مدیریت شهری
شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
No.48 Autumn 2017
۳۰۵-۳۱۴
زمان دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۶/۲۳ زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۹/۱

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

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 می‌شود. 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 می‌گیرد. در مواردی وجود بازشوها به دلایل اعمال نیازهای معماری و زیباسازی و همچنین ملاحضات غیر سازه ای از قبیل موقعیت و مسیر سیستم‌های تأسیساتی، اجتناب ناپذیر می‌باشد. 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 بازشوهای 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 دلیل وجود بازشوها در دیوارهای برشی فولادی در ساختمان‌های شهری چیست؟ و چه تغییری در رفتار دیوار برشی فولادی می‌گذارد؟بدین منظور در متن مقاله تأثیر محل ایجاد و چیدمان بازشوهای 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 بازشوهای متفاوت بررسی و مورد ارزیابی قرار گرفته است.

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

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 sheer 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- In .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.

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-03]

* نویسنده مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۲۲۷۷۶۴۲۸، رایانامه: r.bemanian@bpshakhespajouh.ac.ir

۱- مقدمه

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 درخلال چهار دهه گذشته، ازدیوار برشی فولادی به عنوان یک سیستم مقاوم جدید که در برابر بارجانبی 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 ودر نتیجه کاهش نیروی زلزله وارد برآن، افزایش سختی جانبی آن، کاهش ابعاد تیر و ستون ودر 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 تیرورق‌ها 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 طبقهٔ 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 می‌شود. قبل از اینکه جاری شدگی در دیوار گسترش پیدا کند صفحه بصورت موضعی در پیرامون بازشو کمانش می‌کند. 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 می‌توان به کارهای آقایان وین و برونیو در مرکز تحقیقات زلزله دانشگاه بوفالو سال ۲۰۰۴، که در این تحقیق سه نمونهٔ 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 متغییرهای گوناگون مستلزم مطالعات بیشتری است. همچنین علاوه بر عدم وجود روابط طراحی جامع برای سیستم دیوار برشی فولادی، برای ارزیابی میدانی

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-03]

این سیستم گزارش مبسوطی 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 جزیی 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

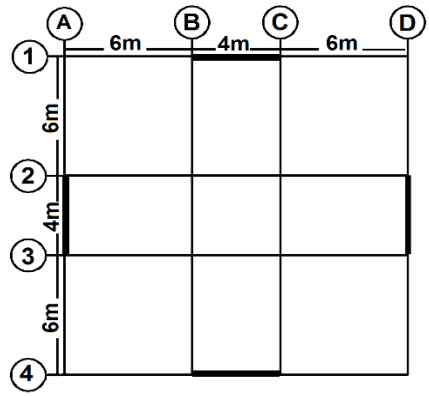
دلایل ایجاد بازشو در دیوار برشی فولادی را می توان به دو دسته اصلی تقسیم نمود.

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 می‌دهد که دیوار برشی فولادی در قاب‌های مربوط به نمای خارجی ساختمان استفاده می‌شوند) 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.

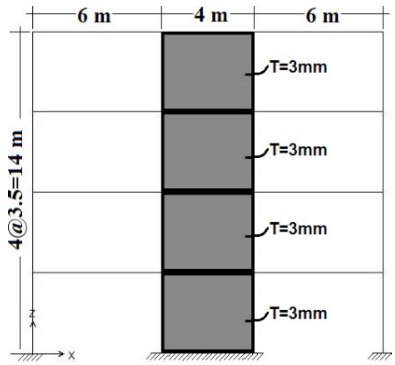
در این مقاله بازشوها در سیستم سازهای شامل سیستم دیوار برشی فولادی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، بدین منظور ساختمان چهار طبقه‌ای با ارتفاع طبقات ۳/۵ متر انتخاب شده است. پلان این سازه دارای دهانه های ۶ و ۴ متری با کاربری مسکونی مطابق شکل ۱ می‌باشد. سیستم باربر جانبی سازه در هر دو جهت سیستم دیوار برشی فولادی بوده و سیستم سقف از نوع تیرچه بلوک با فرض دیافراگم صلب می‌باشد. این سازه برای منطقه با خطر نسبی لرزه‌ای 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 می‌باشد 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 ۱و۲ 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.

مدیریت شهری
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
No.48 Autumn 2017

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-03]

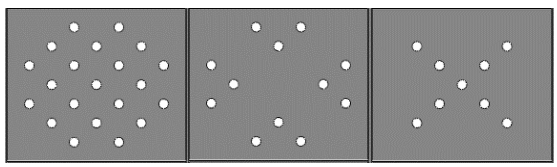


الف



ب

شکل۱. الف) پلان طبقات ساختمان **ب)** نمای قاب برگرفته از ساختمان ۴ طبقه



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

جدول۱. مشخصات مصالح نمونه ها

نوع فولاد	()تنش تسلیم	()مدول الاستیسیته	ضریب پواسون
ST37	۲/۴ ×(۱۰)^۸	۲/۱×(۱۰)^۱۱	۰/۳

جدول۲. مشخصات مقاطع ساختمان چهار طبقه طراحی شده

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

جدول۳. مشخصات مقاطع قاب انتخابی

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

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-03]

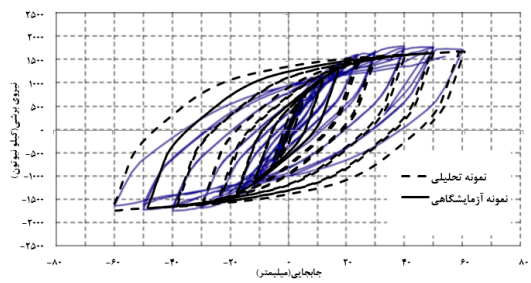
۳- صحت سنجی و مدل سازی

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 BUFFALO و دانشگاه تایوان توسط آقایان ویان و برونیو قرار گرفته بود توسط این نرم افزار مدل شده است (شکل۳) که تحت دو نوع بارگذاری مختلف یکی بارگذاری شبه استاتیکی چرخه ای برای بدست آوردن منحنی هیسترزیس نمونه و دیگری با اعمال تغییر مکان یکنوا برای بدست آوردن منحنی پوش نمونه انجام پذیرفته است.



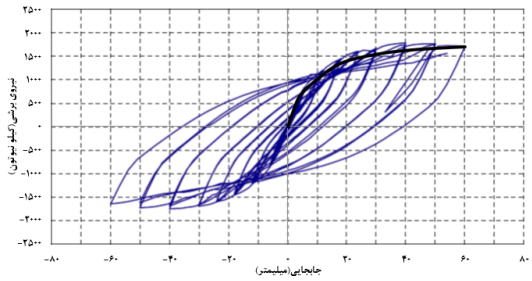
شکل ۳. نمایش نحوه بارگذاری و آرایش بازشو ها در نمونه ویان و برونیو

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 (۴و۵) آورده شده است.



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

با دقت در نتایج دو مدل می توان ملاحظه نمود که سختی اولیه مدل اجزاء محدود به میزان بسیار کم از سختی مدل آزمایشگاهی بیشتر می باشد و از لحاظ بار نهایی مقدار کمی اختلاف وجود دارد که این اختلاف به علت عدم وجود عوامل محیطی می باشد 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 تنش های پسماند در نمونه آزمایشگاهی می تواند از مهمترین عوامل ایجاد اختلاف در نتایج مطالعه آزمایشگاهی و مدل



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

اجزاء محدود در ناحیه غیر خطی به شمار آید.

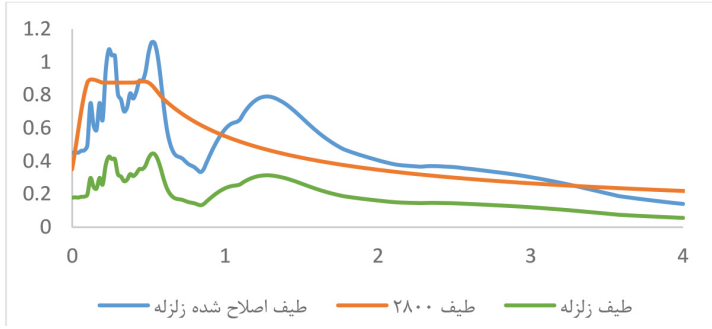
۴- انتخاب شتابنگاشتهای مناسب و همپایه کردن آنها

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 ساختگاه سازه داشته باشند. شتابنگاشت‌ها دارای بزرگای ۶ الی ۷,۵ ثبت

مدیریت شهری
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
No.48 Autumn 2017

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-03]

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 می‌باشد که آن سطح خطر یک نامیده شده است. در واقع قبل از استفاده از شتابنگاشت‌ها باید آنها را مقیاس کرد. در این روش شتاب حداکثر هر یک از شتابنگاشت‌ها به g۱ مقیاس می‌شود. سپس پاسخ سازه یک درجه آزادی تحت این شتابنگاشت بدست می‌آید و طیف پاسخ زلزله استخراج می‌گردد. مقادیر طیف در بازه تناوبی ۰/T۲ تا ۱/T۵ قرائت می‌گردد. از طرف دیگر مقادیر طیف هدف (طیف آیین نامه ۲۸۰۰) نیز قرائت می‌گردد سپس نسبت این مقادیر محاسبه می‌گردد و از این نسبت ها میانگین گرفته می‌شود. این میانگین بعنوان ضریب اصلاح استفاده می‌شود و این ضریب اصلاح در شتابنگاشت مورد نظر ضرب می‌شود و شتابنگاشت اصلاح شده بدست می‌آید که در این مطالعه برای نمونه در شکل ۶ طیف اصلاح شده زلزله Mendosino Cape نشان داده شده است. شتابنگاشت‌ها 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 شتابنگاشت‌های 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

