

پایان نامه کارشناسی ارشد
مهندسی عمران - گرایش زلزله

طراحی بهینه قاب‌های مهاربندی شده برون محور به روش زمان دوام

استاد راهنما: دکتر کرمی

نگارش: زهرالسادات موسوی ندوشنی

شماره دانشجویی: ۸۸۰۱۰۷۴

بهمن ماه ۱۳۹۰

فهرست مطالب

۱- فصل اول: مقدمه ۱

فصل اول ۱

۱- مقدمه ۱

۱-۱- قاب‌های مهاربندی برون محور ۱

۱-۲- مدل‌های ساختمان برشی ۳

۱-۳- بهینه‌سازی ۳

۱-۴- روش زمان دوام ۴

۱-۵- هدف و محدوده تحقیق ۵

۱-۶- فصل‌های مختلف تحقیق ۶

فصل دوم ۷

۷- مدل ساختمان برشی ۷

۷-۱- کلیات ۷

۷-۲- مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه مدل‌های ساختمان برشی و رفتار قاب‌های مهاربندی برون

محور ۸

۷-۲-۱- تاریخچه استفاده از مدل‌های ساختمان برشی ۸

۷-۲-۲- طراحی قاب‌های مهاربندی برون محور با استفاده از روابط *Richards* [۱۵] ۱۳

۷-۲-۳- سختی ارتجاعی قاب‌های مهاربندی برون محور ۱۶

۷-۲-۴- تعیین تغییر مکان تسلیم طبقه ۱۷

۷-۲-۵- رفتار قاب‌های مهاربندی برون محور در محدوده غیر الاستیک ۲۲

۷-۲-۳- مدل ساختمان برشی ۳۴

۷-۲-۱- سختی الاستیک هر طبقه از مدل ساختمان برشی ۳۴

۷-۲-۲- تغییر مکان تسلیم هر طبقه از مدل ساختمان برشی ۳۶

۷-۲-۳- مقاومت تسلیم هر طبقه از مدل ساختمان برشی ۳۹

۷-۲-۴- اثر تغییر شکل محوری ستون‌ها در رفتار قاب مهاربندی برون محور ۴۲

۷-۲-۵- سختی غیرالاستیک هر طبقه از مدل ساختمان برشی ۴۴

۷-۲-۶- طراحی قاب‌های مهاربندی برون محور به کمک نرم‌افزار *ETABS* ۴۷

۷-۲-۷- مدلسازی قاب‌های مهاربندی برون محور به کمک نرم‌افزار *OpenSees* ۵۳

۷-۲-۸- کنترل صحت مدل‌های قاب‌های مهاربندی برون محور در نرم‌افزار *OpenSees* ۵۸

۷-۲-۹- مدل‌سازی مدل‌های ساختمان برشی معادل قاب‌های مهاربندی برون محور در نرم‌افزار *OpenSees* ۶۱

۷-۲-۱۰- تحلیل‌های استاتیکی غیرخطی فزاینده ۶۵

۷-۲-۱۱- تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی فزاینده ۸۳

۷-۲-۱۲- بررسی احتمالاتی دقت مدل ساختمان برشی در برآورد پاسخ‌های لرزه‌ای ۹۹

۱۱۴ بهینه‌سازی مدل‌های ساختمان برشی و مدل‌های اجزا محدود قاب‌ها

- ۱۱۴ ۱-۳ کلیات
- ۱۱۵ ۲-۳ مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه بهینه‌سازی قاب‌های مهاربندی برون محور
- ۱۱۵ ۱-۲-۳ مطالعات Popov و همکاران در سال ۱۹۹۲ [۲۸]
- ۱۲۲ ۲-۲-۳ مطالعات Ozhendekci و همکاران در سال ۲۰۰۷ [۱۰]
- ۱۳۳ ۳-۲-۳ مطالعات مقدم و همکاران [۵، ۶ و ۱۳]
- ۱۳۹ ۳-۳ بهینه‌سازی طراحی قاب‌های مهاربندی برون محور
- ۱۳۹ ۱-۳-۳ مزیت استفاده از مدل ساختمان برشی در فرآیند بهینه‌سازی طراحی قاب مهاربندی برون محور با استفاده از تئوری تغییر شکل‌های یکنواخت
- ۱۴۲ ۳-۳-۲ تعریف مقاطع فرضی برای تیرها و مهاربندها بر اساس مقاطع موجود
- ۱۴۴ ۳-۳-۳ برنامه نوشته شده برای بهینه‌سازی با کمک نرم‌افزارهای MATLAB و OpenSees
- ۱۵۳ ۴-۳ نتایج بهینه‌سازی طراحی مدل‌های ساختمان برشی معادل قاب‌های مهاربندی برون محور

فصل چهارم ۱۸۱

۱۸۱ روش زمان دوام

- ۱۸۱ ۱-۴ کلیات
- ۱۸۲ ۲-۴ مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه روش زمان دوام
- ۱۸۲ ۱-۲-۴ تعریف روش زمان دوام
- ۱۸۴ ۲-۲-۴ عوامل مهم در توسعه موفق روش زمان دوام
- ۱۹۲ ۲-۲-۴ ارزیابی روش زمان دوام در مقایسه با روش تحلیل استاتیکی با استفاده از نمونه‌های تحلیل خطی قاب‌های فولادی دوبعدی
- ۱۹۵ ۴-۲-۴ ارزیابی روش زمان دوام در مقایسه با روش‌های تحلیل غیرخطی
- ۲۰۲ ۳-۴ بهینه‌سازی قاب‌های مهاربندی برون محور با استفاده از روش زمان دوام
- ۲۰۳ ۴-۴ نتایج بهینه‌سازی طراحی مدل‌های ساختمان برشی معادل قاب‌های مهاربندی برون محور با استفاده از روش زمان دوام
- ۲۱۸ ۵-۴ بهینه‌سازی طراحی مدل‌های ساختمان برشی معادل قاب‌های مهاربندی برون محور با استفاده از روش زمان دوام در دو سطح عملکرد ایمنی جانی و آستانه فرو ریزش

فصل پنجم ۲۲۳

۲۲۳ خلاصه، نتیجه‌گیری و تحقیقات آتی

- ۲۲۳ ۱-۵ کلیات و روند تحقیق
- ۲۲۴ ۲-۵ نتایج تحقیق
- ۲۲۸ ۳-۵ پیشنهاد جهت ادامه تحقیق

