



پایگاه استنادی علوم جهان اسلام
۰۲۲۳۰-۱۸۹۳۵

اولین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در رفع موانع

صنعت ساخت و ساز کشور

محور ویژه: عمران (سازه، ژئوتکنیک و مدیریت ساخت)، معماری و شهرسازی

| ۲۹ آذر ماه ۱۴۰۲ - ایران، اهواز |



موسسه آموزش عالی
جهاد دانشگاهی خوزستان

تاثیر آرایش مهاربندی EBF و CBF بر عملکرد قاب های خمشی فولادی متاثر از خرابی پیشرونده

نوید سیاه پلو^{۱*}، رضا شاه ولی کوه شکوری^۲، نگار علیزاده بهبهانی^۳

چکیده

روش های مورد استفاده جهت انجام تحلیل و اعمال سناریو حذف ستون در خرابی پیش رونده، اکثرا برای حالات خرابی پیش رونده به صورت ثقلی و انفجاری است که در آن با حذف ستون و المان مورد نظر بطور کامل انجام می گیرد. در این مقاله به بررسی خرابی پیشرونده و تاثیر آن بر عملکرد رفتار قاب خمشی فولادی (SMRF) با دو آرایش مختلف سیستم مهاربندی شده برون محور و هم محور ویژه با توجه به طراحی لرزه ای پرداخته شده است. بدین منظور قاب های فولادی دو بعدی، متشکل از قاب خمشی تنها و قاب خمشی ویژه دوگانه است. قاب های دوگانه متشکل از قاب خمشی و مهاربند هم محور و یا برون محور است. بدین منظور قاب دو بعدی ۷ طبقه شامل سه تپ دهانه ۲، ۳ و ۵ دهانه و طول دهانه ها برابر ۵ متر به کمک ضوابط طراحی لرزه ای، برای انجام سناریوی خرابی پیشرونده طراحی شده است. نتایج نشان می دهند که میزان جابجایی قائم گره فوقانی ستون حذف شده در قاب های با مهاربند هم محور ویژه نوع X-یک طبقه و X-دو طبقه در مقایسه با سایر قاب های خمشی ویژه با انواع دیگر مهاربند (هم محور ویژه و یا برون محور) کم تر است. علاوه بر این، با افزایش تعداد طبقات، تغییر مکان قائم گره فوقانی ستون حذف شده به ازای حذف ستون از گوشه ی قاب بیش تر از حذف ستون میانی است. همچنین نیروی محوری ستون ها در دهانه های مهاربندی شده به طور متوسط در قاب های با مهاربند هم محور ویژه کوچک تر از قاب های مهاربندی شده با انواع برون محور است.

واژگان کلیدی:

خرابی پیش رونده، طراحی لرزه ای، قاب خمشی فولادی با مهاربند برون محور، قاب خمشی فولادی با مهاربند هم محور، قاب خمشی فولادی

^۱. موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی خوزستان، siahpolo@acecr.ac.ir

^۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی خوزستان

^۳. دانشجوی کارشناسی ارشد موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی خوزستان



پایگاه استنادی علوم جهان اسلام
۰۲۳۰-۱۹۳۵

اولین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در رفع موانع

صنعت ساخت و ساز کشور

محور ویژه: عمران (سازه، ژئوتکنیک و مدیریت ساخت)، معماری و شهرسازی

| ۲۹ آذر ماه ۱۴۰۲ - ایران، اهواز |



موسسه آموزش عالی
جهاد دانشگاهی خوزستان

مقدمه

با توجه به اهمیت موضوع و انواع خرابی های سازه ای در صنعت ساخت و ساز، می توان عوامل مهمی را در فرآیند طراحی و ساخت و سازه ها مورد نظر قرار داد. از آنجا که حوادث و یا خرابکاری های عمدی معمولا رویدادهای غیر قابل پیش بینی هستند نمی توان به طور دقیق آن ها را در طراحی یک سازه قرار داد. یکی از بزرگترین این خرابی ها اولین بار در ۱۱ سپتامبر ۲۰۰۱ میلادی در برج های شماره ۱ و ۲ مرکز تجارت جهانی نیویورک (ایالات متحده ی آمریکا) در اثر آتش سوزی ناشی از انفجار اتفاق افتاد. یکی از عمده ترین تقاضاها، پس از این رخداد حفظ ثبات و پایداری سازه در برابر حوادث این چنینی بود. بر این اساس ASCE 7-16، گسترش خرابی موضعی از یک المان اولیه به المان های دیگر که در نهایت به خرابی کل سازه و یا بخش وسیعی از آن می شود را خرابی پیشرونده نامید. از مهمترین آیین نامه ها در زمینه استاندارد های خرابی پیشرونده می توان به GSA و UFC-04-023-03 اشاره کرد. با رخ دادن حادثه ساختمان پلاسکو تهران (۱۳۹۵) و پس از آن با وقوع فاجعه ی حادثه متروپل آبادان (۱۴۰۱) پدیده ی خرابی پیشرونده بیشتر در کشور ایران حائز اهمیت قرار گرفته است. از آنجایی که یکی از مهمترین عوامل خرابی های پیشرونده بر اثر حذف ناگهانی یکی از سیستم های باربر (ستون) در سازه است به نظر می رسد واکاوی و بررسی اثر این رخداد در سازه ها از جمله سازه های فولادی حائز اهمیت است. حجم زیادی از سیستم های ساختمانی بلند مرتبه در کشور متشکل از قاب های فولادی است. از این رو خیرالدین و همکاران (۱۴۰۰)، تاثیر مهاربند بر عملکرد خرابی پیشرونده در سازه های فولادی را بررسی کردند. نتایج نشان داد استفاده از مهاربند برای تقویت تیر دهانه بزرگ راه حل مناسب و اقتصادی است. اولین مفصل پلاستیک در هر سطح عملکردی از محل نقطه عطف آغاز می شود، که در نتیجه استفاده از المان های با شکلپذیری پایین در این نواحی سبب کاهش شکلپذیری سازه می شود. سازه ها با مهاربند ۷ در بیشتر موارد دارای ابعاد المان کوچکتری نسبت به سازه های با مهاربند شورون بوده و اقتصادی تر اند.

