بسم الله الرحمن الرحیم

دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای آجری متداول موجود

زیر نظر شورای راهبردی مقاوم سازی مرکز

شماره نشر:ض-۷۲۶
چاپ اول: ۱۳۹٤

عنوان و نام پدیدآور	: دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای آجری متداول موجود؛ زیر نظر شورای راهبردی مقـاوم سازی مرکز [مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی]
مشخصات نشر	: تهران: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۱۹۲ص.: مصور، جدول، نمودار.
فروست	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی؛ شماره نشر: ض ـ ۷۲۶.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۱۳۶-۳
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
موضوع	: ساختمان‌های آجری -- ایران -- اثر زلزله
موضوع	: ساختمان‌های آجری -- اثر زلزله
موضوع	: ساختمان‌های آجری -- طرح و ساختمان-- دستنامه‌ها
شناسه افزوده	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. شورای راهبردی مقاوم‌سازی
شناسه افزوده	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.
رده‌بندی کنگره	: TH ۲۲۴۳/د۵ ۱۳۹۴
رده‌بندی دیویی	:۶۹۳/۲۱
شماره کتابشناسی ملی	:۴۱۵۱۷۱۸

مصوبه جلسه شماره ۹۴۰۴ چاپ کتاب، شورای علمی انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای آجری متداول موجود

زیر نظر شورای راهبردی مقاوم سازی مرکز

بخش تحقیقاتی: سازه

شماره نشر: ض – ۷۲٦ چاپ اول: ۱۳۹٤

ناشر: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شمارگان: ۱۰۰ نسخه

بها: ۱۰۰۰۰۰ ریال

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: اداره انتشارات و چاپ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

کلیه حقوق چاپ و انتشار اثر به ناشر تعلق دارد و هرگونه تکثیر غیرمجاز از آن پیگرد قانونی بدنبال خواهد داشت.

مسئولیت صحت دیدگاه‌های علمی بر عهده شورای راهبردی مقاوم سازی مرکز می‌باشد.

نشانی: تهران، بزرگراه شیخ فضل‌ا. نوری، روبروی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل،
خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت صندوق پستی: ۱۳۱٤٥-۱٦۹٦

تلفن: ٦-۸۸۲٥٥۹٤۲ دورنگار: ۸۸۲٥٥۹٤۱

پست الکترونیکی:pub@bhrc.ac.ir صفحه الکترونیکی: http://www.bhrc.ac.ir

شابک: ۳-۱۳٦-۱۱۳-٦۰۰-۹۷۸ ISBN: 978-600-113-136-3

فروشگاه اینترنتی: http://pub.bhrc.ac.ir

مجری

دکتر عباسعلی تسنیمی	استاد دانشگاه تربیت مدرس

اعضای کمیته شورای راهبردی مقاوم‌سازی (برحسب حروف الفبا)

۱-دکتر محمدتقی احمدی	استاد دانشگاه تربیت مدرس
۲-دکتر علی‌اکبر آقاکوچک (رئیس کمیته)	استاد دانشگاه تربیت مدرس
۳-دکتر عباسعلی تسنیمی	استاد دانشگاه تربیت مدرس
۴-دکتر محسن تهرانی‌زاده	استاد دانشگاه امیرکبیر
۵-دکتر طیبه پرهیزکار	عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۶-دکتر نادر خواجه احمد عطاری (دبیر کمیته)	عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۷-دکتر فیاض رحیم‌زاده	استاد دانشگاه صنعتی شریف
۸- دکتر محمد شکرچی‌زاده	رئیس مرکزتحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و استاد دانشگاه تهران
۹- دکتر حمزه شکیب	استاد دانشگاه تربیت مدرس
۱۰- دکتر سید محمود فاطمی‌عقدا	عضو هیئت علمی دانشگاه خوارزمی
۱۱-دکتر محمدتقی کاظمی	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف
۱۲-دکتر حسن مقدم	استاد دانشگاه صنعتی شریف

اعضای کمیته تهیه کننده متن اصلی

۱- دکتر عباسعلی تسنیمی

اعضای کمیته بازخوانی (برحسب حروف الفبا)

۱- دکتر علی‌اکبر آقا کوچک (رئیس کمیته)

۲- دکتر عباسعلی تسنیمی

۳- دکتر نادر خواجه‌احمد عطاری

۴- دکتر حمزه شکیب

۵-دکتر محمدتقی کاظمی

پیش‌گفتار

حفظ و مقاوم‌سازی ابنیه موجود در مقابل عوامل مخرب طبیعی موجب صیانت از سرمایه‌های ملی است. امروزه مقاوم‌سازی در مقابل زلزله در مورد بناهای باستانی و قدیمی و نیز ساختمان‌هایی که با ضوابط و استانداردهای نامناسب طراحی و ساخته شده‌اند، بخش عمده فعالیت‌های مرسوم در صنعت ساختمان در کشورهایی است که با پدیده زلزله مواجهند.

جامعه مهندسی در کشور عزیزمان ایران نیز بیش از یک دهه است که به طور جدی همگام با ارتقاء توان طراحی و اجرای بناهای نو، به فعالیت‌های مربوط به مقاوم‌سازی اصولی ساختمان‌های موجود وارد شده و مراجع قانونی نیز به نوبه خود تدوین ضوابط و مقررات در این زمینه را در دستور کار قرارداده‌اند.

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به عنوان مرجع تحقیقات و تدوین ضوابط و مقررات در حوزه ساختمان و مسکن، که از جمله انتشارات مهم آن در زمینه زلزله می‌توان به آئین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در مقابل زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) اشاره نمود، از سال ۱۳۸۸ اقدام به تشکیل کمیته راهبردی مقاوم‌سازی با حضور اساتید به نام در حوزه تخصصی نموده است. در قالب راهبردهای تعیین شده توسط کمیته، تهیه تعدادی دستورالعمل برای ارزیابی و مقاوم سازی ساختمان‌ها و تاسیسات موجود در دستور کار قرار گرفت و در این راستا به ساختمان‌های متداول که بخش عظیمی از ساختمان‌های موجود کشور را تشکیل می‌دهند اولویت داده شد. دستورالعمل حاضر با عنوان ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های آجری موجود یکی از نتایج کار کمیته مذکور است. در این دستورالعمل تلاش شده است در عین حفظ محتوای فنی، مطالب با حداکثر شفافیت و سادگی ممکن ارائه شود. امید می‌رود که دست اندرکاران حرفه با استفاده از ضوابط این دستورالعمل، بتوانند به صورت موثرتری نسبت به مقاوم‌سازی ساختمان‌های آجری موجود اقدام نمایند.

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

پیش‌گفتار مجری طرح

یکی از متداول‌ترین نوع ساختمان موجود در کشور، ساختمانی آجری می‌باشد که حجم عمده‌ای از ساختمان‌های اجرا شده و موجود در کشور را پوشش می‌دهد. با توجه به اینکه عمده این سازه‌ها فاقد مسیر بار پیوسته و کلاف قائم و افقی می‌باشد یکی از آسیب پذیرترین انواع ساختمانهای موجود در کشور در زلزله‌های به وقوع پیوسته در سالیان گذشته این نوع سازه‌ها بوده اند و حجم وسیعی از این ساختمان‌ها نیاز به مقاوم‌سازی دارند. در ویرایش جدید دستورالعمل مقاوم‌سازی ساختمان‌های موجود (نشریه ۳۶۰)، ضوابط کلی مربوط به مطالعات آسیب‌پذیری کمی این دسته از ساختمان‌ها ارائه شده است. در حالی که در خصوص مطالعات آسیب‌پذیری کیفی و همچنین روش‌های مقاوم‌سازی و جزئیات اجرایی روش‌های مورد نظر مطلبی ارائه نشده است. در این دستورالعمل به صورت مشروح به بررسی این مسائل موضوعات پرداخته شده است.

از سوی دیگر با توجه به این‌که هدف اصلی این دستورالعمل‌ها تدوین ضوابط برای ساختمان‌های متداول می‌باشد، تلاش شده است که محاسبات کمی موجود حتی‌الامکان ساده سازی شود تا بدین ترتیب استفاده مهندسین تسهیل شود. امید است که این دستورالعمل کمکی در جهت بهبود و ساماندهی روش‌های مقاوم‌سازی در سطح کشور باشد.

مجری پروژه

عباسعلی تسنیمی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول *۱*

مقدمات و ملزومات بهسازی لرزه‌ای *۱*

۱-۱- محدوده کاربرد ۱

۱-۲- گروه‌بندی ساختمان‌ها ۲

۱-۳-هدف بهسازی ۲

۱-۳-۱- بهسازی جزئی ۲

۱-۳-۲-بهسازی محدود ۲

۱-۳-۳-بهسازی مبنا ۲

۱-۴- سطوح عملکردی ۳

۱-۴-۱- سطوح عملکردی اعضای سازه‌ای ۳

۱-۴-۱-۱- سطح عملکرد آستانه‌ی فروریزش ۳

۱-۴-۱-۲-سطح عملکرد ایمنی جانی محدود ۳

۱-۴-۱-۳- سطح عملکرد ایمنی جانی ۳

۱-۴-۲- سطوح عملکرد اعضای غیرسازهای ۴

۱-۴-۲-۱-سطح عملکرد ایمنی جانی ۴

۱-۴-۲-۲-سطح عملکرد لحاظ نشده ۴

۱-۴-۳- سطوح عملکرد کل ساختمان ۴

۱-۴-۳-۱- سطح عملکرد آستانه ی فروریزش ۴

۱-۴-۳-۲- سطح عملکرد ایمنی جانی محدود ۵

۱-۴-۳-۳- سطح عملکرد ایمنی جانی ۵

۱-۵-سطح خطر زلزله ۵

۱-۵-۱- سطح خطر۱ ..... ۵

۱-۶- معیارهای پذیرش ۶

۱-۶-۱- ظرفیت باربری ثقلی ۶

۱-۶-۲- ضریب اصلاح بار ۶

۱-۷- روش‌های ارزیابی ساختمانهای آجری ۶

۱-۷-۱- روش ارزیابی کیفی با هدف بهسازی جزئی ۶
۱-۷-۲- روش‌های ارزیابی کمی ۷
۱-۷-۳-اطلاعات وضعیت موجود ساختمان ۷
۱-۷-۴-ضریب آگاهی ۸
۱-۸- بهسازی لرزه‌ای ساختمان ۹
۱-۸-۱-طرح اولیه ۹
۱-۸-۲-طرح نهائی ۹
۱-۸-۳-جزئیات اجرائی طرح ۹
فصل دوم ۱۱
مشخصات مصالح و آزمایش‌ها ۱۱
۲-۱- مشخصات مصالح ۱۱
۲-۲- مشخصات مصالح برای بهسازی جزئی ۱۱
۲-۲-۱- آجر ۱۲
۲-۲-۲- ملات ۱۲
۲-۲-۳- واحد آجرکاری ۱۳
۲-۳- مشخصات مصالح برای بهسازی محدود ۱۳
۲-۳-۱-آجر ۱۴
۲-۳-۲-ملات ۱۴
۲-۳-۳-واحدآجرکاری ۱۶
۲-۴- مشخصات مصالح برای بهسازی مبنا ۱۸
۲-۴-۱- روش‌های آزمایش ۱۹
۲-۴-۱-۱-آجر ۱۹
۲-۴-۱-۲-ملات ۱۹
۲-۴-۱-۳-واحدآجرکاری ۲۱
۲-۴-۱-۳- میلگردها ۲۷
فصل سوم ۲۹
ارزیابی کیفی ساختمانهای‌آجری کوتاه مرتبه ۲۹
۳-۱- کلیات ۲۹

۳-۲- روش‌ارزیابی‌کیفی ۳۰
۳-۲-۱- اطلاعات وضعیت موجود ساختمان ۳۰
۳-۲-۲- ارزیابی مقاومت جانبی ساختمان ۳۰
۳-۲-۳- گردآوری‌اطلاعات و شناخت ساختمان ۳۱
۳-۲-۴-تعیین شاخص خسارت ۳۲
۳-۲-۴-۱-شاخص خسارت کیفیت‌ساخت- عوامل فرعی(**Dc**) ۳۲
۳-۲-۴-۲- شاخص خسارت سازهای- عوامل اصلی (**Ds**) ۳۲
۳-۲-۴-۳- شاخص خسارت ساختگاهی- عوامل تشدید کننده (**Dg**) ۳۳
۳-۲-۴-۴-برآورد شاخص خسارت ساختمان ۳۳
فصل چهارم ۳۷
۴-۱- کلیات ۳۷
۴-۲ - ترکیبات بارگذاری ثقلی و جانبی ۳۷
۴-۳- روشهای تحلیل ساختمان ۳۸
روشهای تحلیل سازه میتواند با استفاده از هر یک از دو روش زیر انجام شود: ۳۸
۴-۳-۱- روش استاتیکی خطی ۳۸
۴-۳-۱-۱- روش مقاومت ۳۸
۴-۳-۱-۲- روش عملکردی ۴۰
۴-۳-۲- روش استاتیکی غیرخطی ۴۸
۴-۳-۲-۱- سختی ۴۹
۴-۳-۲-۲- مقاومت ۴۹
۴-۳-۲-۳- تغییرمکان هدف ۵۰
۴-۳-۲-۴- منحنی رفتار غیرخطی عضو ۵۱
۴-۳-۲-۵- معیارهای پذیرش برای دیوار تقویت شده و تقویت نشده ۵۲
فصل پنجم ۵۵
۵-۱- مقدمه ۵۵
۵-۲- بهسازی لرزه‌ای ۵۶
۵-۲-۱- بهسازی کلی ساختمان ۵۶
۵-۲-۱-۱- کامل نمودن مسیر بار ۵۶
۵-۲-۱-۲- افزودن مقاومت برشی وانسجام ساختمان ۵۸
۵-۲-۱-۳- رفع نامنظمی ۵۹

۵-۲-۱-۵- رفع مشکل برخورد دو ساختمان مجاور ۶۰
۵-۲-۲- بهسازی اجزای سازه‌ای ساختمان ۶۱
۵-۲-۲-۱- بهسازی دیوارهای باربر ۶۱
۵-۲-۲-۲- بهسازی سقف ۶۸
۵-۲-۲-۳- بهسازی اتصالات ۷۱
۵-۲-۲-۴- بهسازی سیستم کلاف (اصلاح سیستم کلافبندی) ۷۳
۵-۲-۲-۵- تقویت پی ۷۸
۵-۲-۳- بهسازی اجزای غیرسازه‌ای ۷۸
۵-۲-۳-۱- تقویت جانپناه ۷۸
۵-۲-۳-۲- تقویت دودکش ۸۰
۵-۲-۳-۳- بهسازی تیغه‌ها ۸۰
۵-۲-۳-۴- بهسازی نما (تعبیه قید برای عناصر نماکاری) ۸۱
فصل ششم ۸۳
۶-۱- مقدمه ۸۳
۶-۲- تعیین منحنی رفتاری پوشش بتنمسلح (لایه تقویت) ۸۴
۶-۲-۱- سختی جانبی ۸۴
۶-۲-۲- تعیین ظرفیت محوری، خمشی و برشی ۸۵
۶-۲-۲-۱- نیروی محوری ۸۵
۶-۲-۲-۲- لنگرخمشی ۸۵
۶-۲-۳- تعیین منحنی ظرفیت برشی در رفتار خمشی ۸۷
۶-۲-۴- تعیین منحنی ظرفیت در رفتار برشی ۸۸
۶-۲-۵- منحنی رفتاری لایه تقویت ۸۹
۶-۳- تعیین منحنی رفتاری دیوارآجری ۸۹
۶-۳-۱- سختی جانبی ۹۰
۶-۳-۲- تعیین ظرفیت دیوار آجری ۹۰
۶-۳-۲-۱- نیروی محوری ۹۰
۶-۳-۲-۲- ظرفیت جانبی ۹۰
۶-۳-۳- مود خرابی و مقاومت دیوار ۹۲
۶-۳-۴- منحنی رفتار دیوار آجری ۹۲
۶-۴- منحنی رفتاری ترکیبی دیوار تقویت شده ۹۳

پیوست ۱..... ۹۹
فرمهای برداشت اطلاعات ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه..... ۹۹
پیوست ۲..... ۱۰۹
تفسیر و تشریح جزئیات مورد ارزیابی در ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه..... ۱۰۹
پیوست ۳..... ۱۵۱
شرایط مرزی دیوارها یا جرزها..... ۱۵۱

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- ضریب آگاهی بر اساس میزان اطلاعات فنی ساختمان..... ۸
جدول ۲-۱- ضرایب تبدیل کران پایین مشخصات مصالح به مشخصات مورد انتظار..... ۱۱
جدول ۲-۲- ویژگی‌های مختلف انواع آجر مطابق استاندارد شماره ۷ ایران..... ۱۵
جدول ۲-۳- مشخصات اختیاری کرانه پایین ملات..... ۱۶
جدول ۲-۴- برخی از مقاومت‌های فشاری منشور آجرکاری بر مبنای مقاومت فشاری آجر..... ۱۶
جدول ۲-۵- کرانه پایین مقامت کششی واحدآجرکاری (MPa)..... ۱۷
جدول ۲-۶- مقادیر پیش فرض کرانه پایین مقاومت چسبندگی ملات(MPa)..... ۱۸
جدول ۲-۷- مقادیر پیش فرض کرانه پایین برای مشخصات میلگردهای کلاف..... ۲۷
جدول ۳-۱- اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی سریع کیفی..... ۳۱
جدول ۳-۲- تطبیق نتیجه ارزیابی کیفی با شاخص خسارت در ساختمانهای آجری..... ۳۲
جدول ۳-۳- شاخص خسارت تجمعی برای عوامل فرعی..... ۳۴
جدول ۳-۴- شاخص خسارت سازه‌ای ناشی از عوامل اصلی..... ۳۵
جدول ۳-۵- شاخص خسارت ساختگاهی، عوامل تشدید کننده..... ۳۶
جدول ۴-۲- نوع شکل‌پذیری هریک از مودهای شکست دیوار آجری..... ۴۳
جدول ۴-۳- مقادیر لاغری بر اساس نسبت ارتفاع به ضخامت دیوارآجری..... ۴۶
جدول ۴-۴- مقادیر ضریب m برای رفتاردرون صفحه دیوارهای بنایی در روش استاتیکی خطی. ۴۷
جدول ۴-۵- نسبت مجاز ارتفاع به ضخامت دیوارهای سازه‌ای در هر طبقه..... ۵۰
جدول ۴-۶- مقادیر ضریب اصلاح C°..... ۵۱
جدول ۴-۷-مقادیر ضریب اثر کاهش سختی و مقاومت (**C2**) برای دیوارهای بنایی غیرمسلح..... ۵۱
جدول ۴-۸-مقدار تغییرشکل غیرخطی دیوارها و جرزها در رابطه ساده شده نیرو- تغییرمکان در روش استاتیکی غیرخطی..... ۵۲
جدول ۶-۱- جدول تعیین عوامل رفتار غیرخطی و لایه بتن مسلح و معیار پذیرش لایه تقویت (در خمش)..... ۸۸
جدول ۶-۲- تعیین عوامل رفتار غیرخطی و معیار پذیرش لایه تقویت (در برش)..... ۸۸
جدول ۶-۳- تعیین رفتار غیرخطی دیوار آجری و معیار پذیرش آن..... ۹۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- نحوه انجام آزمایش برشی ملات..... ۲۱
شکل ۲-۲- نحوه انجام آزمایش منشور آجری در آزمایشگاه..... ۲۲
شکل ۲-۳- نحوه انجام آزمایش درجا برای تعیین مقاومت فشاری منشور آجری..... ۲۴
شکل ۲-۴- روش تعیین مدول ارتجاعی واحدآجرکاری..... ۲۵
شکل۴-۱- رابطه ساده شده نیرو-تغییرمکان برای اعضای اصلی در ساختمانهای آجری..... ۴۸
شکل۴-۲- تغییرمکان موثر و ارتفاع موثر دیوارها یا جرزها با در نظر گرفتن شرایط تکیه‌گاهی..... ۴۹
شکل۴-۵- منحنی رفتاری عضو تغییرشکل-کنترل و نیرو-کنترل..... ۵۳
شکل ۵-۱- مراحل بهسازی ساختمانهای کوتاه مرتبه..... ۵۶
شکل ۵-۲- ناپیوستگی در مسیر بارهای ثقلی و جانبی..... ۵۷
شکل ۵-۳- ناپیوستگی در مسیر نیروهای جانبی..... ۵۸
شکل ۵-۴- ناپیوستگی در مسیر نیروهای جانبی در اثر ناپیوستگی دیوار باربر..... ۵۸
شکل ۵-۵- افزایش مقاومت برشی و انسجام ساختمان..... ۵۹
شکل ۵-۶- افزایش مقاومت برشی و انسجام ساختمان..... ۶۰
شکل ۵-۷- اصلاح اجرای آجرچینی و ملات..... ۶۲
شکل ۵-۸- اصلاح هرزه ملات یا ملات درزهای قائم..... ۶۳
شکل ۵-۹- کنترل طول غیر مجاز دیوار..... ۶۳
شکل ۵-۱۰- یکی از راههای کاهش طول و ارتفاع آزاد دیوارهای باربر..... ۶۴
شکل ۵-۱۱- یکی از راه‌های کاهش ابعاد بازشوها..... ۶۵
شکل ۵-۱۲- تقویت دیوار آسیب دیده با استفاده از پوشش بتن مسلح..... ۶۶
شکل ۵-۱۳- یکی از راههای افزایش تراکم دیوارهای باربر..... ۶۷
شکل ۵-۱۴- انسجام اتصال دیوار با استفاده از میلگرد و صفحه مهاری..... ۶۸
شکل۵-۱۵- استفاده از بست افقی جهت افزایش انسجام سقف طاق ضربی..... ۶۹
شکل۵-۱۶- استفاده از میلگرد برای افزایش انسجام سقف طاق ضربی..... ۶۹
شکل۵-۱۷- نحوه اتصال تیر فرعی به تیر اصلی و انتقال بارثقلی..... ۷۰
شکل۵-۱۸- افزودن کلاف در اطراف بازشوی سقف و جزئیات آن..... ۷۱
شکل ۵-۱۹- انسجام اتصال دیوار با استفاده از میلگرد و صفحه مهاری..... ۷۱
شکل۵-۲۰- جزییات اتصال دیوار باربر به سقف تاق ضربی..... ۷۲
شکل۵-۲۱- پلان جزییات اتصال دیوار سازه‌ای به غیر سازه‌ای..... ۷۳

شکل۵-۲۲- احداث کلاف افقی و نحوه اتصال آن به سقف طاق ضربی و دیوار باربر..... ۷۵
شکل ۵-۲۳- احداث کلاف افقی و نحوه اتصال آن به سقف تیرچه بلوک و دیوار باربر..... ۷۵
شکل۵-۲۴- اجرای کلاف قائم در محل تقاطع دیوارها با استفاده از نبشی.....۷۶
شکل۵-۲۵- اجرای کلاف قائم در وسط دیوارها..... ۷۷
شکل۵-۲۶- اجرای کلاف قائم در برای دیوار مجاور به دیوار همسایه..... ۷۷
شکل۵-۲۷- اجرای کلاف قائم در وسط دیوارها..... ۷۷
شکل۵-۲۸- تقویت پی برای دیوارهای تقویت شده..... ۷۸
شکل۵-۲۹- تقویت جان‌پناه بام با استفاده از نبشی کشی..... ۷۹
شکل۵-۳۰- تقویت جان‌پناه بام با استفاده سیستم مهاری..... ۷۹
شکل۵-۳۱- تقویت دودکش بنایی..... ۸۰
شکل۵-۳۲- مهار دیوارهای غیرسازه‌ای (تیغه‌ها)..... ۸۰
شکل۵-۳۳- مقید کردن عناصر نماکاری..... ۸۱
شکل ۶-۱- مقطع دیوار یکطرف تقویت شده با پوشش بتن مسلح..... ۸۴
شکل ۶-۲- رفتار غیرخطی، منحنی برش-تغییرمکان لایه تقویت در خمش..... ۸۸
شکل ۶-۳- منحنی رفتار غیرخطی لایه تقویت براساس تغییرمکان نسبی..... ۸۹
شکل ۶-۴- منحنی عمومی رفتار غیرخطی لایه تقویت..... ۸۹
شکل ۶-۵- رفتار غیرخطی دیوار آجری براساس تغییرمکان نسبی..... ۹۳
شکل ۶-۶- وضعیت عمومی رفتار غیرخطی دیوار آجری براساس تغییرمکان نسبی..... ۹۳

فصل اول

مقدمات و ملزومات بهسازی لرزه‌ای

۱-۱- محدوده کاربرد

در این دستورالعمل روش ارزیابی باربری ساختمان‌های آجری متداول موجود بدون کلاف و دارای کلاف و راهکارهای بهسازی لرزه‌ای برای بهبود عملکرد آنها در هنگام زلزله تا رسیدن به سطح عملکرد مورد نظر ارائه شده است. ساختمان‌های آجری بدون کلاف عموماً به‌واسطه شکل نامناسب سازه‌ای، ضعف مصالح و اجرای نامناسب، در برابر زلزله مقاومت چندانی نداشته و فاقد عناصر مقاوم لرزه‌ای می‌باشند. ساختمانهای آجری دارای کلاف معمولا با رعایت ضوابط مهندسی ساخته می‌شوند و در اجرای آنها برخی اصول طراحی لرزه‌ای از جمله استفاده از عناصر مقاوم یا حداقل کلاف افقی، استفاده شده است. رفتار این قبیل ساختمان‌ها در برابر زلزله مناسب‌تر از ساختمانهای آجری بدون کلاف است. سقف این ساختمان‌های آجری ممکن است طاق ضربی، تیرچه بلوک، چوبی و غیره باشد.

حدود کاربرد این دستورالعمل ساختمان‌های آجری متداول کوتاه مرتبه با حد اکثر سه طبقه از روی تراز پایه می‌باشند. ساختمان‌های زیر مشمول ضوابط این دستورالعمل نمی باشند:

۱- ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد (براساس تعریف استاندارد ۲۸۰۰ ایران).

۲- ساختمان‌های مجاور گسل‌های فعال و محل‌هائی که احتمال شکست سطحی زمین هنگام زلزله وجود دارد.

۳- ساختمان‌هایی که خرابی آنها موجب از دست رفتن ثروت ملی می‌شود مطابق بند ب گروه ۲ ساختمان‌های با اهمیت زیاد در استاندارد ۲۸۰۰ ایران.
۴- ساختمان‌ها و تاسیسات صنعتی مطابق بند پ گروه ۲ ساختمانهای با اهمیت زیاد در استاندارد ۲۸۰۰ ایران.
۵- ساختمان‌های آسیب دیده پس از زلزله.

۱-۲- گروه‌بندی ساختمان‌ها

در این دستورالعمل، ساختمان‌ها از لحاظ کاربری و تعداد ساکنین در زمره ساختمانهای گروه سوم (با اهمیت متوسط) استاندارد ۲۸۰۰ ایران قرار می‌گیرند و شامل ساختمان‌های مسکونی یا مجتمع‌های مسکونی، اداری، تجاری و مسافرخانه‌ها و انبارها می‌باشد که هیچکدام بیش از سه طبقه نباشد.

۱-۳-هدف بهسازی

هدف بهسازی در این دستورالعمل متناظر با سطح عملکرد مورد نظر (طبق بند ۱-۴) تحت زلزله سطح خطر-۱ (طبق بند ۱-۵) است و شامل موارد زیر می‌باشد:

۱-۳-۱- بهسازی جزئی

در بهسازی جزئی انتظار می‌رود که سطح عملکرد آستانه فرو ریزش تحت زلزله سطح خطر-۱ تامین شود.

۱-۳-۲-بهسازی محدود

در بهسازی محدود باید سطح عملکرد ایمنی جانی محدود که پایین تر از بهسازی مبنا است تحت زلزله سطح خطر-۱ تامین شود.

۱-۳-۳-بهسازی مبنا

در بهسازی مبنا انتظار می‌رود که سطح عملکرد ایمنی جانی تحت زلزله سطح خطر-۱ تامین شود.

۱-۴- سطوح عملکردی

در این دستورالعمل سطح عملکردی بر مبنای عملکرد اجزای سازه‌ای، غیرسازه‌ای و کل ساختمان طبق بندهای (۱-۴-۳) تعریف می‌شود.

۱-۴-۱- سطوح عملکردی اعضای سازه‌ای

۱-۴-۱-۱- سطح عملکرد آستانه‌ی فروریزش

سطح عملکرد آستانه فروریزش به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که در اثر وقوع زلزله، امکان رخداد موارد زیر وجود داشته باشد:

الف- آسیب در اعضای سازه‌ای که بارهای قائم را تحمل می‌کنند متوسط تا زیاد باشد.

ب- سختی و مقاومت باقیمانده در اعضای سازه‌ای باربر جانبی ناچیز باشد.

ت- تعمیر اعضای سازه‌ای با این سطح عملکرد، عملی نبوده و قابلیت کاربری و استفاده از آنها زایل شده باشد.

۱-۴-۱-۲-سطح عملکرد ایمنی جانی محدود

سطح عملکرد ایمنی جانی محدود به سطح عمکردی اطلاق می‌شود که در اثر وقوع زلزله، در ساختمان امکان رخداد موارد زیر وجود داشته باشد:

الف- میزان خرابی در اعضای سازه‌ای به اندازه‌ای است که آسیب جانی حداقل باشد.

ب-ترکها و خرد شدگی‌ها در اعضای سازه‌ای باربر قائم متوسط باشد.

ت-سختی و مقاومت باقیمانده در اعضای سازه‌ای باربر جانبی با مقاوم‌سازی قابل بازگشت باشد.

۱-۴-۱-۳- سطح عملکرد ایمنی جانی

سطح عملکرد ایمنی جانی به سطحی از عمکرد اطلاق می‌شود که در اثر وقوع زلزله، در ساختمان موارد زیر رخ داده باشد:

الف- اعضای سازه‌ای آسیب جدی ندیده باشند.

ب- سختی جانبی و ظرفیت تحمل بارهای اضافی در اعضای سازه‌ای کاهش یافته باشد.

پ- ترک خوردگی و خرد شدگی موضعی در اعضای سازه‌ای ایجاد شده باشد.

ت-اعضای سازه‌ای باربر ظرفیت قابل توجهی برای مقاومت در برابر بارهای ثقلی و ظرفیت

نسبتا قابل قبولی در برابر بارهای جانبی داشته باشد.

۱-۴-۲- سطوح عملکرد اعضای غیرسازه‌ای

در این دستورالعمل عملکرد اعضای غیرسازه‌ای ساختمان شامل دو سطح عملکردی به شرح زیر است:

۱- ایمنی جانی

۲- لحاظ نشده

هریک از این سطوح عملکردی در بندهای ۱-۴-۲-۱ و ۱-۴-۲-۲- تعریف شده و برای تامین آن‌ها می‌توان به "دستورالعمل مقاوم سازی اجزای غیرسازه‌ای" رجوع نمود.

۱-۴-۲-۱-سطح عملکرد ایمنی جانی

در سطح عملکرد ایمنی جانی خرابی اعضای غیرسازه‌ای در اثر زلزله خطرجدی برای جان ساکنین نداشته باشد.

۱-۴-۲-۲-سطح عملکرد لحاظ نشده

چنانچه برای اعضای غیرسازه‌ای سطح عملکرد خاصی درنظر گرفته نشده باشد، سطح عملکرد لحاظ نشده نامیده می‌شود.

۱-۴-۳- سطوح عملکرد کل ساختمان

سطح عملکرد کل ساختمان بر حسب سطح عملکرد اعضای سازه‌ای (مطابق بند ۱-۴-۱) و اعضای غیرسازه‌ای (مطابق بند ۱-۴-۲) تعریف می‌شود. سطوح عملکرد ساختمان که در بهسازی جزئی، محدود و مبنا بکار می‌روند، متناسب با یکی از بندهای (۱-۴-۱-۱)، (۱-۴-۱-۲) و (۱-۴-۱-۳) تعریف می‌شود.

۱-۴-۳-۱- سطح عملکرد آستانه ی فروریزش

ساختمان هنگامی دارای سطح عملکرد آستانه فروریزش است که اعضای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد آستانه فرو ریزش باشند به نحوی که در اثر وقوع زلزله، در ساختمان امکان رخداد موارد زیر وجود داشته باشد. در این حالت سطح عملکرد اعضای غیرسازه‌ای لحاظ نشده می‌باشد.

الف- خرابی گسترده درساختمان ایجاد شود ولی فرونریزد.

ب-تلفات جانی به حداقل برسد.
پ-به کل ساختمان آسیب شدید وارد شود.
ت-ساختمان سقوط کلی نکرده باشد ولی وارد شدن به آن مجاز نباشد.

بنابراین برای تعیین حدآستانه فروریزش بر روی منحنی ظرفیت ساختمان، فرض بر این است که ساختمان سقوط نکرده و به طور کامل تخریب نمی‌شود و برش پایه آن حـدود ۳۰ تا ۳۵ درصد کاهش می‌یابد.

۱-۴-۳-۲- سطح عملکرد ایمنی جانی محدود

ساختمان هنگامی دارای سطح عملکرد ایمنی جانی محدود است که اعضای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد ایمنی جانی محدود باشند به نحوی که در اثر وقوع زلزله، در ساختمان امکان رخداد موارد زیر وجود داشته باشد. در این حالت سطح عملکرد اعضای غیرسازه‌ای لحاظ نشده می‌باشد.

الف- خرابی در ساختمان قابل توجه باشد.
ب- میزان خرابی‌ها به اندازه‌ای است که آسیب جانی حداقل باشد.
پ- داخل شدن به ساختمان با احتیاط امکان پذیر بوده و تعمیر آن ممکن باشد.

۱-۴-۳-۳- سطح عملکرد ایمنی جانی

ساختمان هنگامی دارای سطح عملکرد ایمنی جانی است که اعضای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد ایمنی جانی باشند به نحوی که در اثر وقوع زلزله، در ساختمان امکان رخداد موارد زیر وجود داشته باشد. در این حالت سطح عملکرد اعضای غیرسازه‌ای ایمنی جانی می‌باشد. در این سطح عملکرد خرابی در ساختمان در حد متوسط بوده و تا سقوط ساختمان هنوز حاشیه‌های مقاومتی باقی می‌ماند.

۱-۵-سطح خطر زلزله

۱-۵-۱- سطح خطر۱

سطح خطر زلزله برای ساختمانهای مورد نظر این دستورالعمل، سطح خطر۱ بوده که براساس ۱۰٪ احتمال رویداد در ۵۰ سال (معادل زلزله‌ای با دوره بازگشت ۴۷۵ سال) تعیین می‌شود. چنین زلزله‌ای بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران، زلزله طرح (Design Base

Earthquake) معرفی شده است. برای طیف شتاب مربوط به این زلزله باید به استاندارد ۲۸۰۰ مراجعه شود.

۱-۶- معیارهای پذیرش

پس از ارزیابی ساختمان در برابر بارهای ثقلی و بارهای جانبی ناشی از زلزله، عملکرد اعضا و یا ساختمان با معیارهای پذیرش سنجیده می‌شوند. معیارهای پذیرش در این دستورالعمل، برای سطوح عملکردی سه گانه آستانه فروریزش، ایمنی جانی محدود و ایمنی جانی منظور می‌شود.

۱-۶-۱- ظرفیت باربری ثقلی

کلیه اعضای سازه‌ای ساختمان‌های موجود باید دارای ظرفیت کافی برای تحمل بارهای ثقلی بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان باشند.

۱-۶-۲- ضریب اصلاح بار

نیروهای جانبی برای کنترل مقاومت در اعضا باید برای عمر مفید کاهش یافته ساختمان محاسبه شود. ضریب عمر مفید کاهش یافته برای ساختمان مندرج در این دستورالعمل برابر ۰/۶۷در نظر گرفته می‌شود که این ضریب باید در نیروی جانبی، برش پایه، محاسبه شده بر اساس این دستورالعمل ضرب شود.

۱-۷- روش‌های ارزیابی ساختمان‌های آجری

برای بهسازی لرزه‌ای، ابتدا باید ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان انجام و نواقص آن مشخص شود. سپس با استفاده از روشهای بهسازی این نواقص برطرف شده و مجددا (با در نظر گرفتن طرح‌های پیش‌بینی شده برای بهسازی) برای تأئید نهایی ارزیابی‌گردد. ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های آجری در این دستورالعمل به سه روش قابل انجام است که محدوده کاربرد هر یک در بند ۲-۱ این دستورالعمل ارائه شده است.

۱-۷-۱- روش ارزیابی کیفی با هدف بهسازی جزئی

روش ارزیابی کیفی برای هدف بهسازی جزئی بکار برده می‌شود. این روش باید با توجه به شاخص خسارت کل ساختمان در حداقل زمان با هزینه کم انجام شود و میزان آسیب-

پذیری ساختمان را تعیین کند. این روش برای این هدف بهسازی لازم و برای سایر هدف‌های بهسازی اختیاری است. مراحل ارزیابی کیفی شامل موارد زیر است:

۱- اطلاعات اولیه و مشخصات فنی ساختمان

۲- محل استقرار ساختمان از نظر ساختگاه و پهنه بندی خطر زلزله

۳- بررسی مقررات و ضوابط بکار رفته هنگام ساخت

۴- برآورد تقریبی از مقاومت ساختمان موجود در برابر بارهای ثقلی و جانبی

۵- گردآوری مشخصات اقتصادی و اجتماعی ساختمان و منطقه

۶- تعیین شاخص خسارت کلی ساختمان (ترکیب سه شاخص خسارت ساختگاهی، سازه‌ای و ساخت)

با توجه به جمع‌بندی مطالب گردآوری شده باید ضمن مشاوره با کارفرما و یا مالک در خصوص نیاز ساختمان به بهسازی و یا تخریب آن، تصمیم‌لازم اتخاذ شود.

این روش با استفاده از سه شاخص خسارت و میزان آسیب پذیری ساختمان بکاربرده می‌شود.

این شاخص‌ها عبارتند از:

الف- شاخص‌خسارت ساختگاهی، که بر اساس وضعیت ساختگاه و نوع خاک زمین تعیین می‌شود.

ب-شاخص‌خسارت سازه‌ای، که بر اساس اجزای سازه‌ای و کیفیت آنها تعیین می‌گردد.

پ- شاخص‌خسارت کیفیت ساخت که بر اساس نوع کاربری، عمر ساختمان و سایر عوامل مشابه تعیین می‌شود.

۱-۷-۲- روش‌های ارزیابی کمی

روش ارزیابی‌کمی که بر مبنای مقاومت است، باید برای اهداف بهسازی محدود و مبنا بکار رود. این روش نسبت به ارزیابی کیفی از جزییات بیشتری برخوردار است اما کماکان مهندس محاسب را قادر می‌سازد با انجام محاسبات در مورد آسیب‌پذیری و یا مناسب بودن سازه تصمیم‌گیری کند. ارزیابی ساختمان باید براساس ضوابط فصل چهارم این دستورالعمل انجام شود.

۱-۷-۳-اطلاعات وضعیت موجود ساختمان

اطلاعات وضعیت موجود ساختمان شامل مواردی مانند؛ پیکربندی، اعضا، اتصالات، تعیین

ضعفهای موجود، نامنظمی‌ها، اطلاعات ساختگاه، شالوده (مشخصات پی و مسائل ژئوتکنیکی)، مشخصات مصالح و تعیین ضریب آگاهی می‌باشد.

۱-۷-۴-ضریب آگاهی

ظرفیت مقاومت اجزای ساختمان موجود باید بر اساس میزان مقاومت اسمی اجزای بکار رفته در ساختمان تعیین گردد. مقاومت اسمی مصالح بهترین مشخصه مقاومت واقعی اجزا و تنها راه بدست آوردن مقدار آن انجام آزمایش، در آزمایشگاه یا محل است. برای تعیین مقاومت می‌توان از مقاومت اسمی مصالح یا مقادیر پیشنهادی در فصل دوم این دستورالعمل استفاده کرد. همچنین می‌توان مقادیر مقاومت را از مدارک اولیه و یا در صورت موجود بودن نقشه‌های اجرایی (چون ساخت) ساختمان نیز بدست آورد. در هر صورت، مقادیر مقاومت بدلیل عدم اطمینان به اطلاعات موجود و اعمال وضعیت و شرایط کنونی ساختمان، لازم است در ضریب اصلاح مقاومت مطابق جدول(۱-۱) ضرب شود. در صورتیکه شرایط کنونی ساختمان مابین هر یک از بندهای جدول ۱-۱ قرار گیرد، می‌توان مقدار k را با درون یابی خطی بدست آورد.

جدول ۱-۱- ضریب آگاهی بر اساس میزان اطلاعات فنی ساختمان

ردیف	مشخصات ساختمان	ضریب آگاهی k
۱	مدارک اجرای اولیه، نحوه فعالیت‌های پس از ساخت موجود است و آزمایش‌های مصالح انجام شده است.	۱/۰
۲	مدارک مانند ردیف (۱) موجود است و تنها مقادیر اختصاص یافته مقاومت اولیه مشخص نیست	۰/۹۰
۳	مدارک مانند ردیف (۱) موجود است و تنها مقادیر اختصاص یافته مقاومت اولیه مشخص نیست و زوال کمی از شرایط اولیه ساختمان مشاهده می‌شود.	۰/۸۰
۴	مدارک ناقص ولی قابل استفاده از شرایط اجرای اولیه و مقادیر اولیه مقاومت مصالح نیز در دسترس است.	۰/۷۰
۵	مدارکی مانند ردیف (۴) موجود است بازرسی‌های‌اولیه، مشخصات مصالح سازه‌ای و آزمایش‌های مصالح، پراکندگی زیادی را نشان می‌دهد.	۰/۶۰
۶	اطلاعات بسیار محدودی از وضعیت اعضای سازه‌ای در اختیار است.	۰/۵۰

۱-۸- بهسازی لرزه‌ای ساختمان

۱-۸-۱-طرح اولیه

بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی و بررسی آسیب پذیری ساختمان، باید گزینه‌های مناسبی را با استفاده از راهکارهای ارائه شده در فصل پنجم این دستورالعمل برای طرح اولیه در نظر گرفت.

۱-۸-۲-طرح نهائی

بر اساس معیارهای ارائه شده در این دستورالعمل باید از بین گزینه‌های اولیه یکی به عنوان گزینه منتخب ارزیابی و کنترل شود. در صورتیکه گزینه منتخب مناسب نباشد و با اصلاحات جزئی و کلی معیارهای پذیرش را تامین نکند، باید گزینه دیگری انتخاب و ارزیابی و کنترل شود.

۱-۸-۳-جزئیات اجرائی طرح

اجرای طرح بهسازی ممکن است جزئیات ویژه‌ای را طلب کند، لازم است این جزئیات از نظر شیوه اجرا در عملیات بهسازی با توجه به وضعیت ساختمان، ارائه شود. پس از تعیین شیوه اجرائی مناسب، باید مراحل اجرای طرح تهیه شود. برای حفظ مدارک و اسناد مربوط به اقدامات انجام شده باید از ابتدای بهسازی شناسنامه فنی ساختمان که شامل وضع موجود، میزان آسیب‌پذیری و عملیات بهسازی لرزه‌ای است، ثبت شود.

فصل دوم

مشخصات مصالح و آزمایش‌ها

۲-۱- مشخصات مصالح

مشخصات مصالح و اجزای به کار رفته در ساختمان موجود متناسب با هریک از اهداف بهسازی مطابق ضوابط این دستورالعمل تعیین می‌شود. با ضرب کرانه پایین مشخصات مصالح در ضرایب مندرج در جدول (۲-۱)، مشخصات مورد انتظار مصالح به دست می‌آید.

جدول۲-۱-ضرایب تبدیل کران پایین مشخصات مصالح به مشخصات مورد انتظار

مشخصات مصالح	ضریب تبدیل
مقاومت فشاری	۱/۳
مقاومت کششی	۱/۳
مقاومت برشی	۱/۳
مدول ارتجاعی در فشار	۱/۳

۲-۲- مشخصات مصالح برای بهسازی جزئی

مشخصات مصالح به کار رفته در ساختمان آجری برای هدف بهسازی جزئی براساس مشخصات ظاهری آجر و ملات به منظور ارزیابی کیفی ساختمان به شرح زیر تعیین می-گردد.

۲-۲-۱- آجر

آجرها باید شرایط زیر را دارا باشند:

۱- آجرها باید سالم، بدون شکستگی و فاقد ترک‌خوردگی بوده و از نظر ظاهری از کیفیت مطلوبی برخوردار باشند.

۲- در صورت مشاهده خرابی، وسعت و علت خرابی و اثرات این خرابی بر عناصر لرزه بر تشخیص داده شود.

۳- وضعیت عناصر لرزه بر باید با منظور نمودن میزان خرابی‌ها و اثرات آن بر ظرفیت آن عناصر در نظر گرفته شود.

۲-۲-۲- ملات

دیوارهایی که با ملات گل ساخته شده باشند در مقابل نیروهای ناشی از زلزله بسیار ضعیف بوده و معمولاً مقاومت برشی آنها به مرور زمان و تاثیر شرایط جوی نظیر رطوبت و فرسایش به صفر می‌رسد.

ملات‌ها باید شرایط زیر را دارا باشند:

۱- ملات دیوارها نباید بسادگی با دست یا میله فلزی از روی دیوار تراشیده شود.

۲- ملات‌های فرسوده نباید وجود داشته و در صورت موجود بودن، وسعت و گستردگی آن باید کاملاً روشن شود.

۳- دیوارهای با ملات ضعیف نمی توانند به عنوان عناصر لرزه بر ساختمان در نظر گرفته شوند.

۴- ساختمان‌های قدیمی ممکن است با ملات گل-آهک و یا گل ساخته شده و مورد بازسازی سطحی قرار گرفته باشند. در اینصورت برای تشخیص وضعیت ملات داخل دیوار، باید یکی از دو اقدام زیر انجام شود:

الف- با کوبیدن میخ و فرو رفتن آسان آن در درز ملات دیوار مشخص می‌شود که ملات داخل ضعیف است. و اگر میخ با وجود ضربه‌های متوالی به داخل دیوار فرو نرود، مشخص می‌شود که ملات داخل دیوار مناسب است.

ب- ملات بند کشی بازسازی را از دیوار جدا کرده تا ملات قدیمی رویت و بررسی شود. در برخی شرایط ممکن است ملات قدیمی در پشت روسازی خارجی دیوار یا پشت وسایل متصل به دیوار، که امکان بازسازی ملات مشکل بوده است، مشاهده شود.

ملات‌هایی که فرسوده بوده و یا بسادگی تراشیده می‌شوند، دارای مقاومت برشی اندک بوده و موجب کاهش مقاومت دیوار می‌شوند. دیوارهای ساخته شده با این‌گونه ملات‌ها در تعیین مقدار دیوار مقاوم در برابر نیروی جانبی ناشی از زلزله به حساب نمی‌آیند.

۲-۲-۳- واحد آجرکاری

مقاومت فشاری واحدآجرکاری به عوامل زیر بستگی دارد:

- مقاومت فشاری و ابعاد آجر: اگر مقاومت آجر افزایش یابد، مقاومت فشاری واحدآجرکاری نیز زیاد می‌شود.
- مقاومت فشاری ملات: هرچه مقاومت فشاری ملات مصرفی افزایش یابد، مقاومت آجرکاری نیز افزایش می‌یابد.
- ضخامت ملات: با افزایش ضخامت ملات مقاومت فشاری آجرکاری کاهش می‌یابد.
- چسبندگی ملات به آجر
- کیفیت اجرا

مقاومت فشاری منشور واحدآجرکاری معمولا در محدوده ۴ تا ۱۲ مگاپاسکال متغیر است. برای هدف بهسازی جزئی، کرانه پایین مقاومت فشاری واحدآجرکاری را می‌توان از جدول (۲-۴) اختیار کرد.

۲-۳- مشخصات مصالح برای بهسازی محدود

مشخصات مصالح به کار رفته در ساختمان آجری برای هدف بهسازی محدود به شرح زیر تعیین می‌گردد.

۱- کلیه موارد مربوط به مصالح به کار رفته در ساختمان آجری برای هدف بهسازی جزئی رعایت شود.

۲- مشخصات اسمی مصالح را از جدول‌های (۲-۲) تا (۲-۱۱) اختیار کرده و به عنوان کرانه پایین مشخصات مصالح در ضرایب مندرج در جدول (۲-۱) ضرب کرده تا مشخصات مورد انتظار به دست آید.

۳- در صورت موجود بودن اسناد و مدارک فنی ساختمان، مشخصات اسمی مصالح را برابر با مقادیر عنوان شده در آنها به عنوان کرانه پایین مشخصات مصالح اختیار کرده و با ضرب آنها در ضرایب مندرج در جدول (۲-۱)، مشخصات مورد انتظار مصالح به دست

می‌آید.

