بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

عملکرد سازه های فولادی در برابر آتش سوزی

استاد راهنما : جناب آقای **دکتر جعفروند**

گرد آورنده : **محسن قهرمانی**

شماره دانشجویی : **۸۵۴۱۳۲۰۴**

تابستان ۱۳۸۸

"يا ايها العزيز مسّنا و اهلنا الضر و جئنا ببضاعة مزجاة فأوف لنا الكيل و تصدّق علينا انّ الله يجزي المتصّدقين

(قرآن كريم ، سوره مباركه يوسف (ع) ، آيه شريفه ۸۸)

تقديم به پيشگاه :

سرچشمه ابدی رحمت ؛ **حضرت پيامبر اعظم (ص)** ؛ او كه خاتم الانبياست . . .

و گوهر ايثار و ولايت ؛ **حضرت علی (ع)** ؛ او كه سيد الاوصياست . . .

و با اخلاص و ادب تقديم به محضر مقدس :

زلال ترين حقيقت هستی ؛ محبوب غايب از نظر . . .

آخرين ذخيره خدا در زمين . . .

حضرت حجة ابن الحسن العسكري (عج)

با تقدیر و تشکر از استاد اززشمندم **جناب آقای دکتر جعفروند** بخاطر همه راهنمایی ها و الطافش .

و

سپاس از او که گذشت ، عظمت روح ، بردباری و خستگی ناپذیری رادر زوایای وجودش به تماشا گذاشته است ...

پدرم

سپاس از او که خصوصیت بارزش محبت اهل بیت (علیهم السلام) است و دعای خیرش سرمایه پر برکت زندگی ام ...

مادرم

سپاس از او که یاور و همدم دم به دم دغدغه هاست :..

همسرم

سپاس از دلبندم ...

نرگس عزیز

چکیده

بررسی آمار و ارقام و تاریخ سوانح آتش سوزی نشان می دهد بشر همیشه با آتش سوزی در ساختمانها دست به گریبان بوده و هزینه های سنگینی در این رابطه پرداخته است .

توسعه مراکز بزرگ تجمعی و تجاری و صنعتی ، افزایش ساختمانهای بلند ، رشد جمعیت شهری و ... خطرات بیشتری در زمینه آتش سوزی ایجاد می نماید . فولاد به عنوان یک مصالح پر مصرف و اصلی در سازه های فولادی در اثر افزایش دما دچار تغییرات اساسی در مشخصات اصلی خود شده و ضریب مدول الاستیسیته و تنش تسلیم آن به شدت کاهش می یابد .

انواع سیستم های سازه ای در ساختمانها ، رفتارهای متفاوتی در برابر آتش سوزی از خود نشان می دهند . در این تحقیق رفتار و مقاومت ۶ ساختمان ۵ طبقه با سیستم های سازه ای مختلف که مرکب از سیستم های قاب خمشی ویژه ، قاب ساده به همراه مهاربند های واگرا و سیستم دوگانه قاب خمشی ویژه به همراه مهاربند های واگرا با طول دهانه های متفاوت در دو جهت اصلی ساختمان که در طبقه سوم خود در ۵ گام حرارتی دمای معمولی ، ۴۰۰ ، ۵۰۰ ، ۶۰۰ و ۷۰۰ درجه سانتی گراد به صورت گسترده تحت بارگذاری حرارتی قرار گرفته است ؛ بررسی و تجزیه و تحلیل گردید .

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که :

سیستم سازه ای قاب خمشی ویژه در دو جهت اصلی دارای مقاومت و رفتار مناسبتری در برابر افزایش دما نسبت به سایر سیستم ها می باشد .

عضو تیر آسیب پذیرترین عضو در بین سایر عضو های سازه ای می باشد .

عضو بادبند در مهاربندهای واگرا باعث ایجاد تغییر شکلهای زیادی در عضو تیر رابط آن می گردد.

عضو ستون دارای رفتار کم خطرتری از لحاظ مقاومت سازه ای در اثر افزایش دما نسبت به سایر عضو ها می باشد .

کلمات کلیدی : سازه های فولادی ، مقاومت در برابر آتش

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فهرست مطالب ..... أ

فهرست جداول ..... ح

فهرست نمودارها ..... ی

فهرست اشکال ..... م

فهرست روابط ..... ع

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ نحوه گسترش حریق در ساختمان ۵

