دانشکده مهندسی عمران

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران- سازه

موضوع:

بررسی ضریب رفتار در قاب‌های فلزی با سیستم دوگانه دارای اتصال صفحات کناری

اساتید راهنما:

دکتر مرتضی نقی‌پور

دکتر جواد واثقی

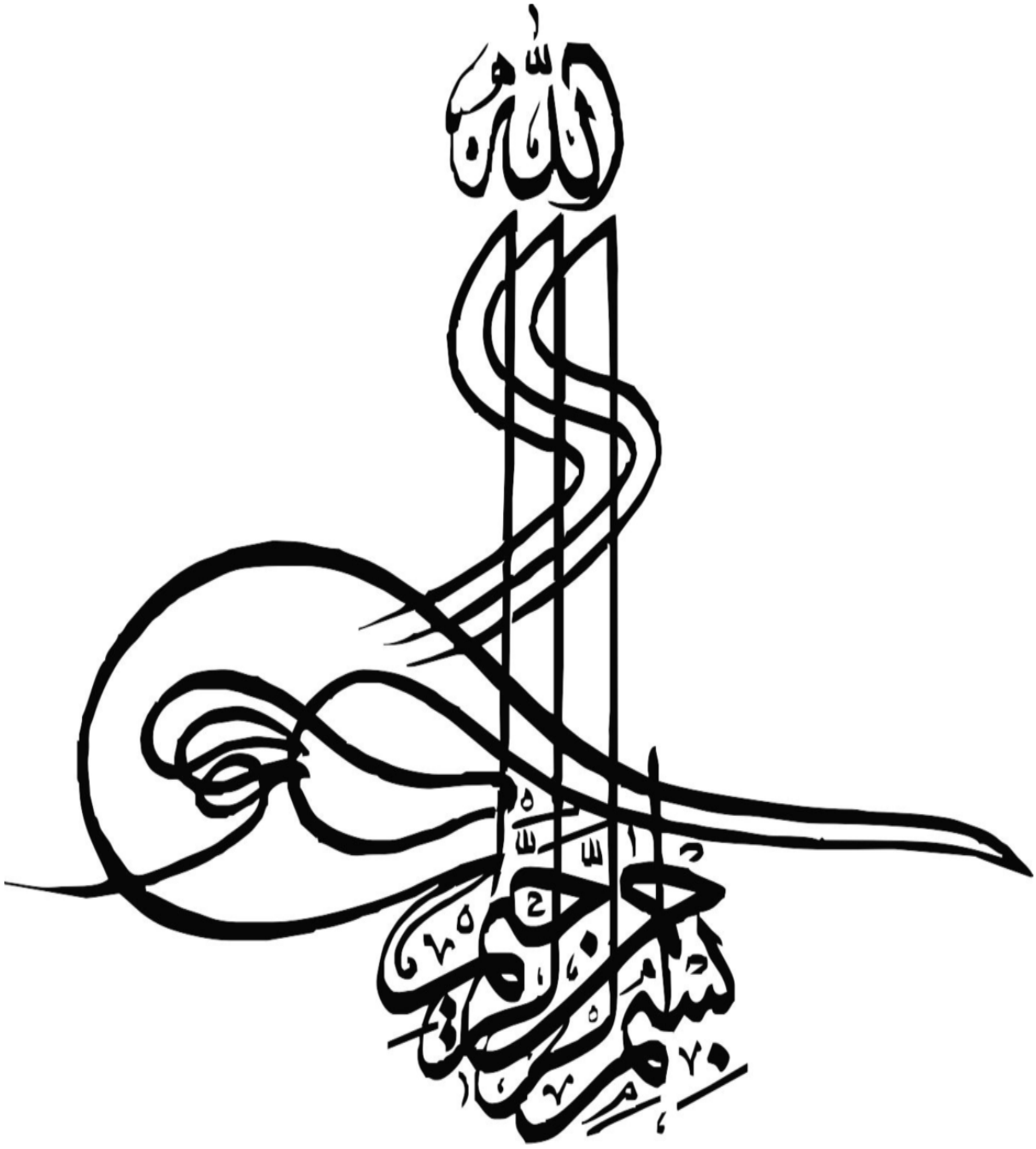
استاد مشاور:

مهندس مهدی نعمت‌زاده

نام دانشجو:

زهره رحمانی

تابستان ۱۳۹۰


الله
بسم الله الرحمن الرحيم

چکیده

پس از وقوع زلزله نورثریج آمریکا (۱۹۹۴) و کوبه ژاپن (۱۹۹۵) وآسیب اتصالات خمشی، اتصال با ورق کناری (side plate) پیشنهاد گردید. این اتصال باعث دور شدن مفصل پلاستیک از محل اتصال می‌شود و مقاومت و شکل‌پذیری کافی برای پلاستیک شدن مقطع تیر را دارا می‌باشد.این سازه باید توانایی تغییر شکل‌های حاصل از نیروهای جانبی را داشته باشد که این توانایی تحت پارامتری به عنوان شکل‌پذیری تأمین می‌شود. جهت دخالت دادن شکل‌پذیری در طراحی سازه‌ها و استفاده از تمامی ظرفیت سازه، از مفهوم ضریب رفتار در تحلیل خطی استفاده می‌شود. برای بررسی شکل‌پذیری و ضریب رفتار نیاز به آنالیزهای غیرخطی می‌باشد.

بدین منظور نمونه‌هایی از سیستم قاب دوگانه با مهاربند هم مرکز دارای اتصال صفحات کناری با تغییر نوع اتصال، نوع مهاربند، تعداد مهاربند و نوع الگوی بارگذاری در سه تراز ارتفاعی ۴، ۸ و ۱۲ طبقه توسط نرم‌افزار Perform-3D به صورت استاتیکی غیرخطی تحلیل شده است. سپس به وسیله روش یوآنگ ضریب رفتار، شکل‌پذیری، ضریب کاهش در اثر شکل‌پذیری و ضریب اضافه مقاومت مدل ها مورد مقایسه و بررسی قرار گرفته است. مطابق این تحقیق، اتصال با صفحات کناری با دور کردن مفصل از بر ستون باعث افزایش ضریب رفتار می‌گردد. افزایش تعداد مهاربند نیز باعث افزایش ضریب رفتار می‌گردد. با بررسی‌های انجام شده بر روی سه نوع مهاربند شورون، قطری و ضربدری مشاهده گردید که مهاربند قطری دارای بیشترین و مهاربند شورون دارای کمترین مقدار ضریب رفتار می باشد. با مقایسه الگوهای بارگذاری مثلثی، مستطیلی و مودال نیز مشاهده گردید که در هر سه تراز ارتفاعی، الگوی بار مستطیلی بیشترین مقدار و الگوی بار مثلثی کمترین مقدار ضریب رفتار را دارا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی:

اتصال صفحات کناری، شکل‌پذیری، ضریب رفتار، مهاربند، تحلیل استاتیکی غیرخطی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱- مقدمه ۳

۱- ۱- تعریف مسئله ۳

۱-۲- اهداف ۴

۱- ۳- روش تحقیق ۵

۱- ۴- ساختار تحقیق ۵

فصل دوم: متدولوژی و مروری بر مطالعات گذشته

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۲- تعریف اتصال ۱۰

۲-۳- انواع اتصالات ۱۰

۲-۴- طبقه‌بندی اتصالات ۱۰

۲-۴-۱- تعریف زاویه دریفت بین طبقه‌ای ۱۱

۲-۴-۲- نمودار لنگر- دوران ۱۲

۲-۴-۳- سه معیار مهم برای طبقه‌بندی اتصالات ۱۳

۲-۴-۳-۱- معیار سختی چرخشی ۱۴

۲-۴-۳-۲- معیار مقاومت خمشی ۱۵

۲-۴-۳-۳- معیار ظرفیت چرخشی پلاستیک ۱۶

۲-۵- اتصالات خمشی قبل از نورثریج و آسیبهای وارده بر آن ۱۶

۲-۵-۱- آسیب تیر ۱۸

۲-۵-۲- آسیب‌های بال ستون ۱۸

۲-۵-۳- آسیب‌ها، نواقص و ناپیوستگی‌های جوش ۲۰

۲-۵-۴- آسیب ورق اتصال جان ۲۰

۲-۵-۵- آسیب چشمه اتصال ۲۱

۲-۵-۶- سایر آسیب‌ها ۲۳

۲-۶- اتصالات گیردار جوشی پس از زلزله نورثریج ۲۴

۲-۷- معرفی اتصال صفحه کناری ۲۵

۲-۸- ویژگی‌های سیستم اتصال صفحه کناری ۲۷

۲-۸-۱- جدایی بین انتهای تیر و ستون ۲۷

۲-۸-۲- تغییر رفتار چشمه اتصال ۲۷

۲-۸-۳- استفاده از جوش گوشه به جای جوش شیاری ۲۸

۲-۸-۴- مسیرهای ساده شده انتقال بار ۲۹
۲-۸-۵- عملکرد سیکلی مناسب ۲۹
۲-۸-۶- پیوستگی تیر به تیر در دو طرف ستون ۳۰
۲ -۹ – مطالعات انجام شده بر روی اتصال با صفحات کناری ۳۱
۲-۹-۱- مطالعات موسسه LACO-TAP بر روی اتصال با ورق کناری ۳۱
۲-۹-۱- ۱- پارامترهای بررسی شده در اتصال با صفحات کناری ۳۱
۲- ۹- ۲- سایر مطالعات انجام شده ۳۵
۲-۱۰- تأثیر اتصالات بر روی ضریب رفتار ۳۶
۲-۱۱- ضریب شکل‌پذیری سازه‌ها ۳۸
۲-۱۲- ضریب رفتار ساختمان ۴۰
۲-۱۲-۱- ضریب کاهش در اثر شکل‌پذیری ۴۰
۲-۱۲-۱-۱- رابطه پیشنهادی نیومارک و هال ۴۱
۲-۱۲-۱-۲- رابطه پیشنهادی ریدل، هیدالگو و کروز ۴۲
۲-۱۲-۱-۳- رابطه پیشنهادی میراندا و برترو ۴۳
۲-۱۲-۲- ضریب مقاومت افزون ۴۴
۲-۱۲-۳- ضریب تنش مجاز ۴۶
۲-۱۲-۴- رابطه تعیین ضریب رفتار ۴۷
۲- ۱۳- مطالعات انجام شده بر روی ضریب رفتار ۴۸

فصل سوم: روش تحقیق

۳-۱- انتخاب و معرفی مدل ۵۱
۳-۲ – تحلیل خطی مدل‌ها ۵۴
۳-۳- کنترل‌های انجام شده ۵۶
۳-۳-۱- ضوابط قاب خمشی فولادی متوسط ۵۶
۳-۳-۲ – ضوابط چشمه اتصال ، برای مدلهای بدون صفحات کناری ۵۷
۳- ۳- ۲- ۱- برش مورد نیاز چشمه اتصال ۵۷
۳-۳ -۲- ۲- پایداری ورق‌های چشمه اتصال ۵۹
۳-۳-۳ – ضوابط قاب‌های مهاربندی هم مرکز ۶۰
۳-۳-۳-۱ – کنترل لاغری مهاربند (قطری ، ضربدری و شورون) بر اساس آئین نامه ۲۸۰۰ ۶۱
۳-۳-۳-۲ – کنترل ضوابط مهاربند شورون ۶۲
۳- ۴- تحلیل استاتیکی غیر خطی ۶۴
۳- ۴- ۱- توزیع بار در ارتفاع ۶۶
۳-۴-۱-۱- توزیع نوع اول دستورالعمل بهسازی ۶۶
۳-۴-۱-۲- توزیع نوع دوم دستورالعمل بهسازی ۶۷
۳-۴-۱-۳- توزیع بارمودال ۶۷

۳- ۴- ۲- معیارهای خرابی سازه ۶۸
۳- ۴- ۳- نرم افزار Perform-3D ۶۸
۳- ۴- ۴- جزئیات مدل سازی توسط نرم افزار Perform-3D ۶۹
۳- ۵- تعیین ضریب رفتار ۷۴
فصل چهارم: مدلسازی و بررسی رفتار مدلها
۴-۱- مقدمه ۷۸
۴-۲- مثال نمونه ۷۸
۴-۳- ارزیابی نتایج حاصل از تحلیل استاتیکی غیر خطی مدل ها در مرحله آخر همگرایی R ۸۳
۴-۳-۱-تأثیر اتصال با صفحات کناری بر روی پارامترهای موثر بر ضریب رفتار ۸۴
۴-۳-۲- تأثیر تعداد و نوع مهاربند بر روی پارامترهای موثر بر ضریب رفتار ۹۱
۴-۳-۲-۱- تأثیر تعداد مهاربند بر روی پارامترهای موثر بر ضریب رفتار ۹۸
۴-۳-۲-۲- تأثیر نوع مهاربند بر روی پارامترهای موثر بر ضریب رفتار ۹۹
۴-۳-۳- تأثیر نوع بارگذاری بر روی پارامترهای موثر بر ضریب رفتار ۱۰۰
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۵-۱- مقدمه ۱۰۸
۵-۲- نتایج ۱۰۸
۵-۳- پیشنهادات ۱۱۱
منابع ۱۱۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل (۲-۱): چرخش اتصال در اثر تغییر شکل قاب ۱۱
شکل(۲-۲): تعریف زاویه دریفت بین طبقه‌ای ۱۱
شکل (۲-۳): نمودار لنگر ـ دوران ۱۳
شکل (۲-۴): طبقه‌بندی اتصالات بر اساس مقاومت خمشی ۱۵
شکل (۲-۵): اتصال گیردار جوشی مرسوم تا قبل از زلزله نورثریج ۱۷
شکل (۲-۶): انواع آسیب‌های تیر ۱۸
شکل (۲-۷): آسیب‌های بال ستون ۱۹
شکل (۲-۸): قلوه‌کن شدن بال ستون ۱۹
شکل(۲-۹): آسیب‌های مربوط به جوش ۲۰
شکل(۲-۱۰): انواع آسیب‌های ورق اتصال ۲۱
شکل (۲-۱۱): آسیب‌های چشمه اتصال ۲۲
شکل (۲-۱۲): شکست جان و بال ستون در ناحیه اتصال خمشی ۲۲
شکل(۲-۱۳): اتصال صفحه کناری ۲۴
شکل (۲-۱۴): کمانش موضعی بال و جان تیر ۳۰
شکل (۲-۱۵): پاسخ کلی سازه (ضریب برش پایه- تغییر مکان جانبی نسبی) ۳۹
شکل (۳-۱): پلان معماری و محور انتخاب شده، جهت مدلسازی ۵۱
شکل(۳-۲): قاب های مدلسازی شده و موقعیت بادبندها در آن ۵۲
شکل (۳-۳): انواع قاب‌های مهاربندی همگرا ۶۰
شکل (۳-۴): نیروی غیر متعادل مهاربندهای کششی و فشاری در طراحی به روش تنش مجاز ۶۴
شکل (۳-۵): منحنی ظرفیت یا پوش آور ۶۴
شکل (۳-۶): مدل تیر در سیستم با صفحات کناری ۷۰
شکل(۳-۷): مدل چرخش وتری ۷۰
شکل(۳-۸): اجزای اصلی در مدل چرخش وتری ۷۱
شکل(۳-۹): نحوه در نظر گرفتن میزان چرخش عضو ۷۱
شکل(۳-۱۰): مدل FEMA Beam پس از اعمال مدل چرخش وتری ۷۲
شکل (۳-۱۱): پوش منحنی های هیسترزیس لنگر-دوران ۷۳
شکل (۳-۱۲): نمودار منحنی ظرفیت سازه چهار طبقه با سه دهانه تحت یکی از الگوهای بارگذاری جانبی ۷۵
شکل (۴-۱): نسبت تنش ها برای مدل SP3.5-1x، به ازای R=7 ۷۹
شکل (۴-۲): مقاطع بدست آمده برای مدل SP3.5-1x، به ازای R=7 ۷۹
شکل (۴-۳): منحنی پوش آور مدل SP3.5-1x، به ازای R=7 ۸۰
شکل (۴-۴): منحنی پوش آور قاب های۴ طبقه با شناسه PZ3.5- 1x , SP3.5- 1x ۸۵

شکل (۴-۵): منحنی پوش آور قاب های۸ طبقه با شناسه PZ3.5- 1x , SP3.5- 1x ۸۵
شکل (۴-۶): منحنی پوش آور قاب های۱۲ طبقه با شناسه PZ3.5- 1x , SP3.5- 1x ۸۶
شکل (۴-۷): نمودار ضریب شکل پذیری ۸۸
شکل (۴-۸): نمودار ضریب کاهش در اثرشکل پذیری ۸۸
شکل (۴-۹): نمودار ضریب اضافه مقاومت ۸۹
شکل (۴-۱۰): نمودار ضریب رفتار ۸۹
شکل (۴-۱۱): منحنی پوش آور قاب های ۴ طبقه با شناسه SP5- 2x , SP5- 1x ۹۲
شکل (۴-۱۲): منحنی پوش آور قاب های ۸ طبقه با شناسه SP5- 2x , SP5- 1x ۹۲
شکل (۴-۱۳): منحنی پوش آور قاب های ۱۲ طبقه با شناسه SP5- 2x , SP5- 1x ۹۳
شکل (۴-۱۴): منحنی پوش آور قاب های ۴ طبقه با شناسه SP5-1c , SP5- 1d , SP5-1x ۹۳
شکل (۴-۱۵): منحنی پوش آور قاب های ۸ طبقه با شناسه SP5-1c , SP5- 1d , SP5-1x ۹۴
شکل (۴-۱۶): منحنی پوش آور قاب های ۱۲ طبقه با شناسه SP5-1c , SP5- 1d , SP5-1x ۹۴
شکل (۴-۱۷): نمودار ضریب شکل پذیری ۹۶
شکل (۴-۱۸): نمودار ضریب کاهش در اثر شکل پذیری ۹۷
شکل (۴-۱۹): نمودار ضریب اضافه مقاومت ۹۷
شکل (۴-۲۰): نمودار ضریب رفتار ۹۷
شکل (۴-۲۱): منحنی پوش آور قاب های۴، ۸ و ۱۲ طبقه با شناسه SP5-1x ۱۰۰
شکل (۴-۲۲): منحنی پوش آور قاب های۴، ۸ و ۱۲ طبقه با شناسه SP5-1x ۱۰۱
شکل (۴-۲۳): منحنی پوش آور قاب های۴، ۸ و ۱۲ طبقه با شناسه SP5-1x ۱۰۱
شکل (۴-۲۴): نمودار ضریب شکل پذیری ۱۰۳
شکل (۴-۲۵): نمودار ضریب کاهش در اثر شکل پذیری ۱۰۴
شکل (۴-۲۶): نمودار ضریب اضافه مقاومت ۱۰۴
شکل (۴-۲۷): نمودار ضریب رفتار ۱۰۵

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۲-۱): طبقه‌بندی اتصالات بر اساس سه معیار ۱۳

جدول(۲-۲): متغیرهای به‌کار رفته در رابطه ریدل، هیدالگو و کروز ۴۲

جدول(۴-۱): نقاط کلیدی مربوط به مدل SP3.5- 1x و R=7، تحت الگوی بار مثلثی ۸۱

جدول(۴-۲): پارامترهای ضریب رفتار مدل SP3.5- 1x و R=7 تحت الگوی بار مثلثی ۸۲

جدول(۴-۳): پارامترهای ضریب رفتار مدل SP3.5- 1x پس از آخرین همگرایی ۸۳

جدول (۴-۴): نقاط کلیدی مدل های با و بدون صفحات کناری ۸۷

جدول (۴-۵): پارامترهای ضریب رفتار مدل های با و بدون صفحات کناری ۸۷

جدول (۴-۶): نقاط کلیدی مدل های SP5-2x، SP5-1x، SP5-1d و SP5-1c ۹۵

جدول (۴-۷): پارامترهای ضریب رفتار مدل های SP5-2x، SP5-1x، SP5-1d و SP5-1c ۹۶

جدول (۴-۸): نقاط کلیدی مدل SP5-1x، تحت سه الگوی بارگذاری ۱۰۲

جدول (۴-۹): پارامترهای ضریب رفتار مدل SP5-1x، تحت سه الگوی بارگذاری ۱۰۳

۱- مقدمه

۱- ۱- تعریف مسئله

سازه فولادی از اعضا یا المان‌هایی تشکیل شده است که به وسیله اتصالات به یکدیگر وصل می‌شوند و سیستم سازه‌ای را به وجود می‌آورند تا بتواند در مقابل بارهای وارده، به صورت یکپارچه مقاومت کند. در این میان اتصالات نقش مهمی ایفا می‌کنند. رفتار کلی یک سیستم سازه‌ای بستگی زیادی به چگونگی رفتار اتصالات خواهد داشت. عدم شناخت کافی از رفتار و یا طراحی نامناسب اتصالات، می‌تواند سبب افزایش آسیب‌های وارده به سازه در هنگام زلزله گردد.

هنگامی که از واژه اتصال نام می‌بریم، مقصود ما مجموعه اعضای اتصال و ناحیه درهم‌کنش اعضای متصل‌شونده به یکدیگر مانند چشمه اتصال در جان ستون می‌باشد. بنابراین هنگامی که تغییر شکل یک اتصال را مورد مطالعه قرار می‌دهیم، در واقع تغییر شکل ناشی از اجزای اتصال مانند پیچ، جوش و تغییر شکل اجزای متصل شده به چشمه اتصال یعنی تیر و ستون را در نظر می‌گیریم. تغییر شکل اتصال نقش ویژه‌ای در پاسخ غیرخطی یک سیستم سازه‌ای ایفا می‌کند. در این پایان‌نامه ما نوع خاصی از اتصالات خمشی را مطالعه می کنیم و از چگونگی تغییر شکل اتصال برای تعیین پارامتر موردنظر استفاده خواهیم کرد.

زلزله ۱۷ ژانویه ۱۹۹۴ در منطقه نورثریج واقع در ایالت کالیفرنیای آمریکا سرآغاز مهمی برای مطالعات اتصالات فولادی جوشی بود. در اثر این زلزله تعدادی از ساختمان‌های فولادی جوشی با قاب‌های خمشی در ناحیه اتصالات تیر به ستون دچار شکست شدند. به منظور بهبود عملکرد اتصالات خمشی جوشی قبل از زلزله نورثریج، اتصالات مختلفی پیشنهاد شدند. سیستم اتصال صفحه کناری یک فناوری ثبت شده در ایالات متحده آمریکا و نیوزلند است که تحت مالکیت شرکتی به همین نام، یعنی شرکت سیستم‌های صفحه کناری (Sideplate Systems Inc.) می‌باشد. با استفاده از هندسه جدید، اتصال مستقیم تیر به ستون حذف می‌شود

و دیگر نگرانی از بابت تردشکنی جوش نفوذی اتصال بال تیر به ستون و ضعف چشمه اتصال که در اتصالات رایج به وجود می‌آید، وجود ندارد. اتصال صفحه کناری نسبت به رقبای دیگر خود یعنی اتصالات شکل‌پذیر دیگری که پس از زلزله نورثریج پیشنهاد شدند، هم به لحاظ رفتار و هم به لحاظ هزینه ساخت مناسب‌تر است [۱]. با توجه به اینکه ضریب رفتار مشخصی برای سیستم های دوگانه با اتصال صفحات کناری در آئین نامه ها ذکر نگردیده است لذا در این پایان نامه، به بررسی شکل پذیری و ضریب رفتار این سیستم و تأثیر این اتصال بر روی ضریب رفتار و شکل پذیری می پردازیم.

۱-۲- اهداف

پس از وقوع زلزله نورثریج آمریکا (۱۹۹۴) و کوبه ژاپن(۱۹۹۵) و آسیب اتصالات خمشی، اتصال با ورق کناری پیشنهاد گردید. این اتصال باعث دور شدن مفصل پلاستیک از محل اتصال می شود و سازه ای که دارای این اتصال می باشد باید توانایی تغییر شکل های حاصل از نیروهای جانبی را داشته باشد که این توانایی تحت پارامتری به عنوان شکل پذیری تأمین می شود. امروزه در اکثر کارهای تحقیقاتی و آیین‌نامه‌ها، استفاده از عملکرد غیرارتجاعی سازه‌ها به منظور جذب قسمتی از انرژی ناشی از زلزله مجاز شمرده شده است؛ زیرا طراحی ارتجاعی در مقابل زلزله‌های شدید غیراقتصادی می‌باشد. برای درنظر گرفتن عملکرد غیرارتجاعی سازه نیاز به تحلیل دینامیکی غیرخطی است که بسیار پیچیده و وقت‌گیر می‌باشد. درآیین‌نامه‌های طرح لرزه‌ای به منظور پرهیز از تحلیل دینامیکی غیرخطی، استفاده از ضریبی به نام ضریب رفتار پیشنهاد شده است، که با R نشان داده می‌شود. عواملی که در محاسبه این ضریب دخالت دارند مبتنی بر رفتار غیرارتجاعی سازه و بیان‌کننده توانایی‌های لرزه‌ای آن می‌باشند و به طور کلی نشان‌دهنده توانمندی‌های سازه در مقابل زلزله می‌باشند. با توجه

به اینکه برای سازه های مقاوم در برابر زلزله باید سه عامل مقاومت، سختی و شکل پذیری در معادله عمومی طراحی (ظرفیت>نیاز) صدق کند و براساس اینکه از مفهوم ضریب رفتار نیز برای دخالت دادن شکل پذیری در طراحی سازه ها و استفاده از تمامی ظرفیت سازه استفاده می شود، لذا در این پایان‌نامه درنظر است ضریب رفتار را برای سیستم‌های دوگانه با اتصال صفحات کناری مورد بررسی قرار داده و تأثیر این اتصال نیز بر روی ضریب رفتار و شکل‌پذیری تحقیق و بررسی می‌گردد.

۱- ۳- روش تحقیق

به منظور بر آورده شدن اهداف مطرح شده در بخش (۱-۲)، نمونه هایی از سیستم دوگانه متوسط با مهاربند همگرای ضربدری با اتصال صفحات کناری، در کنار نمونه های مشابه بدون صفحات کناری جهت مقایسه در تراز های ارتفاعی مختلف مورد تحقیق و بررسی قرار می گیرد و همچنین نمونه های دیگری نیز از سیستم دوگانه متوسط با مهاربند همگرا با اتصال صفحات کناری با تغییر نوع مهاربند، تعداد مهاربند و نوع الگوی بارگذاری در ترازهای ارتفاعی مختلف مورد تحقیق قرار می گیرد. این ارزیابی به کمک نرم افزار Perform-3D و طی تحلیل استاتیکی غیر خطی انجام خواهد شد. با استفاده از این تحلیل و بر اساس منحنی ظرفیت سازه با استفاده از روش یوآنگ مقدار ضریب رفتار و شکل پذیری این سیستم مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱- ٤- ساختار تحقیق

فصل اول :مقدمه و کلیات

این فصل مشتمل بر تعریف مسئله، اهداف دنبال شده در این پایان نامه و همینطور شیوه و روند تحقیق انجام شده می باشد. در پایان نیز، ساختار فصل ها بیان می گردد.

فصل دوم: متدولوژی و مروری بر مطالعات گذشته

این فصل شامل معرفی اتصالات و رفتار سیستم اتصال با صفحات کناری و همینطور مبانی تعریف ضریب رفتار سازه با توجه به رفتار کلی سازه و پارامترهای تأثیر گذار بر روی ضریب رفتار و اتصال با صفحات کناری می باشد.

فصل سوم: روش تحقیق

این فصل شامل بیان روش تحقیق و معرفی نمونه ها، ضوابط آئین نامه ای و انجام تحلیل های غیر خطی استاتیکی و تعیین ضریب رفتار سازه به روش شکل پذیری یوآنگ می باشد.

فصل چهارم: مدلسازی و بررسی رفتار مدلها

این فصل به معرفی، نحوه طراحی و مدلسازی نمونه های ارزیابی شده در این پایان نامه، و همینطور ارائه و بررسی ضریب رفتار و عوامل موثر بر آن تحت تحلیل های استاتیکی غیر خطی می پردازد. در انتها نیز نتایج بدست آمده، تجزیه و تحلیل می گردد.

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

در این فصل، خلاصه و جمع بندی نتایج ارائه شده در فصل چهارم، در کنار پیشنهاداتی به منظور ادامه ی تحقیق حاضر، در مطالعات آینده آورده شده است.

۲-۱- مقدمه

قابهای خمشی جوشی برای مقابله با زمین لرزه، اصولاً بر این مبنا طراحی می‌شدند که بدون از دست دادن مقاومت، قابلیت تسلیم و تغییر شکل خمیری زیادی را دارا باشند، انتظار براین بود که تغییر شکل خمیری مورد نظر موجب دورانهای پلاستیک درون تیرها در محل اتصالشان به ستون‌ها شود، که از نظر تئوری انرژی داده شده به ساختمان را جذب کند و نیز فرض اساسی در مورد این اتصالات این بود که، می‌توانند دوران‌های پلاستیک تا ۰/۰۲ رادیان و بزرگتر را بدون زوال در مقاومت خمشی تحمل کنند، در نتیجه انتظار می‌رفت در برخورد با زلزله‌های شدید، این سازه‌ها رفتاری بسیار شکل‌پذیر داشته و بجای تحمل شکست‌ترد[1] در اتصالات، دچار آسیب‌هایی مثل تسلیم و کمانش‌های موضعی در تیرها بشوند. به هر حال ساختمان‌ها در طی زلزله آن‌طور که انتظار می‌رفت، رفتار نکردند و به دلیل آسیب‌های اتصالات، ضررهای اقتصادی قابل ملاحظه‌ای را با وجود عدم تلفات جانی، بوجود آوردند.

مشاهده آسیب‌های بوجود آمده در اثر زلزله نورثریج مشخص ساخت که در بسیاری از موارد شکست‌های ترد اتصالات در محدوده زیر حد خمیری مقاطع بوقوع پیوسته و در بسیاری از موارد شکستها در حالی اتفاق افتاده که مقاطع فولادی قاب ساختمان، هنوز در حد الاستیک بوده‌اند و این مهم، بررسی و تجدید نظری جدی را در روند طراحی اتصالات سازه‌های فولادی ضروری می‌نمود. بررسی‌ها نشان داد که، اغلب آسیب‌های وارده در ناحیه جوش نفوذی بال تیر به بال ستون اتفاق افتاده‌اند و این آسیب‌ها به سمت بال و جان ستون نیز گسترش یافته‌اند، به عبارت دیگر بررسی‌های عینی بیانگر ضعف عمده ناحیه اتصال در این قاب‌ها بودند. بررسی‌های المان محدود نیز، در توافق با شرایط رخ داده، وضعیت توزیع و تمرکز تنش عجیبی را در

[1]- Brittle Fracture

ناحیه اتصال تیر به ستون نشان دادند. بنابراین عمده مسیرهای مطالعاتی بر روی یافتن دلیل توزیع تنش غیر قابل پیش‌بینی و تمرکز تنش در ناحیه اتصال متمرکز شد.

نتایج حاصل از مطالعات انجام شده وجود تنش برشی عمودی در بال‌های تیر در ناحیه اتصال و طبیعتاً در جوش بال تیر به بال ستون را عمده‌ترین عامل بروز شکستها در ناحیه اتصال دانستند، که عامل بوجود آورنده تمرکز تنش بود، بعبارتی با آنکه در روش‌های متعارف طراحی تیر و اتصال مربوطه در سازه‌های فولادی، برای بال‌های تیر I شکل، به دلیل عرض زیاد بال هیچگونه سهمی از برش عمودی قائل نمی‌شوند و کل برش را سهم جان تیر می‌دانند، اما بررسی‌ها نشان دهنده حالتی برخلاف این فرض در محل اتصال بودند، تا جاییکه برخی مطالعات نشان دهنده دریافت ۵۰٪ از برش عمودی کل مقطع توسط بال‌های تیر بودند [۲].

این نیروی برشی موجود در بالهای تیر در ناحیه اتصال، معضلات بسیاری را از جمله کاهش ظرفیت باربری تیر در ناحیه اتصال، پیدایش لنگر اهرمی در بال‌های تیر در هنگام تغییر شکل سازه تحت بارهای جانبی، افزایش چشمگیر رشد ترکهای جزیی موجود درمصالح جوش اتصال تیر به ستون و تمرکز قابل توجه تنش در محل اتصال را بدنبال دارد، که همه این عوامل منجر به شکست ترد جوش اتصال پیش از تسلیم مقطع تیر می‌شوند. علاوه بر وجود تنش برشی در بال‌های تیر، عوامل دیگری نیز به عنوان دلایل عمده شکست اتصالات در طی زلزله نورثریج شناخته شد. از جمله اینکه آیین‌نامه‌های طراحی که بین سالهای ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۴ تدوین شده‌اند، معمولاً توصیه به طراحی اتصال با ناحیه پانلی ضعیف ستون می‌کردند، درنتیجه تغییر شکل پلاستیک ناحیه اتصال عمدتاً در ناحیه پانلی رخ می‌داد و باعث افزایش تنش و کرنش در جوش اتصال بال تیر می‌شد [۳]. با توجه به ضعفهای عمده اشاره شده در اتصالات، اکثر مسیرهای مطالعاتی پس از زلزله نورثریج در سازه‌ها به سمت حل معضلات موجود در اتصالات فولادی جوشی هدایت شدند، تا بتوانند موجب بهبود عملکرد اتصالات شوند.

۲-۲- تعریف اتصال

در یک سازه فلزی اجزای زیر سازه ای یعنی مجموعه تیرها ، ستونها ، بادبندها و... به وسیله یکی از انواع اتصالات پیچی، پرچی یا جوشی به یکدیگر متصل می شوند. به طور کلی اتصالات، اجزاء انتقال نیرو بین تیرها و ستون ها در ساختمانها هستند.

۲-۳- انواع اتصالات

اتصالاتی که در ساختمانهای فلزی به کار می روند به سه نوع تقسیم می شوند:

الف- اتصالات صلب

ب- اتصالات نیمه صلب

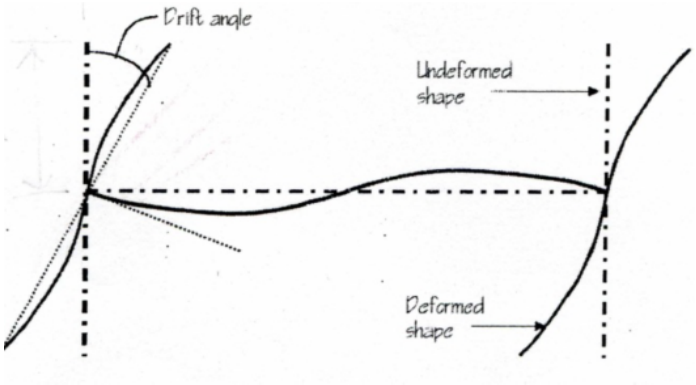
ج- اتصالات مفصلی

۲-٤- طبقه‌بندی اتصالات

اتصالات در سازه‌های فولادی را می‌توان بر اساس معیارهای مختلفی دسته‌بندی نمود. انتخاب معیار برای طبقه‌بندی، به رفتار منظور شده برای اتصال در تحلیل سازه‌ای بستگی دارد. خواص رفتاری که در تحلیل یک سازه می‌توان درنظر گرفت، عبارتند از رابطه خطی بین لنگر و دوران یک اتصال (برای تحلیل‌های الاستیک)، ظرفیت چرخشی کافی (برای تحلیل صلب- الاستیک) و همچنین رفتار غیرخطی لنگر- دوران اتصال (برای تحلیل‌های الاستیک- پلاستیک). بدین ترتیب می‌توان سه معیار برای طبقه‌بندی اتصالات درنظر گرفت که به معرفی آن‌ها می‌پردازیم. پیش از بیان این سه معیار، لازم است پارامتر θ و نمودار لنگر- دوران معرفی شوند.

۲-٤-۱- تعریف زاویه دریفت بین طبقه‌ای

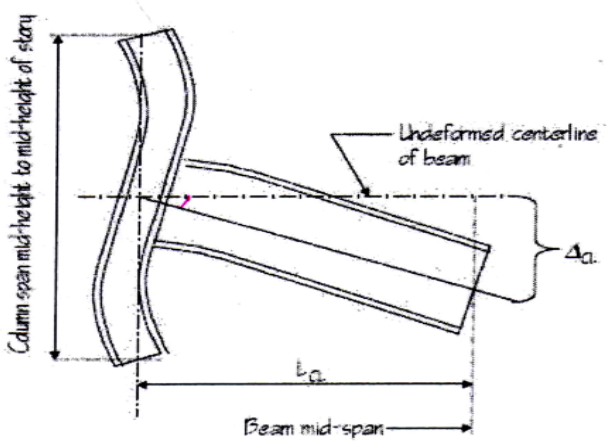
زاویه دریفت بین طبقه‌ای پارامتری کلیدی در مطالعه رفتار اتصالات می‌باشد. در شکل (۲-۱) قسمتی از یک قاب تغییر شکل یافته نشان داده شده است.



شکل (۲-۱): چرخش اتصال در اثر تغییر شکل قاب [۲]

زاویه دریفت بین طبقه‌ای (θ) را می‌توان با توجه به شکل (۲-۲) به صورت رابطه (۲-۱) تعریف نمود.

$$\theta = \frac{\Delta_{CL}}{L_{CL}} \qquad (۲-۱)$$

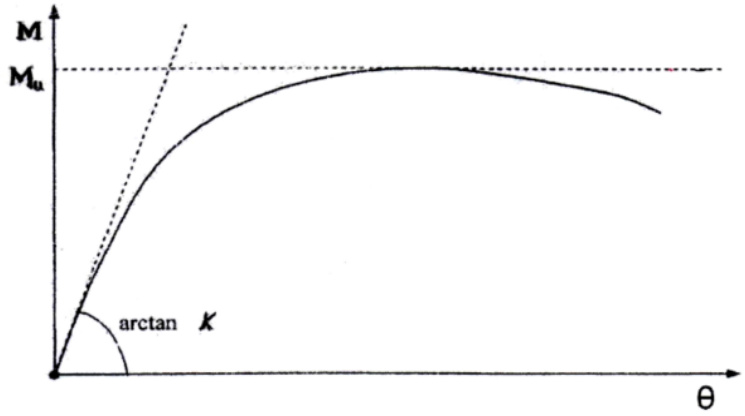


شکل(۲-۲): تعریف زاویه دریفت بین طبقه‌ای [۲]

۲-٤-۲- نمودار لنگر- دوران

در طراحی سازه‌های فولادی معمولاً فرض بر این است که اتصالات یا به‌طور کامل صلب هستند و یا به طور کامل مفصلی کار می‌کنند. از فرض اول چنین بر می‌آید که هیچ چرخش نسبی بین اعضای متصل شونده وجود ندارد، به طوری که در هر گره توزیع لنگر بین اعضای متصل شونده به نسبت سختی آن‌ها صورت می‌گیرد. برعکس، فرض مفصلی بودن اتصال بیان می‌دارد که چرخش انتهایی اعضا آزاد بوده، لنگر در انتهای تیر برابر با صفر است. اما در حقیقت هر اتصالی علیرغم صلب بودنش مقداری تغییر شکل از خود نشان می‌دهد و همچنین برخلاف تغییر شکل‌پذیری ظاهری خود، کمی در برابر چرخش مقاومت می‌کند.

در تحلیل رفتار اتصالات، پاسخ گره اتصال را به وسیله رفتار چرخشی درون صفحه‌ای توصیف می‌نمایند. به بیان دیگر، فرض بر این است که در اتصالات قابهای فولادی، رفتار خمشی غالب است و پاسخ گره را می‌توان به راحتی بر اساس رابطه بین لنگر در مقابل دوران بیان نمود، مانند شکل (۲-۳). بنابراین به منظور درنظر گرفتن اثرات نیمه‌صلب بودن گره در طراحی قاب، لازم است که نمودار لنگر- دوران را برای اتصال موردنظر نمایش داد. این نمودار بیان‌کننده این است که تغییر شکل اصلی که در یک اتصال اتفاق می‌افتد، همان تغییر شکل θ ناشی از لنگر درون صفحه‌ای M می‌باشد. بنابراین به‌طور ذاتی رفتار اتصال بر اساس نمودار لنگر- دوران ($M-\theta$) توصیف می‌گردد و این نمودار خود جزء مهم‌ترین داده‌های ورودی برای تحلیل و طراحی قاب می‌باشد.



شکل (۲-۳): نمودار لنگر ـ دوران[٤]

با توجه به شکل (۲-۳) می‌توان سختی چرخشی اتصال را به صورت شیب منحنی $M-\theta$ تعریف نمود.

$$K=\frac{M}{\theta} \qquad (۲-۲)$$

۲-٤-۳- سه معیار مهم برای طبقه‌بندی اتصالات

سختی چرخشی، مقاومت خمشی و ظرفیت چرخشی پلاستیک سه معیار مهم برای طبقه‌بندی اتصالات به شمار می‌روند. در جدول (۲-۱) چگونگی طبقه‌بندی اتصالات بر اساس این سه معیار مشاهده می‌گردد.

جدول (۲-۱): طبقه‌بندی اتصالات بر اساس سه معیار [۱۵]

معیار طبقه‌بندی اتصال	گروه‌های طبقه بندی شده
سختی چرخشی	اتصالات مفصلی
	اتصالات ممانبر کاملاً گیردار
	اتصالات ممانبر نیمه‌گیردار
مقاومت خمشی	اتصالات کاملاً مقاوم
	اتصالات نسبتاً مقاوم
ظرفیت چرخشی پلاستیک	اتصالات کاملاً شکل‌پذیر
	اتصالات نسبتاً شکل‌پذیر

۲-٤-۳-۱- معیار سختی چرخشی

در این بخش دیدگاه آیین‌نامه AISC2005 در مورد این تقسیم‌بندی بیان می‌گردد. بر اساس معیار سختی چرخشی، اتصالات فولادی به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

- اتصالات ساده یا مفصلی[1]، که لنگر بسیار ناچیزی را انتقال می‌دهند و برابر صفر در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر اعضای متصل‌شونده به آن می‌توانند به‌طور آزادانه چرخش داشته باشند.
- اتصالات ممان‌بر کاملاً گیردار[2]، که به اختصار FR نامیده می‌شوند. این اتصال به گونه‌ای عمل می‌کند که در اثر لنگر اعمال شده به آن، چرخش نسبی بین اعضای متصل شونده به آن بسیار ناچیز می‌باشد و در تحلیل سازه‌ای، برابر صفر درنظر گرفته می‌شود.
- اتصالات ممان‌بر نیمه‌گیردار[3]، که به اختصار PR نامیده می‌شوند. لنگر انتقال یافته توسط این اتصال، قابل چشم‌پوشی نیست و پاسخ‌های نیرو- تغییر شکل اتصال باید در تحلیل‌ها درنظر گرفته شود.

این تقسیم‌بندی با توجه به سختی اتصال تحت بارهای سرویس (K_s) صورت می‌پذیرد.

$$K_s = \frac{M_s}{\theta_s} \qquad (۳-۲)$$

در رابطه فوق M_s لنگر تحت بارهای سرویس و θ_s زاویه دریفت بین طبقه‌ای تحت بارهای سرویس می‌باشد. با درنظر گرفتن EI به‌عنوان صلبیت خمشی و L به‌عنوان طول تیر متصل شونده، طبقه‌بندی به صورت زیر خواهد بود:

- اگر $KsL/EI \geq 20$ باشد، اتصال کاملاً گیردار (FR) می‌باشد.
- اگر $KsL/EI \leq 2$ باشد، اتصال ساده درنظر گرفته می‌شود.

[1]- Simple Connections
[2]- Fully-Restrained Moment Connections
[3]- Pattially-Restrained Moment Connections