٨٧/١/١٥٥٠٤١
٨٧/٩/٢٤

بسم الله

الرحمن

الرحيم

١٠٨٦١٦

T.M.U.
T.M.U

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی

رساله دوره دکتری مهندسی عمران سازه

تحلیل قابلیت اعتماد لرزه ای قابهای صلب فولادی

پیمان همامی

استاد راهنما:
دکتر علی اکبر آقاکوچک

اساتید مشاور:
دکتر فرهاد دانشجو
دکتر محسنعلی شایانفر

شهریور ۱۳۸۷

۱۰۸۶۱۶

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از رساله دکتری

آقای پیمان همامی رساله ۲۴ واحدی خود را **با عنوان تحلیل قابلیت اعتمادلرزه ای قابهای صلب فولادی** در تاریخ ۱۳۸۷/۶/۲۰ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه دکتری مهندسی عمران - سازه پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر علی اکبر آقا کوچك	استاد	
استاد مشاور	دکتر فرهاد دانشجو	استاد	
استاد مشاور	دکتر محسنعلی شایانفر	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر حمزه شکیب	استاد	
استاد ناظر	دکتر حمید محرمی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محسن تهرانی زاده	استاد	
استاد ناظر	دکتر محمدصادق معرفت	دانشیار	
نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر حمید محرمی	دانشیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل ~~پایان نامه کارشناسی ارشد~~/ رساله دکتری نگارنده در رشته عمران - سازه است که در سال ۱۳۷۸ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار ~~خانم~~/جناب آقای دکتر علی اکبر آقا کوچک ، مشاوره سرکار ~~خانم~~/جناب آقای دکتر فرهاد دانشجو و مشاوره سرکار ~~خانم~~/جناب آقای دکتر محمدعلی شایانفر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب پیمان حمامی دانشجوی رشته عمران - سازه مقطع دکتری

تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: پیمان حمامی

تاریخ و امضا: ۱۳۸۷/۶/۲۰

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

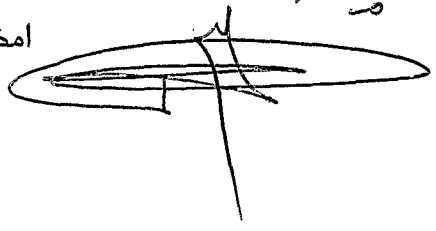
ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸٤/٤/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی

امضاء



تقدیم به

مادر عزیز و مهربانم

همسر صبور و فداکارم

دختر نازنین و دلبندم

که اگر حمایتهای معنوی و دلگرمی آنان نبود،
هیچگاه نمی توانستم این رساله را به رشتهٔ تحریر در آورم

قدر دانی و تشکر

اینک که به یاری خداوند رسالهٔ حاضر در حد توان و امکانات موجود تهیه گردیده است، لازم می داند مراتب سپاس و قدردانی خود را از آقای دکتر علی اکبر آقاکوچک بخاطر راهنمایی های ارزشمند شان در طول مطالعات و نیز تشویق ها و حمایتهای معنوی ایشان در انجام این رساله ابراز نماید. همچنین از آقایان دکتر فرهاد دانشجو و دکتر محسنعلی شایانفر که در تهیهٔ این رساله اساتید مشاور اینجانب بوده اند و اطلاعات بسیار مفیدی در اختیار اینجانب قرار داده اند سپاسگزاری می نماید. از آقایان دکتر حمید محرمی، دکتر حمزه شکیب، دکتر محسن تهرانی زاده و دکتر محمد صادق معرفت که این رساله را مورد بررسی قرار داده اند و پیشنهادات ارزشمندی در جهت اصلاح و بهبود مطالب آن ارائه نمودند نیز بی نهایت سپاسگزاری می نماید.

