



هفتمین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار و عمران شهری

7th International Conference on Sustainable Development & Urban Construction

اثر میانقاب‌های ساندویچ پانل در خرابی پیشروندهی قاب‌های بتنی

رکسانا محمدی باغملائی

دانشجوی کارشناسی ارشد، سازه، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر

r.mohamadi.b@gmail.com

سید شاکر هاشمی

استادیار، سازه، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر

hashemishaker@yahoo.com

مهرناز چوبینه

دانشجوی کارشناسی ارشد، سازه، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر

mehrnaz.choubineh@gmail.com

چکیده

امنیت سازه همیشه در طراحی پروژه‌های مهندسی عمران امری کلیدی بوده است. یکی از مهم‌ترین مسائلی که در مباحث سازه‌ای پدافند غیرعامل مطرح می‌شود، بحث خرابی پیشرونده در سازه‌ها است. همچنین علی‌رغم این که عموماً از وجود میانقاب به عنوان یک عضو غیرسازه‌ای در طراحی سازه‌ها صرف‌نظر می‌شود؛ تحقیقات نشان می‌دهد که وجود میانقاب، باعث افزایش چشمگیر سختی، مقاومت و تغییر در شکل پذیری سازه می‌شود. این موضوع ممکن است اثر مطلوب و یا نامطلوبی بر رفتار سازه‌ها داشته باشد. در این مقاله به بررسی اثر وجود میانقاب، از نوع ساندویچ پانل، بر خرابی پیشرونده در قاب‌های بتنی با استفاده از نرم افزار **SAP2000** پرداخته می‌شود. هدف اصلی استفاده از این روش برای کاهش خرابی است. نتایج نشان داد در نظر گرفتن اثر میانقاب در مدل‌سازی موجب تفاوت چشمگیری در پاسخ کلی سازه در برابر خرابی پیشرونده می‌شود؛ به طوری که وجود میانقاب باعث کاهش خرابی در سازه می‌شود و سازه در مدت‌زمان کوتاه‌تری به حالت پایدار خود می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: خرابی پیشرونده، ساندویچ پانل، سازه‌های بتنی



هفتمین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار و عمران شهری

7th International Conference on Sustainable Development & Urban Construction

۱- مقدمه

بررسی ساختمان‌ها در برابر خرابی پیشرونده با استفاده از مسیر جایگزین بار، سه نوع تحلیل استاتیکی خطی، استاتیکی غیرخطی و دینامیکی غیرخطی پیشنهاد می‌شود. تحلیل استاتیکی خطی ابتدایی‌ترین و ساده‌ترین روش تحلیل خرابی پیش‌رونده می‌باشد و تحلیل دینامیکی غیرخطی دقیق‌ترین و تواناترین روش برای ارزیابی پتانسیل خرابی پیش‌رونده در یک سازه در اثر حذف یک المان باربر است. در تحلیل دینامیکی غیرخطی یکی از اعضای سازه بطور دینامیکی حذف می‌شود. این روش تحلیل، بیشترین انطباق را با واقعیت دارد و معیارهای ارزیابی عملکرد سازه که در این روش به کار رفته است، واقع‌بینانه‌ترین مقادیر را دارا هستند. پس از حملات تروریستی ۱۱ سپتامبر برای اولین بار بحث خرابی پیشرونده به صورت جدی در میان محققان مطرح شد.

یکی از قسمت‌های مهم ساختمان که نقش عمده‌ای در رفتار سازه در برابر بارهای وارده دارد، میانقاب است. یک میانقاب واقع شامل سه مولفه: اسکلت سازه‌ای، پرکننده و سطح مشترک بین قاب و پرکننده است. پرکننده‌ها برای پرکردن نواحی بین تیرها و ستون‌ها استفاده شده که نما یا دیواربرشی را ایجاد می‌کنند و در رفتار سازه ساختمانی در ترکیب با قاب شرکت می‌کنند [۸]. در نظر گرفتن میانقاب‌ها فقط به عنوان اعضای غیرسازه‌ای در جهت اطمینان نیست، زیرا اگرچه از نظر مقاومت سازه محافظه کارانه است (این دیوارها با مقاومت کافی که به سازه می‌دهند، در تحمل نیروی زلزله و در نتیجه پایداری کل سازه تاثیر مثبت دارند)، با تحمیل سختی اضافی سبب می‌شوند که قاب‌ها تحت تاثیر نیرویی بیشتر از آنچه که برای آن طراحی شده‌اند قرار گیرند. در واقع، میانقاب نیروی زیادی را منتقل می‌کند که در سیکل‌های اول بارگذاری دچار شکست گردیده و نیرو به ستون‌ها منتقل می‌شود و از آنجا که ستون‌ها برای نیروی

