

**گزارش زمین‌لرزه ۲۱ آبان‌ماه ۱۳۹۶ سرپل ذهاب
استان کرمانشاه (ویرایش پنجم)**

**جلد سوم
سازه و شریان‌های حیاتی**

۵ دی‌ماه ۱۳۹۶



پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

عناوین جلد‌ها

۱-۳۶

جلد اول: جنبه‌های زلزله‌شناسی

فصل اول: لرزه زمین ساخت، لرزه‌خیزی و مدل‌سازی حرکت قوی زمین

۳۷-۱۲۱

جلد دوم: پدیده‌های ژئوتکنیکی

فصل دوم: اثرات ساختگاهی

فصل سوم: ناپایداری‌های زمین‌شناختی و ژئوتکنیکی ناشی از زمین‌لرزه

۱۲۲-۳۸۷

جلد سوم: سازه و شریان‌های حیاتی

فصل چهارم: ارزیابی سریع ساختمان‌ها

فصل پنجم: ساختمان‌های بتن آرمه

فصل ششم: عملکرد ساختمان‌های با اسکلت فولادی

فصل هفتم: ساختمان‌های مصالح بنایی

فصل هشتم: عملکرد ساختمان‌های مسکن مهر

فصل نهم: بررسی موردی علل تخریب دو ساختمان فولادی کنار هم

فصل دهم: شریان‌های حیاتی

فصل یازدهم: سازه‌های صنعتی

فصل دوازدهم: عملکرد لرزه‌ای امکانات فیزیکی شبکه درمان

فصل سیزدهم: رفتار انواع سازه مدارس

فصل چهاردهم: رفتار اعضای غیر سازه‌ای

۳۸۸-۴۳۱

جلد چهارم: مدیریت بحران

فصل سیزدهم: بررسی مقدماتی فرایند مدیریت بحران

فهرست مطالب جلد سوم

صفحه	عنوان
	فصل چهارم: ارزیابی سریع ساختمان‌ها
و	پیشگفتار
۱۲۲	۴-۱- مقدمه
۱۲۲	۴-۲- برنامه بازدید
۱۲۲	۴-۲-۱- اولویت‌های برنامه بازدید
۱۲۵	۴-۲-۲- پیشنهاد برنامه بازدید (ویرایش اول)
۱۲۶	۴-۳- فرم‌های ارزیابی سریع آسیب ساختمان‌ها
۱۲۷	۴-۳-۱- فرم ارزیابی سریع آسیب ساختمان‌های فولادی و بتنی
۱۳۳	۴-۳-۲- فرم ارزیابی سریع آسیب ساختمان‌های مصالح بنایی
۱۳۸	۴-۴- نمونه‌ای از فرم‌های تکمیل‌شده به ترتیب ساختمان‌های فولادی-بتنی- مصالح بنایی
	فصل پنجم: ساختمان‌های بتن آرمه
۱۴۱	۵-۱- مودهای شکست ساختمان‌های بتن آرمه
۱۴۶	۵-۲- بررسی عملکرد ساختمان‌های بتن آرمه
۱۵۷	۵-۳- نظر کارشناسی
	فصل ششم: عملکرد ساختمان‌های با اسکلت فولادی
۱۵۹	۶-۱- ساختمان‌های با اسکلت فولادی
۱۵۹	۶-۲- مودهای اصلی شکست
۱۶۱	۶-۲-۱- گسیختگی سیستم باربر جانبی
۱۷۵	۶-۲-۲- عدم وجود سیستم باربر جانبی موثر
۱۷۶	۶-۲-۳- تخریب پیچشی
۱۷۷	۶-۲-۴- پدیده "طبقه نرم"
	فصل هفتم: ساختمان‌های مصالح بنایی
۱۷۸	۷-۱- مودهای شکست ساختمان‌های مصالح بنایی
۱۸۱	۷-۲- بررسی عملکرد ساختمان‌های مصالح بنایی
۱۹۲	۷-۳- نظر کارشناسی
	فصل هشتم: عملکرد ساختمان‌های مسکن مهر
۱۹۴	۸-۱- ساختمان‌های مسکن مهر سرپل ذهاب
۱۹۴	۸-۱-۱- شهرک شهید شیروودی
ب	

۱۹۴	۸-۱-۱-۱- معرفی ساختمان‌ها
۱۹۵	۸-۱-۱-۲- معرفی سازه
۱۹۶	۸-۱-۱-۳- آسیب‌های سازه‌ای
۱۹۷	۸-۱-۱-۴- آسیب‌های غیر سازه‌ای
۲۰۴	۸-۱-۱-۵- نظر کارشناسی
۲۰۵	۸-۱-۲- مسکن مهر کارگران الوند
۲۰۵	۸-۱-۲-۱- معرفی ساختمان‌ها
۲۰۶	۸-۱-۲-۲- معرفی سازه
۲۰۸	۸-۱-۲-۳- آسیب‌های سازه‌ای
۲۱۳	۸-۱-۲-۴- آسیب‌های غیر سازه‌ای
۲۱۴	۸-۱-۲-۵- نظر کارشناسی
۲۱۵	۸-۱-۳- مسکن مهر شکوه (شهرک فرهنگیان)
۲۱۵	۸-۱-۳-۱- معرفی ساختمان‌ها
۲۱۶	۸-۱-۳-۲- معرفی سازه
۲۱۶	۸-۱-۳-۳- آسیب‌های سازه‌ای
۲۱۸	۸-۱-۳-۴- آسیب‌های غیر سازه‌ای
۲۲۰	۸-۱-۳-۵- نظر کارشناسی
۲۲۰	۸-۲- ساختمان‌های مسکن مهر اسلام آباد غرب (شهرک مسکونی شرف‌آباد)
۲۲۰	۸-۲-۱- معرفی ساختمان‌ها
۲۲۲	۸-۲-۲- معرفی سازه
۲۲۳	۸-۲-۳- آسیب‌های سازه‌ای
۲۲۳	۸-۲-۳-۱- شکست دیوار برشی
۲۲۷	۸-۲-۳-۲- آسیب در سایر اعضای سازه‌ای
۲۳۱	۸-۲-۳-۳- آسیب در سایر غیر سازه‌ای
۲۳۲	۸-۲-۵- نظر کارشناسی
۲۳۲	۸-۳- ساختمان‌های مسکن مهر شهرستان کرد غرب
۲۳۲	۸-۳-۱- ساختمان‌های شهرک ۳۰۰ دستگاه
۲۳۲	۸-۳-۱-۱- معرفی ساختمان‌ها
۲۳۳	۸-۳-۱-۲- معرفی سازه
۲۳۴	۸-۳-۱-۳- آسیب‌های سازه‌ای

۲۳۶	۸-۳-۱- آسیب‌های غیر سازه‌ای
۲۳۸	۸-۳-۱-۴- نظر کارشناسی
۲۳۸	۸-۳-۲- مسکن مهر کوند (دالاهو)
۲۳۸	۸-۳-۱-۲- معرفی ساختمان‌ها
۲۳۹	۸-۳-۲-۲- معرفی سازه
۲۴۰	۸-۳-۲-۳- آسیب‌های سازه‌ای
۲۴۳	۸-۳-۲-۴- آسیب‌های غیر سازه‌ای
۲۴۳	۸-۳-۲-۵- نظر کارشناسی
	فصل نهم: بررسی موردی علل تخریب دو ساختمان فولادی کنار هم
۲۴۴	۹-۱- معرفی ساختمان‌ها
۲۴۵	۹-۲- معرفی سازه دو ساختمان
۲۴۸	۹-۳- اتصالات تیر به ستون دو ساختمان
۲۵۲	۹-۴- چگونگی روند تخریب
	فصل دهم: شریان‌های حیاتی
۲۵۷	۱۰-۱- مقدمه
۲۵۷	۱۰-۲- راه و پل
۲۶۵	۱۰-۳- شبکه برق
۲۷۶	۱۰-۴- شبکه آب
۲۸۳	۱۰-۵- شبکه گاز
	فصل یازدهم: سازه‌های صنعتی
۲۸۶	۱۱-۱- شهرک صنعتی سرپل ذهاب
۲۹۹	۱۱-۲- نتیجه‌گیری
	فصل دوازدهم: عملکرد لرزه‌ای امکانات فیزیکی شبکه درمان
۳۰۰	۱۲-۱- مقدمه
۳۰۰	۱۲-۲- محدوده‌ی و مراکز بازدید شده
۳۰۱	۱۲-۳- هدف عملکرد مورد نظر آیین‌نامه‌ای برای بیمارستان‌ها
۳۰۲	۱۲-۴- پارامترهای حرکت قوی زمین
۳۰۵	۱۲-۵- فرم برداشت اطلاعات بیمارستان‌ها
۳۱۱	۱۲-۵-۱- بیمارستان شهداء شهر سرپل ذهاب
۳۱۸	۱۲-۵-۲- کلینیک درحال احداث سرپل ذهاب

۳۱۲	۱۲-۵-۳- بیمارستان امام خمینی اسلام‌آبادغرب
۳۳۱	۱۲-۵-۴- بستر درمان شهرستان دالاهو
۳۳۴	۱۲-۵-۵- بیمارستان حضرت ابوالفضل(ع) شهر قصر شیرین
۳۴۰	۱۲-۵-۶- بیمارستان الزهرا (س) گیلان‌غرب
۳۴۵	۱۲-۵-۷- بیمارستان حضرت رسول(ص) جوانرود
۳۵۰	۱۲-۵-۸- بیمارستان قدس پاوه
۳۵۳	۱۲-۵-۹- مرکز جامع سلامت شهری و روستایی شهر تازه‌آباد شهرستان ثلاث باباجانی
۳۵۸	۱۲-۵-۱۰- بیمارستان درحال احداث تازه‌آباد
۳۵۹	۱۲-۶- آمار کلی خسارات
۳۵۹	۱۲-۷- جمع بندی
	فصل سیزدهم: رفتار انواع سازه مدارس
۳۶۲	۱۳-۱- مقدمه
۳۶۲	۱۳-۲- منطقه آسیب دیده اسلام‌آبادغرب
۳۶۵	۱۳-۳- روستای پاتاق
۳۶۷	۱۳-۴- شهر سرپل‌ذهاب
۳۷۴	۱۳-۵- رفتار مدرسی که بهسازی لرزه‌ای شده اند
۳۷۶	۱۳-۶- خلاصه و نتیجه‌گیری
	فصل چهاردهم: رفتار اعضای غیر سازه‌ای
۳۷۷	۱۴-۱- مقدمه
۳۷۷	۱۴-۲- کرمانشاه، اسلام‌آباد غرب، کرد غرب، روستای پاتاق
۳۸۱	۱۴-۳- رفتار اعضای غیر سازه‌ای در شهر سرپل‌ذهاب
۳۸۷	۱۴-۴- خلاصه و نتیجه‌گیری

پیشگفتار

به‌صورت تقریبی هر ده سال یک زلزله بزرگ در کشور رخ می‌دهد. زلزله‌ها عملاً آزمایشگاه بزرگی برای شناسایی نقاط ضعف و قوت بشر در رویارویی با این پدیده طبیعی است. درس گرفتن از هر زلزله می‌تواند مطمئن‌ترین و بهینه‌ترین روش پیشرفت در همزیستی با این رخداد طبیعی محسوب شود. وقوع زلزله‌ها در ایران عمدتاً در مناطق روستایی و یا نزدیک شهرهای کوچک متمرکز است و با توجه به انواع ساختمان‌های متداول در ایران و روش‌های ساخت‌وساز کمتر شاهد عملکرد ساختمان‌های مهندسی و ساختارهای اجرایی در حوزه عمرانی کشور بوده‌ایم.

زلزله اخیر (۲۱-۰۸-۹۶ سریل ذهاب) را می‌توان اولین زلزله مهندسی کشور نامید که طیف وسیعی از انواع ساختمان‌های مصالح بنایی - بتن‌آرمه - فولادی با سیستم‌های مختلف سازه‌ای (قاب خمشی، مهاربندی، ترکیبی)، اهمیت اندرکنش خاک و سازه و روش‌های مختلف اجرایی (خصوصی، دولتی، مسکن مهر، تعاونی‌ها و...) مورد آزمایش قرار گرفت. علی‌رغم آسیب فراوان جانی و مالی بر جای گذاشته از این زلزله می‌توان این تهدید را به فرصتی بزرگ تبدیل نمود و با بهره‌گیری از درس‌های این زلزله در جهت هم‌افزایی روش‌ها و ساختارهای ساخت‌وساز کشور گام‌های بلندی در جهت رفع نقاط ضعف برداشت. در این راستا پژوهشکده سازه با نگاهی عمیق تر به موضوع پرداخته و علاوه بر تحلیل و بررسی مودهای خرابی و آسیب به مستحدثات، اقدام به تهیه بانک اطلاعاتی نیز نموده است.

با بررسی زلزله‌های گذشته تا زلزله اخیر در می‌یابیم که روند اصلاح و بهبود ساخت‌وساز کشور به‌کندی و البته رو به رشد بوده لیکن با توجه به خطر آنی این پدیده و آسیب‌پذیری بالای مراکز جمعیتی در کشور نیازمند عزم جدی برای اصلاح در تمام زوایای مؤثر در امر ساخت‌وساز می‌باشیم. اگرچه استاندارد ۲۸۰۰ و مقررات ملی ساختمان متهم اصلی این زلزله محسوب نمی‌شوند لیکن ارتقاء و اصلاح آن‌ها با درس‌های ویژه این زلزله لازمه داشتن آینده پایدار و ایمن است. ساختارهای پروژه‌های عمرانی دولتی و خصوصی آسیب‌دیده (نظام فنی و اجرایی، وزارت مسکن و شهرسازی، بنیاد مسکن و...) متأسفانه در این تجربه زلزله نیز همچنان از بسترهای اصلی ایجاد ضعف‌های ثانویه در قالب (۱) طراح، (۲) نظارت و (۳) اجرا می‌باشد. عدم وجود مجری ذیصلاح و ضعف‌های اجرایی، مصالح و عدم ملزومات نوین و ... در آسیب‌ها اثر قابل‌توجهی داشتند. همچنین سیستم‌های نظارتی به جهت عدم عملکرد مناسب در آسیب‌ها بازیگر مهمی محسوب می‌شوند و نهایتاً مهندسان طراح به جهت عدم استفاده از طرح‌های بهینه و تدقیق نقشه‌ها و ... در آسیب‌ها اثر اندکی داشتند.

فصل چهارم

ارزیابی سریع ساختمان‌ها

بهرخ حسینی هاشمی

بابک منصوری

افشین کلانتری

عبدالرضا سروقدمقدم

حمیدرضا فرشچی

قدردانی

از کلیه همکاران و دانشجویانی که با مشارکت خود تیم را در برداشت اطلاعات ساختمان‌های منطقه زلزله‌زده یاری رساندند به خصوص آقایان؛ بابک کیخسرو کیانی، مرتضی عباس‌نژاد فرد، مهدی دهقانی یزدلی، سهیل فلاح، جمال محمودی، شاهین برزو، محمد حسین محمودی، آصف سعیدی، مهدی سعیدیان، نیما رسول زاده شیخ، رضا بداشتی الموتی، رضا صادقی، بهنام کرمی، مجتبی رمضان‌پور، امیر ابراهیمی شهرستانکی، بابک نصراله‌بیگی، مهرزاد تحملی رودسری تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

۴-۱- مقدمه

موضوع برداشت برنامه‌ریزی شده از رفتار لرزه‌ای ساختمان‌ها به منظور ایجاد بانک اطلاعاتی آسیب‌های لرزه‌ای کشور در دستور کار پژوهشگاه قرار گرفته است. به این منظور فرم‌هایی که در برنامه مذکور از قبل تدوین شده بود به منظور این بازدید تدقیق و کاربردی شد. از مهم‌ترین اهداف این برنامه می‌توان به؛ جمع‌آوری اطلاعات برای برآورد احتمالاتی میزان آسیب ساختمان‌ها براساس شدت لرزه‌ای روی داده (شکندگی لرزه‌ای)، مشاهده‌ی سامانمند آسیب در ساختمان‌ها و تطبیق آن‌ها با ضوابط و مقررات طراحی و روش‌های اجرای موجود، شناسایی مهم‌ترین حالت‌های آسیب در ساختمان‌های رایج در منطقه زلزله‌زده و بررسی شرایط ایمنی ساختمان‌ها بعد از زلزله اشاره نمود. این فرم‌ها به همراه راهنما و دستورالعمل اجرایی تدوین شد تا نهایتاً برداشت‌های شخصی جای خود را به برداشت‌های علمی و قابل‌پردازش بدهد. با توجه به عدم آمادگی نرم‌افزاری ثبت اطلاعات برخط توسط متخصصین، این عملیات به صورت فرم‌های دست‌نویس و نهایتاً ورود اطلاعات حدود هفت‌صد فرم برداشت‌شده به بانک اطلاعاتی در حال انجام است.

در ادامه به بررسی نحوه مدیریت و سازمان‌دهی گروه‌های دو نفره مهندسی برای بازدید و فرم‌های پیشنهادی به همراه راهنمای اجرایی آن پرداخته می‌شود.

۴-۲- برنامه بازدید

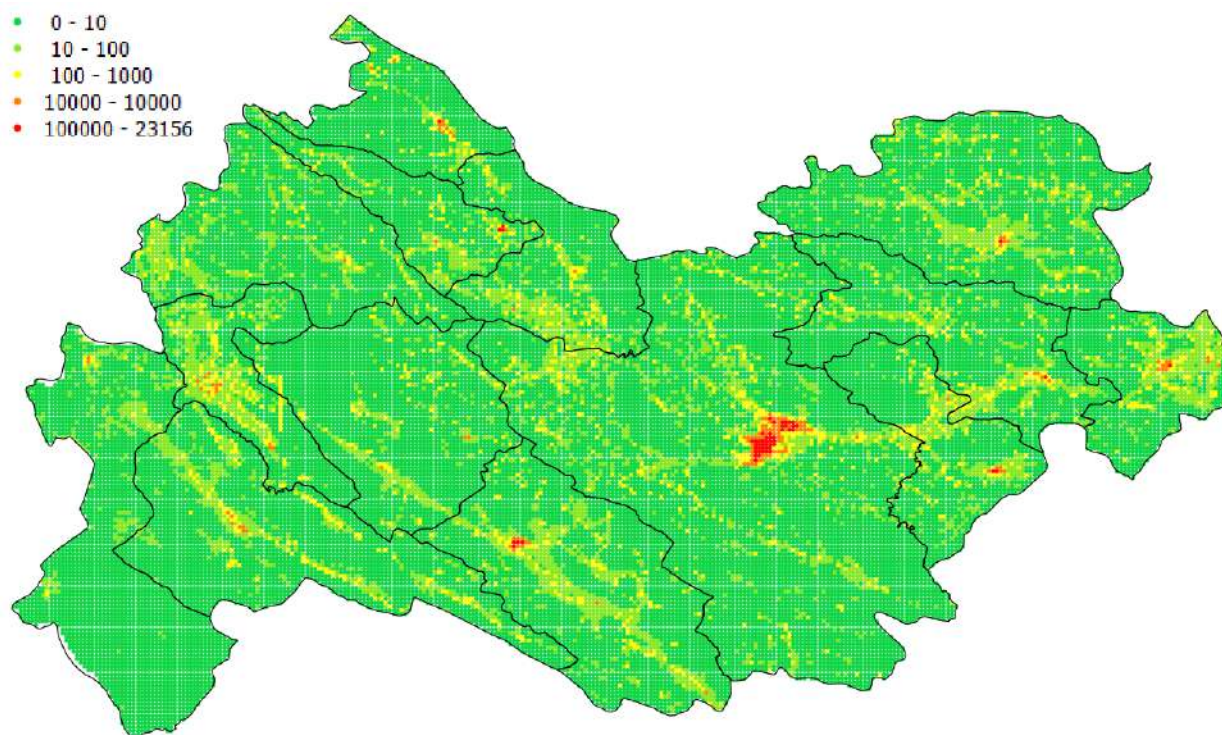
به منظور استخراج منحنی‌های شکست تجربی نیاز است تا داده‌های مربوط به خسارت گونه‌های مختلف ساختمانی در مناطق مختلف جمعیتی که شدت‌های لرزه‌ای متفاوتی را تجربه کرده‌اند، پس از رخداد زلزله جمع‌آوری گردد. با توجه به رخداد زلزله ۹۶/۰۸/۲۲ سرپل ذهاب، می‌توان از چگونگی و توزیع مکانی خسارات و تلفات برای جمع‌آوری اطلاعات لازم و تهیه بانک داده‌های خسارت فیزیکی و جانی زمین- مبنا بهره جست. به این منظور و با توجه به محدودیت منابع موجود اعم از تعداد نفرات و زمان، در مورد اختصاص منابع مرتبط با برداشت اطلاعات تصمیم‌گیری انجام شده است.

۴-۲-۱- اولویت‌های برنامه بازدید

اولویت‌های مهم تصمیم‌گیری به ترتیب؛ توزیع جمعیت، توزیع شدت لرزه‌ای و توزیع تلفات و خسارات (تا این لحظه) و کافی بودن جامعه آماری به منظور برازش بوده است که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته می‌شود.

الف) توزیع جمعیت

چگونگی توزیع جمعیت در استان کرمانشاه در شکل (۴-۱) نمایش داده شده است.



شکل ۴-۱- توزیع جمعیت در استان کرمانشاه (جمعیت در سلول‌های با بعد 30 arc-seconds (۱ کیلومتر یا کمتر)

این تصویر با ادغام نقشه توزیع جمعیت جهانی LandScan2014 با داده‌های آماری حاصل از سرشماری مسکن و نفوس سال ۱۳۹۵ به‌دست‌آمده است و در آن نقاط دارای تمرکز جمعیت بارنگ‌های گرم نمایش داده‌شده است.

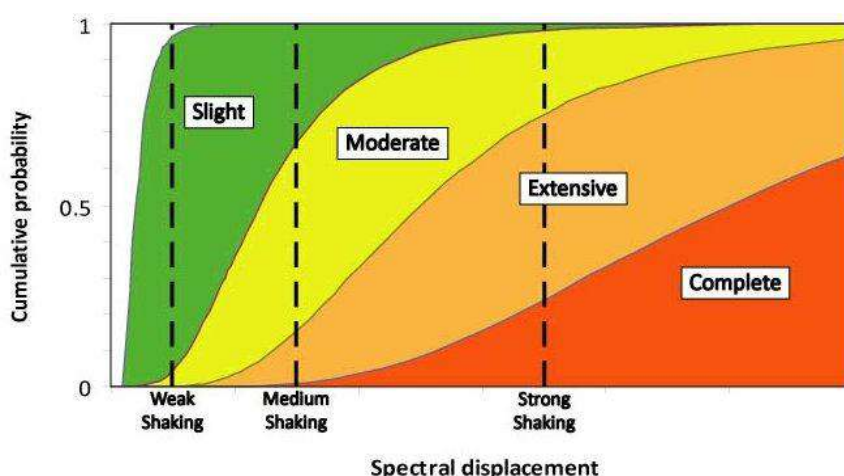
ب) توزیع تلفات (کشته‌شدگان)

داده‌های مربوط به تلفات به تفکیک شهرستان تا این لحظه (۱۳۹۶/۰۸/۲۵) به شرح زیر است:

سرپل ذهاب	قصر شیرین	کردند غرب	اسلام‌آباد غرب	ثلاث باباجانی	جوانرود
۳۱۷ نفر	۲۸ نفر	۱۴ نفر	۲۳ نفر	۱۵ نفر	۳ نفر

پ) توزیع شدت زلزله

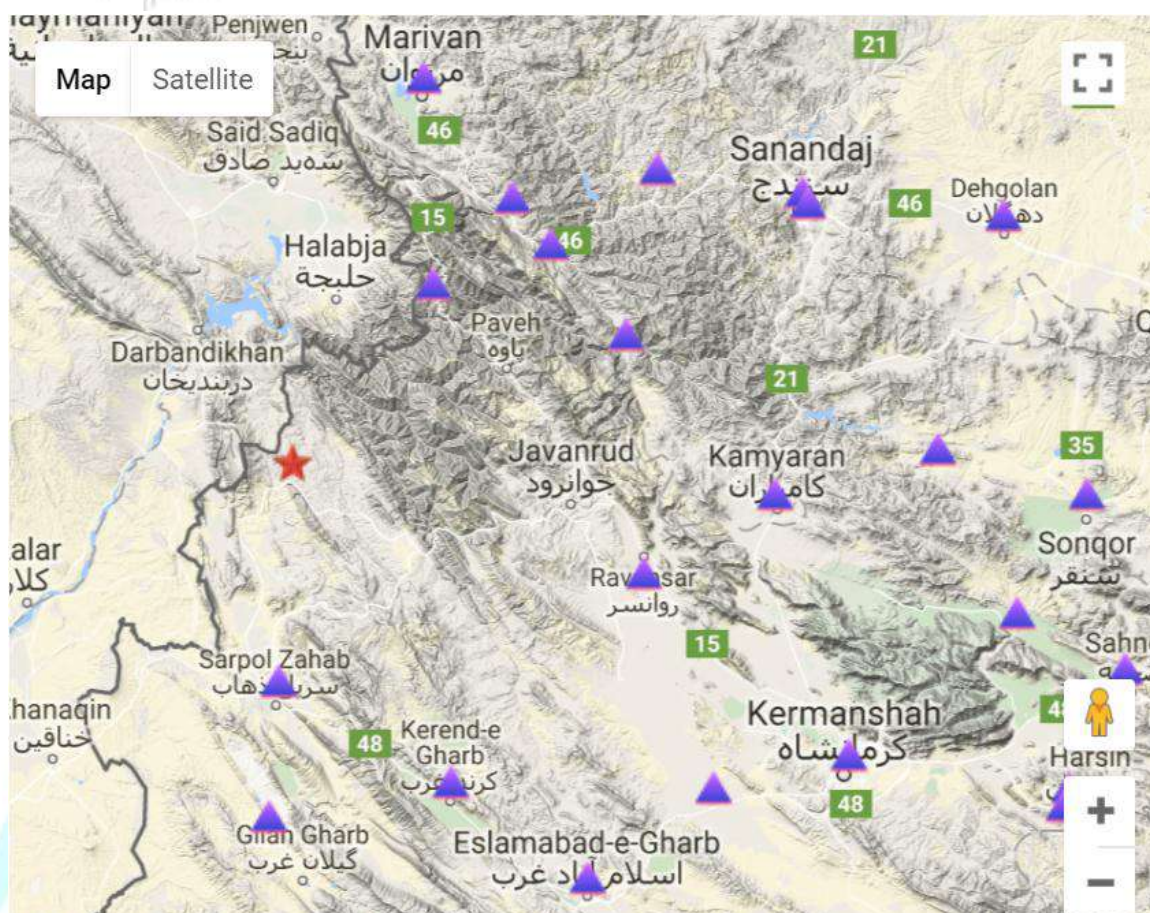
چگونگی توزیع شدت زلزله در استخراج منحنی‌های شکست از اهمیت بالایی برخوردار است. نمونه‌ای شماتیک از منحنی‌های شکست در شکل (۴-۲) ارائه‌شده است.



شکل ۴-۲- تصویر شماتیک منحنی‌های شکست

همان‌طور که مشاهده می‌شود، برای برازش هرچه بهتر داده‌های نمونه آماری، لازم است برداشتها حتی‌الامکان تمام گستره شدت‌های رخداده را پوشش دهند. به این منظور لازم است گروه برداشت داده، از نقاط مختلف که شدت‌های لرزه‌ای متفاوتی را تجربه کرده‌اند نمونه‌برداری کنند. ۹۷ ایستگاه شتاب‌نگاری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ارتعاشات حاصل از زمین‌لرزه سرپل ذهاب را ثبت کرده‌اند. شکل (۴-۳) تعدادی از این نزدیک‌ترین ایستگاه‌ها به مرکز زلزله را نشان می‌دهد.





شکل ۴-۳- تعدادی از ایستگاه‌های شتاب‌نگاری (BHRC) که شتاب‌نگاشت زلزله سرپل زهاب را ثبت کرده‌اند

بیشینه شتاب ثبت‌شده توسط نزدیک‌ترین ایستگاه‌های شتاب‌نگاری در زیر آمده است.

سرپل زهاب	گور سفید	کرنده غرب	جوانرود	لومار	کرمانشاه	اسلام‌آباد غرب	روانسر
۶۸۴ گال	۳۰۹ گال	۲۶۱ گال	۲۰۷ گال	۱۳۹ گال	۱۲۴ گال	۱۲۳ گال	۱۲۰ گال

ت) کفایت نمونه آماری

به‌عنوان یک معیار اولیه و در نظر گرفتن محدودیت‌ها، بهتر است در هر منطقه موردبررسی حداقل ۱۰۰ نمونه از هر تیپ کلی ساختمانی (آجری، فلزی و بتنی) برداشت شود تا آمارهای مرتبط با خسارت با اطمینان بیشتر استخراج شوند.

۴-۲-۲ پیشنهاد برنامه بازدید (ویرایش اول)

با توجه به ملاک‌های عنوان‌شده، تعدادی از شهرهای استان کرمانشاه به‌منظور برداشت داده‌های مرتبط با خسارت انتخاب‌شده و برآوردی اولیه از تعداد گروه‌های موردنیاز به این منظور انجام‌شده است. مدت زمان لازم (با توجه به محدودیت‌های منابع انسانی) برای برداشت داده‌ها یک هفته فرض شده است (جدول ۴-۱).

جدول ۴-۱- برنامه پیشنهادی بازدید

منطقه	جمعیت (سال ۹۵)	تلفات (تاکنون)	بیشینه شتاب زمین (گال)
سرپل ذهاب	۸۵۳۴۲	۳۱۷	۶۸۴
اسلام‌آباد غرب	۱۴۰۸۷۶	۲۳	۱۲۳
ثلاث باباجانی	۳۵۲۱۹	۱۵	۱۹۶
جوانرود	۷۵۱۶۹	۳	۲۰۸
کرد غرب	۷۹۷۲ (سال ۸۵)	۱۴	۲۶۱
گور سفید	۸۱۱ (سال ۸۵)	-	۳۰۹
روانسر	۴۷۶۵۷	-	۱۲۱
کرمانشاه	۱۹۵۲۴۳۴	۱	۱۲۴
قصر شیرین	۲۳۹۲۹	۲۸	-
ازگله	۹۳۹ (سال ۸۵)	-	-
رفیع	۵۲۲ (سال ۹۹۹۵)	-	-

- مدیریت گروه‌ها به نحوی باشد تا در صورت وجود در هر منطقه حداقل تعداد ۱۰۰ عدد از هر نوع ساختمان برداشت شود.
- با توجه به اهمیت طیف آسیب‌ها لازم است در هر منطقه مطالعاتی کلیه ساختمان‌های آسیب‌دیده و سالم برداشت شود.

۴-۳- فرم‌های ارزیابی سریع آسیب ساختمان‌ها پس از زلزله

ارزیابی ساختمان‌ها پس از زلزله در دو سطح سریع و کیفی بر اساس نوع ساختمان قابلیت اجرایی دارد. برای این منظور و رعایت دقت لازم همراه با کاهش زمان، تکمیل فرم‌ها در دو بخش فرم ارزیابی سریع برای گروه‌های ۱- ساختمان‌های فولادی و بتنی، ۲- ساختمان‌های مصالح بنایی به‌صورت زیر دسته‌بندی با فهرست ملزومات موردنیاز ارائه می‌شود:

ملزومات موردنیاز برداشت اطلاعات هر گروه ۲ نفره بازدید؛ تخته شاسی سبک- نوشت‌افزار- پوشه جهت محافظت فرم‌ها- فرم‌های خام (روزانه حداقل ۱۰۰ برگ فرم و یک برگ راهنما و فایل pdf)، دستگاه GPS دستی یا استفاده از تلفن همراه با اپلیکیشن‌های ثبت موقعیت جغرافیایی (GPS) مستقل از شبکه مخابرات- با توجه به مصرف بسیار زیاد، از باتری‌های متعدد و پاور بانک متناسب استفاده شود، دوربین عکس‌برداری یا استفاده از دوربین همراه با حجم حداقل هر تصویر ۱ الی ۲ مگابایت پیشنهاد می‌شود.

۴-۳-۱- فرم ارزیابی سریع آسیب ساختمان‌های فولادی و بتنی

مقرر است این فرم (شماره ۱) بر اساس شرایط و امکانات موجود در مدت‌زمان بسیار محدود (۱۵ دقیقه) تکمیل گردد لذا پرسش‌های جامع و گزیده‌ای مشتمل بر یک صفحه، ۲ بند و حدود ۳۰ سؤال عمومی از سازه، ساختگاه و نظر کارشناسی تشکیل شده است. این فرم باهدف ارائه مشخصات مکانی ساختمان، برآورد سریع و کلی از میزان آسیب وارد به مناطق زلزله‌زده تدوین شده است تا درنهایت کاربر در خصوص شدت آسیب، موقعیت، دسته‌بندی، پراکندگی و . . . تصویری مستند از توزیع شدت آسیب در ناحیه آسیب‌دیده ثبت نماید. بر اساس نتایج حاصل از این فرم‌ها امکان برآورد گستره و میزان خسارات کلی فیزیکی و مالی مهیا می‌گردد. چنانچه در روند تکمیل این پرسشنامه (ارزیابی سریع)، ساختمان‌هایی برای مقاوم‌سازی مشخص گردند لازم است فرم‌های ارزیابی کیفی (شماره ۳) تکمیل شود.

پیشنهاد می‌شود سطح علمی تکمیل‌کننده این فرم حداقل کارشناس عمران پایه سه نظام‌مهندسی + شرکت در دوره آموزشی تکمیل فرم به مدت ۲ ساعت لازم است.

این فرم توسط آقایان افشین کلانتری، بهرخ حسینی هاشمی، بابک منصوری، عبدالرضا سروقد مقدم، مرتضی بسطامی و حمیدرضا فرشچی ویرایش ۱ اول در ۲۴ آبان ۱۳۹۶ تهیه گردید.

• راهنمای تکمیل فرم‌های ارزیابی سریع (شماره ۱) ساختمان‌های فولادی و بتنی

این فرم مشتمل بر پرسش‌های جامع و گزیده‌ای در یک صفحه، ۲ بند و حدود ۳۰ سؤال عمومی از سازه، ساختگاه و نظر کارشناسی تشکیل شده است. اهداف مهم‌ترین موضوعات مطرح در این فرم به‌قرار زیر می‌باشد:

تصاویر: جهت اختصاص موقعیت جغرافیایی (GPS) تصاویر با فرم‌های مربوطه لازم است در ابتدای برداشت هر ساختمان، از قسمت بالای فرم که موقعیت جغرافیایی در آن درج شده به‌منزله‌ی اولین عکس آن ساختمان تصویربرداری شود. سپس تعداد تصاویر در جای خالی در فرم درج گردد. ضروری است از نمای کلی ساختمان و بخش‌های آسیب‌دیده تصویربرداری شود.

۱. **مشخصات عمومی ساختمان:** اطلاعات موردنیاز این بخش بدیهی بوده و از اهمیت زیادی برخوردار است.

۱-۲. **آدرس و موقعیت جغرافیایی (GPS):** شاخص‌ترین اطلاعات این فرم‌ها دانستن جانمایی ساختمان می‌باشد که این مهم با درج موقعیت جغرافیایی (GPS) ممکن می‌شود. لذا برداشت‌های بدون این موقعیت فاقد ارزش می‌باشد ضمن اینکه لازم است کلیه ساختمان‌ها (اعم از سالم تا آسیب‌دیده) به‌صورت متوالی در یک منطقه برداشت شوند. برداشت موقعیت جغرافیایی با دستگاه‌های GPS دستی یا با اغلب تلفن‌های همراه امکان‌پذیر است. واحد موقعیت جغرافیایی می‌تواند بر اساس UTM (Universal Transverse Mercator) یا طول

و عرض جغرافیایی (درجه - دقیقه - ثانیه یا درجه - دقیقه با اعشار دقیقه) درج شود. جهت درج اطلاعات مکانی مختص هر ساختمان لازم است تا حتی المقدور نزدیک یکی از گوشه‌های ساختمان برداشت شود.

۳-۱. کاربری: هدف از توضیحات این بخش آن است که مشخص شود نوع کاربری موجود مربوط به کدام یک از زیرشاخه‌های مندرج در زیر می‌باشد. اداری (دفاتر کار خصوصی، مطب‌ها، دفاتر وکالت، مهندسی و ...) - تجاری (فروشگاه‌ها، مجتمع تجاری، بانک‌ها و فضاهایی که مبادله کالا یا وجه صورت پذیرد) - سازمان دولتی (کلیه ساختمان‌های اداری متعلق به قوای سه‌گانه و توابع آن) - آموزشی (مدارس، دانشگاه‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی، آموزشگاه‌های خصوصی و حرفه‌ای و ...) - سالن‌های عمومی (ورزشی، مذهبی، مساجد، سینما، آمفی‌تئاتر، اجتماعات و ...) - اقامتی (هتل، مسافرخانه و ...) - امنیتی (کلانتری‌ها، پاسگاه‌ها، مقرهای نیروی انتظامی، ندامتگاه و ...) - امدادی (حلال احمر، آتش‌نشانی و ...) - صنعتی (کارخانه‌ها و هر مکانی که کار تولیدی انجام می‌شود) - درمانی (بیمارستان، درمانگاه و ...) - تاریخی (تحت نظارت میراث فرهنگی) - پایانه (حمل و نقل مسافری یا باری مانند؛ فرودگاه، ایستگاه راه‌آهن، اتوبوس، تاکسی و ...) - سایر (ساختمان‌های پمپ‌بنزین، ...)

۴-۱. نوع سازه: در بسیاری مواقع با توجه به تغییر شکل سازه می‌توان از ظاهر ساختمان نوع سیستم باربر جانبی آن را تشخیص داد. لازم به ذکر است اکثر سیستم‌های باربر جانبی فولادی «مهاربندی» و در سیستم بتن‌آرمه «قاب خمشی» می‌باشد. همچنین در صورت سالم بودن ساختمان یکی از راه‌های تشخیص نوع سازه (بتنی - فولادی) ابعاد تیر و ستون‌ها می‌باشد که غالباً در بتنی مقاطع بزرگ‌تر هستند.

۵-۱. ابعاد تقریبی و تعداد طبقات ساختمان: برای تسریع برداشت‌ها ابعاد تقریبی در حد دقت متر کفایت می‌نماید.

۶-۱. شرایط زمینی ساختگاه: موقعیت سایت و عوارض طبیعی اطراف ساختمان می‌تواند در آسیب وارده مؤثر باشد. بدین منظور از الفاظ بلندی برای تپه‌ها و گودی معادل دره استفاده شده است.

۷-۱. نمای ساختمان: نماهای متداول ساختمان‌ها به صورت خلاصه و نماد هر گروه ذکر شده است. در صورتی که نما تلفیقی از مصالح ذکر شده بود از عنوان ترکیبی با ذکر مصالح استفاده می‌گردد.

۸-۱. آسیب‌های انسانی: یکی از مهم‌ترین اطلاعات برداشتی این فرم‌ها میزان آسیب‌های فیزیکی انسانی آن می‌باشد. لذا تعداد جراحات‌های سطحی که سرپایی مداوا شده‌اند را به عنوان مجروح سطحی و تعداد افراد بستری شده در مراکز درمانی را به عنوان مجروح شدید منظور می‌نماییم.

۲. ارزیابی سطح آسیب و کروکی: در این بخش لازم است کروکی ساختمان با عنایت به جهت شمال به صورت تقریبی ترسیم و موقعیت نسبی ثبت GPS با ساختمان توسط علامت ضربدر (x) مشخص گردد.

۱-۲ و ۲-۲. درجه آسیب سازه‌ای و غیر سازه‌ای: در این بخش لازم است ارزیابی سطح آسیب صورت پذیرد. لذا برای ایجاد وحدت رویه، کارشناسان از جدول‌های شماره ۱-۴ و ۲-۴ برای ارزیابی فوق استفاده نمایند. جدول شماره ۱-۴ برای سازه نوع فولادی و جدول شماره ۲-۴ برای سازه نوع بتنی جداگانه ارائه شده است. در این جدول‌ها میزان آسیب وارده به اجزای سازه‌ای و غیر سازه‌ای سطح‌بندی و به‌صورت کیفی ارائه شده و لازم است کارشناس با تسلط بر آن میزان سطح آسیب را مشخص نماید.

۲-۳. کیفیت مصالح و اجرا یکی از شاخصه‌های مهم ارزیابی ساختمان‌ها است که می‌تواند توسط کارشناس خبره صورت پذیرد. لذا در این بخش کیفیت مصالح و اجرا در سه سطح مشخص شده بنا بر قضاوت کارشناسی تعیین و علت آن ذکر شود.

۲-۴. جمع‌بندی: در این بخش لازم است کارشناس بر اساس قضاوت مهندسی خود مستند بر مشاهدات و برداشت‌های میدانی یکی از وضعیت‌های سلامت ساختمان را انتخاب نماید. این بخش بسیار کاربردی است که لازم است با نهایت دقت انجام شود. اتفاق نظر دو کارشناس بازدید در انتخاب آن می‌تواند در افزایش دقت آن مفید باشد.

۲-۵. توضیحات (بخش‌های آسیب‌دیده): در پایان لازم است کارشناس مربوطه به‌طور خلاصه اهم بخش‌های سازه و غیر سازه‌ای صدمه‌دیده را به‌صورت درصدی ذکر نماید. برای مثال آسیب در بخش‌های مختلف ساختمان با عبارت‌های زیر توصیف شود

۱۰٪ ریزش سقف - ۲۰٪ ستون‌ها - ۴۰٪ مهاربندها - ۵۰٪ میانقاب‌ها

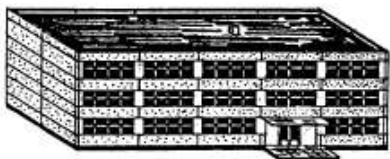
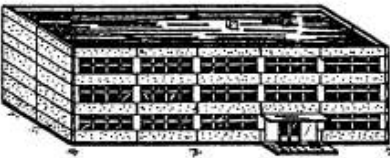
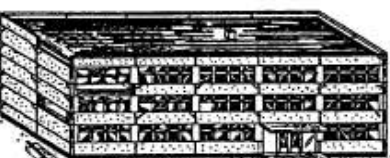
«شماره ۱»

فرم ارزیابی سریع آسیب ساختمان‌های فولادی و بتنی پس از زلزله

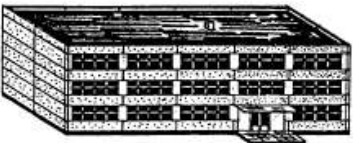
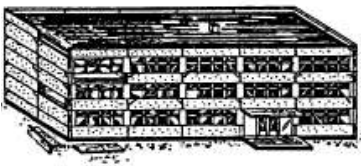
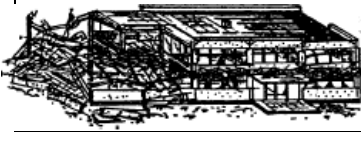
کارشناس:	تاریخ:	ساعت:	تصاویر عدد
۱. مشخصات عمومی ساختمان			
۱-۱. نام ساختمان: سال ساخت واحد مسکونی واحد اداری واحد تجاری ساکنین			
مالکیت دولتی ☐ خصوصی ☐ وضعیت بهره‌برداری فعال ☐ غیرفعال ☐ مالک و اطلاعات تماس:			
۲-۱. آدرس:		موقعیت جغرافیایی ساختمان GPS:	
۳-۱. کاربری: مسکونی ☐ اداری ☐ تجاری ☐ سازمان دولتی ☐ آموزشی ☐ مهدکودک ☐			
سالن‌های عمومی ☐ اقامتی ☐ امنیتی ☐ امدادی ☐ صنعتی ☐ درمانی ☐			
تاریخی ☐ تفریحی ☐ پایانه‌ها ☐ انبار ☐ سایر ☐			
توضیح کاربری (مثلاً آموزشی ← دبستان):			
۴-۱. نوع سازه: بتن‌آرمه ← قاب خمشی ☐ دیوار برشی ☐ ترکیبی ☐			
فولادی ← قاب خمشی ☐ مهاربندی ☐ دیوار برشی ☐ ترکیبی ☐			
۵-۱. ابعاد تقریبی و تعداد طبقات طول: متر عرض: متر طبقه روی زمین طبقه زیرزمین			
۶-۱. شرایط زمینی ساختگاه: تخت ☐ شیب‌دار ☐ بلندی ☐ گودی ☐ صخره ☐			
۷-۱. نمای ساختمان: آجر ☐ سنگ یا سرامیک ☐ بتن یا سیمان ☐ شیشه ☐ کامپوزیت (آلومینیومی) ☐			
چوبی ☐ ترکیبی ☐ توضیح: سایر با توضیح ☐			
۸-۱. آسیب‌های: تعداد ساکنین (حاضر): تعداد مجروح سطحی: تعداد مجروح شدید: تعداد کشته‌شدگان: انسانی؛			

۲. ارزیابی سطح آسیب و کروکی			
کروکی (جانبایی ساختمان و موقعیت ثبت GPS): 			
۱-۲. درجه آسیب سازه‌ای (مطابق جدول ۱)	هیچ ☐ کم ☐ متوسط ☐	زیاد ☐ خیلی زیاد ☐ فروریزش ☐	
۲-۲. درجه آسیب غیر سازه‌ای (مطابق جدول ۱)	هیچ ☐ کم ☐ متوسط ☐	زیاد ☐ خیلی زیاد ☐ فروریزش ☐	
۳-۲. کیفیت مصالح و علت:	بد ☐ متوسط ☐ خوب ☐	بد ☐ متوسط ☐ خوب ☐	
	کیفیت اجرا و علت:		
۴-۲. جمع‌بندی	☐ ساختمان دارای ایمنی نسبی است و با تعمیرات غیر سازه‌ای قابل استفاده می‌باشد. به علت: ☐ ساختمان با انجام اصلاحات و برخی تعمیرات سازه‌ای قابل استفاده می‌باشد. به علت: ☐ ساختمان برای سکونت توصیه نمی‌شود. به علت:		
۵-۲. توضیحات (بخش‌های آسیب‌دیده):			
محل امضاء			

جدول ۴-۱- دسته‌بندی شدت آسیب وارده به ساختمان‌های فولادی

درجه آسیب	نوع عضو	شاخص آسیب	توصیف	تصاویر راهنما
کم	سازه‌ای	وجود ترک‌های مویی (با عرض کمتر از ۰/۲ میلی‌متر) در پوشش سطحی، عدم جابجایی و انحراف، بدون تخریب موضعی و قابلیت استفاده بی‌وقفه وجود دارد.	- آسیب ناچیز و قابل چشم‌پوشی است. - وجود ترک‌های مویی در نازک‌کاری روی اعضای سازه‌ای یا بخش‌های پایین دیوارهای برشی	
	غیر سازه‌ای		مشاهده ترک‌های مویی در دیوارهای جداکننده و میانقاب‌ها.	
متوسط	سازه‌ای	- شروع کماتش موضعی در اعضای سازه‌ای - کوماتش کلی مهاربند	- ترک‌ها خوردگی پوشش روی اعضای سازه‌ای چون دیوار، ستون و تیرها - کوماتش موضعی اعضای سازه‌ای و اتصالات	
	غیر سازه‌ای (پله‌ها، میانقاب‌ها، نما و جان‌پناه)	- ترک‌های واضح با عرض تا ۲ میلی‌متر - تخریب موضعی و نیاز به بازسازی در زمانی کمتر از ۴۸ ساعت	- ترک‌خوردگی دیوارهای جداکننده و میانقاب‌ها؛ فروریزش موضعی نازک‌کاری و ملات درز دیوارها - با قابلیت بازسازی در زمانی کمتر از ۴۸ ساعت	
زیاد	سازه‌ای	- کوماتش کلی در اعضای سازه‌ای قائم تا حداکثر ۳۰٪ در طبقه - ترک‌خوردگی جوش و اتصالات - شکستگی اتصالات مشابه تا حداکثر ۱۰٪	- کوماتش و تغییر شکل مشهود اعضای سازه‌ای چون ستون، تیرها، سقف‌ها، مهاربندها، چشمه‌های اتصال و تیرهای همبند در دیوار برشی کوپل. - تغییر شکل ورق‌های اتصال و ایجاد ترک و بریدگی در جوش، بولت و ...	
	غیر سازه‌ای (پله‌ها، میانقاب‌ها، نما)	- گسترش ترک‌های با عرض بیش از ۲ میلی‌متر - ناپایداری عضو، جابجایی و انحراف (حداکثر ۵۰٪) - نیازمند تخلیه؛ بازسازی عضو در زمانی کمتر از ۹۰ روز	- ترک‌های بزرگ در دیوارهای جداکننده و میانقاب‌ها - تخریب و ریزش موضعی دیوارهای میانقاب‌ها - با قابلیت بازسازی در زمانی کمتر از ۹۰ روز	
خیلی زیاد	سازه‌ای	- کوماتش کلی در اعضای سازه‌ای قائم بیش از ۳۰٪ در طبقه - شکستگی اتصالات مشابه بیش از ۱۰٪ - فروریزش موضعی سقف (دیافراگم) - نشست یا کج شدن ساختمان کاملاً مشهود	- ایجاد ترک‌ها بزرگ و قلوه‌کن شدن اتصالات سازه‌ای و شکسته شدن آن‌ها - خیز قابل توجه تیر و اعضای سازه‌ای افقی - جابجایی زیاد طبقات و کوماتش ستون‌ها - فروریزش تعدادی از ستون‌ها، بخشی از سقف، پله و یا یک طبقه کامل	
	غیر سازه‌ای (پله‌ها، میانقاب‌ها، نما)	- تخریب و فروریزش اکثر اعضای مشابه (بیش از ۵۰٪) - نیازمند تخلیه؛ بازسازی عضو در زمانی بیش از ۹۰ روز	با قابلیت بازسازی در زمانی بیش از ۹۰ روز	
فروریزش	سازه‌ای و غیر سازه‌ای	حداقل طبقاتی از ساختمان فروریزش دارد.	ویرانی (آسیب سازه‌ای بسیار سنگین)، طبقه همکف یا قسمتهایی از ساختمان دچار فروریزش یا جابجایی زیاد غیرقابل بازگشت شده است.	

جدول ۴-۲- دسته‌بندی شدت آسیب وارده به ساختمان‌های بتنی

درجه آسیب	نوع عضو	شاخص آسیب	توصیف	تصاویر راهنما
کم	سازه‌ای	• وجود ترک‌های مویی (با عرض کمتر از ۰/۲ میلی‌متر) در پوشش سطحی	• آسیب ناچیز و قابل چشم‌پوشی است.	
	غیر سازه‌ای	• عدم جابجایی و انحراف، بدون تخریب موضعی	• وجود ترک‌های مویی در نازک‌کاری روی اعضای سازه‌ای یا در پایین‌دیوارهای برشی	
متوسط	سازه‌ای	• خردشدگی موضعی (مثلاً در گوشه و کنج) در اعضای سازه‌ای	• مشاهده ترک‌های مویی در دیوارهای جداکننده و میانقابی.	
	غیر سازه‌ای (پله‌ها، میانقاپ‌ها، نما و جان‌پناه)	• ترک‌های واضح موضعی با عرض تا ۲ میلی‌متر	• ترک‌ها خوردگی اعضای سازه‌ای چون دیوار، ستون و تیرها	
زیاد	سازه‌ای	• تخریب موضعی	• ترک‌خوردگی دیوارهای جداکننده و میانقابی؛ فروریزش موضعی نازک‌کاری و ملات درز دیوارها	
	غیر سازه‌ای (پله‌ها، میانقاپ‌ها، نما)	• ترک‌های واضح با عرض ۲ تا ۲ میلی‌متر	• باقابلیت بازسازی در زمانی کمتر از ۴۸ ساعت	
خیلی زیاد	سازه‌ای	• خردشدگی بتن به نحوی که میلگرد قابل مشاهده باشد.	• ترک‌خوردگی اعضای سازه‌ای چون ستون، تیرها، چشمه‌های اتصال و تیرهای همبند در دیوار برشی کوپل.	
	غیر سازه‌ای (پله‌ها، میانقاپ‌ها، نما)	• گسترش ترک‌های با عرض بیش از ۲ میلی‌متر	• ریزش پوشش بتن اعضای سازه‌ای و کمانش میلگردها	
فروریزش	سازه‌ای	• گسترش ترک‌های با عرض بیش از ۲ میلی‌متر	• آسیب زیاد اجزای غیر سازه‌ای	
	غیر سازه‌ای (پله‌ها، میانقاپ‌ها، نما)	• فروریزش اعضای مشابه (حداکثر ۱۰٪ فراوانی)	• ترک‌های بزرگ در دیوارهای جداکننده و میانقابی	
فروریزش	سازه‌ای	• جابجایی و انحراف اعضای مشابه (حداکثر ۵۰٪ فراوانی)	• تخریب و ریزش موضعی دیوارهای میانقابی	
	غیر سازه‌ای (پله‌ها، میانقاپ‌ها، نما)	• تنشست یا کج شدن ساختمان کاملاً مشهود	• باقابلیت بازسازی در زمانی کمتر از ۹۰ روز	
فروریزش	سازه‌ای	• کمانش میلگردها	• ایجاد ترک‌ها عمیق و بزرگ در اعضای سازه‌ای ناشی از شکست فشاری بتن و جاری شدن میلگردها	
	غیر سازه‌ای (پله‌ها، میانقاپ‌ها، نما)	• نفوذ ترک‌ها در هسته بتنی عضو	• شکست پوشش تیرهای بتن‌آرمه	
فروریزش	سازه‌ای	• هر نوع تغییر شکل عمودی یا افقی	• کمانش ستون‌ها	
	غیر سازه‌ای (پله‌ها، میانقاپ‌ها، نما)	• نشست یا کج شدن ساختمان کاملاً مشهود	• فروریزش تعدادی ستون و یا یک طبقه کامل	
فروریزش	سازه‌ای و غیر سازه‌ای	• تخریب و فروریزش اعضای مشابه (بیش از ۱۰٪)	• ویرانی (آسیب سازه‌ای بسیار سنگین)، طبقه همکف یا قسمت‌هایی از ساختمان دچار فروریزش یا جابجایی زیاد غیرقابل بازگشت شده است.	
	سازه‌ای و غیر سازه‌ای	• جابجایی و انحراف اعضای مشابه (بیش از ۵۰٪ فراوانی)	• دچار فروریزش یا جابجایی زیاد غیرقابل بازگشت شده است.	