۲-۳-۱-آجر

مشخصات آجر استفاده شده درساختمان موجود را می‌توان برمبنای مقادیر ارائه شده در جدول‌های (۲-۲) به عنوان مشخصات کرانه پایین در نظر گرفت.
با در اختیار داشتن مقاومت فشاری آجر مـی‌تـوان مقاومـت کششـی آنـرا از رابطـه (۲-۱) بدست آورد. واحد همه کمیت‌ها مگاپاسکال است.

$$f_{tb} = ۰/۰۳۸\, f_b \qquad (۱-۲)$$

مدول ارتجاعی آجر تقریباً بین ۴۰۰ تا ۶۵۰ برابر مقاومت فشاری آن تخمین زده می‌شود.
از رابطه (۲-۲) می‌توان مدول ارتجاعی را برمبنای مقاومت فشاری (برحسـب مگاپاسـکال) بدست آورد.

$$\mathrm{E_b} = ۵۰۰\, f_b \qquad (۲-۲)$$

چنانچه اسناد و مدارک فنی مربوط به ویژگی‌های آجر بکار رفته در ساختمان در اختیار باشد، می‌توان از جدول (۲-۲) برای تعیین فشاری آجر استفاده کرد. در صورت در اختیار نداشتن اسناد و مدارک فنی مربوط به ویژگی‌های آجر می‌توان مقاومت فشاری آنرا برابر با ۸/۵ مگاپاسکال در نظر گرفت.

۲-۳-۲-ملات

ملات دیوارهای آجری باید مطابق یکی از شرایط زیر شناسایی شود.
ملات نامناسب (ضعیف): اگر ملات‌ها و یا آجرهای دیوار آسیب دیده باشند و ترک خوردگی قابل توجه در فرآیند ارزیابی مشاهده شود ملات دیوار در دسته نامناسب (ضعیف) قرار می‌گیرد.
ملات مناسب (متوسط): اگر ملات‌ها و یا آجرهای دیوار سلامت و بدون آسیب باشند و ترک خوردگی ریز و اندک در فرآیند ارزیابی مشاهده شود ملات دیوار در دسته مناسب قرار می‌گیرد.
ملات خوب: اگر ملات‌ها و یا آجرهای دیوار سلامت و بدون آسیب باشند و هیچگونه ترک خوردگی در فرآیند ارزیابی مشاهده نشود ملات دیوار در دسته خوب قرار می‌گیرد.
ملات خیلی خوب(قوی): اگر ملات‌ها و یا آجرهای دیوار سلامت و بدون آسیب باشند و مقاومت فشاری آن بیش از ۱۵ مگاپاسکال با آزمایش تعیین شده باشد، یا در اسناد و

مدارک فنی موجود باشد، مقاومت کششی و خمشی مورد انتظار آنرا می‌توان به ترتیب برابر با ۰/۸ و ۲/۵ مگاپاسکال در نظر گرفت.

جدول ۲-۲- ویژگی‌های مختلف انواع آجر مطابق استاندارد شماره ۷ ایران

ابعاد (میلیمتر)	آجر مهندسی مرغوب								
	درجه۳ و آجر نمای درجه ۱ و ۲						آجر معمولی	
	درجه ۱و۲	آجر نمای ۵۰ میلیمتری			آجر نمای ۲۰ میلیمتری		آجر نمای ۳۰ میلیمتری		ماشینی و نیم ماشینی	دستی و فشاری
		ماشینی	برشی	دستی	ماشینی	دستی	ماشینی	دستی		
طول	۲± ۲۲۰	۲± ۲۲۰	۲۲۰±۳	۲۱۰±۳	۲± ۲۲۰	۲۱۰±۳	۲۲۰±۲	۲۱۰±۳	۲۰۰±۳	۲۱۰±۵
عرض	۱± ۱۰۵	۱± ۱۰۵	۱/۵± ۱۰۵	۱/۵± ۱۰۰	۱± ۱۰۵	۱/۵± ۱۰۰	۱±۱۰۵	۱/۵± ۱۰۰	۱/۵± ۱۰۵	۲/۵± ۱۰۰
ارتفاع	۱±۵۵	۱±۵۵	۱/۵±۵۵	۱/۵±۵۵	۱±۴۰	۱±۴۰	۱±۳۰	۱±۳۰	۱/۵±۵۵	۲±۵۵

سایر ویژگی‌های انواع آجر			آجر مهندسی مرغوب			آجر نما		آجر معمولی
			درجه ۱	درجه ۲	درجه ۳	درجه ۱	درجه ۲	
حداقل مقاومت فشاری(MPa)			۳۵	۲۵	۱۵	۱۲	۱۰	۶
حداکثر جذب آب (درصد وزنی)			۱۵	۱۶	۱۸	۲۰	۲۳	-
شوره زدگی (حداکثر)			کم	کم	کم	کم	متوسط	متوسط
یخ زدگی درصد افت وزنی (حداکثر) ۵۰ دوره			-	-	۳	-	۳	-
حداکثر تابیدگی (میلیمتر)	سطح متوسط	تحدب	۱	۲	۲	۲	۵	-
		تقعر	۱	۲	۲	۲	۵	-
	بزرگترین سطح	تحدب	۰/۵	۱	۱	۱	۲	-
		تقعر	۰/۵	۱	۱	۱	۲	-

برای بهسازی جزئی و محدود مشخصات کرانه پایین ملات را می‌توان از جدول ۲-۳ اختیار کرد.

جدول ۲-۳- مشخصات اختیاری کرانه پایین ملات

مقاومت (مگاپاسکال)	شرایط ملات		
	خوب	مناسب (متوسط)	نامناسب (ضعیف)
فشاری	۱۲/۵	۷	۴
برشی	۰/۲	۰/۱۵	-
کششی	۰/۳	۰/۲	-
خمشی	۲/۰	۱/۰	-

۲-۳-۳-واحدآجرکاری

الف-مقاومت فشاری واحدآجر کاری

کرانه پایین مقاومت فشاری منشور واحدآجرکاری را می‌توان از جدول (۲-۴) اختیار کرد.

جدول ۲-۴- برخی از مقاومت‌های فشاری منشور آجرکاری بر مبنای مقاومت فشاری آجر

مقاومت f_b فشاری آجر (MPa)	مقاومت فشاری واحدآجرکاری f'_m (MPa)	
	ملات نوع قوی یا خیلی قوی (MPa)۱۲ تا ۱۷/۵	ملات نوع متوسط (MPa)۴/۵ تا ۸
۱۰/۰	۳/۷ تا ۴/۱	۲/۷ تا ۳/۳۰
۹/۰	۳/۵ تا ۳/۸	۲/۶ تا ۳/۱۳
۸/۰	۳/۳ تا ۳/۶	۲/۵ تا ۲/۹۶
۷/۵	۳/۲ تا ۳/۴	۲/۴ تا ۲/۸۷
۷/۰	۳/۱ تا ۳/۳	۲/۳ تا ۲/۷۷
۶/۵	۲/۹ تا ۳/۲	۲/۳ تا ۲/۶۶
۶/۰	۲/۸ تا ۳/۰	۲/۲ تا ۲/۵۵
۵/۵	۲/۷ تا ۲/۸	۲/۱ تا ۲/۴۴
۵/۰	۲/۵ تا ۲/۷	۲/۰ تا ۲/۳۰

در صورتی که مقاومت فشاری آجر (f_b) و مقاومت فشاری ملات (f_g) در اختیار باشد، مقاومت فشاری مورد انتظار واحدآجرکاری را می‌توان از رابطه (۲-۳) به دست آورد:

$$f'_m = f_b \left(\frac{۱۰۰+f_b}{۱۲۵+۳f_b}\right)\left[۱ - \frac{۰/۲}{۰/۳+(f_g/۲f_b)}\right]\omega \qquad (۳-۲)$$

در این رابطه ضریب ω بستگی به نسبت مقاومت فشاری آجر داشته و اگر $f_g \geq ۰/۰۴f_b$ باشد، ω=۱ در نظر گرفته می‌شود. اگر $f_g < ۰/۰۴f_b$ باشد، مقدار ω از رابطه (۲-۴) محاسبه می‌گردد:

$$\omega = \frac{۰/۷۵f_b+۲/۲۵f_g}{f_b+۲f_g} \qquad (۴-۲)$$

ب-مقاومت کششی واحدآجرکاری

مقاومت کششی واحدآجرکاری وابسته به مقاومت کششی و مقاومت چسبندگی ملات و آجر است. برای تعیین کرانه پایین مقاومت کششی واحدآجرکاری می‌توان از مقادیر جدول (۲-۵) استفاده کرد.

جدول ۲-۵- کرانه پایین مقامت کششی واحدآجرکاری (MPa)

	شرایط ملات		
نوع منشور آجری	خیلی خوب و خوب	مناسب (متوسط)	نامناسب (ضعیف)
منشور خمشی (f_{tm})	۰/۱۴	۰/۰۷	-
نمونه قطری (f_{dm})	۰/۸	۰/۴	-

پ-مقاومت برشی واحدآجرکاری

اگر مقاومت فشاری واحدآجرکاری بیش از مقاومت فشاری ملات باشد، مقاومت برشی واحد آجرکاری به مقاومت فشاری آن وابسته نیست و فقط به مقاومت ملات، تنش عمودی وارده بر سطح برش و زبری و تمیزی سطح تماس آجر با ملات بستگی دارد.

اگر نتایج آزمایش در اختیار نباشد، کرانه پایین مقاومت برشی واحد آجرکاری بر مبنای تنش نرمال، تنش چسبندگی و ضریب اصطکاک از رابطه (۲-۵) تعیین می‌شود. در این حالت مقدار تنش چسبندگی (c) از جدول (۲-۶) و ضریب اصطکاک داخلی واحدآجرکاری (μ) برابر با ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود.

$$f'_{mv} = \mu\frac{P_D}{A_n} + c \qquad (۵-۲)$$

که در آن:

f_{tb}، مقاومت کششی آجر (Mpa)

P_D، بارثقلی در محل آزمایش ناشی از بارهای موجود مرده و زنده بر روی دیوار مورد نظر(kN)

A_n، سطح مقطع خالص دیوار دارای ملات (mm^2)

c، مقاومت چسبندگی برشی برحسب مگاپاسکال

جدول ۲-۶- مقادیر پیش فرض کرانه پایین مقاومت چسبندگی ملات(MPa)

	شرایط ملات		
تنش چسبندگی	خوب	مناسب (متوسط)	نامناسب (ضعیف)
c	۰/۲	۰/۱	-

برای تعیین مقاومت برشی مورد انتظار واحد آجرکاری از رابطه ۲-۵ استفاده می‌شود که در این حالت مقدار تنش چسبندگی (c) از روابط (۲-۶) و (۲-۷) محاسبه می‌شوند و باید ضریب اصطکاک داخلی واحدآجرکاری (μ) برابر با ۰/۷۵ در نظر گرفته شود.

اگر مقاومت فشاری ملات (f_g) کمتر یا مساوی ۵ مگاپاسکال باشد، مقدار (c) از رابطه (۲-۶) محاسبه شود:

$$c = \frac{۰/۵}{۱+\frac{۲۵}{۱+۲۵/f_g}} \qquad (۶-۲)$$

اگر مقاومت فشاری ملات (f_g) بیشتر از ۵ مگاپاسکال باشد، مقدار (c) از رابطه (۲-۷) محاسبه شود:

$$c = \frac{۰/۷۲}{۱+\frac{۵۰}{۱+۰/۷/f_g}} \qquad (۷-۲)$$

ت-مدول ارتجاعی واحدآجرکاری

اگر نتایج آزمایش در اختیار نباشد مقدار مدول ارتجاعی واحدآجرکاری را می‌توان از رابطه (۲-۸) برحسب مگاپاسکال بدست آورد.

$$E_m=(۵۵۰)f'_m \qquad (۸-۲)$$

برای تسریع در ارزیابی می‌توان مقدار مدول ارتجاعی را برابر با ۱۳۷۰مگاپاسکال و مدول برشی را برابر با۵۵۰ مگاپاسکال در نظر گرفت.

۲-۴- مشخصات مصالح برای بهسازی مبنا

مشخصات مصالح به کار رفته در ساختمان آجری برای هدف بهسازی مبنا به شرح زیر تعیین می‌گردد.

۱- کلیه مراحل مربوط به بهسازی جزئی و محدود انجام شود.

۲- در صورت موجود بودن اسناد و مدارک فنی ساختمان، می‌توان مشخصات مصالح را برابر با مقادیرکرانه پایین مشخصات مصالح در نظر گرفت. مشخصات مورد انتظار از حاصلضرب مقادیر کرانه پایین مشخصات مصالح در ضرایب مندرج در جدول (۲-۱) به دست آید.

۳- مشخصات کرانه پایین مصالح برابر با متوسط مقادیر منهای انحراف معیار به دست آمده از آزمایش(در صورت لزوم) تعیین شود.

۴- مشخصات مورد انتظار مصالح برابر با متوسط مقادیر به دست آمده از آزمایش (در صورت لزوم) منظور شود.

۲-۴-۱- روش‌های آزمایش

۲-۴-۱-۱-آجر

آزمایش آجرها با در نظر گرفتن موارد زیر انجام شود.

۱- استخراج حداقل سه نمونه آجر برای هر طبقه در قسمت‌های مشکوک به ضعف به نحوی که هیچگونه آسیبی به آنها وارد نشود.

۲- انجام آزمایش فشاری مطابق استاندارد شماره ۷ ایران برای تعیین مقاومت فشاری آجر.

۲-۴-۱-۲-ملات

مهمترین مشخصه مکانیکی ملات دیوارهای آجری که بارهای ثقلی و بارهای ناشی از زلزله را تحمل می‌نمایند، ظرفیت برشی آن می‌باشد، که با در نظر گرفتن موارد زیر تعیین می‌گردد.

۲-۴-۱-۲-۱- تعداد و محل آزمایش برشی ملات

شرایط آزمایش‌های برشی ملات باید در نقاطی که بیانگر وضعیت ملات در کل ساختمان باشد صورت پذیرد و محل و موقعیت آزمایش توسط مسئول طرح بهسازی مشخص شود و نتایج کلیه آزمایش‌ها و محل‌های مربوط به آنها ثبت شود.

تعداد حداقل آزمایش‌ها برابر بیشترین مقادیر زیر خواهد بود:

۱- انجام یک آزمایش در هر یک از جهت‌های اصلی در هر طبقه

۲- انجام چهار آزمایش در کل ساختمان

۳- انجام یک آزمایش در هر ۴۵۰ متر مربع سطح دیوار

در انتخاب محل آزمایش‌ها باید مسائلی از قبیل امکان کار در ارتفاع‌های مختلف، فرسایش در اثر هوازدگی در سطوح خارجی، شرایط سطوح داخلی و آثار ناشی از رطوبت یا مواد دیگر داخل ساختمان مد نظر قرار گیرد، به نحوی که آزمایش‌های انجام گرفته بیانگر وضعیت قابل قبول اغلب دیوارهای ساختمان باشد.

۲-۴-۱-۲-۲- تنش برشی ملات

برای تعیین کرانه پایین مقاومت برشی ملات لازم است که رج خارجی دیوار تحت آزمایش برشی قرار گیرد. برای انجام این آزمایش، باید آجرهای دو طرف یک آجر دلخواه را بدون وارد آوردن آسیب برداشت و جای خالی آنها را به خوبی تمیز کرد. جابجایی یک آجر نسبت به آجرهای بالا و پایین با اعمال نیروی مورد نیاز (V_{test})، اندازه گیری می‌شود. با استفاده از رابطه (۲-۹)، تنش برشی ملات بدست می‌آید. تنش برشی بر اساس دو سطح آجر در درزهای افقی و در اولین حرکت آجر محاسبه می‌شود. برای محاسبه تنش برشی، باید تنش ناشی از بار ثقلی در محل آزمایش از نتیجه آزمایش کسرشود.

$$v_{to} = \frac{v_{test}}{A_b} - \frac{P_D}{A_n} \qquad (۹-۲)$$

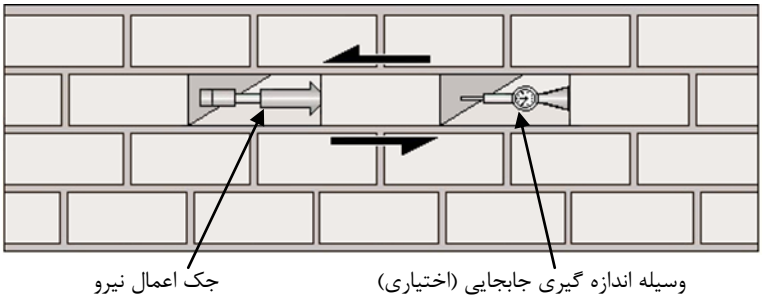
که در آن P_D و A_n قبلا در رابطه ۲-۵ تعریف شده اند،

v_{to}، تنش برشی ملات

v_{test} ، نیرو در اولین جابجایی مشاهده شده

A_b ، مجموع دو سطح آجر در درزهای افقی بالا و پائین

در آجرهای سوراخ دار، A_b باید بر اساس سطح مقطع خالص محاسبه گردد.



شکل ۲-۱- نحوه انجام آزمایش برشی ملات

تنش برشی ملات، برابر با متوسط مقادیر (v_{gv}) خواهد بود.
دیوارهایی که تنش برشی ملات آنها کمتر از ۰/۱ مگاپاسکال باشد آسیب پذیر هستند، و در محاسبه مقاومت ساختمان مقاوم سازی شده نباید منظور شوند.

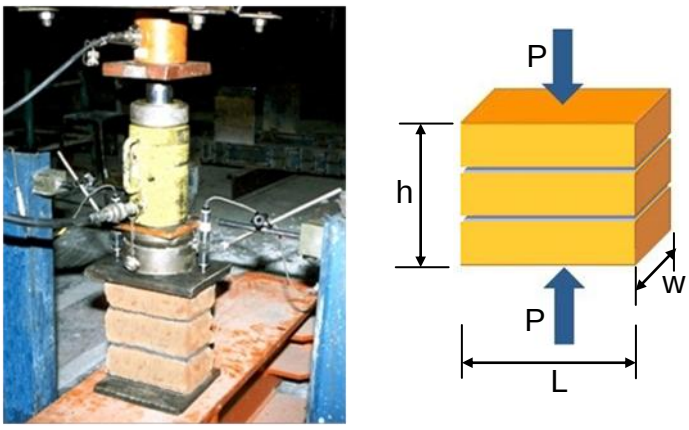
۲-۴-۱-۳-واحدآجرکاری

۲-۴-۱-۳-۱- مقاومت فشاری واحدآجرکاری

کرانه پایین مقاومت فشاری منشور واحدآجرکاری با استفاده از سه روش تعیین می‌شود.
الف- استفاده از نتایج آزمایش آجر و ملات
با در دست داشتن مقاومت آجر و ملات و بکارگیری روابط (۲-۳) تا (۲-۸) می‌توان سایر مشخصات کرانه پایین واحد آجرکاری را بدست آورد.
ب- روش آزمایش منشور در آزمایشگاه
آزمایش مقاومت فشاری واحد آجرکاری، بر روی نمونه منشوری است که از دیوار بیرون کشیده می‌شود. و براساس استانداردهای مورد قبول تحت فشار افزاینده یکنواخت قرار داده می‌شود تا به حداکثر مقاومت برسد. آزمایش نمونه منشوری واحد آجرکاری باید با شرایط زیر انجام شود:
۱- استخراج حداقل یک نمونه منشوری در هر طبقه از دیوار آجری مشکوک به ضعف یا آسیب دیدگی با مشخصات زیر:
الف- حداقل ۴۰ سانتیمتر ارتفاع
ب- نسبت ارتفاع به ضخامت آن مساوی یا بیشتر از ۲
ج- حداقل دارای سه ردیف آجر
۲- حمل و نقل، آماده‌سازی منشورها باید مطابق استاندارد شماره ۷ ایران باشد.

۳- انجام آزمایش فشاری مطابق استاندارد شماره ۷ ایران برای تعیین مقاومت فشاری واحدآجرکاری

مقاومت فشاری منشورها باید بر طبق استاندارد "تعیین مقاومت فشاری واحد بنایی" محاسبه شود. سطح مقطع عرضی خالص منشورها باید براساس مساحت خالص لایه ملات باشد. در شکل (۲-۲) سامانه برپایی آزمایش نشان داده شده است.



شکل ۲-۲- نحوه انجام آزمایش منشور آجری در آزمایشگاه

پ-روش درجا

این روش برای تعیین مقاومت فشاری ثقلی (نرمال) دیوار آجری بکار برده می‌شود. برای این منظور در یک تراز و یک محل مشخص و با استفاده از کولیس– ورنیه اندازه آجر و ضخامت ملات یاداشت می‌شود. سپس ملات بستر (افقی) را بدون وارد آوردن آسیب به دیوار، از محل خارج کرده و پس از تمیزکردن آن یک جک کفی هیدرولیکی در محل ملات خارج شده، قرار داده می‌شود. طول شکاف ایجاد شده نباید بیش از ۱۲میلیمتر از ابعاد جک کفی بیشتر باشد. از طرف جک فشار مناسبی به لایه‌های بالایی و پایینی شکاف وارد می‌شود تا اندازه گیری‌های ثبت شده قبلی (قبل از برداشتن ملات) تایید شوند.

مراحل انجام روش درجا:

۱- تعیین محل و طول شکاف و محل دکمه‌های اندازه گیری (Demec Point) به نحوی که محل دکمه‌ها در جهات افقی و قائم در یک راستا باشند

۲- نصب حداقل چهار دکمه اندازه گیری در بالا و پایین هر شکاف با فواصل مساوی

(حداقل و حداکثر این فواصل به ترتیب ۰/۳ تا ۰/۶ طول صفحه جک کفی باشد. همچنین فاصله هر دکمه اندازه گیری تا صفحه جک کفی نباید از ۰/۱۲۵ طول صفحه جک کمتر باشد)

۳- اندازه گیری فواصل عمودی بین دکمه‌های اندازه گیری در حد فاصل شکاف بالا و پایین و ثبت آنها

۴- اندازه گیری فواصل عمودی بین شکاف و ثبت ابعاد شکاف

۵- اندازه گیری مجدد فواصل عمودی بین دکمه‌های اندازه گیری و مقایسه با اندازه‌های بند۳ به منظور تعیین جابجایی (انحراف) اولیه و ثبت آنها

۶- استقرار جک در شکاف و اعمال فشار تا حدود ۵۰درصد ظرفیت تخمینی واحد آجرکاری و سپس کاهش فشار تا صفر

۷- افزایش مجدد فشار تا ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت تخمینی واحد آجرکاری و ثبت فواصل دکمه‌های اندازه گیری در هر مرحله از اعمال فشار

۸- ادامه بارگذاری تا مرحله‌ای که قرائت فاصله دکمه‌های اندازه گیری با نخستین قرائت‌ها برابر شود

۹- کاهش فشار جک کفی تا صفر

۱۰-خارج کردن جک و پر کردن شکاف با ملات دارای مقاومت خوب

مقدار تنش فشاری واحد آجرکاری ($f_m^{'}$) بین دو شکاف از رابطه (۲-۱۰) محاسبه می‌شود:

$$f_m^{'} = K_m \cdot K_a \qquad (۱۰-۲)$$

که در آن:

K_m، مقدار ثابتی که وابسته به ویژگی‌های سختی و هندسی جک کفی دارد

K_a، نسبت سطح اندازه گیری شده به متوسط سطح شکاف

P، فشار جک کفی در مرحله آخر

باید متوسط جابجایی مجاز نسبت به فاصله اولیه دکمه‌های اندازه گیری، از بزرگترین دو مقدار جابجایی(۰/۰۰۲۵ ±) و ۰/۰۵ برابرجابجایی اولیه، کمترباشد. در این صورت هر یک از جابجایی‌ها نباید از حداکثر ۰/۱ برابر بیشترین جابجایی و مقدار جابجایی(۰/۰۰۲۵ ±) بیشتر شود.

شکل ۲-۳- نحوه انجام آزمایش درجا برای تعیین مقاومت فشاری منشور آجری

۲-۴-۱-۳-۲- مدول ارتجاعی واحدآجرکاری

مقدار مدول ارتجاعی واحدآجرکاری بستگی به وزن مخصوص، مقاومت آجر و مقاومت ملات دارد.

ضریب ارتجاعی واحدهای بنایی باید با روش سکانت که در آن، شیب خطی که از اتصال نقطه $۰/۰۵f_m$ به نقطه‌ای روی منحنی در $۰/۳۳f_m$ حاصل می‌شود در نظر گرفته می‌شود.

در بهسازی مبنا کرانه پایین مدول ارتجاعی واحدآجرکاری، با استفاده از دو روش آزمایش تعیین می‌شود. یکی روش آزمایشگاهی و دیگری روش آزمایش درجا.

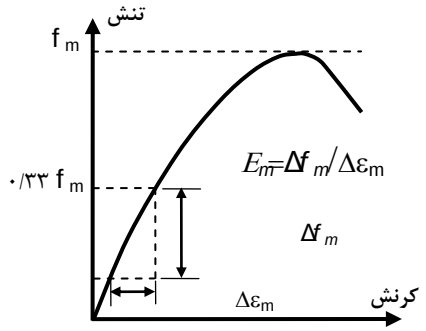
الف-روش آزمایشگاهی

برای انجام مراحل این روش به مراحل تعیین مقاومت فشاری واحد آجرکاری زیر بند (ب) بند ۲-۴-۱-۳-۱ رجوع شود. لازم به ذکر است که مدول ارتجاعی منشورها باید بر طبق استاندارد "تعیین مدول ارتجاعی واحد بنایی" محاسبه شود.

ب-روش درجا

انجام مراحل این روش مانند مراحل تعیین مقاومت فشاری واحد آجرکاری باید بر طبق زیر بند (پ) از بند ۲-۴-۱-۳-۱ انجام شود. باید توجه شود که مقدار فشار اعمالی توسط جک‌ها، باید کمتر از نصف مقاومت تخمینی مصالح باشد. مقدار فشار و تغییرشکل ناشی از

اعمال فشار توسط وسائل دقیق اندازه گیری (LVDT) در هر لحظه ثبت شده و با تقسیم این تغییرشکل به فاصله بین جک‌ها مقدار کرنش متوسط ($\Delta\varepsilon_m$) به دست می‌آید. از تقسیم نیروی اعمالی بر سطح تخلیه شده مقدار تنش متوسط (Δf_m) تعیین می‌شود. با ترسیم نقاط مختلف تنش در مقابل کرنش، منحنی تنش-کرنش واحدآجرکاری به دست می‌آید. شیب منحنی تنش-کرنش بین ۵ درصد و ۳۳ درصد مقاومت فشاری نهایی مقدار مدول ارتجاعی را به دست می‌دهد.



شکل ۲-۴- روش تعیین مدول ارتجاعی واحدآجرکاری

۲-۴-۱-۳-۳- مقاومت کششی واحدآجرکاری

برای تعیین مقاومت کششی واحد آجرکاری می‌توان ار دو روش کشش در خمش و کشش در فشارقطری استفاده کرد:

۲-۴-۱-۳-۳-۱- مقاومت کششی واحدآجرکاری در خمش

برای بهسازی مبنا کرانه پایین مقاومت کششی واحد آجرکاری در خمش مانند بهسازی محدود می‌باشد.

همچنین مقاومت کششی دیوارهای مصالح بنایی تحت بارهای جانبی درون صفحه، می-بایست معادل مقاومت کششی آن‌ها در خمش خارج صفحه فرض شود.

۲-۴-۱-۳-۳-۱- مقاومت کشش قطری واحدآجرکاری

کرانه پایین مقاومت کشش قطری واحد آجرکاری از رابطه (۲-۱۱) محاسبه می‌شود.

$$f_{dm} = ۰/۵۱۸۷\, f_m' \frac{P_d'}{(f_m' bt - ۱/۶۸۳ P_d')} \qquad (۲-۱۱)$$

که در این رابطه:

f_{dm}: کشش قطری آجرکاری

$P_d^{'}$: نیروی قطری

b و t: به ترتیب طول و ضخامت نمونه

$f_m^{'}$: مقاومت فشاری آجرکاری

۲-۴-۱-۳-۴- مقاومت برشی واحدآجرکاری در دیوارهای بدون کلاف

کرانه پایین مقاومت برشی واحد آجرکاری (vml) برای دیوارهای بدون کلاف را باید از رابطه (۲-۱۱) بدست آورد:

$$v_{mL} = \frac{۰/۷۵(\beta v_{tL} + \frac{P_D}{A_n})}{۱/۵} \qquad (۱۱-۲)$$

که درآن:

β: ضریبی است مربوط به نوع دیوارچینی و ملات پشت آجر که اگر وجود داشته باشد برابر ۱ و اگر وجود نداشته باشد برابر ۰/۷۵ در نظر گرفته می‌شود.

v_{tl}، کرانه پایین مقاومت برشی درز ملات که برابر با کمترین بیست درصد مقاومت برشی ملات (رابطه ۲-۹) در نظر گرفته می‌شود و برای محاسبه v_{ml} باید مقدار آن از ۰/۶۹ مگاپاسکال کمتر باشد.

P_D، نیروی فشاری ناشی از ترکیبات بارهای مرده وارد در تراز بالای دیوار یا تراز بالای جرز (مطابق رابطه ۲-۴)

A_n، سطح مقطع خالص دیوار دارای ملات

تذکرمهم: در صورت پر نبودن درزهای قائم بین واحدهای بنایی از ملات، باید مقاومت برشی درون صفحه و مقاومت خمشی خارج صفحه دیوار، ۵۰ درصد مقادیر محاسبه شده برای دیوار کامل منظور شود.

۲-۴-۱-۳-۵- مقاومت برشی واحدآجرکاری در دیوارهای دارای کلاف

مقاومت برشی مورد انتظار واحد آجرکاری (vme) برای دیوارهای دارای کلاف را باید از رابطه ۲-۱۲ بدست آورد:

$$v_{me} = \frac{۰/۷۵(\beta v_{te} + \frac{P_D}{A_n})}{۱/۵} \qquad (۱۲-۲)$$

که درآن:

v_{te}، مقاومت برشی مورد انتظار ملات

سایر عوامل مانند بند ۲-۴-۱-۳-۴ منظور می‌شود.

تذکرمهم: در صورت پر نبودن درزهای قائم بین واحدهای بنایی از ملات، باید مقاومت برشی درون صفحه و مقاومت خمشی خارج صفحه دیوار، ۵۰ درصد مقادیر محاسبه شده برای دیوار کامل منظور شود.

۲-۴-۱-۳- میلگردها

برای بررسی میلگردها در ساختمانهای دارای کلاف باید نوع آنها مطابق جدول(۲-۷) منظور شود.

در صورتی که مدل کردن کلاف‌ها ضروری باشد، می‌توان مقاومت تسلیم مورد انتظار میلگردها را بر اساس مقادیر پیش فرض جدول (۲-۷) اختیار کرد.

جدول ۲-۷- مقادیر پیش فرض کرانه پایین برای مشخصات میلگردهای کلاف

عمر ساختمان	نوع میلگرد	تنش تسلیم (مگاپاسکال)	ضریب آگاهی(k)
پیش از سال ۱۳۵۵	صاف	۲۴۰	۱
پس از سال ۱۳۵۵	صاف	۲۴۰	۱
	آجدار	۳۰۰	۱

فصل سوم

ارزیابی کیفی ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه

۳-۱- کلیات

هدف از ارزیابی کیفی ساختمان‌های آجری کوتاه مرتبه، بررسی وضعیت موجود آنها از نظر رفتار در برابـر بارهای ناشی از زلزلـه است به نحوی که بر مبنای آن بتوان سطح عملکرد آستانه فروریزش را از طریق بهسازی جزئی تامین کرد. بنابراین لازم است با ارزیابی و سپس تحلیل کلی ساختمان، سطح عملکرد مورد نظر را متناسب با سطح خطر زلزله‌ای که احتمالاً در طول عمر آن اتفاق می‌افتد، تعیین کرد. ارزیابی کیفی هر ساختمان وضعیت آنرا برای تعیین میزان آسیب‌پذیری مشخص می‌کند. در این ارزیابی برداشت‌های اولیه شامل جزئیات معماری و سازه‌ای، گردآوری اطلاعاتی که بر رفتار و مقاومت ساختمان اثر گذار است انجام می‌شود. سپس این اطلاعات بر اساس تجربه و دانش مهندسی و برخی نتایج حاصل از مطالعات آزمایشگاهی، به اعداد کمی نسبت داده شده و با استفاده از روابط قابل قبول وضعیت کلی ساختمان ارزیابی می‌شود. هزینه ارزیابی و مقاوم سازی نباید بیشتر از ۴۰٪ ارزش نهایی ساختمان جدیدالاحداث معادل ساختمان موجود شود. روش ارزیابی کیفی برای ساختمان‌هایی که برای هدف بهسازی جزئی با سطح عملکرد آستانه فروریزش در نظر گرفته می‌شوند اجباری و برای سایر اهداف بهسازی اختیاری می‌باشد. در این روش با توجه به شاخص خسارت کل ساختمان میزان آسیب‌پذیری ساختمان تعیین می‌شود.

در این روش با استفاده از سه شاخص خسارت، میزان آسیب پذیری ساختمان تعیین می-شود. این شاخص‌ها عبارتند از:

۱- شاخص خسارت ساختگاهی، که بر اساس وضعیت ساختگاه و نوع خاک زمین تعیین می‌شود
۲- شاخص خسارت کیفیت ساخت که بر اساس نوع کاربری، عمر ساختمان و سایر عوامل مشابه تعیین می‌شود.
۳- شاخص خسارت سازه‌ای، که بر اساس اجزای سازه‌ای و کیفیت آنها تعیین می‌گردد.
شاخص خسارت کلی ساختمان از ترکیب این سه شاخص، به دست می‌آید

۳-۲- روش‌ارزیابی‌کیفی

اطلاعات مورد نیاز در ارزیابی کیفی شامل موارد زیر است:
۷- اطلاعات اولیه و مشخصات فنی ساختمان
۸- گردآوری مشخصات اقتصادی و اجتماعی ساختمان و منطقه
۹- محل استقرار ساختمان از نظر ساختگاه و پهنه بندی خطر زلزله
۱۰- بررسی مقررات و ضوابط بکار رفته هنگام ساخت
با توجه به جمع‌بندی مطالب گردآوری شده ضمن مشاوره با کارفرما و یا مالک در خصوص نیاز ساختمان به بهسازی و یا تخریب آن تصمیم‌گیری می‌شود.

۳-۲-۱- اطلاعات وضعیت موجود ساختمان

اطلاعات وضعیت موجود ساختمان باید شامل موارد زیر باشد:
۱- اطلاعات مربوط به پیکربندی، اعضا و اتصالات، ارزیابی وضعیت اعضا و تعیین ضعفهای موجود و ارزیابی نامنظمی‌ها
۲- اطلاعات ساختگاه و شالوده شامل مشخصات پی و مسائل ژئوتکنیکی
۳- مشخصات مصالح
۴- مشخص‌کردن ضریب آگاهی

۳-۲-۲- ارزیابی مقاومت جانبی ساختمان

بر اساس اطلاعات جمع آوری شده، مقاومت جانبی ساختمان موجود ارزیابی لرزه‌ای می‌شود. اطلاعاتمورد نیاز برای ارزیابی مقاومت جانبی ساختمان و دستیابی به نقاط ضعف آن شامل موارد زیر است:
۱- سیستم سازه‌ای ساختمان (دیوارهای باربر، سقف‌ها، اتصالات، اجزای منسجم کننده

ساز مانند کلاف‌ها)

۲- نقش بازشوها

۳- وضعیت شالوده

۳-۲-۳- گردآوری‌اطلاعات و شناخت ساختمان

برای ارزیابی هر ساختمان آجری کوتاه مرتبه، لازم است اطلاعات مربوط به آن به نحو صحیحی گردآوری شود که اهم آنها در جدول۳-۱ آورده شده است. گردآوری اطلاعات ساختمان به منظور انطباق وضع موجود آن با اسناد و مدارک فنی و نیز مقایسه بین اطلاعات موجود با ضوابط نظیر استاندارد ۲۸۰۰ ایران و آیین‌نامه‌ها می‌باشد. در این مرحله از بررسی، رفتار لرزه‌ای مورد انتظار با تشخیص نقاط ضعف ساختمان سنجیده می‌شود.

جدول ۳-۱- اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی سریع کیفی

ردیف	عوامل کلی		اجزای عوامل کلی
۱	شرایط ساختگاهی ساختمان		نوع زمین
			مشخصات مکانیکی خاک
			منطقه موردنظر از لحاظ لرزه‌خیزی
			نوع خاک از نظر استاندارد ۲۸۰۰
۲	معماری و سازه ساختمان	هندسه	ارتفاع ساختمان
			بازشوها
			پیش‌آمدگی‌ها
			شکل پلان
۳		موارد سازه‌ای	کیفیت اتصالات در دیوارها وکلیه اعضای سازه ای
			سیستم باربر قائم و افقی
			نامنظمی در ساختمان
			سیستم سازه‌ای
			ستون یا دیوار کوتاه
			طبقه نرم
			نوع سقف‌ها یا کف‌ها
			پی ساختمان
			فاصله با ساختمانهای مجاور
۴	سایر موارد		اسناد و مدارک فنی ساختمان
			عمر ساختمان
			تعداد افراد ساکن
			نوع نمای ساختمان
			کیفیت ساخت
			اعضای غیرسازه‌ای

		فرسودگی ساختمان

۳-۲-۴-تعیین شاخص خسارت

در تمام مراحل ارزیابی، کلیه مواردی که به عنوان مناسب و مجاز تشخیص داده می‌شود به مفهوم رعایت کلیه ضوابط موجود در کشور است که برای این قبیل ساختمان‌ها تدوین گردیده است. تعیین شاخص خسارت ناشی از عوامل مختلف باید مطابق موارد این بند از دستورالعمل باشد.

حداکثر شاخص آسیب پذیری۱۰۰ درصد است و برای شرایط کاملا استثنایی هر قدر شاخص آسیب پذیری بیش از ۱۰۰ شود، به مفهوم ۱۰۰ درصد آسیب پذیر شناخته می‌شود. پس از تعیین شاخص خسارت کلی ساختمان، مقدار آن با مقادیر مندرج در جدول ۳-۲ مقایسه شده سپس میزان خسارت پذیری متناسب با سطح عملکرد تعیین می‌شود.

جدول۳-۲- تطبیق نتیجه ارزیابی کیفی با شاخص خسارت در ساختمانهای آجری

عملکرد ساختمان	شاخص خسارت
احتمال ریزش ساختمان وجود دارد و تخریب و بازسازی گسترده محتمل ترین نتیجه است	D >۷۵
خسارت قابل توجه و نیاز به بهسازی است	۷۵≥ D >۵۰
خسارت در حد متوسط و نیاز به تعمیر است	۵۰≥ D >۲۵
خسارت اندک و تعمیرات جزئی ساختمان مورد نیاز است	D ≤۲۵

۳-۲-۴-۱-شاخص خسارت کیفیت‌ساخت- عوامل فرعی(D_c)

این شاخص اثر تجمیعی عواملی نظیر اطلاعات موجود در اسناد و مدارک فنی ساختمان، نما و مشخصات اعضای غیرسازه‌ای، میزان فرسودگی و نوع مصالح به کار رفته که مربوط به کیفیت ساخت ساختمان‌های آجری کوتاه مرتبه است را در نظر می‌گیرد. شاخص خسارت ناشی از این عوامل برای ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه از حاصل جمع مقادیر مندرج در جدول۳-۳ بدست می‌آید. حداقل و حداکثر این شاخص خسارت به ترتیب برابر با ۲/۵ و ۲۵ می‌باشد

۳-۲-۴-۲- شاخص خسارت سازه‌ای- عوامل اصلی (D_s)

این شاخص اثر تجمیعی عوامل سازه‌ای ساختمان مانند وضعیت سیستم باربر، منظمی یا

نامنظمی، کیفیت اتصالات و سیستم سازه‌ای، ستون یا جرز کوتاه و فاصله با ساختمان‌های مجاورکه بر ارزیابی تاثیر مستقیم دارند آورده شده است. شاخص خسارت ناشی از این عوامل برای ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه از حاصل جمع مقادیر مندرج در جدول۳-۴بدست می‌آید. حداقل و حداکثر این شاخص خسارت به ترتیب برابر با ۷/۵ و ۷۵ می‌باشد. باید توجه داشت که مقادیر مندرج در جدول مذکور به عنوان مقادیر کمینه و بیشینه برای هر یک از موارد در نظر گرفته شده است که ارزیابی کننده می‌تواند برای شرایط میانی عددی در این بازه اختیار کند.

۳-۲-۴-۳- شاخص خسارت ساختگاهی- عوامل تشدید کننده (D_g)

شاخص خسارت ناشی از عوامل مختلف ساختگاهی که بر رفتار کل ساختمان اثر گذار است از حاصلجمع مقادیر مندرج در جدول۳-۵ بدست می‌آید. حداقل و حداکثر این شاخص تشدید کننده خسارت به ترتیب برابر با ۱ و ۳ می‌باشد.

۳-۲-۴-۴-برآورد شاخص خسارت ساختمان

پس از بدست آوردن هر سه شاخص خسارت، با استفاده از رابطه (۳-۱) می‌توان شاخص خسارت کل ساختمان را بدست آورد.

$$D = D_g \times (D_s + D_c) \le ۱۰۰ \qquad (۱-۳)$$

$$D_c = \sum_{i=۱}^{۵} D_{ci} \qquad (۳-۱-الف)$$

$$D_s = \sum_{i=۱}^{۶} D_{si} \qquad (۳-۱-ب)$$

$$D_g = D_{g۱} \times D_{g۲} \times D_{g۳} \times D_{g۴} D_{g۴} \qquad (۳-۱-ج)$$

مقدار D که از رابطه ۳-۱ محاسبه می‌شود با مقادیر جدول ۳-۳ مقایسه شده و سطح آسیب پذیری ساختمان مشخص می‌شود.

جدول۳-۳- شاخص خسارت تجمعی برای عوامل فرعی

نماد خسارت	عوامل کلی	عوامل جزئی	وضعیت عوامل			شاخص خسارت (D_c)
$D_{c۱}$	اسناد و مدارک فنی ساختمان		نقشه‌های معماری، سازه ای، اجرایی و وجود مدارک ضوابط فنی رعایت شده هنگام ساخت	دارد	☐	۰
				ندارد	☐	۳
$D_{c۲}$	نوع نمای ساختمان		روکش سیمانی*	دارد	☐	۰
				ندارد	☐	۲
			آجر بندکشی*	دارد	☐	۰
				ندارد	☐	۲
			نمای سنگی*	دارد	☐	۱
				ندارد	☐	۲
$D_{c۳}$	اعضای غیر سازه‌ای		دیوارهای غبربابر (تیغه‌ها)	مناسب	☐	۱/۵
				نامناسب	☐	۴
			جان پناها و دودکش‌ها	مناسب	☐	۰
				نامناسب	☐	۱
$D_{c۴}$	فرسودگی ساختمان		زنگ زدگی قطعات فولادی	ندارد	☐	۰
				دارد	☐	۳
			ترک خوردگی اعضاء	ندارد	☐	۰/۵
				دارد	☐	۴
$D_{c۵}$	مصالح‌بکار رفته	کیفیت مصالح (آجرها و ملات)	آجرها	مناسب	☐	۰/۵
				نامناسب	☐	۴
			ملات ماسه سیمان*	مناسب	☐	۰
				نامناسب	☐	۱
			ملات باتارد*		☐	۲
			ملات گل- آهک*		☐	۴
			حداکثر خسارت تجمعی ناشی از عوامل کیفیت ساخت			$D_{c,max}$=۲۵
			حداقل خسارت تجمعی ناشی از عوامل کیفیت ساخت			$D_{c,min}$=۲/۵

* درهرشاخص‌خسارت،فقط‌یکی‌ازمواردستاره داربرای تعیین اندیس‌خسارت منظور شود

جدول ۳-۴- شاخص خسارت سازه‌ای ناشی از عوامل اصلی

نماد خسارت	عوامل کلی	عوامل جزئی		وضعیت عوامل		شاخص خسارت
D_{s1}	سیستم باربر	مقاومت جانبی مطابق استاندارد ۲۸۰۰ شامل مقدار دیوارهای باربر		تامین نیست**	☐	۷
				تامین است	☐	۰
		قائم یا عوامل باربر ثقلی		نامناسب	☐	۴
				مناسب	☐	۰
D_{s2}	نامنظمی	در پلان		دارد(نامتقارن)	☐	۲
				ندارد (متقارن)	☐	۰
		در ارتفاع		دارد	☐	۳
				ندارد	☐	۰
		پیش‌آمدگی‌ها		بیش از حد مجاز	☐	۳
				در حد مجاز	☐	۰/۵
D_{s3}	کیفیت اتصالات	اتصال دیوار به سقف		نامناسب	☐	۴
				نسبتاً مناسب	☐	۱/۵
		اتصال دیوار به دیوار		نامناسب	☐	۳
				نسبتاً مناسب	☐	۱/۵
		اتصال دیوار به شالوده		نامناسب	☐	۴
				نسبتاً مناسب	☐	۱/۵
D_{s4}	سقف‌ها و بازشوها	نوع سقف‌ها	دال بتن مسلح*	نامناسب	☐	۱
				نسبتاً مناسب	☐	۰
			دال تیرچه بلوک*	نامناسب	☐	۳
				نسبتاً مناسب	☐	۰
			تاق ضربی*	نامناسب	☐	۴
				نسبتاً مناسب	☐	۱
			تاق چوبی*	نامناسب	☐	۴
				نسبتاً مناسب	☐	۱/۵
		کلاف دیوارهای باربر	کلاف افقی	ندارد**	☐	۵
				دارد	☐	۰
			کلاف قائم	ندارد**	☐	۵
				دارد	☐	۰
		بازشوها		بیش از حد مجاز	☐	۴
				در حد مجاز	☐	۰
D_{s5}	ستون یا جرز کوتاه			دارد	☐	۲
				ندارد	☐	۰
D_{s6}	فاصله با ساختمانهای مجاور			ندارد	☐	۱
				در حد مجاز دارد	☐	۰

** در صورت عدم تامین مجموع این شرایط ساختمان آسیب پذیر است..

* درهرساخص‌خسارت‌فقط‌یکی‌ازمواردستاره‌دار برای تعیین خسارت منظور شود

حداکثر خسارت تجمیعی ناشی از عوامل سازه‌ای	☐	$D_{s,max}$=۵۰
حداقل خسارت تجمیعی ناشی از عوامل سازه‌ای	☐	$D_{s,min}$= ۵

جدول ۳-۵- شاخص خسارت ساختگاهی، عوامل تشدید کننده

نماد خسارت	عوامل تشدید کننده خسارت	وضعیت عوامل		ضریب تشدید خسارت
D_{g1}	تعداد افراد ساکن	کمتر از ۱۵ نفر	☐	۱
		بیش از ۱۵ نفر	☐	۱/۰۵
D_{g2}	عمر ساختمان	کمتر از ۵۰ سال	☐	۱
		بیش از ۵۰ سال	☐	۱/۰۵
D_{g3}	سابقه زمین لغزش	ندارد	☐	۱
		دارد	☐	۱/۱۰
D_{g4}	روانگرایی	ندارد	☐	۱
		کم	☐	۱/۰۵
		متوسط	☐	۱/۱۰
		زیاد	☐	۱/۱۵
D_{g5}	ارتفاع ساختمان از تراز پایه	۳ متر یا یک طبقه	☐	۱
		۶ متر یا دو طبقه	☐	۱/۱
		۹ متر یا سه طبقه	☐	۱/۱۵
D_{g6}	فاصله از گسل	بیش از ۲۰ کیلومتر	☐	۱
		۵ تا۲۰ کیلومتر	☐	۱/۰۵
		کمتر از ۵ کیلومتر	☐	۱/۱۰
D_{g7}	خطر نسبی منطقه	کم	☐	۱
		متوسط	☐	۱/۱۰
		زیاد	☐	۱/۲۰
		خیلی زیاد	☐	۱/۲۵
D_{g8}	مشخصات خاک	خاک نوع ۱	☐	۱
		خاک نوع ۲	☐	۱/۰۵
		خاک نوع ۳	☐	۱/۱۰
		خاک نوع ۴	☐	۱/۱۵
D_{g9}	شیب زمین	ندارد	☐	۱
		کمتر از ۱۵^{o}	☐	۱/۰۲۵
		۱۵^{o} تا ۳۰^{o}	☐	۱/۰۵
		بیش از ۳۰^{o}	☐	۱/۱۰
D_{g10}	نشست پی	ندارد	☐	۱
		نشست همگون دارد	☐	۱/۰۲۵
		نشست ناهمگون دارد	☐	۱/۰۷۵
$D_{g,max}$=۳/۰	حداکثر خسارت تضریبی ناشی از عوامل تشدید کننده			
$D_{g,min}$=۱	حداقل خسارت تضریبی ناشی از عوامل تشدید کننده			

فصل چهارم

ارزیابی کمی ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه

۴-۱- کلیات

مطابق با هدف بهسازی محدود تا مبنا، پس از ارزیابی کیفی ساختمان‌های آجری کوتاه مرتبه، باید ارزیابی کمی آنها به منظور تامین سطح عملکرد آستانه فروریزش تا ایمنی جانی مطابق بند ۱-۴، انجام شود. بنابراین لازم است با ارزیابی و سپس تحلیل ساختمان، سطح عملکرد مورد نظر، متناسب با سطح خطر-۱ تعیین شود.

۴-۲ - ترکیبات بارگذاری ثقلی و جانبی

با توجه به ضوابط این دستورالعمل حد بالا و پائین اثرات بار ثقلی(Q_G) از ترکیبات بارگذاری ثقلی و جانبی و روابط (۴-۱) و (۴-۲) محاسبه شود:

$$Q_G = ۱/۱(Q_D + Q_L) \qquad (۱-۴)$$

$$Q_G = ۰/۹Q_D \qquad (۲-۴)$$

که در آن Q_D بار مرده و Q_L بار زنده که بر بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان می‌باشد.

