

اثر جداساز پایه لاستیکی - سربی بر سطح عملکرد سازه مهاربندی شده هم محور با استفاده از تحلیل پوش آور

سعید نارویی^۱، منصور قلعه نوی^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی اقبال لاهوری

۲. دکترای عمران - سازه و دانشیار گروه عمران، دانشگاه فردوسی مشهد

2002Saeed2002@Gmail.com, Ghalehnovi@Um.ac.ir

چکیده

هر روزه مهندسان و دانشمندان عرصه‌ی عمران در صدد پیدا کردن روش‌های جدیدی برای جلوگیری از ضررهای مالی و جانی ناشی از زلزله می‌باشند. یکی از روش‌های ارائه شده، جذب انرژی زلزله است. از مفیدترین راه‌های کنترل و کاهش ارتعاشات سازه، به کارگیری سیستم‌های جداساز می‌باشد. در این تحقیق سازه «کاردینگتون» را بدون جداساز و با جداساز لاستیکی - سربی مورد مطالعه و تحقیق قرار داده‌ایم. سازه در هر دو حالت دارای بارگذاری یکسان است، سازه در دو جهت با بادبند ضربدری مهار شده است. این جداساز در سازه هشت طبقه با نرم‌افزار sap2000 مدل‌سازی شده و با الگوی بارگذاری جانبی FEMA440 تحت تحلیل غیرخطی (بارافزون) قرار گرفته است. با معرفی مفاصل پلاستیک در سازه برای ستون‌ها و بادبندها به اثر این جداسازها در هنگام تشکیل مفاصل پرداخته ایم. در واقع به سطح عملکرد سازه بدون جداساز و با جداساز و اثر آن‌ها در پاسخ سازه پرداخته ایم. با توجه به تحلیل انجام شده در دو شرایط کاملاً یکسان نتایج نشان می‌دهد که جداساز لاستیکی سربی در این سازه با شرایط زمین یکسان عملکرد مناسبی داشته و انرژی بیشتری را مستهلک می‌کند به طوری که هیچ کدام از اعضای سازه بعد از تحلیل بار افزون تسلیم نمی‌شوند و هیچ مفصل پلاستیکی در سازه ایجاد نمی‌شود و سطح عملکرد سازه خدمت رسانی بی وقفه می‌باشد. این در صورتی است که سازه بدون جداساز کاملاً خراب شده و بیشتر مفاصل تعریف شده تسلیم شده اند. جداساز لاستیکی - سربی برش پایه را در این سازه بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ درصد کاهش می‌دهد و تغییر مکان هدف را ۴۰۰ درصد افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: جداساز لاستیکی سربی، سطح عملکرد، تحلیل پوش آور، سازه مهاربندی، برش پایه



"سومین همایش ملی فناوری های نوین صنعت ساختمان"

مشهد مقدس - شهریور ۹۳

اثر جداساز پایه لاستیکی-سربی بر سطح عملکرد سازه مهار بندی شده هم محور با استفاده از تحلیل پوش آور

منصور قلعه نوی^۱ سعید نارویی^۲

۱-دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد سازه ، دانشگاه اقبال لاهوری

EMAIL: 2002saeed2002@gmail.com

سعید نارویی ۰۹۳۹۴۷۲۰۴۲۴

EMAIL: ghalehnovi@um.ac.ir

اثر جداساز پایه لاستیکی-سربی بر سطح عملکرد سازه مهار بندی شده هم محور با استفاده از تحلیل پوش آور

