Archive of SID

مدیریت بحران و روند ارزیابی ساختمان‌های آسیب دیده از زلزله

اصغروطنی اسکویی[1]

چکیده

گرچه مکان و زمان رخداد زلزله ها کاملاً مشخص نیست ولی این واقعیتی است انکار ناپذیرکه کره خاکی با توجه به ساختارش هر از چند سالی انرژی خود را آزاد نموده و محیط طبیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه با این که زمین هیچ وقت از ریسک دور نیست، کم کردن خطرات ناشی از ریسک در هر زمان امکان پذیر و مؤثر می‌باشد.

با توجه به وسعت خرابی بعد از زلزله جهت ارزیابی وضعیت ساختمانهای موجود در منطقه زلزله زده نیاز به صدها و بعضا به هزاران مهندس ارزیاب که از قبل تعلیم دیده‌اند، می‌باشد. جهت یکنواختی درارزیابی، نیاز به تهیه فرم های ساده و جامعی است که نحوه پرکردن آن آسان باشد تا بتوان اطلاعات لازم را با سرعت مناسب و در مدت زمان کوتاهی جمع آوری نمود.

مدت زمان ارزیابی ساختمانهای آسیب دیده نقش مهمی نسبت به دیگر پارامترها در مدیریت بحران ایجاد شده، پس از یک زلزله مخرب، دارد. در ارزیابی کیفی ساختمانهای آسیب دیده مناسب که با بازدید چشمی مهندس ارزیاب همراه می‌باشد بستگی به تجربه و دانش مهندس ارزیاب جهت قضاوت در مورد ساختمانهای منطقه زلزله زده دارد.

در این مقاله، علاوه بر بررسی مدیریت بحران، فرم ارزیابی کیفی ساختمانهای آسیب دیده با توجه به شرایط کشورمان تهیه و نحوه جمع آوری اطلاعات و ارزیابی ساختمانهای آسیب دیده ارائه شده است. جهت پردازش داده های جمع آوری شده برنامه کامپیوتری تهیه شده است. با توجه به فرم های فراهم شده و مقدار آسیب ایجاد شده، ساختمان ها به سه دسته با آسیب کم، متوسط و شدید که به ترتیب با رنگ های سبز، زرد و قرمز مشخص شده تقسیم بندی می‌شوند.

کلمات کلیدی: آسیب پذیری کیفی، زلزله، مدیریت بحران، فرم ارزیابی، امداد رسانی

۱– مقدمه

بحران، پدیده‌ای است که براثرتلاشهای انسان و یا طبیعت در یک بازه زمانی کوتاه مدت، زندگی انسانها را دگرگون می‌کند و در صورتی که مدیریتی محلی و مرکزی آمادگی های لازم برای مقابله با این پدیده ناگهانی را نداشته باشند باعث تلفات جانی، زخمی شدن انسانها، تلفات مالی و . . . می‌شود. بحران باعث کاهش سطح بهداشت و زندگی مردم خواهد شد. مهمترین تلاشهای انسانی جهت مقابله با بحران، برنامه ریزی قبل از بحران و بکارگیری آن در هنگام رخداد و بعد از آن می‌باشد که باعث کاهش مشکلات ناشی از بحران می‌شود [۱].

مقاله در تاریخ ۸۷/۶/۲۴ دریافت و در تاریخ ۸۷/۹/۱ به تصویب نهایی رسید.

[1] **استادیار**، دانشکده عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
پست الکترونیکی: vatani@srttu.edu

این مورد نیاز به برنامه ریزی دقیق و استفاده از تمامی امکانات دارد.

در هنگام زلزله و با به وجود آمدن بحران و افزایش تلفات جانی، احساسات و عواطف مردم برای کمک به زلزله زدگان بیشتر می‌شود. اگر کمک های داوطلبانه هدایت نشده باشد نه تنها مزیتی نخواهد بود بلکه باعث مشکلات عدیده‌ای نیز می‌شود [۲].

زلزله را نباید به عنوان یک پدیده طبیعی به صورت مجزا دید[۱]. زلزله همچون دیگر پدیده‌های طبیعی زنجیره‌ای از پدیده های طبیعی دیگر مثل رانش زمین، افتادن سنگ، سیل، آتش سوزی، انفجار، آلوده شدن آب و . . . را ممکن است به دنبال داشته باشد. همچنین رخداد زلزله باعث آسیب‌های فیزیکی، انسانی، اجتماعی، مالی، اقتصادی، شروع بیماری‌های واگیر، تورم، قحطی، مشکلات در صنعت توریسم و هواپیمایی و تا حدی هنری در منطقه زلزله زده

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود [۳ و ۴]. مراحل اصلی بحران ناشی از زلزله را می‌توان به سه مرحله الف- قبل از زلزله، ب- هنگام رخداد زلزله، ج- بعد از زلزله تقسیم نمود [۵]. مدیریت بحران ناشی از زلزله نه تنها دولتمردان و مسئولین بلکه داوطلبان و مردم را نیز در بر می‌گیرد [۶ و ۷]. زلزله نه تنها ساختمانها، بلکه دولت ها و حکومت ها را نیز مورد آزمایش قرار می‌دهد ساختمان‌هایی که ظاهراً سالم و بدون مشکل به نظر می‌آیند هنگام رخداد زلزله است که نقاط ضعف آنها مشخص می‌شود. زلزله دولتمردان و سیاست های آنهارا به نقد می‌کشد که چقدر در فکر مردم و مشکلات آنها بوده‌اند. اگر حکومتی از قبل به فکر و چاره اندیشی برای حفظ مردم خود باشد لازم است برنامه ریزی اصولی و صحیحی داشته باشد.

۲- مدیریت بحران

آمادگی قبل از وقوع زلزله: بررسی برنامه ریزی به منظور آمادگی قبل از زلزله لازم است مطالعات زیر انجام شود:

- مشخص کردن مناطقی که پتانسیل لرزه خیزی بالایی دارند تا بدین وسیله بتوان آسیب و خطرات ناشی از ریسک را کاهش داد (شناخت نوع خطر، شناخت نوع و میزان ریسک).
- پیشگیری (بررسی آسیب پذیری کیفی و کمی مناطق با پتانسیل لرزه خیزی زیاد؛ بهسازی و ایمن سازی ساختمانهای موجود؛ ارزیابی خسارت و تلفات احتمالی؛ بازنگری در مراحل اجرای مناسب ساخت و ساز؛ انتقال محل سازه هایی با اهمیت خیلی زیاد به مناطقی که پتانسیل لرزه خیزی کمتری دارد)
- آمادگی مدیریتی (تهیه سناریو بحران، با اجرای مانور می‌توان نقاط ضعف را تشخیص داد و اشکالات را اصلاح نمود) [۸].
- آمادگی انسانی(آموزش انسانها جهت رفتار مناسب و صحیح در هنگام رخداد زلزله؛ آموزش انسانها برای بسیج عمومی؛ آموزش افراد برای مقابله با بحران و تهیه بانک اطلاعات از افرادی که آموزش های لازم برای کمک بعد از زلزله را دیده‌اند، آموزش تمامی کارکنان به منظور یادگیری رفتارمناسب در هنگام زلزله (تهیه پوستر و برگزاری دوره و...)، برگزاری سمینارها).
- آمادگی لجیستیکی (دارو، چادر، لباس، پتو، غذا، پول، ابزار گرمایشی و سرمایشی و...)
- پیش بینی قبل از وقوع با استفاده از میدانهای مغناطیسی و روش‌های ژئوالکتریکی و دیگر روش‌های علمی
- خبردار شدن سریع از زلزله حتی چند ثانیه قبل از رسیدن به مراکز حساس(برای این منظور از شتاب نگارهای حساسی استفاده می‌شود که بر روی گسل های فعال و یا بعضاً در چاهک هایی در نزدیکی گسل قرار می‌دهند و یا از ابزار هادی کمک می‌گیرند که درون زمین قرار داده می‌شود تا قبل از این که امواج زلزله به سطح زمین برسد، اطلاعات را به مرکزکنترل مدیریت بحران انتقال دهد. در این مرکز داده ها را در زمان فوق العاده کمی پردازش نموده و اوامر لازم را به مدیران ابلاغ می‌نماید و در صورت لزوم به عنوان سیستم هوشمند به صورت خودکار شروع به فرماندهی می‌نماید) [۹ و ۱۰].
- سنجش دقیق از عملکرد سیستم های امداد و نجات، ساختمانها، انسانها و ... بعد ازرخداد زلزله واقعی
- شناسایی موارد بحران زا در هر قسمت مدیریت
- ایجاد چرخه مدیریت بحران
- فعال کردن شرکت های بیمه به منظور کمک به آسیب دیدگان [۱۱]
- مشخص کردن شرح خدمات هر ارگان
- تهیه بانک اطلاعاتی

ایجاد ستادهای مدیریت بحران: جهت کاهش آسیب ها و تلفات ناشی از زلزله لازم است ستادهای مدیریت بحران زیر نظر ستاد مرکزی به صورت زیر تشکیل گردد:
الف- ایجاد ستاد پیشگیری و آمادگی (قبل از رخداد زلزله)
ب- ایجاد ستاد امداد رسانی و کمک به آسیب دیدگان (برای زمان رخداد زلزله؛ جهت این منظور از ستادهای معین استانهای همجوار نیز می توان استفاده کرد).

www.SID.ir

Archive of SID

ج- ایجاد و تشکیل ستادهای بازسازی برای هر شهر و استان؛ برای این منظور می‌توان از ستادهای معین استفاده نمود و لازم است هر ستادی اطلاعات کافی در مورد مصالح، ویژگی های جغرافیای انسانی، طبیعی و . . . هر منطقه داشته باشد.

