

زلزله از نظر اقتصادی و اجتماعی

ترجمه و نگارش

همایون حقیقی

دکتر در بتن آرمه و مهندس ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله

مقدمه :

هدف مهندسی زلزله ایجاد اطمینان در مردم از عدم تلفات و زخمی شدن مهلک در زلزله هائیکه ممکن است در آینده روی دهد و همچنین جلوگیری از هزینه های زیاد تعمیرات ناشی از خرابیهای حاصله از زلزله و بالانرفتن هزینه ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله است. ولی همزمان با ایجاد آرامش خاطر در جامعه از نظر تلفات جانی مشکل بزرگ مالی در برابر مهندسی زلزله تظاهر مینماید. لذا هدفهای مهندسی زلزله را بدو قسمت اساسی و مهم مطالعه اثر اجتماعی و اقتصادی از سوئی و بررسی حوادث ناشی از آن از سوی دیگر میتوان تقسیم کرد.

از نظر کلی خرابیهای ناشی از زلزله و کوشش های لازم برای مقابله و ترمیم این خرابیها مسائلی هستند که توجه دانشمندان اجتماع و اقتصاد را بخود جلب کرده اند. بهرحال برای پیشرفت در حل این مسائل اطلاعاتی مورد نیاز است که فقط پژوهش های مهندسی زلزله میتواند آنرا در اختیار دانشمندان فوق-الذکر قرار دهد. برای مقابله با مسائل اقتصادی باید بتوان بسؤالاتی از نوع زیرین پاسخ داد. مثلاً چه نوع زلزله و باچه شدتی ممکن است در نقطه مورد نظر روی دهد؟ چه نوع نقشه و ساختمانی باید طرح و بنا شود تا در مقابل زلزله مقاومت نماید و هزینه اضافی که باید متحمل شد در چه حدود است؟ هرگاه ساختمان با مقاومت کمتری از آنچه مورد نیاز است ساخته شود خرابی که ممکن است بیارآید در چه حدود خواهد بود؟ هزینه تعمیرات و بالاخره هزینه ترمیم خرابیهای ناشی از زلزله بچه میزان بالغ خواهد شد؟

علاوه بر مسائل اقتصادی فوق الذکر جنبه اجتماعی مسئله را باید در نظر داشت مثلاً تاچه میزان خسارت و خرابی برای جامعه قابل قبول خواهد بود؟ خرابیهای ناشی از زلزله ای نظیر زلزله ۱۹۶۳ شهر اسکوپیه واقع در یوگوسلاوی اگر هرپانصدسال یکمرتبه رخ دهد از نظر اقتصادی با توجه به بهره برداری از

سرمایه گذاری بعمل آمده در ساختمانها علی الاصول باید قابل تحمل باشد ولی مطالعات بعمل آمده در یوگوسلاوی نشان میدهد که خرابیهائی از قبیل زلزله فوق الذکر از نظر جامعه یوگوسلاوی قابل قبول نیست. همچنانکه خرابیهای حاصله در زمان جنگ نیز از نظر توده مردم قابل تحمل نمیشد. مثال زنده دیگر را میتوان در برنامه های نیروی اتمی جستجو کرد. هرگاه زلزله ای موجب شود که مواد رادیواکتیو پخش گردد این عمل چنان با مخالفت شدید مردم روبرو خواهد شد که سانس پیشرفت هر گونه برنامه اتمی خواهد گردید اگر چه این امر بقیمت گزافی برای جامعه تمام شود.

افزایش خطر زلزله :

زلزله در اثر عوامل موجود در زمین حادث میگردد احتمال تغییر عوامل طبیعی بوجود آورنده این پدیده در طی چندین قرن آینده نمیروند. ولی جمعیت امریکا به نسبتی در حال افزایش است که این افزایش در طول چندین ده سال چشمگیر و قابل توجه است. از سوی دیگر صنایع نیز به نسبت افزایش جمعیت پیشرفت و ترقی کرده و اقتصاد کشور در سطوح قابل توجه و بالائی متمرکز میگردد. لذا خطر زلزله بهمین نسبت روز بروز بیشتر شده و اهمیت زیادتری مییابد. زلزله بزرگ کالیفرنیا در سال ۱۸۵۷ وقتی روی داد که جمعیت کالیفرنیا کم بود و در نتیجه تعداد کمی خانه خسارت دید. زلزله سال ۱۹۰۶ سانفرانسیسکو با آنکه شبیه زلزله قبلی بود بر منطقه صنعتی با جمعیتی در حدود نیم میلیون نفر نازل شد اگر در سال ۱۹۷۰ زلزله ای شبیه زلزله ۱۹۰۶ رخ دهد بر منطقه کاملاً صنعتی لوس آنجلس با جمعیتی در حدود ۱۰ میلیون نفر اثر خواهد گذاشت. در آینده شاید جمعیت این منطقه به بیست میلیون نفر بالغ گردد لذا خطر زلزله نیز بهمین نسبت افزایش خواهد یافت. بدیهی است این خطر در سایر ایالت های اتا زونی که کم و بیش زلزله خیز هستند وجود داشته و در حال افزایش است. نباید فراموش کرد که خطر زلزله در تمام کشورهای پیشرفته ویا در حال توسعه روز بروز در تزايد است.

حفاظت اقتصاد جامعه :

دوائر آزمایشات و مطالعات بعمل آمده معلوم گردید که پیشگیری از خطرات نمیتواند جنبه فردی داشته باشد. در پیشگیریهای مورد بحث درباره زلزله حمایت از اقتصاد و جلوگیری از توقف اقتصادیات مملکت باید مورد نظر باشد.

شهرهای غیر صنعتی در امریکا از لحاظ حمایت در برابر زلزله کمتر از شهرهای صنعتی مورد توجهند. این امر از لحاظ پیش بینی هاییکه بمنظور مقابله با خطرات ناشی از زلزله در کشورهای پیشرفته بعمل میآید تأیید و مسلم میگردد. کشوری که از لحاظ صنعت توسعه نیافته است نیاز به «آئین نامه ساختمانی مقاوم در برابر زلزله» ندارد. در حقیقت همان «آئین نامه ساختمان» کافی است. در حال بهمان نسبت که اقتصاد توسعه مییابد کارخانجات و سدها و صنایع تولید کننده نیروی برق و غیره ایجاد شده و گسترش مییابد جامعه احساس

میکنند که باید اینگونه صنایع تولیدی در برابر خطرات ناشی از زلزله نه تنها حفظ گردند بلکه از لحاظ محافظت آنها را بر سایر اماکن و مراکز غیر تولیدی مرجح دانست. دلیل منطقی که جامعه تصمیم میگیرد مقداری از سرمایه خود را صرف حفاظت کارخانجات تولیدی در برابر خطرات ناشی از زلزله کند کاملاً روشن نیست. چنین بنظر میرسد وقتی توسعه اقتصادی جامعه ای بحد معینی میرسد در آن زمان این احساس بوجود میآید و نضج میگیرد که باید حتماً صنایع در برابر زلزله حمایت شوند و همچنین بنظر میرسد هر اندازه توسعه اقتصادی جامعه بیشتر شود و سطح اقتصاد بالاتر رود احساس حمایت اقتصادیات از خطرات ناشی از زلزله نیز بیشتر میگردد جامعه کوشش و فعالیت بیشتری برای حمایت از اقتصادیات خود بعمل میآورد. عواملی که باعث میشود تا جامعه چنین تصمیمی اتخاذ کند کاملاً روشن نیست و علل اتخاذ اینگونه تصمیم ها بطور روشنی تا کنون ارزشیابی نشده است.