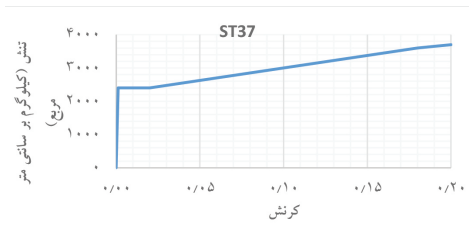
[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-03]

۵- روش تحلیل

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

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 می‌دهد.

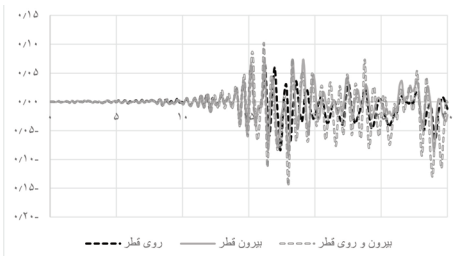
ماتریس سختی مماسی در هر لحظه از زمان می‌تواند تغییر کند که با توجه به اینکه المانهای سازه ای وارد مرحله غیر ارتجاعی می‌شوند اصلاح می‌شود. منحنی رفتاری تنش کرنش مصالح فولاد نمونه ها مطابق شکل ۷ از منحنی سه خطی استفاده شده است که شیب قسمت اول نمودار یعنی مدول الاستیسیته فولاد برابرkg/ و تنش تسلیم نیز kg/ ۲۴۰۰ و ضریب پواسون ۰/۳ 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 تغییرمکان 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 تغییرمکان برای سوارخ های بیرون و روی قطر به صورت همزمان می باشد که برای قاب با زمان تناوب اصلی ۰/۴ 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 تغییرمکان 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 تغییرمکان جانبی بام قاب دیوار برشی فولادی با سه حالت بازشو تحت شتابنگاشت Landers (Barstow 23559)

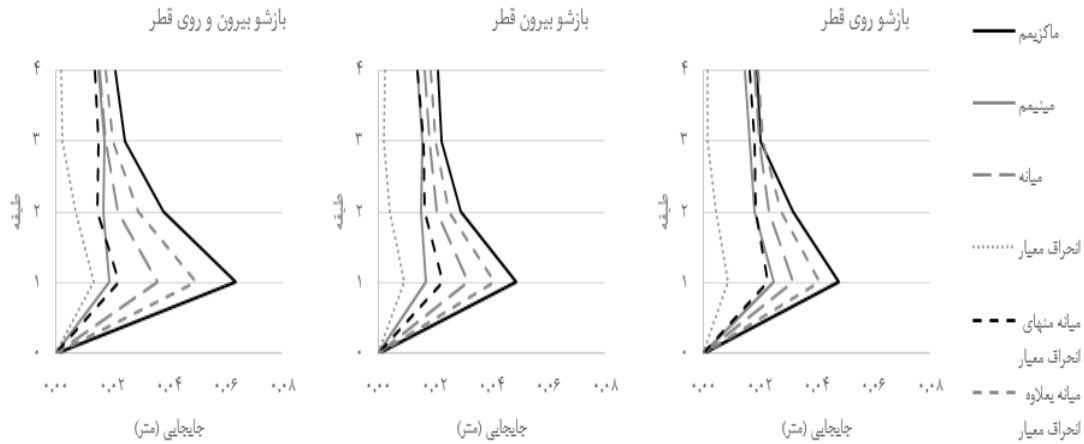
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
No.48 Autumn 2017

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-03]

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

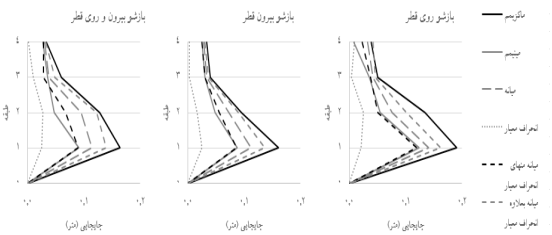
شماره	رکورد	ایستگاه	بیرون قطر و روی قطر	بیرون قطر	روی قطر
۱	San Fernando	Pasadena - CIT Athenaeum	۰/۰۸۱	۰/۰۸۳	۰/۰۸۹
۲	Northridge	Baldwin Hills	۰/۰۶۷	۰/۰۶۱	۰/۱
۳	Morgan Hill	Corralitos	۰/۰۸۸	۰/۰۶۸	۰/۰۷۳
۴	Loma Prieta	Fremont - 57064 Mission San Jose	۰/۰۸۹	۰/۰۸۶	۰/۰۷۵
۵	Landers	Barstow 23559	۰/۱۴	۰/۰۹۳	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 پراکندگی 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 تغییرمکان ماکزیمم طبقات مختلف قاب با سه چیدمان مختلف بازشوهای چندگانه نشان داده شده است.