فروتن و طاووسی (۱۳۹۹)، منحنی شکست لرزه ای در سازه های قاب خمشی تحت اثر خرابی پیشرونده را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد با افزایش طبقات سازه، احتمال خرابی پیشرونده افزایش می یابد که این مورد موجب کاهش سطح عملکرد طراحی شده در سازه می شود. علاوه بر آن با افزایش بیشینه شتاب احتمال فراگذشت خرابی سازه از یک سطح معین افزایش یافته است. اتصالات خمشی با فولاد کم مقاومت تحت اثر خرابی پیشرونده راه، کریمیان و همکاران (۱۳۹۸)، مورد مقایسه قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود نسبت تقاضا به ظرفیت اتصال WUF-W با جایگزین کردن فولاد آلیاژی بسیار کمتر است. فرید مهر و همکاران (۲۰۱۵) به ارزیابی خرابی پیشرونده لرزه اتصالات فولادی پرداختند و عملکرد یک اتصال فولادی پیشنهادی جدید در برابر بارگذاری لرزه ای و فروپاشی پیشرونده به صورت تجربی و عددی مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش نشان داد که اتصال پیشنهادی جدید قادر به دستیابی به ظرفیت چرخشی مناسب و توسعه ظرفیت غیر الاستیک کامل تیر اتصال است. همچنان مشاهده شد در یک رفتار چرخه ای با اتصال پیشنهادی ارائه شده، زاویه دررفت طبقه افزایش می یابد. بر اساس نتایج مذکور، اتصال پیشنهادی دارای سختی و شکل پذیری کافی برای طبقه بندی آن به عنوان یک اتصال پر مقاومت و شکل پذیر است. گراسیمیدیس و همکاران (۲۰۱۶)، به بررسی خرابی ناشی از ناپایداری کلی در سازه های بلند مرتبه با سیستم قاب خمشی پرداختند. ارزیابی نتایج نشان داد به طور قطع می توان گفت که با کاهش تعداد دهانه ها امکان بروز ناپایداری کلی در سازه افزایش می یابد. مشهدعلی و همکاران (۲۰۱۶)، اثر خرابی پیش رونده را بر ساختمان های بلند مرتبه با سیستم قاب محیطی مهاربندی شده بررسی کردند. بر اساس نتایج مشاهده شد به علت شکلپذیری بالا در چنین سازه های تغییر مکان گره فوقانی عضو حذف شده کاهش می یابد و در عین حال نیروی محوری ستون ها در سازه افزایش داشته است. پیوستگی در سیستم مهاربندی باعث ایجاد مسیرهای بار جایگزین بعد از حذف اعضا شده است. همچنین به دلیل ساختار خرپاگونه ی این سیستم، نامعینی افزایش یافته که این امر سبب باز توزیع بهتر نیرو ها می شود. سلماسی و شیدایی (۲۰۱۷)، اثر خرابی پیشرونده قاب فولادی با مهاربند واگرا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از این بود که



پایگاه استنادی علوم جهان اسلام
۰۲۳۰-۱۹۳۵

اولین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در رفع موانع

صنعت ساخت و ساز کشور

محور ویژه: عمران (سازه، ژئوتکنیک و مدیریت ساخت)، معماری و شهرسازی

| ۲۹ آذر ماه ۱۴۰۲ - ایران، اهواز |



موسسه آموزش عالی
جهاد دانشگاهی خوزستان

عملکرد مدل های با مهاربندی واگرا V به دلیل ایجاد مسیر بار جایگزین بهتر، مناسب تر از بقیه مهاربندی ها است. علاوه بر آن آرایش دوم مهاربندی ها عملکرد مناسب تری را در سناریو حذف از خود نشان دادند. کریمیان (۲۰۲۰)، حذف ستون داخلی را در سازه های بتنی تحت اثر خرابی پیشرونده لرزه ای مورد مطالعه قرار داد. در تحقیق صورت گرفته حذف ستون با گسترش و توسعه فرو ریزش تدریجی به دلیل بارهای زلزله بررسی گردید. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که مکانیزم خرابی پیشرونده و توزیع فرو ریزش، مستقل از سوابق حرکت زمین است و با توجه به توزیع های فروپاشی تحت بارهای زلزله، احتمال فروپاشی در مراحل اولیه توزیع فروپاشی در تیرهای اطراف و بالای ستون محذوف است. همچنین فروپاشی ابتدا در اطراف محل ستون حذف شده، به صورت عمودی در امتداد ارتفاع سازه رخ می دهد و سپس به صورت افقی در طبقات پخش می شود. پناهی و زهرایی (۲۰۲۱)، عملکرد ساختمان بتنی در پلان (مربع و مستطیل شکل) را تحت خرابی پیشرونده قرار دادند. با استفاده از سناریوی حذف ستون گوشه در طبقه دوم و به روش جایگزین با در نظر گرفتن دستورالعمل GSA و UFC این ارزیابی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد به دلیل گستردگی عرض در یک جهت و عدم تقارن هندسی ساختمان مستطیل شکل، قسمت بالایی ساختمان پس از برداشتن ستون ناگهان در عرض ۱/۵ ثانیه ۱۰ سانتی متر به سمت پایین حرکت می کند. این امر باعث شد بارهای برشی و محوری ستون ها و لنگر خمشی تیرها در مقایسه با ساختمان مربعی تقریباً ۱/۵ برابر افزایش یابد. با وجود بررسی اثر مهاربندها بر خرابی پیشرونده در تحقیقات قبلی، به دلیل تعداد کم مدل ها و نیز یکدست نبودن آن ها از نظر پیکربندی، توسعه نتایج حاصل از آن ها به سایر مطالعات امری دشوار است. به همین دلیل در این مقاله طیف قابل توجهی از قاب های خمشی فولادی با انواع مهاربندهای مختلف مدل سازی شد؛ سپس رفتار این قاب ها در برابر پدیده خرابی پیشرونده به طور هم زمان و در قالب یک مطالعه صورت گرفت و در نهایت نتیجه گیری واحدی ارائه شد. سؤالات اصلی که در این مقاله به دنبال پاسخگویی به آن ها است عبارتند از:

