بررسی روش های آسیب پذیری ساختمان ها در برابر زلزله (روش های کیفی و ATC)

مسعود حسن نژاد امجدی
دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری و مدیر بحران شهرداری کلان شهر تبریز، ایران
m.hasannajad@gmail.com

سعید ایمانی
کارشناس ارشد مدیریت بحران دانشگاه تهران، ایران
Saeedimani566@yahoo.com

کلید واژه ها: *آسیب پذیری، ساختمان، ساخت و ساز، زلزله، مقاوم سازی*

چکیده

به طور کلی می توان گفت که ریشه اصلی مشکلات ساخت و ساز و صدمات قابل توجه ناشی از زلزله در کشور، عدم آگاهی از روش های صحیح اجرای ساختمان ها می باشد. ولی در خیلی از موارد با وجود داشتن دانش لازم ساخت و ساز در کشور به دلیل مشکلات اقتصادی، امکان اجرای روش های مناسب ساخت و ساز در بسیاری از مناطق وجود ندارد. تجربه زلزله های بم، رودبار و منجیل و اخیراً زلزله منطقه ارسباران و نیز میزان خسارات وارده به خوبی این مسئله را نشان می دهد. بنابراین به منظور کاهش صدمات ناشی از زلزله، آموزش و به کارگیری یک روش مقاوم مطابق با شرایط اقتصادی هر منطقه لازم و ضروری است. لذا در این مقاله، با اولویت بندی قسمت های مختلف ساختمان، دیوار و سقف به عنوان بخش های بحرانی بناها در زمان وقوع زلزله مورد بررسی دقیق قرار می گیرند. همچنین، روش های ساختمانی مورد استفاده در مناطق زلزله زده تشریح می گردند و نحوه تأثیر نیروهای جانبی بر ساختمان های مذکور و عدم پایداری ساختمان های متداول در برابر زلزله ارزیابی می‌گردند. ضمناً کیفیت اجرای ساختمان های آسیب دیده در برابر زلزله و ضرورت تغییر اساسی در روش های متداول ساخت و نیز راه های عملی و قابل اجراء برای رسیدن به آن با توجه به شرایط اجرایی و اقتصادی بیان می شود. نتایج بدست آمده نشان می دهد که می توان با صرف اندک هزینه بیشتر و استفاده از کارشناسان متخصص و مجرب بسیاری از بافت ها و ساختمان های شهری را در برابر زلزله مقاوم نمود.

مقدمه

به طورکلی ارزیابی ریسک زلزله در جامعه و محیط های شهری به دو عامل مهم بستگی دارد. یکی از این عوامل مهم، ارزیابی خطر بوده و عامل دوم ارزیابی آسیب پذیری می باشد که عامل آسیب پذیری را می توان در سه بخش ارزیابی آسیب پذیری اجتماعی، اقتصادی و فیزیکی مطرح نمود. با توجه به اینکه بسیاری از مناطق شهری ایران دارای پتانسیل بالای وقوع خطر زلزله می باشد لذا کاهش آسیب پذیری یکی از عمده ترین و مهم ترین راه حل های کاهش ریسک می باشد. محققین همواره بر این عقیده اند که کاهش آسیب پذیری باید در سه جهت شامل بخش اجتماعی، اقتصادی و فیزیکی باشد. آنها همواره تاکید دارند که کلان شهرهای بزرگ و حتی شهرها و روستاهایی که دارای پتانسیل بالای وقوع زلزله هستند باید بر این اساس به مقابله بپردازند. به هرحال شاخص های مهمی در بررسی فرآیند مطالعه آسیب پذیری اجتماعی، اقتصادی و فیزیکی وجود دارد. ولی به طورکلی توجه کمتری به مطالعه مجموعه این شاخص ها در بحث ارزیابی خطر زلزله شده است. لذا در این مقاله ضمن معرفی شاخص های مهم دخیل در این فرآیند به بحث و تحلیل و نحوه ارتباط این شاخص ها در افزایش یا کاهش ریسک خطر زلزله در مورد افراد مختلف می پردازیم. نتایج بدست آمده نشان می دهد که اندرکنش پارامترهای مختلف میزان آسیب پذیری نهایی را بوجود می آورد و هر کدام از این شاخص ها بر حسب طبیعت ذاتی خود دارای تاثیر وزنی مختلف در میزان آسیب پذیری در محیط های شهری و روستایی هستند. آسیب پذیری اصطلاحی است که جهت نشان دادن وسعت و میزان آسیب و خسارتی که احتمالاً براثر وقوع سوانح طبیعی به جوامع، ساختمان ها و مناطق جغرافیایی وارد آمده است؛ استفاده می شود. بنا به تعریف یونسکو، میزان حساسیت محیط در مقابل وقوع یک سانحه طبیعی، آسیب پذیری آن محیط را معین می نماید، هرچه در حد عکس العمل، واکنش و مقاومت محیط موضوع، نسبت به کنش های پدیده های طبیعی بیشتر باشد تخریب و در نتیجه آسیب پذیری و

عمق فاجعه کمتر خواهد بود. تأثیر سوانح طبیعی مثل زلزله بر محیط زیست ساخته دست بشر می تواند دامنه های وسیع و مصیبت باری داشته باشد، به طوری که کلیه جوانب زندگی را در ابعاد اقتصادی و اجتماعی تحت الشعاع قرار می دهد.

ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های موجود در واقع یک نوع پیش بینی خسارت دیدگی آنها در مقابل زلزله های احتمالی است. روش ایده آل برای این منظور انجام دادن یکسری مطالعات تحلیلی آماری برای تعداد نمونه های کافی از موضوعات مشابه است که در معرض عملکرد لرزه ای یکسانی قراردارند. متأسفانه چنین حالتی به ندرت پیش می آید و اغلب مبانی داده های آسیب دیدگی وجود نداشته و یا ناقص است. برای نیل به این هدف باید از تمام اجزای مختلف اطلاعات قابل دسترس که مربوط به موضوعات تحت مطالعه می باشند استفاده کرد. داده های ناقص آسیب دیدگی باید توسط داده های تجربی، پیش بینی عددی یا تحلیلی رفتار لرزه ای و اطلاعات کسب شده در حین برداشت های میدانی کامل شوند. با ترکیب همه این اطلاعات، پیش بینی آسیب پذیری لرزه ای بر پایه روش آماری نتایج قابل قبولی ارائه می دهد. بررسی کارهای انجام شده نشان می دهد که روش های مختلف به منظور ارزیابی آسیب پذیری ساختمان ها و شریان های حیاتی در مقابل زلزله استفاده شده است. در بسیاری از موارد در کشورها روش قضاوت در مورد ارزیابی ایمنی ساختمان ها از طریق بازبینی اجمالی و تفصیلی ساختمان، بررسی مدارک فنی موجود مبتنی بر تجارب کارشناسی و قضاوت های مهندسی، مقدم برروش های منسجم سازمان یافته و علمی مطالعات مربوطه بوده است. مطالعات انجام شده در کشورهای زلزله خیز صنعتی از قبیل آمریکا، ژاپن و کشورهای جنوب شرقی اروپا منجر به ارائه روش هایی جهت ارزیابی کیفی و کمی میزان آسیب پذیری لرزه ای ساختمان ها گردیده است. معذالک با توجه به ویژگی های ساخت و ساز در کشور ما و همچنین با توجه به جنبه های حاکی از ضعف کیفیت طراحی و اجرای نادرست بسیاری از سازه های موجود و در دست احداث و مطالعات انجام شده نشان دهنده این واقعیت است که از یک طرف روش های ارزیابی آسیب پذیری عمل شده در کشورهای صنعتی را نمی توان مستقیماً در کشور ما بکار برد. و از طرف دیگر مجموعه اطلاعات مورد اشاره و جمع آوری شده در این روش ها به منظور قضاوت منطقی و شناسایی کلیه عوامل تأثیر گذار کافی بنظر نمی رسد. با توجه به نارسائی های کیفی در تحلیل، طراحی، اجرا و کنترل و تضمین کیفیت اجرای تعداد وسیعی از ساختمان ها در کشورمان و ضرورت به صدا در آوردن زنگ خطر و ایجاد وجدان آگاه برای دست اندرکاران صنایع ساختمانی کشور و عموم هموطنان، به منظور کاهش دامنه و ابعاد فجایع تأسف بار ناشی از وقوع زلزله محتمل و حفظ و ابقاء سرمایه های ملی، مجموعه اطلاعات و مطالعات لازم بصورتی سودمند خواهد بود که توصیه های مفید، عملی و اقتصادی در زمینه نارسائی های متداول در تحلیل، طراحی و اجرای سازه هایی که از این پس ساخته می شوند و اصلاح و بهسازی رفتار لرزه ای سازه های موجود را شامل شود. (تسنیمی و همکاران، ۱۳۸۵: ۷۵)

تاریخچه ارزیابی آسیب پذیری ساختمان ها

قدیمی ترین فعالیت ها در این زمینه به دهه اول هفتاد میلادی بر می گردد، زمانی که مدل های غیرخطی جهت شناسائی رفتار ساختمان ها پیشنهاد شد. اولین محققی که در این زمینه روشی برای برآورد خسارات لرزه ای ارائه داد ویتمن در سال ۱۹۷۲ بود. در این روش حرکات زمین با مقیاس مرکالی اصلاح شده و خسارت زمین لرزه با نسبت هزینه تعمیرات به هزینه ساخت مجدد ساختمان(نسبت خسارت) بیان می گردد. کالور و همکارانش در سال ۱۹۷۵ جزو اولین کسانی بودند که روش های منظمی برای ارزیابی مقاومت لرزه ای و میزان آسیب پذیری ساختمان ها (روش ارزیابی در محل) ارائه کردند. این روش برای همه انواع ساختمان ها قابل استفاده است و به عواملی مانند نوع عناصر مقاوم، صلبیت اتصالات سازه ای، بارهای بین سازه ای، وجود یا عدم وجود کلاف یا نسبت های سازه ای و تغییرات احتمالی این پارامترها بستگی دارد. در سال ۱۹۷۴ ویگین روشی بر مبنای نوع سیستم قاب بندی، دیوار باربر، دیافراگم کف، مهاربندی، تیغه بندی داخلی وضعیت فیزیکی سازه و خطرات خاص احتمالی ارائه کرد. بلومه و همکارانش در سال ۱۹۷۵ روش ماتریس طیفی را برای برآورد پتانسیل خسارات ساختمان یا گروهی از ساختمان ها ارائه دادند. در این روش خصوصیات حرکت زمین با طیف پاسخ سرعت بیان می شود. ظرفیت سازه ای با برش پایه در نقطه تسلیم تشریح شده و سرعت طیفی در برابر برش پایه محاسبه می گردد. خسارت کلی با نسبت هزینه تعمیرات به هزینه کل ساخت و جایگزینی ساختمان بدست می‌آید. در سال ۱۹۷۷ برترو و برسلر با تعریف خسارت پذیری موضعی خسارت پذیری کلی و خسارت پذیری تجمعی در تعیین آسیب پذیری لرزه ای، روش هایی را ارائه دادند. خسارت پذیری موضعی، خسارت در اعضاء می باشد که به عنوان نسبتی از پاسخ حداکثر به ظرفیت تعیین شکل نهائی بیان می گردد. خسارت پذیری کلی یا سراسری، میزان خسارت ساختمان است که به صورت مجموع خسارات محلی، با در نظر گرفتن ضریب اهمیت اعضاء تعریف می شود. خسارت پذیری تجمعی، میزانی از خسارت کلی ساختمان است که از خسارت تحمیل شده گذشته نتیجه می شود. بایگاوس و برسلر در سال ۱۹۷۹ با استفاده از روش تحلیل نیمه استاتیکی سازه ها یک روش ارزیابی خسارت لرزه ای را ارائه دادند. در بکارگیری این روش ها برای ساختمان های واقعی دو معیار کمی شامل ظرفیت تغییر شکل نهائی اعضاء و ضرایب تأثیر اهمیت در نظر گرفته می شود. در روش های پیشنهاد شده در مطالعات به عمل آمده خسارات سازه ای بصورت نسبت تقاضا یا پاسخ تحت تأثیر زمین لرزه های مورد نظر به ظرفیت نهایی سازه تعریف شده است. در سال ۱۹۸۴، پارک و همکارانش با ارائه شاخص خسارت، کمبودهای تحقیقاتی گذشته را پوشش داده و تحول بزرگ در ارزیابی آسیب پذیری به وجود آوردند. آنان با در نظر گرفتن مدل های جامع تری از رفتار غیر خطی اعضاء بتن مسلح تحت بارهای

نوسانی، شکل پذیری و انرژی تلف شده توسط اعضای سازه ای را در خسارت متحمل شده توسط اعضاءدخالت داده و عملاً وضعیت مناسبی برای برآورد آسیب پذیری کمی ایجاد کردند. پاول و الله آبادی در ارزیابی به وسیله روش های معین با در نظر گرفتن مسئله احتمالات دربارهای زلزله دو روش را جهت ارزیابی خسارت لرزه ای بیان می دارند :یکی روش نیاز در برابر ظرفیت و دیگری روش کاهش (استهلاک) برخی خواص سازه‌ای. برای هر دو روش پارامترهایی به عنوان پارامتر خسارت معرفی می گردد و در نهایت روابطی جهت ارتباط این پارامتر ها به اندیس خسارت بیان می‌شود. در سال ۱۹۹۰، پتروفسکی و همکارانش برای پیش بینی نظری ساختمانی، مفهومی پیچیده اما مؤثر بر پایه محاسبه پاسخ غیر ارتجاعی کل سازه در برابر زلزله، ارائه کردند. اصلاح توابع نظری آسیب پذیری ارزیابی دقیق، خطر پذیری لرزه ای در نواحی شهری ممکن شده است.کاربرد روش های انرژی نیر برای مطالعات آسیب پذیری توسط برخی محققان مورد توجه قرارگرفته است.هارتادو و کاردونا در سال ۱۹۹۶، روشی برای آسیب پذیری سازه ها ارائه دادند. سازه های مورد نظر آنها بیمارستان ها و تأسیسات مهم می باشد. این بنا ها جزو ساختمان های مهم شمرده می شوند و به لحاظ شرایط کاربردی خاص در مقابل زلزله های شدید خسارت جدی نباید به آنها برسد. به همین دلیل طراحی و ساخت آنها باید به گونه ای باشد که بتوانند در مقابل زلزله های قوی مقاوم باشند.کابا ناس و پنیتو در سال ۱۹۹۷، در مقاله ای از حرکات زمین به عنوان پنانسیل آسیب یاد می کنند و با تخمین پارامتر های مرتبط با آسیب که در رابطه با انرژی حرکت زمین بیان می شود، ارزیابی بهتری از احتمال خطر لرزه ای ارائه می دهند. از جدیدترین روش هائی که امروزه مطالعات روی آنها در حال انجام شدن است استفاده از شبکه های عصبی[1] برای پیش بینی خسارت پذیری است. (تهرانی زاده، ۱۳۸۴: ۲۵)

فعالیت های انجام شده در ایران

در ایران مطالعات مربوط به ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان ها آنچنان که باید مورد توجه قرار نگرفته است. این موضوع با توجه به لرزه خیز بودن کشور حائز اهمیت می باشد. پس از واقعه مصیبت بار رودبار- منجیل (۱۳۶۹) با تلاش بیشتری به تحلیل لرزه خیزی ایران و بحث ارزیابی آسیب پذیری ساختمان ها و بررسی روش های مقاوم سازی در برابر زلزله پرداخته شد. مخصوصاً در تهران به دلیل احتمال زلزله بزرگ قریب الوقوع، در مراکز تحقیقاتی از جمله مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی بر روی موضوع ارزیابی آسیب پذیری ساختمان ها و بررسی روش های مقاوم سازی آنها تحقیقاتی صورت گرفت. در این مورد می توان به تهیه شناسنامه فنی ساختمان ها در مرکز مقابله با سوانح طبیعی ایران اشاره کرد. که در راستای ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان ها و روش های مقاوم سازی آنها صورت گرفته است. شکیب و همکارانش در تحقیقی آسیب پذیری متعارف در کشور را بررسی کرده است. ساختمان های مورد بررسی عبارت بودند از چهارگونه: فولادی، بتنی، بنایی غیر مسلح و مختلط که درصد قابل توجهی از ساختمان های کشور را تشکیل می دهند. در این مطالعه با استفاده از بازدیدهای عینی از شش منطقه مختلف کشور و تکمیل فرم های تفصیلی شناسنامه فنی ساختمان ها و همچنین با ارزیابی عملکرد ساختمان های متعارف در زلزله های اخیر، میزان آسیب پذیری برای چهار گونه ساختمان های متعارف ارائه گردیده است. از جمله دیگر کارهای انجام شده در این زمینه مطالعات حسن زاده و ناطق الهی می‌باشد. آنها ارزیابی آسیب پذیری یک ساختمان فولادی ۴ طبقه را با استفاده از تحلیل های دینامیکی غیر خطی انجام دادند. از دیگر کارهایی که در زمینه ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان ها در شهرها و مناطق مختلف ایران انجام گرفته، کاری است که توسط رازانی و برنایی انجام شده و نمونه ای از مدل کاربردی آن در شهر اهواز مورد استفاده قرار گرفته است. این محققین در حال تکمیل یک مدل تئوری تجربی بزرگ تحت عنوان مدل آسیب پذیری زلزله ای ایران[2] و زیر مدل های مختلف آن می باشند. تهرانی زاده و همکارانش روش های ارزیابی خسارت و مقاوم سازی ساختمان های بنایی در برابر زلزله را بررسی کرده و معیارها و روش های مقاوم سازی آنها را در برابر زلزله بیان کرده است.

دکتر ناطق الهی و معتمدی به ارزیابی آسیب پذیری ساختمان های بتن مسلح با استفاده از تحلیل دینامیکی غیر خطی پرداختند. آنها تعدادی ساختمان بتن مسلح مشابه با پلان و مشخصات همسان ولی با تعداد طبقات مختلف در دو دسته با دیوار برشی و بدون دیوار برشی بر طبق آئین نامه های متداول در ایران طرح کردند. سپس با استفاده از برنامه کامپیوتری IDARC به تحلیل غیر خطی آنها پرداخته شده است. با تعمیم نتایج ارزیابی نمونه های طرح شده، ظرفیت لرزه ای ساختمان های بتن مسلح به صورت کمی مورد مطالعه قرارگرفته و در نهایت با تحلیل نتایج آسیب پذیری لرزه ای آنها بررسی گردیده است. برکچیان در سال ۱۳۷۸ کار پژوهشی با عنوان ارزیابی کمی آسیب پذیری ساختمان های مهم فولادی در برابر زلزله را با استفاده از تحلیل های غیر ارتجاعی ارائه کرده است. (ناطق الهی وهمکاران، ۱۳۸۹: ۴۴)

شکیب و همکارانش جهت دستیابی به شناخت وضعیت موجود ساخت و ساز در شهرهای مختلف استان ایلام از دیدگاه مقاومت لرزه ای مطالعاتی با عنوان ارزیابی آسیب پذیری ساختمان های متداول شهری انجام داده اند. ادامه چنین مطالعاتی با توجه به شرایط لرزه خیزی اکثر نقاط کشور، برای شهرهای مختلف ضروری است. (شکیب و همکاران، ۱۳۸۵: ۲۲)

[1] -Neural Network
[2] - EVA

مبانی و روش های ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان ها

ساختمان آسیب پذیر دربرابر زلزله به ساختمانی اطلاق می شود که از نظر طراحی و ساخت دارای اشکالات فنی و اصولی بوده است به طوری که وجود این نقاط ضعف باعث کاهش مقاومت ساختمان در برابر زلزله و بارهای وارده می گردد. ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای سازه های موجود موضوعی است که در دهه اخیر مطرح شده و به سرعت پیشرفت کرده است. به منظور ارزیابی راهکارهای مناسب برای کاهش خطر پذیری لرزه ای در نواحی شهری، پیش بینی آسیب پذیری سازه های موجود بر اثر زلزله های احتمالی در آینده یکی از ضروری ترین اقدامات مهندسی می باشد. بسیاری از سازه های موجود ارزش فراوانی داشته و یا در هر حال به علل مختلفی نمی توان آنها را خراب کرد و مجدداً اقدام به ساخت آنها نمود. به همین دلیل باید پس از تعیین نقاط ضعف این گونه سازه ها، آسیب پذیری لرزه ای را بر آورد نموده و در صورت لزوم جهت مقاوم سازی آنها در برابر زلزله اقدام نمود. در بررسی آسیب پذیری یک ساختمان کلیه المان هایی که به دلیل ضعف در طراحی و یا اجراء ممکن است باعث وقوع تخریب در سازه گردند، تعیین و سپس در مرحلهٔ مقاوم سازی به نحوه بهبود این نقاط ضعف پرداخته می شود. با توجه به مطالعات انجام شده در دو دهه اخیر، یافته های جدیدی در این زمینه به عنوان ابزار مناسب برای شناخت مشکلات، معایب و آسیب پذیری سازه های موجود در مقابل نیروهای زلزله ارائه گردیده است. از طرفی با به کارگیری این ابزار می توان به مقاوم سازی سازه های موجود پرداخت و از طرف دیگر با شناخت وضعیت سازه های موجود می توان اقدام به اصلاح طرح و اجرای سازه های جدید نمود به گونه ای که در مقابل زلزله های احتمالی مقاومت لازم را داشته باشند. (رازانی، ۱۳۸۵: ۸۱)

روش های ارزیابی آسیب پذیری

در هنگام زلزله انهدام یا هرگونه خسارت ساختمان ها از نقاط ضعف آن شروع می شود. بعد از شکست اولین نقاط ضعیف، نیروهای زلزله نقاط بعدی را به خطر می اندازد. بنابراین شناسایی نقاط ضعف ساختمان ها یا به عبارتی استاندارد تشخیص ضعف[۳] به عنوان گام اول و سپس بررسی روش های مناسب ترمیم و تقویت و یا به عبارتی استاندارد درمان[۴] به عنوان گام دوم اساسی مطالعات آسیب پذیری سازه ها در مقابل خطرات زلزله مطرح می شود. طی بیست سال گذشته تلاش فزاینده ای برای ارزیابی مقاومت لرزه ای انواع ساختمان ها بعمل آمده است. اما با توجه به تنوع ساختمان ها و پیچیده بودن اثر عوامل و پارامتر های مختلف در آسیب پذیری لرزه ای ساختمان ها تهیه و تدوین استانداردهای تشخیص ضعف و درمان بسیار مشکل می باشد. برمبنای تحقیقات انجام گرفته در سطح جهان روش های آسیب پذیری سازه ها را می توان به دو گروه روش های کیفی و کمی طبقه بندی کرد. (همان منبع: ۸۲)

روش های کیفی

در روش های کیفی با توجه به شرایط لرزه خیزی و شرایط ساختمان سازی و براساس تجربه زلزله های گذشته فرم های ویژه ای تهیه می شوند. بازرسان ساختمان با استفاده از این فرم های اطلاعاتی از قبیل سیستم باربر قائم، سیستم مقاوم لرزه جانبی، کیفیت اتصالات، شکل پذیری اعضا، نحوه ساخت، شرایط محل ساختمان، وضعیت پی و.... را جمع آوری نموده و در یک بانک اطلاعاتی ذخیره می کنند. از این روش ها می توان برای برآورد اولیه و تقریبی ظرفیت لرزه ای ساختمان های یک منطقه خاص استفاده نمود. اما در عمل قضاوت در مورد تقویت و یا تخریب ساختمان با استفاده از این روش ها کمی دشوار می باشد. در اکثر موارد دستیابی به اطلاعاتی نظیر وضعیت اعضای موجود، پریود طبیعی سازه آسیب پذیر، نحوه توزیع بار زلزله در اعضای خمشی و اعضای مقاوم در برابر بار افقی، میزان شکل پذیری سازه و بطور کلی اطلاعات اساسی لازم برای برآورد و وضعیت مقاومت لرزه ای ساختمان، مشکل و غیر قابل دسترسی می باشد. برای سهولت در تصمیم گیری در این گونه موارد، روش های کیفی ارزیابی می تواند جایگزین روش کمی گردد. نمونه ای از روش های کیفی، استفاده از نسبت ظرفیت مقاومتی ساختمان است. با رتبه بندی میزان آسیب پذیری ساختمان به روش کیفی ممکن است که برای مقایسه نتیجه باروش های کمی، لازم باشد که به میزان مقاومت لرزه ای ساختمان ارزیابی شده به روش کیفی عددی نسبت داده شود، برای این کار اغلب از نسبت ظرفیت۵ استفاده می شود. نسبت ظرفیت همان نسبت ظرفیت مقاومت لرزه ای ساختمان به بار لرزه ای احتمالی وارد بر ساختمان می باشد که با توابع مختلفی تعریف می شود. مثل نسبت ظرفیت برشی مقاوم سیستم در برابر زلزله۶ به نیروی برشی ناشی از زلزله توصیه شده توسط آئین نامه مورد استفاده که همان نسبت ظرفیت می‌باشد.در صورت فقدان اطلاعات عددی درباره نسبت ظرفیت (با در نظر گرفتن پراکندگی ناشی از طبیعت پدیده مورد بررسی و محدودیت اعتبار روش اتخاذ شده)، اعداد تقریبی و مبتنی بر قضاوت مهندسی برای نسبت ظرفیت قابل استفاده است.

[3] - Diagnosis Standard
[4] - Therapy Standard
[5] - Capacity Ratio
[6] - VR

روش ارزیابی آسیب پذیری (ATC)

با اینکه این روش تقریبی است شناخت سریع وضعیت ساختمان ها و آسیب پذیری آنها در مقابل زلزله مؤثر است در این روش، کلیه عوامل مؤثر در آسیب پذیری ساختمان که در دسترس هستند از طریق اسناد و مدارک، مثل دفترچه محاسبات، نقشه های سازه ای، نقشه های اجرائی، تغییرات حین ساخت و بعد از ساخت باید جمع آوری شوند. برخی از مشخصات ساختمان که با میزان آسیب های وارده در هنگام زلزله، مرتبط بوده و با بررسی عینی قابل تشخیص هستند در زیر آورده می شود: (زهرایی و همکاران، ۱۳۸۵: ۲۷)

۱- شناخت سیستم سازه ای

تشخیص سیستم سازه ای در شناخت رفتار ساختمان، در هنگام زلزله و همچنین برای ارزیابی ساختمان از لحاظ خطرهایی که در بردارد مؤثر است. این شناخت از روی نقشه ها و یا بازدید دقیق از داخل و خارج ساختمان به دست می آید

.

جدول ۱: دامنه تغییرات DI جهت تشخیص سیستم سازه ای (زهرایی وهمکاران،۱۳۸۵: ۲۸)

دامنه تغییرات DI	تشخیص
۰ – ۰/۲	به همان حال باقی می ماند (بدون خسارت)
۰/۲ – ۰/۴	تقویت (بدون تحلیل اضافی)
۰/۴ -۰/۸	تقویت (با تحلیل اضافی)
۰/۸ یا بیشتر	تخریب

۲- ارتفاع یا تعداد طبقات ساختمان

آمار زلزله نشان داده که ساختمان های بلند بیشتر در معرض خطر آسیب دیدگی قراردارند. ساختمان های بین ۱تا ۳ طبقه کوتاه، ۴تا ۷ طبقه متوسط، و ۸ طبقه به بالا جزو ساختمان های بلند محسوب می گردند. تعداد طبقات در بازدید عینی ساختمان و یا از روی نقشه های اجرائی مشخص می شود.

۳- تعداد افراد ساکن

این مسئله با توجه به هدف ارزیابی که محافظت از جان ساکنان است دارای اهمیت می باشد .تعداد ساکنان برحسب زیر بنای ساختمان و تعداد طبقات به طور تقریبی می تواند بر آورد گردد. برای مشخص نمودن تعداد ساکن، دسته بندی به صورت ۵ تا ۱۰ نفر، ۱۱ تا ۵۰ نفر، ۵۱ تا ۱۰۰ نفر و بالاتر از ۱۰۰ نفر در نظر گرفته شده است.

۴- نوع استفاده از ساختمان

این مسئله مشخص می‌کند که در هر زمان چه تعداد افراد در داخل ساختمان هستند و یا آنکه وزن ساختمان (سربار طبقات) چه مقدار است. عموماً نوع استفاده از ساختمان به راحتی از خارج ساختمان قابل تشخیص است.

۵- نامنظمی در پلان

وجود پیش آمدگی یا فرو رفتگی در پلان سازه، در نیرو و چگونگی توزیع آن هنگام زلزله مؤثر است. منظم بودن ساختمان در پلان را می توان در بازدید عینی از ساختمان و اطراف آن به طور تقریب تشخیص داد در این مورد استفاده از نقشه های اجرائی به مراتب دقیق تر خواهند بود. در صورتی که ساختمان در هر بعد کمتر از ۲۵ در صد فرورفتگی و یا پیش آمدگی داشته باشد ساختمان منظم و در غیز اینصورت، نامنظم تلقی می گردد.

۶- پیچش

در صورتی که پلان متقارن نبوده و یا سختی ستون های یک ساختمان بیشتر از طرف دیگر باشد و یا دیوارهای برشی در یک طرف متمرکز گردند (بین مرکز صلبیت و مرکز جرم ساختمان فاصلهٔ قابل توجهی وجود داشته باشد) احتمال بروز پیچش در ساختمان وجود دارد و نیروی زلزله،

بربرخی قسمتهای سازه به میزان بیشتری اعمال می شود. امکان به وجود آمدن پیچش در ساختمان را از فرم قرارگیری ستون ها در طبقه اول و محل دیوارهای برشی می توان تشخیص داد.

۷– نامنظمی در ارتفاع

اگر ساختمان از لحاظ توزیع جرم و سختی، دارای یکنواختی خاص نباشد، باعث می شود که نیروی زلزله و تنش های بوجود آمده در برخی ترازها بیشتر از قسمتهای دیگر شود و در نتیجه، برخی المان ها در معرض شکست و یا ناپایداری واقع شوند. این نوع نامنظمی را می توان از اختلاف عملکرد ساختمان در طبقات مختلف و یا تغییر سطح طبقات تشخیص داد. مثلاً در مواردی که در یک طبقه دستگاه های سنگین نصب شده است و یا در مواردی که به علت مسائل معماری ساختمان و یا زیبایی ظاهری آن، سطح طبقه در طبقات فوقانی تغییر کرده است.

۸– ضربه ساختمان های مجاور

در صورتی که ساختمان های مجاور در فاصله ناچیزی از یکدیگر قرارداشته باشند. (عدم رعایت از انقطاع توصیه شده توسط آئین نامه ۲۸۰۰) می توان گفت که ممکن است به یکدیگر ضربه وارد کنند.

۹– طبقهٔ نرم

در صورتی که در یک طبقه خاص به علت عدم به کارگیری دیوارها و تیغه های داخلی و یا عواملی دیگر، سختی طبقه نسبت به سایر طبقات شدیداً کاهش یافته باشد، طبقه مزبور طبقه نرم محسوب شده و محل تمرکز حرکت و تغییر مکان های جانبی می شود که در هنگام زلزله خطرناک است به عبارت دیگر چنانچه در طبقه ای از ساختمان سستی عناصر باربر جانبی از ۷۰ درصد طبقه زیرین و از ۴۰ درصد سه طبقه زیرین کمتر باشد، این طبقه، طبقه نرم محسوب می شود. طبقه نرم را از ارتفاع بلند یک طبقه نسبت به طبقات دیگر و یا فقدان دیوارهای ضخیم دیوار چینی در یک طبقه می توان تشخیص داد. (منظور از دیوارهای ضخیم، دیوارهای با حداقل ضخامت ۲۰ سانتیمتر است.)

۱۰– ستون های کوتاه

چنانچه ارتفاع ساختمان، در طبقه‌ای کمتر از طبقات دیگر باشد و یا به دلیل وجود دیوارهای بالای پنجره ها یا زیر آن، طول ستون ها کوتاه شود، ستون ها سخت شده و نحوه شکست آنها از حالت انعطاف پذیری به حالت ترد تبدیل می شود و این امر باعث می شود که نیروی برشی بزرگتری جذب کند و لذا در این طبقه، نقطه ضعف بوجود آمده شکست ترد برشی رخ می‌دهد. این ستون ها را می توان از ارتفاع طبقه و یا از ارتفاع تیرهای نعل درگاه یا زیر پنجره ها که تنها در طبقه به کار گرفته شده اند تشخیص داد. در این مورد باید توجه نمود که گاهی ستون‌های کوتاه براثر قرارگیری تیغه های سنگین تا ارتفاعی از مجاورت ستون به وجود می آید.

۱۱– وضعیت نامطلوب سازه

هر عامل یا نشانه‌ای که حاکی از خرابی سازه، عدم مرغوبیت مصالح بکار رفته یا بدی اجرا باشد (مواردی مثل خرابی بتن و یا خوردگی میلگرد) هنگام زلزله، در فروریختن سازه مؤثر خواهد بود. این مسئله بابررسی های محلی از ساختمان بطور نسبی امکان پذیر خواهد بود.

۱۲– زمان ساخت ساختمان

با توجه به این موضوع می توان تشخیص داد که آئین نامه به کار گرفته شده در طراحی ساختمان، حاوی چه بخشهایی بوده و برخورد با مسئله زلزله در ساختمان چگونه انجام گرفته است. در این مسئله باید به اختلاف زمان طراحی و ساخت توجه کافی مبذول گردد. در ضمن زمان ساخت، عمر ساختمان را مشخص می کند که با فرسودگی مصالح ساختمان ارتباط مستقیم دارد.

۱۳– ملحقات اضافی ساختمان و چگونگی اتصال آن به ساختمان

در صورتی که در ساختمان بالکن های بزرگ (با عرض بیشتر از ۱/۲۰ متر) و یا پوشش های سنگی که به نحو مطلوبی به سازه متصل نیستند (مثلاً سنگهای نما یا نماهای پیش ساخته سنگین) و یا دست اندازها و جان پناه ها که اتصال مناسبی با سازه اصلی ندارند وجود داشته باشد، احتمال جدایی و سقوط این عناصر از ساختمان، در هنگام وقوع زلزله وجود دارد.

۱۴– نوع خاک

مشخصات خاک زیر پی اغلب در تعیین نیروی زلزله وارد بر ساختمان مؤثر است. اما تشخیص نوع آن به علت پوشش کف به راحتی امکان پذیر نیست. چنانچه در محیط اطراف ساختمان، زمین بکری وجود داشته باشد می‌توان با مشاهده خاک، شناخت تقریبی از آن به دست آورد. نقشه‌های اجرایی و مشخصات فنی در این مورد دقیق تر از بررسی های محلی خواهد بود. (همان منبع: ۲۸)

۱۵– منطقه مورد نظر از لحاظ لرزه خیزی

شدت و دوره بازگشت زلزله های محتمل در آن منطقه عامل مهمی در میزان خطرهای احتمالی بر سازه مورد نظر خواهد بود. از لحاظ شدت زلزله خیزی، سه منطقه زلزله خیزی شدید، متوسط و ضعیف در نظر گرفته می شود. این مناطق در آئین نامه ها یا نقشه های لرزه خیزی منطقه مشخص گردیده و به راحتی در منطقه مورد نظر قابل دسترسی است. در صورتی که در محل ساختمان به علت غیر طبیعی بودن وضع زمین، احتمال لغزش کوه و یا غیر یکنواخت بودن خاک زمین، شتاب های بزرگتری در نتیجه زلزله حادث گردد. این عوامل باید مد نظر قرار گیرند.

برای آنکه خطر زلزله برای ساختمان مشخص شود باید هریک از عوامل یاد شده در ساختمان مورد ارزیابی قرارگیرد. جمع آوری فرم اطلاعات الزاماً باید توسط مهندس متخصص یا شخص مجرب صورت گیرد. برای هر یک از موارد ذکر شده یک عدد ایمنی اختصاص می یابد. در این روش، ضعف مختلف به صورت اعداد منفی ذکر می گردد و عدد ایمنی نهایی از کاستن اعداد منفی نقاط ضعف از عدد ایمنی کل بدست می‌آید. (ناطق الهی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۲- ۲۵)

نتیجه گیری

بررسی آسیب پذیری ساختمان های شهرهای آسیب پذیر و مطالعات مربوط به ارزیابی آنها یکی از موضوعات مهم می باشد که باید در دستور کار مسئولین امر قرار گیرد و اینگونه مطالعات از آن جهت اهمیت دارد که می توان با برنامه ریزی مناسب و تامین بودجه مورد نیاز نسبت به مقاوم سازی ساختمان های ارزیابی شده اقدام نمود. همچنین مطالعه انجام شده در این تحقیق نشان می دهد که روش آسیب پذیری ATC به دلیل ارزیابی کامل ساختمان ها بر اساس ۱۵ شاخص ذکر شده نسبت به روش کیفی و سایر روش ها مناسب می باشد و بایستی در بررسی آسیب پذیری ساختمان ها از این روش استفاده شود.

فهرست مراجع:

آئین نامه طرح ساختمان ها در برابر زلزله ۲۸۰۰ ویرایش دوم

برکچیان (۱۳۸۷) ارزیابی کمی آسیب پذیری ساختمان های مهم فولادی در برابر زلزله با استفاده از تحلیل های غیر ارتجاعی

تسنیمی و همکاران (۱۳۸۵) شناسنامه فنی ساختمان های بتن مسلح و آجری

تهرانی زاده (۱۳۸۴) روش های ارزیابی خسارت و مقاوم سازی بنائی در برابر زلزله

رازانی (۱۳۸۵) ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان ها در شهرها و مناطق مختلف ایران

زهرایی و همکاران (۱۳۸۵) بررسی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های شهر قزوین

شکیب ح و همکاران (۱۳۸۵) ارزیابی رفتار سازه های منطقه زلزله زده قائنان

شکیب ح و همکاران (۱۳۸۵) ارزیابی آسیب پذیری ساختمان های متداول شهری استان ایلام

مالک ش (۱۳۸۶) شناسنامه فنی ساختمان های فولادی

ناطق الهی ف و همکاران (۱۳۸۹) ارزیابی کمی آسیب پذیری ساختمان بتن مسلح با استفاده از تحلیل دینامیکی غیر خطی.

نشریه مسکن و انقلاب شماره ۵۹ آبان و آذر ۱۳۷۳- مفاهیم آسیب پذیری

ADRC, 2004. Disaster Risk Management Good Practices,Chapter 1. Available on line at: www.adrc.or.jp/publications/TDRM2005/TDRM_Good_Practices/PDF/ Chapter1_1.3.pdf

Hosseini M (2005)The relations between Disaster Risk Management and Quality Management. 10- International Institute Earthquake Engineering and Seismology IIEES, Tehran-Iran. pp2-4

United Nations (2005) Draft Program Outcome document, building the resilience of nations and communities, pp.2-5