

# تجربه زلزله در دهه اخیر

ترجمه آیت کریمی

یادداشت مترجم

هفدهم ژانویه ۱۹۹۴ روزی است که در تاریخچه‌های مهندسی زلزله و بیمه زلزله ثبت خواهد شد. در بامداد این روز زلزله معروف لوس آنجلس کالیفرنیا در منطقه نرت ریج واقع در شمال لوس آنجلس به وقوع پیوست. در این حادثه تعداد بی شماری ساختمان به ظاهر سالم و ایمن نابود شد و از بین رفت. این حادثه اطمینانی را که به روشهای شناخته شده در طراحی ساختمانها برای مقاومت در برابر زلزله‌های شدید ایجاد شده بود از بین برد. زلزله مزبور نشان داد که پیش‌بینی‌هایی که قبلاً در مورد میزان بالقوه خسارت‌های زلزله‌های بزرگ انجام گرفته بود با واقعیت همراه نبوده و میزان خسارت‌های وارده بیش از پیش‌بینیها بوده است. گرچه این زلزله از نوع بزرگ و شدید نبود، ولی واقعیت انکارناپذیری را ثابت کرد و آن اینکه ساختمانهای کالیفرنیا و زیرسازی بناها از ایمنی کافی در مقابل زلزله برخوردار نبوده و همگی به شدت در مقابل تکانهای زلزله آسیب پذیرند و خطر، کل اقتصاد این ایالت را تهدید می‌کند. هنگامی که در سال ۱۹۸۲ طوفان آندرو در سواحل شرقی ایالات متحده آمریکا به وقوع پیوست زنگ خطری بود برای مسئولان که نشان داد پیش‌بینی خسارتها در مقابل این حوادث چقدر از واقعیت به دور بوده است زیرا خسارت‌های وارده به ساختمانها و زیرسازی بناها خیلی بیش از میزانی بود که تصور می‌رفت. در مقایسه با این حادثه زلزله کالیفرنیا تجربه دیگری بود که نشان داد پیش‌بینی‌ها بیشتر بر مفروضات مطلوب تکیه داشته است و آن چیزی که در عمل رخ داده خیلی بیشتر از ارقام پیش‌بینی شده است. به همین منظور برای اجتناب از تکرار این تجربه‌ها و هماهنگی پیش‌بینیها با واقعیتها در آینده، کلیه عوامل مؤثر در برآورد پتانسیل میزان بالقوه خسارتها و نحوه پیشگیری و طراحی ساختمانها باید مورد بررسی مجدد قرار گیرند و اصلاح شوند. بیمه‌گران و بیمه‌گران اتکایی سراسر جهان باید در اندیشه طراحی پوشش جدید بیمه زلزله برای بازار بیمه آینده

جهان باشند. در این طرح باید به نیاز مشتریان این رشته توجه کافی مبذول شود و بیمه‌گران هم با تهیه جدول برای خطرهای فاجعه‌آمیز، ظرفیت مناسبی را برای نگهداری خود در نظر بگیرند. به همین منظور، شماره ویژه‌ای (منبع این مقاله)<sup>۲</sup> به زلزله نرت ریج کالیفرنیا اختصاص یافت که ضمن کارشناسی خسارت‌های ناشی از این زلزله تجربه ده سال گذشته خسارت‌های زلزله دنیا نیز مورد بررسی قرار گرفت. هدف اصلی که ما در ترجمه و انتشار این ویژه‌نامه تعقیب کرده‌ایم این است که بررسی تجربه خسارت‌های زلزله طی ده سال گذشته چراغ راهی باشد و دانشی به خوانندگان عرضه دارد که آنان بتوانند از این دانش و تجربیات برای تحقیقات عملی و مهندسی زلزله بهره‌مند شوند.

### زلزله نرت ریج کالیفرنیا - ۱۷ ژانویه ۱۹۹۴

زلزله نرت ریج کالیفرنیا با قدرت ۶/۸ در مقیاس ریشتر، رکورد سنگین‌ترین خسارت را بعد از زلزله سانفرانسیسکو که در سال ۱۹۰۶ به وقوع پیوست به خود اختصاص داد. خسارت اقتصادی ناشی از این زلزله بیش از ۳۰ میلیارد دلار برآورد شده که از نظر ابعاد و حجم خسارت شبیه خسارت طوفان آندرو است که در سال ۱۹۹۲ در بخش جنوبی ایالت فلوریدای آمریکا رخ داد. بیمه‌گران هنوز نتوانسته‌اند سهم خود از خسارت‌های این زلزله را محاسبه کنند ولی آخرین برآوردها نشان می‌دهد که سهم بیمه‌گران و بیمه‌گران اتکایی افزون بر هفت میلیارد دلار باشد. ارقام نشان می‌دهد که خسارت‌های بیمه شده این زلزله خیلی بیشتر از خسارت لومپرتا است که در سال ۱۹۸۹ (با ۷/۱ ریشتر با حجم خسارت‌های بیمه شده ۹۲۰ میلیون دلار) در نزدیکی سانفرانسیسکو رخ داد. گرچه این زلزله، بزرگ‌ترین زلزله تاریخ آمریکا نیست و خسارت‌های وارده خیلی بیشتر از خسارت‌های بیمه شده است ولی خسارت‌های بیمه شده پیام جدیدی برای صنعت بیمه جهان دارد و آن این است که باید در محاسبه‌ها و برآوردهای خسارت‌های ناشی از خطرهای فاجعه‌آمیز به شدت حجم و ابعاد گسترده آنها توجه ویژه‌ای مبذول شود. مقررات ساختمانی که در کالیفرنیا اجرا می‌شود بر اساس تجربه خسارتی زلزله نهم فوریه سال ۱۹۷۱ با ۶/۶ ریشتر تنظیم شده است. تراکم شهرها بالا رفته و فشرده‌تر شده‌اند. زلزله ۱۷ ژانویه لوس آنجلس اطلاعات کلیدی ذی‌قیمتی را در رابطه با برآورد پتانسیل خسارت‌ها به دست می‌دهد که ارزیابی و بررسی مجدد محاسبه‌های قبلی برای شهرهای بزرگی همانند سانفرانسیسکو و لوس آنجلس را ضروری می‌سازد.