طی سال‌های اخیر موارد مهمی از وقوع خرابی در سازه‌ها تحت اثر شرایط بارگذاری غیرعادی شدید ناشی از آتش، ضربه و یا انفجار را می‌توان یافت که منجر به خسارات اقتصادی سنگین و از دست رفتن جان انسان‌ها شده است. یکی از مکانیزم‌های خرابی در سازه‌ها، خرابی پیش‌رونده است که در آن یک یا چند عضو سازه‌ای در اثر ضربه و یا عوامل دیگر به طور آنی فروریخته و سازه به صورت پیش‌رونده خراب می‌شود. بازتوزیع بارهای ناحیه‌ی خراب شده، سبب خرابی دیگر اجزای سازه‌ای شده و در نتیجه خرابی کل سازه و یا بخش مهمی از آن حاصل می‌شود. عواملی که می‌توانند سبب وقوع این پدیده شوند عبارت‌اند از: انفجار گاز، آتش‌سوزی، برخورد اتومبیل، بارگذاری تصادفی بیش از اندازه روی اعضا، خطای ساخت، انفجار و غیره [۱]. به طور کلی سه روش کنترل رویداد، روش طراحی غیرمستقیم و روش طراحی مستقیم برای کاهش خطر خرابی پیش‌رونده وجود دارد، در روش طراحی مستقیم از دو راهکار مقاومت موضعی ویژه و مسیر جایگزین برای کاهش خطر فروریزش استفاده می‌شود. روش مسیر جایگزین نیاز به تعیین بار غیرعادی ندارد و پایداری کلی سازه را با حذف المان باربر بررسی می‌کند. از این رو، این روش به عنوان اقتصادی‌ترین و منطقی‌ترین روش در آیین‌نامه‌ها استفاده می‌شود. آیین‌نامه‌های UFC [۲] و GSA [۳] از روش مسیر جایگزین برای طراحی سازه در برابر خرابی پیش‌رونده استفاده می‌کنند. در این دو آیین‌نامه، پایداری کلی سازه با حذف ستون‌های بحرانی ساختمان بررسی می‌شود. جهت

² General Services Administration

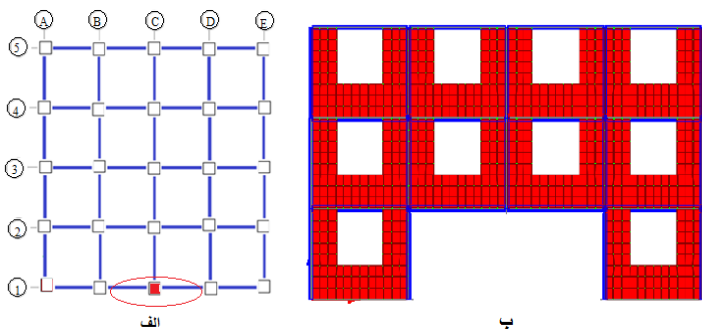
¹ Unified Facilities Criteria



دینامیکی غیرخطی در خرابی پیشرونده مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۲- مواد و روش ها

در این تحقیق سه قاب ۶،۳ و ۹ طبقه با سیستم قاب خمشی بتنی متوسط بر روی خاک نوع II در منطقه با خطر نسبی زلزله خیلی زیاد مورد بررسی قرار گرفته است. ارتفاع طبقات ۳/۲ متر و طول دهانه تیرها ۳/۲ متر در نظر گرفته شده است. شکل ۱ پلان سازه و موقعیت حذف ستون در قاب سازه سه طبقه را نشان می دهد. سقف ها از نوع تیرچه بلوک بوده و با اختصاص دیافراگم صلب به تمام طبقات سازه تعریف شده است.



