بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اصفهان
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی عمران

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی عمران گرایش سازه

بررسی پارامتری اتصالات مرکب نیمه–صلب با صفحه انتهایی با پوشش ناقص شامل دال‌های بتنی توخالی پیش ساخته

استاد راهنما:
دکتر مهرداد حجازی

استاد مشاور:
دکتر فرشید مسیبی

پژوهشگر:
جواد آزادبخت

شهریور ماه ۱۳۹۱

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکـارات و نوآوری های ناشی از تحقیـق موضـوع ایـن پایـان نامـه متعلق به دانشگاه اصفهان است.

تقدیم به آنانکه مشوق راه دانشم بودند؛

پدر و مادر مهربانم

آنانکه که دعای خیرشان همیشه بدرقه ی راهم بود و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

پروردگارا؛ نمی توانم موهایشان را که در راه عزت من سفید شد، سیاه کنم

پس توفیقم ده که هر لحظه شکر گزارشان باشم و ثانیه های عمرم را در عصای دست بودنشان بگذرانم.

سپاسگزاری

خداونـدا سـپاس تـو راسـت، سپاسـی کـه تـو را رضـایت‌بخـش‌تـرین، محبـوب‌تـرین و ممتـازترین باشـد. سپاسـی کـه از تـو پوشـیده نباشـد و از رسـیدن بـه پیشـگاهت بـاز نمانـد، سپاسـی کـه شـمارش آن پایـان نپـذیرد و تـداوم آن از بـین نـرود. خداونـدا تـو را سـپاس کـه یـارای تـلاش کردن و توفیق آموختنم دادی تا در دانسته‌هایم دریابم که از عظمت تو هیچ نمی‌دانم.

اگـر چـه کمـال کـلام نهایـت قصـور مـی‌شـود در سـپاس، بـر خـود لازم مـی‌دانـم از زحمـات اسـتاد گرانقـدر جنـاب آقـای دکتـر حجـازی کـه مـرا بـه شـاگردی پذیرفتـه و دلسـوزانه راهنمـایی و همراهـی نمودنـد و از هـیچ محبـت و مسـاعدتی در راسـتای انجـام ایـن پایـان‌نامـه دریـغ نورزیدنـد، سپاسـگزاری نمـوده و بـرای ایـن بزرگـوار آرزوی موفقیـت روزافـزون دارم. همچنـین از اسـتاد بزگـوار جنـاب آقـای دکتـر مسـیبی کـه مشـاور بنـده بودنـد و بـا راهنمـایی هـای ارزنـده در انجام این پایان نامه کمک شایانی به من کردند، کمال امتنان و تشکر را دارم.

از اسـاتید بزرگـوار جنـاب آقـای دکتـر تـاجمیر ریـاحی و جنـاب آقـای دکتـر مـومنی کـه لطـف نموده و زحمت داوری این پایان نامه را تقبل نمودند کمال تشکر را دارم.

از پـدر و مـادر عزیـزم کـه بـه هـر حـال و هـر زمـان کنـارم بودنـد و وجـود سراسـر محبـت و حمایـت و تشـویق مستمرشـان را از مـن دریـغ نکردنـد و کوتـاهی‌هـای مـرا بـه دیـده اغمـاش نگریسـته و بـر خطاهـایم خـرده نگرفتنـد سپاسـگزارم و از خداونـدی کـه بـه ایـن نعمـت، منـت بـر مـن تمـام کرد، برای این عزیزان طلب سلامت و طول عمر با عزت دارم.

از برادران و خواهر مهربانم که بهترین خاطراتم با آنان شکل گرفت، صمیمانه سپاسگزارم.

چکیده

در این تحقیق به بررسی رفتار اتصالات مرکب نیمه–صلب با صفحه انتهایی با پوشش ناقص در قاب های فولادی شامل دال های بتنی توخالی پیش ساخته پرداخته می‌شود. قاب های مورد مطالعه دارای سقف های مرکب شامل تیر فولادی و دال بتنی توخالی پیش ساخته می باشند. رفتار سازه‌ای این نوع اتصال با ترسیم نمودار لنگر–دوران و بررسی دوران و ظرفیت لنگر خمشی و نیز مطالعه تنش های حاصل مورد بررسی قرار گرفته است. پارامترهایی که اثر آنها بر رفتار اتصال بررسی گردیده اند شامل اندازه تیر فولادی، ضخامت بال پایین تیر، ابعادستون، مقدار میلگرد طولی دال و ضخامت صفحه انتهایی با پوشش ناقص می‌باشند. بررسی پارامتری به روش آنالیز غیرخطی سه بعدی المان محدود با استفاده از نرم افزار ABAQUS صورت گرفته است. بارگذاری وارد بر اتصال بارگذاری یکنوا بوده است.

نتایج حاصل نشان می دهد که ضخامت صفحه انتهایی تاثیر زیادی بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال دارد. با افزایش ضخامت از ۱۰ mm به ۱۵ mm ظرفیت لنگر خمشی ۱۷/۳۵٪ رشد داشت و دوران ۱۷٪ کاهش یافت. افزایش ضخامت صفحه از ۱۵ mm به ۲۰ mm، تأثیر زیادی بر افزایش ظرفیت لنگر خمشی نداشت و کمتر از ۱٪ بود ولی مقدار دوران ۲۲٪ کاهش یافت. با تغییر در اندازه مقطع تیر فولادی سه مد شکست مشاهده گردید. این سه مد شامل تسلیم میلگردهای طولی، تسلیم میلگردهای طولی به همراه تسلیم بال پایین تیر و تسلیم بال پایین تیر بود. با کاهش مقطع تیر از UB ۴۵۷×۱۹۱× ۸۹ به UB ۴۰۶ ×۱۴۰× ۳۹ که در آن تمام ابعاد مقطع کاهش می یابد، ظرفیت لنگر خمشی دچار ۱۶/۸۳٪ کاهش شد و دوران ۳۵/۴۵٪ کمتر شد. این مقدار کاهش متناسب با کاهش ارتفاع مقطع تیر بود. با کاهش مقطع تیر از UB ۴۰۶ ×۱۴۰× ۳۹ به UB ۲۵۴×۱۴۶×۳۱، که در آن عمق تیر ۳۶/۸۳٪ کاهش می یابد ولی ابعاد دیگر مقطع تقریباً ثابت می ماند، ظرفیت لنگر خمشی و دوران به ترتیب ۴۳/۲۵٪ و ۴۸/۳۱٪ کاهش یافتند. بنابراین نتیجه شد که عمق مقطع نسبت به سایر ابعاد مقطع تیر، بیشترین تأثیر را بر ظرفیت لنگر خمشی و دوران اتصال دارد. افزایش در مقدار میلگرد طولی باعث افزایش ظرفیت لنگر خمشی شد. با افزایش مقدار میلگردها از ۲Ø۱۶ به ۲Ø۲۰، ظرفیت لنگر خمشی ۲۳/۳۶٪ و دوران ۱۶٪ افزایش یافت. با افزایش مقدار میلگردها از ۲Ø۱۶ به ۴Ø۲۰، ۵۸/۸۵٪ افزایش ظرفیت لنگر خمشی مشاهده شد ولی در میزان دوران کمتر از ۱٪ کاهش رخ داد. در بررسی تأثیر ابعاد ستون، ضخامت جان ستون تعیین کننده رفتار اتصال بود. با کاهش ۳۳/۸۵٪ ضخامت جان ستون ظرفیت لنگر خمشی ۹/۱۸٪ کاهش و دوران ۱۴/۲۵٪ کاهش داشت. کاهش ۶۲/۵٪ در ضخامت جان ستون باعث کاهش ۲۶/۱۲٪ در ظرفیت لنگر خمشی و کاهش ۳۵/۵۲٪ در دوران شد. با کم شدن ضخامت بال پایین تیر تغییر محسوسی در مقدار دوران ایجاد شد که باعث تغییر مد شکست در اتصال گردید ولی در مقدار ظرفیت لنگر خمشی تغییر زیادی حاصل نشد. همچنین نشان داده شد که می توان از یک روش محاسباتی ساده شده با دقت قابل قبولی برای پیشگویی ظرفیت لنگر خمشی این نوع اتصالات استفاده نمود.

واژگان کلیدی: نیمه صلب، اتصال مرکب، صفحه انتهایی با پوشش ناقص، دال بتنی توخالی پیش ساخته، روش المان محدود

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- کلیات..... ۱

۱-۲- طبقه بندی اتصالات..... ۲

۱-۳- اتصالات نیمه-صلب در سقف‌های مرکب..... ۴

۱-۴- بررسی‌های انجام شده در زمینه اتصالات نیمه-صلب با دال‌های توخالی پیش‌ساخته..... ۵

۱-۵- هدف از انجام این تحقیق..... ۶

فصل دوم: مرور پیشینه تحقیق

۲-۱- روش‌های مطالعه اتصالات پیچی..... ۷

۲-۲- اتصالات مرکب..... ۷

۲-۳- بررسی اتصالات در داخل قاب..... ۱۱

۲-۳-۱- جزئیات نمونه‌های آزمایشگاهی وانگ و لی..... ۱۱

۲-۳-۲- بارگذاری..... ۱۳

۲-۳-۳- نتایج آزمایش‌های وانگ و لی..... ۱۴

۲-۴- اتصالات مورد بررسی توسط شاهرخ مالک و مجاهد ضیایی..... ۱۵

۲-۴-۱- معرفی مدلهای مورد مطالعه در تحقیق شاهرخ مالک و مجاهد ضیایی..... ۱۶

۲-۴-۲- مقایسه بین نتایج مدلها..... ۱۷

۲-۴-۳- رسم منحنیهای لنگر– دوران مدلها..... ۱۸

۲-۴-۴- اثر استفاده از بتن در اتصال..... ۱۹

۲-۴-۵- اثر استفاده از سخت کننده در اتصال..... ۲۰

عنوان **صفحه**

۲-۴-۶- اثر استفاده از آرماتور در دال بتنی سقف ۲۰

۲-۵- مدل‌های آزمایشگاهی دابون و همکاران ۲۴

۲-۵-۱- خواص مکانیکی مصالح ۲۵

۲-۵-۲- مدل‌سازی المان محدود انجام شده ۲۶

۲-۵-۳- نتایج دابون و همکاران ۲۸

۲-۶- اتصالات نیمه-صلب مرکب شامل دال‌های بتنی توخالی پیش ساخته ۳۰

۲-۶-۱- بررسی اتصال نیمه-صلب مرکب ۳۰

فصل سوم: صحت سنجی روش مدل‌سازی

۳-۱- مقدمه ۳۳

۳-۲- معرفی نرم افزار المان محدود مورد استفاده ۳۴

۳-۳- روش مدل‌سازی المان محدود ۳۴

۳-۳-۱- شبکه المان بندی مدل المان محدود ۳۵

۳-۳-۲- خصوصیات مصالح مورد استفاده ۳۵

۳-۳-۳- اندرکنش ستون و صفحه انتهایی ۳۷

۳-۳-۴- مدل‌سازی اتصال صفحه انتهایی پیچ شده ۳۷

۳-۳-۵- مدل سازی برش‌گیرها ۳۸

۳-۳-۶- مدل سازی دال بتنی مسلح ۳۹

۳-۳-۷- بررسی رفتار پلاستیک بتن ۴۱

۳-۳-۸- بتن آسیب دیده ۴۲

۳-۳-۸-۱- تابع پتانسیل جریان ۴۲

۳-۳-۸-۲- تابع تسلیم ۴۴

عنوان **صفحه**

۳-۳-۸-۳- پارامترهای سختی بتن آسیب دیده..... ۴۵

۳-۳-۹- مدل‌سازی پیچ‌ها..... ۴۷

۳-۳-۱۰- مدل سازی صفحه انتهایی..... ۴۷

۳-۳-۱۱- مدل سازی تیر و ستون..... ۴۸

۳-۴- مدل ایجاد شده به منظور صحت سنجی نتایج..... ۴۹

۳-۵- شرایط مرزی و بارگذاری..... ۵۱

۳-۶- نتایج تحلیل المان محدود..... ۵۲

۳-۶-۱- مقایسه روش مدل‌سازی فو و همکاران و روش استفاده شده در این تحقیق..... ۵۴

فصل چهارم: مدل‌سازی المان محدود اتصالات مورد بررسی

۴-۱- مقدمه..... ۵۶

۴-۲- تعاریف اصطلاحات به کار رفته..... ۵۸

۴-۳- بررسی پارامتری..... ۵۹

۴-۳-۱- اثر ضخامت صفحه انتهایی..... ۵۹

۴-۳-۲- اثر مقدار میلگرد طولی در دال..... ۶۹

۴-۳-۳- اثر اندازه تیر فولادی..... ۷۶

۴-۳-۴- اثر ضخامت بال پایینی تیر..... ۸۰

۴-۳-۵- اثر اندازه ستون فولادی..... ۸۴

۴-۴- روشی برای محاسبه ظرفیت لنگر خمشی..... ۹۱

۴-۴-۱- مقدمه..... ۹۱

۴-۴-۲- لنگر مقاوم اتصالات مرکب..... ۹۱

۴-۴-۳- جزئیات روش ارائه شده توسط فو و همکاران ۹۳

عنوان **صفحه**

۴-۴-۳-۱- فشار در بال پایینی تیر..... ۹۳

۴-۴-۳-۲- نیروی کششی در پیچ ها..... ۹۴

۴-۴-۴- روش پیشنهاد شده توسط فو و همکاران برای محاسبه لنگر خمشی مقاوم..... ۹۹

۴-۴-۵- صحت‌سنجی روش ارایه شده..... ۱۰۱

۴-۵-ارزیابی کارآیی روش ارایه شده توسط فو و همکاران برای اتصال مورد بررسی دراین تحقیق..... ۱۰۲

۴-۵-۱- بررسی عددی..... ۱۰۵

۴-۵-۲- بررسی دقت روش ارایه شده برای اتصال مورد بررسی در این تحقیق..... ۱۰۷

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱-نتیجه گیری..... ۱۰۹

۵-۲- پیشنهادها برای کارهای آینده..... ۱۱۲

منابع ۱۱۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱): طبقه بندی اتصالات ۳

شکل (۱-۲): نمونه ای از منحنی لنگر- دوران یک اتصال ۳

شکل (۱-۳): الف- دوران اتصال، ب- دوران ستون ۴

شکل (۲-۱) : قاب‌های آزمایش شده ۱۲

شکل (۲-۲): نمونه ایجاد شده در آزمایشگاه ۱۲

شکل (۲-۳): الف- اتصال صفحه انتهایی، ب- سطح مقطع اتصال مرکب ۱۳

شکل (۲-۴): نحوه بارگذاری و محل قرار گرفتن جک‌ها برای اعمال بار ۱۴

شکل (۲-۵): مدهای شکست ۱۵

شکل (۲-۶): جزئیات مدل در نظر گرفته شده ۱۷

شکل (۲-۷): منحنی لنگر- دوران مدلهای A_1 ، A_2 ، A_3 ..... ۲۰

شکل (۲-۸): منحنی لنگر- دوران نمونههای A_1 و B_1 ..... ۲۱

شکل (۲-۹): منحنی لنگر- دوران به ازای درصدهای آرماتور مختلف ۲۲

شکل (۲-۱۰): جزئیات نمونه ۱ -SJ (اتصال فولادی بدون دال) ۲۳

شکل (۲-۱۱): جزئیات نمونه ۲ -SJ (اتصال فولادی بدون دال) ۲۳

شکل (۲-۱۲): جزئیات نمونه ۳ -SJ (اتصال مرکب) ۲۴

عنوان **صفحه**

شکل (۲-۱۳): جزئیات نمونه SJ-۴, SJ-۵ (اتصال مرکب) **۲۴**

شکل (۲-۱۴): مدل سه بعدی اتصال فولادی بدون دال و اتصال مرکب ۲۵

شکل (۲-۱۵): تغییرشکل سه بعدی اتصال در امتدادهای اصلی و فرعی ۲۶

شکل (۲-۱۶) مدل المان محدود اتصال ۲۸

شکل (۲-۱۷): مدل‌سازی پیچ‌ها ۲۸

شکل (۲-۱۸): منحنی تنش- کرنش فولاد ۲۹

شکل (۲-۱۹): منحنی تنش- کرنش پیچها و میلگردها ۲۹

شکل (۲-۲۰): نمونه SJ-۱: الف- اتصال قبل از آزمایش، ب- بعد از انجام آزمایش ۳۰

شکل (۲-۲۱): نمونه SJ-۳: الف- نمونه قبل از آزمایش، ب- ترک‌های بتن در اطراف ستون..... ۳۰

شکل (۲-۲۲): اتصال بعد از بتن ریزی..... ۳۲

شکل (۲-۲۳): مدل المان محدود سه بعدی اتصال مرکب ۳۳

شکل (۳-۱): منحنی تنش-کرنش پیچ ۳۷

شکل (۳-۲): منحنی تنش-کرنش میلگرد طولی ۳۷

شکل (۳-۳): منحنی تنش-کرنش برش‌گیر ۳۸

شکل (۳-۴): مدل المان محدود اتصال انتهایی پیچ شده..... ۳۹

شکل (۳-۵): عرض موثر تیر مرکب شامل دال توخالی پیش‌ساخته ۴۰

عنوان **صفحه**

شکل (۳-۶): مقطع عرضی تیر مرکب ۴۰

شکل (۳-۷): دال، میلگردهای طولی، میلگردهای عرضی، برش‌گیرها قبل از بتن ریزی ۴۱

شکل (۳-۸): جزئیات شبکه المان‌بندی برش گیرها و آرماتورگذاری دال..... ۴۲

شکل (۳-۹): شبکه المان‌بندی دال بتنی..... ۴۲

شکل (۳-۱۰): نمودار رفتار تک محوره بتن مسطح..... ۴۳

شکل (۳-۱۱): تابع پتانسیل با خروج از مرکزیت، تابع هذلولوی..... ۴۴

شکل (۳-۱۲): تابع پتانسیل بدون خروج از مرکزیت، تابع دراگر-پراگر خطی ۴۵

شکل (۳-۱۳): مقطع عرضی سطح تسلیم متناسب با مقادیر مختلف K_C..... ۴۶

شکل (۳-۱۴): نمودار تنش-کرنش بتن در فشار خالص و نحوه تأثیر پارامترهای آسیب ۴۷

شکل (۳-۱۵): نمودار تنش-کرنش بتن در کشش خالص و نحوه تأثیر پارامترهای آسیب ۴۷

شکل (۳-۱۶): شبکه المان‌بندی پیچ..... ۴۸

شکل (۳-۱۷): شبکه المان‌بندی صفحه انتهایی..... ۴۸

شکل (۳-۱۸): شبکه المان بندی تیر..... ۴۹

شکل (۳-۱۹): شبکه المان‌بندی: الف- کل ستون، ب- اطراف پیچ‌ها..... ۵۰

شکل (۳-۲۰): جزئیات اتصال مرکب در آزمایشگاه توسط فو وهمکاران ۵۱

شکل (۳-۲۱): جزئیات صفحه انتهایی ۵۱

عنوان **صفحه**

شکل (۳-۲۲): شرایط مرزی و بارگذاری **۵۲**

شکل (۳-۲۳): شبکه المان‌بندی کل اتصال ۵۳

شکل (۳-۲۴): مدل المان محدود سه بعدی اتصال ۵۴

شکل (۳-۲۵): تغییر شکل صفحه انتهایی در حالت گسیختگی پلاستیک ۵۴

شکل (۳-۲۶): نمودار لنگر-دوران برای نتایج آزمایشگاهی و مدل‌سازی المان محدود ۵۵

شکل (۳-۲۷): مدل الاستیک-پلاستیک بتن ۵۷

شکل (۴-۱): تغییر نمودار لنگر انحنا با تغییر ضخامت صفحه انتهایی ۶۱

شکل (۴-۲) کانتورهای تنش و شکل تغییر یافته مدل المان محدود ENDPLATE05 ..... ۶۶

شکل (۴-۳): کانتورهای تنش و شکل تغییر یافته مدل المان محدود ENDPLATE10 ..... ۶۷

شکل (۴-۴): کانتورهای تنش و شکل تغییر یافته مدل المان محدود ENDPLATE15 ..... ۶۸

شکل (۴-۵): کانتورهای تنش و شکل تغییر یافته مدل المان محدود ENDPLATE20 ..... ۶۹

شکل (۴-۶): تغییر نمودار لنگر-انحنا با تغییر در مقدار میلگرد طولی ۷۰

شکل (۴-۷): نتایج تنش های حاصل از مدل سازی المان محدود اتصال مدل ۲Ø۲۰ ..... ۷۴

شکل (۴-۸): نتایج تنش های حاصل از مدل سازی المان محدود اتصال مدل ۲Ø۱۶ ..... ۷۵

شکل (۴-۹): نتایج تنش های حاصل از مدل سازی المان محدود اتصال مدل ۴Ø۱۶ ..... ۷۶

شکل (۴-۱۰): تغییر نمودار لنگر انحنا با تغییر اندازه‌ی تیر ۷۹

عنوان **صفحه**

شکل (۴-۱۱): تغییر شکل و توزیع تنش‌های مدل ۸۹ ×۱۹۱×۴۵۷ UB در لحظه‌ی شکست **۸۰**

شکل (۴-۱۲): توزیع تنش‌های مدل ۳۹ ×۱۴۰× ۴۰۶ UB در لحظه‌ی گسیختگی..... ۸۰

شکل (۴-۱۳): توزیع تنش‌های مدل ۳۱×۱۴۶×۲۵۴ UB در لحظه‌ی گسیختگی..... ۸۱

شکل (۴-۱۴): تغییرات نمودار لنگر-دوران با تغییر در ضخامت بال پایین تیر..... ۸۳

شکل (۴-۱۵): توزیع تنش‌های مدل FLANGE88 در لحظه‌ی گسیختگی..... ۸۴

شکل (۴-۱۶): توزیع تنش‌های مدل FLANGE44 در لحظه‌ی گسیختگی..... ۸۴

شکل (۴-۱۷): توزیع تنش‌های مدل FLANGE22 در لحظه‌ی گسیختگی..... ۸۵

شکل (۴-۱۸): تغییرات نمودار لنگر-دوران با تغییر در اندازه ستون..... ۸۸

شکل (۴-۱۹): کانتورهای تنش و شکل تغییر یافته مدل المان محدود ۱۶۷×۲۵۴×۲۵۴ UC..... ۸۹

شکل (۴-۲۰): کانتورهای تنش و شکل تغییر یافته مدل المان محدود ۱۶۷×۲۰۳×۲۰۳ UC..... ۹۰

شکل (۴-۲۱): کانتورهای تنش و شکل تغییر یافته مدل المان محدود ۴۶×۲۰۳×۲۰۳ UC..... ۹۱

شکل (۴-۲۲): مدل ظرفیت لنگر توسط جانسون و هپ-گیل ۹۳

شکل (۴-۲۳): مدل ارائه شده توسط جانسون و لاو ۹۴

شکل (۴-۲۴): سپری‌های معادل ۹۵

شکل (۴-۲۵): خمش صفحه انتهایی یا بال ستون و مقاومت پیچ‌ها ۹۵

شکل (۴-۲۶): خمش صفحه انتهایی یا بال ستون و محاسبه نیروی پیچ توسط EUROCODE 3..... ۹۹

عنوان **صفحه**

شکل (۴-۲۷): نمودار نیرویی اتصال مرکب فو و همکاران ۱۰۰

شکل (۴-۲۸): نمودار نیرویی اتصال نیمه-صلب مرکب صفحه انتهایی باپوشش ناقص..... ۱۰۳

شکل (۴-۲۹): الگوی گسیختگی اتصال فو و همکاران..... ۱۰۴

شکل (۴-۳۰): الگوی تسلیم اتصال بررسی شده در این تحقیق ۱۰۴

شکل (۴-۳۱): هندسه اتصال ۱۰۵

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول (۲-۱): خصوصیات مکانیکی مقاطع تیر و ستون ۲۶

جدول (۲-۲): خصوصیات مکانیکی بتن ۲۷

جدول (۲-۳): خلاصه نتایج آزمایشگاهی..... ۳۱

جدول (۴-۱): مقادیر پارامترهای انتخاب شده برای بررسی پارامتری ۵۸

جدول (۴-۲): ابعاد ستون وتیر فولادی ۵۸

جدول (۴-۳) : تعاریف اصطلاحات به کار رفته ۵۹

جدول (۴-۳): نتایج مدل سازی اثر ضخامت صفحه انتهایی ۶۰

جدول (۴-۴): مقادیر عددی تنش ۶۵

جدول (۴-۵): نتایج مدل‌سازی اثر مقدار میلگرد طولی در دال ۷۰

جدول (۴-۶): مقادیر عددی تنش ۷۳

جدول (۴-۷) نتایج مدلسازی اثر اندازه تیر فولادی ۷۹

جدول (۴-۸): نتاج مدل‌سازی اثر ضخامت بال پایینی تیر..... ۸۳

جدول (۴-۹): نتایج مدل‌سازی اثر اندازه تیر فولادی ۸۷

جدول (۴-۱۰): نتایج عددی تنش ۸۸

جدول (۴-۱۱): L_{EFF} برای سپری‌های معادل برای یک ردیف پیچ..... ۹۷

جدول (۴-۱۲): ظرفیت کششی یک پیچ۸/۸ ..... ۹۸

عنوان **صفحه**

جدول (۴-۱۳): مقایسه ظرفیت لنگر ۱۰۲

جدول (۴-۱۴) : پارامترهای مربوط به شکل (۴-۳۱) ۱۰۵

جدول (۴-۱۵): مقایسه ظرفیت لنگر ۱۰۹

فصل اول

مقدمه

۱-۱- کلیات

اجزاء مختلف سازه‌های فولادی از طریق اتصالات با ظرفیت اتلاف انرژی مشخصی برای مقاومت در برابر بارهای ناشی از زلزله، به هم متصل می‌شوند. تا قبل از وقوع زلزله‌های نورث‌ریج[1] (۱۹۹۴) و کوبه[2] (۱۹۹۵) آیین‌نامه‌ها به این دلیل که اتصالات جوشی دارای ظرفیت لنگر بالایی هستند، بیشتر گرایش داشتند که ضوابط طراحی را برای این نوع اتصالات در برابر نیروهای زلزله ارائه دهند. اما این نوع اتصال پس از رسیدن به ظرفیت نهایی‌اش، معمولاً در حالت تردی گسیخته می‌شوند که این حالت شکست باعث آسیب‌های شدید به ساختمان‌ها در حین زلزله می‌شود [۱ و ۲]. در نتیجه برای اتصالات، ظرفیت لنگر بالا به تنهایی برای مقابله با نیروهای زلزله کافی نیست. بنابراین اتصالات علاوه بر داشتن ظرفیت لنگر بالا باید از انعطاف‌پذیری کافی برای مستهلک کردن نیروهای زلزله برخوردار باشند.

پس از وقوع زلزله‌های نورث‌ریج و کوبه آیین‌نامه‌های طراحی سازه و زلزله، ضوابط جدیدی برای طراحی

1-Northridge
2-Kobe

اتصالات پیشنهاد کردند. تا آن زمان، بررسی خصوصیات لنگر و دوران اتصالات نیمه-صلب برای اولین بار توسط جانسون[1] و هپ‌گیل[2] [۳] انجام شده بود. آنها نتیجه گرفتند که رفتار اتصال در واقعیت به صورت مفصلی یا یا گیردار کامل نیست. اتصالات مفصلی غیر قابل پیش‌بینی هستند در حالیکه اتصالات صلب در مقایسه با مقاومتشان خیلی سخت و دارای هزینه بالایی هستند. اتصالات نیمه-صلب با ظرفیت دوران بالا و مقاومت خمشی قابل پیش‌بینی نیازی به جوشکاری در محل و دقت زیاد در اجرا ندارند.

با توجه به این تحقیقات محدود اتصالات نیمه‌گیردار یا نیمه-صلب در آیین‌نامه‌ها گنجانده شد. علاوه بر این، آنها اذعان کردند که این یک روش اقتصادی برای عملکرد لرزه‌ای بهتر در قاب‌های فولادی است [۴]. چون در آن زمان تحقیقات آزمایشگاهی و تحلیلی بر روی رفتار این نوع اتصالات کافی نبود، این نوع اتصالات در سیستم‌های سازه‌ای ساخت و ساز رایج نشدند. علاوه بر آن، روند تحلیل پیچیده و گسترده بودن این نوع اتصال باعث می‌شد که طراح از آنها استفاده نکند. به همین دلیل روش طراحی اتصالات در قاب‌های فولادی به صورت گیردار و یا مفصلی ادامه یافت.

برای تخمین رفتار لنگر-دوران[3] اتصالات تیر به ستون بررسی‌های تجربی متعددی توسط عزیزی‌نمینی و همکارانش در سال ۱۹۸۵، هارپر[4] در سال ۱۹۹۰ و دیگران صورت گرفته است. بسیاری از محققان از این کارهای تحقیقاتی برای امتحان میزان صحت بررسی‌های تحلیلی خود برای ارائه مدل‌های ریاضی که جزئیات اتصال را به منحنی‌های لنگر - دوران ارتباط می‌دهد استفاده می‌کنند [۵].

۱-۲- طبقه بندی اتصالات

ویژگی‌های رفتاری اتصالات تیر به ستون بوسیله‌ی منحنی لنگر- دوران تشریح می‌شود. اتصالات بر اساس سه ویژگی عمده مقاومت، سختی و شکل‌پذیری طبقه‌بندی می‌شوند (شکل (۱-۱)).

1-Johnson
2-Hop-Gill
3-Moment- Rotation
4-Harper