چکیده

هر روزه مهندسان و دانشمندان عرصه ی عمران در صدد پیدا کردن روش های جدیدی برای جلوگیری از ضررهای مالی و جانی ناشی از زلزله می باشند. یکی از روش های کاربردی، جذب انرژی زلزله است. از مفیدترین راه های کنترل و کاهش ارتعاشات سازه، به کارگیری سیستم های جداساز می باشد. در این تحقیق سازه کاردینگتون^۱ را بدون جداساز و با جداساز لاستیکی-سربی مورد مطالعه و تحقیق قرار داده ایم. سازه در هر دو حالت دارای بارگذاری یکسان است، سازه در دو جهت با بادبند ضربداری مهار شده است. این جداساز در سازه هشت طبقه با نرم افزار sap2000 مدل سازی شده و با الگوی بارگذاری جانبی FEMA440 تحت تحلیل غیرخطی بارافزون قرار گرفته است. با معرفی مفاصل پلاستیک در سازه برای ستون ها و بادبندها به اثر این جداسازها در هنگام تشکیل مفاصل پرداخته ایم. در واقع به سطح عملکرد سازه بدون جداساز و با جداساز و اثر آنها در پاسخ سازه پرداخته ایم. با توجه به تحلیل انجام شده در دو شرایط کاملاً یکسان نتایج نشان می دهد که جداساز لاستیکی-سربی در این سازه با شرایط زمین یکسان عملکرد مناسبی داشته و انرژی بیشتری را مستهلک می کند به طوریکه که هیچکدام از اعضای سازه بعد از تحلیل بارافزون تسلیم نمی شوند و هیچ مفصل پلاستیکی در سازه ایجاد نمی شود و سطح عملکرد سازه خدمت رسانی بی وقفه می باشد. این در صورتی است که سازه بدون جداساز کاملاً خراب شده و بیشتر مفاصل تعریف شده تسلیم شده اند. جداساز لاستیکی-سربی برش پایه را در این سازه بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ درصد کاهش می دهد و تغییر مکان هدف را ۴۰۰ درصد افزایش می دهد.

کلید واژه: جداساز لاستیکی-سربی، سطح عملکرد، تحلیل پوش آور، سازه مهار بندی-برش پایه

^۱ cardington

۱-مقدمه

سیستم های جداساز یکی از فناوری های مدرن به حساب می آیند و در حدود ۳۰ سال می باشد که از طرح اولیه آنها می گذرد. جداسازها به علت اینکه در زلزله کوبه و نورتریج عملکرد مناسبی داشته اند در حال حاضر مورد توجه قرار گرفته اند. این سیستم به جای مقابله با زلزله، سازه را با زلزله همراه می کند. یعنی در مواقعی که زلزله رخ می دهد، سازه در ارتعاشات با زلزله همراه می شود و نیروهای زلزله را جذب می کند و سازه میرایی هایی را که زلزله به سازه می دهد درون خود خنثی می کند و این همان میرا کردن سازه است. [۱] روش های متداول طراحی سازه ها، بر ایده ی افزایش ظرفیت مقاومت سازه ها در برابر زلزله (تأمین سختی و مقاومت لازم در تحمل بارهای قائم و جانبی در محدوده ی تغییرشکل مجاز) استوار است. علی رغم پیشرفت هایی که در تولید مصالح ساختمانی با مقاومت زیاد و وزن کم صورت پذیرفته، افزودن سختی سازه ممکن است مستلزم هزینه های زیادی باشد، علاوه بر این چنین روش هایی منجر به افزایش شتاب طبقات و یا تغییرمکان نسبی بین طبقه ای می گردد. برای کاهش خسارات سازه ای و غیر سازه ای، دو روش طراحی وجود دارد که اولین روش بیان می کند که ساختمان های سخت مناسب ترند، این ساختمان ها تغییرمکان نسبی بین طبقه ای را کاهش می دهند ولی شتاب های قابل توجهی در طبقات سازه به وجود می آورند که در نتیجه ی آن، نیروهای لرزه ای وارد بر طبقات فوقانی افزایش می یابند. روش دوم، ساختمان های نرم را بهتر می داند، زیرا چنین ساختمان هایی به علت جذب نیروی کمتر، شتاب طبقات را کاهش می دهند. اما این روش، افزایش تغییرمکان های نسبی بین طبقه ای را در پی خواهد داشت. بنابراین روشی که این مشکل را همزمان حل می کند استفاده از جداسازهای لرزه ای می باشند. جداسازی لرزه ای از اجزای برای ایجاد انعطاف پذیری در پایه سازه در صفحه ی افقی (نصب تکیه گاه هایی با سختی افقی نسبتاً پایین و سختی قائم بالا) و همزمان با آن، از اجزای مستهلک کننده انرژی به منظور جذب کامل و یا بخش عمده ای از انرژی ناشی از زمین لرزه تولید می شود.