۲۲۹ ضمیمه الف

۲۳۶ ضمیمه ب

۲۴۶ فهرست مراجع

فهرست اشکال

- شکل ۱: هندسه قاب‌های مهاربندی برون محور [۱]..... ۲
- شکل ۲: الف) تیر پیوند با مفصل پلاستیک در دو انتها (ب) تیر پیوند برشی [۱]..... ۲
- شکل ۳: الف) مدل ساختمان برشی (ب) مدل ساختمان برشی تحت تحریک لرزه‌ای [۱۳]..... ۹
- شکل ۴: الف) سیستم یک درجه آزادی (ب) سیستم جرم و فنر [۱۳]..... ۱۰
- شکل ۵: استفاده از تحلیل استاتیکی غیرخطی فزاینده در تعیین مدل ساختمان برشی اصلاح شده [۱۴]..... ۱۱
- شکل ۶: مفهوم جابجایی نسبی کل طبقه (Δ_i)، جابجایی نسبی برشی طبقه (Δ_{sh}) و اثر تغییر شکل محوری ستون (Δ_{ax}) [۱۴]..... ۱۲
- شکل ۷: مقایسه‌ای بین پاسخ‌های یک قاب ۱۵ طبقه و مدل ساختمان برشی اصلاح شده معادل آن تحت زلزله Imperial Valley 1979 [۱۴]..... ۱۳
- شکل ۸: هندسه قاب‌های مهاربندی الف) قاب مهاربندی برون محور (ب) قاب مهاربندی با محورهای متقارب [۱۵]..... ۱۴
- شکل ۹: نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی فزاینده برای ۱۲ قاب الف) ۳، ب) ۹ و ج) ۱۸ طبقه [۱۵]..... ۱۵
- شکل ۱۰: هندسه قاب مهاربندی برون محور [۱۵]..... ۱۶
- شکل ۱۱: تقریبی برای تنش تسلیم فشاری مهاربندهایی با KL/r بین ۵۰ تا ۱۰۰ [۱۵]..... ۱۸
- شکل ۱۲: نسبت مساحت کل تیر به مساحت برشی آن برای مقاطع W [۱۷]..... ۲۰
- شکل ۱۳: نسبت مساحت کل تیر به مساحت برشی آن برای مقاطع IPE..... ۲۱
- شکل ۱۴: المان کامل برای تیر پیوند [۱۹]..... ۲۵
- شکل ۱۵: رفتار کلی المان‌های فنر [۱۹]..... ۲۶
- شکل ۱۶: شبیه‌سازی رفتار با سختی پس تسلیم چند خطی [۱۹]..... ۲۶
- شکل ۱۷: مقادیر نیرو برای مدل با رفتار چند خطی تیر پیوند الف) نیروی برشی (ب) لنگر خمشی [۲۱]..... ۲۸
- شکل ۱۸: مقادیر پارامترهای ورودی برای مدل کردن تیر پیوند [۱۹]..... ۳۰
- شکل ۱۹: مقایسه بین نتایج بدست آمده از آزمایشات Popov و Hjelmstad در سال ۱۹۸۳ و مدل معرفی شده توسط Ramadan و Ghojarah [۱۹]..... ۳۱
- شکل ۲۰: مدل شماتیک تیر پیوند [۲۰]..... ۳۲
- شکل ۲۱: رابطه نیرو-تغییر شکل برای مجموعه فنرهای انتقالی در هر یک از دو انتهای تیر پیوند [۲۰]..... ۳۳
- شکل ۲۲: مقایسه بین الف) نتایج آزمایشگاهی Okazaki و ب) نتایج حاصل از تحلیل به کمک نرم‌افزار OpenSees با به کارگیری مدل پیشنهادی توسط Richards و Uang [۲۲]..... ۳۴
- شکل ۲۳: مدل ساختمان برشی..... ۳۴
- شکل ۲۴: فنرهای مدل کننده سختی الاستیک هر طبقه از قاب مهاربندی برون محور که به صورت سری عمل می‌کنند..... ۳۶
- شکل ۲۵: عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی قاب مهاربندی برون محور تحت بار جانبی متمرکز V..... ۴۲
- شکل ۲۶: رابطه نیرو-تغییر شکل برای مجموعه فنرهای انتقالی در هر یک از دو انتهای تیر پیوند [۲۲]..... ۴۵
- شکل ۲۷: فنرهای مدل کننده سختی الاستیک و غیر الاستیک هر طبقه از قاب مهاربندی برون محور که به صورت سری و موازی عمل می‌کنند..... ۴۶

- شکل ۲۸: رفتار دو خطی فنرهای شماره ۱، ۲ و ۴ ۴۷
- شکل ۲۹: نمای قاب‌های ۱ دهانه طراحی شده ۴۸
- شکل ۳۰: نمای قاب‌های ۳ دهانه طراحی شده ۴۹
- شکل ۳۱: نمای قاب‌های ۵ دهانه طراحی شده ۵۰
- شکل ۳۲: پلان قاب‌های ۱، ۳ و ۵ دهانه طراحی شده ۵۱
- شکل ۳۳: پارامترها و رفتار مصالح uniaxialMaterial Steel02 [۲۵] ۵۳
- شکل ۳۴: پریود بدست آمده از تحلیل قاب ۳ طبقه مدل شده ۵۹
- شکل ۳۵: نتایج بدست آمده از تحلیل استاتیکی غیرخطی فزاینده الف) در تحقیق حاضر ب) در تحقیق Prinz [۱] ۶۰
- شکل ۳۶: نتایج بدست آمده از تحلیل استاتیکی غیرخطی فزاینده الف) در تحقیق Prinz [۱] ب) در تحقیق حاضر ۶۱
- شکل ۳۷: نمودار نیرو-تغییر مکان برای فنرهای تشکیل دهنده مدل‌های ساختمان برشی ۶۳
- شکل ۳۸: نمودار برش پایه-جابجایی جانبی بام برای F1S1B, F1S3B, F1S5B, S1S1B, S1S3B و S1S5B ۶۷
- شکل ۳۹: نمودار برش پایه-جابجایی جانبی بام برای F3S1B و S3S1B ۶۷
- شکل ۴۰: نمودار برش طبقه-تغییر مکان جانبی نسبی طبقه برای طبقات ۱، ۲ و ۳ برای F3S1B و S3S1B ۶۹
- شکل ۴۱: نمودار برش پایه-تغییر مکان جانبی بام و برش طبقه-تغییر مکان جانبی نسبی طبقه برای طبقات ۱، ۲ و ۳ برای F3S3B و S3S3B ۷۰
- شکل ۴۲: نمودار برش پایه-تغییر مکان جانبی بام و برش طبقه-تغییر مکان جانبی نسبی طبقه برای طبقات ۱، ۲ و ۳ برای F3S5B و S3S5B ۷۱
- شکل ۴۳: نمودار برش پایه-تغییر مکان جانبی بام و برش طبقه-تغییر مکان جانبی نسبی طبقه برای طبقات ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ برای F5S1B و S5S1B ۷۲
- شکل ۴۴: نمودار برش پایه-تغییر مکان جانبی بام و برش طبقه-تغییر مکان جانبی نسبی طبقه برای طبقات ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ برای F5S3B و S5S3B ۷۳
- شکل ۴۵: نمودار برش پایه-تغییر مکان جانبی بام و برش طبقه-تغییر مکان جانبی نسبی طبقه برای طبقات ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ برای F5S5B و S5S5B ۷۴
- شکل ۴۶: نمودار برش پایه-تغییر مکان جانبی بام و برش طبقه-تغییر مکان جانبی نسبی طبقه برای طبقات ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ برای F7S1B و S7S1B ۷۵
- شکل ۴۷: نمودار برش پایه-تغییر مکان جانبی بام و برش طبقه-تغییر مکان جانبی نسبی طبقه برای طبقات ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ برای F7S3B و S7S3B ۷۶
- شکل ۴۸: نمودار برش پایه-تغییر مکان جانبی بام و برش طبقه-تغییر مکان جانبی نسبی طبقه برای طبقات ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ برای F7S5B و S7S5B ۷۷
- شکل ۴۹: نمودار برش پایه-تغییر مکان جانبی بام و برش طبقه-تغییر مکان جانبی نسبی طبقه برای طبقات ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ برای F7S3B و S7S3B اصلاح شده با توجه به سختی ستون‌ها ۷۹
- شکل ۵۰: نمودار برش پایه-تغییر مکان جانبی بام و برش طبقه-تغییر مکان جانبی نسبی طبقه برای طبقات ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ برای F7S5B و S7S5B اصلاح شده با توجه به سختی ستون‌ها ۸۰
- شکل ۵۱: مقایسه نمودار برش پایه-تغییر مکان جانبی بام برای قاب‌های الف) ۳، ب) ۵ و ج) ۷ طبقه ۸۲

