Archive

پانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی ،معماری،عمران ومحیط زیست

بررسی خرابی پیش رونده در عملکرد سازه های بتن آرامه

عوض تاجیک

دانشجوی دکتری عمران، سازه[1]

چکیده

خرابی پیش رونده، پدیده ای است که در آن یک خسارت جزیی و یا شکست موضعی باغث خرابی کل سازه یا قسمت زیادی از آن می شود، به گونه ای که خرابی نهایی تناسبی با خرابی اولیه ندارد.بارهای غیرعادی بارهایی هستند که در طراحی سازه ها به طور معمول در نظر گرفته نمی شوند اما در صورت وارد آمدن به سازه باعث خرابی کل سازه و یا قسمت های زیادی از آن می شوند، در چند دهه گذشته موارد بسیاری از خرابی کلی یا موضعی سازه ها بر اثر بارهای غیر عادی چون آتش سوزی، ضربه و انفجار دیده شده است.

باشند، می فعال های گسل مجاور در و متوسط خمشی قاب سیستم دارای ایران اهمیت پر بتنی های سازه از مهمی بخش معیار مبنای بر تحقیق این در .است نشده ها سازه این به خاصی توجه پیشرونده، خرابی زمینه در موجود تحقیقات آنکه حال پیشرونده خرابی ارزیابی و بررسی به رونده پیش خرابی برابر در ها ساختمان طراحی نامه آیین)UFC(سند پذیرش های دنبال به راهکاری ارائه با که است مقاله این از هدف لذا،شود می کوبیاکس پرداخته سقف سیستم با بتنی های ساختمان بارگذاری هایشان طراحی در اما اند شده احداث که شتافت ساختمانها از دسته آن کمک به بتوان و بوده وضعیت این بهبود است. نشده لحاظ پیشرونده خرابی ی ویژه

کلید واژه: خرابی پیش رونده- بتن آرمه- سازه-

مقدمه

ایمنی سازه همیشه در طراحی پروژه های مهندسی عمران امری کلیدی بوده است .یکی از مهمترین مسائلی که در مباحث سازه خرابی پیشرونده را **ASCE/SEI7-0**ای پدافند غیر عامل مطرح می شود، بحث خرابی پیشرونده در سازه ها است. آیین نامه ساختمان یا فروریزش نا متناسب انتشار شکست های موضعی اولیه از عضوی به عضو دیگر که سر انجام آن، فروریزش کامل بارهای غیرمتعارف از قبیل: برخورد هواپیما، انفجار، خطاهای طراحی و ساخت، مصالح NISTقسمت بزرگی از سازه تعریف نامرغوب و خطرناک و... را از عواملی می داند که آسیب موضعی را ایجاد میکند و سازه به دلیل کمبود پیوستگی و شکل پذیری و نا معینی این آسیب را پخش میکند و در نهایت می تواند موجب تخریب پیشرونده در سازه شود[۱].درحالی که توصیه های کلی بیان شده است لیکن هیچ ضوابط الزام آور ASCE7-05برای کاهش دادن ایجاد خطر خرابی پیشرونده در سازه در آیین نامه و وزارت دفاع آمریکا GSAطراحی و مقدار محاسباتی برای این روند ارائه نشده است[۲]. اما دو آیین نامه ،اداره خدمات عمومی [۳] به صورت تخصصی به ارائه راهکار و استراتژی های طراحی برای مقاوم سازی سازه ها در برابر خرابی پیشرونده DOD پرداخته اند[۴].استاندارد های جاری که برای طراحی سازه ها در برابر بارهای معمول استفاده می شوند عموما از یک سیستم سازه ای با درجاتی از مقاومت و شکل پذیری موجود در آن برای مقاومت در برابر بارهای شدید و پیشگیری از این پدیده بهره می برند. این آسیب ها باید بوسیله سیستم سازه ای تحمل شود و نباید از محل شروع به دیگر قسمت ها گسترش یابد[۵]. روش های طراحی برای مقاومت در برابر تخریب پیشرونده در سازه ها قصد دارند ظرفیت یک سازه را در برابر بارهای غیرعادی تعیین کنند که شامل روش های طراحی مستقیم و غیر مستقیم می باشد.

