

باسمه تعالی

زلزله‌ی کرمانشاه، نقطه‌ی عطف

ساخت‌وسازها در کشور

بخش سوم: طراحی، اجرا و نظارت در سازه‌های

فولادی

شرکت بین‌المللی بازرسی کالای تجاری IGI



زمستان ۱۳۹۶

۱. ساختمان‌های فولادی

عمده‌ی وجوه تخریب مشاهده شده در ساختمان‌های فولادی، شامل موارد زیر می‌گردند:

- ✓ نبود سیستم باربر جانبی یا گسیختگی آن (استفاده‌ی غیراصولی از مقاطع در اعضای مهاربندی؛ اجرای نادرست اتصالات خمشی؛ اجرای نادرست اتصالات مهاربندی؛ اجرای نامناسب لقمه‌ها؛ وصله‌ی غیراصولی مهاربندها؛ اجرای غیراصولی مهاربند واگرا؛ لاغری زیاد اعضای مهاربندی؛ و ...)
 - ✓ پدیده‌ی طبقه‌ی نرم (به خصوص در جهت قاب خمشی)
 - ✓ تخریب پیچشی سازه (توزیع نامتقارن دهانه‌های مهاربندی در پلان)
- با بازرسی دقیق و کارشناسی سازه‌ها و بررسی ابعاد گوناگون حوادث رخ داده در زلزله‌ی کرمانشاه، می‌توان مقصرین را به ترتیب زیر اولویت‌بندی نمود:

۱. اجرا

۲. نظارت

۳. طراحی

۴. آیین‌نامه‌های لرزه‌ای

بدین ترتیب، مشکلات اصلی در اجرا و نظارت، به صورت زیر خلاصه می‌شود:

- ✓ کیفیت پایین مصالح (در بخش ۱ به تفصیل بررسی شده است)
 - ✓ کیفیت نامناسب جوشکاری و یا عدم جوشکاری (در بخش ۲ به تفصیل بررسی شده است)
 - ✓ ایرادات اساسی اتصالات خمشی از جمله ضعیف بودن و یا عدم وجود ورق‌های روسری و غیره
 - ✓ عدم توجه به اجزای غیرسازه‌ای (میان‌قاب‌ها، تیغه‌ها، جان‌پناه‌ها و غیره)
 - ✓ عدم توجه به جزئیات اجرایی
 - ✓ تفاوت اجرا با نقشه‌های طراحی
 - ✓ اجرای نادرست کف ستون‌ها
- عمده‌ی مشکلات مشاهده شده در ارتباط با طراحی سازه‌ها نیز به صورت زیر دسته‌بندی می‌گردد:
- ✓ استفاده از مقطع نامناسب در ستون‌ها و هم‌چنین اعضای مهاربندی (مسبب ایجاد تغییرشکل‌های زیاد طبقه و وقوع پدیده‌ی طبقه‌ی نرم)
 - ✓ به کارگیری غیراصولی سیستم مهاربندی واگرا

✓ عدم پیکربندی ورق‌های مهاربندی، اتصال مستقیم آن به ورق جان ستون و عدم اتصال مناسب به تیر

✓ نامنظمی پیچشی قابل توجه سازه به دلیل عدم توزیع متقارن دهانه‌های مهاربندی در پلان

✓ پتانسیل ایجاد پدیده‌ی طبقه‌ی نرم به دلیل ارتفاع نامتناسب طبقات

✓ عدم طراحی کف ستون‌ها

✓ عدم توجه به اجزای غیرسازه‌ای

✓ عدم توجه به شرایط خاک محل در ساخت و سازها

✓ عدم رعایت ضابطه‌ی تیر ضعیف-ستون قوی

✓ عدم طراحی ستون‌های اطراف مهاربند در سازه‌های فولادی برای بار زلزله‌ی تشدید یافته