## خسارت‌های زلزله در ایالت کالیفرنیا در قرن بیستم

تاریخ، محل وقوع زلزله و شدت آن	قربانیان	کل خسارتهای اقتصادی (میلیون دلار)	خسارتهای بیمه شده (میلیون دلار)
۱۹۰۶ سانفرانسیسکو با ۸/۳ ریشتر	۲۰۰۰	۵۲۴	بیش از ۳۰۰
۱۹۳۳ لانگ بیچ با ۶/۳ ریشتر	۱۱۶	۳۸/۵	—
۱۹۷۱ سانفرناندو با ۶/۶ ریشتر	۶۵	۵۳۵	۵۰
۱۹۸۹ لوما پرتا (سانفرانسیسکو) با ۷/۱ ریشتر	۶۳	۶۰۰۰	۹۲۰
۱۹۹۴ نرت ریج با ۶/۸	۶۰	بیش از ۳۰/۰۰۰	بیش از ۷۰۰۰

### نکات مورد توجه

— شدت زلزله نرت ریج در گزارشهای اولیه، ۶/۶ ریشتر ذکر شده بود که با محاسبه‌های دقیق‌تر و تجزیه و تحلیل به عدد ۶/۸ ریشتر رسید.

— مرکز زلزله در دو کیلومتری جنوب شرقی مرکز نرت ریج واقع در دره سانفرانسیسکو و در حدود ۳۲ کیلومتری شمال غربی لوس آنجلس ثبت شده است.

— تلفات زلزله ۱۹۹۴ عبارت است از: ۶۰ کشته، ۷۷۰۰ مجروح (۱۵۰۰ نفر شدید)، ۲۰/۰۰۰ آواره، ۵/۲۰۰ ساختمان به کلی ویران یا به شدت خسارت دیدند که در میان آنها ۲۰۰ مدرسه و ۱۸ بیمارستان دیده می‌شود.

— عوامل مؤثری که در طراحی ساختمانها باید مورد توجه قرار گیرد باید بر مبنای شتاب گسله‌های زلزله در مناطق زلزله محاسبه و کدهای لازم برای آن عوامل تهیه شود و رعایت این کدها که بر اساس آخرین اطلاعات و آمار تهیه شده الزامی گردد.

### ۱. توزیع جغرافیایی خسارتها

منطقه اصلی خسارت زلزله در دایره‌ای به قطر ۴۰ تا ۵۰ کیلومتر واقع شده که همانند

زلزله ۱۹۸۹ کالیفرنیا و زلزله ۱۹۸۵ مکزیک توزیع نامتناسب خسارت‌های این زلزله در خارج از شعاع دو تا سه کیلومتری از مرکز زلزله وارد شده است. در حوزه جغرافیایی مورد اشاره مناطقی یافت شدند که به شدت خسارت دیده بودند. در حالی که در مجاورت آنها مناطقی قرار داشتند که یا اصلاً خسارت ندیده بودند یا اینکه خسارتشان بسیار جزئی بوده است. برای مثال منطقه سانتامونیکا (۲۰ تا ۳۰ کیلومتری مرکز زلزله) و شرم‌من اوک (در ده کیلومتری مرکز زلزله) به شدت خسارت دیدند در حالی که به منطقه کوه‌های بورلی هیلز (تقریباً ۱۵ کیلومتری مرکز زلزله) خسارت بسیار جزئی وارد شد. یکی از دلایل عمده ایجاد چنین وضعیتی، ساختار و شرایط زمین گزارش شده که به طور مختصر می‌توان این دلایل را در موارد زیر جست‌وجو کرد که موجب ورود خسارت‌های سنگین شده‌اند.

- نرمی زمین

- بلندی گسلها

- شدت زمینلرزه

## ۲. توزیع خسارت‌ها بر مبنای طبقات مختلف ریسک

یکی از ضروری‌ترین عوامل برای برآورد پتانسیل تراکم خسارت خطر زلزله که صنعت بیمه به آن باید توجه کند، محاسبه درگیری با ریسک انواع طبقات ریسک است. زلزله نرت‌ریج اطلاعات جدید و ذی‌قیمتی در این باره در اختیار بیمه‌گران قرار داد.

### ۱-۲. پارکینگ چند طبقه اتوموبیل

ساختمان‌هایی که چارچوب آنها با ابزار و وسایل پیش ساخته بنا شده‌اند بدون استثنا در مقابل زلزله آسیب‌پذیرند. در زلزله نرت‌ریج کالیفرنیا تعداد بی‌شماری از این نوع ساختمانها نظیر پارکینگ‌های چند طبقه اتوموبیل، فروشگاه‌های مختلف و بیمارستانها خسارت شدیدی متحمل شدند و تعدادی از آنها به کلی منهدم و نابود گردیدند. بازسازی و تعمیر ساختمانهای آسیب‌دیده تعطیل شده مدتها طول کشیده یا خواهد کشید. شاید تصور شود که ساختمانهای آسیب‌دیده از ساختمانهای قدیمی بوده‌اند و در اثر استهلاک مقاومت آنها کم شده بوده، در صورتی که چنین نیست. اغلب ساختمان‌هایی که خسارت شدید دیدند از ساختمانهای جدید الاحداث بوده‌اند که مدت مدیدی از عمر آنها نگذشته بوده. برای مثال می‌توان از پارکینگ چند طبقه اتوموبیل در مجتمع دانشگاه

کالیفرنیا نام برد که تنها سه سال قبل از وقوع حادثه افتتاح شده بود. در این حادثه این پارکینگ به کلی از بین رفت.