www.SID.ir

Archive

روش های تحلیل خرابی پیش رونده

خرابی پیش رونده یک رخداد دینامیکی است و با آزاد شدن انرژی داخلی ،به واسطه حذف ناگهانی یک عضو سازه ای، شروع می گردد. این عضو، تعادل اولیه بارهای خارجی و نیروهای داخلی را برهم زده و تازه تا زمانی که به حالت تعادل جدید برسد و یا سازه فروریزش کند ،ارتعاش خواهد داشت؛ بنابراین در نظر گرفتن اثرات دینامیکی در تحلیل، از نکات تأثیرگذار محسوب می شود.چهار روش تحلیلی متفاوت می تواند برای بررسی رفتار سازه مورداستفاده قرار گیرد که این روش ها عبارت اند از: استاتیکی خطی، استاتیکی غیرخطی، دینامیکی خطی و دینامیکی غیرخطی. بسیاری از محققین محاسن و معایب هر یک از این روش ها را موردمطالعه قراردادند برای به دست آوردن نتایج مطلوب تر و واقع گرایانه تر که بتواند رفتار واقعی دینامیکی و پاسخ غیرخطی سازه را هنگام خرابی پیش رونده ارائه دهد، یک تحلیل پیچیده موردنیاز است[۶].

کوبیاکس سقف مدلسازی روش

f،۱۱ با که ای صفحه درون سختی .دارند سختی نوع دو سطحی های المان ، ETABSافزار نرم در زیر، شکل(۱) مطابق .شوند می اعمال مدل ۱۲درmو m۲۲ ،۱۱ m پارامترهای بوسیله که ای صفحه برون سختی ۱۲و f و f۲۲

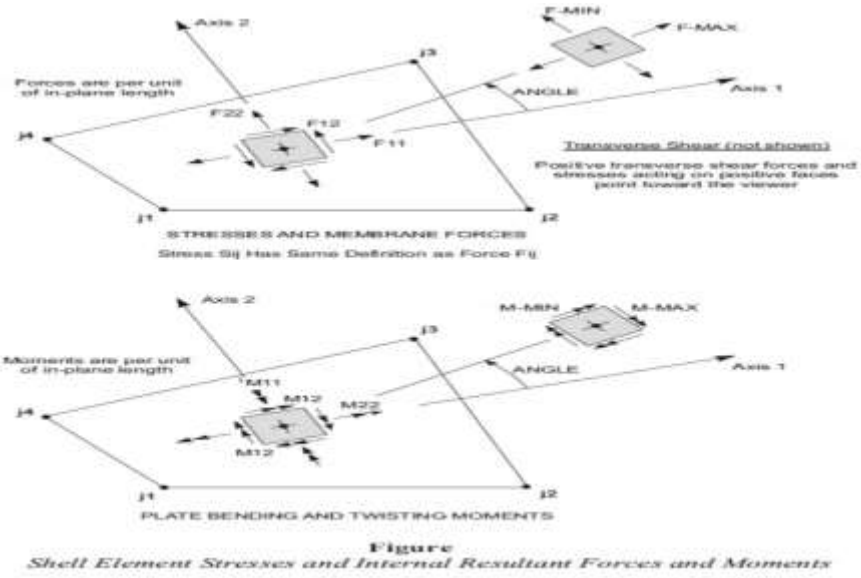


Figure
Shell Element Stresses and Internal Resultant Forces and Moments

ETABS[۷] **شکل (۱)سختی المان ها در**

های پارامتر از استفاده با محلی های محور جهت به بسته محوری و خمشی رفتار ، و حالت دو هر در ، برشی دیوارهای برای .گردد می کنترل f۱۲ پارامتر با برشی رفتار و شود می اصلاح f۲۲ یا f۱۱