چکیده

قابهای صلب فولادی که با جزئیات رایج در کشور طراحی و اجرا میشوند، پیش از این از دیدگاه قابلیت اعتماد بررسی نشده اند. متغیرهای تصادفی متعددی با ماهیتهای آماری و غیر آماری (کیفی) بر روی عملکرد لرزه ای این قابها تأثیر گذارند. از میان متغیرهای موجود، مشخصات مصالح و ابعاد مقاطع فولادی، از نظر آماری شناخته شده تر هستند اما سایر متغیرها کمتر مورد توجه قرار گرفته اند و یا ماهیتاً غیر آماری هستند مانند کیفیت اجرای سازه. بنابر این بررسی قابلیت اعتماد از دیدگاههای غیر احتمالاتی مانند تئوری فازی نیز مناسب تشخیص داده شده است. برای کاهش عدم قطعیت های تئوریک، روشهای مدلسازی و تحلیلی به دقت و متناسب با موضوع مورد مطالعه انتخاب شده اند. تعدد عوامل و پیچیدگی موضوع از یک سو و پرهزینه بودن تحلیلهای مورد نیاز از سوی دیگر مستلزم انتخاب تعداد بهینه تحلیلها بوده است، از این رو، روش تحلیل سطح پاسخ با نمونه برداری در نقاط پراهمیت از فضای نمونه داده ها برای بررسی قابلیت اعتماد انتخاب شده است. برای انجام این مطالعات، چهارچوب ویژه ای دنبال شده است که قابل تقسیم بندی به سه مرحله است. در مرحلهٔ نخست با استفاده از یک مدل اجزای محدود و شبیه سازی با تحلیلهای احتمالاتی، دامنهٔ تغییرات سختی و مقاومت اتصال صلب دراثر متغیرهای مقاومت مصالح و ابعاد مقاطع و اجزای اتصال، تعیین شده است. همچنین نشان داده شده است که مدلهای غیرخطی و ساده ای که متداول می باشند، قادر نیستند رفتار غیر خطی اتصال که هم در وجه ستون و هم در مقطع تیر رخ می دهد را بدرستی شبیه سازی کنند و به این منظور مدلی که دقت نسبی بهتری دارد پیشنهاد شده است. این اطلاعات در بررسی یک قاب نمونه بکار بسته شده اند و نشان داده شده است که تحلیلهای حدی (بازه ای) اطلاعات کافی در اختیار قرار می دهند و نیازی به تحلیلهای متعدد دیگری نیست. روشی نیز برای کمّی کردن درجه بندی کیفی ساخت سازه ارائه شده است که اثر کیفیت را بر روی رفتار اتصال صلب منعکس می کند. علاوه بر میانگین رابطه لنگر - دوران در اتصال، با در نظر گرفتن بازه تغییرات سختی و مقاومت اتصال، حد بالا وحد پایین رفتار اتصال صلب نمونه بعنوان مرز تغییرات رفتاری تعیین شده اند، همچنین روشی برای مدلسازی دقیقتر اتصال در تحلیلهای غیرخطی پیشنهاد شده است. در مرحلهٔ بعد، ۲۸ قاب فولادی صلب با روش متعارف طبق آیین نامه های جاری کشور طرح شده اند، سپس این قابها با سه مدل رفتاری که منتج از تغییرات سختی و مقاومت اتصالاتشان بوده، جمعاً بصورت ۸۴ (۲۸×۳) قاب مدل شدند. این قابها در مقابل ۱۲ زلزله که با روش آیین نامه ایران مقیاس شده اند، تحلیل شده و میانگین پاسخ به این نگاشتها بعنوان نیاز لرزه ای آنها، درنظر گرفته شده است. پس از آن ظرفیت هر یک از قابها، با روش تحلیل رانشی(بار افزون) تعیین شده است. پس از آن، عملکرد این قابها با مقایسه بین نیاز و ظرفیت آنها بررسی شده است. نهایتاً احتمال خرابی و شاخص قابلیت اعتماد از دو دیدگاه احتمالاتی و فازی استخراج شده اند. این بررسی ها نشان داده اند که قابهای مورد مطالعه هدف عملکرد مورد انتظار آیین نامه ایران را بر آورده نمی کنند و باید در برخی ضوابط طراحی آنها بازنگری شود.