تلاش‌های ناشی از بارثقلی (که از روابط (۴-۱) و (۴-۲) محاسبه می‌شوند، باید با تلاش‌های

ناشی از بار زلزله ترکیب شود. این ترکیب باید با درنظر گرفتن اثـر رفـت و برگشـتی زلزلـه انجام شود و به همین جهت Q_E (تلاش ناشی از بار زلزله) یکبار با علامت مثبت و بار دیگـر با علامت منفی اعمال می‌شود.

۴-۳- روش‌های تحلیل ساختمان

روش‌های تحلیل سازه می‌تواند با استفاده از هر یک از دو روش زیر انجام شود:

۱-تحلیل استاتیکی خطی

۲-تحلیل استاتیکی غیرخطی

۴-۳-۱- روش استاتیکی خطی

در این روش، نیروی جانبی ناشی از زلزله باید به نحوی تعیین شود که تغییرشکل‌های ایجاد شده در ساختمان مطابق با نیرویی باشد که در هنگام رخداد زلزله به ساختمان اعمال می‌شود. این روش برای هدف بهسازی محدود براساس روش مقاومت (مطابق بند ۴-۳-۱-۱) و برای هدف بهسازی مبنا براساس روش عملکردی (مطابق با بند ۴-۳-۱-۲) باید انجام شود.

۴-۳-۱-۱- روش مقاومت

۴-۳-۱-۱-۱- تعیین زمان تناوب سازه

زمان تناوب اصلی سازه باید از رابطه تجربی (۴-۳) محاسبه شود:

$$T = ۰/۰۵H^{۰/۷۵} \qquad (۳-۴)$$

که در این رابطه H ارتفاع ساختمان از تراز پایه تا بالاترین تراز ساختمان است.

۴-۳-۱-۱-۲- تعیین برش پایه

ساختمان باید ظرفیت لازم را در برابر نیروی برشی که از رابطه (۴-۴) محاسـبه مـی‌شـود، داشته باشد.

$$V = \omega' CW \qquad (۴-۴)$$

که در این رابطه :

ω' : ضریب عمر مفید باقیمانده ساختمان، برابر با ۰/۸

W: وزن کل ساختمان مطابق بند ۲-۳ استاندارد ۲۸۰۰ ایران

C: ضریب زلزله که از رابطه (۴-۵) بدست می‌آید:

$$C = \frac{ABI}{R} \qquad (۵-۴)$$

در این رابطه:

A : نسبت شتاب مبنای طرح (نسبت شتاب زلزله به شتاب ثقل g) مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران

B : ضریب بازتاب ساختمان مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران.

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

I : ضریب اهمیت ساختمان که به شرح بند ۱-۲، برابر با ۱ در نظر گرفته می‌شود.

۴-۳-۱-۱-۳- توزیع برش پایه در طبقات

لازم است برش پایه بر اساس رابطه (۴-۶) در طبقات سازه توزیع گردد.

$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum_{j=1}^{n} W_i h_i} V \qquad (۶-۴)$$

که در این رابطه:

F_i: نیروی جانبی در تراز طبقه i

W_i: وزن طبقه i

h_i: ارتفاع تراز i از تراز پایه

n: تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه

۴-۳-۱-۱-۴- مقاومت اعضاء

پس از تحلیل سازه به روش خطی باید نیروهایی که به نسبت سختی در هریک از اعضاء ایجاد می‌شود با مقاومت آنها مقایسه شود. برای تعیین مقاومت اعضاء باید با منظور کردن کرانه پایین مقاومت مصالح (در فصل دوم) و استفاده از رابطه (۴-۱۷) برای کرانه پایین مقاومت و روابط (۴-۱۳) و (۴-۱۴) برای مقاومت مورد انتظار استفاده کرد.

۴-۳-۱-۲- روش عملکردی

۴-۳-۱-۲-۱-تلاش‌های تغییرشکل-کنترل

تلاش‌های ناشی از بارثقلی (که از روابط (۴-۱) و (۴-۲) محاسبه می‌شوند، باید با تلاش‌های ناشی از بار زلزله ترکیب شود. این ترکیب باید با درنظر گرفتن اثر رفت و برگشتی زلزله انجام شود و به همین جهت Q_E (تلاش ناشی از بار زلزله) یکبار با علامت مثبت و بار دیگر با علامت منفی اعمال می‌شود. تلاش‌های اعضایی که رفتار آن‌ها تغییرشکل-کنترل است (Q_{UD})، تحت ترکیب آثار از رابطه (۴-۷) محاسبه می‌شوند:

$$Q_{UD} = Q_G \pm Q_E \qquad (۴-۷)$$

که در آن:

Q_G: تلاش‌های ناشی از بارهای ثقلی

Q_E: تلاش‌های ناشی از نیروی زلزله

Q_{UD}: ترکیب تلاش‌های ناشی از بارهای ثقلی و زلزله

۴-۳-۱-۲-۲- تلاش‌های نیرو-کنترل

تلاش‌های طراحی در اعضایی که رفتار آن‌ها نیرو-کنترل است (Q_{UF})، باید به یکی از سه روش زیر تعیین شود:

۱- حداکثر تلاشی که توسط ساختمان می‌تواند به دیوارها یا جرزها وارد شود.

۲- حداکثر تلاشی که با درنظرگرفتن رفتار غیرخطی ساختمان می‌تواند در دیوارها یا جرزها ایجاد شود.

۳- تلاش‌های حاصل از ترکیب تلاش‌های (Q_G) و (Q_E) که مطابق رابطه (۴-۸) است:

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{Q_E}{C_1 J} \qquad (۴-۸)$$

در این رابطه J ضریب کاهش بار جانبی ناشی از زلزله است و برابر کوچکترین مقدار DCR اعضایی اختیار می‌شود که بار را به عضو مورد نظر منتقل می‌کنند. به عنوان یک روش تقریبی می‌توان J را برای سطوح عملکرد ایمنی جانی و محدود به ترتیب ۲ و ۳ اختیار کرد.

۴-۳-۱-۲-۳- تعیین زمان تناوب سازه

زمان تناوب اصلی سازه باید از رابطه (۴-۳) محاسبه شود.

۴-۳-۱-۲-۴- تعیین برش پایه

نیروی برش پایه وارده بر ساختمان براساس رابطه (۴-۹) محاسبه می‌شود:

$$V = C_1 S_a W \qquad (۹-۴)$$

که در آن:

W: وزن کل ساختمان، شامل وزن مرده‌ی ساختمان و درصدی از سربار زنده موثر مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران.

C_1 : ضریب تصحیح برای اعمال تغییرمکان‌های غیرارتجاعی ساختمان که باید رابطه (۴-۱۰) را ارضاء نماید.

$$1 \le C_1 = 1 + \frac{T_s - T}{2T_s - 0/2} \le 1/5 \qquad (۱۰-۴)$$

T_s: زمان تناوب مشترک بین دو ناحیه شتاب ثابت و سرعت ثابت در طیف بازتاب طرح براساس استاندارد ۲۸۰۰ است.

S_a: شتاب طیفی به‌ازای زمان تناوب اصلی (T) است که براساس استاندارد ۲۸۰۰ مطابق رابطه (۴-۱۱) بدست می‌آید:

$$S_a = A \cdot B \qquad (۱۱-۴)$$

که در این رابطه:

A : نسبت شتاب مبنای طرح (نسبت شتاب زلزله به شتاب ثقل g) مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران

B : ضریب بازتاب ساختمان مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران.

۴-۳-۱-۲-۳- توزیع برش پایه در طبقات

برش پایه باید بر اساس بند ۴-۳-۱-۱-۳ در تراز طبقات ساختمان توزیع شود.

۴-۳-۱-۲-۴- سختی اعضاء

۴-۳-۱-۲-۴-۱- سختی درون صفحه دیوارها و جرزها

تحلیل و توزیع نیروهای جانبی در دیوارها و جرزهای ساختمان دارای سقف‌های صلب، به نسبت سختی عناصر مقاوم جانبی و برای ساختمانهای با سقف‌های انعطاف پذیر، به نسبت سطح بارگیر عناصر مقاوم جانبی انجام می‌شود.

مقدار سختی جانبی ناشی از تغییرشکل‌های خمشی و برشی از رابطه (۴-۱۲) محاسبه - شود.

$$K_m = \frac{1}{\frac{h_{eff}^3}{\eta E_m I_g} + \frac{h_{eff}}{A_v G_m}} \qquad (۴-۱۲)$$

مقدار(η) متناسب با شرایط مرزی دیوار در نظرگرفته شود. اگر دیوار در پایین‌گیردار و در بالا آزاد باشد مقدار آن ۳ و اگر در بالا و پایین گیردار باشد مقدار آن ۱۲ خواهد بود.

در این رابطه:

h_{eff} = ارتفاع دیوار

A_v = سطح مقطع برشی دیوار

I_g = ممان اینرسی مقطع ترک نخورده دیوار

E_m = ضریب ارتجاعی مصالح بنایی

G_m = مدول برشی مصالح بنایی

۴-۳-۱-۲-۴-۲- سختی خارج صفحه دیوارها و جرزها

سختی خارج صفحه دیوارها و جرزها، تحت تاثیر نسبت ضخامت به ارتفاع است. این سختی باید با درنظر گرفتن مشخصات هندسی و مکانیکی مصالح دیوار و شرایط مرزی دیوار یا جرز (بین کف و سقف یا بین کلافهای افقی و از طرفین بین کلافهای قائم) منظور شوند. این سختی را میتوان با توجه به شرایط تکیه گاهی براساس رابطه (۴-۱۲) محاسبه کرد.

۴-۳-۱-۲-۵- مقاومت اعضاء

۴-۳-۱-۲-۵-۱- مقاومت درون صفحه دیوارها و جرزها

در اغلب ساختمانهای آجری، دیوارهای سازه‌ای به عنوان عناصر سازه‌ای مقاوم در برابر زلزله محسوب می‌شوند. نحوه ارزیابی مقاومت این دیوارها باید مطابق این بند اعمال شود.

۴-۳-۱-۲-۵-۱-۱- مودهای شکست دیوارها و جرزها

مودهای شکست برای رفتار درون صفحه دیوارها و جرزها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

الف- مود شکست خمشی در اثر کنش گهواره‌ای یا بلند شدگی

ب- مود شکست برشی در اثر برش لغزشی (درز ملات)

پ- مود شکست فشاری در اثر خردشدگی پنجه

نحوه کنترل رفتار هر مود شکست متناسب با نوع شکل‌پذیری آن در جدول (۴-۲) ارائه شده است:

جدول ۴-۲- نوع شکل‌پذیری هریک از مودهای شکست دیوار آجری

مود شکست	نوع خرابی	شکل‌پذیری	نوع کنترل
مود شکست گهواره‌ای یا بلندشدگی	خرابی خمشی	شکل‌پذیر	تغییرشکل کنترل
مود شکست لغزش برشی درز ملات	خرابی لغزشی	نیمه شکل‌پذیر	تغییرشکل کنترل
مود شکست خردشدگی پنجه	خرابی فشاری	ترد	نیرو کنترل

۴-۳-۱-۲-۵-۱-۲- مقاومت جانبی مورد انتظار دیوارها و جرزها

مقاومت مورد انتظار دیوارها یا جرزها (Q_{CE}) در ساختمان‌های آجری موجود و یا تقویت شده برابر با کمترین دو مقدار مقاومت بلند شدگی V_r و لغزش برشی درز ملات V_{bjs} می‌باشد. این مقاومت‌ها به ترتیب از روابط (۴-۱۳) و (۴-۱۴) بدست می‌آید.

$$Q_{CE} = V_r = ۰/۹\alpha P_E (\frac{L}{h_{eff}}) \qquad (۱۳-۴)$$

$$Q_{CE} = V_{bjs} = v_{me} A_n \qquad (۱۴-۴)$$

در این روابط:

Q_{CE} : مقامت مورد انتظار بلند شدگی یا لغزش برشی

P_E : نیروی فشاری ناشی از بارهای ثقلی وارده به دیوار یا جرز از ترکیب بارها در رابطه (۴-۱)

V_r: مقاومت برشی دیوار بر اثر بلند شدگی

L : طول دیوار یا جرز

h_{eff}: ارتفاع دیوار یا جرز

α: ضریبی است مربوط به شرایط بالا و پایین دیوار یا پایه که اگر در پایین گیردار و در بالا آزاد باشد برابر با ۰/۵ و اگر در بالا و پایین گیردار باشد برابر با ۱ منظور می‌شود.

V_{bjs} : مقاومت لغزش برشی دیوار

A_n: سطح مقطع خالص دیوار دارای ملات

v_{me}: مقاومت برشی مورد انتظار آجرکاری (مطابق رابطه ۲-۱۱)

تبصره: برای تعیین گیرداری دیوارها یا جرزها باید به پیوست-۲ مراجعه شود.

۴-۳-۱-۲-۵-۱-۳- مقاومت جانبی مورد انتظار ناشی از اصطکاک

در صورت استفاده از تحلیل غیرخطی برای هدف بهسازی مبنا باید مقاومت مورد انتظار باقی مانده (V_{fr}) در دیوار یا جرز ساختمان‌های موجود و یا تقویت شده برای لغزش برشی V_{bjs} از رابطه (۴-۱۵) بدست می‌آید.

$$V_{fr} = v_{fr} A_n = \left[\frac{۰/۷۵(\frac{P_D}{A_n})}{۱/۵} \right] \times A_n \qquad (۱۵-۴)$$

در این روابط:

A_n و P_D : مانند رابطه (۴-۱۴) منظور می‌شود

V_{fr} : مقاومت لغزش اصطکاکی دیوار یا جرز

v_{fr} : کرانه پایین مقاومت اصطکاکی آجرکاری

۴-۳-۱-۲-۵-۱-۴- کرانه پایین مقاومت جانبی دیوارها و جرزها

کرانه پایین مقاومت جانبی دیوارها و جرزها در ساختمان‌های آجری موجود و یا تقویت شده برابر با کرانه پایین مقاومت خردشدگی پنجه در فشار (رابطه ۴-۱۶) محاسبه می‌شود.

$$Q_{CL} = V_{tc} = \alpha Q_G (\frac{L}{h_{eff}}) \left(۱ - \frac{f_a}{۰/۷ f_m^{'}} \right) \qquad (۱۶-۴)$$

در این رابطه باید نسبت $(\frac{L}{h_{eff}})$ همواره بزرگتر از ۰/۶۷ باشد.

در این روابط L ، h_{eff} و α قبلا تعریف شده اند و سایر عوامل به قرار زیر می‌باشند:

V_{CL}= کرانه پایین مقاومت برشی دیوارها و جرزها

V_{tc}= کرانه پایین مقاومت برشی دیوارها و جرزها در خردشدگی فشار پنجه

$f_m^{'}$ = کرانه پایین مقاومت فشاری واحد آجرکاری

f_a= تنش فشاری محوری ناشی از بارهای ثقلی بر طبق ترکیب بار $Q_G = ۰/۹Q_D$

Q_D= بارهای مرده طراحی شامل وزن دیوار

۴-۳-۱-۲-۵-۱-۵- کرانه پایین مقاومت فشاری قائم دیوار و جرز

برای تعیین کرانه پایین مقاومت فشاری دیوارها و جرزها در ساختمان‌های آجری موجود و

یا تقویت شده از کرانه پایین تنش فشاری واحد آجرکاری و بر اساس رابطه (۴-۱۷) استفاده می‌شود.

$$Q_{CL} = P_{CL} = ۰/۸(۰/۸۵ f_m^{'} A_n) \qquad (۱۷-۴)$$

در این رابطه A_n و $f_m^{'}$ قبلا تعریف شده اند.

P_{CL} : کرانه پایین مقاومت فشاری واحد آجرکاری

۴-۳-۱-۲-۵-۱-۶- مقاومت درون صفحه دیوارمحصور در کلاف

کرانه پایین مقاومت درون صفحه دیوارهای محصور در کلاف بر مبنای شکست قطری است که از رابطه (۴-۱۸) محاسبه می‌شود.

$$Q_{CL} = V_{dt} = f_{dt}^{'} A_n (\frac{L}{h_{eff}}) \sqrt{۱ - \frac{f_a}{f_{dt}^{'}}} \qquad (۱۸-۴)$$

در این روابط L ، h_{eff} مشابه مقادیر رابطه (۴-۱۸) می‌باشند:

V_{dt}= کرانه پایین مقاومت برشی بر مبنای کشش قطری دیوار یا جرز

A_n= سطح مقطع خالص دیوار (قسمت ملات)

$f_{dt}^{'}$ = کرانه پایین مقاومت کشش قطری دیوار

f_a = تنش فشاری محوری ناشی از بارهای ثقلی بر طبق ترکیب بار $Q_G = ۰/۹Q_D$

مقاومت برشی مورد انتظار دیوارهای محصور در کلاف مطابق رابطه (۴-۱۹) محاسبه می‌شود.

$$Q_{CE} = ۱/۲ v_{me} A_n \qquad (۱۹-۴)$$

Q_{CE}: مقامت برشی مورد انتظار

A_n: سطح مقطع خالص مات یا دوغاب

v_{me} : مقاومت برشی مورد انتظار آجرکاری (مطابق رابطه ۲-۱۱)

۴-۳-۱-۲-۵-۲- مقاومت خارج صفحه دیوار

اگر در اجرای یک دیوار سازه‌ای و یا گوشه دو دیوار متقاطع باربر از روش دندانه دار کردن دیوار استفاده شده باشد، محل اجرای آن به عنوان نقطه‌ی انفصال در دیوار تلقی میگردد. دیوارها باید برای نیروهای خارج صفحه در دهانه‌های بین سقف طبقات و دیوارهای متقاطع طرفین به صورت مستقل کنترل شوند. مقاومت خمشی مقطع ترک خورده دیوارها تحت نیروی خارج صفحه باید به مقادیر مورد انتظار تنش کششی در خمش ارائه شده در

جدول(۲-۵) محدود گردد.

۴-۳-۱-۲-۵-۲-۱- مقاومت دیوار بدون کلاف

برای کنترل مقاومت دیواردر برابر نیروهای خارج صفحه باید نسبت ضخامت به ارتفاع دیوار سازه‌ای از یک پانزدهم ($^{1}/_{15}$) بیشتر باشد. درهرحال ضخامت دیوار سازه‌ای در طبقه اول و دوم نباید از ۲۲سانتی‌متر و در زیر زمین از ۳۵ سانتی‌متر کمتر باشد.

۴-۳-۱-۲-۵-۲-۲- مقاومت دیوارمحصور در کلاف

اگر دیوار مطابق استاندارد ۲۸۰۰ همزمان توسط کلافهای افقی و قائم محصور شده باشد مقاومت و شکل پذیری آن افزایش می‌یابد. اگر دیوار در تماس کامل با اجزای محیطی خود (کلافها، سقف و کف متصل به دیوار) باشد می‌توان کنش قوسی را در نظر گرفت. کرانه پایین مقاومت خارج صفحه دیوار محصور در کلاف مطابق رابطه (۴-۲۰) محاسبه می‌شود:

$$Q_{CL} = \lambda \frac{0/7 f_m^{'}}{(\frac{h_{eff}}{t})} \qquad (۲۰-۴)$$

در این رابطه h_{eff} مشابه مقادیر رابطه (۴-۱۶) است:

Q_{CL}: کرانه پایین مقاومت عمود بر صفحه دیوار

λ: ضریب لاغری مطابق جدول (۴-۳)

$f_m^{'}$: کرانه پایین مقاومت فشاری واحد آجرکاری

برای سایر مقادیر داخل محدوده می‌توان از درون یابی خطی استفاده کرد.

جدول ۴-۳- مقادیر لاغری بر اساس نسبت ارتفاع به ضخامت دیوارآجری

نسبت $(^{heff}/_{t})$	۵	۱۰	۱۵	۲۵
λ	۰/۱۲۹	۰/۰۶۰	۰/۰۳۴	۰/۰۱۳

۴-۳-۱-۲-۶- معیارهای پذیرش برای دیوار تقویت شده و تقویت نشده

در این بند معیارهای پذیرش مربوط به روشهای خطی ساختمانهای مورد نظر این دستورالعمل ارائه شده است. مقاومت جانبی داخل صفحه دیوارها و جرزها، در صورتی که مقاومت مورد انتظار آنها کمتر از مقاومت کرانه پایین آنها باشد، به صورت تغییرشکل-کنترل منظور می‌شود. در غیر اینصورت مقاومت دیوار و پایه به صورت نیرو-کنترل در نظر گرفته می‌شود. همچنین فشار محوری در دیوارها و جرزها به صورت نیرو-کنترل در نظر گرفته

می‌شود.

۴-۳-۱-۲-۶-۱- رفتار داخل صفحه

۴-۳-۱-۲-۶-۱-۱- رفتار تغییرشکل- کنترل

اگر حداقل مقاومت برشی و گهواره‌ای مورد انتظار هر دیوار، کمتر از کرانه پایین مقامت جانبی (مقاومت نظیر شکست قطری یا مقاومت جانبی ناشی از فشار پنجه) آن دیوار باشد، در این صورت نیروی برشی درون صفحه دیوار و جرز، تغییرشکل-کنترل می‌باشد که در این حالت باید رابطه (۴-۲۱) ارضاء شود.

$$m\kappa Q_{CE} \geq Q_{UD} \qquad (۲۱-۴)$$

در این رابطه m ضریب اصلاح بر اساس رفتار غیرخطی عضو بوده و مقادیر آن از جدول (۴-۴) استخراج می‌شود. κ ضریب آگاهی است که بر مبنای بند ۱-۷-۴ و جدول(۱-۱) در نظر گرفته می‌شود. Q_C ظرفیت مورد انتظار عضو است که از روابط (۴-۱۳) و (۴-۱۴) بدست می‌آید. مقدار شود. Q_{UD} از رابطه (۴-۳) محاسبه می‌شود.

جدول ۴-۴- مقادیر ضریب m برای رفتاردرون صفحه دیوارهای بنایی در روش استاتیکی خطی

رفتار دیوارها و جرزها	سطح عملکرد ساختمان	
	اعضای اصلی	
	ایمنی جانی(LS)	آستانه فروریزش(CP)
لغزش برشی ملات	۳	۴
بلند شدگی (حرکت گهواره‌ای)	$۳\frac{h_{eff}}{L} \geq ۱/۵$	$۴\frac{h_{eff}}{L} \geq ۲$
دیوار محصور در کلاف	۲/۲۵	۳

۴-۳-۱-۲-۶-۱-۲- رفتار نیرو-کنترل

تلاش‌های ناشی خرد شدگی پنجه و شکست قطری به عنوان نیرو-کنترل محسوب می‌شوند و در این صورت نیروی برشی درون صفحه دیوار و جرز باید رابطه (۴-۲۲) را ارضاء کند.

$$\kappa Q_{CL} \geq Q_{UF} \qquad (۲۲-۴)$$

در این رابطه κ مانند رابطه (۴-۲۱) منظور می‌شود و Q_{UF} از روابط (۴-۴) محاسبه می‌شود.

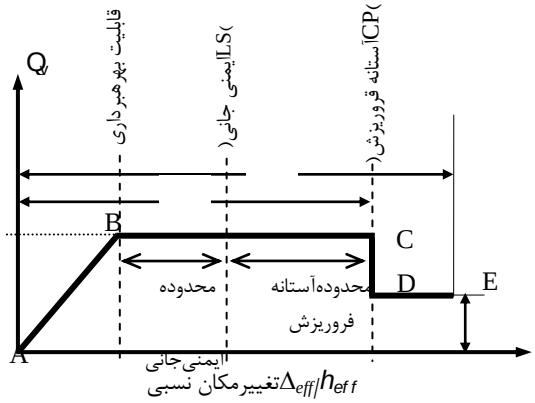
۴-۳-۱-۲-۶-۲- رفتار خارج صفحه

برای سطوح عملکرد ایمنی جانی و آستانه فروریزش، ترکهای خمشی ناشی از بارهای

جانبی عمود برصفحه می‌تواند در قسمت‌هایی از دیوار مصالح بنایی ایجاد گردد. لیکن دیوار تحت بارهای ناشی از زلزله باید پایدار بماند. در این حالت ضمن رعایت بند۴-۳-۱-۲-۵-۲ باید نسبت ارتفاع به ضخامت دیوارهای بدون کلاف بیشتر از یک پانزدهم ($^{1}/_{15}$) باشد. بطور کلی ضخامت دیوارهای طبقه اول و دوم نباید از ۲۲ سانتیمتر و در زیر زمین از ۳۵ سانتیمتر کمتر باشد. دیواری که این شرایط را ارضاء نکند فاقد مقاومت کافی در برابر نیروهای خارج از صفحه بوده و باید تقویت شود.

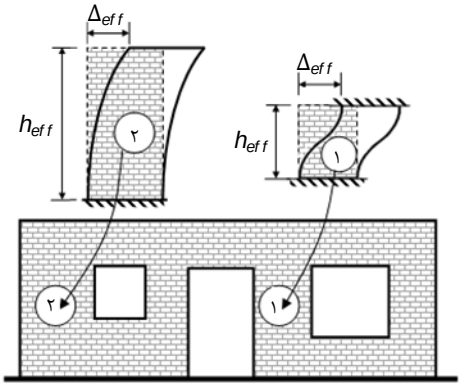
۴-۳-۲- روش استاتیکی غیرخطی

در این روش بار جانبی ناشی از زلزله، به صورت فزاینده استاتیکی به ساختمان اعمال می-شود، تا جاییکه تغییرمکان نقطه کنترل ساختمان به تغییرمکان هدف که از رابطه (۴-۲۳) محاسبه می‌شود، برسد و یا سازه ساختمان دچار افت مقاومتی شدید (ناپایدار)گردد. تغییرشکل‌ها و نیروهای ایجاد شده در دیوارها یا جرزها در نقطه تغییرمکان هدف می-بایست معیارهای پذیرش را برآورده کنند. برای انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی ساختمانهای آجری با نرم‌افزارهای تجاری موجود می‌توان از مدل‌های تیر-ستونی استفاده کرد. در این حالت می‌بایست دقت شود که مدل‌سازی مقاطع اعضا به گونه‌ای انجام شود که مشخصات غیرخطی مدل تا حد امکان با عضوهای ساختمان واقعی تطابق داشته باشد. برای تعیین تلاشها به روش غیرخطی، پاسخ نیرو-تغییرشکل اعضا باید با استفاده از روابط غیرخطی نیرو-تغییرشکل برآورد شود. روابط نیرو- تغییرشکل قابل استفاده در شکل(۴-۱) ارائه شده است.



شکل۴-۱- رابطه ساده شده نیرو-تغییرمکان برای اعضای اصلی در ساختمان‌های آجری

تغییرمکان موثر و ارتفاع موثر دیوارها یا جرزها با در نظر گرفتن شرایط تکیه گاهی در شکل (۴-۲) نشان داده شده است.



شکل۴-۲- تغییرمکان موثر و ارتفاع موثر دیوارها یا جرزها با در نظر گرفتن شرایط تکیه گاهی

۴-۳-۲-۱- سختی

۴-۳-۲-۱-۱- سختی درون صفحه دیوار و جرز

سختی درون صفحه دیوارها وجرزها باید مطابق بند ۴-۳-۱-۲-۴-۱ تعیین شود.

۴-۳-۲-۱-۲- سختی خارج صفحه دیوار و جرز

سختی خارج صفحه دیوارها و جرزها، باید بر اساس بند ۴-۳-۱-۲-۴-۲ در نظرگرفته شود.

۴-۳-۲-۲- مقاومت

۴-۳-۲-۲-۱- مقاومت درون صفحه دیوار و جرز

مقاومت درون صفحه دیوار وجرز باید مطابق بند ۴-۳-۱-۲-۵-۱ تعیین شود.

۴-۳-۲-۲-۲- مقاومت خارج صفحه دیوار و جرز

پایداری و مقاومت خارج صفحه‌ی دیوار به نسبت ارتفاع به ضخامت آن بستگی دارد و اگر نسبت ارتفاع به ضخامت دیوار بیشتر از مقادیر جدول (۴-۵) باشد، دیوار آسیب پذیر خواهد بود. در این صورت باید دیوارها را برای نیروی خارج صفحه بهسازی کرد.

جدول ۴-۵- نسبت مجاز ارتفاع به ضخامت دیوارهای سازه‌ای در هر طبقه

محل استقرار دیوار	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد A≥ ۰/۳۵	پهنه با خطر نسبی‌زیاد، متوسط و کم ۰/۲۵≤ A<۰/۳۵
	h/t	*h/t*
طبقه فوقانی‌ساختمان‌دو تا سه طبقه	*۱۰	۱۴
سایر طبقات	۱۴	۱۵
دیوار ساختمان یک طبقه	۱۲	۱۶

*برای دیوار طبقه سوم

دیوارها باید در فاصله بین تکیه گاه‌های خود برای نیروی خارج از صفحه مطابق رابطه (۴-۲۳) کنترل شوند.

$$F_P = \beta_P S_S W \qquad (۲۳-۴)$$

که در آن:

F_P: نیروی خارج از صفحه درواحد سطح دیوار برای کنترل قسمتی از دیوار که بین دو تکیه گاه قرار دارد.

β_P: ضریب که برای سطح عملکرد ایمنی جانی برابر با ۰/۴ و برای سطح عملکرد آستانه فروریزش برابر با ۰/۳ در نظر گرفته می‌شود.

S_S: مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب‌های کوتاه برای سطح زلزله انتخابی و میرایی ۵درصد می‌باشد.

W: وزن واحد سطح دیوار.

۴-۳-۲-۳- تغییرمکان هدف

برای تعیین نیاز لرزه‌ای، ساختمان مورد نظر باید مقدار حداکثر تغییر مکان غیر ارتجاعی در تراز سقف‌ها محاسبه شود. برای این منظور فرض می‌شود سقف‌ها کاملاً صلب بوده و در تحلیل ساختمان، از اثر عواملی مانند پیچش و ضربه ساختمان‌های مجاور چشم پوشی می‌شود. مقدار تغییر مکان هدف ساختمان مورد نظر برای نقطه کنترل در تراز بام به روش ضرایب براساس رابطه (۴-۲۴) محاسبه می‌شود:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T^2}{4\pi^2} g \qquad (۲۴-۴)$$

در این رابطه S_a شتاب طیفی از رابطه (۴-۱۱) و T زمان تناوب اصلی ساختمان از رابطه (۴-۵) محاسبه می‌شود.

ضریب C_0 برای اصلاح تغییرمکان طیفی سازه یکدرجه آزادی معادل شده به تغییرمکان تراز بام سازه چند درجه آزادی ساختمان است. که از جدول(۴-۶) استخراج می‌شود.

جدول ۴-۶- مقادیر ضریب اصلاح C_0

تعدادطبقات ساختمان	نحوه توزیع بار جانبی مثلثی
۱	۱
۲ و ۳	۱/۲

ضریب C_1 باید از رابطه (۴-۱۰) محاسبه شود.

ضریب C_2 برای تحلیل غیرخطی باید از جدول (۴-۷) استخراج شود و برای مقادیر T که بین ۰/۱ و T_0 باشند می‌توان از درون‌یابی خطی استفاده کرد.

جدول ۴-۷-مقادیر ضریب اثر کاهش سختی و مقاومت (C_2) برای دیوارهای بنایی غیرمسلح

سطح عملکرد ساختمان	$T \leq ۰/۱$	$T \geq T_0$
ایمنی جانی	۱/۳	۱/۱
آستاده فروریزش	۱/۵	۱/۲

۴-۳-۲-۴- منحنی رفتار غیرخطی عضو

۴-۳-۲-۴- ۱- منحنی رفتار غیرخطی عضوهای نیرو -کنترل

برای تعیین منحنی رفتارغیرخطی هرعضو نیرو-کنترل با تعیین سختی هرعضو و برش مقاوم آن (V_{iF}) می‌توان منحنی رفتاری آنرا مطابق شکل ۴-۵ ترسیم کرد.

۴-۳-۲-۴- ۲- منحنی رفتار غیرخطی عضوهای تغییرشکل -کنترل

برای تعیین منحنی رفتارغیرخطی هر عضو باید با توجه به مود خرابی پیش بینی شده و مشخصات هندسی و مصالح آن مندرج در جدول (۴-۸) مقادیر c، d و e استخراج شده و با محاسبه سختی و ظرفیت جانبی هر دیوار، مقدار تغییرمکان متناظر با نقاط B، C و E را به کمک رابطه (۴-۲۵) محاسبه کرد:

$$\begin{cases} \delta_B = \dfrac{V_B}{K_B} \\ \delta_C = \delta_D = d \times \dfrac{h_{eff}}{۱۰۰} \\ \delta_E = e \times \dfrac{h_{eff}}{۱۰۰} \end{cases} \qquad (۲۵-۴)$$

با در اختیار داشتن مقدار c باید مقدار ظرفیت برشی نظیر نقطه D و E را برای هر دیوار مطابق رابطه (۴-۲۶) بدست آورد:

$$V_D = V_E = c \times V_B = c \times V_C \qquad (۲۶-۴)$$

اکنون با در اختیار داشتن مقادیر ظرفیت و تغییرمکان نقاط B، C، D و E شکل منحنی رفتاری عضو مشخص می‌شود.

۴-۳-۲-۵- معیارهای پذیرش برای دیوار تقویت شده و تقویت نشده

۴-۳-۲-۵-۱- رفتار تغییرشکل-کنترل

برای اعضای تغییرشکل-کنترل، مقادیرتغییرشکل‌غیرخطی نباید از مقادیر ارائه شده در جدول (۴-۸) بیشتر شود. برای تحقق این امر باید تغییرشکل اعضا با در نظر گرفتن کلیه تلاش‌هایی که همزمان به آنها وارد می‌شوند، مطابق شکل(۴-۱) برآورده شود.

بنابراین معیارپذیرش برای اعضای تغییرشکل-کنترل براساس منحنی رفتاری محاسبه شده در بند ۴-۶-۳-۲-۴ و با محاسبه مقدار تغییرمکان هدف در بند ۴-۶-۳-۲-۳، به کمک سطوح عملکرد ارائه شده در جدول (۴-۸) تعیین می‌شود. به عبارت دیگر سطح عملکرد عضو در جدول (۴-۸) بر اساس موقعیت تغییر مکان هدف در منحنی رفتاری نسبت به تغییرمکان قابل قبول تعیین می‌شود.

جدول ۴-۸-مقدار تغییرشکل غیرخطی دیوارها و جرزها در رابطه ساده شده نیرو- تغییرمکان در روش استاتیکی غیرخطی

معیار پذیرش					
رفتار دیوار یا جرز	c	d (%)	e (%)	سطح عملکرد ساختمان	
				اعضای اصلی	
				ایمنی جانی	آستانه فروریزش
لغزش برشی ملات	V_{fr}/Q_y^*	۰/۴	۰/۸	۰/۳	۰/۴
بلند شدگی (حرکت گهواره ای)	۰/۶	$۰/۴(\frac{h_{eff}}{L})$	$۰/۸(\frac{h_{eff}}{L})$	$۰/۳(\frac{h_{eff}}{L})$	$۰/۴(\frac{h_{eff}}{L})$

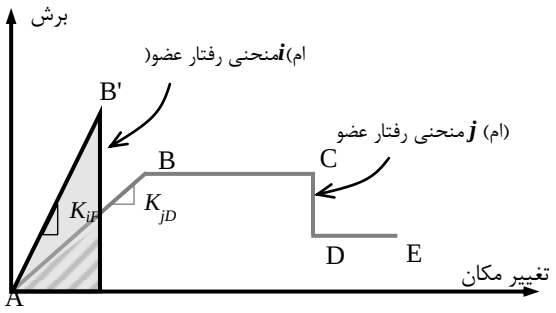
* مقدار V_{fr}از رابطه (۴-۱۵) بدست می‌آید

۴-۳-۲-۵-۲- رفتار نیروکنترل

کلیه تلاش‌های وارده به عضوهای نیرو-کنترل همواره باید از ظرفیت جانبی کرانه‌پایین آنها کمتر باشد. تلاش وارده به هر یک از عضوهای نیرو-کنترل به نسبت سختی آنها با استفاده از رابطه (۴-۲۷) محاسبه می‌شود. در این رابطه V برش پایه است که از رابطه (۴-۹) محاسبه می‌شود.

$$V_{iF} = V\left(\frac{K_{iF}}{\sum_{i=1}^{n} K_{iF} + \sum_{j=1}^{m} K_{jD}}\right) \qquad (۴-۲۷)$$

در شکل(۴-۵) وضعیت عمومی سختی عضو i-ام از n عضو نیرو-کنترل(K_{iF}) و سختی عضو j-ام از m عضو تغییرشکل-کنترل(K_{iD}) نشان داده شده است..



شکل۴-۵- منحنی رفتاری عضو تغییرشکل-کنترل و نیرو-کنترل

فصل پنجم

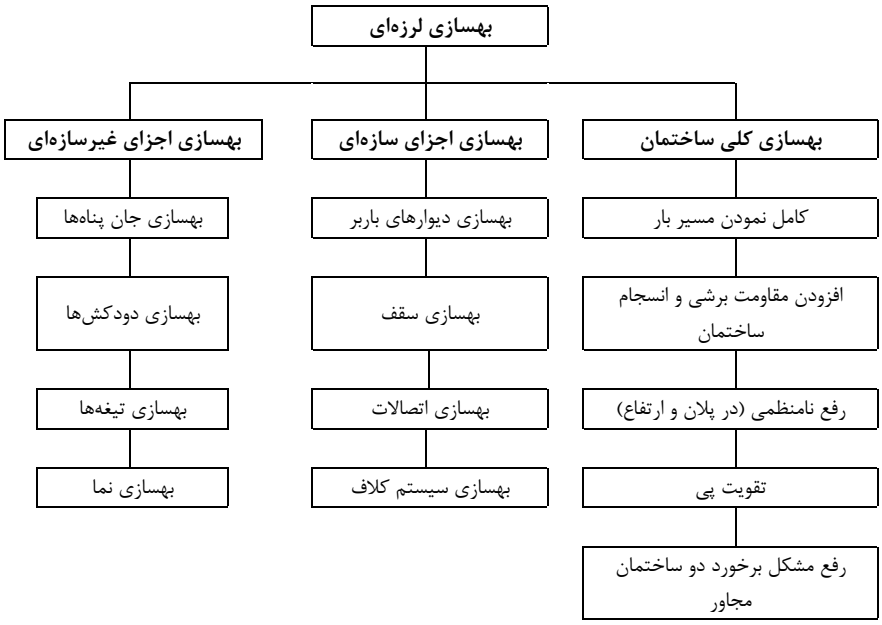
بهسازی ساختمانهای آجری کوتاه

۵-۱- مقدمه

در این فصل مبانی و اصول کلی بهسازی لرزه‌ای که در بر گیرنده بهسازی کلی یا موضعی ساختمان است در قالب برخی روش‌ها و جزییات مقاوم‌سازی که با استفاده از آن می‌توان با سرعت مناسب و بکارگیری ابزار و وسایل ساده ساختمان را مقاوم کرد، ارائه شده است. پس از ارزیابی ساختمان که در فصل‌های قبل بیان شد، کاستی‌ها و مشکلات لرزه‌ای ساختمان مشخص شده که برای رفع هریک از آنها باید راهکار مناسب ارائه شود. از اینرو آنچه در این فصل آمده است صرفا جنبه راهنما و مثال برای رفع کاستی‌ها است و هرگز نباید به معنای راه حل‌های نهایی تلقی شود. زیرا راهکارهای لازم برای رفع کاستی‌های یک ساختمان به طور کلی به وضعیت سازه‌ای، کاربری و نظر کارفرما یا مالک (اقتصاد طرح) بستگی دارد. لازم به ذکر است که باید برای مقاوم سازی چند گزینه ارائه و از آن میان یکی به عنوان گزینه منتخب در نظر گرفته شود. گزینه منتخب، باید بر اساس معیارهای ارائه شده در این دستورالعمل مجددا ارزیابی و کنترل شود. روشن است که اگر گزینه منتخب مناسب نباشد و با اصلاحات جزئی و کلی معیارهای پذیرش را تامین نکند، لازم است این گزینه اصلاح شود و یا گزینه دیگری انتخاب و ارزیابی گردد.

۵-۲- بهسازی لرزه‌ای

در این قسمت بهسازی لرزه‌ای برای بهبود رفتار لرزه‌ای ساختمان در مقابل زلزله‌های آتی می‌تواند توسط یک یا چند گزینه انجام شود. گزینه منتخب باید نامعینی اجزای مقاوم جانبی را برای جلوگیری از فروریزش و ناپایداری کلی ساختمان افزایش دهد. همچنین با توجه به هدف بهسازی و روش مورد استفاده برای ارزیابی آسیب‌پذیری سازه، از روش مقاوم‌سازی استفاده می‌شود. در شکل (۵-۱) مراحل بهسازی ساختمانهای مشمول این دستورالعمل آورده شده است.



شکل ۵-۱- مراحل بهسازی ساختمانهای کوتاه مرتبه

۵-۲-۱- بهسازی کلی ساختمان

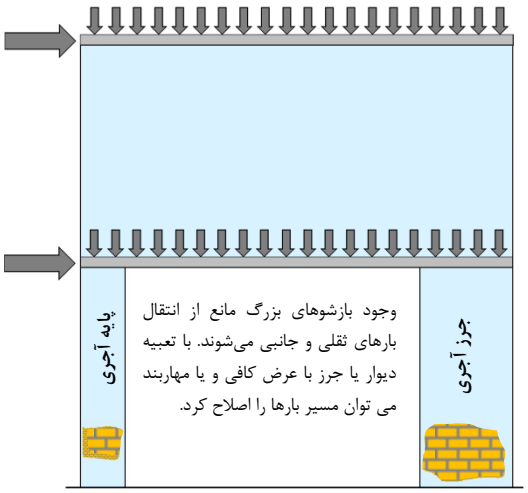
۵-۲-۱-۱- کامل نمودن مسیر بار

عملکرد لرزه‌ای مناسب یک ساختمان وابسته به پیوستگی مسیر انتقال نیروهای اعمالی دارد. کلیه نیروها باید دارای مسیر مشخصی بوده تا با عبور از تمام دیافراگم‌های افقی و قائم و نیز تمام عناصر سازه‌ای ذیربط به شالوده برسند. ازاینرو ساختمانی که دارای سیستم مقاوم در برابر نیروهای ناشی از زلزله در تمام طبقه‌ها و به صورت پیوسته و هماهنگ باشد دارای عملکرد لرزه‌ای مناسب خواهد بود. اگر در مسیر بار جانبی ناپیوستگی وجود داشته

باشد ساختمان حتی با وجود مقاومت برخی اجزا قادر به تحمل نیروهای لرزه‌ای نخواهد بود. مسیر بار پیوسته، نیاز اولیه تمام ساختمان‌هاست. در این دستورالعمل اجزای خاصی از مسیر بار را مدنظر قرار می‌گیرند تا مسئول بهسازی را در تعیین نقاط انفصال مسیر بار یاری نماید. در حالی که شرایط عدم تطابق در قسمتهای بعدی ممکن است انفصال احتمالی یا ضعف در مسیر بار را نشان دهد، تشخیص مسیر بار کامل، اولین گام ضروری در ارزیابی ساختمان است.

۵-۲-۱-۱-۱- ناپیوستگی مسیر بار

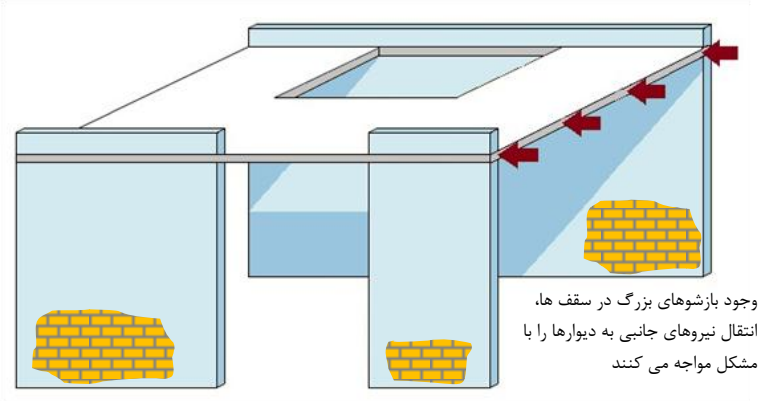
با اضافه کردن عضوهای جدید برای کامل کردن مسیر بار نا پیوستگی اصلاح می‌شود. مانند اضافه کردن دیوارهای برشی جدید در محل‌های ناپیوستگی. در شکل ۵-۲ یک مثال از ناپیوستگی مسیر باره‌ای ثقلی و جانبی نشان داده شده است..



شکل ۵-۲- ناپیوستگی در مسیر بارهای ثقلی و جانبی

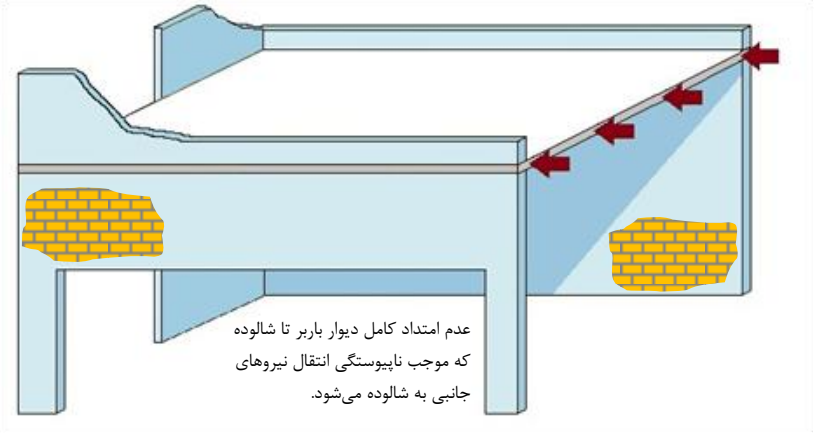
۵-۲-۱-۱-۲- نبود مسیر انتقال بار کف‌ها به عضوهای قائم

در شرایطی که مسیری برای انتقال بار کفها یا سقف‌ها به دیوارهای باربر به مقدارکافی وجود ندارد، لازم است عضو یا عضوهای جدیدی برای تامین این مسیر اضافه شوند (شکل۵-۳).



شکل ۵-۳- ناپیوستگی در مسیر نیروهای جانبی

شکل ۵-۴ دیوار باربری را نشان می‌دهد که تامین برخی شرایط (مثل بازشوهای پایین) تا شالوده امتداد ندارد که در اینصورت باید این نقصان به طور کامل برطرف شود.



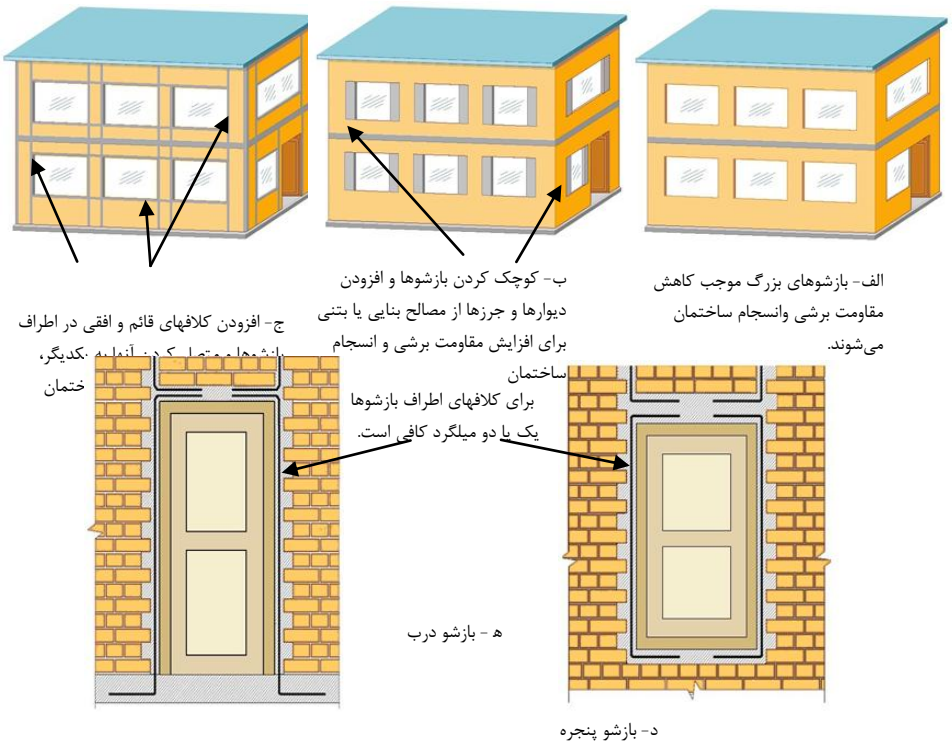
شکل ۵-۴- ناپیوستگی در مسیر نیروهای جانبی در اثر ناپیوستگی دیوار باربر

۵-۲-۱-۲- افزودن مقاومت برشی وانسجام ساختمان

چنانچه ساختمان به لحاظ کاستی در طول دیوارهای سازه‌ای آسیب‌پذیر باشد ، یا در مواردی اندازه بازشوها بیش از مقادیر استادارد ۲۸۰۰ ایران باشد مانند شکل (۵-۵- الف) می‌توان با کوچک کردن بازشوها (شکل ۵-۵-ب) یا اضافه کردن کلاف‌های اطراف بازشوها مانند شکل(۵-۵-ج) که به نحو مناسبی به دیافراگم‌ها متصل شده باشند، این مشکل را برطرف کرد. در شکل‌های(۵-۵-د و ه) استفاده از تک میلگرد برای ایجاد کلاف قائم در اطراف بازشو پنجره و درب نشان داده شده است.

