



مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن



جمهوری اسلامی ایران
وزارت مسکن و شهرسازی

بررسی مقررات قطعات الحاقی ساختمان در آیین‌نامه‌های لرزه‌ای و ارزیابی موارد مربوط در استاندارد ۲۸۰۰

دکتر طارق مهدی

(عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن)

گزارش تحقیقاتی

شماره نشر: ۵۵۹ - ۵

چاپ اول: ۱۳۸۹

سرشناسه	مهدی، طارق، ۱۳۳۷-
عنوان و نام پدیدآور	بررسی مقررات الحاقی ساختمان در آیین‌نامه‌های لرزه‌ای و ارزیابی موارد مربوط در استاندارد ۲۸۰۰/طارق مهدی.
مشخصات نشر	تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری	۲۰۴ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	978-600-113-029-8 :
وضعیت فهرست‌نویسی	فیا :
یادداشت	: واژه‌نامه
موضوع	: ساختمان‌های ضد زلزله -- ایران -- آیین‌نامه‌ها.
موضوع	: ساختمان‌ها -- ایران -- اثر زلزله -- آیین‌نامه‌ها.
شناسه افزوده	: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
ردمبندی کنگره	: ۱۳۸۹ ب۴/م۹/۴۴/۴۸۶۵۸ T
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۴/۱۷۴۲
شماره کتابخانه ملی	: ۲۰۶۳۲۹۰
مضوبه شماره ۸۹/۶۳۲ چاپ کتاب، شورای علمی انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن	

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

بررسی مقررات قطعات الحاقی ساختمان در آیین‌نامه‌های لرزه‌ای و ارزیابی موارد مربوط

در استاندارد ۲۸۰۰ ایران

دکتر طارق مهدی

شماره نشر: گ-۵۵۹، چاپ اول، ۱۳۸۹

ناشر: انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

تنظیم برای چاپ: سرین مقدس

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بها: ۳۸۰۰۰ ریال

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

مسئولیت صحت دیدگاه‌های علمی بر عهده نگارندگان محترم می‌باشد.

کلیه حقوق چاپ و انتشار اثر به ناشر تعلق دارد.

نشانی: تهران، بزرگراه شیخ فضل‌انوری، خیابان پاس‌فرهنگیان، خیابان ارشاد خلیبان سوم، صندوق پستی: ۱۳۱۴۵-۱۶۹۶

تلفن: ۸۸۲۵۵۹۴۲-۶ دورنگار: ۸۸۲۵۵۹۴۱

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

دفتر فروش: تهران، خیابان ولی‌عصر، میان ولی‌عصر، مجتمع اناری - تجاری ولی‌عصر، واحد ۸۲ تلفن: ۸۹۴۰۳۶

ISBN: 978-600-113-029-8

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۰۲۹-۸

پیشگفتار

در زمین‌لرزه‌های گذشته با وجود تمام پیشرفت‌ها در طراحی سازه‌های مقاوم شاهد بوده‌ایم که خسارات وارده به قطعات الحاقی می‌تواند خطرات و مشکلات جدی را برای سازه و ساکنان آن و همچنین برای کارایی و کاربری سازه ایجاد کند. از این رو، توجه به اعضای غیرسازه‌ای از جمله سیستم‌های حرارت و تهویه، سیستم‌های لوله‌کشی ساختمان‌ها، آب‌گرم‌کن‌ها، آسانسورها، پله‌های برقی، سقف‌های کاذب و قفسه‌بندی می‌تواند از بروز خسارات جبران‌ناپذیر جلوگیری کند. پرداختن به این مبحث آنگاه اهمیت بیشتری می‌یابد که بدانیم خسارات وارده به قطعات الحاقی می‌توانند آسیب‌ها و تلفات بیشتری نسبت به خسارات سازه‌ای ایجاد کند. این گونه خسارات گاهی خود را به شکل غیرمستقیم هم نشان می‌دهند. در صورت وارد آمدن این خسارات به ساختمان‌های مهم شهر، کلیه عملیات نجات و امدادرسانی مختل خواهد شد. به علت اهمیت اینگونه ساختمان‌ها در خدمت‌رسانی و نقش کلیدی آنها در امدادرسانی، انتظار می‌رود که این ساختمان‌ها بدون وقفه بعد از زلزله قابلیت بهره‌برداری را داشته باشند. در نظر نگرفتن این موارد می‌تواند منجر به ناکارآمدی این مراکز حساس شود.

از آنجا که بیشتر شهرهای ایران در پهنه‌های با خطر وقوع زلزله واقع شده‌اند، احتمال خسارات غیرسازه‌ای در زلزله‌های احتمالی آینده بسیار بالاست. برای نمونه، در زلزله ۱۳۸۲ بم، خسارات زیادی به قطعات الحاقی وارد شده و مراکز مهم شهر در ساعات اولیه پس از زلزله غیر قابل استفاده شده بودند. ساختمان‌های مهم مانند بیمارستان‌ها، فرودگاه و سیستم‌های حیاتی مانند سیستم‌های ارتباطی و لوله‌های آب، متحمل خسارات غیرسازه‌ای فراوانی شدند. از این رو، لازم است جامعه مهندسی اهمیت توجه به طراحی اجزای غیرسازه‌ای را جدی گرفته و در همین راستا این مرکز، پژوهش حاضر را با عنوان "بررسی مقررات الحاقی ساختمان در آئین‌نامه‌های لرزه‌ای و ارزیابی موارد مربوط در استاندارد ۲۸۰۰"، را در اختیار جامعه فنی کشور قرار می‌دهد، تا با به‌کارگیری نتایج آن، قطعات الحاقی ساختمان‌ها هنگام زلزله، رفتار بهتری از خود نشان دهند و از این طریق، شاهد کاهش خسارات و تلفات هنگام زلزله باشیم.

سید محمود فاطمی عقدا

رئیس مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

قدردانی و تشکر

پس از سپاس به درگاه خدای منان که این توفیق را به ما ارزانی داشت که این پروژه را با موفقیت تمام تکمیل نماییم، شایسته است که از معاونت محترم تحقیقات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، که همیشه از این طرح پشتیبانی نموده و تسهیلات لازم در اختیار قرار داده تشکر و قدردانی نموده و همچنین از تلاش خالصانه پرسنل بخش مهندسی سازه کمال تشکر را داریم و از تلاش بی‌وقفه دانشجویان گرامی آقایان سید مصطفی رسولی، روح ا... جعفرزاده، مازیار رادان و حمیدرضا نصیری که در اجرای این پروژه، یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

طارق مهدی

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

۱	فصل اول: کلیات
۱-۱	مقدمه
۲	۲-۱ اهمیت موضوع
۸	۳-۱ آسیب‌های وارده بر قطعات الحاقی
۱۱	فصل دوم: رفتار قطعات الحاقی در زمین لرزه‌های گذشته
۱-۲	مقدمه
۱۲	۲-۲ نمونه‌هایی از خسارات وارده بر قطعات الحاقی - زمین لرزه ۱۹۹۱ منجیل
۱۴	۳-۲ نمونه‌هایی از خسارات وارده بر قطعات الحاقی - زمین لرزه ۱۹۹۴ نورث‌ریج
۱۹	۴-۲ نمونه‌هایی از خسارات وارده بر قطعات الحاقی - زمین لرزه ۱۹۹۵ کوبه
۲۲	۵-۲ نمونه‌هایی از خسارات وارده بر قطعات الحاقی - زمین لرزه ۱۹۹۹ ترکیه
۲۴	۶-۲ نمونه‌هایی از خسارات وارده بر قطعات الحاقی - زمین لرزه ۱۹۹۹ تایوان
۲۵	۷-۲ نمونه‌هایی از خسارات وارده بر قطعات الحاقی - زمین لرزه ۲۰۰۰ یونشلی
۲۶	۸-۲ نمونه‌هایی از خسارات وارده بر قطعات الحاقی - زمین لرزه ۲۰۰۱ نیسکوآلی
۳۰	۹-۲ نمونه‌هایی از خسارات وارده بر قطعات الحاقی - زمین لرزه ۲۰۰۳ بم
۳۶	۱۰-۲ خسارات سازه‌ای و غیر سازه‌ای در تاسیسات شهری و ساختمانهای مهم
۴۹	فصل سوم: مطالب آیین‌نامه‌ها در مورد قطعات الحاقی
۴۹	۱-۳ مقدمه
۵۰	۲-۳ آیین‌نامه (Uniform Building Code (UBC (1994
۵۱	۳-۳ آیین‌نامه (Standard Building Code (1994
۵۳	۴-۳ آیین‌نامه نیوزیلند: (NZS 4203: 1992
۵۵	۵-۳ NEHRP 94 (مقررات و ضوابط لرزه‌ای برای ساختمانهای جدید)

۵۹	۶-۳ آیین نامه طراحی لرزه‌ای ژاپن
۶۱	۷-۳ آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد ۱۲۸۰۰ ایران-ویرایش سوم)
۶۲	۸-۳ ضوابط آیین نامه Uniform Building Code (UBC 97)
۶۴	۹-۳ NEHRP 2000 (مقررات و ضوابط لرزه‌ای برای ساختمانهای جدید)
۶۷	۱۰-۳ آیین نامه International Building Code (IBC 2000)
۶۷	۱۱-۳ NEHRP 2003 (مقررات و ضوابط لرزه‌ای برای ساختمانهای جدید)
۶۸	۱۲-۳ مقایسه ضوابط طرح لرزه‌ای آیین نامه و توصیه نامه‌های مختلف
۷۸	۱۳-۳ مقایسه بین رکوردهای ثبت شده و مقررات آیین نامه‌ها
۸۶	۱۴-۳ پارامترهای مؤثر در مورد محاسبه نیروهای وارده بر قطعات الحاقی
۹۶	۱۵-۳ پارامترهای مؤثر در محاسبه تغییر مکان های قطعات الحاقی
۹۷	۱۶-۳ نتیجه گیری
۹۹	فصل چهارم: نکات اساسی برای طراحی قطعات الحاقی
۹۹	۱-۴ مقدمه
۹۹	۲-۴ سطح عملکرد مطلوب
۱۰۷	۳-۴ رفتار قطعات الحاقی
۱۱۴	۴-۴ نکات اساسی برای طراحی اجزای معماری
۱۳۱	۵-۴ نکات اساسی برای طراحی تجهیزات مکانیکی برقی
۱۴۵	فصل پنجم: روش های تحلیلی و عددی موجود
۱۴۵	۱-۵ مقدمه
۱۴۶	۲-۵ ویژگی های عمومی پاسخ قطعات الحاقی
۱۴۷	۳-۵ روش های محاسباتی
۱۶۲	۴-۵ نتیجه گیری
۱۶۵	فصل ششم: جزئیات مهار تجهیزات برقی و قطعات مکانیکی
۱۶۵	۱-۶ مقدمه
۱۶۶	۲-۶ روابط حرکت های جسم صلب
۱۶۸	۳-۶ حرکت لغزشی
۱۶۹	۴-۶ شرایط حرکت لغزشی
۱۷۰	۵-۶ ساده کردن روابط حرکت لغزشی
۱۷۲	۶-۶ عملکرد بلوک های صلب که به شکل آزاد ایستاده است تحت اثر لغزش



۷-۶	شرایط حرکت یک بلوک صلب مهار شده بر اثر تحریک پایه	۱۷۹
فصل هفتم: ضوابط پیشنهادی استاندارد ۲۸۰۰ ایران		
۱-۷	مقدمه	۱۸۳
۲-۷	ضوابط پیشنهادی قطعات الحاقی	۱۸۴
۳-۷	نتیجه‌گیری	۱۹۴
پیوست الف: جداول و اشکال مربوط به آیین‌نامه UBC 1994		
۲۰۱	پیوست ب: جداول و اشکال مربوط به آیین‌نامه SBC 1994	۲۰۱
۲۰۷	پیوست پ: جداول و اشکال مربوط به آیین‌نامه نیوزیلند (NZS:4203 1992)	۲۰۷
۲۱۵	پیوست ت: جداول و اشکال مربوط به آیین‌نامه (NEHRP 1994)	۲۱۵
۲۲۳	پیوست ث: جداول و اشکال مربوط به آیین‌نامه طراحی لرزه‌ای ژاپن	۲۲۳
۲۲۷	پیوست ج: جداول و اشکال مربوط به آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)	۲۲۷
۲۳۱	پیوست چ: جداول و اشکال مربوط به آیین‌نامه UBC 1997	۲۳۱
۲۳۷	پیوست ح: جداول و اشکال مربوط به آیین‌نامه NEHRP 2000	۲۳۷
۲۴۱	پیوست خ: جداول و اشکال مربوط به آیین‌نامه IBC 2000	۲۴۱
۲۴۹	پیوست د: جزئیات و نحوه مهار کردن تجهیزات و وسایل ساختمان	۲۴۹
۲۵۹	پیوست ذ: جزئیات روابط پیشنهادی در مورد قطعات الحاقی (با استفاده از ضرایب رفتار و تشدید)	۲۵۹
۲۶۵	مراجع	۲۶۵
۲۷۷	واژه‌نامه	۲۷۷

فهرست اشکال

صفحه	عنوان شکل
۲	شکل ۱-۱ برخی از قطعات الحاقی مورد استفاده در ساختمانها.....
۳	شکل ۲-۱ سرمایه‌گذاری در اسکلت ساختمان، قطعات الحاقی و محتویات بیمارستانها، هتلها و ساختمانهای اداری در ایالات متحده امریکا.....
۴	شکل ۳-۱ احتمال وقوع خسارات غیر سازه‌ای در زمین‌لرزه‌های مختلف.....
۴	شکل ۴-۱ تغییرات در محاسبات برش پایه قطعات الحاقی آئین‌نامه UBC برای ساختمان در منطقه چهار (بالاترین منطقه) و با ضریب اهمیت برابر با یک.....
۴	شکل ۵-۱ تغییرات در محاسبات تغییر مکان قطعات الحاقی در سیستم قاب خمشی آئین‌نامه UBC برای ساختمان با ضریب اهمیت برابر با یک.....
۵	شکل ۶-۱ انهدام قطعات غیر سازه‌ای در خیابان‌ها - زمین‌لرزه ۱۹۹۵ کوه.....
۶	شکل ۷-۱ انهدام سقف‌های کاذب و سیستم‌های روشنایی در بیمارستان Olive View هنگام وقوع زمین‌لرزه ۱۹۷۱ سان فراندو.....
۷	شکل ۸-۱ الف مجتمع مخابراتی بم - کیفیت مناسب سازه و عدم آسیب جدی.....
۷	شکل ۸-۱ ب مجتمع مخابراتی بم - کیفیت نامناسب دیوارها و خرابی آنها.....
۸	شکل ۹-۱ فرودگاه بم - عدم دقت به خدمت‌رسانی و سطح عملکردی مورد نیاز برج مراقبت.....
۹	شکل ۱۰-۱ الف - نمونه‌ای از آسیبها در دستگاه‌های تهویه در اثر نیروهای اینرسی ب - نمونه‌ای از خرابی‌ها در یک جدار شیشه‌ای به علت تغییر مکان زیاد.....
۱۳	شکل ۱-۲ نمونه از خسارات حاصله در میانقابها در اثر نیروهای عمود بر صفحه زمین لرزه منجیل.....
۱۶	شکل ۲-۲ واژگون شدن آبگرم‌کن‌ها به علت مهار نامناسب در زمین‌لرزه نورث‌ریج.....
۲۲	شکل ۳-۲ عدم تخریب سقف‌های کاذب در زمین‌لرزه کوه.....
۲۳	شکل ۴-۲ شکستن لوله‌ها به علت جابجاییهای حاصل در ساختمانها نسبت به خطوط سرویس واقع در کف می‌باشد.....
۲۴	شکل ۵-۲ سرنگونی ترانس ۵ تنی در کارخانه فورد.....
۲۵	شکل ۶-۲ مهار نامناسب قطعات در واحدهای صنعتی - زمین لرزه تایوان.....
۲۵	شکل ۷-۲ خسارات وارده به یک دودکش.....
۲۶	شکل ۸-۲ تصویری از خسارات وارده به کتابخانه.....
۲۷	شکل ۹-۲ تصویری از شکستگی اتصال در قفسه کتابخانه.....
۲۸	شکل ۱۰-۲ شکسته شدن لوله در اثر مهار جانبی نادرست مخزن و تغییر مکان جانبی آن.....
۲۸	شکل ۱۱-۲ خسارات در سقف کاذب و اجزاء سیستم روشنایی.....