کلید واژه ها

قابهای فولادی، اتصالات صلب، تحلیل لرزه ای، قابلیت اعتماد سازه ها، متغیرهای فازی

فهرست مطالب

فهرست علائم و نشانه ها ..... ه
فهرست جداول ..... ط
فهرست نمودارها، عکس ها و شکل ها ..... ک
مقدمه ۱
فصل اول - مروری بر رفتار لرزه ای قابهای صلب فولادی ۴
۱-۱ تاریخچه کاربرد قابهای صلب خمشی ۴
۱-۲ علت خسارت قابهای صلب فولادی در زلزله ۷
۱-۳ تاریخچه استفاده از قابهای صلب در ایران ۱۲
۱-۴ طرح لرزه ای قابهای صلب ۱۳
۱-۴-۱ اصول نوین طرح لرزه ای ۱۳
۱-۴-۲ اتصال صلب با ورقهای اتصال بال ۱۵
۱-۴-۲-۱ طرح اتصال صلب با ورقهای اتصال بال طبق ضوابط FEM ۱۷
۱-۴-۲-۱-۱ چهارچوب قابلیت اعتماد برای طرح لرزه ای قابهای صلب ۲۰
۱-۴-۲-۲ مرور ضوابط طرح لرزه ای قابهای صلب در آیین نامه های ایران ۲۱
۱-۵ تاریخچه مطالعات آزمایشگاهی بر روی اتصالات صلب ۲۶
۱-۶ جزئیات پیشنهادی جدید برای اتصالات صلب ۳۱
فصل دوم - مروری بر روشهای تحلیل قابلیت اعتماد ۳۶
۲-۱ تاریخچه توسعهٔ روش قابلیت اعتماد و اثر آن بر تکامل آیین نامه های طراحی سازه ۳۶
۲-۱-۱ نسل اول آیین نامه ها ۳۶
۲-۱-۲ نسل دوم آیین نامه ها ۳۷
۲-۱-۳ نسل سوم آیین نامه ها ۳۸
۲-۱-۴ تکامل آیین نامه ها در ایران ۳۹
۲-۲ تعاریف و روشهای اندازه گیری قابلیت اعتماد ۴۰