۵-۲-۱-۳- رفع نامنظمی

برای ساختمان‌هایی که دارای نامنظمی هستند، باید با افزودن اعضای جدید، پر کردن بازشوها، و اضافه نمودن درز انقطاع نامنظمی را در سازه را بر طرف کرد. نامنظمی‌ها غالباً بدلیل ناپیوستگی اجزای سازه‌ای، توزیع نامناسب جرم، سختی یا مقاومت ایجاد شده موجب رفتار نامناسب لرزه‌ای می‌شوند. برخی از روش‌های موثر اصلاح نامنظمی قائم نظیر طبقه ضعیف و یا نرم، اضافه کردن دیوارهای برشی در طبقه نرم یا ضعیف است. بعلاوه درزهای انقطاع برای تبدیل ساختمانی نامنظم به تعداد بلوک‌های منظم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. با این حال باید به تامین درز انقطاع کافی برای جلوگیری از اثرات ضربه ساختمان‌ها توجه کرد.



شکل ۵-۵- افزایش مقاومت برشی و انسجام ساختمان

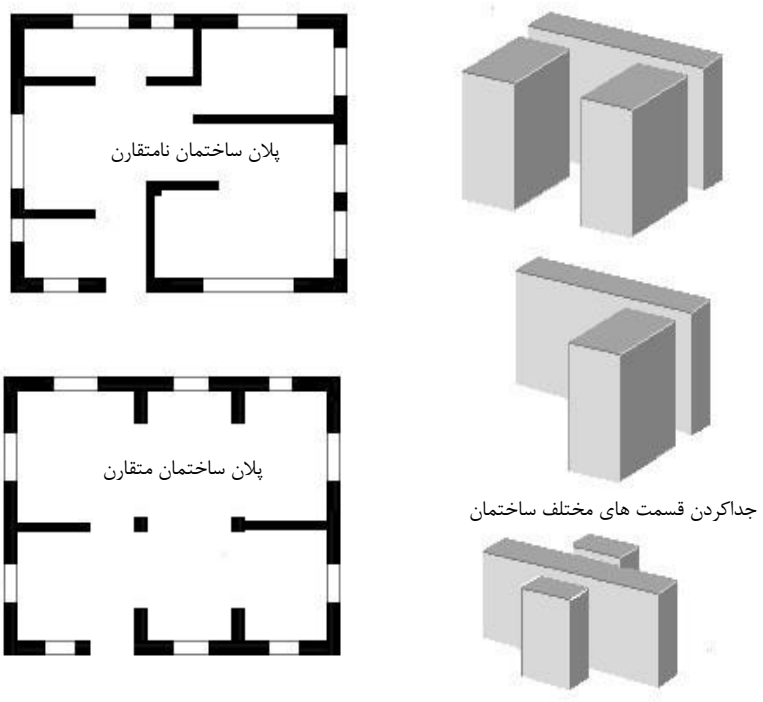
۵-۲-۱-۳-۱- رفع نامنظمی در پلان

در صورتیکه سازه دارای نامنظمی در پلان باشد، باید با افزودن اعضای جدید و یا پر کردن بازشوها، نامنظمی را کاهش داده و یا از بین برد. در صورت نامتقارن بودن ساختمان و یا

وجود پیش آمدگی بزرگتر از حد مجاز باید با ایجاد درز انقطاع ساختمان را به قطعات متقارن تقسیم کرد، به نحوی که هر قسمت بصورت مستقل آسیب‌پذیر نباشد شکل(۵-۶).

۵-۲-۱-۳-۲- رفع نامنظمی در ارتفاع

اگر ساختمان در ارتفاع نامنظم باشد، باید با اضافه کردن دیوارهای برشی جدید و یا تقویت دیوارهای باربر موجود، نامنظمی‌هایی همچون طبقه ضعیف و ناپیوستگی در امتداد قائم را بر طرف کرد. لازم به یاد آوری است که این روش بهسازی نباید مشکل جدیدی را برای ساختمان بوجود آورد. چنانچه از دیوار برشی جدید برای بهسازی طبقه ضعیف استفاده شود، لازم است فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی به لحاظ کنترل پیچش ساختمان مجددا بررسی شود. همچنین لازم است برای حفظ پیوستگی قائم، دیوار جدید تا تراز پی ادامه یابد.



شکل ۵-۶- افزایش مقاومت برشی و انسجام ساختمان

۵-۲-۱-۵- رفع مشکل برخورد دو ساختمان مجاور

در صورتیکه ساختمان مورد نظر ممکن است از جانب ساختمان(های) مجاور در اثر سقوط

اجزای سست آن(ها) مانند قطعات نما، قطعات جان پناه و غیره، ناشی از زلزله آسیب ببینند، باید قسمت‌هایی از ساختمان که در معرض چنین آسیبی قرار می‌گیرند تقویت شوند. علاوه بر آن باید بررسی شود که راههای دسترسی ساختمان در اثر ریختن قطعات از ساختمان(های) مجاور مسدود نشوند. برای جلوگیری از برخورد ساختمان‌های مجاور باید مطابق ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ ایران درز انقطاع بین آنها تعبیه شود. در صورتیکه درز انقطاع لازم بین دو ساختمان موجود رعایت نشده باشد، باید این مشکل را با یکی از روش-های زیر برطرف کرد:

الف- تخریب قسمتی از ساختمان برای ابجاد و یا افزایش فاصله موجود بین دو ساختمان

ب-بستن اجزای سازه‌ای دو قسمت ساختمان به یکدیگر و تشکیل یک مجموعه سازه‌ای

اگر تراز کف‌های ساختمان مورد نظر با ساختمان مجاور یکی باشد و تفاوت ارتفاع دو ساختمان کمتر از ۵۰ درصد ارتفاع ساختمان کوتاهتر باشد، نیازی به ایجاد درز انقطاع نیست.

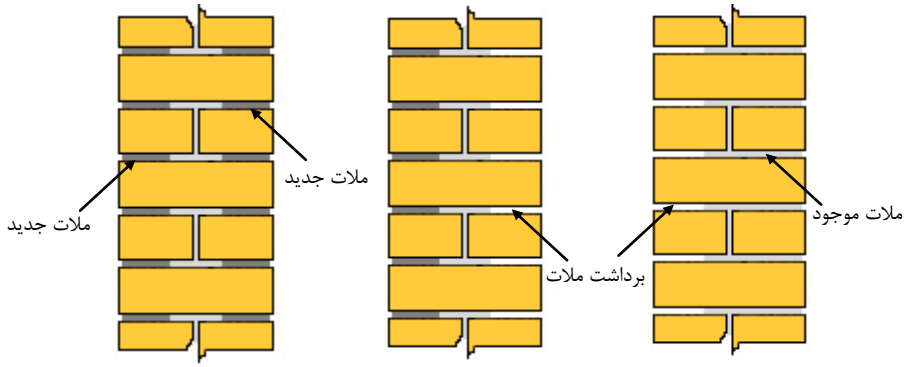
۵-۲-۲- بهسازی اجزای سازه‌ای ساختمان

۵-۲-۲-۱- بهسازی دیوارهای باربر

دیوارهای باربر از مهمترین عناصر سازه‌ای در ساختمان‌های آجری هستند که نقش مهمی در تحمل نیروهای جانبی ناشی از زلزله به عهده دارند. اگر بر اساس روش‌های ارزیابی دیوار سازه‌ای آسیب‌پذیر شناخته شود، باید یا آن دیوار برداشته شده و با دیوار جدیدی جایگزین گردد و یا مقاومت جانبی آن به نحو مناسبی تامین گردد.

۵-۲-۲-۱-۱- اصلاح اجرای واحدهای بنایی

در مواردی که ضعف دیوار ناشی از مقاومت ملات آن باشد می‌توان از روش ارائه شده در شکل ۵-۷ استفاده کرد..



شکل ۵-۷- اصلاح اجرای آجرچینی و ملات

۵-۲-۲-۱-۲- اصلاح درزهای قائم بین آجرها

در صورتی که درزهای قائم بین آجرها از ملات پر نباشد، باید مقاومت برشی درون صفحه و مقاومت خمشی خارج از صفحه دیوار نصف مقادیر دیوار کامل منظور گردد. برای رفع کاستی فوق می‌توان از جزییات مندرج در شکل ۵-۸ استفاده کرد. برای پرکردن درزها باید از تزریق دوغاب سیمان یا ترکیبات رزین استفاده شود که در زیر مراحل خلاصه شده آن آورده شده است.

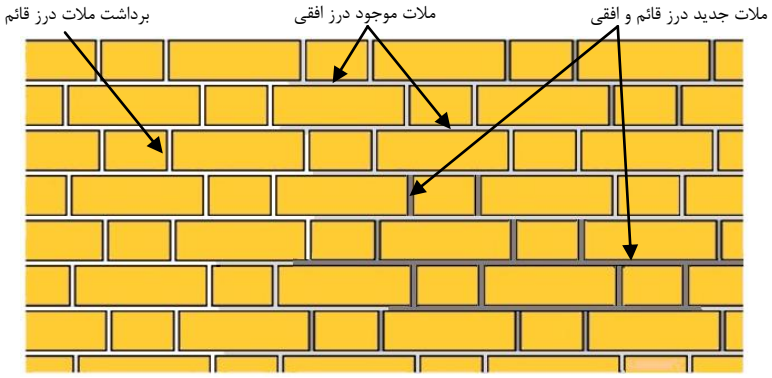
۱- آماده سازی و برداشتن اندود سطحی و تعریض ترکها

در این مرحله سوراخهایی به قطر ۱۲/۵ میلیمتر در داخل ترکها ایجاد کرده و لوله‌های کوچک در داخل این سوراخها جای داده می‌شوند. سپس محل ترک با آب تحت فشار شستشو داده شده و ترکها با خمیر سیمان درزبندی می‌شوند. نکته قابل ذکر در مورد سوراخهای ایجاد شده در دیوار این است که هر چه ترکها باریکتر باشند، این سوراخها متراکم‌تر خواهند شد.

۲- تزریق دوغاب سیمان

در این مرحله دوغاب سیمان با فشار به داخل لوله‌ها تزریق می‌شود. برای دوغاب بهتر است از بنتونیت نیز به نسبت ۵ درصد وزنی سیمان استفاده کرد. عمل تزریق از پایین‌ترین لوله شروع می‌شود و تا زمانی که دوغاب یکدست شروع به جریان یافتن از لوله بعدی نکرده است، ادامه می‌یابد. بدین ترتیب اولین لوله، درزبندی شده و سپس از لوله بعدی عمل تزریق انجام می‌شود و به همین نحو ادامه می‌یابد اندود نهایی با نصب یک توری سیمی و ایجاد اندود نهایی برروی آن به مرحله اجرا در می‌آید. اگر ترکها مورب باشند نخست باید با یکی از روشهایی که برای ترکهای خفیف و مختصر ذکر گردید و به دنبال آن با روش

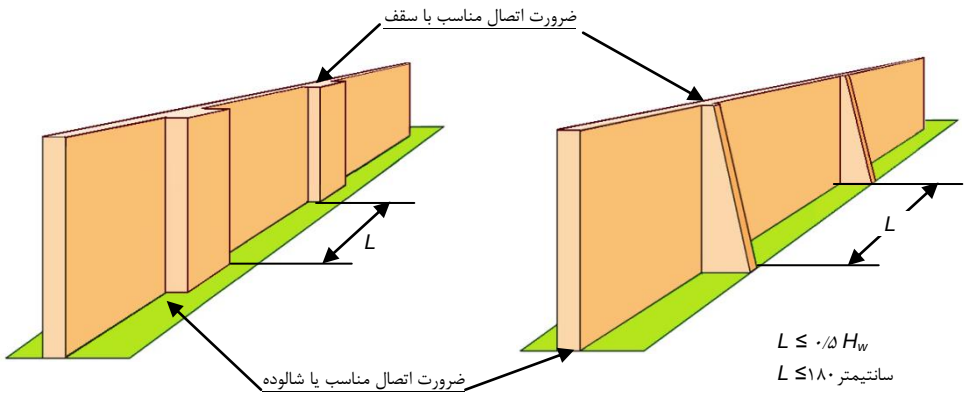
کلافهای باریک موضعی که در این قسمت تعریف می‌گردد، تعمیر گردند. در این گونه ترکها اگر تنها روشهای معمولی که برای تعمیر ترکهای جزئی اختصاص یافته‌اند، به کار گرفته شوند، پهنای بزرگ این ترکها یا ترتیب قرار گرفتن انبوه آنها، انتقال تنش را به میزان قابل اعتمادی اجازه نمی‌دهد.



شکل ۵-۸- اصلاح هرزه ملات یا ملات درزهای قائم

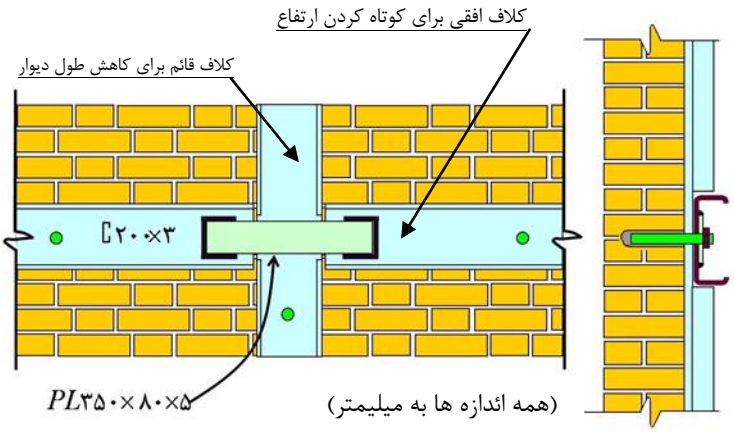
۵-۲-۲-۱-۳- کاهش طول و ارتفاع آزاد دیوار

اگر طول‌ویا ارتفاع دیواربنایی بیش‌از حدمجاز داده‌شده در استادارد ۲۸۰۰ ایران‌باشد، هنگام رخداد زلزله دیوار آسیب پذیر بوده و باید طول آزاد آن را با تعبیه پشت بند مناسب و یا کلاف قائم به میزان مجاز کاهش داد. کلاف قائم باید به نحو مناسبی به کلاف‌های افقی و سقف متصل شود (شکل ۵-۹). در شرایطی که ضخامت دیوار از حد مجاز کمتر است‌باید فاصله‌افقی پشت‌بند یا کلاف‌قائم از نصف‌ارتفاع دیوار و یا ۱۸۰سانتیمتر کمتر باشد.



شکل ۵-۹- کنترل طول غیر مجاز دیوار

اگر ارتفاع آزاد دیوار از مقادیر مجاز بیشتر باشد، باید ارتفاع آزاد دیوار را با تعبیه کلاف افقی در آن کاهش داد. فاصله قائم این کلاف باید با کلاف‌های افقی بالا و پایین از ۴ متر تجاوز نکند. این کلاف باید به نحو مناسبی به کلاف‌های قائم متصل شده و حداکثر تغییرمکان آن از یک دهم ضخامت دیوار تجاوز نکند.



شکل ۵-۱۰- یکی از راههای کاهش طول و ارتفاع آزاد دیوارهای باربر

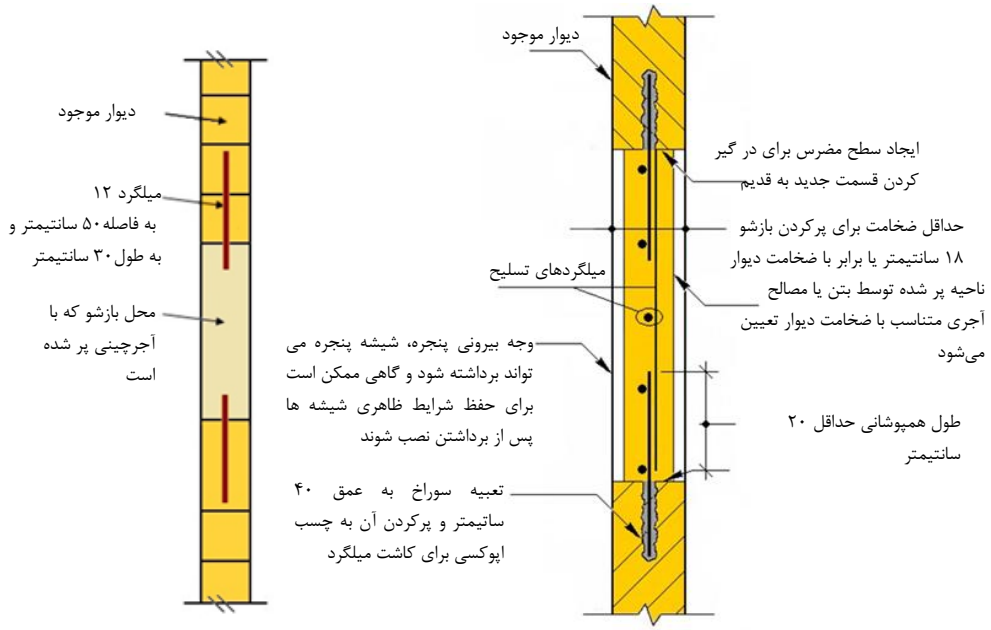
۵-۲-۲-۱-۴- کاهش ابعاد باز شوها

اگر ابعاد بازشوها بیش از حد مجاز باشد، باید با کاهش ابعاد بازشوها و یا در صورت عدم وجود مشکلات معماری، پر کردن آن‌ها این مسئله را برطرف کرد. جزییات نشان داده شده در شکل۵-۱۱ یکی از راه حل‌های رفع این کاستی می‌باشد.

۵-۲-۲-۱-۵-تقویت دیوار با استفاده از پوشش بتن مسلح

در مواردیکه دیوار به لحاظ ظرفیت آسیب‌پذیر باشد و یا در حالت کلی‌تر سازه دارای ظرفیت برشی کافی نباشد، می‌توان با استفاده از پوشش بتن مسلح ظرفیت موضعی دیوار و یا ظرفیت کلی سازه را افزایش داد. در این روش مطابق با جزییات نمایش داده شده در شکل۵-۱۲، میلگردهای افقی و قائم روی دیوار قرار داده می‌شود و با استفاده از میلگردهای مهاری به دیوار متصل می‌گردند. سپس یک پوشش بتنی روی دیوار اجرا می‌گردد. بدین منظور لازم است در محل‌های مورد نظر سوراخی در دیوار در عمقی برابر نصف ضخامت دیوار ایجاد گردد، تا میلگردهای مهاری داخل آن قرار بگیرند. به جای میلگرد نیز می‌توان در این روش از شبکه‌های مفتولی از پیش جوش داده شده استفاده نمود. حداقل

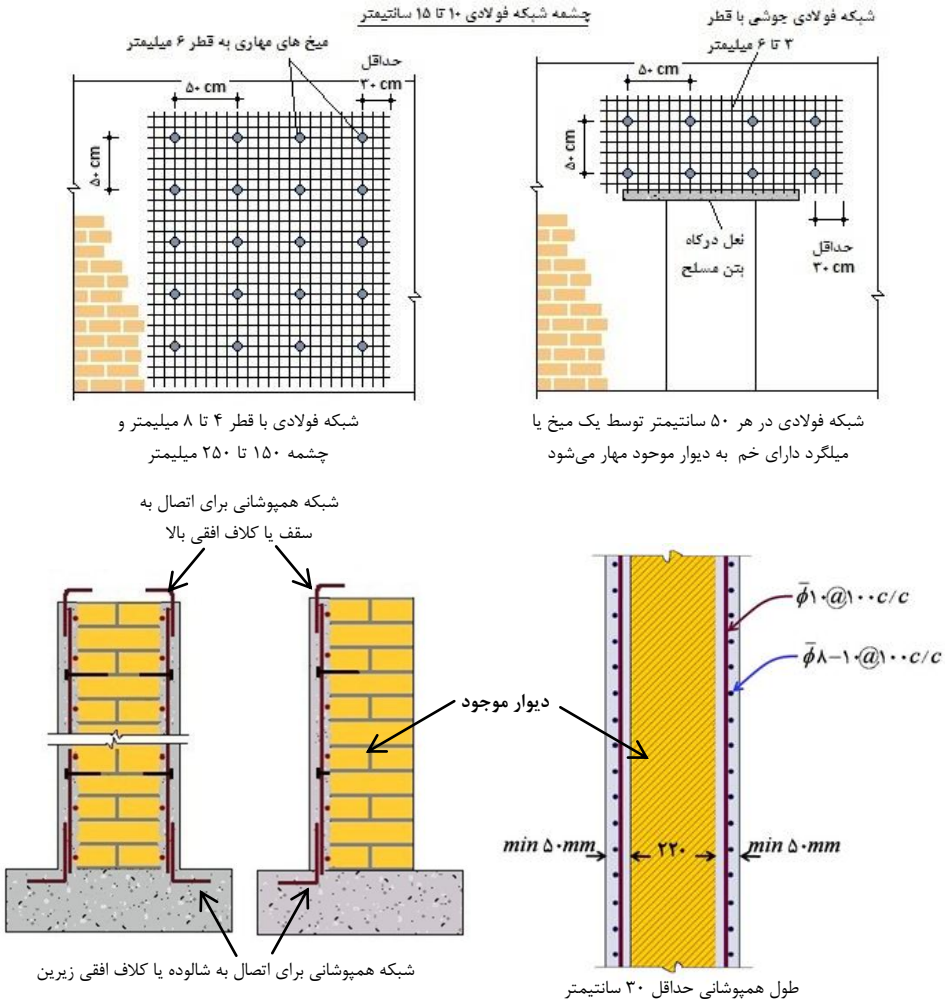
ضخامت پوشش بتنی برابر ۵ سانتیمتر می‌باشد. لازم است میلگردهای قائم یا شبکه فولادی در داخل شالوده ادامه پیدا کنند. در غیر این صورت ممکن است مود خرابی حاکم در دیوار تقویت شده حرکت گهواره‌ای باشد و پنجه دیوار در اثر نیروهای فشاری زیاد دچار خرد شدگی گردد. پوشش بتن مسلح را می‌توان در یکطرف و یا در هر دو طرف دیوار اجرا نمود. همچنین در دیوارهایی که ترک‌خوردگی در آن‌ها مشاهده می‌شود، می‌توان به صورت موضعی، با استفاده از پوشش بتن مسلح محل‌های ترک‌خوردگی را ترمیم کرد.



شکل ۵-۱۱- یکی از راه‌های کاهش ابعاد بازشوها

برای اجرای روکش بتنی ابتدا باید سطح دیوار برای کار آماده شود و در آن سوراخهایی ایجاد کرده و میلگردهای مهاری در آنها قرار داده شود، آنگاه با چسب اپوکسی رزین دور آنها پر شود تا به دیوار محکم بچسبد (فواصل میلگردها در حدود ۳۰۰-۵۰۰ میلی‌متر است). سپس شبکه فولادی آماده شده در محل قرار می‌گیرد و به آرماتورهای کاشته شده در دیوار بسته می‌شود. مرحله نهایی بتن ریزی یا بتن پاشی می‌باشد. این روش کاملاً در ساختمانهای با ارتفاع کم یا متوسط عملی است. برای اینکه مرکز سختی تغییر نکند و موجب پیچش ساختمان نشود، بهتر است تمام دیوارها تقویت شوند و اگر ممکن نباشد، به

طور متقارن تقویت شود. برای جایدهی بتن در محل مورد نظر یکی از روشهای مناسب، بتن‌پاشی (شاتکریت[1]) می‌باشد. در این روش بتن به وسیله دستگاه بتن پاشی با فشار به محل مورد نظر برخورد کرده و بر اثر چسبندگی بتن، رفته رفته روکش بتنی ایجاد می‌گردد.



شکل ۵-۱۲- تقویت دیوار آسیب دیده با استفاده از پوشش بتن مسلح

۵-۲-۲-۱-۶-تقویت دیوار با استفاده از میلگرد یا تسمه ضربدری

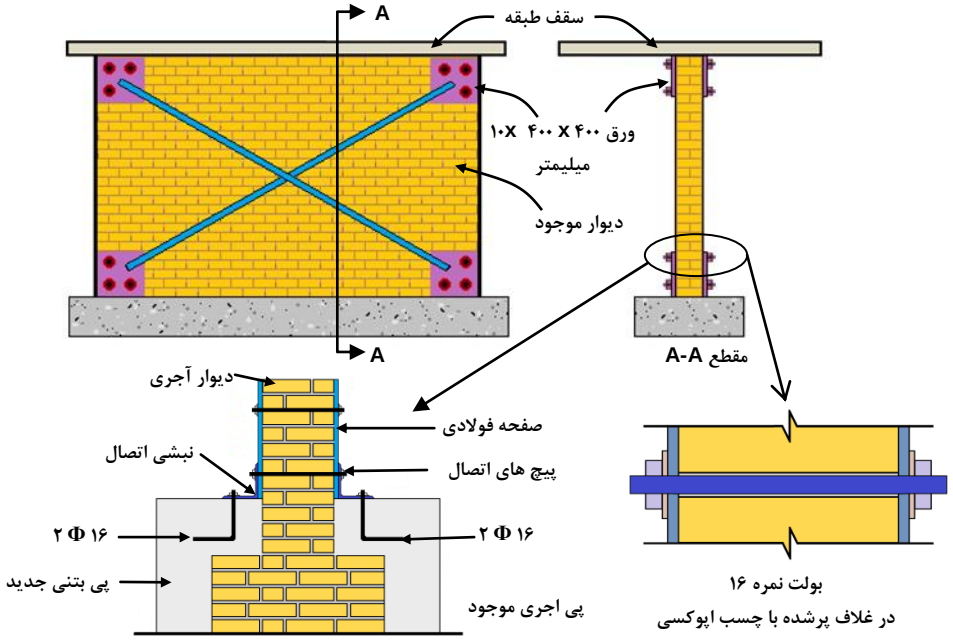
برای تقویت دیوارها می‌توان از روش نشان داده شده در شکل ۵-۱۳ استفاده کرد. در این روش ورق‌های فولادی در چهارگوشه دیوار بوسیله پیچ و مهره به دیوار دوخته شده، سپس

میلگرد یا تسمه‌های مورد نظر که معادل ظرفیت کشش قطری دیوار باشند به ورق‌های فولادی جوش می‌شوند.

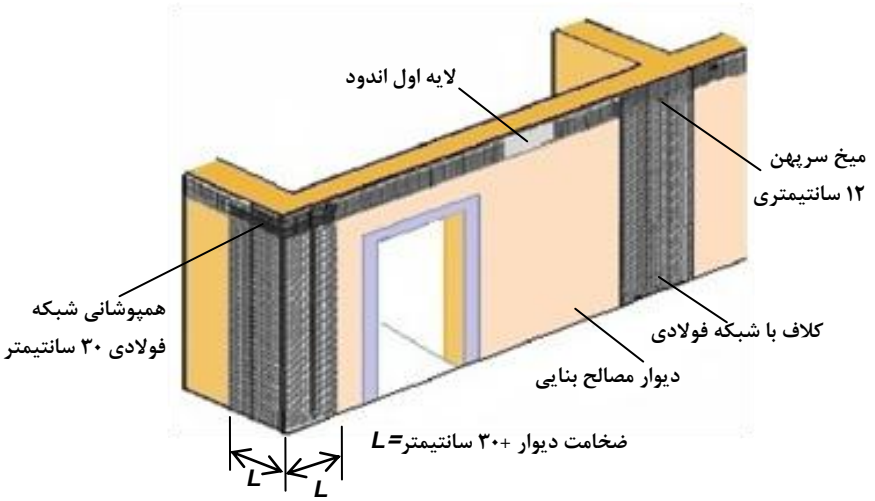
۵-۲-۲-۱-۷-تقویت دیوار با استفاده از ورق‌های کامپوزیت

یکی دیگر از روش‌های تقویت دیوارهای آجری استفاده از ورق‌های کامپوزیت که معمولا متشکل از الیاف شیشه یا کربن می‌باشد، استفاده می‌شود. این ورق‌ها برای افزایش مقاومت برشی دیوار بکار می‌رود ولی مقاومت حارج از صفحه دیوار نیز بهبود می‌یابد. برای جزئیات مربوط به نحوه استفاده از آنها می‌توان به "دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های نیمه اسکلت موجود" از مجموعه استانداردها و آیین نامه‌های ساختمانی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (ض-۶۸۴-۱۳۹۲) مراجعه کرد.

همچنین می‌توان مشابه جزییات نمایش داده شده در شکل۵-۱۴ با استفاده از شبکه فولادی از مفتول ۴ میلیمتری (حداکثر فاصله شبکه‌ها ۱۰ سانتیمتر) که با یک لایه ملات ماسه سیمان پوشیده شده است، اتصال را تقویت نمود. لازم است در هر طرف دیوار شبکه مذکور حداقل به طول ۵۰ سانتیمتر ادامه پیدا کند.



شکل ۵-۱۳- یکی از راههای افزایش تراکم دیوارهای باربر



شکل ۵-۱۴- انسجام اتصال دیوار با استفاده از میلگرد و صفحه مهاری

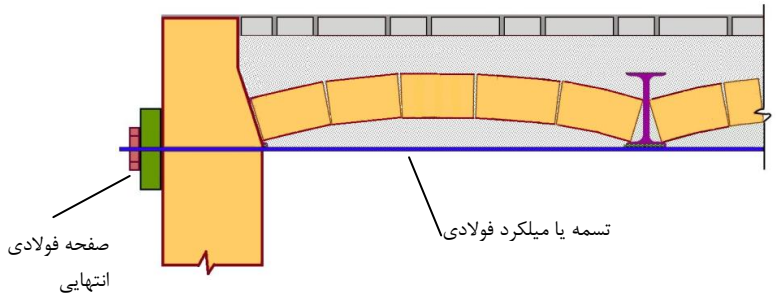
۵-۲-۲-۲- بهسازی سقف

۵-۲-۲-۲-۱-کاهش وزن سقف

چنانچه سقف به دلیل زیاد بودن وزن آسیب‌پذیر باشد و یا باعث افزایش بار وارده بر سازه و در نتیجه نیروی برشی پایه می‌گردد، می‌توان کف‌سازی موجود را برداشت و به جای آن یک لایه جدید از مصالح سبک اجرا کرد.

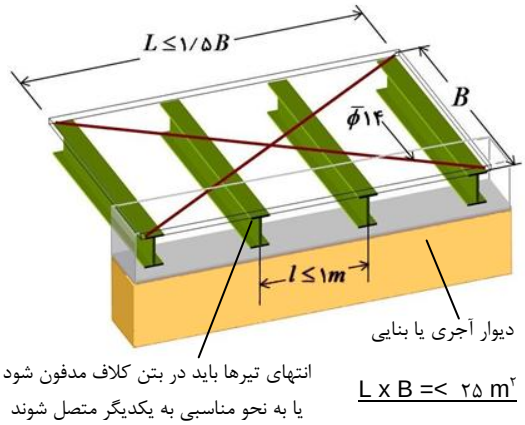
۵-۲-۲-۲-۲-انسجام سقف

در بیشتر موارد سقف ساختمان‌های بنایی غیرمسلح از نوع طاق ضربی یا سقف جوبی بوده و در بعضی موارد نیز به صورت تیرچه بلوک می‌باشد. سقف‌های از جنس تیرچه بلوک در صورتیکه به خوبی اجرا شده باشند، مناسب بوده و از صلبیت و انسجام کافی برخوردار می‌باشند. اما سقف‌های طاق ضربی از نوع دیافراگم‌های نیمه صلب و سقف‌های چوبی، انعطاف پذیر محسوب شده و لازم است با جزییاتی مناسب انسجام کافی در آنها به وجود آورده شود.



شکل۵-۱۵- استفاده از بست افقی جهت افزایش انسجام سقف طاق ضربی

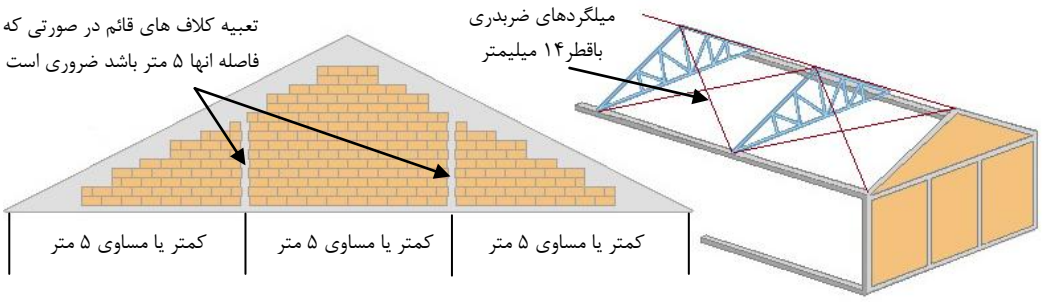
برای انسجام بخشی سقف‌های طاق ضربی باید از میلگردهای نمره ۱۴ که به صورت ضربدری و افقی در جهت عمود بر تیرهای سقف اجرا می‌شوند، استفاده کرد (شکل۵-۱۶). بدین منظور لازم است ابتدا کف سازی در محل‌های مورد نظر تراشیده شود و آرماتورها به تیرهای سقف جوش شوند. استفاده از جوش با بعد ۳ میلیمتر کفایت می‌کند. در این روش، به جای استفاده از میلگرد، می‌توان از تسمه‌های به عرض ۳ سانتیمتر و ضخامت ۶ میلیمتر نیز استفاده کرد. مساحت چشمه‌هایی که بدین صورت منسجم می‌شوند باید کمتر از ۲۵ مترمربع باشد. در صورتی که نتوان از روش فوق در صلب نمودن سقف استفاده کرد، می‌توان به با تراشیدن اندود زیر سقف و جوش دادن میلگرد یا تسمه‌های ضربدری در زیر سقف آنرا تقویت کرد. یا با برچیدن کف سازی موجود و اجرای یک لایه بتن مسلح به ضخامت حداقل ۵ سانتی‌متر بر روی تیرها (تبدیل به سقف مرکب) آنرا منسجم ساخت. در دهانه‌های کناری باید تیرچه‌های سقف در فواصل ۲ متری به تیرجه‌های داخلی بوسیله میلگرد یا تسمه متصل شوند.



شکل۵-۱۶- استفاده از میلگرد برای افزایش انسجام سقف طاق ضربی

۵-۲-۲-۲-۳- یکپارچگی سقف شیبدار

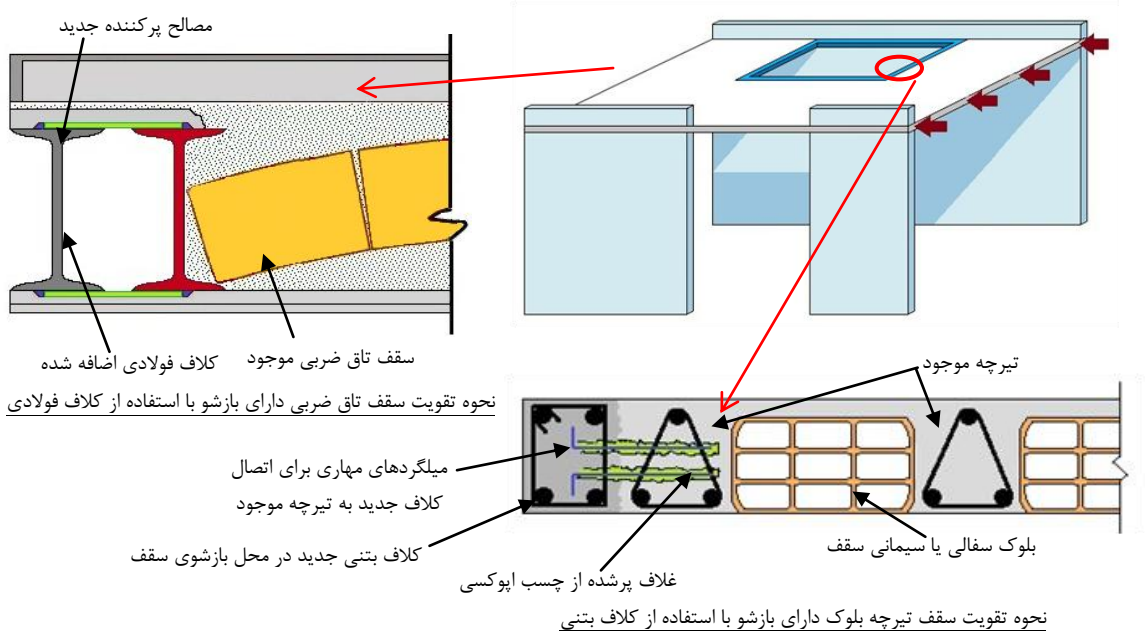
برای ایجاد یکپارچگی در سقف‌های شیبدار، می‌توان ار تسمه یا میلگردهای ضربدی استفاده نمود (مشابه با بند قبل). مساحت هر یک از چشمه‌هایی که با میلگرد ضربدری منسجم می‌شوند لازم است از ۲۵ مترمربع کمتر باشد. در شکل ۸-۱۷ روش تقویت سقف شیبدار و دیوار انتهایی را با استفاده از کلاف قائم نشان می‌دهد. همچنین برای تقویت دیوار از ستون چوبی یا فولادی برای کمک به انتقال بار ثقلی متمرکز آورده شده است.



شکل۵-۱۷- نحوه اتصال تیر فرعی به تیر اصلی و انتقال بارثقلی

۷-۲-۲-۲-۴-تقویت بازشو در دال

چنانچه دال به لحاظ وجود بازشوهای بزرگ آسیب‌پذیر باشد، می‌توان به عنوان مثال مطابق شکل (۵-۱۸) با کلاف بندی در محیط بازشو این نقص را بر طرف نمود.

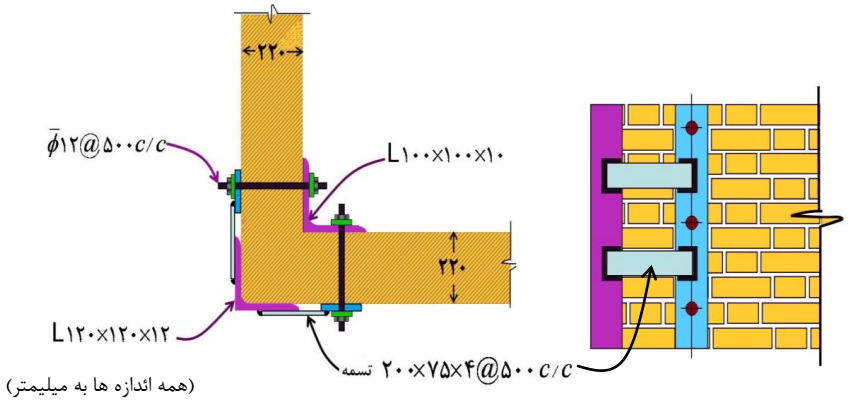


شکل۵-۱۸- افزودن کلاف در اطراف بازشوی سقف و جزئیات آن

۵-۲-۲-۳- بهسازی اتصالات

۵-۲-۲-۳-۱- تقویت اتصال دیوارهای باربر متقاطع

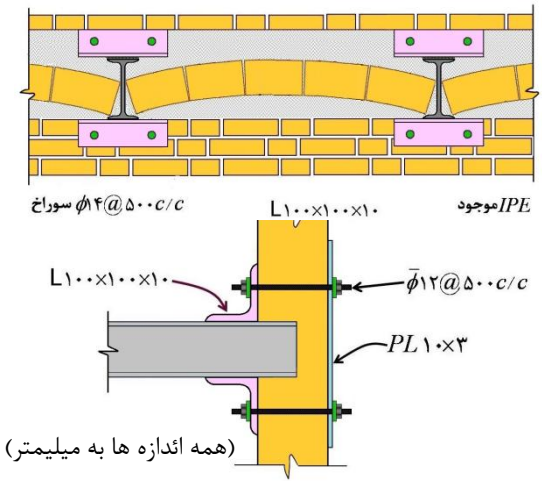
در صورت عدم وجود کلاف‌های افقی و قائم در محل تقاطع دیوارهای باربر و یا ضعف آن-ها، می‌توان از کش‌ها و قیدهای موضعی برای تقویت اتصالات استفاده نمود. بدین منظور می‌توان از با استفاده از یک صفحه مهاری و میلگردهای با قطر ۱۲ میلیمتر اتصال را مطابق با جزییات نمایش داده شده در شکل ۵-۱۹ تقویت نمود.



شکل ۵-۱۹- انسجام اتصال دیوار با استفاده از میلگرد و صفحه مهاری

۵-۲-۲-۳-۲- تقویت اتصال بین دیوارهای باربر و سقف

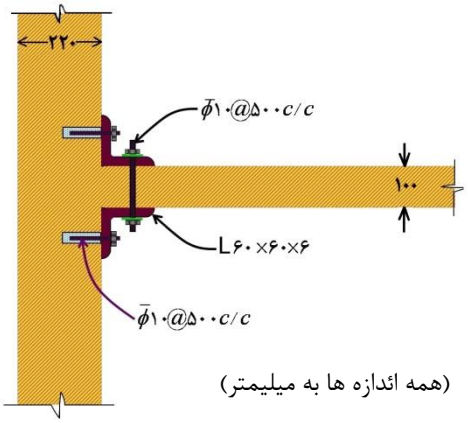
از جمله بخش‌های بسیار آسیب‌پذیر در عموم سازه‌های بنایی، عدم وجود اتصال مناسب بین دیوار و سقف می‌باشد. در چنین شرایطی، در هنگام وقوع زلزله، اتصال بین دیوار و سقف به سرعت از بین رفته و سقف فرو خواهد ریخت و جان ساکنین سازه به خطر خواهد افتاد. به همین دلیل لازم است اتصال بین دیوارو سقف به طور مناسبی اجرا شده باشد. در صورتیکه اتصال سقف به دیوار آسیب‌پذیر باشد، می‌توان با افزودن اتصالات فلزی بین دیوار و سقف، ضمن تقویت اتصال، ظرفیت انتقال نیروی برشی از سقف به دیوار را افزایش داد. بدین منظور می‌توان از میل مهار و یا گل میخ استفاده نمود. جزییات نمونه اتصال سقف به دیوار به وسیله مهار فولادی در شکل۵-۲۰ نشان داده شده است.



شکل۵-۲۰- جزییات اتصال دیوار باربر به سقف تاق ضربی

۵-۲-۲-۳-۳- تقویت اتصال بین دیوارهای غیرسازه‌ای با سازه‌ای

برای تقویت اتصالات دیوارهای غیرسازه‌ای به دیوارهای سازه‌ای و یا به یکدیگر می‌توان مطابق با جزییات نمایش داده شده در شکل۵-۲۱ از نبشی به صورت موضعی (با حداقل ۳ برابر ضخامت دیوار غیر باربر) و یا در تمام ارتفاع دیوار به عنوان کلاف قائم استفاده کرد.



شکل۵-۲۱- پلان جزییات اتصال دیوار سازه‌ای به غیر سازه‌ای

۵-۲-۲-۴- بهسازی سیستم کلاف (اصلاح سیستم کلاف‌بندی)

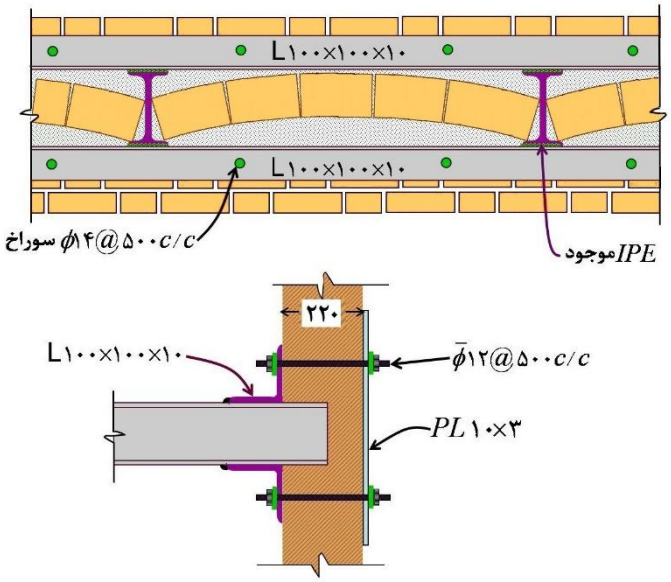
اگر ساختمان فاقد کلاف‌بندی باشد یا دارای کلاف بندی است که الزامات استادارد ۲۸۰۰ ایران را برآورده نمی کند، آسیب پذیر تشخیص داده می‌شود. و باید با استفاده از روش-های قابل قبول که برخی از آنها در این دستورالعمل آورده شده اند، سیستم کلاف‌بندی به ساختمان اضافه شود. سیستم کلاف‌بندی می‌تواند به صورت فولادی و یا بتنی باشد. بمنظور بهسازی ساختمانهای موجود، کلاف‌های فولادی به لحاظ اجرا آسان تر است. حداقل سطح مقطع کلاف‌های فولادی ۱۰ سانتیمتر مربع می‌باشد. کلاف‌های قائم در نقاط تقاطع دیوارها و یا امتداد دیوار با فاصله حداکثر ۵ متر از یکدیگر باید به نحو مناسبی به کلاف پی و کلاف افقی طبقه متصل گردد. کلافهای افقی باید در هر تراز به نحو مناسبی به یکدیگر متصل بوده و یک شبکه پیوسته فولادی را تشکیل دهد. همچنین کلاف‌های افقی و قائم باید به خوبی به سقف و دیوار متصل شوند. اتصال کلاف افقی به سقف و دیوار باید نیروی برشی دیافراگم و نیروی عمود بر صفحه دیوار را تحمل نماید.

۵-۲-۲-۴-۱- تعبیه کلاف افقی

در صورت عدم وجود کلاف‌بندی افقی در سازه مورد بررسی می‌توان با یکی از روش‌های زیر و یا هر روش استاندارد دیگری در سازه کلاف افقی تعبیه نمود. کلاف‌های افقی را می-توان در تمام قسمت‌هایی که در این دستورالعمل لازم می‌باشد، اضافه کرد. حداقل ارتفاع کلاف افقی می‌بایست برابر ۲۰ سانتیمتر و عرض آن‌ها می‌بایست برابر ضخامت دیوار باشد.

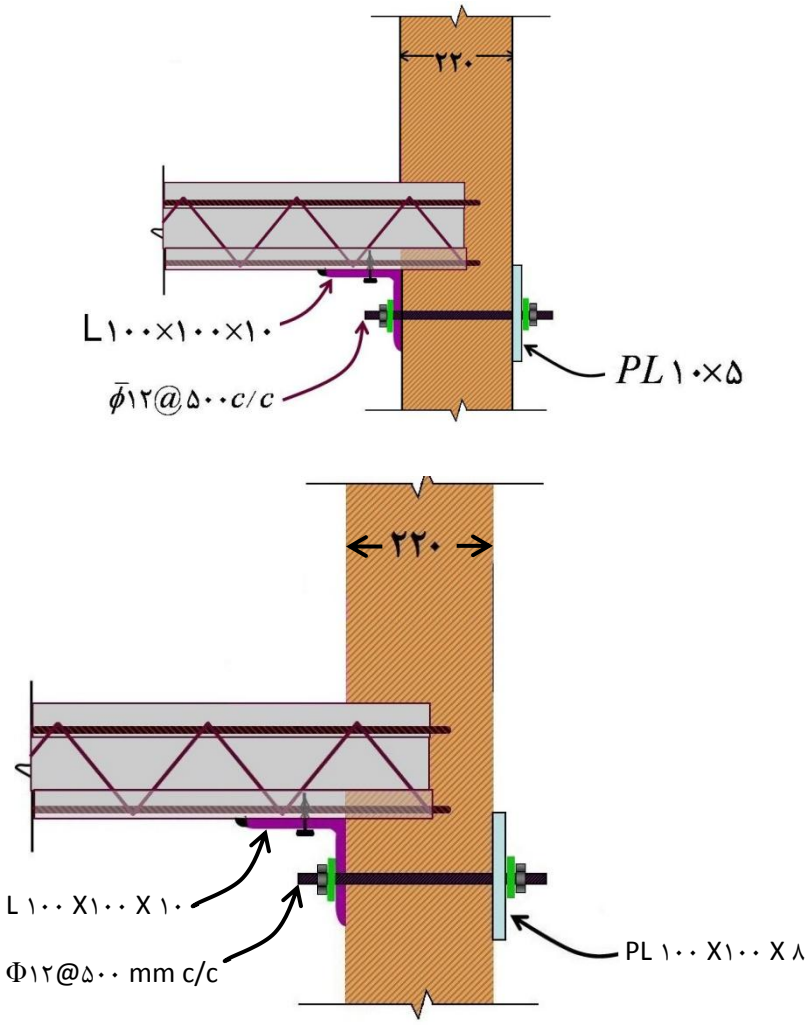
مگر در دیوارهای خارجی که می‌توان عرض کلاف را تا ۱۲ سانتیمتر کمتر از دیوار اختیار کرد. در دیوارهای اطراف اتاق‌های با طول کمتر از ۵ متر، اجرای کلاف افقی در سطح خارجی دیوار کافی است. در صورتیکه سقف از دال بتن مسلح اجرا شده باشد، می‌توان از تعبیه کلاف در زیر آن صرف نظر کرد. در صورتیکه ارتفاع قسمت مسطح سقف تا نعل درگاه کمتر از ۹۰۰ میلیمتر باشد، نیازی به اجرای کلاف در بالای نعل درگاه نبوده و اجرای آن در تراز سقف کفایت می‌کند. ساخت کلاف‌های افقی در تراز کرسی چینی لازم نیست مگر اینکه ارتفاع کرسی چینی از زیر شالوده بیش از ۹۰۰ میلیمتر باشد. به منظور تامین انسجام ساختمان و اتصال دیوارهای موجود می‌توان از پروفیل‌های فولادی معادل تیرآهن نمره ۱۰ استفاده کرد، مشروط بر آنکه کلاف فولادی با سقف به خوبی متصل شده و همچنین این کلاف‌ها به نحوی مناسب با کلاف قائم یا دیوار متصل شود. شکل۵-۲۲ چگونگی اجرای کلاف افقی را نشان می‌دهد.

