Estimation of financial loss for buildings before and after seismic retrofitting

۱.دکتر محمدرضا ذوالفقاری، دانشیار دانشکده عمران دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

۲. شیما محبوبی، دانشجوی کارشناسی ارشد عمران گرایش زلزله

mzolfaghari@catrisks.com1.

2. mahboobi_shima@yahoo.com

Abstract

Damaged caused by many recent large earthquakes in the recent years have made the necessary justification for retrofitting measures of existing buildings in many countries. Such mitigation measures have been further supported and regulated by several standard and codes of practice for retrofitting process. Structural retrofitting in fact aims in reduction of building vulnerability which in turn should enhance structural seismic performance and therefore improve the financial value for existing buildings. This paper is therefore, aiming in assessment the effect of retrofitting on existing buildings. In this study nonlinear static analyses are performed on a selection of typical Iranian low to mid-rise reinforced concrete buildings in order to determine push over curves for each building. Similar analyses are also performed on the same buildings after retrofitting measures recommended by the Iranian standard for seismic rehabilitation of existing buildings. A selection of 16 strong ground motion records are used in these analyses. Target displacements for these buildings are estimated using capacity-demand method and based on push-over curves and ground motion spectral curves. The capacity curve and demand spectra need to be converted to ADRS spectra to show correlation of spectral acceleration vs. spectral displacement. Following these analyses and based on the methodology proposed by HAZUS, fragility curves are estimated for these buildings before and after retrofitting implementation. Four damage categories; slight, moderate, extensive and complete damage states are considered in these fragility curves. Damage curves are then associated to each building based on damage states provided by fragility curves and financial loss proportional to each damage state. Following a risk assessment procedure and based on regional seismic hazard, probabilistic financial losses are estimated for each building before and after retrofitting process.

Keywords: Retrofitting, Seismic Risk, Financial Loss.

۱–مقدمه

- زلزله از جمله بزرگترین چالشهای طبیعی است که بشر با آن روبروست. وقوع زلزله همه کشورهای جهان، خسارات اقتصادی و اجتماعی و تلفات جانی قابل توجهی ایجاد میکند. این میزان خسارت با افزایش جمعیت و توسعهی شهرنشینی در کشورهای در حال توسعه، رو به افزایش است. اغلب دستورالعملها و ضوابط آیینناممهای طراحی موجود برای طراحی ساختمانها با هدف جلوگیری از فروریزش سازه میباشد و تجربهی زلزلههای دو دههی اخیر نشان داد ساختمانهایی که براساس این ضوابط ساخته شده اند اغلب ایمنی جانی ساکنین را فراهم میکنند، اما این زلزلهها اغلب خسارتهای اقتصادی گسترده و غیرقابل پیشبینی را ایجاد کردند. این خسارتهای اقتصادی را میتوان به سه گروه طبقهبندی کرد:

- خسارت اقتصادی مستقیم: معیاری از هزینههای مالی لازم برای تعمیر آسیب وارده به ساختمان یا بازسازی کامل سازه.
- خسارت اقتصادی غیرمستقیم: خسارت ناشی از توقف فعالیتهای تجاری و پیامدهای آن.
- تلفات جانی و مرگومیر .

- امروزه نیمی از مراکز شهری در مناطق زلزلهخیز قرار دارند. از طرفی در طی سالیان متوالی، آیینناممهای طراحی لرزهای دچار تغییرات اساسی شدهاند و علاوه بر تامین ایمنی جانی، کاهش خسارت لرزهای نیز از جمله اهداف طراحی لرزهای قرارگرفته است.کاهش خسارت ساختمانهای موجود نیز هدفی است که در سالهای اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. اغلب هزینهی بالای مقاومسازی ساختمان در مقایسه با احتمال کم وقوع زلزله منجر به مانعی برای تصمیم گیری مالکان ساختمانها برای مقاومسازی لرزهای میباشد [۶].درپا سخ به آسیبپذیری جوامع در برابرحوادث لرزهای و زلزلههای بزرگ و با توجه به رشد آگاهی عمومی نسبت به خطرات و عواقب این حوادث، مطالعات گستردهای درزمینهی ارزیابی خسارت لرزهای در نقاط مختلف دنیا صورت گرفته است. هدف این مطالعات اغلب فراهم نمودن اطلاعات لازم بهمنظور برنامهریزی امکان پاسخ به این آسیبها و کاهش خسارات ناشی از حوادث لرزهای میباشد. مطالعات ارزیابی خسارت از سه مولفهی اساسی، تحلیل خطر لرزهای، ویژگیهای ساختمان و روابط آسیبپذیری تشکیل شدهاست. هریک از این مولفهها با عدمقطعیت هایی همراه است، بنابراین میزان خسارت و آسیبی که توسط این مطالعات برآورد شده نیز با عدمقطعیتهایی همراه میباشد. به همین دلیل اغلب در مطالعات ارزیابی وتخمین خسارت از چارچوب روابط احتمالاتی استفاده میشود تا بتوان عوامل ایجاد عدمقطعیت در نتایج را به صورت متغیرهایی در روابط احتمالاتی وارد کرده و در پایان نتایج را به صورت احتمالی بیان نمود. از جمله ارکان اصلی مطالعات آسیبپذیری ساختمانها، منحنی شکنندگی است و مبنای اصلی بررسیهای صورت گرفته در این مقاله میباشد.

۲–روش مطالعه

- در این مقاله، با تحلیل استاتیکی غیرخطی ۳ ساختمان بتنی به کمک نرمافزار ETABS منحنیهای PUSH OVER(برش پایه–تغییرمکان بام) هریک بهدست آمده و سپس با تعیین تغییرمکان هدف سازهها در دو سطح عملکرد ایمنی جانی و آستانهی فروریزش و براساس دستورالعمل بهسازی لرزهای ساختمانهای موجود ایران، هر یک از ساختمانهادر این دو سطح عملکرد مقاومسازی شدهاند. پس از مقاومسازی لرزهای نیز با استفاده از تحلیل استاتیکی غیرخطی سازهها منحنیهای پوشاور از نرمافزار استخراج شده است. به منظور تعیین منحنیهای شکنندگی ساختمان، ۱۶ رکورد زلزله انتخاب شده و نقاط عملکرد هر سازه در دو حالت قبل و پس از مقاومسازی لرزهای با استفاده از دو روش طیف ظرفیت ATC-40 و ضرایب تغییرمکانیFEMA-356 ، بهدست آمده است. تعیین نقاط عملکرد با استفاده از روش طیف ظرفیت مبنای اصلی روش تخمین خسارت در راهنمای HAZUS میباشد، اما در این مقاله تغییرمکان هدف از روش ضرایب تغییرمکان نیز به دست آمده و با توجه به اینکه در اغلب مطالعات لرزهای نقاط عملکرد سازه از روش طیف ظرفیت بهدست میآید، تشکیل منحنیهای شکنندگی براساس نقاط عملکرد بهدست آمده از روش ضرایب تغییرمکان بهعنوان روشی جدید موردبررسی قرار گرفته است. براساس روش ارائه شده در دستورالعمل HAZUS منحنی شکنندگی ساختمانها در چهار حالت خرابی سازهای کم، متوسط، زیاد و کامل و در دو حالت قبل و پس از مقاومسازی لرزهای بهدست آمده است. به منظور مقایسه میزان خسارت اقتصادی ساختمانها در زلزلههای مورد نظر قبل و پس از مقاومسازی لرزهای، با استفاده از روش FEMA-351 و HAZUS و ماتریس-های خرابی ATC-13 ، منحنی خسارت سازهها از منحنیشکنندگی بهدست آمدهاند. جزئیات بیشتر از روش بهکار گرفته شده و فرضیات هر بخش در تحلیلهای صورت گرفته برای هر ساختمان در ادامه توضیح داده شده است.