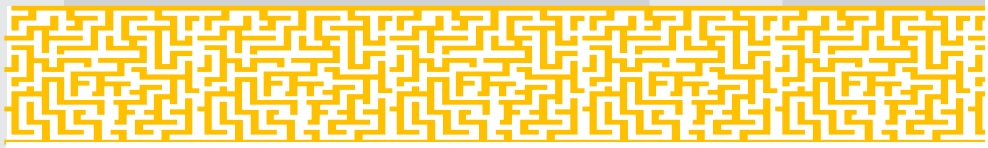
شابک : ۲-٤-۹٦٤۹۲-٦۰۰-۹۷۸
شماره کتابشناسی ملی : ۵۰۷۳۶۷۱
عنوان و نام پدیدآور : شبکه راه‌ها و برنامه‌ریزی حمل و نقل اضطراری شهر تهران/ نویسندگان سعید منتظرالقائم ،...[و دیگران] ؛ [برای] سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران.
مشخصات نشر : تهران: سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری : ۲ ج.: مصور (رنگی)، جدول (رنگی)، نمودار (رنگی)؛ ۲۲×۲۹ س‌م.
یادداشت : نویسندگان سعید منتظرالقائم، خدیجه شریفی، نیما صمدزادگان، حسن الیاسی، محمد رضا علیخانی.
یادداشت : ج.۲(چاپ اول: ۱۳۹۶)(فیپا).
موضوع : مدیریت بحران -- ایران -- تهران
موضوع : Crisis management -- Iran -- Tehran
موضوع : راه‌ها -- ایران -- تهران
موضوع : Roads -- Iran-- Tehran
موضوع : حمل و نقل -- ایران -- تهران
موضوع : Transportation -- Iran -- Tehran
موضوع : زلزله -- ایران -- تهران (استان) -- پیش‌بینی‌های ایمنی
موضوع : Earthquakes -- Iran -- Tehran (Province) -- Safety measures
رده بندی دیویی : ۶۵۸/۴۰۹۵۵۱۲۲
رده بندی کنگره : ۱۳۹۶ ۲ش/HD۴۹
شناسه افزوده : منتظرالقائم، سعید، ۱۳۴۱ -
شناسه افزوده : سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران. معاونت آموزش و مشارکت‌های مردمی
شناسه افزوده : سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران
وضعیت فهرست نویسی : فیپا



عنوان: شبکه راه ها و برنامه ریزی حمل و نقل اضطراری شهر تهران (جلد دوم)
نویسندگان: سعید منتظر القائم، خدیجه شریفی، نیما صمدزادگان، حسن الیاسی، محمدرضا علیخانی
زیر نظر: احمد صادقی
ناظر علمی: فاطمه صالح
ناشر: سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، معاونت آموزش و مشارکت های مردمی
طراح جلد و صفحه آرا: علی باقری
ویراستار ادبی: محسن فرجی
امور فنی: سید وحید دشتیان مقدم

چاپ: اول، ۱۳۹٦
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
قیمت: ۳۷۰۰۰۰ ریال
چاپ و صحافی: نشر شهر
نشانی: انتهای غربی بزرگراه جلال آل احمد نرسیده به بزرگراه آیت ا... اشرفی اصفهانی، نبش نهم شمالی
تلفن: ٤٤٢٤٤٠٤٠ فکس: ٤٤٢٦٧٣٦٤
tdmmo.tehran.ir

کلیه حقوق چاپ و انتشار این اثر، به سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران تعلق دارد.

شبکه راه ها و برنامه ریزی
حمل و نقل اضطراری شهر تهران

بررسی اثر زلزله بر مسیرهای اضطراری شهر تهران

(جلد دوم)

نویسندگان:

سعید منتظر القائم، خدیجه شریفی، نیما صمدزادگان،

حسن الیاسی، محمدرضا علیخانی

فهرست

فصل اول:
مخاطرات زمین

۱-۱- مقدمه و ارزیابی کلی	۲۰
۱-۲- معرفی زلزله سناریو	۲۲
۱-۳- گسلش سطحی	۲۳
۱-۳-۱- تجارب زلزله‌های گذشته	۲۳
۱-۳-۱-۱- زلزله ون‌چوان چین	۲۳
۱-۳-۱-۲- زلزله ۱۹۹۹ چی چی تایوان	۲۵
۱-۳-۱-۳- زلزله کوچالی ترکیه	۲۶
۱-۳-۱-٤- زلزله دوزچه ترکیه	۲۷
۱-۳-۱-۵- زلزله اهر- ورزقان	۲۷
۱-۳-۲- داده‌ها	۲۸
۱-۳-۳- اختلال‌های ناشی از وقوع گسلش بر راه‌ها	۳۱
۱-۳-٤- تعیین میزان جابه جایی‌های مربوط به گسلش‌های سطحی	۳۲
۱-۳-۵- تعیین موانع ناشی از وقوع گسلش در مسیرهای اضطراری	۳۳
۱-٤- قنوات	۳٤
۱-٤-۱- تجارب گذشته	۳٤
۱-٤-۱-۱- زلزله بم	۳٤
۱-٤-۱-۲- حوادث قنوات در تهران	۳٦
۱-٤-۲- روش‌های تعیین آسیب‌پذیری و داده‌های لازم	۳٦
۱-٤-۲-۱- روش یکسان	۳٦
۱-٤-۲-۲- روش جامع	۳۷
۱-٤-۳- داده‌های موجود و مشخصات آنها	۳۸
۱-٤-٤- نتایج تحلیل آسیب‌پذیری	۳۹
۱-٤-۵- تعیین موانع ناشی از ریزش قنوات در مسیرهای اضطراری	٤۳
۱-۵- فرونشست ناحیه‌ای زمین	٤٤
۱-٦- خاکریزی‌ها	٤٦
۱-۷- روانگرایی	۵٤
۱-۸- زمین‌لغزش‌ها	۵۷