۲-۳ محدودیتهای روش احتمالاتی در تحلیل قابلیت اعتماد..... ۵۰
۲-۳-۱ استفاده از ضرایب پیش قضاوت میزان خطاها در تحلیل قابلیت اعتماد..... ۵۱
۲-۳-۲ اندازه گیری عدم قطعیت با روشهای غیر احتمالاتی..... ۵۲
۲-۴ روشهای غیر احتمالاتی..... ۵۳
۲-۴-۱ جبر بازه ای..... ۵۳
۲-۴-۲ مجموعه های فازی..... ۵۵
۲-۴-۳ متغیرهای تصادفی فا..... ۵۶
۲-۴-۳-۱ استفاده از قوانین احتمالات با متغییر های فازی..... ۶۰
۲-۴-۳-۲ تعیین پارامترهای توابع توزیع احتمال فازی..... ۶۱
۲-۴-۳-۲-۱ فضای نمونه کوچک..... ۶۱
۲-۴-۳-۲-۲ فضای نمونه فازی(شرایط نمونه برداری مشک..... ۶۱
۲-۴-۳-۲-۳ فضای نمونه فازی(شرایط نمونه برداری معلوم اما متفاوت)..... ۶۱
۲-۴-۳-۲-۴ توزیع احتمال فازی از روی توابع صریح ۶۲
۲-۴-۳-۲-۵ توزیع ا حتمال فازی با توابع فازی..... ۶۳
۲-۴-۳-۳ روش تحلیل فازی قابلیت اعتماد مرتبه اول..... ۶۳
۲-۴-۳-۴ رابطه احتمال و اندازه فازی..... ۶۷
فصل سوم - شناخت و انتخاب متغیرهای تصادفی مهم..... ۷۳
۳-۱ شناخت عدم قطعیتهای موجوددر تعیین ظرفیت ونیاز لرزه ای سازه های فولادی..... ۷۳
۳-۲ عدم قطعیت بار لرزه ای..... ۸۰
۳-۳ عدم قطعیت مدل رفتاری سازه..... ۸۲
۳-۳-۱ مدلسازی رفتار غیر خطی مصالح سازه..... ۸۲
۳-۳-۱-۱ مدلهای پیشنهاد شده برای تقریب رفتار هیسترزیس..... ۸۳
۳-۳-۲ منابع خطا در مدلسازی..... ۸۶
۳-۴ نرم افزارهای تحلیلی..... ۸۶
۳-۵ عدم قطعیت روش تحلیل سازه..... ۸۷
۳-۵-۱ تحلیل سازه برای تعیین نیاز لرزه ای..... ۸۸
۳-۵-۲ تحلیل سازه برای تعیین ظرفیت..... ۸۹
۳-۵-۲-۱ انتخاب معیارتعیین ظرفیت سازه..... ۸۹
۳-۵-۲-۲ عدم قطعیت معیارتعیین ظرفیت سازه..... ۹۰
۳-۵-۲-۳ تعیین حد خرابی اتصال صلب با مدل اجزای محدود..... ۹۱
۳-۵-۲-۴ انتخاب معیار مقایسه نیاز و ظرفیت..... ۹۱
۳-۶ جمع بندی مطالب فصل..... ۹۴

فصل چهارم - بررسی عدم قطعیت رفتار اتصال صلب..... ۹۷
۴-۱ ساخت مدل دقیق اتصالا ت..... ۹۷
۴-۱-۱ مدلسازی رفتار مصالح..... ۹۹
۴-۱-۲ انتخاب المان محدود مناسب برای مدلسازی..... ۱۰۰
۴-۱-۳ تعریف معیار خرابی در تحلیل مدل اتصال صلب..... ۱۰۷
۴-۲ نتایج تحلیل مدل اتصال صلب..... ۱۰۸
۴-۳ صحت سنجی مدل اجزای محدود..... ۱۱۳
۴-۳-۱ ارزیابی نتایج مدل در مرحلهٔ رفتار خطی..... ۱۱۳
۴-۳-۲ ارزیابی نتایج مدل در مرحلهٔ رفتار غیر خطی..... ۱۱۳
۴-۴ تغییرات روابط لنگر-دوران دراثر تغییر در مشخصات مدلسازی اتصال..... ۱۱۸
۴-۴-۱ تأثیر تغییر نوع المان در نتایج..... ۱۱۸
۴-۴-۲ تأثیر تغییر تعداد المانها در نتایج ۱۱۹
۴-۴-۳ تأثیر نیروی محوری فشاری و کششی ستون..... ۱۱۹
۴-۴-۴ تأثیر تغییر موقعیت اتصال در قاب (گره گوشه قاب)..... ۱۲۰
۴-۴-۵ تأثیر تغییر در جهت بارگذاری..... ۱۲۱
۴-۴-۶ سایر عوامل تأثیر گذار..... ۱۲۲
۴-۵ تعیین اثر متغیرهای تصادفی در رابطه لنگر- دوران ۱۲۹
۴-۵-۱ انجام تحلیل حساسیت احتمالاتی..... ۱۳۳
۴-۶ مدلسازی اتصال صلب در قابهای دو بعدی..... ۱۳۵
۴-۶-۱ مدلسازی اتصال در قابهای مورد مطالعه..... ۱۳۹
فصل پنجم - مقایسه اثر متغیرهای تصادفی در عملکرد قاب صلب..... ۱۴۰
۵-۱ متغیرهای مورد بررسی..... ۱۴۰
۵-۲ روش مقایسه متغیرها..... ۱۴۱
۵-۲-۱ تعیین اثر متغییرهای تصادفی طبیعی بر خواص دینامیکی سازه..... ۱۴۲
۵-۲-۲ بررسی تغییرات پاسخ سازه در اثر متغییرهای تصادفی مفروض..... ۱۴۳
۵-۲-۳ بررسی تغییرات ظرفیت سازه در اثر متغییرهای تصادفی مفروض..... ۱۴۶
۵-۳ در نظر گرفتن کیفیت و دقت اجرا بعنوان متغیر فازی..... ۱۴۷
۵-۳-۱ بررسی تغییرات پاسخ سازه در اثر متغییر فازی مورد مطالعه..... ۱۵۲
۵-۴ جمع بندی نتایج بررسی..... ۱۵۴
فصل ششم - طرح و تحلیل قابهای مورد مطالعه..... ۱۵۵
۶-۱ انتخاب پیکربندی قابهای ۱۵۵