همچنین برای اجرای کلاف افقی در تراز سقف می‌توان مطابق با شکل۵-۲۲ از دو نبشی L۱۰۰×۱۰۰×۱۰ در بالا و پایین تیرهای طاق ضربی استفاده کرد. این پروفیل‌ها در فواصل ۵۰ سانتیمتر باید توسط میلگردمهاری به دیوار متصل گردد. در وجه دیگر دیوار نیز در صورتیکه سقف وجود نداشته باشد باید ورقی به عرض ۱۰۰ میلیمتر و ضخامت ۳ میلیمتر برای نصب میل مهارها استفاده کرد. پروفیل‌های کلاف باید توسط جوش به تیرها متصل گردد.



شکل۵-۲۲- احداث کلاف افقی و نحوه اتصال آن به سقف طاق ضربی و دیوار باربر

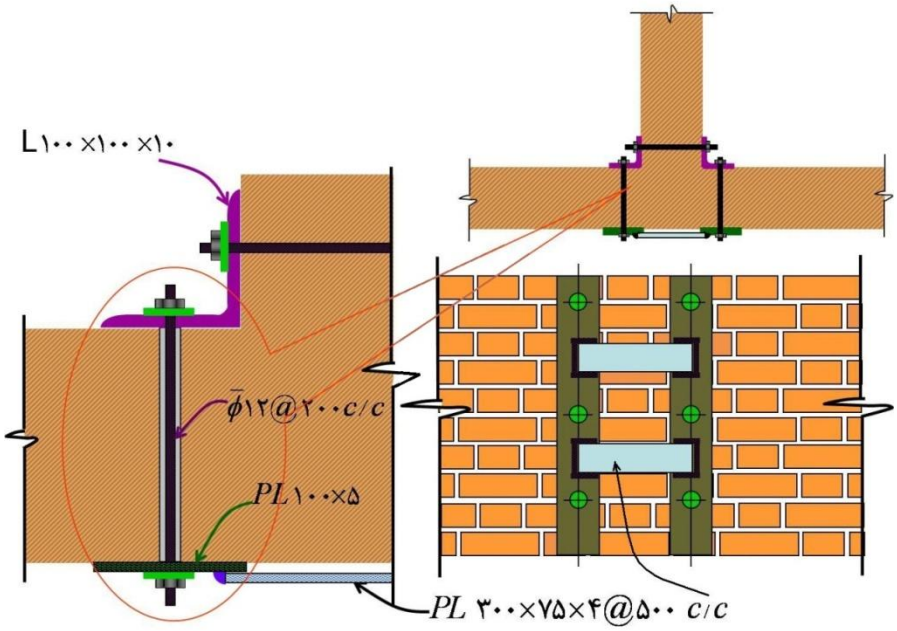
در مورد سقف‌های تیرچه-بلوک نیز می‌توان مطابق با شکل۵-۲۳ از دو نبشی L100x100x10 در بالا و پایین تیرچه‌ها به عنوان کلاف افقی استفاده کرد. این پروفیل‌ها در فواصل ۵۰ سانتیمتر باید توسط میلگردمهاری به دیوار متصل گردد. در وجه دیگر دیوار نیز در صورتیکه سقف وجود نداشته باشد باید ورقی به عرض ۱۰۰ میلیمتر و ضخامت ۳ میلیمتر برای نصب میل مهارها استفاده کرد. پروفیل‌های کلاف باید توسط جوش به تیرها متصل گردد.



شکل ۵-۲۳- احداث کلاف افقی و نحوه اتصال آن به سقف تیرچه بلوک و دیوار باربر

۵-۲-۲-۴-۲- تعبیه کلاف قائم

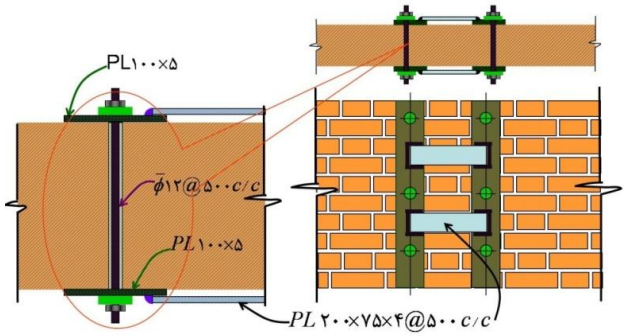
در محل تقاطع گوشه یا میانی دیوارها باید از کلاف قائم مطابق با جزییات نمایش داده شده در شکل۵-۲۴ از نبشی نمره۱۰ (L ۱۰۰x۱۰۰ x۱۰) استفاده کرد. برای تقاطع گوشه نیز از همین جزئیات می‌توان استفاده کرد.



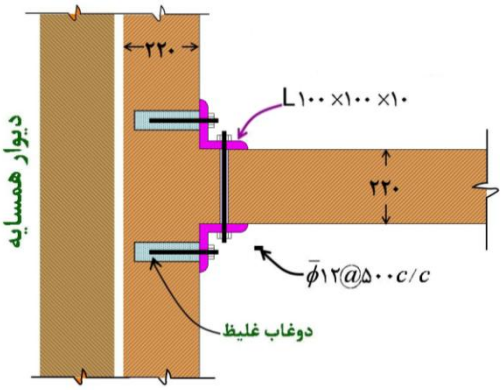
شکل۵-۲۴- اجرای کلاف قائم در محل تقاطع دیوارها با استفاده از نبشی

۵-۲-۲-۴-۳- اجرای کلاف قائم در وسط دیوارها

در وسط دیوار می‌توان کلاف قائم را مطابق با جزییات نمایش داده شده در شکل۵-۲۵ اجرا کرد. همانطوریکه مشاهده می‌شود در این حالت ورق‌های به عرض ۱۰۰ میلیمتر و ضخامت ۵ میلیمتر در دو طرف دیوار قرار گرفته که توسط میلگرد به یکدیگر متصل می-شوند. لازم است این ورق‌ها در فواصل حداقل ۵۰ سانتیمتر اجرا شوند. بدین منظور لازم است در دیوار در فواصل مورد نیاز سوراخ‌هایی ایجاد شود که میلگردها از آن عبور کند. لازم است سوراخ‌ها پس از قرار دادن میلگرد، با استفاده از گروت و یا ملات پر شوند. در دیوارهایی که فقط از یک طرف دسترسی به آنها وجود دارد، می‌توان با استفاده از نبشی مطابق با جزییات نمایش داده شده در شکل۵-۲۶ دیوار را منسجم نمود.



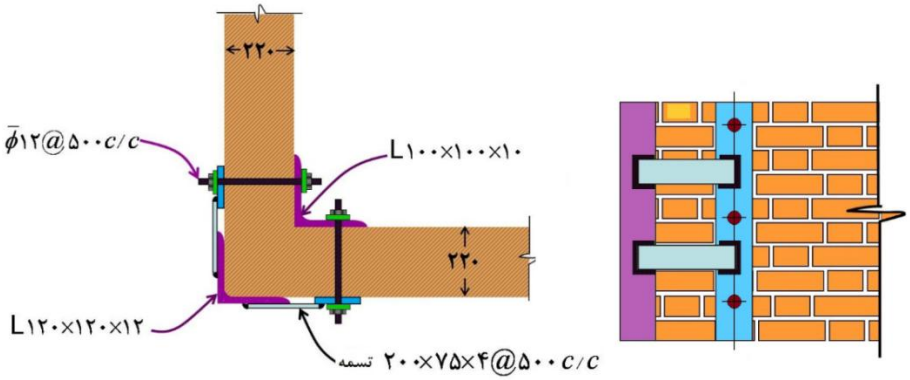
شکل۵-۲۵- اجرای کلاف قائم در وسط دیوارها



شکل۵-۲۶- اجرای کلاف قائم در برای دیوار مجاور به دیوار همسایه

۵-۲-۲-۴-۴- اجرای کلاف قائم در گوشه دیوارها

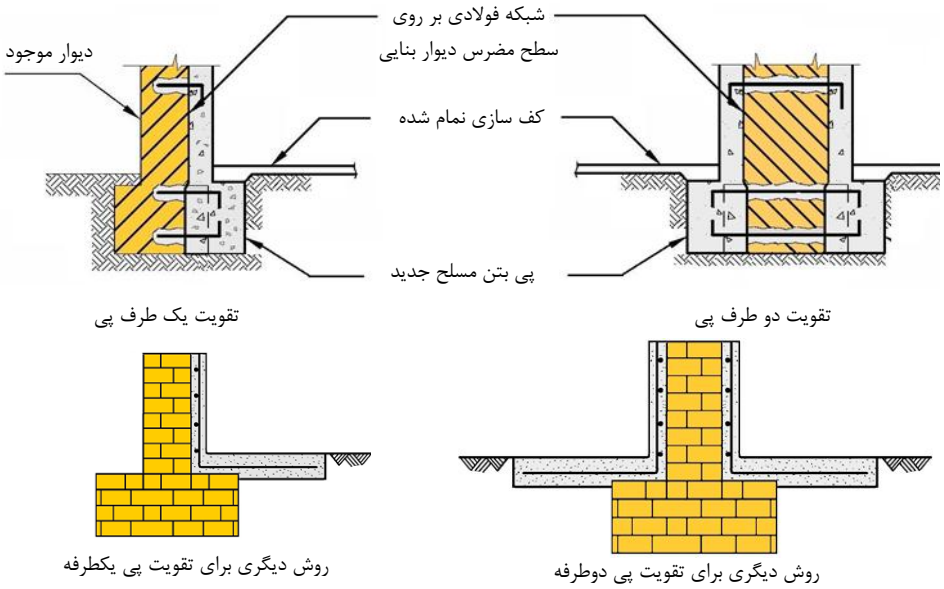
جهت اجرای کلاف قائم در گوشه دیوارها می‌توان از جزییات نمایش داده شده در شکل۵-۲۷ استفاده نمود.



شکل۵-۲۷- اجرای کلاف قائم در وسط دیوارها

۵-۲-۲-۵- تقویت پی

بعد از تقویت دیوار به دلیل انتقال نیروی بیشتری از آن به پی، باید پی را تقویت کرد. در شکل۵-۲۸ تقویت پی دو دیوار که به ترتیب از یک طرف و دو طرف تقویت شده اند نشان داده شده است. برای حالتی که یک طرف دیوار تقویت شده ابتدا با ایجاد سوراخی به عمق حداقل نصف ضخامت دیوار میلگردمهاری به قطر ۶ تا ۸ میلیمتر در آن قرار داده می‌شود و داخل سوراخ با چسب اپوکسی یا بتن منبسط شونده پر می‌شود. اگر دیوار از دو طرف تقویت شده باشد، میلگرد مهاری می‌تواند از داخل سوراخ عبورداده شده و از طرف دیگر بیرون رود.



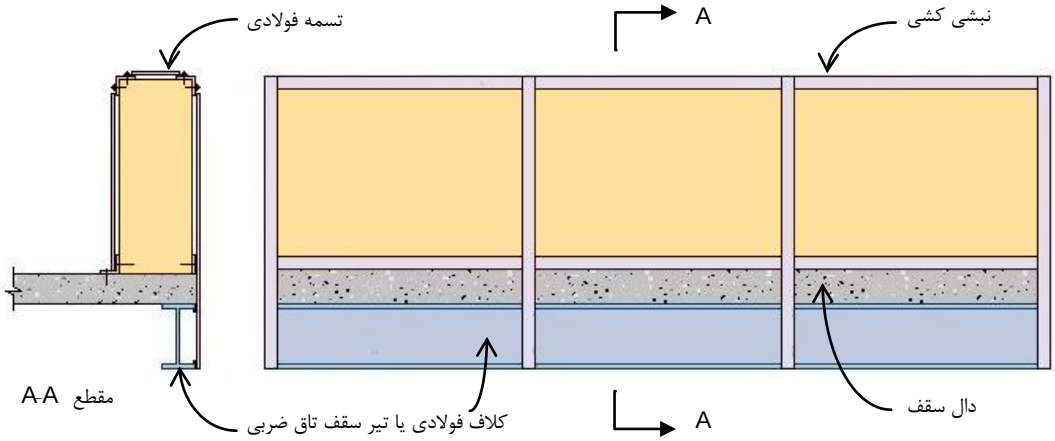
شکل۵-۲۸- تقویت پی برای دیوارهای تقویت شده

۵-۲-۳- بهسازی اجزای غیرسازه‌ای

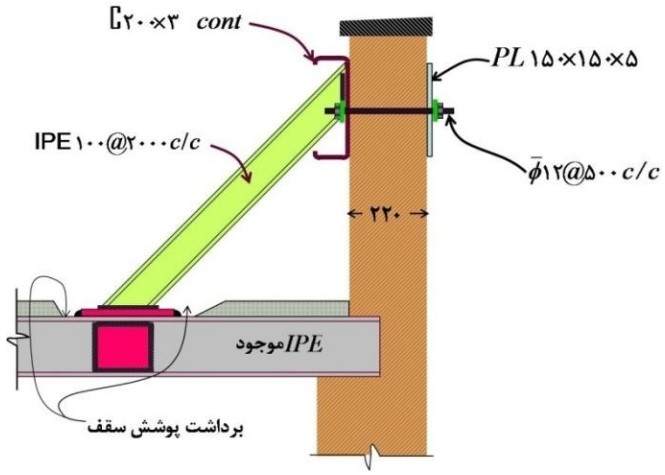
۵-۲-۳-۱- تقویت جان‌پناه

ارتفاع جان پناه اطراف بامها و بالکنها از کف تمام شده در صورتی که ضخامت دیواره آن ۱۰ و یا ۲۰ سانتی‌متر باشد، نباید به ترتیب از ۵۰ و ۹۰ سانتی‌متر تجاوز نماید و در صورت تجاوز ارتفاع از حدود فوق‌الذکر، جان پناه آسیب‌پذیر بوده و باید به وسیله عناصر قائم فولادی یا بتن مسلح نگهداری شده و در کف بام یا بالکن گیردار شود. می‌توان با جزییاتی

مشابه با جزییات نمایش داده شده در شکل ۵-۲۹ و ۵-۳۰ جان پناه را دربرابر فروریختگی در هنگام وقوع زلزله، تقویت کرد. برای کنترل ارتفاع دودکش‌ها نیز اگر ضخامت دیواره آن ۱۰ و یا ۲۰ سانتی‌متر باشد، نباید به ترتیب از ۵۰ و ۹۰ سانتی‌متر تجاوز نماید و در صورت تجاوز ارتفاع از حدود فوق‌الذکر، دودکش آسیب‌پذیر است و باید به وسیله عناصر قائم فولادی یا بتن مسلح نگهداری شده و در کف بام گیردار شود. می‌توان با جزییاتی مشابه با جزییات نمایش داده شده در شکل ۵-۳۱ دودکش را دربرابر فروریختگی در هنگام وقوع زلزله، تقویت کرد.



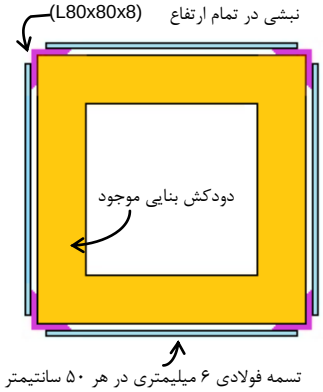
شکل۵-۲۹- تقویت جان پناه بام با استفاده از نبشی کشی



شکل۵-۳۰- تقویت جان پناه بام با استفاده سیستم مهاری

۵-۲-۳-۲- تقویت دودکش

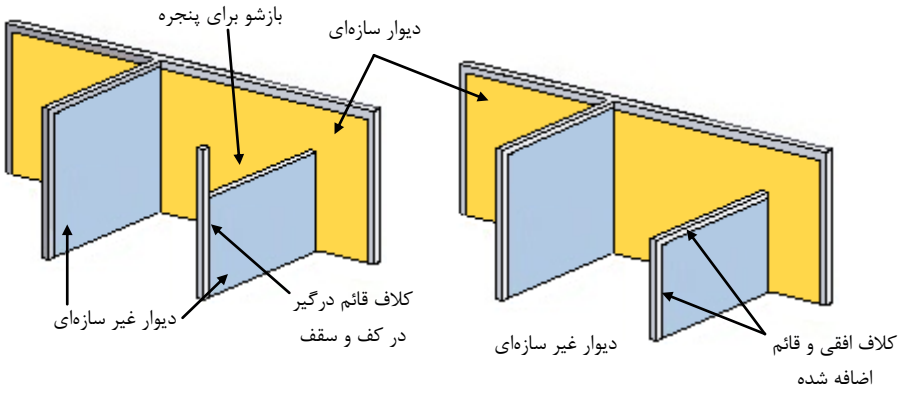
برای کنترل ارتفاع دودکش‌ها نیز اگر ضخامت دیواره آن ۱۰ و یا ۲۰ سانتی‌متر باشد، نباید به ترتیب از ۵۰ و ۹۰ سانتی‌متر تجاوز نماید و در صورت تجاوز ارتفاع از حدود فوق‌الذکر، دودکش آسیب‌پذیر است و باید به وسیله عناصر قائم فولادی یا بتن مسلح نگهداری شده و در کف بام گیردار شود. می‌توان با جزییاتی مشابه با جزییات نمایش داده شده در شکل ۵-۳۱ دودکش را دربرابر فروریختگی در هنگام وقوع زلزله، تقویت کرد.



شکل۵-۳۱- تقویت دودکش بنایی

۵-۲-۳-۳- بهسازی تیغه‌ها

اگر دیوارهای غیرسازه‌ای یا تیغه‌ها از بالا و یا از لبه خود آزاد باشد باید آنها را مانند شکل ۵(-۳۲- الف) یا (۵-۲۳-ب) به کمک کلاف‌های افقی و قائم تقویت کرد.

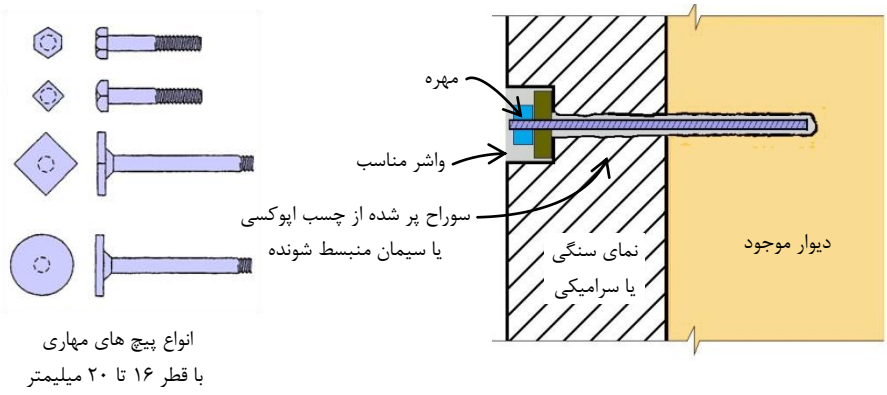


شکل۵-۳۲- مهار دیوارهای غیر سازه‌ای (تیغه‌ها)

۵-۲-۳-۴- بهسازی نما (تعبیه قید برای عناصر نماکاری)

اگر قیدهای موجود بین عناصر نماکاری و دیوار اصلی کافی نباشد، هنگام وقوع زلزله بر اثر حرکات برون صفحه‌ای دیوار، این عناصر ممکن است که از دیوار جدا شده و افتادن تکه‌های آن باعث آسیب رسانی به جان افراد شود.

در رفع مسأله فوق باید به وسیله قیودی، عناصر نما کاری را به دیوار اصلی متصل کرد. شکل۵-۳۳ یک نوع مهاربندی عناصر نمای دیوار را نشان می‌دهد. این مهارها باید در هر دو جهت(افقی و قائم) در فواصل معین اجرا شوند. این مهارها میله‌هایی هستند که در مکانهایی که قبلاً سوراخ شده است، قرار می‌گیرند و از دو طرف به وسیله صفحه کوچک فولادی به عنوان واشر و مهره‌ها نگهداری می‌شوند.



شکل۵-۳۳- مقید کردن عناصر نما کاری

فصل ششم

روش طراحی دیوارهای آجری با پوشش بتن مسلح

۶-۱- مقدمه

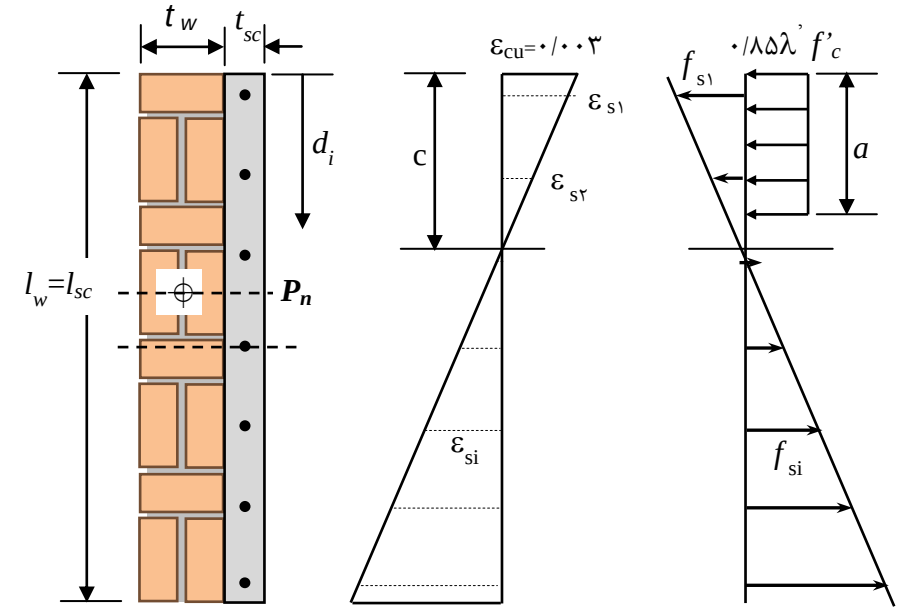
در این فصل روش تحلیل و طراحی دیوارهایی که به روش شاتکریت یکطرفه و دو طرفه تقویت شده باشند ارائه شده است. در این روش دیوار آجری و پوشش بتن مسلح (لایه تقویت) به صورت فنرهای موازی در نظر گرفته شده و بر اساس جمع آثار قوا، نتایج منحنی‌های رفتار غیرخطی مصالح بنایی و پوشش‌بتن‌مسلح با یکدیگر جمع جبری شده که رفتار کلی نمونه تقویت شده را بدست می‌دهد. صحت روش ارائه شده در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی در پیوست ۴ آورده شده است.

برای تعیین منحنی رفتاری دیوار تقویت شده مراحل زیر باید انجام شود.

الف- بدست آوردن منحنی رفتاری لایه تقویت پس از تعیین ظرفیت، سختی محوری، سختی خمشی و برشی آن.

ب- بدست آوردن منحنی رفتاری دیوار آجری موجود پس از تعیین ظرفیت، سختی محوری، سختی خمشی و برشی آن.

ج- تعیین منحنی رفتاری کلی دیوار برای تحلیل غیرخطی.



شکل۶-۱- مقطع دیوار یکطرف تقویت شده با پوشش بتن مسلح

۶-۲- تعیین منحنی رفتاری پوشش بتن‌مسلح (لایه تقویت)

منحنی رفتاری لایه تقویت تحت تاثیر رفتار خمشی و برشی آن است که برای بدست آوردن آن باید منحنی رفتار خمشی و منحنی رفتار برشی به طور جداگانه و بشرح زیر تعیین شود.

۶-۲-۱- سختی جانبی

مقدار سختی جانبی (خمشی-برشی) لایه تقویت از رابطه ۶-۱ محاسبه شود.

$$K_{sc}=\frac{1}{\frac{h_{eff}^{3}}{\eta E_{sc} I_{sc}}+\frac{h_{eff}}{A_{vsc} G_{sc}}} \qquad (۱-۶)$$

مقدار(η) متناسب با شرایط مرزی دیوار در نظرگرفته شود. اگر دیوار در پایین‌گیردار و در بالا آزاد باشد مقدار آن ۳ و اگر در بالا و پایین گیردار باشد مقدار آن ۱۲ خواهد بود.
در این رابطه:

h_{eff} : ارتفاع موثر دیوار

A_{vsc} : سطح مقطع برشی لایه تقویت

I_{sc} : ممان اینرسی مقطع کل ترک نخورده لایه تقویت

E_{sc}: ضریب ارتجاعی بتن لایه تقویت که برابر است با $E_{sc} = ۴۷۰۰\sqrt{\lambda' f_c'}$

G_{sc} : مدول برشی لایه تقویت

λ': ضریب تبدیل مقاومت بتن برای بتن پوشش به روش دستی برابر با ۰/۸۵

۶-۲-۲- تعیین ظرفیت محوری، خمشی و برشی

برای بدست آوردن ظرفیت لایه تقویت باید مراحل زیر انجام شود.

۶-۲-۲-۱- نیروی محوری

سهم نیروی محوری ناشی از بارهای زنده موثر لایه‌تقویت براساس نسبت سختی آن به مجموع سختی دیوارآجری و لایه تقویت از رابطه ۶-۲ محاسبه شود.

$$P_{sc} = P\frac{E_{sc}A_{sc}}{E_{sc}A_{sc} + E_mA_m} \qquad (۲-۶)$$

مقدار این نیروی محوری نباید از مقدار رابطه ۶-۳ بیشتر شود. در غیر اینصورت باید ضخامت لایه تقویت افزایش یابد.

$$P_{sc} \le ۰/۱۵A_{sc}\lambda' f_c' \qquad (۳-۶)$$

در این روابط:

P : نیروی محوری ناشی از بارهای ثقلی

P_{sc}: بار محوری وارده به لایه تقویت (N)

E_m : ضریب ارتجاعی دیوار آجری

A_{sc} : سطح مقطع لایه تقویت

A_m : سطح مقطع دیوار آجری

f_c' : مقاومت نمونه بتنی لایه تقویت

۶-۲-۲-۲- لنگرخمشی

برای بدست آوردن لنگرخمشی لایه تقویت باید مراحل زیر انجام شود.

۱- عمق محورخنثی (c) اندکی کمتر از نصف طول دیوار فرض‌شود.

۲- مقدارطول مستطیل معادل ویتنی(a) را از رابطه۶-۴ محاسبه‌کرده و مقدار نیروی‌فشاری وارده به بتن از رابطه ۶-۵ محاسبه شود.

$$a = ۰/۸۵c \qquad (۶-۴)$$

$$F_c = ۰/۸۵\lambda' f_c' a t_{sc} \qquad (۶-۵)$$

۳- با استفاده از روابط ۶-۶، ۶-۷ و ۶-۸ مقدار نیروی کششی و فشاری هر یک از میلگردهای خمشی محاسبه شود. اگر عمق محورختثی بزرگتر یا مساوی طول‌مستطیل-معادل‌ویتنی(a) باشد، مقدار نیروی میلگرد از رابطه ۶-۷ و اگر کوچکتر از این مقدار شود باید از رابطه ۶-۸ محاسبه شود.

$$-f_{yt} \le f_{si} = \varepsilon_u \times E_s(۱ - \frac{d_i}{c}) \le f_{yst} \qquad (۶-۶)$$

$$F_{si} = A_{si} f_{si} \qquad (۶-۷)$$

$$F_{si} = (f_{si} - ۰/۸۵\lambda' f_c')A_{si} \qquad (۶-۸)$$

۴- با توجه به شرایط تعادل و استفاده از رابطه دوگانه ۶-۹ مقدار لنگرمقطع تعیین شود، اگر شرایط تعادل برقرار نشود، باید با تغییرعمق محورخنثی (c) مراحل ۱ تا ۳ مجددا تکرار شود تا اینکه شرایط تعادل برقرار شود.

$$P_{sc} = F_c + \sum_{i=۱}^{n} F_{si}$$
$$M_{sc} = P_{sc} \times e = F_c(\frac{L}{۲} - \frac{a}{۲}) + \sum_{i=۱}^{n} F_{si}(\frac{L}{۲} - \mathrm{d}_i) \qquad (۶-۹)$$

۶-۲-۲-۳- ظرفیت برشی

۱- پس از تعیین لنگرخمشی مقدار نیروی‌برشی وارد به لایه پوشش بتنی مسلح از رابطه ۶-۱۰ محاسبه‌شود.

در این رابطه h_{eff} ارتفاع دیوار می‌باشد.

$$V_۱ = \frac{\alpha M_{sc}}{h_{eff}} \qquad (۶-۱۰)$$

اگر بالا و پایین دیوار یا پایه گیردار باشد مقدار α برابر با ۲ و اگر در پایین گیردار باشد برابر با ۱ منظور می‌شود.

۲- ظرفیت برشی لایه تقویت (پوشش بتن‌مسلح) که شامل سهم بتن و سهم میلگردها است به ترتیب از رابطه ۶-۱۱ برای بتن و از رابطه ۶-۱۲ برای میلگردها محاسبه شود.

$$V_c = \frac{۱}{۲} t_{sc} d \sqrt{\lambda' f_c'} \qquad (۱۱-۶)$$

$$\begin{cases} V_s = \dfrac{A_{vs} f_{ys} d}{s} \\ d = ۰/۸L \end{cases} \qquad (۱۲-۶)$$

در این رابطه A_{vs} سطح مقطع میلگردهای برشی و L طول دیوار است.

۳- حاصلجمع این دو، ظرفیت برشی لایه پوشش بتنی($V_۲$) از رابطه ۶-۱۳تعیین شود.

$$V_۲ = V_c + V_s \qquad (۱۳-۶)$$

۴- کوچکترین دو مقدار ($V_۱$) و ($V_۲$) به عنوان ظرفیت برشی لایه تقویت (V_{sc}) اختیار شود (رابطه ۶-۱۴).

$$V_{sc} = min(V_۱, V_۲) \qquad (۱۴-۶)$$

۶-۲-۳- تعیین منحنی ظرفیت برشی در رفتار خمشی

۱- با توجه به روابط ۶-۱۵ و ۶-۱۶ که به ترتیب نسبت(۱) و نسبت (۲) را که مربوط به وضعیت لایه تقویت است محاسبه کرده و با رجوع به ستون اول و دوم در جدول ۶-۱ مقادیر a، b و c استخراج شود.

$$r_۱ = \frac{(A_s - A_s') f_{ys} + P_{sc}}{t_{sc} l_{sc} \sqrt{\lambda' f_c'}} \qquad (۱۵-۶)$$

$$r_۲ = \frac{۳/۶۶ V_{sc}}{t_{sc} l_{sc} \sqrt{\lambda' f_c'}} \qquad (۱۶-۶)$$

در این روابط:

A_s: مساحت میلگردهای تحت کشش (mm)

A_s': مساحت میلگردهای تحت فشار (mm)

f_{ys}: مقاومت کششی میلگرد (MPa)

t_{sc}: ضخامت لایه پوشش (mm)

l_{sc}: طول لایه پوشش (mm)

f_c' : مقاومت فشاری بتن پوشش (MPa)

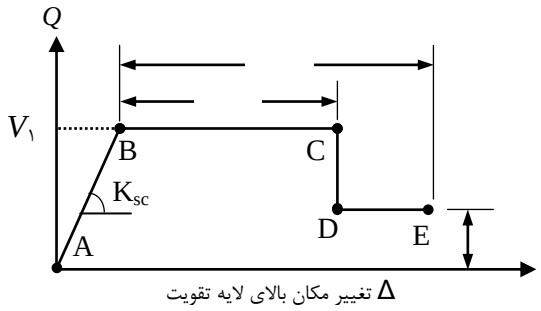
V_{sc}: نیروی برشی برگرفته از بند ۶-۲-۲-۳ (MPa)

۲- با دراختیارداشتن مقادیر فوق، منحنی شکل۶-۲ ترسیم می‌شود. مقدار تغییرمکان متناظر با نقطه B براساس سختی محاسبه شده در بند۶-۲-۱ بدست می‌آید. لازم به‌ذکر

است که مقدار Q_y دربرش، برابر با نیروی برشی V_1 دررابطه ۶-۹ است.

جدول۶-۱- جدول تعیین عوامل رفتار غیرخطی و لایه بتن مسلح و معیار پذیرش لایه تقویت (در خمش)

شرایط لایه تقویت		چرخش مفصل پلاستیک (رادیان)		نسبت مقاومت مانده	جابجایی غیرخطی ($\Delta=\theta\times H$ - میلیمتر) سطح عملکرد	
نسبت (۱)	نسبت (۲)					
r_1	r_2	a	b	c	ایمنی جانی	آستانه فروریزش
≤۰/۱	≤۳	۰/۰۰۸h_{eff}	۰/۰۱۵ h_{eff}	۰/۶ V_1	۰/۰۰۴ h_{eff}	۰/۰۰۸ h_{eff}
≤۰/۱	≥۶	۰/۰۰۶ h_{eff}	۰/۰۱۰ h_{eff}	۰/۳ V_1	۰/۰۰۴ h_{eff}	۰/۰۰۶ h_{eff}
≥۰/۲۵	≤۳	۰/۰۰۳ h_{eff}	۰/۰۰۵ h_{eff}	۰/۲۵ V_1	۰/۰۰۲ h_{eff}	۰/۰۰۳ h_{eff}
≥۰/۲۵	≥۶	۰/۰۰۲ h_{eff}	۰/۰۰۴ h_{eff}	۰/۲ V_1	۰/۰۰۱ h_{eff}	۰/۰۰۲ h_{eff}



شکل۶-۲- رفتار غیرخطی ، منحنی برش-تغییرمکان لایه تقویت در خمش

۶-۲-۴- تعیین منحنی ظرفیت در رفتار برشی

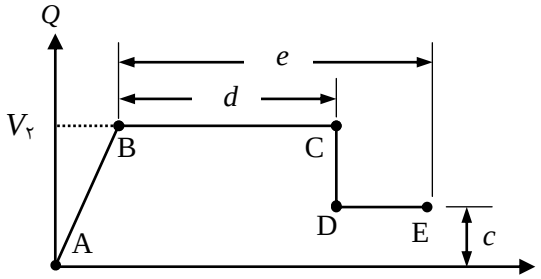
۱- با رجوع به جدول ۶-۲ مقادیر d، e و c استخراج شود.

۲- با در اختیار داشتن مقادیر فوق، منحنی شکل۶-۳ ترسیم شود. لازم به ذکر است که مقدار تغییرمکان نسبی متناظر با نقطه B براساس سختی محاسبه شده در بند ۶-۲-۱ بدست می‌آید. لازم به ذکر است که مقدار Q_y دربرش برابر با نیروی برشی V_2 در رابطه ۶-۱۲ است.

جدول۶- ۲- تعیین عوامل رفتار غیرخطی و معیار پذیرش لایه تقویت (در برش)

تغییرمکان نسبی (٪)		نسبت مقاومت مانده	تغییرمکان نسبی مجاز (٪) سطح عملکرد		
			بهره‌برداری	ایمنی جانی	آستانه فروریزش
d	e	c			

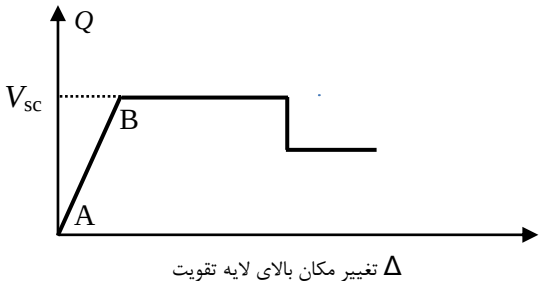
$۰/۷۵h_{eff}$	$۰/۶۰h_{eff}$	$۰/۴۰h_{eff}$	$۰/۴\ V_۲$	$۲h_{eff}$	$۰/۷۵h_{eff}$



شکل۶-۳ - منحنی رفتار غیرخطی لایه تقویت براساس تغییرمکان نسبی

۶-۲-۵- منحنی رفتاری لایه تقویت

برای بدست آوردن منحنی رفتاری لایه تقویت باید با ترسیم منحنی‌های ظرفیت برشی ناشی از خمش و برش در یک دستگاه، به ازای هر تغییرمکان یکسان از این دو منحنی، مقاومت‌کمتر اختیار شود. شکل۶-۴ وضعیت عمومی منحنی رفتاری لایه تقویت را نشان می‌دهد.



شکل۶-۴- منحنی عمومی رفتار غیرخطی لایه تقویت

۶-۳- تعیین منحنی رفتاری دیوارآجری

منحنی رفتاری دیوار آجری تحت تاثیر رفتار بلندشدگی، لغزش درز ملات و خردشدگی پنجه در فشار است. برای بدست آوردن منحنی رفتاری دیوار آجری ابتدا باید سهم نیروی محوری و سختی جانبی آن و سپس منحنی رفتاری آن را بشرح زیر بدست آورد.

۶-۳-۱- سختی جانبی

۱- مقدار سختی جانبی (خمشی-برشی) دیوار آجری از رابطه ۶-۱۷ محاسبه شود.

$$K_m = \frac{1}{\frac{h_{eff}^3}{\eta E_m I_m} + \frac{h_{eff}}{A_{vm} G_m}} \qquad (۱۷-۶)$$

مقدار(η) متناسب با شرایط مرزی دیوار در نظرگرفته شود. اگر دیوار در پایین‌گیردار و در بالا آزاد باشد مقدار آن ۳ و اگر در بالا و پایین گیردار باشد مقدار آن ۱۲ خواهد بود.

در این رابطه:

A_{vm}: سطح مقطع برشی لایه تقویت

I_m: ممان اینرسی مقطع کل ترک نخورده لایه تقویت

G_m: مدول برشی لایه تقویت

۶-۳-۲- تعیین ظرفیت دیوار آجری

برای بدست آوردن ظرفیت دیوار آجری باید مراحل زیر انجام شود.

۶-۳-۲-۱- نیروی محوری

سهم نیروی محوری دیوار آجری براساس نسبت سختی آن به مجموع سختی دیوار آجری و لایه تقویت از رابطه ۶-۱۸ محاسبه شود.

$$P_{sc} = P_L \frac{E_m A_m}{E_{sc} A_{sc} + E_m A_m} + P_D \qquad (۱۸-۶)$$

۶-۳-۲-۲- ظرفیت جانبی

برای بدست آوردن ظرفیت جانبی دیوار آجری باید مراحل زیر انجام شود.

۶-۳-۲-۲-۱- مقاومت نظیر رفتار تغییرشکل-کنترل

۱- مقدار مقاومت جانبی دیوار برای ظرفیت بلند شدگی V_r از رابطه ۶-۱۹ محاسبه شود.

$$Q_{CE} = V_r = ۰/۹ \alpha P (\frac{L}{h_{eff}}) \qquad (۱۹-۶)$$

۲- مقدار مقاومت جانبی دیوار برای ظرفیت لغزش برشی V_{bjs}از رابطه ۶-۲۰ محاسبه شود.

$$Q_{CE} = V_{bjs} = v_{ml} A_n = \frac{۰/۷۵(\beta v_{tl} + \frac{P}{A_n})}{۱/۵} \times A_n \qquad (۲۰-۶)$$

۳- مقاومت جانبی مورد انتظار دیوار آجری در اثر اصطکاک که در رابطه ۶-۲۰ مندرج است از رابطه ۶-۲۱ محاسبه شود.

$$V_{fr} = v_{fr} A_n = \frac{۰/۷۵(\frac{P}{A_n})}{۱/۵} \times A_n \qquad (۲۱-۶)$$

در این روابط:

A_m: مساحت سطح مقطع دیوار

A_n: مساحت سطح مقطع دیوار ملات

V_r: مقاومت برشی دیوار بر اثر بلندشدگی

α : ضریبی است متناسب با شرایط مرزی دیوار که اگر دیوار در پایین‌گیردار و در بالا آزاد باشد مقدار آن ۰/۵ و اگر در بالا و پایین گیردار باشد مقدار آن ۱ خواهد بود.

V_{bjs}: مقاومت لغزش برشی دیوار

v_{ml}: کرانه پایین مقاومت برشی آجرکاری

β: ضریبی است مربوط به نوع دیوارچینی که اگر دیوار به صورت تک آجره چیده شود برابر ۱ و برای دیوارهای با ضخامت دو آجر و بیش از آن باشد برابر ۰/۷۵ در نظر گرفته شود.

v_{tl}: کرانه پایین مقاومت برشی درز ملات که برای محاسبه v_{ml} باید مقادیر آن از ۰/۶۹ مگاپاسکال کمتر باشد.

v_{fr}: مقاومت لغزش اصطکاکی دیوار

V_{fr}: کرانه پایین نیروی اصطکاکی آجرکاری

۶-۳-۲-۲-۲- مقاومت نظیر رفتار نیرو-کنترل

۱- مقادیر مقاومت جانبی بر اثر مقاومت خردشدگی‌پنجه که مبین رفتار نیرو-کنترل دیوار آجری است از رابطه ۶-۲۲ محاسبه شود.

$$Q_{CL} = V_{tc} = \alpha P \left(\frac{L}{h_{eff}} \right) \left(۱ - \frac{f_a}{۰/۷ f_m^{'}} \right) \qquad (۲۲-۶)$$

در این رابطه:

V_{tc}: مقاومت خرد شدگی فشاری پنجه دیوار و جرز

f_a: تنش فشاری محوری ناشی از بارهای ثقلی
$f_m^{'}$: کرانه پایین مقاومت فشاری واحد آجرکاری

۶-۳-۳- مود خرابی و مقاومت دیوار

مود خرابی حاکم براساس کمترین مقادیر مقاومت جانبی بلند شدگی V_r، لغزش برشی V_{bjs} و خردشدگی پنجه در فشار V_{tc} تعیین شود. در دو مود اول رفتار دیوارآجری تغییرشکل-کنترل و در مود سوم نیرو-کنترل ارزیابی شود.

۶-۳-۴- منحنی رفتار دیوار آجری

منحنی رفتار دیوار آجری تحت اثر مود گسیختگی قرار دارد. بر این اساس با توجه به مودهای بند ۶-۳-۲ دو مورد زیر باید کنترل شود.

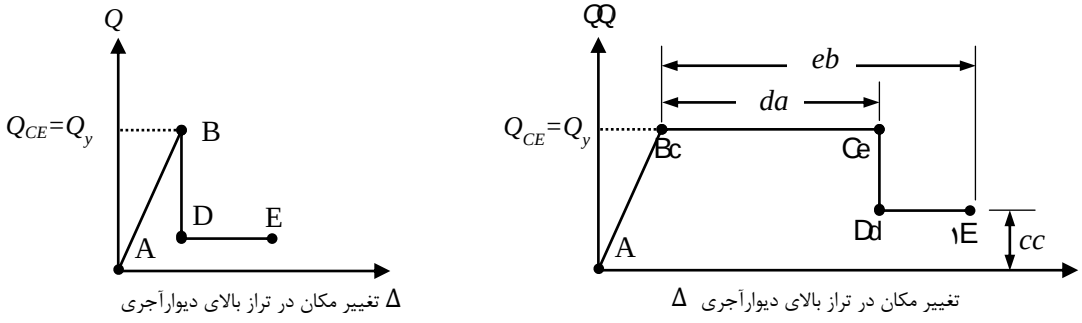
۱- برای رفتار تغییرشکل-کنترل دیوار آجری مقادیر d، e و c براساس مود حاکم مطابق جدول ۶-۳ تعیین شود.

۲- براساس مقادیر فوق، منحنی رفتار تغییرشکل-کنترل دیوار آجری ترسیم شود. لازم به ذکر است که تغییرمکان متناظر با نقطه B براساس سختی محاسبه شده در بند ۶-۳-۱ به‌دست می‌آید (شکل ۶-۵-الف). رفتار نیرو کنترل دیوار آجری با تعیین مقادیر ظرفیت برشی ناشی خردشدگی پنجه در فشار V_{tc} (بند ۲ بخش ۶-۳-۲) و سختی جانبی دیوار آجری (بند ۲ بخش ۶-۳-۱) مطابق شکل۶-۵-ب بدست می‌آید. لازم به ذکر است که مقدار Q_y، ظرفیت برشی ناشی مود حاکم براساس بند ۳ بخش ۶-۳-۲ می‌باشد.

جدول ۶-۳- تعیین رفتار غیرخطی دیوار آجری و معیار پذیرش آن

معیار پذیرش							
رفتار ساختمان	c	d (%)	e (%)	سطح عملکرد ساختمان			
				اعضای اصلی		اعضای غیر اصلی	
				ایمنی جانی	آستانه فروریزش	ایمنی جانی	آستانه فروریزش
لغزش برشی ملات	V_{fr}^{*}	$۰/۳h_{eff}$	$۰/۶h_{eff}$	$۰/۲h_{eff}$	$۰/۳h_{eff}$	$۰/۴h_{eff}$	$۰/۶h_{eff}$
بلند شدگی (حرکت گهواره‌ای)	$۰/۶V_r$	$/۴\frac{h_{eff}^{۲}}{L}$	$/۸\frac{h_{eff}^{۲}}{L}$	$/۳\frac{h_{eff}^{۲}}{L}$	$۰/۴\frac{h_{eff}^{۲}}{L}$	$/۶\frac{h_{eff}^{۲}}{L}$	$۰/۸\frac{h_{eff}^{۲}}{L}$

V_{fr} از رابطه (۴-۲۱) محاسبه شود



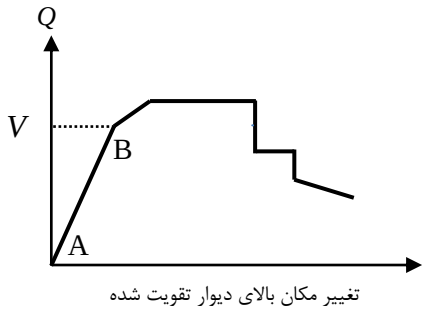
ب– منحنی رفتاری نیرو– کنترل **الف– منحنی رفتاری تغییرشکل–کنترل**

شکل ۶-۵- رفتار غیرخطی دیوار آجری براساس تغییرمکان نسبی

۶-۴- منحنی رفتاری ترکیبی دیوار تقویت شده

۱- منحنی رفتاری لایه‌تقویت (شکل۶-۴) و منحنی رفتاری دیوارآجری (شکل۶-۵ الف یا ب) در یک دستگاه ترسیم شوند.

