الله
الله
الله
الله
الله
الله
الله
الله

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده عمران

بررسی اتصالات خورجینی با استفاده از تحلیل غیرخطی

محمد فروغی

پایان نامه برای دریافت درجه دکترا

در رشته

مهندسی عمران – سازه

زمستان ۱۳۸۵

دانشکده عمران

بررسی اتصالات خورجینی با استفاده از تحلیل غیرخطی

محمد فروغی

پایان نامه برای دریافت درجه دکترا

در رشته

مهندسی عمران – سازه

زمستان ۱۳۸۵

استاد راهنما : دکتر محمدعلی برخورداری، دانشیار
استاد مشاور : دکتر احمد نیکنام، استادیار

هیأت داوران :

جناب آقای دکتر محمد علی برخورداری	**استاد راهنما**	دانشگاه علم و صنعت ایران
جناب آقای دکتر احمد نیکنام	**استاد مشاور**	دانشگاه علم و صنعت ایران
جناب آقای پروفسور علی اکبر آقاکوچک	**داور خارج از دانشگاه**	دانشگاه تربیت مدرس
جناب آقای دکتر طارق المهدی	**داور خارج از دانشگاه**	مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
جناب آقای دکتر رضا عباس نیا	**داور داخلی**	دانشگاه علم و صنعت ایران
جناب آقای دکتر محسنعلی شایانفر	**داور داخلی**	دانشگاه علم و صنعت ایران

تقدیم

تقدیم به روح پرفتوح پدر بزرگوارم که معلمی گرانقدر بود و مرا به دانش اندوزی واداشت تا به مرتبه معلمی برسم.

تقدیم به مادر دلسوز و مهربانم که از بدو تولدم مرا آموزش داد و هم اوست که بعنوان یک معلم همواره مشوق من در شروع و ادامه تحصیل بوده است .

تقدیم به همسرم که علیرغم اشتغال به تعلیم و تربیت فرزندان جامعه و فرزندان خویش ، بار سنگین زندگی مشترک را در زمان تحصیل من به تنهایی بر دوش کشید .

تقدیر و تشکر

حال که خداوند متعال به این بنده حقیر، توفیق ارزانی داشت تا رساله حاضر را با موفقیت به پایان ببرد و به اهداف از پیش تعیین شده دست یابد، پس از سپاس از ایزد منان، برخود لازم می داند از زحمات استاد راهنمای گرانقدر پروژه، جناب آقای دکتر محمد علی برخورداری، که با صبر و تحمل خویش ، یاور وی در طول پروژه بوده، از هدایت جهت دار ایشان همواره بهره مند بوده است و نیز استاد مشاور محترم و توانمند پروژه، جناب آقای دکتر احمد نیکنام که در طول پروژه، از راهنمائیهای دلسوزانه و ارزنده شان سود برده، قدر دانی نماید و از پیگیری های ایشان در تأمین منابع پروژه سپاسگذاری کند. همچنین بر من فرض است که از کمک های بی شائبه استاد توانا، جناب آقای پروفسور علی اکبر آقا کوچک، در تهیه تعدادی از منابع مفید و نیز ارشاداتی که فرموده اند، سپاسگذاری کنم. همچنین از جناب آقای دکتر طارق المهدی که با صبر و حوصله ای که به خرج دادند، از راهنمائی های سودمند شان بهره بردم و نیز از راهنمائیهای ارزنده اساتید گرانقدر، آقایان دکتر رضا عباس نیا و دکتر محسنعلی شایانفر که بعنوان اساتید گروه هادی پایان نامه، مرا یاری داده اند، خالصانه تشکر نمایم.

مسلم است که همکاری و همراهی جناب آقای پروفسور علی کاوه، دکترغلامرضا قدرتی امیری و نیز دکتر علی مزروعی و راهنمائیهای ایشان، همچنین راهنمائیهای ارزنده جناب آقای پروفسور محمد تقی احمدی، جناب آقای دکتر مرتضی لطفی، دکتر محمد رضا چناقلو و نیز جناب آقای دکتر هادی افشار، جناب آقای دکتر مرتضی زاهدی و جناب آقای دکتر بهروز حسنی، در پیشبرد این پروژه، نقشی بسزا داشته است. اینجانب از تمامی این اساتید ارجمند و دیگر اساتید دلسوزی که هر یک به

گونه ای مرا یاری داده اند، صمیمانه سپاسگذارم و از درگاه پروردگار قادر متعال، عاجزانه توفیق روز افزون این عزیزان گرانقدر را در خدمت به جامعه اسلامیمان و بالا بردن توان علمی کشور، خواستارم.

در پایان از مسئولین محترم دانشگاه علم و صنعت ایران که این پروژه را از نظر مالی پشتیبانی نموده و دانشگاه یزد که امکان انجام این مقطع از تحصیل اینجانب را فراهم نموده اند، سپاسگذاری می نمایم.

همچنین از جناب آقای مهندس احمد کردستانی برای راهنمایی هایی که در رابطه با نرم افزار EXCEL به اینجانب نمودند و نیز از زحمات سرکار خانم نوایزدان که زحمات تایپ اولیه متن پایان نامه ر ا کشیده اند و تمامی کسانیکه به هر نحوی از انحاء در به ثمر رسیدن این پروژه مرا یاری داده اند، قدر دانی می نمایم.

محمد فروغی

زمستان ۱۳۸۵

چکیده

در این پژوهش، دو نوع اتصال خورجینی تحت عناوین " اتصال خورجینی صلب با نبشی پیرامونی" و " اتصال خورجینی صلب با ورق پیرامونی سخت شده"، ارائه گردیده، با این باور که این جزئیات، از سهولت اجرائی بیشتری نسبت به انواع صلب مورد نظر "پیش نویس ضوابط طراحی و اجرای ساختمان های با اتصال خرجینی"، برخوردار است و سپس رفتار شکل پذیر و مطلوب هر دو نوع پیشنهادی و صلبیت آن ها، مورد تحقیق قرار گرفته است. در نهایت این جمع بندی حاصل شده است که اتصالات پیشنهادی، نه تنها دارای رفتاری صلب و شکل پذیر، قابل مقایسه با اتصالات خورجینی صلب مورد نظر مجموعه مذکور هستند، بلکه هرگاه شرایط، سهولت و هزینه های اجرا و نیز هماهنگی با معماری بنا نیز مد نظر باشد، بر انواع مندرج در " پیش نویس ضوابط طراحی و اجرای ساختمان های با اتصال خرجینی"، برتری دارند.

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه

فصل اول- مقدمه	۱
۱-۱ - مقدمه	۲
۱-۲ – مروری بر وجوه نامگذاری های مختلف اتصالات خورجینی	۳
۱-۲- ۱- "خورجینی" و "خرجینی"	۳
۱- ۲- ۲- "رکابی"	۳
۱- ۲- ۳- "زینی"	۴
۱- ۲- ۴- "قیچی سان" و "قیچی"	۴
۱- ۲- ۵- "سطحی"	۴
۱- ۲- ۶- خلاصه بحث	۵
۱- ۳- سابقه تحقیق	۶
۱- ۴- روش تحقیق	۶
۱- ۵- سازماندهی پایان نامه	۶
فصل دوم – تاریخچه	۸
فصل سوم – مفاهیم پایه	۲۵
۳-۱- مقدمه	۲۵
۳-۲- بخش اول : انواع قاب های ساختمانی از نظر عملکرد	۲۵
۳-۲-۱-دسته اول، قاب های صلب	۲۵
۳-۲-۲- دسته دوم، قاب های ساده	۲۵
۳-۲-۳- دسته سوم، قاب های نیمه صلب	۲۵
۳-۲-۲- خط تیر	۲۵
۳-۲-۳- مکانیزم انتقال لنگر در اتصال خورجینی	۲۵
۳-۳- بخش دوم : مروری بر رفتار غیرخطی سازه	۲۶
۳-۳-۱- رفتار غیرخطی هندسی	۲۶
۳-۳-۲- رفتار غیرخطی مصالح	۲۶
۳-۳-۳ تحلیل غیرخطی مصالح (پلاستیسیته مستقل از زمان)	۲۶
۳-۳-۴- مفهوم تماس	۲۷
۳-۴- روش اجزاء محدود	۲۷
۳-۵- بارگذاری چرخه ای(CYCLIC)ومنحنی های چرخه ای(HYSTERESIS)	۲۷
۳-۵-۱- تعریف	۲۷

عنوان **شماره صفحه**

۳-۵-۲- نحوه انتخاب چرخه های بارگذاری جانبی مدل های آزمایشگاهی ۲۷
فصل چهارم – دستگاه مختصات بدون بعد لنگر - دوران ۲۹
۴-۱- مقدمه ۳۰
۴-۲- بررسی روش مرسوم ۳۱
۴-۳- معرفی سیستم مختصات بدون بعد ۳۲
۴-۳-۱- مزایا ۳۴
۴-۳-۲- معایب ۳۵
۴-۴- ارائه نمونه کار با دستگاه مختصات بدون بعد ۳۶
۴-۵- جمع بندی، نتیجه گیری و ارائه پیشنهاد ۳۷
فصل پنجم – مدل های پیشنهادی در این پروژه و کار بر روی آن ها ۳۸
۵-۱- مقدمه ۳۹
۵-۲- معرفی نرم افزار مورد استفاده ۴۲
۵-۳- هدف از انتخاب نرم افزار Ansys 8.0 ۴۲
۵-۴- فرضیات مدل سازی ۴۲
۵-۴-۱- عناصر مورد استفاده ۴۲
۵-۴-۱-۱- عناصر دو بعدی ۴۳
۵-۴-۱-۲- عناصر سه بعدی ۴۳
۵-۴-۱-۳- عناصر تماسی(CONTACT) ۴۳
۵-۴-۲- انواع بارگذاری بر روی مدل ها و چگونگی مدل سازی آن ها ۴۳
۵-۴-۳- شرایط مرزی ۴۴
۵-۴-۴- وابستگی های گرهی ۴۵
۵-۵- مدل‌سازی کامپیوتری نمونه‌های آزمایشگاهی مورد تحقیق دیگران، با استفاده از انواعی از عناصر محدود و بکارگیری نرم‌افزار Ansys 5.4 و Ansys 8.0 و تحقیق در رابطه با نحوه مدل‌سازی مطلوب ۴۶
۵-۵-۱- گزارشی کوتاه از مدل سازی و تحلیل نمونه F7 ۴۶
۵-۵-۲- مقایسه نتایج تحلیل با کار آزمایشگاهی ۵۰
۵-۵-۳- انتخاب مدل اجزاء محدود برای ادامه کار ۵۳
۵-۶- کار بر روی انواع پیشنهادی اتصالات خورجینی صلب در این پایان نامه ۵۸
۵-۶-۱- مدل نبشی پیرامونی، نمونه M1 ۵۸

عنوان	شماره صفحه

۵-۶-۱-۱- طرح ساده اتصال(نبشی ها، ورق ها و ابعاد جوش) ۶۳
۵-۶-۱-۲- ساخت مدل کامپیوتری و تحلیل توسط نرم افزار Ansys 8.0 ۶۷
۵-۶-۱-۳- بررسی نتایج حاصله از تحلیل ۷۸
۵-۶-۱-۴- جمع بندی کلی ۱۰۱
۵-۶-۲- مدل نبشی پیرامونی، نمونه M1-M ۱۰۶
۵-۶-۳- مدل ورق پیرامونی سخت شده، نمونه M2 ۱۰۸
۵-۶-۳-۱- طرح ساده اتصال ۱۱۰
۵-۶-۳-۲- ساخت مدل کامپیوتری و تحلیل توسط نرم افزار Ansys 8.0 ۱۱۴
۵-۶-۳-۳- بررسی نتایج حاصله از تحلیل ۱۱۶
۵-۶-۳-۴- جمع بندی کلی ۱۲۸
۵-۶-۴- مدل نبشی پیرامونی، نمونه M3 ۱۳۰
۵-۶-۴-۱- شکل کلی نمونه و مدل سازی آن ۱۳۴
۵-۶-۴-۲- شبکه بندی اجزاء محدود نمونه ۱۳۶
۵-۶-۴-۳- شرایط مرزی ۱۳۷
۵-۶-۴-۴- بارگذاری ۱۳۸
۵-۶-۴-۵- انجام تحلیل و استخراج نتایج ۱۳۸
۵-۶-۴-۶- جمع بندی کلی ۱۴۵
۵-۶-۵- مدل نبشی پیرامونی، نمونه M4 ۱۴۷
۵-۶-۵-۱- شکل کلی نمونه ۱۴۷
۵-۶-۵-۲- شبکه بندی اجزاء محدود نمونه ۱۴۷
۵-۶-۵-۳- شرایط مرزی ۱۴۹
۵-۶-۵-۴- بارگذاری ۱۴۹
۵-۶-۵-۵- انجام تحلیل و استخراج نتایج ۱۵۰
۵-۶-۵-۶- مقایسه نتایج نمونه M4 با نمونه M3 ۱۵۵
۵-۶-۵-۷- جمع بندی کلی ۱۵۷
۵-۶-۶- نمونه M5 ۱۵۹
۵-۶-۶-۱- شکل کلی نمونه ۱۵۹
۵-۶-۶-۲- شبکه بندی اجزاء محدود نمونه ۱۵۹
۵-۶-۶-۳- شرایط مرزی ۱۵۹

عنوان **شماره صفحه**

۵-۶-۶-۴- بارگذاری ۱۵۹
۵-۶-۶-۵- انجام تحلیل و استخراج نتایج ۱۶۲
۵-۶-۶-۶- جمع بندی کلی ۱۷۴
۵-۷- مدل ریاضی برای اتصالات خورجینی پشنهادی در این پایان نامه ۱۷۷
۵-۷-۱- مدل ریاضی اتصال خورجینی صلب نوع ۱ آئین نامه ۱۷۸
۵-۷-۲- مدل ریاضی اتصال خورجینی صلب نوع ۲ آئین نامه ۱۷۹
۵-۷-۳- مدل ریاضی اتصال خورجینی صلب از نوع نبشی پیرامونی ۱۷۹
۵-۷-۴- مدل ریاضی اتصال خورجینی صلب از نوع ورق پیرامونی سخت شده ۱۸۲
۵-۷-۵- جمع بندی بحث مدل سازی ریاضی اتصالات خورجینی ۱۸۳
فصل ششم – جمع بندی و نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات ۱۸۵
۷-۱- مقدمه ۱۸۶
۷-۲- مقایسه انواع اتصالات خورجینی صلب مورد نظر از نظر رفتار ۱۸۶
۷-۲-۱- تعریف لنگر نسبی و دوران نسبی ۱۸۷
۷-۲-۲- مقایسه رفتار اتصالات مختلف مورد تحقیق در این پروژه ۱۸۷
۷-۲-۲-۱- مقایسه نمونه های M5 ، M2 ، F10 و F7 ۱۸۸
۷-۲-۲-۲- مقایسه نمونه های M4 ، M3 ، M1 ، F10 و F7 ۱۹۰
۷-۲-۲-۳- مقایسه نمونه های M5 ، M4 ، F10 و F7 ۱۹۱
۷-۳- مقایسه اتصالات خورجینی صلب مورد نظر از لحاظ مسائل اجرائی و هزینه ۱۹۲
۷-۴- نتیجه گیری ۱۹۴
۷-۵- پیشنهادات ۱۹۴
ضمائم ۱۹۸
ضمیمه ۱- مفاهیم پایه ۱۹۹
ضمیمه ۲- معرفی نرم افزار ANSYS و امکانات مورد استفاده آن در این پروژه ۲۱۵
ضمیمه ۳- مدل سازی ریاضی اتصالات نیمه صلب ۲۲۲
منابع و مآخذ ۲۳۵

فهرست اشکال

عنوان **شماره صفحه**

شکل (۴-۲-۱) ۳۱

شکل(۴-۳-۱) ۳۳

شکل(۴-۳-۲) ۳۵

شکل(۴-۴-۱) ۳۷

شکل(۵-۵-۱-۱) شکل شماتیک نمونه F7 ۴۷

شکل(۵-۵-۱-۲) استفاده از عناصر SHELL181 برای عناصر ورقی اتصال و عناصر SOLID73 برای جوش ها ۴۸

شکل(۵-۵-۱-۳) استفاده از عناصر SOLID45 برای کلیه عناصر اتصال اعم از عناصر ورقی و جوش ها ۴۹

شکل(۵-۵-۲-۱) منحنی پوش لنگر-دوران نمونه تحلیلی F7-m9(NEW3) با نمونه آزمایشگاهی F7 ۵۰

شکل(۵-۵-۳-۱) مشکل عدم توانایی عناصر SHELL در مدل کردن ماهیچه نبشی ۵۴

شکل(۵-۵-۳-۲) ناسازگاری تغییر شکل در مرز عناصر درجه یک و دو ۵۴

شکل (۵- ۵-۳-۳) مقایسه وضعیت اتصال بعد قائم جوش گوشه با لبه ورق فوقانی در شرایط واقعی و مدل اجزاء محدود وقتی اجزاء ورقی با عناصر SHELL مدل شده باشند ۵۶

شکل (۵-۵-۳-۴) مقایسه وضعیت اتصال بعد افقی جوش گوشه با سطح ورق تحتانی در شرایط واقعی و مدل اجزاء محدود وقتی اجزاء ورقی با عناصر SHELL مدل شده باشند ۵۶

شکل (۵- ۶-۱-۱) شکل کلی اتصال خورجینی با نبشی پیرامونی (نمونه M1) ۵۸

شکل (۵- ۶-۱-۲) شکل کلی نبشی های پیرامونی (مربوط به نمونه M1) ۵۹

شکل (۵- ۶-۱-۳) شکل کلی نمونه M1 (نصف هندسه مدل) ۶۰

شکل (۵- ۶-۱-۴) شکل کلی نبشی نشیمن پیرامونی و مقطع ستون در نمونه M1 (نصف هندسه مدل) ۶۰

شکل (۵-۶-۱-۵) شکل کلی نبشی نشیمن پیرامونی در نمونه M1 (نصف هندسه مدل) ۶۱

شکل (۵-۶-۱-۶) شبکه بندی مدل M1 با عناصر محدود SOLID45 (نصف مدل) ۶۱

شکل (۵-۶-۱-۷) شبکه بندی مدل M1 با عناصر محدود SOLID45 در محدوده اتصال (نصف مدل) ۶۲

شکل (۵-۶-۱-۸) شبکه بندی مقطع تیر مدل M1 با عناصر محدود SOLID45 ۶۲

عنوان **شماره صفحه**

(نصف مدل)
شکل (۵-۶-۱-۹) ۶۳
شکل (۵-۶-۱-۱۰) ۷۳
شکل (۵-۶-۱-۱۱) نمودار چرخه ای بار جانبی در اتصال M1 ۷۴
شکل (۵-۶-۱-۱۲) نمودار چرخه ای لنگر در اتصال M1 ۷۴
شکل (۵- ۶-۱-۱۳) مقاطعی از شبکه بندی عناصر صفحه ای و عناصر جوش در اتصال با عناصر محدود SOLID 45 ۷۵
شکل (۵- ۶-۱-۱۴) منحنی تنش – کرنش مصالح ورق های فولادی ۷۷
شکل (۵- ۶-۱-۱۵) منحنی تنش – کرنش مصالح پروفیل های فولادی ۷۷
شکل (۵-۶-۱-۱۶) منحنی تنش – کرنش مصالح جوش ۷۷
شکل (۵- ۶-۱-۱۷)تغییر شکل اتصال M1 در مرحله ۳۵ بارگذاری چرخه ای ۷۹
شکل (۵-۶-۱-۱۸)تغییر شکل اتصال M1 در مرحله ۳۵ بارگذاری چرخه ای ۷۹
شکل (۵-۶-۱-۱۹) منحنی های هم شدت جابجایی اتصال M1 در جهت X درمرحله انهدام اتصال ۸۰
شکل (۵-۶-۱-۲۰) منحنی های هم شدت جابجایی اتصال M1 در جهت X درمرحله انهدام اتصال (در محدوده اتصال) ۸۰
شکل (۵-۶-۱-۲۱) منحنی های هم شدت تنش وان میسز در اتصال نمونه M1 در مرحله انهدام اتصال ۸۱
شکل (۵-۶-۱-۲۲) منحنی های هم شدت تنش وان میسز در اتصال نمونه M1 در مرحله انهدام اتصال (در محدوده اتصال) ۸۱
شکل (۵-۶-۱-۲۳) منحنی های هم شدت کرنش معادل پلاستیک در اتصال نمونه M1 در مرحله انهدام اتصال ۸۲
شکل (۵-۶-۱-۲۴) منحنی های هم شدت کرنش معادل پلاستیک در اتصال نمونه M1 در مرحله انهدام اتصال (در محدوده اتصال) ۸۲
شکل (۵-۶-۱-۲۵) منحنی های هم شدت کرنش معادل پلاستیک در بال ستون (در محدوده اتصال) در اتصال نمونه M1 در مرحله انهدام اتصال ۸۳
شکل (۵-۶-۱-۲۶) تعریف دوران تیر در مرکز اتصال و وسط دهانه ۸۵
شکل (۵-۶-۱-۲۷) تعریف دوران تیر در محدوده اتصال ۸۵
شکل (۵-۶-۱-۲۸) نمودار مقایسه ای دوران چرخه ای اتصال M1 ۸۶

عنوان **شماره صفحه**

شکل (۵-۶-۱-۲۹) منحنی چرخه ای لنگر- دوران تیر در مرکز اتصال M1 ۸۶

شکل (۵-۶-۱-۳۰) منحنی چرخه ای لنگر- دوران تیر در محدوده اتصال M1 ۸۷

شکل (۵-۶-۱-۳۱) منحنی چرخه ای لنگر- دوران تیر در محدوده اتصال M1 ۸۷

شکل (۵-۶-۱-۳۲) منحنی چرخه ای لنگر- دوران تیر در محدوده اتصال M1 ۸۸

شکل (۵-۶-۱-۳۳) منحنی چرخه ای لنگر- دوران وسط دهانه تیر در اتصال M1 ۸۸

شکل (۵-۶-۱-۳۴) تعریف دوران اتصال ۸۹

شکل (۵-۶-۱-۳۵) منحنی لنگر- دوران اتصال نمونه M1 در مرکز اتصال ۹۰

شکل (۵-۶-۱-۳۶) منحنی پوش لنگر- دوران و خط تیر در اتصال M1 ۹۱

شکل (۵-۶-۱-۳۷) منحنی پوش لنگر- دوران و خط تیر در اتصال M1 و F7 ۹۱

شکل (۵-۶-۱-۳۸) منحنی چرخه ای جابجائی پای ستون در اتصال M1 ۹۴

شکل (۵-۶-۱-۳۹) نمودار تغییر مکان چرخه ای پای ستون تحت اعمال بار جانبی چرخه ای در اتصال M1 ۹۵

شکل (۵-۶-۱-۴۰) نمودار پوش تغییر مکان پای ستون تحت اعمال بار جانبی در اتصال M1 ۹۶

شکل (۵-۶-۱-۴۱) منحنی چرخه ای تنش وان میسز در نقاط بحرانی جوش ها در اتصال M1 ۹۶

شکل (۵-۶-۱-۴۲) منحنی چرخه ای تنش وان میسز در نقاط بحرانی جوش ها بر حسب لنگر در اتصال M1 ۹۷

شکل (۵-۶-۱-۴۳) منحنی پوش تنش وان میسز در نقاط بحرانی جوش ها در اتصال M1 ۹۷

شکل (۵-۶-۱-۴۴) منحنی پوش تنش وان میسز در نقاط بحرانی جوش ها بر حسب لنگر در اتصال M1 ۹۸

شکل (۵-۶-۱-۴۵) منحنی چرخه ای کرنش پلاستیک معادل در نقاط بحرانی جوش ها در اتصال M1 ۹۹

شکل (۵-۶-۱-۴۶) منحنی چرخه ای لنگر-کرنش پلاستیک معادل در نقاط بحرانی جوش ها در اتصال M1 ۹۹

شکل (۵-۶-۱-۴۷) منحنی پوش کرنش پلاستیک مغادل در نقاط بحرانی جوش ها در اتصال M1 ۱۰۰

شکل (۵-۶-۱-۴۸) منحنی پوش لنگر-کرنش پلاستیک معادل در نقاط بحرانی ۱۰۰

عنوان **شماره صفحه**

جوش ها در اتصال M1

شکل (۵-۶-۲-۱) منحنی پوش لنگر- دوران در اتصال نمونه M1-M ۱۰۷

شکل(۵-۶-۳-۱-الف) شکل سه بعدی اتصال خورجینی با ورق پیرامونی سخت شده، مدل M2 ۱۰۸

شکل (۵-۶-۳-۱ –ب وج) شکل شماتیک اتصال مدل M2 (نشیمن پیرامونی سخت شده) ۱۰۹

شکل(۵-۶-۳-۲) شکل شماتیک ورق‌های پیرامونی ۱۱۳

شکل(۵-۶-۳-۳) شکل شماتیک لچکی‌های تحتانی و فوقانی ۱۱۴

شکل(۵-۶-۳-۴) ۱۱۵

شکل (۵-۶-۳-۵) ۱۱۵

شکل (۵-۶-۳-۶) ۱۱۶

شکل (۵-۶-۳-۷) ۱۱۷

شکل (۵-۶-۳-۸) ۱۱۷

شکل (۵-۶-۳-۹) ۱۱۸

شکل (۵-۶-۳-۱۰) کرنش معادل پلاستیک در اتصال خورجینی صلب با ورق پیرامونی سخت شده، نمونه M2، در محدوده اتصال ۱۱۸

شکل (۵-۶-۳-۱۱) کرنش معادل پلاستیک در اتصال خورجینی صلب با ورق پیرامونی سخت شده، نمونه M2، در محدوده اتصال (دید از زیر اتصال) ۱۱۹

شکل (۵-۶-۳-۱۲) کرنش معادل پلاستیک در اتصال خورجینی صلب با ورق پیرامونی سخت شده، نمونه M2، در محدوده اتصال (دید از داخل ستون) ۱۱۹

شکل (۵-۶-۳-۱۳) ۱۲۰

شکل (۵-۶-۳-۱۴) ۱۲۰

شکل (۵-۶-۳-۱۵) ۱۲۱

شکل(۵-۶-۳-۱۶) ۱۲۲

شکل(۵-۶-۳-۱۷) ۱۲۲

شکل (۵-۶-۳-۱۸) ۱۲۳

شکل (۵-۶-۳-۱۹) ۱۲۳

شکل (۵-۶-۳-۲۰) ۱۲۴

شکل (۵-۶-۳-۲۱) ۱۲۵

عنوان **شماره صفحه**

شکل (۵-۶-۳-۲۲) توزیع کرنش پلاستیک در ورق تقویت ستون و مواضع اتصال ورق های اتصال به ستون در اتصال خورجینی صلب با ورق پیرامونی سخت شده، نمونه M2، در محدوده اتصال ۱۲۶

شکل (۵-۶-۳-۲۳) توزیع کرنش پلاستیک در ستون در اتصال خورجینی صلب با ورق پیرامونی سخت شده، نمونه M2، در محدوده اتصال (دید از داخل ستون) ۱۲۷

شکل(۵-۶-۳-۲۴) ۱۲۸

شکل (۵-۶-۴-۱) شکل کلی نبشی نشیمن پیرامونی نوع دوم ۱۳۰

شکل (۵-۶-۴-۲) شکل شماتیک قاب خورجینی مورد نظر و محل قرارگیری اتصال انتخاب شده ۱۳۲

شکل (۵-۶-۴-۳) شکل شماتیک اتصال نمونه M3 ۱۳۲

شکل (۵-۶-۴-۴) شکل کلی نصف نمونه M3 ۱۳۵

شکل (۵-۶-۴-۵) شکل کلی نصف نمونه M3 در موضع اتصال ۱۳۵

شکل (۵-۶-۴-۶) شکل کلی نصف نمونه M3 در موضع اتصال از زیر و پشت اتصال ۱۳۶

شکل (۵-۶-۴-۷) شبکه بندی اجزاء محدود نصف نمونه M3 ۱۳۷

شکل (۵-۶-۴-۸) شبکه بندی اجزاء محدود نصف نمونه M3 در محدوده اتصال ۱۳۷

شکل (۵-۶-۴-۹) منحنی چرخه ای جابجائی پای ستون در نمونه M3 ۱۳۸

شکل (۵-۶-۴-۱۰) منحنی چرخه ای نیرو- جابجائی پای ستون در نمونه M3 ۱۳۹

شکل (۵-۶-۴-۱۱) منحنی چرخه ای لنگر-دوران تیر، ستون و اتصال در مرکز اتصال در نمونه M3 ۱۴۰

شکل (۵-۶-۴-۱۲) منحنی چرخه ای لنگر-دوران اتصال در مرکز اتصال در نمونه M3 ۱۴۰

شکل (۵-۶-۴-۱۳) منحنی پوش مقایسه ای لنگر-دوران تیر، ستون واتصال در مرکز اتصال در نمونه M3 ۱۴۰

شکل (۵-۶-۴-۱۴) منحنی های هم شدت تنش وان میسز در نمونه M3 در محدوده مرکزی اتصال ۱۴۱

شکل (۵-۶-۴-۱۵) توزیع کرنش معادل پلاستیک در اتصال نبشی پیرامونی نمونه M3، در محدوده اتصال ۱۴۱

شکل (۵-۶-۴-۱۶) توزیع کرنش معادل پلاستیک در اتصال نبشی پیرامونی نمونه ۱۴۲

عنوان **شماره صفحه**

M3، در محدوده اتصال(دید از زیر)
شکل(۵-۶-۴-۱۷)توزیع کرنش معادل پلاستیک در اتصال نبشی پیرامونی نمونه M3، در محدوده اتصال(دید از پشت) ۱۴۲
شکل (۵-۶-۴-۱۸) توزیع کرنش معادل پلاستیک در اتصال نبشی پیرامونی نمونه M3، در محدوده مرکزی اتصال (دید از داخل ستون) ۱۴۳
شکل (۵-۶-۴-۱۹) منحنی پوش لنگر-دوران اتصال در مرکز اتصال در نمونه M3 و خط تیر در حالات بار بهره برداری و ۱/۶۷ برابر بار بهره برداری ۱۴۴
شکل (۵-۶-۴-۲۰) منحنی پوش لنگر نسبی-دوران نسبی اتصال نمونه M3 در مقایسه با نمونه M1 و خط تیر در حالت بار بهره برداری ۱۴۴
شکل (۵-۶-۵-۱) شکل نصف سطح مقطع ستون در نمونه های M3 و M4 ۱۴۸
شکل (۵-۶-۵-۲) شبکه بندی نصف سطح مقطع ستون در نمونه M4 ۱۴۸
شکل (۵-۶-۵-۳) منحنی چرخه ای اعمال جابجائی به پای ستون در نمونه M4 ۱۴۹
شکل (۵-۶-۵-۴) منحنی چرخه ای نیرو- جابجائی پای ستون در نمونه M4 ۱۵۰
شکل (۵-۶-۵-۵) منحنی چرخه ای لنگر-دوران تیر،ستون و اتصال در نمونه M4 ۱۵۱
شکل (۵-۶-۵-۶) منحنی چرخه ای لنگر-دوران اتصال در نمونه M4 ۱۵۱
شکل (۵-۶-۵-۷) منحنی پوش لنگر-دوران تیر،ستون واتصال در نمونه M4 ۱۵۲
شکل (۵-۶-۵-۸) منحنی پوش لنگر-دوران اتصال در نمونه M4 ۱۵۲
شکل (۵-۶-۵-۹) منحنی های هم شدت تنش وان میسز در محدوده اتصال در نمونه M4 ۱۵۳
شکل (۵-۶-۵-۱۰) توزیع کرنش پلاستیک معادل در اتصال نبشی پیرامونی نمونه M4، در محدوده اتصال ۱۵۴
شکل (۵-۶-۵-۱۱) توزیع کرنش پلاستیک معادل در اتصال نبشی پیرامونی نمونه M4، در محدوده اتصال (دید از زیر) ۱۵۴
شکل (۵-۶-۵-۱۲) توزیع کرنش پلاستیک معادل در اتصال نبشی پیرامونی نمونه M4، در محدوده اتصال(دید از داخل ستون) ۱۵۵
شکل (۵-۶-۵-۱۳) منحنی پوش لنگر-دوران نمونه M4 در مقایسه با M3 ۱۵۶
شکل (۵-۶-۵-۱۴) منحنی پوش لنگر نسبی-دوران نسبی نمونه M4 در مقایسه با M3 و M1 ۱۵۶