

به نام خدا

گروه مهندسی ME2CH

رمز گذاشته شده

برای فایل‌های رمزدار

WWW.ME2CH.COM

منبع این کتاب:

WWW.ME2CH.ROZBLOG.COM

& @ME2CH



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 اکثریت 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 . پی دیوارهای باربر عموماً از شفته آهک به مقطع تقریبی $50 \times 50 \text{ cm}$ ساخته شده است و برای ستونهای منفرد نیز پی های بتنی 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 برشی 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 برشی خود را از دست می دهند . اتصال تیرها و ستونها عموماً به وسیله نبشی 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 پاتاق سقف طاق ضربی برای جلوگیری از رانش تیر پاتاق 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 و دیوارهای طاق ضربی و 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 بلوک و تیرچه بتنی تشکیل می شوند . از مهاربندی های قائم در قاب های سازه ای و مهاربندی های افقی در سقفهای طاق

ضربی 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 خمشی 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. در مجموع 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 وارده می پردازیم. طبیعی است که علت این خسارات ریشه در ضعف های کلی بیان شده در سطور فوق دارد.

۱. جداسدن دیوارها از قاب ساختمانی و فروریختن آنها

علت این امر عدم تعبیه عناصر اتصال دهنده قاب و دیوار است. با دید توجه داشت که با استفاده از شاخک های فولادی میتوان اتصال لازم را بین دیوار و ستون مجاور ایجاد نمود که روشی آسان و اجرایی است. (تصویر شماره ۱) اتصال مناسب بین دیوار و سقف را می توان با اجرای رگ آخر اجرایی با ملات کافی و جا گذاری آجرها با فشار، ایجاد نمود. همچنین عدم تعبیه کلاف های قائم در اطراف بازشوه های بزرگ از دیگر علل فرو ریختن دیوارهای شامل این بازشو ها بوده است. (تصویر شماره ۲)

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

علت این آسیب، عدم سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی است که دارای مقاومت و شکل پذیری کافی باشد. در فقدان مهاربندها و قاب های خمشی، 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، عملاً 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 خمشی 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 ویا تخریب ستون، کل ساختمان یا یک طبقه کامل با تغییر مکان جانبی زیاد منهدم می شود. این اتفاق به ویژه در روستای چنگوره که دارای تعدادی ساختمانهای بزرگ ویلایی بود، اتفاق افتاده است. (تصویر شماره ۱۱)

۳-۱- 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 ثقیلی 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 خمشی ستون 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 درجان ستون
- د) قابلیت تغییر شکل نبشی های نشیمن تکیه گاهی و خارج شدن آنها از زاویه قائمه که نشان دهنده عدم توانایی انتقال لنگر خمشی بین تیر و ستون است. (تصویر شماره ۱۲)

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

ستون قوطی فولادی در مقایسه با تیرهای پیوسته I شکل عبوری از محل اتصال، دارای ظرفیت خمشی 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 ثقیلی نیز در ستونها وجود دارد که با اضافه شدن به لنگر خمشی وارده از تیر، به راحتی از پوش ظرفیت باربری ستون تحت اثر همزمان نیروی محوری و لنگر تجاوز می کنند. (تصویر شماره ۱۳).

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

۴. آسیب های وارده به خرپشته ساختمانها

در چندین مورد دیده شد که خرپشته ساختمانهای دو یا سه طبقه علیرغم آسیب اندک طبقات پایین، خود دچار ترک خوردگی های قابل توجهی شده اند. علت این امر تشدید حرکات ساختمان در تراز فوقانی برای قطعات الحاقی است که در زلزله های دیگر نیز گزارش 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 پاتاق 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 وارده 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 جانبی مشخص و طراحی شده ای نبودند ، اتصالات قابها همگی ساده و یا نیمه گیردار بودند ، از مهاربندی قائم اثری دیده 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 ایمنی بناهاست .



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



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



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



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



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 خوردگی برشی دیوار میانقاب در ساختمان تصویر ۶



تصویر شماره ۸- ترک خوردگی برشی و ریزش تیغه جداگر در ساختمان تصویر ۶



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



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



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



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