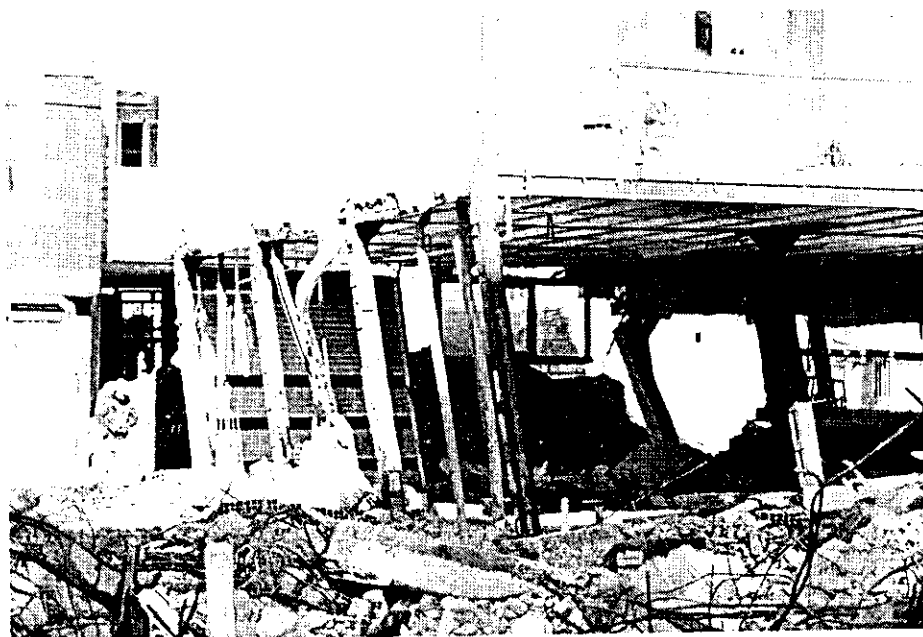
همچنین در ارتباط با آیین‌نامه‌ها، برخی تجدیدنظرها بسیار ضروری می‌نماید. به عنوان مثال، وضع الزامات جدید و سخت‌گیرانه‌ای برای اجزای غیرسازه‌ای، می‌تواند از بروز حوادثی مشابه با آن چه در سرپل ذهاب مشاهده شد، جلوگیری کند.

همان‌طور که ذکر شد، مشکلات متعددی در سازه‌های فولادی مشاهده شده است. با در نظر گرفتن مشکلات مشاهده شده، تلاش شده تا عیوب مشترک در قالب نمونه‌های موردی آورده شده و تحلیل گردند. در ادامه، پاره‌ای از موارد فوق در قالب مثال‌های عینی بیان می‌گردند.

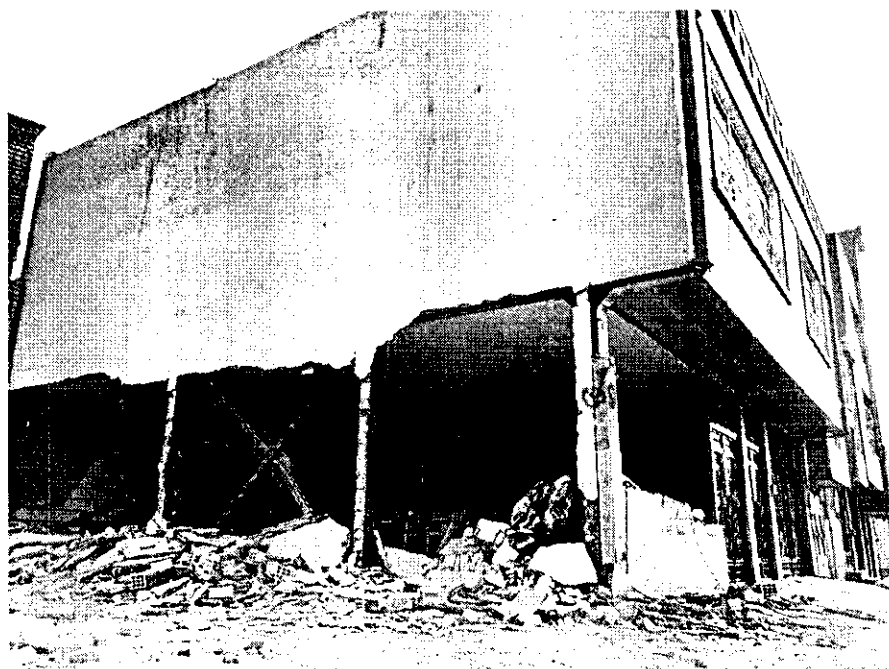
در شکل ۱ تا شکل ۳، یکی از موارد متعدد مشاهده شده در مناطق مزبور مشاهده می‌شود. تغییرشکل‌های زیاد منجر به آسیب به اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای بوده که در نتیجه تغییرشکل‌های ماندگار به ساختمان‌ها تحمیل شده است. همچنین در تعداد زیادی از این ساختمان‌ها، مهاربندها دچار کماتش خارج از صفحه شده‌اند.