افزایش اطلاعات از خسارات وارده ناشی از زلزله امکان میدهد تا رابطه ای بین زلزله و خسارت وارده با اقتصادیات کشور برقرار گردد و این امر هنوز مراحل بدوی را طی میکند. مثلاً زلزله سال ۱۹۶۰ شیلی چنان خسارتی به قسمتی از مردم کشور وارد آورد که سیستم های اقتصادی و اجتماعی کشور مدتها فلج شده بود. در کشورهای پیشرفته چنین زلزله ای میتواند در مواقع مخصوص موجب از بین رفتن واحد و یا واحدهای اقتصادی گردد. از طرف دیگر باید از سرمایه گذاری زیاد بمنظور مقابله با خطرات زلزله خودداری شود مثلاً در کشوری مانند هند که سرمایه قابل توجهی برای سدسازی و تهیه نیرو و کارخانجات صنعتی و غیره اختصاص داده است باید توجه دقیق با سرمایه قابل توجهی برای سدسازی و تهیه نیرو و کارخانجات صنعتی و غیره در این امر راه افراط پیموده شود بدیهی است که مقداری از سرمایه را بی جهت بلااستفاده گذارده و وقف آسری شده است که ضرورت نداشته است و این خود با اقتصاد کشور لطمه میزند.

اثر تعدد حوادث :

چنین بنظر میرسد که جامعه در بعضی موارد میتواند تلفات جانی را تحمل کند مانند تصادفات اتومبیل و در مواقعی که جامعه بطور ناگهانی در مقام قضاوت در برابر حادثه ای قرار میگیرد اگر آن حادثه توأم با تلفات کمی در یک نوبت باشد مانند تلفات ناشی از حوادث رانندگی اثرش از وقتی که تلفات بیشتر و مثلاً صد نفر باشد مانند تلفات ناشی از سقوط هواپیما کمتر خواهد بود.

زلزله از این نظر برای اجتماع کمتر قابل قبول است علت آن شاید ترس غریزی است که افراد از زلزله دارند تلفات زلزله اگر در حدود هزار و یا دهها هزار نفر باشد عمیقاً و شدیداً اجتماع را تحت تأثیر قرار میدهد از اینرو حکومت های محلی و ایالتی و دولت وظیفه دارند که افراد جامعه را از مجروح شدن و یاسردن در اثر حدوث زلزله حفظ و حراست کنند. از طرفی اقدامات احتیاطی لازم قبل از حدوث زلزله بعمل آورده و از سوی دیگر نسبت به ترمیم خرابیها و جبران خسارت های وارده بعد از وقوع زلزله اقدام فوری بعمل آورند.

اهمیت مسئله زلزله :

بعلت فقدان مطالعات لازم اطلاعات بسیار کمی درباره ارزیابی خسارات وارده ناشی از زلزله‌های رویداده در قدیم وجود دارد. لذا برآورد خسارت زلزله‌هایی که ممکن است در آینده روی دهد بسختی و با تقریب ممکن خواهد بود. اهمیت و بزرگی خسارات وارده بطور تقریب و از آنالیزی که در زیر بعمل می‌آید نشان داده میشود.

خسارات وارده ناشی از زلزله سال ۱۹۶۴، آلاسکا در حدود ۳۰ میلیون دلار برآورد شده است. چون جمعیت منطقه زلزله زده در حدود ۱۴۰۰۰ نفر است بنابراین خسارت وارده بهر نفر به ۲۰۰ دلار بالغ میگردد. موقعیت آمریکا بنحوی نیست که بتوان خسارت وارده را بر تعداد جمعیت تقسیم کرده و خسارت وارده بهر نفر را تعیین کرد زیرا بیشتر خسارت وارده مربوط به تاسیسات و پایگاههای نظامی مستحذنه در آلاسکا است. بنابراین سرمایه گذاری‌های بعمل آمده از طرف افراد در این منطقه بمراتب کمتر از سرمایه گذاری‌های بعمل آمده توسط افراد در ایالت کالیفرنیا است.

مطالعاتیکه توسط مؤسسه Russell Sage Foundation درباره خسارت وارده ناشی از زلزله سال ۱۹۰۶ سانفرانسیسکو بعمل آمده است خسارت وارده به ۵۰ میلیون دلار سال ۱۹۰۶ برآورد گردید که در نتیجه خسارت سرانه به ۱۱۰۰ دلار بالغ میگردد. هرگاه این خسارت را با توجه بارزش دلار سال ۱۹۶۹ برآورد کنیم خسارت بالغ بر ۲۰۰ میلیون دلار میگردد که خسارت سرانه معادل ۵۰۰ دلار خواهد شد. هرگاه زلزله دیگری نظیر زلزله ۱۹۰۶ روی دهد زلزله بر روی ۵ میلیون نفر جمعیت اثر خواهد گذاشت که در نتیجه خسارتی معادل ۲۰ بیلیون دلار وارد خواهد کرد. بهمین ترتیب خسارت وارده چنان زلزله‌ای در منطقه لوس آنجلس به ۵ بیلیون دلار بالغ خواهد شد. اعداد فوق نمایشگر خسارت وارده بفرض یکسان بودن شرائط با سال ۱۹۰۶ است و نشان دهنده این حقیقت است که اگر اقدامات احتیاطی بمنظور پیشگیری و مقابله باخطر زلزله بعمل نیاید چه خسارت هنگفتی ممکن است تکرار زلزله‌ای نظیر سال ۱۹۰۶ ببار آورد بدیهی است ارقام فوق حداکثر خسارت را نشان میدهد نه خسارتیکه پیش بینی میگردد.

لرزش‌ها و منطقه زلزله :

از آنجائیکه زلزله‌های مخرب بندرت روی میدهد و بعلاوه اینگونه زلزله‌ها همواره در نزدیکی شهرهای بزرگ حادث نمیشود لذا برای بدست آوردن ارزش خسارات وارده ناشی از زلزله صحیح تر آنست که تعداد دفعات زلزله و منطقه‌ایکه زلزله‌های مخرب در آن حادث میشود مورد توجه قرار گیرد. آمارگران زلزله معتقدند که در منطقه کالیفرنیا در صدسال آینده احتمال وقوع زلزله‌ای نظیر زلزله مخرب لانگ بیچ Long Beach کالیفرنیا (این زلزله در دهم مارس سال ۱۹۳۳ روی داده است) در حدود

چهل درصد است. هر گاه خسارت سرانه برای این منطقه معادل . . . ۲۰ دلار برآورد شود برای جمعیتی معادل ۳ میلیون نفر خسارت وارده برای صدسال آینده معادل ۳ بیلیون دلار خواهد بود و بعبارت دیگر خسارت سرانه در مدت صدسال آینده بالغ بر ۱۰۰ دلار می‌گردد.