شکل (۱). الف) پلان سازه مورد بررسی، ب) نمای قاب سازه سه طبقه و موقعیت حذف ستون و میانقاب

برای بررسی پتانسیل خرابی پیشرونده سازه ها، در محیط نرم افزار SAP2000 مدل سازی شده اند. پس از بارگذاری و طراحی اولیه، به منظور تحلیل غیر خطی سازه، بایستی مفاصل پلاستیک به المان ها اختصاص داده شود. در این پروژه از مفاصل اندرکنشی Fiber PMM استفاده شده است.

کمتری طراحی شده اند، این انتقال ناگهانی باعث شکست ستون می شود. میانقاب ها تاثیر بسزایی در پاسخ سازه تحت بار جانبی دارند. تحقیقات نشان می دهد که این المان ها در پاسخ سازه تحت بارهای قائم و جانبی و همچنین در کنترل تخریب پیشرونده تاثیر گذارند.

در سال ۲۰۰۸ مهرداد ساسانی پاسخ هتل San Diego را پس از حذف دو ستون خارجی مجاور ارزیابی کرد. نتایج نشان داد که در این سازه رفتار دوجبهتی ی قاب های طولی و عرضی با مشارکت میانقاب ها مکانیزم اصلی برای بازتوزیع بارها هستند و تغییر مکان ساختمان در برابر خرابی پیشرونده بدون در نظر گرفتن میانقاب، تقریباً ۲/۴ برابر پاسخ ساختمان با در نظر گرفتن میانقاب است [۴]. در سال ۲۰۱۱ Lupae M. و همکاران مساله را در شرایط با و بدون بازشو برای دو سناریوی مختلف حذف ستون (انهدام و انفجار) ارزیابی کردند. مشاهده شد که بعد از حذف المان عمودی، بخش اصلی بارهای ثقلی اضافی توسط میانقاب های بالای ستون تحمل می شود. در شرایط انفجار سطح میانقاب ها به عنوان یک مانع در برابر انتشار موج شوک عمل می کنند و پتانسیل خرابی افزایش می یابد [۵]. در سال ۲۰۱۶ Li S. و همکاران با استفاده از مدل آزمایشگاهی با مقیاس ۱/۳ و مدل المان محدود نتیجه گرفتند که میانقاب ها حین خرابی پیشرونده به عنوان دستک های فشاری معادل رفتار می کنند و می توانند مقاومت و سختی اولیه را افزایش دهند ولی مد شکست قاب را تغییر می دهند [۶]. در سال ۲۰۱۶ Shan S. و همکاران با استفاده از مدل آزمایشگاهی با مقیاس ۱/۳ نتیجه گرفتند برای موردی با بارگذاری خارجی بزرگ یا سازه ی ضعیف در برابر خرابی پیشرونده، میانقاب ها ممکن است منجر به خرابی بیش تر سازه شوند [۷].

در این تحقیق ضمن ارائه روش دقیق برای مدلسازی میانقاب های با و بدون بازشو، اثر ساندویچ پانل بر رفتار سازه تحت تحلیل

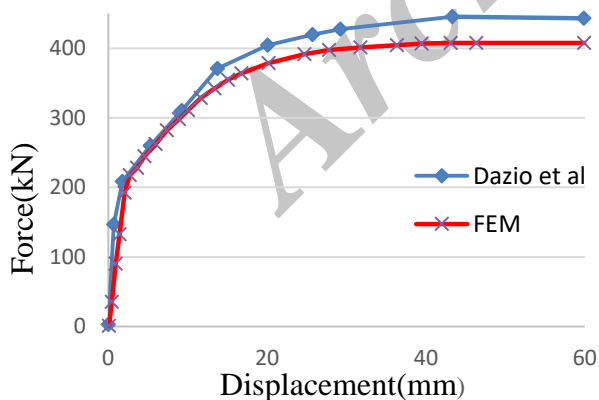


هفتمین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار و عمران شهری

7th International Conference on Sustainable Development & Urban Construction

در این تحقیق از دیوار های پانلی پیش ساخته ی سبک به عنوان میانقاب استفاده شد. پانل پیش ساخته ی سبک شامل دو صفحه شبکه ی جوش شده ی فولادی است که یک هسته ی عایق در میان آن قرار گرفته و توسط تعدادی اعضای خرپایی به یکدیگر متصل شده اند که بعد از نصب، بتن از دو طرف روی آن پاشیده می شود. استفاده از این پانل ها به طور فزاینده ای در صنعت ساختمان رو به گسترش است.