۱-۳ آزمایش های آتش و طبقه بندی مصالح و اجزای ساختمان بر اساس آنها ۷

۱-۳-۱ آزمایش های واکنش در برابر آتش ۸

۱-۳-۲ آزمایش مقاومت در برابر آتش ۱۰

۱-۳-۳ درجه بندی مقاومت در برابر آتش ۱۱

۱-۴ گسترش آتش و دود ۱۳

۱-۴-۱ هدایت (رسانایی) گرما ۱۳

۱-۴-۲ انتقال گرمای جابجائی (همرفتی) ۱۳

۱-۴-۳ تابش (تشعشع) گرما ۱۴

۱-۴-۴ انباره حرارتی ۱۵

۱-۵ تأثیر آتش سوزی بر روی سازه های فولادی ۱۶

۱-۵-۱ عملکرد فولاد در درجه حرارتهای بالا ۱۶

۱-۵-۲ تحلیل حرارتی سازه ها ۲۳

۱-۵-۲-۱ ترکیبات بار گذاری ۲۳

۱-۵-۲-۲ انتقال دما ۲۴

۱-۵-۲-۳ تغییر دما با افزایش عمق (گرادیان دما) ۲۶

۱-۵-۲-۴ خصوصیات فولاد در دمای افزایش یافته ۲۷

۱-۵-۲-۵ مقاومت تیر فولادی مرکب در دمای افزایش یافته ۲۷

۱-۵-۲-۵-۲ مقاومت خمشی منفی ۳۲

۱-۵-۲-۶ روش های پیشرفته آنالیز ۳۴

۱-۶ سیستم های حفاظت در برابر آتش و نحوه عملکرد آنها ۳۴

۱-۶-۱ سیستم های حفاظت فعال در برابر آتش ۳۴

۱-۶-۱-۱ سیستم های بارنده اتوماتیک ۳۵

۱-۶-۱-۲ سیستم های هشداردهنده و آشکار ساز آتش و دود ۳۷

۱-۶-۱-۲-۱ تابلوی کنترل مرکزی ۳۷

۱-۶-۱-۲-۲ آشکارسازهای اتوماتیک ۳۸

۱-۶-۱-۲-۳ شستی های اعلام حریق ۳۹
اعلام کننده های شنیداری ۳۹
۱-۶-۱-۲-۵ نشانگرهای دیداری..... ۴۰
۱-۶-۱-۲-۶ تجهیزات کمکی و واسطه ای ۴۰
۱-۶-۱-۳ سیستم های ذخیره آب ، جعبه شلنگ آتش نشانی ،خاموش کننده های آتش..... ۴۱
۱-۶-۱-۴ سیستم ها و کارمندان درگیر در پاسخگویی اداره آتش نشانی ۴۲
۱-۶-۲ سیستم های حفاظت غیر فعال در برابر آتش ۴۲
۱-۶-۲-۱ محدودیت های موجود در آئین نامه های ساختمانی ۴۲
۱-۶-۲-۲ طراحی استاندارد قسمت ها..... ۴۲
۱-۶-۲-۳ استفاده از مصالح حفاظت در برابر آتش ۴۲
۱-۶-۲-۳-۱ مصالح کاربردی – تزریقی مقاوم در برابر آتش (SFRM)..... ۴۳
۱-۶-۲-۳-۲ اندودهای گچی ۴۷
۱-۶-۲-۳-۳ لایه های پف کننده (منبسط شونده ، دیر سوز کننده) ۴۷
۱-۶-۲-۴ سایر مصالح و روشها برای حفاظت غیر فعال در برابر آتش :..... ۴۹
۱-۶-۲-۴-۱ محفظه بنایی یا بتنی ۴۹
۱-۶-۲-۴-۲ پر کردن ستونهای سازه ای فلزی لوله ای با بتن..... ۴۹
۱-۶-۲-۴-۳ شبکه فلزی و پلاستر ۴۹
۱-۶-۲-۴-۴ پوشش یا اندود معلق مجاز (برای پوششهای کف و سقف)..... ۵۰
۱-۶-۲-۴-۵ چهار دیواری (محوطه) در محصولات مسطح گچی ، مسطح معدنی یا سرامیکی پوشانده شده با پشم .
..... ۵۰
۱-۶-۲-۴-۶ استحفاظ انعکاسی همراه صفحات فولادی ۵۰
۱-۶-۲-۴-۷ و بعضی روشهای حفاظت در برابر آتش خیلی نامتعارف در ستونهای خارجی دورافتاده ، تورهای بارانی و
سازه های لوله ای پرشده با آب ۵۰
۲-۱ تشکیل سازمانها و موسسات و انجمن های تخصصی ۵۱
۲-۱-۱ موسسه مجریان دستورالعمل و مقامات رسمی ساختمان ۵۲
۲-۱-۲ کنگره بین المللی جنوبی دستورالعمل ساختمان ۵۲
۲-۱-۳ کنفرانس بین المللی مقامات رسمی ساختمان ۵۲
۲-۱-۴ انجمن بین المللی دستورالعمل ۵۲
۲-۱-۵ انجمن ملی حفاظت در برابر آتش ۵۲
۲-۱-۶ انجمن بین المللی علم ایمنی در برابر حریق ۵۲
۲-۱-۷ انجمن ملی آتش و تحقیق..... ۵۲
۲-۱-۸ انجمن مهندسان حفاظت در برابر حریق ۵۲
۲-۱-۹ کمیته آتش نشانی بریتانیا ۵۲
۲-۲ تدوین استانداردهای روش آزمایش آتش ۵۳
۲-۲-۱ ASTM E ۱۱۹ Standard Fire Test ۵۳
۲-۲-۲ ANSI / UL ۲۶۳ ..... ۵۵
۲-۲-۳ استاندارد ایران شماره ۷۲۷۱ ..... ۵۶
۲-۳ تدوین آئین نامه ها و دستورالعمل ها والزامات..... ۵۶
۲-۳-۱ BOCA National Building Code : ۱۹۹۹ ..... ۵۷
۲-۳-۲ SBCCI Standard Building Code : ۱۹۹۷ ..... ۵۸

۲-۳-۳ *ICBO Uniform Building Code : ۱۹۹۷* ۵۹
۲-۳-۴ *IBC Fire Resistant Design* ۵۹
۲-۳-۵ *National Fire Protection Association (NFPA)* ۶۰
۲-۳-۶ *آئین نامه AISC* ۶۱
۲-۳-۷ *آئین نامه ایران* ۶۳
۲-۴ اصلاح و توسعه و به روز کردن آئین نامه ها ۶۵
۲-۴-۱ *آزمایش های آتش و آنالیز سیستم های سقف: ۱۹۶۶ – ۱۹۶۵* ۶۵
۲-۴-۲ *توسعه یک مدل کامپیوتری سازه : ۱۹۸۱ – ۱۹۶۸* ۶۸
۲-۴-۳ *آزمایش آتش در ساختمان با مقیاس بزرگ* ۶۹
۲-۴-۴ *آزمایش های آتش شرکت آزمایشگاه های بیمه گری (UL) : ۱۹۸۳ -۱۹۸۴* ۷۱
۲-۴-۵ *آزمایش های آتش کاردینگتون :۱۹۹۶ – ۱۹۹۵* ۷۴
۲-۴-۶ *تحقیق Ioannidis & Mehta :۱۹۹۷* ۷۵
۲-۴-۷ *بررسی اثر گیرداری بر درجه بندی پایداری در برابر آتش در ساختمانهای سازه فولادی : ۲۰۰۰ ، Richard G. & Emile W. J.* ۷۶
۲-۵ اختراع و اکتشاف مصالح جدید ۷۶
۲-۵-۱ *بررسی رفتار برخی مصالح ساختمانی موجود در کشور ایران در برابر آتش* ۷۶
۲-۵-۲ *ضوابط و توصیه ها برای کاربرد اسفنج پلی استایرن در ساختمان* ۸۳
۲-۶ تشکیل و تأسیس مدارس و دانشکده های حفاظت در برابر آتش ۸۵
۲-۷ تشکیل همایش ها و کنفرانسها ۸۵
۲-۸ نشر کتب فنی و تخصصی در رابطه با مسائل حریق ۸۵
۳-۱ آتش‌سوزی ۱۹۲۳ در شهر توکیو ۸۶
۳-۲ حریق بزرگ لندن ۸۸
۳-۳ وقوع آتش سوزیهای شدید بر اثر حملات هوائی ۸۸
۳-۴ آتش‌سوزی پس از زلزله ۸۸
۳-۴-۱ *عوامل موثر بر آتش‌سوزی پس از زلزله* ۸۸
۳-۵ برخی از سازه های تخریب شده در اثر وقایع آتش سوزی ۹۲
۳-۵-۱ ساختمان ۶۲ طبقه اولین بانک بین ایالتی لس آنجلس ۹۲
۳-۵-۲ ساختمان ۱۲ طبقه ۹۳
۳-۵-۳ ساختمان ۱۴ طبقه ۹۳
۳-۵-۴ ساختمان ۳۸ طبقه وان مریدین پلازا ۹۳
۳-۵-۵ ساختمان سائو پائولو ۹۵
۳-۵-۶ *کارخانه منسوجات اسکندریه* ۹۶
۳-۵-۷ دو فروشگاه بزرگ در آتن (یونان) ۹۶
۳-۵-۸ *آتش سوزی در برجهای دوقلوی مرکز تجارت جهانی WTC* ۹۸
۴-۱ تحلیل سازه ها بر اثر تغییرات درجه حرارت ۱۰۲
۴-۲ نحوه بارگذاری و تحلیل حرارتی در نرم افزار SAP ۲۰۰۰ VER. ۱۲ ..... ۱۰۹
۴-۲-۱ *مقدمه* ۱۰۹

۴-۲-۲ *روابط تنش و کرنش در مصالح همسانگرد* *۱۱۲*
۴-۲-۳ *روابط تنش و کرنش در مصالح اورتوتروپیک* *۱۱۳*
۴-۲-۴ *روابط تنش و کرنش در مصالح ناهمسانگرد* *۱۱۴*
۴-۲-۵ خصوصیات وابسته به دما *۱۱۵*
۴-۲-۶ *دمای مصالح المان* *۱۱۶*
۴-۲-۷ *بارگذاری حرارتی* *۱۱۷*
۴-۲-۸ *روشهای بارگذاری حرارتی* *۱۱۷*
۵-۱ کلیات ۱۱۸
۵-۲ معرفی پروژه ۱۲۴
۵-۳ مشخصات مصالح ۱۲۶
۵-۴ مقاطع اعضاء اسکلت فلزی ۱۲۷
۵-۵ بارگذاری ثقلی ساختمان ۱۳۲
۵-۶ محاسبه بار زلزله ۱۳۵
۵-۷ تغییر نرم افزار طراحی ۱۳۸
۵-۸ مدلسازی سازه ها با استفاده از نرم افزار ETABS ۲۰۰۰ VER. ۹,۱۴ ..... ۱۳۹
۵-۸-۱ تغییرات صورت پذیرفته در سیستم MRF جهت تبدیل به سیستم EBF *۱۳۹*
۵-۸-۲ تغییرات صورت پذیرفته در سیستم MRF جهت تبدیل به سیستم DME (سیستم های دوگانه) *۱۴۰*
۶-۱ کلیات ۱۴۲
۶-۲ نمایش جرم تجمعی طبقات در سیستم های سازه ای متفاوت ۱۴۶
۶-۳ نمایش زمان تناوب مود اول سازه ها بر اثر افزایش دما ۱۴۷
۶-۴ بررسی نیروهای فشاری در اعضاء و المانهای قابهای مورد بررسی در سیستم های سازه ای متفاوت بر اثر افزایش دما ۱۴۸
۶-۴-۱ مقدمه *۱۴۸*
۶-۴-۲ بررسی نیروهای فشاری تیرهای قابهای مورد بررسی در سیستم های سازه ای مختلف بر اثر افزایش دما *۱۵۰*
۶-۴-۱-۱ بررسی نیروی فشاری المانهای تیر قاب شماره ۲ در سیستم های سازه ای مختلف در گامهای حرارتی ۱۵۱
۶-۴-۲-۱-۲ بررسی نیروی فشاری تیر B۱۲ از قاب شماره ۲ بر اثر افزایش دما در کلیه سیستم های سازه ای مختلف ۱۵۲
۶-۴-۲-۱-۲ بررسی نیروی فشاری تیر B۱۳ از قاب شماره ۲ بر اثر افزایش دما در کلیه سیستم های سازه ای مختلف ۱۵۳
۶-۴-۲-۱-۳ مقایسه بین رفتار تیرهای B۱۳ و B۱۲ ..... ۱۵۵
۶-۴-۲-۱-۳ تجزیه و تحلیل ۱۵۵
۶-۴-۲-۲ بررسی نیروی فشاری المانهای تیر قاب شماره ۴ در سیستم های سازه ای مختلف در گامهای حرارتی ۱۵۶
۶-۴-۲-۲-۲ بررسی نیروی فشاری تیر B۳۵ از قاب شماره ۴ بر اثر افزایش دما در کلیه سیستم های سازه ای مختلف ۱۵۷
۶-۴-۲-۲-۲ بررسی نیروی فشاری تیر B۳۶ از قاب شماره ۴ بر اثر افزایش دما در کلیه سیستم های سازه ای مختلف ۱۵۸
۶-۴-۲-۲-۳ مقایسه بین رفتار تیرهای B۳۵ و B۳۶ ..... ۱۶۰

۶-۴-۲-۲-۴ تجزیه و تحلیل ۱۶۰
۶-۴-۲-۳ بررسی نیروی فشاری المانهای تیر قاب شماره D در سیستم های سازه ای مختلف در گامهای حرارتی.... ۱۶۱
۶-۴-۲-۳-۱ بررسی نیروی فشاری تیر B۲۰ از قاب شماره D بر اثر افزایش دما در کلیه سیستم های سازه ای مختلف..... ۱۶۳
۶-۴-۲-۳-۲ بررسی نیروی فشاری تیر B۴۳ از قاب شماره D بر اثر افزایش دما در کلیه سیستم های سازه ای مختلف..... ۱۶۵
۶-۴-۲-۳-۳ مقایسه بین رفتار تیرهای B۲۰ و B۴۳..... ۱۶۶
۶-۴-۲-۳-۴ تجزیه و تحلیل ۱۶۶
۶-۴-۲-۴ بررسی نیروی فشاری المانهای تیر قاب شماره E در سیستم های سازه ای مختلف در گامهای حرارتی ۱۶۷
۶-۴-۲-۴-۱ بررسی نیروی فشاری تیر B۱۰ از قاب شماره E بر اثر افزایش دما در کلیه سیستم های سازه ای مختلف..... ۱۶۸
۶-۴-۲-۴-۲ بررسی نیروی فشاری تیر B۳۲ از قاب شماره E بر اثر افزایش دما در کلیه سیستم های سازه ای مختلف..... ۱۶۹
۶-۴-۲-۴-۳ مقایسه بین رفتار تیرهای B۱۰ و B۳۲..... ۱۷۰
۶-۴-۲-۴-۴ تجزیه و تحلیل ۱۷۱
۶-۴-۲-۵ نتیجه گیری ۱۷۱
۶-۴-۳ بررسی نیروهای فشاری المان ستون قاب های سیستم های سازه ای مختلف بر اثر افزایش دما ۱۷۲
۶-۴-۳-۱ بررسی نیروهای فشاری المان ستون قاب شماره ۲ در سیستم های سازه ای مختلف بر اثر افزایش دما ۱۷۲
۶-۴-۳-۱-۱ بررسی نیروی فشاری ستون C۷ قاب شماره ۲ در گامهای حرارتی متفاوت در سیستم های سازه ای مختلف..... ۱۷۲
۶-۴-۳-۱-۲ بررسی نیروی فشاری ستون C۸ قاب شماره ۲ در گامهای حرارتی متفاوت در سیستم های سازه ای مختلف..... ۱۷۳
۶-۴-۳-۲ بررسی نیروهای فشاری المان ستون قاب شماره ۴ در سیستم های سازه ای مختلف بر اثر افزایش دما ۱۷۴
۶-۴-۳-۲-۱ بررسی نیروی فشاری ستون C۱۹ قاب شماره ۴ در گامهای حرارتی متفاوت در سیستم های سازه ای مختلف..... ۱۷۵
۶-۴-۳-۲-۲ بررسی نیروی فشاری ستون C۲۱ قاب شماره ۴ در گامهای حرارتی متفاوت در سیستم های سازه ای مختلف..... ۱۷۶
۶-۴-۳-۳ بررسی نیروهای فشاری المان ستون قاب شماره D در سیستم های سازه ای مختلف بر اثر افزایش دما ... ۱۷۷
۶-۴-۳-۳-۱ بررسی نیروی فشاری ستون C۱۶ قاب شماره D در گامهای حرارتی متفاوت در سیستم های سازه ای مختلف..... ۱۷۷
۶-۴-۳-۳-۲ بررسی نیروی فشاری ستون C۲۸ قاب شماره D در گامهای حرارتی متفاوت در سیستم های سازه ای مختلف..... ۱۷۸
۶-۴-۳-۳-۳ بررسی نیروی برشی در جهت فرعی ستون C۲۸ قاب شماره D در گامهای حرارتی متفاوت در سیستم های سازه ای مختلف ۱۷۹
۶-۴-۳-۴ بررسی نیروهای فشاری المان ستون قاب شماره E در سیستم های سازه ای مختلف بر اثر افزایش دما.... ۱۸۰
۶-۴-۳-۴-۱ بررسی نیروی فشاری ستون C۵ قاب شماره E در گامهای حرارتی متفاوت در سیستم های سازه ای مختلف..... ۱۸۰
۶-۴-۳-۴-۲ بررسی نیروی فشاری ستون C۱۷ قاب شماره E در گامهای حرارتی متفاوت در سیستم های سازه ای مختلف..... ۱۸۱
۶-۴-۳-۵ تجزیه و تحلیل ۱۸۲
۶-۴-۳-۶ نتیجه گیری..... ۱۸۳
۶-۴-۴ بررسی نیروهای فشاری المان بادبند در قابهای سیستم های سازه ای مختلف بر اثر افزایش دما .۱۸۴

۶-۴-۴-۱ بررسی نیروی فشاری المان بادبند D۱ در قاب شماره ۲ در سیستم های سازه ای مختلف بر اثر افزایش دما ۱۸۴
۶-۴-۴-۲ بررسی نیروی فشاری المان بادبند D۶ در قاب شماره E در سیستم های سازه ای مختلف بر اثر افزایش دما ۱۸۵
۶-۴-۴-۳ تجزیه و تحلیل ۱۸۶
۶-۴-۴-۴ نتیجه گیری ۱۸۸
۶-۵ بررسی مجموع نسبت تنش های المانها در اثر افزایش دما در قابهای سیستم های سازه ای متفاوت ۱۸۹
۶-۵-۱ مقدمه ۱۸۹
۶-۵-۲ نمایش و بررسی مجموع نسبت تنش های المان تیر بر اثر افزایش دما درقابهای سیستم های سازه ای مختلف ۱۹۲
۶-۵-۲-۱ بررسی مجموع نسبت تنش های المان تیر قاب شماره ۲ بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف ۱۹۲
۶-۵-۲-۱-۱ بررسی مجموع نسبت تنش ها بر اثر افزایش دما در تیر B۱۲ از قاب شماره ۲ ..... ۱۹۲
۶-۵-۲-۱-۲ بررسی مجموع نسبت تنش ها بر اثر افزایش دما در تیر B۱۳ از قاب شماره ۲ ..... ۱۹۴
۶-۵-۲-۲ بررسی مجموع نسبت تنش های المان تیر قاب شماره ۴ بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف ۱۹۷
۶-۵-۲-۲-۱ بررسی مجموع نسبت تنش ها بر اثر افزایش دما در تیر B۳۵ از قاب شماره ۴ ..... ۱۹۷
۶-۵-۲-۲-۲ بررسی مجموع نسبت تنش ها بر اثر افزایش دما در تیر B۳۶ از قاب شماره ۴ ..... ۱۹۹
۶-۵-۲-۳ بررسی مجموع نسبت تنش های المان تیر قاب شماره D بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف ۲۰۰
۶-۵-۲-۳-۱ بررسی مجموع نسبت تنش ها بر اثر افزایش دما در تیر B۲۰ از قاب شماره D ۲۰۱
۶-۵-۲-۳-۲ بررسی مجموع نسبت تنش ها بر اثر افزایش دما در تیر B۴۳ از قاب شماره D ۲۰۲
۶-۵-۲-۴ بررسی مجموع نسبت تنش های المان تیر قاب شماره E بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف ۲۰۵
۶-۵-۲-۴-۱ بررسی مجموع نسبت تنش ها بر اثر افزایش دما در تیر B۱۰ از قاب شماره E ۲۰۵
۶-۵-۲-۴-۲ بررسی مجموع نسبت تنش ها بر اثر افزایش دما در تیر B۳۲ از قاب شماره E ۲۰۷
۶-۵-۲-۴ نتیجه گیری ۲۱۰
۶-۵-۳ بررسی مجموع نسبت تنش های المان ستون بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف ۲۱۱
۶-۵-۳-۱ بررسی مجموع نسبت تنش های المان ستون قاب شماره ۲ بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف ۲۱۱
۶-۵-۳-۱-۱ بررسی مجموع نسبت تنش های ستون C۷ قاب شماره ۲ بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف ۲۱۱
۶-۵-۳-۱-۲ بررسی مجموع نسبت تنش های ستون C۸ از قاب شماره ۲ بر اثر افزایش دما ۲۱۲
۶-۵-۳-۲ بررسی مجموع نسبت تنش های المان ستون قاب شماره ۴ بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف ۲۱۴
۶-۵-۳-۲-۱ بررسی مجموع نسبت تنش های ستون C۱۹ قاب شماره ۴ بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف ۲۱۴
۶-۵-۳-۲-۲ بررسی مجموع نسبت تنش های ستون C۲۱ از قاب شماره ۴ بر اثر افزایش دما ۲۱۵
۶-۵-۳-۳ بررسی مجموع نسبت تنش های المان ستون قاب شماره D بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف ۲۱۷
۶-۵-۳-۳-۱ بررسی مجموع نسبت تنش های ستون C۱۶ قاب شماره D بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف ۲۱۷

۶-۵-۳-۳-۲ بررسی مجموع نسبت تنش های ستون C۲۸ از قاب شماره D بر اثر افزایش دما ۲۱۸
۶-۵-۳-۴ بررسی مجموع نسبت تنش های المان ستون قاب شماره E بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف ۲۲۰
۶-۵-۳-۴-۱ بررسی مجموع نسبت تنش های ستون C۵ قاب شماره E بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف..... ۲۲۰
۶-۵-۳-۴-۲ بررسی مجموع نسبت تنش های ستون C۱۷ از قاب شماره E بر اثر افزایش دما ۲۲۱
۶-۵-۳-۵ تجزیه وتحلیل ۲۲۳
۶-۵-۳-۶ نتیجه گیری ۲۲۳
۶-۵-۴ بررسی مجموع نسبت تنش های المان بادبند بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف۲۲۴
۶-۵-۴-۱ بررسی مجموع نسبت تنش های المان بادبند D۱ درقاب شماره ۲ بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف ۲۲۴
۶-۵-۴-۱ بررسی مجموع نسبت تنش های المان بادبند D۶ در قاب E بر اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف ۲۲۵
۶-۵-۴-۵ تجزیه وتحلیل ۲۲۶
۶-۵-۴-۶ نتیجه گیری ۲۲۶
۷-۱ مقدمه ۲۲۷
۷-۲ بررسی نتایج حاصل از بررسی نیروی فشاری و مجموع نسبت تنش های تیرها در سیستم های سازهای مختلف بر اثر افزایش دما ۲۲۸
۷-۳ بررسی نتایج حاصل از بررسی نیروی فشاری و مجموع نسبت تنش های ستونها در سیستم های سازهای مختلف بر اثر افزایش دما ۲۳۰
۷-۴ بررسی نتایج حاصل از بررسی نیروی فشاری و مجموع نسبت تنش های بادبندها در سیستم های سازهای مختلف بر اثر افزایش دما ۲۳۱
۷-۵ نتیجه گیری کلی ۲۳۲
۷-۶ پیشنهادات برای بررسی های آتی ۲۳۳
فهرست منابع و مآخذ ۲۳۴
پیوست ها ۲۳۹
پیوست الف ۲۳۹
راهنمای استاندارد استفاده از بلوک های سقفی از نوع پلی استایرن منبسط شده (EPS) در سیستم سقف تیرچه – بلوک ۲۳۹
الف-۱ ایمنی در برابر آتش..... ۲۳۹
الف-۲ الزامات مکانیکی ۲۴۰
الف-۳ الزامات ابعادی..... ۲۴۲
الف-۴ مشخصات ظاهری ۲۴۲

فهرست جداول

عنوان **شماره صفحه**

جدول ۱-۱ کاهش مدول الاستیسیته و تنش تسلیم فولاد در اثر دمای بالا برگرفته از AISC ۲۸

جدول ۲-۱ خلاصه نتایج آزمایش آتش موسسه UL در سال ۱۹۸۴ ..... ۷۲

جدول ۲-۲ مشخصات نمونه های آزمایش شده ۷۸

جدول ۲-۳ نتایج آزمایش نمونه ها در برابر آتش..... ۷۹

جدول ۲-۴ واکنش فیزیولوژیک انسان به مونوکسیدکربن ۸۲

جدول ۵-۱ مقادیر Ω_0 براساس جدول ۱۰-۳-۳ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان..... ۱۲۲

جدول ۵-۲ نسبت مدول الاستیسیته و تنش تسلیم فولاد در دماهای بالا نسبت به دمای معمولی برگرفته از AISC ۱۲۳

جدول ۵-۳ سیستم های سازه های مورد استفاده در طراحی ۱۲۴

جدول ۵-۴ مشخصات مصالح ۱۲۶

جدول ۵-۵ مشخصات هندسی مقاطع تیر و ستون و بادبند (واحدها بر حسب سانتی متر)..... ۱۲۸

ادامه جدول ۵-۵ مشخصات هندسی مقاطع تیر و ستون و بادبند (واحدها بر حسب سانتی متر) ۱۲۹

جدول ۵-۶ مشخصات مصالح حرارتی..... ۱۳۱

جدول ۵-۷ خلاصه بارگذاری ثقلی ۱۳۳

جدول ۵-۸ مقادیر ضریب رفتار ساختمان بر اساس نوع سیستم سازه ای ۱۳۶

جدول ۵-۹ مقادیر ضرایب ساختمانی موثر در تعیین ضریب زلزله ۱۳۷

جدول ۶-۱ نوع و اندازه مقاطع طراحی شده برای المان تیر قاب شماره ۲ ..... ۱۵۱

جدول ۶-۲ نوع و اندازه مقاطع طراحی شده برای المان تیر قاب شماره ۴ ..... ۱۵۶

جدول ۶-۳ نوع و اندازه مقاطع طراحی شده برای المان تیر قاب شماره D..... ۱۶۱

جدول ۶-۴ نوع و اندازه مقاطع طراحی شده برای المان تیر قاب شماره E..... ۱۶۷

جدول ۶-۵ نوع و اندازه مقاطع طراحی شده برای المان تیر قاب شماره ۲ ..... ۱۸۷

جدول ۶-۶ نوع و اندازه مقاطع طراحی شده برای المان تیر قاب شماره E ۱۸۷

فهرست نمودارها

عنوان **شماره صفحه**

نمودار ۱-۱ منحنی رشد حریق ۵

نمودار ۱- ۲ منحنی دما – زمان برای آتش استاندارد بر اساس ASTM E۱۱۹ ..... ۱۱

نمودار ۱-۳ منحنی درصد مدول ارتجاعی حفظ شده برای سازه فولادی در برابرافزایش دما..... ۱۷

نمودار ۱-۴ منحنی درصد تنش تسلیم حفظ شده برای سازه فولادی در برابرافزایش دما..... ۱۷

نمودار ۱-۵ نمودارهای لنگر برای تیر دو دهانه سراسری قبل و در حین آتش ۲۹

نمودار ۱-۶ نمودار شماتیک تأثیر شیمیایی دیر سوز کننده در فاز گازی ۴۸

نمودار ۲-۱ منحنی استاندارد زمان – دما (بر اساس ASTME۱۱۹)..... ۵۴

نمودار ۶-۱ مقایسه بین جرم تجمعی سیستم های سازه ای مختلف با شرایط بارگذاری یکسان و مشابه ۱۴۶

نمودار ۶-۲ مقایسه بین زمان تناوب مود اول سیستم های سازه ای مختلف در اثر افزایش دما ۱۴۷

نمودار ۶-۳ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در تیر B۱۲ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی)..... ۱۵۳

نمودار ۶-۴ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در تیر B۱۳ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی)..... ۱۵۴

نمودار ۶-۵ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در تیر B۳۵ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی)..... ۱۵۸

نمودار ۶-۶ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در تیر B۳۶ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی)..... ۱۵۹

نمودار ۶-۷ مقایسه بین جابجایی در جهت Y در نقطه ۱-۴۱ واقع در محل اتصال تیر پاگرد به ستون C۲۸ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۶۲

نمودار ۶-۸ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در تیر B۲۰ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی)..... ۱۶۴

نمودار ۶-۹ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در تیر B۴۳ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی)..... ۱۶۵

نمودار ۶-۱۰ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در تیر B۱۰ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی)..... ۱۶۹

نمودار ۶-۱۱ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در تیر $B^{۳۲}$ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۷۰

نمودار ۶-۱۲ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در ستون $C^{۷}$ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۷۳

نمودار ۶-۱۳ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در ستون $C^{۸}$ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۷۴

نمودار ۶-۱۴ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در ستون $C^{۱۹}$ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۷۵

نمودار ۶-۱۵ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در ستون $C^{۲۱}$ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۷۶

نمودار ۶-۱۶ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در ستون $C^{۱۶}$ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۷۷

نمودار ۶-۱۷ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در ستون $C^{۲۸}$ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۷۸

نمودار ۶-۱۸ مقایسه بین نیروی برشی در جهت فرعی ستون $C^{۲۸}$ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۷۹

نمودار ۶-۱۹ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در ستون $C^{۵}$ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۸۱

نمودار ۶-۲۰ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده در ستون $C^{۱۷}$ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۸۲

نمودار ۶-۲۱ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده دربادبند $D^{۱}$ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۸۴

نمودار ۶-۲۲ مقایسه بین نیروی فشاری ایجاد شده دربادبند $D^{۶}$ در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۸۶

نمودار ۶-۲۳ مقایسه بین مجموع نسبت تنش ها در تیر$B^{۱۲}$ واقع در قاب ۲ در جهت محور X تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۹۳

نمودار ۶-۲۴ مقایسه بین مجموع نسبت تنش ها در تیر$B^{۱۳}$ واقع در قاب ۲ در جهت محور X تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۹۵

نمودار ۶-۲۵ مقایسه بین مجموع نسبت تنش ها در تیر$B^{۳۵}$ واقع در قاب ۴ در جهت محور X تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۹۸

نمودار ۶-۲۶ مقایسه بین مجموع نسبت تنش ها در تیر$B^{۳۶}$ واقع در قاب ۴ در جهت محور X تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۱۹۹

نمودار ۶-۲۷ مقایسه بین مجموع نسبت تنش ها در تیرB۲۰ واقع در قاب D در جهت محور Y تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۲۰۱

نمودار ۶-۲۸ مقایسه بین مجموع نسبت تنش ها در تیرB۴۳ واقع در قاب D در جهت محور Y تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۲۰۳

نمودار ۶-۲۹ مقایسه بین مجموع نسبت تنش ها در تیرB۱۰ واقع در قاب E در جهت محور Y تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۲۰۶

نمودار ۶-۳۰ مقایسه بین مجموع نسبت تنش ها در تیرB۳۲ واقع در قاب E در جهت محور Y تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۲۰۸

نمودار ۶-۳۱ مقایسه بین مجموع نسبت تنش های ستون C۷ واقع در قاب ۲ تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۲۱۲

نمودار ۶-۳۲ مقایسه بین مجموع نسبت تنش های ستون C۸ واقع در قاب ۲ تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۲۱۳

نمودار ۶-۳۳ مقایسه بین مجموع نسبت تنش های ستون C۱۹ واقع در قاب ۴ تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۲۱۵

نمودار ۶-۳۴ مقایسه بین مجموع نسبت تنش های ستون C۲۱ واقع در قاب ۴ تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۲۱۶

نمودار ۶-۳۵ مقایسه بین مجموع نسبت تنش های ستون C۱۶ واقع در قاب D تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۲۱۸

نمودار ۶-۳۶ مقایسه بین مجموع نسبت تنش های ستون C۲۸ واقع در قاب D تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۲۱۹

نمودار ۶-۳۷ مقایسه بین مجموع نسبت تنش های ستون C۵ واقع در قاب E تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۲۲۰

نمودار ۶-۳۸ مقایسه بین مجموع نسبت تنش های ستون C۱۷ واقع در قاب E تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۲۲۲

نمودار ۶-۳۹ مقایسه بین مجموع نسبت تنش های بادبند D۱ واقع در قاب ۲ در جهت محور X تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۲۲۴

نمودار ۶-۴۰ مقایسه بین مجموع نسبت تنش های بادبند D۶ واقع در قاب E در جهت محور Y تحت اثر افزایش دما در سیستم های سازه ای مختلف تحت ترکیب بار (مرده + زنده + بار حرارتی) ۲۲۵

فهرست اشکال

عنوان **شماره صفحه**

شکل ۱-۱ دستگاه اندازه‌گیری پیشروی سطحی شعله ۸

شکل ۱-۲ دستگاه اندازه‌گیری قابلیت سوختن مواد ۹

شکل ۱-۳ دستگاه گرماسنج مخروطی..... ۹

شکل ۱-۴ سه روش انتقال گرما از یک شمش یک سر گداخته (۱) هدایت گرما (۲) جابجایی گرما و (۳) تابش گرما..... ۱۴

شکل ۱-۵ تصویری از آثار باقیمانده آتش سوزی در یک ساختمان صنعتی کمانش ها و اعوجاج در تیرها و ستون ها مشهود است..... ۱۸

شکل ۱-۶ تصویری از کمانش موضعی و کلی در تیر اصلی قاب یک سوله صنعتی و اکسیداسیون آن ۱۹

شکل ۱-۷ تصویر سقف مونتاژ شده UL پس از آزمایش موفقیت آمیز بر اساس ASTM E۱۱۹..... ۲۰

شکل ۱-۸ تصویر ساختمان ONE MERIDIAN PLAZA در فیلادیافیا پس از آتش سوزی ۲۳ FEB ۱۹۹۱ ... ۲۰

شکل ۱-۹ تصویر آثار باقیمانده آتش سوزی و فروپاشی برجهای دوقلوی WTC در نیویورک ۲۱

ادامه شکل ۱-۹ تصویر آثار باقیمانده آتش سوزی و فروپاشی برجهای دوقلوی WTC در نیویورک..... ۲۲

شکل ۱- ۱۰ مکانیسم انتقال حرارت در یک عضو فولادی عایق بندی شده..... ۲۵

شکل ۱-۱۱ مثالی از تغییرات دما در مقطع تیر فولادی..... ۲۷

شکل ۱-۱۲ عضو دارا ی یک تکیه گاه سراسری با بارگذاری یکنواخت ۳۰

شکل ۱-۱۳ عضو سراسری متقارن با بارگذاری یکنواخت..... ۳۱

شکل ۱-۱۴ نتایج نیروی ممان مثبت..... ۳۲

شکل ۱-۱۵ نتایج نیروی ممان منفی ۳۴

شکل ۱-۱۶ نمای ساده سیستم آبپاش (بارنده) مرطوب و خشک ۳۶

شکل ۱-۱۷ نمونه هایی از تابلوی کنترل مرکزی ۳۸

شکل ۱-۱۸ نمونه هایی از آشکار سازها ۳۸

شکل ۱-۱۹ نمونه هایی ازشستی های اعلام حریق ۳۹

شکل ۱-۲۰ نمونه هایی از اعلام کننده های شنیداری ۴۰

شکل ۱-۲۱ چیدمان تجهیزات حفاظت در برابر اتش سوزی در کنار هم ، کپسول خاموش کننده ، دگمه سیستم اعلام آتش سوزی جانبی و شیرآتش نشانی دیواری ۴۱
شکل ۱-۲۲ نمایی از سیستم ها و تجهیزات نیروی آتش نشانی ۴۲
شکل ۱-۲۳ تیر محافظت شده با مصالح SFRM..... ۴۳
شکل ۱-۲۴ سازه روکش دار شده با مصالح SFRM قبل از یک آزمایش ۴۳
شکل ۱-۲۵ نحوه اجرای روکش تیرها با مصالح SFRM ۴۵
شکل ۱-۲۶ نمونه هایی از پوشش های محافظ در برابر آتش از نوع SFRM و تخته گچی و ترکیب آن دو ۴۷
شکل ۱-۲۷ چگونگی تأثیر شیمیایی دیر سوز کننده در فاز متراکم ، سیستم پف کننده ۴۸
شکل ۲-۱ طرح روی جلد راهنمای طراحی فولاد AISC برای پایداری در برابر آتش سازه های فولادی..... ۶۱
شکل ۲-۲ طرح روی جلد آئین نامه محافظت ساختمان ها در برابر آتش ایران (پیشنهادی) ۶۳
شکل ۲-۳ جزئیات ساختار مجموعه سقف و تیر فولادی در آزمایش آتش دانشگاه ایالتی اوهایو ۶۷
شکل ۲-۴ جزئیات اتصال برای مجموعه تیر در آزمایش آتش دانشگاه ایالتی اوهایو ۶۷
شکل ۲-۵ جزئیات مجموعه تیر و سقف برای آزمایش بزرگ مقیاسNBS ۷۰
شکل ۲-۶ شماتیک ساختمان مورد آزمایشNBS ۷۰
شکل ۲-۷ کوپه مورد آزمایش آتش NBS بعد از تقریبا ۳۵ دقیقه ۷۱
شکل ۲-۸ جزئیات تیرهای فولادی در آزمایش های آتش موسسه خدمات گارانتی آزمایشگاه ها..... ۷۲
شکل ۲-۹ ساختمان ۸ طبقه قاب فولادی به کار رفته در ازمایش کاردینگتون ۷۴
شکل ۲-۱۰ تیرها در آزمایش کاردینگتون پس از رسیدن دما به بیش از F ۱۶۰۰ ..... ۷۵
شکل ۲-۱۱ نمایی از ساختمان در معرض آتش در آزمایش کاردینگتون ۷۵
شکل ۲-۱۲ طرح روی جلد نشریه ۴۵۵ ..... ۸۳
شکل۳-۱ : وقوع آتش‌سوزی در شهر توکیو به علت زلزله ۱۹۲۳ کنتو ۸۷
شکل۳-۲ : گسترش آتش‌سوزی در مرکز توکیو، نحوه زمان و جهت گسترش شعله‌ها ، در زلزله ۱۹۲۳ کنتو..... ۸۷
شکل ۳-۳ اولین بانک بین ایالتی لس آنجلس در آتش سال ۱۹۸۸ ..... ۹۲
شکل ۳-۴ وان مریدین پلازا در فیلادلفیا پس از آتش سال۱۹۹۱ ..... ۹۳
شکل ۳-۵ فروپاشی هسته CESP ۲ در سائو پائولو برزیل ۹۵
شکل ۳-۶ فروپاشی در کارخانجات منسوجات اسکندریه مصر ۹۶
شکل ۳-۷ ساختمان کاترانتوز در آتن ، یونان پس از آتش ۱۹۸۰ ..... ۹۷
شکل ۳-۸ نمایی ازبرجهای مرکز تجارت جهانی و عبور قطار شهری از زیر برجها (و نحوه برخورد هواپیماها به برجها ونمایی از ستونهای مرکزی و محیطی) ۹۸

شکل ۳-۹ جانمایی سقف به همراه شماره ستونها..... ۹۹

شکل ۳-۱۰ نمایی از حفره ایجاد شده توسط هواپیما در قسمت شمالی برج WTC۱ ، تصویر برداری شده در ۳۰ ثانیه پس از برخورد..... ۱۰۱

شکل ۴-۱ تغییر شکل ناشی از تغییر دما در سازه با تکیه گاه مفصلی ۱۰۳

شکل ۴-۲ تغییر شکل ناشی از تغییر دما در سازه با تکیه گاه گیردار ۱۰۳

شکل ۴-۳ بررسی اثر تغییر دما بر روی عضو یک سر گیردار و یک سر آزاد..... ۱۰۴

شکل ۴-۴ بررسی اثر تغییر دما بر روی عضو دو سر گیردار..... ۱۰۵

شکل ۴-۵ بررسی اثر تغییر دما بر تغییر شکل یک جزء از عضو ۱۰۷

شکل ۴-۶ تعریف مؤلفه های تنش در سیستم مختصات محلی مصالح ۱۱۰

شکل ۴-۷ تعیین مشخصه E_{matt} در دمای T_{matt} از تابع E(T)..... ۱۱۶

شکل ۵-۱ نحوه تیرچه ریزی و بارگذاری در پلان طبقات ۱۳۴

شکل ۶-۱ موقعیت هندسی المانها و اجزاء مورد بررسی در قاب شماره ۲ ..... ۱۴۴

شکل ۶-۲ موقعیت هندسی المانها و اجزاء مورد بررسی در قاب شماره ۴ ..... ۱۴۴

شکل ۶-۳ موقعیت هندسی المانها و اجزاء مورد بررسی در قاب شماره D ۱۴۵

شکل ۶-۴ موقعیت هندسی المانها و اجزاء مورد بررسی در قاب شماره E..... ۱۴۵

شکل الف-۱ نمودار شماتیک نحوه آزمایش باربری بلوکها..... ۲۴۱