با استفاده از جداسازهای لرزه ای، دوره تناوب اصلی سازه افزایش می یابد، ولی این افزایش دوره تناوب، به افزایش تغییرمکان جانبی سازه و جداساز می انجامد. [۲،۱]

۲- طراحی بر اساس سطح عملکرد

در علم مهندسی زلزله، با ورود و جایگزینی شیوه طراحی بر اساس عملکرد^۱ به جای روش قدیمی طراحی براساس نیرو، بسیاری از آیین نامه های جهان دست خوش تغییرات بنیادی شده اند. بسیاری از محققان و پژوهشگران برای تکامل و دستیابی این شیوه، تحقیقات خود را در این زمینه متمرکز کرده اند. آیین نامه های کنونی بر اساس نیرو تهیه شده اند بنابراین برای طراحی سازه در محدوده الاستیک مناسبند، اما سطوحی از عملکرد که شاهد پذیرش خسارت می باشد، علاوه بر معیارهای نیرویی وابسته به معیارهای جابه جایی نیز است. در حقیقت هدف از طراحی لرزه ای بر اساس عملکرد این است که طراحان را قادر سازد تا سازه هایی طراحی کنند که عملکردشان قابل پیش بینی باشد. بر اساس آیین نامه های طراحی، اعضای سازه ای به گونه ای طراحی می شود که بتوانند نیروهای وارده را با حاشیه اطمینان مناسبی که بستگی به روش طراحی دارد تحمل کنند. بعد از طراحی اعضای سازه ای برای نیروهای وارده در بعضی موارد کنترل های تغییر مکانی مانند کنترل خیزها وابسته به خرابی های معماری و بعضی دیگر همانند کنترل تغییر مکان جانبی نسبی همزمان وابسته به خرابی های معماری وکل سازه هستند. [۳]

۳- تحلیل غیر خطی بارافزون (پوش اور^۲) با بار ثقلی و بار جانبی یکنواخت

تحلیل بار افزون یک تحلیل تقریبی است که در آن سازه در معرض بارهای ثقلی و جانبی که بصورت یکنواخت به سازه وارد می شود قرار می گیرد، این افزایش بار تا زمانی که سازه به مقدار جابجایی مشخصی تغییر شکل یابد ادامه دارد که نتیجه این تحلیل یک نمودار برش پایه-جابجایی بام می باشد. در این تحلیل چون از شروع ساخت سازه بارهای ثقلی به سازه اعمال می شوند بنابراین در ابتدا بارهای ثقلی به سازه اعمال می شوند و بعد بارهای جانبی به سازه وارد می شوند. [۳]

تحلیل بارافزون به دو صورت انجام می پذیرد که عبارتند از:

۱. تحلیل استاتیکی غیرخطی کنترل شونده توسط نیرو

۲. تحلیل استاتیکی غیرخطی کنترل شونده توسط جابجایی [۴]

^۱ performance base design

^۲ pushover

۴- معرفی جداساز مورد استفاده در این تحقیق

جداساز مورد استفاده در این سازه جداساز لاستیکی - سربی^۱ می باشد. این جداساز از لاستیک با یک هسته سربی و ورق های فولادی که به صورت افقی در درون لاستیک قرار می گیرند تشکیل می شود. در این سیستم جزء لاستیکی وظیفه باز گرداندگی را به عهده دارد و هسته سربی وظیفه میرا کردن نوسانات را و قطعات فلزی افقی هم سختی قائم را تامین می کنند. [۲]



شکل (۱) جداساز لاستیکی سربی [۲]

سختی موثر کل جداسازهای بکار رفته در این سازه برابر است با:

$$K_{eef} = \frac{W_{DL} + 0.2LL}{g} \times \left(\frac{\gamma\pi}{T_D}\right)^2 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$K_{eef} = \frac{630000}{9.81} \times \left(\frac{\gamma\pi}{3}\right)^2 = 28185 \text{ kg/cm}$$

