

اثر نسبت مقاومت مشخصه در رفتار لرزه‌ای سازه با جداگر هسته سربی

کامبیز مظاهری*، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پرند، پرند، ایران
 مهدی وکیل زاده، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پرند، پرند، ایران
 محدثه بختیاری آزاد، کارشناسی ارشد زلزله، دانشگاه خوارزمی

*k.mazaheri@pia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۲۸ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۴/۰۸/۲۳

چکیده:

روش‌های مرسوم طراحی لرزه‌ای سازه‌ها بر اساس ظرفیت سازه می‌باشند. بدلیل معایب روش‌های متداول، استفاده از جداگرهای لرزه‌ای بویژه در سازه‌هایی که دارای تجهیزات حساس هستند به عنوان یک راه حل مؤثر در محافظت از سازه‌ها در برابر زلزله شناخته می‌شود. در این تحقیق عملکرد قاب فولادی ۲ طبقه با و بدون جداگر لرزه‌ای تحت زلزله‌های نزدیک گسل chichi و northridge مورد مطالعه قرار می‌گیرند و تأثیر عواملی چون نسبت مقاومت مشخصه به کل وزن سازه روی آن بررسی می‌شود. در ادامه عملکرد قاب مهاربندی شده و قاب خمشی با جداگر هسته سربی مقایسه می‌شود. نتایج نشان می‌دهد جداگر لرزه‌ای موجب عملکرد بهتر سازه در برابر زلزله می‌شود همچنین مقدار نسبت مقاومت مشخصه به وزن سازه بر روی عملکرد سازه تأثیر بسزایی دارد.

کلید واژگان: جداگر هسته سربی، تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی، قاب مهاربندی شده، نرم افزار SAP، برش پایه

۱- مقدمه

انسان در طول تاریخ با حوادث گوناگونی مانند سیل، طوفان، زلزله و ... روبرو شده است. زلزله یکی از مهمترین عواملی است که سالانه تلفات جانی و خسارات مالی فراوانی را بر جای می‌گذارد. جمعیت زیادی از مردم دنیا در مناطقی با احتمال بالای وقوع زلزله، زندگی می‌کنند. کشور ایران نیز با قرار گیری بر روی کمربند آلپ هیمالیا بر روی یکی از زلزله‌خیزترین این مناطق قرار گرفته است و ما اغلب شاهد تلفات و خسارات سنگین ناشی از زلزله‌های ویرانگر در کشور هستیم. از این رو مردم در طول تاریخ تلاش نموده‌اند تا با استفاده از تکنیک‌های مختلف با این خطر طبیعی مقابله کنند. در روش‌های متداول طراحی سازه‌ها، کل حرکات لرزه‌ای زمین به سازه فوقانی منتقل می‌شود و برای تأمین ظرفیت تحمل بار جانبی از رفتار

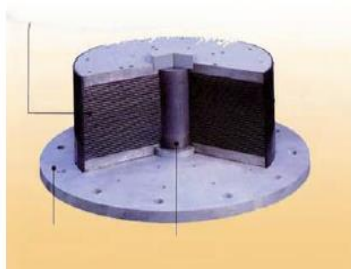
الاستو پلاستیک (شکل پذیری) عناصر سازه‌ای استفاده می‌شود. زمین لرزه در ساختمان‌های سخت باعث ایجاد شتاب‌های بزرگ طبقات و در ساختمان‌های نرم باعث ایجاد تغییر مکان‌های نسبی بزرگ بین طبقات می‌گردد.

مسئله اصلی در تأمین مقاومت لرزه‌ای بالای یک ساختمان، چگونگی به حداقل رساندن تغییر مکان بین طبقه‌ای و شتاب‌های طبقات می‌باشد. تغییر مکان‌های بین طبقه‌ای زیاد، سبب خسارت دیدن اجزای غیر سازه‌ای و تجهیزات متصل کننده طبقات می‌شود. تغییر مکان بین طبقه‌ای را می‌توان با افزایش سختی سازه کاهش داد، اما این عمل سبب تقویت و تشدید حرکت زمین می‌شود که به نوبه خود سبب افزایش شتاب طبقات شده و منجر به خسارت دیدن تجهیزات حساس داخلی می‌شود. همچنین افزایش سختی سازه سبب افزایش ابعاد

لرزه، با استفاده از جداسازی لرزه‌ای، دوره تناوب اصلی سازه افزایش یافته و به محدوده‌ی ضعیف طیف انتقال داده می‌شود، [۲] البته این افزایش دوره تناوب، به افزایش تغییر مکان جانبی سازه و جداگر می‌انجامد. در سیستم‌های جداسازی شده، سازه فوقانی تقریباً به صورت یک جسم صلب روی جداگرهای لرزه‌ای نرم تغییر مکان می‌دهد. قسمت عمده حرکات لرزه‌ای زمین در تراز جداگرهای لرزه‌ای جذب شده و در نتیجه حرکات لرزه‌ای منتقل شده به سازه فوقانی به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. مبنای آن کاهش نیروهای وارده به سازه در اثر زمین‌لرزه به جای افزایش ظرفیت سازه برای تحمل بارهای جانبی می‌باشد. بنابراین سیستم جداسازی ضمن جذب بخشی از انرژی ورودی ناشی از زمین لرزه، پرید ارتعاشی اصلی سازه را به مقدار بزرگتری تغییر می‌دهد همچنین مقدار نیرویی را که می‌تواند به روسازه منتقل شود محدود کرده و تغییر مکان نسبی میان طبقه و شتاب‌های طبقات را به شدت کاهش می‌دهد. فرکانس سازه‌های جداسازی شده پایه‌ای بسیار پایین‌تر از فرکانس‌های اصلی زمین لرزه‌ها می‌باشد لذا عمل جداسازی پایه از نقطه نظر مقاومت در برابر زلزله، یک سیستم سازه‌ای انعطاف پذیرتر و مناسب تر را بوجود می‌آورد. جداسازهای لاستیکی و جداسازهای اصطکاکی دو گروه اصلی از جداسازهای لرزه‌ای برای کنترل نیروی منتقل شده به روسازه در ساختمان‌ها می‌باشند. جداگر با هسته سربی یکی از انواع جداگرهای لاستیکی می‌باشد. [۷]

۳- جداگر هسته سربی

متداول‌ترین سیستم جداسازی در آمریکا، نشیمن‌های لاستیکی با هسته سربی می‌باشند. این نشیمن‌ها، بصورت چندلایه ورقه‌ای بوده و دارای یک یا چند سوراخ دایره‌ای شکل می‌باشند. هسته‌های سربی برای افزایش میرایی سیستم جداساز در داخل این سوراخها قرار می‌گیرند. دلیل انتخاب سرب برای این جداساز این است که فلز سرب دارای ساختمانی کریستالی است. ساختار کریستالی سرب با تغییر مکان تغییر می‌کند اما بلافاصله با برگشت تغییر مکان به حالت اولیه بازگشته و به این ترتیب تسلیم‌های متوالی تحت بارهای ارتعاشی دینامیکی جانبی باعث به وجود آمدن پدیده ی خستگی در آن نمی‌شود. [۷] [۱۷]



شکل ۱- جداگر لاستیکی با هسته سربی [۸]

اعضای سازه‌ای به منظور تأمین مقاومت می‌شود و موجب کاهش ارزش اقتصادی پروژه می‌گردد. در این روش‌ها، به دلیل تغییر شکل‌های غیرخطی در اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای امکان بروز خرابی در این اعضا و وقوع آسیب در اجزای غیرسازه‌ای و تجهیزات داخل طبقه به دلیل وقوع تغییر مکان و شتاب‌های قابل توجه در طبقه وجود دارد. این امر در نهایت سلب آرامش از ساکنان ساختمان‌های بلند، آسیب در اجزای غیرسازه‌ای و تجهیزات و احتمال قطع خدمات ارایه شده از شبکه‌های مختلف در شریان‌های حیاتی مانند تلفن، حمل و نقل، بیمارستان‌ها، برق و آب را به همراه دارد و با افزایش سطح نیازهای شهری هزینه‌های قابل توجهی صرف ایجاد شریان‌های حیاتی و سازه‌های موجود خواهد شد این امر نیاز به پیش‌بینی تمهیدات لازم برای ارتقای سطح ایمنی این بناها در برابر رویداد احتمالی زلزله را به همراه دارد.

در دهه‌های اخیر، روش‌های نوینی برای از بین بردن و یا کاهش اثرات زلزله بر سازه‌ها پدید آمده‌اند که به روش‌های کنترل سازه‌ای شهرت یافته‌اند. روش‌های کنترل ارتعاش سازه‌ها به سه گروه کلی کنترل فعال، کنترل غیرفعال و نیمه فعال تقسیم می‌شود. از بین این روش‌ها کنترل غیر فعال بدلیل سادگی و ارزانی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. در این روش، عامل کنترل کننده‌ی ارتعاش در محل مناسبی از سازه قرار می‌گیرد و عملاً تا قبل از تحریک سازه بصورت غیر فعال عمل می‌کند و با شروع تحریک (بطور مثال زلزله) سیستم کنترل، بکار افتاده و عملکرد خود را حین تحریک انجام می‌دهد.

۲- جداساز لرزه‌ای

جداسازی لرزه‌ای که در گروه کنترل غیر فعال سازه‌ها قرار می‌گیرد، یکی از تکنیک‌هایی بوده که در گذشته در برخی از مناطق کشور مورد استفاده قرار گرفته است. در اوت ۱۹۰۹، پزشکی به نام ج.ا. کلاترینتر در یکی از شهرهای شمالی انگلستان بنام اسکاربورو، نامه ای به رئیس مؤسسه زلزله‌شناسی شیلی در سانتیاگو نوشت و در آن روش نوینی را برای ساختن بناهای مقاوم در برابر زلزله معرفی کرد. [۱۷] مطابق نظر وی، ساختمان‌هایی که به این صورت ساخته می‌شوند می‌توانند با ایمنی کامل در مناطق لرزه‌خیز بکار گرفته شوند، چرا که بدلیل وجود درزهای آزاد روغن کاری شده، شدت زمین‌لرزه اهمیت خود را از دست می‌دهد. پیشنهاد این شخص، نمونه اولیه‌ای از یک فلسفه طراحی مقاوم لرزه‌ای است که بعداً به جداسازی لرزه‌ای معروف شد. جداسازی لرزه‌ای در بیش از ۸۰۰۰ سازه مختلف در سرتاسر جهان مورد استفاده قرار گرفته و از سال ۱۹۷۰ برای پل‌ها بکار گرفته شده است.

مبنای نظریه جداسازی لرزه‌ای عبارتست از ایجاد انعطاف پذیری در پایه سازه در صفحه افقی (نصب تکیه گاه‌هایی با صفحه افقی نسبتاً پایین، اما سختی قائم بالا) و همزمان با آن، ایجاد عناصر مستهلک کننده به منظور جذب کامل و یا بخش عمده‌ای از انرژی ناشی از زمین

$$Q_d = A_p \times f_{py} \quad (3)$$

$$f_{py} = 1500 \text{ psi} = 10 \text{ Mpa} \quad (4)$$

$$Q_d = \frac{W_D}{4D} \quad (5)$$

$$W_D = 2\pi K_{eff} D^2 \xi_{eff} \quad (6)$$

در رابطه بالا Q_d مقاومت مشخصه، f_{py} تنش تسلیم سرب، A_p سطح مقطع هسته سربی و W_D مقدار انرژی پراکنده شده در هر سیکل است.

۶- تعیین مساحت و ضخامت هر لایه لاستیک.

۶-۱) تعیین ضریب شکل برای ایزولاتور:

$$\frac{K_v}{K_h} = \frac{\frac{E_c A}{L_r}}{\frac{E_c}{G}} = \frac{E_c}{G} = \frac{E_c(1+2KS^2)}{G} \geq 400 \text{ for } S > 10 \quad (7)$$

۶-۲) با داشتن نیروی قائم طراحی و تنش فشاری مجاز، مقدار اولیه برای مساحت جداساز (A_0) محاسبه می‌شود:

$$\sigma_c = \frac{P_{DL+LL}}{A_0} \leq 80 \text{ kgf/cm}^2 = 7.84 \text{ MN/m}^2 \quad (8)$$

نیروی قائم از مجموع بار مرده و زنده (P_{DL+LL}) محاسبه می‌شود.

۶-۳) مساحت A_1 بر اساس محدودیت تغییر شکل نسبی برشی تحت بار قائم P_{DL+LL} به روش زیر محاسبه می‌شود.

$$\gamma_{c|DL+LL} = \frac{6S \times P_{DL+LL}}{E_c \cdot A_1} \leq \frac{\epsilon_b}{3} \quad (9)$$

۶-۴) تعیین مدول الاستیک نشیمن.

$$K_d = K_r \left[1 + 12 \frac{A_p}{A_0} \right] \quad (10)$$

$$K_d = K_{eff} - \frac{Q_d}{D} \quad (11)$$

۶-۵) برای محاسبه طول و عرض جداساز چهارگوش (L و B) یا قطر جداساز دایره‌ای (d)، حداقل مساحت سطح مقطع A_{sf} از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$A_{sf} = \frac{K_{eff} \cdot t_t}{G} \quad (12)$$

سپس سطح مقطع موثر A_2 با استفاده از محاسبه A_{re} محاسبه می‌شود.

برای جداسازهای چهارگوش:

$$A_{re} = L(B - \Delta_s) \quad (13)$$

برای جداساز دایره‌ای:

$$A_{re} = d^2 \times \frac{(\beta - \sin\beta)}{4} \quad (14)$$

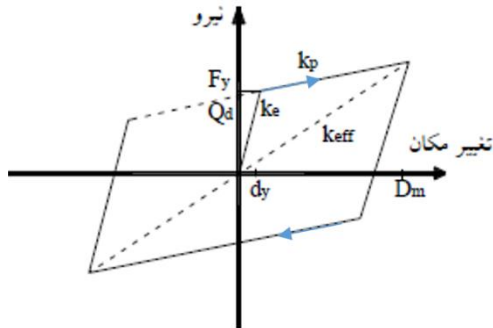
این رابطه Δ_s تغییر مکان جانبی جداساز، B عرض پیشنهادی در امتداد موازی Δ_s در جداسازهای چهارگوش و d قطر پیشنهادی جداسازهای دایره‌ای است.

۶-۶) از بین A_0 ، A_1 و A_2 مقدار ماکزیمم به عنوان سطح مقطع طراحی جداساز انتخاب می‌شود.

$$A = \max(A_0, A_1, A_2) \quad (15)$$

۶-۷) بر اساس سطح مقطع A ابعاد مناسب لایه‌های لاستیک بدست می‌آید.

تکیه‌گاه‌های لاستیکی با هسته سربی با نمایش رفتاری دو خطی با نرم‌شدگی تحت بارهای نسبتاً شدید لرزه‌ای، عملکرد مطلوبی در زمینه کنترل توأم لرزه‌های خفیف و شدید از خود نشان داده‌اند. هسته سربی این تکیه‌گاه‌ها به همراه سختی بخش لاستیکی که در مقایسه با سختی بخش سربی بسیار اندک است، تأمین کننده سختی اولیه مورد نیاز در نمودار نیرو- تغییر مکان این تکیه‌گاه‌ها است. با افزایش میزان بارگذاری، این بخش به حد تسلیم رسیده و سختی بسیار کمی را در مقابل بار جانبی از خود نشان می‌دهد. این سختی به همراه سختی بخش لاستیکی تکیه‌گاه، سختی ثانویه را در نمودار نیرو- تغییر مکان از خود نشان می‌دهد. این رفتار در شکل ۲ نشان داده شده است. [۸].



شکل ۲- رفتار جداگر لاستیکی با هسته سربی [۷]

۴- روند طراحی جداگر هسته سربی

طراحی جداگر هسته سربی را می‌توان به دو بخش طراحی هسته سربی و طراحی بخش لاستیکی تقسیم کرد. برای این کار می‌توان بصورت زیر اقدام کرد.

۱- ابتدا شرایط خاک برای سازه جداسازی بررسی می‌شود. همچنین وزن سازه، نیروی قائم بر روی جداساز (P_{DL+LL}) و دوره تناوب طبیعی هدف سازه جداسازی شده (T_D) تعیین می‌شود.

۲- کرنش برشی طراحی، γ_{max} و نسبت میرایی موثر K_{eff} ، برای جداگر، و پریود هدف T_D برای سازه جداسازی شده انتخاب می‌شود.

۳- محاسبه سختی جانبی مؤثر جداساز K_{eff} و تعیین تغییر مکان طرح (D)، مقدار تغییر مکان طرح (D)، به شدت لرزه‌خیزی منطقه و ضریب طیفی بستگی دارد که تابعی از مختصات ساختگاه، دوره تناوب اصلی نوسان سازه و میرایی سامانه جداسازی است.

$$K_{eff} = \frac{W}{g} \times \frac{2\pi}{T_D} \quad (W = P_{DL+LL}) \quad (1)$$

۴- تعیین مشخصات مصالح مانند مدول یانگ (E) و مدول برشی (G) برای لاستیک با استفاده از نتایج حاصل از آزمایش نمونه‌ها و محاسبه ضخامت جداساز لاستیکی صرفنظر از ورق‌های فولادی بالا و پایین آن.

$$t_t = \frac{D}{\gamma_{max}} \quad (2)$$

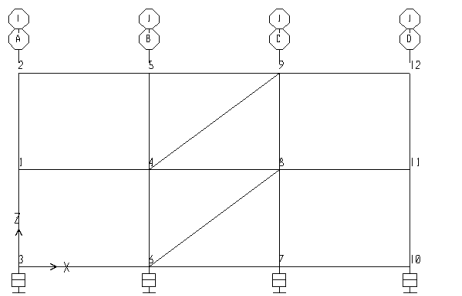
۵- مساحت هسته سربی، بر اساس مقاومت مشخصه و تنش تسلیم سرب محاسبه می‌شود.

نزدیکی این سازه ها به گسل ها بررسی این موضوع از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. شتابنگاشت ها توسط نرم افزار seismosignal هم پایه شده اند. [۱۴].

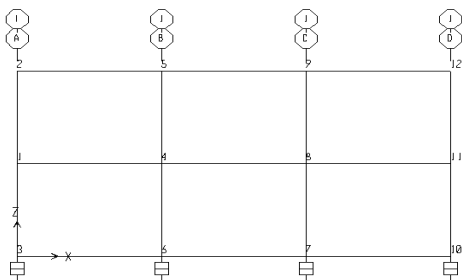
جدول (۱) شتابنگاشت های انتخابی جهت انجام تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی

نام زلزله	سال وقوع زلزله	ایستگاه	نوع خاک	فاصله از گسل (km)	PGA (g)
chichi	۱۹۹۹	TCU057	۲	۱۲.۵۷	۰.۱۱۸
Northridge	۱۹۹۴	Arleta - Nordhoff Fire Sta	۲	۹.۲	۰.۳۴۴
capemendocino	۱۹۹۲	Rio Dell Overpass	۲	۱۲.۳	۰.۵۴۹

بار مرده در طبقات و بام ۶۵۰ کیلوگرم بر متر مربع و بار زنده در طبقات و بام به ترتیب ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مربع در نظر گرفته شده است. طبقات بصورت دیافراگم صلب مدل شده اند. طراحی قاب بر اساس آیین نامه AISC-ASD89 انجام شده است. با توجه به اینکه سازه در منطقه لرزه خیزی زیاد قرار دارد طبق آیین نامه ۲۸۰۰ مقدار $A=0.35$ می باشد و ضریب اهمیت سازه با توجه به مسکونی بودن آن یک است. طراحی مجموعه سیستم جداساز و زیر سازه و روسازه بر اساس ضوابط نشریه شماره ۵۲۳، راهنمای طراحی و اجرای سیستم های جداساز لرزه ای در ساختمان ها و ضابطه ۵۵۰، دستورالعمل طراحی ساختمان های دارای جداساز لرزه ای و آیین نامه UBC انجام شده است.



الف) قاب مهاربندی



ب) قاب خمشی

شکل ۳- قاب های مورد بررسی با جداگر هسته سربی

۷- محاسبه ضخامت t و تعداد لایه های لاستیک N .
۷-۱) با استفاده از ضریب شکل و ابعاد جداساز، تعداد لایه های لاستیک محاسبه می شود.
برای جداسازهای چهارگوش:

$$S = \frac{L \cdot B}{2(L + B) \cdot t} \quad (16)$$

برای جداساز دایره ای:

$$S = \frac{d}{4t} \quad (17)$$

۷-۲) با استفاده از رابطه زیر تعداد لایه های لاستیک محاسبه می شود:

$$t_r = N \times t \quad (18)$$

۸- محاسبه ضخامت لایه فلزی:

$$t_s \geq \frac{2(t_i + t_{i+1}) \times P_{DL+LL}}{A_{re} \times f_y} \geq 2mm \quad (19)$$

کرنش برشی و پایداری جداگر مورد بررسی قرار می گیرد و در صورتی که ابعاد انتخابی برای جداگر نتواند کرنش برشی و پایداری را تامین کند، مراحل قبل مجدداً تکرار می شود.

۵- روش تحقیق و مشخصات قاب های مورد مطالعه

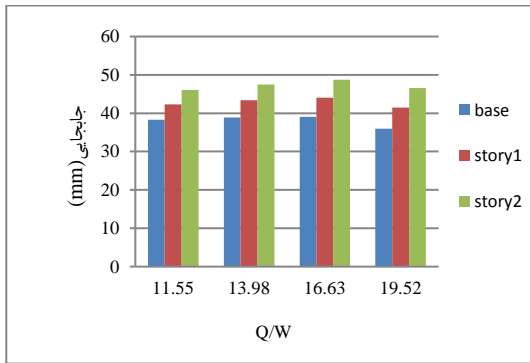
در این پژوهش اثر نسبت مقاومت مشخصه جداگر Q_d به کل وزن سازه روی آن W که اثر قابل ملاحظه ای بر رفتار قاب دارد بررسی می شود، همچنین عملکرد قاب فولادی دو طبقه با جداگر لرزه ای در دو حالت قاب مهاربندی شده و قاب خمشی با یکدیگر مقایسه می شود. ارتفاع طبقات ۳ متر است. قاب های فولادی مهاربندی در نرم افزار SAP مدل شده اند. مقاطع ستون ها BOX و تیرها IPE است. محل قرار گیری آن ها شهر تهران و خاک منطقه نوع دو فرض شده است. این سازه ها با استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی و با استفاده از شتابنگاشت زلزله های Northridge، chichi و cape Mendocino مورد بررسی قرار گرفته اند. برای آنالیز تاریخچه زمانی باید حداقل سه رکورد که نشان دهنده شرایط ساختگاه و خطر پذیری منطقه باشند، انتخاب شوند. آیین نامه ۲۸۰۰ برای انجام تحلیل تاریخچه زمانی مقرر می دارد که بیش از یک شتاب نگاشت (حداقل سه شتاب نگاشت) در محاسبات استفاده شود تا حتی المقدور بتواند به پاسخ های دقیق تری دست یابد. شتابنگاشت ها از سایت peer.berkeley.edu برداشت شده است. اطلاعات برداشت شده مربوط به زلزله های نزدیک به گسل است و شرایط موجود در آیین نامه ۲۸۰۰ را دارا می باشند. زلزله حوزه نزدیک با داشتن پالس های سرعت با دوره تناوب بلند، سازه های جداسازی شده را به شدت تحت تاثیر قرار می دهند. میزان سرعت حرکت زمین در حوزه نزدیک، در مقایسه با زلزله دور، به مراتب بیشتر می باشد. بنابراین استفاده از جداگرهای لرزه ای در سازه های جداسازی شده که تحت زلزله حوزه نزدیک هستند نیاز به بررسی دقیق دارد. از آنجائیکه استفاده از جداگرهای لرزه ای در پروژه های عمرانی در کشورمان رو به گسترش است و با توجه به

۶- تحلیل نتایج

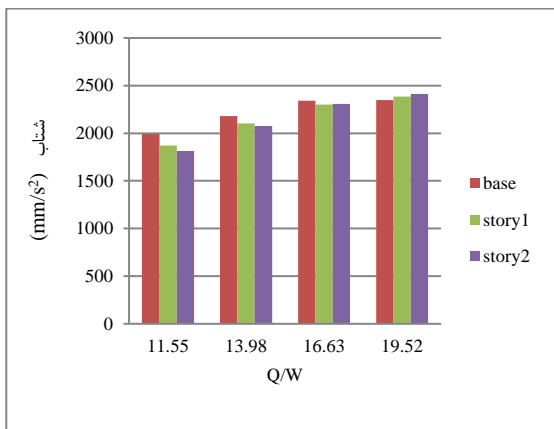
۶-۱ بررسی اثر تغییرات نسبت Q_d/W در قاب مهاربندی

شده

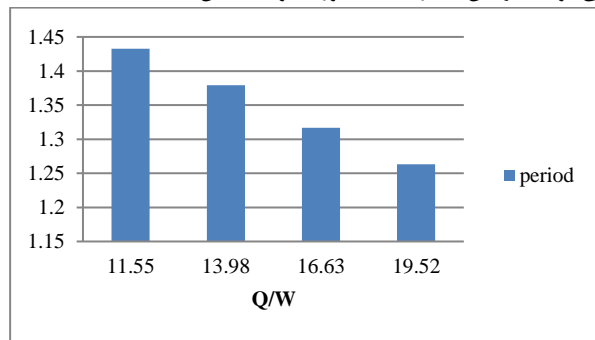
قاب فولادی مهاربندی شده دو طبقه با جداگر لرزه‌ای هسته سربی با استفاده از نرم افزار SAP مدل شد و اثر پارامتری بنام نسبت مقاومت مشخصه جداگر به وزن ساختمان Q_d/W بر روی این قابها مورد بررسی قرار گرفت. پاسخ ساختمان‌ها پس از تحلیل بصورت نمودار آورده شده است. مشخصات قاب دو طبقه در تمام حالات با یکدیگر مشابه است طراحی جداگر بر اساس نسبت مقاومت مشخصه به وزن جداگر ۱۱،۵۵، ۱۳،۹۸، ۱۶،۶۳ و ۱۹،۵۲ صورت گرفته است. در شکل ۴ دوره تناوب اصلی قاب با تغییر Q_d/W نشان داده شده است. مشاهده می‌شود با افزایش مقدار Q_d/W دوره تناوب کاهش یافته است.



شکل ۶- مقایسه جابجایی طبقات



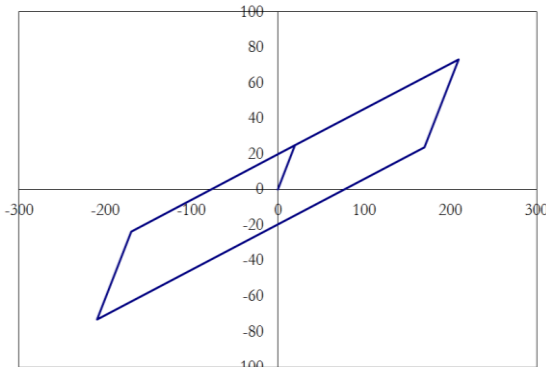
شکل ۷- مقایسه شتاب مطلق طبقات



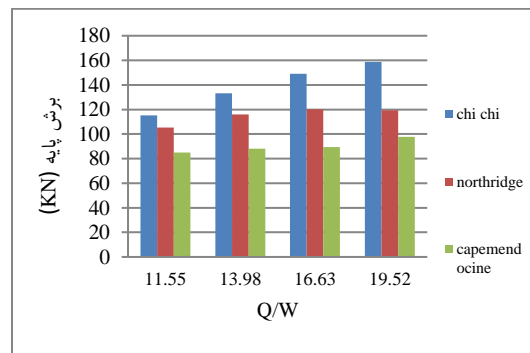
شکل ۴- مقایسه پریود اصلی قابها

منحنی بار-تغییرشکل تحت اثر بار رفت و برگشتی، منحنی هیستریزیس نامیده می‌شود و می‌تواند اطلاعات مهمی را در مورد رفتار سازه بیان نماید. مساحت منحنی هیستریزیس، بیانگر مقدار انرژی جذب شده توسط جداگر است. این منحنی، در دو حالت $Q_d/W=11.55$ و $Q_d/W=19.52$ در شکل های ۸ و ۹ قابل مشاهده است. در حالت $Q_d/W=11.55$ جداگر عملکرد بهتری از خود نشان داده است و مساحت منحنی هیستریزیس سازه بیشتر است. همچنین به خوبی مشاهده می‌شود که در این حالت، سازه جابجایی بیشتری دارد.

در شکل ۵ برش پایه قاب تحت سه زلزله نشان داده شده است. با افزایش Q_d/W برش پایه افزایش می‌یابد. در حالتی که $Q_d/W=11.55$ برش پایه بیشترین کاهش را دارد. تغییرات برش پایه در زلزله capemendocine از سایر زلزله‌ها کمتر است ولی در این زلزله نیز کاهش مقدار برش پایه وجود دارد. همچنین در شکل ۶ جابجایی و در شکل ۷ شتاب مطلق طبقات تحت این زلزله‌ها قابل مشاهده است. ملاحظه می‌شود که با افزایش Q_d/W شتاب مطلق طبقات افزایش و جابجایی کاهش یافته است هرچند در برخی نسبت‌ها جابجایی چندان تغییر نکرده است.

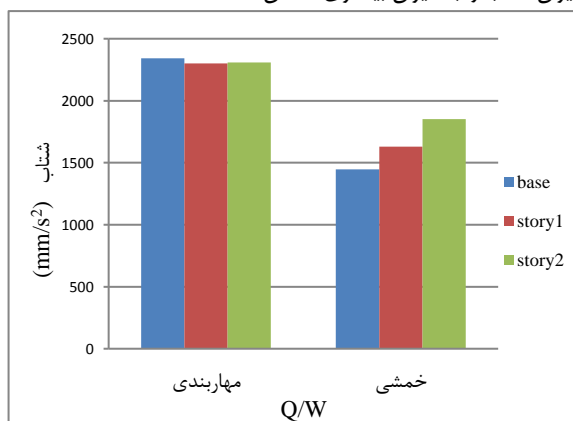


شکل ۸- منحنی هیستریزیس در حالت $Q_d/W=11.55$



شکل ۵-مقایسه برش پایه

در شکل ۱۱ میزان شتاب طبقات در حالت قاب خمشی و قاب مهاربندی شده نشان داده شده است. مشاهده می‌شود در قاب مهاربندی شده شتاب طبقات با اختلافی بسیار ناچیز نسبت به هم تغییر نموده است و توزیع مستطیلی دارند. در واقع مقدار شتاب در تمامی طبقات به یکدیگر نزدیک است. قاب خمشی به نسبت قاب مهاربندی میزان شتاب را به میزان بیشتری کاهش داده است.

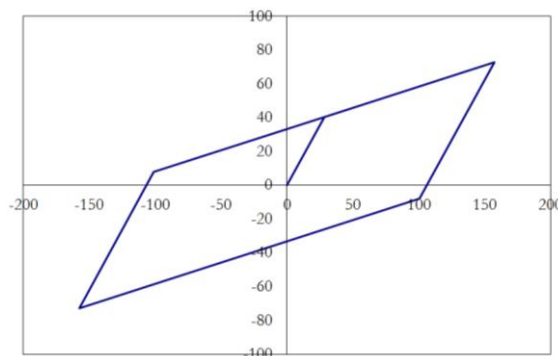


شکل ۱۱- مقایسه شتاب طبقات در قاب خمشی و مهاربندی

۷- نتیجه گیری

مطالعات رفتاری سامانه‌های جداسازی لرزه‌ای نشان می‌دهند که این سیستم از عملکرد قابل قبولی در زمان بحران ناشی از زلزله برخوردار خواهد بود. عملکرد مناسب این سیستم‌ها به ویژه در سازه‌های با اهمیت زیاد از قبیل بیمارستان‌ها که خدمت‌رسانی بی‌وقفه در آنها الزامی می‌باشد حائز اهمیت است. استفاده از جداگرهای لرزه‌ای بویژه در سازه‌های کم ارتفاع موجب کاهش چشمگیر برش پایه و شتاب طبقات می‌شود. کاهش‌های مذکور می‌تواند جداسازی لرزه‌ای را به عنوان جایگزینی کارآمد برای روش‌های ظرفیتی در طرح لرزه‌ای سازه‌های بالا، به حساب آورد. در این پژوهش نسبت مشخصه جداگر به وزن لرزه ای ساختمان Q_d/W در چهار نسبت ۱۱،۵۵٪، ۱۳،۹۸٪، ۱۶،۶۳٪ و ۱۹،۵۲٪ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد با افزایش نسبت Q_d/W پیروی سازه کاهش و برش و شتاب طبقات افزایش یافته است. همچنین مشاهده شد که جابجایی طبقات تغییر چندانی نکرده است. طبقه همکف افزایش این نسبت موجب کاهش اندکی در میزان جابجایی شده است.

علیرغم رفتار متفاوت سیستم قاب مهاربندی و قاب خمشی، مقایسه این سیستم‌ها نشان می‌دهد در احداث سازه در مناطق زلزله خیز کدام سیستم عملکرد بهتری دارد و به مراتب اثر نیروی زلزله را بیشتر کاهش می‌دهد. بنابراین بهتر است علاوه بر جداگر مناسب، به روسازه نیز توجه شود. مقایسه نتایج در قاب مهاربندی شده و قاب خمشی نشان می‌دهد که جداگر پاسخ قاب خمشی متوسط را بیشتر از قاب مهاربندی کاهش داده است. در قاب خمشی میزان شتاب و برش



شکل ۹- منحنی هیستریزیس در حالت $Q_d/W=19.52$

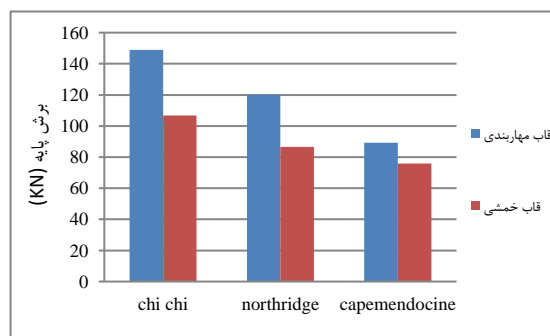
۶-۲ مقایسه قاب خمشی و مهاربندی

قاب دو طبقه مهاربندی شده و قاب خمشی توسط نرم افزار SAP مدل‌سازی شد. در اینجا Q_d/W در هر دو حالت ۱۶،۶۳ در نظر گرفته شده است. مشخصات جداگرها یکسان می‌باشد. تأثیر جداگرها بر روی ساختمان با سیستم‌های مختلف مقاوم در برابر زلزله، متفاوت است. در جدول ۲ پیروی قاب مهاربندی شده و قاب خمشی قابل مشاهده است. پیروی در قاب خمشی نسبت به قاب مهاربندی بیشتر است. قاب خمشی از نوع متوسط می‌باشد.

جدول ۲ پیروی قاب ها

سیستم سازه	سازه با جداگر	سازه بدون جداگر
قاب مهاربندی	۱،۳۱۶۸۹۹	۰،۲۵۰۶۴
قاب خمشی	۱،۴۴۵	۰،۶۷

در شکل ۱۰ برش پایه قاب مهاربندی و خمشی نشان داده شده است در مقایسه با قاب بدون جداگر هر دو قاب مهاربندی و خمشی برش پایه را کاهش می‌دهند. در قاب خمشی میزان کاهش برش پایه در اثر زلزله chichi ۲۸،۲۷٪، زلزله Northridge ۲۷،۸۵٪ و در زلزله capemendocine ۱۴،۹۸٪ نسبت به حالت مهاربندی شده بیشتر اتفاق افتاده است.



شکل ۱۰- مقایسه برش پایه قاب خمشی و مهاربندی

[۱۳]- شایانفر، م. استیری، ح. تأثیر جداگرهای LRB بر ساختمانهای مهاربند شده همگرا تحت تحریکات نزدیک گسل. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علم و صنعت.

[۱۴]- آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله ۲۸۰۰.

[15]- Chong-Shien Tsai .2012. Advanced Base Isolation Systems for Light Weight Equipments, Earthquake- Resistant Structures – Design. Assessment and Rehabilitation. Prof. Abbas Moustafa (Ed.), ISBN: 978-953-51-0123-9.

[16]- Kelly, TE. Base isolation of Structures. Holmes Consulting Group Ltd: New Zealand. 2001.

[17]- Naiem F, Kelly JM. Design of seismic Isolated Structures. Wiley: New York. 1999.

[18]- www.peer.berkeley.edu

[19]- FEMA 356. prestandard and commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA 356. Federal Emergency Management Agency. Washington, DC.2000.

[20]- Uniform Building Code. UBC97 .USA. . 1997.

[21]- Thurston SJ. 2006. Base Isolation of Low Rise Light And Medium-Weight Buildings. BRANZ Study Report SR 156. BRANZ Ltd, Judgeford. New Zealand.

پایه طبقات به مراتب بیشتر کاهش یافته است. این سازه نسبت به قاب مهاربندی شده نرمتر است در نتیجه دارای پریود بزرگتری می‌باشد.

۸-مراجع:

[۱]- شریعتمدتری، ه. کلاتری، م. اثر جداسازهای لرزه‌ای بر رفتار سازه‌های فولادی. پنجمین کنفرانس بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

[۲]- جعفری، م. شاکری، ک. اثر جداگرهای لاستیکی - سربی با سختی جانبی متفاوت در ساختمان‌های قاب خمشی بتنی. اولین کنفرانس بهسازی و مقاوم‌سازی بافتهای شهری در مجاورت گسل‌های فعال، تبریز. ۱۳۹۱.

[۳]- آنجفی، ح. زندگی، ا. استفاده از جداسازی لرزه‌ای در طراحی پل‌های آسیب ناپذیر در زلزله‌های بزرگ. سمینار جداساز لرزه‌ای و کاربرد آن در ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها. ۱۳۹۲.

[۴]- پورمسعود، م. تأثیر جداسازهای لرزه‌ای بر ارتقای سطح عملکرد سازه‌ها. انجمن ایرانی مهندسان محاسب ساختمان. سمینار جداسازی لرزه‌ای و کاربرد آن در ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها. ۱۳۹۲.

[۵]- نشریه شماره ۳۶۰. دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. ۱۳۸۵.

[۶]- قدرتی امیری، غلامرضا. نمیرانیان، پژمان. شمس، مجید. دستیابی به سطوح عملکرد بالاتر با استفاده از جداساز لرزه‌ای. سمینار جداساز لرزه‌ای و کاربرد آن در ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها. انجمن ایرانی مهندسان محاسب ساختمان. ۱۳۹۲.

[۷]- نشریه شماره ۵۲۳. راهنمای طراحی و اجرای سیستم‌های جداساز لرزه‌ای در ساختمان‌ها. معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور. ۱۳۸۹.

[۸]- نشریه شماره ۵۲۴. راهنمای روش‌ها و شیوه‌های بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و جزییات اجرایی. معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور. ۱۳۸۹.

[۹]- قدرتی امیری، غ. ابوالفضلی طوسی، م. رفتار لرزه‌ای مدل‌های سه بعدی ساختمان‌های بنایی جداسازی شده با مصالح بنایی. پنجمین کنگره ملی مهندسان عمران، مشهد. ۱۳۸۹.

[۱۰]- مبحث ششم بارهای وارده بر ساختمان، وزارت راه و شهرسازی معاونت مسکن و ساختمان

[۱۱]- شایانفر، م. ترابی، س. اثر جداگرهای لاستیکی-سربی در ساختمانهای فولادی با مهاربند واگرا. ششمین کنگره ملی مهندسی عمران.

[۱۲]- شایانفر، م. ترابی، س. تأثیر جداگرها بر رفتار لرزه‌ای ساختمانهای مهاربندی شده واگرا. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علم و صنعت. ۱۳۹۰.

The Effect of Characteristic Strength on Seismic Behavior with Lead Rubber Bearing

Kambiz Mazaheri

Assistant Professor, Islamic Azad University, Parand Branch, Parand, Iran

Mehdi Vakilzadeh

Assistant Professor, Islamic Azad University, Parand Branch, Parand, Iran

Mohaddeseh Bakhtiari Azad

Master of science in civil Engineering- Earthquake, Kharazmi University

ABSTRACT

Conventional methods for seismic design of structures are based on building capacity. Because of the disadvantages of conventional methods, base isolation system is known as an effective solution to protect structures against earthquakes. In this study the operation of 2-storey steel frame with and without seismic isolators Under near-fault earthquake of chichi ,northridge and capemendocine Are investigated. Effect of characteristic strength to structure weight ratio is also evaluated and performance of braced frames and moment frames with lead core isolators are compared. The results indicate that seismic isolators will lead to better performance of structures against earthquakes and characteristic strength to structure weight ratio have a significant impact on the performance of the structure.

Keywords: lead rubber bearing, time history analysis. Braced frame. Sap software , base shear.