دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

مهندسی زلزله

مدل رفتاری میانقاب‌های آجری در قاب‌های بتن مسلح

دانشجو

حمید حسینی فرد

استاد راهنما

دکتر مسعود سلطانی محمدی

بهمن۱۳۹۳

تقدیم به

پدر و مادرم

و تمام آنانی که دوستشان دارم

تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر مسعود سلطانی محمدی، به خاطر توجهات و مساعدت‌هایشان کمال تشکر را دارم و برایشان سلامتی و توفیق همیشگی آرزومندم. همچنین از اساتید دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس و دانشگاه تبریز، تشکر می‌کنم و آرزوی توفیق برای ایشان دارم.

همچنین از خانواده‌ام، خصوصا خانواده برادرانم، که در این مدت حامی من بودند کمال تشکر و امتنان را دارم.

چکیده

میانقاب‌های آجری غیر مسلح بطور گسترده‌ای در ساختمان‌ها به عنوان دیوار پیرامونی ساختمان‌ها و جداکننده فضاهای داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. وجود میانقاب در یک ساختمان باعث تغییرات مقاومت، سختی، پریود و بطور کلی عملکرد لرزه‌ای ساختمان می‌شود. به‌علت وجود نیروی اندرکنشی بین قاب و میانقاب، ظرفیت باربری و سختی قاب مرکب نسبت به قاب تنها افزایش می‌یابد. معمولاً در فرآیند تحلیل و طراحی، ساختمان‌های بتنی صرفا به صورت قاب-هایی متشکل از اعضای اصلی سازه ای از قبیل تیرها، ستون‌ها و دیوارهای برشی در نظر گرفته شده و از نقش میانقاب در روند تحلیل و طراحی ساختمان‌ها صرفنظر می‌شود.

بررسی‌های قبلی در خصوص ساختمان‌های موجود در کشور خصوصاً ساختمان‌های نیم اسکلت نشان داده است که وضعیت میانقاب‌های موجود در کشور شرایط کاملاً متفاوتی با فرضیات مدل‌های رفتاری موجود در آئین‌نامه‌ها و تحقیقات قبلی دارد که عموماً در خارج از کشور توسعه یافته اند. مواردی مانند عدم درنظرگیری بار ثقلی و نادیده‌گرفتن اثر محلی میانقاب بر روی سازه، از دیگر کاستی‌های مدل‌های پیشین می‌باشد. لذا شناسایی این پارامترها و ارائه‌ی مدل جامع رفتاری که تاثیر این عوامل را به صورت جامع‌تری در برگیرد، هدف این تحقیق قرار گرفته است.

مطالعات انجام گرفته در این تحقیق را می‌توان به دو بخش کلی تقسیم بندی کرد: در بخش اول با استفاده از نرم-افزار COM3 به بررسی پارامترهای موثر در رفتار قاب مرکب و مواردی همچون پدیده‌ی ستون کوتاه، مسلح کردن قاب مرکب توسط دوخت میانقاب به قاب و طول مهاری در اتصال ستون و تیر قاب پرداخته شده است.

در بخش دوم با جایگزین کردن میانقاب با دستک فشاری، مدلی پیشنهاد می‌شود که سعی شده است نواقص مدل‌های پیشین را تا حدی رفع کند. این مدل شامل چند پارامتر و نقطه کلیدی شامل سختی اولیه، نقطه ترک‌خورگی، سختی ثانویه، ظرفیت بیشینه و نقطه گسیختگی می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: قاب بتن مسلح، میانقاب بنایی، دستک فشاری، مدل چندخطی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱

کلیات ۶

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ ضرورت مطالعه ۱

۱-۳ هدف از انجام پژوهش حاضر ۲

۱-۴ مراحل انجام پژوهش و آرایش فصول ۳

فصل ۲

مرور ادبیات ۱۰

فصل ۳

رفتار قاب مرکب ۱۹

۳-۱ رفتار قاب مرکب و اندرکنش بین قاب و میانقاب ۱۴

۳-۲ توزیع تنش در میانقاب ۱۶

۳-۳ مقاومت حالت‌های گسیختگی قاب‌های مرکب ۲۲

۳-۳-۱ مقاومت ترک قطری ۲۲

۳-۳-۲ مقاومت برشی لغزشی ۲۳

۳-۳-۳ مقاومت شکست کنج ۲۴

۳-۴ محاسبه سختی درون صفحه‌ای قاب‌های مرکب ۲۵

۳-۵ تئوری پلاستیک قاب‌های دارای میانقاب ۳۰

۳-۶ مقایسه‌ی آئین‌نامه‌های کشورهای مختلف ۳۲
۳-۶-۱ روش تحلیل ۳۳
۳-۶-۲ روابط تجربی برای پریود طبیعی ۳۳
۳-۶-۳ تعیین سهم قاب و دیوار از بار جانبی ۳۵
۳-۶-۴ نامنظمی در پلان ۳۶
۳-۶-۵ نامنظمی در نما (ارتفاع) ۳۶
۳-۶-۶ ضریب کاهش نیروی طرح ۳۷
۳-۶-۷ سختی دیوار پرکننده ۳۷
۳-۶-۸ FEMA ۳۷
۳-۶-۹ ASCE ۳۹
۳-۶-۱۰ استاندارد ۲۸۰۰ ..... ۳۹
فصل ۴
مدل‌های رفتاری و مدل‌سازی با نرم‌افزار ۴۶
۴-۱ مقدمه ۴۱
۴-۲ خلاصه‌ای از مدل‌های رفتاری نرم‌افزار ۴۲
۴-۲-۱ شیوه‌های مدل‌سازی گسترش ترک در بتن ۴۲
۴-۲-۱-۱ مدل ترک منفصل یا مجزا ۴۲
۴-۲-۱-۲ مدل ترک پخشی ۴۳
۴-۲-۱-۳ بحث و مقایسه روش‌ها ۴۴
۴-۲-۲ مدل‌سازی المان‌های بتن مسلح ۴۵
۴-۲-۲-۱ مدل ارتجاعی– خمیری و شکست ۴۶
۴-۲-۲-۲ معیار ترک‌خوردگی ۴۷
۴-۲-۲-۳ مدل‌سازی بتن ترک‌خورده ۴۹
۴-۲-۲-۴ مدل‌سازی بتن مسلح تحت تنش کششی ۴۹
۴-۲-۲-۵ مدل‌سازی بتن مسلح تحت تنش فشاری ۴۹
۴-۲-۲-۶ مدل‌سازی بتن تحت تنش برشی ۵۱
۴-۲-۲-۷ مدل‌سازی میله فولادی تنها ۵۲
۴-۲-۲-۸ مدل‌سازی رابطه تنش متوسط- کرنش متوسط میلگردهای داخل بتن ۵۳
۴-۳ مدل‌سازی مصالح بنایی غیر مسلح ۵۵

۴-۳-۱ مدل چگالی اتصالی برای انتقال برش از بتن ترک خورده ۵۶
۴-۳-۲ تابع چگالی اتصالی (θ) ۵۷
۴-۳-۳ نسبت مؤثر سطح تماس به کل سطح تماس (K) ۶۰
۴-۳-۴ مدل ارتجاعی خمیری برای تنش تماسی ۶۱
۴-۴ مدل‌سازی با نرم‌افزار COM3 ..... ۶۴
۴-۴-۱ مدل‌سازی تیر و ستون ۶۴
۴-۴-۱-۱ مدل‌سازی تیر و ستون با استفاده از المان سالید ۶۵
۴-۴-۱-۲ مدل‌سازی تیر و ستون با استفاده از المان فایبر ۶۶
۴-۴-۱-۳ مدل‌سازی اتصال ستون به پی با المان لینک ۶۷
۴-۴-۱-۴ مدل‌سازی میانقاب با المان آجر ۶۸
۴-۵ اعتبار سنجی ۶۹
۴-۵-۱ ستون لو و مول ۶۹
۴-۵-۲ قاب‌های محرابی ۷۰
فصل ۵
حساسیت‌سنجی به پارامترها ۷۹
۵-۱ مقدمه ۷۴
۵-۲ ساخت مدل ۷۵
۵-۲-۱ قاب طراحی شده (قوی) ۷۵
۵-۲-۲ قاب ضعیف ۷۷
۵-۲-۳ بررسی پارامتریک قاب طراحی شده (قوی) ۷۸
۵-۲-۳-۱ مقاومت فشاری واحد بنایی ۷۸
۵-۲-۳-۲ چسبندگی ملات ۸۶
۵-۲-۳-۳ زاویه اصطکاک ملات ۸۸
۵-۲-۳-۴ ضخامت دیوار ۸۹
۵-۲-۳-۵ بارگذاری ثقلی ۸۹
۵-۲-۳-۶ نسبت ابعادی ۹۲
۵-۲-۴ بررسی پارامتریک قاب ضعیف ۹۴
۵-۲-۴-۱ مقاومت فشاری آجر در قاب ضعیف ۹۴

۵-۲-۴-۱ چسبندگی ملات در قاب ضعیف ۹۵
۵-۲-۴-۲ زاویه اصطکاک ملات در قاب ضعیف ۹۷
۵-۲-۴-۳ ضخامت دیوار در قاب ضعیف ۹۷
۵-۲-۴-۴ بار ثقلی در قاب ضعیف ۹۸
۵-۲-۴-۵ نسبت ابعادی در قاب ضعیف ۹۹
۵-۲-۵ ستون کوتاه ۱۰۱
۵-۲-۶ مسلح کردن میانقاب توسط دوختن آن‌ها به سازه ۱۰۴
۵-۲-۷ بررسی طول مهاری در اتصالات ۱۰۶
فصل ۶
مدل پیشنهادی ۱۱۴
۶-۱-۱ سختی اولیه ۱۰۹
۶-۱-۲ نقطه ترک‌خوردگی ۱۱۲
۶-۱-۳ شیب ثانویه ۱۱۴
۶-۱-۴ مقاومت نهایی ۱۱۶
۶-۱-۱ شیب نهایی (شیب بعد از ظرفیت نهایی) ۱۲۱
۶-۲ اثرات محلی میانقاب روی قاب مرکب ۱۲۵
۶-۳ بررسی مدل‌های آزمایشگاهی ۱۲۵
۶-۳-۱ قاب استلیندیس ۱۲۵
۶-۳-۲ قاب میسیر ۱۲۸
۶-۳-۳ قاب محرابی ۱۳۱
فصل ۷
نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۴۱
۷-۱ نتیجه‌گیری ۱۳۷
۷-۲ پیشنهادات ۱۳۸

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

فصل ۱ ..... ۱

فصل ۲ ..... ۵

مروری بر مطالعات انجام شده ۵

شکل ۲-۱ قید قطری معادل برای مدل‌سازی میانقاب [۳] ۶

شکل ۲-۲ مدل زارنیک برای مدل‌سازی میانقابنایی [۱۹] ۹

شکل ۲-۳ مدل مدن و همکاران برای مدلسازی میانقاب [۲۴] ۱۰

شکل ۲-۴ تغییرات عرض موثر دستک معادل در قاب‌های مرکب [۲۵] ۱۱

شکل ۲-۵ مدل سه قیدی الدخاخنی و همکارانش [۳۰] ۱۳

فصل ۳ ..... ۱۴

شکل ۳-۱ جداشدگی قاب از میانقاب [۳۶] ۱۴

شکل ۳-۲ مقایسه رفتار قاب خالی و قاب مرکب [۳۶] ۱۵

شکل ۳-۳ کنش خرپایی در قاب مرکب [۳۶] ۱۵

شکل ۳-۴ سازوکار ستون کوتاه در قاب مرکب [۳۶] ۱۶

شکل ۳-۵ نحوه توزیع تنش در قاب مرکب [۳۶] ۱۷

شکل ۳-۶ حالت‌های شکست قاب بتن مسلح [۳۶] ۱۸

شکل ۳-۷ مود شکست گوشه [۳۶] ۱۹

شکل ۳-۸ مود شکست برشی لغزشی [۳۶] ۱۹

شکل ۳-۹ مود شکست فشاری قطری [۳۶] ۲۰

شکل ۳-۱۰ مود شکست ترک قطری [۳۶] ۲۰
شکل ۳-۱۱ مود گسیختگی قاب [۳۶] ۲۱
شکل ۳-۱۲ نمودار نیرو – جابجایی قاب مرکب [۳۶] ۲۱
شکل ۳-۱۳ تنش‌های مرکزی میانقاب [۳۶] ۲۲
شکل ۳-۱۴ مدل قاب با مهاربند زانویی برای شکست برشی لغزشی [۳۶] ۲۳
شکل ۳-۱۵ قید قطری معادل [۳۶] ۲۶
شکل ۳-۱۶ مقایسه نتایج آزمایشگاهی با مدل مین‌استون[۷] ۲۷
شکل ۳-۱۷ مودهای خرابی بر اساس نظریه وود [۴۶] ۳۱
شکل ۳-۱۸ تفاوت در مکانیزم انتقال بار جانبی به علت وجود پرکننده‌ی داخل قاب ۳۳
شکل ۳-۱۹ منحنی تنش کرنش برای قید قطری معادل در FEMA [۳۹] ۳۸
فصل ۴ ..... ۴۱
شکل ۴-۱ نحوه مدل سازی المان صفحه‌ای بتن مسلح (RC) [۵۰] ۴۵
شکل ۴-۲ رابطه تنش-کرنش معادل [۵۰] ۴۶
شکل ۴-۳ کرنش خمیری معادل متغیر شکست و تنش معادل برحسب کرنش معادل [] ۴۷
شکل ۴-۴ معیار تنش ترک‌خوردگی در حالت تنش دو بعدی [۵۰] ۴۸
شکل ۴-۵ معیار کرنش ترک‌خوردگی [۵۰] ۴۸
شکل ۴-۶ الف: توزیع تنش در بتن مسلح ب: سختی کششی بتن مسلح و آرماتور تنها ج: مدل کششی ۵۰
د: مدل کششی برای میلگردهای آج‌دار (**c=0.4**)و برای شبکه‌ی جوش شده (**c=0.2**) ه: تبدیل کشش به فشار[۵۰] ۵۰
شکل ۴-۷ کاهش متغیر شکست [۵۰] ۵۰
شکل ۴-۸ الف مدل برش انتقالی ساده شده برای یک ترک ب –تنش فشاری مربوط به تنش برشی انتقالی [۵۰] ... ۵۲
شکل ۴-۹ رابطه تنش-کرنش برای میلگرد تنها [۵۰] ۵۳

شکل ۴-۱۰ مدل فولاد مسلح کننده در بتن ترک خورده [۵۰] ۵۴
شکل ۴-۱۱ توزیع تنش فرضی در میلگردهای داخل بتن[۵۰] ۵۴
شکل ۴-۱۲ مدل‌سازی رفتار دیوارها با مصالح بنایی الف) ریز مدل‌سازی ب)درشت مدل‌سازی [۵۰] ۵۶
شکل ۴-۱۳ تعاریف و علامت‌گذاری‌ها [۵۰] ۵۷
شکل ۴-۱۴ هندسه اندازه‌گیری شده از سطح ترک [۵۰] ۵۷
شکل ۴-۱۵ نمودار میله‌ای [۵۰] ۵۸
شکل ۴-۱۶ منحنی‌های $\mathfrak{\Omega}(\boldsymbol{\theta})$ [۵۰] ۵۸
شکل ۴-۱۷ تعدادی از توابع فرضی $\mathfrak{\Omega}(\boldsymbol{\theta})$ [۵۰] ۶۰
شکل ۴-۱۸ نسبت مؤثر سطح تماس [۵۰] ۶۱
شکل ۴-۱۹ راستای تنش تماسی [۵۰] ۶۲
شکل ۴-۲۰ جابجایی فشاری اعمالی بر هر واحد تماس [۵۰] ۶۲
شکل ۴-۲۱ مدل ارتجاعی- خمیری برای تنش فشاری تماسی هر واحد تماس [۵۰] ۶۲
شکل ۴-۲۲ اصلاح منحنی $\sigma'_{con}-\omega'_{\theta}$ هر واحد تماس برای مدلسازی سطح ترک خورده ملات–بلوک بنایی [۵۰] ..۶۳
شکل ۴-۲۳ المان‌های ۸ و ۲۰ گرهی سالید.....۶۵
شکل ۴-۲۴ نمایش درجات آزادی انتقالی و دورانی ۶۷
شکل ۴-۲۵ المان‌های سه بعدی فایبر المان فایبر در برنامه COM3 .....۶۷
شکل ۴-۲۶ نمایش درجات آزادی انتقالی و دورانی المان تماسی (لینک) ۶۸
شکل ۴-۲۷ المان سالید در تیر و ستون و میانقاب.....۶۹
شکل ۴-۲۸ ستون لو و مول [۵۱] ۷۰
شکل ۴-۲۹ منحنی رفت و برگشتی بار– تغییر مکان ستون لو و مول..... ۷۰
شکل ۴-۳۰ قاب ضعیف محرابی و ابعاد مقاطع تیر و ستون و جزئیات آرماتورگذاری [۲۱] ۷۱
شکل ۴-۳۱ منحنی نیرو-تغییرمکان قاب شماره ۱ ..... ۷۲

شکل۴-۳۲ منحنی نیرو-تغییرمکان قاب شماره ۹ ..... ۷۳

فصل ۵ ..... ۷۴

شکل ۵-۱ مدل سازه انتخابی ۷۵

شکل ۵-۲ جزئیات آرماتورگذاری (ب و ج) تیر (الف و د) ستون ۷۶

شکل ۵-۳ مدل ساخته شده در COM3 ..... ۷۷

شکل ۵-۴ بررسی قاب خالی و قاب مرکب مناسب ۷۸

شکل ۵-۵ بررسی مقاومت فشاری بنایی ۷۹

شکل ۵-۶ شمارهگذاری مقاطع ۷۹

شکل ۵-۷ مقادیر نیروی محوری و لنگر در ستون چپ مدل F_2 (ستون سمت بار) ۸۰

شکل ۵-۸ مقادیر نیروی محوری و لنگر درتیر مدل F_2 ..... ۸۱

شکل ۵-۹ مقادیر نیروی محوری و لنگر در ستون راست مدل F_2 ..... ۸۲

شکل ۵-۱۰ مقایسه نیروی محوری مقاطع مختلف در قاب برای مقاومت واحد بنایی مختلف ۸۳

شکل ۵-۱۱ مقایسه لنگر مقاطع مختلف در قاب برای مقاومت واحد بنایی مختلف ۸۴

شکل ۵-۱۲ نمودار اندرکنش نیرو- لنگر ستون و تیر قاب قوی ۸۵

شکل ۵-۱۳ تغییر عرض موثر میانقاب ۸۶

شکل ۵-۱۴ بررسی چسبندگی ملات بین آجرها ۸۶

شکل ۵-۱۵ بررسی چسبندگی ملات میان آجرها و ستونها (ملات کناری) ۸۷

شکل ۵-۱۶ بررسی چسبندگی ملات میان آجرها و تیر (ملات بالایی) ۸۷

شکل ۵-۱۷ بررسی زاویه اصطکاک ملات ۸۸

شکل ۵-۱۸ بررسی ملات میان آجرها و تیر ۸۸

شکل ۵-۱۹ بررسی ضخامت میانقاب ۸۹

شکل ۵-۲۰ نمودار اندرکنش نیروی محوری-لنگر خمشی، (الف) ستونهای فولادی [۵۲] (ب) ستونهای بتنی [۵۳] ۹۰
شکل ۵-۲۱ بررسی بار ثقلی طبقات ۹۱
شکل ۵-۲۲ بررسی بار ثقلی تیر در حالت حدی ۹۲
شکل ۵-۲۳ بررسی نسبت ارتفاع به دهانه میانقاب ۹۲
شکل ۵-۲۴ بررسی نسبت دهانه به ارتفاع میانقاب ۹۳
شکل ۵-۲۵ مقایسه ظرفیت برای ضخامت‌های مختلف به ازای نسبت ارتفاع به دهانه ۹۳
شکل ۵-۲۶ مقایسه ظرفیت برای مقاومت‌های مختلف به ازای نسبت ارتفاع به دهانه ۹۴
شکل ۵-۲۷ بررسی مقاومت فشاری آجر در قاب ضعیف ۹۴
شکل ۵-۲۸ منحنی نیروی محوری و لنگر در مقاطع تیر مدل F_2-W ۹۵
شکل ۵-۲۹ منحنی نیروی محوری و لنگر در مقاطع ستون های مدل F_2-W ۹۵
شکل ۵-۳۰ بررسی چسبندگی در قاب ضعیف ۹۶
شکل ۵-۳۱ بررسی چسبندگی میانقاب و ستون‌ها در قاب ضعیف ۹۶
شکل ۵-۳۲ بررسی چسبندگی میانقاب و تیر در قاب ضعیف ۹۷
شکل ۵-۳۳ بررسی زاویه اصطکاک ملات در قاب ضعیف ۹۷
شکل ۵-۳۴ بررسی ضخامت میانقاب در قاب ضعیف ۹۸
شکل ۵-۳۵ بررسی بار ثقلی در قاب ضعیف ۹۹
شکل ۵-۳۶ بررسی بار ثقلی حدی در قاب ضعیف ۹۹
شکل ۵-۳۷ بررسی نسبت ارتفاع به دهانه در قاب ضعیف ۱۰۰
شکل ۵-۳۸ مقایسه ظرفیت برای ضخامت‌های مختلف به ازای نسبت ارتفاع به دهانه (قاب ضعیف) ۱۰۰
شکل ۵-۳۹ مقایسه ظرفیت برای مقاومت‌های مختلف به ازای نسبت ارتفاع به دهانه (قاب ضعیف) ۱۰۰
شکل ۵-۴۰ مدل Ku_{50} ۱۰۱
شکل ۵-۴۱ مدل Ku_{75} ۱۰۱

شکل ۵-۴۲ بررسی ستون کوتاه..... ۱۰۲
شکل ۵-۴۳ مقادیر لنگر و نیروی محوری در نواحی L و R در مدل Ku_{50}..... ۱۰۲
شکل ۵-۴۴ مقادیر لنگر نقاط ۲ و ۷در مدل Ku_{50}..... ۱۰۳
شکل ۵-۴۵ مقادیر لنگر نقاط ۲ و ۷در مدل Ku_{75}..... ۱۰۳
شکل ۵-۴۶ مقادیر لنگر و نیروی محوری در نواحی L و R در مدل Ku_{75}..... ۱۰۴
شکل ۵-۴۷ بررسی مسلح کردن میانقاب – حالت اتصال: متصل به تیر..... ۱۰۵
شکل ۵-۴۸ بررسی مسلح کردن میانقاب – حالت اتصال: متصل به ستون..... ۱۰۵
شکل ۵-۴۹ بررسی مسلح کردن میانقاب – حالت اتصال: متصل به تیر و ستون..... ۱۰۵
شکل ۵-۵۰ بررسی طول مهاری در اتصالات قاب ضعیف..... ۱۰۷
شکل ۵-۵۱ بررسی طول مهاری در اتصالات قاب طراحی شده..... ۱۰۷
فصل ۶..... ۱۰۸
شکل ۶-۱ مدل پیشنهادی..... ۱۰۸
شکل ۶-۲ نحوه مدل‌سازی قاب مرکب به روش دستک معادل در نرم‌افزار COM3..... ۱۰۹
شکل ۶-۳ قاب خالی و میانقاب جدا..... ۱۱۰
شکل ۶-۴ هم‌ارز کردن سختی المان‌ها..... ۱۱۰
شکل ۶-۵ مقایسه سختی با توجه به دیدگاه‌های مختلف..... ۱۱۰
شکل ۶-۶ مقایسه سختی اولیه با روش پیشنهادی در نسبت ارتفاع به دهانه مختلف (قاب قوی)..... ۱۱۱
شکل ۶-۷ اختلاف بین مدول ارتجاعی اولیه به ازای ضخامت‌های مختلف در قاب قوی..... ۱۱۲
شکل ۶-۸ دستیابی به نقطه ترک‌خوردگی در مدل LH_3 با ضخامت۱۰cm..... ۱۱۴
شکل ۶-۹ دستیابی به نقطه ترک‌خوردگی در مدل LH_2 با ضخامت ۲۰cm..... ۱۱۴
شکل ۶-۱۰ دستیابی به نقطه ترک‌خوردگی در مدل LH_1 با ضخامت ۳۰cm..... ۱۱۴

شکل ۶-۱۱ مقایسه روابط عرض موثر برای ضخامت‌های مختلف در نسبت ارتفاع به دهانه ۱ ..... ۱۱۶
شکل ۶-۱۲ مقایسه مدل‌های پیشنهاد شده قبلی برای ظرفیت نهایی برای LH_2-F_2 ..... ۱۱۷
شکل ۶-۱۳ مقایسه مدل‌ها برای مقاومت‌های بنایی متفاوت در قاب قوی (l/h=1) ۱۲۰
شکل ۶-۱۴ مقایسه مدل‌ها برای ضخامت‌های متفاوت در قاب قوی (l/h=1) ۱۲۰
شکل ۶-۱۵ مقایسه مدل‌ها برای نسبت ارتفاع به دهانه‌های متفاوت در قاب قوی ۱۲۱
شکل ۶-۱۶ بررسی مدل پیشنهادی برای ضخامت‌های مختلف میانقاب در قاب قوی و l/h=1 ..... ۱۲۱
شکل ۶-۱۷ بررسی مدل پیشنهادی برای مقاومت‌های مختلف میانقاب در قاب قوی و l/h=1 ..... ۱۲۲
شکل ۶-۱۸ بررسی مدل پیشنهادی برای مقاومت‌های مختلف میانقاب در قاب ضعیف و l/h=1 ..... ۱۲۳
شکل ۶-۱۹ بررسی مدل پیشنهادی برای ضخامت‌های مختلف میانقاب در قاب ضعیف و l/h=1 ..... ۱۲۴
شکل ۶-۲۰ روند تغییر لنگر در ستون چپ مدل F2 ..... Error! Bookmark not defined.
که در شکل ۶-۲۱ مشخص شده است. در ۱۲۵
شکل ۶-۲۱ برنامه بارگذاری [۵۴] ۱۲۶
شکل ۶-۲۲ نحوه آزمایش قاب استلیندیس [۵۴] ۱۲۶
شکل ۶-۲۳ ابعاد قاب مورد آزمایش استلیندیس [۵۴] ۱۲۶
شکل ۶-۲۴ قاب خالی استلیندیس ۱۲۸
شکل ۶-۲۵ مقایسه قاب مرکب استلیندیس ۱۲۸
شکل ۶-۲۶ هندسه و جزئیات میلگردگذاری در قاب میسیر [۵۵] ۱۲۹
شکل ۶-۲۷ نحوه بارگذاری قاب میسر [۵۵] ۱۲۹
شکل ۶-۲۸ شکل قاب مرکب در تغییرشکل نسبی ۵.۲٪ [۵۵] ۱۳۰
شکل ۶-۲۹ (**a**) SBF و (**b**) LBF [۵۵] ۱۳۰
شکل ۶-۳۰ مقایسه منحنی نیرو- جابهجایی مدل قاب خالی میسیر ۱۳۰
شکل ۶-۳۱ مقایسه مدل‌های FEMA356 برای بدست آوردن مدول ارتجاعی ۱۳۱

شکل ۶-۳۲ منحنی نیرو- جابه‌جایی مدل پیشنهادی و آزمایشگاهی قاب مرکب ۱۳۱
شکل ۶-۳۳ مشخصات قاب قوی محرابی [۲۱] ۱۳۳
شکل ۶-۳۴ قاب شماره ۲ محرابی ۱۳۴
شکل ۶-۳۵ قاب شماره ۳ محرابی ۱۳۴
شکل ۶-۳۶ قاب شماره ۴ محرابی ۱۳۵
شکل ۶-۳۷ قاب شماره ۵ محرابی ۱۳۵
شکل ۶-۳۸ قاب شماره ۶ محرابی ۱۳۵
شکل ۶-۳۹ قاب شماره ۷ محرابی ۱۳۶
شکل ۶-۴۰ قاب شماره ۸ محرابی ۱۳۶
شکل ۶-۴۱ قاب شماره ۹ محرابی ۱۳۶
فصل ۷ ..... ۱۳۷

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۳-۱ مقادیر k_1 و k_2 در روش اسکافیدا(۳۵) ۳۲
جدول ۳-۲ مقایسه آئین‌نامه‌ها در مباحث مربوط به میانقاب [۴۸] ۳۹
جدول ۴-۱ مقادیری متناظر با شکل ۴-۱۷ ..... ۶۰
جدول ۴-۲ قاب‌های آزمایش شده توسط محرابی [۲۱] ۷۱
جدول ۴-۳ مقاومت متوسط مصالح به‌کاررفته در قاب‌های آزمایشی[۲۱] ۷۱
جدول ۵-۱ مشخصات طراحی ۷۶
جدول ۵-۲ مقادیر فولاد به دست آمده از طراحی ۷۶
جدول ۵-۳ مشخصات آجر ۷۷
جدول ۵-۴ مشخصات ملات ۷۷
جدول ۶-۱ سختی اولیه (kg/cm^2) به‌دست آمده از مدل پیشنهادی در نسبت ارتفاع به دهانه و ضخامت‌های مختلف در قاب قوی ۱۱۲
جدول ۶-۲ سختی اولیه (kg/cm^2) به‌دست آمده از مدل پیشنهادی در نسبت ارتفاع به دهانه و ضخامت‌های مختلف در قاب ضعیف ۱۱۲
جدول ۶-۳ نیروی ترکخوردگی (kg) در نسبت‌های ارتفاع به دهانه و ضخامتهای مختلف در قاب قوی ۱۱۳
جدول ۶-۴ مقدار عرض موثر برای نسبت ارتفاع به دهانه مختلف و ضخامت میانقاب ۲۰cm ۱۱۵
جدول ۶-۵ مقادیر S ۱۱۸
جدول ۶-۶ مقایسه مقادیر ظرفیت نهایی برای ضخامت و نسبت ارتفاع به دهانه مختلف میانقاب در قاب قوی ۱۱۹
جدول ۶-۷ مقایسه مقادیر ظرفیت نهایی برای ضخامت و نسبت ارتفاع به دهانه مختلف میانقاب در قاب ضعیف ۱۱۹
جدول ۶-۸ مقایسه مقادیر ظرفیت نهایی برای مقاومت فشاری و نسبت ارتفاع به دهانه میانقاب در قاب ضعیف ۱۱۹
جدول ۶-۹ مقایسه مقادیر ظرفیت نهایی برای مقاومت فشاری و نسبت ارتفاع به دهانه میانقاب در قاب قوی ۱۲۰
جدول ۶-۱۰ مشخصات مصالح مورد استفاده در آزمایش استلیندیس [۵۴] ۱۲۶
جدول ۶-۱۱ مشخصات طراحی در آزمایش استلیندیس [۵۴] ۱۲۷
جدول ۶-۱۲ مشخصات میلگرد مصرفی در آزمایش محرابی [۲۱] ۱۳۲
جدول ۶-۱۳ مشخصات قاب و میانقاب در آزمایش محرابی [۲۱] ۱۳۲
جدول ۶-۱۴ مشخصات بارگذاری آزمایش محرابی [۲۱] ۱۳۳

فصل ۱

کلیات

۱-۱ مقدمه

میانقاب‌های آجری غیرمسلح[1] به طور گسترده‌ای در ساختمان‌ها به عنوان دیوار پیرامونی ساختمان‌ها و جداکننده فضاهای داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. وجود میانقاب در یک ساختمان باعث تغییرات مقاومت، سختی، پریود و به طور کلی عملکرد لرزه‌ای ساختمان می‌شود. به علت وجود نیروی اندرکنشی بین قاب و میانقاب، ظرفیت باربری و سختی قاب مرکب نسبت به قاب تنها افزایش می‌یابد. معمولاً در فرآیند تحلیل و طراحی، ساختمان‌های بتن مسلح صرفاً به صورت قاب‌هایی متشکل از اعضای اصلی سازه‌ای از قبیل تیرها، ستون‌ها و دیوارهای برشی در نظر گرفته شده و از نقش میانقاب در روند تحلیل و طراحی ساختمان‌ها صرف‌نظر می‌شود.

با توجه به مطالب ذکر شده، دخالت دادن نقش میانقاب‌ها در مراحل مختلف تحلیل و طراحی قاب‌های ساختمانی بیش از پیش ضروری به نظر می‌رسد؛ لذا آئین نامه‌ها و ضوابط ساختمانی جدید ضمن تاکید بر اهمیت در نظرگیری میانقاب‌ها در روند تحلیل و طراحی، مدل‌ها و توصیه‌هایی بدین منظور ارائه نموده‌اند.

۱-۲ ضرورت مطالعه

پانل‌های پرکننده حتی اگر غیرسازه‌ای محسوب شوند، وقتی سازه تحت بار ناشی از زلزله‌ی شدید قرار می‌گیرد، تمایل به اندرکنش با قاب محیطی خود دارند. این اندرکنش می‌تواند برای عملکرد سازه مفید و یا مضر باشد. واضح است که میانقاب‌ها سختی و مقاومت سازه را بسیار بالا می‌برند، اما به طور همزمان از شکل‌پذیری ذاتی قاب می‌کاهند.

[1] Unreinforced Masonry Infill Wall

وجود میانقاب در یک یا چند دهانه و خالی ماندن بقیه دهانه‌ها سختی آن دهانه را چنان زیاد می‌کند که عمده‌ی نیروی زلزله جذب آن دهانه شده و بقیه دهانه‌ها بی اثر می‌شوند. در قاب‌های بتنی این نیروی تمرکز یافته موجب عکس‌العمل شدید میانقاب در برابر قاب شده و ستون بتن مسلح را در محل اتصال خرد می‌نماید.

یکی دیگر از حالت‌های نامناسب، میانقاب‌هایی هستند که تا انتهای ارتفاع قاب ادامه نیافته‌اند. در این صورت قسمتی از ستون که مجاور دیوار است، تقریباً به طور یکپارچه با دیوار عمل نموده و ارتفاع ستون کاهش‌یافته و در نتیجه سختی ستون بسیار افزایش می‌یابد. به تناسب این افزایش سختی، ستون متحمل نیروهای شدیدتری می‌شود. تجربه نشان داده است که یکی از دلایل مهم خرابی سازه‌های دارای میانقاب پدیده‌ی ستون کوتاه است.

با توجه به موارد ذکر شده، در نظرگرفتن اثر میانقاب بر رفتار سازه‌ها مشخص می‌شود؛ لذا در برخی از آیین‌نامه‌ها و پیش استانداردهای معتبر جهانی نظیر گزارش‌های FEMA و آئین نامه‌های UBC، EURO CODE، NEHRP و ASCE منظور نمودن اثر میانقاب‌ها در مرحله طراحی و بررسی عملکرد لرزه‌ای سازه‌های ساختمانی با در نظر گرفتن ضوابط و مقررات خاص آن‌ها توصیه شده است.

مدل‌های رفتاری که در پژوهش‌های پیشین و آیین‌نامه‌ها برای شبیه‌سازی میانقاب‌ها ارائه شده است، عموماً مبتنی بر استفاده از یک دستک معادل با سختی و ظرفیت نهایی معرفی‌شده، می‌باشند. این مدل‌ها بعضاً دارای نواقص یا ساده‌سازی‌هایی در مدل هستند که به صورت خلاصه در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود:

- محافظه‌کارانه بودن در تخمین رفتار کلی سازه
- غیرمحافظه‌کارانه بودن در تخمین خرابی‌های موضعی
- عدم در نظرگیری اثر بار ثقلی در مدل رفتاری میانقاب
- عدم اعمال اثرات گیرداری تیر و ستون
- نامشخص بودن اثر اتصال بین قاب و میانقاب
- عدم در نظرگیری اثر ترتیب غیرخطی شدن قاب و میانقاب

در این پژوهش سعی بر آن است برخی از تاثیر عوامل پیش‌گفته بر رفتار اندرکنشی قاب‌های بتن مسلح و میانقاب‌ها بررسی و در حد امکان پیشنهادهایی برای اصلاح مدل‌های موجود ارائه شود.

۱-۳ هدف از انجام پژوهش حاضر

به طور کلی، هدف از این تحقیق را می‌توان در دو قسمت بیان کرد:

- بررسی رفتار میانقاب آجری غیرمسلح در قاب بتنی تحت اثر نیروهای داخل صفحه
- ارائه مدل رفتاری برای قاب مرکب بر اساس مود خرابی حاکم

در روابط ارائه شده توسط پژوهشگران قبلی نظر به شرایط هندسی و گیرداری همچنین خصوصیات مصالح، روابطی ارائه شده که می‌توان گفت میانگینی از مودهای خرابی است و همیشه در جهت اطمینان عمل نمی‌کند. ضمن