- شکل ۵۲: طیف شتاب ۱۹ رکورد به کار گرفته شده برای تحلیل‌های دینامیکی فزاینده مقیاس شده برای $S_a(T_1)=1$ در پریروده‌های الف) $0/281$ ثانیه، ب) $0/46$ ثانیه و ج) $0/702$ ثانیه ۸۵
- شکل ۵۳: پاسخ ماکزیمم جابجایی بام و ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات برای الف) مدل اجزا محدود قاب F3S1B و ب) مدل ساختمان برشی معادل آن (S3S1B) ۸۷
- شکل ۵۴: میانگین پاسخ ماکزیمم جابجایی بام و ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات برای ۱۹ رکورد برای مدل اجزا محدود قاب F3S1B و مدل ساختمان برشی معادل آن (S3S1B) ۸۹
- شکل ۵۵: میانگین پاسخ ماکزیمم جابجایی بام و ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات برای ۱۹ رکورد برای مدل اجزا محدود قاب F3S3B و مدل ساختمان برشی معادل آن (S3S3B) ۹۱
- شکل ۵۶: میانگین پاسخ ماکزیمم جابجایی بام و ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات برای ۱۹ رکورد برای مدل اجزا محدود قاب F3S5B و مدل ساختمان برشی معادل آن (S3S5B) ۹۱
- شکل ۵۷: میانگین پاسخ ماکزیمم جابجایی بام و ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات برای ۱۹ رکورد برای مدل اجزا محدود قاب F5S1B و مدل ساختمان برشی معادل آن (S5S1B) ۹۲
- شکل ۵۸: میانگین پاسخ ماکزیمم جابجایی بام و ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات برای ۱۹ رکورد برای مدل اجزا محدود قاب F5S3B و مدل ساختمان برشی معادل آن (S5S3B) ۹۲
- شکل ۵۹: میانگین پاسخ ماکزیمم جابجایی بام و ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات برای ۱۹ رکورد برای مدل اجزا محدود قاب F5S5B و مدل ساختمان برشی معادل آن (S5S5B) ۹۳
- شکل ۶۰: میانگین پاسخ ماکزیمم جابجایی بام و ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات برای ۱۹ رکورد برای مدل اجزا محدود قاب F7S1B و مدل ساختمان برشی معادل آن (S7S1B) ۹۳
- شکل ۶۱: میانگین پاسخ ماکزیمم جابجایی بام و ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات برای ۱۹ رکورد برای مدل اجزا محدود قاب F7S3B و مدل ساختمان برشی معادل آن (S7S3B) ۹۴
- شکل ۶۲: میانگین پاسخ ماکزیمم جابجایی بام و ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات برای ۱۹ رکورد برای مدل اجزا محدود قاب F7S5B و مدل ساختمان برشی معادل آن (S7S5B) ۹۴
- شکل ۶۳: میانگین پاسخ ماکزیمم جابجایی بام و ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات برای ۱۹ رکورد برای مدل اجزا محدود اصلاح شده قاب F7S3B و مدل ساختمان برشی اصلاح شده معادل آن (S7S3B) ۹۶
- شکل ۶۴: میانگین پاسخ ماکزیمم جابجایی بام و ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات برای ۱۹ رکورد برای مدل اجزا محدود اصلاح شده قاب F7S5B و مدل ساختمان برشی اصلاح شده معادل آن (S7S5B) ۹۶
- شکل ۶۵: میانگین خطای پاسخ ماکزیمم جابجایی بام در مدل ساختمان برشی نسبت به پاسخ معادل در مدل اجزا محدود قاب ۹۸
- شکل ۶۶: میانگین خطای پاسخ ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات در مدل ساختمان برشی نسبت به پاسخ معادل در مدل اجزا محدود قاب ۹۸
- شکل ۶۷: نمودار لوگ نرمال توابع چگالی احتمال برای مدل اجزا محدود قاب ۵ طبقه ۳ دهانه، مدل ساختمان برشی معادل آن و تابع z مربوط به آن‌ها ۱۰۰
- شکل ۶۸: احتمال برابر بودن پاسخ‌های مدل اجزا محدود و مدل ساختمان برشی با در نظر گرفتن رواداری‌های مختلف و احتمال بزرگ‌تر بودن پاسخ مدل ساختمان برشی از پاسخ مدل اجزا محدود برای قاب ۳ طبقه ۱ دهانه ۱۰۲

- شکل ۶۹ : احتمال برابر بودن پاسخ‌های مدل اجزا محدود و مدل ساختمان برشی با در نظر گرفتن رواداری‌های مختلف و احتمال بزرگ‌تر بودن پاسخ مدل ساختمان برشی از پاسخ مدل اجزا محدود برای قاب ۳ طبقه ۳ دهانه ۱۰۳
- شکل ۷۰ : احتمال برابر بودن پاسخ‌های مدل اجزا محدود و مدل ساختمان برشی با در نظر گرفتن رواداری‌های مختلف و احتمال بزرگ‌تر بودن پاسخ مدل ساختمان برشی از پاسخ مدل اجزا محدود برای قاب ۳ طبقه ۵ دهانه ۱۰۴
- شکل ۷۱ : احتمال برابر بودن پاسخ‌های مدل اجزا محدود و مدل ساختمان برشی با در نظر گرفتن رواداری‌های مختلف و احتمال بزرگ‌تر بودن پاسخ مدل ساختمان برشی از پاسخ مدل اجزا محدود برای قاب ۵ طبقه ۱ دهانه ۱۰۵
- شکل ۷۲ : احتمال برابر بودن پاسخ‌های مدل اجزا محدود و مدل ساختمان برشی با در نظر گرفتن رواداری‌های مختلف و احتمال بزرگ‌تر بودن پاسخ مدل ساختمان برشی از پاسخ مدل اجزا محدود برای قاب ۵ طبقه ۳ دهانه ۱۰۶
- شکل ۷۳ : احتمال برابر بودن پاسخ‌های مدل اجزا محدود و مدل ساختمان برشی با در نظر گرفتن رواداری‌های مختلف و احتمال بزرگ‌تر بودن پاسخ مدل ساختمان برشی از پاسخ مدل اجزا محدود برای قاب ۵ طبقه ۵ دهانه ۱۰۷
- شکل ۷۴ : احتمال برابر بودن پاسخ‌های مدل اجزا محدود و مدل ساختمان برشی با در نظر گرفتن رواداری‌های مختلف و احتمال بزرگ‌تر بودن پاسخ مدل ساختمان برشی از پاسخ مدل اجزا محدود برای قاب ۷ طبقه ۱ دهانه ۱۰۸
- شکل ۷۵ : احتمال برابر بودن پاسخ‌های مدل اجزا محدود و مدل ساختمان برشی با در نظر گرفتن رواداری‌های مختلف و احتمال بزرگ‌تر بودن پاسخ مدل ساختمان برشی از پاسخ مدل اجزا محدود برای قاب ۷ طبقه ۳ دهانه ۱۰۹
- شکل ۷۶ : احتمال برابر بودن پاسخ‌های مدل اجزا محدود و مدل ساختمان برشی با در نظر گرفتن رواداری‌های مختلف و احتمال بزرگ‌تر بودن پاسخ مدل ساختمان برشی از پاسخ مدل اجزا محدود برای قاب ۷ طبقه ۵ دهانه ۱۱۰
- شکل ۷۷ : احتمال برابر بودن پاسخ‌های مدل اجزا محدود و مدل ساختمان برشی اصلاح شده با در نظر گرفتن رواداری‌های مختلف و احتمال بزرگ‌تر بودن پاسخ مدل ساختمان برشی اصلاح شده از پاسخ مدل اجزا محدود برای قاب ۷ طبقه ۳ دهانه ۱۱۱
- شکل ۷۸ : احتمال برابر بودن پاسخ‌های مدل اجزا محدود و مدل ساختمان برشی اصلاح شده با در نظر گرفتن رواداری‌های مختلف و احتمال بزرگ‌تر بودن پاسخ مدل ساختمان برشی اصلاح شده از پاسخ مدل اجزا محدود برای قاب ۷ طبقه ۵ دهانه ۱۱۲
- شکل ۷۹ : توزیع برش طبقه مورد نیاز و برش طبقه تأمین شده برای قاب‌های مهاربندی برون محور سری A و B [۲۸] ۱۱۷
- شکل ۸۰ : دوران تیر پیوند در قاب‌های ۴ طبقه سری A و B تحت الف) زلزله مقیاس شده El Centro (ب) زلزله Chile [۲۸] ۱۱۹
- شکل ۸۱ : دوران تیر پیوند در قاب‌های ۶ طبقه سری A و B تحت الف) زلزله مقیاس شده El Centro (ب) زلزله Chile [۲۵] ۱۲۰

- شکل ۸۲: دوران تیر پیوند در قاب‌های ۱۰ طبقه سری A و B تحت الف) زلزله مقیاس شده El Centro (ب)
- زلزله Chile [۲۸] ۱۲۱
- شکل ۸۳: دوران تیر پیوند در قاب‌های ۲۰ طبقه سری A و B تحت الف) زلزله مقیاس شده El Centro (ب)
- زلزله Chile [۲۸] ۱۲۱
- شکل ۸۴: الگوریتم برنامه طراحی [۱۰] ۱۲۶
- شکل ۸۵: اثر طول تیر پیوند بر نیروی برش طراحی نرمال شده تیرهای پیوند طبقه اول و وزن نرمال شده قاب‌ها [۱۰] ۱۲۷
- شکل ۸۶: اثر طول دهانه قاب بر نیروی برش طراحی نرمال شده تیرهای پیوند طبقه اول و وزن نرمال شده قاب‌ها [۱۰] ۱۲۸
- شکل ۸۷: اثر طول تیرهای پیوندی که عملکرد برشی دارند بر روی وزن نرمال شده قاب‌های الف) ۳ (ب)
- ۴ ج) ۵ د) ۶ ه) ۷ و) ۸ ز) ۹ طبقه [۱۰] ۱۲۹
- شکل ۸۸: میانگین ماکزیمم برش پایه بدست آمده از تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی قاب‌های الف)
- ۳ ب) ۴ ج) ۹ طبقه [۱۰] ۱۳۰
- شکل ۸۹: اثر طول تیرهای پیوندی که عملکرد برشی دارند بر روی میانگین ضرائب مقیاس نرمال شده قاب‌های الف) ۳ ب) ۴ ج) ۵ د) ۶ ه) ۷ و) ۸ ز) ۹ طبقه [۱۰] ۱۳۲
- شکل ۹۰: سازه تحت بارهای دینامیکی و تحریک‌های لرزه‌ای مختلف [۶] ۱۳۴
- شکل ۹۱: جانمایی جرم‌ها و تکیه‌گاه‌ها [۶] ۱۳۴
- شکل ۹۲: چیدمان اولیه اعضا [۶] ۱۳۵
- شکل ۹۳: چیدمان نهایی اعضا [۶] ۱۳۸
- شکل ۹۴: طراحی بهینه با در نظر گرفتن مقادیر مختلفی برای معیار پذیرش [۶] ۱۳۸
- شکل ۹۵: مساحت مقطع تیر (A_b) بر حسب مساحت برشی تیر (A_w) ۱۴۲
- شکل ۹۶: ممان اینرسی مقطع تیر (I) بر حسب مساحت برشی تیر (A_w) ۱۴۳
- شکل ۹۷: مدول مقطع تیر (S) بر حسب مساحت برشی تیر (A_w) ۱۴۳
- شکل ۹۸: اساس مقطع پلاستیک مقطع تیر (S) بر حسب مساحت برشی تیر (A_w) ۱۴۳
- شکل ۹۹: شعاع ژیراسیون مینیمم مقطع تیر (r) بر حسب مساحت برشی تیر (A_w) ۱۴۴
- شکل ۱۰۰: شعاع ژیراسیون مینیمم مقطع مهاربند (r) بر حسب مساحت مقطع (A_d) ۱۴۴
- شکل ۱۰۱: ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی سه طبقه تحت رکورد شماره ۱ با $\alpha=2/10$ حین فرآیند بهینه‌سازی ۱۵۴
- شکل ۱۰۲: ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی سه طبقه تحت رکورد شماره ۱ با $\alpha=15/10$ حین فرآیند بهینه‌سازی ۱۵۴
- شکل ۱۰۳: ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی سه طبقه تحت رکوردهای شماره ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ حین فرآیند بهینه‌سازی ۱۵۵
- شکل ۱۰۴: ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی پنج طبقه حین فرآیند بهینه‌سازی ۱۵۶
- شکل ۱۰۵: ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی هفت طبقه حین فرآیند بهینه‌سازی ۱۵۸

- شکل ۱۰۶: ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی و مدل اجزا محدود قاب سه طبقه ۱۶۳
- شکل ۱۰۷: ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی و مدل اجزا محدود قاب پنج طبقه ۱۶۵
- شکل ۱۰۸: ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی و مدل اجزا محدود قاب هفت طبقه ۱۶۷
- شکل ۱۰۹: ضریب پراکندگی دوران تیر پیوند در طبقات مختلف قاب‌های ۳، ۵ و ۷ طبقه ۱۶۹
- شکل ۱۱۰: ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی و مدل اجزا محدود بهینه شده قاب پنج طبقه ۱۷۲
- شکل ۱۱۱: ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی و مدل اجزا محدود بهینه شده قاب هفت طبقه ۱۷۴
- شکل ۱۱۲: ضریب پراکندگی دوران تیر پیوند در طبقات مختلف قاب‌های بهینه شده ۵ و ۷ طبقه ۱۷۶
- شکل ۱۱۳: مقایسه میانگین نتایج بدست آمده تحلیل تاریخچه زمانی قاب طراحی شده به روش Popov و روش ارائه شده در تحقیق حاضر به کمک ۷ رکورد زلزله (برای قاب ۳ طبقه) ۱۷۹
- شکل ۱۱۴: مقایسه میانگین نتایج بدست آمده تحلیل تاریخچه زمانی قاب طراحی شده به روش Popov و روش ارائه شده در تحقیق حاضر به کمک ۷ رکورد زلزله (برای قاب ۵ طبقه) ۱۸۰
- شکل ۱۱۵: مقایسه میانگین نتایج بدست آمده تحلیل تاریخچه زمانی قاب طراحی شده به روش Popov و روش ارائه شده در تحقیق حاضر به کمک ۷ رکورد زلزله (برای قاب ۷ طبقه) ۱۸۰
- شکل ۱۱۶: میز لرزه آزمایش فرضی [۸] ۱۸۲
- شکل ۱۱۷: روش طراحی مطابق روش زمان دوام [۸] ۱۸۳
- شکل ۱۱۸: فرم‌های مختلف افزایش تقاضا در توابع شتاب. الف) خطی ب) نرخ صعودی ج) نرخ نزولی [۳۱] ۱۸۵
- شکل ۱۱۹: تابع شتاب فزاینده سری اول [۳۱] ۱۸۷
- شکل ۱۲۰: مقایسه محتوای فرکانسی توابع شتاب و میانگین ۷ شتاب نگاشت [۲۷] ۱۸۸
- شکل ۱۲۱: طیف پاسخ شتاب توابع شتاب سری f در زمان‌های مختلف [۲۷] ۱۸۹
- شکل ۱۲۲: قاب سه طبقه منظم [۸] ۱۹۴
- شکل ۱۲۳: تغییر مکان نسبی بیشینه قاب [۸] ۱۹۵
- شکل ۱۲۴: مقایسه نمودار برش پایه - تغییر مکان بام در روش تحلیل استاتیکی غیرخطی فزاینده و روش زمان دوام [۳۵] ۱۹۶
- شکل ۱۲۵: مقایسه نتایج دو روش IDA و زمان دوام [۳۵] ۱۹۷
- شکل ۱۲۶: ماکزیمم تغییر مکان نسبی درون طبقه بدست آمده از تحلیل تاریخچه زمانی به کمک ۷ شتاب نگاشت و میانگین نتایج بدست آمده برای قاب‌های FM03B1RG [۳۶] ۲۰۰
- شکل ۱۲۷: ماکزیمم تغییر مکان نسبی درون طبقه بدست آمده از تحلیل زمان دوام برای قاب‌های FM03B1RG و مقدار زمان معادل تحلیل تاریخچه زمانی [۳۶] ۲۰۱
- شکل ۱۲۸: ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی سه طبقه حین فرآیند بهینه‌سازی با توابع شتاب روش زمان دوام ۲۰۴

- شکل ۱۲۹ : ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی پنج طبقه حین فرآیند بهینه‌سازی با توابع شتاب روش زمان دوام..... ۲۰۵
- شکل ۱۳۰ : ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی هفت طبقه حین فرآیند بهینه‌سازی با توابع شتاب روش زمان دوام..... ۲۰۶
- شکل ۱۳۱ : ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی و مدل اجزا محدود قاب سه طبقه به کمک توابع شتاب روش زمان دوام..... ۲۰۹
- شکل ۱۳۲ : ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی و مدل اجزا محدود قاب پنج طبقه به کمک توابع شتاب روش زمان دوام..... ۲۱۰
- شکل ۱۳۳ : ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی و مدل اجزا محدود قاب هفت طبقه به کمک توابع شتاب روش زمان دوام..... ۲۱۱
- شکل ۱۳۴ : ضریب پراکندگی دوران تیر پیوند در طبقات مختلف قاب‌های ۳، ۵ و ۷ طبقه..... ۲۱۲
- شکل ۱۳۵ : ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی و مدل اجزا محدود بهینه شده قاب پنج طبقه به کمک توابع شتاب روش زمان دوام..... ۲۱۴
- شکل ۱۳۶ : ماکزیمم دوران تیر پیوند در طبقات مختلف مدل ساختمان برشی و مدل اجزا محدود بهینه شده قاب هفت طبقه به کمک توابع شتاب روش زمان دوام..... ۲۱۵
- شکل ۱۳۷ : ضریب پراکندگی دوران تیر پیوند در طبقات مختلف قاب‌های بهینه شده ۵ و ۷ طبقه..... ۲۱۶
- شکل ۱۳۸ : دوران تیر پیوند بدست آمده از تحلیل قاب ۳ طبقه با استفاده از تابع شتاب f_{01} روش زمان دوام در زمان هدف ۱۰ ثانیه برای حالتی که قاب برای سطح عملکرد ایمنی جانی بهینه شده است..... ۲۱۹
- شکل ۱۳۹ : دوران تیر پیوند بدست آمده از تحلیل قاب ۳ طبقه با استفاده از تابع شتاب f_{01} روش زمان دوام در زمان هدف ۱۵ ثانیه برای حالتی که قاب برای سطح عملکرد ایمنی جانی بهینه شده است..... ۲۱۹
- شکل ۱۴۰ : دوران تیر پیوند بدست آمده از تحلیل قاب ۳ طبقه با استفاده از تابع شتاب f_{01} روش زمان دوام در زمان هدف ۱۵ ثانیه برای حالتی که قاب برای سطح عملکرد آستانه فرو ریزش بهینه شده است..... ۲۲۰
- شکل ۱۴۱ : دوران تیر پیوند بدست آمده از تحلیل قاب ۳ طبقه با استفاده از تابع شتاب f_{01} روش زمان دوام در زمان هدف ۱۰ ثانیه برای حالتی که قاب برای هر دو سطح عملکرد ایمنی جانی و آستانه فرو ریزش بهینه شده است..... ۲۲۰
- شکل ۱۴۲ : دوران تیر پیوند بدست آمده از تحلیل قاب ۳ طبقه با استفاده از تابع شتاب f_{01} روش زمان دوام در زمان هدف ۱۰ ثانیه برای حالتی که قاب برای هر دو سطح عملکرد ایمنی جانی و آستانه فرو ریزش بهینه شده است..... ۲۲۱
- شکل ۱۴۳ : دوران تیر پیوند بدست آمده از تحلیل قاب ۳ طبقه با استفاده از تابع شتاب f_{01} روش زمان دوام در زمان هدف ۱۵ ثانیه برای حالتی که قاب برای هر دو سطح عملکرد ایمنی جانی و آستانه فرو ریزش بهینه شده است..... ۲۲۱
- شکل ۱۴۴ : تغییر مکان ناشی از تغییر شکل محوری مهاربند [۱۵]..... ۲۲۹
- شکل ۱۴۵ : رابطه تغییر مکان افقی با تغییر شکل محوری مهاربند [۳۷]..... ۲۳۰
- شکل ۱۴۶ : تغییر مکان ناشی از تغییر شکل محوری تیر [۱۵]..... ۲۳۰
- شکل ۱۴۷ : تغییر مکان ناشی از تغییر شکل برشی تیر پیوند [۱۵]..... ۲۳۱
- شکل ۱۴۸ : رابطه بین دوران برشی تیر پیوند و تغییر مکان افقی [۲۴]..... ۲۳۲
- شکل ۱۴۹ : رابطه بین برش طبقه و برش تیر پیوند [۳۷]..... ۲۳۲
- شکل ۱۵۰ : تغییر مکان ناشی از تغییر شکل خمشی تیر و تیر پیوند [۱۵]..... ۲۳۳

- شکل ۱۵۱: رابطه تغییر مکان افقی با تغییر شکل قائم ناشی از خمش تیر و تیر پیوند [۳۷]..... ۲۳۴
- شکل ۱۵۲: رابطه تغییر مکان افقی با تغییر شکل قائم ناشی از خمش تیر و تیر پیوند [۳۷]..... ۲۳۴
- شکل ۱۵۳: شتاب، طیف شبه شتاب و طیف دامنه فوریه رکورد شماره ۱ و ۲ جدول ۹..... ۲۳۶
- شکل ۱۵۴: شتاب، طیف شبه شتاب و طیف دامنه فوریه رکورد شماره ۳ و ۴ جدول ۹..... ۲۳۷
- شکل ۱۵۵: شتاب، طیف شبه شتاب و طیف دامنه فوریه رکورد شماره ۵ و ۶ جدول ۹..... ۲۳۸
- شکل ۱۵۶: شتاب، طیف شبه شتاب و طیف دامنه فوریه رکورد شماره ۷ و ۸ جدول ۹..... ۲۳۹
- شکل ۱۵۷: شتاب، طیف شبه شتاب و طیف دامنه فوریه رکورد شماره ۹ و ۱۰ جدول ۹..... ۲۴۰
- شکل ۱۵۸: شتاب، طیف شبه شتاب و طیف دامنه فوریه رکورد شماره ۵ جدول ۹..... ۲۴۱
- شکل ۱۵۹: شتاب، طیف شبه شتاب و طیف دامنه فوریه رکورد شماره ۱۳ و ۱۴ جدول ۹..... ۲۴۲
- شکل ۱۶۰: شتاب، طیف شبه شتاب و طیف دامنه فوریه رکورد شماره ۱۵ و ۱۶ جدول ۹..... ۲۴۳
- شکل ۱۶۱: شتاب، طیف شبه شتاب و طیف دامنه فوریه رکورد شماره ۱۷ و ۱۸ جدول ۹..... ۲۴۴
- شکل ۱۶۲: شتاب، طیف شبه شتاب و طیف دامنه فوریه رکورد شماره ۱۹ جدول ۹..... ۲۴۵

