



اثرات زلزله اول تیر ۱۳۸۱ چنگوره - آوج بر ساختمانهای تمام اسکلت فولادی

مهندس سهیل مجیدزمانی
مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

غیر از ساختمانهایی بنایی که در منطقه زلزله زده اکثربت ساختمانها را تشکیل می دادند ، تعداد محدودی ساختمانهای دارای قاب ساختمانی ساده نیز وجود داشت که آنها نیز دچار تخریب های قابل توجهی شده بودند. ابتدا به خصوصیات عمومی این ساختمانها در دو دسته نیم اسکلت و اسکلت کامل می پردازیم .

الف - خصوصیات ساختمانهای نیم اسکلت

این ساختمانها که تعداد آنها در کل کشور نیز بسیار زیاد است ، دارای سیستم باربر ثقلی مرکب از دیوارهای بنایی در پیرامون پلان خود و ستونهای فولادی در میانه پلان هستند . بی دیوارهای باربر عموماً از شفته آهک به مقطع تقریبی $50 \times 50\text{ cm}$ ساخته شده است و برای ستونهای منفرد نیز پی های بتی تکی اجرا شده اند . سقف این ساختمانها دارای سیستم باربر ثقلی طاق ضربی آجری به همراه تیرهای باربر و تیرچه های فولادی است . سیستم باربر جانبی خاصی در این ساختمانها طراحی نشده است و ظرفیت محدود بشی دیوارهای پیرامونی و تیغه های داخلی تنها عامل مقاوم در برابر بارهای جانبی است. این دیوارها به علت عدم محصور شدن در کلاف های افقی و قائم و یا اسکلت ساختمان ، فاقد شکل پذیری هستند و به علت تردی قابل توجه ، در برابر نیروهای ضربه ای زلزله سریعاً ترک خورده و مقاومت بشی خود را از دست می دهند. اتصال تیرها و ستونها عموماً به وسیله نیشی های نشیمن تکیه گاهی انجام می شود که گیرداری محدودی را تامین میکنند و عملاً نمی توانند ظرفیت خمشی قابل توجهی در جذب و استهلاک انرژی زلزله ارائه کنند .

از مهاربندی های افقی در کف طاق ضربی استفاده نشده است و این کف ها در برابر بار جانبی انعطاف پذیر هستند. همچنین مهاربندی پاطاق سقف طاق ضربی برای جلوگیری از رانش تیر پاطاق تحت فشار قوس آجری در این ساختمانها انجام نشده است . اتصال و انسجام خاصی بین کف طبقات و دیوارهای پیرامونی وجود ندارد و از جزئیات مخصوص اتصال طاق ضربی دیوارهای طاق ضربی و دیوار بنایی بهره گیری نمی شود. مجموعاً این ساختمانها مقاومت ، شکل پذیری و انسجام لازم برای مقابله با نیروی دینامیکی زلزله را ندارند.

ب) خصوصیات ساختمانهای دارای اسکلت کامل

این ساختمانها دارای قاب ساختمانی ساده مرکب از تیرها و ستون های فولادی هستند . سقف ها عموماً از طاق ضربی آجری و یا بلوك و تیرچه بتی تشکیل می شوند . از مهاربندی های قائم در قاب های سازه ای و مهاربندی های افقی در سقفهای طاق

ضریب استفاده نمی شود. (تصویر شماره ۴) اتصال تیرها و ستونها با استفاده از نبشی های نشیمن تکیه گاهی صورت می گیرد که فاقد گیرداری و ظرفیت خمی قابل توجه در جذب و استهلاک انرژی زلزله هستند. ساختمان دارای سیستم باربر جانبی طراحی شده ای نیست و تنها اتکای آن به ظرفیت برشی دیوارهای میانقاب و تیغه های داخلی است. اتصال خاصی بین دیوارهای میانقاب و ستونهای طرفین دیوار ایجاد نشده است و خود دیوارها نیز بدون در نظر گرفتن جزئیات خاص برای ایجاد شکل پذیری یا محدود ساختن مدهای شکست، اجرا شده اند. درمجموع می توان گفت که ساختمانهای با خصوصیات فوق، فاقد مقاومت و شکل پذیری کافی برای تحمل نیروهای زلزله هستند.

در پایان باید اشاره کرد که فقط در یک نمونه از ساختمانهای دارای قاب ساختمانی یعنی ساختمان قوه قضاییه در بخش آوج، از مهاربندهای قائم در قابها استفاده موثری شده بود و این ساختمان فاقد خسارات قابل توجه سازه ای و غیر سازه ای بود. این در حالیست که ساختمان اداره امور اقتصادی و دارائی بخش آوج در مجاورت آن، به دلیل نداشتن سیستم مقاوم جانبی مناسب، دچار خسارات شدیدی شده بود.

پس از شناخت خصوصیات عمومی ساختمانهای مورد بحث، به بررسی خسارات وارد می پردازیم. طبیعی است که علت این خسارات ریشه در ضعف های کلی بیان شده در سطور فوق دارد.

۱. جداشدن دیوارها از قاب ساختمانی و فرو ریختن آنها

علت این امر عدم تعییه عناصر اتصال دهنده قاب و دیوار است. باید توجه داشت که با استفاده از شاخص های فولادی میتوان اتصال لازم را بین دیوار و ستون مجاور ایجاد نمود که روشنی آسان و اجرایی است. (تصویر شماره ۱) اتصال مناسب بین دیوار و سقف را می توان با اجرای رگ آخر اجرچینی با ملات کافی و جا گذاری آجرها با فشار، ایجاد نمود.

همچنین عدم تعییه کلاف های قائم در اطراف بازشوهای بزرگ از دیگر علل فرو ریختن دیوارهای شامل این بازشو ها بوده است. (تصویر شماره ۲)

۲. ترک خوردگی های عمیق برشی دیوارها ای بنایی و ریزش برخی از آنها

علت این آسیب، عدم یک سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی است که دارای مقاومت و شکل پذیری کافی باشد. در فقدان مهاربندها و قاب های خمی، نیروهای جانبی زلزله به دیوارهای ساختمان منتقل میشود و به علت تردی این دیوارها و ظرفیت برشی اندک، ترک خوردگیهای عمیق در دیوارها ظاهر می شود که دارای زاویه حدود ۴۵ درجه با سطح افق هستند و در صورت تکرار چرخه های بارگذاری و باربرداری به صورت ضربدری در آمده و بخش هایی مثلثی شکل از آنها جدا شده و فرو می ریزد. (تصویر شماره ۷ و ۸)

در یکی از ساختمانهای مورد بررسی، علیرغم وجود مهاربند ضربدری در طبقه همکف، به علت عدم اتصال کافی بین ورق اتصال مهاربند و تیر و ستون، عملآ نیروی زلزله به مهاربند منتقل نشده بود. (تصویر شماره ۶، ۹ و ۱۰)

۳. انهدام کامل ساختمان یا طبقه ای از آن

در ساختمانهای دارای قاب ساختمانی ساده و بدون مهاربندی، به علت استفاده از اتصال ساده یانیمه گیردار بین تیر و ستون، ظرفیت خمی قابل توجهی در برابر بارهای جانبی وجود ندارد. اگر به علت تعدد بازشوها و نورگیرها در یک جهت ساختمان، ظرفیت برشی محدود دیوارها نیز موجود نباشد، با تخریب اتصال تیر و ستون و یا تخریب ستون، کل ساختمان یا یک طبقه کامل با تغییر مکان جانبی زیاد منهدم می شود. این اتفاق به ویژه در روتای چنگوره که دارای تعدادی ساختمانهای بزرگ ویلایی بود، اتفاق افتاده است. (تصویر شماره ۱۱)

۱-۳- دلایل تخریب اتصال تیر و ستون

یکی از اتصالات بسیار رایج در منطقه آوج شامل سوراخ کردن قوطی فولادی و عبور تیر فولادی I شکل از میان ستون است . (تصویر شماره ۵) بار ثقلی تیر به وسیله نبشی های تکیه گاهی به ستون منتقل می شود . به دلایل زیر این اتصال در برابر نیروی جانبی بسیار ضعیف است :

- الف) تضعیف شدید ظرفیت لنگر خمیستون در محل اتصال به دلیل بریده شدن بالهای آن
- ب) ضعف لبه های بریده شده مقطع قوطی ستون در برابر کمانش ورق تحت بار محوری توام با حرکت جانبی
- ج) انتقال نیروی محوری بال تیر به ستون بدون استفاده از ورق های سخت کننده و پیوستگی در جان ستون
- د) قابلیت تغییر شکل نبشی های نشیمن تکیه گاهی و خارج شدن آنها از زاویه قائم که نشان دهنده عدم توانایی انتقال لنگر خمیستون بین تیر و ستون است . (تصویر شماره ۱۲)

۲-۳- دلایل تخریب ستون در مجاورت اتصال تیر و ستون

ستون قوطی فولادی در مقایسه با تیرهای پیوسته I شکل عوری از محل اتصال ، دارای ظرفیت خمیستون کمتری است و اصل تیر ضعیف و ستون قوی در انتخاب اندازه اعضاء رعایت نشده است . بنابراین تشکیل مفصل پلاستیک در ستون مقدم بر تشکیل این مفاصل در تیرها است و این مکانیزم بسیار نامطلوب است . علاوه بر این نیروی محوری ثقلی نیز در ستونها وجود دارد که با اضافه شدن به لنگر خمیستون وارد از تیر ، به راحتی از پوش ظرفیت باربری ستون تحت اثر همزمان نیروی محوری و لنگر تجاوز می کند . (تصویر شماره ۱۳)

نکته دیگر ، استعداد ذاتی ورق نسبتاً نازک قوطی فولادی برای کمانش است که باعث افت ظرفیت خمیستون می شود . در غیاب ورق های پیوستگی و سخت کننده ، نمی توان انتظار داشت که مقطع قوطی فولادی نورده شده ، عملکرد مناسبی تحت بار زلزله داشته باشد . (تصویر شماره ۱۴).

۴. آسیب های واردہ به خرپشته ساختمانها

در چندین مورد دیده شد که خرپشته ساختمانهای دو یا سه طبقه علیرغم آسیب اندک طبقات پایین ، خود دچار ترک خوردنگی های قابل توجهی شده اند . علت این امر تشدید حرکات ساختمان در تراز فوقانی برای قطعات الحاقی است که در زلزله های دیگر نیزگزارش شده است . (تصویر شماره ۱۵)

۵. فرو ریختن آخرین دهانه طاقهای ضربی آجری

در موارد متعدد مشاهده شد که آخرین دهانه طاق ضربی به علت عدم استفاده از میلگردهای مهار پاطاق و تحت رانش قوس آجری فرو ریخته است .

۶. خارج شدن نعل درگاه از دیوار

در یکی از ساختمانهای مورد بازدید در بخش آوج مشاهده شد که به علت عدم اتصال مناسب مقطع قوطی فولادی نعل درگاه با اجرچینی مجاور ، این عضو از دیوار خارج شده است . ریزش دیوار در این مورد مشاهده نشد ، اما اصولاً این امر محتمل است . (تصویر شماره ۳)

نتیجه گیری

با توجه به بزرگی زلزله ۸۱/۴/۱ منطقه آوج که در حدود ۶/۳ ریشتر برآورد شده است ، میزان خسارات واردہ به ساختمانها از حد انتظار بیشتر بوده است . با توجه به مشاهدات محلی ، دلیل اصلی این خسارات قابل توجه ، عدم رعایت اصول اولیه مهندسی زلزله در طرح و اجرای ساختمانها بوده است . ساختمانهای مورد بازدید دارای سیستم مقاوم جانی مشخص و طراحی شده ای نبودند ، اتصالات قابها همگی ساده و یا نیمه گیردار بودند ، از مهاربندی قائم اثربخش نمی شد و عناصر سازه ای مانند تیغه ها به خوبی در جای خود تثبیت نشده بودند . تنها در یک مورد یعنی ساختمان قوه قضائیه بخش آوج به دلیل طرح و اجرای اصولی و عدم ضعف سازه ای ، خسارت قابل توجهی وارد نشده بود که نشاندهنده تاثیر مهم رعایت اصول مهندسی در اینمنی بناهاست .



تصویر شماره ۱- فرو ریختن دیوار میانقاب در یک ساختمان ۲ طبقه در بخش آوج



تصویر شماره ۲- فرو ریختن دیوار میانقاب شامل بازشوی بزرگ در یک ساختمان ۱ طبقه در روستای چنگوره



2002/ 6/25 11:41am

تصویر شماره ۳- خارج شدن نعل درگاه از دیوار در یک ساختمان اداری در بخش آوج



2002/ 6/25 12:35pm

تصویر شماره ۴- اسکلت نمونه فولادی رایج در منطقه آوج شامل تیرها و ستونها با اتصال ساده و بدون مهاربندی



2002/ 6/25 12:56pm

تصویر شماره ۵- اتصال نمونه رایج تیر و ستون در اسکلت‌های فولادی منطقه آوج



تصویر شماره ۶- نمای عمومی ساختمان امور اقتصادی بخش آوج



تصویر شماره ۷- ترک خورده برشی دیوار میانقاب در ساختمان تصویر ۶



تصویر شماره ۸- ترک خورده برشی و ریزش تیغه جدادر در ساختمان تصویر ۶



تصویر شماره ۹- تنها مهاربندی قابل رویت در ساختمان تصویر شماره ۶



تصویر شماره ۱۰- اتصال غیرقابل قبول مهاربند و تیر و ستون در ساختمان تصویر شماره ۶



2002/ 6/25 4:21pm

تصویر شماره ۱۱- انهدام طبقه همکف یک ساختمان ۳ طبقه در روستای چنگوره



2002/ 6/25 4:21pm

تصویر شماره ۱۲- انهدام اتصال تیر و ستون در ساختمان تصویر ۱۱



تصویر شماره ۱۳- خرابی ستون در مجاورت اتصال تیر و ستون در ساختمان تصویر شماره ۱۱



تصویر شماره ۱۴- بریده شدن کامل مقطع ستون در تراز سقف زیرزمین در ساختمان تصویر ۱۱



تصویر شماره ۱۵- ترک خوردگی دیوارهای خرپشته بام در ساختمان اداری در بخش آوج