.بخش در 318ACI نامه آیین .است نظیر GA shear اصلاح با f۱۲وضریب یا تعدیل با f۲۲ یا f۱۱ ضرایب ها ستون در البته .است داده ارائه را تعدیل ضرایب و توضیح دهند، می گسترش را خمشی های شکل تغییر که لاغری اثرات ۱۰ در جهت اصلاحاتی صفحه خارج خمش بخاطر ها سقف برای .است نشده داده GA shear اصلاح با رابطه در پیشنهادی است [۸]. لازم ۱۱m ، ۲۲m , ۱۲m پارامترهای از استفاده با ترک گرفتن نظر

www.SID.ir

Archive

ETABS[۹] افزار نرم در اصلاح ضرایب: جدول(۱)

آیین نامه ACI	نرم افزار ETABS
تیرها*Ig۰.۳۵	I۲۲ = I۳۳ = ۰.۳۵
ستون ها*Ig۰.۷۰	I۲۲ = I۳۳ = ۰.۷۰
دیوار ترک نخورده*Ig۰.۷۰	با المان Shell مدل شود ← f۱۱, f۲۲ = ۰.۷۰
دیوار ترک خورده*Ig۰.۳۵	با المان Shell مدل شود ← f۱۱, f۲۲ = ۰.۳۵

این در شود، گیری پیش مفرط طولی گذاری میلگرد از تا شوند نمی طراحی صفحه از خارج خمش برای ها دیوار معمولا از شکل بدین که کرد استفاده m ۱۲ و m ۲۲،m ۱۱ پارامترهای برای ... برابر و کوچک اصلاح ضرایب از توان می حالت می استفاده زمانی m (0 . 35) m۱۱ = m ۲۲ =۱۲m= ۰. ۷ از حال، بهر [۱۰].شود می گیری جلو عددی ناپایداری membrane های المان در 25*lg مسطح، های ورق و ها دال در .باشد مدنظر دیوار در صفحه از خارج خمش که شود می ۱۱اصلاح f ۲۲ f ۱۲ ۱۱ m ۲۲m ۱۲ 0/25= بصورت shell های المان در f۱۱, f۲۲ ,۱۲f 0/25= fبصورت و است گرفته صورت زیر جدول مطابق سختی اصلاحات کوبیاکس سقف سازی مدل برای [۸].شود

کوبیاکس [۱۱] سقف مدلسازی جدول(۲)مشخصات

ارتفاع سقف	وزن مرده کیلو گرم نیرو بر متر مربع	مدیفایر P	مدیفایر M
۳۰	۵۱۱	۰.۶	۰.۳۳
۳۶	۵۳۹	۰.۵۵	۰.۲۲
۳۹	۵۹۹	۰.۵۱	۰.۲۰
۴۷	۶۴۳	۰.۴۷	۰.۱۹
۵۵	۸۰۰	۰.۴۵	۰.۱۸

:است شده انجام زیر مراحل کوبیاکس، سقف سازی مدل جهت

سختی کاهش میزان (.شود گرفته نظر در فنی مشخصات جدول در مندرج ضخامت با و shell صورت به سازه سقف ۱) .است) شده گرفته نظر در جدول در مندرج های modifierدر برشی سختی و خمشی

می ها دال خوردگی ترک که 0/25عدد در خمشی سختی کاهش مقدار حاصلضرب از دال خمشی modifier مقدار ۲) .آید می بدست باشد

فنیانجام می گیرد.لازم به مشخصات جدول در مندرج مشخصات و بارگذاری اساس بر افزار نرم در سازه سقف مدلسازی ۳) گیرد. می انجام بتن درصد ۷۰ وزن با و conceذکر است در تحلیل مصالح دال را بر نوع

