

مقدمه

هر ساله بلایای طبیعی همانند زلزله، سیل، طوفان و خشک‌سالی، قسمت‌های گوناگون جهان را گرفتار می‌کند. چنین بلایای طبیعی، علاوه بر آسیب‌های مستقیم جانی و مالی، با برجای گذاشتن مقادیر بسیار زیادی آوار در محل حادثه دیده، هم باعث آلودگی محیط زیست می‌شوند و هم اثرات منفی روحی-روانی بر انسان‌ها می‌گذارند. کشور ما ایران، کشوری حادثه‌خیز است که بلایای طبیعی بسیاری در آن به وقوع می‌پیوندند. نادیده گرفتن مسائل مربوط به آن‌ها، هزینه‌های جبران‌ناپذیری دارد.

کلیدواژه‌ها: مخاطرات طبیعی، نگاه موردی، زلزله بم.

مخاطرات طبیعی

یکی از راه‌های دسته‌بندی مخاطرات طبیعی، در نظر گرفتن نحوه شکل‌گیری این حوادث است که در این صورت به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

۱. براساس منشأ
(الف) با منشأ درون‌زمینی (زلزله، رانش زمین و...)
(ب) با منشأ برون‌زمینی (سیل، صاعقه و طوفان)
۲. براساس نقش انسان
(الف) انسان در ایجاد آن نقش دارد.
(ب) انسان در ایجاد آن نقش ندارد.

مخاطرات طبیعی؛
نگاهی موردی به

زلزله

دانش‌افزایی

هاجر پناهی
کارشناس ارشد جغرافیا
حمید شاهرخی شیروان
کارشناس مدیریت دولتی

آثار مثبت مخاطرات طبیعی

حوادث طبیعی موجب بیداری، پرورش و تکامل انسان می‌شوند. حتی ممکن است موجب بهبود زندگی انسان‌ها شوند. گاهی فوران مواد مذاب زمین‌های کشاورزی را تقویت می‌کند. یا نفوذ زبانه‌هایی از مواد مذاب یا لغزش دامنه به مسیر رود، باعث ایجاد سد طبیعی می‌شود و دریاچه پشت آن، محیط جدیدی را برای موجودات زنده فراهم می‌آورد. بنابراین همه اثرات طبیعی را نمی‌توانیم به عنوان خطر طبیعی بشناسیم، مگر این که خسارت‌های جانی-مالی به انسان‌های ساکن در آن محل وارد شود. انسان با زیر کشت بردن مرتع، قطع درخت و بوته از روی دامنه، و... پوشش گیاهی دامنه‌ها را در یک حوضه آبریز از بین می‌برد که این خود خطر بروز سیل و... را افزایش می‌دهد.

راه‌های مقابله با مخاطرات طبیعی

اولین شرط مقابله با هر خطری، شناخت جزئیات دقیق و پیش‌بینی رفتار آن است. از آن‌جا که در کشور ما بعضی از مخاطرات طبیعی مثل زلزله، سیل و خشک‌سالی بیش از دیگر حوادث خسارت می‌زنند، در مقاله حاضر بیشتر به این موارد پرداخته‌ایم.

زلزله

زلزله زمانی اتفاق می‌افتد که سنگ‌های ناحیه‌ای از پوسته زمین مقاومت خود را در برابر نیروهایی که از درون زمین به آن‌ها وارد می‌آید، از دست می‌دهند و به‌طور ناگهانی می‌شکنند و انرژی زیادی آزاد می‌شود. هرچه عمق کانون زلزله کمتر باشد، ویرانی بیشتر می‌شود و هرچه از مرکز زلزله دورتر شویم، از قدرت تخریب آن کاسته می‌شود.

جدول ۱. بزرگی زلزله‌ها و تأثیرات ملموس و فیزیکی آن‌ها

شرح تأثیر	بزرگی زلزله در مقیاس ریشتر
افراد در حال استراحت و در حال قدم زدن آن را احساس می‌کنند. اشیای غیرثابت به هم می‌خورند	۴/۲
افراد از خواب بیدار می‌شوند	۴/۲
درختان حرکت موجی پیدا می‌کنند و اشیای آویزان مانند لامپ و لوستر می‌چرخند	۵/۴
دیوارها شکاف برمی‌دارند و ماشین‌های در حال حرکت از کنترل خارج می‌شوند. برخی ساختمان‌ها کم‌دوام نیز ویران می‌شوند	۶/۱
بعضی از خانه‌ها فرومی‌ریزند، زمین می‌شکافد و لوله‌ها می‌ترکند	۶/۹
زمین شکاف‌های فراوان پیدا می‌کند، ساختمان‌های زیادی ویران می‌شوند و لغزش گسترش پیدا می‌کند	۷/۳
بیشتر ساختمان‌ها و پل‌ها فرومی‌ریزند، جاده‌ها و خط‌آهن‌ها ویران می‌شوند و بلایای ثانویه بروز می‌کند	۸/۱
ویرانی کامل؛ درختان از جا کنده می‌شوند و زمین مانند موج به حرکت درمی‌آید	بزرگ‌تر از ۸/۱