آمادگی در هنگام وقوع زلزله: در هنگام رخداد زلزله و یا در ساعت اول بعد از رخداد زلزله فعالیت های زیر باید انجام گیرد:

- شناسایی و ارزیابی آسیب دیدگی منطقه از زلزله (این مورد در قسمتهای بعدی به طور مفصل مورد مطالعه قرار خواهد گرفت).
- فعالیت امداد و نجات
- اسکان موقت
- رساندن کمک های دارویی و غذایی
- برقراری امکانات ارتباطی
- برقراری کمک های اولیه و پزشکی
- برداشتن آوار
- خاموش کردن آتش ناشی از زلزله (حدود ۲۳۰۰۰ واحد مسکونی در زلزله ۱۹۹۵ کوبه بر اثر آتش سوزی از بین رفت. این موارد با توجه به اینکه حدود چندین هزار کیلومتر لوله گاز در زیر شهر تهران کشیده شده است قابل تعمق بیشتری می‌باشد)
- برقراری امنیت (در هنگام رخداد زلزله و ساعت های اولیه بعد از آن حمایت از مال، جان و ناموس مردم خیلی مهم است)

آمادگی بعد از زلزله: بعد از زلزله با توجه به وسعت خرابی، ممکن است چالش هایی به وجود آید، پاره ای از مشکلات به شرح زیر می باشد که لازم است مطالعاتی در رابطه با آن صورت گیرد:

- تغییر محل شهر و یا روستا، آیا لازم است محل کنونی شهر و یا روستا تغییر کند یا خیر؟
- برگرداندن زندگی به حالت طبیعی در مناطق آسیب دیده (در این قسمت داوطلبان و دولت و رسانه ها می‌توانند نقش سازنده ای داشته باشند).
- اتصال مجدد آب، برق، گاز، تلفن و تمامی شریانهای حیاتی که بر اثر رخداد زلزله از کار افتاده بودند.
- حل مشکل زباله
- بردن آوار به مناطقی که از قبل مشخص شده است.
- جلوگیری از انتشار امراض به علت از بین رفتن بهداشت عمومی، آلوده شدن آب و متعفن شدن هوا
- حل مشکل مسکن آسیب دیدگان
- مطالعه روانشناختی بر روی انسانها (شایان ذکر است که عکس العمل های انسانها با سنین و جنسیت مختلف در برابر بحران یکسان نیست لذا کاربرد یک شیوه نمی‌تواند کارساز باشد [۱۲])
- روانکاوی کودکانی که عزیزان خود را از دست داده‌اند
- برگرداندن آرامش به نزد مردم
- استفاده از مردم در امداد و نجات جهت رفع بیکاری

بعد از رخداد یک زلزله شدید سؤالات زیر مطرح می‌شود.

به هنگام بحران در منطقه، لازم است ساختارهای زیربنایی مورد مطالعه قرار گیرند که آیا بر اثر زلزله آسیب دیدگی در آن ایجاد شده است؟ وضعیت مخازن آب چطور است؟ چگونه می توان زباله ها را جمع آوری کرد و به حالت بی ضرر درآورد؟ آیا احتمال انتشار مواد سمی و شیمیایی وجود دارد؟ وضعیت آسیب دیدگی سدها و موارد دیگر چگونه است؟ آیا همراه با بحران ناشی از زلزله، بحران های دیگری همچون لغزش و رانش زمین، آتش سوزی و. . . ممکن است ایجاد شود؟

www.SID.ir

Archive of SID

۳- تلفات انسانی و روند ارزیابی خسارت‌های اقتصادی

شناسایی و ارزیابی آسیب دیده از زلزله: بعد از هر زلزله مخرب نیاز به سرپناه برای افراد آسیب دیده جزء موارد اساسی و مهم می باشد که حکومت و مدیریت بحران درگیر آن هستند. لذا ارزیابی وطبقه بندی خسارت در ساختمانهای واقع در مناطق زلزله زده در مدت زمان کوتاهی، از اهمیت و ضروریات می‌باشد [۱۳]. با مطالعه ساختمانهای منطقه زلزله زده لازم است وضعیت ساختمانها و مناطقی که می‌توان در آن سکنی گزید مشخص گردد تا باری هر چند ناچیز از روی دوش دولت و مدیریت بحران و دیگر ارگانهایی که جهت تأمین مسکن موقت کوشش می‌کنند برداشته شود. در ارزیابی سریع که با بازدید چشمی از ساختمان خسارت دیده در مناطق زلزله زده همراه است می‌توان به سؤالات شهروندان همچون *آیا ساختمان جهت زندگی کردن مطمئن هست یا خیر*؟ و یا *ورود به ساختمان مطمئن هست یا خیر*، تا حدودی جواب گو بود.

در سال ۱۹۷۸ دفتر اورژانس کالیفرنیا (OES) جهت تشخیص خسارت ناشی از زمین لرزه، فرمی سه صفحه‌ای ارائه نمود. فرم اطلاعاتی شامل مواردی در زمینه وضعیت ساخت و ساز، وضعیت خسارت، درجه خسارت و تخمین خسارت بر مبنای قیمت روز می باشد. در فرم پیشنهادی توسط دفتر اورژانس کالیفرنیا خسارت در ساختمانها به دو دسته آسیب به عناصر سازه ای و کل ساختمان تقسیم بندی شده است [۱۴].

الف- خسارت بر عناصر سازه‌ای که خود به پنج قسمت تقسیم بندی شده است. در شماره ۱ عناصر بدون خسارت است و در شماره ۵ خسارت وارده به اجزای سازه ای بسیار شدید می باشد.

ب- خسارت به کل سیستم سازه‌ای به چهار قسمت تقسیم بندی شده که در شماره ۱ ساختمانها بدون خسارت است و در شماره ۴ خسارت وارده به ساختمان شدید می‌باشد.

در سال ۱۹۸۵ فرم فوق اصلاح شد و دسته بندی به کل ساختمان محدود شد و درجه خسارت ناشی از زلزله مابین صفر (بدون خسارت) تا ۶ (خسارت کلی بالای ۶۰٪) ارایه شد. در سال ۱۹۸۸ فرم فوق برای دیگر سازه‌های غیر ساختمانی (سد، پل، فرودگاه...) نیز اصلاح شد [۱۵]. در فرم فوق الذکر شماره ۲،۳،۴ جزء تقسیم بندی آسیب متوسط می‌باشد، در نتیجه تصویر روشنی نسبت به تقسیم بندی و تصمیم گیری ارایه نشده است. در سال ۱۹۸۷ کمیته مبارزه با بلایای طبیعی انجمن مهندسین عمران شمال کالیفرنیا (SEAONC/DES) فرمهای شناسایی جدیدی را تهیه نمودند که شباهت های زیادی با فرمهای ارایه شده توسط دفتر اورژانس کالیفرنیا (OES) داشت [۱۴ و ۱۶]. در این فرم جدید با شرح و بسط بیشتری برای شناسایی و تعیین درجه خسارت عناصر سازه‌ای همراه با وضعیت لرزه خیزی و ساختگاه و خاک ارایه شده است. در نتیجه برای نشان دادن درجه پنج و شش خسارت، در ساختمان زلزله زده، پلاکاردی با رنگ قرمز، جهت درجه ۳و۴ خسارت، پلاکاردی با رنگ طلایی و نشان دادن درجه صفر و ۱و۲ خسارت، پلاکاردی با رنگ سبز برای نصب پیشنهاد شده است.

در سال۱۹۷۸ مشاور تکنولوژی کاربردی (ATC) پانزده فصل در رابطه با **راهنمای هدایت و ارزیابی سریع بعد از زلزله ساختمانها**، در قالب پروژه ATC-3-06 ، ارایه نموده است که اعضای سازه ای و وضعیت آنها به صورت جزییات و درجه خسارت از کم تا زیاد تقسیم بندی شده است [۱۷].

در سال ۱۹۷۹ کنفرانس بین المللی امور ساختمان (ICBO) گزارش معاینه و کنترل ساختمان را ارایه نمودند که در این گزارش نیز تقسیم بندی از ۱ (بدون خسارت) تا ۵ (خسارت شدید) را در نظر گرفته‌اند [۱۸]. گزارش فوق حالت کلی آسیب های ناشی از پدیده های طبیعی را در بر می‌گیرد و خسارت های ایجاد شده به غیر از زلزله همچون سیل و غیره را نیز در بر دارد. گزارش مذکور پنج نوع پلاکارد را (قرمز، طلایی، زرد، سبز و آبی) بستگی به نوع خسارت پیشنهاد نموده است.

موراکامی و *اوکادا* در سال ۱۹۸۶ در رابطه با ارزیابی ساختمانهای خسارت دیده بتنی، روشی ارایه نمودند که این روش بعداً در ATC-20 و ATC-21 مورد استفاده قرار گرفت [۱۹-۲۵]. ATC-20 سه مرحله بازرسی جهت ساختمانهای آسیب دیده از زلزله را پیشنهاد کرده است و خسارت به ساختمان نیز به ۳ دسته تقسیم بندی شده

www.SID.ir

Archive of SID

است. در ارزیابی ساختمانهای آسیب دیده با جزئیات، ۶ گام را نیز ارایه نموده‌اند. در ارزیابی اولیه و سریع بجز نصب پلاکارد، اطلاعات زیادی ارایه نمی‌دهد.

