

بررسی آسیب ها در ساختمانهای اسکلت فلزی شهر بم

دسته بندی روشهای مقاوم سازی سازه های آسیب دیده در زلزله

منصور ترابی زاده^۱، حامد صفاری^۲

۱- کارشناس ارشد سازه بخش مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان

۲- دانشیار بخش مهندسی عمران دانشگاه شهید باهنر کرمان

Torabi_Mansoor@Yahoo.Com

خلاصه

در این مقاله خصوصیات فیزیکی وضعف های سازه های اسکلت فلزی که در عملکرد لرزه ای سازه تأثیر می گذارد مورد بحث قرار می گیرد و راهکارهایی جهت مقاوم سازی خرابیهایی که در اثر زلزله در سقف، اتصالات و غیره این سازه ها به وجود آمده، ارائه شده است. دسته بندی روشهای انجام شده تعمیر و تقویت اجزای ساختمان همانند، پی ها، سیستم مهاربند جانبی، سقف و مهاربندها در شهر بم هدف اصلی این مقاله است. هدف از این روشها می تواند تعمیر یک ساختمان به منظور کسب مقاومتی باشد که آن ساختمان قبل از زلزله دارا بوده است، و یا هدف میتواند توسعه مقاومت یک ساختمان و ایجاد شکل پذیری بیشتر برای مقابله با زلزلههایی باشد که در آینده رخ خواهد داد.

کلمات کلیدی: مقاوم سازی، آسیب پذیری، عملکرد لرزه ای

مقدمه

با بررسی زلزله های ثبت شده در تاریخ ایران می توان دریافت که هرچند یک بار زلزله شدیدی در یکی از مناطق ایران رخ داده و سبب بروز خسارات فراوان گردیده است. احیای ساختمانهای آسیب دیده، در کنترل بحران پس از زلزله و همچنین حفظ سرمایه ملی، موثر می باشد. در این تحقیق آسیب پذیری لرزه ای ساختمانهای با اسکلت فلزی شهر بم در مقابل نیروهای ناشی از زلزله و اثراتی که طرح نامناسب یا فرمهای ساختمانی در نارسایی عملکرد بهینه یک سیستم سازه ای فولادی خواهد داشت، مورد بحث قرار گرفته است. در ادامه شیوه های تقویت و مقاوم سازی عناصر سازه ای و غیر سازه ای در ساختمان های آسیب پذیر خصوصاً ساختمان های آسیب دیده در اثر زلزله پنجم دیماه ۱۳۸۲، ارائه گردیده است.

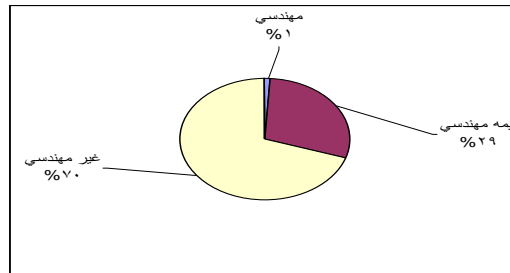
ساختار سازه ای ساختمانهای شهر بم

ساختمانها ساخته شده در شهر بم را می توان به سه دسته کلی مهندسی، نیمه مهندسی و غیرمهندسی تقسیم بندی نمود. ساختمانهای مهندسی به ساختمانهایی گفته میشود که دارای اسکلت فلزی و یا بتنی بوده که سیستم مقاومت جانبی آن تعریف شده باشد و یا ساختمان آجری با دیوار باربر به همراه شناژ باشد. ساختمانهای نیمه مهندسی به ساختمانی گفته میشود که نیروی ثقل توسط اسکلت عمدتاً فلزی و یا ترکیبی از اسکلت فلزی و یا دیوار بار بر غیر مسلح تحمل می شود و برای مقابله با نیروهای جانبی تمهیدی در نظر گرفته نشده است. ساختمانهای غیرمهندسی به ساختمانهایی اطلاق می شود که بار قائم و جانبی توسط دیوارها با مصالح بنایی و یا خشتی غیر مسلح تحمل می شود.