در رابطه (۱) K_{eef} سختی موثر جداساز می باشد و g شتاب زمین و T_D دوره تناوب طرح می باشد و $W_{DL} + 0.2LL$ وزن مرده سازه بعلاوه ۲۰ درصد از وزن زنده می باشد. بعلاوه اینکه سختی به دست آمده مربوط به کل سازه می باشد و تعداد جداسازهای مورد استفاده

در این سازه ۳۰ عدد می باشد بنابراین سختی موثر یک جداساز برابر است با $\frac{K_{eef}}{30} = \frac{28185}{30} = 939 \text{ kg/cm}$

۵- فرضیات تحلیل سازه به روش استاتیکی غیرخطی

در این تحلیل به بررسی سطح عملکرد سازه ی ساختمان هشت طبقه با قاب مهار بندی شده بادبندهای ضربدری در دو جهت x و y به دو صورت دارای جداساز و بدون جداساز پرداخته شده است.

^۱ Rubber lead bearing

"سومین همایش ملی فناوری های نوین صنعت ساختمان"

مشهد مقدس - شهریور ۹۳

سازه کاردینگتون به ابعاد ۲۱x۴۵ به ارتفاع ۳۲,۵ می باشد. این سازه در تهران فرض شده و کاربری آن مسکونی اداری می باشد. مقاطع مورد استفاده در این تحلیل مقاطع اروپایی با مقاومت نهایی $F_U = ۳۷۰۰$ و مقاومت تسلیم $F_Y = ۲۴۰۰$ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشند. سقف هال کاملاً صلب بوده و بار مرده سازه ۶۰۰ کیلوگرم و بار زنده طبقات ۲۰۰ کیلوگرم بر سازه اعمال شده است. وزن کل سازه ۶۳۰۰ تن می باشد که با توجه به وزن سازه، جداساز لاستیکی سربی طراحی می شود و ابعاد آن مشخص می شود. [۵]

۶-اصلاح مشخصات مصالح

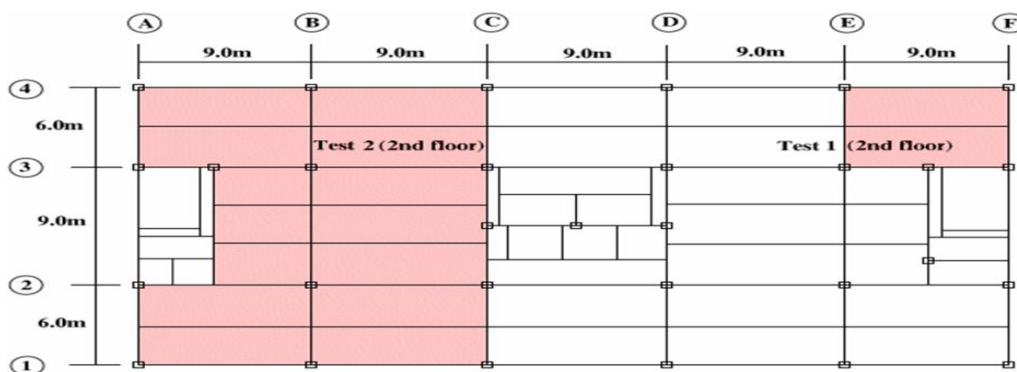
در تحلیل غیر خطی استاتیکی در اعضای کنترل شونده توسط تغییر شکل بایستی به جای کرانه پایین مقاومت مصالح که در تحلیل های خطی به کار می رود، از مقاومت مورد انتظار مصالح استفاده می کنیم. طبق دستور العمل نشریه ۳۶۰ این مقادیر برای فولاد برابرند

با: [۴]

$$F_{ye} = 1,1 F_y \quad 1,1 \times 2400 = 2640 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$F_{ue} = 1,1 F_u \quad 1,1 \times 3700 = 4070 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{رابطه (۳)}$$

پس از مدلسازی در نرم افزار Sap2000 مشخصات مصالح را اصلاح کرده و بار ثقلی را به سازه اعمال خواهیم کرد... پس از اعمال بارهای ثقلی بار جانبی یکنواخت و بار جانبی مودال را به سازه اعمال خواهیم کرد و سپس به بررسی پاسخ سازه به این بارها در دو حالت سازه با جداساز لاستیکی سربی و سازه بدون جداساز خواهیم پرداخت.