به منظور مدل سازی میانقاب از المان پوسته ی غیرخطی (*Nonlinear Shell*) موجود در نرم افزار *SAP2000* استفاده شد. در این المان امکان مدل سازی صفحات بتن و میلگرد به صورت لایه لایه فراهم شده است. صحت سنجی این قسمت با استفاده از داده های آزمایشگاهی *Dazio* و همکاران انجام شد [۸]. در شکل ۲ تغییر مکان *Ux* و نیروی جانبی دیوار از نرم افزار *SAP2000* برداشت شده و با مقادیر آزمایشگاهی مقایسه شده است.



شکل (۲). مقایسه ی نمودار آزمایشگاهی و نتایج مدل سازی در نرم افزار *SAP2000*

مدل فایبر روشی است که در آن به منظور مدل سازی رفتار غیرخطی المان ها به صورت دسته ای از رشته های طولی در نظر می گیرد و از جمع اثر رفتار رشته ها و یا فایبرها، رفتار مقطع برآورد می شود. در این مفاصل نیروی وارد به هر فایبر برابر مجموع تنش های روی سطح اختصاص داده شده به آن از مقطع اصلی است. به دلیل تقسیم بندی هر مقطع به بخش های متعدد و تحلیل هر بخش به صورت جداگانه، این مفاصل عملکرد مناسب تری خواهند داشت.

هر مفصل پلاستیک به صورت یک مفصل نقطه ای مجزا مدل می شود. تمامی تغییر شکل های پلاستیک چه انتقالی یا دورانی در این مفصل نقطه ای روی می دهد. این بدین معناست که باید یک طول برای مفصلی که کرنش پلاستیک یا انحنای پلاستیک روی آن جمع زده می شود فرض گردد. این طول معمولاً نسبتی از طول عضو و تابعی از عمق مقطع به ویژه در مفاصل خمشی است. این طول به بار اعمالی، شرایط مرزی عضو و هندسه ی مقطع بستگی دارد انتخاب آن کار چندان ساده ای نیست، هر چند که راهنمایی هایی توسط *FEMA-356* داده شده است. به سبب تفاوت های اساسی در تعریف حالت حدی نهایی، روش های مختلف آزمایش، ابعاد نمونه و صفحه بارگذاری و روش اعمال بار بر روی عضو بتنی، نتایج آزمایشات برای تعیین طول مفصل پلاستیک دارای پراکندگی قابل ملاحظه ای می باشند. در این تحقیق طول مفصل پلاستیک و تعداد آن ها در طول عضو از معادلات تجربی و با مقایسه با داده های آزمایشگاهی *Li* و همکاران (۲۰۱۶) محاسبه شده [۷] و در نهایت از پنج مفصل با طول h ، برابر با عمق تیر، در تیرها و دو مفصل در ستون ها استفاده شده است.



هفتمین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار و عمران شهری

7th International Conference on Sustainable Development & Urban Construction

شدند. مشخصات مصالح و خلاصه ی بار گذاری مورد استفاده به ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

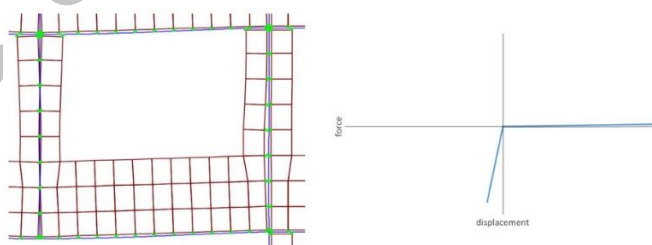
جدول (۱). مشخصات مصالح

مشخصه	مقدار	مشخصه	مقدار
مقاومت		تنش تسلیم	
فشاری بتن	۲۵ MPa	میلگرد	۳۹۲ MPa
قاب		طولی	
مدول		تنش تسلیم	
الاستیسیته ی	۲۶۵۱۷/۶ MPa	میلگرد	۲۹۴ MPa
بتن		عرضی	
وزن واحد		تنش تسلیم	
حجم بتن	۲۵۰۰ kg/m ³	میلگرد قائم	۳۸۵ MPa
		میانقاب	
مقاومت		تنش تسلیم	
فشاری بتن	۱۸ MPa	میلگرد افقی	۴۵۰ MPa
میانقاب		میانقاب	

جدول (۲). خلاصه بار گذاری ثقلی سازه

موقعیت	بار مرده	بار زنده
کف طبقات	490 Kg/m ²	200 Kg/m ²
کف بام	520 Kg/m ²	150 Kg/m ²
دیوار خارجی	600 Kg/m	-
معادل دیوار داخلی	100 Kg/m ²	-

در این مدل به کمک المان *Link* اثر جداسدگی قاب و میانقاب اعمال شده است؛ بدین طریق که ابتدا یک فاصله ی اولیه به اندازه ی ۳ cm بین میانقاب و ستون لحاظ شده است. سپس همان گونه که در شکل ۳ نشان داده شده است، در محل تماس، میانقاب و قاب گره های جداگانه ای دارند. بدین طریق، در نواحی جدا شده قاب و میانقاب که در اصل در یک مکان قرار دارند می توانند تحت بار گذاری تغییر مکان های مستقلی داشته باشند. مدل سازی المان *Link* بدین طریق است که در فشار سختی ای به اندازه ی المان ۴ گره ای دارای تنش مسطح دارد و سختی آن در کشش بسیار ناچیز در نظر گرفته شده است.



شکل (۳). نحوه ی مدل سازی المان *Link*

در این پژوهش ساختمان ها به صورت منظم مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان بار گذاری و مطابق آیین نامه ی *ACI* و استاندارد ۲۸۰۰ طراحی شدند. همچنین پانل ها طبق مشخصات پیشنهادی نشریه ۳۸۵ (دستورالعمل طراحی، ساخت و اجرای سیستم های پانل پیش ساخته سبک سه بعدی) مدل سازی



هفتمین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار و عمران شهری

7th International Conference on Sustainable Development & Urban Construction

لولای پلاستیک به عنوان معیار پذیرش برای خرابی پیشرونده در نظر گرفته می‌شود.

در بررسی پاسخ سازه‌ها در تحلیل دینامیکی غیرخطی، نتایج نشان می‌دهد که در تمامی مدل‌ها، از لحاظ خمشی مفصلی در سازه تشکیل نشده است و سازه عملکرد مناسبی دارد. کلیه تیرهای سازه از جمله تیرهای بالای ستون محذوف، قابلیت پل زدن بر روی اعضا دیگر را دارند. بیشترین میزان دوران تیرها در تمامی مدل‌ها مربوط به تیرهای طبقه اول و بالای ستون حذف شده می‌باشد. طبق دستورالعمل UFC معیار پذیرش ستون‌های تحت خمش همان سطح عملکرد Life Safety موجود در دستورالعمل ASCE است. در هیچ کدام از مدل‌ها، تیرها از مقدار مجاز سطح عملکرد خرابی پیشرونده عبور نکرده‌اند و مفصل در سازه تشکیل نشده است. در مدل‌های دارای میانقاب عملکرد برشی تیرها بحرانی تر بوده و در سازه‌ی نه طبقه با ۵۰٪ بازشو تیرهای بالای ستون محذوف در طبقه‌ی اول دچار شکست برشی شده‌اند.

مقایسه و میزان دوران تیرها (رادان) در تمامی مدل‌ها در تحلیل دینامیکی غیرخطی نشان می‌دهد در سازه ۳، ۶ و ۹ طبقه با میانقاب ۳۰٪ نسبت به حالت بدون میانقاب میزان دوران تیرها به ترتیب ۸۵٪، ۶۰٪ و ۶۹٪ کاهش یافته و همچنین در سازه‌ها با درصد باز شو ۵۰٪ نسبت به سازه‌ی بدون میانقاب به ترتیب ۴۷٪ کاهش، ۳۲٪ افزایش و ۶۹٪ کاهش یافته است که بیانگر این است که در اکثر مواقع وجود میانقاب باعث کاهش چشمگیری از میزان خرابی در سازه‌ها می‌شود (شکل ۴).

نامگذاری هر مدل براساس تعداد طبقات و درصد بازشوی میانقاب صورت گرفته است. بدین ترتیب که نام هر مدل به شکل $SL-PN$ است که L بیانگر تعداد طبقات سازه، N بیانگر درصد بازشوی میانقاب است.

در ارزیابی اعضا تحت خرابی پیشرونده، براساس آیین‌نامه UFC کلیه تحلیل‌ها به صورت سه بعدی انجام شده است. مفاصل پلاستیک از نوع مفاصل فایبر تعریف شده‌اند. از تحلیل دینامیکی غیرخطی و ترکیبات بار ارائه شده در آیین‌نامه UFC استفاده شده است. در این تحقیق به بررسی و ارزیابی سازه‌های با میانقاب از نوع ساندویچ پانل با درصد باز شو ۳۰٪، ۵۰٪ و سازه‌های بدون میانقاب قاب خمشی بتنی متوسط در برابر خرابی پیشرونده تحت حذف یک ستون و دو میانقاب در سازه پرداخته شده است.

۳- نتایج و بحث

بررسی وضعیت مفاصل

استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی برای مسئله خرابی پیشرونده دقیق‌ترین روش بوده که در آن یک عضو به صورت دینامیکی حذف می‌شود. در این تحلیل مصالح وارد محدوده‌ی غیرخطی شده و و از این رو تغییر شکل‌های بزرگ و اتلاف انرژی در اثر جاری شدن مصالح، ترک خوردگی و شکست رخ خواهد داد. با حذف ستون در طبقه همکف مفاصل تشکیل شده در گام نهایی تحلیل و حداکثر دوران و شکل پذیری

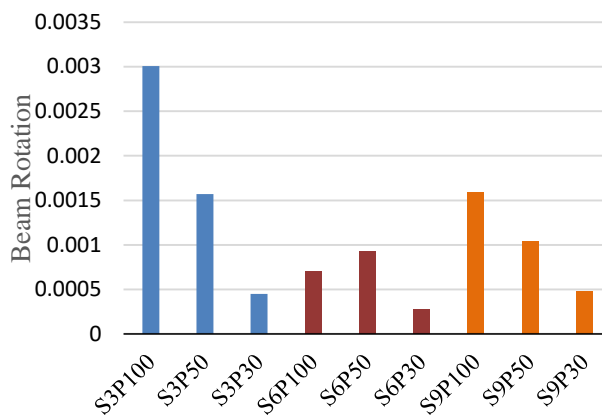


جدول (۳). بیشترین تغییر مکان بالای ستون حذف شده

بیشترین تغییر مکان قائم (mm)	درصد بازشو	طبقه
15.41	100	
7.02	50	3
1.57	30	
4.23	100	
4.87	50	6
1.83	30	
8.71	100	
5.75	50	9
2.34	30	

بررسی نمودار تاریخچه زمانی تغییر مکان قائم

با اجرای تحلیل تاریخچه زمانی به بررسی پاسخ دینامیکی سازه برای حالت حذف یک ستون و دو میانقاب پرداخته می شود. با حذف ناگهانی این ستون در طبقه همکف در تمامی مدل ها و اجرای تحلیل تاریخچه زمانی هیچ گونه مفصل پلاستیکی در گام نهایی تحلیل ایجاد نشده که این بیانگر پایداری سازه در برابر خرابی پیشرونده است. شکل (۵) نتایج تاریخچه تغییر مکان قائم بعد از حذف ستون در سازه های ۶،۳ و ۹ بدون میانقاب را نشان می دهد. شکل (۶) نتایج تاریخچه تغییر مکان



