

تبیین اثرات زلزله بر ساختمان‌های مسکونی مناطق روستایی بخش شنبه و طسوج یعقوب زارعی^۱

باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

علیرضا استعلاجی

استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یادگار امام (ره)، شهرری، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۱۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۱۹

چکیده

قرارگیری ۹۰ درصد خاک کشور بر روی نوار زلزله و اختصاص ۶ درصد از تلفات لرزه‌ای دنیا به ایران که نشان از تهدید بالای مخاطرات طبیعی و آسیب‌پذیری بالای مناطق کشور دارد، اهمیت توجه به مطالعات لرزه‌ای و زمین‌ساختی را بسیار مهم و دوجندان می‌نماید. بر همین اساس تجربه‌های سنگین زلزله‌های اخیر از یک سو تلفات ناگوار حاصل از زمین‌لرزه به‌ویژه در مناطق روستایی از سوی دیگر موجب گردید تا پژوهش حاضر با توجه به تلفات جانی زلزله اخیر بخش شنبه و طسوج (بیش از ۴۰ کشته و ۹۰۰ مجروح) و تخریب بیش از ۲۰۰۰ واحد مسکونی روستایی، اهتمام ورزد تا برای نخستین بار در چارچوبی جامع ضمن تشریح و بررسی زلزله بخش شنبه و طسوج، باهدف تبیین آسیب‌پذیری لرزه‌ای در ساختمان‌های مسکونی مناطق روستایی بخش شنبه و طسوج، در راستای کاهش آسیب‌پذیری کالبدی ابنیه و منازل مسکونی مناطق روستایی و ارائه راهکارهای مناسب در جهت کاهش خطرپذیری این مناطق گام بردارد. بر همین اساس این پژوهش کاربردی، با روشی تحلیلی-توصیفی و تکیه بر مطالعات اسنادی و مشاهدات میدانی به انجام رسید. یافته‌های پژوهش ضمن نشان دادن تخریب تعداد ۳۲ آبادی تحت تأثیر زلزله، گویای این مطلب بود که بیشترین اثرات مخرب زلزله بر سقف و دیوارهای منازل مسکونی وارد آمده است. نتایج حاصل از برداشت‌های میدانی در بخش شنبه و طسوج که حاکی از کیفیت نازل و بسیار پایین مصالح بکار رفته، طراحی بسیار نامناسب ساختمان‌ها و آسیب‌پذیری و شکنندگی ساختمان‌های روستایی است نشان داد که فراوانی خاک، سنگ و تیرهای چوبی در محل و ضعف بنیه اقتصادی خانواده‌ها باعث گردیده تا مصالح مقاوم آن‌گونه که باید و شاید در ساختمان‌ها به کار نرود و گچ، کاه‌گل، خشت، سنگ، چوب، حصیر، تخته و تیر آهن به‌عنوان عمده‌ترین مصالح مصرفی روستاهای این منطقه در ابنیه و منازل مسکونی به کار روند. در پایان ضمن تأکید ویژه بر ضرورت توجه بیشتر مجریان و برنامه‌ریزان امر ساختمان به آیین‌نامه‌ها و ضوابط مقررات ملی ساختمان (به‌ویژه در مبحث زلزله)، جهت کاستن از خسارات و عواقب سنگین زمین‌لرزه در استان بوشهر پیشنهاداتی نیز ارائه گردید.

واژگان کلیدی: زلزله، ساختمان‌های مسکونی، مناطق روستایی، بخش شنبه و طسوج

مقدمه

زلزله به‌عنوان تهدیدی در حال رشد، همواره درزمینه‌های مربوط به توسعه جامعه مطرح و خسارت‌های ناشی از آن، به‌رغم بهبود ظرفیت‌های جوامع در مقوله‌های مخاطرات و فناوری‌های تخفیف آن‌ها، به‌طور روزافزونی در حال رشد است. در این میان کشور ایران در قسمت میانی کمربند کوهزایی آلپی قرار گرفته و به لحاظ موقعیت جغرافیایی واقع شدن در بین دو قاره قدیمی و مقاوم یعنی اوراسیا در شمال، و آفریقا - عربستان در جنوب، پلانفرمی تُرد و شکننده است که از مستعدترین مناطق جهان از نظر بروز مخاطرات طبیعی و در زمره کشورهای با سطح آسیب‌پذیری بالا در برابر مخاطرات لرزه‌ای جای می‌گیرد (برگی^۱، ۱۹۹۸؛ جعفری و سعیدی^۲، ۱۹۹۳). به‌طوری‌که ۹۰ درصد خاک آن بر روی نوار زلزله واقع شده (افضلی، ۱۳۸۵) و از نظر میانگین سالانه بیشترین تعداد مطلق جمعیت در معرض خطر زمین‌لرزه، در جایگاه هفتم آسیا و سیزدهم جهان قرار دارد (پورطاهری و همکاران، ۱۳۸۹). آمارها نشان می‌دهد به‌طور متوسط نزدیک به ۱۳۰ میلیون نفر در جهان، در معرض خطرات ناشی از وقوع زمین‌لرزه قرار دارند و در این بین ایران با ۲۴۷ هزار و ۲۶۷ نفر کشته، بالاترین رتبه را داراست؛ همچنین به لحاظ تلفات ناشی از زلزله، ایران ۶ درصد از تلفات زلزله‌ای دنیا را در جهان دارا می‌باشد (مودت و ملکی، ۱۳۹۳: ۸۶ به نقل از ابلقی، ۱۳۸۴).

نگاه اجمالی به نقشه‌های پهنه‌بندی زمین‌لرزه که حکایت از زندگی کردن بیش از یک سوم شهرهای با جمعیت بیش از ۷۵ هزار نفر در پهنه‌های با خطر بسیار بالا و نسبتاً بالا و در معرض مخاطره بودن ۷۰ درصد از جمعیت و ۶۷ درصد از تولید ناخالص داخلی کشور (بانک جهانی^۳، ۲۰۰۴) دارد بی‌تردید نشان از تهدید بالای مخاطرات طبیعی و آسیب‌پذیری نسبتاً بالای مناطق کشور دارد. از همین رو قرارگیری کشور ایران در یکی از مناطق لرزه‌خیز جهان و احتمال وقوع زلزله‌های مخرب در همه نقاط کشور، اهمیت مطالعات لرزه‌خیزی و لرزه زمین‌ساختی را دوچندان می‌نماید (سعادت‌فر و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۲).

بر همین اساس تجربه‌های سنگین زلزله‌های اخیر از یک سو تلفات ناگوار حاصل از زمین‌لرزه به‌ویژه در مناطق روستایی (که بی‌تردید محصول عدم رعایت اصول ایمنی و طراحی نامناسب سکونتگاه‌های روستایی است) از سوی دیگر موجب گردید تا پژوهش حاضر با رویکردی متفاوت‌تر از سایر پژوهش‌های انجام گردد. به‌طوری‌که با عنایت تلفات جانی زلزله اخیر بخش شنبه و طسوج (بیش از ۴۰ کشته و ۹۰۰ مجروح) و تخریب بیش از ۲۰۰۰ واحد مسکونی روستایی و عدم واکاوی و تحلیل این مهم توسط محققان و پژوهشگران کشور، این مطالعه برای نخستین‌بار اهتمام می‌ورزد تا در چارچوبی جامع ضمن تشریح و بررسی زلزله بخش شنبه و طسوج، باهدف تبیین آسیب‌پذیری لرزه‌ای در ساختمان‌های مسکونی مناطق روستایی بخش شنبه و طسوج، در راستای کاهش آسیب‌پذیری کالبدی ابنیه و منازل مسکونی مناطق روستایی و ارائه راهکارهای مناسب در جهت کاهش خطرپذیری این مناطق گام بردارد.

¹ Bargi

² Jaafari and saeedi

³ The world Bank

سابقه تحقیق

در زمینه پرداختن به آسیب‌پذیری مسکن روستایی در برابر مخاطرات محیطی همچون زلزله تحقیقات و پژوهش‌های متعددی انجام شده است که هریک به نوعی برخی زوایای کالبدی مناطق روستایی را مورد مطالعه قرار داده‌اند. به‌عنوان نمونه: گلابچی و طیبات (۱۳۸۶) در مقاله خود برای کاهش صدمات ناشی از زلزله بر ارائه آموزش یک روش مقاوم و مطابق با اقتصاد قشر روستایی تأکید می‌کنند و در ادامه به بررسی این سؤال می‌پردازد که برای ساختن ساختمان در مناطق زلزله زده مانند زرنند، باید روش‌های موجود را مورد بازبینی قرار داد، یا باید به تغییر اساسی در روش‌های ساخت پرداخت و در صورت ضرورت این تغییر چگونه می‌توان با توجه به ویژگی‌های اقلیمی، اقتصادی و اجرایی چنین مناطقی، روش‌هایی متناسب با توانایی‌های محلی و امکانات این مناطق ارائه داد.

بهرامی (۱۳۸۷) در نتایج به دست آمده از بررسی وضعیت ساختمان‌های روستایی استان کردستان و میزان مقاومت آن‌ها در برابر زلزله نشان می‌دهد که ۹۸/۴ درصد از سکونتگاه‌های روستایی استان فاقد امکانات ضد زلزله می‌باشند. قدیری معصوم و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله خود که باهدف بازسازی نواحی روستایی دشت سیلاخور با تأکید بر ابعاد کالبدی در استان لرستان انجام گرفت نشان دادند که در مجموع ساکنین نواحی روستایی در دشت سیلاخور از نحوه برنامه‌ریزی و اعطای تسهیلات برای بازسازی مسکن رضایت چندانی نداشته اما به هر جهت از مسکن ساخته شده با کمک تسهیلات رضایت نسبی دارند.

فال‌سلیمان و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی با انتخاب یک محور جغرافیایی زلزله‌خیز در شرق ایران (شهرستان‌های قاینات و زیرکوه) تلاش نمودند تا میزان آسیب‌پذیری روستاها را با توجه به استقرار در منطقه خطر زلزله طبقه‌بندی نمایند و نسبت به اولویت‌بندی آن‌ها جهت اجرای فعالیت‌های بهسازی و مقاوم‌سازی مسکن روستایی اقدام نمایند. پریشان و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی که باهدف رتبه‌بندی و سنجش سطح آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی استان قزوین در برابر ریسک زلزله انجام گرفت، با استفاده تکنیک تاپسیس نسبت به رتبه‌بندی مناطق روستایی اقدام نموده و نشان دادند مناطق روستایی شهرستان‌های قزوین و بوئین‌زهرا دارای بیشترین میزان ریسک هستند.

عینالی (۱۳۹۳) در بررسی وضعیت عوامل تأثیرگذار در آسیب‌پذیری مسکن روستایی دهستان سجاس‌رود نشان داد ظرفیت‌های محلی برای مقابله با آسیب‌پذیری مسکن در برابر زلزله در بین خانواده‌های نمونه پایین است و از بین ظرفیت‌های محلی نامناسب‌ترین مورد به ظرفیت کالبدی مسکن اختصاص دارد. علاوه بر این تحلیل رگرسیونی ظرفیت‌های محلی نشان داد که عوامل اقتصادی و کالبدی به ترتیب با ۰/۴۹۱ و ۰/۲۹۸ بیش‌ترین میزان تأثیر را در آسیب‌پذیری مسکن در منطقه مورد مطالعه داشته‌اند.

پرز و تامسون^۱ (۱۹۹۴) عنوان می‌کنند که زلزله رفاه جامعه را از طریق تأثیر مستقیم در تخریب زیرساخت‌ها و درایی‌هایی عمومی تحت فشار قرار داده و منجر به ایجاد اختلال در عملکردهای معمول جامعه می‌گردند.

یودمانی^۲ (۲۰۰۰) در بررسی خود عنوان می‌نماید که زلزله با تخریب منابع درآمد، امکانات زیستی و مراکز فعالیت مردم (خانه‌ها، کارگاه‌ها، مزارع و جز اینها) به افزایش آسیب‌های اقتصادی و فیزیکی آن‌ها دامن می‌زند.

^۱ Perez & Thompson

^۲ Yodmani

کریم‌ر و همکاران^۱ (۲۰۰۳) در مقاله خود تخمین می‌زنند که حدود ۹۵ درصد کل قربانی‌های بلایای طبیعی در دنیا در کشورهای در حال توسعه می‌باشد.

جانسن^۲ (۲۰۰۴) نیز در مقاله خود بیان می‌کند که مقابله با مخاطرات طبیعی و به‌ویژه زلزله، با توجه به تأثیرات مستقیم و غیرمستقیمی که بر جامعه می‌نهند به‌عنوان چالشی مهم در فرایند توسعه مطرح است که برای مردم و مناطق فقیر، دربردارنده تأثیرات ناگوارتری هستند.

مبانی نظری

لرزش ناگهانی پوسته‌های جامد زمین، زلزله یا زمین‌لرزه نامیده می‌شود. دلیل اصلی وقوع زلزله را می‌توان افزایش فشار بیش از حد داخل سنگ‌ها و طبقات درونی زمین بیان نمود. این فشار به حدی است که در سنگ گسستگی به وجود می‌آید و دو قطعه سنگ در امتداد سطح شکستگی نسبت به یکدیگر حرکت می‌کنند. زلزله چه به لحاظ روانی و چه به لحاظ مالی به دلیل سرعت وقوع و حجم تخریب، آثار ویرانگری را به همراه داشته و در صدر بلایای طبیعی قرار دارد. بحران ناشی از لرزش زمین وقتی بسیار حاد می‌شود که:

- ۱- درجه لرزش در مقیاس ریشتر بالا باشد؛
- ۲- مدت زمان لرزش طولانی باشد؛
- ۳- مجتمع‌های زیستی به کانون لرزش نزدیک باشد؛
- ۴- سازه‌های ساخته شده از استحکام کافی برخوردار نباشند؛
- ۵- در مجتمع زیستی محل وقوع زلزله، جمعیت و امکانات بیشتری مستقر باشد؛
- ۶- بستر طبیعی مجتمع‌های زیستی از جنس مناسب و مقاوم نباشند؛
- ۷- زمان وقوع زلزله زمان مناسب نباشد (مانند شب هنگام)
- ۸- و سایر عوامل (زنگی‌آبادی و تبریزی، ۱۳۸۵)

علل عمده زمین‌لرزه‌ها را می‌توان ریزش سقف غارهایی که در سنگ‌های قابل انحلال پوسته زمین به وسیله آب‌های زیرزمینی به وجود می‌آید، محترق شدن گازهای متراکم در مجرای کوه‌های آتشفشانی و گند بودن تغییر جای طبقات در اعماق پوسته زمین دانست. این جابجایی‌ها که بر اثر گسل‌هایی است که غالباً با زمین‌لرزه همراه است به‌عنوان عوامل اصلی زلزله محسوب می‌گردند (بهمنی، ۱۳۸۰).

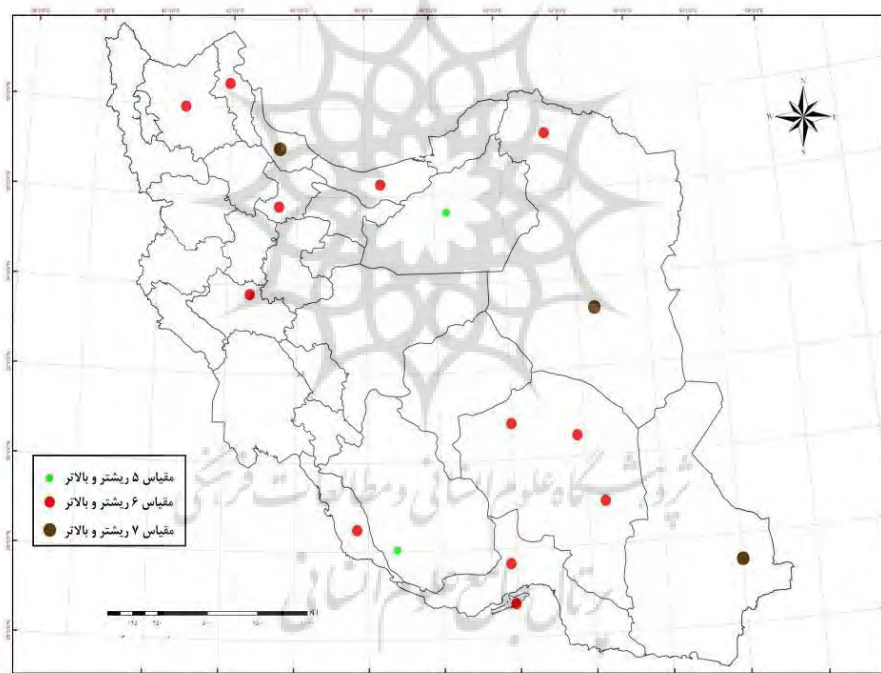
کشور ایران به‌عنوان یکی از ۱۰ کشور آسیب‌پذیر از بلایای طبیعی در جهان (امینی، ۱۳۸۴: ۱۰) از زلزله خیزترین کشورهای جهان است که سابقه لرزه‌خیزی در آن به ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد می‌رسد (مرندی، ۱۳۸۲: ۱۹) و کلاتری خلیل‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۳) و با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران که بر روی کمربند زلزله‌خیز آلپ - هیمالیا قرار دارد، در طول یکصد سال گذشته حدود ۳۵۰۰ زلزله در پهنه ایران اتفاق افتاده است که از بین آن‌ها ۵۳۰ زلزله با بزرگی بیش از ۴ درجه در مقیاس ریشتر رخ داده است و خطرات جهانی و مالی زیادی را به همراه داشته است (کلالی‌مقدم، ۱۳۹۴: ۱۸) به نقل از شمعی و پوراحمد، ۱۳۸۵). در این میان بررسی آمارهای ۲۵ سال اخیر ضمن تأیید

¹ Yodmani

² Johnson

زلزله خیری اقصی نقاط کشور (شکل ۱) حاکی از آن است که اثرات مخرب و زیان‌بار این زلزله‌ها، بیشترین خسارات را در نواحی روستایی از خود بر جای نهاده‌اند (جدول ۱) و لذا می‌توان این چنین عنوان نمود که ساختمان‌های روستایی آسیب‌پذیرترین ساختمان‌ها می‌باشند که نه تنها زلزله‌های شدید بلکه زلزله‌های ضعیف هم بر آن‌ها تأثیر تخریبی فراوانی دارند (بیات، ۱۳۸۲: ۴۱-۳۶).

از همین رو به نظر می‌رسد با توجه به وقوع زمین‌لرزه‌های متعدد در پهنه زاگرس (به علت حرکت صفحه عربی و نیروهای فشارشی حاصل از حرکت به سمت اوراسیا که در پهنه زاگرس به صورت زمین‌لرزه ظاهر می‌شود) و آسیب‌پذیری شدید مناطق روستایی در همه زمین‌لرزه‌ها، پرداختن به زلزله‌بخش‌شبه و طسوج و بررسی آثار و تبعات آن بر روی ابنیه و مسکن روستایی می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. چراکه ضمن هشدار به سازندگان در پرهیز از ساخت‌وسازهای غیراصولی و رعایت روش‌های صحیح ساختمان‌سازی، می‌تواند بستری جهت تغییر و بازنگری آیین‌نامه‌های کنونی و اهتمام در جهت تدوین ضوابط و روش‌های مقاوم‌سازی مسکن متناسب با شرایط اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی مناطق روستایی در راستای کاهش صدمات جبران‌ناپذیر زلزله در این سکونتگاه‌ها باشد.



شکل شماره ۱- پراکنندگی زلزله‌های بزرگ طی ۲۵ سال اخیر در سطح کشور (۱۳۶۹-۱۳۹۴)

منبع: نگارندگان

جدول شماره ۱- جزئیات زلزله‌های بزرگ ۲۵ سال اخیر در سطح کشور (۱۳۶۹-۱۳۹۴)

نام زلزله	تاریخ وقوع	مقیاس	عمق (KM)	تلفات جانی و زخمی	آثار و پیامدها
منتجیل	۱۳۶۹/۰۳/۳۱	۷/۴	۱۹	بیش از ۴۰۰۰۰ کشته و ۱۰۰۰۰۰ زخمی	تخریب ۳ شهر و ۷۰۰ روستا
بجنورد	۱۳۷۵/۱۱/۱۶	۶/۲		قریب به ۸۸ کشته	تخریب ۱۷۳ روستا
اردبیل	۱۳۷۵/۱۲/۱۰	۱/۶	۱۰	۱۱۰۰ کشته و ۲۶۰۰ زخمی	۳۶۰۰۰ بی‌خانمان
قائن - اردکول	۱۳۷۶/۰۲/۲۰	۷/۲	۱۰	۱۵۶۸ کشته و ۲۶۰۰ زخمی	تخریب ۱۴۷ روستا و ۵۰۰۰۰ بی‌خانمان
گلپایگ کرمان	۱۳۷۶/۱۲/۲۳	۶/۶	۹	حدافل ۵ کشته و ۵۰ زخمی	تخریب ۲۰۰۰ خانه و ۱۰۰۰۰ بی‌خانمان
آوج - چنگوره	۱۳۸۱/۰۴/۰۱	۶/۵	۱۰	۲۶۱ کشته و ۱۵۰۰ زخمی	تخریب ۹۷ روستا و ۵۰۰۰۰ بی‌خانمان
بم	۱۳۸۲/۰۹/۰۵	۶/۶	۷	بیش از ۳۰۰۰۰ کشته و ۳۰۰۰۰ زخمی	تخریب ۲۵۰ روستا و ۱۰۰۰۰۰ بی‌خانمان
مازندران	۱۳۸۳/۰۳/۰۸	۶/۳	۲۹	حدافل ۳۵ کشته و ۲۶۲ زخمی	تخریب ۱۲۴ روستا

زرد- داهویه	۱۳۸۳/۱۲/۰۴	۶/۴	۱۰	۷۹۰ کشته و ۱۴۲۳ زخمی	تخریب بیش از ۸۰ روستا
قشم	۱۳۸۴/۰۹/۰۶	۶	۱۰	۱۰ کشته و ۱۰۰ زخمی	تخریب ۴۴ روستا و ۷۰۰ خانوار بی‌خانمان
بروجرد- سیلاخور	۱۳۸۵/۰۱/۱۱	۶/۱	۷	۷۰ کشته و ۱۴۵۰ زخمی	تخریب ۲۳۰ روستا
بندرعباس	۱۳۸۷/۰۶/۲۰	۶/۱	۱۴	۷ کشته و ۴۷ زخمی	تخریب ۲۰۰ روستا
فارس و هرمزگان	۱۳۸۹/۰۳/۳۱	۵/۸	۹	۱ کشته و ۱۲ زخمی	تخریب ۶ روستای فارس
دامغان	۱۳۸۹/۰۶/۰۶	۵/۸	۷	۳ کشته و ۴۰ زخمی	تخریب ۱۰۰۰ واحد مسکونی
اهر- ورزقان	۱۳۹۱/۰۵/۲۱	۶/۲	۱۰	بیش از ۳۰۶ کشته و ۵۰۰۰ زخمی	تخریب ۴۷۵ روستا
شبه وطسوج	۱۳۹۲/۰۱/۲۰	۶/۱	۱۲	بیش از ۴۰ کشته و ۹۰۰ زخمی	تخریب ۲۰۰۰ واحد مسکونی
سراوان	۱۳۸۳/۱۲/۰۴	۷/۵	۹۵	۱ کشته و ۱۲ زخمی	تخریب جزئی ۷ روستا

منبع: (تقنی، ۱۳۸۵؛ گلابچی و طببات، ۱۳۸۶؛ مقدسی موسوی و همکاران، ۱۳۸۸؛ آمیغ‌پس و همکاران، ۱۳۸۸؛ ابراهیم‌پور، ۱۳۸۸؛ قادری و همکاران، ۱۳۹۰؛ ظفری و دارابی، ۱۳۹۱؛ میری و امیری، ۱۳۹۱؛ معهود و همکاران، ۱۳۹۳؛ جانعلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۳؛ هادیان و همکاران، ۱۳۹۴؛ علیزاده و صفری، ۱۳۹۴؛ بکری و همکاران، ۱۳۹۴)

روش‌شناسی و معرفی محدوده مورد مطالعه

پژوهش حاضر بر اساس هدف بنیادی و نوع روش به کار رفته در آن توصیفی-تحلیلی است که طی آن با استفاده از منابع اسنادی، کتابخانه‌ایی و مشاهده میدانی، اثرات زلزله بر مسکن روستایی بخش شنبه و طسوج، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. محدوده مورد مطالعه مناطق روستایی بخش شنبه و طسوج از توابع شهرستان دشتی در استان بوشهر را تشکیل می‌دهد. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری این بخش از دو دهستان شنبه و طسوج در قالب ۳۲ روستای قابل سکونت تشکیل شده است که طبق آخرین آمار این بخش ۱۳۱۶ خانوار روستایی و ۵۳۴۷ نفر روستانشین را در بر گرفته است (زارعی و همکاران، ۱۳۹۵).

ساختار زمین‌شناسی منطقه

ساختگاه مورد نظر از دیدگاه زمین‌شناسی بر روی آبرفت درشت‌دانه با سیمان شدگی عمدتاً قوی واقع شده است. با توجه به فقدان اطلاعات ژئوتکنیکی، جنس خاک بر اساس مشاهدات انجام شده در پیرامون شهر شنبه (به علت عدم وجود ترانسه در شهر) بر مبنای طبقه‌بندی خاک و سنگ به روش تشریح و شناسایی خاک‌ها (ASTM D2488)، عمدتاً از نوع درشت دانه (شن و ماسه) همراه با رس تشخیص داده شد. البته لازم به ذکر است، تعیین دقیق نوع خاک مستلزم حفاری و انجام آزمایش‌های لازم می‌باشد. شواهدی از وجود این نوع خاک در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل شماره ۲- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

استان بوشهر به علت قرار داشتن بر روی منطقه لرزه زمین‌ساخت زاگرس از نواحی لرزه خیز ایران می‌باشد. وقوع زمین‌لرزه‌های مخرب در ادوار مختلف تاریخی بهترین گواه لرزه‌خیزی این منطقه می‌باشد. پژوهشگران متعددی صفحه ایران را به بخش‌های مختلف زمین‌ساختی تقسیم نموده‌اند و در اکثر این تقسیم‌بندی‌ها استان بوشهر در پهنه زاگرس قرار می‌گیرد و در واقع بخشی از رشته کوه‌های چین خورده -رانده شده زاگرس می‌باشد (فاندرحمتمی و همکاران، ۱۳۹۲: ۸۹).

بر اساس ساده‌ترین تقسیمات وضعیت زلزله خیزی در ایران، کشور به سه ناحیه مرکزی و شرق ایران، آذربایجان، رشته کوه‌های البرز و کمربند زاگرس (بخش شنبه و طسوج در آن قرار دارد) تقسیم می‌گردد. این منطقه از نظر وقوع زلزله دارای فرکانس بالایی بوده و ۵۰/۸۳ درصد از زمین‌لرزه‌های یکصد سال اخیر ایران را دربر داشته است. رشته کوه زاگرس که با جهت شمال‌غربی -جنوب‌شرقی در جنوب‌غربی کشور ما واقع شده از لحاظ ساختمانی به سه زون "زاگرس پست، زاگرس چین خورده و زاگرس مرتفع" تقسیم می‌شود. آمار و ارقام ناشی از وقوع زلزله‌ها نشان می‌دهد که زاگرس چین خورده از لحاظ لرزه خیزی فعال‌تر از بقیه زون‌هاست. تقریباً اکثر زمین‌لرزه‌های واقع در کمربند غربی و جنوب‌غربی ایران در جنوب روراندگی زاگرس و در زاگرس چین خورده تمرکز یافته و گویای رابطه میان مناطق چین خورده و گسل خورده با نقاط فعال زلزله است. از مهم‌ترین نقاط اصلی زلزله‌خیز این کمربند می‌توان به شمال‌شرقی بندر عباس، غرب کهنوج، شرق لار، منطقه قیر و کارزین، کازرون تا بوشهر، گچساران، شمال دزفول، غرب همدان، کرمانشاه، مسجدسلیمان، اشاره نمود (نگارش، ۱۳۸۴).

یافته‌ها

در ساعت ۱۶ و ۲۲ دقیقه و ۵۰ ثانیه (به وقت محلی) روز ۲۰ فروردین سال ۱۳۹۲، معادل ساعت ۱۱ و ۵۲ دقیقه و ۵۰ ثانیه روز ۹ آوریل ۲۰۱۳ (به وقت GMT) زلزله‌ای با بزرگی ۶/۱ ریشتر در مقیاس امواج حجمی (موسسه ژئوفیزیک) در شهرستان‌های کاکلی، شنبه و خورموج واقع در استان بوشهر احساس شد که پارامترهای کانونی این زلزله بر اساس گزارش شبکه‌های لرزه‌نگاری مختلف کشور و شبکه‌های جهانی در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲- خلاصه پارامترهای کانونی گزارش شده برای رویداد اصلی

نام	بزرگی	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	عمق
مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی	Ml۶/۳	۵۱/۶۲	۲۸/۴۶	-
موسسه ژئوفیزیک	Mn۶/۱	۵۱/۵۸	۲۸/۴۸	۱۲
پژوهشگاه بین‌المللی زلزله	Ml۶/۲	۵۱/۵۹	۲۸/۴۸	۲۰
مرکز ملی اطلاع‌رسانی زلزله آمریکا	Mw۶/۳	۵۱/۵۹۱	۲۸/۵۰۰	۱۰

منبع: مرکز تحقیقات راه و شهرسازی: ۱۳۹۲

در ادامه طبق تحقیقات به عمل آمده توسط تیم کارشناسی مرکز تحقیقات راه و شهرسازی نتایج نشان داد محدوده‌ایی که بیشترین تخریب را در اثر وقوع زلزله داشته‌اند به صورت نواری باریک و طویل روستاهای ناصری، سنا، چاهگاه، درویشی، باغان، اسماعیل محمودی و شهر شنبه را در بر گرفته است (شکل شماره ۳).



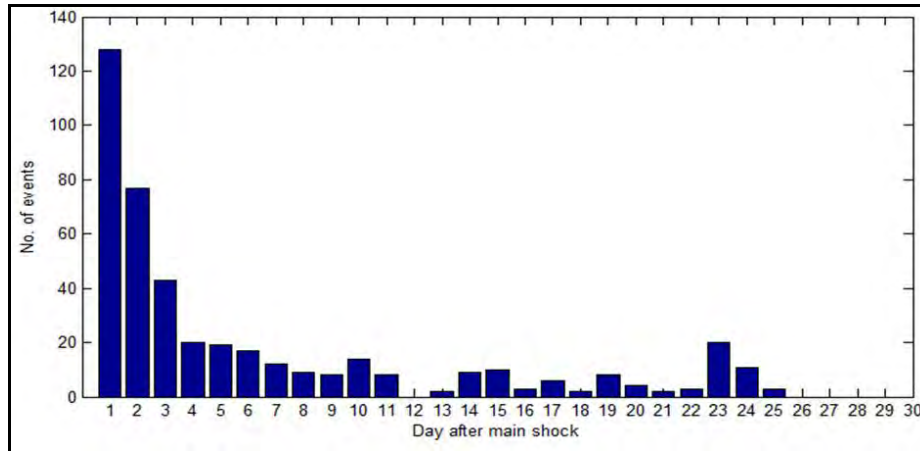
شکل شماره ۳- محدوده با تخریب بالا منبع: مرکز تحقیقات راه و شهرسازی: ۱۳۹۲

مناطق تخریبی روستاهای سهو سرمک در خارج از این نوار نیز شناسایی شده‌اند که تخریب آن‌ها به مراتب کمتر از مناطق فوق‌الذکر بوده است (شکل شماره ۴).



شکل شماره ۴- مناطق تخریبی ناشی از زلزله منبع: مرکز تحقیقات راه و شهرسازی: ۱۳۹۲

تعداد پس‌لرزه‌ها در طی یک ماه نشان می‌دهد، بیشترین پس‌لرزه مربوط به روز نخست با ۱۳۰ پس‌لرزه و پس از آن به روز دوم با ۷۷ پس‌لرزه بوده است. جزئیات بیشتر (در شکل شماره ۵) قابل مشاهده است.

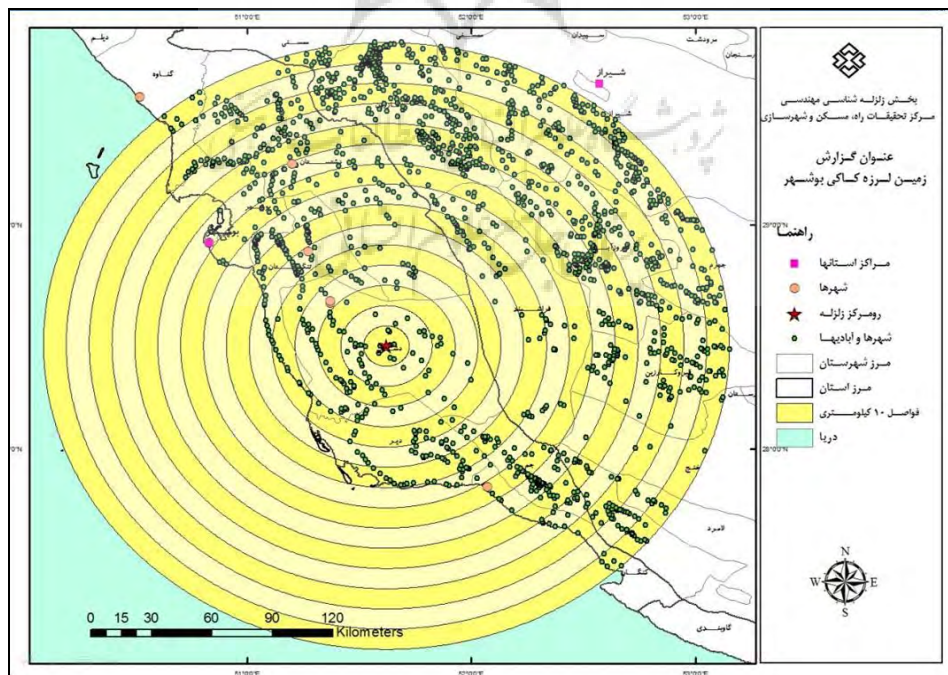


شکل شماره ۵- تعداد پس‌لرزه‌ها بعد از زلزله به نسبت روز

منبع: مرکز تحقیقات راه و شهرسازی: ۱۳۹۲

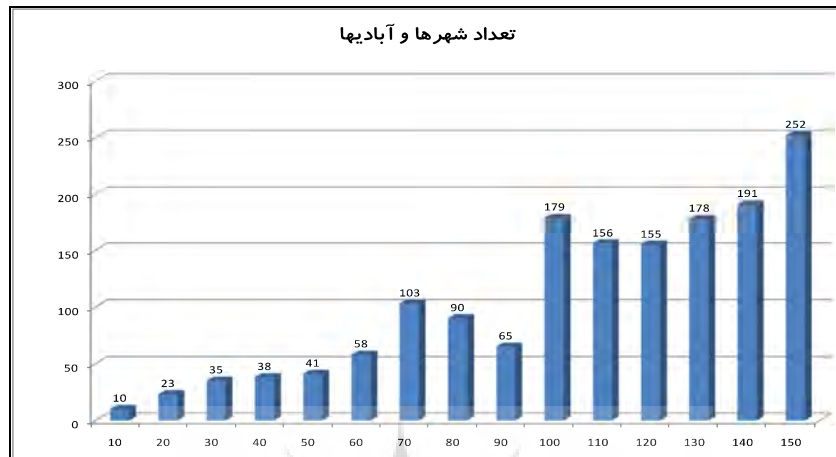
بررسی‌های جمعیت‌شناختی

با توجه به مواردی که در اهمیت اطلاعات جمعیتی مطرح شد، به منظور تعیین جمعیت در معرض خطر زلزله بخش شنبه و طسوج (۹۲/۱/۲۰)، ابتدا رومرکز زلزله شناسایی و سپس در سیستم اطلاعات جغرافیایی نمایش داده شد و به مرکزیت رومرکز زلزله دایره‌ای به شعاع ۱۵۰ کیلومتری ترسیم گردید و جمعیت در معرض خطر در این فاصله مورد بررسی قرار گرفت. در شکل شماره ۵ رومرکز زلزله مشخص و شهرها و آبادی‌های تحت تأثیر آن بوسیله تقسیم منطقه مورد نظر به ۱۵ دایره مساوی با فواصل ۱۰ کیلومتری مشخص و نمایش داده شده است (شکل شماره ۶).



شکل شماره ۶- موقعیت ۱۵ منطقه تقسیم شده از رومرکز زلزله منبع: مرکز تحقیقات راه و شهرسازی: ۱۳۹۲

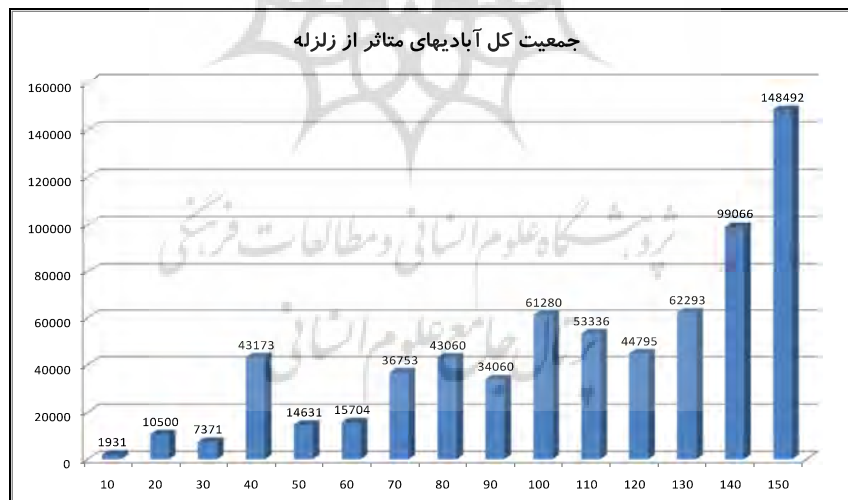
تعداد ۱۵۷۴ شهر و آبادی در فاصله ۱۵۰ کیلومتری از رومرکز زلزله قرار دارند که از آن میان، تعداد ۳۲ آبادی به شدت تحت تأثیر زلزله قرار گرفتند. تعداد آبادی‌های متأثر از زلزله از شعاع ۱۰ تا ۱۵۰ کیلومتری (با فواصل ۱۰ کیلومتر) در شکل شماره ۷ نشان داده شده است.



شکل شماره ۷- تعداد آبادی‌های متأثر از زلزله

منبع: مرکز تحقیقات راه و شهرسازی: ۱۳۹۲

طبق یافته‌های به دست آمده در این حادثه ۱۹۳۱ نفر در شعاع ۱۰ کیلومتری و ۱۰۵۰۰ نفر در شعاع ۲۰ کیلومتری از رومرکز زلزله بیشترین آسیب را متحمل شده‌اند. جمعیت کل آبادی‌های متأثر از زلزله به تفکیک ۱۵ منطقه تقسیم‌بندی شده در شکل شماره ۸ آورده شده است.



شکل شماره ۸- جمعیت کل مناطق متأثر از زلزله

منبع: مرکز تحقیقات راه و شهرسازی: ۱۳۹۲

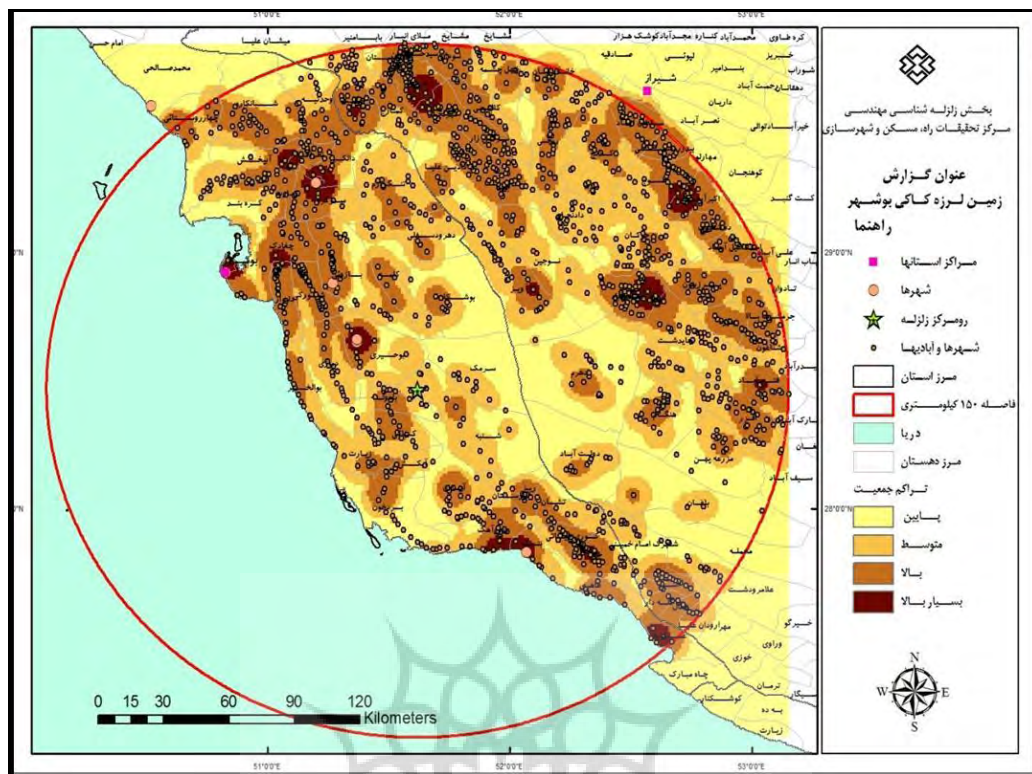
طبق مستندات به دست آمده کانون زمین‌لرزه روستای اسماعیل محمودی گزارش شده است که به علت خالی بودن از سکنه دچار تلفات نشده است. هرچند در نقطه مقابل شهر شنبه و روستاهای درویشی، چاهگاه و سنا بیشترین خسارت و تلفات را داشته‌اند (شکل شماره ۹).



شکل شماره ۹- مناطق خسارت دیده در بخش شنبه و طسوج بر اثر زلزله

منبع: مرکز تحقیقات راه و شهرسازی: ۱۳۹۲

یافته‌ها نشان می‌دهد در بخش شنبه و طسوج در محل وقوع حادثه تراکم جمعیتی در اکثر مناطق پایین و متوسط است و نبود جمعیت زیاد در این محدوده یکی از عوامل مؤثر در کاهش تلفات در منطقه بوده است. تراکم جمعیتی در فاصله ۱۵۰ کیلومتری رومرکز زلزله در شکل شماره ۱۰ قابل مشاهده است.



شکل شماره ۱۰- تراکم جمعیتی در فاصله ۱۵۰ کیلومتری رومکز زلزله

منبع: مرکز تحقیقات راه و شهرسازی: ۱۳۹۲

اثرات زلزله بر مسکن روستایی

مشاهدات میدانی حاصل از بررسی منازل مسکونی در مناطق روستایی مورد مطالعه که حکایت از وفور بیش از حد ساختمان‌های سنتی دارد. به طوری که قریب به ۹۰ درصد از ساختمان‌های مورد مطالعه، ساختمان‌های بنایی بوده است. طبق تعریف آیین‌نامه ۲۸۰۰، منظور از ساختمان‌ها با مصالح بنایی ساختمان‌هایی است که با آجر، بلوک سیمانی و یا با سنگ ساخته می‌شوند و در آن‌ها تمام یا قسمتی از بارهای قائم توسط دیوارهایی با مصالح بنایی و قسمتی دیگر توسط عناصر فلزی و یا بتنی مسلح تحمل می‌شود. ساختمان‌های بنایی نسبت به سایر سازه‌ها بدلیل ارزانی نسبت به سایر سازه‌ها، کاربرد دوگانه به عنوان عایق صوتی و حرارتی، در دسترس بودن مصالح، سرعت ساخت بالا و مقاومت در مقابل حریق، خوردگی و ضدزنگی می‌باشد. از طرفی از معایب سازه‌های بنایی می‌توان به رفتار نسبت ترد و شکننده، وزن بالا، عدم پیوستگی و چسبندگی مصالح، عدم رعایت حداقل دیوار نسبی در این ساختمان اشاره کرد (حیدری و همکاران، ۱۳۸۹).

ارزیابی و بررسی‌های پژوهش نشان می‌دهد بیشترین اثرات مخرب زلزله بر سقف و دیوارهای مسکن وارد آمده است.

به طوری که شواهد نشان می‌دهد دیوارهای اجرایی در منطقه مورد مطالعه که اکثراً با سنگ و ملات گچ و تعداد کمی با سنگ و سیمان یا با بلوک و سیمان اجرا شده‌اند که دارای وزن زیاد و مقاومت جانبی بسیار کمی می‌باشند. حجم

بسیار زیاد ملات و پرکردن بلوک‌های سیمانی نیز که موجب سنگینی دیوارها و ناچیز شدن مقاومت جانبی و شکننده شدن آنها شده و سبب فروریختن دیوارها گردیده است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- سنگینی دیوارها و ناچیز بودن مقاومت جانبی

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

شکست دیوارهای سازه‌ای برشی و عرضی که اصلی‌ترین حالت‌های شکست را تشکیل می‌دهند و در اثر زلزله دیوارهای سازه‌ای بنایی غیرمسلح ایجاد می‌گردند نیز به کرات در روستاهای مورد مطالعه مشاهده گردید. نمونه‌ای از مکانیزم شکست داخل صفحه‌ای برای دیوارهای ساخته‌شده با مصالحی چون سنگ در شکل ۱۲ در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. شایان ذکر است که لغزش در این نوع دیوارها می‌تواند بر اثر درگیری کم‌ملات و مصالح به کار برده شده در دیوار حاصل شود (احمدی‌مقدم و اکبری، ۱۳۹۰)



شکل ۱۲- شکست سازه‌ای برشی و عرضی دیوارها در اثر زلزله

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

همچنین اتصال ضعیف ملات و بلوک و ملات و سنگ و فقدان اتصال بین دیوارها و پی نیز از دیگر عواملی است که سبب ریختن و فرو پاشیدن دیوارهای منازل در منطقه گردیده است. از دیگر عوامل فرو ریختن دیوارها نیز می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- عدم اجرای زیرسری برای تیر آهن سقف و تمرکز تنش برشی در دیوار که منجر به بروز شکست برشی در دیوار و در نهایت تخریب قسمت فوقانی دیوار شده است.
- تخریب قسمت بالای قاب پنجره‌ها که گاهی با خروج کامل تیر نعل درگاه از محل اصلی آن همراه شده است. در مواردی نیز که از تیر نعل درگاه استفاده نشده است، صدمات و خسارات بیشتری مشاهده شده است.
- عدم قفل و بست صحیح در گوشه‌ها و عملکرد منفی دیوارها (ثقفی، ۱۳۸۵: ۶۷-۷۴) (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- عدم قفل و بست صحیح در گوشه دیوارها

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

- در بسیاری موارد نیز دیوارهای ممتد که بدون پشت‌بند یا شناژ قائم اجرا شده‌اند دچار عدم پایداری و فروریختن شده‌اند (گلابچی و طیبات، ۱۳۸۶: ۳۴).
- وجود ساختمان‌های بنایی بدون کلاف افقی یا قائم (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- ساختمان‌های بنایی بدون کلاف افقی یا قائم

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

از دیگر مشکلات مهم اجرایی واحدهای تخریب شده نوع سازه سقف‌ها و نحوه اجرای آن‌ها بوده است. به طوری که سقف‌های اغلب ساختمان‌های منطقه متشکل از طاق ضربی، تیرچوبی و گاه‌آ گل بوده است. این تخریب‌ها پیامد وزن زیاد سقف و عدم اتصال مناسب آن با دیوار است که منجر به لغزیدن سقف از روی دیوار و فرو ریختن آن شده است. در مواردی که طاق خشتی اجرا شده است، قسمت‌های انتهایی سقف که به جرزهای ضخیم اتصال داشته‌اند پایدار باقی مانده است ولی قسمت جلویی آن به تلی از خاک مبدل گردیده است (همان منبع). همچنین عامل دیگر افزایش وزن ناشی از اجرای لایه‌های متعدد کاهگل بر روی سقف‌ها می‌باشد (شکل ۱۵) که در نهایت موجب افزایش نیروی زلزله و فرو ریختن سقف‌ها شده است (ثقفی، ۱۳۸۵: ۷۴-۶۷).



شکل ۱۵- فرو ریختن سقف بر اثر اجرای لایه‌های متعدد کاهگل

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

در مواردی نیز که از طاق ضربی استفاده شده است، قرارگیری مستقیم تیرآهن باعث گردیده تا دیوار قادر به تحمل نیروی برشی اضافی وارده از تیرآهن در اثر زلزله نبوده و آن قسمت از دیوار تخریب شود و در پی آن فاصله گرفتن تیرهای سقف از یکدیگر سبب فرو ریختن زنجیروار طاق‌های ضربی و تخریب سقف شود (همان منبع) (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- فرو ریختن سقف بر اثر قرار گرفتن مستقیم تیرآهن بر روی دیوار

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

در برخی دیگر از ساختمان‌های موجود در منطقه مورد مطالعه، سقف‌ها چوبی بوده‌اند. به‌گونه‌ای که سقف شامل تیرهای چوبی سنگین و لایه‌ای از ساقه‌های نازک درخت بوده است که با کاه‌گل پوشانیده شده است. پوشش ضخیم کاه‌گل وزن زیاد تیرهای چوبی که غالباً از چوب درختان صندل است باعث گردیده تا بار مرده سقف زیاد شود و فقدان اتصال سقف با مجموعه موجب شده تا سقف به‌طور کلی فرو ریزد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- فرو ریختن سقف بر اثر قرار گرفتن تیرهای چوبی سنگین بر روی دیوار

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

اصولاً پی ساختمان نیز بر رفتار آن در برابر زلزله نقش اساسی دارد. در بیشتر ساختمان‌های منطقه فونداسیون‌ها دارای ابعادی نامتناسب با یکدیگرند و انتقال بار از ساختمان به زمین به نحو مطلوبی صورت نمی‌پذیرد. انتخاب پهنای یکسان فونداسیون و دیوارهای ساختمان، با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، به مرور کاهش سطح مقطع اولیه فونداسیون و عدم باربری و انتقال تدریجی بارهای وارده به سطح زمین را موجب می‌شود (بهرامی، ۱۳۸۷). انتخاب مصالحی از قبیل سنگ و ملات گل در فونداسیون، به لحاظ عدم مقاومت سازه‌ای، به شکستن ملات و در نتیجه، جدا شدن قطعات سنگ از یکدیگر می‌انجامد و در نهایت، کاهش سطح فونداسیون و لغزش ساختمان‌ها را به دنبال دارد و به عبارت کلی‌تر موجب کاهش عمر ساختمان می‌شود. (Keller and Pinter, 1996) در همین زمینه بررسی ساختمان‌های تخریبی در منطقه مورد مطالعه، نشان می‌دهد منازل مسکونی روستایی فاقد پی و فونداسیون استاندارد و مناسب بوده‌اند. به‌طوری‌که برخی از ساختمان‌ها فاقد پی‌ریزی، تعدادی دارای پی‌ریزی شفته و قسمت اعظم ساختمان‌های آسیب‌دیده دارای پی‌ریزی از نوع سنگ بوده‌اند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌های روستایی در برابر مخاطرات طبیعی به‌ویژه زلزله از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. چراکه ارزیابی نوع و کیفیت مصالح، سازه ساختمان‌ها و تبیین الگوهای طراحی بناهای مسکونی در مناطق روستایی در میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های روستایی نقش مهم و بسزایی ایفا می‌نماید.

چنان‌که نتایج حاصل از برداشت‌های میدانی در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد کیفیت نازل و بسیار پایین مصالح بکار رفته در کنار طراحی بسیار نامناسب ساختمان‌ها که ناشی از عدم شناخت کافی از مهندسی مصالح، آیین‌نامه‌های

اجرایی و مباحث مربوط به مقاوم‌سازی ساختمان‌هاست، به آسیب‌پذیری و شکنندگی ساختمان‌های روستایی در منطقه مورد مطالعه انجامیده است. به طوری که نتایج بررسی نشان می‌دهد کثرت ساختمان‌های سنگی و گلی موجب گردیده تا این بناها به علت وزن زیاد و فقدان مقاومت کششی و برشی لازم در برابر زلزله، بسیار ضعیف عمل کنند و با اولین زمین‌لرزه بر سر ساکنان فرو ریزد.

نتایج همچنین نشان می‌دهد تنگناهای اقتصادی و معیشتی موجب گردیده تا اغلب روستاییان بخش شنبه و طسوج از مصالح موجود و رایج در محل برای ساختن بناها استفاده نمایند. به طوری که فراوانی خاک، سنگ و تیرهای چوبی در محل و ضعف بنیه اقتصادی خانواده‌ها باعث شده تا مصالح مقاوم آن‌گونه که باید و شاید در ساختمان‌ها به کار نرود و گچ، کاه گل، خشت، سنگ، چوب، حصیر، تخته و تیر آهن به عنوان عمده‌ترین مصالح مصرفی روستاهای این منطقه در ابنیه و منازل مسکونی به کار روند.

آنچه مسلم است زلزله باز هم کشور را خواهد لرزاند و فجایع و حوادث تلخ گذشته باز در کمین روستایان خواهند بود. از همین رو با عنایت به شواهد و مدارک مستند مهندسی زلزله که استان بوشهر را در زمره یکی از زلزله خیزترین استان‌های ایران قرار داده است، شکی نیست که وقوع مجدد یک زلزله مخرب‌تر علاوه بر تخریب اساسی مساکن و تغییر در سیمای کالبدی مناطق روستایی، می‌تواند آثار و پیامدهای جانی، مالی و اجتماعی عمیق و گسترده‌تری نسبت به زلزله اخیر به همراه داشته باشد.

از همین رو جهت جلوگیری از بروز مجدد این مشکلات و کاهش خسارات جانی و مالی ناشی از اجرای نامناسب اجزاء و عناصر ساختمان‌های مسکونی که منجر به تخریب شدید و بعضاً صد در صد بناها در برخی مناطق روستایی بخش شنبه و طسوج نیز گردیده بود، این بررسی ضمن تأکید ویژه بر ضرورت توجه بیشتر مجریان و برنامه‌ریزان امر ساختمان به آیین‌نامه‌ها و ضوابط مقررات ملی ساختمان (به‌ویژه در مبحث زلزله)، جهت کاستن از خسارات و عواقب سنگین زمین‌لرزه در استان بوشهر پیشنهادات ذیل را ارائه می‌نماید:

- تهیه نقشه پهنه‌بندی زلزله در استان بوشهر جهت تعیین خطرپذیری هر یک از شهرستان‌های استان، تعیین مراکز پرخطر و با ریسک بالا.

- تدوین طرح جامع کیفیت مسکن در استان بوشهر جهت رتبه‌بندی و تعیین جایگاه شهرستان‌های استان به لحاظ استحکام بنا و کیفیت مصالح ساختمانی (برای شناسایی مناطق ضعیف، فرسوده و در معرض خطر و تلاش برای ایمن‌سازی آن‌ها)

- کاهش تراکم جمعیت در مناطق زلزله‌خیز.

- سیاست‌گذاری‌های مناسب جهت آگاه‌سازی مردم (به‌ویژه روستاییان) از اثرات مخرب و جبران‌ناپذیر زلزله و تلاش برای ترویج فرهنگ مقاوم‌سازی ابنیه و طراحی استاندارد بناهای مسکونی (از طرق: مدارس، ادارات، ارگان‌ها، رسانه‌ها، همایش‌ها، کنگره‌ها و ...).

- الزام به رعایت استانداردها و مقررات ساختمانی در ساخت‌وسازها و طراحی ابنیه و بناهای مسکونی به‌ویژه در سکونتگاه‌های روستایی

- نظارت دقیق دستگاه‌های متولی بر اعمال مقررات ساختمانی و رعایت ضوابط آئین‌نامه مقاوم‌سازی ساختمان‌ها (به‌ویژه آئین‌نامه ۲۸۰۰) علی‌الخصوص در مناطق روستایی جهت کاهش تلفات انسانی و ضرر و زیان‌های مادی.
- ارتقاء فن‌آوری و شیوه‌های نوین ساخت و مقاوم‌سازی متناسب با فرهنگ و طبیعت مناطق روستایی استان.
- تدوین دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های متناسب با شرایط و تنگناهای اقتصادی، اجتماعی و محیطی مناطق روستایی استان بوشهر.
- الزام به بیمه منازل و مساکن روستایی در مقابل مخاطرات طبیعی به‌ویژه زلزله و سیل.

تشکر و قدردانی

سپاس و قدردانی ویژه از: *جناب دکتر بیت‌اللهی مدیر محترم مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی جهت ارائه اطلاعات جامع و کامل در خصوص زلزله شنبه و طسوج.

* سرکار خانم مهندس سمانه جهانی

* جناب آقای مهندس سیدمحمدرضا گلستانه

منابع

- ابراهیم‌پور، م. (۱۳۸۸). پیامدهای اجتماعی زلزله بم در روستاهای آسیب‌دیده، فصلنامه روستا و توسعه، ۱۱(۴): ۱۷۵-۲۰۲.
- احمدی‌مقدم، ح و اکبری، ش. (۱۳۹۰). بررسی نحوه عملکرد، خرابی، و مقاوم‌سازی سازه‌های بنایی در هنگام وقوع زمین‌لرزه، مطالعه موردی: ساختمان بنایی هنرستان شهید کلاتری استان گیلان، اولین کنفرانس ملی مدیریت بحران، زلزله و آسیب‌پذیری اماکن و شریان‌های حیاتی، تهران، وزارت کشور، سازمان مدیریت بحران.
- افضلی، ر. (۱۳۸۵). پروژه تحقیقاتی آسیب‌شناسی و مدیریت آسیب‌های سیاسی زلزله احتمالی تهران، وزارت کشور، معاونت پشتیبانی. امینی، ا. (۱۳۸۴). تبیین مفهوم بافت شهری و نقش آن در کاهش خطرات ناشی از زلزله، خلاصه مقالات کنفرانس بین‌المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آن، تبریز، انتشارات دانشگاه تبریز، ۲۰-۲۶.
- آمیغ پی، م.، وثوقی، ب و دهقانی، م. (۱۳۸۸). آنالیز تغییر شکل سطحی زمین در اثر زلزله ۶ آذر ۱۳۸۴ جزیره قشم با استفاده از تصاویر راداری، مجله دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۴۳(۴): ۳۶۹-۳۷۷.
- بکری، ا.، نانکلی، ح و رحیمی، ز. (۱۳۹۴). تعیین جابه‌جایی پوسته حین لرزه با استفاده از مشاهدات GPS دایمی در زمین‌لرزه ۲۱ مرداد اهر و رزقان، مجله علوم زمین (زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست)، ۲۴(۹۵): ۱۱۰-۱۰۵.
- بهرامی، ر. (۱۳۸۷). تحلیلی بر آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله: مطالعه موردی استان کردستان، فصلنامه روستا و توسعه، ۱۱(۲): ۱۸۲-۱۶۳.
- بهمنی، ب. (۱۳۸۰). بررسی مکانیسم‌های مؤثر زلزله در ایران (نمونه موردی: رودبار). دانش جغرافیا، سال دوم، شماره سوم. ۱۹-۱۵.
- پربشان، م.، پورطاهری، م.، رکن‌الدین افتخاری، ع و عسکری، ع. (۱۳۹۲). رتبه‌بندی و سنجش سطح آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر ریسک زلزله (مطالعه موردی: مناطق روستایی استان قزوین)، فصلنامه برنامه‌ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی)، ۱۷(۳): ۱-۲۵.
- پورطاهری، م.، عینالی، ج و رکن‌الدین افتخاری، ع. (۱۳۸۹). نقش ظرفیت‌سازی در کاهش تأثیرات مخاطرات طبیعی زلزله در مناطق روستایی با تأکید بر روش‌های کمی (مطالعه موردی: مناطق زلزله‌زده شهرستان خداآبند)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۷۴: ۲۳-۳۹.

- جانعلی‌پور، م.، محمدزاده، ع.، ولدان زوج، م. و امیرخانی، س. (۱۳۹۳). تعیین میزان تخریب ساختمان‌ها پس از زلزله با به کارگیری مدل ANFIS و تصاویر سنجش از راه دور، **دوفصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بحران**، شماره ۷: ۹۱-۷۹.
- حیدری، ر.، باقریان‌پور، م. و تابع بردبار، ا. (۱۳۸۹). **تشخیص خرابی، مقاوم‌سازی و ترمیم سازه‌های بنایی پس از وقوع زمین‌لرزه**، اولین همایش ملی زلزله سازه ژئوتکنیک، بابلسر، آذر ماه ۸۹.
- زارعی، ی.، مهدوی حاجیلویی، م.، استعلاجی، ع. و سرور، ر. (۱۳۹۵). تحلیل و سطح‌بندی توسعه در مناطق روستایی شهرستان دشتی (با تأکید بر رویکرد فازی). **فصلنامه روستا و توسعه**، ۱۹(۱): ۹۵-۱۱۴.
- زنگی‌آبادی، ع. و تیریزی، ن. (۱۳۸۵). زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری. **فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی**، شماره ۵۶: ۱۱۵-۱۳۰.
- سعادت‌فر، ا.، دهقانی، م.، اسماعیلی، ع. و زمانی قره‌چمنی، ب. (۱۳۹۳). بررسی جابجایی‌های پیش‌لرز گسل اهر سوزقان با استفاده از سری زمانی تداخل‌سنجی راداری، **مجله علمی - پژوهشی رادار**، ۲(۲): ۲۰-۱۱.
- ظفری، ح. و دارابی، ح. (۱۳۹۱). بازخوانی مشارکت مردم در بازسازی زلزله ۱۳۸۲ بم، **فصلنامه مسکن و محیط روستا**، شماره ۱۳۹: ۱۶-۳.
- علیزاده، ا. و صفری، ر. (۱۳۹۴). پارامترهای لرزه‌خیزی فرکتالی-زمانی زمین‌لرزه اهر سوزقان، شمال باختری ایران، **مجله علوم زمین (ساخت)**، ۲۴(۹۵): ۱۶۰-۱۵۵.
- عینالی، ج. (۱۳۹۳). تحلیلی بر عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری مسکن روستایی در برابر سانحه زلزله (مطالعه موردی دهستان سحاسرود- خدابنده استان زنجان)، **فصلنامه فضای جغرافیایی**، ۱۴(۴۷): ۱۴۴-۱۲۷.
- فال سلیمان، م.، حاجی‌پور، م. و جمشیدی، ک. (۱۳۹۱). آسیب‌پذیری عناصر کالبدی سکونتگاه‌های روستایی در مناطق زلزله خیز (نمونه: شهرستان‌های قاینات و زیرکوه)، **فصلنامه آمایش جغرافیایی فضا**، ۲(۶): ۹۸-۷۵.
- فراهانی، ح. و حاجی‌پور، م. (۱۳۹۱). ارزیابی فرایند بازسازی سکونتگاه‌های روستایی آسیب دیده از زلزله سال ۱۳۸۵ در منطقه سیلاخور استان لرستان، **فصلنامه پژوهش‌های روستایی**، ۳(۹): ۱۱۷-۹۳.
- قادری، س.، ناطق‌الهی، ف. و کیوانفر، م. (۱۳۹۰). بررسی زلزله‌های ۲۰ سال اخیر ایران و خرابی خانه‌های روستایی، اولین کنفرانس ملی مدیریت بحران، زلزله و آسیب‌پذیری اماکن و شریان‌های حیاتی، تهران، وزارت کشور، سازمان مدیریت بحران.
- قائدرحمتی، ص.، گندمکار، ا. و خوشکلام‌پور. (۱۳۹۲). ارزیابی متغیرهای تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی شهر بروجرد)، **فصلنامه آمایش محیط**، شماره ۲۴: ۱۰۳-۸۳.
- قدیری‌معصوم، م.، رمضان‌زاده لسبویی، م.، دریکوند، م. و اکبرپور سراسکانرود، م. (۱۳۸۹). ارزیابی روند بازسازی کالبدی سکونتگاه‌های روستایی تخریب در اثر زلزله - دهستان سیلاخور، **فصلنامه جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس**، ۲(۳): ۷۸-۶۵.
- کلالی‌مقدم، ژ. (۱۳۹۴). ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های حاشیه‌ای و غیررسمی در برابر زلزله (مطالعه موردی: حاشیه شهر مشهد)، **مجله پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی**، ۴(۱۲): ۴۰-۱۷.
- کلاتتری خلیل‌آبادی، ح. (۱۳۸۷). **برنامه‌ریزی بافت تاریخی شهرها، مطالعه موردی شهر یزد**، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی.
- گلابچی، م. و طیبیات، م. (۱۳۸۶). علل عدم پایداری ساختمان‌های مسکونی روستایی در برابر زلزله و ارائه الگوی ساخت بر اساس توانایی و امکانات محلی (مطالعه موردی: روستاهای زرنند کرمان)، **نشریه هنرهای زیبا**، شماره ۳۰: ۴۲-۳۱.
- مروندی، م. (۱۳۸۲). **تحلیل ساختمان‌های آسیب‌دیده زلزله شهر بم و حومه**، شرکت ساختمان و راه‌سازی ۱۱۵.
- معهود، م.، اکبرزاده، ن. و حمزه‌لو، ح. (۱۳۹۳). شبیه‌سازی جنبش نیرومند زمین برای زمین‌لرزه اول ۲۱ مرداد ۱۳۹۱ اهر-سوزقان، شمال غرب ایران به روش کاتوره‌ای گسل محدود، **مجله فیزیک زمین و فضا**، ۴۰(۲): ۴۳-۳۱.

- مقدسی موسوی، ع.، حمزه‌لو، ح و شکیب، ح. (۱۳۸۸). شبیه‌سازی زلزله سال ۱۳۸۱ آوج با روش تابع نیمه‌تجربی گرین، *مجله امیرکبیر مهندسی عمران و محیط زیست*، ۴۱(۲): ۳۵-۴۲.
- مودت، ا و ملکی، س. (۱۳۹۳). طیف‌بندی و سنجش فضایی آسیب فیزیکی- اجتماعی شهرها در برابر زلزله با بکارگیری تکنیک GIS و VIKOR: موردشناسی شهر یزد، *فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای*، شماره ۱۱: ۱۰۳-۸۵.
- میری، ح و امیری، ز. (۱۳۹۱). بررسی بازسازی مسکن پس از سانحه از منظر تصویر ذهنی ساکنان، نمونه موردی بره‌سر پس از زلزله رودبار- منجیل ۱۳۶۹، *دو فصلنامه مطالعات معماری ایران*، شماره ۱ بهار و تابستان ۹۱: ۹۱-۱۰۸-۹۷.
- نگارش، ح. (۱۳۸۴). زلزله، شهرها و گسل‌ها، *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۵۲: ۵۱-۳۴.
- هادیان، م.، زعفرانی، ج و فرجودی، ج. (۱۳۹۴). بررسی مشخصات چشمه لرزه‌ای زلزله‌های رودبار و منجیل با استفاده از شبیه‌سازی ترکیبی به روش گسل محدود، *نشریه علمی پژوهشی مهندسی سازه و ساخت*، ۲(۱): ۱۸-۴.

Bargi, Kh. (1998). **Principles of Earthquake Engineering**, Tehran University Press.

Jaafari, M.K. and Saedi, M. (1993). **Public Education Planning for Earthquake Risk Reduction**, 1rd International Conference on Natural Hazard in Urban Area, 21-23 Jun.

Johnson, J. (2004), *Natural Disasters and Adaptive Capacity*, Oecd Development Center, **Working Paper**, No. 237.

Keller, E. A. and Pinter, N. (1996), **Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape**. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Perez, E and Thompson, P. (1994). Natural Hazards: Causes and Effects, **Perhaps Disast Med**; 9(1): 80-88.

The World Bank. (2004). **Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis**, WDI for some countries.

Yodmani, S. (2000). **Disaster Risk Management and Vulnerability Reduction: Protecting The Poor**, Paper Presented at The Asia and Pacific Forum on Poverty Organized by the Asian Development Bank.