شکل (۲) پلان ستون گذاری سازه کاردینگتون

مقاطعی که در این تحلیل به کار رفته است در جدول (۱) آورده شده اند.

"سومین همایش ملی فناوری های نوین صنعت ساختمان"

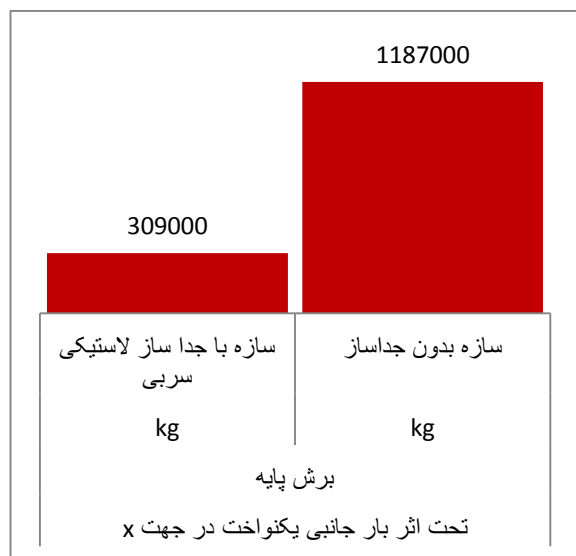
مشهد مقدس - شهریور ۹۳

جدول (۱) مقاطع به کار رفته در مدل سازی سازه

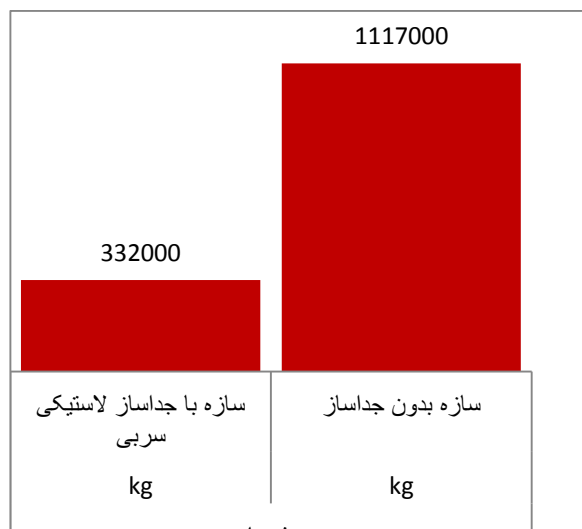
مقاطع ستونها	BOX $36 \times 36 \times 4$ -BOX $36 \times 36 \times 2$ - BOX $40 \times 40 \times 4$ -BOX $40 \times 40 \times 2,5$
مقاطع تیرها	IPE 16 - IPE 18 - IPE 20 - IPE 22 - IPE 24 - IPE 27 - IPE 30 - IPE 33
بادبندها	$2UPN20$ - $2UPN24$ - $2UPN26$

۷-مقایسه برش پایه سازه در دو حالت با جداساز و بدون جداساز

نمودارهای حاصل از تحلیل استاتیکی غیر خطی پوش اور به دست آمده اند و با استفاده از این داده ها به بررسی وضعیت سازه می پردازیم. به مقایسه برش پایه سازه تحت اثر بارهای جانبی یکنواخت در جهت X بارهای جانبی مودال در جهت Y پرداخته ایم.