بعضی علائم پیش‌بینی زلزله

۱. کاهش لرزش‌های کوچک زمین در محل‌های مستعد زلزله؛
 ۲. تغییر در مقاومت الکتریکی پوسته زمین در محل شکستگی‌ها و گسل‌ها؛
 ۳. تغییر در سطح آب‌چاه‌ها؛
 ۴. بیشتر شدن فاصله پوسته زمین در محل شکستگی‌ها و گسل‌ها.
- از ۲۰ مورد زلزله مخرب سده اخیر در جهان، پنج مورد در ایران به وقوع پیوسته است. در چنین وضعیتی چندان عاقلانه نخواهد بود که در پی جست‌وجو راه‌حل‌های جدی برای مقابله با حوادث طبیعی نظیر زلزله نباشیم. حال آن‌که در کنار زلزله هم‌چنان که گفته شد، حوادث دیگری نیز همواره در کمین سرزمین ما هستند.
- ایران به دلایل زمین‌شناختی از جمله کشورهای زلزله‌خیز جهان به‌شمار می‌آید. واقع شدن روی «لبه اوراسیا»، وارد شدن فشارهای جانبی صفحه عربستان و هند، و مقاومت سیرهای شمالی مثل صفحه توران، هزاران گسل را در فلات ایران و کناره‌های آن پدید آورده‌اند. این گسل‌ها به طور مداوم با آزاد کردن نیروهای ذخیره شده ناشی از فشارها، زلزله‌هایی را پدید می‌آورند. البته بیشتر این زمین‌لرزه‌ها چنان خفیف هستند که به‌جز با دستگاه‌های لرزه‌نگاری قابل ثبت نیستند.
- با نگاهی گذرا به روند وقوع زلزله در ایران و برآوردهای موجود درمی‌یابیم که ۹۰ درصد زلزله‌های ایران ناشی از ساختار درونی زمین، حدود هفت درصد ناشی از آتشفشان‌ها و سه درصد نیز ناشی از ریزش حفره‌های زیرزمینی هستند. براساس همین برآورد، هر سال دو زلزله بزرگ روی می‌دهد.

با این حال که در ایران هر سال یک زلزله ۶ ریشتری و هر ۱۰ سال یک زلزله ۷ ریشتری رخ می‌دهد، کمتر نقطه‌ای در کشور ما وجود دارد که از خطر زلزله مصون باشد. در چنین شرایطی، طی ۴۰ سال گذشته حدود ۱۰۰ هزار نفر در مناطق گوناگون جان خود را از دست داده‌اند. در فاجعه‌بارترین زلزله قرن در شهرستان بم نیز، ۴۰ هزار نفر جان باختند. در تحلیلی در «مجله زلزله» بیان شده است که بیشترین زمین‌لرزه در نیمه شرقی ایران و به‌خصوص شمال شرق ایران، یعنی خراسان، اتفاق افتاده است. بعد از این قسمت، بخش شمال غربی کشور، یعنی آذربایجان و از جمله تبریز تا مرکز رشته‌کوه البرز در شمال، از نظر زمین‌لرزه در رتبه دوم قرار دارد. خراسان و مناطق پیرامونش با ۹۸ بار، اولین زون زلزله‌خیز و آذربایجان غربی و شرقی با ۴۶ بار، دومین زون آسیب‌رسان و استان‌های گیلان، مازندران و گلستان، با ۲۶ بار، سومین زون لرزه‌خیز با زمین‌لرزه‌های مخرب محسوب می‌شوند. در این تحلیل، اصفهان و یزد با ۹ بار زلزله ثبت‌شده در طول تاریخ، آسیب‌پذیری کمتری در مقابل زلزله داشته‌اند.

بررسی سابقه زلزله در ایران نشان می‌دهد که مدت زیادی از آخرین فعالیت لرزه‌های شهرهای بزرگ سپری شده است. با توجه به دوره بازگشت آن‌ها، بروز زلزله در این شهرها قریب‌الوقوع است. از آخرین زلزله تهران ۱۷۳ سال، تبریز ۲۲۳ سال و مشهد ۳۱۶ سال می‌گذرد. این در حالی است که دوره بازگشت زلزله ویرانگر حدود ۱۵۰ سال برآورد شده است [۳].

تجربه کشورهای نظیر ژاپن نشان می‌دهد، انسان می‌تواند در سرزمینی بلاخیز به استانداردهای بالای ایمنی، سلامت و رفاه دست

۹۰ درصد زلزله‌های ایران ناشی از ساختار درونی زمین، حدود هفت درصد ناشی از آتشفشان‌ها و سه درصد نیز ناشی از ریزش حفره‌های زیرزمینی هستند

علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

عکس: هانف همایی



یابد و توسعه همه‌جانبه را محقق سازد.

حادثه سال ۱۳۸۲ در بم بیش از هر چیز گواه بر عدم آمادگی و بی‌برنامگی مدیران و مردم ما در برابر واقعه‌ای قابل انتظار بود که شرایط طبیعی ایران آن را بارها هشدار داده بود. حادثه بم درس تلخی است که باید از آن آموخت و از آن غفلت نرورزید. مقایسه تلفات جانی و مالی زلزله در ایران با کشورهای چینی و ژاپن و... نشان‌دهنده کاستی‌های غیرقابل اغماض در سطح برنامه‌ریزی کلان است.

زمین‌لرزه ۵ دی ۱۳۸۲ بم

این زمین‌لرزه به بزرگی ۶/۷ ریشتر در امتداد یک گسل راست‌لغز تقریباً شمال‌شمال غربی- جنوب جنوب‌شرقی به وقوع پیوست. زمین‌لرزه بم، بدون هیچ‌گونه سابقه تاریخی ثبت‌شده، سبب کشته شدن بیش از ۴۰/۰۰۰ نفر شد. این زمین‌لرزه در مدت کوتاه‌تر از ۳۰ ثانیه، از ۷۰ تا ۸۰ درصد شهر و ارگ بم را تخریب کرد. مرکز بیرونی این زمین‌لرزه دارای طول جغرافیایی ۵۸ و ۳۷ و عرض جغرافیایی ۲۹ و ۷ بود. و عمق کانونی آن کمتر از ۱۰ کیلومتر برآورد شد و بزرگای آن ۶/۷ بود.

برخی از ابعاد زلزله بم

نام گسل فعال شده: گسل بم

طول گسل: ۶۵-۱۰۰ کیلومتر

بزرگی زلزله: ۶/۸-۶/۶ درجه مقیاس ریشتر

شدت زلزله: ۹-۸ درجه مقیاس مرکالی

مدت وقوع زلزله: ۱۸-۱۵ ثانیه

زمان وقوع زلزله: ۵/۲۶ صبح جمعه ۱۳۸۲/۱۰/۵

تعداد ساختمان‌های تخریب‌شده در مناطق روستایی: ۲۰-۱۸ هزار

۱۸ هزار

قنوات آسیب‌دیده: ۵۰ رشته

برآورد خسارات مالی: ۱/۵ میلیارد دلار براساس اخبار منتشره

در رسانه‌های جمعی

عواملی که زلزله بم را به یک فاجعه تبدیل کرد

برخی از این عوامل در نگاه نخست ناخواسته و خارج از اراده انسانی به نظر می‌رسند. اما با نگاهی ژرف‌تر به آن‌ها می‌توان دریافت که بیشتر این عوامل، با مدیریت و هوشیاری مسئولان، برنامه‌ریزان و مردم تأثیر خود را تا حد زیادی از دست می‌دادند و در نتیجه، از ابعاد سوء حادثه کاسته می‌شد. این عوامل عبارت بودند از:

۱. کیفیت پایین و استحکام اندک ساختمان‌ها

در سال ۱۳۷۱، ۳۸/۷ درصد واحدهای مسکونی شهر بم از نوع خشتی- گلی و ۶۱/۳ درصد از نوع آجری بودند [۴]. در واقعه بم متأسفانه حتی تعدادی از ساختمان‌های نوساز اسکلت فلزی و بتنی نیز ویران شده بودند که این امر نشان‌دهنده عدم رعایت اصول و ضوابط مهندسی در طراحی، نظارت و اجرای آن‌ها بوده است. وجود برخی ساختمان‌های پابرجا بعد از زلزله که عمدتاً از ساختمان‌های مهندسی‌ساز بودند، خود بهترین گواه و شاهد بر این ادعاست که اگر دیگر ساختمان‌های بم نیز

مقایسه تلفات جانی و مالی زلزله

در ایران با کشورهای چینی

و... نشان‌دهنده کاستی‌های

غیرقابل اغماض در سطح

برنامه‌ریزی کلان است



جدول ۲. تعدادی از شدیدترین زلزله‌های صد ساله اخیر ایران

سال	مکان وقوع	بزرگی	سال	مکان وقوع	بزرگی
۱۲۸۸	دورود	۷/۴	۱۳۴۷	دشت بیاض	۷/۳
۱۳۰۸	شمال خراسان	۷/۲	۱۳۵۶	بندر عباس	۷
۱۳۰۹	جنوب غربی سلماس	۷	۱۳۵۷	طیس	۷/۷
۱۳۱۳	سراوان	۷	۱۳۵۸	شمال قائن	۷/۳
۱۳۲۷	شمال خراسان	۷/۲	۱۳۶۰	گلیاف کرمان	۷
۱۳۳۶	لاریجان	۷	۱۳۶۹	رودبار-منجیل	۷/۳
۱۳۳۶	غرب همدان	۷	۱۳۷۶	قاین-بیرجند	۷/۱
۱۳۴۱	بوئین زهرا	۷	۱۳۸۲	بم	۷/۶

نتیجه گرفت که این منطقه در معرض خطر بالای زلزله نیست. واقعه بم نشان می‌دهد که دانش زمین‌شناسی و مطالعات مرتبط با آن در کشور ما آن‌گونه که شایسته و درخور است، مورد توجه جدی قرار نگرفته است و زمین‌شناسان کشور نیز به این مسئله اذعان دارند [۷]. همین امر موجب بروز تناقضات آشکار حتی در اسناد پایه ملی شده است. «کمیته آیین‌نامه طرح ساختمان در برابر زلزله» در سال‌های ۱۳۶۰ و ۱۳۷۸، شهر بم را در پهنه با خطرسنجی بالا، «طرح کالبد ملی» در سال ۱۳۷۵ شهر بم را در پهنه با خطر نسبتاً پایین و نقشه «پژوهشکده بین‌المللی زلزله‌شناسی»، شهر بم را در پهنه خطر بالا و متوسط جای داده است. این مثال نشان می‌دهد که کشور ما به‌رغم کوشش‌های صادقانه متخصصان، همچنان نیازمند انجام مطالعات اساسی در خصوص زمین‌شناسی است.

۴. ضعف در مدیریت حین و پس از حادثه

عدم آمادگی و فقدان برنامه و دستورالعملی توافق شده میان دستگاه‌های امداد رسان و نیروهای اعزامی به منطقه بسیار مشهود بود. مهم‌تر از همه، فقدان رهبری واحد در عملیات امداد و نجات نمودی بارز داشت. مسائل مذکور موجب شدند ساعات طلایی امداد و نجات از دست بروند و بر میزان و شدت تلفات انسانی و خسارات مادی افزوده شود. ساعات طلایی شامل لحظه شروع حوادث غیرمترقبه تا حداکثر ۱۲ ساعت پس از آن در نظر گرفته می‌شود. در این بازه زمانی، احتمال نجات مصدومان و افراد گرفتار دز زیر آوار بسیار بالاست و هرچه از ساعات اولیه حادثه بیشتر بگذرد، این احتمال کاهش می‌یابد. در زلزله بم، طلایی‌ترین ساعات طلایی به دلایل زیر از دست رفت:

- **عدم آموزش مردم:** افراد محلی که از زلزله شهر جان سالم به‌در برده بودند، به دلیل عدم آموزش نتوانستند در ساعات طلایی اولیه به دیگران کمک‌های سریع و مؤثری برسانند.
- **حضور نیافتن سازمان‌های محلی امداد نجات:** در واقعه بم،

به‌طور اصولی ساخته و یا نوسازی می‌شدند، ماجرای بم به گونه‌ای دیگر ورق می‌خورد و امروز هزاران تن از هم‌میهنان ما در کنار خانواده‌های خود بودند [۵].

۲. تراکم بالای جمعیت در بافت‌های فرسوده

بخش زیادی از جمعیت شهر بم در بافت قدیمی آن زندگی می‌کردند که به لحاظ کالبدی، فرسوده‌ترین و آسیب‌پذیرترین بخش شهر محسوب می‌شد. مشکل بافت‌های قدیمی و فرسوده شهری، مسئله‌ای دامنگیر عموم شهرهای قدیمی کشور ماست که سال‌ها در پیچ و تاب برنامه‌های اجرا نشده، به گره‌ای گشوده‌ناشدنی تبدیل شده است. حال تکلیف و وظیفه برنامه‌ریزان در مورد تجمع فزاینده جمعیت در قسمت‌های آسیب‌پذیر شهرها که در اثر زلزله چندین بار ویران شده و دوباره بنا گردیده‌اند، چیست؟

نوسازی و سامان‌دهی این بافت‌ها می‌باید از اولویت‌های درجه اول طرح‌ها و برنامه‌های توسعه شهری باشد و در رأس اقدامات عمرانی شهرداری‌ها، به‌عنوان مجریان طرح‌های شهری، قرار گیرد. در غیر این صورت، آن‌چه در بم رخ داد، ممکن است به شکل مشابه در بسیاری دیگر از شهرهای کشور نیز به‌وقوع بپیوندد.

۳. نزدیکی بافت‌های مسکونی به خط گسل

گسل فعال شده در زلزله بم، در حد فاصل میان دو شهر بم و «بروات» قرار دارد. با آن‌که این گسل مورد شناسایی قرار گرفته بود، اما طرح جامع سال ۱۳۷۱ شهر بم، سمت توسعه شهر را به سوی همین گسل تعیین کرد [۶]. مشاور طرح، علت این امر را نبود شواهد تاریخی در اثبات لرزه‌خیزی منطقه و نیز اهمیت سایر موانع توسعه در گسترش شهر در دیگر سمت‌ها عنوان کرد [۱]. مدیریت شهری بم نیز به دلیل فقدان منابع علمی مستدل، استدلال خود را براساس بنای تاریخی ارگ بم قرار داد و با استناد به این‌که ارگ ۲۳۰۰ ساله بم پیرجا مانده است،

راهکار دستکاری منابع آب سطحی در بخشی از یک گسل است (سد) و دستکاری در سطوح آب زیرزمینی است.

به طور کلی، این ساختمان‌ها هستند که موجب کشته شدن مردم می‌شوند، نه زلزله. راه‌حل این است که روش‌های ساخت‌وساز مقاوم در برابر زلزله را به‌کار گیریم. ساختمان‌سازی در مکان‌هایی که وضعیت گسلی نامناسب و خاک‌های نرم دارند و تکان‌های زمین را تشدید می‌کند، مشکل و مسئله ساز است. روش‌های جدید طرح مقاومت در برابر لرزه، به‌طور مداوم در حال پیشرفت هستند. ساختمان‌های مناطق کوهستانی باید به محافظ‌هایی از جنس لاستیک و فولاد مجهز شوند که فناوری گرانی است، ولی به‌کارگیری این فناوری در مراکز حساس نتایج مثبتی دارند [۱].

ایجاد سازمان مدیریت بحران طبیعی کشور

مقایسه ایران با کشورهای باتجربه در زمینه مقابله با زلزله، نظیر ژاپن و آمریکا، نشان می‌دهد که توجه اصلی و محور قرار دادن مقوله بحران در نظام مدیریت کشور، شرط لازم در مقابله موفق با زلزله است. بدون دادن چنین اهمیت و محوریتی، امکان موفقیت در این زمینه بسیار کاهش می‌یابد. با فعال بودن نهادهای گوناگون در این رابطه که هیچ‌یک دارای مسئولیت محوری و به‌ویژه حکومتی سطح بالا در مدیریت بحران زلزله نیستند، نمی‌توان بر مشکل مدیریت بحران فائق آمد. مقابله با بحران‌های طبیعی امری مشترک بین وزارت‌خانه‌هاست و ضرورت دارد در سطح معاونت رییس‌جمهور، سازمان هماهنگ‌کننده وزارت‌خانه‌ها تشکیل شود.

ایجاد مرکز مدیریت اطلاعات بحران‌های طبیعی

یکی دیگر از حلقه‌های مفقوده در مدیریت بحران‌های طبیعی از جمله زلزله در ایران، «مرکز مدیریت اطلاعات و هشدار» است. چنین مرکزی با اخذ، ذخیره، پردازش و استنتاج مجموعه داده‌ها و اطلاعات مربوطه، نه تنها کمک شایان توجهی به نهادهای ذی‌ربط می‌کند، بلکه علاوه بر اطلاع‌رسانی و هشدارهای لازم برای آمادگی در مقابل بلایای طبیعی، راه را برای پیش‌بینی زلزله در آینده نیز مهیا می‌سازد و بازوی توانای سازمان مدیریت بحران طبیعی در کشور خواهد بود [۹].

منابع

۱. کیت، اسمیت. مخاطرات محیطی. ترجمه مقیمی و گودرزی.
۲. شایان، فریدون. رشد آموزش جغرافیا. دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی. تهران.
۳. پژوهشکده بین‌المللی زلزله، گزارش زمین‌لرزه ۱۶ مرداد.
۴. مهندسین مشاور پارتیا. طرح جامع شهر بم. (ج دوم). ۱۳۵۵.
۵. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰. ویرایش دوم. ۱۳۷۸.
۶. مهندسین مشاور آرمانشهر. طرح جامع شهر بم. (ج ۷ و ۸). ۱۳۷۱.
۷. درویش‌زاده، علی. زمین‌شناسی ایران. نشر دانش امروز. ۱۳۷۰.
۸. ناطقی الهی، فریبرز. مدیریت بحران زمین‌لرزه در ایران. پژوهشکده بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله. ۱۳۷۸.
۹. ویژه‌نامه زلزله، شماره ۱۲.

وضعیت محلی که ساختمان‌ها بر آن قرار می‌گیرند، اثر مهمی بر میزان تخریب ناشی از حرکت زمین دارد

ادارات شهر و از جمله شهرداری به کلی ویران شده یا به شدت آسیب دیده بودند. مسئولان و مدیران این نهادها و سازمان‌ها نیز یا تلف شده یا مصدوم شده و یا بر اثر تألمات ناشی از دست دادن بستگان، توانایی اجرای مسئولیت‌های خود را از دست داده بودند.

● **نبود فرماندهی منسجم:** در این واقعه، شهر بم در ساعات اولیه به علت فقدان رهبری منسجم خسارات بیشتری را متحمل شد. در روزهای پس از حادثه بم، همگان ابعاد وسیع فاجعه را مشاهده کردند که بار دیگر نظر کارشناسان فن را درخصوص لزوم دانش برنامه‌ای جامع در مدیریت بحران مورد تأیید قرار داد.

در مدیریت جامع بحران می‌باید تمام عناصر «چرخه مدیریت بحران» شامل پیش‌گیری، کاهش آثار زیان‌بار، آمادگی امدادرسانی، و بهبود و بازسازی، مدنظر قرار گیرد [۸]. معطوف کردن کوشش‌ها به مسائل و آثار پس از وقوع بحران چیزی جز گرفتار شدن در «چرخه حاکمیت بحران» و «بحران‌زدگی مضاعف» نیست.

یکی از فجیع‌ترین مصیبت‌ها از نظر ژئوفیزیکی که در چین رخ داد، زلزله سال ۱۵۵۶ بود و بیش از ۸۰۰ هزار کشته داشت؛ زیرا محل زندگی قربانیان روی لس‌های کم‌مقاوم دامنه تپه‌ها قرار داشت. این پدیده به وضوح نقش مهم مسکن را در مصیبت‌های ناشی از زلزله نشان می‌دهد.

اغلب زلزله‌هایی که بیش از ۱۰۰ هزار کشته دربرداشته‌اند، در مناطق تکتونیک‌کی فعال اتفاق افتاده‌اند. پراکندگی منطقه‌ای زلزله‌ها تصادفی نیست. تقریباً ۲/۳ درصد زلزله‌های بزرگ در اطراف اقیانوس آرام رخ می‌دهند که به «حلقه آتش» معروف است.

وضعیت محلی که ساختمان‌ها بر آن قرار می‌گیرند، اثر مهمی بر میزان تخریب ناشی از حرکت زمین دارد. تخریب در زمین‌های با توپوگرافی پرشیب، به‌ویژه در خط‌الرأس‌ها و قله‌ها به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد.

مخاطرات ثانویه زلزله عبارت‌اند از: روان‌شدگی و جریان یافتن خاک، زمین‌لغزه‌ها، بهمن‌های سنگی و برفی، تسونامی‌ها و نوسان امواج. در حال حاضر، دورنمای روشنی در مورد توانایی جلوگیری از وقوع زلزله وجود ندارد. یکی از مؤثرترین تدبیرها و سازگاری‌ها، ایجاد عمدی لرزه‌ای در مقیاس کوچک است. هرچند که این کار، حتی اگر برای پیش‌گیری از انباشته شدن انرژی فشاری ویرانگر کافی نباشد یک