۴-۳-۲- فرم ارزیابی سریع آسیب ساختمان‌های مصالح بنایی

مقرر است این فرم (شماره ۲) براساس شرایط و امکانات موجود در مدت‌زمان بسیار محدود (۱۵ دقیقه) تکمیل گردد لذا پرسش‌های جامع و گزیده‌ای مشتمل بر یک صفحه، ۲ بند و حدود ۳۰ سؤال عمومی از سازه، ساختگاه و نظر کارشناسی تشکیل شده است. این فرم با هدف ارائه مشخصات مکانی ساختمان، برآورد سریع و کلی از میزان آسیب وارد به مناطق زلزله‌زده تدوین شده است تا در نهایت کاربر در خصوص شدت آسیب، موقعیت، دسته‌بندی، پراکندگی و ... تصویری مستند از توزیع شدت آسیب در ناحیه آسیب‌دیده ثبت نماید. بر اساس نتایج حاصل از این فرم‌ها امکان برآورد گستره و میزان خسارات کلی فیزیکی و مالی مهیا می‌گردد. چنانچه در روند تکمیل این پرسشنامه (ارزیابی سریع)، ساختمان‌هایی برای مقاوم‌سازی مشخص گردند لازم است فرم‌های ارزیابی کیفی (شماره ۴) تکمیل شود.

پیشنهاد می‌شود سطح علمی تکمیل‌کننده این فرم حداقل کارشناس عمران پایه سه نظام‌مهندسی + شرکت در دوره آموزشی تکمیل فرم به مدت ۲ ساعت لازم است.

• راهنمای تکمیل فرم‌های ارزیابی سریع (شماره ۲) ساختمان‌های مصالح بنایی

این فرم (شماره ۲) مشتمل بر پرسش‌های جامع و گزیده‌ای در یک صفحه، ۲ بند و حدود ۳۰ سؤال عمومی از سازه، ساختگاه و نظر کارشناسی تشکیل شده است. اهداف مهم‌ترین موضوعات مطرح در این فرم به‌قرار زیر می‌باشد:

تصاویر: جهت اختصاص موقعیت جغرافیایی (GPS) تصاویر با فرم‌های مربوطه لازم است در ابتدای برداشت هر ساختمان، از قسمت بالای فرم که موقعیت جغرافیایی در آن درج شده به‌منزله‌ی اولین عکس آن ساختمان تصویربرداری شود. سپس تعداد تصاویر در جای خالی در فرم درج گردد. ضروری است از نمای کلی ساختمان و بخش‌های آسیب‌دیده تصویربرداری شود.

۱. **مشخصات عمومی ساختمان:** اطلاعات موردنیاز این بخش بدیهی بوده و از اهمیت زیادی برخوردار است.

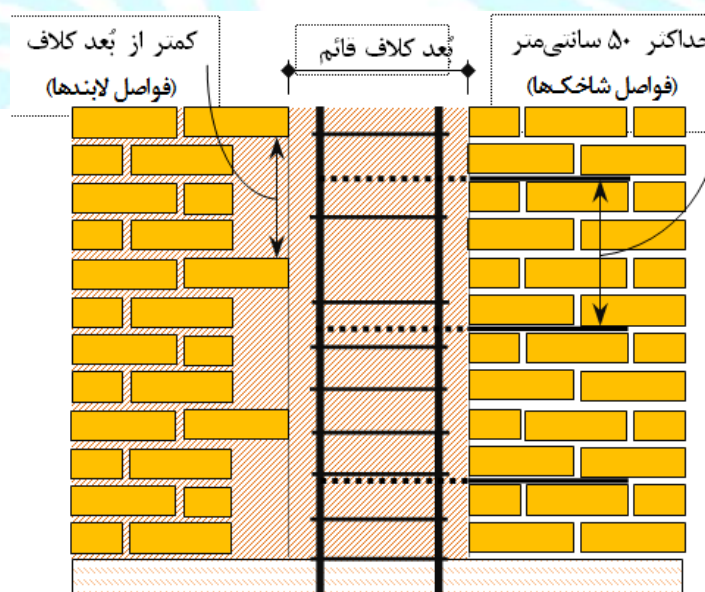
۱-۲. **آدرس و موقعیت جغرافیایی (GPS):** شاخص‌ترین اطلاعات این فرم‌ها دانستن جانمایی ساختمان می‌باشد که این مهم با درج موقعیت جغرافیایی (GPS) ممکن می‌شود. لذا برداشت‌های بدون این موقعیت فاقد ارزش می‌باشد ضمن اینکه کلیه ساختمان‌ها (اعم از سالم تا آسیب‌دیده) به‌صورت متوالی در یک منطقه برداشت شوند. برداشت موقعیت جغرافیایی با دستگاه‌های GPS دستی یا با اغلب تلفن‌های همراه امکان‌پذیر است. واحد موقعیت جغرافیایی می‌تواند بر اساس UTM (Universal Transverse Mercator) یا طول و عرض جغرافیایی (درجه - دقیقه - ثانیه یا درجه - دقیقه با اعشار دقیقه) درج شود. جهت درج اطلاعات مکانی مختص هر ساختمان لازم است تا حتی‌المقدور نزدیک یکی از گوشه‌های ساختمان برداشت شود.

۳-۱. کاربری: هدف از توضیحات این بخش آن است که مشخص شود نوع کاربری موجود مربوط به کدام یک از زیرشاخه‌های مندرج در زیر می‌باشد. اداری (دفتر کار خصوصی، مطب‌ها، دفاتر وکالت، مهندسی و ...) - تجاری (فروشگاه‌ها، مجتمع تجاری، بانک‌ها و فضاهایی که مبادله کالا یا وجه صورت پذیرد) - سازمان دولتی (کلیه ساختمان‌های اداری متعلق به قوای سه‌گانه و توابع آن) - آموزشی (مدارس، دانشگاه‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی، آموزشگاه‌های خصوصی و حرفه‌ای و ...) - سالن‌های عمومی (ورزشی، مذهبی، مساجد، سینما، آمفی‌تئاتر، اجتماعات و ...) - اقامتی (هتل، مسافرخانه و ...) - امنیتی (کلانتری‌ها، پاسگاه‌ها، مقرهای نیروی انتظامی، ندامتگاه و ...) - امدادی (حلال احمر، آتش‌نشانی و ...) - صنعتی (کارخانه‌ها و هر مکانی که کار تولیدی انجام می‌شود) - درمانی (بیمارستان، درمانگاه و ...) - تاریخی (تحت نظارت میراث فرهنگی) - پایانه (حمل‌ونقل مسافری یا باری مانند؛ فرودگاه، ایستگاه راه‌آهن، اتوبوس، تاکسی و ...) - سایر (ساختمان‌های پمپ‌بنزین، ...) - دام (محل‌های نگهداری دام)

۴-۱. نوع سازه: نوع غالب سازه ساختمان‌های مصالح بنایی بر اساس مصالح دیوارهای باربر آن دسته‌بندی می‌شود. لذا برحسب مصالح متداول در کشور این ساختمان‌ها عموماً در یکی از دسته‌بندی‌های ذکرشده می‌گنجد.

۵-۱. کلاف: به جهت انسجام ساختمان‌های مصالح بنایی کلاف‌های افقی و قائم با مصالح مختلف باشد. نکته بسیار مهم اتصال کلاف قائم با دیوار سازه‌ای است. لذا در صورت اتصال دیوار باربر به صورت دندانه‌ای (هشت‌گیر یا لابند) با کلاف بتنی می‌توان گزینه «دارد» و در صورتی که عدم اتصال دندانه‌ای و یا اجرای دیوار بعد از اجرای کلاف باشد می‌بایست گزینه «ندارد» و فی‌مابین این موارد را با گزینه «ناقص» مشخص گردد (شکل ۱). مود شکست مربوط به گزینه «ندارد» به صورت جدایی و ترک عمودی حداثی دیوار و کلاف نمایان می‌شود.

۶-۱. ابعاد تقریبی و تعداد طبقات ساختمان: برای تسریع برداشت‌ها ابعاد تقریبی در حد دقت متر کفایت می‌نماید.



۷-۱. شرایط زمینی ساختگاه: موقعیت سایت و عوارض طبیعی اطراف ساختمان می‌تواند در آسیب وارده مؤثر باشد. بدین منظور از الفاظ بلندی برای تپه‌ها و گودی معادل دره استفاده شده است.

۸-۱. نمای ساختمان: نماهای متداول ساختمان‌ها به صورت خلاصه و نماد هر گروه ذکر شده است. در صورتی که نما تلفیقی از مصالح ذکر شده بود از عنوان ترکیبی با ذکر مصالح استفاده می‌گردد.

۹-۱. آسیب‌های انسانی: یکی از مهم‌ترین اطلاعات برداشتی این فرم‌ها میزان آسیب‌های فیزیکی انسانی آن می‌باشد. لذا تعداد جراحات‌های سطحی که سرپایی مداوا شده‌اند را به عنوان مجروح سطحی و تعداد افراد بستری شده در مراکز درمانی را به عنوان مجروح شدید منظور می‌نماییم.

۲. ارزیابی سطح آسیب و کروکی: در این بخش لازم است کروکی ساختمان با عنایت به جهت شمال به صورت تقریبی ترسیم و موقعیت نسبی ثبت GPS با ساختمان توسط علامت ضربدر (x) مشخص گردد.

۲-۱ و ۲-۲. درجه آسیب سازه‌ای و غیرسازه‌ای: در این بخش لازم است ارزیابی سطح آسیب صورت پذیرد. لذا برای ایجاد وحدت رویه، کارشناسان از جدول شماره ۳-۴ برای ارزیابی فوق استفاده نمایند. جدول شماره ۴-۳ برای سازه‌های نوع مصالح بنایی جداگانه ارائه شده است. در این جدول میزان آسیب وارده به اجزای سازه‌ای و غیر سازه‌ای سطح‌بندی و به صورت کیفی ارائه شده و لازم است کارشناس با تسلط بر آن میزان سطح آسیب را مشخص نماید.

۲-۳. کیفیت: کیفیت مصالح و اجرا یکی از شاخصه‌های مهم ارزیابی ساختمان‌ها است که می‌تواند توسط کارشناس خبره صورت پذیرد. لذا در این بخش کیفیت مصالح و اجرا در سه سطح مشخص شده بنا بر قضاوت کارشناسی تعیین و علت آن ذکر شود.

۲-۴. جمع‌بندی: در این بخش لازم است کارشناس بر اساس قضاوت مهندسی خود مستند بر مشاهدات و برداشت‌های میدانی یکی از وضعیت‌های سلامت ساختمان را انتخاب نماید. این بخش بسیار کاربردی است که لازم است با نهایت دقت انجام شود. اتفاق نظر دو کارشناس بازدید در انتخاب آن می‌تواند در افزایش دقت آن مفید باشد.

۲-۵. توضیحات (بخش‌های آسیب‌دیده): در پایان لازم است کارشناس مربوطه به طور خلاصه اهم بخش‌های سازه و غیر سازه‌ای صدمه‌دیده را به صورت درصدی ذکر نماید. برای مثال آسیب در بخش‌های مختلف ساختمان با عبارت‌های زیر توصیف شود:

۱۰٪ ریزش سقف - ۲۰٪ دیوارها - ۵۰٪ تیغه‌ها

«شماره ۲»

فرم ارزیابی سریع آسیب ساختمان‌های مصالح بنایی

کارشناس:	تاریخ:	ساعت:	تصاویر عدد
۱. مشخصات عمومی ساختمان			
۱-۱. نام ساختمان: سال ساخت واحد مسکونی واحد اداری واحد تجاری ساکنین			
مالکیت دولتی ☐ خصوصی ☐ وضعیت بهره‌برداری فعال ☐ غیرفعال ☐ مالک و اطلاعات تماس:			
۲-۱. آدرس:		موقعیت جغرافیایی ساختمان GPS:	
۳-۱. کاربری: مسکونی ☐ اداری ☐ تجاری ☐ سازمان دولتی ☐ آموزشی ☐ مهدکودک ☐ سالن‌های عمومی ☐ اقامتی ☐ امنیتی ☐ امدادی ☐ صنعتی ☐ درمانی ☐ تاریخی ☐ تفریحی ☐ پایانه‌ها ☐ انبار ☐ دام ☐ سایر ☐ توضیح کاربری (مثلاً آموزشی) ← دبستان:			
۴-۱. نوع سازه: آجری ☐ بلوکی ☐ خشتی ☐ سنگی ☐ چوبی ☐ ترکیبی ☐ . . .			
۵-۱. کلاف: قائم ☐ افقی ☐ اتصال کلاف قائم به دیوار سازه‌ای ← فولادی ☐ بتنی ☐ فولادی ☐ چوبی ☐ ترکیبی ☐ ندارد ☐ فولادی ☐ بتنی ☐ چوبی ☐ ترکیبی ☐ ندارد ☐ دارد ☐ ندارد ☐ ناقص ☐ مشهود نیست ☐			
۶-۱. ابعاد تقریبی و تعداد طبقات طول: متر عرض: متر طبقه روی زمین طبقه زیرزمین ساختمان			
۷-۱. شرایط زمینی ساختگاه: تخت ☐ شیب‌دار ☐ بلندی ☐ گودی ☐ صخره ☐			
۸-۱. نمای ساختمان: آجر ☐ سنگ یا سرامیک ☐ کاهگل ☐ سیمانی ☐ سایر ☐ . . .			
۹-۱. آسیب‌های انسانی؛ تعداد ساکنین (حاضر): تعداد مجروح شدید: تعداد مجروح سطحی: تعداد کشته‌شدگان:			

۲. ارزیابی سطح آسیب و کروکی										
کروکی (جانمایی ساختمان و موقعیت ثبت GPS): <table border="1"> <tr> <td>۱-۲. درجه آسیب سازه‌ای (مطابق جدول ۲)</td> <td>هیچ ☐ کم ☐ خیلی زیاد ☐ متوسط ☐ فروریزش ☐</td> </tr> <tr> <td>۲-۲. درجه آسیب غیر سازه‌ای (مطابق جدول ۲)</td> <td>هیچ ☐ کم ☐ خیلی زیاد ☐ متوسط ☐ فروریزش ☐</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">۳-۲. کیفیت مصالح و علت:</td> <td>بد ☐ متوسط ☐ خوب ☐</td> </tr> <tr> <td>بد ☐ متوسط ☐ خوب ☐</td> </tr> </table>				۱-۲. درجه آسیب سازه‌ای (مطابق جدول ۲)	هیچ ☐ کم ☐ خیلی زیاد ☐ متوسط ☐ فروریزش ☐	۲-۲. درجه آسیب غیر سازه‌ای (مطابق جدول ۲)	هیچ ☐ کم ☐ خیلی زیاد ☐ متوسط ☐ فروریزش ☐	۳-۲. کیفیت مصالح و علت:	بد ☐ متوسط ☐ خوب ☐	بد ☐ متوسط ☐ خوب ☐
۱-۲. درجه آسیب سازه‌ای (مطابق جدول ۲)	هیچ ☐ کم ☐ خیلی زیاد ☐ متوسط ☐ فروریزش ☐									
۲-۲. درجه آسیب غیر سازه‌ای (مطابق جدول ۲)	هیچ ☐ کم ☐ خیلی زیاد ☐ متوسط ☐ فروریزش ☐									
۳-۲. کیفیت مصالح و علت:	بد ☐ متوسط ☐ خوب ☐									
	بد ☐ متوسط ☐ خوب ☐									
۴-۲. جمع‌بندی		☐ ساختمان دارای ایمنی نسبی است و با تعمیرات غیر سازه‌ای قابل استفاده می‌باشد. به علت: ☐ ساختمان با انجام اصلاحات و برخی تعمیرات سازه‌ای قابل استفاده می‌باشد. به علت: ☐ ساختمان برای سکونت توصیه نمی‌شود. به علت:								
۵-۲. توضیحات (بخش‌های آسیب‌دیده):										
محل امضاء										

جدول ۲- دسته‌بندی شدت آسیب وارد به ساختمان‌های مصالح بنایی

درجه آسیب	نوع عضو	توصیف شاخص آسیب	تصاویر راهنما
کم	سازه‌ای	• ترک‌های مویی در تعداد کمی از دیوارها	
	غیر سازه‌ای	• ریزش بخش‌های کوچکی از نازک‌کاری • ریزش یا سست شدن بخش کمی از قطعات الحاقی • بخش‌های فوقانی ساختمان	
متوسط	سازه‌ای	• ترک‌خوردگی بسیاری از دیوارها • ترک‌های مویی در کلاف‌ها و اتصالات ^۱	
	غیر سازه‌ای	• تخریب موضعی در پله‌ها، تیغه‌ها، نما و جان‌پناه • ریزش بخش‌های بزرگی از نازک‌کاری • ریزش یا سست شدن بخش عمده‌ای از قطعات الحاقی ساختمان	
زیاد	سازه‌ای	• ترک‌خوردگی‌های بزرگ و عریض در اغلب دیوارها • خرابی پاتاق در سقف • ترک‌های گسترده در کلاف‌ها و اتصالات ^۱	
	غیر سازه‌ای	• جدایش پوشش بام، ریزش کامل بخش‌های الحاقی (جان‌پناه - دودکش - سایبان - نما) • ترک‌های گسترده اجزای غیر سازه‌ای همچون؛ پله‌ها، تیغه‌ها، نما، دیوارهای زیرشیروانی و ...	
خیلی زیاد	سازه‌ای	• آسیب‌های جدی و گسترده در دیوارها (شکست کنج، خارج از صفحه و ...) • گسترش ترک‌ها و خرابی موضعی در سقف‌ها (علاوه بر پاتاق) • جدایش در کلاف‌ها و اتصالات ^۱ • نشست یا کج شدن ساختمان کاملاً مشهود	
	غیر سازه‌ای	• آسیب بسیار زیاد اجزای غیر سازه‌ای (پله‌ها، تیغه‌ها، نما)	
فروریزش	سازه‌ای	• تخریب سازه	
	غیر سازه‌ای	• فروریزش کل یا اکثر قسمت‌های ساختمان	

۱. شامل؛ اتصال دیوار و کلاف افقی و قائم - اتصال سقف با دیوار یا کلاف - اتصال کلاف‌ها - اتصال دیوارهای سازه‌ای

۴-۴- نمونه‌ای از فرم‌های تکمیل شده به ترتیب ساختمان‌های فولادی- بتنی- مصالح بنایی

با توجه به اهمیت این زلزله، گروه‌های دونفره کارشناسی آموزش دیده برای برداشت سریع اطلاعات سازه‌ای در قالب این فرم‌ها در منطقه حضور یافتند. در مجموع در سه هفته اول برای این موضوع بیش از ۱۰۰ روز کارشناس به صورت میدانی حدود ۷۰۰ نمونه فرم برای انواع ساختمان‌ها را تکمیل نمودند. نمونه‌ای این فرم‌ها به همراه تعدادی تصاویر مرتبط در سه نوع ساختمان موردنظر فولادی- بتنی- مصالح بنایی در شکل‌های (۴-۴) و (۴-۵) و (۴-۶) نشان داده شده است.




تصاویر ۴-۴- نمونه‌ای از تصاویر فرم تکمیل شده برای سازه فولادی در شهرستان کرد غرب



پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله
فرم ارزیابی سریع آسیب ساختمان‌های فولادی و بتنی از زلزله

شماره ۱: ... تاریخ ۲۸/۸/۹۶ ساعت ۱۶:۰۰ مکان ...

۱- مشخصات عمومی ساختمان

۲- مشخصات مصالح

۳- مشخصات سیستم

۴- مشخصات بارها

۵- مشخصات لرزه‌خیزی

۶- مشخصات عملکرد

۷- مشخصات تعمیرات

۸- مشخصات دیگر

۹- مشخصات دیگر

۱۰- مشخصات دیگر

۱۱- مشخصات دیگر

۱۲- مشخصات دیگر

۱۳- مشخصات دیگر

۱۴- مشخصات دیگر

۱۵- مشخصات دیگر

۱۶- مشخصات دیگر

۱۷- مشخصات دیگر

۱۸- مشخصات دیگر

۱۹- مشخصات دیگر

۲۰- مشخصات دیگر

۲۱- مشخصات دیگر

۲۲- مشخصات دیگر

۲۳- مشخصات دیگر

۲۴- مشخصات دیگر

۲۵- مشخصات دیگر

۲۶- مشخصات دیگر

۲۷- مشخصات دیگر

۲۸- مشخصات دیگر

۲۹- مشخصات دیگر

۳۰- مشخصات دیگر

۳۱- مشخصات دیگر

۳۲- مشخصات دیگر

۳۳- مشخصات دیگر

۳۴- مشخصات دیگر

۳۵- مشخصات دیگر

۳۶- مشخصات دیگر

۳۷- مشخصات دیگر

۳۸- مشخصات دیگر

۳۹- مشخصات دیگر

۴۰- مشخصات دیگر

۴۱- مشخصات دیگر

۴۲- مشخصات دیگر

۴۳- مشخصات دیگر

۴۴- مشخصات دیگر

۴۵- مشخصات دیگر

۴۶- مشخصات دیگر

۴۷- مشخصات دیگر

۴۸- مشخصات دیگر

۴۹- مشخصات دیگر

۵۰- مشخصات دیگر

۵۱- مشخصات دیگر

۵۲- مشخصات دیگر

۵۳- مشخصات دیگر

۵۴- مشخصات دیگر

۵۵- مشخصات دیگر

۵۶- مشخصات دیگر

۵۷- مشخصات دیگر

۵۸- مشخصات دیگر

۵۹- مشخصات دیگر

۶۰- مشخصات دیگر

۶۱- مشخصات دیگر

۶۲- مشخصات دیگر

۶۳- مشخصات دیگر

۶۴- مشخصات دیگر

۶۵- مشخصات دیگر

۶۶- مشخصات دیگر

۶۷- مشخصات دیگر

۶۸- مشخصات دیگر

۶۹- مشخصات دیگر

۷۰- مشخصات دیگر

۷۱- مشخصات دیگر

۷۲- مشخصات دیگر

۷۳- مشخصات دیگر

۷۴- مشخصات دیگر

۷۵- مشخصات دیگر

۷۶- مشخصات دیگر

۷۷- مشخصات دیگر

۷۸- مشخصات دیگر

۷۹- مشخصات دیگر

۸۰- مشخصات دیگر

۸۱- مشخصات دیگر

۸۲- مشخصات دیگر

۸۳- مشخصات دیگر

۸۴- مشخصات دیگر

۸۵- مشخصات دیگر

۸۶- مشخصات دیگر

۸۷- مشخصات دیگر

۸۸- مشخصات دیگر

۸۹- مشخصات دیگر

۹۰- مشخصات دیگر

۹۱- مشخصات دیگر

۹۲- مشخصات دیگر

۹۳- مشخصات دیگر

۹۴- مشخصات دیگر

۹۵- مشخصات دیگر

۹۶- مشخصات دیگر

۹۷- مشخصات دیگر

۹۸- مشخصات دیگر

۹۹- مشخصات دیگر

۱۰۰- مشخصات دیگر



تصاویر ۴-۵- نمونه‌ای از تصاویر فرم تکمیل شده برای سازه بتنی در شهرستان سرپل ذهاب




تصاویر ۴-۶ - نمونه‌ای از تصاویر فرم تکمیل‌شده برای سازه مصالح بنایی در شهرستان سرپل‌ذهاب

فصل پنجم

ساختمان‌های بتن آرمه

بهرخ حسینی هاشمی
حمیدرضا فرشچی

۵-۱- مودهای شکست ساختمان‌های بتن‌آرمه

با توجه به بومی بودن مصالح بتن‌آرمه در این منطقه کاربرد وسیعی از این ساختمان‌ها مشاهده گردید. مهم‌ترین مودهای آسیب سازه‌های بتن‌آرمه در این زلزله را می‌توان به ترتیب میزان آسیب وارد نموده به‌صورت زیر دسته‌بندی و ارائه نمود:

الف) ایجاد طبقه نرم (ستون ضعیف - تیر قوی)

این مود شکست بسیار خطرناک بوده و ضمن آسیب اقتصادی فراوان، عمده تلفات ایجاد می‌شود توسط این ساختمان‌ها به‌واسطه وقوع چنین مود شکستی حادث شده است. در طراحی همواره سعی می‌شود با ایجاد حاشیه ایمنی زیادی از ایجاد این مود پرهیز شود. در استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم بند (۱-۵-۷) اذعان دارد «در ساختمان‌هایی که در آن‌ها از سیستم قاب خمشی برای مقابله با بار جانبی زلزله استفاده می‌شود، طراحی به نحوی صورت گیرد که تا حد امکان ستون‌ها دیرتر از تیرها دچار خرابی شوند» البته این موضوع با همین تأکید در ویرایش‌های قبلی نیز آمده است.

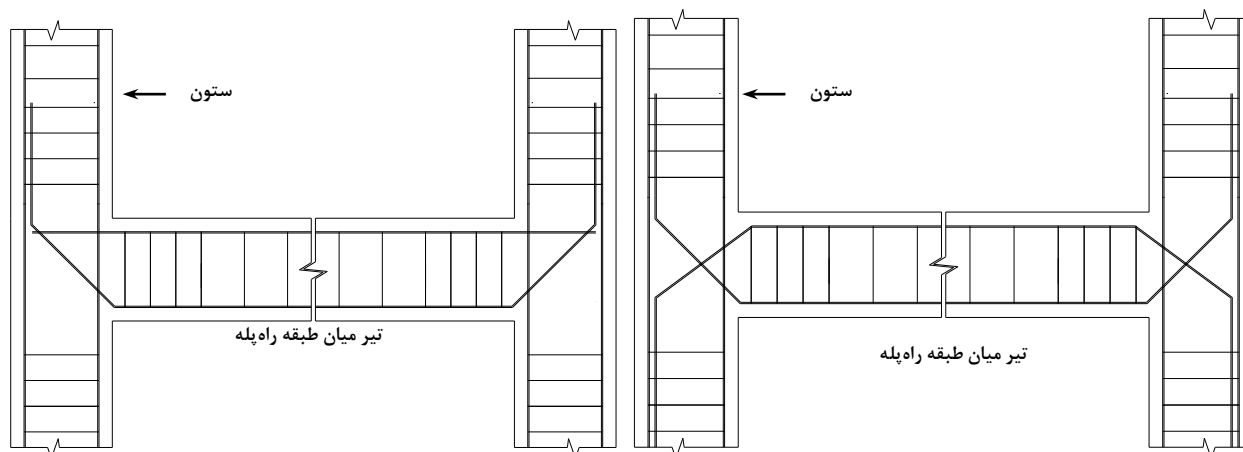
همچنین در طراحی سازه‌های بتن‌آرمه مطابق مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان در ویرایش ۱۳۹۲ یا قبل از آن نیز فقط برای سازه‌های شکل‌پذیری زیاد در فصل ۲۳ بند (۹-۲۳-۴-۲-۴) تأکید دارد که ظرفیت خمشی ستون ۲۰٪ بیش از ظرفیت خمشی مجموع تیرهای متصل به آن باشد. به عبارتی مبحث ۹ مقررات ملی برای ساختمان‌های بتن‌آرمه با شکل‌پذیری کم و متوسط سکوت نموده و عملاً اکثر ساختمان‌های مسکونی و شهری که در محدوده شکل‌پذیری متوسط هستند بدون هیچ کنترل ضابطه‌مندی و عموماً بدون ملاحظه ستون قوی و تیر ضعیف طراحی و احداث می‌شوند. به نظر می‌رسد استانداردها لازم است برای این گروه از ساختمان‌ها نیز راهکار مناسب ارائه نمایند تا در زلزله‌های آتی خرابی‌های گسترده و تلفات ناشی از این مود گسیختگی کاهش یافته و کنترل شود (شکل ۵-۱).



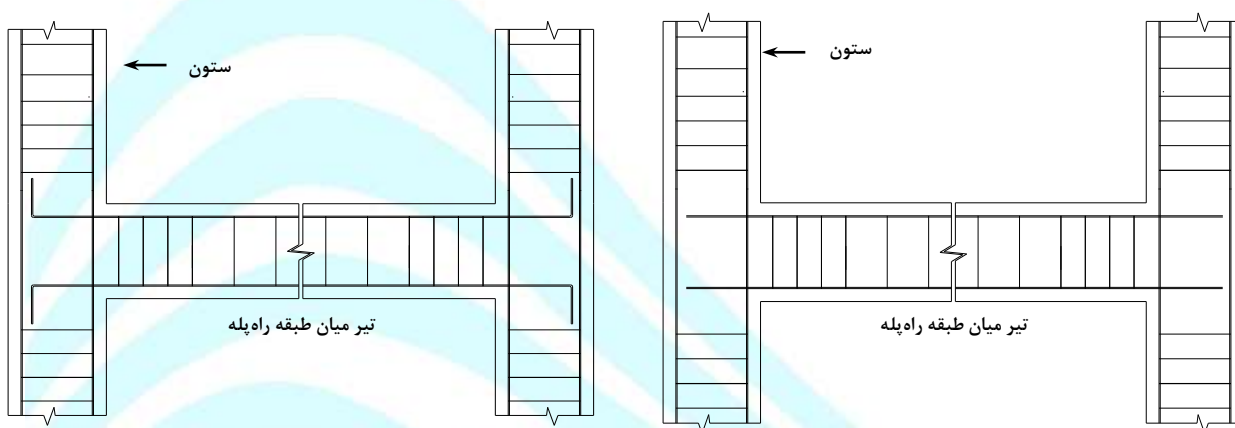
شکل ۵-۱- ایجاد طبقه نرم عمدتاً ناشی از عدم رعایت ستون قوی - تیر ضعیف

ب) ایجاد ستون کوتاه (در تیرهای پله و میانقاب‌های آجری)

یکی دیگر از مودهای آسیب به ساختمان‌های بتن‌آرمه در این زلزله که دارای فراوانی قابل‌توجهی بود و حداقل باعث آسیب‌های اقتصادی زیادی شده بود ایجاد ستون کوتاه در تیرهای میان طبقه راه‌پله‌ها بود. در استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم بند (۱-۵-۹) اذعان دارد «از ایجاد ستون‌های کوتاه، بخصوص در نورگیرهای زیرزمین‌ها، حتی‌الامکان خودداری شود» البته این موضوع با همین تأکید در ویرایش‌های قبلی نیز آمده است. در طراحی می‌توان ستون کوتاهی طرح نمود که متناسب آن ابعاد و میلگرد گذاری عرضی آن به شدت افزایش می‌یابد. لذا در طراحی متداول شده برای پرهیز از هزینه‌های چنین ستون‌هایی به‌عنوان فرضی غیرواقع اتصال تیر با ستون را مفصل منظور می‌نمایند و البته در نقشه‌های اجرایی نیز جزییات این اتصال را مطابق شکل (۵-۲) ارائه می‌نمایند. این نقشه‌ها عمدتاً اجرایی نبوده و یا بر اجرای آن تأکید و نظارتی صورت نگرفته و درنهایت اتصال گیردار یا نیمه گیردار اجرا می‌شود (شکل ۵-۳) که مطابق فرضیات طراحی نیست.



شکل ۵-۲- جزئیات اتصال مفصلی تیر میان طبقه به ستون‌ها



شکل ۵-۳- برخی از متداول‌ترین روش‌های اجرایی تیر میان طبقه به ستون (منطبق بر مفروضات طراحی و نقشه نیست)

آسیب‌های وارده از این ضعف عمدتاً اقتصادی است و باعث تخریب برشی ستون‌های اطراف راه پله می‌شود (شکل ۵-۴) که بعضاً غیرقابل اصلاح و مقاوم‌سازی می‌باشد.



شکل ۵-۴- ایجاد ستون کوتاه در تیرهای میان طبقه پله و آسیب دیدگی ستون‌های متصل به آن

یکی دیگر از مودهای شکست ستون کوتاه که در این زلزله مشاهده گردید، بحث اجرای ناقص میانقاب‌های مصالح بنایی در داخل قاب‌های خمشی بود. در استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم بند (۱-۵-۸) اذعان دارد «اجزای غیر سازه‌ای مانند دیوارهای داخلی و نماها طوری اجرا شوند که تا حد امکان مانعی برای حرکت اعضای سازه‌ای در زمان زلزله ایجاد نکنند. در غیر این صورت، اثر اندرکنش این اجرا با سیستم سازه باید در تحلیل سازه در نظر گرفته شود» البته این موضوع با همین تأکید در ویرایش‌های قبلی نیز آمده است. ولی در اجرا عموماً به این موضوع توجه نشده و با ایجاد دیوارهای با مصالح بنایی با سختی زیاد در میان قاب‌ها خصوصاً قاب خمشی باعث عملکرد میانقاب‌ی در عملکرد سازه شده و خسارت‌های جبران‌ناپذیری چون پیچش ساختمان، طبقه ضعیف و آسیب‌های موضعی به اعضای سازه‌ای را تحمیل می‌کنند (شکل ۵-۵).



شکل ۵-۵- ایجاد ستون کوتاه به علت ایجاد دستک فشاری ناشی میانقاب

پ) شکست‌های برشی در ستون و دیوار برشی به علت ضعف اجرا و بتن (طبقه ضعیف)

یکی از مودهای شکست ترد و خطرناکی که همواره در طراحی از آن پرهیز می‌شود، مودهای شکست برشی است که طراح با روش‌های مختلفی سعی در کنترل و عدم ایجاد آن در مقطع اقدام می‌نماید. یکی از ارکان تأمین ظرفیت برشی در مقاطع بتنی، مقاومت خود بتن می‌باشد. بدیهی است با ضعیف شدن مقاومت فشاری بتن، احتمال وقوع این مود شکست تشدید می‌گردد. از این رو مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان بند (۱-۲-۱-۹) حداقل مقاومت مشخصه بتن سازه‌ای برای شکل‌پذیری متوسط را ۲۰ مگاپاسکال عنوان می‌نماید. در بسیاری از ساختمان‌های آسیب‌دیده، ضعف اجرا، کیفیت و مقاومت نازل بتن باعث ایجاد چنین مود شکست تردی شده است (شکل ۵-۶).



شکل ۵-۶- نمایی از شکست‌های برشی در ستون و دیوار برشی به علت ضعف بتن (طبقه ضعیف)

ت) تخریب پیچشی ساختمان (نامنظمی در پلان و ارتفاع)

نامنظمی در پلان و ارتفاع ساختمان عامل مهمی در تغییر توزیع یکنواخت بارهای جانبی و در نهایت پیچش ساختمان می‌گردد. در ساخت‌وسازهای شهری به علت ایجاد واحد تجاری با ارتفاع بلند در همکف بسیاری از ساختمان‌ها، این مود شکست نیز از فراوانی قابل توجهی برخوردار بود. یکی از مزایای استفاده از سیستم‌های قاب خمشی ایجاد دهانه‌های آزاد در همکف به جهت کاربری تجاری می‌باشد. لیکن ضعف‌های طراحی در مدل‌سازی صحیح سازه، عدم رعایت درز انقطاع با ساختمان‌های مجاور یا ایجاد دیوارهای مصالح بنایی در برخی دهانه‌های کناری و عملکرد میانقابی این دیوارها و سپس رفتار نامنظم سازه، از مهم‌ترین علل ایجاد مود شکست پیچشی ساختمان‌های آسیب‌دیده محسوب می‌گردد (شکل ۵-۷)





شکل ۵-۷- نمای از مودهای شکست پیچشی

۵-۲- بررسی عملکرد ساختمان‌های بتن آرمه

فراوانی ساختمان‌های بتن آرمه که دومین نوع بعد از ساختمان‌های مصالح بنایی در منطقه زلزله‌زده محسوب می‌گردد، از مقبولیت نسبی عموماً اقتصادی این ساختمان‌ها قبل از زلزله حکایت دارد. عملکرد و رفتار ساختمان‌های بتنی (فارغ از اجزای غیر سازه‌ای) که مطابق ضوابط طراحی و اجرا شده بودند خوب ارزیابی می‌گردد و این آزمایش بزرگ را با سربلندی گذرانده‌اند همچون سازه‌های بتن آرمه ۷ طبقه مسکن مهر شهید شیرودی سرپل ذهاب. لیکن آسیب‌های اقتصادی وارد آمده به این ساختمان‌ها و مباحث اقتصادی مقاوم‌سازی آن‌ها از دیگر انواع ساختمان‌ها به مراتب بیشتر ارزیابی می‌گردد.

همچنین تعداد قابل توجهی ساختمان‌های بتن آرمه به دلایل مختلف در این زلزله آسیب‌های کم تا فروریزش را همراه با تلفات انسانی تجربه کرده‌اند. بررسی علل و نقایص احتمالی موجود در این ساختمان‌ها قطعاً به بهبود طرح و ساخت این ساختمان‌ها در آینده کمک خواهد نمود. لذا در ادامه این گزارش از سه زاویه؛ طراحی یا ضوابط، مصالح و اجرایی این ضعف‌ها دسته‌بندی و همراه با مصادیق ارائه می‌گردد.

الف) حوزه طراحی یا ضوابط

برخی از آسیب‌های وارده بر ساختمان‌های بتن‌آرمه را می‌توان در این گروه دسته‌بندی نمود. برای مثال می‌توان به ستون ضعیف و تیر قوی (شکل ۵-۱)، ایجاد ستون کوتاه در تراز تیرهای میان طبقه راه‌پله (شکل ۵-۴) و یا عدم طراحی سطح شکل‌پذیری متناسب با کاربری اشاره نمود. آثار بجای مانده در بیمارستان بتن‌آرمه نوساز اسلام‌آباد غرب نمونه‌ای از عدم تطبیق طراحی بر اساس سطح شکل‌پذیر است و درحالی‌که باید شکل‌پذیری زیاد طرح‌شده باشد از شواهد (ستون ضعیف- تیر قوی و فواصل خاموت‌ها بیش از $\frac{d}{4}$ می‌باشد) چنین برمی‌آید که شکل‌پذیری متوسط است (شکل ۵-۸). انتظار می‌رود با ارائه روش‌های نوین و جایگزین و محدود نمودن روش موجود در آینده شاهد چنین آسیب‌هایی نباشیم.



شکل ۵-۸- نمایی از اتصال تیر به ستون (ستون ضعیف - تیر قوی) و فواصل زیاد خاموت گذاری در بیمارستان اسلام‌آباد غرب

ب) حوزه مصالح

اظهارنظر دقیق در خصوص مصالح نیازمند آزمایش‌های مقاومت مصالح از بقایای به‌جای مانده از ساختمان‌ها است. لیکن با بررسی موده‌های شکست، نتایج آزمایش‌های غیر مخرب میدانی با چکش اشمیت و تجربیات شناخت مصالح می‌توان تا حدودی به‌صورت مقایسه‌ای اظهارنظر نمود. در این راستا همه شواهد و مستندات بررسی ساختمان‌های آسیب‌دیده بتن‌آرمه متفق‌القول بر ضعف بتن تأکید دارند. در این ساختمان‌ها به‌ندرت گسیختگی‌های ترد (بدون باریک شدگی میلگرد هنگام گسیختگی) و قطع ناگهانی آن یا استفاده از میلگردهای صاف (بدون آج) گزارش یا تصویری ارائه شده است.

براساس مستندات میدانی می‌توان گفت ضعف اصلی در آسیب ساختمان‌های بتن‌آرمه مقاومت نازل بتن بوده و بیش از دیگر عوامل (معایب طراحی و اجرایی) در تخریب‌ها نقش اولیه یا ثانویه داشته است. به عبارتی در شکست‌های برشی ستون‌ها به نظر می‌رسد بحث خاموت گذاری نقص دارد ولی با دقت بیشتر متوجه می‌شویم که مقاومت نازل بتن و متعاقباً ضعف برشی بتن علت اصلی ترک برشی است. اگرچه قضاوت بر اساس مقاومت بتن خردشده و مقاطع آسیب‌دیده در محل کار دقیقی نیست ولی چیدمان و مقدار سنگدانه‌ها و نحوه ترک‌خوردگی مقطع بتنی که عموماً در ناحیه خمیری بتن متمرکز است بیانگر نسبت آب به سیمان بیش‌ازحد مجاز (که برای تأمین روانی بتن امروزه امری متداول و البته به‌شدت اشتباه است)، مقدار سیمان کم یا بی‌کیفیت یا خاک زیاد مخلوط، عدم توازن بین مقادیر شن و ماسه و عدم وجود یکنواختی در شن (برخی موارد اصلاً بادامی ندارد) می‌باشد (شکل ۵-۹).

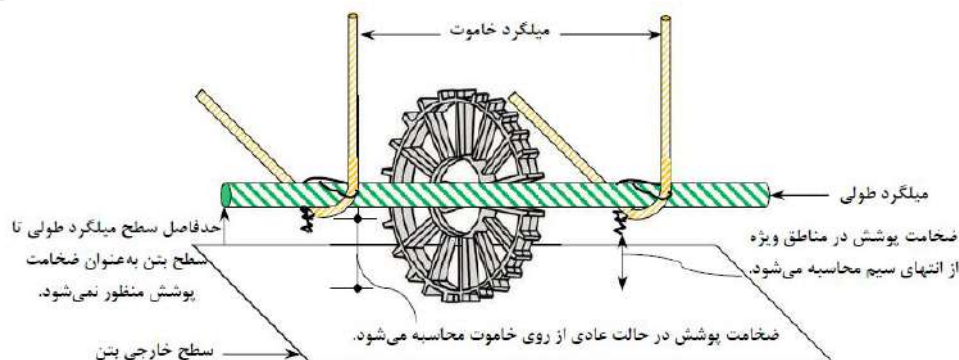


شکل ۵-۹- نمایی از بتن‌های فاقد شن یا سنگدانه‌های گسسته

پ) حوزه اجرایی

اگرچه ضعف‌های اجرایی به‌تنهایی عامل اصلی تخریب‌های از نوع فروریزش نبودند لیکن در تکمیل این چرخه مؤثر بوده‌اند. ضعف‌های اجرایی مشاهده‌شده برحسب اهمیت به‌قرار زیر می‌باشند:

□ پوشش بتن: منظور از پوشش بتن (کاور بتن) همان فاصله روی خاموت (آخرین میلگرد) تا سطح خارجی بتن می‌باشد (شکل ۵-۱۰). که به جهت محافظت بتن در برابر عوامل خوردنده و حفظ پایایی بتن از مقدار حداقل که در بند (۹-۶-۴) و جدول (۹-۶-۶) مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان اشاره‌شده نباید کمتر باشد تا پایایی مقطع تأمین گردد (شکل ۵-۱۱). لیکن در خصوص نهایت ضخامت پوشش ضابطه مشخصی وجود ندارد و عمدتاً بر اساس ملاحظات طراحی که مبتنی بر استفاده حداکثری از ظرفیت مقطع با افزایش بازوی لنگر (d) می‌باشد.



شکل ۵-۱۰- ضخامت پوشش بتن

جدول ۹-۶-۶-۹: مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگردها (میلی‌متر) در شرایط محیطی بند (۹-۶-۴)

نوع شرایط محیطی				نوع قطعه
متوسط	شدید	خیلی شدید	فوق‌العاده شدید	
۴۵	۵۰	۷۵	۷۵	تیرها و ستون‌ها
۳۰	۳۰	۶۰	۶۰	دال‌ها و تیرچه‌ها
۲۵	۳۰	۵۵	۵۵	دیوارها و پوسته‌ها
۵۰	۶۰	۹۰	۹۰	شالوده‌ها



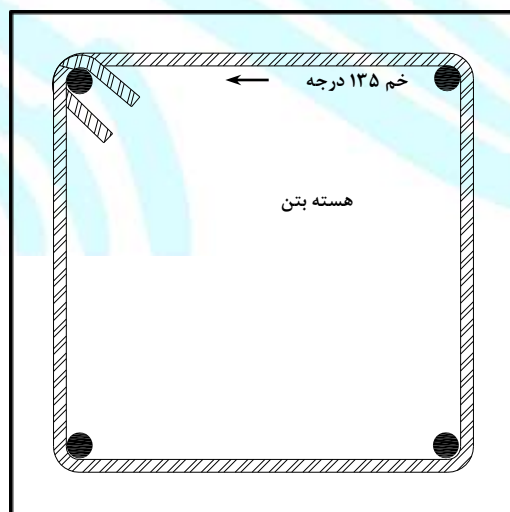
شکل ۵-۱۱- ضخامت کم و متخلخل پوشش بتن (ضعف پایایی)

افزایش ضخامت پوشش بتن در دو حالت؛ (۱) کاهش پوشش در یک سمت و افزایش در سمت مقابل (۲) کاهش ابعاد شبکه میلگرد مشاهده گردید که البته نوع دوم خطرناک‌تر محسوب می‌شود. در هر حال افزایش ضخامت پوشش با تمرکز تنش در محل اتصال پوشش به بتن هسته شده و به صورت ورقه‌ای از ستون جدا می‌گردد. لذا با توجه به سطح مقطع پوشش جدا شده، بخش عمده‌ای از ظرفیت مقطع در اولین ترک‌خوردگی‌های از دست می‌رود (شکل ۵-۱۲).



شکل ۵-۱۲- ضخامت زیاد پوشش بتن

❑ عدم رعایت خم‌های ۱۳۵ درجه در میلگردهای عرضی: یکی از جزییات اجرای میلگرد گذاری که در تأمین شکل‌پذیری مقطع بتن‌آرمه بسیار اثرگذار است، استفاده از تنگ‌های بسته (ویژه) می‌باشد. از آنجایی که تنگ بسته باید دارای قلاب‌های انتهایی با خم‌های ۱۳۵ درجه باشد که دور یک میلگرد طولی قلاب شده و انتهای قلاب در هسته بتن گیر نماید (شکل ۵-۱۳).



شکل ۵-۱۳- خاموت یا تنگ بسته (قلاب انتهایی ۱۳۵ درجه)

همچنان در بسیاری از پروژه‌های عمرانی مشاهده می‌شود که به جهت مشکلات اجرایی و عدم توجه به اهمیت آن از خم‌های ۹۰ درجه در انتهای تنگ‌ها استفاده می‌شود. با توجه به قرارگیری این خم در پوشش بتن

همچنان که در زلزله اخیر نیز مشاهده شد با فروریزش پوشش بتن در اولین آسیب‌های سازه‌ای این قلاب‌ها نیز آزاد شده و ظرفیت محصورکنندگی ستون به شدت کاهش می‌یابد (شکل ۵-۱۴).



شکل ۵-۱۴- عدم استفاده از خاموت یا تنگ بسته (قلاب انتهایی ۹۰ درجه به‌عنوان تنگ بسته محسوب نمی‌شود)

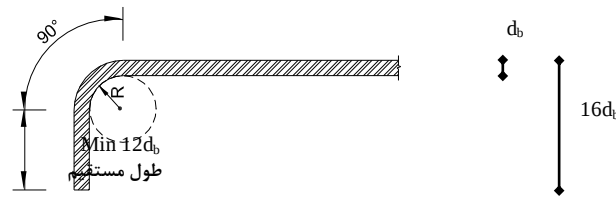
❑ کیفیت پایین ساخت بتن، بتن‌ریزی و ویبره: برای ساخت عضو سازه‌ای مقاوم نه تنها باید از بتن با مقاومت مناسب استفاده نمود بلکه باید از روش‌های مناسب بتن‌ریزی همراه با تراکم و عمل‌آوری مناسب استفاده نمود. مطابق بند (۹-۷-۲-۴) مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان ساخت و اختلاط بتن‌های سازه‌ای با دست به‌هیچ‌وجه مجاز نیست. این درحالی است که در منطقه زلزله‌زده همچنان روش‌های ساخت بتن به‌صورت دستی و ریختن بتن با بیل و فرغون از روش‌های متداول محسوب می‌شود. بدیهی است عدم رعایت ضوابط بتن‌ریزی و ویبره از مهم‌ترین دلایل تخلخل بتن (کرم شدن) و ضعف پایایی و مقاومتی عضو می‌شود. برای پرهیز از جداشدگی سنگدانه‌ها و شیره بتن براساس بند (۹-۷-۴-۱۰) مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان باید

ارتفاع آزاد بتن‌ریزی به ۱/۲ متر محدود شود. همچنین دریند (۹-۷-۵) مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان در خصوص ویبره کردن بتن اعضای سازه‌ای ضوابطی ارائه شده است. برای مثال؛ در خصوص تراکم بتن ستون‌ها می‌باید الزاماً توسط ویبراتورهای ماشینی صورت گیرد و استفاده از روش‌های دستی تراکم همچون چکش لاستیکی کفایت نمی‌کند. در مشاهدات میدانی (شکل ۵-۱۵) بسیاری از مقاطع بتنی دارای تخلخل و جداشدگی سنگدانه‌ها می‌باشند.



شکل (۵-۱۵) - عدم رعایت ضوابط ساخت بتن، بتن‌ریزی و تراکم بتن (تخلخل و ضعف پایایی و مقاومت)

❑ **عدم رعایت طول گیرایی:** بر اساس بند (۹-۲۱-۲-۱-۲) مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان به جهت عملکرد شکل‌پذیر اعضای بتن‌آرمه و انتقال نیرو بین بتن و میلگرد لازم است میلگردها در انتها اعضا به صورت قلاب (۹۰ یا ۱۸۰ درجه) درآورده شوند. که در قلاب‌های ۹۰ درجه (گونیا) به اندازه $12d_b$ طول مستقیم بعد از شعاع خم نیاز است که مجموعاً برای میلگردهای زیر نمره ۲۸ از انتهای خم برابر $12d_b + 3d_b + d_b = 16d_b$ می‌شود (شکل ۵-۱۶).



شکل ۵-۱۶- لزوم اجرای خم ۹۰ درجه (گونیا) در انتهای میلگردهای طولی اعضا

عدم رعایت گیرداری میلگردهای طولی اعضای بتنی در انتها باعث آسیب جدی بر اتصالات انتهایی این اعضا و کاهش شکل‌پذیری کل سازه شده بود (شکل ۵-۱۷). همچنین عدم مهار مناسب میلگردهای طولی ستون که در تراز بالاتر به آن‌ها نیاز نیست یکی مشکلاتی است که امروز در بسیار از پروژه‌ها مشاهده می‌گردد و باید به‌اندازه طول گیرایی در ستون بالا ادامه یابد یا با قلاب‌های ۹۰ درجه (گونیا) در شبکه بالای تیر خم شود (شکل ۵-۱۸).

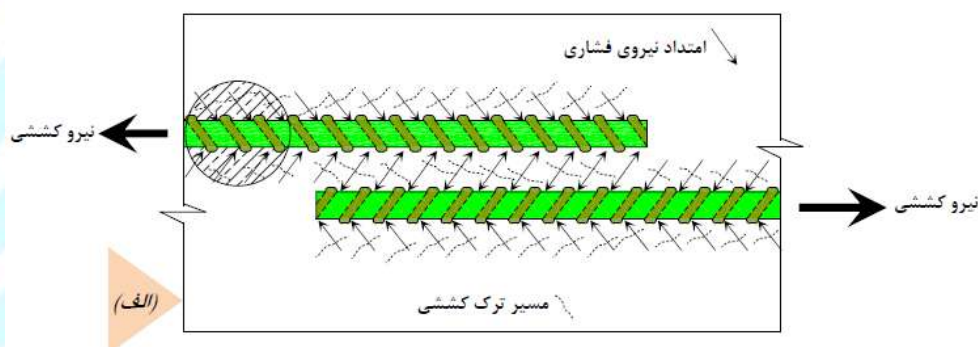


شکل ۵-۱۷- عدم اجرای خم ۹۰ درجه (گونیا) در انتهای میلگردهای طولی ستون

لازم به ذکر است اکثر وصله‌های مورد استفاده در ساختمان‌های مورد بازدید (آسیب‌دیده) از نوع وصله پوششی بود. این وصله‌ها طبق بند (۹-۲۱-۴-۲) مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان فقط برای میلگردهای با قطر کمتر از ۳۶ میلی‌متر مجاز است. همچنین عملکرد انتقال نیروی کششی فی‌مابین دو میلگرد وصله شده که مطابق بند (۹-۲۱-۴-۵) از ظرفیت اتصال مستقیم دو میلگرد فوق صرف‌نظر می‌شود به‌واسطه بتن بین آن‌ها و به‌صورت فشاری امکان‌پذیر می‌شود (شکل ۵-۱۹). از این روی می‌توان گفت به علت ضعف مفراط مقاومت فشاری بتن طول این وصله‌ها عامل تعیین‌کننده و جدایش وصله‌های پوششی مشاهده‌شده نبودند (شکل ۵-۲۰).



شکل ۵-۱۸- عدم اجرای خم ۹۰ درجه (گونیا) یا مهار مناسب در انتهای میلگردهای طولی ستون که در تراز بالا به ادامه آن نیاز نیست.



شکل ۵-۱۹- نحوه انتقال نیروهای کششی در وصله‌های پوششی



شکل ۵-۲۰- عملکرد ضعیف وصله‌های پوششی که ضعف بتن عامل اصلی جدایش محسوب می‌شود.