شکل ۱- کماتش خارج از صفحه‌ی مهاربندها

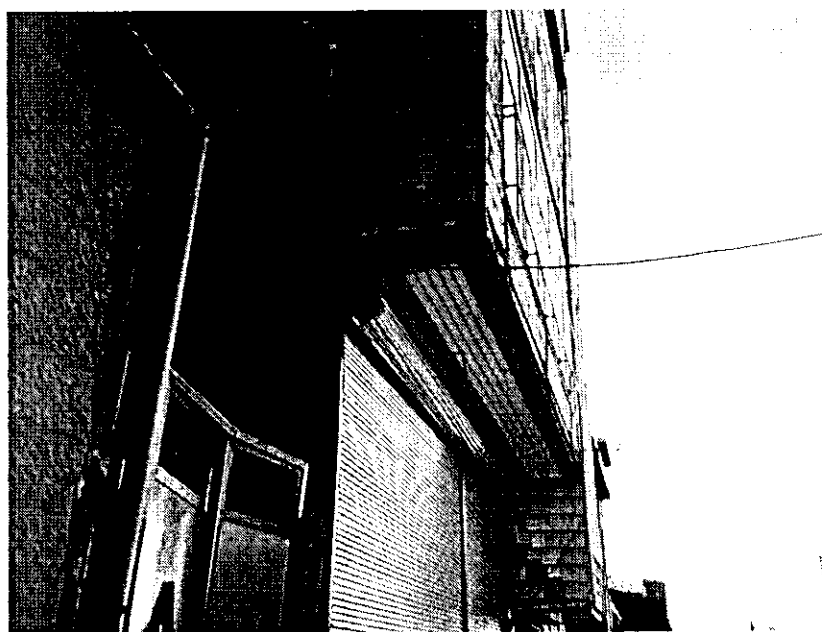


شکل ۲- کماتش خارج از صفحه مهاربند و تخریب دیوارهای غیرسازه‌ای به دلیل تغییر شکل‌های زیاد



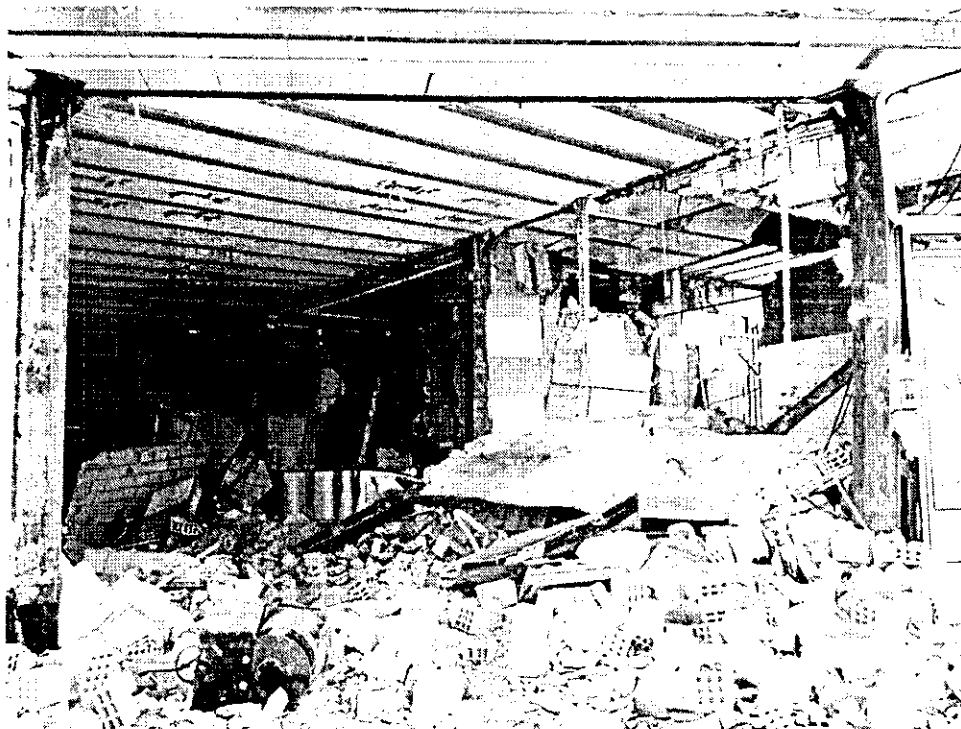
شکل ۳- کمناش مهربند و تخریب دیوار غیرسازه‌ای

عدم کفایت ستون‌های ساختمان فلزی و کمناش جانبی آن، منجر به تحمیل تغییرشکل‌های ماندگار در شکل ۴ شده است.



شکل ۴- تحمیل تغییرشکل دائم به ساختمان

تخریب دیوارهای غیرسازه‌ای به دلیل تغییرشکل‌های زیاد که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، یکی از نتایج مشکلاتی است که در بالا به آن‌ها اشاره شد.