.شوند مناسب بندی mesh ها گاه تکیه به بار مناسب انتقال جهت ها ۴)سقف

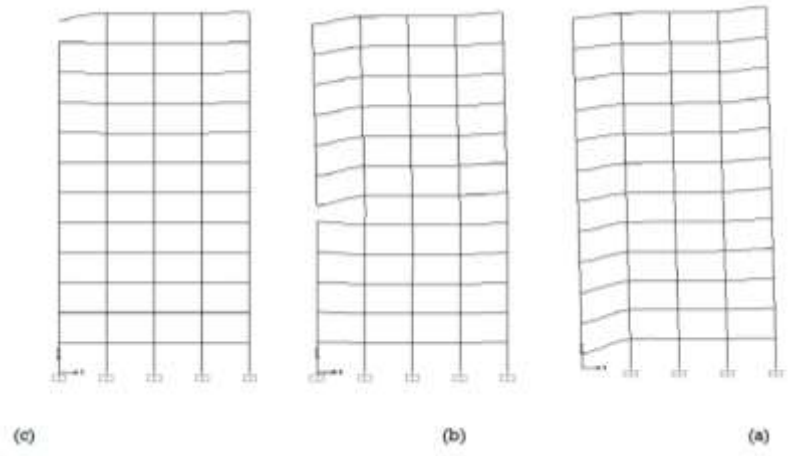
www.SID.ir

Archive

مطابق (سقف با ضخامت هم تیر یک دیوارها طولی محور امتداد در دال در زلزله نیروی اثرات گرفتن نظر در دلیل به ۵) .گیریم[۱۲] می نظر در شهرسازی) و مسکن راه، تحقیقات مرکز توصیه

طبقه دوازده سازه غیرخطی استاتیکی تحلیل

بررسی و C^5 وE ۵ ستون حذف جداگانه حالت دو طبقات، از یک هر در و دهم و ششم اول، طبقات طبقه، دوازده مدل در در حذف مورد ستونهای محل که است ذکر به لازم .است شده آورده ادامه در حالت شش این به مربوط تحلیل نتایج و شدند ستون حذف از پس سازه شکل تغییر های شکل در .است شده انتخابGSA ی نامه آیین از طبقات در همچنین و پلان در گوشه ستون حذف به مربوط a قسمت که است شده داده نشان بار ترکیب اثر تحت دهم و ششم اول، طبقات در گوشه ستون حذف به مربوط C قسمت و بوده سازه ششم طبقه در گوشه ستون حذف به مربوطb قسمت و بوده سازه دهم طبقه .میباشد سازه اول طبقه در گوشه



ستون حذف از پس یافته شکل تغییر طبقه دوازده ی سازه شکل(۲)

بدست نتایج و اول طبقه در ستون حذف حالت دو در طبقه دوازده سازهی تنومندی شاخص مورد در آمده عمل به بررسی در ایجاد تری مطلوب نا اثرات کناری ستون حذف خمشی، قاب با های ساختمان در که است موضوع این از حاکی جدو در آمده شد مشخص بررسی مورد های سازه تمامی در . دارد بدنبال را سازه تنومندی شاخص و برشی ظرفیت شدیدتر کاهش و کرده بودن صرفه به مقرون و بودن اجرایی به توجه با بهتری پارامترهای دارای آخر طبقه در پیرامونی برشی دیوار از استفاده که مرتبه میان خمشی های سازه که کرد بیان اینطور مقاومتر ی سازه یک ایجاد و کارایی نظر از میتوان و دارد سایرین به نسبت .دهند نشان پیشرونده خرابی برابر در خود از بهتری های العمل عکس توانند می آخر طبقه در پیرامونی برشی دیوار ایجاد با .دارد صحت بالایی طبقات بخصوص طبقات تمامی در ستون حذف سناریوهای تمامی مورد در نکته این

www.SID.ir

Archive

حالت حذف ستون	شاخص تنومندی
طبقه اول	۰.۱۳٤
طبقه ششم	۰.۹۹
طبقه دهم	۰.۷۵۸

خمشی طبقه ۱۲ سازه در E۵ گوشه ستون حذف جدول(۳)سناریو

حالت حذف ستون	شاخص تنومندی
طبقه اول	۰.٤٤
طبقه ششم	۰.۷٦
طبقه دهم	۰.۰۵

خمشی طبقه ۱۲ سازه در 5cمیانی ستون حذف جدول(۴)سناریو

حالت حذف ستون	شاخص تنومندی
طبقه اول	۰.۳٤
طبقه ششم	۰.۸۹
طبقه دهم	۰.۹۵

خمشی با دیوارهای برشی پیرامون طبقه آخر طبقه ۱۲ سازه در 5Eگوشه ستون حذف جدول(۵)سناریو

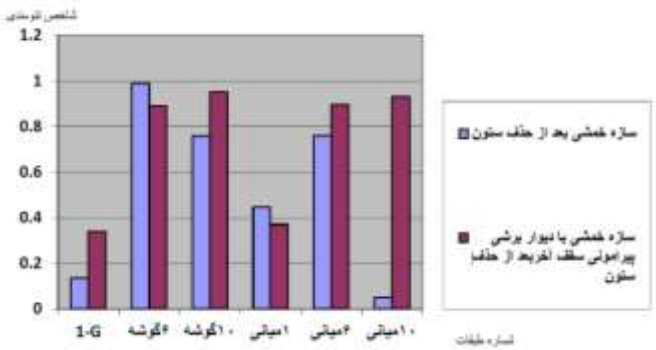
www.SID.ir

Archive

حالت حذف ستون	شاخص تنومندی
طبقه اول	۰.۳٤
طبقه ششم	۰.۸۹
طبقه دهم	۰.۹۵

آخر طبقه پیرامونی برشی دیوار با خمشی طبقه ۱۲ سازه در 5C میانی ستون حذف جدول(۶)سناریو

.است شده شکل۳ ارائه بررسی، مورد ی سازه نه عملکرد چگو نیز و جداول در موجود اعداد از بهتری درک برای

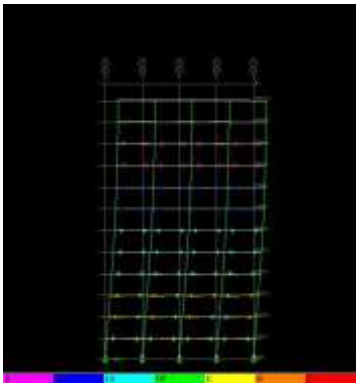


ستون حذف موقعیت در مختلف های سیستم طبقه دوازده ساختمان مدل در تنومندی شاخص شکل(۳)مقایسه

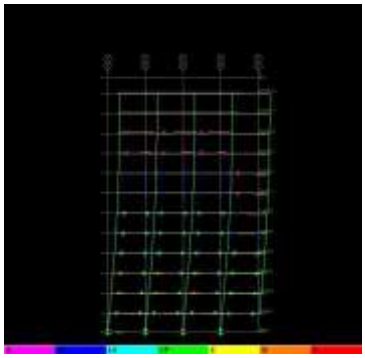
در شود، تسلیم کاملا عرضی مقطع که شود می ایجاد سازهای عضو یک در هنگامی پلاستیک مفصل که مفهوم این به توجه با مشاهده تا است شده ستون حذف گوناگون سناریوهای شده ایجاد پلاستیک مفاصل تعداد بین ی مقایسه بر سعی قسمت این تعداد دلیل به که است ذکر به لازم .خیر یا دهد کاهش را پلاستیک مفاصل تعداد توانسته نظر مورد تقویت طرح آیا که شود در نتایج خلاصه و شده نظر صرف پلاستیک مفاصل تشکیل نحوه به مربوط اشکال آوردن از ، ستون حذف حالات زیاد بسیار .است شده آورده جدول

www.SID.ir

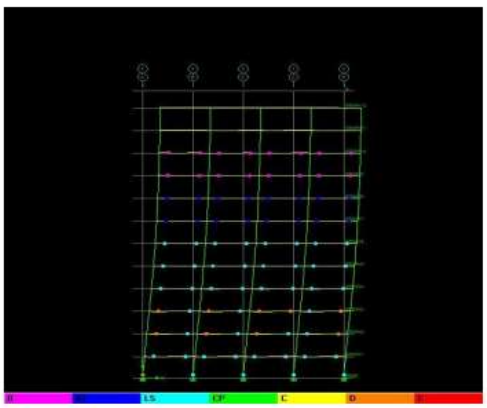
Archive



شکل(۴)سازه مقاوم سازی شده قبل از حذف ستون



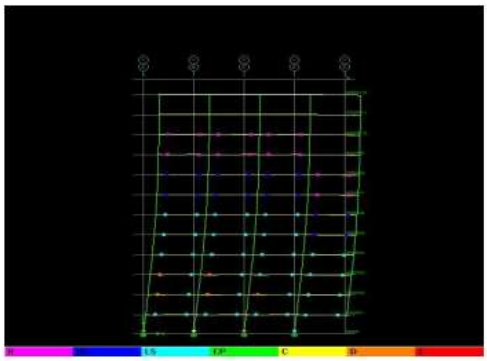
اول طبقه گوشه ستون حذف از بعد خمشی شکل(۵)سازه



خمشی قبل از حذف ستون شکل(۶)سازه

www.SID.ir

Archive



خمشی بعد از حذف ستون گوشه طبقه اول شکل(۷)سازه

تحلیل استاتیکی خطی

تحلیل اولیه ارائه شده در آیین نامه های مختلف تحلیل استاتیکی خطی می باشد. به طورکلی تحلیل استاتیکی خطی ساده ترین تحلیل از میان چهار روش تحلیلی می باشد و بنابراین، این تحلیل در مدت زمان اندکی انجام می شود و به راحت نتایج مورد ارزیابی قرار می گیرند. باوجوداین پیش بینی رفتار واقعی سازه که به علت اثرات دینامیکی و رفتار غیرخطی مصالح در حین حذف ناگهانی یک یا چند عضو سازه ای به وجود می آید، در این تحلیل مشکل به نظر می رسد [۱۳].

تحلیل استاتیکی غیرخطی

تحلیل استاتیکی غیرخطی برای اهداف مختلفی استفاده می شود که شامل تحلیل سازه برای رفتار غیرخطی هندسی می باشد[۱۴].

این روش تحلیل به صورت گسترده ای برای تحلیل سازه ها در برابر بارهای جانبی کاربرد دارد، زیرا درگیر شدن بسیاری از اعضا در مسئله طراحی، طرح بهینه گردیده و در آن به اعضای سازه ای اجازه داده می شود تا رفتار غیرخطی داشته باشند. از طرفی به کمک این روش می توان از طریق یافتن نسبت حداکثر تغییر مکان جاری شدن، میزان شکل پذیری سیستم را تعیین نمود. این روش برای تحلیل خرابی پیش رونده نیاز به کمی اصلاح دارد [۱۵].

تحلیل دینامیکی خطی

در تحلیل های دینامیکی، ضرایب تشدید دینامیکی نیروهای اینرسی و میرایی که در طی تحلیل محاسبه می شوند، ارائه می گردد. تحلیل های دینامیکی خواه خطی باشد یا غیرخطی ،به دلیل در نظر گرفتن این پارامترهای دینامیکی ،پیچیده تر و زمان برتر از تحلیل های استاتیکی هستند [۱۶].

تحلیل دینامیکی غیرخطی

استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی برای بررسی مسئله خرابی پیش رونده دقیق ترین روش موجود بوده و در آن یک عضو باربر اصلی سازه به صورت دینامیکی حذف می گردد. در این تحلیل به مصالح اجازه داده می شود تا وارد محدوده ی رفتار غیرخطی شده و ازاین رو تغییر شکل های بزرگ تر و اتلاف انرژی در اثر جاری شدن مصالح ،ترک خوردگی و شکست رخ خواهد داد. اگرچه واضح است که جواب های این روش، با لحاظ نمودن رفتار دینامیکی پدیده و غیرخطی مصالح، نسبت به سایر تحلیل

www.SID.ir

Archive

ها از دقت بیشتری برخوردار است، اما کاربرد آن نیاز به بررسی گسترده نتایج به دست آمده بوده و بسیار پیچیده می باشد[۱۷]. همچنین از نقاط ضعف این روش تحلیل باید به حساسیت بسیار زیاد آن به داده ها اشاره نمود .به طوری که به کارگیری فرضیات یا مدل سازی نادرست در آن می توان به گزارش نتایج کاملاً نادرست توسط برنامه منتهی شود. علاوه بر این ازلحاظ عملی نیز وقت گیر بودن این روش تحلیل، تعداد درجات آزادی غیرخطی قابل اعمال را محدود می کند تا از پیچیدگی مدل و طولانی شدن زمان تا حد امکان پرهیز گردد [۱۸].

سازی مقاوم ی نحوه

طراحی در اما اند شده احداث و طراحی که شتافت هایی سازه کمک به شده سعی که است صورت مقاله بدین این ساختار آخر طبقه ی در که است بوده صورت بدین سازی است.مقاوم نشده لحاظ مترقبه غیر حوادث با مقابله چگونگی و نحوه آنها ناگهانی حذف به نگام تا شده استفاده برشی دیوار از ساختمان دورتادور یعنی ساختمان بیرونی قابهای در نامبرده های سازه بتواند و کند محدود را آن و جلوگیری ناگهانی بصورت ها ستون قائم مکان تغییر از برشی دیوار سناریو، در نامبرده ستون های سازه تیپ دو از منظور بدین .برساند حداقل به را ها خرابی و شده کلی انهدام از مانع و کرده حفظ را سازه ی اولیه تعادل .است شده بررسی مدل تحلیل نتایج و شده بررسی بام طبقه پیرامون در تنها برشی دیوار با خمشی سازه و تنها خمشی

غیر خواص برگیرنده در که باشد می خطی غیر استاتیکی تحلیل ، پیشرونده خرابی بررسی در معمول های تحلیل از یکی روش غیبت لذا .هستند سازی آل ایده از سطوحی و فرض چندین اساس بر ها روش همه طبیعتا باشد[۱۹]. می مصالح خطی سناریوی تحت جایگزین باربری مسیر روش بر تمرکز پیشرونده، خرابی بررسی جهت استانداردها در دقیق محاسباتی های .سازد می ناگزیر را بحرانی ستون یک حذف

گیری نتیجه

برشی دیوار از پیشرونده، خرابی برابر در موجود های سازه تقویت منظور به که است بوده صورت بدین شده آورده بعمل تحقیق فرضیات و مدلها این برای که شد استفاده خطی غیر استاتیکی تحلیل کمک با سقف کوبیاکس و ساختمان بام دور تا دور در : شد حاصل زیر نتایج شده انجام

- و گذارد می ها سازه ای لرزه عملکرد بر ای ملاحظه قابل تاثیر شده ایجاد خسارت موقعیت پیشرونده خرابی بحث در گوشه های ستون دیدگی آسیب که کرد بیان اینطور توان می ، تحقیق این نتایج به توجه با خمشی قاب بتنی های سازه در شاخص و برشی ظرفیت کاهش در را تری نامطلوب تاثیر و دهد می افزایش را پیشرونده خرابی بروز آنها، حذف و ها سازه .دارد باقیمانده برشی مقاومت اساس بر سازه تنومندی
- پیرامونی برشی دیوار از استفاده بررسی مورد سازه در که شود می برداشت نتیجه این تنومندی شاخص بررسی از طبقه یک در ناگهانی ضعف از و ۲,۵ برابری از بیش بهبود به یعنی به ۰,۳۴ ۰,۱۳۴ از مندی تنو شاخص کمترین آخر سقف شاخص در تری بحرانی حالت گوشه ستون حذف .مینماید جلوگیری گیری چشم حد تا برشی ظرفیت شدید کاهش بخاطر .دهد می نشان خود از تنومندی
- تشکیل پلاستیک مفاصل تعداد شود، استفاده آخر سقف پیرامونی برشی دیوار از سازه سازی مقاوم برای که حالتی در گیر چشم خیلی بطور روش این های دستاورد جزء را آن نمیتوان و داشته خمشی سازه به نسبت زیادی چندان نه کاهش شده .نمیباشند دارا باهم عملکرد بهبود نظر از چندانی تفاوت بخش این در میانی و گوشه ستون حذف و داشت نظر در

www.SID.ir

Archive

منابع و ماخذ

[1] Menchel Kfir, Progressive collapse: comparison of main standards, formulation and validation of new computational procedures, PHD thesis, 2019.p140.

[2] National Institute of Standard and Technology (NIST). Best practices for reducing the potential for progressive collapse in buildings (Draft), 2016. P159.

[3] - Lew, H., "Best practices Guidelines For Mitigation of Building For progressive collapse", 2013.p 54.

[4] - Lew, H. and Ellingwood, B.R. and Smilowitz, R. and Carino, N., "Best Practices for Reducing the Potential for Progressive Collapse in Buildings", 2016. P.41.

[5]. Abdollahzadeh,G.R. & Rashidi Alashti,A. & Tavakoli,H.R. ,2012, 3-D Nonlinear Static Progressive Collapse Analysis of Multi-story Steel Braced Buildings , International Journal of Engineering , ije transaction A: Basics Vol. 26, No. 7, (July 2013) 685

[6] . Hadi N. S. Muhammad & Saeed Alrudaini Thaer M (2016) A New Building Scheme to Resist Progressive Collapse.2012.p163.

[7] Zha Xiaoxiong & Ye Jianqiao (2019) The influence of joints and composite floor slabs on effective tying of steel structures in preventing progressive collaps ، Journal of Constructional Steel Research,p52..

[8] - Kim J, Dawoon An, Evaluation of Progressive Collapse Potential of Steel Moment Frames Considering Catenary Action, The Structural Design of Tall and Special Buildings,2019,p 455.

[9] - Jinkoo kim, Taewan kim, "Assessment of progressive collapse-resisting capacity of steel moment frams", Journal of Constructional Steel Research, 2009p.149.

[10] - Lew, H. and Ellingwood, B.R. and Smilowitz, R. and Carino, N., "Best Practices for Reducing the Potential for Progressive Collapse in Buildings", 2016.p410.

[11] - Ahmad Saad, Aly Said and Ying Tian, "Overview Of Progressive Collapse Analysis" American Society of Civil Engineers, International Committee, Los Angeles Sectıon, 5th International Engineering and Construction Conference, 2018.p.214.

[12] - Saed Ahmad, Overview of Progressive Collapse Analysis and Retrofit Techniques, 5th international engineering and construction conference, Los Angeles,2018.p.410.

[13] - Vlassis ، A.G & Izzuddin ، B.A & Elghazouli ، A.Y & Nethercot ، D.A (، 2008) .Progressive collapse of multi-storey buildings due to failed floor impact Engineering Structures at ScienceDirect,p.42.

[14] Maheri Mahmoud R & Pourfallah Seismic retrofitting method for the jack arch masonry slabs SciVerse ScienceDirect 36 (2012).p 49–60.

www.SID.ir

Archive

[15] - Alashker ، Yasser & El-Tawil ، Sherif (، 2010) ، A design-oriented model for the collapse resistance of composite floors subjected to column loss Journal of Constructional Steel Research at ScienceDirect,p51. ،

[16] - Massarelli Robert & Edward Franquet John & Shrestha Kishor & Tremblay Robert & Rogers ، Colin (2015) Seismic testing and retrofit of steel deck roof diaphragms for building structures ، SciVerse ScienceDirect Thin-Walled Structures 61 239–247

[17] - J. Kim, Y. Jun & J. Park)2010) ، Performance of Building Structures with Outrigger Trusses Subjected to Loss of a Column. 2015 Vol.11.No.108-14.

[18] - Lew, H. and Ellingwood, B.R. and Smilowitz, R. and Carino, N., "Best Practices for Reducing the Potential for Progressive Collapse in Buildings", 2016.p250.

[19] - H. Wibowo & D.T Lau, Seismic Progressive Collapse Qualitative Point of View, Civil Engineering Dimension,2009 Vol.11.No.108-14.

-[۱۹]- Kapil K,El-Tawil S, Progressive collapse analysis of seismically designed steel braced frames, Journal of Constructional Steel Research,2017,p452.

www.SID.ir