- شکل ۲-۱۲ فرو ریختن سقف کاذب و سیستمهای روشنایی در ساختمان یک فرودگاه..... ۲۹
- شکل ۲-۱۳ تخریب دیوار با مصالح بنایی در محل عبور راه پله..... ۲۹
- شکل ۲-۱۴ تخریب دیوار در محل عبور راه پله در یک آپارتمان..... ۲۹
- شکل ۲-۱۵ ترکهای مورب ۴۵ درجه و فروریختن خارج از صفحه تیغهها..... ۳۱
- شکل ۲-۱۶ نمونه‌ای از خسارات حاصل در میانقابها در اثر نیروهای عمود بر صفحه..... ۳۱
- شکل ۲-۱۷ فروریختن نمای آجری به علت عدم مهار مناسب نما به دیوار پشت..... ۳۲
- شکل ۲-۱۸ پله‌های یک ساختمان..... ۳۲
- شکل ۲-۱۹ رفتار خرپشته‌ها در زمین لرزه بم..... ۳۳
- شکل ۲-۲۰ رفتار سقف کاذب در کتابخانه واقع در قسمت غربی شهر بم..... ۳۴
- شکل ۲-۲۱ ساختمان بیمارستان اولیف ویو شهر لوس آنجلس در زمین لرزه ۱۹۷۱ سان فرناندو خراب شده است..... ۴۲
- شکل ۲-۲۲ ساختمان اورژانس بیمارستان امام خمینی بم خراب شده است..... ۴۴
- شکل ۲-۲۳ خرد شدن تمام شیشه‌های برج مراقبت فرودگاه سیاتک..... ۴۵
- شکل ۲-۲۴ مرکز پیش‌دانشگاهی علی‌بن‌ابی‌طالب (علیه‌السلام) شهر بم. بعد از زمین لرزه، این مرکز به عنوان مکان اسکان موقت و پذیرائی مورد استفاده بوده است..... ۴۷
- شکل ۳-۱ مقایسه بین ضرایب تشدید رکوردها و آئین‌نامه‌ها در بیمارستان ۶ طبقه در سیلمار کاونتی..... ۸۳
- شکل ۳-۲ مقایسه بین ضرایب تشدید رکوردها و آئین‌نامه‌ها در هتل ۲۰ طبقه در هالیوود شمالی..... ۸۳
- شکل ۳-۳ مقایسه بین ضرایب تشدید رکوردها و آئین‌نامه‌ها در ساختمان ۱۳ طبقه اداری در شیرمان اوکس..... ۸۴
- شکل ۳-۴ مقایسه حداکثر شتاب‌های افقی در ارتفاع بین رکوردها و آئین‌نامه NEHRP در بیمارستان ۶ طبقه در سیلمار کاونتی..... ۸۵
- شکل ۳-۵ مقایسه حداکثر شتاب‌های افقی در ارتفاع بین رکوردها و آئین‌نامه NEHRP در ساختمان ۸ طبقه هتل وان نویس..... ۸۵
- شکل ۳-۶ مقایسه حداکثر شتاب‌های افقی در ارتفاع بین رکوردها و آئین‌نامه NEHRP در ساختمان ۱۳ طبقه اداری در شیرمان اوکس..... ۸۶
- شکل ۳-۷ رفتار کلی یک سازه متعارف..... ۸۸
- شکل ۳-۸ رابطه ضرایب تشدید (a_p) با نسبت زمان تناوب سیستم ثانویه به زمان تناوب اصلی سازه (T_p/T)..... ۹۰
- شکل ۳-۹ رابطه ضرایب تشدید (a_p) با نسبت زمان تناوب سیستم ثانویه به زمان تناوب اصلی سازه (T_p/T) در Tri-service Manual 1992..... ۹۱
- شکل ۳-۱۰ تغییر ضریب تشدید (a_p) نسبت با (r)..... ۹۲



- شکل ۴-۱ نمونه‌ای از قطعات الحاقی حساس به شتاب ۱۰۹
- شکل ۴-۲ واژگونی یک قفسه چوبی ۱۱۷
- شکل ۴-۳ خطر واژگون قفسه‌های بلند و باریک که موجب انسداد راه فرار می‌شود ۱۱۷
- شکل ۴-۴ خرابی‌های ایجاد شده در دیوارهای داخلی از اثر زمین‌لرزه ۱۱۹
- شکل ۴-۵ نحوه اجرای سقف‌های کاذب در یک بیمارستان ۱۲۲
- شکل ۴-۶ استفاده از گیره‌ها در نگهداری قطعات سقف ۱۲۴
- شکل ۴-۷ طیف پاسخ مورد استفاده در آزمایشات میز لرزان ۱۳۳
- شکل ۴-۸ تصویری از نحوه مهار شدن آب گرم‌کن در یک بیمارستان ۱۳۷
- شکل ۴-۹ استفاده از شیرهای قطع خودکار ۱۳۸
- شکل ۴-۱۰ اتصالات غیر ثابت در سیستم لوله کشی ۱۴۰
- شکل ۴-۱۱ مهاربندی نوسانی ۱۴۰
- شکل ۴-۱۲ روشهای مختلف برای نحوه مهار شدن لوله‌ها در سقف بتنی یکی از بیمارستانهای وانکور-کانادا ۱۴۱
- شکل ۴-۱۳ سیستمهای تولید برق اضطراری ۱۴۴
- شکل ۵-۱ نحوه محاسبه شکل مدها برای قطعات الحاقی ۱۵۲
- شکل ۵-۲ ضریب تشدید قطعات ثانویه ۱۵۳
- شکل ۵-۳ قاب برشی با پارامترهای مختلف ۱۵۴
- شکل ۵-۴ طیف پاسخ طبقه ۵، نسبت جرم ۰/۱ ۱۵۴
- شکل ۵-۵ طیف پاسخ طبقه ۳، نسبت جرم ۰/۱ ۱۵۴
- شکل ۵-۶ مدل ساده برای تخمین خصوصیات دینامیکی ساختمانهای چند طبقه ۱۵۶
- شکل ۵-۷ مقایسه بین شتاب‌ها در بام بین رکوردها و نتایج حاصله از روش میراندا-تقوی در ساختمان ۶ طبقه بیمارستان در سیلمار ۱۵۷
- شکل ۵-۸ مقایسه شتاب‌ها در ارتفاع بین رکوردها، نتایج حاصل از روش میراندا-تقوی و آئین‌نامه NEHRP در ساختمان ۶ طبقه بیمارستان در سیلمار ۱۵۸
- شکل ۵-۹ مقایسه شتاب‌ها در ارتفاع بین رکوردها، نتایج حاصل از روش میراندا-تقوی و آئین‌نامه NEHRP در ساختمان ۸ طبقه هتل وان نویس ۱۵۷
- شکل ۵-۱۰ مقایسه شتاب‌ها در ارتفاع بین رکوردها، نتایج حاصله از روش میراندا-تقوی و آئین‌نامه NEHRP در ساختمان ۱۳ طبقه اداری در شیرمان اوکس ۱۶۰
- شکل ۵-۱۱ اثر پریود اصلی در توزیع حداکثر شتاب‌ها در ارتفاع برای نسبت‌های سختی جانبی مختلف ۱۶۱



- شکل ۵-۱۲ اثر نسبت سختی جانبی بر توزیع معدل حد اکثر شتاب طبقات در ارتفاع..... ۱۶۲
- شکل ۶-۱ یک بلوک صلب است که به شکل آزاد ایستاده بر اثر تحریک پایه ۱۶۶
- شکل ۶-۲ روابط حرکت جسم صلب..... ۱۷۲
- شکل ۶-۳ چهار نمونه از نتایج تاریخچه زمانی مصنوعی تولیدشده توسط نرم افزار SIMQKE..... ۱۷۴
- شکل ۶-۴ عکس العمل های جسم صلب آزاد در مقابل پنج زمین لرزه مختلف که در شرایط آزمایشگاهی اعمال شده است، و برای شتاب افقی برابر با $0.7g$ محاسبه شده است..... ۱۷۶
- شکل ۶-۵ یک بلوک صلب مهار شده ۱۸۰
- شکل ۶-۶ الف رابطه معدل تغییر مکان با حداکثر شتاب افقی پایه HPBA، برای ضریب اصطکاک دینامیکی برابر با 0.1 و زمان تناوب طبیعی قطعه برابر با 0.12 ثانیه..... ۱۸۱

شکل ۶-۶ ب رابطه حداکثر شتاب مطلق بیشتر با حداکثر شتاب افقی پایه HPBA، برای ضریب اصطکاک دینامیکی برابر با 0.14 و زمان تناوب طبیعی قطعه برابر با 0.105 ثانیه..... ۱۸۱

www.ketab.ir

فهرست جداول

صفحه

عنوان جدول

۷۴	جدول ۱-۳ ضرایب برای شتاب‌ها و زمین‌های مختلف NEHRP2003
۷۵	جدول ۲-۳ ضرایب حداقل نیروها NEHRP2003 ($0.3S_{Ds}$)
۷۶	جدول ۳-۳ ضرایب حداکثر نیروها NEHRP2003 ($1.6S_{Ds}$)
۷۷	جدول ۴-۳ ضریب AB_p استاندارد ۲۸۰۰ ایران
۷۹	جدول ۵-۳ رکوردهای حداکثر شتاب و سرعت در زمین‌لرزه نورث‌ریج
۸۱	جدول ۶-۳ رکوردهای ثبت شده در برخی ساختمان‌ها هنگام وقوع زمین‌لرزه ۱۹۹۴ نورث‌ریج
۸۷	جدول ۷-۳ شتاب‌های مبنای طرح استاندارد ۲۸۰۰ ایران
۹۳	جدول ۸-۳ ضریب B_p استاندارد ۲۸۰۰
۹۴	جدول ۹-۳ ضرایب اهمیت ساختمان در استاندارد ۲۸۰۰ ایران
۹۷	جدول ۱۰-۳ ضرایب آئین‌نامه‌های مختلف
۹۸	جدول ۱۱-۳ مقایسه ضوابط حداکثر نیروهای لرزه‌ای آئین‌نامه‌های مختلف
۱۰۴	جدول ۱-۴: خسارات منتظره در سطوح عملکرد غیرسازه‌ای مختلف
۱۰۸	جدول ۲-۴ قطعات الحاقی بیمارستانها که نیاز به حفاظت دارند
۱۱۰	جدول ۳-۴ حساسیت قطعات الحاقی
۱۱۲	جدول ۴-۴ حداکثر تغییر مکان نسبی مجاز برای برخی قطعات که به تغییر مکان حساس هستند
۱۶۸	جدول ۱-۶ شرایط مختلف عکس‌العمل‌ها در هنگام وقوع زمین‌لرزه
۱۸۷	جدول ۱-۷ ضریب پیشنهادی C_a بر حسب طبقه‌بندی زمین
۱۸۷	جدول ۲-۷ ضریب پیشنهادی اثر گسل نزدیک N_a
۱۸۸	جدول ۳-۷ ضرایب پیشنهادی B_p برای اجزای معماری
۱۸۹	جدول ۴-۷ ضرایب پیشنهادی B_p برای قطعات مکانیکی و برق
۱۹۰	جدول ۵-۷ ضرایب پیشنهادی کلی B_p برای قطعات الحاقی

چکیده

زمین‌لرزه‌های گذشته نشان‌دهنده این امر بوده، که خسارات وارده به قطعات الحاقی می‌تواند خطرهای و مشکلات جدی را برای سازه و ساکنان آن و همچنین برای کارایی و کاربری سازه ایجاد کند. علی‌رغم توجه ویژه‌ای که به طراحی سازه‌های مقاوم می‌شود، عدم توجه به اعضای غیرسازه‌ای، مانند سیستم‌های حرارت و تهویه، سیستم‌های لوله کشی ساختمان‌ها، آب‌گرم‌کن‌ها، آسانسورها، پله‌های برقی، سقف‌های کاذب، قفسه‌بندی‌ها، دیگ‌های بخار، نقاله‌ها، خسارات جبران‌ناپذیری از لحاظ جانی و مالی در پی خواهد داشت. خسارات وارده به قطعات الحاقی می‌توانند آسیب‌ها و تلفات بیشتری نسبت به خسارات سازه‌ای ایجاد کنند. خسارات ناشی می‌توانند خود را به شکل غیرمستقیم نشان دهند. در صورت وارد آمدن این خسارات به ساختمان‌های مهم شهر، کلیه عملیات نجات و امداد رسانی مختل خواهد شد. به علت اهمیت این‌گونه ساختمان‌ها در خدمت‌رسانی و نقش کلیدی آنها در امداد رسانی، انتظار می‌رود که این ساختمان‌ها بدون وقفه بعد از زمین‌لرزه، قابلیت بهره‌برداری را داشته باشند. در نظر نگرفتن این موارد، می‌تواند منجر به تعطیلی این مراکز حساس شود. با تعیین کمبودهای موجود در اطلاعات کنونی، بررسی ضوابط موجود و بررسی روشهای تحلیلی و عددی موجود، پیشنهادهای لازم جهت اصلاح ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ ارائه شده است.



مطالعه قرار گرفته‌اند. در فصل هفتم و بر اساس بررسی عوامل خسارات وارده به قطعات الحاقی و مطالعات انجام شده، توصیه‌های مختلفی جهت طراحی این قطعات پیشنهاد می‌شود.

www.ketab.ir

مقدمه

اجزاء ساختمان و قطعات الحاقی بخشی از سیستم سازه‌ای نیستند، ولی جهت ایجاد کاربری‌های مختلف به سازه الحاق می‌گردند؛ و عمدتاً می‌توان آنها را به دو دسته تقسیم کرد: اعضاء و اجزای معماری که در ارتباط با سازه هستند؛ مثل دیوارهای داخلی و خارجی غیر باربر، تیغه‌ها، جان‌پناه‌ها و غیره.

اعضاء و اجزاء مربوط به سیستم‌های مکانیکی و برقی.

این سیستم‌ها در ادبیات فنی به نام‌های مختلف نظیر سیستم‌های ثانویه، اجزای یا اعضاء غیر سازه‌ای، الحاقات ساختمان‌ها، المان‌های معماری، برقی و مکانیکی و... نامیده می‌شوند. علی‌رغم پیشرفت‌های خوبی که در طراحی ساختمان‌ها در مقابل زمین‌لرزه به دست آمده است، در برخی زمین‌لرزه‌های اخیر خسارات قابل توجهی به قطعات الحاقی وارد آمده است. این زمین‌لرزه‌ها نشان داده‌اند که خسارات وارده می‌تواند خطرات و مشکلات جدی را برای سازه و ساکنین آن و همچنین کارایی و کاربری سازه ایجاد کند. تاکنون، بررسی رفتار قطعات الحاقی به طور مفصل مانند سازه اصلی مورد توجه قرار نگرفته و این بی‌توجهی می‌تواند خسارات جبران ناپذیری از لحاظ جانی و مالی به بار آورد، که گاهی خسارات وارده به آن قطعات تا چند برابر ارزش ساختمان است. بر اساس مطالعات میدانی انجام شده روی ساختمانهای آسیب‌پذیر مشخص شد که ضوابط و مقررات آئین‌نامه‌ها، چه از لحاظ اتصالات و چه از لحاظ ضوابط نیروهای جانبی و تغییر مکان‌ها هنوز کامل نشده است. بر اساس این مطالعات، آئین‌نامه‌های مختلف جهان طی مراحل مختلفی مورد بازبینی قرار گرفته‌اند و طراحی قطعات الحاقی در طی این مراحل مدون‌تر گشته است. آهنگ این تغییرات پس از زمین‌لرزه سال ۱۹۹۴ نورتریج آمریکا شدت بیشتری یافت. در این زمین‌لرزه و در برخی موارد خاص، شتاب‌های ثبت شده توسط شتاب‌نگارها به مراتب بیشتر از شتاب‌های پیش‌بینی شده توسط آئین‌نامه‌های آن وقت باشد. از نتایج حاصل مشخص است که ضوابط موجود برای طراحی این قطعات در آئین‌نامه‌ها کافی نمی‌باشد و علاوه بر نیروهای اعمال شده و کنترل تغییر مکان‌های نسبی، مواردی مانند تعیین سطح عملکرد و در نظر گرفتن جزئیات بیشتر برای مهار این قطعات در طراحی آنها مؤثر است.

همچنین، به دلیل پیچیدگی‌های موجود در رفتار قطعات الحاقی، امکان ارائه چند رابطه ساده که در همه مواقع برای طراحی مناسب باشند، تقریباً غیر ممکن است. برای رسیدن به درک واقعی از

رفتار این قطعات، محاسبات دقیقتر در مورد نیروهای اعمال شده و تغییر مکان‌های حاصل در قطعات الحاقی با استفاده از روش‌های مفصلتری ضروری است.

در فصل اول این گزارش، کلیات مسئله و اهمیت بررسی مسائل مربوطه به قطعات الحاقی، مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. فصل دوم به بررسی خسارات حاصل در قطعات الحاقی در زمین‌لرزه‌های گذشته اختصاص دارد. در فصل سوم، با مروری بر مطالعات انجام شده، مقررات مربوط به قطعات الحاقی در آئین‌نامه‌های مختلف، از جمله استاندارد ۲۸۰۰ ایران مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. همچنین پارامترهای مؤثر بر طراحی اینگونه قطعات بررسی شده و نقاط قوت و ضعف آئین‌نامه‌های موجود مورد بررسی قرار گرفته است. فصل چهارم به نکات اساسی برای طراحی قطعات الحاقی اختصاص خواهد شد. بررسی مفاهیم عملکرد قطعات، طبقه‌بندی قطعات بر اساس حساسیت به شتاب یا تغییر مکان و ایجاد محدودیتها برای تغییر مکان نسبی از جمله مواردی در این فصل مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند. در فصل پنجم، نحوه استفاده از روش‌های تحلیلی و عددی در تحلیل و طراحی قطعات الحاقی مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند. در فصل ششم، محاسبات نیروها اعمال شده بر برخی تجهیزات برقی و قطعات مکانیکی و نحوه طراحی مهار آنها بر اساس روابطی خاص مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در فصل هفتم، بر اساس بررسی عوامل خسارات وارده به قطعات الحاقی و مطالعات انجام شده، توصیه‌های مختلفی جهت طراحی این قطعات پیشنهاد می‌شود.