در سال ۱۹۸۵ در منطقه بالکان، پروژه‌ای زیر نظر سازمان ملل (UNIDO/UNDP) انجام گرفته است [۲۶]. این پروژه خسارت وارد بر ساختمان ها را به ۵ دسته تقسم بندی نموده است. تقسیم بندی از ۱ (بدون خسارت) تا ۵ (خسارت شدید) صورت گرفته است. در پروژه مذکور خسارت وارد بر بعضی عناصر غیر سازه ای و پی نیز در نظر گرفته شده است که جهت تقسیم بندی ۵ پلاکارد قرمز (ورود ممنوع)، جهت تقسیم بندی ۳و۴ پلاکارد زرد (ورود با احتیاط) و جهت تقسیم بندی ۲و۱ نصب پلاکارد سبز (ورود آزاد) را پیشنهاد نموده است؛ *پنلیس* و *کاپوس*، *آناگنستوپولوس* ، *کالیوراس* نیز بر مبنای پروژه یادشده کارهای تحقیقاتی انجام داده اند [۲۷-۲۹]. در سالهای اخیر مقالات ارزشمندی در زمینه تکنیکی و مدیریت بعد از زلزله در رابطه با شناسایی ساختمانهای آسیب دیده توسط *آناگنستوپولوس* و *مورت تی* انجام گرفت که بر مبنای تجربیات زلزله های رخداده در کشور یونان ارایه شده است [۳۰ و ۳۱].

اهداف ارزیابی ساختمان‌های آسیب دیده بعد از زلزله: اهداف ناشی از ارزیابی، مخصوصا ارزیابی کیفی ساختمانها را می‌توان به شرح زیر اعلام نمود [۳۲]:

- کاهش تلفات جانی و جراحات احتمالی درمناطق زلزله زده، با ممنوع کردن ورود ساکنین و مالکین به ساختمانهایی که توسط شوک اصلی ناشی از زلزله به طور عمده و یا نسبی آسیب دیده‌اند و در اثر پس لرزه‌ها و شوک های بعدی و یا اثرات ثانویه (همچون آتش سوزی.....) احتمال فرو ریزش آنها وجود دارد.
- بدست آوردن اطلاعات تقریبی از ساختمانهای خسارت دیده شدید (ویران شده)، خسارت دیده متوسط و ساختمانهای قابل استفاده جهت تعیین وضعیت ساختمانهای منطقه‌ی زلزله زده.
- مشخص کردن مناطق غیر مطمئن و همچنین تعیین محلی مناسب جهت پناهگاه‌ها و سر پناه‌های موقتی با توجه به بند قبلی.
- تهیه بانک اطلاعاتی از تعداد افراد صدمه دیده و مقدار کمک های دارویی و غذایی مورد نیاز.
- تهیه بانک اطلاعاتی احتمالی به منظور برآورد تقریبی هزینه های اقتصادی ترمیم و مقاوم سازی ساختمانهای خسارت دیده از زلزله.
- تهیه مشخصات از خسارت جهت حذف مواردی از آیین نامه و یا اضافه کردن بندهایی به آیین نامه های لرزه ای (استاندارد ۲۸۰۰) که خسارتهای ایجاد شده بار دیگر تکرار نشود.
- مشخص کردن علل اصلی خسارت با توجه به ساخت و ساز موجود در کشور به منظور برطرف کردن این گونه ضعفها جهت پیش گیری به منظور تکرار نشدن در ساختمانهایی که در مناطقی با پتانسیل لرزه‌خیزی بالا احداث می‌شوند.
- تهیه بانک اطلاعاتی در مورد نتایج زلزله برای منطقه زلزله زده.
- برگرداندن آرامش در بین مردم زلزله زده.
- تهیه بانک اطلاعات برای برنامه ریزی مجدد شهری، در صورت امکان تعیین محل بهینه از لحاظ موقعیت لرزه خیزی برای شهر و انتقال شهر موجود به محل جدید.
- توسعه نقشه های پهنه بندی لرزه ای با توجه به وضعیت گسل.
- بهبود شبکه شتاب نگاشتی و لرزه نگاشتی و نصب شتاب نگار و لرزه نگار در مناطقی که احتمالا در آن مناطق دستگاهی قبلا نصب نشده است.

اطلاعات پایه‌ای بدست آمده از چنین ارزیابی هایی، مدیریت بحران و همچنین دولت را جهت تصمیم گیری‌های حیاتی مؤثر قادرتر می‌سازد.

سطوح ارزیابی ساختمان‌های آسیب دیده: جهت ارزیابی کلی یک ساختمان آسیب‌دیده، ۴ مرحله زیر می‌تواند با توجه به اهمیت ساختمان مورد استفاده قرار گیرد:

سطح ۱- ارزیابی چشمی با درجه‌بندی از مکانیزم کلی آسیب.

www.SID.ir

Archive of SID

سطح ۲- ارزیابی چشمی با جزییات با درجه‌بندی تخمین آسیب از پاسخ سیستم و همچنین از توزیع ظرفیت بر اثر مکانیزم آسیب در سیستم.
سطح ۳- ارزیابی عددی با درنظر گرفتن رفتار الاستیک که همراه با تخمین ظرفیت به جا مانده ازسیستم می‌باشد.
سطح ۴- ارزیابی عددی با در نظر گرفتن رفتارغیر الاستیک همراه با تخمین از ظرفیت به جا مانده سیستم بر اثر آسیب ایجاد شده.
سطح یک ارزیابی برای تمام سازه‌هایی که مشخص شده امکان خسارت و آسیب در آنها وجود دارد، باید صورت گیرد. سطح ۲ در حد امکان برای سازه‌های خسارت دیده که در سطح ۱ موقعیت و وضعیت آنها بحرانی تشخیص داده شده است باید صورت گیرد.
گرچه بعد از زلزله، تشخیص سریع و معاینه چشمی(مشاهدات میدانی) از خارج ساختمان یا طبقه همکف و یا زیرزمین صورت می‌پذیرد. ناگفته نماند که این عملیات برای هر ساختمان نباید بیش از ۳۰ دقیقه به طول انجامد و در این ارزیابی تقسیم‌بندی ساختمان به سه دسته‌ی صورت می‌پذیرد:
- ساختمان بدون خسارت و یا کم خسارت (شکل ۱)
- ساختمانی که ورود به آن محدود و با احتیاط می‌باشد (شکل ۲)
- ساختمانی که ورود به آن ممنوع می‌باشد (شکل ۳)
برای تمام ساختمان‌هایی که توسط زلزله خسارت دیده‌اند و تشخیص کامل و دقیقی در مورد آنها صورت نگرفته است می‌توان کلمه ورود محدود را به کار برد. این گونه ساختمانها نیاز به تشخیص دوم و بیشتر دارند.
برای تشخیص دقیق‌تر و بهتر خسارت وارد بر سازه‌ها مخصوصاً ساختمان‌هایی با اهمیت زیاد، ارزیابی دقیق همراه با جزییات باید صورت گیرد. در ارزیابی با جزییات (سطح ۲) علاوه بر مطالعه و معاینه وضعیت خارجی ساختمان باید وضعیت داخلی ساختمان نیز مورد مطالعه قرار گیرد. در بررسی سقف، پی و پشت بام جهت مطالعه با جزییات ممکن است نیاز به برداشتن موزاییک، اندودکاری و یا همچنین ممکن است نیاز به برچیدن قسمتی از میانقاب‌ها باشد.

جهت کنترل و معاینه سریع ساختمانی که به وسیله فرمهای ارائه شده بازرسی می‌شود بعد از معاینه ساختمان فرم کنترل خسارت باید پر شود و در نتیجه یکی از پلاکاردهای قرمز، زرد و سبز با توجه به وضعیت ساختمان نزدیک درب ورودی ساختمان نصب می‌شود. محل نصب و ایجاد پلاکارد باید به اندازه‌ای باشد که برای هر کسی قابل رویت باشد. جهت جلوگیری از مخدوش شدن و تلاش برای از بین بردن پلاکارد در پشت آن، نقاط و اشارتی با مواد رنگی و یا اسپری رنگهای هم رنگ با معیار بازرسی (سبز و زرد و قرمز) علامت گذاری شود. ضمناً منطقه‌ای که ساختمان‌های آنها ناسالم تشخیص داده شده است باید محافظت گردد. معاینه‌گرها و گروه‌های بازرسی باید پتانسیل خطر برای ساختمانهای خسارت دیده‌ای را که قرار است سریعاً از بین برده شوند مشخص کنند. برای بعضی از ساختمان‌ها بعد از پس‌لرزه‌ها نیز نیاز به کنترل و معاینه مجدد می‌باشد.

فرم ارزیابی و نحوه پرکردن آن: فرم تهیه شده شکل ۴به صورتی می‌باشد که برای جمع‌آوری اطلاعات در محل و انتقال آنها به رایانه شکل۵ جهت آنالیز مفصل بر اساس طبقه‌بندی خسارت و میزان کارایی مناسب است(شکل ۶).
در زیر به منظور کمک به استفاده‌کنندگان (معاینه‌گران) توضیحات بیشتر در رابطه با فرم شکل ۴ آورده شده است.

مشخصات‌و ویژگی‌های‌شناسایی (پارامترهای۱ تا ۱۰):
در این قسمت محل قرارگیری ساختمان در شهر، شماره ساختمان، شماره تیم تحقیق، محل قرارگیری ساختمان در بلوک، جهت قرارگیری آن، مساحت ناخالص ساختمان، تعداد طبقات، کاربری و تعداد واحدها، فرم ساختمان‌ها و نمای تقریبی ساختمان، آدرس ساختمان و صاحب آن و تعداد ساکنان آن یادداشت می‌شود.
کد شهر، شماره بخش (بخش از شهر یا ناحیه) شماره آپارتمان، شماره تیم، و سایر پارامترهای مشخص‌کننده محل قرارگیری ساختمانی درون بلوک و جهت قرارگیری ساختمان هر دو در امکان برخورد و یا از بین رفتن ساختمان‌های مجاور هم راستای مؤلفه غالب زلزله اهمیت دارد. همچنین باید مشخص شود که ساختمان ملک

www.SID.ir

Archive of SID

شخصی است یا دولتی. چون علاوه بر دولت جهت تأمین بودجه بازسازی ساختمانهای خصوصی، هر ارگان دولتی نیز با توجه به میزان آسیب، نیاز به تأمین بودجه بازسازی دارد که باید مشخص گردد.