بر اساس مطالعات آماری انجام گرفته نمودار شکل (۱)، بر روی ساختمان های شهر بم در سال ۱۳۷۵، از کل ساختمانهای موجود در شهر بم، ۲۹٪ ساختمانها غیرمهندسی، ۷۰٪ ساختمانها نیمه مهندسی و تنها ۱٪ از ساختمانهای موجود در شهر بم بصورت مهندسی ساخته شده است [۱].

^۱ مدرس بخش مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان

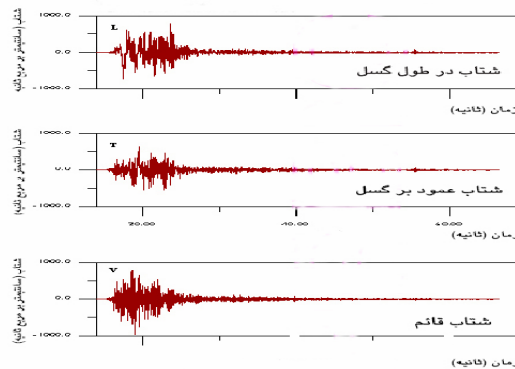
^۲ عضو هیئت علمی بخش مهندسی عمران دانشگاه شهید باهنر کرمان



شکل ۱- ساختار سازه ای ساختمان های شهر بزم سال ۱۳۷۵ [۱].

پارامترهای مهم زلزله بزم

شهر بزم و حومه که در ارتفاع ۱۰۹۴ متر از سطح دریا واقع شده است، بر روی گسل واقع گردیده است تاریخ نشان می دهد که در گذشته بارها زلزله های با دامنه آسیب پذیری کم رخ داده است. براساس گزارش مرکز ژئوفیزیک دانشگاه تهران در ساعت ۵/۲۸ دقیقه صبح روز پنجم دی ماه ۱۳۸۲ زلزله ای به بزرگی ۶/۳ در مقیاس ریشتر منطقه شهرستان بزم از استان کرمان واقع در جنوب شرقی ایران را لرزاند، مولفه های شتاب زلزله در جهت قائم برابر شتاب جاذبه زمین عمود بر جهت گسل ۰/۶۳۶ برابر شتاب جاذبه زمین و در طول گسل ۰/۷۹۴ برابر شتاب جاذبه زمین گزارش شده است شکل (۲) [۲].



شکل ۲- شتاب نگاشت زلزله بزم [۲].

دلایل ضعف سازه های اسکلت فلزی

در بررسی های انجام گرفته در منطقه زلزله زده بزم و مطالعات صورت گرفته بر روی سازه های اسکلت فلزی عامل عمده ضعف سازه های اسکلت فلزی را بطور کلی می توان در چهار دسته تقسیم بندی نمود.

- ضعف طراحی: طراح بدلیل عدم شناخت صحیح نسبت به رفتار انواع سیستم های سازه ای و عملکرد آن در هنگام وقوع زلزله قادر به انجام محاسبات صحیح نبوده است.

- ضعف اجرایی: نبودن دتایل های اجرایی و محاسباتی و وجود افراد فاقد صلاحیت فنی، عدم آشنایی استاد کاران (در بخش های مختلف سازه ای از جمله آرماتور بند، قالب بند، جوش کار و بتن ریز) نسبت به اصول صحیح اجرایی، باعث پائین آمدن سطح کیفیت در سازه های اسکلت فلزی شده است.

- عدم کنترل نظارت بر اجرا: بدلیل نداشتن کنترل بر عوامل اجرایی و کار نهایی بیشتر عملیات ساختمانی خالی از نقص و ضعف نبوده و لذا کیفیت کار اصلی با کار انجام شده و طرح و نقشه های اصلی تفاوت داشته. بیشتر ساختمان های شهر بزم فاقد نظارت فنی بوده و یا اینکه کنترل های فنی بطور ضعیف صورت گرفته است.

