

سورة الاحقاف



دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی عمران

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد عمران - سازه

انتخاب روش توزیع بار جهت آنالیز غیرخطی استاتیکی در
طراحی عملکردی قاب‌های فلزی با اتصالات خورجینی

استاد راهنما:

دکتر جواد سلاجقه

استاد مشاور:

دکتر عیسی سلاجقه

مؤلف:

عادل غفاری

۱۳۸۸ / ۴ / ۲۹

توجه: اطلاعات پذیرش کمی جزیه
چهارم مدرک

شهریور ماه ۱۳۸۷

۱۱۵۱۷۲



دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه مهندسی عمران
دانشکده فنی و مهندسی
دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: عادل غفاری

استاد راهنما: دکتر جواد سلاجقه

داور ۱: دکتر محمد جواد فدایی

داور ۲: دکتر حامد صفاری

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشکده: دکتر سعید شجاعی

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.



تقدیم به

پدرم، که در سایه لطف او آرامش و آسایش را معنا نمودم
مادرم، آنکه از هر شاخه نگاهش جز شکوفه‌های مهر و محبت، عشق و شفقت،

نخیم

برادرانم، که وجودم با وجود پدیدار آنها مفهوم و معنی می‌یابد

خواهرانم، فرشتگان پاک و معصوم آسمان حیاتم

تشکر و قدردانی

خداوند سبحان را سپاسگزارم که به من توفیق داد تا در راه علم و دانش تحقیق نمایم. اینجانب به مصداق آیه شریفه "من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق" بر خود لازم می‌دانم مراتب قدردانی و تشکر خویش را نسبت به زحمات دلسوزانه استاد راهنمای مکرم و معزز خویش جناب آقای دکتر جواد سلاجقه و همچنین استاد مشاور ارجمندم جناب آقای دکتر عیسی سلاجقه که با راهنمایی‌های ارزنده و مساعدت‌های فکری، مرا در انجام این پایان‌نامه یاری نمودند، ابراز داشته و توفیق آنان را از ایزد منان خواهانم.

از اساتید محترم آقایان دکتر محمد جواد فدایی، دکتر حامد صفاری و دکتر سعید شجاعی برای قبول زحمت و تشریف فرمایی در جلسه دفاعیه تشکر می‌نمایم.

ضمناً فرصت را مغتنم شمرده از جناب آقای مهندس افشین محمدی، یار و غمخوار بنده که بسان یک برادر پیوسته در تمامی مراحل انجام این تحقیق مرا یاری نمودند کمال تشکر را دارم.

و در پایان از دوستان عزیزم جناب آقای دکتر محمد فروغی، خانم مهندس رویا دیده‌بان، آقایان مهندس غلامرضا عاطفت‌دوست، مهندس حمید خوش‌نیت، مهندس محسن خطیبی، مهندس حمیدرضا امیری، مهندس علی فخرالدینی، مهندس علیرضا بهزادی و کلیه عزیزانی که در طی مراحل انجام رساله همکاری صمیمانه‌ای با اینجانب داشتند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

عادل غفاری - شهریور ۱۳۸۷

فهرست مطالب

۱.....	چکیده.....
۲.....	فصل اول: مقدمه.....
۲.....	۱-۱ مقدمه.....
۵.....	۲-۱ مروری بر تحقیقات انجام شده.....
۵.....	۱-۲-۱ تحقیقات کرمی و مقدم.....
۸.....	۲-۲-۱ تحقیقات سیمونیان و کافی.....
۸.....	۳-۲-۱ تحقیقات طاحونی و فرجودی.....
۱۲.....	۴-۲-۱ تحقیقات آقا کوچک و حسینخانی.....
۱۳.....	۵-۲-۱ تحقیقات فروغی، زاهدی و برخورداری.....
۱۳.....	۶-۲-۱ تحقیقات قانع و مقدم.....
۱۵.....	۷-۲-۱ تحقیقات فلاح و برخورداری.....
۱۶.....	۸-۲-۱ تحقیقات طریقت و مالک.....
۱۶.....	۹-۲-۱ تحقیقات یعقوبی و رازانی.....
۱۷.....	۱۰-۲-۱ تحقیقات مقدم و کوهیان.....
۱۸.....	۱۱-۲-۱ تحقیقات ملکی و تهرانی زاده.....
۱۹.....	۱۲-۲-۱ تحقیقات پیروزبخت و رازانی.....
۲۰.....	۱۳-۲-۱ تحقیقات علوی و تهرانی زاده.....
۲۰.....	۱۴-۲-۱ تحقیقات آشنایی، کاظم و تیو.....
۲۰.....	۱۵-۲-۱ تحقیقات فتحی و آقا کوچک.....
۲۱.....	۱۶-۲-۱ تحقیقات مزروعی و مصطفایی.....
۲۴.....	۱۷-۲-۱ تحقیقات میرقادری، مزروعی و دهقانی رنایی.....
۲۵.....	۱۸-۲-۱ تحقیقات اربابی.....
۲۶.....	۱۹-۲-۱ تحقیقات صادقیان و مقدم.....
۳۰.....	۲۰-۲-۱ تحقیقات مقدم و مؤیدعلایی.....
۳۲.....	۳-۱ اهداف.....
۳۲.....	۴-۱ ساختار پایان نامه.....
۳۴.....	فصل دوم: اتصالات خورجینی.....
۳۴.....	۱-۲ مقدمه.....
۳۵.....	۲-۲ انواع قابهای ساختمانی و شرایط صلبیت اتصالات آنها.....
۳۵.....	۳-۲ اتصالات نیمه صلب.....
۳۶.....	۴-۲ رفتار قابهای نیمه صلب.....
۳۷.....	۳-۲ اتصال نیمه گیردار رایج در ایران (اتصال خورجینی).....
۳۸.....	۴-۲ مزایای اتصالات خورجینی.....
۳۸.....	۱-۴-۲ سرعت و سادگی اجرا.....

۳۹	۲-۴-۲ تناسب با تراز تکنولوژی کشور
۳۹	۳-۴-۲ عوامل اقتصادی
۳۹	۱-۳-۴-۲ نبود نیمرخ IPB در کشور
۳۹	۲-۳-۴-۲ صرفه‌جویی در تیر
۴۰	۳-۳-۴-۲ کاهش ضخامت سقف
۴۰	۵-۲ مشکلات اتصال خورجینی
۴۱	۶-۲ مکانیزم انتقال لنگر در اتصال خورجینی
۴۲	۷-۲ صلبیت اتصالات خورجینی
۴۳	۸-۲ انواع اتصال خورجینی
۴۳	۱-۸-۲ اتصال خورجینی ساده
۴۳	۱-۱-۸-۲ جزییات
۴۴	۲-۸-۲ اتصال خورجینی گیردار
۴۴	۱-۲-۸-۲ اتصال خورجینی گیردار با صفحات اتصال افقی
۴۵	۲-۲-۸-۲ اتصال خورجینی گیردار با صفحات اتصال قائم
۴۵	۳-۲-۸-۲ جزییات
۴۶	۳-۸-۲ اتصال خورجینی با رفتار نیمه‌گیردار
۴۷	فصل سوم: مفاهیم پایه طراحی براساس عملکرد
۴۷	۱-۳ مقدمه
۴۸	۲-۳ شاخص مورد استفاده در طراحی براساس عملکرد
۴۹	۳-۳ مفهوم طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد
۵۱	۴-۳ سطوح عملکرد
۵۲	۱-۴-۳ سطوح عملکرد اجزای سازه
۵۲	۲-۴-۳ سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای
۵۲	۳-۴-۳ سطوح عملکرد ساختمان
۵۴	۵-۳ خطرپذیری لرزه‌ای
۵۴	۶-۳ تلفیق خطرپذیری لرزه‌ای و سطوح عملکردی
۵۶	۷-۳ روشهای تحلیل
۵۶	۱-۷-۳ روشهای تحلیل خطی (LAP)
۵۶	۲-۷-۳ روشهای غیرخطی
۵۶	۱-۲-۷-۳ تحلیل استاتیکی غیرخطی (NSP)
۵۷	۱-۱-۲-۷-۳ پارامترهای موثر در نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی
۵۷	۱-۱-۱-۲-۷-۳ الگوهای بارگذاری
۵۷	۲-۱-۱-۲-۷-۳ رفتار اجزای سازه
۶۴	۲-۱-۲-۷-۳ برآورد نیاز لرزه‌ای
۶۴	۲-۲-۷-۳ تحلیل دینامیکی غیرخطی

۶۴	پارامترهای موثر در نتایج تحلیل دینامیکی غیرخطی	۱-۲-۷-۳
۶۴	منحنی رفتاری اعضا	۱-۱-۲-۷-۳
۶۶	شتابنگاشت‌ها	۲-۱-۲-۷-۳
۶۶	معیارهای پذیرش	۸-۳
۶۷	اجزاء کنترل شونده توسط تغییرشکل	۱-۸-۳
۶۸	اجزا کنترل شونده توسط نیرو	۲-۸-۳
۶۸	ستونها	۱-۲-۸-۳
۷۰	فصل چهارم: روش استاتیکی غیرخطی ضرایب جابجایی اصلاح یافته و دینامیکی غیرخطی مقیاس شده	۷۰
۷۰	مقدمه	۱-۴
۷۲	ملاحظات خاص مدلسازی و تحلیل	۲-۴
۷۲	کلیات	۱-۲-۴
۷۲	نقطه کنترل	۲-۲-۴
۷۲	توزیع بار جانبی	۳-۲-۴
۷۲	توزیع مودال	۱-۳-۲-۴
۷۳	توزیع دوم	۲-۳-۲-۴
۷۴	روش ضرایب جابجایی	۳-۴
۷۴	تعریف پارامترهای استفاده شده در روش ضرایب جابجایی	۱-۳-۴
۷۴	پارامتر C_0	۱-۱-۳-۴
۷۴	پارامتر C_1	۲-۱-۳-۴
۷۶	پارامتر C_2	۳-۱-۳-۴
۷۷	پارامتر C_3	۴-۱-۳-۴
۷۷	روش ضرایب جابجایی اصلاح یافته	۴-۴
۷۷	ضریب C_1	۱-۴-۴
۷۸	ضریب C_2 و C_3	۲-۴-۴
۸۰	روش آنالیز دینامیکی غیرخطی	۵-۴
۸۰	روند انجام کار	۱-۵-۴
۸۱	روش آنالیز دینامیکی غیرخطی مقیاس شده	۶-۴
۸۱	مراحل گام به گام	۱-۶-۴
۸۳	فصل پنجم: معرفی مدل‌ها و شتاب‌نگاشت‌ها	۸۳
۸۳	مقدمه	۱-۵
۸۳	معرفی مدل‌های مورد مطالعه	۲-۵
۸۴	بارگذاری و طراحی مقاطع	۳-۵
۸۵	آنالیز و طراحی مدل‌ها	۱-۳-۵
۸۷	نحوه مدلسازی اتصال خورجینی با SAP 2000	۲-۳-۵
۸۸	انتخاب سختی اتصال جهت آنالیز مدل‌ها با نرم افزار SAP 2000	۳-۳-۵

۸۹.....	۴-۵ معرفی شتابنگاشت‌های انتخابی
۹۳.....	فصل ششم: بررسی نتایج مدل‌ها
۹۳.....	۱-۶ مقدمه
۹۴.....	۲-۶ تحلیل و تعیین نیازهای لرزه‌ای مدل‌ها
۹۴.....	۱-۲-۶ تحلیل استاتیکی غیرخطی
۹۴.....	۱-۱-۲-۶ تعیین تغییرمکان هدف به وسیله روش ضرائب جابجایی
۹۶.....	۲-۱-۲-۶ مقایسه و بررسی نتایج تغییرمکان‌های هدف مدل‌ها در روشهای استاتیکی غیرخطی
۹۹.....	۳-۱-۲-۶ نتایج برش پایه- جابجایی و نمودار دو خطی معادل
۱۰۳.....	۲-۲-۶ تحلیل دینامیکی و بررسی رفتار سازه
۱۰۴.....	۱-۲-۲-۶ بررسی مدل چهار طبقه
۱۰۴.....	۱-۱-۲-۲-۶ نتایج ضرائب مقیاس در قاب چهار طبقه
۱۰۵.....	۲-۱-۲-۲-۶ نتایج نسبت ماکزیمم تغییرمکان نسبی طبقات در قاب چهار طبقه
۱۰۹.....	۲-۲-۲-۶ بررسی مدل شش طبقه
۱۰۹.....	۱-۲-۲-۲-۶ نتایج ضرائب مقیاس در در قاب شش طبقه
۱۱۰.....	۲-۲-۲-۲-۶ نتایج نسبت ماکزیمم تغییرمکان نسبی طبقات در قاب شش طبقه
۱۱۴.....	۳-۲-۲-۶ بررسی مدل هشت طبقه
۱۱۴.....	۱-۳-۲-۲-۶ نتایج ضرائب مقیاس در در قاب هشت طبقه
۱۱۵.....	۲-۳-۲-۲-۶ نتایج نسبت ماکزیمم تغییرمکان نسبی طبقات در قاب هشت طبقه
۱۲۰.....	۳-۶ مقایسه نحوه توزیع نیرو در مدل‌های مورد بررسی
۱۲۱.....	فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۱۲۱.....	۱-۷- نتیجه‌گیری
۱۲۳.....	۲-۷- پیشنهادها
۱۲۵.....	مراجع:

فهرست جداول

جدول ۱-۱	نتایج حاصل از آزمایش روی اتصال خورجینی (مقدم و کرمی).....	۸
جدول ۱-۲	نتایج حاصل از آزمایش روی اتصال خورجینی (آقا کوچک و حسینخانی).....	۱۳
جدول ۱-۳	مشخصات نمونه‌های آزمایشی (قانع و مقدم).....	۱۴
جدول ۱-۴	مقایسه نمونه‌های فرضی با آزمایش (قانع و مقدم).....	۱۵
جدول ۱-۵	فرکانسهای مود اول اتصالات برای سرباره‌های مختلف (ملکی و تهرانی‌زاده (۱۳۷۴)).....	۱۹
جدول ۱-۶	فرکانسهای پیچشی مود اول اتصالات برای سربار مختلف (علوی و تهرانی‌زاده (۱۳۷۵)).....	۲۰
جدول ۱-۷	درصد گیرداری و ظرفیت نهایی نمونه‌ها (مزروعی و مصطفایی (۱۳۷۷)).....	۲۳
جدول ۱-۸	خلاصه نتایج آزمایش‌ها روی نمونه‌های اتصالات خورجینی.....	۲۵
جدول ۱-۹	نتایج حاصل از مدلسازی کامپیوتری اتصالات خورجینی (صادقیان و مقدم (۱۳۷۸)).....	۳۰
جدول ۱-۱۰	نتایج حاصل از مدلسازی کامپیوتری اتصالات خورجینی (صادقیان و مقدم (۱۳۷۸)).....	۳۰
جدول ۱-۱۱	مشخصات نمونه‌های مورد آزمایش.....	۳۱
جدول ۱-۱۲	خلاصه نتایج آزمایش‌ها روی نمونه‌های اتصالات خورجینی.....	۳۱
جدول ۱-۳	سطوح عملکرد ساختمان.....	۵۳
جدول ۲-۳	سطوح خطرپذیری لرزه‌ای FEMA.....	۵۴
جدول ۳-۳	اهداف عملکردی معرفی شده در آیین‌نامه‌های FEMA.....	۵۵
جدول ۱-۴	مقدار ضریب C_0	۷۴
جدول ۲-۴	مقدار ضریب C_m	۷۶
جدول ۳-۴	مقدار ضریب C_2	۷۶
جدول ۱-۵	پارامترهای مؤثر در تحلیل استاتیکی معادل.....	۸۴
جدول ۲-۵	مشخصات مقاطع قاب مهاربندی شده با اتصالات خورجینی متداول ۴ طبقه.....	۸۶
جدول ۳-۵	مشخصات مقاطع قاب مهاربندی شده با اتصالات خورجینی متداول ۶ طبقه.....	۸۶
جدول ۴-۵	مشخصات مقاطع قاب مهاربندی شده با اتصالات خورجینی متداول ۸ طبقه.....	۸۶
جدول ۵-۵	رکوردهای مورد استفاده در مدل قاب چهار طبقه.....	۹۰
جدول ۶-۵	رکوردهای مورد استفاده در مدلها.....	۹۰
جدول ۱-۶	تغییر مکان هدف در قابهای چهار، شش و هشت.....	۹۷
جدول ۲-۶	حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی مجاز.....	۱۰۴
جدول ۳-۶	ضرایب مقیاس رکوردها در آنالیز اولیه قاب چهار طبقه.....	۱۰۴
جدول ۴-۶	ضرایب مقیاس رکوردها در آنالیز قاب چهار طبقه.....	۱۰۵
جدول ۵-۶	مقادیر نسبت تغییر مکان نسبی و درصد خطا در روشهای 440-Code و SNDP در قاب چهار طبقه.....	۱۰۶
جدول ۶-۶	سطوح عملکرد و ضریب اطمینان کیفی در 440-Code و SNDP در قاب چهار طبقه.....	۱۰۷
جدول ۷-۶	مقادیر نسبت تغییر مکان نسبی و درصد خطا در روشهای 440-Uniform و SNDP در قاب چهار طبقه.....	۱۰۸
جدول ۸-۶	سطوح عملکرد و ضریب اطمینان کیفی در 440-Uniform و SNDP در قاب چهار طبقه.....	۱۰۹
جدول ۹-۶	ضرایب مقیاس رکوردها در آنالیز قاب شش طبقه.....	۱۱۰
جدول ۱۰-۶	مقادیر نسبت تغییر مکان نسبی و درصد خطا در روشهای 440-Code و SNDP در قاب شش طبقه.....	۱۱۱
جدول ۱۱-۶	سطوح عملکرد و ضریب اطمینان کیفی در 440-Code و SNDP در قاب شش طبقه.....	۱۱۲

- جدول ۶-۱۲ مقادیر نسبت تغییرمکان نسبی و درصد خطا در روشهای 440-Uniform و SNDP در قاب شش طبقه... ۱۱۳
- جدول ۶-۱۳ سطوح عملکرد و ضریب اطمینان کیفی در 440-Uniform و SNDP در قاب شش طبقه..... ۱۱۴
- جدول ۶-۱۴ ضرایب مقیاس رکوردها در آنالیز قاب هشت طبقه..... ۱۱۵
- جدول ۶-۱۵ مقادیر نسبت تغییرمکان نسبی و درصد خطا در روشهای 440-Code و SNDP در قاب هشت طبقه..... ۱۱۶
- جدول ۶-۱۶ سطوح عملکرد و ضریب اطمینان کیفی در 440-Code و SNDP در قاب هشت طبقه..... ۱۱۷
- جدول ۶-۱۷ مقادیر نسبت تغییرمکان نسبی و درصد خطا در روشهای 440-Uniform و SNDP در قاب هشت طبقه. ۱۱۸
- جدول ۶-۱۸ سطوح عملکرد و ضریب اطمینان کیفی در 440-Uniform و SNDP در قاب هشت طبقه..... ۱۱۹

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱. مدل آزمایشگاهی اتصال خورجینی و جابجایی‌های اندازه‌گیری شده (مقدم و کرمی)..... ۶
- شکل ۱-۲. نمونه‌های آزمایشگاهی (مقدم و کرمی)..... ۶
- شکل ۱-۳. نمودارهای لنگر - چرخش (مقدم و کرمی)..... ۷
- شکل ۱-۴. شکل کلی نمونه‌ها و نحوه اعمال بار (طاحونی و فرجودی)..... ۱۰
- شکل ۱-۵. نمونه شماره ۱ - اتصال خورجینی ساده (طاحونی و فرجودی)..... ۱۰
- شکل ۱-۶. نمونه شماره ۲ - اتصال خورجینی با تقویت لچکی (طاحونی و فرجودی)..... ۱۰
- شکل ۱-۷. نمونه شماره ۳ - اتصال خورجینی ساده با نبشی ضعیفتر (طاحونی و فرجودی)..... ۱۱
- شکل ۱-۸. نمونه شماره ۴ - اتصال خورجینی ساده با تقویت ورقهای افقی (طاحونی و فرجودی)..... ۱۱
- شکل ۱-۹. نمونه شماره ۵ - اتصال خورجینی ساده متعارف (طاحونی و فرجودی)..... ۱۲
- شکل ۱-۱۰. نمودارهای لنگر - چرخش نمونه‌های مختلف (طاحونی و فرجودی)..... ۱۲
- شکل ۱-۱۱. شکل کلی نمونه‌های آزمایشی (قانع و مقدم)..... ۱۴
- شکل ۱-۱۲. تأثیر سختی اتصال بر لنگر انتهای یک تیر در اثر بار جانبی (کوهیان و مقدم)..... ۱۸
- شکل ۱-۱۳. تأثیر سختی اتصال بر لنگر ستونهای کناری در اثر بار جانبی (کوهیان و مقدم)..... ۱۸
- شکل ۱-۱۴. نمونه‌های اتصال خورجینی (مزروعی و مصطفایی)..... ۲۲
- شکل ۱-۱۵. نمودارهای لنگر - چرخش نمونه‌های مختلف (مزروعی و مصطفایی)..... ۲۳
- شکل ۱-۱۶. نمودار حلقوی اتصال خورجینی نمونه (مزروعی و مصطفایی)..... ۲۳
- شکل ۱-۱۷. اشکال مدل‌های آزمایشگاهی..... ۲۴
- شکل ۱-۱۸. منحنی لنگر - چرخش اتصال خورجینی یکطرفه در مقیاس یک دوم (اربابی)..... ۲۵
- شکل ۱-۱۹. بارگذاری رفت و برگشتی اعمال شده به نمونه (اربابی)..... ۲۶
- شکل ۱-۲۰. نمودار حلقوی اتصال خورجینی در مقیاس یک دوم (اربابی)..... ۲۶
- شکل ۱-۲۱. انواع مدل‌های بارگذاری (مقدم و صادقیان)..... ۲۸
- شکل ۱-۲۲. تغییرات سختی اتصالات خورجینی با افزایش بار (مقدم و صادقیان)..... ۲۸
- شکل ۱-۲۳. تغییرات تنش فون میسس در نقاط حساس جوش نبشی‌ها از نمونه A1 (مقدم و صادقیان)..... ۲۹
- شکل ۱-۲۴. تغییرات کرنش خمیری در نقاط حساس جوش نبشی‌ها در نمونه DI (مقدم و صادقیان)..... ۲۹
- شکل ۱-۲۵. تغییرات تنش فون میسس در نقاط حساس جوش نبشی‌ها در نمونه DI (مقدم و صادقیان)..... ۲۹
- شکل ۱-۲۶. آرایش کلی آزمایش‌ها..... ۳۱
- شکل ۱-۲. نمونه‌های از اتصال نیمه‌صلب پیچی..... ۳۷
- شکل ۲-۲. اتصال خورجینی کامل و یک‌طرفه..... ۳۸
- شکل ۲-۳. فروریزش یک ساختمان با اتصالات خورجینی در زلزله بم..... ۴۰
- شکل ۲-۴. عملکرد نبشی‌های اتصال خورجینی در انتقال لنگر..... ۴۱
- شکل ۲-۵. اتصال خورجینی تحت لنگر زلزله..... ۴۲
- شکل ۲-۶. جزییات اتصال خورجینی با نشیمن نرم..... ۴۳
- شکل ۲-۷. جزییات اتصال خورجینی با نشیمن سخت..... ۴۴
- شکل ۲-۸. اتصال گیردار نوع ۱..... ۴۴
- شکل ۲-۹. اتصال گیردار نوع ۲..... ۴۵
- شکل ۲-۱۰. جزییات اتصال خورجینی گیردار نوع ۱..... ۴۵
- شکل ۲-۱۱. جزییات اتصال خورجینی گیردار نوع ۲..... ۴۵

- شکل ۲-۱۲ صلبیت اتصالات نیمه‌گیردار تابعی از سختی چرخشی اتصال..... ۴۶
- شکل ۳-۱ اهداف عملکردی در طراحی و ارتقا سازه‌ها..... ۵۱
- شکل ۳-۲ سطح عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه..... ۵۲
- شکل ۳-۳ سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه..... ۵۳
- شکل ۳-۴ سطح عملکرد ایمنی جانی..... ۵۳
- شکل ۳-۵ سطح عملکرد آستانه فروریزش..... ۵۳
- شکل ۳-۶ نسبت هزینه‌ها با توجه به هدف عملکردی..... ۵۵
- شکل ۳-۷ توزیع‌های مورد استفاده در مدل‌ها..... ۵۷
- شکل ۳-۸ رابطه نیرو - تغییرشکل اجزا..... ۵۸
- شکل ۳-۹ منحنی رفتاری اجزا برای مدل‌سازی و تحلیل..... ۵۹
- شکل ۳-۱۰ وضعیت تغییرشکل خمشی اجزا..... ۵۹
- شکل ۳-۱۱ منحنی رفتاری تیرها..... ۶۰
- شکل ۳-۱۲ منحنی رفتاری ستونها در خمش..... ۶۱
- شکل ۳-۱۳ منحنی رفتاری اتصال خورجینی..... ۶۲
- شکل ۳-۱۴ منحنی رفتاری مهاربندی‌های هم محور در کشش و فشار..... ۶۲
- شکل ۳-۱۵ منحنی رفتاری ستون‌ها در کشش..... ۶۳
- شکل ۳-۱۶ منحنی هیستریزیس مهاربندی متقارب تحت بار سیکلی..... ۶۵
- شکل ۳-۱۷ منحنی هیستریزیس یک جزء از سازه تحت دو زمین‌لرزه مختلف..... ۶۵
- شکل ۳-۱۸ معیار پذیرش تغییرشکل اجزا..... ۶۷
- شکل ۳-۱۹ معیارهای پذیرش اجزا..... ۶۷
- شکل ۴-۱ منحنی ساده شده‌ی نیرو - تغییرمکان..... ۷۵
- شکل ۴-۲ نمودارهای انواع زوال‌ها..... ۷۸
- شکل ۴-۳ منحنی ایده‌آل نیرو - جابجایی جهت استفاده در آنالیز استاتیکی غیرخطی..... ۷۹
- شکل ۵-۱ ضریب بازتاب ساختمان برای زمین نوع II با خطر نسبی خیلی زیاد..... ۸۵
- شکل ۵-۲ نمایی از قابهای ۴، ۶ و ۸ طبقه مهاربندی شده دارای اتصال متداول خورجینی..... ۸۷
- شکل ۶-۱ نحوه تعیین S_a ۹۶
- شکل ۶-۲ تغییرمکان‌های هدف برای قابهای ۴، ۶ و ۸ طبقه..... ۹۸
- شکل ۶-۳ مقایسه تغییرمکان‌های هدف برای قابهای ۴، ۶ و ۸ طبقه..... ۹۹
- شکل ۶-۴ منحنی‌های پوش‌اور و مدل دو خطی معادل آنها برای قاب چهار طبقه..... ۱۰۰
- شکل ۶-۵ منحنی‌های پوش‌اور و مدل دو خطی معادل آنها برای قاب شش طبقه..... ۱۰۱
- شکل ۶-۶ منحنی‌های پوش‌اور و مدل دو خطی معادل آنها برای قاب هشت طبقه..... ۱۰۲
- شکل ۶-۷ ماکزیمم تغییرمکان نسبی طبقات در قاب ۴ طبقه تحت شتابنگاشت Berkeley بر اساس FEMA 440..... ۱۰۵
- شکل ۶-۸ نسبت تغییرمکان نسبی طبقات در قاب ۴ طبقه بر اساس FEMA 440 با توزیع آیین‌نامه..... ۱۰۶
- شکل ۶-۹ درصد خطای توزیع بار جانبی در FEMA 440 با توزیع آیین‌نامه‌ای نسبت به SNDP در قاب ۴ طبقه..... ۱۰۶
- شکل ۶-۱۰ نسبت تغییر مکان نسبی طبقات در قاب ۴ طبقه بر اساس FEMA 440 با توزیع یکنواخت..... ۱۰۸
- شکل ۶-۱۱ درصد خطای توزیع بار جانبی در FEMA 440 با توزیع یکنواخت نسبت به SNDP در قاب ۴ طبقه..... ۱۰۸
- شکل ۶-۱۲ ماکزیمم تغییر مکان نسبی طبقات در قاب ۶ طبقه تحت شتابنگاشت Berkeley بر اساس FEMA 440..... ۱۱۰
- شکل ۶-۱۳ نسبت تغییر مکان نسبی طبقات در قاب ۶ طبقه بر اساس FEMA 440 با توزیع آیین‌نامه..... ۱۱۱

- شکل ۶-۱۴ درصد خطای توزیع بار جانبی در FEMA 440 با توزیع آیین‌نامه‌ای نسبت به SNDP در قاب ۶ طبقه ۱۱۱
- شکل ۶-۱۵ نسبت تغییر مکان نسبی طبقات در قاب ۶ طبقه بر اساس FEMA 440 با توزیع یکنواخت ۱۱۳
- شکل ۶-۱۶ درصد خطای توزیع بار جانبی در FEMA 440 با توزیع یکنواخت نسبت به SNDP در قاب ۶ طبقه ۱۱۳
- شکل ۶-۱۷ ماکزیمم تغییر مکان نسبی طبقات در قاب ۸ طبقه تحت شتابنگاشت Berkeley بر اساس FEMA 440 ۱۱۵
- شکل ۶-۱۸ نسبت تغییر مکان نسبی طبقات در قاب ۸ طبقه بر اساس FEMA 440 با توزیع آیین‌نامه ۱۱۶
- شکل ۶-۱۹ درصد خطای توزیع بار جانبی در FEMA 440 با توزیع آیین‌نامه‌ای نسبت به SNDP در قاب ۸ طبقه ۱۱۷
- شکل ۶-۲۰ نسبت تغییر مکان نسبی طبقات در قاب ۸ طبقه بر اساس FEMA 440 با توزیع یکنواخت ۱۱۸
- شکل ۶-۲۱ درصد خطای توزیع بار جانبی در FEMA 440 با توزیع یکنواخت نسبت به SNDP در قاب ۸ طبقه ۱۱۹
- شکل ۶-۲۲ میزان درصد خطا در روش Code-440 در مدل‌های مورد بررسی ۱۲۰
- شکل ۶-۲۳ میزان درصد خطا در روش Uniform-440 در مدل‌های مورد بررسی ۱۲۰

چکیده

اتصال خورجینی یکی از اتصالات رایج تیر به ستون در سازه‌های کوتاه و متوسط فولادی است که به‌طور وسیع در ایران به‌کار رفته و مورد استفاده قرار گرفته است. بر اساس مشاهدات صورت گرفته در زلزله‌های اخیر، این سازه‌ها به شدت آسیب‌پذیر بوده و به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی و مستند به صورت آیین‌نامه در مورد این‌گونه اتصالات، ارزیابی مناسبی از عملکرد آنها به هنگام وقوع زلزله انجام نگرفته است. طی سالیان اخیر روش‌هایی به منظور درک صحیح از رفتار سازه‌ها ایجاد شده است که از مهمترین آنها می‌توان، طراحی بر اساس عملکرد را نام برد که در آن می‌توان از روش‌های تحلیل استاتیکی غیرخطی همچون طیف ظرفیت و روش ضرایب جابجایی به عنوان روش‌هایی مناسب جهت ارزیابی عملکرد سازه‌ها استفاده کرد.

هدف از این تحقیق، ارزیابی کارایی روش ضرایب اصلاح شده در دستورالعمل FEMA 440 در تعیین نسبت تغییرمکان نسبی طبقات در سازه‌های با اتصالات خورجینی می‌باشد، که در نهایت به منظور بررسی میزان دقت این روش از روش آنالیز دینامیکی غیرخطی مقیاس شده (Scaled Nonlinear Dynamic Procedure) استفاده شده است. بدین منظور ابتدا از ۱۴ شتابنگاشت استفاده گردید که پس از آنالیز و دریافت نتایج، مشاهده گردید که نتایج بسیار به یکدیگر نزدیک بوده و نیازی به در نظر گرفتن شتابنگاشت اضافی نمی‌باشد. بنابراین در ادامه کار از شش شتابنگاشت استفاده گردید. گرچه این موضوع در پیش‌نویس FEMA 440 نیز به آن اشاره شده است و استفاده از حداقل سه شتابنگاشت را کافی و لازم می‌داند. از آنجا که استفاده از این روش (SNDP) تاکنون در مورد سازه‌های با اتصالات خورجینی صورت نگرفته است، منظور نمودن تعداد بیشتری شتابنگاشت (در این تحقیق ۱۴ شتابنگاشت) برای شروع کار امری ضروری به نظر می‌رسید. با توجه به نتایج حاصل شده از آنالیزها و مقایسه دو روش استاتیکی و دینامیکی غیرخطی مشخص گردید که در پاره‌ای از موارد بر خلاف قاب‌های خمشی که اغلب روش استاتیکی غیرخطی، پاسخ‌های محافظه‌کارانه‌ای را نتیجه می‌دهد، در مورد قاب‌های با اتصالات خورجینی چنین نمی‌باشد. بنابراین لزوم توجه بیشتر مهندسين در امر بهسازی این‌گونه سیستم‌ها که به وفور از آن در کشور استفاده می‌گردد، ضروری به نظر می‌رسد.

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

کشور پهناور ایران بر روی کمربند زلزله آلپ-هیمالیا در امتداد شرق به غرب کوههای هیمالیا که تا دریای مدیترانه ادامه دارد واقع گردیده است. همچنین قرارگیری ایران زمین در یک پهنه فشاری، در میان صفحات عربستان در جنوب باختر و توران در شمال و شمال خاوری، موجب می شود که زمین لرزه های کوچک و بزرگی هرساله به عنوان آثار این وضعیت زمین ساختاری روی دهند. طی سال های گذشته بر اثر وقوع زلزله های مخرب، هزاران نفر جان خود را از دست داده و میلیاردها ریال خسارت مالی به جای مانده است که از جمله این زلزله ها می توان به زلزله های طبس (۱۹۷۸)، منجیل- رودبار (۱۹۹۰) و پس از آن زلزله بم (۲۰۰۳) اشاره کرد. لذا با توجه به زلزله خیز بودن کشور ما که همه ساله خسارات جانی و مالی زیادی را به همراه دارد، توجه به فن مهندسی زلزله یکی از ضروری ترین مسائلی است که باید به آن پرداخته شود. به همین دلیل تحقیق درباره روش طراحی ساختمان ها و رفتار آنها در برابر زلزله دارای اهمیت ویژه ای می باشد.

در گذشته با توجه به مقررات لرزه‌ای در آمریکا، پس از انتشار اولین آیین‌نامه ساختمانی PCBO(1927)، هدف از طرح لرزه‌ای این بود که ساختمان‌ها توانایی ایستادگی در مقابل بارهای لرزه‌ای را بدون فروریزش یا تلفات جانی داشته باشند. پس از وقوع زلزله San Fernando در سال ۱۹۷۱ در ایالت کالیفرنیا و به دلیل خرابی‌های زیاد ایجاد شده در اثر این زلزله، انجمن مهندسين سازه کالیفرنیا (SEAOC)^۱ با تاسیس کمیته تکنولوژی کاربردی (ATC)^۲ در سال ۱۹۷۸ آیین‌نامه طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله ATC 06 را منتشر کرد. از آن زمان به بعد در کشورهای مختلف آیین‌نامه‌هایی برای طرح لرزه‌ای ساختمان‌ها تدوین گردید که بسیاری از آنها بر مبنای فلسفه آیین‌نامه ATC 06 آمریکا نوشته شدند. پس از آن، انجمن مهندسين سازه کالیفرنیا با توجه به تحقیقات جدید در زمینه طرح لرزه‌ای مسوولیت تدوین آیین‌نامه UBC^۳ را عهده‌دار شد و کمیته ساختمان ایمن در برابر زلزله (BSSC)^۴ به دستور آژانس مدیریت بحران (FEMA)^۵ اولین آیین‌نامه با هدف بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود را در سال ۱۹۸۵ منتشر ساخت. در سالهای ۱۹۸۸، ۱۹۹۱، ۱۹۹۴، ۱۹۹۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۳ تجدید نظرهای کلی در این آیین‌نامه‌ها صورت گرفته است. در سالهای اخیر با افزایش دانش بشری درباره پدیده زلزله و نحوه رفتار سازه‌ها در برابر این پدیده، محققان گام‌های موثری در طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله برداشته و راهکارهای جدیدی را برای افزایش ایمنی لرزه‌ای ساختمان‌ها ارائه کرده‌اند که بدون شک منشأ تحولاتی بنیادی در آیین‌نامه‌ها شده است. [۱]

در دهه‌های اخیر میزان خسارت‌های وارده در اثر زمین‌لرزه‌ها حدود بیست برابر بیش از ۳۰ سال قبل برآورد شده و این مساله کارشناسان را بر آن داشت که روشهای جدیدی برای طراحی ساختمان‌ها به کار گیرند [۲]. با توجه به اینکه اکثر سازه‌ها حتی در زلزله‌های متوسط هم وارد مرحله غیرخطی رفتاری می‌شوند، پس از بوجود آمدن روشهای تحلیل غیرخطی سازه‌ها و با پیشرفت نرم‌افزارها و رایانه‌ها، بحث طراحی سازه‌ها بر اساس عملکرد، از مقوله‌هایی است که به‌طور گسترده به آن پرداخته می‌شود. در ایران نیز مدتی است که این دیدگاه برای طراحی سازه‌ها مورد توجه قرار گرفته است. در این روش تعیین نیاز^۶ و ظرفیت^۷ یک سازه تحت زلزله‌های مختلف ضروری بوده که برای نیل به این هدف لازم است از

1-Structural Engineering Association of California

2-Applied Technology Council

3-Uniform Building Code

4- Building Seismic Safety Council

5-Federal Emergency Management Agency

6-Demand

7-Capacity

روش‌های تحلیلی مناسب استفاده شود. نیاز و ظرفیت یک سازه به ترتیب اثر زمین‌لرزه بر روی سازه و توانایی آن برای مقاومت در برابر اثر زلزله می‌باشند.

پیشرفت روزافزون تکنولوژی پردازش داده‌ها در علوم رایانه‌ای امکان تحلیل‌های پیچیده را فراهم ساخته است. این پیشرفت از تحلیل‌های استاتیکی خطی شروع شده و سپس به تحلیل‌های دینامیکی خطی، استاتیکی غیرخطی و نهایتاً دینامیکی غیرخطی منجر گردیده است [۳]. تحلیل‌های خطی به علت عدم توانایی در پیش‌بینی توزیع واقعی نیرو و تغییر مکان در سازه پس از شروع خرابی، ناکارآمد بوده و استفاده از تحلیل‌های غیرخطی برای تعیین موده‌های خرابی در سازه‌ها ضروری است. تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی که با استفاده از مجموعه‌ای از شتابنگاشت‌ها انجام می‌پذیرد، شاید واقعی‌ترین تحلیل جهت ارزیابی رفتار سازه باشد اما در این روش باید برای هر بار مطالعه رفتار سازه، چندین نگاشت در نظر گرفته شود که غالباً به علت پیچیدگی و حجم بودن کار، از این روش بیشتر برای کنترل نهایی طراحی‌های انجام شده استفاده می‌شود. به همین دلیل برای سادگی بیشتر روش‌های استاتیکی غیرخطی معادل مورد توجه قرار گرفتند. در این روش‌ها بار جانبی استاتیکی گام به گام افزایش یافته و بدین صورت تصویری از سازه در اختیار قرار می‌دهند که از رفتار الاستیک شروع و به حد جاری شدن و در نهایت فروریزش ختم می‌شود.

در زلزله‌های رودبار و بم بسیاری از سازه‌های فولادی رایج خسارت‌های زیادی را متقبل گشتند، از جمله این سازه‌ها ساختمان‌های با اتصالات خورجینی می‌باشد که نزدیک به نود درصد ساختمان‌های فولادی موجود جهت بهسازی در کشور را شامل می‌شوند. مهم‌ترین علت در آسیب‌پذیری این‌گونه سازه‌ها رفتار ترد اتصالات آنها می‌باشد. این سیستم به طور فراوان در ایران و به ندرت در اسپانیا استفاده شده است و در سایر کشورها یافت نمی‌شود، بنابراین پس از زلزله‌های فوق و تحمیل خسارات زیاد جانی و مالی، محققین را بر آن داشت تا در مورد آن بررسی‌های صورت گیرد و نقاط قوت و ضعف آن مشخص گردد تا بتوان به منظور کاهش آسیب‌پذیری این سازه‌ها اقداماتی انجام پذیرد. خوشبختانه طی سال‌های اخیر به موازات این پژوهش‌ها و به دلیل اهمیت موضوع و به منظور هدفمند کردن ضوابط و استانداردها، دفتر امور فنی، معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه نشریاتی ارزشمند جهت استفاده جامعه مهندسی نموده است. از جمله این نشریات که جهت بهسازی ساختمان‌ها کاربرد فراوانی دارد، دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود (نشریه ۳۶۰) [۴] می‌باشد که پایه و اساس آن برگرفته از FEMA 356 است. اما از آنجا که در آن رفتار اتصالات خورجینی مشخص نشده است و جهت ارزیابی دقیق این سازه‌ها بدان

نیازمند است، بنابراین لزوم انجام آزمایش‌ها را بدیهی می‌سازد. که در این راستا تحقیقاتی صورت گرفته است که در ادامه بدان پرداخته می‌شود.

۲-۱ مروری بر تحقیقات انجام شده [۵]

مشاهده خرابی‌های وسیع در ساختمان‌های با اتصال خورجینی در زلزله منجیل در خرداد ۱۳۶۹ محققین را بر آن داشت تا در زمینه اتصالات خورجینی به تحقیق بپردازند. با توجه به اینکه این اتصال در سطح بین‌المللی یک اتصال استاندارد نیست و در آیین‌نامه‌های فولاد کشورهای مختلف به آن اشاره نشده است، بنابراین کلیه اطلاعات در مورد رفتار این اتصال محدود به تحقیقات انجام شده در داخل کشور می‌شود. به طور کلی می‌توان تحقیقات انجام شده را در غالب پنج دسته زیر دانست:

- مطالعه روی مدل‌های آزمایشگاهی اتصال خورجینی

- مطالعه روی مدل کامپیوتری اتصال خورجینی

- مطالعه روی مدل آزمایشگاهی سازه دارای اتصال خورجینی

- مطالعه روی مدل کامپیوتری سازه دارای اتصال خورجینی

- مطالعه روی مدل تحلیل اتصال خورجینی.

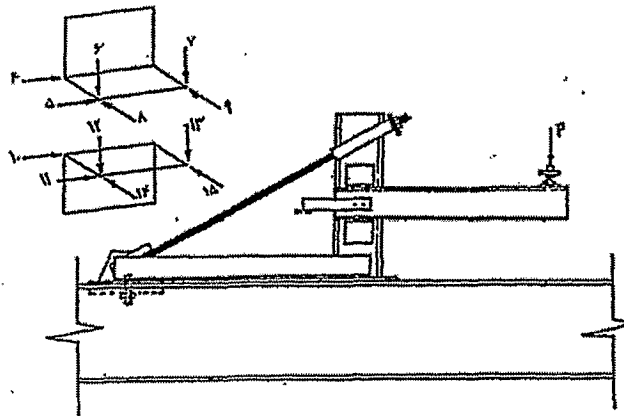
در اینجا مروری بر تحقیقات انجام شده در هفده سال اخیر انجام می‌دهیم.

۱-۲-۱ تحقیقات کرمی و مقدم

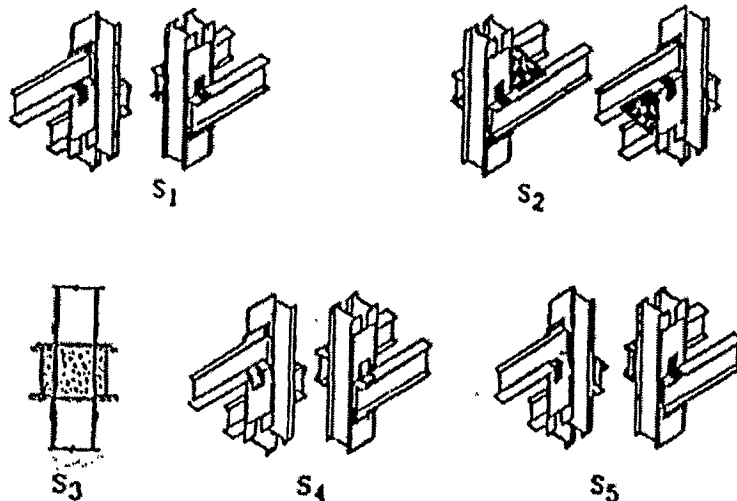
کرمی و مقدم [۶] (۱۳۷۰) با استفاده از امکانات آزمایشگاهی موجود در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن به طرح یک مدل آزمایشگاهی از اتصال خورجینی پرداختند که در شکل ۱-۱ نشان داده شده است. یک قطعه کوتاه از تیر به قطعه‌ای از ستون متصل شده است. تیر به صورت طره تحت بار متمرکز قائم قرار گرفته و لنگری در محل اتصال ایجاد می‌شود. از چرخش ستون به وسیله یک عضو مایل جلوگیری شده است. عوامل و متغیرهای اصلی در این مطالعه شامل اندازه، طول نبشی‌ها و انواع تقویت اتصال می‌باشد.

در این آزمایش‌ها علاوه بر چرخش تیر و ستون جابجایی نقاط مختلف نبشی‌ها در جهات مختلف مطابق شکل ۱-۱ اندازه‌گیری شده است. در کلیه نمونه‌ها ستون عبارت بود از دو نیمرخ INP160 به طول ۷۰ سانتیمتر با فاصله‌ی محور به محور ۲۰ سانتیمتر که توسط ورق‌هایی به ضخامت ۱۰ میلیمتر که در طرفین جوش شده‌اند به هم متصل گشته‌اند. هر تیر از نیمرخ INP140 به طول ۱۰۰ سانتیمتر تشکیل می‌شود. در کلیه اتصالات از نبشی $L100 \times 100 \times 10$ استفاده شد. در مجموع روی پنج نمونه، آزمایش انجام شد که در شکل ۲-۱ نشان داده شده است. طول نبشی‌های بالا و پایین در کلیه نمونه‌ها برابر ۱۲۰

میلیمتر بود. بجز نمونه‌ی EX1 که طول نبشی بالایی ۸۰ میلیمتر اختیار شد. در نمونه EX2 دو ورق تقویت زبانه شده در بالا و پایین اتصال به جان ستون جوش شدند. نمونه EX3 همان نمونه EX2 بود با این تفاوت که فضای بین ورق‌های تقویت پایین پر شد. نمونه EX4 همان EX1 بود اما با ورق‌های تقویت که به نبشی‌های اضافه شده بود. نمونه EX5 همان نمونه EX1 بود با این تفاوت که از دو ورق تقویت قائم برای اتصال جان هر تیر به لبه بال ستون استفاده شد. نمونه‌های آزمایشگاهی در شکل ۱-۲ آورده شده است.



شکل ۱-۱ مدل آزمایشگاهی اتصال خورجینی و جابجایی‌های اندازه‌گیری شده (مقدم و کرمی)



شکل ۱-۲ نمونه‌های آزمایشگاهی (مقدم و کرمی)