

# آسیب شناسی ساختمان

## آسیب های ناشی از مراحل اجرا و نظارت در

ساختمان های خسارت دیده از زلزله بم دیماه ۱۳۸۲ \*

دکتر محمد جواد تقفی \*\*

تاریخ دریافت مقاله: ۸۲/۱۱/۲۷

تاریخ پذیرش نهایی: ۸۲/۲/۲

### چکیده:

بروز زلزله جمعه پنجم دیماه سال ۱۳۸۲ در منطقه بم کرمان به کشته شدن بیش از ۲۵/۰۰۰ نفر انجامید و شهر بم و روستاهای نزدیک ویران شدند. آنچه که در این فاجعه ملی قابل توجه است، علاوه بر تداوم ساخت و ساز به شیوه سنتی - و نامناسب -، شکل گیری ساختمان هایی با اسکلت فلزی، اسکلت بتنی، دیوار باربر، و ... است و اینکه در این زلزله کمتر ساختمانی بدون آسیب باقی ماند. بی تردید نقص در برنامه ریزی، طراحی، محاسبات، اجرا و نظارت هر یک به نوبه خود می توانند در این حادثه بزرگ نقش داشته باشند. اما مرحله اجرا و نظارت بر آن، به دلیل آنکه در قیاس با مراحل دیگر، دخالت افراد غیرمتخصص با فراوانی بیشتری صورت می گیرد و ضعف ها و نارسایی ها نیز پوشیده می شوند اهمیتی دوچندان می یابد. در این بررسی توجه بیشتر به عناصر ساختاری و چگونگی اتصالات میان اجزاء - با توجه به آیین نامه طرح ساختمان ها در برابر زلزله - معطوف و با ارایه تصاویر شاهد در پایان به این نکته توجه شده است که اجرای نامناسب ساختمان خود ریشه در کدام مقوله دارد.

### واژه های کلیدی:

زلزله، بم، آسیب، ساختار، آیین نامه، نظارت، اجرا.

\* این مقاله در قالب طرح پژوهشی مصوب شورای پژوهشی دانشگاه تهران تحت عنوان آسیب های ناشی از اجرای نامناسب در ساختمان های خسارت دیده زلزله دیماه ۱۳۸۲ منطقه بم - کرمان، نگاشته شده است. بدینوسیله امتنان خود را از حمایت های معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ابراز می دارم.

\*\* دانشیار گروه آموزشی معماری، دانشکده هنر های زیبا، دانشگاه تهران.

## مقدمه

فن آوری گسترش یافته و شامل تمام ساختمان ها شود - بسیار زیاد است، می توان و باید چنین فکر کرد که تمام زلزله هایی که به وقوع می پیوندند زلزله های بسیار بزرگ نیستند. تعداد زلزله های متوسط بسیار بیشتر از زلزله های بزرگ است (محدوده ای که در آن لزوم حفاظت قابل توجه است). در این میان حاصل تجربه ناشی از سفرها، بازدیدها و گزارش ها بیانگر آن است که حفاظت در مقابل زلزله در صورتی کارایی لازم را خواهند داشت که پیشتر و هنگام شکل گیری ایده های اولیه در نظر گرفته شوند و ضمن استفاده و رعایت آیین نامه های مقاوم سازی در برابر زلزله در طراحی، به کیفیت خوب اجرا و نظارت و نیز چگونگی حفاظت ادواری توجه شود. (دیویدوویچی، ۱۳۷۸، ص ۱۰) از سوی دیگر می توان با تقسیم بندی ساختمان های موجود به تخریبی، پر خطر، خطر متوسط و کم خطر نسبت به ترمیم و دخالت طبق یک جدول زمان بندی اقدام کرد. (مرکز تحقیقات، ۱۳۶۸، ص ۱۰۶)

● در روند شکل گیری ساختمان های ساخته شده و در حال ساخت آسیب شناسی هر یک از مراحل یاد شده به نوبه خود از اهمیت به سزایی برخوردار هستند. با توجه به اهمیت ویژه مرحله اجرا و آسیب های بسیاری که بر اثر اشتباه ها و بی توجهی ها و ... بر ساختمان وارد می شود، در این بررسی با مورد توجه قرار دادن عناصر سازه ای ساختمان از جمله دیوارها، سقف ها و اسکلت ساختمان، ما به بخشی از این صورت از آسیب شناسی ساختمان می پردازیم.

تحقیق در باره زلزله و پیامد های آن پیشینه ای دور در کشور های مختلف - به ویژه در کشور های پیشرفته مبتلا به آن مانند ژاپن و آمریکا - و پیشینه ی جدی کمتر از سه دهه در کشورمان دارد. برگزاری کنفرانس ها، سمینار ها و ... و نیز انتشار کتاب ها و مقاله های متعدد داخلی و بین المللی در این زمینه حکایت از عزم راسخ همگان در شناخت زلزله و راهکارهای مقابله با اثرات مخرب آن دارد. در میان موضوع های مورد بررسی، آسیب های وارده بر ساختمان - ناشی از زلزله - بخش قابل توجهی را به خود اختصاص داده است. اما از آنجا که موضوع این بخش نیز تک بعدی نیست، از دیدگاه های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. در این میان نیز جنبه های سازه ای ساختمان و توجه به تعیین و تعریف دستورالعمل های سازه ای - که رفتار ساختمان را به کنترل در آورد - سهم بزرگی از این تلاش را به خود اختصاص داده است. اما در کشور ما، حاصل این تلاش های همه جانبه و بی وقفه نتوانسته است نتایج قابل قبولی را موجب شود و تلفات جانی و مالی فراوان ناشی از چند زلزله اخیر شاهد این مدعا است. بدین جهت، در بررسی حاضر با پذیرش اینکه بسیاری از مشکلات و آسیب های پیش آمده می توانند مبنای زمین ساختی منطقه آسیب دیده، نقشه های معماری و یا سازه ای داشته باشند و محاسبات را منشا آن بدانیم، بر این نکته تاکید می کند که شواهد فراوان نشان از دخالت آشکار مرحله اجرای ساختمان - فاز ۳ - و نقش مجریان و مهندسان ناظر در بروز آسیب های مورد ذکر دارد.