فهرست جداول

جدول ۱ : تغییر مکان‌های افقی ناشی از تغییر شکل‌های اعضا مختلف قاب مهاربندی برون محور [۱۷].....	۱۷
جدول ۲ : مشخصات فنرهای نماینده رفتار الاستیک یک طبقه از قاب مهاربندی برون محور که به صورت سری عمل می‌کند.....	۴۱
جدول ۳ : مشخصات قاب‌های طراحی شده.....	۵۲
جدول ۴ : مشخصات قاب ۳ طبقه مدل شده توسط Prinz [۱].....	۵۸
جدول ۵ : پیوند قاب ۳ طبقه مدل شده توسط Prinz [۱].....	۵۹
جدول ۶ : مشخصات رکوردهای به کار گرفته شده در تحلیل‌های تاریخچه زمانی انجام شده توسط Prinz [۱].....	۶۰
جدول ۷ : سختی الاستیک، تغییر مکان تسلیم و مقاومت تسلیم تیرها و مهاربندهای به کار رفته در مدل‌های قاب-های جدول ۳.....	۶۲
جدول ۸ : پیوندهای مدل‌های FE و SB.....	۶۶
جدول ۹ : زمان انجام تحلیل‌های استاتیکی غیرخطی فزاینده در این تحقیق.....	۸۱
جدول ۱۰ : مشخصات ۱۹ رکورد به کار گرفته شده برای تحلیل‌های دینامیکی فزاینده.....	۸۴
جدول ۱۱ : زمان انجام تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی فزاینده در این تحقیق.....	۹۷
جدول ۱۲ : مقادیر لگاریتمی میانگین و انحراف معیار جابجایی جانبی بام برای مدل اجزا محدود قاب ۵ طبقه ۳ دهانه، مدل ساختمان برشی معادل آن و تابع z مربوط به آن‌ها.....	۱۰۰
جدول ۱۳ : توزیع اعضا در مرحله ابتدایی و انتهای تحلیل [۶].....	۱۳۷
جدول ۱۴ : مشخصات ۷ رکورد به کار گرفته شده برای بهینه‌سازی طراحی قاب‌های مهاربندی برون محور.....	۱۴۱
جدول ۱۵ : مقادیر بهینه سطح مقطع برشی تیر پیوند و سطح مقطع مهاربند، بدست آمده از بهینه‌سازی مدل ساختمان برشی و مقادیر قرار گرفته در مدل اجزا محدود قاب ۳ طبقه.....	۱۶۰
جدول ۱۶ : مقادیر بهینه سطح مقطع برشی تیر پیوند و سطح مقطع مهاربند، بدست آمده از بهینه‌سازی مدل ساختمان برشی و مقادیر قرار گرفته در مدل اجزا محدود قاب ۵ طبقه.....	۱۶۱
جدول ۱۷ : مقادیر بهینه سطح مقطع برشی تیر پیوند و سطح مقطع مهاربند، بدست آمده از بهینه‌سازی مدل ساختمان برشی و مقادیر قرار گرفته در مدل اجزا محدود قاب ۷ طبقه.....	۱۶۲
جدول ۱۸ : مقادیر بهینه سطح مقطع برشی تیر پیوند و سطح مقطع مهاربند، بدست آمده از بهینه‌سازی مدل ساختمان برشی و مدل اجزا محدود قاب ۵ طبقه.....	۱۷۰
جدول ۱۹ : مقادیر بهینه سطح مقطع برشی تیر پیوند و سطح مقطع مهاربند، بدست آمده از بهینه‌سازی مدل ساختمان برشی و مدل اجزا محدود قاب ۷ طبقه.....	۱۷۱
جدول ۲۰ : برش طبقات با استفاده از روش CQC و برش تیر پیوند و سطح مقطع برشی این تیر منتج از برش طبقه برای قاب ۳ طبقه.....	۱۷۷
جدول ۲۱ : برش طبقات با استفاده از روش CQC و برش تیر پیوند و سطح مقطع برشی این تیر منتج از برش طبقه برای قاب ۵ طبقه.....	۱۷۷
جدول ۲۲ : برش طبقات با استفاده از روش CQC و برش تیر پیوند و سطح مقطع برشی این تیر منتج از برش طبقه برای قاب ۷ طبقه.....	۱۷۷
جدول ۲۳ : میانگین سطح مقطع برشی تیر پیوند بدست آمده از روش ارائه شده در این تحقیق و روش ارائه شده توسط Popov.....	۱۷۹
جدول ۲۴ : مشخصات زلزله‌های ثبت شده بر روی خاک نوع C [۳۳].....	۱۸۷

- جدول ۲۵ : مشخصات قاب‌ها [۳۶]..... ۱۹۸
- جدول ۲۶ : مقایسه بین نتایج بدست آمده از تحلیل تاریخچه زمانی و تحلیل به روش زمان دوام برای انواع قاب‌ها [۳۶]..... ۲۰۱
- جدول ۲۷ : مقادیر بهینه سطح مقطع برشی تیر پیوند و سطح مقطع مهاربند، بدست آمده از بهینه‌سازی مدل ساختمان برشی با استفاده از توابع شتاب روش زمان دوام و مقادیر قرار گرفته در مدل اجزا محدود قاب ۳ طبقه..... ۲۰۷
- جدول ۲۸ : مقادیر بهینه سطح مقطع برشی تیر پیوند و سطح مقطع مهاربند، بدست آمده از بهینه‌سازی مدل ساختمان برشی با استفاده از توابع شتاب روش زمان دوام و مقادیر قرار گرفته در مدل اجزا محدود قاب ۵ طبقه..... ۲۰۷
- جدول ۲۹ : مقادیر بهینه سطح مقطع برشی تیر پیوند و سطح مقطع مهاربند، بدست آمده از بهینه‌سازی مدل ساختمان برشی با استفاده از توابع شتاب روش زمان دوام و مقادیر قرار گرفته در مدل اجزا محدود قاب ۷ طبقه..... ۲۰۸
- جدول ۳۰ : مقادیر بهینه سطح مقطع برشی تیر پیوند و سطح مقطع مهاربند، بدست آمده از بهینه‌سازی مدل ساختمان برشی و مدل اجزا محدود قاب ۵ طبقه..... ۲۱۳
- جدول ۳۱ : مقادیر بهینه سطح مقطع برشی تیر پیوند و سطح مقطع مهاربند، بدست آمده از بهینه‌سازی مدل ساختمان برشی و مدل اجزا محدود قاب ۷ طبقه..... ۲۱۳
- جدول ۳۲ : میانگین مقادیر بهینه سطح مقطع برشی تیر پیوند بدست آمده از بهینه‌سازی مدل ساختمان برشی قاب ۳ طبقه برای ۷ شتاب نگاشت و ۳ تابع شتاب..... ۲۱۶
- جدول ۳۳ : میانگین مقادیر بهینه سطح مقطع برشی تیر پیوند بدست آمده از بهینه‌سازی مدل ساختمان برشی قاب ۵ طبقه برای ۷ شتاب نگاشت و ۳ تابع شتاب..... ۲۱۷
- جدول ۳۴ : میانگین مقادیر بهینه سطح مقطع برشی تیر پیوند بدست آمده از بهینه‌سازی مدل ساختمان برشی قاب ۷ طبقه برای ۷ شتاب نگاشت و ۳ تابع شتاب..... ۲۱۷

فصل اول

مقدمه

۱-۱- قاب‌های مهاربندی برون محور

به طور کلی هدف ضوابط طراحی لرزه‌ای سازه‌های فولادی، طراحی سازه‌هایی است که قابلیت پاسخ الاستیک در زمان لرزه‌های خفیف، حفظ ایمنی جانی ساکنان در زلزله‌های متوسط و جلوگیری از فروریزش حین زلزله‌های بزرگ را توأمان دارا باشد. برای برآورده کردن این اهداف سازه‌ها به طور کلی به گونه‌ای طراحی می‌شوند تا در هنگام زلزله‌های خفیف با برخورداری از سختی جانبی کافی دچار تغییر شکل‌های بزرگ نشوند و در حین زلزله‌های متوسط و بزرگ با داشتن شکل‌پذیری کافی قادر به تحمل تغییر شکل‌های بزرگ باشند. این گونه طراحی‌ها عموماً با به کارگیری سیستم‌های سازه‌ای دارای سختی و شکل‌پذیری مناسب مانند قاب‌های مهاربندی برون محور^۱ امکان‌پذیر است.

قاب‌های مهاربندی برون محور از سختی جانبی و شکل‌پذیری بالایی برخوردار هستند. سختی جانبی بالا ناشی از عضو مهاربند و شکل‌پذیری زیاد ناشی از یک مکانیزم غیرخطی است که به گونه‌ای طراحی شده است که خسارت وارده به قاب را حین بارگذاری‌های بزرگ محدود کند.

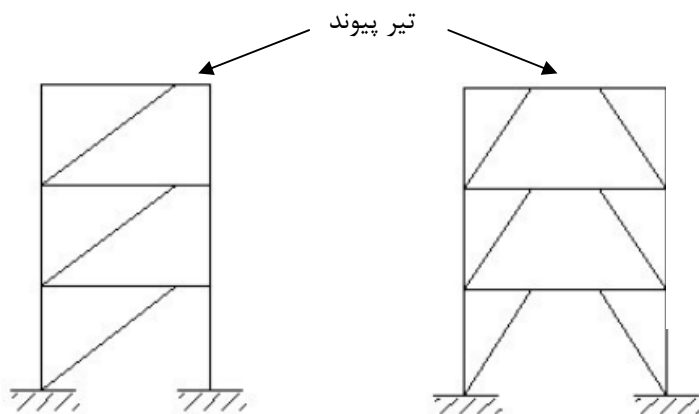
حین زلزله‌های بزرگ قاب‌های مهاربندی برون محور با دوران غیر الاستیک تیر پیوند^۲، جذب انرژی می‌کنند. تیر پیوند به ناحیه‌ای اطلاق می‌شود که بین نقاط تلاقی محورهای دو عضو قطری مهاربند روی تیر و یا بین نقطه تلاقی محور یک عضو قطری مهاربند روی تیر و گره اتصال تیر به ستون قرار دارد (شکل ۱). تیرهای پیوند کوتاه‌تر که دوران آن‌ها ناشی از تسلیم برشی جان است نسبت به تیرهای پیوند بلندتر که در اثر خمش در دو انتهای آن‌ها مفصل پلاستیک ایجاد می‌شود، جذب انرژی بیشتر و عملکرد بهتری دارند (شکل ۲).

بر اساس روش طراحی بر اساس عملکرد، تیرهای پیوند در قاب‌های مهاربندی برون محور به گونه‌ای طراحی می‌شوند که در حین بارهای لرزه‌ای بزرگ به عنوان فیوز سازه عمل کنند و خسارت‌ها را به همین ناحیه محدود کنند. هنگامی که

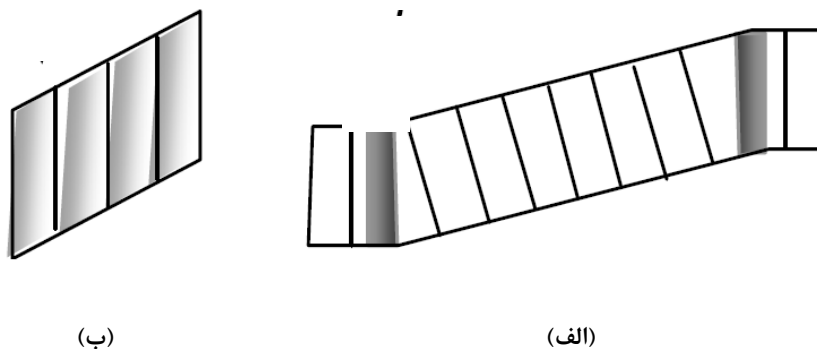
^۱ Eccentrically Braced Frames (EBFs)

^۲ Link Beam

تیرهای پیوند درست طراحی شوند، سایر اعضای قاب مانند ستون‌ها، مهاربندها و تیرها در ناحیه خارج از تیر پیوند همواره الاستیک باقی می‌مانند [۱ و ۲].



شکل ۱: هندسه قاب‌های مهاربندی برون محور [۱]



شکل ۲: (الف) تیر پیوند با مفصل پلاستیک در دو انتها (ب) تیر پیوند برشی [۱]

یکی از مزایایی که قاب‌های مهاربندی برون محور نسبت به قاب‌های مهاربندی هم محور دارند، انعطاف‌پذیری آن‌ها در مسائل معماری است. فاصله مهاربندها در قاب‌های مهاربندی برون محور فضای مناسبی جهت تعبیه در و پنجره در اختیار می‌گذارد. قاب‌های مهاربندی هم محور به علت نحوه قرارگیری مهاربندها در آن‌ها از چنین مزیتی برخوردار نیستند [۱].

۱-۲- مدل‌های ساختمان برشی

در روش طراحی بر اساس عملکرد تخمین نیاز جابجایی جانبی از اهمیت زیادی برخوردار است. تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی یکی از بهترین راه‌های تخمین نیاز جابجایی جانبی است. اما در انجام این نوع تحلیل عدم قطعیت‌های زیادی مربوط به رکوردهای زلزله که ورودی این تحلیل می‌باشند و مدل‌های به کار گرفته شده در آن که معرف رفتار سازه می‌باشند، وجود دارد. به کارگیری مدل‌هایی با جزئیات پیچیده و دقیق در این روش در بسیاری از موارد غیر عملی و بسیار زمان‌بر است. از این لحاظ داشتن ابزاری که انجام این تحلیل را بر روی قاب‌ها ساده‌تر کند، ضروری می‌نماید [۳]. یکی از متداول‌ترین این ابزارها استفاده از مدل‌های جرم و فنر معادل، موسوم به مدل‌های ساختمان برشی، در تخمین پاسخ سازه در تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی است. با وجود برخی اشکالات و کمبودها استفاده از مدل‌های ساختمان برشی منجر به کاهش حجم عملیاتی تحلیل و به دنبال آن کاهش زمان تحلیل و افزایش راندمان تحلیل می‌گردد. از این رو این مدل‌ها همواره مورد توجه محققان قرار داشته‌اند [۴].

۱-۳- بهینه‌سازی

پیکربندی سازه تاثیر زیادی بر عملکرد لرزه‌ای آن دارد. سازه‌هایی با توزیع نامناسب سختی و مقاومت، عملکرد ضعیفی در زلزله‌های اخیر از خود نشان داده‌اند و بسیاری از خرابی‌های مشاهده شده مربوط به مشکلات پیکربندی می‌باشد. به عنوان مثال ایجاد مکانیزم طبقه نرم علت خرابی بسیاری از سازه‌ها بوده است که خود ناشی از توزیع نادرست سختی است. انواع مختلف توزیع نادرست سختی و مقاومت می‌تواند سبب عملکرد نامناسب سازه باشد که در این میان تمرکز تغییر شکل نسبی طبقه و شکل‌پذیری در بعضی از طبقات از نامناسب‌ترین این انواع می‌باشند و می‌توانند نتایج بسیار بدی را به دنبال داشته باشند.

طراحی اولیه اکثر سازه‌ها مبنی بر روش آیین‌نامه‌ای پیش تجویزی با استفاده از طراحی لرزه‌ای الاستاتیکی معادل است. توزیع نیروهای الاستاتیکی و به دنبال آن توزیع سختی و مقاومت در ارتفاع در این روش بر اساس مود ارتجاعی الاستیک می‌باشد. در حالی که سازه‌ها عموماً تحت بارهای لرزه‌ای الاستیک باقی نمی‌مانند و تغییر شکل‌های غیر الاستیک بزرگی را متحمل می‌شوند. لذا این گونه توزیع قراردادی نیرو در ارتفاع لزوماً منتج به بهترین عملکردی که یک سازه می‌تواند داشته باشد، نمی‌شود [۵].

راهنماهای طراحی متاخر مانند FEMA 356 و SEAOC Vision 2000 برای برخی از پاسخ‌های سازه (مانند تغییر مکان نسبی جانبی، دوران تیر پیوند و ...) محدودیت قائل شده‌اند به این معنی که تجاوز از این حدود به منزله عبور از یک سطح عملکرد مورد نظر است. از این مفهوم می‌توان برای اصلاح طراحی اولیه سازه با هدف رسیدن به سطح عملکرد مورد نظر در تمام ارتفاع سازه استفاده کرد (تئوری تغییر شکل‌های یکنواخت) و به رفتار بهتری دست یافت [۶].

۱-۴- روش زمان دوام

همان طور که در بخش قبل نیز گفته شد، روش استاتیکی معادل کاستی‌های زیادی دارد. بر اساس این روش، سازه‌هایی با مقاومت و سختی جانبی بالا نسبت به سازه‌هایی که سختی و مقاومت کم‌تری دارند، ارجحیت دارند. در حالی که مشاهدات و آزمایش‌های انجام شده نشان داده است که این نتیجه‌گیری همیشه صادق نیست. در حقیقت، در برخی از موارد کاهش سختی جانبی منجر به عملکرد لرزه‌ای بهتری می‌شود. اصول طراحی جداسازهای لرزه‌ای، مثال بارز این واقعیت است.

این کاستی‌های آشکار در روش‌های طراحی مرسوم به همراه پیشرفت‌های قابل ملاحظه در زمینه فناوری اطلاعات و ابزارهای تحلیلی پیشرفته، محققین را به سمت پیشنهاد روش‌های منطقی‌تر و سازگارتر تحلیل لرزه‌ای سازه‌ها و به کارگیری این روش‌ها سوق داد. روش‌های مبتنی بر عملکرد سازه در راستای همین اهداف به وجود آمدند. توسعه این روش‌های جدید عمدتاً مدیون پیشرفت چشمگیر ابزارهای محاسباتی است که امکان حل مسائل پیشرفته غیرخطی را فراهم کرده است. روش‌های دیگری نظیر روش تحلیل استاتیکی فزاینده و تحلیل غیر خطی تاریخچه زمانی نیز رفته رفته در بین مهندسين طرفداران زیادی پیدا کرده‌اند [۷].

روش‌های تحلیل از منظر رویکرد به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

– روش‌های نیروهای تجویزی^۳

– روش‌های طراحی بر اساس عملکرد^۴

از انواع روش‌های نیروهای تجویزی می‌توان روش‌های زیر را نام برد:

^۳ Prescribed Force Methods

^۴ Performance Based Design Methods

- تحلیل استاتیکی معادل^۵

- تحلیل تحلیل طیفی^۶

- تحلیل تاریخچه زمانی^۷

از انواع روش‌های طراحی بر اساس عملکرد می‌توان روش‌های زیر را نام برد:

- تحلیل استاتیکی غیر خطی فزاینده^۸

- تحلیل دینامیکی (تاریخچه زمانی)^۹

- تحلیل دینامیکی فزاینده^{۱۰}

با توجه به دسته‌بندی فوق، روش زمان دوام یک روش فزاینده دینامیکی برای ارزیابی لرزه‌ای سازه‌ها بر اساس روش تاریخچه زمانی می‌باشد که به تازگی در دانشگاه صنعتی شریف توسط محققین داخلی گسترش داده شده است [۸ و ۹].

۱-۵- هدف و محدوده تحقیق

هدف از این تحقیق بهینه‌سازی قاب‌های مهاربندی برون محور با استفاده از تئوری تغییر شکل‌های یکنواخت توسط یک مدل ساده ساختمان برشی و یک تابع شتاب روش زمان دوام است. به این منظور یک مدل ساختمان برشی ارائه شده است که بتوان از آن در تحلیل‌های تاریخچه زمانی و بهینه‌سازی استفاده کرد. سپس با استفاده از نتایج بهینه‌سازی این مدل ساختمان برشی به کمک رکوردهای زلزله و تابع شتاب روش زمان دوام، قاب مهاربندی اصلی نیز بهینه شده است. کنترل صحت پاسخ‌های ساختمان برشی معادل و مقایسه بهینه‌سازی آن با نتایج مربوط به بهینه‌سازی قاب‌های مهاربندی نیز ارائه شده است. نحوه استفاده از روش زمان دوام برای طراحی بهینه مدل‌های ساختمان برشی و قاب‌ها

⁵ Equivalent Static Analysis

⁶ Response Spectrum Analysis

⁷ Time History Analysis

⁸ Nonlinear Pushover

⁹ Nonlinear Time History Analysis

¹⁰ Incremental Dynamic Analysis

مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از نتایج قسمت‌های قبلی پایان‌نامه، روشی برای طراحی مناسب قاب‌ها پیشنهاد شده است.

۱-۶- فصل‌های مختلف تحقیق

در فصل دوم، با مروری بر ادبیات فنی مدل‌های ساختمان برشی به بررسی تحقیقات انجام شده در این زمینه پرداخته شده است. در ادامه این فصل جزئیات مربوط به مدل ساختمان برشی معرفی شده، مبانی تحلیل‌های استاتیکی غیرخطی فزاینده و تحلیل‌های دینامیکی فزاینده ارائه شده است. بخش پایانی فصل به نتایج تحلیل‌های استاتیکی غیرخطی فزاینده و تحلیل‌های دینامیکی فزاینده مدل‌های ساختمان برشی معادل و قاب‌های مهاربندی برون محور اختصاص دارد. در فصل سوم، با مروری بر ادبیات فنی بهینه‌سازی به بررسی تحقیقات انجام شده در این زمینه پرداخته شده است. در ادامه جزئیات مربوط به نحوه بهینه‌سازی مدل‌های ساختمان برشی و قاب‌ها ارائه شده است. بخش پایانی فصل به نتایج بهینه‌سازی مدل‌های ساختمان برشی معادل و قاب‌های مهاربندی برون محور با استفاده از تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی اختصاص دارد.

در فصل چهارم، با مروری بر ادبیات فنی روش زمان دوام به بررسی تحقیقات انجام شده در این زمینه پرداخته شده است. در ادامه جزئیات مربوط به نحوه بهینه‌سازی مدل‌های ساختمان برشی و قاب‌ها ارائه شده است. بخش پایانی فصل به نتایج تحلیل و بهینه‌سازی مدل‌های ساختمان برشی معادل و قاب‌های مهاربندی برون محور با استفاده از روش زمان دوام اختصاص دارد.

در فصل پنجم نتیجه‌گیری کلی از مباحث فصول قبل به صورت خلاصه ارائه شده است.

فصل دوم

مدل ساختمان برشی

۲-۱- کلیات

قاب مهاربندی برون محور یک سیستم سازه‌ای است که ترکیبی از سختی الاستیک بالای قاب مهاربندی هم محور و شکل‌پذیری و قابلیت اتلاف انرژی بالای قاب خمشی را دارا می‌باشد. ترکیب این دو ویژگی سبب می‌شود که این سیستم سازه‌ای همواره به عنوان یک راه حل مناسب برای سازه‌های واقع در مناطق با لرزه‌خیزی بالا مانند ایران، مطرح باشد [۱۱]. لذا در این تحقیق به بررسی طراحی بهینه این قاب‌ها پرداخته شده است.

تحقیق حاضر مبنی بر دو اصل ساده‌سازی و بهینه‌سازی است. در این تحقیق به منظور ساده‌سازی تحلیل‌های تاریخچه زمانی از مدل‌های ساختمان برشی معادل به جای مدل‌های تحلیلی پیچیده قاب‌های مهاربندی برون محور استفاده شده است. ساختمان‌های برشی که ترکیبی از تعدادی جرم و فنر می‌باشند، به دلیل سادگی و نیاز محاسباتی محدود همواره مورد توجه محققان قرار داشته‌اند.

در این فصل، ابتدا مروری بر ادبیات فنی مربوط به مدل‌های ساختمان برشی و مطالعات انجام شده برای بدست آوردن سختی و تغییر مکان تسلیم طبقه قاب‌های مهاربندی برون محور، شده است. با بهره گرفتن از تئوری‌های بررسی شده، یک مدل ساختمان برشی جهت ساده‌سازی تحلیل‌های غیر خطی و تحلیل‌های لازم برای بهینه کردن قاب مهاربندی برون محور، تعریف شده است.

برای حصول اطمینان از صحت پاسخ‌های این مدل ساختمان برشی، تحلیل‌های استاتیکی غیرخطی فزاینده و تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی فزاینده متعددی بر روی قاب‌ها و مدل‌های ساختمان برشی مدل شده انجام شده است. مشخصات قاب‌ها و مدل‌های ساختمان برشی تعریف شده، مبانی آنالیزهای انجام شده و نهایتاً نتایج بدست آمده در این فصل ارائه شده است.