شکل (۴). بررسی وضعیت دوران تیرها در سازه ها و با درصد بازشو متفاوت

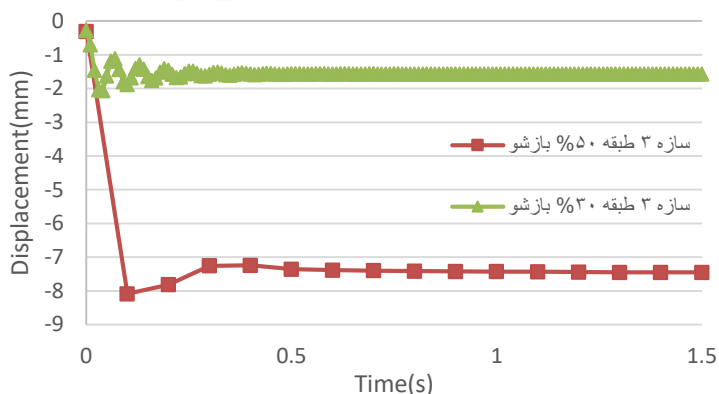
بررسی تغییر مکان قائم سازه

تغییرات مربوط به تغییر مکان قائم (میلیمتر) نقطه بالای ستون خراب شده نشان می دهد در سازه های ۶،۳ و ۹ طبقه سازه های با ۵۰٪ باز شو نسبت به سازه های بدون میانقاب به ترتیب ۵۴٪ کاهش، ۱۵٪ افزایش و ۳۴٪ کاهش تغییر مکان را داشته و در سازه های با ۳۰٪ باز شو به ترتیب ۸۹٪، ۵۶٪ و ۷۳٪ کاهش نسبت به مدل بدون میانقاب داشته است و این بیانگر اثر چشمگیر میانقاب در خرابی پیشرونده است (جدول ۳).



هفتمین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار و عمران شهری

7th International Conference on Sustainable Development & Urban Construction



شکل (۶). تاریخچه زمانی تغییر مکان قائم ستون محذوف در مدل های ۳ طبقه با میانقاب

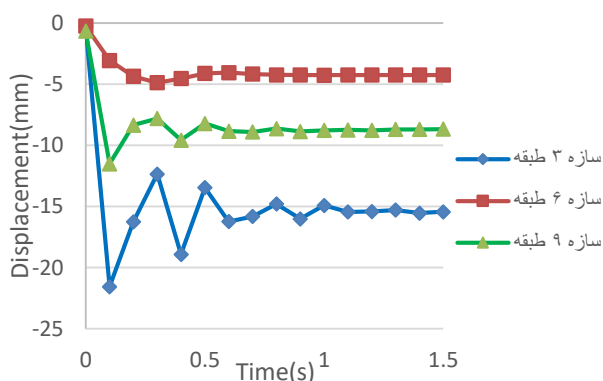
۴- نتیجه گیری

۱- با حذف تک ستون در یک سازه، بیشتر بارهای تحمل شده ناشی از ستون حذف شده به ستون های مجاور که از طریق تیر متصل شده اند اعمال می گردد.

۲- در سازه ۳، ۶، ۹ و ۹ طبقه با میانقاب ۳۰٪ نسبت به حالت بدون میانقاب میزان دوران تیرها به ترتیب ۸۵٪، ۶۰٪ و ۶۹٪ کاهش یافته و همچنین در سازه ها با درصد باز شو ۵۰٪ نسبت به سازه بدون میانقاب به ترتیب ۴۷٪ کاهش، ۳۲٪ افزایش و ۶۹٪ کاهش یافته است که بیانگر این است که در اکثر مواقع وجود میانقاب باعث کاهش چشمگیری از میزان خرابی در سازه ها می شود.

۳- در سازه های ۳، ۶ و ۹ طبقه سازه های با ۵۰٪ باز شو نسبت به سازه های بدون میانقاب به ترتیب ۵۴٪ کاهش، ۱۵٪ افزایش