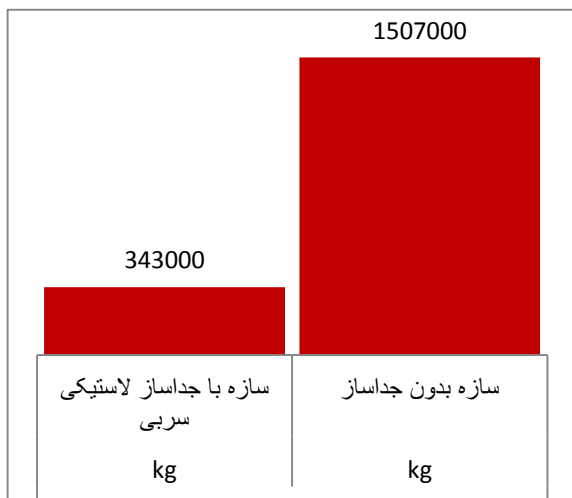
شکل (۴) برش پایه تحت بار جانبی در جهت X



شکل (۳) برش پایه بار جانبی مودال در جهت Y

"سومین همایش ملی فناوری های نوین صنعت ساختمان"

مشهد مقدس - شهریور ۹۳



در شکل سه، چهار و پنج میزان برش پایه سازه با جلداساز و بدون جلداساز آورده شده اند که این میزان برش ناشی از تحلیل غیراستاتیکی خطی تحت اثر بارهای جانبی یکنواخت و مودال می باشند. جلداساز لاستیکی سربی برش پایه را تحت اثر بار جانبی یکنواخت در جهت γ به میزان ۳۴۰ درصد نسبت به سازه جلداسازی نشده کاهش می دهد و برای بار جانبی مودال به میزان ۲۳۶ درصد نسبت به سازه بدون جلداساز کاهش می دهد. این کاهش نیرو باعث می شود تغییر مکان بین طبقات کاهش یابد.

شکل (۵) برش پایه تحت بار جانبی یکنواخت در جهت γ

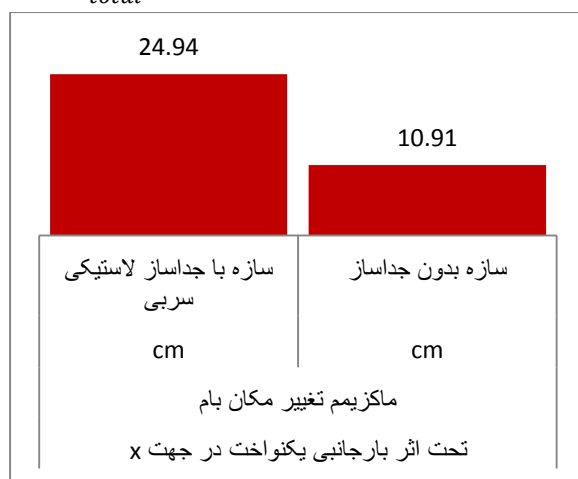
شکل شش، هفت و هشت نشان دهنده تغییر مکان ماکزیمم مرکز جرم در بام می باشند.

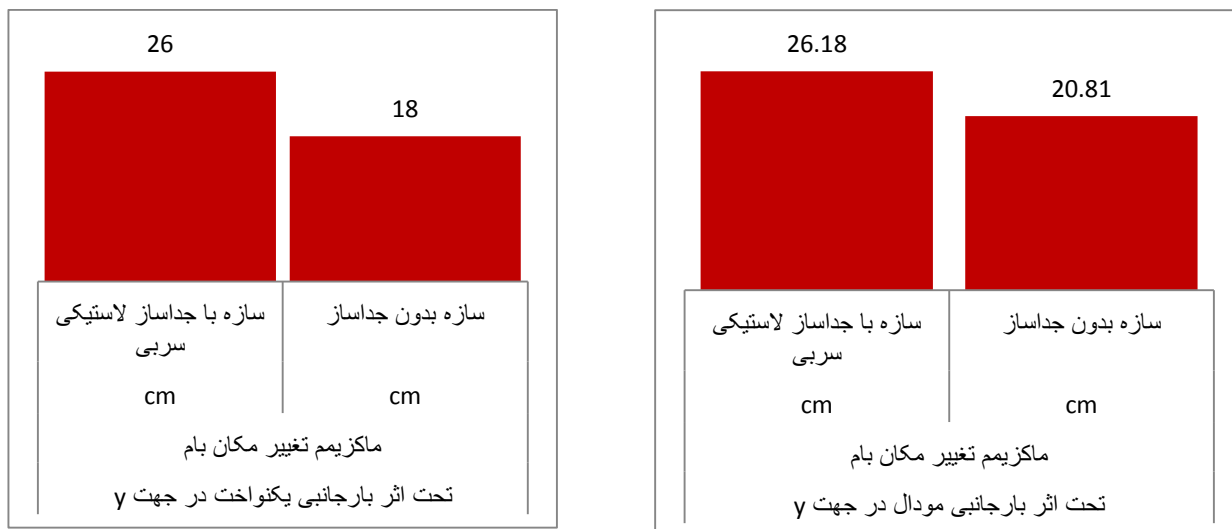
در این سازه تغییر مکان هدف با روش ضرایب محاسبه شده که مقدار عددی تغییر مکان هدف برابر با ۲۵،۰۵ سانتی متر می باشد. [۳]