۱. میزان تأثیر هر یک از انواع مهاربندهای مرسوم در جلوگیری از خرابی پیشرونده در قاب های فولادی چگونه است؟
 ۲. با توجه به تعداد دهانه های قاب ها، تأثیرگذاری کدام نوع مهاربند در روند خرابی بیشتر و اثر کدام یک کمتر است؟
- برای پاسخگویی به سؤالات فوق، یک قاب ۷ طبقه خمشی با فرم های مختلف مهاربندی همگرا و واگرا و با رعایت کلیه ضوابط و جزئیات طراحی لرزه ای، انتخاب شدند. قاب های مورد نظر با تعداد دهانه های ۲، ۳ و ۵ دهانه می باشند. سپس با استفاده روش تحلیل دینامیکی غیرخطی و در برابر سناریوی حذف ستون کناری، کلیه مدلها تحلیل و تاریخچه تغییرمکان قائم گه حذف شده، تاریخچه نیروی محوری ستون بحرانی طبقه همکف و تاریخچه تغییرمکان جانبی مدلها ترسیم شدند.

معرفی مدل

در این مقاله از یک قاب دوبعدی ۷ طبقه و ارتفاع طبقات برابر ۳/۲ متر بدون نامنظمی در ارتفاع استفاده شده است. تعداد دهانه های قاب شامل سه تپ ۲، ۳ و ۵ دهانه در طول دهانه ۵ متر به صورت یکسان پیش بینی شده است که در دهانه های کناری قاب (سمت چپ) دارای مهاربندی واگرا و همگرا می باشد. قاب های لحاظ شده متشکل از قاب خمشی تنها و همراه با مهاربند هم محور و یا برون محور است. انواع سیستم های مهاربندی استفاده شده در قاب، مهاربند هم محور و برون محور با پیکربندی V و V معکوس به صورت یک طبقه در میان، مهاربند هم محور X، مهاربند برون محور تک قطری است. پس از تعیین ژئومتری قاب ها و پیش از شروع طراحی ها، باید چند نکته مهم روشن می شد. ابتدا جهت طراحی مدل ها از CSI ETABS 2015 استفاده شد. سپس با توجه به آیین نامه های پشتیبانی شده در این نرم افزار، آیین نامه های تحلیل و طراحی لرزه ای مشخص شد. جهت بارگذاری و تحلیل لرزه ای به ترتیب از ASCE 7 [۱] و استاندارد ۲۸۰۰ [۷۵] (ویرایش ۴) استفاده شد. جنس فولاد مصرفی از نوع ST37 است. مقاطع مورد استفاده در مدل سازی، شامل پروفیل های استاندارد اروپایی و نیز مقاطع ساخته شده از ورق است. برای همه ی ستون ها و مهاربندها از مقاطع



پایگاه استنادی علوم جهان اسلام
۰۲۳۰-۱۸۹۳۵

اولین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در رفع موانع

صنعت ساخت و ساز کشور

محور ویژه: عمران (سازه، ژئوتکنیک و مدیریت ساخت)، معماری و شهرسازی

| ۲۹ آذر ماه ۱۴۰۲ - ایران، اهواز |

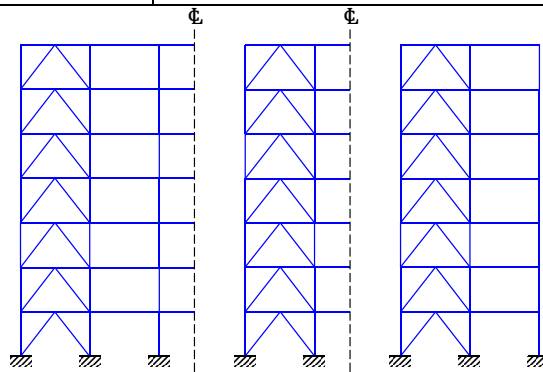


موسسه آموزش عالی
جهاد دانشگاهی خوزستان

جعبه‌ای استفاده شد. تیرها از نوع IPE و IPBI انتخاب شد. در طراحی قاب‌ها فرض بر غالب بودن نیروهای زلزله بوده است و از طراحی در برابر باد صرف‌نظر شده است. نوع خاک مطابق استاندارد ۲۸۰۰ از نوع تیپ III و خطر لرزه‌خیزی همه‌ی مدل‌ها متوسط در نظر گرفته شد. همچنین از اندرکنش خاک و قاب‌ها صرف‌نظر شده است. جهت بارگذاری تیرها، مقادیر بار مرده و زنده در همه‌ی طبقات -و همین‌طور بام- به ترتیب برابر با ۳۰۰۰ و ۱۲۵۰ کیلوگرم بر متر فرض شد. برای محاسبه‌ی جرم لرزه‌ای با فرض کاربری مسکونی، درصد میزان مشارکت بارهای ثقلی در محاسبه‌ی نیروی جانبی زلزله مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ برابر با ۲۰ درصد در نظر گرفته شد. تحلیل مدل‌ها پیش از طراحی نیز به روش دینامیکی خطی و بر اساس همین استاندارد انجام شد. همچنین سازه‌ها در ارتفاع منظم فرض شده‌اند (استاندارد ۲۸۰۰)؛ با این حال کنترل نامنظمی سختی جانبی در همه‌ی مدل‌ها صورت گرفته است. کنترل مستقل قاب خمشی و بدون نظر گرفتن مهاربند برای تحمل حداقل ۲۵٪ نیروهای جانبی بوده است. در تمامی مدل‌های قاب خمشی ویژه مجهز به مهاربند هم محور، کنترل مهاربندها برای تحمل حداقل ۵۰٪ نیروی جانبی در نظر گرفته شده است. در مدل‌های قاب مجهز به مهاربند برون محور، هدف طراحی تیر پیوند، تیر پیوند با رفتار برشی بوده است. طول تیر پیوند (e) برابر با ۲۰ درصد طول دهانه در نظر گرفته شده است. اشاره به این نکته ضروری است که در مدل قاب‌های خمشی ویژه با مهاربند برون محور از نوع تک قطری، به علت محدودیت تعادل فشار و کشش در مهاربندها فقط در دهانه‌های ۳ و ۵ استفاده شده است. در شکل ۱ بصورت نمونه نمای شماتیک قاب خمشی با مهاربند هم‌گرای شورون در سه حالت ۲، ۳ و ۵ دهانه نمایش داده شده است. ضمناً در جدول ۱ نامگذاری اختصاری مدل‌ها بین شده‌اند.

