به نام خدا

۲۹۶۸۷

۷ /۱۲/ ۱۳۸۰

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته

عمران -گرایش سازه

016349

موضوع:

تأثیر مقاومت و سختی وصله‌های ساختمانهای فلزی در رفتار آنها

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر رسول میرقادری

دانشکده فنی دانشگاه تهران
تحصیلات تکمیلی

نگارش:

پیام بیدرام

۳۹۶۸۷

نیمسال اول ۸۱-۸۰

تقدیم

به ستاره زندگیم، همسرم

فهرست مطالب

	شماره صفحه
۱- پیشگفتار	۱
۱-۱ چکیده	۱
۱-۲ مقدمه	۲
۲- تحلیل الاستیک	۷
۲-۱ مقدمه	۷
۲-۲ تحلیل سازه های نامعین	۹
۲-۲-۱ روش تغییر مکان یا سختی	۹
۲-۲-۲ روش شیب - افت	۹
۲-۳ تاثیر سختی جزئیات وصله در سازه فلزی در مقادیر نیروهای داخلی سازه	۱۱
۲-۳-۱ تاثیر وصله در ستون یک سر گیردار- یک سرگیردار غلطکی تحت بار جانبی برروی مقادیر لنگرها	۱۳
۲-۳-۲ تاثیر وصله در ستون یک سرگیردار - یک سرگیردار غلطکی تحت بار جانبی در مقادیر تغییر مکان	۲۱
۲-۳-۳ تاثیر وصله در ستون های قاب یک دهانه تحت بار جانبی P برروی مقادیر لنگرها	۲۶
۲-۳-۴ تاثیر وصله در ستون های قاب یک دهانه تحت بار جانبی P برروی مقادیر تغییر مکان ها	۴۳
۲-۳-۵ تاثیر وصله در ستون های قاب یک دهانه تحت بار قائم متمرکز P در وسط دهانه برروی مقادیر لنگرها	۴۵
۲-۴ بررسی تاثیر جایگزینی مفاصل حقیقی به جای مفاصل مجازی	۴۷
۲-۴-۱ تعیین محل مفصل مجازی در قاب یک دهانه تحت بار جانبی	۴۸

فهرست مطالب

		شماره صفحه
۲-۴-۲	تاثیر وجود وصله در محل مفاصل مجازی ستون های یک قاب یک دهانه تحت بار جانبی P	۴۹
۲-۴-۳	تاثیر وجود وصله در محل مفاصل مجازی ستون های یک قاب یک دهانه تحت بار متمرکز قائم	۵۳
۲-۴-۴	تاثیر جایگزینی مفصل حقیقی به جای مفصل مجازی در قاب یک دهانه تحت بار جانبی	۵۵
۲-۴-۵	تاثیر جایگزینی مفصل حقیقی به جای مفصل مجازی در قاب یک دهانه بار متمرکز قائم P	۵۹
۲-۴-۶	تاثیر جایگزینی مفصل حقیقی به جای مفصل مجازی در یک تیر با سختی خمشی متفاوت در دو سرآن تحت بار قائم متمرکز در موقعیت متغیر	۶۷
۲-۵	نتیجه گیری	۷۲
۳-تحلیل کمانشی سازه		**۷۳**
۳-۱	مقدمه	۷۳
۳-۲	تعاریف	۷۴
۳-۲-۱	بار بحرانی (بار کمانش)	۷۴
۳-۲-۲	بار بحرانی ستون اولر	۷۴
۳-۲-۳	شرایط مرزی	۷۷
۳-۲-۴	روش محاسبه بار بحرانی	۷۸
۳-۳	بررسی تغییرات بار بحرانی به واسطه وجود وصله در ستون یک سرگیردار - یک سرگیردار غلطکی	۷۸

فهرست مطالب

شماره صفحه

۳-۴ بررسی تغییرات بار بحرانی به واسطه وجود وصله در ستون یک سرگیردار - یک سر مفصل ۸۶

۳-۴ بررسی تغییرات بار بحرانی به واسطه وجود وصله در ستون یک سرگیردار - یک سر مفصل ۸۶

۳-۵ بررسی تغییرات بار بحرانی به واسطه وجود وصله در ستون دو سرمفصل ۹۲

۳-۶ بررسی تغییرات بار بحرانی به واسطه وجود وصله در ستون یک سرگیردار- یک سرگیردار غلطکی به صورت مدل حقیقی ۹۹

۳-۷ بررسی تغییرات بار بحرانی به واسطه وجود وصله در ستون های قاب یک دهانه تحت بار جانبی ۱۱۰

۳-۸ بررسی تغییرات بار بحرانی به واسطه وجود وصله در ستون های قاب یک دهانه تحت بار متمرکز قائم ۱۱۳

۳-۹ تاثیرجایگزینی مفصل حقیقی به جای مفصل مجازی در آنالیز پایداری ۱۱۵

۳-۹-۱ بررسی تغییرات بار بحرانی در قاب یک دهانه تحت بار متمرکز قائم به انضمام وصله در محل های مفاصل مجازی ستون ۱۱۶

۳-۹-۲ بررسی تغییرات بار بحرانی در قاب یک دهانه تحت بار متمرکز جانبی به انضمام وصله در محل های مفاصل در ستون ۱۱۸

۳-۹-۳ بررسی کمانشی ستون یک سرگیردار - یک سر گیردار غلطکی به انضمام مفصل در محل مفصل مجازی ۱۱۹

۳-۹-۴ بررسی کمانشی قاب یک دهانه با ستون های نامساوی به انضمام مفصل در محل مفاصل مجازی ۱۲۶

فهرست مطالب

شماره صفحه

۳-۹-۵ بررسی کمانشی قاب یک دهانه با ستون های مساوی به انضمام مفصل در محل مفاصل مجازی ۱۲۷

۳-۱۰ نتیجه گیری ۱۳۱

۴- آنالیز پلاستیک ۱۳۳

۴-۱ مقدمه ۱۳۳

۴-۲ تعاریف ۱۳۳

۴-۲-۱ لنگر پلاستیک (MP) ۱۳۳

۴-۲-۲ بار فروریختگی ۱۳۴

۴-۲-۳ روش های تحلیل پلاستیک سازه ۱۳۵

۴-۳ تحلیل پلاستیک قاب یک دهانه به انضمام وصله در تیر و ستون (MPb < MPc) ۱۳۸

۴-۴ تاثیر جایگزینی مفصل حقیقی به جای مفصل مجازی حاصل از آنالیز الاستیک سازه در تحلیل پلاستیک ۱۴۹

۴-۴-۱ تحلیل پلاستیک قاب یک دهانه به انضمام وصله در محل مفصل مجازی ستون ها ۱۴۹

۴-۴-۲ تاثیر جایگزینی مفصل حقیقی به جای مفصل مجازی یک ستون قاب یک دهانه تحت بار جانبی در تحلیل پلاستیک ۱۵۳

۴-۴-۳ تاثیر جایگزینی مفصل حقیقی به جای مفصل مجازی در دو ستون قاب یک دهانه تحت بار جانبی ۱۶۱

۴-۵ نتیجه گیری ۱۶۵

فهرست مطالب

		شماره صفحه
۵-تحلیل دینامیکی		**۱۶۶**
۵-۱ تعاریف		۱۶۶
۵-۱-۱	سازه ساده	۱۶۶
۵-۱-۲	سیستم یک درجه آزادی	۱۶۶
۵-۱-۳	معادله حرکت	۱۶۷
۵-۱-۴	ارتعاش آزاد	۱۶۹
۵-۱-۵	سیستم های چند درجه آزادی	۱۷۰
۵-۲ تاثیر وصله در ستون یک سرگیردار در تحلیل دینامیکی ارتعاش آزاد		۱۷۲
۵-۳ تاثیر وصله با نسبتممانااینرسی ثابت $\frac{I_2}{I_C} = 20\%$ در قاب یک دهانه در تحلیل دینامیکی ارتعاش آزاد		۱۸۱
۵-۴ تاثیر جایگزینی مفصل حقیقی به جای مفصل مجازی در تحلیل دینامیکی ارتعاش آزاد		۱۸۴
۵-۴-۱	تاثیر قرارگیری وصله به جای مفصل مجازی در قاب یک دهانه در تحلیل دینامیکی ارتعاش آزاد	۱۸۵
۵-۴-۲	تاثیر جایگزینی مفصل حقیقی به جای مفصل مجازی در قاب یک دهانه با ستون های مساوی در تحلیل دینامیکی ارتعاش آزاد	۱۸۵
۵-۴-۳	تاثیر جایگزینی مفصل حقیقی به جای مفصل مجازی در قاب یک دهانه با ستون های نامساوی در تحلیل دینامیکی ارتعاش آزاد	۱۸۸
۵-۵ نتیجه گیری		۱۹۲

چکیده

مساله نسبتاً مبهمی که اختلاف زیادی بین مراجع در مورد آن وجود دارد، مساله طراحی وصله می باشد که گروهی معتقدند طراحی وصله براساس نیروهای حاصل در مقطع وصله انتقال داده شود و گروهی دیگر صحبت از طراحی وصله باشد و گروهی معتقد براین هستند که برای اطمینان بیشتر تمام ظرفیت مقطع اصلی در محل وصله به ازای نیروی حاصل در مقطع وصله به شرط انتقال درصدی از ظرفیت مقطع می کنند.

در این پروژه سعی شده است میزان مناسبی از ظرفیت مقطع برای انتقال در محل وصله محاسبه گردد تا تاثیراتش در رفتار سازه در آنالیزهای الاستیک، پایداری، پلاستیک و دینامیکی اندک و قابل قبول باشد. این میزان در حدود 20% به نتیجه رسیده است. همچنین بررسی شده که نمی توان تنها به ازای نیروهای حاصل ازتحلیل سازه در محل وصله، وصله را طراحی نمود.

۱- مقدمـــــه

وجـه ضـرورت قراردهی وصله در برخی از نقاط به دلایل مختلفی است. برخی از دلایـل بـه شـرح زیـر می باشند[۱]:

- طول استاندارد نیمرخ های نورد شده که از کارخانه بیرون می آید، ممکن است کافی نباشد.
- گاهی مواقع از لحاظ اجرا اقتصادی تر است که تیرها در طول های کوتاه بـــه محـل کـار حمـل شوند و در محل کار به یکدیگر وصل شوند.
- به علت کاهش ضایعات تیرآهن ممکن است مجبور به وصله کارگاهی باشیم.

یکـی از مبـاحـثی که هنـوز بـه طور کامل حل نشده است مبحث طراحـی وصلـه در مقـاطع مختلـف می باشد. آئین نامه ها و مراجع مختلف هر کدام راه حل مختلفی برای این معضل پیشنهاد داده اند.

مساله در این است که آیا تنها با بدســت آوردن بیشـترین نـیروی حاصلـه تحـت ترکیبـات بـارگذاری مختلف سازه در نقطه وصله شونده، می توان وصله را طراحی نمود یا به میزانی از انتقال ظرفیت مقطع در این نقطه احتیاج می باشد؟

معمولاً آئین نامه ها و مراجع مختلف، طراحی بواسطه نیروی حاصله در محل وصلـه را بـه عنـوان یـک گزینه پیشنهاد می دهند ولی توصیه می کنند در محل وصله میزانی از ظرفیت مقطع اصلی نیز انتقـال پیدا کند.

آئیـن نامـه AISC[۲]، طراحـی وصله را به ازای نیروی بدست آمده در نقطه انقطاع می دانـد ولـی الـزام می دارد که در مقطع وصله حداقل 50% ظرفیت الاستیک مقطع انتقال پیدا کند.

آئین نامه AASHOO این میزان را به 75% می رساند[۳].

---

[۱]- شاپور، طاحونی – راهنمای جوش و اتصالات جوشی: ۱۳۷۹

[2] - AISC LRFD Manual, Vol. II, 1996

[۳]- شاپور طاحونی و امیر پیمان زندی – اتصالات در سازه های فولادی: ۱۳۷۷

آئین نامه مقررات ملی ساختمانی ایران (مبحث دهم) طراحی وصله ها را برای سه حالت وصله با جوش لب و وصله بال تیر و وصله در جان تقسیم کرده است. برای حالت جوش لب باید تمام ظرفیت مقطع کوچکتر وصله شونده انتقال پیدا کند و برای حالت وصله در بال تیر باید سطح مقطع ورق وصله حداقل ۵ درصد از سطح مقطع بال وصله شونده بیشتر و مرکز ثقل آن تا حد امکان به مرکز ثقل بال نزدیک باشد. برای حالت وصله در جان تیر نیز وصله باید برای نیروی برشی و سهم لنگر خمشی مربوط به جان در محل درز اتصال، محاسبه شود[۱].

توصیه آئین نامه مقررات ملی ساختمانی ایران (مبحث دهم) پیشنهادی در جهت اطمینان می باشد. به دلیل اینکه معمولاًظرفیت خمشی مقاطع نورد شده در محل وصله همان حدود ظرفیت خمشی مقطع اصلی می شود. بنابراین نیازی به برداشت نیروی ماکزیمم در مقطع انقطاع نمی باشد.

در آئین نامه های LRFD، DIN[۲]، BS[۳] و CSN[۴] و آئین نامه کانادا گفته شده است که در مقطع وصله های خمشی باید به مزان کافی ظرفیت مقطع در محل انقطاع انتقال داده شود ولی این میزان مشخص نگردیده است. در مرجعی دیگر بنام سازه های فولادی[۵] مقدار مساحت ورق وصله را ۱/۱ برابر مساحت بال درنظر گرفته است و به طور کلی مساحت و ممان اینرسی مقطع وصله را بیشتر از مساحت و ممان اینرسی مقطع اصلی در نظر می گیرد.

بنابراین ابهاماتی در طراحی وصله براساس مطالب مذکور وجود دارد که در این پروژه این ابهامات تا حدی بررسی می گردد.

---

[۱]- گروه نویسندگان – مقررات ملی ساختمانی ایران

[2] - DIN 18801; 1996

[3] - BS 1444; 1972

[4] - CSN 731401; 1986

[۵]- دکتر مجید صادق آذر – سازه های فولادی: ۱۳۷۴

در ابتدا باید دید چنانچه وصله در یک سازه قرار گیرد و مقطع را در آن نقطه تا حدی ضعیف کند چه تاثیراتی برروی سازه می گذارد؟

تاثیرات وارد بر سازه در قالب ۴ نوع آنالیز، آنالیز الاستیک، آنالیز کمانشی و پایداری ارتجاعی سازه، آنالیز پلاستیک و آنالیز دینامیکی بررسی گردیده است.

در آنالیز الاستیک در فصل دوم، وصله های خمشی به صورت یک مقطع با ممان اینرسی متفاوت مدل گردیده است که محل وصله در نمونه های بررسی شده متغیر می باشد. نمونه های بررسی شده ستون یک سرگیردار - یک سرگیردار غلطکی تحت بار جانبی، قاب یک دهانه تحت بار متمرکز جانبی و قاب یک دهانه تحت بار متمرکز قائم می باشد.

در مباحث گفته شده تنها وصله های خمشی مورد بررسی قرار گرفته اند. اگر فرض شود عمق مقاطع در تمام طول مقطع اعضای سازه های بررسی شده یکسان باشد، چنانچه ممان اینرسی مقطع وصله کاهش یابد، در حقیقت ظرفیت الاستیک مقطع وصله کاهش یافته و در نتیجه دیاگرام خمشی عضو تغییر می کند. باید دید که تا چه حدی اگر ممان اینرسی مقطع وصله کاهش یابد تاثیرات وارده بر مقادیر لنگر قابل اغماض می باشد. در مورد تغییر مکان های سازه نیز همین بررسی انجام می گیرد.

مبحث دیگر این است که اگر براساس نیروهای حاصل از آنالیز الاستیک سازه، وصله مورد نیاز آن طراحی گردد آیا با طراحی وصله و آنالیز مجدد آن تغییراتی در سازه بوجود نمی آید و اگر به وجود می آید، قابل اغماض می باشد یا خیر؟

برای مثال چنانچه در مقطعی از سازه لنگر صفر گردید، آیا می توان به جای آن مفصل حقیقی قرار داد و آیا تاثیری برروی آن نمی گذارد؟

در تحلیل کمانشی سازه در فصل سوم وصله خمشی به صورت یک مقطع با ممان اینرسی مختلف و همچنین ۳ مقطع با ممان اینرسی مختلف به صورت واقعی، مدل گردیده است که با تغییرات نسبت ممان اینرسی محل وصله به ممان اینرسی مقطع اصلی، تغییرات بار بحرانی حاصل گردیده است. بررسی می شود چه میزانی از ممان اینرسی محل وصله نسبت به ممان اینرسی مقطع اصلی تامین

گردد تا تغییرات بار بحرانی قابل اغماض باشد. نمونه های مورد نظر ستون های یک سر گیردار - یک سر غلطکی گیردار، ستون در سر مفصل، ستون یک سرگیردار - یک سر مفصل، قاب یک دهانه تحت بار متمرکز قائم و جانبی می باشد.

همچنین جایگزینی مفصل حقیقی به جای مفصل مجازی نیز بررسی گردیده و تاثیرات آن برروی مودهای کمانشی و بارهای بحرانی توسط نرم افزار Ansys بدست آمده است.

در آنالیز پلاستیک در فصل چهارم، در نمونه قاب یک دهانه تحت بار جانبی نقاطی از اعضا با بعدی مشخص،دارای ظرفیت خمشی متفاوت با مقاطع دیگر می باشند. این نقاط مدل های وصله می باشند که با تغییرات ظرفیت خمشی این مکان ها، تاثیراتش برروی مکانیزم گسیختگی سازه بررسی می گردد و حدود ظرفیت مجاز خمشی وصله ها برای بدون تغییر ماندن مکانیزم گسیختگی حالت بدون وصله بدست می آید.

همچنین تاثیر جایگزینی مفصل حقیقی به جای مفصل مجازی حاصل از آنالیز الاستیک سازه نیز مورد بررسی قرار می گیرد تا به نوعی تاثیر طراحی وصله براساس آنالیز نیروهای حاصل از آنالیز الاستیک برروی نوع مکانیزم های گسیختگی بررسی شود.

در آنالیز دینامیکی در فصل پنجم، آنالیز ارتعاش آزاد سازه در ستون یک سرگیردار - یک سرغلطکی گیردار تحت بار جانبی و قاب یک دهانه با ستون های مساوی و نامساوی تحت بار جانبی به انضمام وصله خمشی انجام می گیرد. هدف از این نوع تحلیل تاثیرات تغییرات ممان اینرسی وصله نسبت به ممان اینرسی مقطع عضو در مقادیر فرکانس های مودال حاصله می باشد تا به نحوی با رعایت حدودی از این نسبت ممان اینرسی، تغییرات فرکانس های مودال آن قابل اغماض باشد.

همچنین جایگزینی مفصل حقیقی به جای مفصل مجازی حاصل از آنالیز الاستیک سازه نیز مورد بررسی قرار می گیرد.

از ایـن مبـاحث در مـی یابیم آیا می توان به ازای لنگری که در یک مقطع تحت آنـالیز سـازه بدسـت می آوریم، وصله خمشی را طرح نمائیم یا می بایست در مقطع وصله حداقـل ظرفیـت خمشـی مقطـع تامین گردد؟

۲- تحلیل الاستیک

۲-۱ مقدمه

همانطور که در مقدمه پروژه به صورت مختصر توضیح داده شد هدف از این بررسی، یافتن تاثیر سختی و مقاومت جزئیات وصله در سازه های فلزی در حالت الاستیک سازه می باشد. دلیل این بحث این است که ببینیم تغییرات خصوصیات فیزیکی مقطع وصله بالاخص ممان اینرسی (به فرض اینکه مقاطع تیر و ستون به صورت مقاطع متغیر نباشند) چگونه بر رفتار سازه و پارامترهای استاتیکی سازه از جمله خمش و تغییر مکان تاثیر می گذارد. عمدتاً بحث وصله ها در آئین نامه ها به صورت واضح و روشن بیان نشده است و اختلافاتی بین آنها وجود دارد. برای مثال آیین نامه AISC[۱] بیان می کند که در محل هایی که مقادیر خمش، بیشینه می شود نباید وصله به کار برد و در محل های دیگر از تیر و ستون به شرط رعایت حداقل ظرفیت مقطع به میزان 50% می توان از وجود وصله استفاده کرد.

آیین نامه AASHOO همین میزان را به 75% افزایش می دهد و در آئین نامه ایران[۲] برای وصله های با ورق، میزان مساحت مقطع وصله باید 5% بیشتر از مساحت بال مقطع باشد. مطمئناً اگر وصله در محل های خمش ماکزیمم قرار نگیرد، این وصله در تامین مقدار لازم ممان اینرسی و مدول مقطع کافی می باشد؛ یعنی هم در مقاومت مقطع و هم در سختی مقطع در جهت اطمینان خواهد بود. تلاش ما در این پروژه این است که ببینیم آیا باید این میزان سختی و مقاومت در محل وصله تامین گردد یا اینکه با فرض قبول مقداری از خطا می توان به میزانی کمتر از تامین کامل ظرفیت مقطع به نتیجه رسید؟!

روش AISC[۳] به این صورت می باشد که به طور مثال در ابتدا در مقطعی که می خواهیم وصله خمشی به کار ببریم باید مقدار لنگر را در آن نقطه محاسبه کرد. سپس میزان $S \times F_a \times (50\%)$ را بدست می آورد (Fa : تنش مجاز طراحی الاستیک در خمش که در AISC برابر با 0.66 fy و S

---

[۱]- چالزجی – سالمون و جان ای – جانسون، سازه های فولادی (ترجمه: فریدون ایرانی)

[۲]- گروه نویسندگان – مقررات ملی ساختمانی ایران، ۱۳۷۵

[۳]- شاپور طاحونی و امیر پیمان زندی – اتصالات در سازه های فولادی، ۱۳۷۷