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

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-03]



شکل ۱۰. میزان تغییرمکان 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 می باشد دارای ماکزیمم جابجایی کمتری در تمام طبقات می باشد که این امر نشان دهنده آن بوده که بحرانی ترین حالت زمانی رخ می دهد 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 می یابد، نتیجه مذکور کاملاً منطقی به نظر می رسد. 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 تغییرمکان 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 می دهد 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 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 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 می گیرد. در این یستم دیوار برشی فولادی همانند همه سیستم‌های 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 بازشوهای 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 تأثیر محل ایجاد و چیدمان بازشوهای 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 بازشوهای متفاوت بررسی و مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۷- نتیجه گیری و جمع‌بندی

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

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-03]

افـزار اجـزاء محـدود تحلیـل شـده اسـت. بـا توجـه بـه نمودارهـا و جـداول ارائـه شـده نتایـج زیـر بدسـت آمـده اسـت:

- مقادیـر پاسـخ در سیسـتم سـازه ای بـه شـدت وابسـته بـه نـوع رکـورد زلزلـه می‌باشـد، از ایـن رو لازم اسـت در انتخـاب رکوردهـا و نحـوه متناسـب کـردن بـا شـرایط سـاختگاهی و همچنیـن تعـداد آنهـا دقـت صـورت گیـرد. همچنیـن وابسـتگی چیدمـان بازشـوها بیشـتر از مقـدار مسـاحت آنهـا در تغییـر مکانهـای طبقـات داشـته بـه صورتـی تغییـر مکانهـای مـدل بـا بازشـوهای چندگانـه روی قطـر بـا وجـود مسـاحت کمتـر بازشـو بیشـتر از مـدل بازشـو بیـرون قطـر مـی باشـد.

- از مقایسـه سـه مـدل بازشـو چندگانـه در سیسـتم دیـوار برشـی فـولادی بـا بازشـو چندگانـه تحـت اثـر شـتاب نگاشـت کـه بیانگـر طیـف آییـن نامـه ۲۸۰۰ اسـت مشـاهده می‌شـود کـه ایـن سیسـتم در ایـن سـطح، حالـت الاسـتیک داشـته و مقـدار جابجایـی حداکثـر طبـق آییـن نامـه ۲۸۰۰ را رعایـت کـرده اسـت.

- وابسـتگی جابجایـی عمـود بـر صفحـه در دیـوار برشـی فـولادی نیـز هماننـد تغییرمـکان طبقـات در طبقـه اول بیشـترین مقـدار را بـه خـود اختصـاص مـی دهـد و ایـن مقـدار بـرای مدلـی کـه بازشـو بـر روی قطـر قـرار دارد حتـی بیشـتر از مدلـی اسـت کـه هـم بازشـو بـر روی قطـر و هـم بیـرون قطـر قـرار دارد.

- تمرکـز تغییـر مـکان و خسـارت در سیسـتم دیـوار برشـی فـولادی بـا بازشـو چندگانـه در طبقـات پاییـن می‌باشـد.

منابع و ماخذ

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

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

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

[4] Vian ,D. ,Bruneau and M. (2004) 'Special LYS steel plate shear walls'. 13th World Conference on Earthquake Engineering

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

[6] مرکـز تحقیقـات سـاختمان و مسـکن. آییـن نامـه طراحـی سـاختمان هـا در برابـر زلزلـه، اسـتاندارد ۲۸۰۰ ایـران (ویرایـش سـوم). تهـران: مؤلـف. ۱۳۸۴.

[7] American Institute of Steel Construction, Steel Structures for Buildings Seismic Provisions, ANSI/AISC 360-10, March 9, (2005)

[8] American Institute of Steel Construction, 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] سـاختمان بلنـد و شـهر، موسسـه نشـر شـهر، محمد رضا بمانیـان ۱۳۹۰.

[۱۱] سـازه هـای سـاختمان بلنـد، انتشـارات دهخـدا، تالیـف دلـف گانـگ شـولر ترجمـه حجـت‌الله عادلـی ۱۳۷۱.

[۱۲] رفتـار و طراحـی سـازه ای سـاختمانهای بلنـد، فریبـرز ناطـق الهـی، موسسـه بیـن المللـی زلزلـه شناسـی و مهندسـی زلزلـه ۱۳۷۵.

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-03]