

فصل پنجم

اثر زلزله بر سازه های خاص



- ۱-۵- ساختمانهای صنعتی
- ۲-۵- تجهیزات صنعتی
- ۳-۵- مخازن هوایی آب
- ۴-۵- مخازن زمینی آب
- ۵-۵- مطالعه موردی یک ساختگاه صنعتی
- ۶-۵- مخازن رو زمینی فولادی
- ۷-۵- سازه های فرودگاهی
- ۸-۵- پلها
- ۹-۵- سدها
- ۱۰-۵- کارخانه خودروسازی کرمان
- ۱۱-۵- آموخته ها
- ۱۲-۵- مراجع

۵-۱- ساختمانهای صنعتی

تجربه زلزله‌های گذشته نشان می‌دهد که قابهای شیب‌دار فولادی اغلب رفتار نسبتاً مناسبی را از خود نشان می‌دهند. سبکی این سازه‌ها از جمله عواملی است که موجب بهبود رفتار لرزه‌ای اینگونه سازه‌ها می‌گردد. قابهای شیب‌دار فولادی موجود در شهرهای بم و بروات و شهرک صنعتی بم دارای کاربری‌های گوناگون از جمله انبار، کارخانه، ورزشگاه، و ... بودند که عمدتاً رفتار مناسبی را از خود نشان دادند. به گونه‌ای که پایداری کلی خود را حفظ نموده و خسارات وارده به آنها عمدتاً غیرسازه‌ای بودند. آسیبهای وارده به اینگونه سازه‌ها را می‌توان به گروههای کلی زیر طبقه‌بندی نمود.

الف: تخریب سازه‌های الحاقی

ساختمانهای الحاقی (جنبی) قابهای شیب‌دار که اغلب بصورت مصالح بنائی آجری و بدون استفاده از درز انقطاع در کنار قابهای شیب‌دار ایجاد شده‌اند دچار تخریب و یا آسیب‌دیدگی گردیدند. نمونه‌ای از این موارد در (شکل ۵-۱) نشان داده شده است. برخورد سازه اصلی با ساختمانهای الحاقی را می‌توان به عنوان یکی از دلایل تخریب یا آسیب دیدگی ساختمانهای الحاقی دانست.

ب: فروریزش دیوارها

پرکننده‌های میانقابی در بسیاری از قابهای شیب‌دار دچار فروریزش کلی یا موضعی شده بودند. علت فروریزش اغلب پرکننده‌ها، عدم استفاده از کلافهای فولادی قائم و افقی در دیوار بود که نمونه‌ای از آن در (شکل ۵-۲) ارائه شده است همچنین در برخی از سازه‌ها اجرای نادرست سیستم مهار جانبی و شکست مهار جانبی موجب فروریزش میانقاب گردیده بود. که نمونه‌ای از آن در (شکل ۵-۳) نشان داده شده است.

ج- فروریزش نما

یکی از صورتهای آسیب ناسازه‌ای وارد به قابهای صنعتی، فروریزش بخشی از نمای ساختمان بود که نمونه‌ای از آن در (شکل ۵-۴) قابل مشاهده است. همانگونه که در این تصویر مشاهده می‌شود سازه بطور کامل پایداری خود را حفظ نموده است و تنها بخشی از نمای آجری ساختمان مورد نظر دچار ریزش شده است عمده این آسیبها در اطراف ترکهای ایجاد شده در گوشه بازشوها متمرکز بودند که عامل ایجاد آنها تمرکز تنش در آن محلها بود. همچنین در محل فصل مشترک دیوار با قاب شیب‌دار بدلیل تغییر مکان قاب تحت اثر بارهای زلزله نمای آجری ریزش نموده بود

۵-۲- تجهیزات صنعتی

تجهیزات و تأسیسات برقی و مکانیکی واحدهای صنعتی متحمل خسارات گوناگونی گردیدند. برخی از این آسیبها ناشی از پاسخ تأسیسات به تحریکات زلزله و بخش دیگر ناشی از فروریزش آوار و یا بخشهایی از سازه‌های مجاور بود. صورتهای مختلف خرابی در این تأسیسات و تجهیزات عبارتند بودند از: (شکل ۵-۵) الی (۵-۱۰)

- شکست یا ایجاد تغییر شکلهای ماندگار در لوله‌ها بدلیل تغییر مکانهای غیر یکسان
- شکست لوله‌ها و اتصالات بدلیل فروریزش آوار
- لغزش و یا دوران تجهیزات از محل اولیه
- فروافتادن محفظه‌ها و کپسولهای متحرک حاوی گازها و مواد شیمیایی
- آسیبهای وارده به ساختمانها و اتاقهای تأسیسات مکانیکی در محل عبور یا اتصال لوله‌ها

نمونه‌های متعددی از هر یک از موارد فوق‌الذکر در مجتمعهای احداث شده در شهرک صنعتی بم مشاهده گردید. نکته قابل توجه در مورد تأسیسات و تجهیزات موجود در مراکز صنعتی این است که در اغلب موارد ارزش مالی تجهیزات موجود در اتاق تأسیسات یک واحد صنعتی و نیز عملکرد آنها از نظر فنی به مراتب بیشتر از ساختمان تأسیسات مورد نظر بود. این در حالی است که در بسیاری از واحدهای صنعتی بم دقت کافی در طرح و اجرای ساختمان قسمت تأسیسات مبذول نگردیده بود. در بسیاری از موارد از ساختمانهای مصالح بنائی و غیرمهندسی به عنوان اتاق تأسیسات برقی و مکانیکی استفاده شده بود و در نتیجه، عملکرد نامناسب ساختمان موجب فروریزش قسمتهائی از سقف یا دیوار بر روی تأسیسات و آسیب دیدگی تأسیسات مورد نظر شد. عبور لوله‌ها از دیوارهای آجری اتاقهای تأسیسات بدلیل تفاوت پاسخ لوله‌ها و ساختمان به تحریک ورودی زلزله سبب ایجاد ترک‌هائی در داخل دیوار در محل عبور لوله‌ها شد. (شکل ۵-۱۰).

مهار نکردن تابلوهای برق موجب لغزش آنها گردید. همانگونه که در (شکل ۵-۷) مشاهده می‌شود تابلوی برق موجود در اتاق تأسیسات یک سردخانه حدود ۲۰ درجه نسبت به وضع اولیه خود دوران نموده بود. دوران تابلوهای برق می‌تواند موجب قطع کابل‌های برق و از کار افتادن تأسیسات گردد. فرو افتادن محفظه‌های نگهداری گازها و مواد شیمیایی و کپسولهای آتش‌نشانی واحدهای صنعتی از جمله مواردی بود که در واحدهای صنعتی گوناگون به چشم می‌خورد؛ برای مثال افتادن و یا جابجا شدن اجزای غیرسازه‌ای در یک اتاق تأسیسات در سردخانه ای در شهرک صنعتی بم موجب بسته شدن درب ورودی ساختمان مزبور و عدم امکان دسترسی به داخل ساختمان گردید.

۵-۳- مخازن هوایی آب

مخازن هوایی آب شامل مخازن هوایی فولادی و بتنی بودند که برخی از آنها دچار آسیب شدند. در این بخش از گزارش به بررسی آسیبهای وارد بر مخازن هوایی فولادی و بتنی و عوامل مؤثر در آسیبها پرداخته می‌شود.

