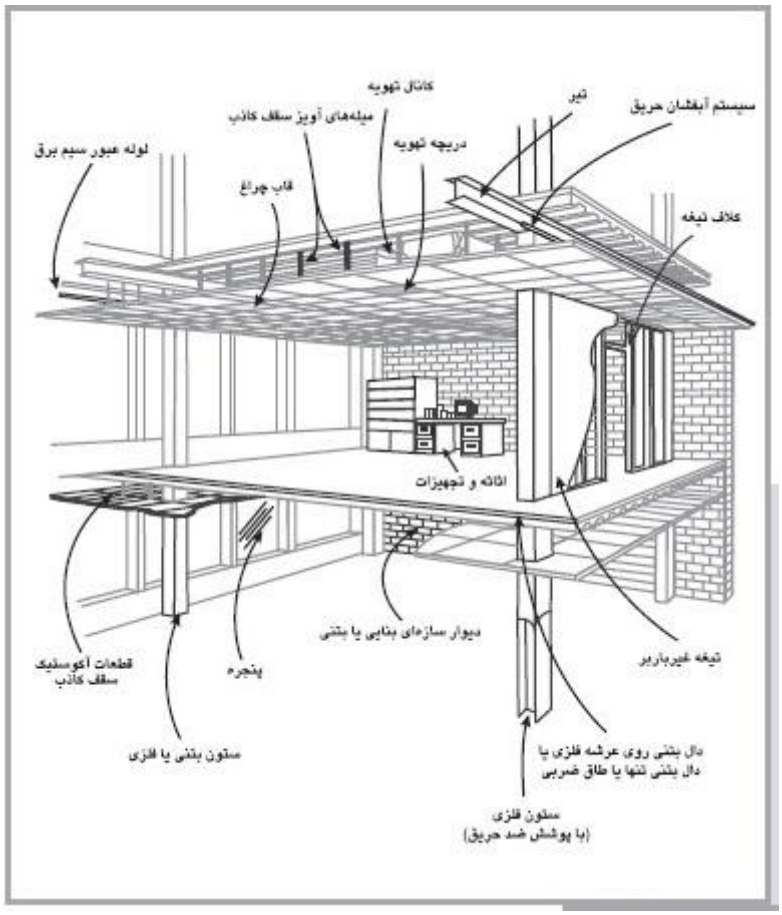
اهمیت آسیب به اجزای غیرسازه ای

در این بخش اهمیت آسیب های وارده بر اجزای غیرسازه ای ساختمان در زلزله با توجه به تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم این آسیب ها مورد بحث قرار می گیرد. میزان اهمیت آسیب دیدگی اجزای غیرسازه ای در زلزله بستگی به پیامد های مستقیم و غیرمستقیم آسیبها دارد که در ادامه بحث در سه دسته زیر مورد بررسی قرار می گیرند : "آسیب جانی"،" خسارت مالی "و" کاهش کارایی یا از بین رفتن امکان بهره برداری راز ساختمان." آسیب دیدگی هر جزء غیرسازه ای خاص درجات مختلفی از هر یک از سه نوع ریسک فوق را در پی دارد.

الف) آسیب جانی

اولین نوع خطر، جراحت یا کشته شدن افراد در اثر آسیب دیدگی و یا سقوط اجزای غیرساز ه ای است .حتی اجسام به ظاهر بی خطر نیز در صورت سقوط ناگهانی می توانند خطرناک و کشنده باشند.

برای نمونه، اگر قاب ۱۰ کیلوگرمی لامپ فلورسنت به خوبی به سقف مهارنشده باشد و در اثر زلزله از سقف کنده شود و روی سر فردی سقوط کند، احتمال جراحت وی زیاد خواهد بود .شکستن شیشه، واژگونی قفسه ها وکمدهای سنگین و بلند، بلند، سقوط سقف کاذب و چراغ های سقفی و لوستر های سنگین، گسیختگی لوله های گاز یا دیگر لول ههای حاوی مواد خطرناک ، آسیب دیدگی مواد آزبستی، سقوط قطعات نماهای آجری یا بتنی پیش ساخته و خرابی دیوارها، تیغه ها و حصار های بنایی، نمونه هایی از آسیب های غیرسازه ای بالقوه خطرناکی هستند که در زلزله های گذشته مشاهده شده اند.



تخریب سقف کاذب و چراغ‌های سقفی بیمارستان در اثر زلزله

شکسته‌شدن و فروریختن شیشه‌های نمای ساختمان در زلزله ۱۳۸۲ بم

یک بررسی روی ۵۰ ساختمان بلند که به دلیل بُعد فاصله از گسل زلزله تنها لرزش ملایمی را تحمل کرده بودند، نشان داد که باوجود آنکه هیچ کدام از ساختمانها خسارت ساز ه ای جدی نداشته اند، اما در ۴۳ ساختمان خسارت هایی به تیغه های دو پوسته و تک پوسته گچی وارد شده بود؛ در ۱۸ ساختمان آسانسورها آسیب دیده بودند؛ شیشه های ۱۵ 5ساختمان شکسته شده بود و در ۸ ساختمان خسارت هایی به سیستم تهویه مطبوع وارد آمده بود.

تخریب تیغه جداساز در اثر زلزله

تخریب و سقوط دست‌انداز پشت‌بام در زلزله ۱۳۸۲ بم

نمونه‌هایی از خسارات وارده از طریق اجزای غیرسازه‌ای پرخطر

از بین رفتن کارایی ساختمان

علاوه بر آسیب های جانی و خسارات مالی، احتمال دیگری که وجود دارد این است که وقوع خسارات اجزای غیرسازه ای انجام کار های معمول در ساختمان را مشکل یا غیرممکن کند .بعد از تهدید های جدی ایمنی جانی، احتمال از میان رفتن قابلیت بهره برداری یا کاهش کارایی ساختمان پس از زلزله، اغلب مهم ترین ریسک است.

عوامل خارجی زیادی بر امکان استفاده از ساختمان در شرایط پس از زلزله تأثیر دارند که از آن جمله میتوان به قطع آب و برق، آسیب دیدگی سازه های ترابری، بینظمی اجتماعی، محدودیت های انتظامی اشاره کرد. اغلب این گونه پیامدها، خارج از کنترل مالکان و ساکنان است.

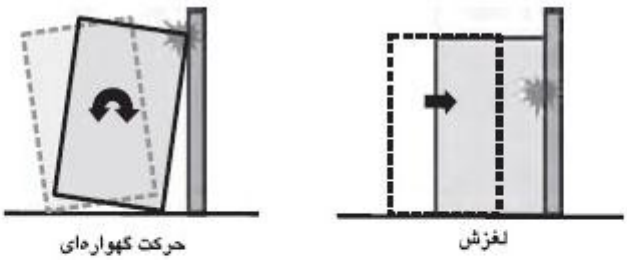
نمونه های زیر، تأثیر تخریب اجزای غیرسازه ای در ایجاد اختلال در عملکرد های اضطراری یا عادی پس از وقوع زلزله را نشان می دهد:

- ✓ زلزله 1382 شهرستان بم باعث وارد آمدن آسیب به تجهیزات مکانیکی و برقی ترمینال فرودگاه بم، به ویژه برج کنترل فرودگاه شد .این آسیب ها وقفه چند ساعته ای در کار فرودگاه ایجاد کرد.
- ✓ در زلزله ۱۹۹۴ نورتریج، آسیب های وارده به اجزای غیرسازه ای باعث بسته شدن موقتی ۱۰ ساختمان بیمارستانی مهم و تخلیه یا انتقال بیماران از آنها شد .این بیمارستان ها عموماً خسارات ساز ه ای اندک یا ناچیزی متحمل شده بودند، اما عمدتاً به علت آسی بدیدگی تأسیسات آب، غیرقابل استفاده شدند .در

بسیاری از این بیمارستان ها عامل نشت آب، شکستگی در لوله های آب اطفای حریق، آب سرد شده یا سایر لوله های آب بوده است .ظاهراً کارکنان تأسیسات این بیمارستانها بعد از وقوع زلزله در دسترس نبوده و یا قادر به بستن جریان آب نبوده اند. به طوری که در چند مورد جریان آب ساعت ها ادامه یافته بود .در یکی از ساختمان ها به دلیل آسیب دیدگی منبع آب مصرفی واقع در بام، آب در بعضی نقاط تا ۶۰ سانتیمتر روی کف جمع شده بود .در ساختمانی دیگر، ژنراتور برق اضطراری به علت شکستگی لوله آب خنک کننده آن در محل عبور از درز جدایی، قادر به کار نبوده است .خسارات دیگر این ساختما نها عبارتند از :شکستگی شیشه ها، تخریب چراغ ها، آسیب دیدگی وزنه های تعادل آسانسورها و قطع برق اضطراری به علت اختلال در سیستم های توزیع یا کنترل. ساختمان های دو باب از بیمارستان های یاد شده قبلاً در زلزله ۱۹۷۱ سن فرناندو دچار خسارات ساز ه ای شدیدی شده بودند که بعد از آن به طور کامل تخریب و دوباره از نو ساخته شدند.

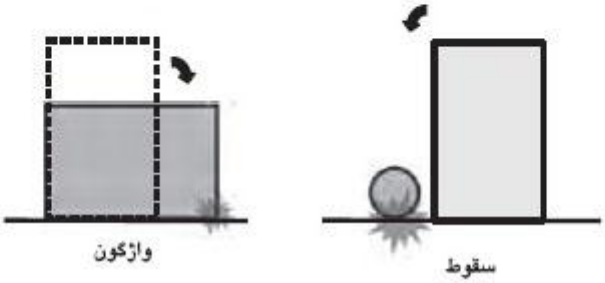
شکستگی لوله آب‌فشان از محل اتصال زانو در اثر حرکات ناهمسان سقف کاذب در یك بیمارستان در اثر زلزله نورتریج. نشت آب از لوله‌های شکسته شده و خسارات ثانوی مربوط به آن باعث تعطیلی بیمارستان به مدت چند روز شد

خسارات به سیستم تهویه در یك مرکز خدمات درمانی در زلزله ۱۹۹۴ نورتریج. در اثر نوسان پنکه‌های سقفی موتورخانه واقع در زیربام و بر خورد آنها به پانل‌های نما خساراتی به تابلو و پنجره وارد آمد و در نتیجه همه بیماران بستری موقتاً تخلیه شدند



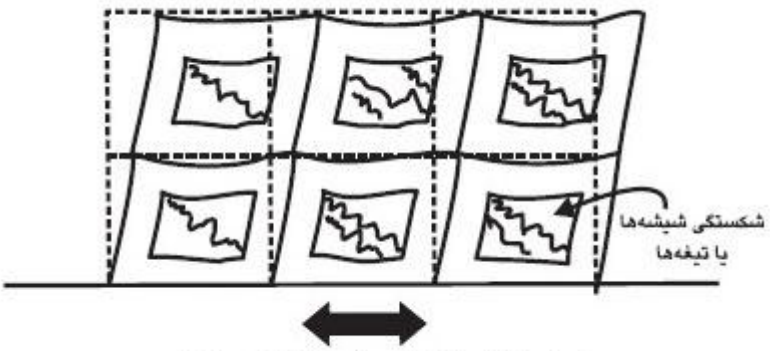
حرکت گهواره‌ای

لغزش

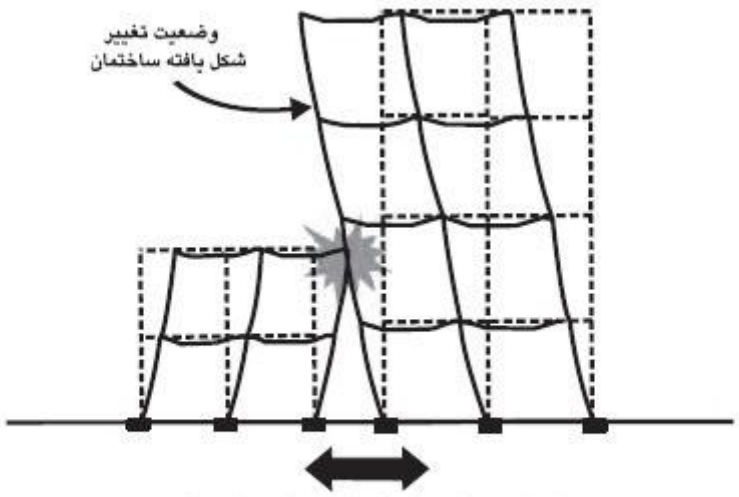


واژگون

سقوط



▲ تحمیل تغییر شکل‌های سازه به اجزای غیرسازه‌ای



▲ ضربه و تغییر فاصله ساختمان‌های مجاور یا
دو بخش مجزا شده از یک ساختمان در محل درز جدایی

جزئیات بهسازی

روش های بسیاری برای کاهش پتانسیل آسیب دیدگی اجزای غیرسازه ای در زلزله وجود دارد .تدابیر بهسازی شامل یک یا چند مورد از اقدامات زیر است:

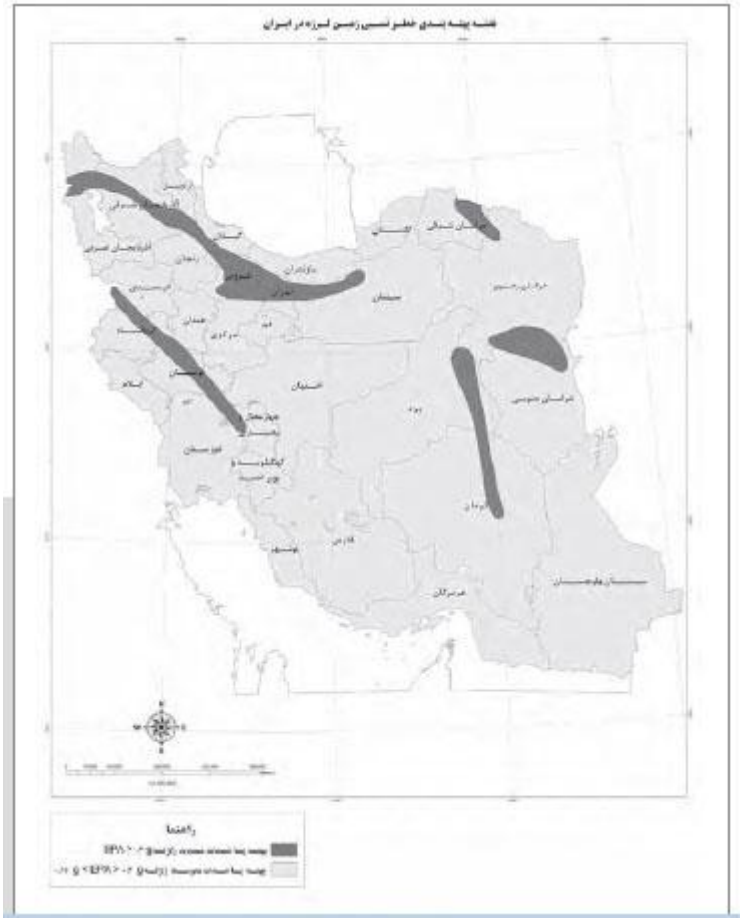
- ✓ استفاده از پیچ های مهاری برای ایجاد اتصال محکم به کف یا دیوار ساز ه ای؛
- ✓ اضافه کردن عضو حایل بند بین جسم مورد نظر و کف یا دیوار ساز ه ای؛
- ✓ استفاده از افسار یا کابل ایمنی برای محدود کردن دامنه حرکت، در صورت سقوط یا تاب خوردن جسم مورد نظر؛
- ✓ استفاده از مانع یا سپر برای محدود کردن دامنه حرکت اعضایی که امکان لغزش دارند؛
- ✓ ایجاد اتصالات انعطاف پذیر برای لوله ها و کانال ها در محل عبور از درز انقطاع یا در محل اتصال به تجهیزات ثابت؛ متصل کردن محتویات داخل قفسه ها، کتابخانه ها و پیشخوان ها به آنها؛
- ✓ تعبیه جداساز پایه یا لرزه گیر برای تجهیزات مهم.

برخی از این اقدامات برای حفظ کارایی عضو غیرسازه ای مورد نظر و برخی دیگر تنها برای کاهش عواقب خرابی انجام میشوند .هنگام تصمیم گیری در خصوص انتخاب روش مناسب مقاوم سازی برای هر یک از اجزای غیرسازه

ای، باید علاوه بر توجه به ویژگی های ساختمان و عضو مورد نظر، قابلیت کاربرد و محدودیت های هر یک از روش های مختلف مقاوم سازی در نظر گرفته شوند.

در مناطق با لرزه خیزی شدید، نیاز به تمام یا بعضی از موارد زیر خواهد بود:

- ✓ تخصص مهندسی ویژه، در نظر گرفتن نیر وهای طراحی بزر گتر از آن چه که در آیین نامه ها مقرر شده است،
- ✓ پیمانکار متخصص با تجربه،
- ✓ نظارت ویژه در اجرا، ادوات اتصال با مقاومت تضمین شده،
- ✓ استفاده از تجهیزات با طراحی ضد زلزله،
- ✓ استفاده از سیستم هایی نظیر جداسازی پایه برای بعضی تجهیزات،
- ✓ استفاده از درز لرز ه ای عریض تر برای جلوگیری از ایجاد ضربه بین ساختمان های مجاور یا استفاده از سیستم های سازه ای سخت تر مانند دیوار برشی برای کاهش میزان تغییر شکل ساختمان.



دیوار سنگی ، سقف سنگی(طاق)

این ساختمان ها که در روستاها به وفور ساخته شده اند، به دلیل دسترسی آسان به مصالح مصرفی با توجه به وضعیت اقتصادی شکل گرفته اند . ساختمان های غالبا در دو طبقه زیرین برای دامها و طبقه فوقانی برای ساکنین، با توجه به قرار گرفتن روستاها در دامنه کوه به شکلی ساخته شده اند که بام هر یک از ساختما ن ها حیاط ساختمان بالادست را تشکیل می دهد . در این ساختمان ها دیوارهای ضخیم از سنگ های تیشه داری نشده و ملات گل و سقف قوسی از سنگ تیشه داری نشده و ملات گچ با توجه به وجود معدن گچ در محل ساخته شده اند . ساختمان های یاد شده برای استفاده هر چه کمتر از سوخت با لایه ای نسبتا ضخیم از خاک و دیگر لایه های کف سازی مانند آسفالت و موزاییک پوشیده شده اند .بدین ترتیب، قطعات سنگ در دیوارهای ضخیم که تنها با ملات گل چیده شده و بدون هرگونه تمهید دیگری سقف نازک سنگی را نگه می داشتند، همراه سقف که خود به شکل ناپایدار ساخته شدهاست و بار سنگینی را تحمل می کند روی ساختمان پایین دست فرو ریخته و به صورت زنجیره ای موجب تخریب تقریبا تمامی ساختمان های مشابه را در پایین دست خود فراهم آورده اند

دیوار سنگی سقف آجری (طاق)

این گونه ساختمان ها نیز به تعداد زیاد قابل شمارش هستند . گرچه تخریب در سطح منطقه شدید و فراگیر بوده است اما در مقام قیاس با یکدیگر می توان اذعان کرد که در مجموع طاق های آجری مقاومت بیشتر و بهتری نسبت به طاق های سنگی داشته اند. در حالی که کمتر طاق سنگی باقی مانده است می توان تعدادی ساختمان با طاق آجری را یافت که علیرغم فرو ریختن بخشی از سقف در مجموع سالم باقی مانده اند

دیوار سنگی ، سقف چوبی

تعدادی از ساختمان های موجود در بخش مسکونی طبقه فوقانی دارای دیوارهای ضخیم سنگی و سقف چوبی هستند، سقف شامل تیرهای چوبی و لایه ای از ساقه های نازک درخت و یا گونی روی آن است که به عنوان پوشش نهایی و عایق رطوبتی با کاهگل پوشیده شده است . این پوشش کاهگل غالبا بسیار ضخیم و از نظر بار مرده قابل توجه است . در رویارویی با تنش های اعمال شده توسط زلزله، این گونه ساختمان تفاوت چندانی با دو گونه

پیشین ندارد .در این ساختمان ها با خراب شدن دیوار با شرحی که گذشت سقف چوبی با بار مرده زیاد که بدون هر گونه تمهید ویژه ای جهت اتصال به مجموعه و بدون زیر سری چوبی مستقیما روی آن قرار گرفته است آسیب دیده و غالباً به صورت کلی فرو ریخته اند(مقررات ملی،مبحث ششم،)

دیوار آجری، سقف چوبی

در این گونه ساختمان ها که به تعداد کم قابل شمارش هستند، چگونگی آسیب دیدگی و تخریب تفاوت چشمگیری با مشابه خود دیوار سنگی، سقف چوبی ندارد . در این ساختمان هاکه بخشی از دیوار سنگی و بخشی دیگر آجری است، تنها به جایگزینی سنگ توسط آجر بسنده شده و ملات مصرفی نیز ملات گل است . بدین ترتیب سقف چوبی که بدون اتصال به مجموعه و بدون واسط ه تنها روی دیوار آجری تکیه کرده است ، با هر گونه جابه جایی دیوار، از محل خود حرکت و به شکل یک مجموعه ناپیوسته فروریخته است.

دیوار سنگی ، سقف ضربی

برخی دیگر از ساختمان های مسکونی که نسبتا جدیدتر هستند، با استفاده از دیوار ها ی ضخیم سنگی و سقف طاق ضربی ساخته شده اند .در این ساختمان ها و سقف آن مانند سقف های دیگر از کاهگل به عنوان پوشش نهایی و عایق رطوبتی استفاده شده و بار زیادی را به سقف ها و دیوار ها وارد می سازد . تنها تفاوت این گونه ساختمان ها با گونه پیشین جایگزین شدن تیر چوبی با تیر آهن است، نه تغییر در دیدگاه و منطق و روش ساخت .در این گونه نیز تیرهای فلزی بدون هیچگونه توجهی به آئین نامه ها و لزوم استفاده مناسب از آن، مستقیما و بدون زیر سری و اتصال به مجموعه، روی دیوار و قطعات سنگ گزارده شده اند . در این گونه سقف هاعایق رطوبتی کماکان کاهگل است که متاسفانه در لایه های متفاوت روی هم تکرار شده و عملاً بار زیادی را به سقف و مجموعه تحمیل می کند . دراجرای این سقف ها از میل گرد ضربدری زلزله و یا میل گرد در دهانه های آخر طاق استفاده نشده است . بدین ترتیب، با فروریختن دیوار، هر یک ا ز تیرآهن ها به صورت مجزا و بدون هر گونه اتصال و هماهنگی واکنش در برابر نیروهای وارده، از محل خودحرکت کرده است . از این رو است که در این گونه سقف ها، برخورد با هر گونه آسیب، از فروریختن تنها یک دهانه آخر تا فرو ریختن کامل سقف دور از انتظار نبوده است. قرار گرفتن تیرهای سقف روی تکیه گاه های با مقاومت کم و طول تکیه گاه ها و به ویژه عدم مهار تیرها در محل

استقرار روی دیوار که گاه به لهیدگی بستر تکیه گاه منجر شده است از جمله دلایل فروریختن این گونه دیوارها است

دیوار آجری سقف ضربی

این گونه ساختمان به تعداد کم در داخل روستا و به تعداد زیاد در روستای پایین دست هودکن ساخته شده اند . زلزله های با شدت کم در دهه های اخیر و احساس ناامنی در روستاهای واقع شده در شیب کوه موجب شکل گیری روستا در پایین دست و در منطقه ای با شیب بسیار کمتر گردید . اهالی روستا با کمک و توصیه های مهندسین به گفته و تاکید اهالی روستا اقدام به ساخت خانه های مهندسی ساز با دیوار باربر آجری و سقف طاق ضربی کردند. در میان ساختمان های ساخته شده با دیوار باربر، علاوه بر ساختمان هایی که با اجر ای مناسب کلاف های قائم و افقی تضمین های کافی جهت پایداری و سلامت بنا به وجود آمده است به نمونه هایی اشاره کرد که به جهت وجود کلاف ها، به ویژه کلاف های افقی، سقف همچنان پابرجا و پایدار باقی مانده است، که خود تاکیدی بر نقش موثر این کلاف ها در حفظ پایداری ساختمان و تامین اهداف مقاوم سازی در برابر زلزله است (آئین نامه ۲۰۰۸) اما در این مجموعه ساختمان های نوساز بسیارند ساختمان هایی که در نگاه اول آسیب زیادی ندیده اند و اما در نگاه دقیق تر و توجه به داخل ساختمان ، آسیب های بسیار جد ی و غالب این ساختمان ها لازم به تخریب هستند . در این ساختمان ها به اجرای مناسب و مطابق آئین نامه توجه لازم نشده وگاهی نیز بدون هیچ دلیل مشخصی اجرای کلاف به دست فراموشی سپرده شده استقابل توجه است که عملا ساختمان در همین نقطه دچار آسیب شده است.

دیوار آجری، سقف بتنی پیش ساخته

بیش از ۳۰ سال پیش و به منظور اسکان کارمندان معادن ذغال سنگ منطقه، تعدادی ساختمان دو طبقه با دیوار باربر آجری همراه اندود سیمان در نما و سقف پیش ساخته بتنی ساخته شدند که به شهرک شهرسازی معروف شد . با تو جه به زمان ساخت مجموعه و زمان اجباری شدن آئین نامه طرح ساختمان ها در برابر زلزله هیچگونه کلاف افقی و قائم در دیوارهای باربر دیده نمی شود و ترک ها و گسیختگی های فراوانی در این دیوارها قابل مشاهده است ضمن آنکه فرم در آسیب پذیری ساختمان در برابر زلزله و ایجاد گسیختگی در محل اتصال در بال داشته است باید به نقش پر اهمیت و غیر قابل انکار قطعات پیش ساخته ناودانی شکل بتنی سقف در حفظ

یکپارچگی ساختمان اشاره کرد . قابل توجه است که هیچیک از این قطعات پیش ساخته آسیب ندیده اند و ترک ها همه در فواصل این قطعات و در داخل دیوارها به وجود آمده اند بدین ترتیب چنانچه دیوارها با داشتن کلاف های قائم و افقی انسجام خود را حفظ می کردند کمترین آسیب ممکن براین ساختمان ها وارد می گردید.

سازه ترکیبی

در تعدادی از ساختمان های ساخته شده در منطقه جهت استفاده هر چه بیشتر از فضای میانی، از ستون های فلزی در وسط و از دیوارهای باربر آجری در پیرامون ساختمان استفاده کرده اند در این ساختمان ها که از سقف طاق ضربی استفاده شده است ، با توجه به واکنش های ناهماهنگ ستون فلزی انعطاف پذیر و دیوار آجری انعطاف نا پذیر در برابر کنش زلزله، تخریب در نقاط اتصال سقف و دیوار بسیار رایج و عمومی است . در اینگونه ساختمان ها، سقف طاق ضربی که لزوما به ستون فلزی جوش خورده است . در محل برخورد با دیوار روی آن لغزیده و به صورت یکپارچه جابه جا شده است دیوارهای باربر برخی از این ساختمان ها دارای کلافبندی عمودی و افقی در تراز زیر سقف هستند اما عدم توجه به آئین نامه ۲۸۰۰ موجب شده است که کلاف ها به شکل مناسبی اجرا نشوند و دیوارها نیز به نوبه خود آسیب ببینند

دیوار آجری، سقف سبک

تعداد کمی از ساختمان های روستا نیز با دیوار آجری و سقف سبک ساخته شده اند . چند ساختمان با خرپا و تعدادی به اشکال دیگر وغیر اصولی اقدام به ساخت سقف سبک کرده اند .آنچه که در این ساختمان ها مشترک است عدم آسیب دیدن و یا آسیب ناچیزساختمان های با سقف سبک ، در مقابل آسیب دیدن تمام ساختمان هایی است که سقف سنگین داشته اند. اما دلیل ناهنجاری های مشاهده شده تنها به نوع استفاده از سیستم باربر و شکل سقف بر نمی گردد و عوامل موثر دیگری نیز موجب تضعیف ساختمان ها شده اند که به شرح زیر می توان به آنها اشاره کرد:

الف اجرای دیوار

عدم توجه به چیدمان آجر در رگ های متوالی دیوار و اجرای هشت گیر موجب شده است که در بسیاری موارد دو دیوار متعامد به راحتی از یکدیگر جدا شده و فرو بریزند با شرحی که داده شد استفاده از ملات ماسه سیمان و یا

ماسه آهک رایج نیست و بیشتر دیوارهای چیده شده با ملات گل به راحتی فرو ریخته اند در معدود دیوارهایی که با ملات ماسه سیمان ساخته شده اند نیز عدم توجه به نسبت مناسبت سیمان در ملات ، دیوارها مقاومت قابل قبولی نداشته اند

ب کیفیت بتن

تخلخل زیاد، پوکی، ترک خوردگی و قط عه قطعه شدن بتن که به فراوانی در نقاط مختلف کلاف ها دیده می شود، نشانگر کیفیت نامطلوب بتن مصرفی و عدم دقت لازم در اجرا است . دانه بندی نامناسب و مصالح نامرغوب، سیمان کم، آب زیاد و بالاخره ویبره نشدن و مرطوب نگه نداشتن بتن پس از اجرا از جمله عوامل موثر در بروز این ناهنجاری ها هستند کیفیت نامطلوب بتن مصرفی کلاف ها گاه موجب شده است که با حرکت آب های جاری سطح کوچه شسته و جابه جا شوند

ج کلافبندی

بی تردید نقش کلاف و کلافبندی در ایجاد سیستم مقاوم دربرابر زلزله، در ساختمان های بنایی غیرمسلح قابل انکار نیست . از این رو است که آئین نامه طرح ساختمان های مقاوم در برابر زلزله آئیننامه ۲۸۰۰ اجرای کلاف های افقی را در تراز زیر دیوار و تراز سقف هر گونه ساختمان های با مصالح بنایی یک و دو طبقه الزامی می داند . در حالی که در برخی ساختمان ها به ایجاد تصویر از کلاف بسنده می شود.

عدم مهار دیوار با محدود کردن و کلافبندی افقی و قائم مناسب از نظر ابعاد، اجرا و اتصال، محل، فاصله و نیز عدم اتصال مناسب میان دیوار و کلاف های افقی و ب ه ویژه کلاف های قائم از دلایل اصلی ناپایداری و بروز ناهنجاری در این گونه دیوارها است.

د آرماتورگذاری

مقطع و تعداد میل گردهای مصرفی، عدم دقت در اجرا و گاه صرفه جویی اگر نه سودجویی موجب بروز آسیب های مختلفی در کلاف های بتنی دیوارها شده اند که به شرح زیر می توان به آنها اشاره کرد:

- ✓ عدم گیرداری مناسب آرماتورهای کلاف و شالوده
- ✓ امتداد نیافتن میلگرد های کلاف قائم در کلاف های افقی زیر سقف و سردر گمی اتصال.

- ✓ فاصله بیش از اندازه مجاز میان خاموت ها که به کمانش موضعی و ترکیدن بتن انجامیدن است
- ✓ انتخاب محل نامناسب جهت اجرای همپوشانی آرماتورهای کلاف و طول بسیار کم این همپوشانی
- ✓ عدم برخورداری آرماتورهای کلاف از پوشش بتنی به اندازه لازم.

ه عملکرد کلاف

در برخی از ساختمان های ساخته شده با دیوار باربر و کلاف بتنی، به دستور العمل های لازم در این مورد : فاصله کلاف ها ، محل آنها ، چگونگی اتصال به یکدیگر و با دیوار و ..... توجه نشده و علیرغم اینکه در نگ اه اول مشکلی در مورد کلاف ها به نظر نمی رسد، به دلیل در نظر نگرفتن نقش آنها در مجموعه و اهمیت ترکیب و ترتیب آنها، از اجرای نقش خود باز مانده اند عدم اجرای به هنگام بتن کلاف و دندانه ای نبردن چیدمان آجر در داخل بتن کلاف هشت گیر موجب عدم پیوستگی و یکپارچگی دیوار و کلاف با یکدیگر و آسیب پذیری مجموعه شده است