جدول ۱- نامگذاری مدل قاب‌ها

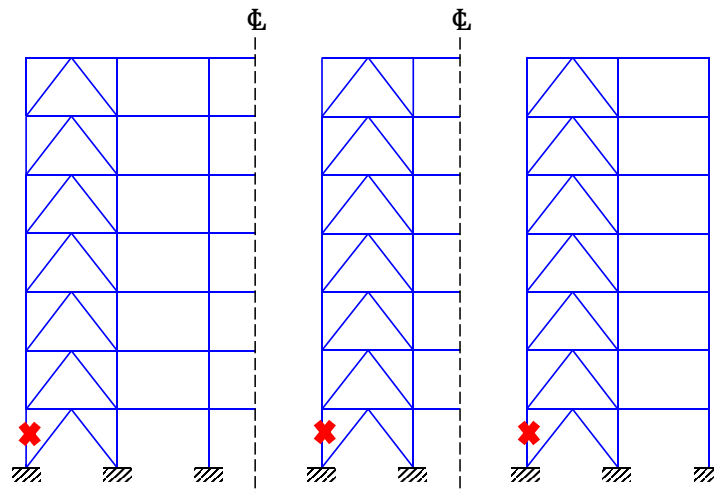
عنوان اختصاری	نام سیستم
SMRF	قاب خمشی تنها
IVSCBF-SMRF	قاب دوگانه‌ی خمشی با مهاربند هم‌محور V معکوس
2XSCBF-SMRF	قاب دوگانه‌ی خمشی با مهاربند هم‌محور X دوطبقه
VSCBF-SMRF	قاب دوگانه‌ی خمشی با مهاربند هم‌محور V
XSCBF-SMRF	قاب دوگانه‌ی خمشی با مهاربند هم‌محور X
IVEBF-SMRF	قاب دوگانه‌ی خمشی با مهاربند برون‌محور V معکوس
2XEbf-SMRF	قاب دوگانه‌ی خمشی با مهاربند برون‌محور X دوطبقه
VEBF-SMRF	قاب دوگانه‌ی خمشی با مهاربند برون‌محور V
DEBF-SMRF	قاب دوگانه‌ی خمشی با مهاربند برون‌محور تک‌قطری



شکل-۱: پیکربندی شماتیک قاب ۷ طبقه (از راست به چپ: قاب ۲، ۳ و ۵ دهانه)

سناریوی خرابی پیشرونده (Progressive Collapse)

عامل بروز بوجود آمدن خرابی پیش رونده در یک سازه می تواند به صورت عمدی یا غیر عمدی باشد. در دستور العمل خرابی پیش رونده GSA اشاره شده است که خرابکاری های عمدی عمدتاً در طبقه ی همکف به صورت برخورد وسیله نقلیه یا انفجار مواد منفجره رخ داده است. همچنین در دستورالعمل UFC-4-023-03 (۲۰۰۵)، جهت ارزیابی خرابی پیش رونده، حذف المان های باربر در طبقات همکف و آخر، طبقه ی میانی (طبقه ای که در تراز نصف ارتفاع ساختمان است) و طبقه ای که مقاطع ستون نسبت به طبقه ی زیرین در آن تغییر داشته است پیشنهاد شده است. همینطور در خرابی پیش رونده اشاره به این نکته ضروری است با افزایش ارتفاع در سازه با در نظر گرفتن احتمال خرابی در طبقات پایینی نیز به دلیل کاهش ابعاد اعضا و در نتسجه کاهش ظرفیت باربری برای بارهای غیر معمول حائز اهمیت است، لذا در طبقات پایینی اعضای کمتری در جذب انرژی سهم می شوند و از این حیث می توان به وضوح به حادثه خرابی پیشرونده در حادثه متروپل آبادان نیز اشاره کرد. در شکل ۳ محل حذف ستون ها در مدل های مختلف ۷ نمایش داده شده است.

