یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، CESC 2004
1 تا 4 دیماه 1383- دانشگاه هرمزگان

بررسی زلزله بم و رفتار سازه های مختلف موجود در بم

اعظم طالقانی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

چکیده

با توجه به زلزله بم و اثرات آن بر روی ساخت و ساز ، منابع انسانی ومالی ،نوشتن وتحقیق درباره زلزله ضرورت بیشتری می‌یابد تامگرپس از توصیه های مداوم وتحمل رنجهای عمیق به خود بیاییم ودر جهت ساخت وساز چه به عنوان کارفرما وچه به عنوان مهندس طراح جدی‌تر به مسله زلزله بنگریم .در این مقاله با توجه به مسله ژئوتکتونیکی ایران به بررسی مسائل متعاقب زلزله ورفتارسازه ها وبه طور اخص زلزله بم پرداخته شده است . تحلیل وضعیت سازه های کشور ،بررسی انواع شکست وروشهای پیشنهادی مثل طراحی لرزه ای روشهای مقاوم سازی وایمن سازی خانه های سنتی وبناهای تاریخی قسمت اصلی مقاله را در بر می گیرد .وبه عنوان تجربه وتجربه پذیری زلزله بم مورد بررسی قرار گرفته ،معرفی شهرستان بم ،توز یع خسارات ناشی از زلزله ،اثر زلزله بر ساختمانهای موجود در شهر بم ،اثر زلزله بر ارگ تاریخی بم ودر نهایت درس هایی‌که از زلزله بم گرفتیم ، موضوعاتی است که در این بخش گنجانده شده است به امید این که گامی کوچک در جهت آبادانی ایرانم بردارم .

مقدمه :

هربنایی که بود بر روی آب — گر همه آهن بود گردد خراب
هیچ چیزی نیست ز آهن سخت تر — هم بنا در آب دارد ، در نگر
هر چه را بنیاد بر آبی بود — گر همه آهن بود ، خوابی بود
آب هرگز کس نبیند پایدار — کی بود بر آب بنیاد استوار ؟

((عطار، منطق الطیر))

می دانیم که کشور پهناور و کهنسال ایران در طول تاریخ ، چندین بار شاهد نابودی تمدن ها و بسیاری از شهرهایش در اثر زلزله بوده و بارها اثرات زیانبار یک زلزله ی کوتاه مدت چند ثانیه ای از نظر اقتصادی ، اجتماعی ، سیاسی و فرهنگی بر جامعه اثر گذاشته و سرنوشت چندین نسل از جامعه را دستخوش تغییرات عمده و اساسی نموده است .

کشور ما بر روی کمربند زلزله خیز آلپ – هیمالیا واقع شده است (به ویژه امتداد سلسله جبال البرز ، زاگرس و کوههای کپه داغ) علاوه بر وضعیت ژئوتکتونیکی ناشی از چین خوردگی آلپی ، باز شدن دریای احمر (سرخ) و حرکت تدریجی عربستان به سمت ایران و گسترش اقیانوس هند و فرورانش پیوسته اقیانوسی عمان به زیرمکران نیز فشارهایی به کشورمان وارد می کند .

فعالیت ایران زمین ، یک پهنه در حال دگر شکلی فشاری است ایران زمین در واقع فلات سستی می باشد که دستخوش جنبشهای کوهزایی برخوردی چندی شده و دست کم از حدود 20 میلیون سال پیش تا کنون در یک رژیم

زمین ساختی فشاری بین دو بلوک سخت عربستان و اوراسیا (آسیا – اروپا) قرار گرفته است . جنبشهای فشاری پی آمد حرکت این بلوکها ، سبب ستبر شدگی ، کوتاه شدگی پوسته ایران زمین در راستای گسلهای معکوس و چین خوردگی در راستای شمال غرب – جنوب شرقی شده است . گرفتار شدن فلات ایران زمین بین لبه های مهاجم عربستان و هندوستان ، ناحیه همگرای در بند بی همتایی را در راستای نوار آلپ – هیمالیا تشکیل داده که پوسته جامد زمین ناگزیر دستخوش کوتاه شدگی و ستبر شدگی در راستای گسلهای بی شماری است . با توجه به این وضعیت متوجه می شویم که ایران گسلهای فراوانی در همه مناطق خود چه نواحی کوهستانی و چه نواحی مرکزی دارد . (1)

بحث زلزله ، پیامدهای آن ، پیشگیری و مقابله با آن یک بحث جدی و همیشگی برای ایران زمین و ایرانیان می باشد . بنابراین مقاوم سازی بناها و ایمن نگه داشتن جان انسانها وظیفه خطیری است که بر عهده هر طراح و محاسب ساختمان می باشد .