۵-۳-۱- مخازن هوایی بتنی

در شهر بم یک مخزن هوایی بتنی به ظرفیت $500 m^3$ و به ارتفاع تقریبی 24 m وجود داشت. این مخزن حدود ۳۲ سال پیش ساخته شده بود و علیرغم حفظ پایداری کلی، در اثر پیچش دچار آسیبهایی در پای ستونها گردید. مخزن مورد نظر همانگونه که در (شکل ۵-۱۲) مشاهده می‌شود بر روی شش ستون

مستطیلی قرار گرفته بود و از فضای زیر مخزن به عنوان محل آموزش و دفتر کار اداره آتش نشانی استفاده می شد. برای ایجاد این فضا ستونهای مخزن به ارتفاع حدود $m \frac{5}{2}$ با پر کننده های میانقابی پر شده و فضای مذکور مسقف گردیده بود. آسیبهای وارده به فضای مذکور بیشتر شامل ترک خوردگی دیوارها و آسیبهای ناسازه ای بود. در اینگونه مخازن به علت عدم وجود تیرهای شعاعی در ترازهای مناسب برای تأمین نقش دیافراگم در هنگام زلزله ها پیچش اتفاق می افتد. با توجه به اینکه در محل مفصل مذکور کمانش آرماتورها مشهود بود (همانگونه که در ۵-۱۲ دیده می شود). پیکربندی نامناسب، استفاده از آرماتورهای ساده (بدون آج)، فاصله زیاد بین تنگهای عرضی (خاموتها) خصوصاً در محل بحرانی ستون که در آن احتمال تشکیل مفصل پلاستیک وجود دارد و عدم وجود تنگهای لازم در محل اتصال ستونها با حلقه عرضی بتنی را می توان از ضعفهای طراحی و اجرای مخزن مذکور بر شمرد .

۵-۳-۲- مخازن هوایی فولادی

مخازن هوایی فولادی منطقه زلزله زده پایداری کلی خود را حفظ کرده بودند و آسیبهای وارده بر آنها عمدتاً آسیبهای موضعی بود که به واسطه نقصهای اجرایی (خصوصاً در مهاربندها) ایجاد شده بود. عمده ضعفهای اجرایی مخازن هوایی فولادی موجود در منطقه عبارت بودند از :

- قطع مهاربندها در بخش پایینی مخزن (به منظور سهولت آمد و شد و ...)
 - استفاده از آرماتورهای لاغر به منظور مهاربندی
 - عدم استفاده از اتصال میان دهانه بادبندها و یا جزئیات اجرائی نامناسب در محل مزبور .
- بیشترین آسیبهای مشاهده شده در مخازن فولادی نیز شامل موارد زیر بود :
- کمانش مهاربندها بدلیل استفاده از مهاربند لاغر و عدم کاهش طول موثر با استفاده از اتصالات میان دهانه (شکل ۵-۱۳).
 - شکست مهاربند در محل اتصال مهاربندها در میان دهانه به علت نقض اجرایی در اتصال مذکور (شکل ۵-۱۴) . مهاربندها در میان دهانه تنها با استفاده از طول جوش کوتاه به یکدیگر متصل شده بودند و از هیچگونه ورقی در موضع اتصال به منظور افزایش طول جوش استفاده نشده بود.. کاهش طول جوش موجب کمبود ظرفیت جوش و در نتیجه شکست مهاربند در موضع مورد نظر گردیده بود.

۵-۴- مخازن زمینی آب

در فاصله تقریباً ۲ کیلومتری از شهر بم سه مخزن آب زمینی نیمه مدفون، هر یک به $m^3 10000$ در فاصله دورتری و یک مخزن بتنی به ظرفیت ۵۰۰۰ متر مکعب قرار گرفته بودند که در زمان وقوع زلزله در حال بهره برداری بودند و با توجه به آسیب دیدگی خطوط انتقال و قطع آب شهر، انتقال آب از این مخازن با استفاده از تانکرهای حمل آب صورت می گرفت. در خاکریز روی مخزنهای نیمه مدفون آثار جابجایی افقی مخزن نسبت به خاکریز دور آن به میزان حدود $cm 10$ در اطراف مخازن مشاهده گردید . همچنین بر روی خاکریز سقف مخزن ترکهای کششی مشاهده می شد.

۵-۵- مطالعه موردی یک ساختگاه صنعتی

شرکت روغن صنعتی جنوب تولید کننده فرآورده های نفتی نظیر روغن موتور می باشد که سازه های خاص موجود در برخی از بخشهای این مجتمع صنعتی که در فاصله یک کیلومتری از شهر بم و در مجاورت شهرک صنعتی بم قرار داشت دچار آسیب شدند .

۵-۵-۱- مخازن استوانه ای فولادی

در ساختگاه مورد بازرسی (روغن صنعتی جنوب) تعداد ۶ مخزن استوانه ای فولادی مهار نشده با سقف ثابت وجود داشت که در سه مخزن از ۶ مخزن مزبور نشت محتویات در اثر لمبر زدن مایع مشاهده گردید (شکل ۵-۱۶) در هیچیک از مخازن مورد مشاهده آثاری از بلندشدگی مخزن ، کمانش پافیلی، شکست ملحقات مخزن (نظیر لوله های متصل به مخزن) و پلکان مشاهده نگردید. همچنین سایر انواع خرابی و آثار تخلیه سریع و ناگهانی مایع در مخازن مورد بحث مشاهده نشد.

در مخازن موجود در ساختگاه مورد نظر مشکلات اجرایی نظیر قرار نگرفتن صحیح و کامل مخزن بر روی شالوده وجود داشت (شکل ۵-۱۷) .

مخازن افقی هوایی روغن دچار آسیب دیدگی قابل توجهی شده بودند. پوسته این مخازن در محل اتصال پایه ها دچار اعوجاج گردید. که در (شکل ۵-۱۸) قابل مشاهده است. به نظر می رسد این آسیب در اثر مولفه قائم قابل توجه زلزله بوجود آمده باشد. ملحقات مخازن مورد نظر نیز دچار آسیب شده بودند به گونه ای که شکست لوله های متصل به مخزن موجب تخلیه محتویات مخزن شده بود. در شکل ۵-۱۹ تخلیه روغن از محل شکست اتصال لوله های متصل به مخزن مشاهده می گردد. تخلیه مقادیر زیادی روغن در ساختگاه مورد نظر موجب پخش مواد شیمیائی به میزان قابل توجه در محوطه شده بود و با توجه به اینکه اقدامات خاصی جهت ایمنی ساختگاه تا ۳۰ ساعت پس از زلزله صورت نگرفته بود وقوع خطرات ثانویه نظیر آتش سوزی محتمل بود.

۵-۵-۲- سایر سازه ها

یک ساختمان سبک صنعتی موجود در ساختگاه مورد نظر دچار ترک در دیوارهای میانقابی و جدا شدگی آنها از ستون گوشه دیوار شده بود، لیکن مشکل سازه ای در ساختمان مورد نظر مشاهده نشد. علت این آسیب های وارده، مهار ناکافی دیوارها به ستون های ساختمان بود (شکل ۵-۲۰).

ساختمان های اداری و نگهبانی دچار فروریزش در دیوارها شده بود اما این تخریب ها خسارت های جانی در بر نداشت. دیوارهای اتاق تاسیسات در محل عبور خطوط لوله دچار ترک خوردگی شده بود.

۵-۳- رفتار غیرسازه ها

بشکه های محتوی مواد نفتی در محوطه مجتمع صنعتی مورد نظر بصورت مهار نشده بر روی یکدیگر انبار شده بودند که تحریکات ورودی زلزله موجب فروریزش این بشکه ها و نشست مواد نفتی در محوطه شده بود. با توجه به اینکه مخازن و محفظه های نگهداری مواد نفتی باید به گونه ای طرح شوند که در اثر زلزله های بزرگ محتویات خود را حفظ نمایند (حتی در صورت تخریب) مخازن نگهداری مواد نفتی در این ساختگاه اغلب عملکرد مورد انتظار را نداشته اند [۵-۲].

۵-۶- مخازن فولادی روزمینی

تجربه زلزله های گذشته نشان می دهد که عمده ترین موارد آسیب در مخازن استوانه ای فولادی رو زمینی (اعم از مهار شده و مهار نشده به قرار زیر است) .

بلند شدگی مخزن : بلند شدگی مخزن از جمله مسائلی است که می تواند در مخازن مهار نشده و حتی مهار شده بوقوع پیوندد [۵-۱]. تمایل به بلند شدگی در مخازن مهار شده می تواند موجب گسیختگی میله مهار بیرون آمدگی میله مهار از بتن، شکست اتصال مهار و حتی آسیب دیدگی پوسته مخزن در محل اتصال به مهار گردد [۵-۲].

کمانش پافیلی : کمانش پافیلی از جمله مواردی است که در اثر افزایش تنش فشاری در پوسته در نزدیکی محل کف مخزن رخ می دهد. این کمانش اغلب در اثر بلند شدگی در مخازن ایجاد می گردد. بدیهی است در صورتیکه دیواره مخزن به اندازه کافی ضخیم باشد این نوع کمانش بوقوع نخواهد پیوست .

شکست لوله ها : شکست لوله ها و اتصالات لوله ها که در اثر بلند شدگی مخزن و یا حرکت غیر همسان در لوله و مخزن رخ می دهد از آنجا قابل اهمیت است که موجب نشست مواد شیمیایی به محیط اطراف و ایجاد خسارات ثانویه در اثر آلودگی های زیست محیطی و یا آتش سوزی می گردد .

لمبرزدن مایع (Sloshing): لمبرزدن مایع در اثر حرکت هیدرودینامیک از جمله مواردی است که موجب سرریز و نشست مواد شیمیایی و گاهی آسیب به سقف و پوسته مخزن در مجاورت سقف مخزن می گردد . در یک کارخانه متروکه در مجاورت پست برق kv230 شهر بروات یک مخزن استوانه ای روزمینی فولادی وجود داشت که شکست اتصالات لوله های متصل به مخزن موجب نشست گازوئیل از مخزن شده بود که با توجه به کم بودن میزان محتویات مخزن ، مایع نشست کرده بصورت محدود پخش شده بود . به نظر می رسد یکی از دلایل شکست لوله های متصل به مخزن مذکور، تمرکز تنش در محل اتصال به دلیل پیش تنیدگی حاصل از خطا در زمان نصب و اتصال لوله ها می باشد که به دلیل هماهنگ نبودن طول قطعات لوله متصل در زمان اجراء ایجاد گردیده بود . همچنین آثار و ترکهای بجا مانده بر روی بستر مخزن مورد نظر نشان دهنده بلند شدگی مخزن تحت اثر نیروی زلزله می باشد که این نیز می تواند یکی از دلائل ایجاد شکست در لوله ها و نشست محتویات داخل مخزن باشد . هیچگونه آثاری از کمانش پافیلی در مخزن

مشاهده نشد که این امر می تواند بدلیل زیاد بودن ضخامت پوسته و یا کم بودن میزان محتویات داخل مخزن باشد شکل ۵-۲۱ الی شکل ۵-۲۳ نشانگر آسیبهای وارده به مخزن مورد نظر می باشند .

۵-۷- سازه های فرودگاهی

فرودگاه بم پایداری خود را حفظ کرده بود و برای انتقال مجروحان از شهر بم و دریافت وسائل درمانی و کمک های ارسالی به منطقه زلزله زده استفاده شد. علیرغم حفظ پایداری کلی سازه فرودگاه، آسیب های ناسازه ای بسیار زیادی به فرودگاه وارد شده بود که در (شکل ۵-۲۴) الی (شکل ۵-۲۹) نشان داده شده اند. عمده این آسیب ها عبارت بودند از :

- شکست شیشه ها در قسمت های مختلف فرودگاه
- فروریزش سقف های کاذب
- سقوط تابلوهای راهنما
- ترک خوردگی میانقابها
- ریختن بخش هایی از نمای ساختمان

فروریزش نمای بخشی از ساختمان موجب آسیب دیدگی تاسیسات مکانیکی حرارتی و برودتی شده بود که در (شکل ۵-۲۷) قابل مشاهده است.

برج کنترل فرودگاه علیرغم حفظ پایداری کلی بدلیل خسارات ناسازه ای نظیر شکست شیشه ها و فرو ریزش ناسازه ها عملکرد خود را از دست داده بود. نمای برج کنترل فرودگاه در (شکل ۵-۲۳) ارائه شده است. شکست شیشه های برج کنترل در این تصویر قابل مشاهده است. به جای این برج، از برج کنترل متحرک که ساعتها بعد از وقوع زلزله به فرودگاه آورده شد استفاده می گردید. (به شکل ۹-۱۴ در فصل نهم مراجعه فرمائید).

۵-۸- پلها

پلهای موجود در منطقه شامل پل اسپیکان در شمال شهر بم، پل خواجه عسگر و پل دو راهی جیرفت (دارزین) رفتار مناسبی را از خود نشان دادند به گونه ای که حتی پلهای آسیب دیده پس از زلزله قابلیت عملکرد خود را حفظ نمودند. صورتهای آسیب وارد به پلها عبارت بودند از:

- نشست در کوله ها
- جابجائی عرشه پلها از روی پایه
- آسیب دیدگی ملحقات

جابجائی بیش از حد عرشه پل توانست موجب سقوط عرشه و یا برخورد بخشهای مجاور در محل درز و در نتیجه ایجاد آسیب در عرشه گردد. اما جابجائی ایجاد شده در عرشه پلهای منطقه به گونه ای بود که هیچیک از موارد فوق ایجاد نگردید. آسیب دیدگی ملحقات نظیر کمانش لوله انتقال آب بدلیل حرکت

عرشه در پل اسپیکان در شمال شهر بم به وقوع پیوسته بود. (شکل‌های ۵-۳۰) الی (۵-۳۱) نشان دهنده آسیب‌های وارده به پلها می‌باشند.

۵-۹- سدها

براساس اندازه گیری های انجام شده ظاهراً میزان تراوش آب از سد جیرفت پس از زلزله حدود ۱۰٪ افزایش یافته و این مقدار همچنان ثابت باقی مانده بود. (براساس گزارش www.wrm.or.ir) مقدار ذخیره آب سد مزبور در زمان زلزله تقریباً ۱۸۰ میلیون متر مکعب بوده و حداکثر ظرفیت این سد ۴۵۰ میلیون متر مکعب می باشد [۵-۳]. سد نسا در حال ساخت بوده و در فاصله حدود ۷۵ کیلومتری از مرکز مهلرزه ای قرار داشته است و خسارتی در کارگاه آن سد گزارش نشد. در این زلزله به سد سیرجان که در فاصله زیاد از رو مرکز زمین لرزه واقع شده بود خسارتی وارد نگردید.

۵-۱۰- کارخانه خودروسازی کرمان

در این کارخانه در اثر زلزله آسیب‌های غیرسازه ای گسترده ای وارد شد و به اتومبیل‌های روی خط تولید در اثر سقوط اجزای الحاقی و همینطور سقوط خود خودروها آسیب وارد شد.

۵-۱۱- آموخته ها

بسیاری از آموخته های این زلزله باید قبلاً از زلزله های گذشته ایران نظیر زلزله منجیل [۵-۱۴] باید آموخته می‌شد در هر حال به طور خلاصه می توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- ۱- مخازن بتنی زمینی عملکرد نسبتاً خوبی را از خود نشان دادند.
- ۲- مخزن آب هوایی بتنی همانطوریکه در زلزله های قبلی نیز مشاهده گردید دچار آسیب دیدگی شد.
- ۳- در مورد مخازن زمینی فولادی حاوی مواد شیمیایی باید حتماً طراحی لازم برای مهار آنها به زمین و یا تمهیدات نظیر آن صورت گیرد.
- ۴- همانطوریکه در زلزله های گذشته ایران نیز مشاهده شده بود سازه های صنعتی نظیر قابهای شیبدار به علت سبکی و طراحی مهندسی و اجرای نسبتاً قابل قبول رفتار خوبی را در زلزله از خود نشان می دهند. ولی متأسفانه این زلزله بار دیگر نشان داد که استفاده از دیوارهای بلند آجری مهار نشده به عنوان میانقاب و عدم اتصال آنها به قاب با جزئیات مناسب می تواند باعث خطرات زیادی علاوه بر از کارافتادن تأسیسات صنعتی مربوطه گردد.
- ۵- خطاهای اولیه در اندازه گیری و نصب بخشهای مختلف تأسیسات صنعتی موجب تمرکز تنش در محل اتصالات میگردد و زمینه را برای شکست اتصالات فراهم می آورد.
- ۶- محفظه های نگهداری مواد خطرناک در صنایع شیمیایی باید به صورت مهار شده انبار گردند. عدم مهاربندی این محفظه ها می تواند منجر به فروریزش آنها و نشت مواد خطرناک در زمان وقوع زلزله گردد.