مناطقی که از لحاظ زلزله خیزی بیای منطقه کالیفرنیا نرسند باز هم در معرض شدید خطر زلزله هستند. متجاوز از ۱۲ زلزله شدید قسمت شرقی Rocky Mountains ایالات متحده آمریکا را لرزاند است. بعلاوه تعداد زیادی زلزله کم و بیش شدید قسمت شرقی و مرکزی ایالات متحده آمریکا را بلرزده است. کارشناسان برآورد کرده‌اند که در صدسال آینده خسارت ناشی از زلزله برای این مناطق در حدود ۲ بیلیون دلار خواهد بود بفرض آنکه زلزله شدید در نزدیکی شهرهای بزرگ صنعتی روی ندهد. بدیهی است اگر زلزله‌ای نظیر زلزله سال ۱۸۸۶ چارلستون، S.C Charleston در زیر منطقه واشنگتن روی دهد خسارات وارد به مقدار زیادی بیشتر از رقم فوق الذکر خواهد بود.

کارشناسان همچنین خاطر نشان کرده‌اند که متوسط خسارت وارده سالیانه در حدود ۳۲ میلیون دلار است. رقم فوق الذکر با توجه بجمعیت فعلی رقمی قابل قبول و منطقی است. بدیهی است هر گاه در آینده جمعیت دو برابر گردد و سرمایه گذاری سرانه نیز افزایش یابد متوسط خسارت وارده سرانه ناشی از زلزله نیز به همان نسبت افزایش خواهد یافت.

مقررات آئین نامه ساختمانی :

مقاومت ساختمانهای جدید در کشور انازونی بوسیله آئین نامه‌های ساختمانی نظیر آئین نامه Uniform Building Code (U.B.C) تشریح و تعیین شده است. این آئین نامه مقاومت لازم را با توجه بدرجه زلزله خیزی مناطق ۱ و ۲ و ۳ مشخص کرده است. بیشتر شهرهای واقع در منطقه ۳ مشخصات مربوط بمنطقه ۳ را از لحاظ محاسبه ساختمان پذیرفته‌اند. در میان شهرهاییکه آئین نامه را پذیرفته‌اند از لحاظ پیش بینی هائیکه برای مقابله با زلزله باید بعمل آید تفاوت‌های قابل توجهی ملاحظه می‌شود. مثلاً دوشهری که اسماً یک آئین نامه را برای مقابله یکسان با زلزله پذیرفته‌اند ممکن است درجات متفاوتی برای مقاومت ساختمانه در برابر زلزله قبول کرده باشند.

عده‌ای از مهندسين معتقدند منظور از مقاوم کردن ساختمانهای این است که ساختمان در برابر زلزله‌های باشدت متوسط خسارت نبیند و در اثر زلزله‌های شدید سبب مجروح شدن و یا تلفات انسانی نگردد. این امر در زلزله انکورواژ Anchorage با واکنشی که ساختمانهای از خود در برابر زلزله نشان دادند تأیید گردید. آئین نامه (U.B.C) در انکورواژ مدت‌ها قبل از حدوث زلزله اجرا می‌شد. چون زلزله رخ داد ملاحظه گردید بعضی از ساختمانهای شش تا چهارده طبقه بشدت خسارت دیدند ولی تلفات جانی بیار نیار شدند. در حالیکه برخی از ساختمانهای کوچکتر فرو ریختند و طبعاً تلفات جانی نیز بیار آوردند. متأسفانه در انکورواژ دستگا‌های ضبط و ثبت حرکات زمین وجود

نداشت. از اینرو شدت حقیقی لرزش زمین ثبت نگردید لذا بسیار مشکل است که بتوان ارزش حقیقی آئین نامه (U.B.C) را برآورد کرد.

مهندسی در این باره متفق القولند که خسارتی نظیر آنچه در انکوراژوری داده است در ساختمانهای نظیر آن در سانفرانسیسکو و لوس آنجلس نیز در اثر زلزله شدید روی خواهد داد. مقررات آئین نامه ساختمانی زلزله برای گروه‌های محدودی از ساختمانها و بیشتر برای ساختمانهای معمولی تجارتي قابل اجرا است ولی گروه‌هایی از ساختمانها وجود دارند که مقررات آئین نامه ساختمانی زلزله در مورد آنها قابل اجرا نیست.

مقررات آئین نامه ساختمانی زلزله باید از نظر ارزش بهره‌وری و همچنین از لحاظ امکان دادن زخمی و یا تلفات وقتیکه زلزله‌های بسیار شدید روی دهد مجدداً ارزیابی گردد. وقتیکه چنین تحلیلی از کلیه آئین نامه‌های ساختمانی زلزله بعمل آمد آنگاه مطالعات تکنیکی تهیه مقررات لازم برای کلیه آئین نامه‌های ساختمانی باید آغاز گردد. نقشه احتمال بروز زلزله در مناطق مختلف تهیه شده است این نقشه در اصل نقشه منطقه بندی بوده و شدت تکانی که ممکن است منطقه‌ای بخورد نشان میدهد در جزوه‌های آئین نامه‌های ساختمانی زلزله بعثت در دست نداشتن نقشه شهری نقشه فوق‌الذکر چاپ میشود که جنبه راهنمایی برای سازندگان ساختمانها و مهندسی از لحاظ تعیین ضرائب زلزله دارد.

اثر اقتصادی زلزله :

یکی از راه‌حلهای مسئله زلزله این است که کلیه ساختمانها بنحوی محاسبه شوند که در مقابل شدیدترین لرزش‌های ممکن زمین بدون آنکه خسارتی ببینند برپا ایستند. انتخاب این راه حل از نظر هزینه هنگفتی که در بردارد عملاً میسر نیست. خسارت ناشی از زلزله فقط شامل هزینه تعمیرات خرابیهای وارده ساختمان نمیگردد بلکه خسارت غیر مستقیم ناشی از دست دادن فعالیت‌های معمولی اقتصادی و وقفه در توسعه اقتصادی را نیز باید در هنگام بررسی خسارت وارده از زلزله در نظر داشت. همچنین بایستی هزینه‌هایی که بمنظور تأمین مقاومت لازم ساختمانها در برابر شدت معینی از زلزله بعمل میآید نیز به برآوردهای فوق افزود.