زمان ساخت، یک پارامتر مهم می‌باشد، زیرا تأثیر و نقش هر یک از آیین‌نامه‌ها و صحت روش بیان شده توسط آن آیین‌نامه مورد آزمایش قرار می‌گیرد. زمان ساخت در کشورمان شامل موارد زیر می شود:

۱- قبل از آیین‌نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) ویرایش اول سال ۱۳۶۶

۲- بعد از آیین‌نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) ویرایش اول سال ۱۳۶۶ و قبل از آیین‌نامه زلزله ویرایش دوم ۱۳۷۸

۳- بعد از آیین‌نامه زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) ویرایش دوم ۱۳۷۸

۴- بعد از آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) ویرایش سوم ۱۳۸۴

ویژگی های سازه‌ای و کیفی (پارامترهای ۱۱تا۱۸):

کدهای لازم برای نوع سازه در ادامه این فصل توضیح داده شده است. رقم نخست نوع قاب سیستم سازه‌ای را تشریح می‌کند و رقمهای دوم و سوم زیرشاخه‌های هر سیستم سازه غالب را مشخص می‌کند. کیفیت انجام شدن کار، سختی نسبی طبقه اول نسبت به طبقات دیگر و ترمیم و تعمیر از زلزله قبلی (در صورت موجود بودن) مشخص می‌گردد. تمام این پارامترها در طبقه‌بندی خسارت و میزان کارایی ساختمان و درون‌یابی این اطلاعات برای تحلیل مقدار ضرر اقتصادی و همچنین بهبود روشهای طراحی سازه‌ای کشور از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد.

به منظور ارزیابی، تکنیک‌های بکار برده شده در ترمیم و تقویت ارزیابی ساختمان‌های ترمیم شده که بر اثر زلزله قبلی آسیب دیده بودند، جهت ادامه کار مؤثر می‌باشد؛ بنابراین، روش و استراتژی مطمئن عمومی برای تغییر و تقویت ساختمان‌های آسیب‌دیده را می‌توان ارایه کرد.

طبقه‌بندی خسارات و میزان کارایی (پارامترهای ۱۹ تا ۲۴): خسارت به اعضای سازه‌ای و غیر سازه‌ای به پنج دسته تقسیم می‌شود. خسارت به کل سازه نیز به ۵ دسته تقسیم شده است و خسارت به علت ناپایداری محلی خاک و یا مشکلات زمین‌شناسی به ۱۰ دسته تقسیم می‌شود. خسارات غیر مستقیم به علت آتش و یا برخورد... نیز به ۴ دسته تقسیم می‌شود. بالاخره بر مبنای دسته‌های تعریف شده خسارت میزان کارایی و طبقه‌بندی و رنگ‌آمیزی به طور اختصار به ۳ دسته که در ارتباط با ۵ دسته درجه خسارت در پشت فرم تحقیق هستند تقسیم شده‌اند.

تمام این پارامترها از اهمیت بسیار زیادی در طبقه‌بندی‌های بعدی خسارات و میزان کارایی و نیز تحلیل کل اطلاعات برخوردارند. در هنگام وقوع زلزله عظیم، ساختمان‌های بسیاری به درجات مختلفی آسیب خواهند دید و ممکن است تعداد بسیاری از آنها ویران شوند. نتیجه مهم برای طبقه‌بندی ساختمان‌ها بر اساس میزان خسارت بستگی به سطح خسارات عناصر سازه‌ای اصلی سیستم سازه‌ای خواهد داشت. خسارت زلزله در سیستم سازه‌ای بستگی به نوع سیستم حمل‌کننده بارها، سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی، طول عمر و کیفیت ساخت ساختمان، شدت و مدت لرزش زمین و خطرهای در ارتباط با لرزش از قبیل نشست نامتقارن زمین، روانگرایی خاک و لغزش زمین خواهد داشت. از آنجا که پس‌لرزه‌های شدیدی ممکن است روزها، ماهها حتی سال‌ها بعد از یک زلزله رخ دهد و موجب خسارت بیشتر در سیستم سازه‌ای که توسط زلزله اصلی تضعیف شده‌اند بشود، از مهم‌ترین کارهایی که باید انجام شود این است که هر چه سریع‌تر میزان خسارت جهت تشخیص درجه خسارت و میزان ظرفیت باقی مانده مقاومت سیستم سازه‌ای در مقابل پس‌لرزه‌های بعدی تعیین گردد. عناصر غیر سازه‌ای دیگر ممکن است آسیب ببینند و بر طرف کردن خطرات ناشی از فرو ریختن آنها باید در مدت زمان کوتاهتری برطرف گردد. البته شناخت سیستم سازه‌ای در درجه اول به لحاظ ایمنی ساکنان ساختمان اهمیت دارد. اگر سیستم سازه‌ای آسیب دیده باشد، ساختمان باید طوری رنگ شود که نشان دهد برای سکونت نامطمئن و ناایمن است. خسارت عناصر سازه‌ای و رنگ‌آمیزی تمام ۵ دسته خسارت دیده با توضیحات کافی به همراه تفسیر ایمنی و میزان کارایی هر یک از دسته‌های خسارت دیده در توضیحات معاینه فرم آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

خسارت عناصر غیرسازه‌ای و تأسیسات باید با دقت در ۵ دسته اصلی مشابه سیستم سازه‌ای اصلی و عناصرش بر آورد شود. اغلب خسارات به عناصر غیر سازه‌ای و تأسیسات به درجه خسارت و میزان درستی و صحت سیستم سازه‌ای بستگی خواهد داشت. از خسارت عناصر غیر سازه‌ای می‌توان به این موارد اشاره کرد: ترک برداشتن و یا خرابی موضعی و خردشدن میانقاب‌ها، دیوارهای داخلی و خارجی، سقف فرو ریخته و یا ترک برداشته، فرو ریختن اجزای نصب شده سبک، دودکشهای ترک برداشته یا فروریخته، خسارت در خرپشته، اتاق زیر شیروانی و دیوار مثلثی زیر شیروانی، شیشه‌های شکسته، تجهیزات مکانیکی و الکتریکی لوله‌ها و آبگرمکن‌های شکسته، لوله آب و گاز ترک خورده، و آسانسورهایی که کارایی خود را از دست داده‌اند. خسارت سیستم‌های سرویس‌دهی ساختمان (آب مصرفی، گاز، برق، سرویس‌های بهداشتی و ...) که ممکن است یک ساختمان را خطرناک و یا غیر قابل استفاده کند. نیاز بحرانی به یک ساختمان با کارایی خاص (بیمارستان، مدرسه، ورزشگاه، آتش نشانی، انبار غذا، سیلوها، ایستگاه برق، ترانسفورماتور برق، نیروگاه‌ها، تصفیه‌خانه آب، ایستگاه‌های پمپاژ آب، سیستم فاضلاب، تسهیلات ارتباطی و ...) که باید به حالت فعال در کوتاهترین زمان ممکن درآیند. بنابراین نیاز به تخمین وضعیت سیستم خدماتی (تأسیسات) تقریباً به طور اجباری است. معمولاً خسارت عناصر غیر سازه‌ای و تأسیسات می‌تواند از روند خسارت عناصر سازه‌ای تبعیت کند زیرا خسارت عناصر غیر سازه‌ای بستگی به تغییر مکان‌های سیستم سازه‌ای رخداده دارد. برای سازه‌های خیلی انعطاف پذیر، طبقه‌بندی خسارت اجزای غیر سازه‌ای می‌تواند به صورت یک دسته بالاتر از خسارت عناصر سازه‌ای مرتبط با آن در نظر گرفته شود. خسارت به کل ساختمان را باید با توجه به ۵ دسته خسارت ایجاد شده در عناصر سازه‌ای، طبقه‌بندی نمود.

اقلام اختیاری، تخمین زیان، مرگ و جراحات (پارامترهای ۲۶ تا ۳۰): این اقلام اختیاری هستند و بستگی به سیاست‌هایی دارند که دولت برای تیم تحقیق مشخص می‌کند. آمار تلفات و جراحات معمولاً توسط اکیپ‌هایی از وزارت بهداشت، وزارت دفاع، و واحدهای ارتش در طول مدت عملیات تعیین می‌شود. واحدهای نجات بهتر است در کنار تیم تحقیق خسارت زلزله که زیر نظر کمیته بحران مستقر در وزارت کشور هستند، سازماندهی و مشغول به فعالیت شود. تیم تحقیق ممکن است از اطلاعات جمع‌آوری شده توسط گروه‌های امداد در مورد تلفات جانی نیز استفاده کند. لازم به توضیح می‌باشد که هیچ نیازی نیست که تیم تحقیق و بازرسی در عملیات نجات درگیر شوند. اطلاعات در مورد خسارات جانی بسیار مهم هستند و باید همراه با سایر اطلاعات در مورد میزان خسارت و میزان کارایی، جمع‌آوری شوند تا بتوانند به توسعه دقیق بانک اطلاعاتی تخمین خسارات جانی نسبت به نوع سازه و کاربرد ساختمان کمک کنند.

اطلاعات اضافی شامل عکسها ، ترسیم‌ها و ... (پارامتر ۲۷): به منظور افزودن به شواهد و مجموعه اطلاعات خسارات زلزله از عناصر سازه‌ای و غیر سازه‌ای باید عکس گرفته شود. اطلاعاتی که با عکسها ضبط می‌شود در صورتی که عکس از آنها گرفته نشود در مدت کوتاهی ممکن است ناپدید شود. عکس‌ها همچنین به رؤسا و مسئولان دولتی در مواقع اضطراری کمک می‌کنند و نیز اهمیت بسیار زیادی در تحقیقات علمی و عملی خواهند داشت. در پشت هر عکس باید شماره کد بخش یا ناحیه شهرداری و مشخصات ساختمان نوشته شود.

عکس‌های خسارات عناصر غیر سازه‌ای و تأسیسات باید از نقاطی گرفته شوند که این خسارات عامل خطر برای ساکنان ساختمان هستند[۳۴]. ترسیم و یا موارد دیگر ضمیمه نیز به منظور تحقیقات عملی و علمی دقیق، بهتر است شناسایی شده و یادداشت گردد. خسارات برآورد شده، در صد خسارات ساختمان به صورت تابعی از هزینه لازم برای بازسازی است. این اقدام در مورد زلزله به صاحب منصبان در تصمیم گرفتن و تعیین‌کردن این که چقدر خسارت اقتصادی مستقیم رخ داده است کمک می‌کند. بازدید می‌تواند برای بهبود تخمینی که زده شده است نیز به کار رود، اما تا زمانی که مشکلات قانونی وجود دارد، خود تیم‌ها باید سعی کنند که یک تخمین سطحی از هزینه ساخت مجدد بر اساس تعداد و نوع خساراتی که در ساختمان‌ها رخ داده است به دست آورند.

www.SID.ir

Archive of SID

موارد لازم و نحوه مدیریت تیم های ارزیابی: قبل از هر زلزله اطلاعات مناسبی در رابطه با منطقه با توجه به وسعت محدوده ای که تیم بحران مسئول گرد آوری اطلاعات آن منطقه می‌باشد آماده نمود.

* نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس ۱۰۰۰۰ :۱ یا ۵۰۰۰ : ۱ از منطقه، همراه با ارایه توضیحات کافی از هر بخش مستقل برای تحقیق و همچنین شماره کد تخصیص داده شده به آن یک بخش نباید متشکل از بیش از ۱۰۰۰ ساختمان با ارتفاع متوسط در آن ناحیه باشد به طوری که ۳ یا ۴ تیم تحقیق بتوانند طبقه‌بندی خسارات و کارایی را برای آن بخش در یک ماه انجام دهند.

* نقشه‌های توپوگرافی از هر بخش با مقیاس ۱۰۰۰ : ۱ همراه با نام خیابان‌ها، تعداد ساختمان‌ها، همچنین شماره کد هر ساختمان؛ شماره کد هر ساختمان در صورتی که شماره نداشته باشد و یا با شماره‌های معمول، متفاوت باشد باید به طور دایمی و مشخص بر روی ساختمان علامت گذاری شود.

* چارت و پلان کلی تشکیلات و تعداد تیم‌های تحقیق همراه سرپرستان نواحی و کمیته‌ها باید فراهم شود.

هر تیم مشخص می‌تواند توسط نام متخصص محلی و تعداد تیم‌های تحقیق اضافی مورد نیاز، مشخص و نام‌گذاری شود.

- فرم تحقیق خسارات زلزله برای هر ساختمان با مشخصات کامل و پارامترهای سازه‌ای (شماره‌های ۱۰- ۱ ۱۸-۱۱ در فرم تحقیق) در سه نسخه باید فراهم شود. این اطلاعات باید در طول مرحله آموزشی جمع‌آوری شود.
- فرم‌هایی جهت درج خلاصه و نتایج نهایی تحقیق خسارات و کارایی در سه دسته مشخص و اصلی (سبز، زرد و قرمز)به همراه شماره و سطح ناخالص ساختمان‌های طبقه‌بندی شده باید فراهم شود. تمام نقشه‌ها و فرم‌های بالا باید برای هر تیم تحقیق و سرپرستان آنها در فایل‌های جداگانه و به شکلی که برای دسترسی سریع در شرایط خاص بعد از زلزله مناسب باشد آماده شود. فرمها باید در کمیته مقابله با بحران وزارت کشور که مسئول برنامه‌های آموزشی و طبقه‌بندی سریع و اطمینان از واحد بودن روش کار است، نگهداری شوند. جهت تعلیم و پرکردن فرمهای ارزیابی باید از تعداد زیادی مدرس و مسئول برای دوره آموزشی کوتاه مدت بهره گرفت. در طول این مدت تیم‌های تحقیق، طبقه‌بندی‌های آزمایشی خسارت ساختمان را انجام می‌دهند. مشکل‌ترین مسئله آماده‌کردن نقشه‌ها و فرم‌ها و همچنین بسیج تیم‌های تحقیق تحت شرایط دشوار بعد از زلزله می‌باشد. موقعیت جمع‌آوری اطلاعات بستگی بسیار زیادی به سطح مقدمات و آموزشی دارد که پیش از خسارات زلزله انجام شده است. اگر این مقدمات مطابق با توصیه‌های ذکر شده در بالا صورت گیرد، آنگاه مراحل جمع‌آوری اطلاعات بعد از زلزله مخرب حقیقی به شرح زیر است:
- بسیج پرسنل و سرپرستان تیم‌های تحقیق
- توزیع فایل‌های از قبل آماده شده بررسی خسارات زلزله به تیم‌های تحقیق و سرپرستان
- کامل کردن فرم تحقیق خسارت به روش خانه به خانه و رنگ کردن ساختمان با رنگی که مطابق با طبقه‌بندی خسارات و کارایی آن باشد.
- آماده کردن گزارشهای تجمعی روازنه و هفتگی و همچنین گزارش نهایی برای هر تیم تحقیق و سرپرستان نواحی و مناطق مختلف.
- ارایه گزارشهای تجمعی خسارات زلزله و کارایی ساختمان‌ها به مقامات مسئول در جامعه و استان و کشور.
- بایگانی یک نسخه کامل از طبقه‌بندی مقدار خسارات و میزان کارایی انجام شده درکمیته مبارزه با بحران و تسلیم کردن ۲ نسخه‌ی دیگر به سرپرستان نواحی و کل کشور که مسئول کارهای مربوط به برآورد تلفات اقتصادی و کاهش خسارات زلزله هستند.

بر اثر زلزله، در رفتار سازه تغییراتی به وجود خواهد آمد که این مورد باعث به وجود آمدن تغییر شکل‌های ماندگار و همچنین کاهش در سختی و مقاومت عنصر و سیستم سازه‌ای خواهد شد..

تشکیلات و مسئولیت‌های اعضای گروه تحقیق: هر گروه تحقیق خسارت باید حداقل از سه عضو تشکیل شده باشد: یک مهندس سازه که سرپرست تیم است، یک

www.SID.ir

Archive of SID

مهندس عمران یا معماری و یک تکنسین که راننده هم باشد.

وظایف سرپرست هر تیم تحقیق این است که ساختمان را همراه با سایر اعضای تیم بررسی کند و دستورالعمل‌های لازم برای تکمیل فرم تحقیق را بدهد، گزارشهای روزانه و هفتگی و یک گزارش نهایی که شامل خلاصه تمام یافته‌ها در تمام ساختمان‌های تحقیق شده باشد را آماده کند، گزارش‌ها را به سرپرستان بخش‌ها تسلیم نماید و تصمیمات نهایی در مورد رنگ‌آمیزی و یا تحقیق مجدد یک ساختمان را اتخاذ کند. او مسئول عملکرد و ایمنی اعضای تیم تحقیق است. نفر دوم (مهندس عمران یا آرشیتکت) فرم تحقیق را پر می‌کند و به سرپرست گروه در تهیه‌ی گزارشها و برآورد خسارات کمک می‌کند، عکس می‌گیرد و همراه با تکنسین اندازه‌گیری‌های لازم خارج از ساختمان را انجام می‌دهد. نفر سوم (تکنسین) در جمع‌آوری اطلاعات کمک می‌کند، ترسیمات را انجام می‌دهد. پلاکاردها را نصب می‌کند. همچنین ساختمان را با رنگ مشخص شده که نمایانگر وضعیت آسیب می‌باشد، رنگ می‌کند، اگر اطراف ساختمان باید به وسیله باند محافظت شود کار را انجام می‌دهد، همچنین ممکن است رانندگی گروه را نیز به عهده داشته باشد.

تجهیزات و تدارکات مورد نیاز باید حداقل شامل این موارد باشد: یک فایل کامل تحقیق همراه با نقشه‌ها (نقشه‌های منطقه و خیابان‌ها) و فرمهای تحقیق و ارزیابی، یک کلاه ایمنی سخت برای هر یک از اعضا گروه، یک دوربین دیجیتال، چراغ‌قوه و باطری، دفتر یادداشت، چکش، باند و نوار زرد محافظت، تجهیزات اندازه‌گیری، پلاکاردهایی که قرار است نصب شود، میخ و میخ کوب جهت نصب پلاکارد، چسب مایع، تلفن همراه و یا بی‌سیم، رادیو، رنگ‌های سبز و قرمز و زرد و قلم مو و یا اسپری، تعدادی چوب جهت نصب نوار محافظت، شماره تلفن‌های مهم، ماسک ضد گرد و خاک.

ساماندهی بانک اطلاعاتی و آنالیز اطلاعات خسارات زلزله: در بخش سرپرستی کمیته مبارزه با بحران، یک کپی از موارد زیر باید نگهداری شود.

- اطلاعات کلی از میزان خسارات و کارایی.
- نقشه‌ها و گزارش‌های نهایی تیم‌های تحقیق و همچنین سرپرستی بخش‌ها و نواحی.

دو نسخه از همین مطالب هم باید به مقامات دولتی مسئول در مورد کاهش پیامدهای زلزله، تخمین خسارات اقتصادی، برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت برای کاهش خطرات زلزله، داده شود.