❑ **عدم رعایت ضوابط آرماتورگذاری:** اگرچه ضعف‌های متعددی در خصوص میلگردگذاری چون؛ عدم رعایت فواصل میلگردهای عرضی و طولی، عدم رعایت مقادیر خم در گیرایی میلگردها، عدم رعایت طول وصله‌های پوششی و عدم استفاده از قلاب‌های ویژه ۱۳۵ درجه، عدم اجرای تنگ در چشمه اتصال و ... ملاحظه شد لیکن به علت ضعف مفرط مقاومت بتن هیچ‌کدام از موارد فوق‌الذکر عامل اصلی آسیب وارده محسوب نمی‌شوند (شکل ۵-۲۱). اگرچه این موضوع دلیلی بر عدم توجه به موضوعات فوق نبوده و قطعاً در کاهش آسیب‌ها و افزایش شکل‌پذیری در بسیاری از ساختمان‌های سرپای بتن‌آرمه مؤثر بوده‌اند.



شکل ۵-۲۱- عدم رعایت ضوابط میلگرد گذاری

❑ **عدم رعایت ضوابط قالب‌بندی:** خروج از مرکزیت‌های مقاطع نسبت به یکدیگر، قالب‌بندی‌های دو تکه اعضای سازه‌ای قائم، عدم رعایت پوشش بتن، خیزهای مثبت اعضای افقی، ناشاقولی‌های اعضای قائم، پیچشی مقاطع و عدم رعایت رواداری‌های قالب‌بندی بر اساس بند (۹-۱۲-۱-۴) مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان با فراوانی زیادی در ساختمان‌های آسیب‌دیده ملاحظه گردید لیکن به علت ضعف مفرط مقاومت بتن هیچ‌کدام از موارد فوق‌الذکر عامل اصلی آسیب وارده محسوب نمی‌شوند (شکل ۵-۲۲). اگرچه این موضوع دلیلی بر عدم توجه به موضوعات فوق نبوده و قطعاً در کاهش آسیب‌ها و افزایش شکل‌پذیری در بسیاری از ساختمان‌های سرپای بتن‌آرمه مؤثر بوده‌اند.



شکل ۵-۲۲- عدم رعایت ضوابط قالب‌بندی و رواداری‌ها

❑ **اتصال غیراصولی اجزای غیر سازه‌ای به اعضای بتنی:** اتصال اجزای غیر سازه‌ای به اعضای بتن‌آرمه به‌صورت غیراصولی و تخریب‌های موضعی برای شاخک‌گیری با فراوانی زیاد در ساختمان‌های مورد بازدید ملاحظه گردید. این روش اتصال علاوه بر نقض ضوابط پایایی بر مقاومت عضو به جهت کاهش سطح مقطع بتن و میلگردهای طولی به جهت جوشکاری و نهایتاً کاهش شکل‌پذیری سازه براساس بند (۹-۲۳-۲-۳-۳) مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان مؤثر است. به علت ضعف مفرط مقاومت بتن هیچ‌کدام از موارد فوق‌الذکر عامل اصلی آسیب وارده محسوب نمی‌شوند (شکل ۵-۲۳). اگرچه این موضوع دلیلی بر عدم توجه به موضوعات فوق نبوده و قطعاً در کاهش آسیب‌ها و افزایش شکل‌پذیری در بسیاری از ساختمان‌های سرپای بتن‌آرمه مؤثر بوده‌اند.



شکل ۵-۲۳- اتصال غیراصولی اجزای غیرسازه‌ای به سازه‌ای

۵-۳- نظر کارشناسی

در بازدید میدانی از منطقه طیف وسیعی از عملکردهای مختلف ساختمان‌های بتن آرمه با سیستم‌های مختلف مشاهده می‌گردد. سازه‌های بتن آرمه با سیستم‌های قاب خمشی، ترکیبی قاب خمشی - دیوار برشی، قاب خمشی همراه با میانقاب، سیستم کوبیاکس، یوبوت و ... نمونه‌های از انواع مختلف ساختمان‌های بتن آرمه می‌باشند. مهم‌ترین نقاط ضعف و قوت ساختمان‌های بتن آرمه را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی نمود:

□ عملکرد سیستم‌های سازه‌ای:

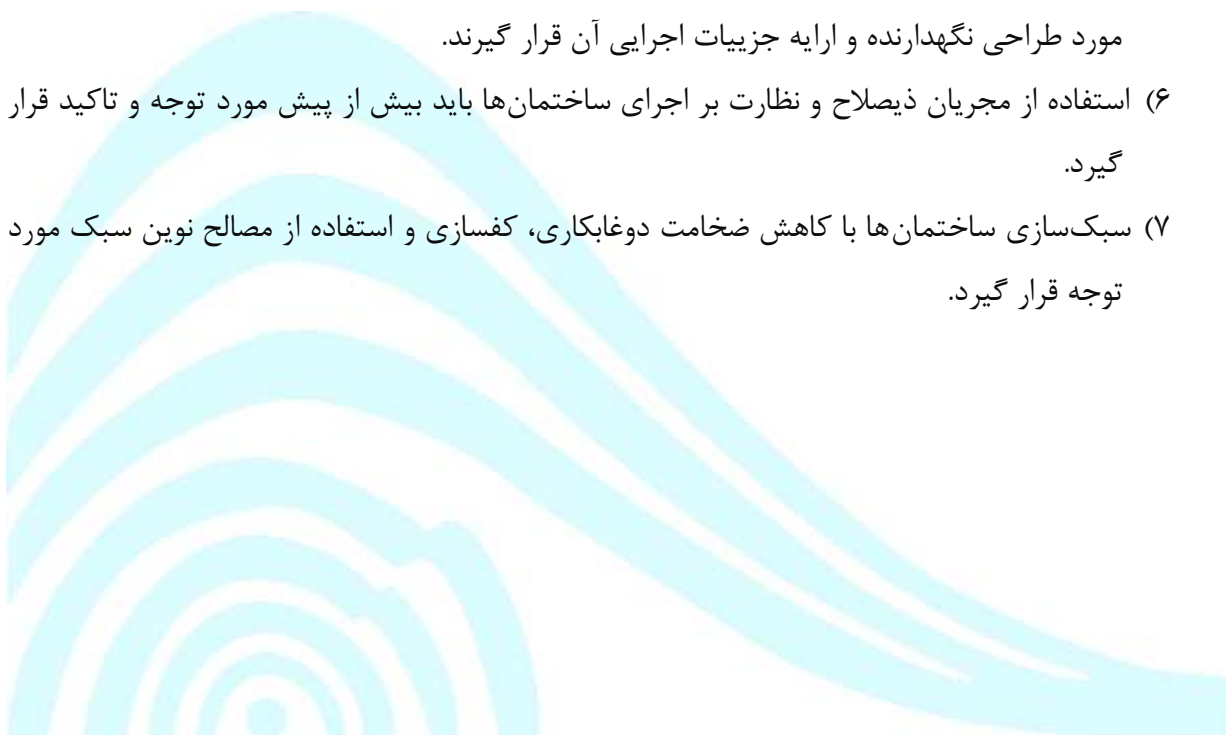
سیستم قاب خمشی بتن آرمه در این زلزله عملکرد قابل قبولی نداشتند. اکثر ساختمان‌های فروریزش کرده بتنی دارای چنین سیستم باربر جانبی بودند. به جهت ستون ضعیف، مقاومت نازل بتن و بسیاری از ضعف‌هایی که در بخش قبل به آنها اشاره شد برخی از این ساختمان‌ها به شدت تخریب و منجر به فوت تعداد قابل توجهی شده‌اند. همچنین با توجه به نرمی و جابجایی زیاد این سیستم باربر جانبی، حتی ساختمان‌هایی که پایداری نسبی خود را حفظ کرده‌اند دارای آسیب‌های شدید غیرسازه‌ای با تلفات جانی و آسیب به سازه‌های اطراف خود شده بوده‌اند. مسکن مهر شهید شيرودی مصداق عملکرد این سیستم است. بسیاری از ساختمان‌های بتنی با این سیستم بتنی حتی بدون تغییر شکل ماندگار وارد محدوده غیر خطی خود شده‌اند و با تشکیل مفاصل پلاستیک عملاً بخشی از ظرفیت خود را از دست داده‌اند لذا به نظر می‌رسد کلیه سازه‌های بتنی چند طبقه مورد ارزیابی آسیب‌پذیری و در صورت نیاز بهسازی برای بازیابی عملکرد مورد نظر قرار گیرند. سیستم‌های ترکیبی قاب خمشی - دیوار برشی به غیر از دو بلوک آماده تحویل مسکن مهر اسلام‌آباد غرب یکی از بهترین عملکردهای سیستم‌های بتنی را داشتند. با توجه به سختی بالای دیوار برشی و کاهش شدید

تغییر شکل‌های سازه، کاهش آسیب‌های غیرسازه‌ای را شاهد بودیم. تعداد قابل توجهی از این سیستم سازه‌ای در مسکن مهر اسلام‌آباد غرب وجود داشت که اکثر آنها آسیب سازه‌ای نداشته یا در حد کم بود لیکن دو بلوک به علت ضعف اجرایی دچار فروریزش در جا در همکف شده بود.

اجرای سیستم‌های بتنی با دیوارهای مصالح بنایی (آجری) علیرغم اینکه مطابق فرضیات طراحی این سازه‌ها نیست لیکن به جهت ضعف بتن و سختی بالای این دیوارها توانسته است با توجه به آسیب‌های شدید دچار فروریزش کلی نشوند. همچنین سیستم‌های سقف کوبیاکس و یوبوت با توجه به دهانه‌های بلند و سیستم باربر جانبی دیوار برشی دارای عملکرد مناسبی بودند و البته ساکنین لرزش زیادی در این سقف‌ها احساس نمودند که باعث ترک خوردگی سقف و محل اتصال آن با دیوارها شده است.

□ توصیه کارشناسی

- (۱) استفاده از بتن آماده و آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت مصالح مطابق ضوابط و مقررات مورد توجه قرار گیرد.
- (۲) روش‌های بتن ریزی مکانیزه و ویبره مقاطع در کنار شرایط عمل‌آوری مطابق ضوابط و مقررات موجود مورد توجه قرار گیرد.
- (۳) ضوابط طراحی در خصوص تیر ضعیف - و ستون قوی مورد توجه بیشتر قرار گیرد.
- (۴) جزییات طراحی و اتصال تیرهای میان طبقه راه‌پله مورد بازنگری قرار گیرد.
- (۵) اجزای غیرسازه‌ای همچون، دیوارها جداکننده، جان‌پناه، سقف کاذب و ... به عنوان قطعات الحاقی مورد طراحی نگهدارنده و ارایه جزییات اجرایی آن قرار گیرند.
- (۶) استفاده از مجریان ذیصلاح و نظارت بر اجرای ساختمان‌ها باید بیش از پیش مورد توجه و تاکید قرار گیرد.
- (۷) سبک‌سازی ساختمان‌ها با کاهش ضخامت دوغابکاری، کفسازی و استفاده از مصالح نوین سبک مورد توجه قرار گیرد.



فصل ششم

عملکرد ساختمان‌های با اسکلت فولادی

بهرخ حسینی هاشمی
حمیدرضا فرشچی
بابک کیخسرو کیانی

۶-۱- ساختمان‌های با اسکلت فولادی

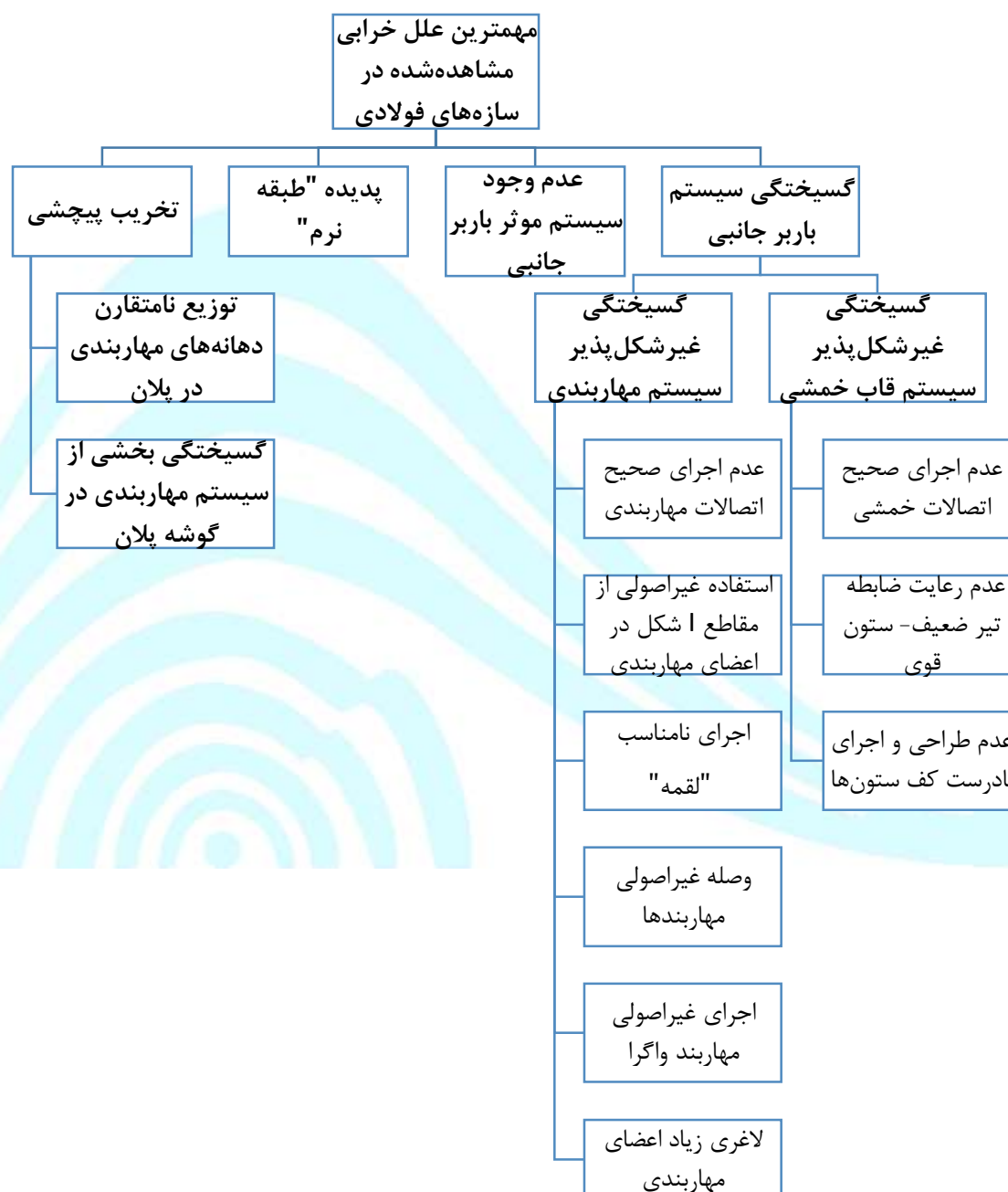
در این بخش از گزارش به بررسی عملکرد رفتار سازه‌های با اسکلت فولادی پرداخته شده و ارزیابی ساختمان‌هایی که در قالب مسکن مهر ساخته شده‌اند (بتنی و فولادی) به فصل‌های آتی موکول شده است. در ارائه مستندات مربوط به تحلیل رفتار سازه‌های فولادی واقع در مناطق زلزله‌زده، از مشاهدات حدود ۲۰ نفر از کارشناسان اعزامی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله و صرف بیش از ۱۰۰ نفر-روز زمان در شهرستان‌های سرپل‌ذهاب، قصر شیرین، جوانرود، ثلاث‌باباجانی، گیلانغرب، اسلام‌آباد غرب و کرد غرب استفاده شده است. سازه‌های فولادی آسیب‌دیده مورد مطالعه عمدتاً در مناطقی از شهرهای خسارت دیده متمرکز هستند که در سال‌های اخیر توسعه یافته است و دارای خاک آبرفتی می‌باشد. این سازه‌ها غالباً دارای دو تا چهار طبقه بوده و سیستم باربر جانبی آن‌ها در یک راستا قاب مهاربندی شده و در راستای عمود بر آن قاب خمشی می‌باشد. بخش قابل‌توجهی از سازه‌های فولادی مورد ارزیابی، فاقد طراحی حداقلی بوده و بر اساس تجربیات سازندگان محلی و مالکان بنا شده‌اند. با توجه به نوساز بودن بخش عمده‌ای از سازه‌های مورد مطالعه در این گزارش و استقرار آن‌ها در محدوده شهری، عدم نظارت سازمان نظام مهندسی (و یا نهادهای متولی دیگر از جمله بنیاد مسکن) بر روند طراحی و اجرای این سازه‌ها، مشهود می‌باشد. این در حالی است که سال ساخت آنها نشان می‌دهد که ساختار سیستم نظام مهندسی مستلزم وجود طراح و ناظر تایید صلاحیت شده برای طراحی و نظارت این ساختمان‌ها بوده است.

در ارزیابی ارائه شده در این گزارش تلاش شده است با نگاهی تحلیلی، به بررسی خسارات مشاهده شده در زلزله پرداخته شود و ضوابط آیین‌نامه‌های کشور در زمان ساخت سازه‌ها که شامل ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ (۲۸۰۰ ویرایش ۳) و مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان، ویرایش سال ۱۳۸۷ (مبحث دهم - ۱۳۸۷) و همچنین ضوابط مهندسی روز کشور که شامل استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم (۲۸۰۰ ویرایش ۴) و مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان، ویرایش سال ۱۳۹۲ (مبحث دهم - ۱۳۹۲)، در هر مورد، تا حد امکان بیان شده است. در تبیین ضوابط آیین‌نامه‌ای، به بیان کلی حداقل ضوابط جزئیات‌بندی مرتبط با سیستم‌های با شکل‌پذیری معمولی (قاب خمشی معمولی و سیستم مهاربند همگرا و واگرای معمولی) بسنده شده است. گرچه استفاده از ضوابط قاب خمشی معمولی حتی در ویرایش سوم ۲۸۰۰ برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط در مناطق لرزه‌خیزی زیاد و خیلی زیاد ممنوع می‌باشد.

۶-۲- مودهای اصلی شکست

با توجه به شباهت سازه‌های فولادی اجرا شده در مناطق متاثر از زلزله سرپل‌ذهاب، از نظر سیستم باربر جانبی و روش‌های اجرای آن‌ها، مودهای گسیختگی عمده سازه‌های فولادی را می‌توان مطابق با شکل

۱-۶ طبقه‌بندی نمود. در طبقه‌بندی اشاره شده سعی شده است ایرادات اجرایی مشاهده شده در قالب مدهای گسیختگی مرتبط طبقه‌بندی شوند. در طبقه‌بندی خسارات مشاهده شده در قالب مدهای گسیختگی سازه‌ها باید به این نکته توجه نمود که در اکثر موارد، مجموعه‌ای از مدهای گسیختگی برای یک سازه رخ داده است و تفکیک کامل آن‌ها از یکدیگر ممکن نیست. همچنین سعی شده است در این طبقه‌بندی به تقدم و تاخر رخداد هریک از مدهای گسیختگی در سازه‌ها دقت شود.



شکل ۱-۶- مدهای عمده خرابی و ایرادات اجرایی مشاهده شد

در ادامه به بررسی مدهای گسیختگی و ایرادات اجرایی مشاهده شده پرداخته خواهد شد.

۶-۲-۱- گسیختگی سیستم باربر جانبی

الف: گسیختگی غیرشکل‌پذیر سیستم مهاربندی

خرابی‌های زود هنگام سیستم مهاربندی، عمدتاً ناشی از ایرادات اجرایی، عدم طراحی صحیح اتصالات و همچنین عدم جزئیات‌بندی صحیح اعضای اصلی سیستم باربر جانبی است.

• اتصالات مهاربندی

در ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم (۱۳۸۷) بر طراحی ظرفیتی اتصالات مهاربندهای همگرای با شکل‌پذیری معمولی (شامل ورق اتصال و جوش‌های اتصال ورق به تیر و ستون و جوش مهاربند به ورق اتصال) برای سازه‌های مسکونی دارای بیش از دو طبقه بر اساس کمترین نیروهای شامل مقاومت کششی مهاربند ($A_g F_y$) و یا حداکثر باری که می‌توان از سیستم انتظار داشت، تاکید شده است. در ویرایش سال ۱۳۹۲ مبحث دهم، ضمن حذف شرط تعداد طبقه برای طراحی ظرفیتی اتصالات، نیروی طراحی اتصالات سیستم مهاربند همگرای معمولی برابر با کمینه مقاومت کششی مورد انتظار اعضای مهاربندی ($R_y A_g F_y$) و بیشترین نیروی محوری حاصل ترکیبات بار زلزله تشدید یافته در مهاربندی‌ها، ذکر شده است. که در آن R_y نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم فولاد مهاربند، F_y تنش تسلیم فولاد مهاربند و A_g سطح مقطع کلی عضو مهاربندی است.

عدم طراحی و اجرای نامناسب اتصالات مهاربندی از رایج‌ترین علل خرابی سازه‌های فولادی مشاهده شده در مناطق زلزله‌زده است. برخی از مهمترین ایرادات اجراییکه منجر به گسیختگی کلی یا جزئی سیستم باربر جانبی شده است در شکل‌های ۶-۲ تا ۶-۷ نشان داده شده است.



(ب)



(الف)

شکل ۶-۲- اتصال مستقیم ورق اتصال به جان ستون که منجر به کاهش سختی سیستم باربر جانبی و گسیختگی زود هنگام آن شده است.



(ب)



(الف)

شکل ۳-۶- عدم اتصال اعضای مهاربندی به ورق اتصال



(ب)



(الف)

شکل ۴-۶- عدم جوش ورق اتصال به تیر



(ب)

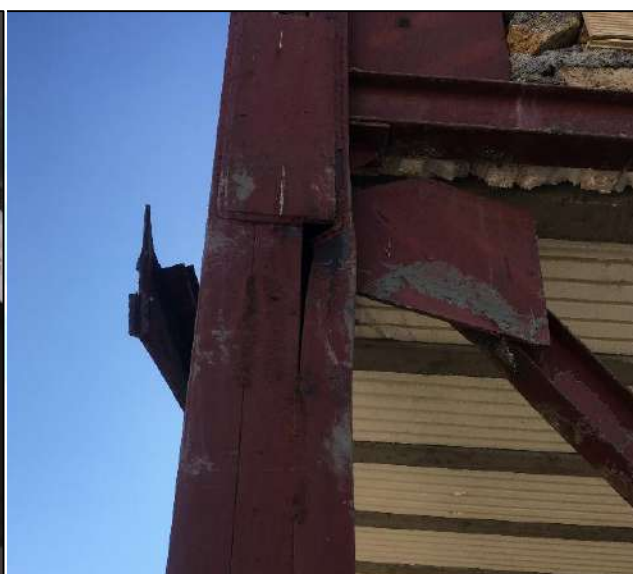


(الف)

شکل ۵-۶- کیفیت نامناسب جوشکاری در اتصالات سیستم مهاربندی

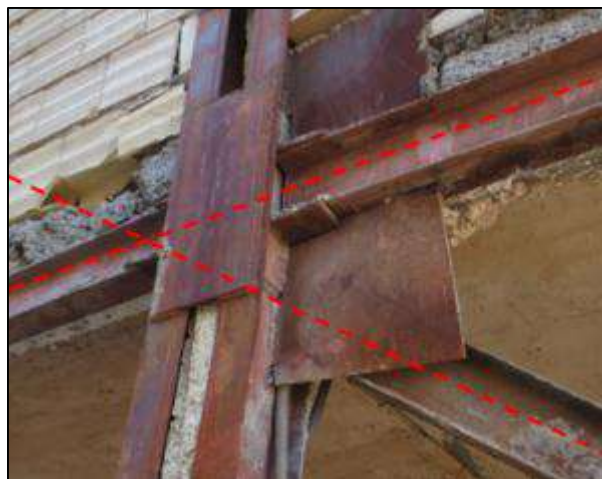


(ب)



(الف)

شکل ۶-۶- عدم جزئیات بندی مناسب و انتقال بار به ستون‌ها در دهانه‌های مهاربندی



(ب)



(الف)

شکل ۶-۷- پیکربندی هندسی نامناسب ورق اتصال و عدم رعایت خط آزاد خمشی (بر اساس ضوابط مبحث دهم برای سیستم مهاربندی معمولی رعایت این ضابطه غیر الزامی است)

استفاده از مهاربندهای با مقطع I شکل در ساختمان‌های فولادی به وفور در منطقه و در بین سازه‌های آسیب دیده مشاهده شد. اتصال غیر اصولی مهاربند با مقطع I شکل (شکل ۶-۸)، با توجه به طول جوش کم اتصال این مهاربندها به ورق گاست و عدم اتصال تمام اجزای مقطع به ورق گاست مانع از استفاده از تمام ظرفیت مقطع در کشش به دلیل پدیده "تاخیر برشی"^۱ می‌شود. همچنین به دلیل خروج از مرکزیت ورق اتصال نسبت به عضو مهاربندی در اتصالات استفاده شده، این مهاربندها مستعد کمانش خارج از صفحه در بار محوری به مراتب کوچکتر از ظرفیت کمانش فشاری محاسباتی عضو هستند. در نهایت به دلیل عدم رعایت خط آزاد خمش در پیکربندی هندسی گاست، کمانش زود هنگام و خارج از صفحه این نوع از مهاربندها، موجب تقاضای تغییر شکلی و نیرویی قابل توجه بر ورق گاست و جوش اتصال ورق گاست به ستون و تیر شده و با توجه به عدم اتصال ورق گاست به تیر موجب گسیختگی زود هنگام سیستم مهاربندی در لحظات ابتدایی زلزله شده است. در شکل (۶-۸) اتصال مطلوب برای مهاربندهای با مقاطع I شکل با اتصالات رایج استفاده شده در مناطق زلزله‌زده مقایسه شده است.

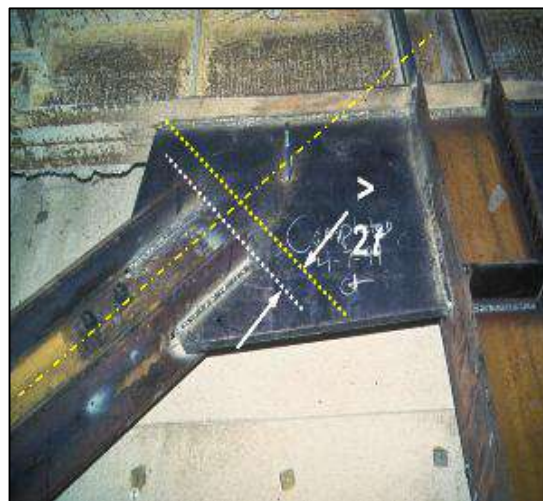
در شکل (۶-۹) شاهد گسیختگی زودرس ورق گاست می‌باشیم. همانطور که در تصویر دیده می‌شود. مهاربندی که به ورق گاست گسیخته شده متصل است در حالت کشش بوده است و حتی در چرخه‌های رفت و برگشتی کمانشی را تجربه نکرده است. این تصویر به وضوح نشان می‌دهد که در سیکل‌های اولیه با توجه به پایین بودن ظرفیت جوش و قبل از رسیدن نیرو به حد ظرفیتی مهاربند، اتصال گسیخته شده و تمام

^۱ Shear Lag

بار به مهاربند دیگر که در فشار قرار داشته منتقل شده و باعث کمایش بیش از حد مهاربند تغییرشکل ماندگار در سازه شده‌است.



(ب)



(الف)

شکل ۸-۶- مقایسه اتصال مطلوب برای مهاربندهای با مقاطع I شکل و اتصالات رایج استفاده شده در مناطق زلزله‌زده (تصویر ۸-۶-الف، صرفاً به منظور مقایسه است و مربوط به مناطق زلزله‌زده نمی‌باشد)



شکل ۹-۶- گسیختگی زود هنگام ورق گاست.

• جزئیات بندی لرزه‌ای اجزای سیستم مهاربندی

براساس ضوابط مبحث دهم تعبیه لقمه در دو سر عضو مهاربندی مرکب (بلافاصله بعد از ورق اتصال) و همچنین حداقل در نقاط $1/3$ طول عضو الزامی است. همچنین لاغری موثر هریک از اجزا در فاصله دو لقمه

نباید از ۳/۴ ضریب لاغری تعیین‌کننده کل مقطع تجاوز کند. در صورت عدم تعبیه و یا جوش نامناسب لقمه‌ها به اعضای مهاربندی، لاغری هریک از مهاربندهای تکی نسبت به مقطع مرکب حول محور ضعیف مقطع افت شدیدی کرده و نیروی نظیر کمانش فشاری مهاربند، نسبت به مقطع در نظر گرفته شده برای طراحی، به شدت کاهش می‌یابد. در شکل (۶-۱۰) عدم اتصال اجزای مهاربند مرکب به یکدیگر و یا فواصل زیاد لقمه‌ها دیده می‌شود.

براساس ضوابط مبحث دهم، مهاربندهای قطری و ضربدری در قاب مهاربندی معمولی، می‌توانند به‌صورت کششی تنها طراحی شوند و بنابراین محدودیت خاصی برای لاغری این مهاربندها در ضوابط لرزه‌ای ذکر نشده است. بر اساس ضوابط غیرلرزه‌ای، لاغری اعضای تحت کشش نباید از مقدار ۳۰۰ تجاوز کند و در صورت استفاده از قلاب‌ها و میله‌مهارها در صورتی که دارای پیش‌تنیدگی اولیه به مقدار مورد نیاز باشند و پس از ایجاد کشش اولیه عضو به حالت مستقیم درآید، رعایت محدودیت لاغری ضروری نیست. در صورت طراحی فشاری مهاربندها نیز لازم است ضریب لاغری حداکثر آن‌ها کمتر از مقدار ۲۰۰ در نظر گرفته شود. در شکل (۶-۱۱) لاغری بیش از حد مهاربندها را شاهد هستیم و در شکل (۶-۱۲) وصله غیر اصولی مهاربندها را مشاهده می‌کنیم.



(ب)



(الف)

شکل ۶-۱۰ - عدم اتصال اجزای مهاربند مرکب به یکدیگر



(ب)



(الف)

شکل ۶-۱۱- لاغری زیاد اعضای مهاربندی



(ب)



(الف)

شکل ۶-۱۲- وصله غیراصولی مهاربند

یکی از ایرادات مهم و پر تکرار مشاهده شده در بین سازه‌های فولادی، استفاده غیراصولی و غیرضروری از مهاربند و اگر بدون رعایت ضوابط مربوط به این سیستم باربر جانبی است. استفاده نادرست از این سیستم باربر جانبی، حتی در دهانه‌های کناری سازه‌ها که ملاحظات معماری خاصی نیز به منظور ایجاد گشودگی در دهانه مذکور مد نظر نبوده است (شکل ۶-۱۳) علاوه بر کاهش شدید سختی سازه، موجب افت مقاومت و شکل‌پذیری تعداد زیادی از ساختمان‌های آسیب‌دیده شده است.

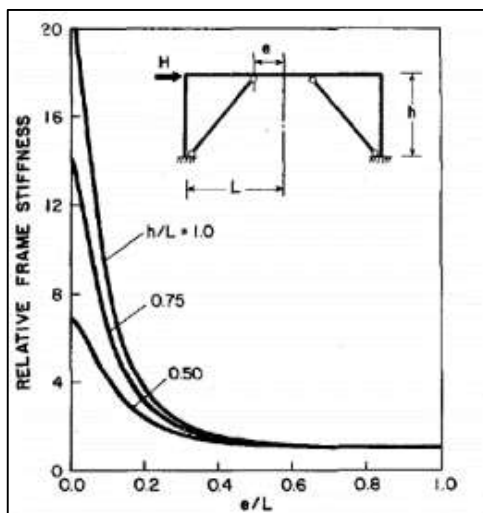


شکل ۶-۱۳- استفاده غیرضروری و نادرست از مهاربند واگرا در دهانه‌های کناری سازه

در شکل (۶-۱۴)، نمونه‌ای از اجرای غیراصولی مهاربند واگرا با طول زیاد تیر پیوند نشان داده شده‌است. بر اساس نمودار نشان داده شده در شکل (۶-۱۵)، با تجاوز نسبت طول تیر پیوند به دهانه مهاربندی از $0/2$ ، سختی جانبی قاب به شدت افت می‌کند. نمای کلی سازه‌ای که در آن مهاربند نشان داده شده در شکل ۶-۱۴ استفاده شده‌است، در شکل (۶-۱۶) نمایش داده شده‌است. طول زیاد تیر پیوند در یکی از دهانه‌های کناری سازه در طبقه همکف از یک سو، و بلندی طبقه همکف نسبت به طبقه بالاتر، سازه مذکور را دچار مود خرابی پیچشی و طبقه نرم نموده‌است.



شکل ۶-۱۴- طول زیاد و غیراصولی تیر پیوند



شکل ۶-۱۵- تاثیر طول تیر پیوند بر سختی جانبی قاب مهاربندی شده واگرا^۲



شکل ۶-۱۶- مود خرابی پیچشی و طبقه نرم

^۲ Hjelmstad, K.D., Popov, E.P. (1983) "Seismic behavior of active beam links in eccentrically braced frames" Report No. UCB/EERC-83/24, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, USA.

سیستم مهاربندی واگرا، در عین رفتار شکل‌پذیر دارای جزئیات‌بندی لرزه‌ای پیچیده‌ای بوده و همانطور که پیش از این اشاره شد، در صورتی که این جزئیات‌بندی رعایت نشود، موجب افت شدید سختی و ظرفیت اتلاف انرژی سازه می‌شود. در این شرایط، وقوع انواع خرابی‌های غیرشکل‌پذیر در سیستم باربر جانبی از جمله، کمانش ورق اتصال، کمانش پیچشی تیر پیوند، لهیدگی جان تیر پیوند و کمانش مهاربند فشاری قابل انتظار خواهد بود.

با توجه به اینکه ظرفیت اتلاف انرژی سیستم مهاربندی واگرا، از تسلیم برشی یا خمشی تیر پیوند حاصل می‌شود لازم است ضوابطی برای حفظ پایداری و مقاومت تیر پیوند و سایر اعضای نیرو-کنترل این سیستم پیش‌بینی شود.

کلیات این ضوابط بر اساس مبحث دهم به شرح زیر است:

- ۱- ممانعت از کمانش موضعی جان و بال تیر پیوند در بارگذاری لرزه‌ای
 - ۲- کنترل طول تیر پیوند به عنوان عامل اصلی تعیین مود تسلیم تیر پیوند و سختی جانبی قاب
 - ۳- کنترل و محدود نمودن دوران نهایی تیر پیوند برای ممانعت از شکست تیر پیوند
 - ۴- تعبیه سخت‌کننده جان، بخصوص در تیرهای پیوند کوتاه با توجه به طول تیر پیوند و دوران مورد انتظار
 - ۵- تعبیه مهار جانبی در بال بالا و پایین تیر پیوند به منظور ممانعت از کمانش پیچشی و پیچشی-جانبی تیر پیوند
 - ۶- طراحی سایر اجزای سیستم مهاربندی واگرا به غیر از تیر پیوند، بر اساس حداکثر نیروی محتمل قابل ایجاد در آنها
- در مبحث دهم-۱۳۸۷ ضوابط سیستم مهاربند واگرای معمولی نیز ارائه شده است. هرچند مقدار ضریب رفتار این سیستم بر اساس استاندارد ۲۸۰۰-ویرایش ۳، روشن نیست، با این حال در این بخش ضوابط ساده‌ای به منظور تضمین رفتاری با شکل‌پذیری حداقل برای این سیستم به شرح زیر پیش‌بینی شده است:

الف: طول تیر پیوند کوچکتر از $1/5$ طول دهانه مهاربند باشد

ب: تیر دهانه مهاربندی به‌صورت پیوسته، فشرده و دارای اتصال سراسری جان به بال باشد.

پ: تیر دهانه مهاربندی قادر به تحمل بارهای ثقیلی بدون وجود مهاربندها باشد

ت: یک جفت سخت‌کننده در محل اتصال عضو قطری مهاربند و همچنین داخل تیر پیوند تعبیه شود.

عدم رعایت ضوابط آیین‌نامه‌ای مربوط به جزئیات‌بندی مهاربندهای واگرا در همه مناطق مورد ارزیابی و بخصوص شهر سرپل ذهاب، حتی در بین سازه‌های آسیب ندیده مشهود است و به نظر می‌رسد اصلاح شیوه‌ی ساخت و نظارت بیشتر بر ساخت این سیستم باربرجانبی ضروری است. در ادامه تصویر برخی از خرابی‌های غیرشکل‌پذیر این سیستم ارائه می‌شود (شکل ۶-۱۷ و ۶-۱۸).



شکل ۶-۱۷- کمانش پیچشی تیر پیوند به دلیل عدم تعبیه مهار جانبی تیر



شکل ۶-۱۸- کمانش پیچشی تیر پیوند و لهیدگی جان تیر در محل اتصال مهاربند

ب: گسیختگی غیرشکل‌پذیر سیستم قاب خمشی

طبق مشاهدات انجام‌شده، بخش عمده‌ای از سازه‌های فولادی آسیب دیده در مناطق زلزله‌زده حداقل در یک جهت دارای سیستم قاب خمشی می‌باشند. طراحی اتصالات خمشی برای قاب خمشی معمولی بر اساس

مبحث دهم (۱۳۸۴) بر اساس بارهای عادی بوده ولی این ضابطه در ویرایش سال ۱۳۹۲ مبحث دهم تغییر یافته و لازم است اتصالات در قاب‌های خمشی معمولی بر اساس ظرفیت خمشی مورد انتظار تیرها برای خمشی و برش نظیر آن طراحی شود. همچنین بر اساس ضوابط مبحث دهم، کنترل ضابطه تیر ضعیف-ستون قوی برای قاب خمشی معمولی الزام‌آور نبوده و همچنین استفاده از مقاطع مرکب به عنوان ستون نیز منعی ندارد.

اتصالات خمشی به‌کار رفته در ساختمان‌های مناطق زلزله‌زده، عموماً اتصال جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (WFP) می‌باشد که ورق زیرسری به وسیله سخت‌کننده تقویت شده است. با این حال اجرای این اتصالات با ایرادات فراوانی همراه بوده است. عدم اتصال ورق روسری و زیرسری به ستون یا تیر، طول جوش ناکافی اتصال این ورق‌ها به ستون یا تیر، ضعیف بودن ورق روسری و استفاده از اتصال مفصلی در قاب خمشی بخشی از ایرادات مشاهده شده در اتصالات سیستم قاب خمشی در سازه‌های آسیب‌دیده است. در ادامه ضعف‌های اجرایی مشاهده‌شده در اتصالات خمشی نشان داده شده است (شکل‌های ۶-۱۹ تا ۶-۲۱)



(ب)



(الف)

شکل ۶-۱۹ - عدم جوش مناسب ورق زیرسری و روسری به ستون



(ب)

(الف)

شکل ۶-۲۰- ضعف ورق روسری



(ب)

(الف)

شکل ۶-۲۱- استفاده از نبشی به عنوان ورق روسری و عدم اجرای ورق برش‌گیر جان

اگرچه در بررسی عملکرد سازه‌های آسیب‌دیده، خرابی کفستون‌ها (میله‌مهارها و مهارشدگی آن‌ها در بتن، سخت‌کننده‌ها و سایر اجزای آن) به عنوان عامل اصلی خرابی سازه‌ها مشاهده نشد، با این حال صفحات کفستون‌های مشاهده‌شده دارای ایرادات جدی در طراحی و اجراست که برخی از آن‌ها در شکل ۶-۲۲ نشان داده شده‌است.



(ب)



(الف)

شکل ۶-۲۲- مشکلات اجرایی کفستون‌ها

با توجه به اینکه بار ثقلی سازه در اکثر موارد مشاهده شده، بر روی تیرهای قاب خمشی متمرکز بود معمولاً مقاومت خمشی این تیرها تا حد قابل توجهی قوی از مقاومت ستون‌ها بیشتر است. اگرچه رعایت ضابطه تیر ضعیف- ستون قوی در قاب‌های خمشی غیر ویژه اجباری نیست، ولی عدم رعایت این ضابطه به همراه ایرادات اجرایی و مقاومت و سختی کم اتصالات خمشی، عملاً مانع از رفتار شکل‌پذیر قاب خمشی شده و باعث ایجاد مفاصل پلاستیک در دوسر ستون‌های طبقه همکف، در جهت قاب خمشی شده است (شکل ۶-۲۳).



شکل ۶-۲۳- تشکیل مفاصل پلاستیک در دو سر ستون‌ها

۶-۲-۲- عدم وجود سیستم باربر جانبی موثر

عدم اجرای صحیح اتصالات خمشی و یا اجرای اتصال مفصلی به جای اتصالات خمشی در تعداد زیادی از سازه‌های مشاهده شده، عملاً باعث شده‌است برخی از سازه‌ها در دو جهت فاقد سیستم موثر باربر جانبی باشند.

در برخی موارد مشاهده شده در سازه‌های مشاهده شده در منطقه، همانطور که در شکل ۶-۲۴ نشان داده شده است، از تیرهایی در تراز میانی طبقات موسوم به "تیرهای کمربندی" به عنوان جایگزینی برای سیستم مهاربندی استفاده شده‌است. با توجه به باور رایج در بین سازندگان محلی مبنی بر شباهت عملکرد این روش با سیستم مهاربند، اتصالات تیر به ستون در جهتی از سازه که از "تیرهای کمربندی" استفاده شده است، مفصلی می‌باشد. بنابراین در این‌گونه سازه‌ها، حداقل در یک جهت، سازه دارای سیستم باربر جانبی نمی‌باشد و لازم است نسبت به مقاوم‌سازی این‌گونه سازه‌ها که در منطقه زلزله‌زده به وفور یافت می‌شود، اقدام به عمل آید.



شکل ۶-۲۴- استفاده از تیرهای میان‌طبقه در طبقات به عنوان سیستم باربر لرزه‌ای که باعث عدم وجود سیستم موثر باربر جانبی در جهت مشخص شده در سازه شده است

۶-۲-۳- تخریب پیچشی

مود تخریب پیچشی سازه که عموماً با "پدیده طبقه نرم" همراه بوده است عموماً به دو علت برای بخش زیادی از سازه‌های آسیب دیده رخ داده است:

الف: عدم توزیع متقارن دهانه‌های مهاربندی در پلان

ب: گسیختگی بخشی از سیستم مهاربندی در گوشه پلان

استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، تمهیداتی را برای جلوگیری از پیچش و فروریزش سازه پیش‌بینی نموده است. بخشی از این تمهیدات در قالب ضریب نامعینی سازه (ρ) برای سازه‌های با ارتفاع بیش از ۱۰ متر و یا دارای تعداد طبقات بیشتر از دو طبقه که سیستم مقاوم جانبی آنها دارای نامعینی لازم نیست و همچنین سازه‌هایی که دچار نامنظمی شدید پیچشی هستند کاربرد دارد. در این حالت لازم است بار جانبی طراحی سازه با ضریب ρ برابر با ۱/۲ افزایش داده شود. در صورتی که پلان سازه منظم باشد لازم است در هر سمت مرکز جرم حداقل دو دهانه دارای سیستم باربر جانبی باشد و در غیر این صورت لازم است حذف جزئی از سیستم باربر جانبی در هر طبقه (طبق تعریف استاندارد ۲۸۰۰) باعث کاهش مقاومت طبقه بیشتر از ۳۳ درصد نشود و در طبقه نامنظمی شدید پیچشی ایجاد نگردد. در این حالت سازه دارای نامعینی لازم در سیستم باربر جانبی بوده و نیاز به افزایش نیروی زلزله در طراحی نمی‌باشد. در شکل ۶-۲۵ به تاثیر خرابی بخشی از سیستم باربر جانبی در گوشه پلان در پیچش سازه پرداخته شد.



(ب)



(الف)

شکل ۶-۲۵- تخریب پیچشی سازه

۴-۲-۶- پدیده "طبقه نرم"

استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، هیچ تمهید و سخت‌گیری خاصی برای کنترل پدیده "طبقه نرم" در تمام سازه‌های دارای حداکثر سه طبقه و یا سازه‌های منظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه ندارد. با توجه به اینکه تقریباً تمام سازه‌های آسیب دیده فولادی در منطقه زلزله‌زده دارای این شرایط هستند و مود خرابی "طبقه نرم" با توجه به عدم الزام بررسی ضابطه تیر ضعیف- ستون قوی در قاب‌های خمشی غیر ویژه در اینگونه سازه‌ها فراوان است، به نظر می‌رسد لازم است تمهیداتی برای کنترل این مود خرابی غیر شکل‌پذیر در سازه‌ها پیش‌بینی شود (شکل ۶-۲۶)



(ب)

(الف)

شکل ۶-۲۶- پدیده طبقه نرم

فصل هفتم

ساختمان‌های مصالح بنایی

بهرخ حسینی هاشمی
حمیدرضا فرشچی

۷-۱- مودهای شکست ساختمان‌های مصالح بنایی

ساختمان‌های مصالح بنایی یک یا دوطبقه همچنان به‌عنوان ساختمان‌های غالب کشور و خصوصاً این منطقه دارای فراوانی قابل‌توجهی بودند. با توجه به‌سختی بالای این سازه‌ها و محتوی فرکانسی زلزله، این سازه‌ها کمتر در شرایط تشدید قرارگرفته‌اند. ساختمان‌های مصالح بنایی در انواع مختلف اجرای همچون؛ آجری کلاف‌دار- آجری با کلاف ناقص (اشکوب)، آجری با کلاف ترکیبی (فولادی- بتنی) آجری بدون کلاف؛ خشتی و سنگی بدون کلاف و ... وجود دارد. مهم‌ترین مودهای آسیب سازه‌های مصالح بنایی در این زلزله را می‌توان به ترتیب میزان آسیب وارد نموده به‌صورت زیر دسته‌بندی و ارائه نمود:

الف) ترک‌خوردگی دیوارهای باربر سازه‌ای

این مود شکست متداول در این ساختمان‌ها محسوب می‌شود. زیرا دیوارها به‌عنوان سیستم باربر ثقیلی و جانبی در این سازه‌ها هم‌زمان نقش ایفا می‌کنند. برحسب کلاف دار بودن یا نبودن ساختمان مود شکست این دیوارها کمی متفاوت خواهد بود. در ساختمان‌های کلاف دار عموماً شاهد ترک‌های قطری، افقی، شکست کنج می‌باشیم. لیکن در ساختمان‌های بدون کلاف ترک‌های مورب و افقی و نامشخص عموماً براساس ضعف دیوار تشکیل می‌شود (شکل ۷-۱).



شکل ۷-۱- ترک‌خوردگی دیوار در ساختمان‌های آجری کلاف‌دار

ب) ترک‌خوردگی و شکست کلاف‌های بتنی

کلاف‌ها به‌عنوان اعضای سازه‌ای برای افزایش انسجام و یکپارچگی این ساختمان‌ها کاربرد دارد. بسیاری از ساختمان‌های مصالح بنایی کلاف دار که دارای اشکالات متعدد دیگر نیز بودند دچار آسیب دیوار و کلاف شدند (شکل ۷-۲).



شکل ۷-۲- ترک‌خوردگی و شکست کلاف‌های بتنی

پ) شکست کنج در تقاطع دیوارهای سازه‌ای ساختمان‌های بنایی بدون کلاف

یکی از دیگر مدهای شکست ساختمان‌های مصالح بنایی بدون کلاف در زلزله، شکست کنج دیوار می‌باشد. به جهت رفتار غیر همسان دیوار سازه‌ای در زلزله، محل تقاطع این دیوارها (کنج) به‌صورت ترک‌خوردگی و سپس ریزش خارجی اتفاق می‌افتد (شکل ۷-۳).



شکل ۷-۳- شکست کنج در تقاطع دیوارهای سازه‌ای ساختمان‌های بنایی بدون کلاف

ت) تخریب دیوارهای سازه‌ای موازی تیر ریزی سقف خارج از صفحه

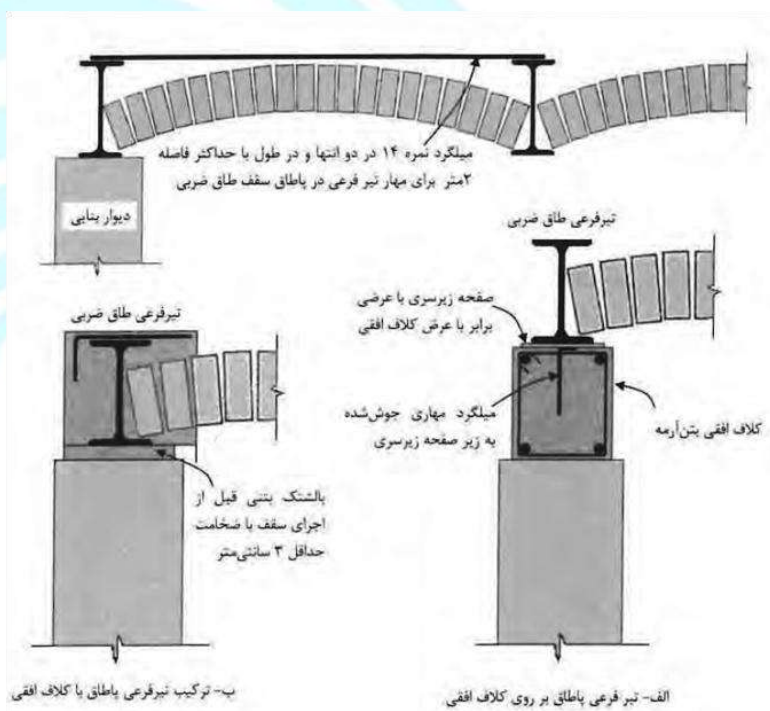
در ساختمان‌های مصالح بنای بدون کلاف، دیوارهای باربر خارجی که به‌موازات تیر ریزی سقف قرار دارند عموماً به علت عدم مهار مناسب به سقف یا دیوار و مقدار کم بار ثقلی در زلزله به‌سرعت به‌صورت خارج از صفحه حرکت و فرو می‌ریزد (شکل ۷-۴).



شکل ۷-۴- تخریب دیوارهای سازه‌ای موازی تیر ریزی سقف خارج از صفحه

ث) تخریب دهانه پاتاق سقف طاق ضربی

سقف طاق ضربی یکی از متداول‌ترین روش‌های اجرای سقف در ساختمان‌های مصالح بنایی محسوب می‌شود. عدم اجرای دقیق این سقف مطابق بند (۸-۵-۵-۱۱-الف) مبحث ۸ مقررات ملی ساختمان باعث آسیب‌پذیری این سقف‌ها در بخش پاتاق می‌شود (شکل ۷-۵).



شکل ۷-۵ جزئیات مربوط به نحوه منسجم کردن تیر آهن‌های سقف طاق ضربی



شکل ۷-۶- تخریب دهانه پاتاق سقف طاق ضربی

ج) تخریب کلی یا موضعی خرپشته

خرپشته‌ها به عنوان بخشی از ساختمان که مسیر راه پله به بام ساختمان را تشکیل می‌دهند به علت کم‌توجهی در اجرای آن در اکثر زلزله‌ها آسیب زیادی می‌بینند و متأسفانه تخریب آن‌ها همراه با تلفات جانی نیز می‌باشد. خرپشته باید همانند دیگر بخش‌های سازه‌ای ساختمان دیوارها در داخل کلاف‌ها محصور شوند و سقف مطابق ضوابط مربوطه به کلاف‌ها متصل و منسجم اجرا شوند (شکل ۷-۷).



شکل ۷-۷- تخریب کلی یا موضعی خرپشته

۷-۲- بررسی عملکرد ساختمان‌های مصالح بنایی

ساختمان‌های مصالح بنایی از نظر فراوانی دارای رتبه نخست را در منطقه زلزله‌زده دارا بود. ساختمان‌های یک یا دوطبقه ویلایی برای مناطق روستایی و شهری که با کمبود زمین مواجه نیستند گزینه مناسبی است. از این رو به جهت اجرای ساده (تجویزی)، کم‌هزینه و در دسترس این ساختمان‌ها دارای مقبولیت زیادی

هستند. عملکرد و رفتار ساختمان‌های مصالح بنایی که حداقل ضوابط مندرج در مبحث ۸ مقررات ملی ساختمان را در اجرا رعایت نموده بودند بسیار خوب ارزیابی می‌گردد (شکل ۷-۸). اگرچه با توجه به محتوی فرکانسی این زلزله ساختمان‌های سخت و کوتاه همانند ساختمان‌های مصالح بنایی کمتر مورد تشدید ارتعاش امواج زلزله قرار گرفتند و حتی بسیاری از ساختمان‌های بنایی بدون کلاف نیز پایداری نسبی خود را حفظ نمودند. با توجه به آسیب‌های وارد بر اجزای غیرسازه‌ای یا سازه‌ای (کلاف‌ها- دیوارها - سقف - پی) قابلیت بهسازی بسیاری از آنها وجود دارد.



شکل ۷-۸- عملکرد ساختمان‌های مصالح بنایی با رعایت حداقل ضوابط در سرپل‌نهاب



شکل ۷-۹- عملکرد ساختمان‌های مصالح بنایی با رعایت حداقل ضوابط

همچنین تعداد قابل‌توجهی ساختمان‌های مصالح بنایی به دلایل مختلف در این زلزله آسیب‌های کم تا فروریزش را همراه با تلفات انسانی تجربه کرده‌اند. بررسی علل و نقایص احتمالی موجود در این ساختمان‌ها قطعاً به بهبود طرح و ساخت این ساختمان‌ها در آینده کمک خواهد نمود. لذا در ادامه این گزارش از سه منظر؛ طراحی یا ضوابط، مصالح و اجرایی این ضعف‌ها دسته‌بندی و همراه با مصادیق ارائه می‌گردد.

الف) حوزه طراحی یا ضوابط

ساختمان‌های مصالح بنایی بر اساس مبحث ۸ مقررات ملی ساختمان در سه گروه؛ (۱) مصالح بنایی مسلح (۲) مصالح بنایی کلاف‌دار (آجری-سنگی-بلوکی) و (۳) مصالح بنایی بدون کلاف یا کلاف ناقص (آجری-سنگی-بلوکی-خشتی) دسته‌بندی می‌شوند. بحث طراحی این ساختمان‌ها بسیار ناچیز و در مبحث ۸ مقررات ملی ساختمان سعی شده تا ضوابط به‌صورت تجویزی مقادیر ابعاد و مشخصات را ارائه نماید تا همچنان سهولت کاربرد این ساختمان‌ها برای اقصی نقاط کشور به‌عنوان مزیت اصلی آن حفظ شود. لیکن درس‌های این زلزله به ما می‌آموزد تا در ضوابط به موارد زیر که عملکرد مناسبی در زلزله نداشتند بیشتر پرداخته و تأکید شود:

❑ **خرپشته:** خرپشته‌های که راه دسترسی به بام را فراهم می‌کنند سازه‌ای بوده و باید طبق و ضوابط و مقررات سازه اصلی احداث شوند. متأسفانه در اکثر زلزله‌ها شاهد آسیب شدید این بخش از ساختمان‌های مصالح بنایی هستیم و حتی در مواردی منجر به تلفات انسانی شده‌اند. اگرچه مختصری دربند (۷-۹) استاندارد ۲۸۰۰ به ضوابط آن اشاره شده است لیکن لازم است در مبحث هشتم مقررات ملی در این خصوص تأکید و روش‌های یکپارچه‌سازی آن تشریح شود (شکل ۷-۷).

□ **ساختمان‌های مصالح بنایی کلاف‌دار با ستون وسط (اشکوب):** یکی از ضعف‌های مهم ساختمان‌های مصالح بنایی عدم انعطاف معماری و فضای بندی داخلی است. بر اساس این ضوابط حداقل بازشو و حداکثر دیوار سازه‌ای مدنظر است لیکن مصرف‌کننده برای تأمین نیازهای معماری خویش اقدام به تغییراتی در آن می‌نماید که عمده‌تاً با حذف دیوارهای سازه‌ای مرکزی و احداث ستون بجای دیوار باربر برای باربری سقف می‌باشد. با توجه به سابقه کاربرد این سیستم و نیاز مصرف‌کننده و بعضاً عملکرد مناسب آن‌ها، به نظر می‌رسد در ضوابط و مقررات ملی مبحث هشتم این روش احداث را به رسمیت بشناسد و روش‌های اجرایی مناسبی ارائه گردد (شکل ۷-۱۰).



شکل ۷-۱۰- جای‌گذاری ستون به‌جای دیوارهای مرکزی ساختمان به جهت معماری (اشکوب)

□ **سقف‌های طاق ضربی:** یکی از قدیمی‌ترین نوع سقف‌های مورد استفاده در ساختمان‌های مصالح بنایی سقف‌های طاق ضربی می‌باشد. تعارض دو مرجع مهم مبحث ۸ مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ در این خصوص جای تأمل و بررسی دارد (جدول ۷-۱). بدیهی است ارائه یک ضابطه واحد می‌تواند به اعتبار بیشتر این مراجع و التزام عملی بر رعایت ضابطه باشد. به نظر می‌رسد ضوابط سخت‌گیرانه و پرهزینه مبحث ۸ مقررات ملی ساختمان در خصوص طاق ضربی تلویحاً در راستای منسوخ نمودن این روش اجرایی باشد درحالی‌که این سقف‌ها همچنان از پر طرفدارترین روش سقف ساختمان‌های مصالح بنایی می‌باشد. با بررسی عملکرد این سقف‌ها در زلزله‌های گذشته و اخیر می‌توان گفت اگر حداقل ضوابط مندرج در استاندارد ۲۸۰۰ رعایت شده بود به‌خوبی عمل کرده‌اند و این می‌تواند تأییدی بر نگاه واقع‌بینانه‌ی استاندارد ۲۸۰۰ در خصوص ارائه ضوابط ساده، کاربردی و کم‌هزینه در این زمینه باشد (شکل ۷-۱۱).

جدول ۷-۱- مقایسه ضوابط مراجع معتبر در خصوص سقف‌های طاق ضربی

ردیف	مبحث ۸ مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۹۲)	استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش ۴ سال ۱۳۹۲)
۱	فاصله تیرآهن‌های سقف از ۱ متر بیش‌تر نشود.	✓
۲	تیرآهن‌های سقف باید در فواصل حداکثر ۲ متر توسط تیرآهن‌های عرضی (حداکثر یک شماره کم‌تر از تیرآهن اصلی) که در دل تیرآهن‌های سقف قرار می‌گیرند، به یکدیگر متصل گردند.	تیرآهن‌ها باید به‌وسیله میلگرد و یا تسمه فولادی (در بالا یا پایین) به‌صورت ضربدری به یکدیگر بسته شوند، به‌طوری‌که اولاً طول مستطیل ضربدری شده بیش از ۱/۵ برابر عرض آن نباشد، ثانیاً مساحت تحت پوشش هر ضربدری از ۲۵ مترمربع تجاوز ننماید.
۳	لازم است انتهای تیرآهن سقف توسط تیرآهن‌های دیگری که در امتداد عمود بر تیرهای سقف هستند به یکدیگر متصل شوند.	لازم است تیرآهن‌های سقف در داخل کلاف افقی به‌خوبی با استفاده از روش‌های زیر مهار شود:
۴	تیرآهن‌های سقف به گونه مناسبی به کلاف افقی متصل شوند.	(۱) اگر کلاف افقی بتن‌آرمه باشد، باید تیرآهن‌های سقف به صفحات فولادی که از قبل روی کلاف و به‌وسیله میلگرد داخل آن مهارشده، متصل شوند. (۲) اگر کلاف افقی فولادی باشد، باید تیرآهن‌های سقف به آن‌ها متصل شوند. (۳) طول تکیه‌گاه تیرآهن‌های سقف طاق ضربدری نباید از ارتفاع تیر یا از ۲۰ سانتیمتر کمتر باشد.
۵	تیرآهن‌های انتهایی سقف باید در چشمه‌های ۱ متری حداقل به‌صورت یک چشمه در میان با تسمه یا میلگرد به شکل ضربدری به تیرآهن کناری خود مهار شود.	ندارد
۶	تکیه‌گاه مناسبی برای طاق آخرین دهانه ضربی تعبیه گردد. این تکیه‌گاه می‌تواند با قرار دادن یک پروفیل فولادی و اتصال آن با کلاف زیر خود یا با جاسازی در کلاف بتنی تأمین شود. چنانچه این تکیه‌گاه فولادی باشد باید با میلگردها یا تسمه‌های کاملاً کشیده و مستقیم در دو انتهای تیر و همچنین در فواصل کم‌تر از ۲ متر به آخرین تیرآهن سقف متصل گردد.	✓
۷	حداقل سطح مقطع میلگرد یا تسمه که برای مهاربندی ضربدری تیرآهن‌های سقف یا استوار کردن آخرین دهانه به کار می‌رود میلگرد با قطر ۱۴ میلی‌متر یا تسمه معادل آن می‌باشد.	✓



شکل ۷-۱۱- عملکرد قابل قبول سقف‌های طاق ضربی با رعایت حداقل ضوابط استاندارد ۲۸۰۰

ب) حوزه مصالح

مصالح مورد استفاده در ساختمان‌های مصالح بنایی بسیار وسیع و عموماً آجر، خشت، سنگ، بلوک سیمانی، ملات، بتن برای کلاف‌ها، میلگردهای آجدار برای کلاف‌های بتنی، مقاطع فولادی برای کلاف و بسیاری موارد دیگر هستند. برخی از مهم‌ترین نقاط ضعف مصالح مورد استفاده در این ساختمان‌ها عبارت‌اند از:

- ❑ **بتن کلاف؛** بر اساس بند (۸-۵-۵-۱۰) مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان لازم است بتن مورد استفاده در کلاف‌ها دارای حداقل عیار سیمان به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در مترمکعب بتن باشد. لیکن در بازدیدهای به‌عمل‌آمده بتن کلاف‌ها از نظر دانه‌بندی شبیه ملات بود (فاقد شن) و همچنین به‌راحتی خرد شده بودند (شکل ۷-۱۲). کیفیت پایین بتن در عدم اتصال مناسب آن به دیوارهای سازه‌ای بسیار تأثیرگذار بود.
- ❑ **عملکرد ضعیف آجرهای سوراخ‌دار؛** استفاده از آجرهای سوراخ‌دار بر اساس بند (۸-۲-۲-۴) مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان تحت شرایطی مجاز است. به نظر می‌رسد آجرهای مصرفی در منطقه این شرایط را تأمین نمی‌نمایند و نیاز به نمونه‌برداری و آزمایش می‌باشد (شکل ۷-۱۳).



شکل ۷-۱۲- کیفیت نازل بتن کلاف‌ها



شکل ۷-۱۳- عملکرد ضعیف آجرهای سوراخ‌دار

پ) حوزه اجرایی

در اکثر مواقع ضعف‌های اجرایی به‌تنهایی عامل اصلی تخریب‌هایی از نوع فروریزش بودند. ضعف‌های اجرایی مشاهده‌شده برحسب اهمیت به‌قرار زیر می‌باشند:

❑ **توسعه ساختمان در پلان و ارتفاع بدون توجه به ظرفیت سازه قبلی؛** توسعه ساختمان یکی از علایق شدید مالکین این ساختمان‌ها می‌باشد. لیکن با اتکا به استحکام بنای موجود اقدام به احداث بنا در مجاور (شکل ۷-۱۴) یا در ارتفاع (افزودن یک طبقه) (شکل ۷-۱۵) بر سازه موجود می‌نمایند. عدم رعایت اصول و ضوابط اجرایی از مهم‌ترین دلایل آسیب کل ساختمان در زلزله‌ها محسوب می‌شود.



شکل ۷-۱۴- آسیب شدید یک ساختمان مصالح بنایی کلاف دار آجری به علت توسعه غیراصولی در پلان (بدون کلاف و اشکوب)



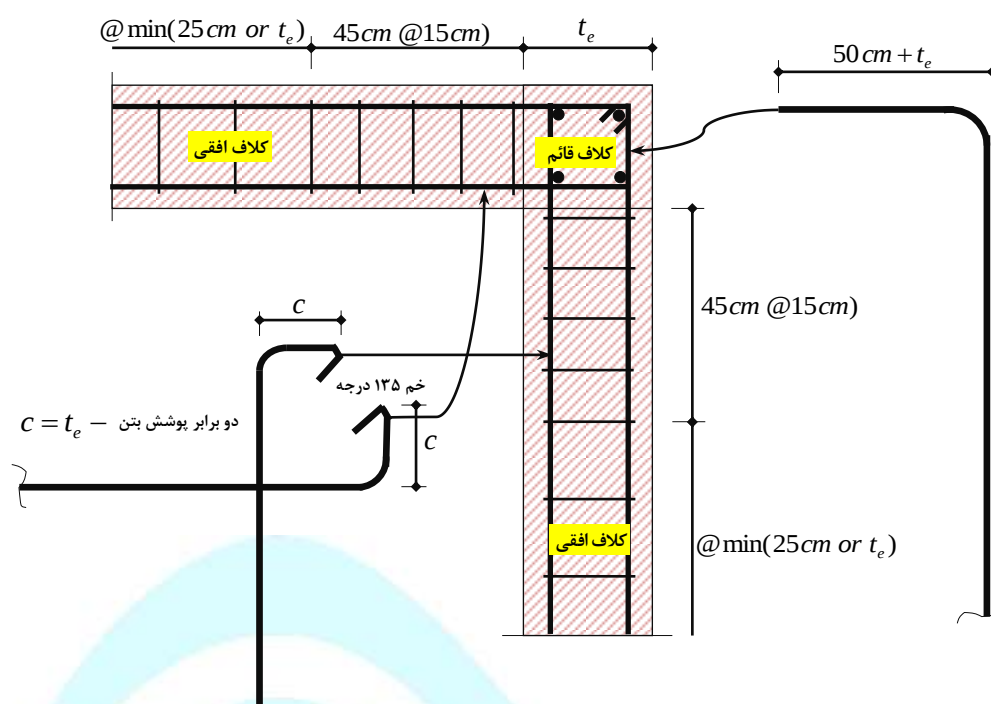
شکل ۷-۱۵- آسیب شدید یک ساختمان مصالح بنایی کلاف دار آجری به علت توسعه غیراصولی بنا در ارتفاع (افزودن طبقه)

❑ **ضعف اتصال کلاف‌های بتنی؛** کلاف‌ها به‌عنوان عناصر یکپارچه‌سازی و ایجاد ظرفیت شکل‌پذیری به‌عنوان یکی از اعضای مهم ساختمان‌های مصالح بنایی محسوب می‌گردد. متأسفانه عدم توجه به اتصال این کلاف‌ها چه به‌صورت افقی و قائم یکی از مهم‌ترین موانع ایجاد انسجام ساختمان در زلزله اخیر محسوب می‌گردد (شکل ۷-۱۶). جزییات میلگردگذاری این اتصالات در استاندارد ۲۸۰۰ به‌وضوح آمده است (شکل ۷-۱۷).



شکل ۷-۱۶- عدم اتصال مناسب کلاف افقی در کنج

❑ **عدم اتصال مناسب دیوار با کلاف قائم؛** بر اساس مبحث ۸ مقررات ملی ساختمان، اجرای کلاف‌های قائم بتن‌آرمه باید هم‌زمان با اجرای دیوار سازه‌ای و به‌صورت یکپارچه انجام شود. اگر کلاف قائم با دیوار هم‌زمان اجرا نشود، رعایت موارد زیر الزامی است: (۱) اجرای دیوار و باز گذاشتن محل کلاف به‌صورت کنگره‌ای (لابند یا هشت‌گیر)، (۲) میلگرد گذاری و تأمین همپوشانی با میلگردهای انتظار، (۳) نصب مرحله‌ای قالب بیرونی به ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر از پایین به بالا و (۴) بتن‌ریزی مرحله‌ای و ویبره کردن برای حصول اطمینان از جاگیری بتن در تمام فضاهای خالی (شکل ۷-۱۸).



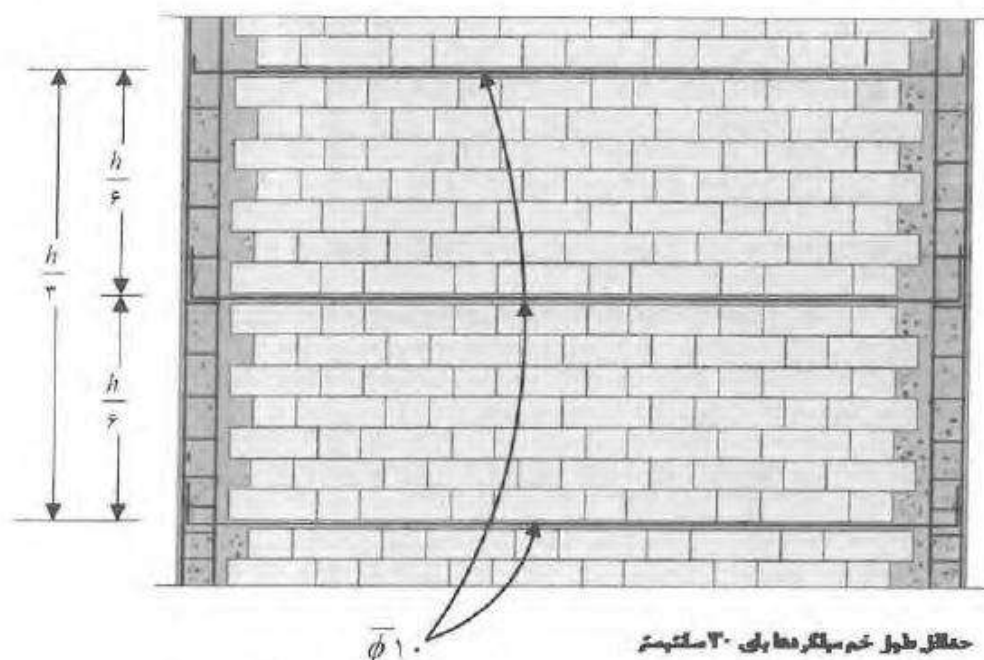
شکل ۷-۱۷- جزئیات میلگردگذاری تلاقی دو کلاف افقی (گوشه) با کلاف قائم (استاندارد ۲۸۰۰)



شکل ۷-۱۸- عدم هم‌زمانی اجرای کلاف قائم با دیوار آجری و فاقد اتصال و یکپارچگی کلاف قائم - دیوار

❑ عدم تعبیه میلگردهای میانی در دیوارهای باربر؛ بر اساس ضوابط دیوارچینی مندرج در (بند ۸-۵-۷-۵-۹) مبحث ۸ مقررات ملی ساختمان و همچنین بند (۷-۵-۲-۳) استاندارد ۲۸۰۰ لازم است برای انسجام دیوارهای باربر با کلاف‌های قائم طرفین سه عدد میلگرد حداقل نمره ۱۰ در سه ارتفاع

متفاوت در لای بند دیوار عبور و در کلاف‌ها مهار شوند (شکل ۷-۱۹). متأسفانه در هیچ‌یک از ساختمان‌های مورد بازدید این ضابطه مهم اجرا نشده بود.



شکل ۷-۱۹- لزوم اجرای میلگردهای میانی در دیوارهای باربر ساختمان‌های کلاف‌دار مصالح بنایی

❑ **ضعف اتصال آجر با ملات:** برای یکپارچگی واحد بنایی لازم است اتصال مناسبی بین آجر و ملات برقرار شود. بر اساس ضوابط دیوارچینی مندرج در (بند ۸-۵-۵-۷-ت) مبحث ۸ مقررات ملی ساختمان لازم است آجرها مرطوب شوند تا ضمن شسته شدن خاک روی آن‌ها و بهبود اتصال با ملات، آب ملات را نیز به خود جذب نکنند. در بسیاری از ساختمان‌های مصالح بنای اصول دیوارچینی رعایت نشده بود و بعد از فروریزش دیوار به راحتی آجر از ملات تفکیک شده بود (شکل ۷-۲۰).



شکل ۷-۲۰- خیس نکردن آجر قبل از مصرف در دیوارچینی باعث عدم اتصال مناسب اجزای دیوار شده

۷-۳- نظر کارشناسی

در بازدید میدانی از منطقه طیف وسیعی از عملکردهای مختلف ساختمان‌های مصالح بنایی با روش‌های اجرایی مختلف مشاهده می‌گردد. ساختمان‌های مصالح بنایی کلاف دار، بدون کلاف یا کلاف ناقص، خشتی و سنگی به ترتیب نمونه‌های قالب در منطقه محسوب می‌شوند. مهم‌ترین نقاط ضعف و قوت ساختمان‌های مصالح بنایی را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی نمود:

□ عملکرد ساختمان‌های مصالح بنایی:

ساختمان‌های مصالح بنایی کلاف دار که عمدتاً آجری بودند با عملکرد خوب محسوب می‌شوند. در صورت اجرای حتی بخشی از ضوابط و مقررات حاکم بر احداث این ساختمان‌ها دارای حداقل آسیب بودند. برای مثال ضوابط سقف‌های طاق ضربی، عبور میلگردهای میانی در دیوارهای باربر، کیفیت پایین بتن کلاف و ... کم‌توجهی شده و به‌درستی اجرا نشده بود لیکن از عوامل اصلی تخریب کلی نشده بود.

ساختمان‌های مصالح بنایی بدون کلاف دوطبقه که عمدتاً با مصالح آجر احداث شده بودند نیز در محدوده جنوبی سرپل‌ذهاب فروریخته یا در آستانه فروریزش قرار گرفته بودند. اگرچه انسجام سقف تا حد زیادی از افزایش تلفات کاسته بود. البته ساختمان‌های یک طبقه از این سیستم نیز وضع بهتری نسبت به دوطبقه‌ها داشتند.

اگرچه در روستاها عمده تخریب‌های از نوع ساختمان‌های بنایی بدون کلاف خشتی و سنگی بود که بسیار غیراصولی اجرا شده بودند. در همین مناطق ساختمان‌هایی که حداقل‌ها از ضوابط را رعایت نموده بودند علیرغم آسیب شدید همچنان پایدار بودند.

در کل عملکرد خرپشته‌های در این زلزله مناسب نبود و ریزش آن‌ها در ورودی منزل باعث تلفات متعدد نیز شده است. همچنین از توسعه این ساختمان‌ها در ارتفاع بدون رعایت ضوابط و عدم اتصال مناسب کلاف قائم با دیوارها و کیفیت پایین بتن کلاف از مهم‌ترین مشکلات این ساختمان‌ها در زلزله اخیر نام برد.

درمجموع عملکرد ساختمان‌های مصالح بنایی در مناطق شهری خصوصاً سرپل‌ذهاب وضعیت بهتری نسبت به ساختمان‌های مهندسی (بتنی یا فولادی) داشت. اگرچه محتوی فرکانسی زلزله و نوع خاک ساختگاه از عوامل مؤثر در این تفاوت عملکرد محسوب می‌شود.

□ توصیه کارشناسی

- (۱) الزام استفاده از ساختمان‌های مصالح بنایی کلاف دار (آجری + کلاف بتنی) در تمام مناطق روستایی و شهرهایی که با محدودیت گسترش شهر در سطح مواجه نیستند.
- (۲) رفع تعارض‌های ضوابط و مقررات ساختمان‌های مصالح بنایی (مبحث ۸ مقررات ملی ساختمان با استاندارد ۲۸۰۰) و نهایتاً ارائه یک ضابطه متقن برای این ساختمان‌ها الزامی است.
- (۳) کاربردی و اجرایی نمودن برخی از ضوابط و مقررات ارائه‌شده بر اساس آخرین عملکرد این ساختمان‌ها در زلزله‌های اخیر، همچون سقف طاق ضربی، میلگردهای میانی در دیوارهای باربر کلاف دار، ساختمان‌های مصالح بنایی با ستون میانی (اشکوب) و ...
- (۴) تأکید بر روش‌های اجرای خرپشته در مبحث ۸ مقررات ملی ساختمان و افزودن ضوابط تکمیلی برای اجرای بومی این بخش از ساختمان‌ها.
- (۵) تأکید برافزایش کیفیت بتن کلاف‌ها و اتصالات بین آن‌ها به‌عنوان تأمین‌کننده یکپارچگی این ساختمان‌ها ضروری است.
- (۶) نظارت بیشتری بر تغییرات سازه‌ای همچون افزایش زیربنا در پلان یا ارتفاع در مناطق روستایی و شهری صورت پذیرد.

فصل هشتم

عملکرد ساختمان‌های مسکن مهر

سرپل ذهاب، اسلام آباد غرب و کرند غرب

بهرخ حسینی هاشمی

حمیدرضا فرشچی

بابک کیخسرو کیانی

۸-۱- ساختمان‌های مسکن مهر سرپل ذهاب

۸-۱-۱- شهرک شهید شیروودی:

۸-۱-۱-۱ معرفی ساختمان‌ها: در شهرک شهید شیروودی ۲۴ بلوک ۷ طبقه مسکونی توسط مسکن مهر ساخته شده بود. کلیه بلوک‌ها در طبقه همکف دارای پیلوت به منظور پارکینگ و در شش طبقه بالای آن واحدهای مسکونی ساخته شده بودند. در هر طبقه چهار واحد مسکونی و در کل هر بلوک مشتمل بر بیست و چهار واحد مسکونی است. ابعاد تقریبی این بلوک‌ها ۱۸ متر در ۱۸ متر می‌باشند و ساخت آنها در سال ۱۳۹۰ به پایان رسیده است. این ساختمان‌ها در غربی‌ترین نقطه شهر سرپل ذهاب و در ناحیه جنوب خیابان راه کربلا با موقعیت جغرافیایی تقریبی $34^{\circ}46'N$ و $45^{\circ}44'W$ واقع شده‌اند. در شکل (۸-۱) تصویر ماهواره‌ای موقعیت نسبی این بلوک‌ها و در شکل (۸-۲) تصویر تعدادی از این بلوک‌ها که از بالای بام یکی از این بلوک‌ها گرفته شده است نشان داده شده است.



شکل ۸-۱- تصویر ماهواره‌ای موقعیت نسبی بلوک‌های شهرک شیروودی



شکل ۸-۲- تصویر تعدادی از این بلوک‌ها که از بالای بام یکی از این بلوک‌ها گرفته شده است

۸-۱-۱-۲- معرفی سازه: اسکلت این ساختمان‌ها بتنی و برای سیستم باربر لرزه‌ای آنها در راستای شمالی-جنوبی از قاب خمشی و در راستای شرقی-غربی از قاب خمشی به همراه دیوار برشی استفاده شده بود. مقطع ستون‌ها در تمام طبقات مربعی و تعداد و اندازه آرماتورهای طولی در هر دو راستا با یکدیگر برابر و یکسان بودند. سیستم سازه‌ای همه این بیست و پنج بلوک تیپ و یکسان بودند.

دیوارهای برشی موجود در این ساختمان‌ها در راستای شرقی-غربی قرار داشتند و شامل دو دیوار یکی در راستای پشت چاله‌ی آسانسور و دیگری در راستای کنار راه‌پله بودند. مربع بودن ابعاد مقطع این ستون‌ها و یکسان بودن آرماتورهای طولی در هر دو ضلع ستون تداعی‌کننده حذف دیوار برشی در راستای شمالی-جنوبی این بلوک‌ها بود. وگرنه با توجه به تقارن این بلوک‌ها اگر نیازی به دیوار برشی در راستای شرقی-غربی می‌بود حتماً در راستای شمالی-جنوبی هم باید اجرا می‌شد. در اشکال (۸-۳) و (۸-۴) به ترتیب دیوارهای برشی در راستای پشت چاله آسانسور و در راستای کنار راه‌پله نشان داده شده است. برای پوشش سقف این بلوک‌های ساختمانی از سیستم تیرچه بلوک با بلوک‌های پلی‌استایرن استفاده شده بود.



شکل ۸-۴- دیوار برشی در راستای کنار راه‌پله



شکل ۸-۳- دیوار برشی راستای پشت چاله آسانسور

۸-۱-۱-۳ آسیب‌های سازه‌ای:

● **ستون کوتاه:** یکی از آسیب‌های قابل مشاهده در تمامی این ساختمان‌ها پدیده ستون کوتاه بود که در اکثریت ستون‌های میان طبقه کنار راه‌پله اتفاق افتاده بود. این در حالی است که در استاندارد ۲۸۰۰ برای جلوگیری از این پدیده تاکید شده است. در این ستون‌ها بعلت گیرداری حاصل از اتصال تیر نیم‌طبقه به ستون، طول ستون کوتاه شده و علاوه بر تقاضای بیشتر سهم نیروی لرزه‌ای، میزان برش در این ستون‌ها بالا رفته و لذا بدلیل عدم پیش‌بینی خاموت گذاری مناسب دچار شکست برشی می‌شوند. نمونه‌ای از تشکیل ستون کوتاه در اشکال (۵-۸) الف تا پ در بلوک‌های مختلف نشان داده شده است.

● **آسیب در اعضای سازه‌ای:** در این بلوک‌ها ستون‌ها بیشتر از تیرها دچار آسیب شده بودند. بطوریکه عملکرد تیر ضعیف و ستون قوی را زیر سوال می‌برد. در تعدادی از دیوار برشی‌ها نیز آسیب سازه‌ای ناشی از ضعف بتن یا اجرای ناقص قالب‌بندی مشاهده می‌گردید. در چشمه اتصال شکستی مشاهده نگردید. علاوه بر آن در پوشش سقف نیز نشان از شکست تیرچه یا جدا شدگی از تیرها مشاهده نشد.



(پ)



(ب)



(الف)

شکل ۸-۵- شکست برشی در ستون‌های کوتاه در بلوک‌های شهرک شیروودی

شکست در ستون‌ها بصورت خردشدگی موضعی به عنوان رده آسیب متوسط و گسترش ترک یا دیده شدن آرماتورها به عنوان رده آسیب زیاد تا خرد شدن بتن و کمانش آرماتورها به عنوان رده آسیب خیلی زیاد مشاهده گردید. در بعضی از تیرها نیز گسترش ترک‌های خمشی مشاهده شد. در بعضی از دیوارهای برشی نیز ترک در المان مرزی و شکست در دیوار دیده شد. نمونه‌ای از سطح آسیب‌های متوسط تا خیلی زیاد در اشکال (۸-۶) الی (۸-۸) نشان داده شده است. هم چنین در شکل (۸-۹) نوع پوشش سقف و عدم آسیب در آن‌ها مشاهده می‌گردد.

۸-۱-۱-۴ آسیب‌های غیرسازه‌ای: در خصوص عملکرد اجزای غیر سازه‌ای شامل میانقاب‌ها، نماها، تیغه‌های جداکننده و سقف‌های کاذب متأسفانه عملکرد بسیار ضعیفی داشتند که آسیب آن‌ها پرخطر و فروریزش بوده است. پوشش نما و ریزش دیوارهای خارجی چه در راستای شمالی- جنوبی و چه در راستای شرقی- غربی بعلا اجرای ناصحیح و عدم مهار مناسب آن‌ها در تمامی بیست و چهار بلوک دیده شد. در اکثر بلوک‌ها شاهد بودیم که دیوارهای راستای شمالی- جنوبی در دو طبقه بالا کمتر دچار فروریزش شده‌اند. علت این امر نه بدلیل مهار دیوارهای این طبقات بلکه بدلیل رفتار سازه بوده است. با توجه به اینکه سیستم سازه در راستای شمالی- جنوبی قاب خمشی بود و رفتار قاب خمشی بصورت برشی است. لذا میزان دریافت در طبقات پایینی بیشتر بوده که بدلیل عدم مهار مناسب باعث فروریزش شده‌اند و در طبقات بالاتر میزان دریافت کمتر شده و علیرغم نداشتن مهار مناسب فرو نریخته‌اند. بالعکس در راستای شرقی- غربی سیستم سازه بصورت ترکیبی از قاب خمشی و دیوار برشی تشکیل شده بود. به همین علت در دیوارهای این راستا فروریزش بصورت اندرکنش رفتار برشی و خمشی از بالا تا پایین دیده می‌شد.



(پ)



(ب)



(الف)

شکل ۸-۶- نمونه‌ای از آسیب‌های سازه‌ای سطح متوسط در بلوک‌های شهرک شیروودی



(پ)



(ب)



(الف)

شکل ۸-۷- نمونه‌ای از آسیب‌های سازه‌ای سطح زیاد در بلوک‌های شهرک شیروودی



(پ)



(ب)



(الف)

شکل ۸-۸- نمونه‌ای از آسیب‌های سازه‌ای سطح خیلی زیاد در بلوک‌های شهرک شیروودی



شکل ۸-۹- سیستم پوشش سقف و عدم خسارت در آن‌ها در بلوک‌های شهرک شیروودی

در شکل (۸-۱۰) فروریزش نما و دیوارهای خارجی در راستای شمالی- جنوبی نشان داده شده است و در شکل (۸-۱۱) شاهد فرو ریزش نما و دیوارهای خارجی راستای شرقی- غربی خواهیم بود.



شکل ۸-۱۰- فروریزش نما و دیوارهای خارجی در راستای شمالی-جنوبی



شکل ۸-۱۱- فروریزش نما و دیوارهای خارجی در راستای شرقی-غربی

در اشکال (۸-۱۲) الی (۸-۱۸) دیگر آسیب‌ها در اجزای غیرسازه‌ای اعم از میانقاب، جدا کننده، سقف کاذب دیده می‌شود.



شکل ۸-۱۲- شکست بخش نازک‌کاری و دیوارهای آشپزخانه



(پ)



(ب)



(الف)

شکل ۸-۱۳- فروریزش دیوارهای کنار راه‌پله‌ها



(ب)



(الف)

شکل ۸-۱۴- فرو ریزش دیوارهای خارجی و میانقاب



شکل ۸-۱۵- فرو ریزش یکپارچه دیوار جداکننده



شکل ۸-۱۶- شکست پرخطر دیوار جداکننده



شکل ۸-۱۷- ریزش جداکننده‌ها و وجود الوار چوبی در آن



شکل ۸-۱۸- فرو ریزش سقف کاذب

۸-۱-۱-۵- نظر کارشناسی: در مجموع همه این ۲۴ بلوک ساختمانی دچار آسیب سازه‌ای شده‌اند. بدیهی است که در صورت عدم وجود نقص در طراحی، نظارت و اجرای این بلوک‌ها، میزان خسارت در این ساختمان‌ها بسیار کمتر می‌شد. در کل با توجه به ارزیابی سریع صورت گرفته در ۵۰٪ این ساختمان‌ها سطح آسیب متوسط ارزیابی گردید و پس از ارزیابی دقیق قابل مقاوم‌سازی خواهند بود. هم چنین در ۴۰٪ این ساختمان‌ها سطح آسیب زیاد تشخیص داده شد و پس از ارزیابی دقیق در صورت توجیه اقتصادی تعدادی از آن‌ها قابل مقاوم‌سازی خواهند شد. متأسفانه ۱۰٪ این ساختمان‌ها دچار آسیب خیلی زیاد شدند که بنظر می‌رسد که باید تخریب گردند.

اجزای غیرسازه‌ای همانطور که قبلاً ذکر شد بعلت اجرای غلط و عدم مهار لازم دچار فروریزش شدند که همگی باید از ابتدا بطور اصولی و با مهار لازم اجرا شوند.

۸-۱-۲- مسکن مهر کارگران الوند:

۸-۱-۲-۱- معرفی ساختمان‌ها: در این منطقه ۴۸ بلوک ۴ طبقه مسکونی برای کارگران ساخته شده بود. تیپ ۴۳ بلوک با یکدیگر یکسان و ۵ بلوک دیگر با آن‌ها متفاوت بود. نحوه قرارداد ساخت این ساختمان‌ها که توسط پیمانکاران مسکن مهر بوده و یا بصورت تعاونی نیاز به بررسی مدارک لازم دارد. در هر حال این بلوک‌ها بنام مسکن مهر کارگران نام برده می‌شد.

همه بلوک‌ها در طبقه همکف دارای پیلوت به منظور پارکینگ و در سه طبقه بالای آن واحدهای مسکونی ساخته شده بودند. در این ۴۳ بلوک هم تیپ هر طبقه شامل یک واحد مسکونی و لذا در این بلوک‌ها ۳ واحد مسکونی وجود دارد. ابعاد تقریبی این ۴۳ بلوک هفت متر در سیزده متر می‌باشد. ساخت کل ۴۸ بلوک در سال ۱۳۹۲ به پایان رسیده است. این ساختمان‌ها در شرق ساختمان‌های شهید شیرودی با موقعیت جغرافیایی تقریبی $34^{\circ}47'N$ و $45^{\circ}93'W$ واقع شده‌اند. در شکل (۸-۱۹) تصویر ماهواره‌ای موقعیت نسبی این بلوک‌ها نشان داده شده است و در شکل (۸-۲۰) نیز نمای جنوبی یکی از این بلوک‌ها دیده می‌شود.



شکل ۸-۱۹- تصویر ماهواره‌ای موقعیت نسبی بلوک‌های مسکن مهر کارگران الوند



شکل ۸-۲۰- نمای جنوبی یکی از این بلوک‌ها

۸-۲-۱-۲- معرفی سازه: اسکلت این ساختمان‌ها فولادی و برای سیستم باربر لرزه‌ای آن‌ها در هر دو راستای شمالی- جنوبی و راستای شرقی- غربی از مهاربند همگرای ضربدری استفاده شده است. مقطع ستون‌ها در تمام طبقات از دو پروفیل بهم چسبیده IPE140 که توسط جوش منقطع بهم وصل شده بودند استفاده شده بود (شکل ۸-۲۱). همانطور که قبلاً ذکر گردید چهل و سه بلوک آن با پلان یکسان و پنج بلوک دیگر با هم مشابه اما با پلانی متفاوت با بقیه بودند. در شکل (۸-۲۲) نمای شمالی ردیف شمالی این بلوک‌ها دیده می‌شود. همانطور که دیده می‌شود بلوک سمت راستی پلانی متفاوت با بقیه دارد. اما سیستم باربری تمام آنها استفاده از مهاربند ضربدری در هر دو جهت بوده است.



شکل ۸-۲۱- نمایش پروفیل‌های ستونی استفاده شده



شکل ۸-۲۲- نمای شمالی ردیف شمالی این بلوک‌ها. بلوک سمت راستی پلانی متفاوت با بقیه دارد

برای مهاربندها از دابل ناودانی استفاده شده بود که متاسفانه در خیلی از آن‌ها این دو پروفیل ناودانی توسط لقمه بهم متصل نشده بودند. همین موضوع باعث شده بود که هر پروفیل مهاربند حول محور ضعیفش به تنهایی کمانش کرده و کل ظرفیت سیستم مهاربندی استفاده نشده و لذا شاهد افت شدید ظرفیت باربری لرزه‌ای سازه باشیم. در شکل (۸-۲۳) وجود هر دو سمت مهاربندی در دو جهت عمود بر هم آشکار است. برای پوشش سقف این بلوک‌های ساختمانی از سیستم تیرچه بلوک با بلوک‌های پلی استایرن استفاده شده بود.



شکل ۸-۲۳- نمایش سیستم لرزه بر استفاده شده. در هر دو جهت مهاربند.

۸-۲-۱-۳- آسیب‌های سازه‌ای: آسیب‌های سازه‌ای در یک سیستم لرزه‌بر با مهاربند همگرای ضربدری بسته به طراحی و یا اجرای غلط بصورتی که بیان می‌شود صورت می‌پذیرد. یکی از آسیب‌های عمده قابل مشاهده در این ساختمان‌ها کمانش بیش از حد مهاربندهای راستای شمالی- جنوبی بود. البته در سیستم‌های مهاربندی در زلزله‌های بزرگ مهاربندها وظیفه اتلاف انرژی داشته و ابتدا انتظار می‌رود که مهاربندها در فشار

به کمانش افتاده و در کشش با تسلیم به اتلاف انرژی به‌پردازند. لازمه این رفتار طراحی درست، اجرای سیستم مهاربندی مطابق ضوابط و مقررات مبحث ده مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ ایران می‌باشد تا شکست‌های ترد در اجزای سیستم مهاربندی پرهیز شود. با اندکی بررسی مشاهده می‌شود که در طراحی این مهاربندها ضوابط آیین‌نامه‌ای در بسیاری از جزییات نقض شده است.

فاصله زیاد لقمه‌ها یا عدم وجود لقمه در اتصال دو پروفیل مهاربند در زمانی که رعایت فاصله لقمه‌ها نشود و یا اصلاً بکار نرود، بسته به شماره پروفیل، لاغری عضو را دو تا الی سه برابر افزایش می‌دهد و این مساله منجر به کاهش ظرفیت فشاری مهاربندها برای لاغری‌های متوسط به بیش از ۵۰ درصد خواهد شد. این مساله باعث شروع کمانش زودرس در مهاربندها در فشار و انتقال بار به مهاربند در کشش و تسلیم زودرس مهاربندها در زمان کشش و در صورتیکه مهاربندها از اتصال پاره نشده باشند ممکن است اضافه تقاضای حاصل از کاهش ظرفیت مهاربندها توسط مشارکت ستون‌ها در تحمل بار لرزه‌ای جبران شود. در اشکال (۸-۲۴) و (۸-۲۵) به ترتیب کمانش زودرس مهاربند بدلیل فواصل لقمه زیاد و شروع رفتار غیرارتجاعی در بالا و پایین ستون‌ها مشاهده می‌شود.



شکل ۸-۲۴- کمانش مهاربند دوبل ناودانی به دلیل عدم استفاده از لقمه و عملکرد مجزای هر ناودانی



(ب)



(الف)

شکل ۸-۲۵- تسلیم ستون الف: در بالای ستون ب: در پای ستون

اما اگر ظرفیت مهاربند کششی بیش از ظرفیت اتصال باشد، اتصال گسیخته شده و لذا آن دهانه مهاربندی در تحمل بار لرزه‌ای مشارکت نکرده و در نتیجه آسیب در ستون‌ها بسیار زیاد خواهد شد و حتی ممکن است منجر به فروریزش ساختمان گردد. در اشکال (۸-۲۶) و (۸-۲۷) به ترتیب گسیختگی اتصال و سپس آسیب خیلی زیاد در ستون‌های یکی از این بلوک‌ها را شاهد هستیم.



(ب)



(الف)

شکل ۸-۲۶- ضعف اتصال و پاره شدن جان ستون و عدم کارایی سیستم مهاربندی



شکل ۸-۲۷- انتقال باربری بعد از کار افتادن سیستم مهاربندی در یک دهانه و خمش و خسارت خیلی زیاد در ستون

علاوه بر خسارات فوق خسارات دیگری در اعضای سازه‌ای نیز ناشی از ضعف طراحی یا اجرا مشاهده گردید. در شکل (۸-۲۸) خمش ورق میانی اتصال مشاهده می‌گردد و در شکل (۸-۲۹) شاهد کمانش موضعی ورق در محل اتصال ستون بدلیل جوش ناپیوسته هستیم



شکل ۸-۲۸- خمش ورق اتصال میانی مهاربندها



شکل ۸-۲۹- کمانش موضعی ورق در محل اتصال ستون بدلیل جوش ناپیوسته

علاوه بر آسیب‌های مشاهده شده، در تیپ دوم این بلوک‌ها (پنج بلوک متفاوت با سایر بلوک‌ها) که در آن‌ها بال ستون‌ها توسط ورق تقویت شده بود در بخش کنسولی یکی از این واحدها اثر مولفه‌ی قائم موجب فرورفتگی دستک اتصال در جان این ستون‌ها شده بود شکل (۸-۳۰).



شکل ۸-۳۰- فرو رفتگی دستک نگهدارنده کنسول در اثر مولفه قائم

۸-۲-۴- آسیب‌های غیرسازه‌ای: در خصوص عملکرد اجزای غیرسازه‌ای شامل میانقاب‌ها، نماها، تیغه‌های جداکننده و سقف‌های کاذب آسیب‌ها در سطح زیاد تا خیلی زیاد ارزیابی شدند. البته تمرکز آسیب‌ها در طبقه همکف بیشتر و در طبقات بالاتر کمتر بود. علت این امر تشکیل طبقه نرم در طبقه اول و کاهش تقاضا در طبقات بالاتر بوده است. نمونه‌ای از این آسیب‌ها در اشکال (۸-۳۱) الی (۸-۳۴) نشان داده شده است.



شکل ۸-۳۱- فروریزش دیوار جداگر به خصوص در محل اتصال به پنجره‌ها



شکل ۸-۳۲- جدا شدن پله از محل اتصال خود در قسمت پاگرد



شکل ۸-۳۳- ایجاد ترک و خوردشدگی میانقاب‌ها



شکل ۸-۳۴- فروریزش سنگ‌نما و دیوارهای جدا کننده بین پنجره‌ها به دلیل عدم مهار مناسب

۸-۲-۱-۵- نظر کارشناسی: در مجموع همه این ۴۸ بلوک ساختمانی دچار آسیب سازه‌ای شده‌اند. بدیهی است که در صورت عدم وجود نقص در طراحی، نظارت و اجرای این بلوک‌ها، میزان خسارت در این ساختمان‌ها بسیار کمتر می‌شد. در کل با توجه به ارزیابی سریع صورت گرفته در ۵۰٪ این ساختمان‌ها سطح آسیب متوسط ارزیابی گردید و پس از ارزیابی دقیق قابل مقاوم‌سازی خواهند بود. هم چنین در ۵۰٪ این ساختمان‌ها سطح آسیب زیاد و بعضاً مواردی خیلی زیاد تشخیص داده شد و پس از ارزیابی دقیق در صورت توجیه اقتصادی تعدادی از آن‌ها قابل مقاوم سازی خواهند شد.

اجزای غیرسازه‌ای همانطور که قبلاً ذکر شد بعلت اجرای غلط و عدم مهار لازم دچار شکست شدند که همگی باید از ابتدا بطور اصولی و با مهار لازم اجرا شوند.

۸-۱-۳- مسکن مهر شکوه (شهرک فرهنگیان):

۸-۱-۳-۱- معرفی ساختمان‌ها: در شهرک فرهنگیان با نام مسکن مهر شکوه ۲۵ بلوک ۵ طبقه مسکونی توسط مسکن مهر ساخته شده بود. کلیه بلوک‌ها در طبقه همکف دارای پیلوت به منظور پارکینگ و در چهار طبقه بالای آن واحدهای مسکونی ساخته شده بودند. در هر طبقه دو واحد مسکونی و در کل هر بلوک مشتمل بر هشت واحد مسکونی است. ابعاد تقریبی این بلوک‌ها ۱۰ متر در ۱۸ متر می‌باشند و ساخت آن‌ها در سال ۱۳۹۰ به پایان رسیده است. این ساختمان‌ها در شمال غربی شهر سرپل ذهاب در زیر دامنه کوه و در ناحیه شمال خیابان راه کربلا با موقعیت جغرافیایی تقریبی $34^{\circ}47'N$ و $45^{\circ}45'W$ واقع شده‌اند. در شکل (۸-۳۵) تصویر ماهواره‌ای موقعیت نسبی این بلوک‌ها و در شکل (۸-۳۶) تصویر تعدادی از این بلوک‌ها نشان داده شده است.



شکل ۸-۳۵- تصویر ماهواره‌ای موقعیت نسبی بلوک‌های شهرک فرهنگیان



شکل ۸-۳۶- نمای جنوبی تعدادی از بلوک‌های شهرک فرهنگیان

۸-۱-۳-۲- معرفی سازه: اسکلت این ساختمان‌ها فولادی و سیستم باربر لرزه‌ای آن‌ها به سختی قابل تشخیص بود. وجود مهاربند در کنار راه‌پله بدلیل کنده شدن نازک‌کاری در یکی از طبقات این بلوک‌ها در یک راستا تشخیص داده شد شکل (۸-۳۷). در راستای دیگر، اثری از وجود مهاربند دیده نشد. یک احتمال استفاده از سیستم مهاربندی در دو جهت می‌باشد و احتمال دیگر استفاده از سیستم ترکیبی خمشی و مهاربندی در هر دو جهت و یا استفاده از سیستم مهاربندی در یک جهت و قاب خمشی در جهت دیگر است. با نگاه به محل اتصالات تیر به ستون در بخش پیلوتی به علت عدم ریزش بخش نازک‌کاری در این محل‌ها تصمیم‌گیری نهایی برای نوع سیستم لرزه بر ساختمان را مشکل می‌کرد. در عین حال در محل اتصالات تیر به ستون وجود لچکی نشیمن و ابعاد آن بیانگر تیپ اجرایی قاب خمشی مورد استفاده در این منطقه بود شکل (۸-۳۸). پوشش سقف این بلوک‌های ساختمانی قابل تشخیص نبود اما به احتمال زیاد مشابه سیستم سقف سایر سازه‌ها از تیرچه بتنی و بلوک پلی استایرن استفاده شده است.

۸-۱-۳-۳- آسیب‌های سازه‌ای: در این ساختمان‌ها آسیبی در سیستم سازه‌ای بدلیل نریختن بخش نازک‌کاری از روی اسکلت دیده نشد. اما اگر در این ساختمان‌ها از قاب خمشی با جزئیات رایج در منطقه استفاده شده باشد، باید به نکات زیر توجه نمود.



شکل ۸-۳۷- عمکرد مهار بند که باعث ریزش بخش نازک‌کاری شده است



(ب)

(الف)

شکل ۸-۳۸- عدم خسارت در محل اتصال تیر به ستون و تفاوت ابعاد نشیمن و وجود و عدم وجود لچکی

تیپ رایج اتصالات قاب خمشی در این منطقه استفاده از ورق اتصال بال بالا و بال پایین بود. برای نشیمن تیر از یک ورق نشیمن نسبتاً کوتاه استفاده می‌شد که در زیر آن دو ورق لچکی قرار داشت. برای ورق اتصال بال بالا نیز از یک ورق کله گاوی که توسط جوش گوشه به بال تیر و به بال ستون متصل می‌شد استفاده می‌کردند شکل (۸-۳۹). در این اتصالات سه مود شکست حاکم است. مود شکست اول تسلیم ورق اتصال بال است که رفتاری شکل پذیر دارد و دو مود شکست دیگر یعنی شکست جوش در محل اتصال ورق به بال تیر و یا به بال ستون است که این هر دو از نوع شکست ترد هستند. با توجه به اینکه ورق کله گاوی توسط جوش

گوشه به بال ستون متصل می‌شود ضعیف‌ترین مود شکست مربوط به همین مود در این تیپ اجرا و همراه با شکست ترد است. در این حالت ممکن است در محل اتصالات آثاری از صدمه دیده نشود.



شکل ۸-۳۹- تیپ اتصالات خمشی رایج در منطقه که نقطه ضعف آن شکست جوش اتصال ورق به بال ستون است

۸-۱-۳-۴- آسیب‌های غیرسازه‌ای: در خصوص عملکرد اجزای غیر سازه‌ای شامل میانقاب‌ها، نماها، تیغه‌های جداکننده و سقف‌های کاذب آسیب‌ها در سطح کم و ناچیز ارزیابی شدند. نمونه‌ای از این آسیب‌های جزئی در اشکال (۸-۴۰) الی (۸-۴۲) نشان داده شده است.



شکل ۸-۴۰- ترک جزئی در دیوار جداکننده



شکل ۸-۴۱- عدم خسارت در راه پله‌ها



شکل ۸-۴۲- خسارت کم در نما

۸-۳-۱-۵- نظر کارشناسی: در مجموع در این ۲۵ بلوک ساختمانی خسارتی دیده نشد و این بلوک‌ها بنظر می‌رسد نیاز به مقاوم‌سازی نداشته باشند. در هر حال پیشنهاد می‌شود حداقل در دو بلوک با برداشتن بخش نازک کاری در محل اتصالات از عدم خسارت و شکست ترد اطمینان حاصل کرد.

۸-۲- ساختمان‌های مسکن مهر اسلام آباد غرب (شهرک مسکونی شرف آباد)

۸-۲-۱- معرفی ساختمان‌ها: در منطقه شهرک مسکونی شرف آباد واقع در اسلام آباد غرب، ۹۹ بلوک پنج طبقه بتنی، هر بلوک دارای بیست واحد مسکونی یعنی در هر طبقه ۴ واحد قرار دارد. ابعاد تقریبی تعدادی از این بلوک‌ها ۲۵ متر در ۱۳ متر است و تعدادی دیگر ۲۵ متر در ۱۶ متر است. این شهرک در شمال غربی شهرستان اسلام‌آباد غرب و در موقعیت جغرافیایی $34^{\circ}07'N$ و $46^{\circ}30'E$ واقع شده است. در شکل (۸-۴۳) تصویر ماهواره‌ای موقعیت نسبی این بلوک‌ها و در شکل (۸-۴۴) تصویر نمای شمالی تعدادی از این بلوک‌ها که از بالکن یکی از این بلوک‌ها گرفته شده است نشان داده شده است.



شکل ۸-۴۳- تصویر ماهواره‌ای موقعیت نسبی بلوک‌های شهرک شرف آباد



شکل ۸-۴۴- نمای شمالی تعدادی از این بلوک‌ها که خسارت نیز دیده‌اند

۸-۲-۲- معرفی سازه:

اسکلت این ساختمان‌ها بتنی و سیستم سازه‌ای این ساختمان‌ها با یکدیگر متفاوت بود. بعضی از آن‌ها دارای سیستم دیوار برشی به‌همراه قاب خمشی در هر دو جهت بودند و تعدادی دیگر دارای سیستم قاب خمشی در دو طرف. متأسفانه در این منطقه دو بلوک خسارت جدی دیده بودند. سیستم هر دو بلوک دیوار برشی دوطرفه بود. در دیوارهای برشی واقع در ضلع شمالی و جنوبی سازه، به دلیل تعبیه پنجره، از تیرهای هم‌بند بین دو جزء دیوار استفاده شده است.

سازه‌های این شهرک دارای دو تیپ هستند و ساخت هر چند بلوک آن به پیمانکاران مختلف واگذار شده است. برای پوشش سقف این بلوک‌های ساختمانی از سیستم تیرچه بلوک با بلوک‌های پلی استایرن استفاده شده است. در اشکال (۸-۴۵) و (۸-۴۶) تصویر دو تیپ سازه‌های مشاهده می‌گردد.



شکل ۸-۴۵- تیپ ساختمان‌های قاب خمشی با دیوار برشی در دو جهت



شکل ۸-۴۶- تیپ ساختمان‌های قاب خمشی در دو جهت

۸-۲-۳- آسیب‌های سازه‌ای

۸-۲-۳-۱- شکست دیوار برشی:

با توجه به بیشینه شتاب کم ثبت شده زلزله در منطقه اسلام‌آباد غرب، و علیرغم طول قابل توجه دیوارهای برشی در دو جهت سازه دو سازه مجاور هم از بین حدود ۱۰۰ بلوک موجود در شهرک در طبقه همکف دچار فروریزش شدند. سه علت اصلی محتمل برای خرابی این سازه‌ها به ترتیب اولویت به شرح زیر به نظر می‌رسد:

الف: کیفیت نازل اجرای بتن

با توجه به مشاهدات میدانی انجام شده از بلوک مجاور دو بلوک تخریب شده که توسط همان پیمانکار اجرا شده بود (شکل ۸-۴۷). کیفیت اجرای بتن دیوار برشی بخصوص در بالای دیوار طبقه همکف بسیار نامطلوب ارزیابی شد. ایجاد درز سرد، عدم ویریه مناسب بتن در لایه فوقانی دیوار، وجود لایه‌ای از پلی‌استایرن میان تیر و دیوار (که لازم است به صورت پیوسته اجرا شوند)، در کنار کیفیت نامناسب بتن، اجرای نامناسب بتن دیوار

برشی را به‌عنوان عامل اصلی گسیختگی این سازه‌ها مطرح می‌کند. در شکل (۸-۴۸) شروع گسیختگی دیوار برشی در ناحیه فوقانی آن به وضوح مشخص است.

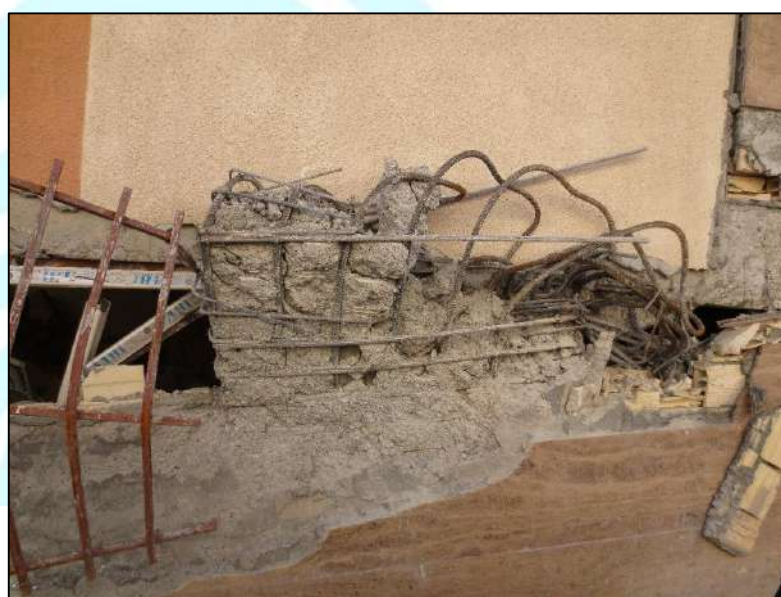


(ب)



(الف)

شکل ۸-۴۷- کیفیت بد اجرای بتن در محل اتصال دیوار به دیافراگم



شکل ۸-۴۸- گسیختگی از محل بالای دیوار و عدم مهار جانبی یکی درمیان آرماتورهای طولی توسط سنجاق

ب: عدم مهار مناسب آرماتورهای عرضی دیوار برشی

براساس ضوابط طراحی لرزه‌ای مبحث نهم از مقررات ملی ساختمان، در دیوارهایی که دارای اجزای لبه هستند، میلگردهای افقی باید در ناحیه محصور شده اجزای لبه مهار شوند به طوری که امکان به‌وجود آمدن تنش کششی در حد مقاومت تسلیم در آن‌ها میسر شود. بر اساس شکل (۸-۴۹)، آرماتورهای افقی در خارج

از ناحیه محصور شده مهار شده‌اند (نشانگر شماره ۱). همچنین قطر آرماتورهای عرضی دارای قلاب استاندارد (نشانگر شماره ۲ - قطر برابر با ۱۲ میلی‌متر)، به مراتب کوچکتر از آرماتورهای افقی (نشانگر شماره ۳ - قطر برابر ۲۰ میلی‌متر) دیوار بوده و طول وصله پوششی (۵۰ سانتی‌متر) نیز متناسب با وصله پوششی مناسب برای آرماتورهای افقی نیست. با توجه به شکل (۸-۵۰) و عدم تغییر شکل آرماتورهای برشی دیوار، به نظر می‌رسد به دلیل وصله پوششی متعدد و غیر اصولی آرماتورهای برشی، دیوارهای برشی عملاً فاقد آرماتور برشی موثر بوده است. در شکل (۸-۵۱) نیز عدم پیوستگی المان مرزی و دیوار برشی به دلیل مهار نامناسب آرماتورهای عرضی منجر به خسارت دیوار شده است.



شکل ۸-۴۹ - عدم مهار مناسب آرماتورهای افقی



شکل ۸-۵۰- مهر نامناسب آرماتورهای افقی، مانع از مشارکت این آرماتورها در تحمل برش وارد به دیوار شده است.



(ب)



(الف)

شکل ۸-۵۱- عدم پیوستگی المان مرزی و دیوار برشی به دلیل مهر نامناسب آرماتورهای عرضی

ج: عدم مهار جانبی آرماتورهای طولی

در کنار کیفیت نامناسب اجرای بتن و ایجاد درز سرد در دیوار و همچنین عدم مهار مناسب آرماتورهای برشی دیوار می‌توان به عدم مهار جانبی میلگردهای طولی نیز به عنوان یکی از دلایل شکست غیرشکل‌پذیر دیوارهای برشی اشاره نمود. همانطور که در شکل (۸-۵۲)، نشان داده شده است، میلگردهای طولی ناحیه المان مرزی به دلیل مهار جانبی مناسب دچار کماتش فشاری نشده‌اند ولی سایر آرماتورهای قائم دیوار در خارج از ناحیه المان مرزی، همگی دچار کماتش به دلیل عدم مهار جانبی شده‌اند.



شکل ۸-۵۲- عدم مهار جانبی آرماتورهای قائم دیوار

۸-۲-۳-۲- آسیب در سایر اعضای سازه‌ای:

از دیگر نمونه آسیب‌های وارد در المان‌های سازه‌ای این بلوک‌ها که همگی ناشی از کیفیت پایین بتن بعنوان اصلی‌ترین عامل و ضعف در طراحی سازه و یا اجرای آن در این بلوک‌ها مشاهده گردید شامل موارد زیر بود. البته در بندهای ت و ث به عوامل نامطلوب اجرایی و طراحی مشاهده شده که منجر به آسیب سازه‌ای می‌توانستند شده باشند پرداخته شده است.

الف: کماتش کلی ستون بتنی که در ساختمان‌های بتنی بدلیل بزرگی ابعاد اعضاء کمتر می‌توان انتظار داشت در شکل (۸-۵۳) مشاهده می‌شود.

ب: شکست برشی ستون و کماتش آرماتورهای قائم که دلیل اصلی آن مقاومت پایین بتن می‌باشد در شکل (۸-۵۴) مشاهده می‌شود.

پ: شکست چشمه اتصال و همچنین عدم مهار مناسب آرماتورهای دال پله در چشمه اتصال که در شکل (۸-۵۵) نشان داده شده است.

ت: کیفیت نامطلوب بتن ریزی تیرها پس از ریزش نماس ساختمان که می‌تواند منجر به آسیب در المان‌های سازه‌ای شود در شکل (۵۶-۸) نشان داده شده است.

ث: عدم استفاده از آرماتورهای قطری در تیرهای هم‌بند که می‌تواند منجر به آسیب در المان‌های سازه‌ای شود در شکل (۵۸-۸) نشان داده شده است.



(ب)



(الف)

شکل ۸-۵۳- کمانش کلی ستون‌ها



شکل ۸-۵۴- شکست برشی ستون



شکل ۸-۵۵- شکست چشمه اتصال و همچنین عدم مهار مناسب آرماتورهای دال پله در چشمه اتصال



شکل ۸-۵۶- مشاهده کیفیت نامطلوب بتن‌ریزی تیرها پس از ریزش نمای ساختمان



شکل ۸-۵۷- عدم استفاده از آرماتورهای قطری در تیرهای هم‌بند

۸-۲-۴- آسیب‌های غیرسازه‌ای: علیرغم بیشینه شتاب کم ثبت شده در محل شهرستان اسلام آباد، تعداد قابل توجهی از بلوک‌های موجود در شهرک شرف‌آباد دچار آسیب غیرسازه‌ای اعم از ترک در میانقاب‌ها ریزش بخشی از نماها، ترک زیاد در تیغه‌های جداکننده و خسارت در سقف‌های کاذب شده‌اند. در بین ساختمان‌های آسیب دیده، خسارات غیر سازه ای در دو بلوک تخریب شده در حد فروریزش بوده و در سایر ساختمان‌ها بین کم تا زیاد ارزیابی می‌شود (شکل ۸-۵۸ و ۸-۵۹).



شکل ۸-۵۸- نمونه ای از آسیب‌های غیرسازه‌ای سطح فروریزش



(ب)



(الف)

شکل ۸-۵۹- نمونه‌ای از آسیب‌های غیرسازه‌ای سطح زیاد

۸-۲-۵- نظر کارشناسی:

با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته، از بین ۹۹ بلوک‌های ساخته شده در شهرک شرف‌آباد، حدود ۳ درصد آسیب جدی دیده و می‌بایست تخریب شوند. در بین سایر بلوک‌ها با توجه به عدم فروریزش اجزای غیر سازه‌ای، ارزیابی دقیق در المان‌های سازه‌ای عملاً ممکن نبوده است. با این حال به دلیل ضعف مشاهده شده در اجراء طراحی و نظارت این شهرک، لازم است ارزیابی جامعی بر ساختمان‌های موجود به عمل آید و در صورت لزوم مقاوم‌سازی شوند. بخش عمده‌ای از اجزای غیرسازه‌ای همانطور که قبلاً ذکر شد به دلیل شتاب کم زلزله در محل این ساختمان‌ها دچار خرابی زیادی نشده‌اند ولی با توجه به اجرای نادرست آن‌ها لازم است نسبت به ارزیابی دقیق‌تر و مقاوم‌سازی آن‌ها تمهیداتی به عمل آید.

۸-۳- ساختمان‌های مسکن مهر شهرستان کرد غرب

۸-۳-۱- ساختمان‌های شهرک ۳۰۰ دستگاه

۸-۳-۱-۱- معرفی ساختمان‌ها:

در شهرک سیصد دستگاه، واقع در غرب شهرستان کرد غرب، ۴ بلوک ساختمانی فولادی ۵ طبقه، شامل پیلوت و ۴ طبقه مسکونی در قالب مسکن مهر وجود دارد. هریک از ساختمان‌ها شامل دو بلوک آپارتمانی مستقل هستند. هر بلوک آپارتمانی مستقل دارای ۱۶ واحد یعنی در هر طبقه ۴ واحد مسکونی وجود دارد. ابعاد هریک از سازه‌ها برابر ۱۸ در ۱۸ متر بوده و در موقعیت جغرافیایی $34^{\circ}28'N$ و $46^{\circ}27'E$ واقع شده‌اند. در شکل (۸-۶۰) تصویر ماهواره ای موقعیت نسبی بلوک‌های شهرک سیصد دستگاه نشان داده شده است. در شکل (۸-۶۱) نیز نمای شمالی این بلوک‌ها مشاهده می‌گردد.



شکل ۸-۶۰- تصویر ماهواره‌ای موقعیت نسبی بلوک‌های شهرک سیصد دستگاه



شکل ۸-۶۱- نمای شمالی بلوک‌های مسکن مهر شهرک سبید دستگاه

۸-۳-۱-۲- معرفی سازه: سیستم سازه‌ای این ۴ بلوک یکسان بوده و در جهت شمالی- جنوبی دارای سیستم دوگانه مهاربندی همگرا و قاب خمشی فولادی با اتصالات نیمه صلب و در جهت شرقی- غربی دارای سیستم باربر جانبی قاب خمشی نیمه صلب (با اتصالات درختی) است.

مقاطع استفاده شده برای تیرها و ستون‌ها به صورت کارخانه‌ای ساخت و نصب شده است با این حال ایرادات قابل توجهی در طراحی (جزئیات‌بندی لرزه‌ای) و اجرای این سازه به چشم می‌خورد. از جمله این ایرادات می‌توان به اتصال تیر به ستون در ناحیه دستک با استفاده از جوش گوشه، عدم استفاده از اتصالات از پیش تایید شده، استفاده از وصله نیمه‌صلب (یا مفصلی) تیر در انتهای دستک و مواردی از این دست اشاره نمود.

اگرچه تخریب سازه‌ای مهمی در اثر زلزله در این سازه‌ها مشاهده نشد، با این حال ایرادات مهمی در پیکربندی سازه مشاهده شد که می‌تواند سازه را در زلزله‌های بزرگ‌تر دچار مشکلات جدی‌ای نماید که در بخش آسیب‌های سازه‌ای بیان می‌شود. در شکل (۸-۶۲) سیستم مهاربندی این ساختمان‌ها که بصورت مهاربند همگرای شورن ۸ و با استفاده از دو نبشی که مطابق شکل اجرا شده‌اند نمایش داده شده است.



(ب)



(الف)

شکل ۸-۶۲- مهربندهای همگرا "۸" شکل و لقمه‌ها

۸-۳-۱-۳- آسیب‌های سازه‌ای: هر چند در این ساختمان‌ها آسیبی در سازه‌ها مشاهده نشد ولی ایرادات سازه‌ای در طراحی و نظارت و اجرا به شرح زیر مشاهده گردید:

• اتصالات خمشی

نمونه‌ای از اتصالات خمشی به کار رفته در هر دو جهت اصلی سازه‌های معرفی شده در شکل (۸-۶۱) نشان داده شده است. در راستای شرقی- غربی سازه (سیستم قاب خمشی) از اتصالات خمشی فلنجی و در راستای شمالی - جنوبی (قاب خمشی به همراه مهاربندی همگرای شورن) در ناحیه اتصال تیر به ستون، از اتصال تقویت نشده جوشی (WUF-W) به همراه وصله فلنجی تیر استفاده شده است.

همانطور که در شکل (۸-۶۳- الف) نشان داده شده است، ورق اتصال خمشی و چیدمان پیچ‌ها، ناحیه خارج از بال‌ها را پوشش نداده است که در این حالت عملکرد این اتصال عملاً از اتصال خمشی به اتصال نیمه‌صلب و یا مفصلی (و غیر تایید شده)، تبدیل می‌شود. کاهش سختی و شکل‌پذیری سازه و همچنین احتمال شکست غیرشکل‌پذیر در ناحیه اتصال از عواقب احتمالی اجرای نادرست این اتصالات خمشی است. همچنین عدم تعبیه ورق پیوستگی در ناحیه چشمه اتصال از دیگر ایرادات مشاهده شده در این ساختمان‌ها است.



(الف)

(ب)

شکل ۸-۶۳- (الف): اتصال گیردار فلنجی در راستای شرقی - غربی. (ب): اتصال تقویت نشده جوشی به همراه وصله فلنجی تیر در راستای شمالی - جنوبی

بر اساس شکل (۸-۶۳-ب)، در راستای شمالی جنوبی، اتصالات خمشی مستقیماً به جان ستون جوش شده است که می‌تواند موجب گسیختگی ورق جان ستون در زلزله‌های شدیدتر شود. همچنین استفاده از جوش گوشه و سخت‌کننده در ناحیه اتصال تیر به ستون، اتصال را از حالت از پیش تایید شده خارج نموده و در نهایت، وصله فلنجی تیر به علت عدم وجود ورق وصله و پیچ در خارج از ناحیه دو بال تیر، قادر به انتقال لنگر در قالب اتصال صلب نبوده و عملکرد آن عملاً به صورت نیمه صلب تا مفصلی خواهد بود.

• سایر ایرادات مشاهده شده

بر اساس شکل (۸-۶۴)، یکی از مواردی که در بازدید به عمل آمده از این سازه‌ها مورد توجه قرار گرفت، تعبیه ورق‌های گاست زیر برخی تیرها بدون اجرای مهاربند در آن دهانه است. البته واضح نیست که حذف این دهانه‌های مهاربندی در مرحله اجرا بوده است یا در طراحی نیز تعبیه این دهانه‌های مهاربندی پیش‌بینی نشده است. علاوه بر این وجود سوراخ در این ورق‌ها بیانگر اتصال مهاربند توسط پیچ به ورق در طرح اصلی بوده است که در زمان اجرا توسط جوش انجام شده است شکل (۸-۶۲). از دیگر ایرادات اجرایی مشاهده شده در این ساختمان‌ها حذف پیچ در محل بعضی از اتصالات بود که در شکل (۸-۶۵) نشان داده شده است.



(الف) (ب)

شکل ۸-۶۴- ورق‌های گاست‌های رها شده در برخی از دهانه‌ها



شکل ۸-۶۵- عدم اجرای پیچ و حذف آن در بعضی اتصالات

۸-۳-۱-۴- آسیب‌های غیرسازه‌ای: آسیب‌های غیرسازه‌ای در این بلوک‌ها بر اساس مشاهدات صورت گرفته در حد کم تا متوسط ارزیابی شده‌اند. تخریب موضعی المان‌های غیرسازه‌ای و بخصوص نما در صورت عدم ترمیم، به‌صورت بالقوه می‌تواند موجب بروز تلفات جانی گردد. در شکل (۸-۶۶) و (۸-۶۷) برخی آسیب‌های غیرسازه‌ای نشان داده شده‌است.



(ب)

(الف)

شکل ۸-۶۶- نمونه‌هایی از آسیب به اجزای نما



(ب)

(الف)

شکل ۸-۶۷- نمونه‌هایی از آسیب به اجزای غیرسازه‌ای

۸-۳-۱-۵- نظر کارشناسی: با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته از ۸ بلوک مستقل مسکن مهر موجود در شهرک سیصد دستگاه‌گرد غرب، اگرچه آسیب سازه‌ای خاصی بعثت تجربه نکردن زلزله طرح در این منطقه در آن‌ها مشاهده نشده است، ولی مشکلات جدی موجود در طراحی و اجرای اتصالات خمشی و همچنین احتمال حذف برخی از دهانه‌های مهاربندی، لزوم ارزیابی مجدد و مقاوم‌سازی این ساختمان‌ها را برجسته می‌سازد. تخریب عناصر غیر سازه‌ای عمدتاً شامل نما، راه پله و برخی از جداکننده‌هاست که در حد کم تا متوسط ارزیابی شد و خرابی آن‌ها اختلالی جدی در بهره‌برداری از سازه ایجاد ننموده است اما نیاز به کنترل و مهار مناسب خواهند داشت.

۸-۳-۲- مسکن مهر کرد (دالاهو)

۸-۳-۲-۱- معرفی ساختمان‌ها:

در شهرک مسکونی دالاهو، واقع در شمال شرق شهرستان کرد غرب، ۲۳ واحد مسکونی بتنی ۵ طبقه، شامل پیلوت و ۴ طبقه مسکونی در قالب مسکن مهر وجود دارد. همچنین ۴ بلوک دو طبقه نیز در مجاورت این سازه‌ها وجود دارند که در مراحل ابتدایی اجرای اسکلت قرار داشته و کاربری آن‌ها مشخص نیست. ساخت این مجموعه مسکونی در سال ۱۳۸۹ شروع شده و تا کنون تکمیل نشده است. بلوک‌های مسکونی دارای ابعاد حدودی ۲۴ در ۱۶ متر می‌باشد و در موقعیت جغرافیایی $34^{\circ}27'N$ و $46^{\circ}25'E$ واقع شده‌اند. در شکل (۸-۶۸) تصویر ماهواره‌ای موقعیت نسبی این بلوک‌ها و در شکل (۸-۶۹) تصویر نمای جنوبی این بلوک‌ها نشان داده شده است.



شکل ۸-۶۸- تصویر ماهواره‌ای موقعیت نسبی بلوک‌های شهرک سیصد دستگاه



شکل ۸-۶۹- نمای جنوبی بلوک‌های مسکن مهر دالاهو (کرند غرب)

۸-۳-۲- معرفی سازه:

سیستم سازه‌ای ساختمان‌های این شهرک، دال و دیواربرشی بوده و با تکنیک قالب تونلی اجرا شده است. همچنین دیوارهای غیر سازه‌ای به صورت پانل‌های پیش ساخته بوده و به اسکلت مهار شده است.

اگرچه در ساختمان‌های این شهرک تحت اثر زلزله آسیب سازه‌ای خاصی مشاهده نشد، ولی نکته قابل توجه در مورد این ساختمان‌ها کیفیت ساخت بسیار نامطلوب آن‌ها می‌باشد. به نظر می‌رسد با توجه به مشکلات اجرایی مهم مشاهده شده، ادامه ساخت پروژه بدون انجام ارزیابی‌های دقیق‌تر و بهسازی یا بازسازی مجدد بنا، ممکن نیست. در شکل (۸-۷۰) یکی از پانل‌های اجرا شده‌ی این بلوک‌ها را نشان می‌دهد به احتمال زیاد باز کردن زودتر از موعد قالب باعث خیز ناشی از وزنش شده است.



شکل ۸-۷۰- یکی از پانل‌های اجرا شده در این بلوک‌ها (خیز دال کاملاً محسوس است)

۸-۳-۲-۳- آسیب‌های سازه‌ای: هر چند در این ساختمان‌ها آسیبی در سازه‌ها مشاهده نشد ولی ایرادات سازه‌ای در طراحی و نظارت و اجرا به‌وفور مشاهده گردید.

برخی ایرادات سازه‌ای مشاهده شده در این مجموعه در اشکال (۸-۷۱) تا (۸-۶۹) نشان داده شده‌است. در شکل (۸-۷۱) کاور نامناسب بتن بر روی شبکه میلگرد دیوار مشاهده می‌شود. در شکل (۸-۷۲) ضعف قالب‌بندی و در شکل (۸-۷۳) تجمع میلگرد در یک ناحیه و عدم وجود بتن در حد فاصل آنها مشاهده می‌گردد. در اشکال (۸-۷۴) و (۸-۷۵) دیگر اشکالات اجرایی در دیوار و دال این بلوک‌ها مشاهده می‌شود.

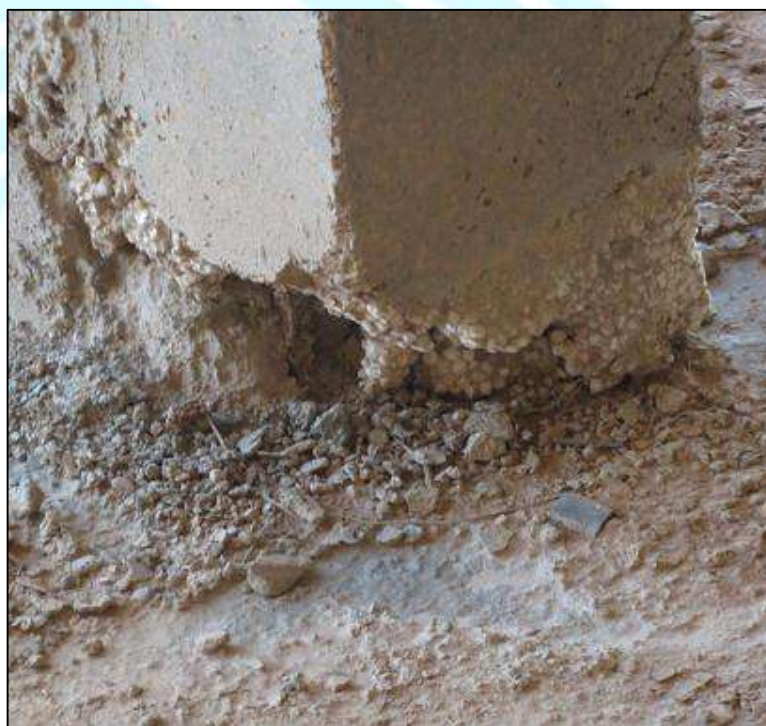


(ب)



(الف)

شکل ۸-۷۱- پوشش بتنی ناچیز روی شبکه میلگرد دیوار



شکل ۸-۷۲- ضعف در اجرای قالب‌بندی



شکل ۸-۷۳- تراکم آرماتور و عدم وجود بتن در بین آنها



شکل ۸-۷۴- اجرای نامناسب دیوارهای برشی



(ب)



(الف)



(ت)



(پ)

شکل ۸-۷۵- اجرای نامناسب دال‌ها

۸-۳-۲-۴- آسیب‌های غیرسازه‌ای: در بین عناصر غیرسازه‌ای این ساختمان‌ها، تنها دیوارهای پیش‌ساخته ضلع شمالی و جنوبی سازه نصب شده‌اند. با توجه به وزن کم این دیوارها و مهار مناسب آن‌ها به سازه، آسیب خاصی ناشی از زلزله در آن‌ها مشاهده نشد (شکل ۸-۷۶).



شکل ۸-۷۶- جزئیات اجزای غیرسازه‌ای و اتصال آن به اسکلت بتنی

۸-۳-۲-۵- نظر کارشناسی: با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته از بلوک‌های مسکن مهر کرد، اگرچه آسیب سازه‌ای و غیرسازه‌ای خاصی ناشی از زلزله، در آن‌ها مشاهده نشده است، ولی مشکلات جدی موجود در اجرای ساختمان‌ها لزوم ارزیابی مجدد و مقاوم‌سازی این ساختمان‌ها را برجسته می‌سازد.

فصل نهم

بررسی موردی علل تخریب دو ساختمان فولادی کنار هم

بهرخ حسینی هاشمی

حمیدرضا فرشچی

۹-۱ معرفی ساختمان‌ها

دو ساختمان در محله فولادی‌های شهر سرپل ذهاب واقع شده بودند. در این منطقه تعداد زیادی از ساختمان‌های بنایی، بتنی و فولادی دچار فروریزش شده بودند. ساختمان‌های مورد بررسی در این فصل مربوط به دو ساختمان فولادی کنار هم می‌باشد که در زمان وقوع زلزله ۴۰ نفر در آن سکونت داشتند که بغیر از یک نفر که به شدت مجروح گردید مابقی ساکنین آن یعنی ۳۹ نفر در آن جان باختند. بر اساس آخرین آمار رسمی منتشره از سازمان پزشک قانونی کشور ۵۵۹ نفر در شهرستان سرپل ذهاب جان باختند که از این تعداد ۲۰۰ نفر در روستاهای اطراف و مابقی در شهر سرپل ذهاب سکونت داشتند. با این حساب بیش از ۱۰٪ جان‌باختگان این شهر متعلق به این دو واحد مسکونی بوده است. یکی از ساختمان‌ها سه طبقه و دیگری چهار طبقه بوده است. هر دو ساختمان در سال‌های اخیر ساخته شده بودند. با توجه به سال ساخت آنها طبق ضوابط نظام مهندسی باید دارای طراح و ناظر ذی‌صلاح بوده باشند.

در هر طبقه این ساختمان‌ها یک واحد مسکونی قرار داشت در شب حادثه مراسم جشن تولد دختر بچه‌ای بنام محیا در یکی از واحدهای این دو ساختمان در حال برگزاری بود.

این ساختمان‌ها در منطقه فولادی‌ها نزدیک به ضلع غربی رودخانه و در ناحیه جنوب خیابان راه کربلا با موقعیت جغرافیایی $34^{\circ}46'18''N$ و $45^{\circ}48'31''W$ واقع شده بودند. شکل (۹-۱) تصویر ماهواره‌ای موقعیت نسبی این دو ساختمان را قبل و بعد از زلزله نشان داده است. در شکل (۹-۲) تصویر هوایی این دو ساختمان بعد از زلزله با دایره مشخص شده است.



شکل ۹-۱- تصویر ماهواره‌ای دو ساختمان که با دایره قرمز قبل از زلزله و بعد از زلزله نشان داده شده است.



شکل ۹-۲- تصویر هوایی این دو ساختمان بعد از زلزله با دایره مشخص شده است

در شکل (۹-۲) ساختمان سمت چپ بقایای این دو ساختمان دیده می‌شود. این ساختمان هم تیپ با این دو ساختمان مورد نظر ساخته شده است. در اشکال (۹-۳) و (۹-۴) بقایای بجای مانده از این دو ساختمان دیده می‌شود.



(ب)

(الف)

شکل ۹-۳- تصویر بقایای بجای مانده از این دو ساختمان

۹-۲ معرفی سازه دو ساختمان

سایز تیرها در هر دو جهت و پوشش سقف و جهت تیر ریزی و نحوه اتصالات تیر به ستون این دو ساختمان کاملاً مشابه بوده و همان‌گونه که در بند ۹-۱ عنوان شد با ساختمان کناریشان نیز هم تیپ بودند. تنها تفاوت بین این دو ساختمان در این بود که برای ساختمان چهار طبقه در طبقه همکف از سه پروفیل بهم چسبیده استفاده شده بود که از طبقه اول به بعد پروفیل وسطی حذف شده بود. اما برای ساختمان سه طبقه از ابتدا

برای ستون‌ها از دو پروفیل استفاده شده بود. در شکل (۹-۴) تصویر نمای شرقی ساختمان هم تیپ با این دو ساختمان دیده می‌شود و در شکل (۹-۵) ستون‌های طبقه اول این دو ساختمان در یک تصویر دیده می‌شوند.



شکل ۹-۴- تصویر نمای شرقی ساختمان هم تیپ با این دو ساختمان



شکل ۹-۵- ستون‌های طبقه همکف این دو ساختمان

نمره نیم‌رخ‌های استفاده شده برای ستون‌ها نیم‌رخ IPE160 بود که با ساختمان هم تپ آن‌ها بعنوان شاهد نیز مقایسه شد شکل (۹-۶). برای تیرهای این دو ساختمان در راستای شرقی غربی از دابل بهم چسبیده IPE220 شکل (۹-۷) و در راستای شمالی جنوبی از تک نیم‌رخ IPE160 استفاده شده بود.

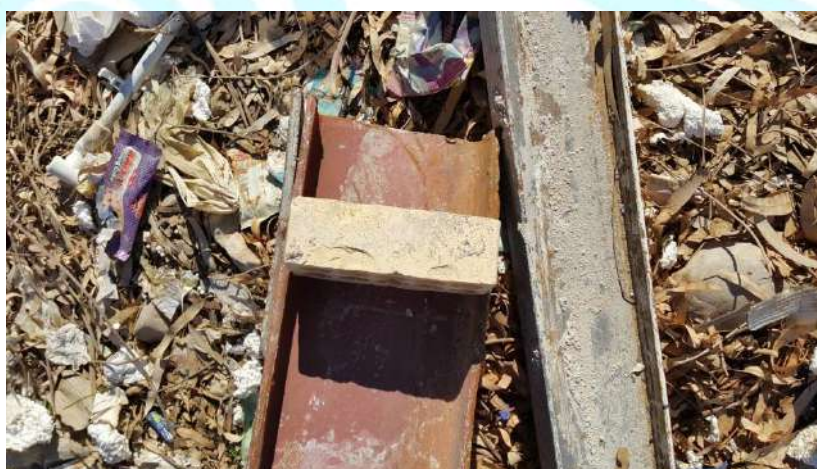


(ب)



(الف)

شکل ۹-۶- برای ستون‌های این دو ساختمان از نیم‌رخ IPE160 استفاده شده بود.



شکل ۹-۷- برای تیرهای این دو ساختمان در راستای شرقی غربی از دابل بهم چسبیده IPE220 استفاده شده بود

برای پوشش سقف ساختمان از تیرچه با بلوک پلی استایرن استفاده شده بود. راستای تیر ریزی سقف، در امتداد شمالی-جنوبی بود بطوریکه بار سقف توسط تیرچه ها به پروفیل‌های دابل منتقل می‌شد و از نظر طراح یا سازنده چون بار ثقلی بروی تیرهای شمالی-جنوبی منتقل نمی‌شد. استفاده از نیمرخ تک IPE160 را کافی دانسته بود. در شکل (۸-۹) نوع پوشش سقف و راستای تیر ریزی سقف مشاهده می‌گردد.



شکل ۸-۹- نوع پوشش سقف و راستای تیر ریزی

۹-۳ اتصالات تیر به ستون دو ساختمان

در راستای شرقی- غربی این ساختمان‌ها اتصالات تیر به ستون مطابق شکل (۹-۹) با استفاده از ورق اتصال بال بالا و بال پایین انجام شده است. این اتصال توسط ورق کله گاوی به بال ستون و بال بالایی تیر و توسط ورق پایین به بال پایینی تیر و ستون متصل می‌شود. ورق بال بالا توسط جوش گوشه به بال تیر و همین‌طور به بال ستون متصل شده است. بخشی از ورق اتصال جوش نشده که در نتیجه اجازه تغییر طول را به ورق داده و این اتصال را در وهله اول نیمه صلب بیان می‌کند. در یک اتصال نیمه صلب سه حالت حدی برای شکست متصور می‌شویم. حالت اول شکست جوش اتصال ورق به ورق بال که شکستی ترد منظور می‌شود. دوم تسلیم ورق بال که شکستی شکل‌پذیر است و سوم شکست جوش اتصال ورق به بال ستون که شکست ترد می‌باشد. با حسابی سر انگشتی مود حاکم بر شکست این اتصال همان شکست جوش گوشه اتصال ورق به بال ستون است. در یک اتصال نیمه صلب مهندسی باید طراحی بگونه‌ای باشد که مود شکل‌پذیر حاکم شود

و علاوه بر آن اتصال ورق بال به بال ستون باید توسط جوش نفوذی انجام شود تا از شکست ترد برحذر شود. شکل (۹-۹) نحوه اتصال ورق کله گاوی به بال تیر و بال ستون را نشان می‌دهد.

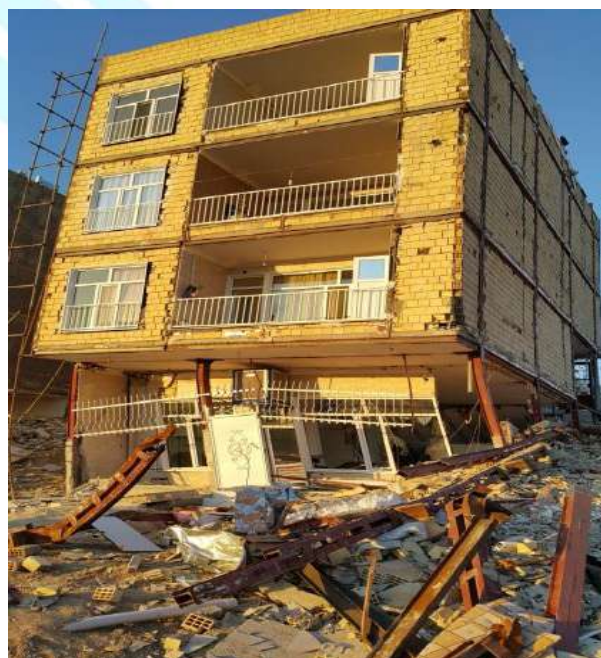


شکل ۹-۹- نوع اتصال در راستای شرقی-غربی و نحوه اتصال ورق کله گاوی به بال تیر و بال ستون

با نگاه به ساختمان شاهد نیز مشاهده می‌گردد که بدلیل وجود بازشوهای بزرگ میانقاب‌ها نیز نمی‌توانستند مشارکتی برای باربری در این راستا داشته باشند شکل (۹-۱۰).



(ب) نمای شمالی



(الف) نمای جنوبی

شکل ۹-۱۰- وجود بازشوهای بزرگ و عدم مشارکت میانقاب در راستای شرقی-غربی

علاوه بر آن در راستای شرقی-غربی برای میانقاب‌ها از طبقه همکف تا بالا از بلوک‌های سفالی استفاده شده که در هر حال نمی‌توانسته کمکی زیادی به سیستم لرزه‌بر نماید و لذا در این راستا تنها سیستم مقاوم لرزه‌ای آن شکست ترد اتصالات ورق به بال ستون بوده که در اشکال (۹-۱۱) تصاویر این شکست‌ها در ساختمان‌های تخریب شده نشان داده شده است.

برای اتصالات راستای شمالی-جنوبی از نبشی بالا و پایین که در رده اتصالات مفصلی قرار می‌گیرند استفاده شده بود. در این راستا هیچگونه سیستم لرزه‌بر تعبیه نشده بود. از بقایای ساختمان‌های تخریب شده نیز اثری از گاست پلیت مشاهده نشد. یعنی دقیقاً مشابه تیپ ساختمان شاهد سمت راست این ساختمان‌ها.



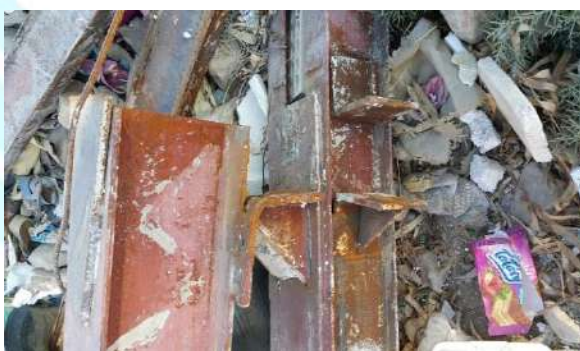
(ب)



(الف)



(ت)



(پ)

شکل ۹-۱۱- شکست ترد اتصالات در راستای شرقی-غربی

یکی از روش‌های سیستم‌های خود ساخته این منطقه که توسط یکی از مالکین در شهرک شهید شیرودی عنوان شد عدم اعتقاد به مهاربند و بگفته ایشان استفاده از کمربند بود. در این روش خود ساخته به ترتیب یکی در میان در میان طبقه دهانه از یک تیر آهن عرضی (کش) استفاده می‌شد. در ساختمان دست راستی در نمای شرقی اثری از کش دیده نشد ولی در نمای غربی کش در یک دهانه از پایین تا بالا مشاهده گردید. شکل (۹-۱۲) نمونه اتصالات مفصلی را در ساختمان شاهد و هم در بقایای ساختمان تخریب شده نشان می‌دهد. اشکال (۹-۱۳) تا (۹-۱۴) به ترتیب نمای غربی و نمای شرقی ساختمان شاهد را برای وجود و عدم وجود کش نشان می‌دهد.



(ب) ساختمان شاهد



(الف) ساختمان تخریب شده

شکل ۹-۱۲- نمونه اتصالات مفصلی در راستای شمالی-جنوبی



(ب)



(الف)

شکل ۹-۱۳- وجود کش در نمای غربی ساختمان شاهد



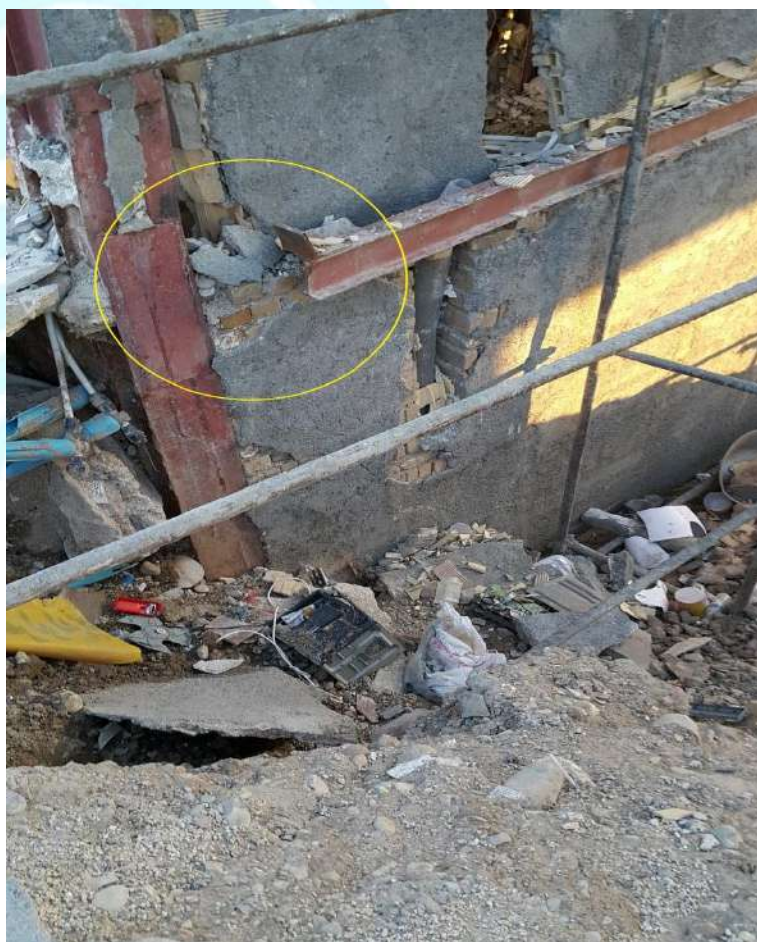
شکل ۹-۱۴- عدم وجود کش در نمای شرقی بدلیل عبور لوله‌های بخاری در ساختمان شاهد

۹-۴ چگونگی روند تخریب

با نگاه به ساختمان شاهد مشاهده می‌گردد که ساختمان در راستای شمالی-جنوبی علیرغم سیستم مهاربندی دارای میانقابی ترکیبی از بلوک‌های تیغه‌ای سفالی و آجر سفالی ۱۰ سوراخه بویژه در طبقه همکف بوده است شکل (۹-۱۵). بلوک‌های سفالی با جهتی که اجرا شدند سختی زیادی نداشته و با کمترین جابجایی سازه خرد می‌شوند. اما آجرهای سفالی ابتدا در برابر راستای شمالی-جنوبی مقاومت کرده و پس از آن خرد شده و سازه بی‌پناه در برابر بارهای جانبی منجر به گسیختگی اتصالات مفصلی در طبقه همکف شکل (۹-۱۶) و بدنبال آن فروریزش سقف طبقه همکف شکل (۹-۱۷) و نرم شدن این طبقه و کاهش تقاضای لرزه‌ای در طبقات بالا شکل (۹-۱۸) و در نهایت بدلیل دریافت زیاد طبقه همکف (۹-۱۹)، فروریزش کلی سازه تحت اثر $P-\Delta$ شده است شکل (۹-۲۰).



شکل ۹-۱۵- استفاده از آجر سفالی به همراه بلوک سفالی در طبقه همکف در ساختمان شاهد



شکل ۹-۱۶- گسیختگی اتصالات مفصلی در طبقه همکف در ساختمان شاهد



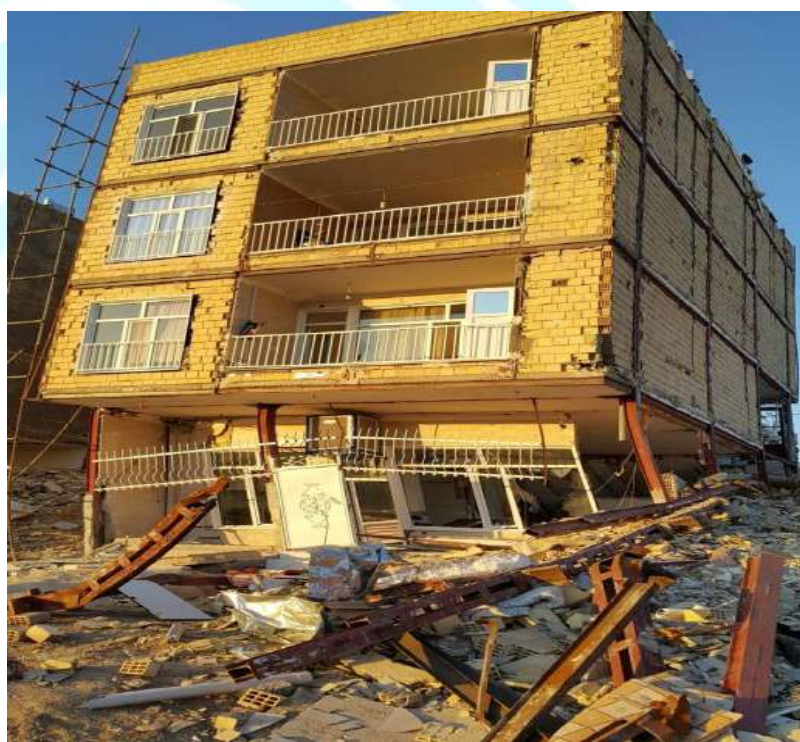
شکل ۹-۱۷- ریزش سقف طبقه همکف در ساختمان شاهد



شکل ۹-۱۸- نرم شدن طبقه همکف طبقه همکف و کاهش تفاضات بالاتر در ساختمان شاهد



شکل ۹-۱۹- دریافت زیاد در ستون‌های طبقه همکف در ساختمان شاهد



شکل ۹-۲۰- ساختمان شاهد در شرف فروریزش در کنار بقایای دو ساختمان فرو ریخته

و در انتها این فصل تقدیم می‌شود به روح محیای عزیزمان، دختری که شب تولدش صبحی نداشت.



فصل دهم

عملکرد سامانه‌های شریان‌های حیاتی

مرتضی بسطامی

جمیل بهرامی

منصور بنفشی

۱۰-۱- مقدمه

در این زلزله، سامانه‌های شریان‌های حیاتی شامل آب، برق، حمل و نقل، مخابرات، گاز متحمل آسیب‌های جزیی تا شدید شدند. در بین سامانه‌های مذکور، شبکه‌های آب و برق بیشترین تاثیر را از زلزله پذیرفتند. گرچه آسیب‌های این بخش‌ها جدی بود ولی با تلاش‌های گسترده ارگان‌های مربوطه، آثار قطعی آب و برق به حداقل رسیده بود. این گزارش بر مبنای اطلاعات اولیه میدانی و اطلاعات اولیه ارگان‌های متولی تهیه شده است و طبیعی است با اخذ اطلاعات دقیق‌تر، جزییات بیشتری در گزارش‌های تکمیلی آورده خواهد شد.

۱۰-۲- راه و پل

در منطقه تعدادی پل وجود دارد که در کل عملکرد قابل قبول و خوبی داشتند. در چند دستگاه از پل‌ها دارای مشکلاتی نظیر رانش کوله و یا ترک در کوله یا دیوارهای هادی ایجاد گردید. در ادامه به بعضی از آنها اشاره می‌گردد. تصاویر ۱۰-۱ و ۱۰-۲ پل با عرشه فلزی بعد از روستای دارنیل (۲۰۰ متری) از روستاهای منطقه ازگله

می‌باشد. در این پل عرشه کاملاً سالم اما دیوارهای هادی اطراف کوله‌ها (دیوار سنگی) دچار ترک شده و حفاصل دیوار و بدنه پایه‌های پل، زمین‌های اطراف ترک برداشته است. در فاصله حدود ۵ کیومتری از روستای دارنیل محدوده شهرستان ازگله نزدیک تونل‌های خروجی شبکه انتقال آب دشت ذهاب یک پل فلزی با دو دهانه و یک پل با عرشه تیر عمیق بتنی تی‌شکل یک دهانه وجود دارد، که کوله‌ها و دیوارهای هادی پل‌ها که از سنگ ساخته شده‌اند، ترک برداشته اما خوشبختانه عرشه‌ها سالم اند.



شکل ۱۰-۱- دیوار هادی اطراف کوله‌ها دچار ترک شده (بعد از روستای دارنیل از روستاهای ازگله)



شکل ۱۰-۲- دیوار هادی اطراف کوله‌ها دچار ترک شده (بعد از روستای دارنیله از روستاهای ازگله)

در پل فلزی دو دهانه، زیر پل بستر رودخانه که کف‌سازی بتنی شده ترک‌های در آن مشاهده می‌شود. در این پل همچنین فروریختن بخش بالایی کوله ناشی از عدم یکپارچگی کوله مشاهده گردید (تصاویر ۱۰-۳ تا ۱۰-۱۰). در فاصله ۱۵۰ متری پل فلزی دو دهانه قبلی، یک پل یک دهانه با عرشه بتنی قرار داشت. عرشه و کوله پل آسیب ندیده بود ولی درز انقطاع بین کوله و دیوار هادی باز شده بود و علاوه بر آن، یک ترک نزدیک دیواره پل ایجاد شده بود. این ترک دقیقاً بصورت طولی از کف رودخانه تا نزدیک دیواره پل بتنی امتداد داشته و بخشی از یک رانش کوچک در منطقه است (تصاویر ۱۰-۷ و ۱۰-۸).

علاوه بر موارد فوق، دو دستگاه پل کوچک نیز که کوله و یا دیوارهای کناری آن دچار رانش و شکست شده بودند، مشاهده گردید. شکل ۱۰-۹ فروریختن کوله پل با دهانه ۴ متری در محور تازه‌آباد به سرپل ذهاب را نشان می‌دهد. شکل‌های ۱۰-۱۰ و ۱۰-۱۱ نیز فروریختن کوله پل با دهانه ۴ متری در مسیر روستاهای کانی خنجر و نیمه کاره را نشان می‌دهند.

راه‌ها هم در این زلزله دچار انسداد و یا آسیب شده بودند. در نقاط زیادی زمین لغزش و یا ریزش کوه مسیرها را مسدود کرده بود که عمدتاً در روزهای اول سریع بازگشایی شدند. بده راه‌ها نیز متحمل آسیب‌هایی شدند به عنوان نمونه شکل ۱۰-۱۲ آسیب دیدن بدنه راه بر اثر میدان کششی زمین در محور تازه‌آباد-سرپل ذهاب را نشان می‌دهد. یا شکل ۱۰-۱۳ آسیب دیدن بدنه راه بر اثر رانش زمین ناشی از میدان کششی و شکل ۱۰-۱۴ آسیب دیدن بدنه راه بر اثر روانگرایی در محور تازه‌آباد-سرپل ذهاب را نشان می‌دهند.



شکل ۱۰-۳- پل فلزی دو دهانه که در اطراف پل رانش‌های کوچکی مشاهده می‌شود.



شکل ۱۰-۴- ترک‌هایی در بستر رودخانه که کف‌سازی بتنی شده در زیر پل فلزی دو دهانه



شکل ۱۰-۵- حرکت بخش بالایی کوله پل فلزی دارای دو دهانه



شکل ۱۰-۶- فروریختن بخش بالایی کوله پل فلزی با دو دهانه ناشی از عدم یکپارچگی کوله



شکل ۱۰-۷- پل با عرشه بتنی یک دهانه در فاصله ۱۵۰ متری پل فلزی دو دهانه



شکل ۱۰-۸- افزایش اندازه درز انقطاع در پل بتنی یک دهانه



شکل ۱۰-۹- فرو ریختن کوله پل با دهانه ۴ متری در محور تازه‌آباد به سرپل ذهاب



شکل ۱۰-۱۰- فرو ریختن کوله پل با دهانه ۴ متری در مسیر روستاهای کانی خنجر و نیمه کاره



شکل ۱۰-۱۱- فروریختن کوله پل با دهانه ۴ متری در مسیر روستاهای کانی خنجر و نیمه کاره



شکل ۱۰-۱۲- آسیب دیدن بدنه راه بر اثر میدان کششی زمین در محور تازآباد-سرپل ذهاب



شکل ۱۰-۱۳- آسیب دیدن بدنه راه بر اثر رانش زمین ناشی از میدان کششی در محور تازه‌آباد-سرپل‌ذهاب



شکل ۱۰-۱۴- آسیب دیدن بدنه راه بر اثر روانگرایی در محور تازه‌آباد-سرپل‌ذهاب

۱۰-۳- شبکه برق

طبق گزارش‌های اولیه، بلافاصله بعد از زلزله برق سه شهر سرپل ذهاب، قصرشیرین و تازه آباد ۱۰۰ درصد قطعی داشتند. همچنین شهرهای کرد، جوانرود، گیلان‌غرب، پاوه و کرمانشاه ۳۰ تا ۶۰ درصد قطعی داشتند. علاوه بر آن حدود ۴۸۰ روستا دارای قطعی برق شده بودند. در این زلزله، بعضی از خطوط فشار متوسط و خطوط فشار ضعیف و تعدادی ترانس در شبکه فشار ضعیف آسیب دیدند. در روزهای اول تلاش‌های زیادی توسط پرسنل شرکت‌های توزیع و انتقال صورت گرفت به طوریکه طبق آمارهای تقریبی حدود ۳۵۰ نفر تلاش کردند که قطعی‌ها به حداقل برسد که قابل تقدیر است. بیشترین تلاش در ساعات اولیه بعد از زلزله در پست ۶۳ کیلوولت سرپل ذهاب صورت گرفت که مدیریت پست با پذیرفتن ریسک‌های بالایی پست را وارد مدار کرد در حالی که پست متحمل آسیب‌های اساسی شده بود. خوشبختانه با تلاش‌های صورت گرفته کل شهر سرپل ذهاب در کمتر از ۴۸ ساعت و همه روستاهای این شهرستان نیز چهار روز پس از زلزله برق‌دار شده بودند. طبق اعلام مسوولین وزارت نیرو جمع خسارات مستقیم شبکه برق حدود ۴۰ میلیارد تومان بود.

شبکه برق شامل شبکه‌های انتقال، فوق توزیع و توزیع متحمل خسارت‌های متنوعی از جزئی تا شدید شدند. آسیب‌های وارده به شبکه انتقال عمدتاً شامل آسیب به پست‌ها بود. در خطوط شبکه انتقال مشکل اساسی مشاهده نگردید. البته همانطور که در اشکال ۱۰-۱۵ تا ۱۰-۱۶ نشان داده شده است سقوط دکل خط انتقال بخش خصوصی بر اثر ریزش کوه یکی از نکات جالب این زلزله بود که در زلزله‌های سالیان اخیر کشور مشاهده نشده بود. در شهر سرپل ذهاب سه پست ۶۳ کیلوولت ثابت، ۶۳ کیلوولت سیار و ۲۳۰ کیلوولت وجود دارد. پست سیار خسارت جزئی متحمل شده بود در حالی که دو پست دیگر آسیب‌های اساسی به آنها وارد شده بود. جداول ۱ و ۲ عملکرد تجهیزات اصلی پست‌های ۶۳ و ۲۳۰ کیلوولت سرپل ذهاب را نشان می‌دهند البته این جداول طبق آمار غیررسمی تهیه شده و لازم است منتظر آمارهای رسمی بود.

آسیب‌های وارده به تجهیزات اصلی پست ۶۳ کیلوولت سرپل ذهاب عبارت بودند از (اشکال ۱۰-۱۷ تا ۱۰-۲۴):

- نشت روغن
- ترک در مقرها
- شکست مقرها و بوشینگ‌ها

علاوه بر تجهیزات، ساختمان اتاق کنترل آسیب اساسی دیده بود و دیوارهای باربر آن دچار شکست شده بودند.

همزمان با بازسازی تجهیزات پست، اقدامات مقاوم‌سازی اضطراری اتاق کنترل نیز در حال انجام بود که کاملاً ضروری بود بویژه با توجه وقوع پس‌لرزه‌های مکرر بعد از زلزله، اقدامی منطقی و ضروری بود (شکل ۱۰-۲۵). با توجه به ناپایداری ترانس‌های روی ریل، همزمان طرح پایدار سازی ترانس صورت می‌گرفت و برای این هدف فونداسیون گسترده‌ای ساخته شده بود و انکربولت‌های لازم هم در آن برای گیرداری و تثبیت پایه‌های ترانس پیش‌بینی شده بود (شکل ۱۰-۲۶). یکی از اقدامات اساسی که به موازات فعالیت‌های فوق صورت گرفت استقرار یک پست ۶۳ کیلوولت سیار در محل پست آسیب دیده فعلی بود (شکل ۱۰-۲۷).

آسیب‌های وارده به تجهیزات اصلی پست ۲۳۰ کیلوولت سرپل‌ذهاب عبارتند از (اشکال ۱۰-۲۸ تا ۱۰-۳۱):

- لغزش ترانسفورماتور

- نشت روغن

- ترک در مقرها

- شکست مقرها

- ترک در دیوارهای ساختمان‌ها

شبکه توزیع هم دچار آسیب‌های گسترده‌ای شده بود. عمده آسیب‌ها شامل (اشکال ۱۰-۳۲ و ۱۰-۳۳):

- کج شدن تیرهای برق

- ترک برداشتن تیرهای برق

- شکسته شدن تیرهای برق ناشی از فرو ریختن آوار ساختمانی

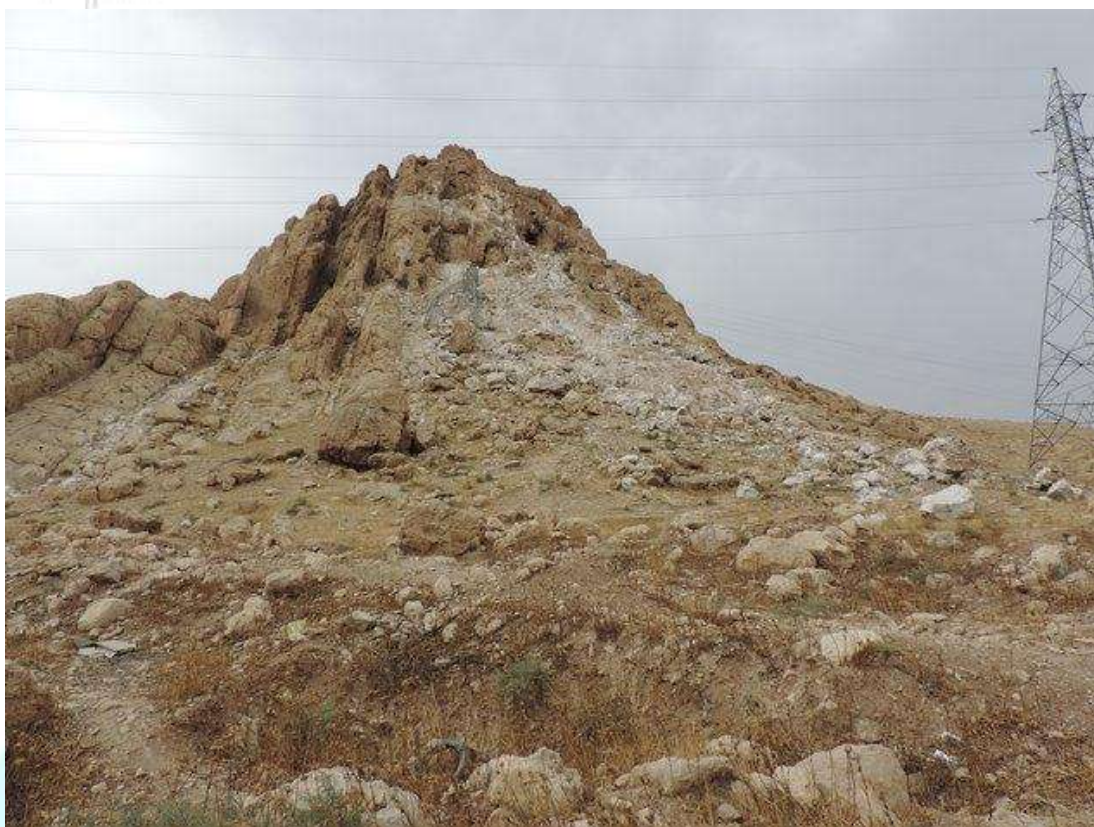
- شکسته شدن روشنایی معابر

- سقوط یا آویزان شده ترانس‌های هوایی

- شکسته شدن مقرها

- کشیده شدن کابل‌ها

- از بین رفتن کابل‌ها و کنتورهای انشعابات خانگی ناشی از ریزش دیوارها و ساختمان‌ها



شکل ۱۰-۱۵- سقوط دکل خط انتقال بخش خصوصی بر اثر ریزش کوه



شکل ۱۰-۱۶- سقوط دکل خط انتقال بخش خصوصی بر اثر ریزش کوه



شکل ۱۰-۱۷- آسیب دیدن فونداسیون و اجزای دکل سقوط دکل خط انتقال بخش خصوصی بر اثر ریزش کوه



شکل ۱۰-۱۸- افتادن ترانس از روی ریل در پست ۶۳kV سرپل ذهاب (عکس از آموزش و پژوهش علوم صنعت برق)



شکل ۱۰-۱۹- چرخ‌های ترانس که از روی ریل در پست ۶۳kV سرپل ذهاب افتاد



شکل ۱۰-۲۰- تثبیت موقت ترانس که از روی ریل در پست ۶۳kV سرپل ذهاب افتاد



شکل ۱۰-۲۱- سقوط پوشینگ و موج‌گیر پست برق ۶۳kV سرپل ذهاب



شکل ۱۰-۲۲- سقوط تجهیزات پست ۶۳kV سرپل ذهاب



شکل ۱۰-۲۳- آسیب دیدن CT ها در پست ۶۳kV سرپل ذهاب



شکل ۱۰-۲۴- آسیب دیدن اتاق کنترل در پست ۶۳kV سرپل ذهاب



شکل ۱۰-۲۵- مقاومت سازی اضطراری اتاق کنترل در پست ۶۳kV سرپل ذهاب



شکل ۱۰-۲۶- احداث فونداسیون برای تثبیت ترانس که از روی ریل در پست ۶۳kV سرپل ذهاب افتاد.



شکل ۱۰-۲۷- پست سیار ۶۳kV که بعد از زلزله برای کمک به پست آسیب دیده مستقر گردید.



شکل ۱۰-۲۸- سقوط و شکستن تجهیزات پست ۲۳۰kV سرپل ذهاب



شکل ۱۰-۲۹- سقوط و شکستن تجهیزات پست ۲۳۰kV سرپل ذهاب



شکل ۱۰-۳۰- لغزش ترانس پست ۲۳۰kV سرپل ذهاب



شکل ۱۰-۳۱- آویزان شدن ترانس هوایی برق و قطع برق در محدود مسکن مهر



شکل ۱۰-۳۲- شکست تیر و پارگی کابل برق ناشی از فروریزش ساختمان بتن آرمه مجاور



شکل ۱۰-۳۳- شکست و کج شدن تیر برق

۱۰-۴- شبکه آب

شبکه‌های آب در شهرهای زلزله‌زده متحمل خسارات جزیی تا شدید شدند. یکی از مشکلات عمده از دست رفتن بخشی یا کامل منابع آب در ۷ شهر بود که عمدتاً ناشی از گل آلود شدن منابع تأمین آب بود که منجر به غیرقابل استفاده بودن آب در روزهای اول در بخش وسیعی از مناطق زلزله‌زده بود. این مشکل هم در شهرها و هم در روستاها وجود داشت. این مشکل در شهرهای سرپل ذهاب و قصرشیرین تا حدود دو هفته ادامه داشت. یکی از عوامل تشدید کننده موضوع علیرغم تلاش‌های گسترده‌ای که صورت می‌گرفت، وقوع پس لرزه‌ها بود که تلاش‌ها را ناکام می‌گذاشت (اشکال ۱۰-۳۴ تا ۱۰-۳۷).

طبق آمارهای اولیه بیش از ۵۰۰ مورد شکستگی خطوط آب شرب شهرهای زلزله‌زده رخ داده بود که با تلاش‌های صورت گرفته در روزهای اول تعمیر گردیدند. علاوه بر آن بیش از ۳۰۰ مورد شکستگی خطوط اصلی فاضلاب شهرهای زلزله‌زده گزارش شده است که تعمیرات آنها انجام شد. یکی از نکات قابل تأمل در این زلزله حجم بالای شکستگی‌های لوله‌های آربست بود که علاوه بر ضعیف بودن در برابر زلزله، مشکلات بهداشتی استفاده از این لوله‌ها است. متأسفانه در بعضی شهرها بیش از ۵۰ درصد لوله‌های آب شرب از جنس آربست هستند که قابل قبول نیست. یکی دیگر از نکات قابل تأمل آسیب پذیری بالای خطوط بود به طوری که حتی لوله‌های چدن داکتیایل و اتصالات آنها هم که در برابر امواج زلزله مقاومت خوبی دارند، آسیب‌های

جدی متحمل شده بودند. نمونه آن خط ۶۰۰ میلی متر انتقال آب از تصفیه‌خانه سرپل ذهاب به قصرشیرین بود که در چند نقطه آسیب اساسی دیده بودند.

یکی دیگر از مشکلات موجود آسیب‌های وارده به تصفیه‌خانه سرپل ذهاب بود. نشتی آب از اتصالات تجهیزات، خسارت وارده به بتن پایه مخازن، چرخش و حرکت جزیی مخازن، آسیب دیدن تجهیزات کنترل کیفیت آب، شکسته شدن دیوار سوله تصفیه‌خانه و فروریختن بخشی از دیواره حوضچه آب از جمله این آسیب‌ها بود (اشکال ۱۰-۳۸ تا ۱۰-۴۰).

اقدامات اضطراری جهت تأمین آب مناطق زلزله‌زده شامل موارد زیر بود:

- استقرار پنج دستگاه بسته‌بندی آب سیار در مناطق زلزله‌زده
- استقرار چهار دستگاه آزمایشگاه سیار در شهرهای سرپل ذهاب، گیلان‌غرب، قصرشیرین و کرد غرب
- نصب و راه‌اندازی پکیج تصفیه آب ساخت کشور آلمان و همراهی تیم اعزامی (به گونه‌ای که گروه کنترل این پکیج بمدت ۳۰ ساعت از کشور آلمان در محل سراب گرم مستقر شدند).
- راه‌اندازی سه دستگاه دیزل ژنراتور جهت تأمین برق اضطراری شهرهای سرپل ذهاب، تازه‌آباد و کرمانشاه
- انجام آزمایشات کنترل کیفی شامل: فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و بیولوژی در تمامی مناطق زلزله‌زده
- استقرار آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت آب (شکل ۱۰-۴۱)
- استقرار ۲۰ اکیپ اجرایی تعمیر و مرمت که در روزهای اول حدود ۵۰۰ مورد حادثه در خطوط انتقال، شبکه‌های توزیع و انشعابات توسط آنها تعمیر شد.
- آب‌رسانی با حدود ۹۰ دستگاه تانکر سیار
- توزیع حدود ۲,۵ میلیون بطری آب
- استقرار دستگاه بسته‌بندی آب در بعضی شهرها و ارسال به مناطق فاقد آب آشامیدنی سالم (اشکال ۱۰-۴۲ و ۱۰-۴۳)

. ایجاد انشعابات موقت آب و فاضلاب برای کمپ چادرها در شهرها و روستاها

لازم است در بلند مدت بعضی اقدامات اساسی صورت گیرد. یکی از موارد که مورد تأکید مسوولین امر هم قرار گرفته است این است که بایستی برای منابع آب در بعضی شهرها چاره‌جویی شود که هر منابع آبی نیازمند یک منبع جایگزین است که در مواقع بحران بتوان استفاده کرد و بعضی از منابع هم بایستی تأسیسات آنها مجدداً

بازسازی شود. طبق برآوردهای اولیه خسارات مستقیم وارده به شبکه‌های آب و فاضلاب بالغ بر ۳۰۰ میلیارد تومان می‌باشد.



شکل ۱۰-۳۴- گل‌آلود شدن آب آشامیدنی روستاها



شکل ۱۰-۳۵- گل‌آلود شدن آب آشامیدنی شهر سرپل ذهاب



شکل ۱۰-۳۶- گل‌آلود شدن بیشتر آب آشامیدنی شهر سرپل ذهاب پس از پس‌لرزه‌ها



شکل ۱۰-۳۷- گل‌آلود شدن و کیفیت نامناسب آب شهر سرپل ذهاب سه روز پس از زلزله



شکل ۱۰-۳۸- آسیب وارده به تکیه‌گاه مخازن تصفیه‌خانه آب سرپل ذهاب



شکل ۱۰-۳۹- چرخش مخزن و آسیب وارده به تکیه‌گاه آن در تصفیه‌خانه آب سرپل ذهاب



شکل ۱۰-۴۰- شکسته شدن و جدا شدن دیوار سوله تصفیه‌خانه سرپل‌ذهاب



شکل ۱۰-۴۱- استقرار آزمایشگاه کنترل کیفی آب توسط شرکت آب‌فای تهران در شهر سرپل‌ذهاب



شکل ۱۰-۴۲- استقرار دستگاه بسته‌بندی آب در بعضی شهرها



شکل ۱۰-۴۳- بسته‌بندی آب برای ارسال مناطق فاقد آب سالم در مناطق زلزله‌زده

۱۰-۵- شبکه گاز

به محض وقوع زلزله ۲۱ آبان شرکت گاز استان کرمانشاه شبکه گاز شهرستان‌های ثلاث باباجانی، سرپل ذهاب و قسمت‌هایی از شهرستان قصرشیرین را قطع کرد که اعلام کرد که این اقدام در زلزله‌های بزرگی که احتمال بروز خسارت وجود دارد، برای جلوگیری از اضافه شدن بحران‌هایی مثل آتش‌سوزی به بحران اصلی زلزله از سوی شرکت گاز انجام می‌گیرد، که البته تصمیم درست و منطقی بود. بلافاصله پس از زلزله اکیپ‌های امدادی ویژه سراسر استان به منطقه اعزام و بررسی وضعیت گاز این سه شهرستان بودند و به محض حصول اطمینان از عدم بروز هر نوع مشکلی در صورت وصل شدن گاز، نسبت به وصل شدن گاز این شهرستان‌ها اقدام کردند. شرکت گاز در روز اول زلزله اعلام کرد از نظر تأمین گاز هیچ مشکلی وجود ندارد اما باید این اطمینان حاصل شود که جایی از علمک‌ها در خطوط گاز نشتی نداشته باشند. البته در بقیه شهرستان‌های استان قطعی گاز وجود نداشت. عمده آسیب‌ها در شهرستان‌های سرپل ذهاب و ثلاث باباجانی به وقوع پیوسته بود که خوشبختانه با اقدامات خوبی که انجام گرفت از جمله نشت یابی خطوط و شبکه‌های گازرسانی و رفع آسیب و ایمن‌سازی تاسیسات آسیب دیده، تزریق گاز به شبکه گاز این شهرها، پس از گذشت ۲۴ ساعت از زمان زلزله انجام شد.

در جوانرود ۱۶ هزار، سرپل ذهاب ۱۶ هزار و ثلاث باباجانی ۶ هزار مشترک گاز طبیعی هستند و پس از زلزله در سرپل ذهاب و ثلاث باباجانی بیشترین حادثه علمک‌ها به علت ریزش آوار ساختمانی رخ داده بود. البته بیشترین مشکل در شبکه گاز سرپل ذهاب وجود داشت. طول شبکه توزیع شهر سرپل ذهاب حدود ۱۱۰ کیلومتر است. ساختمان شرکت گاز سرپل ذهاب استیجاری بود و متأسفانه آسیب جدی دیده بود، بنابراین در روزهای اول محلی برای استقرار نداشتند. از بیش از ۶۵۰۰ مورد علمک حدود ۱۵۰ مورد آسیب دیده بود که ناشی از فروریختن دیوارها و ساختمان‌ها روی آنها بود. سه مورد نشتی در شبکه ناشی از آسیب محل اتصال بخش فولادی علمک و پلی اتیلن (Transition Fitting-TF) که در داخل زمین است، رخ داده بود. اتصال شکسته بود یا باز شده بود. شکل ۱۰-۴۴ شکست لوله‌ها و انشعابات خانگی در اثر نشست خاک و دریافت زیاد سازه فولادی ساختمان در محله فولادی شهر سرپل ذهاب را نشان می‌دهد. شکل ۱۰-۴۵ آسیب دیدن لوله گاز بر اثر فروریزش دیوار تکیه‌گاه لوله را در یک مدرسه در شهر تازه‌آباد نشان می‌دهد.

در بعداز ظهر روز دوم بعد از زلزله شرکت گاز استان اعلام کرد پس از نشت‌یابی و اطمینان از عدم مشکل احتمالی، شبکه گاز سرپل ذهاب گازدار شده‌است ولی پس از اطمینان از عدم مشکل و تأیید سازمان نظام مهندسی، گاز خانه‌ها وصل خواهد شد. ده روز بعد از زلزله، شرکت گاز استان اعلام کرد جریان گاز در شبکه گازرسانی همه مناطق زلزله‌زده استان برقرار می‌باشد. البته چون در شهرستان سرپل ذهاب در مجموع ۱۶

هزار مشترک در مناطق شهری و روستایی از گاز طبیعی استفاده می‌کنند که تعداد ۴ هزار مشترک در مناطقی هستند که شدت تخریب در آنها بسیار بود و به دلیل اینکه تاکنون آوار برداری این مناطق تکمیل نشده‌است و ساختمان‌ها نیز آسیب جدی دیده و یا کاملاً تخریب شده بودند، طبیعتاً درخواستی برای وصل جریان گاز وجود نداشته‌اند. همچنین در شهرستان ثلاث باباجانی نیز از ۶ هزار مشترک ساکن در شهر و ۱۳ روستای این شهرستان گاز ۵ هزار مشترک برقرار شده بود و آمادگی کامل برای برقرای گاز همه مشترکینی که شرایط ایمنی لازم را برای وصل گاز داشته باشند، وجود داشت.

یکی از نکات مهم در عملکرد شرکت گاز، آموزش‌های مستمر در قبل از حوادث و زلزله‌ها می‌باشد. علاوه بر آن اکیپ‌های اعزامی از سایر استان‌ها هم به صورت خودکفا وارد مناطق شدند. همه این گروه‌ها با تجهیزات کامل در محل حادثه جهت تسریع در امر گاز رسانی حاضر بودند و نسبت به تعمیر علمک‌ها و سایر بخش‌ها اقدام می‌کردند.



شکل ۱۰-۴۴- شکست لوله‌ها و انشعابات خانگی در اثر نشست خاک و دریافت زیاد سازه



شکل ۱۰-۴۵- آسیب دیدن لوله گاز بر اثر فروریزش دیوار تکیه‌گاه لوله



فصل یازدهم

سازه‌های صنعتی

محمود حسینی
سیدبنیامین ادیب‌زاده

۱-۱۱- شهرک صنعتی سرپل ذهاب

علاوه بر سازه‌های ساختمانی، بسیاری از سازه‌های غیرساختمانی واقع در شهرک صنعتی سرپل ذهاب به دلیل عدم رعایت اصول اولیه مهندسی در اثر زلزله دچار آسیب عمده شدند. همانطور که در شکل‌های ۱-۱۱ و ۲-۱۱ قابل مشاهده است، این شهرک صنعتی در کیلومتر پنج مسیر سرپل ذهاب به قصرشیرین قرار داشته و در فاصله ۳۵ کیلومتری مرز واقع است. مساحت اراضی در اختیار این شهرک صنعتی حدود ۴۳ هکتار می‌باشد. [پایگاه شرکت شهرک‌های صنعتی استان کرمانشاه]



شکل ۱-۱۱- موقعیت شهرک صنعتی سرپل ذهاب



شکل ۲-۱۱- ورودی شهرک صنعتی سرپل ذهاب

صنایع فعال در شهرک شامل تعاونی‌های فرآوری محصولات کشاورزی، کارخانه آرد، کارخانه ذرت خشک‌کنی، کارگاه تولید قطعات بتنی، کارخانه تولید خوراک دام و طیور، کارخانه تولید بتن آماده، کارگاه تولید تجهیزات آبیاری صنعتی (مربوط به پروژه گرمسیری) و تعدادی کارگاه و کارخانه دیگر بوده که براساس مصاحبه با مدیران عامل آنها عمدتاً با استفاده از اعتبارات دولتی مشغول فعالیت بوده‌اند. تعداد کل شرکت‌های شهرک صنعتی ۵۸ واحد می‌باشد [پایگاه اطلاع‌رسانی سازمان صنایع کوچک و شرکت‌های صنعتی ایران]. البته در بازدید میدانی مشخص شد که تعدادی از این واحدها تعطیل یا نیمه تعطیل بوده و از زمین و یا ساختمان برخی از آنها صرفاً به عنوان انبار استفاده می‌شده است. در بررسی میدانی و مصاحبه با تعدادی از مدیران عامل شرکتها و مسئولین شهرک صنعتی (مسئولین شهرک، به دلیل بیم از تصویرداری حاضر به مصاحبه رسمی با ذکر نام و سمت نشدند). ظاهراً هیچ یک از واحدهای صنعتی دارای بیمه حوادث طبیعی و به طور خاص بیمه زلزله نبوده‌اند.

ارائه تسهیلات دولتی برای خرید ماشین‌آلات بدون الزام به خرید بیمه حوادث طبیعی موضوعی قابل تأمل است. با این وجود به دلیل تمایل واحدهای صنعتی به دریافت حداکثر کمک‌های بلاعوض از سوی دولت، نمی‌توان صرفاً براساس برداشت میدانی نبود هیچ گونه بیمه حوادث طبیعی را نتیجه گرفت.

براساس برآورد میدانی، در زمان وقوع زمین‌لرزه ۲۰ تا ۲۵ هزار تن گندم در ۴ عدد سیلوی ذخیره گندم در این شهرک وجود داشته است. گندم مذکور در ۳ عدد سیلوی ۵۰۰۰ تنی در شرکت آرد قصر شیرین و یک عدد سیلوی ۵۰۰۰ تنی در شرکت ذرت خشک‌کنی (سیلوی ذرت خشک‌کنی نیز حاوی گندم بوده است) و مقداری گندم و آرد در واحد آسیاب گندم کارخانه آرد قصر شیرین بوده است. براساس برند نصب شده بر روی سیلوها، دو عدد از آنها تولید شده توسط شرکت ترکیه‌ای FOPRO و یک عدد از آنها تولید شده توسط شرکت PTSILO (شرکت بین‌المللی پارس ترک سیلو) می‌باشد. سیلوی شرکت ذرت خشک‌کنی فاقد برند بوده است. مطابق با شکل ۱۱-۳ آسیب وارده به سیلوها تقریباً قابل قبول است و به جز مقدار اندکی گندم که به دلیل تلاطم از بالای آنها سرریز شده است به عمده محصول گندم و سیلوها خسارت جدی وارد نشده است. با این وجود در هر چهار سیلو تعدادی از پیچ‌های سولجرها در پایین‌ترین تراز و در راستای مولفه غالب حرکت زمین بریده شده است. تعدادی از پیچ‌های وصله ورق‌های موج‌دار نیز در تراز پایین سیلو بریده شده‌اند. پیچ‌های مذکور از نوع KV 8.8 بوده‌اند (شکل‌های ۱۱-۴ و ۱۱-۵).



شکل ۱۱-۳- دودعد از سیلوهای گندم کارخانه آرد قصر شیرین در شهرک صنعتی سرپل ذهاب



شکل ۱۱-۴- بریده شدن پیچ‌های سولجرهای سیلوه‌ها در تراز دیواره فونداسیون

مطابق با شکل ۱۱-۵ دیواره فونداسیون بتنی یکی از سیلوه‌ها دچار شکست برشی کامل شده است. همچنین با توجه به شکل ۱۱-۶ ساختمان سه طبقه سالن آسیاب گندم نیز با اسکلتی فلزی شامل ستون‌های جفت پروفیل I تصویر که با تسمه و یا ورق سرتاسری جفت شده‌اند و مهاربند با مقطع نبشی دارای خروج از مرکزی، به طور کلی ویران شده و تجهیزات و وسایل مربوطه زیر آوار مانده‌اند.



شکل ۱۱-۵- بریده شدن پیچ‌های ۸.۸ اتصال ورق‌های موج‌دار و ایجاد شکست در دیواره فونداسیون سیلو



شکل ۱۱-۶- تخریب صد در صد سالن آسیاب گندم کارخانه آرد قصر شیرین در شهرک صنعتی سرپل‌ذهاب

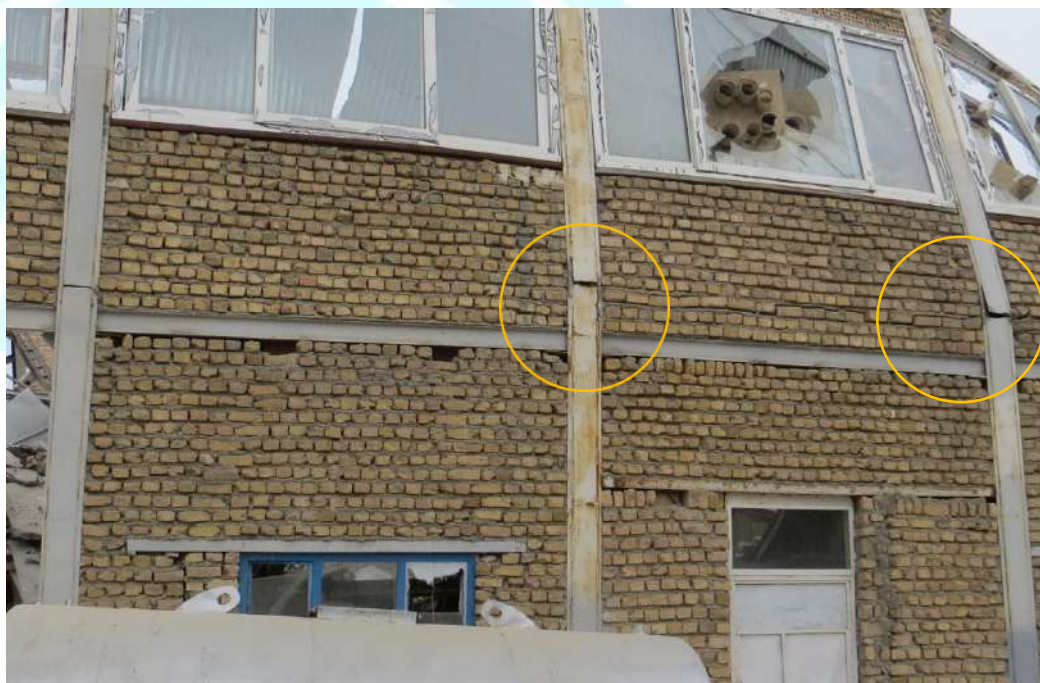
شایان ذکر است که اگرچه دلیل تخریب سالن آسیاب گندم مستلزم تحقیقات بیشتر است اما براساس مشاهدات میدانی و مصاحبه با مدیرعامل شرکت موارد زیر به عنوان دلایل احتمالی تخریب سازه قابل بیان است:

۱- استفاده غیر اصولی از مهاربند EBF (مهاربند واگرا)

طول تیر پیوند بسیار زیاد است. مطابق بند ۱۰-۳-۱۰-۲-۴ مقررات ملی ساختمان ایران ویرایش سال ۱۳۸۷ (آیین‌نامه‌ای که احتمالاً مبنای طراحی سازه بوده است) توصیه شده است که طول تیر پیوند بیش از ۲۰ درصد طول تیر اصلی نباشد. در این سازه طول تیر پیوند بیش از ۵۰ درصد طول تیر اصلی لحاظ شده و برای تیر پیوند الزامات مربوط به کنترل برش بند ۱۰-۳-۳-۲-۳ در نظر گرفته نشده است و تیر پیوند فاقد هرگونه سخت‌کننده عرضی در محل اتصال مهاربند واگرا می‌باشد. همچنین مقطع در نظر گرفته شده برای مهاربند، نبشی در نظر گرفته شده است.

۲- کیفیت پایین ساخت سازه و جوشکاری

مطابق با شکل ۱۱-۷ ورق‌های سراسری جفت‌کننده ستون‌ها در محل اتصال به یکدیگر و نزدیکی تراز طبقه جوش نشده‌اند و همین موضوع سبب پدید آمدن مقطع بحرانی برای ستون‌ها شده است. همچنین برای اتصال تیرها به ستون‌ها از تک نبشی نشیمن استفاده شده است.



شکل ۱۱-۷- عدم جوش مناسب ورق‌های جفت‌کننده ستون‌ها به یکدیگر

۳- استفاده از مصالح سنگین و بارگذاری بیش از حد سازه

هرچند سقف طبقه آخر از نوع سبک است اما سقف طبقات اول و دوم با آجر فشاری به تصویر تاق ضربی اجرا شده و برای ساخت تمام دیوارها نیز از آجر فشاری استفاده شده که همین موارد باعث سنگینی بیش از حد سازه گردیده است. مع الوصف به گفته مدیر عامل شرکت وزن آرد دپو شده در طبقه اول نیز بسیار زیاد بوده است. مطابق با شکل ۱۱-۸ سالن آسیاب به طور کامل تخریب شده است.



شکل ۱۱-۸- تخریب سالن آسیاب و بسته‌بندی کارخانه آرد شهرک صنعتی سرپل ذهاب

در بسیاری از واحدهای تولیدی، سازه اصلی تقریباً بدون آسیب باقیمانده بود اما به دلیل فرو ریختن دیوارهای جانبی و اجزای غیرسازه‌ای عملاً کاربری سازه مختل شده است. در زیر سالن دپوی گندم کارخانه آرد قصر شیرین واقع در شهرک صنعتی سرپل ذهاب قابل مشاهده است که وضعیت قبل از فرو ریختن دیوارهای جانبی و بعد از وقوع زمین‌لرزه با یکدیگر قابل مقایسه است. عکس قبل از وقوع زمین‌لرزه مربوط به بازدید فرماندار سرپل ذهاب از کارخانه مذکور در آذرماه ۹۳ می‌باشد که مرجع آن سایت خبری تحلیلی "بازی‌دراز می‌باشد. همچنین در شکل‌های ۱۱-۹ و ۱۱-۱۰ کارگاه قطعات بتنی ساروج مستقر در شهرک صنعتی سرپل ذهاب قابل مشاهده است که علیرغم آسیب ندیدن سازه اصلی، دیوارهای پیرامونی به دلیل عدم مهار به سازه

فرو ریخته است. در شکل ۱۱-۱۱ سازه‌ای دو طبقه با خسارات اندک اجزای غیرسازه‌ای و در شکل ۱۲-۱۱ یک ساختمان دو طبقه ویران شده با مصالح بنایی در فاصله چند متری یکدیگر قابل مشاهده هستند. همچنین در شکل‌های ۱۱-۱۳ و ۱۱-۱۴ آسیب‌های وارده به سازه ماشین‌آلات مستقر در شهرک صنعتی قابل مشاهده است.



شکل ۱۱-۹- عدم مهار جانبی دیوارهای پیرامونی موجب فرو ریختن آن‌ها شده است.



شکل ۱۱-۱۰- تخریب دیوارهای جانبی به دلیل عدم مهار آنها به سازه اصلی در کارگاه تولید قطعات بتنی شهرک صنعتی سرپل ذهاب



شکل ۱۱-۱۱- آسیب جزئی ساختمان فلزی با ارتفاع و تعداد طبقات مشابه در فاصله حدود ۵۰ متری از ساختمان شرکت ساروج



شکل ۱۱-۱۲- تخریب ساختمان آجری بدون کلاف‌بندی با سقف تاق ضربی - شرکت ساروج



شکل ۱۱-۱۳- آسیب جزئی وارده به سازه سیلوی سیمان کارخانه بتن آماده محرابی - شهرک صنعتی سرپل ذهاب



شکل ۱۱-۱۴ با وجود کمانش و شکستن جوش مهاربندها سیلوی سیمان قابل تقریباً آسیب ندیده و قابل استفاده است. (حدود ۷۰ درصد سیلو پر بوده و حدود ۳۰ درصد آن خالی است)

مطابق با شکل‌های ۱۱-۱۳ و ۱۱-۴، در کارخانه بتن آماده اکثر تجهیزات و سازه‌های غیرساختمانی مقدار اندکی آسیب دیده‌اند و قابلیت خدمات دهی پس از تعمیرات جزئی را دارند. اما به دلیل آسیب دیدن تجهیزات دفتر کارخانه، لاجرم فعالیت اداری مختل شده است و مدیر عامل با برپا نمودن چادر در محوطه کارخانه در پی سامان‌دهی امور است.

آسیب وارده به کارخانه تولید خوراک دام و طیور دان پارت بسیار اندک بوده و از این حیث قابل توجه است. مطابق شکل ۱۱-۱۵، ساختمان اسکان کارگری و اداری دچار فروریزش تعدادی از اجزای غیرسازه‌ای شده است. با وجود آنکه در طبقه اول مهاربند نصب نشده است و اصطلاحاً طبقه نرم ایجاد شده است اما سازه اصلی پایدار بوده است. ریزش دیوار عمود بر محور دارای مهاربند مؤید این مطلب است که از قضا پاسخ سازه به شتاب زمین هم راستا با مهاربند بوده است اما با وجود ایجاد طبقه نرم سازه فرو نریخته و عملاً قابل بهره‌برداری مجدد است. با توجه به نصب راه‌پله در امتداد جهت مهاربندها در طبقه اول احتمالاً راه‌پله سختی جانبی کافی را برای کنترل طبقه اول تأمین نموده است. در اینجا نامنظمی به نفع پایداری سازه تمام شده است.



شکل ۱۱-۱۵- اسکان اداری و کارگری کارخانه تولید خوراک دام و طیور و ماهی دان پارت در شهرک صنعتی سرپل ذهاب



شکل ۱۱-۱۶- کنده شدن قیف و تجهیزات تولید خوراک در ارتفاع

مطابق شکل ۱۱-۱۶ با توجه به وجود مهاربند نسبتاً مناسب برای برجک تولید خوراک دام و طیور، کنده‌شدن قیف در بالای برجک محل سؤال بود. علی‌القاعده به توجه به مقاومت خوب و کیفیت نسبتاً بالای ساخت سوله کارخانه دان پارت نباید آسیبی برای تجهیزات الحاقی حادث می‌شد. مطابق با شکل‌های ۱۱-۱۷ و ۱۱-۱۸ در سوله کارخانه حتی شیشه‌ها نیز نشکسته و هیچ آسیب سازه‌ای و غیرسازه‌ای - به جز در رفتن قیف در بالای برجک - مشاهده نشد.



شکل ۱۱-۱۷- کیفیت مناسب ساخت سوله و عدم آسیب به اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای سوله اصلی کارخانه دان پارت



شکل ۱۱-۱۸- عدم آسیب به سوله و برجک آن پس از زلزله - کارخانه دان پارت شهرک صنعتی سرپل‌ذهاب



شکل ۱۱-۱۹ قطع مهاربند با هوا برش در طبقه اول برجک برای ایجاد دسترسی به طبقه

لذا دلیل آسیب به برجک و در رفتن قیف تولید خوراک مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده شد که مطابق با شکل ۱۱-۱۹ به منظور ایجاد دسترسی به تجهیزات تعدادی از مهاربندهای برجک قطع و یا جابه‌جا شده‌اند و همین موضوع احتمالاً سبب ایجاد پیچش در برجک و در رفتن قیف شده است. ایجاد کماتش در مهاربندها نیز (شکل ۱۱-۱۶ مؤید وارد شدن نیروی قابل توجه به آنها بوده است. در شکل‌های ۱۱-۲۰ و ۱۱-۲۱ آسیب‌های موضعی به تجهیزات کارخانه ذرت خشک‌کنی قابل مشاهده است.



شکل ۱۱-۲۰- آسیب‌دیدگی پایه دستگاه ذرت خشک‌کنی ساخت شرکت عمران صنعت متعلق به شرکت ذرت خشک‌کنی



شکل ۱۱-۲۱- رفتار پلاستیک در پایه دستگاه ذرت خشک‌کنی ساخت شرکت عمران صنعت متعلق به شرکت ذرت خشک‌کنی

۱۱-۲- نتیجه‌گیری

با عنایت به ویژگی‌های زلزله ۲۱ آبان سرپل ذهاب و تمرکز این گزارش بر خسارات وارده بر تاسیسات شهرک صنعتی سرپل ذهاب، موارد ذیل قابل استنباط است. شایان ذکر است قضاوت دقیق‌تر در خصوص سازه‌های آسیب‌دیده نیازمند مطالعات تکمیلی و آزمایشگاهی است.

۱- در قسمت سازه‌های صنعتی، چهار سیلوی ذخیره گندم در شهرک صنعتی، با وجود آنکه کاملاً پر بودند عملکرد قابل قبولی داشتند. آسیب وارده به سازه‌های نگهدارنده سیلوهای سیمان بسیار اندک بوده و خسارت وارده به برجک کارخانه تولید خوراک دام و طیور ناشی از دستکاری مهاربندهای برجک ارزیابی می‌شود. خسارت وارده به دستگاه ذرت خشک‌کنی نیز در حد تخریب موضعی بوده است. بنابر این به طور کلی عمده سازه‌های صنعتی در این شهرک عملکرد مناسبی داشته‌اند.

۲- خسارت وارده به ابنیه موجود در شهرک صنعتی در فاز اعضاء سازه‌ای محدود به تخریب دفاتر کار و اسکان کارگری و اداری بوده و جز سالن آسیاب کارخانه آرد هیچ سوله‌ای (تیر و ستون و سقف و مهاربند) آسیب جدی ندیده است. سالن آسیاب کارخانه آرد نیز عملاً سوله نبوده و به نظر یک ساختمان سه طبقه نامنظم با مقاطع ناکافی برای تیر، ستون و مهاربند و همچنین اجرای ضعیف می‌باشد.

۳- اجزای غیرسازه‌ای در شهرک صنعتی متحمل بیشترین آسیب شده‌اند. بسیاری از دیوارهای محوطه‌سازی واژگون شده، دیوارهای پیرامونی سوله‌ها نیز دچار تخریب موضعی شده و تقریباً در تمام ساختمان‌های اداری و مسکونی ترک‌های زیاد در دیوارها و شکستگی و سقوط دیوارها و اجزای نازک‌کاری مشاهده شد. دلیل اصلی تخریب اجزای غیرسازه‌ای در شهرک صنعتی عدم مهار دیوارها و قطعات نازک‌کاری می‌باشد.

فصل دوازدهم

عملکرد لرزه‌ای امکانات فیزیکی شبکه درمان

افشین کلانتری
سیاوش صادقی

۱۲-۱- مقدمه

زلزله‌ای به بزرگای ۷/۳ در روز ۲۱ آبان ۱۳۹۶ در محدوده‌ی ازگله در استان کرمانشاه به وقوع پیوست. این رویداد با توجه به میزان انرژی آزاد شده در محدوده وسیعی از کشور احساس شد و آسیب‌های قابل توجهی به ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری به ویژه شبکه‌ی درمان منطقه‌ی غرب استان وارد نمود. بیمارستان‌ها و مؤلفه‌های شبکه‌ی درمان یکی از مهمترین بازیگران صحنه مدیریت بحران در زمان وقوع زلزله هستند. بدیهی است حفظ ظرفیت خدمت‌رسانی در این مراکز دارای اهمیت بسیار زیادی است. استان کرمانشاه با حدود ۲۵۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت جمعیتی ۱/۹۵۲/۴۳۴ در غرب کشور و پهنه‌ی زاگرس قرار گرفته است. براساس اطلاعات تارنمای دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، در این استان تعداد ۱۳ واحد بیمارستانی در شبکه بهداشت و درمان به خدمت‌رسانی مشغول بوده‌اند. این ۱۳ بیمارستان در کنار خانه‌های بهداشت، مراکز جامع خدمات سلامت شهری و روستایی و سایر مؤلفه‌های شبکه بهداشت و درمان استان را تشکیل می‌دهند.

ارزیابی جامع عملکرد لرزه‌ای مجموعه‌ای از تاسیسات تابعی است از شرایط منابع فیزیکی، منابع انسانی و در مجموع ظرفیت خدمت‌رسانی یک تأسیسات و نحوه بازگشت آن به شرایط اولیه پس از وقوع رویداد زلزله است. در این تعریف اطلاعات میزان آسیب‌های فیزیکی، مقادیر خسارات مالی و شرایط زمانی طی شده برای بازگشت سامانه به وضعیت پیش از رویداد مورد نیاز خواهند بود تا با استفاده از تحلیل‌های مربوط میزان آمادگی مجموعه قابل استخراج و استفاده شود.

این بازدید به منظور مشاهده آسیب‌های وارده به منابع فیزیکی در مراکز مهم شبکه بهداشت و درمان در منطقه آسیب دیده از زلزله صورت گرفت. در طی بازدید براساس مشاهدات و مصاحبه با افراد مسوول و مطلع در هر مرکز اطلاعات لازم کسب شده است. موارد آسیب‌دیده و شدت آسیب براساس فرم‌های تدوین شده از قبل در پژوهشکده‌ی مهندسی سازه شناسایی و ثبت شده‌اند. بدیهی است برای تکمیل اطلاعات و قابلیت انجام تحلیل‌های لازم اطلاعات مالی مربوط به هزینه کرد و مدت زمان مربوط نیست باید به این مجموعه وارد گردد.

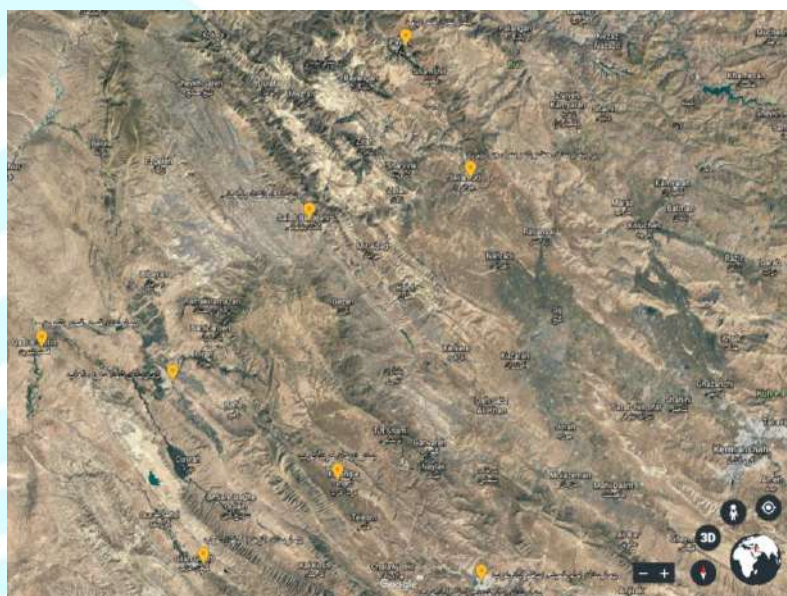
۱۲-۲- محدوده‌ی و مراکز بازدید شده

پس از بررسی محدوده آسیب دیده در این زلزله، بیمارستان‌های زیر به عنوان موارد نمونه و مهم در منطقه انتخاب و مورد بازدید قرار گرفتند:

جدول ۱۲-۱- مراکز درمانی بازدید شده و فاصله تا رومرکز زلزله

نام مرکز درمانی	فاصله تا رومرکز (Km)
بیمارستان شهدا سرپل ذهاب	47.7
بیمارستان امام‌خمینی (ره) اسلام‌آبادغرب	106
بیمارستان حضرت ابوالفضل العباس(ع) قصرشیرین	47
لزهراء (س) گیلان غرب	83.4
بیمارستان قدس پاه	51
حضرت رسول (ص) جوانرود	61.2
درمانگاه ثلاث باباجانی	33.7
مرکز درمانی دالاهو	75.1

توزیع جغرافیایی مراکز بازدید شده در منطقه زلزله‌زده با استفاده از تصاویر هوایی گوگل، در شکل زیر نمایش داده شده است:



شکل ۱۲-۱- توزیع جغرافیایی مراکز بازدید شده در منطقه‌ی زلزله‌زده

۱۲-۳- هدف عملکرد مورد نظر آیین‌نامه‌ای برای بیمارستان‌ها

اگر هدف عملکرد را ترکیبی از زوج سطح شتاب و سطح عملکرد بدانیم لازم است تعریف استاندارد در این زمینه مشخص گردد. در گروه‌بندی ساختمان‌ها بر حسب اهمیت در استاندارد ۲۸۰۰ ایران، بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها در گروه ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد قرار دارند. براساس بند ۱-۱-۳ این استاندارد، هدف از عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد این است که در اثر زلزله‌ی طرح، تغییر مقاومت و سختی در اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای نداشته باشند به طوری که بهره‌برداری از آنها امکان‌پذیر باشد. همچنین

براساس بند ۱-۱-۴، انتظار می‌رود کلیه‌ی ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد در اثر زلزله بهره‌برداری آسیبی نبینند و قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ کنند.

جدول ۱۲-۲- اهداف عملکردی استاندارد ۲۸۰۰ ایران برای بیمارستان‌ها

سطح خطر	سطح عملکرد
زلزله بهره‌برداری	آسیبی نبینند و قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ کنند.
زلزله طرح	تغییر مقاومت و سختی در اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای نداشته باشند به طوری که بهره‌برداری از آنها امکان‌پذیر باشد

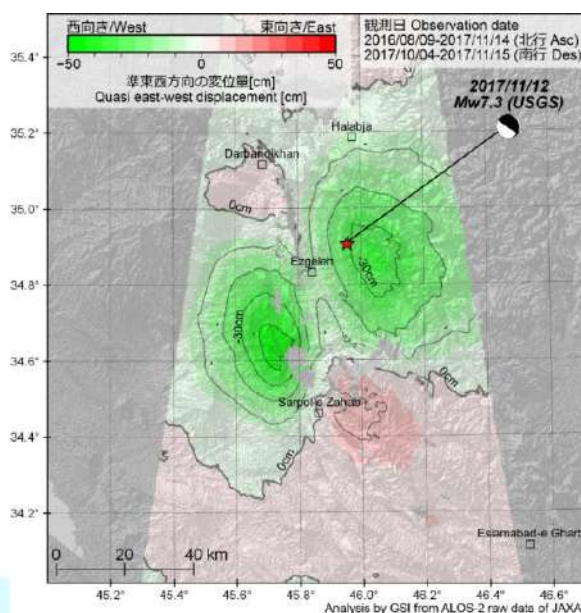
بنابر بند ۱-۲-الف استاندارد ۲۸۰۰ ایران، زلزله‌ی طرح زلزله‌ای است که احتمال فراگذشت آن در ۵۰ سال ده درصد باشد. دوره‌ی بازگشت این زلزله ۴۷۵ سال است. همچنین بنابر بند ۱-۲-ب، زلزله‌ی بهره‌برداری، زلزله‌ای است که احتمال فراگذشت آن در ۵۰ سال ۹۹/۵ درصد (با دوره بازگشت ۱۰ سال) باشد.

اثر شدت حرکت زمین برای زلزله با شدت زلزله‌ی طرح در این استاندارد با نسبت شتاب مبنای طرح - ضریب A- بر مبنای g و ضریب بازتاب ساختمان B تعیین شده است. نسبت شتاب مبنای طرح برای مناطق مختلف مورد بازدید برابر ۰/۳ تعیین شده است.

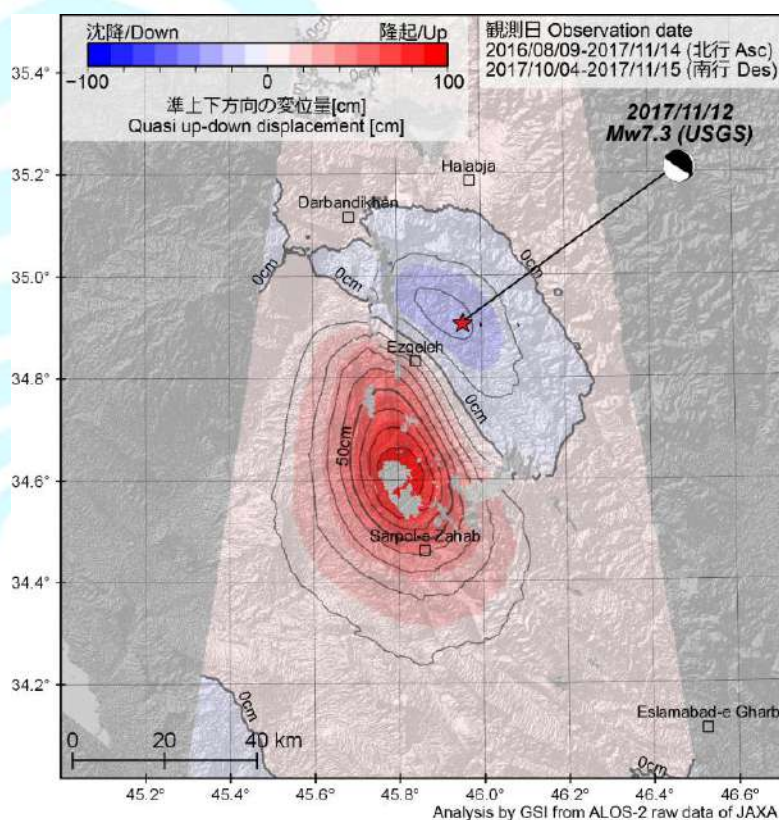
اگرچه در ضوابط آیین‌نامه‌ای ساختمان‌های مهم مانند بیمارستان‌ها با ضریب اهمیت تا حدودی در برابر بارهای لرزه‌ای بیشتری طراحی می‌شوند اما معیارهای پذیرش و اهداف عملکردی صریح و کمی (شامل سطوح خطر و سطوح عملکرد) به منظور ضمانت ادامه‌ی خدمت‌رسانی آنها در زمان رویداد زلزله‌ی طرح که مستلزم عملکرد مطلوب سازه و اجزای غیرسازه‌ای و تجهیزات می‌باشد در ضوابط جاری جای مذاقه و توسعه‌ی بیشتر دارند.

۱۲-۴- پارامترهای حرکت قوی زمین

نقشه‌های Interferometry حاصل از مشاهدات ماهواره‌ای نشانگر جابجایی قائم زمین در محدوده ۹۰+ و ۳۰- سانتیمتر در بازه‌ی مکانی حدود ۵۰ کیلومتر است. همچنین بیشینه جابجایی حدود ۵۰ سانتیمتر به سمت غرب در نقشه‌ها مشاهده می‌گردد.

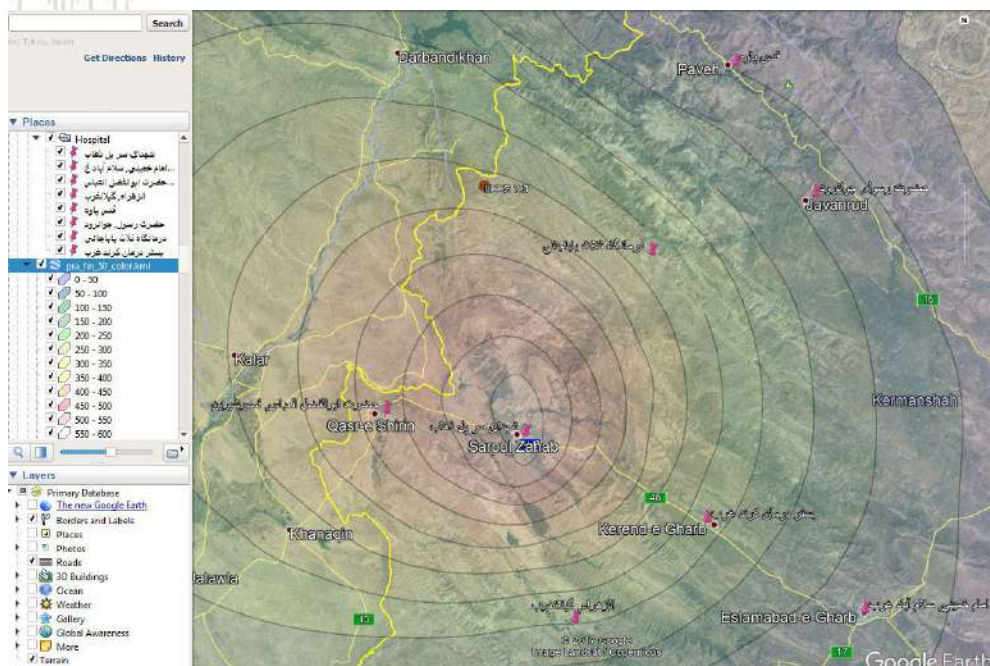


شکل ۱۲-۲- جابجایی افقی به سمت غرب در نقشه‌های حاصل از اطلاعات JAXA



شکل ۱۲-۳- حرکت قائم زمین در نقشه‌های حاصل از اطلاعات JAXA

حرکت قوی زمین در ایستگاه‌های متعدد شبکه‌ی شتابنگاری ایران ثبت شده است. بر اساس این اطلاعات، نقشه‌ی زیر موقعیت بیمارستان‌های در دست بررسی را بر روی نقشه‌ی هم‌شتاب در این زلزله نمایش می‌دهد.



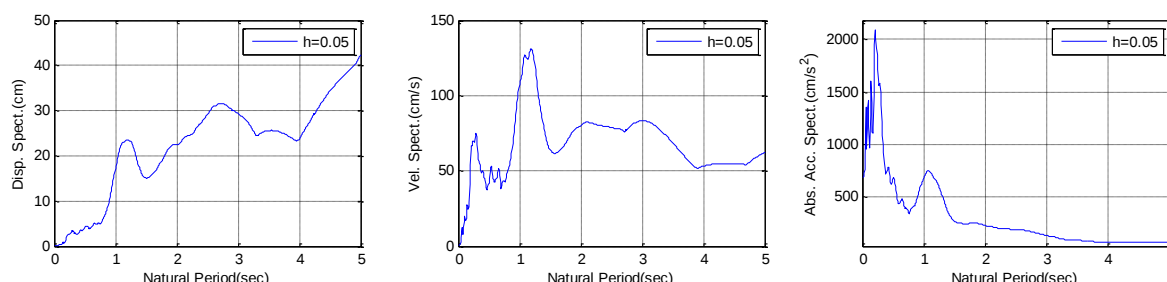
شکل ۱۲-۴- توزیع شتاب حداکثر در منطقه زلزله‌زده

بیشینه شتاب ثبت شده در محدوده بیمارستان‌ها در مواردی که ایستگاه شبکه موجود بوده در سرپل ذهاب 683 cm/s^2 ، در اسلام آباد غرب 123 cm/s^2 ، در حضرت رسول (ص) جوانرود 207 cm/s^2 و در دالاهو 207 cm/s^2 گزارش شده است. بر این اساس توزیع بیشینه سرعت در مراکز درمانی مورد نظر به شرح جدول زیر است:

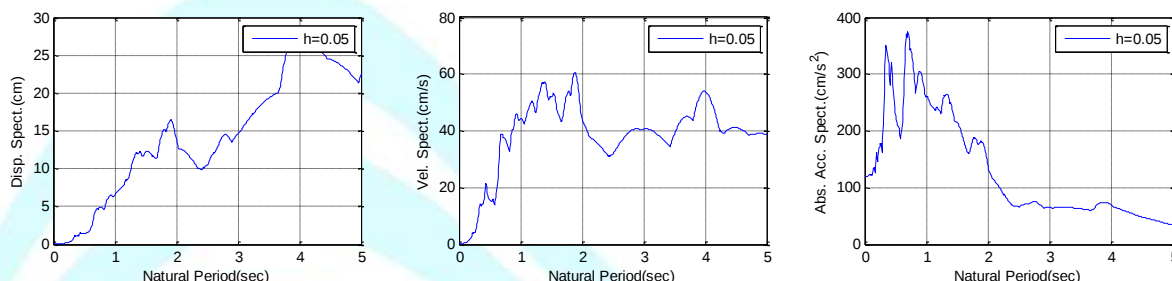
جدول ۱۲-۳- بیشینه شتاب ثبت شده در محدوده بیمارستان‌ها در موارد موجود

نام مرکز درمانی	شهر	محدوده‌ی بیشینه شتاب ثبت شده (cm/s^2)
بیمارستان شهدا سرپل ذهاب	سرپل ذهاب	550 - 600
بیمارستان امام خمینی (ره) اسلام آباد غرب	اسلام‌آبادغرب	50 - 100
بیمارستان حضرت ابوالفضل العباس (ع) قصر شیرین	قصر شیرین	400 - 450
لزه‌راء (س) گیلان غرب	گیلان غرب	150 - 200
بیمارستان قدس پاوه	پاوه	50 - 100
حضرت رسول (ص) جوانرود	جوانرود	50 - 100
درمانگاه ثلاث باباجانی	ثلاث باباجانی	250 - 300
مرکز درمانی دالاهو	دالاهو	200 - 250

همچنین طیف پاسخ جابجایی، سرعت و شتاب حرکت قوی زمین در دو ایستگاه به شکل نمونه در ادامه ارائه شده است.



شکل ۱۲-۵- طیف پاسخ رکورد ثبت شده در سرپل ذهاب



شکل ۱۲-۶- طیف پاسخ رکورد ثبت شده در اسلام‌آبادغرب

نقطه قابل توجه در طیف رکورد ثبت شده در ایستگاه اسلام‌آباد وجود نشانه‌هایی از رفتار پالس گونه در طیف سرعت و شتاب در محدوده ۱/۱ ثانیه است. این امر می‌تواند به نزدیکی نسبی ایستگاه ثبت شتاب به گسل مسبب نسبت داده شود. حاصل این پدیده مشاهده شتاب قابل توجه در محدوده شهر سرپل ذهاب می‌باشد. مطالعه دقیق‌تر این امر برای اظهارنظر دقیق لازم است.

۱۲-۵- فرم برداشت اطلاعات بیمارستان‌ها

معمولا در بازدیدهای پس از زلزله اهداف مختلفی مورد نظر کارشناسان می‌باشد. براساس اهداف این بازدید، شاخص‌ها و معیارهای مشخصی تعریف شده است. در این زلزله با بررسی‌های قبلی و تدوین برنامه‌ی بازدید شاخص‌هایی برای مشاهده و ثبت اطلاعات لازم تعریف شد. در تعریف این شاخص‌ها در کنار نیازهای پژوهشی به ادبیات فنی این بخش و ضوابط و معیارهای موجود در زمینه ارزیابی لرزه‌ای مراکز درمانی مراجعه شد. بر این مبنا، اطلاعات این فرم در بخش‌های زیر قابل دسته‌بندی است:

۱- مشخصات موقعیتی مانند: نام واحد درمانی، نام شهر یا روستا، تعداد طبقات، ... ؛

۲- مشخصات کاربری مانند: تعداد تخت، جمعیت تحت پوشش؛

- ۳- مشخصات سازه‌ای: شامل نوع سازه، شدت آسیب، ... ؛
 - ۴- مشخصات اجزای غیرسازه‌ای: نوع اجزاء، شدت آسیب، ... ؛
 - ۵- وضعیت عملکردی ساختمان پس از زلزله و سطح خدمت رسانی؛
 - ۶- وضعیت تجهیزات؛
 - ۷- تاثیر برنامه‌های مدیریت بحران از قبل طراحی شده در بیمارستان.
- در نهایت فرم مورد نظر به شکل زیر تدوین گردید:

اطلاعات آسیب در بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی	
زلزله ۲۱ آبان ۱۳۹۶ - سرپل ذهاب - کرمانشاه	
نام کارشناس:	نام واحد درمانی:
تاریخ:	نام شهر یا روستا:
تعداد ساختمان‌های موجود:	تعداد طبقات هر ساختمان:
موقعیت مکانی (GPS):	سال افتتاح هر ساختمان:
(ساختمان ۱) (.....تخت) نوع سازه: بتنی ☐ فولادی ☐ ترکیبی ☐ مصالح بنایی ☐ سایر ☐ نوع پرکننده: آجر ☐ پانل ☐ بلوک ☐ نوع نما:	
(ساختمان ۲) (.....تخت) نوع سازه: بتنی ☐ فولادی ☐ ترکیبی ☐ مصالح بنایی ☐ سایر ☐ نوع پرکننده: آجر ☐ پانل ☐ بلوک ☐ نوع نما:	
(ساختمان ۳) (.....تخت) نوع سازه: بتنی ☐ فولادی ☐ ترکیبی ☐ مصالح بنایی ☐ سایر ☐ نوع پرکننده: آجر ☐ پانل ☐ بلوک ☐ نوع نما:	
.....	

تعداد کل تخت بیمارستان :	تعداد جمعیت تحت پوشش مجموعه:
تعداد تخت در حال سرویس بلافاصله پس از زلزله:	تعداد تخت در حال سرویس در زمان ثبت اطلاعات:
روند تعمیر و بازگردانی مجموعه (در چه زمانی چه المان‌هایی به خدمت برگشته‌اند)	
توصیف آسیب:	
سازه:	
دیوارها و نما	
تاسیسات مکانیکی و برقی	
تجهیزات پزشکی	
سقف کاذب	
توصیف کلی شرایط بیمارستان	
بدون آسیب ☐ محدود ☐ متوسط ☐ شدید ☐ بسیار شدید ☐ فروریزش ☐	
آیا ساختمان در اثر پس‌لرزه آسیب‌های ثانویه‌ای هم داشته است؟ ☐ خیر ☐ بله	

توصیف پیامدهای آسیب در این واحد درمانی:	
آیا مانور بحران در این واحد برگزار شده است؟ ☐ بله ☐ خیر	
اگر تجربه‌ی این مانور: ☐ بسیار کارآمد بود ☐ کمی مرتبط و کارآمد بود ☐ به‌کار نیامد	
در صورت ناکارآمدی، توضیح علل ناکارآمدی مانور:	
برآورد زمان خاتمه‌ی تعمیر نهایی:	
وضعیت آسیب در تجهیزات و بخش‌ها از جمله تجهیزات زیر (اگر بخش یا آسیبی در لیست نیست اضافه کنید)	
توضیحات لازم (موارد و تجهیزات آسیب دیده مثلاً سی‌تی اسکن در رادیولوژی ...)	فعال، غیرفعال، --- تخت از ----- تخت فعال
اتاق عمل	
بخش (ICU)	
CCU	

NICU
زایمان
بخش‌ها مانند کودکان
ورژانس
آزمایشگاه
داروخانه
رادیولوژی و پزشکی هسته‌ای
بانک خون
درمانگاه‌ها
بخش اداری
شبکه‌ی کامپیوتر
سیستم دفع زباله
تاسیسات و موتورخانه (لوله کشی، آبگرفتگی، آب، برق، گاز، اکسیژن، تجهیزات موتورخانه)
آشپزخانه
برق اضطراری
بخش استریلیزاسیون (اتوکلاو،)
هر نوع تجهیز یا تاسیسات مهم قابل ذکر

حالت‌های آسیب در اجزای غیرسازه‌ای و تجهیزات (تغییر مکان، جابجایی یا لغزش، سقوط، واژگونی):
1. Transformers
2. Control Panels for Generators
3. Distribution Boxes and Distribution Panels
4. Batteries and Racks
5. Generators
6. Communications Control Equipment
7. Medical Lab and Medical Unit Equipment
8. Blood Bank Refrigerators
9. Pumps
10. Compressors and Vacuum
11. Tanks on Legs and Skirts
12. Horizontal Tanks
13. Anchored Vertical Tanks
14. Fire Protection Equipment
15. Others
هرگونه خطر و سانحه ی ثانویه (آتش سوزی، ...)

در ادامه‌ی این گزارش به ارائه‌ی مشاهدات و اظهارات مسوولان مصاحبه شده در زمان بازدید از مراکز مذکور پرداخته می‌شود.

۱۲-۵-۱ - بیمارستان شهداء شهر سرپل ذهاب

الف - معرفی واحد درمانی

سرپل ذهاب مرکز شهرستان سرپل ذهاب می‌باشد. این شهر در ۴۵ درجه و ۵۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۴ درجه عرض جغرافیایی و در غرب کشور و در منتهی‌الیه شیب ارتفاعات زاگرس بر سر راه بین‌المللی تهران - بغداد موسوم به جاده کربلا واقع گردیده‌است. ساختمان‌های این شهر و از جمله ساختمان بیمارستان در اثر زلزله بیست و یکم آبان‌ماه سال ۱۳۹۶ آسیب شدیدی دیدند.

بیمارستان شهدای سرپل ذهاب با ۹۶ تخت مصوب در سال ۱۳۸۷ به بهره‌برداری رسیده اما فقط ۵۴ تخت آن در زمان زلزله فعال بوده است. ساختمان بیمارستان از نوع قاب خمشی بتنی با سقف دال دوطرفه و در یک طبقه احداث گردیده است. نمای ساختمان از جنس سنگ و قسمت‌های از آن با ماسه سیمان می‌باشد. این بیمارستان جمعیتی بالغ بر ۸۶۰۰۰ نفر را تحت پوشش خود قرار می‌دهد.



شکل ۱۲-۷- نقشه هوایی بیمارستان شهداء سرپل ذهاب



شکل ۱۲-۸- نمای غربی بیمارستان



شکل ۱۲-۹- نمای شمالی بیمارستان

ب- شرایط کلی در زمان بازدید

در زمان بازدید انجام شده از بیمارستان که در تاریخ ۱۳۹۶/۹/۵ صورت گرفت تمامی بخش‌های اداری، اتاق عمل، بخش‌های بستری و غیره به طور کلی آسیب دیده بودند و هیچ یک از بخش‌های بیمارستان فعال نبود. قسمتی از تجهیزات بیمارستان به بیمارستان سرپل‌نهاب انتقال یافته است و رسیدگی به مجروحین و مصدومین در محوطه اطراف بیمارستان در چادر و کانکس صورت می‌گرفت.



شکل ۱۲-۱۰- احداث بیمارستان صحرایی در محوطه اطراف بیمارستان



شکل ۱۲-۱۱- احداث بیمارستان صحرایی در محوطه اطراف بیمارستان

پ- آسیب‌های سازه‌ای

با توجه به بازدید انجام گرفته ساختمان بیمارستان، آسیب شدیدی دیده که از جمله تشکیل مفاصل پلاستیک در تیرها و تخریب بخش عمده‌ای از دیوارها می‌باشد



شکل ۱۲-۱۲- ترک خوردگی انتهای تیر



شکل ۱۲-۱۳- ترک خوردگی دیوارها



شکل ۱۲-۱۴- عدم امتداد و مهار مناسب میلگرد در ستون و آسیب در محل اتصال



شکل ۱۲-۱۵- ریزش دیوار

ت- آسیب‌های اجزای غیرسازه‌ای

با توجه به بازدید بعمل آمده از ساختمان بیمارستان آسیب‌های غیرسازه‌ای به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- ریختن نمای ساختمان؛
- ۲- ترکیدن لوله‌های آب و فاضلاب؛
- ۳- تخریب اکثر دیوارهای پیرامونی؛
- ۴- تخریب سقف کاذب؛
- ۵- تخریب بخشی از سیستم روشنایی؛
- ۶- تخریب کف ساختمان؛
- ۷- افتادن دوربین‌ها و سایر وسائل الکتریکی.



شکل ۱۲-۱۶- ریزش دیوار پیرامونی

ث- آسیب‌های تجهیزات

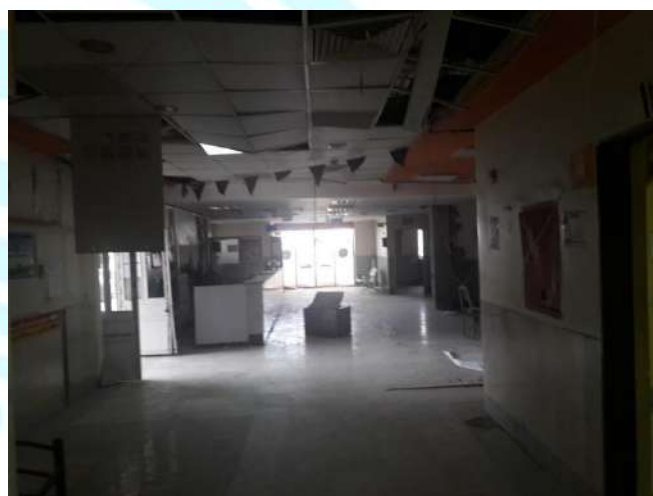
با توجه به بازدید بعمل آمده مشاهده گردید که تجهیزات آسیب شدیدی در اثر زلزله دیده‌اند.



شکل ۱۲-۱۷- افتادن کولر گازی



شکل ۱۲-۱۸- تخریب دیوار اتاق عمل



شکل ۱۲-۱۹- تخریب سقف کاذب بیمارستان



شکل ۱۲-۲۰- تخریب دیوار بخش دیالیز

۱۲-۵-۲- کلینیک در حال احداث سرپل ذهاب

از کلینیک در حال احداث شهر سرپل ذهاب بازدید شد. این کلینیک در دو طبقه و با اسکلت فلزی با قاب خمشی ویژه و سقف عرشه فولادی و در ۲ طبقه احداث شده که هنوز به بهره‌برداری نرسیده است. نمای سنگی و دیوارهای بلوکی از جنس سبک آسیب زیادی در این زلزله داشته‌اند. آسیب‌های وارده به ساختمان این بیمارستان در اثر زلزله به شرح زیر می‌باشد.

۱- آسیب به نمای ساختمان؛

۲- آسیب به دیوارهای ساختمان؛

۳- آسیب به تأسیسات مکانیکی.



شکل ۱۲-۲۱- نمای ورودی کلینیک



شکل ۱۲-۲۲- تخریب دیوارهای جداکننده



شکل ۱۲-۲۳- کنده شدن سیستم حرارتی و تاسیساتی



شکل ۱۲-۲۴- تخریب لوله‌کشی آب



شکل ۱۲-۲۵- تخریب لوله‌کشی آب

۱۲-۵-۳- بیمارستان امام خمینی اسلام‌آبادغرب

الف - معرفی واحد درمانی

اسلام‌آبادغرب یکی از شهرهای استان کرمانشاه است. و با جمعیت حدود ۹۱۰۰۰ نفر پس از کرمانشاه دومین شهر پرجمعیت استان می‌باشد. بیمارستان امام خمینی در این شهر از دو ساختمان اصلی تشکیل شده است. ساختمان ۴ طبقه فولادی با ظرفیت حدود ۱۳۴ تخت از اواسط دهه‌ی ۶۰ به خدمت‌رسانی مشغول بوده است. در این بیمارستان بخش‌های مختلف درمانی دایر بوده‌است. نمای ساختمان از جنس سنگ به اصطلاح قیچی (مطابق شکل) و دیوارهای جداکننده در ساختمان آجری هستند.



شکل ۱۲-۲۶- تصویر هوایی بیمارستان امام خمینی اسلام‌آبادغرب



شکل ۱۲-۲۸- نمای خارجی دو بیمارستان



شکل ۱۲-۲۷- نمای شمال غرب از دو ساختمان اصلی
بیمارستان امام‌خمينی اسلام‌آبادغرب

ساختمان دوم سازه‌ای ۶ طبقه‌ی بتن آرمه است که در ماه‌های اخیر افتتاح و در زمان وقوع زلزله برخی بخش‌های آن آغاز به خدمت‌رسانی نموده بود. ظرفیت این فاز از بیمارستان ۱۲۶ تخت بوده است. نمای ساختمان سنگ و دیوارهای جداکننده پانل‌های گچی با بلوک‌های سبک سیمانی میانی (به عنوان عایق) بوده است. هر دو ساختمان در ارتفاع دارای نامنظمی و عقب نشینی هستند.

ب- شرایط کلی بیمارستان در زمان بازدید (۹۶/۸/۲۹)

به گفته مسوول مدیریت بحران بیمارستان، در این ساختمان در زمان وقوع زلزله ظرف حدود ۴۵ دقیقه ۴۰۰ نفر از ساختمان تخلیه شدند. و در ۱۰ ساعت پس از وقوع زلزله ۷۵۰ نفر مراجعه کننده داشته است.

ساختمان فولادی

در زمان بازدید با وجود آسیب‌های قابل توجه به اجزای غیرسازه‌ای از ظرفیت بیمارستان به شرح زیر کاسته شده بود و تنها بخشی از این ظرفیت به ارائه‌ی خدمت مشغول بود.

جراحی: از اولین جمع‌هی پس از زلزله به خدمت رسانی برگشته است. تنها یک مونی‌تور در زمان زلزله از روی میز پرستاری بخش سقوط نمود.

CCU: از ۹۶/۹/۲۵ یعنی ۴ روز پس از وقوع زلزله آغاز به خدمت‌رسانی نموده است. علت عمده‌ی این امر وقوع پس‌لرزه‌ها و عدم اطمینان از ایمنی ساختمان عنوان گردید.

NICU: این بخش به دلیل باز شدن درز انقطاع موجود در سازه در محل بخش، در موقعیتی دیگر در ساختمان منتقل شده است. از ۱۶ تخت تنها ۶ تخت آماده به خدمت است. اغلب تجهیزات بخش در محل اولیه باقیمانده و هنوز از سلامت این تجهیزات اطمینان حاصل نشده است.

بخش ICU: در این بخش از ۵ تخت اولیه ۴ تخت به خدمت مشغول هستند. در این بخش وضعیت ۸ دستگاه ونتیلاتور مشخص نیست. همچنین دو دستگاه ونتیلاتور از کار افتاده است.

بخش رادیولوژی: دستگاه MRI (احتمالا به دلیل ارتعاشات یا نوسانات برق در زمان زلزله) اعلام ایراد نرم‌افزاری نموده و از کار ایستاده است. این مشکل ظرف ۲ روز با مراجعه کارشناس از مرکز رفع گردیده است.

آزمایشگاه: به دلیل شکستگی لوله‌ی فاضلاب، آبرگرفتنی بخشی از فضای آزمایشگاه اتفاق افتاد.

زایشگاه: به دلیل مسایل ایمنی از ۹۶/۹/۲۶ یعنی ۵ روز پس از وقوع زلزله آغاز به خدمت‌رسانی نموده است. تجهیزات مهمی از این بخش از کار افتاده و تا زمان بازدید برای استفاده آماده نبودند. از جمله‌ی این تجهیزات عبارتند از: DC Shock, NST, Sonicates, Warmer, Vacum-Suction

شبکه‌ی اطلاعات رایانه: براساس گزارش کارشناس مسوول، شبکه‌ی رایانه‌ای بیمارستان تا حدود ۲ روز بعد از زلزله قطع بوده است. حدود ۱۰ کیس رایانه در زمان زلزله به دلیل سقوط یا واژگونی دچار آسیب شده و به این واحد ارجاع شده‌اند. حدود ۱۰ درصد از nodeهای شبکه در اثر زلزله قطع شده‌اند. با توجه به ذخیره‌سازی روزانه‌ی اطلاعات مشکلی به دلیل از دست دادن اطلاعات به وجود نیامد.

بخش دیالیز: دستگاه RO به دلیل اشکال در اتصالات و وقوع نشستی از ظهر روز ۹۶/۸/۲۲ به خدمت برگشت. سایر موارد مشکل عملکردی نداشته‌اند.

گاز بیمارستان: در این مجموعه رگولاتور گاز دچار آسیب شد. شیر قطع گاز عمل ننموده و گاز پس از حضور مسوول تاسیسات به صورت دستی قطع شده است.

در حوزه‌ی آمادگی در برابر حوادث، براساس مصاحبه با چند نفر از پرسنل بیمارستان، مانورهای برگزار شده در حوزه‌ی مدیریت بحران اثرات سودمندی در افراد داشته و طبق اعلام همه‌ی مصاحبه‌شوندگان، این مانورها باعث ایجاد آمادگی نسبی افراد در زمینه انجام وظایف خود در زمان وقوع این زلزله شده است. نکته‌ی قابل توجه عدم هماهنگی بین گروه‌های بیرون از بیمارستان مانند نیروهای نظامی و پرسنل بیمارستان در انجام وظایف و تداخل در امور درمانی از سوی ایشان بوده است که لازم است با تکمیل برنامه‌های مانور در این حوزه هماهنگی این سازمان‌ها افزایش یابد. همچنین در نقاط مختلف بیمارستان نقاط ایمن در زمان زلزله‌شناسایی و مطابق نمونه‌ی تصویر زیر با نصب تابلوها و برچسب‌هایی اعلام شده بود.



شکل ۱۲-۲۹- اعلام نقاط ایمن در زمان زلزله با برنامه‌ریزی قبلی

پ- آسیب‌های سازه‌ای

در بازدید سریع صورت گرفته از ساختمان فولادی آسیب قابل توجه سازه‌ای مشاهده نشد. البته با توجه به وجود پوشش روی اعضای سازه‌ای کنترل بخشی از اتصالات برای اطمینان از موضوع لازم به نظر می‌رسید.

ت- آسیب در اجزای غیرسازه‌ای و تجهیزات

همانگونه که ذکر شد در این ساختمان از ظرفیت همه‌ی بخش‌ها کاسته شده است. علت عمده‌ی این موضوع آسیب‌های وارد شده به اجزای غیرسازه‌ای و تجهیزات ساختمان است. نمای ساختمان در نقاط مختلف فرو ریخته و شرایط خطرناکی را برای عابران ایجاد نموده بود. با توجه به وزش باد شدید این خطر دوچندان بود.



شکل ۱۲-۳۰- آسیب قابل توجه به دیوار ساختمان فولادی در طبقه‌ی دوم و مجاورت بخش زنان در محل ضربه‌ی تیر

کنسول بتن آرمه ساختمان مجاور به دیوار

در بازدید از بخش رادیولوژی ارتعاش و نوسانات برق در زمان زلزله باعث ایجاد اشکال نرم افزار در دستگاه MRI بیمارستان (شکل زیر) شده است. به گونه‌ای که امکان استفاده از دستگاه در روز اول پس از زلزله وجود نداشته و با حضور کارشناس و رفع اشکال امکان استفاده‌ی مجدد پیدا کرده است.



شکل ۱۲-۳۱- توقف کار دستگاه MRI و اعلام ایراد نرم افزاری دستگاه



شکل ۱۲-۳۳- ریزش و سست شدن نمای ساختمان در ساختمان فولادی



شکل ۱۲-۳۲- آسیب به تجهیزات بیمارستانی در ساختمان فولادی

ث - ساختمان بتن‌آرمه

با توجه به وقوع آسیب شدید سازه‌ای و اجزای غیرسازه‌ای و تجهیزات، ساختمان به طور کامل تخلیه و خدمت‌رسانی در آن متوقف بود. این سازه در یک امتداد دارای سیستم باربر جانبی مرکب (دیوار برشی و قاب خمشی) و در امتداد متعامد دارای سیستم باربر جانبی قاب خمشی است.

در این ساختمان آسیب‌های شدید سازه‌ای و غیرسازه‌ای به ویژه موارد زیر مشاهده شد:

آسیب شدید در ستون‌های طبقات و ترک‌های مورب و طولی با تمرکز در میانه‌ی ستون‌ها،

فروریزش نما و دیوارهای پیرامونی بیمارستان

آسیب شدید در دیوارهای جداکننده داخلی

آسیب گسترده به سقف‌های کاذب

آسیب شدید به تاسیسات برقی (تابلوی برق) و آسانسورها (هر سه آسانسور ساختمان)

مشاهده می‌شود. موارد متعددی به عنوان علت وقوع پاسخ شدید در محل ساختمان بتن‌آرمه در این بیمارستان قابل بررسی دقیق‌تر است.

نکته اول ضعف قابل توجه در بتن مورد استفاده در ستون‌ها می‌باشد. سنگدانه‌ی ناکافی یا با کیفیت نامناسب در بتن مشاهده شد. براساس مشاهدات و اظهارات کارشناسان محلی نحوه‌ی ساخت بتن و انتقال یا بتن‌ریزی با ضعف‌های مهمی همچون به کارگیری منابع سنگدانه‌ی نامناسب، استفاده بیش از حد مجاز از آب برای تسهیل در بتن‌ریزی، بتن‌ریزی نامناسب با بیل به ویژه برای ستون‌ها از جمله‌ی این ضعف‌ها می‌باشد.

بر خلاف هدف اساسی طراحی لرزه‌ای در ساختمان‌ها، در این سازه شکل‌گیری مفاصل پلاستیک پیش از وقوع رفتار غیرارتجاعی در ستون‌ها مشاهده نمی‌شود. لازم است کنترل مجدد ابعاد مقطع، مشخصات آرماتورها و مواردی همچون فاصله‌ی خاموت‌ها و مقایسه‌ی آن با شرایط سازه‌های قاب خمشی ویژه صورت گیرد.

براساس مشاهدات، ابعاد قابل توجه تیر در مقایسه با ستون امکان تحقق هدف تیر ضعیف و ستون قوی را در زمان زلزله با تردید مواجه می‌سازد.

نکته‌ی دارای اهمیت دیگر حرکت نسبی شدید دو سازه و رخداد ضربه بین دو ساختمان است. این اتفاق با آسیب شدید در محل ضربه و احتمالاً با گسترش اثرات آن در کل آن طبقه و طبقات فوقانی همراه بوده است.



شکل ۱۲-۳۴- آسیب شدید به بتن پوشش و هسته در میانه‌ی ارتفاع ستون



شکل ۱۲-۳۵- ترک‌های طولی و مورب در میانه‌ی ارتفاع ستون در طبقه سوم

تجهیزات مکانیکال و تاسیسات برق در این ساختمان نیز با آسیب‌های شدیدی مواجه شده‌اند. بخش قابل توجهی از این تاسیسات در طبقه‌ی ششم یعنی بالاترین طبقه‌ی ساختمان قرار گرفته و در برخی موارد فاقد

تمهیدات لازم برای مقاومت در برابر بار جانبی هستند. علاوه بر آسیب‌های شدید به اجزای غیرسازه‌ای و دیوارها، تاسیسات برق و گاز ساختمان مانند نمونه‌ی نمایش داده شده در شکل زیر با آسیب‌های شدید ناشی از جابجایی یا شتاب قابل توجه مشابه شده‌اند. تابلوی برق نمایش داده شده در این تصویر که در طبقه‌ی ششم ساختمان قرار دارد فاقد هرگونه مهر مناسب به پایه بوده است.



شکل ۱۲-۳۶- واژگونی تابلوی برق در بالاترین طبقه به دلیل عدم مهر مناسب

عدم نصب مناسب تجهیزات، سقف‌های کاذب و تابلوها در بخش‌های مختلف علاوه بر خطر جانی و خسارت در بسیاری از موارد مسیر فرار افراد وحشت زده را مسدود و آسیب‌های ثانویه را به وجود خواهد آورد. به عنوان نمونه شکل



شکل ۱۲-۳۷- عدم رعایت جزئیات فنی در نصب تابلو و سقوط و انسداد مسیر

آسیب‌های وارد شده به سقف‌های کاذب در اغلب زلزله‌های داخل و خارج از کشور مشاهده می‌شود و عمدتاً ناشی از عدم اتصال مناسب شبکه نگهدارنده پانل‌های سبک این سقف‌ها به سقف می‌باشد. در این ساختمان نحوه اتصال سقف و دریچه‌ی دستگاه تهویه به نحوی ناکافی به سقف متصل شده است. از این رو در اغلب اتاق‌ها شکست اتصال از یک سمت و سقوط یک طرفه‌ی سقف بر روی در اتاق مانند شکل زیر مشاهده می‌شود. این امر موجب انسداد نسبی محل خروج از اتاق و صعوبت خروج از آن شده است.



شکل ۱۲-۳۸- جدایی سقف کاذب از محل نصب در محل در ورودی و انسداد مسیر فرار

جزئیات فنی دیوارهای جداکننده در فاز جدید این بیمارستان در شکل زیر پس از شکست آن قابل مشاهده است. این دیوارها از دو لایه‌ی پانل گچی تشکیل شده که با قاب‌بندی از فولاد سردنورد شده به سازه متصل می‌شوند. لایه میانی در این دیوار با هدف عایق دما و صدا از بلوک‌های سیمانی سبک تشکیل شده که به نظر در حد قابل توجهی وزن دیوار را نیز افزایش داده است. متأسفانه اتصال این دیوارها دارای حداقل مقاومت مورد نیاز نیست. جابجایی قابل توجه در محل طبقات آسیب‌های شدیدی را به این دیوارها وارد نموده است.



شکل ۱۲-۳۹- آسیب شدید ناشی از جابجایی قابل توجه به دیوارهای پانل گچی با لایه میانی از بلوک سیمانی سبک

قطع شدن خودکار گاز در مراکزی مانند بیمارستان در زمان وقوع زلزله امری حیاتی است. به این منظور در این بیمارستان در محل ورودی انشعاب گاز از شیرهای قطع گاز استفاده شده که در شکل زیر نمایش داده شده است. متأسفانه این شیر در زمان رویداد زلزله عمل نکرده و جریان گاز قطع نشده است. مسوول تاسیسات ساختمان حدود ۱ ساعت بعد مشخصاً اقدام به قطع گاز نموده است.



شکل ۱۲-۴۰- رگولاتور تعویض شده پس از آسیب و شیر قطع گازی که عمل نکرد



شکل ۱۲-۴۱- وقوع ضربه بین دو ساختمان در محل تیرهای کنسول بتنی

وجود ابعاد قابل توجه تیر نسبت به ستون و عدم مشاهده آسیب‌های حتی جزئی در تیرها پیش از ستون‌ها این امکان را متبادر می‌سازد که جزییات فنی و ابعاد مناسب در طراحی برای حصول هدف شرط تیر ضعیف-ستون قوی محقق نشده‌اند. تحقیق این موضوع مستلزم بررسی دقیق‌تر سازه و نقشه‌های آن است.



شکل ۱۲-۴۲- درز انقطاع بین دو ساختمان

۱۲-۵-۴- بستر درمان شهرستان دالاهو

ساختمان بستر درمان دالاهو با سازه‌ی بتن آرمه و سقف‌های تیرچه با بلوک سیمانی در دو طبقه بنا شده است. با وجود عدم مشاهده‌ی آسیب سازه‌ای با توجه به سقوط سقف‌های کاذب، شکست برخی از بلوک‌های بتنی بین تیرچه‌ها و ایجاد ترک‌های بعضاً عریض در ساختمان و همچنین بیم از پس‌لرزه‌های شدید، کلیه پرسنل مرکز تخلیه و در زمان بازدید در چادرهایی در مجاورت ساختمان به کار درمان مراجعه‌کنندگان مشغول بودند. یکی از نکات قابل توجه در این امر لزوم پیش‌بینی گروه‌های تخصصی برای بازدیدهای پس از زلزله و اعلام شرایط ساختمان برای ادامه‌ی بهره‌برداری است. فقدان این امر در روزهای پس از زلزله به ویژه برای ساختمان‌های مهم باعث کاهش ظرفیت‌های موجود محلی برای مدیریت بحران در منطقه است.

وضعیت جانمایی این مرکز در تصویر ماهواره‌ای گوگل و ورودی آن در ادامه نمایش داده شده‌اند:



شکل ۱۲-۴۳- وضعیت جانمایی بستر درمان شهرستان دالاهو- Google earth



شکل ۱۲-۴۴- ورودی بستر درمان شهرستان دالاهو

الف - آسیب‌های سازه‌ای

در موارد متعدد ترک‌های عرضی و مویی در تیرها مشاهده شد. علت این موضوع ممکن است به دلیل کیفیت بد اجرا یا نگهداری سازه بتنی باشد. کیفیت اجرای سازه بسیار نازل دیده شد. مسایل اجرایی متعدد مانند آنچه در شکل زیر دیده می‌شود در سازه مشاهده گردید که ناشی از ضعف در قالب‌بندی یا عدم درک درست از نحوه‌ی تیرچه‌ریزی درست مقطع است.



شکل ۱۲-۴۵- کاهش مقطع تیر به دلیل کارگذاری نادرست تیرچه

ب - آسیب اجزای غیرسازه‌ای

عمده‌ترین آسیب‌ها به اجزای غیرسازه‌ای عبارتند از سقوط سقف‌های کاذب، وقوع ترک در دیوارهای جداکننده، ریزش کاشی‌ها، شکست لوله و نشی در موتورخانه. همچنین در طی بازدید واژگونی کیس‌های رایانه، تلویزیون و یک یخچال گزارش گردید.



شکل ۱۲-۴۶- سقوط سقف‌های کاغذ مانند اغلب مراکز درمانی دیگر



شکل ۱۲-۴۷- ترک خوردگی در دیوارهای بخش زایمان و ریزش کاشی‌ها



شکل ۱۲-۴۸- شکست و نشی لوله در موتورخانه

۱۲-۵-۵- بیمارستان حضرت ابوالفضل (ع) شهر قصر شیرین

الف - معرفی واحد درمانی

شهر قصرشیرین در ۱۶۶ کیلومتری غرب شهر کرمانشاه واقع شده است. بیمارستان این شهر در سال ۱۳۷۸ شمسی در یک طبقه و با اسکلت بتنی به بهره‌برداری رسیده است این بیمارستان بین طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و عرض ۳۴ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی قرار دارد که ارتفاع آن از سطح دریا ۳۳۳ متر می‌باشد. این بیمارستان دارای ۳۲ تخت می باشد و به جمعیتی بالغ بر ۲۵۰۰۰ نفر را خدمت‌رسانی می‌کند. نمای این ساختمان از نوع سنگ می باشد.



شکل ۱۲-۴۹- نمای بیمارستان حضرت ابوالفضل شهر قصر شیرین



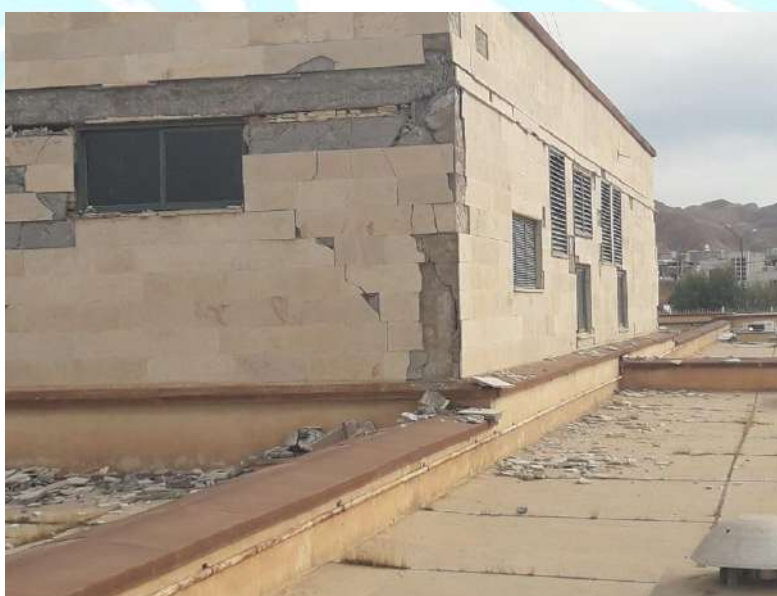
شکل ۱۲-۵۰- ریزش نمای سنگی بیمارستان در اثر زلزله

ب- شرایط کلی در زمان بازدید

در زمان بازدید انجام شده از بیمارستان که در تاریخ ۱۳۹۶/۹/۵ صورت گرفت تمامی بخش‌های اداری، تجهیزات و... آسیب عمده‌ای در اثر زلزله دیده‌اند و بیمارستان از لحاظ فنی غیرقابل استفاده بود لیکن به علت محدودیت‌ها و حجم زیاد مجروحین، علیرغم آسیب‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای شدید، هنوز بیمارستان فعال بود.

پ- آسیب‌های سازه‌ای

با توجه به بازدید انجام گرفته از ساختمان بیمارستان، تیرها و ستون‌های بتنی اتاقک‌های هواسازها بر روی بام بیمارستان آسیب زیادی در اثر زلزله دیده‌اند و بخش‌های از این ساختمان در حال فروریزی بر روی سقف بیمارستان است.



شکل ۱۲-۵۱- ترک خوردگی اعضا در محل اتصال تیر به ستون در اتاقک‌های هواساز



شکل ۱۲-۵۲- ترک‌خوردگی اعضای سازه‌ای در اتاقک‌های هواساز



شکل ۱۲-۵۳- آسیب در محل اتصال تیر به ستون در ساختمان اتاقک هواساز بیمارستان



شکل ۱۲-۵۴- خسارت شدید به ساختمان اتاقک هواساز بیمارستان

ت- آسیب‌های اجزای غیرسازه‌ای

با توجه به بازدید بعمل آمده از ساختمان بیمارستان آسیب‌های غیرسازه‌ای به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- ریختن نمای ساختمان مرکز؛
- ۲- ترکیدن لوله‌های آب؛
- ۳- افزایش عرض و عمق ترک‌ها در اثر وقوع پس‌لرزه‌ها؛
- ۴- ریختن وسائل و تجهیزات از قفسه‌ها؛
- ۵- ترکیدن لوله‌های شوفاژها؛
- ۶- تخریب لوله‌های چیلر و کولرها؛
- ۷- آتش‌سوزی در تابلو برق؛
- ۸- ترکیدن مخزن آب؛
- ۹- آسیب به پمپ‌های آب؛
- ۱۰- آسیب به تجهیزات الکتریکی؛
- ۱۱- شکسته شدن ۶ تلویزیون بخش‌ها.



شکل ۱۲- ۵۵- آسیب در پمپ‌های آب



شکل ۱۲-۵۶- ترکیدن مخزن آب



شکل ۱۲-۵۷- آتش‌سوزی در تابلو برق بیمارستان



شکل ۱۲-۵۸- آسیب به بخش از لوله‌کشی و اتصالات تاسیسات



شکل ۱۲-۵۹- خارج شدن پمپ‌ها از مدار



شکل ۱۲-۶۰- آسیب وارده به تجهیزات مکانیکی



شکل ۱۲-۶۱- آسیب در مسیر و روکش کابل‌های برق

ث- آسیب‌های وارده به تجهیزات

با توجه به بازدید بعمل آمده مشاهده گردید که در این بیمارستان تجهیزات پزشکی آسیب دیده‌اند که از جمله می‌توان به مانیتورهای اتاق‌های آی سی یو و سی سی یو و آسیب به دستگاه نوار قلب و کابل‌های برق تجهیزات اشاره نمود.



شکل ۱۲-۶۲- تجهیزات پزشکی خارج از خدمت‌رسانی

ج- تحلیل روند بازگشت واحد درمانی به سطح خدمت‌رسانی اولیه

با توجه به آسیب وارده به پنج اتاقک هواساز بیمارستان و ترک‌خوردگی زیاد دیوارها در بخش‌های مختلف بیمارستان و آسیب‌دیدگی چندین پمپ و ترکیدن یکی از مخازن آب بیمارستان و همچنین خسارت وارده به فن‌کویل‌های داخل بخش‌ها و آتش‌سوزی در تابلو برق بیمارستان و افزایش این خسارت‌ها در اثر وقوع پس‌لرزه‌های نسبتاً شدید ضروری است که در اسرع وقت این بیمارستان بازسازی گردد. برآورد بازگشت بیمارستان به حالت اولیه حدود یکسال ارزیابی می‌گردد.

۱۲-۵-۶- بیمارستان الزهرا (س) گیلان غرب

الف - معرفی واحد درمانی

گیلان غرب مرکز شهرستان گیلان غرب واقع در جنوب غرب استان کرمانشاه و شمال غرب استان ایلام است. جمعیت این شهر طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ حدود ۲۴۰۰۰ نفر بود که در مقایسه با سال‌های قبل کاهش

داشته است. این شهر بر سر مسیر اصلی قصرشیرین- ایلام قرار دارد. بیمارستان این شهر در سال ۱۳۸۵ به بهره‌برداری رسیده است و در طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۷ دقیقه واقع شده است. این بیمارستان در یک طبقه و با اسکلت بتنی (قاب خمشی بتنی) با سقف دال دوطرفه می‌باشد و دارای ۶۰ تخت مصوب می‌باشد اما تعداد تخت‌های فعال آن قبل از وقوع زلزله ۳۳ تخت بوده است. دیوارها از جنس آجر و نمای بیمارستان از جنس سنگ می‌باشد. این بیمارستان به جمعیتی بالغ بر ۷۰۰۰۰ هزار نفر خدمات ارائه می‌دهد.



شکل ۱۲-۶۳- نمای غربی بیمارستان

ب- شرایط کلی در زمان بازدید

در زمان بازدید انجام شده از بیمارستان که در تاریخ ۱۳۹۶/۹/۵ صورت گرفت تمامی بخش‌های بیمارستان فعال بودند. اما در دیوارها ترک‌خوردگی وجود داشت و احتمال آسیب سازه‌ای هم وجود دارد که باید دقیق‌تر این موضوع بررسی گردد.

پ- آسیب‌های سازه‌ای

با توجه به بازدید انجام گرفته از ساختمان مرکز، اظهارنظر در رابطه با بررسی آسیب‌های سازه‌ای با توجه به پوشش نمای ساختمان نیازمند گمانه‌زنی و انجام تحقیقات بیشتر است

ت- آسیب‌های اجزای غیرسازه‌ای

با توجه به بازدید بعمل آمده از ساختمان بیمارستان آسیب‌های غیرسازه‌ای به شرح زیر می‌باشد:

۱- ریختن نمای ساختمان بیمارستان؛

۲- افزایش عرض و عمق ترک‌ها در اثر وقوع پس‌لرزه‌ها؛

۳- ریختن وسائل و تجهیزات از قفسه‌ها؛

۴- ترک‌خوردگی‌های زیاد در دیوارها؛

۵- تخریب قسمتی از سقف کاذب.



شکل ۱۲-۶۴- ترک‌خوردگی دیوار راه پله



شکل ۱۲-۶۵- تخریب قسمتی از دیوار و نمای اتاق‌های هواساز بیمارستان

ث - آسیب‌های تجهیزات

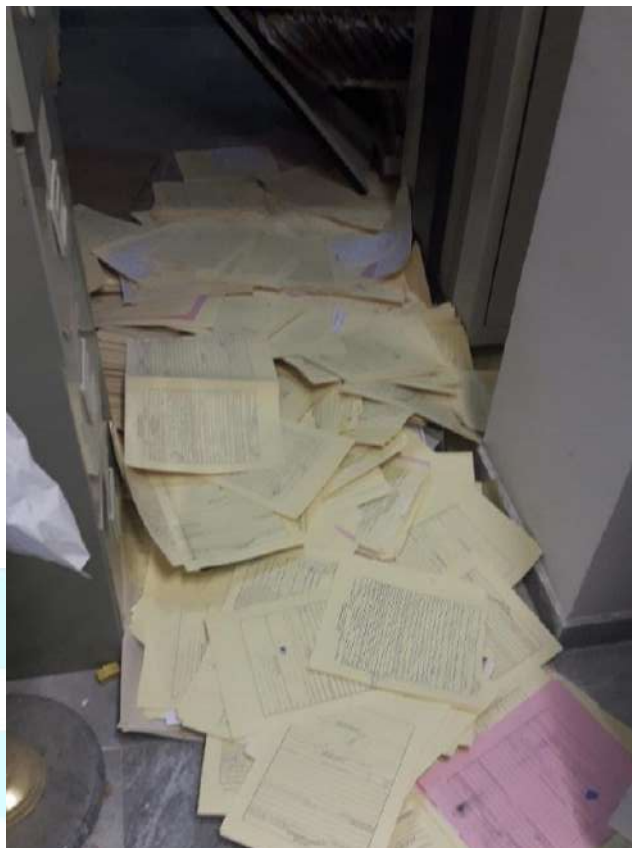
با توجه به بازدید بعمل آمده مشاهده گردید که این مرکز از نظر تجهیزات پزشکی در اثر زلزله آسیب چندانی ندیده است. اما آسیب به تجهیزات و تاسیسات نسبتاً زیاد بوده که از جمله می‌توان به خسارت به سه پمپ فن‌کوئل، همچنین خسارت به یک پمپ خطی آب گرم و تخریب قسمتی از سقف کاذب و همچنین خسارت به قفسه‌های بایگانی اشاره کرد.



شکل ۱۲-۶۶- افتادن قفسه بایگانی



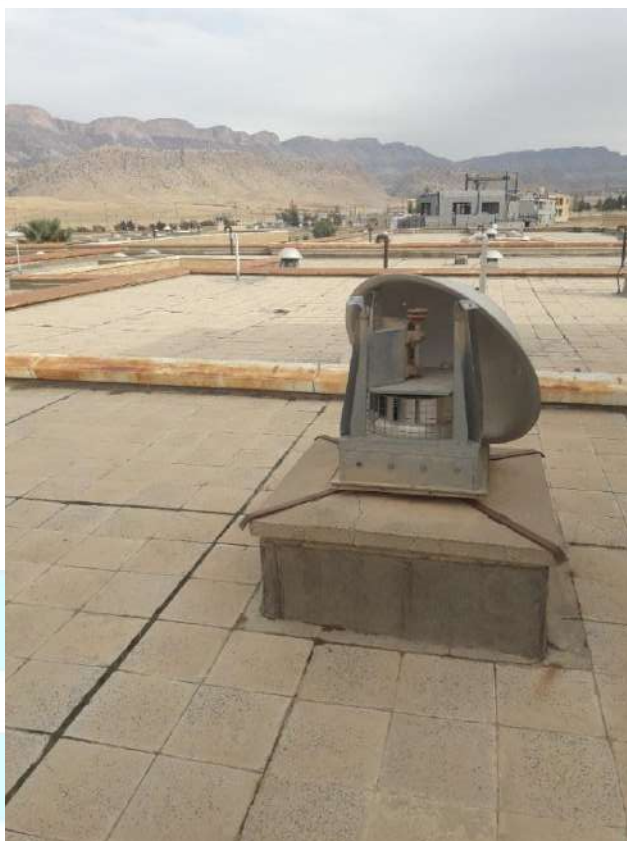
شکل ۱۲-۶۷- واژگونی طبقات بایگانی



شکل ۱۲-۶۸- ریزش پرونده‌های پزشکی



شکل ۱۲-۶۹- آسیب به پمپ در اثر زلزله



شکل ۱۲-۷۰- جابجایی کلاهک سیستم تهویه بیمارستان

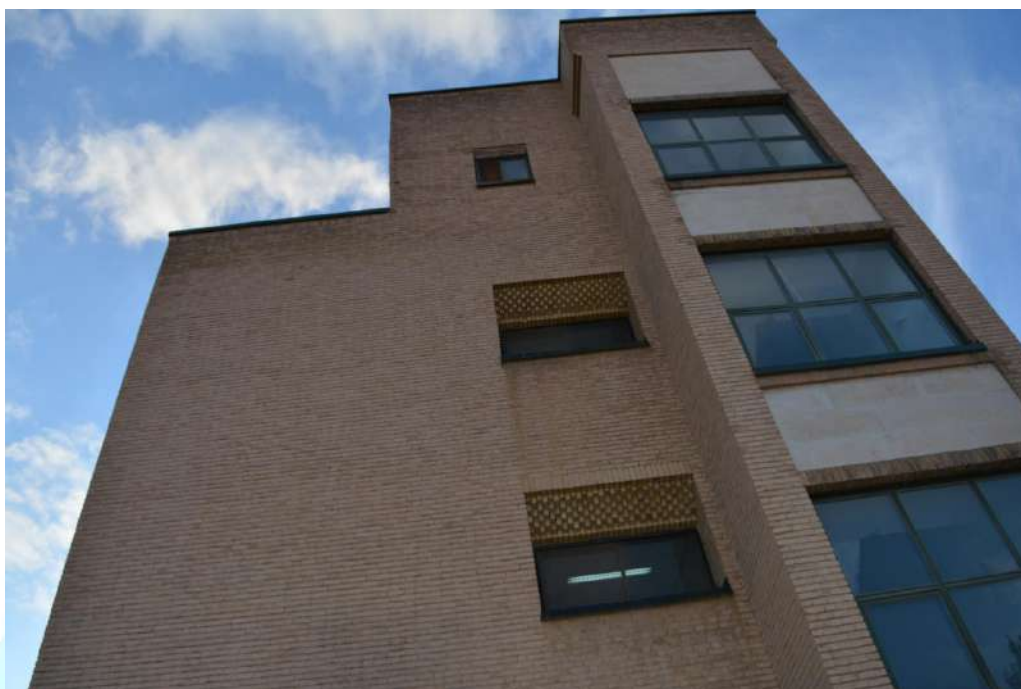
ج- تحلیل روند بازگشت واحد درمانی به سطح خدمت‌رسانی اولیه

با توجه به وجود ترک‌های بزرگ در دیوارها و خسارت‌های وارده به تاسیسات مکانیکی بازگشت به روند اولیه حداقل ۲ ماه زمان نیاز دارد.

۱۲-۵-۷- بیمارستان حضرت رسول (ص) جوانرود

الف- معرفی واحد درمانی

شهرستان جوانرود از شهرستان‌های استان کرمانشاه در غرب ایران است. مرکز این شهرستان شهر جوانرود (قلعه) است. این شهر از جنوب شرق با کرمانشاه، از شمال با پاوه، از غرب به کشور عراق و از جنوب غرب با سرپل‌ذهاب همسایه است. براساس آمار سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهرستان ۷۵,۱۶۹ نفر می‌باشد. شهر جوانرود در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و طول جغرافیایی ۴۶ درجه قرار داشته و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۲۸۰ متر است می‌باشد. بیمارستان حضرت رسول (ص) جوانرود در اسفندماه سال ۱۳۷۹ بهره‌برداری رسید و زیربنای آن ۴۰۰۰ متر مربع و درسه طبقه با اسکلت بتنی (قاب خمشی) می‌باشد. ضمناً نمای ساختمان از جنس آجر است.



شکل ۱۲-۷۱- نمای بیمارستان جوانرود



شکل ۱۲-۷۲- نمای غربی بیمارستان

ب- شرایط کلی در زمان بازدید

در زمان بازدید انجام شده از بیمارستان که در تاریخ ۱۳۹۶/۹/۴ صورت گرفت در دیوارهای محیطی و داخلی بیمارستان و حصار سنگ کاری شده منبع آب واقع در محوطه بیمارستان آسیب مشاهده می‌شد.



شکل ۱۲-۷۳- ترک‌خوردگی دیوار حصار منبع آب بیمارستان

پ- آسیب‌های سازه‌ای

با توجه به بازدید انجام گرفته از ساختمان مرکز، اظهارنظر در رابطه با بررسی آسیب‌های سازه‌ای با توجه به پوشش نمای ساختمان نیازمند گمانه زنی و انجام تحقیقات بیشتر است اما ترک‌های طولی و عرضی بزرگ در اکثر دیوارهای مشاهده گردیده که عمده‌ترین آن در بخش رادیولوژی می‌باشد. دیوارهای بخش رادیولوژی توسط سرب عایق شده بود که از اپراتور بخش در برابر خطرات اشعه X محافظت کند اما در اثر زلزله به دلیل ترک‌خوردگی‌های عمده سرویس‌دهی‌های این دیوارها نیاز به بررسی دارد. همچنین در بخش تاریک‌خانه ترک‌هایی در دیوار وجود داشت که باعث ورود نور از فضای بیرون به داخل تاریک‌خانه شده و عملکرد این بخش را مختل می‌سازد.

ت- آسیب‌های اجزای غیرسازه‌ای

با توجه به بازدید بعمل آمده از ساختمان بیمارستان آسیب‌های غیرسازه‌ای به شرح زیر می‌باشد:

۱- ریختن نمای ساختمان؛

۲- ترکیدن لوله‌های آب؛

۳- افزایش عرض و عمق ترک‌ها در اثر وقوع پس‌لرزه‌ها؛

۴- اعوجاج در سقف‌های کاذب.



شکل ۱۲-۷۴- تخریب بخشی از نمای بیمارستان



شکل ۱۲-۷۵- ترک‌خوردگی دیوارها



شکل ۱۲-۷۶- ترک‌خوردگی دیوارها



شکل ۱۲-۷۷- ترک‌خوردگی در دیوارها

ث- آسیب‌های تجهیزات

با توجه به بازدید بعمل آمده و صحبت‌های کارشناس تالسیسات بیمارستان، در اثر زلزله در این مرکز تجهیزات پزشکی آسیب‌چندانی ندیده‌اند.

ج-تحلیل روند بازگشت واحد درمانی به سطح خدمت‌رسانی اولیه

با توجه به وجود ترک‌های بزرگ در دیوارها خصوصا دیوارهای بخش داروخانه زمان مورد نیاز جهت بازگشت بیمارستان به سطح خدمت‌رسانی حدود ۲ ماه برآورد می‌شود.

۱۲-۵-۸- بیمارستان قدس پاوه

الف- معرفی واحد درمانی

پاوه یکی از شهرهای شمالی استان کرمانشاه و مرکز شهرستان پاوه است که در مجاورت مرز ایران و عراق قرار دارد. بر پایه سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهر ۲۵،۷۷۱ نفر (۷،۹۳۲ خانوار) بوده‌است. پاوه مرکز شهرستان پاوه در ۱۱۲ کیلومتری راه کرمانشاه - پاوه قرار دارد. بیمارستان شهر در سال ۱۳۴۸ شمسی بر روی دامنه کوه احداث گردیده است. مختصات جغرافیایی بیمارستان $46^{\circ}21'$ طول جغرافیایی و $35^{\circ}03'$ عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۵۴۰ متری از سطح دریا واقع شده‌است. براساس سرشماری سراسری سال ۱۳۹۵ این بیمارستان به جمعیتی بالغ ۶۵۰۰۰ نفر خدمات‌رسانی می‌کند.

این بیمارستان در سه طبقه احداث گردیده است. کاربری طبقه زیرزمین به صورت انبار و آشپزخانه، طبقه همکف اورژانس، رادیولوژی و در طبقه اول بخش‌های بستری وجود دارند. تعداد تخت‌های مصوب این بیمارستان ۷۰ تخت بوده که پس از زلزله هیچ یک از تخت‌ها از خدمت‌رسانی خارج نشده است.

سازه بیمارستان به صورت ترکیب شناژهای افقی و قائم بتنی و دیوارهای بار بر آجری می‌باشد. سقف بیمارستان نیز به صورت طاق ضربی اجرا شده است. نمای بیمارستان در سمت شمالی، شرقی و غربی به صورت پلاستر ماسه سیمان و در ضلع جنوبی سنگ سفید چینی می‌باشد. با توجه به بازدید انجام شده در اثر زلزله فقط قسمت آزمایشگاه به دلیل سقوط سقف کاذب و ترکیدن لوله آب موقتا از خدمت‌رسانی خارج شده است که تجهیزات و وسائل این قسمت را به اتاق‌های مجاور انتقال داده‌اند.



شکل ۱۲-۷۸- تصویر هوایی بیمارستان



شکل ۱۲-۷۹- نمای جنوبی بیمارستان



شکل ۱۲-۸۰- نمای شمالی بیمارستان

ب- شرایط کلی در زمان بازدید

در زمان بازدید انجام شده از بیمارستان که در تاریخ ۱۳۹۶/۹/۴ صورت گرفت تمامی بخش‌های بیمارستان فعال بوده ولی هنوز سقف کاذب اتاق آزمایشگاه مرمت نشده بود.

پ- آسیب‌های سازه‌ای

با توجه به بازدید انجام گرفته از بیمارستان ترک‌های طولی در دیوارها به موازات شناژهای افقی روی دیوار و در گوشه اکثر اتاق‌ها و اطراف پنجره‌ها مشاهده گردید.

ت- آسیب‌های اجزای غیرسازه‌ای

با توجه به بازدید بعمل آمده از ساختمان بیمارستان آسیب‌های غیرسازه‌ای به شرح زیر می‌باشد:

۱- ریختن نمای ساختمان در ضلع شمالی؛

۲- آسیب سقف کاذب در اتاق آزمایشگاه؛

۳- ترک‌خوردگی چند شیشه در اثر زلزله؛

۴- ترکیدن لوله در سقف کاذب اتاق آزمایشگاه.



شکل ۱۲-۸۱- تخریب بخشی از نمای غربی بیمارستان



شکل ۱۲-۸۲- ترک‌خوردگی در دیوارهای اتاق‌های طبقه اول

ث- آسیب‌های تجهیزات

با توجه به بازدید بعمل آمده از تجهیزات بیمارستان مشاهده گردید که هیچ یک از تجهیزات پزشکی آسیب ندیده است و در حال خدمات رسانی است.



شکل ۱۲-۸۳- شکست لوله فاضلاب در اثر سقوط اجسام داخل سقف کاذب روی لوله در اتاق آزمایشگاه بیمارستان



شکل ۱۲-۸۴- از کار افتادن بخش آزمایشگاه بیمارستان در اثر سقوط سقف کاذب و ترکیدن لوله

ج- تحلیل روند بازگشت واحد درمانی به سطح خدمت‌رسانی اولیه

با توجه به موقعیت بیمارستان قدس پاره نسبت به رومرکز زلزله و شرایط لرزه‌ای، ساختمان بیمارستان در حال خدمت‌رسانی می‌باشد و هیچ‌گونه وقفه‌ای در خدمات‌رسانی به مردم صورت نگرفته است. لیکن به منظور تعمیر قسمت‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای آسیب‌دیده (ترک‌های محدود دیوارها- شکستن شیشه‌ها و ریختن نمای ساختمان) حدود یک ماه زمان نیاز می‌باشد.

۱۲-۵-۹- مرکز جامع سلامت شهری و روستایی شهر تازه‌آباد شهرستان ثلاث باباجانی

الف- معرفی واحد درمانی

تازه‌آباد یکی از شهرهای استان کرمانشاه است این شهر، مرکز شهرستان ثلاث باباجانی می‌باشد که در سال ۱۳۸۱ به عنوان شهرستان شناخته شد این شهر جمعیتی بالغ بر یازده هزار نفر می‌باشد است. به سبب سکونت سه طایفه مهم باباجانی (باوه‌جانی)، قبادی و ولدبیگی، نام ثلاث به این شهرستان اطلاق شده است.

شبکه بهداشت و درمان شهرستان تازه‌آباد از فروردین‌ماه سال ۱۳۸۲ شروع بکار نموده و هم اکنون شامل واحدهای زیر می‌باشد: بهداشت محیط حرفه‌ای، خانواده، بیماری‌ها، طرح و گسترش، آموزش بهداشت، بهداشت مدارس و آمار می‌باشد که وظیفه اصلی واحدهای ستادی نظارت می‌باشد. واحدهای اداری شامل حسابداری، کارگزینی، روابط عمومی امور عمومی و امور اداری می‌باشد. این مرکز در یک طبقه دارای بخش‌های بهداشت محیط حرفه‌ای، خانواده، بیماری‌ها، طرح و گسترش، آموزش بهداشت، بهداشت مدارس و آمار و اداری می‌باشد. این مرکز جمعیتی بالغ بر ۳۸۰۰۰ نفر را تحت پوشش قرار داده و دارای ۸ تخت بستری موقت زنان و مردان می‌باشد.

سازه دارای با اسکلت فولادی است. نمای بیرونی به صورت آجر و سنگ می‌باشد.



شکل ۱۲-۸۵- نقشه هوایی مرکز جامع سلامت تازه‌آباد



شکل ۱۲-۸۶- نمای غربی مرکز



شکل ۱۲-۸۷- نمای شمالی مرکز

ب- شرایط کلی در زمان بازدید

در زمان بازدید انجام شده از بیمارستان که در تاریخ ۱۳۹۶/۹/۴ صورت گرفت تمامی بخش‌های اداری به غیر از بخش رادیولوژی فعال بودند.

پ- آسیب‌های سازه‌ای

با توجه به بازدید انجام گرفته از ساختمان مرکز، اظهارنظر در رابطه با بررسی آسیب‌های سازه‌ای با توجه به پوشش نمای ساختمان نیازمند گمانه‌زنی و انجام تحقیقات بیشتر است اما ترک‌های طولی و عرضی بزرگ در اکثر دیوارهای طولی و عرضی مشاهده گردیده که عمده‌ترین آن در بخش رادیولوژی می‌باشد. دیوارهای بخش رادیولوژی توسط سرب عایق شده بود که از اپراتور بخش در برابر خطرات اشعه X محافظت کند اما در اثر زلزله به دلیل ترک‌خوردگی‌های عمده شرایط این دیوارها نیاز به بررسی دارد. همچنین در بخش تاریک‌خانه ترک‌های در دیوار وجود داشت که باعث ورود نور از فضای بیرون به داخل تاریک‌خانه می‌شد و این امر باعث کاهش کیفیت عکس‌ای رادیولوژی می‌گردد.



شکل ۱۲-۸۸- ترک خوردگی دیوارها

ت- آسیب‌های اجزای غیرسازه‌ای

با توجه به بازدید بعمل آمده از ساختمان بیمارستان آسیب‌های غیرسازه‌ای به شرح زیر می‌باشد:

۱- ریختن نمای ساختمان مرکز؛

۲- ترکیدن لوله‌های آب؛

۳- افزایش عرض و عمق ترک‌ها در اثر وقوع پس‌لرزه‌ها؛

۴- ریختن وسائل و تجهیزات از قفسه‌ها؛

۵- ترکیدن لوله‌های شوفاژها؛

۶- کنده شدن لامپ‌های مهتابی.



شکل ۱۲-۸۹- تخریب بخشی از نمای سنگی



شکل ۱۲-۹۰- ترمیم سیستم لوله‌کشی آب به صورت موقت



شکل ۱۲-۹۱- ترک‌خوردگی در دیوارهای اتاق‌ها

ث- آسیب‌های تجهیزات

با توجه به بازدید بعمل آمده مشاهده گردید که این مرکز تجهیزات پزشکی گسترده‌ای مانند تجهیزات اتاق عمل، تجهیزات بخش‌های ICU و CCU و... را نداشته لذا از نظر تجهیزات پزشکی در اثر زلزله آسیب چندانی مشاهده نشد.

ج- تحلیل روند بازگشت واحد درمانی به سطح خدمت‌رسانی اولیه

با توجه به وجود ترک‌های عریض در دیوارها خصوصاً دیوارهای بخش رادیولوژی و تاریک‌خانه، آسیب وارده به شبکه آب و تاسیسات برقی ساختمان و احتمال آسیب سازه‌ای زمان مورد نیاز جهت بازگشت مرکز درمانی به سطح خدمت‌رسانی حدود ۲ ماه برآورد می‌شود.

۱۲-۵-۱۰- بیمارستان در حال احداث تازه‌آباد

از بیمارستان ۳۲ تخته خوابی در حال احداث شهر تازه‌آباد بازدید شد. این بیمارستان در دو طبقه و با اسکلت بتنی با قاب خمشی ویژه احداث شده که هنوز به بهره‌برداری نرسیده است. نمای سنگی و دیوارهای بلوکی از جنس سبک آسیب زیادی در این زلزله داشته‌اند. آسیب‌های وارده به ساختمان این بیمارستان در اثر زلزله به شرح زیر می‌باشد.

۱- فروریزش نمای ساختمان؛

۲- فروریزش دیوارهای داخلی و پیرامونی ساختمان.

با توجه به پوشش موجود، اظهارنظر در رابطه با خسارات سازه‌ای نیاز به زمان بیشتری دارد.



شکل ۱۲-۹۲- ترک‌خوردگی و فروریزش در نمای ساختمان در حال احداث



شکل ۱۲-۹۳- دیوارهای پیرامونی

۱۲-۶- آمار کلی خسارات

براساس آخرین اعلام وزیر محترم بهداشت، درمان و آموزش پزشکی در زمان تهیه این گزارش، آسیب‌های مجموعه شبکه‌ی درمان در منطقه‌ی آسیب دیده به شکل زیر است:

- ۶۲ پایگاه بهداشت فروریزش کامل؛
- ۱۴۰ مرکز بهداشتی آسیب دیدگی قابل مرمت؛
- ۲۴ مرکز جامع خدمات؛
- ۲ بیمارستان.

برآورد اولیه میزان خسارات این مجموعه در حدود ۱۲۴۰ میلیارد ریال اعلام گردید.

۱۲-۷- جمع بندی

در این برنامه‌ی بازدید از ۹ مرکز از مهمترین مراکز شبکه‌ی درمان غرب استان در محدوده‌ای به شعاع حدود ۱۱۰ کیلومتر از رومرکز زلزله بازدید به عمل آمد. مشاهدات نشان می‌دهد ۱۰۰٪ از مراکز بازدید شده دارای آسیب بوده و شدت این آسیب طیفی از کم تا آسیب شدید و خیلی شدید را در برمی‌گیرد. برآورد میزان آسیب براساس شاخص‌های تعیین شده به شرح زیر است:

نام مرکز درمانی	توصیف کیفی شدت آسیب ساختمان
بیمارستان شهدا سرپل ذهاب	خیلی زیاد
بیمارستان امام خمینی (ره) اسلام آباد غرب	خیلی زیاد
بیمارستان حضرت ابوالفضل العباس (ع) قصرشیرین	زیاد
بیمارستان الزهراء (س) گیلان غرب	کم
بیمارستان قدس پاوه	کم
حضرت رسول (ص) جوانرود	متوسط
درمانگاه ثلاث باباجانی	کم تا متوسط
بیمارستان در حال احداث تازه آباد	متوسط
مرکز بستر درمان دالاهو	کم تا متوسط

آسیب‌های مشاهده شده در مراکز فوق به دلیل عوامل مختلف موجود در فرایند برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا و نگهداری است. مهمترین عوامل به طور خلاصه به شرح زیر است:

- اغلب ساختمان‌های درمانی بازدید شده بتن آرمه هستند و در مواردی کیفیت بتن مورد استفاده در حدقابل قبول نیست. این مشاهدات و اظهارات کارشناسان محلی بیانگر ضعف در مصالح مصرفی، نحوه ساخت، اجرا و نگهداری سازه‌های بتن آرمه است که در مورد ساختمان‌های درمانی به وضوح مشاهده گردید.
- تاسیسات آب و برق بیمارستان‌ها در این زلزله با آسیب‌های زیادی مواجه شدند که در برخی موارد با کاهش سطح خدمت‌رسانی مرکز همراه شده است.
- عدم توجه به جزییات فنی لازم در اجرای اجزای غیرسازه‌ای از جمله دیوارهای جداکننده و سقف‌های کاذب عامل دیگری است که آسیب‌های گسترده در شبکه‌ی درمان منطقه را رقم زده است.
- براساس این بازدید سریع، بخشی از آسیب‌ها در سازه ناشی از فقدان ملاحظات کافی در روند طراحی سازه بوده و اظهارنظر دقیق‌تر مستلزم مطالعه‌ی و بررسی دقیق‌تر نقشه‌ها و روال‌های طراحی سازه است.

– آسیب‌های قابل توجه در بیمارستان سرپل ذهاب میزان شدت لرزه‌ای قابل توجه در شهر سرپل ذهاب و ابهامات آیین‌نامه‌ای موجود در زمینه‌ی طراحی ساختمان‌های خیلی مهم ضرورت توجه و بررسی مجدد به ضوابط لرزه‌ای به خصوص استاندارد ۲۸۰۰ ایران و رفع این ابهامات به ویژه در زمینه سطوح خطر و سطوح عملکرد مورد انتظار طراحی را نشان می‌دهد.

تشکر و قدردانی

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمانشاه امکانات بازدید و هماهنگی‌های لازم را فراهم نمودند. به این وسیله از ایشان به ویژه معاون فنی این سازمان، آقای مهندس پشنگ قدردانی می‌گردد. از کارشناسان محترم معاونت فنی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه و سازمان مسکن و شهرسازی استان برای همراهی در بازدیدها تشکر می‌گردد. همچنین از کلیه پرسنل بیمارستانی در مراکز بازدید شده که در ارائه اطلاعات لازم همکاری نمودند صمیمانه قدردانی می‌شود.



فصل سیزدهم

رفتار انواع سازه مدارس

مجید محمدی

۱۳-۱- مقدمه

ساختمان‌های آموزشی و مدارس به عنوان یکی از ساختمان‌های عمومی بسیار مهم یکی از اهداف بازدیدهای پژوهشگاه پس از زلزله ۲۱ آبان سرپل ذهاب بوده است. موضوع بهسازی لرزه‌ای ساختمان مدارس آسیب‌پذیر در طی بیش از ۱۰ سال گذشته با همراهی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله در دستور کار وزارت آموزش و پرورش قرار گرفته است. براساس مقامات مسوول قبل از اجرای طرح یاد شده، نسبت ساختمان‌های آسیب‌پذیر به ساختمان‌های ایمن از ۲ به ۱ بوده است و این نسبت پس از اجرای طرح به ۱ به ۲ تغییر یافته است. با این وجود بخش قابل توجهی از مدارس نیاز به بهسازی و ایمن‌سازی به ویژه در برابر زلزله دارند. در استان کرمانشاه چند نوع سازه مختلف برای مدارس به کار می‌رود و از آنجا که طراحی و نظارت بر اجرای این سازه‌ها توسط سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور انجام می‌گیرد به نظر می‌رسد از دقت مناسبی در مراحل مختلف از طراحی تا ساخت برخوردار باشد بنابراین زلزله سرپل ذهاب محک خوبی برای سنجش رفتار انواع سازه مدارس و سنجش کفایت ضوابط آیین‌نامه‌ای و روش‌های اجرا می‌باشد. در این گزارش تلاش شده رفتارچند نوع سازه متداول در این استان مورد ارزیابی قرار گیرد که از آن جمله می‌توان به سازه بنایی بدون کلاف (مدارس خیلی قدیمی)، سازه بنایی کلافدار، سازه دارای اسکلت فولادی یا بتنی اشاره نمود. مجاورت برخی مدارس با مناطق آسیب‌دیده نیز می‌تواند اثر طراحی و اجرای صحیح را در رفتار لرزه‌ای ساختمان نشان دهد که خوشبختانه در نزدیکی مناطقی که خسارت‌های زیادی دیده بودند، هم در اسلام‌آبادغرب و هم در سرپل ذهاب، چندین ساختمان مدرسه وجود داشت که مورد بازدید قرار گرفت. در شهر کرمانشاه هیچ مدرسه‌ای دچار خسارت جدی نشده بود، که البته با توجه به شتاب ثبت شده در این شهر که 124cm/s^2 ثبت شده بود انتظاری غیر از این نیز نمی‌رفت.

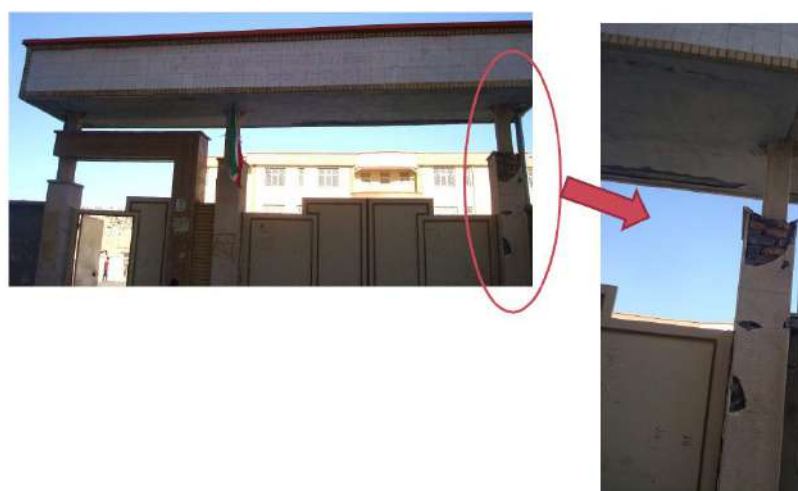
۱۳-۲- منطقه آسیب دیده اسلام‌آبادغرب

در اسلام‌آبادغرب بیشترین خسارات مربوط به مسکن مهر بود که خوشبختانه هم در وجه شمالی و هم در وجه جنوبی این شهرک، دو ساختمان متعلق به آموزش و پرورش وجود دارد و می‌تواند محک خوبی برای سنجش رفتار مدارس در مقایسه با ساختمان‌های دیگر و از جمله مسکن مهر این شهر باشد. محل این دو ساختمان در شکل ۱-۱۳ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که بنابر اطلاعات مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی مقدار شتاب 123cm/s^2 اندازه‌گیری شده بود ولی با توجه به آبرفتی بودن این منطقه احتمالاً شتاب رکورد در آن قاعدتاً باید بیش از این مقدار باشد.



شکل ۱۳-۱- محل ساختمان‌های آموزش و پرورش در وجه شمالی و جنوبی مسکن مهر اسلام‌آبادغرب

به رغم خرابی‌های فراوان ایجاد شده در مسکن مهر، در این دو مدرسه هیچگونه خرابی سازه‌ای مشاهده نشد البته در برخی دیوارهای آن به خصوص در دیوارهای مجاور دیوار برشی اندکی ترک مشاهده گردید مدرسه حمزه بیگی که در شمال محل مسکن مهر قرار دارد در سال ۱۳۹۴ به بهره‌برداری رسیده بود. برخی ترک‌های دیوار و اندک خرابی ایجاد شده در سردر مدرسه که احتمالاً پیوند حرکتی آن با یکی از پیوندهای غالب زلزله در این ناحیه همساز بوده، در شکل ۱۳-۲ قابل مشاهده می‌باشد. نمای این ساختمان سالم بود و تنها در دیوارهای داخلی و به خصوص در مجاورت دیوار برشی، ترک‌های اندکی قابل ملاحظه بود که در شکل ۱۳-۳ نشان داده شده است. بنابراین به راحتی می‌توان سطح عملکرد این مدرسه را در این زلزله قابل استفاده بی‌وقفه فرض کرد.



شکل ۱۳-۲- سردر مدرسه حمزه بیگی واقع در شمال مسکن مهر اسلام‌آبادغرب



شکل ۱۳-۳- ترک‌های اندک ایجاد شده در دیوارهای داخلی مدرسه حمزه بیگی

البته به رغم کارکرد بسیار مناسب مدرسه، مردم حاضر به استفاده از مدرسه نبودند و با توجه به خرابی‌های زیادی که در منازلشان اتفاق افتاده بود عملاً از هر سازه‌ای دوری می‌کردند و ترجیح می‌دادند که در چادرها اسکان یابند.

ساختمان دیگر مربوط به آموزش و پرورش بود که در اختیار کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان قرار گرفته، در قسمت جنوبی ساختمان‌های مهر قرار گرفته که در سال ۹۵ به بهره‌برداری رسیده است. این ساختمان نیز کاملاً عملکرد مناسبی داشت و در آن هیچگونه خرابی قابل توجهی مشاهده نگردید. تصویر این ساختمان در شکل ۱۳-۴ نشان داده شده است.



شکل ۱۳-۴- ساختمان کانون پرورش فکری که در زلزله عملکرد خوبی داشته است

در دو سازه یاد شده یعنی در مدرسه شهید حمزه بیگی و در ساختمان مربوط به کانون پرورش فکری نه تنها آسیب سازه‌ای مشاهده نگردید بلکه تاسیسات نیز در سلامت کامل بودند و برخی ساکنین مسکن مهر که در چادرها اسکان یافته بودند برای استفاده از آب گرم و سرد به این مدارس مراجعه کردند.

۱۳-۳- روستای پاتاق

روستای تاریخی پاتاق در مسیر از کرند غرب به سرپل ذهاب قرار دارد که قدمت آن بیش از ۱۴۰۰ سال است. بر اثر زلزله، تعداد زیادی از ساختمان‌ها و دیوارهای محوطه در این روستا آسیب دیده بودند و عمده ساکنین آن در چادر به سر می‌بردند. در این روستا دو مدرسه وجود دارد که مورد بازدید قرار گرفت. مدرسه نخست فاقد هرگونه المان لرزه‌بر بود و تنها از آجر ساخته شده بود. این ساختمان کاربری آموزشی نداشت و مدت‌هاست که به عنوان انبار مورد استفاده قرار می‌گیرد کمک‌های مردمی نیز به وفور در مدرسه جمع شده بود بازدید از سنگ‌های مجاور هم در نزدیکی مدرسه نشان می‌داد که بر اثر زلزله، برخوردهای مختصری بین سنگ‌ها صورت گرفته بود که تصویر آن در شکل ۱۳-۵ نشان داده شده است ولی اثری از جابجایی زیاد سنگ‌ها که حکایت از شتاب زیاد داشته باشد مشاهده نشد.



شکل ۱۳-۵- اثر برخورد سنگ‌ها با یکدیگر بر اثر زلزله

خسارت‌های ایجاد شده در این مدرسه در شکل ۱۳-۶ نشان داده شده است دیوارها ترک‌های قطری عمیقی خورده و سقف از دیوار جدا شده و بخشی از سقف که دارای ضخامت زیادی بود ریخته است. این ساختمان آسیب جدی دیده و بیم آن می‌رود که در پس‌لرزه‌ها دچار فروریزش کامل شود.



شکل ۱۳-۶- خسارت‌های ایجاد شده به مدرسه شهید فلاحی روستای پاتاق که عملاً کاربری آموزشی نداشته است

نکته قابل توجه در این مدرسه این است که در قسمت جنوبی تعدادی دیوار قطور وجود دارد که عملکرد دیوار برشی داشته و عملاً باعث شده که تغییر مکان نسبی طبقه و در نتیجه خسارات در این قسمت کاهش چشم‌گیری داشته باشد.

مدرسه دیگری در این روستا وجود داشت که دارای کلاف افقی و قائم بود و فاصله بسیار اندکی از مدرسه قبلی داشت. این مدرسه که توسط بنیاد برکت ساخته شده بود، به رغم قدمت قابل توجه، خسارت قابل ملاحظه‌ای نداشت (شکل ۱۳-۷). تاسیسات مدرسه نیز دچار آسیب نشده و این مدرسه عملاً به مامنی برای مردم تبدیل شده بود. خانواده‌های زیادی در حیاط مدرسه چادر زده بودند و از امکانات موجود در مدرسه استفاده می‌کردند.



شکل ۱۳-۷- مدرسه دارای کلاف افقی و قائم که رفتار مناسبی در زلزله داشت.

یک دیوار حائل سنگی این دو مدرسه از هم جدا کرده که در زلزله دچار جابجایی‌های مختصری در قسمت پایینی خود شده بود که در شکل ۱۳-۸ قابل مشاهده است.



شکل ۱۳-۸- دیوار حائل سنگی بین فضای دو مدرسه که در زلزله دچار آسیب شده بود.

۱۳-۴- شهر سرپل ذهاب

شهر سرپل ذهاب که یکی از کانون‌های اصلی خرابی‌های ناشی از زلزله بود که بسیاری از ساختمان‌های آن خسارت‌های جدی دیده بودند. در این شهر از مدارس متعددی بازدید شد. ساختمان‌های مدارس که در سال‌های اخیر ساخته یا بهره‌برداری شده بودند، آسیب قابل توجهی ندیده بودند و تنها ترک‌هایی در دیوارهای

آنها به وجود آمده بود لازم به ذکر است با توجه به شتاب ثبت شده در این شهر که 684 cm/s^2 بود چنین رفتاری کاملاً قابل تحسین است. براساس اصول طراحی لرزه‌ای و تعاریف سطوح عملکرد که در استاندارد NEHRP و برخی کتب مرجع^۱ بیان شده‌اند، لازم است سازه‌های موجود در سرپل ذهاب برای زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ ساله (که بیشینه شتاب آن برای این منطقه $0.3g$ برآورد و در استاندارد ۲۸۰۰ معرفی شده) عملکرد ایمنی جانی داشته باشند و در زلزله با دوره بازگشت ۲۴۷۵ ساله (که بیشینه شتاب آن حدود 1.5 برابر زلزله قبلی و حدود $0.45g$ است) عملکرد آستانه فروریزش داشته باشند. برای زلزله‌های بزرگتر که عملاً همین دسته در سرپل ذهاب تجربه شد و بیشینه شتاب حدود $0.7g$ روی داد، سازه‌های طراحی شده مهندسی، ممکن است دچار فروریزش موضعی و حتی کامل شوند. با این وجود، در یک مجتمع آموزشی واقع در فاصله اندکی از ساختمان‌های مسکن مهر شهید شیرودی سرپل ذهاب که متشکل از تعدادی مدرسه و دانشکده فنی و حرفه‌ای سما بود، ساختمان‌های جدید به راحتی سطح عملکرد ایمنی جانی را تامین کرده و تنها برخی دیوارهای آن‌ها دچار ترک‌خوردگی شده بودند ولی ساختمان‌های قدیمی که فاقد المان لرزه بر مهندسی بودند و تنها کلاف افقی داشتند آسیب‌های جدی دیده بودند در این مجتمع یک سوله نسبتاً بزرگ بر روی یک استخر وجود داشت؛ دیوارهای سوله تنها ترک‌های کوچکی داشتند و تاسیسات و لوله‌کشی‌های استخر آسبیده بودند. تاسیسات این مدارس و مجتمع آموزشی سالم بودند و کولرهای متصل به ساختمان آسبیده بودند تنها در یک مورد کولر آبی که روی پایه قرار گرفته بود از کانالاش جدا شده بود. تصویری گسترده از این مجتمع در شکل ۹-۱۳ و برخی خسارات وارد به ساختمان‌های مختلف آن در شکل ۱۰-۱۳ نشان داده شده است. ساختمان‌های آسیب دیده قدیمی، آجری و فاقد اعضای لرزه‌بر بودند که آسیب‌های جدی دیده بودند. سوله موجود بر روی استخر در این مجتمع مسکونی نیز آسیب قابل توجهی ندیده بود و تنها برخی دیوارهای آن به خصوص در مجاورت ستون‌ها دچار ترک‌خوردگی شده بودند (شکل ۱۱-۱۳). ضمن اینکه خسارت قابل ملاحظه‌ای به تاسیسات این استخر نیز مشاهده نگردید (شکل ۱۲-۱۳).



شکل ۹-۱۳- تصویر گسترده یک مجتمع آموزشی در شهر سرپل ذهاب با سازه‌های متنوع

^۱ Earthquake Engineering for Structural Design, W.F. Chen, E.M. Lui, Taylor and Francis, 2005



شکل ۱۳-۱۰- آسیب‌ها وارد به سازه‌های فاقد المان لرزه بر در مجتمع آموزشی نشان داده شده در شکل ۱۳-۹



شکل ۱۳-۱۱- برخی خسارات وارد به سازه سوله روی استخر



شکل ۱۳-۱۲- سلامت ظاهری تاسیسات استخر

هنرستان پسرانه البرز که در سال ۹۴ به بهره‌برداری رسیده بود نیز رفتار خوبی داشت و تنها برخی دیوارها و نماهای آن ترک‌خورده بود. البته یکی از ساختمان‌های مجاور این مدرسه به صورت کامل تخریب شده و روی این هنرستان افتاده بود که باعث بروز خساراتی در هنرستان شده بود. شکل ۱۳-۱۳ این هنرستان و شکل ۱۳-۱۴ آسیب‌های ناشی از برخورد ساختمان مسکونی تخریب شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳-۱۳- هنرستان پسرانه البرز و برخی آسیب‌های ایجاد شده در نما و دیوارها



شکل ۱۳-۱۴- آسیب‌های وارد به هنرستان بر اثر فروریزش ساختمان مسکونی مجاور آن

سازه نگهبانی این مدرسه آسیب‌های جدی دیده بود و باید تخریب و بازسازی می‌شد (شکل ۱۳-۱۵).



شکل ۱۳-۱۵- ساختمان نگهبانی مدرسه در سرپل ذهاب که خسارت‌های جدی دیده بود.

مدرسه قیام سرپل ذهاب نیز که به تازگی مورد مرمت قرار گرفته بود و دارای دیوارهای 3D panel و اسکلت فولادی بود عملکرد بسیار مناسبی داشت و خرابی خاص و قابل ذکری که بتواند عملکرد این سازه را متاثر

سازد در آن مشاهده نگردید. محل و تصویر آن در شکل ۱۳-۱۶ قابل مشاهده است. همین‌طور مدرسه شهدای بانک مسکن (شکل ۱۳-۱۷) نیز که در دست احداث بود خسارت قابل توجهی ندیده بود.



شکل ۱۳-۱۶- محل و تصویر مدرسه قیام سرپل نهاب



شکل ۱۳-۱۷- مدرسه شهدای بانک مسکن

درست در مجاورت این مدرسه و در ضلع جنوبی آن، مدرسه دیگری وجود داشت که عملاً محل فرماندهی نیروهای نظامی و جمع‌آوری کمک‌ها شده بود. این مدرسه دچار خسارت‌های نسبتاً زیادی در دیوارها و نما شده بود که در شکل ۱۳-۱۸ قابل ملاحظه می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که دیوار این مدرسه از سفال ساخته شده و یکی از دلایل خسارت‌های ایجاد شده در آن نیز همین امر است.



شکل ۱۳-۱۸- خسارت‌های ایجاد شده به ساختمان مدرسه

پس از بازدید تعدادی از مدارس سرپل ذهاب، به روستای زرین جوب که در ۱۰ کیلومتری شمال غربی سرپل ذهاب قرار داشت مراجعه شد. در این روستا ۲ مدرسه وجود دارد مدرسه نخست (شکل ۱۳-۱۹) که مدرسه قدیمی است دارای عناصر لرزه بر مهندسی نمی‌باشد و تنها سقف قسمتی از آن توسط یک قاب فولادی مقاوم‌سازی شده است (شکل ۱۳-۲۰). دیوارهای این ساختمان دچار ترک‌هایی شده و در محل اتصال سقف به دیوارها ترک‌هایی بزرگی خورده بود (شکل ۱۳-۲۱). دیوارهای محوطه این مدرسه نیز به صورت کامل ریخته بود که در شکل ۱۳-۱۹ قابل ملاحظه می‌باشد. البته این ساختمان کاربری آموزشی ندارد و چند سالی است که در اجاره یک خانواده قرار گرفته است که خوشبختانه همگی سالم مانده بودند. مدرسه دوم این روستا که کاربری آموزشی دارد، سازه‌ای آجری و کلافدار است. این ساختمان خسارات بسیار اندکی دیده بود.



شکل ۱۳-۱۹- مدرسه‌ای در زرین جوب که کاربری آموزشی نداشت



شکل ۱۳-۲۰- تقویت ساختمان با افزودن ستون برای گرفتن بار سقف



شکل ۱۳-۲۱- برخی خسارات وارد به مدرسه‌ای که کاربری آموزشی نداشت

۱۴-۵- رفتار مدرسی که بهسازی لرزه‌ای شده‌اند

بنا به اظهارات کارکنان محترم سازمان نوسازی مدارس استان کرمانشاه، در این استان تعداد مدرسی که مورد بهسازی لرزه‌ای قرار گرفته باشند بسیار اندک است که یکی از آنها مدرسه ۱۲ فروردین پاونار می‌باشد. این مدرسه قدیمی و آجری، فاقد المان لرزه بر مهندسی بود و در طرح بهسازی فقط دیوارهای خارجی آن پس از

آرماتورگذاری شاتکریت شدند. سقف آن نیز طاق ضربی بود که روی آن دال آرمه ۱۰ سانتیمتری اجرا شده بود (شکل ۱۳-۲۲). این مدرسه به خوبی توانسته بود زلزله را تحمل نماید و قابل استفاده بماند (شکل ۱۳-۲۳).



شکل ۱۳-۲۲- نحوه اجرای طرح بهسازی در دیوار (عکس راست) و سقف (عکس چپ) مدرسه ۱۲ فروردین پاوانار



شکل ۱۳-۲۳- تصویر ساختمان بهسازی لرزه‌ای شده پس از زلزله

۱۳-۶- خلاصه و نتیجه‌گیری

مهمترین مطالب حاصل از بازدید از مدارس مناطق زلزله زده به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- دیوارهای محوطه ساختمان‌ها جز آسیب‌پذیرترین اعضا در مدارس هستند و برای پایداری آن‌ها باید تمهیداتی اندیشید.
- ۲- مدارس آجری دارای کلاف تا دو طبقه در این زلزله بسیار خوب عمل کرده و عملکرد آنها حتی در شهر سرپل ذهاب یا روستای زرین جوب که شتاب زلزله در آنها حدود دو برابر شتاب مبنای طرح بوده بسیار خوب برآورد می‌گردد.
- ۳- مدارس بازدید شده در مناطق زلزله‌زده که دارای سیستم باربر لرزه‌ای بودند از عملکرد بسیار خوبی برخوردار بودند به گونه‌ای که عملکرد آنها معمولاً بهتر از ساختمان‌های مجاور بوده و دچار آسیب بسیار کمتری شده بودند. البته تعدادی مدرسه نیز فاقد سیستم باربر لرزه‌ای بودند که قبلاً کاربری خود را به عنوان محیط آموزشی از دست داده و به صورت انبار یا ... مورد استفاده قرار می‌گرفتند.
- ۴- ساختمان‌های مدرسی که بهسازی لرزه‌ای شده بودند نیز توانسته بودند زلزله را به خوبی تحمل و قابلیت استفاده خود را حفظ نمایند که این امر لزوم توجه به گسترش طرح بهسازی لرزه‌ای مدارس موجود را نشان می‌دهد.

فصل چهاردهم

رفتار اعضای غیرسازه‌ای

مجید محمدی

۱۴-۱- مقدمه

دیوارها و اجزای غیرسازه‌ای در ساختمان‌ها بیشترین سهم را در ایجاد خسارات مالی در گستره‌ی منطقه‌ی آسیب دیده داشته‌اند. در بسیاری از موارد حتی بدون مشاهده‌ی آسیب سازه‌ای در ساختمان وقوع آسیب در اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها هزینه‌ی سنگینی را به مالکان تحمیل نموده است. در این بخش از گزارش گزیده‌ای از مشاهدات آسیب به این بخش‌ها ارائه شده است.

اعضای غیرسازه‌ای را می‌توان به دسته‌های حساس به شتاب، سرعت یا جابجایی تقسیم‌بندی نمود. برخی تجهیزات و اعضای غیرسازه‌ای ساختمان در حدی از شتاب یا سرعت یا جابجایی دچار ناپایداری می‌شوند و می‌توانند خطراتی برای ساکنین ایجاد کنند. دیوارهای ساختمان نیز که جزو اعضای غیرسازه‌ای هستند را نیز باید از این منظر بررسی نمود؛ دیوارهای جدا شده از قاب پیرامونی و یا دیوارهای پیرامون ساختمان از اعضای حساس به شتاب هستند و از آنجا که عموماً بدون آرما تور اجرا می‌شوند و رفتار ترد دارند، به محض اینکه نیروی ناشی از شتاب زلزله از حد مقاومت آنان فراتر رود دچار فروریزش می‌شوند. در مورد میانقاب‌ها (دیوارهای متصل به قاب پیرامونی) وضعیت اندکی متفاوت است. این دیوارها اگر تنها در جهت عمود بر صفحه بارگذاری شوند معمولاً مقاومت‌های بسیار خوبی دارند ولی اگر از ابتدا در جهت صفحه بارگذاری شوند انسجام آنها با قاب پیرامونی در دررفت‌های کوچک از بین می‌رود و عملاً دیوار از قاب دور خود جدا می‌شود در این صورت دیوار با یک شتاب نسبتاً کوچک در جهت عمود بر صفحه، دچار ناپایداری می‌شود. با توجه به ماهیت فضایی زلزله و وجود شتاب در هر سه جهت، در ابتدا میانقاب‌ها پایدارند ولی به محض اینکه در صفحه خود دررفت‌هایی را تحمل می‌کنند (حتی دررفت‌های حدود ۱٪ که کمتر از حد مجاز استاندارد ۲۸۰۰ است) دچار جدایی قابل ملاحظه از قاب می‌شوند و لذا مستعد خرابی در جهت عمود بر صفحه می‌گردند که در صورت بروز شتاب کافی در این جهت ناپایدار می‌شوند.

۱۴-۲- کرمانشاه، اسلام آباد غرب، کرند غرب، روستای پاتاق

از کرمانشاه تا کرند غرب و از جمله در شهر اسلام‌آباد غرب، شتاب زلزله مقدار قابل توجهی نسبت به مقدار شتاب مبنای طرح نبوده است و لذا گزارش این شهرها از این جهت که رفتار اعضای غیرسازه‌ای را در شتاب‌های نسبتاً کوچک نشان می‌دهد حائز اهمیت است. در شهر کرمانشاه دیوار داخلی برخی ساختمان‌ها، به خصوص برخی آپارتمان‌ها، دچار ترک‌خوردگی شده بود. به فاصله اندکی از کرمانشاه نیز تعدادی ساختمان مسکن مهر قرار داشت که نماهای آن در برخی قسمت‌ها فرو ریخته بود با توجه به فاصله زیاد این ناحیه از کانون زلزله، این اتفاق جای تأمل و نیاز به بررسی دارد.

یکی از بارزترین اشکالات در مسکن مهر اسلام‌آباد غرب، خرابی قابل توجه دیوارها و میانقاب‌ها بود در حالی که با توجه به کوچک بودن شتاب زلزله‌ای که به این ناحیه رسیده انتظار این سطح از خرابی‌ها نمی‌رفت. برخی از این خرابی‌ها در شکل ۱۴-۱ قابل مشاهده هستند.

دو ساختمان وابسته به آموزش و پرورش در این ناحیه وجود دارد که اولی مدرسه‌ای در شمال و دیگری کانون پرورش فکری در جنوب مسکن مهر قرار دارد و با وجود فاصله اندک آنها تا مسکن مهر خسارت قابل ملاحظه‌ای ندیده‌اند و کاملاً قابل استفاده هستند. تنها برخی از دیوارهای آن‌ها در مجاورت دیوار برشی متحمل ترک‌های بسیار مختصری شده‌اند که در گزارش مربوط به مدارس به صورت مفصل بیان گردید.



شکل ۱۴-۱- برخی خسارات وارد به دیوار ساختمان مسکن مهر اسلام‌آباد غرب

سلامت یا خسارت اندک ساختمان‌های غیر مهندسی و دیوارهای محوطه و همچنین سلامت ساختمان‌های شخصی‌ساز تا سه طبقه (شکل ۱۴-۲) تایید می‌کند که شتاب حداکثر در این ناحیه مقدار قابل توجهی نبوده و همانگونه که مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی اعلام کرده است حدود $0/12$ شتاب ثقل زمین است. با اطمینان نسبتاً زیادی می‌توان گفت که طیف پاسخ مربوط به این ناحیه به گونه‌ای است که شتاب معادل ساختمان‌های کوتاه تا سه طبقه نسبتاً اندک است ولی توجه به آبرفتی بودن زمین و همچنین خسارت نسبتاً زیاد یاد شده در ساختمان‌های نسبتاً بلند مسکن مهر، شتاب زلزله در پریود متناظر با این ساختمان‌ها قاعدتاً باید مقدار قابل ملاحظه‌ای باشد.



شکل ۱۴-۲- سلامت دیوارهای خانه‌های مسکونی شخصی‌ساز در اسلام آباد غرب

خسارت قابل ذکر در ساختمان‌های شهرستان کرد غرب، شامل ساختمان‌های مسکونی و اداری و تجاری، فروریزش دیوارهای محوطه برخی ساختمان‌ها بود که در شکل ۱۴-۳ نمونه‌ای از آن مشاهده می‌گردد. این خسارت یکی از شایع‌ترین اتفاقات ملاحظه شده در این زلزله در شهرهای آسیب دیده است بنابراین یکی از مواردی که نیاز به توجه جدی دارد ایمن‌سازی دیوارهای محوطه است. این خرابی در بسیاری از ساختمان‌های مسکونی، اداری و حتی برخی مدارس مشاهده شد.



شکل ۱۴-۳- نمونه‌ای از خرابی دیوارهای پیرامونی ساختمان

در پلاط دیوارهای محوطه برخی خانه‌ها و باغ‌ها آسیب دیده بودند. از دو مدرسه موجود در این روستا نیز دیوارهای مدرسه‌ای که آجری و فاقد المان‌های لرزه‌بر بود دچار آسیب‌های جدی شده بود درحالی که دیوارهای مدرسه دیگر که دارای کلاف افقی و قائم بود نسبتاً سالم مانده بود به گونه‌ای که مدرسه قابل بهره‌برداری بود (شکل ۱۴-۴).



شکل ۱۴-۴ دیوارهای مدرسه کلاف‌بندی شده روستای پاتاق

۱۴-۳- رفتار اعضای غیرسازه‌ای در شهر سرپل ذهاب

مقدار شتاب ثبت شده در شهرستان سرپل ذهاب عدد قابل توجه و بیشتر از شتاب مبنای طرح بوده است. این شتاب در نقطه‌ای از این شهر توسط مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی حدود $0.7g$ اعلام شده است. خرابی‌های زیادی در ساختمان‌ها قابل مشاهده بود. تعداد زیادی از دیوارهای موجود در ساختمان‌های شهر دچار خرابی شده بودند تعداد زیادی شیشه شکسته بود و کاملاً مشخص بود که شتاب زلزله در این شهر مقدار زیادی بوده است. یکی از مناره‌های حرم احمد ابن اسحاق دچار خرابی شده بود که در شکل ۱۴-۵ مشاهده می‌گردد.



شکل ۱۴-۵ خرابی یکی از مناره‌ها

خرابی دیوار و نمای ساختمان‌ها و خراب شدن خرپشته‌ها جزو شایع‌ترین خرابی‌ها بود که در شکل ۱۴-۶ نمونه‌هایی از آن قابل مشاهده است.



شکل ۱۴-۶- خرابی خرپشته، دیوار و نمای ساختمان‌ها

دیوار ساختمان فرماندهی نیروی انتظامی یک ساختمان ساخته شده از آجر و فاقد المان‌های لرزه بر مهندسی بود که آسیب‌های جدی دیده بود. تصویری از آن در شکل ۷-۱۴ آمده است.



شکل ۷-۱۴- خرابی دیوار محوطه ساختمان نیروی انتظامی سرپل ذهاب

ساختمان‌های مسکن مهر شهر سرپل ذهاب در دو قسمت و به دو تیپ مختلف ساخته شده‌اند. تیپ اول این ساختمان‌ها دارای اسکلت فولادی و متشکل از یک پیلوت و ۴ طبقه مسکونی هستند و به نام فرهنگیان نامگذاری شده‌اند. به رغم شتاب زیاد زلزله که در این شهر توسط دستگاه‌های مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی ثبت شده (حدود ۰/۷ شتاب ثقل زمین)، این ساختمان‌ها خسارت زیادی متحمل نشده‌اند و به نظر می‌رسد که عملکرد آن‌ها بین IO تا LS بوده و کاملاً قابل تعمیر و استفاده هستند، البته اظهار نظر قطعی در مورد آنها نیازمند سونداژ و کسب اطمینان از سلامت اتصالات آن‌ها است. شواهد نشان می‌دهد که دریافت نسبی طبقات در این ساختمان‌ها مقدار قابل توجهی نبوده به گونه‌ای که حتی صفحه فلزی که برای پوشاندن درز انقطاع بین ساختمان‌ها به کار رفته کاملاً سالم مانده است که در شکل ۸-۱۴ مشاهده می‌گردد.



شکل ۸-۱۴- سلامت ورقه فلزی بین دو ساختمان در مسکن مهر فرهنگیان

نمای این ساختمان‌ها کاملاً سالم مانده (شکل ۱۴-۹) و تنها برخی دیوارهای داخلی واحدهای مسکونی دچار ترک‌خوردگی شده‌اند که در شکل ۱۴-۱۰ مشاهده می‌گردد.



شکل ۱۴-۹- سلامت نمای ساختمان مسکن مهر فرهنگیان



شکل ۱۴-۱۰- ترک‌های ایجاد شده در یکی از دیوارهای داخلی ساختمان مسکن مهر فرهنگیان

تیپ دوم ساختمان‌ها مسکن مهر (شهرک شهید شیرودی) ساختمان‌های متشکل از ۶ طبقه و یک پیلوت هستند که خسارت‌های عمده‌ای به اعضای غیرسازه‌ای آن به خصوص دیوارها و نمای آن وارد شده است. این ساختمان‌ها بر روی یک زمین کشاورزی احداث شده است. سازه این ساختمان‌ها به رغم شتاب خیلی زیادی که در این شهر ثبت شده (حدود ۰/۷ شتاب ثقل زمین) که بیش از دو برابر شتاب مبنای طرح استاندارد ۲۸۰۰ برای این شهر است، بسیار خوب عمل کرده‌اند. به نظر نگارنده این گزارش، این ساختمان‌ها به خوبی

توانسته‌اند حداقل‌های لازم را تامین و جان ساکنین را به خوبی حفظ نمایند، با وجود اینکه روی زمین نامناسب اجرا شده و شتاب تجربه شده بیش از دو برابر شتاب مبنای طراحی آن‌ها بوده است. برخی عکس‌های مربوط به ساختمانهای مسکن مهر شهرک شهید شیروودی در شکل ۱۴-۱۱ آمده است. لازم به ذکر است که براساس اصول طراحی لرزه‌ای و تعاریف سطوح عملکرد که در استاندارد NEHRP و برخی کتب مرجع^۱ بیان شده‌اند، سازه‌های موجود در سرپل ذهاب برای زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ ساله (که بیشینه شتاب آن برای این منطقه 0.3g برآورد و در استاندارد ۲۸۰۰ معرفی شده) باید عملکرد ایمنی جانی و در زلزله با دوره بازگشت ۲۴۷۵ ساله (که بیشینه شتاب آن حدود ۱.۵ برابر زلزله قبلی و حدود 0.45g است) عملکرد آستانه فروریزش داشته باشند. برای زلزله‌های بزرگتر که عملاً همین دسته در سرپل ذهاب تجربه شد و بیشینه شتاب حدود 0.7g روی داد، انتظار می‌رود سازه‌های طراحی شده مهندسی، دچار فروریزش موضعی و حتی کامل نیز بشوند.



شکل ۱۴-۱۱- نمونه‌ای از آسیب‌های ایجاد شده به اعضای غیرسازه‌ای به ساختمان‌های شهرک شهید شیروودی

^۱ Earthquake Engineering for Structural Design, W.F. Chen, E.M. Lui, Taylor and Francis, 2005

در مجاورت مسکن مهر، ساختمان‌های شخصی ساز زیادی وجود دارند که دیوار و نمای آنها نیز، آسیب‌های جدی دیده‌اند (شکل ۱۴-۱۲). ساختمان‌های کلافدار رفتار بسیار خوبی داشتند و دیوارهای آنها به خوبی توانسته نیروی زلزله را منتقل و سازه را از آسیب زیاد حفظ نماید که نمونه‌ای از آن در شکل ۱۴-۱۳ نشان داده شده است. برخی از ساختمان‌ها نیز که المان لرزه بر مناسبی نداشتند توسط عملکرد میانقایی دیوارها از فروریزش نجات یافته‌اند.



شکل ۱۴-۱۲- خسارت وارد به دیوار و نمای ساختمان و همچنین اثر ضربه ساختمان‌های مجاور به یکدیگر در شهرک شهید شیروودی سرپل ذهاب



شکل ۱۴-۱۳- نمونه‌ای از ساختمان دوطبقه کلافدار سرپل ذهاب که خسارت اندکی متحمل شده است

یکی دیگر از اثراتی که بر اثر کنش میانقایی در برخی ساختمان‌ها به وجود آمده ایجاد طبقه نرم در پیلوت ساختمان است. بسیاری از ساختمان‌ها دارای بازشوهای بزرگی در پیلوت بودند در حالی که در طبقات، تعداد زیادی از دهانه‌ها توسط میانقاب پر شده بودند و همین امر باعث شده بود که سختی طبقات از سختی پلوت

بسیار بیشتر و منجر به بروز پدیده طبقه نرم گردد که نمونه‌ای از آن در شکل ۱۴-۱۴ مشاهده می‌گردد. بنابراین همانگونه که بند ۱-۵-۸ استاندارد ۲۸۰۰ تاکید نموده باید اثر میانقاب‌ها در تحلیل و طراحی سازه را لحاظ یا پس از تامین پایداری جانبی (عمود بر صفحه) آن‌ها را از قاب پیرامونی جدا نمود.



شکل ۱۴-۱۴- بروز طبقه نرم در پیلوت ساختمان، سرپل ذهاب

۱۴-۴- خلاصه و نتیجه‌گیری

مهمترین مطالب حاصل از بازدید از دیوار ساختمان‌های مناطق زلزله‌زده به شرح زیر می‌باشد:

۱- دیوارهای محوطه ساختمان‌ها جز آسیب پذیرترین اعضا هستند و برای پایداری‌سازی آن‌ها باید تمهیداتی اندیشید. این نوع خرابی حتی در شهرستان‌هایی که شتاب زلزله بسیار کمتر از شتاب مبنای طرح بوده نیز به چشم می‌خورد.

۲- دیوارها در جهت عمود بر صفحه دارای پایداری کافی نبوده و از صفحه خود خارج شده‌اند. لذا در استانداردها باید به تامین مقاومت کافی دیوارها و همین‌طور نماها در جهت عمود بر صفحه توجه ویژه‌ای گردد. این نوع خرابی نیز در نواحی نسبتاً دور از کانون که شتاب زلزله زیادی را تجربه نکرده نیز مشاهده می‌شود.

۳- خریشته‌ها جزو آسیب‌پذیرترین اعضای ساختمان هستند که در استانداردها، طراحی و اجرا باید توجه خاصی به آن‌ها نمود.

۴- در شهر سرپل ذهاب که شتاب نسبتاً زیادی را تجربه کرده، در طبقه اول عمده ساختمان‌های آسیب دیده، پدیده طبقه نرم روی داده و عمده انرژی در همین طبقه جذب شده است. این طبقه، اغلب ورودی پارکینگ یا مغازه می‌باشد و از میانقاب کمتری نسبت به سایر طبقات برخوردار است. بنابراین باید اثر میانقاب‌ها در تحلیل و طراحی سازه را لحاظ یا پس از تامین پایداری جانبی (عمود بر صفحه) آن‌ها را از قاب پیرامونی جدا نمود.

۵- ساختمان‌های آجری کلاف دار تا دو طبقه حتی در جاهایی با شتاب زیاد بسیار خوب عمل کرده‌اند.