مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی
دفتر مطالعات زیربنایی
مسلسل: ۱۹۶۲۵ ■ بهمن ۱۴۰۲

درس آموخته‌های زلزله ترکیه در فرایندهای ساخت‌وساز و توسعه شهری

بسم الله الرحمن الرحيم

تاریخ انتشار:
۱۴۰۲/۱۱/۳۰

شماره مسلسل:۱۹۶۲۵
کد موضوعی: ۲۵۰

مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی

عنوان گزارش:
درس‌آموخته‌های زلزله ترکیه در فرایندهای ساخت‌وساز و توسعه شهری

نام دفتر:
مطالعات زیربنایی (گروه عمران و شهرسازی)

مدیر مطالعه:
علی فرنام

تهیه و تدوین‌کنندگان:
مهدی زارع (عضو هیات علمی پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و رئیس شاخه زمین شناسی فرهنگستان علوم)، مهسا پایاب

ناظر علمی:
محمدحسن معادی رودسری

اظهار نظر کننده:
هومن غلامپور ارباستان

تاریخ شروع مطالعه:
۱۴۰۲/۹/۱

ویراستار ادبی:
زهره عطاردی

گرافیک و صفحه آرایی:
آذر مهمان نواز

واژه‌های کلیدی:
۱. زلزله ترکیه
۲. حریم گسل
۳. ضوابط لرزه ای
۴. قوانین ساخت و ساز
۵. تخلفات ساختمانی

دفتر مطالعات زیربنایی

فهرست مطالب

چکیده ۶
خلاصه مدیریتی ۷
۱. مقدمه ۱۱
۲. پیشینه پژوهش ۱۴
۳. مروری بر تجارب جهانی ۱۷
۴. لرزه زمین‌ساخت ۱ ..... ۱۸
۵. زلزله‌شناسی ۱۹
۶. مخاطرات زمین‌شناختی در زمین‌لرزه ترکیه ۲۱
۷. ارزیابی دلایل خسارات ساختمانی در زلزله ترکیه ۲۴
۸. تجربیات و درس آموخته‌ها ۳۲
۹. بیان چالش‌ها و ارائه پیشنهادات راهبردی ۳۶
۱۰. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۳۹
منابع و مآخذ ۴۰

فهرست جداول، نمودارها و شکل‌ها

جدول ۱. وضعیت ساختمان‌ها پس از زلزله ترکیه ۲۵
جدول ۲. دلایل محتمل و حائز اهمیت در بروز خسارات ساختمان‌های بتنی در زلزله ترکیه ۲۷
جدول ۳. برآورد خسارات ناشی از زلزله در حوزه‌های مختلف زیرساختی در اثر زلزله ترکیه ۳۱
جدول ۴. مقدار پسماندهای گزارش شده در برخی زلزله‌های بزرگ‌مقیاس ۳۵
شکل ۱. حالت تخریب کامل با فرم پنکیک ۱۲
شکل ۲. موقعیت صفحه آناتولی نسبت به صفحات آفریقا و اوراسیا ۱۲
شکل ۳. الف) پهنه زلزله‌زده در دو رخداد ۶ فوریه ۲۰۲۳ در جنوب ترکیه ۱۳
ب) قطعات سامانه گسله آناتولی شرقی [۵] ۱۴
شکل ۴. چارچوب زلزله زمین‌ساختی منطقه مدیترانه شرقی با حرکت آفریقا، عربستان و آناتولی نسبت به اوراسیا ۱۹
شکل ۵. الف) مناطق منشأ دو زمین‌لرزه بزرگ با توزیع پس‌لرزه‌ها توسط رصدخانه کندیلی و مؤسسه تحقیقات زلزله (KOERI) ۲۰
ب) پس‌لرزه‌ها از ۶ تا ۲۷ فوریه (۲۲ روز اول بعد از حادثه) ۲۰
شکل ۶. آثار گسلش سطحی در زلزله ترکیه ۲۱
شکل ۷. آثار روان‌گرایی و گسترش جانبی در زلزله ترکیه ۲۲
شکل ۸. اثرات روان‌گرایی بر عملکرد ساختمان‌ها اثرات هم‌زمان گسیختگی سطحی و روان‌گرایی بر عملکرد ساختمان‌ها ۲۳
شکل ۹. نمونه‌هایی از پدیده زمین‌لغزش در ترکیه ۲۴
شکل ۱۰. واژگونی سراسری ساختمان‌ها ۲۵
شکل ۱۱. توزیع سیستم‌های سازه‌ای در ترکیه و استانبول ۲۶
شکل ۱۲. انواع خرابی در ساختمان‌های بتنی در زلزله ترکیه ۲۹
شکل ۱۳. بروز خسارات در زیرساخت‌های حمل‌ونقل ترکیه پس از زلزله ۳۱
شکل ۱۴. مدل «برنامه مدیریت پسماند در بحران» ۳۶
شکل ۱۵. گسلش حیرت‌انگیز در اراضی باغی ۴۰

درس‌آموخته‌های زلزله ترکیه در فرایندهای ساخت‌وساز و توسعه شهری

چکیده

دو زمین‌لرزه در ترکیه در ۶ فوریه ۲۰۲۳ (۱۷ بهمن ۱۴۰۱) به‌ترتیب با بزرگای ۷٫۸ و ۷٫۵ موجب تخریب گسترده و کم‌سابقه در دو کشور ترکیه و سوریه شد. زمین‌لرزه‌ها در یک «اتصال سه‌گانه» زمین‌ساختی در سامانه گسلی آناتولی شرقی در منطقه‌ای رخ دادند که در برابر فعالیت‌های لرزه‌ای بسیار آسیب‌پذیر است. گسل آناتولی شرقی یک گسل امتداد لغز است که در آن ورقه‌های پوسته زمین در راستای گسل عمودی به یکدیگر فشار می‌آورند و به‌صورت امتداد لغز چپ‌گرد از کنار هم عبور می‌کنند. زلزله اول شدیدترین زلزله ترکیه از زمان زلزله ارزنجان در سال ۱۹۳۹ بود. گسیختگی گسل در زلزله اول در حدود ۲۹۰ کیلومتر و در زلزله دوم حدود ۱۲۰ کیلومتر بود. اگرچه تلفات بسیار گسترده این رخداد هم به‌دلیل شدت حدی زلزله، هم استقرار جمعیت و ابنیه قابل توجه در حریم گسل و هم تأثیر ویژگی‌های جنس خاک بوده است، اما به‌نظر وزن و سهم ساخت‌وساز نامتناسب ناشی از مسامحه و رواداری در قوانین، طراحی و اجرای ابنیه و ساخت‌وساز غیرقانونی سنگین‌تر بوده است که حدود ۷۰% این ساخت‌وسازها در ۱۸ سال اخیر انجام شده بود. حدود ۵۰ هزار نفر در ترکیه و حدود ۱۰ هزار نفر در سوریه کشته شدند. جنس خاک و نرمی و ضخامت رسوبات رسوبی واقع در زیرسازه‌ها به‌ویژه در شهر هاتای عامل تشدید امواج لرزه‌ای و تخریب حدود ۷۰ درصد از ساختمان‌های این شهر شد. خاک‌های اشباع و دانه‌ای در معرض لرزش شدید زمین استحکام برشی خود را از دست دادند و بخشی از مناطق آسیب‌دیده به‌دلیل «روان‌گرایی» دچار تغییر شکل‌های بزرگ در زمین شدند که منجر به آسیب به سازه‌ها از جمله فروپاشی بعضی از ساختمان‌ها مثلاً در شهر گلباشی در استان آدیامان شد. بزرگ‌ترین آسیب زلزله ناشی از غفلت و بی‌عملی انسان به‌واسطه خاموش و مزمن بودن زلزله است.

خلاصه مدیریتی

بیان مسئله

در ۶ فوریه ۲۰۲۳، دو زمین‌لرزه بزرگ جنوب مرکزی ترکیه و شمال غرب سوریه را لرزاند. زلزله اول با بزرگای ۷٫۸ و دومی ۷/۵ در گسل‌های امتداد لغز[۱] چپ‌گرد منطقه گسل آناتولی شرقی موجب تلفات بسیار و تخریب گسترده شد.
اگرچه این منطقه سابقه زلزله‌های با بزرگای بالای ۶ در قرن گذشته و بالای ۷ در سده‌های پیشین دارا بوده و براساس نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زلزله در بالاترین سطح خطر شناخته می‌شود، اما غفلت از این حقیقت مزمن و سهل‌انگاری و مسامحه (در ساخت‌وسازها) در برابر چنین سطحی از ریسک مبتنی‌بر سکون نسبی دهه‌های اخیر، چنین تلفات و خسارت‌های عظیمی را به‌همراه داشت.
تعداد قربانیان در ترکیه از ۵۰ هزار نفر و در سوریه از ۱۰ هزار نفر فراتر رفت. این زمین‌لرزه‌ها همچنین بیش از ۱۱۹ میلیارد دلار خسارت وارد کرد و به ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها در سراسر منطقه آسیب رساند. به‌عنوان مثال، باند فرودگاه هاتای در سه روز اول پس از زلزله به‌دلیل گسیخته شدن با گسل زمین‌لرزه‌ای به روی ترافیک هوایی بسته شد.

نقطه‌نظرات / یافته‌های کلیدی

- اگرچه ترکیه کشوری زلزله‌خیز بر روی کمربند زلزله (آلپاید) است و منطقه زلزله اخیر سال ۲۰۲۳ (قهرمان مرعش، هاتای، قاضیان تپ) در مجاورت یکی از گسل‌های اصلی و شناخته شده قرار داشته و طبق نقشه‌های سطح‌بندی ریسک زلزله در بالاترین سطوح خطر بوده است، اما به‌نظر می‌رسد سکون نسبی لرزه‌ای و عدم وقوع زلزله سهمگین مشابه تا پیش از یک سده قبل سبب تشدید سهل‌انگاری و مسامحه در مواجهه با این حقیقت غیرمترقبه بوده است.

- تلفات زلزله بیش از ۵۰ هزار کشته، ۱۰۷ هزار مجروح و ۲۹۷ مفقودی در ۱۳ استان ترکیه (در آدانا، آدیامان، باتمان، دیاربکر، الازیگ، غازی انتپ، هاتای، قهرمان مرعش، کیلیش، مالاتیا، ماردین، عثمانیه، شانلی اورفا) گزارش شد که بیشترین تلفات در استان هاتای (۲۳ هزار نفر) و استان قهرمان مرعش (۱۳ هزار نفر) بود. جمعیت تحت تأثیر این زلزله، حداقل ۱۷٫۷ میلیون نفر در ۱۷ استان و در ۴ میلیون ساختمان برآورد شده است. حدود ۳۴۵ هزار واحد مسکونی در این زلزله ویران شد و بیش از ۲ میلیون ساکن در استان‌های آسیب‌دیده به استان‌های مجاور ازجمله مرسین، آنتالیا، ماردین، نیگده و قونیه منتقل شدند. حداقل ۵۱۶ ساختمان دانشگاهی تحت تأثیر قرار گرفتند که ۱۰۶ ساختمان آن به‌شدت آسیب‌دیده یا تخریب شدند. مناطق آنتاکیا، کریخان و اسکندرون در استان هاتای ترکیه، بیشترین آسیب را در زلزله ترکیه متحمل شدند. به‌طوری‌که در آنتاکیا حدود ۶۳۶۹ ساختمان فروریخت، ۳۷۳۴ ساختمان باید تخریب می‌شد و ۲۱۸۳۰ ساختمان به‌شدت آسیب دیدند.

- در سوریه نیز استان‌های حلب، ادلب و لاذقیه شدیدترین آسیب‌ها را از زلزله‌های ۶ فوریه ۲۰۲۳ دیدند. حلب با ۴۵ درصد از خسارات برآورد شده و سپس ادلب با ۳۷ درصد و لاذقیه با ۱۱ درصد از کل خسارات سوریه بیشترین آسیب را دیدند. این زمین‌لرزه‌ها شهرهای حماه و طرطوس را نیز به میزان کمتری تحت تأثیر قرار داد. در این زلزله، منطقه

۱. Strike Slip Fault: اگر دو دیواره گسل در امتداد افقی و در راستای صفحه قائم گسل نسبت به یکدیگر جابه‌جا شوند، گسل‌های امتداد لغز را پدید می‌آورند.

شمال غرب سوریه با حدود ۱۹۰۰ ساختمان به‌طور کامل ویران شد و بیش از ۸۸۰۰ ساختمان به‌طور جزئی آسیب‌دیده است.

- تخریب بسیاری از سازه‌ها در زمین‌لرزه‌های اخیر ترکیه، به‌دلیل اجرا نشدن آیین‌نامه‌های ساختمانی و ضوابط لرزه‌ای بوده است. بنابر بررسی‌های انجام شده، ضعف در اجرای این قوانین به‌دلیل رواداری دولت در ساخت‌وساز و اجرای «قانون عفو پهنه‌بندی» بوده است. این قانون اجازه ساخت سازه‌هایی بدون گواهینامه ایمنی مورد نیاز را می‌دهد و نزدیک به ۷۵ هزار ساختمان در جنوب ترکیه این عفو را دریافت کرده‌اند که نتوانستند در برابر زلزله مقاومت کنند.

- اثرات زلزله اول با بزرگای ۷.۸ که گسیختگی آن در پازارجیک استان قهرمان مرعش شروع شد، بسیار شدید بود. بررسی طیف نگاشت‌های ثبت شده نشان داد که سازه‌ها بسیار فراتر از سطوح طراحی معمولی خود بارگذاری شده بودند. این امر در ترکیب با مؤلفه‌های جنبش عمودی قابل‌توجه در پهنه پیرامون گسل زمین‌لرزه‌ای عامل مؤثر در فروریختن بسیاری از ساختمان‌ها در منطقه زلزله زده بود.

- ویرانی‌های سنگین در برخی از استان‌ها و شهرستان‌های متأثر از زلزله اشتباهات طراحی و عدم رعایت الزامات طراحی براساس آیین‌نامه زلزله ترکیه در بعضی مناطق زلزله‌زده را نشان داد. علاوه‌براین، استقرار مناطق مسکونی در مناطق پرخطر به‌ویژه توسعه شهرها در امتداد گسل‌های فعال و لرزه‌زا بدون رعایت هیچ‌گونه اقدامات احتیاطی موجب تشدید خرابی‌ها شد.

- با تخریب ساختمان‌های متعدد، مساحت تخمینی زباله‌ها در شهرهای آسیب‌دیده معادل مساحتی به ابعاد ۱۰ کیلومتر در ۱۰ کیلومتر (معادل ۱۴۰۰۰ زمین فوتبال پوشیده از زباله‌های انباشته شده به ارتفاع یک متر) بود. این تخریب ۱٫۵ میلیون نفر را بی‌خانمان کرد که برای جبران آن نیاز به ساخت حدود ۵۰۰ هزار واحد مسکونی جدید است. میزان و گستردگی خسارت‌ها در سوریه حدود ۱۰ درصد خسارت‌ها در ترکیه بود.

- آسیب‌دیدگان در هفته اول بعد از رخداد زلزله‌ها حدود ۴۰۰ هزار نفر برآورد شدند. خدمات بهداشتی در روزهای اول در شهرهای با تخریب زیاد ممکن نبود و موجب گسترده شدن ابعاد خسارت‌ها به مردم و ساکنان در این مناطق شد.

به‌طور کلی می‌توان علت بروز خسارات بی‌سابقه و سهمگین در زلزله ترکیه را در چهار مؤلفه اصلی خلاصه کرد: ۱. عدم اجرای صحیح قوانین ساختمانی و ضوابط لرزه‌ای و همچنین ضعف نظارت و مسامحه در برخورد با تخلفات ساختمانی؛ ۲. اثر تشدیدکننده در توالی دو زلزله بزرگ و اثر شتاب قابل‌توجه وارده به سازه‌ها که در بخش‌هایی فراتر از شتاب طراحی آنها بوده؛ ۳. تأثیر وقوع زلزله در نیمه‌شب و فصل سرما در بروز مشکلات امدادرسانی؛ و ۴. قصور مدیریت شهری در نظارت بر ساخت‌وساز در پهنه‌های گسلی.

پیشنهاد راهکارهای تقنینی، نظارتی یا سیاستی

ضوابط ساختمان و مقاوم‌سازی زیرساخت

آیین‌نامه زلزله ترکیه در سال ۲۰۱۸ به‌روزرسانی شده بود، ولی بسیار از بناها همچنان بدون توجه به آیین‌نامه زلزله ویرایش قبلی و فعلی زلزله در ترکیه ساخته شده بودند. کشور سوریه نیز صرفاً دارای یک کد ساختمانی است که در هیچ‌جا به‌عنوان قانون قابل پیگیری ذکر نشده است. تقویت و اجرای قوانین ساختمانی برای اطمینان از اینکه سازه‌ها می‌توانند در برابر زلزله مقاومت کنند، بسیار مهم است. با درس گرفتن از رویدادهای زلزله‌های ترکیه در ۶ فوریه ۲۰۲۳، ترکیه و همه کشورهای در حال توسعه ازجمله ایران باید به‌منظور ارتقا تاب‌آوری ساختمان‌ها و زیرساخت‌های خود در برابر زلزله‌های بعدی، مقررات ساختمانی خود را از دیدگاه لرزه‌ای مجدداً ارزیابی و به‌روزرسانی کنند. همان‌گونه که بعد از زلزله منجیل توجهات به‌سمت آیین‌نامه ۲۸۰۰ رفت و در طی این سال‌ها به‌خصوص پس از هر رویداد شدید زلزله، این آیین‌نامه تحت اصلاحات تکمیلی قرار گرفت.

رعایت حریم گسل و ضوابط ساخت‌وساز در پهنه‌های گسلی

تجربیات به‌دست آمده از زلزله‌های گذشته نشان می‌دهد ساختمان‌ها و مستحدثات واقع در مجاورت گسل همواره در معرض آسیب‌ها و خسارات شدیدتری هستند، اما با رعایت حدفاصل مناسب از گسل‌های فعال می‌توان از شدت خسارات جانی و مالی ناشی از زلزله کاست. طبق آیین‌نامه ۲۸۰۰، ساخت ساختمان‌های با درجه اهمیت بسیار زیاد بر روی پهنه‌ها و حریم گسل‌ها ممنوع است و ساختمان‌های با اهمیت متوسط و کم باید مطابق دستورالعمل ساخت‌وساز در پهنه‌های گسلی طراحی و اجرا شوند. ساخت ساختمان‌های با اهمیت زیاد نیز منوط به رعایت تمهیدات عادی یا ویژه این دستورالعمل است. به‌منظور کنترل و کاهش ریسک در شهرسازی‌های آتی و ارتقای تاب‌آوری شهری در برابر زلزله، لازم است رعایت حریم گسل‌ها و ضوابط ساخت‌وساز در پهنه‌های گسلی به‌صورت اجبار درآمده و نظارت کافی در این رابطه ازسوی دستگاه‌های نظارتی ازجمله شهرداری‌ها و سازمان نظام مهندسی ساختمان صورت گیرد. به‌طور کلی باید از توسعه شهری در مناطق پرخطر جلوگیری به عمل آمده و این مناطق به کاربری‌های فضای سبز تبدیل شوند.

نظارت بر اجرای صحیح ضوابط ساختمانی و عدم مسامحه و رواداری در زمینه ایمنی

در زلزله‌های اخیر ۲۰۲۳ ترکیه اگر تمام مقررات ساخت‌وساز و جوانب ذی‌ربط دیگر رعایت می‌شد، چه‌بسا این فاجعه در فروپاشی کامل بیش از ۶ هزار ساختمان چندطبقه و آسیب شدید به بیش از ۷۰ هزار ساختمان اتفاق نمی‌افتاد. در ترکیه نیز مانند ایران در بحث رسیدگی به عدم رعایت قوانین ساختمانی، بخشودگی به‌صورت مقررات معمول اعمال می‌شود. این بدان معنی است که نقض قوانین ساختمانی می‌تواند از طریق پرداخت جریمه با چشم‌پوشی مواجه شود. این جریمه‌ها میلیاردها لیره ترکیه را به‌عنوان مالیات و درآمد به‌همراه داشته است. لذا ضروری است نسبت به اصلاح ماده (۱۰۰) قانون شهرداری‌ها، اجتناب از هرگونه رواداری و مسامحه در برخورد با ساخت‌وسازهای ناایمن و غیرمجاز، اعمال جریمه‌های بازدارنده و جلوگیری از تبدیل آرای قلع‌وقمع به پرداخت جریمه اقدام جدی صورت گیرد.

سامانه‌های هشدار پیش‌هنگام

سامانه هشدار پیش‌هنگام زلزله در استانبول حدود ۶۰۰ کیلومتر از کانون زلزله‌های ۲۰۲۳ فاصله داشته است و عملاً در این زلزله‌ها کارایی نداشت. زیرساخت اولیه هشدار ازسوی شرکت گوگل بر روی تلفن‌های همراه در ترکیه فراهم شده بود که در هنگام زمین‌لرزه‌های ۶ فوریه هشدار پیش‌هنگام تولید نکرد. سرمایه‌گذاری و بهبود سامانه‌های هشدار پیش‌هنگام می‌تواند از چند ثانیه تا چند دقیقه از قبل وقوع زمین‌لرزه‌ها اطلاع‌رسانی مهمی را به‌ویژه برای ایمنی زیرساخت‌ها فراهم کند و در صورت اطلاع‌رسانی درست، به افراد اجازه می‌دهد تا در صورت امکان برای دریافت خدمات اضطراری آماده شوند. لذا ایجاد و حفظ کانال‌های ارتباطی مؤثر برای انتشار هشدارها بسیار حیاتی است.

لازم به ذکر است که تلاش‌هایی برای این موضوع و در مقیاس محدود در کشور انجام شده، اما به‌نظر می‌رسد مناطق متراکم، پرجمعیت و پرخطر نظیر تهران، کرج، تبریز، کرمانشاه، مشهد و کرمان باید در اولویت به‌روزرسانی و ارتقای این سامانه‌ها از نظر تعداد و دقت، قرار گیرند. انجام این اقدامات حتی در شرایط محدودیت‌های بودجه جاری کشور نیز با توجه به تجارب بسیار مؤثر جهانی در کاهش چشم‌گیر خسارات زلزله در ژاپن، کالیفرنیا، شیلی، مکزیک و ... گران‌قیمت و پرهزینه محسوب نمی‌شود. چراکه به‌واسطه پیشرفت‌های فناوری ارتباطی کشور بخش بزرگی از مسیر اطلاع‌رسانی آن نیز به‌صورت بومی میسر است و ازسوی‌دیگر سرمایه‌گذاری و توجه به امر پیشگیری از وقوع بحران و آمادگی مقابله با آن، می‌تواند ۷ تا ۹ برابر کاهش خسارات و هزینه‌های بازسازی در مناطق آسیب‌دیده را به‌دنبال داشته باشد.

تاب‌آوری زیرساخت و تأسیسات حیاتی

بیش از ۱۵ بیمارستان بزرگ در زلزله ۶ فوریه ۲۰۲۳ در ترکیه و سوریه از مدار خدمت‌رسانی خارج شدند و دو بیمارستان بر سر بیماران و کارکنان‌شان فروریختند. در این زلزله، ۵۷ درصد از بیمارستان‌های دولتی سوریه نیز آسیب دیدند. شناسایی زیرساخت‌های حیاتی و برنامه‌ریزی برای تاب‌آوری آنها امری ضروری است. در زلزله‌های ترکیه به بیمارستان‌ها، خدمات اورژانس و سایر تأسیسات حیاتی در ۹ استانی که بیشترین خسارت را در ترکیه دیدند، آسیب جدی وارد شد. در زلزله بم در سال ۱۳۸۲ که با بزرگای ۶٫۵، کلیه بیمارستان‌های منطقه زلزله دیده، عملکرد خود را

از دست دادند. در زلزله کرمانشاه با بزرگای ۷٫۳ در سال ۱۳۹۶، دست‌کم دو بیمارستان تازه تأسیس دچار خرابی‌های متعددی شـــده که آنها را غیرقابل استفاده نمود. بنابراین ضروری است مقاوم‌ســـازی پروژه‌های با اهمیت ملی مانند بیمارستان‌ها، از طریق سازوکارهای نوین تأمین منابع مالی، حمایت شـــود تا بتوان عمر مفید و تاب‌آوری ساختمان را به استانداردهای رایج در دنیا، نزدیک نمود. به‌منظور ارتقای ساختمان‌ها و زیرساخت‌های حیاتی کشور می‌توان از فناوری‌های نوین (ازجمله به‌کارگیری جداگرهای لرزه‌ای، مهاربند کمانش تاب BRB و ...) با هدف رســـیدن به سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه در زمان زلزله، خصوصاً در مورد بیمارستان‌ها و مراکز درمانی، بهره برد.

ملاحظات زیست‌محیطی

براساس برآوردها زلزله ترکیه حدود ۱۱۶ تا ۲۱۰ میلیون تن آوار تولید کرد. با اینکه زمین‌لرزه کوجائلی مرمره در سال ۱۹۹۹ در ترکیه حدود ۱۳ میلیون تن آوار تولید کرده بود. آثار ثانویه این نخاله‌ها و آوار شامل زمین‌لغزش‌هایی است که به تخریب جاده‌ها و بخش‌های مختلف مناطق مسکونی انجامید و بر مشکلات امدادرسانی نیز افزود. دفن و دپوی آوار به تشکیل میدان‌های نخاله جدید در پیرامون شهرها و روستاها انجامید که بعضاً به آلودگی وسیع محیط پیرامون مناطق مسکونی منجر شد. لذا پیش‌بینی‌های لازم برای کنترل آوار در مناطق لرزه‌خیز در پیشگیری از بسیاری از آلودگی‌های بعدی بسیار حائز اهمیت است. همچنین لازم است نسبت به پیش‌آمادگی و تدارک ملزومات برای جمع‌آوری پسماند تخریب بناها و نخاله‌های ساختمانی و بازیافت آن باید پیش از وقوع حادثه اندیشیده شود و انجام مطالعات، برنامه‌ریزی و اقدامات لازم برای این امر از همین امروز آغاز شود.

۱. مقدمه

در ۶ فوریه ۲۰۲۳، زمین‌لرزه‌ای به بزرگای ۷/۸ (Mw) جنوب و مرکز ترکیه و شمال و غرب سوریه را لرزاند. مرکز این زلزله منطقه پازارجیک در استان قهرمان مرعش بود و به‌شدت اســـتان‌های همجوار آدیامان، کیلیش، عثمانیه، غازی انتپ، مالاتیا، الازیگ و همچنین شانلی اورفا، آدانا، دیاربکر و هاتای را که حدود ۱۳,۵ میلیون نفر از جمله حدود ۲ میلیون آواره سوری در آن ساکن هستند، تحت تأثیر قرار داد. این زلزله قوی‌ترین زلزله در بیش از ۸۰ سال گذشته در ترکیه بود. تقریباً ۹ ساعت بعد، زمین‌لرزه‌ای به بزرگای ۷,۶ در استان قهرمان مرعش رخ داد. براساس گزارش اداره مدیریت سوانح و اضطرار (AFAD[1]) این زلزله قهرمان مرعش منجر به کشته شدن رسمی بیش از ۵۰ هزار نفر در ترکیه شد و مجموع تلفات در ترکیه و سوریه را به بیش از ۶۰ هزار نفر رســـاند. پس‌لرزه‌های زیادی[2] در پی این زمین‌لرزه رخ داد و دومین زمین‌لرزه بزرگ پس از ۹ ساعت با بزرگای ۷,۵ منطقه را به لرزه درآورد که باعث آسیب جدی بیشتر و تخریب ساختمان‌های آسیب‌دیده در زلزله اول شد. در شامگاه ۲۰ فوریه ۲۰۲۳ نیز زمین‌لرزه‌ای به بزرگای ۶,۴ هاتای (در منطقه دفنه) به لرزه در آمد. چندین ساختمان آسیب‌دیده در این استان فروریخت و بر تعداد کشته‌شدگان افزود. براساس آخرین آمار، بیش از ۵۰ هزار نفر در ترکیه جان خود را از دست دادند و ۱۰۸ هزار و ۳۶۸ نفر مجروح شدند. بررسی‌های خسارات نشان می‌دهد که ۱۷۳۰۰۰ ساختمان در ۱۱ استان کاملاً فروریخته و یا به‌شدت آسیب دیده‌اند. زلزله ترکیه پنجمین زمین‌لرزه مرگ‌بار قرن بیست‌ویکم تاکنون بوده است، اما وقوع آن کاملاً غافلگیرکننده نبود و زلزله‌شناسان برای چندین دهه در مورد زلزله‌های مخرب احتمالی در ترکیه هشدار داده بودند. بااین‌حال، هر دو زمین‌لرزه بزرگ‌تر از هر زلزله ثبت شده قبلی در این منطقه بودند (زمین‌لرزه‌های ۱۸۹۳، ۱۸۷۲، ۱۸۲۲ و ۱۵۱۳ به بزرگای تخمینی ۷,۰-۷,۵ رسیدند) [۱] [۲] [۳] [۴].

اثرات زمین‌لرزه ترکیه در ۱۱ استان دارای وضعیت اضطراری احساس شد که استان‌های هاتای، قهرمان مرعش و غازی انتپ سخت‌ترین آنها بودند. این زمین‌لرزه‌ها بزرگ‌ترین زلزله‌هایی هستند که در قرن گذشـــته ترکیه را لرزاند و مهم‌ترین زمین‌لرزه‌هایی هستند که در صدها سال گذشته منطقه جنوب شرق این کشور را لرزاند. کاستی‌های قابل توجه در واکنش دولت در این زمین‌لرزه‌ها منجر به خسارات جانی زیادی شد. سه شکست کلیدی دولت شامل عدم انعطاف در برنامه‌ریزی، فقدان هماهنگی و واکنش اولیه سیاسی بود. این نارسایی‌های فاحش، اهمیت بررسی واکنش به چنین بحران‌هایی را به‌منظور اطمینان از عدم تکرار آنها برجسته‌تر می‌کند.

ترکیه به‌عنوان کشوری با سابقه طولانی در فعالیت‌های زلزله‌ای، به‌خوبی با سوانحی طبیعی آشناست و دارای یک سازمان مرجع مدیریت سوانح به نام AFAD است. درواقع، مقامات بیش از سه سال قبل از وقوع این زمین‌لرزه، احتمال وقوع زلزله‌ای به بزرگای ۷,۵ در شهر پازارجیک در برآوردها را پیش‌بینی کرده بودند. به‌منظور آمادگی برای چنین رویدادی، سازمان مدیریت سوانح (AFAD) در سال ۲۰۱۹ تمرینی را با پیش‌بینی دریافت کمک از شهرهای همجوار انجام داد. بااین‌حال، به‌نظر می‌رسد که آنها انتظار نداشتند این زمین‌لرزه‌ها بر چنین گستره وسیعی اثر بگذارد. حداقل ۱۰ شهری که قرار بود به شهر پازارجیک در یک زلزله محتمل کمک‌رسانی کنند در زلزله ۶ فوریه آسیب دیدند. این زمین‌لرزه به‌قدری عظیم بود که طول پهنه زلزله‌زده ۴۵۰ کیلومتر و عرض آن حدود ۳۰۰ کیلومتر برآورد شده است [۵] [۶] [۷] [۸].

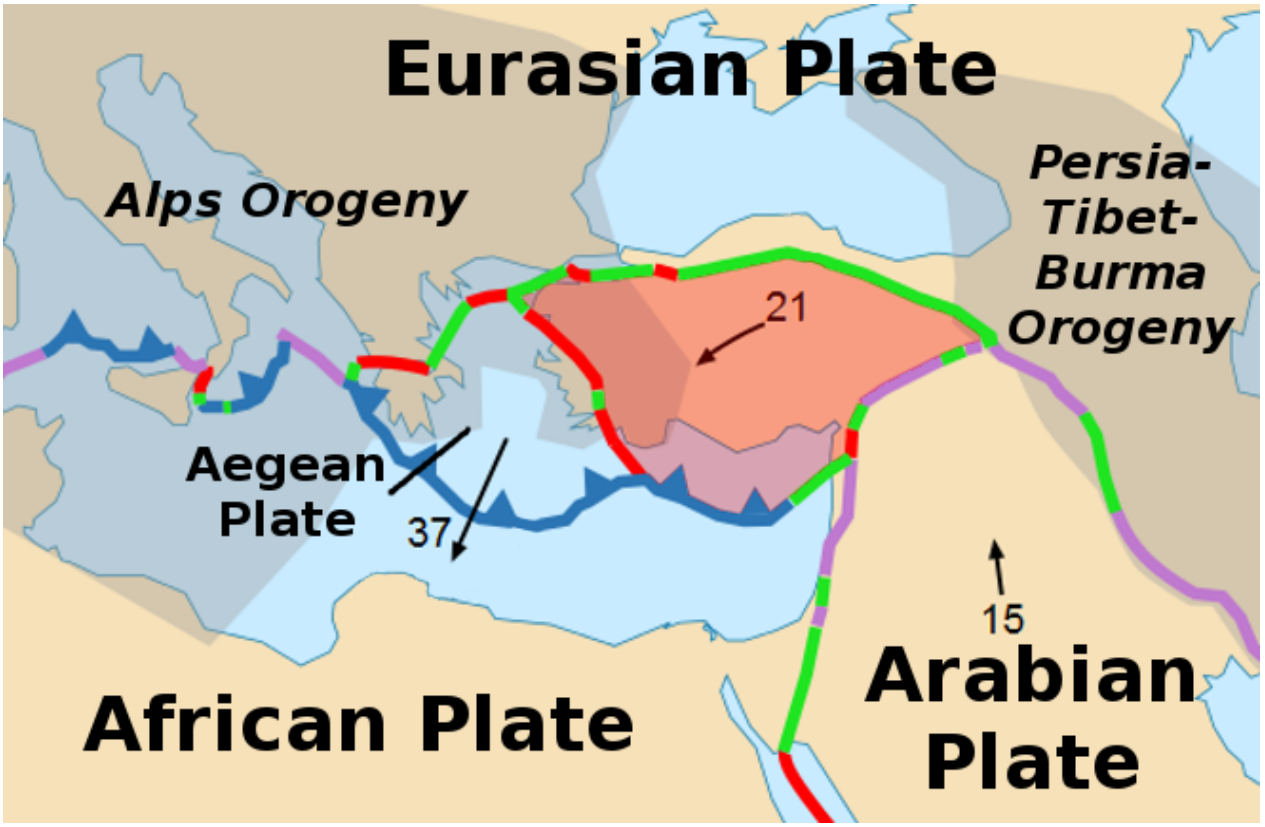
سامانه گسلی آناتولی شرقی با حرکت امتداد لغز چپ‌گرد، جابه‌جایی بلوک آناتولی به‌سمت غرب و ورقه عربستان به‌سمت شمال را تسهیل می‌کند. این فرایند را جابه‌جایی امتداد لغز راست‌گرد سامانه گسله آناتولی شمالی، در شمال بلوک آناتولی برعهده دارد [۹] [۱۰].

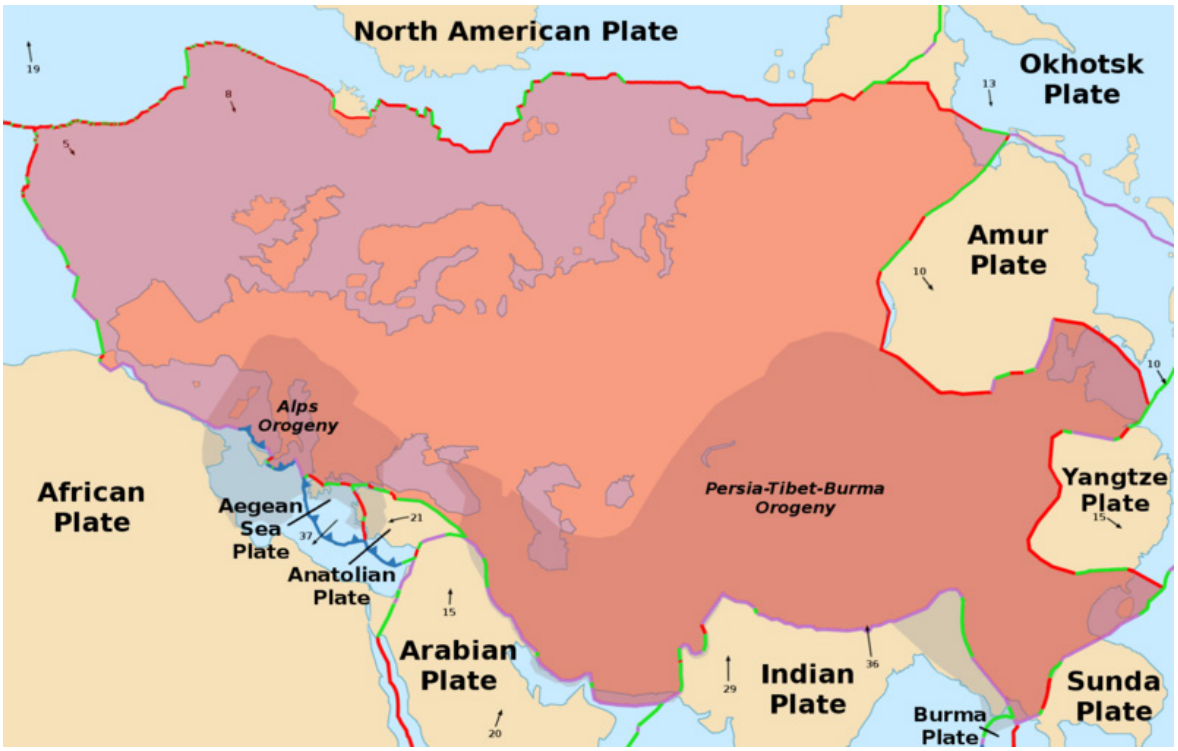
1. Disaster and Emergency Management Presidency (Turkish: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı)

۲. زمین‌لرزه اولیه بیش از ۳۱۰۰ پس‌لرزه (از جمله زمین‌لرزه ۷,۶) داشت.

شکل ۱. حالت تخریب کامل با فرم پنکیک

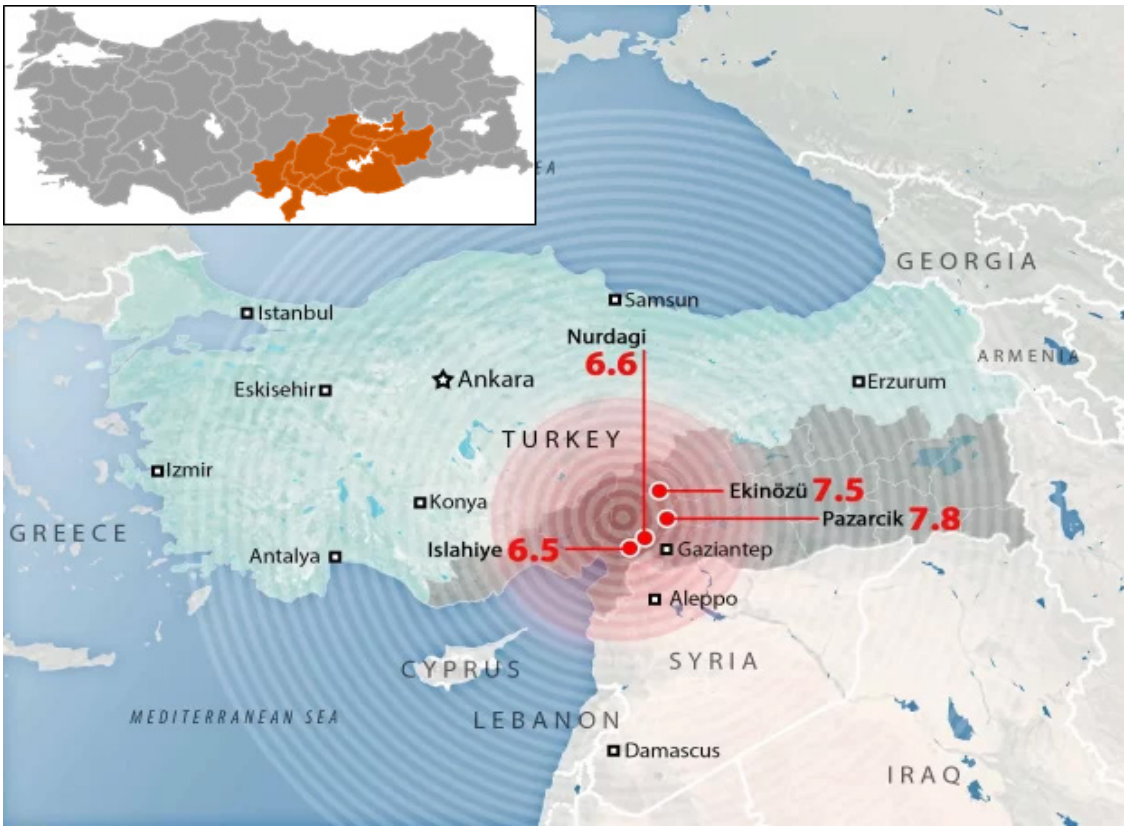
شکل ۲. موقعیت صفحه آناتولی نسبت به صفحات آفریقا و اوراسیا



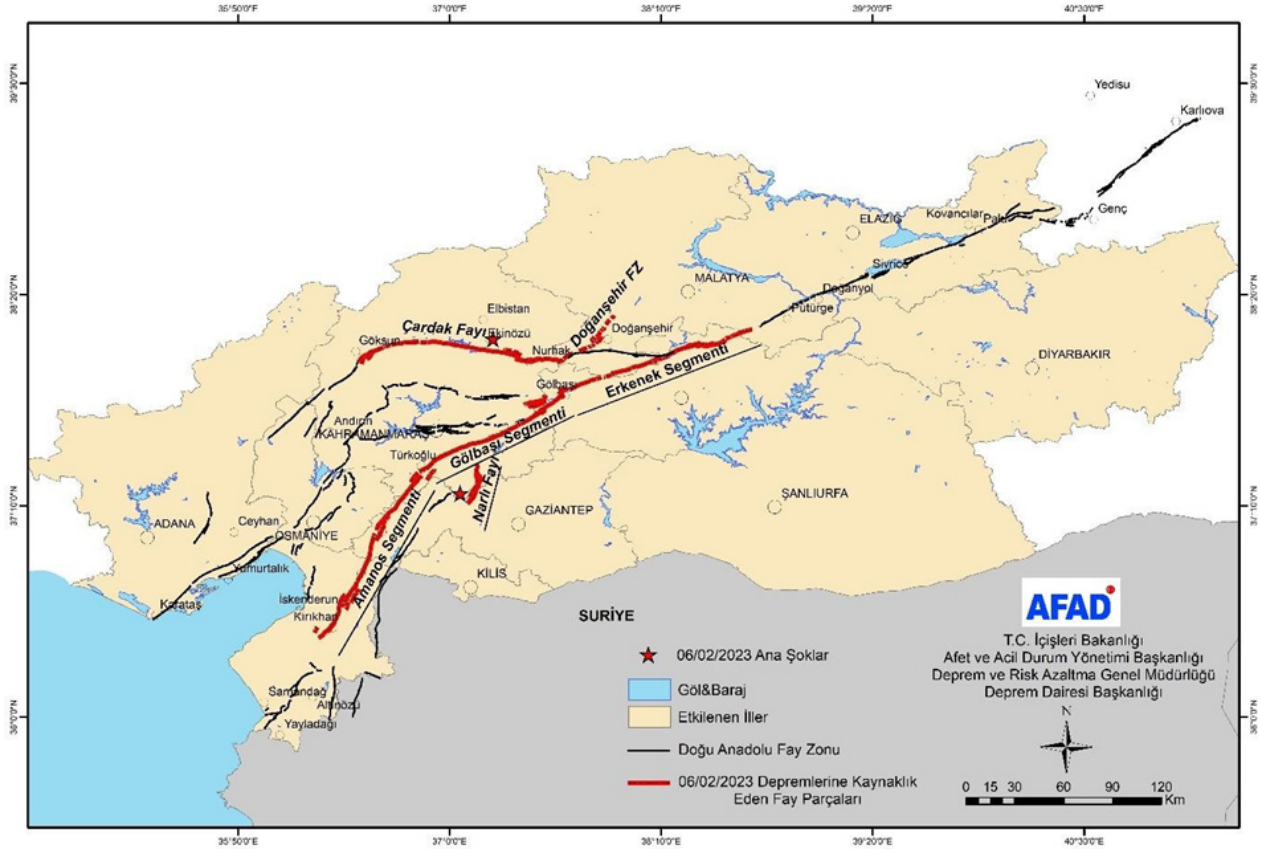


در پهنه زلزله‌زده ۶ فوریه ۲۰۲۳ سامانه گسله آناتولی شرقی در بخش انتهای جنوب غربی خود به دو شاخه حوضه گلباشی و پازارجیک می‌رسد (شکل ۳.ب).

شکل ۳.الف) پهنه زلزله‌زده در دور خداد ۶ فوریه ۲۰۲۳ در جنوب ترکیه



ب) قطعات سامانه گسله آناتولی شرقی [۵]



ورقه آناتولی (جایی که ترکیه قرار دارد) توسط دو گسل بزرگ «منطقه گسل آناتولی شمالی» و «منطقه گسل آناتولی شرقی» محدود می‌شود [۱۰]. توالی زلزله ۲۰۲۳ قهرمان مرعش در منطقه گسل آناتولی شرقی رخ داد. یک گسل امتداد لغز سمت چپ صفحه آناتولی را از قسمت شمالی صفحه عربستان (جایی که سوریه در آن قرار دارد) تقسیم می‌کند. کسری لغزش زمین‌ساختی در سراسر منطقه گسل آناتولی شرقی با نرخ تقریباً ۱۰ میلی‌متر در سال جمع می‌شود. کرنش با همگرایی صفحات انباشته می‌شود و به‌طور متناوب توسط زمین‌لرزه‌های گاه به بزرگای ۷ یا بیشتر آزاد می‌شود [۱۱].

۲. پیشینه پژوهش

۲-۱. پیشینه مطالعات پژوهشی مرتبط

به‌منظور مقایسه شدت زمین‌لرزه‌های ۶ فوریه در ترکیه در سطح جهانی و تاریخی، می‌توان به داده‌های پایگاه داده زلزله‌های مهم (SED) گردآوری شده توسط اداره ملی اقیانوسی و جوی، NOAA آمریکا رجوع کرد. زمین‌لرزه‌های موجود در این پایگاه داده حداقل یکی از معیارهای زیر را دارند: ایجاد خسارت حداقل ۱ میلیون دلاری، تلفات ۱۰ نفر یا بیشتر، داشتن بزرگای ۷٫۵ یا بیشتر، شدت حداقل ۱۰ در مقیاس شدت مرکالی اصلاح شده و یا باعث سونامی شده‌اند. براساس گزارش SED، در ۳۰ سال گذشته، ۳۰ زلزله با تلفات بیش از هزار نفر رخ داده است. زلزله اخیر ترکیه پنجمین زلزله مرگ‌بار در این فهرست است. این چهار زمین‌لرزه مرگ‌بارتر بودند: زلزله ۲۰۱۰ در هائیتی با بزرگای ۷ و ۱۸۰ هزار کشته، زلزله ۲۰۰۴ اندونزی با بزرگای ۹/۱ و ۲۲۷۹۰۰ کشته، زلزله ۲۰۰۸ ونچوان چین با بزرگای ۷٫۸ و ۸۷۷۰۰ کشته و زلزله ۲۰۰۵ در بالا کوت پاکستان با بزرگای ۷٫۸ و ۷۶۲۰۰ کشته. آمار تلفات زلزله ۲۰۰۴ اندونزی شامل کسانی است که مستقیماً در زلزله جان خود را از دست داده‌اند، اما تعداد بسیار بیشتری نیز در سونامی ناشی از آن جان خود را از دست دادند. همین امر در مورد زلزله ۲۰۱۱ ژاپن با بزرگای ۹/۱ نیز صادق است که با احتساب تعداد کل تلفات زمین‌لرزه و اثرات سونامی ناشی از آن با ۲۲ هزار نفر تلفات، هشتمین زمین‌لرزه مرگ‌بار در این فهرست است. زلزله بم در ایران در ۲۶ دسامبر ۲۰۰۳ با بزرگای

۶٫۵ و ۳۰ هزار نفر تلفات نیز در همین فهرست قرار دارد [۱۲].
در ۱۰۰ سال گذشته، ۹۹ زمین‌لرزه با تلفات بیش از هزار نفر براساس اطلاعات SED رخ داده است. زمین‌لرزه ۲۰۲۳ در ترکیه به‌عنوان دهمین زمین‌لرزه مرگ‌بار در قرن گذشته، با بررسی کل تلفات (از جمله موارد ناشی از اثرات ثانویه زلزله) رتبه‌بندی می‌شود. در واقع، پنج مورد از ۱۰ زمین‌لرزه مرگ‌بار در قرن گذشته از سال ۲۰۰۰ رخ داده است. با چهار برابر شدن جمعیت جهان در طول قرن گذشته، چندین مورد از مرگ‌بارترین زمین‌لرزه‌ها در سال‌های اخیر رخ داده است. درواقع، زمین‌لرزه‌های مرگ‌بار از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که تلفات زمین‌لرزه‌ها با جمعیت بیشتر به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه افزایش یافته است، چراکه جمعیت در دهه‌های اخیر به‌ویژه در جهان سوم و کشورهای در حال توسعه در مناطق زلزله‌خیز به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. ازسوی‌دیگر همین مسئله نشان می‌دهد که در کشورهای در حال توسعه و جهان سوم همچنان روند توسعه ناپایدار، مسامحه و رواداری نسبت به تخلفات ساختمانی و عدم در نظر گرفتن ملاحظات ایمنی ادامه دارد و توجه به اقدامات پیشگیرانه در اولویت برنامه‌ریزی‌ها و فرایندهای مدیریت بحران این کشورها قرار ندارد [۱۳] [۴]. درخصوص موضوع تخلفات ساختمانی و نقش آن در شدت تخریب‌ها و خسارات ناشی از حوادثی همچون زلزله و همچنین بررسی هزینه‌های بازسازی پس از حادثه و لزوم اولویت دادن به اقدامات پیشگیرانه، گزارش‌های جداگانه‌ای توسط مرکز پژوهش‌های مجلس ارائه شده است [۱۴] [۱۵].
عواقب و خسارات ناشی از زلزله عموماً با دخالت‌های نسنجیده انسانی در محیط طبیعی ازجمله ساخت‌وسازهای بی‌رویه در حریم گسل، فقدان و یا بی‌توجهی به ضوابط و استانداردهای ساخت‌وساز تشدید می‌شود. در این میان افزایش تاب‌آوری شهرها در برابر بلایای طبیعی به‌ویژه زمین‌لرزه‌ها به میزان زیادی در کاهش این خسارات و همچنین زمان بهبودی جوامع مؤثر است. مرکز پژوهش‌های مجلس در گزارشی به بررسی ابعاد موضوع و ارائه راهکارهای پیشنهادی در زمینه کاهش ریسک ناشی از زلزله در پهنه‌های گسلی پرداخته است [۱۶]. همچنین در گزارش دیگری از همین مرکز، ضمن ارزیابی وضعیت مخاطرات طبیعی و آسیب‌های آن در کشور و بررسی احکام برنامه‌های اول تا ششم توسعه (در حوزه پیشگیری، مدیریت بحران و مقاوم‌سازی در برابر خسارات سنگین ناشی از سوانح طبیعی)، محورهای پیشنهادی کلان و پیشنهادات تکمیلی و الحاقی در امتداد این محورها برای برنامه هفتم توسعه ارائه شده است [۱۷].

۲-۲. سوابق تقنینی مرتبط

۲-۲-۱. جزء «۱» بند «پ» ماده (۶۰) قانون برنامه پنج‌ساله ششم توسعه مصوب ۱۳۹۵ (اصلاحیه ۱۳۹۸)

به شبکه ایستگاه‌های شتاب‌نگاری کشور در طی برنامه ششم توسعه، ضمن نوسازی دستگاه‌های موجود، حداقل هزار ایستگاه جدید اضافه می‌شود. شبکه لرزه‌نگاری و پیش‌نشانگرهای زلزله نیز به حداقل چهارصد دستگاه افزایش می‌یابد. اولویت در توسعه این شبکه‌ها با مناطق زلزله‌خیز با خطر نسبی بالا و همچنین پهنه‌های جمعیتی با تراکم بالا است. مدیریت یکپارچه و متمرکز شبکه شتاب‌نگاری توسط وزارت راه و شهرسازی (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) انجام می‌گیرد. در ضمن ظرفیت شبکه شتاب‌نگاری باید در قطع و وصل شریان‌های حیاتی (گاز و برق) در هنگام بروز زلزله به‌کار گرفته شود.
وزارت راه و شهرسازی مکلف است تا پایان برنامه ششم، در مراکز استان‌ها و شهرهای بالای دویست‌هزار نفر جمعیت پهنه و حریم گسل‌های شهری را مطالعه و شناسایی نماید. همچنین در این شهرها و در نقشه‌های طرح تفصیلی براساس مطالعات پهنه‌بندی لرزه‌ای و پهنه و حریم گسل‌ها محل احداث ساختمان‌های با ارتفاع و طبقات مختلف لحاظ می‌شود.
اعتبار مورد نیاز این بند از محل اعتبارات بند «م» ماده (۲۸) قانون الحاق برخی مواد به قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت (۲) مصوب ۴ /۱۲/ ۱۳۹۳ و مطابق ترتیبات بند مذکور تأمین می‌شود.

۲-۲-۲. بند «ض» ماده (۱۴) قانون مدیریت بحران کشور مصوب ۱۳۹۸

وزارت راه و شهرسازی (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) موظف است:

۱ با رعایت ضوابط شورای عالی معماری و شهرسازی، نقشه حریم گسل‌ها را با اولویت کلان‌شهرها به‌همراه دستورالعمل‌های فنی نحوه ساخت‌وساز در حریم گسل‌ها تهیه کند.

۲ با همکاری وزارتخانه‌های نفت، نیرو و ارتباطات و فناوری اطلاعات، قرارگیری شریان‌های حیاتی و مجموعه‌های مرتبط با سازمان‌های دولتی و شرکت‌ها را در حریم گسل‌ها و مناطق (زون‌های) با خطر بالای زلزله، فرونشست و فروریزش زمین ارزیابی نموده و موارد را جهت شروع اقدامات اجرایی ارائه دهد.

۲-۲-۳. مصوبه شورای عالی شهرسازی و معماری ایران درخصوص حریم گسل‌های زلزله شهرهای ایران مصوب ۱۳۹۷

الف) پهنه‌بندی حریم گسل‌های زلزله شهرهای تهران، تبریز و کرمان

۱ نقشه‌های حرائم گسل‌های شهرهای تبریز و کرمان مورد تأیید و تصویب قرار گرفت و مقرر گردید اسناد مربوطه توسط دبیرخانه شورای عالی شهرسازی و معماری به مراجع ذی‌ربط ابلاغ گردد.

۲ بلندمرتبه‌سازی (براساس چهارچوب تعیین شده در مصوبات شورای عالی) در پهنه گسل‌های اصلی کلان‌شهر تبریز و کرمان ممنوع می‌باشد. وظیفه نظارت بر حُسن انجام این بند با همکاری مؤثر نهادهای مدنی شهرهای مذکور (ازجمله شورای اسلامی شهر) برعهده اداره کل راه و شهرسازی استان مربوطه و دفتر نظارت بر طرح‌های توسعه و

عمران می‌باشد.

۳ ادارات کل راه و شهرسازی استان‌های آذربایجان شرقی و کرمان و شهرداری تهران موظفند طرح تفصیلی شهرهای تهران، تبریز و کرمان را با در نظر گرفتن کاربری‌های مجاز به استقرار در پهنه‌های گسلی (مطابق بند «۶-۲-۴» استاندارد ۲۸۰۰ ایران و براساس مصوبات شورای عالی) مطابق نقشه پهنه‌های گسلی ابلاغی مورد بازنگری قرار داده و جهت تصویب نهایی به شورای عالی ارسال نماید.

۴ شهرداران شهرهایی که اسناد پهنه‌بندی حریم گسل‌های آنها ابلاغ شده است (تهران، تبریز و کرمان) مکلفند ظرف مدت شش ماه از ابلاغ این مصوبه اطلاعات رقومی کلیه مستحدثات واقع شده بر حرائم گسل‌ها را تکمیل و نتیجه را جهت بررسی روند اجرایی شدن مصوبات مذکور، به مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ارسال نمایند.

ب) ضوابط عام پیرامون سند پهنه‌بندی گسل‌های زلزله شهرهای ایران

۵ در راستای تکلیف مندرج در بند «۱» مصوبه مورخ ۱۳۹۶/۲/۱۰ هیئت محترم وزیران ابلاغ شده به شماره ۱۵۰۲۱/۵۳۴۳۳ مورخ ۱۲ /۱۳۹۶/۲، ضوابط ساخت‌وساز در پهنه‌های گسلی کلان‌شهرها توسط کمیته استاندارد ۲۸۰۰ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی حداکثر تا سه ماه آینده تدوین و پس از طی فرایند قانونی لازم به مراجع ذی‌ربط ابلاغ گردد.

۶ وزارت راه و شهرسازی با محوریت مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و همکاری ادارات کل راه و شهرسازی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی و مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها نسبت به تهیه نقشه گسل‌های کلان‌شهرهای کشور مطابق با اولویت‌بندی صورت گرفته (به شرح جدول پیوست) اقدام نموده و بر همین اساس تدقیق نقشه گسل‌های اصلی و فرعی شهرها با تأکید بر برآورد نرخ لغزش و میزان جابه‌جایی گسل‌ها، در بازه زمانی ۵ ساله، تهیه و پس از طی فرایند قانونی لازم به مراجع ذی‌ربط ابلاغ شود.

۷ ساختمان‌ها و تأسیسات بسیار مهم علاوه‌بر تعاریف و مصادیق ذکر شده در آیین‌نامه ۲۸۰۰، شامل مدارس و کلیه مراکز آموزشی و پرورشی دارای مجوز (شامل مهدکودک‌ها، مدارس، دانشگاه‌ها و ...)، کلیه جایگاه‌های سوخت (پمپ بنزین، پمپ گاز)، ساختمان‌های بلندمرتبه (طبق تعریف به‌ازای مناطق مختلف) نیز خواهد بود.

۸ به‌جهت اجرایی شدن مصوبه مورخ ۱۳۹۵/۵/۲۵ و این مصوبه، خصوصاً در جابه‌جایی ساختمان‌های دولتی با اهمیت خیلی زیاد و خطرزا واقع در حریم گسل‌ها، مقرر گردید کارگروه اجرایی با عضویت و محوریت وزارت راه و شهرسازی (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)، سازمان مجری ساختمان‌های دولتی، سازمان برنامه و بودجه، وزارت کشور (سازمان مدیریت بحران کشور) و سازمان بهره‌بردار، تشکیل و آیین‌نامه اجرایی مرتبط را جهت ارائه به دولت تدوین نماید. آیین‌نامه مذکور، پس از تأیید از طرف شورای عالی شهرسازی و معماری ایران، به دولت پیشنهاد خواهد شد.

۴-۲-۲. مصوبه شورای عالی شهرسازی و معماری ایران پیرامون دستورالعمل ساخت‌وساز در پهنه‌های گسلی مصوب ۱۳۹۹

۱ رعایت ملاحظات، الزامات و محدودیت‌های مندرج در دستورالعمل (ضوابط ساخت‌وساز در پهنه‌های گسلی) برای کلیه مراجع تهیه و تصویب طرح‌های توسعه و عمران و همچنین کلیه مراجع صدور پروانه الزامیست و ضوابط و احکام این دستورالعمل در بخش مربوط به کاربری مجاز و ضوابط احداث بنای قطعات واقع در پهنه گسلی جایگزین ضوابط طرح‌های توسعه و عمران ملاک عمل (در کلیه سطوح) می‌گردد.

۲ سازمان نظام مهندسی ساختمان موظف است به‌نحو مقتضی و مؤثر رعایت دستورالعمل مذکور را توسط کلیه مهندسین طراح، مورد پایش و نظارت مستمر قرار دهد.

۳ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی موظف است نسبت به انتشار و اطلاع‌رسانی عمومی این دستورالعمل در سطح جامعه حرفه‌ای اقدام نماید.

۵-۲-۲. مصوبه شورای عالی شهرسازی و معماری ایران پیرامون تدقیق حریم گسل‌های متداخل با کلان‌شهر تهران و تعیین پارامترهای مهندسی آن مصوب ۱۴۰۲

۱ دبیرخانه شورای عالی در اسرع وقت نقشه تدقیق شده حریم گسل‌های شهر تهران و شعاع ۳۰ کیلومتری آن به‌همراه پارامترهای مهندسی مربوطه را به مراجع ذی‌ربط ابلاغ نماید.

۲ شهرداری تهران موظف است در اسرع وقت ضمن بارگذاری حریم تدقیق شده گسل در سامانه طرح تفصیلی، صدور پروانه ساخت در قطعات واقع در حریم گسل را صرفاً براساس دستورالعمل ساخت‌وساز در پهنه‌های گسل (موضوع مصوبه مورخ ۱۳۹۹/۱۰/۰۱ شورای عالی) انجام دهد. بدیهی است محدودیت ارتفاعی ناشی از دستورالعمل مذکور بر ضوابط پهنه ارجحیت دارد.

۳ هدف از تدقیق حریم گسل و به‌تبع آن دستورالعمل احداث بنا در آن ایجاد تسهیل لازم جهت استفاده شهروندان از حقوق مالکانه در بافت‌های موجود و متداخل با حریم گسل در عین رعایت ملاحظات فنی است. لذا طرح درخواست‌های مربوط به افزایش تراکم ساختمانی یا افزایش بارگذاری قطعات واقع در حریم گسل، در کمیسیون ماده (۵) به‌هیچ‌وجه موضوعیت نداشته و ممنوع می‌باشد.

۴ وزارت کشور (سازمان مدیریت بحران) از طریق استانداری‌های سراسر کشور اتخاذ تدابیر لازم برای رفع خطر از ساختمان‌های موضوع فراز «الف» مصوبه مورخ ۱۳۹۹/۰۷/۲۱ را که فی‌الحال بر روی پهنه گسل واقع شده‌اند در اولویت اقدام قرار دهد.

۵ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی با برگزاری کارگاه‌های آموزشی نسبت به تبیین پارامترهای مهندسی طراحی سازه در پهنه‌های گسلی برای جامعه مهندسان اقدام نماید.

۶ با توجه به‌ضرورت تسریع در فرایند تدقیق گسل‌های سایر شهرها و محدودیت‌های اعتباری موجود، وزارت کشور و سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور در قالب ظرفیت‌های قانونی موجود زمینه استفاده از کمک مالی شـــهرداری‌ها به وزارت راه و شهرسازی (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) به‌منظور تدقیق گسل‌های شهرهای مربوطه را فراهم نماید.

۳. مروری بر تجارب جهانی

آیین‌نامه‌هـــا، ضوابط لرزه‌ای یا کدهای زلزلـــه، قوانین و آیین‌نامه‌های ساختمانی هستند که از اموال و جان انسان‌ها در هنگام زلزله محافظت می‌کنند. فلسفه بنیادی برای چنین مقرراتی، ایمنی جانی است.

- در نیوزیلند لایحه‌ای با پیشـــنهاد به‌روزرســـانی قوانیـــن حاکم بر کمیســـیون زلزله در مارس ۲۰۲۲ به مجلس ارائه شد که اهداف کلی آن شامل امکان بازیابی بهتر جامعه از مخاطرات طبیعی و پوشش ارائه شده توسط این لایحه بود. در ۴ سپتامبر ۲۰۱۰، زمین‌لرزه‌ای قوی در نزدیکی دارفیلد در کانتربری رخ داد و به‌دنبال آن، وقوع مجموعه‌ای از زمین‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها تا حدود سال ۲۰۱۶ ادامه یافت. مخرب‌ترین آنها زلزله ۲۲ فوریه ۲۰۱۱ بود که مرکز آن نزدیک کرایست چرچ بود و ۱۸۵ نفر جان باختند.
- در کالیفرنیای آمریکا برای کاهش ریسک گسل‌های سطحی، قانون منطقه‌بندی گسل‌های لرزه‌زا- آلکوپیست پریلو در سال ۱۹۷۲ تصویب شد. این قانون مقرر می‌دارد که تحقیقات زمین‌شناسی برای تعیین رد سطحی گسل انجام شود تا از ایجاد ساختمان‌هایی برای سکونت انسان روی آثار گسلش جلوگیری شود. ضوابط ساختمانی کالیفرنیا (CBC) به ساختمان‌های مسکونی مربوط است و ساختمان‌های ویژه مشمول الزاماتی است که قانون مذکور اجازه قرار دادن ساختمان‌های جدید روی گسل‌های هولوسن یا بلافاصله در مجاورت آنها را نمی‌دهند.
- در ژاپن داده‌های گســـلش ســـطحی برای زمین‌لرزه‌های با بزرگای ۵.۴ تا ۷.۹ مطالعه شـــده که چندین نوع مختلف از آسیب‌های مرتبط با گسلش زمین‌لرزه‌ای را بسته به هندسه گسل و نهشته‌های سطحی و نوع گسلش مشخص می‌کند. فاصله گسیختگی‌های زمین‌لرزه‌ای از گســـیختگی اصلی و پهنای ناحیه گسیختگی در نقشه‌های گسل‌های فعال مشخص شده اســـت که می‌تواند تا حدود ۲۰۰۰ الی ۳۵۰۰ متر تعیین شود. زمین‌لرزه‌ها، سونامی‌ها و طوفان‌ها مرتب بخش‌های مختلف ژاپن را ویران می‌کنند. قوی‌ترین زمین‌لرزه ثبت شده در ژاپن، زلزله با بزرگای ۹ در سواحل شمال شرقی ژاپن در ۱۱ مارس ۲۰۱۱ که محور زمین را تا ۲۵ ســـانتی‌متر جابه‌جا کرد و حدود ۲۲ هزار نفر در سونامی متعاقب آن جان خود را از دست دادند. این سونامی منجر به ذوب شدن نیروگاه فوکوشیما دایچی شد. بافت سنتی توکیو هنوز موجب نگرانی است. حدود ۱۳ هزار هکتار زمین در توکیو وجود دارد (نزدیک به هفت درصد از مساحت توکیو) که خانه‌های ساخته شده در آنها چوبی هستند؛ خانه‌هایی که با وقوع آتش‌ســـوزی، آتش می‌تواند به‌ســـرعت در آنها گسترش یابد.[1] درعین‌حال، بیش از ۵۰ مکان در سراسر توکیو به‌عنوان پارک‌های پیشگیری از سوانح تعیین شده است.[2] در این شرایط واکنش اضطراری از پارک پیشگیری از سوانح توکیو که یک سایت ۱۳,۲ هکتاری در شمال غربی خلیج توکیو است، هماهنگ خواهد شد. استانداردهای قانون ملی ساختمان در ژاپن به این معناست که در زلزله‌های متوسط باید «خسارت اندکی» داشـــته باشـــد و در صورت وقوع زلزله بزرگی که صدها ســـال یک‌بار اتفاق می‌افتد ساختمان حتی‌الامکان «مستعد ریزش» نباشد. آسمان‌خراش‌های این کشور هم پیشرفته‌ترین هستند و هم بیشترین نظارت در موردشـــان صورت می‌گیرد. ساختمان‌های بیش از ۶۰ متر ارتفاع باید تحت تجزیه‌وتحلیل ســـاختاری پیشـــرفته برپایه فرایندهای تأیید دقیق‌تر قرار گیرند. آسمان‌خراش‌های جدیدتر در توکیو دارای طیف وسیعی از دســـتگاه‌های تاب‌آوری در برابر زلزله هستند، ازجمله میراگرهای بزرگ که مانند ضربه‌گیر با تکان‌های امواج زلزله مقابله می‌کنند. جداسازی از پی با پدهای لاستیکی یا پایه‌های پر از مایع در تمام ساختمان‌های مهم به‌کار رفته است.

۳-۱. حکمرانی و مدیریت سانحه در ترکیه

هنگامی که صحبت از سوانحی بزرگ به میان می‌آید، ارتش تنها سازمانی در ترکیه است که توانایی پاسخ‌گویی مؤثر را دارد. بااین‌حال، عدم تفویض نقش مهمی به ارتش در واکنش به زلزله اخیـــر منجر به غیبت آنها در ساعات اولیه و روزهای مهمی شد که می‌توانست جان‌ها را نجات دهد.[3] در حال حاضر هماهنگی و سازماندهی تلاش‌های امداد و نجات با توجه

۱. شورای کلان‌شهر توکیو در مواجهه با چشم‌انداز گیر افتادن ۵,۲ میلیون نفر در یک زلزله بزرگ، با هدف جلوگیری از تحرکات مردمی که به خانه باز می‌گردند، به مردم توصیه می‌کند در صورت وقوع زلزله در محل کار یا مدرسه خود بمانند. بر این اساس به‌منظور دسترسی کارکنان به منابع کافی، محل‌های کســـب‌وکار برای نگهداری حداقل سه روز آب آشامیدنی، غذا و سایر ملزومات مورد استفاده برنامه‌ریزی می‌شوند.

۲. در مواقع عادی، از آنها برای پیک‌نیک و سایر فعالیت‌های تفریحی استفاده می‌کنند و از هر نظر شبیه پارک‌های استاندارد هستند. هم‌زمان فضاهایی سرپوشیده نیز در یک منطقه محصور شده وجود دارد تا پس از وقوع فاجعه، روکش‌های این فضاها برداشته و صندلی‌های مخصوص و چادرهای اسکان موقت روی آنها قرار گیرند تا به سرپناه اضطراری تبدیل شوند.

۳. گفتگو با داوطلبانی که در تلاش‌های امداد و نجات در طول زلزله‌های فاجعه‌بار سال ۱۹۹۹ مشارکت کرده بودند نشان می‌دهد که آنها ارتش را به‌دلیل نظم دادن سریع به پیامدهای آشفته پس از زلزله معتبر می‌دانند. مدل حاکمیت ریاست جمهوری کنونی ترکیه بسیار متمرکز است و چالش‌هایی را برای سازمان‌های موجود در میدان ایجاد می‌کند تا با انعطاف لازم پاسخ دهند. اگرچه سامانه‌های متمرکز معمولاً به‌دلیل ظرفیت‌شان برای ساده‌سازی تصمیم‌گیری و واکنش اضطراری مورد تحسین قرار می‌گیرند، زلزله اخیر در ترکیه محدودیت‌های آنها را آشکار کرد. این مسئله تمرکز روند تصمیم‌گیری را مختل کرده و بازیگران محلی را به‌دلیل واکنش کند خود با انتقاد شدید مواجه کرد.

به تضعیف جامعه مدنی در ترکیه دشوار شده است. از آنجاکه جامعه در خارج از دولت کمتر سازماندهی می‌شود، توانایی آن برای پاسخ‌گویی به سوانح و بحران‌ها کاهش می‌یابد. توالی زلزله قهرمان مرعش آخرین فهرست طولانی از نمونه‌هایی است که در آن سامانه‌های گسلی، آبشاری از زمین‌لرزه‌ها را در بازه‌های زمانی چند ساعت تا چند دهه ایجاد کرده‌اند. لذا انتظار افزایش زلزله‌خیزی در مناطق آسیب‌دیده برای سال‌ها و حتی دهه‌ها وجود دارد.

زلزله‌خیزی تاریخی و اخیر روی گسل آناتولی شرقی چندان متفاوت از فعالیت روی گسل آناتولی شمالی، محل وقوع چندین زمین‌لرزه بزرگ بین سال‌های ۱۹۳۹ و ۱۹۶۷ نیست. در طول قرن گذشته، بخش ترکی گسل آناتولی شمالی، شکاف قابل توجهی را ایجاد کرده است. دنباله‌ای از زمین‌لرزه‌های بزرگ این رویدادها، یک شکاف زلزله در جنوب استانبول در زیر دریای مرمره ایجاد کرده است، شکافی که در ۲۵۰ سال گذشته پر نشده است. زمان پاره شدن این گسل مشخص نیست، اما خطر در حال افزایش است.

منطقه نگران‌کننده دیگری گسل بحرالمیت را احاطه کرده است، بخش گسل آناتولی شرقی در جنوب گسیختگی فوریه ۲۰۲۳ همچنان گسلی خطرناک به‌حساب می‌آید. سابقه تاریخی طولانی زمین‌لرزه‌ها نشان می‌دهد که گسل بحرالمیت میزبان چندین زمین‌لرزه با بزرگای بالای ۷ بوده است. به‌نظر می‌رسد رفتار زلزله‌ای بخش شمالی گسل بحرالمیت شامل دوره‌های طولانی سکون زلزله‌ای است که به‌طور ناگهانی با زمین‌لرزه‌های نادر و بزرگ قطع می‌شود و احتمالاً نشان‌دهنده سطح بالایی از خطر زلزله در سوریه و لبنان است.

زلزله آنتاکیا (انطاکیه) با بزرگای ۷٫۵ در سال ۱۱۵ پس از میلاد، مخرب‌ترین زمین‌لرزه ترکیه در ۱۳ دسامبر بود که حدود ۲۶۰ هزار نفر در این زلزله جان خود را از دست دادند. زمین‌لرزه ۲۹ مارس ۵۲۶ با بزرگای ۷٫۰ در این شهر، پس لرزه‌های ۱۸ ماهه به‌دنبال داشت. بیش از ۲۵۰ هزار نفر در این زلزله جان باختند. پس از این زلزله، آتش‌سوزی رخ داد که بیشتر ساختمان‌های باقی مانده در اثر زلزله را ویران کرد و تنها خانه‌هایی که در نزدیکی کوه ساخته شده بودند، باقی ماندند.

دو زمین‌لرزه ویرانگر در حدود سال ۵۰۰ پس از میلاد تروی (تروا) را برای همیشه ویران کرد. درواقع، موج بی‌نظیری از زمین‌لرزه‌های بزرگ از اواسط قرن چهارم تا اواسط قرن ششم تمام شهرهای بزرگ جنوب غربی ترکیه (پرگاموم، آفرودیزیاس، افسوس، اسمیرنا) را درنوردید. این توالی، ممکن است منعکس‌کننده یک جابه‌جایی عظیم صفحات از فلسطین به کرت باشد. زمین‌لرزه‌های شدیدی در ۱۹ اکتبر و ۱۴ تا ۲۳ دسامبر ۵۵۴ در استانبول روی داد که پس‌لرزه‌های بعدی آن تا ۴۰ روز ادامه داشت.

در زلزله آناتولی- سوریه- حلب در ۱۱۳۸ میلادی تخمین زده می‌شود که بیش از ۲۰۰ هزار نفر جان خود را از دست داده‌اند. در ۱۱ اکتبر ۱۱۳۸، علاوه‌بر آناتولی، زلزله بزرگ سوریه نیز باعث تخریب شهر حلب شده است. این زلزله به‌عنوان یکی از مرگ‌بارترین زمین‌لرزه‌های تاریخ جهان شناخته می‌شود.

زلزله استانبول در ۱۵۰۹ میلادی به آخرالزمان کوچک استانبول معروف است. این شهر بر روی خطوط گسل اصلی قرار گرفته است و این زمین‌لرزه دارای بزرگای تخمینی ۷/۵ بود که باعث ویرانی بزرگ و تلفات جانی بسیار شد. زلزله دیگری در استانبول (مرمره) در ۱۲ جولای ۱۸۹۴ رخ داد که شدت آن ۷ بود و ۱۳۴۹ نفر در اثر آن جان باختند.

بزرگ‌ترین زمین‌لرزه‌های دستگاهی ترکیه از ابتدای سده بیستم:

- زلزله ۱۹۳۹ ارزنجان Erzincan: با بزرگای ۸ و ۳۳ هزار کشته (جدی‌ترین و ویرانگرترین زلزله ترکیه تا قبل از زلزله‌های ۶ فوریه ۲۰۲۳)،
- زلزله ۱۹۴۴ بولو Bolu Gerede با بزرگای ۷/۴ و نزدیک به ۴ هزار کشته و تخریب بیش از ۹ هزار ساختمان،
- زلزله ۱۹۸۳ زلزله ارزروم با بزرگای ۶/۹،
- زلزله ۱۹۹۹ گولجوک ایزمیت Gölcük با بزرگای ۷/۵ و حدود ۱۸ هزار کشته و ۴۴ هزار مجروح،
- زلزله ۱۹۹۹ دوزجه با بزرگای ۷/۲ و ۷/۱،
- زلزله ۲۰۱۱ وان با بزرگای ۷/۲ و بیش از ۶۰۰ کشته.

۴. لرزه زمین‌ساخت[۱]

رویداد اول با بزرگای ۷٫۸ در بامداد ۶ فوریه ۲۰۲۳ شدیدترین زمین‌لرزه ترکیه است که از سال ۱۹۳۹ ثبت شده است و ارزنجان در شمال شرقی ترکیه را در راستای سامانه گسلی راستا لغز آناتولی شمالی لرزاند. برآوردها حاکی از آن است که حدود ۳۳ هزار نفر جان خود را در این زلزله از دست دادند.

دو زمین‌لرزه ۲۰۲۳ در پهنه گسله آناتولی شرقی (یکی از ساختارهای زمین‌ساختی فعال اصلی منطقه مدیترانه شرقی) رخ داد. این گسل با حرکت امتداد لغز چپ‌گرد جابه‌جا می‌شود و در مقایسه با همسایه شمالی خود در حدود یک قرن گذشته نسبتاً آرام بوده است. منطقه گسلی شرق آناتولی با روند شمال شرقی- جنوب غربی، به طول ۵۵۰ کیلومتر، مرز جنوب شرقی بلوک آناتولی در حال حرکت به‌سمت غرب را تشکیل می‌دهد. این ساختار حرکت نسبی بین بلوک آناتولی و ورقه عربی را تشکیل می‌دهد. سرعت لغزش از ۴ تا ۳۱ میلی‌متر در سال متغیر است و مجموع تغییر مکانی در حدود ۱۵ تا ۲۷ کیلومتر شده

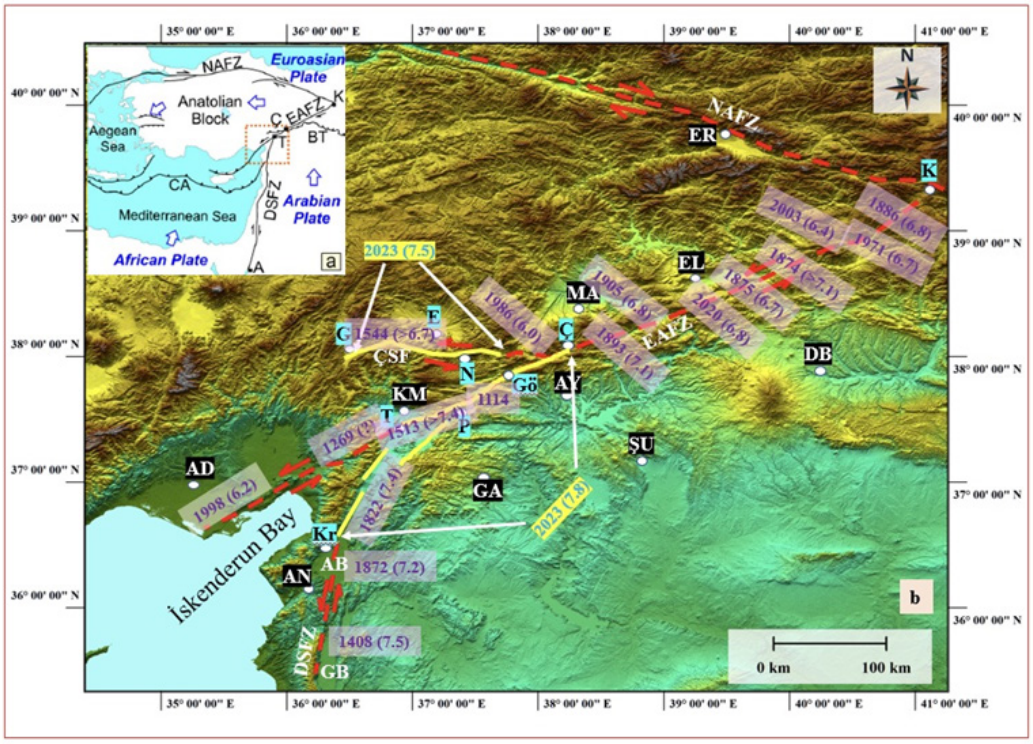
۱. Seismotectonics: دانش مطالعه ارتباط بین زمین‌لرزه‌ها، زمین‌ساخت‌های فعال و گسل‌های یک منطقه.

است. منطقه گسل آناتولی شرقی از منطقه کارلیوا (Karlıova) در نزدیکی بینگول در شمال شرقی به ناحیه گسله آناتولی شمالی می‌رسد و به‌سمت جنوب غربی به‌صورت چندین قطعه گسله (امتداد لغز چپ‌گرد) متوالی از جنوب غربی چلی‌خان به‌سمت غرب، تا گوکسون امتداد می‌یابد.

زمین‌لرزه دوم روی سامانه گسله شرقی- غربی امتداد لغز چپ‌گرد بود که با بزرگای گشتاوری ۷٫۵ در البیستان رخ داد. اگر ناحیه گسلی شرق آناتولی به‌سمت خلیج اسکندرون گسترش یابد، تعامل بین دو ناحیه گسلی در جنوب غربی برای انتقال تنش در رویدادهای بزرگ مهم بعدی در شمال شرق ناحیه دریای مدیترانه ممکن است پهنه‌ای آماده برای گسیختگی فراهم آورد.

نقشه منطقه گسلی آناتولی شرقی (شکل زیر)، بخش‌های اصلی گسل فعال را در خط چین قرمز نشان می‌دهد. خطوط چین‌دار زرد، بخش‌های فعال شده را در زلزله‌های ۶ فوریه نشان می‌دهد. اعداد در مستطیل‌های کم‌رنگ، سال آخرین زمین‌لرزه بزرگ تاریخی که در آن بخش گسل رخ داده و بزرگای تقریبی آن را نشان می‌دهد [۱۰] [۱۱] [۱۲] [۱۳].

شکل ۴. چارچوب زلزله زمین‌ساختی منطقه مدیترانه شرقی با حرکت آفریقا، عربستان و آناتولی نسبت به اوراسیا

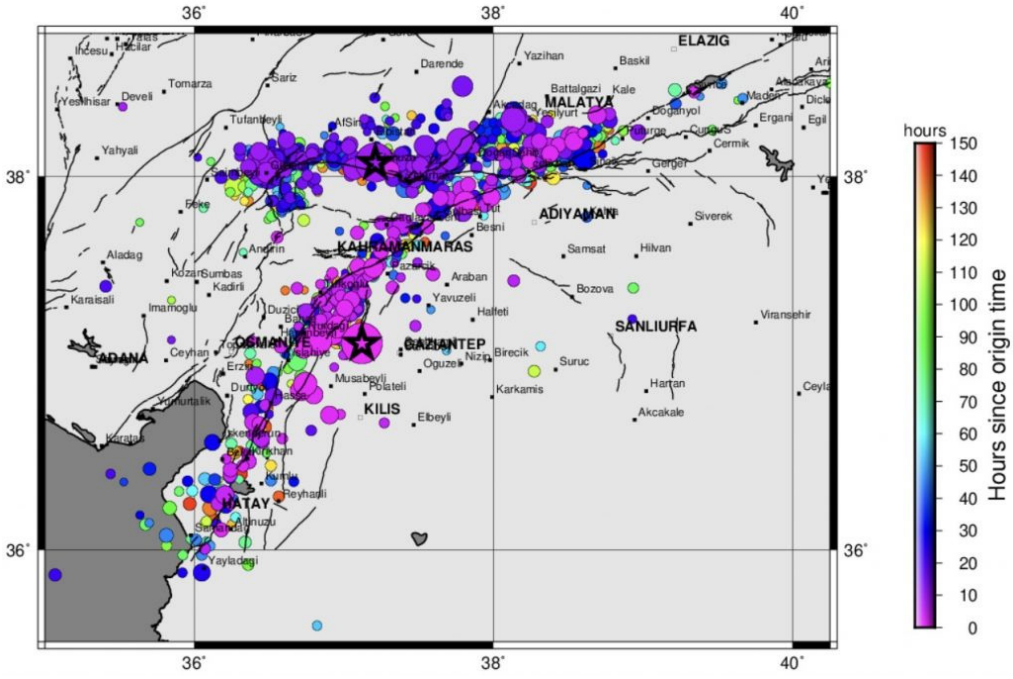


NAFZ: منطقه گسل آناتولی شمالی، EAFZ: منطقه گسلی آناتولی شرقی، DSFZ: منطقه گسلی بحرالمیت؛
BT: راندگی بدلیس، CA: قوس قبرس، K: کارلیووا، T: ترکاوغلی، C: چلیخان، A: عقبه.

۵. زلزله‌شناسی

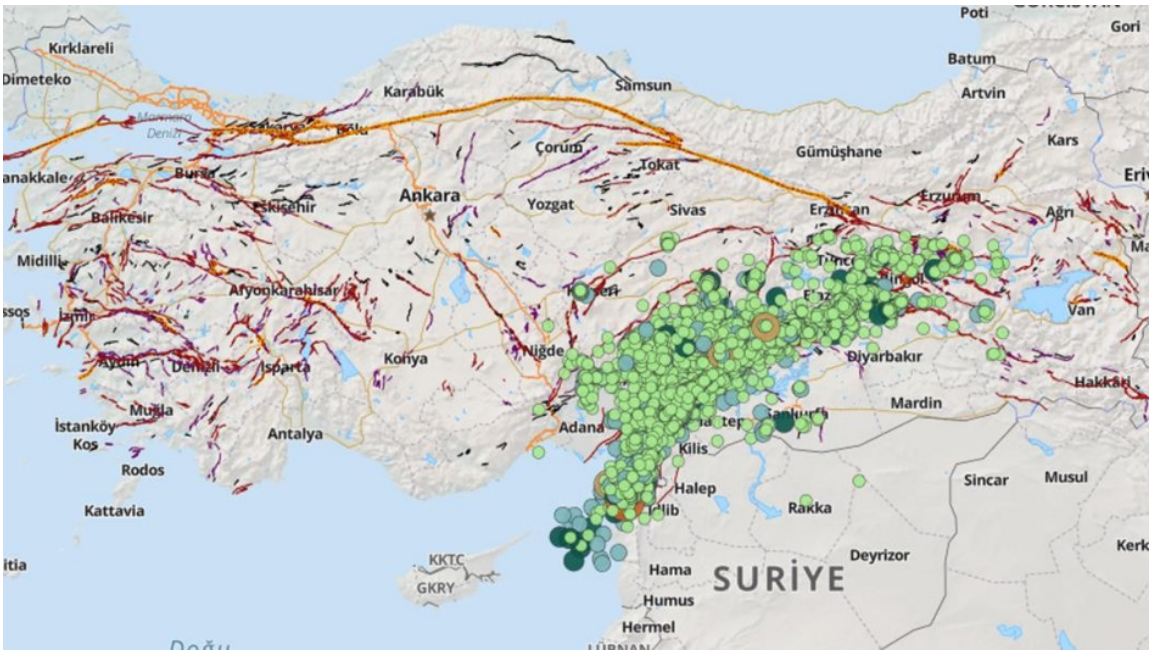
مناطق منشأ دو زمین‌لرزه با توزیع پس‌لرزه‌ها در شکل زیر به وضوح نشان داده شده‌است. دایره‌های صورتی و بنفش در این شکل وسعت چشمه گسله در اولین و دومین زمین‌لرزه بزرگ را به ترتیب با طول گسیختگی ۴۰۰ و ۲۰۰ کیلومتر نشان می‌دهند. در هر دو مورد، پارگی به‌صورت دوطرفه منتشر شده و توزیع پس‌لرزه‌های رویداد ۷٫۸ به‌سمت شمال شرقی در نزدیکی منطقه چشمه رویداد دوم با بزرگای ۷٫۵ رسیده که تقریباً ۹ ساعت بعد دچار گسیختگی شده‌است.

شکل ۵.الف) مناطق منشأ دو زمین‌لرزه بزرگ با توزیع پس‌لرزه‌ها توسط رصدخانه کندیلی و مؤسسه تحقیقات زلزله (KOERI) [۶]



رنگ دایره‌ها: زمان سپری شده از زمان آغاز اولین رویداد (۶ فوریه ۲۰۲۳، ۱:۱۷ • به‌وقت گرینویچ)؛ ستاره‌ها: مکان شروع گسیختگی؛ خطوط جامد: گسل‌های فعال گزارش‌شده [۵].

ب) پس‌لرزه‌ها از ۶ تا ۲۷ فوریه (۲۲ روز اول بعد از حادثه)



پهنه توزیع پس‌لرزه‌های مرتبط با رویداد با بزرگای ۷٫۸ حاکی از گسیختگی در بخش‌های مختلف در طول آن رویداد است. در شمال شرقی، گسیختگی جهت شمال شرقی- جنوب غربی است، درحالی‌که در بخش جنوبی، به‌سمت هاتای، در جهت شمال- شمال شرق به جنوب- جنوب غربی است.

دو زمین‌لرزه مخرب توسط ایستگاه‌هایی در یک منطقه بزرگ ثبت شده‌اند که امکان مقایسه بین طیف‌های اندازه‌گیری شده حرکت زمین و طیف‌های مورد استفاده برای استفاده در آیین‌نامه‌های

ساختمانی را فراهم می‌کنند. نسبت میرایی ۵ درصد، زمینه را برای طراحی ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله فراهم می‌کند. برای مقایسه حرکت ثبت شده از زمین‌لرزه‌های اخیر با طیف‌های مورد استفاده در آیین‌نامه‌های ساختمانی ترکیه، طیف‌های ثبت شده باید به طیف پاسخ افقی میرایی ۵% تبدیل شوند.

طیف‌های مبتنی‌بر کد ساختمان از طریق ارزیابی احتمالی خطر زلزله‌ای به‌دست می‌آیند و برای دوره‌های بازگشت متوسط ۷۵، ۴۷۵ و ۲۴۷۵ سال ارائه می‌شوند. به‌طور کلی ساختمان‌های مسکونی با در نظر گرفتن طیف دوره بازگشت ۴۷۵ ساله طراحی می‌شوند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که در برخی مکان‌ها، لرزش بیشتر از آن چیزی است که ساختمان‌ها برای مقاومت طراحی شده‌اند، حتی اگر برمبنای آیین‌نامه ساخته شده باشند.

۶. مخاطرات زمین‌شناختی در زمین‌لرزه ترکیه

مهم‌ترین مخاطرات زمین‌شناختی که در پی وقوع زلزله اتفاق می‌افتند را می‌توان در عناوین زیر دسته‌بندی کرد:

۶-۱. گسیختگی‌های سطحی

گسیختگی یا گسلش سطحی به پدیده‌ای گفته می‌شود که در اثر جابه‌جایی نسبی در دو طرف گسل در زمان وقوع زمین‌لرزه رخ می‌دهد و بر اثر آن سطح زمین متحمل گسیختگی می‌شود. این پدیده می‌تواند پایداری سازه‌ها و به‌تبع آن ایمنی ساکنان را به‌خطر بیاندازد. در ترکیه نیز فعالیت‌های گسل در حین رویداد زمین‌لرزه موجب ایجاد گسیختگی سطح زمین و باز شدن یا جابه‌جایی لایه‌های سطحی زمین در برخی مناطق شد. ازجمله، در مسیر جاده غازی انتپ- قهرمان مرعش گسیختگی زمین به طول حدود ۳/۵ متر و چندین تغییر شکل زمین به‌دلیل گسلش اولیه، ثانویه یا سوم و یا به‌دلیل روان‌گرایی خاک مشاهده شده است [۱۸].

شکل ۶. آثار گسلش سطحی در زلزله ترکیه [۱۹]

۶-۲. روان‌گرایی و گسترش جانبی خاک

حرکات شدید زمین در برخی مناطق باعث ایجاد تحکیم در خاک‌های اشباع می‌شود. درواقع با افزایش فشار حفره‌ای در خاک‌های ماسه‌ای اشباع به‌دلیل حرکت زمین، نیروی بین ذرات خاک از بین رفته و خاک حالت سیال به خود می‌گیرد که در اصطلاح به آن روان‌گرایی گفته می‌شوند. روان‌گرایی خاک در برخی مناطق زلزله‌زده ترکیه به‌شکل جوشش ماسه، گسترش جانبی و نشست اتفاق افتاد. در بخش‌های زیادی از مناطق زلزله‌زده ترکیه ازجمله «اسکندرون»، «انطاکیه»، «در تیول»، «سمن داغ» و «گلباشی» با پدیده روان‌گرایی مواجه بودند و خسارات ناشی از روان‌گرایی به مناطق مسکونی بسیار قابل‌توجه بوده است. همچنین نمونه‌های مشابه روان‌گرایی و گسترش جانبی در زلزله‌های اخیر ایران عبارتند از [۱۹]:

آثار روان‌گرایی در اثر زمین‌لرزه ۲۰ فروردین ۱۳۹۲ بوشهر با بزرگای ۶٫۱ که خسارات فراوانی به روستاهای شهرستان دشتی استان بوشهر وارد کرد.

در زمین‌لرزه ۷ آذر ۱۳۹۲ برازجان با بزرگای ۵/۹ خساراتی در اثر روانگرایی در منطقه به پل ارتباطی بهره‌برداری نشده وارد شد.

زمین‌لرزه‌های ۱۱ تیر ۱۴۰۱ با بزرگای ۶/۱ و ۶/۲ در بندر خمیر استان هرمزگان موجب بروز خسارات زیادی در روستاهای بندرلنگه شد و علاوه‌بر آن، خسارات بسیار سنگینی در اثر بروز گسترده پدیده روان‌گرایی و گسترش جانبی به سایت پرورش میگوی سایه خوش و همچنین اسکله‌های منطقه وارد شد.

شکل ۷. آثار روان‌گرایی و گسترش جانبی در زلزله ترکیه [۱۹]

شکل ۸. اثرات روان‌گرایی بر عملکرد ساختمان‌ها [۲۰]

اثرات هم‌زمان گسیختگی سطحی و روان‌گرایی بر عملکرد ساختمان‌ها

عکس: دکتر مرتضی بسطامی.

۳-۶. ناپایداری دامنه‌ها و زمین لغزش

زمین لغزش به حرکت رو به پایین لایه‌های رسوبی غیرمتراکم و متراکم بر روی سطح شیب‌دار ناپایدار (در اثر زلزله، بارش شدید و ...) گفته می‌شود. درواقع از نظر تئوری، زمانی که یک شیب در حالت ناپایداری قرار می‌گیرد، مجموعه تنش‌های پیش‌ران از میزان مقاومت برشی یک بلوک واقع در یک شیب فراتر رفته و زمین لغزش رخ می‌دهد. براساس گزارش‌های منتشر شده، حدود ۹۱۹ زمین‌لغزش در اثر زلزله‌های قهرمان مرعش و البیستان ترکیه اتفاق افتاده است. به‌عنوان مثال، زمین‌لغزش روستای «تپه هان» که بر اثر آن شکاف‌های بزرگی به طول ۶۶۲ متر، عرض ۲۱ متر، عمق ۳۹ متر و جابه‌جایی ۷۰ متر ایجاد شد، زمین‌لغزش غرب «اصلاحیه» که منجر به تخریب خط انتقال برق و مسدود کردن جاده دسترسی گردید، زمین‌لغزش کیلومتر ۱۷ جاده گلباشی - مالاتیا و زمین‌لغزش روستای انجیرلی استان مالاتیا که تخریب ۱۵ خانه، یک باب مدرسه و تلف شدن ۲۰۰ رأس دام و خسارت به ادوات کشاورزی را به‌همراه داشت از جمله زمین‌لغزش‌های زلزله‌های دوگانه ترکیه هستند.

براساس تجربیات به‌دست آمده پیش‌بینی می‌شود که در صورت وقوع یک زمین‌لرزه بزرگ با بزرگای مشابه زلزله ترکیه در ارتفاعات شمال تهران، ناپایداری‌های گسترده‌ای به‌صورت ریزش‌های سنگی در مناطق شمال شهر، جریان‌های خاکی و لغزش‌های خاکی بر روی شیب دامنه‌ها و لغزش در حاشیه رودخانه‌ها و شیب‌های فاقد اصلاحات هندسی به وقوع بپیوندد. طبق مطالعات انجام شده توسط محققین، شهر دورود

در استان لرســـتان به‌دلیل مخاطرات چندگانه شامل عبور گسل فعال لرزه‌ای سیلاخور از حاشیه جنوبی شـــهر، موقعیت شهر و گسترش آن در دشت ریزدانه ســـیلاخور و وجود پهنه‌های قدیمی زمین لغزشی در ارتفاعات مشرف به شهر با شهر گلباشی در استان آدیامان ترکیه مشابهت دارد [۱۹].

شکل ۹. نمونه‌هایی از پدیده زمین‌لغزش در ترکیه [۱۹]

۴-۶. اثر ساختگاه بر بزرگ‌نمایی زمین‌لرزه

امواج زلزله با دور شدن از کانون زلزله و گذشتن از لایه‌های آبرفتی تحت تأثیر تغییر و تحولاتی قرار می‌گیرند. میزان فاصله نقاط از کانون زلزله (تأثیر مســـیر) و ویژگی‌های لایه‌های آبرفتی واقع بر سنگ بستر (اثر ساختگاه) پارامترهای تأثیرگذار هستند. درواقع شدت زمین‌لرزه و آثار تخریبی آن علاوه‌بر بزرگی، عمق و فاصله، از ویژگی‌های انتشار امواج و شرایط ساختگاه نیز متأثر است. تأثیر خصوصیات ژئوتکنیکی ساختگاه در زلزله ترکیه بر شدت زمین‌لرزه و میزان تخریب در شهرهای گلباشی، نوردغی و هاتای مشهود بوده است. علت این مسئله در این است که امواج زمین‌لرزه با عبور از سنگ بستر و ورود به رســـوبات آبرفتی سطحی تغییر ماهیت داده و در جهات مختلف منتشر می‌شوند. اختلاف ماهیت رسوبات آبرفتی و سنگ بستر اغلب موجب افزایش ارتعاش این امواج و بزرگ‌نمایی زمین‌لرزه در سطح زمین می‌شود. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که پاسخ ایستگاه‌های مختلف برای یک زمین‌لرزه مشخص، به‌دلیل تفاوت در ویژگی ساختگاه‌ها، متفاوت است و جدا از میزان فاصله از کانون زلزله، ویژگی‌های ساختگاهی می‌تواند در شدت اثرات زلزله نقش مهمی داشته باشد.

۷. ارزیابی دلایل خسارات ساختمانی در زلزله ترکیه

طبق آمار و مشاهدات، اغلب ساختمان‌های آسیب‌دیده در زلزله ترکیه، ســـازه‌های چند طبقه با سقف‌های بتنی و سیســـتم قابی و دیوارهای پارتیشن یا دیوارهای مصالح بنایی غیرمسلح بوده‌اند. دیوارهای میان قاب ســـازه‌ای که به‌عنوان پارتیشن مورد اســـتفاده قرار می‌گیرند، به کاهش آسیب‌پذیری سازه‌های بتنی مســـلح در برابر زلزله نیز کمک می‌کند. بررســـی‌ها نشـــان می‌دهد که پیامدهای فاجعه زلزله ترکیه به‌دلیل **بی‌توجهی به اجرای قوانین ســـاختمانی تشدید شده است**. مواردی مانند عدم کفایت آرماتورهای فولادی منجر به کاهش شکل‌پذیری و رفتار ترد سازه‌های بتنی در برابر نیروی زلزله و درنتیجه افزایش ریسک فروریزش ساختمان می‌گردد. درواقع با رعایت اصول اولیه می‌توان از بخش قابل توجهی از ویرانی و درنتیجه تلفات جانی و صدمات فیزیکی جلوگیری کرد که متأسفانه در ترکیه و به‌ویژه سوریه به این گونه نبود [۲۱].

جدول ۱. وضعیت ساختمان‌ها پس از زلزله ترکیه [۲۲]

وضعیت ساختمان	تعداد ساختمان‌ها
تخریب شده	بالغ بر ۳۴ هزار
نیاز به تخریب فوری	بالغ بر ۱۷ هزار
به‌شدت آسیب‌دیده	حدود ۱۸۰ هزار
آسیب‌دیدگی متوسط	بیش از ۴۰ هزار
بررسی نشده	نزدیک به ۱۵۰ هزار

شکل ۱۰. واژگونی سراسری ساختمان‌ها

۱-۷. قوانین ساختمانی

طبق بررسی‌های انجام‌شده کشور سوریه دارای یک کد ساختمانی است که رعایت آن در هیچ‌جا به‌عنوان قانون قابل پیگیری ذکر نشده است، درحالی‌که قوانین ساختمانی در ترکیه پس از زلزله ویرانگر ۱۹۹۹ ازمیت تا سال ۲۰۱۸ به‌دنبال تغییر نگرش نهادی و حرفه‌ای قوی نسبت به این قوانین، به‌طور مداوم به روز شده است (۷ بار بین سال‌های ۱۹۴۷ تا ۲۰۰۷ بازنگری شده و پس از آن در سال ۲۰۱۸ مجدداً اصلاح و در سال ۲۰۱۹ ابلاغ شدند). بااین‌حال بسیاری از ساختمان‌هایی که در زلزله ترکیه فرو ریختند، قدیمی‌تر بوده و مطابق قوانین جدید اجرا نشده بودند. ارزیابی آیین‌نامه لرزه‌ای نسخه سال ۲۰۱۹ و حتی سال ۲۰۰۷ حاکی از آن است که معیارهای مهم در ارزیابی، طراحی و اجرای سازه‌ها برای مقاومت در برابر زلزله به‌طور کامل در این قوانین پوشش داده شده است. بنابراین بروز نقایص در سازه‌های تازه ساخت ترکیه در مواجهه با زلزله را نمی‌توان ناشی از نقص در قوانین این حوزه برشمرد،

بلکه علت این موضوع را باید در نحوه اجـــرای مفاد آیین‌نامه‌ای در این پروژه‌ها بررسی کرد. چراکه مشاهدات حاکی از پابرجا ماندن بسیاری از ساختمان‌های تقریباً ســـالم در کنار خرابه‌های فروریخته، علی‌رغم توزیع مشابه سطح تنش لرزه‌ای در منطقه است. این موضوع می‌تواند به‌دلیل اعمال فســـاد گســـترده و اجتناب از اصول کدگذاری‌ها توسط برخی سازندگان باشد. طبق برآورد تقریبی انجام‌شده، حدود ۵۰ درصد ساختمان‌ها در زمان زلزله ترکیه علیرغم اینکه این کشور در یک منطقه لرزه‌خیز واقع شده است، با قوانین ساختمانی مطابقت نداشته‌اند. کیفیت پایین ساخت‌وساز به عواملی از جمله عدم کفایت آرماتور و کیفیت پایین بتن به‌دلیل صرفه‌جویی در مصـــرف مصالح، کاهش هزینه‌ها و افزایش سود وابسته است. علاوه‌بر این، توسعه شهری سریع و سودجویی نیز در عدم توجه به رعایت قوانین ساختمانی توسط برخی نهادها نقش مهمی داشته است.

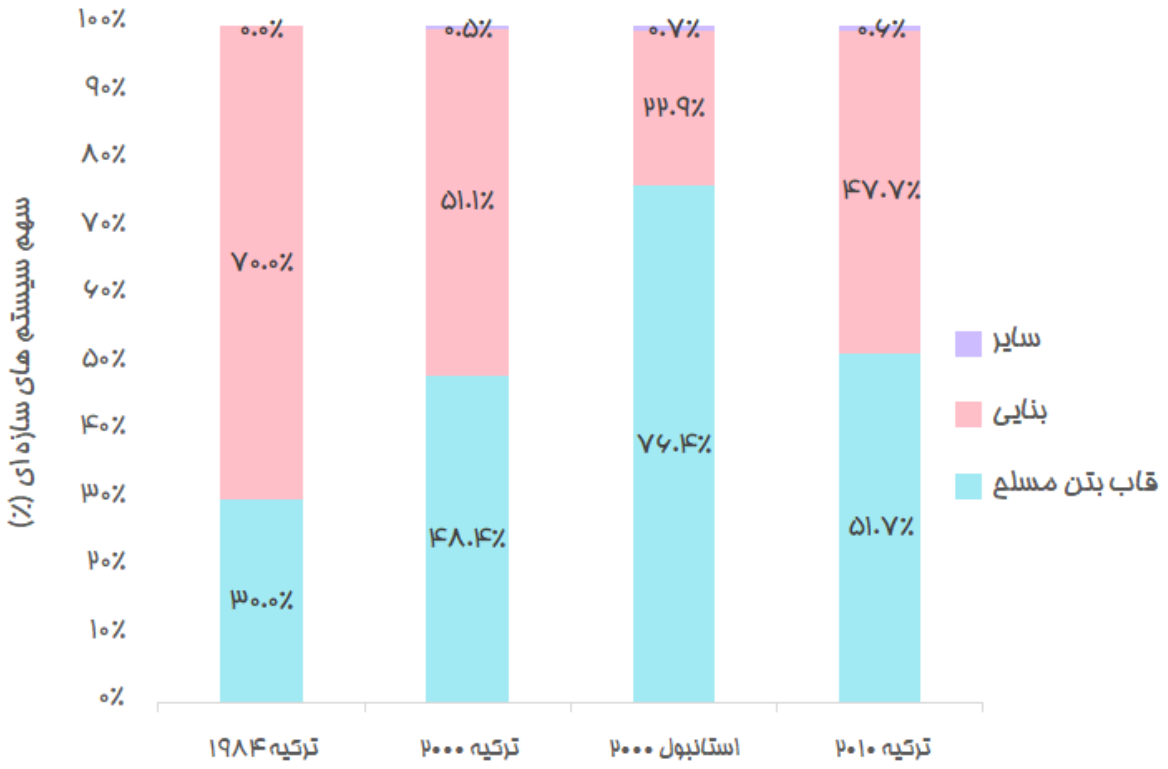
از جمله اقدامات اساســـی به‌منظور کاهش تلفات ناشی از زلزله، ارتقا و اجرای دقیق ضوابط فنی کاهش ریسک و به‌روزرسانی منظم آنهاست.

چارچوب سندای[1] نیز که یک راهبرد بین‌المللی برای کاهش خطر بلایا در سال‌های ۲۰۳۰-۲۰۱۵ است، بر اهمیت قوانین ساختمانی و الزام اجرای آنها در همه سطوح تأکید می‌کند [۲۱].

۲-۷. نوع سیستم سازه‌ای

با وجود تنوع بالای سیستم‌های سازه‌ای از قبیل سازه‌های بنایی، اسکلت فلزی، اسکلت بتن مسلح، اسکلت چوبی و ســـازه‌های پیش‌ساخته در کشور ترکیه، ارزیابی‌ها نشان می‌دهد بخش عمده‌ای از ساختمان‌های نوساز در ترکیه دارای قاب بتن مسلح هستند. بااین‌حال و با وجود روند رو به توسعه در ترکیه، این کشور دارای سهم قابل‌توجهی از سازه‌های قدیمی در کنار ساختمان‌های مهندسی ســـاز جدیدالاحداث است و تقریباً نیمی از ساختمان‌ها همچنان با سیســـتم‌های سنتی و مصالح بنایی هستند. بدیهی است بیشترین میزان آسیب‌پذیری در زلزله ترکیه مربوط به سازه‌های قدیمی با مصالح بنایی و همچنین سازه‌های اسکلت بتن مسلح بوده است.

شکل ۱۱. توزیع سیستم‌های سازه‌ای در ترکیه و استانبول



Source: www.tuik.gov.tr.

1. Sendai Framework

یکی دیگر از پارامترهای تأثیرگذار در موضوع آسیب‌پذیری لرزه‌ای و به‌ویژه مباحث مدیریت بحران پس از زلزله، ارتفاع سازه‌هاست. نوع رفتار و تأثیرپذیری سازه‌های کوتاه و بلند مرتبه در مواجهه با زلزله‌ها متفاوت است و پراکنش هریک از این طبقه‌بندی‌های ارتفاعی در ساختمان‌ها باید در فرایندهای ارزیابی لرزه‌ای در شهرها مورد توجه قرار گیرد. پراکنش ارتفاعی ساختمان‌ها در مناطق تحت‌تأثیر زلزله در جنوب و جنوب شرقی ترکیه نشان‌دهنده آمار قابل‌توجهی از ساختمان‌های کوتاه مرتبه و میان مرتبه در این مناطق است. به‌طور کلی غالب ساختمان‌ها در شهرهای آسیب‌دیده ترکیه از نظر سیستم سازه‌ای از نوع بتن مسلح (اکثراً قاب‌دار) به‌همراه سازه‌های بنایی و از حیث رده ارتفاعی، کوتاه و میان مرتبه بوده‌اند [۲۳].

۳-۷. زمینه‌های بروز خسارات ساختمانی

در زلزله ترکیه آسیب‌های متنوعی به سازه‌های بتن مسلح وارد شد که می‌توان تأثیرگذاری پارامترهای اساسی از جمله کیفیت مصالح، شتاب لرزه‌ای، نوع آرماتورگذاری طولی و عرضی، بروز طبقه نرم، پتانسیل بروز انواع شکست در ستون‌ها، تخریب در چشمه‌های اتصال، شرایط درزهای انقطاع، بروز تخریب‌های موضعی و کامل سازه‌ای، اثر موارد ژئوتکنیکی، ساختگاه و عدم رعایت دیگر ضوابط لرزه‌ای در آیین‌نامه را در بروز خسارات، خصوصاً در ساختمان‌های جدیدالاحداث، دخیل دانست [۲۳]. مهم‌ترین و محتمل‌ترین مواردی که در بروز خسارات و تخریب ساختمان‌های بتن مسلح تأثیرگذار بوده‌اند را می‌توان در جدول زیر مشاهده کرد.

جدول ۲. دلایل محتمل و حائز اهمیت در بروز خسارات ساختمان‌های بتنی در زلزله ترکیه [۲۳]

دلایل	توضیحات
ایجاد طبقه نرم در ساختمان‌ها	یک طبقه نرم در ساختمان، در مقایسه با طبقه‌های فوق یا زیر آن طبقه، قدرت جانبی یا سختی نسبتاً کمی دارد. در ساختمان‌های منظم اسکلت بتونی، طبقه نرم معمولاً در اولین طبقه به‌دلیل حذف دیوارها و یا ستون‌های بلندتر محتمل است. وجود طبقه نرم در زمان وقوع زلزله، موجب ایجاد مفاصل پلاستیک و بروز شکست‌های برشی در ستون‌های طبقه شده و دیگر طبقات نیز در اثر جابه‌جایی سازه و اثر P–Δ آسیب خواهند دید که به‌دنبال آن سقوط سازه به‌طور کامل، سقوط سازه در محیط‌های مجاور و یا حذف طبقه نرم در زیر طبقات فوقانی رخ خواهد داد.
واژگونی ساختمان‌ها	با توجه به بروز مواردی از واژگونی ساختمان‌ها در شهرهای تحت‌تأثیر زلزله (با وجود لحاظ نمودن ضرایب اطمینان آیین‌نامه‌ای برای واژگونی) که در برخی از این موارد، سازه در عین سلامت کلیه اجزای داخلی، دچار انحراف و یا واژگونی سراسری از پی شده است و علائم بیرون‌زدگی و چرخش فونداسیون نیز بدون بروز شکستگی در اجزا مشهود است، ضعف در مواردی چون عدم توجه به تأثیر شتاب قائم زلزله در طراحی‌ها (به‌ویژه برای زلزله‌های حوزه نزدیک) و یا احتمال بروز پدیده روان‌گرایی، ضعف مطالعات ژئوتکنیکی، طراحی و اجرای نامناسب فونداسیون و عدم کنترل ضوابط واژگونی برای ساختمان‌ها، را می‌توان برای این نوع از تخریب‌ها محتمل دانست.
بروز تخریب‌های موضعی (فروپاشی جزئی) در برخی ساختمان‌ها	به‌طور کلی فرو ریزش موضعی به‌معنای تخریب بخشی از اعضای سازه بدون سرایت دامنه تخریب به کل سازه است. در برخی از موارد در زلزله‌های اخیر ترکیه، آسیب‌های جدی در بخشی از بدنه ساختمان‌ها مانند بالکن‌ها و یا اتصال دال راه‌پله‌ها به تیرهای نشیمن و یا بروز تخریب با دامنه محدود در سقف و اجزای الحاقی سازه‌ای طبقات به‌صورت ناحیه‌ای بروز یافته است.
آسیب در اجزای غیرسازه‌ای برخی ساختمان‌ها (به‌ویژه دیوارهای پرکننده)	آسیب‌ها و خردشدگی مصالح و حتی سقوط و واژگونی در برخی دیوارهای پرکننده تقویت نشده و قطعات نما در ساختمان‌ها غالباً ناشی از ضعف این نوع المان‌ها از حیث مصالح و اجرا، عدم اتصال مناسب این اجزا به اسکلت سازه بتنی و عدم رعایت ضوابط جداسازی آنها نسبت به اسکلت سازه است. در ایران پس از بروز خسارات متعدد در بخش اجزای غیرسازه‌ای در زلزله سرپل ذهاب کرمانشاه، ضوابط بسیار ارزشمندی در این حوزه در قالب پیوست ۶ آیین‌نامه ۲۸۰۰ تدوین و ارائه شد که نقش بسیار مهمی در ایمن‌سازی این اجزا در زلزله‌های اخیر کشور ایفا نموده است.
عدم رعایت ضابطه تیر ضعیف – ستون قوی	ضابطه تیر ضعیف – ستون قوی، با هدف انتقال مفاصل پلاستیک در زمان زلزله به تیرها (به‌عنوان نقاط فیوز سازه‌ای) و استفاده از ظرفیت شکل‌پذیری آنها در استهلاک انرژی زلزله و جلوگیری از گسیختگی در ستون‌ها که برای حیات سازه بسیار خطرناک است، تعریف شده است. عوامل مختلفی مانند ضعف در طراحی، ضعف مصالح و کیفیت نامناسب بتن، استفاده از میلگرد صاف، عدم آرماتورگذاری مناسب طولی و عرضی، عدم رعایت قلاب‌های مناسب (خم ۱۳۵ درجه) در انتهای خاموت‌ها و عدم رعایت محل وصله آرماتورهای طولی در ستون‌ها، برخی از مهم‌ترین عوامل در ضعف شدید ستون‌ها نسبت به تیرها و ایجاد مفصل پلاستیک در ستون هستند.
سیستم دال تخت بر روی ستون‌های ضعیف (بدون تعبیه تیر و دیوارهای برشی)	در زلزله ترکیه مواردی از ساختمان‌های آسیب‌دیده اسکلت بتنی با سیستم دال تخت به‌عنوان سقف بدون آویز (بعضاً بسیار سنگین با جزییات سازهای بسیار ضعیف) بر روی ستون‌های ضعیف (از حیث ابعاد و آرماتورگذاری طولی و عرضی)، بدون بهره‌گیری از تیرهای واسط و دیوارهای برشی در سازه و همچنین عدم رعایت ضوابط مناسب برای نقاط اتصال ستون به دال، شناسایی شد. با توجه به موارد آیین‌نامه‌ای و عدم تناسب این سیستم با شرایط لرزه‌ای منطقه و بروز انواع شکست در ستون‌ها و یا خیز قابل‌توجه و یا سقوط موضعی بخشی از دال‌ها، حجم قابل‌توجهی از تخریب‌ها را به‌همراه داشته است.

دلایل	توضیحات
آسیب‌های ناشی از عدم رعایت درز انقطاع مناسب بین برخی از ساختمان‌ها	اگر فاصله بین ساختمان‌های مجاور کافی نباشد، هم سطح نبودن تراز طبقات در ساختمان‌های مجاور، موجب ایراد ضربه به نقاط حساس اسکلت سازه و ایجاد تمرکز نیرو در ستون‌های مجاور خواهد شد. همچنین عدم رعایت ضوابط مربوط به دریافت مجاز در برخی ساختمان‌ها این مورد را تشدید خواهد کرد. برای جلوگیری از این نوع ضربات، رعایت درز انقطاع و تعبیه فاصله مناسب بر اساس ضوابط بین ساختمان‌ها و انباشت فاصله مذکور با مواد مناسب منعطف بسیار ضروری است.
بروز تخریب کامل در برخی ساختمان‌ها (با فرم پنکیک)	یکی از بدترین انواع تخریب در سازه‌های بتنی، حالت تخریب کامل با فرم پنکیک است که در آن، ضعف و شکست در برخی نقاط سازه، موجب تخریب کامل سازه خواهد شد. در تخریب‌های پیش‌رونده، شکست عنصر باربر (مانند ستون‌ها) معمولاً در طبقات پایینی ساختمان یا فونداسیون باعث می‌شود طبقات بالایی به‌صورت عمودی در طبقات زیر فرو ریخته و دیوارها و مجموعه‌های سقف و کف تخریب شوند. دلایل مختلفی در بروز تخریب پنکیک نقش دارند، اما مواردی چون ایجاد طبقه نرم، بروز تخریب در چشمه‌های اتصال (ناشی از ضعف برشی این ناحیه) و همچنین ضعف برشی و اتصالی ستون‌ها در سیستم دال تخت، نقش بسیار مستقیم و مهم‌تری در بروز این پدیده در زلزله اخیر ترکیه داشته‌اند.
احتمال وجود نقایص اجرایی	همان‌طور که گفته شد، آیین‌نامه‌های لرزه‌ای ترکیه از شرایط مطلوبی منطبق با شرایط لرزه‌خیزی ترکیه برخوردار هستند، اما ارزیابی تخریب‌های گسترده در شهرهای تحت‌تأثیر زلزله نشان‌دهنده عدم تطابق بخشی از ساختمان‌ها با موارد درج شده در آیین‌نامه‌های لرزه‌ای ترکیه است. بنابراین نقش عدم رعایت ضوابط آیین‌نامه‌ای در طراحی و اجرا، کیفیت نامناسب مصالح، عدم مطالعات ژئوتکنیکی کامل و همچنین تأثیر احتمالی شرایط ساختگاهی در افزایش آسیب‌پذیری لرزه‌ای را باید محتمل دانست. از طرفی نباید اثر شتاب قابل‌توجه وارده به سازه‌ها را که در بخش‌هایی فراتر از میزان در نظر گرفته شده برای طراحی آنها بوده است، نادیده گرفت.
اثر تشدیدکننده دو زلزله و پس‌لرزه‌های متعدد بر ساختمان‌ها	برخی از ساختمان‌هایی که حتی المان‌های باربر اصلی آنها در اثر زلزله اول ترکیه مقاومت کرده بودند، با رخداد زلزله و وقوع پس‌لرزه‌های شدید بعدی، فرو ریختند. احتمال بر این است که زلزله اولیه، زمینه ایجاد مفاصل پلاستیک در اعضای حساس مانند ستون‌ها (کاهش شدید سختی سازه) را به‌دلایل آیین‌نامه‌ای و اقتصادی یا ضعف در مصالح و اجرا و همچنین پتانسیل موارد دیگری مانند گسیختگی اجزا در سازه، خروج از محوریت اعضا و یا جدایی اجزای غیرسازه‌ای نیز به‌وجود آورده است. به این ترتیب با وقوع زلزله دوم و پس‌لرزه‌های متعدد، اثرات زلزله اولیه تشدید شده و موجب تخریب کامل و یا موضعی ساختمان‌های آسیب‌دیده شده است.
اثر ساختگاه و شرایط ژئوتکنیکی بر تخریب‌ها	وجود تخریب‌های کلی سازه‌ها به‌ویژه به شکل انحراف سراسری بدنه، بروز واژگونی ساختمان‌ها با بروز علائم بیرون‌زدگی فونداسیون و افزایش نرخ اندرکنش دینامیکی سازه‌ها در شهرهای تحت‌تأثیر زلزله ترکیه، احتمال تأثیرگذاری شرایط ساختگاهی و ژئوتکنیکی را افزایش می‌دهد. در صورت صحت این احتمال، می‌توان گفت یکی از ضعف‌های طراحی در ساختمان‌های تخریب یافته، عدم توجه به شرایط ساختگاهی ساختمان‌ها بوده است. تعداد قابل‌توجهی از ساختمان‌ها در شهرهای ساحلی دچار آب‌گرفتگی با فرم واژگونی و بروز ضربات سنگین سازه‌ها به یکدیگر تخریب شدند که با توجه به سطح بالای آب زیرزمینی، احتمال رخداد پدیده روان‌گرایی و تأثیر آن بر تخریب‌ها مطرح است.
اثر شتاب زلزله	فارغ از تمام تغییرات آیین‌نامه‌ای در ترکیه، اکثر مناطق تحت‌تأثیر زلزله جزو مناطق درجه ۱ تا ۳ پهنه‌بندی خطر لرزه‌ای (شتاب مبنای طرح نهایت تا ۰٫۵ بر ابر شتاب گرانش بر اساس آیین‌نامه) هستند، اما شتاب افقی و قائم زلزله در بخش‌هایی از مناطق تحت‌تأثیر، قابل‌توجه و فراتر از شتاب طراحی آنها بوده که نقش بسزایی در گستردگی تخریب‌ها داشته است. نکته مهم دیگر مقادیر قابل‌توجه شتاب قائم زلزله در مناطق نزدیک به رومرکز بوده که در طراحی و اجرا توجه کمتری به آن شده است. حتی سازه‌های جدید در شتاب‌های کمتر از مقادیر طراحی، دچار تخریب و یا آسیب‌دیدگی جدی شدند که این نکته بر احتمال ضعف در طراحی و اجرا دلالت دارد.
کیفیت پایین مصالح (به‌ویژه بتن)	کشور ترکیه از حیث آیین‌نامه‌ها و ضوابط ساخت‌وساز، منابع بسیار غنی در اختیار دارد که در آنها صراحتاً به رعایت ضوابط مصالح مورد استفاده در ساختمان‌ها و ابنیه تأکید شده است. همچنین استفاده از بتن آماده در ساخت‌وساز و بهبود نظارت بر محل اجرا شده توسط قانون بازرسی ساخت‌وساز (قانون شماره ۸۰۷۴ مصوب سال ۲۰۱۰) باعث بهبود کیفیت بتن در ساختمان‌های ساخته شده پس از سال ۲۰۰۰ شده است، اما گزارش‌هایی نیز از کمبود کیفیت مصالح (خصوصاً بتن و آرماتور) در ساخت‌وسازهای مناطق تحت‌تأثیر زلزله در ترکیه وجود دارد که احتمال عدم تحمل بارهای لرزه‌ای و تخریب سازه در اثر آن وجود دارد.

شکل ۱۲. انواع خرابی در ساختمان‌های بتنی در زلزله ترکیه [۲۳]

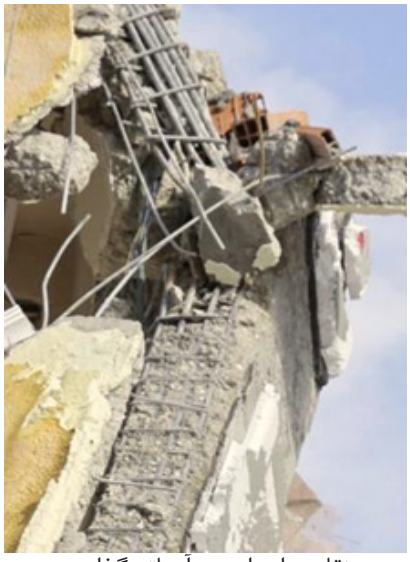
احتمال وقوع طبقه نرم در تراز همکف

بروز شکست در ستون‌ها

تخریب موضعی

واژگونی کامل سازه

تخریب ساختمان‌های با سقف دال تخت


نقایص اجرایی در آرماتورگذاری

کیفیت نامناسب بتن و شکست ستون

تخریب کامل ساختمان (فرم پنکیک)

۴-۷. وضعیت تأسیسات و زیرساخت‌های ترکیه پس از زلزله

در زلزله اخیر ترکیه، خسارات قابل توجهی نیز به شریان‌های حیاتی و مراکز مهم در شهرهای زلزله‌زده وارد شد که از آن جمله می‌توان به آسیب جدی و ازکارافتادن برخی مجموعه‌های فرودگاهی، بیمارستان‌ها، شبکه حمل‌ونقل سراسری (به شکل زمین لغزش در مجاورت جاده‌ها، شکست و جابه‌جایی عرضی محور جاده‌ها و ریل‌ها، بروز ترک‌های مختل‌کننده مسیر، تخریب ابنیه فنی مانند پل‌ها و تونل‌ها، سقوط سنگ در محورها و اختلال در جریان ترافیکی)، آتش‌سوزی بنادر، ایجاد شکاف در سدها و همچنین آتش‌سوزی، اختلال‌های به‌وجود آمده در جریان گاز و برق و بروز لهیدگی خطوط لوله در ساعات اولیه زلزله اشاره کرد. در مورد سایت نیروگاه هسته‌ای Akkuyu Nukleer که یکی از مراکز استراتژیک ترکیه به‌شمار می‌رود، بازرسی‌های انجام‌شده از سازه‌ها و تأسیسات حاکی از سلامت مجموعه و عدم آسیب جدی به این نیروگاه بوده است. مناطق صنعتی در قهرمان مرعش و غازی انتپ دارای ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته یک یا دو طبقه هستند که تعداد کمی از آنها دچار آسیب‌های جزئی و در مواردی خردشدن بتن شدند. برخی از ساختمان‌های صنعتی در حال ساخت نیز در اثر واژگونی تیرها در زلزله فرو ریختند [۲۳]، [۱۸].

جدول ۳. برآورد خسارات ناشی از زلزله در حوزه‌های مختلف زیرساختی در اثر زلزله ترکیه [۲۲]

حوزه زیرساختی	کل خسارت ارزیابی‌شده
خدمات شهری	۵٫۷ میلیارد لیر
بخش انرژی (منبع: MENR)	۱۱٫۲ میلیارد لیر
خطوط ریلی (منبع: TCDD)	۱۷٫۴ میلیارد لیر
فرودگاه‌ها (منبع: DHMI)	۳٫۳ میلیارد لیر
بزرگراه‌ها (منبع: KGM)	۱۲٫۲ میلیارد لیر
زیرساخت‌ها و تأسیسات آب	۱۹٫۵ میلیارد لیر
ارتباطات الکترونیک- بخش خصوصی و عمومی (منبع: ICTA)	۳٫۵ میلیارد لیر
سرجمع	حدود ۷۳ میلیارد لیر

شکل ۱۳. بروز خسارات در زیرساخت‌های حمل‌ونقل ترکیه پس از زلزله [۲۳]

تخریب گسترده در محورهای جاده‌ای هاتای

تخریب سطح باند فرودگاه هاتای

اعوجاج و اختلال در مسیر ریل راه‌آهن قهرمان مرعش

۵-۷. ارزیابی و مرور خسارت‌ها

■ در زلزله‌های سال ۲۰۲۳ ترکیه بسیاری از ساختمان‌ها فرو ریختند یا به‌گونه‌ای آسیب دیدند که نباید رخ می‌داد که منجر به تلفات زیادی شد. این امر نشان داد که ارزیابی اضطراری وضعیت موجود ساختمان‌ها به‌منظور پیشگیری از وقوع فاجعه مشابه در سایر شهرهایی که در معرض ریسک بالای زلزله قرار دارند، ضروری است.

■ اجرای راهکارهایی از جمله تحول شهری با حمایت دولت (به‌منظور ارتقای وضعیت ساختمان‌ها با تعیین اولویت‌ها) و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها در برابر زلزله حائز اهمیت است. بدیهی است که سطح عملکرد «پیشگیری از تخلیه / ایمنی جانی» باید در اسرع وقت برای ساختمان‌های پرخطر ارائه شود. این گونه اصلاحات قبل از وقوع زلزله باید به‌عنوان تعهداتی تلقی شود که هم خسارات جانی و هم مالی را کاهش می‌دهد و منافعی را برای کشور پس از زلزله به‌همراه دارد.

■ بسیاری از سامانه‌های زیرساختی در زلزله ترکیه در اثر لرزش شدید یا گسیختگی گسل‌ها به‌شدت آسیب دیدند. به‌عنوان مثال، آسیب به جاده‌ها بر حمل‌ونقل و در دسترسی به کمک‌ها اثر گذاشته است. آسیب‌های وارده به سامانه‌هایی مانند خطوط لوله و سایر تأسیسات، خدمت‌رسانی شریان‌های حیاتی مانند گاز، برق و آب را متوقف کرد. این سامانه‌ها ساختار انعطاف‌پذیرتری دارند و از نظر آمادگی برای زلزله‌های بعدی نیز توجه به گزینه‌های جایگزین اهمیت حیاتی دارد.

■ مشکلات خاک و مشکلات اندرکنش خاک– سازه در اکثر مناطق تحت‌تأثیر زلزله مشاهده شد. مخاطرات زمین‌شناختی مانند روان‌گرایی و درنتیجه آسیب‌های ساختاری در مناطق مسکونی مانند اسکندرون و گلباشی در این رخداد مشهود بوده است. در برخی مناطق مشکلاتی ازجمله عدم توجه به خاک‌های آبرفتی در طراحی و درنتیجه تمرکز خسارات در مناطق خاصی قابل ملاحظه بود. مطالعات دقیق بیانگر میزان آسیب ناشی از نادیده گرفتن شرایط زمین یا عدم ارزیابی صحیح آنهاست.

■ مشکلات جدی در ارتباطات مخابراتی در مناطق آسیب‌دیده از زلزله گزارش شد که بخش قابل‌توجهی از آن ناشی از آسیب به سازه‌های حامل و از بین رفتن ایستگاه‌های پایه درنتیجه آن بود. لذا ضرورت در نظر گرفتن اثرات لرزه‌ای و همچنین ارزیابی‌های الکترونیکی در تعیین مکان ایستگاه‌های پایه با این فاجعه بزرگ، بار دیگر مطرح شد.

■ آسیب‌های سازه‌ای متفاوتی در تأسیسات صنعتی بسته به ویژگی‌های سازه مشاهده شد. اگرچه برخی از این آسیب‌ها به سرعت قابل ترمیم بود، اما مشخص شد که آسیب‌های غیرسازه‌ای و تجهیزاتی در فرایند راه‌اندازی مجدد تأسیسات، بسیار مشکل‌ساز بوده‌اند. این مشاهدات نشان می‌دهد که تأسیسات صنعتی باید با رویکردی کل‌نگر در مطالعات آمادگی در برابر زلزله ارزیابی شوند.

تحقیقات باید به‌صورت گسترده‌تر و متداوم ادامه یابد. داده‌ها و اطلاعات به‌دست آمده در تمام مراحل پس از زلزله باید به‌راحتی بین مؤسسات و پژوهشگران به اشتراک گذاشته شود. درس‌آموخته‌های زلزله باید در یک چارچوب علمی قرار گرفته و زمینه استفاده از آنها در مطالعات آماده‌سازی برای زلزله چه در ترکیه و چه در جهان فراهم شود.

۸. تجربیات و درس آموخته‌ها

۱-۸. درس‌های اولیه زلزله‌های ۶ فوریه ۲۰۲۳

هنگامی که یک فاجعه بزرگ رخ می‌دهد، در چند روز اول تمرکز بر امداد و نجات و جلوگیری از تلفات عظیم هم جانی و هم مالی است، اما از آنجایی که پاسخ اضطراری به بهبودی طولانی‌مدت تبدیل می‌شود، باید روی چگونگی جلوگیری از تکرار فاجعه تمرکز کرد. صحنه‌های دهشتناک خرابی‌های زمین‌لرزه و تلفات ده‌ها هزار نفره در زمین‌لرزه‌های ۱۷ بهمن ۱۴۰۱ در جنوب ترکیه و شمال سوریه، یادآور این نکته است که همچنان زلزله کشنده‌ترین نوع سانحه طبیعی در جهان است. بیشترین این تلفات نیز در کشورهای در حال توسعه رخ می‌دهد. حدود ۶۸ درصد از تلفات زلزله‌های دنیا از سال ۲۰۰۰ تاکنون در آسیا و در کشورهای در حال توسعه رخ داده است. حذف کامل ریسک سوانح غیرممکن است، اما کشورهایی که چارچوب‌های سیاستگذاری و قانونگذاری علمی (ملی و بین‌المللی) را طراحی و اجرا می‌کنند، از قابلیت بیشتری برای کاهش ریسک سوانح برخوردار هستند.

حدود ۸۰ درصد از کل مرگ‌ومیر ناشی از زلزله از سال ۱۹۰۰ تنها به‌دلیل ۲۵ زمین‌لرزه در ۱۱ کشور چین، پاکستان، ایران، ترکیه، ایتالیا، شیلی، ارمنستان، گواتمالا، هند، تاجیکستان و نپال ثبت و گزارش شده است. ۷۷ زلزله در ایران از ابتدای قرن بیستم تا انتهای سال ۲۰۲۰ باعث کشته شدن ۱۶۲ هزار نفر شده است. در ترکیه ۶۷ زمین‌لرزه مهلک تا زمان رخداد زمین‌لرزه‌های ۶ فوریه ۲۰۲۳ با تلفات حدود ۱۵۰ هزار نفر رخ داده است. مجموعه کشورهای فوق‌الذکر «در حال توسعه»، «زلزله‌خیز» و «غیرتاب‌آور» بوده و اکثراً پرجمعیت هستند. تلفات زمین‌لرزه در این کشورها نسبت به جمعیت‌شان بسیار بالاست که این نسبت در کشور ما در ۱۲۰ سال گذشته بالاترین بوده است.

ترکیه در سال ۱۹۹۹ با زلزله ازمیت مواجه شد که حدود ۱۵ هزار کشته داشت و بسیاری از ساختمان‌ها را ویران کرد. پس از این زمین‌لرزه، ترکیه یک آیین‌نامه ساختمانی را به‌منظور کمک به کاهش حوادث زلزله‌های آینده اجرایی کرد. بااین‌حال، تخریب بسیاری از سازه‌ها در زمین‌لرزه‌های اخیر، به‌دلیل اجرا نشدن این آیین‌نامه بوده است. بنابر بررسی‌های انجام‌شده، ضعف در اجرای این قانون به‌دلیل رواداری دولت

در ساخت‌وساز و اجرای «قانون عفو پهنه‌بندی» بوده است. این قانون اجازه ساخت سازه‌هایی بدون گواهینامه ایمنی مورد نیاز را می‌دهد و نزدیک به ۷۵ هزار ساختمان در جنوب ترکیه این عفو را دریافت کرده‌اند که نتوانستند در برابر زلزله مقاومت کنند. درواقع اگر تمام مقررات ساخت‌وساز و جوانب ذی‌ربط دیگر رعایت می‌شد، چه‌بسا این فاجعه در فروپاشی کامل بیش از ۶ هزار ساختمان چند طبقه و آسیب شدید به بیش از ۷۰ هزار ساختمان اتفاق نمی‌افتاد. در ترکیه نیز مانند ایران در بحث رسیدگی به عدم رعایت قوانین ساختمانی، بخشودگی به‌صورت مقررات معمول اعمال می‌شود. این بدان معناست که نقض قوانین ساختمانی می‌تواند از طریق پرداخت جریمه با چشم‌پوشی مواجه شود. این جریمه‌ها میلیاردها لیره ترکیه را به‌عنوان مالیات و درآمد به‌همراه داشته است.

آثار زلزله در ۱۱ استان با وضعیت اضطراری احساس شد که استان‌های هاتای، قهرمان مرعش و غازی انتپ شدیدترین آنها هستند. این زمین‌لرزه‌ها بزرگ‌ترین و مهم‌ترین زلزله‌هایی هستند که در صدها سال گذشته منطقه جنوب شرق این کشور را لرزاند. زلزله‌های اخیر ترکیه کاستی‌های قابل توجهی را در واکنش دولت که منجر به خسارات جانی زیادی شد، نشان داد. سه شکست کلیدی شامل «عدم انعطاف در برنامه‌ریزی»، «فقدان هماهنگی» و «واکنش اولیه سیاسی شده» بود. این نارسایی‌های فاحش اهمیت بررسی واکنش به چنین بحران‌هایی را برجسته‌تر می‌کند و برای اطمینان از عدم تکرار آنها ضروری است.

براساس آخرین آمار، بیش از ۵۱ هزار نفر در زلزله ۲۰۲۳ ترکیه جان خود را از دست داده و بیش از ۱۰۸ هزار نفر مجروح شدند. بررسی خسارات نشان می‌دهد که بالغ بر ۱۷۰ هزار ساختمان در ۱۱ استان فروریخته و یا به‌شدت آسیب دیدند.

ترکیه به‌عنوان کشوری با سابقه طولانی در فعالیت‌های زلزله‌ای، به‌خوبی با سوانح طبیعی آشناست و دارای یک مرجع مدیریت سوانح به نام AFAD است. درواقع، مقامات بیش از سه سال قبل از وقوع زلزله ۷٫۷ شهر پازارجیک، وقوع زلزله‌ای به بزرگای ۷٫۵ را در این شهر پیش‌بینی کرده بودند. زلزله اخیر ترکیه به‌قدری عظیم بود که وسعت پهنه آسیب‌دیده به طول حدود ۴۰۰ و پهنای حدود ۲۹۰ کیلومتر رسید.

۲-۸. پاسخ پس از بحران

ارزیابی آنچه در ۷۲ ساعت اول پس از وقوع دو زمین‌لرزه به بزرگای ۷٫۸ در پازارجیک استان قهرمان مرعش و ۷٫۵ در البیستان (از دیدگاه مدیریت سوانح طبیعی) رخ داده با تعیین میزان آمادگی و پاسخ‌گویی به زلزله، پیشنهاداتی را در دو حوزه مداخله و مدیریت به عموم مردم، دنیای علمی و دستگاه‌های ذی‌ربط ارائه می‌کند.

پس از زلزله قهرمان مرعش در ۶ فوریه ۲۰۲۳، پاسخ با اقدامات داوطلبانه در منطقه زلزله‌زده آغاز شد. دلیل ویرانی شدید این زلزله قبل از هر چیز، بزرگای آن است. مشخص است که چنین زلزله‌هایی در جهان در حد کمتر از دو مورد در سال، آن هم بیشتر در حاشیه اقیانوس آرام، رخ می‌دهد. یکی از مهم‌ترین جنبه‌های زلزله به مرکزیت قهرمان مرعش این است که ۱۱ استان با سکونتگاه‌های متراکم و شهرهای پرجمعیت را لرزاند. این زلزله‌ها دوگانه بودند و وقوع دو زمین‌لرزه به این بزرگا در چنین فواصل مکرری، در تاریخ بسیار نادر است. خسارت زلزله اول با وقوع زلزله دوم بیشتر و شدیدتر شد. شتاب زلزله در زلزله قهرمان مرعش بسیار زیاد بود، اما این واقعیت که زلزله با رومرکز پازارجیک ساعت ۰۴:۱۷ بامداد بوده، دلیل دیگری است که اثر کشنده آن را افزایش داد. درک موضوع، تصمیم‌گیری و رهایی از بحران برای افرادی که در خواب ژرف هستند بسیار دشوار بوده است. شرایط آب و هوایی سرد و بارانی نیز بر تعداد کشته‌ها و مجروحان و تبدیل این زلزله به «فاجعه» افزوده است. ارزیابی ریسک و آماده‌سازی، مهم‌ترین زمینه در مدیریت سوانح است. اینکه اتفاقات بعد از زلزله تبدیل به یک فاجعه واقعی می‌شوند، مقصر آن نه طبیعت، بلکه سوءمدیریت است.

کشور ترکیه در سه دهه اخیر همچون ایران از نظر تخصصی و علمی پیشرفت‌های خوبی در تربیت نسل جدیدی از متخصصان داشته است. ضمن اینکه دولت ترکیه در مدیریت پاسخ به زلزله و مدیریت بحران زلزله اخیر با بهره‌گیری از ارتباطات خوب بین‌المللی به‌خوبی موفق به جذب کمک از بیش از ۱۰۰ کشور جهان شد. نمونه بارز آن احداث ۲۱ بیمارستان صحرایی ازسوی ۱۹ کشور در منطقه زلزله‌زده در طی هفته‌های اول بعد از زلزله است. دولت ترکیه موفق به جذب امکانات و تجهیزات فنی گسترده‌ای از کشورهای مختلف برای مقابله با تبعات زلزله و آواربرداری شده و از آخرین فناوری‌های روز دنیا در زمینه مدیریت بحران در کشورهای مختلف از چین گرفته تا آمریکا بهره برده است.

درس‌هایی که از یک حادثه زلزله باید آموخت، معمولاً در سایر کشورهای در حال توسعه ازجمله ایران به‌خوبی آموخته نشده‌اند و بسیاری از اشتباهات مربوط به سیاستگذاری کمّی و کیفی مسکن، انتخاب محل مناسب سکونت و کیفیت ساخت بناها در بازسازی‌ها تکرار می‌شود. نقص در طراحی، انتخاب نامناسب محل، عدم درک ریسک و نبود برنامه‌ریزی لرزه‌ای در سطح ملی و محلی علاوه‌بر وضعیت مالی ضعیف جوامع شهری و روستایی باعث می‌شود تا مسئولان نسبت به ملاحظات ریسک زلزله بی‌تفاوت باشند و مردم مواد ارزان‌تر و مکان‌های آسیب‌پذیر را برای سکونت انتخاب کنند. درواقع کشورهای در حال توسعه در مناطق زلزله‌خیز با یک مشکل مهم روبه‌رو هستند و آن این است که نمی‌دانند چه مقدار از منابع محدود خود را باید برای کاهش ریسک‌های زلزله هزینه کنند. از دلایل این امر نیازهای فوری و روزمره معیشتی، بیکاری، مسکن، بهداشت و تغییرات سریع و مداوم در شهرنشینی است. لذا در این کشورها بحث اصلی اولویت‌بندی صحیح ضرورت‌های اقتصادی، اجتماعی و عمرانی است.

۳-۸. مصداقی از تجربیات جهانی در مدیریت بحران

در سه دهه اخیر پیشرفت‌های مهمی در دنیا با بهره‌گیری از علم و فناوری حاصل شده است. هشدار پیش‌هنگام زلزله علاوه‌بر ژاپن، تایوان، آمریکا، ایتالیا و مکزیک، در رومانی، ترکیه، مالزی، اندونزی و هند نیز نصب شده و در ایران نیز زیرساخت‌های اولیه برای برقرار سامانه هشدار پیش‌هنگام زلزله در تهران فراهم شده است. همه مردم مستحق برخورداری از زیرساخت‌هایی هستند که بر پایه علم و فناوری توسعه یافته است. این گونه زیرساخت‌ها دارای قابلیت برقراری ارتباط شبکه‌ای از طریق اینترنت هستند و مردم می‌توانند به اطلاعات تولید شده دسترسی داشته باشند.

تجربه مکزیک

یکی از نمونه‌های موفق در کشورهای در حال توسعه در امر کاهش ریسک زلزله، کشور مکزیک است. میزان خسارت‌ها و نحوه رویارویی دولت مکزیک با زلزله حاوی نکات درس‌آموز فراوانی است. در زمین‌لرزه ۱۶ شهریورماه ۱۳۹۶ با بزرگای ۸٫۱ در نزدیکی ساحل مکزیک، ۹۸ نفر تلفات گزارش شد. این میزان از تلفات برای چنین زمین‌لرزه‌ای در کشوری مانند مکزیک تعداد زیادی نیست. کانون زلزله حدود ۹۰ کیلومتر از ساحل و حدود ۹۸ کیلومتر از شهری با جمعیت ۱۵ هزار نفر و ۳۵۰ کیلومتر با مکزیکوسیتی (با جمعیت ثابت حدود ۹ میلیون نفر در شب و جمعیت حدود ۲۵ میلیون نفر در روز) فاصله داشت. در همین کشور زمین‌لرزه‌ای مشابه در شرایطی در ۲۸ شهریور ۱۳۶۴ منجر به تلفات حدود ۳۰ هزار نفر در شهر مکزیکوسیتی شد. کشور مکزیک دارای جمعیتی حدود ۱۳۰ میلیون نفر و تولید ناخالص داخلی به میزان ۱۳۰۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۲ (حدود ۵ برابر ایران با جمعیت ۸۶ میلیون نفر و حدود ۲۷۰ میلیارد دلار تولید ناخالص داخلی در سال ۲۰۲۲) است.

برنامه‌های مکزیک از نظر مدیریت سانحه و کاهش ریسک در سه دهه اخیر جزو برنامه‌های موفق در کشورهای در حال توسعه بوده است. ایجاد سامانه هشدار پیش‌هنگام زلزله[1] برای مکزیکوسیتی که از سال ۱۹۹۱ تاکنون عملیاتی بوده، نمونه‌ای از این برنامه‌هاست. در دهه اخیر دولت مکزیک تمرکز جالب و موفقی بر روی برنامه کاهش ریسک با راهبرد حمایت از برنامه‌هایی که با نگاهی فدرال (استانی)، هزینه‌های آسیب را در سانحه محتمل بعدی کاهش می‌دهند، داشته است.

این اقدام در مکزیک بر پایه درس‌های آموخته شده از سوانح و زلزله‌های قبلی به تمرکز بر برنامه‌های نسبتاً موفق آمایش سرزمین و برنامه‌ریزی شهری منجر شده است.

نکته قابل توجه اینکه در ایران، سازمان‌هایی مانند سازمان مدیریت بحران به‌عنوان یک نهاد تخصصی تلقی نمی‌شوند تا مدیریت آنها با عوض شدن دولت‌ها تغییر نکند. معمولاً با هر نوع تغییر کلان در دولت‌ها، سطوح مدیریتی کلان و خرد در چنین سازمان‌های تخصصی در سطح ملی و استانی و حتی کلان‌شهرها دستخوش تغییر می‌شود و مدیران جدید ناگزیر به یادگیری و تجربه‌اندوزی هستند.

۴-۸. ملاحظات توسعه شبکه سدهای GAP در جنوب ترکیه

به‌منظور استفاده از انرژی و پتانسیل آبیاری رودخانه فرات، مجموعه‌ای از سدها (از بالادست به پایین‌دست) در کشور ترکیه طراحی شده است. سد آتاتورک، بزرگ‌ترین پروژه تولید برق آبی در این کشور محسوب می‌شود که ساخت آن حدود ۱۰ سال طول کشید و حدود ۲۴۰۰ مگاوات برق تولید می‌کند. این سد در قسمت بالایی رودخانه فرات در حدود ۸۰ کیلومتری شمال غربی شهر اورفا و حدود ۶۰۰ کیلومتری آنکارا واقع است. سد آتاتورک چهارمین سد بزرگ در جهان (با ظرفیت کل ۴۸٫۷ میلیارد متر مکعب) و یکی از بزرگ‌ترین تأسیسات پروژه جنوب شرقی آناتولی (GAP) است که از گروهی از سدها، ایستگاه‌های تولید و تأسیسات آبیاری تشکیل شده است. قرار گرفتن در نوار زلزله‌خیزی و استقرار این گروه بزرگ از سدهای غول‌پیکر با ظرفیت‌های ذخیره‌سازی عظیم در مدت کوتاهی در حدود ۵۰- ۴۰ سال اخیر منجر به عدم تعادل و افزایش تحریک سامانه گسله آناتولی شرقی و گسل‌های محلی (مانند گسل بوزووا) در فاصله سه کیلومتری محور سد آتاتورک شده است.

وقوع زلزله‌های محلی در محل سد و مخزن سد آتاتورک پس از آبگیری در ۳۰ سال قبل افزایش یافت. ذخیره مقادیر زیادی آب در پشت سدها و نوسانات ناگهانی سطح آب مخزن باعث ایجاد لرزش و آسیب شدید به بدنه سد می‌شود. در این صورت، فروریختن هر یک از این سدها در پروژه GAP (به‌خصوص سدهای نزدیک مرز سوریه در رودخانه فرات و سدهای نزدیک مرز عراق در حوضه رود دجله به‌دلیل ماهیت توپوگرافی آنها) مستقیماً بر جمعیت و زمین‌های کشاورزی خود ترکیه، سوریه و عراق اثر گذاشته و بلایای طبیعی غیرقابل تصوری را به‌وجود می‌آورند.

زلزله‌خیزی ناشی از مخزن در نزدیکی سدها در طول ساخت‌وساز، آبگیری و پر کردن چرخه‌ای در بسیاری از نقاط زمین مشاهده شده است. تعداد سدها در ترکیه در دهه گذشته به‌طور قابل توجهی افزایش داشته و همچنین نرخ زلزله‌خیزی محلی پس از پر شدن مخزن سد آتاتورک بسیار افزایش یافته است. اخیراً دو زمین‌لرزه مخرب به بزرگای ۵٫۵ Mw و ۵٫۱ Mw به‌ترتیب در سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ در شهر سمسات در نزدیکی مخزن آتاتورک رخ داده است. سطح آب و نرخ زلزله‌خیزی با یکدیگر همبسته هستند. ازسوی دیگر، تنش مؤثر کلی در ناحیه زلزله‌زا در طول دهه‌ها به‌دلیل انتشار فشار منفذی افزایش یافته است و نتایج نشان می‌دهد که نرخ تنش درنهایت بر منطقه‌ای متمرکز شده که در آن دو زلزله مخرب در سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ رخ داده است.

۱. سامانه هشدار پیش‌هنگام، سامانه پیش‌بینی زلزله نیست، بلکه تشخیص رخداد و اندازه زلزله و اعلام هشدار قبل از رسیدن امواج ثانویه مخرب است که بر پایه دریافت امواج اولیه صورت می‌گیرد.

زمین‌لرزه شمال و غرب کردستان، ترکیه و سوریه در ۶ فوریه ۲۰۲۳ خسارات اقتصادی و انسانی زیادی را به مناطق آسیب‌دیده وارد کرد. منطقه تحت‌تأثیر زمین‌لرزه ۶ فوریه، یک منطقه زلزله‌ای بسیار فعال است. زیرا در مرزهای سه صفحه زمین ساختی مختلف قرار دارد. این زمین‌لرزه به‌دلیل حرکت آهسته صفحات و قفل شدن لبه‌های آنها برای مدت طولانی و سپس نیروهایی که درنهایت بر اصطکاک غلبه کردند و لبه‌های صفحه به‌طور ناگهانی لیز خوردند، ایجاد شد. در مورد زلزله‌خیزی ناشی از مخزن (RIS)، پذیرفته‌شده‌ترین توضیح در مورد اینکه چگونه سدها باعث ایجاد زمین‌لرزه می‌شوند، این است که وقتی فشار آب ایجاد شده در ریزترک‌ها و شکاف‌های موجود در زمین در زیر و نزدیک یک مخزن در سنگ‌ها افزایش می‌یابد، گسل‌هایی را روان‌سازی می‌کند که از قبل تحت فشار زمین ساختی هستند، اما با اصطکاک سطوح سنگ از لغزش جلوگیری می‌شود. ژرفای مخزن مهم‌ترین عامل است، اما حجم آب نیز نقش مهمی در ایجاد زلزله دارد. زلزله‌خیزی ناشی از مخزن می‌تواند بلافاصله پس از پر شدن یک مخزن یا پس از یک تأخیر زمانی خاص اتفاق بیفتد. بیش از ۱۰۰ مورد زمین‌لرزه شناسایی شده وجود دارد که دانشمندان معتقدند توسط مخازن ایجاد شده‌اند.

براساس تحقیقات گزارش شده توسط زمین‌شناسان و کارشناسان، ساخت سد و درنتیجه جمع‌آوری مقادیر زیادی آب می‌تواند زمین ساخت صفحه زیر آن را تحت‌تأثیر قرار دهد و منجر به زلزله شود. به‌عنوان مثال، زلزله سال ۲۰۰۸ سیچوان در چین با بزرگای ۷٫۹، حدود ۸۰ هزار نفر تلفات داشت که به عقیده برخی زمین‌شناسان به ساخت سد زیپینگپو مرتبط بوده است. پروژه آناتولی جنوب شرقی متشکل از ۲۲ سد در یک منطقه بزرگ در قلمرو کردستان (جنوب شرقی ترکیه)، تا به امروز صدها روستا و شهر قدیمی در منطقه مانند شهر حسن کیف را ویران کرده است. ساخت سدها البته می‌تواند با مجموعه‌ای از اهداف تحسین‌برانگیز مانند تولید برق و بهبود تولیدات کشاورزی همراه باشد، اما در این مورد هدف اصلی، کنترل میزان و جهت جریان آب است که مستقیماً بر دسترسی به آب در عراق و سوریه اثر می‌گذارد.

۵-۸. ملاحظات زیست‌محیطی

براساس برآوردها زلزله ترکیه حدود ۱۱۶ تا ۲۱۰ میلیون تن آوار تولید کرد. جدول زیر مقدار پسماندهای گزارش شده در برخی از زلزله‌های بزرگ‌مقیاس را نشان می‌دهد.

جدول ۴. مقدار پسماندهای گزارش‌شده در برخی زلزله‌های بزرگ‌مقیاس

سال	حادثه	میزان پسماند تولید شده (میلیون تن)
۲۰۲۳	زلزله ترکیه	۱۱۶ تا ۲۱۰
۲۰۱۰	زلزله هائیتی	۲۳ تا ۶۰
۲۰۰۹	زلزله لاکوئیلا، ایتالیا	۱/۵ تا ۳
۲۰۰۸	زلزله سیچوان، چین	۲۰
۱۹۹۹	زلزله مرمره، ترکیه	۱۳
۱۹۹۵	زلزله بزرگ هانشین- آواجی، کوبه ژاپن	۱۵

آثار ثانویه این نخاله‌ها و آوار شامل زمین‌لغزش‌هایی است که به تخریب جاده‌ها و بخش‌های مختلف مناطق مسکونی انجامید و بر مشکلات امدادرسانی نیز افزود. دفن و دپوی آوار به تشکیل میدان‌های نخاله جدید در پیرامون شهرها و روستاها انجامید که بعضاً به آلودگی وسیع محیط پیرامون مناطق مسکونی منجر شد. لذا پیش‌بینی‌های لازم برای کنترل آوار در مناطق لرزه‌خیز در پیشگیری از بسیاری از آلودگی‌های بعدی بسیار حائز اهمیت است. علاوه‌بر اقدامات پیشگیرانه، به‌منظور مدیریت صحیح پسماند در زمان بحران و حوادث طبیعی نظیر زلزله نیاز به تهیه طرحی تحت‌عنوان «برنامه مدیریت پسماند در بحران» است.

در زمان وقوع یک بحران یا بلای طبیعی، حجم زیادی از پسماندها در اثر آسیب به محیط‌ها و تأسیسات انسان ساخت و طبیعی ایجاد می‌شود. عدم مدیریت صحیح و ضعف در اجرای سریع عملیات پاک‌سازی محیط بعد از وقوع بلایا منجر به زمان‌بر شدن عملیات اسکان موقت و بازسازی، افزایش هزینه‌ها و به خطر افتادن سلامت شهروندان و تخریب محیط زیست می‌شود. مهم‌ترین فعالیت‌های اجرایی برنامه مدیریت پسماند در بحران در شکل زیر ارائه شده است و در بحران‌هایی نظیر زلزله باید از همین امروز مدنظر قرار گیرد.

شکل ۱۴. مدل «برنامه مدیریت پسماند در بحران» [۲۴]

۹. بیان چالش‌ها و ارائه پیشنهادات راهبردی

زمین لرزه‌های ویرانگری که در ۶ فوریه ۲۰۲۳ ترکیه و سوریه را لرزاند، چالش‌های متعددی را برای مناطق آسیب‌دیده ایجاد کرده است. برخی از مهم‌ترین چالش‌هایی را که جوامع، دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی آسیب‌دیده پس از فاجعه با آن مواجه هستند و راهکارهای پیشنهادی، در این بخش مورد بحث قرار می‌گیرد. یکی از فوری‌ترین چالش‌هایی که مناطق آسیب‌دیده با آن مواجه هستند، یافتن بازماندگان و ارائه به‌موقع عملیات نجات است. ابعاد فاجعه در زلزله ترکیه با فروریختن هزاران ساختمان، دسترسی تیم‌های جستجو و نجات به مناطق آسیب‌دیده را دشوار کرده بود. علاوه‌بر این، درگیری‌های جاری در منطقه، تلاش‌های امدادی و دسترسی به جوامع آسیب‌دیده را پیچیده‌تر کرد. همچنین ارزیابی میزان آسیب به زیرساخت‌ها، از جمله جاده‌ها، پل‌ها، بیمارستان‌ها، مدارس و سایر تأسیسات عمومی، همواره چالش مهمی برای مناطق آسیب‌دیده است. بازسازی این تأسیسات آسیب‌دیده، فرایندی طولانی و دشوار خواهد بود که نیازمند منابع مالی و تخصص قابل توجهی است. زمین‌لرزه ۶ فوریه ۲۰۲۳ در ترکیه خسارات و تلفات قابل توجهی بر جای گذاشت. این رویدادهای ویرانگر چندین درس استراتژیک را ارائه می‌دهند که می‌توان برای افزایش آمادگی، واکنش و تلاش‌های بازیابی برای زلزله‌های آینده آموخت. این تحلیل جامع درس‌های راهبردی کلیدی آموخته‌شده از زمین‌لرزه‌های ترکیه، از جمله بهبود انعطاف‌پذیری زیرساخت‌ها، سیستم‌های هشدار اولیه، هماهنگی واکنش اضطراری، آگاهی عمومی و آموزش و همکاری بین‌المللی را مورد بحث قرار می‌دهد.

تاب‌آوری زیرساخت‌ها و تأسیسات حیاتی

یکی از درس‌های مهمی که از زلزله‌های ترکیه باید آموخته شود، اهمیت افزایش تاب‌آوری زیرساخت‌هاست. زمین‌لرزه‌های ۶ فوریه ۲۰۲۳

خسارات زیادی به ساختمان‌ها، پل‌ها، جاده‌ها و دیگر عناصر زیرساختی حیاتی وارد کرد. این موضوع نیاز به اجرای قوانین و استانداردهای سختگیرانه ساختمانی که ریسک‌های زلزله را در نظر می‌گیرند، برجسته کرد. مقاوم‌سازی سازه‌های موجود برای مقاومت در برابر زلزله نیز باید در اولویت قرار گیرد. علاوه‌بر این، ترکیب اصول طراحی قابل انعطاف در پروژه‌های زیرساختی می‌تواند به کاهش اثر رویدادهای زلزله‌های آینده کمک کند. همچنین با توجه به درس‌آموخته‌های زلزله ترکیه و لزوم حفظ قابلیت خدمت‌رسانی بیمارستان‌ها و مراکز درمانی در زمان بروز بلایا، ضروری است مقاوم‌سازی پروژه‌های با اهمیت ملی و خصوصاً مراکز درمانی از طریق سازوکارهای نوین تأمین منابع مالی، حمایت شود تا بتوان عمر مفید و تاب‌آوری ساختمان را به استانداردهای رایج در دنیا، نزدیک نمود. لذا رسیدن به سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه زیرساخت‌های حیاتی، بیمارستان‌ها و مراکز درمانی در زمان وقوع حوادثی همچون زلزله، خصوصاً در مناطق پرخطر بسیار حائز اهمیت است.

ملاحظات زمین‌شناختی در زلزله

سطوح مختلف تخریب و اختلافات قابل توجه در نوع آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌ها در زلزله ترکیه نشان‌دهنده احتمال تأثیرگذاری شرایط ساختگاهی و ژئوتکنیکی بر تشدید تخریب‌هاست. بنابراین با توجه به این مسئله می‌توان گفت یکی از ضعف‌های طراحی در ساختمان‌های تخریب یافته، عدم توجه به شرایط ساختگاهی ساختمان‌ها بوده است. با توجه به سطح بالای آب زیرزمینی و بروز آب‌گرفتگی در برخی از مناطق ساحلی و آمار قابل توجه تخریب ساختمان‌ها با فرم واژگونی و بروز ضربات سنگین سازه‌ها به یکدیگر در این نواحی، احتمال رخداد پدیده روان‌گرایی و تأثیر آن بر تخریب‌ها را مطرح می‌کند. لذا ضروری است احتمال تأثیرگذاری شرایط ژئوتکنیکی و ساختگاهی (به شکل زمین لغزش، روان‌گرایی، گسلش سطحی و...) در طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله از طریق کنترل ظرفیت باربری خاک، پایداری فونداسیون، واژگونی و... در نظر گرفته شود.

دلایل احتمالی بروز خسارات ساختمان‌های بتنی

با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته بر روی مستندات موجود از زلزله‌های اخیر ترکیه، موارد محتمل که در آسیب‌ها و تخریب‌های صورت گرفته در حوزه ساختمان‌های بتن مسلح مطرح است عبارتند از: ایجاد طبقه نرم؛ شتاب قابل توجه افقی و قائم زلزله؛ ضعف‌های اجرایی سازه؛ کیفیت نامناسب مصالح به‌ویژه بتن؛ سیستم دال تخت بر روی ستون‌های ضعیف؛ شکست برشی در ستون‌ها؛ آسیب در اجزای غیرسازه‌ای؛ عدم بهره‌گیری از ظرفیت دیوارهای برشی؛ عدم رعایت درز انقطاع مناسب؛ تأثیرگذاری شرایط ژئوتکنیکی و ساختگاهی.

قوانین ساختمانی و ضوابط لرزه‌ای

شواهد نشان می‌دهد که قوانین ساختمانی در سوریه در اولویت نبوده و سازه‌ها با هر آنچه در دسترس بود ساخته و بازسازی شده‌اند، اما در ترکیه، علی‌رغم وجود قوانین ساختمانی مناسب در برابر زلزله، آسیب‌پذیری‌ها همچنان ادامه دارد. شناسایی و کاهش آسیب‌پذیری و ایجاد انعطاف‌پذیری بلندمدت کلیدی برای آینده‌ای امن‌تر است. برای افزایش مقاومت در برابر زلزله، قوانین ساختمانی باید هم وجود داشته باشد و هم رعایت شود. صنعت ساختمانی با مقررات ضعیف در منطقه‌ای با خطر لرزه‌ای شناخته‌شده، عاملی کشنده است. بخشی از راه‌حل ممکن است توسعه ابزارهای مقرون‌به‌صرفه و کمپین‌های آگاهی مصرف‌کننده باشد که شهروندان را قادر می‌سازد تا برای بررسی ایمنی املاکی که قصد خرید یا اجاره آن را دارند اقدام کنند.

حریم گسل و ضوابط ساخت‌وساز در پهنه‌های گسلی

با توجه به قرارگیری درصد بالایی از بافت فرسوده و ساختمان‌های بلندمرتبه در پهنه‌های گسلی در برخی شهرها و روند رو به رشد احداث و گسترش شهرها و شهرک‌های جدید در پهنه‌های گسلی، لذا تدقیق نقشه‌های گسل و حریم آنها باید در اولویت برنامه‌های پیشگیری و کاهش خطر حوادث طبیعی قرار گیرد. این اقدام می‌تواند تأثیر بسزایی در ارتقای تاب‌آوری شهری و ایجاد و توسعه شهرهای امن داشته باشد. به‌منظور کنترل و کاهش ریسک در شهرسازی‌های آتی و ارتقای تاب‌آوری شهری در برابر زلزله، لازم است رعایت حریم گسل‌ها و ضوابط ساخت‌وساز در پهنه‌های گسلی به‌صورت اجبار در آمده و نظارت کافی در این رابطه ازسوی دستگاه‌های نظارتی ازجمله شهرداری‌ها و سازمان نظام مهندسی ساختمان صورت گیرد. به‌طورکلی باید از توسعه شهری در مناطق پرخطر جلوگیری به عمل آمده و در مورد ساختمان‌های احداث شده در پهنه‌های گسلی نیز اقداماتی همچون مقاوم‌سازی، تغییر کاربری و... صورت گیرد. همچنین بازنگری عاجل در روند فزاینده بلندمرتبه‌سازی و متراکم‌سازی در کلیه شهرها و خصوصاً مناطق شمالی تهران بسیار حائز اهمیت است. برای این منظور، ملاحظات استقرار در حریم گسل، پدافند غیرعامل، مدیریت بحران، امداد و نجات و تحلیل آثار تجمعی مجموع بارگذاری‌های جدید باید در تمام برنامه‌ریزی‌ها و سیاستگذاری‌های شهری در نظر گرفته شود.

مسامحه و رواداری در برخورد با تخلفات ساختمانی

یکی از عواقب بروز و تشدید تخلفات ساختمانی، افزایش خطرپذیری شهرها در برابر حوادث پیش‌بینی نشده نظیر زلزله است؛ زیرا میزان خسارات ارتباط تنگاتنگی با حجم و تعداد ساخت‌وسازها و تخلفات ساختمانی دارد. با رشد و گسترش ساخت‌وساز غیراصولی، ایمنی خصوصاً در مناطق حاشیه‌ای شهرها به خطر افتاده و از طرفی مناطق مرکزی نیز به بافت فرسوده تبدیل می‌شوند که پیامدهای بسیاری

در پی دارد. با توجه به رواج تخلفات ساختمانی و رواداری قوانین این حوزه که اغلب منجر به بخشودگی یا اخذ جرائم می‌شود و با علم به تمام محدودیت‌های فنی و اقتصادی، هیچ‌گونه مسامحه‌ای در رکن ایمنی تخلفات ساختمانی نباید صورت بگیرد. بخشودگی و اخذ جرائم در برخورد با این تخلفات، منفعتی برای اقشار بی‌بضاعت نداشته، بلکه تنها به نفع سوداگران این حوزه است که عامدانه به عادی‌سازی تخلفات در جامعه دامن می‌زنند. لذا علاوه‌بر ضرورت اصلاح ماده (۱۰۰) قانون شهرداری‌ها، دستگاه‌های نظارتی نیز موظفند در راستای ارتقای عملکرد نظارتی خود در زمینه کنترل رعایت قوانین و مقررات، اجرای طرح‌های مصوب شهری و روستایی، جلوگیری از فساد اداری و برخورد با متخلفین عزم جدی داشته باشند. همچنین ضروری است از بارگذاری متراکم و طبقاتی (ورای ظرفیت تجمعی امداد و نجات و تردد در شبکه ارتباطی پیرامون) در احکام و آرای کمیسیون ماده (۵) و کمیسیون ماده (۱۰۰) نیز جلوگیری به عمل آید. چراکه صرفاً احداث بناهای ایمن در محیط‌های با خطرپذیری بالا نمی‌تواند رافع ریسک وقوع مخاطرات سنگی همچون زلزله باشد و بارگذاری‌های متراکم در یک منطقه با ظرفیت محدود عملاً ظرفیت‌های امدادرسانی در زمان بحران را به حداقل می‌رساند.

فساد و رشوه در فرایند ساخت‌وسازهای شهری

علی‌رغم وجود قوانین جامع ساختمانی و لرزه‌ای در کشور، وجود فساد و رشوه در نظامات اداری و رویه‌های مدیریت شهری و همچنین ضعف در فرایند نظارت بر رعایت قوانین ساخت‌وساز عملاً نقش مؤثر این قوانین را در حفظ بناها و امنیت جانی و مالی افراد تحت تاثیر قرار می‌دهد. تجربه زلزله ترکیه و پابرجا ماندن بسیاری از ساختمان‌های تقریباً سالم در کنار خرابه‌های فروریخته می‌تواند گویای فساد گسترده در بعد نظارتی و عدم رعایت قوانین ساختمانی و ضوابط لرزه‌ای توسط برخی سازندگان باشد. لذا دستگاه‌های نظارتی از جمله شهرداری‌ها و سازمان نظام مهندسی ساختمان باید در راستای ارتقای عملکرد نظارتی خود در زمینه کنترل رعایت قوانین و جلوگیری از فساد اداری و برخورد با متخلفین عزم جدی داشته باشند. برخورد و حل این معضل در سیستم مدیریتی ناکارآمد به آسانی امکان‌پذیر نیست و نیازمند عزم جدی و تلاش مستمر و مبارزه مستمر با روزنه‌های بروز فساد اداری و مالی است.

سامانه‌های هشدار پیش‌هنگام

لزوم اجرای سامانه‌های هشدار پیش‌هنگام مؤثر، درس ارزشمندی از زلزله‌های ترکیه بود. سامانه‌های هشدار پیش‌هنگام می‌توانند چند ثانیه یا حتی چند دقیقه از قبل از وقوع زلزله اطلاع‌رسانی کنند و به سامانه‌ها و تأسیسات و در شرایطی حتی به شهروندان این امکان را می‌دهند تا اقدامات حفاظتی و خدمات اضطراری را برای شروع اقدامات واکنشی انجام دهند. سرمایه‌گذاری در فناوری پیشرفته پایش لرزه‌ای و توسعه سامانه‌های هشدار پیش‌هنگام می‌تواند تلفات و خسارات ناشی از زلزله را به میزان قابل‌توجهی کاهش دهد.

هماهنگی پاسخ واکنش اضطراری

تجربه زمین‌لرزه‌های ترکیه بر اهمیت هماهنگی کارآمد واکنش اضطراری تأکید کرد. هماهنگی آژانس‌های مختلف واکنش، ازجمله سازمان‌های مدیریت اضطراری، تیم‌های جستجو و نجات، خدمات پزشکی و نهادهای دولتی، برای واکنش به‌موقع و مؤثر در سوانح بسیار مهم است. ایجاد خطوط ارتباطی واضح، تعیین نقش‌ها و مسئولیت‌ها، انجام تمرینات و تمرینات منظم و تقویت همکاری بین سازمانی از اجزای ضروری هماهنگی موفق واکنش اضطراری است.

آگاهی عمومی و آموزش

افزایش آگاهی عمومی و آموزش در مورد آمادگی در برابر زلزله درس دیگری است که از زلزله ترکیه باید آموخت. آموزش مردم در مورد ریسک‌های زلزله، اقدامات ایمنی و پروتکل‌های واکنش می‌تواند مدیران و شهروندان را برای انجام اقدامات مناسب قبل، حین و بعد از زلزله توانمند کند. این موضوع شامل سناریوسازی و برنامه‌ریزی درخصوص وقوع مخاطراتی همچون زلزله با تأکید بر مناطق متراکم و پرخطر، ترویج داشتن برنامه مدیریت بحران در سطح ساختمان، محله، مدرسه، دانشگاه، اداره، سازمان دولتی و خصوصی و...، ایمن‌سازی اثاثیه و وسایل، ایجاد کیت‌های تدارکات اضطراری، توسعه طرح‌های اضطراری خانوادگی و انجام تمرین‌های منظم است.

همکاری بین‌المللی

زمین لرزه‌های ترکیه اهمیت همکاری بین‌المللی در مدیریت سوانح را برجسته کرد. کمک بین‌المللی ۱۱۰ کشور به ترکیه در روزها و هفته‌های بعد از زلزله و همکاری گسترده‌ای که این کشور با کشورهای غنی و درحال‌توسعه جهان دارد کمک بزرگی به گذراندن مراحل دشوار پاسخ به زلزله بود. به اشتراک‌گذاری دانش، تخصص و منابع با سایر کشورهایی که رویدادهای لرزه‌ای مشابهی را تجربه کرده‌اند می‌تواند کمک زیادی به بهبود واکنش و اقدامات بازسازی و بازیابی پس از حادثه کند. طرح‌های مشترک می‌تواند شامل پروژه‌های تحقیقاتی مشترک، برنامه‌های تبادل دانش، کارگاه‌های ظرفیت‌سازی و موافقت‌نامه‌های کمک‌های متقابل باشد. با تقویت همکاری‌های بین‌المللی، کشورها می‌توانند از تجربیات یکدیگر بیاموزند و برای توسعه استراتژی‌های مؤثرتر برای مقاوم‌سازی در برابر زلزله با یکدیگر همکاری کنند.

۱۰. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

زمین‌لرزه‌های ۶ فوریه ۲۰۲۳ ترکیه خسارات و تلفات قابل توجهی به‌همراه داشتند. بااین‌حال، درس‌های راهبردی ارزشمندی برای افزایش آمادگی در برابر زلزله، هماهنگی واکنش و تلاش‌های بازسازی و بازیابی برجا گذاشت. مشابهت شرایط ایران و ترکیه امکان به‌کارگیری درس‌های زلزله ترکیه را در ایران فراهم می‌کند. بهبود تاب‌آوری زیرساخت‌ها، اجرای سامانه‌های هشدار پیش‌هنگام، تقویت هماهنگی واکنش اضطراری، افزایش سطح آگاهی عمومی و آموزش و تقویت همکاری‌های بین‌المللی، زمینه‌های کلیدی هستند که برای کاهش اثر تخریبی زلزله‌های آینده نیاز به توجه دارند. در زیر به‌عنوان جمع‌بندی چند محور ارائه می‌شود:

در ۶ فوریه سال ۲۰۲۳ دو زمین‌لرزه بزرگ در پازارجیک و البیستان به فاصله تقریبی ۹ ساعت به وقوع پیوست. درمجموع ۱۱ استان به‌شدت تحت‌تأثیر این زمین‌لرزه‌ها قرار گرفتند. دو ماه بعد از زلزله گزارش شد که نزدیک به ۵۱ هزار کشته شده‌اند و تقریباً ۲۱۵ هزار ساختمان کاملاً ویران شده یا آسیب جدی دیده‌اند. در برخی مکان‌ها، بزرگ‌ترین مقادیر اوج افقی شتاب زمین، زمین‌لرزه‌های اول و دوم به‌ترتیب تقریباً ۳ و ۱,۷۵ برابر فراتر از شتاب‌های آیین‌نامه بود. بیشتر ساختمان‌های فروریخته و آسیب‌دیده شدید در منطقه بین سال‌های ۱۹۷۵ و ۲۰۰۰ ساخته شده بودند، زمانی که بازرسی‌های محلی نادر بوده یا وجود نداشتند. علاوه‌بر بیشینه شتاب‌های ثبت شده در این زمین‌لرزه‌ها، تأیید شد که طراحی و ساخت این ساختمان‌ها به‌طور کامل با آیین‌نامه‌های زلزله معتبر در آن زمان مطابقت نداشته‌اند. ساختمان‌های فروریخته و الگوی آسیب‌های آنها، توسعه نامناسب، نقص در مصالح ساختمانی و پیکربندی اشتباه آرماتورها، عدم انطباق با محل اجرا، نقض ضابطه تیر به ستون و مسائل مربوط به بازرسی ساختمان را تأیید می‌کند.

شتاب‌های ثبت شده در زلزله‌های ۶ فوریه ۲۰۲۳ که به‌عنوان یکی از دلایل اصلی آسیب گسترده شناخته شد، موجب شد تا ارزیابی مجدد همه شتاب‌های پیشنهاد شده در نقشه‌های پهنه‌بندی در امتداد گسل فعال در دستور کار قرار گیرد. اثرات زلزله اول با بزرگای ۷.۸ که گسیختگی آن در پازارجیک استان قهرمان مرعش شروع شد، بسیار شدید بود. بررسی طیف نگاشت‌های ثبت شده نشان داد که سازه‌ها بسیار فراتر از سطوح طراحی معمولی خود بارگذاری شده بودند. این امر در ترکیب با مؤلفه‌های جنبش عمودی قابل‌توجه در پهنه پیرامون گسل زمین لرزه‌ای عامل مؤثر در فروریختن بسیاری از ساختمان‌ها در منطقه زلزله زده بود.

در زلزله‌های ۶ فوریه ۲۰۲۳ ترکیه، ۱۱ استان در مناطق شرقی و جنوب شرقی آناتولی با جمعیت ۱۴ میلیون نفر، مستقیماً تحت‌تأثیر قرار گرفتند. این زمین‌لرزه‌ها از مخرب‌ترین زمین‌لرزه‌های تاریخ ترکیه بودند که تقریباً ۳ برابر بیشتر از زلزله کوجائلی- مرمره در ۱۷ اوت ۱۹۹۹ خسارت مالی و جانی به بار آوردند. ویرانی‌های سنگین در برخی از استان‌ها و شهرستان‌های متأثر از زلزله اشتباهات طراحی و عدم رعایت الزامات طراحی براساس آیین‌نامه زلزله ترکیه در بعضی مناطق زلزله‌زده را نشان داد. علاوه‌بر این، استقرار مناطق مسکونی در مناطق پرخطر به‌ویژه توسعه شهرها در امتداد گسل‌های فعال و لرزه‌زا بدون رعایت هیچ‌گونه اقدامات احتیاطی موجب تشدید خرابی‌ها شد.

خسارات / هزینه‌های ناشی از زلزله در بخش‌های اجتماعی (مسکن، آموزش، بهداشت، اشتغال، محیط زیست)، زیرساختی (آب و فاضلاب، خدمات شهری، انرژی، حمل‌ونقل، ارتباطات) و اقتصادی (کشاورزی، معدن، صنایع تولیدی، گردشگری) وارد شده است. زلزله‌های ۶ فوریه ۲۰۲۳ بار دیگر اهمیت ساخت شهرها و زیرساخت‌های تاب‌آور در برابر زلزله را نشان دادند. علاوه‌بر خسارات عمده در زندگی انسان، خسارت به سرمایه فیزیکی بسیار پرهزینه بود. بار هزینه‌ای منابعی که باید صرف برقراری کامل و مجدد زندگی در شهرها شود نیز بسیار سنگین است. برجسته‌ترین خسارت زلزله بر اقتصاد ترکیه خسارت ۵۴,۹ درصدی واحدهای مسکونی (۱۰۷۳,۹ میلیارد لیر ترکیه معادل ۵۶,۹ میلیارد دلار آمریکا) است. دومین آسیب بزرگ، تخریب زیرساخت‌های عمومی و آسیب به ساختمان‌های خدمات عمومی (۲۴۲,۵ میلیارد لیر ترکیه معادل ۱۲,۹ میلیارد دلار آمریکا) بوده است. خسارت وارد شده به بخش خصوصی به‌جز مسکن حدود ۲۲۲,۴ میلیارد لیر ترکیه، معادل ۱۱,۸ میلیارد دلار آمریکا برآورد شد. این دسته شامل صنایع تولیدی، انرژی، ارتباطات، گردشگری، مراقبت‌های بهداشتی، بخش‌های آموزشی و آسیب به واحدهای تجاری کوچک و مساجد می‌شود. همچنین با توجه به خسارات وارده به بخش بیمه، تلفات و آثار کلان اقتصادی، برآورد می‌شود که کل بار فاجعه زلزله بر اقتصاد ترکیه حدود ۲ تریلیون لیر ترکیه، معادل ۱۰۳,۶ میلیارد دلار آمریکا بوده است که در سال ۲۰۲۳ به حدود ۱۰ ٪ تولید ناخالص داخلی کشور رسید.

پابرجا ماندن بسیاری از ساختمان‌های تقریباً سالم در کنار خرابه‌های فروریخته، علی‌رغم توزیع مشابه سطح تنش لرزه‌ای در منطقه، می‌تواند دلیلی بر اثبات فساد گسترده و عدم رعایت قوانین ساختمانی و ضوابط لرزه‌ای توسط برخی سازندگان باشد. طبق برآورد تقریبی انجام‌شده، تقریباً نیمی از ساختمان‌ها در زمان زلزله ترکیه با قوانین ساختمانی مطابقت نداشته‌اند. کیفیت پایین ساخت‌وساز به‌دلیل صرفه‌جویی در هزینه‌ها و افزایش سود، توسعه شهری سریع و سودجویی از عوامل مهم عدم توجه به رعایت قوانین ساختمانی در این کشور بوده است.

شکل ۱۵. گسلش حیرت‌انگیز در اراضی باغی

منابع و مآخذ

1. AFAD, 2023. 6Şubat 2023 Kahramanmaraş. Pazarcık Ve Elbistan Depremleri Saha Çalişmalari Ön Değerlendirme Raporu. Deprem Dairesi Başkanliği, 24 Şubat 2023: https://deprem.afad.gov.tr/assets/pdf/Arazi_Onrapor_28022023_surum1_revize.pdf.

2. Aksoy, E., İnceöz, M., Koçyiğit, A., 2007. Lake Hazar Basin: a Negative Flower Structure on the East Anatolian Fault System (EAFS), SE Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences Vol.16, 2007, pp. 1-TÜBİTAK.

3. Arpat, E. ve Şaroğlu, F., 1972. Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü. Ankara ss:44-50.

۴. زارع، مهدی و همکاران. گزارش «شناسایی مناطق زلزله‌زده زلزله‌های ۶ فوریه ۲۰۲۳ ترکیه»، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، ۱۴۰۲.

5. Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F. 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası. Ölçek 1:1.250.000, VI+89s.+bir pafta, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30, Ankara-Türkiye.

6. Erdik, M., Tümsa, M. B. D., Pınar, A., Altunel, E., and Zülfikar, A. C., 2023, A preliminary report on the February 6, 2023 earthquakes in Türkiye, http://doi.org/10.32858/temblor.297, https://temblor.net/temblor/preliminary-report-2023-turkey-earthqua.

7.Harita Genel Müdürlüğü HGM – ATLAS uygulaması. https://atlas.harita.gov.tr/#5/39/35, Erişim tarihi: 22.02.2023.

8. Jackson, J. and McKenzie, D. P., 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. Geophysics J. R. Ast. Soc. 1984. 77, 185-264.

9. Lyberis, N. T., Yürür, T., Chorowicz, J., Kasapoğlu, E., Gündoğdu, N., 1992. The East Anatolian Fault: an oblique collisional belt. Tectonophysics 204, 1-15.

10. Nalbant, S. S., McCloskey, J., Steacy, S. and Barka, A. A., 2002. Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey. Earth and Planetary Science Letters 195 (2002) 291- 298. Elsevier P.

11.Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, i., 1992. The East Anatolian fault zone of Turkey. Annales Tectonicae, Special Issue-Supplement to volume VI, 99-125.

12.Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape; Turkey as a case study, in; Biddle K.T., Christie –Blick N. (Eds.), Strike-slip Faulting and Basin Formation, Soc. Econ.Paleont.

13. Westaway, R., 2003. Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean Updated. Turkish Journal of Earth Sciences. Vol.12, 2003, pp. 5-46. TÜBİTAK.

۱۴. واکاوی زمینه‌ها و دلایل تخلفات ساختمانی در شهرها، تبعات و راهکارهای پیشنهادی، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۲.

۱۵. گزارش نظارتی- ارزیابی وضعیت بازسازی و نوسازی ساختمان‌ها و مناطق آسیب‌دیده از سوانح طبیعی؛ درس‌آموخته‌ها و ارائه پیشنهادات راهبردی، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۲.

۱۶. ملاحظات ساخت‌وساز در حریم گسل، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۲.

۱۷. بررسی لایحه برنامه هفتم توسعه؛ پیشگیری و مدیریت بحران، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۲.

۱۸. گزارش تکمیلی و آموزه‌هایی از زمین‌لرزه ۶ فوریه ۲۰۲۳ ترکیه، پژوهشکده سوانح طبیعی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ۱۴۰۱.

۱۹. حق‌شناس، ابراهیم و رخشنده، معصومه. بررسی و مقایسه زمین‌لرزه‌های ۶ فوریه ترکیه با زلزله‌های بزرگ ایران از جنبه مخاطرات زمین‌شناختی و ژئوتکنیکی، وبینار مخاطرات زمین‌شناختی در زمین‌لرزه ترکیه، ۱۴۰۲.

۲۰. بررسی و مقایسه زمین‌لرزه‌های ۶ فوریه ترکیه با زلزله‌های بزرگ ایران از جنبه مخاطرات زمین‌شناختی و ژئوتکنیکی، وبینار مخاطرات زمین‌شناختی در زمین‌لرزه ترکیه ،۱۴۰۲.

۲۱. نگاهی به زلزله ترکیه با رویکرد شعار سال ۲۰۲۳، گاهنامه شماره ۲ گروه مدیریت خطر بلایا و حوادث، معاونت بهداشت وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، ۱۴۰۲.

22. Turkiye earthquakes recovery and reconstruction assessment, www.sbb.gov.tr, 2023.

۲۳. بیت‌اللهی، علی و همکاران. زلزله‌های ۷٫۷ پازارچیک و ۷٫۶ البیستان (قهرمان مرعش)، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۴۰۱.

۲۴. مدیریت پسماند شهر تهران در شرایط بحران (بلایای طبیعی)، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۴۰۱.

گزیده سیاستی

مهم‌ترین ارکان مدیریت شهری در حوزه کاهش ریسک و خسارات ناشی از زلزله را می‌توان در اجرای صحیح قوانین ساختمانی و ضوابط لرزه ای، نظارت صحیح و عدم مسامحه در برخورد با تخلفات ساختمانی، رعایت ضوابط ساخت‌وساز در پهنه‌های گسلی و ارتقاء سامانه های پیش هشدار زلزله خلاصه کرد.

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

تهران، خیابان پاسداران، روبروی پارک نیاوران، ضلع جنوبی، پلاک ۸۰۲

تلفن: ۲۵۱۸۲۰۰۰ صندوق پستی: ۱۹۳۹۵-۵۸۵۵ پست الکترونیک: rrc@majlis.ir

وبسایت: rc.majlis.ir