هر مجموعه‌ی کامل شده از اطلاعات باید بلافاصله با رایانه پردازش شوند و برای ارایه ابتدایی آنها در فرمت‌هایی به صورت میزان کارایی و نوع سازه با توجه به پنج دسته‌بندی خسارت، میزان کارایی بر مبنای تعداد ساختمان‌ها و همچنین مساحت ناخالص آنها که به صورت درصدی از ساخت ساختمان‌های ساخته شده‌ی کل مشخص می‌کنند، آنالیز شوند. این جداول برای هر بخش و نواحی باید تهیه شوند و همچنین برای کل ناحیه‌ای که تحت تأثیر زلزله قرار گرفته نیز به ترتیب آماده شوند.

برآورد میزان کارایی و خسارات به صورت تجمعی و همچنین شدت لرزش‌های ثبت شده‌ی زمین باید بلافاصله به مقامات دولتی و جوامع علمی در نمودارها و جداولی ارایه شوند. اینها می‌توانند برآورد فیزیکی خسارات و تمرکز خسارات را در ناحیه و کل منطقه آسیب دیده نشان دهند.

۳-۱ تحقیق خسارات اقتصادی

از تکمیل تخمین خسارات زلزله و خلاصه‌ی آنالیز خسارات ساختمان‌ها، خسارات زلزله را می‌توان به طور مستقیم به نوع سازه، کاربری ساختمان و همچنین ساخت آن ربط داد . برای برآورد خسارات اقتصادی نخستین تصمیم استراتیژیکی که باید گرفته شود بر این اساس است که تا چه حدی ساختمان آسیب دیده در زلزله باید تعمیر و تقویت شود.

در حالت کلی دو نوع تقسیم‌بندی زیر را می‌توان انجام داد:

- ساختمان‌ها به نوعی تعمیر و تقویت شوند تا سازه با توجه به بهسازی انجام گرفته و مشخصات دینامیکی جدیدشان رفتار لرزه‌ای مناسبی داشته باشد.
- ساختمان‌ها می‌توانند به نوعی ترمیم شوند تا شرایط و عملکردپیش از زلزله را پیدا کنند.

www.SID.ir

Archive of SID

در حالت اول ساختمان مشخصات لرزه‌ای بهتری را دارا خواهد بود. در نتیجه اگر زلزله‌ای شبیه زلزله اتفاق افتاده رخ دهد، ساختمان پایداری خود را حفظ خواهد کرد. ناگفته نماند در حال حاضر بیان این نقطه که زلزله با همان مشخصات زلزله قبلی در منطقه رخ خواهد داد مشکل می‌باشد.

مورد دوم باعث می‌شود که وضعیت لرزه‌پذیری ساختمان و مشخصات دینامیکی آن به قبل از خسارت برسد. در این حالت زلزله دیگری در این منطقه با توجه به وضعیت کشور و دوره بازگشت زلزله‌ها قابل بحث می‌باشد. چون که سازه دوباره خسارت خواهد دید.

روند ترمیم به اهمیت ساختمان، موقعیت لرزه‌خیزی منطقه و بودجه ترمیم بستگی دارد.

هزینه ترمیم و تقویت را می‌توان به صورت درصدی از هزینه‌ی ساخت یک واحد جدید به ازای سطح واحد نشان داد.

زمانی که کارهای مقدماتی انجام گرفت، خلاصه‌ای از خسارات اقتصادی مستقیم به ساختمان را می‌توان به راحتی بدست آورد. علاوه بر خسارات مستقیم ساختمان‌ها، خسارات غیر مستقیم اقتصادی برای سازه‌های محلی و ناحیه‌ای باید توسط گروه‌های تحقیق مشخص شود.

۳-۲ تلفات انسانی و جراحات

صدمات و تلفات انسانی، دامنه‌ای از جراحات کوچک تا مرگ و میر را داراست. به طور طبیعی صدمات انسانی بزرگترین نگرانی در مورد زلزله هستند و به طور معمول یکی از مشخصه‌های مهم شدت فاجعه است. بنابراین بسیار مهم است که اطلاعات صدمات انسانی جمع‌آوری شود. این اطلاعات می‌تواند مورد استفاده واقع شود بدین صورت که توزیع تلفات و جراحات انسانی را به میزان خسارات در انواع مختلف سیستم‌های ساختمانی مرتبط کرد و در نهایت منجر به ساخت ساختمان‌های ایمن‌تری در آینده شد. این اطلاعات و ارتباطات ممکن است جهت پیش‌بینی میزان تلفات برای برنامه‌های اضطراری و اورژانسی نیز مورد استفاده واقع شود.

حجمی کافی از اطلاعات با دقت لازم برای نوسازی تلاش‌ها و همچنین برنامه‌های کاهش خطر زلزله بدست می‌آوریم[۳۳]. به علت زلزله‌های مصیبت‌بار اخیر در کشورهای مختلف، خسارات بسیار شدیدی به تعداد زیادی از ساختمان‌های مسکونی، مدارس، بیمارستان‌ها و سایر مراکز عمومی، ساختمان‌های صنعتی و مدیریتی و همچنین سایر موارد وارد شده است. اکثر ساختمان‌های خسارت دیده در شرایط غیرقابل استفاده‌ای بودند. تا این که سیستم سازه‌ای اصلی و همچنین عناصر غیر سازه‌ای آنها به مقدار کافی ترمیم و تقویت شدند. برای آن که از ایمنی کافی و استفاده‌ی معمولی از ساختمان‌های آسیب دیده مطمئن شویم، بسیار مهم است که بدانیم این ساختمان‌ها در آینده در معرض چه زلزله‌هایی و با چه احتمالی قرار خواهند گرفت. بنابراین نیاز به تحقیقات سیستماتیک علمی و عملی کافی برای تخمین خطر ناشی از زلزله، تعریف ضوابط طراحی بهینه، بهبود سیستم‌های سازه‌ای که قابلیت ایستادگی و مقاومت در مقابل زلزله‌های مورد انتظار را دارا باشند، می‌باشد. در طول مرحله‌ی عمومی و فیزیکی برنامه‌ریزی شهری، طراحی و ساخت تسهیلات جدید، و همچنین ترمیم و تقویت ساختمان‌های آسیب دیده، بسیار ضروری است که خطر احتمالی زلزله و تاثیرات آن بر روی پایداری لرزشی سازه و تأسیسات را در نظر بگیریم.

۴- نتیجه گیری

زلزله نه تنها ساختمانها را بلکه ارگانهای دولتی که وظایف مدیریتی و خدمت رسانی به زلزله زدگان در هنگام بحران را دارند مورد آزمایش قرار می دهد. ساختمانهایی که در آن اصول فنی در مراحل ساخت و اجرا و بهره برداری مورد دقت قرار نگرفته است تضعیف خواهد کرد. همچنین مشخص می گردد که هنگام رخداد زلزله مسئولین مدیریت بحران و ارگانهایی که بعد از زلزله وظیفه امداد ونجات و خدمت رسانی به زلزله زدگان را دارند جهت مقابله با این پدیده طبیعی چقدر آمادگی داشته و دارند.

ارزیابی آسیب پذیری کیفی ساختمانها بعد از زلزله ممکن است روش خیلی دقیقی نباشد ولی به مدیریت بحران،

www.SID.ir

Archive of SID

دولت و ارگانهای درگیر ساخت و ساز و ترمیم و بهسازی ساختمان ها کمک شایانی می‌کند.

جهت پر کردن فرمهای ارزیابی ساختمانهای آسیب دیده از زمین لرزه، تیم های کاری حداقل از دو مهندس عمران و یا یک مهندس عمران با یک معمار (آرشیتکت) همراه با راننده که سمت دستیاری را خواهد داشت تشکیل می‌شوند. آموزش و هماهنگی این تیم ها قبل از زمین لرزه باید صورت گیرد. لذا مدیریت بحران با توجه به وسعت شهر و تعداد ساختمانهای شهر علاوه بر آموزش مهندسین آن شهر در رابطه با پر کردن فرم های ارزیابی کیفی از مهندسین استانهای همجوار به عنوان ستادهای معین مدیریت بحران می‌توان استفاده نمود. بنابراین داشتن اطلاعات و آدرس افراد تیم می‌تواند در هنگام بحران کارساز باشد. نیاز به ستاد های معین بحران از این لحاظ قابل ارزش می‌باشد که ممکن است هنگام زلزله خیلی از افراد تیم های تحقیق خود دچار مشکل شده باشند. استانهای همجوار بدین دلیل انتخاب می‌شوند که در بازه زمانی کمتری به محل رخداد زلزله برسند و از طرف دیگر چون اکثر ساختمانها آسیب دیده اند جهت اسکان شامگاهان به شهر خود برگردند.

فرمهای ارزیابی آسیب پذیری کیفی ساختمانها بعد از پر شدن بوسیله برنامه کامپیوتری، پردازش می‌شود. در برنامه کامپیوتری هر شهری به بیست و دو منطقه شهرداری (بیشترین تعداد مناطق شهرداری کشور به تهران تعلق دارد و دارای بیست و دو منطقه شهرداری می‌باشد) تقسیم بندی شده است.

برنامه کامپیوتری تهیه شده داده های پردازش شده را می‌تواند بر حسب مناطق شهرداری، تعداد طبقات، نوع سیستم سازه‌ای، نوع آسیب و سال ساخت و . . . ارایه دهد.

رنگهای سبز، زرد و قرمز با توجه به رنگ چراغهای راهنمایی و وضعیت عبور و مرورکه از طرف مردم عادی قابل درک است انتخاب شده است. بهتر است علاوه بر چسباندن پلاکارد نزدیک محل ورودی ساختمان، در زیر پلاکارد با رنگ همخوان با پلاکارد اشارتی بر روی دیوار نهاده شود تا در صورت کنده شدن پلاکارد وضعیت ساختمان از لحاظ آسیب پذیری برای مردم و مأمورین قابل تشخیص باشد.