● در میان سوانح طبیعی گوناگونی که در سطح کره خاکی ما روی می دهد، بدون تردید حرکت های ناشی از زلزله بیشترین تاثیر تخریبی بر مناطق را از خود بر جای می گذارد. آیا زمین لرزه را می توان پیش بینی کرد؟ به نظر می رسد که از نتایج کم و بیش تجربی ناشی از مشاهدات گوناگون در زمینه های مختلف تنها به پاسخ های مقطعی و غیرقطعی دست یافته ایم. تنها مسئله قطعی آن است که متأسفانه زلزله به غافلگیر کردن انسان ادامه خواهد داد. آنچه با قطعیت کامل می توانیم پیش بینی کنیم آن است که هر قدر از زمان آخرین زمین لرزه دور می شویم به زمین لرزه بعدی نزدیک تر هستیم. در مقابل این خطر و عدم امکان پیش بینی آن، تنها پیشگیری قابل قبول احداث ساختمان مقاوم در برابر زلزله است.

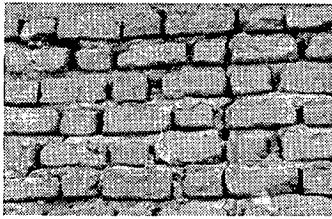
● پدیده های زلزله هنوز به طور کامل شناخته شده نیستند و زمین لرزه های بزرگ اتفاق افتاده در یک منطقه نیز قدیمی تر از آن هستند که حافظه جمعی شهری به یاد بیاورد. به همین دلیل نیز جوامع مورد تهدید - به ویژه کشورهای در حال توسعه و توسعه نیافته - در برابر این خطر اجتماعی و اقتصادی بزرگ پناه نیافته اند. غالب ساکنین مناطق دارای خطر تنها با شنیده ها و نه با تجربه شخصی و مستقیم در جریان وقوع آخرین زلزله قرار دارند. و حتی اگر چنین نیز باشد و زنگ خطر شنیده شده باشد به نظر می رسد که برای واداشتن به واکنش لازم انگیزه ای کافی نیست. همواره میل بر این است رخداد اتفاقاتی که دوست داریم پیش بیایند بسیار ممکن و اتفاقاتی را که دوست نداریم پیش بیایند کمتر ممکن تلقی کنیم. حساسیت نسبت به این خطر در میان مردم، متخصصین و مسئولین بسیار آرام اما به هر حال به صورتی پیش رونده صورت می گیرد. برای آنکه این حرکت به سرانجام برسد، لازم است که بازتاب آن در تمام محافل و مجامعی که به هر طریق با امر ساختمان و ساختمان سازی مرتبط می شوند دیده شود.

● با وقوع زلزله های بزرگ در نقاط مختلف دنیا، لزوم پرداختن به ساختمان های مقاوم در برابر زلزله هر چه بیشتر دیده و احساس می شود. در سطح جهانی بروز زلزله های بسیار بزرگ کوبه ژاپن در سال ۱۹۹۵ و زلزله کالیفرنیا در سال ۲۰۰۳ و در ایران بروز زلزله های ۱۳۵۹ منجیل، ۱۳۷۶ قائنات، بوئین زهرا و بالاخره زلزله ۱۳۸۲ منطقه بزم همگان را به رویکردی دیگر به سوی ساختمان های مقاوم در برابر زلزله دعوت می کند.

● بی تردید حتی اگر تصمیم گرفته شود که ساختمان های جدید بر اساس آیین نامه های مقاوم سازی در برابر زلزله ساخته شود، مجموعه عظیم ساختمان هایی قدیمی ضعیف آسیب پذیر باقی خواهد ماند (موسسه بین المللی، ۱۳۷۲، ص ۶) که همواره شامل ساختمان های قدیمی و میراث فرهنگی و ملی کشور می شود. اما به هر حال کم بهتر از هیچ است و راه با این امید طی می شود که در طول زمان نسبت ساختمان های حفاظت شده معکوس خواهد شد.

● از سوی دیگر، با توجه به اینکه از نظر اقتصادی هزینه ساختمان هایی که می تواند در برابر زلزله مقاوم باشند - برای آنکه

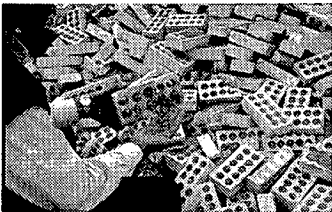
## ۱- دیوارها



تصویر ۴

دوم آنکه در برخی موارد عدم اجرای دقیق آجرچینی پیوستگی اجزاء دیوار را کاهش و امکان بروز آسیب را افزایش داده است. (شکل ۴).

سوم آنکه هنگام واژگونی بسیاری از دیوارها، آجرها از



تصویر ۵

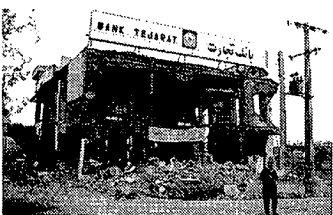
ملاط جدا شده اند که ناشی از عدم زنجایی کردن آجر و نیز استفاده نامناسب از ملاط - علاوه بر ملاط با کیفیت نامناسب- است. (شکل ۵)

نکته قابل توجه دیگر در این گونه دیوارها آن است که بیشتر دیوارهای محوطه‌ای که اندود سیمان شده بودند نسبتاً سالم مانده بودند که خود تاییدی بر افزایش مقاومت دیوارهای آجری است که اندود سیمان نما شده اند.

ب - دیوارهای درون قابی: در اینگونه از دیوارهای درون قابها - قاب فلزی یا بتنی - که دیوارهای غیرباربر پرکننده یا جداکننده هستند به موارد متعددی از آسیب می توان اشاره کرد که در مجموع ناشی از عدم هماهنگی میان واکنش دیوار و قاب در برابر کنش های ناشی زلزله است.

عدم اتصال و مهار مناسب دیوار به ستون - و بادبند - موجب استقلال دیوار از سایر عناصر ساختمان شده است و با توجه به چگونگی حرکت مجموعه ساختمان، آسیب های

وارد از بروز ترک های قطری در دیوار تا تخریب و واژگونی کامل آن متفاوت است. (شکل ۶)



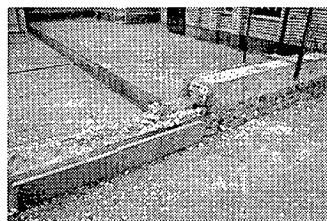
(تصویر ۶)

دیوارهای موجود در منطقه را باید به دیوارهای محوطه، دیوارهای ساختمان های اسکلت فلزی و اسکلت بتنی (دیوارهای درون قابی و دیوارهای باربر) تقسیم کرد که هر یک به نوبه خود، به دلیل مشکلات ناشی از اجرای نامناسب و مقابله با نیروهای وارده ناشی از زلزله، متحمل خسارت های شدیدی شده اند که برخی از موارد قابل ترمیم و بیشتر لازم به تخریب برده اند.

الف: دیوارهای محوطه: اغلب دیوارهای محوطه، با ارتفاع های کم، متوسط و یا زیاد، بدون توجه به آیین نامه ها بدون هیچگونه تمهید ویژه ای جهت انتقال نیروهای جانبی (مانند پشت بندها) نسبت مناسب ضخامت به ارتفاع و یا هرگونه کلاف بندی ساخته شده اند. (آیین نامه ۲۸۰۰)

فروریختن دیوارها از پایه آن که ناشی از ریشه دار نبودن دیوار در زمین است و یا واژگونی دیوار از روی سنگ آزاره ناشی از

عدم وجود هرگونه



(تصویر ۱)

اتصال میان دو قسمت بالایی و پایینی دیوار است که از شایع ترین اشکال آسیب های وارده بر این گونه دیوارها است. (شکل ۱)

در معدود دیوارهایی که به این امر توجه شده است نیز متأسفانه تمهیدات بکار گرفته شده کافی نبوده و میل گرد ها به راحتی از داخل دیوار خارج گشته و موجب فروریختن آن شده اند.

(شکل ۲)



تصویر ۲

در این مورد نکات دیگری نیز قابل توجه هستند: اول آنکه



تصویر ۳

دیوارهای طویل تماماً فروریخته اند که یکی از دلایل آن - واکنش زنجیره ای - عدم اجرای درز انقطاع در طول دیوار است. (آیین نامه ۲۸۰۰). (شکل ۳)

اسکوپ سنگ دارد. اما در عمل سیم‌های به کار رفته در اسکوپ پشت سنگ‌ها یک‌لا و بسیار نازک بوده و در اثر حرکت ساختمان پاره و یا کشیده شده است. (شکل ۹ و ۱۰)



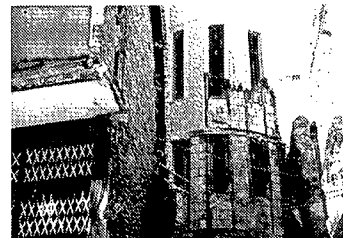
تصویر ۷

نکته دیگری که در بررسی ساختمان‌های اسکلت‌های فلزی و رفتار ساختمان‌های چندطبقه قابل توجه می‌نمود آن است که دیوارها به راحتی از داخل قاب خود خارج شده بودند و یا برعکس با تحمل نیروهای بسیار زیاد وارد شده بر آنها به عنوان دیوار برشی، موجب گسیختگی اتصال میان ستون و تیر شده‌اند. با توجه به وجود بادبند فلزی در داخل قاب بسیاری از

این دیوارها، به نظر می‌رسد که این دیوارها می‌بایست خارج از قاب قرار می‌گرفتند و یا در صورت قرار گرفتن در داخل قاب مانعی برای انعطاف‌پذیری قاب فلزی بوجود نمی‌آوردند. و نیز چنانچه لازم باشد به عنوان دیوار برشی عمل کنند باید اتصال میان دیوار و قاب به گونه‌ای باشد که در رفتار مقاومت سازه موثر و با توجه به محل قرارگیری آن از نظر تقارن در پلان و عدم وجود تغییر ناگهانی سختی در ارتفاع، در محاسبات سازه نیز منظور شود (شکل ۷). (مرکز تحقیقات، ۱۳۷۰، ص ۱۱۴)

قابل توجه است که در ساختمان‌های مشابه، وجود دیوارهای میان قاب‌ها در طبقات بالا موجب کاهش تغییر شکل در این طبقات شده است و در مقابل موجب تمرکز آن در تراز طبقه همکف - که انعطاف‌پذیرتر بوده است - شده‌اند. (مرکز تحقیقات، ۱۳۷۰، ص ۲۴۲)

ج- دیوارهای نماسازی شده (روکار). بیشتر ساختمان‌هایی که با آجر نماسازی شده‌اند دچار آسیب گردیده‌اند. عدم مهار دیوار نماسازی به دیوار باربر آن موجب شده است که با توجه به شکل و ابعاد دیوار و نیز حرکت سازه ساختمان، آسیب‌های متفاوتی از تخریب موضعی تا واژگونی کامل نماسازی آجری مشاهده شود. (شکل ۸)



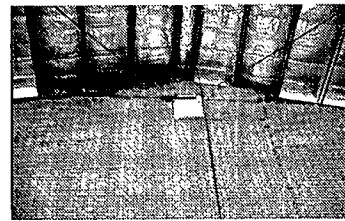
تصویر ۸

در منطقه مورد بازدید، تعداد ساختمان‌هایی که با سنگ پلاک نماسازی شده‌اند قابل توجه هستند. تقریباً تمام نماهای سنگی آسیب دیده و کم و بیش سنگ‌ها از دیوار بستر خود جدا شده و فرو ریخته‌اند. گرچه میزان آسیب سنگ‌ها با توجه به نوع و ابعاد سنگ و نیز حرکت دیوار پشت آن در ساختمان‌های گوناگون متفاوت است، سنگ‌های جابه‌جا شده، آویخته به دیوار و فرو ریخته نشان از توجه به اجرای مناسب و استفاده از



تصاویر ۹ و ۱۰

د- دیوارهای سوله ناهمگونی واکنش در برابر نیروهای وارده و ناسازگاری میان تغییر مکان‌های قاب فلزی و تغییر شکل‌های قابل تحمل به وسیله مصالح بنایی، در بسیاری موارد موجب آسیب‌پذیری دیوار در اینگونه ساختمان‌ها شده است (شکل ۱۱).



تصویر ۱۱

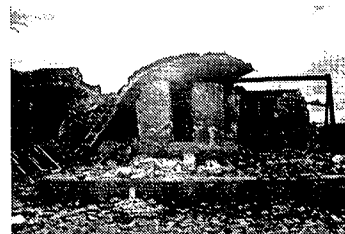
(مرکز تحقیقات، ۱۳۷۰، ص ۲۶۱)

ه- دیوارهای باربر - در این دیوارها عدم توجه به توصیه‌های آیین‌نامه در مورد قرار نگرفتن درزهای قائم آجرها در امتداد یکدیگر، داشتن قفل و بست - هشت‌گیر - و پر شدن درزهای قائم ملات (هرزه ملات) موجب شده است که دیوارها در همین امتداد و محل دچار آسیب شوند. (شکل ۱۲)



تصویر ۱۲

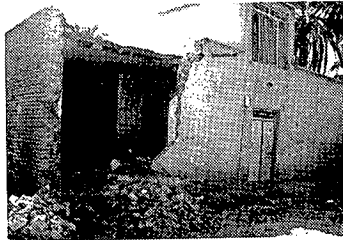
جدا شدن آجر از ملات، بدون آنکه اثری از ملات بروی آن باقی بماند نشان از ضعف ملات و زنجابی نشدن آجرها در زمان اجرا دارد. میزان تناسب سطح بازشوها نسبت به کل سطح دیوار نیز از عوامل مهم پایداری دیوارها است.



تصویر ۱۳

آیین‌نامه و اصول اولیه ساخت اینگونه سقف‌ها بسیار چشمگیر است.

ساختمان‌های بسیار زیادی با سقف طاق ضربی ساخته شده‌اند که به هیچیک از توصیه‌های آیین‌نامه مربوط به زلزله کوچکترین توجهی نشده است. ساختمان‌هایی که نه دارای مهاربندی‌های ضربدری در سطح سقف، نه دارای تکیه‌گاه زیر سقف هستند.



تصویر ۱۵

بدین ترتیب است که در تمام منطقه زلزله‌زده مواجه شدن با هر گونه ناهنجاری و آسیب در این سقف‌ها دور از انتظار نیست.

عدم استفاده از پاتاق و یا استفاده از پاتاق ضعیف و عدم مهاربندی در دهانه آخر طاق‌های ضربی موجب اعمال رانش سقف در این دهانه‌ها و فروریختن آن شده است (شکل ۱۵).

عدم وجود کلاف افقی به عنوان تکیه‌گاه تیرهای طاق ضربی، عدم مهار تیر در تکیه‌گاه و تمرکز تنش در محل استقرار روی دیوار در برخی نقاط موجب حرکت نسبی اجزای سقف نسبت به یکدیگر و در نتیجه فروریختن کامل آن شده است (شکل ۱۶)



تصویر ۱۶

قابل ذکر است که در هیچیک از سقف‌های طاق ضربی اجرای مهاربندی ضربدری مشاهده نشده است (آیین‌نامه ۲۸۰۰). و این سوال مطرح می‌شود که آیا همانگونه که در مقدمه اشاره شد، گمان همگان این نبوده است که در آن محل - با توجه به سابقه طولانی - هرگز زلزله‌ای به وقوع نخواهد پیوست و بدین جهت اجرای این ضربدری (که برای پیشگیری از آسیب‌های ..... عنوان می‌شود) لازم نیست؟

### ۳- کلافبندی

اهمیت و نقش کلافبندی در پایداری سیستم‌های مقاوم در برابر زلزله، به ویژه در ساختمان‌های بنایی و غیرمسلح، قابل انکار نیست. از همین رو است که آیین‌نامه طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله - آئین‌نامه ۲۸۰۰ - اجرای

این نسبت‌ها نه تنها در رفتار ساختمان‌های قدیمی که در ساختمان‌های نوساز نیز تاثیر گذارده است. (شکل ۱۲) (آئین‌نامه ۲۸۰۰).

از بررسی‌های محلی و مقایسه دیوارهای تخریب شده و نیز مقایسه میزان آسیب‌دیدگی آنها تردیدی باقی نمی‌ماند که اجرای انواع اندودهای سیمانی و یا اجرای سنگ پلاک روی دیوار (به علت دوغاب‌ریزی پشت سنگ) نقش مهمی در افزایش پایداری دیوارها داشته‌اند و در مجموع آسیب‌های وارده به این دیوارها نسبت به دیوارهایی که بدون هیچ‌گونه اندود نما ساخته شده‌اند به مراتب کمتر بوده است.

### ۲- سقف

در بررسی آسیب‌های وارده ناشی از عملکرد سقف بر ساختمان‌های خسارت‌دیده از زلزله، در ساختمان‌های سنتی ساخته شده از خشت و گل، سقف‌های گنبدی (با پلان مربع) و یا نیم‌استوانه (با پلان مستطیل) بدون هرگونه عنصر متصل‌کننده کششی یا مهار روی دیوار قرار گرفته بودند. در این صورت است که با عدم انسجام و یکپارچگی سقف، عدم وجود تکیه‌گاه‌های مطمئن برای سقف و مصالح سنگین با مقاومت نسبی بسیار کم (عدم مقاومت در کشش اعمال شده) موجب شده‌اند که با توجه به بزرگی زیاد زلزله، اینگونه ساختمان - با تعداد بسیار زیاد - تخریب گسترده و فراگیر داشته باشد (مرکز تحقیقات، ۱۳۷۶، ص ۱۲۵). در ساختمان‌های نسبتاً نوساز اجرای سقف با طاق ضربی فراگیر بوده و تنها در چند مورد از تیرچه بلوک استفاده شده که بیشتر در ساختمان‌های اسکلت بتنی بوده است. علاوه بر این موارد باید به چند مورد اجرای سوله اشاره کرد که مشکل ویژه‌ای از نظر سقف نداشته‌اند و نیز در یک مورد تعدادی سقف نوساز - به شکل قوسی مشابه سنتی - که علیرغم تمهیدات در نظر



تصویر ۱۴

گرفته شده به علت عدم احراز یکپارچگی لازم - به دلیل اجرای غلط و نامناسب - با مجموعه ساختمان، اغلب از تکیه‌گاه خود جدا شده و تعدادی نیز فروریخته‌اند (شکل ۱۴)

الف - طاق ضربی - آسیب‌های ناشی از تنش‌های اعمال شده در زلزله در این سقف‌ها از بروز چند ترک تا فروریختن کامل آن متغیر و متفاوت است. در ناهنجاری‌های بوجود آمده و خسارت‌های وارد شده نقش اجرای نامناسب و عدم توجه به

● مقطع و تعداد میلگردها به نسبت مقطع بتن نامناسب است و در مواردی نیز کلاف های بتنی با یک و حتی بدون آرماتور اجرا شده اند. (شکل ۱۹)



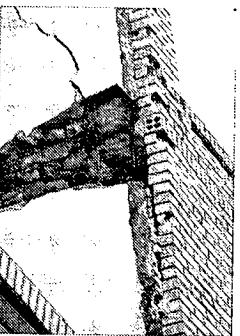
تصویر ۱۹

● فاصله بیش از اندازه مجاز میان خاموت ها (که به کمانش موضعی کلاف و ترکیدگی بتن انجامیده است). گاهی فاصله میان خاموت ها به اندازه ای زیاد است که اصولاً در فاصله نسبتاً طولانی موضع تخریب خاموتی دیده نمی شود. (شکل ۲۰ و ۲۱)



تصاویر ۲۰ و ۲۱

● عدم همپوشانی آرماتورهای کلاف - در ساختمانی تپ که به تعداد ساخته شده است، نه تنها همپوشانی وجود نداشته است بلکه حتی میلگردهای طولی بلافاصل یکدیگر نبوده و با فاصله کار گذاشته شده اند. (شکل ۲۲)



تصویر ۲۲

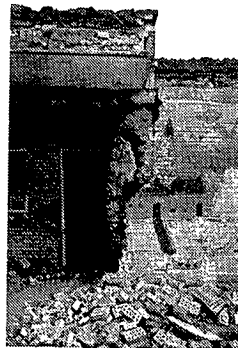
ج - عملکرد - در برخی از ساختمان های ساخته شده با دیوار باربر که در آنها از کلاف های قائم استفاده شده است توجه کافی به دستورالعمل های لازم در این مورد (فاصله کلاف ها، محل آنها، چگونگی

اتصال و یکپارچگی آنها با دیوار و ... ) به عمل نیامده و علیرغم اجرای نسبتاً مناسب کلاف ها - در صورت نگاه مجرد به آنها - به



تصویر ۲۳

کلاف های افقی را در تراز زیر دیوار و روی دیوار در تراز سقف و نیز کلاف های قائم را در فاصله های حداکثر ۴ متر در طول دیوار و ترجیحاً در تقاطع دیوارها در ساختمان هایی با مصالح بنایی الزامی دانسته است (آیین نامه ۲۸۰۰). در میان ساختمان های ساخته شده با دیوار باربر به غیر از تعداد انگشت شماری که با کلاف بندی مناسب ساخته شده اند - و پایداری خود را نیز حفظ کرده اند - کمتر دیوار باربری همراه با کلاف بندی اجرا شده است که به این دلیل و نیز با توجه با فراوانی ساختمان های ساخته شده با دیوار باربر متاسفانه آسیب های وارده بسیار زیاد و گسترده بوده است در این مورد می توان به عدم رعایت آیین نامه طرح ساختمان ها در برابر زلزله در مراحل اجرای شهرک رجایی و شهرک جدید جانبازان - با تخریب ۱۰۰٪ - اشاره کرد. بر اثر حرکت های جانبی ناشی از زلزله، دیوارها که بدون هیچگونه تمهید ویژه ای از نظر کلاف بندی ساخته شده اند به راحتی جابه جا شده و فروریخته اند. در برخی موارد نیز که احداث کلاف های افقی و قائم به چشم می خورد، کلاف ها نتوانسته اند نقش خود را جهت پایداری مجموعه و پیوستگی اجزاء بر عهده گیرند و آسیب ها و ناهنجاری های فراوان و گوناگونی به چشم می خورد که به شرح زیر می توان به آنها اشاره کرد:

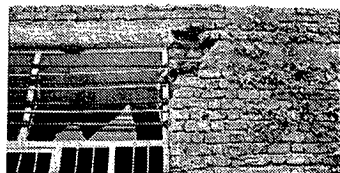


تصویر ۱۷

الف - کیفیت بتن - موارد متعدد تخریب و ناهنجاری ها در نقاط مختلف کلاف نشانگر کیفیت نامطلوب بتن است. مصالح نامرغوب، دانه بندی نامناسب، مقدار کم سیمان، میزان زیاد آب و ویبره نشدن - و در نتیجه تخلخل و پوکی بتن - از جمله عوامل موثر در ایجاد این ناهنجاری ها هستند. (شکل ۱۷)

ب - آرماتورگذاری - علاوه بر نوع آرماتور باید به چگونگی اجرا و میزان آرماتورها در داخل کلاف ها اشاره کرد. در بسیاری از موارد عدم دقت در اجرا، صرفه جویی در مصرف آرماتورها و ... موجب بروز ناهنجاری ها بسیاری شده اند که به برخی از این عوامل به شرح زیر می توان اشاره کرد:

● عدم توجه به علت وجودی کلاف و برداشت غلط از عملکرد آن موجب شده است که در هر نقطه از کلاف - به هر دلیل و به دلخواه - اقدام به قطع آن شود (شکل ۱۸)



تصویر ۱۸

ساختمان‌ها نشان می‌دهد که آسیب‌های وارده ناشی از موارد مختلفی هستند که فراوانی برخی از این نشان‌ها بسیار معنی‌دار است.



تصویر ۲۶

● جابه‌جایی طبقات فوقانی روی طبقه مرتفع همکف (طبقه نرم) با خم شدن و پیچیدن ستون‌ها در طبقه همکف (شکل ۲۶).



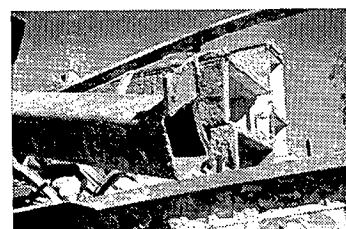
تصویر ۲۷

● عمل نکردن بادبند‌های ضربه‌ریزی داخل قاب به علت رها شدن ورق اتصال بادبند از محل جوش (شکل ۲۷).



تصویر ۲۸

● عدم تحمل تنش‌های وارده بر صفحات اتصال نیمرخ‌های فلزی ستون مشبک به یکدیگر و رها شدن جوش (شکل ۲۸).



تصویر ۲۹

● عدم اتصال مناسب ستون به صفحه زیر ستون (بیس پلیت) و جدا شدن از آن (شکل ۲۹).



تصویر ۳۰

● عدم مقاومت ستون فلزی در برابر نیروی برشی اعمال شده در تراز زیر سقف (شکل ۳۰).

دلیل در نظر گرفته نشدن نقش آنها در مجموعه و اهمیت ترکیب و ترتیب آنها، از ایفای نقش اصلی خود بازمانده‌اند. (شکل ۲۳)

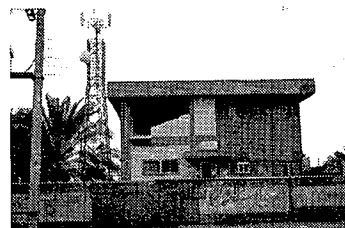
## ۸- اسکلت ساختمان

علاوه بر سازه ترکیبی - اسکلت فلزی و دیوار باربر - که هیچ‌یک نتوانسته‌اند مقاومت مناسبی از خود نشان دهند و تماماً فرو ریخته‌اند (شکل ۲۴)، در بسیاری از ساختمان‌های نوساز منطقه از دو سازه فلزی و بتنی استفاده شده است. آنچه که در این مورد قابل توجه است مقاومت نسبی بهتر ساختمان‌های اسکلت بتنی نسبت به ساختمان‌های اسکلت فلزی در رویارویی و مقاومت در برابر تنش‌های ناشی از زلزله است. ساختمان‌های اسکلت بتنی گرچه از نظر تعداد بسیار کمتر از ساختمان‌های با اسکلت فلزی هستند ولی این



تصویر ۲۴

تعداد کم پایداری نسبی بیشتری را از خود نشان داده‌اند و اگر آسیب دیده‌اند، مانند بسیاری از موارد ساختمان‌های اسکلت فلزی سقف بر سر ساکنان فرود نیامده است و آسیب‌هایی در حد آیین‌نامه بوده که حفظ جان انسان‌ها را در اولویت قرار داده است. (شکل ۲۵).



تصویر ۲۵

بی‌تردید برآورد شدت زلزله - که مشاهده‌ای و غیردستگاهی است - بستگی به عوامل گوناگونی چون فاصله کانونی مکان موردنظر، عمق کانونی، مدت دوام زلزله، نوع خاک، عمق سنگ کف ساختمان، عمق سطح ایستایی و ... از دیدگاه علم زمین‌شناسی دارد. اما آنچه که در نتیجه بررسی‌ها باید مورد توجه مهندسین قرار گیرد تفاوت قابل توجه مقاومت این دو گونه سازه در یک فرآیند است. این نکته از آن رو اهمیت می‌یابد که در زلزله اردیبهشت ۱۳۷۶ منطقه قائنات - جنوب خراسان - با بزرگی ۷/۶ ریشتر که تقریباً همانند بزرگی زلزله بم است، نه تنها موضوع مشابه نبود بلکه بررسی‌ها خلاف آن را نشان می‌دهد. بدین ترتیب که در مجموع، اسکلت‌های فلزی مقاومت بهتر و بیشتری نسبت به اسکلت‌های بتنی از خود نشان داده بودند.

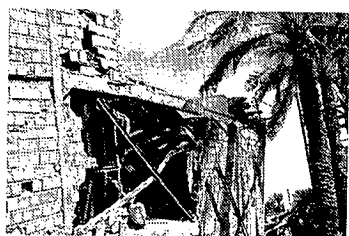
در زلزله منطقه بم بیشتر ساختمان‌های ساخته شده با اسکلت فلزی آسیب جدی دیده‌اند. بررسی میدانی این

بروز این مشکل پابرجا باقی مانده اند - اما به هر ترتیب شروع این حرکت را باید در مرحله اجرای ساختمان و نظارت آن جستجو کرد. گسیختگی اتصال جوش در یک نقطه - بادبند - موجب شده است که فشار وارده بر گره اتصال تیر و ستون افزایش یابد و تمرکز تنش تغییر شکل ستون را در محل اتصال به دیافراگم سقف به دنبال داشته باشد. عدم جوشکاری مناسب نه تنها در عدم کارایی مناسب این بادبندها دخالت داشته بلکه



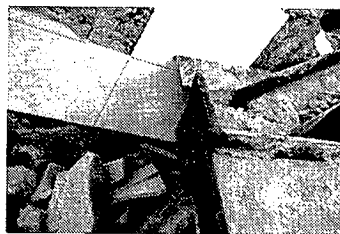
تصویر ۲۴

در اتصال تیر و ستون و نیز تیرهای اصلی و فرعی به یکدیگر هم مؤثر بوده و موجب عدم انتقال و توزیع مناسب بار و گسیختگی در محل اتصال شده است. (تصاویر ۲۳ و ۲۴)



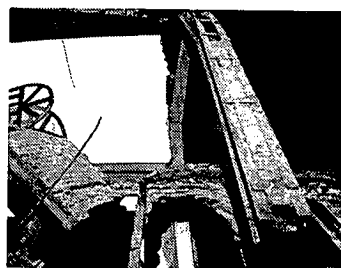
تصویر ۲۵

در ساختمان های ساخته شده با تیرچه بلوک نیز رها شدن اتصال جوش و عدم اجرای میلگرد مورب جهت انتقال برش و مسلح نمودن منطقه اتصال تیرچه به اسکلت فلزی تاثیر مشابهی داشته است. (شکل ۲۵)



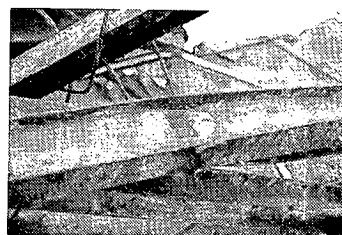
تصویر ۳۱

• عدم مقاومت کافی اتصال تیر به ستون و رها شدن از محل جوش (شکل ۳۱)



تصویر ۳۲

• عدم اتصال تیرهای فرعی به تیر اصلی و تیر اصلی به ستون (شکل ۳۲).



تصویر ۳۳

در یافتن علت جابجایی طبقات فوقانی بر روی طبقه همکف - طبق بزم - گرچه توجه به مراحل مختلف شکل گیری ساختمان به ویژه نقشه های معماری و محاسبات آن ضروری است - زیرا در حالی که تعدادی ساختمان از روی طبقه همکف جابه جا شده و پاپیج خورده اند، تعدادی دیگر بدون

## نتیجه گیری

احتمال صفر زلزله، اجباری است). بدین جهت، به دلیل ناتوانی در پیش بینی دقیق و ممانعت از بروز زلزله - که بدون تردید مدت های مدیدی ادامه خواهد داشت - باید به محدود کردن خسارت های ناشی از آن پرداخت. این حرکت با شناخت دقیق از کنش زلزله، بوجود آمدن زلزله، شکل گیری و پخش امواج، ثبت امواج و... شروع و به احداث ساختمان های مقاوم در برابر زلزله منجر و با نگهداری مناسب ادامه یابد.

۱. زلزله مانند ظهور و نشان یک پدیده قابل رؤیت و احساس است که در مقیاس زمان زمین شناسی تکرار می شود. پس اگر وقوع زلزله های جدید را در مناطقی که پیشتر زلزله در آن اتفاق افتاده است قطعی بدانیم، به آن معنی نیست که از عدم بروز زلزله در منطقه ای که تا به حال در آن زلزله اتفاق نیافتاده است مطمئن هستیم. (در کشور فرانسه محاسبه زلزله اتاسیسات ساختمان های طبقه بندی شده، حتی در مناطق با



مصالح مرغوب که شواهد بر امکان پذیر بودن آن دلالت می کند (ساختمان هایی که با مصالح بسیار خوب در محل ساخته شده اند). بیشترین مشکل را باید در عدم التزام عملی به آیین نامه ها دانست.

اینکه نقشه های اجرایی و محاسبات ساختمان های جدید الاحداث فروریخته تا چه میزان منطبق بر ضوابط بوده است امری است که می باید توسط مسئولین امر پیگیری شود و مانند دستورالعمل های بدون ضمانت اجرایی، باری به هر جهت از آن نگذرند. اما در این میان به نظر نمی رسد که نقشه ای اجرایی فاصله خاموت را بیش از ۶۰ سانتی متر ذکر کند و ممتد بودن آرماتورها (و اصولاً حضور آنها را) لازم شمارد. بدین ترتیب باید به نقش درخور توجه و انکارناپذیر اجرا و نظارت - که بسیار کم رنگ بوده است - توجه کرد و باید امر نظارت بر اجراء که قوانین و ضوابطی دقیق بر آن مترتب نیست، قانونمند گردد. و در پایان پاسخ به این سؤال باقی می ماند که اگر مجری ساختمان تخریب شده خود به نوعی واضع آیین نامه باشد تکلیف چیست؟

**پیشنهاد:** توصیه آن است که مانند بسیاری از کشورهای دیگر ساختمان در برابر هرگونه آسیب ناشی از مراحل نظارت و اجرا، به قیمت روز، بیمه اجباری شود. بدین ترتیب شرکت های بیمه به عنوان بخش خصوصی که منافع مالی خویش را دنبال می کنند به شکل مناسبی بر چگونگی امر نظارت و اجرا نظارت عالی خواهند داشت که نتیجه آن، علاوه بر کم شدن تصدی بخش دولتی، بسیار چشمگیر و غیر قابل قیاس با وضعیت کنونی خواهد بود.

دیگر آنکه نظر به ویژگی های این سرزمین و شرایط حاکم بر کشور و با عنایت به اینکه در بسیاری از نقاط امکان منع ساخت و ساز به شیوه سنتی وجود ندارد. لازم است که در کوتاه ترین زمان ممکن جهت اینگونه ساختمان ها ضوابط و آیین نامه هایی تدوین و به شکل موثری لازم الاجرا گردند.

۲. حفاظت در برابر زلزله و تمامی حرکت هایی که در این راستا صورت می گیرد بستگی به میل حرکت دولت در این زمینه دارد که به وضع آیین نامه ها، دستورالعمل ها و چاپ و نشر آن می پردازد (و مجامع علمی نیز به سهم خود جهت وضع فرم ها و انتشار مدارک علمی لازم به منظور به کارگیری و درک قوانین وضع شده حرکت می کنند). اما یک آیین نامه هر قدر هم پیشرفته باشد، بدون شناخت محدوده کاربرد و تاثیر عملی آن در ساختمان سازی نمی تواند مؤثر واقع شود. امروز ما از مجموعه توانایی هایی علمی، فنی و کاربردی لازم جهت "ساختمان سازی مقاوم در برابر زلزله" یعنی توان محدود ساختن عوارض زلزله برخوردار هستیم، یعنی هنر ساختن به شکلی که ساختمان، هر قدر هم آسیب دیده فرو نریزد. با این وجود در طی کمتر از سه دهه گذشته که با چهار زلزله نسبتاً قابل توجه در نقاط مختلف این مرز و بوم مواجه شدیم، میزان تلفات و خسارت ها به قدری زیاد بود که بسیار دور از ادعاهای یاد شده هستیم.

آیا ضعف را باید در کدام نقطه از مسیر شکل گیری ساختمان جستجو کرد؟ در مبانی و اصول شکل گیری ساختمان، در طراحی معماری، در محاسبات فنی در اجرا و یا نگهداری؟ و شاید در همه موارد؟ روشن است که شکل گیری کالبدی ساختمان ها با گذر از فراز و نشیب هایی چون زنجیر پیوسته و وابسته ممکن گردیده است. بی تردید نمی توان مشکلات و محدودیت های زمانی، مکانی، اقتصادی، نیروی انسانی کارآمد و ... را نادیده گرفت. اما زمانی که تلاش ها می روند که به بار بنشینند و ساختمان شکل گیرد، غفلت و بی توجهی به چگونگی شکل گیری دور از عقل و انتظار می نماید. خسارت های ناشی از اجرای نامناسب ساختمان - علاوه بر خسارت هایی که ناشی از روند برنامه ریزی و طراحی آن است - در تمام عناصر و اجزای ساختاری آن به چشم می خورد. در مرحله اجرا، علاوه بر وجود نیروی انسانی متخصص که به آسانی قابل حل بوده است (با توجه به فاصله کمتر از دو ساعت از شهر کرمان) و استفاده از

### فهرست منابع:

پژوهشکده بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، گزارش مقدماتی شناسایی زلزله، دیماه ۱۳۸۲، تهران، ۱۳۸۲  
ثقفی، محمدجواد، بررسی آسیب های ناشی از اجرای نامناسب در ساختمان های خسارت دیده از زلزله منطقه قائنات، مجله هنرهای زیبا، شماره ۵ و ۴ سال ۱۳۷۸، ص ۶۲-۷۲

دیویدویچی، ویکتور، ساختمان سازی در مناطق زلزله خیز، لومونیتور، پاریس، ۱۹۹۹

کریمی، محمدجعفر، زلزله و ساختمان، انتشارات کرمیت پاریس، تهران، ۱۳۷۸  
 مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، آئین نامه طرح ساختمان ها در برابر زلزله (۲۸۰۰)، تهران  
 مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، سوانح، پیشگیری و امداد، تهران، ۱۳۶۸  
 مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، کنفرانس آزاد زلزله ۳۱ خرداد ماه ۱۳۶۹ منجیل، تهران، ۱۳۷۰  
 مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، زمین لرزه ۲۰ اردیبهشت ۱۳۷۶ زیرکوه قائنات، تهران، ۱۳۷۶  
 وزارت امور خارجه، سیستم های حفاظت در مقابل زلزله برای ساختمان های روستایی، موسسه چاپ و انتشارات تهران، ۱۳۷۲

دیگر منابعی که در نگارش این مقاله مورد استفاده قرار گرفته اند:  
 اداره کل مسکن و شهرسازی آذربایجان شرقی - مجموعه مقالات سمینار مهندسی زلزله و مصالح ساختمان  
 مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن - بازطراحی، تعمیر و تقویت ساختمان ها در نواحی زلزله خیز  
 مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن - ساختمان در مناطق زلزله خیز  
 مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن - ساختمان مسکونی مقاوم در برابر زلزله  
 مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران - ارزیابی رفتار سازه های منطقه زلزله زده قائنات