قائم بعد از حذف ستون در سازه ۳ طبقه با میانقاب با درصد باز شو ۳۰٪ و ۵۰٪ نشان داده شده است، با توجه به اشکال موجود و میزان تغییر مکان سازه های بدون میانقاب در مقایسه با میانقاب نتیجه می شود که وجود میانقاب باعث کاهش چشمگیر خرابی می شود. به عنوان مثال در سازه ۳ طبقه وجود میانقاب با درصد باز شو ۳۰٪ باعث کاهش ۸۹٪ تغییر مکان نسبت به حالت بدون میانقاب شده است. همچنین در سازه های بدون میانقاب میزان ارتعاش سازه در مقایسه با حالت با میانقاب بیشتر بوده و در حالتی که سازه میانقاب دارد، سازه در زمان کمتری به حالت پایدار خود می رسد. توجه شود که در شکل ۶ ارتعاش بیش تر مدل با ۳۰٪ باز شو به علت کوتاه تر شدن گام های زمانی در تحلیل است که به علت طولانی شدن زمان تحلیل بر سایر مدل ها اعمال نشده است.



شکل (۵). تاریخچه زمانی تغییر مکان قائم ستون محذوف در مدل های ۳، ۶ و ۹ طبقه بدون میانقاب



هفتمین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار و عمران شهری

7th International Conference on Sustainable Development & Urban Construction

5. Lupoae, M. , Baciuc, C. , Constantin, D. and Puscau, H., "Aspects concerning progressive collapse of a reinforced concrete frame structure with infill walls", *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, Vol. 2192, No. 1, pp. 2198-2203, 2011.

6. Li, S. , Shana, S. , Zhaia, C. and Xieb, L., "Experimental and numerical study on progressive collapse process of RC frames with full-height infill walls", *Engineering Failure Analysis*, Vol. 59, pp. 57-68, 2016.

7. Shan, S. , Li, S. , Xu, S. and Xie, L., "Experimental study on the progressive collapse performance of RC frames with infill walls", *Engineering Structures*, Vol. 111, pp. 80-92, 2016.

8. Dazio A. , Beyer K. , Bachmann H., "Quasi-static cyclic tests and plastic hinge analysis of RC structural walls", *Engineering Structures*, Vol. 31, pp. 1556-1571, 2009.

و ۳۴٪ کاهش تغییر مکان را داشته و در سازه های با ۳۰٪ باز شو
۴- به ترتیب ۸۹٪، ۵۶٪ و ۷۳٪ کاهش نسبت به مدل بدون
میانقاب داشته است و این بیانگر اثر چشمگیر میانقاب در
خرابی پیشرونده است.

۵- در سازه های بدون میانقاب میزان ارتعاش سازه در مقایسه با
حالت دارای میانقاب بیشتر بوده و در حالتی که سازه با میانقاب
است، سازه در زمان کمتری به حالت پایدار خود می رسد.

۵- منابع مورد استفاده

1. برجعلی، س. ، ایرانی، ف. و نجی، آ. (۱۳۹۳)، "آسیب
پذیری ساختمان قاب خمشی تحت تاثیر گسیختگی
پیشرونده"، پنزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر
کشور، دانشگاه ارومیه، ایران، ۱۳-۱۱ شهریور.

2. Department of Defence (DoD). (2013), "Design of buildings to resist progressive collapse", unified facilities criteria (UFC), 4-023-03, washington (DC).

3. General Services Administration (GSA). (2003), "Progressive collapse analysis and design guidelines for new federal office buildings and major modernization projects", Washington (DC).

4. Sasani, M. (2008), "Response of a reinforced concrete infilled-frame structure to removal of two adjacent columns", *Engineering Structures*, 30 (9), pp 2478-2491.



۶- چکیده انگلیسی

Safety of the structures has always been a key concern in design of civil engineering projects. One of the most important issues being discussed in passive defense matters is the progressive collapse of structures. Also, despite the fact that as a nonstructural component, presence of infill panels is normally neglected in the design procedures of structures, investigations indicate impressive increases in stiffness and resistance and also change in ductility of structures due to existence of infills. This may affect the structures behavior in a favorable or unfavorable way. In this paper Effect of infill panels, in particular sandwich panels, on the progressive collapse of RC structures is assessed by means of SAP2000 software. The main goal is to use this procedure to help reduction of failures in the building. Outcomes showed that taking infills in to account resulted in a significant change in the global response of the structure to progressive collapse in a way that reduced the failures and the structure got back to its steady state in a shorter duration.

Key words: Sandwich panel, Progressive collapse, RC structures