1- بررسی تحلیل وضعیت سازه های کشور

ساختمانهای قدیمی کشور به طور عمده متشکل از عناصر باربر (دیوارهای حمال) و طاقهای ضربی و ساختمانهای به نسبت جدیدتر (20 سال گذشته) دارای اسکلت فلزی یا بتنی با سقفهای ضربی و تیرچه بلوک هستند . ساختمانهای تمام بتنی نیز گهگاه برای مجموعه های تجاری و اداری کشور ساخته شده اند . به طوری که آمار نشان می دهد قریب به 80% ساختمانهای موجود در کشور را ساختمانهای آجری تشکیل می دهند . این ساختمانها را می توان به سه نوع آجری تمام ، نیمه اسکلت و اسکلت با دیوارهای آجری و سیستم مخلوط دسته بندی کرد . به طوری کلی ، ساختمانهای کشور از ساختمانهای خشتی ، آجری ، فلزی ، بتنی ، چوبی و در برخی موارد سیستم نامشخص یا مخلوط تشکیل یافته است . لذا در این قسمت ، ساز و کار آسیب پذیری هر یک از انواع سازه ها به گونه ای مختصر ارایه می شود .

]

1-1 - ساختمانهای خشتی

ساز و کار آسیب پذیری ساختمانهای خشتی به صورت موردی مطابق مطالب زیر می باشد :

1- عدم مقاومت در برابر بارهای جانبی زلزله .
2- وزن بالای ساختمان به سبب ضخامت دیوارهای خشتی و در نتیجه جذب نیروی بیشتر .
3- عدم تحمل نیروهای کششی و ترک خوردگی در چرخه اول بارگذاری در فشار .
4- وجود شکستگیها در محل اتصال دیوارها به علت عدم وجود هیچگونه اتصال منطقی .
5- عدم وجود هر گونه اتصال سقف به دیوار و ریزش سقف بر اثر پدیده اینرسی (Inertia) در زلزله .

لذا تجارب گذشته و روابط مهندسی زلزله ، این قبیل بناها را به طور کامل آسیب پذیر می داند.

1-2- ساختمانهای آجری

ساز و کار آسیب پذیری ساختمانهای آجری به صورت موردی مطابق مطالب زیر می باشد :

1- ترد بودن مصالح و کاهش مقاومت بر اثر تکرار شدید بار .
2- وزن سنگین بنای حاصله و در نتیجه نیروی برشی زیاد .
3- سختی زیاد در مقابل امواج زمین لرزه ای با دوره های تناوب کوتاه .
4- کیفیت نامناسب ساخت .

موارد بالا دلایل اصلی عملکرد ضعیف این گونه سازه ها را نشان می دهد چرا که پدیده های کمانش خارج از صفحه ، باز شدن تیرهای طاق ضربی و ریختن آجرهای درون آن باعث بروز خسارت می شود . تجزیه زلزله های گذشته در دیگر کشورها و ایران عملکرد بسیار نامطلوب این گونه بناها را نشان داده است .

3-1- ساختمانهای فلزی

1- کم یا بی دقتی در زمان طراحی و ساخت
2- کاهش انعطاف پذیری اسکلت فولادی با پر کننده هایی همچون آجر
3- ضعف نحوه ساخت و روشهای جوشکاری در ساختمانهای معمولی
4- استفاده از اتصالات خورجینی به علت سادگی اجرا و عملکرد نامناسب این اتصالات در زلزله

به هر حال می توان نتیجه گرفت که ساختمانهای فولادی کشور نیز به دلایلی که بر شمرده شد جزء ساختمانهای آسیب پذیر می باشند .

4-1- ساختمانهای بتنی

1- عدم رعایت مقاومت مصالح و استفاده از بتن بسیار ضعیف
2- عدم رعایت ضوابط شکل پذیری
3- آثار نامطلوب متقابل دیوارهای آجری پر کننده و قابهای بتنی

این گونه بناها چنانچه بر حسب محاسبات دقیق و روابط شکل پذیری ، طراحی و اجرا شدند ، ساختمانهای بسیار مطلوبی خواهند بود اما با توجه به موارد بالا رفتار این گونه ساختمانها در مقایسه با رفتار ساختمانهای فلزی ، ضعیفتر ارزیابی می شود

اگر خواسته باشیم به طور کلی مروری بر انواع شکست در سه نوع عمده ساختمانها داشته باشیم به این نتیجه می رسیم که یکی شکست ستون است و دیگری شکست در اثر حرکت محوری قوی و مورد سوم شکست به دلیل نیروی فشاری عملکرد ستون کوتاه و مواردی مانند بحث طبقه ی نرم ، شکست نیروی اتصال ، تشکیل سطح خمیری و تغییرات ناگهانی در سختی هم در همین مجموعه می گنجد . (1)