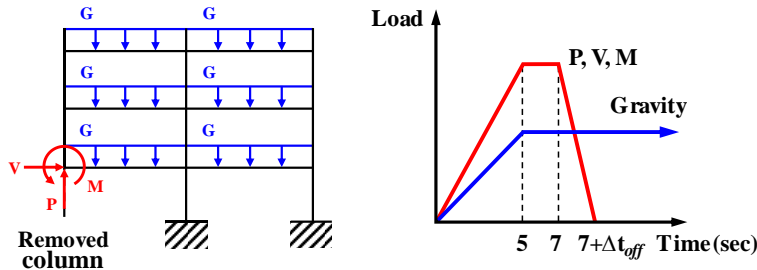


شکل-۳: محل حذف ستون ها در هر سناریو (از راست به چپ: قاب ۲، ۳ و ۵ دهانه)

معرفی مدل غیرخطی و فرضیات تحلیل غیرخطی

در این مقاله برای تولید مدل غیرخطی از نرم افزار SAP2000 استفاده شده است. ویژگی غیرخطی مصالح با استفاده از رویکرد پلاستیسیته متمرکز و به توصیه ی UFC-04-023-03 بر اساس ASCE 41-13 مفاصل پلاستیک به المان ها اختصاص داده شد. برای تیرها از دو مفصل M3 (خمشی) در فاصله ی نسبی ۰/۰۵ از هر دو انتها و یک مفصل M3 در میانه استفاده شد. برای ستون ها دو مفصل P-M3 (اندرکنش محوری-خمشی) در فاصله ی نسبی ۰/۰۵ از هر دو انتها و برای مهاربندها یک مفصل P (محوری) در میانه ی مهاربند تعریف شد. در مدل های قاب خمشی برون محور بر اساس خواسته های ASCE-41-13، برای همه ی المان های دهانه های مهاربندی شده (به جز تیرهای پیوند) از مفاصل دستی نیرو کنترل استفاده شد. مفاصل اعضایی که در دهانه های مهاربندی شده قرار نگرفته اند و هیچ عضو مشترکی نیز با این دهانه ها ندارند، دقیقاً مطابق مفاصل قاب های خمشی تعریف شدند. نوع تحلیل ها بر اساس خرابی پیشرونده UFC-04-023-03 تحلیل غیرخطی دینامیکی (NDP) و غیرخطی استاتیکی (NSP) بوده است که در این مقاله صرفاً تحلیل NDP انجام شده است. در تحلیل NDP، در حالت بار عنوان شده شکل-۴، برای اینکه روند حذف ستون (در واقع حذف نیروهای عکس العمل ستون) به صورت ناگهانی باشد، حذف این نیرو ها در بازه ی زمانی ۷ تا ۷/۰۰۰۱

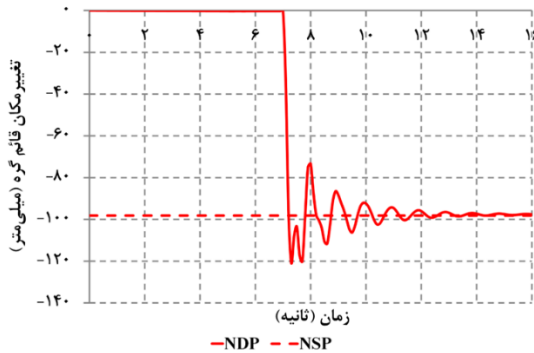
ثانیه ($\Delta t_{off} = 0.0001 \text{ sec}$) انجام شده است. در UFC-04-023-03 مقدار Δt_{off} به حداکثر ۰/۱ دوره تناوب غالب سازه ای که از آن عضو حذف شده است محدود می شود. تعداد گام های زمانی و اندازه هر گام زمانی به ترتیب برابر با ۲۰۰ و ۰/۱ ثانیه در نظر گرفته شده است. در روش NDP برای حل معادلات از روش نیومارک بتا (۰/۲۵) استفاده شده است. در کلیه تحلیل ها از میرایی متناسب رایلی با ضریب استهلاک ۰/۵٪ در کلیه مود ها در نظر گرفته شده است.



شکل ۴- بارهای وارده بر قاب در تحلیل NDP

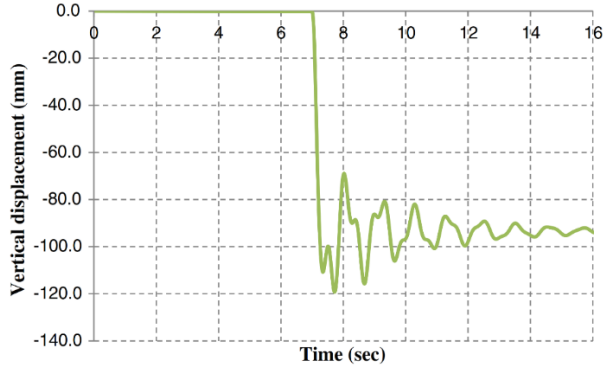
صحت سنجی

به منظور اطمینان از صحت و دقت مدلسازی مدل غیرخطی، از مطالعه مدل رضوانی و همکاران (۲۰۱۵) شکل ۶- استفاده شد. اساس داده های موجود، قاب صحت سنجی در SAP2000 ساخته و تحلیل های موردنظر بر اساس سناریوی انتخابی بر روی آن انجام شد. لازم به ذکر است که برای در نظر گرفتن اثرات غیرخطی در SAP2000 -به جای آنچه رضوانی و همکاران در OpenSees به کار گرفتند- از ۹ مفصل پلاستیک متمرکز در فواصل نسبی ۰/۱ از طول المان ها برای تیرها استفاده شد. برای ستون ها نیز از تنها دو مفصل متمرکز به فواصل نسبی ۰/۰۵ در ابتدا و انتهای آن ها استفاده شد. در شکل ۵ نتیجه ی تحلیل های غیرخطی دینامیکی (NDP) برای بیشینه تغییر مکان گره قائم قابل ملاحظه است. بررسی دو شکل ۵ نشان می دهد که نتیجه بدست آمده از مدلسازی قاب مورد نظر در نرم افزار SAP2000 از منظر صحت شکل و دقت به نتیجه مقاله مرجع بسیار نزدیک است.



(ب) مقاله حاضر

شکل ۵ - نتیجه صحت سنجی مقاله رضوانی و همکاران و مدل غیرخطی توسعه یافته در این مقاله



(الف) مطالعه رضوانی و همکاران

بحث و بررسی

تاریخچه تغییر مکان قائم گره بالای ستون حذف شده

یکی از پاسخ های ارزیابی شده در این مقاله، تاریخچه تغییر مکان قائم گره بالای ستون حذف شده است. در شکل ۶ نتایج مربوط به قاب ۲ دهانه بعنوان نمونه نمایش داده شده است و برای پرهیز از طولانی شدن مقاله، نتایج مربوط به مدل های ۳ و ۵ دهانه صرفاً



پایگاه استنادی علوم جهان اسلام
۰۲۳۰-۱۸۹۳۵

اولین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در رفع موانع

صنعت ساخت و ساز کشور

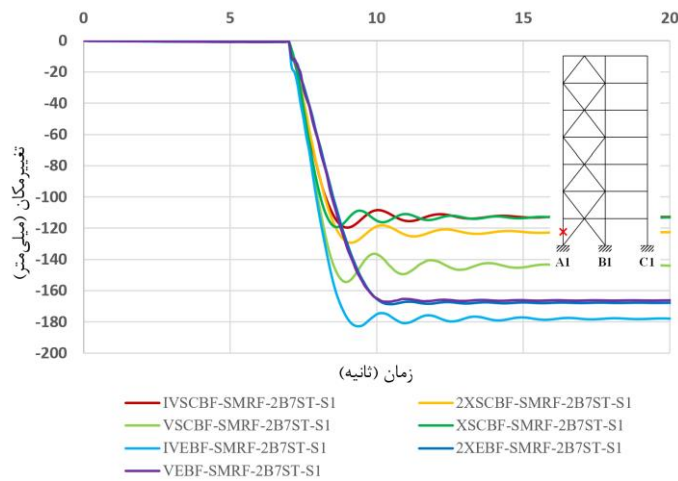
محور ویژه: عمران (سازه، ژئوتکنیک و مدیریت ساخت)، معماری و شهرسازی

| ۲۹ آذر ماه ۱۴۰۲ - ایران، اهواز |



موسسه آموزش عالی
جهاد دانشگاهی خوزستان

تشریح شده اند. از بین تمامی مدل‌ها، مدل SMRF تغییرمکان قائم بزرگ‌تری را تجربه کرده است. تغییرمکان قائم در مدل SMRF در مدل‌های ۲ دهانه ۱/۴ برابر، در مدل‌های ۳ دهانه ۹ برابر و در مدل‌های ۵ دهانه ۸/۲ برابر متوسط تغییرمکان قائم همگی مدل‌ها است. در مدل‌های مهاربندی، با افزایش تعداد دهانه‌ها از ۲ به ۳، کاهش چشمگیری در پاسخ‌ها دیده می‌شود. این کاهش در مدل‌های مهاربندی شده ۸۷٪ است. با افزایش تعداد دهانه‌ها از ۳ به ۵ به‌طور متوسط تنها ۱۹٪ کاهش در پاسخ تجربه شده است. در مدل SMRF این کاهش به ازای افزایش تعداد دهانه‌ها به ۳ و ۵ به ترتیب برابر با ۱۵٪ و ۲۵٪ است. در دو مدل 2XSCBF و XSCBF با افزایش تعداد دهانه‌ها از ۳ به ۵، افزایش ناچیز ۱۳٪ و ۲٪ مشاهده می‌گردد. بیش‌ترین پاسخ‌ها از میان مدل‌های ۳ دهانه در مدل‌های EBF دیده می‌شود. مقدار این پاسخ‌ها به‌طور متوسط ۱۹ برابر میانگین پاسخ‌های مدل‌های SCBF و SMRF است. متوسط تغییرمکان قائم در مدل‌های EBF نسبت به SCBF در مدل‌های ۲ تا ۵ دهانه برابر با ۱/۳۲، ۱/۶۲ و ۱/۲۶ است. در مدل‌های ۳ و ۵ دهانه نیز بیش‌ترین پاسخ‌ها مربوط به مدل‌های DEBF و IVEBF است. میانگین مقادیر پاسخ این دو مدل از متوسط پاسخ تمامی مدل‌های ۳ دهانه ۲۴٪ بزرگ‌تر و از متوسط پاسخ مدل‌های ۵ دهانه ۳۲٪ بزرگ‌تر است.



شکل ۶- تاریخچه‌ی تغییرمکان قائم گره بالای ستون حذف شده در قاب ۷ طبقه ۲ دهانه

تاریخچه‌ی نیروی محوری ستون‌های B1

یکی دیگر از پاسخ‌های ارزیابی شده در این مقاله، تاریخچه‌ی نیروی محوری ستون‌های B1 شده است. در شکل ۷ نتایج مربوط به قاب ۲ دهانه بعنوان نمونه نمایش داده شده است و برای پرهیز از طولانی شدن مقاله، نتایج مربوط به مدل‌های ۳ و ۵ دهانه صرفاً تشریح شده اند. در مدل‌های ۲ دهانه بیش‌ترین نیرو متعلق به مدل SMRF است که ۱۴٪ بیش‌تر از متوسط پاسخ در تمامی مدل‌ها است. در مدل‌های ۳ و ۵ دهانه بیش‌ترین پاسخ مربوط به مدل DEBF است به‌طور متوسط پاسخ این مدل ۳۹٪ از متوسط پاسخ همگی مدل‌های ۳ و ۵ دهانه بیش‌تر است. با افزایش تعداد دهانه‌ها از ۲ به ۳ کاهش نیرو در مدل‌های EBF به‌طور متوسط ۲۵٪ و در مدل‌های SCBF به‌طور متوسط ۱۷٪ است. با افزایش دهانه‌ها از ۳ به ۵ کاهش نیرو در مدل‌های EBF به‌طور متوسط ۵٪ است. با این حال در سه مورد از مدل‌های SCBF افزایش نیرو مشاهده می‌شود که در دو مدل 2XSCBF و IVSCBF این افزایش نیرو قابل توجه‌تر است. در مدل SCBF به‌طور متوسط ۱/۵٪ افزایش در نیروی محوری مشاهده می‌شود. مدل XSCBF کاهش ۴ درصدی را تجربه کرده است. متوسط نیروی محوری در مدل‌های EBF نسبت به SCBF در مدل‌های ۲ تا ۵ دهانه برابر با ۰/۹۸، ۱/۰۱ و ۱/۱۵ است.



پایگاه استنادی علوم جهان اسلام
۰۲۲۳۰-۱۸۹۳۵

اولین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در رفع موانع

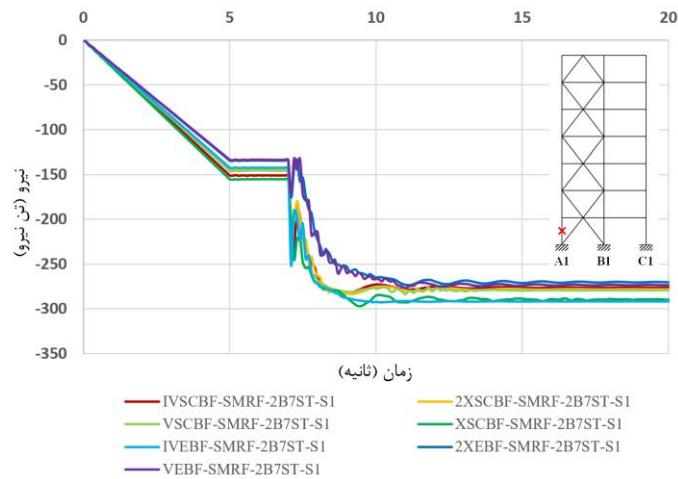
صنعت ساخت و ساز کشور

محور ویژه: عمران (سازه، ژئوتکنیک و مدیریت ساخت)، معماری و شهرسازی

| ۲۹ آذر ماه ۱۴۰۲ - ایران، اهواز |



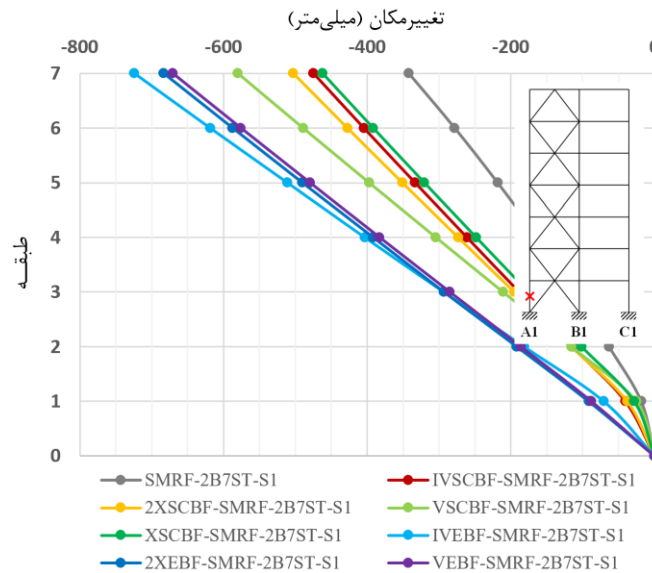
موسسه آموزش عالی
جهاد دانشگاهی خوزستان



شکل ۷ - تاریخچه نیروی محوری ستون BI در قاب ۷ طبقه ۲ دهانه

تاریخچه تغییر مکان جانبی بام

یکی دیگر از پاسخ های ارزیابی شده در این مقاله، تاریخچه تغییر مکان جانبی بام است. در شکل ۸ نتایج مربوط به قاب ۲ دهانه بعنوان نمونه نمایش داده شده است و برای پرهیز از طولانی شدن مقاله، نتایج مربوط به مدل های ۳ و ۵ دهانه صرفا تشریح شده اند. در مدل های ۲ دهانه، تغییر مکان جانبی بام در قاب های SMRF از سایر مدل ها به طور متوسط ۴۲٪ کوچک تر است. با افزایش تعداد دهانه ها از ۲ به ۳، کاهش ۹۳٪ در تغییر مکان جانبی مدل های مهاربندی شده مشاهده می شود. با افزایش مجدد دهانه ها از ۳ به ۵ دهانه به میزان ۱۷٪ کاهش در این مقدار ملاحظه می شود. در مدل های مهاربندی شده ۲ دهانه، کم ترین تغییر مکان جانبی بام مربوط به مدل های IVSCBF، XSCBF و 2XSCBF است. متوسط تغییر مکان های این ۳ مدل از متوسط پاسخ همه ی مدل های ۲ دهانه ۲۰٪ کوچک تر است. تنها پاسخ دو مدل IVEBF و DEBF به میزان ۵۰٪ از متوسط این تغییر مکان ها بیش تر است.