۷- اتاقهای کنترل تأسیسات برقی - مکانیکی صنایع مختلف از اهمیت زیادی برخوردارند، چرا که آسیب دیدگی آنها می تواند منجر به قطع فعالیت واحد صنعتی - حتی در صورت پایداری کامل سایر بخشهای واحد صنعتی - گردد. این در حالی است که در اغلب واحدهای صنعتی این بخشها از کیفیت اجرای مناسبی برخوردار نیستند.

۵-۱۲- مراجع

[5-1] Malhotra P.; " Practical Nonlinear Seismic Analysis of Tanks."; Earthquake Spectra, Vol 16, No.2, PP 473- 492; May 2000.

[5-2] ASCE; Guidelines for Seismic Evaluation and Design of Petrochemical Facilities, Task Committee on Seismic Evaluation and Design of Petrochemical Facilities, 1994.

[۳-۵] فرهنگی بیژن، سدسازی معاصر ایران، کیمرته ملی سدهای بزرگ ایران، ۱۳۷۷.

[۴-۵] عشقی، ساسان (۱۳۷۰)، عملکرد شریانهای حیاتی و تأسیسات صنعتی، فصل سوم، گزارش تحلیلی زلزله رودبار - منجیل، مؤسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران، ص ص ۱۰۶ - ۱۵۶.



شکل (۵-۱): تخریب ساختمانهای الحاقی قابهای شیبدار



شکل (۵-۲): فروریزش پرکننده های میانقاب به علت عدم استفاده از کلافهای فولادی قائم و افقی



شکل (۳-۵): فروریزش میانقابها به دلیل اجرای نادرست مهار افقی



شکل (۴-۵): فروریزش نما در ساختمانهای صنعتی



() :



شکل (۵-۶): شکست لوله ها در اثر ریزش آوار



شکل (۷-۵): ایجاد تغییر شکل‌های ماندگار در تجهیزات مکانیکی



شکل (۸-۵): سقوط بخش‌هایی از تاسیسات مکانیکی



شکل (۵-۹): سقوط محفظه های حاوی مواد شیمیایی



شکل (۵-۱۰): آسیب دیوار آجری در محل عبور لوله ها



شکل (۵-۱۱): مخزن هوایی بتنی شهر بم



شکل (۵-۱۲): کمانش آرماتورهای طولی و خردشدن بتن در ستون



شکل (۵-۱۳): کمانش مهاربند در مخزن هوایی فولادی



شکل (۵-۱۴): ایجاد شکست در محل اتصال میان دهانه مهاربند

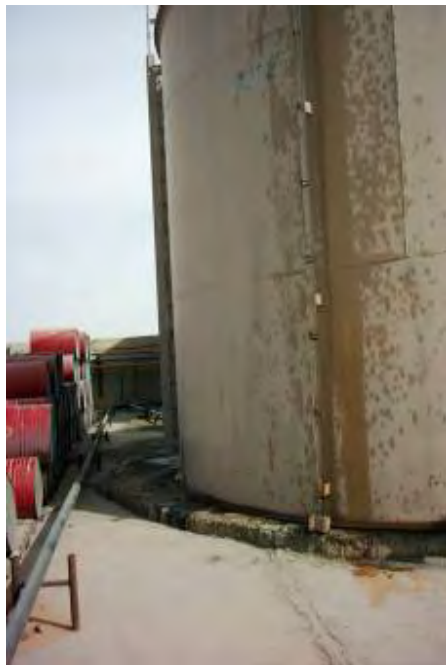


(الف):



(ب):

شکل (۵-۱۵) الف- نشست خاکریز مخزن ب: ایجاد ترک روی خاکریز مخزن



شکل (۵-۱۶): نشت مواد نفتی در اثر لمبر زدن مایع درون مخزن



شکل (۵-۱۷): فرار گیری نادرست مخزن روی بستر



شکل (۵-۱۸): قرشدگی در پوسته در محل اتصال ستون



شکل (۵-۱۹): شکست اتصال لوله مخزن و نشت روغن



شکل (۲۰-۵): عدم مهار کافی میانقاب به ستون



شکل (۲۱-۵): شکست اتصالات لوله های متصل به مخزن



شکل (۵-۲۲): شکست اتصالات لوله های متصل به مخزن



شکل (۵-۲۳): آسیب وارده بر شالوده مخزن در اثر بلند شدگی



شکل (۵-۲۴): تخریب سقف های کاذب



شکل (۵-۲۵): ریزش سقفهای کاذب



شکل (۵-۲۶): فرو ریزش تابلوهای راهنما



شکل (۵-۲۷): فرو ریزش نما و آسیب دیدگی تاسیسات مکانیکی



شکل (۵-۲۸): ترک خوردگی میانقابها



(الف)



(ب)

شکل (۵-۲۹): الف و ب: شکست شیشه های برج کنترل فرودگاه بم



شکل (۳۰-۵): ایجاد جابجائی در عرشه پل



شکل (۳۱-۵): کمانش لوله انتقال آب از موضع اولیه

فصل ششم

اثر زمین لرزه بر شریانهای حیاتی



۶-۱- مقدمه

۶-۲- سیستم های آبرسانی

۶-۳- سیستم های برق

۶-۴- سیستم های مخابرات

۶-۵- شبکه حمل و نقل زمینی و هوایی

۶-۶- آموخته ها

۶-۷- مراجع

۶-۱- مقدمه

در این فصل تاثیر زمین لرزه بم بر روی شریانهای حیاتی مورد بررسی قرار گرفته است. شریانهای حیاتی که مورد ارزیابی قرار گرفته عبارتند از سیستمهای آبرسانی، سیستم های انتقال و توزیع برق، سیستمهای مخابراتی و شبکه حمل و نقل زمینی و هوایی. شایان ذکر است که در منطقه بم شبکه انتقال گاز شهری وجود نداشت.

۶-۲- سیستم آبرسانی

۶-۲-۱- مقدمه

لوله‌کشی آب آشامیدنی شهر بم در سال ۱۳۳۲ هجری شمسی انجام شد و قبل از این تاریخ ساکنان شهر از آب انبارهای سنتی که تعداد آنها ۱۳ عدد بوده است استفاده می‌کردند که آب این آب انبارها از قنوات اطراف شهر تأمین می‌گردید [۶-۱]. سیستم آبرسانی شهر بم در سال ۱۳۵۰ توسعه یافت و سازه های مربوطه ساخته شد. در شکل (۶-۱) محل مخازن، چاهها و خطوط لوله شهر بم مشخص می باشد. براساس اطلاعات بدست آمده طول خطوط لوله انتقال آب شهر بم حدود ۴۲ km و از جنس آزبست سیمانی می‌باشد و قبل از وقوع زلزله ۲۱۸۲۷ عدد اشتراک آب در شهر بم وجود داشت. همچنین لازم به ذکر است که در آذر ماه ۱۳۸۲ (یکماه قبل از وقوع زلزله) ۹ حلقه چاه در شهر بم فعال بود. در اثر زلزله خدمت آبرسانی شهر از کار افتاد. در ادامه به بررسی المان های مختلف سیستم آبرسانی پرداخته و میزان خسارات وارده به آن که تا روز سوم زلزله مشخص شده بود شرح داده می شود. لازم به ذکر است به رفتار مخازن بتنی زمینی و مخازن هوایی در بخش سازه های خاص اشاره شده است.

۶-۲-۲- چاهها و میزان خسارات وارده به آن

اولین چاه در شهر در سال ۱۳۳۶ حفر گردید و تا قبل از آن آب شهر کماکان از قنوات تأمین می‌شد. پیش از وقوع زمین لرزه سیستم آب شرب شهر دارای ۱۲ حلقه چاه عمیق بود که آب چهار حلقه از چاهها به مخازن ذخیره هدایت می‌شد و ۸ حلقه دیگر مستقیماً به شبکه آبرسانی شهر متصل بود [۶-۱]. ۲۴ ساعت پس از وقوع زلزله، چاههای آب، مخزن مدفون، پمپها و سیستم آب و لوله‌های ارتباطی آنها به مخازن بتنی زیر زمینی مورد بازبینی شرکت آب و فاضلاب استان کرمان قرار گرفت. با توجه به سلامت سه حلقه از چاههای عمیق، پمپها و پست برق این سه چاه و لوله های ارتباطی بین چاهها و مخزن زمینی در روز دوم پس از زلزله، تزریق آب از این سه حلقه چاه به مخزن از سر گرفته شد. لازم به ذکر است که این سه حلقه چاه در زمینهای اطراف مخزن و در ضلع شمالی جاده دسترسی کرمان-بم قرار دارد.