$$\delta_t = C \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a \cdot \frac{T_g^2}{4\pi} * g \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$\delta_t = 1,5 \times 1 \times 1 \times 1 \times 9,8 \times \frac{0,67^2}{4 * \pi^2} = 16,7 \text{ cm}$$

$$\delta_{total} = 16,7 \times 1,5 = 25,05$$





شکل (۶) ماکزیمم تغییر مکان بام بار جانبی مودال در جهت Y شکل (۷) ماکزیمم تغییر مکان بام بار جانبی یکنواخت در جهت Y

شکل (۸) ماکزیمم تغییر مکان بام تحت بار جانبی یکنواخت در جهت X

در سازه بدون جداساز تحت اثر بار جانبی مودال در جهت Y (شکل ۶) تغییر مکان مرکز جرم در بام ۲۰٫۸۱ سانتی متر می باشد. ولی در سازه با جداساز تغییر مکان مرکز جرم در بام ۲۶٫۱۸ سانتی متر می باشد. این مطلب نشان می دهد که سازه بدون جداساز قبل از اینکه تغییر مکان مرکز جرم در بام به تغییر مکان هدف برسد، سازه ناپایدار شده و تخریب شده است. اما سازه با جداساز با اعمال بار جانبی به آن ناپایدار نشده و بدون اینکه عضوی از آن تسلیم گردد مرکز جرم آن در بام به تغییر مکان هدف رسیده است. همچنین در سازه بدون جداساز تحت اثر بار جانبی یکنواخت در جهت X (شکل ۸) تغییر مکان مرکز جرم در بام ۱۰٫۹۱ سانتی متر می باشد. ولی در سازه با جداساز تغییر مکان مرکز جرم در بام ۲۴٫۹۴ سانتی متر می باشد. در واقع سازه بدون جداساز قبل از اینکه تغییر مکان مرکز جرم در بام به تغییر مکان هدف برسد، سازه ناپایدار شده و تخریب شده است. اما سازه با جداساز با اعمال بار جانبی به آن ناپایدار نشده و بدون اینکه عضوی از آن تسلیم گردد مرکز جرم آن در بام به تغییر مکان هدف رسیده است.

۸- بررسی سطح عملکرد سازه ی سازه مورد مطالعه تحت بارگذاری های جانبی یکنواخت و مودال

جدول (۲) سطح عملکرد تحت بارهای جانبی

سازه	سازه بدون جداساز	سازه با جداساز لاستیکی سربی
سطح عملکرد تحت بار جانبی یکنواخت در جهت X	خرابی کامل و فروریزش	استفاده بی وقفه
سطح عملکرد تحت بار جانبی مودال در جهت Y	خرابی کامل و فروریزش	استفاده بی وقفه
سطح عملکرد تحت بار جانبی یکنواخت در جهت Y	خرابی کامل و فروریزش	استفاده بی وقفه

"سومین همایش ملی فناوری های نوین صنعت ساختمان"

