

ارزیابی عملکرد دیوار برشی فولادی با بازشو در ساختمانهای شهری

رضا بمانیان* - دانشجوی دوره دکتری، پژوهشگاه مدیریت بحران شاخص پژوه، اصفهان، ایران.

حمزه شکیب - استاد، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

فرهاد دانشجو - استادیار، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده

Evaluating the performance of steel shear walls with openings in city buildings

Abstract

Building is related to the city in every respect. They are a natural response to the accumulation of population and cost of land. Building will be resulted to justify his answer to the concept of the design and building results. Buildings in the city in terms of resistance and stability need to take advantage of structural systems are appropriate. Steel shear wall system is interesting to researchers for the good performance in absorbing lateral forces such as earthquakes and for this reason used in normal and high-rise buildings in earthquake-prone countries is used because openings make to unavoidable is it, cases few and needs s'beautification and architecture applying of path and position like considerations nonstructural also Steel in openings Requirements. systems installation of neces- are systems structural all like system wall shear consider- design and architecture of terms the to sary enough large be must openings cases these In. ations cases the in used be can they so number and size in severely could openings large such of creation The. cited often and wall the within distribution stress the change loaded wall the of behavior the affects mode failure the mul- off causes the is article this of question main The sys- wall shear steel of behavior the and openings tiple of effect the article this In. openings multiple with tem the on openings multiple of arrangement and position the of terms in studied been has wall of type this of behavior For. analysis dynamic nonlinear using by performance motions ground earthquake seven of set a purpose this systems the to applied and selected appropriately were analyzed were results the and

Keywords: city, building, steel plate shear wall, multiple openings.

ساختمان‌ها از هر لحاظ به شهر مربوط هستند. آن‌ها برای تجمع جمعیت و هزینه زمین جوابی طبیعی می باشند. توده ساختمان از توجیه مفهوم محیط طرح و جواب او به هدف ساختمان نتیجه می شود. ساختمان‌ها در شهر به لحاظ مقاوم بودن و پایداری نیاز به بهره‌گیری از سیستم‌های سازه‌ای متناسب را دارند. سیستم سازه‌ای دیوار برشی فولادی کانون توجه پژوهشگران به دلیل عملکرد خوب خود در جذب نیروهای جانبی زلزله و باد بوده است و به همین دلیل در ساختمان‌های بلند به ویژه ساختمان‌های جدید در کشورهای زلزله خیزی بکار گرفته شده و مورد استفاده قرار می گیرد. در مواردی وجود بازشوها به دلایل اعمال نیازهای معماری و زیباسازی و همچنین ملاحظات غیر سازه ای از قبیل موقعیت و مسیر سیستم‌های تأسیساتی، اجتناب ناپذیر می باشد. در این حالات، بازشو باید به اندازه کافی بزرگ و تعداد آن‌ها زیاد باشد تا بتوان از آن در موارد ذکر شده استفاده نمود. ایجاد چنین بازشوهایی زیادی می تواند به شدت توزیع تنش را درون صفحه تغییر دهد و در اغلب اوقات مود شکست و رفتار صفحه بارگذاری شده را تحت تاثیر قرار می دهد. پرسش اصلی مقاله حاضر به این موضوع اختصاص دارد که دلیل وجود بازشوها در دیوارهای برشی فولادی در ساختمان‌های شهری چیست؟ و چه تغییری در رفتار دیوار برشی فولادی می گذارد؟ بدین منظور در متن مقاله تاثیر محل ایجاد و چیدمان بازشوهایی چندگانه بر رفتار این نوع دیوارها از لحاظ عملکردی مورد بررسی قرار داده شده و با استفاده از روش تحلیل دینامیکی غیرخطی به بررسی و تحلیل رفتار اینگونه دیوارهای برشی پرداخته شده است. برای این منظور ۷ رکورد زلزله دور از گسل انتخاب و به این نوع سیستم سازه‌ای اعمال گردیده است و در انتها عملکرد این نوع سیستم با وجود بازشوهایی متفاوت بررسی و مورد ارزیابی قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: شهر، ساختمان، دیوار برشی فولادی، بازشو چندگانه

از اواخر قرن نوزدهم میلادی بر اثر پیشرفت قابل ملاحظه ای در مسائل علمی و تکنیکی، مصالح، ابزارآلات و تجهیزات بوجود آمد. بر اثر پیشرفتهای حاصله بالاخص در زمینه سازه روند ساخت بناها در شهرهای توسعه و گسترش روزافزون یافت. از سال ۱۹۷۰ در خلال چهار دهه گذشته، ازدیوار برشی فولادی به عنوان یک سیستم مقاوم جدید که در برابر بار جانبی دارای عملکرد لرزه ای مناسبی می باشد، در طراحی و تقویت بسیاری از ساختمان های با اهمیت و بلند مرتبه به ویژه ساختمان های جدید در کشورهای زلزله خیزی همچون آمریکا و ژاپن بکار گرفته شده است. در حالت کلی دیوارهای برشی فولادی از دو ستون در دو طرف ورق فولادی و تیر طبقات در بالا و پایین ورق تشکیل شده است. از مزایای استفاده این سیستم نسبت به مشابه بتنی می توان به مواردی همچون، کاهش وزن مرده ساختمان و در نتیجه کاهش نیروی زلزله وارد بر آن، افزایش سختی جانبی آن، کاهش ابعاد تیر و ستون و در نتیجه افزایش فضای مفید طبقات و اجرای سریع آن اشاره نمود.