فصل دوم:
پل‌های سواره‌رو

۲-۱- مقدمه ۶۲
۲-۲- تجارب عملکرد پل‌ها در زلزله‌های گذشته جهان ۶۲
۲-۲-۱- عوامل عمده آسیب‌های وارده بر پل‌ها در زلزله ۶۲
۲-۲-۲- درصد تعداد پل‌های با میزان‌های مختلف آسیب‌دیدگی ۶۳
۲-۲-۳- انواع خسارات وارده ۶۳
۲-۲-۳-۱- سقوط عرشه در اثر جابجایی زیاد یا در رفتن پایه‌ها ۶۳
۲-۲-۳-۲- انهدام عرشه در اثر سقوط بهمن و آوار از کوه ۶۸
۲-۲-۳-۳- سقوط عرشه در اثر جدا شدن عرشه از پایه ۶۸
۲-۲-۳-٤- جابجایی‌های جانبی عرشه نسبت به پایه ۶۹
۲-۲-۳-۵- جابجایی‌های طولی عرشه نسبت به پایه ۷۰
۲-۲-۳-٦- دوران افقی عرشه در پل‌های مورب ۷۰
۲-۲-۳-۷- آسیب‌دیدگی تکیه گاه‌های انتهایی ۷۱
۲-۲-۳-۸- خسارت به ستون‌های پایه‌های میانی ۷۲
۲-۲-۳-۹- خسارت به تیرهای عرضی قاب‌ها ۷۳
۲-۲-۳-۱۰- به هم کوبیده شدن اجزای پل از جمله شاه‌تیرها به یکدیگر ۷۳
۲-۲-۳-۱۱- خسارت به کلیدهای برشی (مقیدکننده‌ها) ۷۳
۲-۲-۳-۱۲- آسیب‌دیدگی یا بریده‌شدن بالشتك‌ها ۷٤
۲-۲-۳-۱۳- آسیب‌دیدگی محل درز انبساط ۷۵
۲-۲-۳-۱٤- آسیب‌های وارده به تأسیسات و لوله‌های بسته شده به پل‌ها ۷٦
۲-۲-٤- خسارات وارده به انواع پل‌ها ۷٦
۲-۲-٤-۱- پل‌های با دهانه‌های ساده ۷٦
۲-۲-٤-۲- پل‌های با قاب صلب یکپارچه ۷٦
۲-۲-٤-۳- پل‌های قدیمی قوسی سنگی (طاقی) ۷٦
۲-۲-٤-٤- پل‌های قوسی بتن مسلح با دهانه‌های ساده یا پیوسته ۷۷
۲-۲-٤-۵- پل‌های شاه‌تیری ۷۸
۲-۲-٤-٦- پل‌های معلق ۷۹
۲-۲-٤-۷- پل‌های جعبه‌ای ۷۹
۲-۲-۵- علل آسیب‌دیدگی لرزه‌ای انواع پل‌ها ۷۹
۲-۲-٦- نکات لازم در طراحی پل‌ها ۸۰
۲-۳- تجارب رفتار پل‌ها در زلزله‌های گذشته کشور ایران ۸۱
۲-٤- آیین‌نامه‌های طرح لرزه‌ای پل‌ها در ایران ۸۱
۲-۵- بانك اطلاعاتی پل‌های شهر تهران ۸۲
۲-٦- مشخصات پل‌های شهر تهران ۸۳
۲-٦-۱- پل‌های تهران در یک نگاه ۸۳
۲-٦-۲- پل‌ها از چه موانعی عبور می‌کنند؟ ۸۳
۲-٦-۳- مخاطرات محیطی ۸۳
۲-٦-۳-۱- تکان های زلزله ۸۳

۲-۶-۳-۲- روانگرایی حین زلزله ۸۶
۲-۶-۳-۳- گسلش سطح زمین ۸۷
۲-۶-۳-۳-۱- تأثیر گسلش سطح زمین بر پل‌ها ۸۷
۲-۶-۳-۳-۲- موقعیت گسل‌ها و پل‌ها در شهر تهران ۸۹
۲-۶-۳-۳-۳- نحوه ارزیابی خطر گسلش سطح زمین در پل‌ها ۹۰
۲-۶-۳-٤- قنوات ۹۰
۲-۶-۳-۵- زمین‌لغزش همراه زلزله ۹۱
۲-۶-٤- سال ساخت و آیین‌نامه مورد استفاده در طراحی ۹۳
۲-۶-٤-۱- نمونه‌ای از پل‌های ساخته شده در قبل از سال ۱۳۵۷ ۹٤
۲-۶-٤-۲- نمونه‌هایی از پل‌های ساخته شده در دهه ۱۳۷۰ ۹٤
۲-۶-٤-۳- نمونه‌هایی از پل‌های جدید ۹۶
۲-۶-۵- مشخصات هندسی ۹۷
۲-۶-۵-۱- طول کل پل‌ها ۹۷
۲-۶-۵-۲- طول دهانه‌ها ۱۰۰
۲-۶-۵-۳- عرض پل‌ها ۱۰۰
۲-۶-۶- تورب پل‌ها ۱۰۱
۲-۶-۶-۱- نمونه‌هایی از پل‌های مورب در شهر تهران ۱۰۱
۲-۶-۶-۲- نمونه‌هایی از خسارات وارده در زلزله‌های گذشته بر پل‌های مورب ۱۰۲
۲-۶-۷- انحنای افقی پل‌ها ۱۰۳
۲-۶-۷-۱- نمونه‌هایی از پل‌های با انحنای افقی در شهر تهران ۱۰۳
۲-۶-۷-۲- نمونه‌هایی از خسارات وارده در زلزله‌های گذشته بر پل‌های منحنی ۱۰٤
۲-۶-۸- مشخصات سازه‌ای ۱۰۶
۲-۶-۹- اطلاعات موجود از پل‌ها ۱۱٤
۲-۷- بررسی نقشه‌های تیپ پل‌ها ۱۱۵
۲-۸- آسیب‌پذیری لرزه ای پل‌ها و تأثیر آن بر عملکرد راه‌های اضطراری ۱۱۷
۲-۸-۱- اختلال‌های ناشی از آسیب‌دیدگی پل‌ها بر عملکرد راه‌ها ۱۱۷
۲-۸-۲- تعیین آسیب‌های وارده به پل‌ها در اثر زلزله ۱۱۸
۲-۸-۲-۱- روش هزوس ۱۱۸
الف- شتاب‌های زلزله محل‌های پل‌ها ۱۱۹
ب- طبقه‌بندی پل‌ها ۱۲۱
ج- نتایج تحلیل ۱۲۱
۲-۸-۲-۲- روش اصلاح شده کاتایاما ۱۲۲
۲-۸-۳- تعیین موانع ناشی از آسیب‌دیدگی پل‌ها در مسیرهای اضطراری ۱۲٤
۲-۸-٤- انسداد ناشی از بازرسی‌های پل‌ها ۱۲۵
۲-۹- تدوین برنامه مقدماتی مقاوم‌سازی پل‌های موجود ۱۲۶
۲-۹-۱- تعیین آسیب پذیری پل‌های موجود ۱۲۷
۲-۹-۱-۱- تعیین آسیب‌پذیری لرزه ای پل‌ها با روش هزوس ۱۲۷

۲-۹-۱-۲- تعیین آسیب‌پذیری لرزه ای پل‌ها با روش کاتایاما ۱۲۷
۲-۹-۲- بررسی شرایط پل‌های شهر تهران در مقایسه با پل‌های سایر مناطق زلزله خیز دنیا ۱۲۹
۲-۹-۲-۱- مشخصات پل‌ها در چند منطقه لرزه‌خیز دنیا ۱۲۹
۲-۹-۲-۱-۱- ایالت واشنگتن ۱۲۹
۲-۹-۲-۱-۲- پل‌های شهر سیاتل ۱۳۰
۲-۹-۲-۱-۳- پل‌های شهرستان لس آنجلس ۱۳۰
۲-۹-۲-۱-٤- پل‌های ناحیه یوما (آریزونا) ۱۳۱
۲-۹-۲-۱-5- پل‌های ایالت ارگن ۱۳۱
۲-۹-۲-۲- مقایسه شرایط پل‌های شهر تهران با پل‌های سایر مناطق لرزه‌خیز جهان ۱۳۳
۲-۹-۲-۲-۱- سن ۱۳٤
۲-۹-۲-۲-۲- طول دهانه ۱۳٤
۲-۹-۲-۲-۳- نشیمن‌ها و اتصالات عرشه ۱۳٤
۲-۹-۲-۲-٤- طول پایه‌ها ۱۳٤
۲-۹-۲-۲-5- بزرگی زلزله و شتاب‌های زلزله ۱۳٤
۲-۹-۲-۲-٦- روانگرایی ۱۳5
۲-۹-۲-۲-۷- گسلش سطحی ۱۳5
۲-۹-۳- سوابق و برنامه‌های مقاوم‌سازی پل‌های شهر تهران ۱۳5
۲-۹-۳-۱- مدیریت نگهداری پل ۱۳5
۲-۹-۳-۲- اقدامات معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران ۱۳۷
۲-۹-۳-۳- مطالعات جایکا ۱۳۷
۲-۹-۳-۳-۱- مطالعات ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای ۱۳۷
۲-۹-۳-۳-۲- برنامه پیشنهادی در مطالعه تدوین برنامه جامع پیشگیری و مدیریت بحران زلزله شهری ۱۳۸
۲-۹-۳-٤- نمونه‌هایی از بهسازی‌های لرزه‌ای انجام شده پل‌های سواره‌رو در شهر تهران ۱۳۹
۲-۹-۳-٤-۱- نمونه‌هایی از مواردی که فقط بهسازی لرزه‌ای انجام شده است. ۱۳۹
۲-۹-۳-٤-۱-۱- بهسازی لرزه‌ای پل چمران – همت (سازه بتنی) ۱۳۹
۲-۹-۳-٤-۱-۲- بهسازی لرزه‌ای پل آزمایش (سازه فولادی) ۱٤۰
۲-۹-۳-٤-۲- نمونه‌هایی از مواردی که بهسازی لرزه‌ای همزمان با افزایش ظرفیت ترافیکی پل انجام شده است. ۱٤۰
۲-۹-۳-٤-۲-۱- افزایش ظرفیت ترافیکی و مقاوم‌سازی پل ستارخان ۱٤۰
۲-۹-۳-٤-۳- نمونه‌ای از موارد جایگزینی پل با پل جدید به دلیل عدم پاسخگویی به نیازهای ترافیکی ۱٤۱
۲-۹-۳-٤-۳-۱- پل‌های تقاطع شیخ فضل الله نوری و جناح ۱٤۱
۲-۹-٤- روش‌های مقاوم‌سازی پل‌ها ۱٤۲
۲-۹-٤-۱- نصب وسایلی برای جلوگیری از در رفتن روسازه، مقاوم‌سازی فونداسیون، پایه‌ها و کوله‌ها ۱٤۲
۲-۹-٤-۲- مقاوم‌سازی فونداسیون‌ها در برابر نیروهای لرزه‌ای ۱٤۳

