

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی

راهنمای تحلیل پاسخ ساختگاه برای ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای در مناطق شهری

دکتر سعید هاشمی طباطبائی

(عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

دکتر سید محمود فاطمی عقدا

(عضو هیئت علمی دانشگاه خوارزمی)

دکتر عباس قلندرزاده

(عضو هیئت علمی دانشگاه تهران)

دکتر حبیب شاه‌نظری

(عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران)

دکتر عطا آقایی آرای

(عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

مهندس اشکان محمدی

امیر سعید سلامت

گزارش تحقیقاتی

شماره نشر: گ - ۶۷۰

چاپ اول: ۱۳۹۲

عنوان و نام پدیدآور	راهنمای تحلیل پاسخ ساختگاه برای ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای ساختگاه در مناطق شهری/سعيد هاشمی طباطبائی... [و ديگران].
مشخصات نشر	تهران: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهري	۷۲ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۵۳۹۲-۶۹-۲
وضعیت فهرست‌نویسی	فیا
یادداشت	سید هاشمی طباطبائی، سید محمود فاطمی عقدا، عباس قلندرزاده، حبیب شاه‌نظری، عطا آقایی آرای، اشکان محمدی، امیرسعيد سلامت.
یادداشت	کتابنامه
موضوع	ساخت‌ها -- اثر زلزله
موضوع	مناطق زلزله‌خیز
موضوع	زلزله‌شناسی
شناسه افزوده	هاشمی طباطبائی، سعيد
شناسه افزوده	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
رده‌بندی کتبه	TH۱۰-۹۵/۱۷ ۱۳۹۲
رده‌بندی دیوید	۶۹۳/۸۵۲
شماره کتابخانه ملی	۳۱۳۶۰۱۵

مصوبه شماره ۱۳۷۵۰ چاپ کتاب شورای علمی انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

راهنمای تحلیل پاسخ ساختگاه برای ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای ساختگاه در مناطق شهری

دکتر سعید هاشمی طباطبائی، دکتر سید محمود فاطمی عقدا، دکتر عباس قلندرزاده، دکتر حبیب شاه‌نظری،

دکتر عطا آقایی آرای، مهندس اشکان محمدی، امیرسعيد سلامت

شماره نشر: گ - ۶۷۰ چاپ اول: ۱۳۹۲

ناشر: انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

تنظیم برای چاپ: نسرین مقدس

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بها: ۱۵۰۰۰ ریال

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

مسئولیت صحت دیدگاه‌های علمی بر عهده نگارندگان محترم می‌باشد.

کلیه حقوق چاپ و انتشار اثر به ناشر تعلق دارد.

نشانی: تهران، بزرگراه شیخ فضل‌الله نوری، روبروی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی،

خیابان حکمت صنوبر پستی: ۱۳۱۴۵-۱۶۹۶

تلفن: ۸۸۲۵۵۹۴۲-۶۰۰ دورنگار: ۸۸۲۵۵۹۴۱

پست الکترونیکی: president@bhrc.ac.ir صفحه الکترونیکی: <http://www.bhrc.ac.ir>

پیشگفتار

پهنه لرزه‌خیز ایران زلزله‌های مهیب زیادی را تجربه کرده است و شمار زیادی از مردم ساکن در این سرزمین گرفتار عواقب ناگوار ناشی از رویداد این حادثه طبیعی شده‌اند. خرابی‌ها و صدمات وارده به ساختمان‌ها و تأسیسات شهری در زمین‌لرزه‌های مخرب عمدتاً تابع شرایط زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی بستر آبرفتی شهر است و ساختار پیچیده زمین موجب بروز رفتارهای متفاوتی در هنگام وقوع زمین‌لرزه می‌شود. به منظور شناخت این پیچیدگی‌ها و آثار آنها، لزوم مطالعه و اجرای تحقیقات احساس می‌شود. مطالعات ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای امروزه به عنوان برنامه‌ریزی بنیادی پژوهش در بلایای طبیعی تلقی می‌شود و یکی از عمده‌ترین فعالیت‌ها در راستای کاهش خطرات ناشی از زلزله و افزایش ایمنی عمومی در مناطق شهری است.

از آنجایی که مراکز و مشاوران مختلفی مشغول انجام مطالعات ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای در مناطق شهری در سطح کشور هستند، این ضرورت احساس می‌شود که در راستای بهبود کیفیت این مطالعات، راهنمایی جهت تعیین حداقل‌های مطالعات و تبیین روش‌ها تهیه شود. در گام اول و تعیین ویژگی‌های ساختگاه، پروژه تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی اجرا گردید. در این گام راهنمایی تحت عنوان "راهنمای تحلیل پاسخ ساختگاه برای ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای در مناطق شهری" تدوین شده است تا در مراحل بعدی با تکمیل راهنمای مطالعات مختلف و جمع‌بندی آنها در یک راهنمای واحد، مقدمه‌ای برای تدوین دستورالعمل ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای در مناطق شهری فراهم گردد.

سید محمود فاطمی عقدا

رئیس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱ کلیات.....	۱
۱-۱. مقدمه.....	۱
۲-۱. حدود و کاربرد.....	۳
۳-۱. ساختار راهنما.....	۳
۴-۱. تاثیر دقت در مطالعات ریزپهنه بندی لرزه‌ای.....	۴
۱-۴-۱. روش‌های با دقت پایین.....	۴
۲-۴-۱. روش‌های با دقت متوسط.....	۴
۳-۴-۱. روش‌های با دقت بالا.....	۵
۵-۱. ابعاد شبکه‌های اطلاعاتی.....	۵
۶-۱. نقشه پایه.....	۶
۷-۱. مقیاس.....	۶
۸-۱. تفکیک پذیری.....	۶
فصل ۲ روش‌های ارزیابی اثرات ساختگاه.....	۷
۱-۲. مقدمه.....	۷
۲-۲. ارزیابی اثرات ساختگاه.....	۸
۱-۲-۲. اثرات لایه‌های نرم سطحی.....	۸
۱-۲-۲-۱. پاسخ‌های طیفی در آیین‌های ساختمانی.....	۸
۲-۲-۲-۱. روش تحلیل پاسخ ساختگاه.....	۱۱
۱-۲-۲-۲. تحلیل یک بعدی پاسخ زمین.....	۱۲
۲-۲-۲-۱-۲-۲. روش خطی معادل.....	۱۳
۲-۲-۲-۱-۲-۲. روش غیر خطی.....	۱۴
۲-۲-۲-۱-۲-۲. نرم افزارها.....	۱۴
۲-۲-۲-۱-۲-۲. تحلیل پاسخ دینامیکی دو و سه بعدی.....	۱۴
۲-۲-۲. اثرات توپوگرافی سطحی.....	۱۵
۱-۲-۲-۲. آیین‌نامه اروپا.....	۱۵
۲-۲-۲-۲. آیین‌نامه فرانسه.....	۱۷
۱-۲-۲-۲-۲. ستیخ‌ها.....	۱۹
۲-۲-۲-۲-۲. لبه‌های آب پخشان.....	۲۰
۳-۲-۲. اثرات توپوگرافی زیرسطحی.....	۲۱
فصل ۳ پارامترهای مورد نیاز در تحلیل پاسخ زمین.....	۲۵
۱-۳. مقدمه.....	۲۵
۲-۳. تعیین عمق پروفیل (عمق اعمال شتاب‌نگاشت برای تحلیل).....	۲۵
۳-۳. نحوه انتخاب شتاب‌نگاشت.....	۲۵
۱-۳-۳. لرزه زمین ساخت منطقه.....	۲۶



۲۶.....	۲-۳-۳. نوع گسلش
۲۶.....	۳-۳-۳. شرایط زمین شناسی محل ثبت نگاشت
۲۶.....	۴-۳-۳. بزرگا
۲۶.....	۵-۳-۳. ضریب مقیاس دامنه بیشینه شتاب
۲۶.....	۶-۳-۳. فاصله نگاشت از منبع
۲۶.....	۴-۳. تعداد شتاب نگاشت ها
۲۷.....	۵-۳. مقیاس کردن شتاب نگاشت
۲۷.....	۱-۵-۳. روش مقیاس کردن ساده
۲۷.....	۲-۵-۳. روش سازگار با طیف هدف
۲۷.....	۳-۵-۳. ضوابط پذیرش مقیاس تعیین شده
۲۸.....	۴-۵-۳. مزایا و معایب روش مقیاس کردن ساده و سازگار با طیف هدف
۲۹.....	۶-۳. تعیین منحنی های رفتار دینامیکی خاک ها
۲۹.....	۱-۶-۳. رفتار دینامیکی خاک ها تحت بارگذاری های دینامیکی G/G_{max} و $D-\gamma$
۳۱.....	۲-۶-۳. روش های برآورد متغیرهای رفتار دینامیکی خاک ها
۳۵.....	فصل ۴ مطالعات میکروترمور جهت ارزیابی اثرات ساختگاه
۳۵.....	۱-۴. مقدمه
۳۶.....	۲-۴. مفاهیم اولیه
۳۶.....	۳-۴. معرفی روش های مورد استفاده در مطالعات میکروترمور
۳۷.....	۱-۳-۴. روش مقادیر طیفی
۳۷.....	۲-۳-۴. روش نسبت طیفی با استفاده از نقطه مرجع
۳۸.....	۳-۳-۴. روش نسبت طیفی مؤلفه افقی به مؤلفه قائم
۳۹.....	۴-۴. اندازه گیری های میدانی
۴۲.....	۵-۴. پردازش و تفسیر نتایج
۴۲.....	۱-۵-۴. پردازش داده های میکروترمور
۴۳.....	۲-۵-۴. نحوه انتخاب پنجره های مناسب تحلیل و پارامترهای آن
۴۵.....	فصل ۵ نقشه های نهایی
۴۵.....	۱-۵. مقدمه
۴۵.....	۲-۵. نقشه توزیع بیشینه شتاب (PGA) در سطح زمین
۴۵.....	۳-۵. نقشه توزیع ضریب بزرگنمایی
۴۵.....	۴-۵. نقشه توزیع پریود متناظر با بیشترین تشدید
۴۶.....	۵-۵. انتخاب مدل طیف طرح
۴۹.....	۱-۵-۵. نقشه توزیع پارامتر Ca
۴۹.....	۲-۵-۵. نقشه توزیع پارامتر Cv
۴۹.....	۳-۵-۵. نقشه توزیع زمان تناوب ابتدا و انتها محدوده شتاب ثابت در طیف طرح
۴۹.....	۴-۵-۵. نقشه ناحیه بندی منطقه و طیف طرح متناظر
۵۱.....	پیوست: نمونه هایی از نقشه های ارائه شده
۵۵.....	مراجع

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان شکل
۲	شکل ۱-۱ مراحل انجام مطالعات ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای
۹	شکل ۱-۲ شکل کلی طیف طرح
۱۲	شکل ۲-۲ تحلیل پاسخ زمین به روش یک بعدی
۱۸	شکل ۳-۲ مقطع طولی تندترین خط‌گرادیان عبوری از نقطه P
۱۸	شکل ۴-۲ ترکیب مقاطع جزئی خطوط برای تعیین بحرانی‌ترین مقطع
۱۹	شکل ۵-۲ فرم کلی سستیغ‌ها و پارامترهای مورد استفاده
۱۹	شکل ۶-۲ محاسبه شیب متوسط
۲۰	شکل ۷-۲ اثرات وجود سستیغ‌های متعدد
۲۰	شکل ۸-۲ شیب‌های دارای دوجت مخالف
۲۰	شکل ۹-۲ شیب‌های دارای دوجت مخالف با یک سستیغ و یا تاج میانی
۲۲	شکل ۱۰-۲ انتشار امواج در یک لایه افقی خاک
۲۳	شکل ۱۱-۲ توپوگرافی زیرسطحی شهر لس‌آنجلس
۳۰	شکل ۱-۳ منحنی شماتیک رفتار تنش- کرنش برشی خاک‌ها
۳۱	شکل ۲-۳ منحنی شماتیک G/G_0 و $D-\gamma$
	شکل ۱-۴ مدل ساده به کار گرفته شده در روش ناکامورا (۱۹۸۹) برای تفسیر
۳۹	اندازه‌گیری‌های میکروترمور
۴۱	شکل ۲-۴ دستگاه ثبت میکروترمور به همراه سایر تجهیزات
۴۳	شکل ۳-۴ نمونه نسبت طیفی (H/V) برای یک رکورد نمونه
۴۴	شکل ۴-۴ نمونه‌ای از داده‌های میکروترمور به همراه پنجره‌های مناسب انتخابی برای تحلیل
۴۴	شکل ۵-۴ نمونه نسبت‌های طیفی برای پنجره‌های مختلف به همراه میانگین
۴۶	شکل ۱-۵ شکل کلی طیف طرح
۵۶	شکل پ-۱. طیف‌های طراحی برای نواحی مختلف (دوره بازگشت ۴۷۵ سال)

فهرست جدول‌ها

عنوان جدول	صفحه
جدول ۱-۲ طبقه‌بندی زمین بر اساس آیین‌نامه NEHRP	۹
جدول ۲-۲ مقادیر ضریب تشدید برای پارامتر CA	۱۰
جدول ۳-۲ مقادیر ضریب ساختگاه C _v	۱۰
جدول ۴-۲ پارامتر میدان نزدیک NA	۱۰
جدول ۵-۲ پارامتر میدان نزدیک NV	۱۱
جدول ۶-۲ انواع منابع زلزله	۱۱
جدول ۷-۲ اثر توپوگرافی	۱۶
جدول ۱-۳ طبقه‌بندی ساختگاه توسط رودریگز و همکاران (۲۰۰۱)	۲۸
جدول ۲-۳ آزمایش‌های در محل و آزمایشگاهی و متغیرهای مربوطه	۳۳
جدول ۱-۵ مقادیر A _۸ و A _۷ برای مناطق مختلف آمریکا	۴۸

فهرست نقشه‌ها

عنوان نقشه	صفحه
نقشه پ-۱. توزیع بیشینه شتاب در سطح زمین (دوره بازگشت ۴۷۵ سال)	۵۱
نقشه پ-۲. توزیع ضریب بزرگنمایی (دوره بازگشت ۴۷۵ سال)	۵۲
نقشه پ-۳. توزیع ضریب بزرگنمایی (مطالعات میکروترمور)	۵۲
نقشه پ-۴. توزیع زمان تناوب متناظر با بیشترین تشدید (دوره بازگشت ۴۷۵ سال)	۵۳
نقشه پ-۵. توزیع زمان تناوب متناظر با بیشترین تشدید (مطالعات میکروترمور)	۵۳
نقشه پ-۶. توزیع مقادیر پارامتر C _۸ (دوره بازگشت ۴۷۵ سال)	۵۴
نقشه پ-۷. توزیع مقادیر پارامتر C _۷ (دوره بازگشت ۴۷۵ سال)	۵۴
نقشه پ-۸. توزیع مقادیر پارامتر T _۵ (دوره بازگشت ۴۷۵ سال)	۵۵
نقشه پ-۹. توزیع مقادیر پارامتر T _s (دوره بازگشت ۴۷۵ سال)	۵۵
نقشه پ-۱۰. ناحیه‌بندی	۵۶

چکیده

با توجه به فراوانی مخاطرات زلزله در کشور و اشتغال مراکز و مشاوران مختلف جهت مطالعات ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای در مناطق شهری، تهیه یک دستورالعمل واحد برای ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای در مناطق شهری، به منظور تعیین حداقل‌های مطالعات و تبیین روش‌ها بیش از پیش احساس می‌گردد. به عنوان گام اول، تعیین ویژگی‌های ساختگاه در قالب پروژه تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی انجام شد. در این گام راهنمایی تحت عنوان راهنمای تحلیل پاسخ ساختگاه برای ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای در مناطق شهری ارائه گردیده است. در این راهنما نحوه ارزیابی اثر ساختگاه حین زلزله ارائه می‌شود.

"راهنمای تحلیل پاسخ ساختگاه برای ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای در مناطق شهری" در پنج فصل و یک پیوست تهیه شده است. در فصل اول، کلیات و ملزومات پایه ارائه می‌گردد. در فصل دوم نحوه ارزیابی اثرات ساختگاه با توجه به روش‌های تئوری با محوریت روش یک بعدی و ضریب بزرگنمایی تشریح می‌گردد. در این فصل به آثار توپوگرافی سطحی و زیرسطحی نیز اشاره می‌شود. در فصل سوم به ملزومات و پارامترهای مورد نیاز در روش تحلیل یک‌بعدی پرداخته می‌شود. در فصل چهارم به نحوه انجام و تفسیر مطالعات میکروترمو (روش تجربی) پرداخته می‌شود. در فصل پنجم به حداقل نقشه‌هایی که از این مطالعات حاصل می‌شود، اشاره می‌گردد.