اما در ساختمانهای فلزی که نمونه هایی از آنها را در زلزله ی منجیل داشتیم ، می توان از شکست مهار بندها ، شکست Bracing ، عملکرد ضعیف باربرها و کمانش موضعی اجزای ستون به عنوان برخی عوامل شکست در ساختمانهای فلزی نام برد . همچنین شکست ترد فولاد به دلیل تنش های دو محوری و سه محوری که از ویژگی شکل پذیری اش کاسته می شود و به سمت شکست ترد سوق پیدا می کند، شکست اتصالات خورجینی به دلیل نبود مهاربندی اصولی و اثرات میانی ساختمان در سازه های فولادی نیز تقریبی مشابه اثرات آن در سازه های بتنی است .

در مورد ساختمانهای ساخته شده با مصالح بنایی با تعبیه کلاف قائم و کلاف اصلی ، سازه را به حالت یکپارچه نزدیک کنیم تا در مقابل زلزله دارای انسجام بیشتر باشد .(2) چند مکانیسم برای مقابله با زلزله وجود دارد :

1- ساختمان بادبندی
2- دیوار برشی
3- اتصالات از نوع صلب و تقویت تیر و ستون تا برای شرایط مورد نظر جوابگو باشد

در مورد اتصالات ، اتصالی که بیشتر در کشور ما مورد استفاده قرار میگیرداتصال خورجینی است امابانجام آزمایشات مشخص شده که اتصال خورجینی چیزی در حدود 1000 تا 2000 تن متر بر رادیان صلبیت دارد . بنابراین از نظر نیرویی که در زلزله به اتصال خورجینی وارد می شود می توان این اتصال را صلب دانست اما باید توجه داشت که از نظر مقاومت متاسفانه این اتصال جواب نمی دهد و تحقیقات و تستهای متعدد انجام شده به ویژه تست انجام شده با مدل Finite Element یا اجزای محدود نشان دادند که تحت فشار نیرو در این اتصال و در کنج مربوطه شکست ایجاد می گردد.

اگر قرار باشد در زلزله ساختمانها به حد مقاومت خودشان برسند دو اتفاق برایشان می افتد یا دفعتا یا ناگهانی تسلیم می شوند و فرو می ریزند و یا پیش از تسلیم علائم و نشانه هایی از شروع حادث شدن تسلیم از خود بروز می دهد که اصطلاحا به نوع دوم پدیده ی تسلیم نرم می گوئیم . سازه ی ما هم به لحاظ شماتیک و سمبولیک باید رفتارش نرم باشد بنابراین به تناسب وسعتی که قلمرو مهندسی دارد زمینه ی کاری مهندس طراح هم متنوع تر خواهد شد و لازم است با شیوه های مختلف تقویت در انواع و اقسام ساختمانها آشنا باشد چرا که هر ساختمان برای تقویت و با طراحی لرزه ای نیازمند یک شیوه ی مختص به خودش است .(5)

در مواجهه با اشکالات مربوط به اجرای ساختمانها (شامل اشکالات مربوط به اجزای ساختمان و اشکالات سیستم سازه ای) روال به این صورت است که پس از درک مسائل و مشکلات این تیپ باید مشخص نمود که این مشکلات به چه میزان باعث کاهش ظرفیت سازه نسبت به آن طراح در نظر گرفته است شده اند تا در مراحل بعدی بتوان این نتایج را به نحو موثر به صورت ضرایبی در ارزیابی بهسازی سازه در نظر گرفت . در همین راستا تلاش می شود تا برای مدلهای مختلف برآوردی از میزان خطاهای اجرایی که بر روی مقاومت سازه اثر می گذارد به دست آورند . این برآورد از خطاها می تواند بنایی برای آن ضرایبی شود که قالب ارزیابی بهسازی ساختمان اعمال می شوند . به این ضریب در دستورالعمل بهسازی ضریب آگاهی می گویند ، چرا که بسته به میزان اطلاعاتمان نسبت به نحوه ی اجرای سازه مقداری برای این ضریب در نظر گرفته می شود . گام بعدی پس از مشخص نمودن حالتهای شکست و آسیب بررسی این موضوع است که این حالتهای شکست در زلزله های ما چقدر فراوانی داشته است . نتیجه ای که از بررسی کامل و دقیق در این مرحله بدست می آید مشخص شدن این نکته است که ما باید روی کدام موارد بیشتر متمرکز شویم . برای تامین روال اصولی بهسازی باید مشخص شود که روی چه نقاطی باید بیشتر دقت شود و طبیعتا بحث های مربوط به سرعت بهسازی و مقاوم سازی مساله تامین اعتبارات مالی قضیه نیز مطرح خواهد شد . سنگین بودن هزینه های بهسازی در بخش های مشاوره ، آزمایش و اجرا و مساله ی مزاحمت های احتمالی برای کاربری سازه و مسائل محیطی ایجاب می کند که بهسازی در کلیه ی مراحل دارای توجیه محکمی باشد تنها در اینصورت و با بتنی بودن روال بهسازی بر پایه های مستحکم است که امکان هزینه کردن درستی در این زمینه فراهم می شود با توجه به وضعیت بحرانی کشورمان و این که شاهد زلزله های متفاوت در گذشته آینده خواهد بود لزوم مقاوم سازی و بهسازی ساختمانها اعم از دولتی ، صنعتی و عمومی و .... بیشتر مشاهده می شود بر همین اساس است که در چند سال اخیر موضوع ارزیابی بهسازی لرزه ای و مقاوم سازی ساختمانها به صورت جدی مورد توجه واقع شده است و دولت و مجلس با اختصاص و تصویب بودجه ای برای مقاوم سازی اولین قدم عملی را در این راه برداشته اند . اما مشکلی که در این میان وجود دارد تدوین آئین نامه ها و تناقض با شرایط ساختمان های موجود است . چرا که وارسی و مطابقت فاکتورهای مطرح شده در آئین نامه مثل ضریب رفتار و محاسبه ی برش پایه در صورتی خواهد بود که اجزای مختلف ساختمان مورد بررسی مثل قابهای خمشی ، خاموتها و آماتورها تمام آن شرایطی را که در آئین نامه ذکر شده داشته باشند ولی معمولا ساختمانهای موجود شرایطی را که آئین نامه های جدید می خواهند و مقرر کرده اند ندارند بنابراین به طور کلی سه تیپ آئین نامه مورد نیاز است زیرا سه تیپ مختلف سازه وجود دارد که باید برای هر کدام آیین نامه ی جداگانه و خاص آن تیپ تدوین شود :

1- ساختمانهایی که قرار است ساخته شوند

2- ساختمان های موجود

3- ساختمانهای آسیب دیده از زلزله

بطور کلی لازم است ائین نامه های ما (مثل آئین نامه ی استاندارد بتن یا مقررات ملی فولاد و یا ...) یک قسمت درباره ی زلزله داشته باشند دلیل این امر آن است که بار زلزله با بارهای دیگر فرق اساسی دارد : در طراحی سازه هیچگاه و تحت هیچ بارگذاری اجازه داده نمی شود که سازه ی تحت بار (بار ثقلی ، بار ناشی از بار یا هر بار دیگر) صدمه بخورد ولی تحت بار زلزله اجازه داده می شود که سازه صدمه بخورد چرا که در زلزله سازه صدمه بخورد ؟ چرا

که در زلزله سازه ناچار باید طوری صدمه بخورد تا با استفاده از خاصیت شکل پذیری یک مرتبه تمام مقاومتش را از دست ندهد و شکست ترد ایجاد نشود . به بیان دیگر در طراحی لرزه ای تضمین داده نمی شود که سازه در زلزله صدمه نخورد اتفاقا به شدت هم صدمه خواهد خورد و اصلا ممکن است بعد از زلزله قابل استفاده نباشد ولی مهم این است که ایستایی خود را حفظ کند و تعداد کشته ها محدود باشد . (3)

2- بم

2-1- معرفی شهرستان بم

شهرستان بم در جنوب غربی استان کرمان و در بین راه های ارتباطی دو استان کرمان به سیستان بلوچستان واقع شده است شهرستان بم در زمان زلزله براساس تقسیمات کشوری در سال ۱۳۸۰ دارای ۴ بخش و ۵ شهر و ۱۳ دهستان بوده و تقریبا ۱۲٪ استان کرمان را شامل می شود .

زمین لرزه روز جمعه82/10/5 بم ، در ساعت 5:26:26 به وقت محلی (ساعت 1:56:26 روز26 دسامبر 2003 به وقت بین المللی GMT) در مختصات جغرافیایی 58/3 شرقی و 29 شمالی با بزرگای M_W = 6/5 رخ داد و موجب کشته شدن بیش از 41000 نفر و مجروح گردیدن بیش از 30000 گردید این زمین لرزه در امتداد گسل شناخته شده ی بم و با عمق کانونی حدود 8 کیلومتر به وقوع پیوست . براساس شتا بنگاشتهای تصحیح نشده ی ارائه شده توسط سازمانهای مختلف زیربط ، شتابی مولفه ی افقی زلزله برابر با 0/8 گرم بوده است . مولفه ی قائم شبیه شتابی تقریبا برابر با شتاب ثقل داشته که مقداری قابل توجه می باشد شدت این زمین لرزه در شهر بم 9 در مقیاس EMS تخمین زده شد .

