ارزیابی سریع آسیب پذیری ساختمانها در برابر زلزله

فرزاد حجازی
مدرس دانشگاه آزاد اسلامی ارومیه
farzad@hejazei.com

چکیده

مقاوم سازی و بهسازی لرزه‌ای ساختمانها و شریانهای حیاتی مطابق روشهای معمول بر اساس دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای نیازمند انجام مطالعات جامع و نیز آزمایشات متعدد می باشد که این امر مستلزم صرف هزینه و زمان بسیار طولانی است . لیکن جهت انجام مطالعات مقاوم سازی و بهسازی لرزه ای از دید کلان نیاز به ارزیابی سریع ساختمانها جهت تعیین اولویت و تقدم انجام مطالعات آسیب پذیری ساختمانها می باشد .

استفاده از روشی برای برآورد آسیب پذیری تقریبی و سریع سازه با صرف هزینه اندک کمک خواهد نمود تا بتوان بسرعت ساختمانها را اولویت بندی نموده و همچنین ساختمانهایی که فاقد هر گونه سیستم مقاوم جانبی می باشد را سریعاً شناسایی و در مورد نیاز سازه جهت انجام مطالعات کامل بهسازی و روش آن بهتر تصمیم گیری نمود .

لذا در این تحقیق سعی شده با شناسایی و بررسی تمام موارد ، پارامترها ، معایب و نقایص موثر در مقاومت سازه در برابر نیروهای جانبی وارده به سازه ها همانند زلزله و نیز درجه بندی تاثیر و اهمیت آنها بر آسیب پذیری سازه بتوان میزان آسیب پذیری سازه را بطور تقریبی و سریع برآورد نموده و با توجه به تأثیر عوامل مختلف بصورت یک مقدار کمی بیان نمود تا بتوان براساس میزان و درجه اهمیت و احتمال خرابی آنها نسبت به اولویت بندی برای انجام مطالعات **بهسازی لرزه ای** اقدام نمود. و با انجام مطالعات اندک در زمان کوتاه و با صرف هزینه بسیار کم با رفع سریع نقایص شناخته شده در ساختمان ، پایداری آن را در مقابل خطرات احتمالی تا زمان انجام مطالعات کامل بهسازی موقتاً تا حدود زیادی تامین نمود .

کلمات کلیدی : بهسازی لرزه ای ، مقاوم سازی ، ارزیابی سریع آسیب پذیری

۱ – مقدمه

از دید مدیریت کلان اولویت بندی ساختمانها جهت انجام بهسازی لرزه ای بسیار حائز اهمیت می باشد و انجام مطالعات بهسازی لرزه‌ای و بررسی نیاز ساختمان به بهسازی بر اساس دستورالعمل بهسازی لرزه ای ایران و سایر آیین نامه های متداول نیازمند صرف زمان و هزینه بسیاری می باشد و انجام این مطالعات برای تمامی ساختمانهای مورد نظر چندین سال بطول خواهد انجامید .

ولیکن در اکثر ساختمانها بطور تقریبی می توان میزان آسیب پذیری آنها را با انجام بررسی های سریع در زمان اندک تعیین نمود که این امر کمک می نماید تا اولویت بندی ساختمانها جهت انجام مقاوم سازی لرزه ای براساس آسیب پذیری و میزان اهمیت آنها بسرعت و با دقت

بیشتری انجام پذیرد . روش ابداع شده در این تحقیق این امکان را می دهد که با در نظر گرفتن تمامی عوامل و موارد مؤثر در آسیب پذیری و پایداری سازه در مقابل زلزله ، مجموع اثرات آنها بر سلامت سازه را به صورت یک مقدار کمی بدست آورد تا براساس آن هم میزان آسیب پذیری سازه مشخص گردد و هم بتوان به کمک آن ، سازه را بر اساس درجه اهمیت و احتمال خرابی آنها برای انجام مطالعات و عملیات مقاوم سازی و بهسازی لرزه ای اولویت بندی نمود تا ابتدا سازه هایی که احتمال آسیب دیدن و ایجاد تلفات بواسطه از بین رفتن آنها بسیار می باشد مورد بررسی قرار گرفته و در برابر زلزله مقاوم شوند .