۶-۲-۳- مخازن بتنی مدفون

شهر بم دارای چهار مخزن بتنی مدفون است که سه عدد از مخازن بتنی مدفون هر یک به حجم 10000 m^3 و یک مخزن بتنی مدفون دیگر به حجم 5000 m^3 است [۶-۱]. براساس مشاهدات محلی پس از زلزله در اطراف مخازن نشت آب مشاهده نشد و در روز دوم پس از زلزله با استفاده از پمپهای سیار، مخزن مورد بهره برداری قرار گرفت. لازم به ذکر است که از میزان حجم آب داخل مخزن در زمان زلزله اطلاعی در دست نیست و خسارات وارده به داخل مخزن با توجه به عدم امکان بازدید از آن در زمان ارزیابی، قابل تشخیص نبود و انجام دقیق بازدید از مخزن لازم بنظر می آید.

۶-۲-۴- سیستم تصفیه آب (کلرزی)

شهر بم دارای تصفیه خانه نبوده و آب آشامیدنی شهر بم تنها بوسیله چند سیلندر کلرزی تصفیه شیمیایی می شد. سیستم کلرزی که از یک اتاق کلرزی تشکیل می شده است در ساختمان مخازن قرار داشت. اتاق کلرزی دچار صدمه خاصی نشد و کپسولهای 800 kg حاوی گاز نیز دچار جابه جایی و یا خسارت خاصی نشدند و تنها به علت قطع برق گاز کلر نشت کرد. خوشبختانه با توجه به اعزام افراد آموزش دیده و تجهیزات کامل نظیر کپسول اکسیژن و گاز آمونیاک برای مهار نشت احتمالی گاز کلر از سوی شرکت آب و فاضلاب کرمان در روز دوم پس از زلزله مسأله نشت ناچیز گاز کلر نیز مرتفع گردید. در صورتی که لوله های انتقال کلر دچار صدمه می شد با توجه به فاصله کم اتاق کلر با جاده دسترسی بم-کرمان امکان وقوع مسمومیت توسط گاز بسیار خطرناک کلر بوجود می آمد که می توانست باعث فاجعه انسانی دیگر گردد. لازم به ذکر است که باید در جلوی اتاق کلر زنی حوضچه آب آهک قرار داشته باشد تا در صورتیکه کپسولهای حاوی کلر دچار صدمه و نشت شد به داخل حوضچه انداخته شود تا از پراکندگی گاز آن در هوا جلوگیری به عمل آید که چنین حوضچه ای در محل وجود نداشت. سیستم کلرزی و همچنین مخزن کلر که عملیات ارزیابی آن انجام گرفته در شکل (۶-۲) و (۶-۳) نشان داده شده است.

۶-۲-۵- لوله های انتقال

لوله های انتقال و توزیع شهر از جنس آریست سیمانی بوده است و پس از وقوع زلزله به علت شکست لوله های انتقال، آب شهر قطع گردید. به علت اینکه لوله های انتقال آب از مخازن به شهر دچار شکست شده بودند شیرهای خروجی مخزن زمینی بسته شد تا از هرز آب در محل های شکست جلوگیری به عمل آید و عمل تعمیر خرابیها راحت تر صورت پذیرد. طبق اظهارات افراد اعزامی شرکت آب و فاضلاب استان کرمان، تا تاریخ ۸/۱۰/۸۲ تعداد شکست در سیستم انتقال آب شهر بم ۵ الی ۶ نقطه برآورد گردیده بود که در شکل (۶-۱) محل دو مورد از شکستها نشان داده شده است.

۶-۲-۶ - قنوات و آب کشاورزی

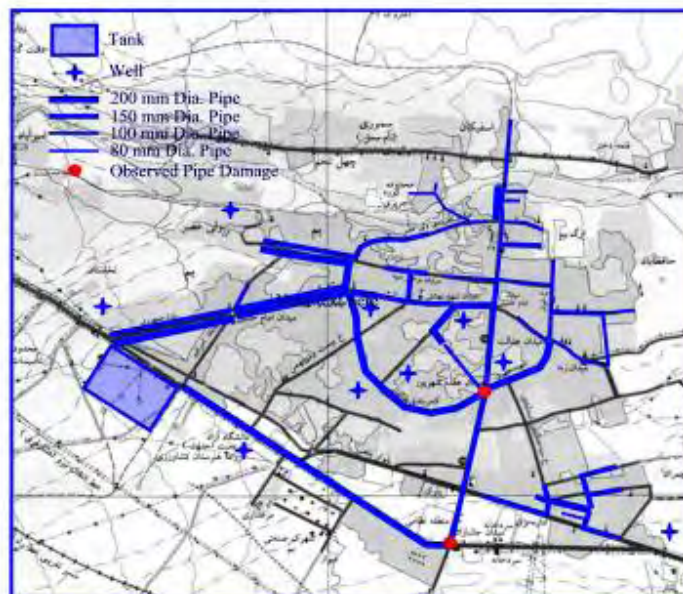
آب مصرفی بخش کشاورزی از چاهها و قنوات تامین می شد که در اثر زمین لرزه ۵۰ قنات (با توجه به اظهارات استاندار کرمان) تا ۱۰۰ درصد دچار صدمه شد.

۶-۲-۷ - بازیابی شبکه توزیع آب

تیم بازیابی از صبح روز دوم، تعمیر و بازیابی را آغاز کرد. تیم تعمیر فاقد دستگاههای نشت یاب بودند و تنها از روی نشت آب در معابر به محل نشت پی برده می شد و پس از حفاری محل نشت با توجه به اینکه شیرهای آب بالادست محل شکست بسته شده بود آب انباشته شده در حفره های محل شکست تخلیه می شد. به علت اینکه تیم تعمیر برای تخلیه آب گودال محل شکست به پمپ سیار مجهز نبود از ماشین آلات راه سازی برای تخلیه آب استفاده می شد (شکل ۴-۶). در شکل (۵-۶) شکست ایجاد شده در لوله به قطر ۱۵۰ میلی متر نشان داده شده است. همانطوری که از شکل (۶-۶) و (۷-۶) مشخص است جنس لوله در محل شکست از نوع آریست سیمانی است.

۶-۲-۸ - آبرسانی در زمان قطع شبکه

با توجه به شکست لوله های انتقال آب به شهر بم و قطع آب، آبرسانی به بازماندگان زمین لرزه از طریق تانکرهای آب که از شهرهای مجاور به بم ارسال شد انجام می گرفت. بدین ترتیب که مطابق شکل (۸-۶) بوسیله پمپ موقتی که بر روی دریچه مخزن زمینی قرار گرفته بود، آب به تانکرها منتقل می شد و توسط این تانکرها به سطح شهر منتقل می شد و در اختیار مردم قرار می گرفت. در روز دوم پس از زلزله تعدادی مخزن ثابت آب نیز در سطح شهر قرار داده شد. در روزهای اول بعد از زلزله آب آشامیدنی مردم از طریق بطری های آبی که بصورت امدادی به شهر آورده شده بود تأمین می شد.