۶-۲ بارگذاری ۱۵۷
۶-۲-۱ بارهای قائم ۱۵۷
۶-۲-۲ بار زلزله ۱۵۸
۶-۳ طرح سازه ۱۵۸
۶-۳-۱ کنترل تغییر شکلهای جانبی و بررسی اثر PΔ ۱۵۸
۶-۳-۲ کنترل ترکیب بار ویژه در ستونها ۱۵۹
۶-۳-۳ کنترل نسبت مقاومت در ستونها ۱۶۰
۶-۳-۴ کنترل شرط فشردگی تیر ۱۶۰
۶-۳-۵- طرح اتصال صلب تیر به ستون ۱۶۰
۶-۴ اعمال عدم قطعیتها ۱۶۳
۶-۴-۱ نگاشتهای زلزله ۱۶۳
۶-۴-۲ مدل رفتاری سازه ها ۱۶۷
۶-۵ تحلیل برای تعیین نیاز و ظرفیت قابها ۱۶۸
فصل هفتم - تحلیل قابلیت اعتماد ۱۷۳
۷-۱ روش بررسی ۱۷۳
۷-۱-۱ تحلیل مونت کارلو ۱۷۳
۷-۱- ۲ تحلیل حدی ۱۷۵
۷-۱-۳ روش سطح پاسخ ۱۷۵
۷-۲ نتایج بررسی ۱۸۱
۷-۲-۱ دیدگاه احتمالات ۱۸۱
۷-۲-۲ دیدگاه فازی ۱۸۲
۷-۲-۲-۱ شاخص قابلیت اعتماد از دیدگاه ضرورت و امکان ۱۸۵
۷-۳ بررسی معیار آیین نامه ای جابجایی نسبی طبقه ۱۸۶
۷-۳-۱ از دیدگاه آماری ۱۸۷
۷-۳-۲ تعبیر فازی نتایج ۱۸۷
۷-۴ تعمیم نتایج بررسی قابهای دوبعدی به سازه سه بعدی ۱۸۹
فصل هشتم - جمع بندی و پیشنهادات ۱۹۰
فهرست مراجع ۱۹۷

فهرست علائم و نشانه ها

A	شتاب مبنای طرح در آیین نامهٔ زلزله
B	ضریب بازتاب وابسته به طیف بازتاب طرح
Bl	اندازهٔ فازی اعتقاد
b	عرض بال تیر
b_p	عرض ورق اتصال بال تیر به ستون
C	ظرفیت
C_{pr}	نسبت جمع تنشهای تسلیم و نهایی فولاد به دو برابر تنش تسلیم
Cr	اندازهٔ فازی اعتبار
C_y	ضریب اصلاح برای محاسبهٔ لنگر طراحی از روی لنگر تحلیل سازه
D	نیاز
D_{eff}	اندازهٔ مؤثر ساق جوش گوشه
d_b	ارتفاع مقطع تیر
d_c	ارتفاع مقطع ستون
F_Q	تابع تجمعی احتمال نیاز
F_R	تابع تجمعی احتمال ظرفیت
F_W	مقاومت اسمی جوش
F_{yb}	تنش تسلیم فولاد تیر
F_{yc}	تنش تسلیم فولاد ستون
F_y	تنش تسلیم فولاد
F_u	تنش حد نهایی فولاد
F_b	تنش مجاز تیر
f_a	تنش فشاری
f_Q	تابع چگالی احتمال نیاز
f_R	تابع چگالی احتمال ظرفیت
f_r	تنش برآیند در جوش
f_{TX}	مؤلفهٔ افقی تنش ناشی از پیچش در جوش

f_{TY}	مؤلفهٔ عمودی تنش ناشی از پیچش در جوش
f_V	تنش برشی در جوش
G	تابع عملکرد
I	ضریب اهمیت سازه
$I_{P_{weld}}$	ممان اینرسی پیچشی گروه جوش
K_i	سختی فنر i ام
l_W	طول جوش
M_P	لنگر خمیری مقطع
M_{Pr}	لنگر خمیری محتمل در لولای تیر فولادی
M_{yf}	لنگر طراحی اتصال تقویت شده در وجه ستون
M_f	لنگر بدست آمده در وجه ستون از تعادل استاتیکی نیروها
M_C	لنگر در آکس ستون
M_b	لنگر تیر
M_{Pz}	لنگر متناظر با برش مقاوم چشمهٔ اتصال تیر به ستون
M_{D+L}	لنگر ترکیب بار سرویس
M_{D+L+E}	لنگر ترکیب بار فوق العاده
M_{Design}	لنگر طراحی آیین نامه
N	اندازهٔ فازی ضرورت
P_f	احتمال خرابی سازه
P_i	نیروی قائم در طبقهٔ i ام معادل وزن طبقات بالاتر
Pl	اندازهٔ فازی قابلیت پذیرش
R	ضریب رفتار سازه
R_y	ضریب افزایش مقاومت
S_a	شتاب طیفی
S_b	اساس مقطع تیر
T	پرید طبیعی سازه
T_0	حد بالای پرید طبیعی سازه برای تعییت ضریب بازتاب
T_s	حد پایین پرید طبیعی سازه برای تعیین ضریب بازتاب
t_p	ضخامت ورق اتصال
t_{pl_b}	ضخامت ورق اتصال بال تحتانی به ستون
t_{pl_t}	ضخامت ورق اتصال بال فوقانی به ستون
t	ضخامت جان ستون

t_{cf}	ضخامت بال ستون
t_f	ضخامت بال تیر
t_w	اندازهٔ ساق جوش گوشه
V	برش پایهٔ زلزله
V_Z	مقاومت برشی چشمهٔ اتصال
$V_{D+L+1.85E}$	برش ناشی از ترکیب بار فوق العاده
$V_{0.8\sum M_{Pz}}$	برش متناظر با هشتاد درصد مجموع لنگرهای خمیری تیرهای طرفین چشمهٔ اتصال
W	وزن
X	متغیر تصادفی نرمال
$\overline{X}$	مجموعهٔ مرجع
Z	متغیر استاندارد نرمال
Z^*	مختصات نقطه طراحی در فضای متغیرهای نرمال استاندارد
Z_C	اساس مقطع خمیری ستون
Z_e	اساس مقطع خمیری در مفصل خمیری
Z_{be}	اساس مقطع خمیری تیر
$\widetilde{A}$	مجموعهٔ فازی
$\widetilde{A}_\alpha$	مجموعهٔ فازی سطح α
$\widetilde{A}^C$	مجموعهٔ فازی مکمل مجموعهٔ $\widetilde{A}$
α_i	ضرایب وزن فازی ارزیابی کیفی اتصال پس از بازدید محلی
β	شاخص قابلیت اعتماد
β_{req}	شاخص قابلیت اعتماد مورد نظر
β_{UT}	انحراف استاندارد لگاریتمی نیاز و ظرفیت در محاسبهٔ سطح اطمینان
β_{NTH}	انحراف استاندارد لگاریتمی نیاز لرزه ای
Δ	جابجایی
Δ_W	جابجایی نسبی طرح در طبقه
γ	ضریب اصلاح نیاز ناشی از عدم قطعیت زلزله
γ_a	ضریب اصلاح نیاز ناشی از عدم قطعیت مدلسازی و تحلیل
γ_i	ضریب وزنی متغیرهای فازی مؤثر در کیفیت رفتار اتصال صلب
ϕ	ضریب اثر عدم قطعیتهای برآورد ظرفیت
ϕ_R	ضریب کاهش ظرفیت مربوط به متغیرهای وابسته به زمان
ϕ_u	ضریب کاهش ظرفیت مربوط به متغیرهای غیر وابسته به زمان

Φ	تابع چگالی احتمال نرمال
λ	نسبت نیاز به ظرفیت پس از اعمال ضرایب اصلاح وابسته به عدم قطعیتها
Ω	ضریب ارزیابی کیفیت اجرایی اتصال بر روی شکل پذیری
Ω'	افت نسبی شکل پذیری اتصال متناظر با ارزیابی کیفیت
μ	تابع وزن (عضویت) فازی
μ_X	میانگین متغیر تصادفی X
σ_X	انحراف استاندارد متغیر تصادفی X
θ	زاویهٔ دوران
θ_i	شاخص پایداری طبقه i ام
θ_b	زاویهٔ دوران در مفصل خمیری تیر
θ_{con}	زاویهٔ دوران اتصال در وجه ستون
θ_{hor}	زاویهٔ دوران ضلع افقی چشمهٔ اتصال
θ_{ver}	زاویهٔ دوران ضلع عمودی چشمهٔ اتصال
θ_{pz}	زاویهٔ دوران چشمهٔ اتصال
$\prod$	اندازهٔ فازی امکان

فهرست جداول

جدول(۱-۱)- اتصالات تأیید صلاحیت شده جوشی برای استفاده در قابهای صلب

جدول(۱-۲)- مشخصات نمونه های آزمایش و نتایج آنها در مرجع [۲]

جدول(۳-۱)- عدم قطعیتهای موجود در تعیین ظرفیت ونیاز لرزه ای

جدول(۳-۲)- مشخصات متغییرهای موجود در طرح لرزه ای سازه های فولادی

جدول(۳-۳)- فهرست متغییرهای تصادفی که بیشتر شناخته شده اند

جدول(۳-۴)- مشخصات متغییرهای انتخابی در این مطالعه

جدول(۳-۵) – متغیرهای مورد توجه در این تحقیق

جدول(۳-۶) – متغیرهای درنظر گرفته نشده در این تحقیق

جدول(۴-۱)- مشخصات مصالح فولادی در مدل اجزای محدود

جدول(۴-۲)- انواع المانهای اجزای محدود در نرم افزار ANSYS

جدول(۴-۳)- مرور قابلیتهای المانهای اجزای محدود بمنظور انتخاب المانهای مناسب.

جدول(۴-۴)- محاسبه θ_{pz}از روی θ_{hor}و θ_{ver}

جدول(۴-۵)- محاسبه θ_{con}از روی θ_{ver}و (نقطه شروع جوشθ

جدول(۵-۱) – متغیرهای مورد توجه در این تحقیق

جدول(۵-۲)- تغییر پرید مدهای ارتعاشی در اثر تغییر متغییرهای تصادفی مفروض

جدول(۵-۳)- مقادیر زاویه جابجایی(Drift Angle) بام در لحظه خرابی قابها

جدول(۵-۴)- تعابیر فازی ارتباط بین معایب اجرایی و عملکرد اتصال

جدول(۵-۵)- مقدار دهی به متغیرهای فازی به کمک تابع وزن

جدول(۵-۶)- نرمالیزه کردن مقادیر متغیرهای فازی

جدول(۵-۷)- مقادیر زاویه جابجایی(Drift Angle) بام در لحظه خرابی قابها

جدول(۶-۱)- محاسبه شاخص پایداری در طبقات قاب

جدول(۶-۲)- نام و مشخصات نگاشتهای انتخابی شده

جدول(۶-۳)- حداکثر جابجایی نسبی طبقه ای در مقابل هریک از زلزله ها و میانگین گیری از نتایج در هر طبقه از یک قاب ۱۵ طبقه
جدول(۷-۱)- مشخصات توابع توزیع احتمال برازش داده شده به داده های بدست آمده از تحلیل قابها
جدول(۷-۲)- مشخصات تابع توزیع احتمال برازش داده شده به داده های بدست آمده از بررسی و تحلیل۲۸ قاب بامدل رفتاری میانگین
جدول(۷-۳)- مشخصات توابع توزیع احتمال برازش داده شده بر روی داده های تفکیک
جدول(۷-۴)- احتمال خرابی و شاخص قابلیت اعتماد برای داده های تفکیک

فهرست اشکال

شکل(۱-۱)- اعضای فولادی مورد استفاده قبل از دهه ۱۹۲۰

شکل(۱-۲)- اولین اتصالات مرسوم در قابهای فولادی

شکل(۱-۳)- اتصال مرسوم قبل از زلزله نورتریج

شکل(۱-۴)- دو حالت خرابی مهم اتصالات صلب

شکل(۱-۵)- تعدادی از خسارتهای مشاهده شده در زلزله نورتریج

شکل(۱-۶)- ترک های ترد که از جوش آغاز می شود و به داخل بال و جان گسترش می یابد

شکل(۱-۷)- انقباض جوش و مقید بودن آن منجر به بروز ترک می شود

شکل(۱-۸)- روش پیشنهادی دانشگاه تکزاس برای تقویت اتصال مرسوم قبل از زلزله نورتریج با استفاده از ورقهای پوششی بال

شکل(۱-۹)- شکلهای اولیه و متداول اتصال صلب در ایران

شکل(۱-۱۰)- شرایط مطلوب تشکیل مفاصل خمیری در تیرها

شکل(۱-۱۱)- تغییر شکل قاب های با دهانه کوتاه و اتصالات تقویت شده

شکل(۱-۱۲)- رفتار هیسترزیس شکل پذیر بدون افت مقاومت پس از ۳ رادیان چرخش خمیری

شکل(۱-۱۳)- تعیین مقاومت مورد نیاز طرح اجزای اتصال از روی تعادل استاتیکی

شکل(۱-۱۴)- جزئیات اجرایی اتصال صلب توصیه شده در مرجع

شکل(۱-۱۵)- اتصال صلب توصیه شده در آیین نامه ۲۸۰۰ برای اتصال تیر به ستونهای I شکل

شکل(۱-۱۶)- رفتار هیسترزیس اتصالات متداول قبل از زلزله نورتریج که در آزمایشگاه و تحت شرایط خاص گزارش شده است

شکل(۱-۱۷)- آزمایش اتصال بال تیر به بال ستون

شکل(۱-۱۸)- روش انجام آزمایش در تحقیقات SAC

شکل(۱-۱۹)- سه نمونه از اتصالات مورد آزمایش مرجع [۱]

شکل(۱-۲۰)- اتصال صلب آزمایش شده در پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله