مدل تعبیه و مقاطع مناسب اتخاذ می گردد. در تحلیل این مدل بار زلزله در نظر گرفته نمی شود. و تیر و ستون ها برای بارهای ثقلی طرح می شوند. در بقیه موارد برای تکمیل مدل از پروفیل حداقل (IPE140) استفاده شده است، بجای آن می توان برای کاهش هزینه های بهسازی از نبشی کشی که در فصول قبل توضیح داده شد استفاده نمود. و در مواردی که دیوار آسیب زیادی دیده باشد و باربری خود را از دست داده باشد می توان پروفیل مناسب را برای آن قسمت تعبیه کرد.



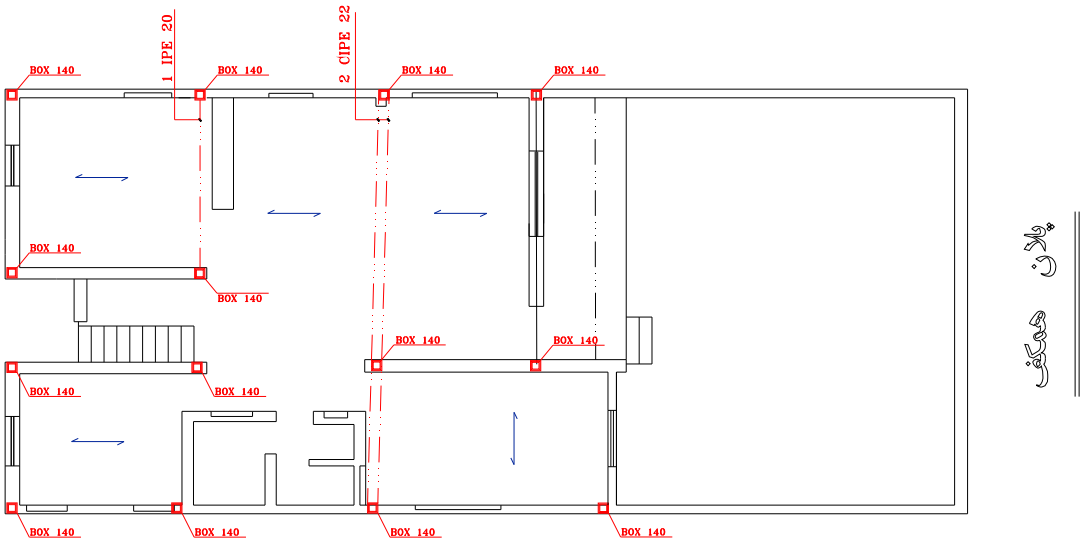
نقشه ۵-۷ مدل ETABS

۹-۴-۵ تحلیل و طراحی فونداسیون با نرم افزار Safe



نقشه ۵-۸ مدل Safe

نقشه اجرایی با توجه به خروجی ETABS



نقشه ۵-۹ ستون گذاری و تیریزی

۵-۴-۱۰ محاسبات بارجانبی

با توجه به مطالب مطرح شده در مورد توانایی باربری جانبی قاب های مرکب برنامه محاسبات مربوط به کنترل کفایت مقاومت جانبی این عناصر در زیر ارائه شده است. در این محاسبات میزان مقاومت قاب های مرکب و دیوارهای سازه ای با مقاومت طلب سازه مقایسه شده است و در صورت نیاز طرح تقویت مناسب برای دیوار ارائه شده است.

از آنجا که دیافراگم سقف را توسط روش اجرای پوشش بتن مسلح صلب می نماییم، بنابراین مقاومت عناصر مقاوم در برابر بارهای جانبی در هر جهت با هم جمع شده و با میزان برش طبقه در آن جهت مقایسه می شود و در صورتی که کمبود مقاومتی داشته باشیم می توان با اجرای پوشش بتن مسلح روی دیوارهایی که به لحاظ اجرایی و فنی کمترین مشکل را داشته باشند این کمبود مقاومت را جبران نمود. مقاومت جانبی در این طرح از سه طریق تامین می شود که در مورد هر کدام از آن ها در فصل های قبل به تفضیل صحبت شده است و در اینجا فقط به ذکر فهرست وار آن ها اکتفا می نماییم.

۱) در دیوارهایی که قاب پیرامون دیوار وجود دارد مقاومت قاب مرکب محاسبه می شود.

۲) در دیوارهایی که قاب پیرامونی ندارند، میزان سربار قائم آن ها محاسبه شده و بنابر روابط دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود میزان تنش برشی مجاز از رابطه $v_a = 0.1\, v_t + 0.15\, \sigma_c \;\;,\;\; \max v_t = 6\ \mathrm{kg/cm^2}$ محاسبه شده است. در محاسبه تنش برشی مجاز از ترم v_t که مقاومت برشی ملات است، به دلیل ضعف ملات ساختمان صرفنظر و تنها اثر σ_c که ناشی از تنش قائم است در نظر گرفته شده است.

۳) در مورد قاب های مرکب بازشو دار از روابط ارائه شده استفاده و اثر بازشو در مقاومت آن لحاظ شده است.

در جدول ۵-۸ نمونه محاسبات طرح لرزه ای قاب های مرکب نشان داده شده است. پس از طرح لرزه ای در صورت کمبود مقاومت در هر جهت می توان از عنصر لرزه بر مناسب برای این کمبود مقاومت استفاده کرد. در این طرح از پوشش بتن مسلح برای تامین مقاومت برشی مورد نیاز در جهت عرضی استفاده شده است، جدول ۵-۹ نمونه ای از طرح آرماتور ها را نشان می دهد.

جدول ۵-۱۵ مقاومت قاب مرکب با فرض اتصال مفصلی

طبقه	نام دیوار	ضریب قاب مرکب	مساحت بازشو (m2)	ضریب بازشو	طول دیوار (m)	ضخامت موثر دیوار (m)	ارتفاع دیوار(m)	مقاومت فشاری مجاز آجرچینی fc ton/m2	لنگر مومسان تیر ton.m	لنگر مومسان ستون ton.m	لنگر مومسان اتصال ton.m	m1	m2	m3	m4	m	مقاومت شکست کنج(مقاومت جانبی قاب مرکب) kg Hcc	مقاومت جانبی دیوار برای دیوارهای فاقد قاب مرکب kg/cm2	میزان نیروی برشی طبقه (kg)	میزان کمبود مقاومت برشی (kg)	نتیجه تحلیل
همکف	W01	1	1.2	0.4	3.1	0.22	3	120	2.1	4.3	0	0.19	0.17	0.14	0.18	0.14	4354.6	0			
همکف	W02	1	1.2	0.4	4.1	0.22	3	120	2.1	4.3	0	0.19	0.17	0.18	0.31	0.17	5822.8	0			
همکف	W03	1	3.4	0.3	4.9	0.22	3	120	2.1	4.3	0	0.19	0.17	0.22	0.44	0.17	4045.9	0			
همکف	W04	0	0	1	2.1	0.11	3	120	2.1	4.3	0	0.27	0.17	0.13	0.08	0.08	0	576			
همکف	W05	0	0	1	2.1	0.11	3	120	2.1	4.3	0	0.27	0.17	0.13	0.08	0.08	0	0			
همکف	W016	0	0	1	3.1	0.22	3	120	2.1	4.3	0	0.19	0.17	0.14	0.18	0.14	0	0			
																	14223	576	44596	29797	در جهت عرضی به تقویت نیاز دارد
همکف	W06	1	0	1	4.2	0.22	3	120	2.1	4.3	0	0.19	0.17	0.18	0.32	0.17	13200	0			
همکف	W07	1	0	1	4.1	0.22	3	120	2.1	4.3	0	0.19	0.17	0.18	0.3	0.17	13200	0			
همکف	W08	1	0	1	3.3	0.22	3	120	2.1	4.3	0	0.19	0.17	0.15	0.2	0.15	11605	0			
همکف	W09	1	0	1	5.1	0.22	3	120	2.1	4.3	0	0.19	0.17	0.23	0.49	0.17	13200	0			
همکف	W010	1	0	1	4.3	0.22	3	120	2.1	4.3	0	0.19	0.17	0.19	0.35	0.17	13200	0			
همکف	W011	1	0	1	3.6	0.22	3	120	2.1	4.3	0	0.19	0.17	0.16	0.24	0.16	12621	0			
همکف	W012	1	0	1	4	0.22	3	120	2.1	4.3	0	0.19	0.17	0.18	0.3	0.17	13200	0			
همکف	W013	1	0	1	4	0.22	3	120	2.1	4.3	0	0.19	0.17	0.18	0.3	0.17	13200	0			
همکف	W014	1	0	1	3.5	0.22	3	120	2.1	4.3	0	0.19	0.17	0.15	0.22	0.15	12166	0			
همکف	W015	0	0	1	2.2	0.11	3	120	2.1	4.3	0	0.27	0.17	0.14	0.09	0.09	0	0			
																	115592	0	44596	0	Ok

جدول ۵ -۱۶ طرح تقویت رویه های بتنی

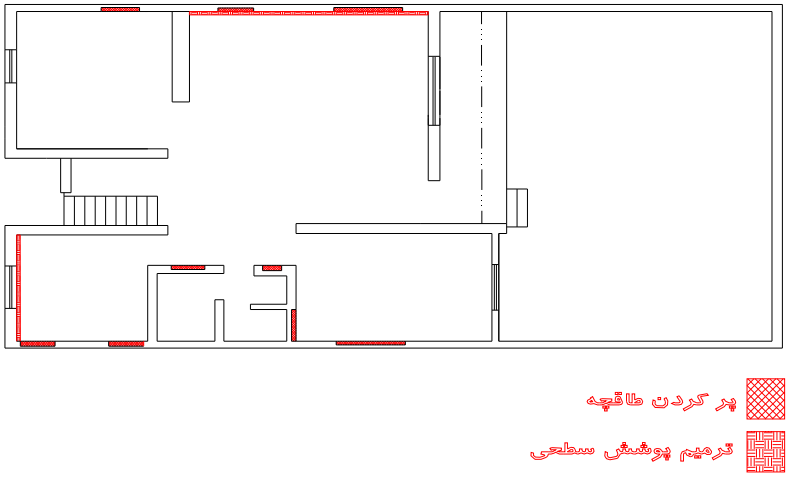
طرح نهایی	طرح	طول رویه بتنی (m)	مقاومت مجاز رویه بتن مسلح (kg) با احتساب ضرایب کاهش مقاومت و افزایش بار در حالت حدی	مقاومت برشی بتن شاتکریت (kg) به ضخامت ۵ سانتی متر	مقاومت برشی شبکه آرماتور (kg) با مشخصات داده شده	فاصله شبکه آرماتور (cm)	سطح آرماتور(cm)	قطر آرماتور (cm)	کمبود میزان نیروی برشی طبقه (kg)	طبقه
دیوار **Φ 8 @ 20** به طول ۶ متر در جهت عرضی	**Φ 6 @10**	**5.6**	**5329**	**3246**	**8478**	**10**	**0.283**	**0.6**	**29797**	همکف
	Φ 6 @15	**7.3**	**4044**	**3246**	**5652**	**15**	**0.283**	**0.6**	**29797**	همکف
	Φ 6 @20	**8.75**	**3402**	**3246**	**4239**	**20**	**0.283**	**0.6**	**29797**	همکف
	Φ 6 @ 30	**10.8**	**2760**	**3246**	**2826**	**30**	**0.283**	**0.6**	**29797**	همکف
	Φ 6 @25	**9.9**	**3017**	**3246**	**3391**	**25**	**0.283**	**0.6**	**29797**	همکف
	Φ 6 @30	**10.8**	**2760**	**3246**	**2826**	**30**	**0.283**	**0.6**	**29797**	همکف
	Φ 8 @ 10	**3.6**	**8326**	**3246**	**15072**	**10**	**0.502**	**0.8**	**29797**	همکف
	Φ 8 @ 15	**5**	**6043**	**3246**	**10048**	**15**	**0.502**	**0.8**	**29797**	همکف
	Φ 8 @ 20	**6.1**	**4901**	**3246**	**7536**	**20**	**0.502**	**0.8**	**29797**	همکف
	Φ 8 @ 25	**7.1**	**4216**	**3246**	**6029**	**25**	**0.502**	**0.8**	**29797**	همکف
	Φ 8 @ 30	**7.9**	**3759**	**3246**	**5024**	**30**	**0.502**	**0.8**	**29797**	همکف
	Φ 10@10	**2.45**	**12180**	**3246**	**23550**	**10**	**0.785**	**1**	**29797**	همکف
	Φ 8 @ 15	**3.5**	**8612**	**3246**	**15700**	**15**	**0.785**	**1**	**29797**	همکف
	Φ10 @ 20	**4.4**	**6828**	**3246**	**11775**	**20**	**0.785**	**1**	**29797**	همکف
	Φ 8 @ 25	**5.2**	**5757**	**3246**	**9420**	**25**	**0.785**	**1**	**29797**	همکف
	Φ10 @ 30	**5.9**	**5043**	**3246**	**7850**	**30**	**0.785**	**1**	**29797**	همکف

در جدول بالا براساس میزان کمبود مقاومت برشی ساختمان در جهت عرضی به طرح رویه های بتنی با ضخامت ۵ سانتی متر و فاصله آرماتور های مختلف (۱۰- ۱۵- ۲۰-۲۵-۳۰) پرداخته شده است. و در ردیفی که با عنوان طرح معرفی شده است، طول لازمه از این رویه برای تامین آن کمبود مقاومت برشی محاسبه شده است. در ستون آخر تحت عنوان طرح نهایی با توجه به نکات اجرایی مورد نظر در مورد ساختمان مشخص شده یکی از رویه های ستون طرح انتخاب شده و با طول مناسب برای جبران این کمبود مقاومت معرفی می شود.

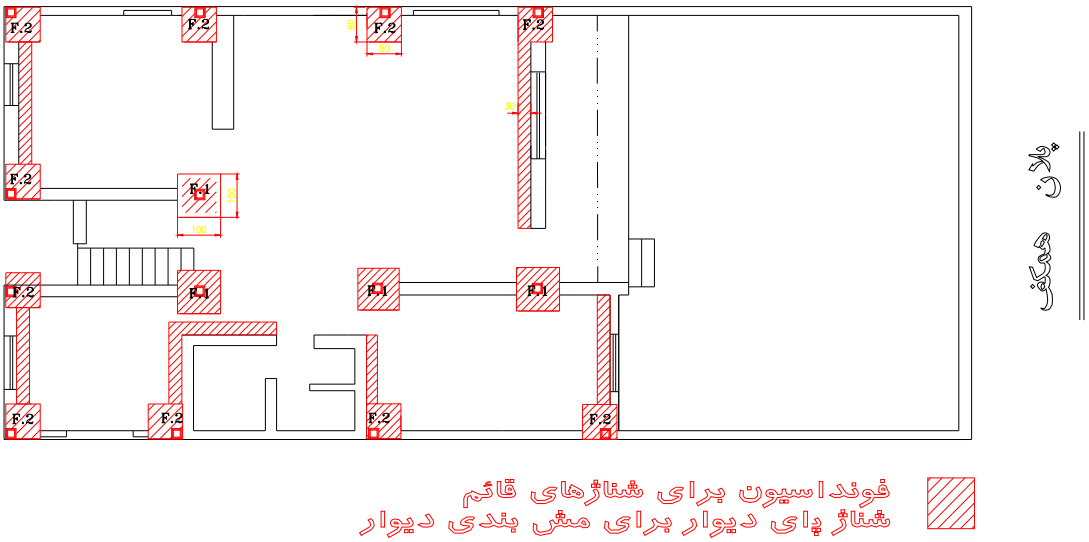
۵-۵ نقشه های اجرایی

برخی نقشه های اجرایی تهیه شده در نقشه های ۵-۱۰ تا ۵- ۲۱ آمده است.

پلان پرکردن طاقچه ها و ترمیم دیوارهای آسیب دیده



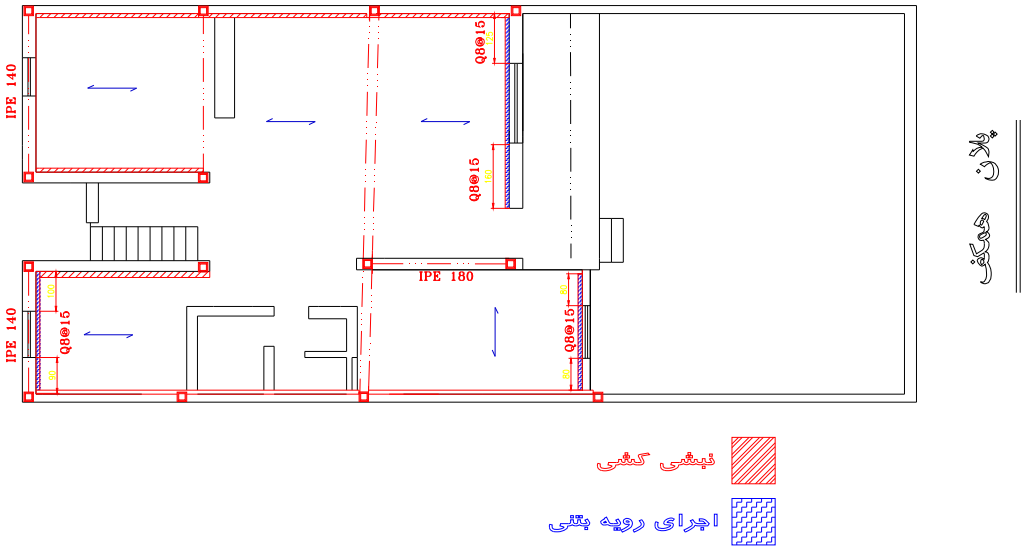
پلان فونداسیون های شناژ قائم و شناژپای دیوار برای اجرای رویه های بتنی



نقشه ۵-۱۰ ترمیم پوشش سطحی ، اجرای فونداسیون

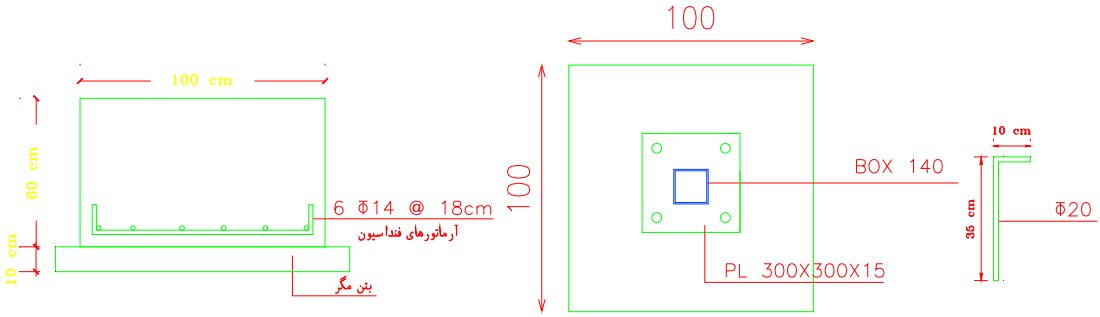
پلان نبشی کشی جهت شناژهای افقی و تکیه گاه کافی برای نشیمن تیرها و اتصال مناسب شبکه های رویه بتنی به سقف

پلان رویه های بتنی با طول لازم در هر جهت



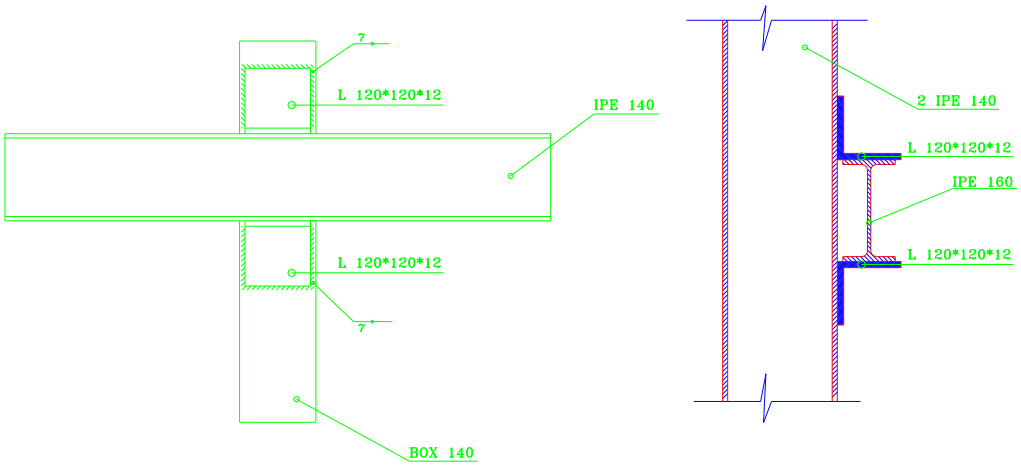
نقشه ۵-۱۱پلان رویه بتنی و نبشی کشی

جزئیات اجرای فونداسیون برای شناژهای قائم فلزی



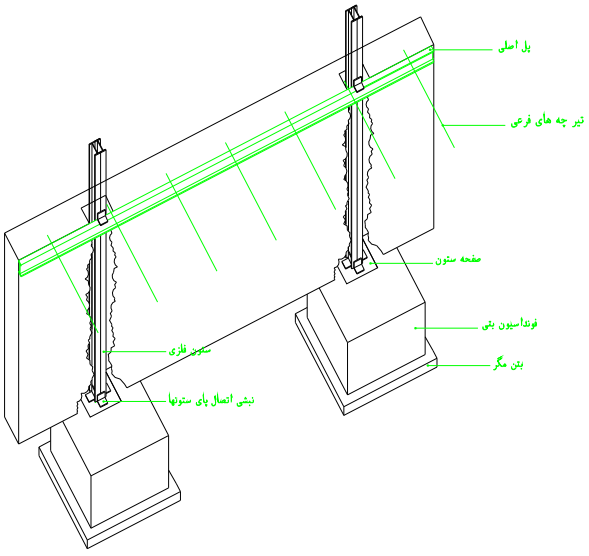
نقشه ۵-۱۲ جزئیات فونداسیون

جزئیات اتصال تیر به ستون در صورتی که تیر در بر خارجی دیوار کار گذاشته شود.



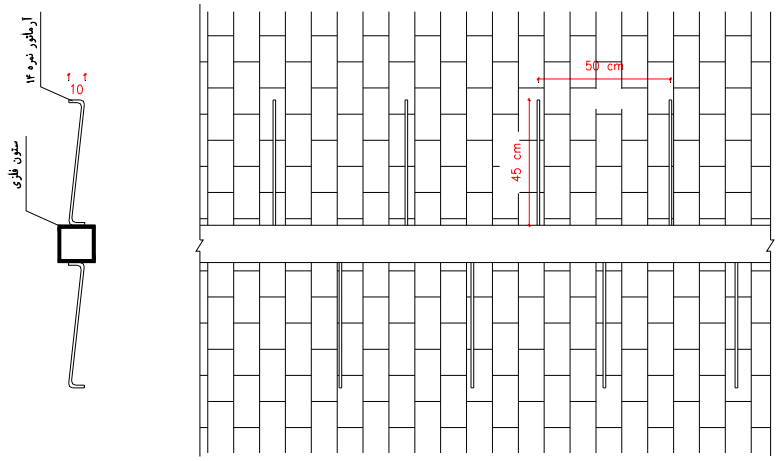
نقشه ۵-۱۳ اجرای اتصالات

۱- گود اجرای پی ستونها با رعایت ضوابط ایمنی برداشته می شود
ابعاد و تعداد فونداسیونها با توجه به نقشه های ستون گذاری تعیین میشود
۲- بتن مگر فونداسیونها اجرا می شود
۳- آرماتورهای فونداسیون با توجه به نقشه های اجرایی ابلاغ شده از طرف مهندس ناظر کار گذاشته میشود
۴- صفحه ستون مربوطه مطابق نظر مهندس ناظر و کاملا تراز کار گذاشته میشود
۵- بتن فونداسیون با حداقل عیار ۳۰۰ مطابق با دانه بندی اعلام شده از طرف مهندس ناظر اجرا شود
٦- ستونهای مربوطه با رعایت موارد ایمنی و مطاب ضوابط نشریه ۵۵ سازمان مدیریت و برنامه ریزی به طور کاملا هم باد و شاقولی اجرا شود
۷- ستون ها با توجه به طول دیوار و بار وارده بر آن توسط مهندس ناظر تعیین میگردد

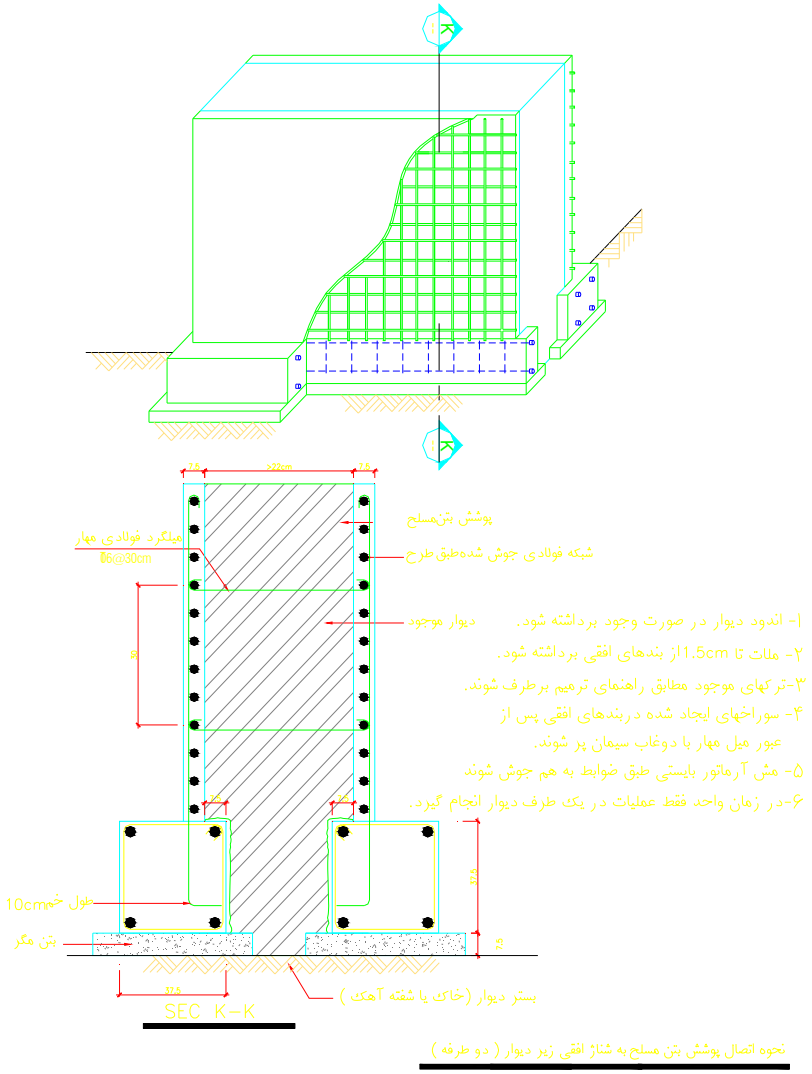


نقشه ۵-۱۴ اجرای ستون های فلزی درون دیوار

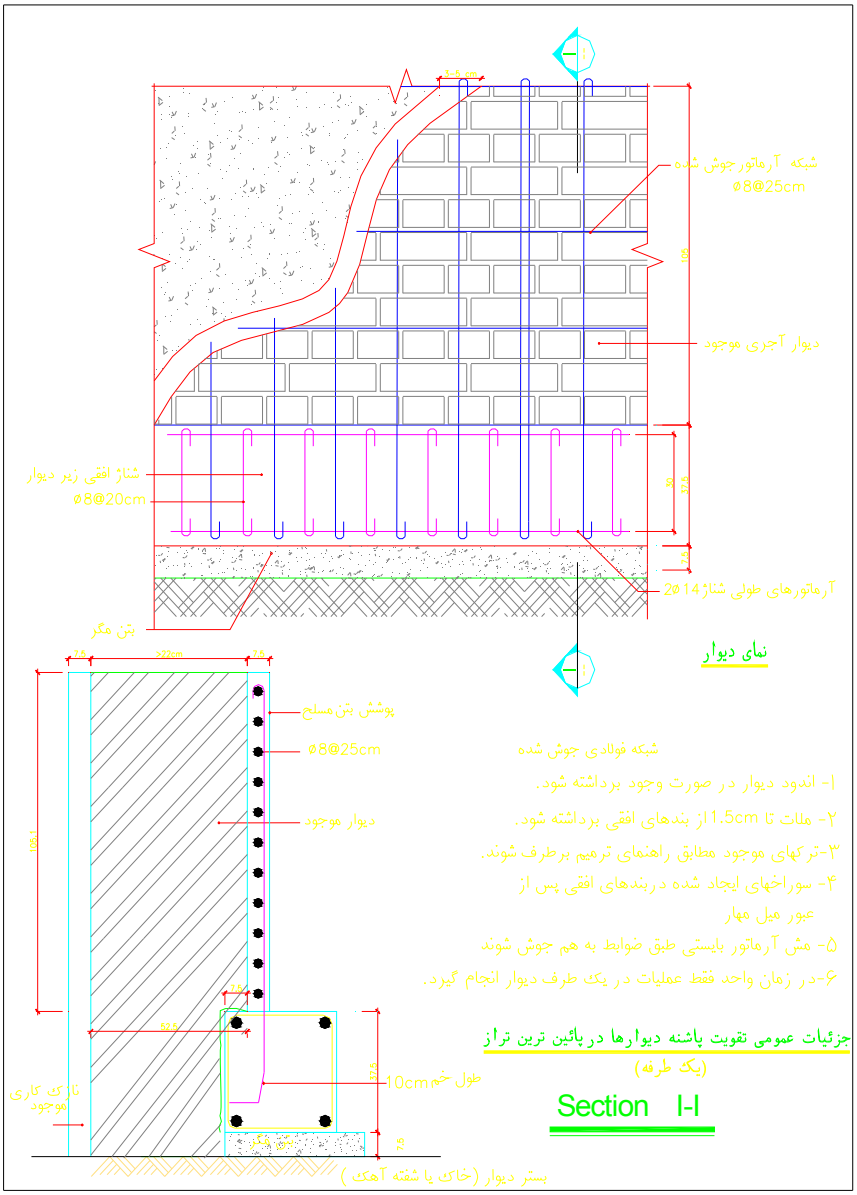
نحوه اتصال شناژهای قائم به دیوارهای باربر



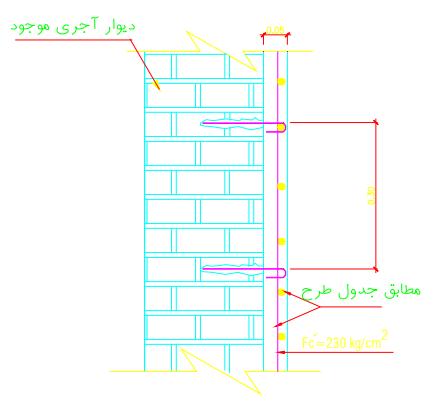
نقشه ۵-۱۵ اتصال ستون جدید و دیوار قدیمی



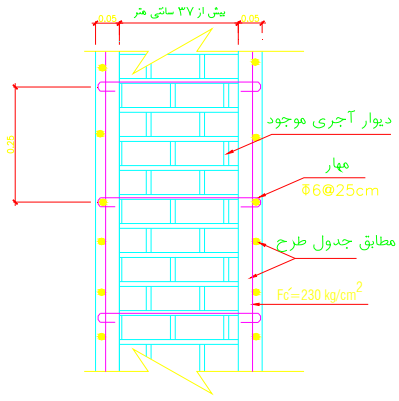
نقشه ۵-۱۶ اجرای پوشش بتن مسلح (دوطرفه)



نقشه ۵-۱۷ اجرای پوشش بتن مسلح (یکطرفه)



اجرا در یک طرف دیوار



اجرا در دو طرف دیوار

۱- اندود روی دیوار، درصورت وجود برداشته شود.

۲-ملات تا ۱/۵ سانتی متر از بندهای افقی برداشته شود.

۳-ترکهای دیوار با دوغاب پر شوند.

۴-سطح دیوار، با آب مرطوب و دوغاب سیمان روی آن پاشیده شود.

۵-مرحله بعدی اجرای اولین لایه شات کریت با ضخامت ۳ سانتیمتر می باشد. مقاومت این ملات بایستی در حدود۲۰ مگا پاسکال باشد.

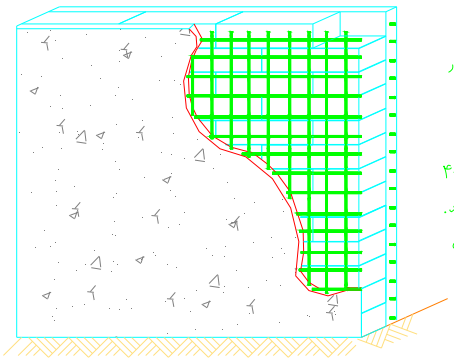
۶- لایه مش بر روی این لایه جاگزاری می شود.

۷- سوراخهایی برای ایجاد مهار حفر شود، تعداد حفرات بایستی ۶-۴ در هر متر مربع باشد. این سوراخها بایستی از بند ها ی افقی بگذرند.

۸-آرماتورها ی فولادی (مهارها) به اندازه Φ۶ از سوراخها عبور داده شده و با دوغاب سیمان یا اپوکسی پر می شود.

۹-مش آرماتور به مهارها بسته شوند.

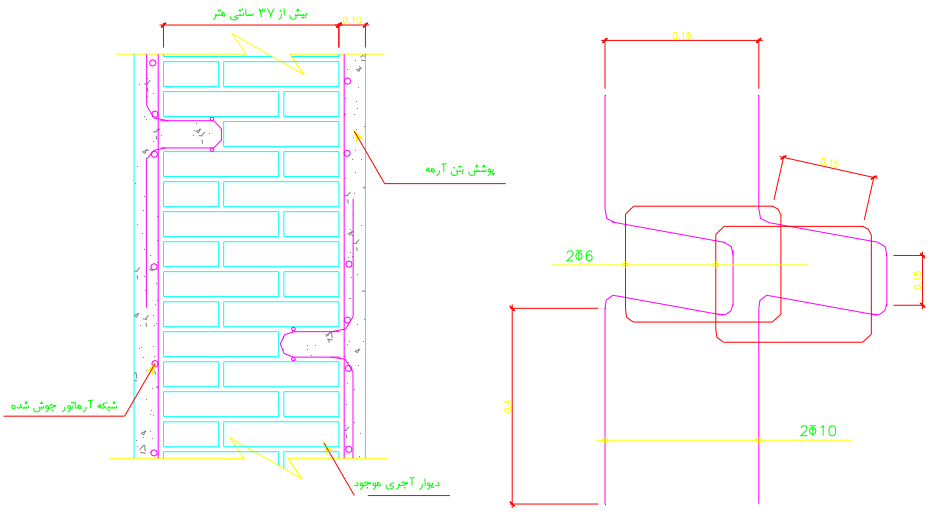
۱۰-لایه دوم بتن با ضخامت ۳ سانتیمتر اجرا می شود .



شمای سه بعدی

جزئیات عمومی تقویت دیوار بنایی با روکش بتن آرمه

نقشه ۵-۱۸ اتصال دیوار و رویه بتنی(دتایل یک)



۱- تا حد ممکن آجرهای آسیب دیده با شناژ جایگزین شوند.

۲-ترجیحا" محلهای مشخص شده از ردیفهای مختلف انتخاب شوند.

۳- عمل بیرون آوردن آجرها در زمان واحد فقط در یک طرف دیوار انجام شود.

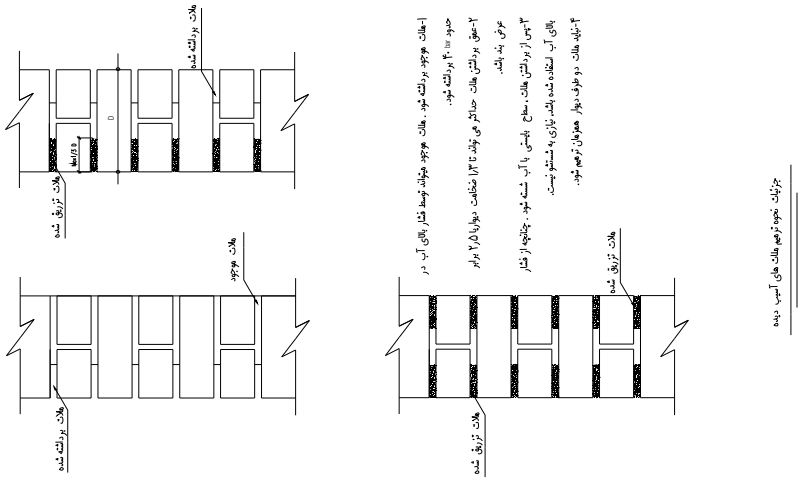
۴- حداقل در هر ۹۰ سانتی متر در هر طرف دیواراجرا گردد.

جزئیات مهار پوشش بتن مسلح به دیوارهای بنایی بزرگتر از 35cm

نقشه ۵-۱۸ اتصال دیوار و رویه بتنی(دتایل دو)

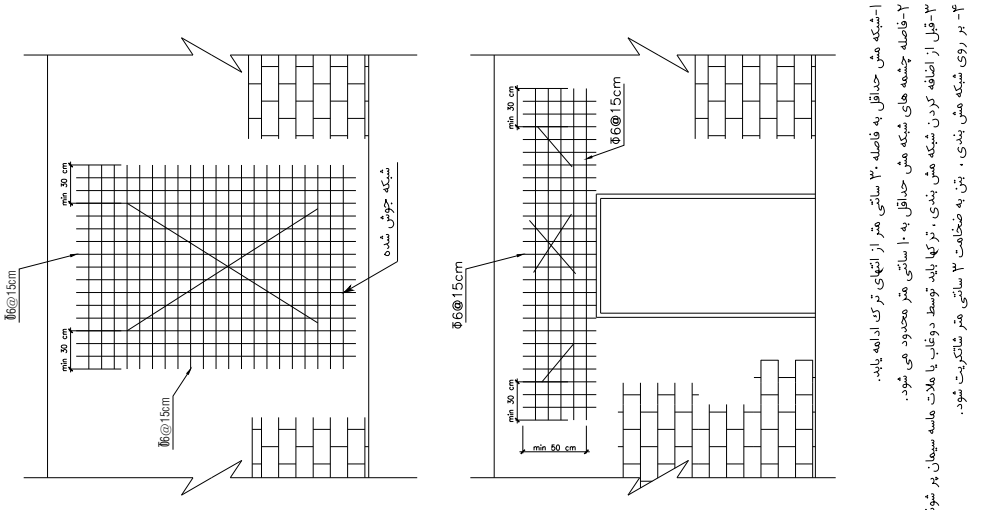
۵-۶ دستورالعمل های ترمیم

ترمیم ملات



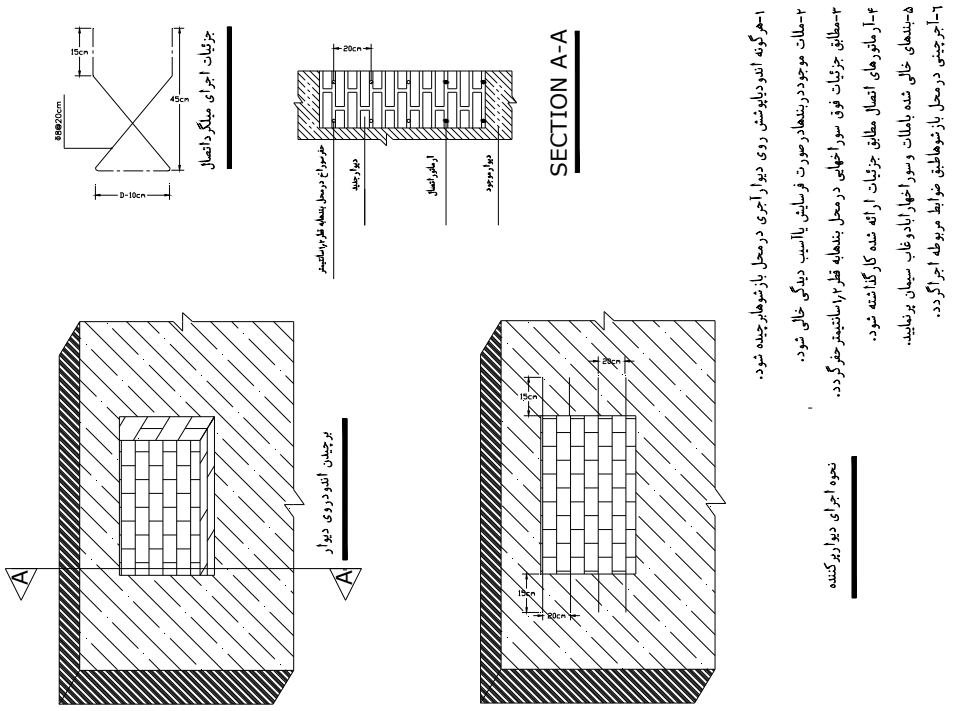
نقشه ۵-۱۹ ترمیم ملات های آسیب دیده

بخیه دوزی با پین و میلگرد



نقشه ۵-۲۰ بخیه دوزی با پین و میلگرد

پر کردن طاقچه ها



۱-هرگونه اندودپاشش روی دیوار آجری درمحل بازشوهابرچیده شود.
۲-ملات موجوددربندهادرصورت فرسایش یاآسیب دیدگی خالی شود.
۳-مطابق جزئیات فوق سوراخهایی درمحل بندهابه قطر۲راسانتیمتر حفرگردد.
۴-آرماتورهای اتصال مطابق جزئیات ارائه شده کارگذاشته شود.
۵-بندهای خالی شده باملات وسوراخهارابادوغاب سیمان پرنمایید.
۶-آجرچینی درمحل بازشوهاطبق ضوابط مربوطه اجراگردد.

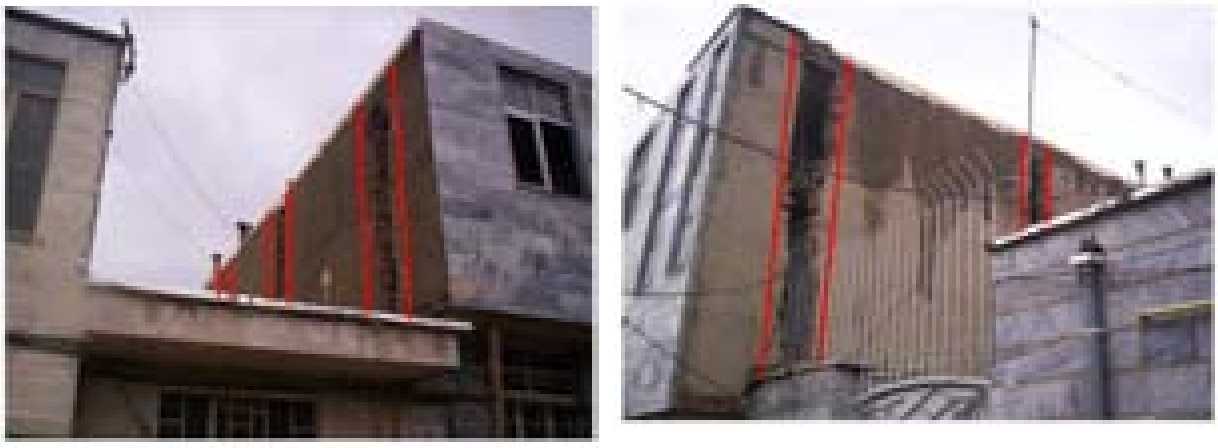
نقشه ۵-۲۱ اجرای دیوار پر کننده

۵-۷ برخی تصاویر مربوط به اجرای طرح مقاوم سازی

در پایان برخی از تصاویری که در حین عملیات مقاوم سازی تهیه شده است را مرور می نماییم. این تصاویر گویای کارایی این روش در مقاوم سازی ساختمان های بنایی می باشد. راحتی، سادگی، اطمینان و اجرایی بودن از ویژگی های این طرح می باشد که در تصاویر دیده می شود. (شکل ۵-۲)

اجرای شمع بندی برای مهار بار ثقلی و ایجاد یک سیستم ایمن برای تامین امنیت

اجرای فونداسون های طراحی شده در محل های مشخص



شکل ۵-۲ تصاویری از اجرای عملیات مقاوم سازی از ابتدا تا انتها

اجرای شناژهای قائم

اجرای شناژهای افقی باربر ثقلی در محل هایی که باربری را از دیوار به شناژ های افقی منتقل کرده ایم، و شناژ افقی با مقطع مناسب برای آن طرح شده است.

اجرای شناژهای افقی باربر ثقلی در محل هایی که باربری را از دیوار به شناژ های افقی منتقل کرده ایم، و شناژ افقی با مقطع مناسب برای آن طرح شده است.

ادامه شکل ۵-۲ تصاویری از اجرای عملیات مقاوم سازی از ابتدا تا انتها

تعبیه تیرو ستون های لازم برای انجام تغییرات معماری

اتصالات شناژهای قائم و افقی

تعبیه اتصالات برشی بین شناژهای قائم و دیوارها

ادامه شکل ۵-۲ تصاویری از اجرای عملیات مقاوم سازی از ابتدا تا انتها

پر کردن فضای های خالی بین شناژ های قائم و دیوارها

اجرای نبشی کشی در مواردی که صرفا نیاز به تعبیه شناژ افقی می باشد و این شناژ نقش باریری ثقلی ندارد

اجرای پوشش بتن مسلح توام با نبشی کشی

ادامه شکل ۵-۲ تصاویری از اجرای عملیات مقاوم سازی از ابتدا تا انتها

اضافه کردن یک طبقه جدید ، به وسیله این روش مقاوم سازی می توان با طراحی و محاسبه یک طبقه جدید به ساختمان اضافه نمود.

عملیات نازک کاری بعد از اتمام عملیات مقاوم سازی

عملیات نازک کاری بعد از اتمام عملیات مقاوم سازی

ادامه شکل ۵-۲ تصاویری از اجرای عملیات مقاوم سازی از ابتدا تا انتها

فصل ششم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱ فعالیت های انجام شده

۱) جمع آوری اطلاعات لازمه در زمینه زلزله فروردین ماه استان لرستان شامل تلفات، خسارات وارده به ساختمان های مختلف، روند کمک رسانی، روند بازسازی، سابقه لرزه خیزی استان و ....

۲) جمع آوری دستورالعمل ها و آیین نامه های معتبر و مفید، ترجمه، جمع بندی قسمت های مفید، آوردن چکیده آن ها و بررسی مفصل بخش هایی از آن ها که به مقاوم سازی ساختمان های بنایی مربوط می شود.

۳) جمع آوری کلیه موارد مطرح شده در پروژه مقاوم سازی شهرستان بروجرد وکلیه راهکارهای ارائه شده در منابع (شامل کتاب ها، مقالات، دستورالعمل ها و ...) مقاوم سازی ساختمان های بنایی به صورت مصور، همراه با ارائه مبانی آیین نامه ای و مقایسه این آیین نامه ها. به طوری که یک منبع بسیار قوی در کشور محسوب می شود.

۴) ارائه روش گام به گام برای بهسازی ساختمان های بنایی، با توجه به تجربه شخصی نگارنده در زمینه تهیه گزارش آسیب شناسی و ارائه طرح بهسازی.

۵) ارائه یک نمونه طرح بهسازی با روشی کاملا متفاوت و برتر نسبت طرح هایی که در پروژه اخیر و منابع دیگر استفاده می شود. برای این ساختمان کلیه مراحلی که در انجام یک پروژه مقاوم سازی می بایست انجام گیرد به طور کامل و با توضیحات کافی ارائه شده است این قسمت ها شامل بخش برداشت معماری، برداشت سازه ای، ارزیابی کیفی آسیب پذیری، تهیه چک لیست های ارزیابی کیفی، ارزیابی کمی آسیب پذیری با استفاده از تئوری قاب های مرکب و در نهایت ارائه طرح بهسازی و نقشه های اجرایی.

۶-۲ نتیجه گیری

در این پایان نامه چندین مطلب که در مورد ساختمان های بنایی از اهمیت فوق العاده ای برخوردار می باشد رعایت شده است. همه دستورالعمل های بهسازی در مورد این مطالب نظری واحد دارند و آن ها را از پارامتر های اساسی در بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی می دانند. در واقع طرح بهسازی که این چند مورد در آن رعایت شده باشد، از قابلیت اعتماد پذیری بالایی برخوردار است. این چند مورد در زیر فهرست شده اند.

۱) با توجه به رفتار نامطلوب ساختمان های بنایی در بارهای لرزه ای که ناشی از عدم شکل پذیری آن ها می باشد، و به دلیل همین کمبود شکل پذیری، نیرو های طلب سازه بسیار بیش تر از نیروهایی است که در ساختمان های شکل پذیر فلزی برای طراحی لرزه ای در نظر گرفته می شود، بنابراین در صورت تداوم این بارها عناصر باربر اصلی ساختمان علی رغم مقاومت خیلی زیاد جانبی در لرزه های کم تداوم، دچار آسیب سازه ای جدی شده و

ساختمان به طور کلی فرو می ریزد. همین امر هم سبب شده است که در زلزله های نسبتا شدید تلفات و خسارت های جانی و مالی فراوانی از ناحیه ساختمان های بنایی داشته باشیم.

۲) مسئله بعدی ایجاد یک سیستم ثانویه کمکی در باربری ساختمان می باشد، به طوری که امنیت جانی مناسبی برای ساکنان ایجاد نماید.

۳) تاکید بعدی روی افزایش درجه نامعینی و مسیر های انتقال بار می باشد.

در کلیه مراحل ارائه طرح در این پایان نامه این سه هدف دنبال شده است. در طرح مقاوم سازی ارائه شده در این پایان نامه سعی شده است با ایجاد یک سیستم ثانویه کمکی در ساختمان علاوه بر افزایش مسیر های انتقال بار، افزایش شکل پذیری و در نهایت استفاده از خواص مطلوب قاب های مرکب در باربری جانبی ایمنی بسیار بالایی برای ساکنین ایجاد نموده و رفتار نامناسب ساختمان های بنایی به رفتار ساختمان های اسکلت فلزی نزدیک شود. در ادامه برخی از مزایای این طرح فهرست شده است.

۱) ایجاد یک سیستم باربری ثقلی مطمئن برای تحمل وزن ساختمان

۲) ایجاد سیستم ثانویه کمکی در ساختمان

۳) افزایش شکل پذیری ساختمان

۴) تبدیل شدن دیوارهای .باربر به میان قاب

۵) امکان انجام تغییرات معماری

۶) استفاده از رفتار مطلوب قاب های مرکب

۷) سادگی مراحل طرح و اجرای روش

۸) افزایش ضریب رفتار ساختمان

۹) امکان افزایش قابل توجه در میزان باربری جانبی قاب های مرکب با افزایش درجه گیرداری اتصالات تیر و ستون این قاب ها

۱۰) در اکثر موارد در مرحله ارزیابی کیفی آسیب پذیری اطلاعات چندانی از فونداسیون های ساختمان به دست نمی آید. و معمولا این ساختمان ها دارای سیستم سازه ای مناسبی برای فونداسیون نیستند و اغلب آن ها دچار آسیب هایی نظیر نشست شده اند. از طرف دیگر مقاوم سازی پی یکی از هزینه بر ترین آیتم های مقاوم سازی است که در صورت استفاده برای این ساختمان ها از لحاظ اقتصادی توجیه ناپذیر است. هم چنان که در پروژه مقاوم سازی شهر بروجرد نیز نه اطلاعات مربوط به پی ها به درستی برداشت شده و نه دتایل مناسبی برای تقویت آن ها اجرا شده است. با توجه به مطالب گفته شده در این طرح سعی شده است. برای باربری ثقلی فونداسیون های جدیدی

احداث شود و به این ترتیب نه تنها مشکل نشست ساختمان حل شود بلکه تکیه گاه مناسبی برای شناژهای جدید الاحداث به و جود بیاید.

۶-۳ پیشنهاد برای ادامه کار

۱) ارائه روشی تحلیل برای ارزیابی مقاومت پس از آسیب دیوارهای آجری که در کشور مورد استفاده قرار می گیرند.

۲) مدلسازی دیوارهای بنایی توسط نرم افزارهای اجزاء محدود و بررسی و مقایسه عملکرد دیوارهای بدون قاب و دیوارهایی که به صورت قاب های مرکب عمل می نمایند و مقایسه با نتایج آزمایش های انجام گرفته.

۳) مدلسازی و بررسی عملکرد دیوارهای بنایی که توسط پوشش بتن مسلح تقویت می شوند.

۴) بررسی مقاومت جانبی در و پنجرهایی که درون قاب های بتنی یا فلزی قرار می گیرند، و ارئه پارامترهای محاسباتی مناسب و عملی برای استفاده از ظرفیت برشی آن ها در بهسازی، (این بند با توجه به مشاهدات انجام گرفته از زلزله های گذشته و عملکرد مناسب آن ها در جلوگیری از حرکت جانبی ساختمان پیشنهاد شده است)

۵) انجام تحقیقات در جهت تعیین روابط دقیق تری برای تاثیر وجود بازشو در میزان مقاومت دیوار بنایی.

منابع و مراجع

[۱] مقدم، حسن، طرح لرزه ای ساختمان های آجری، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۳
[2]Pieper, K, 1971, shear testes on walls, proc of 2TH Intn. Brick Masonary Conf. Stoke-on-trent, UK, pp,140-3.
[3]priestley, M. J. N. 1980 Masonary, in E. Rosenblueth (ed), design of earthquake resistant structhure , pentech press.
[4]Federal Emergency Management Agency ; (1999) ; Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonary Wall Building – Basic Procedures Manual , FEMA 306.
[5] Federal Emergency Management Agency ; (1999) ; Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonary Wall Building – Technical Resources , FEMA 307.
[6] Federal Emergency Management Agency ; (1999) ; Repair of Earth quake, Damaged Concrete and Masonary Wall Building , FEMA 308.
[۷] پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود ، دفتر امور فنی و تدوین معیار های سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۱ .
[8] BSSC , NEHRP Guideline for the Seismic Rehabilhtation of Buildings , FEMA273 , 1996.
[9] BSSC , Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilition of Buildings , FEMA356 , 2000.
[۱۰] دکتر حمزه شریف، محبوبه پیری زاده – مقایسه روش های ارزیابی کمی آسیب پذیری ساختمان های بنایی غیر مسلح – پنجمین کنفرانس بین المللی زلزله شناسی – اردیبهشت ۱۳۸۶ .
[۱۱] عباسعلی تسنیمی ، بررسی تجربی روش های مقاوم سازی ساختمان های آجری نیم اسکلت در برابر زلزله ، گزارش مرحله اول، کمیته ملی کاهش اثرات بلایای طبیعی ، کمیته فرعی – تخصصی مقابله با خطرات ناشی از زلزله و لغزش لایه های زمین. ۱۳۸۰.
[۱۲] مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. مهندس علی اکبر معین فر، مهندس احمد نادر زاده، گزارش فنی- مقدماتی فوری زلزله ۳۱ خرداد ماه ۱۳۶۹ منجیل (منطقه گیلان و زنجان) ، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ، چاپ دوم، اردیبهست ۱۳۷۰.
[۱۳] دکتر اکبر واثقی، مهندس جواد جبارزاده، مهندس وحید شریف – گزارش تصویری از زلزله بم – ۸۲/۱۱/۱
[۱٤] مهندس ناهید رزاقی آذر – اثرات زلزله اول تیر ماه ۱۳۸۱ چنگوره – آوج بر ساختمان های بنایی و مختلط، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تیر ۱۳۸۱.
[۱۵] پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله – رفتار و عملکرد ساختمان ها در برابر زلزله داهوییه (زرند) – گزارش مقدماتی گروه شناسایی زلزله – ۴ اسفند ۱۳۸۳.
[۱٦] مرکز آمار ایران، اطلاعات پروانه های ساختمانی صادر شده توسط شهرداری های کشور در سال ۱۳۷۲، مرکز آمار ایران ۱۳۷۳.
[۱۷] مرکز آمار ایران، نتایج طرح آمارگیری از فعلیتهای بخش خصوصی – سال ۱۳۷۲، مرکز آمار ایران، اسفند ۱۳۷۳.
[18] Kingsley, G.R.;Noland, J.L; Nondestructive Evaluation of Masonry Structures Using Sonic and Ultrasonic Pluse Velocity Techniques , Proceeding of Fortth North American Masonry Conference, 1987.
[19] Sansalone, M.; Carino, N.; Impact-Echo Method Detecting Honeycombing, The Depth of Surface Opening Cracks. Concrete International. American Concrete Institue .p.38, 1988.
[20] Sortis,A.; Dynamic Indentification of a Masonary Building Using Forced Vibration Test, Journal of Engineering Structures, Vo 127, pp. 155-165,2005.
[21] Turnsek, V.; Sheppard, P.; The shear and Flextural Resistance of Masonary Walls , Proceeding of International Research Conference on Earthquake Engineering , Yogoslavia , 1980.
[22] Moghadam , H.A., Hargreaves , A . C ., 1991 , Design of masonary infilled frames against shear loads , Ceslic report AR5 , Imperial College , London.

[23] Bachman, H,; Lang, K,; Seismic Vulnerability of Existing Buildings , Dissertation for Degree of Doctor Technical Science, Swiss, Federal Institue of Technoligy Zurich, 2002.
[24] Abrams, D.P.; Strength and Behavior Unreinforced Masonary Elements, Proceeding of Tenth World Conferece on Earthquake Engineering , pp.3475-3480, 1992
[۲۵] مهرتاش معتمدی، حسین آقابیگی - استفاده از روش قاب معادل در ارزیابی ساختمان های مصالح بنایی آسیب دیده در زلزله های اخیر ایران - پنجمین کنفرانس بین المللی زلزله شناسی – اردیبهشت ۱۳۸۶.
[26]Henry W.H. 1981, structural brichwork , MacMillan press.
[27]sinha, B. P. Hendry, A. W, 1969, Racking tests on storey height shear wall struchtures with openings subjected to precompression, designing enginerring and constructing with masonary products, Ed . F . B . Johnson , Gulf Hudston, pp. 192-9.
[28]Chinwah, J.C.G, 1972, shear resistance of brick shear walls, phD thesis, University of London.
[29]Schneider, H , 1976, Tests on shear resistance of masonary, proc. of 4TH Intn Brick Masonry Conf., Brugge, paper 4.b.12.
[۳۰] مقدم. حسن. عملکرد ساختمان های متعارف در زلزله چنگوره-آوج و بررسی روش تقویت لرزه ای آن ها، تیر ۱۳۸۱.
[31]Moghaddam, H.A., Dowling, p.j, 1987, The state-of-art in infilled frames, ESEE report, No 87-2, Imperial college, London.
[32] PolyaKov, S.V, Masonary in framed buildings , Mascow
[33] Benjamin , J.R , Williams , H.A. , 1958 , the bihaviour of one – storey shear walls , ASCE . 4 (july) , paper no : 1723.
[34] Moghadam , H.A , Dowling , P.j., 1987 , The state of the art in infilled frames , ESEE , Reaport No 87-2 , Imperail College , London.
[35]Riddington, J., Stafford-Smith. B.S., 1977, Analysis of infilled frames subjected to racking design recommendations, J Structural Engineers, 52, No . 6 , 263-268.
[36]Liauw, T.C, Kwan, K H., 1983, plastic theory of infilled frames with finite interface shear strength, proc Instn Civ Engrs, Part 2 , 75 , Dec, 707-273.
[37] Moghaddam, H.A, Seismic behaviour of brick infilled frames, phD Thesis, Civil Eng Dept, Imperial College London.
[38] Liauw , T . C , Kwan , K . H., 1983 . plastic theory of infilled frames with finite interface shear sterength , porc . ICE , part 2 , 75 , Dec , pp . 707-723.
[39]Applied Tecknology Council; (1989) ; Procedures of Postearthquake Safty Evaluation of Building, ATC-20.
[٤٠] شرکت خدمات مدیریت ایرانیان (۱۳۸۴) ، پیش نویس دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی.
[٤١] وزارت مسکن و شهرسازی، دستور العمل تحلیل آسیب پذیری و بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی غیر مسلح موجود، ۱۳۸۵.
[٤٢] مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم.
[٤٣] گزارش مقدماتی زلزله استان لرستان ، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، اردیبهشت ۱۳۸۵.
[٤٤] وب سایت سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان لرستان www.mpo-lr.ir
[٤٥] وب سایت استانداری استان لرستان www.ostan-lr.ir
[٤٦] فریبرز ناطقی الهی، مهرتاش معتمدی، طراحی و اجرای ساختمان های بنایی مقاوم در برابر زمین لرزه، انتشارات نوپردازان، ۱۳۸۵،
[٤٧] فرامرز صارمی راد، بهسازی و مقاوم سازی ساختمان ها در برابر زلزله، انتشارات دهخدا، پاییز ۱۳۸۴.
[48] Kingsley, G.R.; Noland,J.L; Atkinson, R.H.; Nondestructive Methods Evaluating of Masonry Structures , Proceeding of International Conference on Structutal Faults and Repair, London, 1987.

[49] Ghafory-Ashtiany, M. M,hosseini, M.Jafari and J.shadi Talab, ;Tehran Vulnerabity Analysis; Proceeding of The Tenth World Conference on Earthquake Emgineering (10^{TH}WCEE); Madrid Spain, 19-24 July 1992, Vol.1 pp533-538.

[۵۰] پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تفسیر دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود ، دفتر امور فنی و تدوین معیار های سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور،(۱۳۸۱) .

[۵۱] مهندس مهدی حاج اسماعیلی، دکتر سید مهدی زهرایی، مهندس مرتضی خرمی، بررسی عملکرد ساختمان های استان قزوین و همدان در برابر زلزله چنگوره-آوج ، ۱ مرداد ۱۳۸۱.

[۵۲] دفترچه های محاسباتی طرح بهسازی ساختمان های آسیب دیده شهر بروجرد ، تابستان۱۳۸۵.

[۵۳] فریبرز ناطقی الهی ، محمدرضا خباز تمیمی ، مدلسازی مکانیزم شکست و ترک خوردگی دیوارهای آجری غیر مسلح ، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷۸ .

[۵٤] تسنیمی عباسعلی، معصومی علی- شناسنامه فنی ساختمان های بتن مسلح و آجری – بنیاد مسکن انقلاب اسلامی – ۱۳۷۸

[۵۵] دفتر امورتدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه ریزی، آیین نامه ۵۱۹ ایران، حداقل بار وارده به ابنیه فنی

ضمایم

ضمیمه الف

چکیده مقالات ارسال شده برای چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران دانشگاه تهران 4ncce

ارائه روشی مبتنی بر مبانی تحقیقاتی و بررسی های تجربی برای مقاوم سازی ساختمان های بنایی

جواد رزاقی*، مرتضی گودرزی دهریزی**

چکیده

آمار و ارقام تلفات و خسارات زلزله های گذشته موید این مطلب است که ساختمان های بنایی آسیب پذیرترین سازه ها در بار های لرزه ای می باشد. در این میان روش های مختلفی برای مقاوم سازی آن ها ارائه شده است، این مقاله به ارائه یک روش مقاوم سازی برای ساختمان های بنایی می پردازد. این روش حاصل حضور، بررسی و اصلاح طرح های مقاوم سازی ارائه شده در پروژه مقاوم سازی شهرستان بروجرد می باشد. این پروژه که به دنبال زلزله فروردین ماه ۱۳۸۵ استان لرستان انجام شده، محک جدی برای طرح های مقاوم سازی به شمار می رود. در روش ارائه شده ضمن ایجاد یک سیستم ثانویه مطمئن(متشکل از عناصر باربر فلزی) در جاهای مناسب ساختمان، علاوه بر افزایش تعداد مسیر های انتقال بار و نامعینی، بارهای ثقلی ساختمان به طور مناسبی مهار می گردند و به این ترتیب حاشیه ایمنی مطلوبی برای جلوگیری از انهدام کلی ساختمان بنایی که در زلزله های نسبتا شدید احتمال وقوع آن وجود دارد، فراهم می آید. از طرف دیگر قاب های فلزی در اطراف دیوار های آجری تشکیل می شودکه ضمن مسلح کردن ساختمان بنایی و افزایش شکل پذیری، رفتار نامناسب دیوار های آجری را با رفتار مناسب قاب های مرکب جایگزین نموده و می توان از ظرفیت قاب های مرکب برای طرح لرزه ای ساختمان استفاده نمود. از خصوصیات این روش مقاوم سازی می توان به سطح ایمنی بالا، تطابق کامل مراحل طرح و اجرا با شرایط بومی ساخت و ساز در ایران، امکان انجام تغییرات معماری و احداث یک طبقه جدید در ساختمان می باشد که می توانند به عنوان مشوق هایی برای استقبال مردم از مقاوم سازی ساختمان های بنایی باشند. کلیه مراحل این روش در قالب ارائه طرح مقاوم سازی یک نمونه واقعی ساختمان بنایی توضیح داده می شود. در پایان تصاویری از مراحل اجرایی آن ارائه می شود.

کلمات کلیدی: مقاوم سازی، ساختمان های بنایی، قاب های مرکب، زلزله فروردین ماه ۱۳۸۵ استان لرستان

استاد یار دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران javad.r@guilan.ac.ir

کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه گیلان، رشت، ایران morteza791215@yahoo.com

بررسی پروژه مقاوم سازی ساختمان های بنایی آسیب دیده در زلزله فروردین ماه ۱۳۸۵ استان لرستان

جواد رزاقی*، مرتضی گودرزی دهریزی**

چکیده

به دنبال زلزله فروردین ماه ۱۳۸۵ استان لرستان و به دنبال آن شروع بازسازی مناطق زلزله زده، در شهرستان بروجرد یکی از گزینه های بازسازی علاوه نوسازی و تعمیر، مقاوم سازی بود و به دلیل حجم بالای ساختمان های بنایی در این پروژه می توان از آن به عنوان پروژه مقاوم سازی ساختمان های بنایی یاد کرد. این پروژه محک جدی برای طرح های مقاوم سازی ارائه شده بود. در این مقاله ضمن بررسی انواع طرح های مقاوم سازی مطرح شده در این پروژه، به بررسی نقاط ضعف و قوت آن ها پرداخته می شود و گزارش مصور این طرح ها ارائه می گردد. مبانی این طرح ها از دستورالعمل ها و آیین نامه های معتبر مقاوم سازی بالاخص دستورالعمل بهسازی لرزه ای لرزه ای ساختمان های موجود، دستورالعمل تحلیل آسیب پذیری و بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی غیر مسلح موجود و آیین نامه ۲۸۰۰ استخراج شده و مقایسه ای بین آن ها انجام می گیرد. در پایان برخی جنبه های اقتصادی و اجتماعی پروژه مقاوم سازی ساختمان های بنایی شهرستان بروجرد بررسی می شود.

کلمات کلیدی: پروژه مقاوم سازی شهرستان بروجرد، ساختمان های بنایی

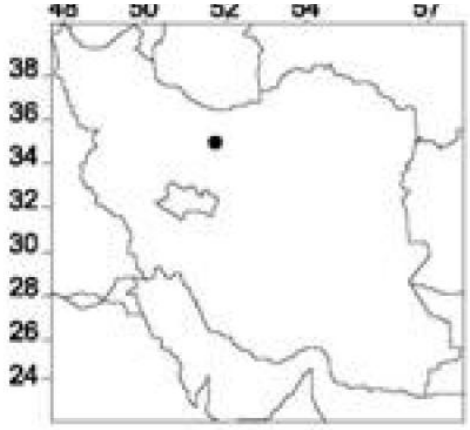
استاد یار دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران tamasme@yahoo.com

کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه گیلان، رشت، ایران morteza791215@yahoo.com

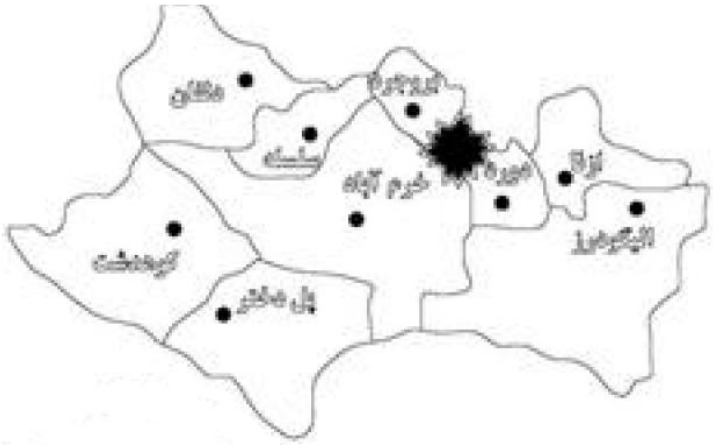
ضمیمه ب

گزارش مصوراثر زلزله ۱۱ فروردین ماه ۱۳۸۵ استان لرستان بر ساختمان های و سازه های مختلف

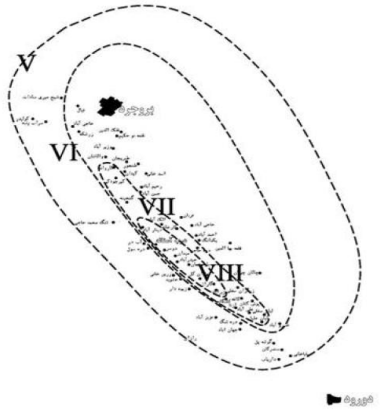
برخی تصاویر زلزله فروردین ماه ۱۳۸۵ استان لرستان



موقعیت استان لرستان



کانون زلزله

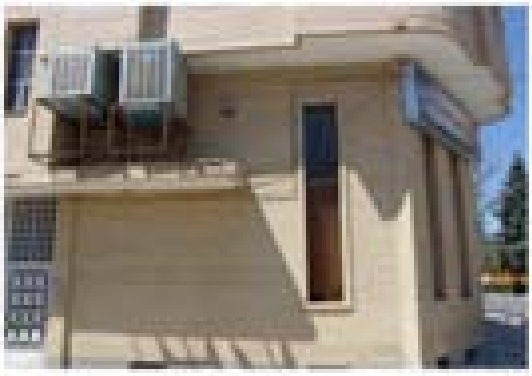


خطوط هم شدت زلزله فروردین ماه ۱۳۸۵ استان لرستان

برخی آسیب های وارده به ساختمان های شهری

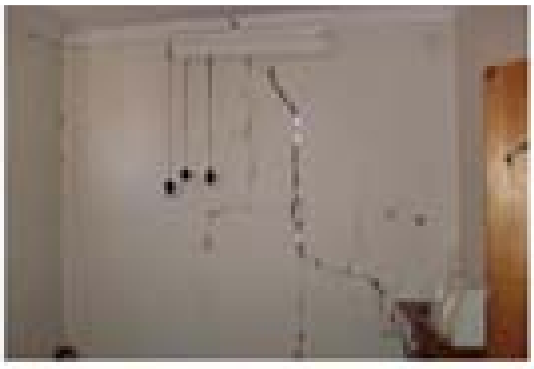
نمونه از تخریب یک واحد مسکونی

نمونه از تخریب یک واحد مسکونی

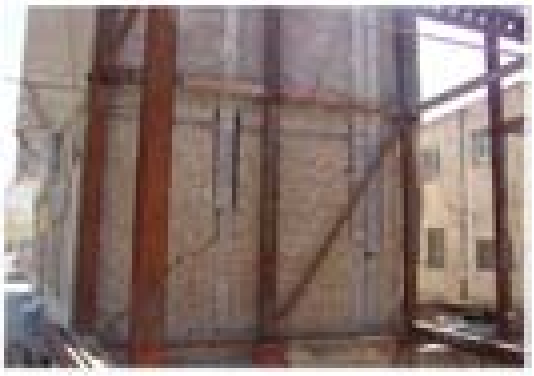


ترک نما سازی موسسه اعتباری انصار

آسیب سازه ای موسسه انصار

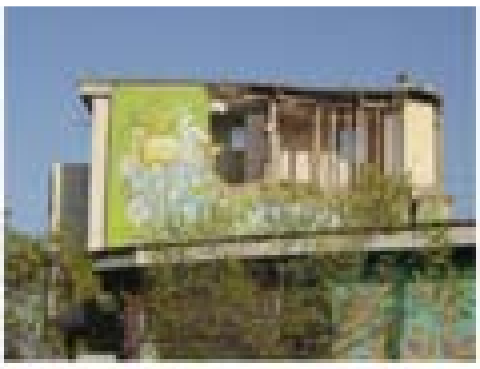


ترک دیوار از داخل



ترک دیوار

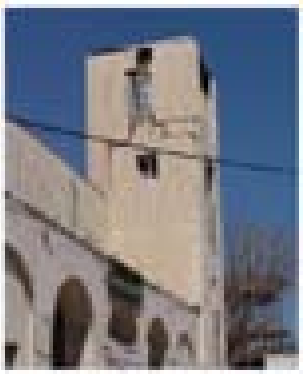
لغزش سقف روی دیوار



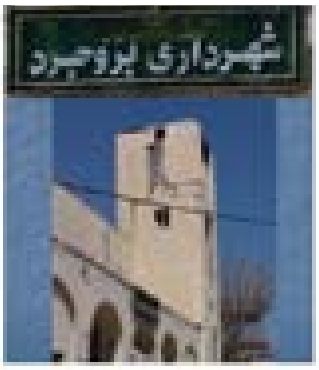
خرابی خرپشته یک ساختمان شهری

لغزش سقف روی دیوار

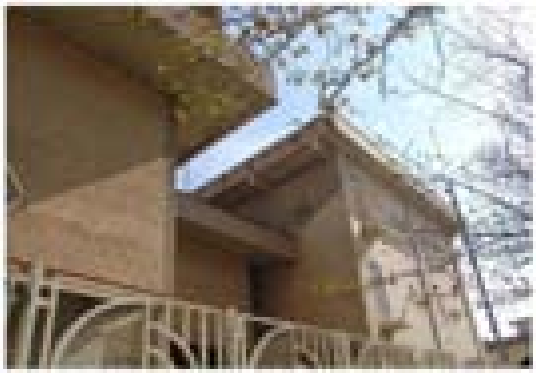
پادگان مهندسی بروجرد



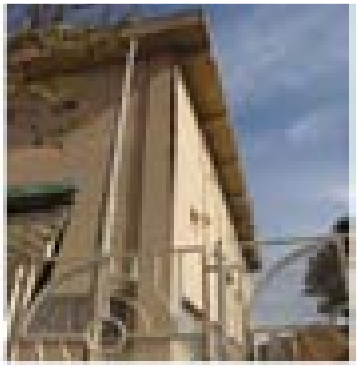
آسیب شدید قسمتی از ساختمان شهرداری



شهرداری بروجرد



ریختن نماسازی ساختمان مخابرات



ساختمان مخابرات بروجرد

ترک های داخلی ساختمان مخابرات

ریختن اجزای غیر سازه ای ساختمان مخابرات

برخی آسیب های وارده به ساختمان های روستایی

تخریب کلی بافت خشتی و گلی روستا

آسیب یک ساختمان روستایی

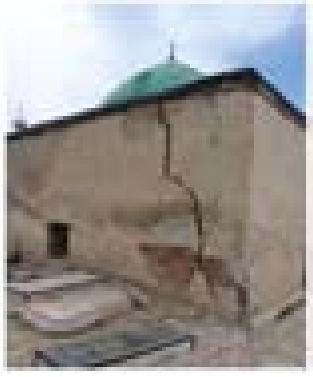
آسیب سازه ای یک ساختمان بنایی

ترک دیوار سازه ای

جابجایی خارج از صفحه دیوار

ترک های شدید در دیوار

نقش پشت بند در نگهداری دیوار



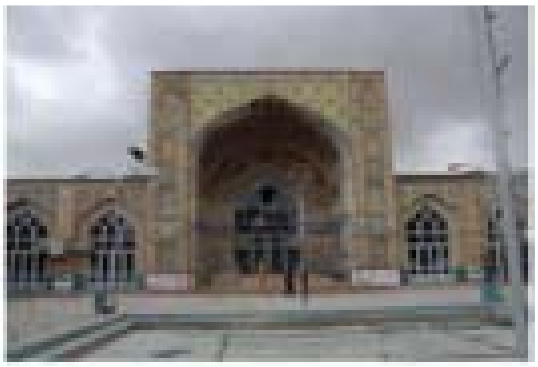
ترک شدید دیوار سازه ای

ادامه برخی آسیب های وارده بر دیوار های سازه ای

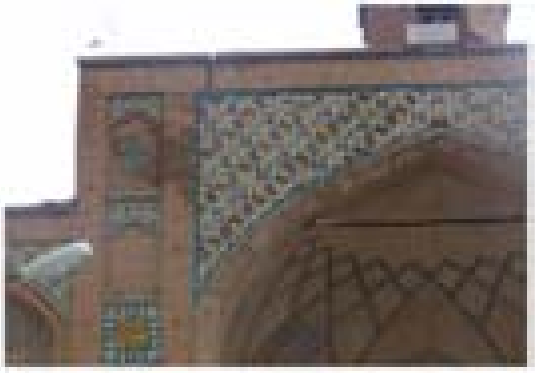
تخریب کلی قسمتی از یک ساختمان روستایی

تخریب کلی قسمتی از یک ساختمان روستایی

تخریب کلی قسمتی از یک ساختمان روستایی



مسجد امام خمینی شهرستان بروجرد



ترک دیوار

ریختن نما سازی روی سقف

ترک مناره

ترک مناره

تصویر قبل و بعد از زلزله

ریختن نماسازی

آسیب های وارده بر یک مدرسه روستایی

آسیب های داخلی مدرسه

آسیب های وارده به یکی از مدارس

آسیب های داخلی مدرسه

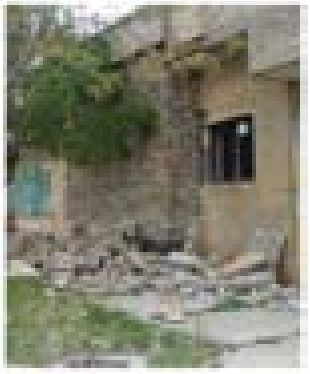
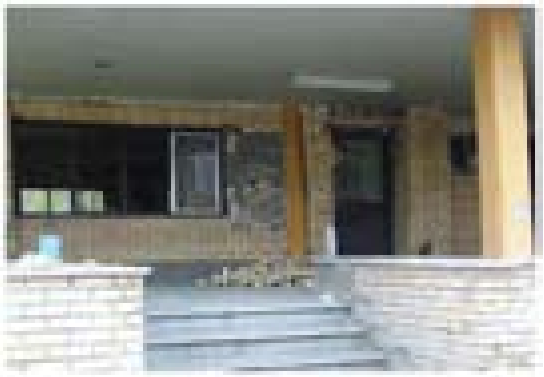
آسیب های داخلی مدرسه

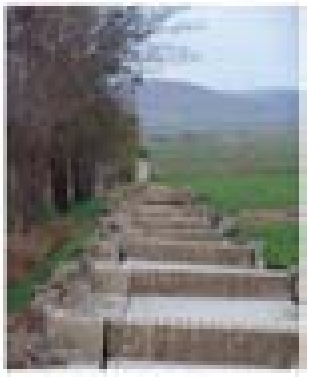
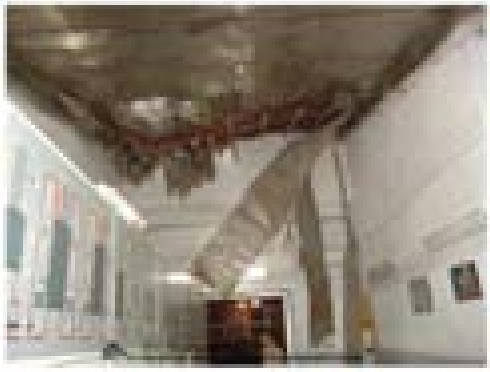
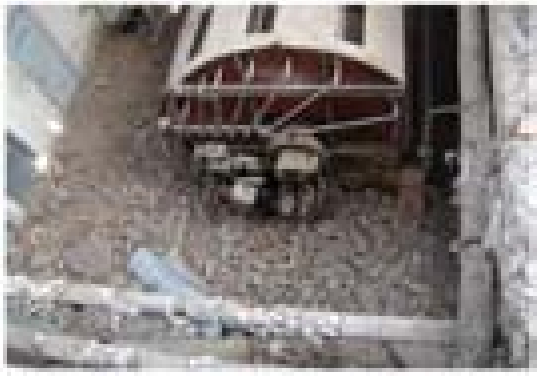
آسیب واده بر آتش نشانی

ترک های سطحی روی دیوار های آتش نشانی

آتش نشانی شهرستان بروجرد

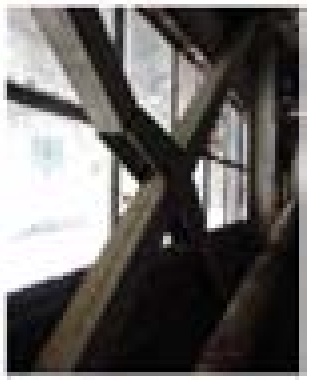
آسیب های وارده به کارخانه خمیر مایه لرستان

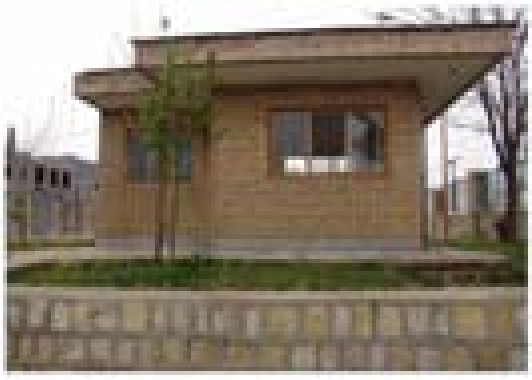



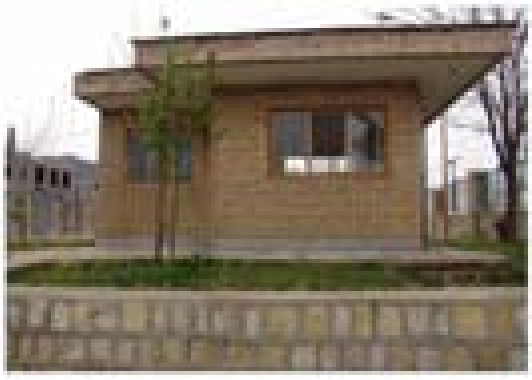




آسیب های وارده به کارخانه قند لرستان

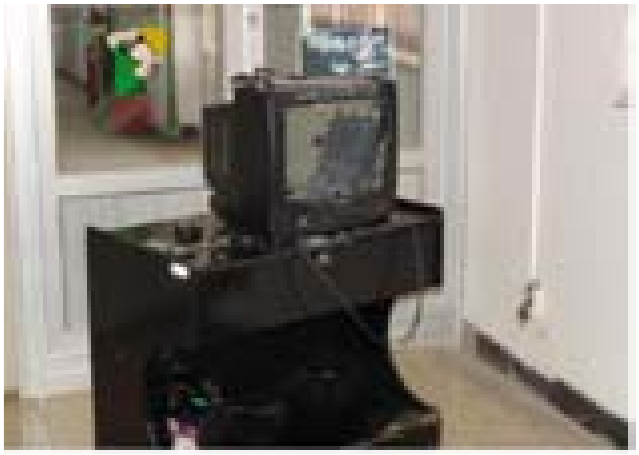
ادامه آسیب های وارده به کارخانه قند لرستان



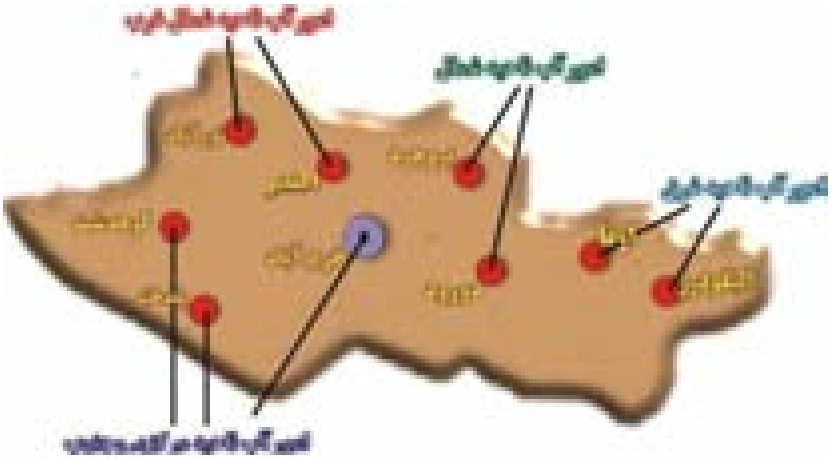




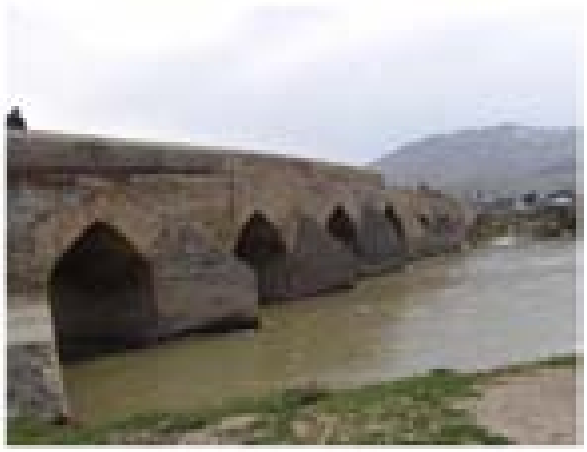
برخی آسیب های وارده به سیستم برق رسانی

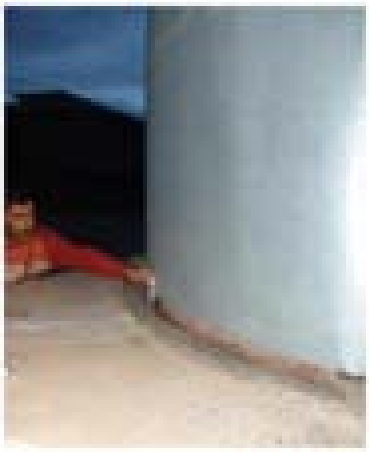


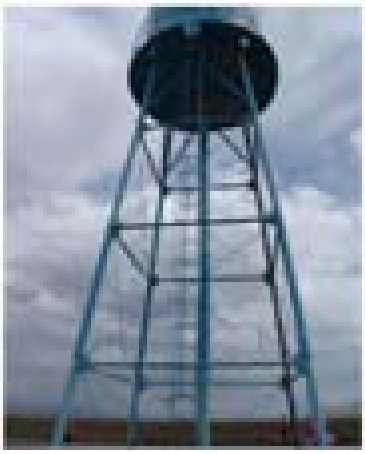
برخی آسیب های وارده به سیستم آبرسانی



برخی آسیب های وارده به برخی پل های قدیمی استان







ضمیمه ج

بررسی فنی مقایسه ای بین دو روش مقاوم سازی

ساختمان های بنایی

بررسی فنی و مقایسه ای

در ادامه سعی شده است مقایسه ای بین روش مقاوم سازی پیش نهادی در این پایان نامه با روش مقاوم سازی که در آن به جای استفاده از قاب های مرکب و بهره بردن از خواص لرزه بری این قاب ها، از رویه های بتنی در جهت تامین مقاومت جانبی ساختمان استفاده شده است. در ادامه لازم است مبانی روش دوم شرح داده شود و سپس به بررسی فنی و مقایسه ای بین دو روش پرداخته خواهد شد.

مبانی روش مقاوم سازی که در آن از رویه های بتنی استفاده شده باشد

در این روش نیز کلیه مراحل ارزیابی کیفی آسیب پذیری می بایست انجام شود. در مرحله ارزیابی کیفی اطلاعات لازمه در زمینه معماری و سازه ساختمان همراه با چک لیست های ارزیابی وگزارش مصور تهیه می شود. اما این روش در مرحله ارزیابی کمی آسیب پذیری تفاوت هایی با روش پیشنهادی در این پایان نامه دارد. در ادامه یک نمونه از طرح بهسازی تهیه شده بر اساس این روش ارائه می شود تا خواننده در جریان مراحل ارزیابی کیفی آسیب پذیری قرار بگیرد و بعد از آن به بررسی مقایسه ای بین دو روش پرداخته خواهد شد.

راهکارهای بهسازی مورد استفاده در ساختمان

۱) کامل نمودن مسیر بار زلزله و انتقال آن به پی سازه
۲) تامین مقاومت جانبی ساختمان با تقویت دیوارها در جهت شمالی – جنوبی و شرقی – غربی
۳) کاهش وزن سقف با برداشتن پوشش آسفالت سقف در صورت وجود
۴) تقویت اتصال بین دیوارهای باربر و سقف

محاسبه نیروی زلزله وارد بر ساختمان

در این مرحله می بایست با توجه به یکی از دستورالعمل های معتبر در زمینه مقاوم سازی که به طور مبسوط در فصل سوم در مورد آن ها توضیح داده شده است، برش پایه وارد به ساختمان را محاسبه و به طور مناسبی بین طبقات ساختمان تقسیم کرد. در این مرحله به هر طریقی که امکان داشته باشد می بایست وزن ساختمان را محاسبه نمود و وزن موثر در بار زلزله را به دست آورد. و بعد از محاسبه برش پایه میزان مقاومت طلب ساختمان را به طرز مناسبی در ساختمان تامین نمود.

مقاومت ساختمان در برابر نیروی جانبی

بعد از به دست آوردن میزان برش پایه، می بایست این برش به طرز مناسبی تامین شود. در ساختمان های با مصالح بنایی غیر مسلح بارهای جانبی توسط دیوارهای سازه‌ای تحمل می‌شوند . لذا در آیین نامه۲۸۰۰ برای ساختمان ها دیوار نسبی تعریف شده است و در هر امتداد مقدار دیوار نسبی نباید از مقادیر مندرج در آیین نامه کمتر باشد. مقدار دیوار نسبی هر طبقه در هر امتداد عبارت است از نسبت مساحت مقطع افقی دیوارهای سازه‌ای موازی با امتداد مورد نظر به مساحت زیر بنای آن طبقه. اما در تعریف دیوارهای سازه ای آمده است که این دوبار ها زمانی در محاسبات دیوار نسبی مشارکت داده می شوند که اولا دارای ضخامتی بیشتر از۲۰ سانتیمتر باشند و ثانیا در تراز بالای آن ها کلاف افقی باید در زیر سقف وجود داشته باشد. دیوارهای بالا و پایین بازشو در محاسبه دیوار نسبی منظور نمی‌شوند. محاسبات نشان می دهد که تامین این میزان دیوار نسبی در ساختمان به لحاظ معماری و سازه ای کار چندان ساده ای نیست و از طرف دیگر در بهسازی ساختمان های بنایی غیر مسلح به دلیل اینکه در تراز زیر سقف شناژ افقی وجود ندارد دیوار های موجود را نمی توان به عنوان دیواز سازه ای در نظر گرفت و لذا با کمبود شدید دیوار های سازه ای مواجه می شویم و از طرف دیگر اضافه کردن دیوار در ساختمان هایی که تحت مقاوم سازی قرار می گیرند به لحاظ اجرایی بسیار مشکل است. از طرف می دانیم که دیوارهای موجود اگر چه طبق تعریف آیین نامه ۲۸۰۰ جزء دیوار های سازه ای به حساب نمی آیند اما در واقعیت مقداری ظرفیت برشی دارند. طبق رابطه ای که دستورالعمل بهسازی ساختمان های موجود ارائه داده است میزان برش یک دیوار از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$V_q = 0.1V_t + 0.15\sigma_C$$

σ_C = تنش قائم در دیوار

V_t = تنش برشی ملات که به علت ضعف اکثر ساختمان های بنایی با عمر بالا و برآورده نشدن شرط حداقل مقاومت برشی ملات طبق دستورالعمل بهسازی ساختمان های موجود می توان از آن صرفنظر می شود.

بنابراین در واقع می بایست بعد از محاسبه میزان مقاومت برشی دیوار های موجود و کسر کردن این مقاومت از میزان برش پایه، میزان کمبود مقاومت برشی را توسط رویه های بتنی که به همین منظور طراحی می شوند تامین نمود. بدین منظور میزان ظرفیت برشی یک متر از رویه بتنی را محاسبه می کنیم و با توجه به کمبود مقاومت برشی در هر جهت ساختمان، طول مورد نیاز از این دیوار را به دست می آوریم و در نقشه های اجرایی به طور مناسبی جایگذاری می کنیم.

طراحی دیوارمسلح به طول ۱ متر برای تحمل برش

با توجه به اینکه از مقاومت برشی ملات صرفه نظر می کنیم طبق آیین نامه ACI-318 برای بتن به تنهایی داریم:

$V_{C_u} = 0.53\sqrt{f'_C}.b.d$ $f'_C = 150\,{Kg}/{cm^2}$ (مقاومت بتن پاششی)

$V_{C_u} = 0.53\sqrt{150}\times 100\times 5 = 3245Kg$

$V_{Cu} = 0.53\sqrt{150}\times 100\times 10 = 6490Kg$

اگر از میلگرد شماره ۸ در فواصل cm ۲۵ برای شبکه آرماتور استفاده شود ویک لایه آرماتورداشته باشیم:

$V_S = \left({d}/{s}\right)A_v f_y$

برای دیوار با یک لایه آرماتور $V_S = {100}/{25}\times 0.5\times 3000 = 6000$

$V = V_C + V_S =$

با احتساب ضریب بار ۱,۸۷ وضریب کاهش مقاومت ۰,۸۵ برای برش طبق آیین نامه ACI-318

مجاز$V = V_u \times {1.87}/{0.85}$

مجاز$V = 2.2V_u$

لذا برای رویه های بتنی به طول L مقاومت مجاز برشی از رابطه های زیر به دست می آید.

دیوار ۵ سانتیمتری یک طرفه: مجاز$V_{5-1} = 4200L$

دیوار ۵ سانتیمتری دو طرفه: مجاز $V_{5-2} = 8400L$

بررسی ضوابط دیگر بهسازی

جهت تامین برخی ضوابط و شرایطی که در دستورالعمل های مختلف از جمله در دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود به عنوان معیارهای ارزیابی ارائه شده است. می بایست در جهت تامین آن ها موارد دیگری را نیز در بهسازی لحاظ نمود که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد.

۱) طول زیاد دیوار: طول دیوار های غیر مسلح بنایی نباید از ۵ متر بیشتر باشد. بدین منظور می بایست در دیوار هایی که طول زیادی دارند شناژهای قائمی مطابق ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ تعبیه نمود که ضمن تقسیم دیوار، باعث افزایش شکل پذیری ساختمان گردد.

۲) انعطاف پذیری سقف ها: برای حفظ انسجام سقف ها و استفاده از ظرفیت برشی اجزاء مختلفی که در ساختمان تعبیه می شود می بایست بر اساس یکی از روش های انسجام سقف ها که در فصل چهارم این پایان نامه آمده است سقف ها را صلب سازی نمود.

۳) اتصال دیوار ها و دال ها: برای جلوگیری از لغزش دال ها روی دیوار، برای مقابله با نیروی خارج از صفحه دیوار و ایجاد کلاف های افقی برای افزایش شکل پذیری ساختمان می بایست در تراز سقف ها می بایست با تعبیه عناصری مناسب این شرایط را تامین نمود. جهت تامین نسبی می توان از عملیات نبشی کشی در تراز بالای سقف ها استفاده کرد.

در ادامه برای انجام مقایسه بین این دو روش ساختمانی را که در فصل پنجم این پایان نامه با استفاده از روش پیشنهادی بهسازی شده است را با روش توضیح داده شده در بالا بهسازی می نماییم و در پایان مقایسه ای بین دو روش صورت می گیرد.