به ازای تغییرمکان یکسان در هر نقطه از این دو منحنی، مجموع مقاومت‌های نظیر به عنوان مقاومت جانبی دیوار تقویت شده در این تغییرمکان اختیار شود. شکل۶-۶ وضعیت عمومی منحنی رفتاری دیوار تقویت شده را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۶- وضعیت عمومی رفتار غیرخطی دیوار آجری براساس تغییرمکان نسبی

علائم

A : نسبت شتاب مبنای طرح (نسبت شتاب زلزله به شتاب ثقل g) مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران

A_b : مجموع دو سطح آجر در درزهای افقی بالا و پائین، (میلیمترمربع)

A_m : مساحت دیوار، (میلیمترمربع)

A_n : مساحت خالص دیوار دارای ملات، (میلیمترمربع)

A_v : سطح مقطع برشی دیوار، ((میلیمترمربع))

B : ضریب بازتاب ساختمان

c : مقاومت چسبندگی برشی بین آجر و ملات، مگاپاسکال (نیوتن بر میلیمتر مربع)

$c_۱$: ضریب تصحیح برای اعمال تغییرمکان‌های غیرارتجاعی ساختمان

$c_۲$: اثرات کاهش سختی و مقاومت دیوارها

$c_۳$: برای اعمال اثرات $\Delta - P$ با رفتار غیرخطی مصالح و اثر آن بر تغییرمکان‌ساختمان

C : ضریب زلزله

D : شاخص خسارت ساختمان

D_c : شاخص خسارت ناشی از کیفیت ساخت

$D_{c۱}$: شاخص خسارت مربوط به اسناد و مدارک فنی

$D_{c۲}$: شاخص خسارت مربوط به نمای ساختمان

$D_{c۳}$: شاخص خسارت مربوط به اعضای غیر سازه‌ای

$D_{c۴}$: شاخص خسارت مربوط به فرسودگی ساختمان

$D_{c۵}$: شاخص خسارت مربوط به مصالح بکاررفته در ساختمان

D_g : شاخص خسارت مربوط به عوامل تشدید کننده

$D_{g۱}$: شاخص خسارت مربوط به تعداد ساکنین

$D_{g۲}$: شاخص خسارت مربوط به عمر ساختمان

$D_{g۳}$: شاخص خسارت مربوط به زمین لغزش

$D_{g۴}$: شاخص خسارت مربوط به سطح آب زیر زیمنی

$D_{g۵}$: شاخص خسارت مربوط به ارتفاع ساختمان از تراز پایه

$D_{g۶}$: شاخص خسارت مربوط به فاصله از گسل

$D_{g۷}$: شاخص خسارت مربوط به لرزه خیزی منطقه

$D_{g۸}$: شاخص خسارت مربوط به مشخصات خاک

$D_{g۹}$: شاخص خسارت مربوط به روانگرایی

$D_{g۱۰}$: شاخص خسارت مربوط به شیب زمین

$D_{g۱۱}$: شاخص خسارت مربوط به نشست پی

D_s : شاخص خسارت ناشی از عوامل سازه‌ای

$D_{s۱}$: شاخص خسارت مربوط سیستم باربر

$D_{s۲}$: شاخص خسارت مربوط به نا منظمی

$D_{s۳}$: شاخص خسارت مربوط به اتصالات

$D_{s۴}$: شاخص خسارت مربوط به سیستم سازه‌ای

$D_{s۵}$: شاخص خسارت مربوط به ستون یا جرز کوتاه

$D_{s۶}$: شاخص خسارت مربوط به فاصله بین دو ساختمان

E_b : مدول ارتجاعی آجر، (نیوتن بر میلیمتر مربع)

E_m : مدول ارتجاعی آجرکاری(نیوتن بر میلیمتر مربع)

E_{sc} : مدول ارتجاعی پوشش بتن مسلح یا لایه تقویت (نیوتن بر میلیمتر مربع)

f_a : تنش فشاری محوری ناشی از بارهای ثقلی بر طبق ترکیب با $Q_G = ۰/۹\square_D$ (نیوتن بر میلیمتر مربع)

f_b : مقاومت فشاری آجر، (نیوتن بر میلیمتر مربع)

f_{dm} : کرانه پایین مقاومت کششی نمونه قطری واحد آجرکاری (نیوتن بر میلیمتر مربع)

F_i : نیروی جانبی در تراز طبقه i

G_m : مدول برشی آجرکاری (نیوتن بر میلیمتر مربع)

H : ارتفاع ساختمان از تراز پایه تا بالاترین تراز

h_{eff} : ارتفاع موثر دیوار

h_i : ارتفاع تراز i از تراز پایه

I : ضریب اهمیت ساختمان

I_g : ممان اینرسی مقطع ترک نخورده دیوار

J : ضریب مربوط به کاهش بار و رفتار عضو

K : سختی دیوارهای سازه‌ای

K_{iF} : سختی عضو نیرو-کنترل

K_{iD} : سختی عضو تغییرشکل-کنترل

K_m : سختی دیوارها یا جرزها

L : طول دیوار یا جرز

L_D : طول نمونه قطری آجرکاری (میلیمتر)

M : لنگر خمشی

m : ضریب اصلاح بر اساس رفتار غیرخطی عضو سازه‌ای

M_{test} : لنگر اعمالی منشور آجرکاری

n : تعداد طبقات ساختمان

P : فشار جک در آزمایش درجا تعیین مقاومت فشاری آجرکاری

P_{CL} : کرانه پایین مقاومت فشاری واحد آجرکاری

P_D : بارمرده اعمالی بر روی دیوار (کیلونیوتن)

P'_d : نیروی اعمالی در مسیر قطر نمونه

P_E : نیروی فشاری ناشی از بارهای ثقلی وارده به دیوار یا جرز از ترکیب بارها در رابطه (۱-۴)

Q_{CE} : مقاومت مورد استفاده برای تلاشهای نیرو کنترل

Q_{CL} : مقاومت مورد استفاده برای تلاشهای تغییرشکل کنترل

Q_D : بارهای مرده طراحی

Q_E : تلاش‌های ناشی از نیروی زلزله

Q_G : تلاش‌های ناشی از بارهای ثقلی

Q_{UD} : تلاش طراحی نیرو -کنترل (نیروهای ناشی از بارهای ثقلی و زلزله)

Q_{UF} : تلاش طراحی تغییرشکل-کنترل (نیروهای ناشی از بارهای ثقلی و زلزله)

R : ضریب رفتار ساختمان

R_t : مقاومت آجرکاری در ازمایش تعیین مقاومت برشی

S : مدول مقطع واحدآجرکاری

S_a : شتاب طیفی به‌ازای زمان تناوب اصلی T

t : ضخامت نمونه قطری آجرکاری، میلیمتر

T : زمان تناوب اصلی ساختمان

T_s : زمان تناوب مشترک بین دو ناحیه شتاب تابت و سرعت ثابت

v_{mL} : کرانه پایین مفاومت برشی

v_{mv} : مقاومت برشی آجرکاری، مگاپاسکال (نیوتن بر میلیمتر مربع)

v_t : تنش برشی ملات در آزمایش مقاومت برشی آجرکاری (نیوتن بر میلیمتر مربع)

v_v : تنش برشی ملات (نیوتن بر میلیمتر مربع)

v_{tL} :کرانه پایین مقاومت برشی درز ملات مقدار آن از ۰/۶۹ کمتر باشد (نیوتن بر میلیمتر مربع)

v_{fr} : کرانه پایین مقاومت اصطکاکی آجرکاری (نیوتن بر میلیمتر مربع)

V : نیروی برش پایه (نیوتن یا کیلونیوتن)

V_{fr} : مقاومت لغزش اصطکاکی دیوار یا جرز (نیوتن یا کیلونیوتن)

V_{CL} : کرانه پایین مقاومت جانبی دیوارها و جرزها (نیوتن یا کیلونیوتن)

V_r : مقاومت مورد انتظار بلندشدگی جرزها یا پایه‌ها (نیوتن یا کیلونیوتن)

V_{bjs} : مقاومت مورد انتظار لغزش برشی دیوارها یا جرزها (نیوتن یا کیلونیوتن)

V_n : مقاومت برشی اسمی (نیوتن یا کیلونیوتن)

V_{dt} : کرانه پایین مقاومت کشش قطری (نیوتن یا کیلونیوتن)

V_{tc} : کرانه پایین مقاومت برشی دیوارها و جرزها در خردشدگی فشار پنجه (نیوتن یا کیلونیوتن)

V_{test} : نیروی برشی متناظر با اولین جابجایی در آزمایش تعیین تنش برشی ملات (نیوتن یا کیلونیوتن)

W : وزن کل ساختمان

W_i : وزن طبقه i

Z : مدول مقطع آجر

α : ضریب مربوط به شرایط مرزی دیوار یا پایه، اگر در پایین گیردار و در بالا آزاد باشد برابر با ۰/۵ و اگر در بالا و پایین گیردار باشد برابر با ۱ است

β : ضریب مربوط به نوع دیوارچینی (برای دیوار تک آجره برابر ۱ و برای دیوار با ضخامت دو آجر و بیشتر برایر ۰/۷۵ است

δ_t تغییرمکان هدف ساختمان

γ : ضریب شرایط تکیه گاهی بالا و پایین دیوار یا پایه

κ : ضریب آگاهی

ϕ : زاویه اصطکاک داخلی واحد آجرکاری

μ : ضریب اصطکاک داخلی آجرکاری

θ : ضریب پایداری

σ_n : تنش فشاری عمود برسطح برش (نیوتن بر میلیمتر مربع)

σ_r : نسبتی از مقاومت فشاری ملات، مگاپاسکال (نیوتن بر میلیمتر مربع

ω : ضریب همبستگی بین مقاومت آجر، ملات و آجرکاری

ω' : ضریب عمر مفید باقیمانده ساختمان، برابر با ۰/۶۷

پیوست ۱

فرمهای برداشت اطلاعات ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه

فرم شماره ۱: اطلاعات عمومی ساختمان
فرم شماره ۲: اطلاعات کلی ساختمان
فرم شماره ۳: اطلاعات مربوط به شاخص خسارت تجمعی برای عوامل مربوط به کیفیت ساخت ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه
فرم شماره ۴: اطلاعات مربوط به عوامل موثر بر خسارت سازه‌ای ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه
فرم شماره ۵: اطلاعات مربوط به عوامل تشدید کننده خسارت (سازه‌ای و ساختگاهی)

فرم شماره ۱: اطلاعات عمومی ساختمان

اسامی بازدیدکننده/ بازدیدکنندگان:				تاریخ بازدید:	
پلاک ثبتی ساختمان:			منطقه / شهرداری/ بخشداری/دهداری:		
آدرس:					
استان:	شهرستان:		دهستان:	روستا:	
نوع کاربری:	مسکونی☐	تجاری☐	اداری☐	آموزشی☐	بهداشتی☐
اسنادو مدارک فنی:	نقشه معماری ☐	نقشه سازه‌ای☐	دفترچه محاسبات☐	هرگونه گزارش فنی☐	هیچ کدام☐
عوامل سازنده:	مشاور ☐	محاسب☐	ناظر☐	پیمانکار☐	هیچ کدام☐
نحوه دسترسی :	از خیابان اصلی☐	از خیابان فرعی☐	از کوچه اصلی☐	از کوچه فرعی ☐	در بن بست☐
استقرار در نواحی :	پر ازدحام☐	پر تراکم☐	کم تراکم☐	شهرک اقماری☐	حومه شهر ☐
نوع استقرار در زمین:	چهارطرف آزاد ☐	سه طرف آزاد☐	دو طرف آزاد ☐	یکطرف آزاد ☐	
موقعیت ساختمان :	شمالی☐	جنوبی☐	شرقی☐	غربی☐	
وضعیت ساختمان:	تکمیل شده ☐	نیمه تمام☐			
نوع اجرای ساختمان:	پیمانی☐	امانی☐			
نوع مالکیت:	خصوصی ☐	دولتی☐			
تاریخ ساخت:					
ابعادکلی‌ساختمان:	طول ..... متر	عرض: ..... متر	ارتفاع: ..... متر		

فرم شماره ۲: اطلاعات کلی ساختمان

طبقه	زیربنا (مترمربع)	ارتفاع (متر)	ارتفاع سقف از تراز پایه (متر)	نوع سقف				درصد بازشو در سقف	کاربری	
				تاق ضربی	تیرچه بلوک	چوبی	خرپایی		اولیه	فعلی
۲										
۱										
زیرزمین										

جمع کل زیربنا : ..... مترمربع

عکس ساختمان و توضیحات مورد نیاز :

فرم شماره ۳: اطلاعات مربوط به شاخص خسارت تجمعی برای عوامل مربوط به کیفیت ساخت ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه

نماد خسارت	عوامل کلی	عوامل جزئی	وضعیت عوامل			شاخص خسارت (D_c) درصد
$D_{c۱}$	اسناد و مدارک فنی ساختمان	نقشه‌های معماری و سازه‌ای و اجرایی		دارد	☐	۰
				ندارد	☐	۳
$D_{c۲}$	نوع نمای ساختمان	روکش سیمانی*		دارد	☐	۰
				ندارد	☐	۲
		آجر بندکشی*		دارد	☐	۰
				ندارد	☐	۲
		نمای سنگی*		دارد	☐	۱
				ندارد	☐	۲
$D_{c۳}$	اعضای غیر سازه‌ای	دیوارهای غیرباربر (تیغه‌ها)		مناسب	☐	۱/۵
				نامناسب	☐	۴
		جان پناها و دودکش‌ها		مناسب	☐	۰
				نامناسب	☐	۱
$D_{c۴}$	فرسودگی ساختمان	زنگ زدگی قطعات فولادی		ندارد	☐	۰
				دارد	☐	۳
		ترک خوردگی اعضاء		ندارد	☐	۰/۵
				دارد	☐	۴
$D_{c۵}$	مصالح بکار رفته	کیفیت مصالح (آجرها و ملات)	آجرها	مناسب	☐	۰/۵
				نامناسب	☐	۴
			ملات ماسه سیمان*	مناسب	☐	۰
				نامناسب	☐	۱
			ملات باتارد*		☐	۲
			ملات گل- آهک*		☐	۴
* درهرساخص‌خسارت، فقط یکی‌از موارد ستاره دار برای تعیین اندیس‌خسارت منظور شود		حداکثر درصد خسارت تجمعی ناشی از عوامل کیفیت ساخت				$D_{c,max}$= ٪۲۵
		حداقل درصد خسارت تجمعی ناشی از عوامل کیفیت ساخت				$D_{c,min}$=٪ ۲/۵

فرم شماره ۴: اطلاعات مربوط به عوامل موثر بر خسارت سازه‌ای ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه

نماد خسارت	عوامل کلی	عوامل جزئی		وضعیت عوامل		شاخص خسارت درصد
D_{s1}	سیستم باربر	افقی (جانبی)		مناسب	☐	۰
				نامناسب	☐	۲
		قائم		مناسب	☐	۰
				نامناسب	☐	۴
D_{s2}	نامنظمی	در پلان		دارد (نامتقارن)	☐	۴
				ندارد (متقارن)	☐	۰
		در ارتفاع		دارد	☐	۳
				ندارد	☐	۰
		پیش‌آمدگی‌ها		در حد مجاز	☐	۱
				بیش از حد مجاز	☐	۳
D_{s3}	کیفیت اتصالات	اتصال دیوار به سقف		نسبتاً مناسب	☐	۲
				نامناسب	☐	۴
		اتصال دیوار به دیوار		نسبتاً مناسب	☐	۱
				نامناسب	☐	۳
		اتصال دیوار به شالوده		نسبتاً مناسب	☐	۲
				نامناسب	☐	۴
D_{s4}	سیستم سازه‌ای	نوع سقف‌ها	دال بتن مسلح*	نسبتاً مناسب	☐	۰/۵
				نامناسب	☐	۲
			دال تیرچه بلوک*	نسبتاً مناسب	☐	۱/۵
				نامناسب	☐	۶
			تاق ضربی*	نسبتاً مناسب	☐	۲
				نامناسب	☐	۸
			تاق چوبی*	نسبتاً مناسب	☐	۳
				نامناسب	☐	۱۰
		کلاف دیوارهای باربر	کلاف افقی	دارد	☐	۰
				ندارد	☐	۱۰
			کلاف قائم	دارد	☐	۰
				ندارد	☐	۹
			مقدار دیوار سازه‌ای	تامین است	☐	۰
				تامین نیست	☐	۱۰
		بازشوها		در حد مجاز	☐	۱
				بیش از حد مجاز	☐	۵
D_{s5}	ستون یا جرز کوتاه			ندارد	☐	۰
				دارد	☐	۲
D_{s6}	فاصله با ساختمانهای مجاور			در حد مجاز دارد	☐	۰
				ندارد	☐	۲

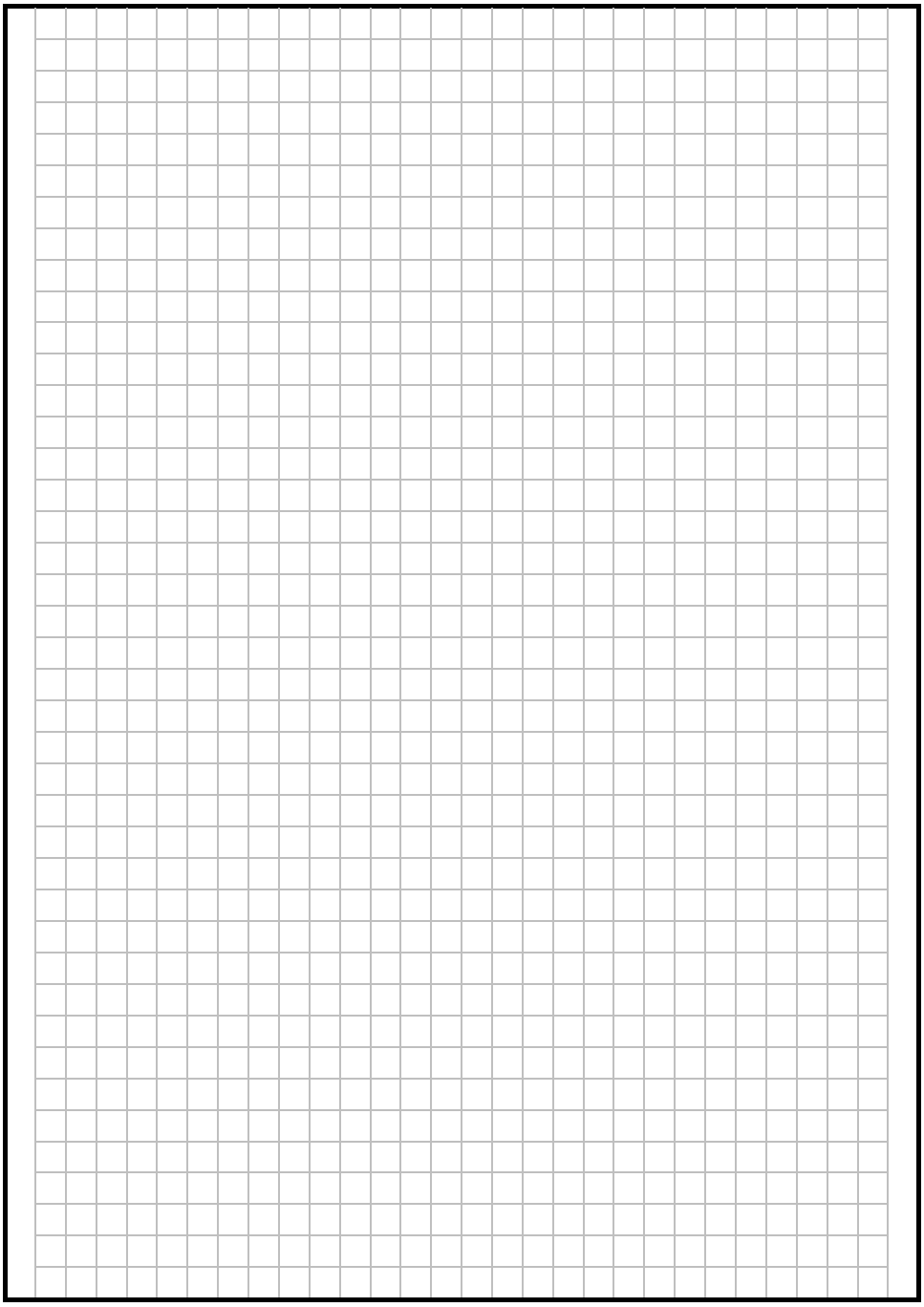
* درهرساخص‌خسارت فقط یکی‌از موارد ستاره دار برای تعیین اندیس‌خسارت منظور شود

حداکثر درصد خسارت تجمیعی ناشی از عوامل سازه‌ای	$D_{s,max}$=٪۷۵
حداقل درصد خسارت تجمیعی ناشی از عوامل سازه‌ای	$D_{s,min}$= ٪۷/۵

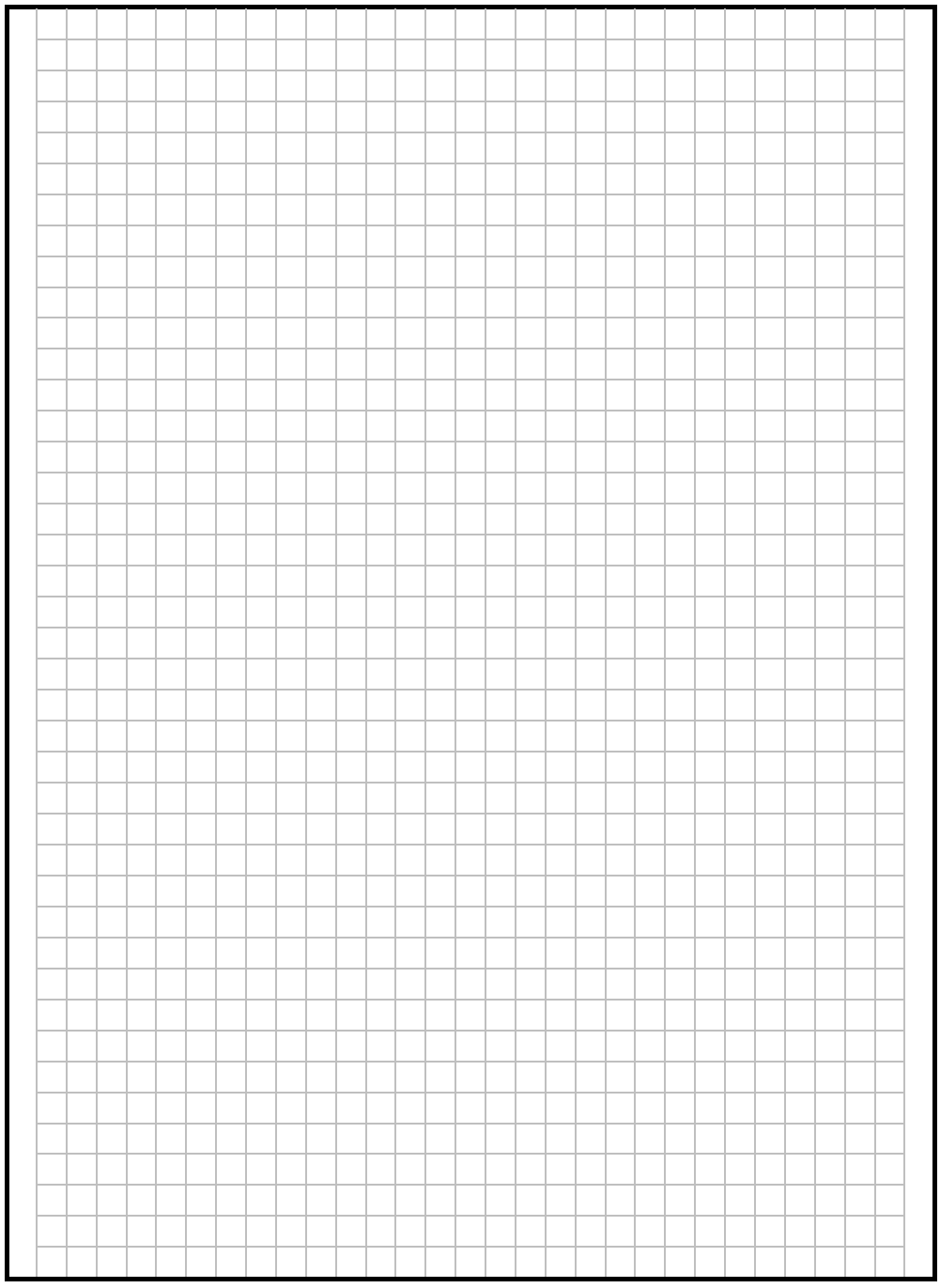
فرم شماره ۵ : اطلاعات مربوط به عوامل تشدید کننده خسارت (سازه‌ای و ساختگاهی)

نماد خسارت	عوامل تشدید کننده خسارت	وضعیت عوامل		ضریب تشدید خسارت
D_{g1}	تعداد افراد ساکن	کمتر از ۱۵ نفر	☐	۱
		بیش از ۱۵ نفر	☐	۱/۱
D_{g2}	عمر ساختمان	کمتر از ۵۰ سال	☐	۱
		بیش از ۵۰ سال	☐	۱/۱
D_{g3}	سابقه زمین لغزش	ندارد	☐	۱
		دارد	☐	۱/۱
D_{g4}	سطح آب زیر زمینی از تراز زمین	بیش از ۱۰ متر	☐	۱
		کمتر از ۱۰ متر	☐	۱/۰۵
D_{g5}	ارتفاع ساختمان از تراز پایه	۳ متر یا یک طبقه	☐	۱
		۶ متر یا دو طبقه	☐	۱/۱
		۹ متر یا سه طبقه	☐	۱/۱۵
D_{g6}	فاصله از گسل	بیش از ۲۰ کیلومتر	☐	۱
		۵ تا۲۰ کیلومتر	☐	۱/۰۵
		کمتر از ۵ کیلومتر	☐	۱/۱
D_{g7}	لرزه‌خیزی منطقه	کم	☐	۱
		متوسط	☐	۱/۲
		زیاد	☐	۱/۳
		خیلی زیاد	☐	۱/۴
D_{g8}	مشخصات خاک	خاک نوع ۱	☐	۱
		خاک نوع ۲	☐	۱/۰۵
		خاک نوع ۳	☐	۱/۱
		خاک نوع ۴	☐	۱/۱۵
D_{g9}	روانگرایی	ندارد	☐	۱
		کم	☐	۱/۰۵
		متوسط	☐	۱/۱
		زیاد	☐	۱/۱۵
D_{g10}	شیب زمین	ندارد	☐	۱
		کمتر از 15^o	☐	۱/۰۵
		15^o تا 30^o	☐	۱/۱
		بیش از 30^o	☐	۱/۱۵
D_{g11}	نشست پی	ندارد	☐	۱
		نشست همگون دارد	☐	۱/۰۵
		نشست ناهمگون دارد	☐	۱/۱
$D_{g,max}$= ۴/۱۴	حداکثر درصد خسارت تضریبی ناشی از عوامل تشدید کننده			
$D_{g,min}$=۱	حداقل درصد خسارت تضریبی ناشی از عوامل تشدید کننده			

کروکی و پلان موقعیت:



پلان بدون مقیاس ساختمان :



راهنمای کلی ارزیابی

در ارزیابی کیفی ساختمان می‌توان از موارد زیر برای تشخیص میزان عوامل تاثیرگذار بر آسیب پذیری استفاده کرد.

۱- نمای ساختمان براساس بند ۳-۱۲ آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) کنترل می‌شود.

۲- کیفیت اجرای دیوارهای غیرباربر (تیغه‌ها) و جان‌پناه‌ها و دودکش‌ها به ترتیب براساس بندهای ۳-۷ و ۳-۸ آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳- فرسودگی ساختمان به لحاظ مشاهدات ظاهری از خوردگی و ترک خوردگی اعضا تعیین می‌شود.

۴- کیفیت مصالح مورد ذکر در این بند براساس بند ۳-۱۰ آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) تشخیص داده می‌شود.

۵- سیستم باربر افقی و قائم ساختمان براساس دیوارها یا المان‌های سازه‌ای براساس بندهای ۱-۹ و ۳-۶ استاندارد ۲۸۰۰ ارزیابی می‌شود.

۶- وضعیت منظمی یا نامنظمی در ارتفاع و پلان برای ساختمان برمبنای بند ۱-۸ استاندارد ۲۸۰۰ بررسی می‌شود.

۷- کیفیت اجرای اتصالات براساس مشاهدات ظاهری و براساس موارد بندهای ۳-۱۰ و ۳-۱۱ استاندارد ۲۸۰۰ ارزیابی می‌شود.

۸- کیفیت سیستم سازه‌ای ساختمان بنایی شامل نوع سقف، کلافبندی و بازشوها به ترتیب برمبنای بندهای ۳-۱۱، ۳-۹ و ۳-۵ تعیین می‌گردد.

۹- مشاهدات ظاهری و میدانی وضعیت ستون و جرزهای کوتاه را نشان می‌دهد.

۱۰- میزان فاصله با ساختمان‌های مجاور براساس تعریف درز انقطاع بند ۱-۶-۳ استاندارد ۲۸۰۰ کنترل می‌گردد.

۱۱- وضعیت تعداد افراد ساکن براساس اهمیت سازه و بسته به تعداد ساکنین مشخص می‌شود.

۱۲- عمر ساختمان براساس مشاهدات میدانی و یا براساس مدارک و منابع موجود تخمین زده می‌شود.

۱۳- سابقه زمین لغزش برمبنای تاریخچه طرح تخمین زده می‌شود.

۱۴- سطح آب زیر زمینی براساس بررسی‌های ضاهری بر وضعیت چاه‌ها و قنوات اطراف

مشخص می‌شود.

۱۵- محدودیت ارتفاع ساختمان براساس بند ۳-۲ استاندارد ۲۸۰۰ تعیین می‌گردد.

۱۶- فاصله از گسل فعال برای سازه بر مبنای مشاهدات و گزارشات موجود مشخص می‌گردد.

۱۷- پارامترهای لرزه خیزی برمبنای شتاب مبنای طرح در جدول ۲ استاندارد ۲۸۰۰ تعیین می‌گردد.

۱۸- مشخصات خاک زیرسازه بر مبنای سرعت موج برشی از طریق جدول ۴ استاندارد ۲۸۰۰ ارزیابی می‌گردد.

۱۹- وضعیت روانگرایی خاک براساس سطح آب زیر زمینی و نوع خاک مطابق جدول پ-۱-۱ و یا براساس بند ۱-۳-۳ استاندارد ۲۸۰۰ تعیین می‌شود.

۲۰- میزان شیب زمین ساختگاه با در نظر گرفتن موارد بندهای ۱-۳-۴ و ۳-۴-۳ استاندارد ۲۸۰۰ تعیین می‌گردد.

۲۱- وضعیت نشست پی براساس مشاهدات عینی و بررسی‌های میدانی ارزیابی می‌گردد.

جدول پ-۱-۱-وابستگی روانگرایی به نوع خاک و سطح آب زیرزمینی

وضعیت روانگرایی	شرایط خاک و سطح آب زیرزمینی
روانگرایی کم	خاک چسبنده یا سطح آب زیرزمینی بیش از ۱۰ متر
روانگرایی متوسط	خاک ماسه‌ای سست و سطح آب زیرزمینی بین ۵ تا ۱۰ متر
روانگرایی زیاد	خاک ماسه‌ای سست و سطح آب زیرزمینی بین ۲ تا ۵ متر

پیوست ۲

تفسیر و تشریح جزئیات مورد ارزیابی در ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه

پ-۲-۱- اطلاعات عمومی

الف- موارد زیر برای ارجاع و استفاده در شهرداری‌ها، مراجع قانونی و تکمیل دسته بندی اطلاعات در تهیه شناسنامه فنی ساختمان گردآوری می‌شود:

۱- مشخصات ثبتی
۲- پلاک ثبتی ساختمان
۳- آدرس
۴- منطقه شهرداری/ بخشداری/ دهداری
۵- شهر/ روستا
۶- تاریخ طراحی

ب- موارد زیر برای آگاهی از ویرایش آئین نامه‌های مورد استفاده، تعیین سن ساختمان، وجود محاسبات، نحوه اجرا و نظارت دقیقتر در تهیه شناسنامه فنی ساختمان گردآوری می‌شود. لازم به ذکر است که معمولاً ساختمان‌هایی که توسط افراد مجرب یا ساکنین ساختمان ساخته می‌شوند دارای کیفیت اجرای بهتری می‌باشند.

۱- تاریخ ساخت
۲- نام مشاور
۳- نام پیمانکار
۴- نام ناظر
۵- نوع اجرا
۶- کروکی و پلان موقعیت، برای تشخیص راه‌های دسترسی و فاصله ساختمان‌های مجاور و همچنین مقررات شهرسازی.
۷- عکس و توضیحات ذیربط، برای تشریح بهتر وضعیت ساختمان از لحاظ معماری و سازه‌ای.
۸- پلان ساختمان، برای بررسی نظم، پیچش و موارد مشابه.

پ-۲-۲-اطلاعات کلی ساختمان

در این بخش عوامل کلی و مشترکً برای هر دو روش کیفی و تحلیلی که باید در ارزیابی ساختمان آجری مورد توجه قرار گیرند، آورده شده است. اهم عوامل مشترک که در ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه باید ارزیابی شوند عبارتند از:

الف- عوامل مربوط به بررسی وضعیت و رفتار سازه‌ای ساختمان:

۱- ابعاد ساختمان
۲- تعداد طبقات
۳- زیربنا طبقه: برای محاسبه نیروی جانبی ناشی از زلزله.
۴- درصد بازشو سقف
۵- ارتفاع
۶- ارتفاع سقف از تراز پایه: برای توزیع نیروی ناشی از زلزله.
۷- نوع سقف: برای بررسی میزان صلبیت و عملکرد دیافراگمی سقف.
۸- کاربری ساختمان: تغییر در کاربری باعث تغییر نیرو و اهمیت ساختمان می‌شود.
۹- تاریخ ساخت: اجرای طبقه جدید بر روی طبقات موجود موجب تمرکز خرابی در محل اتصال طبقه جدید به ساختمان موجود می‌شود.
۱۰-موقعیت ساختمان: برای بررسی راه‌های دسترسی و تعیین موقعیت ساختمان‌های مجاور.
۱۱-نحوه استقرار ساختمان در زمین: در تعیین وضعیت کلی ساختمان نسبت به شیب زمین و جهات اربعه و همچنین موقعیت ساختمان‌های مجاور حائز اهمیت است.
۱۲-وضعیت دسترسی به طبقات ساختمان: برای ارزیابی وضعیت راه‌های فرار و مسیرهای امداد رسانی در حفظ ایمنی جانی ساکنین.

پ-۲-۳- شاخص خسارت برای عوامل مربوط به مراحل و کیفیت ساخت ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه

پ-۲-۳-۱- اسناد و مدارک فنی ساختمان

پ-۲-۳-۱-۱- نقشه‌های معماری و سازه ای

وضعیت نقشه‌های معماری و سازه‌ای ساختمان: وجود این نقشه‌ها در ارزیابی ساختمان بسیار اهمیت دارد.

پ-۲-۳-۱-۲- نقشه‌های اجرایی

اگر ساختمان توسط عوامل فنی دارای پروانه اشتغال ساخته شده باشد، احتمال دارد برای ساختمان نقشه‌های اجرایی هم تهیه شده باشد. در این صورت چنین نقشه‌هایی می‌توانند اطلاعات مفیدی از جزئیات اجرایی و احتمالا کیفیت مصالح بدست آورد.

پ-۲-۳-۲- عمر ساختمان

عمر مفید ساختمان‌های متداول در آئین نامه‌های طراحی ۵۰ سال در نظر گرفته می‌شود. بر این اساس در صورتی که عمر ساختمان در حدود عمر مفید طراحی بوده و فرسودگی زیاد در اعضا مشاهده شود، بهسازی لرزه‌ای مقرون به صرفه نیست و تنها می‌توان با ارائه راهکارهای کم هزینه درصد تلفات جانی ناشی از زلزله را در ساختمان‌های آسیب پذیر با سن زیاد بمنظور بهبود رفتار کاهش داد. وجود اسناد و مدارک ساختمان در تحمین سن آن کمک خواهد کرد.

پ-۲-۳-۳- تعداد افراد ساکن

تعداد ساکنین ساختمان، در تعیین ضریب اهمیت ساختمان و میزان صدمات وارد به آن در اثر زلزله احتمالی آینده نقش مهمی دارد. این عامل می‌تواند در تخمین و ارزیابی اقتصادی سطح بهسازی لازم کمک کند.

پ-۲-۳-۴- نوع نمای ساختمان

در ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه استفاده از نماهای مختلف مانند روکش ماسه سیمان، آجر نمای بند کشی شده و نمای سنگی متداول است. از این جهت توجه به نقش آنها در بالا بردن ظرفیت و ایجاد هماهنگی در رفتار لرزه‌ای ساختمان بسیار مهم است. آسیب پذیری ساختمان بر اثر وجود یکی از نماهای مذکور به ترتیب برای روکش ماسه سیمان و پوشش باتار، کمتر از نمای سنگی است.

پ-۲-۳-۴-۱- روکش سیمانی

در پوشش‌های ماسه سیمانی باید به وجود ترک‌های مورب و یا پوسته شدن آنها توجه نمود. در برخی مواقع پوشش‌ها دارای تورم یا به اصطلاح "طبله" هستند و درگیری اندکی با دیوار دارند که در هنگام رخداد زلزله کمکی به مقاومت و رفتار ساختمان نمی کنند. برای

کنترل آنها می‌توان با وارد آوردن ضربه با پشت دست یا وسیله‌ای که خسارت وارد نکند صدای ناشی از طبله شدن پوشش را تشخیص داد.

پ-۲-۳-۴-۲- آجر بندکشی

بکار گیری بند کشی در آجر نما، صرف نظر از زیبایی نمای ساختمان سهم قابل قبولی در انسجام بخشی و بهبود رفتار دیوارها دارد. از اینرو و با عنایت به سطح کیفی ساخت وسازها لازم است به این بکته نیز توجه شود که عدم بکارگیری بند کشی یا ناشی از اقتصاد ضعیف مالک یا سازنده دارد و یا ناشی از کم توجی آنها بوده است. و در هر دو حالت دیوارهای بدون بندکشی موجب می‌شود تا آنها در جهت درون صفحه و خارج صفحه آسیب پذیر شوند. در شرایطی که ساخت نمای آجری پس از دیوار ساخته شده انجام می‌شود، لازم است با مهارکردن یک سر مفتولهای فولادی در درزهای دیوار چیده شده و سرآزاد آن در داخل دوغاب (ملات) پشت آجرنما، دو قسمت دیوار و آجر نما بیکدیگر متصل شوند. با برداشتن بخش کوچکی از نمای ساختمان موجود می‌توان با این نحو اتصال پی برد که در صورن نبود چنین مفتولهایی دیوار از این نظر آسیب پذیر می‌شود. حداکثر فاصله این مفتولها در هر یک از جهات افقی و قائم نباید از ۵۰ سانتیمتر بیشتر است.

الف-جدا شدگی کامل نمای آجری ب-فروریختن نمای آجری

شکل پ-۲-۱- عدم چسبندگی کامل بین نمای ساختمان با دیوارهای سازه‌ای

پ-۲-۳-۴-۳- نمای سنگی

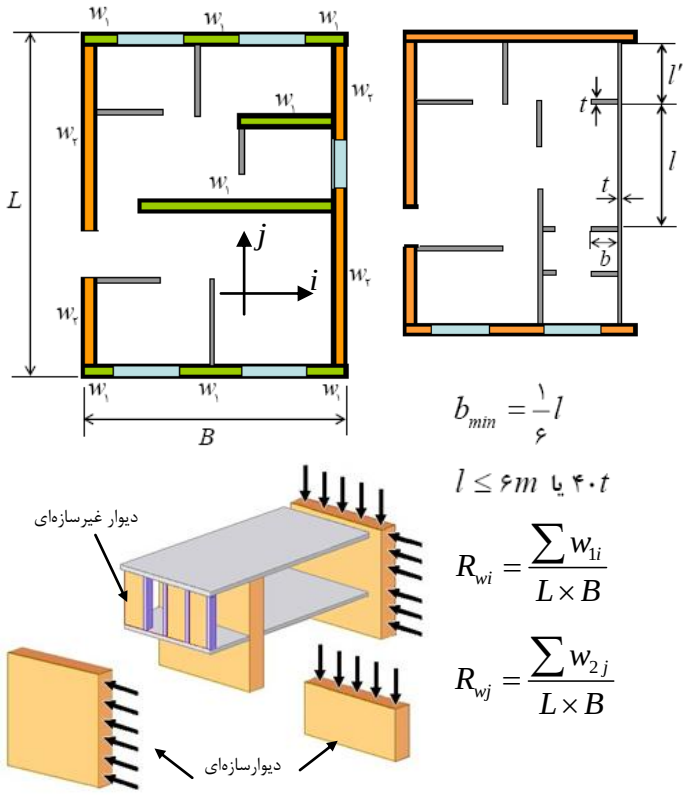
استفاده از سنگ‌های صفحه‌ای در نمای ساختمان روشی رایج در نماسازی است. اما این نوع نماسازی در صورت عدم اتصال با دیوار به عنوان یک عنصر آسیب پذیر شناخته می‌شود. بنا براین با همان روشی که برای نمای آجری بیان شد، این سنگ‌ها باید توسط مفتولهای فولادی به دیوار متصل شوند. و اکر در ساختمان موجود چنین مفتول‌هایی وجود نداشته

باشد، نمای سنگی آسیب پذیر می‌باشد.

پ-۲-۳-۵- اعضای غیرسازه‌ای

پ-۲-۳-۵-۱- دیوارهای غیربابر (تیغه‌ها)

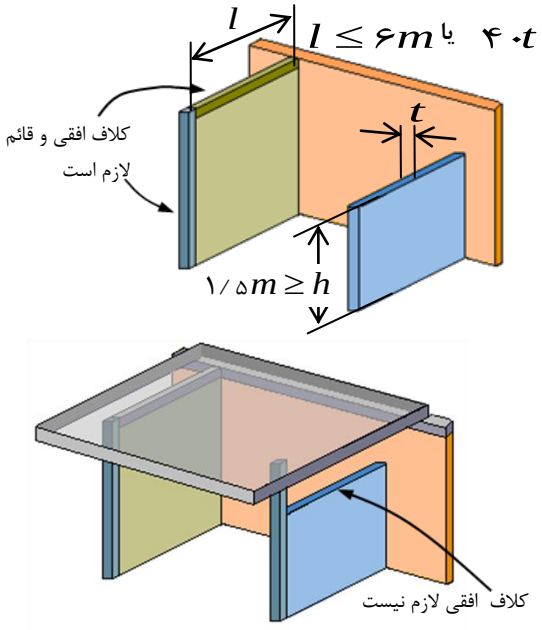
اگر دیوارهای غیربابر و تیغه‌ها بدون رعایت شرایط زیر (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ ایران) اجرا نشده باشند، آسیب‌پذیر تلقی می‌شوند



شکل پ-۲-۲- دیوارهای غیر سازه‌ای یا تیغه‌ها

حداکثر طول مجاز دیوار غیرسازه‌ای یا تیغه بین دو پشت بند عبارتست از ۴۰ برابر ضخامت دیوار یا تیغه و یا ۶ متر هر کدام کمتر باشد. پشت بند باید به ضخامت حداقل معادل ضخامت دیوار و بطول حداقل $\frac{1}{6}$ بزرگترین دهانه طرفین پشت بند باشد (شکل پ-۲-۲). بجای پشت بند می‌توان عناصر قائم فولادی، بتن آرمه و یا چوبی در داخل تیغه یا دیوار

قرار داد و دو سر عناصر را بطور مناسبی در کف و سقف طبقه مهار نمود. حداکثر ارتفاع مجاز دیوارهای غیرسازه‌ای و تیغه‌ها از تراز کف مجاور ۳/۵ متر می‌باشد. در صورت تجاوز از این حد باید با تعبیه کلافهای افقی و قائم بطور مناسبی به تقویت دیوار مبادرت کرد. تیغه‌هایی که در تمام ارتفاع طبقه ادامه دارند باید کاملاً به زیر پوشش سقف مهار شوند یعنی رگ آخر تیغه با فشار و ملات کافی در زیر سقف جای داده شود (مُهرشود). لبه فوقانی تیغه‌هائی که در تمام ارتفاع طبقه ادامه ندارند باید با کلاف فولادی یا بتن آرمه و یا چوبی که بر سازه ساختمان و یا کلافهای احاطه کننده تیغه متصل می‌باشد، مطابق شکل پ-۲-۳ کلاف بندی شود. لبه قائم تیغه‌ها نباید آزاد باشد. این لبه باید به یک تیغه دیگر و یا یک دیوار عمود بر آن، یکی از اجزای سازه و یا عنصر قائم (همانند یک ستونک) که بهمین منظور از فولاد، بتن آرمه و یا چوب تعبیه می‌شود با اتصال کافی تکیه داشته باشد. ستونک می‌تواند از یک ناودانی نمره ۶ (و یا پروفیل فولادی معادل آن)، و یا از بتن آرمه و یا چوب تشکیل شود. چنانچه طول تیغه پشت بند کمتر از ۱/۵ متر باشد لبه آن می‌تواند آزاد باشد.

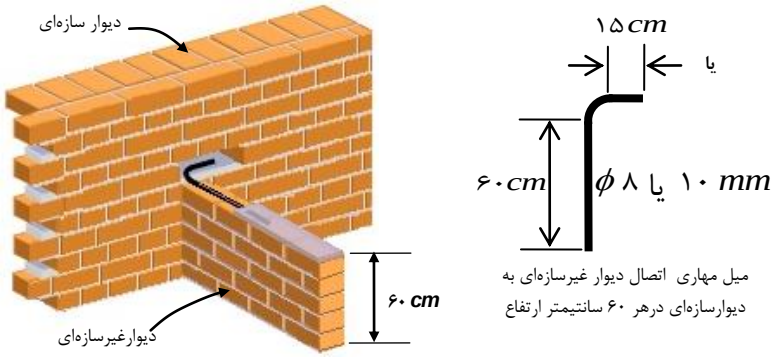


شکست توام درصفحه و برصفحه یک (تیغه)
دیوار غیر سازه‌ای (زلزله سیلاخور ۱۳۸۵)

شکل پ-۲-۳- جزئیات مربوط به دیوارهای غیر سازه‌ای و یک نمونه از تخریب آنها

در صورتیکه دیوار و تیغه متکی به آن بطور همزمان و یا بصورت لاریز و یا بصورت هشتگیر چیده شده باشند، اتصال تیغه به دیوار کافی تلقی می‌شود، ولی اگر تیغه بعد از احداث

دیوار و بدون اتصال به آن ساخته شده باشد، باید در محل تقاطع به نحو مناسبی به دیوار متصل و درگیرشود. در غیر اینصورت لبه کناری تیغه آزاد تلقی شده و باید طبق شکل پ-۲-۳ عنصر قائم در این لبه تعبیه شود. همچنین دو تیغه عمود بر هم باید با یکدیگر مانند آنچه که در شکل پ-۲-۴ آمده است، قفل و بست شوند.

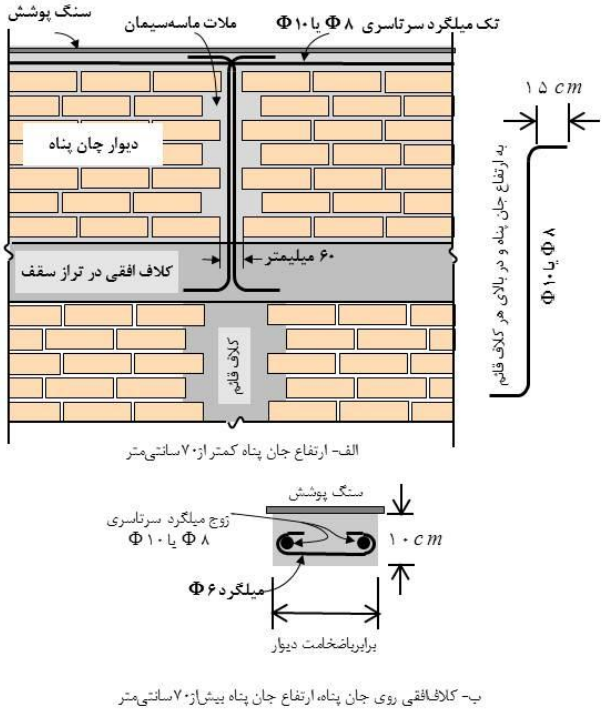


شکل پ-۲-۴- نحوه درگیر کردن دیوار غیر سازه‌ای به دیوار سازه‌ای

پ-۲-۳-۵-۲- جان پناه‌ها و دودکش‌ها

پ-۲-۳-۵-۲-۱- جان پناه

جان‌پناه در ساختمان، طره‌ای است که احتمال سقوط آن بر روی ساختمان‌های مجاور و ایجاد خرابی موضعی در آنها و یا سقوط آن در محوطه اطراف ساختمان و تلفات جانی بسیار زیاد است. ارتفاع جان پناه اطراف بام‌ها و بالکن‌ها از کف تمام شده، در صورتی که ضخامت دیواره آن ۱۰ و یا ۲۰ باشد، نباید به ترتیب از ۵۰ و ۷۰ سانتیمتر تجاوز کند. در صورت تجاوز ارتفاع از حدود فوق‌الذکر، باید مانند جزئیات شکل پ-۲-۵ کلاف قائم در هر ۵ متر احداث شود و بر روی جان‌پناه کلاف افقی به ارتفاع ۱۰سانتی‌متر و با دو میلگرد افقی تعبیه شود. اگر نسبت ارتفاع به ضخامت جان‌پناه در مناطق با خطر نسبی زلزله کم و متوسط بیش از ۲/۵، و در مناطق با خطر نسبی زلزله زیاد و خیلی زیاد بیش از ۱/۵ باشد، جان‌پناه آسیب‌پذیر است. در صورت تجاوز ارتفاع از حدود فوق‌الذکر، جان پناه باید توسط عناصر قائم فولادی یا بتن آرمه نگهداری شده و در کف بام یا بالکن گیردار شود.



شکل پ-۲-۵- نحوه درگیر کردن چان‌پناه با کلاف افقی تراز بام

پ-۲-۳-۵-۲-۲- دودکش‌ها

دودکش طره‌ای است، که احتمال سقوط آن بر روی ساختمان و یا ساختمان‌های مجاور و در نتیجه ایجاد خرابی موضعی در آنها و یا سقوط آن در محوطه اطراف ساختمان و تلفات جانی بسیار زیاد است. اگر مقدور باشد بهتر است دودکش‌های با مصالح بنائی و اجزاء که ارتفاعی بلندتر از ۱/۵ متر (از کف بام) دارند باید بوسیله عناصر قائم فولادی یا بتن آرمه بنحو مناسبی تقویت و در کف بام گیردار شوند. در غیر اینصورت آسیب پذیر می‌باشند.

پ-۲-۳-۶- فرسودگی ساختمان

پ-۲-۳-۶-۱- پوسیدگی و زنگ زدگی قطعات

در برخی از ساختمانها که در شرایط بد آب و هوایی قرار دارند یا به نحو مناسبی مورد بهره برداری قرار نمی گیرند، احتمال پوسیدگی چوب‌هایی که به عنوان کلاف یا پایه و یا قطعات کششی تعبیه شده اند و همچنین زنگ زدگی عناصر فولادی اعم از آنهایی که به عنوان کلاف افقی یا قائم بکار رفته اند و یا به عنوان عضوهای کششی در نقاطی از

ساختمان تعبیه شده اند وجود دارد. در صورت وجود پوسیدگی یا زنگ زدگی باید میزان آنها برآورد شده که اگر زیا باشد ساختمان از این ناحیه آسیب پذیر خواهد بود.