۲-۹-۵- تعیین عملکرد لرزه‌ای هدف پل‌ها ۱٤٤
۲-۹-۵-۱- مقدمه ۱٤٤
۲-۹-۵-۲- تعیین اهداف عملکردی راه‌ها ۱٤٤
۲-۹-۵-۳- تعیین میزان اهمیت پل‌ها ۱٤٥
۲-۹-۵-٤- تعیین عملکردهای هدف پل‌ها در زلزله‌های طرح ۱٤۷
۲-۹-٦- تعیین مداخله مورد نیاز ۱٤۸
۲-۹-۷- بررسی برنامه مقاوم‌سازی لرزه‌ای پل‌ها در مناطق لرزه‌خیز دنیا ۱٥۱
۲-۹-۷-۱- برنامه مقاوم‌سازی لرزه‌ای پل‌ها در ایالت واشنگتن ۱٥۱
۲-۹-۷-۱-۱- تشریح برنامه ۱٥۱
۲-۹-۷-۱-۲- بررسی آسیب‌پذیری سازه‌ای پل‌ها ۱٥۲
۲-۹-۷-۱-۳- روش‌های مقاوم‌سازی استفاده شده ۱٥۲
۲-۹-۷-۲- برنامه مقاوم‌سازی پل‌ها در شهر سیاتل ۱٥۳
۲-۹-۷-۳- برنامه مقاوم‌سازی پل‌ها در ایالت کالیفرنیا ۱٥٤
۲-۹-۷-۳-۱- پل‌های راه‌های ایالتی ۱٥٤
۲-۹-۷-۳-۲- پل‌های عوارضی ۱٥٥
۲-۹-۷-۳-۳- پل‌های محلی ۱٥٥
۲-۹-۷-۳-٤- هزینه‌ها ۱٥٥
۲-۹-۷-٤- برنامه مقاوم‌سازی پل‌ها در ایالت ارگن ۱٥٦
۲-۹-۸- تعیین اجزاء برنامه مقاوم‌سازی ۱٥٦
۲-۹-۸-۱- تشکیل تیم مشورتی ۱٥٦
۲-۹-۸-۲- تهیه و به روز کردن برنامه ۱٥۷
۲-۹-۸-۳- بررسی مخاطرات زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی و مشخصات لرزه‌ای زمین ۱٥۷
۲-۹-۸-٤- تکمیل شناسایی و تهیه داده‌ها ۱٥۸
۲-۹-۸-۵- ارزیابی مقدماتی، غربالگری و اولویت‌بندی ۱٥۹
۲-۹-۸-٦- ارزیابی تفصیلی ۱٦۰
۲-۹-۸-۷- طرح و اجرای مقاوم‌سازی ۱٦۰
۲-۹-۸-۸- تعویض پل‌ها ۱٦۰
۲-۹-۹- تعیین هزینه‌های برنامه مقاوم‌سازی ۱٦۱
۲-۹-۱۰- مخاطرات محیطی دیگر زلزله ۱٦۲
۲-۹-۱۱- اجزا و مشخصات کلی برنامه ۱٦۲

فصل سوم:
ابنیه فنی

۳-۱- مقدمه ۱۶۶
۳-۲- تونل‌های خودرویی ۱۶۶
۳-۲-۱- کلیات ۱۶۶
۳-۲-۲- مشخصات تونل‌های شهر تهران ۱۶۸
۳-۲-۳- تخمین اولیه شرایط تونل‌های شهر تهران در زلزله ۱۷۱
۳-۲-٤- بررسی کمّی آسیب‌پذیری لرزه‌ای تونل‌های جاده‌ای شهر تهران و تأثیر آن بر عملکرد راه‌های اضطراری ۱۷۳
۳-۲-٤-۱- اختلال‌های ناشی از آسیب‌دیدگی تونل‌ها بر عملکرد راه‌ها ۱۷۳
۳-۲-٤-۲- تعیین آسیب‌های وارده به تونل‌ها در اثر زلزله ۱۷۳
۳-۲-٤-۲-۱- زلزله سناریو و شتاب‌های حاصل از آن در محل‌های تونل‌ها ۱۷٤
۳-۲-٤-۲-۲- طبقه‌بندی تونل‌ها ۱۷٤
۳-۲-٤-۲-۳- نتایج تحلیل ۱۷۵
۳-۲-٤-۲-٤- تعیین موانع ناشی از آسیب‌دیدگی تونل‌ها در مسیرهای اضطراری ۱۷۷
۳-۲-٤-۲-۵- انسداد ناشی از بازرسی‌های تونل‌ها ۱۷۷
۳-۳- پل‌های پیاده‌رو و دوچرخه‌رو ۱۷۸
۳-۳-۱- انواع پل‌ها ۱۷۸
۳-۳-۲- بررسی تجارب آسیب‌پذیری پل‌های پیاده رو در زلزله ۱۸۳
۳-۳-۲-۱- زلزله ۲۰۱۰ دارفیلد ۱۸۳
۳-۳-۲-۲- زلزله ۲۰۱۲ مکزیك ۱۸۳
۳-۳-۲-۳- زلزله ۲۰۱۲ شیلی ۱۸٤
۳-۳-۲-٤- زلزله‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ زلاندنو ۱۸۵
۳-۳-۲-۵- نتیجه‌گیری ۱۸۹
۳-۳-۳- سایر تجارب عملکردی پل‌های عابر پیاده ۱۸۹
۳-۳-٤- بررسی موردی سیستم سازه‌ای پل‌های عابر پیاده ۱۹۰
۳-۳-۵- نتیجه ۱۹۳
۳-٤- دیوارهای حائل ۱۹۳
۳-٤-۱- کلیات ۱۹۳
۳-٤-۲- مودهای رفتاری دیوارهای حائل در زلزله ۱۹٤
۳-٤-۳- طبقه بندی رفتار دیوارهای حائل در زلزله ۱۹۶
۳-٤-٤- عملکرد کلی دیوارهای حائل در زلزله‌های اخیر ۱۹۷
۳-٤-٤-۱- زلزله ۲۰۱٦ کوماموتوی ژاپن ۱۹۷
۳-٤-٤-۲- زلزله‌های نیوزیلند ۱۹۷
۳-٤-٤-۳- زلزله ۲۰۱۰ شیلی ۱۹۷
۳-٤-٤-٤- زلزله ۲۰۰۸ ون چوان ۱۹۹
۳-٤-٤-۵- زلزله ۱۹۹۹ تایوان ۲۰۰
۳-٤-٤-٦- زلزله ۱۹۹۵ کوبه ۲۰۰
۲۰۱