شکل ۸ - بیشینه ی تغییر مکان جانبی طبقات در قاب ۷ طبقه ۲ دهانه



پایگاه استنادی علوم جهان اسلام
۰۲۲۳۰-۱۸۹۳۵

اولین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در رفع موانع

صنعت ساخت و ساز کشور

محور ویژه: عمران (سازه، ژئوتکنیک و مدیریت ساخت)، معماری و شهرسازی

| ۲۹ آذر ماه ۱۴۰۲ - ایران، اهواز |



موسسه آموزش عالی
جهاد دانشگاهی خوزستان

بحث و نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی تاثیر آرایش مهاربندی متاثر از خرابی پیشرونده در قاب های خمشی فولادی مجهز به مهاربند هم محور و برون محور ویژه با توجه به طراحی لرزه ای پرداخته شد. قاب های ساده و خمشی ۷ طبقه با سه تیپ دهانه متفاوت ۲، ۳ و ۵ به طول ۵ متر، با آرایش مهاربندی واگرای ویژه و همگرای ویژه (با پیکربندی V و V معکوس به صورت یک طبقه در میان، مهاربند هم محور X، مهاربند برون محور تک قطری) انتخاب شدند. در سناریوی حذف ستون، یک ستون از گوشه قاب در نظر گرفته شد. حذف ستون در هر سناریوی مد نظر از تراز طبقه همکف انجام شد. تمامی مدل هل بر اساس خرابی پیشرونده UFC-04-023-03 تحت تحلیل غیرخطی دینامیکی (NDP) مورد ارزیابی قرار گرفته شد. پاسخهای ارزیابی شده عبارتند از تاریخچه تغییر مکان گره بالای ستون محظوف، تاریخچه نیروی محوری ستون مجاور دهانه حذف ستون و تاریخچه تغییر مکان مطلق طبقات. در محدوده فرضیات نتایج این مقاله نشان می دهد که با افزایش تعداد طبقات، افزایش ۱/۵ و ۳/۵ برابری در نیروی محوری ستون های مجاور دیده می شود. با افزایش طبقات در ستون B1 در مدل های ۳ و ۵ دهانه نیروی محوری بسیار نزدیک به یکدیگر را تجربه می کنند و اثر افزایش نیروی محوری حاصل از افزایش دهانه ها از ۳ به ۵ آنچنان محسوس نبوده است. تغییر مکان قائم تغییر مکان قائم گره A1 در مدل های ۳ و ۵ دهانه نشان داد با افزایش طبقات تقریبا نزدیک بهم بوده و در واقع اثر افزایش تعداد دهانه ها بر تغییر مکان قائم گره تغییر چندانی نداشته است. مدل SMRF از سایر مدل ها تغییر مکان قائم بیش تری را تجربه کرده است. بعلاوه در مدل های ۲ دهانه ی ۷ طبقه دو مدل XSCBF و IVSCBF کمترین تغییر مکان قائم را دارند. با افزایش تعداد طبقات و کاهش دهانه ها، افزایش در تغییر مکان جانبی بام مشاهده می شود. بیشینه دررفت طبقه بام در مدل های ۲ دهانه به طور قابل توجهی بیشتر از مدل های ۳ و ۵ دهانه است. کمترین تغییر مکان جانبی بام در مدل های ۲ دهانه ی ۷ طبقه مربوط به مدل 2XSCBF است. بعلاوه در مدل های ۳ و ۵ دهانه نیز مدل IVSCBF کمترین مقدار تغییر مکان جانبی بام را دارد.

منابع

- ۱- هیات ویژه گزارش ملی بررسی حادثه ساختمان پلاسکو. ۱۳۹۶. «متن نهایی گزارش ملی پلاسکو». تهران.
 - ۲- فواد اشتری. ۱۳۹۵. «ریزش پلاسکو». خبرگزاری تسنیم.
 - ۳- معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور. ۱۳۹۲. «نشریه ۳۶۰-دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود». سازمان برنامه و بودجه.
 - ۴- وزارت مسکن و شهرسازی، معاونت مسکن و ساختمان. ۱۴۰۱. طرح و اجرای ساختمان های فولادی (مبحث دهم مقررات ملی ساختمان). تهران. توسعه نشر ایران.
 - ۵- علی خیرالدین، زهرا پاکدل، و فهمیه مالکی. ۱۴۰۰. «بررسی تاثیر مهاربند بر عملکرد و انهدام پیشرونده در سازه های بلند فولادی با دهانه های بزرگ و ورودی به همراه حذف ستون». مجله علمی-پژوهشی مهندسی عمران مدرس 3, no. 21, vol.
 - ۶- احمد کریمیان، ارسطو دامغانی، و علاالدین بهروش. ۱۳۹۸. «مقایسه خرابی پیشرونده در اتصالات خمشی با فولاد کم مقاومت». فصلنامه آنالیز و سازه 1, no. 16, vol.
 - ۷- پوریا فروتن راد، و شهریار طاووسی تفرشی. ۱۳۹۹. «ارزیابی منحنی شکست لرزه ای در سازه های قاب خمشی با خرابی پیشرونده». پنجمین همایش بین المللی عمران، معماری و شهر سبز پایدار.
- ^۸Karimiyan, S. 2020. "Collapse Distribution Scenario in Seismic Progressive Collapse of RC Buildings Caused by Internal Column Elimination." Iranian Journal of Science and Technology, 1-12 (pp).
- ^۹Panahi, S. and Zahrai, S, M. 2021. "Performance of Typical Plan Concrete Buildings Under Progressive Collapse." Structure Journal, 31(2021): 1163-1172.
- ^{۱۰}Salmasi, A, C. and Sheidaii, M, R. 2017. "Assessment of Eccentrically Braced Frames Strength Against Progressive Collapse." International Journal of Steel Structure, 17(2017): 543-551.



پایگاه استنادی علوم جهان اسلام
۰۲۳۰-۱۸۹۳۵

اولین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در رفع موانع

صنعت ساخت و ساز کشور

محور ویژه: عمران (سازه، ژئوتکنیک و مدیریت ساخت)، معماری و شهرسازی

| ۲۹ آذر ماه ۱۴۰۲ - ایران، اهواز |



موسسه آموزش عالی
جهاد دانشگاهی خوزستان

- ^{۱۱}Mashhadali, N. Kheyroddin, A. and Zahiri-Hashemi, R. 2016. "Dynamic Increase Factor for Investigation of Progressive Collapse Potential in Tall Tube-Type Buildings." Journal of Performance of Constructed Facilities, 30(2016): 0401-6050
- ^{۱۲}Rezvani, F. Yousefi, A. M. and Ronagh, H. R. 2015. "Effect of Span Length on Progressive Collapse Behaviour of Steel Moment Resisting Frames." Structure Journal, 3(2015): 81-89.
- ^{۱۳}FEMA 356. 2000. Federal Emergency Management Agency. Prestadnard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Washington, Dc. 2000.