## ۲-۲. مجتمع‌های آپارتمانی

مجتمع‌های آپارتمانی غالباً با اسکلت چوبی در دو یا سه طبقه ساخته می‌شوند که طبقه همکف آنها باز است و از آن به عنوان پارکینگ اتوموبیل استفاده می‌شود. نقطه آسیب‌پذیری این نوع ساختمانها همان طبقه همکف است که با دیوارهایی که از تخته سه‌لایی ساخته شده تقسیم‌بندی شده‌اند خسارت‌های سنگینی به این نوع مجتمع‌های آپارتمانی وارد شد. در یک مورد کل مجتمع از بین رفت و ۱۶ قربانی از خود به جا گذاشت.

## ۲-۳. مجتمع‌های فروشگاه‌ی و سایر ریسک‌های بازرگانی

خسارت‌های مالی و عدم النفع سنگینی از مجتمع‌های فروشگاه‌ی و ساختمانهای تجاری در منطقه سان فرناندو ولی<sup>۳</sup> گزارش شده است. بزرگ‌ترین خسارت از آن مجتمع فروشگاه‌ی شهر نرت ریج بود که به کلی ویران شد و علاوه بر آن تعداد دیگر از ساختمانهای بازرگانی کوچک‌تر با طراحیهای چوبی تا ارتفاع چهار طبقه خسارت‌های سنگین متحمل شدند و بعضی از آنها نیز به کلی منهدم گشتند. خسارت‌های سنگین عمده دیگری که علاوه بر خسارت زلزله وارد شد، خسارت‌های مادی وارد به محتویات ساختمانها و عدم النفع ناشی از آب افشانه‌های اتوماتیک<sup>۴</sup> بود که به طور اشتباهی سیستم عمل کرد و جریان آب سرازیر شده از سیستم خسارت‌های سنگینی برجای گذاشت. خسارت‌های دیگری که به ساختمانهای بازرگانی وارد شد از آن انبارهای گوناگون و انبار محصولات گزارش شده که با طراحی «tilt - up» ساخته شده‌اند. براساس این طرح ساختمان به نحوی ساخته می‌شود که دیوارهای کناری به راحتی انعطاف پذیر بوده بر روی زمین می‌خوابند و در محل و جهت مورد نظر به صورت عمودی قرار می‌گیرند. ساختمانهای با این نوع طراحی در زلزله سال ۱۹۸۹ لوماپرتا کمترین خسارت را متحمل شدند و خسارت آنها محدود به موارد اندکی گزارش شد ولی در زلزله نرت ریج ثابت شد که این نوع ساختمانها تاب تحمل گسلهای شدید و بلند زلزله را ندارند و کاملاً در مقابل گسلهای بلند آسیب پذیرند.

## ۲-۴. بیمارستانها و هتلها

در منطقه زلزله از جمله ساختمانهای متراکمی که خسارت دیدند هتلها و بیمارستانها

(شامل یک کلینینگ روزانه، ساخت قبل از سال ۱۹۷۵) بودند. فاجعه دردناک این حادثه ویرانی ساختمان دو بیمارستان با اسکلت بتون آرمه بود که تاریخ ساخت آنها به دهه ۱۹۶۰ باز می‌گردد. در این حادثه مجموعاً ۱۸ بیمارستان خسارت دیدند که تعدادی از آنها برای بازسازی، مرمت و تعمیر به‌طور موقت تعطیل شدند و شماری نیز بر اثر خسارتهای شدید، نامشان به کلی خط خورد. در رابطه با خسارت هتلها، تنها هتلهایی خسارت دیدند که ساختمان آنها کاملاً قدیمی بود و قبل از زلزله سال ۱۹۷۱ ساخته شده بودند. زیرا به‌موجب مقرراتی که بعد از زلزله سال ۱۹۷۱ تدوین شد ساختمانها بعد از آن تاریخ در مقابل خطر زلزله مقاوم طراحی شدند و ساختمانهای اسکلت بتون آرمه که در حادثه زلزله ۱۹۷۱ آسیب دیده و پس از آن بازسازی شده بودند مجدداً در زلزله نرت ریح متحمل خسارت شدند. خسارتهای هتلها نیز شامل هتلهایی بود که قبل از ۱۹۷۱ ساخته و پس از آن بازسازی شده بودند که مجدداً آسیب دیدند.

#### ۲-۵. تسهیلات عمومی

انهدام جاده‌ها و پلها تنها بخشی از کل خسارت این زلزله گزارش شده. گرچه مسوولان ایالت کالیفرنیا از مدتها قبل کار بازسازی و مقاوم ساختن شبکه جاده‌ها و پلها را در مقابل خطر زلزله شروع کرده بودند ولی هنوز آسیب‌پذیری این بخش به‌طور قابل ملاحظه‌ای به چشم می‌خورد. تلاش گسترده‌ای باید انجام پذیرد تا آسیب‌پذیری و پتانسیل خسارت این بخش به حداقل ممکن برسد. در این حادثه ۲۰۰ مدرسه و دانشگاه خسارت کلی و جزئی دیدند که برای بازسازی و تعمیر تعطیل شده‌اند. خسارت تعدادی از آنها بسیار شدید گزارش شده است.

#### ۲-۶. آسمان خراشها

ساختمانهای جدید آسمان خراش شامل مجتمعهای اداری، بازرگانی، و هتلها که با آخرین مقررات و قوانین ساختمانی ساخته شده‌اند کمترین خسارتهای را متحمل شدند. نتیجه کاملاً رضایت بخش گزارش شده حتی آن دسته از آسمان خراشها که در نزدیکی مرکز زلزله بودند یا حتی جنس زمین آنها نرم و ضعیف بود خسارت جزئی دیدند. خسارتهایی که به این بخش وارد شد، خسارتهای ساختاری و اسکلتی نبود قسمت اعظم خسارتهای جزئی مربوط به نما، دکوراسیون یا به تأسیسات و تجهیزاتی نظیر سیستم تهویه، خنک‌کننده و نظایر آنها بود. در بین آسمان خراشها نیز ایمن‌ترین آنها ساختمانهای بتون آرمه که دیوارهای جانبی آنها نیز از بتون ساخته شده است گزارش شده.

## ۲-۷. ساختمانهای اسکلت فلزی

خسارت وارده بر ساختمانهای اسکلت فلزی واقع در دره فرناندوولی را باید فاجعه آمیز<sup>۵</sup> تلقی کرد. بر اساس تجربیات گذشته گزارشهای اولیه حاکی از پاسخ مثبت ساختمانهای اسکلت فلزی و مقاومت آنها در مقابل زلزله نرت رییج بود ولی گزارشهای بعدی خبر از خسارت سنگین داد. بیشترین خسارت به ساختمان اسکلت فلزی و تجهیزات الکترونیکی استادیوم آناهیم واقع در ۸۰ کیلومتری مرکز زلزله وارد شد که قسمت اعظم ساختمان از بین رفت. در این حادثه از تعداد ۴۰۰ ساختمان اسکلت فلزی یکصد ساختمان خسارتهای کلی و جزئی را متحمل شدند. برآورد، کارشناسی، تعمیر و بازسازی ساختمانهای اسکلت فلزی غالباً بر هزینه و طولی‌المدت است. زیرا غالب تأسیساتی نظیر تأسیسات ضدحریق، سقفهای کاذب و غیره که به‌طور خیلی ظریف و ماهرانه نصب شده‌اند باید جدا و مجدداً نصب شوند. نوع خسارتهای ساختمانهای اسکلت فلزی تماماً همگن و متجانس گزارش شده. این خسارتها شامل شکستن محل جوش تیرآنها به‌ویژه در محل اتصال ستونها با کف، شکاف برداشتن دیوارها و سنگها، کاشیها، از هم گسیختن بستها و ستونهاست. تحقیقات، و کارشناسی خسارتهای ساختمانهای اسکلت فلزی هنوز به اتمام نرسیده. پیش‌بینی می‌شود مدت طولانی لازم است تا تحقیقات این بخش تکمیل شود و انتشار یابد.

## ۲-۸. خسارت محتویات

بخش عمده‌ای از خسارت زلزله نرت رییج را خسارت وارده بر مبلمان تجهیزات، محتویات و عناصر غیر ساختمانی تشکیل می‌دهد. خسارت این بخش شامل ضایعات آب ناشی از به‌کار افتادن سیستم آب افشان اتوماتیک، کارخانه‌ها، تأسیسات، تجهیزات و آب برجهای خنک‌کننده و سیستم تهویه که بر بالای ساختمانهای اداری و بازرگانی نصب هستند نیز می‌شود.

## ۳. آتش سوزیهای ناشی از زلزله

آتش سوزیهای ناشی از ترکیدن لوله‌های گاز و اتصالهای سیم برق موجب انهدام دست‌کم یکصد خانه شد. در عمل با توجه به دلایل زیر ناممکن است که یک نتیجه‌گیری کلی در رابطه با خسارتهای ناشی از آتش سوزی که به دنبال این زلزله در شهرهای بزرگ ایالت کالیفرنیا رخ داد به‌دست آورد.

- محل وقوع این آتش سوزیها عمدتاً در منطقه کم تراکم واقع در لبه شمالی دره سانفرانسیسکو که پوشیده از خانه‌های ویلایی با باغچه بوده گزارش شده است.
- هنگام وقوع زلزله وزش بادی که موجب تشدید و گسترش آتش سوزی باشد گزارش نشده.
- از شبکه لوله آبی که برای اطفای حریق در مواقع ضروری پیش‌بینی شده هیچ‌گونه استفاده‌ای نشده.
- زمان وقوع زلزله صبح زود بوده، زمانی که بزرگراهها و جاده‌ها برای تردد وسایل نقلیه اطفای حریق خلوت است.

#### ۴. بررسی و نتیجه‌گیری از دیدگاه بیمه‌ای

زلزله هفدهم ژانویه ۱۹۹۴ از دیدگاه سرمایه بیمه شده بزرگترین زلزله‌ای است که تاکنون رخ داده است. حتی اگر تأثیر تورم را نیز در میزان خسارتهای وارده منظور کنیم هرگز زلزله‌ای در دهه‌های اخیر رخ نداده است که خسارتهای بیمه شده آن تا این میزان بالا باشد. می‌توانیم مقایسه‌ای بین خسارت زلزله نرت ریج با خسارت طوفان آندرو که در سال ۱۹۹۲ رخ داد به شرح زیر انجام دهیم:

شرح حادثه	خسارتهای اقتصادی	خسارتهای بیمه شده
طوفان آندرو ۱۹۹۲	۳۰ میلیارد دلار	۲۰ میلیارد دلار
زلزله نرت ریج ۱۹۹۴	بیش از ۳۰ میلیارد دلار	بیش از ۷ میلیارد دلار

گرچه خسارتهای اقتصادی هر دو حادثه تقریباً مساوی بوده و در حدود ۳۰ میلیارد دلار است ولی خسارتهای بیمه شده زلزله نرت ریج به مراتب کمتر از خسارت طوفان آندروست، در حدود ۷ میلیارد دلار. دو دلیل برای این امر به شرح زیر ارائه شده است: الف) در ایالت کالیفرنیا تنها حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد منازل مسکونی در مقابل خطر زلزله بیمه شده‌اند در صورتی که در ایالت فلوریدا بیش از ۹۰ درصد ساختمانهای مسکونی در مقابل خطر طوفان بیمه هستند.

ب) فرانشیز خسارت زلزله در ایالت کالیفرنیا بین ۵ تا ۱۰ درصد سرمایه بیمه شده است یعنی بیمه‌گذاران باید ۵ تا ۱۰ درصد از خسارت را خود متحمل شوند یا به



اصطلاح برای آن مبلغ بیمه‌گر خود هستند. مفهوم آن این است که بیمه‌گذاران انگیزه کافی در پیشگیری و کاهش میزان خسارت و مراقبت از اموال بیمه شده دارند. بنابراین در کاهش خسارت و جلوگیری از ضایعات نهایت تلاش خود را به کار می‌برند.

به‌هرحال در محاسبه پیمان‌های (PMLs) (حداکثر خسارت ممکن) تراکم خطر زلزله کالیفرنیا در آینده تنها کافی نیست به تأثیر و پیشرفت دو عامل یاد شده که ممکن است به تغییر ریسک نیز بینجامد اندیشه شود بلکه لازم است به کلیه عوامل مؤثر توجه کافی مبذول گردد. با تأکید به این نکته که در حادثه زلزله نرت ریح تعدادی عوامل مساعد دست به دست هم دادند تا میزان خسارتهای وارده خیلی کمتر از آن میزانی باشد که به فاجعه بسیار بزرگ تبدیل شود. برای محاسبه پتانسیل خسارت ضروری است که میزان تأثیر عوامل زیر که مهم‌تر از بقیه عوامل هستند مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گیرند.

- مرکز زلزله در مجاورت منطقه‌ای بوده است که شدت زلزله به منطقه پر تراکم اصابت نکرده است در حالی که می‌توانست چنین باشد.
- آتش سوزیهای ایجاد شده می‌توانست در اثر وزش بادهای فصلی موسوم به بادهای سانتا‌آنا به آتش سوزیهای بسیار مهیب و مخرب تبدیل شود.
- مناطق صنعتی نظیر کارخانه‌ها و تأسیسات پتروشیمی پتانسیل خسارتهای سنگینی دارند.

- زلزله ممکن است در ساعتهای پر تردد با ترافیک سنگین رخ دهد. ارزیابی این جنبه‌ها نشان می‌دهد که زلزله ۱۷ ژانویه ۱۹۹۴ کالیفرنیا می‌توانست خسارتهای بسیار سنگینی را که در تاریخ به‌یاد بماند، از خود بر جای گذارد. بار دیگر اقبال ایالت کالیفرنیا و صنعت بیمه جهان یاری کرد و با حداقل خسارت ممکن در مقایسه با ابعاد مختلف حادثه زلزله مهیبی را پشت سر گذاشت.

## بررسی خسارتهای زلزله از سال ۱۹۸۴ تا سال ۱۹۹۳

تاریخ	محل	شدت	فوت	کل خسارتهای مالی وارده (میلیون دلار)	خسارتهای بیمه شده (میلیون دلار)
۸۴/۹/۱۴	ژابن	۶/۹	۲۹	۱۲۲	—
۸۵/۳/۳	شیلی	۷/۷	۲۰۰	۱۲۰۰	۹۰
۸۵/۸/۱۵	مجارستان	۵/۹	—	۱۴/۵	—
۸۵/۹/۱۹	مکزیک	۸/۱	۱۰,۰۰۰	۴۰۰۰	۲۷۵
۸۶/۹/۱۳	یونان	۶/۲	۲۰	۷۴۵	—
۸۶/۱۰/۱۰	ال سالوادور	۵/۴	۱۰۰۰	۱,۵۰۰	۷۵
۸۶/۱۱/۱۵	تایوان	۷/۸	۱۵	۲	—
۸۷/۳/۲	زلاندنو	۶/۳	۱	۳۵۰	۲۷۰
۸۷/۳/۵	اکوادور	۶/۹	۱۰۰۰	۱,۱۰۰	—
۸۷/۱۰/۱	امریکا	۵/۷	۸	۳۵۸	۷۳
۸۸/۸/۲۱	نپال - هند	۶/۷	۱۰۰	۳۲۰	—
۸۸/۱۱/۶	چین	۷/۳	۷۵۰	۲۶۹	—
۸۸/۱۲/۷	شوروی (ارمنستان)	۶/۸	۲۵,۰۰۰	۱۴,۰۰۰	—
۸۹/۱/۲۳	شوروی (تاجیکستان)	۵/۵	۲۷۴	۲۵	—
۸۹/۱۰/۱۷	امریکا (سانفرانسیسکو)	۷/۱	۶۸	۶۰۰۰	۹۲۰
۸۹/۱۲/۲۸	استرالیا	۵/۴	۱۲	۱۲۰۰	۶۷۰
۹۰/۵/۲۰	سودان	۶/۷	۱۳	—	—
۹۰/۵/۳۰	رومانی	۶/۷	۱۳	۲۴	—
۹۰/۶/۲۱	ایران (منجیل)	۷/۴	۴۰,۰۰۰	۷,۱۰۰	۱۰۰
۹۰/۷/۱۶	فیلیپین	۷/۸	۱,۶۶۰	۱۰۰۰	۱۱۰
۹۰/۱۰/۲۵	پاکستان	۶	۱۱	۱۶	—

تجربه زلزله ... / ۷۵

تاریخ	محل	شدت	فوت	کل خسارتهای مالی وارده (میلیون دلار)	خسارتهای بیمه شده (میلیون دلار)
۹۰/۱۱/۶	ایران (فارس)	۶/۶	۲۲	۲۴۰	—
۹۰/۱۲/۱۳	ایتالیا	۵/۳	۱۹	۵۰۰	—
۹۱/۲/۱	پاکستان	۶/۴	۳۰۰	—	—
۹۱/۴/۲۳	کاستاریکا	۷/۴	۷۶	۱۱۵	۲۵
۹۱/۴/۲۹	شوروی (گرجستان)	۷	۲۷۰	۱,۷۰۰	—
۹۱/۶/۲۸	امریکا (لوس آنجلس)	۵/۱	۲	۴۰	۲۵
۹۱/۷/۴	اندونزی	۶/۵	۲۳	۸	—
۹۱/۱۰/۲۰	هند	۶/۹	۲۰۰۰	۱۰۰	—
۹۲/۳/۱۳	ترکیه	۶/۸	۵۴۷	۷۵۰	۱۳/۵
۹۲/۴/۱۳	هلند-آلمان	۵/۹	—	۱۵۰	۳۰
۹۲/۴/۲۲	امریکا (کالیفرنیا جنوبی)	۶/۳	—	۱۰۰	۱۰
۹۲/۴/۲۵	امریکا (کالیفرنیا شمالی)	۷/۱	—	۶۶	۵
۹۲/۶/۲۸	امریکا (کالیفرنیا جنوبی)	۷/۴	—	۱۰۰	۴۰
۹۲/۸/۱۹	قرقیزستان	۷/۴	۷۵	۱۳۰	—
۹۲/۹/۱	نیکاراگوآ	۷/۲	۱۱۶	۲۵	—
۹۲/۱۰/۱۲	مصر	۵/۴	۵۶۱	۱,۲۰۰	—
۹۲/۱۲/۱۲	اندونزی	۷/۵	۲,۵۰۰	۸۰	—
۹۳/۱/۱۵	ژاپن	۷/۵	۲	۳۷۰	۷/۷
۹۳/۷/۱۲	ژاپن	۷/۸	۲۴۷	۱۰۰۰	۱۶
۹۳/۸/۸	گوآم	۸/۱	—	۲۵۰	۱۶۰
۹۳/۹/۳۰	هند	۶/۴	۷,۶۰۰	۲۸۰	—

فهرست زلزله‌های ده سال اخیر روند مثبتی را در مقایسه با نخستین شماره سال ۱۹۸۴ نشریه شادین اشیگل که در آن زلزله‌های بین سالهای ۱۹۷۴ تا ۱۹۸۳ مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت نشان می‌دهد. نتایجی که ما از آن بررسی گرفته بودیم در عمل در ده سال اخیر تجربه کردیم. در این رابطه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تشدید خسارت در مناطقی که زمین آنها از رسوبات نرم تشکیل شده به‌طور وضوح در زلزله‌های ۱۹۸۵ مکزیک، ۱۹۸۸ ارمنستان، ۱۹۸۹ سانفرانسیسکو و نیوکاسل (استرالیا) و بالاخره ۱۹۹۰ فیلیپین مشاهده شد.

- پدیده دومی که ما در نخستین بررسی خود در مورد آن بحث کردیم اختلاف بین نقشه اصلی ساختمانها با ساختمانی که در اجرا به‌جای نقشه اصلی ساخته می‌شود و موجب تشدید خسارت می‌گردد، در عمل در زلزله‌های مکزیک، ارمنستان، فیلیپین و ال‌سالوادور (در سال ۱۹۸۶)، منجیل (ایران) در سال ۱۹۹۰، ارزینکان (ترکیه) در سال ۱۹۹۲ و گوام در سال ۱۹۹۳ اتفاق افتاد.

- درس مهم دیگری که باید از تجربه ده سال گذشته آموخت این است که در عمل تجربه شد که تکانهای شدید زلزله در مناطقی رخ داده که از لحاظ تجربه تاریخی برای مدت طولانی پتانسیل تکانها و ارتعاشهای آهسته و ضعیفی داشته‌اند، ولی ناگهان تشدید شدند: زلزله‌های ۱۹۸۸ ارمنستان، ۱۹۸۹ نیوکاسل، ۱۹۹۱ کاستاریکا، ۱۹۹۲ قاهره و ۱۹۹۳ خیلاری (هند).

- سرانجام در عمل ثابت شد که هرگاه ساختمانها از لحاظ ساخت ضعیف باشند و مرکز زلزله در نزدیکی نقاط پر تراکم واقع شود موجب تلفات جانی و مالی سنگینی می‌شود و لولا آنکه تکانهای زلزله بسیار ضعیف باشند. تکانهای زلزله‌های ال‌سالوادور، نیوکاسل و قاهره که موجب خسارتهای سنگین شدند تنها ۵/۴ در مقیاس ریشتر بودند.

### زلزله ۱۹۸۵ مکزیک

در این زلزله برای نخستین بار بود که ساختمانهای آسمان خراش با تکانهای ۸ ریشتر مواجه می‌شدند. ویژگیها و میزان تأثیر این زلزله در ارزیابی ریسک برای صدور بیمه نامه‌های مهندسی در ویژه‌نامه شادین اشیگل (۱/۱۹۸۶) با عنوان «زلزله مکزیک ۸۵»<sup>۶</sup> منعکس شده است.

### زلزله ۱۹۸۵ شیلی

این زلزله نتیجه مثبت اعمال مقررات مربوط به ایمن سازی ساختمانها در مقابل خطر زلزله را به خوبی نشان داد. با وجود اینکه زلزله با تکانهای ۷/۷ در مقیاس ریشتر با ارتعاشهای افقی با شدت ۰/۶۸g در منطقه رخ داد تنها ۲۰۰ نفر تلفات جانی و ۱/۲ میلیارد دلار خسارت مالی از خود بر جای گذاشت در حالی که زلزله‌ای با این قدرت می‌توانست تلفات جانی و خسارتهای مالی خیلی بیشتر از اینها به بار آورد. دامنه این زلزله تا پایتخت این کشور (سانتیاگو) با شدت ۷ و ۸ در مقیاس مرکالی ادامه یافت.

### زلزله ۱۹۸۶ ال سالوادور

برخلاف، زلزله شیلی نتیجه زلزله ال سالوادور، مؤثر نبودن مقررات مربوط به ایمن سازی و مقاوم سازی ساختمانها در مقابل خطر زلزله را نشان داد زیرا این مقررات به طور کامل رعایت و اجرا نشده بود. به رغم وجود نوسان در شدت تکانها و ارتعاشها قدرت این زلزله کمتر از زلزله شیلی گزارش شده در حالی که ضریب خسارت آن ۳ تا ۴ برابر زلزله شیلی بوده است.

### زلزله ۱۹۸۷ زلاندنو

این حادثه نیز شبیه زلزله شیلی بود و حکایت از رعایت دقیق استانداردهای ایمنی ضد زلزله در ساختمان سازی در کل کشور می‌کرد. با وجود انهدام دو کارخانه صنعتی که خسارت سنگین عدم النفع را به دنبال داشت میزان خسارت وارده در مقایسه با شدت زلزله رضایت بخش بود در حالی که در صورت رعایت نکردن مقررات ایمنی ضد زلزله که در سطح بسیار عالی در کل کشور رعایت شده بود نتیجه حادثه می‌توانست بسیار وخیم باشد.

### زلزله ۱۹۸۷ اکوادور

این زلزله مثال خوبی برای خسارتهای سنگین عدم النفع است که موجب از کار افتادن و قطع شبکه لوله کشی آب شد و تعمیر و راه اندازی آن ماهها به طول انجامید که نتیجه آن خسارتهای سنگین عدم النفع گزارش شد.

## زلزله ۱۹۸۸ ارمنستان

این زلزله از لحاظ خسارتهای اقتصادی بدترین نوع زلزله در طی مدت مورد مطالعه بوده است. نرمی نوع زمین و کیفیت بسیار ضعیف ساختمانها از نظر ایمنی و مقاوم نبودن آنها در مقابل زلزله دو دلیل عمده گسترش دامنه خسارتها بوده است. گرچه شدت این زلزله ۶/۸ در مقیاس ریشتر گزارش شده ولی علاوه بر تأثیر عوامل پیشگفته، طولانی بودن غیرمعمول مدت زمینلرزه و قطع ارتباطات که شرایط پیچیده‌ای را به وجود آورد نیز از عوامل تشدیدکننده خسارتها بودند (جزئیات این حادثه، در شاون اسپینگل ۲/۱۹۸۹ به چاپ رسید).

## زلزله ۱۹۸۹ نیوکاسل (استرالیا)

گرچه از نظر نوع زلزله این حادثه نسبتاً کوچک به شمار می‌آید - زیرا ۵/۴ در مقیاس ریشتر بوده است - ولی از لحاظ خسارتهای بیمه شده به مراتب از زلزله مکزیکی سنگین تر است. در زمان وقوع، این زلزله دومین زلزله از نظر حجم خسارتهای بیمه شده طی چندین دهه بود که در فاصله کوتاهی از زلزله لوماپرتای کالیفرنیا که چند ماه قبل از آن رخ داده بود اتفاق افتاد.

## زلزله ۱۹۸۹ لوماپرتا - کالیفرنیا

این زلزله نشان می‌دهد که چگونه زیر ساختهای امروزی شهرهای جدید در مقابل حادثه زلزله تاب مقاومت می‌توانند داشته باشند. شرح مختصر جزئیات این حادثه به شرح زیر می‌تواند در شناخت وضعیت این حادثه کمک کند.

در روز ۱۷ اکتبر سال ۱۹۸۹ زلزله‌ای، منطقه‌ای از سانفرانسیسکو را تکان داد که از نظر خسارت بیمه شده دومین خسارت در طول تاریخ بیمه خطر زلزله است. این رکورد را بعداً تنها زلزله ۱۹۹۴ نرت ریج کالیفرنیا شکست. این حادثه افکار عمومی جهان را به خود معطوف داشت زیرا موجب ایجاد دو شکل عمده ترافیکی و قطع ارتباط شد. در این حادثه، پل ارتباطی بین سانفرانسیسکو و اوکلند که از ترافیک بسیار سنگینی برخوردار است و جاده‌های متعددی را به هم متصل می‌کند خراب شد و وسایل ارتباط جمعی خبر از آتش‌سوزی بزرگی در منطقه مارینای سانفرانسیسکو و همچنین انهدام چندین ساختمان بزرگ تجاری در شهر ساحلی سانتاکروز را به جهان دادند.

گرچه به سختی می توان عنوان «فاجعه آمیز» به زلزله لومبارتا داد ولی نقطه ضعفهایی نظیر تراکم ساختمانها و زیرساختهای پیچیده و گسترده شبکه راهها و جاده ها که نه تنها در کالیفرنیا بلکه در کل امریکا شاهرگ حیاتی به شمار می آید موجب شد که این عنوان به آن اطلاق شود. مجدداً در حادثه زلزله ۱۷ ژانویه ۱۹۹۴ نرت ریج کالیفرنیا این نقاط ضعف با زتندگی<sup>۷</sup> خود را نشان دادند.

### زلزله ۱۹۹۰ شمال ایران

آمار رسمی انتشار یافته در مورد تلفات انسانی نشان می دهد بیشترین تلفات در طول مورد مطالعه از آن این حادثه است. گسترش دامنه خسارت حکایت از رعایت نکردن مقررات ایمنی و ضعیف بودن ساختمانها در مقابل زلزله در این منطقه نسبتاً پرتراکم روستایی دارد. حتی در شهر رشت که ساختمان سازی معمولاً با استفاده از اصول طراحی مهندسی ساخته می شود، خسارتهای سنگینی به ساختمانها وارد شد.

### زلزله ۱۹۹۰ فیلیپین

یکی از ویژگیهای زلزله فیلیپین این است که بیشترین قربانیان حادثه از آن مناطقی بوده که احداث ساختمان در آن مناطق با استفاده از تکنولوژی جدید مهندسی ساختمانی انجام گرفته بود. دیگر اینکه میعان، وجود رطوبت و آب در زمین که مناطق بزرگی در محاصره آب قرار گرفت، موجب گسترش و افزایش خسارت شد. با وجود ضعیف بودن زلزله دامنه تکانها و ارتعاشها در مائیل که در صد کیلومتری مرکز زلزله قرار داشت به ثبت رسید. تکانها و ارتعاشها در قسمتهایی از منطقه که زمین خشک و احیا شده بیشتر احساس شد. تجربه ای که از این زلزله عاید شده این است که به دلیل مرطوب و آبی بودن نوع زمین باید نگران حوادث مشابه و زلزله هایی با شدت بیشتر در نزدیکی شهر بود که احتمال آن بسیار بالاست. شکافهای ناشی از این حادثه در فاصله ۵۰ تا ۶۰ کیلومتری مرکز زلزله نیز مشاهده شد.

### زلزله ۱۹۹۲ شرق ترکیه

در این زلزله نکته ای که باید به آن اشاره شود این است که اغلب ساختمانهایی که به اصطلاح از بتون آرمه ساخته شده بودند بیشتر از ساختمانهای قدیمی آجری

آسیب دیدند. دلیل آن رعایت نکردن استانداردهای لازم در ساخت ساختمانهای بتون آرمه و رعایت نکردن کامل مقررات ایمنی در مقابل خطر زلزله گزارش شده. ساختمانهایی نظیر آنها با کیفیت ضعیف به تعداد بی شمار در اندازه‌های بزرگ‌تر به صورت قارچ‌وار در شهر بزرگ ده میلیون نفری استانبول ترکیه ساخته شده است.

### زلزله ۱۹۹۲ هلند و آلمان

این زلزله با قدرت ۵/۹ ریشتر اتفاق افتاد. زلزله‌ای که وقوع آن با قدرت ۶ ریشتر در ناحیه راین که همین منطقه باشد عادی است. فاصله آن تا شهرهای بزرگی چون کلن و آخن بسیار دور بود در نتیجه موجب خسارتهای جدی نشد.

### زلزله ۱۹۹۲ مصر

این زلزله را از نظر شدت می‌توان یکی از بزرگ‌ترین حوادث زلزله جهان سوّم در شهرهای بزرگ تلقی کرد که در مقایسه با مناطقی که در معرض خطر زلزله در حد متعارف قرار دارند نیز این خسارت بسیار سنگین‌تر بوده است. گرچه زلزله در شهر قاهره از قدمت تاریخی هزارساله برخوردار است ولی این تاریخ در گسترش بدون برنامه و رعایت نکردن استانداردهای لازم در امر احداث ساختمان شهر قاهره به فراموشی سپرده شده است. در این حادثه ۵۶۱ نفر جان باختند و به ۱۷۰,۰۰۰ ساختمان خسارت وارد شد. در نهایت کل خسارتهای اقتصادی این زلزله ۱/۲ میلیارد دلار بر آورد شد. این زلزله با قدرت ۵/۴ در مقیاس ریشتر اتفاق افتاد و مرکز آن در ۲۰ کیلومتری شهر قاهره به ثبت رسید.

### زلزله ۱۹۹۳ ژاپن (غرب هوکایدو)

این زلزله از دو جنبه قابل بررسی و تعمق است. نخست اینکه مرکز این زلزله در دریای ژاپن واقع در غرب هوکایدو قرار داشت لذا این حادثه درست خلاف نظریه‌ای بود که اعتقاد داشت خطر جدی زلزله برای ژاپن از سمت شرق کشور از طرف اقیانوس اطلس است. دوّم اینکه خسارتهای شدیدی که از این زلزله به جزیره اُکوشیری وارد شد تنها در اثر زمینلرزه نبود بلکه حوادث متعاقب زلزله نظیر امواج سهمگین ناشی از لرزه‌های زیر دریا و آتش‌سوزیهای مهیب به دنبال زلزله میزان خسارتهای را به مراتب افزایش داد. این



حادثه دلیل واضح و روشنی است برای اثبات این نظریه که مناطق ساحلی در معرض تهدید لرزشهای زیر دریایی نیز قرار دارند.

### زلزله ۱۹۹۳ گوآم

این زلزله مثال خوبی در مورد میزان آسیب پذیری هتلها در مقابل خطر زلزله است زیرا اغلب خسارتهایی که در این حادثه به هتلها وارد شد حکایت از ضعف و مقاوم نبودن ساختمانها به دلیل نبود رعایت مقررات ایمنی و مقررات ساختمانی دارد.

### زلزله ۱۹۹۳ هند (خیلاری)

این زلزله موجب شگفتی متخصصان و کارشناسان زلزله شد زیرا از یک سو، هم از لحاظ سوابق تاریخی و هم از دیدگاه بررسیهای علمی و ابزاری هیچگونه تجربه زلزله ای در این منطقه به ثبت نرسیده بود و از نظر تقسیم بندی مناطق زلزله هم این محل، منطقه صفر به شمار می آمد. یعنی در معرض خطر زلزله قرار ندارد. از سوی دیگر بر خلاف دیگر زلزله ها که فقیرترین مناطق معمولاً بیشترین خسارت را متحمل می شوند در این زلزله به طبقه متوسط جامعه بیشترین خسارت وارد شد.

پی نوشت

1. Northridge

۲. منبع این مقاله به قرار زیر است:

"Losses and Loss prevention", **Schaden Spiegel**, 37th Year. 1994. Special Issue.

3. San Fernando Valey

4. sprinkler systems

5. Catastrophic

۶. مقاله «زلزله مکزیک ۸۵» را ترجمه کردم که در شماره سوم سال یکم فصلنامه صنعت بیمه به چاپ رسید.

7. dramatically