

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

عملکرد لرزه ای ساختمان های

پانزلی سه بعدی

تألیف :

دکتر محمد زمان کبیر

استاد دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست و قطب مقاوم سازی ، بهینه سازی ساختمان ها ، زیرساخت ها و تیران های
حیاتی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دکتر دکتر امید رضایی فر

استادیار دانشکده مهندسی عمران و پژوهشکده فناوری نوین دانشگاه بهمنان

زمستان ۱۳۹۳

سرشناسه : کبیر، محمدزمان، ۱۳۴۳ -
 عنوان و نام پدیدآور : عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های پانلی سیم‌بندی / تالیف محمدزمان کبیر، امیر رضایی‌فر.
 مشخصات نشر : تهران : دانشگاه صنعتی امیرکبیر، مرکز نشر، ۱۳۹۳.
 مشخصات ظاهری : ۳۳۷ ص.
 شابک : 978-964-463-577-9 : ۱۹۴۰۰۰ ریال
 وضعیت فهرست نویسی : فیا
 یادداشت : یادداشت.
 یادداشت : کتابنامه: ص. ۲۷۳ - ۲۷۴.
 یادداشت : نمایه.
 موضوع : ساختمان‌های پیش‌ساخته -- اثر زلزله
 موضوع : دیوارهای پرکننده -- اثر زلزله
 موضوع : ساختمان‌های ضد زلزله
 شناسه افزوده : رضایی‌فر امیر ۱۳۵۸ -
 شناسه افزوده : دانشگاه صنعتی امیرکبیر. انتشارات
 رده‌بندی کنگره : TH۱۰۹۸/ک۲ع۸ ۱۳۹۳
 رده‌بندی دیویی : ۶۹۳/۹۷
 شماره کتابشناسی ملی : ۳۶۷۶۵۴۰



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
 (پلی تکنیک تهران)

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۲/۲/۲۱ شورای چاپ و
 نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.

عنوان کتاب : عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های پانلی سه بعدی
 تألیف : دکتر محمد زمان کبیر - دکتر امید رضایی‌فر
 ناشر : انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
 لیتوگرافی چاپ و صحافی : انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
 چاپ اول : زمستان ۱۳۹۳
 تیراژ : ۱۰۰۰ نسخه
 قیمت : ۱۹۴۰۰۰ تومان
 شابک : 978-964-463-577-9 : ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۵۷۷-۹
 تلفن مرکز بخش : ۶۶۴۹۸۸۶۸
 ISBN : 978-964-463-577-9

آدرس : خیابان ولیعصر روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

حق چاپ برای ناشر محفوظ است

این کتاب برای جلوگیری از انتشار غیر مجاز رمزگذاری شده است

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
I	پیشگفتار
۱	فصل اول : مقدمه
۱-۱-۱	مقدمه
۲-۱	انواع پیش ساختگی سنگین و استفاده در کشور
۱-۲-۱	کلیات، مزایا و معایب
۲-۲-۱	انواع سیستمهای پیش ساختگی
۱-۲-۲-۱	سیستم قابی
۲-۲-۲-۱	سیستم دیوار باربر
۳-۲-۱	بررسی و مقایسه انواع سیستمهای پیش ساخته بتنی
۳-۱	پانلهای پیش ساخته سبک
۳-۱-۱	مزایا و ویژگیهای پانل های پیش ساخته سبک
۴-۱	مطالعات پیشینیان در خصوص سامانه های پیش ساخته 3D
۱۳	فصل دوم : الزامات مورد نیاز در خصوص مصالح مورد استفاده در سامانه پانلی کامل
۱-۲-۱	کلیات
۲-۲	فولاد
۲-۲-۱	امفتولهای تار و بود
۲-۲-۲	برشگیر
۳-۲-۲	میلگرد
۳-۲	روش های آزمایش و استانداردها
۴-۲	نمونه برداری
۴-۲-۱	نمونه برداری شبکه جوش شده

۱۵	۵-۲- معیارهای پذیرش.....
۱۶	۶-۲- انبارش و نگهداری.....
۱۶	۷-۲- لایه عایق.....
۱۶	۷-۲- ۱- مشخصات فیزیکی و مکانیکی.....
۱۶	۸-۲- پانل سه بعدی.....
۱۶	۸-۲- ۱- آرایش پانل.....
۱۸	۸-۲- ۲- انتظام مدولی.....
۱۹	۸-۲- ۳- رواداری.....
۱۹	۸-۲- ۴- حمل و نقل، انبارش و نگهداری.....
۱۹	۹-۲- بتن پاشیدنی.....
۲۰	۱۰-۲- اعضا پانلی.....

۲۱	فصل سوم : مشخصات فیزیکی - مکانیکی بتن پاشیدنی.....
۲۱	۱-۳- آزمایش‌های مصالح بتن پاشیده.....
۲۳	۲-۳- مبانی تعیین نسبت‌های اختلاط بتن پاشیدنی.....
۲۳	۳-۳- آزمایش‌های بتن و معیارهای پذیرش آن.....
۲۶	۴-۳- سناریوی آزمایش.....
۲۷	۴-۳- ۱- برنامه آزمایش‌ها در محل.....
۲۸	۴-۳- ۲- مصالح مصرفی.....
۲۸	۴-۳- ۳- بتن پاشی و عمل‌آوری.....
۲۹	۴-۳- ۴- دستگاه‌های مورد استفاده.....
۲۹	۵-۳- نتایج آزمایشات.....
۲۹	۵-۳- ۱- گزارش نتایج تستها.....
۳۱	۵-۳- ۲- رابطه مکعب بتن پاشی شده و مقاومت استوانه.....
۳۲	۵-۳- ۳- رابطه مقاومت چکش‌اشمیت و مقاومت مغزه.....
۳۳	۵-۳- ۴- نتیجه‌گیری.....

فصل چهارم : ملاحظات تحلیل و طراحی	۳۵
۱-۴- ملاحظات معماری	۳۵
۲-۴- بارگذاری	۳۶
۳-۴- تعداد طبقات و حداکثر ارتفاع مجاز	۳۶
۳-۴- اصول تحلیل	۳۶
۵-۴- مشخصات مصالح	۳۶
۶-۴- مبانی طراحی	۳۶
۱-۶-۴- طراحی سقف‌های پانلی	۳۷
۲-۶-۴- طراحی دیوارهای پانلی	۳۸
۳-۶-۴- طراحی بازشوها	۳۹
۴-۶-۴- حداقل ضخامت پوشش بتن	۳۹
۷-۴- اتصالات	۴۰
۱-۷-۴- انواع اتصالات	۴۰
۲-۷-۴- طراحی اتصالات	۴۰

فصل پنجم : مبانی تحلیل دینامیکی ساختمان پانلی	۴۳
۱-۵- مقدمه	۴۳
۱-۱-۵- معادله تعادل دینامیکی	۴۴
۲-۱-۵- روش حل معادلات دینامیکی	۴۴
۳-۱-۵- نحوه اعمال تحریک لحظه ای و شتابنگاشت	۴۶
۴-۱-۵- پاسخ لرزه ای سیستم های غیر الاستیک	۴۶
۲-۵- مبانی ضریب رفتار	۴۹
۱-۲-۵- تعیین ضریب رفتار و ضریب افزایش تغییر مکان R, R_{IV}, C_d	۵۱
۲-۲-۵- پارامترهای موثر در ضریب رفتار	۵۲

فصل ششم: آزمایش دینامیکی ساختمان یک طبقه پانلی کامل بر روی میز لرزه با مقیاس

یک به یک	۵۵
۱-۶- مشخصات آزمایش میز لرزان	۵۵
۲-۶- طراحی و عملیات اجرایی	۵۶
۳-۶- روند ساخت سازه	۵۹
۴-۶- جزئیات و طبقه بندی رکورد زلزله های اعمالی بر ساختمان	۶۰
۵-۶- رکورد شتابنگاشت های انتخابی	۶۲
۶-۶- نتایج آزمایش	۶۲
۱-۶-۶- فرکانس طبیعی سازه	۶۴
۲-۶-۶- سختی سازه	۶۶
۳-۶-۶- پاسخ های سیستم	۶۷
۴-۶-۶- محاسبه ضریب رفتار سازه	۶۸

فصل هفتم: مبانی تئوری مقیاس مدل سازی آزمایشگاهی

۱-۷- مقدمه	۷۱
۲-۷- مدل های سازه ای	۷۱
۳-۷- تئوری بوکینگهام تحلیل دیمانسیون (ابعادی)	۷۲
۴-۷- تئوری مدل	۷۳
۵-۷- مدل های با رفتار الاستیک خطی	۷۶
۶-۷- مدل های با رفتار الاستیک غیرخطی	۷۸
۷-۷- روابط شبیه سازی در مدل حاضر	۷۹

فصل هشتم: آزمایشات استاتیکی اجزاء سازه ای ساختمان سه و چهار طبقه با مقیاس

۱:۲:۳۵	۸۱
--------	----

۸-۱	آزمایش کشش فولاد	۸۱
۸-۲	آزمایش مدول الاستیسیته شاتکریت	۸۲
۸-۳	آزمایش خمش پانلهای مقیاس شده	۸۴
۸-۳-۱	هندسه و بارگذاری	۸۴
۸-۳-۲	نتایج آزمایش	۸۵
۸-۳-۳	تحلیل عددی خمش پانل توسط [28] ANSYS	۸۶
۸-۳-۴	نتیجه گیری از تحلیل عددی و آزمایش خمش پانل	۸۹
فصل نهم: بررسی آزمایش دینامیکی مدل ۴ طبقه با مقیاس ۱:۲.۳۵ بر روی میز لرزان		
۹-۱	هدف آزمایش	۹۱
۹-۲	جزئیات اجرایی	۹۲
۹-۲-۱	مشخصات مصالح	۹۲
۹-۲-۲	تما و پلان سازه	۹۲
۹-۳	ساخت	۹۶
۹-۴	ابزارهای اندازه گیری و روند اعمال لرزه ها	۹۸
۹-۵	آزمایش زلزله الاسترو ۲۵٪ - محدوده رفتار الاستیک	۱۰۰
۹-۵-۱	مقدمه	۱۰۰
۹-۵-۲	شتاب، سرعت و جابجایی زلزله	۱۰۱
۹-۵-۳	محتوی فرکانسی زلزله	۱۰۳
۹-۵-۴	طیف پاسخ زلزله	۱۰۵
۹-۵-۵	پاسخ جابجایی مطلق طبقات و پایه	۱۰۶
۹-۵-۶	پاسخ جابجایی نسبی طبقات (Relative Displacement)	۱۰۸
۹-۵-۷	پاسخ گریز طبقات (Story Drift)	۱۱۲
۹-۵-۸	پاسخ شتاب مطلق طبقات و پایه	۱۱۶
۹-۵-۹	محتوی فرکانسی شتاب پاسخ طبقات	۱۱۹
۹-۵-۱۰	تابع انتقال پاسخ طبقات (Transfer Function)	۱۲۱

- ۱۲۴ ۹-۵-۱۱- برش طبقات و برش پایه
- ۱۲۹ ۹-۵-۱۲- رفتار چرخه ای (هیستریزیس)
- ۱۳۱ ۹-۵-۱۳- نتیجه گیری
- ۱۳۳ ۹-۶-۱- آزمایش زلزله ناغان ۱۳۵٪- محدوده رفتار غیر الاستیک
- ۱۳۳ ۹-۶-۱- مقدمه
- ۱۳۴ ۹-۶-۲- شتاب، سرعت و جابجایی زلزله
- ۱۳۶ ۹-۶-۳- محتوی فرکانسی زلزله
- ۱۳۷ ۹-۶-۴- طیف پاسخ خطی و غیر خطی زلزله
- ۱۳۹ ۹-۶-۵- پاسخ جابجایی مطلق طبقات و پایه
- ۱۴۱ ۹-۶-۶- پاسخ جابجایی نسبی طبقات (Relative Displacement)
- ۱۴۵ ۹-۶-۷- پاسخ گریز طبقات (Story Drift)
- ۱۴۹ ۹-۶-۸- پاسخ شتاب مطلق طبقات و پایه
- ۱۵۱ ۹-۶-۹- محتوی فرکانسی شتاب پاسخ طبقات
- ۱۵۴ ۹-۶-۱۰- تابع انتقال پاسخ طبقات (Transfer Function)
- ۱۵۶ ۹-۶-۱۱- برش طبقات و برش پایه
- ۱۵۸ ۹-۶-۱۲- نمودار رفتار چرخه ای (هیستریزیس)
- ۱۶۰ ۹-۶-۱۳- ترکهای ایجاد شده در اثر زلزله
- ۱۶۰ ۹-۶-۱۴- نتیجه گیری
- ۱۶۱ ۹-۷-۱- آزمایش زلزله نورتریج ۸۰٪- محدوده رفتار غیر الاستیک- مکانیزم
- ۱۶۱ ۹-۷-۱- مقدمه
- ۱۶۲ ۹-۷-۲- شتاب، سرعت و جابجایی زلزله
- ۱۶۴ ۹-۷-۳- محتوی فرکانسی زلزله
- ۱۶۵ ۹-۷-۴- طیف پاسخ خطی و غیر خطی زلزله
- ۱۶۷ ۹-۷-۵- پاسخ جابجایی مطلق طبقات و پایه
- ۱۶۹ ۹-۷-۶- پاسخ جابجایی نسبی طبقات (Relative Displacement)
- ۱۷۲ ۹-۷-۷- پاسخ گریز طبقات (Story Drift)

۱۷۵	۹-۷-۸- پاسخ شتاب مطلق طبقات و پایه
۱۷۸	۹-۷-۹- محتوی فرکانسی شتاب پاسخ طبقات
۱۸۰	۹-۷-۱۰- تابع انتقال پاسخ طبقات (Transfer Function)
۱۸۳	۹-۷-۱۱- برش طبقات و برش پایه
۱۸۵	۹-۷-۱۲- نمودار رفتار چرخه ای (هیستریزیس)
۱۸۶	۹-۷-۱۳- ترکهای ایجاد شده در اثر زلزله
۱۸۷	۹-۷-۱۴- نتیجه گیری
۱۸۸	۹-۸- شناسایی دینامیکی از تاریخچه زمانی پاسخ (آزمایش لرزه‌ای)
۱۸۸	۹-۸-۱- تعیین خصوصیات مدل طی روند تخریب
۱۹۲	۹-۸-۲- تعیین میرایی سیستم
۱۹۲	۹-۸-۳- تعیین میزان دقت نتایج بر اساس پارامتر MAC
۱۹۵	۹-۸-۴- روند کاهش فرکانس و سختی سازه
۱۹۹	۹-۸-۵- روند تغییرات پاسخ و تشدید دینامیکی
۲۰۰	۹-۸-۶- روند تغییرات تنش و کرنش اندازه گیری شده

فصل دهم: آزمایش دینامیکی ساختمان ۳ طبقه ترکیبی مقیاس شده بر روی میز لرزان ۲۰۵

۲۰۵	۱۰-۱- مقدمه
۲۰۷	۱۰-۲- هدف آزمایش
۲۰۷	۱۰-۳- جزئیات اجرایی
۲۰۷	۱۰-۳-۱- انتخاب مقیاس مدل
۲۰۸	۱۰-۳-۲- مشخصات پانلها و اتصالات مقیاس شده
۲۱۰	۱۰-۳-۳- مشخصات مصالح
۲۱۰	۱۰-۳-۴- نما و پلان سازه
۲۱۲	۱۰-۴- ساخت
۲۱۴	۱۰-۵- ابزار اندازه گیری
۲۱۶	۱۰-۶- جزئیات و طبقه بندی رکورد زلزله های اعمالی بر ساختمان

- ۱۰-۶-۱- رکورد شتابنگاشت های انتخابی ۲۱۷
- ۱۰-۶-۲- توابع محتوای فرکانسی هر زمین لرزه ۲۱۸
- ۱۰-۶-۳- نتایج آزمایش های انجام شده به صورت کامل ۲۱۹

فصل یازدهم: تحلیل عددی دینامیکی ساختمان ۳ و ۴ طبقه ترکیبی با مقیاس ۱:۲.۳۵ تحت

- زلزله ۲۲۷
- ۱۱-۱- هدف تحلیل ۲۲۷
- ۱۱-۲-۱- تحلیل دینامیکی در ANSYS ۲۲۷
- ۱۱-۲-۲- مراحل مدل سازی سازه ۳ طبقه در ANSYS ۲۲۹
- ۱۱-۳-۱- تحلیل مودی سازه ۳ طبقه ۲۳۸
- ۱۱-۳-۱- مقدمه ۲۳۸
- ۱۱-۳-۲- فرکانس، پریود و نسبت مشارکت جرم مودی ۲۳۸
- ۱۱-۳-۳- شکل مود ۲۳۹
- ۱۱-۳-۴- نتیجه گیری ۲۴۰
- ۱۱-۴-۱- مقایسه نتایج تحلیل عددی و آزمایش ساختمان ۳ طبقه با مقیاس ۱:۲.۳۵ ۲۴۰
- ۱۱-۴-۱- مقدمه ۲۴۰
- ۱۱-۴-۲- مقایسه نتایج در زلزله بم ۲۴۱
- ۱۱-۴-۳- خطاهای آزمایش و تحلیل عددی ۲۴۳
- ۱۱-۵-۱- تحلیل عددی دینامیکی زلزله السترو ۲۵٪ ۲۴۳
- ۱۱-۵-۱- مقدمه ۲۴۳
- ۱۱-۵-۲- شتاب، سرعت و جابجایی زلزله ۲۴۴
- ۱۱-۵-۳- محتوای فرکانسی زلزله ۲۴۶
- ۱۱-۵-۴- طیف پاسخ زلزله ۲۴۸
- ۱۱-۵-۵- پاسخ جابجایی مطلق طبقات و پایه ۲۴۹
- ۱۱-۵-۶- پاسخ جابجایی نسبی طبقات (Relative Displacement) ۲۵۰
- ۱۱-۵-۷- پاسخ گریز طبقات (Story Drift) ۲۵۲

۲۵۳	۱۱-۵-۸- برش طبقات و برش پایه
۲۵۴	۱۱-۵-۹- رفتار چرخه ای (هیستریزیس)
۲۵۶	۱۱-۵-۱۰- تغییر شکل سازه و محلهای تمرکز تنش
۲۵۷	۱۱-۵-۱۱- نتیجه گیری
۲۵۸	۱۱-۶- تحلیل عددی دینامیکی زلزله ناغان ۱۳۵٪
۲۵۸	۱۱-۶-۱- مقدمه
۲۵۹	۱۱-۶-۲- شتاب، سرعت و جابجایی زلزله
۲۶۱	۱۱-۶-۳- محتوی فرکانسی زلزله
۲۶۲	۱۱-۶-۴- طیف پاسخ خطی و غیرخطی زلزله
۲۶۴	۱۱-۶-۵- پاسخ جابجایی مطلق طبقات و پایه
۲۶۵	۱۱-۶-۶- پاسخ جابجایی نسبی طبقات
۲۶۶	۱۱-۶-۷- پاسخ گریز طبقات (Story Drift)
۲۶۸	۱۱-۶-۸- برش طبقات و برش پایه
۲۶۹	۱۱-۶-۹- رفتار چرخه ای (هیستریزیس)
۲۷۰	۱۱-۶-۱۰- انرژی جذب شده توسط سازه
۲۷۱	۱۱-۶-۱۱- نتیجه گیری
۲۷۳	مراجع
۲۷۷	ضمائم
۲۹۳	ضمائم (شکلها)
۳۲۵	واژه نامه فارسی به انگلیسی
۳۲۹	واژه نامه انگلیسی به فارسی
۳۳۳	نمایه