۳-٤-٤-۷- زلزله ۱۹۹٤ نورتریج ۲۰۱
۳-٤-۵- رفتار لرزه‌ای انواع دیوارها ۲۰۱
۳-٤-٦- تاثیر عوامل خارجی ۲۰۵
۳-٤-۷- مقاومت لرزه‌ای ذاتی دیوارهای حائل ۲۰۵
۳-٤-۸- تخمین جابجایی رو به بیرون دیوارهای حائل ۲۰۵
۳-٤-۹- نگاهی به وضعیت دیوارهای حائل در تهران ۲۰٦
۳-٤-۱۰- تخمین اولیه شرایط دیوارهای حائل شهر تهران در زلزله ۲۰۷
۳-۵- کانال‌ها و آب‌روها ۲۱۰
۳-۵-۱- کلیات ۲۱۰
۳-۵-۲- آسیب‌پذیری لرزه‌ای آب‌روها ۲۱۱
۳-۵-۳- بررسی تجارب زلزله‌های گذشته ۲۱۱
۳-۵-٤- موارد آسیب‌های وارده به راه‌ها در اثر کانال‌ها در زلزله ۲۱۲
۳-۵-٤-۱- اختلاف نشست ۲۱۲
۳-۵-٤-۲- گسلش سطحی ۲۱۳
۳-۵-٤-۳- روانگرایی ۲۱۳
۳-۵-۵- غربالگری لرزه‌ای آب‌روها ۲۱٤
۳-۵-٦- مشخصات آب‌روها و کانال‌های شهر تهران ۲۱۵
۳-۵-۷- روش‌های بهسازی آب‌روها ۲۲۵

فصل چهارم:
شریان‌های حیاتی

٤-۱- مقدمه ۲۲۸
٤-۲- روش عمومی تعیین آسیب‌پذیری و نقاط انسداد (موانع) ۲۲۸
٤-۲-۱- تکان‌های زمین ۲۲۸
٤-۲-۲- تعیین تعداد موانع ناشی از آسیب‌دیدگی شریان‌های حیاتی
(خطوط گاز، برق، آب، فیبرنوری) عبوری در مسیرهای اضطراری ۲۲۸
٤-۲-۳- تغییر مکان‌های دائمی (گسیختگی‌های) زمین ۲۲۹
٤-۲-٤- اختلال در رفت‌وآمد در اثر فعالیت‌های تعمیراتی و برآورد
تعداد نفر-روز تعمیرات ۲۲۹
٤-۳- برق ۲۳۰
٤-۳-۱- تجارب زلزله‌های گذشته ۲۳۰
٤-۳-۱-۱- زلزله ۲۰۰۸ ون‌چوان ۲۳۰
٤-۳-۱-۲- زلزله ۲۰۱۵ نپال ۲۳۱
٤-۳-۱-۳- زلزله ۲۰۱۱ کریس‌چرچ نیوزیلند ۲۳۲
٤-۳-۱-٤- زلزله دوزچه ترکیه ۲۳۲
٤-۳-۱-۵- زلزله ۱۹۹۹ تایوان ۲۳۳
٤-۳-۱-٦- زلزله ۲۰۱٦ تایوان ۲۳۳
٤-۳-۲- روش تخمین آسیب‌ها ۲۳۳

٤-٣-٣- داده‌ها ٢٣٣
٤-٣-٤- معرفی منابع ایجاد گسیختگی‌های زمین ٢٣٤
٤-٣-٤-١- گسلش سطحی ٢٣٤
٤-٣-٤-٢- زمین‌لغزش ٢٣٥
٤-٣-٥- پیامدهای آسیب‌ها بر عملکرد معابر ٢٣٦
٤-٣-٦- تعیین موانع ٢٣٧
٤-٤- گاز ٢٣٧
٤-٤-١- تجارب زلزله‌های گذشته ٢٣٧
٤-٤-١-١- زلزله ١٩٠٦سانفرانسیسکو ٢٣٧
٤-٤-١-٢- زلزله ١٩٣٣ لانگ بیچ ٢٣٧
٤-٤-١-٣- زلزله ١٩٩٤ نورتریج ٢٣٨
٤-٤-١-٤- زلزله‌های ژاپن ٢٣٨
٤-٤-١-٥- زلزله ٢٠١٦ تایوان ٢٤٠
٤-٤-١-٦- زلزله دارفیلد ٢٤٠
٤-٤-٢- داده‌ها ٢٤٠
٤-٤-٣- ارزیابی آسیب پذیری ٢٤٠
٤-٤-٣-١- تکان‌های زلزله ٢٤٠
٤-٤-٣-٢- تغییر شکل‌های ماندگار زمین در زلزله ٢٤١
٤-٤-٤- تعیین موانع ٢٤٣
٤-٤-٥- پیامدهای آسیب‌ها بر عملکرد معابر ٢٤٣
٤-٤-٥-١- آسیب مستقیم به شبکه ناشی از تخریب خط لوله ٢٤٣
٤-٤-٥-٢- برآورد تعداد نفر-روز مورد نیاز برای عملیات تعمیرات خطوط ٢٤٣
٤-٥- آب ٢٤٤
٤-٥-١- تجارب زلزله‌های گذشته ٢٤٤
٤-٥-١-١- زلزله ٢٠٠٨ ون‌چوان ٢٤٤
٤-٥-١-٢- زلزله ١٩٩٥ کوبه ٢٤٥
٤-٥-١-٣- زلزله ٢٠١٦ تایوان ٢٤٦
٤-٥-٢- تجارب آسیب‌های وارده به سامانه آب در شهر تهران ٢٤٧
٤-٥-٣- داده‌ها ٢٥٠
٤-٥-٤- ارزیابی آسیب‌پذیری ٢٥٣
٤-٥-٤-١- تکان‌های زمین ٢٥٣
٤-٥-٤-٢- تغییر شکل‌های ماندگار زمین در زلزله ٢٥٣
٤-٥-٥- تعیین موانع ٢٥٤
٤-٥-٦- پیامدهای آسیب‌ها بر عملکرد معابر ٢٥٤
٤-٥-٦-١- آسیب مستقیم به شبکه حمل‌ونقل ناشی از
آسیب‌دیدگی خطوط لوله آب ٢٥٤