- مشکلات اقتصادی و عدم آگاهی مردم به فرهنگ ساخت: بعلت وجود ساختمان سازی بصورت شخصی و سلیقه ای و نداشتن آگاهی مالک ساختمان به اصول صحیح ساخت و ساز و همچنین با حذف کردن و یا ضعیف کردن مقاطع پروفیل به علت ضعف اقتصادی مالک ساختمان، از عوامل تاثیر گذار در آسیب پذیری سازه ها می باشد.

دلایل آسیب پذیری کف ستون ها در زلزله بزم

(۱) ابعاد نامناسب کف ستون و عدم توزیع مناسب بار که به علت تمرکز تنش باعث گسیختگی در پی شده است (شکل ۳).

(۲) استقرار نامناسب ستون بروی کف ستون در صورتیکه ابعاد کف ستون برای نیروهای خارج از مرکز طراحی نشده است (شکل ۴).



شکل ۴- استقرار نامناسب ستون بر روی کف ستون.



شکل ۳- کوچک بودن کف ستون.

(۳) سطح مقطع کم میل مهارها، بخصوص در کف ستون‌هایی که بادبند نیز به آنها متصل شده است (شکل ۵).

(۴) لقی پیچ مهارها در کف ستونها بطوریکه در هنگام وقوع زلزله احتمال خارج شدن صفحه ستون از محل رزوه وجود دارد، که در سازه‌های اسکلت فلزی به علت شتاب قائم و همچنین نیروی برکنش بادبندی این عمل در بعضی از سازه‌ها رخ داده است.

(۵) عدم یکپارچگی کف ستونها بطوریکه کف ستونها از صفحات وصله شده اجرا گردیده.

(۶) کوتاه بودن طول رزوه در میل مهارها بطوریکه فاصله کافی برای بستن پیچها باقی نمی‌ماند و کف ستون در محل رزوه شده قرار می‌گیرد که این عمل خود باعث ضعف در برابر نیروهای برشی در کف ستونها، به علت کاهش سطح مقطع میل مهارها در محل رزوه می‌باشد (شکل ۶).

(۷) نامناسب بودن کیفیت، بعد و طول جوش.

(۸) پوسیدگی کف ستونها در اثر تماس با رطوبت به علت اینکه معمولاً کف ستونها در پائین تراز سطح زمین قرار دارند و در اثر بارندگی و شستوی کف ساختمان و موارد دیگر رطوبت به آنها می‌رسد و به تدریج باعث پوسیدگی کف ستون می‌گردد.



شکل ۶- کوتاه بودن طول رزوه در میله مهار و پارگی میله مهار.



شکل ۵- کم بودن سطح مقطع میله مهارها - لقی پیچ میله مهارها - عدم یکپارچگی کف ستون ها.

دلایل تخریب سقفها در زلزله بم

سقفها عمدتاً از نوع طاق ضربی بدون مهاربندهای افقی بوده که بدلیل وزن زیاد و عدم انسجام و وجود بازشوهای بزرگ دچار خسارت کلی شده‌اند. در بعضی موارد سنگینی سقف باعث شکست تمامی ستونها شده بطوریکه سقف یکپارچه فروریخته است. نبودن اتصالات کافی در محل اتصال سقف به ستونها و همچنین به علت وجود مؤلفه قائم زلزله اینگونه خرابی‌ها حادث شده است. سقف‌های تیرچه بلوک عملکرد مناسب تری را در برابر بارهای جانبی از خود نشان داده‌اند فقط در بعضی موارد که ضخامت سقف تا حدود ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر نیز اجرا گردیده است به علت سنگینی سقف ستونها دچار کم‌انرژی شده‌اند، ولی سقف یکپارچگی و انسجام خود را از دست نداده است. شکسته شدن بلوکها و ریختن آنها یکی دیگر از عوامل ضعف سقف‌های تیرچه بلوک به شمار می‌رود که در هنگام زلزله جان ساکنین را تهدید می‌کند. در نتیجه نقص‌های عمده در سقفهای طاق ضربی عبارتند از:

الف) عدم صلبیت کافی و انتقال مناسب نیروی زلزله به سیستم مقاوم باربر جانبی (شکل ۷).

ب) عدم پیوستگی سقف با اسکلت ساختمان.



شکل ۷- سقف با صلبیت ناکافی

سیستم‌های مقاومت جانبی در ساختمان‌های فولادی شهر بم

طی مشاهدات انجام شده در شهرستان بم تعداد قابل توجهی از ساختمان‌های فلزی موجود در شهر بم بکلی فاقد هرگونه سیستم باربر در برابر زلزله بوده و بدون هیچگونه سیستم مهاربندی، از قاب ساده و یا قاب با اتصالات خورجینی و یا این که از سیستم مهاربندی بسیار ضعیف با پرکننده های میان قابی ساخته شده‌اند، که صرفاً قابلیت تحمل بارهای قائم را داشته‌اند. که در هر دو حالت به علت سختی کم و عملکرد مناسب پرکننده های میان قابی، قابها تحت تاثیر نیروی زلزله کمتری قرار گرفته اند و ساختمان تخریب کلی نگردیده است شکل (۸و۹). در تعدادی از سازه‌های بادبندی شده نیز به علت عدم توزیع مناسب محل مهاربندها سختی جانبی ساختمان توسط سیستمی از بادبندها با پلان U شکل تامین گردیده است که این امر باعث ایجاد فاصله بین مرکز سختی با مرکز جرم شده که عامل بروز پیچش در ساختمان گردیده است، همچنین در بسیاری از سازه‌های مهندسی که تقریباً اصول اولیه محاسبه در آنها رعایت گردیده بود به دلیل اجرای نامناسب و نبودن شکل‌پذیری در محل اتصالات در همان چند لحظه اولیه پس از وقوع زلزله، بادبند دچار گسیختگی شده و باقی زمان، سازه بدون مهاربند در برابر زلزله دچار آسیب‌پذیری شده است.



شکل ۹- عملکرد مناسب پرکننده های میان قابی.



شکل ۸- قاب بدون مهاربند با سختی کم.

اصول پایه انجام اصلاحات در تعمیر و مقاوم سازی

- ۱- ممکن است ساختمان با جایگزینی محدود مصالح تخریب شده تعمیر گردد
- ۲- می‌توان اجزاء غیر قابل تعویض سازه‌ای و اتصالات آنها را به روش‌هایی از جمله افزایش ضخامت قطعه و اندازه آن، مسلح نمودن بیشتر المان مورد نظر و یا افزایش مقاومت اتصالات تقویت نمود.
- ۳- سیستم‌های ساختمانی را میتوان با افزودن دیوارهای برشی و یا مهاربندهای قائم تقویت نمود، و به منظور کاهش دهانه، در بعضی حالات میتوان تعداد ستونها را افزایش داد و در اسکلت‌های فلزی میتوان اتصالات ساده برشی را به اتصال صلب نزدیک کرد. در تمام این حالات طراح باید اطمینان حاصل نماید که یک مسیر مناسب و پایدار جهت تحمل بار در سیستم سازه تغییر یافته برقرار شده است.
- ۴- گاهی ممکن است با برداشتن تعداد طبقات فوقانی از وزن سازه و نتیجتاً از نیروی‌های ناشی از زلزله که به سازه وارد می‌شود کاست.
- ۵- چون که پریرود سازه اصلاح شده ممکن است کوتاهتر شود و یا پاسخ‌های لرزهای آن افزایش یابند لذا ضروری است که مقاومت لرزهای چنین سازه‌ای اصلاح شده مجدداً ارزیابی شود [۳].

روش های تقویت سیستم مهاربند جانبی ساختمانهای فلزی شهر بم

در قاب های خمشی و سیستم های مهاربندی شده آسیب دیده در شهر بم جهت تقویت این قابها از کاهش نیروها در قاب های موجود با تعبیه اجزای قائم باربر جانبی جدید استفاده گردیده است. و سعی شده است که به صورت متقارن تعدادی از قابها را با افزودن مهاربند و یا میانقاب مسلح و یا تقویت میانقابها مقاوم گردند اشکال (۱۰ تا ۱۳).



شکل ۱۱- اضافه کردن بادبند ضربدری



شکل ۱۰- اضافه کردن بادبند ۸ شکل



شکل ۱۳- اضافه کردن میانقاب مسطح در قاب خمشی.



شکل ۱۲- تقویت میانقاب ها با آرماتور.

مقاوم سازی سقف های طاق ضربی

جهت صلب نمودن سقفهای طاق ضربی مراحل زیر انجام شده است:

- (ب) اجرای نبشی برش گیر روی تیرهای طاق ضربی
- (د) اتصال تیرهای طاق ضربدری به وسیله ورق به یکدیگر

- (الف) اجرای شبکه آرماتور روی سقف
- (ج) اتصال آرماتورهای سقف به اسکلت
- (ه) بتن ریزی سقف



شکل ۱۵- اجرای بتن.



شکل ۱۴- تقویت سقف.

روشهای مقاوم سازی شالوده ها

مقاوم نمودن شالوده ها به دو روش زیر انجام گردیده است:

الف) افزایش مقاومت تکیه گاه (خاک) شالوده بوسیله ایجاد پی های اضافی بزرگتر زیر پی های موجود (شکل ۱۶).

ب) افزایش وزن شالوده بوسیله پی های اضافی و بستن آنها به پی های موجود و غیره.



شکل ۱۶ - تقویت شالوده ها

نتیجه گیری

۱- از مهمترین دلایل عمده ضعف سازه های اسکلت فلزی اجرا شده، مخصوصاً در شهر بم ضعف طراحی، ضعف اجرایی، عدم کنترل و نظارت کافی بر اجرا، مشکلات اقتصادی و عدم آگاهی مردم به فرهنگ ساخت ساختمان نام برد.

۲- در ضعف های دیده شده در ساختمانهای اسکلت فلزی می توان عدم استفاده از نیروهای متخصص در ساخت را از مهمترین دلایل تخریب ساختمانها دانست.

۳- سقف های طاق ضربی بدلیل وزن زیاد و عدم صلبیت از مقاومت کافی در برابر نیروی زلزله برخوردار نیستند، که در ساختمانهای شهر بم مشاهده گردیده است.

۴- از دیگر معایب ساختمانهای اسکلت فلزی اجرا شده می توان به عدم توجه به سیستم مقاوم در مقابل نیروهای جانبی اشاره نمود. که به صورت مشخص ساختمانهای اسکلت فلزی شهر بم یا فاقد هرگونه سیستم باربر در برابر زلزله بوده و یا اینکه از سیستم مهاربند بسیار ضعیف استفاده شده بود.

۵- در روش های مقاوم سازی و تقویت سازه های آسیب پذیر خصوصاً سازه های آسیب دیده پس از زلزله، روش های تعمیر و تقویت اجزای زیر توصیه گردیده است :

الف) مقاوم سازی پی ها

ب) مقاوم سازی سیستم های مهاربند جانبی

ج) مقاوم سازی سقف

مراجع

[۱] "سالنامه آماری استان کرمان سال ۱۳۸۰"، سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کرمان

[۲] مرنندی، س. م.، رهگذر، ر.، صفاری، ح (۱۳۸۲)، "تحلیل ساختمان های آسیب دیده زلزله شهر بم و حومه"، انتشارات شرکت ساختمانی و راهسازی ۱۱۵.

[۳] ناطقی الهی، ف (۱۳۷۸)، "راهنمای مقاوم سازی ساختمان های فولادی موجود"، انتشارات بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، چاپ اول.