ارزیابی کمی آسیب پذیری ساختمان

مرحله اول محاسبه وزن ساختمان است که با توجه به محاسبات انجام شده در فصل قبل وزن موثر در نیروی زلزله برابر ۱۶۹۸۲ kg در نظر گرفته می شود. از طرف دیگر با توجه به رابطه دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود در مورد برش پایه می توان از رابطه زیر این برش را به دست آورد.

$$V = 0.33AIW$$

A	I	ضریب پیچش	C
0.35	1.00	1.200	0.1386

برش پایه kg(V)	وزن کل ساختمان kg(W)
23547	169892

از آنجا که میزان ضریب زلزله را دستورالعمل بهسازی بسیار پایین به دست می دهد و از طرف دیگر کم بودن مقاومت برشی دیوار های بنایی غیر مسلح، و نداشتن کلاف افقی مناسب در تراز سقف ها از مقاومت برشی دیوارهای بنایی غیر مسلح در جهت اطمینان صرفه نظر می کنیم و تمام برش پایه را در هر دو جهت توسط رویه های بتنی تامین می نماییم. بدین ترتیب در هر برای مقابله با نیروی زلزله لازم است چند رویه بتنی در دو جهت عمود بر هم تعبیه نمود. با توجه به میزان برش پایه و ظرفیت

برشی رویه بتنی به ضخامت ۵ سانتی متر و آرماتور های برشی نمره ۸ به فاصله ۲۵ سانتی متر که در بالا محاسبه شـده اسـت، واضح است که در هر جهت بایستی ۵/۶ متر رویه بتنی تعبیه نمود.

موارد مطرح شده در مقاوم سازی ساختمان مورد نظر

۱) سبک سازی بام و انسجام سقف

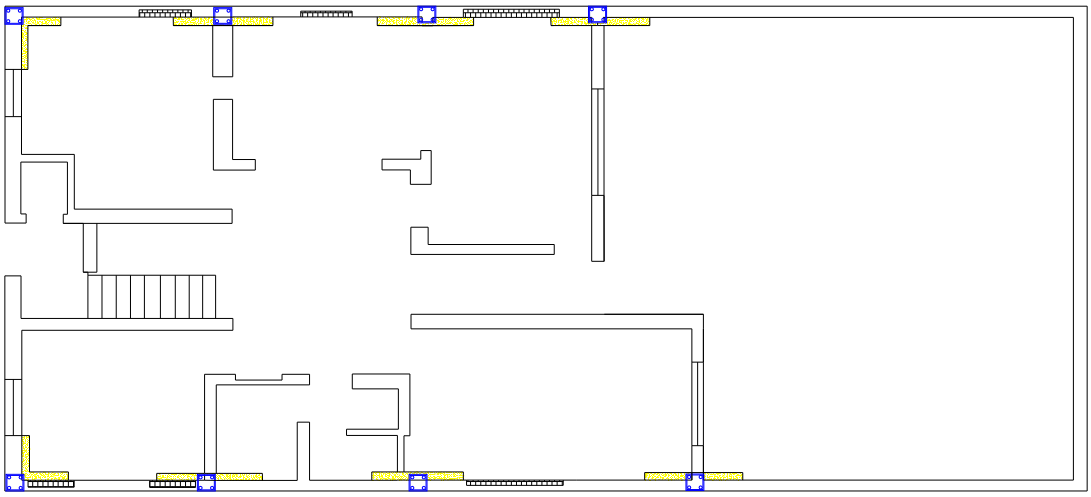
۲) اجرای شناژهای قائم در بین دیوارهای بنایی غیر مسلح با فاصله حداکثر ۵ متر

۳) اجرای نبشی کشی در تراز سقف

۴) اجرای رویه های بتنی جهت تامین برش پایه

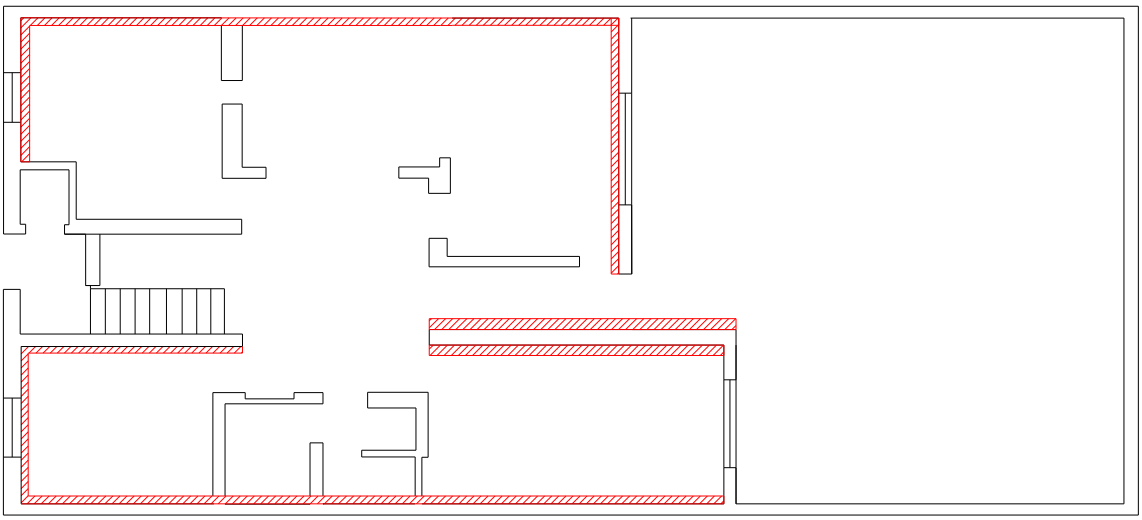
نقشه های اجرایی

A. پلان اجرای شناژهای قائم و شناژهای افقی زیر دیوار جهت ایجاد تکیه گاه مناسب جهت شناژهای قائم



از هر طرف شناژ قائم یک متر به هر طرف شناژ افقی اجرا می شود این شناژ جهت ایجاد تکیه گاه مناسب برای شناژ قائم به کار می رود

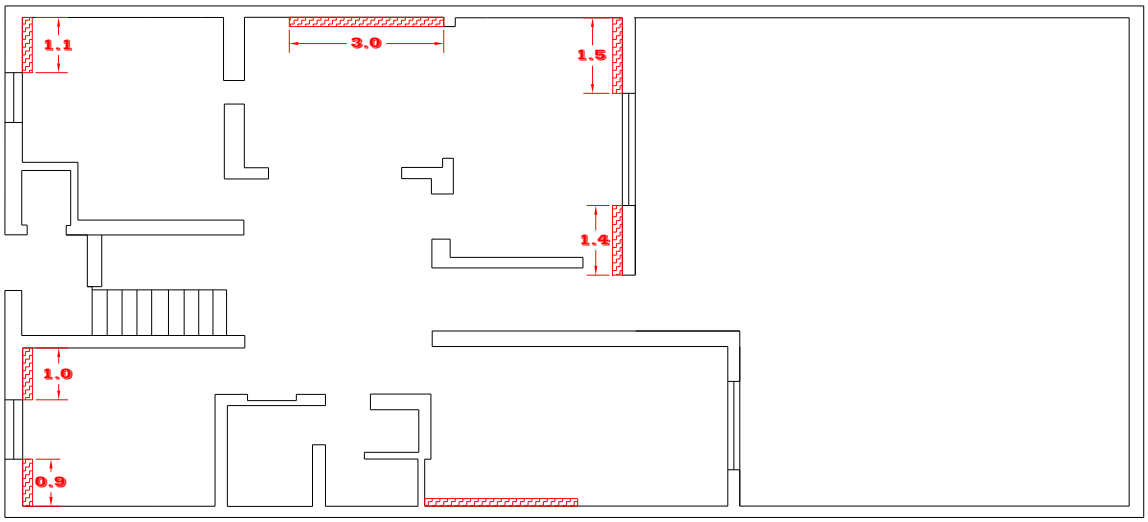
B. پلان اجرای نبشی کشی و پوشش بتن مسلح روی بام



نبشی کشی

اجرای پوشش بتن مسلح روی بام

C. تعبیه رویه های برشی در ساختمان



رویه بتنی به ضخامت ۵ سانتی متر و آرماتور نمره ۸ به فاصله ۲۵ سانتی متر

مقایسه فنی بین روش مطرح شده در بالا و روش پیشنهای در این پایان نامه

<table>
<tr><th>مورد / روش</th><th>روش مطرح شده در قسمت قبل</th><th>روش پیشنهادی در این پایان نامه</th></tr>
<tr><td>ارزیابی کیفی آسیب پذیری</td><td>همانند روندی که در فصل پنجم آمده است</td><td>همانند روندی که در فصل پنجم آمده است</td></tr>
<tr><td>محاسبات وزن ساختمان</td><td>مشترک</td><td>مشترک</td></tr>
<tr><td>محاسبه میزان برش پایه</td><td>با استفاده از رابطه پیش نهادی دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود
$V = 0.33AIW$
که در مورد این ساختمان حدود نصف میزان برش پایه روش پیشنهادی بدست آمده است.</td><td>با استفاده از رابطه
$V = C W \quad , \quad C = m \frac{A B I}{R}$
و با در نظر گرفتن مقدار های زیر برای هر کدام از این پارامتر ها
<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>I</th><th>R</th><th>ضریب پیچش</th><th>C</th></tr><tr><td>0.35</td><td>2.750</td><td>1.00</td><td>4.00</td><td>1.200</td><td>0.2625</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>تامین مقاومت لرزه ای طلب در ساختمان</td><td>با استفاده از رویه های بتنی که در دو جهت اصلی و عمود بر هم در ساختمان تعبیه شده است.</td><td>با تشکیل قاب های فلزی اطراف دیوار های بنایی ضمن بهبود رفتار قاب و دیوار، می توان از خواص لرزه بری نسبتا مناسب قاب های مرکب نیز استفاده کرد.</td></tr>
<tr><td>انسجام سقف</td><td>یکی از راهکار های اجرایی فصل چهارم این پایان نامه</td><td>یکی از راهکار های اجرایی فصل چهارم این پایان نامه</td></tr>
<tr><td>کامل نمودن مسیر انتقال بار</td><td>از طریق رویه های بتنی که از بام تا کف به طور ممتد اجرا می شوند</td><td>از طریق تبدیل عملکرد قاب های مرکب به عملکرد خرپایی و انتقال نیروی زلزله توسط نیروهای محوری به وجود آمده در اعضای قاب به فونداسیون های جدیدالاحداث</td></tr>
<tr><td>ایجاد خط دوم دفاعی</td><td>از آنجا که بار ثقلی ساختمان باز هم توسط دیوارهای باربر تحمل می شوند، خط دوم دفاعی در ساختمان به وجود نمی آید.</td><td>در این روش سعی بر این است که بار ثقلی ساختمان از روی دیوار های باربر برداشته شده و توسط تیر و ستون هایی که در ساختمان تعبیه می شود، تحمل شوند و بدین ترتیب خط دوم دفاعی در ساختمان تعبیه می شود.</td></tr>
</table>

مقایسه اقتصادی بین روش مطرح شده در بالا و روش پیشنهای در این پایان نامه

روش / مورد مقاوم سازی	روش مطرح شده در قسمت قبل روش یک	روش پیشنهادی در این پایان نامه روش دو	نتیجه
سبک سازی بام	درهر دو روش یکسان است	درهر دو روش یکسان است	برابر
اجرای پوشش بتن مسلح روی بام	درهر دو روش یکسان است	درهر دو روش یکسان است	برابر
شمع بندی ساختمان	ندارد	دارد	هزینه دو بیشتر از هزینه یک
کندن جای شناژهای قائم روی دیوار	دارد	تعداد بیشتری ستون نسبت به حالت یک وجود دارد. حدودا ۳۰ در صد بیشتر	هزینه دو بیشتر از هزینه یک
احداث فنداسیون های لازمه	فنداسیون برای شناژهای قائم	فنداسیون برای ستون ها که تعداد آنها از شناژهای قائم بیشتر است	هزینه دو بیشتر از هزینه یک
اجرای شناژهای قائم	شناژهای بتنی	ستون های فلزی با تعداد بیشتر ولی اجرای راحت تر نسبت به شناژهای بتنی در درجا	هزینه دو بیشتر از هزینه یک
اجرای نبشی کشی	اجرای نبشی کشی در تراز سقف کلیه قسمت های ساختمان	اجرای نبشی کشی فقط در قسمت هایی از ساختمان که در آن ها از شناژ افقی(تیر فلزی جهت باربری ثقلی) استفاده نشده است	هزینه یک بیشتر از هزینه دو
اجرای شناژهای افقی	ندارد	تعبیه تیر های فلزی برای تحمل بارهای ثقلی ساختمان	هزینه دو بیشتر از هزینه یک
اجرای فنداسیون برای رویه های بتنی	در هر دو جهت اصلی ساختمان به مقدار ۵/۶ متر طول	فقط در جهت عرضی ساختمان به میزان ۶ متر	هزینه یک بیشتر از هزینه دو
اجرای رویه های بتنی	در هر دو جهت اصلی ساختمان به مقدار ۵/۶ متر طول	فقط در جهت عرضی ساختمان به میزان ۶ متر	هزینه یک بیشتر از هزینه دو
هزینه های نازک کاری بعد از اتمام عملیات مقاوم سازی	درهر دو روش یکسان است	درهر دو روش یکسان است	برابر

از بررسی مقایسه ای که در مورد مسائل اقتصادی و فنی دو روش در دو جدول بالا انجام شد و با توجه به تجربه نگارنده در این مورد، می توان نتیجه گرفت که روش پیشنهادی در این پایان نامه در حالت کلی مقداری هزینه بیشتر را برای مقاوم سازی طلب می کند. از طرف دیگر سطح عملکرد بالاتری را برای ساختمان تامین می نماید که این مساله برای ما چالشی در مورد هزینه های مقاوم سازی و سطح عملکردی که برای ساختمان می توان تعریف کرد، را به دنبال دارد. با توجه به میزان هزینه و اهمیت ساختمان و بسیاری مسائل دیگر از قبیل نظر خواهی از مالک در مورد روش مقاوم سازی می توان به ارائه طرح بهسازی اقدام نمود.