هدف مهندسی زلزله آن است که جمع خسارت‌هایی که برای مدت ۱۰۰ یا ۲۰۰ سال وارد میشود بحداقل تنزل کند و عبارت دیگر هدف آن است که نسبت هزینه بهره‌وری بحداقل ممکن کاهش یابد. مقررات و پیش‌بینی‌های بعمل آمده در آئین نامه‌های ساختمانی معیاری برای سنجش این حقیقت است که جامعه تا چه اندازه حاضر بوده و آماده‌گی دارد در برابر زلزله خود را حفظ و حراست نماید. بعلاوه مقررات پیش‌بینی شده در آئین نامه‌های ساختمانی زلزله بایستی قاعدهٔ براساس آنالیز بعمل آمده درباره هزینه بهره‌وری

گدوین گردد. مهندسی زلزله هنوز بان پایه توسعه نیافته است که بتواند هزینه بهره‌وری را دقیقاً تأمین کند. بالنتیجه سرمایه‌گذاری بسیاری برای مدت طولانی در ساختمانها - پلها - سدها و کارخانجات و بخش‌های مختلف بعمل آمده است بدون آنکه دقیقاً بدانیم نسبت هزینه بهره‌وری لازم بچه میزان است.

درباره اثرات اقتصادی زلزله‌های رویداده در سابق مطالعات کمی بعمل آمده است ولی کار و کوشش

بسیاری هنوز در این باره در پیش است.

زلزله‌های مشابه نتایج و عواقب متفاوتی در کشورهای مختلف ببار می‌آورند زلزله‌ای شبیه زلزله سال ۱۹۶۰ شیلی بخشی از مملکت را ویران کرد و بمراکز اقتصادی اندکی امکان ادامه حیات داد. در صورتیکه در زلزله آلاسکا چون قسمت اعظم ایالات متحده آسیب ندیده بود آنازونی توانست بمنطقه آسیب دیده کمک نماید. بهر حال هر مملکتی باید باتجزیه و تحلیل موقعیت اجتماعی و اقتصادی خود درباره آئین نامه ساختمانی زلزله و مقررات مربوط بان و اینکه تا چه میزان می‌خواهد کشور را در برابر خطرات زلزله حفظ کند تصمیم بگیرد.

هزینه ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله :

اغلب از مهندسين زلزله سؤال میشود که هزینه ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله بچه نسبتی از ساختمانهای معمولی فزونی دارد. بدیهی است باین سؤال نمیتوان باسانی جواب ساده‌ای داد. زیرا مقاومت ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله میتواند درجات مختلفی داشته باشد و هر یک از این درجات با بخطر انداختن بعضی از شرائط و یا اقتصاد محلی ممکن است همراه باشد بنابراین قبلاً بایستی مقاومت استاندارد و قرار دادی تعریف و مشخص گردد. اگر منظور از مقاومت قراردادی بکار بردن کارگران ساهر و مصالح خوب باشد در این صورت افزایش هزینه برای آنکه ساختمان مقاومی در برابر زلزله داشته باشیم اندک خواهد بود. از طرف دیگر اگر معمولاً طراحی ضعیف بوده و مصالح بد مصرف میشود در اینصورت برای آنکه ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله داشته باشیم هزینه بمقدار زیادی افزایش خواهد یافت. مطالعات سیستماتیک و کمی برای حل مسئله در این باره بعمل آمده است بنظر میرسد که دلیلی وجود ندارد که نتوان با دقت بیشتری افزایش قیمت طرحهای ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله را ضمن مقایسه با ساختمانی معمولی که در شرایط خاصی بنا می‌گردند تعیین کرد.

قسمتی از این مطالعات باید صرف آنالیز ترکیب طریقه‌های مختلف محاسبه و مصالح متفاوت ساختمانی گردد تا بهترین نوع ترکیب با توجه بوضع اقتصادی محیط بدست آید. در حال حاضر آئین نامه‌های ساختمانی طرحهای مقاوم در برابر زلزله را مشخص و معین مینماید و برای هر بنائی هزینه تقریباً مشخصی از لحاظ مقاومت در برابر زلزله وجود دارد. باید توجه داشت بهر ساختمانی درجه معینی از زلزله میتواند بان آسیب برساند و طبعاً زلزله‌های شدیدتر از زلزله محاسبه شده خسارت بیشتری ببار خواهند آورد و بدیهی است هزینه تعمیر و

مرمت خرابیهائی نیز با ازدیاد شدت زلزله بمراتب افزایش خواهد یافت. هرگاه این خسارات بطور کامل معین و برآورد شود. علت افزایش هزینه کلی بهای ساختمان معلوم خواهد شد. بنظر میرسد که مقررات مندرج در آئین نامه های فعلی ساختمانها مقاومت یکنواخت به تمام قسمت های ساختمان در مقابل خرابی نمیدهد بلکه بعضی قسمت ها مقاومتر و برخی قسمت ها ضعیف تر خواهند بود. بدون هیچگونه تردیدی این امر سبب افزایش هزینه طرحهای ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله میگردد.

هزینه ترمیم خرابیها :

بدست آوردن و تعیین هزینه حقیقی ترمیم خرابیها بسیار مشکل است. علت مهم و اساسی این امر آن است که قسمت اعظم تعمیرات در شرایط فوری و خاصی صورت میپذیرد. مشکل دیگر تعیین حدی است که تعمیرات باید انجام پذیرد. تعمیرات ممکن است:

- حداقل و ضروری باشد تا از فروریختن ساختمان و یا بهر آوردن خسارت بیشتر جلوگیری کند.
- کوشش لازم برای آنکه ساختمان بوضع اولیه خود برگردد. بدیهی است در این حالت منظور آن است که از لحاظ مقاومت نیز همان مقاومت اولیه را بدست آورد.
- بالاخره هدف از کوشش بیشتر آن است که ساختمان بوضعی درآید تا در مقابل زلزله های آینده مقاومت نماید.

تعمیرات در هر یک از حدود فوق الذکر اغلب با سایر اصلاحات و مرمت ها و یا مدرن کردن ساختمان ممکن است توأم باشد از اینرو همواره تعیین آنکه چه مقدار از هزینه انجام شده مربوط بزلزله بوده است چندان ساده و آسان نیست.

تخلیه کردن شهرهای ویران شده :

پس از هر زلزله مخرب پیشنهاد ترک شهر ویران شده چندان غیر معقول و نادر نیست. ولی با این همه فقط پس از انجام مطالعات کافی از وضعیت و چگونگی امر میتوان چنین تصمیمی اتخاذ کرد. تخلیه شهر والدز Valdez الاسکا خود یک نمونه است. پس از وقوع زلزله ۱۰ مارس ۱۹۶۴ تصمیم گرفته شد شهر را ترک گفته و شهر جدیدی تقریباً در ۹ کیلومتری شهر قدیمی که کمتر احتمال ویرانی می رود ساخته شود. اتخاذ تصمیم برای ترک شهر زلزله زده ای مستلزم آن است که اطلاعات کافی درباره تعداد دفعاتی که زلزله روی میدهد شدت لرزش زمین، درجه خرابی که زلزله ممکن است بهر آورد و همچنین هزینه ترمیم خرابیهای ناشی از زلزله داشت. این هزینه بایستی با مخارج ساختن شهر جدیدی در محل تازه برابری کند و بعلاوه باید از لحاظ ارزش مادی نیز محل جدید با نقاط دیگر مقایسه شود.

در حال حاضر اطلاعات درباره کلیه مطالب فوق الذکر در دسترس نیست. از لحاظ روانی نیز مسئله جابجا

کردن ساکنین شهر باید مورد مطالعه قرار گیرد و این خود در مرحله اول اهمیت قرار دارد.

هزینه‌های اولیه سرویس‌های فوری :

یکی از هزینه‌های مستقیم اولیه هزینه برقراری سرویس‌های اولیه و فوری است. مواد غذایی و همچنین پناهگاه‌های موقتی برای آسیب دیدگان باید تهیه و پیش‌بینی گردد. مکان‌های موقتی برای احتیاجات اولیه و ضروری نیز باید تهیه گردد سیستم حمل و نقل فوری باید برقرار شود و اقدامات اولیه بمنظور تأمین بهداشت عمومی باید بعمل آید. در بیشتر زلزله‌های بزرگ از کلیه امکانات و همچنین قوای نظامی که معمولاً تعلیمات لازم رادیده‌اند و کاملاً برای مقابله با مواقع غیر عادی آمادگی دارند بمنظور برقراری نظم و دادن سرویس‌های لازم با آسیب دیدگان استفاده میشود.

خسارت‌های غیر مستقیم :

در اثر زلزله خسارت‌های غیر مستقیم نیز وارد می‌آید. نابسامانی در امور تجارتي و صنعتی جامعه در اثر زلزله یک امر اجتناب ناپذیر است. بسیاری از مردم از ترس فرار را برقرار در نقطه زلزله زده ترجیح میدهند. بدیهی است صاحبان صنایع و حرف نیز از این امر مستثنی نیستند. صنایع وابسته ممکن است رها کردن صنعت را از مقابله با پرداخت خسارت ناشی از زلزله ترجیح دهند. از طرف دیگر ممکن است فایده غیر مستقیمی نیز از زلزله عاید بعضی صنایع گردد مثلاً صنایعی که طبق برنامه دراز مدت در راه نو کردن ماشین آلات کارخانه قدم برمیدارند ممکن است در اثر زلزله برنامه فوری برای مدرن کردن کارخانه تنظیم نمایند که طبعاً فایده تنظیم چنین برنامه‌ای بی‌جا خواهد رسید.

استفاده از زمین‌های نامساعد برای ساختمان :

مسئله دیگری که باید بآن توجه شود مشکل استفاده از زمین است. امروزه ثابت شده است که بعضی از زمینها برای احداث ساختمان مناسب نمیشوند زیرا ممکن است در اثر حدوث زلزله بعلت لغزش زمین و یا ریزش زمین وغیره بساختمانها خسارت‌های شدید وارد آید. لذا این سؤال مطرح میشود که آیا دولت میتواند اجازه ساختمان در چنین زمینهای نامساعدی بدهد؟ بنا بر این تصمیمی که مؤسسات مجاز و دولتی درباره زمینهاییکه برای احداث بنا مساعد نیستند خواهد گرفت بخصوص در مواقعیکه شهر در حال توسعه است خود مسئله بسیار مشکلی است. خطر از دست رفتن سرمایه ایجاد میکند که فقط در زمینهای مساعد خوب ساختمانها بنا گردند از اینرو پیشرفت و توسعه علم مهندسی زلزله در این زمینه ضروری است تا بتوان زمینهای نامساعد را نیز برای مقابله و مقاومت بالرزش‌های ناشی از زلزله آماده کرد.

زمینی که برای احداث مرکز راکتورهای اتمی در نظر گرفته میشود و باید کاملاً مورد بررسی و مطالعه

و ارزیابی قرار گیرد.

بیمه زلزله :

حوادث ناشی از زلزله و خسارتهای حاصله از آن با توجه با اطلاعاتی که در حال حاضر در دست است دقیقاً نمیتوان تعیین کرد. از اینرو اغلب این سؤال بخاطر میرسد که چرا بیمه زلزله راه حلی برای این مشکل نیست. در حوادث غیر قابل پیش بینی از قبیل آتش سوزی، تصادفات اتومبیل و بیماری نرخ بیمه با توجه بشرایط موجود بنحوی تعیین میشود و یا باید بشود که سود عادلانه ای نصیب بیمه گذار گردد. این سود عادلانه بدون آنکه اطلاعات دقیقی از یکایک حوادث در دست باشد تعیین میشود. بعنوان مثال میتوان گفت که احتمال آتش سوزی در یک ساختمان بخصوص و چگونگی و مقدار خسارتی که در اثر آتش سوزی ممکن است ببیند و هزینه تعمیرات را نمیتوان قبلاً و بطور دقیق تعیین و برآورد کرد. ولی چون هر ساله چندین هزار خسارت آتش سوزی پرداخت میشود بنابراین از لحاظ آمار میتوان خسارات وارده و نرخ بیمه را تعیین کرد. نرخ بیمه ضرورتی ندارد که منعکس کننده اختلاف بین ساختمانیکه خوب ساخته شده و خوب نگهداری میشود با ساختمانی که بد ساخته شده و بد نگهداری میشود در مورد آتش سوزی باشد. با این همه مقررات شرکت های بیمه اثر شدیدی روی استاندارد ساختمانها چه از لحاظ مصالح و چه از نظر نگهداری میگذارد و آنها را بسوی یک حد معینی از استحکام و ایمنی سوق میدهد.

مسئله بیمه زلزله با بیمه آتش سوزی کاملاً فرق دارد زیرا این دو مورد از نظر آمار کاملاً با یکدیگر تفاوت داشته و در سطوح مختلف قرار دارند. صنعت بیمه آتش سوزی ملیونها بیمه شده دارد و هر ساله خسارت هزاران مورد آتش سوزی را میپردازد. در حالیکه هر شرکت بیمه زلزله که در شهری مثلاً مانند سانفرانسیسکو بوجود آید بیمه شدگان در مقابل یک زلزله بزرگ و واحد بیمه شده اند از اینرو از نظر صنعت بیمه تعداد بیمه شدگان محدود خواهد بود و فقط چند مشتری بزرگ و چند صد هزار مشتری کوچک خواهد داشت. هر چند سال یک زلزله کوچک و هر ۵ یا ۱۰ سال یک زلزله بسیار شدید احتمالاً روی خواهد داد زلزله شدیدی که معلوم نیست چه موقع روی خواهد داد اگر احياناً یکسال بعد از برقراری بیمه زلزله روی دهد احتمالاً خسارتی در حدود ۲ تا ۳ بیلیون دلار (۱،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ تا ۲،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ ریال) به بار خواهد آورد. و هیچ شرکت خصوصی قادر بچبران و پرداخت چنین خسارتی نیست. بنابراین ملاحظه میگردد که از لحاظ آمار چند سال تجربه در مورد بیمه آتش سوزی معادل چند هزار سال تجربه درباره بیمه زلزله است. لذا میتوان پیش بینی کرد که آمار قابل قبولی از لحاظ بیمه زلزله بزودی در اختیارمان قرار نخواهد گرفت.

بنابراین ملاحظه میگردد که چرا شرکت های خصوصی نمیتوانند با بیمه زلزله بر اساس مقررات بیمه آتش سوزی اقدام نمایند زیرا خطریکه از زلزله متصور است دقیقاً قابل پیش بینی نیست لذا بیمه زلزله نیز فعلاً امکان پذیر نیست. از اینرو اگر باید برنامه ای برای بیمه زلزله تهیه گردد دولت مرکزی بایستی

در این مورد نقش اساسی را بعهده گیرد مطالعات مقدماتی از طرف مقامات دولتی در این باره بعمل آمده است.

برنامه بیمه حوادث در زلاند نو :

در زلاند نو برنامه‌ای برای بیمه حوادث تنظیم شده است باین معنی که از کلیه بیمه‌ها مانند آتش-سوزی و غیره مبلغی اخذ میگردد. این وجه اضافی که توسط شرکت بیمه گرفته میشود در یک صندوق مرکزی دولتی جمع آوری میشود و این صندوق در مواقع حدوث مصیبت‌های ملی و همه گیر از قبیل زلزله و جنگ و طوفان و سیل و غیره بکمک آسیب دیدگان میشتابد. صندوق فوق الذکر در سال ۱۹۴۱ آغاز بکار کرد و از آن تاریخ تا کنون هیچگونه زلزله بزرگی روی نداده است باین همه در حدود یک میلیون دلار بابت خسارت ناشی از زلزله پرداخت کرده است.

باید یادآور شد که زلاند نو از نظر زلزله خیزی شبیه ایالت کالیفرنیا آمریکا است ولی جمعیت آن ۱/۱ و سرمایه گذاری آن در حدود ۱/۳ کالیفرنیا است. هر گاه چنین برنامه‌ای با موفقیت در کشور بزرگی مانند ایالات متحده آمریکا اجرا شود نرخ بیمه باید متناسب با حوادث ناشی از زلزله و چگونگی خسارت وارده از آن در هر منطقه و همچنین مقاومت ساختمانها تعیین شود. برای تحقق این امر لازم است که تحقیقات مخصوص و مستقیمی بمنظور تهیه اطلاعاتی درباره تعیین آسیب پذیری مناطق مختلف و همچنین تحقیقاتی درباره ساختمان زمین و عوامل متشکله زیر بنای ساختمانها که تأثیر بسزائی در نحوه اثر زلزله روی ساختمانها دارد بعمل آید. فرصت بقدری کم و خسارت وارده ناشی از زلزله با اندازه‌ای زیاد است که این امر را نباید باشتاب زدگی توأم با اشتباه و لغزش انجام داد.

هزینه بیمه زلزله :

جان، ر، فریمن John R. Freeman در کتاب «خسارت ناشی از زلزله و بیمه» خسارت وارده از زلزله را در هر سال برای منطقه با زلزله خیزی از درجه ۳ در حدود ۱۰۰ سنت برای هر ۱۰۰ دلار ارزش ساختمان برآورد کرده است. برای شرق آتازونی خسارت را در حدود یک سنت برای هر ۱۰۰ دلار ارزش ساختمان تخمین زده است. قبلاً خسارت سالیانه را برای منطقه با زلزله خیزی از درجه ۳ با ۳ میلیون جمعیت بطور متوسط در حدود ۳۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ دلار برآورد کرده بودیم. هر گاه ارزش سرمایه گذاری سرانه را در حدود ۲۰۰۰ دلار برآورد کنیم خسارت سالیانه وارده ناشی از زلزله معادل ۵ سنت برای هر صد دلار در منطقه زلزله خیزی از درجه ۳ خواهد بود بنابراین برآورد «فریمن» دو برابر مقدار فوق است همچنین «فریمن» یادآور شده است که هر گاه بیمه زلزله اجباری گردد میتوان با مبلغی کمتر از مقدار فوق ضمن انجام بیمه آتش سوزی نسبت به بیمه زلزله اقدام کرد. اگر بیمه زلزله اجباری شود لازم است که در سالهای اولیه شروع بیمه زلزله در صورت وقوع زلزله مصیبت بار حکومت مرکزی به شرکت‌های بیمه کمک کند. بدیهی است بیمه‌های دراز مدت زلزله بشرط آنکه زلزله شدید و مصیبت باری در شروع بیمه روی ندهد با نرخ ۱۰ سنت

برای صد دلار میتواند علاوه بر جبران خسارت وارده ناشی از زلزله هزینه اداری شرکت بیمه را تأمین کرده و سود مناسبی نیز برای شرکت دربر داشته باشد.

از آنچه گفته شد چنین نتیجه گرفته میشود که برقراری بیمه زلزله عملاً ممکن است ولی در هر حال بیمه زلزله نمیتواند جای ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله را بگیرد. بهترین برنامه بیمه زلزله باید با تشویق صاحبان ساختمانها با احداث ابنیههای مقاوم در برابر زلزله بمنظور تقلیل نرخ بیمه زلزله توأم باشد.

تلفات و مجروحین زلزله :

تعداد مجروحین و تلفات ناشی از زلزله بستگی بعوامل بسیاری از قبیل بزرگی زلزله و درجه تراکم جمعیت و چگونگی ساختمانها و امکانات و تحرك سازمان آتش نشانی وغیره دارد. زلزله کوچک سال ۱۹۶۰ شهر آقادی در مراکش به بزرگی ۷٫۰ حدود $\frac{1}{4}$ جمعیت سی هزار نفری شهر را کشت. در حالیکه زلزله سال ۱۹۰۶ سانفرانسیسکو با بزرگی ۸٫۲ فقط ۷۰۰ نفر تلفات داد. زلزله سال ۱۹۱۳ توکیو با اینکه از زلزله سانفرانسیسکو کوچکتر بوده بیش از ۱۰۰۰۰۰ نفر تلفات داد بیشتر این عده در اثر آتش سوزی عظیمی که در اثر زلزله ایجاد شده بود تلف شدند در زلزله سال ۱۹۶۴ آلاسکا با بزرگی ۸٫۴ بیشتر از ۱۰۰ نفر تلف نشدند در صورتیکه این زلزله بمقدار قابل توجهی از زلزله آقادی بزرگتر بود و جمعیتی در حدود ۵ برابر جمعیت آقادی را دربر گرفته بود.

زلزله هائیکه سابقاً در اتا زونی روی داده است. از نظر کمی تلفات قابل توجه است زلزله های بزرگ سالهای ۱۸۱۱ و ۱۸۱۲ دره سیسی سی پی و زلزله بزرگ سال ۱۸۵۷ و ۱۸۷۲ کالیفرنیا بعلت آنکه در مناطق پراکنده و کم جمعیتی روی داده اند تلفات اندکی داشته اند بعلاوه زلزله های دیگری که نتوانستند خساراتی ببار آورند روی دادند که خوشبختانه کانون آنها در نزدیکی شهرها نبوده است. حتی زلزله هائیکه بشدت شهرهای سانفرانسیسکو (۱۹۰۶) و لانگ بیچ (۱۹۳۳) و انکوراژ (۱۹۶۴) را بلرزه درآوردند تلفات نسبتاً اندکی را سبب شدند. بهر حال بررسی این زلزله ها نشان میدهد که امکان تلفات انسانی کم جنبه تصادفی داشته است. بدیهی است که زلزله در ساعات های مختلف روز ممکن است حادث شود و شکی نیست که اگر زلزله موقعی روی دهد که تعداد بیشتری از مردم در معرض خطر فرو ریختن ساختمانها قرار گیرند تلفات انسانی بمقدار زیادی افزایش خواهد یافت. در زلزله سانفرانسیسکو ساکنین شهر در موقع حدوث زلزله در خواب بودند. در زلزله لانگ بیچ مدرسه ای که شدیداً خسارت دید خالی بود و در انکوراژ آپارتمانیکه تماماً فرو ریخت هنوز اشغال نشده بود و مورد استفاده قرار نگرفته بود. شهر سوارد (Seward) واقع در آلاسکا جشنی برای بعد از ظهر ۲۷ مارس ۱۹۶۴ تدارک دیده بود که قسمت اعظم جمعیت شهر میبایستی در اسکله جمع میشدند در آخرین لحظات انجام مراسم جشن به بعد سوکول گردید. زلزله در ساعت ۳٫۰ بعد از ظهر

روی داد. اسکله و موج شکن ها در اثر امواج حاصله از زلزله درهم شکسته و در آب غرق شدند بدیهی است در چنین شرائطی تعداد زخمی شدگان و تلفات بچندبرابر افزایش یافته و زلزله جنبه مرگبار بخود میگرفت. هراندازه جمعیت شهر زیادتر باشد تعداد تلفات و مجروحین نیز بهمان نسبت بیشتر خواهد بود.

آسیب پذیری ساختمانها :

هرگاه بخواهیم تعداد مجروحین و تلفات احتمالی ناشی از یک زلزله شدید را برآورد کنیم لازم است که درجه آسیب پذیری ساختمانهای موجود را ارزیابی کنیم. بهرحال از عمر « آئین نامه ساختمانی زلزله » که در آئین نامه های ساختمانی آنرا پذیرفته اند دیرزمانی نمیگذرد و قسمت اعظم ساختمانها قبل از اجرای آئین نامه ساختمانی زلزله ساخته شده اند. بنابراین بسیاری از این ساختمانها در اثر زلزله شدید بکلی و یا قسمتی از آن فرو خواهد ریخت و در نتیجه تلفات جانی بهار خواهند آورد. در منطقه زلزله خیزی از درجه سه در حدود ۲۰ هزار مسکن از لحاظ زلزله آسیب پذیر تشخیص داده شده است که در میان آنها چندین مدرسه نیز وجود دارد. در بسیاری از شهرها خرابی و ویرانی ساختمانها در اثر زلزله آنطور که باید مورد توجه قرار نگرفته است باین امید که انشاءاله تا پایان عمر این نوع ساختمانها و تجدید بنای آنها زلزله شدید و مصیبت باری روی نخواهد داد.

دانستن تعداد این نوع ساختمانها در منطقه زلزله خیزی سه و تعیین نفرات ساکن در آنها و بزرگی حادثه ای که این نوع ساختمانها میتوانند بوجود آورند و هزینه ای که برای تجدید ساختمان آنها مورد نیاز است و امکانات ایمنی قابل اجرائی که میتوان منظور داشت حائز کمال اهمیت و شایان توجه بسیار است.

در لوس آنجلس تعداد این نوع ساختمانها به ۴۰۰۰۰ بالغ میگردد و در منطقه لوس آنجلس این تعداد به ۱۰۰۰۰۰ برآورد شده است. بیشتر آنها ساختمانهای تجارتي با مصالح بنائی و آپارتمانها و کارخانجات هستند. هرگاه حداقل ساکنین هر ساختمان را ۵ نفر در نظر گیریم در اثر زلزله شدید جان نیم میلیون نفر در خطر خواهد بود. ارقام فوق نمایشگر خطری است که حتی در صورت خراب شدن قسمتی از خانه ها جامعه را تهدید میکند. اگر تعداد خانه های مذکور اندک بوده راه حل ساده آن تخریب و نوسازی بنا بود ولی. وقتیکه تعداد آنها به ۱۰۰۰۰۰ بالغ گردد آنوقت هزینه آن به ۵ تا ۱۰ بیلیون دلار بالغ خواهد شد. صرف چنین هزینه ای خود همانند ضربه ای خواهد بود که یک زلزله شدید میتواند وارد آورد. در شهر لانگ بیچ برنامه ای بمنظور مقاوم کردن ساختمانها و یا تخریب و تجدید بنای ساختمانهای آسیب پذیر شروع شده است.

ساختمانهای دیگری نیز وجود دارد که مقاوم بودن آنها در برابر زلزله محل تردید است از جمله این ساختمانها میتوان سدهای خاکی را نامبرد که کمترین ترك حاصله در آن میتواند مصیبتی بزرگ برآورد. وجود تعداد زیادی از این قبیل ساختمانها که ترك حاصله ناشی از زلزله در آنها میتواند بقیمت گزافی تمام شود

ویا حوادثی بیافریند خود یک مشکل بزرگ اجتماعی محسوب میشود. اگر کلیه مسائل مربوط به مهندسی زلزله حل گردد بنحویکه تمام ساختمانهای جدید تا حد معینی در برابر زلزله مقاوم باشند باز هم مسائل و مشکلات بسیاری در مورد زلزله باقی خواهد ماند که باید حل و برطرف شوند. با روشی که فعلاً در مورد تجدید بنای ساختمانهای کهنه عمل میشود برای آنکه کلیه ساختمانها نوسازی شده و در برابر زلزله مقاوم گردند. ۵ تا ۱۰ سال وقت لازم خواهد بود. لذا این سؤال مطرح میگردد که جامعه برای حل این مشکل چگونه و با چه سرعتی باید اقدام کند.

اکثریت ساختمانهای واقع در شرق Rocky Mountains در برابر زلزله شدید آسیب پذیرند و این آسیب پذیری در بسیاری از آنها فوق العاده است. حتی زلزله‌ای با شدت متوسط میتواند خرابی بسیاری در هر یک از شهرهای این قسمت ببار آورد. تعداد حقیقی آسیب پذیری شهرهای واقع در شرق امریکا هنوز کاملاً تعیین نشده است. برای تعیین آن باید قبلاً احتمال حدوث زلزله و همچنین مقاومت ساختمانهای این قسمت از کشور تعیین گردد تا بتوان تعداد زخمی شدگان ویا تلفات و خسارت احتمالی در اثر وقوع زلزله را برآورد کرد.

اهمیت خسارت ناشی از زلزله وارده بتأسیسات نظامی:

اثر ویرانیهای وارده بتأسیسات نظامی فقط محدود بهزینه ترمیم آن نمیگردد. از آنجائیکه عوامل نظامی باید بطور صحیح و مرتب وظائف خود را انجام دهند بنابراین باید طوری محاسبه و طرح شوند که در مقابل قویترین لرزشی که امکان حدوث آن میرود مقاومت نمایند ضمناً باید توجه داشت که آسیب پذیری عوامل اقتصادی در اثر زلزله در زمان جنگ بمراتب بیشتر از زمان صلح حائز اهمیت است.

پیش بینی و کنترل حوادث:

طبق نظریه های جدید حوادث قابل مطالعه و پیش بینی و کنترل هستند. زلزله خود بالنفسه قابل کنترل نیست ولی زلزله مصیبت محسوب نمیشود. بلکه خسارت عظیم وارده بساخته های انسانی و زخمی شدن و تلفات ناشی از زلزله است که مصیبت را بوجود میآورد و این امر میتواند تحت کنترل قرار گیرد.

ژاپن کشوری است که در معرض بلایای مختلف از قبیل زلزله - طوفان - سیل و آتش سوزی دائمی قرار دارد. در این کشور مطالعات بر روی حوادث با شدت دنبال میشود. تعداد زیادی انستیتو مشغول تحقیق و مطالعه در باره پیش بینی و جلوگیری از حوادث هستند. این انستیتوها که در صف اول پژوهش در باره حوادث قرار دارند وابسته بدولت ویا دانشگاهها هستند. در کشور اتا زونی تحقیقات درباره حوادث آنها با مقیاس بسیار کم فقط توسط دانشمندان جامعه شناس بعمل میآید. مطالعات درباره حوادث بطور اعم و در مورد زلزله بویژه هنوز در مراحل اولیه قرار دارد. (بقیه مطالب را در صفحه ۲۴۲ مطالعه فرمائید)

Economic and Social Aspects of the Earthquake Problem

by :

Homayoun Haghghi

Over \$ 70 billion per year are being expended currently on construction in the United States , of which approximately \$ 10 billion are expended in the more Seismic regions of the country. For the following two very destructive earthquakes , Alaska 1964 ; and San Francisco, 1906 - it is estimated that losses per capita ranged from \$ 5000 for San Francisco in 1969 dollars.

The foregoing figures indicate roughly the size of the problem, and it can then be asked : what is the proper amount that should be spent to provide protection against earthquake? This is not an easy question to answer.

To give a rational answer to the question of how much expenditure on protection against earthquakes is justified on economic grounds, additional information must be developed on the real cost of providing strength to resist earthquakes and the real cost of the earthquake damage.

It has been observed that when earthquake design requirements are put into effect, the quality and durability of construction are improved and, therefore, the extra cost should not all be charged to earthquake protection. Consideration must also be given to the fact that the additional structural strength to resist earthquakes is effective in resisting wind forces and blast pressures as well; also , the repair of earthquake damage can result in a structure that may be better than it was before the earthquake. Consideration must also be given to the fact that the most costly damage may be to non structural elements of a building rather than to the force resisting elements. As effort should be made to determine the cost - benefit ratio of earthquake protective measures. Currently used design procedures can give widely different cost - benefit ratios for different buildings, and they are thought to lead to more costly earthquake damage than is appropriate.

At present, earthquake insurance is not widely in effect, mainly because it is not readily available; it provide only limited coverage and is relatively costly. Since their unfortunate experiences with the 1906 San - Francisco earthquake , insurance companies have been cautious about overcommitting themselves in earthquake insurance and rightly so.

All the property owners that take earthquake insurance in Los Angeles are essentially insuring against the same major destructive earthquake ; as we know, this event could conceivably result in a loss of \$ 50 billion.

From the point of view of the insurance industry, the relatively few metropolitan areas in the more seismic regions are the clients who want to insure against relatively infrequent but very costly events for which, unfortunately, there is a small

but finite probability of occurrence in the near future. It is this last factor, of course, that makes the proposition unsuitable for private insurance companies, for otherwise the appropriate insurance premiums are not unreasonable.

Many of the old buildings are of particularly hazardous kinds of construction and are liable to partial or complete collapse in the event of strong shaking with likelihood of injury and loss of life.

In view of the large number of such older buildings and their susceptibility to earthquake damage, studies should be made of this particular aspect of the earthquake problem to determine:

- 1 - How many of these buildings there are,
- 2 - What investment they represent,
- 3 - How many persons live or work in them,
- 4 - What are the expectations of damage,
- 5 - What reasonable rehabilitation might be made.

It is not feasible to require all of these buildings to be rebuilt or demolished immediately. This would be an economic disaster comparable to a great earthquake. However, a program of rebuilding or demolishing the most hazardous structures should be implemented in such a way as to avoid unreasonable financial hardships and the program should be continued until the problem is solved.

It has been estimated that during historical times about 70 million people have lost their lives in earthquakes or their immediate after-effects, such as fires, tsunamis, landslides, and so forth. Casualty figures for many earthquakes, have reached truly catastrophic levels, for example, 137000 in Hokkaido, Japan (1730); 60000 in Lisbon, Portugal (1755); 40000 in Quito, Ecuador (1797); 40000 in Peru and Ecuador (1868), 19000 in Kongara, India (1905); 83000 in Messina, Italy (1908); 30000 in Avezzano, Italy (1915); 100000 in Kansu, China (1920), 99000 in Tokyo, Japan (1923); 200000 in Nan-shan, China (1927); 30000 in Quetta, Pakistan (1935); 28000 in Chile (1939); 10000 in Agadir, Morocco (1960); 12000 in Qazvin, Iran (1962); and 11000 in Khorasan, Iran (1968). These very large numbers were, no doubt, due to special conditions as there have been other earthquakes in which the casualties were comparatively small in number. The injuries and loss of life during an earthquake depend on many factors - such as magnitude of the

earthquake, proximity to a large and densely populated city, kind and quality of construction, time of occurrence, and others; even the element of chance plays an important role.

It seems certain that practical methods of earthquake - resistant design and construction can be evolved for all works of man, such as dams, buildings, bridges, and so on, that would largely eliminate hazard to life and limb and that even such almost irresistible phenomena as large earth slides and tsunamis, when properly understood and taken into account could be rendered much less hazardous than in the past.

The most feared aspect of an earthquake is its ability to create a disaster ; that is, in a short interval of time to produce such severe damage or loss of life as to give a disruptive shock to society.

The control of an earthquake disaster will depend largely on the proper functioning of public agencies, such as fire and police departments, hospital and health facilities, city administration, and others. It will also depend largely on the functioning of public agencies, such as electric power, water supply, food supply, transportation and communication agencies, The interaction of these services in times of disaster should be studied and the most appropriate methods of organization, preparation and operation should be developed.

Injury and loss of life is more shocking to society than is an economic disaster, and this seems to be particularly true in the case of earthquakes.

As earthquake can also ignite hundreds or even thousands of small fires which under certain conditions can spread uncontrolled to produce a great fire disaster. San-Francisco (1906) and Tokyo (1923) are instances where earthquake produced fire, did enormous damage and caused great loss of life. The formation, behavior and control of such large fires are not well understood; in view of the possible disastrous consequences it seems important that studies be made of the earthquake - fire problem aimed at developing practical methods for avoiding and controlling such disasters.