٤-٥-٦-٢- برآورد تعداد نفر-روز مورد نیاز برای عملیات تعمیر خطوط ٢٥٥
٤-٦- فاضلاب ٢٥٥
٤-٦-١- تجارب گذشته ٢٥٥
٤-٦-١-١- زلزله ٢٠١١ نیوزیلند ٢٥٥
٤-٦-١-٢- زلزله ٢٠٠٨ ون‌چوان ٢٥٦
٤-٦-١-٣- زلزله ٢٠١٠ دارفیلد ٢٥٦
٤-٦-٢- داده‌ها ٢٥٧
٤-٦-٣- ارزیابی آسیب‌پذیری ٢٥٨
٤-٦-٣-١- تکان‌های زمین ٢٥٨
٤-٦-٣-٢- تغییر شکل‌های ماندگار زمین در زلزله ٢٥٩
٤-٦-٤- تعیین موانع ٢٦٠
٤-٦-٥- پیامدهای آسیب‌ها بر عملکرد معابر ٢٦٠
٤-٦-٥-١- آسیب مستقیم به شبکه ٢٦١
٤-٦-٥-٢- برآورد تعداد نفر-روز مورد نیاز برای عملیات تعمیر خطوط ٢٦١
٤-٧- مخابرات ٢٦٢
٤-٧-١- تجارب گذشته ٢٦٢
٤-٧-٢- داده‌ها ٢٦٢
٤-٧-٣- آسیب‌پذیری ٢٦٢
٤-٧-٣-١- تکان‌های زمین ٢٦٢
٤-٧-٣-٢- تغییر شکل‌های ماندگار ٢٦٢
٤-٧-٤- پیامدهای آسیب‌ها بر عملکرد معابر ٢٦٤
٤-٧-٤-١- آسیب مستقیم به شبکه ناشی از تخریب دکل‌های مخابراتی ٢٦٤
٤-٧-٤-٢- اختلال در رفت‌وآمد در اثر فعالیت‌های تعمیرات ٢٦٤
٤-٧-٥- تعیین موانع ٢٦٤

فصل پنجم: ساختمان‌ها ٢٦٨
٥-١- مقدمه ٢٦٨
٥-٢- بررسی تاثیرهای آسیب‌های ساختمان‌ها بر راه‌های اضطراری ٢٦٨
٥-٢-١- واژگونی، فرو ریزش یا ریزش آوار ٢٦٩
٥-٢-٢- انسداد راه‌های مجاور ساختمان‌های مشکوک به ناپایداری ٢٦٩
٥-٢-٣- انسداد راه به علت عملیات آواربرداری و امدادرسانی به ساختمان‌های مجاور مسیر اضطراری ٢٧٠
٥-٣- مکانیسم‌های فرو ریختن ساختمان‌ها ٢٧٣
٥-٤- تجارب زلزله‌های گذشته ٢٧٣
٥-٤-١- تجربیات انسداد راه‌ها در گذشته به دلیل آسیب ساختمان‌ها ٢٧٣
٥-٤-١-١- واژگونی، فرو ریزش ساختمان‌ها یا ریزش آوار بر اثر زلزله ٢٧٣
٥-٤-١-٢- ساختمان‌های مشکوک و محدوده‌های ممنوعه ایجاد شده در اثر زلزله ٢٧٨
٥-٤-١-٣- اطفاء حریق، آوار برداری، امدادرسانی و عملیات جستجو و نجات در زلزله ٢٧٩
٥-٤-١-٤- تجربیات انسداد معابر به دلیل فرو ریختن یا دیگر حوادث در ساختمان‌ها در شهر تهران ٢٨٠
٥-٥- تعیین پیشروی و حجم آوار ٢٨١

فصل پنجم:
ساختمان‌ها

۵-۵-۱- تعیین احتمال تخریب ساختمان ۲۸۱
۵-۵-۲- تعیین میزان پیشروی آوار ۲۸۱
۵-۵-۳- برآورد حجم آوار ۲۸۳
۵-۵-٦- نحوه برآورد انسداد مسیرها ۲۸۳
۵-۷- داده‌های مورد نیاز ۲۸۵
۵-۸- تعیین موانع ناشی از ساختمان‌ها ۲۸۵
۵-۸-۱- موانع ناشی از فرو ریختن ساختمان ها ۲۸۵
۵-۸-۱-۱- تعیین موانع برای تحلیل راه‌های جایگزین راه‌های اضطراری اصلی ۲۸۵
۵-۸-۱-۲- تعیین موانع برای تحلیل راه‌های جایگزین شاخه‌های دسترسی ۲۸۷
۵-۸-۲- انسداد ناشی از ساختمان‌های خطرناک ۲۸۸
۵-۸-۳- انسداد ناشی از انجام عملیات جستجو و نجات در ساختمان‌ها ۲۸۸
۵-۹- موانع ناشی از ازدحام جمعیت ۲۸۹
۵-۱۰- ترافیک حین وقوع زلزله ۲۹۲
۵-۱۱- ترافیک و ازدحام خودروها بعد از وقوع زلزله ۲۹۲
۵-۱۲- سقوط درختان ۲۹۳
۵-۱۳- تابلوها و موارد مشابه ۲۹٤
۵-۱۳- ۱- طراحی سازه‌های تابلوها، روشنایی‌ها و هشدار دهنده‌های ترافیکی ۲۹۷

فصل ششم:
طراحی شبکه جایگزین
برای مسیرهای اضطراری

٦-۱- مقدمه ۳۰۰
٦-۲- تعیین راه‌های جایگزین برای راه‌های اضطراری اصلی ۳۰۰
٦-۲-۱- شبکه مورد استفاده در تحلیل ۳۰۰
٦-۲-۲- درنظر گرفتن موانع ایجاد شده در مسیرها و رفع آنها در تحلیل ۳۰۱
٦-۲-۲-۱- موانع ایجاد شده در مسیرها ۳۰۱
٦-۲-۲-۲- آواربرداری و تعمیرات اولیه برای بازگشایی راه‌ها ۳۰۱
٦-۲-۲-۳- سطح بندی موانع ۳۰۳
٦-۲-۲-٤- تعیین موانع ورودی برای انجام تحلیل شبکه ۳۰۳
٦-۲-۲-۵- تعیین اثر موانع در تحلیل شبکه ۳۰۵
٦-۲-۳- سطح‌بندی و انجام تحلیل ۳۰۵
٦-۲-٤- تحلیل‌های انجام‌شده ۳۰۷
٦-۲-٤-۱- تحلیل سطح اول ۳۰۷
٦-۲-٤-۲- تحلیل سطح دوم ۳۰۹
٦-۳- تعیین مسیرهای جایگزین برای شاخه‌های دسترسی ۳۱۰
٦-۳-۱- تحلیل سطح یک ۳۱۰
٦-۳-۲- تحلیل سطح دو ۳۱۲
٦-۳-۳- تحلیل سطح سه ۳۱۳

پیوست

۱- رفتار لرزه ای انواع دیوارهای حائل در زلزله‌های گذشته ۳۱۸
۱-۱- دیوارهای صندوقه‌ای ۳۱۸
۱-۱-۱- تجارب زلزله ۱۹۹٤ نورتریج ۳۱۸
۱-۱-۲- تجارب زلزله‌های نیوزیلند ۳۱۹
۱-۲- دیوارهای بنایی ۳۲۲
۱-۳- دیوارهای بلوکی بنایی ۳۳۰
۱-٤- دیوارهای بتنی مسلح ۳۳۰
۱-۵- دیوارهای خاک مسلح ۳۳۵
۱-٦- دیوارهای گابیونی ۳٤٤
۱-۷- دیوارهای دیرکی چوبی ۳٤۵
۱-۸- دیوارهای میخ شده ۳٤۷
۲- گسیختگی شیروانی‌ها ۳٤۷
۲-۱- گسیختگی شیروانی‌های دیواردار ۳٤۸
۲-۱-۱- گسیختگی شیروانی‌های دیواردار همراه با خرابی دیوار ۳٤۸
۲-۱-۱-۱- گسیختگی شیروانی‌های دیواردار همراه با خرابی کل بدنه دیوار ۳٤۸
۲-۱-۱-۲- گسیختگی شیروانی‌های دیواردار همراه با گسیختگی بخشی از بدنه دیوار ۳۵۰
۲-۱-۲- گسیختگی شیروانی‌های دیواردار باوجود سالم ماندن دیوار ۳۵۰
۲-۱-۲-۱- زلزله ۲۰۱۱ نیوزیلند ۳۵۰
۲-۱-۲-۲- نمونه‌های مشاهده‌شده در زلزله‌های دیگر ۳۵۱
۲-۲- گسیختگی در شیروانی‌های بدون دیوار ۳۵۳
۲-۲-۱- گسیختگی در شیروانی‌های بدون تثبیت ۳۵۳
۲-۲-۲- گسیختگی در شیروانی‌های تثبیت‌شده (بدون دیوار حائل) ۳۵٤

۳- تأثیر گسلش سطحی بر دیوارهای حائل	۳٥٤
٤- تأثیر روانگرایی بر دیوارهای حائل	۳٥۹
پیوست شماره ۲: عملکرد تونل‌ها در زلزله‌های گذشته	۳٦۲
۱- زلزله ۲۰۰٤ نیگاتا	۳٦۲
۲-زلزله ۱۹۹۹ ترکیه	۳٦۲
۳- زلزله ۱۹۹٥ کوبه	۳٦۳
٤- زلزله ۲۰۰۸ ون‌چوان	۳٦۳
٤-۱- کلیات	۳٦۳
٤-۲- تونل‌های مسیر بزرگراه دوجیان‌ین– ون‌چوان	۳٦٥
٤-۲-۱- ریزش ورودی	۳٦٥
٤-۲-۲- ترک‌خوردگی طولی	۳٦٥
٤-۲-۳- ترک‌خوردگی عرضی	۳٦٦
٤-۲-٤- ترک‌خوردگی مورب	۳٦۷
٤-۲-٥- گسیختگی برشی پوشش بتنی	۳٦۷
٤-۲-٦- ترک‌خوردگی روسازی	۳٦۷
٤-۲-۷- ریزش پوشش بتنی	۳٦۸
٤-۲-۸- ورود آب‌های زیرزمینی	۳٦۸
٤-۳- تونل نزدیک سد زی‌پین‌پو	۳٦۹
٤-٤- تونل جیوجیایا	۳٦۹
٤-٥- تونل لون‌چی	۳۷۰

دیباچه

در جلد اول کتاب به مباحث مربوط به تعیین راه‌های اضطراری شهر تهران پرداخته شد. شبکه راه‌های اضطراری به دلیل اهمیت در برقراری ارتباط و انتقال نفرات و تجهیزات به نقاط آسیب‌دیده شهر، هنگام رخداد زلزله‌ای بزرگ، باید ایمنی قابل اطمینانی داشته باشد. لذا بسیار مهم است که آسیب‌پذیری‌های آن از ناحیه اجزا و نیز از طرف ساختمان‌ها و شریان‌های حیاتی مجاور یا داخل به دقت بررسی شود. آگاهی از مشخصات این تأسیسات به منظور برآورد آسیب‌پذیری آنها ضروری می‌باشد. اطلاعات به دست‌آمده در مورد آسیب‌پذیری می‌تواند از یک سو در تخمین اثرات زلزله بر قابلیت خدمت‌دهی راه‌ها مفید باشد و از سوی دیگر در ارزیابی مناسب بودن راه انتخاب‌شده به عنوان مسیر اضطراری و در صورت نیاز تغییر مسیرهای انتخاب‌شده به کار آید. همچنین می‌توان تدابیری را برای کاهش آسیب‌پذیری‌های شناسایی‌شده پیش بینی کرد.

بعد از تعیین اولیه راه‌های اضطراری در جلد اول کتاب، در جلد حاضر، اثرات زلزله بر این مسیرها بررسی می‌شود. در فصل اول به خسارات ناشی از مخاطرات زمین، شامل اثرات گسلش سطحی، تخریب قنوات، روانگرایی، فرونشست ناحیه‌ای زمین، نشست خاکریزها، زمین‌لغزش‌ها و ... پرداخته می‌شود.

در فصل دوم آثار خسارات وارده به پل‌های سواره‌رو و در فصل سوم آثار خسارات وارده بر سایر ابنیه فنی شامل تونل‌ها، کانال‌ها، پل‌های پیاده‌رو، دیوارهای حائل و ... مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در فصل چهارم، تأثیر آسیب‌دیدگی ساختمان‌های اطراف و شریان‌های حیاتی آب، برق، گاز، فاضلاب و مخابرات بر این راه‌ها و اختلالات ناشی از آنها بررسی می‌شود. در فصل پنجم تأثیر این آسیب‌ها بر عملکرد راه و انسدادهای آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. آن‌گاه براساس نتایج مرحله قبلی در صورت نیاز، مسیرهای انتخاب‌شده تغییر می‌یابد یا مسیرهایی به عنوان مسیرهای جایگزین در نظر گرفته می‌شود یا استفاده از روش‌های دیگر دسترسی و ... توصیه می‌شود. در فصل ششم توصیه‌هایی برای کاهش اثرات ناشی از آسیب‌پذیری معابر اضطراری ارائه می‌شود.

روش ارائه مطالب فصول به این صورت است که بعد از بخش‌های مقدماتی، هر یک از انواع عوارض و تأسیسات مطرح به طور جداگانه بررسی می‌شوند. برای هر یک، ابتدا تجارب زلزله‌های گذشته مرور می‌شود؛ سپس روش های بررسی آسیب‌پذیری مورد بحث قرار می‌گیرند. آن‌گاه داده‌های موجود از موقعیت و مشخصات تأسیسات، دقت و تفکیک، نحوه جمع‌آوری و ... برای انجام بررسی فوق، معرفی می‌شوند. در ادامه با اعمال روش‌های بررسی آسیب‌پذیری انتخاب‌شده روی داده‌های موجود، میزان آسیب زلزله سناریو بر تأسیسات مورد نظر برآورد می‌شود. با توجه به اختلافاتی که از لحاظ میزان و دقت داده‌ها در بین تأسیسات مختلف وجود دارد، نحوه پرداختن به آسیب‌پذیری آنها از سطح و عمق یکسانی برخوردار نیست. پاره‌ای از مطالب ارائه‌شده در کتاب شاید برای اولین بار است که به صورتی کاربردی مطرح شده‌اند و می‌توانند فقط به عنوان طرح موضوع و فتح باب برای در دستور کار قرار دادن و تعریف کارهای عمیق‌تر و مفصل‌تر بعدی تلقی شوند. از سوی دیگر این موارد نشان می‌دهند که کارهای

زیادی در زمینه کاهش خطرات لرزه‌ای معابر شهر ضروری و قابل انجام است که باید در دستور کار نهادهای متولی قرار گیرد. در فصل دوم، پیش‌نویس برنامه‌ای برای مقاوم‌سازی لرزه‌ای پل‌های سواره نیز ارائه شده است.

در هنگام اجرای پروژه «ارتقاء و مدیریت شبکه راه‌های اضطراری شهر تهران»، افزون بر گروه مؤلفان، همکاران گرانقدری نقش‌های مؤثری داشته‌اند که از ایشان قدردانی می‌شود:

آقای مهندس نادی، قائم مقام سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران و رئیس پروژه

خانم مهندس صالح، معاون پیشگیری و کاهش خطرپذیری سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران و مدیر پروژه

آقایان مهندس شمشیری، زکی زاده، سعید، احمدی و خانم ها مهندس محمدی، طیبی و ایرانپور که در بخش‌های مختلف پروژه همکاری داشته‌اند و سایر همکاران سازمان که با حمایت‌های خود سبب تکمیل مجموعه حاضر شده‌اند.

امید است با انجام پژوهش‌ها، مطالعات و بررسی‌های بعدی و نیز جمع‌آوری نظریات و انتقادات صاحبنظران و کارشناسان، زمینه‌های تجدید نظر و اصلاح در این کتاب فراهم شود.

احمد صادقی

رئیس سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران