بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

بهسازی لرزه ای اتصالات خمشی از طریق ایجاد گشایش در جان تیر

استاد راهنما:

آقای دکتر دیلمی

استاد مشاور:

آقای دکتر مصلحی تبار

دانشجو:

مهدیه امینی فر

بهمن ۱۳۸۹

تاریخ: ۱۳۸۹/۱۲/۰۷
شماره: ۲۴۸۱۰/۶۵۴۹
پیوست: .....

دانشگاه تفرش

مدیریت تحصیلات تکمیلی

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی: هدیه امینی فر شماره دانشجویی: ۸۷۳۱۲۱۰۰۲ دانشکده: مهندسی عمران

رشته تحصیلی/گرایش: مهندسی عمران / سازه

عنوان پروژه: بهسازی لرزه ای اتصالات خمشی از طریق ایجاد گشایش در جان تیر

تعداد واحد: ۶ تاریخ تصویب: ۸۸/۱۲/۱۰ تاریخ دفاع: ۸۹/۱۱/۳۰

نمره نهایی: به عدد: ۱۹/۵ به حروف: نوزده و پنج صدم

هیات داوران			
استاد راهنما	دکتر اردشیر دیلمی	استادیار	دانشگاه صنعتی امیر کبیر
استاد مشاور	دکتر افشین مصلحی تبار	استادیار	دانشگاه تفرش
داور خارجی	دکتر سید مهدی زهرایی	دانشیار	دانشگاه تهران
داور داخلی	دکتر محمد قاسم سحاب	استادیار	دانشگاه تفرش
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمد قاسم سحاب	استادیار	دانشگاه تفرش

رئیس دانشکده: دکتر محمد قاسم سحاب

امضاء:

تاریخ: ۸۹/۱۲/۳

مهر:

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه: دکتر حمید رضا دهقانپور

امضاء:

تاریخ:

مهر:

به پاس حمایت های بی دریغ

تقدیم به روان پاک پدرم

و

مادر مهربانم

تقدیر و تشکر

خداوند متعال را بخاطر نعمت های بی پایانش و توفیق در مقطع کارشناسی ارشد سپاسگزارم.

از استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر دیلمی و استاد مشاور محترم جناب آقای دکتر مصلحی تبار که در انجام پایان نامه صمیمانه مرا راهنمایی نمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از جناب آقای دکتر سید مهدی زهرایی و جناب آقای دکتر محمد قاسم سحاب که زحمت بازخوانی و داوری این پایان نامه را پذیرا شدند سپاسگزارم. همچنین از دانشجویان محترم دوره دکتری و کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی امیرکبیر که در انجام پایان نامه مرا یاری رساندند، متشکرم.

چکیده

گشایش در جان تیر به فاصله کوتاهی از محل اتصال تیر به ستون یکی از موثرترین روشها در بهبود رفتار لرزه ای اتصالات قاب خمشی می باشد. از آنجاییکه نسبت قطر سوراخ به عمق تیر و همچنین فاصله مرکز سوراخ از بر ستون به عنوان شاخص های موثر در رفتار چرخه ای این اتصالات می باشند، مدلهای مختلف اجزای محدود در نرم افزار ANSYS ایجاد شدند و تحت بارگذاری چرخه ای قرار گرفتند و تاثیر هر یک از پارامتر های نسبت قطر سوراخ به عمق تیر و فاصله مرکز سوراخ از بر ستون بر مقاومت و سختی و شکل پذیری اتصالات مورد بررسی قرار گرفت. بعلاوه رفتار این اتصالات با افزایش عمق تیر نیز بررسی شد. نتایج بدست آمده نشان می دهد که انرژی لرزه ای از تغییرشکل موضعی در گشایش جان تیر مستهلک می شود و بدین ترتیب با ایجاد مفصل پلاستیک در تیر باعث بروز رفتار شکل پذیری در سازه می شود و مانع از تجاوز تنش ها و کرنش های محل اتصال از حد مجاز می گردد. همچنین این اتصال قابلیت استفاده در قابهای خمشی ویژه را داراست و اتصالی کاملاً مقاوم می باشد. همچنین با افزایش نسبت قطر سوراخ به عمق تیر از حداکثر لنگر قابل تحمل توسط اتصال کاسته می شود و تغییر در فاصله مرکز سوراخ از بر ستون تاثیر چندانی بر حداکثر لنگر قابل تحمل توسط اتصال ایجاد نمی کند. همچنین با افزایش نسبت قطر سوراخ به عمق تیر، چشمه اتصال الاستیک می گردد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل۱- ضرورت بهسازی لرزه ای اتصالات خمشی **۱**

فصل۲- ویژگی و شرایط اتصالات از پیش تایید شده **۳**

۲-۱ مقدمه ۳

۲-۲ اصول طراحی پایه ۳

۲-۲-۱ شکل قاب ۳

۲-۲-۲ شکل اتصال ۴

۲-۲-۳ تعیین محل مفصل پلاستیک ۴

۲-۲-۴ تعیین ممان پلاستیک محتمل در مفصل ها ۵

۲-۲-۵تعیین برش در محل مفصل پلاستیک ۵

۲-۲-۶ تعیین مقاومت درمقطع بحرانی ۶

۲-۳ معیارهای کلی ۷

۲-۳-۱ تیر ۷

۲-۳-۱-۱ پایداری بال تیر ۷

۲-۳-۱-۲ پایداری جان تیر ۸

۲-۳-۱-۳ عمق و دهانه تیر ۸

۲-۳-۲ جوش اتصال ۹

۲-۳-۲-۱ ضخامت فلز و تأثیر آن بر مقاومت ۹

۲-۳-۲-۲ چقرمگی مصالح پایه ۱۰

۲-۳-۲-۳ ناحیه K ۱۰

۲-۳-۲-۴ بررسی فلز جوش از جهت همخوانی با جنس تیر یا ستون ۱۰

۲-۳-۲-۵ چقرمگی فلز جوش ۱۱

۲-۳-۲-۶ پشتبند جوش ۱۱

۲-۳-۲-۷ سوراخ های دسترسی جوش ۱۱

۲-۳-۲-۸ کنترل کیفیت و تضمین کیفیت جوش ۱۲
۲-۳-۳ ویژگی های دیگر اتصالات جوشی ۱۲
۲-۳-۳-۱ صفحات پیوستگی ۱۲
۲-۳-۳-۲ مقاومت چشمه اتصال ۱۳
۲-۳-۳-۳ مقاومت خمشی ستون به تیر ۱۳
۲-۴ انواع اتصالات ازپیش تایید شده ۱۳
۲-۵ اتصالات کاملا گیردار جوش شده از پیش تایید شده ۱۴
۲-۵-۱ اتصالات بال تقویت نشده جوش شده(جان پیچ شده) ۱۴
۲-۵-۲ اتصالات بال تقویت نشده با جان جوش شده ۱۶
۲-۵-۳ اتصالات بال آزاد ۱۹
۲-۵-۴ اتصالات صفحه بال جوش شده ۲۱
۲-۵-۵ اتصالات با مقطع کاهش یافته تیر ۲۳
۲-۶ اتصالات کاملا گیردار پیچ شده از پیش تایید شده ۲۶
۲-۶-۱ اتصالات با صفحه انتهایی بدون تقویتی پیچ شده ۲۶
۲-۶-۲ اتصالات صفحه انتهایی تقویت شده پیچ شده ۲۹
۲-۶-۳ اتصالات صفحه پیچ شده به بال ۳۳
۲-۷ اتصالات دارای حق امتیاز ۳۵
۲-۷-۱ صفحه جانبی ۳۵
۲-۷-۲ جان شکاف دار ۳۶
۲-۷-۳ لچکی پیچ شده ۳۷
۲-۷-۴ جان کاهش یافته ۳۷
۲-۸ شرایط از پیش تأیید شدن ۳۸
۲-۸-۱ معیار قابل پذیرش ۳۹
۲-۹ اتصالات از پیش تایید شده در AISC ۳۹
۲-۱۰ مقایسه شرایط از پیش تایید شدگی اتصال تیر با مقطع کاهش یافته تیر در AISC و FEMA ۴۰
فصل۳- طبقه بندی اتصالات خمشی **۴۵**
۳-۱ مقدمه ۴۵
۳-۲ معیارهای طبقه بندی اتصالات خمشی ۴۵

۳-۲-۱ طبقه بندی اتصالات بر اساس مقاومت ۴۶
۳-۲-۲ طبقه بندی اتصالات بر اساس سختی ۴۶
۳-۲-۳ طبقه بندی اتصالات بر اساس ظرفیت چرخش پلاستیک(شکل پذیری) ۴۶
۳-۳ طبقه بندی اتصالات در آیین نامه AISC2005 ۴۷
۳-۳-۱سختی اتصال ۴۷
۳-۳-۲مقاومت اتصال ۴۸
۳-۳-۳ شکل پذیری اتصال ۴۸
۳-۴ طبقه بندی قابهای خمشی در آیین نامه لرزه ای AISC2005 ۴۸
۳-۴-۱ زوایای دریفت کنترل کننده در آیین نامه های لرزه ای AISC2005 ۵۱
۳-۴-۲ شرایط قاب خمشی ویژه در آیین نامه لرزه ای AISC2005 ۵۱
فصل۴- مروری بر تحقیقات گذشته گشایش در جان تیر **۵۲**
۴-۱ مقدمه ۵۲
۴-۲ حق امتیاز امریکا: ۶،۰۱۲،۲۵۶ ۵۲
۴-۳ بهبود رفتار لرزه ای قابهای خمشی با ایجاد گشایش در جان تیر ۵۴
۴-۳-۱ مشخصات آزمایش ۵۵
۴-۳-۲ نتایج آزمایش ۵۷
۴-۳-۲-۱ آزمایش شبه دینامیکی ۵۷
۴-۳-۲-۲ آزمایش شبه استاتیکی ۵۹
۴-۴ تیرهای فولادی با شکل ها و اندازه های متفاوت گشایش در جان: تحقیقات اجزای محدود ۶۲
۴-۵ تحقیقاتی در مورد تشکیل مکانیزم ویرندیل در تیرهای فولادی با گشایش دایره ای در جان ۶۹
۴-۶ بار بحرانی تیرهای جدار نازک با گشایش در جان ۷۷
۴-۷ راهنمای طراحی تیرهای فولادی و مرکب با مقاطع W با گشایش تقویت نشده در جان ۸۶
۴-۸ ظرفیت برشی تیرورقهای فولادی با گشایش بزرگ در جان، بخش دوم : دستورالعمل طراحی ۹۱
۴-۹ اتصال تیر به ستون با مقطع مستطیلی جدار نازک با گشایش در جان- مدلسازی اجزای محدود و مطالعات آزمایشگاهی ۹۵
۴-۱۰ اتصال با مقطع قوطی جدار نازک با گشایش در جان تیر- مطالعات پارامتریک و دستورالعمل طراحی ۱۰۰
۴-۱۱ مدل اجزای محدود تیر ورق ها باگشایش در جان تیر ۱۰۵
۴-۱۲ یک اتصال خمشی برای سازه های مقاوم در برابر زلزله ۱۱۴

۴-۱۳ بازنگری مکانیزم انتقال نیرو در اتصالات خمشی جوشکاری شده فولادی ۱۱۵
۴-۱۴ گسیختگی اتصالات فولادی در طول زلزله نورتریج ۱۱۶
فصل۵- بهسازی لرزه ای اتصالات خمشی از طریق ایجاد گشایش در جان تیر ۱۱۸
۵-۱ مقدمه ۱۱۸
۵-۲ هدف ۱۱۹
۵-۳ انتخاب مدلها ۱۱۹
۵-۳-۱ تعیین هندسه کلی مدل ۱۱۹
۵-۳-۲ انتخاب ابعاد تیر و ستونها ۱۲۰
۵-۴ معرفی مدلهای اتصالات خمشی با ایجاد گشایش در جان تیر ۱۲۱
۵-۵ رفتار مصالح ۱۲۲
۵-۶ نرم افزار ساخت و تحلیل مدلها ۱۲۵
۵-۷ المان بکار گرفته شده در مدلسازی ۱۲۵
۵-۸ مدلسازی حجمی ۱۲۶
۵-۹ شبکه بندی مدلها ۱۲۷
۵-۱۰ شرایط مرزی ۱۲۷
۵-۱۱ بارگذاری ۱۳۰
۵-۱۲ تحلیل سازه ۱۳۱
۵-۱۳ توزیع تنش و کرنش ۱۳۱
۵-۱۳-۱ توزیع تنش و کرنش بر حسب تغییرات نسبت قطر سوراخ به عمق تیر ۱۳۱
۵-۱۳-۲ توزیع تنش برشی بر حسب تغییرات نسبت قطر سوراخ به عمق تیر ۱۴۵
۵-۱۳-۳ توزیع تنش و کرنش بر حسب تغییرات فاصله مرکز سوراخ از بر ستون ۱۵۳
۵-۱۳-۴ توزیع تنش برشی بر حسب تغییرات فاصله مرکز سوراخ از بر ستون ۱۶۵
۵-۱۴ منحنی های هیسترزیس لنگر- دوران (زاویه دریفت) ۱۷۰
۵-۱۴-۱ منحنی های هیسترزیس بر حسب تغییرات نسبت قطر سوراخ به عمق تیر ۱۷۰
۵-۱۴-۲ منحنی های هیسترزیس بر حسب تغییرات فاصله مرکز سوراخ از بر ستون ۱۷۶
۵-۱۵ پوش منحنی های هیسترزیس ممان- دوران ۱۸۰
۵-۱۵-۱ پوش منحنی های هیسترزیس ممان- دوران بر حسب تغییرات نسبت قطر سوراخ به عمق تیر ۱۸۰
۵-۱۵-۲ پوش منحنی های هیسترزیس ممان- دوران بر حسب تغییرات فاصله مرکز سوراخ از بر ستون ۱۸۲

۵-۱۶ منحنیهای هیسترزیس لنگر–زاویه چرخش اتصال ۱۸۶
۵-۱۶-۱ منحنیهای هیسترزیس لنگر–زاویه چرخش اتصال بر حسب تغییرات نسبت قطر سوراخ به عمق تیر ۱۸۸
۵-۱۶-۲ منحنیهای هیسترزیس لنگر – زاویه چرخش اتصال بر حسب تغییرات فاصله مرکز سوراخ از بر ستون ۱۹۶
۵-۱۷ طبقه بندی اتصالات بر اساس ضوابط آیین نامه ای ۲۰۲
۵-۱۷-۱ طبقه بندی اتصالات بر اساس معیار مقاومت ۲۰۲
۵-۱۷-۲ طبقه بندی اتصال بر اساس معیار سختی ۲۰۳
۵-۱۷-۳ طبقه بندی بر اساس معیار شکل پذیری ۲۰۴
فصل۶- نتیجه گیری و پیشنهادات ۲۰۵
۶-۱ مقدمه ۲۰۵
۶-۲ خلاصه نتایج ۲۰۵
۶-۳ پیشنهادات ۲۰۶

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ اتصال مرسوم قبل از سال ۱۹۹٤ ۱
شکل ۱-۲ ناحیه شروع ترک در اتصال تیر-ستون ۲
شکل ۲-۱ رفتار غیرالاستیک قاب ها با مفاصل در دهانه تیر ٤
شکل ۲-۲ محل تشکیل مفصل پلاستیک ٥
شکل ۲-۳ تعیین برش در مفصل پلاستیک ٦
شکل ۲-٤ محاسبه نیاز در مقاطع بحرانی ٦
شکل ۲-٥ چرخش پلاستیک به عنوان تابعی از لاغری بال تیر ۸
شکل ۲-٦ توزیع کرنش الاستیک و پلاستیک در تیر با عمق های متفاوت ۸
شکل ۲-۷ تاثیر طول دهانه ۹
شکل ۲-۸ ناحیه k ۱۰
شکل ۲-۹ سوراخهای دسترسی جوش ۱۱
شکل ۲-۱۰ اتصالات بال تقویت نشده جوش شده جان پیچ شده ۱٦
شکل ۲-۱۱ اتصالات بال تقویت نشده با جان جوش شده(WUF-W) ۱۷
شکل ۲-۱۲ اتصالات بال آزاد ۱۹
شکل ۲-۱۳ نیرو های طراحی تسمه برشی بال آزاد ۲۱
شکل ۲-۱٤ اتصالات صفحهٔ بال جوش شده(WFP) ۲۱
شکل ۲-۱٥ اتصالات با مقطع کاهش یافته تیر(RBS) ۲٤
شکل ۲-۱٦ مشخصات هندسی صفحه انتهایی ۲۷
شکل ۲-۱۷ اتصالات با صفحه انتهائی غیرتقویتی پیچ شده(BUEP) ۲۸
شکل ۲-۱۸ اتصالات صفحه انتهایی تقویت شده ۳۰
شکل ۲-۱۹ اتصالات صفحه بال پیچ شده(BFP) ۳۳
شکل ۲-۲۰ اتصال با صفحه جانبی ۳٥
شکل ۲-۲۱ اتصال جان شکاف دار ۳٦
شکل ۲-۲۲ اتصال لچکی پیچ شده ۳۷
شکل ۲-۲۳ اتصالات با جان کاهش یافته ۳۸
شکل ۲-۲٤ چرخش نمونه تغییر شکل یافته ۳۸
شکل ۲-۲٥ مشخصات هندسی سوراخهای دسترسی جوش (AISC) ٤۳
شکل ۲-۲٦ مشخصات هندسی سوراخهای دسترسی جوش (FEMA) ٤۳
شکل ۳-۱ طبقه بندی اتصالات بر اساس مقاومت خمشی ٤٦
شکل ۳-۲ طبقه بندی اتصالات بر اساس سختی (کاملاً گیردار، نیمه گیردار، ساده) ٤۷

شکل ۳-۳ زاویه دریفت طبقه ٤٩
شکل ۳-٤ تعیین زاویه دریفت ٥٠
شکل ۳-٥ معیار ارائه شده برای قابهای خمشی ویژه ٥١
شکل ٤-١ گشایش در جان تیر ٥٣
شکل ٤-٢ خمش معکوس ٥٣
شکل ٤-٣ مکانیزم ویرندیل ٥٤
شکل ٤-٤ مدل مورد آزمایش ٥٥
شکل ٤-٥ قاب مورد آزمایش ٥٥
شکل ٤-٦ جزئیات اتصال ٥٥
شکل ٤-٧ مشخصات آزمایش ٥٦
شکل ٤-٨ بارگذاری شبه استاتیکی ٥٦
شکل ٤-٩ ارتباط بین تغییر مکان طبقه و برش طبقه ٥٧
شکل ٤-١٠ منحنی تاریخچه زمانی تغییر مکان ٥٨
شکل ٤-١١ پوش منحنی تغییر مکان ٥٩
شکل ٤-١٢ توزیع کرنش در بال تیر ٥٩
شکل ٤-١٣ مود گسیختگی اتصال بدون گشایش در جان تیر ٥٩
شکل ٤-١٤ مود گسیختگی اتصال با گشایش در جان تیر(R=100mm,b=300mm) ٦٠
شکل ٤-١٥ مود گسیختگی اتصال با گشایش در جان تیر (R=90mm,b=300mm) ٦٠
شکل ٤-١٦ مود گسیختگی اتصال با گشایش در جان تیر (R=100mm,b=250mm) ٦٠
شکل ٤-١٧جزییات اتصال(ابعاد بر حسب میلیمتر) ٦١
شکل ٤-١٨ کانتور کرنش پلاستیک ٦١
شکل ٤-١٩ توزیع کرنش پلاستیک ٦٢
شکل ٤-٢٠ توزیع نیرو در مقطع سوراخدار ٦٣
شکل ٤-٢١ مشخصات هندسی بازشو در جان تیر ٦٤
شکل ٤-٢٢ موقعیتهای بازشو در تیر $\mathrm{UB457 \times 152 \times 52\ S275}$ با $\frac{\mathrm{d_0}}{\mathrm{h}} = 0.7$ ٦٥
شکل ٤-٢٣ منحنی اندرکنش ممان و برش با $\frac{d_0}{h} = 0.75$ ٦٥
شکل ٤-٢٤ توزیع تنش فون مایسز درگسیختگی در موقعیت ١ با $\frac{d_0}{h} = 0.75$ ٦٦
شکل ٤-٢٥ توزیع تنش فون مایسز درگسیختگی در موقعیت ٢ با $\frac{d_0}{h} = 0.75$ ٦٧
شکل ٤-٢٦ توزیع تنش فون مایسز درگسیختگی در موقعیت ٣ با $\frac{d_0}{h} = 0.75$ ٦٨
شکل ٤-٢٧ مکانیزم ویرندیل در اطراف گشایش دایره ای در جان تیر ٦٩
شکل ٤-٢٨ نیروهای موضعی در مقطع عرضی مایل ٧٠
شکل ٤-٢٩ اندرکنش ممان برش ٧١
شکل ٤-٣٠ مدل اجزای محدود ٧٢

شکل ٤-٣١ توزیع تنش در مقطع سوراخدار ٧٣
شکل ٤-٣٢ مدل اجزای محدود تیر فولادی با گشایش دایره ای در جان تیر ٧٤
شکل ٤-٣٣ منحنی های اندر کنش ممان برش بر اساس روش های مختلف طراحی ٧٥
شکل ٤-٣٤ مقایسه منحنی های اندرکنش ممان برش ٧٦
شکل ٤-٣٥ مشخصات مقطع I شکل ٧٨
شکل ٤-٣٦ موقعیت گشایش در تیرهای طره ٧٨
شکل ٤-٣٧ موقعیت گشایش در نیمی از تیرهای با تکیه گاههای ساده ٧٨
شکل ٤-٣٨ کمانش جانبی تیر طره ٨٠
شکل ٤-٣٩ مقایسه نتایج آزمایشگاهی و نتایج تئوری برای تیرها با مقطع مستطیلی ٨٥
شکل ٤-٤٠ مقایسه نتایج آزمایشگاهی و نتایج تئوری برای تیرها با مقطع I شکل ٨٥
شکل ٤-٤١ گشایش تقویت نشده ٨٦
شکل ٤-٤٢ گشایش تقویت شده ٨٦
شکل ٤-٤٣ ناحیه خنثی ٨٧
شکل ٤-٤٤ موقعیت سوراخ ٨٨
شکل ٤- ٤٥ ناحیه خنثی برای تیرهای با مقطعw شکل با گشایش دایره ای و مربعی با درنظرگیری $h_0 \le \frac{d}{3}$ ٨٩
شکل ٤- ٤٦ ناحیه خنثی برای تیرهای با مقطعw شکل با گشایش مستطیلی $a_0 = 2h_0$ با درنظرگیری $h_0 \le \frac{d}{3}$ ٩٠
شکل ٤- ٤٧ ناحیه خنثی برای تیرهای با مقطعw شکل با گشایش دایره ای $(d_0 \le \frac{d}{2})$ ٩٠
شکل ٤-٤٨ مشخصات سوراخ ٩٣
شکل ٤-٤٩ گشایش مستطیلی ٩٣
شکل ٤-٥٠ قسمتی از مقطع T شکل در جان تیر در طول گشایش ٩٤
شکل ٤-٥١ جزئیات اتصال RHS ٩٦
شکل ٤-٥٢ منحنیهای هیسترزیس مدل های ١ و ٢ ٩٦
شکل ٤-٥٣ مود گسیختگی مدل های ١ و ٢ ٩٧
شکل ٤-٥٤ منحنیهای هیسترزیس مدل های ٣ و ٤ ٩٧
شکل ٤-٥٥ مود گسیختگی مدل های ٣ و ٤ ٩٨
شکل ٤-٥٦ مدل نمایی سه پارامتری ٩٩
شکل ٤-٥٧ مقایسه بین نتایج حاصل از ازمایشگاه و مدل نمایی سه پارامتری ٩٩
شکل ٤-٥٨ تغییرات سختی اولیه اتصال بر حسب عمق ناودانی اتصال دهنده با ضخامت های متفاوت ١٠١
شکل ٤-٥٩ تغییرات سختی اولیه اتصال با تغییرات نسبت پهنا به ضخامت جان ستون ١٠٢
شکل ٤-٦٠ تغییرات سختی اولیه اتصال بر حسب ضخامت ناودانی های اتصال دهنده ١٠٣
شکل ٤-٦١ تغییرات ثابت های C_1 و C_2 برحسب پارامتر های گره ١٠٣
شکل٤-٦٢ تغییرات حداکثر لنگر قابل تحمل اتصال ١٠٤
شکل ٤-٦٣ تغییرات پارامتر شکل (n) ١٠٥

شکل ٤-٦٤ منحنی تنش- کرنش فولاد ١٠٦
شکل ٤-٦٥ شرایط مرزی و بارگذاری ١٠٦
شکل ٤-٦٦ چشمه های تیر ورق با گشایش دایره ای در جان تیر ١٠٧
شکل ٤-٦٧ ظرفیت باربری نهایی بر حسب اندازه گشایش در تیر ورق ها با گشایش دایره ای در جان تیر ١٠٩
شکل ٤-٦٨ منحنی بار تغییر- مکان تیر CP 1B : الف) تغییر مکان زیر بار؛ ب) تغییر مکان چشمه در زیر گشایش ١١٠
شکل ٤-٦٩ منحنی بار تغییر- مکان تیر CP 6B : الف) تغییر مکان زیر بار؛ ب) تغییر مکان چشمه در زیر گشایش ١١٠
شکل ٤-٧٠ گسیختگی تیر ورق CP 1B الف) مدل آزمایشگاهی؛ ب) مدل اجزای محدود ١١١
شکل ٤-٧١ گسیختگی تیر ورق CP 6B الف) مدل آزمایشگاهی؛ ب) مدل اجزای محدود ١١١
شکل ٤-٧٢ منحنی بار تغییر- مکان تیر ورق ها با گشایش دایره ای در جان تیر (نتایج اجزای محدود) الف) تیر ورق ها با ضخامت بال ٨ میلیمتر ب) تیر ورق ها با ضخامت بال ١٥ میلیمتر ١١٢
شکل ٤-٧٣ ظرفیت باربری نهایی بر حسب لاغری جان و سختی بال ١١٣
شکل ٤-٧٤ جزئیات اتصال خمشی با عمق کاهش یافته ١١٤
شکل ٤-٧٥ کمانش بال بالایی تیر ١١٤
شکل ٤-٧٦ توزیع تنش برشی در جان تیرهای با مقطع H شکل ١١٥
شکل ٤-٧٧ توزیع تنش برشی (واحد بر حسب ksi می باشد). ١١٦
شکل ٤-٧٨ اتصال خمشی بدون تقویتی ١١٦
شکل ٤-٧٩ اتصال تقویت شده با ورق های پوششی ١١٧
شکل٥-١ مدل میانقاب یک طرفه ١١٩
شکل ٥-٢ نمای هندسی مدل ١٢١
شکل ٥-٣ نمای اتصال از بالا ١٢١
شکل ٥-٤ منحنی رفتار تنش-کرنش دو خطی فولادST-37 ١٢٢
شکل ٥-٥ معیار تسلیم فون میسز $\sigma_3 = 0$ ١٢٣
شکل ٥-٦ قانون سخت شوندگی ١٢٤
شکل ٥-٧ مدل های تنش کرنش بر اساس قانون سخت شوندگی جنبشی ١٢٤
شکل ٥-٨ مدل های تنش کرنش بر اساس قانون سخت شوندگی همسانگرد ١٢٤
شکل ٥-٩ المان SOLID45 ١٢٥
شکل ٥-١٠ حجم های سازنده مدل اتصال ١٢٦
شکل ٥-١١ جزئیات اتصال تیر به ستون ١٢٦
شکل ٥-١٢ نمونه ای از شبکه بندی مدل اتصال ١٢٧
شکل ٥-١٣ شرایط مرزی مدل ها ١٢٩
شکل ٥-١٤ بارگذاری چرخه ای استاندارد SAC ١٣٠
شکل ٥-١٥ توزیع تنش در یک جز مکعبی شکل ١٣١
شکل ٥-١٦ توزیع تنش فون میسز در زاویه دریفت ٠/٠٤ رادیان بر حسب تغییرات $\frac{d_o}{h}$ در مدلهایی با تیرIPE300 ١٣٢

شکل ۵-۱۷ توزیع تنش فون میسز در زاویه دریفت ۰/۰٤ رادیان بر حسب تغییرات $\frac{d_0}{h}$ در مدلهایی با تیر IPE500 ۱۳۳
شکل ۵-۱۸ توزیع تنش فون میسز در زاویه دریفت ۰/۰٦ رادیان بر حسب تغییرات $\frac{d_0}{h}$ در مدلهایی با تیرIPE300 ۱۳٤
شکل ۵-۱۹ توزیع تنش فون میسز در زاویه دریفت ۰/۰٦ رادیان بر حسب تغییرات $\frac{d_0}{h}$ در مدلهایی با تیر IPE500 ۱۳۵
شکل ۵-۲۰ توزیع کرنش پلاستیک معادل در زاویه دریفت ۰/۰٦ رادیان بر حسب تغییرات $\frac{d_0}{h}$ در مدلهایی با تیرIPE300 ۱۳٦
شکل ۵-۲۱ توزیع کرنش پلاستیک معادل در زاویه دریفت ۰/۰٦ رادیان بر حسب تغییرات $\frac{d_0}{h}$ در مدلهایی با تیرIPE500 ۱۳۷
شکل ۵-۲۲ تغییرات تنش فون میسز بر روی خط مرکزی بال بالایی تیر در راستای x با $\frac{d_0}{h}$ های متفاوت ۱٤۰
شکل۵-۲۳ توزیع تنش فون میسز در وسط جان تیر در راستای جان تیر، x، بر حسب نسبت $\frac{d_0}{h}$ ۱٤۰
شکل ۵-۲٤ تغییرات تنش فون میسز در بر ستون در راستای قائم،y، در مدل ها با $\frac{d_0}{h}$ متفاوت در $\theta = 0.04$ رادیان ۱٤۱
شکل ۵-۲۵ تغییرات تنش فون میسز در بر ستون در راستای قائم،y، در مدل های ۱ و ٤ با $\frac{d_0}{h}$ متفاوت $\theta = 0.04$ رادیان ۱٤۲
شکل ۵-۲٦ توزیع تنش فون میسز در بال بالایی تیر در راستای بال تیر، z، در محل اتصال بر حسب تغییرات نسبت $\frac{d_0}{h}$ ۱٤۲
شکل ۵-۲۷ توزیع کرنش پلاستیک در بال بالایی تیر در راستای بال تیر، z ، در محل اتصال بر حسب تغییرات نسبت $\frac{d_0}{h}$ ۱٤۳
شکل ۵-۲۸ توزیع تنش برشی S_{xy} در زاویه دریفت ۰/۰٤ رادیان بر حسب تغییرات $\frac{d_0}{h}$ در مدلهایی با تیرIPE300 ۱٤۵
شکل ۵-۲۹ توزیع تنش برشی S_{xy} در زاویه دریفت ۰/۰٤ رادیان بر حسب تغییرات $\frac{d_0}{h}$ در مدلهایی با تیرIPE500 ۱٤٦
شکل ۵-۳۰ توزیع تنش برشی S_{xy} در زاویه دریفت ۰/۰٦ رادیان بر حسب تغییرات $\frac{d_0}{h}$ در مدلهایی با تیرIPE300 ۱٤۷
شکل ۵-۳۱ توزیع تنش برشی S_{xy} در زاویه دریفت ۰/۰٦ رادیان بر حسب تغییرات $\frac{d_0}{h}$ در مدلهایی با تیرIPE500 ۱٤۸
شکل ۵-۳۲ توزیع تنش برشی در جان تیرهای با مقطع H شکل ۱۵۰
شکل ۵-۳۳ توزیع تنش برشی (واحد بر حسب ksi می باشد). ۱۵۰
شکل ۵-۳٤ توزیع تنش برشی در مدل ۳ با $\frac{d_0}{h} = 0.6, b = 350mm$ ۱۵۱
شکل ۵-۳۵ توزیع تنش برشی در در راستای قائم، راستای y ، در وجه ستون بر حسب تغییرات $\frac{d_0}{h}$ ۱۵۱
شکل ۵-۳٦ توزیع تنش برشی در در راستای x بر روی خط مرکزی چشمه اتصال بر حسب تغییرات $\frac{d_0}{h}$ ۱۵۲
شکل ۵-۳۷ توزیع تنش فون میسز در زاویه دریفت ۰/۰٤ رادیان بر حسب تغییرات b در مدلهایی با تیرIPE300 ۱۵۳
شکل ۵-۳۸ توزیع تنش فون میسز در زاویه دریفت ۰/۰٤ رادیان بر حسب تغییرات b در مدلهایی با تیرIPE500 ۱۵٤
شکل ۵-۳۹ توزیع تنش فون میسز در زاویه دریفت ۰/۰٦ رادیان بر حسب تغییرات b در مدلهایی با تیرIPE300 ۱۵۵
شکل ۵-٤۰ توزیع تنش فون میسز در زاویه دریفت ۰/۰٦ رادیان بر حسب تغییرات b در مدلهایی با تیرIPE500 ۱۵٦
شکل ۵-٤۱ توزیع کرنش پلاستیک در زاویه دریفت ۰/۰٦ رادیان بر حسب تغییرات b در مدلهایی با تیرIPE300 ۱۵۷
شکل ۵-٤۲ توزیع کرنش پلاستیک در زاویه دریفت ۰/۰٦ رادیان بر حسب تغییرات b در مدلهایی با تیرIPE500 ۱۵۸
شکل ۵-٤۳ تغییرات تنش فون میسز بر روی خط مرکزی بال بالایی تیر، راستای x، بر حسب تغییرات b ۱٦۰
شکل ۵-٤٤ توزیع تنش فون میسز در بال بالایی تیر در راستای بال تیر، راستای z، در محل اتصال بر حسب تغییرات b ۱٦۱
شکل ۵-٤۵ توزیع کرنش در بال بالایی تیر در راستای بال تیر، راستای z، در محل اتصال بر حسب تغییرات b ۱٦۱
شکل ۵-٤٦ توزیع تنش فون میسز در وسط جان تیر در راستای جان تیر، راستای x، بر حسب b ۱٦۲

شکل ۵-۴۷ تغییرات تنش فون میسز در بر ستون در راستای قائم در مدل ها بر حسب b در $\theta = 0.04$ رادیان ۱۶۳
شکل ۵-۴۸ توزیع تنش برشی S_{xy} در زاویه دریفت ۰/۰۴ رادیان بر حسب تغییرات b در مدلهایی با تیرIPE300 ۱۶۵
شکل ۵-۴۹ توزیع تنش برشی S_{xy} در زاویه دریفت ۰/۰۴ رادیان بر حسب تغییرات b در مدلهایی با تیرIPE500 ۱۶۶
شکل ۵-۵۰ توزیع تنش برشی S_{xy} در زاویه دریفت ۰/۰۶ رادیان بر حسب تغییرات b در مدلهایی با تیرIPE300 ۱۶۷
شکل ۵-۵۱ توزیع تنش برشی S_{xy} در زاویه دریفت ۰/۰۶ رادیان بر حسب تغییرات b در مدلهایی با تیرIPE500 ۱۶۸
شکل ۵-۵۲ توزیع تنش برشی در در راستای قائم، y، در وجه ستون بر حسب تغییرات b ۱۷۰
شکل ۵-۵۳ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ۱ $\frac{d_0}{h} = 0.33, d_0 = 100mm$ ۱۷۲
شکل ۵-۵۴ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ۲ $\frac{d_0}{h} = 0.46, d_0 = 140mm$ ۱۷۲
شکل ۵-۵۵ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ۳ $\frac{d_0}{h} = 0.6, d_0 = 180mm$ ۱۷۳
شکل ۵-۵۶ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ٤ $\frac{d_0}{h} = 0.73, d_0 = 220mm$ ۱۷۳
شکل ۵-۵۷ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ۸ $\frac{d_0}{h} = 0.33, d_0 = 168mm$ ۱۷٤
شکل ۵-۵۸ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ۹ $\frac{d_0}{h} = 0.46, d_0 = 234mm$ ۱۷٤
شکل ۵-۵۹ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ۱۰ $\frac{d_0}{h} = 0.6, d_0 = 300mm$ ۱۷۵
شکل ۵-۶۰ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ۱۱ $\frac{d_0}{h} = 0.73, d_0 = 368mm$ ۱۷۵
شکل ۵-۶۱ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ۵ $b = 150mm, \frac{d_0}{h} = 0.6$ ۱۷۷
شکل ۵-۶۲ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ٦ $b = 250mm, \frac{d_0}{h} = 0.6$ ۱۷۷
شکل ۵-۶۳ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ۳ $b = 350mm, \frac{d_0}{h} = 0.6$ ۱۷۸
شکل ۵-۶٤ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ۷ $b = 450mm, \frac{d_0}{h} = 0.6$ ۱۷۸
شکل ۵-۶۵ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ۱۲ $b = 250mm, \frac{d_0}{h} = 0.6$ ۱۷۹
شکل ۵-۶۶ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ۱۰ $b = 350mm, \frac{d_0}{h} = 0.6$ ۱۷۹
شکل ۵-۶۷ منحنی هیسترزیس ممان-دوران برای مدل ۱۳ $b = 450mm, \frac{d_0}{h} = 0.6$ ۱۸۰
شکل ۵-۶۸ پوش منحنی های هیسترزیس ممان- دوران مدلهای ۱ و ۲ و ۳ و ٤ با تیر IPE300 ۱۸۱
شکل ۵-۶۹ پوش منحنی های هیسترزیس ممان- دوران مدلهای ۸ و ۹ و ۱۰ و ۱۱ با تیر IPE500 ۱۸۱
شکل ۵-۷۰ پوش منحنی های هیسترزیس ممان- دوران برای مدلهای ۳ و ۵ و ٦ و۷ با تیر IPE300 ۱۸۲
شکل ۵-۷۱ پوش منحنی های هیسترزیس ممان- دوران برای مدلهای ۵ و ۷ با تیر IPE300 ۱۸۲
شکل ۵-۷۲ پوش منحنی های هیسترزیس ممان- دوران مدلهای ۱۱ و۱۲ و۱۳ با تیر IPE500 ۱۸۳
شکل ۵-۷۳ پوش منحنی های هیسترزیس ممان- دوران مدلهای ۱۲ و۱۳ با تیر IPE500 ۱۸۳
شکل ۵-۷٤ محاسبه برش در مفصل پلاستیک ۱۸٤
شکل ۵-۷۵ محاسبه مقاومت خمشی مورد نیاز در بر ستون ۱۸٤
شکل ۵-۷٦ بدست آوردن چرخش چشمه اتصال ۱۸٦
شکل ۵-۷۷ محاسبه چرخش چشمه اتصال در مدل ۲ ۱۸۷
شکل ۵-۷۸ منحنی لنگر-زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ۱ $\frac{d_0}{h} = 0.33, b = 350mm$ ۱۹۰

شکل ۵-۷۹ منحنی لنگر–زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ۲ $\frac{d_0}{h} = 0.46, b = 350mm$ ۱۹۰
شکل ۵-۸۰ منحنی لنگر–زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ۳ $\frac{d_0}{h} = 0.6, b = 350mm$ ۱۹۱
شکل ۵-۸۱ منحنی لنگر–زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ٤ $\frac{d_0}{h} = 0.73, b = 350mm$ ۱۹۱
شکل ۵-۸۲ منحنی لنگر–زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ۸ $\frac{d_0}{h} = 0.33, b = 350mm$ ۱۹۲
شکل ۵-۸۳ منحنی لنگر–زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ۹ $\frac{d_0}{h} = 0.46, b = 350mm$ ۱۹۲
شکل ۵-۸٤ منحنی لنگر–زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ۱۰ $\frac{d_0}{h} = 0.6, b = 350mm$ ۱۹۳
شکل ۵-۸۵ منحنی لنگر–زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ۱۱ $\frac{d_0}{h} = 0.73, b = 350mm$ ۱۹۳
شکل ۵-۸٦ تغییرات شیب خط برازش یافته چشمه اتصال بر حسب تغییرات $\frac{d_0}{h}$ با تیرهای IPE300 ۱۹۵
شکل ۵-۸۷ تغییرات شیب خط برازش یافته چشمه اتصال بر حسب تغییرات $\frac{d_0}{h}$ با تیرهای IPE500 ۱۹۵
شکل ۵-۸۸ منحنی لنگر–زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ۵ $b = 150mm, \frac{d_0}{h} = 0.6$ ۱۹۷
شکل ۵-۸۹ منحنی لنگر–زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ٦ $b = 250mm, \frac{d_0}{h} = 0.6$ ۱۹۷
شکل ۵-۹۰ منحنی لنگر–زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ۳ $b = 350mm, \frac{d_0}{h} = 0.6$ ۱۹۸
شکل ۵-۹۱ منحنی لنگر–زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ۷ $b = 450mm, \frac{d_0}{h} = 0.6$ ۱۹۸
شکل ۵-۹۲ منحنی لنگر–زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ۱۲ $b = 250mm, \frac{d_0}{h} = 0.6$ ۱۹۹
شکل ۵-۹۳ منحنی لنگر–زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ۱۱ $b = 350mm, \frac{d_0}{h} = 0.6$ ۱۹۹
شکل ۵-۹٤ منحنی لنگر–زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل ۱۳ $b = 450mm, \frac{d_0}{h} = 0.6$ ۲۰۰
شکل ۵-۹۵ تغییرات شیب خط برازش یافته چشمه اتصال بر حسب تغییرات b با تیرهای IPE300 ۲۰۱
شکل ۵-۹٦ تغییرات شیب خط برازش یافته چشمه اتصال بر حسب تغییرات b با تیرهای IPE500 ۲۰۱

فهرست جداول

جدول ۲-۱ اتصالات کاملا گیردار جوش شده از پیش تایید شده ۱٤
جدول ۲-۲ داده های از پیش تایید شده اتصالات بال تقویت نشده جوش شده ۱۵
جدول ۲-۳ داده های از پیش تایید شده اتصالات WUF-W ۱۸
جدول ۲-٤ داده های ازپیش تایید شده اتصالات بال آزاد ۲۰
جدول ۲-۵ داده های از پیش تایید شده اتصالات WFP ۲۳
جدول ۲-٦ داده های از پیش تایید شده اتصالات RBS ۲۵
جدول ۲-۷ اتصالات کاملا گیردار پیچ شده از پیش تایید شده ۲٦
جدول ۲-۸ داده های از پیش تایید شده برای اتصالات BUEP ۲۸
جدول ۲-۹ داده های از پیش تایید شده اتصالات BSEP ۳۱
جدول ۲-۱۰ داده های از پیش تایید شده اتصالات BFP ۳٤
جدول ۲-۱۱ محدودیت های زاویه دریفت برای سطوح مختلف عملکرد ۳۹
جدول ۲-۱۲ حداقل ظرفیت زاویه جابجایی θ_{SD}و θ_U در سیستم های قاب خمشی معمولی و ویژه ۳۹
جدول۲-۱۳ اتصالات قاب خمشی از پیش تایید شده در AISC ٤۰
جدول ۲-۱٤ مقایسه شرایط از پیش تایید شدگی اتصال تیر با مقطع کاهش یافته تیر در AISC، اتصالات از پیش تایید شده، و FEMA 350 ٤۱
جدول ٤-۱ مشخصات هندسی اتصالات در قاب مورد آزمایش ۵۵
جدول ٤-۲ مورد های آزمایشی در آزمایش شبه دینامیکی ۵٦
جدول ٤-۳ منحنی اندرکنش ممان برش، منحنی FEM ۷۵
جدول ٤-٤ جزئیات گشایش در تیرها با مقطع مستطیلی ۷۹
جدول ٤-۵ جزئیات گشایش در تیرها با مقطع I شکل ۸۰
جدول ٤-٦ مقایسه مقادیر عددی P_a و مقادیر آزمایشگاهی P_e بار کمانش جانبی تیرهای طره با مقطع مستطیلی ۸۲
جدول ٤-۷ مقایسه مقادیر عددی P_a و مقادیر آزمایشگاهی P_e بار کمانش جانبی تیرهای با تکیه گاههای ساده با مقطع مستطیلی ۸۳
جدول ٤-۸ مقایسه مقادیر عددی P_a و مقادیر آزمایشگاهی P_e بار کمانش جانبی تیرهای با مقطعI ۸٤
جدول ٤-۹ X_W ضریب کاهش کمانش برشی ۹۲
جدول ٤-۱۰ مشخصات نمونه های اتصالات تیر به ستون با مقطع مستطیلی جدار نازک ۹٦
جدول ٤-۱۱ نتایج نمونه های مورد آزمایش ۹۸
جد.ل٤-۱۲ سه پارامترمورد استفاده در مدل های آزمایشی ۱۰۰
جدول٤-۱۳ نسبت پهنا به ضخامت جان ستون ۱۰۱
جدول ٤-۱٤ مقایسه نتایج آزمایشگاهی و اجزای محدود در تیر ورق ها با گشایش دایره ای در جان ۱۰۸
جدول ٤-۱۵ ابعاد و بار نهایی اجزای محدود تیر ورق ها با گشایش دایره ای در جان تیر ۱۱۳