شکل (۶-۱): پلان سیستم آبرسانی شهر بم و تعدادی از شکستهای مشاهده شده در آن



شکل (۶-۲): نمایی از سیستم کلرزی و لوله مرتبط به آن



شکل (۳-۶): نمایی از مخزن کلر زنی در حال انجام تعمیرات



شکل (۴-۶): تخلیه گودال حفر شده در محل شکست لوله و تخلیه آب نشت پیدا کرده با بیل مکانیکی



شکل (۵-۶): نشت آب از محل شکست



شکل (۶-۶): تعویض اتصالات قدیمی و جدید



شکل (۶-۷): قسمت صدمه دیده لوله آبستی



شکل (۶-۸): انتقال آب از مخزن زمینی به تانکرهای حمل آب بوسیله پمپ سیار



شکل (۶-۹): تانکرهای حمل آب در زمان قطع شبکه

۶-۳- سیستمهای برق

۶-۳-۱- مقدمه

برق شهر بم بوسیله یک خط ۲۳۰ کیلو ولتی تأمین می شود که بعد از تبدیل ولتاژ در پست ۲۳۰ کیلو ولت شهر توسط خطوط ۲۰ کیلو ولت به داخل شهر منتقل شده و بوسیله ترانس هایی به برق ۲۲۰ ولت تبدیل شده و توسط خطوط فشار ضعیف توزیع می شود. مجموع طول خطوط لوله فشار قوی و ضعیف شهر ۶۰۰ کیلومتر بوده است. همچنین در منطقه زلزله حدود ۶۰۰ km خط فشار ضعیف و یک پست برق kv230 وجود دارد که در شکل (۶-۱۰) خط فشار قوی و پست برق kv230 نشان داده شده است. سیستم برق شهر بم و بروات در اثر زلزله از کار افتاد. خسارات مختلفی بر سیستم برق وارد شد که در ادامه به آنها اشاره می شود.

۶-۳-۲- پست kv 230

پست برق kv 230 مجاور شهر بم متشکل از دو قسمت kv230 و kv 132 و ساختمانهای اداری بود. دیوارهای محوطه پست به علت عدم وجود پشت بند (لغز) کاملاً واژگون شده و تخریب شدند. شکل (۶-۱۲) که واژگونی این دیوار بر روی تیرهای برق باعث واژگونی و صدمه تیرهای برق مجاور آن شد شکل (۶-۱۳). نمایی از قسمت kv 132 برق در شکل (۶-۱۱) نمایش داده شده است. در اثر زمین لرزه تعداد بسیاری از مقره‌های موجود در پست برق دچار شکست گردید و روغن موجود در آنها به بیرون جاری شد. به طوری که تنها در قسمت kv132 حدود ۱۳ مقره دچار شکست گردید (شکل ۶-۱۴ و ۶-۱۵). لازم به ذکر است که تعداد مقره‌های شکسته شده در قسمت kv230 بیشتر از تعداد مقره‌های شکسته شده در قسمت kv132 بود و خسارتهای وارد به این قسمت نیز بیشتر از قسمت kv 132 برآورد می گردد.

همچنین ترانسفورماتورهای kv132 و kv230 موجود در پست برق دچار لغزش شد و مقره‌های آن دچار شکست گردید. نمای کلی ترانسفورماتور kv132 در شکل (۶-۱۶) نمایش داده شده است. همانطور که از شکل (۶-۱۷) و شکل (۶-۱۸) مشخص است در اثر لغزش این ترانسفورماتور چرخها از ریل خارج شد و پینهای نگهدارنده آن نیز از محل خود خارج گردید.

اما در ترانسفورماتور kv230 میزان لغزش بسیار بیشتر بود. نمای کلی این ترانسفورماتور در شکل (۶-۱۹) نمایش داده شده است. در شکل (۶-۲۰) میزان جابجایی ترانسفورماتور که حدود ۴۰ سانتی متر است مشخص می‌باشد. در اثر این جابه‌جایی غلتکها از روی ریل خارج شدند و نبشی زیر ترانسفورماتور کاملاً لهیده شد و یکی از ریلها دچار شکست گردید. علت این جابجایی جرم زیاد ترانسفورماتور و میزان شتاب است که در نتیجه آن نیروی زیادی به ترانسفورماتور وارد می‌شد. وزن این ترانسفورماتور حدود 130 Ton می‌باشد. همچنان که از شکل (۶-۲۳) نیز مشخص است جابه‌جایی ترانس باعث کشیدگی کابل‌های متصل به زیر ترانس نیز شده است.

همانطور که از شکل (۶-۲۷) الی شکل (۶-۲۹) مشخص است پایه یکی از مقره‌ها نیز دچار تغییر شکل ماندگار گردید. مطابق شکل (۶-۲۸) با این حال که کوپل نیرو (لنگر) وارد به پایه نسبتاً زیاد بود پیچها دچار شکست کششی نشد و ناودانی زیرپایه دچار تغییر شکل شد. بدین ترتیب که بالهای یکی از ناودانیها به هم نزدیک شده و در ناودانی دیگر بالها از هم دور شدند و ناودانیها دچار تغییر شکل ماندگار گردید. مطابق شکل (۶-۲۸) یکی از نبشی‌های مورد استفاده به عنوان ستون در پایه نیز دچار کمانش شد. البته به علت اینکه مقره‌های موجود بر روی این پایه از جنس چینی و شکننده بود مقره دچار شکست شد و عملاً رفتار شکل پذیر پایه سودی در حفظ مقره نداشت.

مطابق شکل (۶-۳۰) دیوارهای ساختمان اداری پست برق که از نوع سازه سبک فلزی است دچار تخریب شد که علت آن نسبت ارتفاع به ضخامت زیاد دیوار و عدم وجود پشت بند در دیوار بود.

۶-۳-۳- خط انتقال فشار قوی

در خط انتقال برق فشار قوی 230kV خسارتی مشاهده نشد.

۶-۳-۴- خطوط انتقال فشار ضعیف

خطوط انتقال فشار ضعیف دچار خسارت بسیار شدیدی شدند. در این خطوط بسیاری از تیرهای برق یا ترانسهای موجود بر روی آنها دچار خسارت شد. به طور کلی موده‌های شکست مختلف مشاهده شده در تیرهای برق عبارتند از:

۱- خسارت وارد بر تیرهای برق در اثر ضربه آوار سازه‌های مجاور، نظیر تخریب دیوارها بر روی تیرهای برق.

۲- شکست تیرهای برق در میانه ارتفاع تیر برق (شکل (۶-۳۱)).

۳- کمانش آرماتورهای طولی بعلت خرد شدن پوشش بتنی و عدم وجود تنگ برای جلوگیری از کمانش آرماتور (شکل (۶-۳۲)).

۴- صدمه به ترانسهای برق هوایی که علت آن در رفتن ترانس از روی نبشی‌های زیرسری یا صدمه دیدن محل اتصال نبشی‌ها به تیر می باشد (شکل (۶-۳۳)).

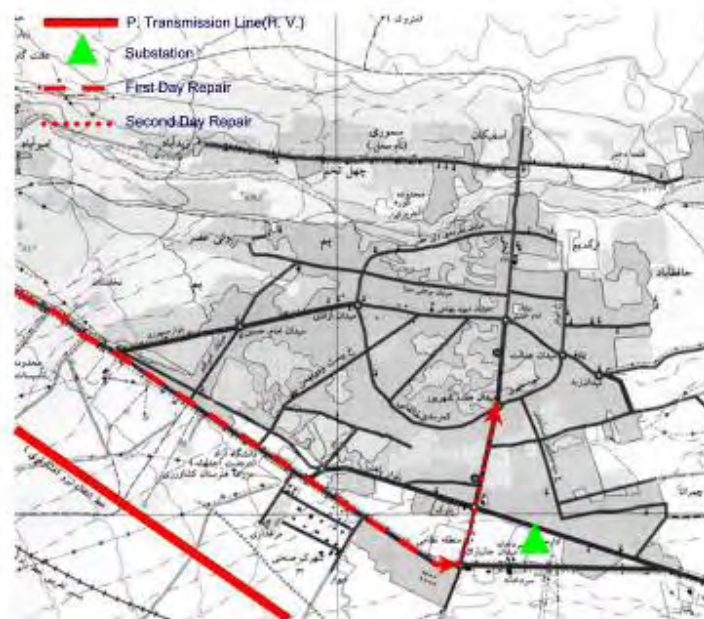
۵- فروافتادن چراغهای روشنایی خیابانها که به صورت یک طره به تیرهای برق متصل بودند و احتمالاً مؤلفه قائم زلزله در شکست آنها موثر بوده است (شکل (۶-۳۴)).

۶- دوران تیرهای برق به همراه شالوده تیر برق که در اثر لنگر واژگونی اتفاق افتاد.

در اثر تخریب ساختمانها، اکثر انشعابهای مشترکین نیز کاملاً دچار تخریب شد که نمونه ای از آن در شکل (۶-۳۵) نشان داده شده است.

۶-۳-۵- بازیابی سیستم

خطوط انتقال برق از این جهت دارای اهمیت هستند که عملکرد دیگر شریانهای حیاتی نظیر خطوط انتقال آب و مخابرات به آن وابسته می باشد. به عنوان مثال می توان از استفاده از برق در سیستم انتقال آب برای به کار انداختن پمپها و همچنین استفاده از برق در سیستمهای موبایل و تلفن نام برد. مقاره های پست برق kv230 مجاور شهر بم تا ۶۰ ساعت پس از زلزله بازیابی شد و تا ۵ روز پس از زلزله نیز ترانسفورماتورها تعمیر شد. لازم به ذکر است که در پست kv230 برق تعداد زیادی تیر برق دپو شده است که به احتمال زیاد از آنها برای بازیابی تیرهای صدمه دیده استفاده خواهد شد که این تیرها نیز در برابر زلزله آسیب پذیر هستند. در شکل (۶-۱۰) میزان پیشرفت بازیابی خطوط فشار ضعیف برق در روزهای اول و دوم پس از زمین لرزه نشان داده شده است. به علت تخریب کامل ساختمانها، انرژی برق تنها در شبکه سراسری جریان پیدا کرد و بر حسب نیاز متقاضیان انرژی برق بین آنها توزیع گردید. یکی از دلایل اهمیت تسریع بازیابی شبکه انتقال برق در منطقه زلزله زده وجود سرد خانههای نگهداری میوه هایی نظیر خرما است که در صورت نبود برق به مدت ۳ الی ۴ روز محصولات دچار فساد می شوند.



شکل (۶-۱۰): نقشه خط فشار قوی، پست برق و بازیابی سیستم در دو روز اول



شکل (۶-۱۱): نمایی از قسمت 132 kv پست برق شهر بم



شکل (۶-۱۲): تخریب دیوار نگهبان پست برق به علت عدم وجود لغز در دیوار



شکل (۶-۱۳): صدمه ایجاد شده در تیر برق در اثر تخریب دیوار



شکل (۶-۱۴): شکست مقره های از جنس چینی ترد شکن



شکل (۶-۱۵): فروافتادن مقره های از جنس چینی ترد شکن



شکل (۶-۱۶): نمای ترانسفورماتور 132 kv



شکل (۶-۱۷): افتادن ترانسفورماتور 132 kv از روی ریل



شکل (۶-۱۸): خروج ترانسفورماتور 132 kv از روی ریل



شکل (۶-۱۹): نمای ترانسفورماتور 230 kv



شکل (۶-۲۰): لغزش ترانسفورماتور و خروج پینها از محل خود



شکل (۶-۲۱): شکست جوشها و تابیدگی نبشی نشیمن ترانسفورماتور



شکل (۶-۲۲): لهیدگی نبشی نشیمن و شکست ریل زیر سری



شکل (۶-۲۳): کشیدگی کابلها در اثر لغزش ترانسفورماتور



شکل (۶-۲۴): پاره شدن نبشی زیر سری



شکل (۶-۲۵): اعوجاج نبشی زیر سری و شکست ریل



شکل (۶-۲۶): جابجایی ترانسفورماتور از روی ریل



شکل (۶-۲۷): دوران پایه یکی از مقره ها



شکل (۶-۲۸): کمانش پایه مقره



شکل (۶-۲۹): تغییر شکل ماندگار ایجاد شده در ناودانی



شکل (۶-۳۰): فرروپختن دیوار ساختمان اداری پست برق



شکل (۳۱-۶): شکست ایجاد شده در تیر برق



شکل (۳۲-۶): شکست پوشش بتنی و کمانش آرماتورهای طولی



شکل (۳۳-۶): دوران ترانس برق در محل خود



شکل (۳۴-۶): شکست روشنایی متصل به تیر برق



شکل (۶-۳۵): صدمه دیدن انشعاب برق در اثر تخریب ساختمان

۶-۴- سیستم های مخابراتی

۶-۴-۱- مقدمه

شهر بم دارای سه مرکز مخابراتی شامل مرکز شهید اعتمادی (مرکز آنالوگ)، مرکز امامت (مرکز PC) و تاسیسات مایکروویو می باشد. شهر بروات دارای یک مرکز مخابراتی بود. سیستم شهر بم و بروات شامل تلفن ثابت، سیار و بی سیم شهر در اثر زلزله از کار افتاد که در ادامه به تشریح خسارات وارده پرداخته می شود.

۶-۴-۲- مراکز تلفن

مرکز تلفن شهرستان بم شامل دو مرکز ده هزار شماره ای تلفن و یک مرکز مایکروویو بود. که در اثر وقوع زلزله هر دو مرکز از کار افتاد. در مرکز شهید اعتمادی رکهای تجهیزات آنالوگ علی رغم مهار نسبی بر روی هم فرو افتادند و تاسیسات سویچ ها دچار تخریب کلی گردید. در مرکز PC امامت که در میدان بزرگ شهر قرار دارد دیوارها و سقف های کاذب دچار تخریب شدند و باتریها واژگون گردیدند و یکسو کننده نیز واژگون شد. ساختمانهای مرکز مایکروویو، دچار خسارات قابل توجهی شدند. در مرکز مخابرات شهر بروات تعدادی از دیوارهای پرکننده دچار تخریب شدند و باطری های برق اضطراری نیز واژگون گردید. در شکل (۶-۳۶) و شکل (۶-۳۷) صدمات وارد به ساختمان مخابرات شهر بروات نشان داده شده است. در شکل (۶-۳۸) باتریهای خراب شده موجود در زیر زمین این ساختمان نشان داده شده است.

۶-۴-۲- دکلهای مخابراتی

بر اساس گزارشهای دریافت شده هیچ یک از دکلهای مخابراتی دچار آسیب نشدند.

۶-۴-۴- خطوط مخابراتی

به علت تحت کشش قرار گرفتن کابلها و فیبرهای نوری، ارتباطی تلفنی شهرستانهای کهنوج و جیرفت با دیگر مناطق قطع گردید. از خرابی وارده بر خطوط مخابراتی داخل شهر اطلاعاتی در دسترس نیست ولی در سطح شهر به علت تخریب واحدهای ساختمانی صدماتی انشعابات مشترکین دچار خسارت گردید که نمونه ای از آن در شکل (۶-۴۰) قابل مشاهده است.

۶-۴-۵- بازیابی سیستم

ده درصد ظرفیت موبایل شهر بم تا ساعت ۱۰ روز اول زلزله ترمیم گردید اما به علت تراکم زیاد تماسها عملاً شبکه موبایل کارایی خود را از دست داد. تا آخر روز دوم پس از زلزله ظرفیت اولیه شبکه برگردانده شد و با نصب دستگاههای جدید ظرفیت موبایل به دو برابر ظرفیت قبل از زلزله افزایش پیدا کرد بطوریکه

در روز سوم پس از زلزله ۲۶۰۰۰ تماس موبایل در بم انجام پذیرفت و تعداد تقریبی ۱۰ شماره تلفن ثابت در ساعت روز دوم ساعت ۱۰ پس از زلزله راه‌اندازی گردید^۱.
 مأمورین برق کرمان در صبح روز سوم پس از زلزله در حال نصب باطریهای جدید در ساختمان مخابرات بودند که در شکل (۳۹-۶) نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در زمان بازیابی سیستم مخابرات هیچیک از کارکنان محلی مخابرات حضور نداشتند و مأمورین کرمان با شکستن درهای ورودی ساختمان به آن دسترسی پیدا کردند. همانطور که از شکل (۴۱-۶) مشخص است باتوجه به قطع برق از شهرهای نزدیک بم دیزلهای سیار به بم منتقل شد تا برق موردنظر در مراکز مخابرات تأمین گردد.