بدین ترتیب می توان تلفات ناشی از زلزله را که هر آن احتمال رخداد آن وجود دارد ، به حداقل رسانید . همچنین بعضاً وجود ضعفهای مشهود و نواقص معلوم در سیستم باربری جانبی که به سادگی و سریعاً با بازدیدهای عینی و یا با بررسی نقشه ها (در صورت وجود) قابل تشخیص می باشد ، می تواند سلامت و ایمنی سازه را به خطر اندازد و در پایداری سازه نقش اساسی را ایفا نماید . لذا با انجام مطالعات سریع و بررسی های سطحی می توان با شناخت نواقص و عمده ضعفهای ساختمان با برطرف نمودن آنها ساختمان را تا انجام مطالعات کامل بهسازی تا حدود بسیار زیادی در برابر زلزله ایمن ساخت .

۲ – اولویت بندی ساختمانها جهت انجام بهسازی لرزه ای

اولویت بندی ساختمانها بر اساس میزان آسیب پذیری و اهمیت ساختمانها انجام می پذیرد . بنابراین بایستی بتوان آسیب پذیری و اهمیت ساختمانها را به گونه ای تعیین نمود که بتوان آنها را رتبه بندی کرد .

بدین جهت در این تحقیق سعی شده است شیوه ای جهت تعیین درجه آسیب پذیری و اهمیت ساختمانها ارائه گردد تا بر اساس آن بتوان براحتی ساختمانها را اولویت بندی نمود .

۳ – آسیب پذیری و اهمیت ساختمانها

آسیب پذیری ساختمانها در برابر زلزله و نیز اهمیت آنها به موارد مختلفی بستگی دارد که در این تحقیق سعی شده است تمامی موارد در ۵ قسمت مختلف جمع آوری و تعیین گردند که در قسمت های بعدی به تشریح هر کدام پرداخته می شود .

همچنین سعی شده است میزان آسیب پذیری و اهمیت ساختمان در هر قسمت مطابق جدول زیر درجه بندی گردد .

جدول شماره ۱ : درجه بندی میزان آسیب پذیری و اهمیت موضوع

درجه	میزان آسیب پذیری	اهمیت موضوع
۱	غیر آسیب پذیر	بدون اهمیت
۲	کم (کمی آسیب پذیر)	با اهمیت کم
۳	متوسط (آسیب پذیر)	با اهمیت
۴	زیاد (بسیار آسیب پذیر)	با اهمیت بسیار زیاد

٤ – قسمت اول : وضعیت عمومی و اهمیت ساختمان

در این قسمت با شناخت وضعیت عمومی ساختمان ، تمامی مواردی که در افزایش اهمیت ساختمان از درجات گوناگون تأثیر بسزایی دارند را تعیین نموده و با بررسی آنان میزان اهمیت ساختمان مشخص می گردد . لذا با توجه به میزان اهمیت سازه بایستی یکی از درجات یک الی چهار را مطابق جدول ۱ برای هر مورد انتخاب نموده و بیشترین درجه بین موارد ذکر شده در زیر بعنوان درجه اهمیت و آسیب پذیری وضعیت عمومی و اهمیت سازه در نظر گرفته شود . در ادامه به تشریح عمده موارد مهم در این قسمت پرداخته می شود .

٤ – ١ – اهمیت کاربری ساختمانها

نیروگاه ها ، بیمارستانها ، مراکز درمانی ، آتش نشانی ها ، مراکز نظامی و سایر مراکزی که به هنگام وقوع زلزله و بحران بایستی دارای سطح عملکرد خدمت رسانی و قابلیت استفاده بی وقفه داشته باشند از نظر رتبه بندی اهمیت ساختمان ، از درجه چهار و جزو ساختمانهای با اهمیت بسیار زیاد می باشند . لذا انجام بهسازی لرزه ای این گونه سازه ها ارجح تر از بقیه ساختمانهای عادی می باشند .

٤ – ٢ – اهمیت سیاسی ، اقتصادی ، فرهنگی

ساختمانهایی که از لحاظ سیاسی ، اقتصادی ، فرهنگی دارای اهمیت خاصی می باشند بایستی در اولویت انجام مطالعات آسیب پذیری قرار گیرند تا با بررسی آنها هر چه سریعتر نسبت به پیشگیری از آسیب دیدگی احتمالی آنها در برابر وقوع زلزله اقدام گردد . این چنین ساختمانهایی بیشتر دارای ارزش معنوی بوده ، به همین دلیل نیاز به توجیه اقتصادی جهت انجام مطالعات و اجرای بهسازی لرزه ای نداشته و مقاوم سازی این گونه سازه ها در اولویت قرار داشته و الزامی می باشند .

مراکز سیاسی ، موزه ها ، بناهای تاریخی ، مراکز مذهبی و نظامی و مراکزی که در آن اسناد ، مدارک و ثروتهای ملی نگهداری می شود ، جزو این دسته بشمار می آیند .

٤ – ٣ – متوسط تعداد ساکنین در ساختمان

هر چه متوسط تعداد ساکنین و استفاده کنندگان از ساختمان بیشتر باشد ساختمان از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود و بنابراین اولویت با ساختمانهایی می باشد که دارای ساکنین بیشتری می باشند .

فروشگاهها ، سینماها ، تأترها ، سالنهای بزرگ و سایر مکانهای عمومی که دائماً یا در مواقعی تعداد نفرات زیادی در ساختمان وجود داشته باشد ، دارای اهمیت بالا بوده و از اولویت بیشتری برخوردار می باشند و همچنین در صورتیکه ساکنین ساختمان از اهمیت بالایی برخوردار باشند مانند سران و مسئولین رده بالای دولتی و امنیتی کشور ، دانشمندان و سایر اشخاص مهم ، بایستی درجه اهمیت بالایی مانند چهار یا سه برای ساختمان در نظر گرفته شود .

٤– ٤ – تأثیر بی استفاده شدن ساختمان در آسیب پذیری مجموعه

در مجموعه هایی که از چندین ساختمان مجزا تشکیل شده اند ، در صورتی که آسیب دیدن یکی از ساختمانها موجب از کار افتادن کل مجموعه و مختل شدن استفاده و خدمت رسانی کل مجموعه گردد ، ساختمان مذکور نسبت به سایر ساختمانهایی که تأثیر کمتری در آسیب پذیری کل مجموعه دارند از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و در انجام مقاوم سازی و بهسازی لرزه ای از اولویت بیشتری نسبت به سایر ساختمانهای مجموعه برخوردار خواهند بود .

٥– قسمت دوم : وضعیت کلی سازه

ضعف ها و نواقص سازه در آسیب پذیری ساختمان در برابر زلزله و نیز پایداری آن بسیار تأثیر گذار می باشند . لذا با بررسی وضعیت سازه و شناخت ضعفها و نواقص آن می توان میزان آسیب پذیری ساختمان را بطور تقریبی برآورد نمود . اطلاعات لازم برای بررسی سازه به کمک نقشه های موجود از ساختمان بدست می آید و در صورتی که نقشه ها و سایر مدارک فنی از ساختمان وجود نداشته باشد ، پیکربندی ساختمان را می توان توسط انجام بازدیدهای عینی مطابق دستورالعمل بهسازی لرزه ای تعیین نمود .

درجه آسیب پذیری ساختمان بعد از بررسی تمامی موارد ذکرشده در این قسمت بنا به میزان تأثیر نواقص و یا ضعفهای سازه بر پایداری و آسیب دیدگی ساختمان به هنگام وقوع زلزله مطابق جدول ١ تعیین خواهد شد . موارد مورد بررسی به شرح زیر می باشد .

٥– ١ – سیستم باربر جانبی سازه

اصلی ترین موضوع جهت مقاومت ساختمان در برابر زلزله وجود سیستم باربر جانبی در دو جهت متعامد می باشد و در صورتی که سازه مورد نظر در یک یا دو جهت فاقد هر گونه سیستمی جهت تحمل بارهای جانبی وارده به سازه باشند ، ساختمان به طور کل بسیار آسیب پذیر

می باشد (درجه ۴) . در صورتی که سازه دارای سیستم باربر جانبی بوده ولی سیستم باربر جانبی دارای ضعف ها و نواقص کلی یا جزئی بوده یا انقطاعی در مسیر انتقال بار جانبی وجود داشته باشد بنا به میزان ضعف آن و تأثیر آن در آسیب پذیری سازه می توان درجه آسیب پذیری سه (آسیب پذیر) یا دو (کمی آسیب پذیر) را انتخاب نمود . مشهود است در صورتی که سازه دارای سیستم باربر جانبی مناسب باشد ، درجه آسیب پذیری یک (غیر آسیب پذیر) برای آن در نظر گرفته می شود .

۵ – ۲ – سیستم باربر ثقلی ساختمان

پایداری ساختمان پس از وقوع زلزله به وجود سیستم باربر ثقلی مناسب بستگی دارد . لذا مشابه قسمت قبلی بایستی با بررسی سیستم باربری ثقلی ساختمان ، میزان آسیب پذیری را مشخص و درجه آسیب پذیری را مطابق جدول ۱ تعیین نمود .

۵ – ۳ – منظم بودن ساختمان در پلان و ارتفاع (آیین نامه ۲۸۰۰)

در صورتی که احتمال نامنظم بودن ساختمان در پلان و ارتفاع وجود داشته باشد بنا به میزان نامنظمی آن درجه آسیب پذیری برای ساختمان در نظر گرفته می شود . [3]

۵– ٤ – طبقه نرم و ضعیف (آیین نامه ۲۸۰۰)

بدون انجام محاسبات نمی توان بطور یقین وجود طبقه نرم و ضعیف را در ساختمان مشخص نمود ولی احتمال وجود طبقه نرم و ضعیف را در حالات خاص (مانند حذف بادبند در یک طبقه) می توان پیش بینی نمود . بنابراین در صورت احتمال وجود طبقه نرم و ضعیف بایستی آسیب پذیری آنها نیز در نظر گرفته شود .

۵ – ۵ – درز انقطاع

بایستی با بررسی سازه وجود درز انقطاع مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ بررسی گردد و در صورت عدم وجود درز انقطاع بایستی آسیب پذیری آن در مجموعه در نظر گرفته شود . درجه آسیب پذیری در این حالت می تواند سه (آسیب پذیر) یا دو (کمی آسیب پذیر) در نظر گرفته شود . [3]

٦ – قسمت سوم : وضعیت ساختگاه

وجود مخاطرات ژئوتکنیکی ساختگاهی می تواند برای ساختمان به هنگام وقوع زلزله بسیار آسیب پذیر گردد . بنابراین بررسی وضعیت ساختگاه و تشخیص امکان تأثیر آن بر ساختمان با شناخت کامل عوامل مختلف و خطرات ساختگاهی بایستی انجام پذیرد . انجام مطالعات ساختگاهی با استفاده از نتایج و مدارک ژئوتکنیکی و نیز بازدیدهای محلی انجام می پذیرد و در صورتی که هیچ گونه مدارک و اطلاعاتی از خاک ساختگاه در دسترس نباشد بایستی گمانه دستی یا ماشینی جهت بدست آوردن حداقل اطلاعات لازم از ساختگاه حفر گردد . در ادامه موارد مؤثر بر آسیب پذیری ساختمان به هنگام وقوع زلزله ذکر شده است که بایستی با بررسی آنان احتمال و حداکثر میزان آسیب پذیری مطابق جدول ۱ تعیین گردد .

٦ – ۱ – سطح آب زیر زمینی

بالا بودن سطح آب زیرزمینی می تواند خطرات ساختگاهی را به هنگام اعمال نیروی جانبی به سازه بدنبال داشته باشد که بنا به میزان و احتمال ایجاد خطر می توان درجه آسیب پذیری را درجه دو یا سه در نظر گرفت .

٦ – ۲ – گسلش

در صورت وجود گسل در ساختگاه مورد مطالعه ، امکان وجود خطر گسلش سازه را تهدید می کند که برای بررسی بیشتر و تعیین میزان خطر احتمالی و آنالیز ریسک زلزله ، بدست آوردن اطلاعاتی در زمینه های درجه فعالیت گسل براساس سن آخرین حرکت گسل ، نوع گسل

(امتداد لغز ، عادی ، معکوس یا تراست فشاری) ، جهت حرکت گسل در ارتباط با هندسه و موقعیت ساختمان ، اندازه جا به جایی های قائم و افقی بر مبنای سطح خطر انتخابی برای زلزله و نیز طول و عرض منطقه خرد شده گسلی ضروری می باشد . [1]

٦ – ٣ – روانگرایی

کاهش شدید مقاومت برشی خاک بدلیل افزایش فشار آب حفره ای در خاک های دانه ای ریز به هنگام وقوع زلزله می تواند بسیار خطرساز باشد. لذا در صورتیکه به استناد مطالعات کافی و گزارشهای مستند موجود ، وقوع پدیده روانگرایی در یک ناحیه و یا در نواحی مجاور آن گزارش شده باشد ، ارزیابی پتانسیل خطر روانگرایی ، وضعیت زمین شناسی ، تراز سطح آب زیرزمینی و تغییرات آن ، نوع و میزان تراکم خاک ضرورت می یابد [1]. در نتیجه بنا به اطلاعات بدست آمده و بررسیهای انجام یافته احتمال میزان آسیب پذیری سازه تحت پدیده روانگرایی مطابق جدول ١ در نظر گرفته می شود .

٦ – ٤ – نشست ناهمگون

خاکهای مستعد روانگرا شدن ، مستعد تراکم و نتیجتاً نشست می باشند که موجب می گردد در زمان وقوع زلزله خاک زیر شالوده در برخی از نواحی متراکم گردد که مسبب نشست نامتقارن شالوده می شود [2]. بنابراین این موضوع نیز بایستی بررسی شده و در صورت وجود احتمال رخداد نشست ناهمگون ، میزان آسیب پذیری آن مشخص می گردد .

٦ – ٥ – لغزش

در صورتیکه شیب ساختگاه دارای شیب بیش از ١٠ درجه بوده و سابقه ناپایداری شیبها در منطقه وجود داشته باشد احتمال حرکت توده ای خاک یا سنگ بر روی شیب به سمت پایین دست وجود دارد که می تواند باعث ناپایداری کلی ساختمان و یا حرکت متفاوت شالوده های ساختمان گردد [1]. لذا طبق بررسی انجام یافته بایستی درجه احتمال وقوع لغزش و میزان ایجاد خطرات ناشی از آن تعیین گردد .

٦ – ٦ – وضعیت پهنه بندی منطقه از نظر لرزه خیزی (آیین نامه ٢٨٠٠)

طبق نقشه های پهنه بندی معتبر موجود ، ساختمانهایی که در مناطق زلزله خیزتری قرار می گیرند نسبت به سایر ساختمانها که در مناطق با خطر نسبی وقوع زلزله کم ، قرار می گیرند بیشتر در معرض خطر وقوع زلزله شدید قرار داشته و احتمال آسیب پذیری آنها بیشتر می باشد [3]. بنابراین بایستی میزان آسیب پذیری این گونه ساختمانها را بیشتر از سایرین در نظر گرفت تا برای انجام مطالعات مقاوم سازی و بهسازی لرزه ای در اولویت قرار گیرند .

در صورتیکه طبق موارد ذکر شده در فوق خطری از ناحیه ساختگاه سازه را تهدید نکند ، می توان مطابق جدول ، آسیب پذیری ساختگاهی را از درجه(١) (غیر آسیب پذیر) در نظر گرفت ولی در غیر این صورت اگر حتی یکی از موارد فوق الذکر احتمال ایجاد خطر برای سازه مورد نظر را به هنگام اعمال نیرو نماید بایستی میزان آسیب پذیری آن مورد بعنوان درجه آسیب پذیری کل این قسمت در نظر گرفته شود .

٧ – قسمت چهارم : اجزای غیر سازه ای و تأسیسات

اجزای غیر سازه ای و تأسیسات بر عملکرد ساختمان بسیار تأثیر گذار بوده و می توانند آسیبهای بسیاری به ساختمان به هنگام وقوع زلزله وارد آورند . همچنین بعضاً بواسطه وجود تجهیزات و دستگاههای بسیار مهم و حساس در ساختمان ، اهمیت انجام مقاوم سازی لرزه ای ساختمان بسیار افزایش می یابد [3]. مشابه قبل در این مرحله نیز درجه آسیب پذیری در هر قسمت بایستی مطابق جدول ١ تعیین گشته و بحرانی ترین حالت بعنوان درجه آسیب پذیری اجزای غیر سازه ای و تأسیسات در نظر گرفته شود .

٧ – ١ – تجهیزات و دستگاهها

در صورتی که در سازه تجهیزات و دستگاههای با اهمیت و با ارزش و یا حساس به شتاب وجود داشته باشد بنا به اهمیت و ارزش تجهیزات می توان درجه آسیب پذیری را تعیین نموده و ساختمانهایی که دارای تجهیزات با ارزش می باشند را در اولویت پروژه های مقاوم سازی قرار داد .

۷ - ۲ - اجزای غیر سازه ای

تمامی اجزای غیر سازه ای که بر عملکرد سازه به هنگام وقوع زلزله تأثیر گزار می باشند بایستی شناسایی شده و میزان تقریبی خسارت احتمالی وارده توسط اجزای غیر سازه ای بر ساختمان تعیین گردد .

۷ - ۳ – تأسیسات

در ساختمانهای بسیار مهم مانند بیمارستانها که سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه برای آنها در نظر گرفته شده است ، بعد از وقوع زلزله انتظار می رود که تمامی تأسیسات ساختمان نیز با آسیب دیدگی جزئی و انجام تعمیرات مختصر بتوانند دارای عملکرد کامل باشند . لذا در این گونه ساختمانها بایستی با بررسی کامل تأسیسات میزان آسیب پذیری آنها در برابر زلزله تعیین گردد .

۸ - قسمت پنجم : ساختمانهای مجاور

با بررسی احتمال برخورد دو ساختمان با یکدیگر امکان آسیب رسیدن به ساختمانها بایستی بررسی گردد . در صورتیکه شرایط برخورد دو ساختمان وجود نداشته باشد ، خطر آسیب دیدگی وجود نداشته (درجه ۱) و در غیر اینصورت بایستی با توجه به شرایط ذکر شده در ذیل میزان خطر آن در آسیب دیدگی ساختمان در نظر گرفته شود .

۸ - ۱ - وجود فاصله مناسب (درز انقطاع) مطابق آیین نامه ۲۸۰۰

در صورتیکه میزان فاصله در نظر گرفته شده از ساختمان مجاور مطابق ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ باشد[3]، خطر برخورد ساختمانها به یکدیگر وجود نداشته و در غیر این صورت بایستی میزان خطر آن مطابق جدول ۱ براساس احتمال برخورد دو ساختمان درجه دو یا سه ملحوظ گردد.

۸ - ۲ - ارتفاع ساختمان مجاور

براساس سطوح عملکرد سازه ای ایمنی جانبی یا پایین تر در صورتیکه تراز دیافراگم های ساختمان مورد نظر با ساختمان مجاور یکی باشد و تفاوت ارتفاع دو ساختمان کمتر از ۵۰ ٪ ارتفاع ساختمان کوتاهتر باشد ، نیازی به رعایت ضوابط حداقل بعد درز انقطاع نمی باشد ولی در صورتی که شرایط ذکر شده برقرار نباشد بایستی احتمال وجود خطر به جهت برخورد دو ساختمان به یکدیگر لحاظ گردد . [2]

۸ - ۳ - وجود اجزاء مشترک

در صورت وجود اجزاء مشترک با ساختمان مجاور بایستی احتمال ایجاد خسارت به عضو مشترک بررسی شده و در صورت لزوم خسارت آن مطابق جدول ملحوظ گردد .

۸ - ٤ - اجزای ناپایدار جانبی

سقوط اجزای ناپایدار جانبی به هنگام وقوع زلزله بعضاً خسارتهای زیادی را بر سازه وارد می سازد . این اجزا ء هم می تواند به اعضای سازه ای خسارت وارد آورد و هم می تواند خسارات جانی بسیاری را سبب شود . لیکن برآورد خسارت احتمالی وارده به دلیل احتمال سقوط اجزای ساختمان مجاور بسیار حائز اهمیت می باشد .

۹ - اولویت بندی ساختمانها بر اساس میزان آسیب پذیری آنها

بعد از بررسی تمامی موارد مهم در تأمین سلامت سازه در مقابل زلزله و نیز تعیین میزان خسارت هر عامل در هر کدام از ۵ قسمت تشریح شده ، بایستی تمامی عوامل بر حسب مقدار اهمیت و تاثیر آنها بر آسیب پذیری سازه درجه بندی شده تا بتوان ساختمانها را بر اساس میزان آسیب پذیری آنها در برابر زلزله اولویت بندی نمود .

لذا به همین منظور میزان آسیب پذیری در هر قسمت طبق جدول ۱ از درجه یک تا چهار مشخص گشته و سپس در جدول ۲ در قسمت مربوطه جایگذاری می گردد . تمامی مراحل یعنی بررسی های مورد نیاز برای تعیین درجه آسیب پذیری ساختمان در هر ۵ قسمت تشریح شده بایستی برای تمامی ساختمانهای مورد نظر انجام گشته و نتایج آن در جدول ۲ قرار گیرد .

بعد از اتمام بررسی های مورد نیاز تمامی ساختمانها ، مجموع درجات آسیب پذیری قسمتهای پنج گانه در هر ردیف برای هر ساختمان محاسبه شده و در ستون سمت چپ درج می گردد . یعنی مجموع ستونهای یک الی پنج جدول ۲ در ستون ششم قرار گیرد . رقمهای ستون ششم نمایانگر میزان آسیب پذیری ساختمانها تحت موارد مختلف می باشند . یعنی هرچه رقم مندرج در این ستون بیشتر باشد به همان نسبت ساختمان مربوطه به آن ردیف در برابر نیروهای جانبی وارده آسیب پذیر می باشد .

جدول شماره ۲ : تعیین درجه آسیب پذیری ساختمانها در قسمت های پنج گانه

	ستون اول درجه آسیب پذیری قسمت اول اهمیت ساختمان	ستون دوم درجه آسیب پذیری قسمت دوم وضعیت سازه	ستون سوم درجه آسیب پذیری قسمت سوم وضعیت ساختگاه	ستون چهارم درجه آسیب پذیری قسمت چهارم اجزای غیر سازه	ستون پنجم درجه آسیب پذیری قسمت پنجم ساختمانهای جانبی	ستون ششم مجموع
ساختمان شماره ۱						
ساختمان شماره ۲						
ساختمان شماره ۳						
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
ساختمان شماره n						

بنابراین برای اولویت بندی ساختمانها برای انجام مطالعات بهسازی لرزه ای ، ردیف ها بر اساس مقادیر ستون ششم جدول ۲ از بیشترین مقدار تا کمترین مقدار منظم گشته که در نهایت جدول ۳ که نشان دهنده اولویت بندی ساختمانها بر اساس درجه آسیب پذیری آنها می باشد بدست می آید .

جدول شماره ۳ : درجه بندی ساختمانها از نظر میزان اهمیت و آسیب پذیری آنها در برابر زلزله

ردیف	نام ساختمان	درجه آسیب پذیری ساختمان (ستون ششم جدول (۲) از بیشترین مقدار تا کمترین مقدار)
۱	ساختمان شماره ...	بیشترین مقدار ستون ششم جدول (۲)
۲	ساختمان شماره ...	
۳	ساختمان شماره ...	
. . .	. . .	. . .
n	ساختمان شماره ...	کمترین مقدار ستون ششم جدول (۲)

۱۰ - بهسازی لرزه ای سریع سازه

با بررسی اجمالی موارد ذکر شده در قسمتهای قبل عمده مواردی که سبب ایجاد خسارت در سازه می شوند تا حدودی شناسایی می گردند . لیکن تا انجام مطالعات کامل بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای می توان با برطرف نمودن نقص ها و ضعفهای شناخته شده در سازه تا حدودی خطر آسیب پذیری ساختمان را کاهش داد .

البته لازم به ذکر است که تأمین ایمنی کامل در سازه مستلزم انجام مطالعات کامل و آزمایشات دقیق می باشد ولی در صورتیکه زمان و بودجه اندک باشد و یا تعداد ساختمانها بسیار زیاد باشد می توان بدین روش با صرف زمان و هزینه اندک ، درصد بالایی از ایمنی سازه را تا انجام مطالعات کافی تأمین نمود . مثلاً نبود سیستم باربری جانبی در یک سازه و ناقص بودن و یا ضعیف بودن آن را می توان بسادگی و بسرعت با بررسی های سریع و بازدیدهای عینی تعیین و نسبت به الحاق سیستم باربر جانبی و یا برطرف نمودن نقص ها و ضعفهای آن ، پایداری سازه را در مقابل نیروهای جانبی وارده تا حد زیادی تأمین نمود .

بطور کلی می توان گفت هدف کلی آن است که با انجام مطالعات سریع بتوان عمده ضعفهای ساختمان را که موجب بیشترین خسارت در ساختمان می شود را سریعاً شناسایی و در زمان اندک و هزینه پایین بتوان هرچه سریعتر سازه را تا حدود زیادی در مقابل خطر زلزله که هر لحظه سازه را تهدید می نمایدذ ، ایمن ساخت .

۱۱ - نتیجه گیری

وقوع زلزله های اخیر در کشورمان که موجب ایجاد خرابی های بسیار و نیز از دست رفتن جان بسیاری از هموطنانمان گشت نشانگر وسعت بسیار آسیب پذیری و وجود ضعفهای بسیار در ساختمانهای موجود بود .

لذا انجام مقاوم سازی و بهسازی لرزه ای برای اکثر ساختمانها امری ضروری می باشد و بایستی سریعاً اقدام به انجام مطالعات آسیب پذیری ساختمانها پرداخت تا از تکرار فاجعه ای دیگر جلوگیری نمود . از سوی دیگر با توجه به حجم عملیات و هزینه زیاد مطالعات و اجرای بهسازی لرزه ای ساختمانها ، و نیز با علم به وسعت کشورمان ، جمعیت زیاد و نیز تعداد زیاد ساختمانها بررسی کامل تمامی ساختمانها بسیار زمان بر و وقت گیر خواهد بود .

بنابراین بایستی تدبیری اندیشید تا ابتدا ساختمانهایی که احتمال ایجاد خرابی و آسیب دیدگی بیشتری در هنگام وقوع زلزله را دارا می باشند و یا از کار افتادن آنها بطور غیر مستقیم موجب افزایش تلفات ناشی از زلزله می باشند مورد مطالعات بهسازی لرزه ای قرار گیرد و سپس ساختمانهای با اهمیت کم بررسی گردد تا بتوان از ایجاد تلفات بیشتر به هنگام وقوع زلزله نا بهنگام جلوگیری نمود .

مهمترین عامل در این روند ابداع روشی صحیح برای اولویت بندی ساختمانها در زمان اندک و با دقت بسیار می باشد بطوریکه تمامی عوامل مؤثر در آسیب پذیری ساختمان در نظر گرفته شود و به گونه ای بتوان اثر تمامی آنها را بطور یک معیار کمی تبدیل نمود تا امکان اولویت بندی ساختمانها بر اساس میزان آسیب پذیری و اهمیت آنها امکان پذیر باشد .

لذا در تحقیق حاضر سعی شده است تا با ابداع روشی بتوان با در نظر گرفتن تمامی موارد مؤثر در ایمنی سازه و پایداری آن به هنگام وقوع زلزله، در زمان اندک ، با صرف هزینه کم میزان آسیب پذیری آنها را بصورت یک مقدار کمی بدست آورد تا بر اساس آن نسبت به اولیت بندی صحیح ساختمانها برای انجام مطالعت بهسازی لرزه ای اقدام نمود .

۱۲ - منابع

[۱] کتاب " دستورالعمل بهسازی لرزه ای " ، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و سازمان مدیریت و برنامه و بودجه ایران

[۲] کتاب " تفسیر دستورالعمل بهسازی لرزه ای ایران " ، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و سازمان مدیریت و برنامه و بودجه ایران

[۳] کتاب " آیین نامه ۲۸۰۰ " ، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن