بسم الله

الرحمن

الرحيم

اقرأ

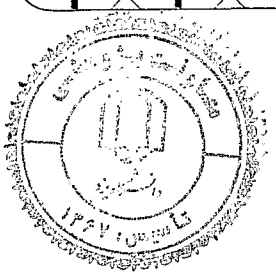
باسم ربك الذي خلق

صدق الله

العلي العظيم

٩٣٦٩٦

آنالیز دینامیکی غیرخطی انسالات سه بعدی سلب خم بحرانی تحت بارهای زلزله



پایان نامه ارائه شده به:

دانشکده مهندسی عمران

دانشگاه علم و صنعت ایران

توسط:

احمدعلی فلاح

۱۳۸۶/۱۲/۱

استادراهنما:

دکتر محمدعلی برخورداری

۹۲۲۹۲

زمستان ۷۳

تقدیم به:

پدرم،

مادرم،

همسرم،

و فرزندانم

چکیده:

دراین رساله اتصالات ساختمانهای فولادی بعنوان عناصرانعطاف‌پذیرسازه موردبررسی قرارگرفته وهمچنین نشان داده خواهدشد که چگونه رفتارواقعی اتصالات خورجینی تحلیل خواهدشد. درفصل اول کلیاتی درمورد اتصالات واینکه اتصالات خورجینی دردهٔ اتصالات نیمه صلب قرارگرفته ورفتاری غیرخطی خواهندداشت بیان خواهدشد.همچنین چگونگی مدل کردن یک اتصال خورجینی درفصل دوم موردبررسی وتحلیل قرارخواهدگرفت. پس ازآن آنالیزدینامیکی قابهای فولادی بااتصالات نیمه صلب رادرفصل سوم موردتجزیه وتحلیل قرارداده وبااستفاده ازدوروش عددی وانتگرالگیری گام‌به گام به بررسی آنالیزدینامیکی غیرخطی قابهای بااتصالات نیمه صلب پرداخته شده‌که ماحصل روش دوم یعنی روش انتگرالگیری گام به گام به صورت تحلیل کامپیوتری دینامیکی اتصالات خورجینی بادرنظرگرفتن رفتارغیرخطی‌اتصال درفصل چهارم بیان شده است. جهت آنالیزدینامیکی قاب بااتصالات نیمه صلب خورجینی نیازبه پارامترهایی مانند سختی اولیه اتصالات بوده‌که روش بدست آوردن این پارامترهادرفصل پنجم آورده شده است. نرم‌افزاری‌که جهت آنالیزدینامیکی اینگونه سازه هانوشته شده درفصل ۶ شرح داده شده است.

تقدیروتشکر:

حمدوسپاس خدایی راکه طاعتش موجب نزدیکی به اووشکرگزاری به پیشگاهش موجب ازدیادنعمتهای بی‌پایان میگردد.هرنفسی که فرومیرودیاری دهندهٔ زندگی آدمیست وچون بالامی‌آید شادی بخش هستی وجودانسانهاست . پس تقدیروتشکرمختص ذات خداوند است وازآنجا که «من لم یشکرالمخلوق لم یشکرالخالق» لازم‌می‌دانم مراتب قدردانی وتشکرخویش رانسبت به راهنمائیهای استادمکرم ومعزز خویش جناب آقای دکترمحمدعلی برخورداری ودیگراساتیدی که به هرنحوی درهدایت وپیشرفت واعتلای علمی وفرهنگی جامعه کوشش وفعالیت می‌نمایند،ابراز داشته وتوفیق همگی راازایزدمنان خواهانم.

ضمناً فرصت رامغتنم شمرده‌ازکلیهٔ اساتیدمحترم دانشکدهٔ عمران وتلاش دیگرمسئولان دانشگاه علم وصنعت ایران درجهت فراهم آوردن شرایط لازم برای پرورش استعدادهای دانشجویان قدردانی نموده وبرای آنان آرزوی موفقیت می‌نمایم.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	
تاریخچه	الف
پیشگفتار	ج
مقدمه	ح
فصل (۱):	
اتصالات درساختمانهای فولادی	۱
۱-۱- کلیاتی درمورداتصالات	۲
۱-۱-۱- انواع اتصال	۲
۲-۱-۱- انواع اتصالات نیمه صلب	۳
۳-۱-۱- اتصال خورجینی	۶
۲-۱- طراحی اتصال خورجینی	۸
۳-۱- بررسی رفتاراتصالات خورجینی	۸
فصل (۲):	
مبانی تئوریک اتصالات خورجینی بادرنظرگرفتن رفتارغیرخطی اتصال	۱۱
۱-۲- مقدمه	۱۲
۲-۲- چگونگی عملکرداتصال خورجینی	۱۲
۳-۲- نحوهٔ مدل نمودن اتصال خورجینی	۱۶
فصل (۳):	
آنالیزدینامیکی غیرخطی قابهای فولادی بااتصالات نیمه صلب خورجینی	۱۸
۱-۳- روش عددی برای آنالیزدینامیکی غیرخطی	۲۰

عنوان	صفحه
۱-۱-۳- مقدمه	۲۰
۲-۱-۳- فرضیات	۲۱
۳-۱-۳- استخراج المان	۲۲
۴-۱-۳- معادلات ارتعاش آزاد	۲۹
۵-۱-۳- آنالیزارتعاشی آزادغیرخطی	۳۰
۶-۱-۳- فرآیندعددی برای آنالیزارتعاشی غیرخطی	۳۱
۷-۱-۳- مثالهای عددی	۳۳
۸-۱-۳- نتیجه گیری	۳۹
۲-۳- آنالیزواکنش سازه های غیرخطی به روش انتگرال‌گیری	۴۲
۱-۲-۳- روش آنالیزسیستم یکدرجه آزادی	۴۲
۲-۲-۳- معادلهٔ نموی تعادل	۴۳
۳-۲-۳- اساس روش گام به گام برای تحلیل دستگاههای غیرخطی	۴۷
۴-۲-۳- روش گام به گام بافرض شتاب ثابت	۴۸
۵-۲-۳- انتگرال گیری گام به گام بافرض شتاب خطی	۵۳
۶-۲-۳- خلاصهٔ روش	۵۶
۷-۲-۳- مثال	۵۹
۳-۳- آنالیزسیستم های غیرخطی چنددرجه آزادی	۶۳
۱-۳-۳- مقدمه	۶۳
۲-۳-۳- معادلات نموی تعادل	۶۶
۳-۳-۳- انتگرال گیری گام به گام (روش شتاب خطی)	۶۸
۴-۳-۳- روش شتاب خطی پایدارغیرمشروط	۷۱

عنوان	صفحه

فصل (۴):

تحلیل کامپیوتری دینامیکی اتصالات خورجینی بادرنظرگرفتن رفتارغیرخطی اتصال ۷۸

۴-۱- مقدمه ۷۹

۴-۲- چگونگی مدل کردن اتصال خورجینی ۷۹

۴-۳- چگونگی آنالیزغیرخطی سازه بااتصال خورجینی ۸۲

۴-۴- نحوهٔ محاسبهٔ تغییرسختی اتصال خورجینی ۸۴

فصل (۵):

بدست‌آوردن پارامترهای لازم جهت آنالیزدینامیکی قاب بااتصال خورجینی ۹۱

۵-۱- مقدمه ۹۲

۵-۲- بدست آوردن سختی اولیهٔ اتصالات بااستفاده ازنرم‌افزار SAP 90 ۹۳

۵-۳- شرح آنالیزهای انجام شده توسط SAP 90 ۹۶

۵-۴- نتیجه گیری ۹۹

فصل (۶):

برنامهٔ آنالیزدینامیکی غیرخطی قاب نیمه صلب خورجینی ۱۰۱

۶-۱- مقدمه ۱۰۲

۶-۲- تهیهٔ فلوچارت برنامه ۱۰۶

۶-۳- روش نوشتن ورودی برنامه ۱۱۸

۶-۴- نتیجه گیری ۱۳۸

۶-۵- تحقیقات آتی ۱۶۰

۶-۶- مراجع ۱۶۱

فهرست نمودارها وجداول وتصاویر

	عنوان	صفحه
فصل اول :		
شکل ۱-۱	انواع اتصال نیمه صلب	۵
شکل ۲-۱	اتصال خورجینی	۷
شکل ۳-۱	نمودار ممان ـ چرخش برای اتصال	۱۰
فصل دوم :		
شکل ۱-۲	نمودار ممان چرخش برای فنر خطی وفنر غیر خطی	۱۴
فصل سوم :		
شکل ۱-۳	تغییر شکل وچرخش المان	۲۴
شکل ۲-۳	تست همگرایی برای فرکانس طبیعی تیر	۳۴
شکل ۳-۳	فرکانس طبیعی تیر باسختی فنر مختلف	۳۶
شکل ۴-۳	فرکانس طبیعی ستون کانتلیور بابارهای محوری مختلف	۳۶
شکل ۵-۳	آنالیز ارتعاشی قاب پرتال	۳۸
جدول ۱-۳	فرکانس طبیعی مد اول قاب بااتصالات نیمه صلب	۴۰
شکل ۶-۳	سیستم یکدرجه آزادی باپارامترهای مربوطه	۴۴

عنوان | صفحه

شکل ۳-۷ اساس روش انتگرالگیری گام به گام بافرض شتاب ثابت ۴۹

شکل ۳-۸ اساس روش انتگرالگیری گام به گام بافرض شتاب خطی ۵۴

شکل ۳-۹ قاب الاستوپلاستیک وبارگذاری دینامیکی ۶۰

شکل ۳-۱۰ واکنش الاستوپلاستیک دینامیکی قاب ۶۱

شکل ۳-۱۱ ضرایب تاثیر غیر خطی اتصال ۶۶

شکل ۳-۱۲ شتاب خطی برای روش ویلسون ۷۳

شکل ۳-۱۳ اثر بزرگترشدن دورهٔ تناوب وکاهش دامنه در روش ویلسون ۷۶

فصل چهارم :

شکل ۴-۱ درجات آزادی یک گره صلب درصفحه ۷۹

شکل ۴-۲ درجات آزادی یک گره خورجینی درصفحه ۸۰

شکل ۴-۳ ماتریس سختی سازه بااتصال صلب ۸۳

شکل ۴-۴ ماتریس سختی سازه بااتصال خورجینی ۸۳

شکل ۴-۵ رابطهٔ ممان سختی اتصال خورجینی ۸۵

شکل ۴-۶ رابطهٔ ممان سختی باتوجه‌به n های مختلف ۸۵

شکل ۴-۷ قاب با اتصال صلب تحت بار ۸۷

عنوان		صفحه
شکل ۸-۴	قاب بااتصال خورجینی تحت بار	۸۸
شکل ۹-۴	مقایسه نتایج آنالیز باگامهای متفاوت	۹۰
فصل پنجم :		
شکل ۱-۵	نحوهٔ محاسبهٔ سختی اتصال خورجینی	۹۵
فصل ششم :		
شکل ۱-۶	جهت مثبت محورهای مختصات	۱۱۹
شکل ۲-۶	مدل تکیه گاه فنری	۱۲۶
شکل ۳-۶	جهت مثبت بار روی تیر	۱۲۷
شکل ۴-۶	جهت مثبت بار روی ستون	۱۲۸
شکل ۵-۶	جهت مثبت بار منفرد روی تیر	۱۲۹
شکل ۶-۶	جهت مثبت بار منفرد روی ستون	۱۲۹

تاریخچه:

مسئله اتصالات نیمه گیرداراز سال ۱۹۱۷ که نخستین آزمایش جهت تخمین درصد گیرداری اتصال تیربه ستون توسط یانگ[۱] دردانشگاه الینویزصورت گرفت تاکنون همیشه موردتوجه محققین بوده وهرساله مقالات متعددی دراین زمینه منتشرمیگردد.دراغلب این تحقیقات آزمایشهایی به منظورشناخت رفتاروتعیین حداکثرظرفیت لنگراتصالات نیمه گیردار وبررسی عملکردخطی یاغیرخطی اینگونه اتصالات انجام گرفته است.

یکی اززیباترین ولی هنوزساده‌ترین روش برای آنالیزغیرخطی اتصالات نیمه صلب بوسیلهٔ لویی[۲] وچن[۳] گسترش یافته بودکه توابع پایداری مورداستفاده قرارگرفت. این روش بعداًتوسط هووچن اقتباس شدودرپیوستگی باروش سختی هندسی مورداستفاده قرارگرفت وفرمول‌بندی جدیدی بدست آمد.استفادهٔ این فرآیندهای عددی،آنالیزخطی وغیرخطی قابهابا‌انواع گره‌های انعطاف‌پذیرمختلف رادربرمی‌گیرد.

روشهای آنالیزی شرح داده شده اغلب به حالتهای استاتیکی محدودشده بودندتااینکه شی[۴] وآتلوری[۵]،بطورجداگانه، تکنیکهای مفیدی برای آنالیزدینامیکی وغیرخطی قابهای بااتصالات انعطاف‌پذیرآماده نمودند.آنالیزارتعاشی خطی وتقریبی برروی قابهای نیمه

۱–Yang
۲–Lui
۳–Chen
۴–Shie
۵–Atluri

صلب همچنین توسط کاواشیما[1] وفوجیموتو[2] انجام شده‌اند. بهرحال این تکنیکها برای آنالیز ساختمانهای فولادی انواع تیپ اتصالات بکارگرفته نشده‌اند وبنابراین میبایست روشهایی مخصوص اتصالات نیمه صلب خورجینی انجام می‌شد.

متأسفانه تاچند سال پیش کارچندانی برروی اتصالات خورجینی انجام نگرفته بود، البته کاربردآن نیزبه وسعت چند سال اخیرگسترش نیافته بود. وتاقبل اززلزلهٔ منطقهٔ رودبارومنجیل درحین زلزلهٔ ۳۱ خرداد سال ۱۳۶۹ که منجربه خرابی تعداد زیادی ازساختمانهای دارای چنین اتصالاتی گردید، این اتصالات به صورت علمی موردبررسی قرارنگرفته بودند وبیشتربایکسری فرضیات ساده کننده‌ای موردآنالیزقرارمی‌گرفتند.

ولی پس ازآن، سازمانهاومؤسسات دولتی وبین‌المللی کاروسیعی راجهت بررسی رفتارواقعی اتصالات نیمه صلب خورجینی انجام داده‌اندازمیان آنان می‌توان به مؤسسهٔ بین‌المللی زلزله وزلزله شناسی ومرکز تحقیقات مسکن اشاره نمود. وازمیان کارهایی که دراین راستاانجام شده ونگارنده آنهاراموردبررسی قرارداده است میتوان به موارد زیراشاره نمود:

- اعمال اتصالات قیچی درتحلیل ماتریسی سازه‌هاتوسط دکترواهاک سیمونیان ومهندس محمدعلی کافی.

- آنالیزاتصالات نیمه گیرداربرای مقاومت دربرابرزلزله توسط دکترابراهیم ثنایی ودکتر محمدعلی‌برخورداری ومهندس سید سعیدسیادت‌نژاد.

- بررسی خواص مکانیکی، سازه‌ای اتصالات خورجینی ونقش آن درطراحی لرزه‌ای توسط دکترحسن علیجانی مقدم ومهندس رضاکرمی محمدی.

۱–Kawashima

۲–Fujimoto

- بررسی رفتاراتصالات نیمه صلب خورجینی تحت بارهای سیکلی توسط دکترآقاکوچک ومهندس حسینخانی.

- طراحی اتصالات خورجینی توسط دکترزاهدی ومهندس محمدفروغی.

وهمزمان باپروژهٔ حاضر،پروژه‌ای باهمین عنوان درمؤسسهٔ بین‌المللی زلزله دردست اقدام است که متأسفانه باپیگیریهایی که نگارنده جهت دستیابی به نتایج آزمایشات داشته ، به علت پاره‌ای مشکلات نظیرنبودبعضی ازوسایل الکترونیک اندازه‌گیری ارائهٔ نتایج حداقل تاپایان سال ۷۳ امکان‌پذیرنخواهدبود.البته لازم به‌توضیح که سازهٔ چهارطبقهٔ مذکورمدلی ازیک سازهٔ واقعی بوده که میتوان بااستفاده ازضرایب مربوط به مدل رفتاریک سازهٔ واقعی راتحت بارهای دینامیکی موردبررسی قرارداد.

پیشگفتار:

برای بدست آوردن یک بینش واقعی درارتباط باعملکردواقعی اغلب قابهای فولادی، انعطاف‌پذیری گره میبایست درآنالیزمطرح شود. اغلب کارمحققین برروی آنالیزاستاتیکی خطی وغیرخطی قابهای فولادی بااتصالات انعطاف‌پذیر متمرکزشده است وکمتربه مسئلهٔ آنالیزدینامیکی چنین اتصالاتی پرداخته شده است.مقاله های زیادی آنالیزدینامیکی وارتعاش این نوع ازقابهاراشرح داده‌اندراین رساله دوروش برای آنالیزارتعاش خطی وغیرخطی قابهابااتصالات نیمه‌گیردارخورجینی ارائه می‌نمائیم.نخست یک روش عددی برای آنالیز غیرخطی قابها بااتصالات نیمه صلب است . خصوصیات مخصوص این روش ، مشتق‌گیری واستفادهٔ یک تابع شکل بافنرهای انتهایی که ماتریس های المان راتشکیل می‌دهند.تأثیرات تنشهای اولیه وتغییرسختی گره درطول بارگذاری برای روش مذکور،منظورمیشودکه بیشتربرای آنالیزارتعاشی قابهای فولادی بااتصالات انعطاف‌پذیراستفاده میشود.

پس ازآن روش دیگری به نام انتگرال‌گیری گام به گام جهت آنالیزدینامیکی غیرخطی شرح داده میشودوبرای این روش یک برنامهٔ کامپیوتری جهت آنالیزقابهای فولادی بااتصالات خورجینی ارائه خواهدشد.

مقدمه:

یکی ازبرتریهای سازه‌های فولادی درمقایسه بادیگرسازه ها، سرعت اجرا دراین نوع ازسازه‌هاست.درطراحی وساخت این نوع سازه هادرایران،مهمترین پارامتری که همیشه بایدمدنظرطراحان قرارگیرد سهولت اجراباتوجه به امکانات محدودمی‌باشد عدم وجودتکنولوژی پیشرفته درزمینه های مختلف کارهای آهنگری،نظیرنوارکاری، برشکاری،صافکاری،سنگ زنی،وایجاداتصالات پیچی وجوشی صحیح ،درکشورهمواره مانع‌از اجراءطرحهای کارآمدودقیق می‌باشد.به همین جهت ناگزیریم تاحدامکان ازپیچیدگی طرح کاسته وروندی رادنبال کنیم که بسادگی قابل فهم وازسوی سازندگان قابل اجراباشد.بدیهی است که ارائه هرطرح اجرائی بایستی درتطابق کامل باروندطراحی ومحاسبه‌ای آن باشد.

هرگاه اتصالات سازه های فولادی درمقایسه بادیگراجزاء سازه دارای ضعف باشد.بدون شک اتصال فوق جزء اولین نقاط آسیب‌پذیرسازه خواهندبود.مثلاًاگراتصال‌گیرداری در مقایسه‌بااعضاءگیردارشده خوددارای ضعف باشد،قطعاً قبل‌ازتسلیم شدن اعضاء ،اتصال تسلیم‌گردیده ومفصل پلاستیک تشکیل می‌گردد.چنین مفصل پلاستیکی درناحیهٔاتصال تیرسراسری‌به ستون سراسری رفتاری شبیه‌به‌یک‌گره‌قیچی‌خواهدداشت.وجودچنین‌اتصالی درکناردیگراتصالات ، رفتاری منحصربه‌فردداشته وبرتوزیع نیروهای خمشی اعضاءتأثیرقابل توجهی خواهدداشت.

اتصال تیروستون سراسری بصورت قیچی(خورجینی)یکی‌ازرایج‌ترین اتصالات درصنعت ساختمان سازی ایران است وقابهائی که بایک چنین اتصالی ساخته می‌شوند

همواره بابادبندهستند.درتحلیل سازه،زیراثر بارهای قائم،تیرهای اصلی رابه صورت تیرسراسری درنظرگرفته وعکس‌العملهای تکیه‌گاهی آن به عنوان نیروهای محوری برستونها اعمال می‌شود.

فصل

(۱)

اتصالات

۱-۱-کلیاتی درمورداتصالات

۱-۱-۱-انواع اتصال

آئین نامهٔ AISC دربخش طرح به روش تنشهای مجازوطرح خمیری خود،ساختمانهای فولادی را برحسب نوع اتصالاتی که درآنهابکارمی‌رودبه سه دسته تقسیم میکند.این سه دسته عبارتنداز:

الف - ساختمانهای نوع(۱)،قابهای صلب:

دراین نوع ساختمانهاپیوستگی کامل درمحل اتصالات برقرارمی‌باشد،به این ترتیب که زاویهٔاولیه بین‌اعضاءمتقاطع درمحل اتصال ثابت نگاهداشته میشوداین عمل باتأمین درجهٔ گیرداری چرخشی درحدود ۹۰ درصدیابیشتر که برای جلوگیری ازتغییرزاویه ضرورت دارد، انجام میپذیرد.اتصالات این نوع،هم درطراحی به روش تنشهای مجازوهم درطرح خمیری بکارمیروند.

ب - ساختمانهای نوع (۲)،قابهای ساده:

دراین نوع ساختمانهاگیرداری چرخشی درانتهای اعضاء تاحدی که عملاًامکان آن وجود دارد،پایین نگاه داشته میشود.اگرزاویه اولیه بین اعضای متقاطع امکان تغییری تاحدود ۸۰ درصدمقدارچرخش تئوریک اتصال مفصلی وکاملاً بدون‌اصطکاک رادارباشد،اتصال این اعضاءرامیتوان ساده محسوب نمود.

درطرح تیرهای باتکیه گاه ساده به روش تنشهای مجازازاتصالات نوع(۲)استفادهٔ زیادی به عمل میآید.اتصالات ساده درطرح خمیری کاربردندازند،تنهااستفادهآنهامیتواندردرمورداتصال اعـضایی بـاشدکه بـاصفحه قـاب مـوردنظرکه قـراراست ازمـقاومت خـمیری آن اسـتفاده نماییم،متقاطع هسـتند.دویـابیش ازدوسـیستم صـفحهای راکـه بـه روش خـمیری طـراحـی شدهاند،میتوان بوسیلهٔ اتصالات ساده ،به کمک مهاربندی ضربدری به یکدیگرمتصل نمود.

ج - ساختمانهای نوع(۳)،قابهای نیمه صلب[۱]

دراین نوع اتصالات،گیرداری چرخش بین ۲۰ تا ۹۰ درصدگیرداری لازم برای جلوگیری ازهرگونه تغییرزاویه میباشد. به عبارت دیگرمیتوان فرض کـردکه دراتـصالات نـیمه صـلب لنگرانتقالی توسط اتصال،نه مانندااتصال ساده صفر(یـامقداری کـوچک)است،ونـه مسـاوی لنگرگیرداری کامل بدست آمده ازتحلیل الاستیک قاب صلب میباشد.آیین نامهٔ AISC بـیان میداردکه ازاتصالات نوع(۳)موقعی میتوان درساختمان استفاده کرد،که اتصالات تیرهاوتیرچه هادارای ظرفیت لنگری مـعلوم وقـابل اطـمینان مـابین ظـرفیت اتـصالات صـلب نـوع(۱)و اتصالاتانـعطاف پذیرنوع(۲)بـاشد.اتـصالات نـیمه صـلب درطـرح خـمیری بکـارنمیروند واستفادهازآنهادرطراحی الاستیک نیزخیلی بندرت صورت میگیرد.محدودیت استفاده ازاین نوع اتصال عمدتاًبه خاطراشکالاتی است که درتخمین صحیح درجه گیرداری آنهاوجوددارد.

۲ - ۱ - ۱ - انواع اتصالات نیمه صلب

ازآنچه گذشت این نتیجه بدست میآیدکه طبق طبقهبندی اتصالات توسط AISC ،مااتصال

۱-Semi-Rigid Frames