مشهد مقدس - شهریور ۹۳

۹-مقایسه دریافت و جابجایی طبقات برای سازه جداسازی شده و سازه جداسازی نشده

جدول (۴) تغییر شکل سازه بدون جدا ساز

طبقات	جابجایی cm	دریافت cm
طبقه نهم	۱۷,۲۷	۰,۰۰۲۵۵
طبقه هشتم	۱۶,۲۵	۰,۰۰۳۲۵
طبقه ششم	۱۴,۹۵	۰,۰۰۳۹۷۵
طبقه پنجم	۱۳,۳۶	۰,۰۰۴۸۷۵
طبقه چهارم	۱۱,۴۱	۰,۰۰۵۷۲۵
طبقه سوم	۹,۱۲	۰,۰۰۶۵۷۵
طبقه دوم	۶,۴۹	۰,۰۰۰۸۳۷
طبقه اول	۳,۱۴	۰,۰۰۷۸۵
همکف	۰	۰

جدول (۳) تغییر شکل سازه با جداساز لاستیکی سربی

طبقات	جابجایی cm	دریافت cm
طبقه نهم	۲۰,۲۹	۰,۰۰۲۴
طبقه هشتم	۱۹,۳۳	۰,۰۰۲۵۵
طبقه ششم	۱۸,۳۱	۰,۰۰۲۶۷۵
طبقه پنجم	۱۷,۲۴	۰,۰۰۲۸
طبقه چهارم	۱۶,۱۲	۰,۰۰۲۹۲۵
طبقه سوم	۱۴,۹۵	۰,۰۰۳
طبقه دوم	۱۳,۷۵	۰,۰۰۳۱۲۵
طبقه اول	۱۲,۵	۰,۰۰۳۰۷۵
همکف	۱۱,۲۷	۰,۱۸

۱۰-نتیجه گیری:

می توان گفت جداسازهای لرزه ی یکی از بهترین تکنولوژی های نوینی هستند که عملکرد مناسبی هنگام زلزله دارند.

جداسازلاستیکی سربی سطح عملکرد سازه را از فرو ریزش کامل به قابلیت استفاده بی وقفه ارتقاء می دهند.

جداساز لاستیکی سربی برش پایه را تحت اثر بار جانبی یکنواخت در جهت ۷ به میزان ۳۴۰ درصدنسبت به سازه جداسازی نشده کاهش

می دهد و برای بار جانبی مودال به میزان ۲۳۶ درصد نسبت به سازه بدون جداسازکاهش می دهد.

در این جداساز تقریبا ۵۰ درصد تغییر مکان هدف درون خود جداساز رخ می دهد و تغییر شکل طبقات کم می باشد.

در سازه ی جداسازی شده با اعمال بارجانبی،سازه بدون اینکه مفصل خمیری دراعضایش به وجود اید تغییر مکان ان به تغییر مکان

هدف می رسد ولی در سازه جداسازی نشده سازه قبل از اینکه تغییر شکلیش به تغییر مکان هدف برسد فرو می ریزد.

می توان با استفاده از این جداسازها در سازه ها خسارات جانی و مالی را تا حد قابل ملاحظه ی کاهش داد.

مراجع

۱- تهرانی زاده ،م.و حامدی . جداسازی لرزه ی در مقابل زلزله(ترجمه)،انتشارات پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران،۱۳۷۸

"سومین همایش ملی فناوری های نوین صنعت ساختمان"

مشهد مقدس - شهریور ۹۳

۲. Naeim, f., Kelly, J.M., Design of seismic isolated structures from theory to practice, John

wiley&sons ,inc., Edition, ۱۹۹۹

۳. پاک نیت، ش. ۱. پاک نیت. تحلیل های مورد نیاز در بهسازی لرزه ی سازه ها انتشارات متفکران . لویه، ۱۳۹۰

۴. دستورالعمل بهسازی لرزه ی ساختمان های موجود/دفتر امور فنی تدوین معیارها-سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور-۱۳۸۵

۵- آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۸۴.

۶. مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، طرح و اجرای ساختمان های فولادی. دفتر امور مقررات ملی ساختمان ۱۳۸۷

۷. UBC۹۷ ,international building code