تقدیر و تشکر

این پروژه با حمایت های مادی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن صورت گرفته است از تمامی افرادی که در این پروژه همکاری نموده اند مخصوصاً همکاران بخش سازه و آزمایشگاه بخش سازه مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن بدین وسیله تقدیر می‌شود. همچنین از مهندس هادی عالی به خاطر کمک در تهیه نرم افزار تشکر می نمایم.

مراجع

[1] Coombs W. T., "*Attribution Theory as a guide for post-crisis communication research*", Public Relations Review, No. 33, **2007**, pp. 135–139.

[2] Twigg J., "*Corparate Social Responsibility and Disaster Reduction:A Global Overview*", Benfield GreigHazard Research Center, **2001**.

[3] Huang j.H., Min J.C.H., "*Earthquake devastation and recovery in tourism: the Taiwan case*", Tourism Management, No. 23, **2002**, pp. 145–154.

[4] Laurie A.J., "*Earthquake Loss Modeling Applications for Disaster Management:Lessons from the 1999 Turkey, Greece, and Taiwan Earthquakes*", EuroConference on Global Change and Catastrophe Risk Management: Earthquake Risks in Europe (IIASA) Laxenburg, Austria, **2000**.

[5] Suganuma K., "*Recent Trendes in Earthquake Disaster Management in Japan*", Quarterly Review, Science &Technology Trends, No. 19, **2006.**

[6] Jaques T., "*Issue management and crisis management: An integrated,non-linear, relational construct*", Public Relations Review, No. 33, **2007**, pp. 147–157.

[7] Waugh W.L., "*Living with Hazards, dealing with Disasters: An Introduction to Emergency Management*", M.E. Sharpe, Armonk, NY., **2000**.

[8] EXXON V., "*An Assessment of Crisis Prevention And Panagement Systems*", Interfaces, No. 20, pp. 14–30.

[9] Nasruddin Mahmood D.N., "*Satellite-Based Integrated Disaster Management Programme in MALAYSIA*", UN World Conference on Disaster Reduction (WCDR), **2005**, pp. 18-22.

[10] Dixit A.M., "*The Community Based Program of NSET for Earthquake Disaster Mitigation*", The International Conference on Total Disaster Risk Management, **2003**.

www.SID.ir

Archive of SID

[11] Kunreuther H., Kleindorfer P.R., "*The complementary roles of mitigation and insurance in managing catastrophic risks*". Risk Analysis, No. 19, **1999**, pp. 727–738.

[12] Yilmaz V., Cangur S., Celik H. E., "*Sex difference and earthquake experience effects on earthquake victims*", Personality and Individual Differences, No. 39, **2005**, pp. 341–348.

[13] Barenstein J. D., "*Housing reconstruction in post-earthquake Gujarat A comparative analysis*", Humanitarian Practice Network at ODI, No. 54, **2006**.

[14] OES, "*Damage Assessment Plan for Volunteer Engineers*", State of California, Office of Emergency Services, Sacramento, **1978**.

[15] OES, "*Safety Assessment Plan For Volunteer Engineers,(DRAFT)*", State of California, Office of Emergency Services, Sacramento, **1988**.

[16] SEAONC, "*Earthquake-Damaged Building Assessment Criteria, (DRAFT)*", Structural Engineers Association of Northern California, Disaster Emergency Services Committee, Workbook for 1987 SEAONC-DES workshop, **1987**.

[17] ATC, "*Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulation for Buildings*", Applied Technology Council Report ATC-3-06, Palo Alto, California, **1978**.

[18] ICBO, "*Uniform Disaster Mitigation Plan*", International Conference of Building Officials, Whittier, California, **1979**.

[19] Murakami M., Okada T., "*Earthquake Damage Evaluation for Reinforced Concrete Buildings*", Proc. 1 th Int. Symposium on Earthquakes and Their Effects on Cities, Mexico, **1986**.

[20] ATC-20, "*Procedures for Post-Earthquake Safety Evaluation of Buildings*", **1989**.

[21] ATC-20-1, "*Post-Earthquake Safety Evaluation of Buildings-Field manual*", **1989**.

[22] ATC-20-2, "*Post-Earthquake Safety Evaluation of Buildings*", **1995**.

[23] ATC-20-3, "*Case Studies in Rapid Post-Earthquake Safety Evaluation of Buildings*" **1996**.

[24] ATC-21, "*Rapid Visual Screening of Building for Potential Seismic Hazards: A handbook*", **1988**.

[25] ATC-21-1, "*Rapid Visual Screening of Building for Potential Seismic Hazards: Supporting Documentation*", **1988**.

[26] UNDP/UNIDO, "*Post –Earthquake Damage Evaluation and Strengh Assessment of Buildings Under Seismic Conditions*", Building Construction Under seismic Conditions in the Balkan Region, Vol. 4,Vienna, **1985**.

[27] Penelis G.G., Kappos A. J., "*Earthquake-Resistant Concrete Structures*", E&FN SPON, **1997**.

[28] Anagnostopoulos S.A., "*Large Scale Operation for Post-Earthquake, Emergency Assessment of Building afety*", Paper No. 967, **1996**.

[29] Kalevras V.C., "*Earthquake Damage Evaluation of Monolithic Reinforced Concrete Buildings Through Detailed Inspection and Grading*", Earthquake Damage Evaluation and Vulnerability Analysis of Building Structures, Ed.by A. Koridze, Omega Scientific, London, **1990.**

[30] Anagnostopoulos S., Moretti M., "*Post-earthquake emergency assessment of building damage,safety and usability—Part 1: Technical issues*", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, No.28, **2008,** pp. 223–232.

[31] Anagnostopoulos S., Moretti M., "*Post-earthquake emergency assessment of building damage,safety and usability—Part 2: Organisation*" Soil Dynamics and Earthquake Engineering, No. 28, **2008**, pp. 233–244.

[۳۲] وطنی اسکویی اصغر، "*بررسی مکانیزم آسیب‌های ناشی از زلزله در ساختمانهای بتن مسلح و ارزیابی سریع ساختمانهای آسیب دیده*" مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، **۱۳۸۶**.

[33] EERI, "*Learning from Earthquakes Program*", **2004**.

[34] Sidar Y., Bayram B., Helvaci C., Bayraktar H., "*Research the Change of the Buildings Before and After Earthquake by Using Airborne Photographs*", Commission VII, WG VII/5, **2004**.

www.SID.ir

Archive of SID

ورود آزاد

آدرس:..... شماره و کد:.....

تاریخ معاینه:..... ساعت:

مشخصات تیم معاینه: امضاء

این ساختمان با توجه به موارد زیر کنترل گردید و خسارت سازه‌ای و غیر سازه‌ای و همچنین کاهش ظرفیت باربری در آن دیده نشد. جهت اعلام غیر سالم بودن احتیاج به معاینه مجدد دارد.ممکن است بوسیله پس لرزه‌ها ساختمان آسیب بیند.

نوع معاینه

☐ خارج ساختمان و طبقه همکف ☐ خارج ساختمان و طبقه همکف و سایر ☐ همراه با جزییات

مورد استفاده

☐ بدون محدودیت ☐ استفاده موقت (بعضی قسمت‌ها خسارت دیده می‌شود)

دقت:لطفا این پلاکارد تا زمانیکه مامورین مشاهده ننموده باشند کنده نشود

شکل ۱ پلاکارد سبز رنگ جهت ساختمانهایی که آسیب کمتری به آنها وارد شده است

ورود محدود (ورود جهت افراد غیر مسئول ممنوع می‌باشد)

آدرس:..... شماره و کد:.....

تاریخ معاینه:..... ساعت:

مشخصات تیم معاینه: امضاء

این ساختمان با توجه به موارد زیرکنترل گردیدودر آن خسارت‌به‌صورت..... آن دیده شد. در نتیجه ظرفیت لرزه‌ای آن کاهش یافته است. ورود به ساختمان همراه با خطر می‌باشد. در هنگام پس‌لرزه‌ها ممکن است کشته و یا زخمی بجای گذارد.

نوع معاینه

☐ خارج ساختمان و طبقه همکف ☐ خارج ساختمان و طبقه همکف و سایر ☐ همراه با جزییات

مورد استفاده

☐ ورود برای افراد غیر مسئول ممنوع می‌باشد ☐ سایر

دقت:لطفا این پلاکارد تا زمان تصمیم گیری برای ترمیم کنده نشود

شکل ۲ پلاکارد زرد رنگ جهت ساختمانهایی با آسیب متوسط و یا سنگین

ورود ممنوع (ساختمان خطرناک می باشد)

آدرس:..... شماره و کد:.....

تاریخ معاینه:..... ساعت:

مشخصات تیم معاینه: امضاء

این ساختمان با توجه به موارد زیر کنترل گردید و در آن خسارت به صورت .....دیده شد. در نتیجه ظرفیت لرزه ای آن بطور جدی کاهش یافته است. ورود به ساختمان ممکن است باعث زخمی شدن و تلفات جانی شود.