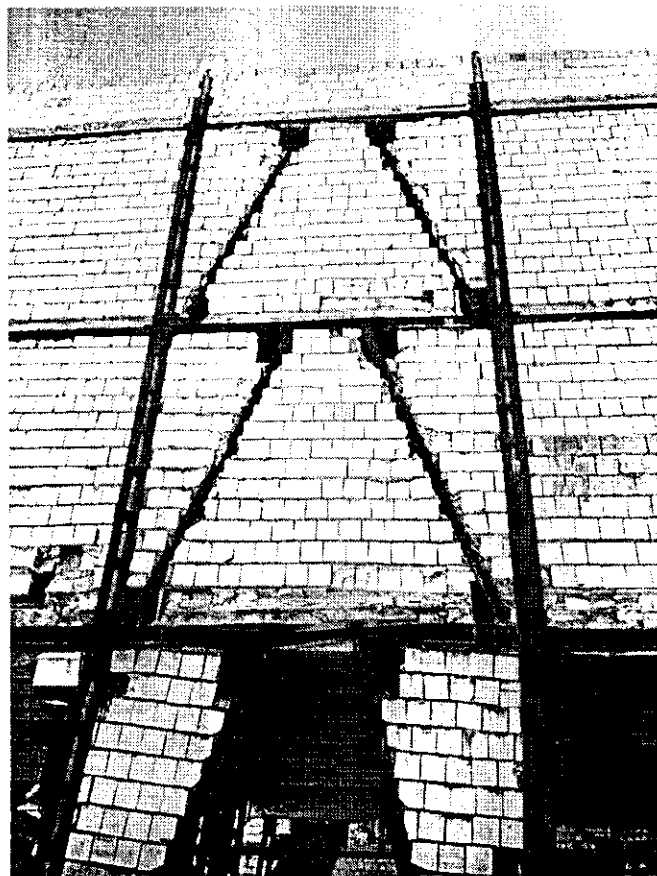
شکل ۵- تخریب دیوارهای غیرسازه‌ای به دلیل تغییرشکل‌های زیاد

شکل ۶ یک ساختمان فلزی مهاربندی شده را نمایش می‌دهد. ساختمان مورد نظر یک ساختمان فولادی سه طبقه دارای سیستم مهاربندی جانبی در یک جهت می‌باشد. ساختمان مورد نظر تغییرشکل‌های ماندگار قابل توجهی را تجربه نمود. عدم استفاده از جزئیات مناسب برای دیوارهای پیرامونی منجر به تخریب و فروریزش آنها شده است. با توجه به شکل مشخص است که مهاربندهای مورد استفاده کفایت بارهای وارده را نداشته و دچار کماتش خارج از صفحه شده است. همچنین تخریب پیچشی سازه (استفاده از بادبند در یک جهت و عدم استفاده از سیستم مهاربند مناسب در جهت دیگر) نیز نقش اساسی در ایجاد تغییرشکل‌های گسترده در این ساختمان داشته است.



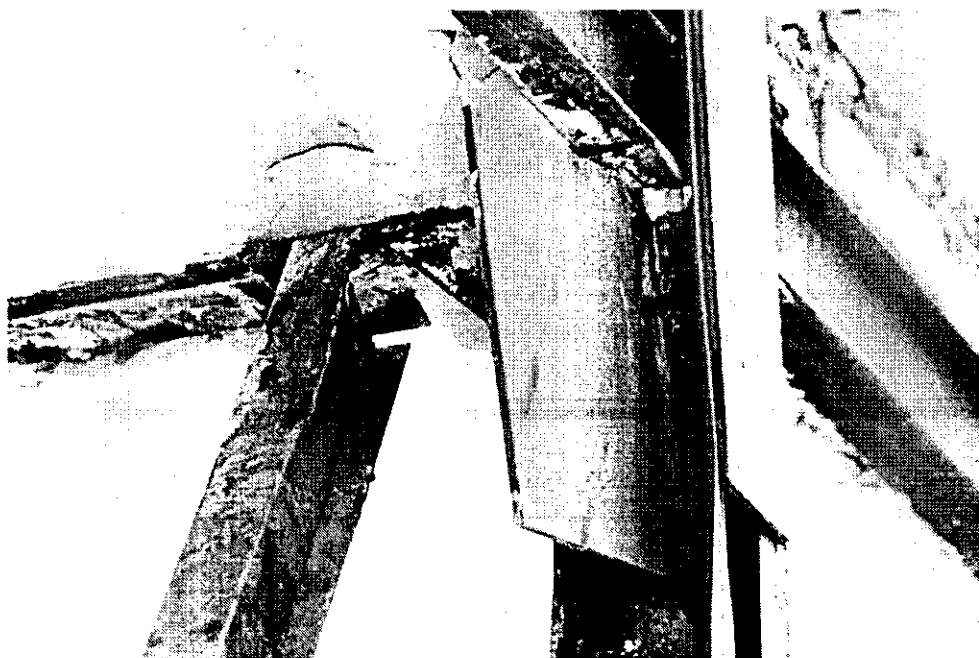
شکل ۶- کمانش خارج از صفحه‌ی مهاربند، تخریب پیچشی و ریزش دیوارهای غیرسازه‌ای

در تعداد زیادی از ساختمان‌ها، از سیستم سازه‌ای مناسبی استفاده نشده است. به عنوان مثال، در شکل ۷، عدم کنترل تیرهای پیوند برای نیروهای نامتعادل ناشی از مهاربند خارج از مرکز (واگرا) کاملاً مشهود است.



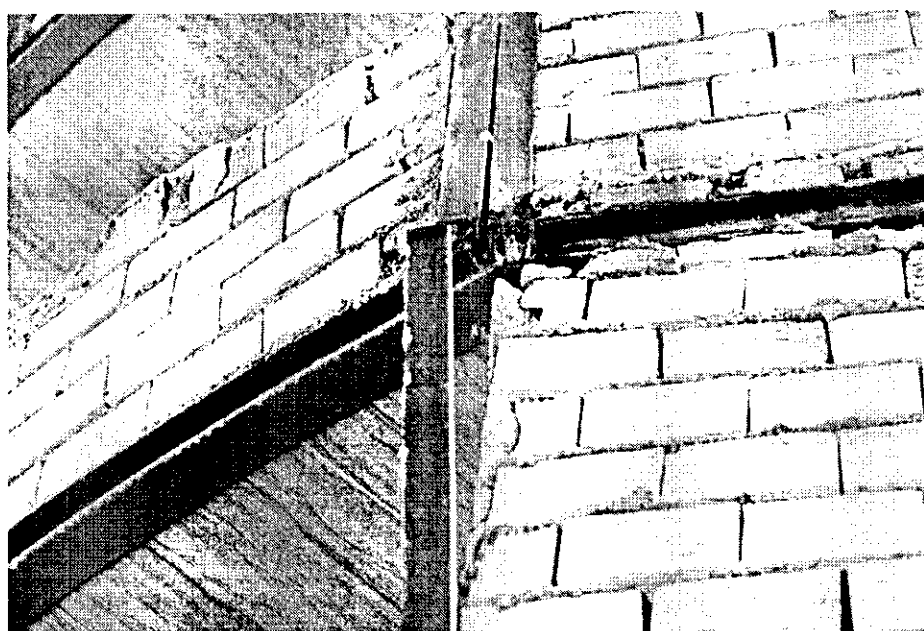
شکل ۷- استفاده از سیستم سازه‌ای نامناسب و عدم کنترل تیرهای پیوند برای نیروهای نامتعادل ناشی از مهاربند خارج از مرکز

ساختمان شکل ۸، یک ساختمان فلزی مهاربندی شده می‌باشد. در ساختمان مورد نظر عدم استفاده از جزئیات اجرایی مناسب، منجر به آسیب به ساختمان شده است. مطابق شکل جوش ورق اتصال مهاربند به ستون از کیفیت مناسبی برخوردار نبوده و تحت بارهای وارده دچار شکستگی شده است. به علاوه مهاربند نیز به صورت کامل از این ورق جدا شده است. همانگونه که از شکل قابل مشاهده می‌باشد، ورق اتصال مورد نظر به تیر فوقانی نیز متصل نشده است. عدم استفاده از جزئیات مناسب به منظور اتصال دیوارهای غیرسازه‌ای به اجزای سازه‌ای نیز منجر به تخریب و فروریزش آنها در اثر تغییر شکل‌های زیاد شده است.



شکل ۸- شکستن جوش اتصال ورق اتصال مهاربند به ستون و همچنین عدم اتصال این ورق به تیر فوقانی

اجرای نامناسب اجزای غیرسازه‌ای، از رایج‌ترین مشکلاتی است که در کل منطقه‌ی زلزله‌زده مشاهده می‌شود. در شکل ۹ تا شکل ۱۱، مواردی از این دست قابل مشاهده است. حتی در سازه‌های صنعتی نیز این مشکل فراگیر بوده است (شکل ۱۲ و شکل ۱۳).