شکل (۳۶-۶): ساختمان مخابرات شهر بروج



شکل (۶-۳۷): خسارت وارد به میانقابها در ساختمان مخابرات براوات



شکل (۶-۳۸): باتریهای واژگون شده در مرکز مخابرات براوات



شکل (۶-۳۹): جایگزینی باتریهای صدمه دیده با باتریهای جدید



شکل (۶-۴۰): صدمه دیدن انشعابات تلفن در اثر صدمات وارد به ساختمان



شکل (۶-۴۱): دیزل سیار تولید برق در یکی از مراکز مخابرات شهر بم

۶-۵- شبکه حمل و نقل زمینی و هوایی

در ادامه به بررسی آسیب های وارده به شبکه حمل و نقل منطقه پرداخته می شود.

۶-۵-۱- راههای اصلی

نقشه راههای ارتباطی منطقه زلزله زده در شکل (۶-۴۲) نشان داده شده است. در راههای ارتباطی خسارت خاصی مشاهده نشد و تمامی راههای اصلی بین بم - کرمان، بم - زاهدان برقرار بود. همانطور که از این شکل مشخص است در این منطقه سه پل مهم دارزین، خواجه عسگر و اسپیکان وجود دارد که پس از زلزله به سرویس دهی خود ادامه دادند. خسارات مشاهده شده در این پل ها در بخش سازه های خاص آورده شده است.

۶-۵-۲- خیابانهای داخل شهر

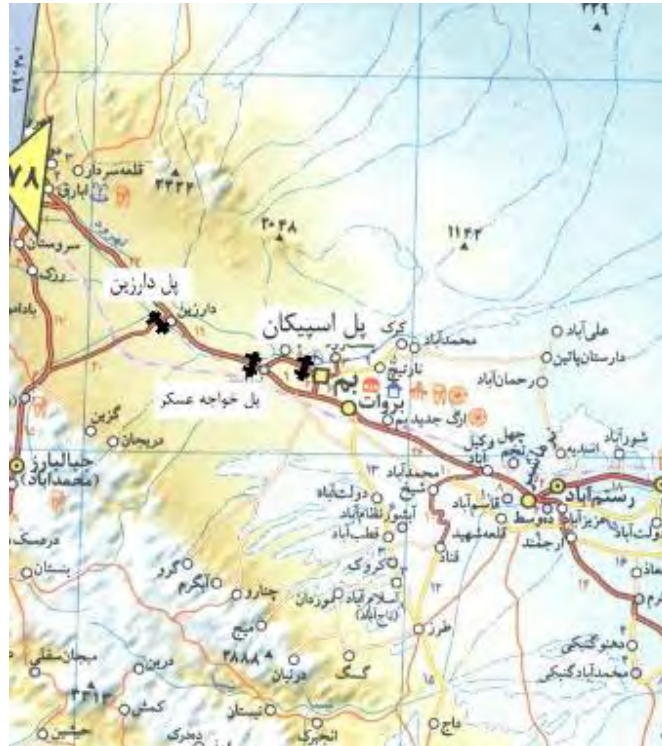
در شبکه خیابانهای داخلی شهری آوار ناشی از ساختمانها باعث بسته شدن بعضی کوچهها گردید اما خیابانهای اصلی تماماً باز و قابل استفاده بود. در منطقه براوات ایجاد فروچاله باعث خسارت یکی از خیابانها گردید که در شکل (۶-۴۳) نشان داده شده است.

۶-۵-۳- راه آهن

در خط آهن کرمان بم خسارتی گزارش نشد لازم بذکر است که قرار بود این خط آهن در بهمن ماه ۱۳۸۲ افتتاح گردد اما بعلت وقوع زمین لرزه این خط آهن بطور اضطراری مورد استفاده قرار گرفت.

۶-۵-۴- شبکه حمل و نقل هوایی

در سازه های فرودگاه شهر بم خسارت سازه ای مشاهده نشد اما نا سازه ها در ساختمان فرودگاه بشدت دچار آسیب گردید. در برج مراقبت فرودگاه ناسازه ها دچار آسیب شد و شیشه های برج شکست و برج کنترل از سرویس دهی خارج گردید و پس از زلزله از ماشین پرتابل بعنوان برج مراقبت سیار استفاده شد.



شکل (۶-۴۲): نقشه راههای ارتباطی منطقه بزم



شکل (۶-۴۳): فروچاله ایجاد شده در خیابانهای براوات

۶-۶- آموخته ها

در این زلزله از آسیب های وارده به شریان های حیاتی آموخته هایی کسب شد. گرچه این خسارات در زلزله های گذشته نیز اتفاق افتاده بود و به آن توجهی نشده بود و متأسفانه مجدداً در این زلزله تکرار شد.

سیستم های آبرسانی

۱. رفتار نامناسب و ترد لوله های آزیست سیمانی و شکست آنها در چندین نقطه .
۲. واکنش مناسب شرکت آب و فاضلاب کرمان و شهرهای نزدیک بم در ارسال ماشین های آبرسانی به بم و شروع توزیع آب بوسیله ماشین آلات در سطح شهر از روز دوم پس از زلزله.
۳. لزوم استفاده از لوله های شکل پذیر در شبکه های آبرسانی
۴. لزوم دیو تجهیزاتی نظیر پمپ های آب و ماشین آلات حمل آب در ساختمانهای مناسب در هر شهر برای شرایط بحرانی
۵. لزوم تعبیه ژانراتورهای برق در محل پمپها به علت اینکه به احتمال زیاد در زمان وقوع زلزله برق قطع خواهد شد.

سیستم های برق

۱. اهمیت شبکه انتقال برق از این نظر که به دیگر شریانهای حیاتی نظیر آب و مخابرات نیز سرویس می دهد.
۲. آسیب پذیری بسیار زیاد مقره ها که از چینی تردشکن در آنها استفاده می شود و در اثر شکست آن روغن داخل آن به بیرون نشت خواهد کرد.
۳. وزن زیاد ترانسفورماتورها باعث اعمال زیاد نیرو به آنها می شود که در اثر مناسب نبود اتصال آنها به ریل باعث لغزش ترانسفورماتور و در نتیجه آسیب دیدن آن می شود.
۴. آسیب پذیری شدید تیرهای برق موجود و همچنین ترانسهای متصل به آنها.
۵. لزوم طرح روشناییها برای مؤلفه قائم زلزله به علت اینکه به صورت طره اجرا می شوند و در اثر مؤلفه قائم زلزله نیروی زیادی به آنها اعمال می شود.
۶. لزوم وجود نامعینی در شبکه های برق و اجرای شبکه برق بصورت حلقه های متعدد که ضریب اطمینان بیشتری پس از وقوع زلزله بوجود می آورد.

سیستم های مخابرات

- ۱- لزوم مهار کامل ناسازه ها در ساختمانهای مخابرات
- ۲- اهمیت وجود سیستم های تولید برق اضطراری برای بکار انداختن دستگاهها پس از زلزله

- ۳- رفتار مناسب ساختمانهای مخابرات در زلزله بم بطوریکه این ساختمانها از نظر سازه ای دچار مشکل نشدند و خسارتهای دیده شده در این ساختمانها بصورت فرو ریختن میانقابها و خسارتهای ناسازه ها بود.
- ۴- عملکرد مناسب سیستم های مخابراتی موبایل در زلزله.
- ۵- مهار کردن سویچ های مخابراتی جهت جلوگیری از فروافتادن آنها.
- ۶- لزوم مهار باطری های موجود در تأسیسات مخابراتی .

شبکه حمل و نقل زمینی و هوایی

به طور کلی شبکه حمل و نقل در زلزله دچار خسارت عمده ای نشد و پس از زلزله به سرویس دهی ادامه داد بطوریکه خط آهن بم - کرمان که تا موقع وقوع زلزله زمین لرزه به بهره برداری نرسیده بود پس از زلزله بطور اضطراری مورد بهره برداری قرار گرفت.

عملکرد بسیار خوب سیستم حمل و نقل هوایی در منطقه بطوریکه با حجم زیاد پروازها، هیچ حادثه ای رخ نداد.

۶-۷- مراجع

[۱-۶] گزارش طرح جامع شهر بم (۱۳۷۰ الی ۱۳۷۴)، شرکت مهندسين مشاور آرمان شهر