پ-۲-۳-۶-۲- ترک خوردگی اعضاء

معمولا اغلب ساختمانهای آجری زلزله‌های متوسط و نزدیک ویا شدید و بسیار دور را تجربه کرده اند. از این جهت مشاهده هر نوع ترک در عضوهای سازه‌ای مثل دیوارها، کلاف‌ها، سقف‌ها، شالوده‌ها و جرزها باید مورد توجه و بازبینی دقیق قرار گیرند. چنانچه ترک خوردگی در عضوهای اصلی ممتد و عرض آن بیش از ۲ میلیمتر باشد، باید به عنوان یک عامل در آسیب پذیر تر کردن ساختمان مورد ارزیابی قرار گیرد.

پ-۲-۳-۶- مصالح ساختمان

پ-۲-۳-۶-۱- کیفیت آجر

آجر مصرف شده در ساختمان باید کاملاً پخته، یکپارچه و سخت بوده باشد. وجود یک ترک در سطح آجر جلو کار قابل تامل است. مصرف تکه آجر شامل سه قد، نیمه، چارک جلو کار حاکی از کم توجهی سازنده (یا مالک) است و باید نسبت به بررسی ساختمان دقت بیشتری بکار برد. ترک‌خوردگی، شوره‌زدگی، آلوئک و نظایر آن در سطح‌آجرکاری وضعیت نا مناسب را القا می‌کند.

پ-۲-۳-۶-۲- نوع ملات

استفاده از ملات‌های گل، کاهگل و گل آهک در ساختمانهای آجری مجاز نیست. ملات مجاز در این ساختمانها ماسه- سیمان و ماسه-سیمان- آهک (باتارد) می‌باشد.

ماسه سیمان

ملات ماسه-سیمان دارای نسبت‌های متغیر بین ۸:۱ تا ۳:۱ بوده که بسته به محل مصرف بکار برده می‌شود. بهترین نسبت ملات ماسه-سیمان از یک حجم سیمان به سه تا چهار حجم ماسه (۱:۳ تا ۱:۴) می‌باشد. معمولاً، با کاهش مقاومت ملات، کارایی ملات بیشتر می‌شود. ملات بانسبت سیمان بالاتر از ۳:۱ به علت جمع شدگی بیشتر در معرض خطر ترک خوردگی قرار می‌گیرد و همچنین افزایش نسبت سیمان در ملات موجب افزایش مقاومت نمی‌شود. بنابر این، ملات با نسبت سیمان بیشتر از ۳:۱ نباید در ساختمان‌های آجری بکار رفته

باشد. استفاده از ملات ضعیف (با نسبت کمتر از ۵:۱) به علت وجود فضای خالی که موجب نفوذ بیشتر آب درون ملات می‌شود، مجاز نیست. ملات ماسه-سیمان با حداقل عیار ۲۰۰ کیلوگرم سیمان برای دیوارها بکار می‌رود. در تمام ملات‌ها مقدار مصالح سنگی بکاررفته نبایستی کمتر از ۲/۲۵ و بیشتر از ۳ برابر مجموع حجم مصالح چسباننده (سیمان) بکار رفته باشد

باتارد (ملات ماسه - سیمان - آهک) : ملات ماسه- سیمان- آهک با نسبتهای مختلفی از سیمان، آهک و ماسه و آب کافی ساخته می‌شوند. این نسبت‌ها به نوع دیوار وابسته است. جدول پ-۲-۲ چهار نوع ملات باتارد برای مصارف مختلف ارائه کرده است. که در ارزیابی می‌توان از آن استفاده کرد.

گل آهک : نسبت حجمی خاک و آهک در ساخت ملات گل آهک ۱:۳ (یک حجم آهک و سه حجم خاک) است. برای ساخت این ملات نخست آهک را درون آب اختلاط پاشیده و به صورت شیره آهک درآورده و سپس به خاک افزوده و بخوبی مخلوط می‌شود. اگر در ارزیابی ساختمان موجود مشخص شد که در آجرچینی دیوارهای باربر از ملات گل-آهک استفاده شده است، چنین ساختمانی آسیب پذیر تلقی می‌شود.

جدول پ-۲-۱- خواص مکانیکی ملات ماسه-سیمان

نوع ملات	مقاومت فشاری ۲۸ روزه (مگاپاسکال)	محل مصرف ملات
خیلی قوی	۱۷	مقاومت فشاری بالا، برای عملیات بنایی در زیر سطح زمین
قوی	۱۲	برای دیوارهایی که به مقاومت خمشی زیاد نیاز دارد
متوسط	۵	مقاومت متوسط برای مصارف عمومی، دیوارهای خارجی جان‌پناه‌ها و دودکش‌ها
ضعیف	۲/۵	مقاومت ضعیف برای دیوارهای غیر باربر

جدول پ-۲-۲- نسبتهای ملات ماسه-سیمان- آهک (باتارد)

نوع ملات	نسبت حجمی از سیمان پرتلند یا سیمان سرباره‌ای	نسبت حجمی از آهک آبدیده، یا آهک شکفته	محل مصرف ملات
خیلی قوی	۱	۰/۲۵	مقاومت فشاری بالا و برای عملیات بنایی در زیر سطح زمین
قوی	۱	بالاتر از ۰/۲۵ تا ۰/۵	برای دیوارهایی که به مقاومت خمشی زیاد نیاز دارند
متوسط	۱	بالاتر از ۰/۵تا ۱/۲۵	مقاومت متوسط برای دیوارهای خارجی، جان‌پناه‌ها و دودکش‌ها
ضعیف	۱	بالاتر از ۱/۲۵ تا ۲/۵	مقاومت ضعیف برای دیوارهای غیر باربر

پ-۲-۴- شاخص خسارت برای عوامل ساختگاهی در ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه ($D_{g۴}$ -$D_{g\,۱}$)

اطلاعات مربوط به زمین نقش مهمی در بررسی اسیب پذیری ساختمان دارد. از طرفی در اکثر موارد اصلاح شرایط نامناسب زمین امکان پذیر نیست. بنابراین هنگام ارزیابی یک ساختمان در شرایط نامناسب ساختگاهی با توجه به هزینه بسیار سنگین آن باید بهترین تصمیم اتخاذ شود. مثلا اگر کاستی‌های دیگری در ساختمان وجود داشته باشد که موجب شود تا هزینه‌ها از هزینه‌ای تخریب و بازسازی فراتر رود، بهسازی لرزه‌ای دیگر جایی نخواهد داشت و بهترین راه‌حل تخریب ساختمان و احداث ساختمان جدید می‌باشد. در هر حال موارد زیر از مهمترین عواملی هستند که باید در ارزیابی در نظر گرفته شوند. برای ارزیابی دقیق یک ساختمان باید عوامل و خطرات ساختگاهی که ممکن است پایداری ساختمان را در زمان وقوع زلزله تحت تاثیر قرار دهد، برداشت شوند. اهم این عوامل عبارتند از شیب زمین، سطح آب زیر زمینی، روانگرایی، لغزش و گسلش که وجود هر یک، خسارات زیادی به ساختمان وارد می‌کند به طوریکه بالاترین سطح عملکردی ممکن برای ساختمان ایمنی جانی محدود خواهد شد.

پ-۲-۴-۱-وضعیت زمین (D_g)

پ-۲-۴-۱-۱-شیب زمین (D_{g1})

در زلزله‌های متعدد نشان داده است که ساختمان‌های بر روی زمین‌های شیبدار، نسبت به ساختمان‌های بر روی زمین‌های مسطح آسیب پذیرترند. شکل پ-۲-۷ دو نوع آسیب پذیری بر روی سطح شیبدار نشان داده شده است.

پ-۲-۴-۱-۲-سطح آب زیرزمینی (D_{g1})

در زمین‌های با خاک دانه‌ای کم تراکم و سطح آب زیرزمینی بالا، احتمال وقوع پدیده روانگرائی بسیار زیاد است. این احتمال با افزایش سطح آب زیرزمینی افزایش می‌یابد. اصلاح این‌گونه زمین‌ها در این شرایط و یا اصلاح شالوده به روش مناسب (شمع بتنی یا چوبی) معمولاً در ساختمان‌های مسکونی به صرفه نیست و بهتر است از این زمین‌ها تنها برای فضای سبز استفاده شود.

شکل پ-۲-۶- انتخاب ساختگاه نامناسب و اجرای غلط ساختمان بر روی سطح شیبدار

پ-۲-۴-۱-۳- سابقه زمین لغزش (D_{g1}):

بررسی شرایط ساختگاهی در زمین‌هایی که ممکن است بر اثر زلزله دچار زمین لغزش و یا سنگ ریزش گردند، ضروری است. در صورتیکه احتمال نشست‌های ناهمگون وجود داشته باشد، مقدار این نشست‌ها باید در ارزیابی ساختمان بکار گرفته شود. وضعیت کلی ساختمان باید برای ترکیب بارهای ثقلی، لرزه‌ای و نیروهای اعمال شده به ساختمان ناشی از حرکت‌های مختلف محتمل شالوده مورد ارزیابی قرار گیرد. در شیب‌های تند (بیش از۶ درصد) و همچنین شیب‌هایی که نشانه‌هایی از سابقه لغزش در آنها مشاهده شده است، احتمال لغزش در زمان زلزله وجود دارد. خسارت احتمالی در ساختمان‌های بالا دست شیب، جداشدن شالوده در قسمت نزدیک به شیب بوده و خسارت محتمل در ساختمان‌های پائین دست شیب ضربه ناشی از خاک لغزیده شده و یا برخورد قطعات سنگ به ساختمان است که در این صورت بررسی بیشترِ مطالعات ژئوتکنیکی در خصوص ساختگاه مورد نظر ضروری است. با وقوع زمین لرزه‌های بزرگ، شیب‌های ناپایدار دچار لغزش می‌شوند و گاهی اوقات باعث مدفون شدن شهرها یا راه‌های ارتباطی می‌شوند.

پ-۲-۶- مدفون شدن ساختمانها و تخریب راه اصلی بر اثر زمین لغزش

پ-۲-۴-۲- لرزه خیزی منطقه و مشخصات خاک($D_{g۲}$)

لرزه خیزی مناطق با توجه به سابقه زمین لرزه‌های گذشته تعیین می‌گردد. بنابراین توجه به زلزله‌های گذشته در منطقه ضروری است.

پ-۲-۴-۳- سابقه روانگرائی($D_{g۳}$)

در زمین‌هائی که مستعد روانگرایی می‌باشند باید احتمال ناپایداری، حرکت نسبی ژئوتکنیکی، گسترش جانبی و یا کاهش ظرفیت باربری شالوده و یا وقوع نشست‌های زیاد از حد بررسی شود. خاک‌های مستعد روانگرایی ممکن است تمام ظرفیت باربری قائم خود را در زمان زلزله از دست بدهند، کاهش و یا از دست دادن ظرفیت باربری قائم موجب نشست‌های ناهمگون و ایجاد نیروهای بزرگ در ساختمان می‌شود. تاثیر این نشست‌ها باید در ارزیابی ساختمان در نظر گرفته شود. وضعیت ساختمان باید برای ترکیب تمام بارهای ثقلی و لرزه‌ای و نیروهای اعمال شده به ساختمان ناشی از حرکت‌های مختلف محتمل شالوده ارزیابی شود. این نیروها با بارهای ثقلی موجود و نیروهای لرزه‌ای که بطور همزمان به ساختمان اعمال می‌شود در ترکیب بارها باید در نظر گرفته شود. زمین‌های مستعد روانگرایی، حداقل دارای یکی از شرایط زیر می‌باشند: زمین‌هایی که سابقه روانگرائی در آنها وجود داشته باشد. زمینهائی از نوع خاک ماسه‌ای با تراکم کم، اعم از تمیز، یا رس‌دار با مقدار رس کمتر از ۲۰درصد، یا لای‌دار و یا شن‌دار بوده و تراز سطح آب زیر زمینی در آنها نسبت به سطح زمین کمتر از حدود ۱۰ متر باشد. با توجه به سطح آب زیرزمینی و نوع

خاک و سابقه روانگرائی، امکان بوجود آمدن پدیده روانگرائی در زلزله‌های آینده نیز وجود دارد.

پ-۲-۴-۴-فاصله از گسل($D_{g۴}$)

در صورتیکه ساختمان در مجاورت یا بر روی گسلهای فعالی که احتمال به وجود آمدن شکستگی در سطح زمین هنگام زلزله وجود دارد، واقع شده باشد، برای بهبود رفتار لرزه‌ای موارد زیر مورد توجه قرار گیرد: الف) پتانسیل گسلش سطحی و بزرگی شکست احتمالی درگسل‌های فعال تعیین گردد و اثر جابجایی ناهمگون ساختگاه در ارزیابی ساختمان در نظر گرفته شود و وضعیت کلی ساختمان برای ترکیب بارهای ثقلی، لرزه‌ای و نیروهای اعمال شده به ساختمان ناشی از حرکت‌های مختلف محتمل شالوده مورد ارزیابی قرار گیرد. شالوده ساختمان‌هایی که در حوزه نزدیک گسل‌های فعال واقع شده‌اند، در اثر گسلش تحت تاثیر حرکت‌های بزرگ قرار گرفته و ساختمان نیز تحت تاثیر نیروهای بزرگی قرار می‌گیرد. در مناطق با فعالیت لرزه‌خیزی کم، هر قدر فاصله از گسل بیشتر باشد، خطر آسیب پذیری ساختمان کمتر است.

پ-۲-۵- شاخص خسارت برای عوامل معماری و سازه‌ای در ساختمانهای آجری کوتاه مرتبه ($D_{S۷}$ –$D_{S۱}$)

پ-۲-۵-۱-اتصالات ($D_{S۱}$)

از مهمترین مواردی که موجب آسیب‌پذیری ساختمانهای آجری می‌شود، ضعف در اتصالات بین اجزای سازه‌ای آن‌ها است. این اتصالات به‌شرح زیر باید کنترل شوند.

پ-۲-۵-۱-۱- اتصال بین دیوارهای باربر و سقف

در اثر حرکت ناهمگون دیوارها و سقف، در بسیاری موارد بدون ایجاد خرابی عمده در این اعضا، سقف ساختمان بنائی از روی دیوار جدا شده و می‌لغزد و سقوط می‌کند. بدین منظور لازم است بین سقف و دیوارهای ساختمان اتصال مناسبی برقرار شود. استاندارد ۲۸۰۰ ایران رعایت این اصول را برای تامین اتصال بین دیوار و سقف الزامی کرده است.

عناصر سقف (تیر و تیرچه اعم از فولادی، بتنی و چوبی) و یا سقف بتنی باید در تکیه گاه‌ها بنحو مطمئنی به عناصر زیر سری (تیرهای حمال،کلاف‌بندی افقی، ستونها) متصل شوند تا نیروهای زلزله بدون جابجا شدن سقف به عناصر قائم انتقال یابند. به این منظور رعایت

نکات زیر ضروری است:

جداشدن دیوارهای متقاطع

شکست دیوار و عدم فروریزش سقف در اثر وجود کلاف افقی و ترک قطری دیوار به دلیل نبود کلاف قائم (زلزله زنجیران)

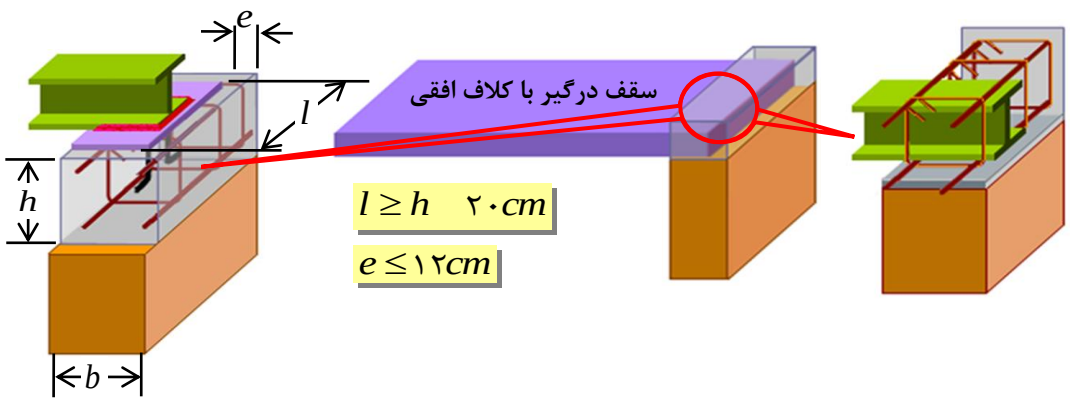
شکل پ-۲-۸- شکست اتصال دیوار-دیوار و دیوار-سقف در ساختمانهای بنایی

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

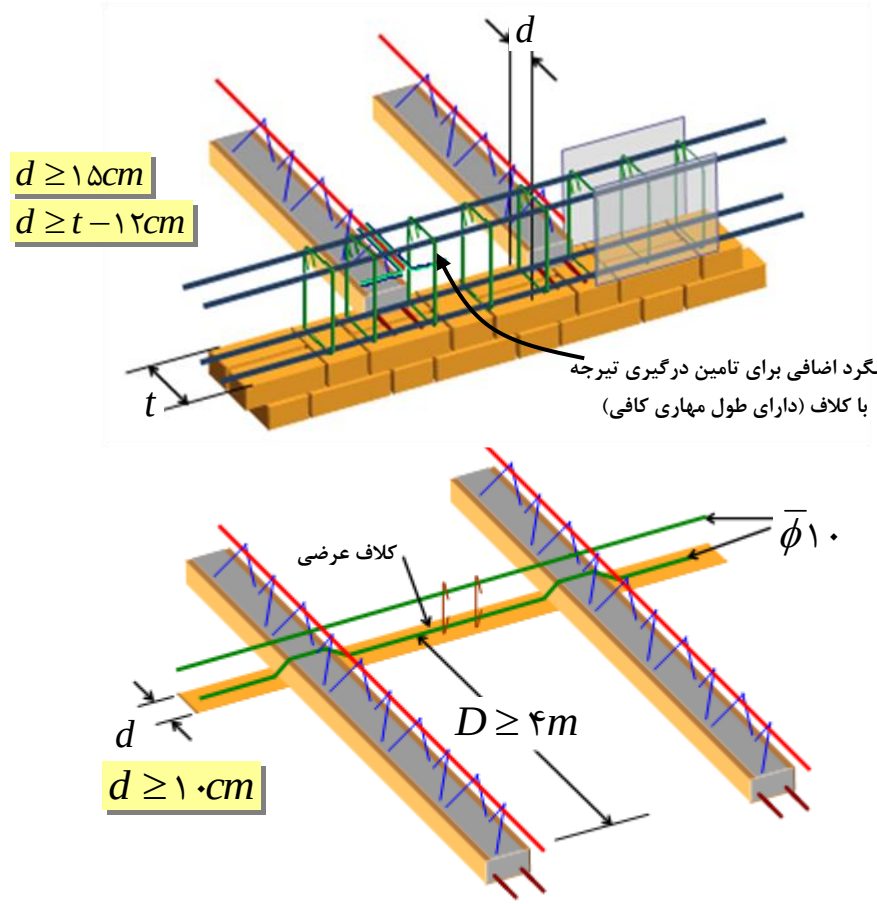
ب) چنانچه سقف از نوع طاق ضربی باشد بر روی دیوار تکیه داشته باشد، تیر آهن‌های سقف باید یا در داخل کلاف بتن مسلح مهار شوند و یا به صفحات فلزی که روی کلاف افقی بتن مسلح قرار داشته و در داخل کلاف مهار شده اند متصل گردند و یا به کلاف فلزی به نحوی مناسب بسته شوند. طول تکیه گاه تیرآهن‌های سقف طاق ضربی نباید از ارتفاع تیر و یا از ۲۰ سانتیمتر کمتر باشد. چنانچه سقف از نوع بتن مسلح پیش ساخته باشد ارجح است سقف پیش ساخته در کلاف افقی بتن مسلح مهار شود و از قرار دادن آن بر روی کلاف احتراز گردد مگر آنکه بتوان آنرا بنحوی مناسب به کلاف روی دیوار مهار کرد. سقف‌های مرکب از تیرچه و بلوک نیز باید بخوبی به کلاف افقی مهار گردند و بتن ریزی تیرچه‌ها و کلاف همزمان انجام گردد. سقف بتن مسلح در جا ریخته شده نیز باید دارای تکیه گاهی حداقل معادل ضخامت دیوار منهای ۱۲ سانتیمتر بوده، مشروط بر آنکه این طول هیچگاه از ۱۵ سانتیمتر کمتر نگردد.

پ) عناصر سازه‌ای راه پله نیز باید در پاگردهایی که هم‌سطح ساختمان هستند در کلاف‌بندی افقی سقف مهار شوند. اگر تیرهای سقف درون کلاف مهار عملکرد ساختمان

مناسب خواهدبود، ولی اگر تیرهای سقف بر روی کلاف متکی شوند، عملکرد ساختمان چندان نامناسب نخواهدبود و بالاخره اگر تیرهای سقف بر روی دیوار قرار داده شوند، عملکرد ساختمان نا مناسب خواهدبود. بنابراین دیوارهای باربر باید در تراز طبقات به سقف متصل شده باشند تا نیروهای ناشی از زلزله بدون جابه‌جاشدن سقف به دیوار باربر انتقال یابد. در غیر این صورت اتصال بین دیوار باربر و سقف به لحاظ نداشتن مقاومت کافی آسیب‌پذیر تلقی می‌شود. اگر اتصال دیوار و سقف نتواند نیروی عمود بر صفحه‌ی دیوار را که از رابطه پ-۲-۱ محاسبه می‌شود، تحمل نماید، آسیب‌پذیر تلقی می‌شود.



شکل پ-۲-۹- جزئیات اتصال سقف طاق ضربی با کلاف افقی و دیوار بار بر



شکل پ-۲-۱۰- جزئیات اتصال سقف تیرجه-بلوک با کلاف افقی و دیوار بار بر

پ-۲-۵-۱-۲- اتصال بین دیوار به دیوار

اگر دیوارهای باربر متقاطع مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ ایران اجرا نشده باشند، و یا در اجرای آن‌ها از کلاف‌های بتنی، فلزی و چوبی گوشه استفاده نشده باشد، اتصال آنها نامناسب و آسیب‌پذیر می‌باشد. اگر تیغه بعد از احداث دیوار و بدون رعایت ضوابط مندرج در استاندارد ۲۸۰۰ ایران ساخته شده باشد، اتصال تیغه و دیوار آسیب‌پذیر می‌باشد. برای حفظ یکپارچگی دیوارها و جلوگیری از واژگونی آنها دیوارهای باربر متقاطع باید بصورت لاریز اجرا شوند. اجرای هشتگیر تنها در دیوارهای غیرباربر (جداگرها) مجاز است.

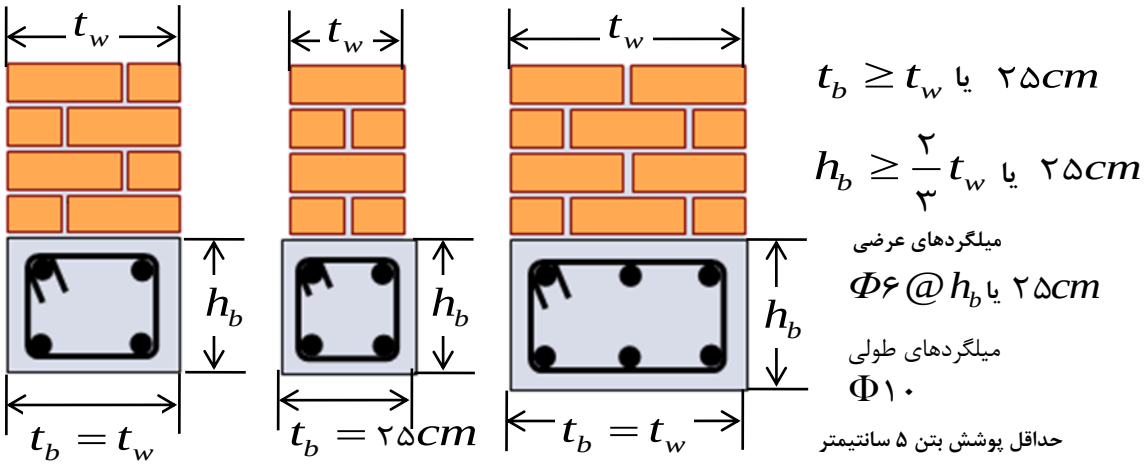
جداشدن دیوارها و نریختن سقف سبک چوبی
(زلزله قائن ۱۳۸۴)

شکست و جداشدن دیوارها و نریختن سقف به دلیل
یکپارچه بودن (زلزله قائن ۱۳۸۴)

شکل پ-۲-۱۱- شکست در اتصال دیوار-دیوار در ساختمانهای بنایی بدون کلاف قائم وافقی

پ-۲-۵-۱-۳- اتصال بین دیوار به شالوده

شالوده‌ها آخرین عضو سازه‌ای هستند که وظیفه تمام نیروهای ناشی از بارهای مرده، زنده و نیروهای جانبی ساختمان را که ناشی از زلزله است، به خاک منتقل نمایند. به همین منظور در زیر کلیه دیوارهای باربر باید از کلاف‌های افقی استفاده گردد. به عبارت ساده تر در زیر دیوار و روی شالوده کلافهایی با مشخصات شکل پ-۲-۱۲ باید تعبیه گردد. اگر در ارزیابی ساختمان از کلافهای روی شالوده استفاده نشده باشد، ساختمان بطور جدی آسیب پذیر است. بدیهی است برای دست یابی به رفتار یکنواخت و هماهنگ ساختمان لازم است شالوده‌ها توسط شناژهایی به یکدیگر متصل شوند.



شکل پ-۲-۱۲- کلافهای افقی زیر دیوار و روی شالوده

پ-۲-۵-۲- سیستم باربر(افقی و قائم)

در ساختمان‌های بنایی دیوارهای باربر بعنوان مسیرهای انتقال بار قائم و جانبی ساختمان محسوب می‌گردند بنابراین این دیوارها برای این منظور باید بر روی یکدیگر اجرا شوند. هنگامیکه در پلان طبقات این دیوارها در هر دو جهت بر روی یکدیگر قرار داشته باشند، وضعیت استقرار آنها مشابه، تعدادی از آنها روی یکدیگر بنا نشده باشند (بین ۲۵ تا ۷۵ درصد) اگر در یک جهت بنا شده و در جهت دیگر بنا نشده باشند، وضعیت استقرار آنها تقریباً مشابه، و هنگامیکه تعداد زیادی از دیوارها روی یکدیگر بنا نشده باشند (کمتر از ۲۵ درصد) وضعیت استقرار آنها نامشابه خواهد بود.

پ-۲-۵-۲-۱- انفصال در باربری افقی

یکی از موارد بسیار مهم در پاسخ لرزه‌ای مناسب وجود مسیر کامل انتقال نیروی جانبی به شالوده است. این مسیر باید تمام اعضای مقاوم در برابر نیروهای جانبی ساختمان را بطور مناسب به هم متصل نماید و از آخرین تراز ساختمان تا شالوده بطور ممتد ادامه یابد. انتقال نیرو باید بگونه‌ای باشد که نیروهای لرزه‌ای از سقف بکمک اتصالات به اعضای لرزه‌بر قائم یعنی دیوارهای باربر 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 آسیب پذیر شدن ساختمان می‌شود.

پ-۲-۵-۲-۲- انفصال در باربری قائم

انفصال در عضوهایی که وظیفه انتقال بارهای ثقلی را به عهده دارند، به شدت ساختمان را آسیب پذیر می‌کند. این قبیل انفصال که ناشی از عدم ادامه آنها تا شالوده است، اغلب با چشم غیر مسلح دیده می‌شود. در حالتی که این اعضا تا شالوده ادامه نداشته باشند، انتقال بارهای ثقلی از محل قطع عضو یا عضوها به شالوده ادامه نمی‌یابد و بار ثقلی باید از طریق برخی عضوهای افقی (سقف‌ها) به سایر عضوهای باربر ثقلی منتقل شود. در این حالت سقف یا اتصالات بین اعضای لرزه بر در یک محور باید ظرفیت انتقال نیروی ایجاد شده را داشته باشد. معمولاً تامین شرایط لازم در این قبیل موارد بسیار دشوار است و راه حل عملی اجرای بخش حذف شده است.

پ-۲-۵-۳- نامنظمی

پ-۲-۵-۳-۱- نامنظمی در پلان

در صورتیکه هر یک از شرایط زیر در پلان سازه وجود داشته باشد، سازه در پلان نامنظم محسوب شده و از این لحاظ آسیب‌پذیر تلقی می‌شود. در چنین شرایطی لازم است در طرح بهسازی نامنظمی سازه برطرف شود.

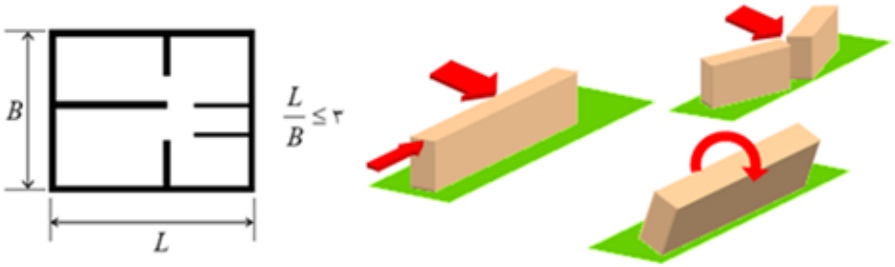
۱- طول ساختمان از سه برابر عرض آن تجاوز کند. در صورت تجاوز نسبت طول به عرض ساختمان از ۳ و یا نامتقارن بودن ساختمان، درز انقطاع، ساختمان را باید به قطعات مناسبت تر مانند شکل زیر تقسیم کند.

۲- پیش آمدگی و یا فرورفتگی در پلان بیش از ۲۵ درصد طول ساختمان در امتداد مورد بررسی باشد.

۳- پلان ساختمان نسبت به هریک از دو محور اصلی به طور کلی نامتقارن باشد.

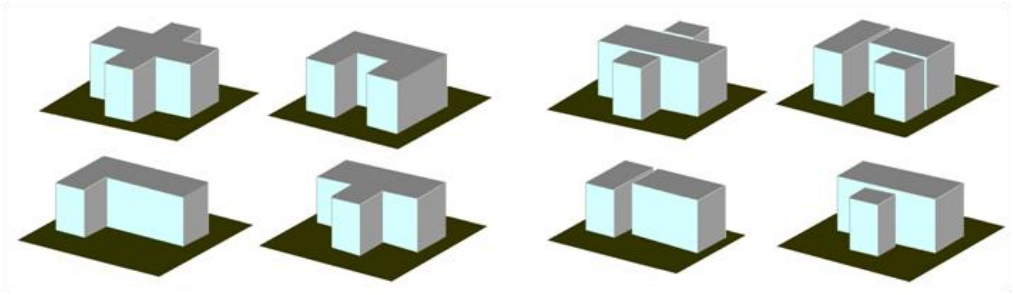
توزیع متقارن دیوارهای ساختمان باعث ایجاد نظم در پلان و کاهش پیچش در ساختمان می‌شود. در ارزیابی تقارن اجزای باربر جانبی در ساختمان باید به این نکته توجه داشت که نظم در پلان و هر دو جهت باید وجود داشته باشد.

تقارن مناسب در ساختمان مرادف با حالتی است که اختلاف مرکز جرم و مرکز سختی ساختمان کمتر از ۳۰ درصد بعد ساختمان در آن جهت باشد. در هر طبقه حداکثر تغییرمکان نسبی در انتهای ساختمان، با احتساب پیچش تصادفی، بیشتر از ۲۰ درصد با متوسط تغییر مکان نسبی دو انتهای ساختمان در آن اختلاف نداشته باشد.



الف- نسبت نا مناسب طول به عرض ساختمان

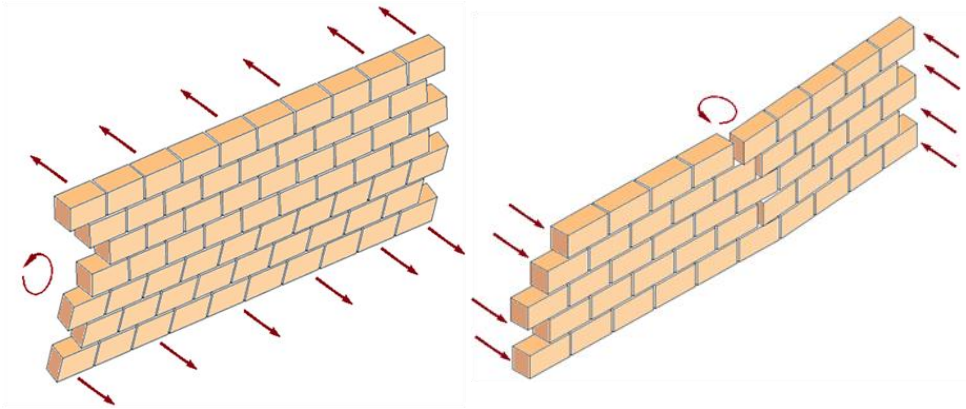
ب- حدود نسبت طول به عرض ساختمان



پ- تفکیک بلوک ها برای تامین تقارن

ت- عدم وجود تقارن و امکان پیچش

شکل پ-۲-۱۳- مقایسه وصعیت نامناسب و مناسب در پلان ساختمان‌ها



الف- نیروهای ایجاد شده در اثر نامنظمی در پلان

پ- نیروهای ایجاد شده در اثر نامنظمی در ارتفاع

شکل پ-۲-۱۴- اثر نامنظمی در پلان و ارتفاع بر دیوارها

پ-۲-۵-۳-۲- نامنظمی در ارتفاع

در صورتیکه هر یک از شرایط زیر در سازه وجود داشته باشد، سازه در ارتفاع نامنظم

محسوب شده و از این لحاظ آسیب‌پذیر تلقی می‌شود. در چنین شرایطی لازم است در طرح بهسازی نامنظمی سازه برطرف شود.

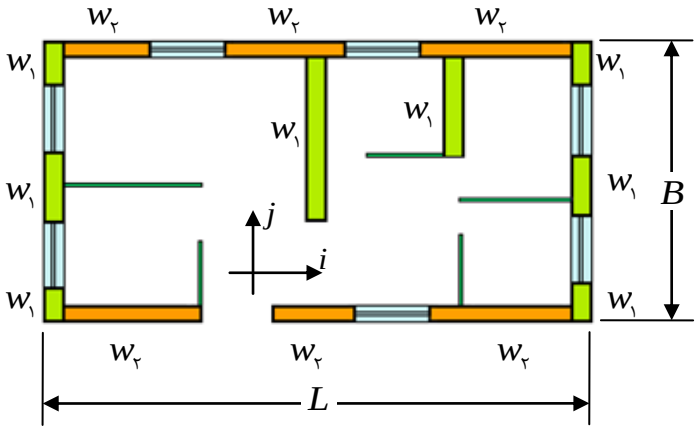
۱- بعد افقی یک طبقه ۳۰٪ بیشتر از بعد افقی طبقات بالای خود باشد.

۲- دیوارهای باربر سازه یک طبقه تا زمین امتداد نداشته باشد.

۳- مقدار دیوار سازه‌ای هر طبقه کمتر از ۷۰ درصد مقدار دیوارسازه‌ای طبقه بالای خود باشد.

۴- توزیع جرم در ارتفاع ساختمان یکنواخت نباشد بطوریکه جرم هر طبقه (باستثنای بام و خرپشته بام) نسبت به جرم طبقه زیر خود بیشتر از ۵۰ درصد تغییر داشته باشد.

۵- سختی جانبی در هر طبقه کمتر از ۷۰ درصد سختی جانبی طبقه بالای باشد.



شکل پ-۲-۱۵- دیوارهای سازه‌ای و نحوه محاسبه مقدار دیوار سازه‌ای

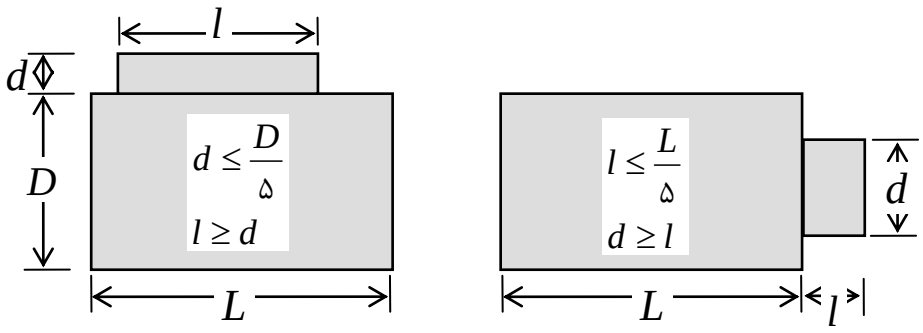
پ-۲-۵-۳-۳- پیش‌آمدگی‌ها

در کلیه ساختمان‌ها پیش آمدگی باعث آسیب پذیر شدن ساختمان در هنگام وقوع زلزله می‌شود. بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران در ساختمان‌های آجری میزان پیش آمدگی و فرو رفتگی بطور تجربی باید محدود شود. در صورت الزام اجرای پیش آمدگی‌هایی بیشتر از حد استاندارد، لازم است به کمک درز انقطاع، ساختمان را مجزا و جدا کرد به نحوی که هر بخش از ساختمان بطور جداگانه منظم شود. این کار نسبتاً پرهزینه است و گاهی هم اجرایی نیست. در ساختمان‌هایی که بکمک درز انقطاع سازهٔ آنها از یکدیگر جدا شده‌اند، ارزیابی لرزه‌ای برای هر یک از سازه‌ها، باید بطور مجزا انجام گیرد. در صورتیکه هر یک از شرایط زیر در مقطع قائم ساختمان وجود داشته باشد، ساختمان آسیب‌پذیر تلقی می‌شود.

۱- برای بالکن‌های سه طرف باز، طول جلو آمده طره از ۱/۲۰ متر بیشتر باشد.

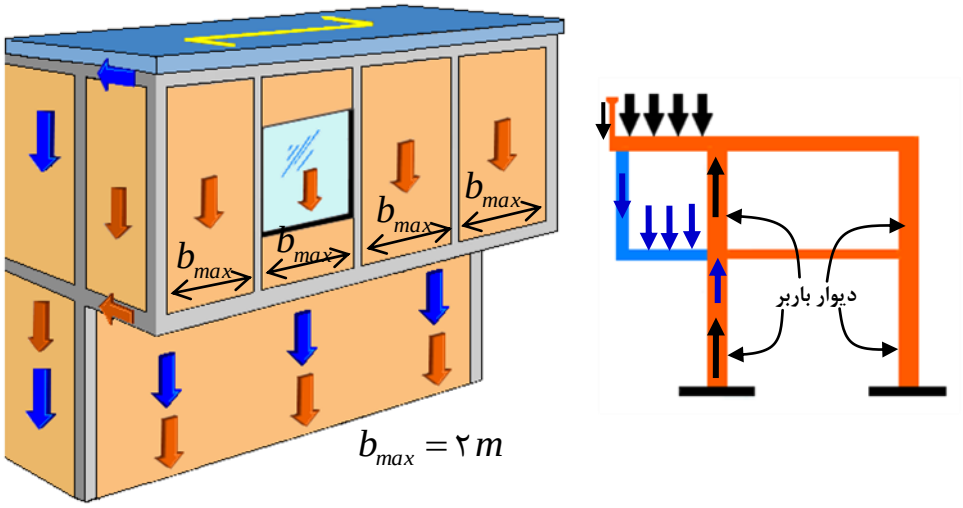
۲- برای بالکن‌های دو طرف باز، طول جلو آمده طره از ۱/۵۰ متر بیشتر باشد
۳- طره‌ها بخوبی در سقف طبقه مهار نشده باشند.
۴- شرایط زیر برای پیش آمدگی ساختمان در مقطع قائم تامین نشده باشد:
الف) طول جلو آمده طبقه بالا از یک متر بیشتر باشد.
ب) دیوارهای طول جلو آمده بار سقف و یا دیوارهای فوقانی را تحمل کنند.
پ) دیوارهای قسمت پیش آمده بوسیله کلاف‌های قائم فولادی ویا بتن آرمه با اتصال مناسب و مطمئن نگهداشته نشده باشند. و دو سر کلافها در عناصر سازه‌ای کف و سقف به خوبی مهار نشده باشند.

بنابراین پیش آمدگی در ارتفاع مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران محدود به موارد زیر است:
در صورتی‌که پیش آمدگی ساختمان در مقطع قائم به نحوی باشد که طبقه بالا بصورت طره جلوتر از طبقه پائین قرار گرفته باشد، کلیه شرایط زیر باید برقرار باشد:
۱- طول جلو آمده طبقه بالا از یک متر بیشتر باشد.
۲- هیچیک از دیوارهای قسمت پیش آمده بار سقف و یا دیوارهای فوقانی را تحمل نکند.
۳- دیوارهای قسمت پیش آمده بوسیله کلافهای قائم فولادی و یا بتن مسلح با اتصال مناسب و مطمئن نگهداشته شوند و دو سر کلافها در عناصر سازه‌ای کف و سقف مهار گردند.
۴- کلاف بندی باید بنحوی انجام گیرد که اولاً هر کلاف حداکثر ۲ متر از دیوار را نگهدارد و ثانیاً دو طرف پنجره‌های با عرض بیشتر از ۲ متر نیز دارای کلاف باشد.
۵- در ساختمان‌هایی که طول طره بیش از یک متر است، تنها راه عملی کاهش ابعاد پیش‌آمدگی، حذف کامل آنها و یا تقویت صحیح محل اتصال است که در بسیاری موارد قابل انجام نیست.



الف) پیش آمدگی در امتداد طول ساختمان ب) پیش آمدگی در امتداد عرض ساختمان

شکل پ-۲-۱۶- ابعاد پیش آمدگی در پلان ساختمان



شکل پ-۲-۱۷- نحوه انتقال بار پیش آمدگی، بار سقف به دیوار زیرین

پ-۲-۵-۴- سیستم سازه‌ای

اطلاعات این بخش بطور مستقیم در تعیین آسیب پذیری ساختمان نقش مهمی به عهده دارد. معمولاً وزن ساختمان آجری توسط دیوارهای باربر، جرزها و یا دیوار باربر و ستون تحمل می‌شود. در صورتی که در ساختمانی این موارد بصورت ترکیبی استفاده شوند یا از سیستم باربر دیگری استفاده شود، باید مشخص گردد. زیرا این موارد موجب افزایش آگاهی از وضعیت آسیب پذیری ساختمان می‌شود. در ساختمان‌های آجری بارهای جانبی توسط دیوارهای برشی غیر مسلح تحمل می‌شوند ولی در صورت وجود سیستم‌های دیگر نام آنها

باید ذکر گردد. در استاندارد ۲۸۰۰ ایران تعداد طبقات ساختمان آجری به ۲ طبقه بدون احتساب زیرزمین محدود گردیده است. در این دستورالعمل با تاکید به این محدودیت و آگاهی از آسیب پذیر بودن، تعداد طبقات ساختمان آجری به ۳ طبقه محدود می‌شود.

پ-۲-۵-۴-۱- وضعیت پی

از نشانه‌های عملکرد نا مناسب پی در سطح زمین نشست نامتقارن، بروز شیب درکف، دیوارهای ناشاغول و ترک یا خرابی، قابل رویت بوده که در ارزیابی کلی ساختمان باید مورد توجه قرار گیرد. پی دیوارهای باربر ساختمان باید دارای شرایط زیر باشد، در غیر این صورت ساختمان از نظر پی آسیب پذیر خواهد بود.

۱- پی باید به صورت یک شبکه‌ی پیوسته در زیر دیوارهای باربر قرار داشته باشد
۲- پی دیوارهای باربر از بتن غیر مسلح و یا شفته و لاشه‌سنگ ساخته شده باشد
۳- عمق و عرض پی باید هرکدام حداقل دو برابر ضخامت دیوار باشد.
۴- در زمین‌های شیب دار باید هرقسمت از پی در یک سطح افقی قرار داشته باشد.

جابجایی بزرگ پی نظیر نشست یا حرکت افقی باعث کاهش یکپارچگی یا مقاومت ساختمان شده و درصد آسیب پذیری ساختمان را افزایش می‌دهد. میزان نشست‌های مختلف در صورت وجود، باید در ارزیابی ساختمان در نظر گرفته شود و وضعیت کلی ساختمان برای ترکیب تمام بارهای ثقلی، لرزه‌ای و نیروهای اعمال شده به ساختمان ناشی از حرکت‌های مختلف محتمل پی مورد ارزیابی قرار گیرد.

معمولا پی باید ظرفیتی حداقل معادل ۱/۵ تا ۲ برابر بارهای ثقلی داشته باشد. اگر اثری از خرابی شالوده در اثر نشست، فرسایش یا علل دیگر مشاهده نشد، شالوده احتمالاً ظرفیت لازم برای تحمل بارهای قائم را داشته، مشروط بر آنکه مجموع بارهای ثقلی و نیروهای واژگونی لرزه‌ای بیش از دو برابر ظرفیت استاتیکی شالوده نباشد.

پ-۲-۵-۴-۲- سقف‌ها

اگر سقف هر طبقه در ترازهای مختلف ساخته شده باشد، و یا در آن درز انبساط وجود داشته باشد، انتقال بار جانبی در آن تراز منقطع بوده و در این صورت ساختمان آسیب پذیر خواهد بود. در هنگام وقوع زلزله سقف ساختمان باید بتواند نیروهای زلزله را به اعضای سیستم لرزه بر انتقال دهد. سقفهای صلب عملکرد مناسبی در انتقال نیروهای جانبی به اعضای لرزه بر دارند. حفظ یکپارچگی سقف و عدم وجود بازشو در آن به این

وظیفه کمک می‌کند. توصیه‌های زیر در استاندارد ۲۸۰۰ ایران برای حفظ یکپارچگی و انسجام سقف ذکر شده است:

پ-۲-۵-۴-۲-۱- وزن سقف

اگر ضخامت سقف مسطح و قوسی از حد متعارف بیش‌تر باشد، خواه این افزایش ضخامت به واسطه‌ی استفاده‌ی مکرر از لایه‌های ضخیم برای آب‌بندی و یا کف‌سازی بوده باشد و خواه برای افزایش سختی سقف صورت گرفته باشد، سقف به لحاظ وزن زیاد آسیب‌پذیر تلقی می‌شود.

پ-۲-۵-۴-۲-۲- یکنواختی و انسجام سقف

در صورت وجود شرایط زیر سقف انسجام نداشته و ساختمان آسیب پذیر می‌باشد.

الف- سقف‌های طاق ضربی

۱- فاصله بین تیر آهن‌ها بیشتر از یک متر باشد.

۲- انتهای تیرآهن‌ها توسط تیر آهن متعامد بر آن‌های بیکدیگر بسته نشده باشند.

۳- تیر آهن‌ها به کلاف افقی متصل نباشند.

۴- تیرآهن‌ها بوسیله میلگرد و یا تسمه فولادی بصورت ضربدری بیکدیگر بسته نشده باشند.

۵- تیر آهن‌های انتهائی در چشمه‌های ۹۰ سانتیمتری به صورت یک چشمه در میان با تسمه یا میلگرد به شکل ضربدری به تیرآهن کناری خود مهار نشده باشند.

۶- تکیه گاه مناسبی برای پاطاق آخرین دهانه طاق ضربی تعبیه نشده باشد.

۷- اگر از میلگرد و یا تسمه برای مهاربندی ضربدری تیرآهن‌های سقف و یا استوار کردن آخرین دهانه استفاده شده ولی اندازه میلگرد یا تسمه معادل کمتر از حد استاندارد (۱۴میلیمتر) باشد.

ب- سقف‌های تیرچه بلوک

۱- تیرچه‌ها به نحو مناسبی به کلاف‌های افقی متصل نشده باشند.

۲- ضخامت بتن پوشش روی بلوکها کمتر از ۵ سانتیمتر باشد

۳- قطر میلگرد مورد استفاده در بتن پوشش سقف کمتر از ۶ میلیمتر و فواصل آنها در جهت عمود بر تیر چه‌ها بیشتر از ۲۵ سانتیمتر باشد.

۴- دهانه تیرچه‌ها از ۴ متر بیشتر باشد.

۵- در صورت وجود طره در سقف، به نحو مناسبی در تکیه گاه مهار نشده باشد و یا طول مهار گمتر از ۱/۵ متر باشد.

پ- سقف‌های خرپایی

در خرپاها از بادبندی‌های قائم و افقی مناسب استفاده نشده باشد.

اتصال اضلاع مختلف خرپای چوبی در نقاط مخالف بوسیله پیچ و مهره و یا اسکوپ‌های فولادی بیکدیگر بسته نشده باشند. (استفاده از میخ ساده کافی نیست).

در سقف‌های مسطح شیب‌دار غیر خرپایی، از عناصر مناسب برای مقابله با رانش سقف استفاده نشده باشد.

