Sustainable Urban & Regional Development Studies Quarterly

Volume 5, Issue 1 - Serial Number 15, Spring 2024 **Online ISSN: 2783-0764**
Journal Hompage https://www.srds.ir/
DOR.20.1001.1.27830764.1403.5.1.3.5

Investigating structural resistance against seismicity(case study: Kerman city)

Mahdia Taheri Mogdar [1*], Behnam Mughani Rahimi [2] , Ali Mehrabi [2]
1 Msc. Student, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman. Iran
2 Associate Professor, Department of Geography, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received Date: 01 April 2024 **Accepted Date:** 10 May 2024

Abstract

Background and Aim: Kerman is the most earthquake-prone province in the country due to active faults and earthquakes with high human casualties. Of the total area of worn-out tissue in Kerman province, which is about 4062 hectares, of which 1589 hectares are located in the city of Kerman. The aim of the study is to identify and level the vulnerability of the city's tissues. The issue of the city of Kerman is that there are many vulnerable areas, and identifying vulnerable surfaces and reducing the vulnerability coefficient can help effectively manage the crisis.

Methods: The research method is descriptive-Analytical, the research data is prepared by documentation and field methods and references to organizations. The types of users were examined at the Kerman city level and the ratio of each was obtained. Some of the human indicators affecting structural resistance in Kerman were examined and described, and the number and percentage of types of structures in Kerman were obtained using GIS software, maps, resources, information and navigation methods, which were given in the relevant table

Findings and Conclusion: Results show that in total, 83% of the structures in Kerman have a vulnerability of more than 50%, and 4% of the structures in Kerman have sufficient resistance to a relatively strong possible earthquake. And with the research done, about 53% of the population of Kerman lives in areas with a risk of more than 50%. And finally, factors such as the strength, resistance and formability of the constructive elements were regular, structural hardness and durability, and the presence of continuous load transmission routes were examined to increase structural resistance to earthquakes.

Keywords: Vulnerability, worn texture, earthquake, Kerman city.

* **Correspong Author: Email**: taherymoghadr@gmail.com
Cite this article: Mahdia, T., Behnam, M.R., & Ali Mehrabi (2024 Investigating structural resistance against seismicity (case study: Kerman city). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS),5(1)43*,-57.

فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای

دوره ۵، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۵، بهار ۱۴۰۳ شاپا:۰۷۶۴-۲۷۸۳

Journal Hompage https://www.srds.ir/

DOR.20.1001.1.27830764.1403.5.1.3.5

بررسی مقاومت سازه‌ای در مقابل لرزه‌خیزی (مطالعه موردی: شهر کرمان)

مهدیه طاهری‌مقدر * [۱]، بهنام مغانی‌رحیمی [۲]، علی مهرابی [۲]

۱-کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۱

چکیده

زمینه و هدف: شهر کرمان به دلیل وجود گسل‌های فعال و وقوع زمین‌لرزه‌های با تلفات انسانی زیاد به زلزله خیزترین استان کشور است. از کل مساحت بافت فرسوده استان کرمان که حدود ۴۰۶۲ هکتار می‌باشد، که ۱۵۸۹هکتار آن در شهر کرمان قرار دارد. هدف تحقیق شناسایی و سطح‌بندی میزان آسیب‌پذیری بافتهای شهر است. مسأله شهر کرمان مناطق‌آسیب‌پذیر زیاد است و شناسایی سطوح آسیب‌پذیر و کاهش ضریب آسیب‌پذیری می‌تواند کمک مؤثری به مدیریت بحران نماید.

روش بررسی: روش تحقیق توصیفی- تحلیلی است، داده‌های تحقیق به روش اسنادی و میدانی و مراجعه به سازمان‌ها تهیه شده. انواع کاربری‌ها در سطح شهر کرمان مورد بررسی قرار گرفت و نسبت هر یک به دست آمد. برخی از شاخص‌های انسانی موثر بر مقاومت سازه در شهر کرمان مورد بررسی و شرح داده و تعداد و درصد انواع سازه‌ها در شهر کرمان با استفاده از نرم افزار GI Sو نقشه ها و منابع و اطلاعات و روش پیمایشی به دست آمده که در جدول مربوطه آورده شد.

یافته ها و نتیجه گیری: نتایج نشان می دهد که در مجموع ۸۳ درصد سازه‌های شهر کرمان دارای آسیب‌پذیری بیش از ۵۰ ٪ است و۴٪ از سازه‌های شهر کرمان دارای مقاومت کافی در برابر زمین لرزه احتمالی نسبتا شدید است. و با بررسی‌های انجام شده در تحقیق حدود ۵۳ ٪ جمعیت شهر کرمان در نواحی با خطر بیش از ۵۰ ٪ زندگی می‌کنند. و در نهایت فاکتورهایی چون استحکام، مقاومت و شکل پذیری عناصر سازنده، منظم بوده سازه، سختی و دوام سازه و وجود مسیرهای پیوسته انتقال بار در راستای افزایش مقاومت سازه‌ای در برابر زلزله بررسی گردید.

کلید واژه‌ها: آسیب‌پذیری، بافت فرسوده، زلزله، شهر کرمان.

* **نویسنده مسئول:** Email: taherymoghadr@gmail.com

ارجاع به این مقاله: طاهری‌مقدر, مهدیه, مغانی رحیمی, بهنام, مهرابی, علی. (۱۴۰۳). بررسی مقاومت سازه‌ای در مقابل لرزه‌خیزی (مطالعه موردی: شهر کرمان)، ۵(۱)،۵۷-۴۳.

مقدمه و بیان مسأله

ایران بر روی کمربند زلزله است و از نظر لرزه‌خیزی در منطقه فعال جهان قرار دارد و به گواهی اطلاعات مستند علمی و مشاهدات قرن بیستم از خطرپذیر ترین مناطق جهان در اثر زمین لرزه‌های پرقدرت محسوب می‌گردد. در سال‌های گذشته به شکل میانگین هر پنج سال یک زمین لرزه با صدمات جانی و مالی بسیار بالا در نقطه ای از کشور به وقوع پیوسته و در اکنون ایران در صدر کشورهایی می‌باشد که وقوع زلزله در آن با تلفات جانی بالا همراه دارد. گرچه جلوگیری کامل از خسارات ناشی از زلزله‌های شدید بسیار سخت می‌باشد اما با افزایش سطح اطلاعات در ارتباط با لرزه‌خیزی کشور، آموزش همگانی و ترویج فرهنگ ایمنی، شناسایی و مطالعه دقیق وضعیت آسیب‌پذیری مستحدثات (ساختمان-ها، تاسیسات زیربنایی و شریان های حیاتی) و ایمن‌سازی و مقاوم سازی صحیح و اصولی آنها، می‌توان تا حد مطلوب تلفات و خسارات ناشی از زلزله های آتی را کاهش داد (برجی ، ۱۴:۱۳۹۴). استان کرمان یکی از لرزه‌خیز ترین مناطق ایران بوده که در طی ادوار گذشته وقوع زمین‌لرزه‌های مخرب، سبب آسیب جانی و مالی فراوان در استان کرمان گردیده است شهر کرمان در حاشیه شرقی دشت کرمان که یک گرابن فشاری است می‌باشد و گسل‌های فراونی در محدوده شهر، مرز کوه و دشت و مناطق نزدیک شهر قرار دارند که تعدادی از آنها می‌توانند موجب بروز زلزله‌های حتی قوی‌تر از ۷ ریشتر شوند. تاکنون زلزله‌های تاریخی و سده بیستم متعددی در مجاورت شهر کرمان رخ داده‌اند که سبب آسیب جزئی به شهر کرمان شده اند. بیشتر شهرهای بزرگ استان کرمان در مناطق با خطر بالا از نظر لرزه‌خیزی قرار دارند. در این بین با بررسی وضعیت شهر کرمان به عنوان پیشانی استان که دارای بیشترین جمعیت است، می‌شود به دورنمایی کلی از وضعیت آسیب‌پذیری شهرهای بزرگ استان در مقابل زلزله منجر شود.

امروزه یکی از بزرگترین چالش‌های برنامه‌ریزی، در جوامع انسانی، به ویژه جوامع روستایی که کانون تمرکز فقرا در کشورهای در حال توسعه اند، تأمین معیشت است. زیرا در برخی از موارد بهره‌برداری‌های بی‌رویه و غیراصولی و در موارد دیگر، عدم بهره‌وری مناسب در بهره‌برداری از منابع موجود در روستاها (مانند آب و خاک و غیره) سبب مشکلات معیشتی و ایجاد ناپایداری‌هایی در محیط به عنوان منبع اصلی معیشت روستایی شده است. از این رو، ضروری است متناسب با تغییرات شکل گرفته در شیوه‌های تولید و به وجود آمدن بازارهای رقابتی، تغییراتی در شیوه‌های معیشت روستایی انجام شود.(ابراهیم-خانی،۳۹:۱۳۹۱) هدف کلی این پژوهش بررسی مفاومت سازه‌ای در مقابل لرزه‌خیزی (نمونه موردی: شهر کرمان) می‌باشد و همچنین اهداف فرعی این تحقیق عبارت اند از:

-بررسی رابطه بین عوامل موثر بر استحکام ساختمان و لرزه خیزی؛

-بررسی رابطه بین مولفه‌ها و معیارها و شاخص‌های ساختمان مقاوم و زلزله؛

مبانی نظری

زلزله در افسانه‌های قدیم

نامازو، گربه‌ماهی غول‌پیکر ژاپنی که مسئول ایجاد زلزله است: در افسانه‌های مردم ژاپن یک گربه‌ماهی غول‌پیکر در گِل‌های زیرزمینی جزایر ژاپن زندگی می‌کند و فقط خدای کاشیما می‌تواند نامازو را از حرکت بازدارد. کاشیما که در افسانه‌های ژاپنی

الهه رعد و برق و شمشیر خدا بر روی زمین است با کمک سنگ‌های سنگین گربه‌ماهی را به پایه‌های زمین فشار می‌دهد و زمانی که این الهه دچار سهل‌انگاری یا خستگی شود نامازو با دم خود به زمین ضربه می‌زند و سبب بروز زمین‌لرزه می‌شود.

شاخ گاو نر در افسانه‌ها: قرار گرفتن زمین بر روی شاخ گاو نر نه تنها در ایران بلکه در افسانه‌های یهودیان مراکشی، سیک‌های هندی و نژادهای قفقازی (مردم برخی مناطق اروپا، شمال و شاخ آفریقا، آسیای میانه، آسیای غربی و آسیای جنوبی) نیز دیده می‌شود. در اسطوره یهودیان مراکش آمده است که خداوند زمین را بر روی شاخ‌های یک گاو نر غول‌پیکر قرار داده است و زمانی که مردم گناه می‌کنند زمین سنگین‌تر شده و گاو بری حفظ تعادل خود آن را به بالا پرتاب می‌کند. این پرتاب زمین سبب بروز زلزله و دیگر بلاهای طبیعی می‌شود.

نظریه بازگشت کشسان

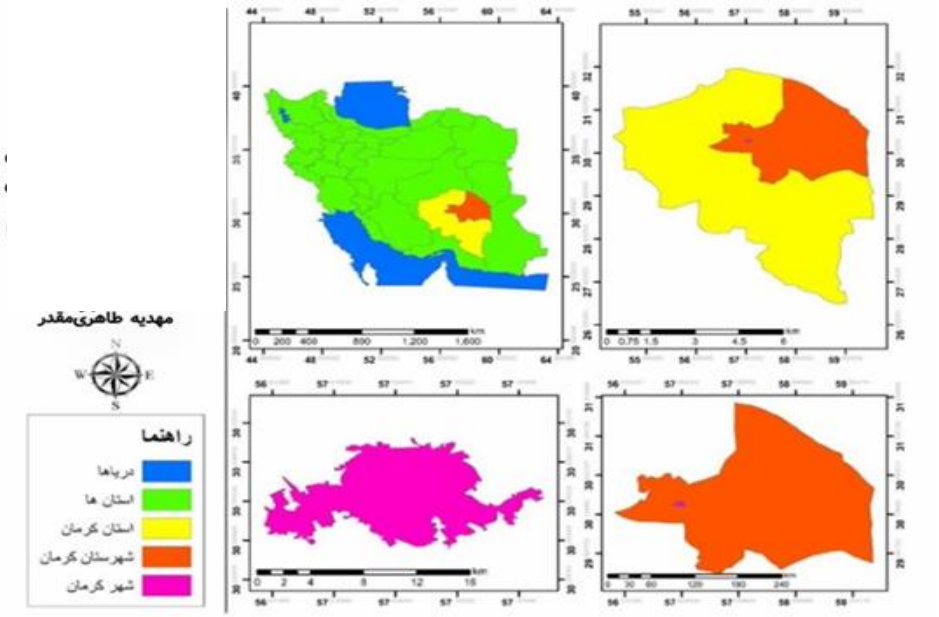
از میان تمام نظریات ارائه شده، نظریه بازگشت کشسان از جامعیت بیشتری برخوردار است. طبق این نظریه، نیروهای تغییر شکل دهنده فعال در پوسته زمین، در قسمت‌های سطحی که سنگ‌ها رفتار خمیری از خود نشان می‌دهند، به تدریج باعث تغییر شکل کشسان سنگ‌ها می‌شوند. در نقطه‌ای که مقدار تغییر شکل کشسان از تحمل سنگ بیشتر شود، سنگ می‌شکند و لایه‌ها به حالت اولیه خود باز می‌گردند. به این ترتیب انرژی ذخیره شده در سنگ به حالت تنش کشسان، به طور ناگهانی رها می‌شود و به صورت امواج لرزه‌ای به اطراف حرکت می‌کند. زمین لرزه منحصراً بر اثر شکستن سنگ ایجاد نمی‌شود. در اغلب موارد بر اثر انباشته شدن زیاد از حد انرژی در سنگ، حرکاتی در امتداد شکستگی‌ها و گسل‌های قبلی موجود در سنگ صورت می‌گیرد و ضمن رها شدن انرژی ذخیره شده، زمین لرزه‌هایی به وجود می‌آید. از این رو در زمان بررسی لرزه‌خیزی یک منطقه علاوه بر مطالعه تاریخچه زمین لرزه‌های آن، گسل‌های فعال و لرزه‌خیز موجود در منطقه را نیز مورد مطالعه قرار می‌دهند (باقری و همکاران،۱۳۹۶:۱۶).

نظریه بازگشت ارتجاعی

زلزله مهیب ۱۹۰۶ سانفرانسیسکو که منجر به خسارات مالی و جانی زیادی شد، باعث ایجاد نقطه تحولی در علم زلزله شناسی شد. تا آن زمان هنوز بطور قطعی مشخص نشده بود زلزله چگونه بوجود می‌آید. آقای رید با مطالعه سه دوره داده‌های نقشه‌برداری دقیق قبل و بعد از زلزله سانفراسیسکو ثابت کرد که زلزله ناشی از حرکت گسل سان آندره‌آس است. او نظریه‌ای به نام نظریه بازگشت ارتجاعی ارایه داد که چگونگی بوجود آمدن زلزله را بدین ترتیب توضیح می‌دهد. نیروی‌های ناشناخته‌ای بطور آرام در طی یک زمان طولانی (ده‌ها تا هزارها سال) به دو طرف گسل وارد می‌شود. اگر گسل یک گسل قفل شده باشد نمی‌تواند حرکت کند. در این حالت لاجرم نیروی وارده به صورت نیروی کشسانی (فشرده شدن یا کشیده شدن سنگ‌ها) در سنگ‌های دو طرف گسل تجمع می‌یابد. تجمع نیروی کشسانی در سنگ‌ها مشابه تجمع نیروی کشسانی در یک فنر در هنگام کشیده شدن و یا فشرده شدن است. تجمع نیروی کشسانی با زمان زیاد و زیادتر می‌شود و زلزله وقتی اتفاق می‌افتد که سنگ‌های دو طرف گسل تحمل بار و نیروی کشسانی زیادتری را ندارند و می‌شکنند. بخشی از نیروی الاستیک ذخیره شده در گسل در اثر حرکت گسل به گرما و بخش دیگری از آن به امواج الاستیک تبدیل می‌شود. این امواج الاستیک زلزله را ایجاد می‌کنند (رضایی، ۱۳۹۱: ۱۸).

محدوده مورد مطالعه

استان کرمان در جنوب خاوری ایران واقع شده و از شمال با استان‌های خراسان و یزد، از جنوب با استان هرمزگان، از خاور با سیستان و بلوچستان و از باختر با استان فارس همسایه است. این استان از نظر جغرافیایی بین ۵۵ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۲ درجه‌ی پهنای شمالی و ۲۶ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۹ دقیقه‌ی درازای خاوری از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. این استان یکی از مرتفع‌ترین استان‌های کشوربوده و شهرستان بافت آن با ۲۲۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا مرتفع‌ترین شهرستان استان است. میزان بارندگی به حدود ۱۲۰ میلی متر در سال می‌رسد. که در تصویر زیر موقعیت کرمان در تقسمات کشوری و تقسیم بندی شهرستان‌های کرمان و نقشه شهر کرمان را مشاهده می‌فرمایید. شهرستان کرمان دارای ۶ بخش و ۱۳ شهر است شهرهای شهرستان شامل : کرمان، ماهان، جوپا، شهداد، اندوهجرد، گلباف، زنگی‌آباد، اختیارآباد راین، باغین، محی‌آباد، چترود و کاظم‌آباد است بخش مرکزی شهرستان کرمان شامل شهرهای کرمان، باغین، زنگی‌آباد و اختیارآباد است. بخش شهداد شامل شهرهای شهداد و اندوهجرد، بخش گلباف شامل شهر گلباف و دهستان‌های جوشان و کشیت، بخش ماهان شامل شهرهای جوپار، ماهان و محی‌آباد بخش راین شامل شهر راین و دهستان حسین‌آباد گروه، بخش چترود شامل شهرهای چترود.



شکل ۱- نقشه محدوده موردمطالعه در تقسیمات سیاسی استانی و کشوری (Author's studies 2024)

پیشینه پژوهش

-پناهی (۱۳۸۹) در مقاله ای تحت عنوان تاثیر سازه و بتن در لرزه‌خیزی انجام داده است که نتایج این تحقیق نشان می دهد که وقوع زلزله های متوالی، نیازهای جابجایی نسبی سازه ها را به صورت محسوسی افزایش داده و منجر به افزایش خسارات سازه ای می‌گردد. از طرفی افزایش نیازهای جایجایی نسبی سازه های فولادی به نسبت بیشتر از سازه های بتنی بوده است لذا پیشنهاد شده است در طراحی سازه ها و نیز مقاومت سازی لرزه‌ای موجود، اثرات توالی لرزه ای به نحو مناسبی لحاظ

شود و از طرفی در جهت تامین سختی و مقاومت بیشتر برای سازه های فولادی در مقایسه با سازه های بتنی با ارتفاع و تعداد طبقات مشابه اقدام گردد.

سلطانی (۱۴۰۱) در مقاله ای تحت عنوان ارزیابی تاثیر نامنظمی سختی در ارتفاع بر عملکرد غیرخطی قاب خمشی فولادی در قالب محاسبه احتمال فروریزش برای زلزله حوزه دور با درنظرگیری اثر چشمه اتصال انجام داده، هدف از این تحقیق بررسی عملکرد لرزهای دیوارهای مصالح بنایی با دو نسبت ارتفاع به طول ۰/۵ و ۰/۷ با مقیاس ۲:۱ است و مقاوم سازی دیوارهای مصالح بنایی با استفاده از چیدمان های مختلف تسمه های فولادی می‌باشد. ارزیابی تحلیلی رفتار لرزهای دیوار مصالح بنایی تقویت شده با تسمه های فولادی، با استفاده از نرم افزار اجزای محدود ABAQUS انجام شده است. با روش FEMA356 نمودارهای نیرو-جابه جایی تمام نمونه ها دو خطی شده است و نتایج تحلیلی در غالب مقاومت نهایی، سختی مؤثر و شکل پذیری با یکدیگر مقایسه شد. نتایج نشان می دهد که بهترین حالت قرارگیری تسمه‌های فولادی با حالت ضربدری دو طرف دیوار بیشترین تأثیر را در بهبود مشخصات لرزهای دیوار دارد. افزایش مقاومت نهایی ۱۰ برابری و سختی مؤثر ۲ برابری و شکل پذیری بیشتر نسبت به دیگر نمونه های تقویت شده با استفاده از تسمه های فولادی نسبت به نمونه شاهد را نشان می‌دهد.

-اشرف زاده (۱۳۹۸) در مقاله ای با عنوان بررسی عملکرد سازه ای در روند لرزه خیزی انجام داده که هدف این مطالعه بررسی اثر کاهش برش پایه با افزایش تعداد دهانه‌های مهاربندی شده روی عملکرد لرزه‌ای سازه‌های مهاربندی شده فولادی با فرض حرکت گهواره‌ای می‌باشد. نتایج آنالیزها موید این امر بوده‌اند که در تمام موارد مورد بررسی، تحلیل عملکرد سازه با صرف نظر از اثر حرکت گهواره‌ای منجر به ارزیابی دست پائینی از سطح عملکرد مورد انتظار سازه حین وقوع زلزله می‌گردد.

-ریاضی‌زاده (۱۳۹۰) در مقاله ای با عنوان بررسی لرزه خیزی استان کرمان با تاکید بر شهرستان بم انجام داده است که با هدف بررسی زلزله در تاریخ ۲۹ آذر ماه ۱۳۸۹ زمین لرزهای با بزرگای (Ml= 6.2)(Mw=6.3) که رومرکز آن توسط مرکز لرزه نگاری کشوری در ۹۷ کیلومتری جنوب خاوری شهرستان بم و ۱۷ کیلومتری جنوب خاوری شهرستان ریگان با عمق کانونی ۵ کیلومتر واقع در جنوب استان کرمان گزارش شده است، در این مطالعه مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج این پژوهش در مطالعات مهندسی زلزله و لرزه زمین ساخت منطقه به ویژه شناسایی گسل‌های فعال شده کاربرد دارد و می‌تواند برای بیان مناطق با خطر بالا و جلوگیری از تخریب بیشتر به کار رود. و در پایان این مقاله به این نتیجه رسید که با توجه به تصاویر، جداول و گسل‌های منطقه، منطقه از نظر لرزه خیزی جزء مناطق بسیار فعال می‌باشد که برای ساخت و ساز نیاز به برنامه‌ریزی اساسی دارد، زمین لرزه ریگان که در جنوب کرمان به وقوع پیوسته است مشخص می‌کند که زمین لرزه‌های این منطقه تنها در شمال یا شرق استان محدود نمی‌شود به خصوص بعد از زمین لرزه ۱۳۸۲ بم ناحیه جنوبی کرمان از فعالیت بیشتری برخوردار شده است. از این رو در مورد ساختن بناها و سازه‌های مختلف باید نکات مهندسی و ضرایب زلزله را در نظر گرفت.

-ولی زاده (۱۳۹۵) در مقاله ای با عنوان بررسی تاثیر سازه ای درکاهش خطرات لرزه‌ای و گسل های کرمان انجام داده است، که هدف پژوهش حاضر شناسایی وضعیت آسیب‌پذیری لرزه-ای ساختمان-های شهر کرمان می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که: شهر کرمان در یکی از فعال-ترین واحدهای لرزه زمین‌ساختی ایران واقع شده ۸۳ درصد از سازه‌های شهر کرمان در اثر رخداد احتمالی زلزله بیش از ۶ ریشتر ناشی از جدا شدن گسل تراستی کوهبنان در ۱۵ کیلومتری شمال شرقی شهر کرمان دچار تخریب بیش از ۵۰ درصد شده که بیش از ۵۳ درصد جمعیت شهر در معرض آسیب زیاد قرار خواهند گرفت.

-ابراهیمی (۱۳۹۵) در تحقیقی با عنوان بررسی میزان لرزه خیزی استان کرمان با استفاده از مدل فازی و GIS انجام شده است، که هدف از این پژوهش، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش استان کرمان با مدل‌های فازی، AHP و تکنیک GIS می‌باشد. بنابراین نتیجه می گیریم که عملگر گامای فازی با لاندای۰/۷ نسبت به سایر روش‌های ارائه شده دارای مطلوبیت بهتری در پهنه بندی لغزش استان کرمان می‌باشد و منطقی است که هر گونه برنامه ریزی محیطی با توجه به آن صورت گیرد.

روش پژوهش

روش تحقیق توصیفی_ تحلیلی بر مبنای اسنادی_ کتابخانه‌ای است که در یک کلیت منطقی و در قالب فرایند علمی تحقیق صورت می پذیرد. تحقیق از نوع کاربردی است و روش تحقیق به صورت توصیفی_تحلیلی می‌باشد. ابتدا با استفاده از منابع اسنادی، کتابخانه‌ای و اینترنتی سابقه موضوع و عوامل موثر بر آن مطرح گردیده است و جامعه آماری تحقیق شهر کرمان و مناطق مسکونی آن می باشد.

در راستای دستیابی به اهداف پژوهش، شاخص‌های فضاهای مسکونی (مقاومت، فوانداسیون، زیبایی، اقتصادی، ثبات سازه، کیفیت مصالح) در نظر گرفته شده اند. شاخص‌های مورد نظر تحقیق، از بررسی مبانی و متون موجود در زمینه فضاهای مسکونی شهری در شهر استخراج شده است. همچنین با بررسی موارد دخیل در مقاومت ساختمان ها و بررسی گسل‌ها و ساختمان توپوگرافی و تاثیرگذار بر مقاومت و لرزه‌خیزی و میزان تلفات وارده از لرزش است. با استفاده از استدلال منطق فازی و تهیه نقشه‌های مربوط به هر عامل با استفاده از نرم افزار GIS و بررسی ساختمان‌ها و و مصالح آنها و به تجزیه و تحلیل موارد دخیل در کاهش خسارات لرزه‌خیزی شهر کرمان پرداخته شده است. در پایان تحقیق نیز میزان تاثیر هر کدام از عوامل موثر بر لرزه خیزی پرداخته شده و به نتیجه‌گیری بررسی میزان آسیب‌ها و مقاومت ساختمان و ارائه پیشنهادات لازم جهت مقاوم‌تر شدن ساختمان و کاهش خسارات پرداخته خواهد شد.

تجزیه و تحلیل داده ها

با توجه به تحقیقات صورت گرفته در این پژوهش انواع کاربری‌ها در سطح شهر کرمان مورد بررسی قرار گرفت که در ادامه نتایج آن مشاهده می‌گردد

نوع کاربری

بسته به نوع کاربری، احتمال آسیب‌پذیری بیشتر و یا کمتر می‌شود. یکی از مهم‌ترین فعالیت‌هایی که در سطح اراضی شهری به طور گسترده صورت می‌گیرد، فعالیت‌های مسکونی است. در عین حال کاربری‌هایی در شهر وجود دارند که در بحث چگونگی کنترل بحران ناشی از زلزله و کاهش اثرات سوء آن اهمیت حیاتی پیدا می‌کنند. در جدول زیر که میزان کاربری‌های مختلف در شهر کرمان را مشاهده می‌کنید:

جدول (۱): میزان کاربری های شهر کرمان

ردیف	نوع کاربری اراضی	نسبت به کل
۱	مسکونی	۲۸/۸
۲	تجاری - اداری	۴/۲
۳	صنعتی - کارگاهی	۴/۴
۴	حمل و نقل وانبارداری	۴/۹
۵	شبکه معابر و دسترسی	۱۸/۶
۶	خدمات شهری	۸/۱
۷	فضای سبز	۱۱/۴
۸	کشاورزی (زراعی و باغی)	۵/۷
۹	نظامی	۷/۲
۱۰	بایر و ساخته نشده	۶/۷
	مجموع کاربری ها	۱۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق ، ۱۴۰۲

از این رو است که در این مواقع، اهمیت بنا طرح می‌شود. اهمیت بنا در واقع فاکتوری است که آئین‌نامه ۲۸۰۰ برای محاسبه نیروی ناشی از زلزله در ساختمان‌ها پیشنهاد کرده و نشان‌دهندهٔ این موضوع است که ساختمان‌های مهم مانند ادارات و تأسیسات بزرگ دولتی، بیمارستان‌ها، ایستگاه‌های آتش‌نشانی، تأسیسات آموزشی، مراکز آموزش عالی و مراکز انتظامی باید با ضریب اطمینان بیشتری نسبت به یک ساختمان چند طبقه ساده ساخته شود.

در شکل زیر که انواع کاربری ها در شهر کرمان را مشاهده می کنید.

شکل ۲- نقشه انواع کاربری‌ها در شهر کرمان (منبع: مشاورین شارستان)

میزان تلفات، در صورت تخریب این نوع ساختمان‌ها که نقش اتاق فکر یا مدیریت بحران را ایفا می‌کند زیاد است. یا اینکه به وجود آن‌ها بعد از زلزله نیاز فراوانی احساس می‌شود.

کیفیت ابنیه

این شاخص تأثیر بسیار مهمی بر میزان آسیب‌پذیری ساختمان دارد. احتمال مقاومت ساختمان‌های با کیفیت بالا (نوساز) در مقابل زلزله نسبت به ساختمان‌های مخروبه و مرمتی بیشتر است. قابل ذکر است که قدمت یک سازه الزاماً رابطهٔ مستقیمی با کیفیت ندارد اما در بیشتر موارد ساختمان‌های با سنی بیشتر از ۳۰ سال نیاز به تعمیر مقاوم‌سازی دارند. در عین حال رعایت نکردن اصول آئین‌نامه زلزله در اجرا ساختمان نیز باعث کاهش کیفیت بنا می‌گردد. اینکه از مصالح مقاوم در ساخت ساختمان‌ها استفاده شود، از جمله مهم‌ترین عوامل تضمین کیفیت سازه‌هاست. سازه های مختلفی در ایران و خصوصا کرمان متداول است از جمله:

الف) سازه‌های سنتی: در این نوع سازه‌ها بر خلاف سازه‌های بتنی و فلزی بیشتر از اینکه محاسباتی و علمی باشد تجربی بوده و تحمل بارهای قائم بر عهده دیوارها می‌باشد. با توجه به تجربی بودن دستورالعمل‌ها و آئین‌نامه‌های اجرایی در این روش، مطمئناً هیچ مرجع علمی قادر به تضمین این نوع سازه‌ها نیست.

ب) سازه‌های فلزی: این روش بدلیل نیاز به رعایت استانداردهای مصالح و افزایش کیفیت اجرا در بیشتر کشورها از جمله ایران مورد استفاده قرار نگرفته است و اجرای این روش طراحی می‌بایست متناسب با افزایش کیفیت مصالح و ارتقاء کیفی اجرایی سازه‌های فلزی در کشورهای مختلف صورت گیرد. سازه‌های فلزی بعلت امکان مونتاژ اسکلت قبل از نصب و لزوم اجرای همزمان و بدون وقفه اسکلت، در مقایسه با سایر سازه‌ها از سرعت عمل بالاتری برخوردار می‌باشد .

ج) سازه‌های بتنی: سازه‌های بتنی طی چند سال گذشته با یک اقبال عمومی مواجه گردیده و بیشتر سازندگان این سازه را به سازه‌های فلزی ترجیح می‌دهند که از دلایل این امر می‌توان به نوسان در قیمت پروفیل‌های فولادی، هزینه کرد یک نواخت در اجرای سازه‌های بتنی، فراوانی مصالح سیمان و سنگی، مقاومت در مقابل شرایط آب و هوایی در صورت تأخیر در اجرا اشاره کرد.

اثر زلزله بر ساختمان‌های بتنی مسلح شده: بتن مسلح یا بتن آرمه تشکیل شده از بتن و میله‌های فولادی است. بتن از ماسه، سنگ خردشده و سیمان به همراه آب ساخته می‌شود. بتن در هر قالب و به هر شکلی درمی‌آید، فولاد نیز با خم شدن به‌راحتی شکل می‌گیرد. ساختمان‌های بتنی از اجزای افقی(دال‌ها و تیرها)و اجزای عمودی(دیوارها و ستون‌ها) تشکیل می‌شود. زلزله نیروی اینرسی در ساختمان به وجود آورده که متناسب با جرم ساختمان می‌باشد و از آنجا که بیشتر جرم ساختمان به کف طبقات مربوط می‌شود.

بنابراین نیروی اینرسی در آن‌ها بیشتر است. این نیرو توسط دال و تیرها به ستون‌ها و دیوارها و به پایین و سپس به فونداسیون منتقل می‌شود. ستون‌ها و دیوارها در طبقات پایین‌تر نیروی زلزله بیشتری را تجربه می‌کنند بنابراین طبقات پایینی نسبت به طبقات بالاتر باید مستحکم‌تر باشند.

در ساختمان‌های چندطبقه‌ای ضخامت دال‌ها بین ۱۱ تا ۱۵ سانتی‌متر است. هنگامی‌که تیر در مسیر عمودی براثر زلزله خم می‌شود این دال‌های نازک نیز با تیرها خم‌شده و سپس ستون‌ها و تیرها در جهت افقی حرکت می‌کنند. دال به نیز نیرو وارد کرده و با یکدیگر به حرکت درمی‌آیند. در اکثر ساختمان‌ها از کرنش هندسی دال در جهت افق چشم‌پوشی می‌شود که باید مورد توجه مهندسین در طراحی قرار گیرد. هنگامی‌که به ستون‌ها نیروی افقی وارد می‌شود، ستون‌ها در جهت افق حرکت می‌کنند درحالی‌که دیوارها تمایل به مقاومت در برابر حرکت افقی دارند. به سبب وزن سنگین و ضخامتشان، این دیوارها نیروی افقی بیشتری را منعکس می‌کنند. به علت شکننده بودن مصالح بنایی دیوارها، در آن‌ها شکاف ایجاد می‌شود.

در تیر بارگذاری شده وسط، سطح پایینی تیر تحت کشش و در سطح بالای تیر دو انتها تحت کشش می‌باشند. در بار وارد شده به ساختمان توسط زلزله کششی که در تیرها و ستون‌ها اتفاق می‌افتد باحالت بارگذاری عمودی متفاوت است.

تحت زلزله شدید دو انتهای تیر در بالا و پایین به کشش می‌افتند. از آنجاکه بتن تحمل کشش را ندارد، میله‌های فولادی برای تحمل کشش در آن‌ها تعبیه شده‌اند.به همین صورت میلگردهای فولادی در ستون‌ها نیز مورد نیاز است.

سازه های صنعتی و مقاوم سازی ساختمان در برابر زلزله: ابداع هر نوع روش جدید در ساختمان سازی با هدف تولید انبوه وکاهش انرژی‌های مختلف شامل کارگری، حرارتی و سرمایشی و... را صنعتی‌سازی می‌گویند. و بر این اساس می‌توان گفت اصولاً سازه‌های صنعتی سازی را نمی‌توان به عنوان یک نوع اسکلت مستقل در نظر گرفت چرا که این سازه‌ها از نظر نوع اسکلت معمولاً یا به صورت فلزی و یا بتنی و یا تلفیقی از سازه‌های فلزی و بتنی اجرا می‌گردند.

در ادامه این مبحث لازم به ذکر است برای مقاوم‌سازی در برابر زلزله، مقاوم‌سازی ساختمان با FRP کاربرد های فراوانی در تقویت ستون‌های بتنی دارد. از FRP می‌توان برای تقویت خمشی ستون‌ها، افزایش مقاومت مشخصه بتن و افزایش شکل‌پذیری (اثر محصور شدگی) استفاده نمود. به علت ضخامت کم ورق‌های FRP، این روش یکی از راه‌های مناسب برای تقویت ستون‌ها است چرا که در معماری ساختمان خللی ایجاد نمی‌نماید. در این پوشش‌ها که به پوشش کامپوزیتی نیز شناخته می‌شوند رزین توسط الیاف تقویت می‌گردد و ماده مرکب سومی تولید می‌گردد که خواص آن با اجراء اصلی تشکیل‌دهنده آن یعنی رزین و الیاف آن متفاوت است.

اثرات ارتعاش روی سازه

تصور کنید در اتوبوس ایستاده‌اید و اتوبوس شروع به حرکت می‌کند، در این هنگام پاهایتان به جلو کشیده شده درحالی‌که بدنتان تمایل دارد سرجایش باقی بماند(قانون اینرسی یا اولین قانون حرکت نیوتن). این دقیقاً همانند زمانی است که زلزله شده و پایه‌های ساختمان شروع به حرکت می‌کند درحالی‌که تنه اصلی ساختمان تمایل به حفظ حالت اولش را دارد. درساختمانی که سقفش توسط ستون‌ها نگهداری می‌شود بهنگام زلزله در سقف نیروی اینرسی ایجادشده که بنابر قانون دوم حرکت نیوتن با جرم و شتاب سقف متناسب می‌باشد. بنابراین هرچه سازه سبک‌تر باشد(جرم کمتر) نیروی اینرسی ایجادشده در سقف کمتر خواهد بود و مقاومت در برابر زلزله بیشتر می‌شود. در هنگام زلزله در ستون‌های متصل به سقف در خلاف جهت شتاب ساختمان یک نیروی اینرسی ایجاد می‌شود که باعث خم شدن ستون می‌گردد اگر فاصله افقی پایین و بالای ستون خم‌شده را u در نظر بگیریم نتیجه می‌شود که هرچه u بیشتر باشد نیروی اینرسی ستون بیشتر است. همچنین هرچقدر اندازه ستون‌ها بزرگ‌تر باشد این نیرو بیشتر خواهد بود. نیروی اینرسی وارد شده به ساختمان می بایست از طبقات به ستون‌ها، دیوارها، فونداسیون و سپس به خاک منتقل شود. بنابراین هریک از این عناصر و اتصالات بین آن‌ها باید به‌گونه‌ای ایمن طراحی شوند که امکان انتقال نیرو را داشته باشند. در این میان ستون‌ها و دیوار در انتقال نیروی اینرسی نقش اصلی‌تری دارند درحالی‌که در ساختمان‌های قدیمی دال‌ها و تیرها مورد توجه بیشتری قرار می‌گرفتند. دیوارها نازک بوده و از مصالح بنایی شکننده‌ای ساخته می‌شدند و باضخامت کمی که داشتند در مقابل نیروی اینرسی افقی زلزله ضعیف بودند.

پیوستگی قطعات سازه

ساختمان شکل‌پذیر در مقابل زلزله: زنجیری را در نظر بگیرید که حلقه میانی آن قابلیت ارتجاعی داشته باشد. با اعمال نیروی F در حالت معمولی ممکن است زنجیر گسیخته شود، اما در این حالت با اعمال نیرو زنجیر قابلیت شکل‌پذیری پیدا می‌کند و امکان گسیختگی‌اش بسیار کاهش می‌یابد. در طراحی ساختمان‌ها نیز باید این نکته را مدنظر داشت. ساختمان باید طوری طراحی شود که در هنگام وقوع زلزله، در اثر اعمال نیروهای زلزله یک‌باره تخریب نگردد، بلکه این نیروها فقط باعث جابجایی الاستیک طبقات شده و بعد از اتمام زلزله ساختمان حالت طبیعی خود را حفظ کند. به‌عبارت دیگر اجزای ساختمان باید همانند زنجیر مثال فوق تغییر شکل‌پذیر باشند.

بررسی سازه‌های شهر کرمان

تعداد و درصد سازه‌های شهر کرمان

همان طور که در جدول زیر مشاهده می‌کنید تعداد و درصد هر کدام از سازه‌های شهر کرمان را نشان می‌دهد و از این جدول می‌توان به این نتیجه رسید که بیشترین بافت سازه‌ها مربوط به ساختمان‌های تیرآهنی بدون شنارژ هستند، که همین امر لرزوم توجه به مقاوم سازی فراهم می‌نماید. با توجه به ۹۱۵۸ سازه خشت و گلی که هیچ استقامت‌ای ندارد و در صورت وجود لرزه‌های بیش از ۶ ریشتر در شهر کرمان خسارات جانی و مالی زیادی را در پی خواهد داشت. و فقط ۱/۵ درصد از سازه‌های کرمان در مقابل لرزه مقاومت دارند که دارای سازه‌ی بتن آرمه هستند.

جدول ۲- تعداد و درصد سازه‌های شهر کرمان

نوع سازه	تعداد سازه	درصد سازه
خشت و گلی	۹۱۵۸	۷/۶
آجری با سقف قوسی	۴۷۰۱	۳/۹
تیر آهنی بدون شناژ	۸۶۱۴۴	۷۱/۷
آهنی شناژدار	۱۴۸۸۰	۱۲/۳۹
اسکلت فلزی	۳۳۴۳	۲/۷
بتن آرمه‌ای	۱۸۰۷	۱/۵
تعداد کل سازه‌ها	۱۲۰۰۳۳	۱۰۰

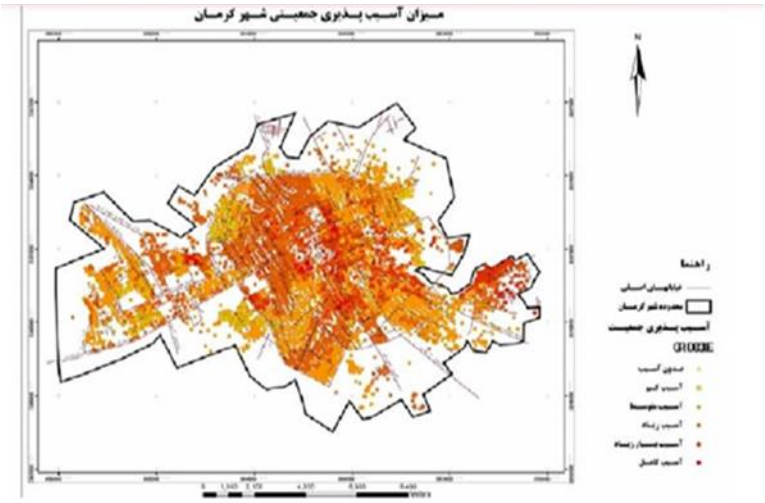
منبع: یافته‌های تحقیق ، ۱۴۰۲

نتیجه‌گیری

مطالعات انجام شده در تحلیل خطر لرزهای شهر کرمان مشخص می کند که شهر کرمان در یکی از فعال‌ترین واحدهای لرزه زمین ساختی ایران واقع شده و گسل‌های فعال متعددی در نزدیکی این شهر قرار دارند. شدت ناشی از زلزله های مرتبط با گسل‌های کرمان - زنگی آباد، شمال کرمان و اختیار آباد به دلیل مجاورت این گسل‌ها با شهر کرمان در حدود ریشتر ۹ برآورد می‌شود که با توجه به ضخامت زیاد رسوبات سست میوسن- کواترنری در محدوده این شهر و تشدید ناشی از آنها ممکن است به ۱۰ ریشتر برسد، در این صورت بخش‌های وسیعی از شهر تخریب خواهند شد.

ریزپهنه بندی لرزهای شهر کرمان حاکی از این است که خطر گسیختگی دامن‌های ناشی از زلزله در محدوده شهر کرمان پائین است، ولی خطر ایجاد روانگرایی در محدوده کوچکی از مرکز شهر مطرح می‌باشد. در عین حال، به علت بالا بودن ضخامت رسوبات سست میوسن -کواترنری در زیر شهر که با افزایش پریود غالب امواج میکروترموری تأئید می‌شود، و نیز به علت ریزدانه و سست بودن این رسوبات، خطر تشدید جنبش زمین (بویژه در محدوده ای از جنوب و مرکز تا غرب شهر) مطرح است. در اثر آن شدت زلزله تا به MMI 10 هم خواهد رسید. بر اساس نقشه خطر شهر کرمان میزان خطر در بخش‌های مرکزی، غربی و همچنین بخش‌هایی از جنوب شهر به شدت افزایش می‌یابد که سازه‌های موجود در این بخش‌ها در اثر زلزله احتمالی به شدت ویران خواهند شد. نتایج تحلیل آسیب‌پذیری سازهای نشان می¬دهد که در مجموع بیش از ۸۳ درصد سازه‌های شهر کرمان دارای آسیب‌پذیری بیش از ۵۰ درصد می‌باشند و تنها حدود ۴ درصد از سازه¬های شهر کرمان داری مقاومت کافی در برابر زمین لرزه احتمالی نسبتا شدید می‌باشند.

جمعیت شهر کرمان بدون احتساب حاشیه نشین ۵۰۸۲۹۰ نفر یا ۱۲۶۳۶۹ خانوار می‌باشد. بر اساس نقشه خطر زلزله، تخریب سازه‌ها، نقشه پراکندگی جمعیتی شهر کرمان و همپوش نمودن آنها مشخص می‌شود که تعداد جمعیت در هر زون از نظر خطرپذیری به چه میزانی است.



شکل ۳- نقشه آسیب‌پذیری جمعیت شهر کرمان

بنابراین پراکند

- در ناحیه با خطر انهدام و تخریب کامل: ۷۶۴۸ نفر و ۲۰۳۰ خانوار،
- در ناحیه با خطر بسیار زیاد: ۱۵ ۴۲۵ نفر و ۱۰۹۸۴ خانوار،
- در ناحیه با خطر زیاد: ۲۲۸۱۵۳ نفر و ۵۷۰۰۸ خانوار،
- در ناحیه با خطر متوسط: ۱۹۷۵۷۸ نفر و ۴۷۳۷۶ خانوار،
- در ناحیه با خطر کم: ۲۷۱۷۷ نفر و ۷۴۴۴ خانوار،
- با خطر بسیار کم: ۵۲۱۹ نفر و ۱۴۸۷ خانوار می باشد.

با توجه به بررسی‌های انجام شده در حدود ۵۳ درصد جمعیت شهر کرمان در نواحی با خطر بیش از ۵۰ درصد زندگی می‌کنند.

با توجه به احتمال رخداد بسیار زیاد خطر زمین لرزه و آسیب‌پذیری جمعیتی و سازه‌های شهر کرمان بر اساس مطالعات صورت گرفته که مشخص می‌سازد ۸۳ درصد از سازه‌های شهر کرمان در اثر رخداد زلزله بیش از ۶ ریشتر ناشی از فعال شدن گسل (گسل تراستی کوهبنان در ۱۵ کیلومتری شمال شرقی شهر کرمان دچار تخریب بیش از ۵۰ درصد شده که بیش از ۵۳ درصد جمعیت شهر در معرض آسیب زیاد قرار خواهند گرفت. بنابراین انجام برنامه‌ریزی‌های منطقی و اصولی در این زمینه جهت ارتقای آمادگی مردم برای مقابله با بلایای طبیعی خصوصا زلزله حائز اهمیت دوچندان می‌باشد.

با توجه به سوالات مطرح شده در ابتدای تحقیق می‌توان این گونه پاسخ داده که قرار گرفتن شهرها بر روی گسل یا حتی نزدیک بودن به آن، احتمال ویرانی را چند برابر بیشتر می‌کند، بنابراین باید با رعایت اصول مهندسی و استانداردهای لازم، ایمنی سازه‌ها را در چنین مناطقی افزایش داد و جان و مال مردم را حفظ نمود.

جلوگیری از وقوع زلزله امری محال و دور از تصور است و تاکنون بشر نتوانسته چاره‌ای برای آن بیندیشد اما چند سالی است که کشورهای زلزله‌خیز مانند ژاپن سیستم شهرسازی خود را تغییر داده و با ساخت بناهای مقاوم در برابر زمین لرزه به میزان قابل توجه میزان مرگ و میرها و خسارات مالی را کم کرده‌اند. خوشبختانه با پیشرفت علم و تکنولوژی در سایر کشورها

نیز مهندسان و سازندگان سعی می‌کنند تا با استفاده از فناوری‌های هوشمندانه ساختمان‌ها و برج‌ها را در برابر لرزش‌های ناشی از زمین لرزه مقاوم کنند و ساکنین را از هر نوع آسیب محافظت نمایند.

اگر در ساخت یک بنا از استانداردهای مهندسی و اصول مقاوم‌سازی پیروی شود، به میزان قابل توجه می‌توان ساختمان را در برابر زلزله مقاوم سازی نمود. هر چند مقاوم‌ترین و مستحکم‌ترین ساختمان‌ها در برابر زلزله‌های چند ریشتری شدید دچار آسیب می‌شوند اما تا جای ممکن باید از وقوع حوادث احتمالی جلوگیری کرد یا آن‌ها را به حداقل رساند. حال با توجه به این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که فاکتورهای بسیار حائز اهمیت برای افزایش مقاومت سازه در برابر زلزله موارد زیر هستند و آگاهی از آن‌ها به ما کمک می‌کند ساخت و سازهای خود را با رعایت اصول و استانداردهای لازم ساخته و هنگام وقوع زلزله با آسیب کمتری مواجهه شویم.

استحکام و مقاومت اجزای ساختمان: تجهیزات مکانیکی، الکتریکی و سایر اجزای سازه باید از مقاومت لازم در برابر تکان‌های ناشی از زلزله برخوردار باشند و عملکرد آن‌ها پس از وقوع زمین لرزه دچار اختلال نگردد. این تجهیزات از این توانایی برخوردارند که حتی بعد از تکان‌های شدید همچنان کار خود را ادامه می‌دهند.

شکل‌پذیری عناصر سازه‌ای: شکل‌پذیری از جمله ویژگی‌های المان‌های سازه است که نقش مهمی در مقاوم‌سازی بنا ایفا می‌کند. اگر این المان‌ها از انعطاف‌پذیری لازم برخوردار باشند، هنگامی که به آن‌ها بار اضافی وارد می‌شود دچار آسیب و شکست ناگهانی نخواهند شد. به همین دلیل به منظور افزایش مقاومت‌سازه در برابر لرزش‌های شدید توجه به سختی و استحکام اجزای آن امری ضروری است زیرا آن‌ها باید تحمل بارهای غیر منتظره را داشته و دچار تغییر شکل یا شکستگی نشوند.

منظم بودن سازه: زمانی می‌توان یک سازه را منظم دانست که در اطراف آن، المان‌های باربر جانبی به تعداد مساوی قرار گرفته باشند، در این صورت هنگام وقوع زمین‌لرزه، حرکت سازه از هر طرف و در هر طبقه هم اندازه خواهد بود. سازه‌های منظم نیروی ناشی از زمین لرزه را به طور یکنواخت در سازه پخش می‌کنند، به همین دلیل ساختمان دچار آسیب کمتری خواهد شد.

پایداری پی ساختمان: پی ساختمان یا فونداسیون باید از مقاومت لازم در برابر نیروی زلزله برخوردار بوده و سازه‌هایی که به آن متصل هستند دچار تکان‌های شدید نشوند. اگر پی‌ریزی ساختمان بر اساس استانداردهای لازم صورت گیرد، به خوبی می‌تواند نیروهای واژگونی زلزله را تحمل نموده و نیروهای جانبی بین زمین و سازه را انتقال دهد. علاوه بر آن باید به اندازه‌ای مستحکم باشد که بدون نشست غیر مجاز بتواند وزن سازه را تحمل کند.

افزونگی (پیوستگی و پشتیبانی پیوسته): اگر تنها یک یا چند جزء از سازه دارای استحکام و مقاومت باشند وقتی به آن ها آسیب جدی وارد شود کل سازه فرو می‌ریزد زیرا مقاومت لازم برای کل سازه تامین نشده است. اما اگر سازه از درجه نامعینی لازم برخوردار باشد، المان‌های بسیاری در مقاوم‌سازی آن نقش داشته و حتی اگر آسیب ببینند، اجزای باقی مانده مانع از فرو ریختن ساختمان خواهند شد.

سختی و دوام سازه: زلزله نیروهای قائم و جانبی بسیاری به ساختمان وارد می‌کند. از این رو اگر یک سازه از مقاومت لازم برخوردار نباشد، نیروهای جانبی که ساختمان را به صورت افقی حرکت می‌دهند می‌توانند صدمات بسیاری به آن وارد کنند و منجر به فرو ریختن آن شوند.

وجود مسیرهای پیوسته انتقال بار: اگر قسمت‌های مختلف سازه به گونه‌ای بهم بسته شده باشند که نیروهای حاصل از زمین لرزه در یک مسیر پیوسته به زمین منتقل شوند، ساختمان آسیب کمتری خواهد دید، در غیر اینصورت هر جزء از سازه در اثر تکان‌های شدید جداگانه حرکت کرده و در نهایت منجر به ریزش ساختمان می‌گردد.

نمای یک ساختمان از قسمت هایی است که در زمان زلزله پیش از دیگر بخش ها به آن آسیب وارد می‌شود. نکته مهم در ایمن سازی ساختمان‌ها توجه به تعداد ستون‌های آن‌ها است. برخی افراد به علت علاقه به فضای باز در پی ساختمان‌هایی می‌روند که تعداد ستون آن‌ها کمتر باشد. ولی هر چه تعداد ستون‌ها بیشتر باشد، به ایمن بودن ساختمان کمک بیشتری می‌کند. همچنین، فضاهای بازی که در آن‌ها ستونی وجود ندارد، از نظر کارشناسان نقاط خطرناکی در زمان زلزله به حساب می‌آیند.

سازه ضد زلزله وجود ندارد، برای مثال اگر زلزله‌ایی با قدرت بالا و در زمان زیاد مثل ۴۰ ثانیه بیاید، قطعا هیچ سازه‌ایی در برابر آن تاب نمی‌آورد. اما این موضوع به این معنا نمی‌باشد که ما مهندسان ایمنی ساختمان در برابر زلزله را رعایت نکنیم، چون در هر صورت وقوع زلزله و مقدار شتاب آن امری پیش بینی نشده می‌باشد پس باید موارد ایمنی را رعایت کنیم.

خانه‌هایی در برابر زلزله مقاوم هستند که از متریال مناسب و مرغوب ساخته شده باشند و هم چنین از طراحی مناسب ستون‌ها و تیرها و ... بر خوردار باشد. سازه‌های مقاوم در برابر زلزله در اکثر موارد به چهار ضلعی‌های منتظم بیشتر شباهت دارند بنابر این نوع پلان و نقشه سازه نیز برای ایمنی و مقاوم شدن آن تأثیرگذار است.

با توجه به تحقیق انجام شده می‌توان به این نتیجه رسید که ساختمان‌های زیر معمولا در برابر زلزله از خود مقاومت بهتری را نشان می‌دهند:

۱-ساختمان‌ها نباید با وزن بسیار بالا طراحی و اجرا شوند، وزن سازه یکی از نکات بسیار مهمی است که مهندسان باید به آن‌ها توجه کنند.

۲-سازه‌هایی که در ساخت آن‌ها اسکلت منسجم وجود دارد در برابر زلزله مقاوم‌تر هستند.

۳-سازه‌هایی که در آن‌ها سیستم‌های لرزه‌ایی به خوبی طراحی و اجرا شده اند (دیوار برشی، بادبند ها و ...) در برابر زلزله از خود مقاومت بهتری را نشان می‌دهند.

ساختمان ضد زلزله وجود ندارد اما می‌توان با ایمن‌سازی ساختمان ،آن‌ها را در برابر زلزله مقاوم کرد:

اولین مشخصه این ساختمان‌ها وزن سبک آن‌ها می‌باشد به دلیل آن که سبک‌سازی ساختمان معیار بسیار مهمی در مقاوم سازی آن‌ها می‌باشد. آجر یا بلوک‌های بتنی به دلیل وزن بسیار بالایی که دارند دارای مقاومت کمتری در برابر زلزله می‌باشند. این در این نوع ساختمان‌ها وقتی نیروی ناشی از زلزله شروع می‌شود، دیوارها فرو ریخته و بعد سقف ریزش می‌کند . یک ویژگی ساختمان‌های ضد زلزله سبک بودن آن‌ها می‌باشد.

از دومین مشخصه‌ها می‌توان به متریال خاص مانند متریال فولادی در آن اشاره داشت. و سومین مشخصه پلان درست و نزدیک به چهار ضلعی سازه می‌باشد. چهارمین مشخصه به کارگیری مصالح و تکنیک‌های جدید : پیشرفت در زمینه ساخت و ساز و اختراع مصالح و تکنیک‌های جدید در طراحی ساختمان تأثیر شگرفی بر مقاومت‌خانه‌ها در برابر زلزله می‌گذارد و می‌تواند مرگ و میر ناشی از زمین لرزه را به شدت کاهش دهد. یکی از بخش‌هایی است که در هنگام وقوع زلزله قبل از سایر قسمت‌ها آسیب می‌بیند نمای ساختمان می‌باشد که مهم‌ترین نکته در ایمن سازی ساختمان‌ها توجه به تعداد ستون‌های آن می‌باشد.

سازه‌های مقاوم در برابر زلزله

ساختمان هایی که به آسانسور مجهز هستند، در اطراف آن باید حداقل سه ستون وجود داشته باشد، در غیر این صورت زلزله ممکن است عواقب شدیدی را به دنبال داشته باشد. ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله حدود ۱۰ سانتی متر از ساختمان مجاورشان فاصله دارند. ساختمان‌های مربع شکل از مقاومت بیشتری برخوردار هستند. یعنی هر چه اندازه عرض و طول بنا یک اندازه تر باشد، خطر کمتری ساختمان را تهدید می‌کند. ساختمان های ساخته شده از آجر یا گل به شکل چند طبقه و با تیرآهن و آجر به هیچ عنوان ساختمان‌های ایمنی نیستند و در برابر زلزله مقاومتی نخواهند داشت.

در همین رابطه بـا توجـه بـه نتـایج تحقیـق این سوال مطرح می‌شود که با چه اقداماتی می‌توان خسارت‌های ناشی از زلزله را کاهش داد؟

۱- با توجه به اینکه موقعیت گسل‌ها را نمی‌توان تغییر داد اما می‌توان جهـت جلـوگیری از خطـرات احتمـالی مکان‌گزینی مراکز جمعیتی را نسبت به گسل ها تغییـر داد؛ یعنی حتی المقدور از گسـل هـا فاصـله گرفـت. بـه حداقل رساندن جمعیت نسبت به گسل‌هـا، کاسـتن از جمعیت و کاهش مراکز جمعیتـی نسـبت بـه سـاختار گسلی می‌تواند جمعیت کمتری را در معرض خطر قرار دهد.

۲- مقاوم سازی ساختمان‌های مراکـز جـاذب جمعیـت می‌تواند خطر مرگ و میر ناشی از زلزله را کاهش دهد.

۳- آموزش جمعیتی که در فاصلهٔ نزدیـک از گسـل‌هـا قرار دارند، می تواند در کاهش خطـرات ناشـی از زلزلـه مؤثر باشد.

۴- پیش بینی مراکز اسکان اضطراری می‌تواند جمعیتی را که در هنگام زلزله آسیب دیده اند، با سرعت بیشتری خدمات-رسانی کند.

۵- ایجاد معابر تخلیهٔ جمعیت می‌تواند خطـرات ناشـی از انسداد مسیرها در هنگام وقوع زلزله را کاهش دهـد؛ خصوصا در نقاطی کـه امکـان وقـوع خطـر زلزله وجود دارد و جمعیت در ایـن نقـاط قابـل توجـه است انجام شود.

۶- مراکز پرجمعیت در محدودهٔ خطـر خصوصـاً مراکـز آموزشی و بهداشـتی مصـونیت سـازی بیشـتری را لازم دارند.

۷-نوسازی و مقاوم‌سازی کاربری‌ها در بلند مدت هر چه بناها مقاومتر باشند آسیب‌پذیری کمتری دارند؛

۸- ساختمان‌ها نباید با وزن بسیار بالا طراحی و اجرا شوند، وزن سازه یکی از نکات بسیار مهمی است که مهندسان باید به آن‌ها توجه کنند.

۹- سازه‌هایی که در آن ها سیستم‌های لرزه‌ایی به خوبی طراحی و اجرا شده اند (دیواربرشی، بادبن ها و ...) در برابر زلزله از خود مقاومت بهتری را نشان می‌دهند.

منابع

باقری ، وحید و همکارانش. (۲۰۱۶) ارزیابی و اولویت‌بندی عوامل کلیدی موفقیت پروژه‌های نوسازی در مدیریت بحران با ارائه یک راه حل (مطالعه موردی: شهرهای اهر و ورزقان). جلد ۱۷ شماره ۶.

برجی ، حسین (۲۰۱۴) تحلیل تطبیقی مقررات حاکم بر بافت‌های فرسوده در حقوق ایران و کالیفرنیا ، دانشگاه تهران.

ابراهیم‌خانی ، نرگس (۲۰۱۲) تأثیر نئوتکتونیک بر مخروط افکنه رودخانه حاجی عرب (دشت قزوین) با بررسی داده‌های مورفومتریک و رسوب شناسی ، سال دهم ، دوره ۳۳.

فراهانی ، نوشین (۲۰۱۵) بررسی و شناسایی بافت‌های فرسوده منطقه ۸ تبریز. اولین همایش هنر و صنعت عمران ، معماری و شهرسازی.

جهانیان ، منوچهر؛ موسی پژوهان (۱۳۹۰). بررسی و طبقه‌بندی انواع بافت‌های فرسوده شهری کلانشهر تهران و راهبردهای مداخله در فناوری اطلاعات، مجله علمی پژوهشی جغرافیای انسانی (۲). سال سوم.

نصیری ، اسماعیل (۱۳۹۲). تحلیل ناپایداری فضایی-فضایی بافت‌های فرسوده شهری ، دو فصلنامه مدیریت شهری. شماره ۳۱ ۲۸۰-۲۶۹.

رضایی, محمدرضا; مصطفی حسینی; زوال دارم (۱). مواد مغذی در رایج‌ترین پایه.

سلطانی ، آرمان (۱۴۰۱). ارزیابی اثر ناهنجاری ارتفاع بر عملکرد غیرخطی قاب خمشی فولادی در قالب محاسبه

احتمال ریزش برای زلزله دور با در نظر گرفتن اثر فنر اتصال. جلد ۳ شماره ۲۷.

زیاری ، کرامت الله (۱۳۹۱). اولویت‌بندی ایمن سازی بافت فرسوده در کرج ، پژوهش‌های جغرافیای انسانی شماره ۷۹ ص ۱۴.

زیاری ، کرامت الله بیرانوند، مریم ؛ ابراهیمی، سمیه (۱۳۸۷). ارائه بهترین مدل برای زیباسازی و نوسازی سازه‌های فرسوده شهری. مطالعه موردی شهر یزد، (مجموعه مقالات اولین همایش زیباسازی و نوسازی سازه های فرسوده شهری ، جلد ۱). مشهد.