ساختمانهای موجود در منطقه از نوع خشتی ، آجری (مصالح بنایی با کلاف بندی و بدون کلاف) فولادی ، بتنی مسلح بوده است . ساختمانهای خشتی و گلی که خصوصیات معماری کویری را داشتند در بیش از 80% موارد دچار تخریب و فروریزش کامل گردیدند .

شریانهای حیاتی در شهرهای بم و بروات دچار آسیب دیدگی قابل توجهی شدند به گونه ای که در روزهای اول پس از وقوع زلزله اکثر شریانهای حیاتی قطع و در روزهای بعد به طور محدود فعال بودند .

در پست برق 230 Kv شهر بم غیر از آسیبهای ساختمانی شدید آسیب دیدگی هایی نظیر شکست مقره ها و حرکت ترانس ها از روی ریل نگهدارنده ی آنها مشاهده گردید . همچنین در شبکه ی توزیع برق کم فشار شهری ، آسیب های بسیار زیادی از قبیل شکست تیرکهای انتقال برق ، فرو افتادن چراغهای روشنایی ، کج شدن و فرو افتادن ترانس از بالای تیرکها به وقوع پیوست .

- خطوط انتقال آب نیز در نقاط زیادی از جمله دو میدان اصلی شهر دچار شکست شدند ولی آسیب مشهوری در مخزن زیر زمینی آب شهر مشاهده شد .

- شبکه های تلفن ثابت و موبایل منطقه به دلیل آسیبهای غیر سازه ای و واژگون شدن تاسیسات در مراکز مخابراتی دچار قطعی گردیدند و ارتباط مناطق زلزله زده با شهرهای جیرفت ، کهنوج به علت پاره شدن کابل ها و فیبرهای نوری قطع شد .

- سازه های صنعتی نظیر سوله ها عملکرد نسبتا مناسبی از خود نشان دارند و در بیشتر موارد خسارت وارده به این واحدها محدود به فرو ریزش بخشی از دیوارهای میانقاب مهار نشده خصوصا در دیوارهای با ارتفاع زیاد بود .

در مطالعات طرح جامع بم که توسط مهندسان مشاور آرمان شهر در سال 1370 صورت گرفته به گسل بم و نیز خط ناشی از آن اشاره شده ولی به اندازه ی لازم به آن پرداخته نشده است .

2-2- توزیع خسارات

توزیع کلی خسارات در منطقه تحت تاثیر عوامل مختلف می باشد که از جمله عوامل متعدد و موثر می توان به موارد زیر اشاره کرد :

1- نوع و مشخصات دینامیکی سازه های موجود در منطقه و قدمت آنها
2- فاصله ی کم گسل با شهر بم
3- خصوصیات زلزله ی اصلی مانند بزرگا ، عمق کانونی ، نوع گسلش ، پریود غالب زلزله ، زمان دوام ، تعداد و بزرگای پس لرزه
4- شرایط خاک و توپوگرافی ساختگاه

بیشتر ساختمانهای ساخته شده در هر دوره از تیپ غالب سازه ای دوره ی مربوطه تبعیت می کند. این دوره را می توان به صورت زیر تقسیم بندی نمود:
- دوران خانه های خشتی گلی با سقف های تاق رومی و گنبدی
- دوران ساختمانهای بنایی با دیوار باربر و سقف تاق غربی
- دوران ساخت ساختمانهای نیمه اسکلت
- دوران ساخت ساختمانهای نیمه مهندسی و مهندسی جدید

خسارات روستایی و شهری وارده به مناطق غیر از شهر بم عبارتند بودند از :
به سه شهر بروات ، فهرج و ریگان و حدود 250 روستا بین 10 تا 100% خسارات وارد شده که مجموعا 20246 واحد مسکونی آسیب دیده و حدود 18424 منزل نیازمند بازسازی کامل می باشد و بقیه باید تعمیر شوند .

3-2- اثر زلزله بر ساختمانها

براساس تعداد پروانه های احداث ساختمان صادر شده در سال ۱۳۸۵ از مجموع ۴۶۶ پروانه ی صادر شده ، ۳۸۰ پروانه مربوط به ساختمانهای مصالح بنایی ، ۸۱ پروانه مربوط به ساختمانهای اسکلت فلزی و ۳ پروانه مربوط به ساختمانهای بتن مسلح می باشد .
ساختمانهای خشتی و گلی رقم بالایی از ساختمانهای منطقه را تشکیل می داد
با این حال مدهای شکست زیر در این دسته از ساختمانها قابل اشاره است :
۱- ایجاد ترک و جدا شدن دیوارها از یکدیگر
2- ایجاد ترک و جدا شدن دیوار غیر باربر از سقف
3- فرو ریختگی خارج از صفحه ی دیوارها
4- ترکهای مورب قطری در کنار بازشوها
5- تخریب دیوارهای باربر و فرو ریختن سقف
6- فرو ریختن تاق ها
7- فرو ریختگی کلی ساختمان

3-2-1- ساختمان مصالح بنایی

ساختمانهای مصالح بنایی عمدتا شامل ساختمانهای آجری و بلوک سیمانی در دو دسته بدون کلاف بندی و با کلاف بندی در منطقه وجود داشتند . در این زلزله ساختمانهای مصالح بنایی موجود در منطقه از ۲۰٪ تا ۱۰۰٪ خسارت دیدند . مدهای مختلف شکست در آنها به صورت زیر قابل تفکیک است .
1- ایجاد ترک و جدا شدن دیوارها از یکدیگر.
2- فرو ریختگی خارج از صفحه ی دیوارها .
3- ایجاد ترکهای مورب کششی در کنار بازشوها .
4- فرو ریختن دیوارهای باربر و سقف ها .
5- از بین رفتن انسجام سقف و فرو ریختن آجرهای تاق ضربی .

6- شکست کلافها و فر افتادن آنها از روی دیوار .
7- جدا شدن تیرهای سقف از کلاف .
8- خسارت در گوشه ی ساختمانها و فروریختگی جزئی ،
9- تغییر شکل جانبی ساختمان .
10- فروریختگی کلی .

2-3-2- ساختمانهای فولادی

ساختمانهای دارای اسکلت فولادی در منطقه شامل ساختمانهای ۱ الی ۴ طبقه دار چند مورد ساختمان طبقه بودند . خسارات وارد بر ساختمان های فولادی به دو دلیل عمده ضعف عمومی مجموعه و ضعف های موضعی ایجاد شدند که از جمله ی آنها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

1- کامل نبودن مسیر بار و نداشتن بادبند .
2- کافی نبودن سختی جانبی ساختمان.
3- کافی نبودن مقاومت برشی جانبی طبقات.
4- طبقه ی نرم.
5- نامنظمی در پلان و ارتفاع و پیچش.
6- عدم انسجام بین اجزا و ضعف سیستم ساختمانی .
7- کمانش بادبندها .
8- خسارت ستون ها.
9- خسارت تیرها .
10- خسارت در اتصالات .
11- خسارت سقفها .
12- خسارت پلکان.
13- فروریختگی تیرها .
14- لغزش بولتها در صفحه ی ستون .
15- گسیختگی تیرهای لانه زنبوری .

2-3-3- ساختمانهای بتن مسلح

تعداد ساختمانهای بتن مسلح در منطقه کم بوده و اکثرا 3 یا 4 طبقه بودند ساخت سازه های بتنی مسلح در منطقه در سالهای اخیر صورت گرفته و شامل ساختمانهای اداری از جمله چندین بانک و ساختمان های مسکونی بودند مشکلات ساختمانهای بتن مسلح در منطقه ی مورد بازدید عبارت بودند از :

- ایجاد مفصل پلاستیک در ستونها
- شکست برشی در تیرها

2-4- اثر زلزله بر ارگ تاریخی بم

ارگ بم بزرگترین بنای خشتی جهان با مساحت 20 هکتار بود که تا حدود 150 سال پیش در آن سکونت می شده است .

متاسفانه زمین لرزه ی ۱۳۸۲/۱۰/۵ بم موجب ایجاد آسیب بسیار شدید در ارگ بم گردید بطوری که بسیاری از بناهای بخش عامه نشین ارگ دچار تخریب کامل شد حصار اطراف ارگ و برجهای دیدبانی دچار تخریب شدند پس لرزه ها نیز سبب تخریب بخشهایی از ارگ گردید به بخش حاکم نشین نیز خسارات قابل توجهی وارد آمد برخی از

ساختمانهای ارگ بم پایداری کلی خود را پس از وقوع زلزله حفظ نمودند این ساختمانها عمدتا دارای سقفهای قوسی بودند در ساختمانهای بخش تخریب شده یا آسیب دیده ارگ مدلهای خرابی غالب عبارت بودند از :

۱- فروریزش و انهدام کامل.

۲- جداشدگی دیوار از سقف با وجود پایداری کلی.

۳- تخریب بخشی از بنا و پایدار ماندن بخش دیگر.(۴)

۵-۲- درس هایی که از بم گرفتیم

۱- زلزله بم نشان داد ساختمانهایی که طبق آئین نامه ۲۸۰۰ طراحی و اجرا شده بود سالم ماندند .

۲- یکی از مسائل بسیار مهم در امر ایمن سازی بناها در مقابل زلزله فاصله گرفتن از گسلها در ساخت و ساز می باشد .

۳- ساختمانهایی که فاقد کلاف بندی بودند تخریب شدند .

۴- ساختمانهای سبک کمتر از ساختمانهای سنگین آسیب دیدند چون نیروی زلزله با وزن ساختمان ارتباط مستقیمی دارد .

۵- استفاده از مصالح مرغوب و استاندارد نقش مهمی را در مقاوم سازی و پایداری ساختمان در مقابل نیروهای وارده دارد.

۶-یک از موارد بسیار مهم در مقاومت وشکل پذیری ساختمان اجرای خاموت در تیر ستون ونصف شدن فاصله خاموت ها دردانتهای تیر وستونها می باشد.

۷-در ساختمانهای فولادی به اتصالات و ستون وباد بندی باید توجه ویژه ای مبذول شود وکلیه نکات درمورد جوشها از قبیل طول – بعد وکیفیت جوش بایدرعایت شود.

۸-بولت های پای ستون حتما باید پیچی با طول مهاری و قطر کافی باشند تادرمقابل برش و کشش ناشی از زلزله بتواند مقاومت کافی داشته باشد.

۹-تخریب ساختمانهای فولادی فاقد بادبند یا فاقد بادبندی کافی نشان دهنده نقش مهم بادبندها در زلزله است.

۱۰- اهمیت خم میلگردها در اتصالات تیر وستون واتصالات دال به تیر واتصالات پای ستون به خوبی مشهود بود.

۱۱- در مواردی که طول وصله آرماتورها مطابق آئین نامه رعایت نشده بود عضو بتن آرمه از تیر یا ستون در محل وصله گسیخته شده بود.

۱۲- صلبیت و یکپارچه بودن سقف درهنگام بروز زلزله اهمیت زیادی دارد به طوری که ساختمانهای با سقفهای صلب آسیب کمتری را متحمل شده بودند.

۱۳- در زلزله هایی که تا کنون رخ داده است اکثرا دیوارها فرو ریخته اند یعنی حتی در ساختمانهایی که سازه مستحکمی داشته اند ولی دیوارها اتصال مناسبی را با سازه نداشته اند ریزش دیوار موجب تلفات جانی وآسیبهای مالی شده است بنابراین لزوم تعبیه نیل مهارها برای اتصال دیوارها به ستون فولادی یا بتنی کاملا مشهود است .

۱۴- تخریب نمای ساختمانها در زلزله بم امری کاملا عادی و فراگیر بود.

۱۵- اهمیت رعایت تقارن در باربندها و در نظر گرفتن پیچش در ساختمان و جلوگیری از پیچش ساختمان در هنگام بروز زلزله در بم مشهود بود .

۱۶- با توجه به این ساختمان در زلزله همانند یک تیر طره ای دچار خمش می شود و در اثر این خمش بیشترین تنش در ستونهای پیرامونی ساختمان بویژه ستونهای گوشه ایجاد می شود اهمیت ستون های گوشه و محیطی ساختمان به خوبی مشخص می گردد .

۱۷- در اکثر دیوارهایی که تخریب شدند که این نشان دهنده ی این است که ملات بین این آجرها فاقد چسبندگی کافی بوده است.

۱۸- رعایت پیوندها در آجر چینی نقش مهمی در استحکام دیوارها دارد بطوری که عدم رعایت تصحیح پیوندها و قفل و بست آجر چینی نیز باعث تخریب تعدادی از دیوارها شده بود .

۱۹- امروزه لزوم کنترل مقاومت بتن آرمه و انجام تستهای مربوطه بیش از پیش احساس می شود .

۲۰- عمل آوری و مراقبت از بتن در دوران گیرش آن به ویژه روزهای اول و ساعات اولیه تاثیر به سزایی در مقاومت آن دارد .

۲۱- کلاف بندی فونداسیون ها توسط شناژ و اتصال کلیه ی ستونها توسط نیروهای اصلی و فرعی به یکدیگر باعث عملکرد یکپارچه ی ساختمان در مقابل نیروهای جانبی و نشستهای ساختمان می شود که عملکرد ساختمانهای فاقد این کلاف بندی در زلزله بسیار ضعیف بوده است .

۲۲- توجه به نقش Uplift یا نیروی بر کنش فونداسیون ها و ستونهای متصل به بادبند در زلزله اهمیت ویژه ای دارد؛ در صورتی که تعداد بادبندها به اندازه کافی نباشد ؛ یا دهانه ی بادبندها کوچک باشد این نیرو قابل توجه بوده و نیروهای قائم ستون ها و فونداسیون ها و ستونهای مذکور این زمین بلند شده و باعث واژگونی ساختمان می شوند .

۲۳- با توجه به اینکه در هنگام بروز زلزله و خطر فرار افراد از طریق پلکانها انجام می شود باید به استحکام پلکانها توجه خاصی عنوان شود ولی متاسفانه مشاهده می شود که در اکثر موارد دالهای پله به خوبی به سازه ی اصلی متصل نشده و یا اتصال آنها کافی نبوده است لذا تخریب پلکان ها در بم در سطح وسیع گسترده ای به چشم می خورد .(۶)

امید است با درس گرفتن از زلزله بم ، در زلزله های بعدی شاهد تخریبها و تلفات کمتری باشیم . ان شاء ا...

نتیجه گیری :

۱- رئوس مهمترین دلایل و مکانیسم های شکست :

طراحی غیر اصولی ، ضعف اجرا ، نبودن نظارت ، ایجاد تکیه گاههای نادرست ، کلاف نرم ، ضعف اجرای بتن ، کار نگذاشتن خاموت و بسیاری عوامل دیگر که از همه ی آنها می توان تحت عنوان کلی عدم رعایت ضوابط آئین نامه ای نام برد .

۲- با رعایت آیین نامه در بسیاری موارد با مطالعه ی دقیق روشن می شود که آن چیزی اجرا شده با آن چیزی که طبق قانون باید اجرا شود تفاوتی در هزینه ندارد و حتی در صورت رعایت آیین نامه ممکن است ارزان تر هم تمام شود.

۳- در بم دیدیم که هر چند که ساختمانهای بنایی که کاملا سالم و بدون آسیب مانده اند به لحاظ تعداد اندک بودند ولی نشان دادند که ساختمانهای مصالح بنایی کلاف داری که طبق ضوابط آئین نامه ۲۸۰۰ ساخته شوند خواهند توانست در برابر زمین لرزه های نسبتا شدید مقاومت نمایند این در حالی است که اینگونه ابنیه نسبتا ارزان تمام شده و تخصص و مهارت نسبتا کمی برای اجرای آنها لازم بوده و به کارگیری ملات ماسه سیمان مرغوب برای آجر چینی و کلاف ، میلگرد کافی و دقت در به هم بستن کلافها ، اتصال دیوارها و انسجام سقف می تواند باعث رفتار قابل قبول آنها در برابر زلزله می گردد .

۴- مشکلات ساختمانهای بتن مسلح : ۱- خرابی ناشی از ضعف کلی سیستم ۲-خرابی ناشی از ضعف های موضعی سیستم

۵- عامل موثر درتخریب سازه ها مدت زلزله (Duration) می باشد .

۶- برای کمک به طاحی سازه و تخفیف نیروهای زلزله باید شکل پذیری سازه بالا برود.

۷- در هر زلزله نیرویی که به ساختمان وارد می شود چیزی بین نصف تا دو برابر وزن آن ساختمان است.

فهرست منابع وماخذ

۱- پور کرمانی ،محسن ؛ آرین،مهران؛لرزه خیزی ایران ،۱۳۷۷،انتشارلت دلنشگاه شهید بهشتی .

۲- حسینی هاشمی ، بهرخ ؛ سمینار مفاهیم و مقدمات بهسازی لرزه ای ؛ ماهنامه فنی – تخصصی دانش نما ؛ شماره پیاپی ۱۰۹ – ۱۰۷ ؛ دی – اسفند ۸۲ .

۳- سرو قد مقدم ، عبدالرضا ؛ سمینار روشهای بررسی آسیب پذیری و مقاوم سازی ساختمانهای موجود در برابر زلزله ؛ ماهنامه فنی – تخصصی دانش نما ؛ شماره پیاپی ۱۰۹ – ۱۰۷ ؛ دی – اسفند ۸۲ .

۴- عشقی ، ساسان ؛ زارع ، مهدی ؛ ناصر اسدی کیارش ؛ سید رزاقی ، مهران ؛ نورعلی آهادی ، مسعود ؛ معتمدی ، مهرتاش ؛ گزارش مقدماتی شناسایی زلزله ۵ دیماه ۱۳۸۲ بم ؛ ماهنامه فنی – تخصصی دانش نما ؛ شماره پیاپی ۱۰۹ – ۱۰۷ ؛ دی – اسفند ۸۲ .

۵- مقدم ، حسن ؛ سمینار طراحی لرزه ای ، مبانی و کاربرد ؛ ماهنامه فنی – تخصصی دانش نما ؛ شماره پیاپی ۱۰۹ – ۱۰۷ ؛ دی – اسفند ۸۲ .

۶- یزدانبخش ، محمدرضا ؛ درسهایی از زلزله بم ؛ ماهنامه فنی – تخصصی دانش نما ؛ شماره پیاپی ۱۰۹ – ۱۰۷ ؛ دی – اسفند ۸۲ .