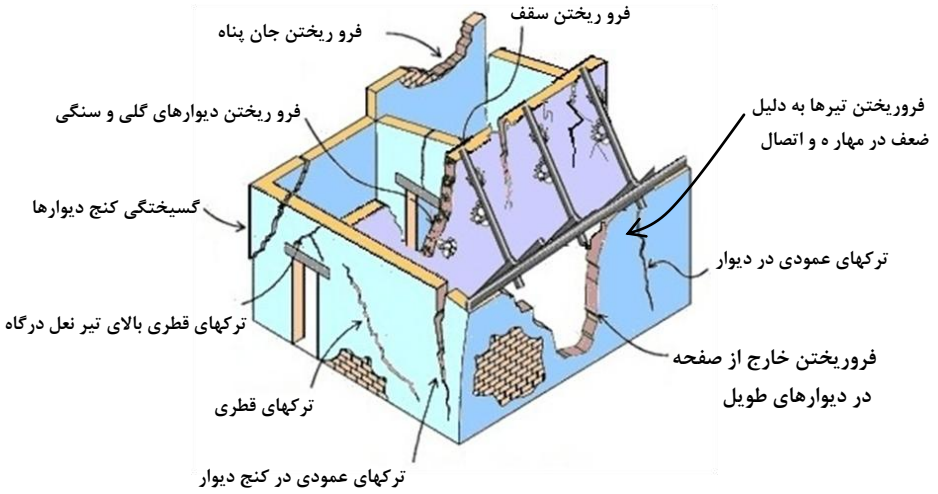
ت- سقف کاذب

۱- سقف کاذب از مصالح سنگین باشدو قاب بندی آن بنحو مناسب به اسکلت و یا کلاف بندی ساختمان متصل نباشد.

ج- سقف‌های قوسی

۲- پیش بینی‌های لازم برای کنترل رانش دیوارها نشده باشد.

۳- از کلاف سراسری در محاذات پاطاق استفاده نشده باشد.



شکل پ-۲-۱۸- محتمل ترین شکست‌ها در یک ساختمان بنایی بدون سیستم لرزه بر

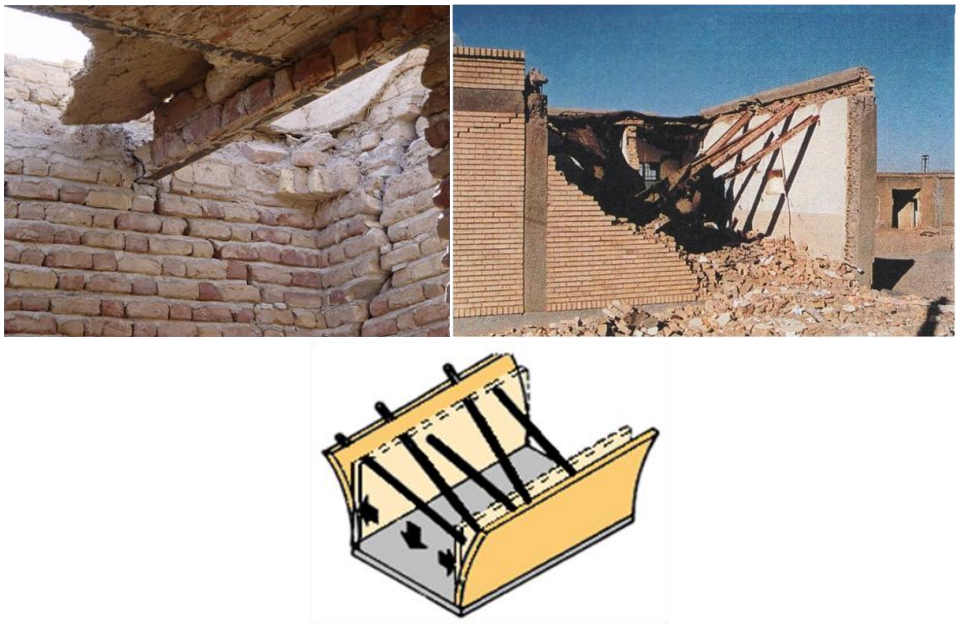
پ-۲-۵-۴-۲-۳- طول تکیه‌گاهی تیرهای سقف

اگر طول تکیه‌گاهی تیرهای سقف طاق ضربی و یا سقف چوبی کمتر از کوچکترین دو مقدار

ارتفاع تیر یا ۲۰ سانتی‌متر، باشد سقف آسیب‌پذیر تلقی می‌شود.

پ-۲-۵-۴-۲-۴- بازشوها در سقف‌ها

اگر مجموع سطوح بازشو در سقف از ۵۰٪ سطح کل آن بیشتر باشد و طول بازشو در مجاورت دیوار باربر بیشتر از ۱/۴ طول دیوار باشد، سقف آسیب‌پذیر است.



شکل پ-۲-۱۹- فروریختن دیوارها و در پی آن سقف

شکل پ-۲-۲۰- فروریختن دیوارهای دارای بازشو بزرگ و نریهتن سقف به دلیل انسجام آن

پ-۲-۵-۴-۲-۵- نسبت طول دهانه به عرض سقف

چنانچه نسبت طول دهانه به عرض سقف انعطاف‌پذیر بیش از ۳ باشد، این سقف آسیب‌پذیر است. (سقف‌های انعطاف‌پذیر متداول در ساختمان‌های آجری عبارتند از: سقف‌های چوبی، طاق‌ضربی و قطعات پیش‌ساخته بدون بتن رویه).

پ-۲-۵-۴-۳- دیوارهای باربر

در هر یک از جهات اصلی ساختمان باید حداقل ۲ محور برای دیوارهای باربر وجود داشته باشد، در غیر این صورت کافی بودن دیوارها و اتصالات باید براساس یک روش محاسباتی مورد ارزیابی قرار گیرد.

پ-۲-۵-۴-۳-۱- رعایت درصد دیوار سازه‌ای در ساختمان

مقدار دیوار سازه‌ای به صورت نسبت مساحت مقطع افقی دیوارهای با ضخامت بیشتر از ۲۰ سانتیمتر، به مساحت زیربنای طبقه تعیین می‌شود. در محاسبه طول دیوارها، طول بخش-هایی از دیوار را که بازشوهای با ابعاد بیش از ۶۰×۶۰ سانتیمتر در آنها اجرا شده باشد، نباید به حساب آورد. در بعضی موارد ممکن است در طبقه‌ای این ضوابط رعایت شده و در طبقه‌ای دیگر رعایت نشده باشد، بنابراین ارزیابی این ضابطه نیز بصورت کیفی با عبارات خوب، متوسط و بد مشخص شده است، بگونه‌ای که به ترتیب بیش از ۷۵ درصد، بین ۲۵ تا ۵۰ درصد و کمتر از ۲۵ درصد این ضوابط رعایت شده باشد.

پ-۲-۵-۴-۳-۲- میزان رعایت طول مجاز دیوارها

حداکثر طول مجاز دیوار سازه‌ای بین دو پشت بند ۳۰ برابر ضخامت آن می‌باشد مشروط بر آنکه از ۸ متر تجاوز نکند.

حداکثر طول مجاز دیوار غیرسازه‌ای یا تیغه بین دو پشت بند عبارتست از ۴۰ برابر ضخامت دیوار یا تیغه و یا ۶ متر هر کدام کمتر باشد. منظور از پشت بند، دیواری است که در امتداد دیگری با دیوار سازه‌ای تلاقی می‌نماید. دیواری بعنوان پشت بند تلقی می‌شود که ضخامت آن حداقل ۲۰ سانتیمتر و طول آن با احتساب ضخامت دیوار سازه‌ای حداقل برابر۱/۶ بزرگترین دهانه طرفین پشت بند باشد. کلاف قائم، عناصر قائم فولادی، بتن آرمه و یا چوبی به شرطی که بطور مناسبی در کف و سقف طبقه مهار شده باشند نیز می‌توانند بعنوان پشت بند تلقی شوند.

پ-۲-۵-۴-۳-۳- میزان خیز برون صفحه‌ای دیوارها و قائم نبودن آنها

خیز برون صفحه دیوار (عمود بر سطح دیوار) باعث کاهش توان باربری دیوار می‌شود. در صورتی که فروانی این نقص در ساختمانی بیش از حد باشد، اصلاح آن پرهزینه بوده و دیوارها باید تخریب و مجدداً بطور مناسب اجرا شوند. باید توجه داشت که عدم وجود خیز در نازک کاری سطحی حاکی از عدم وجود نقص نیست.

پ-۲-۵-۴-۳-۴- درزهای قائم

اگر هر یک از شرایط زیر برای دیوارهای باربر تامین نشده باشد، ساختمان آسیب‌پذیر تلقی می‌شود.

۱- درزهای قایم در یک راستا باشند.

۲- درزهای قایم بین آجرها با ملات پرنشده باشد

۳- در اتصال دو دیوار از هشتگیر استفاده شده باشد.

پ-۲-۵-۴-۳-۵- نسبت ارتفاع به ضخامت دیوار

پایداری و مقاومت خارج صفحه‌ی دیوار به نسبت ارتفاع به ضخامت دیوار بستگی دارد و اگر نسبت ارتفاع به ضخامت دیوار از مقادیر جدول ۴-۹ بیشتر باشد، دیوار آسیب پذیر خواهد بود. در اینصورت باید دیوارها را برای نیروی خارج صفحه مطابق بند ۴-۶-۲-۲-۵-۲ بهسازی کرد.

پ-۲-۵-۴-۳-۶- ارتفاع دیوار

چنانچه ارتفاع آزاد دیوار آجری از ۴ متر بیشتر باشد، دیوار آسیب‌پذیر تلقی می‌شود. در این صورت ظرفیت برشی دیوار در محاسبات وارد نمی‌شود و یا می‌بایست در ارتفاع ۴ متری کلاف افقی تعبیه نمود که در این صورت حداکثر ارتفاع مجاز دیوار ۶ متر خواهد بود.

پ-۲-۵-۴-۳-۷- طول آزاد دیوار

چنانچه طول آزاد دیواری از ۵ متر بیش‌تر باشد، دیوار آسیب‌پذیر تلقی می‌شود.

پ-۲-۵-۴-۳-۸- هشتگیر

اگر در اجرای قسمت‌های مختلف یک دیوار باربر و یا گوشه‌ی دو دیوار متقاطع باربر از روش هشتگیر استفاده شده باشد، محل اجرای هشتگیر به عنوان نقطه‌ی انفصال در دیوار تلقی گردیده و دیوار آسیب‌پذیر می‌باشد. (به بند پ-۲-۳-۵-۱ مراجعه کنید).

پ-۲-۵-۴-۳-۹- عبور لوله و دودکش درون دیوار باربر

اگر قطر لوله و یا دودکشی که از درون دیوار عبور می‌نماید، بیش از ۱/۶ ضخامت دیوار باشد، محل لوله به عنوان نقطه‌ی انفصال در دیوار تلقی شده و دیوار آسیب‌پذیر می‌باشد. (به بند پ-۲-۵-۴-۳-۱۵ مرجعه کنید)

پ-۲-۵-۴-۳-۱۰- سطح دیوار باربر

حداقل سطح دیوار باربر مورد نیاز در هر طبقه با استفاده از رابطه پ-۲-۲ محاسبه می‌شود. در صورتیکه در هر طبقه‌ای سطح دیوار باربر موجود کمتر از این مقدار باشد، طبقه مذکور فاقد ظرفیت کافی در برابر نیروهای جانبی بوده و آسیب‌پذیر تلقی می‌شود.

$$A_i = \frac{V_i}{v} \qquad \text{(پ-۲-۲)}$$

که در این رابطه:

A_i: حداقل سطح دیوار مورد نیاز در طبقه i

V_i: برش ناشی از نیروی جانبی در طبقه i

V_{mL}: کرانه پایین مقاومت برشی دیوارها که از رابطه ۲-۱۵ به دست می‌آید.

پ-۲-۵-۴-۳-۱۱-کلاف‌ها

چنانچه هریک از ضوابط مربوط به کلاف‌های افقی و قائم رعایت نشده باشد، ساختمان به دلیل نامناسب‌بودن کلاف‌بندی آسیب‌پذیر تلقی می‌شود.

شکل پ-۲-۲۱- ساختمان جلو به دلیل داشتن کلاف آسیب ندیده ولی ساختمان بدون کلاف آسیب دیده است.

الف- کلاف بندی افقی دیوارهای باربر ساختمان:

در تمام ساختمان‌های آجری باید کلاف افقی در زیر دیوار و زیر سقف بصورت یکپارچه اجرا شده باشد. در صورت وجود ستون‌های فولادی و بتنی در ساختمان لازم است این ستون‌ها در بالا به کلاف سقف و در پائین به کلاف زیر دیوار متصل شوند. کلاف‌بندی از بتن مسلح بگونه‌ای است که عرض آن برابر عرض دیوار و ارتفاع آن برابر ۲/۳ عرض دیوار باشد.

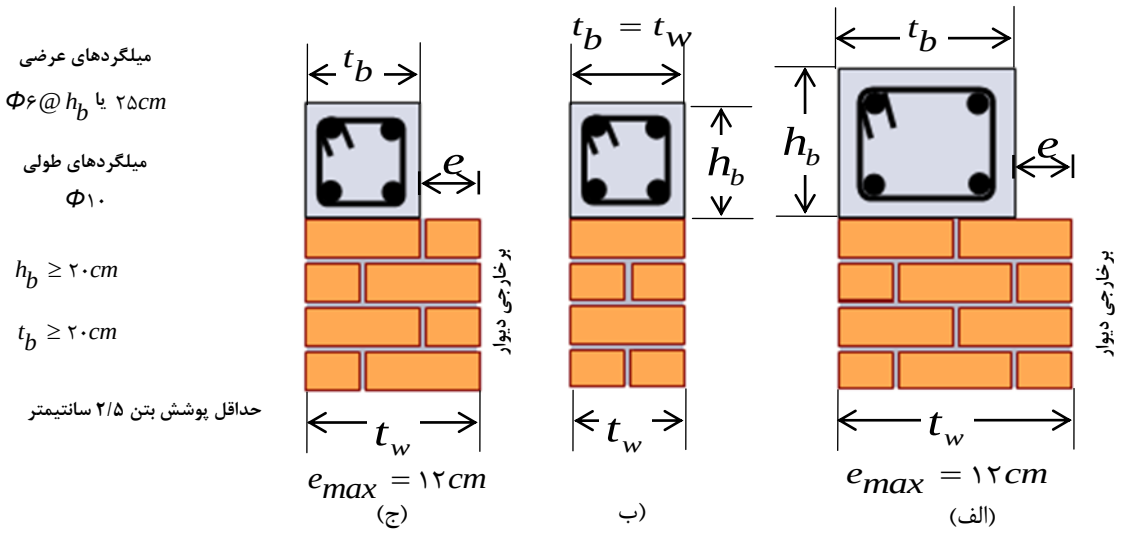
ب- کلاف بندی قائم

در کلیه ساختمان‌ها بجز ساختمان‌های یک طبقه با اهمیت کم کلاف قائم باید در گوشه‌های اصلی ساختمان و نقاط تقاطع دیوارها و در اطراف بازشوها تعبیه شده باشد. بنابراین صرف نظر از اینکه کیفیت کلافها چگونه است، وجود یا عدم وجود آنها حائز اهمیت است. کلافهای قائم باید در گوشه‌های اصلی ساختمان و در طول دیوار، ترجیحاً در نقاط تقاطع دیوارها، با فاصله محور تا محور حداکثر ۵ متر از یکدیگر پیش بینی شوند. هیچ یک از ابعاد مقطع کلاف قائم بتن مسلح نباید کمتر از ۲۰ سانتیمتر باشد.

بجای کلاف بتن مسلح می‌توان از تیرآهن نمره ۱۰ و یا پروفیل فولادی با سطح مقطع معادل آن استفاده نمود، مشروط بر آنکه اتصال کلاف فولادی با دیوار بوسیله میلگردهای افقی بخوبی تأمین شود. استفاده از تیرچوبی حداقل با مقطع ۵۰ سانتیمتر مربع بعنوان کلاف قائم، برای ساختمانهای یک طبقه با اهمیت متوسط و یا کم و یا برای سیستم‌های سقف چوبی مجاز است. از پروفیل‌های در و پنجره نیز در صورتیکه بخوبی در کلاف افقی و سقف مهار شده باشند، با رعایت میزان فولاد معادل فوق‌الذکر، می‌توان بعنوان کلاف قائم

استفاده کرد. اجرای کلاف‌های قائم بتن آرمه باید همزمان با چیدن دیوار باربر و بصورت یکپارچه صورت گیرد و یا ابتدا دیوار اجرا شده و محل کلاف باز گذاشته شود و با بتن ریزی کلاف، اتصال بین دیوار و کلاف تامین گردد. حداقل قطر میلگردهای طولی در کلاف‌های قائم بتن مسلح عبارتست از ۱۰ میلیمتر برای میلگرد آجدار و ۱۲ میلیمتر برای میلگرد ساده. میلگردهای طولی باید حداقل ۴ عدد باشند، در گوشه‌ها قرار داده شوند و انتهای آنها به نحوی مناسب مهار شود. میلگردهای طولی باید با تنگهائی به قطر حداقل ۶ میلیمتر بیکدیگر بسته شوند. حداکثر فاصله تنگها از یکدیگر عبارتست از ۲۰ سانتیمتر ولی این مقدار در فاصله ۷۵سانتیمتری از بر کلاف افقی باید حداقل به ۱۵ سانتیمتر کاهش یابد. دراطراف میلگردهای طولی باید حداقل ۲/۵ سانتیمتر پوشش آزاد بتن وجود داشته باشد. کلاف‌های قائم باید بنحوی مناسب در کلیه نقاط تقاطع به کلاف‌های افقی متصل شوند بگونه‌ای که میلگردهای طولی کلافهای افقی و قائم، در تمام طول نقاط تقاطع ادامه یابد تا متفقاً با کمک دیوارهای سازه‌ای یک سیستم سه بعدی مقاوم را تشکیل دهند. در نقاط تقاطعی که کلاف قائم ادامه نمی یابد میلگردهای طولی کلاف قائم باید حداقل باندازه ۳۰ سانتیمتر در داخل کلاف افقی مهار گردد. میلگردهای طولی کلاف قائم باید

در دو انتها به زاویه ۹۰ درجه ختم و در کلاف شالوده و سقف مهار شوند. متناسب با پیشرفت عملیات بنائی اطراف میلگردهای قائم باید با ملات پر شوند. ملات دیوار از نوع ماسه و سیمان (حداقل به عیار ۲۰۰ کیلوگرم سیمان) می‌باشد.



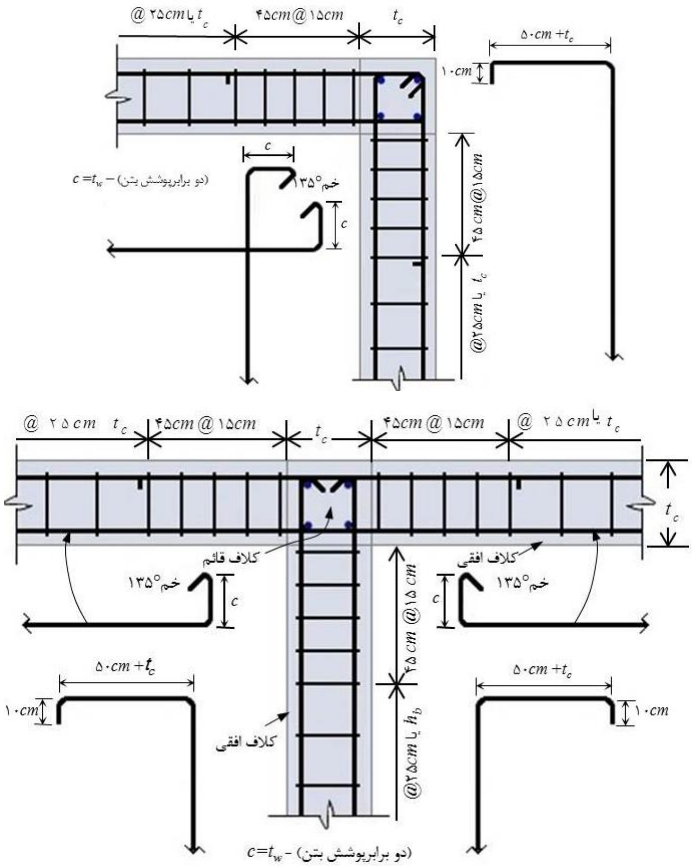
شکل پ-۲-۲۲- نحوه اجرای صحیح کلاف افقی روی دیوارهای بار بر

پ- کلاف افقی پی

در صورتی‌که در تراز پی از کلاف افقی پی استفاده نشده باشد و خود پی نیز به واسطه‌ی ناپیوستگی، قابلیت ایفای نقش کلاف افقی را نداشته باشد، سیستم کلاف‌بندی آسیب‌پذیر می‌باشد. به بند ۱-۵-۱-۳ مراجعه کنید.

پ-۲-۵-۴-۳-۱۲- کیفیت مصالح کلاف بتنی

چنانچه در بررسی‌های عینی کلاف، تخلخل یا نواقص دیگری در بتن مشاهده شود، کلاف به لحاظ کیفیت نامناسب مصالح آسیب‌پذیر می‌باشد. همچنین استفاده از روش‌های مناسب آزمایشگاهی جهت تعیین مقاومت فشاری بتن کلاف توصیه می‌شود. اگر مقاومت فشاری بتن کم‌تر از ۱۵مگاپاسکال (۱۵۰کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) باشد، کلاف آسیب‌پذیر تلقی می‌شود.



شکل پ-۲-۲۳- جزئیات میلگرد گذاری و درگیری کلافها

پ-۲-۵-۴-۳-۱۳- اتصالات اجزای کلاف

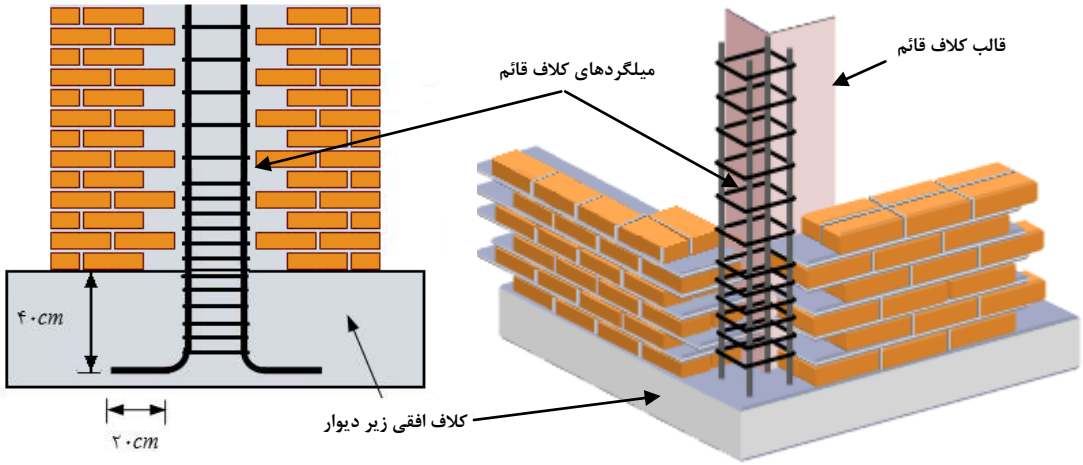
چنانچه میلگردهای کلاف بتنی در اتصالات هم‌پوشانی لازم را نداشته و یا اتصالات کلاف‌های فولادی مناسب نباشند، سیستم کلاف به لحاظ وضعیت نامناسب اتصالات آسیب‌پذیر می‌باشد. برای ارزیابی وضعیت میلگردها در اتصال می‌توان از آزمایش‌های غیرمخرب یا تخریب‌های محدود در محل استفاده کرد.

پ-۲-۵-۴-۳-۱۴- انفصال در کلاف

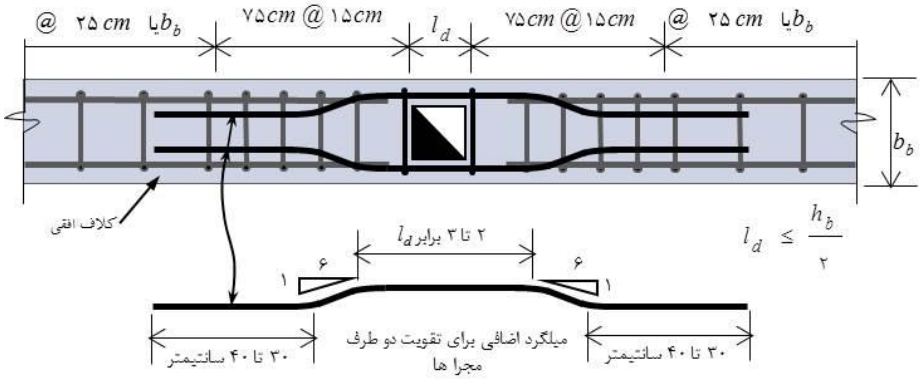
چنانچه کلاف افقی و یا قایم در هر تراز از ساختمان به واسطه‌ی وجود بازشو و یا نیم‌طبقه ادامه نیافته و به کلاف قایم و یا افقی مجاور متصل نباشد، سیستم کلاف به واسطه‌ی وجود انفصال آسیب‌پذیر می‌باشد.

پ-۲-۵-۴-۳-۱۵- عبور لوله ازکلاف

در صورتی‌که لوله‌ی آب، فاضلاب و یا دودکش از کلاف افقی و یا قایم عبور نماید و قطر انفصال ایجاد شده بیش از $\frac{۱}{۸}$ عرض کلاف باشد، آن کلاف به لحاظ وجود انفصال آسیب‌پذیر می‌باشد. در شکل پ-۲-۱۴ نحوه میلگرد گذاری در اطراف محل عبور لوله یا دودکش که از داخل کلاف افقی عبور کرده است، نشان داده شده است.



شکل پ-۲-۲۴- میلگرد گذاری اطراف بازشوها، کلاف قائم در شالوده



شکل پ-۲-۲۵- نحوه دورگیری مجاری (دودکش، کولر ...) و حفظ یکپارچگی کلاف افقی

پ-۲-۵-۴-۳-۱۶- اتصال دیوار و کلاف قائم

در صورتی‌که بین دیوار و کلاف قائم اتصال مناسبی وجود نداشته باشد این اتصال آسیب‌پذیر می‌باشد. برای اتصال مناسب می‌توان به شکل پ-۲-۱۳ مراجعه شود.

پ-۲-۵-۴-۴- بازشوها

بازشوهای بزرگ در ساختمان‌های بنایی غیر مسلح باعث کاهش ظرفیت باربری دیوارها، افزایش تنش در پایه‌ها و گوشه‌های دیوار و در نهایت ایجاد ترک در دیوارها می‌شود. به همین جهت در آئین نامه‌ها توصیه شده است که ابعاد بازشوها از حدود مشخصی تجاوز ننماید و حتی المقدور در اطراف بازشوها کلافهای قائم از روی شالوده تا کلاف سقف ادامه یابد.

در صورت عدم رعایت ابعاد مجاز بازشوها در ساختمان‌های موجود این ابعاد باید کاهش داده شوند و یا قابی بتنی در اطراف بازشوها تعبیه گردد. اندازه و موقعیت بازشوها در دیوار باید با ضوابط بند ۳-۵-۲ استاندارد ۲۸۰۰ ایران و به شرح زیر مطابقت داشته باشد. در غیر این صورت دیوار آسیب‌پذیر تلقی می‌شود.

پ-۲-۵-۴-۴-۱- سطح بازشوها

اگر مجموع سطح بازشوها در هر دیوار باربر از $\frac{۱}{۳}$ سطح آن دیوار بیش‌تر باشد، دیوار آسیب‌پذیر است.

پ-۲-۵-۴-۴-۲- طول بازشوها

اگر مجموع طول بازشوها در هر دیوار باربر از $\frac{۱}{۲}$ طول دیوار بیش‌تر باشد، دیوار آسیب‌پذیر است.

پ-۲-۵-۴-۴-۳- فاصله بین بازشوها

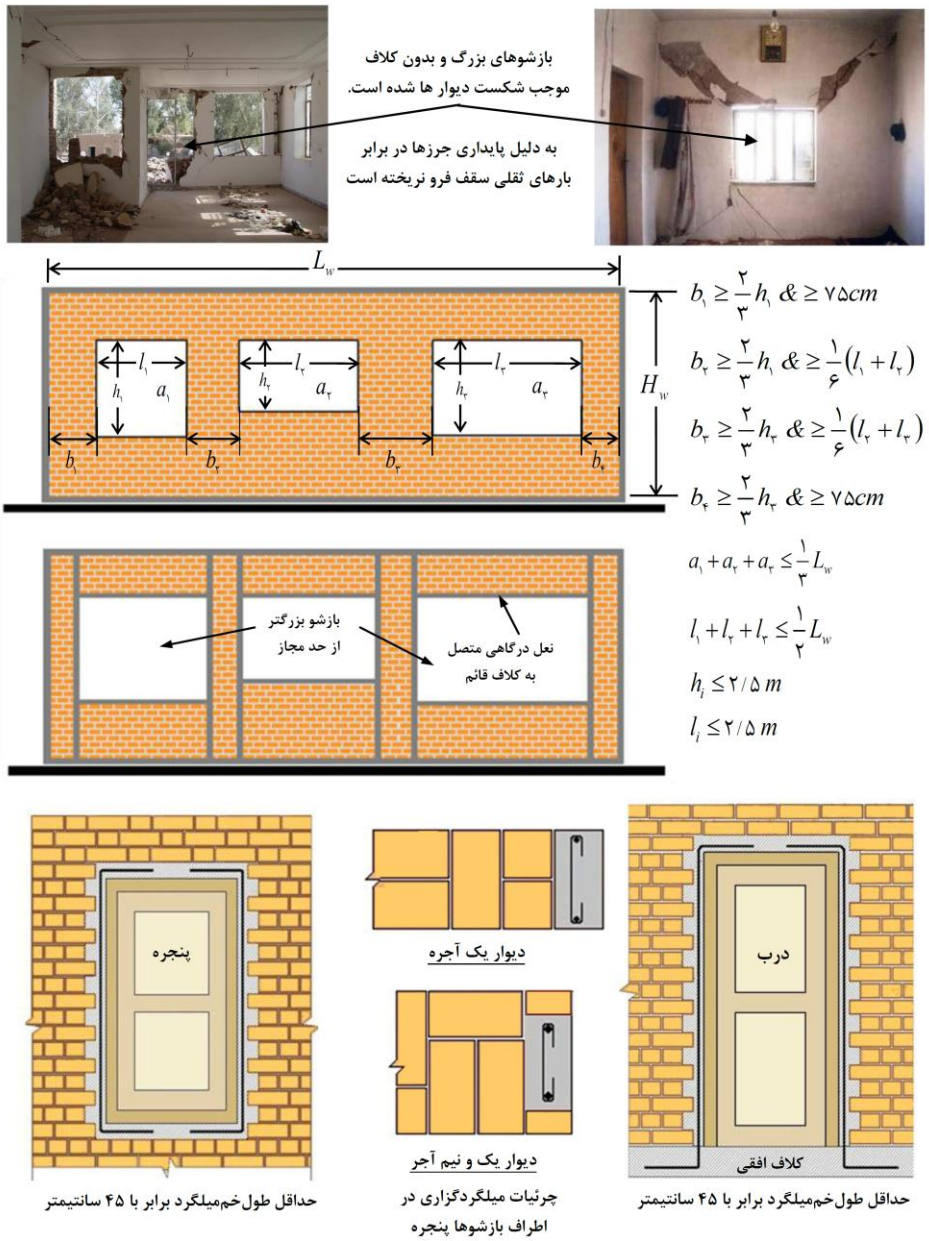
اگر فاصله‌ی افقی دو بازشو از $\frac{۲}{۳}$ ارتفاع کوچک‌ترین بازشوی طرفین خود و همچنین از $\frac{۱}{۶}$ مجموع طول آن دو بازشو کمتر باشد، دیوار آسیب‌پذیر است. در این صورت دیوار بین دو بازشو جزیی از بازشو منظور می‌شود و نباید آن را به عنوان دیوار باربر به حساب آورد. بنابراین نعل‌درگاه روی بازشوها نیز باید به صورت یکسره با دهانه‌ای برابر مجموع طول بازشوها به اضافه‌ی دیوار بین آن‌ها اجرا شده باشد.

پ-۲-۵-۴-۴-۴- ابعاد بازشوها

اگر هر یک از ابعاد بازشو از ۲/۵ متر بیش‌تر باشد، دیوار آسیب پذیر است. برای رفع آسیب پذیری باید در طرفین بازشو کلاف‌های قایمی‌که به کلاف‌های افقی بالا و پایین آن طبقه متصلند، تعبیه شود. همچنین باید نعل درگاه بازشو نیز در کلاف‌های قایم طرفین مهار باشد.

پ-۲-۵-۴-۴-۵-فاصله‌ی بازشوها از انتهای دیوار

اگر فاصله اولین بازشو در دیوار از بر خارجی ساختمان کم‌تر از $\frac{۲}{۳}$ ارتفاع بازشو باشد، دیوار آسیب پذیر است. برای رفع آسیب پذیری باید در طرفین بازشو کلاف قایمی‌که به کلاف‌های افقی بالا و پایین آن طبقه متصلند، تعبیه شود.



شکل پ-۲-۲۶- کنترل ابعاد بازشوها برای پایداری جرزها و پایه‌ها دیر برابر بارهای قفلی و جانبی

پ-۲-۴-۵- ارتفاع و طبقات ساختمان

در استاندارد ۲۸۰۰ ایران تعداد طبقات ساختمان آجری به ۲ طبقه بدون احتساب زیرزمین محدود گردیده است. در این دستورالعمل با تاکید به این محدودیت تعداد طبقات ساختمان آجری با آگاهی از آسیب پذیر بودن به ۳ طبقه محدود می‌شود. نکات مربوط به ارتفاع ساختمان از جنبه‌های دیگری مانند موارد ذیل باید مورد توجه قرار گیرد.

پ-۲-۴-۵-۱- نیم طبقه

در برخی از ساختمان‌ها بر روی طبقات معمول ساختمان، نیم طبقه‌ای با مساحت کمتر اجرا می‌شود که این نیم طبقه باعث نامنظمی ساختمان و تشدید خرابی می‌گردد. در مواردی که مساحت این نیم طبقه بیشتر از ۲۵٪ مساحت طبقه زیرین باشد، باید به عنوان یک طبقه اضافی به طبقات معمول ساختمان تلقی شود. نیم طبقه‌ها علاوه بر ایجاد ضعف در ساختمان در هنگام زلزله از ساختمان جدا شده و فرومی‌ریزند. مناسبترین راه اجرای نیم طبقه، اجرای سازه لرزه بر مجزا برای آنها از سازه اصلی است، در غیر این صورت باید اتصال مناسب آنها به سیستم لرزه بر جانبی تامین گردد.

پ-۲-۴-۵-۲- زیرزمین

زیرزمین به طبقه‌ای اطلاق می‌شود که ارتفاع روی تراز سقف آن از تراز زمین کمتر از ۱/۵ متر باشد و از چهار طرف با خاک محصور باشد. بنابراین در ساختمان‌های روی شیب، طبقه‌ای که از یک سمت زیر زمین بشمار می‌آید و از سمت دیگر پیلوت، زیر زمین محسوب نمی‌شود. همچنین زیرزمین ساختمان‌هایی که از اطراف به زیرزمین ساختمان‌های مجاور محصور می‌شوند نیز از نظر سازه‌ای زیر زمین محسوب نمی‌شوند.

پ-۲-۴-۵-۳- 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. نحوه توزیع کف سازی و جرم‌های افزوده به ساختمان در طبقات و بام می‌تواند مرکز سختی و مرکز جرم را از یکدیگر دور کند و در نتیجه ساختمان تحت پیچش قرار گیرد. مرکز سختی نقطه برآیند اثر اعضای مقاوم در برابر نیروهای جانبی نظیر دیوارها است و مرکز جرم نقطه اثر جرمهای موجود درطبقه است. اختلاف بین مرکز جرم و مرکز سختی باعث ایجاد پیچش در ساختمان می‌شود. این پیچش

بصورت برش در دیوارهای پیرامونی ساختمان به نیروهای لرزه‌ای افزوده خواهد شد و موجب افزایش خرابی می‌شود. فاصله مرکز جرم و مرکز سختی ساختمان نباید بیش از ۲۰ درصد بعد ساختمان در هر جهت باشد. بدین لحاظ باید از تمرکز جرم بطور نامتقارن در پلان اجتناب نمود و همچنین اعضای مقاوم در برابر نیروهای جانبی نیز بگونه‌ای توزیع شوند که تا حد امکان مرکز جرم و مرکز سختی بر هم منطبق باشند.

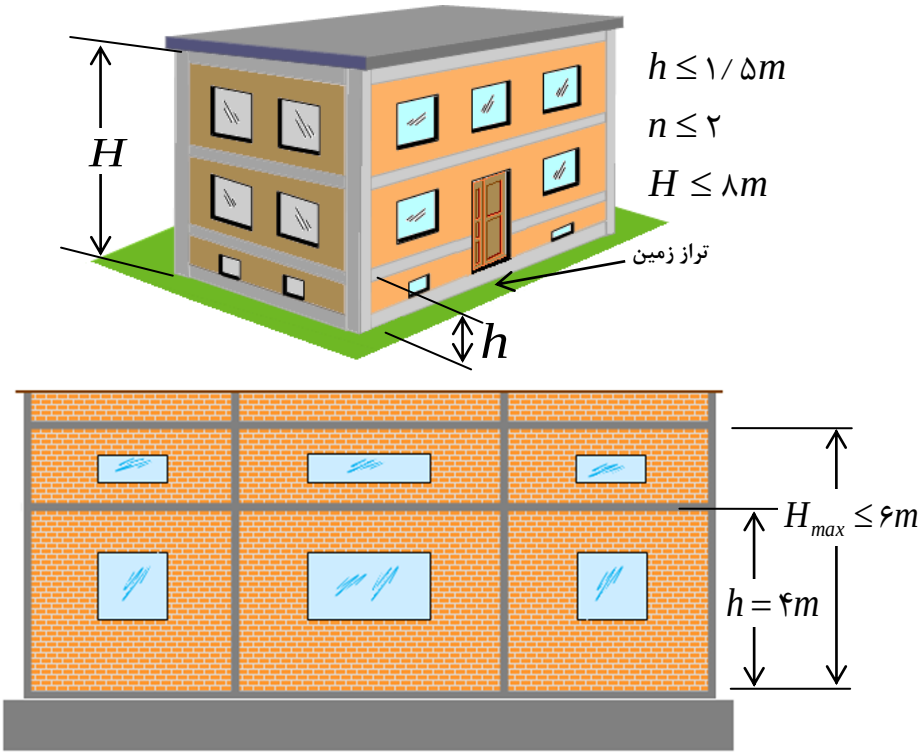
استقرار اجسام سنگین نظیر تاسیسات در طبقات فوقانی ساختمان یا بطور غیر یکنواخت نظیر شکل زیر باعث افزایش نیروی زلزله بخصوص در طبقات فوقانی می‌گردد. این امر باعث افزایش خسارت ناشی از زلزله خواهد شد.

پ-۲-۴-۶- کلاف، ستون یا جرز کوتاه

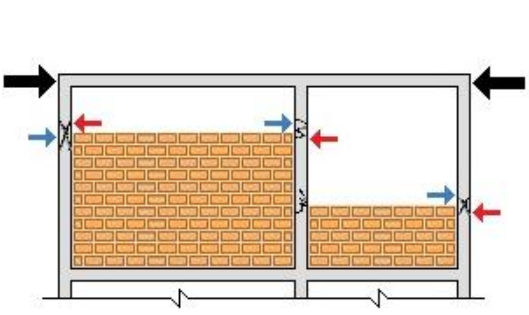
معمولا در ساختمانها به دلیل تعبیه بازشو، گاهی بخش‌هایی از دیوارهای باربر به صورت نشان داده شده در شکل پ-۲-۳-۱۷ تبدیل به جرز کوتاه، کلاف کوتاه و دیوار کوتاه می‌شوند. این عناصر سازه‌ای در هنگام رخداد زلزله تحت نیروهایی قرار می‌گیرند که موجب شکست آنها خواهد شد و ظرفیت باربری آنها را به شدت کاهش می‌دهد. این رخداد در زلزله‌های بسیاری مشاهده شده و به شدت ساختمان را آسیب پذیر می‌کند. بنابراین برداشت و ارزیابی این قبیل موارد باید مورد توجه قرار گیرد.

پ-۲-۴-۸- طبقه نرم

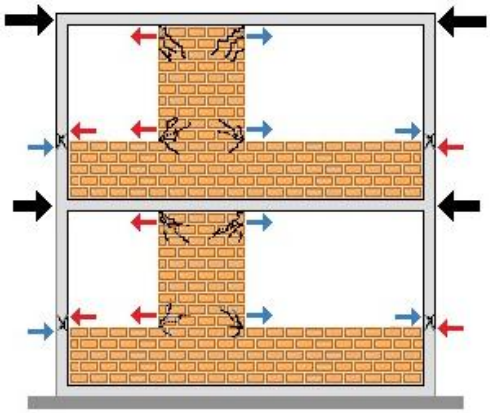
طبقه نرم معمولاً در اثر وجود بازشوهای بزرگ یا نمای باز در آن طبقه ایجاد می‌شود. البته وجود بازشوهای بزرگ لزوماً بیان کننده طبقه نرم نیست، زیرا ممکن است جرزها (یا ستون‌ها) از سختی کافی برخوردار باشند، ولی از آنجا که در ساختمانهای آجری مصالح و خواص مکانیکی آنها ثابت است، معمولا چنین شرایطی حاصل نمی‌شود. بنابراین اگر طبقه‌ای نرم باشد ساختمان به شدت آسیب پذیر خواهد بود. طبقهٔ بلند و یا تغییر در نوع سیستم لرزه بر نشانه آشکاری از وجود طبقه نرم است.



شکل پ-۲-۲۷- ضوابط کنترل کننده نیروهای اعمالی بر کلاف، ستون و جرز کوتاه



ب- آسیب دیدگی کلاف قائم در تراز زیر بازشوها



الف- آسیب دیدگی جرز یا پایه و کلاف ثائم در مجاورت بازشوها

شکل پ-۲-۲۸- نیروهای اعمالی بر کلاف قائم و جرز کوتاه

پ-۲-۴-۹- فاصله با ساختمان‌های مجاور

در هنگام وقوع زلزله معمولاً ساختمان‌های مجاور عملکردهای متفاوتی در مقابل زلزله از خود نشان می‌دهند. هنگامی که اختلاف ارتفاع ساختمان‌های مجاور از حدود مشخصی بیشتر باشد، ساختمان‌ها به یکدیگر ضربه وارد می‌نمایند. این ضربه در صورتی که ترازهای سقف در دو ساختمان یکسان نباشد، باعث ایجاد خسارت موضعی در دیوارها خواهد شد و از قدرت باربری آنها می‌کاهد. به همین جهت لازم است فاصله ساختمان‌ها مطابق ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ ایران در حد مجاز باشد ولی در ساختمان‌های موجود که تراز کفهای دو ساختمان در یک ارتفاع قرار دارند و اختلاف ارتفاع دو ساختمان کمتر از نصف ارتفاع ساختمان کوتاه تر است می‌توان از این ضعف چشم پوشی کرده و ساختمان را آسیب پذیر ندانست. لکن در صورت تجاوز از این حد، ساختمان آسیب پذیر می‌باشد. همچنین در بررسی ساختمان باید به سقوط اجزای سازه‌ای و غیر سازه‌ای ساختمان مجاور یا مشترک بین دو ساختمان نیز توجه نمود.

شکل پ-۲-۲۹- برخورد ساختمانهای مجاور و آسیب پیر بودن آنها

پیوست ۳

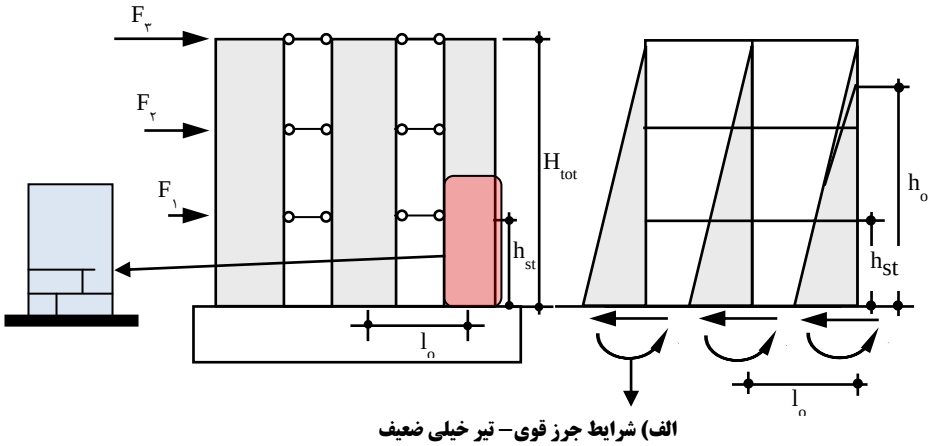
شرایط مرزی دیوارها یا جرزها

پ-۳-۱ تعیین شرایط مرزی دیوارها یا جرزها

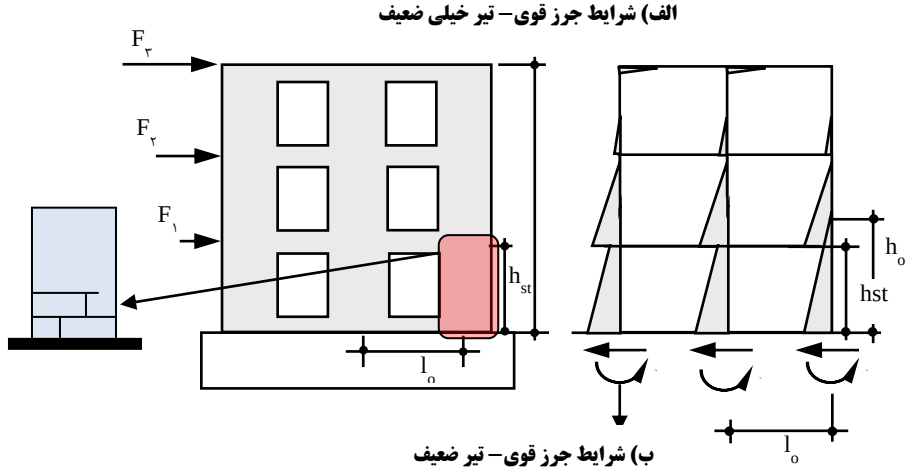
تعیین گیرداری دیوارها یا جرزها از طریق نسبت ارتفاع محل لنگر صفر به ارتفاع طبقه تعیین می‌شود. مقدار گیرداری با ضریب ψ از رابطه پ-۳-۱بدست می‌آید:

$$\begin{cases} \frac{h_o}{h_{st}} \leq ۱ \rightarrow \psi = ۱ \\ \frac{h_o}{h_{st}} > ۱ \rightarrow \psi = ۰/۵ \end{cases} \quad (پ-۳-۱۱)$$

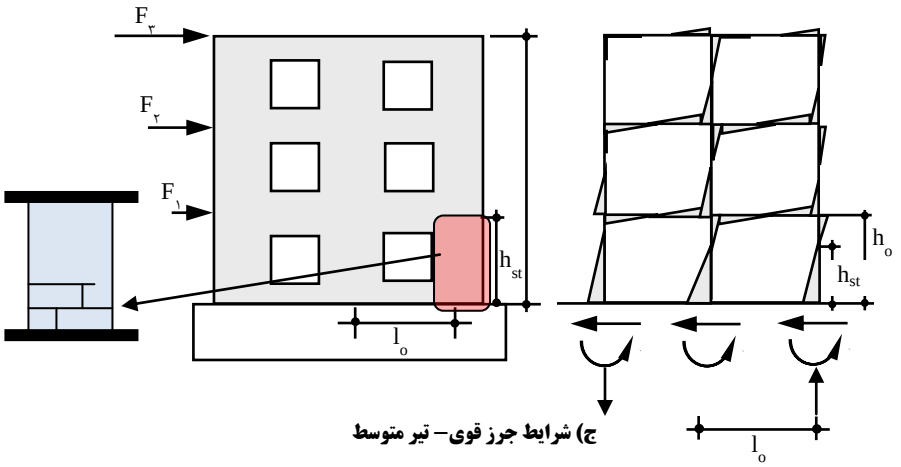
تعیین شرایط گیرداری دیوارها و جرزها برای تحلیل خطی و غیرخطی ساختمان‌های آجری را می‌توان با در نظر گرفتن سختی داخل صفحه دیوارها یا جرزها و تیرهای متصل به آنها، به صورت مناسبی تعیین کرد. برای این منظور پس از تعیین دیاگرام لنگر حاصل از بار جانبی زلزله در تراز طبقات ساختمان، محل لنگر صفر در این دیاگرام تعیین می‌شود. چنانچه ارتفاع نظیر لنگر صفر در دیاگرام لنگر ناشی از بار جانبی زلزله از ارتفاع طبقه بزرگتر باشد باید وضعیت دیوار یا جرز شبیه شکل پ-۳-۱- الف و شکل پ-۳-۱- در نطر گرفت. در این شکل‌ها شرایط مرزی دیوار یا جرز به صورت گیردار-آزاد است. اگر ارتفاع نظیر لنگر صفر کوچکتر از ارتفاع طبقه باشد، باید مانند شکل پ-۳-۱-ج شرایط مرزی را به صورت دیوار گیردار-گیردار در نظر گرفت.



الف) شرایط جرز قوی– تیر خیلی ضعیف



ب) شرایط جرز قوی– تیر ضعیف



ج) شرایط جرز قوی– تیر متوسط

شکل پ-۳-۱- شرایط مرزی دیوارها یا جرزها بر اساس محل لنگر صفر ناشی از بار جانبی (زلزله)

Road, Housing and Urban Development
Research Center

Instruction for Seismic Evaluation and Rehabilitation of unreinforced masonry Building

Under the Supervision of Technical Committee of Retrofitting

BHRC Publication No.: S- 726