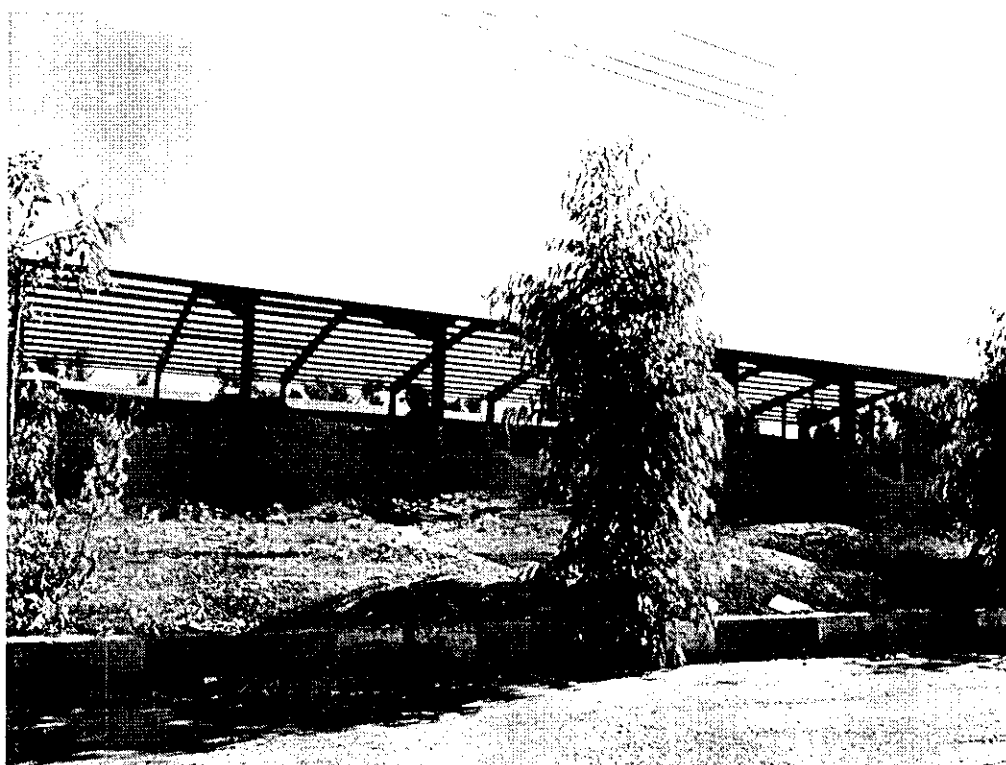
شکل ۹- اتصال نامناسب والپست‌های مهار دیوارهای غیرسازه‌ای



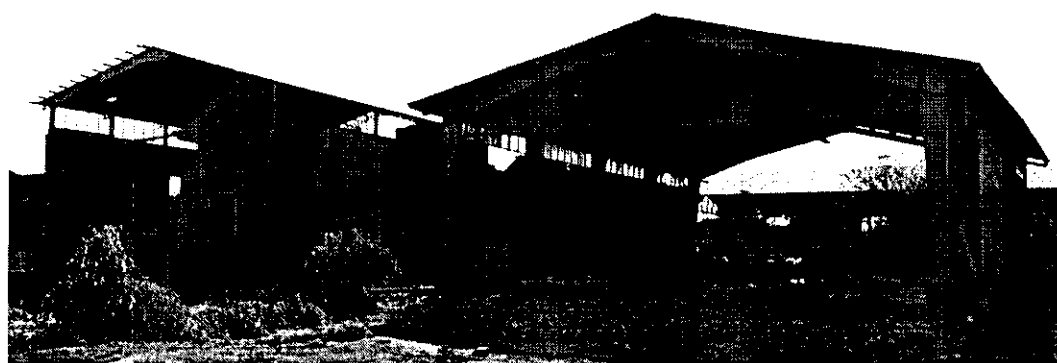
شکل ۱۰- عدم استفاده از جزئیات مناسب به منظور مهار دیوارهای غیرسازه‌ای



شکل ۱۱- تخریب اعضای غیرسازه‌ای در عین پایداری کلی سازه

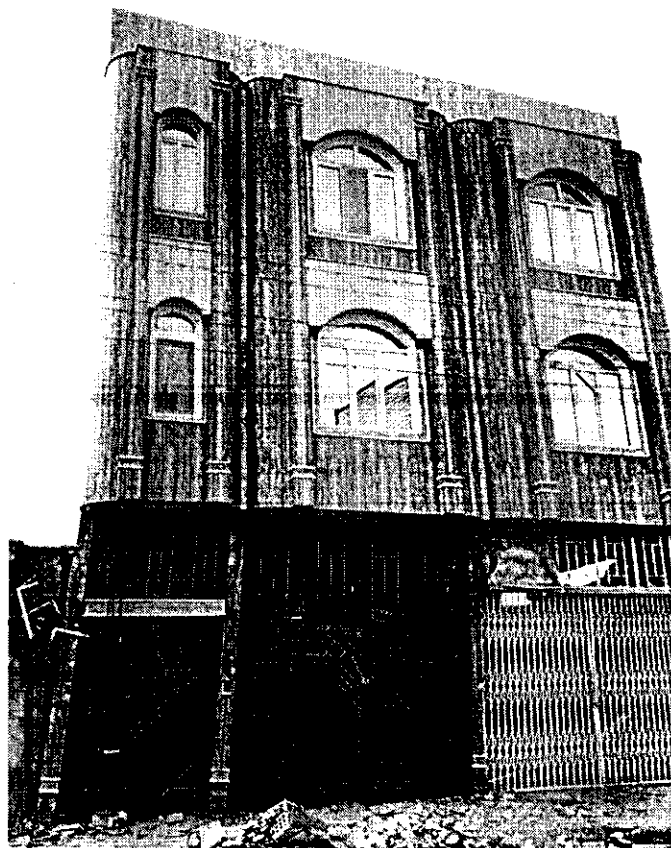


شکل ۱۲ - عدم مه‌ر مناسب دیوارها پیرامونی به اعضای سازدهای در یک ساختمان سوله صنعتی



شکل ۱۳ - تخریب اعضای غیرسازدهای در عین پایداری کلی ساختمان‌های سوله صنعتی

تغییر شکل ماندگار قابل توجه در جهت مهاربندی نشده به دلیل «عدم کفایت مقاطع در تحمل بارهای جانبی»، و همچنین به دلیل «وجود طبقه‌ی نرم و تخریب دیوارهای غیرسازدهای در اثر تغییر شکل‌های زیاد»، به ترتیب در شکل ۱۴ و شکل ۱۵ کاملاً مشخص است.



شکل ۱۴- تغییر شکل ماندگار قابل توجه در جهت مهاربندی نشده ناشی از عدم کفایت مقاطع در تحمل بارهای جانبی

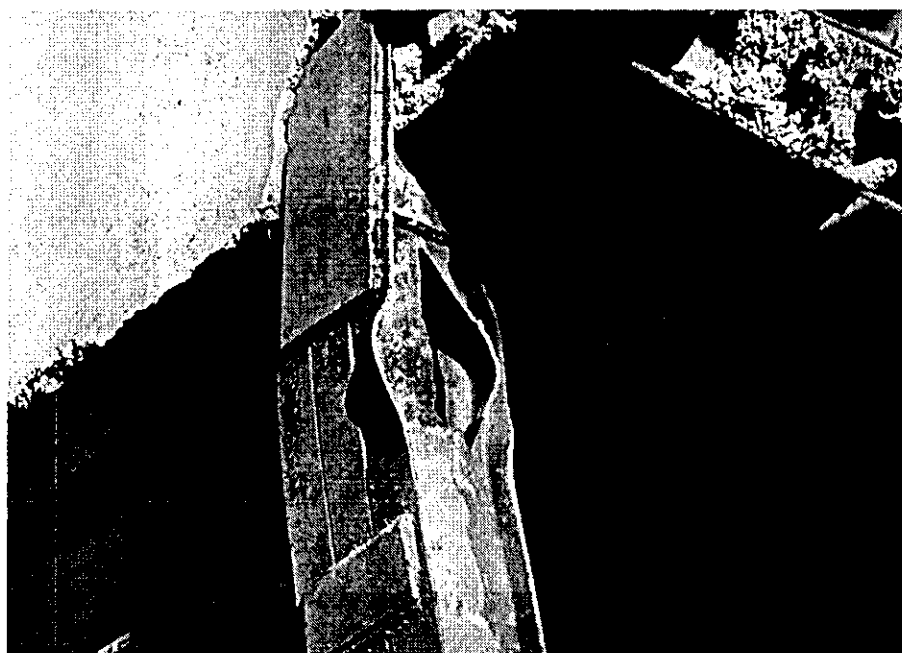


شکل ۱۵- تغییر شکل ماندگار قابل توجه در جهت مهاربندی نشده به دلیل وجود طبقه نرم و تخریب دیوارهای غیرسازدای در اثر تغییر شکل‌های زیاد

در شکل ۱۶، عدم کفایت مقطع ستون و کمانش کلی و موضعی آن، و همچنین در شکل ۱۷، اتصال مهاربند به جان ستون، عدم کفایت جوش اتصال مهاربند به ستون، ظرفیت ناکافی ستون و کمانش کلی و موضعی آن قابل مشاهده است.



شکل ۱۶ - عدم کفایت مقطع ستون و کمانش کلی و موضعی آن



شکل ۱۷ - عدم کفایت جوش اتصال مهاربند به ستون، ظرفیت ناکافی ستون و کمانش کلی و موضعی آن

۲. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

به موجب این زمین‌لرزه، خسارت‌های قابل‌توجهی به ساختمان‌ها وارد شد. نکته‌ی قابل‌توجه در مورد خسارت‌های ناشی از این زمین‌لرزه، این است که در کنار آسیب به ساختمان‌های بنایی و قدیمی که عموماً طراحی مهندسی ندارند، خسارت‌های شدیدی به ساختمان‌های جدید ساخت که طراحی مهندسی شده‌اند، وارد شده است. در این بخش، دلایل اصلی خرابی‌ها و خسارات مرتبط با طراحی، اجرا و نظارت در ساختمان‌های فولادی بررسی گردید.

مهم‌ترین مسئله در 'ارتباط با مجری، عدم وجود مجری ذیصلاح است. عدم تطابق نقشه‌های طراحی با نقشه‌های اجرایی و اعمال تغییرات غیرمهندسی در آن‌ها، ضعف‌های اجرایی، ناآگاهی، عدم استفاده از ملزومات نوین و تلاش برای به حداقل رساندن هزینه‌های ساخت، در آسیب‌ها اثر قابل توجهی داشتند. به علاوه، سیستم حاکم بر اجرا، به نحوی است که پرداخت جریمه به شهرداری‌ها، باعث پوشاندن تخلف می‌شود که این مسئله، به منبع درآمدی برای شهرداری‌ها نیز تبدیل شده است؛ حال آن که خطرات جدی ساکنین این ساختمان‌ها را تهدید می‌کند.

سیستم‌های نظارتی به جهت عملکرد ضعیف، بازیگر مهمی در خسارات وارده شده محسوب شوند. ضعف نخست این است که فقط یک نفر به عنوان ناظر بر کل فرآیند ساختمان‌سازی (سازه، تأسیسات، برق) معرفی می‌گردد. همچنین این ناظر، به صورت «سوری» برای ساختمان تعریف می‌شود؛ بدین ترتیب که افراد انگشت‌شماری برای نظارت در کل منطقه وجود دارند؛ حال آن که حداقل حضور و نظارت را بر اجرا داشته و با پرداخت حق‌الزحمه‌ی نظارت به این اشخاص و تأیید آن‌ها، مجوز بهره‌برداری از ساختمان‌ها صادر می‌شود. در نتیجه ساکنان این ساختمان‌ها، هزینه‌های زیادی را پرداخت می‌کنند، بدون این که هیچ نظارتی بر خانه‌های آن‌ها صورت گرفته باشد.

مهندسان طراح تأثیر کم‌تری در آسیب‌ها داشتند؛ اما برخی موارد، علی‌رغم تأکید در آیین‌نامه‌ها، مورد توجه آن‌ها قرار نگرفته است. به عنوان مثال، طراحی خاصی برای اجزای غیرسازدای لحاظ نمی‌شود؛ حال آن که با بررسی خسارات وارد شده به مناطق زلزله‌زده، مشاهده می‌شود میزان آسیب‌های تحمیل شده ناشی از این اجزا بسیار زیاد بوده است. به علاوه در ساختمان‌های متعددی، نقشه‌های لازم برای ساخت، به صورت از پیش آماده، از شهرداری تهیه شده و در اختیار مجری قرار می‌گرفته است.

در همین راستا، راهکارها و پیشنهاداتی که با بررسی تمام موارد مطرح شده در این گزارش می‌توان تبیین کرد، به شرح زیر هستند:

- ۱- در ارتباط با ضوابط و مقررات، بعضاً نیاز به اصلاحاتی وجود دارد. از جمله این که در استاندارد ۲۸۰۰، صرفاً به این مطلب اشاره شده که «ساختمان‌های با اهمیت متوسط در اثر زلزله‌ی طرح، آسیب عمده‌ی سازه‌ای و غیرسازدای نبینند و تلفات جانی در آن‌ها حداقل باشد». حال آن که این

تعریف کلی، نمی‌تواند راهگشای طراحان در طراحی مناسب باشد؛ و این که تلفات باید چه میزان باشد تا «حداقل» بیان شده در آیین‌نامه برآورده شود؟ ضمن این که برای زلزله‌ی بزرگ‌تر از طرح، هیچ ضابطه‌ای وضع نشده است. هم‌چنین این آیین‌نامه به نحوی است که انتظار عملکرد مطلوبی را از بیمارستان‌ها در همه‌ی زلزله‌ها ندارد. لذا استاندارد ۲۸۰۰ و مقررات ملی ساختمان، اگرچه متهم اصلی این زلزله محسوب نمی‌شوند، اما ارتقا و اصلاح آن‌ها با درس‌های ویژه‌ی این زلزله، لازمه‌ی داشتن آینده‌ی پایدار و ایمن است. در همین راستا، بازنگری و به‌روزرسانی استانداردها و مقررات ملی ساختمان و جلوگیری از کلی‌گویی و بیان اطلاعات کیفی، ضروری است.

۲- به جزئیات اجزای غیرسازه‌ای در طراحی‌ها و اجرا، توجه ویژه‌ای شود.

۳- نظامات اداری در کشور جهت جلوگیری از تفاوت نقشه‌های طراحی شده و اجرایی و هم‌چنین جلوگیری از انجام ساخت‌وساز توسط افراد فاقد صلاحیت و ضرورت توجه به مجری و ناظر ذیصلاح، تقویت و اصلاح گردند. به علاوه باید تصمیماتی مبنی بر قبول مسئولیت‌ها، جدی شمردن وظایف و قبول قصورات و کوتاهی‌ها اتخاذ شود و سازوکار ویژه‌ای برای سیستم‌های نظارتی و آزمایش‌های بازدارنده، که در ساختمان‌ها اهمیت ویژه‌ای دارند، تعریف گردد.

۴- آموزش در ابعاد گوناگون، از مهندسان طراح و مجریان گرفته تا ساکنان ساختمان‌ها، می‌تواند آسیب‌های ناشی از زلزله را به حداقل برساند. در نتیجه اتخاذ تدابیر لازم در این زمینه می‌تواند چاره‌ساز باشد.