نوع معاینه

☐ خارج ساختمان و طبقه همکف ☐ خارج ساختمان و طبقه همکف و سایر ☐ همراه با جزییات

مورد استفاده

☐ ورود ممنوع

دقت:لطفا این پلاکارد تا زمان تصمیم گیری کنده نشود

شکل ۳ پلاکارد قرمز رنگ جهت ساختمانهایی با آسیب شدید

www.SID.ir

Archive of SID

نمادی از ساختمان

برشها پلان

آدرس:

مالک:

۱- نام شهر □□□□□□

۲- مشخصات ساختمان

۲ -۱- در کدام منطقه شهرداری قرار گرفته است □□

۲-۲- شماره گروه معاینه‌گر □□□

۲-۳- شماره پلاک ساختمان □□□

۳. وضعیت جغرافیایی ساختمان (۱. شمالی ۲. جنوبی ۳. شرقی– غربی) □

۴- مکان قرارگیری (ساختمان ۱- گوشه ۲- وسط ۳- چهارطرف باز) □

۱۱- نوع سیستم سازه‌ای (به توضیحات مراجعه شود) □□□

۱. سقف طبقات □

۱- بتن مسلح ۲- تیرچه بلوک ۳- طاق ضربی ۴- فلزی ۵- چوبی ۶- سایر

۱۲- سقف پشت‌بام □

۱- بتن مسلح ۲- تیرچه بلوک ۳- طاق ضربی ۴- فلزی ۵- چوبی ۶- سایر

۱۳- پوشش سقف پشت بام □□

۱- آسفالت ۲- عایق سبک ۳- سفال ۴- موزاییک ۵- ایرانیت ۶- کاهگل ۷- حلبی ۸- عایق سنگین ۹- سایر

۱۹- درجه خسارت اعضای سازه‌ای (به توضیح مراجعه شود)

۱- بدون خسارت ۲- خفیف ۳- متوسط ۴- زیاد ۵- بسیار شدید

۱۹-۱- پی‌ها □

۱۹-۲- دیوارهای حمال □

۱۹-۳- ستون‌ها □

۱۹-۴- تیرها □

۱۹-۵- نقاط گره □

۱۹-۶- دیوارهای برشی □

۱۹-۷- راه‌پله‌ها □

۱۹-۸- سقف طبقات □

۱۹-۹- سقف پشت‌بام □

۲۰- درجه خسارت اعضا غیرسازه‌ای (به توضیح صفحه بعد رجوع شود)

۱- بدون خسارت ۲- خفیف ۳- متوسط ۴- زیاد ۵- بسیار شدید

۲۰-۱- میانقابها □

۲۰-۲- دیوارهای جان‌پناه □

۲۰-۳- نمای خارجی ساختمان □

۲۰-۴- گچکاری و نمای داخلی ساختمان □

۲۰-۵- تأسیسات (برق – آب) □

۲۰-۶- پنجره و شیشه □

۲۰-۷- دودکش و غیره □

۲۵- تلفات جانی

۱- هیچ □ ۲- تعداد زخمی □□□ ۳- تعداد کشته‌شدگان □□□

۲۶- توصیه اورژانسی □

۱- هیچ ۲- برطرف کردن خسارت جزئی ۳- محافظت از ساختمان

۴ - محافظت از خیابان‌ها و ساختمانهای مجاور ۵- انهدام فوری ساختمان

۵- تعداد طبقات بالای سطح زمین □□

۵-۱- تعداد طبقات زیر زمین □□

۶- سطح مقطع تقریبی پلان ساختمان (m^2) □□□

۷- نحوه استفاده (به توضیحات مراجعه شود)

۷-۱- از طبقات بالای ساختمان □□□

۷-۲- از طبقه همکف □□□

۷-۳- از زیر زمین □□□

۸- تعداد واحد در ساختمان □□

۹- سال ساخت ساختمان □

۱- قبل از سال ۱۳۶۶ ۲- مابین سالهای ۱۳۶۶- ۱۳۷۸ ۳- بعد از سال ۱۳۷۸

۱۰- تعداد ساکنین آپارتمان □□□

۱۴- کیفیت کار (۱- خوب ۲- متوسط ۳- ضعیف) □

۱۵- سیستم باربر قائم □

۱- دیوارهای باربر ۲- قاب ۳- قاب با دیوارهای منانقابی ۴- سیستم ترکیبی ۵- سایر

۱۶- سیستم باربر افقی □

۱- دیوارها باربر ۲- قاب خمشی ۳- قاب با مهاربندی هم‌مرکز ۴- قاب با مهاربندی خارج از مرکز ۵- قاب با دیوار

۱۷- نسبت سختی طبقه اول به دیگر طبقات □

۱- بیشتر ۲- حدوداً مساوی ۳- کمتر

۱۸- آیا توسط زلزله‌های قبلی خسارت دیده و ترمیم شده است □

۱- خیر ۲- بلی ۳- نامشخص

---

۲۱ – درجه خسارت به کل ساختمان □

۱- بدون خسارت ۲- خفیف ۳- متوسط ۴- زیاد ۵- بسیار شدید ۶- تخریب کامل

۲۲- خسارت غیر مستقیم (آتش‌سوزی، ضربه‌زدن و غیره) □

۱- خیر ۲- ضربه ساختمانهای مجاور ۳- آتش‌سوزی ۴- سایر (توضیحات داده شود)

۲۳- ناپایداری مشاهده شده در خاک و مشکلات زمین‌شناسی □□

۱- هیچ ۲-نشست خفیف ۳- نشست شدید ۴- روانگرایی ۵- جوشش ماسه ۶- لغزش زمین ۷- ریزش کوه ۸- جابجایی ۹- سایر

۲۴- طبقه‌بندی وضعیت و کلاسه‌بندی استفاده □

الف) مناطق رنگ‌شده ۱- سبز ۲- زرد ۳- قرمز

ب) مناطق رنگ‌نشده ۴- قابل طبقه‌بندی نبوده و بررسی مجدد نیاز دارد ۵- ساختمان غیر قابل دسترس می‌باشد ۶- مشکل خاک و زمین‌شناسی دارد ۷- بعد از برطرف‌کردن کارهای جزئی رنگ سبز نصب شود ۸- احتیاج به معاینه مجدد دارد

۱- سبز: ظرفیت لرزه‌ای کاهش نیافته‌است (استفاده بدون محدودیت)

۲- زرد: ظرفیت لرزه‌ای کاهش یافته است (به طور موقت غیرقابل استفاده)

۳- قرمز: ورود ممنوع

۲۷- اطلاعات اضافی □

۱- هیچ ۲- عکس ۳- تصویر ۴- عکس و تصویر

۲۸- تخمین قیمت فعلی ساختمان (میلیون تومان) □□□

۲۹- تخمین مقدار خسارت از دست‌داده (میلیون تومان) □□□

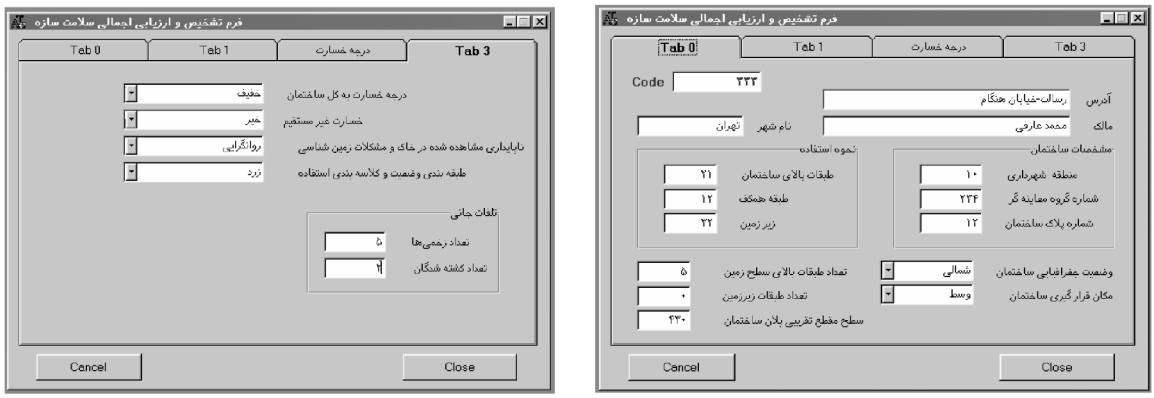
۳۰- تاریخ تحقیق (روز/ ماه) □□□

نام و نام خانوادگی بازرسین: امضاء

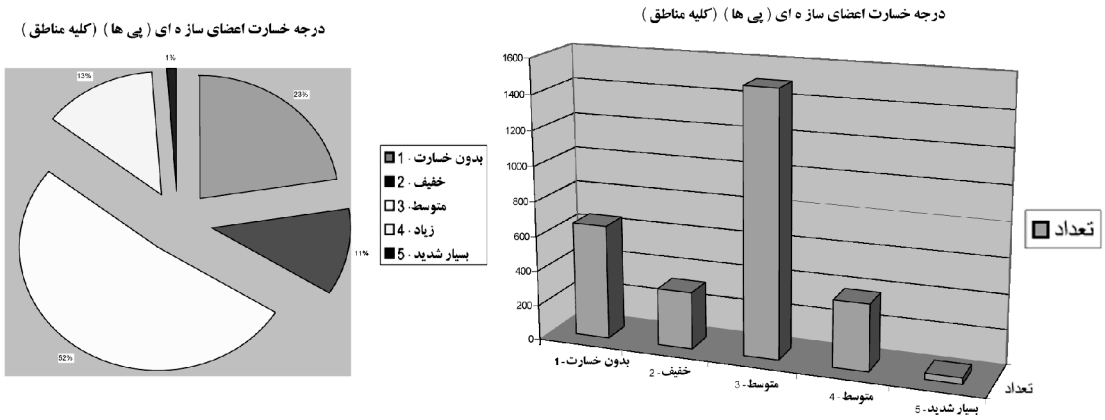
شکل ۴ فرم ارزیابی آسیب دیدگی کیفی ساختمان در مناطق زلزله زده

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵ برنامه کامپیوتری تهیه شده جهت پردازش داده ها بر حسب فرم های ارزیابی



شکل ۶ پردازش داده ها بر حسب فرم های ارزیابی بوسیله نرم افزار تهیه شده

www.SID.ir