در طراحی سازه ها به غیر از سازه های بلند و مهم، تأمین فضاهای مناسب داخلی و ملاحظات معماری از مهمترین اهداف طراحی می باشد که پس از آن، مهندس طراح مقید به ایجاد سازه مناسب در چهارچوب فضاهای تعیین شده خواهد بود. اعمال چنین نیازهایی در معماری و زیباسازی را می توان یکی از عوامل ایجاد بازشو در دیوارهای برشی فولادی به حساب آورد. همچنین ملاحظات غیر سازه ای از قبیل موقعیت و مسیر سیستم های تأسیساتی نیز می توانند از دیگر عوامل موثر در ایجاد بازشو در دیوارهای برشی فولادی باشند. تا کنون تحقیقات ارزشمندی برای ارزیابی رفتار صفحات برشی فولادی و جان لاغر تیورقها انجام شده است که از جمله می توان به تحقیقات تاکاناشی و همکارانش در سال ۱۹۷۳ در مورد بازشوها انجام شده است اشاره کرد. در این تحقیق یک قاب دو طبقه یک دهنه بر گرفته از یک ساختمان ۳۲ طبقه در مقیاس واقعی مورد آزمایش قرار گرفته

شد، در این نمونه در ابتدا با جاری شدگی در جان تیر بین بازشوها اتفاق افتاد، سپس جاری شدگی در هر دو گوشه دیوار و در اعضای قاب محیطی آن ظاهر می شود. قبل از اینکه جاری شدگی در دیوار گسترش پیدا کند صفحه بصورت موضعی در پیرامون بازشو کمانش می کند. در ادامه می توان به مدل های صبوری و روبرتز در سال ۱۹۹۲ که مطالعاتی در مورد نمونه های بدون سخت کننده و با بازشوی دایره در وسط دیوار انجام داده اند پرداخت. آنها در انتها ضریب محافظه کارانه کاهشی () را برای تخمین مقاومت و سختی پانل بازشودار پیشنهاد نموده اند که در آن D قطر بازشو و d ارتفاع پانل می باشد. در سال ۲۰۰۰ نیز آقایان دیلمی و دستفان در دانشگاه امیرکبیر تأثیر بازشو مستطیلی بزرگ و برخی پارامترهای هندسی را بر رفتار دیواربرشی مورد مطالعه قرار دادند. با این وجود، این مطالعات برای بررسی موقعیت چند بازشوی همزمان برای صفحات برشی فولادی از اعتبار کافی برخوردار نیست. اطلاعات بسیار کمی در خصوص رفتار و ظرفیت برشی این نوع از صفحات وجود دارد که از آن جمله می توان به کارهای آقایان وین و برونو در مرکز تحقیقات زلزله دانشگاه بوفالو سال ۲۰۰۴، که در این تحقیق سه نمونه دیوار برشی فولادی با مقاومت تسلیم پایین را طراحی و در دانشگاه تایوان تحت بارگذاری چرخه ای مورد آزمایش قرار دادند اشاره کرد که دو نمونه از این سه نمونه دارای بازشو بودند. در این آزمایش یکی از نمونه ها دارای ۲۰ عدد بازشو دایره ای هریک به قطر ۲۰۰ میلیمتر بود. وجود سوراخ های متعدد در نمونه علاوه بر ملاحظات معماری، دسترسی به تأسیسات را تسهیل می بخشد. همچنین در سال ۲۰۰۶ نیز آزمایشهای چرخه ای بر روی دیوار برشی با المانهای مرزی مفصلی توسط آقایان جلیلی و سازگار انجام گرفت که از نتایج تحقیقات انجام شده ضرایبی در بدست آوردن مقاومت دیواربرشی فولادی پیشنهاد گردید.

با توجه به تحقیقات انجام شده با این حال رفتار غیر خطی و دقیق این سیستم با متغیرهای گوناگون مستلزم مطالعات بیشتری است. همچنین علاوه بر عدم وجود روابط طراحی جامع برای سیستم دیوار برشی فولادی، برای ارزیابی میدانی



این سیستم گزارش میسوطی ارائه نشده است. در این مطالعه سعی می شود با انجام تحلیل های دینامیکی غیر ارتجاعی سیستم باربر جانبی دیوار برشی فولادی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرد. برای انجام این مقایسه یک گروه از زلزله های واقعی به این سیستم باربر جانبی اعمال و رفتار آن مورد مقایسه قرار می گیرد. در متن مقاله ابتدا دلایل ایجاد بازشوها در دیوار برشی فولادی و مدل مورد استفاده آن بیان شده است. در ادامه صحت سنجی و مدل سازی صورت پذیرفته است. سپس به انتخاب شتابنگاشتهای مناسب و همپایه کردن آنها و معادله حرکت دینامیکی بصورت جزئی با بهره گیری از روش تحلیل دینامیکی غیرارتجاعی، بررسی شده است. در انتها نیز نتیجه گیری لازم ارائه شده است.

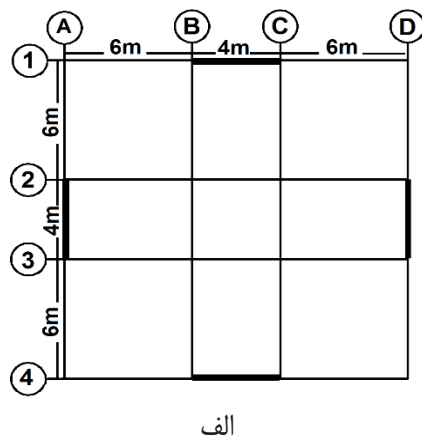
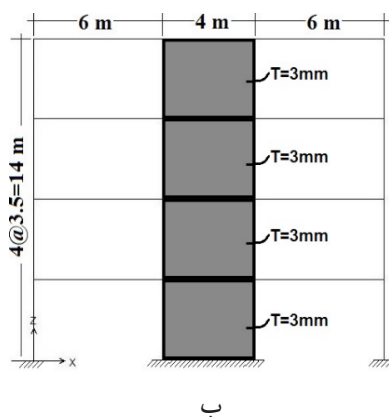
۲- دلایل ایجاد بازشو در دیوار برشی فولادی و مدل مورد استفاده

دلایل ایجاد بازشو در دیوار برشی فولادی را می توان به دو دسته اصلی تقسیم نمود.

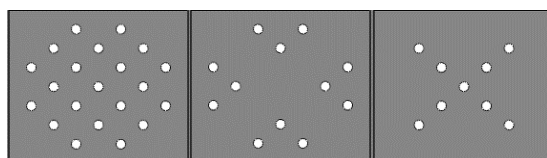
برخی مواقع از دیدگاه سازه ای لازم می شود که در دیوار برشی فولادی، بازشو ایجاد شود. که نیاز طراح به ورق نازکتر در طراحی و یا کاربرد فولاد با مقاومت تسلیم کم که ممکن است در بازار قابل دسترس و موجود نباشند، می تواند از جمله موارد سازه ای موثر در ایجاد بازشو قلمداد شوند (تاکاناشی و همکاران ۱۹۷۳). در طراحی سازه ها به غیر از سازه های بلند و مهم، تأمین فضاهای مناسب داخلی و ملاحظات معماری از مهمترین اهداف طراحی می باشد که پس از آن، مهندس طراح مقید به ایجاد سازه مناسب در چهارچوب فضاهای تعیین شده خواهد بود. اعمال چنین نیازهایی در معماری و زیباسازی مانند: گسترش فضاء، ایجاد دسترسی ها، تعبیه در و پنجره (این اتفاق اغلب زمانی رخ می دهد که دیوار برشی فولادی در قاب های مربوط به نمای خارجی ساختمان استفاده می شوند) و ایجاد نوردهی مناسب را می توان یکی از عوامل ایجاد بازشو در دیوارهای برشی فولادی به حساب آورد. همچنین الزامات تأسیساتی از قبیل موقعیت و مسیر عبور کانالها و داکت ها و لوله های تأسیساتی

و تهویه هوا می توانند از دیگر عوامل موثر در ایجاد بازشو در دیوارهای برشی فولادی باشند.

در این مقاله بازشوها در سیستم سازه های شامل سیستم دیوار برشی فولادی مورد ارزیابی قرار می گیرد، بدین منظور ساختمان چهار طبقه ای با ارتفاع طبقات ۳/۵ متر انتخاب شده است. پلان این سازه دارای دهانه های ۶ و ۴ متری با کاربری مسکونی مطابق شکل ۱ می باشد. سیستم باربر جانبی سازه در هر دو جهت سیستم دیوار برشی فولادی بوده و سیستم سقف از نوع تیرچه بلوک با فرض دیافراگم صلب می باشد. این سازه برای منطقه با خطر نسبی لرزه ای بسیار زیاد بر روی خاک نوع II استاندارد ۲۸۰۰ واقع شده است. این ساختمانها مطابق استاندارد ۲۸۰۰ بارگذاری و بر اساس آیین نامه AISC360-10 و Guide Design AISC 20 طراحی شده است. میزان بار مرده معادل با ۷۸۰ کیلوگرم بر مترمربع در طبقات و ۶۶۰ کیلوگرم بر مترمربع در بام و بار زنده طراحی برای این سازه ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع در نظر گرفته شده است. مدل مورد استفاده در این مطالعه یک قاب از ساختمان طراحی شده می باشد که زمان تناوب مد اصلی قاب مورد نظر برابر ۰/۳۹ ثانیه است. همچنین با توجه به تحقیقات انجام گردیده و مدل صحت سنجی شده به دلیل تمرکز تنش در گوشه های بازشوها، بازشوهای دایره ای شکل به قطر ۲۰ سانتی متر در سه حالت روی قطر بیرون قطر و مجموع دو حالت اول و دو (بیرون قطر و روی قطر) به صورت منظم با توجه به مدل های تحقیقی انجام گردیده است (شکل ۲). مشخصات مصالح و مقاطع استفاده شده در ساختمان طراحی شده مورد نظر در جدول ۱ و ۲ آورده شده است. مقاطع به دست آمده پس از طراحی به دلیل سادگی در مدل کردن قاب مورد نظر در تمام طبقات یکسان انتخاب شده است که مشخصات آن در جدول ۳ ارائه شده است.



شکل ۱. الف) پلان طبقات ساختمان (ب) نمای قاب برگرفته از ساختمان ۴ طبقه



شکل ۲. نمایش بازو دایره ای روی قطر، بیرون قطر و مجموع بازو بیروی قطر و روی قطر

جدول ۱. مشخصات مصالح نمونه ها

نوع فولاد	() تنش تسلیم	() مدول الاستیسیته	ضریب پواسون
ST37	$2/4 \times (10)^8$	$2/1 \times (10)^{11}$	۰/۳

جدول ۲. مشخصات مقاطع ساختمان چهار طبقه طراحی شده

نوع مقطع	پروفیل
مقاطع تیر	IPE330,300,260
مقاطع ستون	IPB240,220,180 IPB280,260
ضخامت دیوار برشی	۳ میلیمتر

جدول ۳. مشخصات مقاطع قاب انتخابی

نوع مقطع	پروفیل
مقاطع تیر	IPE330
مقاطع ستون	IPB220 IPB260
ضخامت دیوار برشی	۳ میلیمتر

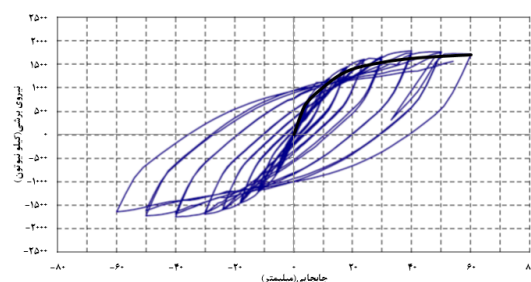
۳- صحت سنجی و مدل سازی

در این مطالعه مدل‌های عددی با استفاده از برنامه اجزای محدود به صورت غیرخطی تحلیل شده است. نرم افزار اجزای محدودی از یک قانون تفاضل مرکزی برای انتگرال گیری از معادلات حرکت به طور صریح در طول زمان استفاده می‌کند. اعتبار سنجی مدل اجزا محدود مورد بررسی بر روی کار آزمایشگاهی درایور و همکاران انجام پذیرفته است. مدل آزمایشگاهی که در یک برنامه آزمایشگاهی مشترک بین دانشگاه -BUFFA LO و دانشگاه تایوان توسط آقایان ویان و برونو قرار گرفته بود توسط این نرم افزار مدل شده است (شکل ۳) که تحت دو نوع بارگذاری مختلف یکی بارگذاری شبه استاتیکی چرخه ای برای بدست آوردن منحنی هیستریزس نمونه و دیگری با اعمال تغییر مکان یکنوا برای بدست آوردن منحنی پوش نمونه انجام پذیرفته است.



شکل ۳. نمایش نحوه بارگذاری و آرایش بازوها در نمونه ویان و برونو

منحنی پسماند نمونه تحلیلی در نرم افزار اجزاء محدود به همراه نتایج مدل آزمایشگاهی نمونه تحت بارگذاری شبه استاتیکی چرخه ای توسط تاریخچه بارگذاری مشخص و منحنی بار - تغییر مکان نمونه تحت بارگذاری یکنوا در شکل (۵و۴) آورده شده است.

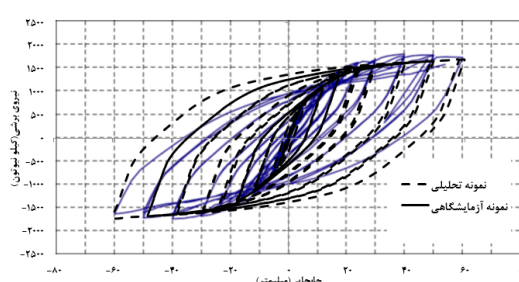


شکل ۵. مقایسه منحنی پسماند نمونه آزمایشگاهی وین و برونو و منحنی پوش اور نمونه تحلیلی

اجزاء محدود در ناحیه غیر خطی به شمار آید.

۴- انتخاب شتابنگاشت‌های مناسب و همپایه کردن آنها

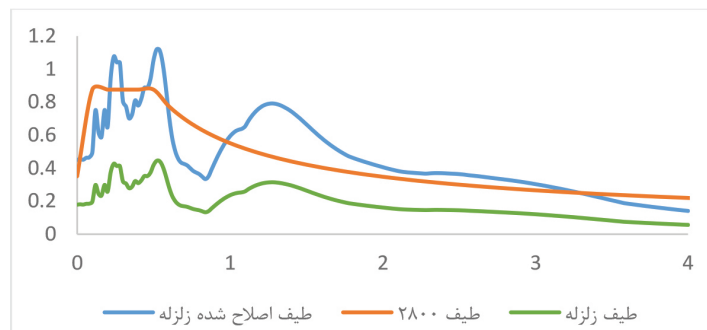
در این تحقیق از هفت شتابنگاشت جهت انجام آنالیز دینامیکی غیرخطی استفاده گردید. شتابنگاشت‌هایی که برای تحلیل دینامیکی غیرخطی انتخاب شده اند سعی شده است حتی الامکان دارای مشخصات هماهنگی مانند نوع خاک با ساختمان سازه داشته باشند. شتابنگاشت‌ها دارای بزرگای ۶ الی ۷٫۵ ثبت



شکل ۴. مقایسه منحنی پسماند نمونه آزمایشگاهی وین و برونو و نمونه تحلیلی

با دقت در نتایج دو مدل می‌توان ملاحظه نمود که سختی اولیه مدل اجزاء محدود به میزان بسیار کم از سختی مدل آزمایشگاهی بیشتر می‌باشد و از لحاظ بار نهایی مقدار کمی اختلاف وجود دارد که این اختلاف به علت عدم وجود عوامل محیطی می‌باشد که در مطالعات آزمایشگاهی وجود دارند. در مدل آزمایشگاهی ناکامی مکانیکی مربوط به نحوه ایجاد بارگذاری باعث ایجاد پیچش در مرکز تیر بالائی شده، همچنین وجود تنش‌های پسماند در نمونه آزمایشگاهی می‌تواند از مهمترین عوامل ایجاد اختلاف در نتایج مطالعه آزمایشگاهی و مدل

شده بر روی ۰/۶۷ خاک نوع ۲ با فاصله دو از گسل و بدون اثر جهت پذیری بوده است. برای آنکه بتوان از شتابنگاشت در تحلیل دینامیکی غیرخطی استفاده نمود، باید طیف این شتابنگاشت تا حد امکان با طیف زلزله هدف سازه همخوانی داشته باشد که در این تحقیق زمین مورد نظر از نوع دو مطابق با آیین نامه ۲۸۰۰ و پهنه با خطر زلزله خیلی زیاد می باشد که آن سطح خطر یک نامیده شده است. در واقع قبل از استفاده از شتابنگاشت ها باید آنها را مقیاس کرد. در این روش شتاب حداکثر هر یک از شتابنگاشت ها به g_1 مقیاس می شود. سپس پاسخ سازه یک درجه آزادی تحت این شتابنگاشت بدست می آید و طیف پاسخ زلزله استخراج می گردد. مقادیر طیف در بازه تناوبی $0/T_2$ تا $1/T_5$ قرائت می گردد. از طرف دیگر مقادیر طیف هدف (طیف آیین نامه ۲۸۰۰) نیز قرائت می گردد سپس نسبت این مقادیر محاسبه می گردد و از این نسبت ها میانگین گرفته می شود. این میانگین بعنوان ضریب اصلاح استفاده می شود و این ضریب اصلاح در شتابنگاشت مورد نظر ضرب می شود و شتابنگاشت اصلاح شده بدست می آید که در این مطالعه برای نمونه در شکل ۶ طیف اصلاح شده زلزله Mendosino Cape نشان داده شده است. شتابنگاشت ها و مشخصات مربوط به آنها و نتایج حاصل از هم پایه کردن آنها در جدول ۴ آمده است.



شکل ۶. نمونه طیف ۲۸۰۰ و زلزله Mendocino Cape و طیف اصلاح شده

جدول ۴. خصوصیات و ویژگی های شتابنگاشت های مورد استفاده

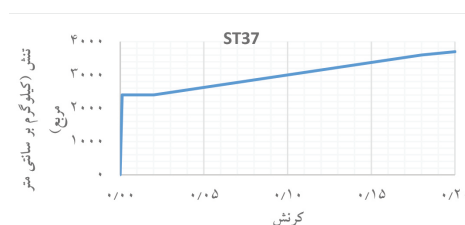
شماره	رکورد	ایستگاه	حداکثر شتاب (g)	حداکثر شتاب اصلاح شده (g)	فاصله از گسل (کیلومتر)
۱	Cape Mendocino	Myrtle & West	۰/۱۷۸	۰/۵۲	۴۴/۶
۲	Landers	Barstow 23559	۰/۱۳۵	۰/۵۲	۳۶/۱
۳	Loma Prieta	Fremont - Mission San Jose	۰/۱۲۴	۰/۴۲	۴۳
۴	Morgan Hill	Corralitos	۰/۱۰۹	۰/۴۰	۲۲/۷
۵	Northridge	Baldwin Hills	۰/۱۶۸	۰/۳۸	۳۱/۳
۶	San Fernando	Pasadena - CIT Athenaeum	۰/۱۱	۰/۴۰	۳۱/۷
۷	Kern County	Santa Barbara	۰/۱۲۷	۰/۵۸	۸۷

۵- روش تحلیل

روش تحلیل مورد استفاده در این تحقیق تحلیل دینامیکی غیرارتجاعی می باشد. بدین منظور معادله حرکت دینامیکی بصورت جزیی به شکل زیر نوشته می شود.

در معادله فوق ماتریس جرمی، ماتریس میرایی، ماتریس سختی مماسی و U بردار جابجایی نسبت به زمین و نیز تغییرات زمانی نیروهای جانبی (زلزله) را نشان می دهد.

ماتریس سختی مماسی در هر لحظه از زمان می تواند تغییر کند که با توجه به اینکه المانهای سازه ای وارد مرحله غیر ارتجاعی می شوند اصلاح می شود. منحنی رفتاری تنش کرنش مصالح فولاد نمونه ها مطابق شکل ۷ از منحنی سه خطی استفاده شده است که شیب قسمت اول نمودار یعنی مدول الاستیسیته فولاد برابر kg/kg و تنش تسلیم نیز kg/kg و ضریب پواسون $0/3$ لحاظ شده است.

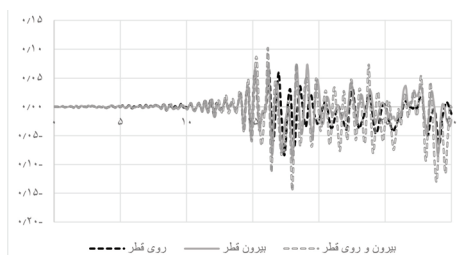


شکل ۷. منحنی رفتاری فولاد مورد استفاده

۶- نتایج تحلیل

مدل های دیوار برشی فولادی با بازشو به روش دینامیکی غیرخطی با استفاده از ۷ شتابنگاشت یاد شده به کمک روش انتگرال گیری مستقیم تحلیل گشته و مورد ارزیابی قرار گرفته است. در آیین نامه ی ۲۸۰۰ ویرایش سوم مقرر گردیده است در تعیین تغییر مکان جانبی نسبی طبقات لازم است جابجایی در محل مرکز جرم طبقات ملاک عمل قرار گیرد. به عبارتی دیگر تغییر مکان نسبی هر طبقه عبارت است از جابجایی کل مرکز جرم آن طبقه نسبت به جابجایی کل مرکز جرم طبقه تحتانی آن

و تغییر مکان بام عبارت است از نسبت جابجایی بام به زمین. به عنوان نمونه، تاریخچه زمانی جابجایی بام نسبت به زمین مربوط به سیستم مورد نظر برای شتابنگاشت Landers (Barstow 23559) در شکل زیر نشان داده شده است (شکل ۸). همانطور که از نتایج آنالیز پیداست در شکل اول که پریود سازه متناسب با مصالح و مشخصه قاب ۴ طبقه می باشد مدل دارای رفتار الاستیک بوده و جابجایی ماندگار در شکل مشاهده نمی شود همچنین بیشترین تغییر مکان برای سوارخ های بیرون و روی قطر به صورت همزمان می باشد که برای قاب با زمان تناوب اصلی $0/4$ در ادامه در جدول ۵ بیشینه تغییر مکان جانبی بام قاب برای ۷ رکورد انتخابی نشان داده شده است. همانطور که از نتایج تحقیقات و پدیده کشش قطری قابل پیش بینی بود بیشترین تغییر مکان مربوط به حالتی است که بازشو بر روی قطر و یا جمع دو حالت بیرون قطر و روی قطر می باشد.

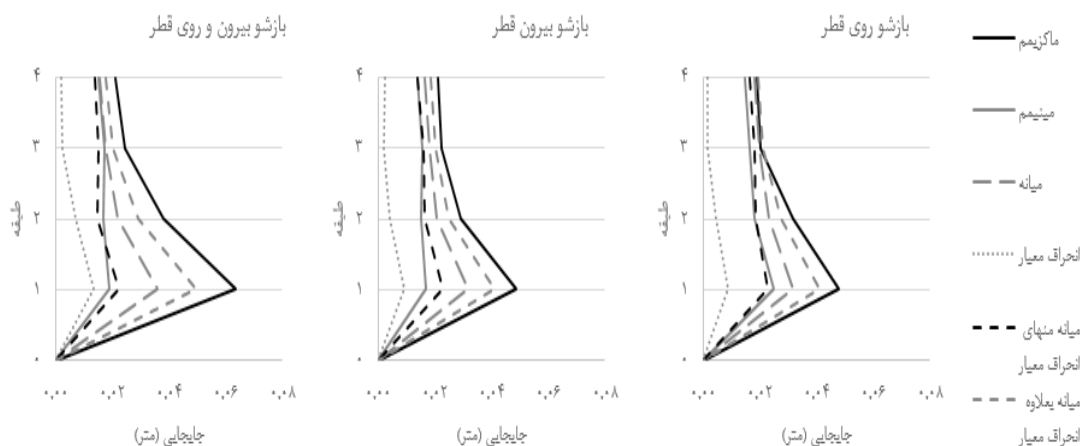


شکل ۸. تاریخچه زمانی حداکثر تغییر مکان جانبی بام قاب دیوار برشی فولادی با سه حالت بازشو تحت شتابنگاشت Landers (Barstow 23559)

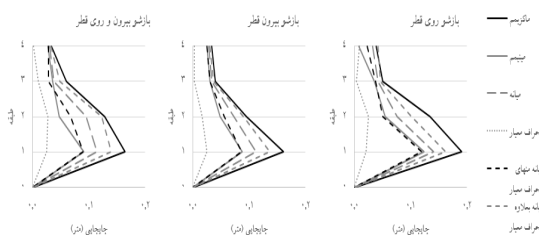
جدول ۵. بیشینه تغییر مکان جانبی بام قاب برای ۷ رکورد انتخابی برای قاب

شماره	رکورد	ایستگاه	بیرون قطر و روی قطر	بیرون قطر	روی قطر
۱	San Fernando	Pasadena - CIT Athenaeum	۰/۰۸۱	۰/۰۸۳	۰/۰۸۹
۲	Northridge	Baldwin Hills	۰/۰۶۷	۰/۰۶۱	۰/۱
۳	Morgan Hill	Corralitos	۰/۰۸۸	۰/۰۶۸	۰/۰۷۳
۴	Loma Prieta	Fremont - 57064 Mission San Jose	۰/۰۸۹	۰/۰۸۶	۰/۰۷۵
۵	Landers	Barstow 23559	۰/۱۴	۰/۰۹۳	۰/۰۸۴
۶	Kern County	Santa Barbara 283 Courthouse	۰/۱۲	۰/۱۱۷	۰/۱۱۶
۷	Cape Mendocino	Myrtle & West	۰/۱	۰/۰۸	۰/۱۱

همچنین به منظور پراکنندگی پاسخ قاب برای سیستم دیوار برشی فولادی چهار طبقه مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین، میانگین به علاوه انحراف معیار و میانگین منهای انحراف معیار جابجایی نسبی طبقات تحت اثر هفت شتابنگاشت مورد مطالعه برای سه مدل چیدمان بازشوهای چندگانه بدست آمده و مقادیر آن در شکل ۹ نشان داده شده است. همچنین در شکل ۱۰ میزان تغییر مکان ماکزیمم طبقات مختلف قاب با سه چیدمان مختلف بازشوهای چندگانه نشان داده شده است.



شکل ۹. میزان پراکنندگی پاسخ طبقات مختلف قاب با سیستم دیوار برشی فولادی با سه چیدمان مختلف بازشوهای چندگانه



شکل ۱۰. میزان تغییر مکان ماکزیمم طبقات مختلف قاب با سیستم دیوار برشی فولادی با سه چیدمان مختلف بازشوهای چندگانه

همانطور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود در سیستم دیوار برشی فولادی بیشترین جذب انرژی از طریق تسلیم شدن صفحه دیوار انجام می‌شود که طبقه اول سهم بیشتری به خود اختصاص می‌دهد که می‌تواند تغییر مکان بیشتری را در این طبقه به دلیل تسلیم شدن آن به همراه داشته باشد که این یافته مشابه نتایج تحقیقات انجام شده می‌باشد (صبوری قمی و قلهکی ۲۰۰۶). در مدل بازشو روی قطر با توجه به تعداد کمتر بازشو که حدوداً ۳۰ درصد کمتر از مدل بازشو روی قطر می‌باشد دارای ماکزیمم جابجایی کمتری در تمام طبقات می‌باشد که این امر نشان دهنده آن بوده که بحرانی ترین حالت زمانی رخ می‌دهد که تمرکز بازشو روی قطر اصلی و وسط دیوار قرار داشته باشد. با توجه به اینکه پس از کمانش ورق، ابتدا تنشهای غشایی در مرکز رخ داده و سپس در قسمت های دیگر ورق گسترش می‌یابد، نتیجه مذکور کاملاً منطقی به نظر می‌رسد. همچنین با توجه به پراکندگی پاسخ ها به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که مقادیر پاسخ در هر مدل بازشو چندگانه در این سیستم سازه ای شدیداً وابسته به نوع رکورد زلزله می‌باشد. از این رو لازم است در نحوه نوع انتخاب رکوردها به نحوی که متناسب با شرایط ساختگاهی باشد و همچنین تعداد آنها نهایت دقت را در نظر گرفت.

شکل ۱۱ میزان تغییر مکان ماکزیمم طبقات مختلف قاب با سیستم دیوار برشی فولادی با سه چیدمان مختلف بازشوهای چندگانه را نشان داده که در این میان ماکزیمم جابجایی عمود بر صفحه دیوار زمانی که بازشوهای چندگانه بر روی قطر دیوار قرار دارد بیشترین مقدار را نشان می‌دهد که حتی این مقدار بیشتر از زمانی است که همان مقدار

بازشو بعلاوه بازشوهای دیگر در اطراف آن وجود دارد. ساختمانها از هر لحاظ به شهر مربوط هستند. آنها برای تجمع جمعیت و هزینه زمین جویای طبیعی می‌باشند. توده ساختمان از توجیه مفهوم محیط طرح و جواب او به هدف ساختمان نتیجه می‌شود. ساختمانها در شهر به لحاظ مقاوم بودن و پایداری نیاز به بهره گیری از سیستم های سازه ای متناسب را دارند. سیستم سازه ای دیوار برشی فولادی کانون توجه پژوهشگران به دلیل عملکرد خوب خود در جذب نیروهای جانبی زلزله و باد بوده است و به همین دلیل در ساختمان های بلند به ویژه ساختمان های جدید در کشورهای زلزله خیزی بکار گرفته شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این سیستم دیوار برشی فولادی همانند همه سیستم های سازه ای به لحاظ الزامات ضوابط معماری و ملاحظات طراحی بازشوهایی لازم است. در این حالات، بازشو باید به اندازه کافی بزرگ و تعداد آنها زیاد باشد تا بتوان از آن در موارد ذکر شده استفاده نمود. ایجاد چنین بازشوهایی زیادی می‌تواند به شدت توزیع تنش را درون صفحه تغییر دهد و در اغلب اوقات مود شکست و رفتار صفحه بارگذاری شده را تحت تاثیر قرار می‌دهد. پرسش اصلی مقاله حاضر به این موضوع اختصاص دارد که وجود بازشوها در دیوارهای برشی فولادی در ساختمانهای شهری چیست؟ لذا در این مقاله تاثیر محل ایجاد و چیدمان بازشوهایی چندگانه بر رفتار این نوع دیوارها از لحاظ عملکردی مورد بررسی قرار داده شده و رفتار اینگونه دیوارها مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد برای این منظور ۷ رکورد زلزله دور از گسل انتخاب و به این نوع سیستم سازه ای اعمال گردیده است و در انتها عملکرد این نوع سیستم با وجود بازشوهایی متفاوت بررسی و مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۷- نتیجه گیری و جمع بندی

در مقاله حاضر که به ارزیابی عملکرد دیوار برشی فولادی با بازشو در ساختمانهای شهری پرداخته شده است. قاب ۴ طبقه سه هانه با سیستم دیوار برشی فولادی طراحی گشته و تحت اثر هفت شتاب نگاشت زلزله قرار گرفته و با استفاده از نرم

منابع و مآخذ

[1] M. Tagaki, T. Takemoto, Y. Takanashi "shear steel thin on study Experimental" alter- under bracing particular and walls, Report Preliminary "load horizontal native and Resistance on Symposium IABSE Acted Structures of Deformability Ultimate, Lisbon, Loads Repeated defined-Well on 185-191, 1973, Portugal

[2] S. Ghomi-Sabouri and M.T. Roberts (1992) 'panels shear plate steel perforated ened Structures Walled-Thin of Journal

[3] H. Dafari and A. Deylami (2000) 'shear plate steel of behavior Nonlinear' 12th 'opening rectangular large with wall Engi- Earthquake on Conference World neering

[4] M. Bruneau and D. Vian (2004) 'wall shear plate steel LYS special of ing En- Earthquake on Conference World 13th gineering

[5] R. Sazgari, A. Jalili (2006) "Experimen- of Study Buckling-Post Theoretical and tal Con- International 4th "Walls Shear Steel Taipei. Engineering Earthquake on fference Taiwan

[6] مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ ایران (ویرایش سوم). تهران: مؤلف. ۱۳۸۴.

[7] Construc- Steel of Institute American [7] Na- American an 360-10 AISC/ANSI, tion Structur- for Specification, Standard tional (2005), 9 March dated Buildings Steel al

[8] American Institute of Steel Construc- tion, Design Guide 20: Steel Plate Shear Walls

[9] Sabouri-Ghomi, S. and Gholhaki, M.; "Cyclic tests on two specimens of three-story ductile steel plate shear wall"; Report of Tests, Building and Housing Research Center (BHRC), (2006) 167 pages

[۱۰] ساختمان بلند و شهر، موسسه نشر شهر، محمد رضا بمانیان ۱۳۹۰.

[۱۱] سازه های ساختمان بلند، انتشارات دهخدا، تالیف دلف گانگ شولر ترجمه حجت الله عادل ۱۳۷۱.

[۱۲] رفتار و طراحی سازه ای ساختمانهای بلند، فریبرز ناطق الهی، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ۱۳۷۵.

افزار اجزاء محدود تحلیل شده است. با توجه به نمودارها و جداول ارائه شده نتایج زیر بدست آمده است:

- مقادیر پاسخ در سیستم سازه ای به شدت وابسته به نوع رکورد زلزله می باشد، از این رو لازم است در انتخاب رکوردها و نحوه متناسب کردن با شرایط ساختگاهی و همچنین تعداد آنها دقت صورت گیرد. همچنین وابستگی چیدمان بازشوها بیشتر از مقدار مساحت آنها در تغییر مکانهای طبقات داشته به صورتی تغییر مکانهای مدل با بازشوهای چندگانه روی قطر با وجود مساحت کمتر بازشو بیشتر از مدل بازشو بیرون قطر می باشد.

- از مقایسه سه مدل بازشو چندگانه در سیستم دیوار برشی فولادی با بازشو چندگانه تحت اثر شتاب نگاشت که بیانگر طیف آیین نامه ۲۸۰۰ است مشاهده می شود که این سیستم در این سطح، حالت الاستیک داشته و مقدار جابجایی حداکثر طبق آیین نامه ۲۸۰۰ را رعایت کرده است.

- وابستگی جابجایی عمود بر صفحه در دیوار برشی فولادی نیز همانند تغییر مکان طبقات در طبقه اول بیشترین مقدار را به خود اختصاص می دهد و این مقدار برای مدلی که بازشو بر روی قطر قرار دارد حتی بیشتر از مدلی است که هم بازشو بر روی قطر و هم بیرون قطر قرار دارد.

- تمرکز تغییر مکان و خسارت در سیستم دیوار برشی فولادی با بازشو چندگانه در طبقات پایین می باشد.

